Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 40 (1942)

Heft: 8

Artikel: L'orientation de levers aérotopographiques

Autor: Ansermet, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-199770

L'orientation de levers aérotopographiques

par *A. Ansermet*

A plusieurs reprises déjà la Revue technique suisse des mensurations s'est occupée de ce problème, capital pour la pratique, qu'est l'orientation d'un aérostéréogramme. Il suffit de citer le très intéressant article de M. Voegeli (1941, p. 77 ss.) et surtout la remarquable étude de M[r] le Prof. D[r] Zeller (1942, n[os] 3 et 4).

Ce problème a aussi été traité de façon magistrale, mais sans compensation par M. le Prof. D[r] Baeschlin (Lehrbuch der Stereophotogrammetrie, p. 380 ss.) puis dans « Photogrammetria » organe de la Société internationale de Photogrammétrie. On ne peut cependant pas le considérer comme résolu complètement. Car le calcul s'est révélé complexe. Il a été en général assimilé à une compensation d'observations médiates; ce fut peut-être là l'erreur car les calculs par cette méthode sont laborieux et ne répondent guère aux besoins de la pratique.

Rappelons qu'il s'agit d'éliminer dans le champ du stéréogramme les parallaxes dites horizontales ou mieux longitudinales p_x puis les parallaxes dites verticales ou mieux transversales (Querparallaxen) p_v.

Avec M. Voegeli (voir article cité) considérons comme inconnues les 5 éléments d'orientation ci-après: les 2 déversements κ, les 2 inclinaisons longitudinales φ et l'une des deux inclinaisons transversales ω Une compensation rationnelle confère à ces 5 inconnues et à des fonctions de celles-ci des poids maximums.

En choisissant comme M. Voegeli, et suivant le procédé courant, six points 1, 2, 3, 4, 5, 6 disposés symétriquement dans le champ du stéréogramme le calcul se simplifie. A cet effet nous considérons un stéréogramme dit « normal », les 2 clichés conjugués étant dans un même plan horizontal et les axes de prises de vues dans un même plan vertical. Dans l'espace ces conditions ne sont pas rigoureusement réalisées bien entendu, on aura donc approximativement en désignant par I et II les points de vue conjugués:

$$\omega_{\mathrm{I}} = \omega_{\mathrm{II}} = 0 \qquad \varphi_{\mathrm{I}} = \varphi_{\mathrm{II}} = 100 \text{ gr.}$$

$$x_{\mathrm{I}} = b \qquad y_{\mathrm{I}} = z_{\mathrm{I}} = 0 \qquad x_{\mathrm{II}} = y_{\mathrm{II}} = z_{\mathrm{II}} = 0$$

$$b_x = b \qquad b_y = b_z = 0 \qquad (\text{base I} - \text{II} = b)$$

(von Speyr, Beitrag zur Fehlertheorie der Aerotriangulation, p. 11).

Le stéréogramme est provisoirement orienté, puis on fait varier les 5 éléments sus-mentionnés en assimilant ces variations à des différentielles qui sont les vraies inconnues de la compensation. Or il est aisé d'*éliminer* ces 5 inconnues dans le cas envisagé ici; supposons le terrain faiblement accidenté: $y \cong$ constant.

Les relations de symétrie entre les 6 points s'écrivent:

$$z_1 = z_2 = 0 \qquad\qquad z_3 = z_4 = -z_5 = -z_6$$

$$x_1 = x_3 = x_5 = 0 \qquad\qquad x_2 = x_4 = x_6 = b$$

Introduisons ces valeurs dans la formule connue

$$d\,(\Delta Z) = -\frac{z}{y}\,db_y + db_z + \frac{zx}{y}\,d\varphi_{II} = \frac{z\,(x-b)}{y}\,d\varphi_I - \left[y + \frac{z^2}{y}\right] d\omega_{II}$$

$$+ \left[y + \frac{z^2}{y}\right] d\omega_I + x\;d\kappa_I - (x-b)\;d\kappa_{II}$$

ce qui fournit 6 relations:

$$d\,(\Delta Z)_1 = \ldots\ldots \qquad d\,(\Delta Z)_2 = \ldots\ldots \qquad d\,(\Delta Z)_6 = \ldots\ldots$$

