

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: 64 (1966)

Heft: 7

Artikel: Le calcul de déformations d'ouvrages d'art

Autor: Ansermet, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-220764>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

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

als wissenschaftliches Ziel gesehen, von kaum übersehbarer praktischer Bedeutung für das menschliche Leben auf der Erdoberfläche sein wird, braucht kaum besonders hervorgehoben zu werden.

Als letztes großes internationales Unternehmen, das ebenfalls von der UGGI organisiert, jedoch im engsten Einvernehmen mit der Internationalen Union für Geologische Wissenschaften (IUSG) durchgeführt wird, sei das «Äußere-Mantel-Projekt» (Upper Mantle Project) erwähnt. Das Projekt hat zum Ziel, den äußeren Mantel der Erdoberfläche zu untersuchen. Wahrscheinlich wird man sich damit begnügen müssen, zunächst die äußerste Kruste zu erforschen, und wenn dies gelingt, so bedeutet auch dieses reduzierte Programm keinen geringen Fortschritt. An diesem Unternehmen sind die Seismik, die Vulkanologie und in zweiter Linie auch Geodäsie (Krustenbewegungen) interessiert. Wichtigste Hilfsmittel zur Erforschung des Erdmantels sind Tiefbohrungen und Großsprengungen. Unser Land beteiligt sich im Rahmen der bescheidenen Möglichkeiten an allen diesen Forschungen, wobei wir immer wieder bedauern, wie gering unsere Beiträge zufolge Mangels an Geldmitteln, aber auch an Fachleuten bleiben müssen, wobei doch gerade die Schweiz zufolge ihrer topographischen Gestaltung besonders interessante Beiträge liefern könnte.

(Fortsetzung folgt)

Le calcul de déformations d'ouvrages d'art

par A. Ansermet¹

Zusammenfassung

Das hier behandelte Problem ist nicht nur für Staumauern, sondern für Bauwerke aller Art (Türme usw.) von Bedeutung. Eine allgemeine Form besteht in der Kombination von Triangulation mit Trilateration, was trotz einiger Nachteilen eher Vorteile bietet. Mit Vorteil verwendet man ein elektrooptisches Distanzmeßgerät, ohne damit gegen andere Typen Stellung zu beziehen. Der Verfasser widmet einige Zeilen einem elektrooptischen Distanzmesser mit besonderen Eigenschaften. Die Berechnungen erfordern die Umwandlung der ursprünglichen Verbesserungsgleichungen in dimensionslose Gleichungen. Dieses Problem lässt noch manche Entwicklungen erwarten.

Résumé

Le problème traité ici est toujours très actuel non seulement pour des barrages mais pour des ouvrages de tous genres (tours, etc.); une forme générale consiste à combiner une triangulation et une trilateration, ce qui procure certains avantages malgré quelques complications. Un télémètre à ondes lumineuses sera choisi de préférence et, sans prendre position entre les divers types, l'auteur de cet article a consacré quelques lignes à un télémètre présentant diverses particularités. Les calculs nécessitent la conversion des équations aux erreurs initiales en équations sans dimensions. Ce problème est susceptible encore de bien des développements.

¹ Rédigé avec la collaboration de J. A. Déverin, ing. physicien EPUL.

Le problème qui fait l'objet de ces lignes fut traité déjà abondamment dans la littérature technique; il est complexe et susceptible de solutions diverses (voir [1]). Il est abordé ici sous une forme générale, l'ouvrage considéré pouvant être une tour, un building, etc. Des tendances nouvelles se manifestent portant sur des déterminations par mesures linéaires; l'emploi de télémètres à ondes lumineuses constitue une solution.

En ce qui concerne les calculs, certains auteurs font application de la statistique mathématique (voir [2]); un tel cas se présente ci-après.

En principe on s'efforce de réaliser un degré élevé d'hyperdétermination; désignons par $A, B, C \dots$ des points fixes, tandis que P vient en P' après la déformation (fig. 1). Par hypothèse PP' est suffisamment petit pour qu'on puisse envisager un seul point provisoire P_0 dans le voisinage du milieu de PP' .

