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: 96 (1998)

Heft: 8

Artikel: Détermination des coordonnées de l'abornement de la frontière nationale avec GPS-RTK

Autor: Hagin, Christian / Eggenberg, Francis

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-235473

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

Détermination des coordonnées de l'abornement de la frontière nationale avec GPS-RTK

L'amélioration, ces demières années du système GPS et des récepteurs, a permis la mise en place de nouvelles méthodes de mesures comme le «statique rapide» et surtout le RTK (Real Time Kinematic). Bien que la précision de ces deux méthodes n'ait rien de comparable à celle effectuée en mode statique, elle peut par contre suffire pour bon nombre d'applications, comme par exemple la détermination des coordonnées de l'abornement de la frontière nationale. C'est dans ce cadre que nous présentons les résultats obtenus lors de deux campagnes effectuées l'année dernière en Valais et dans les Grisons par l'Office fédéral de topographie.

Die Entwicklung der heutigen GPS-Geräte erlaubt die Verwendung von neuen Messmethoden wie «rapid static» und vor allem RTK (Real Time Kinematic). Obgleich die Präzision der beiden Messmethoden nicht mit statischen Messungen vergleichbar ist, finden sie sicher in vielen Bereichen Anwendungen, wie z.B. bei der Einmessung der Landesgrenzvermarkung. In diesem Rahmen zeigen wir die Resultate zweier Messkampagnen, welche vom Bundesamt für Landestopographie 1997 an der französischen und italienischen Landesgrenze erfolgt sind.

Il miglioramento, in questi ultimi anni del sistema GPS e dei suoi ricevitori, ha permesso la messa in opera di nuovi metodi di misurazione come il «statico rapido» e soprattutto il RTK (Real Time Kinematic). Benché la precisione di questi due metodi non sia paragonabile a quella delle misurazioni in modo statico, può invece bastare per parecchie applicazioni, come per esempio la determinazione di coordinate della delimatazione del confine nazionale. E in questo quadro che presentiamo i risultati ottenuti durante due campagne effettuate l'anno scorso in Vallese e nei Grigioni per l'Ufficio federale di topografia.

Ch. Hagin, F. Eggenberg

1. Frontière Franco-Suisse

La Frontière entre le Valais et la Haute-Savoie (Mont Dolan au lac Léman, env. 110 points) a été révisée et documentée à la fin du siècle passé par une convention nommée «Actes de Délimitation de 1891 à 1902». Les autorités suisses et françaises compétentes de cette époque ont mis beaucoup d'énergie pour déterminer le cheminement et la description de la frontière. Par contre, les coordonnées des bornes et des incisions dans la roche n'ont été que sommairement déterminées (coordonnées en projection équivalente de Bonne). De plus, diverses corrections de frontière ont aussi été effectuées ces dernières années dans cette région, causées principalement par la construction de différentes remontées mécaniques (domaine skiable international des Portes-du-Soleil). Ces ajustements n'ont été que partiellement relevés. Ainsi, pour les raison évoquées ci-dessus, nous avons entrepris une détermination des coordonnées de ces bornes frontières.

Grâce à l'avènement du GPS, nous avions, en 1989 déjà, tenté une première campagne de mesures statiques (6 équipes de travail, Trimble 4000SL, batteries de voitures, travail de nuit, fenêtres de mesures d'env. 2 heures). Nous avions rattaché en deux nuits de mesures une vingtaine de bornes au réseau de triangulation. Au vu de ces conditions de travail (constellation des satellites, équipement très encombrant, personnel, etc.), il a été décidé d'attendre l'évolution du système GPS pour continuer les travaux.

Avec l'augmentation du nombre de satellites et la venue sur le marché de nouveaux appareils GPS, nous avons testé, avec succès, en 1996 la méthode RTK. Ainsi, en été 1997, nous avons entrepris une campagne de mesures de 10 jours dans cette région à l'aide des méthodes «statique rapide» et RTK. Durant cette période, nous avons mesuré et contrôlé une septentaine de points (1–2 équipes, récepteurs Trimble 4000SSI). Comme certains points se trouvaient dans des zones de forêts, ils n'ont pas pu être déterminés par GPS et ont fait l'objet de mesures terrestres.

La compensation globale des mesures de ces trois années a été effectuée avec LTOP et démontre des résultats très encourageants pour l'utilisation de la méthode Real Time Kinematic. Forts de cette bonne expérience, nous avons entrepris, à une plus grande échelle, la détermination de la frontière dans les Grisons (régions Val Müstair et Pass Umbrail).

