

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: 84 (1986)

Heft: 8: 125 Jahre Schweizerische Geodätische Kommission

Artikel: L'état actuel de la recherche sur les mouvements de la croûte terrestre en Suisse

Autor: Jeanrichard, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-233054>

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>

herrühren. Wegen der komplexen Geologie in der Ivrea-Zone ist jedoch selbst eine Korrelation markanter magnetischer Anomalien auf Profilen in benachbarten Tälern sehr schwierig.

Vergleicht man die Karte der magnetischen Anomalien (Abb. 8) mit der Karte der Bouguer-Schwere-Anomalien (Abb. 3), so kann man eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Hochlagen des «magnetischen Ivrea-Körpers» bei Ivrea, Omegna und Locarno (Abb. 9) und den lokalen Schwere-Maxima an denselben Stellen feststellen. Diese Höcker-Struktur wurde bei der Konstruktion des dreidimensionalen Schwere-Modells in Abb. 5 nicht berücksichtigt. Abweichungen des «Ivrea-Körpers» mit höherer Dichte von dem Störkörper, der die beobachteten magnetischen Anomalien erzeugt, nehmen offensichtlich mit wachsender Tiefe zu. Da einige der Gesteine mit höherer Dichte in der Ivrea-Zone, wie z.B. die Stronalithe und die Kinzigite, nicht alle in gleichem Masse wie die serpentinisierten ultrabasischen Mantelfetzen, die Amphibolite und Metagabros zu der resultierenden magnetischen Anomalie beitragen (Wagner, 1984), ist diese Diskrepanz durchaus verständlich.

Nur durch den kombinierten Einsatz mehrerer geophysikalischer Erkundungsverfahren wird es in den kommenden Jahren möglich sein, ein abgerundetes

Bild von der Tiefenstruktur des «Ivrea-Körpers» zu erhalten mit dem Ziel, diese aussergewöhnliche «Unregelmässigkeit» im Aufbau der kontinentalen Lithosphäre besser verstehen zu lernen.

Literatur

Bei den Veröffentlichungen [8] – [13] handelt es sich um «Beiträge zur Geologie der Schweiz, Reihe Geophysik» – «Matériaux pour la Géologie de la Suisse, Série Géophysique» (abgekürzt MGS, Sér. Géophys.), die von der Schweizerischen Geophysikalischen Kommission der SNG publiziert und vom Geographischen Verlag Kümmerly & Frey in Bern vertrieben werden.

- [1] Albert, G.: Die magnetische Anomalie der Ivrea-Zone. Journ. Geophys., Vol. 40, p. 283-301, 1974.
- [2] Ansoerge, J., Müller, St., Kissling, E., Guerra, I., Morelli, C. and Scarascia, S.: Crustal section across the Zone Ivrea-Verbano from the Valais to the Lago Maggiore. Boll. Geofis. Teor. ed Appl., Vol. 21, p. 149-157, 1979.
- [3] Balmino, G., Reigber, Ch. and Moynot, B.: The GRIM 2 Earth Gravity Field Model. Veröff. d. Deutschen Geodätischen Kommission (München), Reihe A: Theoretische Geodäsie, Heft Nr. 86, 1976.
- [4] Bloxham, J. and Gubbins, D.: The secular variation of the Earth's magnetic field. Nature, Vol. 317, p. 777-781, 1985.
- [5] Drewes, H.: Erdzeiten-Prognose August bis Oktober 1986. Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Abt. I: Theoretische Geodäsie (München), 1986.

- [6] Guillaume, A. et Guillaume, S.: Nouvelles cartes des anomalies de la pesanteur dans les Alpes occidentales. Comptes Rendus, Acad. Sci. (Paris), Vol. 290, Sér.D, p. 163-166, 1980.
- [7] Kissling, E.: Krustenaufbau und Isostasie in der Schweiz. Diss. ETH-Zürich Nr. 6655, 165 p., 1980.
- [8] Kissling, E.: Three-dimensional gravity model of the northern Ivrea-Verbano Zone. MGS, Sér. Géophys., No. 21, p. 53-61, 1984.
- [9] Klingelé, E. et Olivier, R.: La nouvelle carte gravimétrique de la Suisse (Die neue Schwerekarte der Schweiz). MGS, Sér. Géophys., No. 20, p. 1-93, 1980.
- [10] Klingelé, E., Finckh, P. and Deichmann, N.: Detailed survey of the Locarno magnetic anomaly, Switzerland. MGS, Sér. Géophys., No. 21, p. 39-47, 1984.
- [11] Schwendener, H.: The Ivrea magnetic anomaly in the Valle d'Ossola and Val Strona area, Northern Italy. MGS, Sér. Géophys., No. 21, p. 49-51, 1984.
- [12] Wagner, J.-J.: Petrophysical properties of the Ivrea Zone and adjacent areas. MGS, Sér. Géophys., No. 21, p. 31-37, 1984.
- [13] Wagner, J.-J., Klingelé, E. and Mage, E.: Regional geomagnetic study of the southern border of the Western Alps – The Ivrea Body. MGS, Sér. Géophys., No. 21, p. 21-29, 1984.

Mitteilung Nr. 518 aus dem Institut für Geophysik, ETH Zürich

Adresse des Verfassers:

Prof. Dr. Stephan Müller
Institut für Geophysik
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich

L'état actuel de la recherche sur les mouvements de la croûte terrestre en Suisse

F. Jeanrichard

L'article donne un aperçu succinct des travaux réalisés jusqu'à ce jour dans différentes régions de la Suisse en vue d'obtenir une image des mouvements récents de la croûte terrestre.

