

ORGANISATION EUROPÉENNE D'ÉTUDES
PHOTOGRAMMÉTRIQUES EXPÉRIMENTALES

EUROPEAN ORGANIZATION FOR EXPERIMENTAL
PHOTOGRAMMETRIC RESEARCH



PUBLICATION OFFICIELLE
OFFICIAL PUBLICATION

N° 3

ORGANISATION EUROPÉENNE D'ÉTUDES
PHOTOGRAMMÉTRIQUES EXPÉRIMENTALES

EUROPEAN ORGANIZATION FOR EXPERIMENTAL
PHOTOGRAMMETRIC RESEARCH



PUBLICATION OFFICIELLE
OFFICIAL PUBLICATION

N° 3

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:* Directeur Général Colonel M. SIMONET, Belgique
Institut Géographique Militaire,
13, Abbaye de la Cambre, BRUXELLES 15.
- Membres:* Direktor Dr.-Ing. H. KNORR, Allemagne
Institut für Angewandte Geodäsie,
Kennedyallee 151, 6 FRANKFURT a. M. 70.
- Prof. Dr.-Ing. K. SCHWIDEFSKY,
Institut für Photogrammetrie und Topographie,
Englerstraße 7, 75 KARLSRUHE.
- Ltd. Ministerialrat Prof. Dr.-Ing. J. NITTINGER,
Niedersächsisches Ministerium des Innern,
Lavesallee 6, 3 HANNOVER.
- Prof. Dr. K. NEUMAIER, Autriche
Technische Hochschule,
Karlsplatz 13, 1040 WIEN.
- Prof. Dr. Ing. L. SOLAJNI, Italie
Istituto di Geodesia, Topografia e Fotogrammetria,
32, Piazza Leonardo da Vinci, 20133 MILANO.
- Prof. Dr. Ing. C. TROMBETTI,
Istituto di Geodesia e Idrografia
Istituto Universitario Navale
Via Amm. Acton 38, 80 133 NAPOLI.
- Prof. Dr. R. ROELOFS, Pays-Bas
Laboratorium voor Geodesie, Technische Hogeschool,
4, Kanaalweg, DELFT.
- Directeur Dr. Ir. S. M. MEELKER,
Ministerie van Financien, Afdeling Kadaster en Hypotheken,
Parkstraat 2, 's GRAVENHAGE.

BUREAU EXÉCUTIF

Prof. Dr. Ir. W. SCHERMERHORN,
Kinkhof, Zandvoortse Allee 304
HAARLEM, Post Heemstede (Pays-Bas).

Prof. Ir. A. J. VAN DER WEELE,
International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC),
3 Kanaalweg, DELFT (Pays-Bas).

Secrétaire
Général:

Ir. R. VERLAINE,
36, Avenue E. Digneffe, LIEGE (Belgique).

COMMISSIONS SCIENTIFIQUES

Commission A/B — *Aérotriangulation*

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

Commission C — *Restitution aux grandes échelles*

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

Commission D — *Problèmes cartographiques de la Photogrammétrie*

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

Commission E — *Restitution aux petites échelles*

Président: Prof. Dr. K. NEUMAIER,
Technische Hochschule,
Karlsplatz 13, 1040 WIEN (Autriche).

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

Président: Prof. Ir. A. J. VAN DER WEELE,
International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC),
3 Kanaalweg, DELFT (Pays-Bas).

Table des Matières

	page
<i>M. Cunietti:</i> Emploi des blocs de bandes pour la cartographie à grande échelle — Résultats des recherches expérimentales organisées par la Com- mission B de l'O. E. E. P. E. au cours de la période 1959—1966	
1. Introduction	7
2. Le bloc 2.6 sur le polygone de Reichenbach	12
3. Evolution chronologique des travaux	15
4. Travaux de triangulation effectués aux Centres	20
4.1. Rapport sur le test 1 (Centre I. T. C. Delft)	20
4.2. Résumé du rapport sur le test 5 (Centre C. A. S. F. Milan)	25
4.3. Résumé du rapport sur le test 6 (Centre C. A. S. F. Milan)	28
4.4. Rapport sur le test 9 (Centre B. E. V. Vienne)	30
4.5. Rapport sur le test 10 (Centre I. A. G. Francfort)	33
4.6. Rapport sur le test 12 (Centre I. G. M. Bruxelles)	40
4.7. Résumé du rapport sur le test 15 (Centre T. H. Stuttgart)	44
5. Description du travail de compensation des tests	46
6. Points de contrôle restitués	53
7. Erreurs résiduelles après transformation linéaire des bandes. Analyse des résultats	57
8. Erreurs résiduelles après compensation selon les divers procédés. Ana- lyse des résultats	63
9. Distribution globale des erreurs résiduelles dans le bloc	68
10. Comparaison des résultats obtenus	76
11. Conclusions	81
12. Remerciements	85
13. Bibliographie	85
14. Appendice	86
Annexes: Tableaux 1—24 }	
Figures 1—50 }	
	après 157

Contents

	page
<i>M. Cunietti:</i> Use of Strips Connected to Blocks for Large Scale Mapping — Results of Experimental Research Organized by Commission B of the O. E. E. P. E. from 1959 through 1966	
1. Introduction	87
2. The 2.6 block of Reichenbach	90
3. Chronology of tests	93
4. Individual reports of the Centres	96
4.1. Report on test 1 (I. T. C. — Delft Centre)	96
4.2. Summarized report on test 5 (C. A. S. F. — Milan Centre)	101
4.3. Summarized report on test 6 (C. A. S. F. — Milan Centre)	103
4.4. Report on test 9 (B. E. V. — Vienna Centre)	105
4.5. Report on test 10 (I. A. G. — Frankfort Centre)	108
4.6. Report on test 12 (I. G. M. — Brussels Centre)	115
4.7. Summarized report on test 15 (T. H. — Stuttgart Centre)	119
5. Description of the compensation work of the tests	121
6. Restituted check points	128
7. Residual errors after linear transformation of the strips. Analysis of the results	132
8. Residual errors after the adjustment according to the different pro- cedures. Analysis of the results	137
9. Overall distribution of the residual errors in the block	142
10. Comparison of the results obtained	149
11. Conclusions	152
12. Acknowledgements	156
13. Bibliography	156
14. Appendix	157
Annexes: Tables 1—24 }	after 157
Figures 1—50 }	

EMPLOI DES BLOCS DE BANDES POUR LA CARTOGRAPHIE A GRANDE ECHELLE

Résultats des recherches expérimentales organisées
par la Commission B de l'O.E.E.P.E.
au cours de la période 1959—1966

Par Prof. M. Cunietti, Milan/Italie

1. Introduction

Le travail de recherche dont les résultats sont brièvement illustrés dans la publication [1], a occupé 4 centres européens au cours de la première période d'activité de la Commission qui s'étend de 1954 à 1959. Les résultats de cette première recherche ont principalement servi à éclaircir de nombreux aspects des problèmes fondamentaux auxquels la Commission était appelée à donner une réponse: déterminer statistiquement la précision que l'on peut atteindre dans la triangulation aérienne de bandes à grande échelle et définir la meilleure méthode de compensation de ces triangulations aériennes.

L'absence d'homogénéité dans le matériel employé et dans l'exécution des recherches menées par les différents centres a beaucoup réduit la validité statistique des résultats obtenus. Aussi ceux-ci n'ont-ils pas permis de donner une réponse définitive aux questions posées ci-dessus. Toutefois, cette première enquête et ses résultats ont fourni des données très précieuses pour mieux orienter, organiser et délimiter les recherches ultérieures. Mais ce qui, plus que tout, peut être considéré comme un résultat positif de ce premier effort commun, c'est la conviction, que ces données firent naître chez tous ceux qui y prenaient part, que le problème était important et intéressant sur le plan technique et qu'il pouvait probablement donner lieu à des résultats plus significatifs à condition que les recherches soient menées selon des critères plus méthodiques. En particulier certaines caractéristiques du matériel photographique dont on s'est servi étaient peu appropriées aux buts visés par la recherche, par exemple: la longueur des bandes était excessive pour les applications cartographiques à grande échelle.

Sous l'impulsion de ces convictions, au début de l'année 1959, la Commission B commença la préparation d'un nouveau cycle de recherches auxquelles contribua de façon déterminante l'*Institut für Angewandte Geodäsie* de Francfort qui se chargea de préparer un nouveau polygone expérimental dans la zone située au sud-est de Stuttgart. Ce polygone, portant le nom de la localité centrale de la zone, Reichenbach, fut choisi compte tenu de la dimension, la forme, l'orographie du terrain et de la densité des points de contrôle. Il se prêtait à des recherches appropriées sur l'application de la triangulation aérienne à la cartographie à grande échelle. On trouvera des informations plus détaillées sur les caractéristiques du polygone de Reichenbach et sur les vols effectués dans la publication [3]. Des données plus détaillées sur le matériel employé dans les recherches auxquelles se rapporte le présent document sont fournies dans le paragraphe 2. Le nouveau programme de recherches, son organisation, le choix du matériel à adopter furent les points traités au cours de la réunion des membres de la Commission B qui s'est tenue à Francfort les 1er et 2 octobre 1959. De cette réunion naquirent des directives de travail bien précises qui se révélèrent très précieuses. A cette occasion,

la Commission fut unanime pour décider qu'il fallait fixer un nombre limité de sujets de recherche, définis avec précision, sur lesquels seraient concentrés de préférence les efforts des centres. Les sujets furent donc choisis parmi ceux qui présentaient le plus d'intérêt et d'actualité dans le domaine de recherche propre à la Commission. Ce sont:

- a) Recherche de la précision des triangulations aériennes à grande échelle en fonction de la longueur des bandes.
- b) Problèmes des blocs de bandes pour les grandes échelles.
- c) Triangulation de bandes prises avec des chambres convergentes et comparaison avec les résultats obtenus avec des caméras nadirales.
- d) Emploi des éléments auxiliaires dans l'exécution des triangulations aériennes aux grandes et petites échelles.
- e) Emploi des triangulations analytiques dans la cartographie à grande échelle.

Certains principes généraux ont été discutés au cours de la réunion de Francfort. Ces règles, qui sont à la base de la conduite de la recherche peuvent se résumer comme suit:

- 1) Chaque Centre s'engageant à participer aux recherches de la Commission, doit effectuer un ensemble complet d'opérations expérimentales, c'est à dire tel que même isolé, il puisse constituer une contribution autonome et complète en soi à la recherche.
- 2) Le travail des Centres doit être explicité d'une façon accessible à tous et de la manière la plus détaillée possible. Ceci ne constitue pas un obstacle à la liberté accordée aux Centres.
- 3) Les Centres, bien que conservant la plus grande liberté dans leurs initiatives expérimentales et opératoires, devront se conformer à l'uniformisation de certains procédés afin de rendre, du moins en principe, les résultats obtenus comparables et de permettre ainsi une analyse partiellement statistique de ces derniers.
- 4) On demandait aux Centres, non seulement d'exécuter des mesures, mais encore de collaborer à l'analyse des résultats, surtout par l'exécution de calculs particuliers à effectuer suivant des schémas uniformes.
- 5) Enfin les Centres étaient spécialement invités à promouvoir des recherches de nature particulière et limitée. Ils étaient libres d'en publier les résultats et les conclusions.

On peut à juste titre affirmer que la réussite de ce nouveau programme de recherches a été flatteuse au début. L'abondance et l'importance des recherches proposées, la variété du matériel photographique disponible, la souplesse relative des règles et un intérêt personnel plus grand poussèrent les Centres à promettre leur participation aux travaux. D'autres Centres adhèrent immédiatement à l'invitation et s'engagèrent pour une masse de travail capable de couvrir entièrement et avec un nombre suffisant de contrôles et de répétitions, les cinq sujets de recherche proposés par la Commission et indiqués plus haut.

Mais bientôt malheureusement il apparut clairement que le programme que la Commission s'était tracé était excessivement ambitieux. Le poids de l'organisation d'une recherche tellement vaste répartie sur plusieurs sujets au moyen de matériels photo-

graphiques différents allait au delà des possibilités. En outre, les Centres, peut-être déçus par la durée de la phase initiale comprenant la préparation et la distribution du matériel, virent leur enthousiasme baisser par suite des premières difficultés rencontrées. Par ailleurs, surchargés par le travail normal de production et de recherche, ils commencèrent à réduire leurs engagements.

Cette situation n'était pas particulière à la Commission B. Le Comité Directeur de l'Organisation formula, lors de sa réunion d'avril 1961 à Bruxelles, les règles générales suivantes pour la conduite des travaux:

- 1) Limiter le sujet d'étude et de recherche de chaque Commission en établissant une priorité d'après des considérations de convenance. Autrement dit, les différentes recherches devaient être menées non pas en même temps mais successivement et selon un ordre préétabli.
- 2) Concentrer les efforts sur un seul type de matériel expérimental dans le but de ne pas disperser l'énergie des Centres qui, sans cela, sont surchargés de travail. Cela permettrait d'obtenir sur un point et au prix d'un moindre effort, des résultats moins généraux mais utiles du point de vue statistique et conduisant à des conclusions valables.
- 3) Pousser les Centres à participer d'une manière plus active aux recherches et, plus particulièrement, à l'analyse et à l'évaluation des résultats en les invitant à publier directement les résultats de leurs recherches.

En conséquence de ces directives générales données à l'Organisation par son organe central, il a été nécessaire de réviser le programme de la Commission B arrêté à Francfort. Les sujets formaient tous un ensemble de problèmes vraiment complet et intéressant, mais ces derniers étaient toutefois trop nombreux et trop divers. Ils exigeaient beaucoup trop de travail.

La révision du programme a été faite par la Présidence de la Commission qui a tenu compte des tendances et des préférences manifestées par les centres aussi bien que de l'intérêt et de l'importance relative des différents problèmes.

Le choix s'est fixé sur le thème: »Emploi des blocs de bandes pour la cartographie à grande échelle«. Cette nouvelle recherche envisage d'étudier essentiellement la précision réalisable dans la détermination des coordonnées d'un groupe de points du terrain obtenues au moyen du procédé de triangulation aérienne par blocs de bandes.

L'opération de triangulation aérienne des bandes pouvant être effectuée suivant des procédés analytiques aussi bien qu'analogiques, on voulait par cette recherche donner une réponse satisfaisante non seulement au problème b) de la liste énumérée précédemment, mais aussi au problème c).

Pour répondre à l'invitation de concentrer les recherches sur un seul type de matériel, la Présidence n'éprouva aucune difficulté dans le choix de celui-ci, car la plupart des centres avaient déjà manifesté une nette préférence à son égard au cours de la phase d'engagement provisoire. S'il apparut, au début, avantageux de proposer aux Centres de faire les mesures sur deux blocs différents obtenus sur le polygone de Reichenbach, les blocs 2.5 et 2.6 [3], il fut bientôt évident qu'il n'était pas possible d'accumuler, dans un laps de temps raisonnable, des résultats de mesures sur les deux blocs. Le premier des deux blocs fut donc laissé de côté et tous les efforts se concentrèrent sur le bloc 2.6 qui sera décrit dans le paragraphe suivant.

Le programme général de la recherche a été divisé en deux phases successives. La première comprend l'exécution des mesures et l'acquisition des résultats bruts, c'est à dire non compensés, mais uniquement transformés linéairement sur des points à l'extrémité des bandes, les mêmes pour toutes les mesures. La deuxième phase comprend par contre la compensation par des méthodes différentes de tous les blocs triangulés par les centres et l'analyse des résultats obtenus.

L'objectif de la première phase des opérations était de recueillir des informations suffisantes pour permettre une étude approfondie et documentée sur la précision des opérations de mesure exécutées selon des procédés analytiques ou analogiques, pour déceler des causes éventuelles d'erreurs systématiques, pour évaluer l'influence des erreurs accidentelles et enfin pour avoir une vue claire de la situation avant la compensation et, par conséquent, permettre l'estimation de l'amélioration qu'elle apporte.

La deuxième phase s'était proposée de répondre aux points suivants: quelle amélioration peut-on obtenir sur les coordonnées des points en compensant le bloc dans son ensemble? Quelle précision globale est-il possible d'atteindre dans un bloc de bandes de dimensions réduites, en employant des procédés de compensation simples et rapides? Enfin, quelle est l'importance de la position et du nombre de points employés pour la compensation? L'ensemble des résultats devait aussi permettre d'établir une comparaison entre les résultats des différents modes de compensation, entre divers procédés opératoires et, en particulier, entre la triangulation analogique et la triangulation analytique.

Mais pour accroître la valeur de l'ensemble des tests et rendre ces derniers plus utiles sur le plan pratique, les travaux devaient, en plus des informations strictement techniques, fournir des données et des résultats sur le plan économique et sur celui de l'organisation, tels que, par exemple, la durée des différentes phases et les particularités opératoires suivies. En effet, une application technique telle que la photogrammétrie ne peut tolérer que les résultats obtenus soient confrontés et jugés seulement sur la base d'indices de précision globale sans tenir compte de tous les autres éléments qui entrent en jeu dans l'opération et desquels dépend aussi le résultat, même s'il s'agit de la seule précision.

Pour atteindre ces buts, tous extrêmement intéressants, il a été nécessaire d'arrêter certaines règles. Celles-ci visaient avant tout à obtenir toutes les informations, qu'elles soient intermédiaires ou finales, nécessaires aux études et aux évaluations proposées, suivant des formulaires et des ordres fixés dès le début.

La première phase des opérations exigea un certain nombre de règles relatives:

- a) au contrôle périodique des instruments servant à la triangulation analytique ou analogique;
- b) à l'exécution des mesures qui devaient être répétées deux fois indépendamment l'une de l'autre pour chaque bande;
- c) au choix des points de contrôle à restituer à l'intérieur de chaque bande et des points de liaison entre bandes adjacentes;
- d) à la présentation des résultats intermédiaires susceptibles de permettre une évaluation de la précision intrinsèque de la formation et de l'enchaînement des couples (parallaxes résiduelles, ruptures sur les points de liaison entre couples consécutifs);

- e) à la transformation linéaire des coordonnées des points de contrôle de chaque bande en se servant de groupes de points communs à tous les centres;
- f) à l'exécution des premiers calculs préliminaires pour la comparaison des résultats des deux mesures indépendantes et pour la détermination des erreurs résiduelles sur les points de contrôle.

La rédaction de ces règles dans leur forme définitive se fit après un sérieux échange de vues entre la Présidence, les Membres de la Commission et les Directeurs des Centres.

Le début de la deuxième phase d'activité fut décidé et organisé à l'occasion de la réunion de la Commission B qui eut lieu à Lausanne le 19 octobre 1962. Pendant cette réunion, furent choisis les principes généraux sur la base desquels on effectuerait les compensations des mesures et qui seraient par la suite codifiés par la Présidence en normes précises. Ces normes établissent que:

- g) la compensation des blocs doit être effectuée au moyen de procédés simples: la méthode I. T. C. *Jerie* analogique et les deux méthodes analytiques élaborées par le Centre de Milan, appelées »Milano A« et »Milano B«;
- h) que toutes les mesures indépendantes des blocs faites par les Centres doivent être compensées à la fois par les trois procédés mentionnés au point g);
- i) que, pour les compensations, les Centres doivent transmettre les données de mesure écrites sur les formulaires ad hoc, ceci dans le but de faciliter leur transcription sur des fiches perforées;
- j) que les points d'appui pour la compensation des blocs doivent être les mêmes pour toutes les mesures et pour tous les types de compensation;
- k) que le choix de ces points d'appui doit incomber à la Présidence qui l'effectuera de commun accord avec les centres chargés de l'exécution des compensations.

Il ressort clairement de l'ensemble de ces règles, que leur but précis est de pouvoir disposer d'un matériel de confrontation abondant et homogène quoiqu'obtenu par les différents procédés et de faire en sorte que, dans la mesure du possible, l'ensemble des résultats ait une valeur même sur le plan statistique.

On peut se demander actuellement si on peut considérer ces résultats comme acquis. Tout en se réservant de montrer dans les paragraphes suivants les points où il n'a pas été possible d'obtenir l'homogénéité complète dans les résultats et ceux où elle a été satisfaisante, on peut porter tout de suite un jugement d'ensemble sur l'efficacité des normes et sur les inconvénients auxquels elles ont donné lieu.

Comme ces règles avaient été fixées à la suite d'une discussion approfondie avec les centres et comme, en outre, on disposait de l'expérience acquise par les recherches de la période précédente et par celles faites par les autres commissions de l'O. E. E. P. E., celles de la Commission A en particulier, elles ont été accueillies et observées de bon gré par les centres. Ces derniers ont montré un sens très vif de la collaboration scientifique en gardant des contacts étroits avec la Présidence et entre eux. Il n'est toutefois pas possible de nier que justement la recherche, parfois minutieuse, de l'homogénéité, a provoqué un grand retard dans l'obtention et l'analyse des données. On ne peut que déplorer en effet qu'une recherche entreprise il y a déjà sept ans parvienne seulement

à donner ses résultats au moment où le problème faisant l'objet de la recherche a perdu une bonne part de son originalité et que l'intérêt pour les résultats a sensiblement diminué, tant du point de vue technique que scientifique. En plus de la perte de temps, le plus grave des inconvénients, la recherche de l'homogénéité dans les résultats acquis par les différents centres, a entraîné une perte de matériel non négligeable; par exemple, ainsi qu'on le verra, parmi plus de 220 points de contrôle distribués sur le polygone, un tiers environ a dû être éliminé, parce que ne figurant pas dans toutes les mesures et dans leur compensation.

Malgré ces inconvénients, peut-être inévitables, l'attente patiente des centres, leur active collaboration, qui mérite la plus profonde reconnaissance de la part de tous les usagers de la photogrammétrie, ont permis d'acquérir des résultats, à mon avis, encore jamais atteints quant à leur valeur expérimentale. Ces résultats ne manqueront pas de se révéler utiles techniquement et de constituer une référence sûre pour les applications pratiques et pour les recherches théoriques dans un proche avenir.

2. Le bloc 2.6 du polygone de Reichenbach

Pour permettre une meilleure compréhension et une estimation plus valable des résultats, avant de commencer l'exposé détaillé des phases opératoires successives, il est nécessaire de présenter les caractéristiques fondamentales du matériel photographique dont les Centres se sont servi. Il s'agit, comme on l'a dit au paragraphe précédent et écrit dans quelques publications [1], [2], [4], du bloc 2.6 du polygone de Reichenbach.

Le polygone de Reichenbach est situé au centre de l'Allemagne de l'Ouest, dans la zone qui se trouve au sud-est de Stuttgart. Ses caractéristiques, les travaux de préparation accomplis par l'Institut für Angewandte Geodäsie de Francfort pour la détermination sur le terrain des coordonnées des points de contrôle et pour leur signalisation convenable, la précision de ces déterminations, l'ensemble des vols effectués avec différentes chambres et à plusieurs altitudes sont amplement décrits dans la publication [3] où le lecteur pourra trouver tous les détails qui l'intéressent. La portion du polygone de Reichenbach destinée au vol qui constitue le bloc 2.6 est représentée avec ses caractéristiques altimétriques les plus significatives dans la figure 1. La morphologie du terrain est plutôt tourmentée et elle est constituée par des vallées enfoncées dans un haut-plateau avec des dénivellations allant jusqu'à 300 m; les bords des vallées ont des pentes très raides et boisées; les fonds de vallées sont peuplés par de petits centres habités avec de vastes étendues cultivées.

On a réparti sur ce territoire plus de 200 points de contrôle mais leur densité n'est pas toujours uniforme du fait de la nature du terrain et de la difficulté de détermination des coordonnées. On constate une concentration sur le côté est du bloc bien plus grande que sur le côté ouest. La figure 2 représente les positions de tous les points qui ont été utilisés par tous les centres. Le groupe entier est constitué de points signalisés sur le terrain.

Le vol pour le bloc 2.6 a été effectué avec la chambre Wild RC 7a dont les caractéristiques géométriques sont les suivantes: focale 100,36 mm, format 14×14 cm². La courbe de la composante radiale symétrique de la distorsion de l'objectif Aviogon n. 7, obtenue par le constructeur de l'appareil, est indiquée dans la figure 3. Elle présente des variations assez limitées dans tout le champ d'utilisation.

La chambre Wild RC7a est une chambre à plaques. Pour les prises de vues, on adopta des plaques Gevaert type Aviphot 30. Les diapositives, en nombre suffisant pour être distribuées à tous les Centres intéressés, ont été obtenues sur «ultra flat glass» de la Maison Gevaert en employant la tireuse K 30 de la Maison C. Zeiss.

C'est l'Institut für Angewandte Geodäsie de Francfort lui-même qui a exécuté la reproduction pour laquelle on n'a pas utilisé d'appareils à compensation automatique des différences de luminosité. Du point de vue photographique, le matériel possède d'excellentes qualités; bonne définition au centre légèrement décroissante vers les bords, contraste modéré, luminosité uniforme dans l'ensemble du champ.

La définition du point principal et du système de référence sur la plaque est obtenue à partir de quatre repères constitués par des trous pratiqués dans les écrans qui délimitent le champ au milieu de chaque côté de la plaque. L'image de ces trous, dont le diamètre est assez considérable, apparaît sur la plaque d'une manière assez irrégulière. Ceci est partiellement dû à l'image du terrain qui se trouve dans le trou et en partie, à la poussière qui s'y accumule. Il s'ensuit que la précision du pointé de ces repères, plus que suffisante pour les appareils analogiques, est assez imprécise dans les mesures au stéréocomparateur pour la triangulation analytique. L'examen des données recueillies dans la triangulation analytique nous porte à conclure que l'erreur quadratique moyenne de pointé des repères est plus grande que $\pm 0,01$ mm.

On espère que les constructeurs veilleront à doter les chambres de prise de vues de repères mieux définis et plus adaptés à la triangulation analytique.

Les vols ont été effectués le 26 avril 1959 de 8 h. 23 m. à 10 h. 24 m., à une altitude relative moyenne de 1 200 m. Les conditions atmosphériques étaient favorables. La couverture générale du polygone a été réalisée par cinq bandes longitudinales, dirigées «grosso modo» dans la direction nord-est — sud-ouest. Les vols des cinq bandes ont été exécutés dans la même direction.

La figure 4 représente le schéma planimétrique des vols avec les polygonales des points nadiraux de chaque photogramme. La figure porte en outre l'indication des positions des modèles initiaux et finaux de chaque bande. Chacune des bandes compte le nombre de couples et la longueur indiqués ci-dessous:

2.6.1.	9 couples	6 km
2.6.2	2 + 6 couples	6 km
2.6.3	10 couples	7 km
2.6.4	9 couples	6,5 km
2.6.5	10 couples	6,5 km.

Les dimensions transversales du bloc varient de 6 km sur le côté sud-ouest à 6,5 sur le côté nord-est. Le recouvrement transversal entre les bandes adjacentes a été en moyenne de 10% avec des variations locales considérables dues aux caractéristiques du terrain.

Ainsi qu'il apparaît déjà à la vue du schéma planimétrique des vols contenu dans la figure 4, la géométrie de la couverture ne se révèle pas pleinement satisfaisante. Le tableau 1 contient des éléments plus détaillés illustrant le schéma géométrique des vols. Pour chaque modèle des cinq bandes du bloc, dans le tableau 1 sont fournis: le numéro d'ordre des photogrammes qui composent le modèle, les différences $\Delta\varphi$, $\Delta\alpha$ et $\Delta\omega$ des éléments d'orientation angulaire des deux plaques qui composent le modèle (la diffé-

rence est calculée en soustrayant de la valeur de l'élément angulaire d'orientation propre à la plaque $n + 1$, la valeur de l'élément d'orientation correspondant, propre à la plaque n); la valeur du rapport de base $bx/\Delta Z_0$, le rapport d'agrandissement entre deux modèles successifs R ; la différence entre les inclinaisons de la base dans deux modèles successifs; la différence entre les orientations de la base dans deux modèles successifs.

La relation $bx/\Delta Z_0$ a été calculée comme rapport entre la longueur de la composante bx de la base et la différence entre la moyenne des hauteurs Z_0 des deux points de prise de vues des photographies qui composent le modèle et la moyenne des hauteurs Z des points nadiriaux correspondants sur le terrain.

La valeur de R , contenue dans la 7^e colonne, a été calculée comme rapport entre la composante bx de la base dans le modèle $n + 1$ et la composante bx de la base dans le modèle n .

Enfin, les différences des inclinaisons et des orientations $d\Phi$ et $d\Theta$, dont les valeurs se trouvent dans les 8^e et 9^e colonnes du tableau, ont été obtenues par les formules suivantes [4]:

$$\begin{aligned} d\Phi &= \arctang \frac{bz_{n+1}}{bx_{n+1}} - \arctang \frac{bz_n}{bx_n} \\ d\Theta &= \arctang \frac{by_{n+1}}{bx_{n+1}} - \arctang \frac{by_n}{bx_n} \end{aligned} \quad (1)$$

Les calculs de R , $d\Phi$ et $d\Theta$ ont été obtenus par programme électronique en utilisant certaines données du test 5. Les valeurs obtenues ont été approchées à peu de décimales près, puisque dans ce cas, leur signification descriptive a un caractère global. On a préféré présenter non pas les valeurs absolues des éléments d'orientation des photographies de chaque bande, mais les valeurs relatives qui restent indépendantes de l'allure des différentes bandes triangulées. En effet, les données relatives aux éléments d'orientation dont on dispose, tant pour les triangulations analytiques qu'analogiques, sont les données brutes, c'est à dire, antérieures non seulement à la compensation, mais aussi à la transformation linéaire des bandes.

Un premier regard au tableau 1 nous fait constater la présence de fortes variations dans les éléments d'orientation intérieure et extérieure des modèles. Les variations du paramètre $\Delta\varphi$ sont les plus fortes dans la bande 2.6.1; entre le troisième et le quatrième modèle on a une variation légèrement inférieure à 8°. Toujours dans la bande 2.6.1, le paramètre $\Delta\omega$ a, lui aussi, un comportement très variable; entre le 7^e et le 8^e modèle, la variation de $\Delta\omega$ est de 8° environ. Dans les cinq bandes, les valeurs du $\Delta\kappa$ des modèles sont en moyenne plus élevées que les valeurs $\Delta\varphi$ et $\Delta\omega$; c'est dans les bandes 2.6.3 et 2.6.5 que l'on trouve la plus grande variation, où l'on a des valeurs maxima de $\Delta\kappa$ allant jusqu'à +9,8° et +8,3° respectivement. Ces données indiquent assez bien l'instabilité directionnelle locale de l'avion pendant le vol. Les deux dernières colonnes du tableau, où figurent les variations $\Delta\Phi$, $\Delta\Theta$ de la direction de la base, montrent d'ailleurs que la direction du vol s'est aussi révélée très variable, du point de vue planimétrique surtout. Comme pour $\Delta\kappa$, les bandes présentant les irrégularités les plus grandes d'orientation du vol sont la 2.6.3 et la 2.6.5, alors que les valeurs les plus grandes de $\Delta\Phi$ se trouvent dans la bande 2.6.1.

La conclusion que l'on peut tirer de ces constatations est que l'avion était non seulement instable lors du vol, mais qu'il subissait aussi de sensibles variations de parcours, occasionnées soit par la dérive, soit par les corrections du vol, dues à la très grande irrégularité du terrain survolé.

C'est, semble-t-il, à ce dernier facteur surtout qu'il faut attribuer les variations anormales enregistrées dans le rapport de base propre à chaque modèle et dans le rapport d'échelle entre modèles consécutifs. La dispersion la plus grande de ces valeurs est localisée dans les bandes 2.6.2 et 2.6.5. Tout naturellement, la variabilité de rapport de base entraîne comme conséquence des variations considérables du recouvrement longitudinal des photogrammes. On a en effet des modèles avec un recouvrement de plus de 70% et d'autres où le recouvrement est légèrement supérieur à 50%. A cause des variations altimétriques du terrain, la zone commune à deux modèles consécutifs est brisée parfois en deux ou plusieurs parties diversement réparties. Le modèle 2140—41 et le modèle 2141—42, appartenant à la bande 2.6.2, n'ont aucune partie commune, de sorte que la continuité de la bande se trouve interrompue en cet endroit. Cette rupture de la bande est indiquée dans la figure 4 par une zone hachurée.

A l'effet de pallier cet inconvénient qui rend impossible l'exécution continue de l'enchaînement du fait qu'il n'est pas possible d'exécuter le transport d'échelle, l'Institut für Angewandte Geodäsie a procédé à une série de mesures sur le sol, susceptibles de permettre la liaison des modèles de la bande 2.6.2. Ces mesures consistent à déterminer directement la dénivellation entre un groupe de points situés dans la zone nadirale du photogramme 2141 et appartenant au modèle 2140—2141 et un autre groupe de points, aussi proches que possible des précédents mais appartenant au modèle formé par les deux photogrammes 2141—42. Après avoir déterminé, à travers l'enchaînement, l'altitude du premier groupe de points au moyen de la dénivellation mesurée sur le terrain, on obtint les altitudes de l'autre groupe de points et, par leur intermédiaire, il fut possible d'imposer au modèle 2141—42 la même échelle que celle du modèle précédent.

Ce procédé a permis l'utilisation de la bande, mais il a sans doute provoqué une discontinuité dans l'enchaînement et par là dans les erreurs propres à la bande.

On peut dire, en anticipant sur ce qui sera mis en évidence plus loin, qu'il ne semble pas que l'effet nuisible de la rupture de continuité soit visible dans les résultats. Il peut y avoir là une preuve que, en opérant avec le procédé des blocs, la compensation d'ensemble des résultats permet de limiter les conséquences nuisibles des inconvénients tels que celui que l'on déplore ici.

3. Evolution chronologique des travaux

Suivre pas à pas le déroulement des travaux de la Commission, soit à la Présidence, soit aux Centres, paraît non seulement difficile et complexe mais encore inutile. Depuis le stade initial, pendant lequel l'effort des Centres s'est défini et peu à peu concentré sur un sujet précis, jusqu'à la dernière phase, où les Centres ont exercé surtout une activité critique tant au sujet de leurs propres mesures que sur les résultats généraux de la recherche, plus de cinq ans se sont écoulés. Il semble presque incroyable, que pour en arriver à l'état actuel où l'on peut terminer partiellement une partie du programme initial, il ait fallu tant de temps. Les étapes de ce lent processus peuvent

être revues retrospectivement à travers les documents, les informations, les encouragements et les normes faisant l'objet des 42 circulaires envoyées par la Présidence. On s'aperçoit ainsi de la difficulté de la recherche expérimentale répartie dans des Centres éloignés mais en liaison les uns avec les autres. Tenir les rênes de pareille recherche et parfois manier le fouet fut en définitive plus un travail de patience que de maîtrise technique. Mais les Centres, aussi, que les longs retards dans l'obtention des données complètes n'ont jamais découragés, firent preuve d'une patience non moins grande. Ils se montrèrent même complaisants et empressés à satisfaire les demandes de la Présidence qui avait le souci de faire respecter les normes aussi rigoureusement que possible, afin d'assurer l'homogénéité des résultats.

En parcourant donc le bref compte rendu chronologique des opérations qu'un sens profond du besoin de documentation historique nous pousse à présenter dans ce paragraphe, le lecteur devra bien se garder de voir dans le retard d'un Centre ou d'un autre, au cours des différentes phases, un signe de fatigue ou de mauvaise volonté. Il ne faut pas oublier, il faudrait même constamment le rappeler, que la plupart des centres ont offert leur collaboration alors qu'ils étaient engagés par leur statut dans la réalisation de programmes cartographiques d'intérêt national qui avaient la priorité sur les travaux de recherche organisés par la Commission. C'est pourquoi, une bonne partie des délais plus ou moins prolongés subis dans les travaux et dans la collaboration des Centres doivent être vus sous ce jour. Il faut aussi faire remarquer que dans les années suivant immédiatement 1960, il y eut une demande importante et pressante de travaux photogrammétriques, qui venait aggraver cet état de choses et qui a certainement été pour une part dans le retard du travail de recherche.

Ces préambules nécessaires étant faits, on essaiera de tracer sommairement et chronologiquement les étapes de la recherche. La période antérieure à 1961 sera volontairement mise de côté, soit parce qu'elle a été déjà traitée dans d'autres publications [1], soit parce que la pluralité d'objectifs et de matériels disponibles rendaient vagues les limites et les buts de la recherche.

Au début de 1961, les Centres qui avaient confirmé leur intention de travailler sur le problème des blocs pour la cartographie à grande échelle étaient:

- *Le Centre I. T. C.* — *Delft*: institué auprès de l'«International Training Centre for Aerial Survey» de Delft — Hollande.
- *Le Centre C. A. S. F.* — *Milan*: institué au «Centro di Addestramento e Studi Fotogrammetrici» de l'Ecole Polytechnique de Milan — Italie.
- *Le Centre T. H.* — *Stuttgart*: institué auprès de l'«Institut de Photogrammétrie de la Technische Hochschule» de Stuttgart — Allemagne de l'Ouest.
- *Le Centre I. A. G.* — *Francfort*: institué auprès de l'«Institut für Angewandte Geodäsie» de Francfort — Allemagne de l'Ouest.

L'Institut für Angewandte Geodäsie de Francfort avait déjà distribué à ces Centres, avec d'autres matériels demandés, les diapositives du bloc 2.6 et tous les documents nécessaires pour procéder au début des opérations de mesure.

- *Le Centre B. E. V.* — *Vienne*: institué auprès du «Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen» de Vienne — Autriche, s'engage lui aussi au printemps 1961 à collaborer aux recherches de la Commission. Le matériel photographique du bloc 2.6 est immédiatement envoyé à ce Centre.

Enfin, au début de l'année 1962, un autre Centre demande de participer aux travaux; c'est:

- *Le Centre I. G. M. — Bruxelles*: institué auprès de l'Institut Géographique Militaire de Bruxelles — Belgique.

L'offre est immédiatement accueillie et le matériel photographique envoyé au Centre de Bruxelles.

En réalité, dès les premiers moments du lancement de la recherche de la Commission B, un autre centre de travail en Allemagne avait adhéré à l'initiative: le *Centre T.H. Karlsruhe*, institué auprès de l'Institut de la Technische Hochschule de Karlsruhe — Allemagne de l'Ouest. Bien que ce Centre ait toujours apporté une contribution active par un travail assidu, les résultats qu'il a obtenus sont malheureusement inutilisables à cause d'une erreur banale et fortuite dans la fourniture des documents. C'est pourquoi, et nous le regrettons, dès maintenant il ne figurera pas dans la liste des Centres participant à la recherche.

Vers la moitié de 1962, la situation des Centres de recherche, les procédés opératoires choisis par eux, les instruments à utiliser pour la mesure sur le seul matériel du bloc 2.6 étaient ceux qui figurent dans le texte que nous vous présentons ci-dessous.

Dans cette liste, chaque groupe particulier d'opérations effectué par un même Centre, suivant un même procédé et avec les mêmes instruments, prend le nom de Test. Les numéros des tests des Centres ne suivent pas un ordre rigoureux: on saute du 1 au 5, du 6 au 9 et ainsi de suite. Ceci provient du fait que, au cours de la phase initiale d'organisation, quand le programme, encore assez vaste, comprenait deux blocs différents (le 2.3 et le 2.6), on avait dressé une liste de tests suivant un ordre complet où les numéros se suivaient. Quand, par la suite, le programme fut réduit par l'élimination d'un bloc, pour cette première phase de la recherche du moins, on a jugé, opportun de ne pas modifier le numérotage du matériel du bloc 2.6 afin de ne pas donner lieu à des confusions.

- *Centre I.T.C. — Delft*: test 1 — Triangulation analytique avec Stéréocomparateur Wild.
- *Centre C. A. S. F. — Milan*: test 5 — Triangulation analytique avec Stéréocomparateur O.M.I. TA 3 — test 6 — Triangulation analogique avec Stéréocartographe Galileo-Santoni IV.
- *Centre B. E. V. — Vienne*: test 9 — Triangulation analogique avec Autographe Wild A 7.
- *Centre I. A. G. — Francfort*: test 10 — Triangulation analogique avec Stéréoplanigraphe Zeiss C 8.
- *Centre I. G. M. — Bruxelles*: test 12 — Triangulation analogique avec Autographe Wild A 7.
- *Centre T. H. — Stuttgart*: test 15 — Triangulation analytique avec Stéréocomparateur Zeiss 18 × 18, se limitant aux seules bandes 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5, à défaut d'un programme de calcul permettant de surmonter les difficultés causées par l'interruption de la bande 2.6.2.

Certains de ces Centres avaient déjà, depuis quelque temps, procédé à l'exécution des mesures.

En Août 1961, le Centre I. T. C. Delft avait commencé les travaux de triangulation, travaux qui étaient achevés dès les premiers mois de 1962.

Le Centre B. E. V. Vienne, qui avait commencé les travaux en automne 1961, terminait l'exécution du test 9 au cours de l'été 1962.

Le test 6, du Centre C. A. S. F. Milan, fut achevé en quatre mois vers la fin de 1961 et le début de 1962.

Entre le printemps et l'automne 1962 à Francfort, le Centre I. A. G. effectua le test 10, alors qu'à Stuttgart le Centre T. H. effectua les triangulations des trois bandes formant le test 15. En automne 1962, le Centre C.A.S.F. Milan commença la triangulation du test 5, opération qui fut terminée presque trois mois plus tard, les premiers jours de 1963.

Entre les derniers mois de l'année 1962 et le premier trimestre de 1963, le Centre I. G. M. Bruxelles terminait le test 12. Au printemps 1963 toutes les mesures de tous les tests qui, sur la base des règles de la Commission, avaient été exécutées en deux reprises indépendantes au moyen du même procédé, étaient terminées. Les copies des formulaires contenant les enregistrements étaient, conformément au règlement, envoyées à la Présidence.

Chacun des Centres de travail, au terme des opérations de mesure, se chargeait de l'exécution de la transformation linéaire des différentes bandes en les appuyant sur deux groupes de points connus, un au début et l'autre à l'extrémité de chaque bande, fixés préalablement par la Commission et les mêmes pour tous les tests. Durant cette phase de calcul, les Centres devaient apporter les corrections de la courbure terrestre aux altitudes photogrammétriques des points.

Au cours de la deuxième phase des travaux, qui débuta, comme on l'a déjà dit, avec la réunion de la Commission à Lausanne en Octobre 1962, les Centres étaient appelés à transmettre les résultats des mesures, inscrits dans les formulaires prévus à cet effet, aux Centres chargés d'effectuer les compensations. A leur tour, ces derniers, après avoir fait les compensations, devaient communiquer aux autres centres les coordonnées compensées des points et les erreurs résiduelles de ces coordonnées par rapport aux coordonnées topographiques déterminées au sol par l'Institut für Angewandte Geodäsie de Francfort.

Le choix des points servant aux compensations fut arrêté de commun accord entre les trois Centres de Delft, Vienne et Milan où devaient se faire les calculs de compensation, selon le critère général sanctionné par les normes, à savoir que ces points d'appui restent les mêmes pour tous les tests et pour tous les types de compensation. Bien qu'il fût, à priori, souhaitable que même les points de liaison entre les bandes intervenant dans les compensations par blocs soient identiques dans tous les cas, une analyse approfondie révéla l'impossibilité d'unifier à ce stade les points utilisés. Par conséquent, ceux-ci furent choisis au fur et à mesure, suivant des critères d'opportunité. Le Centre de Milan réussit cependant à faire en sorte que les compensations Milan A et Milan B des tests se basent toutes (à l'exception d'une variante de faible importance pour les tests 10 et 12) sur le même groupe de points de liaison.

Les premiers formulaires remplis parvinrent aux Centres responsables des compensations au cours des premiers mois de 1963 et continuèrent à arriver, par groupes successifs, jusqu'au milieu de l'année. Seul le Centre I. G. M. Bruxelles transmet les

tableaux des coordonnées transformées du test 12 à la fin de 1963. En automne, les tests 1, 5, 6, 10, 15 étaient tous compensés tant selon le procédé I. T. C. *Jerie*, que selon les procédés désignés par Milan A et Milan B. Le test 12 fut compensé suivant les trois méthodes dans les premiers mois de 1964. Au terme de cette opération, les Centres de Delft, Vienne et Milan avaient effectué au total 60 compensations, réparties comme suit: 16 suivant le procédé I. T. C. *Jerie*; 26 suivant le programme Milan A; 18 suivant le programme Milan B.

Afin d'être en mesure de présenter au Congrès de la S. I. P., qui eut lieu à Lisbonne en Septembre 1964, un rapport provisoire sur les travaux de la Commission, accompagné d'un certain nombre de données globales illustrant même partiellement les résultats obtenus, à la fin de l'année 1963 la Présidence demanda aux Centres d'effectuer une série de calculs à la fois sur les coordonnées des tests respectifs, transformées linéairement, et sur les coordonnées compensées selon les différentes méthodes. On demandait le calcul:

- de la moyenne des erreurs,
- de la valeur quadratique moyenne des erreurs.

Les résultats de ces calculs purent être obtenus à temps pour la présentation à Lisbonne d'un «Invited Paper». Ils figurent dans la publication citée [2].

Dans la circulaire n. 23 du 13 Juillet 1963, la Présidence de la Commission donnait un schéma selon lequel les Centres étaient invités à rédiger le rapport final sur le travail expérimental effectué. On demandait, conformément à l'esprit des nouvelles normes établies au début, en plus de la description détaillée des opérations accomplies, une analyse des temps de chaque phase d'opérations et de l'état de réglage de l'instrument pendant la période de travail, une critique des résultats portant surtout sur l'appréciation de la précision interne des modèles et de celle de leur enchaînement. Les Centres disposaient de presque toute l'année 1964 pour la rédaction de ce rapport sur leur travail. Au début de l'année suivante, tous les rapports n'étaient pas terminés de manière suffisamment détaillée. Toutefois rien ne s'opposait à ce que l'on donnât le départ à la phase finale du cycle dont les règles et le calendrier avaient été discutés et arrêtés au cours de la réunion de la Commission qui se tint à Stresa en Septembre 1965. Celle-ci avait cependant déjà été abordée quelques mois auparavant, car la Présidence avait pris le soin d'étudier et de soumettre à la Commission le schéma de synthèse du rapport final.

En ce qui concerne cette dernière phase de la recherche dont le présent rapport est le fruit, il semble utile de mentionner un seul détail. La Commission, au cours de la séance de Stresa, décida que les Centres procéderaient à des calculs ultérieurs sur leurs observations en vue d'aider la Présidence à laquelle incombaient d'autres calculs délicats d'ordre global sur le groupe entier des tests. Avec l'esprit de collaboration qui leur est habituel, les Centres répondirent à cette demande et offrirent leur collaboration. Celle-ci ne fut toutefois pas nécessaire, car la Présidence jugea bon, pour l'exécution du groupe entier de calculs prévus, de préparer un programme de calcul électronique adéquat. Ce travail fut accompli entièrement au Centre C. A. S. F. de Milan et le programme fut préparé par M. l'ing. *R. Galetto* que suivit aussi les opérations de calcul numérique.

La Commission et les Directeurs des Centres se sont réunis une fois encore à la fin de 1966 à Turin, pour examiner et discuter la rédaction de la dernière partie du rapport (cf. paragraphe 7 et les suivants) contenant l'analyse des résultats. Au cours de la même séance, on a pris les autres accords qui ont amené, par un échange continu de remarques et de suggestions, à la rédaction actuelle du présent rapport.

Cette revue chronologique des opérations est assez sommaire, car son seul but était de mettre en évidence les difficultés et la complexité d'une recherche présentant toutes les garanties à l'échelle internationale.

4. Travaux de triangulation effectués aux Centres

Les règles générales ayant présidé au travail commun des Centres stipulaient que chaque Centre était non seulement autorisé, mais vivement engagé à publier le rapport sur le travail exécuté dans le cadre de la Commission. Les conditions formelles auxquelles on devait répondre dans ces publications sont très peu restrictives. Jusqu'à présent peu de Centres seulement usèrent de cette faculté.

Chaque Centre envoya à la Présidence un rapport contenant quelques indications et considérations sur le travail accompli, sur les premiers résultats obtenus, sur les difficultés rencontrées, sur la durée des différentes phases d'opération. Ces rapports sont intégralement reproduits ici. Chaque Centre est personnellement responsable des travaux accomplis, des procédés adoptés, des résultats obtenus, des informations fournies sur la conduite des opérations.

Le Centre de Milan, qui a publié un rapport assez volumineux [4], ne donne ici qu'un résumé de ses travaux. Il est rédigé par la personne responsable des travaux de ce Centre. On présente de même un résumé limité du travail fait par le Centre de la T. H. à Stuttgart qui, lui aussi, fait l'objet d'une publication [9]. La Présidence, tout en n'allant pas au fond du contenu des rapports, se porte garante — sur la base des rapports périodiques établis avec les Centres — de l'échange d'informations, de l'envoi constant et périodique des documents sur les mesures effectuées et sur les calculs, de la bonne foi et de la sincérité des informations contenues dans les rapports présentés ci-dessous.

4.1. Rapport sur le test 1

Centre I.T.C. Delft — Rédacteur Ir. Visser

Triangulation analytique

1 —

Les observations ont été exécutées sur le stéréocomparateur n. 823 de Wild, pendant la période 14 août — 4 septembre 1961.

2 —

Conformément aux règles, des mesures de vérification ont été exécutées avant et après les observations, à l'aide d'observations monoculaires de plaques quadrillées (25 points). Voir figures 5 et 6.

Précision interne: chaque observation de plaques quadrillées étant faite deux fois (aller et retour), on peut calculer l'erreur quadratique moyenne de la simple observation d'une coordonnée. On trouve: $m_x = m_y = 1,4 \mu$. En conséquence, l'erreur quadratique moyenne de l'observation moyenne (aller et retour) est: $m_x = m_y = 1,0 \mu$.

Précision externe: chambre droite (graph. 1—4): $m_x = m_y = 2,3 \mu$.
chambre gauche (graph. 5—8): $m_x = m_y = 1,5 \mu$.

La chambre gauche ne présente pas d'erreurs systématiques; celle de droite (voir fig. 5), par contre, en est affectée (ordre de grandeur des erreurs systématiques en x et y : $1,7 \mu$).

Stabilité de l'instrument: en comparant les quatre restitutions avant la triangulation (5a, 5b, 6a, 6b) une à une avec leurs correspondantes après la triangulation (5c, 5d, 6c, 6d), on constate une grande stabilité.

3 —

Les observations ont été faites sur les diapositives envoyées par la Présidence.

Pour le transfert d'échelle entre modèles successifs, trois points, près du nadir de la photographie commune, ont été pré-sélectionnés et piqués dans cette photographie. Pour le contrôle de l'enchaînement entre modèles successifs, deux points »latéraux« ont été pré-sélectionnés et piqués (sur la photographie centrale seulement), c'est à dire, un point de chaque côté du point nadiral, à une distance d'environ 6 cm de ce dernier point.

Pour la liaison entre bandes adjacentes, en plus des points signalisés communs on pouvait utiliser aussi les points latéraux susdits, parce que chaque point latéral a été transféré (piqué) sur la photographie correspondante de la bande adjacente.

4 —

Le premier passage d'une bande (»babi«) a été commencé avec base intérieure, le deuxième avec base extérieure (»babu«). Pour le couple de départ, les parallaxes p_y aux points centraux ont été éliminées avec les vis $kappa$ des deux chariots. Dans les couples suivants, les parallaxes p_y ont été éliminées à l'aide des vis $kappa$ et by de la nouvelle plaque. Pour chaque couple, on a observé:

- les 4 marques de repère de chaque photo,
- les 6 points d'orientation relative (situation normale),
- les deux groupes de 3 points pour le transfert d'échelle,
- les points signalisés,
- les points piqués.

Les enregistrements automatiques se faisaient par le Wild EK-4.

L'agrandissement optique était de 11 fois.

Tous les points ont été observés une fois seulement. On a utilisé les prismes de Dove pour convertir des parallaxes transversales en parallaxes longitudinales.

L'enchaînement analytique a été basé sur la méthode *van den Hout* [5], programmée pour l'ordinateur électronique Stantec-Zebra de l'I. T. C.

5 —

Erreurs internes:

- a) La comparaison des coordonnées-bande des points communs des couples 1 et 2 de la bande 1 (»babi«) montrait une erreur dans le transfert d'échelle de 0,3‰. La cause en

était une erreur d'observation de hauteur d'un des trois points utilisés pour le transfert d'échelle. Avant la transformation linéaire, les coordonnées-bande du premier couple ont été corrigées en conséquence.

- b) De même, une erreur semblable dans le transfert d'échelle du couple 7 au couple 8 de la bande 3 («babi») de 0,5‰ a été trouvée. Avant la transformation linéaire, les coordonnées-bande des couples 8, 9, 10 ont été corrigées en conséquence.
- c) Dans les observations d'origine, les points de nivellement, pour surmonter le manque de recouvrement longitudinal dans la bande 2, n'étaient pas inclus parce qu'il y avait une petite partie commune entre les deux couples, au sud de l'hiatus, où on avait piqué un point (21412), utilisable pour le transfert d'échelle. Après les observations, cependant, il paraît que localement la stéréoscopie était très mauvaise et que le point 21412 n'avait aucune valeur. C'est pour cette raison que les couples 40/41 et 41/42 ont été re-observés en prenant aussi en considération les points de nivellement.
- d) Le couple 7 (04/05) de la bande 4 («babi»), après la première phase de calcul électronique, présentait des parallaxes p_y résiduelles de l'ordre de 30 μ . Pour cette raison, le couple a été re-observé.
- e) Dans les observations initiales du couple 1 (98/99) de la bande 4 on oublia le point 368; c'est pourquoi le couple a été re-observé.
- f) Même chose pour le point 963 du couple 1 (35/36) de la bande 2.
- g) Même chose pour le point 484 du couple 1 (86/87) de la bande 3.

Erreurs externes : Par suite d'erreurs et d'omissions dans le tableau de la Présidence, et par suite de l'application stricte de ce tableau par le photogrammètre qui exécutait la préparation des diapositives:

- h) Le couple 95/96 de la bande 3 n'était pas observé.
- i) Les points 777 et 779 du couple 55/56 de la bande 1 n'étaient pas observés.
- j) Tous les points signalisés ont été observés dans un couple d'une bande seulement, même si le point était situé dans deux couples successifs. En connection avec h et i , les couples 95/96 + 95/94 et 55/56 ont été re-observés.

Notre programme de triangulation analytique prévoit la possibilité de relier un couple re-observé à la bande originale, mais cela se fait par l'intermédiaire des points de repère des photographies. Les repères photographiques de la chambre RC 7 de Wild n'étant pas très bien définis, cette méthode a été évitée dans la mesure du possible et n'a été appliquée que pour le couple 04/05 de la bande 4 («babi»). Les points manquants ont toujours été interpolés du couple re-observé au couple original. Le dernier couple (95/96) de la bande 3 a été relié à la bande par l'intermédiaire du couple 95/94 qui, pour cette raison, a été re-observé aussi. Points sur lesquels on a eu des difficultés d'identification: 780, 805, 368.

Temps d'exécution:

- a) Préparation: 24 jours.
- b) Stéréocomparateur:
 - Bande 1, aller: 12 heures
 - retour: 9 heures

Bande 2, aller: 8 heures
retour: 9 heures

Bande 3, aller: 14 heures (y compris les 5 heures pendant lesquelles le EK-4 était en dérangement)
retour: 9 heures

Bande 4, aller: 9 heures
retour: 9 heures

Bande 5, aller: 9 heures (y compris les 7 heures pendant lesquelles le EK-4 était en dérangement)
retour: 16 heures

Re-observations: 17 couples: 20 heures.

c) Calculs:

Calculateur électronique:

coordonnées-bande (y compris les re-observations) : 19 heures

différences des coordonnées des points communs de couples successifs : 4 heures

transformation linéaire spatiale : 6 heures
29 heures

Telex (production des copies claires) : 28 heures

Analyse : 40 heures

Administration : 15 heures.

6 —

Précision intrinsèque

a) p_y — Valeur quadratique moyenne des parallaxes résiduelles aux six points d'orientation relative (de: $m^2 = \frac{\sum pp}{n}$, où n est le nombre de couples tandis qu'il y a 6 n parall.):

Bande 1 : $m = 3 \mu$

Bande 2 : $m = 3 \mu$

Bande 3 : $m = 6 \mu$

Bande 4 : $m = 7 \mu$

Bande 5 : $m = 3 \mu$.

Valeur quadratique moyenne des parallaxes résiduelles pour les points signalisés et points piqués respectivement:

Bande 1 : $m = 5 \mu$ (de 82 points) $m = 10 \mu$ (64 points)

Bande 2 : $m = 5 \mu$ (de 82 points) $m = 7 \mu$ (86 points)

Bande 3 : $m = 5,5 \mu$ (de 140 points) $m = 9 \mu$ (110 points)

Bande 4 : $m = 5 \mu$ (de 116 points) $m = 6 \mu$ (90 points)

Bande 5 : $m = 4,5 \mu$ (de 92 points) $m = 6,5 \mu$ (86 points).

Il s'ensuit que l'observation stéréoscopique d'un point piqué est moins précise que celle d'un point signalisé. Cela est dû au fait que les marques de repère dans le Stéréocomparateur de Wild se composent d'un petit point noir de $20\ \mu$ de diamètre (et un cercle noir autour de ce point, dont le diamètre est de $150\ \mu$). Pour l'observation des points signalisés il n'y a pas de difficultés. Pour les points piqués cependant (des trous dans l'émulsion d'un diamètre de $100\ \mu$ environ) il est impossible d'avoir une fusion stéréoscopique au moment où le repère est placé sur le point piqué, gauche ou droit, parce que le trou est trop dominant. Pour cette raison, la fusion stéréoscopique est réalisée (avec px, py) à côté du trou (à une distance d'environ $125\ \mu$ du centre du trou) et ensuite, par un mouvement commun des deux chariots, le repère est placé sur le point piqué. Il va sans dire que théoriquement cette méthode n'est pas correcte et constitue une source d'erreurs additionnelles.

A l'heure actuelle nous avons fait installer une paire de marques supplémentaires dans le Stéréocomparateur de Wild: des points noirs de $60\ \mu$ de diamètre. En utilisant, en plus, des trous piqués d'un diamètre plus petit que $100\ \mu$ (par exemple $50\ \mu$) on s'attend à une amélioration dans la précision d'observation des points piqués.

- b) p_x — Une estimation de la précision de l'observation des parallaxes horizontales peut être obtenue à l'aide des différences de hauteurs entre couples successifs des trois points (piqués) utilisés pour le transfert d'échelle.

Il y a $3n$ différences (d), où n est le nombre de transferts ($n = 82$).

Avec $m_{\Delta z}^2 = \sum dd/4n$, on trouve $m_z = 14\ \text{cm}$ et par conséquent: $m = m_{pz} = 6\ \mu\text{m}$.

- c) x, y — Une appréciation de la précision avec laquelle on peut faire coïncider une marque de repère avec un point piqué, peut être obtenue par l'aide des différences en x et y entre couples successifs des mêmes trois points utilisés. Avec $m^2 = \sum dd/6n$, on trouve:

$$m_x = 3\ \mu\ (0,04)$$

$$m_y = 4\ \mu\ (0,05).$$

7 —

Les coordonnées-bande ont été transformées linéairement (transformation linéaire spatiale, exécutée par le Zebra), en utilisant, selon les règles, les coordonnées planimétriques des barycentres du premier et du dernier couple, et deux hauteurs connues dans le premier couple et la hauteur du barycentre dans le dernier couple.

Les hauteurs ont été corrigées pour la courbure terrestre par la simple méthode graphique.

8 —

Analyse des différences entre les coordonnées transformées des points de contrôle de chaque bande, obtenues respectivement dans le premier et le second passage.

Sous forme de graphiques, en fonction de X , les différences ont l'allure de courbes assez régulières (de deuxième ou troisième degré) avec des valeurs maximums de $0,50$ — $1,00\ \text{m}$ et des discordances locales de l'ordre de $\pm 0,10$ — $0,30\ \text{m}$.

Exception: le point signalisé 780 du couple 8 de la bande 2, qui donne les différences: $\Delta X = 2,40$, $\Delta Y = 2,80$ et $\Delta Z = 0,70$.

On ne constate pas d'allure systématique entre les 5 courbes pour ΔX , ni pour ΔY , ni pour ΔZ .

9 —

Analyse des différences entre les coordonnées transformées des points communs à deux bandes adjacentes.

Les différences, représentées graphiquement en fonction de X , ont l'allure de courbes assez régulières (de deuxième ou troisième degré) avec valeur maximum de 1,00—2,00 m (ΔX et ΔY) et 4,00 m (ΔZ) et des discordances locales d'environ 0,25 m.

On ne constate pas d'allure systématique entre les 4 courbes pour ΔX , ni pour ΔY , ni pour ΔZ .

4.2. Résumé du rapport sur le test 5

Centre C. A. S. F. Milan — Voir bibliographie [4]

Triangulation analytique

1 —

Les mesures ont été effectuées sur le Stéréocomparateur TA 3/A de la O.M.I. de Rome, par un seul opérateur, au cours de la période allant du 11 Octobre 1962 au 22 Janvier 1963.

2 —

La période de travail indiquée comprend aussi les nombreux essais pratiques pour contrôler la précision et la stabilité de l'instrument. Ces tests consistèrent en la mesure répétée — aller et retour — de 13 points d'une plaque quadrillée. On connaît les coordonnées de ces 13 points avec une erreur quadratique moyenne très faible. Le pointé fait monoculairement est assez précis, l'erreur moyenne est de 1μ environ.

On a procédé, sur les trois chariots dont se compose le stéréocomparateur, respectivement, à 10, 12, 10 contrôles périodiques. Ces contrôles ont permis de déterminer le comportement de l'instrument selon les types d'erreur suivants: erreurs systématiques de mesure des coordonnées des points dans les différentes parties du champ; erreurs d'instabilité de l'instrument; importance des jeux mécaniques.

Le premier exemple d'erreur a été mis en évidence par la moyenne des écarts des coordonnées mesurées d'un point obtenus dans les essais successifs. La part de l'erreur due à l'instabilité de l'instrument a pu être déterminée par l'écart quadratique moyen ou variation des différences entre les coordonnées mesurées et les coordonnées véritables d'un point dans les contrôles effectués. L'influence des jeux mécaniques a été évaluée en moyenne par les différences entre les coordonnées d'un point mesurées à l'aller et au retour. Les résultats globaux figurent dans la figure 7. La figure 7a) représente les erreurs systématiques de mesure des coordonnées des 13 points. La figure 7b) montre, tout autour du point la zone de dispersion standard dans l'hypothèse d'indépendance entre les erreurs des deux coordonnées.

Dans la figure 7c) enfin, les vecteurs dans les deux directions normales indiquent l'influence moyenne des jeux de mesure sur chaque point.

Sur chaque plaque du bloc 2.6 on a mesuré les coordonnées de tous les points de contrôle, celles de 27 autres points à utiliser pour l'orientation des photogrammes et, en plus, les coordonnées de 2 ou 4 points de liaison avec les bandes adjacentes. Les croquis de ces derniers, choisis en correspondance avec les points naturels, ont été obtenus photographiquement.

Pour la triangulation des 5 bandes du bloc, on a utilisé 4 programmes de calcul adoptant différentes combinaisons entre soit les 27 points d'orientation, soit le type des équations pour le calcul des éléments d'orientation de chaque photogramme. Les 4 programmes, qui sont mieux décrits dans la publication [6], sont les suivants:

6—1	6 points d'orientation	6 équations aux parallaxes y 1 équation aux coordonnées z
6—3	6 points d'orientation	6 équations aux parallaxes y 3 équations aux coordonnées z
18—1	18 points d'orientation	18 équations aux parallaxes y 1 équation aux coordonnées z
18—6	18 points d'orientation	18 équations aux parallaxes y 6 équations aux coordonnées z .

Avec ces 4 programmes, on a traité les deux séries de mesures indépendantes effectuées pour chaque bande sur le stéréocomparateur, obtenant ainsi les 8 passages suivants:

I	passage	programme	18—6	I	série de mesures
II	passage	programme	18—6	II	série de mesures
III	passage	programme	6—3	I	série de mesures
IV	passage	programme	6—3	II	série de mesures
V	passage	programme	18—1	I	série de mesures
VI	passage	programme	18—1	II	série de mesures
VII	passage	programme	6—1	I	série de mesures
VIII	passage	programme	6—1	II	série de mesures.

Les opérations de calcul ont été réalisées avec un calculateur électronique IBM 650.

4 —

La durée des opérations de mesure et de calcul se résume dans les données suivantes:

- phase préparatoire du matériel: 3 jours
- mesure au stéréocomparateur:

bande 2.6.1	I	19 heures	II	18 heures
bande 2.6.2	I	19 heures	II	24 heures
bande 2.6.3	I	27 heures	II	26 heures
bande 2.6.4	I	27 heures	II	26 heures
bande 2.6.5	I	30 heures	II	27 heures.

Il est à noter que sur chaque photogramme on mesurait, en moyenne, les coordonnées de 40 points environ.

— opérations de calcul

transformation ruban-fiches		80 m par bande
formation paquet fiches bandes		4 h par bande
sélection données et calcul coordonnées au centre corrigées		2 m par photogramme
enchaînement modèles	programme 6—1	5 m par photogramme
	programme 6—3	7 m par photogramme
	programme 18—1	15 m par photogramme
	programme 18—6	20 m par photogramme.

5 —

La publication de *Melle Togliatti* [6], ainsi que tout le paragraphe 5 du rapport du Centre de Milan [4] sont consacrés à l'analyse de la précision intrinsèque des différents types d'enchaînements analytiques. Dans la recherche exposée dans la publication [6] on a analysé statistiquement les données fournies par les 8 passages par rapport aux parallaxes résiduelles des modèles et aux différences des coordonnées d'un même point obtenues dans deux modèles successifs. Dans chaque zone de recouvrement longitudinal entre modèles, le nombre de points communs est de 9. Dans la liste suivante sont reportées les valeurs quadratiques moyennes des parallaxes résiduelles et des différences sur les points communs de tous les modèles. Les valeurs sont représentées en centimètres à l'échelle du terrain.

Passages	Programme	Parallaxes	Différences		
			X	Y	Z
VII—VIII	6—1	3 cm	5 cm	26 cm	47 cm
III—IV	6—3	8 cm	3 cm	18 cm	32 cm
V—VI	18—1	9 cm	4 cm	24 cm	44 cm
I—II	18—6	10 cm	3 cm	15 cm	27 cm

Un autre type de recherche a été mené et figure au paragraphe 5 du rapport du Centre de Milan. Cette étude examine les éléments d'orientation des modèles et analyse, avant tout, les différences existant entre les éléments d'orientation d'un même modèle dans les deux passages indépendants. Dans le tableau 2, on trouve les valeurs quadratiques moyennes des différences des éléments d'orientation (voir éclaircissements sur les symboles dans le par. 2 du présent rapport).

6 —

La transformation linéaire de la bande a été effectuée avec un programme électronique en se servant des coordonnées des points indiqués à cet effet par la Présidence. On a mené une recherche sur les coordonnées ainsi transformées pour déterminer la valeur de l'effet de torsion des différentes bandes dans les différents passages. De cette analyse il résulte que toutes les bandes sont affectées par une déformation de torsion commune.

4.3. Résumé du rapport sur le test 6

Centre C. A. S. F. Milan — Voir bibliographie [4]

Triangulation analogique

1 —

Les mesures ont été effectuées sur le stéréocartographe Santoni IV des »Officine Galileo« de Florence par l'opérateur ayant effectué le test 5, au cours de la période allant du 20 décembre 1961 au 30 mars 1962.

2 —

La période de travail indiquée comprend aussi les 4 séries d'essais effectués pour contrôler l'instrument pendant les opérations de restitution. Conformément aux règles établies par la Commission, les contrôles instrumentaux consistent en la restitution, soit en base interne soit en base externe, d'un modèle fictif obtenu par deux réseaux et en imposant des conditions opératoires identiques à celles adoptées pour la triangulation réelle du bloc 2.6. De ce modèle fictif, on a déterminé les trois coordonnées de 20 points en chacun desquels on a aussi mesuré le b_y . La valeur quadratique moyenne des erreurs résiduelles des coordonnées mesurées par rapport aux coordonnées théoriques et celle des parallaxes résiduelles sur les 20 points figurent au tableau 3 séparément pour chacun des 4 essais et pour chacune des deux situations de la base. Les données du tableau sont en centièmes de millimètre à l'échelle du modèle formé selon le rapport $Z/f = 3$.

3 —

Chacune des bandes a été triangulée deux fois de façon indépendante. Dans le premier passage le modèle initial a été orienté en base interne, la deuxième fois le premier modèle a été orienté en base externe. Le premier modèle de chaque bande a été orienté absolument sur 3 ou 4 points de contrôle. L'échelle du modèle était le 1/4000 avec un rapport d'agrandissement égal à environ 3. Le type d'enchaînement adopté est l'enchaînement libre qui utilise seulement les éléments d'orientation de la chambre portant la plaque à orienter. L'orientation était effectuée suivant la méthode numérique. Le transport d'échelle était effectué sur le point nadiral. Ces points et les autres points de liaison soit entre modèles successifs soit entre bandes adjacentes étaient obtenus par des croquis photographiques. Ces mêmes schémas avaient été utilisés sur le stéréocomparateur TA 3/A pour les mesures du test 5.

Le tableau 4 résume les données relatives à la durée des opérations instrumentales de mesure. Il faut tenir compte, en analysant le tableau, de ce que le stéréocartographe dont on s'est servi n'est pas muni d'enregistreur et aussi de ce que l'existence de lacunes dans le recouvrement longitudinal a compliqué les opérations. Au terme de chaque bande les coordonnées des points se rapportant au système instrumental étaient transformées pour être réduites au système du premier modèle. Ces calculs faits à la main avec une calculatrice de table exigeaient environ 8 heures de travail.

4 —

Ci après figurent certaines données globales permettant de juger de la précision intrinsèque des mesures:

comme chaque mesure de parallaxe ou de coordonnée était effectuée deux fois, on a pu obtenir les valeurs suivantes pour les erreurs quadratiques moyennes des mesures:

mesure des parallaxes: modèle à base interne $\pm 1,1 \cdot 10^{-2}$ mm
 modèle à base externe $\pm 1,2 \cdot 10^{-2}$ mm

mesure des coordonnées	X	Y	Z
sur points non signalisés	$\pm 1,3 \cdot 10^{-2}$ mm	$\pm 1,3 \cdot 10^{-2}$ mm	± 7 cm
sur points signalisés	$\pm 1,2 \cdot 10^{-2}$ mm	$\pm 1,2 \cdot 10^{-2}$ mm	± 7 cm

Il faut entendre que ces mesures sont rapportées, pour by , X et Y , à l'échelle du modèle même et, pour Z , au terrain.

La valeur quadratique moyenne des parallaxes résiduelles sur 6 points standard du modèle est d'environ $\pm 9\mu$ à l'échelle du modèle, tant pour les modèles formés en base interne que pour ceux formés en base externe. La valeur quadratique moyenne des différences des coordonnées des points de liaison obtenues dans les modèles successifs auxquels elles appartiennent est:

	X	Y	Z
modèles base interne	$\pm 50 \mu$	$\pm 70 \mu$	$\pm 13,5$ cm
modèles base externe	$\pm 62 \mu$	$\pm 67 \mu$	$\pm 11,8$ cm

Les coordonnées planimétriques sont exprimées à l'échelle du modèle, celles relatives aux altitudes sont par contre exprimées à l'échelle terrain. La valeur quadratique moyenne des différences des éléments d'orientation $\Delta\varphi$, $\Delta\omega$, $\Delta\kappa$ de chaque modèle dans les deux opérations de mesure indépendantes sont:

pour $\Delta\varphi \pm 30,4 \cdot 10^{-3}$ g; pour $\Delta\omega \pm 24,5 \cdot 10^{-3}$ g; pour $\Delta\kappa \pm 44,8 \cdot 10^{-3}$ g.

La comparaison de ces données avec les valeurs correspondantes obtenues par le programme 6—1 du test 5 (voir tab. 2) est utile.

Les valeurs quadratiques moyennes des différences entre les éléments d'orientation (moyenne des passages I et II) de chaque modèle obtenues par triangulation analogique, et celles trouvées par triangulation analytique avec le programme 6—1 sont:

pour $\Delta\varphi \pm 38,8 \cdot 10^{-3}$ g; pour $\Delta\omega \pm 48,5 \cdot 10^{-3}$ g; pour $\Delta\kappa \pm 43,8 \cdot 10^{-3}$ g.

5 —

La transformation linéaire des coordonnées bande a été effectuée à la main, à l'aide d'une calculatrice de table. Dans le premier et dans le dernier modèles, on a utilisé les mêmes groupes de points que pour la transformation des coordonnées du test 5. Au cours de cette phase, on a apporté aux coordonnées Z des points, la correction due à la courbure terrestre. Pour chaque point la détermination des corrections a été effectuée graphiquement en fonction de la seule coordonnée X .

4.4. Rapport sur le test 9

Centre B. E. V. Vienne — Rédacteur Dr. Bernhard

Triangulation analogique

1 —

Les observations ont été effectuées à l'Autographe Wild A 7, n. 311. Le premier passage fut fait dans la période allant du 20 novembre au 16 décembre 1961 et le second dans la période allant du 28 avril au 17 mai 1962.

2 —

Conformément aux normes, les mesures du réseaux ont été faites avant et après les observations. Les réseaux stéréoscopiques contenant 28 points ont été observés comme suit:

avant l'observations 2 fois avec base intérieure
 2 fois avec base extérieure
 après l'observation 2 fois avec base intérieure
 2 fois avec base extérieure.

Les positions à l'appareil étaient les suivantes:

a) pour le I passage	$c = 100 \text{ mm}$	b) pour le II passage	$c = 100 \text{ mm}$
	$Z = 400 \text{ mm}$		$Z = 320 \text{ mm}$
	$bx = 240 \text{ mm}$		$bx = 192 \text{ mm}$
	$M_m = 1 : 3\,750.$		$M_m = 1 : 3\,000$

Précision interne de l'Autographe: Les erreurs moyennes m_x , m_y , m_z et m_{by} résultant des différences des mesures sus-mentionnées du réseau, à l'échelle de restitution sont les suivantes:

		m_x	m_y	m_z	m_{by}
I passage	avant	$\pm 4 \mu$	$\pm 9 \mu$	$\pm 8 \mu$	$\pm 8 \mu$
	après	$\pm 4 \mu$	$\pm 8 \mu$	$\pm 6 \mu$	$\pm 7 \mu$
II passage	avant	$\pm 4 \mu$	$\pm 6 \mu$	$\pm 4 \mu$	$\pm 4 \mu$
	après	$\pm 4 \mu$	$\pm 6 \mu$	$\pm 9 \mu$	$\pm 5 \mu$

Si, à l'aide du rapport f/z , on réduit ces valeurs au plan de l'image, on obtiendra pour la précision interne — en calculant en même temps les valeurs moyennes — les données suivantes:

a) pour le I passage	$m_x = \pm 1,0 \mu$	b) pour le II passage	$m_x = \pm 1,3 \mu$
	$m_y = \pm 2,1 \mu$		$m_y = \pm 1,9 \mu$
	$m_z = \pm 1,8 \mu$		$m_z = \pm 2,0 \mu$
	$m_{by} = \pm 1,9 \mu$		$m_{by} = \pm 1,4 \mu$

Précision externe: Pour obtenir une vue d'ensemble concernant la précision externe, les coordonnées machine des quadrillages modèles ont été transformées et les valeurs ainsi obtenues furent comparées avec les coordonnées théoriques. Les valeurs moyennes qui en résultèrent sont les suivantes:

		m_x	m_y	m_z
I passage	avant	$\pm 17 \mu$	$\pm 17 \mu$	$\pm 27 \mu$
	après	$\pm 16 \mu$	$\pm 9 \mu$	$\pm 23 \mu$
II passage	avant	$\pm 15 \mu$	$\pm 16 \mu$	$\pm 31 \mu$
	après	$\pm 10 \mu$	$\pm 20 \mu$	$\pm 27 \mu$

Stabilité de l'appareil de restitution: Entre le I et le II passage l'auto-graphe A 7 n. 311 fut nettoyé et ajusté deux fois. En raison de l'homogénéité des levers altimétriques du réseau pendant les mois de novembre 1961 et de mai 1962, on constate une stabilité très satisfaisante concernant l'état de réglage.

Il faut savoir que, si on fait la valeur moyenne de tous les réseaux altimétriques mesurés dans l'intervalle de temps allant de novembre 1961 à mai 1962, les mesures ne diffèrent de cette valeur moyenne que de $\pm 0,029\%$ z dans la position de la base intérieure et de $\pm 0,033\%$ z dans la position de la base extérieure.

Exprimé en parallaxe horizontale p_x , les erreurs d'altitude sus-mentionnées réduites au plan d'image donnent une différence de parallaxe moyenne de $\pm 2 \mu$.

3 —

Les observations ont été faites à l'aide de diapositives. Pour le transport de l'échelle on employa les trois points suivants: un point près du point nadiral, un point dans la marge supérieure de l'image et un point dans la marge inférieure. Ces points furent marqués, tour à tour, dans l'image médiane. Comme points de liaison nécessaires pour la compensation du bloc on a utilisé aussi des points signalisés.

4 —

Dans le premier passage, on a commencé toutes les bandes par la base intérieure, dans le second passage par la base extérieure.

Les échelles-machine étaient au

I passage: 1 : 3 000 (la lecture des coordonnées x , y et z était effectuée en cm [1 : 1]);

II passage: 1 : 3 750 (la lecture des coordonnées x , y était exécutée en mm à l'échelle machine et pour z en cm [1 : 1]).

Tous les points (points signalisés et points de liaison) ont été observés, aller et retour, et enregistrés à la main.

5 —

a) Seulement au premier passage quelques parallaxes résiduelles furent constatées après l'orientation relative. Une fois seulement leur grandeur s'éleva à 0,06 mm mesurés dans le modèle (1 : 3 000) soit 15μ dans l'image. Des parallaxes de ce genre ne se présentent que localement.

Déjà lors des travaux préparatoires à l'appareil PUG, nous avons constaté que les coins des images manquaient toujours plus ou moins de netteté. De plus, nous avons remarqué que les numéros des images avaient été fixés sur les plaques négatives originales au moyen de bandes collées transparentes.

- b) Le transport de l'échelle du modèle 7 au modèle 8 dans la bande 2 fut effectué à l'aide des points d'altitude indiqués. Les coordonnées x et y ont été transportées à l'aide de deux points piqués (points d'altitude 41,3 et 41,4) qui furent ajustés monoculairement dans le modèle 7.

Heures de travail aux appareils:

	Passage I	Passage II
a) Total	257 heures	177 heures
b) dont:		
Orientation relative	34%	37%
Restitution	38%	38%
Divers (retards, nettoyage, ajustement, etc.)	28%	25%
c) Valeurs moyennes		
par modèle:		
Total	5,6 heures	3,8 heures
Orientation	2,0 heures	1,4 heures
Restitution	2,1 heures	1,5 heures
Divers	1,5 heures	0,9 heures

6 — Précision interne

- a) Pour l'établissement de l'orientation réciproque nous avons appliqué le procédé numérique de *H. G. Jerie*. Quant à la précision obtenue, on peut dire que — réduite au plan de l'image — l'erreur moyenne de parallaxe résiduelle s'élève, en moyenne, à 5 μ environ.
- b) Pour obtenir une vue d'ensemble concernant la précision de l'enchaînement de couples successifs, nous avons examiné les différences Δx , Δy et Δz . En moyenne nous avons trouvé:

	x	y	z
I passage	7 cm	17 cm	34 cm
II passage	7 cm	13 cm	16 cm

En particulier on a trouvé, surtout en examinant les valeurs relatives du premier passage, des erreurs de raccordement systématique dans la coordonnée z , où les signes des différences Δz changent toujours avec la position de la base.

