

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: 90 (1992)

Heft: 12: Photogrammetrie und Informationssysteme in der RAV = Photogrammétrie et systèmes d'information dans le cadre de la REMO

Artikel: Le réseau actuel de triangulation et le nouveau réseau national

Autor: Chablais, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234891>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Le réseau actuel de triangulation et le nouveau réseau national

H. Chablais

1. Introduction

Le réseau des points fixes constitue le fondement de tous les travaux de mensuration. Dans la mensuration officielle (MO), les réseaux de base suivants sont utilisés :

- réseaux de la mensuration nationale : réseau des points fixes planimétriques 1 (PFP1), anciennement triangulation fédérale ou triangulation de 1^{er} à 3^e ordre et réseau des points fixes altimétriques 1 (PFA1) anciennement nivellement fédéral ; ceux-ci servent de base aux :
- réseaux de la mensuration officielle : réseau des points fixes planimétriques 2 (PFP2), anciennement triangulation de 4^e ordre ; réseau des points fixes altimétriques 2 (PFA2), anciennement nivellement cantonal ; réseau des points fixes planimétriques 3 (PFP3), anciennement réseau polygonal ou de points de base et réseau de points fixes altimétriques 3 (PFA3), anciennement nivellement communal.

La méthode de détermination, dans l'ancienne terminologie, apparaît dans le nom du réseau.

Dans mon exposé, je parlerai exclusivement des réseaux de points fixes planimétriques 1 et 2.

2. Exigences posées aux points fixes de la MO

Lors de la préparation de tout travail, on définit les exigences qui sont liées au but poursuivi. Dans la mensuration officielle, ces exigences sont fixées dans les prescriptions, instructions, tableaux de tolérance etc. Pour garantir la qualité des points fixes on pose des exigences à la matérialisation des points et aux coordonnées. La qualité des coordonnées est définie par les notions de précision, fiabilité et principe de voisinage :

La précision est exprimée par l'erreur moyenne ou par les éléments de l'ellipse d'erreur moyenne. Dans la MO on a choisi, pour les PFP2, le demi-grand axe de l'ellipse d'erreur moyenne relative entre 2 points voisins. Celui-ci doit pas dépasser la valeur limite de $1,7 \text{ cm} + 2 \text{ cm} \times s$ (s étant la distance en km) pour les niveaux de tolérance 2 et 3. Par ex. pour $s = 1 \text{ km}$, l'erreur moyenne réelle devra être inférieure à 3,7 cm.

La fiabilité est liée aux notions de mesure surabondante, redondance, surdétermination et se réfère au contrôle des valeurs.

Dans le modèle de fiabilité de la MO on a prescrit, pour chaque point variable, l'indicateur de fiabilité externe NA. La valeur de NA ne doit pas dépasser 3 fois l'erreur moyenne.

Le principe de voisinage est garanti lorsque des liaisons directes ou indirectes existent entre points voisins. Cette notion ne peut pas être exprimée numériquement, contrairement aux 2 notions précédentes. On s'assurera de la réalisation de ce critère par l'examen visuel des liaisons entre points voisins sur le canevas.

3. Réalisation du réseau de 1^{er} à 3^e ordre

Le réseau de la triangulation fédérale, comprenant env. 5000 points, a été réalisé au cours de 3 premières décennies de ce siècle. Le réseau de 1^{er} ordre a repris les coordonnées d'une trentaine de points déterminés dans le réseau de la Commission géodésique suisse (CGS) entre 1862 et 1890, bien que des personnes notables aient été opposées à cette solution.

Pour les nouvelles mesures d'angles (au début du siècle) fut appliquée la méthode des secteurs proposée par H. Wild. Après une compensation de station on obtenait une série de directions auxquelles on apportait une correction due à la projection. Le réseau des Alpes (Alpennetz) de 1^{er} ordre a été compensé en 3 parties par la méthode de variation des coordonnées, les points de la CGS étant considérés comme fixes. L'erreur moyenne d'une direction s'élevait à $\pm 1,8 \text{ cc}$.

