

Erreurs systématiques d'observation dans les mensurations trigonométriques d'altitudes, leur origine et les moyens d'y remédier

Autor(en): **Ganz, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres**

Band (Jahr): **16 (1918)**

Heft 8

PDF erstellt am: **20.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-185042>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

métriques des altitudes, on doit se dire que *l'exactitude obtenue* est plus que suffisante, et que *dans les déterminations réciproques, il suffirait pour chaque station d'une mensuration de l'angle de hauteur dans les deux positions de la lunette.* Une répétition des observations ne serait justifiée que dans le cas de déterminations dans une seule direction et dans le cas de conditions atmosphériques défavorables.

Erreurs systématiques d'observation dans les mensurations trigonométriques d'altitudes, leur origine et les moyens d'y remédier.

Par *J. Ganz*, Berne.

(Traduction.)

Dans le numéro 3 (15 mars 1918) de notre journal, Mr. W. Leemann, Zurich, a fait une communication relative à l'erreur systématique observée dans la triangulation de IV^e ordre dans le canton de Zurich, et affectant les résultats des différences d'altitudes mesurées dans les deux sens; il explique cette constatation par l'influence de la flexion du théodolite pendant la mensuration des angles.

Depuis l'entrée en vigueur des prescriptions fédérales concernant la mensuration parcellaire suisse, mes fonctions de vérificateur de la triangulation de IV^e ordre m'ont donné l'occasion de m'entretenir souvent de cette question avec Mr. Leemann. Dans la plupart des triangulations qu'il s'agissait de vérifier, nous avons comme lui fait la même observation, à savoir que, dans les différences d'altitude mesurées dans les deux sens, celle déterminée depuis le point le plus élevé était régulièrement plus grande, prise en valeur absolue, que celle obtenue dans la direction opposée. Pour la prochaine fois, nous avons été rendu attentif à cette constatation, à l'occasion de la vérification du groupe de triangulation de Grandson, qui fut exécutée avec un théodolite Kern à répétition. Déduite de la divergence entre deux différences d'altitude mesurées dans les deux sens, l'erreur angulaire systématique fut égale dans ce travail à 6" (division sexagésimale) pour une direction unique.

Une étude plus approfondie sur plus de 20 triangulations qui se répartissent suivant des contrées complètement différentes

du plateau suisse et des régions montagneuses, nous permet aujourd'hui, mieux qu'auparavant, de fournir des explications appropriées sur l'origine de l'erreur systématique considérée.

Afin de pouvoir nous faire une image absolument exacte de la nature de l'erreur, nous n'avons retenu de tout le matériel mis à notre disposition que les 12 travaux dans lesquels les observations de toutes les différences d'altitude d'un groupe avaient été faites par le même opérateur et avec le même instrument.

Les théodolites employés dans ces triangulations sont des types normaux que l'on utilise le plus fréquemment chez nous, savoir ceux de *Kern & Cie.* à Aarau, et de *Max Hildebrand* à Freiberg (Saxe). Les instruments des deux fabriques sont absolument semblables dans les dimensions de toutes leurs parties, de telle sorte qu'on peut tirer sans arrière-pensée des conclusions comparatives au sujet de leurs erreurs.

Les bases des observations qui suivent ont été fournies par les documents nombreux d'observations exécutées avec les théodolites Hildebrand numéros 11 291, 11 819, 11 820 et 12 222 et avec les théodolites Kern numéros 20 212, 20 408 et 20 670.

Afin de montrer, de manière plus frappante à l'œil, l'existence de ces erreurs pour les divers instruments et pour les différents groupes de triangulation, on a choisi la représentation graphique, parce que cette méthode possède, sur celle des tables bourrées de chiffres, l'avantage d'être plus claire et plus compréhensible.

Dans notre dessin nous avons reporté :

Sur l'axe des abscisses, les distances horizontales des points déterminés dans les deux sens.

