

**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:** 60 (1962)

**Heft:** 11

**Artikel:** Sur le calcul de réseaux à mesures linéaires

**Autor:** Ansermet, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-217707>

### 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:** 23.02.2026

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

# Sur le calcul de réseaux à mesures linéaires

Par A. Ansermet

La compensation de mesures angulaires est un problème qui, depuis longtemps, fut traité sur toutes ses faces. Pour des raisons faciles à comprendre, on ne peut pas dire qu'il en soit de même en ce qui concerne les mesures linéaires. En principe il y a peu de différences; quelques particularités sont cependant à mettre en évidence. A cet effet deux applications seront développées ci-après, toutes deux étant de caractère élémentaire. Il y a lieu, d'une part, de combiner des mesures linéaires, dont on veut améliorer la précision, avec des mesures angulaires revêtant une forme spéciale. D'autre part, dans les exemples traités, les équations de condition sont établies en dissociant le calcul des termes absous; en télémétrie, pour certains problèmes, une telle solution peut présenter des avantages. En triangulation la détermination des termes absous est, en général, moins laborieuse; elle n'est donc pas dissociée.

**Première application.** Considérons (fig. 1) une base  $AD$  fractionnée de telle manière que:

$$AB \cong BC \cong CD \cong l_0 \text{ (valeur provisoire } l_0)$$

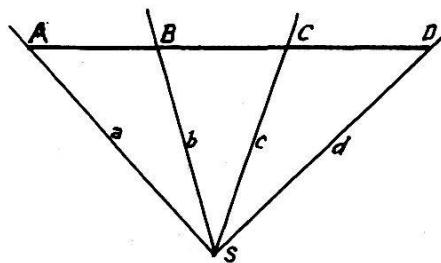


Fig. 1

Quatre mesures sont effectuées:  $l_1, l_2, l_3, l_4$ .

$$\begin{aligned} AC &= l_1 + v_1, & BD &= l_2 + v_2, & AB &= l_3 + v_3, & CD &= l_4 + v_4 \\ \text{de plus: } & BC = l_0 + dy, & AB = l_0 + dx, & CD = l_0 + dz \end{aligned}$$

Les  $v_1, v_2, v_3, v_4$  étant tels que  $[p_{vv}] = \text{minimum}$ .

On en déduit quatre équations dont la forme est usuelle:

$$\begin{aligned} -f_1 + v_1 &= +dx + dy; & \text{poids: } 1,0 &= p_1 \\ -f_2 + v_2 &= +dy + dz; & \text{poids: } 1,0 &= p_2 \\ -f_3 + v_3 &= +dx; & \text{poids: } 1,5 &= p_3 \\ -f_4 + v_4 &= +dz; & \text{poids: } 1,5 &= p_4 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{poids: } 1,0 = p_1 \\ \text{poids: } 1,0 = p_2 \\ \text{poids: } 1,5 = p_3 \\ \text{poids: } 1,5 = p_4 \end{array} \right\} \quad (1)$$

On obtient deux matrices mutuellement inverses: celle des équations normales et celle des coefficients de poids des inconnues compensées:

$$\begin{bmatrix} 2,5 + 1,0 & 0 \\ + 1,0 & 2,0 + 1,0 \\ 0 & + 1,0 & 2,5 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{bmatrix} 0,533 - 0,333 + 0,133 \\ - 0,333 & 0,833 - 0,333 \\ + 0,133 - 0,333 & 0,533 \end{bmatrix} \quad (2)$$

d'où les poids  $P_1, P_2, P_3, P_4$  a posteriori:

$$\frac{1}{P_1} = 0,533 + 0,833 - 2 \cdot 0,333 = 0,700 = \frac{1}{P_2}$$

$$\frac{1}{P_3} = \frac{1}{P_4} = 0,533$$

Contrôle:  $[p_i : P_i]_1^4 = 0,700 + 0,700 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,533 = 3,00$  (3 inconnues).