Les coordonnées des points de 1^{er} ordre, valables encore aujourd'hui, reposent donc, pour la plupart, sur des mesures effectuées au siècle dernier. L'échelle du réseau provient elle aussi de la mesure des bases effectuée en 1880/81.

Les coordonnées des points de 2^e et 3^e ordre ont été calculées par compensation de points isolés, points doubles ou points triples à l'aide de tables de logarithmes à 6 ou 8 décimales. L'erreur moyenne des coordonnées par rapport aux points de rattachement s'élève à 2–4 cm en moyenne.

4. Réalisation du réseau de 4^e ordre

Le réseau de 4^e ordre comprend environ 68 000 points, ce qui correspond, avec les 5000 points d'ordre supérieur, à une densité moyenne de près de 2 points par km².

Les premiers groupes ont déjà été mesurés au début du siècle avec d'anciens types de théodolites et calculés par la méthode des triangles. La plupart des groupes de 4^e ordre ont été réalisés entre 1920 et 1950 avec le nouveau type de théodolite et compensés selon la méthode des moindres carrés par point isolé. A la fin des années 60 la triangulation de 4^e ordre était réalisée sur l'ensemble du pays. L'erreur moyenne (EM) des coordonnées par rapport aux points de rattachement s'élève en moyenne à 1 ou 2 cm.

5. Estimation réaliste de la précision des coordonnées

Les valeurs données plus haut (EM = 1 à 2 cm) sont des valeurs théoriques provenant de la compensation de points isolés ou points doubles.

Ces valeurs sont-elles réalistes ?

Pour l'analyse de la qualité des coordonnées l'erreur moyenne seule n'est pas représentative. Les éléments suivants peuvent fausser les coordonnées originales :

- des petites fautes de mesure ou de calcul qui n'ont pas été décelées
- un déroulement inadéquat du calcul
- des faiblesses de canevas
- des points de rattachement entachés d'erreur.

