



SUMMARY
OF A
REPORT* ON TRIALS OF AERIAL PHOTOGRAPHIC MAPPING
IN THE NETHERLANDS.

INTRODUCTION.

THE details of the methods carried out during the war for expeditious chart making by photography from the air becoming gradually more and more known after the Armistice, the Hydrographic Department of the Dutch Ministry of Marine examined these methods with a view to ascertaining whether they could be successfully applied to hydrographic surveying in the East Indian Archipelago.

As the literature published on the subject did not give a conclusive answer to this question, the only way to ascertain this was by carrying out trials.

Two offers to carry out a well defined scheme were received. One proposed to apply the methods of Prof. Dr. R. HUGERSHOFF, scientific adviser to the firm of Gustav Heyde at Dresden (called the "H. method"), the other offer was made by the LUFTBILD Company of Berlin and this was to be executed in accordance with the special methods of this firm (referred to as the "L. method").

Both proposals were accepted and the required photographs were taken in the spring and summer of 1920. They covered about half of the coasts mentioned in the scheme and their elaboration according to the H. method lasted to the end of the year 1921; the L. only succeeded in working out, by 1922, a small part of the photographs taken.

Before describing the scheme, a brief explanation will be given of the manner in which it was planned.

* The Report by Captain J. LUYKES, R.D.N., is inserted in the "Marineblad" of October 1922. Summary and translation by I. H. B.



RÉSUMÉ

D'UN

RAPPORT SUR LA RESTITUTION * DE CARTES MARINES

PAR LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE AUX PAYS-BAS **

INTRODUCTION.

APRÈS l'Armistice, les détails des méthodes appliquées pendant la guerre pour la construction rapide de cartes par la photographie aérienne, devinrent de plus en plus connus et le service hydrographique du Ministère de la Marine des Pays-Bas examina ces méthodes, dans le but de se rendre compte si elles pouvaient s'appliquer avec succès aux levées hydrographiques de l'Archipel d'Asie.

Les articles publiés à ce sujet ne donnant pas de résultats concluants, ceux-ci ne pouvaient être obtenus que par la pratique.

Deux offres furent faites pour l'exécution d'un projet bien défini. L'une proposait d'appliquer la méthode du Professeur R. HUGERSHOFF, collaborateur scientifique de la firme Gustav Heyde à Dresden, l'autre émanait de la Compagnie LUFTBILD de Berlin et devait être exécutée d'après sa méthode spéciale. Ces offres furent acceptées et on prit les photographies nécessaires pendant le printemps et l'été de 1920. La restitution d'après la méthode H., d'une carte qui couvrait environ la moitié des côtes désignées, occupa aussi l'année 1921 et L. ne réussit qu'en 1922 à en restituer une partie très restreinte.

Avant d'indiquer les projets, il conviendra d'expliquer les idées d'après lesquelles ils ont été conçus.

* D'après une note de l'article " Concerning aerial photographic mapping " par JAMES W. BAGLEY dans le " Geographical Review of the American Geographical Society of New-York " d'Octobre 1922, le mot « restitution » a été employé par les Français par rapport à la photographie aérienne, depuis plus de dix ans. Il a été adopté par les forces anglaises pendant la guerre mondiale, dans le sens de recueillir des données de la dite photographie. En Français, il signifie le complexe des manipulations, par lesquelles on fait passer une photographie représentant un terrain pour en tirer une carte. Dans cet article, le mot est employé dans le sens français.

** Le rapport, rédigé par le Capitaine de vaisseau J. LUYMES, de la Marine néerlandaise, est publié dans " Marineblad, Octobre 1922 ". Résumé et traduction du B. H. I.

Although it could be assumed that, under favourable circumstances and within certain limits, it would be possible to discover shoals and to locate them, from the very beginning the Hydrographic Office was aware that air photography could never give all information required of the sea bottom. Therefore a chart constructed by air photography would, with regard to this important detail, always be inferior to the results of a hydrographic survey and introducing this method would only be justified if this considerable drawback were counterbalanced by a still more important advantage.

This advantage was thought to be a considerable saving of time and, if this proved to be the case in practice and the results were considered to be sufficiently accurate, the new method might permit charts to be made of the Coasts and adjacent seas of the East Indian Archipelago, which have not yet been properly surveyed, in considerably less time than by ordinary surveying, although the charts might not be as complete.

This saving of time can only be made if the operations which make hydrographic surveying a lengthy process, viz. erecting beacons, triangulating and taking soundings, can be reduced to a great extent, but this is only possible if the photos :

- (1) give a sufficiently accurate base for plotting, i.e. if it is theoretically accurate and practically feasible to calculate from the photos the coordinates of a set of points which can take the place of the triangulation points of a survey ;
- (2) permit the calculation of the co-ordinates of any other desired point with reference to these basepoints ;
- (3) show clearly shoals which are dangerous to navigation.

If it be supposed that the trials projected complied with every one of these conditions, it would be possible to limit the fieldwork to choosing the initial points for commencing what might be called the triangulation from the air, to fixing these points and the end-point of this triangulation geodetically and astronomically and to running the most necessary lines of soundings in the principal channels and between the shoals marked on the photographs. The time the surveyor would have to spend in the field of survey would thus be considerably shortened.

It was considered possible to carry out the work with a suitable

Quoiqu'il soit permis de croire que, dans des conditions favorables et dans certaines limites, il serait possible de découvrir des haut-fonds et d'en fixer la position, le Service Hydrographique s'est rendu compte dès le début, que la photographie aérienne ne pourrait jamais donner tous les renseignements nécessaires sur le fond sous-marin. Pour cet important détail, une carte restituée d'après la photographie aérienne serait donc toujours inférieure aux résultats d'un levé hydrographique, et l'introduction de cette méthode ne serait justifiée que si ce désavantage considérable était contrebalancé par un avantage encore plus important.

On croyait que cet avantage pourrait se traduire par une économie considérable de temps ; et, si la pratique avait démontré l'exactitude de cette supposition, et que le résultat fut jugé assez favorable, la nouvelle méthode pourrait permettre de dresser, dans un délai considérablement plus court que par la méthode usuelle, les cartes marines des côtes et des mers adjacentes de l'Archipel d'Asie, dont les levés hydrographiques n'ont pas encore été faits en détail. Toutefois ces cartes ne seraient pas aussi complètes.

Cette économie de temps ne pourra se faire qu'à condition que les travaux nécessaires au placement de signaux, à la triangulation et aux sondages, qui sont les causes de la lenteur du levé ordinaire, soient considérablement réduits ; et cela ne sera possible que si les photographies :

- (1) donnent une base suffisamment exacte pour déterminer le point ; c'est-à-dire, s'il est théoriquement exact, et pratiquement exécutable, de calculer d'après elles, les coordonnées d'un assemblage de stations qui pourraient remplacer les stations de triangulation d'un levé ;
- (2) permettent le calcul des coordonnées de tout autre point par rapport à ces stations principales ;
- (3) indiquent clairement les hauts fonds dangereux pour la navigation.

En supposant que les épreuves projetées remplissent toutes ces conditions, il serait possible de borner le travail sur le terrain au choix des stations initiales pour commencer la triangulation aérienne ; à fixer ces stations ainsi que le point final de la triangulation par des observations géodésiques et astronomiques, et à faire les sondages nécessaires dans les passages principaux et entre les hauts fonds visibles dans les photographies. De cette manière le séjour sur le terrain se trouverait abrégé considérablement. On croyait qu'il serait possible d'exécuter ces travaux sous la direction d'un hydrographe expérimenté, assisté du personnel aéronautique et nautique néces-

vessel and a few hydroplanes under the direction of an experienced surveyor, assisted by the necessary air and nautical personnel. During the time required by the airmen to cover the coast with photographs, the nautical staff would measure a base, determine the required points and between these, at convenient distances, some check-points and take the required amount of soundings.

On board it would be sufficient to develop the negatives and compute from these a serviceable working sheet ; the definite working out of these photographs would, however, have to be done on shore by experts, who necessarily must have special instruments at their disposal.

It is therefore obvious that, while making trials in Holland to ascertain whether a similar procedure is possible in the East Indian Archipelago, the operators could not be allowed to make use of the existing triangulation. They were supplied with a very restricted number of data, approaching as much as possible to the conditions which they would experience in the Colonies.

SCHEME.

The Scheme embraced the compilation of a map of the following coasts :

(a) Zeeuwsch Vlaanderen from the Belgian frontier to the Braakman, Walcheren, Noord Beveland and Zuid Beveland up to the line from Ellewoutsdyk to the East entrance of the Zandkreek (see plate at the end of the report).

(b) Hoek van Holland to Helder.

For the part under (a) the airmen were supplied with the co-ordinates of three points near Breskens, distant at most 2600 metres (2842 yards) from each other and an end-point near Colynsplaats ; for the part under (b) they could use the co-ordinates of a similar triangle near Hoek van Holland and those of an end-point near Helder. These points were selected by the operators themselves on the photographs.

It is a fact that as a rule conspicuous points for the seaman, such as church spires and lighthouses, give but little satisfaction on air-photographs and generally are detected by their shadows only while road-crossings, angles of fields and similar points of no value whatever to the surveyor stand out remarkably clearly on these photographs.

The complete difference between local conditions in Holland and in the East Indian Archipelago, especially as regards elevation of

saire, avec un navire approprié et quelques hydroplanes. Pendant que les aéronautes prendraient les photographies, les marins mesureraient une base, détermineraient les stations nécessaires et, à des distances convenables, quelques stations de contrôle et feraient les sondages utiles.

Il suffirait de développer à bord les négatifs pour en tirer une feuille propre à la construction. Leur élaboration définitive devrait se faire à terre par des experts disposant d'instruments spéciaux.

Pour ces raisons il est clair que, en faisant les épreuves en Hollande pour examiner si l'exécution de ce procédé est possible dans l'Archipel d'Asie, on ne pouvait permettre aux opérateurs de se servir de la triangulation du Royaume. On ne leur procura qu'un nombre de données très restreint, correspondant autant que possible aux conditions qu'ils trouveraient aux Colonies Néerlandaises.

PROJET.

Le projet comprenait la construction d'une carte des côtes suivantes :

(a) Zeeuwsch Vlaanderen depuis la frontière belge jusqu'au Braakman, Walcheren, Noord Beveland et Zuid Beveland jusqu'à la ligne Ellewoutsdyk-bouche Est du Zandkreek (voyez le plan à la fin du rapport) ;

(b) Hoek van Holland jusqu'au Helder.

