

Recherches sur la stabilité des appareils de restitution photogrammétriques analogiques

Autor(en): **Bachmann, W.K.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **76 (1978)**

Heft 10: **50 Jahre Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie (SGP) = 50e anniversaire de la Société suisse de photogrammétrie (SSP)**

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-229233>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

vorwiegend den Leitern der Kern & Cie. AG und der Wild Heerbrugg AG, nicht nur für die materielle Unterstützung vieler Unternehmen der Gesellschaft, sondern auch, weil wir stolz sind auf ihre kreativen Leistungen, die den Ruf schweizerischer Präzisionsarbeit in die Welt hinausgetragen haben. Die auch von der SGP getragene Zeitschrift «Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik», seit 1933 offizielles Mitteilungsorgan unserer Gesellschaft, bietet mit den Mitteilungen und Protokollen den zuverlässigen Spiegel der Tätigkeit der SGP im vergangenen halben Jahrhundert. Wer immer darin etwas Vereinsgeschichtliches sucht, empfindet Dank gegenüber den mit der Zeit abgelösten Redaktoren Prof. Baeschlin, Prof. Kobold und Prof. Conzett für ihre sachkundig-ordnende Tätigkeit. Die Chronik der SGP über die Gründungsjahre 1926 bis 1930 ist, wie gesagt, in den damaligen Heften der deutschen Zeitschrift «Bildmessung und Luftbildwesen» zu finden.

Was fordert die Zukunft von der SGP? Jedes Mitglied wird hiezu seine eigenen Vorstellungen haben. Die Entwicklung der analytischen Auswertegeräte, die digitale Bildkorrelation und die automatische Resultatzahlgewinnung sind trotz tief verwurzelter Skepsis der Praktiker zum Durchbruch gekommen, obwohl die Kartenherstellungspraxis noch auf lange Zeit hinaus sich der Analog-Auswertegeräte und direkten graphischen Planerstellung, der Standardform der räumlichen Auswertung, bedienen wird. Neben der Beharrung wird der wirtschaftliche Erfolg die Entscheidungen treffen. Obwohl das Bildauflösungsvermögen und die Bildverzeichnung der modernen Informationsgewinnungssensoren noch weit hinter der heutigen Qualität der Photographie zurückliegen, werden die Fernerkundungsmethoden und ihre Anwendung studiert und entwickelt werden müssen. Es ist ja nicht völlig auszuschliessen, dass einmal die optoelektronischen Aufnahmeverfahren und die Geometrie der Zeilenabtaster-Aufnahmen dem Qualitäts-

standard der Photographie angenähert werden. Es werden sich Forderungen nach Ergänzung der Ausbildung der Vermessungsingenieure in Richtung technische Physik mit Einschluss der Computertechnik einstellen. Aber auch praxisnähere Aufgaben, wie die Luftbildgewinnung unter bewölktem Himmel für Grossmassstabpläne, die Ausschaltung einer zeit- und kostenträchtigen Abhängigkeit von der Bewölkung, die weitere Verminderung der Gerätefehler, die sichere Ausschaltung grober Fehler in der Grenzpunktbestimmung, die Anwendungsmöglichkeiten in der Photointerpretation und anderes mehr, sind gestellt. Die Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie für die günstigste Lösung von Aufgaben in der Wissenschaft, Wirtschaft und Technik sind noch nicht erschöpft. Mit der Pflege der internationalen Beziehungen im Hinblick auf einen weltweiten Informationsaustausch kann wahrscheinlich auch von der SGP aus für die Instrumentenindustrie ein günstiges Klima geschaffen werden. 90 Prozent der schweizerischen Instrumentenproduktion geht ins Ausland, und auch wir dürfen bei aller Konzentration auf fachliche Kenntnisse wissen, dass ein Kilo schweizerische Ausfuhr achtmal mehr wert ist als ein Kilo Einfuhr, und dass beinahe jeder zweite Schweizer Franken im Ausland verdient wird. Die aktive Teilnahme an den internationalen Kongressen und Ausstellungen und an den arbeitsintensiveren Kommissionssymposien, die damit zu gewinnen den Übersichten und persönlichen Bekanntschaften, dürften einem günstigen Exportklima förderlich sein.