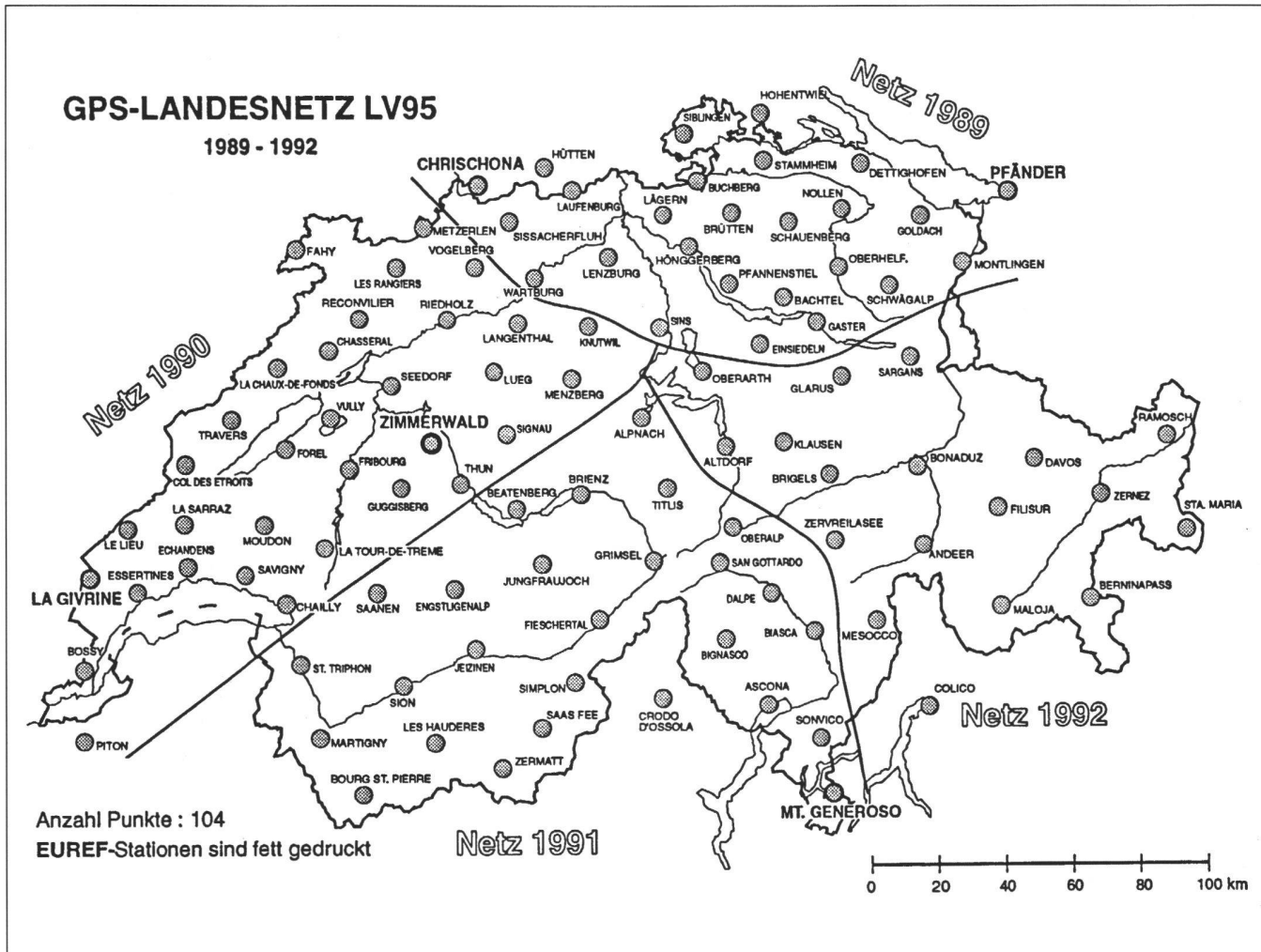
De plus, une mise à jour parfois déficiente ou des glissements de terrain peuvent réduire la qualité des coordonnées actuelles.

Il est possible de donner une appréciation réaliste sur la qualité des coordonnées dans une région seulement après que ces divers facteurs aient été pris en considération. Pour ce faire on dispose avant tout des éléments suivants :

- les rapports techniques et de vérification des groupes concernés
- les volumes de calcul contenant les abris originaux ; les écarts résiduels sur les directions donnent des indications précieuses
- les canevas, dans lesquels on pourra déceler les faiblesses du réseau en examinant en particulier les relations ou le manque de relation entre points voisins
- les documents de mise à jour
- la connaissance du terrain, stabilité, zone de glissement etc.

De cette analyse on tirera des indications précieuses sur la qualité des coordonnées des points, mais seule une nouvelle compensation globale ou de nouvelles mesures permettent une conclusion sûre.

L'expérience montre que des tiraillements jusqu'à 20 cm entre points voisins sont possibles bien que rares, sauf dans les zones de glissement ; dans la plupart des cas ils restent inférieurs à 5 cm.



6. Rénovation de la triangulation

Les indications de précision données ci-dessus s'appliquent aux réseaux de triangulation originaux, observés sans mesure électronique des distances et compensés point par point.

Avec l'introduction de la MED à la fin des années 1960, diverses déficiences ont été constatées et ont provoqué d'importantes rénovations dans le réseau de triangulation. Ces déficiences étaient dues avant tout au manque d'homogénéité des canevas combiné à la méthode de calcul par points isolés et non à la qualité des mesures originales.

