

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Mensuration, photogrammétrie, génie rural   |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF) |
| <b>Band:</b>        | 72-F (1974)   |
| <b>Heft:</b>        | 2   |
| <b>Artikel:</b>     | L'intégration de mesures terrestres dans les mensurations cadastrales photogrammétriques  |
| <b>Autor:</b>       | Leupin, M.  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-226700">https://doi.org/10.5169/seals-226700</a>   |

### 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:** 29.12.2025

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

# L'intégration de mesures terrestres dans les mensurations cadastrales photogrammétriques

M. Leupin

## Zusammenfassung

Das Einfügen terrestrischer Ergänzungsmessungen in ein photogrammetrisch bestimmtes Grenzpunktfeld sollte wenn möglich mittels linearer Transformationen geschehen. Nur so ist es möglich, rechnerisch auf die verschiedenen Eigenschaften des photogrammetrischen und terrestrischen Punktfeldes einzugehen. Der numerische Aufwand wird in den meisten Fällen mit Tischcomputern zu bewältigen sein.

Les conditions de végétation de notre pays ne permettent jamais, dans une nouvelle mensuration, une détermination photogrammétrique de tous les points. Le complément des lacunes par des méthodes de levé terrestres n'est pas sans problème, comme on pourrait le croire. D'autre part, une mensuration cadastrale photogrammétrique doit également être mise à jour. Cette dernière opération s'exécutant aussi à l'aide des mêmes méthodes de levé terrestres, il vaut la peine d'examiner de plus près quelques-unes des méthodes usuelles.

Du point de vue mathématique, les données du problème sont claires: dans un champ de points existant et déterminé par photogrammétrie ( $x_p, y_p$ ), les coordonnées terrestres ( $x_t, y_t$ ) sont à intégrer d'une manière appropriée. Les relations en sont fixées par les équations d'une transformation linéaire. Dans ce cas, il s'agit du procédé bien connu de la transformation par similitude

$$\begin{aligned}x_p &= Ax_t + By_t + C \\y_p &= -Bx_t + Ay_t + D\end{aligned}\quad (1)$$

Si l'on dispose de plus de deux points, une compensation selon Helmert peut être effectuée.

Avant d'examiner les diverses possibilités de variation, il y a lieu de considérer tout d'abord les propriétés du champ de points photogrammétrique resp. terrestre:

Une mensuration cadastrale terrestre conventionnelle est en général construite hiérarchiquement, selon le principe: points fixes → polygonales → points limite. Cette hiérarchie est aussi exprimée dans la précision. La précision absolue diminue dans la hiérarchie tandis qu'il résulte de ce procédé une bonne précision relative des points. En mensuration cadastrale, cette précision entre points voisins s'exprime par des tolérances sévères, particulièrement pour les mesures de contrôle. Le principe hiérarchique facilite aussi, dans un certain sens, la mise à jour qui peut s'exécuter depuis des points de polygones existants situés dans les environs immédiats.

Il en va autrement pour les mensurations cadastrales photogrammétriques qui ne connaissent pas une hiérarchie de cette forme. Au point de vue précision, ce fait s'exprime par une bonne précision absolue en regard d'une précision relative faible. Il y a lieu pourtant de se demander jusqu'à quel point on peut parler encore aujourd'hui de précision relative faible pour des erreurs moyennes sur la position de

quelques centimètres. De plus, la précision entre points voisins en photogrammétrie peut être accrue par la mesure de distances de contrôle et leur intégration dans le processus de compensation pour la détermination des points. Par l'emploi de méthodes d'aérotriangulation par blocs, il ressort que la précision relative ne diminue que fort peu par rapport à la précision absolue. Mais si l'il n'y a pas de précision optimale et qu'aucune distance de contrôle n'ait été mesurée (pour quelles raisons d'ailleurs), le problème d'une faible précision entre points voisins peut créer des difficultés.

Par contre, pour la mise à jour de mensurations cadastrales photogrammétriques, se pose la question pratique de savoir si des points doivent être repérés spécialement ou si des points limites choisis convenablement peuvent suffire. Selon les expériences faites jusqu'à ce jour et pour des régions où la densité des mutations est forte, la première solution serait préférable, car un point limite de conservation est souvent lui-même touché par une mutation.

L'intégration des coordonnées terrestres au moyen d'une transformation dans un champ photogrammétrique de points présente le grand avantage de pouvoir considérer au point de vue mathématique les propriétés citées plus haut des deux champs de points. Un autre avantage ressort du fait d'une grande liberté dans le dispositif de levé. Il suffit de se placer sur un premier point fixe, de mesurer distance et direction sur un deuxième point (ou plusieurs) et de faire le levé polaire du nouveau point désiré (station d'Helmert). On peut aussi employer la méthode plus souple du point de stationnement libre. Il sera toujours avantageux d'avoir au moins trois points fixes, afin de disposer d'un contrôle.

Il est intéressant de rappeler la précision avec laquelle un nouveau point levé est transformé. Pour la transformation par similitude, la formule est la suivante (erreur moyenne sur la position)

$$m_{tr} = \pm m_0 \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{x_s^2 + y_s^2}{[x_s x_s] + [y_s y_s]}} \quad (2)$$

où:

$n$  Nombre de points fixes

$m_0$  Erreur moyenne d'unité de poids

$x_s, y_s$  Coordonnées réduites au centre de gravité des points fixes

$x_s, y_s$  Coordonnées réduites au centre de gravité du nouveau point à transformer

La formule (2) présente le fait connu que la précision de transformation la plus élevée est atteinte au centre de gravité des points fixes. Le nouveau point doit donc toujours se trouver à l'intérieur du cadre des points fixes. Il y a lieu de préciser aussi l'importance donnée au nombre  $n$  de points fixes. Abstraction faite des possibilités supplémentaires de contrôle, la précision du point en est augmentée.

