VISSER

Juin 1972

Ont 9/11/72

ORGANISATION EUROPÉENNE D'ÉTUDES PHOTOGRAMMÉTRIQUES EXPÉRIMENTALES

EUROPEAN ORGANIZATION FOR EXPERIMENTAL PHOTOGRAMMETRIC RESEARCH

PUBLICATION OFFICIELLE

OFFICIAL PUBLICATION

N° 7

OEEPE
ORGANISATION EUROPEENNE D'ETUDES
PHOTOGRAMMETRIQUES EXPERIMENTALES
Bureau des Publications officielles
à l'Institut für Angewandte Geodäsie

6 Frankfurt/Main
Kennedyallee 151
Tél. 610491

le 2 Novembre 1972

Monsieur
Ir. J. V i s s e r
International Institute for
Aerial Survey and Earth Sciences

144 Boulevard 1945, P.O.B. 6
E N S C H E D E / Niederlande

Objet: Distribution de la Publication Officielle No. 7

Monsieur,

Quelque prochain jour nous vous enverrons, par colis postal, 10 exemplaires de la Publication Officielle No. 7, à votre intention.

Vous nous obligeriez beaucoup en nous accusant réception de cet envoi sur la carte annexée en nous la retournant après signature.

Veuillez agréer, Monsieur Visser, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

Pour le Directeur:

K. Ebeling

Dipl.-Ing. K. Ebeling

dat.: 6 NOV. 1972	
No. 42 60	gez.:
naar:	gez.:
naar:	doss.:
beh.:	gez.:

9/11/72

Juin 1972

ORGANISATION EUROPÉENNE D'ÉTUDES PHOTOGRAMMÉTRIQUES EXPÉRIMENTALES

EUROPEAN ORGANIZATION FOR EXPERIMENTAL PHOTOGRAMMETRIC RESEARCH

PUBLICATION OFFICIELLE

OFFICIAL PUBLICATION

N° 7

La présente publication est la propriété exclusive de
l'Organisation Européenne d'Études Photogrammétriques Expérimentales

---

The present publication is the exclusive property of the
European Organization for Experimental Photogrammetric Research

Tous droits de traduction et de reproduction réservés à l'OEEPE.
Imprimé et publié par l'Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a. M.

All rights of translation and reproduction are reserved on behalf of the OEEPE.
Printed and published by the Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a. M.

Organisation Européenne
d'Études Photogrammétriques Expérimentales

COMITÉ DIRECTEUR

(composé de Représentants des Gouvernements des Pays-Membres)

Président:

Präsident Dipl.-Ing. F. EIDHERR, — Autriche
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen,
Friedrich-Schmidt-Platz 3, 1082 WIEN.

Membres:

Direktor Prof. Dr.-Ing. H. KNORR, — Allemagne
Institut für Angewandte Geodäsie,
Kennedyallee 151, 6 FRANKFURT a. M. 70.

Prof. Dr.-Ing. F. ACKERMANN,
Institut für Photogrammetrie der Universität,
Keplerstr. 11, 7 STUTTGART 1.

Min.Dirig. Dr.-Ing. A. VON DER WEIDEN,
Rheinland-Pfalz, Ministerium des Innern,
Schillerplatz 3—5, 65 MAINZ.

Dr. techn. J. BERNHARD, — Autriche
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen,
Krotenthallergasse 3, 1080 WIEN.

Verdacht

Directeur Général Colonel ~~F. TONGLET,~~ — Belgique
Institut Géographique Militaire,
13, Abbaye de la Cambre, BRUXELLES 15.

Prof. Dr. L. SOLAINI, — Italie
Istituto di Geodesia — Politecnico,
Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 MILANO.

Prof. Dr. C. TROMBETTI,
Istituto di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria,
Via Fillipo Buonarroti 1, 56100 PISA.

Direktor Prof. Ir. A. J. VAN DER WEELE, — Pays-Bas
International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC),
144 Boulevard 1945, P. O. Box 6, ENSCHEDE.

Direktor Ir. M. J. TE NUYL,
Directie Kadaster en Openbare Registers,
~~Ministerie van Financien,~~ min. v. Volkshuisvesting en
~~President Kennedylaan 15/17, DEN HAAG.~~ Ruimtelijke Ordening
Wattersingel 1
Apeldoorn

Prof. Dr. W. K. BACHMANN, Suisse
Institut de Photogrammétrie, EPFL,
Avenue de Cour 33, 1007 LAUSANNE.

Prof. Dr.-Ing. H. KASPER,
Eidgen. Technische Hochschule, Photogr. Institut,
Leonhardstr. 33, 8006 ZÜRICH.

BUREAU EXÉCUTIF

Ir. J. VISSER,
International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC),
144 Boulevard 1945, P. O. Box 6, ENSCHEDE (Pays-Bas).

Prof. Dr. H. G. JERIE,
International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC),
144 Boulevard 1945, P. O. Box 6, ENSCHEDE (Pays-Bas).

Secrétaire Général: Ir. R. VERLAINE,
36, Avenue E. Digneffe, LIÈGE (Belgique).

COMMISSIONS SCIENTIFIQUES

Commission A/B — *Aérotriangulation*

Président: Prof. Dr. P. WISER,
Laboratoire de Photogrammétrie de l'Université,
6, Quai Banning, 4000 LIÈGE (Belgique).

Commission C — *Restitution aux grandes échelles*

Président: Prof. Dr.-Ing. R. FÖRSTNER,
Institut für Angewandte Geodäsie, Abt. Photogrammetrie,
Weinbergstr. 9, 623 FRANKFURT a. M. 80 (Allemagne).

Commission D — *Problèmes cartographiques de la Photogrammétrie*

Président: Präsident Prof. Dr.-Ing. W. BECK,
Landesvermessungsamt Baden-Württemberg,
Büchsenstr. 54, 7 STUTTGART 1 (Allemagne).

Commission E — *Restitution aux petites échelles*

Président: Prof. Dr. K. NEUMAIER,
Institut für Photogrammetrie der Technischen Hochschule,
Karlsplatz 13, 1040 WIEN (Autriche).

Commission F — *Problèmes fondamentaux de la Photogrammétrie (avec groupe d'études numériques)*

Président: Direktor Prof. Ir. A. J. VAN DER WEELE,
International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC),
144 Boulevard 1945, P. O. Box 6, ENSCHEDE (Pays-Bas).

P. WISER

Etude expérimentale de l'aérotriangulation semi-analytique

Rapport sur l'essai "Gramastetten"

(avec 6 figures et 8 tableaux)

après la page 30:

Liste des publications de l'OEEPE

Table des matières

page

Abstract 9

1. Introduction . . . . .
2. Matériel photographique 11
3. Centres participants 12
4. Matériel de restitution 12
5. Méthodes de restitution 12
6. Méthodes de compensation 13
7. Indexation des épreuves 13
8. Présentation des résultats 14
9. Choix d'un critère global de précision. Corrélation: planimétrie – altimétrie . . 16
10. Partition de l'échantillon en fonction de σ_S 18
11. Indications à tirer des résultats indiqués aux paragraphes 8 et 10 19
12. Variante dans la restitution semi-analytique 20
13. Variantes dans la méthode de compensation 20
14. Etude de la relation: longueur de ruban – précision atteinte 21
    14.1. Cas du ruban de 18 modèles 21
    14.2. Cas des rubans de 9 modèles 22
    14.3. Cas des rubans de 5 modèles 25

Références 30

DK 528.73:518.12(436.2)

Etude expérimentale de l'aérotriangulation semi-analytique

Rapport sur l'essai «Gramastetten» (OEEPE – Commission A/B)

Par P. Wiser, Liège

ABSTRACT: A collective experimental practical research on semi-analytical aerotriangulation has been performed by eight institutes pertaining to OEEPE.

Nine different types of instruments have been used for the bridging of 19 photographs taken with a Wild RC8 camera at scale 1/10 000 and containing 58 check points.

Due to various methods of assembling the models and adjusting the observations, the 22 actual bridgings resulted in 32 different experiments (the so-called "épreuves").

A statistical analysis of the results has been made, concerning:

1. The comparison of semi-analytical, analogical and analytical methods.
2. The efficiency of the complexes: instrument – operator.
3. The efficiency of different methods of adjustment.

Further, the relation: precision-length of strip has been investigated, in order to determine the limits of application of aerotriangulation considered as a base for large-scale mapping.

Moreover, the amount of correlation between planimetry and altimetry has been scrutinised with respect to number of bridged models.

RÉSUMÉ: Huit instituts et laboratoires appartenant à l'OEEPE ont effectué une recherche collective expérimentale concernant les possibilités pratiques d'application de l'aérotriangulation semi-analytique.

Neuf types différents d'instruments ont été employés pour la restitution d'un ruban de 19 photos. L'échelle de la prise de vues, effectuée au moyen d'une chambre à film Wild RC8, est le 1/10 000; le ruban contient 58 points de contrôle signalisés dont les trois coordonnées sont connues.

On a effectué 22 restitutions distinctes. L'application de certaines variantes dans le mode d'assemblage des modèles et dans la méthode de compensation des observations a fourni un ensemble de 32 épreuves.

L'analyse statistique des résultats a porté sur:

1. La comparaison des méthodes semi-analytique, analogique et analytique.
2. L'efficacité des complexes: instrument – opérateur.
3. L'efficacité de différentes méthodes de compensation.

