

# Détermination géodésique des déformations d'un barrage avec le théodolite DKM2-AM

Autor(en): **Miserez, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **77 (1979)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-229670>

## **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.

und künstlichen Objekte, seine organischen und anorganischen Gegebenheiten berichten. Damit werden Photogrammetrie und Fernerkundung unentbehrliche Hilfsmittel für Planungen, Ausführungen und Überwachung auf den Gebieten der Technik, der Wirtschaft, der Verwaltung, der Politik und des Militärs und können damit zu einer Verbesserung der Lebensbedingungen beitragen. In gleicher Weise stellen sie aber Hilfsmittel zur Verfügung, welche zu einem perfekt kontrollierten Leben in der Vision von Orson Welles führen können. Der gleiche menschliche Geist, der die-

se geistvollen Instrumente geschaffen hat, muss somit auch über deren Verwendung entscheiden.

#### Literatur

- [1] F. J. Doyle: Photogrammetry: The next two hundred years. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 43, Nr. 5, 1977, pp 575-577.  
 [2] G. Konecny: Zukunftsaufgaben der Photogrammetrie. Zeitschrift für Vermessungswesen 1974, Heft 12, S. 527-535.  
 [3] H. Gruner: Photogrammetrie 1776-1976. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 43, Nr. 5, 1977, pp 569-574.

- [4] G. Konecny: Digitalauswertung und Photogrammetrie. Geodätische Woche Köln 1975, Verlag K. Wittwer, Stuttgart, S. 220-230.  
 [5] K. Rinner: Stand und Ausblick in der Photogrammetrie. Geodätische Woche Köln 1975, Verlag K. Wittwer, Stuttgart, S. 204-212.  
 [6] World Cartography, Vol. XIV, UN New York 1976. ST/ESA/SER.L/14.  
 [7] F. Ackermann: Some thoughts on the future of photogrammetry. The Photogrammetric Record, Vol. IX, Nr. 50, oct. 1977.

Adresse des Verfassers:  
 Prof. Dr. K. Rinner, Institut für Landesvermessung und Photogrammetrie, Technische Universität Graz, Rechbauerstrasse 12, A-8010 Graz.

# Détermination géodésique des déformations d'un barrage avec le théodolite DKM2-AM

A. Miserez

*Im Juli 1977 haben Studenten der ETH Lausanne einen Teil des Triangulationsnetzes der Staumauer Rossens gemessen, und zwar einmal mit dem Theodolit T3 und einmal mit dem DKM2-AM. Dieser Artikel zeigt und vergleicht die Resultate der beiden Messreihen und einer vollständigeren Messreihe, die 1976 durch geübte Beobachter ausgeführt wurde.*

## Introduction

Durant leur deuxième campagne de topographie de l'été 1977, les étudiants de quatrième année du Département de Génie rural et Géomètres de l'EPFL ont effectué des observations de triangulation dans le réseau du barrage de Rossens. Agréablement surpris de la qualité des résultats obtenus par ces observateurs débutants avec un théodolite DKM2-AM avec micromètre pour l'axe des tourillons, nous pensons intéresser nos collègues en donnant ci-dessous une brève description du travail, une analyse et quelques commentaires sur les résultats.

## Mesures

Du 5 au 19 juillet 1977, 21 étudiants répartis en sept groupes ont effectué par rotation une double mesure de triangulation à Rossens avec deux théodolites différents: un T3 de Wild Heerbrugg et un DKM2-AM de la Maison Kern à Aarau. Si durant toute la période des mesures, la cote de la retenue de Rossens est restée bien constante, les conditions météorologiques ne furent que rarement favorables: il faisait souvent très chaud l'après-midi, ce qui provoquait de fortes

vibrations de l'air peu propices pour des performances dans la précision des observations.