Der Bericht gibt einen kurzen Überblick über die bisher ausgeführten Arbeiten in verschiedenen Regionen der Schweiz zur Gewinnung eines Bildes der rezenten Krustenbewegungen.

1 Le cadre de la recherche sur les mouvements récents de l'écorce terrestre

L'étude des mouvements récents de la croûte terrestre a pris un essor particulièrement réjouissant durant les vingt dernières années. L'émulation scientifique internationale, la coopération interdisciplinaire et les moyens d'investigation toujours plus puissants ont contribué fortement à ce développement. Par le biais des programmes de recherche patronnés par le Conseil internatio-

nal des unions scientifiques (Upper Mantel Project, Geodynamics Project) ou par le Comité du Conseil européen de la recherche scientifique (géotraverse de la Scandinavie à la Tunisie) dans le cadre du projet international 'Lithosphère' [4], la Suisse a contribué et contribue encore actuellement aux recherches menant à une meilleure connaissance des structures de notre planète et des mécanismes qui les modifient.

La Commission pour les mouvements récents de la croûte terrestre de l'Association internationale de géodésie, dans laquelle la

Suisse est représentée, s'est fixé pour but d'établir une documentation concernant la bibliographie et les données numériques sur les mouvements de la croûte terrestre dans le monde, de publier des cartes de ces mouvements et de favoriser les échanges d'informations.

Les mesures géodésiques ont un rôle particulier à jouer dans ces recherches en donnant l'élément quantifiable des mouvements actuels. Plus la précision de ces mesures augmente, plus l'analyse de la cinématique de la croûte terrestre peut se faire de façon détaillée.

Jusqu'à présent, il était beaucoup plus facile de déceler des mouvements verticaux que des mouvements horizontaux de même amplitude dans le même laps de temps. Cela provient de ce que depuis le début du vingtième siècle déjà, la précision des réseaux de nivellement nationaux atteint 1 à 2 mm/km, tandis qu'il n'est possible que depuis 10 ans environ, d'obtenir une précision de 10^{-6} dans les réseaux de triangulation. Les développements récents de télémètres électro-optiques et la géodésie par satellites permettront d'atteindre d'ici peu 10^{-7} .

Il est dès lors fort compréhensible que les réseaux des nivellements nationaux aient donné jusqu'ici beaucoup plus d'indications sur les mouvements verticaux de la croûte

terrestre que les réseaux de triangulation n'ont donné de résultats concernant les mouvements horizontaux.

Les méthodes statistiques sont aujourd'hui un élément indispensable dans l'appréciation des résultats de comparaisons de mesures. Le géodésien possède actuellement un outil efficace pour concevoir des réseaux propres à chaque situation et pour déterminer, à priori, quelle sera la fiabilité et la précision des résultats.

Un aspect important de la mesure des déformations en général est le soin à apporter au repérage des points de mesure. Il peut paraître trivial de le rappeler ici. Mais si ce repérage est déficient, la répétition des mesures devient hasardeuse, voire impossible et le résultat d'une comparaison est douteux. Il est donc nécessaire de confier les mesures et la maintenance des repères à des organismes qui, à vues humaines, offrent certaines garanties de pérennité. Le rôle des instituts géographiques ou topographiques nationaux est donc prédestiné.

2 Résumé des principaux résultats disponibles actuellement

2.1 Résultats de la comparaison des nivellements fédéraux

Actuellement, trois mesures du nivellement fédéral sont disponibles, avec certaines réserves, pour l'étude des mouvements verticaux sur une grande partie du territoire suisse:

Désignation	Mesure par	Date	Précision
Nivellement de précision	CGS	1865–1887	$\pm 3,7 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-2}$
Nivellement fédéral	S + T	1903–1927	$\pm 1,4 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-2}$
Nivellement fédéral	S + T	1943–	$\pm 0,9 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-2}$

CGS: Commission géodésique suisse
S + T: Office fédéral de topographie

Dans [14], F. Kobold a montré que le Nivellement de précision de la Commission géodésique suisse ne se prête pas bien à des recherches sur les mouvements de la croûte terrestre en raison de l'incertitude de l'échelle des mires employées et de la faible précision du nivellement.

Les mêmes constatations avaient déjà été faites dans les années soixante par l'auteur en comparant toutes les mesures de nivellement faites le long des lignes de la partie suisse du Réseau européen de nivellement unifié (REUN). C'est pourquoi les travaux ultérieurs de l'Office fédéral de topographie se sont concentrés uniquement sur la comparaison des deux nivellements fédéraux. Les caractéristiques de ces nivellements ont déjà été publiées, voir [18].

Une deuxième mesure du réseau du nivellement fédéral existe actuellement pour le 90% des lignes principales de ce réseau. Après les mesures de 1986 (Spiez–Zwei-

simmen–Bulle), seules les lignes Nyon–la Cure–Vallorbe–Les Verrières–La Chaux-de-Fonds–Delémont–Bâle, Fribourg–Vuiteboeuf, Bienne–La Cibourg et quelques liaisons avec les pays limitrophes manqueront encore pour pouvoir faire des comparaisons avec le réseau de 1903 à 1927.

La figure 1 montre les résultats obtenus jusqu'à présent. Ces résultats ont été publiés régulièrement, voir [8], [12].