De plus, on a examiné la relation: précision – longueur du ruban, en vue de déterminer les limites d'application de l'aérotriangulation à la cartographie à grande échelle.

Enfin, le degré de corrélation entre la précision planimétrique et la précision altimétrique a été étudié en fonction du nombre des connexions.

1. Introduction

Malgré son caractère hybride, la triangulation semi-analytique, souvent appelée «méthode des couples indépendants» semble devoir conquérir et maintenir une place importante, à mi-chemin entre les méthodes analogiques classiques et les méthodes purement analytiques, de développement plus récent.

Les raisons de ce succès peuvent être cherchées dans la souplesse d'application de la méthode et dans la relative simplicité des programmes d'assemblage qu'elle comporte. D'autre part, ses avantages économiques ne sont pas négligeables. Elle doit donc intéresser les photogrammètres désireux d'appliquer l'aérotriangulation et qui ne sont pas en état de faire les investissements considérables exigés par les grands appareils analogiques universels ou par les comparateurs de haute précision accompagnés des moyens de calcul correspondants.

De plus, si la méthode semi-analytique a pu apparaître à ses débuts comme un moyen de fortune permettant de faire de l'aérotriangulation avec des appareils improprement dits «de deuxième ordre», cette opinion tend à évoluer pour des raisons techniques et constructives.

En effet, l'appellation «instruments non-universels» semble mieux s'appliquer à certains types d'appareils analogiques à base non-réversible mais qui présentent de hautes caractéristiques de stabilité et de précision. D'autre part, même pour les appareils universels, la recherche de la précision ultime demande qu'on examine si l'uniformité des conditions de fonctionnement réalisée dans la méthode semi-analytique n'est pas susceptible d'augmenter encore leurs performances.

Pour toutes ces raisons, la Commission A/B (aérotriangulation) de l'OEEPE a jugé opportun d'effectuer une recherche collective sur la méthode des couples indépendants, recherche qui concernerait particulièrement le niveau de précision des observations, plutôt que leur traitement.

On pouvait certes souhaiter une étude exhaustive qui aurait comporté, sur chaque type d'appareil, l'application répétée de toutes les variantes de la méthode, les observations étant ensuite traitées selon différents modes de compensation. L'analyse statistique complète des résultats aurait alors fourni, non seulement des conclusions pratiques, mais aussi la sanction expérimentale des hypothèses théoriques qui sont à la base des différents procédés d'observation et de calcul. Toutefois, dans une période intermédiaire, et peu de temps avant d'aborder une étude de grande envergure sur la compensation des blocs (baptisée depuis lors: «Essai Oberschwaben»), la Commission s'est fixé un programme moins ambitieux, compatible avec le temps et les moyens disponibles. On peut le résumer comme suit: par une étude collective et comparative, obtenir une meilleure information sur les possibilités actuelles de la triangulation semi-analytique. En particulier, déterminer la densité minimum de contrôle compatible avec les tolérances de la cartographie à grande échelle.

Les directives adoptées furent les suivantes:

1. Employer un ruban de longueur moyenne, de bonne qualité photographique et comportant de nombreux points de contrôle signalisés.

2. Exploiter ce ruban au moyen du plus grand nombre possible d'instruments non-universels de types différents.

3. Laisser aux Centres participants le choix du mode d'observation et du mode d'assemblage des modèles, ainsi que la faculté de répéter les opérations avec ou sans variantes.

4. A titre de comparaison et de contrôle, effectuer des restitutions analytiques et analogiques sur stéréocomparateur et sur appareils universels.

5. Appliquer la méthode semi-analytique au moyen d'instruments universels.

6. Traiter les coordonnées observées selon une méthode standard, en l'espèce, la compensation polynomiale quadratique; l'application d'autres méthodes n'étant pas exclue.

7. Appliquer la méthode standard à des portions de plus en plus courtes du ruban total.

On a pensé que ce programme, quoique volontairement restreint, pourrait fournir aux usagers de la triangulation semi-analytique une information plus complète, et surtout plus homogène, que celle qu'on peut trouver éparse dans la littérature photogrammétrique.

D'autre part, on doit souligner qu'aucune directive n'a été imposée aux Centres en ce qui concerne la vérification du réglage des instruments et la qualification des opérateurs. On s'est proposé de réaliser un échantillon de ce qui peut être obtenu dans des conditions normales et pratiques de travail, plutôt qu'une sélection des meilleurs résultats possibles quand on opère dans les conditions de laboratoire les plus raffinées.

2. Matériel photographique

Le Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen de Vienne a bien voulu mettre à la disposition de la Commission un ruban photographié au moyen de la chambre à film Wild RC8 ($f = 152$ mm, 23 x 23 cm). Le ruban se compose de 19 clichés, à l'échelle approximative 1/10 000. La qualité photographique et la géométrie de la prise de vues sont bonnes.

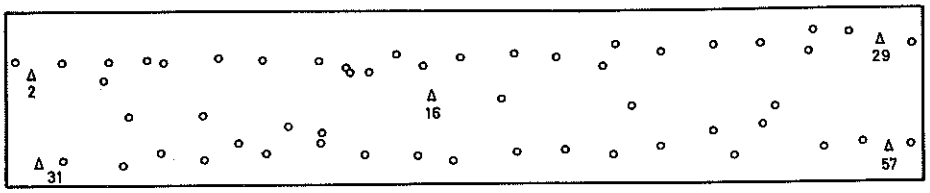
Le terrain photographié, situé dans la région de Gramastetten (Haute-Autriche) est moyennement accidenté: les altitudes varient de 390 à 620 mètres. Quoiqu'il soit assez fortement boisé, les opérateurs n'ont pas signalé de difficultés spéciales dans l'orientation relative des clichés.

Pour une superficie d'environ 35 km^2, le terrain présente 58 points trigonométriques signalisés. Ces points sont régulièrement distribués sur les bords et dans la partie centrale du ruban (fig. 1).

Cette disposition a permis de distinguer l'évolution des erreurs résiduelles dans les différentes parties, marginales et centrale du ruban.

Les séries de diapositives destinées aux différents Centres ont été copiées sur support souple (Kronar). Pour un essai essentiellement comparatif, on pourrait souhaiter l'emploi de diapositives sur verre.

RUBAN TOTAL (18 couples)



LEGENDE : Δ Points d'appui

o Points de contrôle

Figure 1

3. Centres participants

Huit centres ont participé à l'essai. Ce sont, par ordre alphabétique:

1. Delft (ITC)
2. Florence (EIRA)
3. Francfort (IfAG)
4. Karlsruhe (Université)
5. Liège (Université)
6. Milan (Politecnico)
7. Mons (Faculté Polytechnique)
8. Munich (Université Technique)

4. Matériel de restitution

Treize appareils de restitution, appartenant à neuf types différents, ont été utilisés, à savoir:

a) Appareils non universels
   1. Deux Wild A 8 (Delft et Karlsruhe)
   2. Un Wild B 8 (Munich)
   3. Un Planimat Zeiss (Francfort)
   4. Deux Simplex II Santoni (Florence)
   5. Un Simplex III Santoni (Milan)

b) Appareils universels
   6. Deux Wild A 7 (Liège et Mons)
   7. Deux Zeiss C 8 (Karlsruhe et Munich)

c) Comparateurs
   8. Un STK 1 Wild (Delft)
   9. Un PSK Zeiss (Munich)

5. Méthodes de restitution

Comme indiqué dans l'introduction, trois méthodes ont été employées. Vingt-deux restitutions distinctes ont été effectuées dont quatorze semi-analytiques, six analogiques et deux analytiques.

Remarque: la méthode semi-analytique a été appliquée de deux façons:

a) avec une détermination unique des centres de projection, b) avec détermination des centres dans tous les modèles. Les méthodes de restitution sont donc indexées comme suit:

1. Semi-analytique, détermination unique
2. Semi-analytique, détermination multiple
3. Analogique
4. Analytique.

6. Méthodes de compensation

La méthode standard appliquée à toutes les restitutions est la compensation polynomiale quadratique du type:

$$\Delta X = a_1 X^2 + b_1 X + c_1 XY + d_1 Y + e_1$$

$$\Delta Y = a_2 X^2 + b_2 X + c_2 XY + d_2 Y + e_2$$

$$\Delta Z = a_3 X^2 + b_3 X + c_3 XY + d_3 Y + e_3$$

dont les coefficients sont calculés au moyen de cinq points d'appui: deux au début du ruban, deux à la fin et un au milieu. Ce choix n'implique pas que la Commission estime que ce procédé soit le meilleur; mais il se recommandait par sa grande simplicité.

D'autre part, Delft a utilisé également la compensation rigoureuse sur six points selon *Ackermann* [1], Munich la «compensation élastique» sur cinq points selon *Gotthardt* [2] et Francfort la compensation polynomiale sur cinq points selon *Schut* [3] ainsi que la méthode *Ackermann* sur six points. Dans la suite du texte, les méthodes de compensation sont indexées:

1. Quadratique 2. Schut 3. Ackermann 4. Gotthardt.

7. Indexation des épreuves

Nous appelons «épreuve» un ensemble d'erreurs résiduelles aux points de contrôle, caractérisé par:

1. Le Centre de production
2. L'appareil de restitution
3. La méthode de restitution
4. La méthode de compensation
5. Le numéro de la restitution (dans le cas d'une série de restitutions identiques).

Pour ces cinq caractéristiques, nous employons, dans l'ordre, les numérotations indiquées aux paragraphes 3, 4, 5, 6 et, comme cinquième indice, le numéro de la restitution.