Chaque jour, deux groupes de trois étudiants travaillaient au barrage, sous la surveillance de J.-J. Chevallier, ingénieur à l'Institut de Géodésie et Mensuration de l'EPFL, ou du soussigné. Il y avait en principe un groupe occupé au nivellement géométrique de précision et un groupe qui effectuait les observations de triangulation. Durant environ le tiers de la période, les deux groupes purent faire simultanément des mesures de séries sur deux stations entre lesquelles les visées n'existent pas (piliers 2 et 6 ou 4 et 5). En déduisant les samedis et dimanches ainsi que deux demi-journées où l'orage a empêché toute observation, 12 jours de travail furent nécessaires pour la double mesure de la triangulation de Rossens.

Au total 101 directions horizontales et autant d'angles verticaux ont été mesurés avec chaque théodolite depuis 6 piliers situés à l'aval du barrage vers 15 repères du parement. Une journée de travail par station comportant en moyenne 17 visées a donc été consacrée aux observations. Il s'agit bien là d'un rendement d'étudiants!

## Précision des directions horizontales

Sur chaque pilier, deux ou trois séries de directions horizontales ont été observées. Après la mesure de deux premières séries et un rapide calcul, la mesure d'une troisième série a été parfois décidée lorsque les écarts entre les deux premières étaient jugés trop importants, ou lorsque les conditions météorologiques rendaient les visées particulièrement difficiles.

Le calcul des séries de chaque station donne une première indication sur la précision des directions observées. Les séries horizontales mesurées avec le DKM2-AM ont été traitées de deux façons:

- désigné par DKM2-A, le premier calcul est basé sur les mesures brutes
- sous DKM2-AM, c'est le résultat des calculs après corrections préalables des directions en tenant compte des lectures du micromètre d'axe des tourillons.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous, pour les deux théodolites utilisés, le nombre de séries horizontales mesurées et l'erreur moyenne à craindre M sur une direction compensée.

Pilier No	1	2	3	4	5	6
Nombre de séries T3	3	2	2	2	2	3
M=	± 1,9 <sup>cc</sup>	± 1,8 <sup>cc</sup>	± 2,9 <sup>cc</sup>	± 3,3 <sup>cc</sup>	± 3,6 <sup>cc</sup>	± 3,0 <sup>cc</sup>
Nombre de séries DKM2-A	2	3	3	2	2	3
M=	± 3,8 <sup>cc</sup>	± 2,6 <sup>cc</sup>	± 2,3 <sup>cc</sup>	± 1,9 <sup>cc</sup>	± 3,3 <sup>cc</sup>	± 2,7 <sup>cc</sup>
Nombre de séries DKM2-AM	2	3	3	2	2	3
M=	± 2,6 <sup>cc</sup>	± 1,6 <sup>cc</sup>	± 1,5 <sup>cc</sup>	± 1,8 <sup>cc</sup>	± 1,8 <sup>cc</sup>	± 1,6 <sup>cc</sup>

Un premier examen du tableau montre que les résultats ne sont guère homogènes; aussi bien pour le T3 que pour le DKM2-A, l'erreur moyenne à craindre sur une direction observée varie du simple au double suivant la station. On peut souvent d'ailleurs établir une corrélation entre la composition de l'équipe qui a effectué les mesures ou entre les conditions météorologiques et le résultat obtenu! En tenant compte toutefois que les mesures ont été faites par des étudiants peu entraînés à des observations de ce type, les résultats sont encore acceptables.

Comme on pouvait l'espérer, on constate pour le DKM2-AM une diminution sensible des écarts entre les séries et par conséquent de l'erreur moyenne à craindre sur une direction lorsque l'on tient compte des lectures au micromètre d'axe des tourillons, le pilier 4 constituant l'exception qui confirme la règle.

Les corrections à apporter aux directions horizontales ont été calculées à partir des lectures du micromètre d'axe des tourillons et des angles verticaux, à l'aide d'un simple programme pour le calculateur de poche HP 25. Pour les visées dont l'inclinaison est inférieure à 5 grades, ces corrections restent partiellement toujours négligeables; elles ne deviennent vraiment sensibles que lorsque l'angle vertical dépasse 10 grades.

Il est bon de noter que sur les 101 directions observées à Rossens, 30 seulement ont une inclinaison inférieure à 5 grades et 46, soit presque la moitié, une inclinaison plus grande que 10 grades, la visée la plus inclinée dépassant même 36 grades. C'est une situation que l'on retrouve dans pratiquement tous les réseaux établis pour déterminer la déformation des barrages par la méthode géodésique.

