

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 86 (1988)

**Heft:** 1

**Artikel:** Contrôle de la triangulation du quatrième ordre aux Diablerets

**Autor:** Huguenin, L.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-233741>

### **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:** 02.04.2026

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

## Contrôle de la triangulation du quatrième ordre aux Diablerets

L. Huguenin

Dans le cadre de leur formation d'ingénieur, les étudiants du Département de génie rural et géomètre effectuent, en quatrième année, une «campagne» de mensuration. Celle de 1986 a eu lieu aux Diablerets (VD) et avait pour but de mettre en évidence des glissements de terrain, en comparant les coordonnées obtenues par les étudiants (par mesures de directions et de distances et compensées globalement par le programme Landtop) à celles de la triangulation officielle datant de 1920. Les résultats de cette comparaison ont permis de constater le déplacement de quelques points, mais aussi la très bonne qualité du travail effectué en 1920, compte tenu des moyens de mesure et des méthodes de calcul de l'époque.

*Im vierten Jahr ihrer Ingenieurausbildung absolvieren die Studenten der Abteilung Kulturtechnik und Vermessung einen Vermessungskurs. 1986 fand dieser in Les Diablerets (VD) statt und sollte Geländerutschungen erfassen, indem die von den Studenten erhaltenen Koordinaten (Ausgleichung von Richtungen und Distanzen in einem Guss, mit dem Programm Landtop) mit denjenigen der offiziellen Triangulation aus dem Jahr 1920 verglichen wurden. Die Ergebnisse dieses Vergleichs brachten einige Punktverschiebungen hervor, sie unterstreichen aber auch die, in Anbetracht der damaligen Messmittel und Rechenmethoden sehr gute Qualität der 1920 ausgeführten Arbeit.*

### I. Introduction

Dans le cadre de leur formation d'ingénieur, les étudiants du Département de génie rural et géomètre effectuent en quatrième année une «campagne» de mensuration. Cela leur permet de mettre en pratique, dans un travail d'une certaine ampleur et dans des conditions très proches de la réalité, les connaissances acquises pendant leurs études.

La campagne de 1986 a eu lieu au mois de juillet aux Diablerets. Le travail consistait à redéterminer les coordonnées et altitudes d'une série de repères de la triangulation du quatrième ordre aux alentours du village. Outre le but purement didactique déjà évoqué – permettre aux étudiants de «faire» de la triangulation –, la campagne avait également pour objectif de mettre en évidence d'éventuels mouvements de terrain, en comparant les coordonnées obtenues par les étudiants à celles résultant de la triangulation officielle de 1920.

### II. Le réseau

Le réseau établi est constitué d'un ensemble de 28 points, dont 16 avaient déjà été déterminés en 1920. Ils sont reliés entre eux par des mesures de directions, d'angles verticaux et/ou de distances résumées dans la figure 1.

L'évolution de la végétation et l'extension du village des Diablerets n'ont pas permis de refaire les mesures du canevas de triangulation tel qu'il se présentait en 1920, de nombreuses visées n'étant plus possibles. Certaines mesures ont donc été effectuées depuis des stations excentriques, dont l'emplacement a été choisi

en fonction du nombre maximum de visées réalisables.

Les repères 508 et 510 situés à proximité de la route du col de la Croix n'ont pas été retrouvés. Pour assurer une certaine «tenue» au réseau, de nouveaux points ont été introduits dans cette région et ont été reliés par une polygonale.

Le réseau compte finalement 217 observations et 97 inconnues d'où 120 observations surabondantes. Il est donc largement surdéterminé et sa fiabilité est bonne comme le prouve l'analyse des indicateurs de fiabilité fournis par le programme «Landtop»:

Seules 7 directions (directions vers les centres et directions mesurées dans la polygonale exceptées) ont des valeurs  $Z_i$  (indicateur de fiabilité local) inférieures à 40%, provoquant dans le plus défavorable des cas un  $K_i$  (influence d'une faute non détectée sur les coordonnées) de 4,5 cm.

Une seule direction (544–506) a une valeur  $Z_i$  inférieure à 30% et un  $K_i$  de 8 cm. Le point 506 est un point topographique, déterminé par visées extérieures uniquement.

Si les techniques de mesure et de calculs ont bien changé depuis 1920, ou même si la configuration des canevas est différente, les résultats, sous forme de coordonnées, restent comparables, précision et fiabilité mises à part.

### III. Les mesures

Les mesures de directions ont été effectuées sous forme de séries (en général 2

par station) en utilisant les appareils suivants:

Kern E2, DKM2 AE  
Wild T2

L'erreur moyenne sur une direction compensée résultant du calcul des séries varie entre 1,4 et 6,6 cc selon la station et l'observateur, ce qui montre le soin apporté aux mesures par les étudiants qui ne sont pas des praticiens expérimentés.