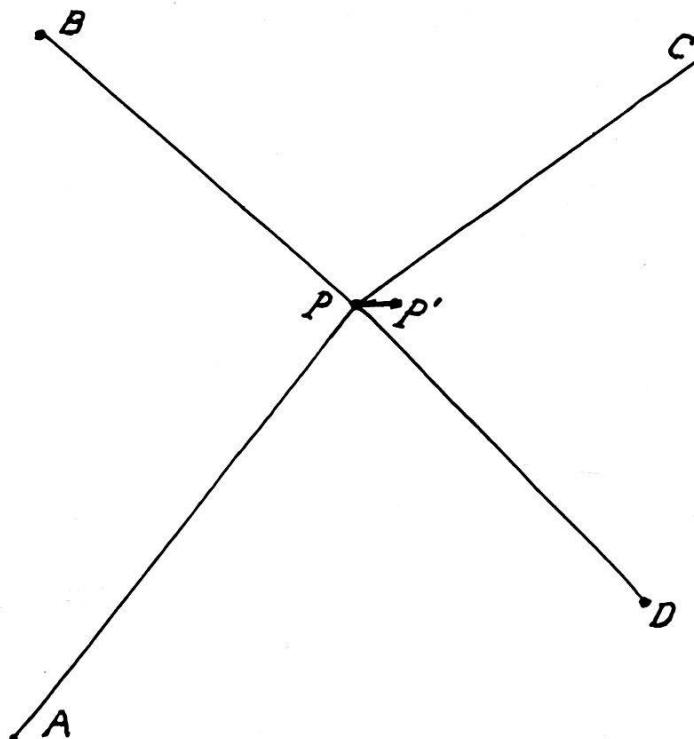


Figure 1

Notations: Coordonnées de P_0 : x_0, y_0, z_0 (valeurs arbitraires)

Coordonnées de P : $x_0 + dx, y_0 + dy, z_0 + dz$

Coordonnées de P' : $x_0 + dx', y_0 + dy', z_0 + dz'$

Dans cet exemple, de caractère didactique, les valeurs arrondies des coordonnées sont:

pour A	$+206^m,3$	x	y	z	$\sin 1'' = 1:206\,265$ Angles verticaux en A, B, C, D : $\alpha \approx 36^\circ 52'$ $\sin \alpha = 0,6$ à 1:1000 près
pour B	0	$+206,3$	0	0	
pour C	$-206,3$	0	0	0	
pour D	0	$-206,3$	0	0	
pour P_0	0	0	$+154^m,7 = z_0$		

Les mesures effectuées seront:

1^o linéaires, un miroir M étant placé en P ou P' ,

2^o angulaires (planimétriques et altimétriques).

Chaque mesure donne lieu à une équation aux erreurs; mais ici une petite complication se présente au point de vue des dimensions ([6], p. 56, 319). Il faut réaliser l'homogénéité; une solution consiste à ne plus avoir de dimensions pour toutes les équations.

Avant de poursuivre il convient de rappeler succinctement les caractéristiques d'un télémètre à ondes lumineuses; notre Revue a consacré déjà des pages nombreuses à ces appareils. Le type choisi est celui de la figure 2 (voir [4]).