Die Aufgaben der Schweizerischen Gesellschaft für Photogrammetrie, an denen es auch in den kommenden 50 Jahren nicht fehlen wird, werden gleichermassen aufmerksam, geschickt und erfolgreich behandelt werden wie in den vergangenen 50 Jahren.

Adresse des Verfassers:

Dr. h. c. Hans Härry, Manuelstrasse 83, 3005 Bern

Recherches sur la stabilité des appareils de restitution photogrammétriques analogiques

W. K. Bachmann

Les appareils de restitution photogrammétriques analogiques permettent de dresser des plans et des cartes du terrain à partir de vues aériennes. Depuis une quinzaine d'années on les utilise cependant aussi pour la *détermination numérique des coordonnées géodésiques de points*. Il en est notamment ainsi pour la mensuration cadastrale, le lever précis de zones urbaines et la triangulation aérienne. Dans tous ces travaux, on suppose que les appareils de restitution jouissent d'une certaine stabilité et que leur état d'ajustage ne se modifie pas au cours de la restitution. L'expérience a cependant montré que cette hypothèse n'est valable pour les travaux de haute précision que lorsqu'ils sont de courte durée. Si

l'exploitation d'un couple de vues aériennes nécessite plus d'un jour, comme ce fut par exemple le cas dans l'«Essai de Vienne» de la Commission C de l'OEEPE, on est obligé de prendre des précautions spéciales, afin de tenir compte des variations temporelles de l'appareil de restitution. Comme ces variations n'ont encore fait l'objet d'aucune étude approfondie, nous avons entrepris quelques recherches fondamentales dans ce domaine au cours de ces dernières années. Pour éviter tout malentendu, nous rappelons cependant que ces recherches ne se rapportent qu'à la *photogrammétrie numérique de haute précision* et aux restituteurs du premier ordre tels que le Wild A10 par exemple.

1. Mesures monoculaires

En essayant d'obtenir une précision de restitution de quelques microns (μ), la stabilité de l'appareil de restitution est d'une importance primordiale. Aussi est-elle souvent difficile à réaliser vu que des variations de 2 à 3 degrés Celsius de la température ambiante peuvent déjà provoquer des écarts non négligeables.

Les études de stabilité que nous avons effectuées se rapportent avant tout à l'autographe A10 de notre Institut; il est logé dans un local *sans air conditionné* où des variations de température de 2 à 4 degrés Celsius ont été enregistrées au cours des expériences. Vu que ces problèmes de stabilité sont encore très mal connus, nos premiers essais, qui se situent vers 1975–1976, étaient encore empreints de quelques hésitations. Aussi, pour réduire la recherche dans sa *phase initiale* à son expression la plus simple, nous sommes-nous limités à la *mesure monoculaire répétée* des coordonnées-autographe planes X et Y (avec Z = constante) d'un ensemble de points sur cliché, et ceci *séparément* pour chacune des deux chambres de restitution. Les résultats de ces essais se trouvent dans la publication [1] sous forme de graphiques. Ils nous montrent que toutes les séquences de mesures de coordonnées sont entachées d'*erreurs quasi-systématiques* dont l'amplitude, comptée à partir de la moyenne empirique, varie entre

$$\boxed{-30 \mu \text{ et } +30 \mu} \quad (\text{microns});$$

voir en particulier les graphiques D.4 et D.6 dans [1]. Il est évident que de telles erreurs ne peuvent être tolérées en photogrammétrie de précision.

Après avoir mis ces erreurs quasi-systématiques en évidence par voie expérimentale, nous avons essayé de les *simuler* sur un ordinateur. Après différents essais infructueux, nous avons choisi un *processus stochastique autorégressif du second ordre* qui permet de simuler de telles séquences de mesures avec une grande fidélité.