Pour la partie (a), les aéronautes disposèrent près de Breskens de coordonnées de trois stations, dont la distance ne dépassait pas 2600 mètres, et de celles d'une station près de Colynsplaet. Pour la partie (b), les trois stations se trouvaient près de Hoek van Holland, et le point final près du Helder. Ces stations furent choisies d'après les photographies par les opérateurs eux-mêmes.

En général, les points de repère habituels du marin, tels que clochers et phares, donnent peu de résultat dans les photographies aériennes. Ils ne sont généralement visibles que grâce à leurs ombres, tandis que les intersections de routes, les angles de champs et des points semblables, qui n'ont aucune valeur pour l'hydrographe, sont remarquablement traduits par la photographie.

C'est à cause de la différence absolue de conditions locales en Hollande et dans les colonies, spécialement en ce qui concerne

the ground and vegetation, made it impossible to include every difficulty which will be met with in the Colonies in the trial. Besides, the opaque water off the Dutch Coast precluded the investigation as to the extent to which shoals will be visible on the photographs and whether it would be possible to locate them.

Even if these circumstances were not taken into account, the scheme was far from being easy to carry out and if the trials had been successful, it certainly would have been advisable to recommend making more extensive ones under appropriate conditions in the East Indian Archipelago. Taking the object of these into consideration, comparatively small errors, such as discrepancies of direction not exceeding 2° , and of distance not exceeding a small percentage, would have been admissible, but in the maps produced these amounts were considerably surpassed.

FIELDWORK.

H. Trial. — The photographs were taken with a rigid hand camera provided with a "Geotar" 1 : 7,7 objective by Goerz, a yellow filter and a compound shutter giving a minimum exposure of $1/200$ second, the size of the plate being 18×13 cm. A simple view-finder and a not very sensitive circular level, capable of being adjusted at an angle of inclination, are mounted at the top of the camera.

When operating, the plate is pressed hard against the frame at the back of the camera in order to keep the distance of the image constantly equal to the focal length of the objective. This frame has 4 triangular centering-marks, one in the middle of each side, which appear on the negative; the lines joining the opposing marks intersect at right angles and the optical axis of the camera should strike this point of intersection and be perpendicular to the plate. These lines form a system of co-ordinates.

Some of the constants of the camera viz. the distance of the image and the position of the zero of the co-ordinates have to be adjusted beforehand; these are called the internal coefficients, in opposition to the external coefficients, which include (1) the co-ordinates of the plate in space, (2) the azimuth of the optical axis of the camera, (3) its dip (angle with the horizontal plane through the objective) and (4) its tilt (angle of rotation of the camera round its optical axis measured from the vertical plane through this axis.)

l'élévation du sol et de la végétation, qu'il était impossible d'insérer dans l'épreuve, chaque difficulté qu'on devait surmonter là-bas. En outre, il aurait fallu examiner dans quelle mesure des hauts fonds seraient visibles dans les photographies, et s'il serait possible d'en déterminer la position, ce qui est impossible sur la côte hollandaise à cause du manque de transparence de la mer.

Pourtant, même en ne tenant pas compte de ces circonstances, l'exécution de ce projet était bien loin d'être facile et si l'épreuve avait réussi, il aurait certainement été utile de le répéter aux colonies néerlandaises sur une plus grande échelle et dans des circonstances appropriées. Considérant le but de l'essai, on aurait pu admettre des erreurs relativement petites, disons des divergences de direction de 2° au maximum et de distance ne dépassant pas un petit pourcentage; mais ces limites furent considérablement dépassées dans les cartes restituées.

TRAVAIL SUR LE TERRAIN.

Epreuve H. — Les photographies ont été prises à l'aide d'un appareil rigide muni d'un objectif « Geotar » de Gœrz, 1 : 7.7, un écran jaune et un obturateur composé, donnant une exposition minimum de 1/200 seconde; la dimension des plaques était de 18 × 13 cm. Le dessus de l'appareil portait un viseur ordinaire et un niveau à boîte pas trop sensible qui pouvait être ajusté à un angle donné d'inclinaison.

En prenant les photographies, la plaque est fortement poussée contre le cadre de la paroi arrière de l'appareil afin que la distance de l'image soit constamment égale à la distance focale de l'objectif. Ce cadre est muni de quatre languettes triangulaires, une au milieu de chacun des côtés, qui apparaissent au négatif. Les lignes joignant les languettes opposées se coupent à angle droit, et l'axe optique de l'appareil doit passer par ce point d'intersection perpendiculairement à la plaque sensible. Ces lignes forment un système de coordonnées.

On devra d'avance déterminer la distance de l'image et la position du zéro des coordonnées, nommées coefficients internes par opposition aux coefficients externes, qui comprennent : les coordonnées en l'air de la plaque photographique, l'azimuth de l'axe optique de l'appareil, sa dépression (angle par rapport au plan horizontal passant par l'objectif) et sa rotation (autour de son axe optique par rapport au plan vertical passant par cet axe).

Particulars with reference to the camera and the internal coefficients are to be found in "Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen" by Dr. Ing. R. HUGERSHOFF and Dr. Ing. H. CRANZ.

The photographs were taken with the camera held in the hand at heights of 2500 to 2000 metres (8200 to 6560 ft.), at about right angles to the course of the aeroplane, with a dip of about 30° and a minimum of tilt, the bubble of the circular level being in the centre thereof. Each photograph overlaps considerably on the neighbouring one.

Supplementary photographs were taken of some areas, particularly of the banks of the river Scheldt between Breskens and Vlissingen, on account of the necessity of showing both banks and their conspicuous points, some of which were required for the next photograph. As the river in this vicinity has a width of 4,5 kms. (4910 yds.) these photographs had to be taken from a greater height or with a smaller dip of the camera.

Of the very numerous photographs taken, about 160 were chosen for the restitution* of the map, which number is far superior to that which would have been required if the work had proceeded systematically. But a succession of unfavourable circumstances was met with during the flights for this trial, which lasted no less than three months : the aeroplane was an old one, the weather was very unfavourable, the plates were old and the number of slides was insufficient.

Taking the photographs requires much practice as a great many conditions must be fulfilled simultaneously. The aeroplane must be steered in such a way that the well lighted landscape is seen from a suitable direction, the photographs must be taken at the exact dip required and with a minimum of tilt, they must overlap sufficiently and be taken at intervals of less than one minute. A very steady hand and a remarkably cool head are required to take sharply defined photographs of the required areas in such rapid succession from a vibrating aeroplane and in face of a considerable wind pressure.

* According to a footnote in the article "Concerning Aerial photographic mapping" by James W. Bagley in the Geographical Review of the American Geographical Society of New-York, of October 1922, the word "restitution" has been used by the French in connection with aerial photographs for ten years or more. It was adopted by the English speaking forces during the World War and, as used by them, is equivalent to plotting data from aerial photographs. As employed by the French, it means the treatment of a photograph through all the steps necessary to produce a plan or map of the object it pictures.

In this translation of the report it is used in the French sense.

Les détails de l'appareil, et ses coefficients internes, se trouvent dans la publication « Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen von Dr. Ing. R. HUGERSHOFF et Dr. Ing. H. CRANZ ».

Les photographies ont été prises en tenant l'appareil à la main à une altitude de 2000 à 2500 mètres, dans une direction à peu près perpendiculaire au parcours de l'aéroplane, avec une inclinaison d'environ 30° et le moins de rotation possible, la bulle du niveau se trouvant au centre. Chaque photographie recouvre en grande partie celle qui lui est contiguë. D'ailleurs on s'est procuré des photographies supplémentaires de quelques parties, spécialement des rives de l'Escaut entre Breskens et Vlissingen, car il était nécessaire de réunir sur une seule plaque les deux rives et leurs points de repère cardinaux, dont quelques-uns devaient servir à la photographie contiguë. Comme la rivière, à cet endroit, a une largeur de 4,5 kilomètres, ces photographies ont été prises à une altitude supérieure ou avec une inclinaison inférieure à 30°.

Parmi le très grand nombre de photographies prises, environ 160 ont été choisies pour la restitution de la carte. Ce nombre est de beaucoup supérieur à celui dont on aurait eu besoin, si on avait pu exécuter le travail méthodiquement. Mais pendant les vols exécutés dans ce but, qui se prolongèrent pendant une période d'au moins trois mois, il a fallu lutter contre une série de circonstances défavorables : l'emploi d'un aéroplane usagé et de vieilles plaques photographiques, les châssis en nombre insuffisants et le mauvais temps.

La prise des photographies demande beaucoup de pratique puisqu'on doit remplir simultanément plusieurs conditions. L'aéroplane doit être guidé de manière que le paysage bien éclairé soit vu dans une direction convenable, les photographies doivent se prendre à l'inclinaison voulue et avec une rotation minime. Elles doivent se recouvrir suffisamment et se succéder à des intervalles de moins d'une minute. Afin d'obtenir des photographies bien nettes des parties que l'on désire prendre dans une si rapide succession, à bord d'un aéroplane vibrant, et en luttant contre une pression de vent considérable, il faut avoir la main très ferme et un sang froid remarquable.

L. Trial. — Having been broadly conceived and well prepared, the field-work of this Company met with more success and the trials would undoubtedly have been finished in a short time if the weather had not been so unfavourable. They lasted no less than 40 days, during which 420 normal and 300 oblique photographs were taken. Exclusively by the use of the former, which were taken at an altitude of 4.000 m. (13,125 ft.) and overlap 50 %, the whole area could have been mapped on a natural scale of about 1 : 8.000.

For the oblique photographs a hand camera with a focal length of 180 mm. and plates of 18 × 13 cm. was used, this instrument is described in “Ueber Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen” by Prof. Dr. C. PULFRICH. The normal photographs were taken with a camera which was hung by springs in the aeroplane, objective 1 : 4,5, focal length 50 cm., central shutter, dimension of plate or film 30 × 24 cm.

The operator attempted to fly a little to seaward of the coast and to take the photographs at an angle of 30° from the course of the aeroplane and with a dip of the same amount. The same part of the coast was again gone over in the opposite direction, the photographs being taken at the same angles over the other side of the aeroplane ; by this means, the various parts of the coast are shown on photographs taken during both flights, but the same conspicuous points will appear on different parts of the corresponding plates.

Special photographs were taken also from more elevated positions, or with less dip, in parts where a broad sheet of water had to be crossed.

Comparison of material obtained. — With regard to well defined contours, clearness and regular succession, the photographs taken for the H. trial are very inferior to those taken for that of the L. trial, although the complex of the roads and the limits of the fields are sufficiently conspicuous on the former. Therefore it is not difficult to find, on each of these photographs, a number of points which are shown on two neighbouring plates.

If the trials had been made over uneven ground covered with dense vegetation, as is often met with in the Dutch Colonies, identification of the points would have been much more difficult and would probably have been impracticable in more than one case.