Sur l'axe des ordonnées, la valeur moyenne des différences absolues déduites des mensurations dans l'un et dans l'autre sens, à savoir dans le sens positif, lorsque la différence d'altitude déduite de l'angle de dépression était plus grande en valeur absolue que celle déduite de l'angle d'élévation, et dans le sens négatif, dans le cas contraire. De cette manière, nous avons obtenu l'image suivante :

Les lignes joignant la valeur des erreurs de chacune des distances horizontales d'un groupe de triangulation forment une ligne en zig-zag faiblement brisée, qui dans son cours total se

rapproche approximativement d'une ligne *droite* plus ou moins inclinée; cette ligne droite exprime le cours de *l'erreur systématique* 2 f de la mensuration réciproque.

Ainsi qu'on peut le constater, cette erreur croît, dans tous les cas, proportionnellement avec la distance; elle correspond donc bien à une *erreur angulaire constante*, ainsi que Mr. Lee-mann l'a établi pour les groupes du canton de Zurich. Des différentes lignes d'erreur, il résulte clairement que l'ordre de valeur de l'erreur n'est pas le même pour tous les instruments. Dans les théodolites Hildebrand, l'erreur varie entre 2",3 et 12",5 (div. sex.) et dans les théodolites Kern, elle oscille entre 0" et 38",2, et cela pour la visée réciproque; mais l'erreur est comptée toutefois dans le *même sens positif*. Telles sont les principales remarques que l'on peut déduire de nos lignes d'erreurs.

A côté de cela, on peut remarquer que, pour une visée, dans une seule direction et dans toutes les triangulations, *l'erreur moyenne* d'une mesure d'angle de hauteur, observé deux fois, est à peu de chose près égale à $\pm 3",5$ (div. sex.).

Cette erreur angulaire systématique, ainsi caractérisée, ne peut être expliquée que :

1^o Sous certaines conditions, par une erreur de visée, personnelle à l'observateur, en suite de l'épaisseur apparente du fil horizontal.

2^o Par une modification de la ligne de visée dans la lecture dans la position I et dans celle de la position II de l'instrument. On constate une modification semblable de la ligne de visée :

- a) Lorsque la lentille de l'objectif n'est pas fixée solidement et que par son propre poids elle est mobile dans sa monture à la suite du renversement de la lunette;
- b) Par suite de flexion inégale de la lunette, du côté de l'objectif et du côté de l'oculaire;
- c) Par suite de flexion du fil horizontal due à son propre poids;
- d) Par suite d'un mouvement du système des fils ou du bâti de l'oculaire.

Recherchons successivement sous quelles circonstances particulières et suivant quel ordre de valeur, les sources d'erreurs entrent en considération.

Ad 1. Lorsqu'on mesure l'angle vertical tel que le prescrivent les instructions, c'est-à-dire, lorsque la dernière mise en place

du fil horizontal sur le bord inférieur des planches du signal est obtenue de manière que la vis micrométrique soit toujours comprimée, on doit exclure une erreur systématique de visée, résultant de l'épaisseur apparente du fil horizontal. Mais lorsque l'opérateur vise, dans la position I en comprimant la vis micrométrique, et dans la position II en distendant la vis micrométrique, on peut constater dans les cas les plus défavorables une erreur maximale pouvant atteindre la moitié de l'épaisseur apparente du fil. Nos observations nous ont démontré que les épaisseurs apparentes des fils correspondaient environ à 2—3" dans les instruments Kern et à 5" dans les instruments Hildebrand. Par conséquent, par la non-observation constante des prescriptions et dans les cas les plus défavorables, on peut admettre une erreur systématique de visée égale à $5'' : 2$ soit 2",5, due à l'influence de l'épaisseur apparente du fil. Mais les trigonomètres occupés aux opérations de triangulation de IV^e ordre suivent certainement les prescriptions en vigueur d'assez près pour qu'une pareille influence d'erreur ne puisse pas être considérée dans notre travail.

Ad 2a. Dans notre pratique, nous avons déjà remarqué des cas isolés dans lesquels la lentille de l'objectif ou la monture des lentilles n'est pas absolument immobile dans la lunette. Mais une pareille défectuosité ne se décèlerait pas par une erreur angulaire systématique ayant *le sens positif*, comme le montre le graphique de nos lignes d'erreurs, mais aurait une influence dans le signe opposé, et se manifesterait par le signe *négalif*. Nos erreurs n'ont donc pas pour origine la mobilité de la lentille de l'objectif.