L'élimination des éléments d'orientation est aisée; formons en effet l'expression:

$$2\;d\,(\Delta Z)_1 - 2\;d\,(\Delta Z)_2 - d\,(\Delta Z)_3 + d\,(\Delta Z)_4 - d\,(\Delta Z) + d\,(\Delta Z)_6 =$$

$$= A\;db_y + B\,.\,db_z + C\,.\,d\varphi_{II} + D\,.\,d\varphi_I + E\,.\,d\omega_{II} + F\,.\,d\omega_I$$

$$+ G\,.\,d_{\kappa II} + H\,.\,d_{\kappa I} = 0$$

Les 8 coefficients A, B, C ..... H *s'annulent séparément* ce qui résulte de la symetrie dans le choix des six points. On peut donc choisir à volonté 5 éléments d'orientation sur les 8; la condition subsiste et peut aussi être exprimée en coordonnées photographiques (R. Finsterwalder, Photogrammetrie, p. 109). Entre les parallaxes p_v et leurs résidus v on aura

$v_1 = -\Delta P_1 + p_{v_1}$	poids $p_1 = 1$	err. moy. $= \pm\,\mu$
$v_2 = -\Delta P_2 + p_{v_2}$	» $p_2 = 1$	» $= \pm\,\mu$
....	....	
$v_6 = -\Delta P_6 + p_{v_6}$	» $p_6 = 1$	» $= \pm\,\mu$

et $(vv) = \min.$

avec la condition

$$2\,v_1 - 2\,v_2 - v_3 + v_4 - v_5 + v_6 = 2\,p_{v_1} - 2\,p_{v_2} - p_{v_3} + p_{v_4} - p_{v_5} + p_{v_6} = -\,w$$

les ΔP_1, ΔP_2 ... ΔP_6 contenant les éléments d'orientation s'éliminant; ces fonctions sont linéaires en $d\varphi_{II}$, $d\varphi_I$, $d\omega$, $d\kappa_I$, $d\kappa_{II}$ (évent. db_y, db_z).

La compensation médiate est ingrate et pourtant 7 des coefficients de poids non-quadratiques sont nuls à cause de la symétrie. Des 5 coefficients quadratiques 4 sont égaux 2 à 2.

Pour la chambre *standard* le calcul numérique se présente mal: le coefficient $Q_{\kappa I\;\kappa II}$ non-quadratique diffère des coefficients quadratiques $Q_{\kappa I\;\kappa I}$ et $Q_{\kappa II\;\kappa II}$ d'une quantité relativement faible. Par exemple pour un stéréogramme 3 — 4 — 5 — 6 carré ou à peu près on a pour $b^2 \cong 0{,}1\;y^2$ (3 — 4 = 4 — 5)

$$Q_{\kappa I\;\kappa I} = Q_{\kappa II\;\kappa II} = \frac{856.5}{y^2} \qquad Q_{\kappa I\;\kappa II} = \frac{853}{y^2}$$

Le calcul des poids des parallaxes résiduelles se présente aussi défavorablement car le groupe des termes quadratiques et celui des termes non-quadratiques sont du même ordre de grandeur à peu près.

Si P_1 P_2 ... P_6 désignent ces poids on a, toujours pour le même stéréogramme carré:

$$\frac{1}{P_1} = \frac{1}{P_2} = 160{,}7 - 160{,}0 = 0.7$$

$$\frac{1}{P_3} = \frac{1}{P_4} = \frac{1}{P_5} = \frac{1}{P_6} = 176.9 - 176.0 = 0.9$$

$$\textit{Contrôle:} \left[\frac{1}{P}\right]_1^6 = 5 = \text{nombre d'inconnues}$$

Les poids P_1 P_2 ... P_6 ont été assimilés aux poids des fonctions ΔP_1, ΔP_2, ... ΔP_6 (Photogrammetria, 1941, p. 44).