Ainsi, la triangulation de 1^{er} et 2^e ordre a été rénovée dans une partie de la Suisse romande et les réseaux de 3^e et de 4^e ordre dans les cantons de Vaud, Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Argovie et Schaffhouse. Plusieurs nouveaux réseaux de 4^e ordre ont en outre été exécutés dans les cantons de Berne, Fribourg et Zürich ainsi que diverses révisions de grande envergure dans d'autres cantons également. Tous ces travaux ont été réalisés avec les méthodes de mesure et de calcul récentes et garantissent une bonne homogénéité.

7. Triangulation et photogrammétrie

Avec les développements technologiques et l'avènement des méthodes digitales, la photogrammétrie a atteint un niveau de précision élevé. L'aérottriangulation permet de contrôler avec une précision de quelques cm la qualité des points de triangulation ou points de base situés dans le périmètre du travail, mais elle a encore besoin de s'appuyer sur un certain nombre de points d'ajustage sûrs.

Dans la mensuration officielle c'est avant tout la précision entre points voisins qui est recherchée. Des distorsions entre groupes de points, même supérieures à 1 dm, ne gênent pas si la précision voisine est suffisante. Ces distorsions existent, régionales dans le réseau de 1^{er} et 2^e ordre, plus locales dans les réseaux de 3^e et 4^e ordre.

La photogrammétrie qui réalise des aérottriangulations sur des étendues de plusieurs dizaines de km en un seul bloc a besoin de points d'ajustage exempts de distorsions sur toute cette surface pour assurer la qualité de son travail.

La triangulation actuelle, vieille de plus de 50 ans sur une bonne partie du pays, réa-

lisée sans mesure électronique des distances et sans compensation globale, n'est pas à même de garantir cette exemption. Elle ne peut donc pas toujours satisfaire les besoins de l'aérottriangulation si les exigences actuelles sont maintenues.

8. Compensation diagnostic du réseau de 1^{er} et 2^e ordre

Au vu de ce qui a été dit plus haut, il apparaît que la triangulation actuelle ne répond pas à toutes les exigences, les rénovations n'ont été que locales. Que peut-on faire?

Prenons en considération le réseau de 1^{er} et 2^e ordre. Les coordonnées officielles datent d'avant 1920. Depuis lors, la Commission géodésique suisse a effectué des mesures astronomiques (longitude, latitude, azimut) sur environ 60 points; de plus, à partir de 1960, environ 500 distances ont été mesurées avec des distancemètres électroniques; ces nouvelles mesures n'ont jamais été utilisées en bloc. Une compensation globale avec toutes les mesures existantes depuis la fin du siècle dernier jusqu'à nos jours s'imposait. Le S+T a entrepris cette tâche sous le nom

Technique de mensuration

de «compensation diagnostic du réseau de 1er et 2e ordre».

Les objectifs sont multiples, citons entre autres:

- établissement d'une documentation complète et homogène de toutes les mesures «classiques» jusqu'à ce jour
- calcul des meilleures coordonnées possibles avec matrice de variance et covariance pour tous les points de 1er et 2e ordre
- analyse statistique de la précision des divers groupes de mesures
- analyse des distorsions dans le réseau officiel de 1er et 2e ordre
- calcul de paramètres de transformation du réseau suisse dans un système de référence international.

Le procédé est le suivant: reprise des mesures originales, établissement d'un registre des coordonnées de tous les points (y compris tous les excentriques) avec une identité univoque, recherche des documents d'archive, identification selon la désignation des points du registre des coordonnées, saisie des angles, compensation des stations, saisie des distances brutes, corrections météo, saisies des azimuts, centrage, recherche de fautes d'identité, de mesures, de transfert, épuration, etc.

Le réseau comprend ainsi 240 points, 2000 directions, 500 distances, 50 azimuts, astronomiques compensés globalement en tenant compte des déviations de la verticale. La compensation libre donne les résultats suivants:

erreur moyenne des directions
 $\pm 2,2$ cc

erreur moyenne des distances laser
 ± 6 mm (pour 1 km)

erreur moyenne des distances microm.
 ± 16 mm (pour 1 km)

erreur moyenne des azimuts
 $\pm 2,2$ cc

Le demi-grand axe de l'ellipse d'erreur moyenne relative entre Genève et Romanshorn est de 18 cm, entre Bâle et Chiasso de 15 cm, alors que dans le réseau original (sans EDM) il est de plus de 1 m.