### Calcul de la planimétrie

Sur la base des directions observées, les coordonnées des piliers et des repères ont été calculées globalement comme réseau libre. Nous avons effectué trois compensations en utilisant les mesures T3, DKM2-A et DKM2-AM et en attribuant le même poids à chaque direction.

L'erreur moyenne quadratique a posteriori sur une direction compensée résultant des calculs atteint les valeurs suivantes:

avec les mesures T3	$\pm 3,0^{cc}$
avec les mesures DKM2-A	$\pm 5,1^{cc}$
avec les mesures DKM2-AM	$\pm 2,7^{cc}$

On est d'emblée frappé par la différence de la valeur de cette erreur moyenne entre les mesures faites avec le DKM2-AM et le DKM2-A, c'est-à-dire suivant que l'on tient compte ou non des lectures au micromètre de l'axe des tourillons. Cette grande différence est due à

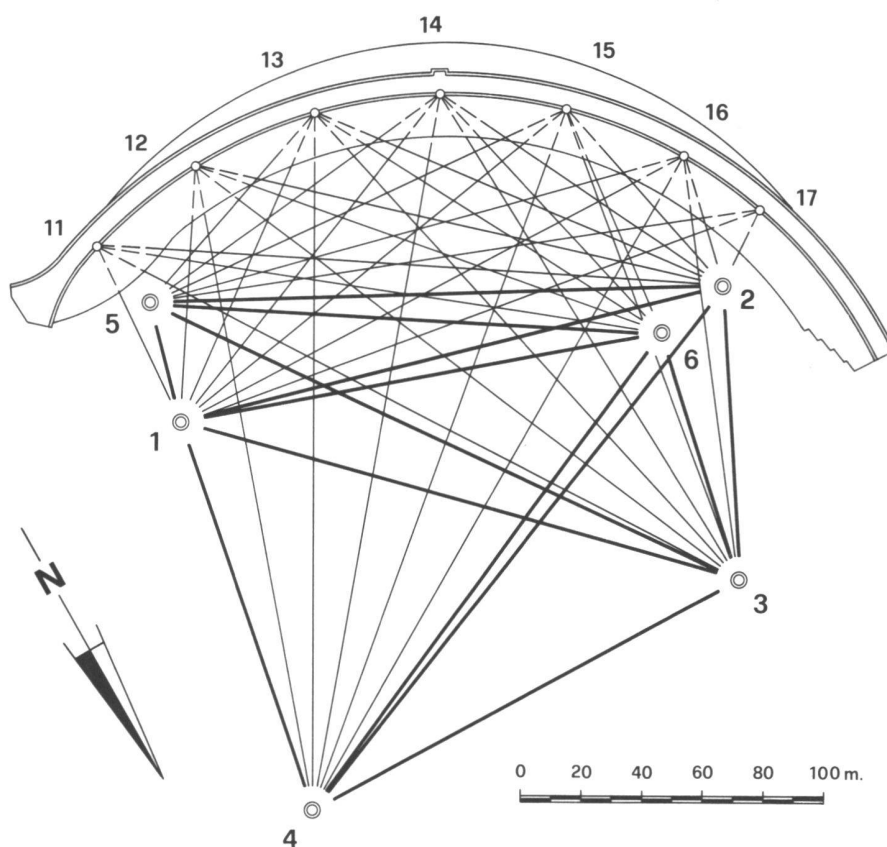
un calage du théodolite trop peu soigné pour des visées aussi inclinées. Ceci s'explique peut-être parce que la nivelle du DKM2-AM n'a qu'une sensibilité de 20" ou, plus vraisemblablement, par l'inexpérience des observateurs. Il est aussi possible que le calage du théodolite placé sur une embase pour pilier se soit légèrement modifié pendant la mesure très lente des séries; certains groupes ont eu besoin de plus d'une demi-journée pour observer les directions horizontales seulement.