*Seconde phase des calculs.* Pour accroître la précision on effectue des mesures angulaires, mais en stationnant en un point  $S$  (fig. 1) dont la position n'est pas connue par rapport à la base; les mesures n'interviennent qu'indirectement sous la forme du birapport (anharmonique):

$$(ABCD) = (abcd). \quad ((abcd) \text{ admis exempt d'erreur})$$

on peut avoir 24 rapports avec 6 valeurs distinctes seulement:

$$\frac{CA}{CB} : \frac{DA}{DB} = \frac{\sin (ca)}{\sin (cb)} : \frac{\sin (da)}{\sin (db)} = k \quad (\text{ici } k \cong \frac{4}{3}) \quad (3)$$

$$3(2l_0 + dx + dy)(2l_0 + dy + dz) \cong 4(l_0 + dy)(3l_0 + dx + dy + dz) \\ 6l_0(dx + 2dy + dz) \cong 12l_0dy + 4l_0(dx + dy + dz) \quad (4)$$

en négligeant les termes en  $dx \cdot dy, dx \cdot dz, dy \cdot dz \dots$  finalement:

$$dx - 2dy + dz \cong 0, \quad \text{ou} \quad dx - 2dy + dz + w = 0$$

le terme absolu  $w$  étant encore inconnu.

*Poids a posteriori  $P'_i$ .* Cette étape du calcul est connue (voir [2], [3]). Il faut former les expressions:

$$\frac{[(A)f']^2}{[A(A)]}$$

les  $f'$  étant les coefficients des inconnues dans le système (1) tandis que les  $(A)$  sont les coefficients dits parfois transitoires:

$$A_1 = +1, \quad A_2 = -2, \quad A_3 = +1$$

$$\begin{aligned} (A_1) &= +0,533 + 2 \cdot 0,333 + 0,133 = +1,333 \\ (A_2) &= -0,333 - 2 \cdot 0,833 - 0,333 = -2,333 \\ (A_3) &= +0,133 + 2 \cdot 0,333 + 0,533 = +1,333 \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} [A(A)] = 7,333 \end{array} \right.$$

Pour le système (1) on a quatre valeurs  $[(A)f']$ :

- I  $[(A)f'] = + 1,333 - 2,333 = -1,00$ ;  $[(A)f']^2 : [(A)A] = 0,136$   
 II  $[(A)f'] = -2,333 + 1,333 = -1,00$ ;  $[(A)f']^2 : [A(A)] = 0,136$   
 III  $[(A)f'] = + 1,333$ ;  $(1,333^2 = 1,777)$ ;  $[(A)f']^2 : [A(A)] = 0,243$   
 IV  $[(A)f'] = + 1,333$ ;  $[(A)f']^2 : [A(A)] = 0,243$

Contrôle des poids  $P_i'$ :

$$\begin{array}{r}
 0,700 - 0,136 \cdot 1,0 = 0,564 \\
 0,700 - 0,136 \cdot 1,0 = 0,564 \\
 0,800 - 0,243 \cdot 1,5 = 0,436 \\
 \hline
 0,800 - 0,243 \cdot 1,5 = 0,436 \\
 \hline
 [p_i : P_i] = 3,000 \qquad \qquad \qquad 2,000 = [p_i : P_i']
 \end{array}$$

L'amélioration résultant du birapport  $(abcd)$  est manifeste.

*Position de la station S.* Formons le logarithme de  $(abcd)$ :

$$\log (abcd) = \log \sin (ca) - \log \sin (cb) - \log \sin (da) + \log \sin (db)$$

une solution favorable correspond aux valeurs:

$$(ca) \cong (db) \cong 90^\circ \quad (\text{angles } ASC \text{ et } BSD),$$

car les différences logarithmiques pour les sinus de ces deux angles sont nulles ou négligeables. Avec un théodolite moderne, c'est un jeu de déterminer rapidement et avec précision un rapport anharmonique; la méthode connue des combinaisons binaires est indiquée pour la mesure des angles.

On pourrait considérer un problème plus vaste avec cinq points  $A, B, C, D, E$  et cinq rayons  $a, b, c, d, e$ .

**Seconde application.** Le problème traité porte encore sur des mesures linéaires qui sont au nombre de neuf dont deux surabondantes; il y a cinq sommets (fig. 2) et, par suite, dix variations de coordonnées. Mais trois de

