

Institut Royal Colonial Belge

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-4°
Tome II. — Fascicule 3.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling in-4°
Boek II. — Afllevering 3.

LE LABORATOIRE DE PHOTOGRAMMÉTRIE
DE
L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

DESCRIPTION,
THÉORIE ET USAGE DES APPAREILS DE PRISE DE VUES,
DU STÉRÉOPLANIGRAPHE C₅ ET DE L'AÉROMULTIPLEX ZEISS

PAR

M. DEHALU,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE
ET DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

ET

L. PAUWEN,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE.



BRUXELLES

Librairie Falk fils,
GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,
22, Rue des Paroissiens, 22.

1938





LE LABORATOIRE DE PHOTOGRAMMÉTRIE
DE
L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

DESCRIPTION,
THÉORIE ET USAGE DES APPAREILS DE PRISE DE VUES,
DU STÉRÉOPLANIGRAPHE C₅ ET DE L'AÉROMULTIPLEX ZEISS

PAR

M. DEHALU,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE
ET DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

ET

L. PAUWEN,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE.

Mémoire présenté à la séance du 29 juillet 1938.

INTRODUCTION

La récente création à l'Université de Liège d'un laboratoire de photogrammétrie nous a paru une occasion favorable pour décrire les appareils de la firme Zeiss qui y sont en usage et pour en exposer d'une manière élémentaire la théorie et la pratique. Une telle publication nous a paru d'autant plus opportune qu'il n'existe pas, à notre connaissance, en langue française un ouvrage d'initiation à la technique de la restitution des vues aériennes à l'aide du stéréoplanigraphe C₃ et de l'aréomultiplex Zeiss.

Nous avons donc pensé faire œuvre utile en publiant dans un ordre logique des notes qui pour la plupart ont servi à notre propre instruction et qui souvent furent rédigées en vue d'éclaircir quelque point qui nous avait paru obscur.

Intentionnellement nous avons laissé de côté l'appareil mathématique quand il ne s'imposait pas nécessairement à la compréhension de l'exposé et nous avons résolument reporté en annexe des démonstrations dont la longueur menaçait d'alourdir notre texte.

Nous espérons ainsi rendre quelque service à ceux qui désirent s'initier à la pratique de la photogrammétrie et en particulier à nos élèves.

La photogrammétrie aérienne est appelée à supplanter la plupart des procédés actuellement en usage dans l'établissement des plans et des cartes; notre enseignement supérieur belge ne peut donc rester étranger à une pareille évolution.

Le moment est venu pour la Belgique d'entrer résolument dans cette voie nouvelle. Je dirais même qu'il est urgent pour un pays comme le nôtre, qui possède une importante colonie, de songer à tirer

parti de cette merveilleuse invention pour hâter l'établissement de la carte du Congo.

Pour cela il est nécessaire de développer chez nous l'étude des procédés photogrammétriques et de créer des centres d'application parfaitement outillés.

C'est à la clairvoyance de M. J. Hoste, ancien Ministre de l'Instruction publique, que nous devons la création à l'Université de Liège d'un important laboratoire de photogrammétrie.

A côté du rôle didactique qu'il est appelé à jouer, des recherches d'ordre spéculatif y sont poursuivies, en même temps que l'étude de certaines applications.

Mais comme l'établissement d'un pareil centre est très onéreux, il nous paraît indispensable d'envisager l'amortissement de son matériel par des travaux particuliers qui lui seraient confiés par certaines administrations publiques, le département des colonies ou des sociétés coloniales.

La réfection de nos plans de ville et du cadastre, l'établissement des plans d'avant-projet de voies de communication, tant dans notre pays que dans notre colonie, la revision de la carte de Belgique et l'exécution de la carte du Congo sont des entreprises si considérables qu'elles sont capables d'absorber pendant plus d'un demi-siècle l'activité de plusieurs laboratoires de photogrammétrie. Ce serait une utopie de penser qu'un seul laboratoire de ce genre pourrait entreprendre seul une tâche aussi gigantesque. Il importe au contraire de multiplier en Belgique ces laboratoires, qui, loin de se nuire, pourraient, par une collaboration confiante bien ordonnée, accomplir une œuvre du plus grand intérêt.