2. Frontière Italo-Suisse

2.1 Bases légales actuelles

La frontière italo-suisse a été révisée durant la Deuxième Guerre Mondiale (1938–1940). Pour des raisons faciles à comprendre concernant le rattachement éventuel du Haut-Adige (Tyrol du Sud), territoire italien, à l'Autriche, la Suisse et l'Italie n'entreprirent pas de mesures de révision à cette époque dans cette zone explosive! De ce fait, les coordonnées de cette région datent des années 1920 et sont de piètre qualité.

En effet, suite à divers travaux entrepris dans la région par les géomètres locaux et le service du cadastre, des tiraillements de plus de 30 cm entre des points distants de quelques dizaines de mètres ont été constatés. De plus, selon une décision commune entre la Suisse et l'Italie, il a été décidé de remesurer la frontière et d'ob-

Fig. 1: Station de référence RTK avec l'émetteur radio muni d'une antenne directionnelle.

tenir des coordonnées dans le système ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) utilisable à souhait par les deux pays.

2.2 Périmètres de mesures

Les mesures ont été effectuées dans deux régions distinctes: le Val Müstair et au Stelvio près du Pass Umbrail. La station de référence principale et commune aux deux zones de mesures était le point MN95 de Santa-Maria .

2.2.1 Région du Val Müstair

La région du Val Müstair a été divisée en différents blocs de mesures: 3 blocs GPS-RTK, 1 bloc GPS «statique rapide», 1 bloc GPS statique et 1 bloc terrestre.

Les trois stations de référence RTK utilisées dans ce secteur ont été déterminées, au minimum deux fois par des mesures statiques (2 fois 7 heures), par rapport au point MN95 de Santa Maria et contrôlées par la station permanente de Zimmerwald. D'autre part, les points levés par RTK ont été contrôlés et résultent de deux initialisations indépendantes.

Vu le relief très accidenté du terrain, les trajets aux 2 blocs de mesures RTK en montagne (2000–3000 mètres) ont été effectués par hélicoptère (Air-Bernina). Ainsi, en trois jours de mesures, nous avons pu mesurer et contrôler, dans ces trois blocs RTK, une quarantaine de points (fig. 1).

Le reste du tracé de la frontière passe au travers de deux laies de 10 mètres de large. Ainsi, l'une d'elles (fig. 2) a été mesurée de manière traditionnelle avec un TC2002, en deux jours, depuis 2 stations dans la plaine. Les points choisis pour ces deux stations, ainsi que les points d'orientation, ont été déterminés par des mesures GPS en mode statique (1 jour).

Malheureusement vu l'emplacement de ces 12 bornes frontières et le relief topographique, ces points n'ont pu être que partiellement contrôlés.

Enfin, le dernier bloc de mesure a été partiellement effectué dans l'autre laie avec la méthode «statique rapide» (1 jour). Le temps de stationnement sur les bornes a varié de 15 à 60 minutes en fonction du nombre de satellites «visibles» (obstruction du lieu) et de la géométrie de ceux-ci.

2.2.2 Région du Stelvio-Pass Umbrail

Cette région (fig. 3) a été séparée en deux jours de travail. Toutes les mesures effectuées ont été faites par GPS-RTK, soit une trentaine de points mesurés et contrôlés. La détermination des stations de référence RTK et des mesures proprement dites sont comparables à celles utilisées dans la région du Val Müstair.

2.3 Comparaison des mesures statique et RTK

Afin d'obtenir un contrôle des mesures RTK, une dizaine de points ont aussi été mesurés en statique (env. 2h15 par point). La différence entre les deux méthodes de mesures montre des écarts maximum en planimétrie de 1.4 cm et de 2.5 cm en altimétrie. De plus, certains points ont été mesurés en statique en 1996 lors de la re-

Fig. 2: Laie (à gauche) délimitant la frontière italo-suisse.

connaissance, et montrent des écarts de l'ordre du centimètre.
D'autre part, des bornes ont été mesurées en RTK à plus de 6 kilomètres de la station de référence. La comparaison avec des mesures «statique rapide», sur ces mêmes points, mais depuis une autre station de référence, avec une ligne de base de 750 mètres et à des jours différents, montre des différences inférieures au centimètre.