7 —

Les coordonnées des bandes x et y ont été transformées d'après *Helmert* en utilisant, selon les règles, les coordonnées des centres de gravité du premier et du dernier couple. Les corrections topographiques pour la coordonnée x ont été faites avant la transformation. A l'aide d'une méthode graphique simple, les altitudes furent corrigées des effets de la courbure terrestre et des erreurs d'altitude résultant des erreurs de convergence.

8 —

Analyse des différences entre les deux passages (ces différences ont été formées à partir des coordonnées transformées des points de contrôle). Les différences en question présentent une allure assez régulière dont les valeurs maxima s'élèvent de 0,60 m à 2,00 m. En 5 points, il y a des irrégularités de cet ordre.

9 —

Analyse des différences entre des bandes voisines. Elles ont également une allure assez régulière dont les valeurs maxima s'élèvent de 0,50 m à 1,00 m en x et y et de 1,00 m à 3,40 m en z .

4.5. Rapport sur le test 10

Centre I. A. G. Francfort — Rédacteur Prof. Förstner

Triangulation analogique

1 — Remarques générales

A l'Institut für Angewandte Geodäsie, on a restitué les images du vol 2.6 dans un Stéréoplanigraphe C 8 avec Ecomat (n. 6044).

2 — Mesures sur grilles

En dehors du réglage fondamental, les grilles ont été mesurées à quatre dates différentes — pourtant pas à la fin des triangulations — en observant chaque fois un modèle avec »base intérieure« et un modèle avec »base extérieure«. La distance entre les traits de la grille s'élevait à 17,5 mm. Au total, les mesures sur grilles ont duré 52 heures environ.

Pendant le réglage fondamental, exécuté avec un agrandissement de 2,4, la mesure sur neuf points ne livra pas d'erreurs résiduelles appréciables. Par basculement des chambres dans les deux directions, il serait possible de corriger les erreurs résiduelles en distance et d'obtenir une précision sur distance de l'ordre de 20 à 25 μ .

Dans chaque modèle sur grilles, 23 points ont été mesurés. L'erreur moyenne quadratique de la moyenne résultant de groupes de deux pointés (deux séries) se monte à $m = 9 \mu$, rapportée au modèle.

Après le basculement numérique des modèles, nous avons calculé chaque fois un »modèle optimal« en formant la moyenne des altitudes des points situés symétriquement dans les quatre quadrants [7]. L'écart moyen quadratique entre les valeurs individuelles et la moyenne arithmétique se monte en moyenne à 17 μ avec base intérieure et à 31 μ avec base extérieure, mesurés dans le modèle. Mais ces écarts contiennent aussi des parties systématiques de torsion. En éliminant ces parties, nous trouvons des écarts moyens quadratiques se montant à 16 μ et 23 μ respectivement.

Chaque fois, nous avons formé un modèle total des quatre »modèles optimaux« en base intérieure et en base extérieure et nous en avons déduit les écarts pour chaque modèle individuel. Nous avons trouvé respectivement 12 μ et 15 μ , comme écarts moyens quadratiques. Ces écarts se réfèrent au centre de l'image. Les altitudes des autres points du »modèle optimal« sont la moyenne de deux ou quatre mesures et pour cette raison, elles sont plus exactes.

En considérant les différents poids pour les valeurs individuelles, nous avons obtenu, à partir des différences des altitudes des modèles totaux en »base intérieure« et en »base extérieure«, une erreur moyenne quadratique pour un point sur grille (moyenne arithmétique de quatre mesures sur grilles), se montant à 8μ . C'est à dire, que les deux modèles totaux sont en bonne harmonie. C'est pourquoi l'erreur moyenne quadratique pour une mesure sur grille s'élève à 16μ .

Malheureusement nous ne sommes pas en état de déterminer l'écart du »modèle optimum« au »modèle théorique«, puisque nous ne connaissons pas ce »modèle théorique«.

3 — Les images et la sélection des points

Nous ne disposons pas des accessoires de restitution pour une distance principale de 100 mm. Pour cette raison nous avons transformé les prises de vue originales à l'aide d'un réducteur de la Société Carl Zeiss de Oberkochen. Ce réducteur est équipé d'un objectif Topar 1 : 8, $f = 200$ mm et dans le plan de projection d'une plaque de 15×15 cm². Cette plaque a été fournie spécialement pour la transformation des prises de vue de 100 mm (plaques Aviogon). Il est possible de restituer les clichés transformés à l'aide de nos accessoires de restitution Aviogon de 155 mm. Dans la transformation, l'influence de la courbure de la terre n'est pas éliminée.

Ensuite, dans chaque diapositive, nous avons marqué un point »artificiel« près du point principal image et verticalement un au-dessous du bord supérieur et un autre au-dessus du bord inférieur à l'aide de l'appareil marqueur RS1 de la Société Carl Zeiss. La distance entre ces points situés latéralement par rapport au point principal image est de 60 mm environ (variations de 45 à 75 mm). Ces points ont été cerclés pour faciliter leur identification. Normalement nous disposons ainsi de trois points (points de transfert) pour reporter l'échelle dans l'enchaînement des photographies successives en »aérocheminement«. Au total nous avons marqué 143 points.

Pour enchaîner deux bandes adjacentes, nous avons choisi 38 points naturels, particulièrement bien identifiables, de sorte qu'un point de raccordement se trouve dans chaque stéréogramme environ. Nous avons marqué ces points par un cercle, mais sans piquer de point, dans une image de chaque bande pour faciliter l'identification pendant la mesure.

La sélection et le transfert de ces »points de raccordement« ont duré plus longtemps que la sélection et le transfert des »points de transfert«. En même temps nous avons encore marqué les points de comparaison dans les images. En total, 56 heures ont été nécessaires pour ces travaux préparatoires.

4 — Le procédé d'observation

Nous avons mesuré les distances entre les trous des repères sur quatre négatifs originaux et sur 24 diapositives avec une échelle de verre. En comparant les longueurs, nous avons trouvé que le facteur d'agrandissement était de 1,14001. La différence entre les facteurs dans les sens x et y se monte à 0,00027. Elle se trouve donc dans les tolérances et elle est si petite que nous ne pouvons pas en déduire une affinité avec certitude. Des mesures exécutées plus tard sur 53 images, avec un comparateur précis, résultaient un facteur d'agrandissement de 1,14009 et une différence entre les sens x et y de 0,00013. Pour cette raison nous avons remplacé la distance principale des prises de vue originales se montant à 100,36 mm par la distance de remplacement de 114,41. En conséquence, l'échelle des diapositives transformées est de 1 : 10 500.

Nous avons triangulé les bandes deux fois — une fois en commençant en »base intérieure« et l'autre fois en débutant en »base extérieure« — dans la période du 12 avril au 23 octobre 1962. L'échelle modèle fut de 1 : 5 000, c'est à dire que, dans l'instrument, l'agrandissement optique était de 2,1. Il nous a fallu suspendre les observations plusieurs fois. En outre la bande 5 a été triangulée par un autre opérateur que celui qui a observé les bandes 1 à 4. Les observations ont été exécutées selon les règles du Président.

Nous avons commencé par l'orientation relative des stéréogrammes selon un procédé mécano-optique qui était approximatif et continué ensuite selon un procédé numérique par mesure des parallaxes en y . Pour les bandes 1 à 4 nous avons utilisé le calculateur analogique de *Neubauer* [8]. En moyenne, trois phases d'itération étaient nécessaires par modèle parce que le terrain est très accidenté. Mais dans quelque cas, moins de phases d'itération auraient suffi. En se basant sur les points de contrôle donnés, le premier modèle était orienté absolument de manière approximative. Dans l'enchaînement des photographies successives, les dispositifs compteurs pour x et y avaient été mis hors circuit en premier lieu. Avant l'observation des coordonnées dans le nouveau modèle, les coordonnées d'un point étaient réglées approximativement et les dispositifs compteurs étaient mis de nouveau en circuit.

Pour reporter l'échelle, nous avons réglé successivement les altitudes des points de transfert du stéréogramme précédent avec z et en chaque point, nous avons éliminé les parallaxes en x deux fois avec bx . Nous avons formé la moyenne arithmétique de toutes les valeurs de bx (normalement $2 \times 3 = 6$) en attribuant un poids double aux valeurs des points de transfert situés près du point principal image. Deux modèles n'avaient pas un recouvrement latéral suffisant. Dans ce cas nous avons reporté l'échelle à l'aide des différences d'altitude mesurées sur le terrain.

Dans les deux séries d'observations, les points ont été pointés dans l'appareil chaque fois de côtés différents — une fois en venant de la gauche et du haut et une autre fois en se déplaçant de la droite et de bas. Ils ont été observés et enregistrés dans l'ordre suivant: points de transfert, points de raccordement, points de contrôle et points de comparaison. Au total, il y a 226 points de contrôle et de comparaison dont 61 sont situés dans deux bandes. Ceux-ci pouvaient être utilisés comme points de raccordement. En moyenne, il y a 16,5 points par stéréogramme; mais les points de contrôle sont situés seulement dans les deux premiers et dans les deux derniers stéréogrammes d'une bande.

Nous n'avons pas enregistré les observations sur bandes perforées, mais nous avons perforé plus tard les moyennes des deux séries. La précision intérieure, c'est à dire l'erreur moyenne quadratique de la moyenne de deux séries — mesurée dans le modèle — s'élève à:

$$m_h = 10 \mu \qquad m_z = 16 \mu.$$

Il en résulte une erreur moyenne quadratique de la parallaxe horizontale se montant à:

$$m_{px} = 8 \mu.$$

Au total, l'orientation a duré 280 heures (3,2 heures par modèle): c'est relativement beaucoup de temps. Les autres 200 heures, qui ont été nécessaires pour contrôler les observations et pour calculer les erreurs, seront presque complètement superflues à l'avenir grâce à l'utilisation de calculatrices électroniques.

A cause des erreurs inévitables provoquées par la mise en circuit des dispositifs compteurs, les modèles devaient subir une translation en x et en y . Les valeurs de ces déplacements ont été calculées sans calculatrice électronique. En même temps, l'échelle de transfert a été contrôlée — au cours d'un autre travail — en comparant les valeurs de z ainsi que les distances entre deux points de transfert extérieurs. Des différences des coordonnées après le déplacement, nous avons trouvé les valeurs suivantes comme erreur quadratique moyenne d'une mesure en μ dans le modèle:

opérateur	m_x	m_y	m_z
1	22 μ	67 μ	136 μ
2	10 μ	44 μ	61 μ

Les observations du deuxième opérateur (bande 5) offrent des erreurs de transfert qui sont considérablement plus petites que les observations du premier opérateur. C'est pourquoi nous avons cru inadmissible de former la moyenne des résultats.

5 — La transformation linéaire

Par calcul, nous avons ramené au système du premier couple les coordonnées de tous les modèles, compte tenu des déplacements. Pour les altitudes z nous distinguons entre deux systèmes différents, à savoir, celui des altitudes »avec basculement« et celui des »altitudes sans basculement«. Dans un cas les différences en z aux deux points de transfert extérieurs ont été éliminées numériquement par un changement du site, c'est à dire par un site de tous les modèles successifs. Dans le deuxième cas, ce changement de site n'a pas lieu. En rapprochant et basculant les modèles, nous avons simultanément tenu compte de l'influence de la courbure de la terre dans la direction normale au vol. Enfin, nous avons formé la moyenne des coordonnées des points observés deux fois, bande après bande. Le calcul des déplacements et des basculements, l'établissement des répertoires des coordonnées-machine et le contrôle total ont pris un temps relativement considérable. Entretemps tous les calculs ont été programmés pour la calculatrice électronique Zuse Z 23 qui exécutera ces opérations automatiquement à l'avenir.

Pour la transformation linéaire, contrairement aux règles de calcul, nous n'avons pas utilisé les centres de gravité des groupes de points de contrôle dans le modèle de départ et d'arrivée, mais, comme d'usage, tous les points de contrôle. Ce procédé a l'avantage qu'il ne faut pas calculer préalablement les centres de gravité des groupes et que tous les points de contrôle sont vérifiés simultanément pour détecter les fautes. La compensation pour la planimétrie et pour l'altimétrie est exécutée en une seule opération, mais selon des formules séparées (c'est à dire, il ne s'agit pas d'une transformation spatiale). Il ne faut pas confondre ces erreurs résiduelles moyennes quadratiques avec les erreurs que nous obtiendrons en ajustant séparément les stéréogrammes de départ et d'arrivée sur les points de contrôle.

A l'aide des éléments de transformation obtenus de cette manière, tous les autres points ont été transformés en »système Reichenbach«. Dans cette transformation nous avons éliminé, comme prescrit, la composante x de la courbure de la terre. Ensuite le centre de calcul a assemblé les coordonnées à l'aide des formulaires prescrits par le Président. Nous avons gagné beaucoup de temps par la préparation mécanique des résultats. 8 jours environ ont été nécessaires pour perforer et contrôler les coordonnées-machine. Mais 16 heures seulement ont été employées pour établir et contrôler le programme pour les répertoires des coordonnées. Les opérations de calcul ont seulement exigé 45 heures environ.

6 — Les erreurs avant la compensation

Après transformation linéaire, mais avant la compensation définitive, nous avons comparé les résultats préliminaires. Parfois, il est seulement nécessaire de détecter les erreurs. Dans ce but, il serait souhaitable d'ajuster tout au moins les altitudes z selon une fonction de deuxième degré sur les points de contrôle.

6.1 — Différences entre coordonnées des deux passages (»base intérieure« et »base extérieure«):

Selon la formule

$$m_d = \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \quad (2)$$

nous avons calculé un écart moyen m_d des différences entre les coordonnées en »base intérieure« et en »base extérieure« par les groupes de points, à savoir: points de transfert centraux (points nadiriaux), points de transfert extérieurs (au bord supérieur et au bord inférieur), points de comparaison et points de raccordement.

Dans le tableau 5, les écarts moyens quadratiques des 482 différences sont assemblés. z_1 représente les écarts des altitudes »sans basculement« et z_2 les écarts des altitudes »avec basculement«. Mais nous ne pouvons pas conclure à des fautes à partir des écarts moyens quadratiques et des écarts maximaux, parce qu'il ne s'agit pas d'observations indépendantes.

Ces erreurs sont le double des erreurs de mesure mentionnées au paragraphe 4. Nous avons élucidé quelques confusions de points avec le Président. En outre, nous disposons d'une liste de tous les points douteux. Les points de transfert se trouvent partiellement dans un terrain de faible contraste ou de faibles contours. Peut-être aurait-il été possible d'éviter les écarts majeurs dans quelques points (p. ex. 1043, 1071, etc.) par une meilleure sélection des points. Dans le deuxième enchaînement des stéréogrammes de la bande 3 (point 3023) il y a une faute d'observation. L'enchaînement avec les deux autres points est douteux. Peut-être est-ce là la cause des grandes différences constatées dans cette bande.

6.2 — Différences entre coordonnées des points communs à deux bandes adjacentes:

Les calculs ont une certaine ressemblance avec ceux mentionnés au paragraphe 6.1 ci-dessus. Ici nous avons séparé les écarts moyens quadratiques selon points de comparaison et points de raccordement. Cette fois, les différences pourraient être altérées par une inclinaison transversale des bandes.

Dans le tableau 5 nous avons rassemblé les écarts moyens quadratiques des 193 différences. A l'aide des différences en »base intérieure« et en »base extérieure« nous reconnaissons immédiatement si des différences majeures se produisent une fois ou deux fois. Dans un cas, il s'agit d'erreurs d'observation, de transfert ou de confusion des points et dans l'autre, les défauts proviennent probablement du matériel photographique. Un saut de 0,8 m environ peut apparaître dans l'enchaînement des stéréogrammes 2153/54 avec 2154/2155, car dans les deux enchaînements de modèle, chaque fois, un point a été éliminé pour déplacement en x et y , mais, par mégarde, ces points ont été utilisés pour les altitudes »avec basculement«.

6.3 — Erreurs absolues des points de comparaison (différences entre les coordonnées déterminées par voies photogrammétrique et terrestre):

Dans le tableau 5, les écarts moyens quadratiques des 553 différences ont été rassemblés. Les écarts moyens quadratiques pour x et y correspondent à peu près à ceux mentionnés au paragraphe 6.1, tandis que les valeurs pour z sont essentiellement plus grandes. Il nous faut tenir compte du fait qu'au paragraphe 6.1 il s'agit des écarts moyens quadratiques de deux observations équivalentes, tandis que, ici, les coordonnées des points de comparaison déterminées par voie terrestre sont pratiquement sans erreur. On peut constater que, en réalité, les deux passages en »base intérieure« et en »base extérieure« sont en meilleure harmonie. Si ce fait est généralement confirmé, il faudra en tenir compte dans les travaux futurs. Plus tard seulement, il se révélera dans quelle mesure les écarts majeurs en quelques points sont susceptibles d'influencer le résultat de la compensation des blocs.

7 — Les erreurs après la compensation

Les compensations ont été calculées par les Centres de Milan et de Vienne. Maintenant il faut distinguer non seulement les quatre sortes différentes de coordonnées-machine (base intérieure, base extérieure, altitudes sans basculement et altitudes avec basculement) mais encore les trois procédés de compensation, à savoir Milan A, Milan B et Vienne (*Jerie*). Pour les points de comparaison situés dans deux bandes adjacentes, nous n'avons en un cas (*Jerie*) qu'un résultat des trois coordonnées x , y et z , c'est à dire, la valeur moyenne des coordonnées obtenues par deux coordonnées-machine différentes. Pour être en état d'examiner l'influence des poids différents, nous distinguons dans le tableau 6 — le cas échéant — entre points de comparaison situés dans une bande et entre points de comparaison situés dans deux bandes.

Les points de raccordement, mentionnés au paragraphe 6, sont des points naturels, facilement identifiables, que nous avons choisis avant la mesure. Plus tard, pour garantir l'uniformité de la compensation, on a choisi les mêmes points de raccordement pour tous les centres, à savoir une série de points de comparaison signalisés situés dans deux bandes adjacentes (voir par. 3 et 4).

Nous avons calculé les moyennes arithmétiques M des différences des coordonnées ainsi que les différences quadratiques moyennes m , séparément selon les bandes et les raccordements des bandes respectivement ou encore pour des passages avec »base intérieure« et »base extérieure«.

7.1 — Différences entre coordonnées de deux passages (»base intérieure« et »base extérieure«):

Les coordonnées planimétriques ont été compensées selon la méthode de Vienne (*Jerie*) deux fois pour la triangulation avec »base intérieure« et de même pour celle avec »base extérieure«, mais chaque fois avec les mêmes coordonnées d'origine. Mais nous n'avons calculé que les écarts moyens quadratiques m pour une des compensations. Les compensations des altitudes »sans basculement« et »avec basculement« fournissaient pratiquement les mêmes erreurs absolues (voir par. 7.3), malgré les différences considérables qui se présentaient respectivement dans les bandes différentes et dans les raccordements des bandes différentes. Nous avons seulement calculé les deux écarts moyens altimétriques pour la compensation Milan A. Dans le tableau 6 nous avons rassemblé les écarts quadratiques moyens, groupés par points de comparaison dans une bande ($n = 162$) et par points de comparaison dans deux bandes ($n = 56$).

7.2 — Différences entre coordonnées de points communs à deux bandes adjacentes:

Les calculs sont analogues à ceux du paragraphe 7.1. Ici nous avons tenu compte également de 38 points non signalisés que nous avons choisis avant la mesure comme points de raccordement, mais qui plus tard n'ont pas été utilisés pour la compensation.

Le tableau 6 contient également les erreurs moyennes quadratiques y correspondant. Dans l'évaluation et dans la comparaison des erreurs moyennes quadratiques individuelles pour les deux groupes de points, il faut tenir compte de ce que parmi les 59 ou 58 points de comparaison situés dans deux bandes, 31 ont été utilisés comme points de raccordement dans la compensation. Pour cette raison, ces points ont eu une préférence. Mais cela ne veut pas dire que les points non signalisés ont été mesurés ou interprétés moins bien que les points de comparaison signalisés.

7.3 — Erreurs absolues sur les points de comparaison (différences entre les coordonnées déterminées par voies photogrammétrique et terrestre):

Nous avons calculé les erreurs pour les deux compensations de Vienne (*Jerie*). Pour être complets, nous distinguons de nouveau entre points de comparaison situés dans une bande et points de comparaison situés dans deux bandes. Dans le tableau 6, les erreurs moyennes quadratiques sont rassemblées séparément pour les deux groupes. En cas d'erreurs purement accidentelles, les deux valeurs devraient être dans le rapport $\sqrt{2} : 1$. Mais elles s'égalent à peu près (voir aussi par. 7.1). Mais ou bien les erreurs accidentelles sont superposées à des erreurs systématiques ou bien les points de bordure ont été mesurés avec moins de précision que les autres points. Ce problème devrait être considéré dans l'interprétation de tous les résultats d'observation pour éviter des conclusions incorrectes.

8 — Autres erreurs après la compensation

8.1 — Erreurs absolues des points de comparaison obtenues à partir des valeurs moyennes en »base intérieure« et en »base extérieure« (différences entre les coordonnées déterminées par voies photogrammétrique et terrestre):

Dans le cas où, en pratique, les bandes sont triangulées une fois avec »base intérieure« et une fois avec »base extérieure«, on forme la moyenne soit des coordonnées-machine des deux passages dès le début, soit des coordonnées après compensation. En tous cas, à la fin, il n'y a — pour chaque point — qu'une triple coordonnée. Nous avons formé la moyenne des coordonnées en »base intérieure« et en »base extérieure« après la compensation de Milan A. Ensuite nous avons comparé les valeurs moyennes arithmétiques avec les coordonnées déterminées par voie terrestre et nous avons calculé les écarts moyens quadratiques des différences. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 6. Le rapport des erreurs mentionnées au paragraphe 7.3 aux erreurs calculées ci-dessus atteint presque 1,3 : 1.

8.2 — Précision interne du procédé de Vienne (*Jerie*):

Des différences en X et Y entre les deux compensations de Vienne (*Jerie*) pour les observations en »base extérieure«, nous avons calculé la précision interne de ce procédé. Ici les différences moyennes quadratiques des points de comparaison, situés dans deux bandes, sont considérablement plus petites que celles des points situés seulement dans une bande (voir tab. 6). Les erreurs de ce procédé sont plus petites que les erreurs absolues mentionnées sous paragraphe 7.3.

4.6. Rapport sur le test 12

Centre I. G. M. Bruxelles — Rédacteur Ing. Verlaine

Triangulation analogique

1 — Test 12

Les observations ont été exécutées sur le Wild A7 n. 624, entre le 12 octobre 1962 et le 30 avril 1963. Pour l'exécution du travail, aucun délai n'avait été donné à l'observateur à l'instrument. On a uniquement recherché la plus grande précision de levé possible, dans les conditions définies plus loin, en veillant à soigner au mieux les orientations intérieures, les orientations relatives et la mesure de chaque coordonnée (moyenne de deux pointés).

2 — Vérifications exécutées sur l'instrument de mesure

Avant les travaux: deux modèles sur grilles de 18×18 cm avec une focale de 115 mm, une base cliché de 80 mm, un agrandissement trois fois de l'échelle cliché dans le modèle ($Z = 3 f$) ont été mesurés.

L'un des modèles a été exécuté en base positive, l'autre en base négative (échelle 1:10 000).

Résultats (voir tab. 7 et fig. 8):

En base positive, l'erreur quadratique moyenne des résidus est en x de 9 cm, en y de 22 cm, en z de 9 cm, soit dans le plan du cliché $x = 2,7 \mu$, $y = 6,6 \mu$, $z = 2,7 \mu$ ou 0,025% de la hauteur de vol.

En base négative, l'erreur quadratique moyenne des résidus est en x de 13 cm, en y de 21 cm, en z de 18 cm, soit, dans le plan du cliché $x = 3,9 \mu$, $y = 6,3 \mu$, $z = 5,4 \mu$, soit 0,05% de la hauteur de vol.

On remarquera que, dans les deux cas, l'erreur en y est beaucoup plus grande que celle en x , ce qui pourrait amener des difficultés dans une compensation de la planimétrie par formules conformes. On notera également la différence de précision en z entre les couples formés en base positive et négative.

Après les travaux, on a constaté que les origines de l'instrument étaient restées tout à fait stables et les modèles sur grilles n'ont pas été recommencés.

3 — Préparation du matériel photographique

- a) Aucune préparation spéciale du matériel photographique (diapositives sur plaques) n'a été faite en dehors de celle de l'OEEPE.
- b) 6 points bien déterminés en x , y et z (3 groupes de 2 points) ont été choisis pour assurer la connexion entre modèles successifs. Ils n'ont pas été piqués sur les diapositives.
- c) Il n'a pas été jugé utile d'effectuer la liaison entre bandes au moyen de points artificiels piqués sur diapos et reportés de bande à bande. Il existait suffisamment de points matérialisés au sol dans les recouvrements. Des points non signalisés auraient donné une précision inférieure (à cause de l'erreur du report).

4 — Procédé d'observation

Triangulation analogique en deux passages: l'un en base intérieure, l'autre en base extérieure.

- a) Les premiers couples de chaque bande ont été observés avec les deux by maintenus à zéro. On ne disposait pas de coordonnées de points en fin de bande au moment des observations.
- b) Le type de triangulation adoptée est une triangulation analogique avec bz maintenu arbitrairement à zéro ($bz = 0$).
- c) Le basculement des couples de départ a été réalisé uniquement dans le sens des ω .
- d) L'orientation relative des clichés s'est faite selon la méthode d'approximations successives de *von Grüber* (coefficient de sur-correction en ω). Chaque orientation relative a été effectuée sur six points et l'ensemble du couple a été ensuite examiné pour éliminer des parallaxes résiduelles éventuelles (dues au fort relief du terrain ou à un flou généralement constaté dans un coin des clichés).
- e) Au moment de l'observation, la remise à l'échelle de couple à couple a été réalisée de façon approximative d'après l'altitude d'un point situé au nadir commun à deux couples. Cette remise à l'échelle a été améliorée, au cours du calcul, après correction des inclinaisons des couples successifs en φ (voir stade du calcul par. 7).
- f) Il n'y a pas eu de correction de distorsion dans les instruments.

5 — Exécution des mesures

- a) Les opérations de mise en place entre le I et le II passage sont différenciées uniquement par l'inversion du signe de la base; c'est à dire que les plaques ont été placées chacune une fois dans le porte-plaque gauche et une fois dans le porte-plaque de droite mais toujours orientées dans le même sens.
- b) Nous n'avons pas rencontré de difficultés spéciales dans l'exécution des triangulations. Aucun couple n'a été remis en place vraisemblablement à cause du soin extrême avec lequel ont été effectuées toutes les opérations de mise en place et les observations.

Le manque de recouvrement longitudinal dans une bande a été surmonté en tenant compte des instructions fournies par le bureau de la Commission B (dénivelées connues entre points de deux couples successifs).

- c) Qualité des clichés: moyenne.

La partie centrale des clichés est en général surexposée. Au point de vue netteté, les clichés sont corrects, sauf dans le coin $S-E$, où l'on remarque une zone floue de 4 à 6 cm² de surface.

Lorsqu'il se trouve un point OEEPE dans cette zone, son pointé manque de précision tant en X et Y qu'en Z . Il devient même parfois impossible, le point n'étant visible que sur un des clichés. Les points de passage, toujours localisés dans les coins du couple, ne peuvent pas non plus dans ce cas offrir toutes les garanties voulues.

Ce fait nuit sans aucun doute à la parfaite liaison entre les couples.

D'autre part cette zone floue a augmenté la difficulté de formation de l'image plastique et en a certainement affecté la qualité.

Il est encore à remarquer que ce flou est beaucoup moindre sur les photos papier (exemple typique: le point 788, invisible sur le cliché 2095 bande 3, l'est parfaitement sur la photo correspondante).

d) Qualité des points à lever:

— point de vue planimétrique:

Facilement identifiables et repérables, ils présentent dans la plupart des cas toutes les qualités d'un bon point planimétrique.

— point de vue altimétrique:

Les points au sol sont d'une qualité meilleure que les points surélevés. Ces derniers pourraient toutefois offrir de bonnes garanties si leur fiche signalétique était plus explicite. Par exemple, la coupe que représente parfois le croquis pourrait toujours être faite suivant la ligne de plus grande pente du terrain.

— localisation dans le cliché:

Les points situés à proximité des routes sont souvent de qualité médiocre à cause de la blancheur de la route et ce en particulier dans les parties surexposées des clichés. La même remarque s'impose pour les points situés dans des parcelles blanches.

— points sur lesquels on a éprouvé des difficultés d'identification: 855, 63, 887, 863 et 878.

6 — Analyse de la précision de l'enchaînement

a) Les parallaxes résiduelles n'ont pas été enregistrées parce que non significatives.

b) Du fait du procédé d'observation à bz constant, par suite des forts basculements en φ dus à l'irrégularité du vol et au fort relief, de grosses discordances en x , y et z ont été constatées entre modèles au moment de l'observation. Ces discordances ont disparu lors de la correction des $d\varphi$ successifs au moment de la création d'un système de coordonnées unique pour chaque bande. Voir paragraphe 7.

7 — Exécution des calculs (entièrement menés sur calculatrice électronique CAB 502)

a) Formation d'une chaîne continue de coordonnées par bande, ramenée au système instrument du premier couple (en échelle et en basculement).

— Il a été nécessaire de calculer tout d'abord les corrections $\Delta\varphi$ de couple à couple. Ces $\Delta\varphi$ ont été cumulés, de début en fin de bande, de façon à obtenir la correction individuelle, pour chaque couple dans chaque bande, relative aux coordonnées x et aux coordonnées z .

— Ensuite, on a calculé les facteurs k de correction d'échelle de couple à couple. On se souvient que la mise à l'échelle dans le procédé d'observation avec $bz = 0$ ne peut être faite qu'approximativement sur les altitudes. Ces facteurs d'échelle ont été déterminés en faisant le rapport des distances entre points de passage (1—5) et (2—6) dans chaque partie commune à deux couples successifs. Il a été possible ainsi de déterminer le facteur de correction d'échelle propre à chaque couple de chaque bande.

- On a procédé enfin au calcul des termes de translation x_T , y_T et z_T de couple à couple (chaque couple avait été en effet observé dans un système indépendant). Ce calcul a été effectué sur l'ensemble des 6 points de passage de couple à couple.
- Le passage des coordonnées couples (système instrument) aux coordonnées bande se fait par application des formules (3):

$$\begin{aligned}x_c &= x_T + kx + kz \cdot \Delta\varphi \\y_c &= y_T + ky \\z_c &= z_T + kz - kx \cdot \Delta\varphi.\end{aligned}\tag{3}$$

Ces transformations font en général disparaître les discordances entre couples (en général, les Δx et Δy sont inférieurs à 0,05 mm et les Δz à 0,08 mm à l'échelle d'observation 1 : 3 000, soit 15 cm en plan et 25 cm en altimétrie).

Cependant, certains raccords donnent des valeurs anormales (voir le tab. 8).

En fait, 1 jonction sur 5 présente des raccords peu satisfaisants (en général en z basculements en ω).

- Aucune correction n'a été effectuée en $d\omega$ de couple à couple. Les coordonnées finales à fournir pour les points communs à deux couples devaient en effet être les moyennes des valeurs trouvées ce qui réduit de moitié les écarts constatés.
- b) Compensation linéaire et calcul des coordonnées définitives, avec appui sur les couples début et fin de bande.
- La courbure de terre a été corrigée en chaque point, d'après un graphique en Z effectué sur papier millimétré. Ce graphique a fourni les corrections avec une précision de 5 cm.
 - La compensation linéaire des bandes a été effectuée sur les centres de gravité des premiers et derniers couples. Le basculement en ω avait été effectué directement à l'appareil sur les premiers couples de chaque bande. Chaque bande a été traitée comme un couple isolé.

Les formules utilisées sont classiques:

$$\begin{aligned}X_{\text{Terrain}} &= a + rx + sy \\Y_T &= b - sx + ry \\Z_T &= c + lx + kz.\end{aligned}\tag{4}$$

- 8 — Analyse des différences entre les coordonnées transformées des points de contrôle de chaque bande, obtenues dans le premier et le deuxième passage

On constate une allure systématique des différences ΔX dans les 3^e et 5^e bandes avec maximum d'environ 1 mètre, un léger systématisme en Y dans la bande 2 (ordre de 75 cm) et des différences systématiques en Z plus fortes dans les bandes 1 à 4 (ordre de 1,50 m).

Cette différence systématique en Z ne se présente pas dans la bande 5.

9 — Analyse des différences entre coordonnées transformées des points communs à des bandes adjacentes

Les listes de différences sur les points communs donnent les maximums suivants:

en X de 1 mètre au 1er passage et de 1,29 mètre au 2e passage
en Y de 1,30 mètre au 1er passage et de 1,28 mètre au 2e passage
en Z de 1,36 mètre au 1er passage et de 2,28 mètres au 2e passage.

Elles accusent en général des allures systématiques, particulièrement en Z dans les bandes 1 et 2.

Résumé du rapport sur le test 15

Centre T. H. Stuttgart — Rédacteur Prof. Gotthardt

Voir bibliographie [9]

Triangulation analytique

1 — Test 15

Triangulation analytique des bandes 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5. Instrument: Stereokomparator Jenoptik 1818.

2 —

Les mesurages des grilles de précision furent exécutés: le 10 mai, le 25 mai, le 6 juin, le 10 juillet, le 30 juillet, le 11 août, le 5 septembre, le 24 septembre, le 8 octobre 1962.

Chaque mesurage fut exécuté sur 21 points et répété après un échange des grilles. Les résultats furent compensés par des transformations selon *Helmert* (transformation conforme linéaire). Les erreurs moyennes quadratiques des coordonnées étaient

0—3 μm 21 mesurages

3—4 μm 23 mesurages

4—5 μm 17 mesurages

5—6 μm 7 mesurages

6—6,4 μm 4 mesurages.

Nombre total des mesurages 72.

Comme l'instrument n'est destiné qu'à donner les centièmes des millimètres, c'est un résultat très satisfaisant. Des erreurs systématiques ne sont pas constatées.

3 —

Les points signalisés à mesurer sont bien répartis dans les modèles et donnent des liaisons favorables entre les bandes. Malheureusement il n'était pas possible de trouver de tels points dans chaque modèle. Des points de connexion furent choisis seulement pour la connexion entre les modèles de la même bande. Leur nombre était de 3 à 4; le choix fut exécuté surtout avec le stéréocomparateur, dans quelques cas aussi avec un stéréoscope à miroirs. Les points furent fixés par des croquis pour ne pas endommager les clichés.

4 —

On a mesuré:

- a) les 4 repères des clichés,
- b) 16 points pour l'orientation relative,
- c) 3—4 points de connexion avec le modèle précédent,
- d) les points signalisés choisis,
- e) 3—4 points de connexion avec le modèle suivant.

Chaque point fut mesuré deux fois, en inversant la suite des points pour le deuxième mesurage. Si un point signalisé était situé favorablement, il était utilisé aussi comme point de connexion ou comme point de l'orientation relative. De même les points de connexion et les points pour l'orientation relative sont partiellement identiques. Le nombre total des points b)—e) est à peu près 22 à 24 par modèle.

Schéma de calcul: Après correction des coordonnées pour la distorsion de l'image, orientation relative de chaque modèle en employant tous les points et orientation absolue commune pour tous les modèles d'une bande par des procédés itératifs. Machine électronique à calculer: Zuse Z 22 (capacité 8192 mots, vitesse de multiplication 40 ms). La machine écrit toutes les erreurs pour donner la possibilité d'annuler des points avec des erreurs grossières avec un ordre spécial. Comme on avait mesuré assez de points excédentaires, il n'était pas nécessaire de les corriger: ils furent éliminés totalement.

5 —

Temps pour l'orientation relative d'un modèle et l'impression des résultats: à peu près 10 minutes (2 à 4 itérations). Dans les deux passages des 6 bandes avec 9 à 10 modèles on a trouvé 9 points erronés de l'orientation relative (1 point sur 250 points).

Temps pour l'orientation absolue y compris la compensation pour 7, 6, 5 et 3 points de contrôle et l'impression des résultats: 10 heures (2 à 4 itérations et élimination des points erronés). Nombre total des points de connexion erronés: 17 (bandes 2.3: 7, bandes 2.6: 10, 1 point sur 15 points). Ici il faut remarquer qu'une mesure continue des bandes n'était pas possible dans le Stereokomparator Jenoptik. Les modèles furent mesurés séparément, ainsi il n'a pas été possible de comparer les coordonnées des points de connexion pour exclure des confusions des points. Les croquis n'ont donc pas pu éviter suffisamment des erreurs grossières d'identification.

6 —

Parallaxes résiduelles (moyennes quadratiques) après l'orientation relative (μ):

Bande	I passage	II passage
2.6.3	8,2	8,0
2.6.4	7,5	7,1
2.6.5	6,8	6,5

Formule:

$$mp_y = \sqrt{\frac{(p_y^2)}{n-5}} \quad (5)$$

Différences des coordonnées des points qui appartiennent à des modèles successifs (en cm sur le terrain).

Bande	I passage	II passage
2.6.3	37 14,1 17,2	37 9,5 14,4
2.6.4	41 13,6 20,3	40 13,3 17,7
2.6.5	41 13,0 17,8	38 16,5 21,2

Formules:

$$m_{\Delta S} = \sqrt{\frac{(\Delta x^2 + \Delta y^2)}{n - 2k}} \quad m_{\Delta Z} = \sqrt{\frac{(\Delta z^2)}{n - k}} \quad (6)$$

n = nombre des points

k = nombre des connexions.

7 —

La transformation linéaire primaire fut exécutée en combinaison avec la formation des bandes (voir par. 4), en employant deux points de contrôle pour la situation et pour l'altimétrie, 1 point supplémentaire pour l'altimétrie. Ces coordonnées furent corrigées pour les ramener aux centres de gravité du premier et dernier modèle. Correction des z pour la courbure terrestre par un procédé graphique.

5. Description du travail de compensation des tests

Pendant la réunion de la Commission qui s'est tenue à Lausanne le 19 octobre 1962, lorsque les Centres étaient encore en pleine phase d'exécution des mesures, on a établi les normes générales pour le travail futur de la compensation des blocs. Les décisions qui ont été prises pendant cette réunion peuvent se résumer dans les points ci-dessous.

Tous les tests seront compensés par plusieurs procédés différents. Les deux passages de chaque test seront compensés séparément. Là où c'est possible, on devra utiliser les mêmes points d'appui sur le terrain et les mêmes liaisons entre les bandes, pour compenser les différents tests par les divers procédés. Il faudra donc choisir ces points parmi ceux dont les coordonnées photogrammétriques ne comportent pas d'erreurs trop grossières. A fin de rendre plus aisées les opérations de compensation par les Centres intéressés, les autres Centres devront leur fournir les données nécessaires sous forme adéquate ou rédigées selon un code approprié.

C'est la Commission qui, sur la proposition des différents centres, choisit les méthodes simples qui doivent être utilisées pour compenser les tests. Ce sont les méthodes I. T. C. — *Jerie* et Milano A et Milano B. Les principes sur lesquels se fondent ces critères sont foncièrement différents et leur utilisation simultanée sur le même matériel tend à fournir des renseignements pour l'étude de la compensation de petits blocs pour la cartographie à grande échelle. Dans ce même paragraphe nous illustrerons plus loin les trois procédés, en nous arrêtant particulièrement aux Milano A et B qui sont moins connus que le procédé *Jerie*, déjà appliqué depuis de nombreuses années pour la compensation des blocs.

Les Centres de Delft, Vienne et Milan se sont offerts pour exécuter la compensation de tests. Delft et Vienne suivront la méthode *Jerie*, Milan exécutera les compensations par les méthodes A et B. Ces Centres ont été invités à se mettre en rapport pour prendre des contacts réciproques dans le choix des points et pour établir les normes de présentation et de codification des données choisies.

A la suite de ces contacts, la Présidence diffusait par la circulaire n. 20 du 21 décembre 1962, les règles relatives à la transmission des données. Après une série de dispositions de caractère général, ces données établissent les modalités de numérotage des points (le sigle de chaque point doit mettre en évidence, en plus de son propre numéro, la bande ou les bandes auxquelles il appartient, sa nature de point de contrôle signalisé ou de point de liaison choisi sur le photogramme par l'opérateur) ainsi que les normes pour la rédaction de la carte de l'ensemble des points restitués (signes conventionnels qui doivent être utilisés et échelle de l'ensemble). En dernier lieu, elles indiquent comment l'on doit remplir les listes des coordonnées des points en utilisant des formulaires spéciaux.

Il a été plus difficile de résoudre le problème du choix des points qui doivent être utilisés pour la compensation des tests. Le premier inconvénient naissait du fait que les Centres n'avaient pas tous (début 1963) terminé les mesures. De ce fait, il était à peu près impossible de choisir avec certitude des points ne présentant pas dans les tests des erreurs grossières. Cependant, afin d'éviter d'autres retards, on décida de choisir des points sur la base de résultats déjà acquis et de recommander aux Centres qui étaient encore dans la phase des mesures, de faire attention à ce que ces points soient restitués le mieux possible. En tenant compte des exigences particulières de la compensation *Jerie*, les Centres de Delft et de Vienne formulèrent une proposition qui fut acceptée par le Centre de Milan et diffusée à tous les Centres par la circulaire n. 21 du 15 février 1963. Les points qui ont été choisis sont les suivants:

pour la compensation planimétrique

1107765 — 1108715 — 1109695 — 3307675 — 3405685 — 5507605 — 5508905 — 5509205,

pour la compensation altimétrique

1107765 — 1207795 — 3307675 — 3407655 — 4507635 — 5507605 — 1108715 — 1208745 —
2308615 — 3408605 — 4508475 — 5508505 — 1109695 — 1109665 — 2304105 — 3405685 —
5505485 — 5509205.

La nomenclature des points suit les règles établies par la circulaire n. 20. Les deux premiers chiffres indiquent les bandes dans l'enchaînement desquelles le point a été restitué. Donc, si un numéro se répète cela veut dire que le point a été restitué seulement dans la bande dont le numéro d'ordre est répété (11, 22, 33 ...). Si le point a été restitué dans deux bandes attenantes, le numéro d'ordre des deux bandes constitue le groupe des deux premiers chiffres (12, 23, 34, 45 ...). Viennent ensuite quatre chiffres qui contiennent le numéro d'ordre du point. Le dernier chiffre sert à indiquer si le point est un point de contrôle ou non. S'il s'agit d'un point de contrôle le dernier chiffre est toujours 5; si c'est un point de liaison ou de raccord, ou s'il s'agit de n'importe quel autre point choisi par l'opérateur pendant la phase de restitution, donc sans coordonnées relevées topographiquement, le dernier chiffre est différent de 5.

On a pu utiliser cette liste de points pour la compensation de tous les tests, soit par le procédé *Jerie*, soit par le procédé Milano A ou Milano B. Il n'y a que pour le test 12, I. G. M. Bruxelles, que la série des 18 points utilisés pour la compensation altimétrique a dû subir une légère modification; le point de contrôle 765 n'a été restitué que dans la bande 3 (2.6.3); il faut donc que dans la liste des points utilisés pour la compensation de ce test il soit indiqué par 3307655 et non par 3407655. Cette légère variation qui provoque la diminution d'une condition n'affecte pratiquement pas l'homogénéité des résultats.

Les points de liaison entre les bandes, indispensables pour la compensation des blocs, ont créé, à la suite de leur choix, de nombreuses difficultés. En fait, les différentes méthodes utilisées pour compenser ont souvent des exigences diverses. Bien que cela

représente une perte dans l'homogénéité complète des résultats, les trois centres chargés d'exécuter les compensations, afin de faciliter l'exécution des travaux, ont, d'un commun accord, décidé:

- a) de laisser la liberté à chacun des trois centres de choisir les points de liaison dans le nombre et la position qu'ils considèrent les plus avantageux;
- b) de donner la préférence dans le choix des points de liaison aux points de contrôle signalisés sur le terrain.

Le travail de compensation des différents tests, déjà bien avancé à la fin de 1962, se continua en 1963 dans les centres de Delft, Vienne et Milan. Les dernières compensations ont été exécutées à Delft et à Milan durant les premiers mois de 1964. De cette façon on a pu présenter au Congrès de Lisbonne un premier résumé des résultats, en s'abstenant complètement de toute critique commentée.

Il ne nous semble pas utile de décrire ici en détail les différents types de compensation des blocs qui ont été utilisés. La méthode I. T. C. — *Jerie* et la méthode Anblock [10] sont assez répandues grâce à leur commodité. Ces méthodes sont connues par les nombreuses publications descriptives et critiques qui s'y réfèrent. Moins connues sont les méthodes Milano A et Milano B; on en parle cependant avec beaucoup de détails dans le rapport du centre de Milan et on les décrit sommairement dans le rapport provisoire de la Commission qui a été présenté à Lisbonne [2] [4]. Dans le présent rapport, il convient surtout de signaler brièvement quelles sont les différences entre les trois procédés afin de permettre par la suite de juger les résultats obtenus.

Dans le procédé I. T. C. — *Jerie* la compensation de la planimétrie est nettement différenciée de celle de l'altimétrie.

Pour la compensation de la planimétrie le bloc entier est divisé en sections rectangulaires, chacune comprenant deux ou plusieurs modèles consécutifs d'une bande. Chaque section est liée aux sections contiguës par les points communs placés aux sommets des sections. Par un procédé mécanique dans la méthode I. T. C. — *Jerie* ou par un procédé analytique dans sa version moderne, la méthode Anblock, on obtient les éléments de la transformation linéaire conforme à appliquer à chaque section pour adapter, de la façon la meilleure, la section considérée aux autres sections et le bloc aux points d'appui. Le procédé mécanique et le procédé analytique sont équivalents car ils arrivent tous les deux à la détermination des coefficients de la transformation de chaque section en employant la méthode des moindres carrés. Les coefficients ainsi obtenus sont utilisés pour transformer les coordonnées de tous les points internes à chaque section. La compensation des hauteurs, au contraire, est obtenue au moyen d'une analogie mécanique. Chaque bande est représentée par une barre flexible fixée au support et aux autres barres représentant les autres bandes du bloc par des liens élastiques placés en correspondance de chaque point d'appui et de chaque point de liaison. Les liens élastiques obligent les bandes à prendre une forme et une position déterminées dont on déduit les corrections à apporter aux hauteurs mesurées des points internes au bloc.

Le procédé Milano A calcule les corrections grâce à une interpolation avec une formule du second degré. Les formules d'interpolation pour le calcul des corrections à apporter à chaque coordonnée sont:

$$\begin{aligned}\Delta x &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 \\ \Delta y &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 \\ \Delta z &= c_0 + c_1 x + c_2 y + c_3 xy + c_4 x^2.\end{aligned}\tag{7}$$

Pour chaque bande du bloc il faut déterminer le groupe des 15 valeurs des coefficients des trois équations (7). Si le nombre des bandes est r , le nombre total des coefficients inconnus qui doivent être déterminés est $3.5.r$. Cependant, comme il n'y a pas de liaisons entre les trois expressions des corrections ΔX , ΔY et ΔZ , le problème peut être résolu en extrayant les inconnues séparément en trois groupes de $5.r$ inconnues. Pour chaque coordonnée ces inconnues sont déterminées en appliquant la méthode des «moindres carrés» aux $m + n$ équations d'observation relatives aux n points de coordonnées connues et aux m points de liaison entre bandes adjacentes. Les n équations aux points de coordonnées connues et les m équations aux points de liaison sont dérivées des équations (7).

Comme on a employé les n mêmes points de coordonnées connues et les m mêmes points de liaison pour compenser séparément les coordonnées X , les coordonnées Y et la hauteur Z , les trois groupes de $m + n$ équations du type (7) à $5.r$ inconnues ont les mêmes coefficients. Par conséquent, le système normal des équations d'observations est le même pour les trois coordonnées, seules les valeurs contenues dans la colonne des termes connus sont différentes. Ce fait permet de beaucoup simplifier les calculs. Le programme préparé sur le calculateur Remington USS 90 prévoit l'introduction d'un nombre quelconque de points d'appui ou de liaison et on peut changer à volonté les poids des différentes équations.

Le calcul des coordonnées compensées des points du bloc est exécuté en additionnant la correction obtenue à partir des équations (7) aux coordonnées transformées linéairement. Pour les points situés dans la zone de recouvrement latéral des bandes, qui ont donc deux groupes de coordonnées, les coordonnées X , Y , Z définitives sont obtenues, avec le même programme électronique, en faisant la moyenne des deux valeurs provenant de la compensation de chacune des deux bandes adjacentes.

La méthode de compensation «Milano B» corrige les coordonnées planimétriques des points du bloc en interpolant les erreurs avec des formules conformes du 2^e degré. Les formules employées déjà introduites par d'autres auteurs sont les suivantes:

$$\begin{aligned}\Delta x &= a_1 + b_1 x - b_2 y + c_1 (x^2 - y^2) - c_2 2xy \\ \Delta y &= a_2 + b_2 x + b_1 y + c_2 (x^2 - y^2) - c_1 2xy.\end{aligned}\tag{8}$$

Les deux expressions (8) ont des coefficients communs et pour chaque bande du bloc, il faut déterminer les valeurs de 6 coefficients indépendants. Les $6.r$ coefficients, r étant le nombre des bandes, sont obtenus par la méthode des moindres carrés en résolvant le système d'équations d'observations composé de $2n + 2m$ équations.

Les $2n$ équations qu'on peut écrire aux n points de coordonnées terrain connues et les $2m$ équations qu'on peut écrire pour chacun des m points de liaison sont dérivées des équations (8).

Les équations (8) ont des inconnues communes; par conséquent le système de $2n + 2m$ équations à $6.r$ inconnues doit être résolu en bloc. Le programme de calcul forme directement le système normal, le résout et donne les $6.r$ coefficients. Avec ces mêmes coefficients le programme calcule les corrections pour tous les autres points du bloc et corrige les coordonnées transformées linéairement. Pour les points de liaison et pour tous ceux communs à deux bandes adjacentes, le programme prévoit le calcul indépendant des deux coordonnées corrigées, le calcul de la moyenne simple des deux coordonnées et de la différence entre les coordonnées. Dans le programme on peut changer le

poids des équations et donner aux équations relatives aux m points de liaison un poids différent de celui imposé aux équations relatives aux n points de contrôle. Le programme de compensation »Milano B« a aussi été étudié pour le calculateur Remington USS 90.

La principale différence entre le type de compensation *Jerie* et celui adopté (dans ses deux versions) par le Centre de Milan est que ce dernier prévoit la forme analytique de l'allure des corrections (dans le cas particulier de type quadratique) entre chaque bande tandis que le premier type, ne formulant aucune hypothèse sur l'allure des erreurs, adapte le bloc aux conditions de liaison, en essayant de le faire dans les meilleures conditions possibles.

Du reste le procédé Milano A est différent du procédé Milano B, car dans le second la compensation des coordonnées X et Y n'est pas indépendante comme dans le premier. De ce fait le procédé Milano B est encore plus rigide que le procédé Milano A.

A Delft, au siège de l'I. T. C., on a compensé par le procédé *Jerie* les tests 1 (I et II passage), 5 (I, II, III, IV passage) et par le procédé Anblock le test 12 (I et II passage). Dans les figures 9, 10, 11 on a reporté les schémas des subdivisions en sections des trois tests et indiqué les points utilisés comme liens entre les sections. On a exécuté 3 répétitions des opérations de compensation planimétrique et 2 de compensation altimétrique. Les points de liaison qui ont été utilisés sont indiqués dans le tableau résumé 9.

A Vienne, au »Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen« on a compensé, par le procédé *Jerie*, les tests: 6 (I et II passage), 9 (I et II passage) et 10 (I, II, III et IV passage). La division en sections des trois tests et les points de liaison des sections sont reportés sur les figures 12, 13, 14. Il y a eu 2 répétitions de la compensation planimétrique, il n'y en a eu qu'une pour la compensation altimétrique. Pour les points de liaison, on a employé le groupe de points indiqué dans le tableau 9.

Tant à Delft qu'à Vienne, on a utilisé les échelles suivantes: 1 : 5 000 pour la compensation planimétrique; 1 : 6 000 pour la compensation altimétrique.

Au Centre de Milan le programme Milano A a été employé pour la compensation des coordonnées X , Y et Z de tous les tests avec les 18 points d'appui choisis pour la compensation altimétrique des blocs.

Comme points de liaison entre les bandes, on a choisi seulement des points de contrôle signalisés sur le terrain. Ce groupe de 30 points est le même dans presque tous les tests. Dans les tests 10 et 12 on a dû remplacer deux ou trois points (voir tabl. 9).

On pourra remarquer que ce choix présente l'inconvénient de conduire à un groupe de points de liaison mal réparti le long des bandes. Toutefois, on a préféré cet inconvénient à celui qui provient du mélange de points de liaison choisis sur points de contrôle signalisés avec des points de liaison choisis sur points non signalisés du terrain.

Pour ces compensations on a donné le poids 1 aux équations sur les points d'appui et poids 0,5 aux équations sur les points de liaison. Le test 1 (I et II passage) a été compensé avec deux autres distributions différentes des poids: une première fois avec le poids 1 aux équations sur les points de liaison et le poids 1 à celles sur les points d'appui; une deuxième fois avec poids 0 aux équations sur les points de liaison. Cette dernière compensation équivaut à une compensation séparée de chaque bande sur les seuls points d'appui. Le but de cette expérience était de vérifier d'une façon expérimentale l'influence de la variation des poids des équations sur les points de liaison dans les résultats de la compensation.

Le programme Milano B a été employé, par le Centre de Milan, pour compenser de nouveau tous les tests mais cette fois pour la planimétrie seule.

Les points d'appui employés pour cette compensation sont les 8 points choisis pour la compensation planimétrique des tests selon le procédé I. T. C. — *Jerie*. En outre, comme points de liaison entre les bandes, on a employé les points de contrôle signalisés déjà employés pour le groupe de compensations précédent (Milan A), avec les variantes signalisées.

Dans ce type de compensation les points de liaison entre les bandes ont une importance considérable. Pour cette raison, on a donné poids 1 aux équations sur les points de liaison comme à celles sur les points d'appui.

Le test 5 (I et II passage) a été compensé une deuxième fois avec le programme B. Pour cette deuxième compensation, on a employé, comme points de liaison entre les bandes, 35 points naturels (non signalisés).

Le Centre de Milan a donc exécuté au total 42 calculs de compensation.

Dans le tableau 10 figure la liste, avec quelques indications explicatives, de toutes les compensations exécutées sur le matériel du bloc 2.6 fourni par les Centres. Il s'agit de 60 résultats dont une partie seulement a été utilisée pour les recherches mentionnées dans ce rapport. Les résultats qui n'ont pas été utilisés, ainsi que tout le matériel expérimental de la Commission, restent à la disposition de tous ceux qui désirent exécuter des études approfondies: il suffit d'en faire la demande auprès de la Présidence de la Commission.

Les compensations du test 15 demandent un bref commentaire particulier. Ce test ne comprend pas tout le bloc, mais seulement 3 des 5 bandes (2.6.3, 2.6.4, 2.6.5). C'est pour cette raison qu'il n'a été compensé qu'à Milan par les programmes A et B en utilisant un groupe de points d'appui et de liaison tout à fait particulier. Cependant, un tel groupe de points, dans la mesure du possible, a été mis en coïncidence avec celui utilisé pour la compensation de tous les autres tests avec les deux mêmes programmes.

Les points d'appui pour la compensation Milan A sont les suivants:

3307675 — 3407655 — 4507635 — 5507605 — 3308615 — 3408605 — 4508475 — 5508505 —
3304105 — 3405685 — 4505485 — 5509205.

Les points d'appui pour la compensation Milan B sont:

3307675 — 3308615 — 4507635 — 5508905 — 3304105 — 3405685 — 5507605 — 5509205.

Les points de liaison sont également indiqués dans le tableau 9.

On a examiné le test 15 et on en a fait la compensation, dans le seul but d'utiliser, même pour un nombre incomplet de bandes, les données des deux autres mesures indépendantes. De telles données additives peuvent servir à confirmer la présence d'éventuels comportements systématiques dans les différentes bandes du bloc.

En conclusion d'un tel travail, on peut donner quelques renseignements généraux sur la durée des opérations de compensation des divers tests par les diverses méthodes.

A D e l f t les opérations de compensation par la méthode *Jerie* ont demandé:

Test 1 — I passage	altimétrie	40 heures de travail 2 personnes pendant 2 jours et demi
	planimétrie	80 heures de travail 2 personnes pendant 5 jours plus 6 heures de machine à calculer électronique Zebra.
Test 1 — II passage et Test 5 — I, II, III, IV passage	altimétrie	33 heures de travail 2 personnes pendant 2 jours
	planimétrie	60 heures de travail 2 personnes pendant 4 jours plus 5 heures de machine à calculer électronique Zebra.
Test 12 — I, II passage	altimétrie	33 heures de travail 2 personnes pendant 2 jours
	planimétrie	8 heures de travail (méthode Anblock) 1 personne pendant 1 jour plus 1 heure de machine à calculer électronique Zebra.

A V i e n n e le travail de compensation a demandé, pour chacun des 8 blocs qui ont été compensés dans ce Centre, les temps suivants: Travail sur machine à calculer analogique:

pour la planimétrie	64 heures
pour l'altimétrie	57 heures.

Travail sur machine à calculer digitale:

2 heures pour la planimétrie et
1 heure pour l'altimétrie en plus
de la préparation;
pour le travail secondaire 5 heures
à la machine à calculer et 5 heures
aux machines auxiliaires.

A u C e n t r e d e M i l a n le temps utilisé pour la compensation de chaque bloc par le programme Milano A est le suivant:

préparation: 8 heures de travail d'une personne

calcul sur Remington USS 90: 30 minutes pour le calcul des coefficients plus 40 minutes pour le calcul des coordonnées compensées et des erreurs résiduelles.

Pour la compensation Milano B:

préparation: 8 heures de travail d'une personne

calcul sur Remington USS 90: 45 minutes pour le calcul des coefficients plus 30 minutes pour le calcul des coordonnées compensées et des erreurs résiduelles.

6. Points de contrôle restitués

Les règles de la Présidence de la Commission prescrivent que tous les Centres doivent restituer dans les tests respectifs tous les points de contrôle compris dans la couverture du vol 2.6. Dans le but d'individualiser au préalable le numéro et la position de ces points (dans quelle bande ou dans quelle zone de superposition latérale ils étaient compris), et d'en donner l'indication précise à tous les autres Centres, le Centre de Milan a été chargé de se comporter en centre pilote. Une telle charge n'a cependant pu être accomplie que partiellement pour différentes raisons. Cette défaillance du travail préparatoire a créé quelques inconvénients car les Centres ont travaillé de façon désordonnée et, de ce fait, la position et le nombre des points restitués dans les différents tests est assez variable. Dans le tableau 11 on a reporté pour chaque test le nombre de points restitués à l'intérieur de chaque bande et dans les 4 zones de recouvrement entre deux bandes contiguës. La dernière colonne comprend l'indication du nombre total des points des différents types.

Parmi tous les points de contrôle contenus dans le bloc 2.6 il n'y a qu'un peu plus des deux tiers qui sont communs à tous les tests et aptes à être examinés pour une analyse globale comparative.

Aux points qui ne sont pas restitués dans tous les tests, à ceux qui, dans certains tests, sont restitués dans deux bandes et dans les autres tests ne sont restitués que dans un seul ruban, il faut ajouter les points qui, tant par erreur soit de mesure soit d'identification, que par erreur de calcul dans la phase de compensation d'un des trois types, se trouvent affectés d'erreurs supérieures à 2 mètres sur une des trois coordonnées. Ces trois catégories de points ont été éliminées pendant les opérations d'analyse globale. Dans le tableau 12, on a reporté les numéros indicatifs des points qui s'avèrent communs à tous les tests et à toutes les compensations et qui présentent des caractères homogènes.

Dans la liste qui suit on reporte, par ordre de bande, les points qui ont été éliminés et pour chacun d'eux la cause déterminante.

819 — Interne à la bande 2.6.1.

La coordonnée Z de ce point présente une erreur résiduelle supérieure à 3 m après la compensation soit *Jerie*, soit Milan A du test 10, II passage.

967 — Interne à la bande 2.6.1.

Ce point n'a pas été mesuré dans les tests 1, 6 et 5, IV passage.

867 — Dans le test 1 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.1; dans les autres tests dans les bandes 2.6.1 et 2.6.2.

Ce point a été employé comme point de liaison dans la compensation *Jerie* des tests 5 et 6.

946 — Ce point n'a pas été restitué dans le test 1, I passage; dans le II passage il a été restitué seulement dans la bande 2.6.2, tandis que dans tous les autres tests il a été restitué dans les bandes 2.6.1 et 2.6.2.

990 — De ce point non signalisé on connaît seulement la coordonnée Z terrain. Dans les tests 1 et 6 il n'a pas été restitué.

15 — Interne à la bande 2.6.2.

Dans les tests 1 et 6 ce point n'a pas été restitué.

- 780 — Interne à la bande 2.6.2.
Les coordonnées X et Y de ce point dans les compensations *Jerie*, Milan A et Milan B du test 1, I passage, présentent une erreur supérieure à 2 m.
- 863 — Interne à la bande 2.6.2.
Ce point a été restitué seulement dans le test 12.
- 875 — Interne à la bande 2.6.2.
Dans le test 9 ce point n'a pas été restitué.
- 944 — Interne à la bande 2.6.2.
Les coordonnées X et Y de ce point n'ont pas été calculées dans la compensation *Jerie* du test 1.
- 9 — Dans le test 1 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.3; dans les autres tests dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
C'est un point de liaison en Z dans la compensation *Jerie* des tests 6 et 10.
- 226 — Dans le test 9 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.3; dans les autres tests dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
Il a été employé comme point de liaison dans la compensation *Jerie* des tests 1 et 5 (coordonnée Z) et des tests 6 et 10 (coordonnées X , Y , Z).
- 248 — Dans les tests 1 et 6 ce point n'a pas été restitué. Dans les tests 9 et 10 il a été restitué seulement dans la bande 2.6.2. Dans les tests 5 et 12 dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
- 307 — Dans le test 10 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.2; dans les autres tests il a été restitué dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
Ce point est un point de liaison dans la compensation *Jerie*, coordonnée Z , des tests 1, 5, 6, 9.
- 418 — Dans les tests 1 et 6 ce point n'a pas été restitué; dans le test 10 il a été restitué dans la bande 2.6.2; dans les autres tests dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
- 811 — Dans le test 9 ce point a été restitué dans la bande 2.6.2; dans les autres tests dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
C'est un point de liaison pour la compensation *Jerie*, coordonnée Z des tests 1, 5, 6, 10.
- 878 — Dans les tests 1, 6, 9 ce point a été restitué dans la bande 2.6.3; dans les autres tests dans les bandes 2.6.2 et 2.6.3.
C'est un point de liaison dans la compensation *Jerie*, coordonnée Z , du test 5 et dans la compensation *Jerie*, coordonnées X , Y , Z du test 10.
- 41 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans les tests 1 et 6 ce point n'a pas été restitué.
- 97 — Interne à la bande 2.6.3.
Les coordonnées X et Y de ce point dans la compensation *Jerie* du test 1 n'ont pas été calculées.
- 188 — Interne à la bande 2.6.3.
Les coordonnées de ce point dans le test 1 présentent une erreur grossière.

- 197 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans le test 9 ce point n'a pas été restitué.
- 484 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans le test 6 ce point n'a pas été restitué.
- 487 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans les tests 1, 5, 6 ce point n'a pas été restitué.
- 569 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans le test 9 ce point n'a pas été restitué.
- 787 — Dans les tests 1, 5, 6, 9 ce point a été restitué dans la bande 2.6.3; dans les autres tests dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
C'est un point de liaison dans la compensation *Jerie*, coordonnées *X*, *Y* du test 12 et dans les compensations Milan A et Milan B du même test.
- 788 — Commun aux bandes 2.6.3 et 2.6.4.
Dans le test 12, compensation *Jerie*, la coordonnée *X* présente une erreur supérieure à 2 m.
- 805 — Dans le test 1 ce point a été restitué dans la bande 2.6.4; dans le test 5 dans la bande 2.6.3; dans les autres tests dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
Dans la compensation *Jerie* du test 5 les coordonnées *X* et *Y* manquent.
- 826 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans le test 1 ce point n'a pas été restitué. Les coordonnées *X* obtenues des compensations *Jerie*, Milan A et Milan B du test 5, III passage, présentent une erreur supérieure à 2 m.
- 879 — Interne à la bande 2.6.3.
Dans le test 9 ce point n'a pas été restitué.
- 991 — Interne à la bande 2.6.3.
Point non signalisé dont seulement le *Z* est connu. Dans les tests 1, 5, 6 il n'a pas été restitué.
- 992 — Comme le précédent.
- 48 — Dans le test 6 ce point a été restitué dans la bande 2.6.4; dans le test 10 il a été restitué dans la bande 2.6.3; dans les autres tests il a été restitué dans l'une et dans l'autre.
- 137 — Dans les tests 1 et 6 ce point a été restitué dans la bande 2.6.4; dans les autres tests dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
C'est un point de liaison dans les compensations Milan A et Milan B du test 10.
- 236 — Les coordonnées *X* et *Y* de ce point, restitué dans la bande 2.6.4 du test 10, présentent une erreur grossière.
C'est un point de liaison (2.6.3—2.6.4) pour les compensations *Jerie*, Milan A et Milan B des tests 1, 5, 6, 9, 12.
- 291 — Les coordonnées de ce point, restitué dans la bande 2.6.4 du test 10, présentent une erreur grossière.
C'est un point de liaison (2.6.3—2.6.4) pour les compensations Milan A et Milan B des tests 1, 5, 6, 9, 12 et pour la compensation *Jerie*, coordonnée *Z*, des tests 1 et 5.

- 358 — Dans le test 10 ce point a été restitué dans la bande 2.6.4. Dans les autres tests, il a été restitué dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
C'est un point de liaison dans la compensation *Jerie*, coordonnée Z, des tests 1, 5, 6, 9 et dans les compensations Milan A et Milan B du test 12.
- 536 — Commun aux bandes 2.6.3 et 2.6.4.
Dans le test 10, I passage, les coordonnées X et Y présentent une erreur grossière.
- 765 — Dans le test 12 ce point a été restitué dans la bande 2.6.3. Dans les autres tests dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
C'est un point d'appui pour l'altimétrie et de liaison pour la planimétrie dans la compensation *Jerie*. En outre c'est un point d'appui dans la compensation Milan A.
- 845 — Commun aux bandes 2.6.3 et 2.6.4.
Dans le test 9 ce point n'a pas été restitué.
- 882 — Dans le test 1 ce point n'a pas été restitué. Dans les tests 6, 9, 12 il a été restitué seulement dans la bande 2.6.3; dans les tests 5 et 10 dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
- 883 — Dans le test 10 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.3; dans les autres tests dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
C'est un point de liaison en Z dans la compensation *Jerie* des tests 1 et 5 et de liaison en X, Y, Z dans la compensation *Jerie* des tests 6 et 9.
- 993 — De ce point non signalisé on connaît seulement la coordonnée Z terrain. Dans les tests 1, 5, 6 il n'a pas été restitué; dans le test 9 il a été restitué dans la bande 2.6.4; dans les tests 10 et 12 dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4.
- 71 — Interne à la bande 2.6.4.
Dans les tests 1 et 6 il n'a pas été restitué.
- 139 — Dans les tests 5, IV passage, et 9, ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.4. Dans les autres tests il a été restitué dans les bandes 2.6.3 et 2.6.4. Les coordonnées X et Y n'ont pas été calculées dans la compensation *Jerie* du test 1.
- 171 — Interne à la bande 2.6.4.
Dans les tests 1, 5, 6 ce point n'a pas été restitué.
- 539 — Interne à la bande 2.6.4.
Les coordonnées X, Y, Z de ce point dans le test 5, III passage présentent une erreur grossière.
- 846 — Interne à la bande 2.6.4.
Dans le test 1 ce point n'a pas été restitué.
- 858 — Interne à la bande 2.6.4.
Dans le test 12 ce point n'a pas été restitué.
- 994 — Interne à la bande 2.6.4.
De ce point non signalisé seulement la coordonnée Z terrain est connue.
Dans les tests 1, 5, 6 il n'a pas été restitué.
- 153 — Dans le test 9 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.4. Dans les autres tests il a été restitué dans les bandes 2.6.4 et 2.6.5.
C'est un point de liaison en Z pour la compensation *Jerie* des tests 1, 5, 6.

- 546 — Dans le test 9 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.4. Dans les autres tests dans les bandes 2.6.4 et 2.6.5.
C'est un point de liaison en Z pour la compensation *Jerie* des tests 1 et 5, IV passage, et de liaison en X, Y, Z pour la compensation *Jerie* du test 6.
- 886 — Dans le test 9 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.4. Dans les autres tests dans les bandes 2.6.4 et 2.6.5.
C'est un point de liaison en Z pour la compensation *Jerie* des tests 1, 5, 6, 10.
- 887 — Comme le précédent.
- 907 — Dans le test 9 ce point a été restitué seulement dans la bande 2.6.5. Dans les autres tests dans les bandes 2.6.4 et 2.6.5.
C'est un point de liaison en X, Y, Z pour la compensation *Jerie* des tests 1, 5, 6, 10.
- 995 — De ce point non signalisé seulement la coordonnée Z terrain est connue. Dans les tests 1, 5, 6 il n'a pas été restitué. Dans le test 10 il a été restitué dans la bande 2.6.5; dans les tests 9 et 12 dans les bandes 2.6.4 et 2.6.5.
- 896 — Interne à la bande 2.6.5.
Dans les tests 1 et 6 il n'a pas été restitué.
- 897 — Comme le précédent.
- 902 — Interne à la bande 2.6.5.
Dans les tests 1 et 5 ce point n'a pas été restitué.
- 910 — Interne à la bande 2.6.5.
Dans le test 1 ce point n'a pas été restitué.
- 917 — Comme le précédent.
- 918 — Comme le précédent.
- 919 — Interne à la bande 2.6.5.
Dans les tests 1, 5, 6 ce point n'a pas été restitué.
- 925 — Interne à la bande 2.6.5.
Dans les tests 1 et 6 ce point n'a pas été restitué.
- 926 — Comme le précédent.
- 927 — Interne à la bande 2.6.5.
Dans le test 1 ce point n'a pas été restitué.

7. Erreurs résiduelles après transformation linéaire des bandes.

Analyse des résultats

L'analyse des erreurs résiduelles des coordonnées des points de contrôle, après leur transformation linéaire, a deux buts fondamentaux.

- a) Etablir quelle est la situation de chaque bande avant les compensations globales du bloc par les diverses méthodes.
- b) Mettre en évidence la présence d'éventuels comportements systématiques des bandes.

Le tableau 13 réunit les données synthétiques relatives aux erreurs des coordonnées des points de contrôle des différents tests après la transformation linéaire appliquée aux résultats bruts selon des critères exposés dans chacun des rapports des centres, contenus dans le paragraphe 4. Puisque les transformations linéaires ont été exécutées en appuyant chaque bande sur les mêmes groupes de points placés dans le premier et le dernier modèle de chacune des bandes, ces données peuvent être comparées. Les groupes des points de contrôle qui ont été utilisés pour ces transformations sont ceux indiqués dans la figure 4.

On n'a pas utilisé toutes les données disponibles pour la rédaction de ce tableau, mais on a sélectionné un groupe de résultats les plus homogènes possible et tous indépendants les uns des autres. Dans le test 5 qui comprend 8 passages différents, traités selon des programmes d'enchaînement analytique différents (voir par. 4), on a pris seulement les passages III et IV, c'est à dire les deux mesures indépendantes calculées avec le programme 6—3. Ce programme utilise 6 points dans la position standard pour l'enchaînement et 3 points dans la zone de recouvrement longitudinal pour la mise à l'échelle.

Du test 10 qui, comme on l'a déjà dit au paragraphe 4, a subi une transformation linéaire suivant deux procédés différents, on a pris seulement les passages I et II obtenus par des mesures indépendantes transformées de façon linéaire avec la correction transversale des coordonnées Z des points.

Dorénavant c'est sur ce seul groupe de résultats que se concentrera notre analyse. Dans les tableaux 13 et 14 apparaissent également les résultats relatifs au test 15; bien que partiels, et se référant à 3 bandes seulement, ils sont utilisables en tant que confirmation ultérieure à caractère indépendant du comportement systématique de quelques erreurs résiduelles. Les résultats du test 15 n'apparaissent plus dans les tableaux suivants du paragraphe 8 et autres.

Le contenu du tableau 13 est le suivant: pour chaque bande, on a reporté le nombre n des points intérieurs à la bande utilisée pour le calcul, la moyenne M des erreurs résiduelles après la transformation linéaire et la valeur quadratique moyenne de ces mêmes erreurs résiduelles. Le nombre n est variable de test à test; en effet les valeurs que nous reportons ici n'ont pas été obtenues en utilisant pour tous les tests le même groupe de points. Donc les résultats contenus dans le tableau ne sont pas rigoureusement comparables. Cependant, en pratique, la comparaison a une signification et, en particulier, il est possible de déduire de ces résultats quelques constatations particulières de caractère qualitatif.

Les constatations présentant le plus grand intérêt sont celles qui nous sont offertes par les colonnes des valeurs et des signes des moyennes M des erreurs résiduelles. En particulier, les signes des moyennes M analysés le long des colonnes, nous permettent de constater la présence d'éventuels comportements systématiques des bandes; en effet, une concordance totale des signes est assez improbable et ne peut pas être attribuée au hasard. Elle démontrerait la présence d'une cause de perturbation commune à tous les tests obtenus par des procédés, des instruments et des opérateurs différents.

- Erreurs résiduelles de la coordonnée X : les moyennes n'atteignent que rarement des valeurs élevées. Dans deux cas seulement, appartenant tous les deux au test 10, elles dépassent 1 mètre. Au moins 50 des 66 valeurs de M sont inférieures à 50 cm. La déformation de chaque bande selon X n'est donc pas très évidente. Les bandes 2.6.1, 2.6.3 et 2.6.4 présentent des moyennes avec des signes alternés en bon équilibre. La bande 2.6.2, sur 12 valeurs, présente 10 moyennes positives; les deux moyennes négatives ont les valeurs absolues les plus petites. La bande 2.6.5 présente, sur 14 valeurs, 13 moyennes positives. Si la concordance des signes dans les deux bandes est due à

des causes réelles, elles doivent être recherchées dans le matériel photographique initial commun à tous les tests. D'autre part, comme toutes les bandes, bien qu'exécutées avec la même chambre de prise de vues, n'ont pas le même comportement, ces causes doivent plutôt être attribuées au matériel sensible, aux conditions atmosphériques, aux conditions de développement, qu'à l'objectif. Si nous analysons les signes des moyennes le long des lignes et, en particulier, le couple de lignes du tableau correspondant à chaque test (deux passages), nous trouvons que le test 10 présente 10 valeurs de moyennes toutes positives et, de plus, assez élevées. Dans le test 12, sur 10 valeurs 9 sont positives. Cette concordance des signes le long des lignes des deux tests cités ci-dessus est due probablement à des causes systématiques liées à l'instrument de restitution utilisé pour effectuer l'enchaînement et à la méthode employée. A propos du test 10, il faut remarquer la présence (bande 2.6.3, I passage) d'une moyenne (et de la correspondante valeur quadratique moyenne) ayant une valeur absolue plus grande que 2 m. Comme dans le tableau relatif à la coordonnée X cette valeur est exceptionnellement élevée, on suppose la présence de perturbations localisées pendant l'exécution de l'enchaînement de cette bande. L'analyse du comportement de cette même bande après la compensation sera ensuite très significative.

- Erreurs résiduelles de la coordonnée Y: en aucun cas les moyennes ne dépassent 1 mètre en valeur absolue: sur 66 valeurs 57 sont inférieures, en valeur absolue, à 50 cm. On a donc également pour Y des déformations globales de faible importance. Quant aux signes des moyennes, les valeurs positives sont de loin les plus nombreuses: 53 sur 66. La bande 2.6.1 a 4 valeurs négatives et 8 positives; la 2.6.2 a une valeur négative et 11 positives; la 2.6.3 et la 2.6.5 ont 3 valeurs négatives et 11 positives; la 2.6.4 a deux valeurs négatives et 12 positives. Les 13 valeurs négatives des moyennes sont, en outre, parmi les plus petites de notre tableau. En outre, 7 des 13 valeurs négatives moyennes et les plus grandes valeurs absolues sont concentrées dans le test 10. Ne considérant pas ce test, le pourcentage des valeurs positives croît davantage: 50 sur 56. Une telle situation indique la présence d'une cause de perturbation systématique à caractère général, pratiquement identique pour chaque bande; peut-être peut-on donc la faire remonter à l'objectif de prise de vues. Le comportement du test 10, différent de celui des autres, est, très probablement, dû au fait que, comme déjà dit au paragraphe 4 de la première partie, le matériel photographique original a subi une transformation afin de pouvoir être utilisé sur le stéréoplanigraphe. Cette transformation demande l'emploi d'un objectif, ce qui peut avoir modifié les caractéristiques du matériel original.
- Erreurs résiduelles de la coordonnée Z: les valeurs des moyennes M sont variables de bande à bande. Elles sont, en valeur absolue, toujours inférieures à 50 cm dans la bande 2.6.2, tandis que dans la bande 2.6.3 elles oscillent entre un minimum de 57 cm et un maximum de 260 cm. Dans les autres bandes les moyennes ont des valeurs absolues assez variables, souvent supérieures à 1 m, surtout dans la bande 2.6.4. Cela indique que les déformations selon Z sont bien plus évidentes que pour les autres coordonnées. Il faut remarquer le comportement particulier du test 12. Les moyennes relatives aux deux passages de ce test ont toutes de petites valeurs absolues, toujours inférieures à 1 m et ce n'est que dans 3 cas qu'elles sont supérieures à 50 cm: ceci contraste assez fortement avec le comportement des autres tests qui contiennent tous quelques valeurs de moyennes supérieures au mètre. Peut-être peut-on mettre ce fait en relation avec la méthode particulière de triangulation et avec les procédés de calcul utilisés au Centre I. G. M. de Bruxelles et décrits dans le rapport de ce Centre (voir par. 4). Il faut donc faire une autre constatation, toujours en ce qui concerne

les valeurs des moyennes: les valeurs les plus élevées des moyennes sont celles qui concernent les tests 1 et 5 pour la bande 2.6.3. En général les valeurs relatives aux autres tests, pour la même bande, sont sensiblement plus petites. De même pour la bande 2.6.4, on remarque un comportement analogue. On note que les tests 1 et 5 ont été exécutés par un procédé analytique tandis que les autres tests, sauf le test 15 incomplet, ont été obtenus par un procédé analogue. Les signes des moyennes des erreurs résiduelles en Z dans les diverses bandes ont un comportement assez variable. Les signes positifs sont en majorité (19 sur 24) dans les deux premières bandes; les signes négatifs sont les plus nombreux (40 sur 42) dans les trois autres bandes. La situation des signes est la suivante: bande 2.6.1, 9 positifs sur 12; bande 2.6.2, 10 positifs sur 12; bande 2.6.3, 14 négatifs sur 14; bande 2.6.4, 14 négatifs sur 14; bande 2.6.5, 12 négatifs sur 14. La systématique du comportement des deux bandes 2.6.3 et 2.6.4 est certaine, surtout si l'on considère le fait que les valeurs des moyennes dans ces deux bandes, mais surtout dans la 2.6.3, sont très élevées. Le comportement systématique des 5 autres bandes est assez probable; cependant, puisque le signe de la déformation systématique change de la première à la dernière bande, il faut conclure que la cause d'un tel comportement prend naissance non dans l'objectif, mais dans les conditions variables de prise et de développement. Il est assez étrange que le fort systématisme en Z des deux bandes 2.6.3 et 2.6.4 ne corresponde pas à un comportement systématique analogue de la coordonnée X dans les deux bandes alors qu'en général les deux déformations sont liées l'une à l'autre. Ceci rend toute interprétation difficile et suggère l'hypothèse que ce comportement est lié à des déformations anormales locales du matériel photographique.

