

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

**Band:** 50 (1952)

**Heft:** 1

**Artikel:** Sur la détermination d'une ponctuelle rectiligne ou curviligne

**Autor:** Ansermet, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-209184>

### **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:** 28.01.2026

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

# Sur la détermination d'une ponctuelle rectiligne ou curviligne

Par A. Ansermet

Peu de problèmes furent traités aussi fréquemment dans la littérature professionnelle que celui concernant la détermination d'une ponctuelle (Punktreihe) lorsque le nombre de mesures effectuées dépasse ce qui est strictement nécessaire. On peut discerner deux raisons qui expliquent ce fait: d'une part ce problème présente un réel intérêt pratique, surtout si la ponctuelle est rectiligne (limite de propriété) et, d'autre part, les diverses solutions développées révèlent certaines divergences d'un auteur à l'autre. La présente note est inspirée surtout par l'article de M. le Prof. Dr Baeschlin sur ce sujet (Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, p. 241-248, 1919); la plupart des notations adoptées ci-après sont les mêmes ce qui est de nature à faciliter le lecteur.

Le cas d'une ponctuelle curviligne présente aussi de l'intérêt, par exemple dans le domaine du génie civil; il s'agit de reconstituer un axe qui sera le plus souvent de forme circulaire. En général il faut considérer la fonction

$$(1) \quad F_i (A, B, C \dots x_i, y_i) = 0 \quad i = 1, 2, \dots n$$

où  $A, B, C \dots$  sont des paramètres à calculer, au nombre de  $u$  ( $n > u$ ) et  $x_i, y_i$  des grandeurs mesurées. En d'autres termes il y a surdétermination puisqu'on mesure  $n$  points ( $2n$  coordonnées); il faut tenir compte des erreurs de mesure  $v_i'$  et  $v_i''$  qui, bien entendu, ne sont pas des erreurs vraies mais des résidus à déterminer pour rendre compatible le système d'équations:

$$(2) \quad F_i (A, B, C \dots x_i + v_i', y_i + v_i'') = 0$$

Avant de poursuivre rappelons que, récemment (N° d'août), M. le Prof. W. K. Bachmann a suggéré une solution intéressante en considérant trois grandeurs mesurées; l'auteur visait surtout des applications à l'astronomie.

Dans le cas d'une ponctuelle le calcul peut revêtir des formes variées; au lieu de coordonnées rectangulaires on peut concevoir des coordonnées polaires ( $r, \vartheta$ ) ce qui conduit au système

$$(3) \quad F_i (A, B, C \dots r_i + v_{r_i}, \vartheta_i + v_{\vartheta_i}) = 0$$

Si la ponctuelle est rectiligne il y a avantage à choisir l'origine à proximité de la ponctuelle pour les  $r_i, \vartheta_i$ .

Dans certains cas enfin les coordonnées seront purement angulaires ( $\alpha, \beta$ ); il faut alors deux origines

$$(4) \quad F_i (A, B, C \dots \alpha_i + v_{\alpha_i}, \beta_i + v_{\beta_i}) = 0$$

on sait que les poids de mesures angulaires sont d'une détermination plus facile.

Le cas n'est pas exclu où les paramètres sont liés par des conditions:

$$\varphi(A, B, C \dots) = 0, \quad \psi(A, B, C \dots) = 0$$

Cette hypothèse sera réalisée si, par exemple, on peut reconstituer a priori, sans ambiguïté, un ou deux des  $n$  points.

Dans la littérature on rencontre parfois, au lieu du système (2), la forme:

$$(5) \quad F_i(A, B, C \dots x_i, y_i) - v_i = 0.$$

Cette manière de résoudre le problème appelle les plus expresses réserves.

Le but de la présente note est très limité; il s'agit:

1° de développer une solution par l'élimination préalable des paramètres.

2° de montrer que les systèmes (2) et (5) peuvent parfois conduire, numériquement, aux mêmes résultats.

3° de traiter un cas comportant purement des mesures angulaires.

En faisant intervenir des valeurs provisoires  $A_0, B_0, C_0 \dots$  des paramètres et en posant:

$$A = A_0 + \Delta A, \quad B = B_0 + \Delta B, \quad C = C_0 + \Delta C \dots$$

on obtient la forme linéaire:

$$(6) \quad w_i + a_i \cdot \Delta A + b_i \cdot \Delta B + c_i \cdot \Delta C \dots + f_i' v_i' + f_i'' v_i'' = 0$$

où le terme absolu

$$w_i = F_i(A_0, B_0, C_0 \dots x_i, y_i)$$

avec la condition:  $[p' v' v'] + [p'' v'' v''] = \text{minimum}$

les  $p_i'$  et  $p_i''$  exprimant les poids des  $x_i$  et  $y_i$ .