Epreuve L. — Les travaux ayant été bien préparés et établis sur une grande échelle, les opérations sur le terrain de cette Compagnie eurent plus de succès. Sans aucun doute, les épreuves auraient été de courte durée si le temps n'avait pas été si défavorable. Le travail demanda 40 jours, pendant lesquels 420 photographies suivant la verticale et 300 obliques furent prises. Rien qu'en se servant des premières, qui ont été prises à une altitude de 4000 mètres et qui se recouvrent de la moitié, le terrain aurait pu être restitué à une échelle d'environ 1 : 8000.

Pour prendre les photographies obliques, on s'est servi d'un appareil ayant une distance focale de 180 millimètres et des plaques de 18×13 centimètres. Cet appareil a été décrit dans la publication « Ueber Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen » von Prof. Dr. C. PULFRICH. Les photographies suivant la verticale ont été prises à l'aide d'un appareil suspendu à des ressorts dans l'aéroplane. Objectif 1 : 4.5, distance focale 50 centimètres, obturateur central et dimension de plaques 30×24 centimètres.

L'opérateur a survolé à peu de distance de la côte, il prenait les photographies à un angle de 30° avec le chemin parcouru et à la même inclinaison. En faisant la même route en sens inverse, il a pris une seconde série de photographies de la côte sur l'autre bord de l'aéroplane et sous les mêmes angles ; de sorte que chaque partie de la côte paraît sur deux photographies et sous des aspects différents. En outre, des photographies spéciales furent prises à une plus grande altitude, ou avec moins d'inclinaison, dans les parties où il fallait passer un estuaire.

Comparaison du résultat obtenu. — Quoique le réseau des routes, et les limites des champs soient suffisamment nets dans les photographies prises pour servir à l'épreuve H., elles sont de beaucoup inférieures à celles de l'épreuve L. pour les contours bien définis, pour la netteté et la succession régulière des clichés. Toutefois il n'est pas difficile de trouver sur les premières de nombreux points communs à deux photographies contiguës.

Si les épreuves avaient été faites sur un terrain inégal, couvert de végétation épaisse, comme on en trouve souvent aux colonies néerlandaises, l'identification de ces points auraient été beaucoup plus difficile et, dans plus d'un cas, aurait probablement été impossible.

Stereoscopic inspection of the photographs would have been the only means of prevention of errors and it is to be deplored that it was impossible to ascertain whether, in doing so, every doubt as to the identity of the points would have been excluded.

Besides, the L. method showed great advantages in the complete series of normal photographs on a large scale which were of great value, not only for the identification of the various points shown on the oblique photographs, but also for the restitution of the map. However, although these normal photographs would undoubtedly be required for eventual application of air-photogrammetry in the East Indian Archipelago, these were not strictly necessary for the special trials in view.

RESTITUTION OF MAPS BY AIR-PHOTOGRAPHY.

Making maps by means of air-photography has this advantage over terrestrial photogrammetry that the air-photographs give a far better image of the ground than the terrestrial ones and that no object is hidden behind heights in the foregrounds; on the other hand, the co-ordinates and position of the plate in space are far more difficult to locate than is the position of the phototheodolite. These difficulties are not only due to the fact that exact work with accurate levels and directing telescopes is absolutely excluded when taking the photographs, but also to the required calculations being very complicated and lengthy.

At first, normal photographs exclusively were made use of for mapping, while oblique ones were merely taken for the special purpose of gathering particulars of uneven ground and only during the latter part of the war more scientific methods were applied and these have since been improved. Dr. H. was the first man to apply one of these methods which consists in the systematic use of oblique photographs; however, the map made was very limited as the number of the photographs taken for the purpose was small.

Mapping exclusively by normal photographs. — In taking the photographs, which should overlap over each other to a great extent, the aeroplane is kept as much as possible at a constant altitude.

No triangulation points being available, the photographs are successively joined by the aid of identical points which appear on the neighbouring plates, their distance having been equalised by

L'examen stéréoscopique des photographies aurait été alors le seul moyen d'éviter des erreurs, et il est déplorable qu'il ait été impossible de s'assurer si l'application de cette méthode eut supprimé chaque doute sur l'identification des points. En outre, L. retirait un grand avantage de la série complète de photographies prises suivant la verticale à grande échelle, qui sont très utiles, non seulement pour l'identification de plusieurs points apparaissant dans les photographies obliques, mais aussi pour la restitution de la carte. Toutefois elles n'étaient pas strictement nécessaires aux épreuves dont il s'agit, bien qu'on ne puisse pas s'en passer lorsqu'on applique la photographie aérienne aux levés de l'Archipel d'Asie.

RESTITUTION DE CARTES PAR LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE.

La restitution de cartes par la photographie aérienne a, sur la photogrammétrie terrestre, le grand avantage que les photographies prises dans l'air donnent une image du terrain bien supérieure à celles prises sur terre ; aucun objet ne reste caché par les hauteurs situées au premier plan. D'autre part, les coordonnées et l'orientation dans l'air, de la plaque sensible, sont beaucoup plus difficiles à établir que la place du photothéodolite. Ces difficultés sont causées non seulement par le fait qu'en prenant les photographies il est absolument impossible de se servir de niveaux précis et d'instruments d'orientation, mais aussi par la complication et la longueur des calculs nécessaires.

Pour la restitution des cartes, on s'est d'abord exclusivement servi de photographies prises suivant la verticale et on ne prenait les obliques que dans le but spécial de recueillir des détails d'un terrain inégal. Ce n'est que pendant les dernières années de la guerre que l'on a appliqué des méthodes plus scientifiques, que l'on a améliorées depuis. Le docteur H. est le premier qui appliqua une de ces méthodes, consistant dans l'emploi systématique de photographies obliques ; mais la carte ainsi obtenue n'avait qu'une étendue très restreinte, parce qu'on n'avait pris qu'un petit nombre de photographies dans ce but.

Restitution faite exclusivement d'après des photographies suivant la verticale. — Pour prendre les photographies qui doivent avoir un recouvrement notable, l'aéroplane est tenu, autant que possible, à une altitude constante. Ne disposant pas de stations de triangulation, les photographies sont jointes successivement à l'aide de points identiques paraissant sur les négatifs contigus après que leurs distances

enlarging or reducing one of the photographs ; the scale and the azimuth of the map are deduced from a defined initial-point and an end-point or, in default of these, from the altitude of the aeroplane and an observed terrestrial azimuth.

Taking it for granted that the airmen are experts, this mosaic method gives a fair result on nearly level ground ; however, if the ground be uneven, for various reasons, a sketch only will be obtained.

The principal reason for this inferior result is that, when flying in an horizontal plane at a given height above sea-level, the elevation of the aeroplane above various parts of the field is no longer the same and therefore the scales of the successive photographs will not remain equal. Besides, an elevated point, unless situated immediately under the centre of the plate, is not seen in its horizontal projection but in a place P' (see fig. 1), the intersection of the line joining the objective O' and the summit with the horizontal plane. On the neighbouring photograph the summit will be located at P'' and it is obvious that the combination of two photographs, based on similar data, may give rise to important distortion. Another source of error, even in a fairly level field, is the inevitable deviation of the axis of the camera from the vertical, which also causes differences of distances between identical points in the neighbouring photographs ; enlarging or reducing the scale of one of these on this account means introducing errors.

If conspicuous triangulation points are at the operator's disposal, better results may be obtained. Supposing that, on a plate, three of these points are shown, the deviation of the axis of the camera from the vertical can be eliminated and the scale corrected, which process is carried out by means of photography. Having plotted the triangulation points on the required scale on a sheet of sensitized paper, project the negative by non-actinic light on this sheet and move, turn and tilt it till the points of the plate cover the plotted ones. Clamp the negative, substitute actinic for the non-actinic light, develop the paper after sufficient exposure and join the adjusted photographs in succession according to the mosaic method.

However, errors caused by difference of altitude of the ground will persist and, in order to neutralize these, oblique photographs should be taken.

ont été égalisées par l'élargissement, ou la réduction, d'une de ces photographies. L'échelle et l'orientation de la carte sont déduites d'un point de départ et d'un point d'arrivée bien définis. Si ces points ne sont pas donnés, on les déduit de l'altitude de l'aéroplane et d'un azimuth terrestre observé.

En admettant que les aéronautes soient très experts, cette méthode en mosaïque donne un résultat assez juste pour un terrain à peu près à niveau ; mais, dès que le terrain est inégal, on n'obtient pour plusieurs raisons qu'une esquisse.

La raison principale de ce résultat inférieur est qu'un aéroplane survolant un terrain inégal, se trouve à des hauteurs variables au-dessus de différentes parties de ce terrain, de sorte que, à une hauteur constante au-dessus du niveau de la mer, l'échelle des photographies successives ne sera plus la même. De plus, un point élevé, à moins qu'il ne soit situé verticalement au-dessus du centre de la plaque, ne se voit pas à sa projection horizontale mais à l'intersection P' (fig. 1) de la ligne joignant l'objectif au sommet avec le plan horizontal. Dans la photographie contiguë on verra le sommet en P'' et il est clair que la combinaison de deux photographies, basée sur des données pareilles, pourra causer une distorsion notable. Une autre source d'erreurs, même pour un terrain plus ou moins horizontal, est la déviation inévitable de la verticale de l'axe optique de l'appareil photographique, déviation qui entraîne des différences de distances entre des points identiques de photographies contiguës. Le changement d'échelle d'une des deux images, pour faire concorder des distances, introduira également des erreurs.

On pourra obtenir des résultats plus précis, si des stations de triangulation marquantes sont à la disposition de l'opérateur. En supposant que trois de ces stations se trouvent dans un négatif, on pourra éliminer, à l'aide de la photographie, la déviation de la verticale de l'axe optique de l'appareil, et corriger l'échelle.

Ayant tracé sur une feuille de papier sensible à la lumière, les stations à l'échelle voulue, on projette le négatif avec une lumière inactinique, sur cette feuille et on le déplace, on le tourne et lui imprime un mouvement de rotation jusqu'à ce que les stations de la plaque concordent avec celles de la feuille. Fixez le négatif dans cette position, substituez la lumière actinique à la lumière indifférente, développez la feuille après l'exposition nécessaire et joignez les photographies contiguës d'après la méthode en mosaïque.

Toutefois, la différence d'altitude au-dessus du terrain, produira encore des erreurs. Afin de les neutraliser, il faudra prendre des photographies obliques.