Ce contrôle est précieux et ne devrait manquer dans aucun calcul complet de compensation; il se déduit des formules connues qui donnent les poids des éléments observés *après* la compensation (Wellisch, Ausgleichungsrechnung I, p. 189 et p. 238)

$$\frac{1}{P_i} = \frac{1}{p_i} - \frac{\left[\frac{a_i}{p_i}\right]^2}{\left[\frac{aa}{p}\right]} - \frac{\left[\frac{b_i}{p_i} \cdot 1\right]^2}{\left[\frac{bb}{p} \cdot 1\right]} - \frac{\left[\frac{c_i}{p_i} \cdot 2\right]^2}{\left[\frac{cc}{p} \cdot 2\right]} \dots\dots$$

$$\left[\frac{p_i}{P_i}\right]_{i=1}^{i=n} = n - 1 - 1 - 1 \dots = \text{nombre d'observations} - \text{nombre}$$

de conditions et pour $p_i = p_1 = p_2 \dots = p_n = 1$

$$\left[\frac{1}{P_i}\right]_{i=1}^{i=n} = \text{nombre d'observations} - \text{nombre de conditions}$$

Or traitant le problème par la méthode des observations conditionnelles on obtient rapidment les parallaxes résiduelles, leurs poids et les poids des éléments d'orientation. Les coefficients de poids n'interviennent pas. L'équation de condition a déjà été établie

$$2\,v_1 - 2\,v_2 - v_3 + v_4 - v_5 + v_6 + w = 0$$

la solution est immédiate

$$v_1 = 2\,k_1 = -\frac{w}{6} \qquad v_4 = +\,k_1 = -\frac{w}{12}$$

$$v_2 = -\,2\,k_1 = +\frac{w}{6} \qquad v_5 = -\,k_1 = +\frac{w}{12}$$

$$v_3 = -\,k_1 = +\frac{w}{12} \qquad v_6 = +\,k_1 = -\frac{w}{12}$$

équation normale: $12\,k_1 + w = 0$

$$(vv) = -(wk) = \frac{w^2}{12}$$

$$\frac{1}{P_1} = \frac{1}{P_2} = 1 - \frac{4}{12} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{1}{P_3} = \frac{1}{P_4} = \frac{1}{P_5} = \frac{1}{P_6} = 1 - \frac{1}{12} = \frac{11}{12}$$

$$\left[\frac{1}{P}\right]_1^6 = 2 \times \frac{2}{3} + 4 \times \frac{11}{12} = 5$$

Pratiquement on peut éventuellement faire abstraction de la discordance; c'est la répartition finale des résidus $v_1\ v_2 \ldots v_6$ qui est intéressante. Elle pourra surprendre certains praticiens.

Calcul des poids P_φ, P_ω, P_κ:

$$P_\varphi = P_{\varphi\mathrm{I}} = P_{\varphi\mathrm{II}}$$

Posons: $z_3 = z_4 = k$ et $y = h \cong$ const.

il suffit d'éliminer, entre les équations d'erreurs, 4 des variables sur 5:

$$v_4 - v_6 = 0 = \frac{2\,bk}{h}\, d_{\varphi\mathrm{II}} + p_{v4} - p_{v6}$$

$$\frac{4\,b^2\,k^2}{h^2}\,\mu_\varphi^2 = 2\,\mu^2 \qquad \text{où} \qquad \mu_\varphi^2\, P_\varphi = \mu^2$$

$$P_\varphi = \frac{2\,b^2\,k^2}{h^2}$$

de même on a

$$v_4 + v_6 - 2\,v_2 = -\frac{w}{2} = \frac{2\,k^2}{h}\, d_{\omega\mathrm{I}} + p_{v_4} + p_{v_6} - 2\,p_{v_2}$$