Comme on l'a déjà dit au début, le contenu d'information des v. q. m. des différences résiduelles est pauvre. Les valeurs quadratiques moyennes sont nettement liées à la valeur de la moyenne. Cette liaison subsiste même quand on passe des v. q. m. aux variances σ^2 , surtout en ce qui concerne la coordonnée Z. Dans la partie du tableau relative à la coordonnée Z, on a reporté les variances correspondantes calculées selon la formule connue

$$\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{m_2 - M^2} \quad (9)$$

où m_2 indique la v. q. m. des erreurs résiduelles. Avec les valeurs de $\sqrt{\sigma^2}$ et des moyennes M correspondantes, on a construit le graphique de la figure 15 en reportant en abscisses les valeurs absolues des moyennes et en ordonnées les $\sqrt{\sigma^2}$. Le but de cette figure est de montrer le comportement de la variance, considérée simplement comme indice de dispersion de la variable statistique liée à la population des erreurs résiduelles, lorsque la dispersion de la population est due à des causes surtout systématiques. La valeur moyenne de la population et la variance sont d'autant plus rigidement liées que dans la population la nature systématique des valeurs prévaut sur la dispersion à caractère accidentel.

L'existence d'une forte corrélation entre moyennes et variances suffit à nous faire attribuer la dispersion des valeurs à des influences de nature systématique et de comportement régulier. Ensuite, une fois les compensations effectuées, il sera possible d'analyser, suivant un procédé analogue, le comportement des moyennes et des variances des erreurs résiduelles après compensation. Cela nous permettra de vérifier si la compensation a éliminé les influences de nature systématique dont on a parlé plus haut.

Dans la figure 15 les points qui représentent chaque couple de valeurs relatif à chaque bande de chacune des 12 mesures indépendantes (au total 66 points) se distribuent le long d'une droite. Cette droite interpolatrice coupe l'axe des ordonnées à peu près à la valeur $\sqrt{\sigma^2} = 30$. Le lien existant entre les valeurs de M et celles de $\sqrt{\sigma^2}$, mis en évidence par la figure 15, dénonce la présence, à l'intérieur des bandes, de perturbations d'origine systématique de la dispersion des erreurs résiduelles en Z après transformation linéaire.

Une donnée significative pour mesurer globalement la déformation caractéristique de chaque bande après transformation linéaire, nous est donnée par les coefficients du terme xy et du terme x^2 (coefficients respectivement de rang 3 et 4) dans les formules polynomiales interpolatrices utilisées dans la compensation selon le procédé Milano A (voir les formules dans la description du procédé contenue dans le par. 5).

Comme on l'a explicitement détaillé dans le rapport du Centre de Milano, les coefficients de ces formules ont une signification bien précise et caractéristique de la superficie des erreurs. En particulier, les coefficients des termes xy et x^2 mesurent les déformations des bandes. Les deux déformations seront indiquées ici sous le nom de »torsion« pour celle mesurée par le coefficient du terme en xy et sous le nom de »courbure« pour celle mesurée par le coefficient du terme en x^2 . En réalité les deux appellations ne s'appliquent correctement que pour les déformations des bandes selon Z . La »torsion« selon Y est en réalité une déformation produite par les variations de l'échelle des coordonnées Y des points référées au barycentre, proportionnellement à la coordonnée X des points mêmes. Cette déformation fait que la bande prend la forme d'un trapèze dont la hauteur se situe le long de l'axe de la bande (coïncidant avec l'axe X). La »torsion« selon X est une déformation produite par les variations d'échelle des coordonnées X des points référées au barycentre, proportionnellement à la coordonnée Y des points mêmes. La bande prend également la forme d'un trapèze, mais avec la hauteur placée transversalement à la bande. La »courbure« selon X , qui est en réalité une déformation due aux variations d'échelle, proportionnellement à X , des éléments linéaires parallèles à l'axe X , peut être comparée à une variation linéaire de la densité le long de la bande; à son tour la »courbure« selon Y correspond à une courbure sur le plan XY de l'axe de la bande, sans cependant changer le parallélisme des sections transversales qui glissent l'une sur l'autre sans tourner.

La figure 16, tirée du rapport du Centre de Milano, peut aider à mieux comprendre la signification descriptive des deux coefficients des formules de transformation employés dans la compensation Milano A.

Avant de passer à l'analyse des résultats du tableau, il faut rappeler que les valeurs des coefficients qu'il contient ont été obtenues en utilisant seulement 18 points d'appui sur le terrain, plus environ 30 points de liaison entre bandes. Par conséquent, les valeurs des coefficients sont assez influencées par les erreurs locales propres des points utilisés pour la compensation.

Dans le rapport du Centre de Milano on a reporté les termes de la diagonale principale de la matrice inverse par laquelle on obtient les valeurs des coefficients. Ces termes permettent de calculer l'erreur quadratique moyenne de chacun des coefficients. De cette façon on pourrait faire une analyse du degré de validité de chacun. Toutefois, ce n'est pas chaque valeur particulière qui intéresse dans l'étude qui suit, mais le comportement global et, en particulier, les concordances de signe du groupe des coefficients du même terme dans les différents tests. Pour cette raison l'examen de la validité des valeurs a été omis.

Les valeurs des coefficients, exprimées en unités du 6^e chiffre décimal (il est bon de rappeler ici que dans le calcul, si l'on veut obtenir des corrections en centimètres, il faut introduire les coordonnées des points en kilomètres) sont réunies dans le tableau 14, divisé en deux parties: a) la partie relative au coefficient de rang 3 (torsion) et b) la partie relative au coefficient de rang 4 (courbure). A leur tour, chacune des deux parties est divisée en trois sections qui correspondent chacune à une coordonnée. Chaque ligne du tableau correspond à un test, tandis que les colonnes se rapportent aux diverses bandes du bloc. On calcule, pour chaque coordonnée, les moyennes par ligne et par colonne. Pour chaque colonne relative à une bande on donne également l'erreur quadratique moyenne m , calculée par la formule $\sqrt{\sum v^2/n - 1}$ et la valeur du t de *Student* calculée par la relation bien connue:

$$t = \frac{M \sqrt{n}}{m}$$

où n est le nombre d'essais dont se compose l'échantillon dont on veut vérifier la signification de la moyenne en comparaison avec l'hypothèse nulle. Dans la dernière ligne, sous la valeur de t , on reporte la valeur des probabilités correspondantes déduites du tableau de la fonction *Student* pour les degrés de liberté ($n - 1$) de l'échantillon. Cette valeur correspond à la probabilité que peut avoir un échantillon de n éléments (12 ou 14 dans notre cas) extrait au hasard d'un univers de moyenne nulle, d'avoir une valeur de t inférieure, en valeur absolue, à la valeur expérimentale trouvée. Si cette probabilité s'approche fortement de la certitude, la valeur de la moyenne pourra alors, avec une grande présomption, être considérée significative; c'est à dire, être due à des causes systématiques et non au hasard. En général on a déjà une forte présomption quand la probabilité est supérieure à 0.95. La présomption devient très grande quand on accepte comme limite de confiance de la probabilité 0.99. L'analyse de ces probabilités nous permet de formuler des jugements sur le comportement des bandes.

Le tableau 14 b) confirme pleinement ce qui a été déduit du tableau n. 13, par l'analyse des concordances de signe des moyennes. En effet, le coefficient de rang 4, qui mesure la courbure de la bande (puisque les données soumises à la compensation ont déjà été compensées de façon linéaire, et qu'ainsi les erreurs aux extrémités des bandes sont nulles) a un signe et une valeur liés au signe et à la valeur de la moyenne des erreurs résiduelles après la transformation linéaire. Il est donc confirmé que:

- la courbure des bandes 2.6.2 et 2.6.5 selon X est significative, c'est à dire d'origine systématique;
- la déformation selon Y de toutes les bandes est également significative avec une limite de confiance de la probabilité qui est toujours supérieure à 0,97;
- que la courbure de la surface des erreurs en Z des deux bandes 2.6.3 et 2.6.4 est certainement significative (la probabilité est en effet très proche de l'unité);
- les deux bandes 2.6.2 et 2.6.5 ont très probablement subi elles-aussi déformations à caractère systématique.

Les résultats de l'analyse des coefficients de rang 3 contenus sur le tableau 14 a) sont assez intéressants. Il en résulte:

- qu'il y a une torsion certaine à caractère systématique selon X des 2 bandes 2.6.3 et 2.6.4, tandis que d'une façon moins sûre mais tout de même très probable, il y a une torsion selon X (du même signe que les précédentes) de la 2.6.5;

- que, pour la coordonnée Y , on a une torsion certainement systématique, pour la bande 2.6.5. En outre, l'existence d'une torsion du même signe dans les bandes 2.6.2 et 2.6.4 est assez probable;
- que, suivant la coordonnée Z , toutes les bandes présentent une torsion de même signe et, comme le démontrent les probabilités, à caractère sûrement systématique.

Cette dernière déformation est commune à toutes les bandes et, comme on peut le voir d'après les moyennes M des coefficients, elle est d'intensité relativement forte. Elle doit donc être attribuée à des causes permanentes, probablement liées à l'objectif de la chambre de prise de vues, tandis que les causes de systématique dans la torsion de la bande par rapport aux coordonnées X et Y doivent être plutôt recherchées dans les conditions variables de vol et de développement.

8. Erreurs résiduelles après compensation selon les divers procédés. Analyse des résultats

Les résultats des compensations des 12 mesures différentes par trois procédés différents, sont groupés synthétiquement dans le tableau 15. Les résultats du test 15, limités à une seule partie du bloc, n'ont pas été reportés dans le tableau 15 car ils ne sont pas homogènes avec les autres; ils sont groupés, à titre d'information, dans le tableau 16, qui ne sera donc pas analysé. Toute comparaison, même partielle, entre les résultats des compensations Milano A et B de ce test et des autres tests est impossible: en effet, comme dans le test 15 on a éliminé les deux premières bandes à cause de la discontinuité de recouvrement dans la bande 2.6.2, les points d'appui ont dû être en partie modifiés, comme on l'a signalé au paragraphe 5. Les valeurs globales contenues dans le tableau 16 sont donc calculées sur un nombre de points de contrôle différents de ceux utilisés pour les calculs des valeurs globales des autres tests contenus dans le tableau 15.

Pour ne pas surcharger ce rapport on a laissé de côté le tableau contenant les erreurs résiduelles après les trois compensations différentes sur les 162 points communs à tous les tests. Comme on l'a déjà dit dès le début, la Commission est prête à fournir la liste exacte à tous ceux qui désireraient s'en servir pour approfondir et développer les recherches.

Le tableau 15 se compose de 8 parties, chacune se référant à une des trois coordonnées compensées selon chacun des 3 procédés différents: les trois parties a), b), c), respectivement pour les coordonnées X , Y , Z compensées par le procédé Milano A; les parties d), e), f), pour les coordonnées X , Y , Z compensées par le procédé *Jerie* et enfin, les parties g) et h) pour les coordonnées X , Y compensées par le procédé Milano B. A son tour chacune des parties est divisée en deux ou trois sections: la première contenant les valeurs de la moyenne, la deuxième les valeurs quadratiques moyennes des erreurs résiduelles, la troisième (qui n'existe que pour la coordonnée Z) contenant les variances. Les colonnes se réfèrent aux divers passages des 6 tests, tandis que les lignes sont ainsi réparties: les cinq premières lignes concernent les erreurs résiduelles sur les points »internes« de chaque bande (27 dans la 2.6.1, 17 dans la 2.6.2, 30 dans la 2.6.3, 21 dans la 2.6.4 et 32 dans la 2.6.5), les lignes suivantes donnent les erreurs résiduelles sur les points »communs« internes à chacune des 4 zones de recouvrement latéral entre bandes adjacentes (9 communs aux bandes 2.6.1 et 2.6.2, 8 communs aux bandes 2.6.2 et 2.6.3, 8 communs aux bandes 2.6.3 et 2.6.4 et 10 communs aux bandes 2.6.4 et 2.6.5). L'antépénultième ligne fournit les résultats

d'ensemble pour tous les points »internes« à une seule bande (au total 127 points), l'avant dernière donne les résultats relatifs aux points »communs« à deux bandes adjacentes (au total 35 points) et enfin, la dernière ligne contient les données globales, »tot«, calculées sur les 162 points du bloc. Les valeurs sont exprimées en centimètres. Les calculs ont été faits à l'aide d'un ordinateur électronique.

Les observations que le tableau 15 suggère sont de nature différente et concernent surtout la valeur et le signe des moyennes.

Compensation Milano A. Coordonnée X.

Les valeurs des moyennes totales sont très petites, une seule atteint la valeur 10. Bien que les valeurs positives soient plus nombreuses et plus élevées, cela ne suffit pas pour témoigner d'une uniformité de comportement systématique des tests.

Les moyennes sur les points internes et sur les points communs sont également assez petites, cependant une augmentation sensible de la valeur est évidente. Les deux types de points sont d'accord entre eux. Ainsi il est difficile de faire apparaître quelque défaut de comportement. Parmi les moyennes partielles, pour chaque bande et pour chaque zone commune, on trouve des valeurs légèrement plus élevées que les précédentes. Nombreuses sont les moyennes qui ont une valeur absolue supérieure à 10 et six d'entre elles dépassent la valeur de 20. Ce fait est sans nul doute dû au moins grand nombre de points utilisés pour le calcul des moyennes, cependant il est également dû, en partie, à l'allure systématique des erreurs résiduelles dans les diverses zones, allure que la compensation n'a pas pu éliminer complètement, ainsi que nous le verrons de plus près dans le paragraphe suivant. Parmi les moyennes également on note une supériorité sensible, en valeur et nombre, des signes positifs. Pour les bandes 2.6.3 et 2.6.4, les concordances de signe (respectivement 10 et 9 valeurs positives sur 12) et les valeurs des moyennes indiquent un comportement systématique probable des bandes dans toutes les 12 compensations indépendantes. Il faut souligner qu'aucune de ces deux bandes ne présentait un comportement systématique dans le tableau 15 relatif aux erreurs résiduelles après transformation linéaire.

En se référant à ce qu'on a dit au paragraphe précédent, au sujet de la valeur élevée de la moyenne et de la v. q. m. des erreurs résiduelles après transformation linéaire pour la coordonnée X du test 10, I passage (points internes à la bande 2.6.3), il vaut la peine de souligner ici que la compensation Milano A, tout en ayant réduit la valeur moyenne des erreurs résiduelles dans les limites obtenues dans les autres tests, a laissé une dispersion remarquable révélée par la v. q. m. des erreurs résiduelles. Cette v. q. m. est la plus élevée parmi celles contenues dans le tableau 15 a). Au contraire, la compensation Jerie a réduit non seulement la valeur moyenne, mais encore la v. q. m. correspondante. A part cela, des valeurs quadratiques moyennes il n'y a de significatives que celles des trois dernières lignes. Elles montrent que les six tests ont une dispersion assez différente l'un de l'autre, tandis qu'il y a un accord discret entre les v. q. m. relatives aux deux passages du même test.

On remarque que, en ce qui concerne ces trois dernières lignes, les v. q. m. coïncident presque avec les variances, car les valeurs des moyennes sont assez petites. Elles mesurent donc effectivement la dispersion des valeurs. On a la valeur minimum 15 en correspondance avec le II passage du test 1, tandis que le maximum est en correspondance avec le I passage du test 10.

Compensation Milano A. Coordonnée Y.

Les valeurs moyennes tant totales qu'internes ou communes sont encore plus petites, en valeur absolue, que celles relatives à la coordonnée X. Les valeurs moyennes partielles dans les 9 lignes supérieures n'augmentent pas beaucoup par rapport à celles des trois lignes inférieures, bien moins de toute façon que ce que l'on a remarqué dans la partie précédente du tableau. Les moyennes des erreurs en Y ont des signes surtout négatifs: ceci est évident, tant dans les valeurs totales que dans les valeurs partielles. Aucune bande, cependant, ne manifeste un comportement systématique certain dans tous les tests.

On obtient des conclusions analogues à celles tirées pour la coordonnée X en faisant l'analyse des v. q. m. L'allure entre les tests est à peu près semblable même si les valeurs sont légèrement plus petites. Les dispersions minimum et maximum sont localisées dans les mêmes tests.

Compensation Milano A. Coordonnée Z.

Déjà dans les moyennes totales on remarque un accroissement sensible de la valeur absolue; 7 d'entre elles sont égales ou supérieures à 10. L'accroissement des valeurs absolues par rapport à celles des coordonnées planimétriques est encore plus évident dans les lignes des moyennes partielles où il y a de nombreux cas de valeurs supérieures à 20, allant jusqu'à un maximum de 52 cm. La prépondérance des signes positifs est très sensible parmi les moyennes: elle fait que 10 moyennes «tot» sur 12 sont positives. La présence d'un comportement systématique global semble donc prouvée. Aucune des bandes ne présente une concordance de signe telle qu'elle puisse faire supposer la présence certaine d'une cause locale systématique: celle-ci, par contre, est évidente dans les deux zones de recouvrement 2.6.1/2.6.2 et 2.6.2/2.6.3, qui présentent respectivement 11 et 10 concordances de signe positif avec des valeurs numériques assez élevées. A l'augmentation en valeur absolue des moyennes des erreurs résiduelles en Z, par rapport à celles relatives aux coordonnées X et Y, correspond, c'est normal, une augmentation des valeurs quadratiques moyennes. Cependant, les remarques précédemment faites en ce qui concerne le comportement relatif des tests restent encore valables; on a le minimum dans le test 1 et le maximum dans le test 10.

Pour la coordonnée Z on a calculé les variances. Pour comparer le comportement de ces variances par rapport à celles calculées sur les erreurs résiduelles après la transformation linéaire, on a construit le graphique de la figure 17, dans laquelle les $\sqrt{\sigma^2}$ sont reportés en fonction de la valeur $|M|$ correspondante.

L'étroite corrélation entre $\sqrt{\sigma^2}$ et $|M|$, qui est si évidente dans la figure 15, disparaît pratiquement ici. Les points se dispersent avec uniformité autour de la ligne parallèle à l'axe des abscisses avec une ordonnée égale à la valeur moyenne des $\sqrt{\sigma^2}$ ($\sqrt{\sigma^2_M} = 27,6$). De cette constatation, on peut déduire que les variances calculées sur les erreurs résiduelles après la compensation Milano A constituent une estimation significative de la dispersion des erreurs due principalement aux causes de nature accidentelle.

Compensation Jerie. Coordonnée X.

Par rapport aux valeurs correspondantes des moyennes contenues dans la partie a) du tableau 15, les moyennes des erreurs résiduelles après la compensation Jerie (partie d) sont, en général, supérieures en valeur absolue. Ceci est vrai tant pour les moyennes

partielles que pour les moyennes totales. Pour justifier un tel fait, on peut rappeler que la compensation planimétrique des divers tests selon *Jerie* s'appuie sur 8 points de contrôle, tandis que la compensation correspondante Milano A en utilise 18. Ces résultats ne comportent ni prépondérance des signes positifs ni concordance de signes dans certaines bandes. En ce qui concerne les valeurs quadratiques moyennes, on ne remarque aucune différence importante par rapport à la compensation Milano A, à l'exception de ce qu'on a déjà fait remarquer plus haut au sujet du I passage du test 10, bande 2.6.3. A cause de faibles variations locales, la v. q. m. la plus élevée s'est déplacée dans le test 6 et la plus petite dans le test 9.

Compensation *Jerie*. Coordonnée Y

Les valeurs absolues des moyennes ne reproduisent pas ici le comportement déjà rencontré dans la compensation Milano A. Elles sont du même ordre de grandeur que celles propres à la coordonnée X. Aucune concordance significative de signe le long des bandes. Dans la zone de recouvrement entre les bandes 2.6.4/2.6.5, onze valeurs positives et une valeur nulle laissent supposer un comportement systématique. Le long des colonnes on remarque deux cas de concordance de signe sur les 9 zones partielles, avec des valeurs des moyennes sensiblement élevées et toutes positives: il s'agit du passage III du test 5 et du passage II du test 6. Naturellement pour de tels blocs la compensation a laissé une erreur résiduelle en Y systématiquement diffuse. Les valeurs quadratiques moyennes sont du même ordre de grandeur que celles relatives à la coordonnée X, c'est à dire sensiblement supérieures aux valeurs obtenues avec la compensation Milano A. Les valeurs extrêmes sont de nouveau localisées dans le test 10 (maximum) et dans le test 1 (minimum).

Compensation *Jerie*. Coordonnée Z

Il existe un accord très évident entre les valeurs des moyennes partielles et totales obtenues par les deux compensations Milano A et *Jerie*. En effet, les deux compensations altimétriques sont appuyées sur le même groupe de points. Les désaccords portent, en général, sur les plus petites valeurs absolues. Les signes positifs sont encore plus nombreux (76 sur 108). La zone de recouvrement 2.6.1/2.6.2 présente ici également la concordance de 11 signes positifs des moyennes sur 12; il n'en est pas de même pour la zone suivante. Les valeurs quadratiques moyennes totales ont une allure qui correspond à celle de la compensation Milano A; elles sont cependant, pour la plupart, légèrement inférieures à ces dernières. On peut en dire tout autant des variances partielles dont l'allure, en fonction de la valeur absolue de la moyenne M correspondante, refléchit fidèlement ce qui est illustré dans la figure 17.

La valeur moyenne des $\sqrt{\sigma^2}$ est 26,5, donc un peu moins élevée que la valeur correspondante obtenue dans les compensations Milano A. Il ne doit pas sembler étrange qu'il puisse exister un bon accord entre les résultats des deux compensations. Cela n'est pas seulement dû à la coïncidence du groupe des points d'appui des deux compensations, mais également au fait que le critère fondamental qui est à la base des deux compensations altimétriques n'est en principe pas différent tandis que, au contraire, ceux sur lesquels se base la compensation planimétrique le sont. Dans le procédé *Jerie* comme dans celui Milano A, la compensation est obtenue par interpolation d'une surface de correction. Selon *Jerie*, cette interpolation est réalisée par voie analogique, selon une surface continue, mais qui n'est pas forcément du second degré comme dans le procédé Milano A.

Compensation Milano B. Coordonnée X

Les valeurs absolues des moyennes deviennent ici très élevées. Sur 12 tests, 7 ont une valeur des moyennes totales supérieure à 10 et, parmi ceux-ci, deux sont supérieures à 20. Dans 5 cas sur 12, les 9 moyennes partielles le long des colonnes ont un signe positif. Les bandes 2.6.2 et 2.6.3 présentent respectivement 11 et 12 signes positifs. Le long des lignes qui correspondent aux zones de recouvrement 2.6.1/2.6.2 et 2.6.3/2.6.4, il y a 11 concordances de signe positif. Il n'y a rien à signaler d'important en ce qui concerne les valeurs quadratiques moyennes, dont les valeurs sont souvent très élevées. L'allure générale ne change pas; on rencontre cependant une valeur minimum localisée dans le test 9.

Compensation Milano B. Coordonnée Y

Les valeurs absolues encore plus élevées des moyennes caractérisent cette dernière partie du tableau 15. La moyenne totale du passage II du test 6 arrive à la valeur de + 45. Là aussi les valeurs positives sont plus nombreuses. Ici également, dans 5 colonnes, les valeurs moyennes sont toutes positives; 4 de celles-ci, qui correspondent aux passages I et II du test 1 et I et II du test 6 sont les mêmes (totalement positives) pour la coordonnée X. Aucune concordance particulièrement significative le long des lignes. A cause des valeurs élevées des moyennes, les valeurs quadratiques moyennes augmentent beaucoup et ne mettent rien de particulièrement intéressant au jour. La compensation Milano B utilise comme points d'appui les 8 mêmes points que la compensation *Jerie*; cette homogénéité des liaisons ne crée cependant aucune corrélation entre les résultats des deux compensations. Ceci est dû au principe différent sur lequel se basent les deux méthodes.

Conclusions

On peut conclure l'analyse qualitative des résultats du tableau 15 sur cette constatation à caractère global:

- a) Toutes ces compensations laissent encore de vastes zones avec des erreurs résiduelles de même signe et, en partie pour la compensation *Jerie*, mais surtout pour la compensation Milano B, de valeur moyenne assez élevée.
- b) Les résultats des six tests sont, en général, assez dissemblables; la dispersion des erreurs est différente. Entre les résultats les pires et les meilleurs, le rapport des dispersions est souvent supérieur à 2.
- c) Les deux coordonnées planimétriques ont, en général dans tous les tests et dans toutes les compensations, des dispersions beaucoup plus petites que celles de la coordonnée Z. L'augmentation du pourcentage oscille aux alentours de 30%.
- d) Les deux tests de triangulation analytique (1 et 5) ont un comportement global nettement différent. Le test 1 est parmi les tests les meilleurs, le test 5 est généralement intermédiaire. On ne peut donc rien déduire, de ces résultats, à propos de la comparaison entre la triangulation analogique et la triangulation analytique.
- e) Le panorama qui est offert par les valeurs du tableau est tel qu'il ne permet aucune comparaison avec les résultats acquis par la Commission C sur un matériel analogue, en ce qui concerne le problème de la détermination des erreurs de restitution des points. Les résultats obtenus par la Commission C sont bien supérieurs à ceux obtenus grâce à la triangulation et à la compensation d'un bloc.

- f) En aucun des tests la bande 2.6.2 ne présente un comportement sensiblement différent des autres. Ceci démontre que l'inconvénient dont on se plaignait dans cette bande (c'est à dire le manque de continuité dans l'enchaînement longitudinal) n'a pas eu d'influence négative sur l'enchaînement de la bande et que la compensation à travers les liaisons latérales en a assez bien homogénéisé le comportement.
- g) Dans le tableau 17 on a rassemblé les valeurs des moyennes arithmétiques des v. q. m. correspondant aux point »internes« et aux points »communs«. De ce tableau il résulte que seule la coordonnée Z présente dans les deux compensations une réduction significative des v. q. m. des erreurs résiduelles sur les points communs à deux bandes, par rapport à la v. q. m. calculée sur les points internes aux bandes. Cette réduction est de peu inférieure à 20%.

9. Distribution globale des erreurs résiduelles dans le bloc

Dans le paragraphe 5, on a exposé brièvement le procédé de compensation Milano A. Il en résulte que ce procédé consiste dans l'interpolation pour chaque bande d'une surface de correction du second degré. Les coefficients qui définissent une telle surface sont déterminés selon la méthode des moindres carrés par les équations liées aux points d'appui et aux points de liaison. Il est donc possible, dans l'hypothèse où les déplacements entre les surfaces d'erreurs réelles et la surface interpolée sont accidentels, de déterminer les erreurs des coefficients, ceux-ci fournissant ensuite les erreurs quadratiques moyennes des corrections calculées pour chaque point du bloc. Ces erreurs dépendent de la géométrie du système (nombre et position des liaisons) et de l'erreur quadratique moyenne de l'unité de poids m_0 déduite des résidus des équations au moyen de l'expression

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum p_i v_i^2}{n - r}} \quad (10)$$

où p_i est le poids de l'équation de liaison dont v_i est le résidu; n est le nombre des équations mêmes et r le nombre des inconnues.

Dans le rapport du Centre de Milano on donne le résultat de ce calcul sur les tests 5 et 6. En particulier, on montre dans une figure (ici reproduite dans la fig. 18) l'allure, à l'intérieur du bloc, du coefficient $\sqrt{K}$. Ce coefficient, multiplié par le m_0 même du test considéré, permet le calcul, dans chaque partie du bloc, de l'erreur quadratique moyenne des corrections obtenues par la compensation.

Si l'on veut étendre à tous les tests les résultats de cette enquête, il faut avant tout calculer au moyen de la formule (10) les valeurs de m_0 qui correspondent à chacun des tests. Dans le tableau 18 on trouve les résultats du calcul, c'est à dire les valeurs de m_0 pour chacune des trois coordonnées compensées indépendamment. Dans le tableau 18 on trouve également les valeurs de m_0 obtenues par la formule (10) pour les résultats de la compensation Milano B. Puisque les équations d'observation de cette dernière compensation lient les coordonnées X aux coordonnées Y , la valeur de m_0 obtenue est unique pour les deux coordonnées.

Les résultats du calcul des m_0 donnent des valeurs très dispersées. Pour les coordonnées planimétriques X et Y , qui se comportent de façon à peu près semblable, les maximums se trouvent dans le test 10, tandis que les minimums sont dans le test 12. Pour les co-

ordonnées Z on a, au contraire, le maximum dans le test 5 et le meilleur résultat dans le test 12. Les valeurs de m_0 pour Z sont en moyenne de 30 à 40% plus élevées que celles des coordonnées planimétriques. Les m_0 obtenues pour chaque test par la compensation Milano B reflètent fidèlement l'allure des valeurs du m_0 des coordonnées planimétriques pour la compensation Milano A; les valeurs sont cependant en moyenne supérieures de 40%.

Grâce à ces données et à la figure 18 qui reproduit l'allure du facteur $\sqrt{K}$ dans le périmètre du polygone, il est possible de relever la valeur théorique de l'erreur quadratique moyenne due à des causes purement accidentelles en tout point du polygone et pour tout test. En effet, la compensation Milano A de tous les tests a été exécutée en utilisant non seulement les mêmes points d'appui, mais aussi les mêmes points de liaison. Les différences qui existent pour les tests 10 et 12 ne sont pas assez grandes pour infirmer cette homogénéité. La formule qui permet le calcul de l'erreur quadratique moyenne due à des causes accidentelles, m_{i_a} , est la suivante:

$$m_{i_a} = m_0 \sqrt{1 + K}. \quad (11)$$

Elle tient compte des erreurs dues à la compensation et de l'erreur de restitution d'un point dont m_0 est une bonne représentation empirique.

De la figure 18 on peut tirer la valeur moyenne de K pour le bloc entier. Le tableau 19 compare les variances globales expérimentalement obtenues pour les tests compensés avec les procédés Milano A et B, avec les erreurs quadratiques moyennes accidentelles calculées par les équations 11. La valeur du coefficient moyen K_M pour la compensation Milano A est 1,20 et pour la compensation Milano B 1,22.

La signification des données du tableau 19 est assez limitée; en effet l'hypothèse que les erreurs résiduelles sont de caractère purement accidentel n'est pas vérifiée. Il reste, dans les blocs compensés, un résidu systématique dû au fait que la surface interpolatrice de second degré ne s'adapte pas à l'allure réelle des erreurs avec une précision suffisante.

Le calcul qui suit, suggéré par le prof. *van der Weele*, avait au début le seul but d'étudier l'allure expérimentale des erreurs quadratiques moyennes des points à l'intérieur du bloc. Par la suite il s'est révélé un moyen pour mettre à jour une systématique éventuelle du comportement des différents tests soumis au même type de compensation.

Le tableau 20 contient les résultats de ce calcul. Pour chacun des 162 points communs à tous les tests et pour chacune des coordonnées, on a calculé:

- a) La moyenne M des erreurs résiduelles sur le point considéré, dans les 12 mesures indépendantes (colonne 2) compensées par la méthode Milano A. La moyenne a été exécutée en donnant un poids différent (a. p.) à chaque mesure. Le poids des mesures a été calculé par la formule:

$$p_i = \frac{1\,000}{m^2_0}. \quad (12)$$

Les valeurs de p_i se trouvent dans la partie droite du tableau 18. On espère, par l'introduction des poids, rendre les résultats plus homogènes, en éliminant les différences de dispersion entre un test et l'autre.

b) La moyenne M des erreurs résiduelles comme ci-dessus, mais calculée cette fois en donnant poids 1 (s. p.) à chaque mesure.

c) Soit en tenant compte des poids différentiels (colonne 4), soit en donnant un poids égal pour tous les tests (colonne 5), on a calculé les valeurs quadratiques moyennes des écarts sur chaque point en utilisant respectivement les formules:

$$\text{v. q. m. avec } p = \sqrt{\frac{\sum p_i v_i^2}{\sum p_i}} ; \quad \text{v. q. m. sans } p = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n}} . \quad (13)$$

d) Puisque les moyennes des erreurs sur chaque point sont, en général, assez différentes de zéro, on a cru utile de calculer la variance (colonne 6) pour le seul cas de la moyenne pondérée. La formule qui a été utilisée pour ce calcul est la suivante:

$$\sigma = \sqrt{(\text{v. q. m.})^2_{a \cdot p} - M^2_p} . \quad (14)$$

e) Enfin, toujours par rapport aux résultats de la compensation Milano A et relativement au cas de variance et moyenne pondérée, on a calculé la valeur numérique du t de *Student* (colonne 7) par la formule:

$$t = \frac{M \cdot \sqrt{n-1}}{\sigma} \quad (15)$$

où n est le nombre des données grâce auxquelles a été obtenue la moyenne M confrontée avec l'hypothèse nulle. Dans notre cas $n = 12$.

f) Les quatre colonnes qui suivent (8, 9, 10, 11) contiennent les résultats des calculs de la moyenne arithmétique, de la v. q. m. et de la variance ainsi que du t de *Student*, relatifs aux erreurs résiduelles sur chaque point obtenues par la compensation *Jerie* pour les 12 mesures indépendantes. Les calculs ont été exécutés en donnant un poids unitaire à chaque test.

g) Les quatre dernières colonnes (12, 13, 14, 15) se réfèrent aux résultats de la compensation Milano B et donnent respectivement la moyenne pondérée (les poids correspondants se trouvent dans le tableau 18), la moyenne arithmétique, la v. q. m. avec les poids différenciés et la v. q. m. avec les poids unitaires.

Les calculs des moyennes (avec les poids différents ou unitaires) et des v. q. m. ont été faits par voie électronique. Les valeurs des σ et des t ont été obtenues, au contraire, au moyen de machines à calculer de bureau.

L'analyse qualitative du tableau ne nous apprend pas grand chose à part la constatation importante, dont on a déjà parlé, que les valeurs des moyennes sont assez loin de l'hypothèse nulle et que, dans beaucoup de cas, le t de *Student* confirme que ce déplacement peut être considéré comme dû à des causes non accidentelles. On voit en effet dans les tables de la fonction de *Student*, que pour une valeur de $t' = 2,2$ et avec un nombre de degrés de liberté égal à 11 ($n - 1$) comme dans notre cas, la probabilité que le rapport t soit inférieur à t' quand il n'y a que des causes accidentelles est supérieure à 0,95. La statistique accepte l'hypothèse de la présence d'une cause systématique et dit que la valeur de la moyenne est significative chaque fois que le t relevé est supérieur à t' . La valeur 0,95 de probabilité prend nom de niveau de signification.

Les figures 19 à 40 sont bien plus expressives et plus exploitables pour une enquête plus poussée. Elles représentent la distribution dans la surface du bloc de quelques unes des valeurs contenues dans le tableau 20. On n'a pas construit les planimétries qui correspondent à chaque colonne, mais seulement celles que l'on a retenues comme les plus expressives et les plus intéressantes. En particulier, on a renoncé à l'analyse du matériel relatif à la compensation Milano B. Les valeurs du t de *Student* ont servi à délimiter approximativement sur les planimétries qui portent la distribution des moyennes, les zones dans lesquelles le t a donné un résultat significatif, c'est à dire, comme on l'a déjà vu, une valeur supérieure à 2,2. Dans les figures correspondantes, ces zones ont été hachurées.

Afin de permettre aux lecteurs d'analyser plus soigneusement les figures 19 à 40 et de mettre en relation les zones à comportement différent avec la distribution et le nombre des points de contrôle dans chaque zone en question d'une part et avec la position des points d'appui employés dans les différentes compensations d'autre part, on a inséré dans la partie intérieure de la couverture deux feuilles de papier transparent, sur lesquelles ont été imprimés les 162 points communs utilisés pour construire les figures. Comme l'échelle de la planimétrie est la même, ces feuilles peuvent être superposées à chacune des 22 figures. Les différents types de points sont représentés par des signes conventionnels différents. Pour ne pas donner lieu à des confusions, sur la première de ces feuilles, on a indiqué les 8 points d'appui utilisés pour la compensation planimétrique *Jerie*, sur l'autre on a indiqué les 18 points utilisées pour la compensation altimétrique *Jerie* et pour la compensation planimétrique et altimétrique Milano A.

Dans les pages suivantes de ce paragraphe on fera l'examen de chacune des 22 figures, afin de mettre en évidence les caractéristiques du comportement de chacune des valeurs moyennes considérées et d'en tirer, quand c'est possible, des considérations d'intérêt général.

Coordonnée X

Compensation Milano A. Moyenne. Calcul avec les poids différenciés (fig. 19)

Le bloc est subdivisé en deux zones dans lesquelles les erreurs sont positives: une vaste zone occupe presque entièrement la moitié gauche du bloc, exception faite pour une étroite bande inférieure; l'autre zone positive occupe le coin supérieur et la moitié du demi-bloc de droite. Ces zones ont des valeurs comprises entre + 10 et + 20. Dans une grande partie de ces zones le t de *Student* est plus grand que 2,2. La systématique de l'allure des moyennes des erreurs en X doit être considérée comme prouvée. On remarque, et ceci est valable dans le cas des considérations relatives aux autres coordonnées et aux autres compensations, que le calcul du t de *Student* fait point par point ne tient compte que des données locales. Mais, pour renforcer la validité du résultat et le rendre encore plus significatif, il y a le fait que les valeurs comprises dans une zone délimitée possèdent toutes un signe identique et une allure des valeurs croissante ou décroissante. Cette stabilité dans l'allure à l'intérieur de zones assez vastes, contenant des dizaines de points, ne peut certainement pas être attribuée au hasard. Ces flots positifs se détachent sur un ensemble modérément négatif avec quelques zones limitées à des valeurs plus accentuées et statistiquement significatives. Trois de ces zones s'échelonnent sur l'axe Nord-Sud du bloc dans la zone où sont alignés les points d'appui intermédiaires.

Compensation Milano A. Moyenne. Calcul sans poids (fig. 20)

Le panorama décrit ci-dessus ne change pas dans ses lignes générales, même si la zone de droite est moins nette et moins délimitée. Les valeurs des moyennes sont légèrement plus élevées dans le centre des zones.

Compensation Milano A. Valeurs quadratiques moyennes (fig. 21 et 22)

Relativement aux valeurs quadratiques moyennes, la présence ou non de poids différents n'altère pas la forme de la distribution des valeurs. Elles présentent deux larges bandes parallèles de valeurs supérieures à 20 dans les deux demi-blocs de droite et de gauche. Au centre, entre les deux zones de valeurs supérieures, se trouve une étroite bande de valeurs mineures avec différents points de minimum. Sur le bord extrême gauche le bloc se termine avec des valeurs très basses, proches de 10. Sur le bord de droite, au contraire, une étroite bande de valeurs très faibles isole, à sa droite, une zone encore plus étroite de points auxquels correspondent les v. q. m. des erreurs qui croissent de nouveau rapidement. L'interprétation de cette distribution des valeurs est assez immédiate et évidente. On trouve les v. q. m. les plus basses par rapport aux trois bandes qui contiennent les points d'appui. Les différences fondamentales entre la distribution des v. q. m. obtenues par le calcul avec des poids différenciés et de celles obtenues par le calcul avec des poids unitaires, consistent en un aplanissement général des valeurs. La distribution des v. q. m. sur deux bandes parallèles s'accorde bien avec la distribution des moyennes qui, elles aussi, présentent cette séparation en deux zones.

Compensation Milano A. Variances (fig. 23)

La corrélation que l'on signalait ci-dessus, naturelle pour les v. q. m., n'est plus aussi justifiée pour la distribution des variances. Cependant elle est encore très évidente. La répartition en deux zones de valeurs supérieures et le comportement des bords Est et Ouest du bloc, déjà vus lors de la distribution des v. q. m., se retrouvent dans la distribution des variances qui, par rapport aux v. q. m., présentent seulement une diminution générale des maximums. La distribution des variances peut être comparée à l'allure des erreurs quadratiques moyennes théoriques présentée dans la figure 18. L'allure théorique des erreurs quadratiques moyennes est cependant en plein désaccord avec l'allure des variances: en effet, pour les premières, elle présente deux bandes pas nettement délimitées de valeurs minimales au centre des deux demi-blocs de droite et de gauche, et les maximums des e. q. m. se trouvent, au contraire, sur les bords. Une légère augmentation des valeurs est visible dans la bande centrale. Cette allure est totalement opposée à celle trouvée expérimentalement pour les variances. On peut en déduire que l'hypothèse que la surface d'erreurs est du 2^e degré ne correspond pas à la réalité des faits.

Compensation Jerie. Moyennes (fig. 24)

Le panorama est complètement différent de celui qui a été présenté pour la compensation Milano A. Une seule et vaste zone triangulaire de valeurs positives, statistiquement significative, s'insinue dans le quadrant supérieur droit à l'intérieur d'une série de zones dispersées à maximum négatif. Les lignes directrices de l'allure des moyennes ont, en général, une orientation Est-Ouest, c'est à dire parallèle aux bandes; cependant une corrélation certaine avec la subdivision des bandes n'est pas visible. Il est assez difficile

de trouver la raison d'un tel comportement systématique car, comme on le sait déjà, la compensation planimétrique selon *Jerie* ne pose aucune hypothèse sur le comportement des erreurs. Cependant, en n'utilisant que 8 points d'appui, on donne une grande importance, en ce qui concerne la distribution interne des erreurs, aux points de liaison. Donc, à notre avis, un comportement systématique différentiel entre les bandes contiguës peut être la cause du comportement des moyennes.

Compensation *Jerie*. Valeurs quadratiques moyennes (fig. 25)

En schématisant de façon simple la distribution des valeurs, on peut individualiser au centre de chacun des 4 quadrants selon lesquels on peut diviser le bloc, une zone de maximum des v. q. m. Au centre et dans les 4 coins du bloc entier on a, au contraire, des valeurs minimales. Quelques points anormaux sont évidents.

Compensation *Jerie*. Variances (fig. 26)

Le panorama varie encore et prend une physionomie que l'on peut difficilement schématiser. De toute façon elle est assez différente de celle de la distribution des moyennes (fig. 24). Restent évidentes les 4 zones de minimums dans les 4 coins, tandis que la zone de minimum centrale s'allonge et se ramifie. La répartition en 4 zones de maximums a disparu et la place est laissée à deux seules zones qui ont une allure à peu près réciproquement orthogonale.

Coordonnée Y

Compensation Milano A. Moyennes. Calcul par les poids différenciés (fig. 27)

On peut schématiser la distribution des nombreuses zones à maximums ou minimums de la moyenne (toutes statistiquement significatives) par une série de bandes positives et négatives d'allure diagonale (de Nord-Ouest à Sud-Est) par rapport au bloc. Dans les 4 coins la valeur est pratiquement nulle et se maintient telle en moyenne, sur les bords Est et Ouest. Au contraire, on a de fortes variations sur les deux autres bords. Il est vraiment difficile d'évaluer un comportement aussi étrangement ondulé diagonalement et qui ne présente aucune corrélation avec la distribution des points d'appui. Il faut cependant rappeler le comportement systématique du coefficient du terme de rang 4 dans la formule de compensation des Y et, à ce propos, voir le tabl. 14 a) et son commentaire. Tout type de justification analytique est cependant impossible.

Puisque, dans le cas des X, la comparaison de l'allure des moyennes calculées avec des poids différentiels à celle des moyennes calculées avec des poids égaux s'est montrée peu significative, on n'a pas construit pour Y la distribution planimétrique correspondante.

Compensation Milano A. Valeurs quadratiques moyennes (fig. 28)

Le panorama des v. q. m. calculées avec des poids différentiels est assez plat. La plus grande partie des valeurs se maintient dans l'intervalle 10/20. La corrélation avec l'allure des moyennes n'est pas évidente, sauf en quelques zones bien limitées. Comme on l'a déjà remarqué en d'autres circonstances, la dispersion des valeurs Y est la plus petite qui ait été enregistrée.

Compensation Milano A. Variances (fig. 29)

Le panorama s'aplatit encore par de vastes infiltrations de zones de valeurs inférieures à 10. Les flots de valeur maximum sont encore mieux délimités. Dans les 4 coins la valeur est toujours minime. On a également une zone relativement évidente de minimums le long de l'axe central Nord-Sud du bloc, en correspondance avec la ligne centrale des points d'appui.

Compensation Jerie. Moyennes (fig. 30)

Dans les grandes lignes, on peut reconnaître une certaine liaison avec la distribution des moyennes des erreurs résiduelles après la compensation Milano A. Les grands noyaux de valeurs positives et négatives (tous statistiquement significatifs) se correspondent avec une assez bonne approximation. Cependant l'allure à ondes diagonales est moins évidente et l'on voit, au contraire, augmenter une certaine tendance à lignes parallèles Est-Ouest, comme on l'a déjà remarqué dans les moyennes des X (compensation Jerie). Au contraire, il n'y a aucune corrélation avec la distribution des valeurs des moyennes de la coordonnée X , bien que dans la compensation Jerie les coordonnées planimétriques soient liées les unes aux autres.

Compensation Jerie. Valeurs quadratiques moyennes (fig. 31)

A première vue la distribution des v. q. m. est peu liée à celle des moyennes; elle se différencie de la distribution correspondante des v. q. m. relatives à la compensation Milano A tant par une remarquable augmentation des valeurs (souvent supérieures à 20), que par une distribution plus uniforme. En partant des valeurs basses du bord Ouest, on monte vers le centre du semi-bloc de gauche pour arriver aux maximums distribués sur une vaste zone centrale. Dans la seconde moitié du bloc, celle de droite, on trouve au contraire de vastes zones de valeurs relativement basses. Les valeurs, bien qu'avec irrégularité, ont tendance à remonter vers le centre du bord Est où des zones à valeurs supérieures à 30 s'alignent sur une bande étroite.

Compensation Jerie. Variances (fig. 32)

La structure de l'allure ne change pas par rapport à celle qui a été décrite précédemment. Naturellement l'amplitude des ondes est légèrement diminuée et, de ce fait, la délimitation des zones est plus imprécise. De même la distribution des variances de la coordonnée Y a de faibles analogies avec la distribution des variances de la coordonnée X .

Coordonnée Z

Compensation Milano A. Moyennes. Calcul avec les poids différenciés (fig. 33)

Les valeurs positives des moyennes se distribuent sur deux grandes zones qui occupent la presque totalité des deux demi-blocs: respectivement la droite et la gauche. Dans le demi-bloc de gauche, la zone positive semble avoir comme origine le bord Sud, tandis qu'elle disparaît graduellement en s'atténuant vers le bord Nord. Symétriquement il semble que la zone positive du demi-bloc de droite naisse sur le bord Nord pour dis-

paraître totalement sur le bord opposé. Le maximum atteint par la partie de gauche, de valeur assez élevée, est supérieur à celui atteint par la partie de droite. Les deux zones sont statistiquement significatives. Les valeurs négatives des moyennes (en valeur absolue toujours inférieures aux maximums positifs) se concentrent surtout sur une étroite bande centrale (Nord-Sud) et dans une série de zones limitées, pas toujours bien définies, distribuées sur le bord Ouest et surtout sur le bord Est. Les valeurs négatives restent en général les plus liées aux zones où se trouvent les points d'appui. La systématisme et la régularité de cette allure est, je crois, hors de doute. Elle montre cependant une uniformité substantielle du comportement des tests et indique donc la présence d'une cause perturbatrice d'origine commune, c'est à dire liée au matériel photographique.

Compensation Milano A. Moyennes. Calcul avec des poids égaux (fig. 34)

La répartition en deux zones positives est ici moins évidente à cause d'infiltrations locales de valeurs négatives plus diffuses. Cependant on peut encore distinguer la zone positive du demi-bloc droit et la zone également positive du demi-bloc gauche. Les deux zones sont séparées par plusieurs zones négatives irrégulières. Le panorama offert par les valeurs des moyennes des erreurs résiduelles en Z est lié étroitement à celui des erreurs résiduelles en X. Dans ce cas également on a individualisé deux zones positives dans les demi-blocs, divisées par une bande étroite de zones négatives. Cette similitude dans la distribution rend encore plus certaine et plus intéressante à l'étude la présence d'une cause systématique.

Compensation Milano A. Valeurs quadratiques moyennes. Calcul avec des poids différenciés (fig. 35)

Une zone assez régulière de valeurs élevées occupe entièrement le demi-bloc de gauche. Le maximum, placé presque exactement au centre, est de 70. La partie droite est plus irrégulièrement occupée par diverses zones à valeurs plus grandes que 30. La bande des minimums dans le centre du bloc, comme séparation des deux zones, est assez évidente. D'autres noyaux de faible portée, de valeurs inférieures à 20, se trouvent sur le bord Est et dans les 4 coins. Pour les v. q. m. également on a une identité presque complète de comportement avec celle des v. q. m. relatives à la coordonnée X. Naturellement les valeurs pour Z sont bien supérieures aux valeurs pour X.

Compensation Milano A. Valeurs quadratiques moyennes. Calcul avec des poids égaux (fig. 36)

Les gros noyau de valeurs élevées reste encore évident dans la partie gauche, tandis que dans la partie droite les limites deviennent de plus en plus incertaines. Quoiqu'il en reste quelques traces, la zone centrale à valeurs basses devient moins évidente. Il subsiste dans les quatre coins des valeurs inférieures à 10.

Compensation Milano A. Variances. Calcul avec des poids différenciés (fig. 37)

Dans la distribution des variances apparaît la division du bloc en deux parties, caractérisée par une étroite bande de valeurs minimums. A gauche, une zone régulière de valeurs élevées avec un maximum central s'allonge du bord supérieur au bord inférieur. A droite la continuité des valeurs élevées est divisée par la présence de nombreux noy-

aux de minimums. Les maximums de cette partie droite se trouvent non pas au centre mais sur le bord Nord du bloc. La partie Ouest du bloc est délimitée par une courbe presque continue de valeur 10, tandis que sur le bord Est se renouvelle le comportement déjà signalé pour la coordonnée X. Un peu à l'intérieur du bord s'allonge, bien que de façon discontinue, une très étroite bande de minimums.

Compensation *Jerie*. Moyennes (fig. 38)

La distribution des valeurs reproduit assez fidèlement celle que l'on a déjà vue pour les moyennes de la compensation Milano A. Le bloc est divisé (de Nord à Sud), par une bande de valeurs modérément négatives, en deux parties où dominent des valeurs positives; la bande de valeurs négatives est, cette fois-ci, assez large. Les valeurs positives de la partie droite se groupent assez régulièrement en une zone allongée qui semble naître sur le bord Nord, diminuer et s'interrompre avant d'arriver au bord Sud. Dans la partie droite, la zone positive se divise en trois noyaux avec un maximum dépassant + 30. Ces zones à maximums positifs, ainsi que la zone précédente placée dans le semi-bloc droit, sont toutes statistiquement significatives. On a des minimums des moyennes dans les 4 coins. Le lien entre la distribution de ces moyennes et de celles relatives à la compensation Milano A est évident et généralement très étroit. Ceci est dû, comme on l'a déjà dit en d'autres circonstances, à la différence entre la méthode de compensation de l'altimétrie propre à *Jerie* et celle de Milano A, mais cela n'est pas une différence substantielle. De plus, la compensation altimétrique par les deux procédés a utilisé les mêmes points d'appui ainsi que pour une part importante, les mêmes points de liaison.

Compensation *Jerie*. Valeurs quadratiques moyennes (fig. 39)

En conséquence de ce qui a été dit précédemment, on ne peut s'étonner si le panorama des v. q. m. reflète celui qui a été décrit plus haut, en ce qui concerne la compensation Milano A, et ce qui a été obtenu par le calcul avec des poids unitaires.

Compensation *Jerie*. Variances (fig. 40)

Le noyau des valeurs assez élevées qui occupe la partie gauche du bloc est pratiquement identique à celui des valeurs relatives à la compensation Milano A. Dans le demi-bloc de droite, le comportement de la partie Nord est mieux différencié. Une vaste dépression assez régulière sépare les parties Nord et Sud.

La conclusion globale de cet examen qualitatif des résultats nous semble être la suivante: la compensation (quel que soit le type utilisé, Milano A ou *Jerie*) n'élimine pas complètement une allure résiduelle systématique des blocs. Cette dernière est surtout évidente pour la coordonnée X et pour la coordonnée Z. Cette allure systématique, constante dans tous les tests, doit être naturellement liée au matériel photographique commun. En ce qui concerne la méthode de compensation Milano A, il faut relever en outre que la théorie de la distribution des erreurs quadratiques moyennes résiduelles est en contradiction flagrante avec les résultats expérimentaux, qui montrent que la plus petite dispersion est localisée dans les zones où se trouvent les points d'appui.

10. Comparaison des résultats obtenus

La dernière partie des analyses concerne le problème de la comparaison des résultats obtenus. Cet examen a pour but d'obtenir des renseignements complémentaires sur les diversités de comportement entre les tests exécutés avec des instruments différents et

selon des critères opératoires qui ne sont pas tous nécessairement correspondants. Ces comparaisons peuvent être la source de renseignements nouveaux sur les erreurs, sur leur façon de se comporter et sur les causes qui les déterminent.

Pour ces analyses on s'est servi d'un seul instrument: le coefficient de corrélation linéaire ou covariance. Le calcul de ce coefficient est fait avec la formule:

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i y_i) - M_x M_y}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (16)$$

où x_i, y_i est un couple de valeurs correspondantes, l'indice i variant de 1 à n , M_x ou M_y sont respectivement la moyenne des valeurs x_i et des valeurs y_i , tandis que σ_x et σ_y sont les racines carrées des variances correspondantes; r_{xy} peut prendre des valeurs comprises entre +1 et -1 et il est proche à 1 ou à -1 lorsqu'il existe entre les couples x_i, y_i une forte corrélation de type linéaire; r_{xy} est voisin de 0 quand, au contraire, il n'y a aucune corrélation linéaire entre les valeurs de chaque couple. On a employé la formule (16) pour mesurer l'intensité de la corrélation existant entre résultats différents. En particulier on a calculé trois types différents de covariances:

- r_{LH} : il mesure la corrélation qui existe entre les deux mesures indépendantes exécutées par un même centre, avec un même instrument et sur une même série de diapositives.
- r_{TiTj} : il mesure la corrélation qui existe entre les résultats de deux tests différents, chacun obtenu par un instrument différent et, en général, dans des centres différents.
- r_{CiCj} : il mesure la corrélation qui existe entre les résultats d'un même passage d'un même test compensé par des procédés différents.

Pour le calcul du premier des trois r_{LH} , les couples de valeurs sont constitués par les 162 erreurs résiduelles obtenues, pour tous les points communs, de la compensation, exécutée selon un certain procédé, sur les deux passages de chaque test. Également, r_{TiTj} est calculé en faisant usage des 162 couples d'erreurs résiduelles propres des 162 points communs dans les deux tests T_i et T_j compensés selon le même procédé. Enfin, le calcul de r_{CiCj} utilise les 162 couples d'erreurs résiduelles obtenus pour un même passage, d'un même test, compensé suivant le procédé C_i et suivant le procédé C_j .

Le calcul des coefficients de corrélation linéaire a été effectué au moyen d'un programme de calcul électronique. En conséquence du fait, constaté dans le tableau 15, que les moyennes des erreurs résiduelles sur les 162 points communs sont très petites, on a estimé possible de négliger, dans la (16), la valeur du produit $M_x M_y$ et, en outre, au lieu des variances on a utilisé les v. q. m. En effet, si les moyennes M_x et M_y sont négligeables, les erreurs résiduelles peuvent être assimilées à des écarts.

Afin de relever des différences de comportement éventuelles entre les points intérieurs aux bandes et ceux situés au contraire dans les zones de recouvrement latéral des bandes mêmes, on a refait le calcul trois fois: d'abord avec les seuls points »internes«, puis avec les points »communs« et, enfin, avec la totalité des points.

Le tableau 21 contient les résultats du calcul des $r_{I,II}$ pour tous les couples de passages des 6 tests. Le tableau 22, recueille les valeurs des $r_{T,T'}$ calculées pour toutes les combinaisons deux à deux des 6 premiers passages de chaque test et les combinaisons correspondantes des 6 seconds passages. Au total il y a 15 combinaisons. Le tableau est divisé en deux parties: la première relative aux résultats de la compensation *Jerie*, la seconde relative à ceux de la compensation Milano A. On n'a pas jugé opportun d'étendre le calcul aux résultats de la compensation Milano B.

Enfin, dans le tableau 23, on a reporté les valeurs de r_{CIC} , calculées pour les trois combinaisons des trois types de compensation. Dans chaque calcul le passage et le test compensé de deux façons différentes restent constants.

L'analyse du tableau des $r_{I,II}$ nous réserve une surprise: les valeurs de la corrélation qui existent entre les deux passages sont vraiment élevées; il y a de nombreuses valeurs supérieures à 0,5, qui correspondent à une corrélation assez forte. Il n'y a pas de différence évidente de comportement entre les trois types de compensation; en particulier, entre la méthode Milano A et *Jerie* il y a une correspondance presque complète. On remarque plus de différence dans le comportement des résultats de la compensation Milano B qui, en général, sont plus dispersés. C'est en effet dans les colonnes relatives à ce procédé que l'on trouve les valeurs mineures (négatives) et majeures de corrélation. La différence de comportement entre les points »internes« et les points »communs« est également peu sensible; ces derniers semblent cependant montrer, en général, une corrélation légèrement supérieure. Parmi les coordonnées c'est la coordonnée X qui, dans les compensations *Jerie* et Milano A, présente en moyenne les plus hautes valeurs de la corrélation dans les différents tests, tandis qu'au contraire, c'est la coordonnée Y qui, en moyenne, se révèle la moins corrélée. Les différences de comportement entre les tests sont remarquables. Quelques uns, comme le test 1 et le test 12, présentent de fortes corrélations dans les trois coordonnées; en particulier le test 12, où la corrélation est la plus haute: la corrélation entre les X atteint, en effet, 0,75, c'est à dire qu'elle est très proche de la corrélation parfaite. Les valeurs les plus basses de la corrélation se trouvent dans le test 9, où la corrélation en X et en Z est assez faible et où la corrélation en Y effleure 0,5 dans la compensation *Jerie* et où elle est même négative dans la compensation Milano A. A propos de ce comportement du test 9, très différent de celui des autres, il faut rappeler qu'entre l'exécution du passage I et celle du II on a effectué une révision de l'instrument employé; voir à ce propos ce qui est communiqué dans le rapport du centre de Vienne (par. 4). Les deux tests 5 et 6 exécutés au centre de Milano, se comportent d'une façon assez semblable; la corrélation en X et Z est assez forte, supérieure ou proche de 0,5, tandis qu'elle est pratiquement nulle quand il s'agit de la corrélation des Y de la compensation *Jerie*. Les deux tests exécutés à Milano, l'un analytique, l'autre analogique, ont en commun la série des diapositives et l'opérateur qui a effectué les mesures. Malgré les différences dont on a parlé ci-dessus, il est hors de doute qu'il existe entre les deux passages de chaque test, bien qu'exécutés indépendamment, une liaison dont l'intensité moyenne peut être évaluée à 0,50, quelle que soit la coordonnée ou le type de compensation. On ne peut pas nier qu'une telle constatation surprenne: on verra en effet qu'une telle corrélation diminue de beaucoup quand on compare des tests différents. On est donc obligé d'attribuer à l'ensemble opérateur-instrument-série de diapositives un important effet de liaison sur les résultats des deux opérations.

Les deux tests 1 et 5 exécutés analytiquement, pour lesquels il semble que l'état de réglage des instruments doive avoir moins d'importance, laissent supposer qu'il faut attribuer à l'opérateur et au matériel photographique employé une forte incidence sur la liaison.

Le tableau des valeurs r_{Tj} qui mesurent l'intensité de la corrélation entre des tests différents, est d'une lecture assez complexe. La dispersion des valeurs est remarquable: elles sont, en effet, comprises entre la valeur maximum de + 0,72 et la valeur minimum de - 0,48. Ces valeurs extrêmes ne se présentent cependant que dans les lignes relatives aux groupes des points »communs« à deux bandes. Cette variabilité si accentuée permet difficilement de tirer de l'étude des données relatives à ces points, ainsi que de celle des données relatives aux points »internes«, un renseignement digne d'intérêt. L'enquête se limitera donc à considérer les valeurs des coefficients de corrélation calculés en utilisant tous les points. Avant toute évaluation globale, il faut établir le degré de validité des valeurs tirées du coefficient de corrélation. En particulier on voudrait établir si les valeurs sont significatives ou bien si leur variabilité est due au hasard.

Dans ce but nous appliquerons le test de signification du coefficient r , dans l'hypothèse nulle. Ce test est fourni par l'expression (17), dont la distribution est identique à celle du test t de signification des moyennes ou de *Student*:

$$t = \sqrt{\frac{r^2}{(1-r^2)} (n-2)} . \quad (17)$$

Si t est supérieur à une certaine valeur limite t' dépendant du nombre $n-2$ de degrés de liberté et fournie par la table de *Student*, la probabilité que t soit plus élevé que t' par effet du hasard est inférieure à 0,05. Lorsque cet événement se vérifie, la statistique accepte l'hypothèse que r est différent de zéro pour des causes non accidentelles et que, partant, la valeur de r est significative.

Il est absolument inutile de calculer la valeur de t pour les différentes valeurs de r contenues dans le tableau 22. On s'est limité au calcul de t pour une série assez nombreuse de valeurs de r . Elles sont recueillies dans le tableau 24. En plus des valeurs de t correspondant à chaque valeur de r , ce tableau indique les probabilités que, par effet du hasard, on ait une valeur de t plus élevée que celle calculée.

Le calcul a été exécuté en tenant compte que n , nombre des données, est, pour chaque r , 162.

La corrélation entre les tests est assez faible pour les coordonnées planimétriques et moindre encore pour la coordonnée Z . Le nombre des coefficients ayant une valeur significative est petit. Tenant compte des seules valeurs positives (les valeurs négatives n'ont en effet aucun sens dans le cas présent) et des données fournies par le tableau 24, les coefficients de corrélation avec valeur significative sont: dans la compensation Milano A, 17 pour X , 16 pour Y et 14 pour Z ; dans la compensation *Jerie*, 15 pour X , 16 pour Y et 13 pour Z , sur un total de 24 pour chaque coordonnée.

Ces chiffres permettent de considérer comme globalement assez significative la valeur moyenne des coefficients contenue dans la dernière colonne du tableau 22. Le prof. *Gotthardt* fait remarquer que le nombre des valeurs négatives qui, n'ayant aucun sens, doivent être attribuées à des causes accidentelles, est vraiment élevé. Dans les trois tableaux 21, 22, 23, les valeurs entre - 0,30 et - 0,50 qui, selon le tableau 24, devraient avoir une probabilité de se présenter inférieure à 0,001, sont 21 au total. Comme le nombre total des coefficients calculés est 836, la fréquence théorique des valeurs négatives dans les limites - 0,30 et - 0,50 est 1. Il est donc évident que la probabilité calculée de 0,001 est trop petite. Elle devrait être 0,02 à peu près. Il croit que la cause de cette différence, si évidente, est le nombre de degrés de liberté pour lequel elle a été calculée. En effet, les erreurs sur les points voisins ne sont pas indépendantes

mais fortement corrélées. Par conséquent il faut beaucoup diminuer le nombre de degrés de liberté et les porter de 162 à 50 au moins. L'observation du prof. *Gotthardt* est sans doute juste et appropriée et de cela l'auteur le remercie sincèrement. Toutefois, ce qui a été dit ci-dessus ne change pas, parce que on ne doit pas considérer comme significatives, sur la base du tableau 24, les valeurs individuelles, mais la moyenne des valeurs, à laquelle on doit attribuer un nombre de degrés de liberté bien plus grand. Les résultats de la compensation Milano A semblent légèrement plus corrélés que ceux de la compensation *Jerie*, relativement aux coordonnées planimétriques, tandis que pour ce qui concerne le Z, les deux compensations ont un comportement identique. La différence entre le comportement des deux méthodes dans la partie planimétrique est due naturellement à la plus faible rigidité du critère de compensation des X et Y selon *Jerie*. Il faut souligner en outre le comportement des deux passages, dont on ne peut donner aucune justification. En général, le I passage présente une corrélation plus élevée que le II.

Malgré sa faible intensité, il est certain qu'il existe une corrélation entre les tests. On peut l'évaluer, grosso modo, à 0,20 pour les coordonnées planimétriques et à 0,10 pour Z. La présence de cette corrélation est due sans aucun doute au matériel utilisé, lequel est affecté de perturbations systématiques qui ont pour origine la prise de vues. On a ainsi une confirmation de ce qu'on avait déjà trouvé auparavant. La corrélation plus petite qui existe dans les Z est due à la plus grande amplitude des erreurs accidentelles de mesure en Z. Ainsi que l'ont démontré les résultats auxquels la Commission C est arrivée, la dispersion des erreurs en Z est environ le double de celle des coordonnées X et Y.

Dans le tableau 25 les valeurs r_{CICj} mesurent l'intensité de la corrélation entre les résultats de compensations différentes à partir de mesures identiques. De ces données on peut tirer un renseignement sur l'influence relative de la nature de la méthode de compensation sur les résultats. La compensation a un effet de réduction des erreurs de caractère régional (si l'on peut dire), mais elle n'altère pas les valeurs relatives des erreurs dues à des causes locales de type purement accidentel. Donc, si l'on compare les résultats des deux compensations basées sur des principes totalement différents qui n'utilisent pas le même groupe de points d'appui, on doit penser qu'en moyenne, l'intensité de la corrélation est due à des erreurs accidentelles locales qui, naturellement, restent inaltérées dans les rapports réciproques. C'est justement le cas de la comparaison entre Milano A et *Jerie* pour les coordonnées planimétriques qui sont basées sur des principes fondamentalement différents et qui utilisent un nombre différent de points d'appui et de points de liaison.

La valeur moyenne de la corrélation s'éloigne de peu de + 0,40 pour la coordonnée X. Ce fait nous indique dans quelle mesure les erreurs de type régulier dans les blocs se rapportent aux erreurs accidentelles locales. La corrélation 0,40 est donc essentiellement due à ces dernières.

La corrélation relative à la coordonnée Y est légèrement supérieure.

Le raisonnement exposé ci-dessus n'est valable que pour la comparaison des coordonnées planimétriques dans les deux compensations Milano A et *Jerie*. Elle n'est plus valable pour la comparaison des coordonnées planimétriques, entre Milano A et Milano B et entre Milano B et *Jerie*, car on ne peut plus accepter les prémisses relatives à l'indépendance des procédés de compensation. De même elle n'est pas applicable aux comparaisons entre Milano A et *Jerie*, relativement à Z. En effet, dans ce cas, les points d'appui coïncident et, en outre, le critère fondamental qui gouverne les deux compensations peut être considéré essentiellement identique. La corrélation entre les deux résultats est donc bien plus forte, elle est en moyenne supérieure à 0,80.

11. Conclusions

Le titre de la recherche, »Emploi de la triangulation des blocs de bandes pour la cartographie à grande échelle« constitue une indication générale et fixe des limites à la recherche même. Cependant son contenu est trop vague et indéterminé pour qui voudrait se demander maintenant si sept ans de travail ont permis de résoudre tous les problèmes proposés.

Dans les paragraphes 1 et 2 on a énoncé très clairement les buts que la recherche se proposait pendant son lent et graduel développement. Ils seront brièvement rappelés ci-dessous:

- a) Comme toute recherche expérimentale de dimensions très vastes, celle de la Commission B avait pour but d'expérimenter sur une base très large le degré de précision qu'on peut obtenir dans la détermination photogrammétrique des coordonnées des points du terrain compris dans un polygone expérimental de dimensions modestes. La méthode qu'on voulait expérimenter était celle de la triangulation d'un bloc de bandes, exécutée selon des procédés techniques employés normalement par les différentes organisations participantes. L'utilisation des points ainsi déterminés est indiquée dans le titre de la recherche par les mots: »pour la cartographie à grande échelle«.

Ce but de caractère général se fractionne, au cours de la recherche, en des buts de plus en plus particuliers, tels que les suivants:

- b) Fournir une documentation expérimentale sur la précision qu'on peut obtenir dans les opérations de mesure à l'instrument par des comparaisons relatives internes et par une analyse intrinsèque des données.
- c) Trouver sous quelle forme et avec quelle allure d'erreurs, chaque bande du bloc sort de la plus élémentaire des transformations: la transformation linéaire sur des points situés aux extrémités de chaque bande. Comme la transformation linéaire n'altère pas la forme de la bande mais en modifie seulement les dimensions et la position dans l'espace, on peut avoir une information sur la dimension des erreurs dues aux causes systématiques ou aux causes accidentelles qui influencent les opérations d'enchaînement et de restitution.
- d) Donner ensuite une documentation expérimentale sur l'amélioration qu'on peut obtenir en compensant les bandes suivant le procédé des blocs, soit au sens absolu, soit par la compensation séparée et indépendante de chaque bande.
- e) Tenant compte des résultats obtenus dans les essais conduits avant 1959, cette deuxième phase se proposait le but de mettre à jour les avantages soit économiques, soit pratiques et techniques provenant de l'emploi de procédés de compensation simples et rapides, en opposition à ceux qui étaient alors employés, plus compliqués et laborieux, même si plus corrects au point de vue théorique.
- f) Cependant, en considération du caractère plutôt technique et pratique que scientifique de la triangulation aérienne, on se proposait d'étudier aussi quelques éléments à caractère économique dans les procédés opératoires employés, afin de permettre une évaluation plus complète et globale. Dans ce but, les Centres de travail s'étaient engagés à fournir aussi des données complètes sur les techniques d'exécution, sur les procédés particuliers introduits, sur les phases de préparation et d'organisation, sur les durées de chaque phase, sur l'emploi de la main d'oeuvre qualifiée et sur l'utilisation des équipements instrumentaux.

- g) Aux buts indiqués ci-dessus, qui ont un caractère plus global et de documentation technique, il faut ajouter d'autres intentions de la recherche: par exemple, celle de répondre à la question: la triangulation analytique obtient-elle de meilleurs résultats que la triangulation analogique?
- h) En outre, comme on employait différentes méthodes de compensation des blocs, à travers les résultats une comparaison entre elles était inévitable.
- i) Mais, comme les résultats des compensations dépendent probablement du nombre et de la position des points sur lesquels le bloc s'appuie, dès le début on s'était posé la question de déterminer cette dépendance par voie expérimentale.
- j) En outre, d'autres questions naissaient des intentions à caractère plus scientifique de la recherche: Y a-t-il dans la bande un comportement systématique des erreurs? quelle est son importance? S'il est possible de les distinguer, quelles sont les causes qui provoquent ces erreurs?
- m) Quel est le comportement des erreurs accidentelles? quelle est leur importance par rapport à celle des erreurs systématiques?

Les principes sur lesquels la recherche était fondée faisaient espérer qu'on aurait pu, sinon trouver une solution définitive à ces problèmes si discutés, du moins contribuer à les résoudre.

Les nombreuses pages de ce rapport constituent-elles une réponse satisfaisante aux buts sus-mentionnés que la recherche s'était proposés? Cette question, mettant en discussion la validité du travail exécuté avec tant d'effort et de patience par de nombreux Centres, mérite une réponse détaillée.

Il est hors de doute que les buts de documentation ont été atteints. Le paragraphe 4, les paragraphes 6 et 7 contiennent tous les éléments quantitatifs et qualitatifs nécessaires à l'évaluation des résultats globaux atteints (question a), de la précision propre des mesures instrumentales (question b), des déformations des bandes non compensées et de l'amélioration apportée par la compensation (question c), enfin ils fournissent quelques données techniques et économiques sur la productivité du procédé de triangulation par blocs (question f). La réponse à la question d), au contraire, n'est pas contenue dans les pages du présent rapport, bien qu'on disposât d'un certain groupe de résultats qui auraient pu y répondre, au moins partiellement. En effet les compensations n. 3 et n. 8 du tableau 10 ont été effectuées sur deux mesures indépendantes du test 1. On a appliqué le procédé de compensation Milano A, dans lequel les équations aux points de liaison entre bandes adjacentes ont été introduites avec poids 0. Cela équivaut à compenser chaque bande séparément. Les résultats de ces deux compensations n'ont pas été analysés, mais sont mis à disposition de tous les chercheurs.

Cependant, on estime que la question proposée n'a qu'une faible importance pour des blocs de si modestes dimensions. En outre, toujours à cause des dimensions du bloc, on ne doit pas s'attendre à des résultats expérimentaux clairement et certainement concluants.

A la question e) les résultats expérimentaux ne fournissent pas une réponse suffisamment claire; en effet, même si on a donné tous les éléments permettant une évaluation technico-économique des différentes méthodes de compensation, il manque le terme de comparaison avec des procédés analytiques plus compliqués.

Lorsque la question contenue en g) a été formulée, au début de 1960, elle polarisait une grande part de l'attention des photogrammètres. Maintenant, après plusieurs années, la réponse qui nous vient des essais exécutés n'est qu'une confirmation plus documentée et plus statistiquement valable de ce qui est déjà connu; que les résultats de la triangulation analytique et de la triangulation analogique sont pratiquement équivalents. En plus de ce qu'on connaît déjà, les expériences de la Commission B apportent, peut-être, un désappointement à tous ceux qui pensaient que les résultats de la triangulation analytique seraient au moins plus réguliers; en effet il n'y a pas d'éléments assez évidents pour nous permettre d'affirmer que certaines irrégularités locales de la triangulation analogique disparaissent dans la triangulation analytique. Les essais de la Commission B ont cependant manqué le but de permettre une comparaison entre les deux procédés au point de vue économique. Les données fournies sur la durée des différentes opérations ont été en partie altérées par la présence des intentions scientifiques de recherche appliquée faisant partie du programme des Centres qui ont exécuté les mesures. La recherche et la collimation des points de contrôle intervenant dans les autres opérations de mesure sur les photogrammes, ont profondément altéré la simplicité et la rapidité des routines instrumentales de mesure sur les stéréocomparateurs. Par conséquent, tout jugement à ce sujet est impossible.

La comparaison entre les méthodes de compensation dont on a parlé au point h) peut être tirée sans doute des résultats des recherches. Le tableau 15 montre clairement que le procédé Milano B donne, pour les coordonnées planimétriques, des résultats beaucoup moins bons que la méthode *Jerie*. D'un autre côté une comparaison entre la méthode *Jerie* et Milano A en planimétrie est impossible, cette dernière devant employer un nombre de points d'appui plus grand que celui employé par la compensation *Jerie*. Au contraire, *Jerie* et Milano A sont comparables et donnent des résultats pratiquement équivalents en altimétrie. Le jugement sur la précision des résultats doit être complété par les informations contenues dans le paragraphe 5. La durée des différentes phases des méthodes analytiques s'est révélée en effet beaucoup plus brève que celle de la méthode *Jerie*. Mais l'expérimentation est trop limitée pour pouvoir donner une réponse sûre à cette question. Outre le nombre réduit de méthodes essayées, les conditions expérimentales ont été trop limitatives. Une comparaison complète exige aussi une recherche approfondie sur la dépendance des résultats du nombre et de la position des points d'appui et de liaison. Cette comparaison complète n'est pas possible. Par conséquent, il n'est pas possible de donner une réponse à la question i). On espère toutefois que l'abondant matériel recueilli, disponible de façon à pouvoir être facilement traité de nouveau, sera réexaminé et soumis à de nouvelles méthodes de compensation, ou bien aux procédés déjà employés, mais avec un nombre différent et une autre disposition des points d'appui.

A la lecture du présent rapport on remarquera que la recherche du rédacteur s'est arrêtée plus souvent sur les questions de caractère scientifique, c'est à dire relatives à la présence, au comportement et aux causes des erreurs. L'abondant matériel statistique disponible constituait en soi-même une invitation à cette recherche.

Quelles sont donc les réponses à ces questions?

Les résultats des travaux de la Commission, tout en n'ayant pas la prétention d'avoir dissipé tous les doutes, ont toutefois mis en évidence la présence d'erreurs systématiques. Il faut à ce propos donner une explication: on entend ici par erreurs systématiques, les erreurs qui se représentent avec un comportement identique à chaque répétition des mesures, quel que soit l'instrument employé, l'opérateur, le procédé, pourvu que le

matériel de prise de vues soit le même. Les 12 mesures répétées et indépendantes ont montré la présence de ce type d'erreur dans le matériel du bloc 2.6 de Reichenbach. S'il n'a pas été possible d'identifier toutes les composantes et d'en indiquer les causes spécifiques, on a obtenu, toutefois, un panorama très complexe de comportements différents et on a pu identifier les milieux où il faut chercher les causes.

A l'objectif, il faut attribuer les causes de l'erreur systématique de torsion qui, comme on l'a lu au paragraphe 6, est présente dans toutes les bandes du bloc et dans chacune des 12 mesures.

Aux conditions locales de prise de certaines bandes du bloc ou, peut-être, de développement du matériel correspondant, on doit attribuer les remarquables courbures systématiques selon Z, trouvées dans ces bandes et non en d'autres. Ces courbures sont, elles-aussi analysées au paragraphe 6.

L'opérateur, l'instrument, mais, beaucoup plus probablement, le matériel photographique, identiques dans les deux passages de chaque test, sont la cause de la forte corrélation (en moyenne 0,5) existant entre les résultats du premier et du deuxième passage et mise en évidence par les calculs du paragraphe 10. Cette corrélation entre les résultats équivalait en effet à une systématisme de comportement des erreurs.

S'il est vrai qu'on n'a pas encore identifié les causes de ces erreurs, ni indiqué comment il faut travailler pour les éviter, il ne faut pas oublier que l'analyse a été approfondie davantage et que ceux qui voudront continuer ces recherches auront à leur disposition des indications moins générales.

Ce qui enfin a vraiment surpris celui qui a conduit cette recherche est le fait que des résidus systématiques remarquables sont restés dans les 12 mesures, même après compensation par des méthodes différentes.

Le résidu systématique des erreurs en Z, soit après compensation Milano A, soit après compensation *Jerie*, vaut près de 40 cm au centre des deux parties en lesquelles la ligne des points d'appui centraux divise le bloc. Des résidus systématiques plus petits, mais non négligeables et avec une allure différente pour les différents types de compensation, se présentent aussi pour les erreurs en X et Y. La riche documentation du paragraphe 9 est consacrée à ce sujet.

L'analyse des erreurs accidentelles est peut-être moins approfondie mais également valable. A la présence de ces erreurs on doit attribuer le fait que les résultats de tests différents présentent une corrélation très restreinte (par. 10). Mais le résultat le plus intéressant est contenu dans le paragraphe 9, où on a décrit, par l'analyse statistique des données de mesure, l'allure de la dispersion des résultats à l'intérieur du bloc. Il est évident, du moins pour une des méthodes de compensation (Milano A), que la distribution de cette dispersion est tout à fait différente (pour ne pas dire opposée) de celle qu'on devrait obtenir selon la théorie des erreurs accidentelles de mesure.

En résumant, on pourrait dire que les quatre faits suivants:

- a) différence de comportement systématique entre bandes d'un même bloc,
- b) forte corrélation entre les deux passages d'un même test,
- c) systématisme des moyennes des erreurs résiduelles après compensation,
- d) désaccord complet entre résultats théoriques et expérimentaux à propos de l'allure des erreurs accidentelles,

constituent le résultat le plus important de cette recherche statistique.

Ces mêmes résultats donnent des indications utiles pour les recherches futures. Pour améliorer les résultats de la triangulation, il faut avant tout trouver la cause de ces faits et, à cette fin, il faut changer les méthodes de recherche. Elles doivent devenir plus analytiques et scientifiques. Pour un certain temps il faudra donc abandonner les méthodes de recherche globale telles que celles suivies jusqu'ici dans les travaux expérimentaux nationaux et internationaux. En outre avant d'arriver à des conclusions valables en pratique, toute proposition théorique sur le comportement des erreurs dans les blocs de bandes doit être confirmée expérimentalement.