Aussitôt que les nouvelles mesures forment un certain nombre de mailles, il est possible de calculer les mouvements de chaque point en appliquant les méthodes classiques de compensation. En outre, les mesures s'étendant sur plusieurs années, il faut tenir compte des mouvements possibles des noeuds ou des repères où les mesures ont été interrompues puis reprises plus tard. A défaut de données plus précises sur le comportement des repères entre deux mesures, on admet en général que le mouvement est linéaire, voir [8]. L'interprétation des résultats est l'affaire des géologues et des géophysiciens, voir [10], [16]. La figure 1 montre de façon univoque le soulèvement des massifs cristallins par rapport au bassin molassique. Le point de référence est situé à Aarburg. Les surrections maximum atteignent 1,4 mm/année dans les régions de Brigue et de Coire, là où les anomalies isostatiques de la pesanteur atteignent les valeurs négatives les plus grandes. L'erreur quadratique moyenne des vitesses de surrections calculées dans le réseau de la figure 1 atteignent 0,24

mm/an à Nyon, 0,15 mm/an à Brigue, 0,20 mm/an à Bellinzzone et 0,17 mm/an à Coire. Les vitesses de surrections des régions cristallines dépassent largement ces valeurs et sont donc très significatives.

Le réseau de nivellement helvétique ne couvre qu'une toute petite partie de territoire au centre de l'Europe. Pour obtenir des mouvements absolus, par exemple par rapport au niveau moyen des mers entourant le continent européen, et à supposer que la variation de ce niveau soit connue, il faudrait les résultats des nivellements des pays voisins. Les rattachements existent pour les deux nivellements fédéraux. Il faut espérer que durant les prochaines années, la Commission du Réseau européen unifié de nivellement s'attaquera à ce problème avec vigueur. En effet, jusqu'à ce jour, nous devons nous contenter de calculer des mouvements relatifs par rapport à des points choisis arbitrairement.

D'autres problèmes concernant la méthode du nivellement sont également à résoudre, si l'on veut des résultats exempts de biais. La méthode du nivellement est sensible aux effets systématiques. Plusieurs pays en ont fait la coûteuse expérience, par exemple avec des appareils sensibles aux champs magnétiques. D'autres effets, tels que la réfraction atmosphérique, les erreurs de graduation ou d'étalonnage des mires jouent également un grand rôle, surtout en montagne. Enfin, le nivellement classique est une méthode onéreuse, d'où la tendance justifiée de rationaliser les opérations de mesure et de calcul en automatisant le plus possible la saisie des lectures, en augmentant la vitesse de déplacement des équipes en les motorisant et en utilisant toutes les possibilités de l'informatique pour le traitement des mesures.

Les autres méthodes de mesures telles que la géodésie par satellites et le nivellement trigonométrique avec visées réciproques simultanées seront, à l'avenir, des concurrents sérieux du nivellement classique.

2.2 Les études régionales des mouvements de la croûte terrestre (figure 1a)

Dans le cadre du projet géodynamique, la Société helvétique des sciences naturelles a soutenu, en 1971, la création de groupes de travail couvrant les disciplines scientifiques les plus diverses (sismique, flux de chaleur, radioactivité, métamorphose, cinématique et dynamique des Alpes, ophiolites, mouvements récents de la croûte terrestre, etc.) en vue de collaborer à ce projet ambitieux.

En 1971 également, le groupe de travail 'Etude des mouvements récents de la croûte terrestre' était formé et les participants, sous la présidence de M.N. Pavoni, Dr ès sc., proposaient une série de régions dignes d'intérêt pour l'étude des mouvements de la croûte terrestre en Suisse.

Parmi tous les projets présentés, quatre sites ont finalement été retenus:

- La Vallée de Joux (Décrochement de Pontarlier)
- La région de Bâle (Fossé rhénan)
- La région des Schöllenen – Gothard (Zone d'Urseren)
- La ligne Rhin/Rhône (région de l'Oberalp).

2.2.1 Vallée de Joux

Les conditions géologiques ont été publiées dans [2] et le dispositif d'observation géodésique dans [13]. Ce dernier se compose de deux quadrilatères chevauchant une des failles du décrochement, figures qui ont été complétées en 1984 par un point supplémentaire. Des mesures ont été effectuées en 1973, 1974, 1978 et 1984. Le tableau ci-dessous résume les erreurs quadratiques moyennes obtenues après le calcul des réseaux libres:

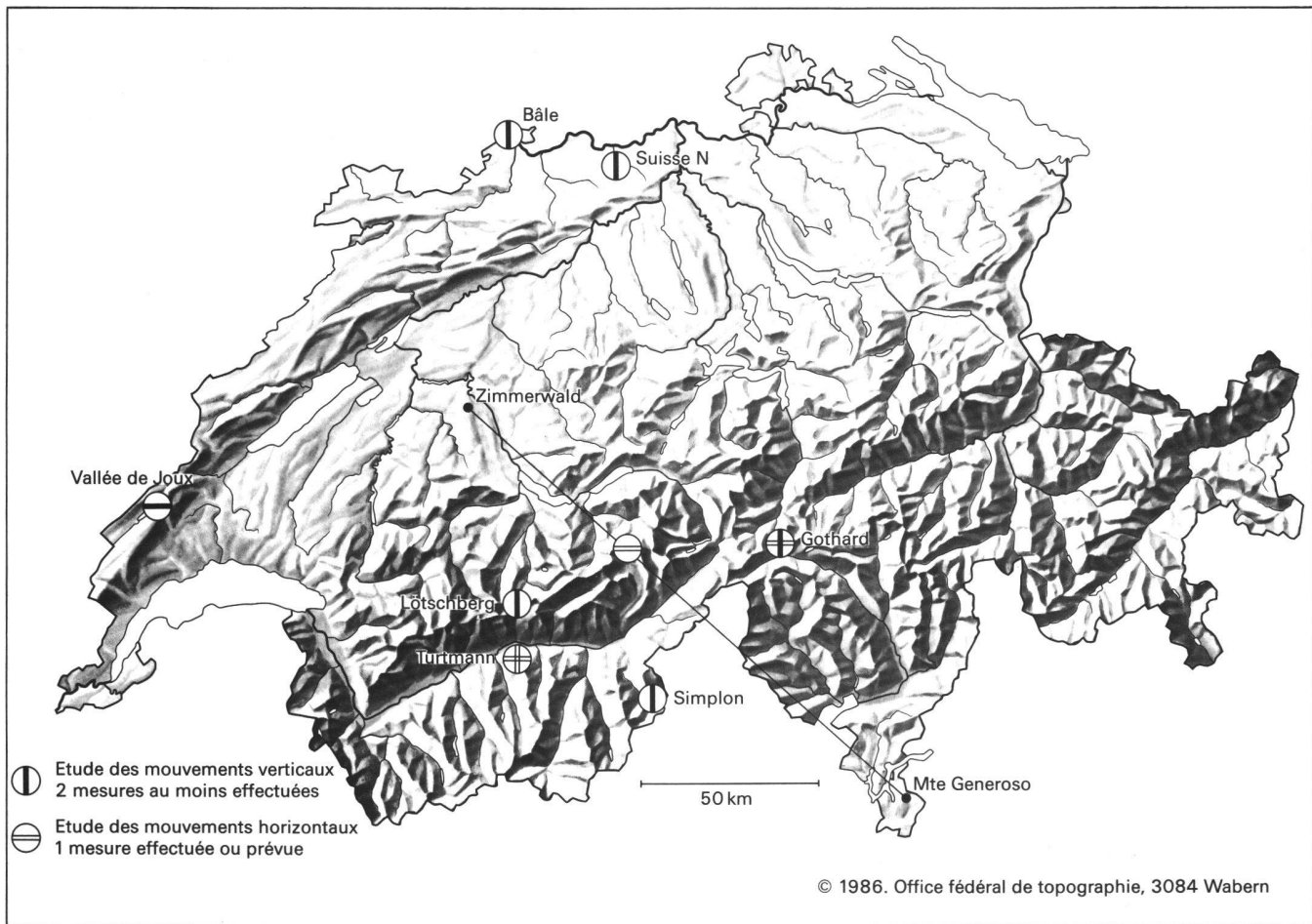


Fig. 1a: Etude des mouvements régionaux de la croûte terrestre.

	e.q.m. d'une direction		e.q.m. d'une distance		e.q.m. d'une coordonnée	
	A cc	B cc	A mm	B mm	A mm	B mm
1973	± 2,4	± 1,5	± 1,2	± 0,5	± 0,6	± 0,3
1974	± 2,0	± 2,1	± 1,0	± 0,6	± 0,5	± 0,3
1978	± 2,1	± 1,9	± 1,7	± 0,6	± 0,5	± 0,3
1984	± 2,1	± 1,7	± 1,3	± 2,4	± 0,5	± 0,5
1984 *)	± 2,3	± 2,0	± 1,3	± 2,6	± 0,6	± 0,6

A: quadrilatère du Mont-du-Lac
 B: quadrilatère du Pré-de-l'Haut-Dessous
 *): avec point complémentaire

Le décrochement comporte un rejet de l'ordre de 3,5 km. En admettant une déformation uniforme depuis la phase de plissement pliocène jusqu'à nos jours, on obtient une vitesse de déplacement relatif de 3,5 mm en 10 ans.

Or, la comparaison des mesures 1973/74 prises comme référence et les mesures ultérieures de 1978 et 1984 ne montre pas de mouvements relatifs des lèvres de la faille dépassant 0,5 mm. Il semble donc, actuellement, que cette faille est en repos.

2.2.2 Région de Bâle

La formation du fossé rhénan a commencé il y a environ 40 millions d'années et l'on

suppose que l'affaissement s'est poursuivi jusqu'à il y a 20 millions d'années. La sismicité de la région bâloise pourrait signaler des mouvements actuels et périodiques de ce fossé. L'affaissement atteint 1000 m dans la région de Bâle.

L'Office fédéral de topographie et l'Office du cadastre du canton de Bâle-Ville ont collaboré à la mise en place et à la mesure de deux lignes de nivellement, traversant la flexure rhénane (C'est-à-dire le flanc E du fossé rhénan) presque perpendiculairement.

Des mesures ont été effectuées en 1973 et en 1980. A part des affaissements locaux, les mouvements constatés sont de l'ordre de grandeur de la précision des mesures.

2.2.3 Région Schöllenen – Gothard

Le groupe de travail 'Etude des mouvements récents de la croûte terrestre' a, après une reconnaissance sur place en 1972 avec des géologues et des géodésiens, proposé l'installation d'un réseau de nivellement très dense entre les Schöllenen et Andermatt. Le réseau comprend plus de 60 repères sur une distance de 2 km et est rattaché aux repères de nivellement fédéral.

Pour l'étude des mouvements de la croûte terrestre, on dispose actuellement, dans la région d'Andermatt (si l'on exclut les mesures du nivellement de la Commission Géodésique Suisse de 1869/1872), des mesures suivantes, toutes effectuées par l'Office fédéral de topographie:

- Nivellement fédéral de 1917 (Tunnel ferroviaire du St-Gothard) et de 1918 (route)
- Nivellement fédéral de 1970
- Nivellement spécial Andermatt 1973/74
- Répétition du nivellement du tunnel ferroviaire 1977
- Répétition du nivellement spécial 1980.