Quoi qu'il en soit, si notre désir est d'assurer financièrement la marche de notre service, nous entendons cependant conserver une indépendance complète et conforme d'ailleurs à l'esprit de toutes nos institutions universitaires.



LE LABORATOIRE DE PHOTOGRAMMÉTRIE.

LE LABORATOIRE DE PHOTOGRAMMÉTRIE DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

DESCRIPTION,
THÉORIE ET USAGE DES APPAREILS DE PRISE DE VUES,
DU STÉRÉOPLANIGRAPHE C₃ ET DE L'AÉROMULTIPLEX ZEISS

CHAPITRE PREMIER DESCRIPTION DES APPAREILS

A. — Appareils de prise de vues.

Notre Laboratoire de photogrammétrie est équipé pour la restitution des vues photographiques tant terrestres qu'aériennes.

1. PHOTOTHÉODOLITE DE HUGERSHOFF. — Pour la photogrammétrie terrestre nous disposons d'un photothéodolite de Hegershoff (fig. 1) permettant de prendre des vues sous des inclinaisons allant de la verticale jusqu'à -47 degrés. Il est muni d'un objectif de 21 cm. de distance focale, ce qui permet de restituer les vues prises avec cet appareil au stéréoplanigraphe C₃ qui est décrit plus loin.

On oriente la chambre de prise de vues en la faisant tourner autour d'un axe vertical et d'un axe horizontal.

Les déplacements angulaires en azimut s'estiment à six secondes d'arc près et ceux en hauteur s'évaluent au moyen de deux verniers opposés donnant une précision de 20". Sur l'alidade à vernier du cercle vertical (1) est placé un niveau à bulle d'air (2).

Une lunette horizontale (3), avec mise au point par lentille interne, est disposée perpendiculairement à l'axe optique de la chambre. A l'une de ses extrémités vers l'objectif est placé un prisme mobile (4) qui permet de réaliser des visées inclinées. Cette lunette est destinée à viser dans la direction de la base aux extrémités de laquelle on photographie le terrain.

Le cadre de la chambre photographique (5) (fig. 2) sur lequel vient s'appuyer le cliché au moment de la prise de vues est muni

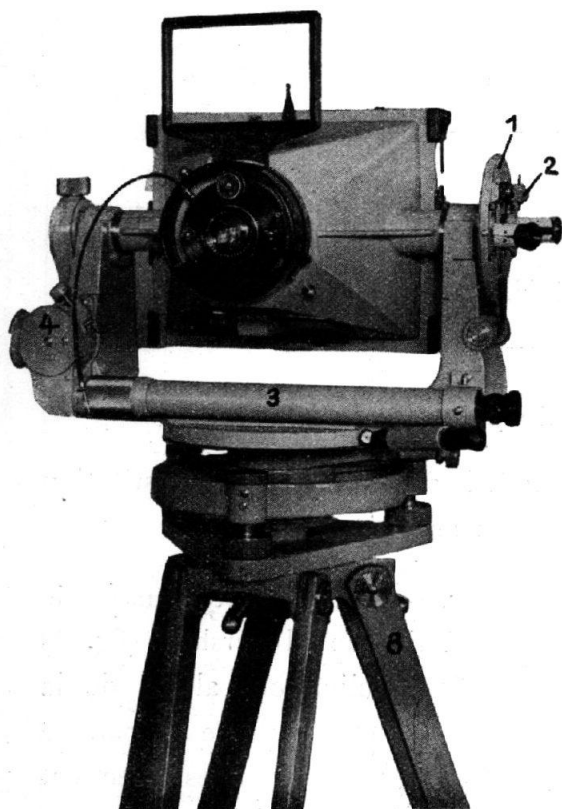


FIG. 1.