12. Remerciements

En repassant en mémoire les 7 ans occupés par cette recherche, à laquelle le présent rapport apporte une conclusion, je ne puis m'empêcher d'exprimer ma profonde reconnaissance à tous ceux qui y ont collaboré: ils sont très nombreux et je ne peux les rappeler tous nommément: les membres de la Commission avant tout, les directeurs des centres, les opérateurs, les calculateurs, les membres du Comité Directeur de l'OEEPE et du Bureau Exécutif, tous les collaborateurs de l'Institut auquel j'appartiens et, en particulier, tous mes collègues.

A tous ceux-ci est dû l'éventuel succès de la recherche: qu'il me soit donc permis de leur exprimer mon profond merci.

13. Bibliographie

- [1] Report on the work carried out by Commission B of the OEEPE during the period September 1956—August 1960. — Photogrammetria, XVI, 1959—60, 4. Special Congress, number C.
- [2] *M. Cuniatti*: Activité de la Commission B de l'OEEPE pendant la période Septembre 1960—Janvier 1964. — OEEPE, Publ. off. n. 1, Frankfurt a. M., Août 1964.
- [3] *R. Förstner*: Das Versuchsfeld Reichenbach. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., R. S.-H., Frankfurt a. M. 1968 (Sonderveröff. OEEPE Nr. 7).
- [4] *M. Cuniatti, 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 (1967) 1.
- [5] *C. M. A. vanden Hout*: Analytical orientation methods. — Boll. Geod. e Sc. affini (1961) 3.
- [6] *G. Togliatti*: Experimental research on several types of analytical bridging: statistical analysis of model errors. — Boll. Geod. e Sc. affini (1964) 4.
- [7] *R. Förstner*: Further results of the Renfrew International Experiment. — Canad. Surv., vol. XVII (1963) 1 et 2.
- [8] *H. G. Neubauer*: Ein Rechengesetz für die Daten der gegenseitigen Orientierung. — Bildmess. u. Luftbildwes. (1963) p. 101.

[9] *E. Gotthardt*: Erfahrungen mit analytischer Einpassung von Bildstreifen. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., R. V, H. 12, Frankfurt a. M. 1965 (Sonderveröff. OEEPE Nr. 2).

[10] *Jerie* — ITC — *Jerie Anblock*.

14. Appendice

La dernière partie du rapport (cf. par. 7 et les suivants) contient l'analyse globale, en partie quantitative, des résultats obtenus et, dans ce but, elle est accompagnée de tous les tableaux essentiels. Cela permet au lecteur de formuler ses propres jugements et évaluations. Par conséquent, comme on n'a pas cru nécessaire de reporter toutes les erreurs sur chacun des points de contrôle dans les différentes compensations des 12 mesures considérées, on n'a pas voulu alourdir le rapport de toutes les représentations planimétriques des erreurs mêmes. Cependant, on a jugé utile d'ajouter ici un exemple significatif de ces représentations planimétriques des erreurs.

Dans les figures 41—50 on a représenté les erreurs résiduelles des coordonnées planimétriques et altimétriques obtenues sur les 162 points de contrôle communs par les trois compensations différentes des deux passages du test 12.

Le principe suivi dans la représentation est évident et ne demande pas de plus amples éclaircissements.

Pour cet exemple, on a choisi le test 12 (triangulation analogique) qui n'est pas le meilleur en sens absolu, quoiqu'il se trouve parmi les tests dont les résultats sont bons.

Dans le rapport sur les travaux exécutés au Centre de Milan [4], sur ce même matériel photographique, on a inséré de nombreuses représentations graphiques des erreurs, analogues à celles-ci quant au principe suivi, mais relatives au test 5 (triangulation analytique). On renvoie le lecteur à ce rapport pour d'éventuelles comparaisons.

USE OF STRIPS CONNECTED TO BLOCKS FOR LARGE SCALE MAPPING

Results of Experimental Research Organized by Commission B of the O.E.E.P.E. from 1959 through 1966

By Prof. M. Cunietti, Milan/Italy

1. Introduction

Four European Centres have been busy from 1954 to 1959 with the research work which was summarily described in publication [1]. The results of this first period of activity threw mainly light on the fundamental problems confronting the Commission, without giving many answers. A statistical analysis of the accuracy which could be reached in strips of large scale aerial triangulation was the immediate aim, with the choice of the best method of adjustment as the final purpose.

The little success of the first period was mainly due to the lack of homogeneity of the photographs and methods used in the various Centres. The statistical validity of the results was consequently impaired. However, much experience was gained in how to organize properly such experiments. It appeared that research made on the same lines but more systematically and with a less ambitious scope might give more significant and important technical results. One would at any rate reduce the length of the strips, which was found excessive for use of aerial triangulation for large scale mapping.

Sure that there were better prospects for new experiments, Commission B organized in 1959 a series of tests which benefited of decisive action from the "*Institut für Angeordnete Geodäsie*" (I. A. G.) in Frankfurt. This organization established a new test field in the Reichenbach area near Stuttgart. Great care was given to getting the desirable size, shape, orography and density of ground control required by the purpose of the tests. For further information about the Reichenbach area and the test flights see [3]. More will also be found in Chapter 2 with respect to the material actually used in the research work analyzed here. The fundamental decisions about this work were taken during a meeting of Commission B organized in Frankfurt on October 1 and 2, 1959. Very well defined directives were established, which proved quite valuable. The Commission decided for instance that the number of subjects of research should be rather strictly limited. As most interesting and promising were chosen the following:

- a) Determination of the accuracy of large scale aerial triangulations as a function of length of the strips.
- b) Solution of difficulties when uniting strips to blocks.
- c) Comparison between results of triangulations with convergent and vertical photographs respectively.
- d) Use of auxiliary data in aerial triangulation for large and small scale mapping.
- e) Use of analytical triangulation for large scale mapping.

Some more general principles were also discussed in Frankfort, leading to following recommendations to each Centre:

- 1) Act as if being alone doing the tests, this implying the delivery of absolutely complete results.
- 2) The latter should be expressed in a very detailed way and be understandable to everybody, although this should not impair the freedom granted to the Centres in technical respect (choice of methods).
- 3) Still, the Centres' freedom will have to be curtailed wherever standardization of types of results is needed: accept this, because otherwise no statistical analysis can be attempted.
- 4) Cooperate in this analysis of results by doing a prescribed set of the necessary computations (on a basis uniform for all Centres).
- 5) Add, if the opportunity arises, some special investigations of your own, feeling free to publish the conclusions if you can afford it.

At the beginning, this new programme of research was quite a success. The importance of the subjects, the variety of the photographic material, the sufficient flexibility of the rules attracted not only the original Centres, but also other ones to participate. It seemed the five aims mentioned before could be amply fulfilled.

However, it soon appeared that the interesting programme set up by the Commission was much too ambitious. Even the task of organizing the work was already too heavy. Preparatory operations were consequently very lengthy, so that the enthusiasm of the Centres was appreciably reduced. Also, the actual amount of extra investigations required from people already very busy with their normal production or research was prohibitive, and defections happened.

It should be noted that this situation was not peculiar to Commission B. As a consequence, the problem went up to the "Comité Directeur" of the whole O. E. E. P. E., who met in Brussels in April 1961 and established following overall rules:

- 1) Give at any time priority, for each Commission, to a definite, promising object of study. One would no longer try to do all investigations at the same time, but spread them over the years in a pre-established sequence.
- 2) Concentrate the effort on only one type of experimental material. This reduces the burden for the Centres while securing statistically valid results (although not quite on the desirable level of generality).
- 3) Stimulate the activity of the Centres, especially with respect to the analysis of results, by inciting them to publish directly their conclusions.

The promulgation of these new rules induced Commission B to revise its Frankfort decisions. In doing this, the President of the Commission took into account as far as possible all the suggestions of the Centres, and brought these suggestions into agreement with the new principle of priorities.

As a result, the theme "Use of blocks in large scale mapping" was chosen as being the most promising. Main objective was to find out the accuracy which can be obtained for the coordinates of a group of terrain points after the strips to which these points belong

have been combined to blocks. Since aerial triangulation can be done also analytically, problem e) (see beginning of this report) appeared in combination with problem b).

Specialization of the tests on one set of material only caused no problem, since a very clear preference had been already shown by the Centres who participated in the first Reichenbach tests. The whole effort was concentrated on block 2.6 [3], leaving aside even block 2.5 which it was intended to include at first but which would have made the task too heavy.

The work to be done by the Centres could be clearly divided into two successive phases: first the measurement and linear transformations of the results so as to eliminate any misclosures of strips, and secondly the adjustments and the analysis of the final results. In the first phase, care was taken to proceed uniformly with the measurements of all Centres. In the second phase, on the contrary, various methods were applied.

The aim of the first phase was the determination of the precision of the measurements within strips. It was intended to dissociate systematic and accidental errors, looking for the origin of the former, and to know enough about the accuracy of the coordinates before adjustment for being able to evaluate the benefit obtained from the latter. Analogical and analytical methods had to find equal consideration.

In the second phase the main point was to evaluate, as just mentioned, by how much the accuracy increases as a result of a block adjustment. Subsidiary answers were to deal with kind and degree of refinement of methods used, abundance and distribution of ground control, analogical vs. analytical, etc.

Other subsidiary answers, extending over both phases, were requested about the time needed for the various operations. This required a detailed analysis of the various procedures. As a matter of fact, one might imagine this by-product of the main investigations as liable to be very important, since economic considerations generally prevail in practical work.

It can be seen that the programme of the (very interesting) tests was still including many items and that a strict organization was necessary in order to collect all information. Special rules were set up concerning:

First phase

- a) a periodical check of the analogue or analytical instruments used for the triangulation;
- b) measurements which had to be done twice for each strip;
- c) the choice of points to be delivered either within strips, or as connecting points in the sidelaps;
- d) the delivery of discrepancies (residual parallaxes, differences between coordinates of passpoints in successive pairs) showing the inner strength of strip formation;
- e) the linear transformations of results, as explained earlier;
- f) the preliminary comparisons between the two independent triangulations ("passages" = runs) of each strip and the determination of residual errors on the control points.

Second phase

- g) the block adjustment, prescribing the use of simple methods: that it should be done by the "ITC — *Jerie*", "Milano A" and "Milano B" methods (all three of them);
- h) that these block-adjustments should be applied on all triangulation runs of all Centres;
- i) the data which has to be adjusted, which must be written down in such a shape that it can be easily transferred onto punched cards;
- j) the ground points used in the block adjustment, which must be the same for all measurements and types of adjustment;
- k) the way of choosing the ground points (the President has to take care of it in agreement with the Centres doing the adjustments).

It should be noted that the rules for the second phase were established later than those concerning the first phase. This happened after a meeting of Commission B held in Lausanne on October 19, 1962, where decisions were taken about principles while the details were entrusted to the President. Members of the Commission and Directors of Centres were of course consulted all along the investigations.

Whoever looks at the special rules a) through k) will notice the good intention to secure abundant and homogeneous results and to come, whenever possible, to statistically significant conclusions.

Let us look however at what has been achieved: we will see that the special rules often secured the desired homogeneity, but that in other cases their application was self-defeating, in spite of all the care with which the rules were set up, accepted and observed. It was just the painstaking search for homogeneity of the results which delayed so unfortunately the obtention and analysis of the data. It took seven years to solve all the problems encountered, so that the originality and interest of the conclusions are badly diminished. And not only was time lost, but so was also basic material for reaching statistically valid results: about one third of the over 220 check points distributed in the block were not available for comparison because they had not been observed in one, or more, tests. This was a direct consequence of the quest for homogeneity.

Still, some restricted but very valuable results have been gained. These results, specific to Commission B's work, are a token of the spirit of cooperation and the patience of the Centres, to whom one has to be very grateful. They will be of practical use and contribute to future research.

2. The 2.6 block of Reichenbach

First of all let us examine the general characteristics of the photography covering block 2.6 [1], [2], [4]. Detailed information can be gathered from [3], where the type of terrain, the signalization (targeting) and ground control established by the "Institut für Angewandte Geodäsie" (I. A. G.) of Frankfurt, and the flight are duly described. Figure 1 shows the morphology of the part of the Reichenbach area covered by block 2.6. A high plateau is cut by rather deep valleys (300 m) with steep wooded slopes. At the bottom of the valleys are little villages surrounded by extended farmland.

More than 200 signalized check-points have been spread over this about 40 sq. km area, but their distribution is not uniform: see on figure 2 the relative positions of the totality of the points which have been used by all the Centres, and note the low density near the western edge. It was difficult here to find suitable points or to determine them in the field.

The photography for block 2.6 was taken with a Wild RC 7a plate camera 14×14 cm², of 100.36 mm focal distance. The values of the radial symmetrical distortion of the Aviogon lens, which vary very little from one cross section to another, were given by the manufacturer according to figure 3.

All photographs were made on Gevaert Aviphot — 30 plates. They were copied according to the number of Centres as ultra flat glass diapositives, again on Gevaert material. A K 30 Zeiss printer was used for this purpose (no dodging).

The copying was done by the I. A. G.-Frankfort itself, and gave excellent results: high definition, decreasing only slightly towards the corners, moderate contrast, uniform illumination all over the field.

A weak point, at least for highly accurate analytical work, lies in the fiducial marks which are not very well defined by the holes provided in the frame for this purpose. These holes happen sometimes to be badly illuminated due to very dark terrain, or to be obstructed by dirt. Symmetry might get lost. It was inferred from data gathered during the analytical triangulation that the mean square error in setting on the fiducial marks was larger than 0.01 mm. It is hoped that the manufacturers of cameras can provide a better type of marks, really suited for analytical work.

The mean flying height over ground was about 1200 m. Date of the flight: April 26, 1959, between 8 and 10.30 in the morning. The atmospheric conditions were favorable. The area of the 2.6 block was covered by five parallel strips flown in an approximate north-east to south-west direction.

Figure 4 is a schematic map of the strips. It shows all the nadir points, and the initial and final models of each strip with the ground control used for the orientation. Each strip has the number of pairs and the length indicated here below:

Number of strip	Pairs	Length (km)
2.6.1	9	6
2.6.2	2 + 6	6
2.6.3	10	7
2.6.4	9	6.5
2.6.5	10	6.5

In the transverse direction the block is 6 km wide on the south-west and 6.5 km wide on the north-east. The sidelap is in the average 10%, but the rugged terrain brought about considerable deviations from this value.

Although schematic, figure 4 shows that the geometrical conditions of coverage are not quite ideal. More details about this can be found on table 1, where each line corresponds to one pair of photographs (except in the three last columns). After the number of the strip, the table gives the numbers of the photographs of each pair, followed by the differences $\Delta\varphi$, $\Delta\omega$ and $\Delta\kappa$ of the orientation angles in photograph $n + 1$ minus those in photograph n , and by the basis/height ratio $b\kappa/\Delta Z_0$. The three last

columns show data involving every time two consecutive pairs: R is the ratio of the successive bases, $\Delta\Phi$ the difference between the inclinations of the bases, $\Delta\Theta$ the difference between their azimuths. The value ΔZ_0 is the difference between the mean of the altitudes Z_0 of the air stations and the mean of the altitudes Z of the nadir points on the ground. In the ratio R , bx was substituted to b and basis $n+1$ introduced as numerator, basis n as denominator. The values $d\Phi$ and $d\Theta$ were computed as follows:

$$\begin{aligned} d\Phi &= \arctan \frac{bz_{n+1}}{bx_{n+1}} - \arctan \frac{bz_n}{bx_n} \\ d\Theta &= \arctan \frac{by_{n+1}}{bx_{n+1}} - \arctan \frac{by_n}{bx_n}, \end{aligned} \quad (1)$$

The computation of R , $d\Phi$ and $d\Theta$ was based on data resulting from test 5 and done on an electronic computer. The results being just indicative, it was sufficient to carry two significant digits and to use one test only. Table 1 contains only relative values, because absolute values will be altered by the linear adjustment and final adjustment.

We notice immediately on table 1 that there are sometimes strong variations of the elements of orientation. As well $\Delta\omega$ as $\Delta\varphi$ vary by as much as 8 grades from model to model in certain parts of strip 2.6.1. The vagaries of $\Delta\alpha$ are still larger in the average. In 2.6.3 and 2.6.5 one finds values of +9.8 and +8.3 grades. There was not too much directional stability of the aircraft. The last two columns of the table show how this reflected on the straightness of the line along which the exposures were made. As for $\Delta\alpha$, there are large irregularities in strips 2.6.3 and 2.6.5 for $\Delta\Theta$. They may be explained by drift variations, but also by the rugged terrain disturbing somewhat the navigator. This latter assumption would apply especially with respect to the anomalous variations of the basis/height ratio and the ratio of the successive bases. Strip 2.6.5, for example, is rather irregular in longitudinal direction. In strip 2.6.2, the situation is so critical that there is no longitudinal overlap between pairs 2140—41 and 2141—42 (hachured zone on fig. 4). Elsewhere, the triple overlap may consist of two or more fragments only. As a matter of fact, overlap within pairs varies from a little over 50% to 70%.

The lack of triple overlap in center of photograph 2141 would have made scale transfer impossible between the neighbouring pairs. In order to avoid this difficulty, the I. A. G. established a regular connection between the models by field work. A direct determination was done of the differences of height between a group of ground points located in photograph 2140 and a group of similar points located in photograph 2142, both being close to the nadir of 2141. During bridging, the altitudes of the first group were obtained, whence it was possible to get the scale of the new model with the help of the known altitudes of the second group. Of course, this may have provoked some discontinuity in the triangulation.

Let us say however immediately that in the latter part of this report it will be shown that in this particular case the lack of continuity of the strip does not seem to have influenced the results in a visibly unfavourable way. This is indeed to be expected, since it is clear that the overall block adjustment will correct a possible local error to a large extent.

3. Chronology of tests

We don't intend to enter systematically into details, nor to add anything about the earlier period 1954 through October 1959, which was commented at the beginning of this report. We won't even deal again with the end of 1959 and with 1960, although this preparatory period would seem to belong to our subject according to its title. We will begin with 1961, when specific work could be started.

The progress of this specific work was very slow, to an extent which seems nearly incredible. Several years elapsed until the not quite complete results we present today were achieved. It was only comparatively recently that the Centres were able to do a critical analysis of their work and of the general results of the research programme.

Still, if one follows the successive steps of the work in detail, and reads again the 42 Circular Letters sent by the President of Commission B in order to get the operations organized, one sees that the task itself precluded a quick execution. Liaison between the geographically widely separated Centres taxed heavily the ability of the President in keeping a time-table while remaining faithful to the principle of homogeneity. As for the Centres themselves, we would like to refer to the compliments they received already at the end of the first chapter of this report. It is important to add here that the Centres had generally to carry out, during the years of the experiments, an especially high load of normal work and that no reproach can be made them for having given priority to their fundamental tasks.

Let us now start our chronology.

By the beginning of 1961, the following Centres had agreed to work on the problems of large scale blocks:

- *I. T. C.* — *Delft Centre*; it belongs to the "International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC)", in Delft, Netherlands;
- *C. A. S. F.* — *Milan Centre*; it belongs to the "Centro di Addestramento e Studi Fotogrammetrici" of the Technical University in Milan, Italy;
- *T. H.* — *Stuttgart Centre*; it belongs to the Technical University of Stuttgart, West Germany;
- *I. A. G.* — *Frankfort Centre*; belonging to the "Institut für Angewandte Geodäsie" in Frankfort, West Germany.

This first group of Centres had already received all data and diapositives necessary for starting the measurements on the 2.6 block (*I. A. G.* distributed this material), when in the spring of 1961 a new Centre agreed to participate:

- *B. E. V.* — *Vienna Centre*; belonging to the "Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen" in Vienna, Austria.

Data and diapositives were duly sent in, as was the case when at the beginning of 1962 a last Centre offered its collaboration:

- *I. G. M.* — *Bruxelles Centre*; belonging to the "Institut Géographique Militaire" in Brussels, Belgium.

We regret very much to have to mention here that another very valuable contribution to the investigations got lost on account of a commonplace and fortuitous mistake in the transfer of documents; this contribution would have resulted from diligent work done from the start by a Centre belonging to the Technical University of Karlsruhe, West Germany.

Middle 1962 the Centres had chosen the instruments and methods they intended to use (after reduction of the scope to block 2.6 only) and the list of tests going on was as described hereunder. To note that the word "test" is used from now on with the exact meaning of "a particular group of operations carried out by a given Centre in a given way on a given instrument". The numbers of the tests are not following the natural sequence: this is due to the previous combination of the block 2.6 with the later abandoned block 2.5 and has no further meaning. Let us see now the list of tests:

- *I. T. C. — Delft Centre*: test 1 — Analytical triangulation with Wild Stereocomparator.
- *C. A. S. E. — Milan Centre*: test 5 — Analytical triangulation with O.M.I. TA 3/A Stereocomparator; test 6 — Analogical triangulation with Galileo-Santoni IV Stereocartograph.
- *B. E. V. — Vienna Centre*: test 9 — Analogical triangulation with Wild A7 Autograph.
- *I. A. G. — Frankfort Centre*: test 10 — Analogical triangulation with Zeiss C8 Stereoplanigraph.
- *I. G. M. — Brussels Centre*: test 12 — Analogical triangulation with Wild A7 Autograph.
- *T. H. — Stuttgart Centre*: test 15 — Analytical triangulation with 18×18 Zeiss Stereocomparator; only strips 2.6.3, 2.6.4 and 2.6.5 were treated, since there were computational difficulties on account of the lack of overlap at one place in strip 2.6.2.

Some of the Centres got soon certain results. I. T. C. — Delft had already started the triangulation work of test 1 in August 1961; it was completed in the first months of 1962. The Vienna Centre started a little later with test 9, which was finished in the summer of 1962. Test 6, pertaining to the Milan Centre, took about 4 months of the winter 1961/2. I. A. G. — Frankfort performed test 10 between the spring and the autumn of 1962, as did T. H. — Stuttgart with the three strips of test 15. The winter 1962/3 saw the Milan Centre doing also test 5, while test 12 was completed before April 1963 by the I. G. M. — Brussels Centre.

From all this it results that the measurements had been done for the totality of the tests by the spring of 1963; and, as a matter of fact, they had been done twice by the same method, as required by the rules. The President got copies of all the forms on which the results had been recorded.

The next step, for each Centre, was to transform linearly the measured coordinates, using the same ground control chosen by the Commission and to introduce the corrections to the heights, needed to compensate for the earth-curvature. This was done and meant the end of the first phase of the investigations.

There was some overlap with the second phase, since the latter begun, as we said, with the October 1962 meeting in Lausanne. All values resulting from the first phase had to be sent to those Centres entrusted with the adjustments (viz. Delft, Vienna, Milan). It was agreed that after these adjustments all the corrected coordinates were to be sent back, together with residual errors in the check-points (determined on the ground by the I. A. G.) to all Centres (obviously interested in seeing what had happened with their measurements).

The Centres of Delft, Vienna and Milan where the adjustments had to be performed made a preliminary agreement as to the choice of the points involved. These points (even the connecting points in the sidelaps which we will call inter-strip tie points) should have remained the same for all tests and all types of compensations. However, difficulties arose with the inter-strip tie points. In spite of all efforts they could not be standardized and were chosen locally as seemed fit. The Centre in Milan was able, still, to base the adjustments "Milano A" and "Milano B" on nearly the same inter-strip points (there was only a small departure from uniformity in tests 10 and 12).

As we have seen, the transformed coordinates were ready in the spring of 1963 (only Brussels, test 12, delivered these coordinates later, around December). Adjustment was started right away for tests 1, 5, 6, 10, 15, each time by the "I. T. C. — *Jerie*", "Milano A" and "Milano B" methods. The same was done in the first months of 1964 for test 12. Test 9 was left out. There were in fact available 60 sets of compensated coordinates, 16, 26 and 18 having been treated respectively by the first, second and third method mentioned above.

By this time, i. e. the end of 1963, the Committee became conscious of the desirability of preparing some kind of an interim report for the International Congress of Photogrammetry in Lissabon (September 1964). Consequently, the President requested from the Centres to compute (1) the mean of the errors and (2) the mean square error of the coordinates obtained in all tests. The errors had to be computed before and after the second phase (block adjustment). This work could be done in time and appeared in Lissabon as an "invited paper". See [2]

We know however that the investigation had further ambitions, and that more results should appear in a general report. The extent of this report was defined by Circular Letter No. 23 of the President. It was requested from each Centre, in conformity with the newest rules, to describe the operations in detail, to analyse the use of the operating time, to publish the results of the instrument checks, and to proceed to a critical evaluation of the procedures based mainly on the inner accuracy of the models and on the accuracy of the connections between consecutive models. Deadline for the delivery of the reports was set near the end of 1964, but there was delay. In a meeting held in Stresa in September 1965 the rules and the calendar for presentation of the final conclusions, which had been revised already for some time by the President, were definitely established.

An event can be noted here which shows that not everything had to become necessarily more and more complicated. A big programme of distribution of the computations leading to the final conclusions had been written down in Stresa. All Centres had decided to give willingly their assistance to the President and his immediate helps. As a matter of fact, it was found out, however, that all the computations could be done easily at one Centre on an electronic computer. The whole work was subsequently done at the C. A. S. F. — Milan Centre, where the necessary facilities were available. The programme was prepared by Mr. *R. Galetto*, who also followed all the details of the numerical computations.

Still, the difficult analysis leading to the final conclusions and to the redaction of the last part of the present report (paragraph 7 ff.) took time. A new meeting was needed in order to settle more details: it was held late in 1966 in Turin, and brought together the Commission and all Directors of Centres. There was also a permanent contact between these authorities.

We hope that this chronology of the events showed clearly how complex it was to organize, in international cooperation, a photogrammetric research project guaranteeing a strict scientific validity of the results.

4. Individual reports of the Centres

We said already that each Centre was not only authorized, but also strongly encouraged to publish itself a report on all the work it had done. There were very little formal requirements about these publications.

Up to now, not many Centres made use of the opportunity to publish. However, each of the Centres sent a report to the President of the Commission, with indications and comments on the work done, on the results, on the difficulties encountered and on the times required. These reports are reproduced integrally here. Let us note that the reports from the Milan and Stuttgart Centres were rather summaries, because these organizations published much of their results in [4] and [9] respectively. Publication [4] was especially detailed and was written by the person responsible for the whole co-operation of Milan with the Commission.

The President could of course not check all the details of the reports, but he can state definitely that these reports have been established in perfect good faith. This results clearly from the whole interchange of correspondence, as well as from the study of all documents received in the course of the years.

4.1. Report on test 1

I.T.C. — Delft Centre — Author J. Visser

Analytical Triangulation

1 —

The measurements were made from August 14 until September 4, 1961, with the Wild Stereocomparator No. 823.

2 —

In conformity with the rules, the instrument was checked, using monocular observations of grid plates (25 points), before and after the observations. See figure 5 and 6.

Internal accuracy: It is possible to compute the mean square error of one single coordinate observation, since each setting on the grid crosses was done twice (once in one direction, once in the other). This computation was done and the result was $m_x = m_y = 1.4 \mu$. On the meaned observation this gives $m_x = m_y = 1.0 \mu$.

External accuracy: for the right camera, diagrams a) — d) on figure 5, $m_x = m_y = 2.3 \mu$; for the left camera, diagrams a) — d) on figure 6, $m_x = m_y = 1.5 \mu$. There is visibly no systematic error in the left camera, while such an error exists in the right one (order of magnitude 1.7μ in both directions).

Stability of the instrument: comparing on figure 5 and 6 the four diagrams a) and b), obtained before the observations, with the four diagrams c) and d) obtained afterwards, it appears that the instrument is extremely stable.

3 —

The diapositives having been duly received from the President, three points were pre-selected and pricked near the nadir point in each triple overlap. This made possible the scale transfer from model to model, which was checked by the use of lateral points equally pre-selected and pricked in the triple overlap (at about 6 cm from the nadir point). All pricking was done on the central picture of the overlap only. The future connection between parallel strips was ensured by pricking the lateral points also on the neighbouring strips (although normally signalized points were used for the lateral connection).

4 —

The first run (= "passage") of each strip, nicknamed "babi", was begun with base inside, the second one, "babu", with base outside. In the first pair, the transverse parallaxes p_y were roughly eliminated near the central points with the *kappa* screws of both carriages. In the following pairs, the *kappa* and *by* of the new photograph were used. The observations were made with 11 times optical magnification, and extended for each pair over:

- the 4 fiducial marks of each photography,
- the 6 points of relative orientation (in their normal locations where possible),
- the two groups of 3 scale transfer points,
- the signalized points,
- the pricked points.

The automatic recording of coordinates was done with the Wild EK-4 device. Each point was observed only once, using the Dove prisms for conversion of transverse parallaxes into longitudinal ones.

The computational connection of the photographs was based on the van den Hout method [5], and programmed for the Stantec-Zebra electronic computer of the I. T. C.

5 —

Internal mistakes:

- a) There has been discovered a scale transfer error of 0.3‰ when comparing the strip coordinates of the points common to pairs 1 and 2 of strip 1 ("babi"). The cause was found: an observation mistake in the height of one of the three scale transfer points. A corresponding correction was done before the linear transformation.
- b) A similar scale transfer mistake was found between pairs 7 and 8 of strip 3 ("babi"), the amount being this time 0.5‰. The strip coordinates of pairs 8, 9 and 10 were corrected accordingly.

- c) In the first observations there had been made no use of the levelled points bridging the gap between pairs 40/41 and 41/42 of strip 2. The operator was under the delusion that at the southern end of the gap, where it narrowed to a slight overlap, a certain point 21412 could be used for the scale transfer. After a closer look at the point, i. e. after the observations, it appeared however that its stereoscopic properties were very poor, and it had to be dropped. Hence, it was necessary to repeat the observations of the badly connected pairs, taking this time the complementary field levelling into consideration.
- d) It was found after the first phase of the electronic computation that the transverse parallaxes p_y of pair 7 in strip 4 ("babi", photographs 04/05) were of the order of 30 μ . By re-observing the pair, this was straightened out.
- e) Pair 1 (photographs 98/99) of strip 4 had to be re-observed because point 368 had been left out inadvertently.
- f) The same thing happened in pair 1 (35/36) of strip 2, on account of point 963.
- g) The same thing happened again in pair 1 (86/87) of strip 3, on account of point 484.

External mistakes: In continuation of this listing of difficulties encountered, let us mention the three following ones, which were not due to the responsible photogrammetrist, but to mistakes in the table of operations which had been communicated to the Centre. This table had been followed blindly; consequently:

- h) The pair 95/96 of strip 3 had not been observed at first.
- i) The points 777 and 779 in pair 55/56 of strip 1 had not been observed at first.
- j) The signaled points which happened to appear in two consecutive pairs and/or in two strips had been observed once only.

Miscellaneous: There is, in the programme of analytical triangulation which was applied, a built-in facility for connecting a re-observed model to the original strip. However, this operation relies on the fiducial marks for tying in the new bundle of rays. On account of what has been said before about the limited definition of the fiducial marks it is clear that the tying in is not accurate enough. One avoided consequently to use it as much as possible. In fact, the only case where a re-observed model was connected concerned pair 04/05 of strip 4 ("babi" type). Missing points have always been interpolated from the re-observed model into the original one. The last model of strip 3, 95/96 (see above under h), had to be connected to the strip with the help of model 95/94 which, for this special reason, had to be re-observed too. Difficulties with identification occurred in points 780, 805, 368.

Operation times:

a) Preparation: 24 days.

b) Stereocomparator:

Strip 1, 1st run	12 hours
2nd run	9 hours
Strip 2, 1st run	8 hours
2nd run	9 hours

Strip 3, 1st run 14 hours (this included 5 hours during which the EK-4 recording device was out of order)

2nd run 9 hours

Strip 4, 1st run 9 hours

2nd run 9 hours

Strip 5, 1st run 9 hours

2nd run 16 hours (this included 7 hours during which the EK-4 recording device was out of order)

Re-observation of 17 pairs: 20 hours.

c) Computations:

Electronic computer, 29 hours

Telex (obtention of printed output), 28 hours

Analysis, 40 hours

Administration, 15 hours.

The computer time was made up of 19 hours for getting strip coordinates (re-computations included), 4 hours for getting the differences between coordinates of points common to consecutive models, 6 hours for linear transformations in space.

6 — Intrinsic accuracy

a) Transverse parallax p_y — The mean square value m of the residual parallaxes at the n times six classical points of relative orientation (n being the number of models) have been, according to $m^2 = \Sigma p^2/n$:

Strip 1 $m = 3 \mu$

Strip 2 $m = 3 \mu$

Strip 3 $m = 6 \mu$

Strip 4 $m = 7 \mu$

Strip 5 $m = 3 \mu$.

In the signalized points (left column hereunder) and pricked points (right column) the mean square values m of the residual parallaxes are:

Strip 1 5 μ (82) 10 μ (64)

Strip 2 5 μ (82) 7 μ (86)

Strip 3 5.5 μ (140) 9 μ (110)

Strip 4 5 μ (116) 6 μ (90)

Strip 5 4.5 μ (92) 6.5 μ (86)

(the numbers between parenthesis tell how many points were involved).

We see clearly that the stereoscopic observation is less accurate in a pricked point than in a signalized point. It is obvious that the setting index of the Wild Stereocomparator (black dot 20 μ in diameter, with a concentric circle 150 μ in diameter) fits rather ideally the signalized points on both photographs. On the contrary, the pricked points appear only on one photograph, as holes of about 100 μ in the emulsion. The other photograph is intact. Normal stereoscopic fusion is obviously impos-

sible under such conditions, the big hole blurring everything. The makeshift applied in our case consists of doing the stereoscopic fusion, with p_x and p_y , beside the point (at about 125μ from the center of the hole), and of moving afterwards both carriages with x and y until the point seemed to be set. It is obvious that this approximate method introduces important additional errors.

A certain improvement is expected in the future after the Wild Stereocomparator has been provided with larger setting indexes (60μ). An attempt is made also at getting the pricked holes correspondingly smaller. Even so the result cannot, of course, be as good as with signalized points.

- b) Longitudinal parallax p_x — An estimate of the accuracy of observing longitudinal parallaxes can be obtained from the differences (two by two) between the heights of the three scale-transfer points as found (after computation of strip-coordinates) in model i and model $(i + 1)$ respectively.

For the computational scale-transfer, the average height of the group of three scale-transfer points (per model) has been used. There are 41×2 scale-transfers, thus 3×82 differences (d). From

$$m_{dz}^2 = \frac{\Sigma dd}{2 \times 82}, \text{ or } m_z^2 = \frac{\Sigma dd}{4 \times 82},$$

a value $m_z = 14 \text{ cm}$ was computed. This corresponds to: $m_{px} = 6 \mu$ (at the scale of the negatives).

- c) Setting in x and y on pricked points — In a way, similar to the one followed under b, but using now the differences of x - and y -coordinates between successive models (still on the three scale-transfer points), one can get mean square values of the pointing error (coincidence between setting index and pricked point). For the computational transfer of x and y , actually the air-station common to the two successive models is used; consequently with

$$m_{dx}^2 = \frac{\Sigma d_x \cdot d_x}{3 \times 82}, \text{ or } m_x^2 = \frac{\Sigma d_x \cdot d_x}{6 \times 82}$$

$$m_{dy}^2 = \frac{\Sigma d_y \cdot d_y}{3 \times 82}, \text{ or } m_y^2 = \frac{\Sigma d_y \cdot d_y}{6 \times 82}$$

the mean square errors desired can be computed. We found:

$$m_x = 3 \mu \text{ (at the scale of the negatives)}$$

$$m_y = 4 \mu \text{ (at the scale of the negatives).}$$

7 —

The special linear transformation of the strip coordinates made use, as prescribed, of the planimetric coordinates of the centers of gravity of the first and last models of each strip, and of two known altitudes in the first model plus one (at the center of gravity) in the last. Small height changes taking the earth curvature into account were determined graphically in a simple way. Otherwise, all computations were entrusted to the Zebra electronic computer.

8 —

An analysis was made of the differences between the two sets of transformed strip coordinates, viz. for the two runs ("passages") of each strip. Diagrams were set up, showing the differences as functions of X . The resulting curves appeared to be of 2nd or 3rd order, with maximum deviations located between 0.5 and 1.0 m (according to strip), and local variations of the order of 0.1 to 0.3 m. There was one exception: on signalized point 780 of model 8, strip 2, the differences reached 2.4 m in X , 2.8 m in Y , 0.7 m in Z . The curves showed no systematism whatsoever with respect to the strips or kinds of coordinates (X , Y , or Z) they belonged to.

9 —

A further analysis was made of the differences between the transformed coordinates of sidalap points, according to whether they were obtained in the one or other of the parallel strips. Here again, rather regular curves of 2nd or 3rd order showed maximum deviations of 1.0 to 2.0 m (in X and Y), reaching 4.0 m (in Z), while the local discrepancies remained of the order of 0.25 m. The curves showed no systematism whatsoever with respect to the strips or kinds of coordinates (X , Y or Z) they belonged to.

4.2. Summarized report on test 5

C. A. S. F. — Milan Centre — See [4]

Analytical Triangulation

1 —

The measurements were all made by the same operator, using an O. M. I. TA 3/A Stereo-comparator. The work was spread over the period from October 11, 1962 until January 22, 1963.

2 —

During this period of time, many practical tests were made in order to check the accuracy and stability of the instrument. A grid plate was used in alternate directions. The monocular readings were made everytime on 13 points with a mean square error of about 1μ . The grid plates were known to have a negligible error.

On the first and third cross slides systems of the instrument, 10 periodical checks were made; this number was 12 for the second system. The following types of errors could be investigated on these occasions: 1) systematic errors on the coordinates measurements in the various parts of the field; 2) errors due to the instability of the instrument; 3) errors due to backlash. Errors 1) showed up when measurements concerning each point were repeated a number of times. Mean values were formed, which appear as vectors on figure 7, line a). Errors 2) were checked by comparison of similar measurements made after due intervals of time; the resulting standard deviations are represented by rectangles on line b) of figure 7. No correlation was assumed between the x and y coordinates. Errors 3) (backlash), finally, were measured by setting the points once from one side, once from the other. The average results are shown on figure 7, line c). Line d) on figure 7 shows detailed variations of adjustment over the period Oct. 11, 1962 through Jan. 22, 1963.

The coordinates of the following points were measured, on each photograph of block 2.6: all points known on the ground, 27 other points to be used in the orientations, 2 or 4 natural connecting points located in sidelaps. The "sketches" of these latter points were obtained photographically.

Four different programmes of computations were applied for triangulating the 5 strips of the block. They differed either by the combinations of the 27 orientation points available, or by the types of the equations applied in computing the orientation elements of each photograph. These programmes, described in more detail in [6], had the following characteristics:

Programme No.	Number of orientation points	Number of equations, using transverse parallaxes (p) or altitudes (z)	
6—1	6	6 (p)	1 (z)
6—3	6	6 (p)	3 (z)
18—1	18	18 (p)	1 (z)
18—6	18	18 (p)	6 (z)

The request for two independent series of measurements in each strip was met with 8 runs combined as follows:

Run No.	Programme	No. of series
I	18—6	I
II	18—6	II
III	6—3	I
IV	6—3	II
V	18—1	I
VI	18—1	II
VII	6—1	I
VIII	6—1	II

All computations were done on an IBM 650 electronic computer.

The duration of the measurements and computations can be summarized as follows:

a) Preparation: 3 days

b) Stereocomparator:

Strip 2.6.1	I 19 hours	II 18 hours
Strip 2.6.2	I 19 hours	II 24 hours
Strip 2.6.3	I 27 hours	II 26 hours
Strip 2.6.4	I 27 hours	II 26 hours
Strip 2.6.5	I 30 hours	II 27 hours;

the number of points for which measurements were made on each photograph was about 40.

c) Computations:

Conversion from tape to cards 80 minutes for each strip; sorting of cards 4 hours for each strip. Further, for each photograph, 2 minutes for the selection of data and the computation of improved photographic coordinates, and 5 minutes (programme 6—1), 7 minutes (6—3), 15 minutes (18—1), 20 minutes (18—6) for the connection of the consecutive models.

5 —

The analysis of the intrinsic precision of the various methods of connection has been stated in the publication [6] of Miss *Togliatti* and in the 5th chapter of the report [4] of the Milan Centre. Statistics was applied in [6] to the residual transverse parallaxes of the models and to the differences between the coordinates of the same points as delivered by successive models. Nine points were considered in each triple overlap, and the investigation covered all 8 runs. The results are summarized as mean square values of the parallaxes and differences in the following table:

Runs	Programme	Parallaxes	Differences		
			X	Y	Z
VII—VIII	6—1	3 cm	5 cm	26 cm	47 cm
III—IV	6—3	8 cm	3 cm	18 cm	32 cm
V—VI	18—1	9 cm	4 cm	24 cm	44 cm
I—II	18—6	10 cm	3 cm	15 cm	27 cm

There are in the 5th chapter of the Milan report [4] the results of another investigation which was based on the elements of orientation. The variations of these elements in a same model when this model was used in the two different runs requested by the rules were examined. Table 2 shows the mean square values of the resulting differences (the symbols used are the same as in Chapter 2 of the present report).

6 —

The linear transformation of each strip was done by electronic computation, using the points prescribed by the President of the Commission. The results were analyzed from the point of view of possible warpings of the strips. It was found that a common warping affected all strips.

4.3. Summarized report on test 6

C. A. S. F. — Milan Centre — See [4]

Analogical Triangulation

1 —

The measurements were made between December 20, 1961 and March 30, 1962 on the Galileo-Santoni IV Stereocartograph, by the same operator who worked on test 5.

2 —

The instrument was checked four times during the period mentioned under 1 —. For this purpose, a fictitious model was established by using two grid plates and making

measurements once with base inside, once with base outside. The way of operating was the same as in the actual triangulation of block 2.6, so that the rules set up by the Commission were followed. The number of points considered was 20; *by* was included in the determinations. We read the mean square values of the residual coordinates errors, as well as of the residual parallaxes obtained from *by*, on Table 3. The four series of tests and the two positions of the base find separate consideration in the table.

3 —

In the actual investigation, each strip was triangulated twice in a completely independent way. The first time, the first model was base inside, the second time it was base outside. There were 3 or 4 known ground points in these first models. Model scale was about 1 : 4,000, with an enlargement ratio close to 3. Connection of each new model of a strip made use only of the "new" orientation elements. The numerical relative orientation was applied, with scale transfer through height measurements around the nadir point. All connecting points (whether intra-strip or inter-strips), as well as the scaling points, were recorded photographically. The points used are the same we mentioned already in connection with test 5 (Stereocomparator TA 3/A).

The duration of the instrumental operations is summarized on Table 4. One should consider, when analyzing these results, that the Stereocartograph which was used had no automatic recording of results. Further, the existence of gaps in the longitudinal overlap made things more complicated (the Centre found in fact 3 of them). It was necessary, at the end of each strip, to refer the coordinates *X* and *Y* of all points to the system of the first pair; one does not get this result automatically when reading the *X*- and *Y*-scales on the Stereocartograph. This required use of a desk computer during about 8 hours for each strip.

4 —

An idea of the intrinsic precision of the measurements will result from the following data. The basic fact used here is that each parallax or coordinate was determined twice. This made it possible to compute the following mean square errors of measurements:

Parallaxes with

	basis inside	11 μ		
	basis outside	12 μ		
Coordinates		<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>
natural points		13 μ	13 μ	7 cm
signalized points		12 μ	12 μ	7 cm

N.-B.: these results refer to the model, with exception of the *Z* values which are in natural size.

The mean square value of the residual parallaxes at the classical 6 points of orientation is about 9 μ at model scale, and does not change if the basis is outside instead of inside.

The mean square value of the coordinate discrepancies at the connecting points of successive models were, in the same scales as above:

	X	Y	Z
base inside	50 μ	70 μ	13.5 cm
base outside	62 μ	67 μ	11.8 cm

An analysis was made also of the differences between the orientation elements $\Delta\varphi$, $\Delta\omega$, $\Delta\kappa$ resulting from the two independent series of measurements. The mean square values of the differences were:

on $\Delta\varphi$ $30.4 \times 0.001g$, on $\Delta\omega$ $24.5 \times 0.001g$, on $\Delta\kappa$ $44.8 \times 0.001g$.

It is of interest to refer these results to the corresponding ones obtained with programme 6—1 of test 5 (see table 2). We find then that the mean square values of the differences between the orientation elements resulting from the average of the 2 analogical triangulations and those resulting from the 2 analytical triangulations are, for programme 6—1 and taking the mean of runs I and II:

on $\Delta\varphi$ $38.8 \times 0.001g$, on $\Delta\omega$ $48.5 \times 0.001g$, on $\Delta\kappa$ $43.8 \times 0.001g$.

5 —

The linear transformation of the strip coordinates has been done on a desk computer. The points used in the first and last couples were the same as in test 5. Small height changes taking the earth curvature into account were determined as function of the coordinate X and applied in the course of the linear transformation.

4.4. Report on test 9

B. E. V. — Vienna Centre — Author Dr. Bernhard

Analogical Triangulation

1 —

The observations were made with the Wild A7 Autograph No. 311. The first runs began on November 20, 1961 and ended on December 16 of the same year. For the second runs the respective dates were April 28 and May 17, 1962.

2 —

As agreed, grid plates measurements were made before and after the observations. Each time they were done twice with base inside and twice with base outside, the number of stereoscopic points of the grids being 28. The nominal settings defining the measuring plane were the following:

a) for the first run

$c = 100$ mm

$Z = 400$ mm

$bx = 240$ mm

$M_m = 1 : 3,000$

b) for the second run

$c = 100$ mm

$Z = 320$ mm

$bx = 192$ mm

$M_m = 1 : 3,750$

Internal precision of the Autograph: The differences of the grid measurements mentioned above led to the following mean square errors in microns at model scale:

	m_x	m_y	m_z	m_{by}
1st run before	$\pm 4 \mu$	$\pm 9 \mu$	$\pm 8 \mu$	$\pm 8 \mu$
after	$\pm 4 \mu$	$\pm 8 \mu$	$\pm 6 \mu$	$\pm 7 \mu$
2nd run before	$\pm 4 \mu$	$\pm 6 \mu$	$\pm 4 \mu$	$\pm 4 \mu$
after	$\pm 4 \mu$	$\pm 6 \mu$	$\pm 9 \mu$	$\pm 5 \mu$

One might prefer to read these values as they appear in the photographic plane (i. e. reduced in the ratio f/Z), and averaged for each run. The result is:

a) for the first run

$$m_x = \pm 1.0$$

$$m_y = \pm 2.1$$

$$m_z = \pm 1.8$$

$$m_{by} = \pm 1.9$$

b) for the second run

$$m_x = \pm 1.3$$

$$m_y = \pm 1.9$$

$$m_z = \pm 2.0$$

$$m_{by} = \pm 1.4$$

(all in microns).

External precision of the Autograph: In order to get an overall view of the external precision, the model coordinates of the grid crosses have been transformed and compared to the theoretical coordinates. This gave the following mean square values in microns (model scale):

	m_x	m_y	m_z
1st run before	$\pm 17 \mu$	$\pm 17 \mu$	$\pm 27 \mu$
after	$\pm 16 \mu$	$\pm 9 \mu$	$\pm 23 \mu$
2nd run before	$\pm 15 \mu$	$\pm 16 \mu$	$\pm 31 \mu$
after	$\pm 10 \mu$	$\pm 20 \mu$	$\pm 27 \mu$

Stability of the instrument: Between the 1st and the 2nd runs Autograph A7 No. 311 was cleaned and adjusted twice. The good agreement between the grid plate measurement results of November 1961 and of May 1962 pointed out to a good stability of the adjustment of the instrument. During this period of time, there was on the average only a standard deviation of $\pm 0.029\%$ of z with base inside and $\pm 0.033\%$ of z with base outside, z being the "altitude" of the projection centers over the model plane generated by the grids' projections. These standard deviations, converted into horizontal parallaxes measured in each grid's plane, remain of the order of 2 microns only.

3 —

Going over now to the actual tests, using diapositives, we can note that the scale transfer was done with three points, one near the nadir in the triple overlap, two near the ends of it. These points were marked on the central photograph. In the sidelaps both signalized and unsignalized points were used for the inter-strip connections. Transfers and markings were done with the PUG instrument.

4 —

In the first run, all strips have been begun with base inside; in the second, with base outside. The model scale was 1 : 3,000 in the first run, 1 : 3,750 in the second. All readings were done in cm at natural size, with exception of the x - and y -coordinates of the second runs, when mm at model scale were used. All points have been observed twice (i. e. in both runs), and the results have been recorded by hand.

5 —

- a) Appreciable residual transverse parallaxes were found only during the first runs and only locally. The largest one reached 15μ at photographic scale (0.06 mm in the 1 : 3,000 model). Apart of the normal drop of definition in the corners, we noticed that number labels had been affixed to the original negative plates with the help of transparent adhesive tapes.
- b) The scale transfer over the gap in strip 6—2 (between models 6 and 7) was based on the especially given altimetric ground data. The x - and y -coordinates were transferred monocularly by using two pricked points.
- c) Working times involving instruments:

	<i>First runs</i>	<i>Second runs</i>
Total:	257 hours	177 hours
of which:		
Relative orientation	34%	37%
Delivery of points	38%	38%
Miscellaneous	28%	25%
(under miscellaneous are meant delays, cleaning, adjustments, etc.)		
Mean values for each model:	5.6 hours	3.8 hours
of which:		
Relative orientation	2.0 hours	1.4 hours
Delivery of points	2.1 hours	1.5 hours
Miscellaneous	1.5 hours	0.9 hours

6 — Internal precision

- a) Relative orientation was performed according to the *Jerie* numerical method. The mean square value of the residual parallaxes, as measured in the photographic plane, was of the order of 5 microns.
- b) A general idea of the accuracy of the connections between models was obtained by examining the discrepancies in x , y and z on the connecting points. The results were:

	x	y	z
a) for the first runs	7 cm	17 cm	34 cm
b) for the second runs	7 cm	13 cm	16 cm

Looking at the detail of these results, it was apparent, especially for the 1st runs, that there was a systematic error on z (changing sign with base inside and base outside).

7 —

The x - and y -coordinates have been transformed according to the well-known Helmert formulae, using, as stated in the rules of the tests, the coordinates of the centers of gravity of the first and last models as fixed points. The x -values had been previously submitted to the so-called "topographical corrections" (as done systematically at the Vienna Centre), which take into account the combined influences of the earth curvature and the differences of height on the x -values.

Altimetry was also altered, by graphical methods. On the one hand, earth curvature was taken into account, while on the other hand an attempt was made at improving the altitudes by corrections corresponding to an assumed systematic convergence error (constant over the whole block).

8 —

After applying the corrections and changes mentioned above an analysis was made of the coordinate differences between the two sets of runs at the check points within each strip. These differences varied rather smoothly; there were 5 points where peak values of 0.6 m to 2.0 m were reached.

9 —

The differences between the two sets of coordinates obtained for points in the sidelaps were examined too. Again, smooth curves showed moderate discrepancies: 0.5 to 1.0 m in x and y , 1.0 to 3.4 m in z .

4.5. Report on test 10

I. A. G. — Frankfurt Centre — Author Professor Förstner

Analogue triangulation

1 — General remarks

In the "Institut für Angewandte Geodäsie" the pictures of flight 2.6 have been restituted on a Stereoplanigraph C8 with Ecomat (N 6044).

2 — Measurements on grids

Besides the fundamental adjustment, the grids have been measured on four different dates — however, not during the last stages of the triangulation work — each time observing a model with "base inside" and a model with "base outside". The spacing of the grid lines was 17.5 mm. The grid measurements took about 52 hours in total.

During the fundamental adjustment, executed with an enlargement of 2.4 times, the measurements of nine points did not yield appreciable residual errors. By tilting the projectors in the two directions it would be possible to correct the residual errors in the distances and to obtain a precision in the distances of the order of 20 to 25 μ . In each grid pair model, 23 points have been measured. The mean square error of the mean resulting from groups of two pointings (two series) amounts to $m = 9 \mu$ referred to model scale.

Each time after numerical tilting of the models, we have computed an optimal model, by forming the average of the heights of the points situated symmetrically in the four quadrants [7].

On the average, the mean square deviations between the individual values and the arithmetic mean amounted to $17\ \mu$ with base inside and to $31\ \mu$ with base outside, measured in the model.

However, these discrepancies contain systematic parts on account of torsion. After eliminating these parts we find mean square deviations amounting to 16 and $23\ \mu$ respectively.

Each time we have formed a total model of the four "optimal models" for base inside and for base outside and from this we have computed the deviations for each individual model. For the mean square deviations we have found 12 and $15\ \mu$ respectively. These discrepancies refer to the centre of the image. The heights of the other points of the "optimal model" are the average of two or four measurements and for this reason they are more accurate.

From the height differences of the total models with base inside and base outside using the arithmetic mean of four grid measurements and taking into account the different weights of the individual values we have derived a mean square error for a grid point (the arithmetic mean of four grid measurements) amounting to $8\ \mu$. This means that the two models are in good agreement. This is why the mean square error of one grid measurement amounts to $16\ \mu$.

Unfortunately we are unable to assess the deviation of the "optimal model" with respect to the "theoretical model", because we do not know this "theoretical model".

3 — The picture and the selection of points

We have no restitution accessories for a principal distance of 100 mm. For this reason we have transformed the original aerial photographs with a ratio printer of Carl Zeiss firm at Oberkochen. The ratio printer has a Topar 1:8, $f = 200\ \text{mm}$ lens and a projection plane of $15 \times 15\ \text{cm}^2$, furnished especially for the transformation of 100 mm photographs (plates "Aviogon"). The transformations can be restituted with our 115 mm Aviogon restitution equipment. The influence of earth curvature is not eliminated by the transformation.

Further, using the RS 1 marking apparatus of the Carl Zeiss firm, we have marked an artificial point in each diapositive, near the centre and vertically above and below the upper and lower edges. The distance between these points, situated laterally opposite the centre is about 60 mm and varies between 45 and 75 mm. These points have been circled to facilitate identification. In this way we normally dispose of three points (transfer points) for the transfer of scale throughout the successive photographs during "aero-traversing". In total we have marked 143 points. For joining two adjacent strips we have selected 38 natural and particularly well identifiable points in such a way that one tie-point appears in about each stereogram. We circled these points, but without marking the point itself, in one picture per strip for ease of identification during the measurement.

The selection and the transfer of these tie-points have taken more time than the selection and transfer of the "transfer points". In the mean time we have yet marked the check points in the pictures. In total, 56 hours were needed for this preparatory work.

4 — The observation procedure

We have measured the distances between the fiducial marks of four original negatives and 24 diapositives with a glass scale. Comparing the lengths we have found an enlarging factor of 1.14001. The difference of the enlarging factors in x - and y -direction amounts to 0.00027. This is thus within the tolerances and so small as not to enable us to derive an affine relationship with certainty. Later on, from measurements on 53 images with a precision comparator, an enlarging factor of 1.14009 and a difference in x - and y -directions of 0.00015 were obtained. For this reason we have replaced the principal distance of the original photographs by the replacement distance of 114.41. Consequently the scale of the transformed diapositives amounts to 1 : 10,500.

During the period of 12 April to 23 October 1962 we have triangulated the strips two times, viz. starting once with "base inside" and once with "base outside". The model scale was 1 : 5,000, i. e. the optical enlargement in the instrument was 2.1 times. Several times we had to suspend the observations, moreover strip 5 has been triangulated by an other observer than strips 1 to 4. The observations have been executed according to the rules of the President.

We have started with the relative orientation of the stereograms according to a mechanical optical procedure which was approximative, and afterwards according to a numerical procedure by measuring the y -parallaxes. For the strips 1 to 4 we have used the analogue computer of *Neubauer* [8]. On the average three iterations were necessary per model, because the terrain is very accidented. However, in some cases fewer iterations would have been sufficient. Based on the given control points the first model was oriented absolutely in an approximate manner. During the connection of the successive photographs, the counting devices for X and Y have first been disconnected. Prior to the observation of the coordinates in the new model, the coordinates of a point were adjusted approximatively and the counting devices were connected again.

For the transfer of the scale we have successively adjusted the heights of the transfer points of the preceding stereogram with Z and we have eliminated the X -parallaxes twice by means of bx in each point. We have formed the arithmetic mean of all the values of bx (normally $2 \times 3 = 6$), giving a double weight to the values of the transfer points situated near the image centre. Two models had insufficient lateral overlap. In that case we have transferred the scale with the help of the altitude differences measured in the terrain.

In the two series of observations the points have been approached in the instrument each time from different directions — once from the left and from above, and once from the right and from below. They have been observed and recorded in the following order: transfer points, tie-points, control points and check-points. In total there are 226 control- and check-points, 61 of which appear in two strips. These could have been used as tie-points. Per stereogram there are 16.5 points on the average, but the control points are situated in the first and in the last two stereograms of a strip only.

We have not recorded the observations on punched tape, but later on we have punched the mean values of the two series. The interior precision, i. e. the mean square error of the mean of the two series — measured in the model — amounts to:

$$m_b = 10 \mu \qquad m_z = 16 \mu.$$

The mean square error of the horizontal parallax resulting from it amounts to:

$$m_{px} = 8 \mu.$$

The orientation has taken a total of 280 hours (3.2 hours per model): relatively speaking this is a lot of time. The other 200 hours, which have been necessary for checking the observations and for computing the errors, will almost be superfluous in the future, thanks to the use of electronic computers. Because of the unavoidable errors caused by switching in the counting mechanisms the models had to be subjected to a translation in x and y . These shifts have been calculated without an electronic computer. At the same time the transfer scale has been checked — in the course of another work — by comparing the z values as well as the distances between two exterior transfer points. For the coordinate differences after the shifting we have found the following values in terms of the mean square error of one measurement in the model, expressed in microns.

Operator	m_x	m_y	m_z
1	22 μ	67 μ	136 μ
2	10 μ	44 μ	61 μ

The observations by the second operator (strip 5) yield transfer errors which are considerably smaller than the observations of the first operator. This is why we thought that it would not be permissible to form the mean of the results.

5 — The linear transformation

By computation, we have referred the coordinates of all models with their shift values to the system of the first model. For the heights z , we distinguish between two different systems, viz. that of the heights "with tilting" and that of the "heights without tilting". In one case, the z differences at two exterior transfer points have been eliminated numerically by a change of the tilt, that is, by a tilt of all the following models. In the second case this change of tilt has not taken place. When joining and tilting the models, we have simultaneously taken into account the influence of the earth curvature in a direction perpendicular to the flight. Finally we have formed the average of the coordinates of the twice observed points, strip after strip. The calculation of the shifts and the tilts, the tabulation of the machine coordinates and the final check have taken a rather considerable amount of time.

Meanwhile all the computations have been programmed for the electronic computer ZUSE Z23 which will perform them automatically in the future. Contrary to the rules of computation, but in accordance with common usage we have not used the centres of gravity of the control point groups in the first and last models but all the control points in stead. This procedure has the advantage that it is not necessary to calculate the centres of gravity of the groups in advance and that errors in the control points are discovered. The planimetric and the altimetric compensations are executed in one single operation, but with separate formulas (thus not by a spatial transformation). The quadratic mean of the residual errors must not be confused with the errors which would be obtained by adjusting the first and the last stereograms separately on the control points.

With the help of the transformation elements obtained in this way, all other points have been transformed according to the "Reichenbach" system. With this transformation we have eliminated the x -component of the earth curvature as prescribed. Further the computing centre has assembled the coordinates using the forms prescribed by the president. By the mechanical preparation of the results we have saved much time. About 8 days were needed for perforating and checking the machine coordinates. However, only 16 hours were required for establishing and checking the programme for listing the coordinates and the computing operations took about 45 hours only.

6 — The errors prior to the compensation

After the linear transformation, but before the final compensation we have compared the preliminary results. Sometimes it is only necessary to detect the errors. For this purpose it would be convenient at least to adjust the heights z according to a function of the second degree for the control points.

6.1 — Differences between coordinates of two measurements ("base inside" and "base outside"):

According to the formula

$$m_d = \sqrt{\frac{\sum dd}{n}} \quad (2)$$

we have computed a mean discrepancy m_d for the differences between coordinates with "base inside" and "base outside" for groups of points, viz.: central transfer points (nadir points), external transfer points (near upper and lower edges), check-points and tie-points.

In table 5 the mean square deviation of the 482 differences are assembled. z_1 represents the mean square error of the heights (without tilting" and z_2 that of the heights "with tilting". However, from the mean square error of the discrepancies and from the maximum discrepancies we cannot draw conclusions with regard to the initial errors, because we are not dealing with independent observations.

These errors are twice the measurement errors mentioned in paragraph 4. We have clarified some point confusions with the president. Moreover, we dispose of a list of all doubtful points. The transfer points are partly in a terrain with weak contrasts or with weak details. Perhaps major discrepancies in some points could have been avoided by a better selection. In the second triangulation of the stereograms of strip 3 (point 3023) there is an observation mistake. The connection established with the two other points is doubtful. Perhaps this is the cause of the differences encountered in this strip.

6.2. — Differences between coordinates of common points in two adjacent strips:

The calculations have a certain resemblance with those mentioned above in paragraph 6.1. Here we have separated the mean square deviations according to check points and to tie-points. The differences could have been altered by a transversal tilt of the strips.

In table 5 we have collected the mean square deviations of the 193 differences. By perusal of the differences with "base inside" and "base outside" we recognise immediately whether major differences reproduce once or twice: in the first case it is a

matter of errors in observation, or transferring or of confusion of points; in the other case the defects probably originate from the photographic material. In the junction of stereograms 2153/54 with 2154/55, a jump of about 0.8 m may have occurred, because in the two triangulations a point was rejected each time on account of displacements in x and y ; however, by oversight, these points have been used for the heights "with tilting".

6.3 — Absolute errors of the check-points (differences between the coordinates determined photogrammetrically and terrestrially):

In table 5 the mean square values of the 553 differences have been assembled. The mean square errors for x and y correspond almost with those mentioned in section 6.1, whilst the values for z are essentially larger. We should bear in mind that in section 6.1 it is dealt with the mean square deviations of two equivalent observations, whilst here the coordinates of the check points, determined by terrestrial methods are practically error free. It can be ascertained that actually the two proceedings with "base inside" and "base outside" are in the best agreement. If this fact is confirmed in general, it should be taken into account for future work. Only later it will become clear how far major discrepancies in some points are likely to influence the results of the block compensations.

7 — The errors after compensation

The compensations have been calculated by the Centres at Milan and Vienna. Now we must distinguish not only the four different kinds of machine coordinates (base inside, base outside, heights with tilting and heights without tilting) but the three compensation processes as well, viz. Milan A, Milan B and Vienna (*Jerie*). For the check points situated in two adjacent strips we have in some cases (*Jerie*) but one result of the three coordinates x , y and z , viz. the mean values of two different machine coordinates. In order to be able to investigate the influence of the different weights, we distinguish in table 6 — if the case occurs — between check points situated in one strip and check points situated in two strips.

The tie-points, mentioned in paragraph 6, are natural points, easily identifiable, which we have selected before the measurement. Afterwards, in order to warrant the uniformity of the compensation, the same tie-points have been chosen for all the centres, viz. a series of signalized check points, situated in two adjacent strips (see paragraphs 3 and 4).

We have calculated the arithmetic means M of the coordinate differences as well as the mean square differences m , separately according to the strips respectively, or once again according to whether proceeding with "base inside" or "base outside".

7.1 — Differences between coordinates of two proceedings ("base inside" and "base outside"):

The planimetric coordinates have been compensated according to the Vienna method (*Jerie*), twice for the triangulation with "base inside" and twice with "base outside" but each time with the same initial coordinates.

However, we have calculated the mean square deviations m of the residuals for one of the compensations only. The compensations of the altitudes "without tilting" and "with tilting" yield practically the same absolute errors (see paragraph 7.3), in spite

of the considerable differences manifest in different strips and their junctions respectively. Meanwhile we have calculated the two mean altimetric differences for the compensation Milan A only. In table 6 we have collected the mean square deviations for the group of check points in one strip ($n = 162$) and for the group of check points in two strips ($n = 56$).

7.2 — Differences between the coordinates of points, common to two adjacent strips:

The calculations are analogous with those of paragraph 7.1. Also here we have taken into account 38 non signalized points, chosen before the measurements as tie-points, but afterwards not used for the compensation.

Likewise table 6 contains their corresponding mean square errors. When evaluating and comparing the individual mean square errors for the two groups of points, one must bear in mind that among the 59 or 58 check points situated in the two strips, 31 points have been used as tie-points in the compensation. Thence these points have received a preference. However, this does not mean that the not signalized points have been measured or interpreted less well than the signalized check points.

7.3 — Absolute errors of the check points (differences between the coordinates determined photogrammetrically and terrestrially):

We have calculated the error for the two Vienna compensations (*Jerie*). For the sake of completion we distinguish again between check points situated in one and in two strips. In table 6 the mean square errors are collected separately for the two groups. In case of purely accidental errors the two values should have a ratio of $\sqrt{2} : 1$, but actually they are almost equal. Either the accidental errors are superseded by systematic errors or the edge points have been measured with less precision than the other points. This problem should be considered for the interpretation of all observation results, in order to avoid incorrect conclusions.

8 — Other errors after compensation

8.1 — Absolute errors of the check points obtained from the mean values with "base inside" and with "base outside" (differences between coordinates determined photogrammetrically and terrestrially):

In case that, in practice, the strips are triangulated once with "base inside" and once with "base outside" one forms the mean of either the machine coordinates of the two proceedings immediately at the beginning or of the coordinates after compensation. In either case there is, at the end, for each point only one triple of coordinates. We have formed the mean of the coordinates with "base inside" and with "base outside" after the Milan A compensation. After this we have compared the arithmetic mean values with the terrestrial coordinates, and we have calculated the mean square deviations of the differences. The results are collected in table 6. The ratio of the errors mentioned in paragraph 7.3 to the errors calculated above amounts to almost $1.5 : 1$.

8.2. — Internal precision of the Vienna procedure (*Jerie*):

From the X - and Y -differences between the two Vienna compensations (*Jerie*) of the "base outside" observations we have computed the internal precision of this procedure. Here the mean square differences of the check points situated in two strips are considerably less than those of the points situated in one strip only (see table 6). The errors of this procedure are small compared with the absolute errors mentioned in paragraph 7.5.

4.6. Report on test 12

I. G. M. — Brussels Centre — Author Ing. Verlaine

Analogue triangulation

1 — Test 12

The observations have been executed on the Wild A 7 no. 624 between October 12th, 1962 and April 30th, 1963. For the execution of the work no time limit whatsoever was given to the operator of the instrument. Nothing but the greatest possible accuracy of measurement was aimed at, complying with the conditions stated further on and watching for the utmost care with the interior and relative orientations and with the measurement of each coordinate (mean of two pointings).

2 — Calibrations executed on the measuring instrument

Before the work: two 18×18 grid models have been measured with a principal distance of 115 mm, an image base of 80 mm, and a three times enlargement from picture scale towards model ($Z = 3f$).

One of the models has been measured with base positive, the other with negative base (scale 1 : 10,000).

Results (see table 7 and fig. 8):

With positive base the mean square errors are $m_x = 9$ cm, $m_y = 22$ cm and $m_z = 9$ cm or 2.7, 6.6 and 2.7 μ referred to picture scale respectively, whilst m_z amounts to 0.025% of the flight height.

With negative base $m_x = 13$ cm, $m_y = 21$ cm and $m_z = 18$ cm or 3.9, 6.3 and 5.4 μ referred to picture scale respectively, whilst m_z amounts to 0.05% of the flight height.

It will be noticed that in both cases m_y is much larger than m_x , which could cause difficulties in a compensation of the planimetry by means of orthomorphic formulae. The difference in precision of z between the models formed with positive and negative base will be noticed as well. After the work was completed it has been established that the origins of the instrument had remained entirely stable and the grid model measurements have not been repeated.

3 — Preparation of the photographic material

- a) The photographic material provided by the OEEPE (glass diapositives) has received no further special preparations.

- b) 6 well determined points in x , y and z (3 groups of 2 points) have been selected for ascertaining the connection between successive models. They have not been pricked on the diapositives.
- c) It has not been judged useful to establish the connections between strips by means of artificial points pricked on the diapositives and transferred from strip to strip. There were a sufficient number of natural points on the ground. Non signalized points would have given an inferior precision (because of transfer errors).

4 — Observation procedures

Analogue triangulation in two proceedings, one with base inside, the other with base outside

- a) The first pairs of each strip have been observed with by kept at zero. At the moment of observation no coordinated points at the ends of the strips were available.
- b) The adopted type of triangulation is an analogue triangulation with bz maintained arbitrarily at zero ($bz = 0$).
- c) The tilting of the initial pairs has been effected in the sense of ω only.
- d) The relative orientation of the pictures has been performed according to the *Von Gruber* method of successive approximations (over correction for ω). Each relative orientation has been established on six points and the whole pair has been examined afterwards for eliminating residual parallaxes if present (due to the strong relief of the terrain or to blurring which was generally observed in one corner of the pictures).
- e) During the observation the scale has been transferred from pair to pair in an approximate way according to the height of a point, near the plumb point, common in two pairs. The approximate scale has been improved in the course of the calculations, after correcting the tilts of the successive pairs for φ (see calculation steps, section 7).
- f) A correction for distortion in the instruments has not been applied.

5 — Execution of the measurements

- a) The orientation operations of proceeding I and proceeding II differ uniquely by the change of the sign of the base, which expresses that the plates have been placed once on the left hand plate carrier and once on the right hand plate carrier, but always with the same orientation.
- b) We have not encountered special difficulties during the execution of the triangulation. No pair has been reoriented, probably owing to the extreme care with which all the orientations and observations have been carried out.

The lack of longitudinal overlap in one strip has been surmounted taking into account the instructions furnished by the bureau of commission B (known height differences between points of two successive pairs).

- c) Quality of the pictures: average.

The central part of the pictures is generally over-exposed. From the point of view of definition, the pictures are correct with the exception of the south-east corner, where a blurred zone with an area of 4 to 6 cm² is noticed.

When a OEEPE point is situated in this zone, its pointing lacks precision both in X and Y as well as in Z . Often this even becomes impossible, the point then being

visible in one picture only. Neither can the transfer points, always located in the corners of the pair, provide the desired certainty in that case. Doubtlessly this puts an end to the perfect connection between the pairs.

For the rest the blurred zone has made it more difficult to form a spatial image and it has certainly affected the quality.

Finally it is striking that this blur is much less pronounced with the paper prints (typical example: point 788, invisible in plate 2095 strip 3, but perfectly clear in the corresponding paper print).

d) Quality of the control points.

— Planimetric point of view:

Easily identifiable and measurable, in the majority of cases they have the qualities of a good planimetric point.

— Altimetric point of view:

The points on the ground are of a better quality than the elevated points. The latter could still offer adequate certainty if the corresponding drawings had been made more clearly. For instance the cross section, often shown in the field sketch, could have been made always along the line of the greatest slope of the terrain.

— Location in the picture:

The points situated near roads are often of average quality because of the whiteness of the road and this applies in particular to the over exposed parts of the pictures. The same remark is valid for points situated in highly reflective parts of the terrain. Points where identification difficulties were met: 855, 63, 887, 863 and 878.

6 — Analysis of the precision of the triangulation

a) Residual parallaxes have not been recorded because they were not significant.

b) On account of the observation procedure with bz constant, and consequently the substantial tilts in φ due to the irregularity of the flight and the strong relief, gross contradictions in x , y and z have been found between the models during observation. These contradictions have disappeared on account of the successive $d\varphi$ corrections, applied at the time that for each strip a unique coordinate system was established. See (7).

7 — Execution of the calculations (carried out wholly on electronic computer CAB 502)

a) Formation of a coherent system of coordinates per strip, referred to the instrument system of the first pair (for scale and for tilt).

— It has been necessary to start with calculating the corrections $\Delta\varphi$ from pair to pair. These $\Delta\varphi$ have been accumulated, from the beginning to the end of the strip, so as to obtain the individual correction for each pair in each strip, in respect of the coordinates x and z .

— After this the k factors for the scale corrections from pair to pair have been calculated. It will be remembered that with the observation procedure with $bz = 0$ the scale can be adjusted but approximately on the heights. The scale factors

proper have been determined by computing the ratio of the distances between pass points (1-5) and (2-6) in each common part of two pairs. In this way the scale correction factor for each pair of each strip could be determined.

- Finally the translation terms x_T , y_T and z_T from pair to pair were calculated (originally each pair was observed in an independent system). This calculation has been applied to the whole of the 6 pass points from pair to pair.
- The transformation from pair coordinates (instrument system) to strip coordinates is done applying the formulae (5):

$$\begin{aligned}x_c &= x_T + k_x + k_z \cdot \Delta\varphi \\y_c &= y_T + k_y \\z_c &= z_T + k_z - k_x \cdot \Delta\varphi.\end{aligned}\tag{5}$$

In general these transformations cause contradictions between pairs to disappear (in general the Δx and Δy are less than 0.05 mm and the Δz less than 0.08 mm at the observation scale 1 : 3,000, that is 15 cm plane and 25 cm in height). Yet certain junctions give abnormal values (see table 8).

Actually one junction in 5 presents less satisfactory values (generally the z values, for tilts in the ω values).

- No $d\omega$ correction has been applied from pair to pair. The final coordinates to be furnished for the common points of two pairs should actually be the means of the values found, which reduces their discrepancies by half.

b) Linear compensation and calculation of the final coordinates, tied to the first and last pairs of the strips.

- The earth curvature has been corrected in each point according to a graph on squared mm paper. The corrections scaled from it have a precision of 5 cm.
- For the linear compensation of the strips the centres of gravity of the first and last pairs have been used. The ω tilt was applied directly in the instrument to the first pair of each strip. Each strip has been treated as a separate unit. The formulae used are classic:

$$\begin{aligned}X_{\text{Terrain}} &= a + rx + sy \\Y_T &= b - sx + ry \\H_T &= c + lx + kz.\end{aligned}\tag{4}$$

8 — Analysis of the differences between the transformed coordinates of the control points of each strip, obtained in the first and second proceedings

One notices a systematic course of the differences ΔX in the 3rd and 5th strips with a maximum of about 1 metre, a slight systematic tendency in strip 2 (of the order of 75 cm) and stronger systematic Z differences in the strips 1 to 4 (order of 1.50 m). The systematic Z difference does not show up in strip 5.

9 — Analysis of transformed coordinates of common points in two adjacent strips

The list of the differences at the common points shows the following maximum values:

in X , 1 metre for the first proceeding and 1.29 metre for the second
in Y , 1.30 metre for the first proceeding and 1.28 metre for the second
in Z , 1.36 metre for the first proceeding and 2.28 metres for the second.

Generally they point towards systematic tendencies, particularly pertaining to Z in the strips 1 and 2.

4.7. Summarized report on test 15

T.H. — Stuttgart Centre — Author Professor Gotthardt

See [9]

Analytic triangulation

1 — Test 15

Analytic triangulation of strips 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5. Instrument: Stereokomparator Jen-optik 1818.

2 —

The measurements of the precision grids took place: May 10th, May 25th, June 6th, July 10th, July 30th, August 11th, September 5th, September 24th, and October 8th, 1962. Each measurement was executed at 21 points and repeated after exchanging the grids. The results were compensated by transformations according to *Helmert* (linear orthomorphic transformation). The mean square errors of the coordinates were

0—3 μ	21 measurements
3—4 μ	23 measurements
4—5 μ	17 measurements
5—6 μ	7 measurements
6—6.4 μ	4 measurements
total	72 measurements.

Since the instrument is meant to read hundredths of millimetres only, this is a very satisfactory result. Systematic errors have not been found.

3 —

The signalized points to be measured are well distributed throughout the models and give favourable connections between the strips. Unfortunately it was not possible to find such points in every model. Transfer points were chosen for the connection between the models of the same strip only. Their number was 3 to 4; they were selected using the stereocomparator and in some cases a mirror stereoscope as well. The points were recorded by means of sketches in order not to damage the photographs.

4 —

Measured were:

- a) the 4 fiducial marks of the picture,
- b) 16 points for the relative orientation,
- c) 3 to 4 junction points with the preceding model,
- d) the signalized points which were selected,
- e) 3 to 4 junction points with the following model.

Each point was measured twice, the second time in reverse order. If a signalized point was situated favourably, it was used as a junction point or as a point for the relative orientation as well. Similarly the junction points and the points for the relative orientation are partly identical. The total number of points b)—e) is about 22 to 24 per model.

Calculation scheme: After correction of the coordinates for the distortion of the image: relative orientation of each model, using all the points, and common absolute orientation of all models of one strip by iterative methods. Electronic computer: Zuse Z 22 (capacity 8192 words. Multiplication speed 40 ms). The machine writes all the errors for enabling points with gross errors to be rejected at a special command. Since a sufficient number of superfluous points had been measured, it was not necessary to correct the wrong ones: they were completely rejected.

5 —

Duration of the relative orientation of one model and printing out the results: almost 10 minutes (2 to 4 iterations). During the two proceedings of the 6 strips with 9 to 10 models each, 9 faulty points for the relative orientation were found (1 point in 250). Duration of the absolute orientation including the compensation for 7, 6, 5 and 3 control points and printing out the results: 10 hours (2 to 4 iterations and rejection of wrong points). Total number of erroneous junction points: 17 (strips 2.3: 7, strips 2.6: 10, 1 point in 15). Here it should be noticed that a continuous measurement was not possible with the Stereokomparator Jenoptik. The models were measured separately, and thus the coordinates of the junction points could not be compared for excluding point confusions. Neither have the drawings been adequate for avoiding gross identification mistakes sufficiently.

6 —

Residual parallaxes (quadratic means) after the relative orientation (microns):

Strip	Proceeding I	Proceeding II
2.6.3	8.2	8.0
2.6.4	7.5	7.1
2.6.5	6.8	6.5

Formula:

$$mp_y = \sqrt{\frac{\sum p_y^2}{n-5}} \quad (5)$$

Coordinate differences of points belonging to successive models (cm in the terrain).

Strip	Proceeding I	Proceeding II
2.6.3	37 14.1 17.2	37 9.5 14.4
2.6.4	41 13.6 20.3	40 13.3 17.7
2.6.5	41 13.0 17.8	58 16.5 21.2

Formulae:

$$m_{\Delta S} = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta x^2 + \Sigma \Delta y^2}{n - 2k}} \quad m_{\Delta z} = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta z^2}{n - k}} \quad (6)$$

n = number of points
 k = number of junctions

7 —

The primary linear transformation was executed in combination with the formation of the strips (see 4), employing two control points for situation and altimetry, plus 1 supplementary point for the altimetry. The coordinates so obtained were corrected for referring them to the centres of gravity of the first and the last model, z-correction for earth curvature by a graphic process.

5. Description of the compensation work of the tests

During the meeting of the Commission which took place October 19th, 1962 at Lausanne, the Centres being still fully in the phase of executing the measurements, general standards have been laid down for the future work of block compensation. The decisions which were taken during this meeting can be summarized according to the points mentioned below.

All tests shall be compensated by several different procedures. The two proceedings of each test shall be compensated separately. Wherever possible the same ground control points and the same connections between the strips shall be used for compensating the different tests by the various procedures. It will thus be necessary to select these points from those of which the photogrammetric coordinates do not carry too gross errors. In order to facilitate the compensation work by the Centres concerned, the other Centres shall have to provide them with the necessary data in an adequate form, or edited according to an appropriate code.

It is up to the Commission to select the simple methods to be applied for compensating the tests, based on the proposals of the different Centres. They are the methods I. T. C.-*Jerie*, Milano A and Milano B. The principles on which they are based are fundamentally different and their simultaneous utilisation with the same material tends to furnish information for studying the compensation of small blocks for large scale cartographic purposes. Further on in this section we shall illustrate the three procedures, paying particular attention to Milano A and B which are less well known than the *Jerie* procedure which has been applied already for several years to block compensation.