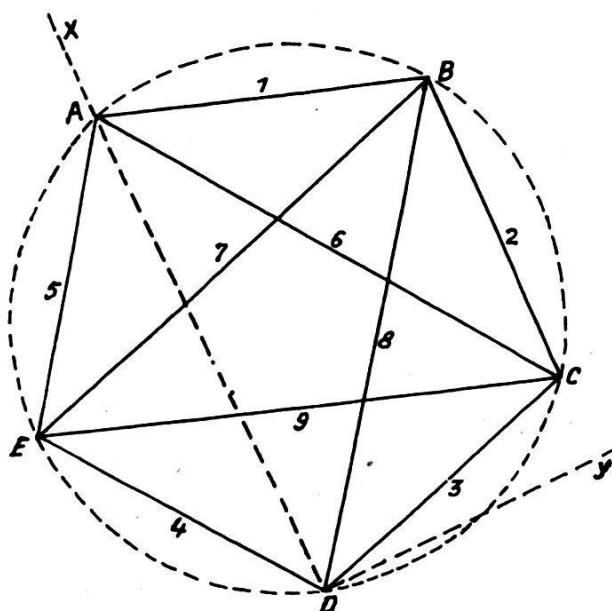


Fig. 2

ces valeurs peuvent être choisies arbitrairement; en fait elles seront nulles. Ce sont les  $dx_d$  et  $dy_d$  du point  $D$ , choisi comme origine et  $dy_a$  de  $A$ , point par lequel passe l'axe des  $x$ . Le problème, fort élémentaire, consiste à déterminer le poids de la diagonale non mesurée  $AD$ , c'est-à-dire le poids de l'abscisse  $x_a$  du point  $A$  ou plutôt de la variation  $dx_a$  que l'on choisit comme première inconnue. L'équation initiale revêt la forme usuelle:

$$-f_i + v_i = a_i dx_a + b_i dx_b + c_i dy_b + d_i dx_c + \\ + e_i dy_c + g_i dx_e + h_i dy_e \quad (\text{poids } p_i = 1) \quad (5)$$

Le coefficient de poids de l'inconnue  $dx_a$  sera donc  $[\alpha\alpha]$  ([1], p. 27). Cette expression est trop connue et ne nécessite pas d'explications; ce n'est du reste pas  $[\alpha\alpha]$  qui sera calculé mais  $[FF]$  (voir [2]), car le problème sera résolu par la méthode aux équations de condition.

Ces lignes poursuivent un double but:

1<sup>o</sup> Montrer qu'ici on peut faire abstraction des termes absous  $w$ .

2<sup>o</sup> Vérifier que les  $\alpha$  et les  $F$  sont les mêmes coefficients obtenus par des voies différentes. Certains lecteurs penseront qu'une telle vérification n'est pas nécessaire; citons ici, sans la traduire, une phrase extraite d'un ouvrage considéré comme standard par les géodésiens: «Ein förmlicher Beweis, dass die Koeffizienten  $F$  unabhängig von der ersten Form der Funktion sind, ist nicht leicht zu führen; ein förmlicher Beweis ist auch nicht nötig ...» (voir [2]).

La fonction en question est ici celle qui servira à déterminer le poids de  $AD$ ; elle peut revêtir diverses formes.

Ces considérations générales étaient nécessaires pour bien poser le problème; pour faciliter les calculs et les rendre plus explicites admettons l'hypothèse suivante: Les cinq sommets, en position provisoire, sont situés rigoureusement sur un même cercle. Les côtés 1 à 5 ont la même longueur choisie comme unité (1 km, 10 km ...).

Avant d'établir les équations de condition, établissons le tableau des coefficients  $a_i, b_i, c_i \dots$  dont l'utilité sera révélée plus loin:

$i =$	$a_i$	$b_i$	$c_i$	$d_i$	$e_i$	$g_i$	$h_i$	
1	+0,309	-0,309	+0,951					
2		+1,00		-1,00				
3				+0,309	+0,951			
4						+0,809	-0,588	
5	+0,809					-0,809	-0,588	
6	+0,809			-0,809	+0,588			
7		+0,309	+0,951			-0,309	-0,951	
8		+0,809	+0,588			-0,309	-0,951	
9				-0,309	+0,951	+0,309	-0,951	

$$0,309^2 + 0,951^2 = 1 \quad 0,809^2 + 0,588^2 = 1$$

Si l'on fait abstraction de l'une des neuf équations du système (5), il en reste huit, entre lesquelles on peut éliminer les sept inconnues; le résultat prend la forme:

$$[Av] + w = 0 \quad (\text{les } A \text{ sont des coefficients}) \quad (6)$$

C'est une équation de condition; il en faut ici une seconde. Cette solution analytique générale avait une portée théorique mais, grâce à l'emploi de calculatrices modernes, on peut l'envisager. Appliquons la formule de Ptolémée aux figures *ABCE* et *BCDE*:

$$\left. \begin{aligned} (1,00 + v_1)(1,62 + v_9) + (1,00 + v_2)(1,00 + v_5) &\cong (1,62 + v_6)(1,62 + v_7) \\ (1,00 + v_2)(1,00 + v_4) + (1,00 + v_3)(1,62 + v_7) &\cong (1,62 + v_8)(1,62 + v_9) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$(1,00 \cdot 1,00 + 1,00 \cdot 1,62 = 1,62 \cdot 1,62 = 2,62)$$