$$\text{où} \qquad -w = 2\,p_{v_1} - 2\,p_{v_2} - p_{v_3} + p_{v_4} - p_{v_5} + p_{v_6}$$

$$\frac{2\,k^2}{h}\, d_{\omega_1} = p_{v_1} + p_{v_2} - \frac{p_{v_3}}{2} - \frac{p_{v_4}}{2} - \frac{p_{v_5}}{2} - \frac{p_{v_6}}{2}$$

$$\left(\frac{2\,k^2}{h}\right)^2 \mu_\omega^2 = \mu^2\left(1 + 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\right) = 3\,\mu^2 = 3\,\mu_\omega^2 \,.\, P\omega$$

$$P_\omega = \frac{4}{3}\,\frac{k^4}{h^2}$$

Le calcul est donc simple et peut se poursuivre pour κ_{I}, κ_{II} ou éventuellement b_y, b_z.

Un problème se pose encore, complexe et assez controversé: quel est le rôle des résidus de parallaxes et quelle est l'influence de ces résidus? Les rayons homologues ne se coupent pas; théoriquement il n'y a pas de modèle. Ces rayons homologues ne sont pas situés rigoureusement dans un même plan nucléal; il y a 2 plans distincts faisant apparaître une parallaxe résiduelle *angulaire* $d\gamma$ (R. Finsterwalder, Photogrammetrie, p. 105). Comment donc *engendrer* le modèle optique? La solution qui paraît la plus rationnelle consiste à bissecter ce résidu $d\gamma$, c'est-à-dire à considérer comme plan nucléal un plan médian ou bissecteur ce qui donne deux résidus angulaires de $\frac{1}{2}\, d\gamma$ chacun. Cette conception est générale et indépendante de l'inclinaison du plan nucléal. Lorsque ce dernier est incliné à 45° ou 50 gr., c'est-à-dire occupe une position intermédiaire entre la vue panoramique et la vue verticale, la notion de parallaxe verticale devient en effet précaire. Une prochaine note sera consacrée à ce problème si important, le présent article traitant uniquement de la compensation. — Remarquons à ce sujet que le mode de calcul préconisé subsiste même si les parallaxes p_v sont respectivement affectées de poids différents.

Aus der Praxis eines Nachführungsgeometers

von *W. Fisler*, Zürich

An der Hauptversammlung des SGV. in Basel hat Herr Kantonsgeometer Keller in seinem Vortrag über die Grundbuchvermessung des Kantons Basel-Stadt interessante Vergleiche angestellt zwischen den Vermessungskosten in den verschiedenen Instruktionsgebieten. Am Schluß seines Vortrages hat er vier Vorschläge formuliert, die er dem SGV. und der Konferenz der eidgenössischen und kantonalen Vermessungsaufsichtsbeamten zur Prüfung unterbreitet.

Im Anschluß an diesen Vortrag sei es mir gestattet, einige Gedanken über die Anforderungen an die Vermessungswerke hervorzuheben; diese sind zwar nicht neu, sie sind wohl jedem Nachführungsgeometer selbstverständlich, es lohnt sich aber vielleicht doch, an dieser Stelle einmal davon zu sprechen.

Der Ertrag der Grundstücke und damit der Wert des Bodens ist abhängig von der Art der Ausnutzung; diese erreicht ihren Höhepunkt im Zentrum der Städte, wo buchstäblich jeder Zentimeter zählt. Mit der Zunahme der Überbauung steigern sich aber auch die Schwierigkeiten in der Festlegung der Grenzen, der Neuvermessung und der Nachführung, bedingt einerseits durch die schwere Zugänglichkeit der Grenzen, anderseits durch die unzähligen baulichen Hindernisse und Verkehrsschwierigkeiten. Die erhöhten Vermessungskosten haben hauptsächlich hierin ihre Ursache, dazu kommen aber noch die sich in gleichem Maße steigernden Genauigkeitsanforderungen; mit der Wertsteigerung des Landes erhöhen sich die Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Vermessungswerke. Dies äußert sich aber nicht nur in der Forderung nach genaueren Flächenangaben, sondern vielmehr in der Notwendigkeit, die genaue Lage der Grenzen kennen und fixieren zu können. Der Käufer eines städtischen Grundstückes frägt nicht allein nach dem Flächeninhalt, die Grenzverhältnisse sind für die bauliche Ausnützung oft wichtiger. Ist ein Grundstück fertig überbaut, dann ist die überbaute Fläche,