The centres at Delft, Vienna and Milan have offered to execute the compensation of the tests. Delft and Vienna will follow the *Jerie* method, Milan will execute the compensation by the methods A and B. These centres have been invited to contact each other for the selection of points and for establishing the standards pertaining to presentation and coding of the selected data.

As a consequence of these mutual contacts, the Board distributed, by means of circular letter No. 20 of December 21st, 1962, the rules pertaining to disseminating of data. After a series of measures of a general character, these rules establish the designation of

points (in addition to its number proper, the designation of each point must disclose the strip or strips to which it belongs, its nature of signalized control point or of junction point chosen in the photogram by the operator), as well as the standards for the edition of the map of the whole of the restituted points (conventional signs to be used and map scale). Finally they indicate how the coordinate lists of the points should be filled out using special forms. It has been rather difficult to solve the problem of selecting the points to be used for the compensation of the tests. The first inconvenience originated from the Centres, not all of them having finished (early 1963) the measurements. This made it almost impossible to select with certainty such points as would not introduce gross errors in the tests. Nevertheless, for avoiding other delays, it was decided to choose points on the basis of results already obtained and to recommend to the Centres, which were still in the measurement phase, to bear in mind that these points should be restituted as well as possible. Taking into account the particular demands of the *Jerie* compensation, the Delft and Vienna Centres formulated a proposal which was accepted by the Centre of Milan and which was disseminated to all the Centres by means of circular letter No. 21 of February 15th, 1963. The selected points are as follows:

for the planimetric compensation

1107765 — 1108715 — 1109695 — 3307675 — 3405685 — 5507605 — 5508905 — 5509205,

for the altimetric compensation

1107765 — 1207795 — 3307675 — 3407655 — 4507635 — 5507605 — 1108715 — 1208745 —
2308615 — 3408605 — 4508475 — 5508505 — 1109695 — 1109665 — 2304105 — 3405685 —
5505485 — 5509205.

The designation of the points follows the rules laid down in circular letter No. 20. The first two figures indicate the strips, during the triangulation of which the point has been restituted. Consequently, if a figure is repeated, this means that the point has been restituted only in the strip of which the serial number is repeated (11, 22, 33...). If the point has been restituted in two adjacent strips, then the serial numbers of these two strips form the first group of two figures (12, 23, 34, 45...). Following this group there are four figures which contain the serial number of the point. The last figure serves to indicate whether or not the point concerned is a control point. If so, the last figure is always 5; if it is a tie-or a transfer point or any other point selected by the operator during the restitution phase but without topographically surveyed coordinates, the last figure differs from 5.

This point list has been adequate for the compensation of all the tests, i. e. for the *Jerie* procedure as well as for the procedures Milan A or Milan B. Only for test 12, I. G. M. Brussels, the series of 18 points used for the altimetric compensation had to be subjected to a slight modification; the control point 765 has been restituted in strip 3 (2.6.3) only; thus in the list of used points it should have been indicated by 3307655 and not by 3407655. Practically this slight variation, which causes the reduction by one condition, does not affect the homogeneity of the results. The tie-points between the strips, indispensable for block compensation, have created numerous difficulties on account of their selection. Actually, the different methods used for compensation often have different requirements. Although introducing a loss of complete homogeneity into the results, the three centres assigned with performing the compensations have agreed upon the following decisions in order to facilitate the execution of the work:

- a) to leave it to each of the three Centres to choose the tie-points according to number and to the most advantageous position;
- b) to give preference to signalized check-points in the terrain for the selection of tie-points.

The compensation work of the different tests, already well advanced towards the end of 1962, was continued during 1963 at the Centres of Delft, Vienna and Milan. The latest compensations have been executed at Delft and at Milan during the first months of 1964. The first review of the results, without any critical comments, could be presented at the Lisbon Congress; here a detailed description of the different types of block compensation used does not seem useful to us now. The ITC-*Jerie* and the Anblock [10] methods are sufficiently disseminated thanks to their convenience. These methods have become known by numerous critical and descriptive publications. Less well known are the methods Milan A and B; however they are discussed with much detail in the report of the Centre of Milan and described summarizingly in the provisional report of the Commission presented at Lisbon [2] [4].

In order to permit the results obtained to be judged it will be appropriate in the first place to point out shortly the differences between the three procedures in the present report.

In the ITC-*Jerie* procedure the compensation of the planimetry is clearly distinct from that of the altimetry.

For the planimetric compensation the whole block is divided into rectangular parts, each comprising two or several consecutive models of one strip. Each part is tied to adjacent parts by common points placed at their corners. By means of a mechanical process in the ITC-*Jerie* method, or by means of an analytical process in the modern version, the Anblock method, one obtains the elements of the orthomorphic linear transformation to be applied to each part for adapting the part concerned as well as possible to the others and the block to the control points. The mechanical and the analytical procedures are equivalent, because both arrive at a determination of the transformation coefficients of each part using the method of least squares. The coefficients thus obtained are used for transforming all internal points of each part. Contrarywise the compensation of the heights is obtained by means of a mechanical analogon. Each strip is represented by a flexible bar fixed at its support and to the other bars, representing the other strips of the block, by means of elastic bands placed in correspondence with each control point and each tie-point. The elastic bands force the strips into a determined shape and position, from which the corrections to be applied to the observed heights of the points in the interior of the block are deduced.

The Milan A procedure computes the corrections with a second degree formula. The interpolation formulae for the computation of the corrections to be applied to each coordinate are:

$$\begin{aligned}\Delta X &= a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 \\ \Delta Y &= b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 \\ \Delta Z &= c_0 + c_1 x + c_2 y + c_3 xy + c_4 x^2.\end{aligned}\tag{7}$$

For each strip the group of 15 values of the coefficients of the three equations (7) must be computed. If there are r strips then there are $3 \cdot 5 r = 15 r$ unknown coefficients to be determined in total. However, since there are no relations between the three expressions for the corrections ΔX , ΔY and ΔZ , the problem can be solved by solving the

unknowns separately in three groups of $5r$ unknowns. For each coordinate these unknowns are determined by applying the least squares method to the $m + n$ observation equations relative to the n points with known coordinates and to the m tie-points between adjacent strips. The n equations of the known points and the m equations of the tie-points are derived from the equations (7).

Since the same n known coordinated points and the same m tie-points are used for compensating separately the X , Y and Z coordinates, the three groups of $m + n$ equations of the type (7) with $5r$ unknowns have the same coefficients. Consequently, the normal system of the observation equations is the same for the three coordinates, only the values appearing in the column of the known terms are different. This fact allows the computations to be greatly simplified. The programme prepared for the Remington USS 90 provides for the introduction of any number of control or tie-points whatsoever and the weights of the different equations can be changed at liberty.

The computation of the compensated coordinates of the points of the block is executed by adding the corrections obtained with equations (7) to the linearly transformed coordinates. For points within the lateral overlap of the strips, which thus have two sets of coordinates, the coordinates X , Y and Z are obtained with the same electronic programme, by averaging the two values yielded by the compensation of each of the two adjacent strips.

The "Milan B" compensation method corrects the planimetric coordinates of the points of the block by interpolating the errors with orthomorphic formulae of the 2nd degree. The formulae, already introduced by other authors are as follows:

$$\begin{aligned}\Delta x &= a_1 + b_1 x - b_2 y + c_1 (x^2 - y^2) - c_2 \cdot 2xy \\ \Delta y &= a_2 + b_2 x + b_1 y + c_2 (x^2 - y^2) - c_1 \cdot 2xy.\end{aligned}\tag{8}$$

The two expressions (8) have common coefficients and for each strip of the block the values of the 6 independent coefficients must be determined. The $6r$ coefficients, r being the number of strips, are obtained with the least squares method by solving the system of observation equations composed of $2n + 2m$ equations.

The $2n$ equations which can be written for the n known coordinates terrain points and the $2m$ equations which can be written for each of the m tie-points are derived from the equations (8).

The equations (8) have common unknowns; consequently the system of $2n + 2m$ equations with $6r$ unknowns has to be solved as a whole. The computation programme forms directly the normal system, solves it and yields the $6r$ coefficients. With the same coefficients the programme calculates the corrections for all the other points of the block and corrects the linearly transformed coordinates. For the tie-points and for all those points which belong to two adjacent strips, the programme provides the independent calculation of the two corrected coordinates, the arithmetic mean of the two coordinates and the difference between the coordinates. In the programme one may change the weights of the equations and weigh the equations relative to the m connection points differently from those corresponding with the n control points. The "Milan B" compensation programme too has been studied for the Remington USS 90 computer.

The principal difference between the *Jerie* compensation and that adopted (in the two versions) by the Milan Centre is that latter provides the analytical form of the course of the corrections (in the particular case being of a quadratic type) throughout each strip whilst the former, without formulating any hypotheses concerning the course of the errors, adapts the block to connection conditions, aiming at fulfilling them under the best possible conditions.

Further the procedures Milan A and B differ in that with the latter the compensations of the X and Y coordinates are not independent as with the former. In view of this fact the Milan B process is still more rigid than the Milan A procedure.

At Delft, at the seat of the ITC, the tests 1 (proceedings I and II), 5 (proceedings I, II, III, IV) have been compensated by the *Jerie* process and test 12 (proceedings I and II) by the Anblock process.

Figures 9, 10 and 11 represent diagrams of the subdivision of the three tests into parts also indicating the points used for interconnecting the parts. Three iterations have been executed for the planimetric compensation and two for the altimetric compensation.

At Vienna, at the "Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen" one has compensated the tests 6 (proceedings I and II), 9 (proceedings I and II) and 10 (proceedings I, II, III and IV) by means of the *Jerie* method.

The division of the three tests into parts and the tie-points of the sections are given in figures 12, 13 and 14. There have been 2 iterations for the planimetric compensation and one only for the altimetric compensation. For the tie-points a group of points was used as indicated in table 9.

At Delft as well as at Vienna the following scales were used: 1 : 5,000 for the planimetric compensation; 1 : 6,000 for the altimetric compensation.

At the Milan Centre the Milan A programme has been used for the compensation of the coordinates X, Y and Z of all the tests with the 18 control points selected for the altimetric compensation of the blocks.

As tie-points between the strips the check points signalized in the terrain have been chosen exclusively. This group of 30 points is the same in almost all the tests. In the tests 10 and 12 two or three points had to be replaced (see table 9).

One could remark that this choice implies the inconvenience of leading to a group of tie-points which are not well distributed along the strips. Nevertheless this inconvenience was preferred over that which is caused by the mixture of tie-points of two kinds, one kind coinciding with signalized check points in the terrain contrary to the other, not coinciding kind.

For these compensations the equations for the control points received unit weight as against a weight of 0.5 was given to the equations for the tie-points. Test 1 (proceedings I and II) has been compensated with two other weight distributions: first with unit weight of the equations for both tie and control points; a second time with zero weights of the equations of the tie-points. This second compensation is equivalent with a separate compensation of each strip solely on the control points.

The purpose of this exercise was to verify experimentally the influence of varying the weights of the equations for the tie-points upon the results of the compensation.

The Milan B programme has been employed by the Milan Centre for compensating the tests once again, but this time for the planimetry only.

The control points for this compensation are the 8 points selected for the planimetric compensation of the tests according to the I. T. C.-*Jerie* procedure. Moreover, for the tie-points between the strips one has used the signalized check points, which had already been used for the group of preceding compensations (Milan A), with the mentioned variants.

In this type of compensation the tie-points between the strips are of considerable importance. For this reason the corresponding equations have been given unit weight like those of the control points.

Test 5 (proceedings I and II) has been compensated a second time with the B programme. For this second compensation 35 natural points (not signalized) have been used as tie-points between the strips.

The Milan Centre has thus executed 42 compensation computations in all.

In table 10, all compensations applied to the material of block 2.6 furnished by the Centres are listed, together with some explanations. It deals with 60 results of which a part only has been utilized for the investigation mentioned in this report. The results which have not been used as well as all the test material of the Commission remain at the disposal of all who wish to undertake exhaustive studies: it is sufficient to apply for it at the Board of the Commission.

The compensations of test 15 require a short special commentary. This test does not comprise the whole block, but only 3 of the 5 strips (2.6.3, 2.6.4 and 2.6.5). On account of this it has been compensated at Milan only, with the A and B programmes, using a quite particular group of control- and tie-points. However as far as possible such a group of points has been taken to coincide with the one used for the compensation of all other tests with the same two programmes.

The control points for the Milan A compensation are as follows:

3307675 — 3407655 — 4507635 — 5507605 — 3308615 — 3408605 — 4508475 — 5508505 —
3304105 — 3405685 — 4505485 — 5509205.

The control points for the Milan B compensation are:

3307675 — 3308615 — 4507635 — 5508905 — 3304105 — 3405685 — 5507605 — 5509205.

The tie-points too are indicated in table 9.

Test 15 has been examined and compensated with the sole purpose of utilising, even for an incomplete number of strips, the data of the other two independent measurements. These data can serve for confirming the presence of any systematic deviation in the behaviour of the different strips of the block.

After completion of all this work some general information can be given concerning the duration of the compensation operations of the various tests with the various methods.

Test 1 — proc. I

Test 1 — proc. II and

Test 12 — proc. I and II

127

For the Milan B compensation:

Preparation:

8 hours of work by one person

Computation:

at the Remington USS 90: 45 minutes

for the calculation of the coefficients plus
30 minutes for the calculation of the compensated
coordinates and the residual errors.

6. Restituted check points

The rules laid down by the board of the Commission prescribe that all Centres must reconstitute all check points comprised in the coverage of flight 2.6 in each of the tests.

The Milan Centre has been charged with coding these points qua number and position (in which strip or in which line of lateral overlap they were situated), with disseminating the information concerned to all the other Centres ahead of the starting time for the measurements to be executed by them, and with acting as a pilot centre. However for different reasons this task could be accomplished in part only. The deficiency of preparatory work has created some inconveniences because the Centres have worked in an uncoordinated manner and this has caused the number of reconstituted points in the different tests to be rather variable. In table 11 the number of reconstituted points in the interior of each strip and in the 4 overlapping zones between two adjacent strips has been reported. The last column shows the total number of points of the different types.

Consequently of all the check points contained in block 2.6 there are but a little over two thirds which are common in all the tests and suitable for being examined in an overall comparative analysis.

To the points which are not reconstituted in all the tests, to those which are reconstituted in two strips with some tests and in one only with the others, one must add the points which either by faulty measurement or identification or by a computing mistake during the compensation phase according to one of the three types have become wrong by over 2 metres in one of the three coordinates. These three categories of points have been rejected during the overall analysis. The numbers referring to those points which gave evidence of being common in all the tests and in all the compensations and which present a homogeneous character are listed in table 12.

In the following list the rejected points are reviewed together with the reason why they had to be rejected.

819 — Interior point of strip 2.6.1.

The Z coordinate of this point shows a residual error in excess of 3 m after compensation whether according to the *Jerie* method or with Milan A applied to test 10, proceeding II.

967 — Interior point of strip 2.6.1.

This point has not been measured in tests 1, 6 and 5, proceeding IV.

867 — With test 1 this point has been reconstituted in strip 2.6.1 only; in the other tests in strips 2.6.1 and 2.6.2.

It has been used as a tie-point in the *Jerie* compensation of tests 5 and 6.

- 946 — This point has not been restituted in test 1, proceeding I; in proceeding II it has been restituted in strip 2.6.2 only, whilst in all the other tests it has been restituted in strips 2.6.1 and 2.6.2.
- 990 — Of this not signalized point only the terrestrial Z coordinate is known. In tests 1 and 6 it has not been restituted.
- 15 — Internal point of strip 2.6.2.
In tests 1 and 6 this point has not been restituted.
- 780 — Internal point of strip 2.6.2.
The X and Y coordinates of this point show an error in excess of 2 m in the *Jerie*, Milan A and Milan B compensations of test 1, proceeding I.
- 863 — Internal point of strip 2.6.2.
This point has been restituted in test 12 only.
- 875 — Interior point of strip 2.6.2.
In test 9 this point has not been restituted.
- 944 — Interior point of strip 2.6.2.
In the *Jerie* compensation of test 1 the X and Y coordinates of this point have not been computed.
- 9 — In test 1 this point has been restituted in strip 2.6.3 only; in the other tests in strips 2.6.2 and 2.6.3.
It is a tie-point for Z in the *Jerie* compensations of tests 6 and 10.
- 226 — In test 9 this point has been restituted in strip 2.6.3 only; in the other tests in strips 2.6.2 and 2.6.3.
It has been used as a tie-point in the *Jerie* compensation of tests 1 and 5 (Z coordinate) and of tests 6 and 10 (coordinates X, Y and Z).
- 248 — In tests 1 and 6 this point has not been restituted. In tests 9 and 10 it has been restituted in strip 2.6.2 only. In tests 5 and 12 in strips 2.6.2 and 2.6.3.
- 307 — In test 10 this point has been restituted in strip 2.6.2 only; in the other tests it has been restituted in strips 2.6.2 and 2.6.3.
This point is a tie-point in the *Jerie* compensation, Z coordinate, of tests 1, 5, 6 and 9.
- 418 — In tests 1 and 6 this point has not been restituted; in test 10 it has been restituted in strip 2.6.2; in the other tests in strips 2.6.2 and 2.6.3.
- 811 — In test 9 this point has been restituted in strip 2.6.2; in the other tests in strips 2.6.2 und 2.6.3.
It is a tie-point for the *Jerie* compensation, Z coordinate, of tests 1, 5, 6 and 10.
- 878 — In tests 1, 6 and 9 this point has been restituted in strip 2.6.3; in the other tests in strips 2.6.2 and 2.6.3.
It is a tie-point in the *Jerie* compensation, Z coordinate, of test 5 and in the *Jerie* compensation, coordinates X, Y and Z of test 10.
- 41 — Internal point of strip 2.6.3.
In the tests 1 and 6 this point has not been restituted.

- 97 — Internal point of strip 2.6.3.
The *X* and *Y* coordinates of this point have not been computed in the *Jerie* compensation of test 1.
- 188 — Internal point of strip 2.6.3.
In test 1 coordinates of this point show a gross error.
- 197 — Internal point of strip 2.6.3.
In test 9 this point has not been restituted.
- 484 — Internal point of strip 2.6.3.
In test 6 this point has not been restituted.
- 487 — Internal point of strip 2.6.3.
In tests 1, 5 and 6 this point has not been restituted.
- 569 — Internal point of strip 2.6.3.
In test 9 this point has not been restituted.
- 787 — In tests 1, 5, 6 and 9 this point has been restituted in strip 2.6.3; in the other tests in strips 2.6.3 and 2.6.4.
It is a tie-point in the *Jerie* compensation, *X* and *Y* coordinates, of test 12 and in the Milan A and B compensations of the same test.
- 788 — Common point of strips 2.6.3 and 2.6.4.
In test 12, *Jerie* compensation, the *X* coordinate shows an error of 2 m.
- 805 — In test 1 this point has been restituted in strip 2.6.4; in test 5 in strip 2.6.3; in the other tests in both strip 2.6.3 and strip 2.6.4. In the *Jerie* compensation of test 5 the *X* and *Y* coordinates are failing.
- 826 — Internal point of strip 2.6.3.
In test 1 this point has not been restituted. The *X* coordinates obtained from the *Jerie*, Milan A and Milan B compensations of test 5, proceeding III, show an error of more than 2 m.
- 879 — Internal point of strip 2.6.3.
In test 9 it has not been restituted.
- 991 — Internal point of strip 2.6.3.
A not signalized point of which only the *Z* coordinate is known. In tests 1, 5 and 6 it has not been restituted.
- 992 — as 991.
- 48 — In test 6 this point has been restituted in strip 2.6.4; in test 10 in strip 2.6.3; in the other tests it has been restituted in both strips.
- 137 — In tests 1 and 6 this point has been restituted in strip 2.6.4; in the other tests in strips 2.6.3 and 2.6.4.
It is a tie-point in the Milan A and B compensations of test 10.
- 236 — The *X* and *Y* coordinates of this point, restituted in strip 2.6.4 of test 10, show a gross error.
It is a tie-point (2.6.3—2.6.4) for the *Jerie*, Milan A and Milan B compensations of tests 1, 5, 6, 9 and 12.

- 291 — The coordinates of this point restituted in strip 2.6.4 of test 10 show a gross error.
It is a tie-point (2.6.3—2.6.4) for the Milan A and B compensations of tests 1, 5, 6, 9 and 12 and for the *Jerie* compensation, Z coordinate, of tests 1 and 5.
- 358 — In test 10 this point has been restituted in strip 2.6.4. In the other tests in strips 2.6.3 and 2.6.4.
It is a tie-point in the *Jerie* compensation, Z coordinate, of tests 1, 5, 6 and 9 and in the Milan A and B compensations of test 12.
- 536 — Common point of strips 2.6.3 and 2.6.4.
The X and Y coordinates show a gross error in test 10, proceeding I.
- 765 — In test 12 this point has been restituted in strip 2.6.3. In the other tests in strips 2.6.3 and 2.6.4.
It is a control point for the altimetry and a tie-point for the planimetry in the *Jerie* compensation. Moreover it is a control point in the Milan A compensation.
- 845 — Common point of strips 2.6.3 and 2.6.4.
In test 9 it has not been restituted.
- 882 — In test 1 this point has not been restituted. In tests 6, 9 and 12 it has been restituted in strip 2.6.3 only; in tests 5 and 10 in strips 2.6.3 and 2.6.4.
- 883 — In test 10 this point has been restituted in strip 2.6.3 only; in the other tests in strips 2.6.3 and 2.6.4.
It is a tie-point for Z in the *Jerie* compensation of tests 1 and 5 and for X, Y and Z in the *Jerie* compensation of tests 6 and 9.
- 993 — Of this non signalized point only the terrestrial Z coordinate is known. In tests 1, 5 and 6 it has not been restituted; in test 9 it has been restituted in strip 2.6.4; in tests 10 and 12 in the strips 2.6.3 and 2.6.4.
- 71 — Internal point of strip 2.6.4.
Not restituted in tests 1 and 6.
- 139 — In proceeding IV of test 5 and in test 9, this point has been restituted in strip 2.6.4 only. In the other tests it has been restituted in strips 2.6.3 and 2.6.4. In the *Jerie* compensation of test 1 the X and Y coordinates have not been computed.
- 171 — Internal point of strip 2.6.4.
Not restituted in test 1, 5 and 6.
- 539 — Internal point of strip 2.6.4.
The X, Y and Z coordinates of this point show a gross error in test 5, proceeding III.
- 846 — Internal point of strip 2.6.4.
Not restituted in test 1.
- 858 — Internal point of strip 2.6.4.
Not restituted in test 12.
- 994 — Internal point of strip 2.6.4.
Of this not signalized point, only the terrestrial Z coordinate is known. In tests 1, 5 and 6 it has not been restituted.

- 153 — In test 9 this point has been restituted in strip 2.6.4 only. In the other tests in strips 2.6.4 and 2.6.5.
It is a tie-point for Z in the *Jerie* compensation of tests 1, 5 and 6.
- 546 — In test 9 this point has been restituted in strip 2.6.4 only. In the other tests in strips 2.6.4 and 2.6.5.
It is a tie-point for Z in the *Jerie* compensation of tests 1 and 5, proceeding IV, and a tie-point for X, Y and Z in *Jerie* compensation of test 6.
- 886 — In test 9 this point has been restituted in strip 2.6.4 only. In the other tests in strips 2.6.4 and 2.6.5.
It is a tie-point for Z in the *Jerie* compensation of tests 1, 5, 6 and 10.
- 887 — as 886.
- 907 — In test 9 this point has been restituted in strip 2.6.5 only. In the other tests in strips 2.6.4 and 2.6.5. It is a tie-point for X, Y and Z in the *Jerie* compensation of tests 1, 5, 6 and 10.
- 995 — Of this not signalized point the terrestrial Z coordinate is known only. In tests 1, 5 and 6 it has not been restituted. In test 10 it has been restituted in strip 2.6.5; in tests 9 and 12 in strips 2.6.4 and 2.6.5.
- 896 — Internal point of strip 2.6.5.
Not restituted in tests 1 and 6.
- 897 — as 896.
- 902 — Internal point of strip 2.6.5.
Not restituted in tests 1 and 5.
- 910 — Internal point of strip 2.6.5.
Not restituted in test 1.
- 917 — as 910.
- 918 — as 910.
- 919 — Internal point of strip 2.6.5.
Not restituted in tests 1, 5 and 6.
- 925 — Internal point of strip 2.6.5.
Not restituted in tests 1 and 6.
- 926 — as 925.
- 927 — Internal point of strip 2.6.5.
Not restituted in test 1.

7. Residual errors after linear transformation of the strips.

Analysis of the results

The analysis of the residual errors in the coordinates of check points, after their linear transformation, has two aims:

- a) to evaluate the situation of each strip before block-adjustment,
- b) to show the possible systematic behaviour of the strips.

Table 13 shows the errors in the coordinates of the check points after the linear transformations of the strip coordinates, as obtained by the different participating centres (vide paragraph 4). Because the linear transformations have been executed whilst using the same control points for each strip (viz. one group in the first model and another group in the last model; vide figure 4), the results shown in table 13 are mutually comparable.

As for test 5, in which each strip has 8 "passages" (vide paragraph 4), only the passages III and IV (computed with the programme 6—5) have been included in table 13. As for test 10, for which the linear transformations had been executed according to two different procedures (vide paragraph 4), only the passages I and II have been included (i. e. with transversal corrections of the Z-coordinates of the points).

Our analysis will be confined to this group of results. In tables 13 and 14 the results of test 15 — although incomplete — have been included in order to check the systematic behaviour of the (three) strips, but they are not further included in paragraph 8 (Analysis).

In table 13, n is the number of points per strip, used for the computation, M is the average of the residual errors per strip and m. sq. v. is the mean square value of these residual errors. For the same strip, n is different for different tests (vide table 13) and it is not exactly the same group of points that has been used for each strip. The results consequently are not comparable in the rigorous way. Nevertheless, in practice, the comparison still makes sense, in particular with respect to the possibility to derive some evaluations of a qualitative character.

The most interesting findings are those, concerning the values and the signs of the averages M . In particular the comparison of the signs of M per column gives us the possibility to check the presence of a common source of disturbance of the strips, which have been obtained with different operators, instruments and procedures.

- Residual errors in X : In two cases only (both in test 10), the average errors are larger than 1 metre. At least 50 of the 66 values of M are smaller than 50 cm. Deformation of each strip in X direction is consequently not very evident. The strips 2.6.1, 2.6.3 and 2.6.4 have averages with alternating signs, which are in good balance. The strip 2.6.2 has ten positive values, while the two that are negative have the smallest values. Strip 2.6.5 has 13 positive values out of 14. If the agreement between the signs of M in the latter two strips is due to real causes, then the source should be in the original photographic material common to all tests. As, however, the same aerial camera has been used for all strips and as the other strips do not show the phenomenon of strips 2 and 5, the causes should be attributed to the sensitive material, the atmospheric conditions, the conditions during development, rather than to the objective lens.

When we analyse the signs of the averages along horizontal lines and in particular when we combine the two horizontal lines for each test (two passages) then we find that test 10 presents 10 values that are all positive and, moreover, rather high. For test 12, 9 out of the 10 values are positive. This agreement of the signs along the horizontal lines of the above tests is probably due to systematic causes of the instrument used for the triangulation and to the procedure applied. As for test 10, the presence (in strip 2.6.3, passage I) of an average M (and of the corresponding m. sq. v.) with an absolute value of more than 2 metres should be noticed. For X , this is an exceptionally high value and consequently it is feared that there has been a local gross-error during the execution of the triangulation of this strip. The analysis of the behaviour of this strip after adjustment will thus be of great interest.

- Residual errors in Y : In no case are the average errors larger than 1 metre: 57 out of the 66 averages even have absolute values smaller than 50 cm. Thus for Y too, the overall deformation is of little importance. As for the signs of the averages: 53 values are positive. Strip 2.6.1 has 4 negative and 8 positive values, strip 2.6.2 has 1 negative and 11 positive values, strips 2.6.3 and 2.6.5 have 3 negative and 11 positive values, strip 2.6.4 has 2 negative and 12 positive values. The 13 negative values of the averages are, moreover, among the smallest of the table. Moreover, 7 of 13 negative values (with the largest absolute values) are concentrated in test 10. When neglecting the latter test, the percentage of positive values increases to 50 out of 56. This points to the presence of a systematic deformation, which is practically the same in each strip. Perhaps this may be attributed to the objective lens of the aerial camera. The behaviour of test 10, which is different from that of the others, might be due to the fact that (as has been already stated in paragraph 4) the original photographic material has been transformed in order to fit it to the Stereoplanigraph. This transformation necessitates the use of a lens, which may have modified the characteristics of the original material.

- Residual errors in Z : The values of the averages M are different for different strips. Their absolute values are smaller than 50 cm in strip 2.6.2 while in strip 2.6.3 they vary between a minimum of 57 cm and a maximum of 260 cm. In the other strips, the averages have absolute values that vary rather much, and are often larger than 1 metre, in particular in strip 2.6.4. This indicates that the deformations in Z are much more evident than those in the other coordinates. The particular behaviour of test 12 should be noted. All averages in the two passages of this test have small absolute values, smaller than 1 metre. With three exceptions, they are even smaller than 50 cm. This contrasts rather strongly to the behaviour of all other tests, each of which has some values of more than 1 metre. This is probably related to the particular method of triangulation and computation, used by the centre concerned (viz. the I. G. M., Brussels) and described in its report (vide paragraph 4). Another phenomenon is that the highest values of the averages appear in strip 2.6.3 for the tests 1 and 5 which (apart from the incomplete test 15) are the only tests that have been executed according to the analytical procedure! In strip 2.6.4 a similar situation is to be seen. The signs of the averages of the residual errors in Z differ in the different strips. The positive signs are in the majority (19 out of 24) for the first two strips; the negative signs are in the majority (40 out of 42) for the other strips. The situation concerning the signs is as follows: strip 2.6.1: 9 positive signs out of 12; strip 2.6.2: 10 positive out of 12; strip 2.6.3: 14 negative signs out of 14; strip 2.6.4: 14 negative signs out of 14; strip 2.6.5: 12 negative signs out of 14. Systematic behaviour of strips 2.6.3 and 2.6.4 is certain (all averages have the same sign and, in particular for strip 2.6.3, are rather high). Systematic behaviour of the other strips is rather probable. Because, however, the sign of the systematic deformation changes from the first to the last strip, the systematic behaviour should not be attributed to the objective lens but to the variable conditions during the taking of the aerial photographs and during the development. It is rather strange that the strong systematic errors in Z of strips 2.6.3 and 2.6.4 do not correspond to a similar behaviour of the X -coordinate of these two strips, because in general these two deformations are interrelated. This makes any interpretation rather difficult and suggests the hypothesis that the behaviour should be attributed to local abnormal deformations of the photographic material.

As had been said in the beginning, the information supplied by the m.s.q.v. of the residuals is poor. The mean square values per strip are closely related to their average values. This connection remains even after converting the mean square values to variances ($\sqrt{\sigma^2}$), in particular for Z. In the table for Z, the variances have been listed, as computed from the well known formula:

$$\sqrt{\sigma^2} = \sqrt{m_2 - \bar{M}^2} \quad (9)$$

where m_2 is the m.s.q.v. of the residual errors.

With the thus found values of $\sqrt{\sigma^2}$ and the corresponding values M , a graph has been constructed (figure 15) by setting off the M -values along the X-axis and the corresponding $\sqrt{\sigma^2}$ along the Y-axis.

The aim of the graph is to demonstrate the behaviour of the variance, the latter being considered here merely as the measure of the spread of the population of residual errors, while the spread of the population is due to causes which are mainly systematic. The mean value of the population and the variance are more strictly connected the more in the population the systematic values prevail on the spread with an accidental character.

The existence of a strong correlation between means and variances as shown in figure 15 suffices to let us attribute the spread to influences of a systematic nature and regular behaviour.

Later, after the block-adjustment, a similar procedure may be applied on the means and the variances then obtained, in order to verify whether the block-adjustment has eliminated the influences of systematic nature, found from figure 15.

In figure 15, the 66 points that represent the 66 combinations ($M/\sqrt{\sigma^2}$) are distributed along a straight line which intersects the Y-axis at practically $\sqrt{\sigma^2} = 30$. The relation existing between the M and $\sqrt{\sigma^2}$ values, evident in figure 15, denounces the presence inside the strips, of disturbances of systematic origin in the spread of the residual errors in Z after linear transformation.

A good means to measure the characteristic general deformation of each strip after linear transformation, is given by the coefficients of the xy - and x^2 -terms in the polynomial interpolation formulae, used for the adjustment according to the Milano A procedure (vide the formulae concerned in paragraph 5).

As explained in the report of the centre of Milano, the coefficients of these formulae describe the error-surfaces. In particular, the coefficients of the xy - and x^2 -terms are measures for the deformation of the strips. The two deformations of the strip will be indicated here with "torsion" for the deformation as measured by the coefficient of the xy -term, and "curvature" for that, measured by the coefficient of the x^2 -term.

In reality, the names are correct only for the Z-deformations of the strips. The "torsion" in Y is in reality a deformation, produced by the variations in scale of the Y-coordinates of points (with respect to their centre of gravity), proportional to the X-coordinates of the points concerned.

This deformation causes the strip to take the form of a trapezium, the height of which is situated along the strip-axis (which coincides with the X-axis). The "torsion" in X is a deformation, produced by the variations in scale of the X-coordinates of the points (with respect to their centre of gravity), proportional to the Y-coordinates of the points

concerned. The strip again takes the form of a trapezium, but with its height perpendicular to the strip-axis. The "curvature" in X (which in reality is a deformation, due to variations in scale, proportional to X , of linear elements parallel to the X -axis) may be compared to a linear variation of the density along the strip. The "curvature" in Y corresponds to a curvature of the axis of the strip in the XY -plane, without changing, however, the parallelity between transversal sections which are shifted with respect to each other, without any rotation.

Figure 16, taken from the report of the centre of Milano, may be of help to understand the descriptive meaning of the two coefficients of the transformation-formulae, used in the Milano A procedure of adjustment.

Before analysing the results of table 14, it should be remembered that the values of the coefficients, listed in that table, have been obtained while using only 18 terrestrial control points, together with about 30 tie-points between strips. The values of the coefficients may thus be slightly influenced by the local errors in the points used for the adjustment.

In the report of the centre of Milano, the terms of the main diagonal of the inverse matrix, with the help of which the coefficients are completed, have been listed. These terms permit the computation of the mean square error of each coefficient. In this way, an analysis of the degree of validity of each coefficient could be made.

As, however, it is not every individual coefficient that matters, but rather the general behaviour of a group of coefficients of the same term (xy or x^2) and particularly the signs within that group, the examination of the validity of the individual coefficients has been omitted.

In table 14, the values of the coefficients have been listed:

- a) the values of the coefficients of the xy -term (torsion),
- b) the values of the coefficients of the x^2 -term (curvature).

Every horizontal line of the table corresponds to a test, while the columns correspond to a certain strip. For each coordinate, the average M is computed per line (test) and per column (strip).

For each column (strip) moreover the mean square error m , computed from $m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$, and the *Student's* t value, computed from the well known formula

$$t = \frac{M \sqrt{n}}{m}$$

have been listed.

In the latter formula, n is the number of tests (per strip) that form a set, of which the meaning of the average (M) has to be verified against the null-hypothesis. In our case, $n = 12$ or 14 . In the last line, thus below the line fort t , the corresponding probability-value (taken from the table of the *Student*-function, for $(n-1)$ degrees of freedom) has been listed. This value corresponds to the probability that a set of n elements, taken at random from a universe of elements that have an average value equal to zero, has a value t , the absolute value of which is smaller than the value t found from the experiment. If this probability approaches certainty, then the average

M may be considered significant or, in other words, may be considered to be produced by systematic errors. In general, this suspicion is already strong when the probability-value is larger than 0.95 and becomes very strong when a confidence limit of 0.99 is accepted. The analysis of these probabilities allows us to formulate judgements on the behaviour of the strips.

Table 14b confirms fully what has been derived from table 13, where the agreement between the signs of the averages has been analysed. Indeed the coefficient of the x^2 -term, which is a measure of the curvature (as the strips have been transformed linearly before submitting them to the block-adjustment, the error in the extremities of the strip were thus zero), has a sign and a value which agree with the sign and the value of the average of the residual errors after linear transformation. It is thus confirmed that:

- the curvature of strips 2.6.2 and 2.6.5 in X is significant, thus due to systematic errors.
- the deformation in Y of all strips is significant as well, with a confidence limit larger than 0.97.
- the curvature in Z of strips 2.6.3 and 2.6.4 is certainly significant (the probability here is very close to 1).
- the two strips 2.6.2 and 2.6.5 have also probably been systematically deformed.

Table 14a, with the results of the analysis of the coefficient of the xy -term (torsion), shows that:

- there is certainly a systematic torsion in X in strips 2.6.3 and 2.6.4, and probably also in strip 2.6.5 (with same sign).
- a systematic torsion in Y in strip 2.6.5 is certain and a systematic torsion (with same sign) of strips 2.6.2 and 2.6.4 is fairly probable.
- all strips show a torsion (with same sign) in Z , all with a systematic character.

This latter deformation is common to all strips and, as can be seen from the averages M of the coefficients, is rather strong. The deformation must be attributed to a permanent cause, most probably to the objective lens of the aerial camera.

The causes of the systematic errors in the torsion of the strips in X and Y should be attributed, however, to the variable conditions during the flight and the development.

8. Residual errors after the adjustment according to the different procedures. Analysis of the results

The results of the adjustment of the 12 blocks, according to three different procedures, have been collected in table 15. Test 15, which was incomplete, has not been included here because it is not comparable to the others, but the results of the blockadjustment (of the three strips) have been listed in table 16, for general information. In the block-adjustment of test 15, other control points have necessarily been used than in the other tests.

In order not to overburden this report, the table with the residual errors in the 162 points (common to all tests) after the three procedures of block-adjustment, has been omitted. As already mentioned in the beginning of this report, the Commission is willing to give this table to anyone wishing to use it for research.

Table 15 is composed of 8 points, each concerning one of the 3 coordinates, adjusted according to one of the 3 procedures:

- a, b, c concern X, Y, Z respectively after Milano A adjustment,
- d, e, f concern X, Y, Z respectively after *Jerie* adjustment,
- g, h concern X and Y respectively after Milano B adjustment.

Each part is divided in two or three sections; the first part contains the average residual error per strip, the second part contains the mean square values of the residual errors per strip, the third part contains the variances (of the Z-coordinates only). The columns represent one "passage" of each of the six tests, while the horizontal lines represent the following: the first 5 lines refer to the residual errors in points that are situated within a strip ("internes"), i. e. 27 points in 2.6.1, 17 in 2.6.2, 30 in 2.6.3, 21 in 2.6.4 and 32 in 2.6.5, while the next 4 lines refer to the residual errors in points common to two adjacent strips ("communs"), i. e. 9 points common to the strip 2.6.1 and 2.6.2, 8 common to 2.6.2 and 2.6.3, 8 common to 2.6.3 and 2.6.4, 10 common to 2.6.4 and 2.6.5. In the ninth line, the residual errors in all internal point ("internes") (127 points) have been listed; in the tenth, the residual errors in all common points ("communs"), (35 points) and in the last line, the residuals in all (162) points ("tot"). The values are expressed in centimetres. The computations have been carried out with the help of an electronic computer.

The remarks to be made from table 15 are of a different nature and concern in particular the value and the sign of the averages.

Adjustment according to Milano A. X-coordinates

The values of the averages of all points (last line; "tot") are very small, one only reaches the value 10. Although positive values dominate and have the highest absolute values, this does not suffice to accept a systematic error.

The averages of the internal points ("internes") and of the common points ("communs") are also small, although slightly larger than the previous ones. The two types of error are in good agreement. It is difficult to interpret a systematic behaviour. The individual averages, for strips and overlaps, show some values which are essentially higher than the others. There are many with an absolute value of more than 10 and there are 6 which are larger than 20. This is doubtlessly due to the smaller number of points, used for the computation of the average; but it is also partially due to a systematic tendency of the residual errors in certain zones, which has not been eliminated by the adjustment, as we will see in more detail in the next paragraph. The positive signs dominate. As for the strips 2.6.3 and 2.6.4, the agreement between the signs (10 and 9 positive values respectively out of 12) and between the values of the averages, indicate a probable systematic behaviour of the strips in all 12 independent adjustments. It should be emphasised here, that none of these two strips showed a systematic behaviour in table 13, concerning the residual errors after linear transformation.

Referring to what was stated in the previous paragraph, concerning the high values of the average and the m. sq. v. of the residual errors after linear transformation in the X-coordinate of test 10, I passage, (points within strip 2.6.3), it is worthwhile to mention here, that the Milano A adjustment (although reducing the average to a value of the same order as that of the other strips) has left a very high m. sq. v., the highest value of all. The Jerie adjustment, however, has reduced the average as well as the m. sq. v. (vide table 15d). Apart from the above remark, the section on the mean square values of table 15a gives important information only in its last 3 horizontal lines:

the six tests show different m. sq. values for different centres, but the first and second "passage" of each centre have about the same m. sq. value.

It is clear that, as the averages in the last three horizontal lines are practically zero, the m. sq. values and the variances will be practically identical.

The minimum is obtained in test 1, II passage, the maximum in test 10, I passage.

Adjustment according to Milano A. Y-coordinates

The averages are still smaller than those of the X-coordinate. The individual averages in the first nine lines do not differ so much from those in the last three lines, as in the case of the X-coordinates. The negative values dominate. None of the strips, however, has a definite systematic behaviour.

Similar conclusions concerning the m. sq. values can be drawn as for the X-coordinate, though the values in general are slightly lower. The minimum is again in test 1, the maximum in test 10.

Adjustment according to Milano A. Z-coordinates

Already in the average of all points (last line), an increase of the absolute values is evident; 7 out of 10 have values of more than 10. The increase of the absolute values of the averages in Z, compared to those in the planimetric coordinates, is still more evident in the individual averages in the upper nine lines. Many are above 20, and increase up to 52 cm. The positive signs dominate; in the averages of all points (last line), 10 values out of 12 are positive. The presence of a systematic behaviour thus seems clear. None of the strips shows such agreement between the signs that systematic errors could be expected. In the common areas between strips 2.6.1 and 2.6.2 and between 2.6.2 and 2.6.3, however, 10 and 11 values respectively are positive and rather high. As is normal with higher averages, also the m. sq. values of Z are higher than those of X and Y. Again the m. sq. values obtained by different centres differ, but the two passages of each centre have about the same m. sq. value. The minimum is again in test 1, the maximum again in test 10.

For the Z-coordinate, variances have been computed. In order to compare the behaviour of these variances with those found after linear transformation (vide figure 15), the graph shown in figure 17 has been constructed. The correlation (straight line) between $\sqrt{\sigma^2}$ and $|M|$ of figure 15 has disappeared here. The points are distributed along a line parallel to the X-axis and with a Y-value of about 27.6 ($\sqrt{\sigma^2_M} = 27.6$). It may thus be concluded that the variances, computed from the residual errors after Milano A adjustment, represent a significant estimation of the spread of the errors which are mainly due to accidental causes.

Adjustment according to *Jerie*. X-coordinates

Compared to table 15a (Milano A), the average of the residual errors after block-adjustment according to *Jerie* (table 15d) are in general larger. This holds true for the individual averages as well as for the averages of all points ("tot"). It should, however, be kept in mind that for the *Jerie* block-adjustment of planimetry only 8 control points have been used, and for the Milano A adjustment 18 points. The signs alternate. The mean square values of the residual errors are about the same as for Milano A. Apart from the remark on the 1st passage of test 10, strip 2.6.3, already made earlier, nothing particular is to be reported. The minimum of the m.s.q.v. is in test 9, the maximum in test 6.

Adjustment according to *Jerie*. Y-coordinates

The absolute values of the averages do not show the same behaviour as found after the Milano A adjustment; they have the same magnitude as those for the X-coordinate. There is no significant agreement along the strips; in the common overlap of strips 2.6.4 and 2.6.5, there are eleven positive values and one zero value, so that a systematic behaviour may be expected there. In the vertical columns, there are two cases where the sign is consistent, (viz. positive) and the values are rather high (tests 5 III and 6 II). In these two blocks there is, of course, a systematic residual error in Y. The mean square values are of the same magnitude as those for X, and thus larger than those obtained after Milano A adjustment. The maximum value is again in test 10, the minimum again in test 1.

Adjustment according to *Jerie*. Z-coordinates

There is an evident agreement between the values of the averages, the individual averages as well as the average of all points, as obtained after the *Jerie* adjustment and between those obtained after the Milano A adjustment. Actually, the two height adjustments are based on exactly the same (18) control points. The disagreements between the two results are in general related to the smaller absolute values. The positive signs are still in the majority (76 out of 108). Also here the common area between strips 2.6.1 and 2.6.2 presents 11 averages with positive signs out of 12. This is different for the next overlap. The mean square values of all points (last line) are similar to those after Milano A adjustment, but slightly smaller. The variances also behave in a similar way to that of the variances after Milano A adjustment as illustrated in figure 17. In this case, the average of $\sqrt{\sigma^2}$ is 26.5, thus lower than in the Milano A case. There is nothing strange about the good agreement between the residual Z-errors after Milano A and *Jerie* adjustment respectively. This is not due only to the common control points but also to the fact that the fundamental criterion for the two height adjustments is the same (contrary to the two planimetric adjustments), viz. interpolation through a correction-surface. In the *Jerie* procedure, this is carried out in the analogue way according to a continuous correction surface. This surface, however, is not necessarily of the second degree (as with that of the Milano A procedure).

Adjustment according to Milano B. X-coordinates

The absolute values of the averages are very high in this case. Seven out of the 12 averages of all points (last line), have absolute values larger than 10, two of them more than 20. In 5 cases out of 12, the 9 averages belonging to one column have a positive sign.

The strips 2.6.2 and 2.6.3 have 11 and 12 positive signs respectively. Along the lines that correspond to the overlap between 2.6.1 and 2.6.2 and between 2.6.3 and 2.6.4, there are 11 positive signs (in each). There is nothing special to be reported about the mean square values, which are often very high. The minimum is this time in test 9.

Adjustment according to Milano B. Y-coordinates

The absolute values of the averages are still higher than for X. The average of all points for test 6, IInd passage, even reaches 45. Again the positive signs dominate. Also here, there are 5 columns with averages, that are all positive. Along the horizontal lines there is no particular agreement between the signs of the averages.

The averages having high values, it is normal to find that also the mean square values are high. The mean square values do not further show any interesting phenomena.

In the Milano B adjustment, the same 8 planimetric control points were used as in the *Jerie* adjustment. There is, however, no correlation between the results of these two adjustments, because of the different principles of the methods of adjustment.

Conclusions

The qualitative analysis of the results of table 15 may be concluded by the following statements:

- a) All three adjustments leave large areas where the residual errors have the same sign and are sometimes rather high (partially after *Jerie* adjustment, but mainly after Milano B adjustment).
- b) The results of the six tests are in general rather different; the spread of the errors is different; the ratio between the best and the worst results is often larger than 2.
- c) The two planimetric coordinates have generally, in all tests and for all adjustments, spreads that are about 30% lower than those of the Z-coordinate.
- d) The two analytical tests of triangulation (viz. test 1 and 5) show very different behaviours. Test 1 is among the best, whilst test 5 is mediocre. The results of the present experiment cannot be used for a comparison between analytical and analogue triangulation.
- e) The results of table 15 do not permit a comparison with the results obtained by Commission C with similar material. Commission C deals with the accuracy of the restitution of points in stereo models. The results of Commission C are better than those found here, after triangulation and block-adjustment.
- f) Strip 2.6.2 — which had a gap between two successive models — did not behave differently to the other strips in any test. This shows that the block-adjustment, through its lateral connections, has made up for the lack of continuity within the strip.
- g) In table 17, the averages of the mean square values of the first five lines (concerning all interior points; "internes") and of the next four lines (all common points; "communs") have been listed.

It follows from table 17 that only the Z-coordinate shows a better value (viz. 20% lower) for common points than for internal points.

9. Overall distribution of the residual errors in the block

In paragraph 5, a short description has been given of the adjustment procedure according to the Milano A method. It follows that this method applies interpolation (of the errors) per strip, by using a correction surface of the second degree. The coefficients that define such a surface are determined with the help of the method of least squares, by equations relating to control points and tie-points. With the hypothesis that the deviations between the real surface of errors and the interpolated surface should be of accidental nature, it is possible to determine the errors in the coefficients. From the latter, the mean square errors of the corrections can be computed for each point of the block. These errors depend on the geometry of the system (i. e. the number and positions of the control- and tie-points) and on mean square error of unit weight (m_0), derived from the residuals (v) of the equations, as follows:

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum p_i v_i^2}{n - r}} \quad (10)$$

where p_i is the weight of the equation in which v_i is the residual; n is the number of equations and r the number of unknowns.

In the report of the centre Milano, the results of this computation are given for the test 5 and 6. In particular a figure is given there (reproduced here as figure 18), in which the behaviour of the coefficient $\sqrt{K}$ is shown. This coefficient, when multiplied with the m_0 of the test concerned, gives the mean square error of the corrections, produced by the adjustment, for any part of the block.

If one wishes to extend this research to all tests, then this has to start with the computation of m_0 (from the above formula 10) for each test. The m_0 of each of the three coordinates (which have been adjusted separately in the Milano A procedure), has been listed in table 18 for each test. The m_0 (computed from formula 10) for the results of the Milano B adjustment is also listed in table 18. Because the observation-equations in the latter procedure connect the X-coordinates to the Y-coordinates, the m_0 , found there, is identical for the two coordinates.

The m_0 values (table 18) differ greatly. For the planimetric coordinates X and Y, which behave almost similarly, the maximum values are in test 10, the minimum in test 12. For the Z-coordinates, on the contrary, the maximum is in test 5, but the best results are again in test 12. The values of m_0 for Z, are in average 30 to 40% higher than those of the planimetric coordinates. The m_0 of the tests, adjusted according to Milano B, show the same behaviour as the m_0 of the planimetric coordinates, adjusted according to Milano A; the values, however, are about 40% higher.

With these data, and with the factor $\sqrt{K}$ (figure 18), it is possible to find the theoretical value of the mean square error (supposed to be due to purely accidental causes) in any point and for any test. Actually, the adjustment according to the Milano A has been carried out whilst using the same control and tie-points for all tests. (The differences in tests 10 and 12 are too small to be of any importance in this respect.) The formula with which the mean square error due to accidental causes can be computed is the following:

$$m_{i_a} = m_0 \sqrt{1 + K}. \quad (11)$$

This formula combines the error due to the adjustment with the setting-error, for which m_0 is a good approximation.

From figure 18, the average value of K for the whole block can be found. Table 19 shows the variances (σ) obtained experimentally versus the mean square errors (m_{ia}), as computed from formula (11). The value of the average K_M for the Milano A adjustment is 1.20 and for Milano B: 1.22.

Table 19 shows that the hypothesis, viz. that the residual errors have an accidental nature, is not verified. In all adjusted blocks there remain systematic errors due to the fact that the interpolating surface of the second degree does not fit the real surface of errors with sufficient accuracy.

The computation that follows has been suggested by Prof. *van der Weele*. The original aim of the computation was to study the experimental behaviour of the mean square errors of points in the block. The computation, however, has appeared to be a good means to show possible systematic behaviour of the different tests, when submitted to the same type of adjustment.

Table 20 presents the results of this computation. For each of the 162 check points, that are common to all tests, and for each coordinate, the following has been computed:

- a) The average M of the residual errors in each point (from the 12 independent determinations, adjusted according to the Milano A procedure). In column 2 of table 20, the averages have been listed; these averages have been computed using different weights ("a. p.") for the individual determinations, according to:

$$p_i = \frac{1000}{m_{i0}^2}, \quad (12)$$

where p_i is the weight (per test). The relative p_i -values for the different tests have been listed in the right hand part of table 18.

- b) In column 3 of table 20, the averages M have been listed, as computed whilst using equal weights ("s. p").
- c) In columns 4 and 5, the mean square value (v. q. m.) have been computed, with and without application of different weights respectively, as follows:

$$\text{m. sq. v. a. p.} = \sqrt{\frac{\sum p_i v_i^2}{\sum p_i}} \quad \text{and} \quad \text{m. sq. v. s. p.} = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n}}. \quad (13)$$

- d) Because, in general, the averages in each point differ from zero, it has been thought worthwhile to compute the variance (σ ; column 6) for the case of the weighted averages only. The formula that has been used for this computation is the following:

$$\sigma = \sqrt{\text{m. sq. v.}^2 \text{ a. p.} - M^2_p}. \quad (14)$$

- e) Finally, for the case of the weighted averages and corresponding variances, the numerical value of t of *Student* has been computed with the formula:

$$t = \frac{M \cdot \sqrt{n-1}}{\sigma} \quad (15)$$

where n is the number of values, from which M has been computed (in our case: $n = 12$). M is compared with the null-hypothesis.

- f) In the next four columns, the corresponding values M , v. q. m., σ and t , have been listed for the *Jerie* adjustment. Equal weights have been used here exclusively.
- g) The last four columns are for the Milano B adjustment: the weighted averages (column 12), the arithmetic averages (column 13), the mean square value (v. q. m.) using different weights (column 14) and the mean square value using equal weights (column 15), respectively.

The computations of the averages (with and without different weights) and of the mean square values have been carried out with an electronic computer. The values σ and t , however, have been obtained with the help of a desk computer.

The qualitative analysis of table 20 does not give us any important information, apart from the statement, made already above, that the averages differ greatly from the null-hypothesis and that the *Student's* test confirms that in many cases non-accidental errors must have produced the averages concerned. From the relative tables of the *Student*-function, it follows that with 11 degrees of freedom (viz.: $n - 1$) and with $t > 2.2$, the probability that there have been systematic errors is 0.95 (where 0.95 is the "level of confidence").

The figures 19 to 40 are much more expressive, and may be used for a more detailed research, than table 20. They show the distribution of the quantities of table 20 within the block. In the figures, not every point (with the residual) has been plotted, but only the most interesting points. The Milano B adjustment has been omitted. In the figures, the areas where significant systematic errors appear (thus where the points had a t -value larger than 2.2) have been hachured.

In order to enable the reader of this Report to find the relation between the 162 points and the zones and lines, marked in the figures 19 to 40, two transparent sheets have been included, on which the 162 points have been plotted (at the same scale as the figures). In order to avoid confusion, on one of the sheets the 8 control points for the planimetric *Jerie* adjustment have been marked. On the other sheet, the 18 control points, used for the Milano A adjustment of planimetry and heights, as well as for the *Jerie* adjustment of heights, have been marked.

Now, each of the 22 figures will be analysed, in order to show the characteristics of the behaviour of the quantities concerned and when possible to extract general conclusions.

$\bar{X}$ -coordinate

Milano A adjustment. Averages. Use of different weights (fig. 19).

The block has two areas with positive errors: one large area, which occupies almost the entire left hand half, except the lower part, and another area in the upper part, in the middle of the right hand half. These areas have values between + 10 and + 20; in a large part of them, the value t of *Student* is higher than 2.2. The systematism of the errors in $\bar{X}$ may thus be considered proved. It should be mentioned here — and this will hold for all further figures (20—40) — that the *Student's* test, when applied to an individual point, refers only to local data. If however, in a certain area, all points show the same (or similar) qualities, then the validity of the result is greatly

enhanced. The presence of large zones with the same quality certainly cannot be attributed to random causes. The positive "islands" are separated by strips, with moderately negative values, inside which there are some places where the absolute values are larger and which are statistically significant. Three of these are situated along the North-South axis of the block, where the intermediate control points are situated.

Milano A adjustment. Averages. Use of equal weights (fig. 20).

A similar situation as in figure 19, though the right hand half is less distinct. In the centres of the zones, the values of the averages are slightly larger than in figure 19.

Milano A adjustment. Mean square values (fig. 21 and 22).

There is not much difference in the way the mean square values are distributed over the block, whether different weights have been used (fig. 21) or equal weights (fig. 22). There are two wide strips, parallel to each other, with values larger than 20 : one in each half (right hand and left hand) of the block. Between these strips, in the centre thus, there is a large vertical zone with smaller values. Along the left hand edge of the block, the values are very small, close to 10. Along the right hand edge, however, a similar strip of small values is followed, at the extreme right, by a zone with rapidly increasing values. The interpretation of this distribution is evident: the smallest values are found in the three (vertical) zones, along which the control points are situated. The use of different weights instead of equal weights, results in a general flattening of the errors. The distribution of the mean square values over two parallel strips is in good agreement with the distribution of the averages, which also shows this separation in two zones.

Milano A adjustment. Variances (fig. 23).

The agreement with the averages mentioned above, which is natural for the mean square values, is not justified for the variances. Nevertheless, the agreement is evident. The partition in two zones with higher values and the behaviour of the values along the left- and right hand edges of the block, as found for the m. sq. v., is again found here. The absolute values of the maximum variances are, however, in general smaller than those of the m. sq. v. Theoretically, the distribution of the variances should be comparable to that of the theoretical mean square errors, as presented in figure 18. There is, however, complete disagreement. The latter shows two strips (not clearly separated) with minimum values, situated in the centre of the right- and left hand half of the block respectively; the maximum values are situated along the edges. A slight increase of the values is noticeable in the central strip. This behaviour is totally different from that of the variances as found experimentally (fig. 23). One may conclude that the hypothesis that the error-surface should be of the second degree, does not correspond with the reality.

Jerie adjustment. Averages (fig. 24).

The panorama is completely different from that presented after Milano A adjustment (figure 19). A single large triangular area with positive values, which are statistically significant, is situated in the right hand upper quadrant, surrounded by negative values practically everywhere. The areas of equal values are roughly situated in east-west zones, thus parallel to the strips. An agreement with the subdivision of these strips,

however, cannot be clearly traced. It is difficult to find a reason for this systematic behaviour, because the *Jerie* adjustment of planimetry does not pose any hypothesis on the behaviour of the errors. By not using more than 8 control points, however, much stress is laid on the tie-points. In our opinion, therefore a differential systematic behaviour between adjacent strips may have been the cause of this behaviour of the averages.

Jerie adjustment. Mean square values (fig. 25)

When simplifying the distribution of the values, a zone with maximum values may be distinguished in the centre of each of the four quadrants. The minimum values are found in the centre and in the four corners of the block. Some abnormal points are evident.

Jerie adjustment. Variances (fig. 26)

The panorama varies and is difficult to schematize. In any case, it differs very much from the distribution of the averages (fig. 24). The four zones with minimum values in the four corners have remained, while the central zone with minimum values extends itself and forms branches. The partition in 4 zones with maximum values has disappeared and is replaced by two single zones.

Y-coordinate

Milano A adjustment. Averages. Use of different weights (fig. 27)

The distribution of the averages may be schematized as a series of parallel strips, with the same negative or positive values, stretching in the direction of the NW-SE diagonal of the block. In the four corners, the values are almost zero. The values are also practically zero along the east and west borders of the block. Along the north and south edges, however, the values differ greatly. An interpretation of the undulations in diagonal direction is difficult. One may remember here the systematic behaviour of the coefficient of the x^2 -term (vide table 14a, and the relative comments). Any sort of analytical verification, however, is impossible.

Because the comparison between the averages, computed with and without different weights, did not reveal anything important for the X, the graph of the Y-averages, computed with equal weights, has been omitted.

Milano A adjustment. Mean square values (fig. 28)

The panorama of the m.s.q.v., computed whilst using different weights, is rather flat. The values are mainly between 10 and 20. The agreement with the panorama of the averages is not evident, except in some limited areas. As said before, the spread of the Y-values is the smallest that has been recorded.

Milano A adjustment. Variances (fig. 29)

The panorama is still flatter. The islands with the larger values are still better distinguishable. In the four corners, the values are always minimum. There is also a zone with minimum values along the N-S central axis of the block, along which the central line of control points is situated.

Jerie adjustment. Averages (fig. 30)

There is some similarity with the distribution of the averages after the Milano A adjustment. The areas with positive and negative values, that are all statistically significant, are in rather good agreement. The systematism in diagonal direction is less evident however, and one may even distinguish a tendency in east-west direction, as found before for the averages of the errors in the *X*-coordinates (*Jerie* adjustment). There is, however, no agreement whatsoever with the distribution of the latter averages (*X*, *Jerie* adjustment), though in the *Jerie* adjustment the planimetric coordinates are interrelated.

Jerie adjustment. Mean square values (fig. 31)

At first sight, there appears to be little relation between the distribution of the m.s.q.v. and that of the averages; compared to the distribution of the m.s.q.v. after Milano A adjustment, the present distribution shows larger values (often higher than 20) and is more uniform. Starting from the values of the west edge, one arrives at a large zone with maximum values in the centre of the left hand half of the block. In the right hand half, however, there are large zones with relatively low values. The values increase, not too regularly, in the direction of the centre of the east edge, along which there are several areas with values greater than 30.

Jerie adjustment. Variances (fig. 32)

The structure is similar to that of figure 31. The amplitude of the undulations is, of course, smaller and consequently the delimitation of the zones is less distinct. The distribution of the variances for the *Y*- has little similarity with that of the variances for the *X*-coordinate.

Z-coordinate

Milano A adjustment. Averages. Use of different weights (fig. 33)

The positive values of the averages occupy the larger part of each of the two halves of the block. In the left hand half, the maximum positive values are in the southern part and the positive values almost disappear in the northern part; in the right hand half, it is in the northern part that we find the maximum values and the positive values disappear in the south. The maximum in the left hand half is larger than that in the right hand half. The two areas are both statistically significant. The negative values of the averages (the absolute values of which are always lower than the maxima of the positive values) are mainly situated in the central strip (North-South) and along the west- and, in particular, along the east-edge, thus along the lines in which the control points are situated. The systematism and the regularity of this behaviour is, I think, without doubt, and points towards a source of systematic errors, common to all tests, thus due to the photographic material.

Milano A adjustment. Averages. Use of equal weights (fig. 34)

The partition in two positive zones is less evident here, due to the local infiltrations of negative values. The zones are still distinguishable and are separated by several irregular zones of negative values. The panorama offered here (*Z*-coordinate) is very

similar to that of the *X*-coordinate, where two positive zones (one in each half of the block) were distinguished and where these were also separated by a large zone of negative values. This similarity makes the presence of a systematic cause still more certain.

Milano A adjustment. Mean square values. Use of different weights (fig. 35)

A rather regular zone of high values occupies the entire left hand half of the block. The maximum, almost exactly in the centre, is 70. The right hand half is more irregular and has several zones with values larger than 30. The strip with minimum values is in the centre of the block and separates the two zones. Other places with low values, smaller than 20, are situated along the east edge and in the four corners. Thus for the m.s.q. values as well, there is almost identity of behaviour with that of the m.s.q.v. of the *X*. The values for *Z* are, of course, higher than those for *X*.

Milano A adjustment. Mean square values. Use of equal weights (fig. 36)

The pattern of high values remains evident in the left hand part, while the boundaries become less distinct in the right hand part. The central zone with the low values is less evident. In the four corners, the values are still smaller than 10.

Milano A adjustment. Variances. Use of different weights (fig. 37)

There are again two parts with higher values, separated by a wide strip of minimum values in the middle. There is a vast regular zone on the left with high values and a maximum in the centre. To the right, the continuity of the high values is broken by a number of places with minimum values; the maximum here is not in the centre but in the north edge of the block. The western part is bordered by an almost continuous curve with value 10, while the east edge shows the same behaviour as that found for the *X*-coordinate. There is a discontinued strip of minimum values a little to the left of the east edge.

Jerie-adjustment. Averages (fig. 38)

The distribution of the values is rather similar to that found for the averages after Milano A adjustment. The block is divided in two parts by a central strip (North-South) with moderately low negative values. In the two parts, the positive values dominate. In the right hand part, the positive values are regularly grouped in a zone which originates in the northern edge and disappears in the southern part. In the right hand part, the zone of positive values is divided into three areas, each with a maximum larger than 30. These three areas, as well as the zone in the right hand half, are statistically significant. The minimum values are in the four corners. The agreement between the panoramas, offered by the diagrams of the averages after Milano A and *Jerie* adjustment respectively, is evident. This is due, as has been said before, to the principles of the two methods which do not differ substantially. Moreover, the same control points, and partially the same tie-points, have been used for the two methods.

Jerie adjustment. Mean square values (fig. 39)

Given the above considerations, it is not astonishing that the panorama of figure 39 is very similar to that of the m. sq. v. after Milano A adjustment (for equal weights).

Jerie adjustment. Variances (fig. 40)

The pattern of rather high values that occupies the left hand part of the block is practically identical to that of the variances after Milano A adjustment. In the right hand half, the northern part is more differentiated. A vast, rather regular depression separates the northern and southern parts.

The general conclusion of this qualitative examination of the results seems to be the following: the adjustment (either Milano A or *Jerie*) does not completely eliminate the systematic errors. Systematic residual errors are in particular evident for the X- and Z-coordinates. This systematic behaviour, constant for all tests, should of course be attributed to the common photographic material. As for Milano A, it should be mentioned, moreover, that the theory of the distribution of the residual mean square errors is in complete contrast to the results found experimentally. The latter show that the smallest spread is found in those zones where the control points have been selected.

10. Comparison of the results obtained

The last part of the analysis concerns the comparison of the results obtained. This examination has the aim to obtain additional information on the differences in the behaviour of the tests, as executed on different instruments and according to operational criteria which are not necessarily the same. This comparison may provide new information on the errors, on the way they behave, and on their causes.

For this analysis it is the coefficient of linear correlation, or the covariance, that has been used exclusively. The computation of this coefficient is executed with the formula:

$$r_{xy} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i y_i) - M_x \cdot M_y}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (16)$$

where x_i, y_i is a pair of corresponding values, the index i varying from 1 to n ; M_x and M_y are the averages of the values x_i and y_i respectively, while σ_x and σ_y are the mean square roots of the corresponding variances. The value $r_{x \cdot y}$ may have any value between +1 and -1; when it is close to +1 or -1, then there is strong linear correlation; when it is close to 0, no correlation exists.

The formula (16) has been used to measure the intensity of the correlation between the different results. In particular the following three types of covariances have been computed:

- $r_{I,II}$: which measures the correlation between the two independent determinations ("passages"), executed by the same centre, with the same instrument and the same set of diapositives.
- $r_{T_i T_j}$: which measures the correlation between the results of two different tests, executed on different instruments and, in general by different centres.
- $r_{C_i C_j}$: which measures the correlation between the results of the same "passage" of the same test, but adjusted according to different procedures

In these three values r_{xy} , the corresponding pairs (x_i, y_i) are taken from the 162 pairs of corresponding residual errors (in the 162 common points) where x_i is the error in a certain quantity (X , Y or Z) in a certain point (i) of the first series and y_i the error in the corresponding quantity in the same point of the second series.

The coefficients have been computed on an electronic computer. In connection with the fact, derived from table 15, that the averages of the residual errors in the 162 common points are very small, it has been thought possible to neglect, in formula (16), the value of the product $M_x \cdot M_y$ and, moreover, to use the mean square values instead of the variances. The latter has been done because, when the averages are small, the residual errors are practically equal to the deviations from zero.

In order to be able to distinguish the differences in the behaviour of points, situated within the strips (the internal points) from those, situated in the common overlap of adjacent strips (common points), the computation has been executed three times, viz. first for the interior points, then for the common points and, finally, for all points.

Table 21 shows the results of r_{LII} for all pairs of "passages" of the 6 tests. In table 22, the value $r_{T_i T_j}$ have been collected, as computed for all 15 combinations (two by two) of the six first passages of each test, followed by the corresponding 15 combinations of the six second passages. The table has been divided in two parts, one for the Milano A adjustment and the other for the *Jerie* adjustment. The Milano B adjustment has been omitted.

In table 23, the values $r_{C_i C_j}$ have been collected as computed for the three combinations of the three types of adjustment. Each computation applies to the same test and the same passage, adjusted according to two different methods.

The analysis of table 21 shows that there is a rather strong correlation: many values are higher than 0.5. The *Jerie* adjustment and Milano A adjustment show almost the same correlation, but in the Milano B adjustment the results vary much more and it is here that, besides positive correlations, also many negative correlations are found. The differences in the behaviour of internal point ("internes") and common points respectively are small; the latter have in general a somewhat higher correlation. As for the coordinates, X shows the highest correlation, Y the lowest. The differences in behaviour of the different tests are remarkable. Tests 1 and 12 show high correlation for all three coordinates; in particular test 12, where the correlation between the X values is 0.75, thus almost complete. The lowest correlations are found in test 9, where the correlation in X and Z are rather small and where the correlation in Y has the maximum 0.5 for the *Jerie* adjustment, but is even negative for the Milano A adjustment. Concerning this behaviour of test 9, which is very different for the others, it should be remembered that a revision of the instrument has been carried out between the first and the second passage (vide the report of the centre of Vienne, paragraph 4).

The two tests, 5 and 6, executed by the centre of Milano, show a rather similar behaviour: the correlation in X and Z is rather high (higher or equal to 0.5) and in Y is practically zero for the *Jerie* adjustment. The two tests of Milano, the first being an analytical test and the second an analogue one, have in common the set of diapositives and the operator. In spite of the differences discussed above, it is certain that there exists a correlation between the two passages of each test, though these passages have been executed independently, of about 0.5, for each coordinate and for each type

of adjustment. This correlation diminishes when one compares different tests. One is thus forced to attribute the correlation to the use of the same operator-instrument-set of diapositives.

Tests 1 and 5 have been executed analytically; as it seems that in this case the instrumental errors cannot contribute much to the residual errors, one should thus mainly attribute the high correlation to the use of the same operator and to the use of the same set of diapositives.

Table 22, in which the values $r_{T_i T_j}$ for different tests are listed, is difficult to interpret. The spread of the values is remarkable: the values are between + 0.72 (maximum) and - 0.48 (minimum). These extreme values, however, are found only in the lines referring to groups of points, common to two strips ("commun"). This spread makes it difficult to derive conclusions on the data of the common points; also the data on the internal points do not lend themselves to conclusions. The examination, therefore, will be limited to the values of the correlation coefficients of all points together ("tot"). Before any evaluation, however, the degree of validity of these values should be investigated. In particular it should be examined, whether the values are significant or whether they may be attributed to random errors.

In order to check this, the formula of *Student*:

$$t = \sqrt{\frac{r^2}{(1-r^2)}} (n-2) . \quad (17)$$

is applied.

If t is higher than a certain value (to be found from the table of *Student* for $n-2$ degrees of freedom) then the probability (p) that r differs from zero because there are accidental errors involved, is smaller than 0.05.

It is useless to compute t for all values of r included in table 22. The computation of t has instead been computed for a large series of r -values. Vide table 24. The number n , as used here, is 162. Table 22: the correlation between the tests is small for the planimetric coordinates, and still smaller for the Z. The number of coefficients with a significant value is small. When considering the positive values only (because the negative values do not make sense here), and applying the data supplied by table 24, the numbers of the coefficients with significant values are: for Milano A adjustment: 17 in X, 16 in Y and 14 in Z; for *Jerie* adjustment: 13 in X, 16 in Y and 13 in Z; from a total of 24 for each coordinate.

These findings suffice to consider the average values of the correlation-coefficients (M , last column of table 22) as significant. Prof. *Gotthardt* remarks that the number of negative values is very large, and as they make no sense — should be attributed to random causes. In the three tables (21, 22, 23) there are 21 values between - 0.30 and - 0.50, while according to table 24 they have a probability to appear only once in a series of thousand values ($p = 0.001$). Actually, however, there are 21 values out of a total of 836 (thus $p \approx 0.02$). Prof. *Gotthardt* thinks that this large difference is caused by the fact that a number of degrees has been used (viz.: $n-2 = 160$) which is too high, because the values in neighbouring points are not independent, but have a large correlation. He thinks that, instead of 160 degrees of freedom, perhaps only some 50 should have been used. The author thanks Prof. *Gotthardt* for his remark, but is of the

opinion that what has been said above still holds true, because one should not consider the significance of the individual values of table 24, but rather the significance of the averages of the individual values. The averages have a larger number of degrees of freedom. The planimetric results of the Milano A adjustment then seem slightly higher correlated than those of the *Jerie* adjustment, while those Z are similar. The former is due, of course, to the less rigorous criterion for the *Jerie* adjustment of planimetric coordinates. The different behaviour of the two passages, for which there is no justification, should be noted. In general, the first passage shows a higher correlation than the second.

In spite of its small magnitude, it is certain that there is some correlation between the tests. It may be estimated at about 0.20 for the planimetric coordinates and at about 0.10 for the heights. This correlation must doubtlessly be attributed to the original negatives. This is a confirmation of what has been found earlier. The smaller correlation in Z is due to the larger accidental errors in the setting of the heights. As has been found in Commission C as well, the spread in the errors in Z is about twice as high as that in the X- or Y-coordinates.

In table 23, the values $r_{C_i C_j}$ are the coefficients of correlation between the results of different adjustments of the same measurements. Any block-adjustment will reduce the errors that have a regional character, but cannot change the relative values of those residuals that are due to local accidental errors. Consequently, when comparing the results of two adjustments, that are based on different principles and employ different control points, one may assume that the amount of correlation is largely due to the local accidental errors which are the same in both methods of adjustment. This applies to the Milano A and *Jerie* adjustment of planimetric coordinates, which are based on fundamentally different principles and on a different number of control- and tie-points. The average value of the correlation coefficient is about + 0.40 for the X. This value indicates the proportion of the errors of a regular type against the errors of local accidental type. The value 0.40 is thus essentially due to the latter.

The correlation for the Y-coordinate is slightly larger.

The above reasoning is valid for the comparison of the planimetric coordinates after Milano A and *Jerie* adjustment only. It does not apply to the comparison of planimetric coordinates after Milano A and Milano B adjustment respectively or after Milano B and *Jerie*, because there the procedures of adjustment are no longer independent. The latter holds for the comparison of heights after Milano A and *Jerie* adjustment as well. In this case, the control points are identical and the main criterion for the two adjustments is substantially the same. The correlations between the two results are consequently very high, the average correlation coefficient being greater than 0.80.

11. Conclusions

The title of this report, viz. "Use of strips connected to blocks for large scale mapping" gives a general indication, and a limitation, of the contents of the research. The results of the research, however, are too vague and too indetermined to solve all problems.

The aims of the research have been defined in the paragraphs 1 and 2 of the first part of the present report. They are re-listed in the following short review:

- a) Like any experimental research of large dimensions, that of Commision B had the aim to experimentally determine, on a very broad base, the accuracy obtainable in the photogrammetric determination of coordinates of terrain points, in the frame of an experimental test-area of limited dimensions. The method to be tested was that of triangulation of a block of strips, executed according to procedures such as normally used by the participating organisations. The use of the points thus determined, is indicated in the title of the research by the words: "for large-scale mapping".

During the research, this general aim was subdivided into more specific aims, such as:

- b) to establish experimental data on the precision of measurements on the instruments concerned, by comparison and analysis.
- c) to analyse the errors in the strip after linear transformation, based on control points at the ends of the strip only. As the form of the strips is not affected by linear transformation, information on the quantities of errors, due to systematic and accidental causes respectively, can be obtained.
- d) to supply experimental data on the improvement, that can be obtained by adjustment, either of the block as a whole or by the independent adjustment of each strip separately.
- e) taking into account the results, obtained from experiments of block-adjustment, executed before 1959, the present research was aimed at showing the advantages — either economical, practical or technical — of using simple and fast adjustment methods, versus the methods previously applied. The latter were more complicated and time consuming, although perhaps more correct from the theoretical point of view.
- f) Given the character of the aerial triangulation, viz. this being more a technical and practical problem than a scientific one, some economical data on the operational procedures had to be analysed as well, in order to have a more complete and general evaluation. With this aim in mind, the centres had to supply complete data on the executional techniques, the particular procedures used, the preparation and organisation, the time used for each phase, the use of qualified personnel and the use of instrumental equipment.
- g) apart from the above aims of a more general character, there was also the question to be answered, whether analytical triangulation gave better results than analogue triangulation.
- h) Moreover, as different methods of adjustment were used, a comparison between them, using the experimental results, was inevitable.
- i) As the results, however, depend on the numbers and the positions of the control points, it has been the intention to determine this dependence experimentally.
- l) Moreover, other questions arose from the more scientific approach of the research; is there a systematic behaviour of the errors in the strip; what is its importance; which are the causes of these errors (is it possible to distinguish them)?
- m) What is the behaviour of the accidental errors, what is their importance compared to that of the systematic errors?

The principles of the research were such, that one could hope, if not to solve the problems, at least to contribute to their solution. Do the many pages of this report give a satisfactory answer to the problems? This question, which evaluates the worth of the work spent on the present research, deserves a detailed answer.

Without doubt, the aims to supply documentation have been achieved. Paragraph 4 of the first part, and paragraphs 6 and 7 of the second part, contain all quantitative and qualitative elements, needed for the evaluation of the general results obtained (question a), the precision of the instrumental measurements (question b), the deformation of the linearly transformed strips and the improvement by adjustment (question c). They supply, finally, some technical and economical information on the productivity of the procedure of block-triangulation (question f). The answer on question d, however, is not included in the present report, though a certain group of results is available, that could at least partially have given the answer. The adjustments n. 3 and 8 of table 10 (paragraph 5) have actually been applied to the two independent triangulations of test 1; the Milano A adjustment has been applied while using zero-weights for the equations in the tie-points. This is equivalent to a separate adjustment of each strip. The results of these two adjustments have not been analysed, but they may be used by any person interested.

It is thought, however, that the question proposed is only of little importance for a block with such modest dimensions. Moreover, also because of the small dimensions of the block, one should not expect that the results would lead to clear and certain conclusions.

Question e could not be clearly answered by the experimental results. Actually, even if all data had been available for a technical-economical evaluation of the different methods of adjustment, the means of comparison with more complicated analytical procedures are lacking.

When question g was formulated, in 1960, the comparison had the interest of all photogrammetrists. At present, after several years, the answer that can be derived from the present results, only confirms, with better documentation and better statistical foundations, the knowledge already obtained, viz. that the results of analytical and analogue triangulation are practically equivalent. Moreover, the experiences of Commission B will disappoint those who believed that an analytical triangulation would give at least more regular results. There is not enough evidence in the results of Commission B, to be able to confirm that certain local irregularities in the analogue triangulation have disappeared in the analytical triangulation. The test of Commission B cannot supply a comparison between analytical and analogue triangulation from the economical point of view. The data collected on the time needed for the different operations have been influenced by the special operations and checks that the centres considered necessary in the frame of the research in general, or their own research in particular. Also the need to identify and to observe the many check points has strongly changed the simplicity and the speed of the routine operations on a Stereo-comparator. Consequently, any judgment on this subject is impossible.

The comparison between the methods of adjustment (question h) can doubtlessly be derived from the results of the research. Table 15 shows clearly that the Milano B method gives inferior results than the *Jerie* method (for the planimetric coordinates). On the other hand, comparison of the planimetric accuracy of the *Jerie* and Milano A methods is impossible, because in the latter the number of control points is much higher

than that in the *Jerie* method. For the heights, however, Milano A and *Jerie* are comparable, and give equivalent results. The judgment on the accuracy of the results, should be completed by the information collected in paragraph 5. The time needed for the different phases of the analytical adjustment methods was much shorter than that for the *Jerie* method. The experiment, however, is too limited to give a definite answer on this question. Apart from the limited number of methods applied, the experiment was too limited. A complete comparison requires a detailed research on the dependence of the results on the number and the positions of the control- and tie-points as well. This complete comparison is not possible. It is consequently not possible to answer question i. It is hoped, however, that the data collected, which are available in a form suited for further research, will be re-examined and be submitted to new adjustment methods or to the same methods, but with different control points arrangements.

It is evident to the reader that the research of the author has often stopped at questions of a scientific character, viz. concerning the presence, the behaviour and the causes of errors. The abundant statistical material available tempted further research.