L'index d'une épreuve se compose donc de cinq chiffres. Par exemple, 6.5.2.1.2. désigne: Milan, Simplex III, semi-analytique avec détermination multiple des centres de projection, compensation polynomiale quadratique, deuxième restitution.

Pour vingt-deux restitutions distinctes, il y a trente-deux épreuves différentes. La signification de leurs indices est donnée par la table de correspondance:

1. Delft	A 8	Semi-analytique avec détermination unique	Quadratique
2. Florence	B 8	Semi-analytique avec détermination multiple	Schut
3. Francfort	Planimat	Analogique	Ackermann
4. Karlsruhe	Simplex II	Analytique	Gotthardt
5. Liège	Simplex III		
6. Milan	A 7		
7. Mons	C 8		
8. Munich	STK		
9.	P.S.K.		

ITC

8. Présentation des résultats

Le tableau I donne, pour les différentes épreuves, les erreurs moyennes quadratiques (e.m.q. ou σ) calculées au moyen des écarts résiduels constatés aux points de contrôle, après compensation sur cinq (méthodes 1, 2 et 4) ou six (méthode 3) points d'appui. Un seul point de contrôle signalisé s'étant révélé inutilisable, le calcul porte sur 51 ou 52 écarts. Les valeurs sont exprimées en centimètres.

Nous rappelons que la hauteur de vol est de 1500 m environ, l'échelle photographique étant approximativement le 1/10 000, et que le ruban comporte 18 modèles.

Dans les cinquième et sixième colonnes du tableau I, on a indiqué l'erreur moyenne quadratique planimétrique totale:

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2}$$

et l'erreur moyenne quadratique spatiale:

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2 + \sigma_Z^2} = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_Z^2}$$

Tableau I

Epreuve	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_S
1.1.1.1.1.	18	29	48	34	59
1.1.1.3.1.	20	27	36	34	50
1.1.2.1.1.	33	33	43	46	63
1.1.2.31.	22	26	34	34	48
1.8.4.3.1.	20	18	53	27	59
2.4.1.1.1.	68	51	69	85	109
2.4.1.1.2.	83	63	71	104	124
2.4.1.1.3.	45	29	69	54	88
2.4.1.1.4.	64	83	56	105	119
3.3.2.1.1.	52	31	44	61	75
3.3.2.2.1.	35	36	42	50	65
3.3.2.3.1.	26	31	41	41	58 *)
4.1.1.1.1.	53	46	30	70	76
4.7.1.1.1.	35	29	64	45	78
4.7.3.1.1.	37	44	54	57	78
5.6.3.1.1.	48	35	36	59	69
5.6.3.1.2.	36	22	64	42	76
5.6.3.1.3.	33	20	33	39	51
6.5.1.1.1.	45	55	53	71	89
6.5.1.1.2.	54	82	71	98	121
6.5.2.1.1.	42	54	54	68	87
6.5.2.1.2.	54	83	78	99	127
7.6.1.1.1.	33	23	52	40	66
7.6.1.1.2.	31	26	42	41	59
7.6.3.1.1.	33	38	75	50	90
8.2.2.1.1.	74	45	96	87	129
8.2.2.4.1.	44	47	52	64	83
8.7.2.1.1.	42	56	48	70	85
8.7.3.1.1.	36	54	71	65	96
8.7.3.4.1.	27	45	118	52	129
8.9.4.1.1.	17	16	35	23	42
8.9.4.4.1.	20	20	24	28	37

*) Les résultats de cette épreuve, communiqués tardivement, n'ont pu être utilisés dans toutes les analyses.

9. Choix d'un critère global de précision. Corrélation: planimétrie – altimétrie

Pour la clarté de l'analyse des résultats, il paraissait souhaitable d'utiliser comme critère de précision l'erreur moyenne quadratique spatiale

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_Z^2}\,.$$

Ce choix n'est toutefois rigoureusement justifié que si la précision planimétrique et la précision altimétrique ne sont pas corrélées.

On sait que l'existence d'une corrélation significative après compensation est controversée, du moins en ce qui concerne les levés photogrammétriques de terrains peu accidentés.

Les arguments qui plaident en faveur de son existence sont: la liaison générale qui existe nécessairement entre la précision planimétrique et la précision altimétrique d'un même appareil; l'influence identique, sur les deux niveaux de précision, de l'habileté de l'opérateur; la liaison géométrique des déformations planimétriques et altimétriques du modèle; le mode de propagation des erreurs dans les connexions successives.

En sens contraire, on peut invoquer: la prépondérance, dans la détermination de la précision finale, des grandes fluctuations des diagrammes d'erreurs – fluctuations dues à la double sommation qui se produit dans les enchaînements – sur les erreurs locales éventuellement corrélées; la différence d'influence, sur la planimétrie et sur l'altimétrie, des erreurs de certains éléments de l'orientation relative (par exemple, l'inclinaison longitudinale); l'influence normalisatrice de la compensation.

Pour une étude expérimentale de cette question qui ne figurait pas au programme de l'essai, il faudrait, en toute rigueur, calculer la corrélation: planimétrie – altimétrie pour chaque point de contrôle mesuré dans chacune des restitutions distinctes. Nous avons choisi une voie plus directe en estimant la corrélation au moyen des erreurs moyennes quadratiques σ_P et σ_Z calculées pour chaque restitution.

Faisant abstraction des deux restitutions analytiques qui diffèrent essentiellement de toutes les autres par les conditions d'observation et de calcul (elles ont été exécutées à titre de référence), nous disposons d'un échantillon de vingt restitutions analogiques et semi-analytiques. Quand une restitution comporte plusieurs épreuves, nous lui attribuons la moyenne des σ_P et σ_Z de ces épreuves.

Nous examinons d'abord la corrélation de rang. Les restitutions sont ordonnées suivant leur précision planimétrique, puis suivant leur précision altimétrique. En appliquant à ces deux séquences le test de *Spearman*, on obtient le coefficient de corrélation de rang:

$$R = 0{,}403$$

qui n'est pas significatif au niveau de 5 %.

Cette constatation correspond à l'aspect du graphique des points (σ_P, σ_Z). Le «nuage de points» représenté dans la figure 2 ne met en évidence, à première inspection, aucune ligne de régression bien nette. En effet, le calcul du coefficient de corrélation empirique au moyen des 20 couples de valeurs disponibles donne:

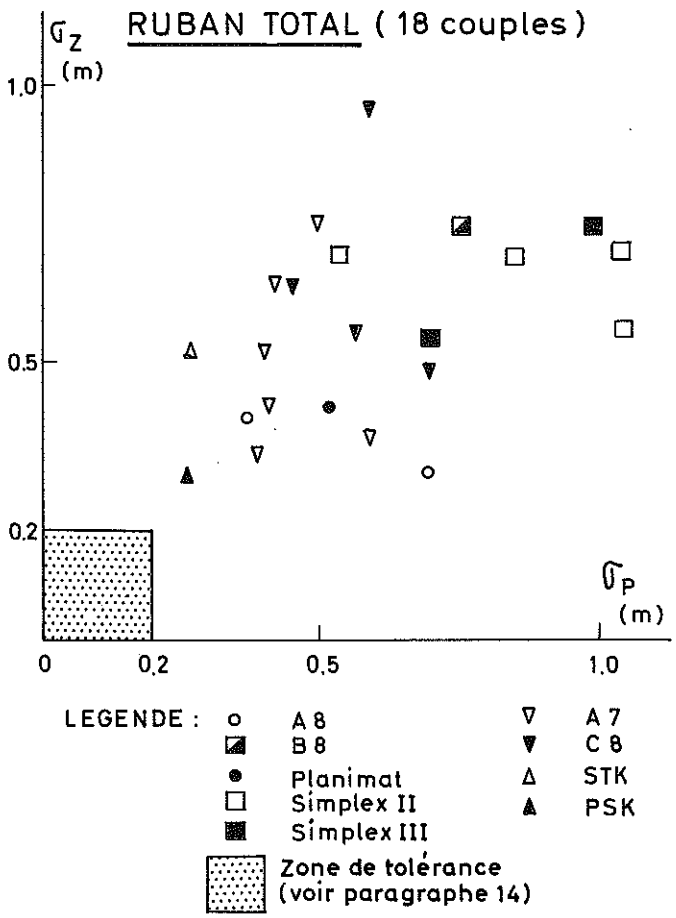


Figure 2

$r = 0{,}334$

qui n'est pas significatif au niveau de 5%.

Il résulte donc de notre essai que, dans la population formée par toutes les restitutions analogiques et semi-analytiques, la corrélation: planimétrie – altimétrie est faible ou nulle, quand on l'estime au moyen des erreurs moyennes quadratiques attachées à chacune des restitutions. En conséquence, il semble justifié de prendre comme critère de la précision l'erreur moyenne quadratique spatiale globale σ_S dont les valeurs figurent à la sixième colonne du tableau I.

La même conclusion résulte d'un autre groupement des valeurs obtenues. Nous considérons les sept types d'instruments analogiques employés. Quand un même type d'appareil a effectué plusieurs restitutions, nous attribuons à ce type la moyenne des σ_P et σ_Z de ces restitutions. Nous obtenons ainsi le tableau suivant.