Les distances, elles, ont été mesurées à l'aide des appareils:

Kern DM 501, DM 503  
Wild DI 20, DI 4L

assurant une précision de quelques millimètres même sur des distances parfois très longues, dans le cas présent jusqu'à 2850 m.

### IV. Les calculs

a) Calculs de compensation

L'ensemble de ces mesures, après dépouillement (correction des distances en fonction de la pression et de la température, correction de l'erreur de collimation) et élimination des fautes grossières, ont été introduites dans l'ordinateur pour être traitées globalement par le programme «Landtop» mis au point par l'Office fédéral de la topographie.

Le réseau a été compensé comme réseau «libre» ou sans contraintes, nécessitant le choix de deux points fixes (permettant de calculer l'échelle et l'orientation de l'ensemble des points) et l'introduction des coordonnées provisoires de tous les points. Les points 502 et 412 ont été retenus comme points fixes car le contexte géographique dans lequel ils se situent laisse supposer qu'ils n'ont pas ou très peu bougé depuis leur détermination initiale en 1920. Les coordonnées officielles, datant pour la plupart de 1920, dans quelques cas de 1955 (point 507: église) ou 1967 (points 603 et 505) ont été introduites comme coordonnées provisoires.

Le résultat du calcul de compensation est un ensemble de coordonnées  $Y'$ ,  $X'$ , qu'il s'agira ensuite d'ajuster au mieux sur les coordonnées de 1920 par différentes transformations de Helmert. L'analyse des ellipses d'erreur résultant du calcul libre montre la bonne qualité du travail effectué; en effet, les grands axes des ellipses varient entre 0,4 et 1,3 cm (78% sont inférieurs à 1 cm).

b) Transformation de Helmert

Selon une démarche classique, les résultats du calcul libre (les coordonnées  $Y'$ ,  $X'$  1986) ont été ajustés sur les coordonnées de 1920 par différentes transformations de Helmert.

Dans un premier temps, tous les points ont participé à la transformation: l'analyse des écarts résiduels a permis de sélectionner sept points qui n'ont vraisemblablement



Fig.: Canevas simplifié des mesures effectuées.

pas bougé, les écarts résiduels étant suffisamment petits par rapport à la précision des déterminations. Dans un deuxième temps, ces points ont servi de points d'ajustage à une nouvelle transformation de Helmert, dont les paramètres ont permis de calculer les coordonnées Y X 1986 définitives de l'ensemble. Ces coordonnées seront alors comparées à celles de 1920.

## V. Comparaison des coordonnées

Le tableau 1 résume l'ensemble des calculs effectués et donne, selon l'ordre croissant, les écarts planimétriques entre les coordonnées de 1920 et 1986.

No des points	Différences de coordonnées entre 1986 et 1920		
	V <sub>y</sub> (cm)	V <sub>x</sub> (cm)	V <sub>xy</sub> (cm)
509	0	0	0
512	0	-1	1
607	0	0	0
602	0	-1	1
501	0	0	0
504	0	-1	1
545	1	0	1
507	1	1	1
502	-4	-1	4
543	-5	-3	6
604	-5	3	6
605	2	8	8
506	-6	5	8
544	-3	-34	34
505	23	28	36
603	-24	-36	43

Tableau 1: Comparaison des coordonnées.

D'aussi petites différences permettent de constater, d'une part, la bonne qualité de la triangulation effectuée en 1920 et, d'autre part, la stabilité du terrain où sont implantés ces points.

Les repères nos 502, 506, 543, 604 et 605 montrent des différences de position de 4 à 8 cm.

No	502	506	543	604	605
V <sub>xy</sub> (mm)	38	78	55	56	77

Ces différences ne peuvent pas être interprétées comme des mouvements de terrain réels compte tenu de la précision de la détermination des repères datant de 1920 et du calcul hiérarchique de rigueur à cette époque (calcul point après point). Seuls les repères 505, 544 et 603, enregistrant des déplacements de respectivement 36, 34 et 43 cm, permettent de mettre en évidence des mouvements de terrain. Les déplacements des points 505 et 603 avaient déjà été constatés en 1967 lors de mesures de contrôle dans la région. Le tableau suivant résume les différences obtenues pour les trois points de triangulation:

Pt no	déplacement 1920-1986	déplacement 1967-1986
505	36 cm	7 cm
544	34 cm	-
603	43 cm	4 cm

No	501	504	507	509	512	545	602	607
V <sub>xy</sub> (mm)	8	10	12	4	6	11	8	6

# Partie rédactionnelle

Il est à noter que la borne no 544 penche dans le sens du déplacement. Ce fait pourrait traduire un mouvement purement superficiel du sol.