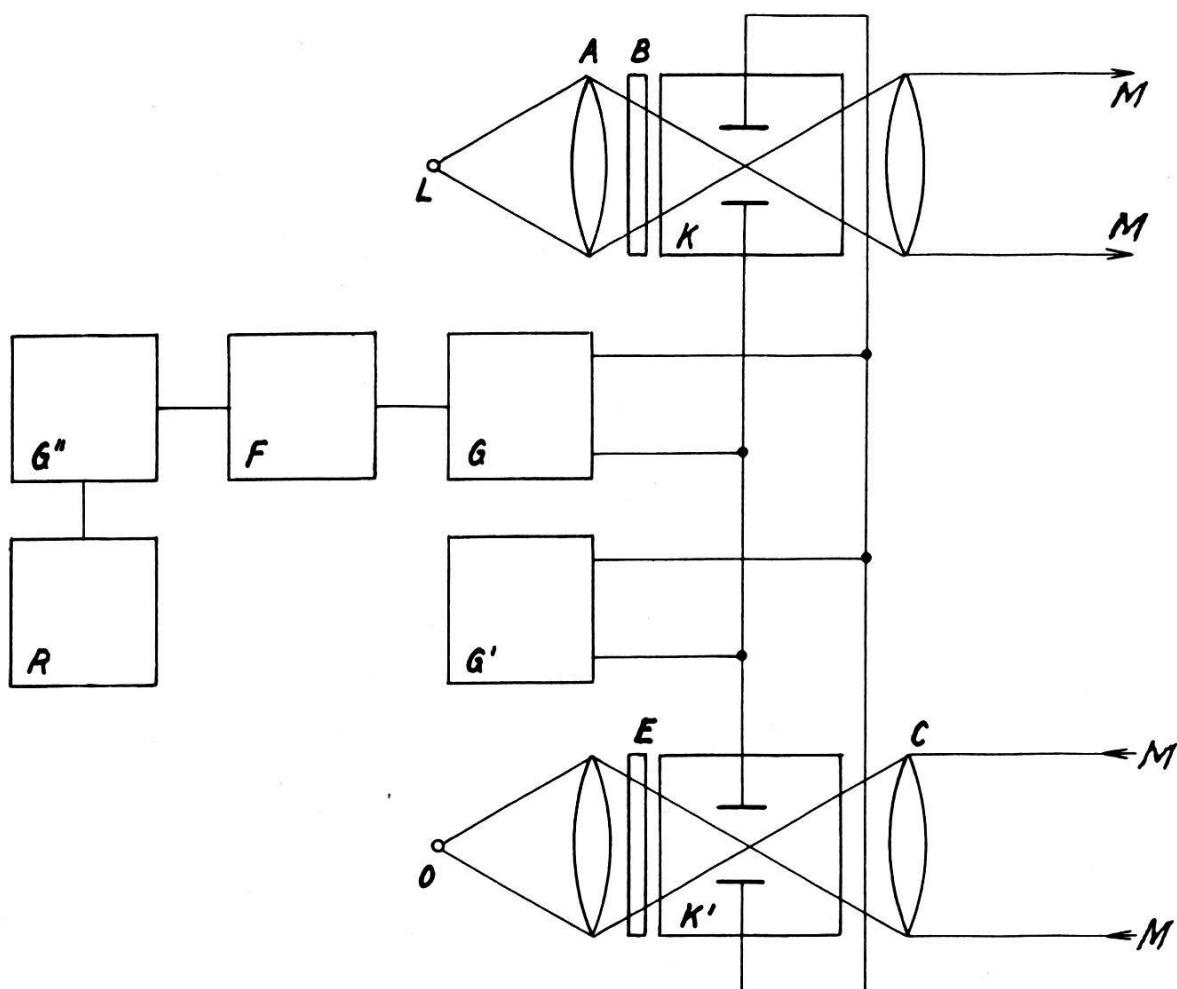


Figure 2

Légende

K, K'	Cellules de Kerr	A	Condenseur
B	Polariseur	GG'	Générateurs
C	Analyseur-polariseur	F	Fréquence-mètre
E	Analyseur	G''	Générateur à quartz
O	Œil de l'observateur ou photo-multiplicateur	R	Récepteur

Ce télémètre SWW1 comprend la source lumineuse L et, à la distance cherchée, le miroir M ; pour moduler en amplitude on applique aux cellules K et K' une tension de haute fréquence provenant de G (9,6 à 10,4 MHz). La modulation est sinusoïdale, car G' fournit une haute tension constante, de basse fréquence, et de forme trapézoïdale; celle-ci sert à la polarisation des condensateurs de Kerr. La fréquence de modulation est mesurée par F , G'' et R .

La lumière polarisée est constituée par des rayons ordinaire et extra-ordinaire dont les plans de vibration respectifs sont mutuellement normaux. A la sortie de l'objectif émetteur il y a polarisation elliptique, mais les paramètres varient à cause de la différence de marche des rayons. Après réflexion en M cette lumière, polarisée elliptiquement, traverse C qui est à la fois analyseur pour K et polariseur pour K' puis, sous l'effet de la tension qui y est appliquée, en sort aussi elliptiquement polarisée. Ainsi la lumière qui émerge de E fut modulée en amplitude deux fois: la première fois par l'ensemble B , K , C et ensuite par le système C , K' , E .