Tableau II

Indice de l'instrument	σ_p	σ_Z	Nombre de restitutions effectuées
1	54	35	2
2	76	74	1
3	51	42	1
4	87	66	4
5	84	64	2
6	45	50	6
7	58	65	4

Au moyen de ces valeurs, on obtient pour le coefficient de corrélation de rang:

$$R = 0{,}679$$

qui n'est pas significatif au niveau de 5 %.

De même, le coefficient de corrélation empirique vaut:

$$r = 0{,}717$$

et n'est pas significatif au niveau de 5 %.

10. Partition de l'échantillon en fonction de σ_S

Le choix de σ_S comme critère global de la précision étant préalablement justifié (cf. paragraphe 9), il y a lieu d'examiner les valeurs de ce paramètre indiquées dans la sixième colonne du tableau I pour les 32 épreuves. On remarque que ces valeurs sont distribuées dans un large intervalle, de 37 à 129 cm. Si, formant la moyenne des épreuves relatives à une même restitution, nous considérons l'échantillon des 22 restitutions distinctes, l'étendue ne se réduit guère: 40 à 124 cm.

La variabilité constatée suggère que ces valeurs ne peuvent pas appartenir toutes à un même univers normal. L'échantillon, quoique petit, est vraisemblablement tiré de plusieurs populations. Il est raisonnable de penser que ces sous-populations sont essentiellement liées à des groupes distincts d'appareils de restitution, les appareils étant statistiquement équivalents à l'intérieur d'un groupe.

Dans le cas présent, cette interprétation doit évidemment être tempérée en rappelant (voir fin du paragraphe 1) que, dans cet essai essentiellement pratique, toutes les restitutions n'ont pas été opérées dans les conditions opérationnelles optimales. Il s'ensuit que la précision intrinsèque d'un instrument déterminé n'est qu'un des facteurs intervenant dans les résultats et qu'elle a pu ne pas se manifester à sa valeur effective dans un échantillon assez restreint.

Ceci rappelé, nous indiquons comment les données disponibles ont été exploitées. Quand un même type d'instrument a été utilisé dans plusieurs restitutions, nous lui affectons

comme erreur moyenne quadratique spatiale la moyenne des valeurs obtenues dans les différentes restitutions. Nous obtenons ainsi une liste de neuf valeurs, variant de 40 à 110 cm, indiquées au tableau suivant.

Tableau III

Indice de l'appareil	E. m. q. spatiale σ_S (cm)	Nombre de restitutions effectuées
9	40	1
8	59	1
1	66	2
3	66	1
6	69	6
7	88	4
5	104	2
2	106	1
4	110	4

Les valeurs inscrites dans la deuxième colonne du tableau III sont alors soumises à un test F portant sur les rapports de variances. En adoptant le niveau de signification de 5 %, on peut constituer trois sous-populations ou groupes d'appareils:

I: 9
II: 8, 1 et 3, 6
III: 7, 5, 2, 4

On remarquera que les sous-ensembles ainsi formés sont non-jointifs, chaque type d'instrument n'appartenant qu'à un seul groupe. On verra au paragraphe 14 qu'il n'en est pas de même quand on considère des rubans plus courts et que la classification des instruments se trouve alors sensiblement modifiée.

11. Indications à tirer des résultats indiqués aux paragraphes 8 et 10

En raison de la taille modeste des échantillons en cause, nous nous abstenons d'employer le mot «conclusions». Nous préférons parler d'inférences ou d'indications, pour souligner la prudence avec laquelle doit être interprétée une masse de résultats assurément considérable mais encore bien inférieure à ce qu'exige une conviction statistique voisine de la certitude. Sous cette réserve et en utilisant le critère de la précision spatiale globale, nous remarquons que:

1. En ce qui concerne les instruments universels, la méthode semi-analytique et la méthode analogique sont pratiquement équivalentes. Plus précisément, la différence de leur précision, estimée par un test F portant sur le rapport des moyennes de leurs variances spatiales, n'est pas significative au niveau de 5 %.

2. Les triangulations analytiques exécutées à titre de référence sont plus précises que les triangulations analogiques et semi-analytiques sur appareils universels. Le rapport des variances, testé comme dit plus haut, est significatif au niveau de 5 %.

3. La partition de l'échantillon total en sous-échantillons montre que les appareils universels et certains instruments non-universels peuvent donner des résultats statistiquement équivalents.

12. Variante dans la restitution semi-analytique

Certains expérimentateurs ont cru déceler dans les résultats de la triangulation semi-analytique l'influence d'une variation de la position des centres de projection dans les modèles successifs.

A ce propos, on peut comparer les résultats des épreuves 1.1.1.1.1. et 1.1.2.1.1., 1.1.1.3.1. et 1.1.2.3.1., 6.5.1.1.1. et 6.5.2.1.1., 6.5.1.1.2. et 6.5.2.1.2. (voir tableau I). Dans ces couples d'épreuves, on ne constate aucun effet de la prise en considération de cette variation. Autrement dit, il paraît indifférent d'observer la position des centres de projection dans tous les modèles ou dans un seul. Il importe toutefois de remarquer que ces quatre couples de valeurs résultent de trois restitutions seulement. Cet effectif est évidemment tout-à-fait insuffisant pour porter un jugement définitif sur la question évoquée.

Nous communiquons cependant ces résultats parce qu'ils pourraient être joints à ceux d'une étude plus étendue qui serait entreprise pour éclaircir ce point controversé.

13. Variantes dans la méthode de compensation

La même remarque doit être faite en ce qui concerne le contrôle de l'efficacité des différentes méthodes de compensation. Ce point ne figurait pas au programme initial de l'essai, mais plusieurs Centres l'ayant traité spontanément, nous indiquons les résultats obtenus.

Toutes les restitutions, à l'exception de 1.8.4.3.1., ont été compensées par la méthode standard (polynomiale quadratique utilisant cinq points d'appui). Trois autres méthodes ayant été employées, il est possible de les comparer au procédé standard dans sept couples d'épreuves relatifs à cinq restitutions. Le tableau IV donne les résultats de cette comparaison fondée sur les rapports de variances.

L'ambiguïté de ces résultats est évidente, sauf peut-être en ce qui concerne la méthode Ackermann qui toutefois a été appliquée au moyen de six points d'appui, au lieu de cinq pour la méthode standard, ce qui affaiblit la signification des trois premières comparaisons.

Tableau IV

Méthode	Epreuves comparées	σ_S	Signification à 5 %
Standard	1.1.1.1.1.	59	Amélioration
Ackermann	1.1.1.3.1.	50	non significative
Standard	1.1.2.1.1.	63	Amélioration
Ackermann	1.1.2.3.1.	48	significative
Standard	3.3.2.1.1.	75	Amélioration
Ackermann	3.3.2.3.1.	58	significative
Standard	3.3.2.1.1.	75	Amélioration
Schut	3.3.2.2.1.	65	non significative
Standard	8.2.2.1.1.	129	Amélioration
Gotthardt	8.2.2.4.1.	87	significative
Standard	8.7.3.1.1.	96	Détérioration
Gotthardt	8.7.3.4.1.	129	significative
Standard	8.9.4.1.1.	42	Amélioration
Gotthardt	8.9.4.4.1.	37	non significative

Comme on n'a utilisé qu'un petit nombre de points d'appui, on constate que ces résultats expérimentaux confirment la prévision théorique suivant laquelle des méthodes différentes de compensation doivent donner des résultats sensiblement équivalents quand la densité des points d'ajustement est faible. Quoi qu'il en soit, si cette question devait faire l'objet d'une étude plus complète, les résultats présentés ici pourraient y être intégrés.

14. Etude de la relation: longueur du ruban – précision atteinte

La question posée à la Commission par le Bundesamt de Vienne était la suivante: Dans les conditions de prise de vues du ruban utilisé (grand-angulaire sur film, échelle du 1/10 000), l'aérotriangulation peut-elle être employée pour l'établissement de plans à l'échelle 1/1 000? Dans l'affirmative, quel est le nombre maximum de connexions compatible avec les exigences de cette échelle, les tolérances fixées étant $\sigma_P = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2} = 0{,}20$ m pour la planimétrie et $\sigma_Z = 0{,}20$ m pour l'altimétrie?

L'étude de cette question a été complétée par l'examen de la corrélation: planimétrie – altimétrie en fonction de la longueur du ruban. On a établi également la classification des instruments pour les différentes longueurs considérées.

14.1. Cas du ruban de 18 modèles

La réponse à la question posée est évidemment négative, comme le montrent les valeurs de σ_P et de σ_Z indiquées au tableau I, ainsi que le graphique des erreurs moyennes quadratiques attachées aux différentes restitutions (fig. 2).

La précision moyenne générale est de 0,59 m pour la planimétrie et de 0,56 m pour l'altimétrie. Nous avons indiqué au paragraphe 10 comment cette précision générale peut être analysée.

14.2. Cas des rubans de 9 modèles

En scindant en deux parties égales le ruban complet, on a considéré ensuite deux rubans A et B de 9 modèles (fig. 3) qui ont été compensés par la méthode standard appliquée au moyen de 6 points d'appui.