Advantages of oblique photographs. — These permit of the calculation of the external coefficients, viz. the co-ordinates and the position of the plate in space, the azimuth of the optical axis of the camera, its dip and its tilt from at least three points, the co-ordinates of which are known and admit, by means of measurement on the plate, the determination of the direction from the stand-point towards any spot shown on the photographs. Where ground is level, the intersection of this direction with the plane of the map fixes the spot; if the ground is uneven, this fixing is arrived at by the intersection of the directions calculated from two consecutive stand-points of the aeroplane, O' and O'' (see fig. 2).

This intersection should take place at a suitable angle and the best way to obtain this result is by covering the field with photographs a second time, when returning on the same track.

By so doing every source of error, made in restituting a map from normal photographs only, is eliminated since all required data are calculated and therefore the restitution of an accurate map is theoretically possible by a series of suitably overlapping oblique photographs, when starting from three conspicuous well defined initial-points. Each overlap should contain three points, suitable to serve as a basis of calculation for the following plate, and in this way they are connected together.

Starting from these base-points, every other point can be calculated and mapped; however, this method of mapping is very laborious and the measuring of the negatives, in order to get the necessary data for the calculation, requires a considerable time as also do these calculations themselves and the mapping of the results.

Uneven ground increases the difficulties. Every set of new base-points must be identified on three photographs instead of on two and this will be specially troublesome in mountainous regions, although stereoscopic inspection may facilitate the work; besides the calculations will be doubled.

The continual transfer of new base-points from photograph to photograph will probably involve an accumulation of error and indeed it has been proved in practice that, in mapping from oblique photographs, a net of triangulation-points is necessary for checking, although this net may be far wider meshed than the one required in applying normals photographs only.

Avantages de photographies obliques. — Ces photographies permettent le calcul des coefficients extérieurs : les coordonnées et l'orientation en l'air de la plaque photographique, l'azimut de l'axe optique de l'appareil, sa dépression et sa rotation avec au moins trois stations à coordonnées connues et, par le mesurage des négatifs, celui de la direction du point de vue à un point quelconque de la photographie. Sur un terrain horizontal, l'intersection de cette direction et du plan de la carte, détermine le point. Si le terrain est inégal, on détermine ce point au moyen de l'intersection des directions calculées de deux positions consécutives de l'aéroplane O' et O'', (fig. 2).

Cette intersection doit se faire à un angle convenable, et la meilleure manière d'obtenir ce résultat est de revenir sur la même piste en photographiant une seconde fois le terrain.

De cette manière on élimine chaque cause d'erreurs qui pourraient se produire en restituant une carte exclusivement d'après les photographies suivant la verticale, puisque toutes les données nécessaires sont calculées. Donc, en partant de trois stations initiales bien visibles et à coordonnées connues, la restitution d'une carte exacte par une série de photographies obliques, ayant un recouvrement suffisant, est théoriquement possible.

Il convient que chaque partie recouvrante contienne trois stations propres à servir de base de calcul pour la plaque contiguë, puisque c'est à l'aide de ces stations que les photographies se lient les unes aux autres. En se basant sur ces stations, on pourra calculer les coordonnées d'un point quelconque du terrain et le déterminer, mais cette méthode de restitution est très laborieuse. Le mesurage des négatifs, dans le but d'en tirer les données nécessaires aux calculs, demande un temps considérable, aussi long que les calculs eux-mêmes et la restitution des résultats.

Les difficultés augmentent avec un terrain inégal. Il faudra identifier chaque série de nouvelles stations sur trois photographies au lieu de deux, et cela sera d'autant plus difficile dans les régions montagneuses, bien que l'examen stéréoscopique puisse faciliter le travail. En outre, la longueur des calculs sera doublée. Le transport continu de stations, d'une photographie à l'autre, amènera probablement une accumulation d'erreurs. En effet, la pratique a démontré qu'en restituant la carte d'après des photographies obliques, un réseau de triangulation est indispensable ; quoique les triangles de ce réseau puissent être bien plus grands que ceux qui sont nécessaires, quand on se sert exclusivement de photographies suivant la verticale.

Prof. H. succeeded in devising an instrument called the *auto-cartograph*, by which the measuring of the negatives is shortened and the restitution is performed automatically ; it is said that L. has projected a similar device called the *stereoplanigraph*.

An explanation of the reason that the above mentioned procedure is practicable with oblique photographs only and why, on the other hand, these are in some cases inferior to normal ones, should precede a summary of the method of restitution of the map.

The calculation of the place of the aeroplane in space is called “backward intersection in space” and might also be called “fixing by angles in space” as it is related to this problem which makes plotting in a plane impossible or uncertain when the observer stands on or near the circle drawn through the three base-points. In space, plotting will be uncertain if the aeroplane happens to be on or near the surface of the cylinder, erected on this circle vertically to the plane of the base-points and it is obvious that, when taking oblique photographs with an inclination of 30° , the observer will always be sufficiently distant from this cylinder surface.

Taking normal photographs, the aeroplane will, as a rule, be near to this surface and the location of its position, the basis of the whole complex of calculations, is therefore uncertain ; on this account the method cannot be applied if such photographs only are available. Besides, these cover a small part of the field and do not give such a good idea of its nature as do oblique photographs.

On the other hand normal photographs give more details, shoals will show more clearly and the orientation of the field will be facilitated by them ; therefore, when mapping by air-photography for hydrographic purposes, the taking of a combination of both types of photographs is advisable.

H. method. — The solution of the fixing by angles in space leads to equations of the fourth degree and is so difficult and lengthy that is not applicable in practice, therefore it is necessary to have recourse to approximation-methods which however are still fairly laborious. Prof. H. uses the pyramid method described in extenso in the previously quoted publication ; as, however, it is out of print, a summary of the process is given here.

Le prof. H. a réussi à construire un instrument *autocartographe*, au moyen duquel le mesurage des négatifs est raccourci, et la restitution se fait automatiquement. Il paraît que L. a imaginé une machine semblable dite *stéréoplanigraphe*.

Avant de donner un aperçu de la méthode suivie pour la restitution de la carte, il convient d'expliquer les raisons pour lesquelles la méthode mentionnée n'est praticable que par les photographies obliques, et pourquoi, d'un autre côté ces photographies sont, quelquefois, inférieures à celles prises suivant la verticale.

Le calcul des coordonnées de l'aéroplane dans l'espace, se dit « intersection à la rétrograde dans l'espace » et pourrait aussi se nommer « le problème des segments capables en l'air » puisqu'il est analogue à ce problème, dont la solution dans un plan est impossible ou incertain quand l'observateur se trouve sur ou près du cercle circonscrit aux trois stations. Dans l'espace, la solution sera incertaine si l'aéroplane se trouve sur, ou près de la surface du cylindre érigé sur le cercle susdit comme base et perpendiculairement au plan des stations. Il est clair qu'en prenant des photographies obliques sous un angle de 30° , l'observateur se trouvera toujours à une distance suffisante de ce cylindre.

En prenant des photographies suivant la verticale, l'aéroplane se trouvera ordinairement assez près de cette surface. La détermination de sa position, qui est la base de tous les calculs, sera donc incertaine et la méthode impraticable. En outre, ces photographies ne représentent qu'une petite partie du terrain et ne donnent pas une idée aussi complète de sa nature que les photographies obliques.

D'un autre côté, les photographies suivant la verticale donnent plus de détails. Les hauts-fonds seront plus distinctement accusés, et elles rendront l'orientation du terrain plus facile. Donc, en restituant des cartes marines par la photographie aérienne, il sera utile de combiner les deux types.

Approximation d'après la méthode H. — La solution du problème des segments capables dans l'espace, mène à des équations du quatrième degré, il est si difficile et si long qu'on ne peut pas l'appliquer dans la pratique ; donc, on doit avoir recours à des méthodes d'approximation qui, d'ailleurs, sont encore assez laborieuses.

Le prof. H. se sert de la méthode de la pyramide dont la description complète se trouve dans la publication nommée, mais comme l'édition est épuisée, il paraît utile de donner un résumé du procédé.

In fig. 3, A, B and C are the base-points, assumed to lie in a horizontal field i.e. the mapping plane; O, the summit of the pyramid, is called the *stand-point*; O_o, its horizontal projection, the *foot-point*. The elevated edges of the pyramid have to be calculated with the *position angles* α , β , and γ , which are measured from the negative.

This measurement is performed by a *goniometer* being a combination of a theodolite and a plateholder, identical with the camera used for taking the photographs. Illuminating the plate from the back, the rays will leave the objective at the same angles as those at which, when operating, the landscape would have been seen from the *stand-point*. The telescope of the theodolite is placed before the objective of the plateholder so that the optical axis of the latter passes through the point of intersection of the vertical and horizontal axes of the former, thus the optical axis of the telescope and that of the plateholder will coincide if the former is pointed at the centre of the negative and since this telescope has been set for infinity, the parallel rays, emanating from the objective of the plateholder, form an image in the telescope identical with the negative.

Although the *position-angles* can be measured by the *goniometer*, it is preferable to deduce them from the zenith-distances at which each of the base-points is seen, and from the angles between the vertical plane passing through each of them and that through the *stand-point*.

In order to investigate these distances and angles, the negative is placed in the *goniometer* at an inclination of 30° assuming the tilt to be zero, the telescope of the theodolite is pointed successively on each of the base-points of the negative and both divided circles are read off. Since the real dip and tilt are unknown, the vertical and horizontal angles obtained are approximate values only; however, these serve just as well for calculating the value of the *position-angles*, as is shown in fig. 4.

This calculation is made from the spherical triangle *Zbc*, in which *Z* is the Zenith, *Zb* and *Zc* the zenith-distances at which the base-points B and C are seen, *bZc* is the horizontal angle, and the side *bc* the required *position-angle*. With these horizontal and vertical angles, the first approximation of one of the edges of the pyramid, say that at A, is obtained graphically.

Plot (fig. 5) the base-points A, B and C on a sheet of paper and, with the aid of the station-pointer clamped at the horizontal angles *aZb* and *bZc*, lay down the *foot-point* O_o; the line O_oA will the

Dans la figure 3, A, B et C, sont les stations, supposées se trouver sur un terrain horizontal, le plan de la carte. O, le sommet de la pyramide, est dit *point de vue*, O_o, sa projection horizontale, *point de base*. A l'aide des *angles de position* α , β et γ , mesurés dans le négatif, on calcule les côtés de la pyramide.

Ce mesurage se fait à l'aide d'un *goniomètre* qui est une combinaison d'un théodolite et d'une chambre obscure spéciale, identique à l'appareil photographique dont on s'est servi. Illuminant le négatif de dos, les rayons traverseront l'objectif sous les mêmes angles que ceux sous lesquels le terrain a été vu du *point de vue* au moment où on prenait la photographie. La lunette du théodolite est placée devant l'objectif de la chambre noire, de manière que l'axe optique de cette dernière passe par le point d'intersection des deux axes du théodolite. Les axes optiques de la lunette et de la chambre noire concorderont donc quand on visera le point central du négatif, et, puisque la lunette a été mise au point sur l'infini, les rayons parallèles émanant de l'objectif de l'appareil y forment une image identique au négatif.