En ce qui concerne la précision entre points voisins, prière de se référer à un article de Ruopp [1]. La précision entre points voisins est obtenue par l'introduction de poids particuliers. Si l'on désigne par  $s$  la distance entre deux points fixes, par  $s_1$  ( $s_2$ ) la distance du point nouveau au premier (resp. deuxième) point fixe, le poids s'exprime par

$$p = \frac{s^2}{s_1 s_2}$$

Pour  $n$  points fixes, il y aura lieu de faire sur  $\binom{n}{2}$  axes  $\binom{n}{2}$  transformations par similitude avec leurs poids respectifs. Le résultat est donné par la moyenne pondérée.

Une accumulation de points aussi bien photogrammétriques que terrestres n'est pas exempte d'erreurs. A cet effet, on devrait avoir dans une transformation la possibilité d'apporter des améliorations aussi bien aux coordonnées photogrammétriques qu'aux coordonnées terrestres (voir [2]). Si l'on introduit dans (1) des valeurs approchées avec

$$A = A_0 + dA$$

$$B = B_0 + dB$$

on obtient la disposition générale de transformation

$$x_p + v_{x_p} = (A_0 + dA) \cdot (x_t + v_{x_t}) + (B_0 + dB) \cdot (y_t + v_{y_t}) + C$$

$$y_p + v_{y_p} = -(B_0 + dB) \cdot (x_t + v_{x_t}) + (A_0 + dA) \cdot (y_t + v_{y_t}) + D$$

Si l'on néglige les facteurs  $dA \cdot v_x \dots$ , on obtient les équations définitives

$$A_0 v_{x_t} + B_0 v_{y_t} - v_{x_p} + dAx_t + dBy_t + C + (A_0 x_t + B_0 y_t - x_p) = 0$$

$$-B_0 v_{x_t} + A_0 v_{y_t} - v_{y_p} - dBx_t + dAy_t + D + (-B_0 x_t + A_0 y_t - y_p) = 0$$

La résolution s'effectue selon les règles de la compensation des équations de condition avec inconnues. Dans les équations normales corrélatives, il y a  $(2n + 4)$  inconnues à déterminer ( $n$  = nombre de points fixes). Quand à l'attribution des poids, il est possible de tenir compte des diverses

précisions éventuelles du champ de points photogrammétrique resp. terrestre. A cet effet, on prendra, par définition, le carré des erreurs moyennes sur la position.

Nous n'avons traité jusqu'à présent que le problème des stations isolées. Comment alors procéder pour une suite de stations – c'est-à-dire pour les polygonales? L'application correcte serait de procéder par transformations par similitude successives. Ceci dépendra des rattachements du champ photogrammétrique de points fixes existants. S'il n'existe, en forêt par exemple, de rattachements qu'aux points initiaux et finaux, tout le travail de calcul ne se justifierait pas. Dans des cas semblables, il semble indiqué de calculer les polygonales selon la méthode usuelle.

Les avantages de la transformation résident dans une grande flexibilité aussi bien dans la méthode de levé que dans les calculs, dont seules quelques possibilités ont été esquissées. Il est ainsi possible de traiter chaque fois d'une manière optimale les natures différentes des champs de points existants. Le travail numérique peut être facilement exécuté par une calculatrice de table, pour autant que l'on traite des stations isolées. Pour les transformations successives, l'augmentation du nombre des inconnues est telle que la capacité d'une calculatrice de table peut dans certains cas être dépassée.

La méthode la plus usuelle jusqu'à présent du procédé polaire (mesure d'une direction de rattachement et levé du vecteur polaire) demande, par rapport à la méthode de transformation décrite ici, un travail quelque peu diminué. La seule grandeur supplémentaire à mesurer est la distance station – point de rattachement. Il est alors seulement possible de prendre en considération l'échelle du levé terrestre, qui peut être différente, le cas échéant, de l'échelle photogrammétrique. Il est superflu de rappeler que pour la détermination de l'échelle, seule peut être retenue une mesure de distance de bonne précision, telle que peuvent la donner les instruments électro-optiques [3]. Si l'on considère les avantages présentés par la méthode de transformation, celle-ci semble être la seule appropriée. Ceci d'autant plus que les calculs peuvent être exécutés à peu près dans tous les cas à l'aide d'une calculatrice de table.

## Literatur

- [1] M. Ruopp: Unmittelbares Abstecken mit elektronischem Tachymeter und Tischcomputer. Dans: Technik der elektro-optischen Tachymetrie, Sammlung Wichmann, Heft 19, 1972.

- [2] M. Leupin: Genauigkeitsuntersuchungen an Stern- und Satellitenpositionsbestimmungen mit einer Schmidt-Kamera. Mitt. aus dem Institut für Geodäsie der ETH, Nr. 15, 1971.

- [3] M. Leupin: Nachführung von Grenzpunkten aus? Vermessung, Photogrammetrie, Kultertechnik, Mitteilungsblatt 2, 1972.