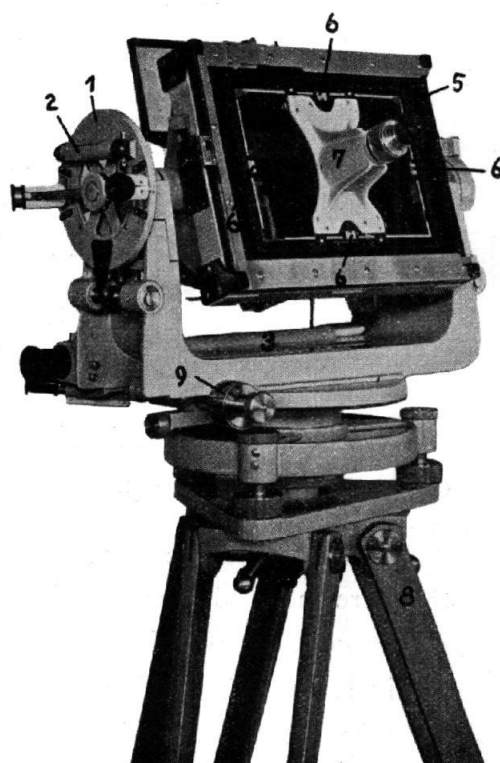


FIG. 2.

de quatre repères (6) qui s'impriment sur le cliché et qui sont disposés de manière à permettre le tracé des axes de l'épreuve photographique.

L'objectif de la chambre peut servir pour la visée directe des objets. A cet effet on dispose au milieu du cadre de la chambre une pièce auxiliaire (7) munie d'un réticule et d'un oculaire.

En avant de l'objectif peuvent se monter des écrans absorbants qui sont utilisés avec des plaques ortho-chromatiques. Le photothéodolite est monté sur un trépied de campagne à branches doubles (8).

Les châssis photographiques, au nombre de 14 et de format 13×18 cm., portent des rainures qu'on introduit dans des glissières placées à l'arrière de la chambre. Lorsqu'un châssis est mis en place, on relève le volet et l'on presse la plaque contre le cadre de la chambre;

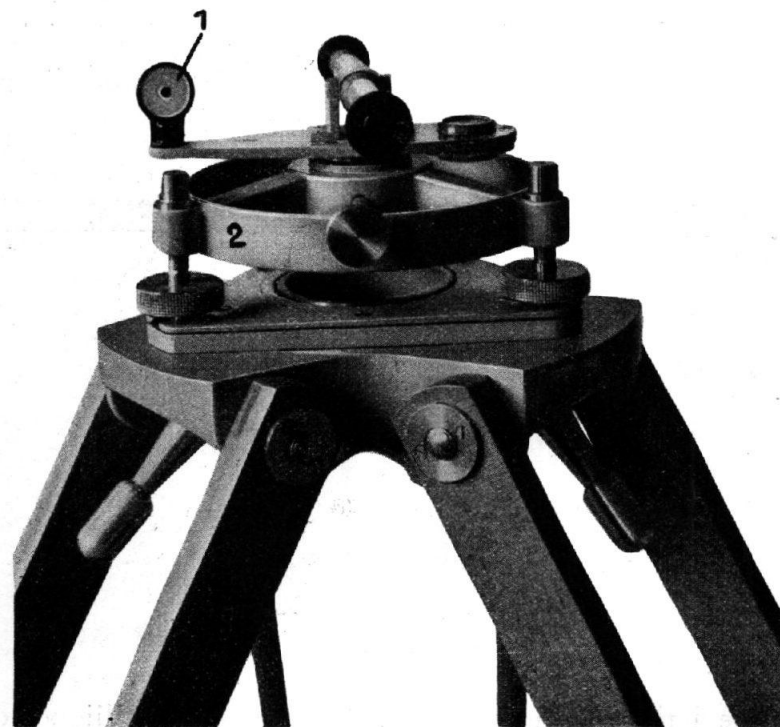


FIG. 3.

la plaque est maintenue dans cette position au moyen de deux crochets à ressorts.