Quoique *les angles de position* puissent se mesurer par le *goniomètre*, on préfère les déduire des distances zénithales sous lesquelles chaque station est vue, et des angles dièdres formés par les plans verticaux passant par chacun d'eux et par le *point de vue*.

Dans le but de connaître ces distances et ces angles dièdres, le négatif est placé dans le *goniomètre* sous une inclinaison de 30°, en supposant que la rotation soit nulle. Puis on vise, avec la lunette du théodolite, successivement les stations du négatif et lit les cercles divisés. Comme l'inclinaison et la rotation ne sont pas connues, les angles verticaux et horizontaux obtenus ne sont que des valeurs approximatives, toutefois elles sont suffisantes pour calculer les *angles de position* de la manière démontrée dans la fig. 4.

Ce calcul se fait par le triangle sphérique *Zbc*, dans lequel Z est le zénith, *Zb* et *Zc* les distances zénithales sous lesquelles les stations B et C se voyent, *bZc* est l'angle horizontal et l'arc *bc* est l'*angle de position* demandé.

La première approximation d'un des côtés de la pyramide, disons celui en A, se fait graphiquement à l'aide des angles horizontaux et verticaux.

Tracez (fig. 5) les stations A, B et C sur une feuille et déterminez à l'aide d'un stigmographe, vissé aux angles *aZb* et *bZc*, le *point de base* O_o ; la ligne O_oA sera alors la projection du côté OA. Elevez

be the projection of the edge OA. Erect on this line a perpendicular from the *foot-point* O_o , lay off at A the angles of the edge with the horizontal plane *i.e.* the zenith-distance — 90° of the base-point A and $AO = l_A$ will be the approximate length of the edge.

In order to obtain a second approximation of this edge and the length of the others, the pyramid is cut open along the edge OA and developed into the plane OBC, as shown in fig. 6, in which the distances AB, BC and CA the angles α, β and γ and the approximate value of l_A are given. If this value were exact, that of OA' , calculated successively through OB and OC, would give the same result, however, l_A being manifestly inaccurate, there will be a difference $l'_A - l_A$.

When l'_A is given another value, $l'_A - l_A$ and the angles at A, B, C and A' will change accordingly to a relative amount, so the correction to be applied to l_A can be expressed in a function of this difference and these angles. With this formula, the approximation has to be repeated till the difference is reduced to a negligible quantity.

A closer approximation of the co-ordinates of the *stand-point* O, can now be made by means of the edges of the pyramid, as shown in fig. 7, in which the three sides of the pyramid are successively laid down into the plane ABC about the sides AB, BC and CA respectively. $AO_{AB} = AO_{AC}$ is the final value of the edge at A, $BO_{AB} = BO_{BC}$ that at B, $CO_{AC} = CO_{BC}$ that at C. In laying over the sides of the pyramid, the *stand-point*, which arrives successively in O_{AB} , O_{BC} and O_{AC} , moves in planes which are vertical to the base-lines AB, BC and CA and the *foot-point* must therefore lie on each of the verticals dropped from the O points on the corresponding base-line; it is found in their intersection O_o .

The lines joining O_o to each of the base-points are the projections of the edges. Draw one, say O_oA , erect a vertical on it at O_o , intersect this vertical with the length of the edge at A, $AO = AO_{AB}$, and OO_o , the vertical height of the *stand-point* above its *foot-point*, is more closely approximated than before.

If the ground be uneven and the plane ABC makes an angle with the horizontal plane, the construction becomes more intricate, because, in calculating, this angle has to be taken into account. *

* For the sake of brevity the construction is not given here, it is to be found in the article in the *Marineblad*.

sur cette ligne une perpendiculaire en O_0 , construisez en A l'angle que le côté fait avec le plan horizontal, c'est-à-dire la distance zénithale -90° de la station A et $AO = l_A$ sera la longueur approximative du côté demandé.

Afin d'obtenir par une seconde approximation des valeurs plus exactes des éléments de la pyramide, on la coupe selon le côté OA et la développe dans le plan OBC comme le démontre la fig. 6, dans laquelle les distances AB, BC, CA et l_A et les angles α , β et γ sont donnés. En supposant que la longueur de l_A soit exacte, celle de OA' , calculée successivement par OB et OC, serait identique ; mais, puisque l_A est évidemment erronée, on trouvera une différence $l'_A - l_A$. Du moment que l_A change, $l'_A - l_A$ et les angles en A, B, C et A' subiront un changement relatif, donc il sera possible d'exprimer la correction à appliquer à l_A en fonction de ces angles et de cette différence. A l'aide de cette formule il faudra répéter l'approximation, jusqu'à ce que cette différence linéaire soit réduite à une quantité négligeable.

La seconde approximation des coordonnées du *point de vue* O pourra se construire à présent à l'aide des côtes de la pyramide, comme le démontre la fig. 7, dans laquelle les trois faces de la pyramide sont successivement rabattues sur le plan ABC, en les faisant tourner respectivement autour des bases AB, BC et CA. $AO_{AB} = AO_{AC}$ est la longueur du côté en A d'après la dernière approximation, $BO_{AB} = BO_{BC}$ celle du côté en B, $CO_{AC} = CO_{BC}$ celle du côté en C. En rabattant les flancs de la pyramide, le *point de vue*, qui arrive successivement en O_{AB} , O_{BC} et O_{AC} , parcourt des plans qui sont verticaux aux bases AB, BC et CA ; pour cette raison le *point de base* doit se trouver sur chacune des perpendiculaires abaissées des points O sur les bases correspondantes. Il se trouve à leur intersection O_0 .

Les lignes joignant O_0 aux trois stations, sont les projections horizontales des côtés de la pyramide. Menez en une, disons O_0A , élevez une perpendiculaire en O_0 sur cette ligne, coupez cette perpendiculaire de la longueur du côté en A, $AO = AO_{AB}$, et on aura fait d'une manière plus exacte l'approximation de OO_0 , la hauteur verticale du *point de vue* au dessus du *point de base*.

Si le terrain est inégal, le plan ABC fait un angle avec le plan horizontal ; dans ce cas la construction devient plus compliquée, puisqu'il faudra tenir compte de cet angle. *

* Pour abrégé, cette construction n'est pas donnée ici, on la trouve dans l'article complet du Marineblad.

The difference between the co-ordinates of the base-points A, B and C and those approximated for the *stand-point*, according to the last construction, are then converted into accurate values by means of the following formulae :

$$\begin{aligned} l_A^2 &= (x_0 - x_A)^2 + (y_0 - y_A)^2 + (z_0 - z_A)^2 \\ l_B^2 &= (x_0 - x_B)^2 + (y_0 - y_B)^2 + (z_0 - z_B)^2 \\ l_C^2 &= (x_0 - x_C)^2 + (y_0 - y_C)^2 + (z_0 - z_C)^2 \end{aligned}$$

In these formulae x_0 , y_0 and z_0 , the accurate co-ordinates required, are replaced by ξ , η and ψ , the approximate values, augmented by an unknown correction $\Delta \xi$, $\Delta \eta$ and $\Delta \psi$, which have to be found by repeated approximation.

Prof. H. considers that sufficient accuracy has been reached when these corrections are inferior to 1 metre, which result is generally reached at the second approximation.

The calculations are considerably shortened by the use of machines, rules and adequate forms but, notwithstanding these expedients, the working out the co-ordinates of one *stand-point* requires no less than six hours.

The accurate co-ordinates of the *stand-point* having been found, the vertical angles, at which the three base-points are seen from this point, are calculated with the aid of the differences of the co-ordinates; the negative is then again adjusted in the *goniometer* and the dip and the tilt modified till these points are seen at the calculated angles. The exact horizontal angles can now be measured in that instrument and, applying these angles to the calculated azimuths of the base-points from the *stand-point*, three values for the azimuth of the optical axis of the camera, which should be identical, are obtained.

All the external coefficients are now ascertained. The horizontal and vertical angles at which a new set of base-points are seen, appropriated for calculating the external coefficients of the neighbouring plate, are further measured. If the ground be level, these angles permit the new base-points to be fixed at once ; if it be uneven, a set of angles at which the same points are seen from a second *stand-point* is required for this purpose. On this account uneven ground demands double the amount of work which is already fairly laborious in its simple form.

Proceeding in this way from plate to plate, the approximation and calculation goes on till the end-point is reached ; the geographical co-ordinates of this point enable the entire calculation to be

Les différences des coordonnées des stations A, B et C, et celles approximatives du *point de vue*, déduites de la dernière construction, sont ensuite converties en valeurs exactes par le moyen de formules de la forme suivante :

$$\begin{aligned} l_A^2 &= (x_o - x_A)^2 + (y_o - y_A)^2 + (z_o - z_A)^2 \\ l_B^2 &= (x_o - x_B)^2 + (y_o - y_B)^2 + (z_o - z_B)^2 \\ l_C^2 &= (x_o - x_C)^2 + (y_o - y_C)^2 + (z_o - z_C)^2 \end{aligned}$$

Dans ces formules x_o , y_o et z_o , les coordonnées exactes demandées, sont substituées par les valeurs approximatives ζ , η et ψ , augmentées d'une correction inconnue $\Delta \zeta$, $\Delta \eta$ et $\Delta \psi$, qu'il s'agit de rechercher par des approximations répétées.

Le prof. H. juge que la valeur obtenue est assez exacte quand cette correction est inférieure à 1 mètre, résultat généralement obtenu à la seconde approximation.

Les calculs sont considérablement raccourcis par l'usage de machines et règles à calculer et par des formes opportunes. Toutefois, malgré ces expédients, le calcul des coordonnées d'un seul point de vue ne demande pas moins de six heures.

Les valeurs exactes des coordonnées du *point de vue* étant connues, les angles verticaux, sous lesquels on voit les trois stations de ce point, sont calculées à l'aide des différences des coordonnées. Puis le négatif est de nouveau placé dans l'appareil du *goniomètre*, et l'inclinaison et la rotation sont modifiées jusqu'à ce qu'on voit ces stations sous les angles calculés. Alors on pourra mesurer les angles horizontaux, et, en les appliquant aux azimuths calculés des stations, on obtiendra trois valeurs identiques pour l'azimuth de l'axe optique de l'appareil photographique.

De cette manière tous les coefficients externes sont connus.