Les éléments F , G'' et R du SWW1 servent à comparer les pulsations respectivement émise et reçue pour en déduire la différence de phase donc la distance.

Eléments de calcul. Ils servent à former les équations aux erreurs ou mieux les équations *amélioratrices* (Verbesserungsgleichungen). Elles ne sont pas encore rendues homogènes, ce qui fournit immédiatement les coefficients:

Mesures linéaires (spatiales)				Planimétrie				Altimétrie			
AP	v_1^{mm}	+0,8	0	+0,6	AP	v_5''	+1	0	AP	v_9''	+0,64
BP	v_2^{mm}	0	+0,8	+0,6	BP	v_6''	0	+1	BP	v_{10}''	+0,64
CP	v_3^{mm}	-0,8	0	+0,6	CP	v_7''	-1	0	CP	v_{11}''	+0,64
DP	v_4^{mm}	0	-0,8	+0,6	DP	v_8''	0	-1	DP	v_{12}''	+0,64
		dx	dy	dz			dx	dy			dz

Les unités sont le millimètre et la seconde sexagésimale; $\cos^2 \alpha = 0,64$.

Conversion des équations. Ces dernières seront rendues homogènes, sans dimensions; de plus il faut veiller à ce que les erreurs apparentes v , les termes absolus et les erreurs moyennes soient exprimés en fonction de la même unité.

Dans le cas présent les erreurs moyennes quadratiques (à priori) seront: $\pm m_l$ pour les éléments linéaires (millimètres) (poids p_l); $\pm m_a$ pour les éléments angulaires (secondes sexag.) (poids p_a).

Il faut de plus la même constante pour: $p_l m_l^2 = p_a m_a^2 = \text{const.}$ et la condition du minimum revêtira aussi la forme:

$$\left[\left(\frac{v_l}{m_l} \right)^2 \right] + \left[\left(\frac{v_a}{m_a} \right)^2 \right] = \text{minimum} \quad (\text{constante} = 1)$$

m_l et v_l pour $i = 1, 2, 3, 4$ et m_a , v_a pour $i = 5, 6, 7 \dots 12$.

Il suffira donc de multiplier les équations aux erreurs par $1/m_l$ ($i = 1, 2, 3, 4$) et $1/m_a$ ($i = 5, 6 \dots 12$) ces m en valeurs absolues. Ici c'est par hypothèse que les m_a ont la même valeur en planimétrie et altimétrie.

Equations sans dimensions. En faisant application de ce qui précède on obtient un premier groupe de 12 équations en dx , dy , dz ; admettons les valeurs $|m_l| = 1,25$ mm pour l'erreur quadratique moyenne linéaire et $|m_a| = 1",6$ pour les 8 mesures angulaires.

	dx	dy	dz
v_1	+0,64	0	+0,48
v_2	0	+0,64	+0,48
v_3	-0,64	0	+0,48
v_4	0	-0,64	+0,48
v_5	+0,625	0	
v_6	0	+0,625	
v_7	-0,625	0	
v_8	0	-0,625	
v_9			+0,4
v_{10}			+0,4
v_{11}			+0,4
v_{12}			+0,4

Après cette conversion les v/m_l et v/m_a ont le poids 1 ([6] p. 319); il ne faut pas oublier de convertir les termes absous. Le calcul des coefficients de poids des inconnues est immédiat:

$$\begin{aligned} Q_{xx} &= Q_{yy} = 0,625 \\ Q_{zz} &= 0,64 \end{aligned}$$

Poids à posteriori P_i :

$$\frac{1}{P_i} = \overline{0,64^2} \times 0,625 + \overline{0,48^2} \times 0,64 = 0,403 \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

$$\frac{1}{P_i} = 0,244 \quad (i = 5, 6, 7, 8)$$

$$\frac{1}{P_i} = 0,102 \quad (i = 9, 10, 11, 12)$$

$$[p : P]_1^{12} = 4 \times 0,403 + 4 \times 0,244 + 4 \times 0,102 = 3,00 \quad (3 \text{ inconnues})$$

Second groupe d'équations: les inconnues sont dx' , dy' , dz' (point P'). Par hypothèse PP' était petit et les coefficients primitifs étaient les mêmes, à $1/1000$ près, pour dx et dx' , dy et dy' , dz et dz' .