17.20–17.45 Uhr: Erziehung zur Idee der Landesplanung
Prof. Dr. W. Dunkel, ETH.

Das Kursgeld beträgt Fr. 20.—, das die Teilnehmer gebeten werden vor Beginn des Kurses bei der Kasse der ETH. (Postcheck VIII/1412) einzubezahlen.

Während der Pausen steht der Erfrischungsraum der ETH. zur Verfügung.

Für die Mittag- und Abendessen haben die Kursteilnehmer Zutritt zum Studentenheim an der ETH. (Clausiusstraße 21).

Allgemeine Auskünfte erteilt das Rektorat der ETH., Zürich, Tel. 2 73 30.

Wie aus dem vorstehenden Programm zu erkennen ist, wird durch die Referate des Kurses versucht, eine objektive Orientierung über die Probleme der Landesplanung zu bieten. Wenn dies in der kurzen Zeit gelingt, so ist der Zweck erreicht. Es wird Aufgabe einer späteren Veranstaltung sein, für einzelne Probleme den Weg zu weisen.

Bücherbesprechungen

Schallhorn, Dr. Joh. K. *Zahlentafeln zur Ermittlung der zweiten Koordinaten.* 18 × 26 cm, VIII + 43 Seiten. Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart 1942. Preis geheftet RM. 3.20.

Der Verfasser hat im Rahmen des in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1934 und 1935 veröffentlichten Verfahrens Zahlentafeln zur Ermittlung der Koordinaten eines Streifensystems in das benachbarte System aufgestellt.

Die Anordnung ist bequem. Die drucktechnische Darstellung ist zweckentsprechend. Die Tafeln gewährleisten Zentimetergenauigkeit.

F. Baeschlin.

Siedlungsgestaltung — eine Führungsaufgabe. 8. Planungsheft der Sammlung „Siedlungsgestaltung aus Volk, Raum und Landschaft“, bearbeitet vom Reichsheimstättenamt der Deutschen Arbeitsfront, Hauptabteilung „Städtebau und Wohnungsplanung“. Kart. RM.2.80.

Wie aus seiner Vorbemerkung selbst zu entnehmen ist, soll das Heft einen zusammenfassenden Überblick vermitteln über die sich aus der praktischen Planungstätigkeit in einem Gaugebiet ergebenden Erfahrungen und die daraus abzuleitenden Folgerungen aufzeigen. Es ist dabei besonderer Wert gelegt auf die innere Gesetzlichkeit und die Entwicklungsfähigkeit der übergeordneten Planung wie vor allem auch auf eine für die Zukunft besonders wichtig erscheinende rationelle Arbeitsweise in der Durchführung und die damit zusammenhängende Konzentration der gestaltenden Tätigkeit auf wenig wirklich fähige Kräfte.

Die gestellte Aufgabe wird an Hand von etwa 80 Plänen. Modellaufnahmen und Lichtbildern aus einem geschlossenen Landschaftsraum, dem Gau Sachsen, gelöst. Das Heft bietet zweifellos einen wertvollen Beitrag zur praktischen Planungstätigkeit. *H. Flück.*

Errata

Au bas de la page 190 il faut lire: «Par exemple pour un stéréogramme 3—4—5—6 *double*-carré ou à peu près on a pour $b^2 \cong 0{,}1\ y^2$ (3 — 4 = 4 — 2)». *A. Ansermet.*