Mais cette différence démontre aussi le gain appréciable de précision que peut apporter le micromètre d'axe des tourillons puisque l'erreur moyenne ré-

versément proportionnel au carré de la longueur des visées et en attribuant le poids 1 à une visée de 100 m, nous avons compensé globalement le réseau altimétrique. L'erreur moyenne quadratique sur l'unité de poids résultant de la compensation atteint les valeurs suivantes:

pour les angles verticaux mesurés avec le T3	$\pm 0,53$ mm,
pour les angles verticaux mesurés avec le DKM2-AM	$\pm 0,45$ mm.

Il n'y a évidemment pas ici de distinction entre DKM2-A et DKM2-AM, les lectures faites au micromètre d'axe des tourillons n'ayant pas d'influence sur les angles verticaux. L'erreur moyenne ob-



Canevas simplifié du réseau mesuré à Rossens en juillet 1977. Les visées vers les repères se trouvant approximativement sur les mêmes verticales que les repères 12, 13, 14, 15 et 16 ne sont pas dessinées.

sultant des mesures avec le DKM2-AM est même légèrement plus faible qu'avec le T3.

### Calcul de l'altimétrie

Deux piliers du réseau de Rossens peuvent être déterminés par nivellement géométrique de précision. Nous avons admis l'altitude obtenue pour ces deux piliers puis calculé les autres piliers et les 15 repères du parement par nivellement trigonométrique sur la base des angles verticaux mesurés deux fois. En choisissant pour les dénivelées un poids

tenue avec le DKM2-AM démontre la haute qualité du compensateur de cet appareil, qualité déjà mise en évidence dans diverses publications et notamment par J.-M. Rüeger lors de mesures astronomiques (Mensuration, Photogrammétrie, Génie rural II/73)

### Comparaison avec les résultats de 1976

C'est le Service Topographique fédéral (S+T) qui est mandaté par les Entreprises Electriques Fribourgeoises pour effectuer périodiquement la triangula-

tion de contrôle du barrage de Rossens. Grâce à l'amabilité des ingénieurs de ce service, nous disposons de documents très complets concernant les calculs et les observations faites en août 1976.

Cette dernière mesure comporte au total 252 directions horizontales observées avec un théodolite T3 et 30 distances entre 7 piliers, mesurées avec le Mekometer ME 3000. Le réseau 1976 complet compte 60 points dont les 7 piliers, quelques points d'orientation éloignés, plus de 20 repères scellés dans le rocher aux environs du barrage et une vingtaine de repères au parement.

La compensation globale du réseau complet 1976 effectuée par le S+T avec son programme de triangulation donne une erreur moyenne après compensation de  $\pm 2,7^{\text{cc}}$  sur une direction horizontale, c'est-à-dire la même valeur que celle obtenue avec les mesures 1977 DKM2-AM.

Pour disposer d'une deuxième comparaison, nous avons retenu des mesures effectuées par le S+T les 101 directions et les 21 points constituant le réseau 1977 et refait avec notre programme la compensation planimétrique de ces observations. Ce nouveau calcul donne, une fois encore, une erreur

moyenne quadratique de  $\pm 2,7^{\text{cc}}$  sur une direction compensée.

Lors de la mesure de 1976, le Service Topographique fédéral a observé 179 angles verticaux, non pas avec un T3 comme pour les directions horizontales, mais avec un nouveau T2 à collimation verticale automatique. Selon les calculs du S+T, le traitement global de ce réseau basé sur les deux piliers nivelés en 1976 donne une erreur moyenne de  $\pm 5,5$  mm pour une visée de 1 km, valeur qui à première vue semble assez bien correspondre aux erreurs moyennes obtenues avec nos mesures de 1977.

Pour avoir une meilleure comparaison, nous avons, comme pour la planimétrie, retenu des mesures de 1976 celles qui constituent aussi le réseau partiel de 1977 et refait une compensation altimétrique. En attribuant les mêmes poids que pour les calculs avec les angles verticaux mesurés avec le T3 ou le DKM2-AM, nous avons obtenu une erreur moyenne après compensation de  $\pm 0,80$  mm pour une visée de 100 m. Cette valeur est un peu moins bonne que les résultats obtenus avec le T3 ou le DKM2-AM et, sans chercher à en trouver le pourquoi, nous avons toutefois constaté que les différences de niveaux obser-

vées dans les deux sens (entre les piliers) «jouent» moins bien qu'en 1977.

