

**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =  
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =  
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und  
Landmanagement

**Band:** 110 (2012)

**Heft:** 11

**Artikel:** Mesurer les avions de swisstopo, un mandat plutôt inhabituel

**Autor:** Ray, Jérôme / Kistler, Matthias / Schittli, Robin

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-309318>

### **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:** 14.01.2026

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

# Mesurer les avions de swisstopo, un mandat plutôt inhabituel

C'est une demande assez particulière qu'a adressé le service de vol de l'office fédéral de topographie swisstopo à ses collègues de la géodésie en début d'année: effectuer des mesures sur les deux avions utilisés pour l'acquisition d'images numériques. Concrètement, il s'est agi de déterminer, pour chaque appareil, le vecteur tridimensionnel entre l'antenne GNSS sur le toit et le support du capteur numérique situé à l'intérieur, afin de pouvoir calculer précisément la position de chaque image lors de l'aérotriangulation. Il a ainsi fallu élaborer un concept et effectuer des mesures dans un laps de temps réduit. Une station totale classique complétée d'une matérialisation originale ont permis d'atteindre la précision requise, sans que l'opération soit trop coûteuse et les besoins en matériel spécifique trop grands, vu l'aspect exceptionnel du mandat. Un problème d'horizontalité du support du capteur numérique a par contre obligé swisstopo à puiser dans ses «archives logicielles» pour réaliser les calculs en 3D et non en 2D+1 comme à l'accoutumée.

J. Ray, M. Kistler, R. Schittli

L'Office fédéral de topographie swisstopo est l'organe chargé de la production d'images aériennes destinées, entre autres, à la mise à jour des cartes nationales de la Suisse. Dans ce but, il dispose de deux avions de l'armée, équipés de capteurs numériques de dernière génération, permettant la saisie de bandes d'images de haute qualité.

Ces capteurs numériques utilisent la technologie GNSS<sup>1</sup>. Cette technologie permet de déterminer leur position et celle des images qu'ils saisissent. L'antenne GNSS ne peut pas être directement placée sur le capteur numérique en raison du manque de visibilité des satellites. Elle est donc placée sur le toit de l'avion, créant ainsi un décalage entre le centre du capteur numérique et la position mesurée par satellite.

Il faut ainsi déterminer les constantes du vecteur entre le centre de phase de l'antenne GNSS de l'avion et le centre du système de compensation des mouvements angulaires de l'avion (PAV30 ou support du capteur numérique). Ces valeurs sont nécessaires car les images acquises depuis l'avion ont comme origine le centre du

capteur numérique, tandis que la position de l'avion est déterminée par l'antenne GNSS. Le fait de connaître le vecteur entre ces deux éléments permet de calculer la position de chaque image lors de la restitution photogrammétrique.

Cet article présente la problématique de la détermination des constantes du nouveau vecteur de décalage suite à la mise en place de nouvelles antennes GNSS. Cette détermination a également été utilisée pour vérifier la conformité des valeurs actuelles suite à des travaux de réparation sur un des avions. Les nouvelles composantes de ces vecteurs doivent être connues dans le système de coordonnées local de l'avion avec une précision supérieure à 2 cm.

## Mesures

Une petite équipe de deux personnes a effectué les mesures à l'aérodrome militaire de Dübendorf (ZH). Les deux avions étant entreposés dans deux hangars différents, ils ont été mesurés séparément. La durée était limitée à un jour par avion, car ceux-ci sont utilisés pour la formation des pilotes militaires et le transport de personnalités et leur immobilisation est très restreinte.

La solution de mesure élaborée consiste à placer des réflecteurs au-dessus du centre de l'antenne GNSS et du centre du



Fig. 1: Matérialisation des axes de coordonnées sur le support de chambre numérique stabilisé par gyroscope PAV30.

*Abb. 1: Materialisierung der Koordinatenachsen auf dem durch den PAV30-Gyroskop stabilisierten Sockel der digitalen Kammer.*

Fig. 1: Materializzazione degli assi delle coordinate sul supporto di camera digitale stabilizzato dal giroscopio PAV30.