Ajoutons que, en 1980, le consortium des bureaux d'ingénieurs responsables du piquetage du tunnel routier a effectué un nivellement de précision.

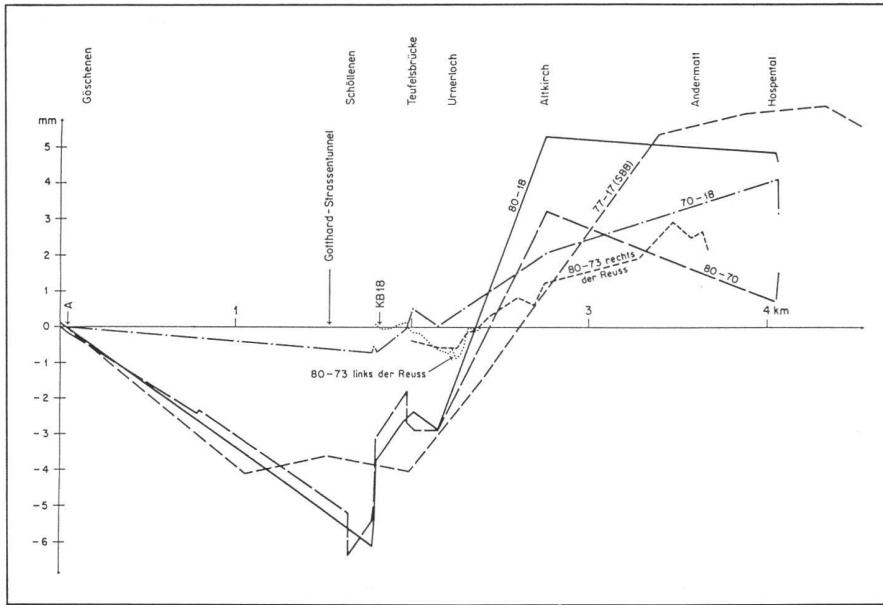


Fig. 2: D'après [3]. Mouvements verticaux dans la région du Gothard.

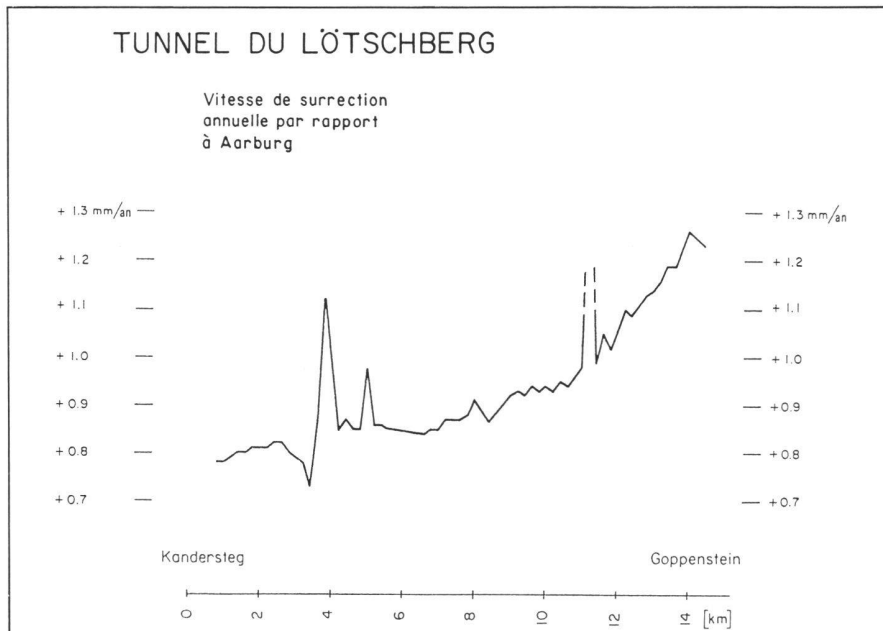


Fig. 3: D'après [10]. Mouvements verticaux entre 1909/15 et 1982/83.

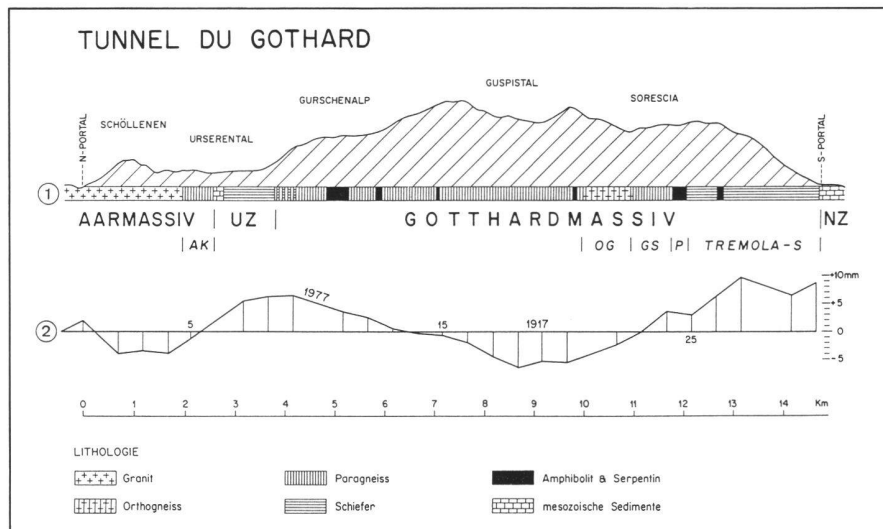


Fig. 4: D'après [7]. Mouvements verticaux entre 1906 et 1977.

Les résultats des comparaisons possibles entre ces nivellements ont été publiés dans [3].