Afin de nous rendre compte si d'autres appareils jouissent des mêmes propriétés, ces essais ont ensuite été exécutés au restituteur PG2 et au monocomparateur MK2 de Kern. Les résultats, publiés dans [1], montrent que le processus autorégressif choisi reste encore valable pour ces derniers instruments.

Le modèle mathématique que nous avons introduit est un excellent outil pour l'étude des erreurs instrumentales quasi-systématiques. Il semble être utilisable pour une très large classe d'instruments de mesure.

2. Mesures stéréoscopiques

Une fois le comportement temporel des deux chambres de restitution connu, nous avons entrepris une nouvelle série d'essais, décrite dans [2], afin d'étudier le comportement temporel des appareils de restitution pour les *mesures stéréoscopiques*. Avec ce type de mesures, nous avons fait la distinction entre les *erreurs instrumentales* et les *erreurs d'observation*, ce qui nous a amenés à définir un *modèle stochastique hybride du 2e ordre* qui tient simultanément compte de ces deux types d'erreurs.

L'étude stochastique de la mesure stéréoscopique dans un appareil de restitution analogique nécessite la con-

naissance de la *théorie de la déformation de l'image plastique*, c'est-à-dire qu'il s'agit de savoir ce qui se passe lorsque l'image plastique est entachée d'erreurs résiduelles, qui peuvent provenir soit d'une orientation déficiente, soit d'une variation temporelle de l'état d'ajustage de l'appareil de restitution. A cet effet, nous avons repris les formules développées en 1951 dans [3] en les adaptant aux conditions de l'expérimentation; voir [2], pages 63–73.

Dans la *partie théorique* de cette recherche, nous avons entre autres été amenés à une analyse des *erreurs accidentelles inhérentes à l'observation stéréoscopique de l'image plastique*; voir [2], pages 75–90. Elle donne lieu à une série de formules nouvelles qui permettent en particulier de calculer la matrice des variances-covariances des coordonnées-modèle (X, Y, Z).

La *partie expérimentale* consiste en des séquences de mesures stéréoscopiques de longue durée (450 mesures pour chaque coordonnée). Elles montrent que

2.1 pour les longues séquences de mesures stéréoscopiques, les erreurs quasi-systématiques des coordonnées-modèle (X, Y, Z) des points de l'image plastique sont moins prononcées que pour les mesures monoculaires.

Cette différence de comportement des deux types de séquences provient probablement du fait que les deux chambres de restitution ne réagissent pas de la même façon aux variations de la température ambiante. Avec la nouvelle série d'essais, les erreurs quasi-systématiques sont à peu près nulles pour la coordonnée X, mais il n'en est pas de même pour Y et Z; voir [2], graphiques E.1 à E.9. Comme il serait trop long d'entrer ici dans les détails, nous devons nous contenter de donner un résumé des conclusions finales (voir [2], page 98, formule [V.2.11]):

2.2 En exécutant au A10 des séquences de mesures à *longue durée*, on constate que

a) pour Y, l'amplitude totale de l'erreur quasi-systématique est du même ordre de grandeur que l'écart-type total d'une restitution courante ($\approx 0,1 \text{ ‰ h}$)

b) pour Z, l'amplitude totale de l'erreur quasi-systématique est à peu près *le double* de l'écart-type total d'une restitution courante

c) pour X, par contre, l'amplitude totale de l'erreur quasi-systématique n'atteint que le 60 % de l'écart-type total d'une restitution courante.

De prime abord, ces conclusions paraissent absurdes. Il en est en particulier ainsi des altitudes Z où l'*amplitude totale* des erreurs quasi-systématiques dans des séquences de longue durée est d'environ $0,2 \text{ ‰ h}$ (h = hauteur de vol sur le sol), tandis que l'écart-type altimétrique *total* d'une restitution n'est que de $0,1 \text{ ‰ h}$. Cette situation paradoxale est due au fait que pour les restitutions courantes le temps nécessaire à l'exploitation d'un couple est toujours court (quelques heures) et que l'état d'ajustage de l'appareil ne se modifie pratiquement pas pendant ce laps de temps, ce qui n'est plus le cas lorsqu'on a affaire à des séquences de longue durée (\approx une semaine).