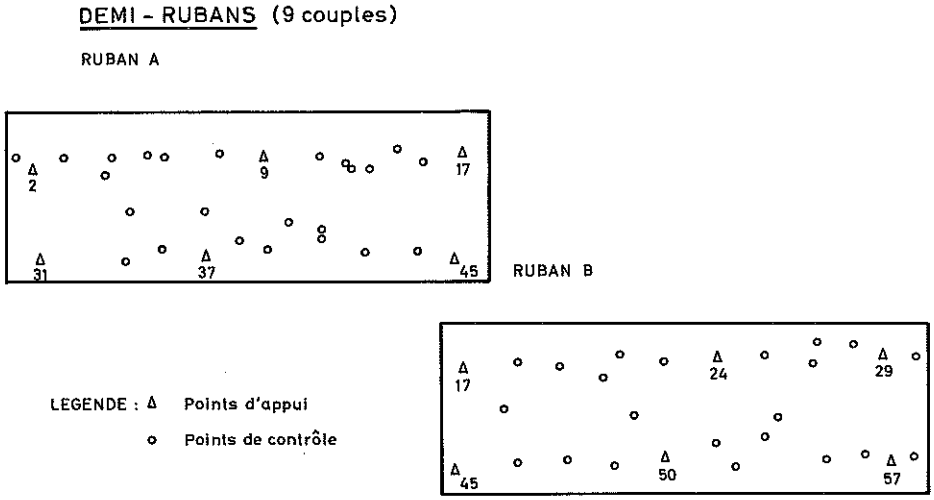


Figure 3

Les résultats sont indiqués au tableau V. On voit que, sur 31 épreuves concernant chacune deux demi-rubans, une seule, relative à une restitution analytique, satisfait aux tolérances.

La précision moyenne générale est de 0,38 m pour la planimétrie et de 0,36 m pour l'altimétrie. On constate que le gain obtenu en réduisant de moitié la longueur du ruban vaut 1,55 pour la planimétrie comme pour l'altimétrie. L'analogie partielle du cheminement aérien avec la polygonale terrestre mesurée au théodolite suggérerait un rapport plus favorable.

La précision générale a été analysée suivant le procédé déjà employé pour le ruban complet. Les erreurs moyennes quadratiques σ_P et σ_Z des 31 épreuves portant chacune sur deux demi-rubans ont fourni 22 couples de valeurs moyennes relatives aux restitutions distinctes. La distribution des points (σ_P, σ_Z) moyens est représentée dans la figure 4.

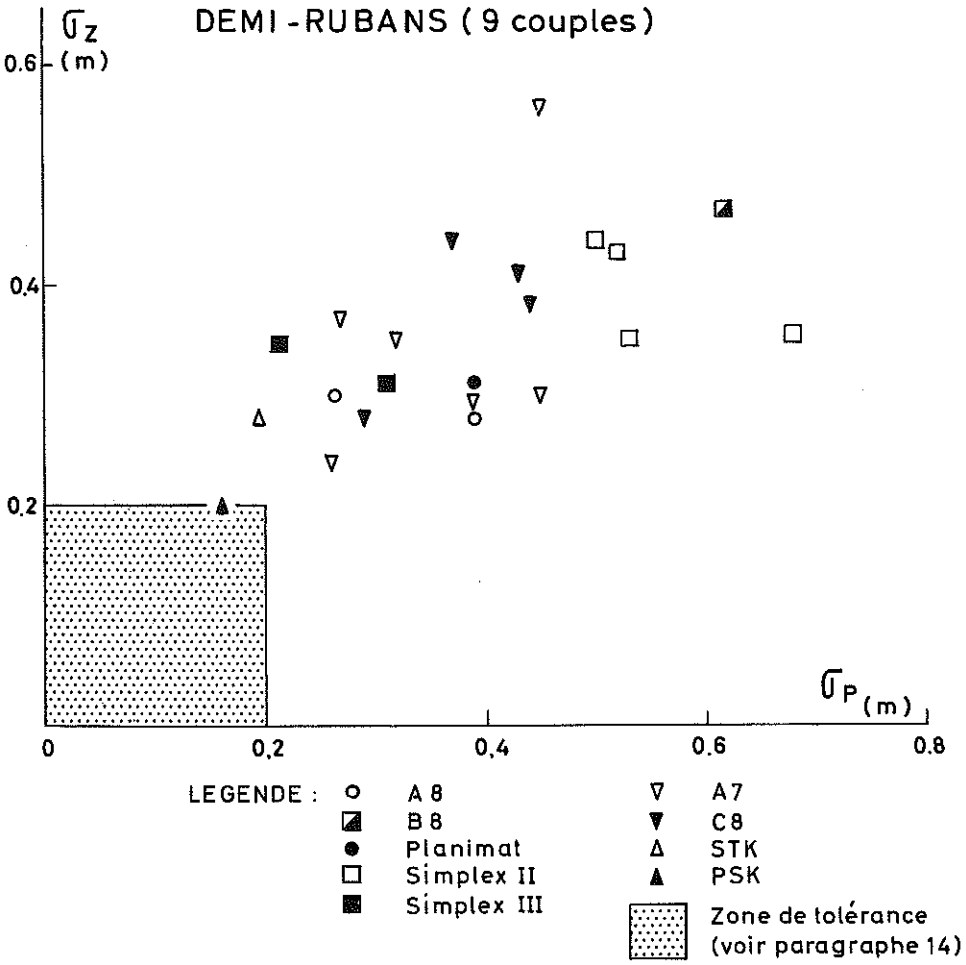

DEMI - RUBANS (9 couples)
σz (m)
0.6
0.4
0.2
0
0,2
0,4
0.6
0.8
σP (m)
LEGENDE :
A 8
B 8
Planimat
Simplex II
Simplex III
A7
C8
STK
PSK
Zone de tolérance
(voir paragraphe 14)

Figure 4

Tableau V

	Ruban A				Ruban B				Moyennes	
Epreuve	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_P	σ_Z
1.1.1.1.1.	17	18	35	25	14	19	23	24	25	29
1.1.1.3.1.	14	20	35	25	19	22	23	29	27	29
1.1.2.1.1.	17	19	37	25	24	24	25	34	30	31
1.1.2.3.1.	14	16	38	21	19	19	24	27	24	31
1.8.4.3.1.	9	12	35	15	15	16	21	22	19	28
2.4.1.1.1.	37	56	37	67	32	25	33	39	53	35
2.4.1.1.2.	48	45	38	66	44	54	34	70	68	36
2.4.1.1.3.	30	36	39	47	42	31	49	52	50	44
2.4.1.1.4.	24	28	40	37	54	39	51	67	52	46
3.3.2.1.1.	18	25	26	31	30	29	35	42	37	31
3.3.2.2.1.	22	14	24	26	50	23	38	55	41	31
4.1.1.1.1.	33	30	32	45	20	26	23	33	39	28
4.7.1.1.1.	22	18	28	28	23	19	28	30	29	28
4.7.3.1.1.	21	20	27	29	41	26	48	58	44	38
5.6.3.1.1.	17	14	29	22	50	45	31	67	45	30
5.6.3.1.2.	25	23	31	32	30	12	39	32	32	35
5.6.3.1.3.	17	19	26	25	16	21	21	26	26	24
6.5.1.1.1.	13	12	35	18	34	29	23	45	32	29
6.5.1.1.2.	15	13	41	20	18	16	29	24	22	35
6.5.2.1.1.	13	12	40	18	32	27	26	42	30	33
6.5.2.1.2.	14	12	44	18	17	15	30	23	21	34
7.6.1.1.1.	17	11	20	20	46	35	40	57	39	30
7.6.1.1.2.	12	18	46	22	23	21	28	31	27	37
7.6.3.1.1.	19	26	69	32	29	50	42	58	45	56
8.2.2.1.1.	55	38	74	67	51	42	29	66	67	52
8.2.2.4.1.	28	44	66	52	40	44	17	59	56	42
8.7.2.1.1.	32	24	32	40	24	23	56	33	37	44
8.7.3.1.1.	24	32	53	40	24	36	52	43	42	53
8.7.3.4.1.	29	34	43	45	23	35	55	42	44	49
8.9.4.1.1.	6	9	30	11	11	15	14	19	15	22
8.9.4.4.1.	9	11	16	14	9	18	19	20	17	18

Nous avons ensuite, pour chaque type d'instrument, calculé l'erreur moyenne quadratique spatiale σ_S résultant des valeurs (σ_P, σ_Z) relatives aux différentes restitutions effectuées au moyen de ce type d'appareil. Nous obtenons ainsi le tableau VI.

Tableau VI

Indice de l'instrument	σ_S (cm)	Nombre de restitutions effectuées
9	26	2
8	34	2
5	43	4
1	44	4
3	50	2
6	51	12
7	56	8
4	69	8
2	77	2

La partition de l'échantillon fondée sur les rapports de variances significatifs au niveau de 5 % donne alors les sous-ensembles suivants:

I: 9
II: 8, 5, 1
III: 5, 1, 3, 6
IV: 3, 6, 7
V: 7, 4
VI: 4, 2

La comparaison avec les résultats similaires exposés au paragraphe 10 montre que le raccourcissement du ruban augmente le nombre des catégories, qui cessent d'être distinctes.

La longueur du ruban influe aussi sur la corrélation: planimétrie – altimétrie. On dispose à présent d'un échantillon de 40 restitutions analogiques et semi-analytiques. Le calcul du coefficient de corrélation empirique donne:

$$r = 0{,}287$$

qui n'est pas significatif au niveau de 5 %. Cependant, compte tenu du nombre de degrés de liberté, on constate que la corrélation est plus forte que dans le cas du ruban de 18 modèles.