En négligeant les termes en  $v_1 v_2, v_1 v_3 \dots v_8 v_9$ , on obtient les coefficients des  $v$ ; le signe  $\cong$  évite d'ajouter un terme absolu qui n'est pas calculé. Soient  $a_i', b_i'$  les coefficients:

$i =$	$a_i'$	$b_i'$	$a' a'$	$b' b'$	$a' b'$	$f_I$	$f_{II}$	$f_{III}$
1	+1,62		2,62			-1,00		+0,62
2	+1,00	+1,00	1,00	1,00	+1,00	-1,62		
3		+1,62		2,62		-1,00	+0,62	
4		+1,00		1,00			+1,00	+0,62
5	+1,00		1,00				+0,62	+1,00
6	-1,62		2,62				+0,62	+1,00
7	-1,62	+1,00	2,62	1,00	-1,62	+1,62	+0,62	-1,00
8		-1,62		2,62		+1,62		+0,62
9	+1,00	-1,62	1,00	2,62	-1,62		-1,00	
			10,86 =	10,86 =	-2,24 =			
			$= [a' a']$	$= [b' b']$	$= [a' b']$			

En appliquant encore le théorème de Ptolémée, on peut former trois fonctions pour exprimer  $AD$ ; la figure le montre clairement:

- I (ABCD)  $AD(1,00 + v_2) \cong (1,62 + v_6)(1,62 + v_8) - (1,00 + v_1)(1,00 + v_3)$  ou, en multipliant par  $(1,00 - v_2)$  et en posant  $(1,00 + v_2)(1,00 - v_2) = 1,00$   
 $AD \cong (1,62 + v_6)(1,62 + v_8)(1,00 - v_2) - (1,00 + v_1)(1,00 + v_3)(1,00 - v_2)$  le coefficient de  $v_2$ , par exemple, sera:  $-1,62^2 + 1,00 = -2,62 + 1,00 = -1,62$
- II (ACDE)  $AD \cdot (1,62 + v_9) \cong (1,00 + v_3)(1,00 + v_5) + (1,00 + v_4)(1,62 + v_6)$  ou  $AD \cdot 1,62^2 \cong (1,00 + v_3)(1,00 + v_5)(1,62 - v_9) + (1,00 + v_4)(1,62 + v_6)(1,62 - v_9)$  coefficient de  $v_9$ :  $(-1,00 - 1,62) : 1,62^2 = (-2,62) : 2,62 = -1,00$
- III (ABDE)  $AD(1,62 + v_7) \cong (1,00 + v_1)(1,00 + v_4) + (1,00 + v_5)(1,62 + v_8)$  ou  $AD \cdot 1,62^2 \cong (1,00 + v_1)(1,00 + v_4)(1,62 - v_7) + (1,00 + v_5)(1,62 + v_8)(1,62 - v_7)$  coefficient de  $v_7$ :  $(-1,00 - 1,62) : 1,62^2 = -1,00 (1,62 : 2,62 = 0,62)$

Le tableau ci-dessus indique les coefficients sous  $f_I, f_{II}, f_{III}$ .

$$[af]_I = [bf]_I = -5,86; \quad [af]_{II} = -1,38, \quad [bf]_{II} = +3,62 \\ [af]_{III} = +3,62, \quad [bf]_{III} = -1,38$$

On forme ensuite les équations dites parfois transitoires:

$$I \quad \begin{cases} +10,86 r_1 - 2,24 r_2 - 5,86 = 0 & r_1 = r_2 = +0,68 \\ -2,24 r_1 + 10,86 r_2 - 5,86 = 0 & \text{(voir [2])} \end{cases}$$

On obtient deux autres systèmes en changeant les termes absolus:

$$II \quad \begin{cases} +10,86 r_1' - 2,24 r_2' - 1,38 = 0 & r_1' = +0,061 \quad r_2' = -0,32 \\ -2,24 r_1' + 10,86 r_2' + 3,62 = 0 & \end{cases}$$

$$III \quad \begin{cases} +10,86 r_1'' - 2,24 r_2'' + 3,62 = 0 & r_1'' = -0,32 \quad r_2'' = +0,061 \\ -2,24 r_1'' + 10,86 r_2'' - 1,38 = 0 & \end{cases}$$

Nous possédons tous les éléments pour calculer les  $F$  et  $[FF]$ .