2.4 Combinaison des mesures suisses (S+T) et italiennes (IGM)

L'«Istituto Geografico Militare» (IGM) de Florence a aussi mesuré en «statique rapide» quelques bornes frontières (11) lors d'une campagne de mesures sur sol italien.
Ces mesures ont été effectuées en «statique rapide» depuis un point du réseau GPS italien situé à plus de trente kilomètres de la région Stelvio-Pass Umbrail. La comparaison brute des coordonnées de ces 11 points communs montre une variation systématique de 4 centimètres en planimétrie et de 5 centimétres en altimétrie avec les coordonnées suisses.
Cette différence est principalement due à la précision de la détermination du point de référence italien (point de densification), ainsi qu'à la méthode de mesure entre ce point et les bornes frontières mesurées.
Une fois la compensation avec LTOP effectuée, les résidus sont de l'ordre de quelques millimètres.
Finalement, la concordance des résultats des mesures indépendantes suisses et italiennes est très encourageante pour les futurs échanges de mesures entre les différents pays européens. En effet, l'efficacité des méthodes GPS se basant sur les différents réseaux GPS nationaux, réseaux calés dans le réseau européen EUREF, permet d'envisager des campagnes de mesures indépendantes pour chaque pays. Ensuite, ces mesures seront traitées selon l'utilité de chaque intervenant dans le système de coordonnées désiré, à l'aide des coordonnées de base ETRFxx (par exemple, en Suisse ETRF93) données dans le système ETRS89.

Fig. 3: Région Pass Umbrail-Stelvio (3000 m).

3. Conclusion

Comme espéré, la méthode de mesure par GPS-RTK a rempli parfaitement son rôle dans le cadre de ces deux campagnes de mesures. En règle générale, la productivité d'une telle méthode peut être utilisée pour toutes les applications qui recherchent une précision de 2–3 centimètres en planimétrie et de 3–5 centimètres en altimétrie. Actuellement, le choix de l'emplacement pour la station de référence doit ête minutieusement choisi et satisfaire aux conditions suivantes pour profiter pleinement de la méthode RTK:

- Dégagement maximum autour de la station afin d'avoir le plus de satellites communs avec le rover.
- D'avoir un maximum de points à lever visibles depuis la station de référence, ceci afin d'éviter la perte de liaison entre l'émetteur et le récepteur radio. En effet, en théorie les corrections de la station de référence sont valables jusqu'à une distance de 15 à 20 kilomètres. Mais pratiquement, les radios homologuées utilisées actuellement ne permettent jamais d'atteindre une telle distance. Ainsi, moins il y aura d'obstacle entre la référence et le rover, plus efficace sera la méthode RTK.
- D'avoir les coordonnées du point de référence les plus précises possible, car le but est d'utiliser «on line» les coordonnées mesurées au rover. L'autre possibilité est d'introduire les coordonnées de la station de référence à quelques mètres, au plus, et d'enregistrer simultanément en mode statique. Puis, de faire un «post processing» de ce point. Ceci entraînera évidemment une translation des vecteurs mesurés par RTK. En règle générale, il est toujours conseillé d'enregistrer en mode statique, même si les coordonnées sont précises, car cela permet de lever en «statique rapide» les points où la liaison radio ne passe pas.

Toutefois, ces restrictions d'application vont disparaître dans un futur plus ou moins proche. En effet, il existe déjà sur le marché des récepteurs GPS-GLONASS RTK (monofréquence) qui ont besoin de 7 satellites pour l'initialisation, mais en ont 48 à disposition (selon l'état de «santé» des satellites GLONASS!).
De plus, la mise en place du projet AGNES (Automatisches GPS Netz Schweiz), par l'Office fédéral de topographie, va couvrir la Suisse de plusieurs stations GPS permanentes (5 d'ici fin 98) et permettra à l'utilisateur de «n'avoir plus que» des rover et utilisera la station la plus proche d'où il se trouve, soit en mode RTK, soit en mode statique. Ainsi, il pourra s'affranchir de chercher une station de référence avec des coordonnées précises et de ne plus avoir le souci du fameux «radio link down».
Enfin, il est important de garder à l'esprit que malgré l'évolution spectaculaire des méthodes de mesures par satellites, GPS ne signifie pas pour autant «General Problem Solver». Ainsi l'avenir, pour l'instant du moins, n'est pas à UNE méthode de mesure par excellence, mais bel et bien à la combinaison la plus rationnelle possible entre les méthodes satellitaires d'une part et les méthodes photogrammétriques et terrestres d'autre part.

Christian Hagin, Ing. dipl. EPF
Francis Eggenberg, Ing. dipl. EPF
Office fédéral de topographie
Seftigenstrasse 264
Postfach
CH-3084 Wabern
Téléphone 031 / 963 24 99