What are now the answers to these questions?

The results of the work of the Commission, though not having eliminated all doubts, have shown the presence of systematic errors. Here an explanation is necessary: one considers here as systematic errors: those errors that appear with similar behaviour in each repetition of a measurement, independent of instrument, operator or procedure used, but with the same original photography. The 12 independent tests have shown that this type of error is present in the material of the block 2.6 of Reichenbach. Though it has not been possible to identify all components and to indicate the relative causes, nevertheless a very complex panorama of different behaviours has been obtained and it has been possible to identify the milieux, in which the causes should be localised.

It is to the objective lens, that the cause of the systematic torsion of all strips in all 12 tests (vide paragraph 6) should be attributed.

The remarkable systematic curvature of the Z-coordinates, found in some strips and not in others (vide paragraph 6) should, however, be attributed to the local conditions during the exposures or, perhaps, to the conditions during the development of the material.

It is the operator, the instrument and the photographic material, but most probably the latter, that is the cause of the high correlation (average: 0.5) between the two "passages" of each test (vide the computations of paragraph 10). This correlation between the results is actually equivalent to a systematic behaviour of the errors.

Though it is true that the causes of these errors have not yet been identified and that the way has not been shown to avoid these errors, it should not be forgotten that the analysis has gone deeper into the details and that those, who would like to continue the research, can start with less general indications at their disposal.

Finally, what has surprised the author most, is the fact that there remain remarkable systematic errors in the 12 tests, even after adjustment by different methods.

The systematic residuals in Z, either after Milano A or *Jerie* adjustment, reach values up to 40 cm in the centres of the two semi-blocks, in which the block is divided by the central line of control points. There are also systematic residuals in X and Y, of a

smaller, but not negligible, amount and with a different behaviour with different types of adjustment. The rich documentation of paragraph 9, gives information on this subject.

The analysis of the accidental errors, though perhaps less detailed, is also of importance. It is to these errors that the limited correlation between different tests should be attributed (paragraph 10). The most interesting results, however, are to be found in paragraph 9, where a description has been given, through statistical analysis, of the spread of the results within the block. It is evident, at least for one method of adjustment (viz. Milano A), that the distribution of the spreads is completely different from (if not contrary to) what had to be expected according to the theory of accidental measuring errors.

Summarizing, one might state that the following four facts represent the most important results of this statistical research:

- a) different systematic behaviour of different strips of the same block,
- b) high correlation between the two "passages" of the same test,
- c) systematism of the averages of the residual errors after adjustment,
- d) complete disagreement between the theoretical and experimental results concerning the behaviour of accidental errors.

These results provide useful indications for future research. In order to improve the results of triangulation, firstly the cause of these facts should be found and, in this connection, the methods of research should be changed. They should become of more analytical and scientific nature. For the time being, the methods of research with a general character, such as the experimental works as carried out to date (international and national), should be abandoned. Any theoretical findings, however, should be confirmed by experiments, before arriving at valuable and practical conclusions on the behaviour of errors in blocks of strips.

12. Acknowledgements

Remembering the 7 years, occupied by the research that is concluded by the present report, I wish to thank all those who have cooperated; they are numerous and it is difficult to mention them by name: firstly the members of the Commission, the leaders of the participating centres, the operators, the computers, the members of the Comité Directeur of the OEEPE and of the Bureau Exécutif, all cooperators at the Institute to which I belong, and, particularly, all my colleagues.

To all these, the possible success of the research is due; I sincerely thank them for their cooperation.

13. Bibliography

- [1] Report on the work carried out by Commission B of the OEEPE during the period September 1956—August 1960. — Photogrammetria, XVI, 1959—60, 4. Special Congress, number C.

- [2] *M. Cuniatti*: Activité de la Commission B de l'OEEPE pendant la période Septembre 1960—Janvier 1964. — OEEPE, Publ. off. n. 1, Frankfurt a. M., Août 1964.
- [3] *R. Förstner*: Das Versuchsfeld Reichenbach. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., R. S.-H., Frankfurt a. M. 1968 (Sonderveröff. OEEPE Nr. 7).
- [4] *M. Cuniatti, 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 (1967) 1.
- [5] *C. M. A. vanden Hout*: Analytical orientation methods. — Boll. Geod. e Sc. affini (1961) 3.
- [6] *G. Togliatti*: Experimental research on several types of analytical bridging: statistical analysis of model errors. — Boll. Geod. e Sc. affini (1964) 4.
- [7] *R. Förstner*: Further results of the Renfrew International Experiment. — Canad. Surv., vol. XVII (1963) 1 et 2.
- [8] *H. G. Neubauer*: Ein Rechenggerät für die Daten der gegenseitigen Orientierung. — Bildmess. u. Luftbildwes. (1963) p. 101.
- [9] *E. Gotthardt*: Erfahrungen mit analytischer Einpassung von Bildstreifen. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., R. V, H. 12, Frankfurt a. M. 1965 (Sonderveröff. OEEPE Nr. 2).
- [10] *Jerie* — ITC — Jerie Anblock.

14. Appendix

The last part of the report (paragraph 7 ff.) contains the general analysis, partially of a quantitative character, of the results obtained. It includes all important tables so that the reader can form his own judgment and evaluation. As it has not been thought necessary to report all errors, in each checkpoint of all adjustments of all 12 tests, the relative diagrams have been omitted. It has been thought useful, however, to include in this report on example of these diagrams.

In the figures 41—50, the residual planimetric- and height errors in the common 162 check points, have been shown for the three different methods of adjustment of the two passages of the test 12.

The principles followed in the representation are evident and self-explanatory.

Test 12 has been chosen (analogue triangulation) because it is not the best (in absolute sense), but is one of the good results.

In the report on the work of the centre of Milano [4], on the same photographic material, numerous diagrams similar to the above 10 (but related to test 5: analytical triangulation) have been inserted. The reader is referred to that report, for possible purposes of comparison.

TAB. 1

Bande Strip	Photogrammes Modèles Models		$\Delta\varphi$	$\Delta\omega$	$\Delta\kappa$	$\frac{bx}{\Delta Z_0}$	ΔR	$\Delta\bar{\varphi}$	$\Delta\Theta$
			g	g				g	g
2.6.1	2147	— 48	— 0,6	— 0,2	+ 1,5	0,51	1,03	— 0,1	— 3,5
	2148	— 49	— 0,7	— 1,2	— 1,3	0,52	0,99	+ 0,2	+ 2,0
	2149	— 50	+ 2,2	+ 2,8	— 0,2	0,51	1,08	+ 0,8	— 0,7
	2150	— 51	— 5,6	+ 0,9	+ 3,1	0,57	1,05	— 2,0	— 1,4
	2151	— 52	+ 0,3	+ 0,7	— 2,8	0,60	0,96	+ 1,2	+ 0,1
	2152	— 53	+ 1,1	— 1,8	+ 2,0	0,59	0,92	— 1,0	+ 0,5
	2153	— 54	— 2,1	— 5,2	+ 0,7	0,53	1,05	+ 1,8	+ 0,2
	2154	— 55	+ 1,1	+ 2,7	— 5,0	0,60	0,87	— 1,5	+ 3,2
	2155	— 56	+ 2,5	— 0,0	— 0,3	0,54			
2.6.2	2135	— 36	+ 2,3	+ 0,7	— 0,0	0,56	0,95	+ 1,4	+ 0,2
	2136	— 37	+ 0,3	— 1,2	+ 0,6	0,56	0,97	— 0,4	+ 1,5
	2137	— 38	— 0,1	+ 0,8	— 2,3	0,54	1,02	+ 0,5	+ 0,6
	2138	— 39	— 2,6	+ 0,0	— 0,1	0,53	1,26	+ 0,1	+ 0,7
	2139	— 40	+ 1,6	— 0,3	+ 2,2	0,64	0,90	— 1,4	— 1,9
	2140	— 41	+ 1,2	+ 1,2	+ 0,9	0,66	1,21	+ 0,5	+ 0,3
	2141	— 42	— 0,4	— 2,4	— 2,1	0,77	0,57	+ 0,5	+ 1,9
	2142	— 43	+ 0,4	+ 1,2	+ 1,8	0,43			
2.6.3	2086	— 87	+ 1,0	— 0,5	— 4,3	0,59	0,99	+ 0,5	+ 3,3
	2087	— 88	— 1,1	+ 2,1	— 2,0	0,56	0,94	— 0,8	— 0,1
	2088	— 89	+ 2,0	— 0,3	+ 2,8	0,54	1,07	+ 0,7	— 3,5
	2089	— 90	— 1,0	+ 0,3	+ 4,2	0,58	0,96	— 0,2	— 1,3
	2090	— 91	+ 0,3	— 1,9	— 4,6	0,59	0,98	+ 0,3	+ 6,9
	2091	— 92	— 0,5	+ 1,0	— 4,3	0,64	0,93	+ 0,3	— 0,0
	2092	— 93	— 0,7	— 0,2	+ 9,8	0,56	1,14	— 0,4	— 8,9
	2093	— 94	+ 2,2	+ 0,8	+ 1,1	0,59	1,00	— 0,3	— 0,7
	2094	— 95	— 0,8	— 1,5	— 3,1	0,64	0,81	+ 1,2	+ 5,9
2.6.4	2095	— 96	— 1,5	+ 1,1	— 4,6	0,51			
	2098	— 99	— 0,2	+ 1,4	— 0,6	0,59	0,90	— 1,4	— 0,0
	2099	— 00	+ 0,4	+ 0,7	+ 4,6	0,54	0,99	+ 1,4	— 4,6
	2100	— 01	— 2,7	— 0,3	+ 0,0	0,53	1,20	— 1,3	— 0,0
	2101	— 02	+ 1,5	— 0,3	— 0,4	0,62	0,77	— 0,3	+ 2,4
	2102	— 03	+ 2,1	+ 1,4	— 0,8	0,50	1,10	+ 1,3	— 0,2
	2103	— 04	— 1,1	— 1,8	— 1,1	0,60	0,92	+ 0,2	+ 3,5
	2104	— 05	+ 0,0	— 0,6	— 1,0	0,52	0,96	— 0,0	— 0,4
	2105	— 06	— 1,6	+ 0,5	+ 4,9	0,53	0,92	— 0,6	— 1,5
2.6.5	2106	— 07	— 1,6	+ 0,5	— 1,3	0,51			
	2110	— 11	— 1,8	— 0,2	+ 1,4	0,59	0,90	— 0,4	— 1,7
	2111	— 12	+ 1,0	— 1,6	— 0,2	0,55	0,94	— 0,2	+ 1,8
	2112	— 13	+ 1,0	+ 0,3	— 3,0	0,56	0,84	+ 0,6	+ 4,4
	2113	— 14	— 0,1	— 1,7	— 6,9	0,51	0,92	— 1,9	+ 5,3
	2114	— 15	+ 0,7	+ 0,5	+ 0,8	0,44	1,26	+ 1,0	— 0,5
	2115	— 16	+ 0,2	+ 0,2	+ 8,3	0,54	0,85	+ 0,4	— 9,9
	2116	— 17	— 1,2	+ 1,4	+ 5,4	0,50	0,91	+ 1,1	— 6,4
	2117	— 18	+ 0,7	— 0,3	+ 6,0	0,45	1,53	— 0,4	— 6,1
	2118	— 19	+ 0,5	— 1,7	— 6,8	0,63	0,75	+ 0,3	+ 7,1
	2119	— 20	+ 0,0	— 0,7	— 2,4	0,47			

TAB. 2

Passages Runs	Programmes de calcul Programs	$d \Delta\varphi$ 0,001°	$d \Delta\omega$ 0,001°	$d \Delta\kappa$ 0,001°	$d R$ 10 ⁻⁴	$d \Delta\Theta$ 0,001°	$d \Delta\Phi$ 0,001°
VII—VIII	6—1	± 21,4	± 17,4	± 14,2	± 12,3	± 49,1	± 24,7
III—IV	6—3	± 32,3	± 21,2	± 17,7	± 18,4	± 64,2	± 31,2
V—VI	18—1	± 15,8	± 13,1	± 10,9	± 8,9	± 40,7	± 17,8
I—II	18—6	± 20,8	± 16,4	± 11,4	± 11,2	± 55,8	± 22,7

TAB. 3

Unités 0,01 mm à l'échelle du modèle $z/g = 3$
 Units at model scale

Vérif. Checks	Base interne inside				Base externe outside			
	X	Y	Z	by	X	Y	Z	by
I	1,5	1,3	1,3	0,9	2,1	2,3	1,4	1,2
II	1,9	1,5	2,4	1,4	2,6	3,8	1,7	1,7
III	2,0	1,5	1,7	1,2	1,5	2,1	2,7	1,1
IV	1,8	1,5	2,2	1,7	1,2	2,4	2,5	2,2

TAB. 4

Bande Strip	Pass. Run	N. mod.	Durée/Durations		Moyenne/Mean of orient. rel. + abs.	Moyenne lect. coord. Mean of coord. readings	Moyenne points par mod. Mean number of points in each mod.	Observations
			I. mod.	Autres mod. Other mod.				
2.6.1	I	10	5 h	52 h	1,7 h	1,2 h	6	Manque dans le recouv. Gap
	II	10	5 h	24 h	1,5 h	0,6 h		
2.6.2	I	9	5 h	53 h	1,7 h	0,9 h	8	Manque dans le recouv. Gap
	II	9	4 h	25 h	0,9 h	0,7 h		
2.6.3	I	11	6 h	50 h	0,9 h	0,9 h	9	Manque dans le recouv. Gap
	II	11	5 h	27 h	0,6 h	0,6 h		
2.6.4	I	10	6 h	53 h	0,8 h	1,0 h	9	Manque dans le recouv. Gap
	II	10	4 h	24 h	0,7 h	0,8 h		
2.6.5	I	11	6 h	50 h	0,8 h	0,9 h	6	Manque dans le recouv. Gap
	II	11	4 h	50 h	1,2 h	0,9 h		
Total		102		288 h				
Moyennes Means			4,60 h 4 h 56 m		1,06 h 1 h 04 m	0,85 h 51 m		

TAB. 5

Ecartis moyens quadratiques avant la compensation — Mean square deviations before adjustment

Par.	x	y	z ₁	z ₂
	cm	cm	cm	cm
6.1	105	65	76	75
6.2	158	118	156	159
6.3	119	58	119	112

TAB. 6
Erreurs après la compensation — Errors after compensation

Par.	Milan A			Milan B			Vienne (Jerie)			Remarques Remarks
	X	Y	Z ₁	X	Y	Z ₂	X	Y	Z ₂	
7.1	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	points de comparaison dans une bande
	45	55	57	55	65	53	54	32	56	check points in one strip
	58	45	62	48	61	44	29	29	56	points de comparaison dans deux bandes check points in two strips
7.2	49	59	46	56	44	54				points de comparaison signalisés signalized check points
	64	51	60	72	55	66				points non signalisés non signalized points
	56	26	50	44	44	51	52	53	48	points de comparaison dans une bande check points in one strip
7.3	55	29	41	45	57	56	55	52	57	points de comparaison dans deux bandes check points in two strips
	29	50	45			42				points de comparaison dans une bande check points in one strip
	29	20	29			26				points de comparaison dans deux bandes check points in two strips
8.2							20	18		points de comparaison dans une bande check points in one strip
							11	10		points de comparaison dans deux bandes check points in two strips

TAB. 7

Vérification avant les travaux
Calibration before the work

Résidus après ajustement par formules conformes de *Helmert*
Residuals after adjustment with orthomorphic formulae by *Helmert*

N. point	Base positive			Base négative		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
18	-1	+1	0	+2	+2	-10
17	-1	+3	-6	+3	0	-14
16	0	+3	-11	+2	-2	-17
15	0	+3	+14	+1	-3	+9
14	0	+3	-11	0	-3	+15
13	0	+3	-15	0	-2	+12
12	0	+2	-11	0	-2	+18
11	0	-1	-6	-1	-1	+14
10	0	-3	0	-3	0	+10
28	-1	+1	+5	-1	-2	+20
27	-1	+2	0	0	-3	+37
26	-1	+3	+5	-1	-3	+13
25	0	+2	0	-1	-4	+19
24	-1	+2	-6	0	-2	+26
23	0	+2	-10	+1	-1	+31
22	-1	+2	-6	-1	-2	+8
21	-2	0	0	0	+1	+4
20	-1	-2	+14	0	+1	+10
38	+1	-2	0	-1	-2	+10
37	+1	0	-6	-1	-3	+7
36	0	+2	-20	0	-2	+3
35	+1	+2	+4	+1	-3	+9
34	0	+3	-11	+1	-1	-5
33	0	+3	+5	+1	-1	-29
32	-1	+2	0	+1	-1	-22
31	-2	0	+14	+2	0	-36
30	-1	0	0	+1	+1	-10

$$B_x = 240 \text{ mm} \quad f = 115 \text{ mm} \quad Z = 345 \text{ mm}$$

Échelle clichés: 1/30 000
Picture scale:

Échelle modèle: 1/10 000
Model scale:

10 cm en plan = 3 μ
in the map

TAB. 8

Coord.	Ecart Dis- crepancies	Couples Pairs	Bande et mesure Strip and measurement	
	mm			
X	$\pm 0,14$	4 et 5 and	bande strip	5 passage proceeding I
Z	$\pm 0,16$	9 et 10 and	bande strip	5 passage proceeding I
Z	$\pm 0,25$	4 et 5 and	bande strip	5 passage proceeding II
X	$\pm 0,13$	4 et 5 and	bande strip	5 passage proceeding II
Z	$\pm 0,14$	5 et 6 and	bande strip	5 passage proceeding II
Z	$\pm 0,15$	6 et 7 and	bande strip	5 passage proceeding II
Z	$\pm 0,20$	1 et 2 and	bande strip	4 passage proceeding I
Z	$\pm 0,20$	5 et 6 and	bande strip	4 passage proceeding I
Z	$\pm 0,20$	7 et 8 and	bande strip	4 passage proceeding I
Z	$\pm 0,30$	4 et 5 and	bande strip	4 passage proceeding II
Z	$\pm 0,13$	3 et 4 and	bande strip	3 passage proceeding I
Z	$\pm 0,20$	7 et 8 and	bande strip	3 passage proceeding I
Z	$\pm 0,15$	9 et 10 and	bande strip	3 passage proceeding I
Z	$\pm 0,25$	2 et 3 and	bande strip	3 passage proceeding II
Z	$\pm 0,25$	6 et 7 and	bande strip	3 passage proceeding II
Z	$\pm 0,18$	8 et 9 and	bande strip	3 passage proceeding II
Z	$\pm 0,15$	4 et 5 and	bande strip	2 passage proceeding II
Z	$\pm 0,15$	2 et 3 and	bande strip	1 passage proceeding I
Z	$\pm 0,12$	5 et 6 and	bande strip	1 passage proceeding I
Z	$\pm 0,15$	8 et 9 and	bande strip	1 passage proceeding I
Z	$\pm 0,15$	8 et 9 and	bande strip	1 passage proceeding II

Tab. 9

Compens.	Coord.	Tests	Passages Proceedings	Bandes Strips 2.6.1/2.6.2 Points signal.	N. points non signal.	Bandes Strips 2.6.2/2.6.3 Points signal.	N. points non signal.
Jerie	Plan.	1	I II	990 x	2	783 x	1
		5	I II III IV	946 x	1	811 x	1
		6	I II	963 x	2	810 x	1
		9	I II	964 x	12	827 x	10
		10	I II	971 x	2	861 x	1
		12	I II	983 x	9	878 x	1
		1	I	986 x	9	910 x	1
		5	I II	990 x	8	947 x	3
		5	I II	990 x	5	963 x	2
		5	I II	990 x	6	971 x	2
		6	I II	990 x	5	983 x	1
		9	I II	990 x	6	990 x	2
Milan A/B	P-A	1-5	I II	824 x	15	878 x	12
		6-9	I II	824 x	4	881 x	5
		10	I II	824 x	1	894 x	1
		12	I II	824 x	1	907 x	1
		12	I II	824 x	1	920 x	1
		12	I II	824 x	1	933 x	1
		12	I II	824 x	1	946 x	1
		12	I II	824 x	1	959 x	1
		12	I II	824 x	1	972 x	1
		12	I II	824 x	1	985 x	1
		12	I II	824 x	1	998 x	1
		12	I II	824 x	1	1011 x	1

TAB. 10

N.	Test	Passage Proceeding	Centre	Instrument employed/used	Triangulation	Procédé Procedure	Mesure ind. ind. meas.	Différence entre mesures between meas.	Transformation lin.	Compensations				
										Jerie	Milan A	Milan B		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	1	I				1 ^e			23	56	1 0,5			
2											1 0			
3											1 1			
4												1 1	signal.	
5														
6		II				2 ^e			23	56	1 0,5			
7											1 0			
8											1 1			
9			Delft, I. T. C.	Stereocomp. Wild	Analytique	van den Hout		Inversion des chariots Carriage inversion				1 1	signal.	
10												1 1	signal.	
11	5	I				18/6	1 ^e		23	61				
12		III				6/3			23	61				
13		I				18/6					1 0,5			
14		III				6/3					1 0,5			
15		V				18/1					1 0,5			
16		VII				6/1					1 0,5			
17		I				18/6						1 1	signal.	
18		I				18/6						1 1	non sign.	
19		III				6/3	1 ^e					1 1	signal.	
20		II				18/6	2 ^e		23	61				
21		IV				6/3			23	61				
22		II				18/6					1 0,5			
23		IV				6/3					1 0,5			
24		VI				18/1					1 0,5			
25		IV				6/3					1 0,5			
26		II				18/6						1 1	signal.	
27		II				18/6						1 1	non sign.	
28		IV				6/3						1	signal.	
29	6	I					1 ^e base int.		23	60				
30											1 0,5			
31							2 ^e base ext.		23	60		1 1	signal.	
32		II									1 0,5			
33												1 1	signal.	
34			Milan, C. A. S. F.	Stereocomp. Gal. Santoni IV	Analogique	libre								
35	9	I					1 ^e base ext.		25	85				
36											1 0,5			
37												1 1	signal.	
38		II					2 ^e base int.		25	85				
39											1 0,5			
40			Vienne, B. E. V.	Autographe Wild A 7	Analogique	libre						1 1	signal.	
41	10	I					1 ^e base ext.		23	62				
42											1 0,5			
43		III							23	62		1 1	signal.	
44											1 0,5			
45		II					2 ^e base int.		23	62				
46											1 0,5			
47												1 1	signal.	
48		IV							23	62				
49											1 0,5			
50			Francfort, I. A. G.	Stereoplanigraphie Zeiss C 8	Analogique	libre								
51	12	I					1 ^e base int.		23	64				
52											1 0,5			
53		II					2 ^e base ext.		23	64		1 1	signal.	
54											1 0,5			
55			Bruxelles, I. G. M.	Autographe Wild A 7	Analogique	bz = const.						1 1	signal.	
56														
57	15	I					1 ^e				1 0,5			
58												1 1	signal.	
59		II					2 ^e				1 1,5			
60			Stuttgart, F. H.	Stereocomp. Zeiss Jena	Analytique	Goffhardt						1 1	signal.	

TAB. 11

Nombre des points dans les tests — Number of points in the tests

Test	Pass. Proc.	2.6.1	2.6.1/2	2.6.2	2.6.2/3	2.6.3	2.6.3/4	2.6.4	2.6.4/5	2.6.5	Tot.
1	I	29	9	20	11	40	18	25	15	32	199
	II	29	9	21	11	40	18	25	15	32	199
5	III	29	12	21	15	39	20	25	15	40	216
	IV	28	12	21	15	39	19	26	15	40	215
6	I	28	11	20	12	39	18	26	15	37	206
	II	28	11	20	12	39	18	26	15	37	206
9	I	29	12	22	10	42	17	31	10	42	215
	II	29	12	22	11	42	17	31	10	42	216
10	I	29	12	24	12	43	17	27	17	42	223
	II	29	12	24	12	43	18	27	17	42	224
12	I	29	12	26	15	44	20	27	17	42	232
	II	29	12	26	15	46	20	27	17	42	234
15	I					35	12	20	10	35	112
	II					35	12	20	10	35	112

TAB. 12

Bandes Strips	N. P.	Points
2.6.1	27	776—777—814—820—821—868—871—872—932 933—934—935—940—941—942—948—949—950 952—957—958—959—960—961—962—966—969
2.6.1/ 2.6.2	9	779—822—865—866—873—874—931—963—964
2.6.2	17	102—107—252—318—323—415—781—782—812 813—862—864—876—929—930—947—965
2.6.2/ 2.6.3	8	12—195—347—410—783—810—861—877
2.6.3	30	34—125—130—201—207—244—266—351—446 477—495—502—510—518—528—572—766—767 784—785—786—807—808—823—824—825—843 844—880—881
2.6.3/ 2.6.4	8	84—87—135—568—804—806—827—860
2.6.4	21	60—144—166—274—284—287—457—462—541 789—802—803—828—829—830—841—842—857 859—884—885
2.6.4/ 2.6.5	10	63—73—163—368—548—763—791—847—856 888
2.6.5/	32	760—761—793—794—795—796—800—801—831 832—835—836—837—838—839—848—849—850 855—889—890—895—898—899—900—905—906 909—911—916—920—928
Total	162	

Tab. 13a — Coord. X

Test	Passage Proceeding	Erreurs résiduelles après transformation linéaire des coordonnées Residual errors after linear transformation of the coordinates									
		2.6.1		2.6.2		2.6.3		2.6.4		2.6.5	
		n	M	n	M	n	M	n	M	n	M
			$v.q.m.$ $m.sq.v.$		$v.q.m.$ $m.sq.v.$		$v.q.m.$ $m.sq.v.$		$v.q.m.$ $m.sq.v.$		$v.q.m.$ $m.sq.v.$
1	I	38	-15 ± 22	39	+21 ± 35	66	— 36 ± 61	58	+25 ± 36	47	+ 8 ± 26
	II	38	-37 ± 48	41	+31 ± 44	66	— 49 ± 70	58	— 9 ± 19	47	— 14 ± 29
5	III	40	+76 ± 96	47	— 2 ± 35	76	— 51 ± 74	59	— 9 ± 36	55	+ 65 ± 81
	IV	39	-19 ± 29	47	+ 7 ± 29	75	— 6 ± 27	59	— 14 ± 33	55	+ 59 ± 75
6	I	39	-21 ± 36	45	— 4 ± 31	69	— 2 ± 31	59	— 26 ± 39	52	+ 32 ± 45
	II	39	-33 ± 63	45	+15 ± 30	69	— 66 ± 81	59	— 13 ± 27	52	+ 59 ± 71
9	I	40	-22 ± 32	44	+ 2 ± 22	69	— 36 ± 55	59	+12 ± 24	53	+ 5 ± 21
	II	40	+ 5 ± 19	44	+20 ± 37	69	— 24 ± 34	59	— 9 ± 22	53	+ 20 ± 38
10	I	40	+52 ± 77	47	+37 ± 62	72	+206 ± 261	59	+ 40 ± 52	58	+ 19 ± 35
	II	40	+27 ± 44	47	+52 ± 77	72	+ 75 ± 96	60	+101 ± 151	58	+ 40 ± 56
12	I	40	+10 ± 30	48	+39 ± 59	76	+ 25 ± 34	61	+11 ± 30	58	+ 10 ± 22
	II	40	— 1 ± 28	48	+30 ± 45	76	+ 52 ± 65	61	+17 ± 37	58	+ 46 ± 61
15	I					47	+ 35 ± 44	42	+ 70 ± 80	45	+ 82 ± 92
	II					47	+ 53 ± 62	42	+ 76 ± 87	45	+ 24 ± 37

Tab. 13b — Coord. Y

Test	Passage Proceeding	Erreurs résiduelles après transformation linéaire des coordonnées Residual errors after linear transformation of the coordinates									
		2.6.1		2.6.2		2.6.3		2.6.4		2.6.5	
		n	M	n	M	n	M	n	M	n	M
			$v. q. m.$ $m. sq. v.$		$v. q. m.$ $m. sq. v.$		$v. q. m.$ $m. sq. v.$		$v. q. m.$ $m. sq. v.$		$v. q. m.$ $m. sq. v.$
1	I	38	+ 24 ± 34	39	+ 26 ± 40	66	+ 60 ± 80	58	+ 37 ± 50	47	+ 57 ± 72
	II	58	+ 19 ± 29	41	+ 9 ± 27	66	+ 62 ± 83	58	+ 24 ± 35	47	+ 24 ± 35
5	III	40	+ 34 ± 56	47	— 5 ± 31	76	+ 58 ± 81	59	+ 44 ± 59	55	+ 87 ± 122
	IV	39	+ 30 ± 47	47	+ 16 ± 37	75	+ 31 ± 44	59	+ 58 ± 72	55	+ 35 ± 58
6	I	39	+ 19 ± 52	45	+ 34 ± 58	69	+ 47 ± 65	59	+ 27 ± 45	52	+ 17 ± 42
	II	39	+ 26 ± 40	45	+ 27 ± 41	69	+ 44 ± 69	59	+ 36 ± 46	52	+ 62 ± 83
9	I	40	+ 21 ± 36	44	+ 19 ± 29	69	+ 49 ± 62	59	+ 34 ± 45	53	+ 35 ± 53
	II	40	+ 34 ± 46	44	+ 34 ± 49	69	+ 18 ± 30	59	+ 25 ± 35	53	— 19 ± 36
10	I	40	— 46 ± 72	47	+ 24 ± 57	72	— 30 ± 78	59	— 7 ± 34	58	+ 49 ± 69
	II	40	— 8 ± 31	47	+ 28 ± 46	72	— 42 ± 67	60	— 7 ± 48	58	— 17 ± 39
12	I	40	— 22 ± 34	48	+ 40 ± 59	76	+ 8 ± 19	61	+ 30 ± 69	58	+ 45 ± 61
	II	40	— 34 ± 47	48	+ 23 ± 41	76	+ 19 ± 32	61	+ 55 ± 75	58	+ 49 ± 69
15	I					47	+ 25 ± 36	42	+ 19 ± 37	45	+ 25 ± 45
	II					47	— 2 ± 26	42	+ 12 ± 34	45	— 13 ± 30

Tab. 13c — Coord. Z

Test	Passage Proceeding	Erreurs résiduelles après transformation linéaire des coordonnées Residual errors after linear transformation of the coordinates														
		2.6.1			2.6.2			2.6.3			2.6.4			2.6.5		
		n	M	$\frac{v. q. m.}{m. sq. v.} \sqrt{\sigma^2}$	n	M	$\frac{v. q. m.}{m. sq. v.} \sqrt{\sigma^2}$	n	M	$\frac{v. q. m.}{m. sq. v.} \sqrt{\sigma^2}$	n	M	$\frac{v. q. m.}{m. sq. v.} \sqrt{\sigma^2}$	n	M	$\frac{v. q. m.}{m. sq. v.} \sqrt{\sigma^2}$
1	I	38	+ 34	± 41	39	+ 18	± 52	66	— 251	± 312	58	— 146	± 183	47	— 155	± 187
	II	38	+ 2	± 22	41	+ 11	± 35	66	— 243	± 305	58	— 165	± 202	47	— 151	± 160
5	III	40	— 43	± 67	47	— 24	± 46	76	— 260	± 321	59	— 116	± 144	55	— 50	± 85
	IV	39	— 40	± 60	47	+ 12	± 48	76	— 242	± 294	59	— 143	± 167	55	+ 8	± 44
6	I	39	+ 102	± 125	43	+ 58	± 67	69	— 250	± 300	59	— 110	± 141	52	— 25	± 55
	II	39	+ 143	± 174	43	+ 23	± 47	69	— 168	± 218	59	— 25	± 56	52	— 8	± 59
9	I	41	— 26	± 55	45	+ 15	± 41	71	— 183	± 228	62	— 52	± 80	54	— 64	± 100
	II	41	+ 17	± 51	45	+ 17	± 25	71	— 180	± 229	62	— 89	± 116	54	+ 5	± 53
10	I	40	+ 6	± 49	47	+ 3	± 46	72	— 145	± 184	59	— 120	± 141	58	— 8	± 41
	II	40	+ 5	± 59	47	— 19	± 55	72	— 153	± 191	60	— 66	± 98	58	— 67	± 90
12	I	40	+ 59	± 79	48	+ 10	± 73	76	— 57	± 85	61	— 47	± 81	58	— 5	± 38
	II	40	+ 20	± 42	48	+ 40	± 97	76	— 77	± 103	61	— 21	± 67	58	— 7	± 52
15	I						88			69			64			51
	II															

Tab. 14a

Coeff. du terme xy (torsion) 10^{-6}
of the xy -terms

Tests	X					Y					Z							
	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	M	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	M	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	M
1 I	- 46	- 102	- 360	- 132	- 166	- 161	- 22	+ 169	- 192	+ 127	+ 33	+ 23	+ 20	+ 182	+ 170	+ 185	+ 44	+ 120
1 II	+ 37	- 79	- 334	+ 4	- 104	- 95	- 154	+ 288	- 269	- 89	- 127	- 70	+ 26	+ 220	+ 245	+ 133	+ 200	+ 164
5 III	- 128	- 11	- 143	- 158	- 346	- 137	+ 425	- 152	- 269	+ 152	+ 179	+ 67	+ 262	+ 36	+ 374	+ 157	+ 150	+ 195
5 IV	- 31	- 204	- 151	- 176	- 134	- 139	+ 45	- 46	- 142	+ 68	+ 154	+ 15	+ 82	+ 115	+ 99	+ 127	+ 279	+ 140
6 I	- 90	- 250	- 170	- 155	- 150	- 159	- 78	- 128	- 145	- 19	+ 80	- 58	+ 174	+ 35	+ 160	+ 308	+ 231	+ 185
6 II	- 237	- 69	- 155	- 184	- 152	- 159	- 74	+ 134	- 411	+ 11	+ 173	- 33	+ 28	+ 174	+ 160	+ 281	+ 179	+ 164
9 I	- 5	- 173	- 181	- 179	- 110	- 129	- 101	+ 50	- 180	+ 163	+ 47	- 4	+ 57	+ 251	+ 260	+ 75	+ 356	+ 195
9 II	- 107	+ 215	0	- 93	+ 80	+ 19	+ 160	+ 201	- 195	+ 59	+ 100	+ 65	+ 93	+ 201	- 120	+ 156	+ 88	+ 85
10 I	+ 85	+ 143	- 58	+ 26	+ 89	+ 57	+ 196	+ 290	+ 345	+ 476	+ 207	+ 302	+ 235	+ 44	+ 174	+ 8	+ 402	+ 172
10 II	+ 150	+ 252	+ 42	- 23	- 62	+ 71	+ 87	+ 67	+ 542	+ 199	+ 43	+ 187	+ 193	+ 500	- 6	+ 218	+ 306	+ 202
12 I	+ 163	- 270	- 65	- 274	- 118	- 112	+ 54	+ 391	+ 106	+ 118	+ 45	+ 142	+ 111	+ 149	- 26	+ 75	+ 138	+ 89
12 II	+ 209	- 230	- 90	- 306	- 127	- 108	- 127	+ 337	+ 177	+ 122	+ 93	+ 120	+ 94	+ 191	- 74	- 21	+ 153	+ 68
15 I			- 89	- 87	- 77	- 84			- 24	+ 245	+ 220	+ 147			+ 89	+ 106	+ 293	+ 162
15 II			- 86	- 47	- 16	- 49			+ 75	+ 262	+ 133	+ 156			+ 17	+ 89	+ 244	+ 116
M	0	- 64	- 131	- 126	- 99		+ 34	+ 135	- 41	+ 135	+ 98		+ 114	+ 158	+ 108	+ 135	+ 218	
m	± 128	± 173	± 107	± 94	± 105		± 159	± 172	± 253	± 135	± 87		± 79	± 78	± 134	± 89	± 98	
t	0	1,2	4,4	5,0	3,3		0,7	2,6	0,6	3,6	4,1		4,8	6,9	2,9	5,4	8,1	
Prob.	0,00	0,66	> 0,999	> 0,999	0,99		0,51	0,97	0,42	0,998	> 0,999		> 0,999	> 0,999	0,99	> 0,999	> 0,999	

Таб. 14b

du terme x^2 (courbure)
Coeff. of the x^2 -terms (curvature) 10^{-6}

Tests	X						Y						Z						
	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	M	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	M	2.6.1	2.6.2	2.6.3	2.6.4	2.6.5	M	
1 I	—	23	+ 106	—	99	—	15	+	67	+	81	+	95	+	79	+	126	+	89
1 II	—	81	+ 131	—	115	—	24	+	47	+	36	+	85	+	48	—	55	+	54
5 III	+	231	—	39	—	85	29	+	76	—	45	+	106	+	90	+	256	+	97
5 IV	—	44	+	59	+	11	20	+	88	+	61	+	23	+	131	+	89	+	78
6 I	—	15	—	10	+	9	7	+	41	+	119	+	61	+	43	+	56	+	64
6 II	—	73	+	65	—	86	5	+	46	+	74	+	64	+	77	+	87	+	69
9 I	—	45	+	45	—	70	6	+	68	+	69	+	77	+	74	+	87	+	75
9 II	+	19	+	90	—	38	35	+	86	+	92	+	50	+	64	+	58	+	42
10 I	+	94	+	232	+	99	147	—	45	+	42	—	57	—	10	—	25	—	19
10 II	+	147	+	224	+	417	192	+	117	+	164	—	30	—	35	—	80	+	59
12 I	+	64	+	142	+	45	56	—	24	+	141	+	16	+	142	+	117	+	78
12 II	+	39	+	99	+	90	72	—	58	+	82	+	23	+	136	+	115	+	59
15 I	—	—	+	38	+	38	77	—	—	+	56	+	56	+	22	+	65	+	41
15 II	—	—	+	61	+	103	84	—	—	—	29	—	—	+	15	+	0	—	53
M	+	26	+	95	+	19	—	+	42	+	76	+	35	+	62	+	74	+	74
m	±	90	±	78	±	130	±	±	53	±	50	±	±	±	±	±	±	±	±
t	0,9	4,1	0,999	0,5	2,0	0,5	2,6	5,1	2,7	4,5	3,7	0,997	0,5	2,7	15,5	7,5	3,9	0,998	0,999
Prob.	0,66	0,999	0,55	0,95	8,7	0,97	0,97	> 0,999	0,98	> 0,999	0,98	0,997	0,35	0,98	> 0,999	> 0,999	> 0,999	> 0,999	> 0,999

TAB. 15a — Coord. X

Compensation "Milano A"

Tests Pass./Proc.	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values											
	1		5		6		9		10		12		1		5		6		9		10		12	
	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
2.6.1	— 6	+ 1	— 5	+ 15	— 1	+ 9	— 7	+ 5	+ 8	+ 1	— 19	— 22	14	13	22	26	27	40	13	14	36	28	31	51
2.6.2	— 2	+ 3	+ 25	0	+ 2	+ 5	— 4	— 5	— 13	+ 5	+ 7	— 2	17	13	36	20	16	16	12	16	38	22	17	15
2.6.3	+ 15	+ 8	+ 21	+ 1	+ 11	— 3	+ 10	+ 5	+ 14	+ 16	+ 8	— 2	25	19	34	18	29	27	21	14	63	35	12	9
2.6.4	+ 12	+ 4	+ 23	+ 11	+ 16	+ 4	+ 10	— 1	— 19	— 5	+ 19	+ 6	20	19	34	22	26	11	19	22	36	22	21	14
2.6.5	— 4	0	— 4	— 24	— 4	— 3	0	— 5	+ 2	+ 3	+ 2	— 1	12	10	19	35	26	15	17	20	20	20	13	11
2.6.1/2	+ 1	+ 1	— 3	— 5	— 5	+ 5	— 4	— 3	+ 3	— 7	+ 11	+ 11	9	5	16	21	12	21	8	10	26	26	18	20
2.6.2/3	+ 9	+ 3	+ 14	— 14	— 1	— 8	— 1	— 5	— 18	+ 17	+ 1	— 4	27	12	18	18	10	12	16	6	54	40	18	16
2.6.3/4	+ 19	+ 12	+ 34	+ 4	+ 3	— 6	+ 13	— 4	— 2	+ 27	+ 13	+ 5	24	21	40	8	16	10	18	17	35	36	16	8
2.6.4/5	+ 9	+ 1	— 2	— 11	+ 7	— 2	+ 1	— 8	— 5	+ 3	+ 16	+ 9	12	6	39	33	10	8	11	23	28	22	23	17
Internes	+ 3	+ 4	+ 10	— 1	+ 4	+ 1	+ 2	0	+ 1	+ 5	+ 2	— 5	18	15	29	26	26	25	17	17	41	27	20	18
Comm.	+ 9	+ 4	+ 10	— 7	+ 1	— 2	+ 2	— 4	— 5	+ 9	+ 11	+ 6	19	12	31	23	12	14	14	16	36	31	19	16
Tot.	+ 4	+ 4	+ 10	— 2	+ 4	+ 1	+ 2	— 1	— 1	+ 6	+ 4	— 2	18	15	29	25	24	23	16	17	40	28	20	17

Tab. 15b — Coord. Y

Compensation "Milano A"

Tests	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values											
	1		5		6		9		10		12		1		5		6		9		10		12	
	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
2.6.1	- 6	- 10	0	- 29	- 8	+ 6	- 14	- 1	- 1	+ 2	- 10	- 7	12	16	16	36	25	30	19	8	25	21	25	25
2.6.2	+ 1	0	+ 4	+ 3	- 2	+ 3	+ 2	+ 4	- 10	+ 1	- 12	- 2	11	10	16	22	26	15	9	15	35	15	19	14
2.6.3	- 11	- 17	- 1	+ 5	+ 3	- 15	- 4	+ 11	+ 14	0	- 1	0	20	28	31	25	33	24	20	17	34	21	13	12
2.6.4	- 2	- 4	- 10	- 15	- 6	- 6	- 7	+ 6	+ 7	- 10	- 9	0	12	16	23	21	20	16	16	12	23	18	14	8
2.6.5	- 2	0	- 9	- 2	- 3	+ 4	- 3	+ 9	+ 15	- 2	- 12	- 4	12	15	25	26	24	17	25	24	28	18	19	20
2.6.1/2	+ 6	- 5	- 2	- 15	- 13	- 7	- 4	- 8	- 19	- 4	- 13	- 15	9	10	19	29	21	15	11	18	49	14	19	24
2.6.2/3	- 3	- 1	+ 10	+ 18	+ 20	- 2	+ 4	+ 7	- 10	+ 4	+ 1	+ 9	12	15	32	30	32	13	6	13	40	18	8	15
2.6.3/4	+ 21	+ 15	+ 5	+ 2	+ 11	+ 4	+ 8	+ 4	+ 25	- 2	+ 3	+ 8	26	21	41	25	34	15	20	9	35	18	7	12
2.6.4/5	0	+ 5	- 14	- 11	+ 8	+ 1	- 8	0	+ 14	- 7	- 9	0	13	13	31	24	13	10	24	7	21	18	15	5
Internes	- 4	- 7	- 4	- 8	- 3	- 2	- 6	+ 6	+ 7	- 2	- 9	- 3	14	19	24	26	26	22	19	17	29	19	18	17
Comm.	+ 6	+ 3	- 1	- 3	+ 6	- 2	0	+ 1	+ 3	- 3	- 5	0	16	15	31	26	26	13	17	13	37	17	14	15
Tot.	- 2	- 5	- 3	- 6	- 1	- 2	- 4	+ 5	+ 6	- 2	- 8	- 2	14	18	26	26	26	20	19	16	31	19	18	17

TAB. 15d — Coord. X

Compensation *Jerie*

Tests	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values											
	1		5		6		9		10		12		1		5		6		9		10		12	
	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
Pass./Proc.																								
2.6.1	+ 1	+ 4	— 5	+ 6	+ 11	+ 5	+ 12	— 1	— 14	+ 1	— 8	— 18	18	14	19	24	34	40	23	19	28	25	26	29
2.6.2	+ 16	+ 15	+ 7	+ 1	+ 16	+ 51	+ 7	— 5	— 5	+ 15	+ 11	— 6	23	23	21	24	25	53	13	13	22	33	51	20
2.6.3	+ 26	+ 17	— 4	+ 8	— 8	+ 12	— 5	— 19	— 18	+ 1	— 4	— 11	35	28	32	18	25	43	13	26	35	25	18	18
2.6.4	+ 10	— 18	+ 2	+ 2	— 23	+ 4	+ 5	— 4	— 33	— 6	— 16	— 11	15	17	29	24	50	19	12	25	48	21	20	16
2.6.5	— 6	— 7	— 23	— 12	— 18	— 7	+ 1	— 8	— 19	+ 2	— 25	— 10	14	24	34	22	26	18	16	17	31	33	30	15
2.6.1/2	+ 7	+ 7	— 4	— 1	+ 34	+ 57	+ 14	+ 5	+ 8	+ 27	+ 2	— 2	14	12	16	27	36	59	19	13	14	30	28	21
2.6.2/3	+ 17	+ 20	+ 5	+ 5	+ 15	+ 38	+ 7	— 9	— 9	+ 21	— 1	— 9	28	26	17	12	22	44	20	16	25	28	19	17
2.6.3/4	+ 12	+ 5	— 12	— 11	— 28	— 11	— 2	— 19	— 3	+ 18	— 16	— 9	15	11	19	14	36	25	8	25	13	27	18	11
2.6.4/5	+ 3	+ 11	— 33	— 15	— 28	— 5	+ 8	— 21	— 40	— 15	— 21	— 11	8	13	48	34	29	10	14	24	58	42	28	16
Internes	+ 9	+ 11	— 10	+ 1	— 6	+ 10	+ 4	— 8	— 18	+ 2	— 9	— 12	22	22	28	22	28	36	16	21	34	28	26	20
Comm.	+ 9	+ 11	— 12	— 6	— 2	+ 19	+ 7	— 11	— 12	+ 12	— 9	— 7	17	16	30	24	51	59	16	20	35	33	24	17
Tot.	+ 9	+ 11	— 10	— 1	— 5	+ 12	+ 4	— 9	— 17	+ 4	— 9	— 11	21	21	29	22	29	37	16	21	34	29	25	19

Tab. 15e — Coord. Y

Compensation Jerie

Tests Pass./Proc.	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values											
	1		5		6		9		10		12		1		5		6		9		10		12	
	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
2.6.1	+ 1	0	+ 16	— 24	— 16	+ 9	— 18	— 2	— 13	— 1	— 28	— 12	13	12	26	30	26	29	23	14	34	18	35	21
2.6.2	+ 5	+ 8	+ 19	— 9	0	+ 45	— 18	— 11	— 3	— 1	— 11	— 18	12	15	45	15	22	51	20	15	40	21	22	28
2.6.3	— 12	— 16	+ 11	— 5	— 16	+ 8	— 4	— 3	+ 29	+ 24	— 15	— 27	21	23	33	27	40	30	15	15	44	33	23	32
2.6.4	0	+ 4	+ 21	+ 10	+ 3	+ 25	— 7	— 6	+ 32	+ 28	— 7	— 9	18	9	28	18	19	35	20	18	44	31	20	21
2.6.5	— 10	— 3	+ 13	+ 2	— 9	+ 21	+ 6	+ 10	+ 9	— 9	+ 5	— 3	19	17	28	24	22	28	18	16	23	23	16	16
2.6.1/2	— 6	— 3	+ 7	— 24	— 5	+ 14	— 26	— 25	— 2	— 13	— 2	— 6	14	8	29	28	9	25	29	28	32	24	20	19
2.6.2/3	+ 12	+ 11	+ 34	— 4	— 1	+ 30	— 6	— 15	+ 25	+ 21	— 14	— 25	17	18	53	24	26	32	13	18	32	31	21	26
2.6.3/4	+ 1	+ 7	+ 17	+ 7	+ 3	+ 35	— 3	— 8	+ 47	+ 18	— 19	— 26	16	14	29	31	22	44	10	12	53	29	21	28
2.6.4/5	+ 3	+ 11	+ 24	+ 19	+ 16	+ 24	+ 3	0	+ 28	+ 23	+ 1	+ 8	17	15	36	28	21	30	19	12	34	24	28	31
Internes	— 5	— 3	+ 15	— 3	— 9	+ 19	— 7	— 1	+ 11	+ 8	— 11	— 13	17	16	32	24	28	34	19	15	37	26	24	24
Comm.	+ 2	+ 7	+ 20	0	+ 4	+ 25	— 8	— 12	+ 24	+ 12	— 8	— 11	16	14	38	28	20	33	19	19	38	27	23	27
Tot.	— 3	— 1	+ 16	— 4	— 6	+ 21	— 7	— 3	+ 14	+ 9	— 11	— 13	17	16	33	25	26	33	19	16	37	26	24	25

[illegible]

Tab. 15g — Coord. X

Compensation "Milano B"

Tests	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values											
	1		5		6		9		10		12		1		5		6		9		10		12	
	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
2.6.1	+ 9	+ 14	— 12	+ 26	+ 11	+ 26	+ 9	+ 10	— 7	+ 13	— 21	— 25	16	21	30	46	37	57	14	21	53	50	31	32
2.6.2	+ 27	+ 31	+ 2	+ 26	+ 39	+ 51	+ 25	+ 5	— 9	+ 38	+ 22	+ 12	29	35	51	47	44	69	25	19	62	46	34	22
2.6.3	+ 19	+ 21	+ 6	+ 22	+ 36	+ 31	+ 20	+ 2	+ 27	+ 20	+ 13	+ 4	28	28	26	33	46	47	28	15	64	41	18	16
2.6.4	+ 20	+ 20	0	+ 10	+ 16	+ 18	+ 16	— 6	— 24	+ 14	+ 1	+ 5	25	25	20	22	22	50	23	16	55	58	11	16
2.6.5	+ 15	+ 12	+ 7	— 11	— 1	+ 7	+ 5	+ 2	— 4	+ 32	— 9	+ 7	24	17	23	35	34	14	15	19	24	41	14	18
2.6.1/2	+ 26	+ 25	— 30	+ 10	+ 16	+ 39	+ 24	+ 2	+ 18	+ 26	+ 11	+ 14	28	26	40	43	26	51	25	18	62	53	17	21
2.6.2/3	+ 30	+ 30	— 1	+ 21	+ 45	+ 51	+ 25	— 1	— 10	+ 31	+ 16	+ 8	33	32	24	36	47	60	28	5	41	46	24	17
2.6.3/4	+ 23	+ 20	+ 13	+ 11	+ 25	+ 18	+ 15	— 7	+ 18	+ 34	+ 3	+ 11	29	24	19	15	27	23	18	15	35	49	9	17
2.6.4/5	+ 14	+ 21	— 24	— 14	— 1	+ 5	+ 14	— 13	— 50	+ 11	— 9	+ 1	18	25	55	40	34	22	17	21	54	58	19	20
Internes	+ 17	+ 18	+ 1	+ 13	+ 18	+ 24	+ 14	+ 2	— 1	+ 23	— 1	0	25	25	26	37	38	45	21	18	52	59	25	22
Comm.	+ 23	+ 23	— 12	+ 6	+ 20	+ 27	+ 19	— 5	— 2	+ 25	+ 4	+ 8	27	27	38	35	34	42	22	16	50	42	18	19
Tot.	+ 18	+ 19	— 2	+ 12	+ 19	+ 25	+ 15	+ 1	— 1	+ 23	+ 1	+ 2	25	26	29	37	37	45	22	17	52	40	22	21

Compensation "Milano B"

Tests Pass./Proc.	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values											
	1		5		6		9		10		12		1		5		6		9		10		12	
	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
2.6.1	+ 26	+ 51	— 44	+ 15	+ 7	+ 38	+ 45	+ 18	+ 1	— 2	— 28	— 25	32	57	64	30	25	47	51	52	27	18	43	44
2.6.2	+ 20	+ 45	— 34	+ 37	+ 13	+ 45	+ 35	+ 7	+ 40	+ 2	— 27	— 22	24	47	39	45	30	52	35	17	53	25	35	30
2.6.3	+ 8	+ 20	— 6	+ 29	+ 26	+ 24	+ 15	— 7	+ 56	— 1	— 17	— 23	20	29	34	44	41	56	25	14	75	34	30	34
2.6.4	+ 10	+ 24	+ 10	+ 25	+ 22	+ 53	+ 12	— 7	+ 19	— 25	— 5	— 3	20	26	20	34	50	58	25	18	30	29	17	15
2.6.5	+ 19	+ 19	+ 15	— 3	— 5	+ 59	+ 25	— 26	+ 15	— 52	— 16	+ 11	52	27	57	27	29	63	34	32	34	59	31	38
2.6.1/2	+ 16	+ 41	— 49	+ 25	+ 6	+ 45	+ 27	+ 12	+ 15	— 17	— 33	— 28	21	43	58	33	15	47	34	27	43	20	38	37
2.6.2/3	+ 22	+ 42	— 7	+ 40	+ 29	+ 41	+ 32	— 2	+ 49	+ 8	— 25	— 31	25	44	35	49	39	44	32	11	62	19	27	33
2.6.3/4	+ 10	+ 34	— 1	+ 36	+ 32	+ 62	+ 11	— 10	+ 30	— 28	— 24	— 28	16	37	51	56	40	70	22	21	39	33	25	29
2.6.4/5	+ 24	+ 36	+ 19	+ 23	+ 36	+ 61	+ 22	— 12	+ 34	— 14	+ 18	+ 20	28	38	57	33	37	62	46	21	38	39	36	37
Internes	+ 17	+ 30	— 10	+ 18	+ 13	+ 43	+ 26	— 4	+ 25	— 18	— 10	— 11	27	39	47	35	31	52	35	25	48	38	32	34
Comm.	+ 18	+ 38	— 9	+ 30	+ 26	+ 52	+ 23	— 3	+ 32	— 13	— 14	— 15	25	40	48	43	34	57	35	21	46	29	32	35
Tot.	+ 17	+ 32	— 10	+ 21	+ 15	+ 45	+ 25	— 4	+ 27	— 17	— 11	— 12	26	39	47	37	32	53	35	24	47	36	32	34

Tab. 16 — Test 15

Compen- sation Coord. Passage Proceeding	Moyennes Averages												Valeurs quadratiques moyennes Mean square values												N. points
	Milano A						Milano B						Milano A						Milano B						
	X		Y		Z		X		Y		I	II	X	Y	Z	I	II	X	Y	Z	I	II			
2.6.3	+ 10	+ 16	+ 5	+ 9	+ 2	+ 8	+ 16	+ 18	- 28	- 45			28	27	22	22	25	24	50	33	41	59	35		
2.6.4	+ 12	+ 14	+ 5	+ 6	+ 1	+ 1	+ 24	+ 19	- 16	- 37			23	19	13	10	23	19	30	23	20	38	20		
2.6.5	+ 2	+ 5	- 8	- 3	- 12	- 7	+ 11	+ 3	+ 12	- 17			15	20	15	22	20	18	20	21	22	32	35		
2.6.3/4	+ 13	+ 18	+ 4	+ 8	+ 4	+ 8	+ 16	+ 17	- 24	- 41			23	22	15	14	17	21	25	22	28	46	12		
2.6.4/5	+ 1	+ 8	- 1	- 2	+ 5	+ 5	+ 14	+ 16	- 5	- 26			8	12	14	14	15	16	18	21	15	29	10		
Internes	+ 7	+ 12	0	+ 4	- 4	+ 1	+ 16	+ 12	- 10	- 31			22	23	18	20	23	21	27	27	31	46	90		
Communs	+ 8	+ 13	+ 2	+ 4	+ 4	+ 7	+ 15	+ 17	- 15	- 34			18	18	15	14	16	19	22	22	23	39	22		
Tot.	+ 7	+ 12	0	+ 4	- 2	+ 2	+ 16	+ 13	- 11	- 32			22	22	17	19	22	20	26	26	29	44	112		

Tab. 17

Coord.	Comp. Milano A		Comp. Jerie		Comp. Milano B	
	Internes	Comm.	Internes	Comm.	Internes	Comm.
X	23,2	20,2	25,2	25,2	30,9	30,9
Y	20,8	20,0	24,7	25,2	36,9	36,9
Z	36,2	30,7	33,7	27,9		

TAB. 18

Comp.	Coord.	m_0								Poids Weights (Pt)							
		1	5	6	9	10	12	1	5	6	9	10	12	1	5	6	9
Milano A	I	15	29	25	15	37	16	4,5	1,2	1,9	5,9	0,7	3,9	4,5	1,2	1,0	5,9
	II	10	22	23	11	30	13	10,0	2,1	1,9	8,3	1,1	5,8	10,0	1,4	2,3	4,4
	X	18	29	52	16	39	12	3,1	1,2	1,0	3,9	0,7	6,9	10,0	1,4	2,3	4,4
	Y	17	27	21	15	24	10	3,5	1,2	1,0	4,4	1,7	10,0	10,0	1,4	2,3	4,4
Milano B	Z	31	62	33	26	32	19	1,0	0,5	0,9	1,5	1,0	2,5	2,8	1,0	0,7	2,5
	XY	29	43	34	28	55	26	1,2	0,5	0,7	1,3	0,7	1,7	1,5	0,8	1,3	1,3
		25	56	59	28	57											

TAB. 19

Comp.	Coord.	1								9							
		I	II	III	IV	5	6	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Milano A	X	18	14	27	25	25	23	16	17	16	17	40	27	19	17	19	16
	σ	18	12	55	26	28	28	16	13	16	13	45	36	19	16	19	16
	m	14	17	25	26	26	20	19	18	19	18	31	18	17	17	17	17
	Y	22	20	35	32	38	25	19	18	19	18	47	29	14	12	14	12
Milano B	Z	24	23	39	40	37	38	28	30	28	30	46	42	29	25	29	25
	σ	37	34	74	37	40	40	31	24	31	24	58	47	24	25	24	25
	m	18	17	29	35	32	37	16	17	16	17	52	52	21	21	21	21
	XY	19	22	46	31	28	28	25	24	25	24	39	32	30	32	30	32
		35	30	52	43	41	47	34	34	34	34	66	44	29	31	29	31

Tab. 20a — Coord. X

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	<i>M</i>		v.q.m.		σ		<i>M</i>	v.q.m.	σ	<i>t</i>	<i>M</i>		v.q.m.	
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.
11969	+ 5	+ 6	7	8	5	3,3	— 1	8	8	0,4	+ 8	+ 4	22	30
11966	— 1	0	5	5	5	0,4	+ 17	34	29	1,9	+ 23	+ 16	38	50
11962	+ 3	+ 7	9	11	8	1,3	+ 12	22	18	2,2	+ 18	+ 16	31	38
11961	+ 6	+ 9	14	18	13	1,5	+ 14	25	20	2,3	+ 22	+ 21	34	40
11960	+ 1	+ 8	14	18	14	0,2	+ 9	16	13	2,2	+ 15	+ 17	29	35
11959	+ 8	+ 17	21	31	28	1,3	+ 15	21	15	3,3	+ 22	+ 25	37	42
11958	+ 9	+ 16	21	29	19	1,5	+ 10	23	21	1,5	+ 17	+ 18	36	42
11957	+ 12	+ 16	17	21	13	3,0	+ 3	12	11	0,9	+ 15	+ 15	29	32
11952	+ 12	+ 19	23	28	19	2,0	+ 10	21	18	1,9	+ 20	+ 23	35	38
11950	+ 17	+ 22	25	31	18	3,1	+ 22	31	22	3,3	+ 31	+ 35	41	44
11949	+ 10	+ 16	21	27	18	1,8	+ 17	25	18	3,1	+ 25	+ 28	37	41
11948	+ 4	+ 11	19	24	19	0,6	+ 13	21	16	2,6	+ 20	+ 23	34	38
11942	— 25	— 25	28	29	13	6,3	— 25	31	18	4,5	— 14	— 12	23	21
11941	— 11	— 5	23	23	20	1,8	— 9	18	16	1,8	+ 1	+ 6	28	27
11940	— 2	— 2	24	31	24	0,2	— 17	34	29	1,9	0	+ 1	35	39
11935	— 24	— 22	37	37	28	2,8	— 24	33	23	3,4	— 22	— 16	38	34
11934	— 25	— 22	38	39	29	2,8	— 24	34	24	3,3	— 21	— 15	39	35
11933	— 17	— 15	28	29	22	2,5	— 13	23	19	2,2	— 11	— 6	28	26
11932	— 19	— 18	26	33	18	3,4	— 8	26	25	1,0	— 11	— 7	25	29
11872	— 23	— 23	31	36	21	3,6	— 18	32	27	2,2	— 21	— 16	33	36
11871	— 10	— 12	16	18	12	2,7	— 6	9	7	2,8	— 10	— 9	16	18
11868	— 6	— 12	12	16	10	2,0	+ 3	19	18	0,5	0	— 1	17	17
11821	— 3	— 11	15	26	14	0,7	+ 8	30	21	1,2	+ 1	— 3	17	19
11820	— 16	— 31	32	46	27	1,9	— 25	41	33	2,5	— 27	— 31	34	39
11814	+ 2	— 2	21	21	21	0,3	+ 3	30	30	0,3	— 5	— 1	32	36
11777	0	0	4	5	4	0,0	0	25	25	0,0	— 12	— 6	30	43
11776	+ 7	+ 8	10	11	7	3,3	+ 6	11	10	1,9	— 3	— 1	23	30
22965	+ 1	+ 2	12	14	12	0,2	+ 16	28	22	2,4	+ 27	+ 23	40	46
22947	+ 17	+ 21	23	27	15	3,7	+ 31	37	21	4,8	+ 42	+ 37	51	57
22930	+ 2	+ 3	13	21	13	0,5	+ 21	31	22	3,2	+ 24	+ 23	33	35
22929	+ 1	+ 3	13	23	13	0,2	+ 20	31	24	2,7	+ 25	+ 24	34	38
22876	— 10	— 8	12	13	7	4,7	+ 1	20	20	0,1	+ 12	+ 13	22	24
22864	— 12	— 12	13	14	6	6,6	+ 2	23	23	0,2	+ 7	+ 9	18	22
22862	— 26	— 26	27	28	7	2,2	— 11	25	23	1,5	— 5	— 5	17	20
22813	+ 15	+ 9	22	22	16	3,2	— 1	27	27	0,1	+ 29	+ 30	50	58
22812	+ 9	+ 9	18	20	15	1,9	0	21	21	0,0	+ 28	+ 30	47	54
22782	+ 8	+ 12	23	27	22	1,2	+ 10	23	21	1,5	+ 24	+ 25	35	37
22781	— 2	+ 5	19	24	19	0,4	— 4	23	23	0,6	+ 17	+ 20	36	40
22415	+ 2	+ 2	9	9	9	0,7	+ 12	32	29	1,3	+ 28	+ 23	40	45
22323	0	+ 1	5	6	5	0,0	+ 16	27	22	2,4	+ 27	+ 25	35	38
22318	+ 1	+ 3	9	9	9	0,4	+ 14	26	22	2,1	+ 29	+ 25	38	41
22252	0	+ 5	18	26	18	0,0	+ 20	27	18	3,6	+ 29	+ 27	38	44
22107	0	+ 3	17	29	17	0,0	+ 18	28	22	2,7	+ 25	+ 27	37	43
22102	— 1	— 3	15	30	15	0,2	+ 15	26	22	2,2	+ 21	+ 20	33	39

TAB. 20a — Coord. X

(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	M		v.q.m.		σ		M	v.q.m.	σ	t	M		v.q.m.	
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.
33881	+ 2	0	8	10	8	0,8	— 12	20	16	2,4	+ 13	+ 14	17	20
33880	— 1	— 2	8	10	8	0,4	— 4	17	17	0,7	+ 15	+ 18	21	25
33844	+ 2	+ 9	14	20	14	0,4	— 11	23	21	1,6	+ 16	+ 23	29	37
33843	+ 12	+ 24	21	34	17	2,3	— 12	20	16	2,4	+ 25	+ 34	34	45
33825	+ 18	+ 28	24	37	16	3,7	— 4	15	14	0,9	+ 30	+ 39	38	50
33824	+ 3	+ 15	18	31	17	0,5	— 8	33	32	0,8	+ 22	+ 30	34	45
33823	— 8	+ 1	21	28	20	1,2	— 14	27	23	2,0	+ 11	+ 18	30	37
33808	— 3	+ 4	29	44	29	0,4	— 17	30	25	2,2	+ 9	+ 14	36	45
33807	+ 7	+ 12	20	29	19	1,2	— 10	19	17	1,9	+ 13	+ 16	26	33
33786	+ 26	+ 34	32	39	19	4,5	+ 2	22	22	0,3	+ 24	+ 29	34	37
33785	+ 14	+ 24	23	33	19	2,4	— 4	27	27	0,4	+ 14	+ 18	24	28
33784	+ 35	+ 41	39	46	17	6,9	+ 14	29	26	1,7	+ 38	+ 40	42	45
33767	+ 1	— 1	5	6	5	0,6	+ 1	10	10	0,3	— 5	— 10	16	21
33766	— 1	— 4	15	23	15	0,2	— 17	40	36	1,5	— 15	— 20	24	30
33572	— 4	+ 11	23	41	23	0,5	+ 9	35	34	0,8	0	+ 11	32	46
33528	+ 16	+ 15	17	16	6	8,8	+ 5	23	23	0,7	+ 21	+ 22	25	26
33518	+ 7	+ 16	18	33	17	1,3	+ 16	40	36	1,4	+ 22	+ 28	35	42
33510	+ 11	+ 14	13	17	7	5,1	+ 7	27	26	0,8	+ 20	+ 22	26	29
33502	+ 6	+ 18	20	39	19	1,0	+ 7	28	27	0,8	+ 14	+ 23	30	43
33495	— 9	+ 2	23	30	21	1,4	+ 25	55	49	1,6	+ 21	+ 25	46	49
33477	+ 9	+ 9	13	14	9	3,3	+ 5	31	31	0,5	+ 22	+ 22	28	29
33446	+ 21	+ 17	24	23	12	5,7	+ 10	33	32	1,0	+ 30	+ 28	35	35
33351	+ 9	+ 2	15	19	12	2,4	+ 6	28	27	0,7	+ 25	+ 20	31	32
33266	+ 14	+ 5	23	25	18	2,5	+ 5	24	24	0,6	+ 22	+ 18	26	25
33244	+ 5	— 5	16	24	23	0,7	+ 2	22	22	0,3	+ 20	+ 14	28	29
33207	+ 11	— 3	36	37	34	1,0	— 7	17	16	1,4	+ 17	+ 10	36	35
33201	— 5	— 15	17	29	16	1,0	— 3	17	17	0,5	+ 9	+ 4	20	24
33130	+ 4	— 3	22	32	22	0,6	— 4	22	22	0,6	+ 15	+ 12	23	25
33125	+ 7	— 2	19	29	18	1,2	+ 2	19	19	0,3	+ 20	+ 15	28	30
33034	+ 3	— 4	13	16	13	0,7	— 3	23	23	0,4	+ 17	+ 16	23	25
44885	— 14	— 13	19	19	13	3,5	— 18	34	29	2,0	— 5	— 6	17	20
44884	— 2	— 5	14	17	14	0,4	— 7	25	24	0,9	+ 7	+ 4	19	22
44859	— 4	— 9	12	18	12	1,1	— 12	29	27	1,4	+ 4	0	18	21
44857	— 11	— 14	14	19	8	4,5	— 20	36	30	2,2	— 3	— 6	18	22
44842	+ 6	+ 6	12	15	11	1,8	— 5	23	23	0,7	+ 13	+ 13	19	19
44841	+ 5	+ 8	13	18	12	1,3	— 6	21	20	0,9	+ 13	+ 15	19	20
44830	+ 12	+ 17	19	25	14	2,8	+ 8	18	16	1,6	+ 19	+ 20	22	23
44829	+ 8	+ 13	20	25	19	1,3	+ 6	15	14	1,4	+ 14	+ 16	18	19
44828	+ 19	+ 17	24	29	15	4,1	+ 6	18	17	1,1	+ 22	+ 21	26	25
44803	+ 5	+ 9	22	22	21	0,7	— 9	15	12	2,4	+ 7	+ 9	22	25

TAB. 20a — Coord. X

(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	<i>M</i>		v.q.m.		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	v.q.m.	σ	<i>t</i>	<i>M</i>		v.q.m.	
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.
44802	+ 1	+ 6	25	24	24	0,1	— 9	16	15	2,2	+ 3	+ 4	22	26
44789	+ 17	+ 26	26	35	20	2,8	+ 3	24	24	0,4	+ 13	+ 19	41	52
44541	+ 10	+ 5	14	18	10	3,3	— 5	22	21	0,7	+ 1	— 4	19	26
44462	+ 3	0	10	15	9	1,1	— 8	25	24	1,1	— 7	— 12	28	37
44457	+ 12	+ 7	17	23	12	3,3	— 7	29	28	0,8	+ 5	— 2	22	32
44287	+ 16	+ 12	24	27	18	2,9	— 9	29	27	1,1	+ 14	+ 9	26	32
44284	+ 18	+ 15	26	27	19	3,1	— 3	27	27	0,3	+ 17	+ 11	27	31
44274	+ 17	+ 14	27	27	21	2,6	— 10	27	25	1,3	+ 18	+ 15	28	30
44166	+ 18	+ 15	29	29	22	2,7	— 6	28	28	0,7	+ 18	+ 12	29	34
44144	+ 4	+ 8	28	25	28	0,4	— 9	23	22	1,3	+ 12	+ 12	27	25
44060	+ 3	+ 3	15	15	14	0,7	— 12	22	18	2,2	+ 12	+ 10	19	21
55928	+ 12	+ 16	21	25	17	2,3	+ 3	18	18	0,5	+ 5	+ 9	21	22
55920	— 2	— 2	5	7	5	1,3	0	9	9	0,0	+ 2	+ 4	14	16
55916	— 17	— 17	20	21	10	5,6	— 27	33	18	4,9	— 13	— 13	21	23
55911	— 4	— 8	23	26	22	0,6	— 2	18	18	0,3	+ 5	+ 4	18	20
55909	— 9	— 9	16	15	13	2,2	— 24	31	20	3,9	— 7	— 8	20	22
55906	— 8	— 10	21	20	19	1,3	— 25	34	23	3,5	— 2	— 4	19	20
55905	— 1	— 1	24	23	24	0,1	+ 7	19	18	1,2	+ 12	+ 12	22	25
55900	— 2	— 2	24	21	24	0,2	— 18	32	27	2,2	+ 7	+ 4	21	22
55899	+ 2	+ 4	20	21	20	0,3	— 15	32	28	1,7	+ 10	+ 9	23	25
55898	— 1	— 1	14	17	14	0,2	— 6	14	12	1,6	+ 13	+ 12	20	23
55895	— 12	— 14	23	24	20	1,9	— 14	20	14	3,3	+ 4	+ 4	19	22
55890	+ 2	+ 1	14	19	14	0,4	— 1	7	7	0,4	+ 19	+ 20	27	28
55889	+ 10	+ 14	15	19	11	3,0	+ 7	15	14	1,6	+ 22	+ 24	25	27
55855	— 18	— 13	24	18	15	3,9	— 22	27	16	4,5	— 7	— 5	17	15
55850	+ 5	+ 4	11	14	10	1,6	— 3	17	17	0,5	+ 22	+ 24	30	32
55849	— 7	— 7	10	9	7	3,3	— 8	21	20	1,3	+ 5	+ 6	16	17
55848	0	— 1	7	11	7	0,0	— 9	16	13	2,2	+ 7	+ 7	17	16
55839	+ 5	+ 5	11	14	10	1,6	+ 4	19	18	0,7	+ 11	+ 11	25	26
55838	+ 1	— 1	14	19	14	0,2	— 8	22	21	1,2	+ 8	+ 8	27	29
55837	0	— 4	15	20	15	0,0	— 12	25	21	1,8	+ 11	+ 11	26	27
55836	— 4	— 8	15	21	14	0,9	— 18	29	22	2,7	+ 7	+ 7	24	26
55835	+ 1	— 3	15	20	15	0,2	— 12	27	25	1,5	+ 14	+ 14	30	32
55832	— 4	— 9	21	28	21	0,6	— 20	36	29	2,2	+ 2	+ 2	32	34
55831	— 8	— 11	18	24	16	1,6	— 16	29	25	2,1	— 4	— 6	28	32
55801	— 7	— 8	19	20	17	1,3	— 9	43	42	0,7	— 5	— 6	22	25
55800	— 11	— 10	24	31	21	1,7	— 24	36	26	3,0	— 3	+ 1	32	36
55796	— 5	— 5	14	20	13	1,2	— 15	23	18	2,7	+ 2	+ 5	19	24
55795	+ 10	+ 9	15	17	12	2,7	+ 3	16	16	0,6	+ 14	+ 15	23	25
55794	+ 1	+ 1	12	16	12	0,2	— 7	17	16	1,4	+ 5	+ 6	19	22

Tab. 20a — Coord. X
(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	M		v.q.m.		σ		M	v.q.m.	σ	t	M		v.q.m.	
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.
55793	— 6	— 6	12	13	10	1,9	— 11	16	11	3,3	— 6	— 7	17	21
55761	0	— 3	9	11	9	0,0	— 5	18	18	0,9	0	— 1	17	18
55760	— 3	— 2	7	9	7	1,4	0	11	11	0,0	— 2	— 2	18	19
12964	+ 6	+ 15	15	23	13	1,5	+ 27	33	19	4,6	+ 31	+ 30	44	51
12963	0	+ 7	11	18	11	0,0	+ 20	27	18	3,6	+ 24	+ 21	37	45
12931	— 2	— 1	12	13	12	0,5	+ 14	21	15	3,0	+ 17	+ 16	18	18
12874	0	— 1	4	5	4	0,0	+ 14	25	21	2,2	+ 15	+ 16	21	24
12873	— 3	— 2	7	11	6	1,6	+ 10	19	17	1,9	+ 11	+ 12	17	20
12866	+ 9	+ 2	19	21	17	1,7	+ 20	34	27	2,4	+ 21	+ 18	32	34
12865	+ 2	— 4	16	18	16	0,4	+ 10	23	21	1,5	+ 17	+ 13	27	27
12822	— 1	— 12	23	29	23	0,1	+ 4	25	24	0,5	+ 7	+ 1	29	32
12779	0	0	3	3	3	0,0	— 3	34	34	0,2	+ 2	+ 8	31	49
23877	— 16	— 17	19	23	10	5,2	— 7	20	19	1,2	+ 6	+ 6	22	25
23861	+ 1	+ 3	5	7	4	0,8	+ 7	18	16	1,4	+ 24	+ 26	29	32
23810	+ 21	+ 23	32	40	25	2,7	+ 25	30	16	5,1	+ 35	+ 35	44	45
23783	+ 8	+ 15	23	30	22	1,2	+ 6	19	18	1,1	+ 20	+ 23	32	36
23410	0	— 2	3	4	3	0,0	+ 16	37	34	1,5	+ 27	+ 24	40	43
23347	— 4	— 7	10	16	9	1,4	+ 9	28	27	1,1	+ 20	+ 17	28	30
23195	— 4	— 9	14	27	13	1,0	+ 5	18	18	0,9	+ 20	+ 17	29	35
23012	— 6	— 10	13	25	12	1,6	+ 5	16	15	1,1	+ 17	+ 15	29	34
34860	— 2	— 4	8	10	7	0,9	— 19	23	14	4,4	+ 6	+ 6	12	13
34827	+ 15	+ 20	20	26	13	3,8	— 8	19	17	1,5	+ 21	+ 26	27	31
34806	+ 8	+ 15	18	27	17	1,5	— 8	30	29	0,9	+ 13	+ 18	27	34
34804	+ 17	+ 22	22	27	14	4,0	+ 3	12	12	0,8	+ 18	+ 21	26	30
34568	0	+ 2	4	6	4	0,0	+ 3	8	7	1,4	— 5	— 3	11	13
34135	+ 10	+ 8	24	25	21	1,5	— 5	18	18	0,9	+ 19	+ 18	25	25
34087	+ 11	+ 10	27	28	24	1,5	— 5	21	21	0,7	+ 21	+ 21	28	27
34084	+ 8	+ 6	20	24	19	1,3	— 11	21	18	2,0	+ 16	+ 15	21	21
45888	— 4	— 1	12	12	12	1,1	— 22	29	19	3,8	+ 3	+ 3	12	13
45856	— 12	— 8	16	13	10	3,9	— 23	32	22	3,4	— 5	— 5	17	16
45847	+ 2	+ 4	7	9	6	1,1	— 12	26	23	1,7	+ 7	+ 7	19	18
45791	+ 13	+ 13	24	21	20	2,1	+ 7	18	16	1,4	+ 9	+ 6	32	37
45763	0	— 1	4	5	4	0,0	— 3	18	18	0,5	— 13	— 18	43	51
45548	0	— 1	3	4	3	0,0	— 11	22	19	1,9	— 8	— 11	28	29
45368	— 2	— 21	34	53	33	0,2	— 39	69	57	2,2	— 13	— 29	44	62
45163	+ 8	+ 9	18	17	16	1,6	— 13	25	22	1,9	+ 7	+ 3	21	25
45073	+ 7	+ 11	19	19	18	1,2	— 12	19	14	2,8	+ 13	+ 11	20	19
45063	+ 6	+ 10	19	19	18	1,1	— 10	20	17	1,9	+ 14	+ 12	19	19

Tab. 20b — Coord. Y

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	<i>M</i>		v.q.m.		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	v.q.m.	σ	<i>t</i>	<i>M</i>		v.q.m.	
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.
11969	— 1	— 6	8	12	8	0,4	— 6	10	9	2,2	+ 9	0	36	37
11966	— 1	+ 2	9	15	8	0,4	— 6	32	51	0,6	+ 6	+ 6	30	38
11962	+ 3	— 2	12	17	12	0,8	— 5	25	25	0,6	+ 13	+ 5	37	41
11961	+ 1	— 4	11	13	11	0,3	— 6	19	18	1,1	+ 13	+ 7	32	35
11960	— 1	— 6	10	13	10	0,5	— 6	19	18	1,1	+ 11	+ 4	32	33
11959	— 6	— 12	15	18	12	1,6	— 12	26	23	1,7	+ 6	— 2	30	33
11958	— 2	— 9	10	14	9	0,6	— 5	14	13	1,2	+ 10	+ 1	34	35
11957	— 4	— 10	16	19	15	0,8	— 5	20	20	0,8	+ 10	+ 1	34	36
11952	— 10	— 17	23	29	21	1,5	— 13	28	25	1,7	+ 5	— 3	31	35
11950	— 7	— 11	19	25	18	1,2	— 12	27	24	1,6	+ 9	+ 4	29	30
11949	— 1	— 7	14	19	14	0,2	— 8	24	23	1,1	+ 13	+ 7	32	33
11948	+ 1	— 5	15	19	14	0,2	— 7	23	22	1,0	+ 14	+ 7	33	34
11942	— 15	— 14	19	21	12	4,1	— 21	32	25	2,7	+ 7	+ 5	32	31
11941	0	+ 2	16	23	16	0,0	+ 1	24	24	0,1	+ 20	+ 19	34	35
11940	+ 2	0	27	31	27	0,2	— 2	25	25	0,2	+ 22	+ 17	35	36
11935	— 15	— 5	27	26	23	2,1	— 11	27	25	1,4	+ 17	+ 16	50	46
11934	— 14	— 6	25	25	20	2,3	— 10	29	27	1,2	+ 16	+ 15	46	41
11933	+ 1	+ 6	12	17	12	0,2	+ 4	22	22	0,6	+ 28	+ 26	47	45
11932	— 28	— 21	33	27	17	5,4	— 22	32	23	3,1	0	— 1	48	43
11872	— 2	+ 8	16	18	16	0,4	+ 2	14	14	0,4	+ 30	+ 30	59	54
11871	+ 5	+ 15	19	29	18	0,9	+ 8	11	7	3,7	+ 38	+ 39	63	60
11868	— 2	— 4	8	10	7	0,9	— 4	16	15	0,8	+ 18	+ 16	39	36
11821	— 22	— 11	34	28	26	2,7	— 9	18	16	1,8	+ 2	+ 8	52	46
11820	— 43	— 22	61	43	43	3,3	— 18	37	32	1,8	— 17	— 5	70	59
11814	— 20	— 12	27	24	19	3,4	— 9	31	30	0,9	— 10	+ 1	48	45
11777	— 14	— 18	20	25	14	3,3	— 15	36	33	1,5	— 14	— 6	41	41
11776	— 2	— 8	11	17	11	0,6	+ 4	10	9	1,4	+ 10	+ 11	53	56
22965	0	— 2	7	10	7	0,0	+ 5	36	36	0,4	+ 14	+ 12	28	28
22947	— 16	— 14	22	28	15	3,5	— 10	26	24	1,3	— 1	+ 1	31	35
22930	+ 3	+ 2	11	17	10	0,9	+ 9	22	20	1,4	+ 18	+ 18	36	35
22929	+ 2	+ 1	10	16	10	0,6	+ 7	19	18	1,2	+ 17	+ 18	38	36
22876	+ 9	+ 5	15	12	12	2,4	+ 12	24	21	1,8	+ 18	+ 20	36	37
22864	+ 9	+ 11	11	13	6	4,9	+ 14	25	21	2,2	+ 23	+ 27	40	42
22862	+ 8	+ 5	12	13	9	2,9	+ 11	27	25	1,4	+ 16	+ 21	34	40
22813	— 4	— 5	16	19	15	0,8	+ 2	23	23	0,2	+ 8	+ 7	44	52
22812	— 13	— 10	19	17	14	3,0	— 11	20	17	2,1	+ 1	+ 2	34	39
22782	+ 3	+ 11	19	24	19	0,5	— 12	37	35	1,1	+ 13	+ 19	38	39
22781	+ 5	+ 9	14	16	13	1,2	— 16	34	30	1,6	+ 14	+ 18	31	36
22415	+ 2	0	12	18	12	0,5	+ 2	27	27	0,2	+ 15	+ 14	28	34
22323	— 13	— 11	16	18	9	4,7	— 7	27	26	0,8	+ 1	+ 3	20	20
22318	— 8	— 9	10	13	6	4,4	— 11	27	24	1,5	+ 7	+ 6	26	26
22252	0	— 1	10	13	10	0,0	+ 5	26	25	0,6	+ 13	+ 14	29	29
22107	— 13	— 7	28	33	25	1,7	— 1	38	38	0,0	+ 3	+ 9	49	48
22102	— 2	+ 3	19	21	19	0,3	+ 9	32	31	0,9	+ 13	+ 18	47	45