En résumé, les différentes mesures confirment une surrection de la zone d'Urseren par rapport au massif de l'Aar (voir figure 2). En outre, selon [3], une perturbation de ces mouvements due au percement du tunnel routier n'est pas exclue.

2.2.4 La ligne du Rhin au Rhône

La partie méridionale du massif de l'Aar entre Trun (GR) et Brigue (VS) présente des failles parallèles aux vallées du Rhin, d'Urseren et du Rhône. Un recensement de ces failles a été fait et décrit dans [3]. L'origine de ces failles peut être purement tectonique ou résider en un réajustement isostatique après le retrait des glaces quaternaires.

Afin de déterminer si ces failles sont encore actives actuellement, l'Institut de géodésie et de photogrammétrie de l'EPFZ a équipé 6 profils approximativement perpendiculaires à un système de telles failles dans la région située entre Stöckli et Lutersee, à 4 km environ au NE d'Andermatt, à l'altitude de 2400 m. Le long de ces six profils comprenant en moyenne 3 repères, on a mesuré des distances et des angles verticaux. Les mesures disponibles actuellement (1976, 1978, 1980, 1982) n'ont mis en évidence que des mouvements le long du profil le plus proche d'Andermatt. Seul un mouvement relatif vertical des parties amont et aval de la faille atteignant 0,7 mm/an a été décelé. Mais ce mouvement est probablement local et dû à l'instabilité des repères de ce profil, comme l'ont montré des tests de stabilité effectués en 1984 à l'aide de sismographes portatifs. Les mesures de distances ne révèlent pas de mouvements horizontaux.

3 Les tunnels ferroviaires alpins

Les tunnels ferroviaires du Lötschberg, du Simplon et du St-Gothard sont inclus dans le nivellement fédéral. Les comparaisons des mesures sont possibles pour les époques suivantes:

Lötschberg: 1909 - 15 / 1982 - 83

Simplon: 1906 / 1979

St-Gothard: 1917 / 1977

Les résultats de ces comparaisons ont été publiés dans [10], [7] et [5].

Le profil des mouvements à l'intérieur des tunnels est influencé par des déformations locales (déformation locale de la roche, déplacement des moellons du revêtement). Mais les mesures dans les tunnels ont l'avantage, surtout pour les anciens nivellements, de se faire pratiquement en terrain horizontal et, partant, de ne pas être influencées par des erreurs d'étalement des mires.

Les écarts de fermeture des mailles portail nord - portail sud - col - portail nord donnent une image de la précision des nivellements des différentes époques:

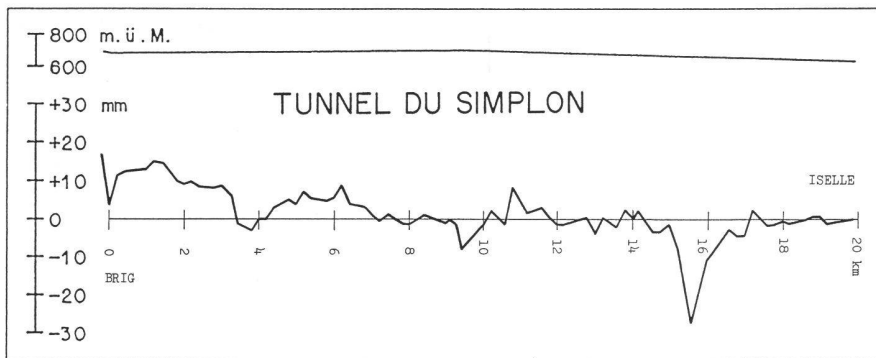


Fig. 5: D'après [5]. Mouvements verticaux entre 1917 et 1977.

	Longueur totale du nivellement	Ecart de fermeture en mm		
		théorique	observé	réel
Simplon	70 km	+ 18,5	1905/06: - 4,4 1977/79: + 15,4	+ 22,9 + 3,1
Gothard	48 km	- 8,3	1917: - 5,8 1977: - 11,2	- 2,5 + 2,9

L'écart réel de fermeture de la maille du Simplon atteint donc + 22,9 mm pour les anciennes mesures de 1905/1906, ce qui montre que l'étalonnage exact des mires utilisées pour le nivellement du col était difficile à obtenir.

Les autres écarts réels de fermeture sont tout à fait dans l'ordre de grandeur de la précision des mesures.

4 Autres sites pour l'étude des mouvements de l'écorce terrestre

A part les résultats obtenus à l'aide du nivellement fédéral ou ceux obtenus dans le cadre du projet géodynamique, d'autres études ont été entreprises ou sont actuellement en cours. Un bref aperçu est donné ci-après.

4.1 Travaux de la Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs (Cédra) au nord de la Suisse

Sur mandat de la Cédra, l'Office fédéral de topographie a effectué une analyse approfondie des mesures du nivellement fédéral dans la partie nord de la Suisse, en y incluant des mesures du réseau de Baden-Württemberg le long du Rhin. Les résultats ont été publiés dans [11]. Le mouvement vertical de 190 repères pour les 40 à 70 années passées a été calculé pour une zone s'étendant entre la ligne Bâle – Olten – Baden – Kaiserstuhl et le Rhin. Trois régions avec des mouvements significativement plus grands que les erreurs de mesure ont été découvertes. Par rapport à un repère scellé dans la roche en place à Laufenburg, on a trouvé:

- un affaissement dans la région de Waldshut de 0,2 à 0,3 mm/an
- un exhaussement dans la région de Baden/Brugg de 0,1 à 0,3 mm/an

- un affaissement dans la région de Sis-sach/Hauenstein, mais dû probablement à l'incertitude de l'étalonnage des mires de l'ancien nivellement de 1911

4.2 Réseau pilote de Turtmann

L'acquisition de récepteurs GPS (Global Positioning System) exige, pour un pays aussi montagneux que la Suisse, que l'évaluation des performances de ces instruments se fasse dans des conditions proches de l'utilisation courante. Ainsi est née l'idée d'installer un réseau test dans la vallée du Rhône, dans la région de Loèche – Turtmann. Ce réseau devrait également permettre de tester d'autres instruments tels que distancemètres et systèmes inertiels par exemple.

