

**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:** 55 (1957)

**Heft:** 2

**Artikel:** L'extension au cas de mesures linéaires d'un théorème de Schreiber

**Autor:** Ansermet, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-213557>

### 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:** 25.01.2026

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

# Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie

Revue technique Suisse des Mensurations, du Génie rural et de Photogrammétrie

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungs-  
wesen und Kulturtechnik; Schweiz. Kulturingenieurverein;  
Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Editeur: Société suisse des Mensurations et Amélio-  
rations foncières; Société suisse des ingénieurs du  
Génie rural; Société suisse de Photogrammétrie

Nr. 2 • LV. Jahrgang

Erscheint monatlich

12. Februar 1957

## L'extension au cas de mesures linéaires d'un théorème de Schreiber

Par A. Ansermet

Dans les réseaux déterminés en fonction de mesures angulaires un problème fut posé, il y a longtemps déjà, tendant à répartir les poids de façon favorable lorsque la somme de ces poids est une constante. Un problème analogue peut se poser dans le cas de mesures linéaires. Le but de ces lignes est de formuler quelques considérations à ce sujet.

### Généralités

Désignons par  $l_i$  les longueurs mesurées des côtés du réseau,  $p_i$  les poids y relatifs,  $v_i$  les corrections ou résidus ( $i = 1, 2 \dots n$ ).

De plus désignons par  $w_1, w_2, w_3 \dots$  les discordances ou termes absous des équations de condition qui ne jouent ici pas de rôle.

Quelle que soit la solution choisie pour la compensation, nous aurons recours à une solution provisoire, ce qui confère aux développements une forme plus explicite.

Il faut donc distinguer les valeurs mesurées  $l_i$ , provisoires  $l'_i$  et compensées  $(l_i + v_i) = l'_i + dl'_i$ :

$$(1) \quad v_i = (l'_i - l_i) + dl'_i = f_i + dl'_i$$

En particulier pour un quadrilatère complet on a ([6] p. 7):

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} -f_1 + v_1 = a'_1 (dx_2 - dx_1) + b'_1 (dy_2 - dy_1) = dl'_1 \text{ (poids } p_1) \\ -f_2 + v_2 = a'_2 (dx_3 - dx_1) + b'_2 (dy_3 - dy_1) = dl'_2 \text{ (poids } p_2) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ -f_6 + v_6 = a'_6 (dx_4 - dx_3) + b'_6 (dy_4 - dy_3) = dl'_6 \text{ (poids } p_6) \end{array} \right.$$

où les  $dx, dy$  sont les corrections à faire subir aux coordonnées provisoires

des 4 sommets. Trois de ces 8 inconnues  $dx, dy$  sont arbitraires et l'élimination des cinq autres donne

$$(3) \quad [av] + w_1 = [adl'] = 0.$$

Les machines à calculer modernes facilitent beaucoup ces éliminations.

Une solution consisterait à éliminer  $dl'_6$  par exemple. On obtiendrait un système de 6 équations à 5 inconnues  $dl'_1, dl'_2, \dots, dl'_5$ . Pratiquement les coefficients  $a_i$  dans (3) sont souvent calculés par voie semi-graphique (voir [4]).

*Solution directe.* Toujours dans le quadrilatère à 6 côtés mesurés considérons deux angles  $\alpha, \beta$  ayant le même sommet, dans le canevas provisoire.

En différenciant des formules trigonométriques on obtient :

$$(4) \quad \begin{aligned} d\alpha &= \varphi_1 (dl'_1, dl'_2, dl'_5) \\ d\beta &= \varphi_2 (dl'_3, dl'_4, dl'_5) \\ d(\alpha + \beta) &= \varphi_3 (dl'_1, dl'_4, dl'_6) \end{aligned}$$

et en éliminant  $d\alpha$  et  $d\beta$ :

$$[adl'] = 0$$

Le calcul est simple si la formule de Ptolémée est applicable aux valeurs provisoires :

$$(4) \quad l'_5 l'_6 = l'_1 l'_3 + l'_2 l'_4,$$

ce qui fournit immédiatement les coefficients  $a_i$  en différenciant cette relation. On voit le rôle que peuvent jouer les éléments provisoires quand, dans un problème, les discordances  $w$  ne sont pas nécessaires.