Puis on procède au mesurage des angles verticaux et horizontaux, sous lesquels on voit une nouvelle série de stations, appropriée au calcul des coefficients externes du négatif contigu. Quand le terrain est horizontal, ces angles permettent de déterminer ces stations tout de suite ; quand le terrain est notablement inégal, il faudra disposer des angles pris à un second point de vue. Pour cette raison un terrain inégal demande le double de travail, qui est déjà assez laborieux dans sa forme primitive.

Procédant de cette manière, de négative à négative, l'approximation et le calcul se succèdent jusqu'à ce qu'on ait atteint la station finale, dont les coordonnées géographiques permettent la

adjusted. This having been done, the work is continued by the graphic measurement of the negatives and the restitution of the chart by means of the *autocartograph*.

This instrument was devised on the principle of placing two photographs of the same part of the field in the positions which they occupied with respect to each other in space at the moment when they were taken, measuring them stereoscopically and plotting the results graphically.

This system is fairly simple but, on the other hand, the instrument, which is described by Prof. H. in one of his publications and by the author of the article in the "Marineblad", is very complicated on account of the great quantity of accessories and its use requires a considerable amount of study and practice even if its adjustment, which can only be performed by experts, is not taken into account.

In conformity with the calculation of new base-points on level ground, which requires one photograph only, the graphic measurement of a similar ground by means of the instrument may also be performed on one plate and for the trials in question each and every negative was measured separately.

The procedure is identical with the charting of a coast-line by taking bearings and angles of depression from an elevated terrestrial point, in which type of survey the height of the observation point is the base for construction. In working with the *autocartograph*, the height of the *stand-point* is taken as the base, the horizontal angles give the bearings and the zenith distances the angles of depression.

By means of the *autocartograph* a separate transparent worksheet was drawn for each plate and on this sheet the new base-points for the neighbouring plate were mapped in addition to the base-points the coast-line and a certain number of roads. In order to join these sheets together, the whole complex of base-points was plotted by their co-ordinates on a larger sheet of paper, on which the worksheets were successively transferred with all the detail they contained and the discrepancies of the overlaps were adjusted.

In doing this, it was shown that the difference of height of some calculated base-points influenced the perfection of the restitution of the map and that it would have been preferable to fix the position of these points by the intersection of two bearings, derived from different photographs. The graphic measurement should therefore have been done binocularly i. e. from stereoscopic images.

compensation du calcul entier. Cette compensation étant terminée, on continue par le mesurage graphique des négatifs et la restitution de la carte à l'aide de l'*autocartographe*.

Le principe de la construction de cet instrument est basé sur l'exposition de deux photographies de la même partie du terrain, dans la position qu'elles occupaient dans l'espace, au moment où elles ont été prises ; on les mesure stéréoscopiquement, et on détermine les résultats graphiquement.

Ce principe est assez simple, mais l'instrument lui-même, décrit par le Prof. H. dans une publication de sa main et par l'auteur de l'article complet du *Marineblad*, est très compliqué à cause du grand nombre d'accessoires. Son emploi demande une étude approfondie et beaucoup de pratique, même si on ne tient pas compte de son réglage, qui ne peut être fait que par des observateurs très exercés.

De même que pour le calcul de nouvelles stations sur un terrain horizontal, qui ne demande qu'une seule photographie, le mesurage graphique par l'*autocartographe* peut aussi se faire sur une seule plaque ; et pour les épreuves en question chaque négatif a été mesuré séparément.

Le procédé est analogue au levé d'une côte par le moyen de directions et d'angles de dépression, pris à un point terrestre élevé, dont la hauteur forme la base de la construction. En se servant de l'*autocartographe*, la hauteur du *point de vue* au-dessus du plan horizontal est prise comme base, les angles horizontaux donnent les directions et les distances zénithales fournissent les angles de dépression.

A l'aide de l'*autocartographe*, on a tiré de chaque photographie, une feuille de construction transparente séparée, et sur ces feuilles ont été marquées, outre les stations, la côte et certain nombre de routes, les nouvelles stations de la plaque contiguë. Afin de joindre ces feuilles, la série totale des stations a été tracée d'après leurs coordonnées, sur un grand papier, sur lequel les feuilles de construction ont été successivement transférées avec tous les détails ; puis les discordances de recouvrement sont compensées.

En procédant de cette manière, on s'est aperçu que la différence de hauteur de quelques stations calculées, a eu une certaine influence sur l'exactitude de la restitution de la carte, de sorte qu'il aurait été préférable de fixer la position de ces stations par l'intersection de deux directions, déduites de photographies différentes. Pour cette raison, le mesurage graphique aurait dû se faire binoculairement, c'est-à-dire au moyen d'images stéréoscopiques.

Result. — The map of Zeeuwsch Vlaanderen, restituted in this way on a natural scale of 1 : 12,500 from 8 oblique photographs, was compared with that of the ordnance survey and had to be turned 1°,2 in azimuth and its dimensions altered 2 %.

These figures give a false idea of the accuracy attained. In fact it was a good deal less, as the errors of azimuth and distance of the separate worksheets, constructed by means of the *autocartograph*, vary to a considerable extent and the mean of these errors for the 8 sheets was no less than 0° to 4°,5 in azimuth and 0,8 % to 10 % in distance.

The checking of the successive base-points showed that, in joining the work-sheets, here and there a by no means negligible amount of adjustment, resulting in distortion of the overlaps, must have taken place.

The result cannot be considered to be satisfactory. However, in judging it, it should be remembered that the photographs were anything but sharply defined, that the extensive and elaborate measuring, constructing and calculating, required to find the co-ordinates of the various *stand-points*, was done by one man only and that for this reason error is not excluded. The coast under discussion does not exceed 25 kms. (15 ½ stat. miles) in length as the crow flies, it is nearly level and has a great many conspicuous points as seen from an aeroplane, while the initial base-points are situated about in the centre, circumstances which all facilitate the restitution.

This judgment induced Prof. H. to desist from restituting the coast from Hoek van Holland to Helder.

The restitution of the area, referred to on page 90 under (a) with the exception of the Southwestern part of Zuid Beveland, was made on a natural scale of 1 : 25,000. In the map at the end of this summary it is represented with its coasts and roads (the latter partially only) in pecked lines, superimposed on the ordnance survey map.

Comparison gives the following results :

(a) 11 azimuths and distances between the initial base-points and conspicuous points of the coast give a mean error in azimuth of 1°,3 and in distance of 1,6 % (maxima 2°,6 and 3,3 %);

(b) 7 tracks in the fairways give a mean difference of 2°,5 and 4,5 %;

(c) distances of 5 to 10 kms. (3,1 to 6,2 stat. miles) between the crossings of roads approximately parallel to the coast show the following errors :

Résultat. — La carte de Zeeuwsch Vlaanderen, restituée de cette manière, à l'échelle de 1 : 12,500 et d'après 8 photographies obliques, fut comparée à celle de l'Etat-Major. Elle accuse une erreur d'azimut de 1°,2 et une erreur de distance de 2 %. Ces chiffres donnent une idée favorable de l'exactitude obtenue, puisque les erreurs d'azimut et de distance des feuilles de construction, produites séparément par l'*autocartographe*, varient considérablement : la moyenne de ces erreurs pour les 8 feuilles montent de 0° à 4°,5 en azimuth et de 0,8 % à 10 % en distance.

Le contrôle des stations successives démontre que, en joignant les feuilles de construction, on a dû faire ici et là un travail de compensation des recouvrements tout autre qu'insignifiant, ce qui a été la cause de contorsion des parties recouvrantes.

On ne saurait dire que ce résultat est satisfaisant. Cependant, il faut se rappeler que les photographies n'étaient pas bien nettes, que les calculs, le mesurage et les constructions très considérables et compliquées, constructions nécessaires pour trouver les coordonnées des divers points de vue, n'ont été exécutés que par un seul homme, ce qui semble avoir été une source d'erreurs possibles. La côte représentée n'a qu'une étendue de 25 kms. en ligne droite, elle est à peu près de niveau et elle présente, vue d'un aéroplane, un grand nombre de points de repère, tandis que les stations initiales sont situées environ au centre ; le concours de ces circonstances favorables semblent faciliter la restitution.

Cela a décidé le Prof. H. à renoncer à la restitution de la côte entre Hoek van Holland et Helder.

La restitution de la région nommée à la page 90 sous (a), à l'exception de la partie S.W. de Zuid Beveland, a été exécutée à une échelle de 1 : 25,000. Elle est représentée avec sa côte et les routes (seulement en partie) en lignes interrompues, sur la carte de l'Etat-major, dans le plan à la fin de cet extrait du rapport.

La comparaison donne les résultats suivants :

(a) 11 azimuts et distances entre les stations initiales et certains points de repère de la côte, donnent une erreur d'azimut de 1°3 et une erreur de distance de 1,6 % (maxima 2°6 et 3,3 %) ;

(b) 7 routes dans les principaux chenaux donnent des différences moyennes de 2°5 et de 4,5 % ;

(c) des distances de 5 à 10 kms. entre des croisements de routes à peu près parallèles à la côte montrent les erreurs suivantes :

	ZEEUWSCH VLAANDEREN.	WALCHEREN. from 11 observations	ZUID BEVELAND. from 3 observations	NOORD- BEVELAND. from 7 observations
Mean error of Azimuth in °.	0	3,3 (max. 8)	4,3 (max. 6)	6,6 (max. 14)
Mean error of Scale in ‰.	0	4,3 (max. 13,5)	9,3 (max. 10)	10,3 (max. 19)

Notwithstanding the considerable errors of azimuth and distance made in the mapping, the complex of roads conforms fairly well with that the ordnance survey and the part of Zeeuwsch Vlaanderen in the vicinity of the base-points is faultless. It should be borne to mind that the difficulty in restitution of the map is considerably increased by the fact that the initial-points were selected in Zeeuwsch Vlaanderen, which circumstance obliged the operators to chose the set of base-points, on which the second *stand-point* had to be calculated, at no less a distance than 6 to 7 km. (3.7 to 4.4 stat. miles.)

The map at the end of this article shows that, in crossing the river, the error made was mainly in azimuth and this is the principal cause of the discrepancies with reference to the ordnance survey up to the line Westkapelle-Spoordam. The absence of gradually increasing errors as the work proceeds gives rise to the presumption that reliable measurement of the photographs employed was not everywhere attained.

Although the results were not altogether satisfactory for the object in view, it should be appreciated that Prof. H. has done much, notwithstanding the great shortage of data and the arduous task of bridging the river Scheldt at the very beginning. The restituted map fully justifies the opinion that, under favourable circumstances and with a net of triangulation, even though it be of wide mesh, remarkable results may be obtained by applying this method.