Fig. 2: Le PAV30, l'origine du système de coordonnées local (prisme) ainsi que la matérialisation des axes de coordonnées (blocs en bois).

Abb. 2: Der PAV30, die Herkunft des lokalen Koordinatensystems (Prisma) und die Materialisierung der Koordinatenachsen (Holzblöcke).

Fig. 2: Il PAV30, l'origine del sistema locale di coordinate (prisma) nonché la materializzazione degli assi delle coordinate (blocchi di legno).

PAV30 et de matérialiser les axes du système de coordonnées avec de petits blocs de bois (fig. 2 et 3). Ces blocs sont mesurés avec un distancemètre laser. Une matérialisation à l'aide de matériel spécifique, comme utilisé par exemple en mensuration industrielle, serait plus élégante mais bien plus coûteuse.

Un prisme de précision est placé au-dessus du centre du PAV30. Les distances entre le centre (Z [fig. 3]) et les points sur les axes (points 1 à 4; fig. 3) sont mesurées à l'aide d'une règle. Les mesures des distances entre ces points permettent de déterminer les coordonnées des points considérés comme fixes pour le calcul de compensation.

L'antenne GNSS est matérialisée à l'aide d'un prisme de précision placé au-dessus de son centre. Etant donné que le centre de phase est situé exactement au centre de l'antenne, le prisme est lui aussi placé au centre de l'antenne (fig. 4).

Les points sont mesurés depuis deux endroits avec une station totale robotisée (fig. 5). Les stations sont définies de manière à pouvoir observer depuis chacune d'elle à la fois tous les points situés sur le

PAV30, le prisme au-dessus de l'antenne GNSS et les autres stations, afin d'obtenir des mesures réciproques entre les stations.

La matérialisation au sol des stations n'est

pas nécessaire, seule leur stabilité doit être assurée le temps des mesures. Le centre forcé est utilisé.

## Calcul et résultats

L'acquisition ainsi que le traitement des mesures de séries ont été réalisés avec un logiciel développé en interne et fonctionnant sur PC de terrain. En moyenne, les résultats sont les suivants:

|  |        |
|--|--------|
| Erreur moyenne compensée des angles horizontaux: | 3.0 cc |
| Erreur moyenne compensée des angles verticaux:   | 5.0 cc |
| Erreur moyenne compensée des distance:           | 0.1 mm |

Le calcul de la position des points a d'abord été effectué de manière classique avec le logiciel de compensation LTOP de swisstopo. Les coordonnées approchées ont été déterminées sur la base des mesures entre le centre du PAV30 et celles des points situés sur les axes du système de coordonnées local, les coordonnées des points variables par itérations.

Les premiers calculs ont fait ressortir que le PAV30 n'était pas parfaitement horizontal au moment des mesures. Il a donc