*Système central.* Considérons (Fig. 2) un système central de côtés 1, 2, 3, ... dont les angles au centre, opposés à ces côtés, sont respectivement  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ . Entre les valeurs provisoires on a :

$$(5) \quad \begin{aligned} l'_1^2 &= l'_7^2 + l'_8^2 - 2l'_7 l'_8 \cos \alpha_1 \\ l'_1 dl'_1 &= (l'_7 - l'_8 \cos \alpha_1) dl'_7 + (l'_8 - l'_7 \cos \alpha_1) dl'_8 + l'_7 l'_8 \sin \alpha_1 d\alpha_1 \end{aligned}$$

Si le système central constitué par les éléments provisoires est un hexagone régulier on aura:  $\cos 60^\circ = 0,5$ ,

par suite:  $dl'_1 = 0,5 dl'_7 + 0,5 dl'_8 + \frac{1}{2}\sqrt{3} d\alpha_1$

si  $l'_1 = l'_2 = \dots = l'_{12} = 1$ ;  $[dl'_i]_{i=1}^{i=6} = [dl'_i]_{i=7}^{i=12}$  car  $[da]_1^6 = 0$

$$(6) \quad [dl']_1^6 - [dl']_7^{12} = [v]_1^6 - [v]_7^{12} + w_1 = 0 \quad ([1] p. 209)$$

Ce résultat trouvera son application ci-après.

### Théorème de Schreiber

La somme  $[p]^n$  étant constante le problème à résoudre consiste à répartir ces poids de la façon la plus favorable pour conférer à la fonction  $\varphi (l_1 + v_1, l_2 + v_2, l_3 + v_3 \dots)$  le poids  $P$  le plus grand possible. En général les  $n$  binômes  $(l + v)$  ne figurent pas tous dans la fonction. On sait ([5] II p. 186) que:

$$1 : P = [FF : p] \quad \text{où}$$

$$(7) \quad F_i = f'_i + a_i r_1 + b_i r_2 + c_i r_3 + \dots \quad (i = 1, 2 \dots n)$$

certains  $f'_i$  étant nuls car ce sont les coefficients des  $v_i$  dans:

$$\varphi (l_1 + v_1, l_2 + v_2, l_3 + v_3 + \dots) = \varphi (l_1, l_2, l_3 \dots) + [f'_i v_i]$$

Les  $r_1, r_2, r_3 \dots$  se déduisent du système d'équations dit parfois transitoire ou équations en  $r$ :

$$(8) \quad [aF : p] = o, [bF : p] = o, [cF : p] = o \dots \text{ si } \left\{ \begin{array}{l} [av] + w_1 = o \\ [bv] + w_2 = o \\ [cv] + w_3 = o \\ \dots \end{array} \right.$$

contrôle:  $[f'F : p] = [FF : p]$

*Critère:* La somme  $[|F|]$  doit tendre vers un minimum et de plus:

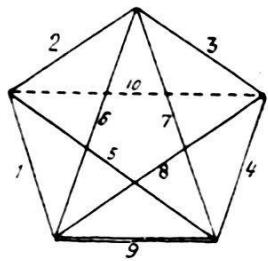
$$p_1 : p_2 : p_3 \dots : p_n = |F_1| : |F_2| : |F_3| \dots : |F_n| \quad (9) \\ ([5] p. 189 II)$$

Essayons d'appliquer ces résultats dans le cas d'un réseau à mesures linéaires.

#### Applications:

*1<sup>er</sup> cas* (Fig. 1). Graphiquement on trouve 1.00 pour la longueur de chaque côté du pentagone et 1.62 pour chaque diagonale. La formule de Ptolémée est applicable. La longueur du côté 9 est considérée comme exempte d'erreur. C'est le poids  $P$  de la diagonale non mesurée 10 qui nous intéresse et la fonction  $\varphi$  est la longueur obtenue pour cette diagonale. On a le 1<sup>er</sup> calcul suivant:

côtés	$p$	$a$	$b$	$f'$	$F$	côtés	$p$	$F$	
1	1	+ 1.62		— 1.00	+ 0.04	1	0.1	0.00	
2	1	+ 1.00			+ 0.64	2	1.45	+ 0.62	
3	1		+ 1.00		+ 0.64	3	1.45	+ 0.62	
4	1		+ 1.62	— 1.00	+ 0.04	4	0.1	0.00	
5	1	— 1.62		+ 1.62	+ 0.58	5	1.45	+ 0.62	
6	1	— 1.62	+ 1.00		— 0.40	6	1.00	— 0.38	
7	1	+ 1.00	— 1.62		— 0.40	7	1.00	— 0.38	
8	1		— 1.62	+ 1.62	+ 0.58	8	1.45	+ 0.62	
$[p] = 8$				$[ F ] = 3.32$		$[p] = 8.00 \quad [ F ] = 3.24$			