L. Method. — This method runs parallel to that of Prof. H up to the first approximation of the *foot-point* (fig. 5), however the height of the *stand-point* (fig. 8) is then directly calculated by the formula : $H_o = H_p + E_p \cotg (b_p + \Delta b_p)$ — (curve of the globe-refraction)

in which H_p is the height of the base-point p , E_p the distance between the *foot-point* and p , b_p the nadir-distance of p as measured with the *goniometer* and Δb_p the unknown correction to be applied to this angle to give it its real value. The last terms of the formula can be taken with sufficient accuracy from a table.

	ZEEUWSCH VLAANDEREN	WALCHEREN. de 11 observations	ZUID BEVELAND. de 3 observations	NOORD- BEVELAND. de 7 observations
Erreur Moyenne d'Azimut en °.	— 0	— 3,3 (max. 8)	— 4,3 (max. 6)	— 6,6 (max. 14)
Erreur Moyenne de distance en ‰.	— 0	— 4,3 (max. 13,5)	— 9,3 (max. 10)	— 10,3 (max. 19)

Malgré les erreurs considérables d'azimut et de distance, faites en restituant la carte, l'ensemble des routes est à peu près conforme à celui de la carte de l'Etat major; la partie de Zeeuwsch Vlaanderen aux environs des stations initiales est exacte. Il faut se rappeler que la difficulté de la restitution est considérablement aggravée par le choix des stations initiales, qui obligeait les opérateurs à chercher les stations, propres à servir au calcul du second *point de vue*, à une distance qui ne soit pas inférieure à 6 ou 7 kms. Le plan à la fin de cet article, démontre que l'erreur commise en traversant la rivière était principalement de nature azimutale, et c'est la cause principale des désaccords avec la carte de l'Etat major jusqu'à la ligne Westkapelle-Spoordyk. Les erreurs n'augmentant pas graduellement à mesure que le travail progressait, font penser que le mesurage exact des négatifs, dont on s'est servi, n'a pas été obtenu partout.

Bien que les résultats ne soient pas tout à fait satisfaisants, étant donné le but proposé, il faut apprécier ceux qui ont été obtenus par le Prof. H., qui ne disposait que de données très peu nombreuses, et à qui incombait, dès le commencement, la tâche très dure de franchir l'Escaut. Sa carte restituée, justifie pleinement l'opinion que, dans des circonstances favorables et avec un réseau de triangulation même à grands triangles, on pourra atteindre des résultats remarquables par l'application de cette méthode.

Méthode L. — Cette méthode est parallèle à celle du prof. H. jusqu'à la première approximation du *point de base*, fig. 5; puis la hauteur du *point de vue* se calcule directement par la formule $H_0 = H_p + E_p \cotg. (b_p + \Delta b_p) -$ (courbe du globe-réfraction)

dans laquelle H_p est la hauteur de la station p, E_p la distance entre le *point de base* et p, b_p la distance nadirale de p, mesurée par le *goniomètre* et Δb_p la correction inconnue à appliquer à cet angle pour lui donner sa valeur réelle. Le dernier terme de la formule se trouve avec une exactitude suffisante dans une table.

Let H'_p be H_p — (curve of the globe-refraction), then

$$H_o = H'_p + E_p \cot (b_p + \Delta b_p).$$

Develop the formula according to Taylor's progression, neglect the terms with exponents and simplify; the result will then be :

$$\frac{E_p}{\sin^2 b_p} \Delta b_p + H_o - H'_{op} = 0 \quad (1)$$

in which formula H'_{op} is the height of the *stand-point*, calculated with the approximate horizontal distance and the measured vertical angle.

Δb_p , the unknown correction of the measured vertical angle, is now divided into two parts : Δb_c , due to the error in the assumed dip and Δb_β , due to the neglected tilt.

In fig. 9 the sphere is drawn round the *stand point* O. O - Camera is the azimuth of the optical axis of the camera, O - P that of the point P, O - Nadir that of the nadir-point and the intersections of these three lines with the sphere give the angles of a spherical triangle.

Differentiate, in order to get $d b_c$, the formula which gives in this triangle the value of $\sin c \cos \alpha$ for b and c and, in order to get $d b_\beta$, the formula, which gives the value of $\cos b$ for b and β , pass from the differentiated form to a small positive value and the result will be

$$\Delta b_c + \Delta b_\beta = \Delta b_p = \cos \alpha_p \Delta c + \sin \alpha_p \sin c \Delta \beta$$

in which α_p is the angle between the vertical planes through the optical axis of the camera and through the direction of the point P.

Introducing the value in (1) we get :

$$\frac{E_p}{\sin^2 b_p} \cos \alpha_p \Delta c + \frac{E_p}{\sin^2 b_p} \sin \alpha_p \sin c \Delta \beta + H_o - H'_{op} = 0$$

in which formula three unknown values, Δc , $\Delta \beta$ and H_o appear. Each of the base-points, the number of which should at least be three, gives a similar formula and thus it is possible to find the unknown values.

This method is devised by Dr. T. FISCHER and is given in extenso in his publication "Ueber die Berechnung des räumlichen Rückwärtseinschnitts bei Aufnahmen aus Luftfahrzeugen". Here, as well as in the H. method, successive approximations have to be made to obtain the height of the *stand-point*, the dip of the optical axis and the tilt of the camera (1).

(1) Dr. O. EGGERT points out in his article : "Rückwärtseinschneiden im Raum" in the "Zeitschrift für Vermessungswesen" that in these formulae the influence of the errors in dip and tilt of the optical axis of the camera are taken into account exclusively for the vertical angles and not for the horizontal ones. He gives new formulae which are considerably more intricate.

Dr. F. succeeded in taking this neglected error into account by another method.

En posant $H'_p = H_p -$ (courbe du globe-réfraction),
on obtient $H_o = H'_p + E_p \cotg (b_p + \Delta b_p)$.

Développez la formule d'après la progression de Taylor, négligez les termes à exposants, simplifiez et le résultat sera :

$$\frac{E_p}{\sin^2 b_p} \Delta b_p + H_o - H'_{op} = 0 \quad (1)$$

Dans cette formule H'_{op} est la hauteur du *point de vue*, calculée à l'aide de la distance horizontale approximative et l'angle vertical mesuré.

Δb_p , la correction inconnue de l'angle vertical mesuré, se divise ensuite en deux parties : Δb_c , due à l'erreur de dépression, et Δb_β due à la rotation négligée.

Dans la figure 9, la sphère est tracée autour du *point de vue* O. O-camera est l'azimut de l'axe optique de l'appareil, O-P celui de la station P, O-nadir celui du nadir et l'intersection de ces trois lignes avec la sphère donnent les sommets d'un triangle sphérique. Les formules qui, dans ce triangle, donnent les valeurs de $\sin c \cos \alpha$ et de $\cos b$, sont différenciées, la première par rapport à b et c pour obtenir db_c et la seconde par rapport à b et β pour obtenir db_β . Remplacez les valeurs différenciées par des valeurs réelles minimales, et on aura :

$$\Delta b_c + \Delta b_\beta = \Delta b_p = \cos. \alpha_p \Delta c + \sin. \alpha_p - \sin. c \Delta \beta,$$

dans quelle formule α_p est l'angle dièdre entre le plan vertical passant par l'axe optique de l'appareil et celui passant par la direction de la station P.

Introduisant la valeur en (1) on aura :

$$\frac{E_p}{\sin.^2 b_p} \cos. \alpha_p \Delta c + \frac{E_p}{\sin.^2 b_p} \sin. \alpha_p \sin. c \Delta \beta + H_o - H'_{op} = 0.$$

formule dans laquelle il y a trois valeurs inconnues Δc , $\Delta \beta$ et H_o .

Chacune des stations, dont le nombre doit être au moins de trois, donnant une formule pareille, il sera possible de calculer ces valeurs inconnues.

Cette méthode a été imaginée par le Docteur F. FISCHER, elle est donnée en entier dans sa publication « Ueber die Berechnung des räumlichen Rückwärtseinschitts bei Anfnahmen aus Luftfahrzeugen ». Dans cette méthode, comme dans celle du Prof. H., on passe par des approximations successives pour obtenir la hauteur du *point de vue*, la dépression et la rotation de l'axe optique de l'appareil. *

* Le docteur O. EGGERT a indiqué dans son article « Rückwärtseinschneiden im Raum », inséré dans « Zeitschrift für Vermessungswesen », que dans ces formules, l'influence des erreurs de l'inclinaison et de la rotation de l'axe optique de l'appareil, n'est appliquée qu'aux angles verticaux et non pas aux angles horizontaux. Il donne de nouvelles formules qui sont considérablement plus compliquées. Le Dr. F. réussit d'une autre manière à tenir compte de cette erreur négligée.

The external coefficients having been found, the new base-points for the neighbouring plate are calculated; for this calculation, as in the H. method, one photograph is not sufficient if the ground is not level.

Result. — L. presented in February 1922 a map of Hoek van Holland to Scheveningen, covering a distance of about 19 Kms. (11.8 stat. miles) and a width of about 5 Kms. (3.1 stat. miles), on a natural scale of 1 : 25.000, the restitution being made from oblique photographs.

The mean error in azimuth is practically nothing, that in scale 0,85 %; the complex of roads is very satisfactorily mapped. In the Southern part both errors are very small, North of Loosduinen however those in scale augment suddenly to 2 % and the mean error in 6 directions and distances near the Hague amounts to 1° and 3,2 % (maximum 4,4 %) respectively.

According to L. this sudden appearance of errors is to be attributed to the fact that the photographs in the vicinity of this village were taken at too great intervals, which prevented the calculation of the co-ordinates of the various *stand-points* being continued with the required accuracy.

In general the restitution may be said to be meritorious, but the map handed in was not extensive enough to permit the efficiency of the method, with reference to the object in view, to be judged. The sudden appearance of errors of scale North of Loosduinen justifies the supposition that, if the work had continued over a great distance, inadmissible errors would have crept in.

The islands of Zeeland were not mapped by L., as the negative, which was specially taken to bridge the river Scheldt, was broken.

This trial also must therefore be considered unsatisfactory.

The restitution of the coast from Hoek van Holland to Scheveningen by L. is preferable to that of Zeeuwsch Vlaanderen by H., however a trustworthy basis of comparison of the two methods was not reached. It can only be said that the calculation of the *stand-point* by more than three base-points is easier by the L. method than by that of H.

The former chart was only delivered after a year had elapsed, the material available for its restitution consisted of 30 oblique photographs and a set of very good vertical ones. The latter was delivered after some months and is based on 8 oblique negatives only. At first sight the chart of L. appears to be preferable to that of the islands of Zeeland by H.; however, taking into account the difficulty of bridging the river Scheldt, the latter work is certainly not inferior to the former.