Le réseau comprend 8 points avec intervisibilité entre tous les points. Deux se trouvent dans la vallée du Rhône, trois sur le flanc nord et trois autres sur le flanc sud. Les côtés du réseau ont 2 à 7 kilomètres et la différence d'altitude maximum est de 900 m, (voir description détaillée dans [17]).

Les repères des flancs de la vallée sont scellés dans la roche en place. Ceux du fond de la vallée sont rattachés au nivellement fédéral. La configuration du réseau devrait permettre d'obtenir une précision relative de ± 2 mm en planimétrie et de ± 8 mm en altimétrie.

Les mesures effectuées jusqu'ici avec trois équipements de récepteurs GPS différents et avec un distancemètre DI-20 montrent une excellente concordance. D'autres mesures (Mekometer ou Terrameter, mesures astronomiques, mesures des angles et de la déviation de la verticale, récepteurs GPS) sont prévues en 1986.

La répétition des mesures permettra de déterminer si des mouvements de la croûte terrestre ont lieu dans cette région très intéressante au point de vue tectonique.

4.3 Mesures de longues bases

La mesure de distances vers des satellites ou vers des cibles terrestres éloignées au moyen de stations LASER mobiles est possible aujourd'hui. L'Institut d'astronomie de l'Université de Berne, l'Université de Delft et l'Institut de géodésie de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich ont collaboré à la mesure de la distance Zimmerwald – Monte Generoso. Trois méthodes ont été utilisées:

- Mesures de distances vers le satellite LAGEOS
- Mesures de distance au LASER vers un point intermédiaire au Jungfrauoch
- Mesures avec récepteurs GPS

Des résultats provisoires (mars 1986) montrent une concordance de l'ordre de grandeur de 10^{-6} entre les différentes méthodes. Un affinement des calculs en utilisant des données météorologiques plus élaborées est prévu.

Ces mesures seraient donc susceptibles de fournir des indications sur d'éventuels mouvements horizontaux entre le sud et le nord de la Suisse, en plus des informations concernant l'échelle du réseau de la triangulation fédérale.

Enfin, citons encore les deux projets de l'Institut de géodésie et de photogrammétrie de l'EPF-Z 'Gothardpass-Netz' et 'Testnetz Gotthard' qui, à long terme, au moyen de mesures de triangulation classique, pourraient fournir des informations sur les mouvements horizontaux entre le sud et le nord du Gothard (voir [4]).

5 Conclusions

La répétition des mesures le long des lignes du nivellement fédéral et les investigations régionales sont les deux composantes de l'étude des mouvements récents de la croûte terrestre en Suisse. Mais seule la synthèse de tous les résultats des différentes disciplines engagées dans ces recherches permettra d'approfondir nos connaissances de la dynamique de la lithosphère. Ceci exige non seulement une excellente collaboration entre les divers chercheurs de notre pays, mais aussi avec la recherche internationale. Dès lors, les géo-commissions de la Société helvétique des sciences naturelles ont un rôle important à jouer en favorisant les contacts et en stimulant la recherche. Le 125ème anniversaire de la Commission géodésique suisse devrait nous rappeler ce rôle.

Bibliographie:

- [1] Atlas de la Suisse, 2ème édition, feuille 10b** 'Gravité, séismicité, géothermie', Office fédéral de topographie, 1984.
- [2] Aubert D., 1982. Fenêtres et écaillages tectoniques à la Vallée de Joux. Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, vol. 76, fasc. 2.