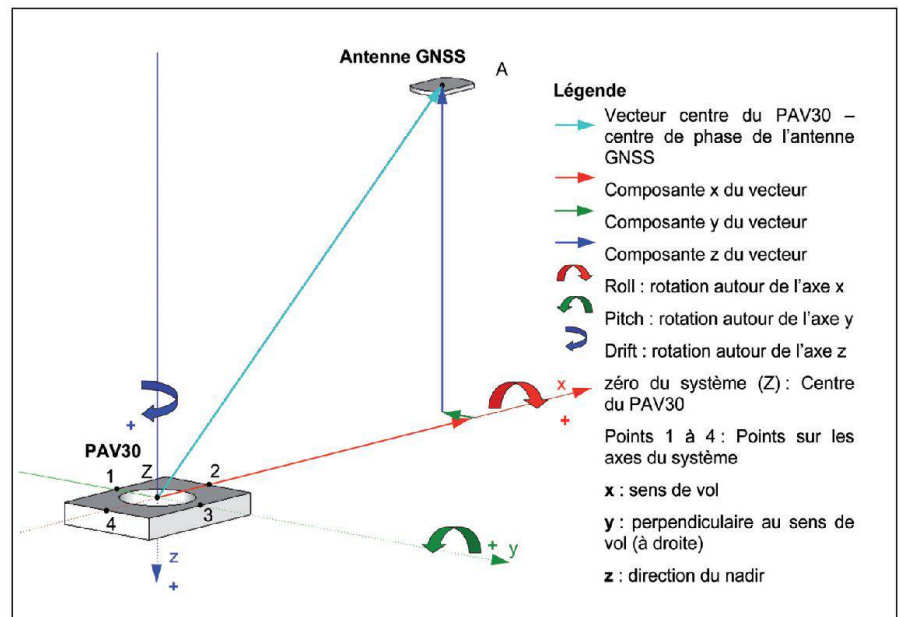


Fig. 3: Le système de coordonnées local défini par les points Z et 1-4.

Abb. 3: Das durch die Punkte Z und 1-4 definierte lokale Koordinatensystem.

Fig. 3: Il sistema locale delle coordinate definito dai punti Z e 1-4.



été nécessaire d'effectuer une étape supplémentaire afin de déterminer les constantes recherchées. Le défaut d'horizontalité fait que les valeurs  $x$ ,  $y$  et  $z$  obtenues ne sont pas parfaitement dans le système de coordonnées du PAV30. Il faut donc effectuer une transformation de Helmert 3D afin d'obtenir les résultats dans le système de coordonnées souhaité, avec un facteur d'échelle fixe ( $\lambda = 1$ ) pour ne pas provoquer une modification de la distance réelle entre le centre du PAV30 et l'antenne GNSS.

Les contrôles ont montré que les résultats étaient très proches des anciennes valeurs et qu'il n'y a ainsi pas eu de changement important sur le premier avion. Des différences  $x$ ,  $y$  et  $z$  de 8, 1 et 6 centimètres ont par contre été observées sur le second appareil, qui avait subi des réparations, ce qui a confirmé la nécessité de procéder à ces mesures.



Fig. 5: Mensuration par intersection de directions depuis deux stations.

Abb. 5: Vermessung durch Einschnitte der Distanzen von zwei Stationen aus.

Fig. 5: Misurazione tramite intersezione delle distanze da due stazioni.

### Solution idéale

La solution retenue pour déterminer les nouvelles constantes des deux avions répond aux exigences demandées, mais une autre solution plus élégante et permettant d'obtenir une plus grande précision sur les distances peut être élaborée.

La solution actuelle comporte deux défauts:

- La matérialisation approximative des points sur les axes du système de coordonnées local réalisée avec des blocs en bois.
- Le défaut d'horizontalité du PAV30, qui a été corrigé avec une transformation de Helmert 3D.

Une solution sans ces défauts présente les avantages de la réduction du nombre d'étapes de calcul et de l'augmentation de la précision. Il s'agit d'utiliser des cibles réfléchissantes sur support magnétique pour matérialiser les points sur les axes du système de coordonnées local. Ce type de matérialisation permet d'augmenter la précision des mesures de distance et offre une bonne rapidité de mise en place.

Le second point pouvant être amélioré est l'horizontalité du PAV30. Si ce dernier se trouve parfaitement dans le plan horizontal, cela permet l'obtention directe des

nouvelles constantes avec le calcul LTOP, sans passer par une transformation 3D. Le PAV30 étant solidaire de l'avion, une solution pour obtenir l'horizontalité parfaite reste cependant à trouver.

#### Remarques:

- <sup>1</sup> Global Navigation Satellite Systems permettant de se positionner par rapport aux constellations GPS et GLONASS.

Jérôme Ray et Matthias Kistler  
Office fédéral de topographie swisstopo  
Seftigenstrasse 264  
CH-3084 Wabern  
infogeo@swisstopo.ch

Robin Schittli  
Route de la Frasse 38  
CH-1658 Rossinière  
robin.schittli@gmail.com

Source: Rédaction PGS



Fig. 4: Prisme au-dessus de l'antenne GNSS.

Abb. 4: Prisma über der GNSS-Antenne.

Fig. 4: Prisma sopra l'antenna GNSS.