Pour les séquences à *courte durée*, les erreurs quasi-systématiques sont pratiquement nulles et les écarts-types des coordonnées-modèle X, Y, Z deviennent dans ce cas $\leq 0,03 \text{ ‰ h}$; voir [2], page 102, formule (V.3.5). On voit ainsi que

2.3 dans le A10, les erreurs *inhérentes à l'observation stéréoscopique* de l'image plastique ne dépassent guère le 30 % de l'écart-type total de la restitution; voir [2], page 102, formule (V.3.6).

On peut dès lors en conclure que

2.4 dans le A10, l'erreur inhérente à la vision stéréoscopique ne contribue que dans une faible proportion à la formation de l'erreur totale de la restitution.

Le modèle mathématique que nous avons introduit pour la vision stéréoscopique de l'image plastique nous a en outre permis de calculer la dépendance entre les coordonnées-modèle (X, Y, Z) en un point quelconque de l'image plastique. Les résultats théoriques, qui sont en parfait accord avec les données expérimentales, ont montré que ces mesures sont souvent, contrairement à ce que l'on trouve dans la littérature, fortement dépendantes; voir [2], page 109, formule (V.3.16).

Finalement, ces expériences nous ont permis de montrer que les erreurs quasi-systématiques sont essentiellement dues aux variations de la température ambiante (2 à 3 degrés Celsius) qui ont pour conséquence une *translation des chambres de restitution*. Cette dernière n'a du reste pas la même valeur pour les deux chambres; voir [2], graphiques E.29 et E.30. Nous pouvons en conclure que

2.5 dans le A10, les erreurs quasi-systématiques de longues séquences de mesures ne sont pratiquement négligeables que si les variations de la température ambiante sont inférieures à 1 degré Celsius.

Comme les installations à air conditionné réalisant de telles performances coûtent très cher, on est amené à se demander s'il existe des processus de mesures qui permettent de rendre les erreurs quasi-systématiques inoffensives. Cette possibilité existe, et on l'applique notamment dans la triangulation aérienne à base constante.

3. Orientation relative au sens large

Dans ce qui précède, nous avons vu que dans les appareils de restitution analogiques les longues séquences de mesures de coordonnées sont généralement entachées d'erreurs quasi-systématiques dues essentiellement aux variations de la température ambiante. Mais étant donné que ces dernières ont pour conséquence une translation des chambres de restitution, c'est-à-dire un dérèglement très particulier de l'appareil de restitution, on est amené à se demander si l'on trouve aussi des erreurs quasi-systématiques dans l'orientation relative ou non. Cette question est d'une grande importance pratique, étant donné que l'orientation relative est à la base de la restitution analogique.

L'orientation relative des vues aériennes a fait l'objet de nombreuses recherches. Rappelons que nous avons montré dans [4] et [5] que la matrice des variances-cova-

riances des éléments d'orientation dépend fortement du processus d'orientation utilisé. Il en résulte en particulier que le calcul de la précision de l'orientation relative n'a de sens que si le processus d'orientation a été rigoureusement fixé au préalable. Si tel n'est pas le cas, tout calcul d'erreur devient absurde vu qu'il n'est rien d'autre qu'un jeu mathématique sans aucun rapport avec les opérations physiques effectuées à l'appareil de restitution.

Le calcul de la *précision de l'orientation relative* est cependant difficile; aussi nous a-t-il occasionné bien des tracas. En effet, une fois la matrice des variances-covariances des éléments d'orientation connue, il est facile d'en déduire la précision des coordonnées-machine (X, Y, Z) d'un point quelconque de l'image plastique; voir par exemple [6]. Mais ces derniers calculs ne présentent aucun intérêt pratique étant donné que les écarts-types qu'on obtient de cette façon sont beaucoup trop forts. Nous avons en effet trouvé dans [6] comme écart-type altimétrique $\sigma_z \approx 0,2 \text{ ‰ h}$, ce qui représente le double de l'erreur altimétrique totale (0,1 ‰ h) de la restitution; voir [6] page 87. Cette anomalie est due au fait qu'une partie des erreurs provenant de l'orientation relative est de nouveau éliminée au cours de l'orientation absolue, ce dont nous n'avons pas tenu compte dans [6].