TAB. 20b — Coord. Y

(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	<i>M</i>		<i>v.q.m.</i>		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	<i>v.q.m.</i>	σ	<i>t</i>	<i>M</i>		<i>v.q.m.</i>	
	<i>a. p.</i>	<i>s. p.</i>	<i>a. p.</i>	<i>s. p.</i>	<i>a. p.</i>	<i>a. p.</i>					<i>a. p.</i>	<i>s. p.</i>	<i>a. p.</i>	<i>s. p.</i>
33881	+ 7	+ 15	23	40	22	1,0	+ 3	33	33	0,3	+ 11	+ 16	52	54
33880	— 11	— 14	13	17	8	4,5	— 19	54	28	2,2	— 13	— 11	34	32
33844	— 8	— 9	17	21	15	1,7	— 10	29	27	1,2	— 11	— 5	30	29
33843	— 6	— 7	17	23	15	1,3	— 6	34	34	0,5	— 7	— 1	32	34
33825	— 9	— 9	15	20	12	2,4	— 1	30	30	0,1	— 9	— 3	33	35
33824	— 28	— 28	37	40	23	4,0	— 25	42	34	2,4	— 28	— 22	48	49
33823	— 34	— 34	36	38	13	8,6	— 38	51	34	3,0	— 35	— 30	48	46
33808	+ 10	+ 14	36	48	34	0,9	+ 14	47	45	1,0	+ 13	+ 23	53	62
33807	+ 23	+ 25	28	34	17	4,4	+ 34	51	38	2,9	+ 28	+ 38	43	53
33786	— 6	— 12	17	23	16	1,2	+ 19	36	31	2,0	+ 3	+ 8	30	33
33785	— 5	— 6	20	24	20	0,6	+ 9	27	26	1,1	+ 9	+ 17	27	34
33784	— 2	+ 2	19	28	18	0,3	— 4	29	29	0,4	+ 10	+ 18	32	45
33767	0	+ 5	11	15	11	0,0	— 5	13	12	1,3	+ 18	+ 26	34	41
33766	+ 2	— 5	16	20	16	0,4	+ 1	16	16	0,2	+ 21	+ 27	27	32
33572	— 7	— 8	19	22	18	1,2	— 17	27	21	2,6	+ 1	— 1	16	16
33528	+ 3	+ 5	9	13	9	1,1	— 1	10	10	0,3	+ 9	+ 12	25	25
33518	— 13	— 10	24	26	20	2,1	— 11	26	23	1,5	+ 6	+ 14	24	40
33510	+ 2	+ 4	12	13	12	0,5	— 1	17	17	0,1	+ 15	+ 18	22	28
33502	— 7	— 6	19	20	17	1,3	— 13	28	25	1,7	+ 9	+ 12	21	30
33495	— 10	— 5	28	36	27	1,2	+ 4	27	27	0,4	+ 15	+ 30	41	72
33477	+ 3	+ 4	14	15	14	0,7	+ 3	17	17	0,5	+ 17	+ 22	25	33
33446	+ 7	+ 7	11	11	8	2,8	+ 3	16	16	0,6	+ 16	+ 18	24	25
33351	0	+ 3	13	16	13	0,0	+ 2	23	23	0,2	+ 10	+ 17	25	30
33266	+ 7	+ 6	10	10	7	3,3	0	17	17	0,0	+ 9	+ 11	22	23
33244	+ 2	+ 3	11	13	10	0,6	— 1	23	23	0,1	+ 9	+ 14	26	27
33207	— 1	+ 4	12	15	12	0,2	— 4	22	22	0,6	+ 3	+ 6	27	25
33201	+ 1	+ 1	12	14	12	0,2	— 6	23	23	0,8	+ 6	+ 9	23	22
33130	+ 11	+ 13	13	17	8	4,5	+ 6	27	26	0,7	+ 9	+ 13	27	29
33125	+ 10	+ 10	12	12	6	5,5	+ 6	20	19	1,0	+ 11	+ 14	28	27
33034	0	— 4	8	12	8	0,0	— 3	19	19	0,5	— 1	0	31	28
44885	— 13	— 11	16	15	9	4,7	— 2	18	18	0,3	+ 10	+ 12	27	30
44884	0	+ 6	12	15	12	0,0	+ 4	25	25	0,5	+ 16	+ 21	32	35
44859	— 9	— 9	14	15	10	2,9	— 6	22	21	0,9	+ 4	+ 7	21	23
44857	— 13	— 10	16	15	9	4,7	+ 3	23	23	0,4	+ 11	+ 14	27	31
44842	— 24	— 31	30	36	17	4,6	— 11	29	27	1,3	— 10	— 9	17	18
44841	— 7	— 10	12	13	10	2,9	+ 13	31	29	1,4	+ 13	+ 16	23	27
44830	+ 1	— 2	13	14	13	0,2	+ 23	38	30	2,5	+ 21	+ 24	29	33
44829	0	— 6	12	14	12	0,0	+ 16	31	27	1,9	+ 19	+ 20	29	33
44828	0	— 6	11	13	11	0,0	+ 15	31	27	1,8	+ 18	+ 20	30	34
44803	— 3	— 8	12	15	11	0,9	+ 7	31	30	0,7	+ 13	+ 19	35	40

Tab. 20b — Coord. Y
(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B					
	M		v.q.m.		σ		M	v q.m.	σ	t	M		v.q.m.		a. p.	s. p.
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.		
44802	— 6	— 12	13	18	12	1,6	+ 9	25	24	1,2	+ 10	+ 13	29	33		
44789	— 15	— 24	23	28	18	2,7	— 12	31	28	1,4	— 4	+ 5	40	41		
44541	+ 4	+ 4	5	7	3	4,4	+ 15	18	11	4,5	— 6	— 6	15	15		
44462	+ 1	0	10	14	10	0,3	+ 18	30	24	2,4	+ 18	+ 16	28	29		
44457	+ 6	+ 5	9	10	7	2,8	+ 21	27	17	4,0	+ 11	+ 9	18	18		
44287	— 5	— 1	12	15	11	1,5	+ 9	15	12	2,4	— 5	— 3	20	20		
44284	— 2	0	10	14	10	0,6	+ 13	15	7	6,1	+ 7	+ 8	20	21		
44274	+ 3	+ 7	13	16	13	0,7	+ 13	23	19	2,2	— 2	0	20	19		
44166	— 2	— 3	13	21	13	0,5	+ 9	16	13	2,1	+ 12	+ 12	21	23		
44144	+ 2	+ 8	12	16	12	0,5	+ 5	12	10	1,6	+ 16	+ 18	27	29		
44060	0	+ 2	10	13	10	0,0	+ 7	19	17	1,3	+ 22	+ 23	32	35		
55928	— 16	— 16	22	24	15	3,5	— 7	17	15	1,5	— 3	— 7	30	30		
55920	+ 4	+ 5	8	10	7	1,8	+ 2	9	8	0,8	+ 13	+ 7	41	41		
55916	+ 1	— 3	12	14	12	0,2	+ 8	15	13	2,0	+ 19	+ 14	33	31		
55911	— 6	— 10	15	19	14	1,4	— 13	25	21	2,0	+ 7	0	35	37		
55909	+ 1	— 1	11	12	11	0,3	+ 15	17	8	6,1	+ 24	+ 20	34	32		
55906	+ 5	+ 6	20	28	19	0,8	+ 19	26	17	3,6	+ 32	+ 29	43	41		
55905	+ 14	+ 11	28	29	25	1,8	+ 13	26	22	1,9	+ 28	+ 25	41	40		
55900	— 6	— 6	16	20	15	1,3	+ 1	16	16	0,2	+ 22	+ 21	31	31		
55899	— 6	— 7	19	23	18	1,1	— 4	17	17	0,7	+ 22	+ 22	34	36		
55898	— 5	— 11	22	24	21	0,7	— 14	19	13	3,5	+ 15	+ 13	37	40		
55895	+ 17	+ 19	43	48	40	1,4	+ 7	21	20	1,1	+ 30	+ 34	51	58		
55890	+ 19	+ 16	30	32	23	2,7	+ 8	12	8	3,3	+ 28	+ 27	50	54		
55889	— 2	— 9	17	20	17	0,3	— 3	16	16	0,6	+ 21	+ 19	38	39		
55855	+ 13	+ 13	18	19	12	3,5	+ 14	21	15	3,0	+ 40	+ 41	48	51		
55850	— 10	— 12	17	22	14	2,3	— 24	28	15	5,2	— 5	— 6	40	45		
55849	+ 12	+ 13	16	18	11	3,6	+ 8	17	15	1,7	+ 32	+ 34	44	48		
55848	+ 1	+ 4	10	10	10	0,3	+ 7	15	13	1,7	+ 25	+ 28	39	43		
55839	— 4	+ 1	14	16	14	0,9	+ 7	17	15	1,5	+ 19	+ 22	38	43		
55838	+ 5	+ 10	12	15	11	1,5	+ 19	26	18	3,4	+ 23	+ 26	37	41		
55837	— 26	— 23	29	26	13	6,6	— 15	25	19	2,6	— 15	— 14	36	39		
55836	— 23	— 20	25	23	9	8,4	— 13	20	15	2,8	— 11	— 11	34	38		
55835	— 21	— 17	27	24	17	4,0	— 14	27	23	2,0	— 17	— 16	41	44		
55832	— 18	— 13	23	19	14	4,2	— 2	28	28	0,2	— 9	— 9	32	36		
55831	— 5	— 3	15	16	14	1,1	+ 6	19	18	1,1	+ 11	+ 13	34	37		
55801	— 8	— 1	19	18	17	1,5	+ 4	21	21	0,6	+ 6	+ 9	29	30		
55800	— 23	— 15	29	25	17	4,4	+ 1	32	32	0,1	— 23	— 21	40	45		
55796	+ 4	+ 16	24	26	24	0,5	+ 13	31	28	1,5	0	0	30	31		
55795	+ 1	+ 9	19	18	19	0,1	+ 14	23	18	2,5	— 9	— 11	28	33		
55794	— 5	+ 2	16	13	15	1,1	+ 12	24	21	1,8	— 5	— 5	26	29		

Tab. 20b — Coord. Y
(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie				Comp. Milano B			
	M		v.q.m.		σ		M	v q.m.	σ	t	M		v.q.m.	
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.					a. p.	s. p.	a. p.	s. p.
55793	— 5	+ 2	14	13	13	1,2	+ 12	24	20	1,6	— 2	0	25	27
55761	+ 2	+ 5	8	9	8	0,8	+ 1	13	13	0,2	— 22	— 27	37	48
55760	+ 7	+ 8	11	14	9	2,5	+ 1	10	10	0,3	— 23	— 31	40	53
12964	— 9	— 11	18	27	16	1,8	— 14	29	25	1,8	+ 2	0	30	36
12963	— 7	— 10	21	29	19	1,2	— 15	31	28	1,7	+ 3	0	32	39
12931	— 10	— 9	16	18	12	2,7	— 3	20	19	0,5	+ 7	+ 7	35	33
12874	— 1	— 4	9	15	9	0,3	— 2	14	14	0,4	+ 15	+ 12	33	32
12873	— 14	— 12	21	24	16	2,8	— 11	17	13	2,7	+ 6	+ 4	38	37
12866	+ 2	+ 3	16	22	16	0,4	+ 8	13	11	2,4	+ 19	+ 19	41	39
12865	— 16	— 18	19	24	10	5,2	— 13	21	17	2,5	— 1	— 2	28	28
12822	— 26	— 17	36	27	25	3,4	— 12	19	15	2,6	— 6	— 2	45	41
12779	— 1	+ 1	6	10	6	0,5	— 6	35	34	0,5	0	+ 9	31	43
23877	+ 9	+ 2	15	15	12	2,4	+ 8	27	26	1,0	+ 10	+ 11	34	34
23861	+ 4	+ 1	9	10	8	1,6	+ 6	26	26	0,7	+ 6	+ 9	37	37
23810	+ 8	+ 17	24	36	22	0,0	+ 5	32	31	0,5	+ 16	+ 25	44	48
23783	+ 6	+ 12	15	24	14	1,2	— 3	26	26	0,3	+ 14	+ 22	33	42
23410	0	+ 1	5	6	5	1,4	+ 8	28	27	0,9	+ 16	+ 21	32	40
23347	0	+ 5	18	25	18	0,0	+ 12	31	29	1,3	+ 13	+ 22	30	37
23195	— 3	— 7	13	21	12	0,8	— 7	21	20	1,1	+ 3	+ 5	28	25
23012	+ 12	+ 7	18	24	14	2,8	+ 16	30	25	2,1	+ 16	+ 18	33	32
34860	— 6	— 6	9	12	6	3,3	— 10	27	25	1,3	— 7	— 2	27	27
34827	— 1	— 7	20	28	20	0,1	+ 5	34	34	0,4	0	+ 4	27	31
34806	+ 13	+ 11	18	21	13	3,3	+ 23	43	36	2,1	+ 20	+ 27	46	52
34804	+ 6	+ 1	14	14	13	1,5	+ 15	34	30	1,6	+ 14	+ 21	42	47
34568	0	0	5	7	4	0,0	— 8	9	5	5,2	— 16	— 18	26	26
34135	+ 20	+ 26	26	33	16	4,1	+ 11	22	19	1,6	+ 15	+ 19	37	37
34087	+ 13	+ 21	21	29	16	2,6	+ 6	22	22	0,9	+ 10	+ 14	36	37
34084	+ 18	+ 24	23	33	15	3,9	+ 10	24	22	1,5	+ 12	+ 18	34	39
45888	— 2	— 6	13	19	13	0,5	+ 8	15	12	2,2	+ 27	+ 25	40	41
45856	+ 5	+ 7	14	16	14	1,1	+ 24	30	18	4,4	+ 36	+ 38	48	51
45847	+ 7	+ 9	13	18	11	2,1	+ 25	34	24	3,4	+ 36	+ 39	46	50
45791	— 10	— 7	17	15	14	2,3	+ 15	26	22	2,2	+ 2	+ 8	35	36
45763	— 2	— 3	7	9	7	0,9	— 1	30	30	0,1	— 4	0	47	52
45548	— 1	— 2	5	7	5	0,6	+ 21	24	13	5,3	+ 20	+ 18	31	29
45368	+ 12	+ 13	17	20	11	3,6	+ 25	36	26	3,1	+ 37	+ 37	42	43
45163	— 7	— 8	18	21	16	1,4	+ 14	18	11	4,2	+ 20	+ 18	29	29
45073	— 9	— 5	17	23	14	2,1	+ 9	21	19	1,5	+ 22	+ 24	34	38
45063	— 16	— 17	20	23	12	4,4	— 8	13	10	2,6	+ 14	+ 14	29	30

ТАБ. 20с — Coord. Z

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie			
	<i>M</i>		v. q. m.		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	v. q. m.	σ	<i>t</i>
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.				
11969	+ 3	+ 3	6	6	5	1,9	— 4	6	5	2,6
11966	— 2	— 5	9	10	9	0,7	— 6	9	7	2,8
11962	+ 7	+ 7	23	26	22	1,0	— 3	30	29	0,3
11961	+ 17	+ 21	32	34	27	2,0	+ 17	35	31	1,8
11960	+ 11	+ 15	25	28	23	1,5	+ 14	31	28	1,6
11959	+ 4	+ 8	21	22	20	0,6	+ 12	21	18	2,2
11958	— 2	0	16	18	16	0,4	— 2	19	19	0,3
11957	+ 13	+ 18	27	32	24	1,7	+ 20	33	27	2,4
11952	+ 18	+ 24	46	49	43	1,3	+ 23	45	39	1,9
11950	+ 22	+ 24	45	52	40	1,8	+ 20	55	51	1,2
11949	+ 22	+ 27	41	46	34	2,1	+ 24	45	38	2,0
11948	+ 19	+ 21	37	40	31	2,0	+ 17	44	41	1,3
11942	+ 10	+ 10	38	39	37	0,8	+ 9	46	45	0,6
11941	+ 9	+ 11	36	39	35	0,8	+ 10	42	41	0,8
11940	+ 13	+ 19	51	56	49	0,8	+ 18	56	53	1,1
11935	+ 12	+ 13	42	38	40	0,9	+ 16	41	37	1,4
11934	+ 12	+ 11	41	39	39	1,0	+ 13	40	38	1,4
11933	+ 12	+ 12	37	36	35	1,1	+ 13	37	34	1,2
11932	+ 7	+ 10	25	26	24	0,9	+ 11	28	25	1,4
11872	— 9	— 8	22	26	20	1,4	+ 1	30	30	0,1
11871	— 2	— 3	23	20	23	0,2	— 5	10	9	1,8
11868	+ 15	+ 14	26	28	22	2,2	+ 10	27	25	1,3
11821	+ 9	— 2	45	53	44	0,6	— 6	55	54	0,3
11820	+ 12	+ 10	37	44	36	1,1	+ 5	45	45	0,3
11814	— 2	— 2	27	28	26	0,2	— 6	35	35	0,5
11777	— 11	— 13	22	25	19	1,9	— 18	33	27	2,2
11776	+ 5	+ 4	8	8	6	2,7	— 4	8	6	2,2
22965	+ 18	+ 18	29	34	23	2,5	+ 17	41	37	1,5
22947	+ 24	+ 25	42	46	34	2,3	+ 30	49	39	2,5
22930	— 12	— 14	41	53	39	1,0	— 19	46	42	1,4
22929	— 3	— 7	38	49	38	0,2	— 9	43	42	0,7
22876	+ 13	+ 16	33	40	30	1,4	+ 12	42	40	0,9
22864	+ 13	+ 12	18	19	13	3,3	+ 14	23	18	2,5
22862	+ 12	+ 8	23	24	19	2,0	— 3	16	16	0,6
22813	+ 2	+ 7	22	28	22	0,3	+ 11	28	25	1,4
22812	+ 15	+ 14	25	25	19	2,6	+ 17	25	18	3,1
22782	+ 14	+ 4	38	37	36	1,2	— 9	40	39	0,7
22781	+ 13	0	43	41	41	1,0	— 8	47	47	0,5
22415	+ 10	+ 12	22	23	20	1,6	+ 3	18	17	0,5
22323	+ 10	+ 12	19	22	16	2,0	+ 6	21	20	0,9
22318	+ 11	+ 11	22	25	19	1,9	+ 8	28	26	1,0
22252	+ 46	+ 47	61	67	40	3,6	+ 46	63	42	3,6
22107	+ 19	+ 25	37	45	32	1,9	+ 24	39	31	2,5
22102	+ 27	+ 33	43	50	33	2,7	+ 32	47	34	3,1

TAB. 20c — Coord. Z

(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie			
	<i>M</i>		v. q. m.		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	v.q.m.	σ	<i>t</i>
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.				
33881	— 14	— 15	37	43	34	1,3	— 8	36	35	0,7
33880	— 15	— 16	35	41	31	1,5	— 13	33	30	1,4
33844	+ 10	+ 1	31	34	29	1,1	+ 14	34	31	1,4
33843	+ 16	— 3	52	59	50	1,0	— 3	42	42	0,2
33825	+ 24	+ 6	53	53	47	1,6	+ 4	44	44	0,3
33824	+ 19	+ 7	46	47	42	1,4	+ 15	40	37	1,3
33823	+ 24	+ 10	47	46	41	1,9	+ 9	42	41	0,7
33808	+ 10	— 14	58	60	57	0,5	— 9	50	49	0,6
33807	+ 19	0	52	49	49	1,2	— 5	42	41	0,4
33786	+ 57	+ 45	74	68	47	4,0	+ 27	56	49	1,8
33785	+ 13	+ 7	37	40	34	1,2	— 8	36	35	0,7
33784	+ 27	+ 29	39	45	28	3,1	+ 20	36	29	2,2
33767	— 8	— 2	19	22	17	1,5	— 5	11	10	1,6
33766	0	+ 11	29	39	29	0,0	+ 12	34	32	1,2
33572	+ 18	+ 5	44	51	40	1,4	+ 11	34	32	1,1
33528	+ 12	+ 7	30	35	28	1,4	+ 8	30	29	1,6
33518	— 14	— 21	36	49	34	1,3	— 20	45	40	1,6
33510	— 6	— 15	35	49	34	0,5	— 13	40	38	1,1
33502	— 10	— 21	36	48	34	0,9	— 19	41	37	0,9
33495	— 16	— 11	37	35	34	1,5	— 17	48	45	1,2
33477	— 10	— 16	37	48	35	0,9	— 18	48	44	1,3
33446	+ 1	— 5	32	39	32	0,1	— 4	36	36	0,3
33351	+ 2	— 2	28	34	27	0,2	+ 7	33	32	0,7
33266	— 2	— 8	34	33	34	0,1	— 1	28	28	0,1
33244	+ 1	+ 1	22	23	22	0,1	+ 1	19	19	0,1
33207	— 15	— 14	28	28	23	2,1	— 15	22	17	2,9
33201	+ 3	+ 14	27	35	27	0,3	+ 8	27	26	0,3
33130	0	+ 8	22	29	22	0,0	+ 2	17	17	1,0
33125	+ 19	+ 28	28	36	20	3,1	+ 21	29	19	3,6
33034	— 5	— 2	28	37	27	0,6	— 5	29	28	0,5
44885	— 14	— 20	28	35	24	1,9	— 18	38	33	1,8
44884	— 4	— 12	23	26	23	0,5	— 16	32	28	1,8
44859	— 12	— 5	24	20	21	1,8	— 13	25	21	2,0
44857	+ 1	+ 6	26	31	26	0,1	— 6	31	30	0,6
44842	+ 18	+ 14	33	33	27	2,2	+ 8	24	22	1,2
44841	+ 7	+ 7	24	24	23	1,0	+ 2	18	18	0,3
44830	+ 14	+ 1	39	33	36	1,2	+ 4	25	25	0,5
44829	+ 3	— 14	44	45	44	0,2	— 15	38	35	1,4
44828	+ 13	— 6	53	48	51	0,8	— 6	34	33	0,6
44803	+ 43	+ 29	59	49	41	3,4	+ 28	43	32	2,8

Tab. 20c — Coord. Z
(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie			
	<i>M</i>		v. q. m.		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	v.q.m.	σ	<i>t</i>
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.				
44802	+ 20	+ 6	44	38	39	1,6	+ 3	30	30	0,3
44789	+ 35	+ 23	51	46	37	3,1	+ 23	41	34	2,2
44541	+ 5	+ 1	23	25	22	0,7	— 4	29	29	0,4
44462	+ 4	+ 3	17	17	17	0,7	— 2	20	20	0,3
44457	+ 6	+ 4	26	25	25	0,7	+ 3	27	27	0,3
44287	+ 22	+ 17	35	32	27	2,6	+ 18	31	25	2,3
44284	+ 25	+ 19	38	36	28	2,9	+ 19	37	32	1,9
44274	+ 17	+ 14	36	34	32	1,7	+ 20	35	29	2,2
44166	+ 11	+ 2	31	32	29	1,2	+ 6	27	26	0,7
44144	— 6	— 14	20	26	19	1,0	— 5	23	22	0,7
44060	+ 12	+ 6	31	39	29	1,3	+ 8	42	41	0,6
55928	+ 9	+ 11	27	33	26	1,1	+ 13	31	28	1,5
55920	+ 1	+ 1	5	6	5	0,6	0	9	9	0,0
55916	— 11	— 15	25	30	23	1,5	— 15	28	24	2,0
55911	— 12	— 16	36	42	34	1,1	— 15	37	34	1,4
55909	— 10	— 17	23	30	21	1,5	— 17	27	21	2,6
55906	— 14	— 15	31	36	28	1,6	— 15	33	29	1,7
55905	— 2	— 1	19	20	19	0,3	— 1	20	20	0,1
55900	+ 13	+ 3	37	38	35	1,2	— 6	36	36	0,5
55899	+ 2	— 9	25	27	25	0,2	— 15	33	29	1,7
55898	+ 3	+ 1	32	38	32	0,3	— 2	36	36	0,1
55895	— 3	+ 1	35	38	35	0,2	+ 4	42	42	0,3
55890	+ 4	+ 10	25	26	24	0,5	+ 15	31	28	1,7
55889	— 2	— 3	26	31	26	0,2	— 10	36	34	0,9
55855	— 13	— 10	32	31	30	1,4	— 8	30	29	0,9
55850	— 2	— 2	11	13	11	0,6	— 4	7	6	2,2
55849	+ 10	+ 13	22	25	19	1,7	+ 13	25	19	2,2
55848	+ 9	+ 8	21	23	19	1,5	+ 8	19	17	1,5
55839	+ 21	+ 19	38	36	32	2,1	+ 19	33	28	2,2
55838	+ 20	+ 14	34	29	27	2,4	+ 10	33	31	1,0
55837	+ 10	+ 10	24	27	21	1,5	+ 6	22	21	0,9
55836	+ 12	+ 11	23	27	20	1,9	+ 8	20	18	1,4
55835	+ 7	+ 8	31	34	30	0,7	+ 4	31	31	0,4
55832	+ 21	+ 24	30	34	22	3,1	+ 19	29	22	2,8
55831	+ 36	+ 29	49	45	33	3,6	+ 25	44	37	2,2
55801	+ 26	+ 12	47	49	40	2,1	+ 9	41	40	0,7
55800	+ 29	+ 36	39	47	26	3,6	+ 27	43	33	2,7
55796	+ 39	+ 36	54	54	37	3,4	+ 32	50	38	2,7
55795	+ 15	+ 14	29	27	24	2,0	+ 7	23	21	1,1
55794	+ 12	+ 7	34	39	31	1,2	— 1	36	36	0,0

TAB. 20c — Coord. Z

(suite/continued)

Points	Comp. Milano A						Comp. Jerie			
	<i>M</i>		v. q. m.		σ	<i>t</i>	<i>M</i>	v.q.m.	σ	<i>t</i>
	a. p.	s. p.	a. p.	s. p.	a. p.	a. p.				
55793	+ 1	— 7	33	37	33	0,7	— 9	35	34	0,8
55761	+ 9	+ 8	15	14	12	2,4	+ 2	16	16	0,4
55760	+ 1	+ 1	7	8	7	0,4	— 4	11	10	1,3
12964	+ 22	+ 23	32	33	23	3,1	+ 15	31	27	1,8
12963	+ 22	+ 22	34	34	26	2,7	+ 13	23	19	2,2
12931	+ 3	+ 5	27	30	27	0,3	+ 7	24	23	1,0
12874	+ 1	+ 2	10	10	9	0,3	+ 1	7	6	0,5
12873	+ 14	+ 19	30	33	26	1,7	+ 3	30	29	0,3
12866	+ 18	+ 21	29	36	22	2,7	+ 20	30	23	2,8
12865	+ 25	+ 25	30	32	17	2,9	+ 20	27	18	3,6
12822	+ 29	+ 28	41	44	29	3,3	+ 33	46	31	3,5
12779	— 1	— 2	5	6	5	0,6	— 1	3	3	1,1
23877	— 5	— 7	23	28	22	0,7	— 2	33	33	0,2
23861	+ 11	+ 5	18	20	14	2,5	0	6	6	0,0
23810	+ 27	+ 20	43	42	34	2,6	+ 7	41	40	0,5
23783	+ 18	+ 11	42	42	38	1,5	— 3	44	44	0,2
23410	— 4	0	9	11	8	1,6	— 4	6	4	3,3
23347	+ 3	+ 7	21	22	21	0,4	+ 2	19	19	0,3
23195	+ 17	+ 27	33	41	28	2,0	+ 28	37	24	3,8
23012	— 9	0	27	28	25	1,1	— 4	31	31	0,4
34860	— 8	— 5	16	18	14	1,8	— 4	8	7	1,8
34827	+ 42	+ 33	59	56	41	3,3	+ 30	49	39	2,5
34806	+ 52	+ 35	69	56	46	3,7	+ 27	43	33	2,7
34804	+ 40	+ 26	59	50	43	3,0	+ 23	41	34	2,2
34568	+ 2	0	11	13	10	0,6	— 1	6	6	0,5
34135	+ 11	+ 13	22	24	19	1,9	+ 12	21	18	2,2
34087	— 5	— 4	22	21	21	0,7	— 5	21	20	0,8
34084	+ 3	— 1	22	21	22	0,4	— 1	21	21	0,1
45888	+ 21	+ 17	30	28	21	3,3	+ 16	27	22	2,4
45856	+ 3	+ 8	31	29	31	0,3	+ 6	29	28	0,7
45847	+ 1	+ 1	6	7	6	0,5	— 2	8	8	0,8
45791	— 8	— 18	29	34	28	0,9	— 22	39	32	2,2
45763	+ 1	0	4	5	4	0,8	+ 1	11	11	0,3
45548	+ 1	+ 1	4	5	4	0,8	— 1	5	5	0,6
45368	+ 3	— 5	21	29	21	0,4	— 5	27	27	0,6
45163	+ 13	+ 8	23	21	19	2,2	+ 7	19	18	1,2
45073	+ 12	+ 1	29	29	27	1,4	— 4	26	25	0,5
45063	+ 8	— 4	35	43	34	0,7	— 6	41	41	0,4

TAB. 21

Tests	Points	Jerie			Milano A			Milano B	
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y
1	internes	0,66	0,63	0,51	0,62	0,69	0,64	0,76	0,76
	communs	0,70	0,60	0,53	0,73	0,69	0,79	0,81	0,88
	tot.	0,67	0,63	0,51	0,63	0,68	0,67	0,77	0,78
5	internes	0,54	0,01	0,43	0,37	0,11	0,39	0,16	— 0,10
	communs	0,68	0,31	0,45	0,50	0,56	0,34	0,50	0,14
	tot.	0,58	0,09	0,43	0,40	0,23	0,38	0,24	— 0,04
6	internes	0,50	— 0,01	0,64	0,41	0,34	0,60	0,64	0,38
	communs	0,73	0,28	0,67	0,33	0,44	0,65	0,80	0,78
	tot.	0,56	0,04	0,64	0,40	0,35	0,61	0,67	0,48
9	internes	0,26	0,44	0,07	0,03	— 0,19	0,07	0,09	— 0,05
	communs	0,18	0,66	0,33	0,07	0,43	0,37	— 0,08	— 0,16
	tot.	0,24	0,49	0,13	0,04	— 0,10	0,14	0,05	— 0,07
10	internes	0,40	0,49	0,22	0,36	0,13	0,26	0,28	— 0,06
	communs	0,64	0,66	— 0,26	0,45	— 0,26	— 0,36	0,43	— 0,30
	tot.	0,46	0,53	0,16	0,37	0,04	0,17	0,31	— 0,10
12	internes	0,73	0,74	0,55	0,76	0,77	0,50	0,68	0,92
	communs	0,84	0,63	0,56	0,90	0,68	0,73	0,79	0,93
	tot.	0,75	0,71	0,55	0,79	0,75	0,55	0,70	0,92

Compensation Milano A

Tab. 22 — $r_{ij} t_j$

Coord.	Pass. Proc.	Points	1.5	1.6	1.9	1.10	1.12	5.6	5.9	5.10	5.12	6.9	6.10	6.12	9.10	9.12	10.12	M
X	I	internes	0,45	0,27	0,41	0,07	0,49	0,55	0,58	0,25	0,50	0,53	0,07	0,51	— 0,07	0,53	— 0,11	0,11 0,16 0,02 0,01 0,24 0,16
	II	communs	0,15	0,25	0,01	0,55	0,28	0,56	0,45	— 0,02	— 0,07	0,37	0,05	0,14	0,19	0,05	0,16	
	I	tot.	0,28	0,16	0,68	0,15	0,61	0,19	0,22	0,51	0,17	0,52	0,22	— 0,01	0,54	0,48	0,02	
	II		— 0,07	— 0,12	— 0,48	0,56	0,58	0,51	0,35	0,40	— 0,27	0,36	— 0,06	— 0,26	— 0,01	— 0,55	0,01	
	I		0,41	0,25	0,46	0,09	0,52	0,47	0,35	0,26	0,42	0,50	0,08	0,44	— 0,01	0,52	— 0,08	
	II		0,10	0,19	— 0,08	0,57	0,29	0,35	0,41	0,08	— 0,10	0,56	0,05	0,09	0,14	— 0,02	0,15	
Y	I	internes	0,18	0,27	0,40	0,07	0,48	0,50	0,59	— 0,17	0,22	0,41	0,10	0,29	— 0,11	0,51	0,00	0,05 0,12 0,05 0,20 0,16
	II	communs	0,51	0,21	— 0,06	0,22	0,17	0,10	0,28	0,16	0,29	— 0,05	0,09	0,07	0,14	0,29	0,05	
	I	tot.	0,14	0,10	0,28	0,25	0,26	0,62	0,68	— 0,08	0,40	0,53	0,18	0,21	0,10	0,48	0,12	
	II		— 0,01	0,59	0,40	— 0,09	0,46	0,21	0,50	0,01	0,24	0,21	— 0,25	0,55	0,27	0,25	— 0,05	
	I		0,17	0,25	0,37	0,12	0,45	0,58	0,61	— 0,14	0,25	0,45	0,12	0,27	— 0,06	0,55	0,02	
	II		0,25	0,26	0,01	0,17	0,22	0,12	0,52	0,15	0,28	— 0,02	0,05	0,10	0,16	0,28	0,01	
Z	I	internes	— 0,15	0,17	0,58	0,07	0,25	0,22	0,04	0,50	— 0,02	0,42	0,15	— 0,01	0,16	0,21	— 0,25	0,15 0,02 0,10
	II	communs	0,11	0,58	0,14	— 0,54	0,51	0,25	— 0,27	— 0,06	0,07	— 0,15	— 0,50	— 0,02	0,19	0,50	— 0,17	
	I	tot.	0,16	0,04	0,52	0,25	0,46	0,46	0,25	0,18	0,37	— 0,03	0,22	— 0,03	0,42	0,56	— 0,09	
	II		0,19	0,01	0,54	— 0,22	0,41	0,18	— 0,23	— 0,59	— 0,09	— 0,52	— 0,06	— 0,56	0,58	0,72	0,21	
	I		— 0,07	0,15	0,41	0,11	0,28	0,25	0,08	0,27	0,06	0,55	0,15	— 0,02	0,21	0,25	— 0,21	
	II		0,12	0,52	0,18	— 0,52	0,54	0,25	— 0,26	— 0,10	0,04	— 0,17	— 0,45	— 0,07	0,22	0,59	— 0,10	

Tab. 22 — $r_{ij} t_{ij}$
(suite/continued)

Compensation *Jerie*

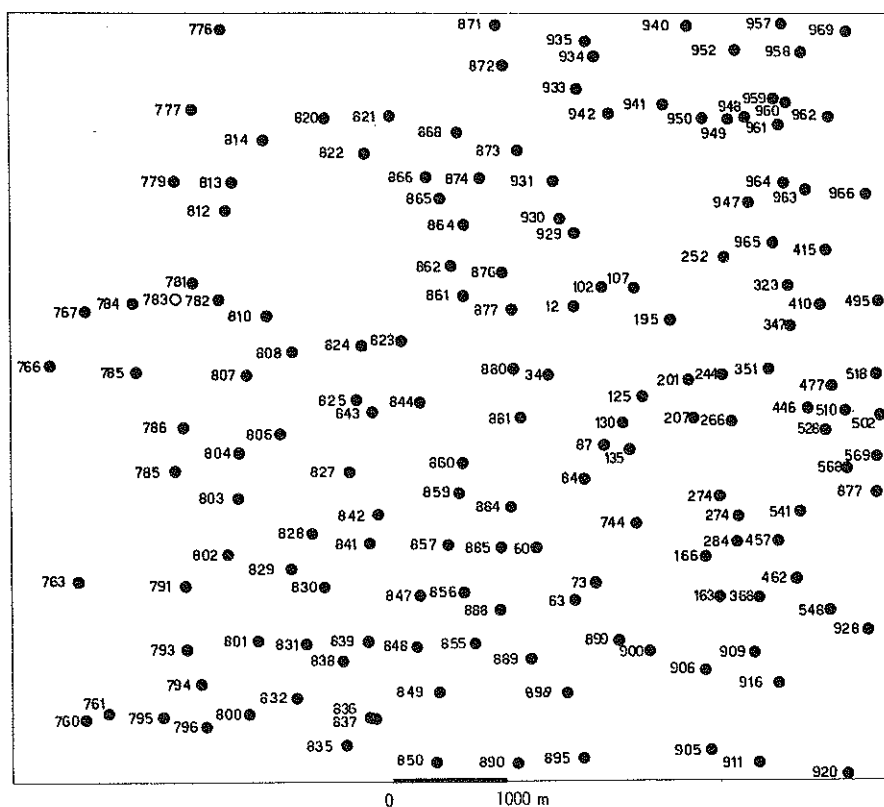
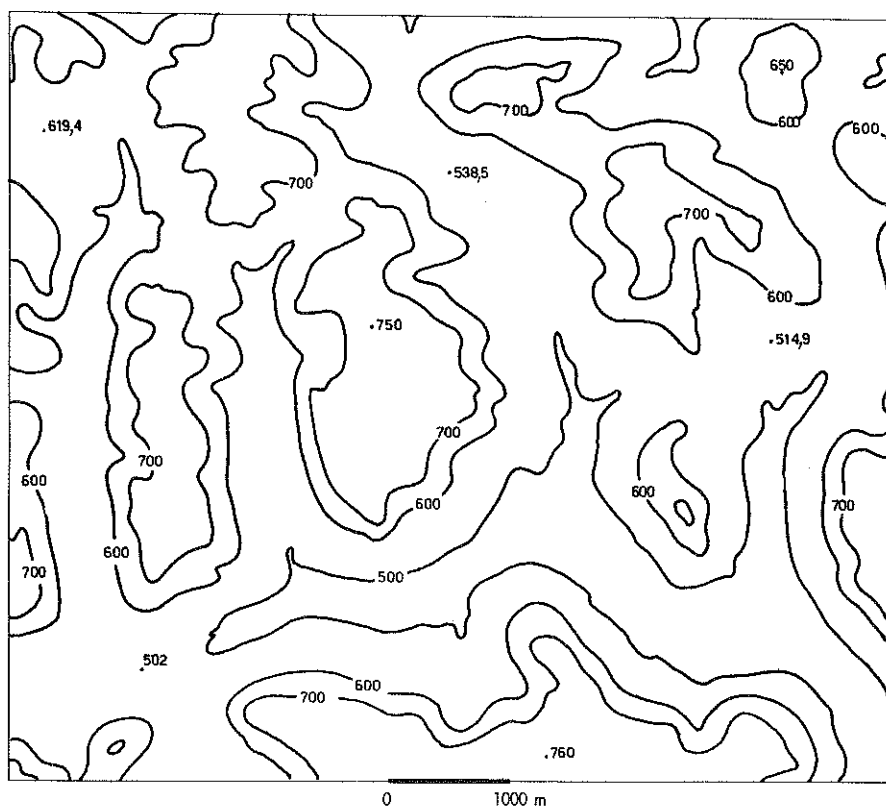
Coord.	Pass. Proc.	Points	1.5	1.6	1.9	1.10	1.12	5.6	5.9	5.10	1.12	6.9	6.10	6.12	9.10	9.12	10.12	M
X	I	internes	0,30	0,15	0,09	— 0,38	0,31	0,55	0,12	0,13	0,54	0,32	0,06	0,53	— 0,19	0,21	0,14	0,19 0,14
	II	internes	0,29	0,41	— 0,17	0,05	0,06	0,26	0,03	0,01	0,19	— 0,02	0,00	0,13	0,30	0,34	0,07	
	I	communs	— 0,04	0,15	0,13	— 0,23	0,03	0,34	— 0,25	0,55	0,50	0,30	0,34	0,52	0,06	— 0,08	0,24	
	II	communs	— 0,07	0,53	— 0,41	0,24	— 0,05	0,07	0,45	0,39	0,45	0,06	0,37	— 0,01	0,12	0,39	0,09	
	I	tot.	0,23	0,15	0,09	— 0,35	0,26	0,50	0,04	0,22	0,53	0,32	0,13	0,53	— 0,14	0,15	0,16	
	II	tot.	0,22	0,43	— 0,21	0,08	— 0,06	0,21	0,12	0,11	0,24	— 0,01	0,10	0,16	0,25	0,35	0,07	
Y	I	internes	0,17	0,35	0,09	— 0,10	0,32	— 0,07	— 0,06	0,04	0,03	0,31	— 0,01	0,39	0,06	0,43	— 0,01	0,15 0,17
	II	internes	0,20	0,18	0,00	0,06	0,35	0,20	0,22	0,15	0,25	0,04	0,21	— 0,34	— 0,09	0,45	— 0,06	
	I	communs	0,54	0,29	0,30	0,19	— 0,17	0,19	0,01	0,27	— 0,01	0,28	0,16	— 0,18	0,02	0,11	— 0,21	
	II	communs	0,44	0,62	— 0,04	0,37	— 0,11	0,25	0,31	0,33	0,13	— 0,35	0,49	— 0,45	0,07	0,44	— 0,20	
	I	tot.	0,25	0,34	0,13	— 0,04	0,22	— 0,02	— 0,04	0,10	— 0,03	0,30	0,02	0,30	0,05	0,36	— 0,06	
	II	tot.	0,25	0,27	— 0,01	0,13	0,26	0,21	0,25	0,18	0,22	— 0,06	0,27	0,37	— 0,05	0,45	— 0,17	
Z	I	internes	0,21	0,21	0,24	0,12	0,17	0,11	0,23	0,05	0,23	0,44	0,16	0,04	0,09	0,12	— 0,15	0,16 0,03
	II	internes	0,06	0,38	0,19	— 0,25	0,15	— 0,05	— 0,02	0,26	0,17	— 0,16	— 0,47	0,18	0,08	0,08	— 0,26	
	I	communs	0,09	— 0,15	0,37	0,33	0,33	0,47	0,09	— 0,13	0,42	0,06	— 0,69	0,05	0,16	0,46	0,07	
	II	communs	0,42	0,13	0,18	— 0,30	0,32	0,14	— 0,02	— 0,09	0,28	— 0,20	— 0,02	— 0,27	0,24	0,26	— 0,19	
	I	tot.	0,18	0,16	0,27	0,16	0,20	0,15	0,20	0,01	0,27	0,39	0,15	0,04	0,11	0,19	— 0,11	
	II	tot.	0,12	0,34	0,19	— 0,25	0,18	— 0,01	— 0,02	0,22	0,19	— 0,16	— 0,42	0,12	0,10	0,12	— 0,23	

Tab. 25 — $r_{ci\ cj}$

Compensation	Coord.	Tests Pass. Proc.	1		5		6		9		10		12	
			I	II	III	IV	I	II	I	II	I	II	I	II
Milano A — <i>Jerie</i>	X	internes communs tot.	0,52	0,44	0,52	0,81	0,42	0,54	0,29	0,38	0,25	0,45	0,55	0,72
			0,45	0,50	0,28	0,75	—	0,25	0,54	0,64	0,49	0,49	—	0,28
			0,50	0,42	0,51	0,79	0,32	0,49	0,30	0,45	0,30	0,45	0,27	0,64
	Y	internes communs tot.	0,68	0,70	0,42	0,58	0,59	0,56	0,64	0,45	0,45	0,45	0,51	0,52
			0,54	0,60	0,48	0,60	0,59	0,17	0,48	0,44	0,25	0,47	0,11	—
			0,65	0,69	0,44	0,58	0,59	0,55	0,61	0,45	0,59	0,44	0,45	0,41
Milano A — Milano B	Z	internes communs tot.	0,79	0,78	0,78	0,75	0,95	0,96	0,87	0,94	0,94	0,95	0,90	0,78
			0,85	0,74	0,86	0,69	0,92	0,94	0,96	0,99	0,72	0,91	0,88	0,65
			0,80	0,77	0,79	0,72	0,95	0,96	0,89	0,95	0,90	0,92	0,89	0,75
	X	internes communs tot.	0,57	0,62	0,66	0,69	0,75	0,66	0,64	0,81	0,67	0,68	0,78	0,81
			0,69	0,46	0,65	0,46	0,29	0,25	0,54	0,80	0,46	0,76	0,54	0,70
			0,60	0,59	0,65	0,65	0,67	0,60	0,58	0,81	0,65	0,70	0,75	0,79
	Y	internes communs tot.	0,17	—	0,14	0,53	0,64	0,21	0,04	0,10	0,68	0,56	0,61	0,64
			0,45	0,50	0,44	0,45	0,67	—	0,59	0,55	0,53	0,50	0,58	0,25
			0,25	0,02	0,22	0,56	0,65	0,17	0,11	0,14	0,64	0,55	0,56	0,56
<i>Jerie</i> — Milano B	X	internes communs tot.	0,60	0,75	0,52	0,75	0,27	0,75	0,40	0,44	0,48	0,44	0,55	0,55
			0,65	0,84	0,45	0,65	0,05	0,71	0,65	0,74	0,74	0,75	0,44	0,22
			0,60	0,74	0,55	0,72	0,22	0,74	0,45	0,50	0,55	0,52	0,55	0,48
	Y		0,18	0,24	0,00	0,22	0,42	0,69	—	0,15	0,50	0,27	0,65	0,76
			0,48	0,56	0,52	0,49	0,61	0,84	—	0,10	0,68	0,09	0,45	0,80
			0,24	0,30	0,08	0,29	0,45	0,75	—	0,09	0,54	0,24	0,61	0,77

ТАБ. 24

r	0,05	0,10	0,15	0,18	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
t	0,6	1,2	1,8	2,2	2,5	3,1	3,8	5,2	6,9
p	0,55	0,15	0,08	0,05	0,02	0,002	0,001	0,001	0,001



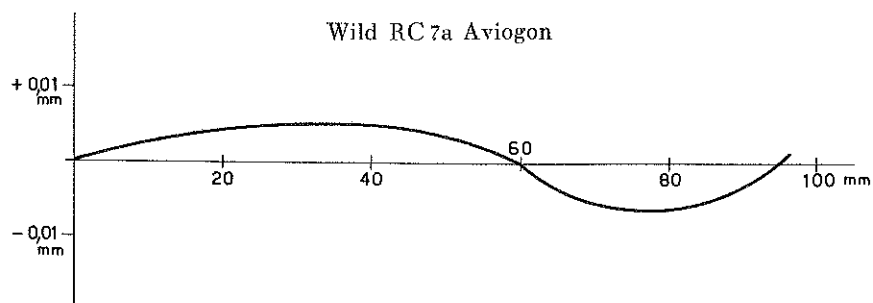
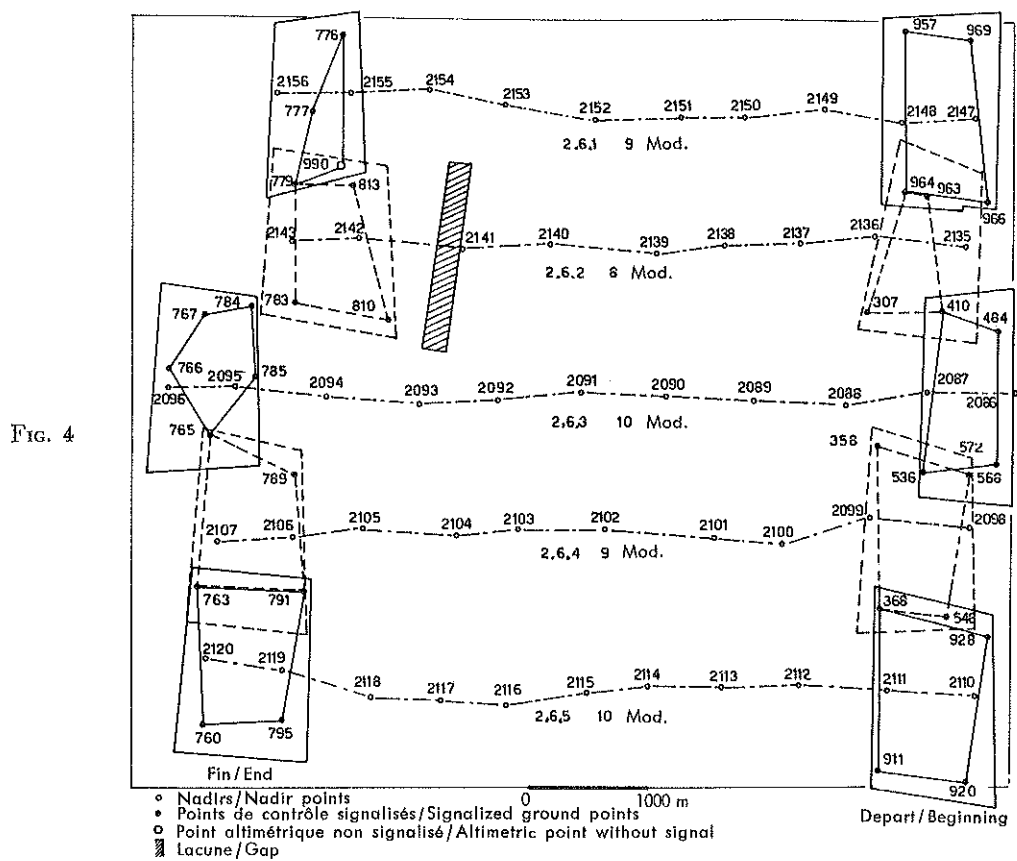


FIG. 3



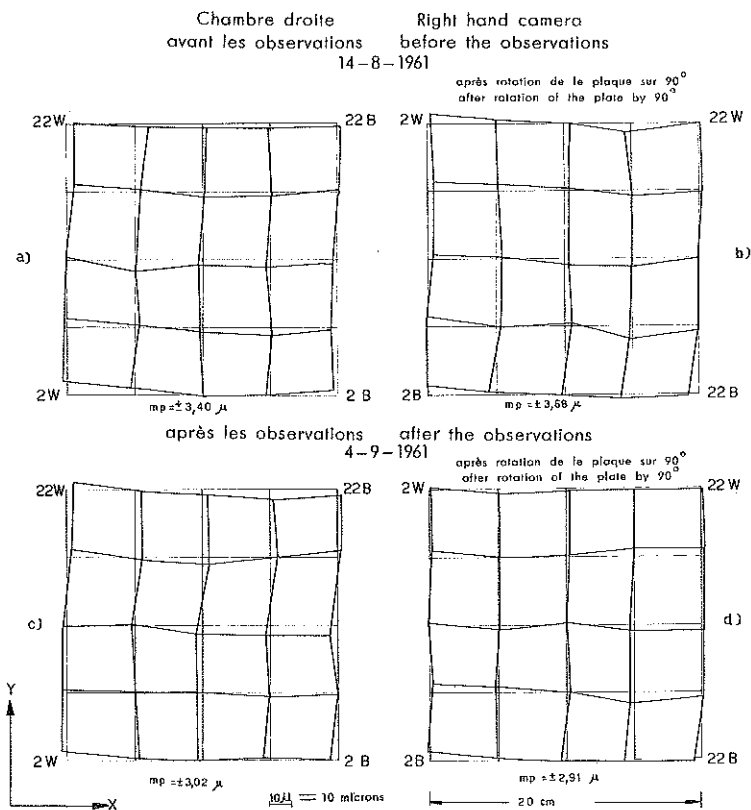


Fig. 5

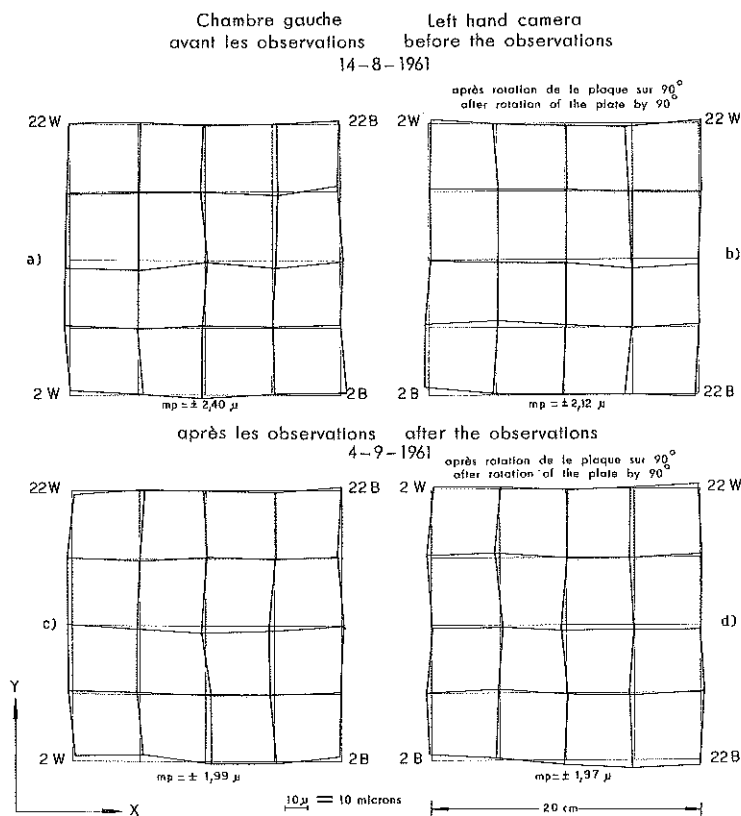


Fig. 6

FIG. 7

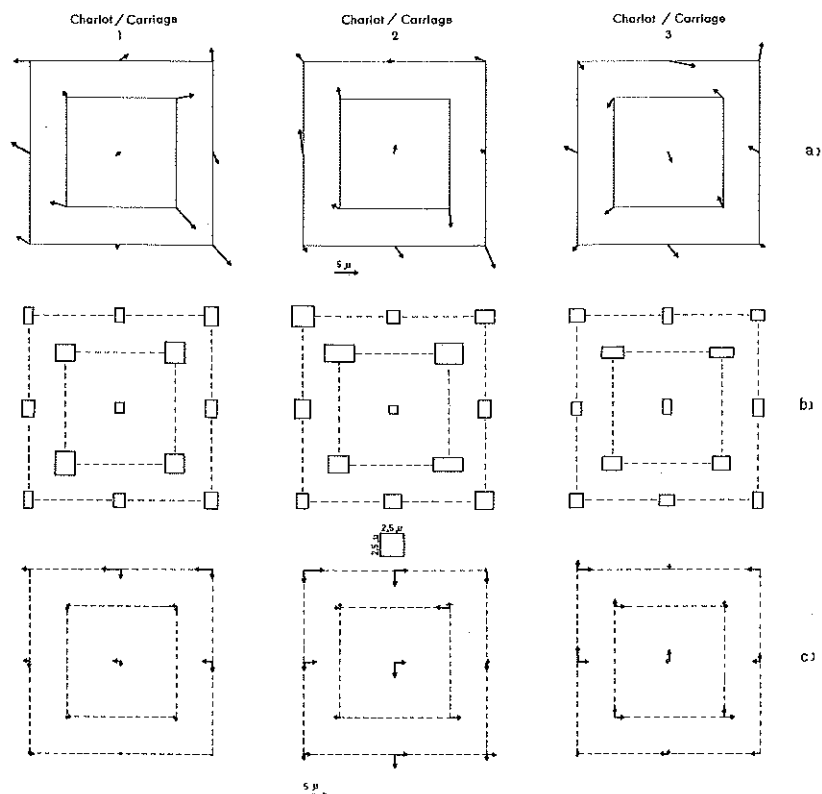
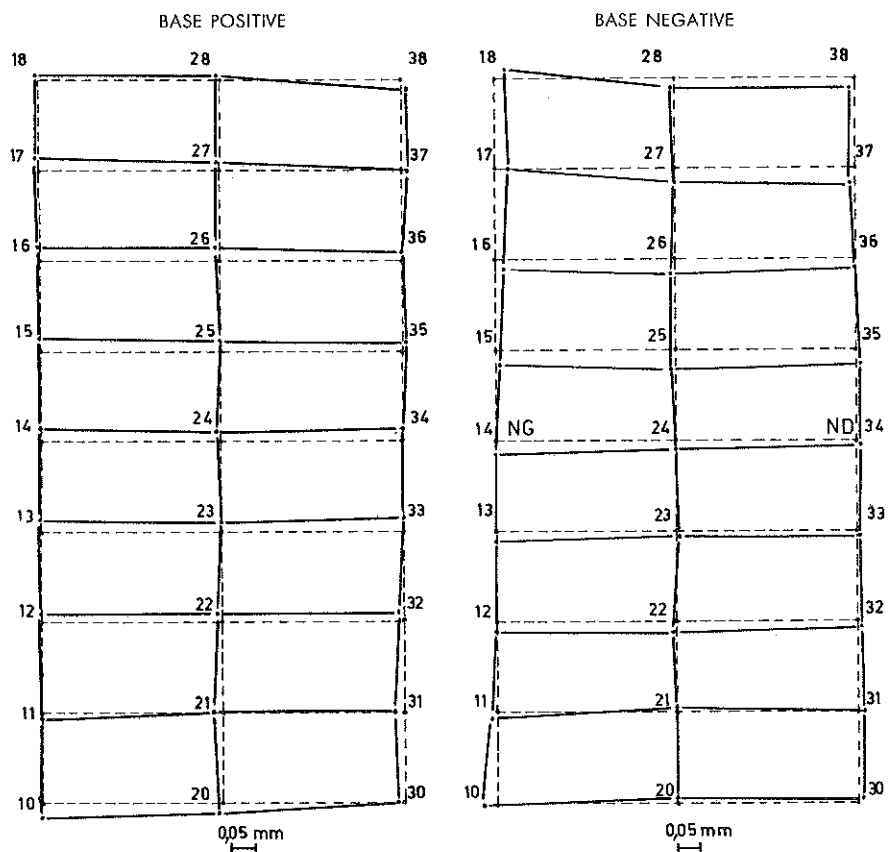


FIG. 8



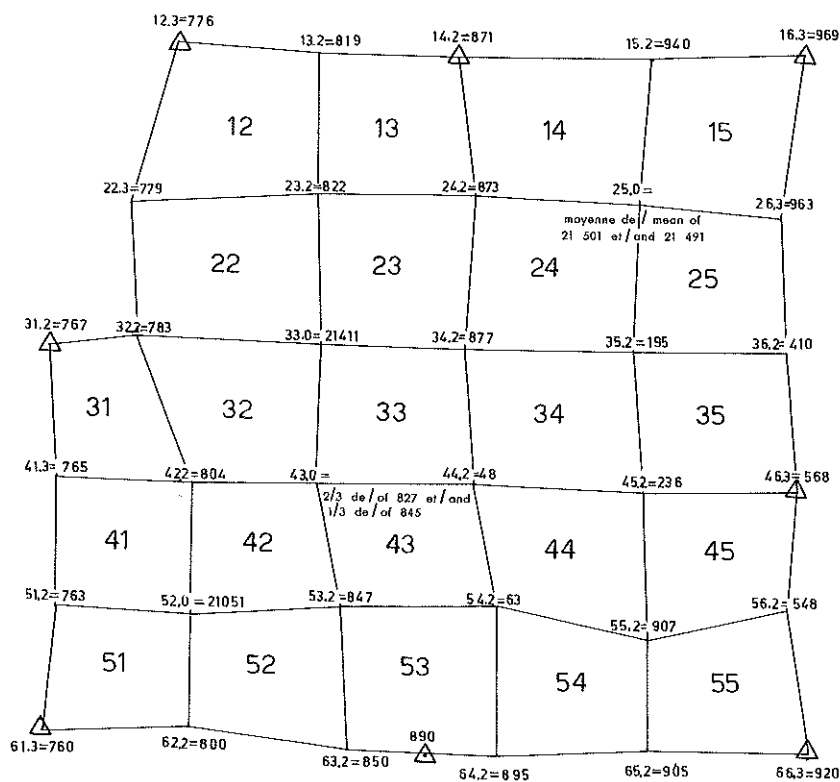


FIG. 9 — Test 1

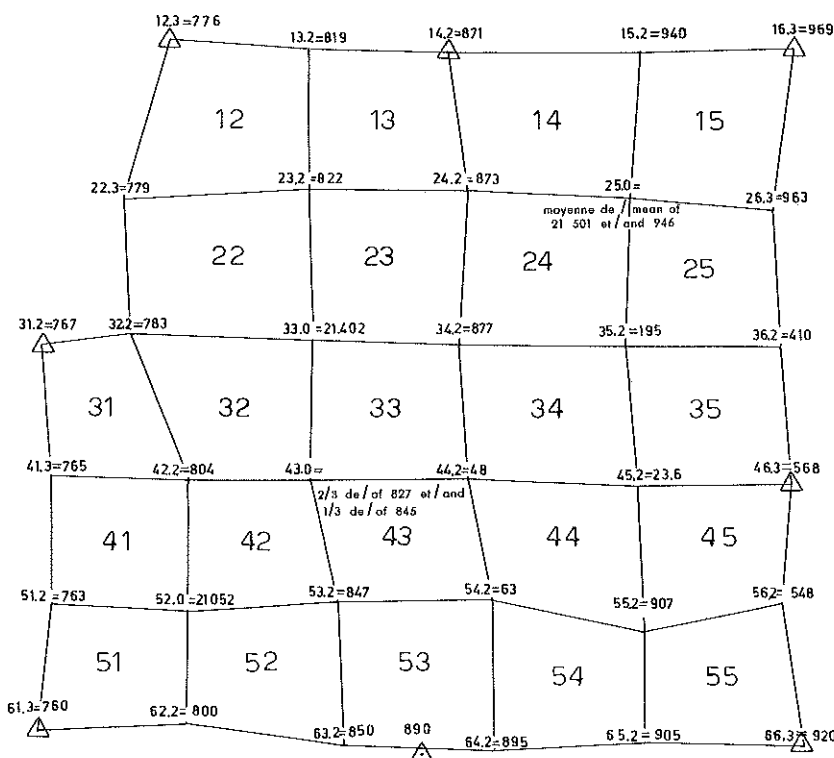


FIG. 10 — Test 5

FIG. 11 — Test 12

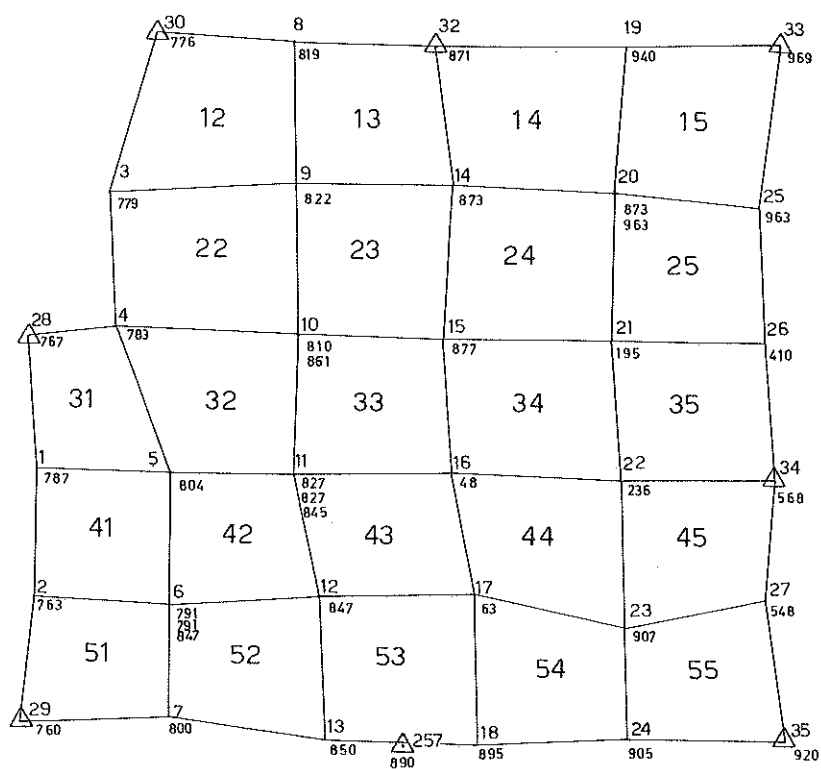
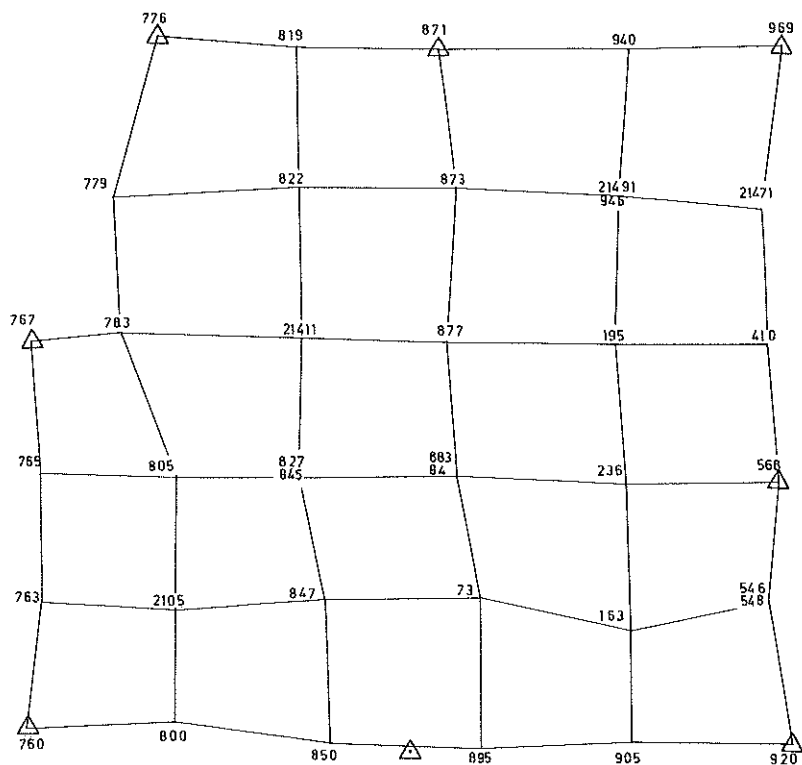


FIG. 12 — Test 6



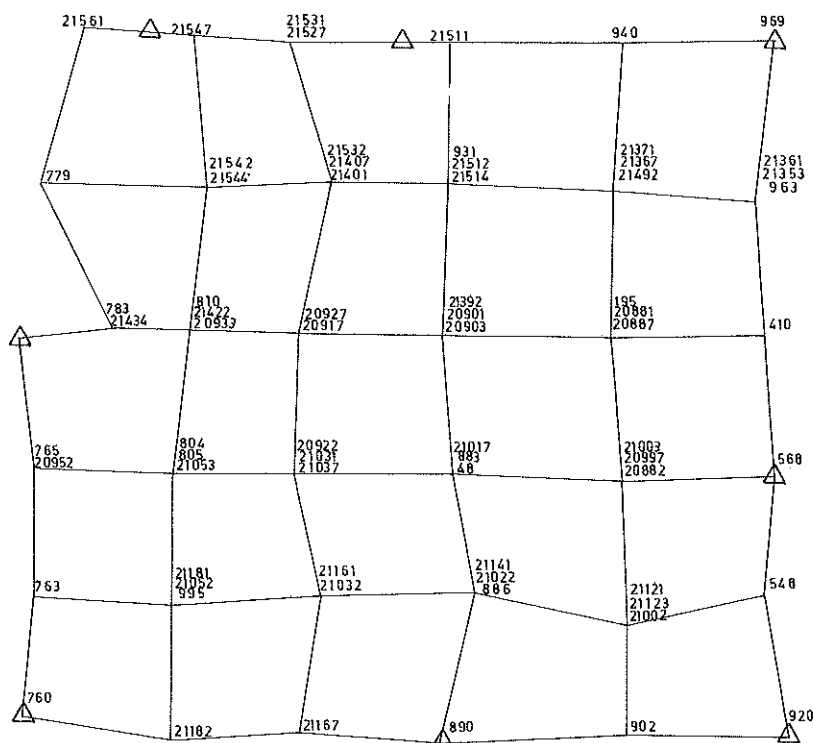


FIG. 13 — Test 9

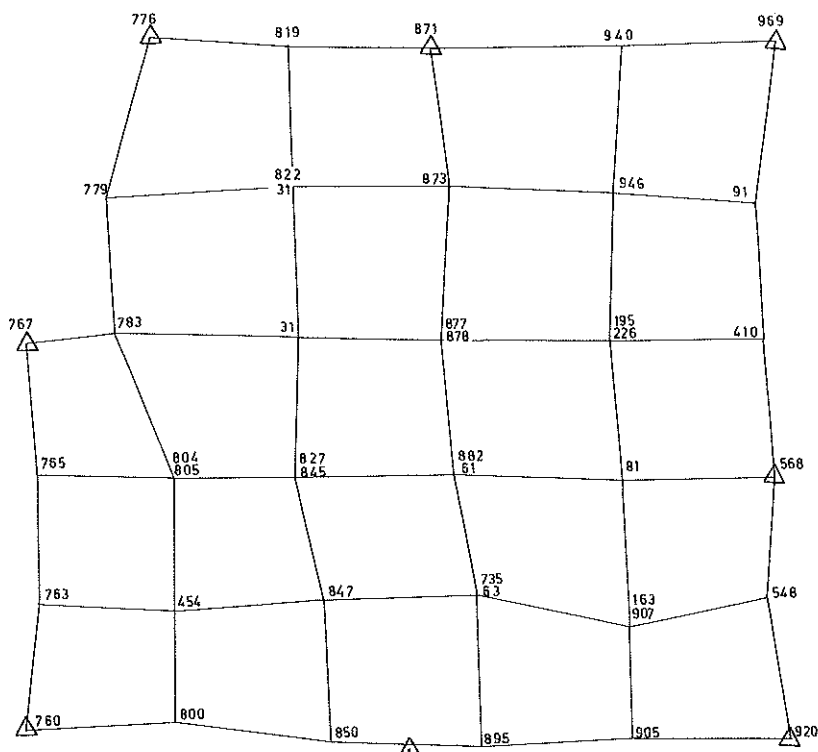


FIG. 14 — Test 10

FIG. 15

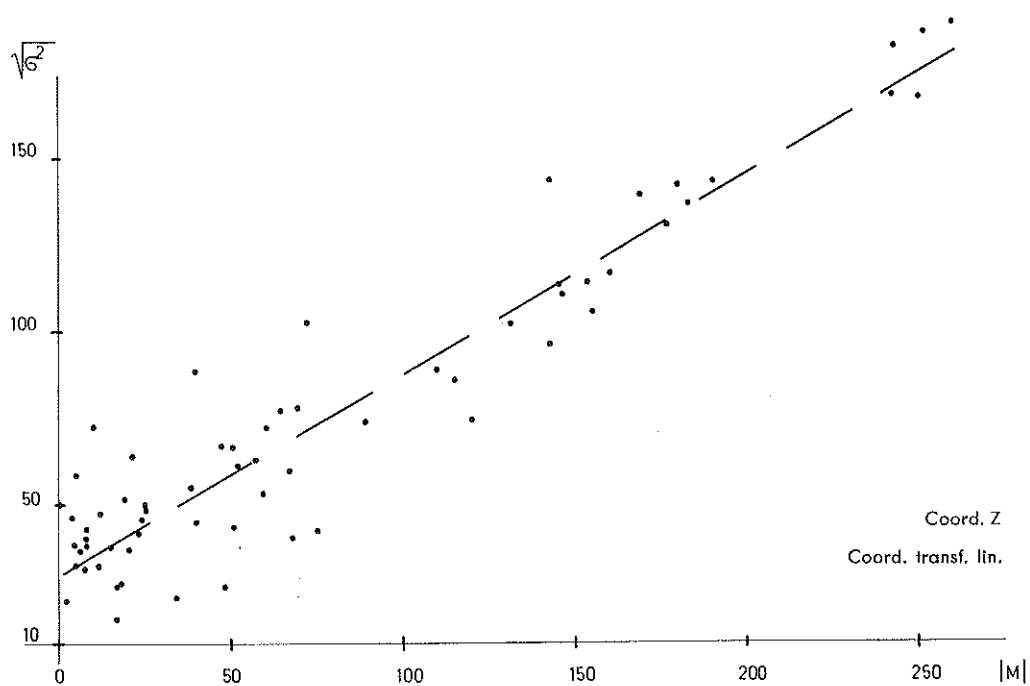
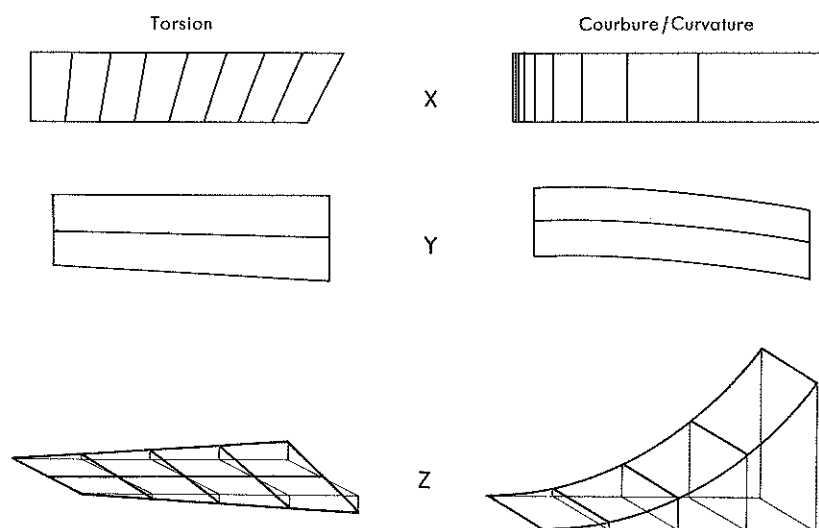