## VII. La détermination des altitudes

La démarche suivie pour calculer les altitudes est très proche de celle appliquée aux calculs des coordonnées planimétriques.

Après avoir introduit les données dans l'ordinateur, le programme Landtop a également calculé les altitudes compensées de tous les points, ainsi que leur erreur moyenne relative. L'introduction d'un seul point fixe est nécessaire pour permettre à l'ensemble du réseau de se situer par rapport au niveau moyen des mers. Le point 512 situé au fond de la vallée semblait remplir les critères de stabilité en altitude.

D'importants écarts de l'ordre de 5 cm entre les déterminations des différences de niveaux résultant de visées réciproques sont presque systématiquement enregistrés. En outre, la différence d'altitude calculée à partir des visées ascendantes est, à une ou deux exceptions près, toujours plus grande que celle résultant des visées descendantes. Ces phénomènes, souvent enregistrés lors de travaux en montagne, sont certainement liés à des effets de réfraction et de déviation de la verticale. La moyenne des résultats élimine, dans une certaine mesure, l'influence de ces phénomènes, d'où l'importance d'effectuer des visées réciproques.

Les erreurs moyennes altimétriques varient de 1 à 3 cm (70% sont inférieures à 2 cm). Les déterminations des altitudes sont donc moins précises que celles des coordonnées planimétriques.

Les altitudes n'ont pas subi d'autres trans-

formations et ont donc été directement comparées à celles de 1920. Les résultats sont résumés dans le tableau 2.

Pt n°	Altitude 1920 H (m)	Altitude 1986 H (m)	Différence $V_h$ (cm)
509	1170,03	1170,05	2
512	1222,83	1222,83	0
607	1211,45	1211,47	2
602	1515,24	1515,15	-9
501	1346,12	1346,14	2
504	1203,14	1203,13	-1
545	1501,76	1501,77	1
507	1203,41*	1203,45	4
502	1149,77	1149,79	2
604	1455,65	1455,64	-1
604	1246,51	1246,48	-3
605	1347,96	1347,99	3
506	1329,00	1328,87	-13
544	1394,76	1394,66	-10
337	1182,89	1182,21	-68
328	1342,15	1342,04	-11

\* Altitude datant de 1955, clocher

Tableau 2: Comparaison des altitudes.

Interprétation des résultats altimétriques

Onze des seize points calculés montrent des différences  $V_h$  inférieures à 4 cm entre les altitudes déterminées en 1986 et celles de 1920. Aucune conclusion ne peut donc être tirée à leur sujet.

Les écarts enregistrés par les points 544, 505 et 603 de 10, 68 et 11 cm respectivement, confirment les résultats obtenus en planimétrie.

Les écarts sur les points 602 et 506 de 9 et 13 cm sont plus difficiles à interpréter. Il faut cependant mentionner les faits suivants:

le point 506 est un point topographique, un faite de chalet. Il n'est donc pas véritablement un point de référence fiable, un tassement ou des transformations du toit ayant pu modifier son altitude. En outre, les coordonnées et altitude offi-

cielles de ce point ne sont connues qu'au décimètre.

le point 602 est situé dans une très forte pente. Un léger déplacement influence donc davantage la différence d'altitude que les coordonnées planimétriques.

## VIII. Conclusion

La comparaison entre les déterminations de seize points de triangulation du quatrième ordre, effectuée par le géomètre officiel en 1920 et par les étudiants en 1986, a permis de mettre en évidence de manière sûre des mouvements de terrain de l'ordre de 30 cm sur trois points. Le mouvement de ces points avait d'ailleurs déjà été remarqué lors des mesures de contrôle effectuées en 1967 et leurs coordonnées modifiées en conséquence.

La précision des déterminations de 1920 que l'on peut estimer à  $\pm 5$  cm limite la détection des mouvements de terrain à environ 10 cm. Les points ayant des écarts de coordonnées inférieurs à 10 cm ne peuvent donc être jugés instables a priori.

Les instruments de mesure, ainsi que les méthodes de calculs actuels permettent d'obtenir une précision relative de  $\pm 1$  cm (comme le montrent les résultats obtenus par les étudiants: le grand axe de l'ellipse d'erreur moyenne est au maximum de 1,3 cm) pouvant ainsi mettre en évidence à l'avenir des mouvements du même ordre de grandeur.

L'exercice de triangulation proposé aux étudiants de Génie rural et géomètre a permis, en outre, de constater que la triangulation effectuée en 1920, dans la région des Diablerets, est de très bonne qualité.

Adresse de l'auteur:

Laurent Huguenin  
EPFL – Géodésie et mensuration  
GR-Ecublens  
CH-1015 Lausanne