L'étude de la précision de l'orientation relative se complique singulièrement dès qu'on veut tenir compte d'une façon équitable de l'orientation absolue. Pour ce faire, nous avons été amenés à introduire une nouvelle notion que nous avons désignée par «*orientation relative au sens large*». Voici sa définition:

3.1 *L'orientation relative au sens large* comprend, outre le processus d'orientation (relative) proprement dit, la mise à l'échelle et l'orientation spatiale de l'image plastique par rapport à un modèle de référence convenablement choisi.

Cette définition n'est cependant pas d'une grande utilité tant que le modèle de référence n'a pas été fixé. Les développements mathématiques qui permettent d'effectuer ce choix étant assez longs, nous ne pouvons les indiquer ici. Nous nous contenterons donc de donner une brève description de cette expérience tout en précisant en cours de route le modèle que nous avons choisi.

Après avoir placé un couple de vues aériennes dans le A10, nous avons établi son orientation relative s fois ($s = 135$) par voie numérique en utilisant pour éléments d'orientation

$$\varphi_A, \varphi_B, \kappa_A, \kappa_B, \omega_B$$

Après chacune de ces orientations, nous avons restitué les coordonnées-autographe (X, Y, Z) de 9 points choisis une fois pour toutes dans le modèle. Cela étant, nous avons calculé pour chacun des 9 points les coordonnées moyennes à partir des s mesures, après quoi nous avons adopté cet ensemble de points moyens comme modèle de référence. Ces points moyens ont ensuite été utilisés en lieu et place des points d'ajustage (inconnus dans ce cas) pour le calcul de l'orientation absolue de chacun des s modèles. En procédant de cette façon, les écarts-types σ_x, σ_y et σ_z des coordonnées-autographe (X, Y, Z) d'un point quelconque de l'image plastique, obtenues avec l'orientation n° i ($i = 1, 2, \dots, s$), ont pour valeurs

3.2

$$\begin{aligned} \sigma_x &= 0,02 \text{ ‰ } h \\ \sigma_y &= 0,03 \text{ ‰ } h \\ \sigma_z &= 0,04 \text{ ‰ } h \end{aligned} \quad h = \text{ hauteur de vol sur sol}$$

voir publication [7]

Ce sont ces écarts-types qui caractérisent la précision de l'orientation relative au sens large. Nous pouvons aussi énoncer ce résultat sous la forme suivante:

3.3 En considérant l'orientation relative au sens large, les erreurs moyennes à craindre sur *une* mesure des coordonnées-autographe (X, Y, Z) d'un point quelconque de l'image plastique sont

$$\sigma_x = 0,02 \text{ ‰ } h \quad \sigma_y = 0,03 \text{ ‰ } h \quad \sigma_z = 0,04 \text{ ‰ } h$$

où h désigne la hauteur de vol sur le sol.

Sachant que l'écart-type total d'une restitution est d'environ 0,1 ‰ h, les résultats (3.3) nous permettent de conclure que

3.4 Si l'orientation relative d'un couple de vues aériennes est exécutée avec soin dans un appareil de restitution analogique du 1er ordre, elle n'a que peu d'influence sur la précision finale de la restitution.

Précision des paramètres de l'orientation relative

A partir des $s = 135$ orientations du couple, nous pouvons calculer soit les *écarts-types sériels*, soit les *écarts-types temporels* des paramètres κ_A , κ_B , φ_A , φ_B et ω_B de l'orientation relative. Par définition, on obtient les *écarts-types sériels* en traitant les s orientations indépendamment les unes des autres. Ces écarts-types nous donnent la *précision intérieure ou instantanée* de l'orientation relative. Elle est indépendante des variations temporelles de l'appareil de restitution. Les valeurs obtenues avec les expériences nos 253.09/1 et 253.09/2, décrites dans la publication [7], sont données par le tableau (3.5).