$$\begin{aligned}
 [aa] &= [bb] = 9.86; [ab] = -3.24 \\
 [af'] &= [bf'] = -4.24 \\
 r_1 &= r_2 = +0.64; \\
 [f'F] &= [FF] = 1.81
 \end{aligned}$$

Fig. 1

La somme  $[f'f']$  est relativement forte car la détermination de la longueur 10 par les seuls côtés 1, 4, 5, 8 est précaire.

Pour le 2<sup>e</sup> calcul ci-dessus on a appliqué la relation (9) en arrondissant les poids

$$\begin{aligned}
 [aa:p] &= [bb:p] = 32.3; [ab:p] = -3.24 \\
 [af':p] &= [bf':p] = -18.00 \\
 r_1 &= r_2 = +0.62; [aF:p] = [bF:p] = 0 \\
 [f'F:p] &= [FF:p] = 1.36 = 1:P
 \end{aligned}$$

Ces résultats sont de nature à fournir au calculateur d'utiles indications.

A priori il était manifeste que les côtés 1 et 4 exerçaient peu d'influence sur la longueur de la diagonale 10.

### 2<sup>e</sup> cas. Chaîne double (Fig. 2)

Graphiquement on obtient la longueur 1.00 pour chacun des 26 côtés; il y a donc 3 systèmes centraux, et considérons la fonction:

$$\varphi = (l_7 + v_7) + (l_{10} + v_{10}) + (l_{21} + v_{21}) + (l_{24} + v_{24})$$

$$p_1 = p_2 = p_3 \dots = p_{26} = 1 \quad n = 26$$

côtes	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>f'</i>	<i>F</i>	côtes	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>f'</i>	<i>F</i>	Report $ \mathcal{F} $
1	+1				+0.24	14	+1					+0.29
2	+1				+0.24	15	-1	+1				-0.05
3	+1	-1			-0.05	16		+1				+0.24
4	+1	-1			-0.05	17		+1				+0.24
5	+1				+0.24	18		+1				+0.24
6	+1				+0.24	19		+1				+0.24
7	-1			+1	+0.76	20	-1	+1				-0.05
8	-1				-0.24	21	-1	-1	+1			+0.47
9	-1	+1			+0.05	22	+1	-1				+0.05
10	-1	-1		+1	+0.47	23		-1				-0.24
11	-1	+1			+0.05	24		-1	+1			+0.76
12	-1				-0.24	25		-1				-0.24
13	+1				+0.29	26	+1	-1				+0.05
Report $ \mathcal{F}  =$												3.16
$\mathcal{F}$												6.32

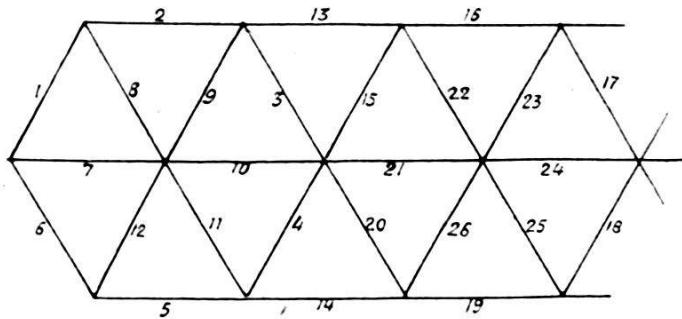


Fig. 2

$$[aa] = [bb] = [cc] = 12$$

$$[ab] = [bc] = -3 \quad [ac] = 0$$

$$[af'] = [bf'] = [cf'] = -2$$

$$r_1 = r_3 = +0.24; r_2 = +0.29$$

$$[f'F] = [FF] = 2.47$$

En appliquant encore la loi de proportionnalité (9) on trouverait approximativement

$$p_7 = p_{24} \leq 3$$

et  $p \cong 1/5$  pour les côtés 3, 4, 9, 11, 15, 20, 22, 26 et des valeurs intermédiaires pour les autres côtés.