La théorie de l'équivalence est applicable

$$(7) \quad f_i' v_i' + f_i'' v_i'' = \lambda_i = -w_i - a_i \cdot \Delta A - b_i \cdot \Delta B - c_i \cdot \Delta C \dots \text{ (poids } p_i)$$

en attribuant à  $\lambda_i$  le poids fictif  $p_i$

$$(8) \quad \frac{1}{p_i} = \frac{f_i'^2}{p_i'} + \frac{f_i''^2}{p_i''} \text{ d'où } [p' v' v'] + [p'' v'' v''] = [p \lambda \lambda] = \text{minimum}$$

Les  $\lambda_i$  sont en nombre surabondant ce qui permet le calcul à double de ce minimum. M. le prof. Baeschlin a montré que

$$(9) \quad [p \lambda \lambda] = [q \rho \rho] \quad \text{où} \quad q_i = p_i (f_i'^2 + f_i''^2)$$

$\rho_i$  exprimant la distance du point  $(x_i y_i)$  à la courbe compensatrice.

Quant aux équations normales elles peuvent s'écrire:

$$(10) \quad [pa\lambda] = [pb\lambda] = [pc\lambda] = \dots = 0$$

*Solution par l'élimination des paramètres*

Pour simplifier la démonstration admettons  $u = 2$  et  $n = 3$

$$(11) \quad \begin{vmatrix} f_1' v_1' + f_1'' v_1'' + w_1 & a_1 & b_1 \\ f_2' v_2' + f_2'' v_2'' + w_2 & a_2 & b_2 \\ f_3' v_3' + f_3'' v_3'' + w_3 & a_3 & b_3 \end{vmatrix} = 0$$

ou en développant en fonction des mineurs  $A_1, A_2, A_3$

$$A_1 (f_1' v_1' + f_1'' v_1'') + A_2 (f_2' v_2' + f_2'' v_2'') + A_3 (f_3' v_3' + f_3'' v_3'') + w = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Equations aux corrélatifs: } p_i' v_i' &= K \cdot f_i' A_i \\ p_i'' v_i'' &= K \cdot f_i'' A_i \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{Equation normale: } \left[ \frac{f_i'^2 A_i^2}{p_i'} + \frac{f_i''^2 A_i^2}{p_i''} \right] K + w = 0 \quad (13)$$

et en introduisant les  $\lambda_i$ :

$$(14) \quad A_1 \lambda_1 + A_2 \lambda_2 + A_3 \lambda_3 + w = 0$$

$$\text{Equations aux corrélatifs: } p_i \lambda_i = K' \cdot A_i$$

$$\text{Equation normale: } \left[ \frac{AA}{p} \right] K' + w = 0$$

En attribuant à  $p_i$  la valeur fictive (8) on a  $K = K'$ ; la solution est vérifiée et:

$$(15) \quad p_i' v_i' = f_i' p_i \lambda_i; \quad p_i'' v_i'' = f_i'' p_i \lambda_i$$

*Cas où le poids fictif  $p_i$  est indépendant de l'indice  $i$ .*

Ce cas est pratiquement intéressant; le poids  $p_i$  ne varie plus d'un point à l'autre de la ponctuelle et le système (10) devient:

$$(16) \quad [a\lambda] = [b\lambda] = [c\lambda] = \dots = 0$$

on obtient le système d'équations normales relatif à l'équation (5) en posant  $\lambda_i = v_i$ ; discutons l'expression qui donne  $p_i$ :

*1<sup>re</sup> hypothèse:* Les valeurs  $f_i'$  et  $f_i''$  sont chacune indépendantes de l'indice  $i$ ; ce cas se présente avec la ponctuelle rectiligne.

*2<sup>e</sup> hypothèse:* La somme  $(f_i'^2 + f_i''^2)$  est indépendante de l'indice. Il suffit que  $p_i' = p_i'' = \text{constante}$ . On peut poser  $p_i = 1$ .

Considérons une ponctuelle *circulaire*:

$$F = x^2 + y^2 + 2Ax + 2By + C = 0; \quad R^2 = A^2 + B^2 - C \quad (R = \text{rayon})$$

En valeur absolue les paramètres  $A$  et  $B$  sont égaux aux coordonnées du centre ( $x_0 = -A$ ,  $y_0 = -B$ )

$$f_i'^2 + f_i''^2 = (2x_i + 2A)^2 + (2y_i + 2B)^2 = 4R^2$$

$$a_i = 2x_i; \quad b_i = 2y_i; \quad c_i = 1$$

Ce coefficient  $c_i$  est éliminé en formant les équations «réduites». Seuls subsistent les coefficients réduits  $a_i'$  et  $b_i'$ ; ( $[a'] = [b'] = 0$ ). Implicitement l'origine est transférée au centre de gravité du système de points. Les valeurs  $[a' a']$  et  $[b' b']$  sont assimilables à des moments d'inertie et  $[a' b']$  à un moment centrifuge.

Cette compensation fournit donc non seulement les coordonnées du centre de la courbe ( $-A$ ,  $-B$ ) mais aussi tous les éléments relatifs à la précision.