- [3] Eckardt P., Funk H., Labhart T., mit Beiträgen von Fischer W. und Gubler E., 1983. Postglaziale Krustenbewegungen an der Rhein-Rhone-Linie. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 2/83.
- [4] Fischer W., Kahle, H.-G.: 1982. Der Schweizerische Arbeitskreis Geodäsie/Geophysik. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 12/82.
- [5] Funk H., Gubler E., Basel Juli 1980. Höhenänderungen der Fixpunkte im Gotthard-Bahntunnel zwischen 1917 und 1977 und ihre Beziehung zur Geologie. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 73/2, 583–592.
- [6] Gubler E.: 1976. Beitrag des Landesnivellements zur Bestimmung vertikaler Krustenbewegungen in der Gotthard-Region. *Schweiz. mineral. petrogr. Mitteilungen* 56, 1976.
- [7] Gubler E., 1981. Höhenänderungen im Simplongebiet. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 12/81.
- [8] Gubler E., Kahle H.-G., Klingelé E., Müller St. and Olivier R., 1981. Recent crustal movements in Switzerland and their geophysical interpretation.
- [9] Gubler E., 1984. Die Bestimmung rezenter Krustenbewegungen mit Hilfe von Präzisionsnivellements – Ein Überblick. *Vermessungswesen und Raumordnung*, Heft 2, März 1984.
- [10] Gubler E., Kahle H.-G., 1984. Recent crustal movements and geophysical interpretation of geodynamic processes in the alpine mountain belt. Paper presented at the 5th International Symposium 'Geodesy and Physics of the Earth', Magdeburg, September 1984.
- [11] Gubler E., Schneider D., Kellerhals P., 1984. Bestimmung von rezenten Bewegungen der Erdkruste mit geodätischen Methoden. *Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle*, Technischer Bericht 84–17, Juni 1984.
- [12] Jeanrichard F.: 1973. Nivellement et sur-rection actuelle des Alpes. *Mensuration, Photogrammetrie, Génie rural* 1–73.
- [13] Jeanrichard F., 1974. Essais de mesure géodésique des mouvements horizontaux de la croûte terrestre. *Mensuration, Photogrammetrie, Génie rural* 3–74.
- [14] Kobold F.: 1977. Die Hebung der Alpen aus dem Vergleich des «Nivellement de Précision» der Schweizerischen Geodätischen Kommission mit den Landesnivellements der Eidgenössischen Landestopographie. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 4–77.
- [15] Müller, St., Lowrie W.: 1980. Die geodynamische Entwicklung des westlichen Mittelmeerraumes und der Alpen. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 12/80.
- [16] Schaer J-P., Jeanrichard F., 1974. Mouvements verticaux anciens et actuels dans les Alpes suisses. *Eclogae geologicae helvetiae*, vol. + 67, no 1, 1974.
- [17] Schneider D., 1985. 3D-Testnetz Turtmann, Bericht und Vorschlag an die Arbeitsgruppe SATRAPE. Bundesamt für Landestopographie, Oktober 1985.
- [18] Zölly H., 1948. Geschichte der geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz. Verlag Bundesamt für Landestopographie, Wabern, 1948.

Adresse de l'auteur:
F. Jeanrichard
Office fédéral de topographie
CH-3084 Wabern

Die Rolle der Satellitengeodäsie in der Vermessung

W. Gurtner, G. Beutler

Die «klassischen» Messmethoden der Satellitengeodäsie (Richtungsmessungen, Distanz- und Dopplermessungen) wurden bzw. werden zur Lösung einer Vielzahl von wissenschaftlichen Fragestellungen eingesetzt. Bis jetzt ist es nur den Doppelmessungen gelungen, wenn auch bloss in speziellen Fällen, eine Brücke zur eigentlichen Vermessung zu schlagen. Mit der Einführung des neuen «Global Positioning System» ist jedoch zu erwarten, dass die Satellitengeodäsie nun in der Vermessung verschiedenste Anwendungen finden wird.

Les méthodes de mesure «classiques» de la géodésie spatiale (mesures de direction et de distance au satellite, mesures Doppler) ont été appliquées – et le sont encore – pour résoudre de nombreux problèmes scientifiques. Le lien avec la mensuration proprement dite n'a cependant été établi que par la méthode Doppler, et encore seulement pour quelques cas spéciaux. L'introduction du nouveau «Global Positioning System» permet d'espérer que la géodésie spatiale trouvera bientôt une application étendue dans le domaine de la mensuration.

1. Einleitung

Obschon die Geodäsie oft als die älteste Wissenschaft bezeichnet wird, besteht doch recht häufig eine gewisse Unsicherheit in der Beantwortung der Frage, welche Aufgaben die Geodäsie hauptsächlich zu lösen versucht, wie sie sich vom Begriff der «Vermessung» abgrenzt und welche Wechselwirkungen zwischen ihr und der Vermessung bestehen.

Der vorliegende Aufsatz möchte versuchen, auf die eingangs gestellten Fragen einige Antworten zu geben, wobei wir uns hier vor allem auf ein Teilgebiet der Geodäsie – die

Satellitengeodäsie – beschränken wollen. Die fundamentalen Aufgaben der Geodäsie können etwa folgendermassen zusammengefasst werden [1]:

1. Erstellen und Unterhalten nationaler und globaler dreidimensionaler geodätischer Kontrollnetze, wobei den zeitabhängigen Aspekten dieser Netze besondere Beachtung zu schenken ist.
2. Beschreibung und Beobachtung geodynamischer Phänomene (Polbewegung, Erdzeiten, Bewegung der Erdkruste).
3. Bestimmung des Schwerfeldes der Erde samt seinen zeitlichen Variationen.

Die Geodäsie kann sowohl als eigenständige (Erd-) Wissenschaft als auch als Teil der angewandten Mathematik, der Ingenieurwissenschaften oder der Geophysik angesehen werden.

Im Rahmen ihrer allgemeinen Aufgaben befasst sie sich ebenfalls mit der Erarbeitung von Beobachtungs- und Berechnungsmethoden. Sobald Ergebnisse der Geodäsie als anwendbar und «praxisreif» erkannt werden, finden sie mehr oder weniger schnell ihren Weg in die eigentliche Vermessung:

- Ausgleichsrechnung (Methode der kleinsten Quadrate)
 - A priori Geoid- und Lotabweichungsrechnung zur Verbesserung der mathematischen Modelle präziser Netze
- sollen als Beispiele aus angewandter Mathematik und physikalischer Geodäsie genügen.

Welche Rolle spielt nun die Satellitengeodäsie für die Vermessung?

2. Die Satellitengeodäsie von 1965 – 1985

Praktisch seit Beginn der unbemannten Raumfahrt wurden die Satelliten zur (globalen) Erdvermessung und zur Bestimmung des Schwerfeldes verwendet.

Die Hauptvorteile der Satellitengeodäsie liegen darin, dass

- grosse Distanzen überbrückt werden können (keine Sichtbarkeitsbedingungen zwischen den Fixpunkten),
- die Resultate in allen drei Dimensionen gleichzeitig anfallen (keine Auftrennung in Lage und Höhe),