14.3. Cas des rubans de 5 modèles

On a considéré ensuite quatre rubans partiels C, D, E et F de cinq modèles chacun (fig. 5) auxquels on a appliqué la compensation standard sur six points d'appui (sauf le ruban C compensé sur cinq points). Les résultats sont donnés dans le tableau VII, pour 30 épreuves, l'épreuve 7.6.3.1.1. ayant été éliminée comme aberrante (discordance significative au niveau de 0,001).

Tableau VII

Epreuve	Ruban C				Ruban D				Ruban E				Ruban F				Moyennes	
	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_X	σ_Y	σ_Z	σ_P	σ_P	σ_Z
1.1.1.1.1.	14	19	27	23	17	16	22	23	17	22	28	28	13	19	16	23	24	23
1.1.1.3.1.	14	17	27	22	15	17	22	23	18	22	29	28	13	19	15	23	24	23
1.1.2.1.1.	15	21	28	26	16	17	20	21	18	21	30	28	11	23	15	26	25	24
1.1.2.3.1.	14	19	28	24	15	12	20	19	19	22	31	28	13	21	23	25	24	25
1.8.4.3.1.	5	11	21	12	8	14	15	16	9	34	21	35	10	15	14	18	20	18
2.4.1.1.1.	36	69	39	78	18	32	34	37	27	34	39	44	20	23	26	31	47	34
2.4.1.1.2.	54	25	41	59	21	30	40	37	33	29	37	44	33	33	22	46	46	35
2.4.1.1.3.	50	33	36	60	23	22	30	32	35	25	40	43	51	30	53	59	49	40
2.4.1.1.4.	30	30	53	42	14	32	46	35	23	34	32	41	31	40	38	50	42	42
3.3.2.1.1.	15	13	27	20	21	12	25	24	12	10	25	15	31	17	23	35	24	25
3.3.2.2.1.	9	10	24	14	11	18	21	21	17	9	19	19	42	10	19	43	24	21
4.1.1.1.1.	41	33	36	53	10	13	26	17	10	17	18	20	26	21	23	34	31	26
4.7.1.1.1.	11	16	44	19	18	13	32	22	8	17	28	19	21	29	23	36	24	32
4.7.3.1.1.	24	20	23	32	19	19	32	27	14	15	37	20	26	14	29	29	27	30
5.6.3.1.1.	9	16	41	19	15	11	30	18	45	26	25	52	56	16	24	59	37	30
5.6.3.1.2.	17	12	36	21	23	17	32	29	22	15	13	27	33	17	20	37	28	25
5.6.3.1.3.	14	13	28	19	10	11	14	15	14	17	12	22	22	13	20	26	21	19
6.5.1.1.1.	20	14	23	24	9	15	33	18	13	14	8	19	14	10	24	17	19	22
6.5.1.1.2.	18	16	29	25	13	17	27	21	9	12	17	15	10	17	21	20	20	24
6.5.2.1.1.	20	16	25	26	9	15	33	17	13	14	9	19	13	9	22	16	19	22
6.5.2.1.2.	17	12	30	21	12	14	27	18	8	13	20	15	9	11	13	14	17	22
7.6.1.1.1.	13	10	11	16	17	8	24	19	25	18	19	31	41	26	18	49	29	18
7.6.1.1.2.	9	14	31	16	11	8	32	14	20	14	13	25	27	17	23	32	22	25
8.2.2.1.1.	19	32	23	38	21	20	30	29	19	31	22	37	16	27	22	31	33	24
8.2.2.4.1.	15	36	11	39	18	27	39	33	18	27	24	32	20	22	17	30	34	23
8.7.2.1.1.	36	16	28	39	29	16	27	33	21	24	31	32	43	27	42	51	39	32
8.7.3.1.1.	14	28	46	31	14	18	36	23	28	35	46	43	27	44	53	52	37	45
8.7.3.4.1.	14	28	43	31	14	21	35	25	19	37	44	42	30	43	55	52	38	44
8.9.4.1.1.	7	9	26	11	8	11	20	13	8	11	13	13	13	14	15	19	14	18
8.9.4.4.1.	12	9	14	15	8	12	16	15	7	12	13	13	8	14	13	16	15	14

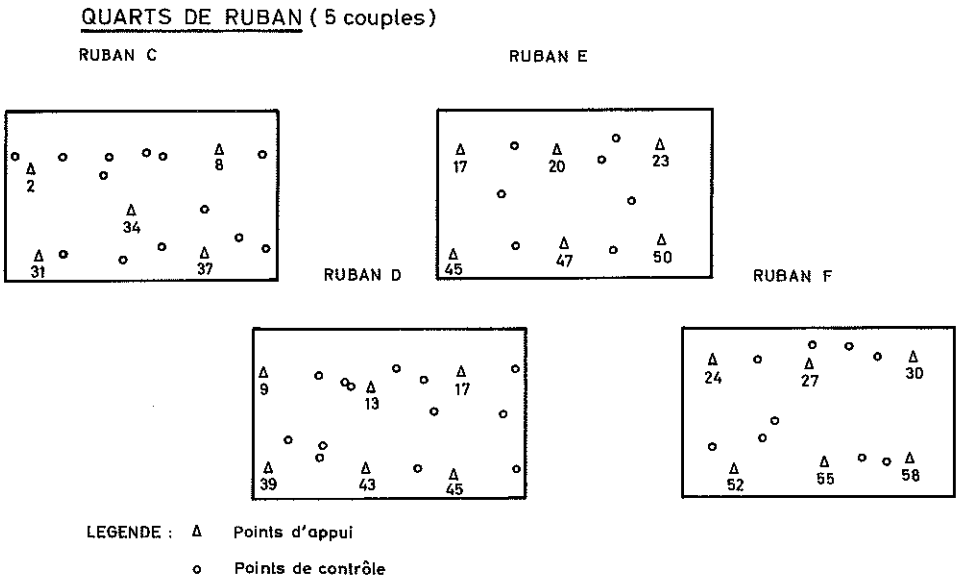


Figure 5

En ce qui concerne la planimétrie, la moyenne générale des σ_p, soit: 0,30 m, dépasse encore la tolérance imposée. Le gain de précision par rapport aux rubans de 9 modèles se traduit par le facteur: 1,27. En considérant les moyennes particulières relatives à chaque épreuve (4 rubans de 5 modèles), on constate que la tolérance planimétrique n'est respectée que dans sept cas: 1.8.4.3.1., les quatre épreuves 6.5. et les deux épreuves 8.9.4. Toutefois, neuf autres cas en sont très proches avec des $\sigma_p \leqslant 0{,}25$ m.

En ce qui concerne l'altimétrie, la moyenne générale s'établit à: 0,28 m. La tolérance altimétrique n'est donc pas respectée non plus. Par comparaison avec les rubans de 9 modèles, le gain de précision se traduit par le rapport: 1,29. Cinq épreuves: 1.8.4.3.1., 5.6.3.1.3., 7.6.1.1.1. et les deux épreuves 8.9.4. respectent la tolérance. Quatorze autres épreuves s'en rapprochent, dans lesquelles $\sigma_Z \leqslant 0{,}25$ m.

Considérant à la fois la planimétrie et l'altimétrie, on constate que seules les deux restitutions analytiques de référence (3 épreuves) satisfont aux tolérances proposées.

L'analyse de la précision générale a été exécutée comme indiqué plus haut. Nous établissons d'abord (fig. 6) le graphique des e. m. q. σ_p et σ_Z moyennes relatives à 21 restitutions distinctes portant chacune sur quatre rubans de cinq modèles. Nous calculons ensuite les e. m. q. σ_S moyennes attachées à chaque type d'instrument; d'où le tableau suivant:

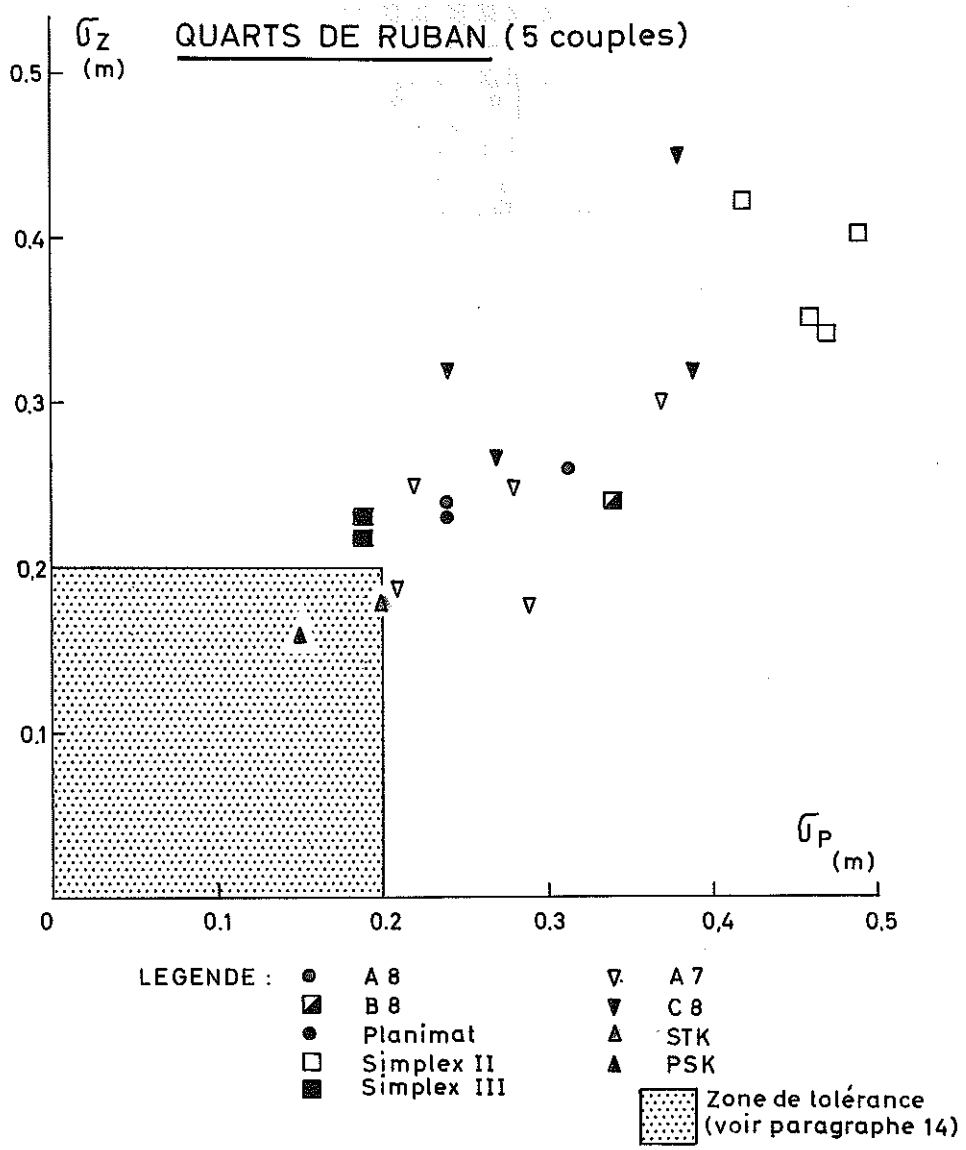

σz (m)
QUARTS DE RUBAN (5 couples)
0.5
0.4
0.3
0,2
0.1
0
0.1
0.2
0.3
0,4
0.5
σP (m)
LEGENDE :
A 8
B 8
Planimat
Simplex II
Simplex III
A 7
C 8
STK
PSK
Zone de tolérance
(voir paragraphe 14)

Figure 6

Tableau VIII

Indice de l'instrument	σ_S (cm)	Nombre de restitutions effectuées
9	22	4
8	27	4
5	29	8
3	33	4
6	36	20
1	37	8
2	41	4
7	47	16
4	60	16

La partition de l'échantillon donne les sous-ensembles:

I: 9, 8, 5
II: 8, 5, 3, 6
III: 5, 3, 6, 1
IV: 3, 6, 1, 2
V: 6, 1, 2, 7
VI: 7, 4

En se reportant aux paragraphes 10 et 14.2., on constate que l'évolution de la classification se poursuit dans le même sens: le nombre des catégories reste le même que dans 14.2., mais ces catégories tendent à se confondre. D'une façon générale, on vérifie qu'avec le raccourcissement progressif du ruban, la précision des instruments universels et non-universels tend à s'égaliser. Cette constatation paraît normale, la densité croissante du contrôle étant, en principe, plus favorable aux appareils de construction moins complexe.

D'autre part, l'influence de la longueur du ruban sur la corrélation: planimétrie – altimétrie se confirme. L'échantillon comporte à présent 76 restitutions analogiques et semi-analytiques qui fournissent pour le coefficient de corrélation empirique la valeur:

$$r = 0{,}437$$

significative au niveau de 1 %.

Nous avons mentionné au début du paragraphe 9 les facteurs qui peuvent influer sur la corrélation. Nos résultats expérimentaux semblent indiquer que ce sont principalement les fluctuations générales des diagrammes d'erreurs qui affaiblissent la corrélation fondamentale. En effet, quand le nombre de modèles entre points d'appui augmente, la double sommation des erreurs engendre des fluctuations plus que proportionnelles à la distance, ce qui doit, dans les observations compensées, atténuer la corrélation locale et même altérer le caractère gaussien des erreurs résiduelles.

Revenant sur la question exposée au début de ce paragraphe, nous constatons (voir fig. 6) que dans l'ensemble des restitutions analogiques et semi-analytiques exécutées au moyen

des instruments universels et non-universels, un fort pourcentage des épreuves s'approche des tolérances proposées. Ceci suggère qu'en augmentant l'échelle de prise de vues, par exemple jusqu'à 1/6 000, ces tolérances seraient respectées dans la plupart des restitutions comportant cinq modèles.

L'examen des rubans de moins de cinq modèles n'a pas été entrepris. Défalcation faite des points d'appui nécessaires, les points de contrôle restants auraient été trop peu nombreux pour fournir des résultats sûrs.

Références

[1] *Ackermann:* Analytical strip adjustment. – I.T.C. Publications, A 17, 1962.

[2] *Gotthardt:* Vermittelnde Ausgleichung mit zusätzlichen Minimumsbedingungen für Funktionen der Unbekannten. – Z. Vermess.-wes., 1967, Nr. 1.

[3] *Schut:* A Fortran program for the adjustment of strips and of blocks by polynomial transformations. – N.R.C. Publications, AP–PR 33, Ottawa, 1968.

Liste des publications de l'OEEPE

— Etat: Décembre 1971 —

[1] *L. Solaini; C. Trombetti:* Relation sur les travaux préliminaires de la Commission A (Triangulation aérienne aux petites et aux moyennes échelles) de l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales (O.E.E.P.E.). Ière Partie: Programme et organisation du travail. — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 79—92, 12 fig. (en langue anglaise: pp. 93—99).

[2] *L. Solaini; P. Belfiore:* Travaux préliminaires de la Commission B de l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales (O.E.E.P.E.) (Triangulations aériennes aux grandes échelles). — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 100—110 (en langue anglaise: pp. 111—121).

[3] *L. Solaini; C. Trombetti; P. Belfiore:* Rapport sur les travaux expérimentaux de triangulation aérienne exécutés par l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales (Commission A et B). — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 122—127, 2 tabl. (en langue allemande: pp. 128—134; en langue anglaise: pp. 135—140).

[4] *G. Lehmann:* Compte rendu des travaux de la Commission C de l'O.E.E.P.E. effectués jusqu'à présent. — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 141—148, 2 tabl. (en langue allemande: pp. 149—155; en langue anglaise: pp. 156—163).

[5] *E. Gotthardt:* O.E.E.P.E. Commission C. Compte-rendu de la restitution à la Technischen Hochschule, Stuttgart, des vols d'essai du groupe I du terrain d'Oberriet. — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E. No. I), pp. 163—171 (en langue allemande: pp. 171—179).

[6] *W. Brucklacher:* Compte-rendu du centre «Zeiss-Aerotopograph» sur les restitutions pour la Commission C de l'O.E.E.P.E. (Restitution de la bande de vol, groupe I, vol. No. 5). — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 180—181 (en langue allemande: pp. 181—182).

[7] *R. Förstner:* O.E.E.P.E., Commission C. Rapport sur la restitution effectuée dans l'Institut für Angewandte Geodäsie, Francfort sur le Main. Terrain d'essai d'Oberriet les vols No. 1 et 3 (groupe I). — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 183—190, quelques tabl. (en langue allemande: pp. 190—197).

[8] *I.T.C., Delft:* Commission C, O.E.E.P.E. Déroulement chronologique des observations. — Photogrammetria XII (1955—1956) 3 (Spec. Publ. O.E.E.P.E., No. I), pp. 198—199 (tabl.) (aussi en langue allemande).

[9] *L. Solaini; C. Trombetti:* Relations sur les travaux préliminaires de la Commission A (Triangulation aérienne aux petites et aux moyennes échelles) de l'Organisation Européenne d'Etudes Photogrammétriques Expérimentales (O.E.E.P.E.). 2e partie. Prises de vues et points de contrôle. — Photogrammetria XV (1958—1959) 3 (Publ. Spéc. O.E.E.P.E., No. II), pp. 77—95, 12 fig., 3 tabl. (en langue allemande: pp. 96—104; en langue anglaise: pp. 105—113).

[10] *E. Gotthardt:* Rapport sur les premiers résultats de l'essai d'«Oberriet» de la Commission C de l'O.E.E.P.E. — Photogrammetria XV (1958—1959) 3 (Publ. Spéc. O.E.E.P.E., No. II), pp. 114—132, 2 fig., quelques tabl. (en langue allemande: pp. 96—104; en langue anglaise: pp. 105—113).

[11] *A. Stickler:* Interpretation of the Results of the O.E.E.P.E. Commission C. — Photogrammetria XVI (1959—1960) 1, pp. 8—12, 3 fig., 1 annexe (en langue allemande: pp. 12—16).

[12] *L. Solaini; C. Trombetti:* Results of Bridging and Adjustment Works of the Commission A of the O.E.E.P.E. from 1956 to 1959. — Photogrammetria XVI (1959—1960) 4 (Spec. Congr.-No. C), pp. 340—345; 2 tabl.

[13] *N. N.:* Report on the Work Carried out by Commission B of the O.E.E.P.E. During the Period of September 1956—August 1960. — Photogrammetria XVI (1959—1960) 4 (Spec. Congr.-No. C), pp. 346—351, 2 tabl.

[14] *R. Förstner:* Bericht über die Tätigkeit und Ergebnisse der Kommission C der O.E.E.P.E. (1956—1960). — Photogrammetria XVI (1959—1960) 4 (Spec. Congr.-No. C), pp. 352—357, 1 tabl.