#### *Ponctuelle déterminée par des mesures angulaires*

Un cas simple, qui se prête bien à des mesures angulaires, est celui où l'on peut reconstituer a priori, sans ambiguïté, deux points d'une ponctuelle circulaire, l'origine et l'extrémité par ex. Désignons par  $T_1$  et  $T_2$  ces points et par  $P_i$  un des points mesurés ( $i = 1, 2 \dots n$ ).

Le problème inverse se présente aussi en pratique lors du tracé d'un arc de cercle sans le secours de mesures linéaires. Un théodolite est placé en  $T_1$  et un autre en  $T_2$ ; il suffit alors de faire pivoter les lunettes avec la même vitesse et dans le même sens. L'angle compris entre les visées correspondantes, issues respectivement de  $T_1$  et  $T_2$ , est constant; le point d'intersection des visées engendre un arc de cercle. Pour mémoire rappelons que si les lunettes pivotent avec la même vitesse, mais en sens opposé, le lieu est une hyperbole équilatère.

Pour reconstituer, donc pour lever la ponctuelle, un seul théodolite suffit. Les éléments mesurés sont les angles

$$P_i T_1 T_2 = \alpha_i \quad \text{et} \quad P_i T_2 T_1 = \beta_i$$

avec les résidus ou corrections  $v_{\alpha_i}$  et  $v_{\beta_i}$  ( $i = 1, 2 \dots n$ ).

Le paramètre  $A$  sera l'arc  $T_1 T_2$  ou mieux l'angle inscrit à cet arc:

$$\alpha_i + v_{\alpha_i} + \beta_i + v_{\beta_i} = A$$

$$\text{ou} \quad v_{\alpha_i} + v_{\beta_i} = A - \alpha_i - \beta_i \quad (-w_i = \alpha_i + \beta_i)$$

avec l'équation normale sous forme implicite

$$[\lambda] = 0 \quad \text{et} \quad [\lambda\lambda] = 0 \quad (p_i = 1)$$

si les mesures sont d'égale précision car  $f_i'^2 = f_i''^2 = 1$ .

L'équation (9):  $[p\lambda\lambda] = [q\rho\rho]$

prend une forme particulière; on a en effet

$$\rho_i = s_i \lambda_i \quad (\lambda_i \text{ en radians}) \quad \text{donc: } [\lambda\lambda] = \left[ \frac{\rho\rho}{ss} \right]$$

le coefficient  $s_i$  est appelé parfois la *sensibilité* du segment de cercle; on sait que les courbes de sensibilité constante sont du 4<sup>e</sup> degré (courbes de Cassini)

$$s_i = \frac{P_i T_1 \times P_i T_2}{T_1 T_2} = \frac{h_i}{\sin(\alpha_i + \beta_i)} \cong \frac{h_i}{\sin A}; \quad \frac{s_i}{h_i} = \text{constante}$$

où  $h_i$  est la hauteur du triangle abaissée du sommet  $P_i$ .

Ce cas est particulier en ce sens qu'on a un seul paramètre. On pourrait trouver d'autres cas, éventuellement en coordonnées polaires.

Le problème si souvent traité de la détermination d'une ponctuelle est donc susceptible de bien des développements si l'on ne se borne pas à utiliser des coordonnées rectangulaires. En principe le calcul est toujours le même mais s'il s'agit de coordonnées polaires la détermination des poids est moins simple.

## Private Arrondierungen im Siedelungswesen

Von Ed. Strebel, Bern

Wenn der Bund seit 1926 landwirtschaftliche Siedelungsbauten subventioniert, so knüpft er daran gewisse Voraussetzungen bezüglich des zugehörigen Areals. Das erste Kreisschreiben des Bundesrates, das von Siedelungen spricht (4. September 1926), ordnet ihnen zu, daß sie „bei Anlaß größerer Güterzusammenlegungen oder zur Besiedelung von bisher ungenügend oder noch nicht bewohnten, größern, an sich fruchtbaren Gebieten“ erstellt werden. Ein nur relativ kurze Zeit in Kraft stehendes bundesrätliches Kreisschreiben vom 29. Januar 1943 drückte sich kürzer aus, indem es lediglich die Verbindung mit Meliorationen oder die Besiedelung abgelegener Gebiete zur Voraussetzung stempelte. Gerade die „Verbindung mit Meliorationen“ muß als etwas vage Subventionierungsbasis bezeichnet werden. Wohl nicht zuletzt deshalb führt der heute gültige Erlaß (Kreisschreiben vom 27. Oktober 1944), der zwar im Ingeß die gleichen Ausdrücke wiederholt, weiter aus: „An Siedelungsbauten, die nicht in Verbindung mit subventionierten Güterzusammenlegungen erstellt werden, wird eine Bundesunterstützung nur gewährt, wenn es sich um die Besiedelung abgelegener Gebiete handelt oder wenn in Verbindung mit der Neusiedelung eine erhebliche Verbesserung der Arrondierungs- und Bewirtschaftungsverhältnisse erreicht wird.“ Damit wird näher defi-