## Conclusions

Les résultats du traitement des mesures de triangulation effectuées en été 1977 à Rossens par un groupe d'étudiants de l'EPFL employant un DKM2-AM montrent que cet instrument peut parfaitement être utilisé pour la mesure géodésique des déformations de barrages. Le compensateur à liquide de l'instrument facilite la mesure rapide et très précise des angles verticaux et le micromètre de l'axe des tourillons permet d'obtenir des directions horizontales affranchies d'une erreur résiduelle de calage malgré la forte inclinaison des visées.

Les points d'un «petit» réseau où la longueur des visées ne dépasse pas 250 m sont déterminés par des mesures avec un DKM2-AM avec une précision planimétrique et altimétrique comparable à celle obtenue à l'aide d'un T3. Pour des réseaux comportant des visées nettement plus longues, la comparaison reste à faire.

Adresse de l'auteur:

Prof. A. Miserez, Institut de Géodésie et Mensuration EPFL, Av. de Cour 33, 1007 Lausanne

# Messen der Kippachsneigung mit dem Kern DKM2-AM

H. Aeschlimann

*Les compensateurs à liquide permettent la mesure de l'angle entre la verticale et l'axe principal du théodolite, angle mesuré selon ses composantes dans un système solidaire de l'instrument. En général, on utilise seulement la composante selon la ligne de visée pour obtenir une correction automatique de la lecture du cercle vertical. A l'aide d'un micromètre optique particulier, la composante selon l'axe secondaire des tourillons peut être mesurée dans le théodolite Kern DKM2-AM. Ce dispositif remplace la nivelle cavalière pour déterminer l'inclinaison de l'axe secondaire des tourillons.*

## 1. Zweck des Kippachsmikrometers

Allgemein ist bekannt, dass die Horizontiergenauigkeit von Sekundentheo-

doliten nicht ausreicht, um die Einflüsse von Horizontierfehlern auf die Horizontalrichtungen bei steilen Visuren kleiner als die Messgenauigkeit zu halten. Mit den üblichen 20"-Libellen lassen sich kaum kleinere Stehachsneigungen als 3"-4" erreichen. Um keine Fehler  $> 1''$  befürchten zu müssen, wäre der Einfluss der Stehachsneigung bereits bei Visurneigungen zwischen  $14^\circ$  und  $20^\circ$  zu berücksichtigen.

Mit Hilfe von Reiterlibellen wird hier und da die Kippachsneigung gemessen. Obwohl für astronomische Universale – mit Ausnahme jener, die Neigungseinflüsse direkt an der Ziellinie kompensieren – die Neigungsmessung ohne Libellen heute immer noch undenkbar ist, hat sie aus verschiedenen Gründen für Sekundentheodolite nicht richtig befriedigt. Die grosse thermische Empfindlichkeit der Libellen, die fragwürdige Zu-

verlässigkeit der Messwerte, besonders bei direkter Lagerung der Reiterlibelle auf der Kippachse, der kurze Abstand der Auflagen, die Abdeckung zenitnaher Visuren und nicht zuletzt die mangelnde Vertrautheit der Beobachter mit der Methode mögen dafür verantwortlich sein. Es liegt daher nahe, anstelle von Libellen andere neigungsempfindliche Bauelemente zu verwenden.

Als Kippachsmikrometer wird eine im Theodolit eingebaute Vorrichtung bezeichnet, die mit Hilfe eines optischen Mikrometers gestattet, Veränderungen der in die Kippachsrichtung fallenden Komponenten der Stützenneigung zu messen.

Da die Kippachse in der Theodolitstütze durch die Kippachslager sehr genau geführt ist, kann für Sekundentheodolite die Neigungsänderung der Stütze der Neigungsänderung der Kippachse