On applique l'expression connue:

$$F_i = f_i + a_i' r_1 + b_i' r_2 \quad \text{(voir [2])} \quad (8)$$

en attribuant à  $f_i$  les valeurs contenues dans les colonnes du tableau ci-dessus sous  $f_I, f_{II}, f_{III}$ , tandis qu'on a successivement les trois paires de coefficients  $(r_1, r_2)$ ,  $(r_1', r_2')$  et  $(r_1'', r_2'')$ .

Sur les neuf valeurs  $F_i$  bornons-nous à en considérer deux qui seront calculées à triple:

$$F_2 = -1,62 + 1,00 \cdot 0,68 + 1,00 \cdot 0,68 = +1,00 \cdot 0,061 - 1,00 \cdot 0,32 \\ = -1,00 \cdot 0,32 + 1,00 \cdot 0,061 = -0,26$$

$$F_4 = +1,00 \cdot 0,68 = +1,00 - 1,00 \cdot 0,32 = +0,62 + 1,00 \cdot 0,061 = \\ = +0,68.$$

Les  $F_i$  sont portées, quant à leurs valeurs, dans le tableau ci-après; le triple calcul montre bien la concordance des 27 valeurs prises trois à trois, mais il faut encore comparer avec les  $\alpha_i$ .

#### Concordance des $\alpha_i$ et des $F_i$

On sait que  $\alpha_i = a_i Q_{11} + b_i Q_{12} + c_i Q_{13} \dots + h_i Q_{17}$  ([1], p. 29) pour  $p_i = 1$ , le tableau (5') fournissant les coefficients  $a_i, b_i, c_i \dots$  Bornons-nous à vérifier les équations connues:

$$[a\alpha] = [aF] = 1, \quad [b\alpha] = [bF] = 0, \quad [c\alpha] = [cF] = 0 \dots [h\alpha] = [hF] = 0. \quad (9)$$

$i =$	$F =$	$aF$	$bF$	$cF$	$dF$	$eF$	$gF$	$hF$
1	+0,10	+0,03	-0,03	+0,095				
2	-0,26		-0,26		+0,26	+0,095		
3	+0,10				+0,03			
4	+0,68						+0,55	-0,40
5	+0,68	+0,55					-0,55	-0,40
6	+0,52	+0,42			-0,42	+0,305		
7	-0,42		-0,13	-0,40			+0,13	+0,40
8	+0,52		+0,42	+0,305				
9	-0,42				+0,13	-0,40	-0,13	+0,40
$[FF] = 1,91$		+1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$[\alpha\alpha] = 1,91$		Les sept sommes ci-dessus concordent avec les équations (9).						

Le but de ces lignes était de mettre en évidence quelques aspects et particularités des compensations portant sur des mesures linéaires, surtout en ce qui concerne la pratique des calculs. De tels problèmes sont actuels.

#### *Littérature*

- [1] *C. F. Baeschlin*, «Ausgleichungsrechnung und Landesvermessung».
- [2] *Jordan-Eggert*, «Vermessungskunde», I.
- [3] *A. Ansermet*, «A propos d'une forme générale de compensation» (Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, 1959, N° 11).

## **Alte Vermessungsstrukturen in moderner Landschaft**

**Zusammenfassung des Lichtbildervortrags von Georges Grosjean,  
gehalten an der 35. Hauptversammlung der Schweizerischen  
Gesellschaft für Photogrammetrie am 5. Mai 1962 in Bern**

Die Schaffung großräumiger Planlandschaften, wie etwa der niederländischen IJsselmeerpolder, ist nicht eine Erscheinung allein des 20. Jahrhunderts. Die Untersuchung alter Kulturlandschaften zeigt, daß oft unter scheinbar zufälliger Streuung der Siedlungen und unter scheinbar zwangslosem Verlauf von Straßen, Wegen und Grenzen bewußte Strukturen verborgen sind, die das Ergebnis systematischer Vermessung und Landaufteilung darstellen.

Das westschweizerische Mittelland eignet sich besonders für solche Untersuchungen. Hier ist auffällig, daß westlich und nordwestlich der Saane und Aare regelmäßige, dem Rechteck sich nähernde Gemeindeareale vorwiegen, die in der Regel nur *eine* Siedlungsagglomeration aufweisen. Ihre Fläche ist ziemlich einheitlich in der Größenordnung um 300 ha. Östlich und südöstlich der Saane und Aare dagegen sind die Gemeinden viel größer und uneinheitlicher, in der Größenordnung von 1000 bis 2000 ha; die Gemeindegrenzen sind unregelmäßig, lehnen sich öfter natürlichen Geländelinien an, und die Areale enthalten neben einer zentralen Dorfsiedlung mehrere Weiler und zahlreiche Einzelhöfe. Die