Ad 2b. Comme nous l'avons observé plus haut, les instruments utilisés pour nos observations sont absolument conformes ^{epu} _{à son}. Les théodolites du même fabricant avaient entre eux absolument les mêmes dimensions. Donc dans des lunettes ayant les mêmes dimensions, et si une flexion de celle-ci pouvait être mesurée, la différence de flexion dans les deux extrémités de la lunette devrait avoir une *valeur constante* pour chaque type, or tel n'a pas été le cas, ni dans les instruments Kern, ni dans les instruments Hildebrand, puisque, comme le montrent nos lignes d'erreurs, l'erreur varie, pour les premiers de 0" à 38",2 et pour les seconds de 2",3 à 12",5. *L'erreur systématique dans ces*

instruments ne peut donc pas provenir de la flexion de la lunette, sauf pour des fractions inappréciables.

Ad 2c. Nos théodolites de triangulation sont tous pourvus de fils d'araignées. Or, comme on le sait, ces fils d'araignées sont hygroscopiques et on pourrait supposer qu'ensuite de forte absorption de l'humidité de l'atmosphère, le fil horizontal fléchisse en vertu de son poids. Mais selon le degré d'humidité de l'air, cette cause d'erreur devrait varier, soit en disparaissant, soit en augmentant. Mais, dans ce cas, il ne s'agirait plus que d'une erreur purement systématique d'une valeur angulaire déterminée. En outre, un fléchissement du fil horizontal égal à 19",1 (voir théodolite de Kern numéro 20 408) ne peut pas se concevoir dans la visée de la ligne horizontale que forme le bord de la planche, car le fléchissement linéaire apparent dans ce cas, et pour une visée distante de 1 km, comporte déjà 10 cm, soit la moitié de la hauteur de la planche du signal. Par conséquent, cette source d'erreur n'est pas l'origine de notre erreur systématique.

Ad 2d. Il ne reste donc plus que l'éventualité d'un mouvement du système des fils ou du bâti de l'oculaire, lorsqu'on retourne la lunette, qui puisse occasionner une modification de la ligne de visée.

En réalité, un examen attentif de l'appareil du bâti de l'oculaire dans les deux types d'instruments montre bien que là se trouve l'origine de l'erreur angulaire systématique de hauteur.

Le mode de construction de Kern se différencie avec avantage de celui d'Hildebrand en ce sens que le système de ressort est établi plus solidement. Kern emploie *deux* ressorts antagonistes dans son appareil, pendant qu'Hildebrand n'en utilise qu'un (voir la figure). Dans les deux types d'instrument, l'appareil de l'oculaire dans la position I de la lunette est pressé par son propre poids et par les ressorts antagonistes contre la paroi intérieure fixe de la lunette. Mais dans la position II, selon le genre de construction, cet appareil appuie totalement ou partiellement contre le système de ressort et il a la possibilité de s'enfléchir dans l'espace vide de la lunette, lorsque les ressorts antagonistes ne sont pas assez puissants pour empêcher ce mouvement.

L'examen des lignes d'erreurs du théodolite Kern n° 20 408

dans les sections Fribourg II et Fribourg IV (première partie), nous conduit à cette constatation.

Le poids de l'appareil de l'oculaire permettrait, dans ces deux groupes, un fléchissement des ressorts trop faibles dans la position II de la lunette, tellement important que, pour une mesure dans une seule direction, on pourrait avoir pour l'angle de hauteur une erreur systématique de 14",85 et même 19",10. Dans la seconde partie du groupe IV mesuré avec le même instrument, cette erreur importante diminue jusqu'à atteindre la faible valeur de 0",5, c'est-à-dire, que pratiquement elle disparaît complètement, *simplement par le fait que le système de ressort a été renforcé.*