FIG. 16



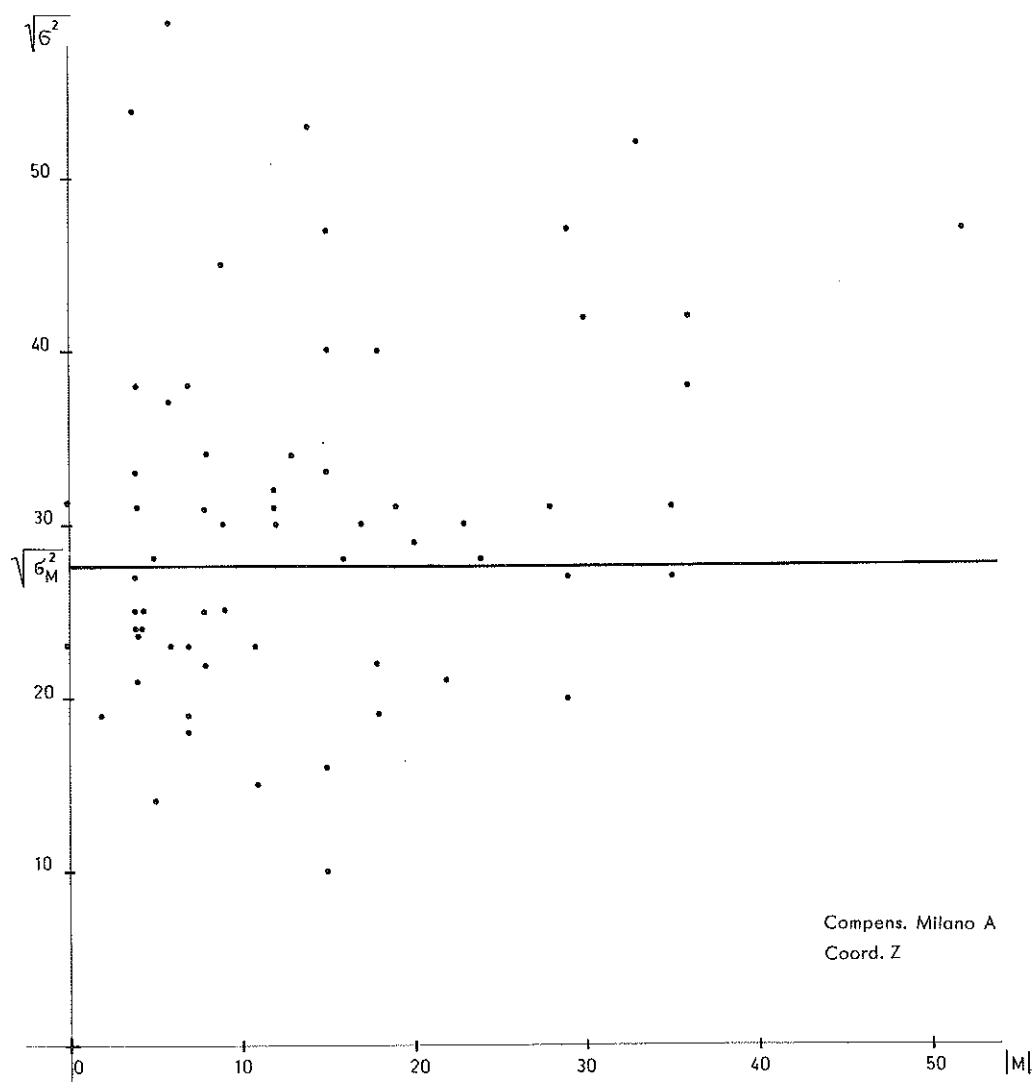


FIG. 17

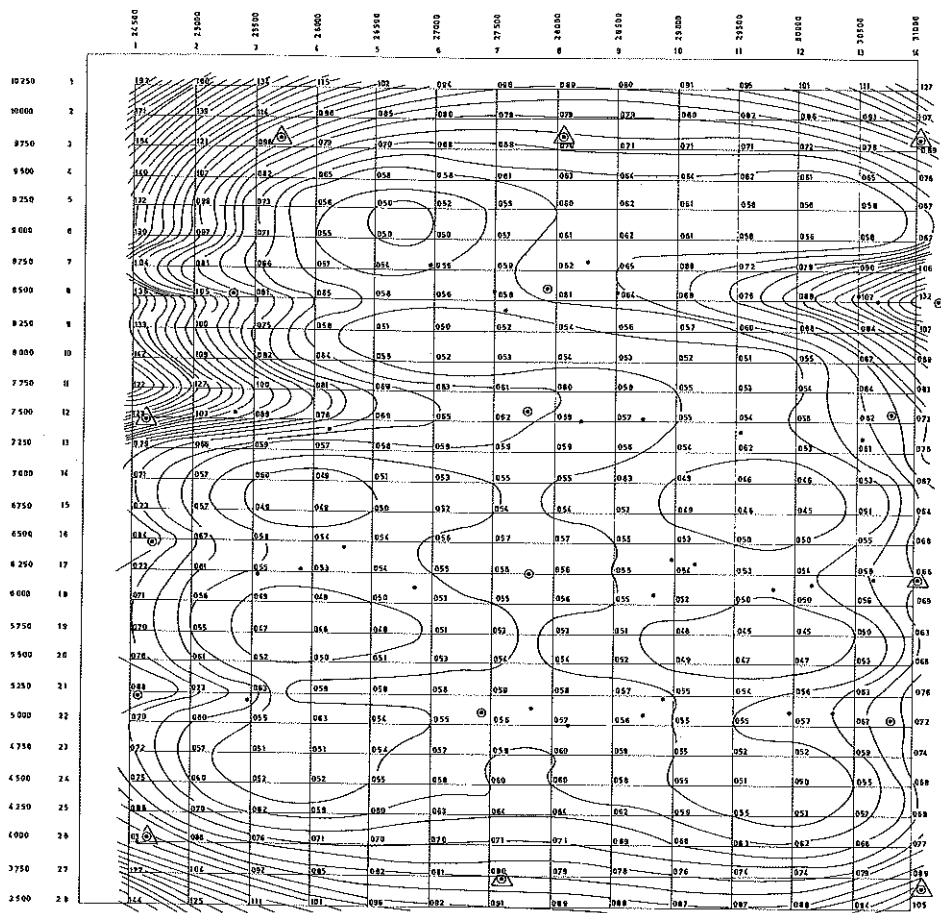


Fig. 18

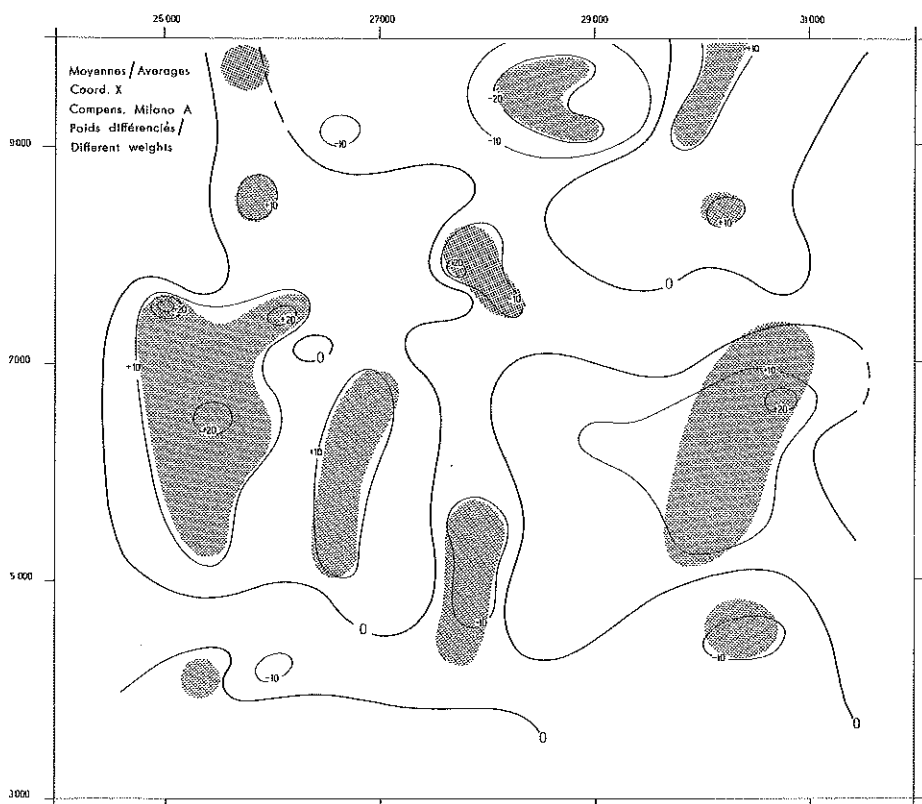


FIG. 19

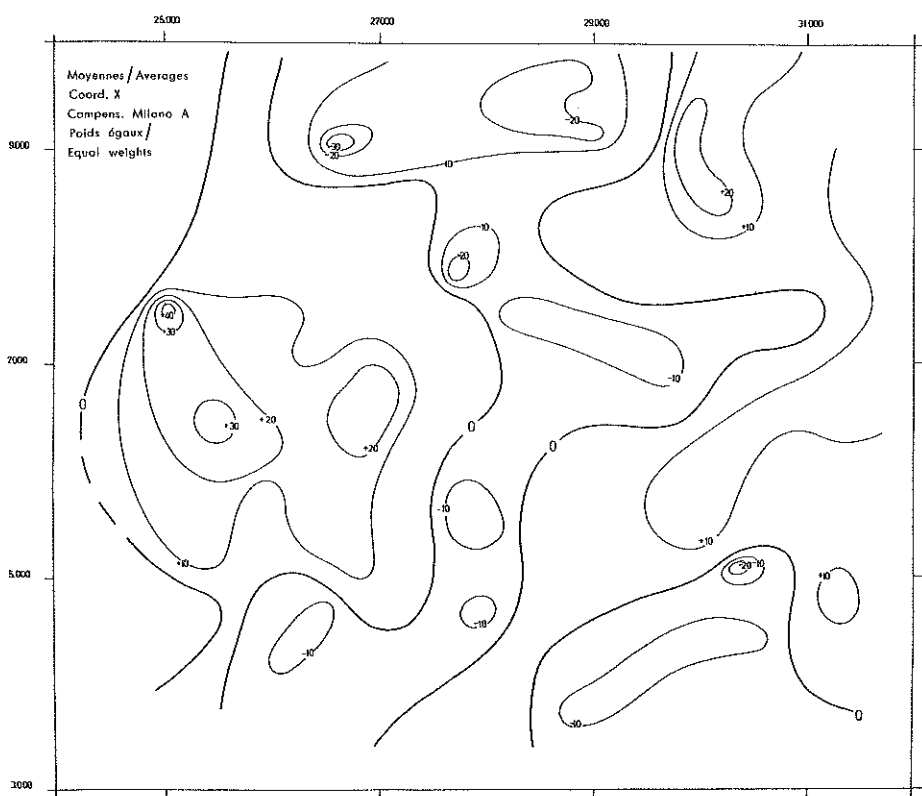


FIG. 20

FIG. 21

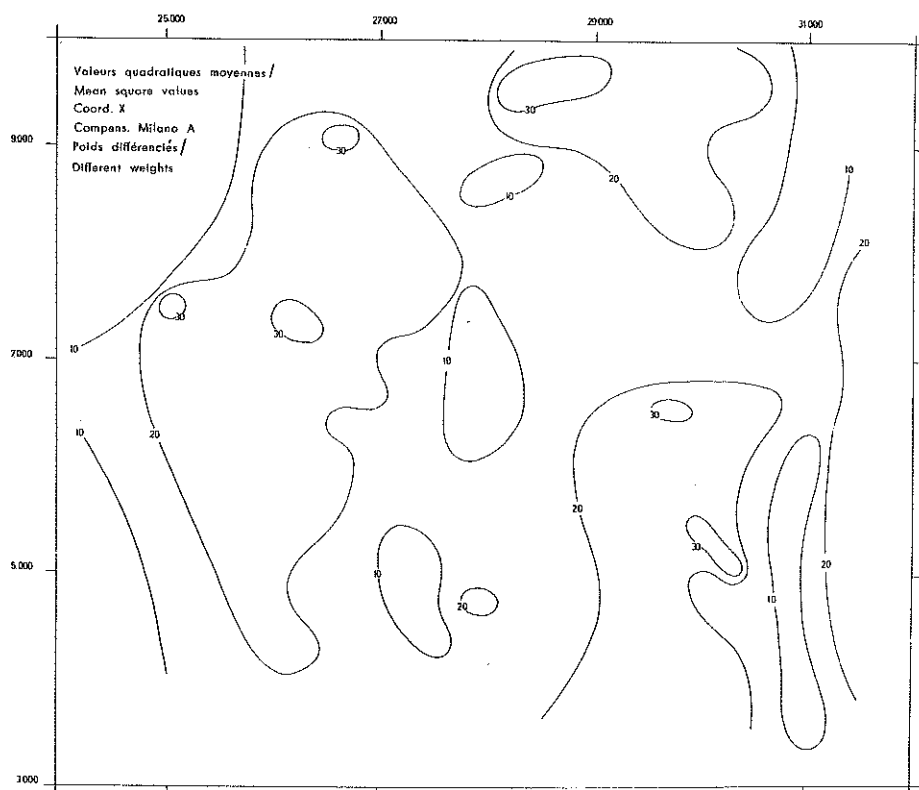
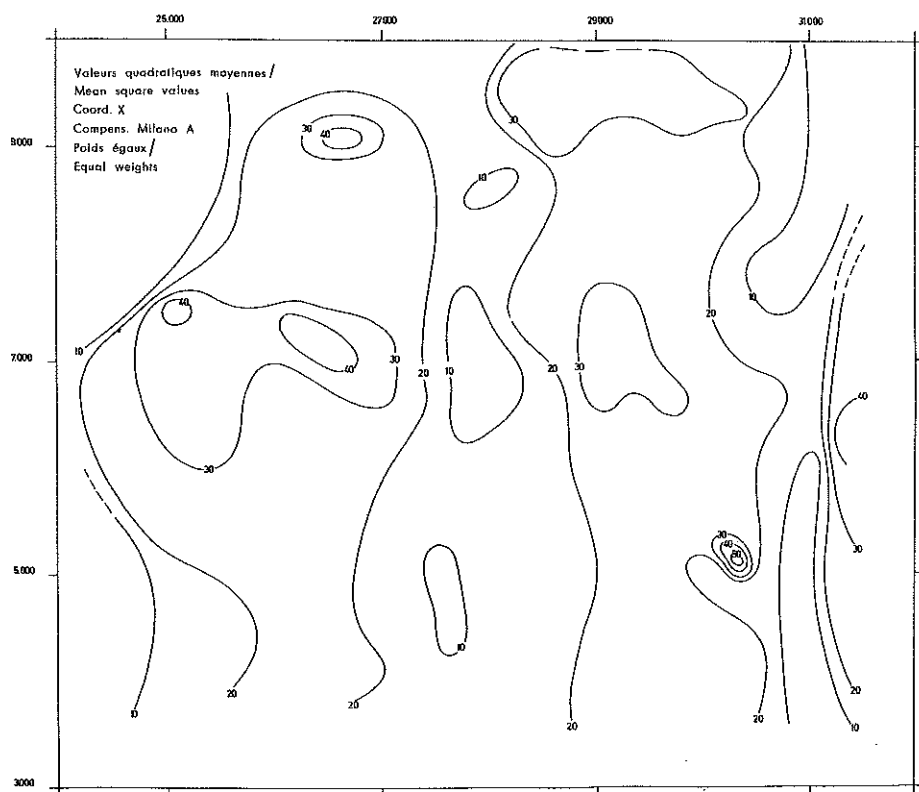


FIG. 22



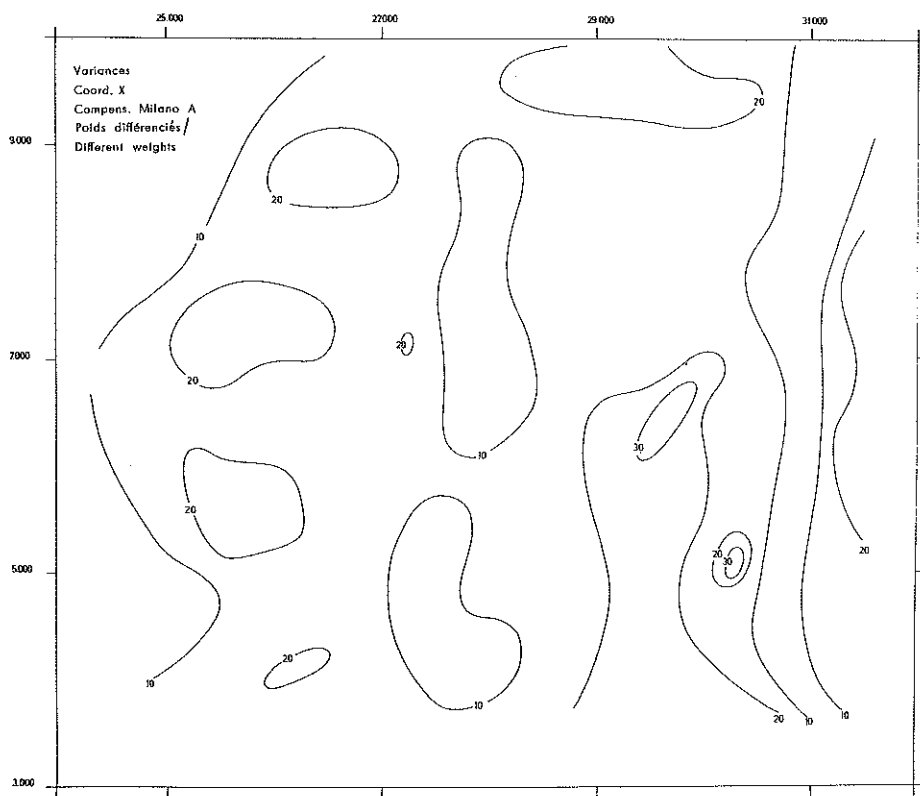


FIG. 23

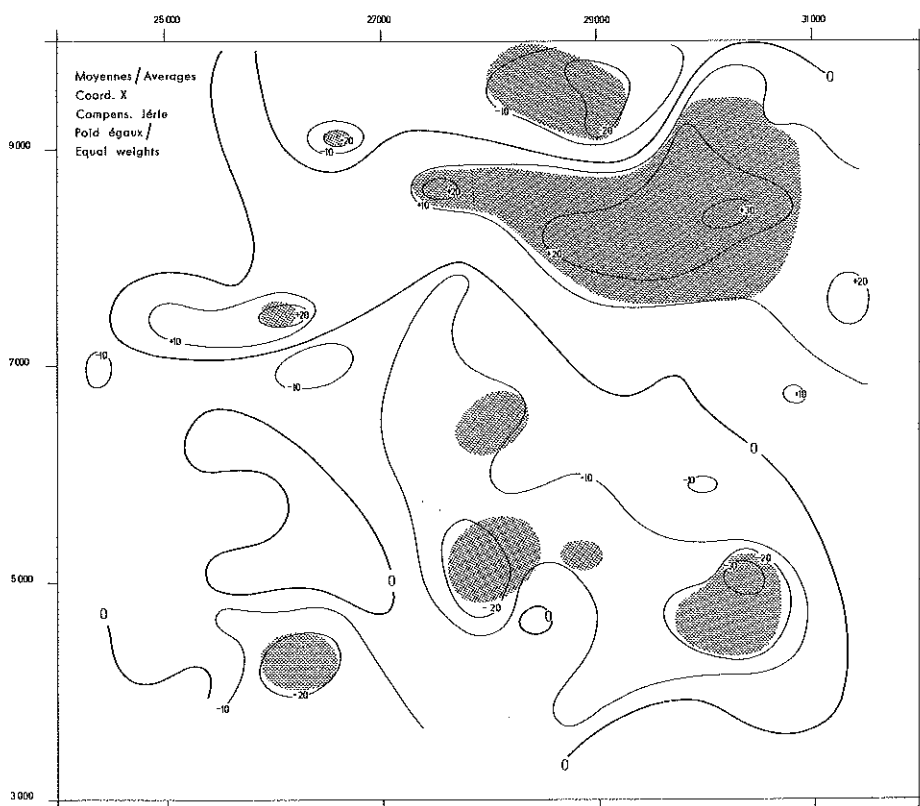


FIG. 24

FIG. 25

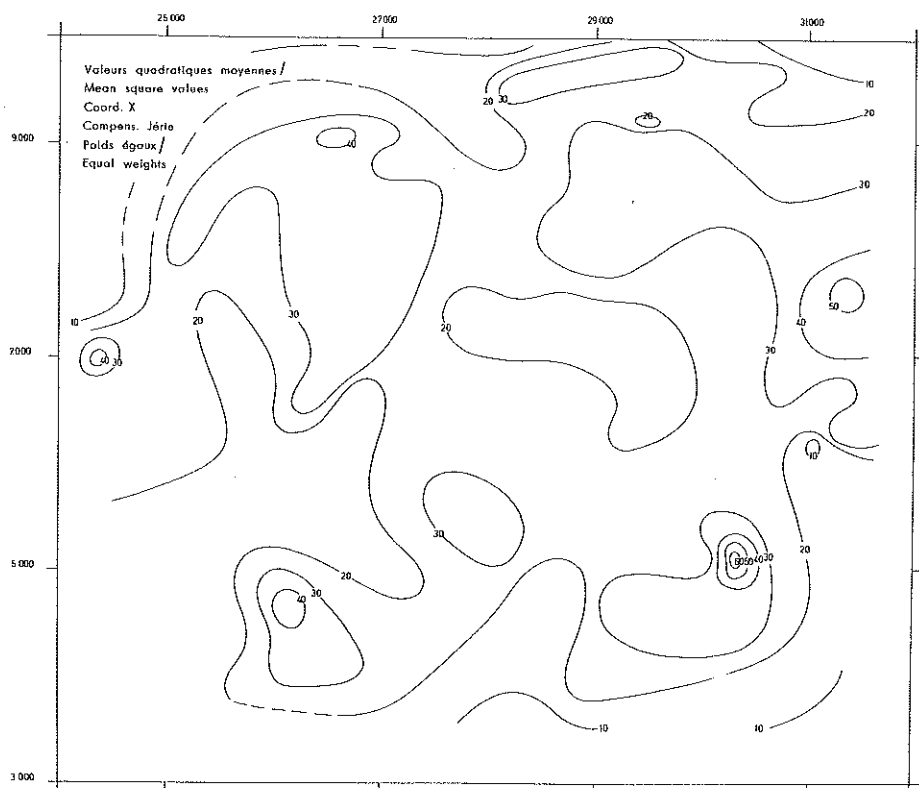
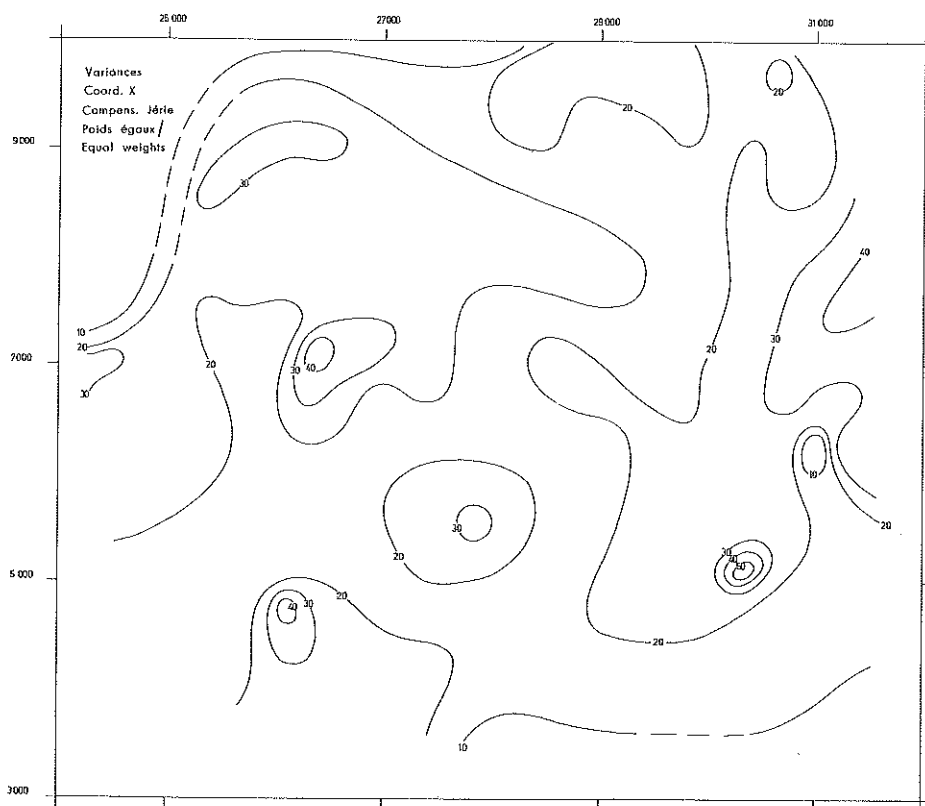


FIG. 26



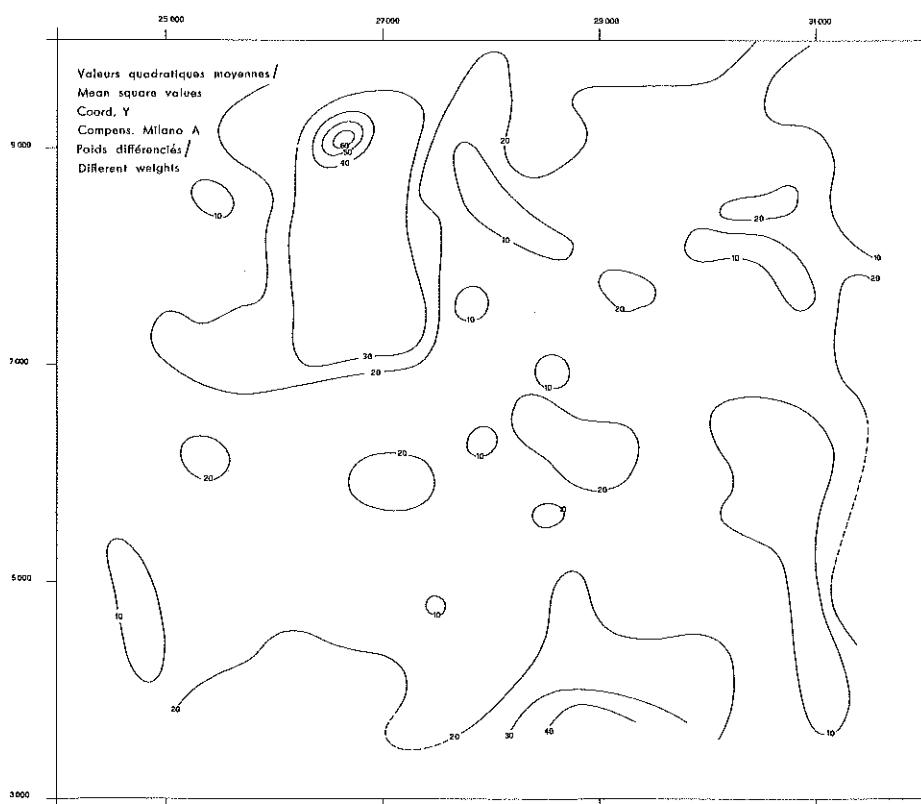
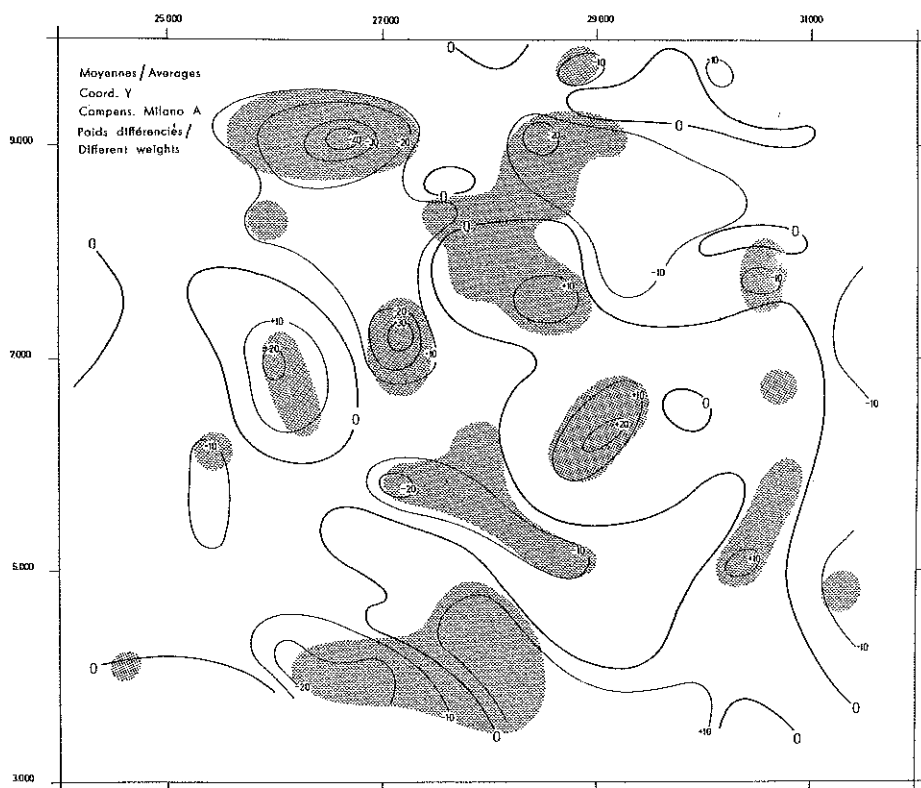


FIG. 29

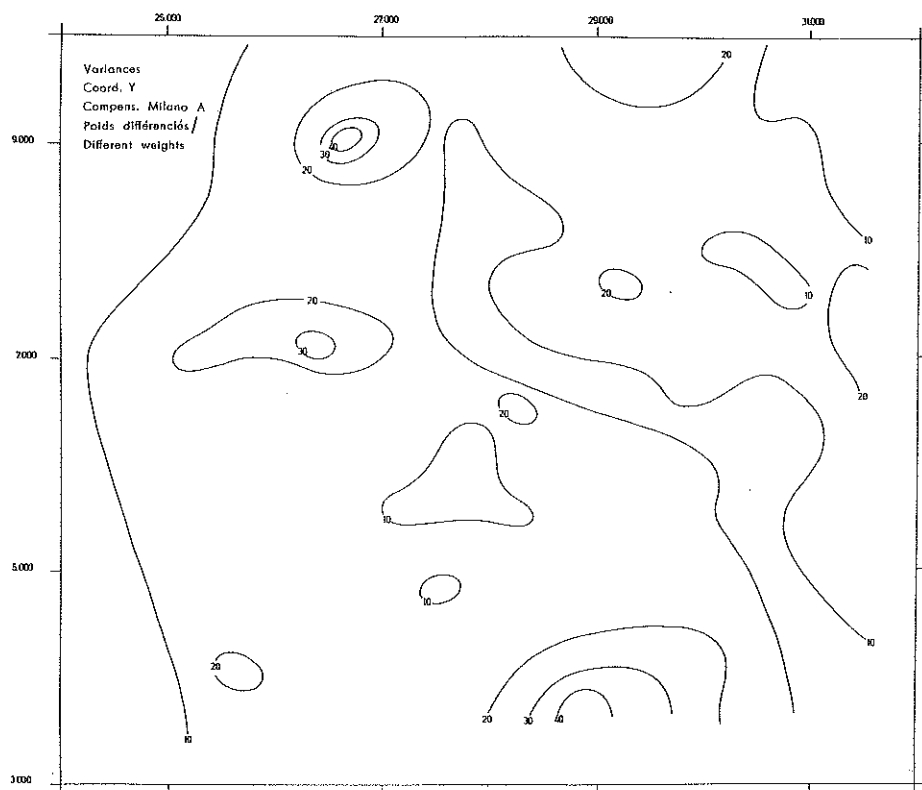
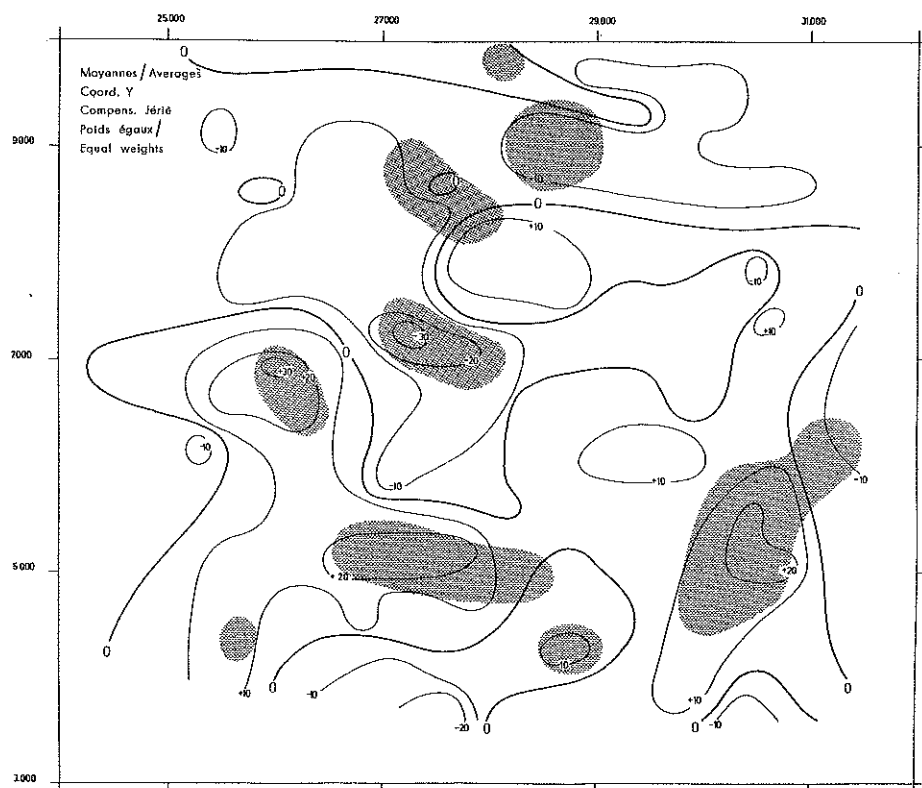


FIG. 30



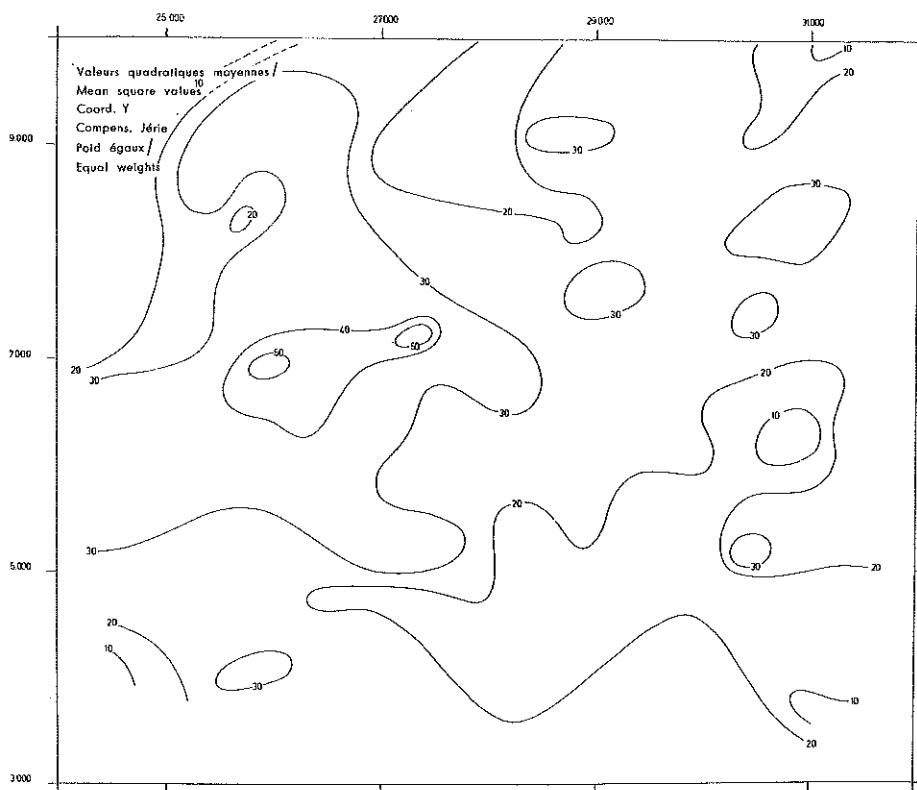


FIG. 31

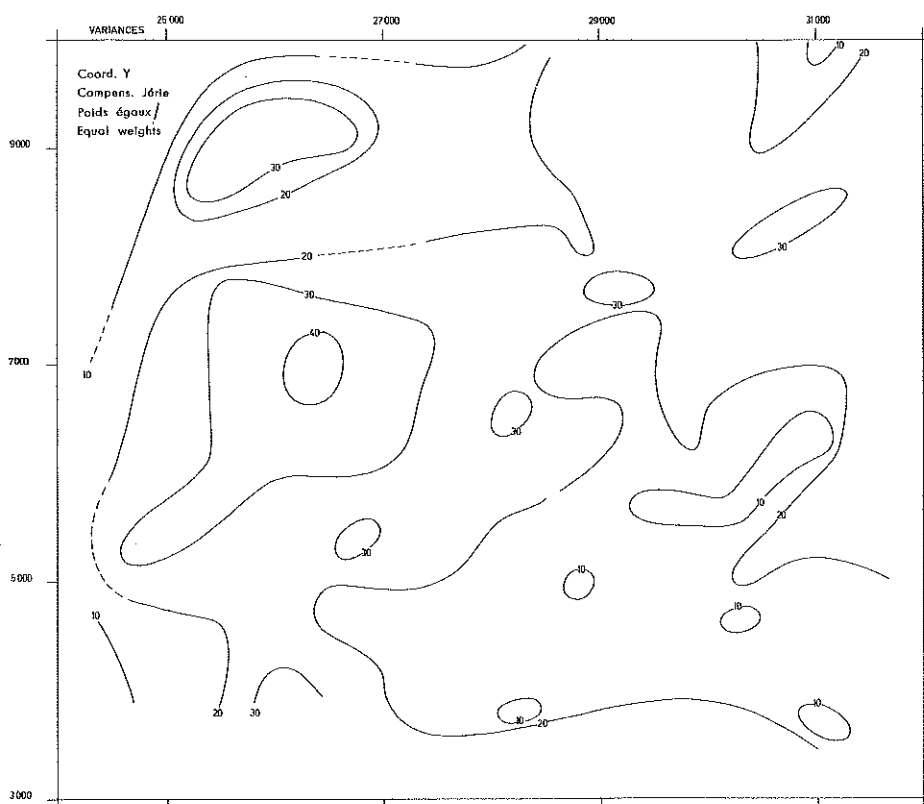


FIG. 32

FIG. 33

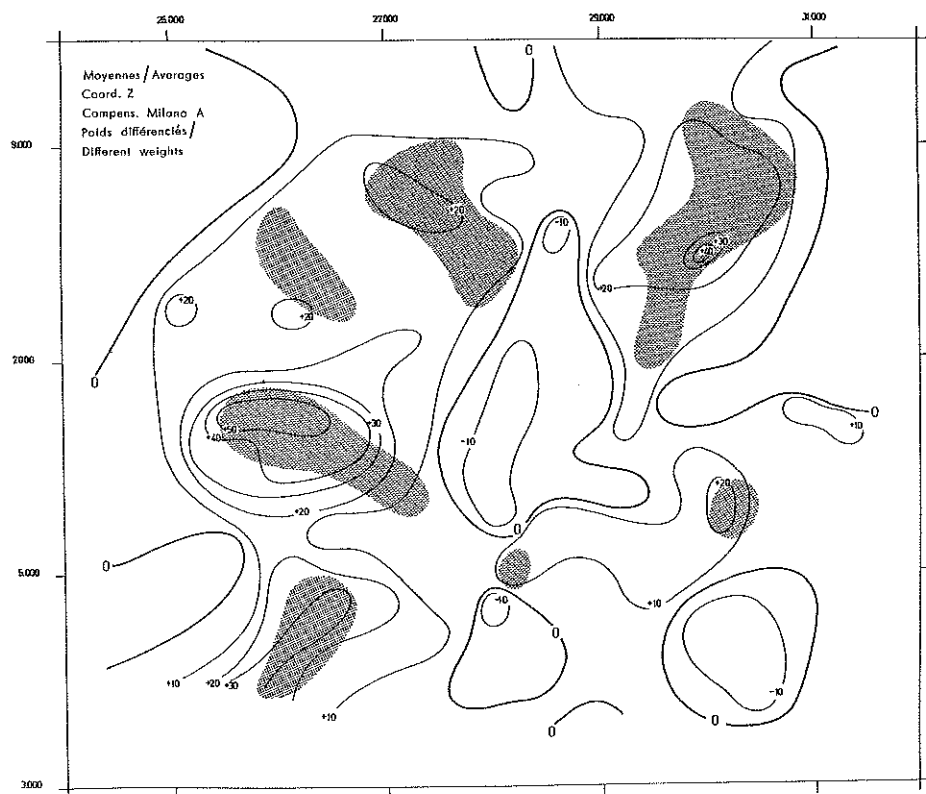
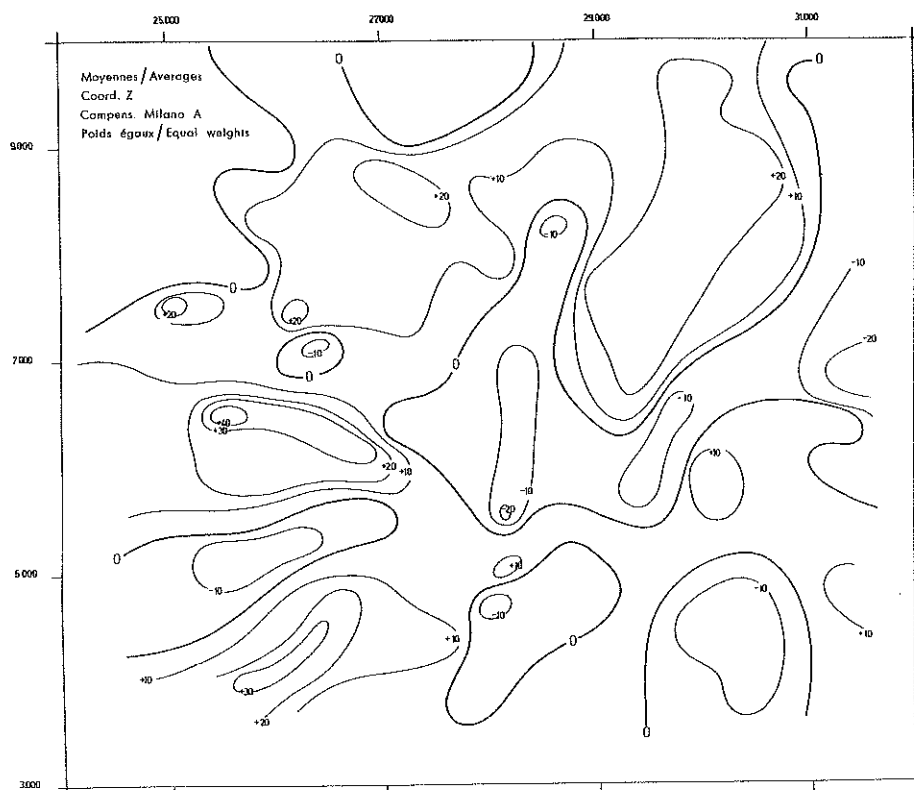


FIG 34



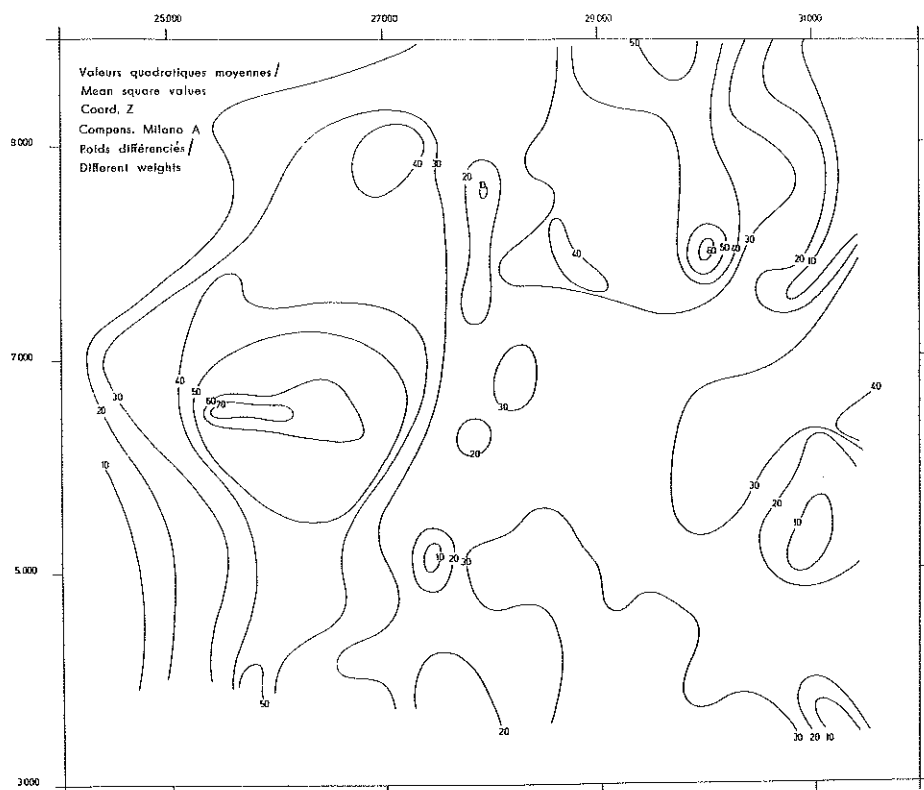


FIG. 35

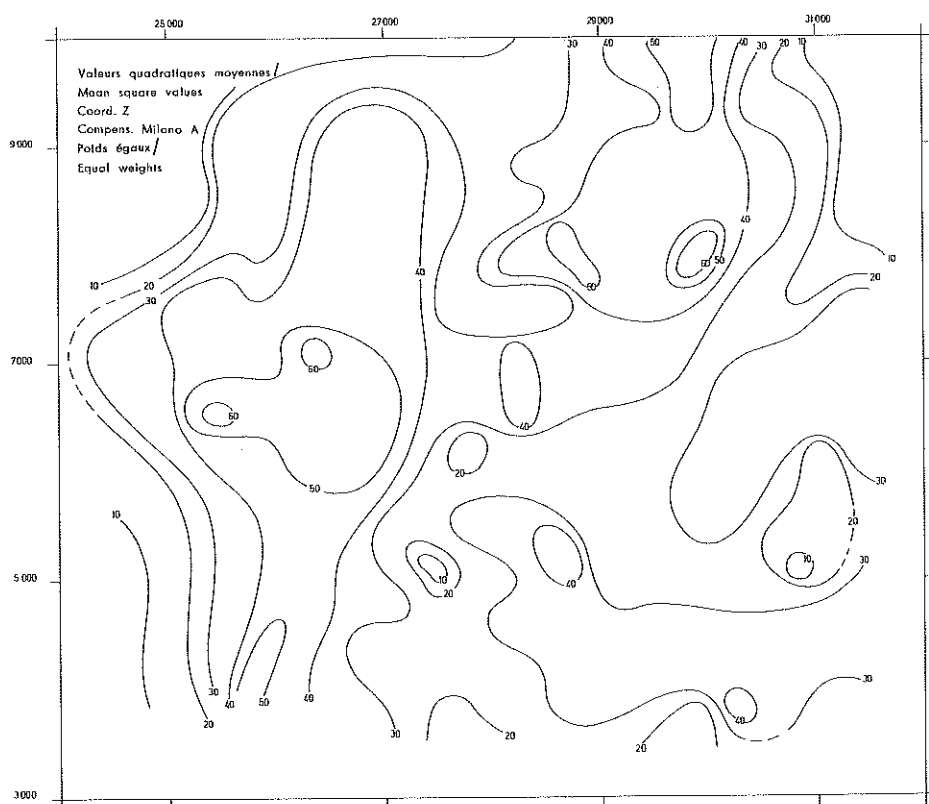


FIG. 36

FIG. 37

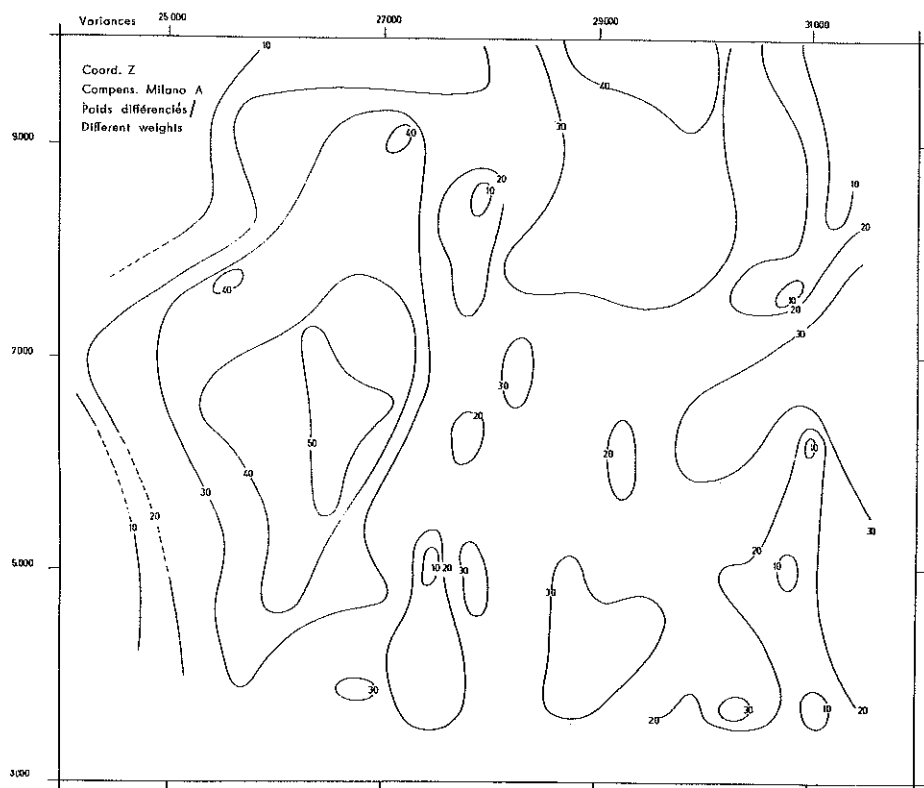
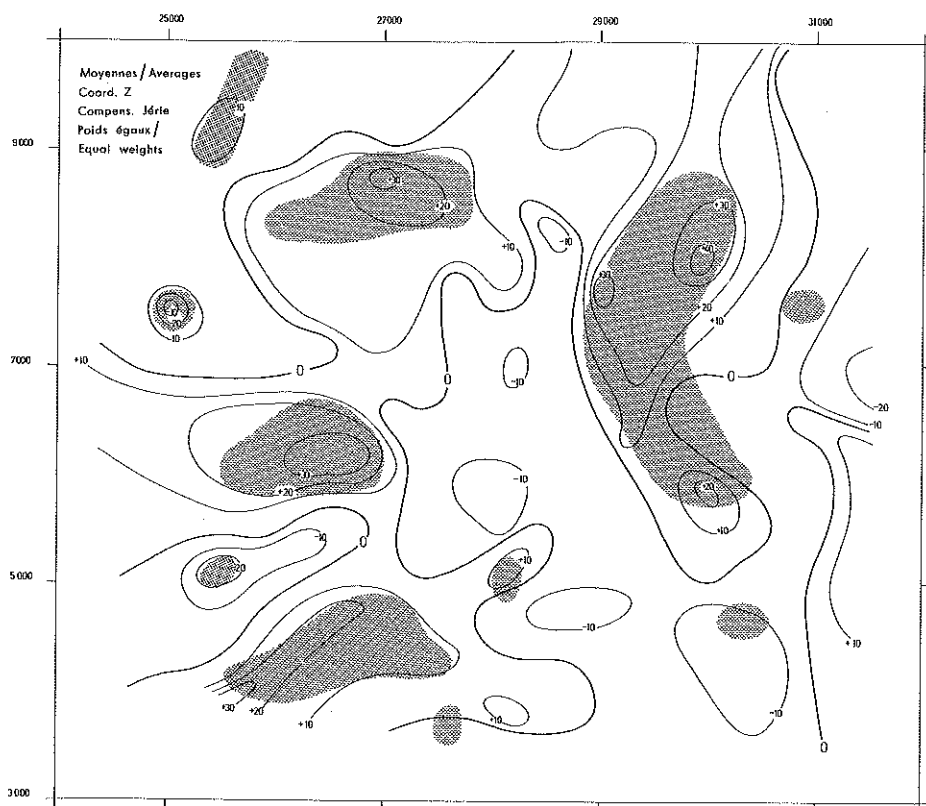


FIG. 38



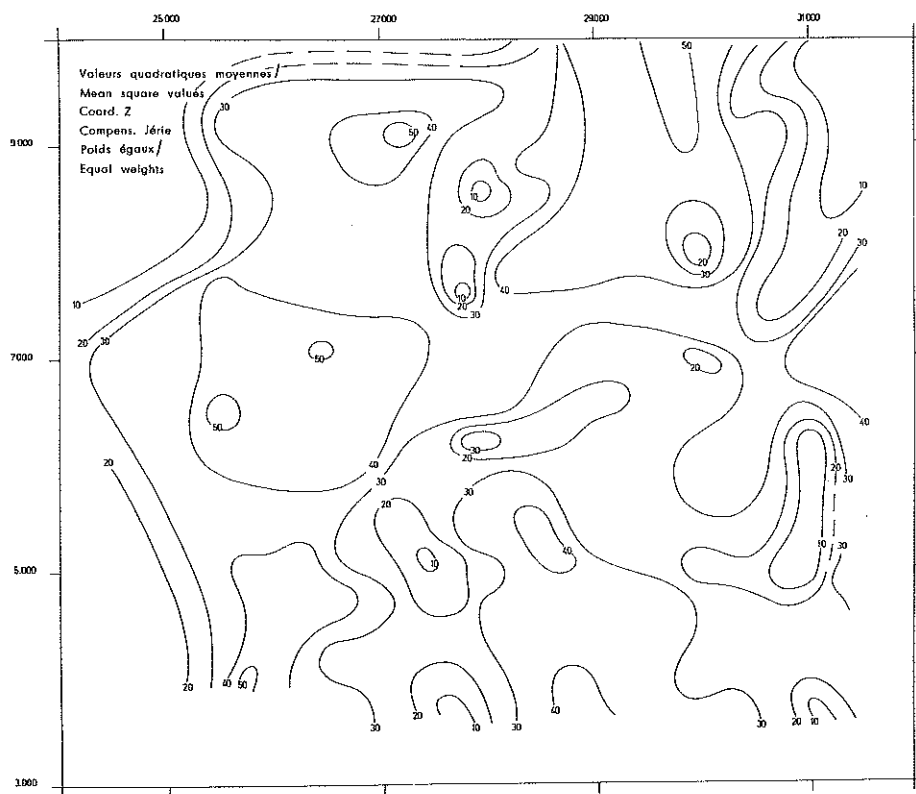


FIG. 39

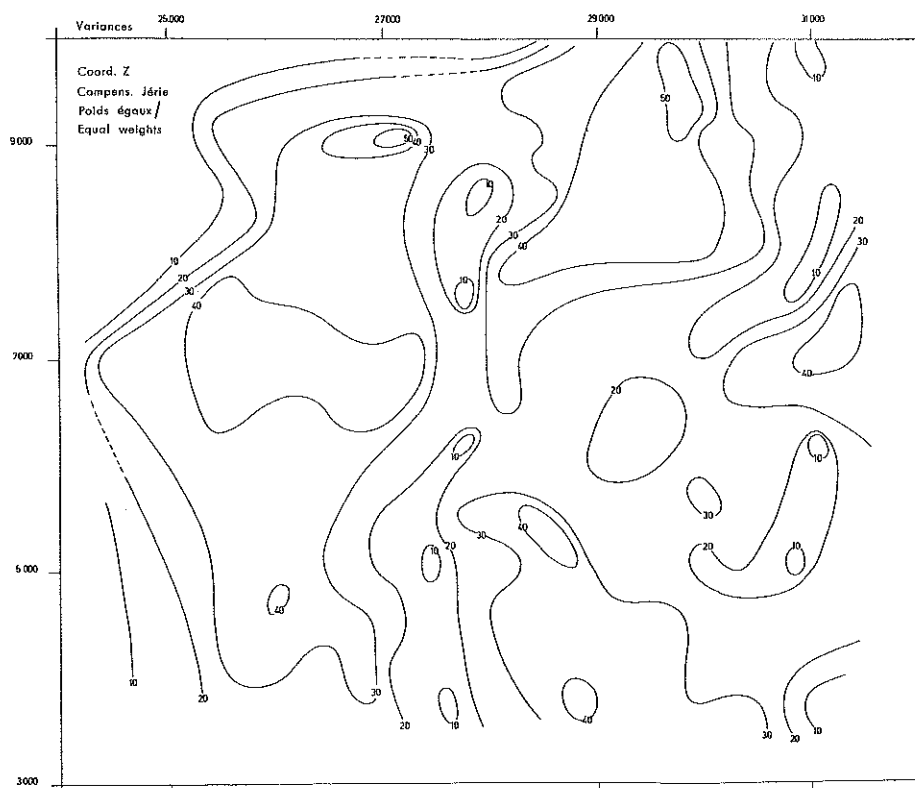


FIG 40

FIG. 41

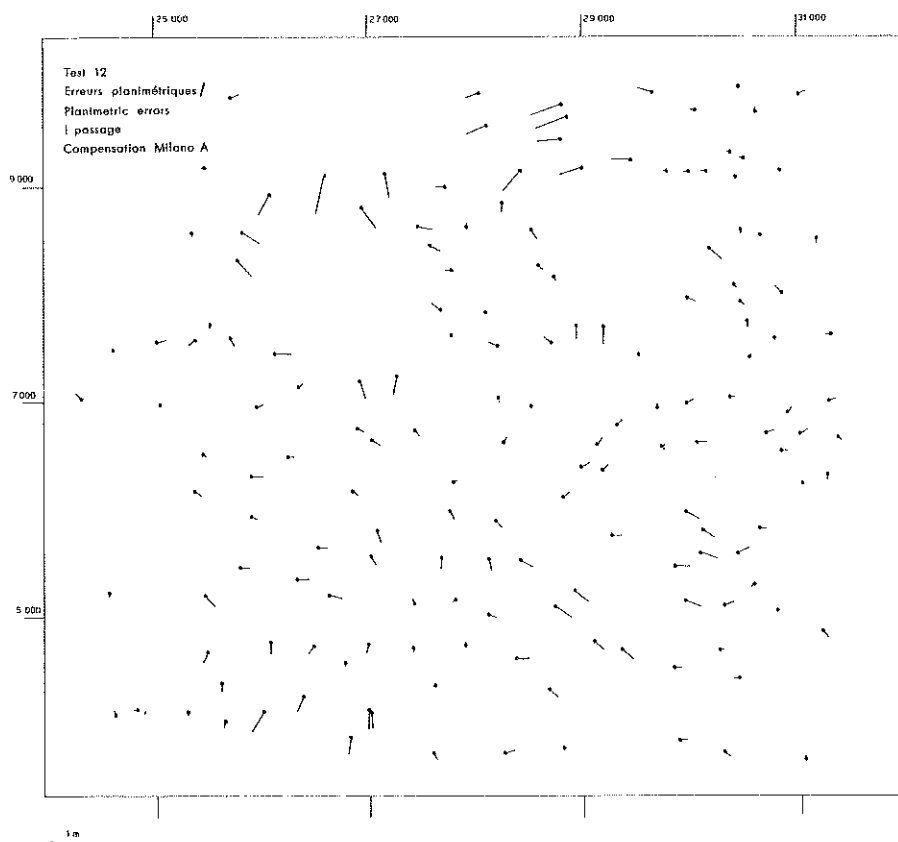
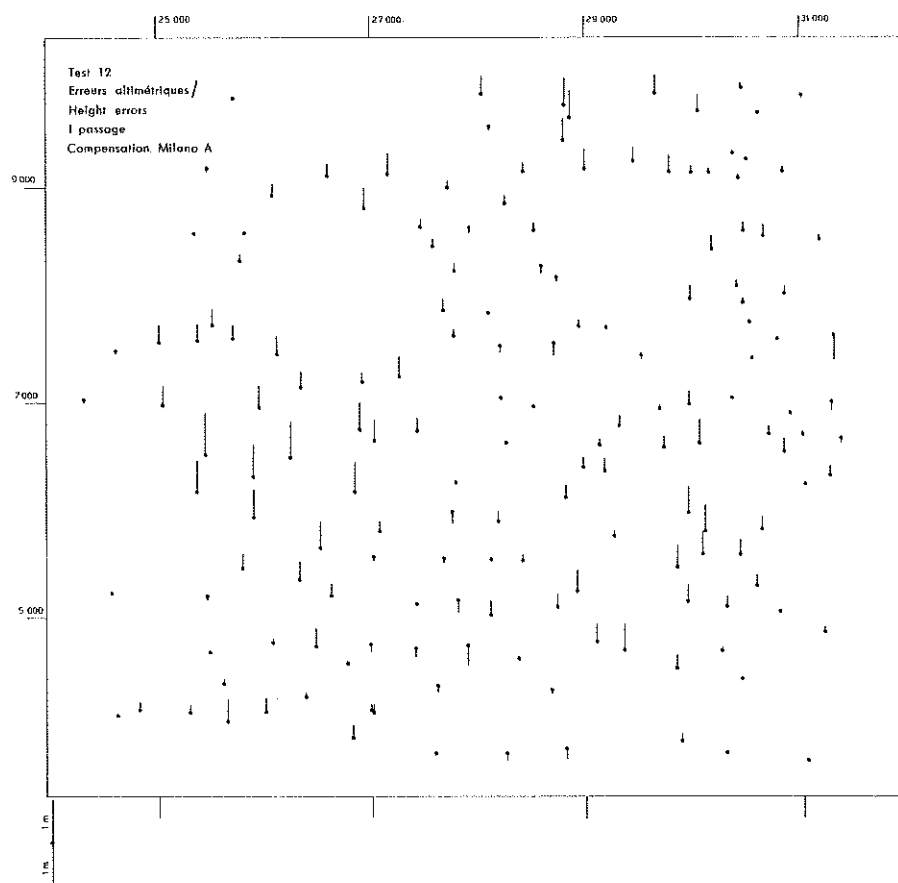


FIG. 42



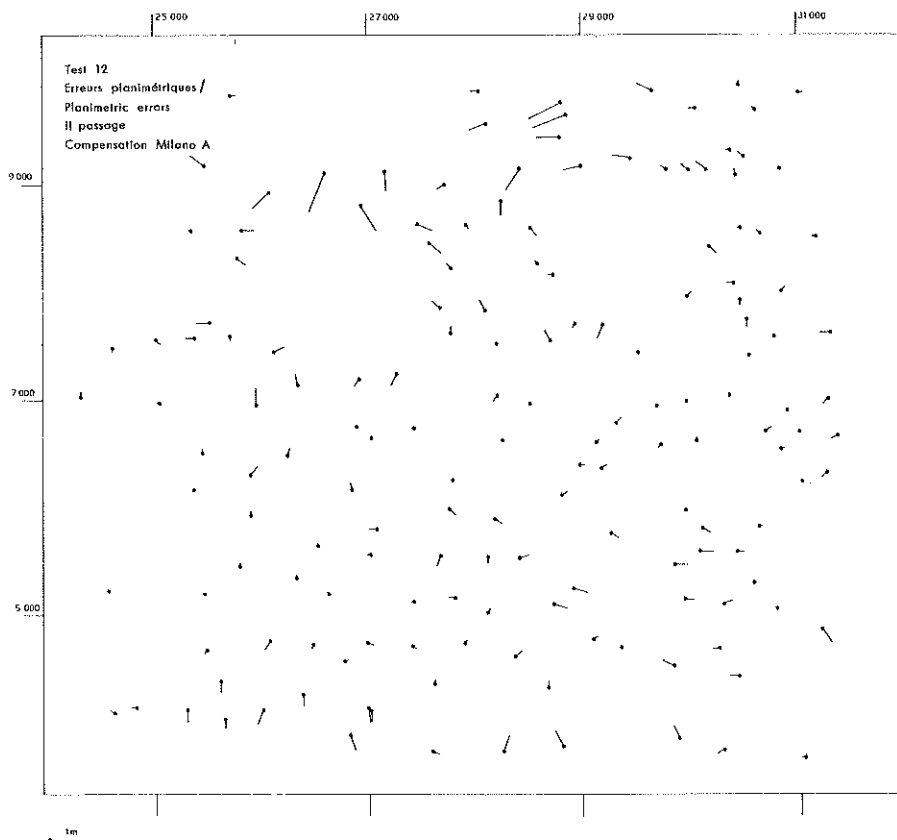


FIG. 43

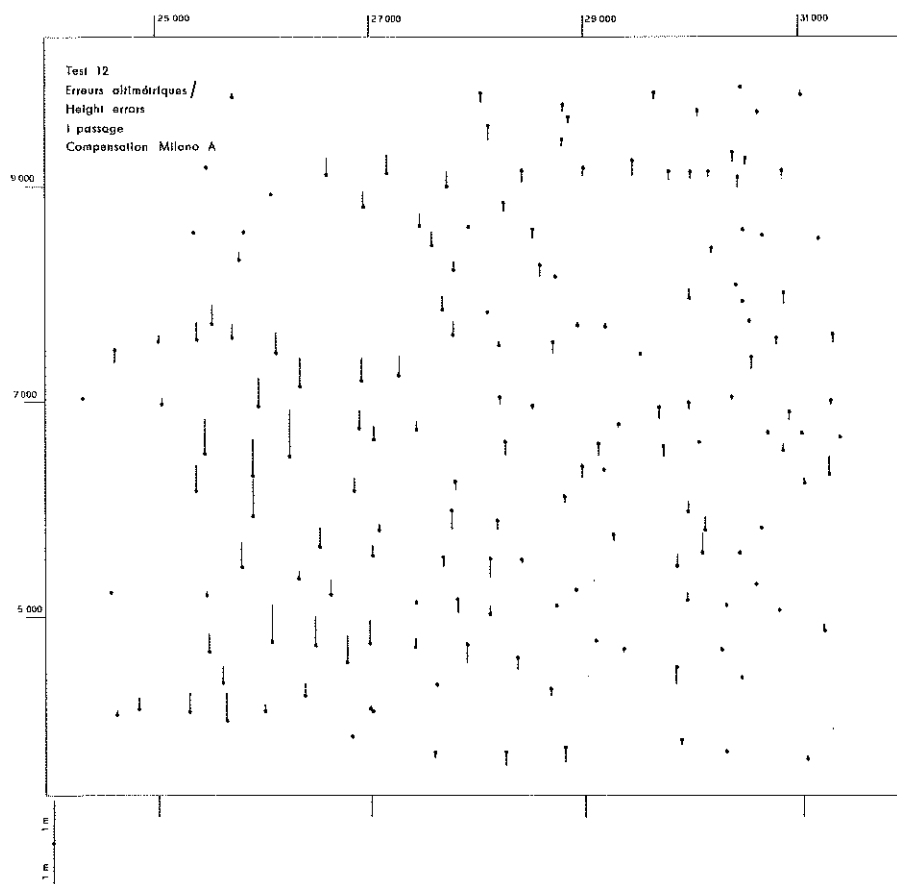


FIG. 44

FIG. 45

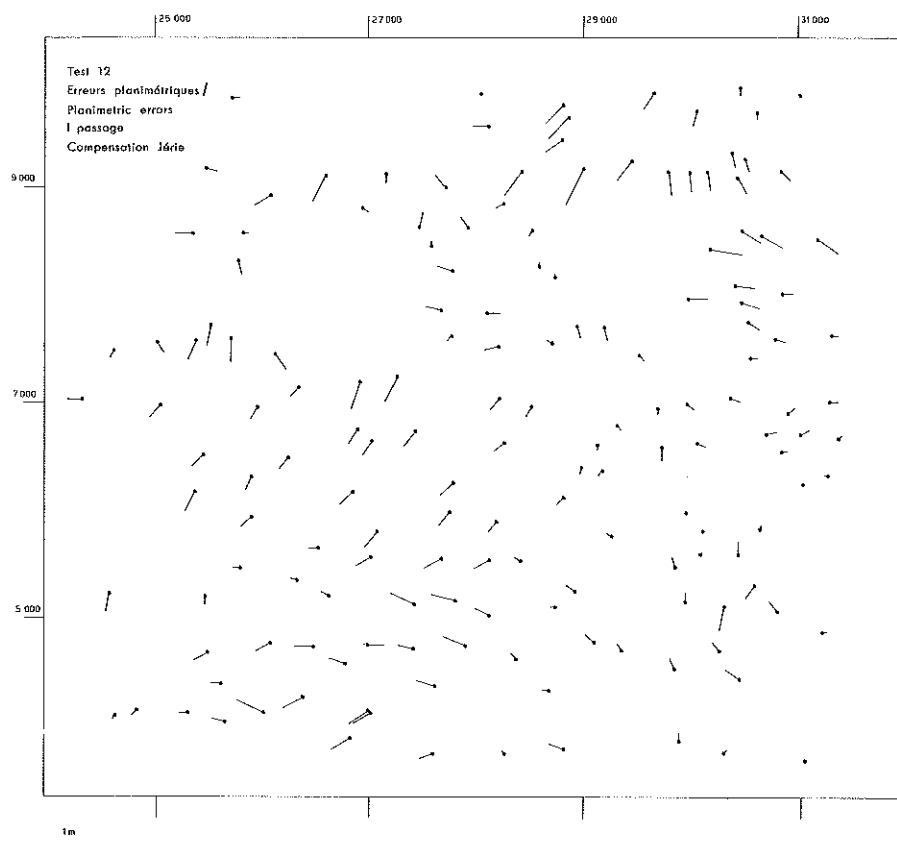
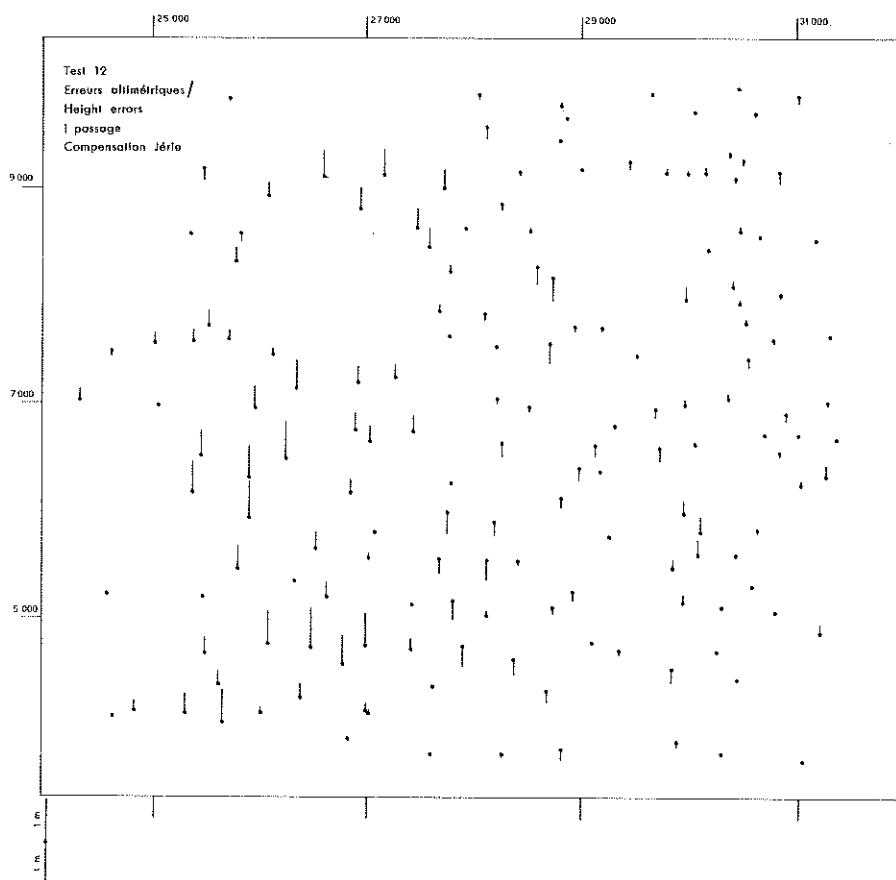


FIG. 46



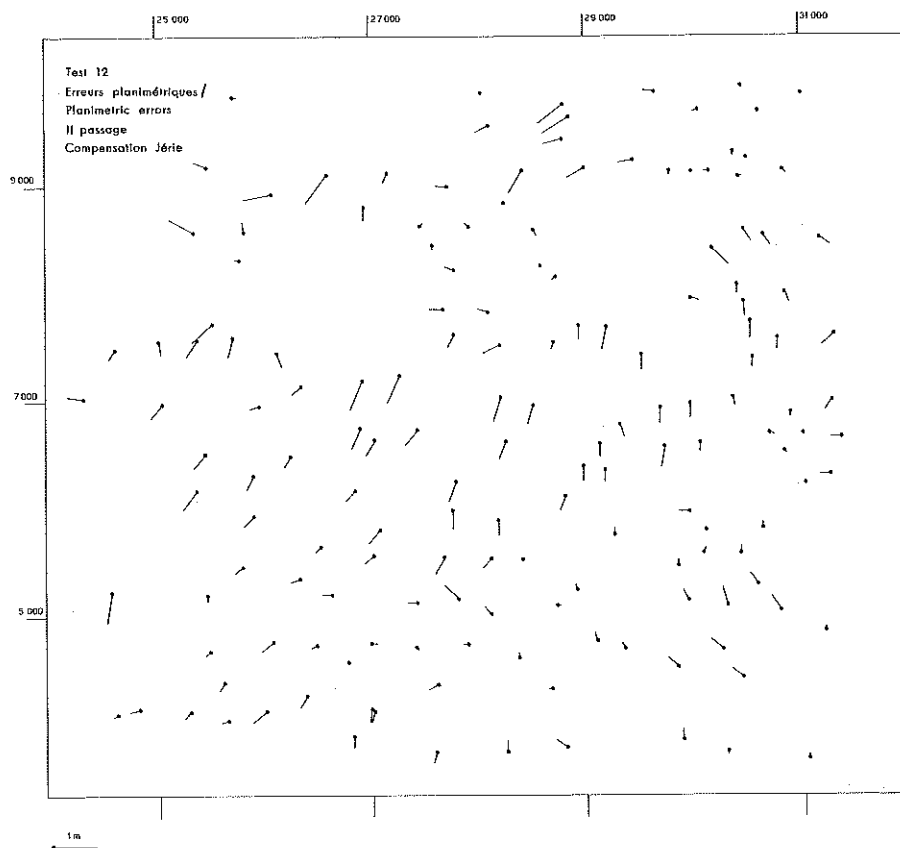


FIG. 47

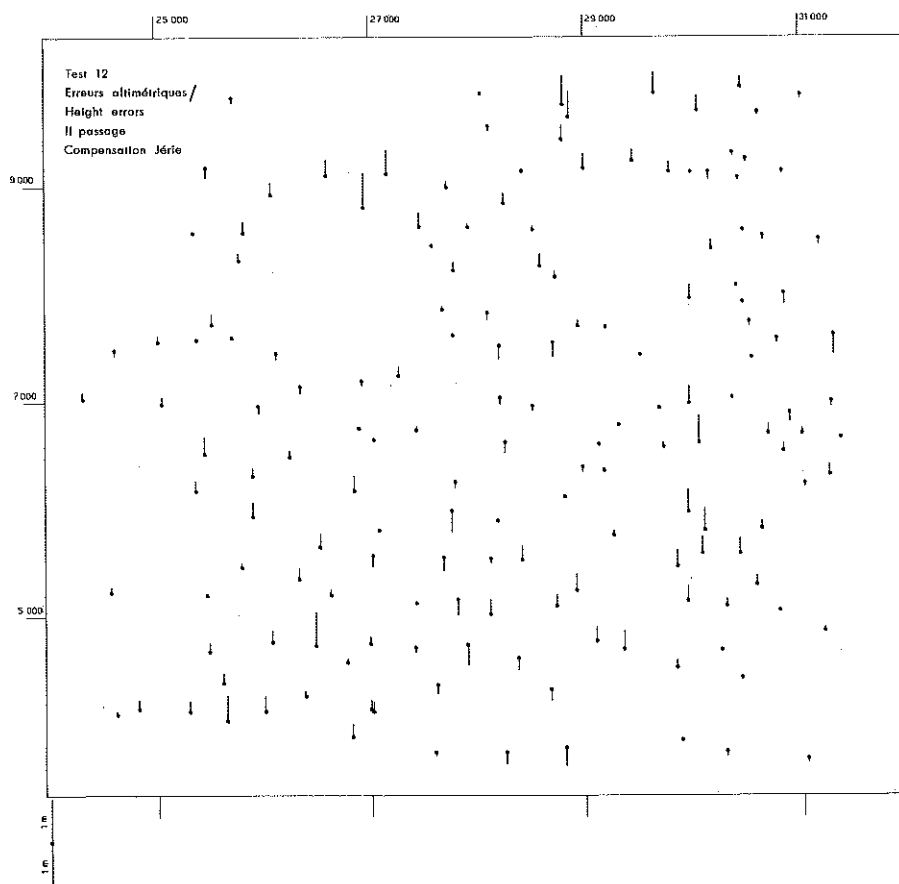


FIG. 48

FIG. 49

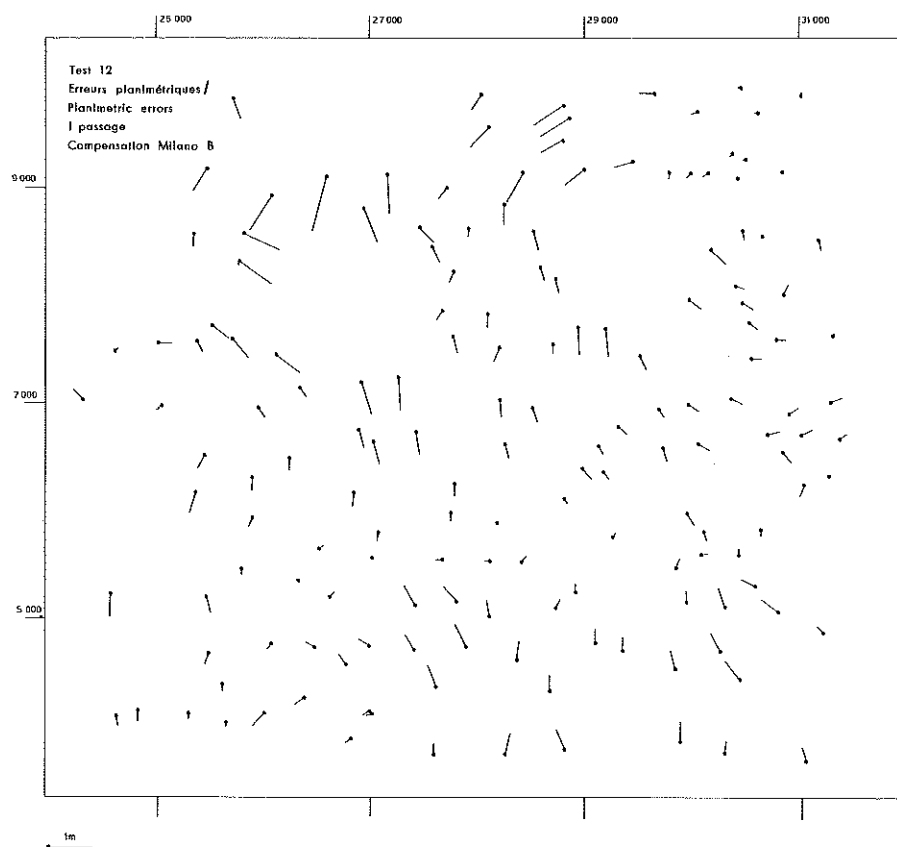
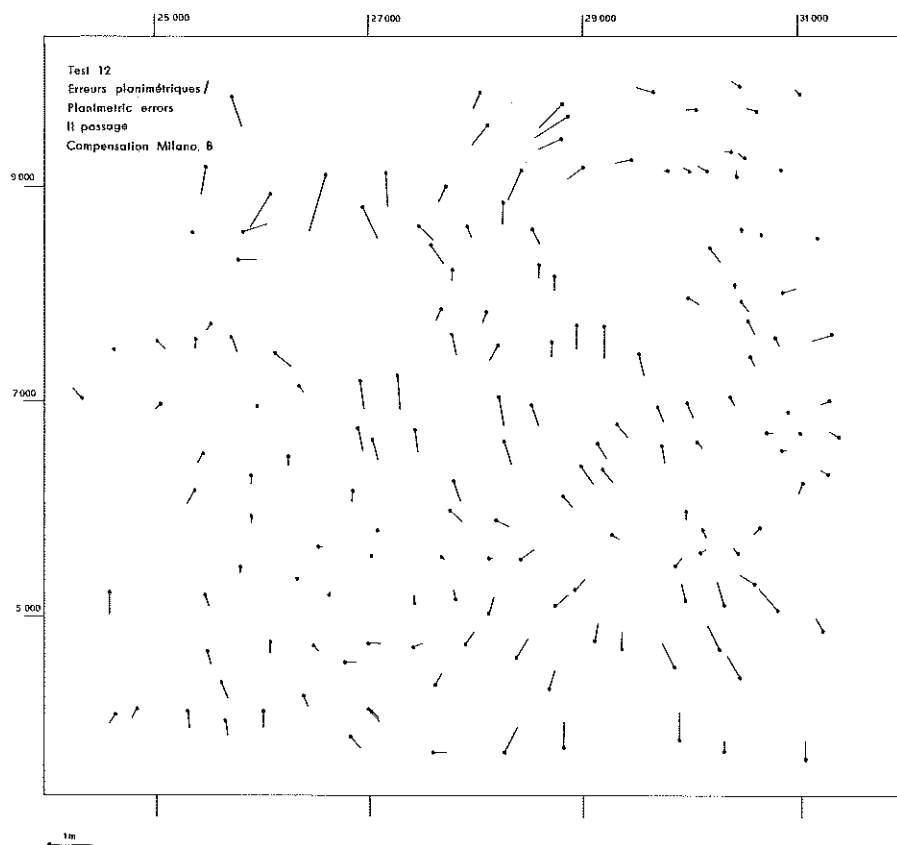


FIG. 50



Liste des publications de l'O.E.E.P.E.

Etat: 1 janvier 1968

- [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.). 1^{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 (Commissions 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. 165—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.). 2^{ème} 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 1er 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 Commission 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. — Firenze 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 photogrammetrische experimentelle Untersuchungen. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sér. V, No. 2, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. spéc.) No. 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., Sér. V, No. 2, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. spéc.) No. 1, Frankfurt a. M. 1962, pp. 22—36.

- [23] *H. Belzner*: Versuchsfelder für internationale Versuchs- und Forschungsarbeiten. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sér. V, No. 2, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. spéc.) No. 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.) No. 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. No. 2, Wien 1965, 4 pages, 4 annexes.
- [31] *E. Gotthardt*: Erfahrungen mit analytischer Einpassung von Bildstreifen. — Nachr. Kt.- u. Vermess.-wes., Sér. V, No. 12, OEEPE-Sonderveröff. (Publ. spéc.) No. 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., Sér. V, No. 13 (OEEPE-Sonderveröff. No. 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., Sér. V, No. 13 (OEEPE-Sonderveröff. No. 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.) No. 3, Wien 1967, 4 pages, 2 fig., 9 tabl.