3.5

Écarts-types sériels des éléments d'orientation, exprimés en secondes centésimales (^{cc}) avec $\sigma_{pv} = 7 \mu$ pour $Z \approx 330 \text{ mm}$					
Expérience n°	κ_A	κ_B	φ_A	φ_B	ω_B
253.09/1	54 ^{cc}	54 ^{cc}	22 ^{cc}	22 ^{cc}	24 ^{cc}
253.09/2	63 ^{cc}	63 ^{cc}	19 ^{cc}	18 ^{cc}	27 ^{cc}

Si, par contre, les s orientations relatives sont traitées comme un tout et qu'on calcule pour chaque élément d'orientation la moyenne empirique des s valeurs, on peut en déduire les *écarts-types temporels*, donnés par le tableau (3.6).

3.6

Écarts-types temporels des éléments d'orientation, exprimés en secondes centésimales (^{cc})					
Expérience n°	κ_A	κ_B	φ_A	φ_B	ω_B
253.09/1	65 ^{cc}	67 ^{cc}	36 ^{cc}	41 ^{cc}	30 ^{cc}
253.09/2	63 ^{cc}	67 ^{cc}	28 ^{cc}	30 ^{cc}	28 ^{cc}

En formant la différence des valeurs données par ces deux tableaux, on peut se faire une idée de l'influence des altérations temporelles de l'appareil de restitution sur la précision.

Erreurs quasi-systématiques de l'orientation relative au sens large

En examinant les graphiques de la publication [7], on constate que

3.7 dans l'orientation relative au sens large, les erreurs quasi-systématiques sont pratiquement inexistantes et ceci aussi bien pour les éléments d'orientation que pour les coordonnées (X, Y, Z) des points de l'image plastique.

Cette propriété est d'importance pour les applications pratiques, car elle nous montre la voie à suivre pour rendre les erreurs quasi-systématiques inoffensives.

De prime abord, cette absence d'erreurs quasi-systématiques dans l'orientation relative au sens large nous surprend étant donné les résultats que nous avons trouvés au cours des essais précédents. Mais elle s'explique d'une part par le fait que les s orientations sont *complètement* indépendantes les unes des autres et que d'autre part nous avons utilisé un plus grand nombre de paramètres que dans les essais précédents. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que tous les paramètres que nous avons introduits ont une *signification physique* et qu'il *ne s'agit* pas seulement d'une simple astuce de calcul pour «améliorer» artificiellement les résultats comme cela a été fait à tort dans de nombreuses publications.

Bibliographie

- [1] W. K. Bachmann et S. Djazmati: «Etude stochastique des appareils de restitution photogrammétriques au moyen de processus autorégressifs», 2 vol. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1976.
- [2] W. K. Bachmann et J.-Cl. Pradervand: «Etude stochastique du comportement temporel des appareils de restitution photogrammétriques analogiques». Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1977.
- [3] W. K. Bachmann: «Calcul de la déformation de l'image plastique en photogrammétrie». Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL), publ. n° 19, 1951.
- [4] W. K. Bachmann: «Théorie des erreurs de l'orientation relative». Thèse, 1943 (épuisé).
- [5] W. K. Bachmann: «Etudes sur la photogrammétrie aérienne», 1945 (épuisé).
- [6] W. K. Bachmann et S. Djazmati: «Etudes sur l'orientation relative analytique de vues aériennes verticales». Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1975.
- [7] W. K. Bachmann et Y. J. Hawawini: «Détermination expérimentale de la précision de l'orientation relative au sens large dans les appareils de restitution analogiques». Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1978.

Adresse de l'auteur:

Prof. Dr. W. K. Bachmann, Institut de Photogrammétrie EPFL, Av. de Cour 33, 1007 Lausanne