Les erreurs moyennes, en fonction desquelles on convertit les équations primitives en équations sans dimensions, ne sont pas nécessairement les mêmes d'un groupe à l'autre; les $v_1, v_2 \dots v_{12}$ deviennent des $v'_1, v'_2 \dots v'_{12}$ avec de nouveaux coefficients différant partiellement ou totalement de ceux ci-dessus. Ce problème fut traité récemment (voir [3]).

Comme pour le premier groupe on forme des $Q_{x'x'}$, $Q_{y'y'}$, $Q_{z'z'}$ on a de plus: $\overline{PP'}^2 = (dx - dx')^2 + (dy - dy')^2 + (dz - dz')^2$ ou aussi: $\overline{PP'}^2 = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$ (ξ, η, ζ composantes de PP') et, en désignant par M_ξ, M_η, M_ζ les erreurs moyennes quadratiques des ξ, η, ζ : $M_\xi^2 : M_\eta^2 : M_\zeta^2 = (Q_{xx} + Q_{x'x'}) : (Q_{yy} + Q_{y'y'}) : (Q_{zz} + Q_{z'z'})$. Ici il y a, pour chaque groupe, neuf équations surabondantes d'où:

$$M_0^2 \cong ([pvv] + [p'v'v']) : 18$$

pour calculer l'erreur moyenne quadratique; d'autres éléments peuvent aussi être déterminés notamment l'ellipsoïde dit standard (voir [2]).

Littérature

- [1] *Kobold, F.*: Bestimmung von Deformationen an Bauwerken (Schweizerische Bauzeitung, mars 1958).
- [2] *Richardus, P.*: Triangulation im Lichte der mathematischen Statistik. Messungen von Deformationen an Bauwerken (Zeitschrift für Vermessungswesen, novembre 1964).
- [3] *Wolf, H.*: Zur Anwendung von Verfahren der mathematischen Statistik (Zeitschrift für Vermessungswesen, novembre 1964).
- [4] *Kondraschko*: Elektrooptische Entfernungsmessung (VEB Berlin).
- [5] *Ansermet, A.*: L'électrotélémétrie et ses applications (Publication, EPUL, 1965, N° 86).
- [6] *Wolf, H.*: Methode der kleinsten Quadrate (Hanseatische Verlagsanstalt GmbH, Hamburg).

Über einen Versuch, aus dem Vergleich der Landestriangulation erster Ordnung von 1911 bis 1916 mit der Gradmessungstriangulation von 1860 bis 1879 Krustenbewegungen in der Schweiz nachzuweisen

Von Fritz Kobold und Abdel Fattah Habib

Zusammenfassung

Durch Vergleich der Richtungen und der Koordinaten im Gradmessungsnetz und im Netz erster Ordnung der Eidgenössischen Landestopographie wird versucht, tektonische Bewegungen in der Schweiz nachzuweisen. Die angewandten Methoden sowie die Ergebnisse werden in äußerster Zusammenfassung dargestellt. Einzelheiten finden sich in der Dissertation Habib.

Bei den Punkten Cramosino, Chasseral und Rigi zeigen sich kleine Verschiebungen, die jedoch nicht auf tektonische Bewegungen zurückführen lassen, sondern Folgen von lokalen Rutschungen sind.

Tektonische Bewegungen lassen sich daher nicht nachweisen.

Résumé

On essaye de déterminer des mouvements de l'écorce terrestre en Suisse par la méthode de la comparaison des directions et des coordonnées dans le réseau international de 1860–1879 et dans le réseau primordial du Service topographique fédéral. Les méthodes appliquées ainsi que les résultats sont donnés dans un aperçu extrêmement conçu. Les détails se trouvent dans la thèse de M. Habib.

On constate des petits déplacements pour les points Cramosino, Chasseral et Rigi, dont la raison ne peut être trouvée dans des mouvements tectoniques. Ils s'expliquent par des glissements locaux.

En conclusion on ne peut pas prouver l'existence de mouvements de l'écorce terrestre en Suisse.