Le nombre des conditions étant impair il en résulte une certaine ambiguïté à cause de la symétrie du réseau. Mais la convergence vers un résultat est mise en évidence.

### 3<sup>e</sup> cas. Chaîne simple (Fig. 3)

$n = 22$ . Le côté 23 a une longueur considérée comme exempte d'erreur.

Graphiquement on trouve 1.00 pour la longueur des côtés 1, 2, 3, 8, 9, 12, 14, 15, 18, 19 et 1.62 pour les autres côtés. La formule de Ptolémée est encore applicable. La fonction  $\varphi$  est la longueur obtenue pour la diagonale 24. Son poids est  $P$ .

$$1^{\text{er}} \text{ calcul:} \quad p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_{22} = 1 \quad [p] = 22 \\ [F'] = 4.92 \quad [f'F] = [FF] = 1.34$$

1<sup>re</sup> répartition: les poids obtenus par la règle de proportionnalité varient entre  $p_1 = p_{19} = 0.15$  et  $p_7 = p_{13} = 1.8$  (valeurs arrondies)

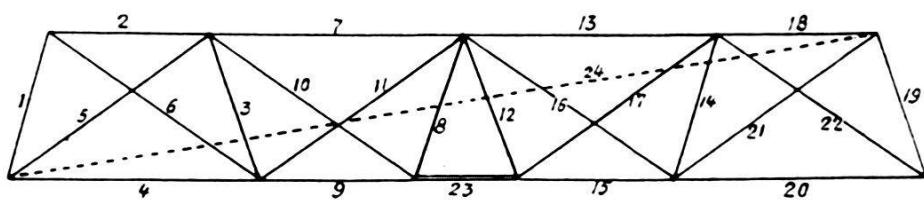


Fig. 3

$$2^{\text{e}} \text{ calcul: } [F] = 4.42 \quad [FF: p] = 0.95 = 1: P = [f'F: p]$$

$$2^{\text{e}} \text{ répartition: } p_1 = p_{19} = 0.00; p_8 = p_{12} = 0.2$$

$$p_{10} = p_{11} = p_{16} = p_{17} = 0.3; p_3 = p_{14} = 0.65; p_5 = p_6 = p_{21} = p_{22} = 0.75$$

$$p_2 = p_4 = p_{18} = p_{20} = 1.85; p_9 = p_{15} = 2.0; p_7 = p_{13} = 2.4$$

(valeurs arrondies)

En poussant le calcul jusqu'au bout on rend nuls 4 poids sur 22 ([5] II p. 189). Théoriquement il y a  $\binom{22}{4} = 7315$  manières de dissocier 4 poids sur les 22. Si certains poids sont égaux deux à deux il peut y avoir de l'ambiguité quand le nombre de conditions est impair. En pratique c'est rarement le cas. L'emploi d'éléments provisoires présente parfois de l'intérêt quel que soit le mode de compensation adopté. Au point de vue didactique ces éléments facilitent le raisonnement et le rendent plus explicite.

Dans les exemples traités ci-dessus la convergence vers un résultat est assez rapide. Les réseaux choisis ont une structure schématique mais ils suffisent pour donner un aperçu de l'application du théorème de Schreiber. Ce dernier présente de l'intérêt surtout dans le cas de mesures angulaires. Un problème analogue se posera cependant à l'occasion au calculateur lors de la détermination de réseaux au moyen de mesures linéaires. C'est pourquoi il a paru opportun de lui consacrer quelques lignes.

Certains praticiens mesurent aussi des azimuts et combinent ces éléments avec les mesures linéaires. Dans cette première étude il n'a pas été jugé opportun de tenir compte de ces azimuts, qui rendent le problème plus complexe.

### Bibliographie:

- [1] *K. Arnold*: Zur Fehlertheorie der Streckenmessenden Triangulation (Technik, Berlin).
- [2] *C. F. Baeschlin*: Die sphärische Berechnung von Streckennetzen (Publication Comm. géodésique suisse).
- [3] *W. Grossmann*: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung (Springer, Berlin)
- [4] *K. Rinner*: Geometrie mit Strecken (Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, 1950, Nrn. 7, 8).
- [5] *S. Wellisch*: Ausgleichungsrechnung (Fromme, Wien).
- [6] *A. Ansermet*: Compensation de mesures linéaires (Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, 1955, Nr. 1).