9. Nouveau réseau national LV95

Avec le développement des méthodes spatiales, de nouvelles possibilités, inimaginables il y a encore peu d'années, sont offertes. Dès lors se posait la question de savoir comment ces nouvelles méthodes pouvaient être introduites dans la mensuration nationale. Comme nous avons vu, le réseau actuel souffre d'une précision limitée, mais plus encore de manque d'homogénéité et de distorsions assez importantes dans certaines régions. Si ces faiblesses ne gênent pas ou peu dans la mensuration officielle, il n'en est pas de même pour les grands travaux de génie civil tels que tunnels ou les aérotriangulations de la photogrammétrie et encore moins pour les besoins de la recherche en géodynamique très en vogue actuellement. Notre Office a estimé que l'établissement d'un nouveau réseau tridimensionnel de haute précision et de grande fiabilité était nécessaire.

Grâce aux méthodes spatiales il est possible de se libérer de la contrainte d'intervisibilité entre les points et de choisir l'emplacement de ceux-ci en fonction des critères de stabilité, sécurité, facilité d'utilisation et d'accès. Il était dès lors évident que les points du nouveau réseau ne seraient pas identiques aux points de triangulation.

Le nouveau réseau LV95 (Landesvermessung 1995) comprend 104 points repérés

par une cheville à calotte dans la roche, dans un socle en béton de 1 m³, sous regard, ou sur un ouvrage stable (réservoir). Les points sont directement accessibles en voiture ou, pour quelques uns, situés dans le voisinage d'une station de télécabine.

Le réseau, divisé en 4 parties, est mesuré par GPS, lors de sessions nocturnes d'une durée de 6 à 8 heures, avec une dizaine de récepteurs munis des fréquences 1 et 2. Il est intégré dans le réseau européen de référence (EUREF) par 5 points communs. Env. 80 points de triangulation de 1er et 2e ordre et autant de points du nivellement fédéral sont rattachés au nouveau réseau. La première partie a été mesurée en 1989 et la dernière l'automne dernier. Chaque point est stationné au moins deux fois.

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel «Berner GPS Software» développé à l'institut d'astronomie de l'Université de Berne et installé au S+T. L'erreur moyenne attendue en planimétrie est de ± 5 mm entre points voisins et de 1 à 2 cm entre les points extrêmes de la Suisse, la précision est 2 à 3 fois moins bonne en altimétrie. Les coordonnées seront surtout homogènes, c.à.d. exemptes de toute distorsion. Ainsi seront palliées les déficiences du réseau actuel.

Le calcul des deux premières parties montre qu'il sera possible d'atteindre les exigences postulées. Les nouvelles coordonnées seront disponibles en 1995.

Adresse de l'auteur:
Hubert Chablais
Office fédéral de topographie
CH-3084 Wabern

Die Geschenk- idee!

**1 Jahres-Abonnement
unserer Fachzeitschrift
Vermessung
Photogrammetrie
Kulturtechnik**

*Möchten Sie Ihren Mitarbeitern,
Ihren Verwandten oder Freunden eine
Freude bereiten?
Dann rufen Sie uns für ein Geschenk-
abonnement an.*

*12mal jährlich informiert
unsere Fachzeitschrift aus-
führlich und informativ über*

- ◇ Vermessung
- ◇ Photogrammetrie
- ◇ Kulturtechnik
- ◇ Raumplanung
- ◇ Umweltschutz und
- ◇ Geo-Informationssysteme.

SIGWERB AG
Dorfmatenstrasse 26
5612 Villmergen
Telefon 057 / 23 05 05