Les coefficients extérieurs ayant été trouvés, on calcule les nouvelles stations du négatif contigu ; de même que pour la méthode H. une seule photographie ne suffit pas à ce but quand le terrain n'est pas horizontal.

Résultat. — L. présentait en février 1922, une carte de la côte Hoek van Holland-Scheveningen, à l'échelle de 1 : 25,000 restituée d'après des photographies obliques, qui couvrait une distance d'environ 19 kms. par une largeur de 5 kms.

L'erreur moyenne de l'azimut est pratiquement nulle, celle de l'échelle 0,85 % et la restitution de l'ensemble des routes est très satisfaisante. Dans la partie méridionale, les deux erreurs sont très petites. Au Nord de Loosduinen l'erreur de l'échelle monte d'un coup à 2 % et l'erreur moyenne de 6 directions et distances près de La Haye sont de 1° et 3,2 % (maximum 4,4 %).

D'après L. ces erreurs soudaines sont dues à l'intervalle trop grand auquel les photographies ont été prises aux environs de ce village, ce qui a empêché de continuer avec l'exactitude nécessaire le calcul des coordonnées des *points de vue*.

On peut dire qu'en général la restitution est satisfaisante ; mais la carte reproduite n'a pas assez d'étendue pour permettre de juger de l'efficacité de la méthode par rapport au but proposé. La manifestation soudaine d'erreurs de l'échelle, au Nord de Loosduinen, justifie l'hypothèse que des erreurs inadmissibles se seraient produites, si le travail avait continué sur une distance plus grande.

Les îles de la Zélande n'ont pas été restituées par L. puisque le négatif, spécialement pris pour établir la connexion des deux rives de l'Escaut, a été brisé.

Donc cette épreuve doit aussi être qualifiée d'insuffisante.

La restitution de la côte Hoek van Holland-Scheveningen, par L. est supérieure à celle de Zeeuwsch Vlaanderen par H. ; toutefois une base de comparaison satisfaisante des deux méthodes n'a pas été obtenue.

On peut seulement dire, que le calcul du *point de vue* par plus de trois stations, est plus facile d'après la méthode L. que d'après celle de H.

La première carte n'a été livrée qu'après un an ; trente photographies obliques et une série de très bonnes photographies suivant la verticale constituaient le matériel disponible à sa restitution. La seconde a été livrée après quelques mois et n'est fondée que sur 8 négatifs obliques. Au premier abord on est incliné à préférer la carte L. à celle des îles de Zélande de H. ; mais, quand on tient compte de la difficulté causée par le passage de l'Escaut, les mérites de ce dernier travail ne sont certainement pas inférieurs à ceux du premier.

GENERAL CONCLUSIONS.

These trials demonstrate, so far, that aerial photographic mapping does not sufficiently guarantee accurate results unless a net of triangulation is available. This experience having been gathered in Holland, where unlimited sources of personnel and material exist, where the ground is level and shows, from the air, a great number of conspicuous points, the above opinion holds good all the more for remote parts of the East Indian Archipelago, where often personnel and material may not be of the best, the ground is generally uneven and the predominant forestal vegetation makes the number of well defined conspicuous points scarce.

If, however, beacons have to be erected and a triangulation has to be made, economy of time, the principal advantage of applying photogrammetry from the air to hydrographic surveying, will be considerably reduced, whilst insufficient investigation of the seabottom, the principal drawback, remains in its full extent.

The taking of soundings, which completes the survey, does not require so much time that the accurate knowledge of depths, which is the principal requirement of a hydrographic chart, should be given up and this is the more obvious since the areas, which for preference are chosen to be surveyed by photogrammetry from the air, require only a limited amount of sounding and their coast-line, in most cases, can be plotted while erecting beacons and taking soundings.

Under the circumstances it is preferable to adhere to the ordinary methods of hydrographic surveying.

The question "To what extent can photographs taken from the air be made useful for hydrographic surveying?" may be answered as follows :

In the first place they will be useful for checking formerly charted coast-lines and for charting unexamined coasts by taking normal photographs showing conspicuous points, the coordinates of which are known or are calculated afterwards. In the second place these photographs may serve to discover uncharted dangers.

Some investigations on this point have already been made and those of the French Ingénieur-Hydrographe J. VOLMAT have been published in his report : "Application de la photographie aérienne aux levés hydrographiques".

His conclusions (translated into English) are :

CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

Ces épreuves démontrent que, jusqu'à présent, la restitution d'une carte par la photographie aérienne n'est pas suffisamment exacte à moins qu'on puisse disposer d'un réseau de triangulation. Comme on a fait cette expérience en Hollande, où l'on peut disposer de ressources sans limites, tant au point de vue du personnel que du matériel, le terrain est à peu près horizontal et, vu d'un aéroplane, présente un grand nombre de points de repère, ce jugement sera d'autant plus concluant pour certaines régions lointaines de l'Archipel d'Asie. Souvent le personnel et le matériel peuvent y être inférieurs, le terrain est généralement accidenté et la végétation forestière prédominante réduit considérablement le nombre des points de repère.

Toutefois, s'il faut placer des signaux et exécuter une triangulation, l'économie de temps, qui constitue l'avantage principal de l'application de la photographie aérienne au levé hydrographique, sera considérablement réduite. D'autre part l'investigation insuffisante du fond, qui est le désavantage principal, reste dans toute son ampleur.

Les sondages qui complètent le levé ne demandent pas autant de temps qu'on doive sacrifier la connaissance exacte des profondeurs, ce qui est d'importance primordiale pour une carte marine. Cela est d'autant plus vrai que les régions, qu'on choisira de préférence pour être levées par la photographie aérienne, ne demandent qu'un sondage limité, tandis que le contour de la côte peut, dans la plupart des cas, être dressé pendant le placement des signaux et pendant qu'on fait les sondages.

Dans ces conditions, il est préférable de s'en tenir à la méthode habituelle employée pour faire des levées hydrographiques.

On pourrait résumer comme suit l'exécution de levés hydrographiques au moyen de la photographie aérienne :

En premier lieu, elle pourrait être employée pour contrôler des côtes déjà levées ou à fixer des côtes inconnues par le moyen de photographies suivant la verticale, montrant des points de repère dont les coordonnées sont connues ou seront calculées plus tard. En second lieu les photographies peuvent servir à découvrir des hauts-fonds qui, jusqu'à présent, ne sont pas sur les cartes marines.

Quelques recherches sur ce sujet ont déjà été faites. Celle de l'Ingénieur-Hydrographe J. VOLMAT ont été publiées dans son rapport « Application de la photographie aérienne aux levées hydrographiques ». Ses conclusions sont les suivantes :

“ We have ascertained that the photographs permit shoals, which are dangerous to shipping, to be discovered either by the appearance of the seabottom or by that of the surface ”.

A second investigation was made by the United States Coast and Geodetic Survey and a report of this is to be found in “ Engineering ”, November 1920, in which it is said :

“ These experiments proved very conclusive that photographs from the air, using present day equipments, are of little practical value to the hydrographer. When any of the underwater features did appear in the photographs, contrast in colour was the most prominent with no indication as to whether the contrast indicated shoal or deep water. Varicoloured bottom of uniform depth appears in the photograph as apparent difference in depth. Many charted shoals are not indicated in the photographs while adjacent ones show clearly.

Taken altogether, the results are so uncertain that the chances of eliminating fieldwork in hydrography are very remote. Developments in the art of photography may, however, change the situation ”.

The latter opinion is far from favourable, but M. VOLMAT has pointed out already the line of research to be followed. Stereoscopic inspection will undoubtedly give much information and probably determine whether the discolouration indicates deep or shallow water or whether it is caused by differently coloured bottom at a uniform depth.

In order to investigate this more minutely, it would be useful to have a series of negatives of normal photographs, taken when the water is smooth, of an area where well discolouring reefs are to be found.

Though the carrying out of photogrammetry from the air in the immediate future should be described as premature, it is certainly advisable to watch closely the development of this science, which is continually being studied and is making remarkable progress. The experiments mentioned above may have given insufficient results on account of the very difficult conditions imposed, but the point reached should be appreciated and fully justifies the expectation that photogrammetry from the air will some day become an important part of nautical surveying.

« Nous avons reconnu que les photographies permettent de découvrir des haut-fonds dangereux pour les navires, soit par l'aspect du fond de la mer soit par celui de la surface ».

Une seconde enquête a été faite par le United States Coast and Geodetic Survey ; le rapport se trouve dans l'Engineering de Novembre 1920, dans lequel il a été dit (traduit en Français) :

« Ces expériences démontrent incontestablement qu'en se servant de l'équipement actuel, les photographies prises dans l'air ont peu de valeur pratique pour l'hydrographe. Quand quelques hauts-fonds sous marins caractéristiques se manifestaient dans les photographies, le contraste des couleurs était surtout remarquable sans indiquer, toutefois, si la décoloration était due à une augmentation ou à une diminution de profondeur. Un fond de couleur variable, mais de profondeur égale, semble accuser dans la photographie une différence de profondeur. Plusieurs hauts-fonds de la carte n'ont pas été indiqués, tandis que d'autres, contigus, s'y voient clairement.

En général, les résultats sont si incertains, que la probabilité de pouvoir se passer du travail sur le terrain, dans un levé hydrographique doit être remis à un avenir lointain. Il se pourrait, cependant, que le développement de la photographie changeât la situation. »

La dernière opinion est loin d'être favorable, mais M. VOLMAT a déjà indiqué le chemin à suivre pour les recherches. L'examen stéréoscopique donnera, sans aucun doute, beaucoup de renseignements et décidera probablement si le changement de couleur indique une augmentation ou une diminution de profondeur, ou si un fond de couleur différente peut être révélé par une profondeur d'eau égale.

Dans le but d'un examen plus approfondi de ce sujet, il serait utile de disposer d'une série de négatifs suivant la verticale, pris par un temps calme dans une région où l'on trouve des hauts-fonds, accusant nettement un changement de couleur.

Quoique l'application de la photogrammétrie de l'air dans un avenir prochain soit prématuré, il est, sans aucun doute, utile de suivre de près le développement de cette science qui est continuellement étudiée, et qui fait des progrès remarquables. Bien que les résultats des épreuves décrites ayant été insuffisants à la suite des conditions très difficiles imposées aux expérimentateurs, il faut apprécier tout ce qui a été obtenu puisque cela justifie pleinement l'espoir de voir la photographie aérienne devenir, un jour, une opération importante des levés hydrographiques.