[15] *W. K. Bachmann:* Essais sur la précision de la mesure des parallaxes verticales dans les appareils de restitution du I^{er} ordre. — Photogrammetria XVI (1959—1960) 4 (Spec. Congr.-No. C), pp. 358—360).

[16] *C. Trombetti:* Travaux de prises de vues et préparation sur le terrain effectuées dans le 1958 sur le nouveau polygone italien pour la Commision A de l'OEEPE — Florence 1959, 16 pages, 109 tabl.

[17] *P. Wiser:* Sur la reproductibilité des erreurs du cheminement aérien. — Bull. Soc. Belge Photogramm., No. 60, Juin 1960, pp. 3—11, 2 fig., 2 tabl.

[18] *C. Trombetti; M. Fondelli:* Aérotriangulation analogique solaire. — Firence 1961, 111 pages, 14 fig., 43 tabl.

[19] *L. Solaini; C. Trombetti:* Rapport sur les résultats des travaux d'enchaînement et de compensation exécutés pour la Commission A de l'O.E.E.P.E. jusqu'au mois de Janvier 1960. Tome 1: Tableaux et texte. Tome 2: Atlas. — Photogrammetria XVII (1960—1961) 4 (Publ. Spéc. O.E.E.P.E., No. III), pp. 119—188, 18 tabl., 69 fig. (en langue anglaise: pp. 190—257; en langue allemande: pp. 258—326).

[20] *M. Cunietti:* L'erreur de mesure des parallaxes transversales dans les appareils de restitution. — Bull. Trimestr. Soc. Belge Photogramm., No. 66, Décembre 1961, pp. 3—50, 12 fig., 22 tabl.

[21] *E. Gigas:* Beitrag zur Geschichte der Europäischen Organisation für photogrammmetrische experimentelle Untersuchungen. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes. R. V, Nr. 2, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. Spéc.) Nr. 1, Frankfurt a. M. 1962, pp. 7—13.

[22] *W. Brucklacher; M. Cunietti; R Förstner; H. Belzner; K. Schwidefsky; H.-K. Meier:* Kurzberichte über die Arbeiten in den Kommissionen A, B, C, E und F. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes.,. R. V, Nr. 2, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. Spéc.) Nr. 1, Frankfurt a. M. 1962, pp. 22—36.

[23] *H. Belzner:* Versuchsfelder für internationale Versuchs- und Forschungsarbeiten. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., R. V, N. 2, OEEPE-Veröff. (Publ. Spéc.) Nr. 1, Frankfurt a. M. 1962, pp. 37—41.

[24] *K. Rinner:* Analytisch-photogrammetrische Triangulation eines Teststreifens der OEEPE. — Österr. Z. Vermess.-wes., OEEPE-Sonderveröff. (Publ. Spéc.) Nr. 1, Wien 1962, 31 pages, 7 fig., 7 tabl.

[25] *C. Trombetti:* Activité de la Commission A de l'OEEPE de 1960 à 1964. — OEEPE-Publ. Off. No. 1, Frankfurt a. M. 1964, pp. 7—15, 6 annexes.

[26] *M. Cunietti:* Activité de la Commission B de l'OEEPE pendant la période Septembre 1960—Janvier 1964. — OEEPE-Publ. Off. No. 1, Frankfurt a. M. 1964, pp. 17—28, 3 annexes.

[27] *R. Förstner*: Rapport sur les travaux et les résultats de la Commission C de l'OEEPE (1960—1964). — OEEPE-Publ. Off. No. 1, Frankfurt a. M. 1964, pp. 29—40, 5 tabl.

[28] *K. Neumaier:* Rapport de la Commission E pour Lisbonne. — OEEPE-Publ. Off. No. 1, Frankfurt a. M. 1964, pp. 41—45, 1 tabl.

[29] *A. J. van der Weele:* Report of Commission F. — OEEPE-Publ. Off. No. 1, Frankfurt a. M. 1964, pp. 47—50.

[30] *K. Neumaier; H. Kasper:* Untersuchungen zur Aerotriangulation von Überweitwinkelaufnahmen. — Österr. Z. Vermess.-wes., OEEPE-Sonderveröff. Nr. 2, Wien 1965, 4 pages, 4 annexes.

[31] *E. Gotthardt:* Erfahrungen mit analytischer Einpassung von Bildstreifen. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., R. V, Nr. 12, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. Spéc.) Nr. 2, Frankfurt a. M. 1965, 14 pages, 2 fig., 7 tabl.

[32] *K. Neumaier:* Essais d'interprétation de «Bedford» et de «Waterbury». Rapport commun établi par les Centres de la Commission E de l'OEEPE ayant participé aux tests. — OEEPE-Publ. Off. No. 2, Frankfurt a. M. 1966, pp. 9—15, 10 annexes (en langue anglaise: pp. 17—23; en langue allemande: Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes, R. V, Nr. 13 (OEEPE-Sonderveröff. Nr. 3), Frankfurt a. M. 1966, pp. 5—13).

[33] *K. Neumaier:* Essais de restitution «Bloc Suisse». Rapport commun établi par les Centres de la Commission E de l'OEEPE ayant participé aux tests. — OEEPE-Publ. Off. No. 2, Frankfurt a.M. 1966, pp. 25—42, 34 annexes (en langue anglaise: pp. 43—60; en langue allemande: Nachr. Kt.- u. Vermess.wes., R. V, Nr. 13 (OEEPE-Sonderveröff. Nr. 3), Frankfurt a. M. 1966, pp. 13—30).

[34] *A. Stickler; P. Waldhäusl:* Interpretation der vorläufigen Ergebnisse der Versuche der Kommission C der OEEPE aus der Sicht des Zentrums Wien. — Österr. Z. Vermess.-wes., OEEPE-Sonderveröff. (Publ. Spéc.) Nr. 3, Wien 1967, 4 pages, 2 fig., 9 tabl.

[35] *M. Cunietti; G. Inghilleri; M. Puliti; G. Togliatti:* Participation aux recherches sur les blocs de bandes pour la cartographie à grande échelle organisées par la Commission B de l'OEEPE. Milano, Centre CASF du Politecnico. — Boll. Geod. e Sc. affini (XXVI) 1, Firenze 1967, 104 pages.

[36] *E. Gotthardt:* Die Tätigkeit der Kommission B der OEEPE. — Bildmess. u. Luftbildwes. 36 (1968) 1, pp. 35—37.

[37] *M. Cunietti:* Emploi des blocs de bandes pour la cartographie à grande échelle. Résultats des recherches expérimentales organisées par la Commission B de l'OEEPE au cours de la période 1959—1966. — OEEPE-Publ. Off. No. 3, Frankfurt a. M. 1968, pp. 7—86 (en langue anglaise: pp. 87—157).

[38] *M. Cunietti:* Résultats des recherches expérimentales organisées par la Commission B de l'OEEPE au cours de la période 1959—1966. Résumé du Rapport final. — Présenté à l'XI[e] Congrès International de Photogrammétrie, Lausanne 1968, Comm. III (en langues française et anglaise), 9 pages.

[39] *R. Förstner:* Résumé du Rapport sur les résultats de l'essai de Reichenbach de la Commission C de l'OEEPE. — Présenté à l'XI[e] Congrès International de Photogrammétrie, Lausanne 1968, Comm. IV (en langues française, anglaise et allemande), 28 pages, 2 fig., 2 tabl.

[40] *K. Schürer:* Die Höhenmeßgenauigkeit einfacher photogrammetrischer Kartiergeräte. Bemerkungen zum Versuch „Schweizer Block" der Kommission E der OEEPE. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sonderheft: OEEPE-Sonderveröff. Nr. 4, Frankfurt a. M. 1968, 25 pages.

[41] *R. Förstner:* Sur la précision de la mesure photogrammétrique de coordonnées en terrain montagneux. Rapport sur les résultats de l'essai de Reichenbach de la Commission C de l'OEEPE. — OEEPE-Publ. Off. No. 4, partie I: pp. 1—80, 9 fig. (en langue anglaise: pp. 81—145); partie II: 65 tabl., Frankfurt a. M. 1968 (en langue allemande: Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sonderheft: OEEPE-Sonderveröff. Nr. 5, Teil I: 74 pages, 9 fig.; Teil II: 65 tabl., Frankfurt a. M. 1969).

[42] *H. Knorr, etc.:* Die Europäische Organisation für experimentelle photogrammetrische Untersuchungen — OEEPE — in den Jahren 1962—1970. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sonderheft: OEEPE-Sonderveröff. Nr. 6, Frankfurt a. M. 1971, 44 pages, 1 fig., 3 tabl.

[43] *R. Förstner:* Das Versuchsfeld Reichenbach der OEEPE. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sonderheft: OEEPE-Sonderveröff. Nr. 7 (sous presse).

[44] *C. Trombetti:* Les recherches expérimentales exécutées sur de longues bandes par la Commission A de l'OEEPE. — OEEPE-Publ. Off. No. 5 (sous presse).

[45] *K. Neumaier:* Essai d'interprétation. Rapports des Centres de la Commission E de l'OEEPE. — OEEPE-Publ. Off. No. 6, Frankfurt a. M. 1972, 42 pages, 12 tabl., 5 annexes.

Les numéros, édités à Frankfurt (Main), des publications Nos. [21]—[23], [25]—[29], [31]—[33], [37], [40]—[45] peuvent être achetés à

l'Institut für Angewandte Geodäsie, Bureau des Publications Officielles
6 Frankfurt (Main)-70, Kennedyallee 151