Dans les théodolites d'Hildebrand, lorsqu'on fait glisser le tube de l'oculaire, le ressort est infléchi d'environ trois mm dans la position F₁ par rapport à sa position lettre F, et il agit par cette inflexion avec une force d'environ 400 g contre l'appareil de l'oculaire, puisqu'une inflexion du ressort de mm 0,75 exige un poids de 100 g. Lorsqu'on place la lunette dans la position II, le poids de l'appareil de l'oculaire n'utilise que 120 g de cette force opposée. On devrait donc supposer que l'excédent de 280 g presse le tube de l'oculaire contre la paroi intérieure de la lunette. Mais ce n'est pas le cas.

Des essais pratiques de charger l'appareil de l'oculaire ont démontré que, dans la position II de la lunette, le ressort s'infléchit encore davantage, lorsqu'on augmente le poids de seulement 10 g. Cette flexion du ressort, soit cette inflexion du tube de l'oculaire, a pu être lue directement au moyen de la lunette en observant le mouvement du fil horizontal sur une division tous les 0,5 mm. Des écarts plus considérables correspondants furent observés en augmentant le poids. A partir de 50 g, on put constater également un léger fléchissement de l'extrémité de l'oculaire, dans les théodolites Hildebrand. Toutefois, ce fléchissement restait considérablement plus faible que l'inflexion proprement dite de l'appareil de l'oculaire.

Nos recherches démontrent toutefois que, dans nos mensurations d'altitudes exécutées avec les théodolites Kern ou Hildebrand, il existe des erreurs angulaires de hauteur systématiques, provenant principalement de l'imperfection du bâti de l'appareil de l'oculaire. Mais en donnant au bâti de l'oculaire les dimen-

sions appropriées et en répartissant convenablement le système des ressorts, on peut éviter cette erreur qui, bien qu'appréciable, ne présente cependant aucun inconvénient notable dans les observations exécutées dans les deux directions. L'instance de vérification a l'intention de remplacer, dans quelques théodolites, les ressorts trop faibles du bâti de l'oculaire par les ressorts plus forts et elle espère ainsi circonscrire l'erreur dans des normes convenables.

(Pour les figures voir pages 66, 67 et 68 du numéro 4 [15 avril 1918] de ce journal.)

Literatur.

Tachymetrische Hülftabellen von R. Sigg. Die in No. 4 besprochenen Tabellen sind nunmehr durch alle Buchhandlungen oder direkt beim Kommissionsverlag W. Schneider & Cie., Buchhandlung, St. Gallen, zu beziehen. Infolge Neuauflage und bedingt durch die heutigen Zeitverhältnisse mußte der Preis pro Exemplar (360^o oder 400 g) erhöht werden auf Fr. 1.50.

* * *

Oesterreichische Zeitschrift für Vermessungswesen. Organ des Vereins der österreichischen k. k. Vermessungsbeamten, redigiert von Hofrat Prof. E. Dolezal und Baurat Ing. S. Wellisch.

Vorstehende Zeitschrift, deren Eingehen in Nummer 4 dieses Jahrganges (15. April 1918) gemeldet worden ist, wird nun doch wieder erscheinen, allerdings nicht mehr monatlich, sondern nur mehr von Fall zu Fall. Dabei will sie sich in den im Jahre 1918 erscheinenden vier Heften in erster Linie darauf beschränken, sich den „Standesfragen der österreichischen Geometerschaft“ zu widmen.

Es bereiten sich interessante Dinge in vermessungs-technischer Beziehung in Oesterreich vor. Wir verweisen auf die Anstrengungen der österreichischen Geometerschaft, die Standesbezeichnung „Ingenieur“ zu erhalten. (Teilweise wurde das durch Ministerialerlaß schon bewilligt.) Im Zusammenhang damit wird die Ausgestaltung der geodätischen Kurse an den österreichischen technischen Hochschulen geplant. Eine neue Regelung des gesamten österreichischen Vermessungswesens wird beabsichtigt. Dies sind alles Dinge, die zu verfolgen für die schweizerischen Vermessungstechniker von großem Interesse sein werden.