Pour la polygonation on fait usage d'un voyant (1) (fig. 3) monté excentriquement sur un triangle de calage (2) à la même distance du centre que la lunette de la chambre de prise de vues. La visée du voyant permet d'orienter exactement la chambre parallèlement à la base d'opération. La longueur de cette base est mesurée optiquement à l'aide d'une règle 1 (fig. 4), de trois mètres de longueur, en acier, graduée de

10 en 10 cm. et disposée horizontalement sur le triangle de calage (2), qu'on substitue à celui qui porte le voyant. Au centre, perpendiculairement à la règle, se trouve une lunette servant à orienter la règle perpendiculairement à la direction de la base. Pour la mesure optique de la base, on évalue l'angle sous-tendu par la règle au moyen d'une vis tangente (9) (fig. 2) munie d'un tambour divisé.

Pour les prises de vues, il convient de recourir à l'usage de plaques lentes à grain fin. Le temps de pose avec écran absorbant est de l'ordre de 15 secondes pour une ouverture F/22 par ciel serein, à midi, au mois de février, sous notre latitude. Pour obtenir le plus de détails possible,

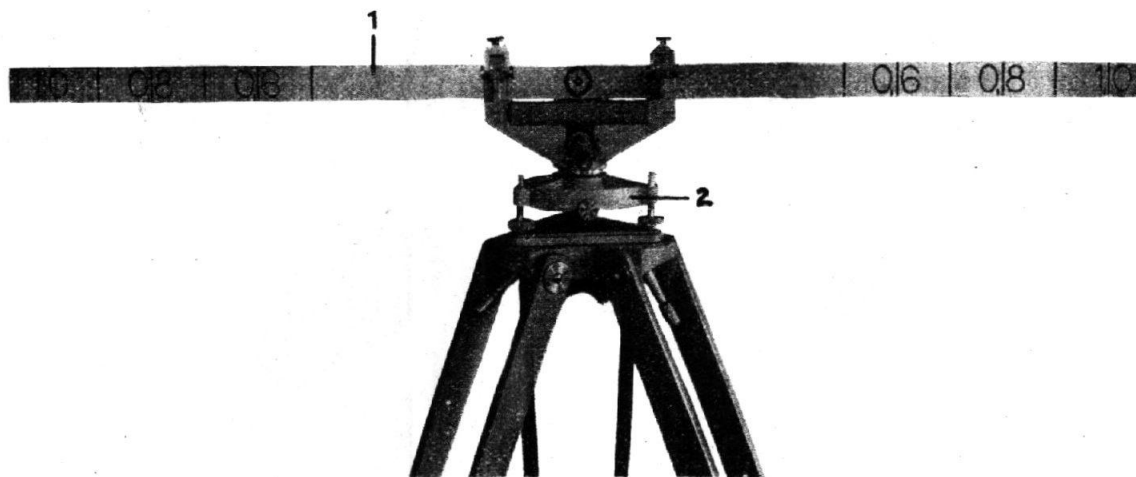


FIG. 4.

on développe lentement au moyen d'un bain au pyrogallique (durée de développement 30 à 40 minutes).

2. CHAMBRE AÉRIENNE — Pour les prises de vues aériennes à bord d'avions, nous possédons une chambre automatique R. M. K. 21 à pellicules, du format 18×18 cm. (fig. 7), dont le poids avec les accessoires est de 35 kilogr. environ.

Cette chambre est pourvue d'un objectif *Zeiss Orthometar* qui est pratiquement exempt de distorsion. Sa distance focale est de 21 cm. et son ouverture 1:4,5. Un obturateur à quatre lamelles est disposé entre les lentilles; sa courbe d'éclairement est reproduite (fig. 5). La

surface de cette courbe depuis l'ouverture jusqu'à la fermeture de l'obturateur vaut 87 % de la surface totale d'éclairage. Ce nombre mesure le rendement lumineux de l'obturateur, qui permet des instantanés de 1/75, 1/100, 1/120, 1/140 et 1/160 ième de seconde. Ces vitesses de l'obturateur se règlent au moyen de la vis O (fig. 6) qui se trouve sur le tube-parasoleil de la chambre.

Un dispositif à double transposition permet de rabattre à volonté pendant le vol un des *écrans* colorés devant l'objectif. Cette manœuvre

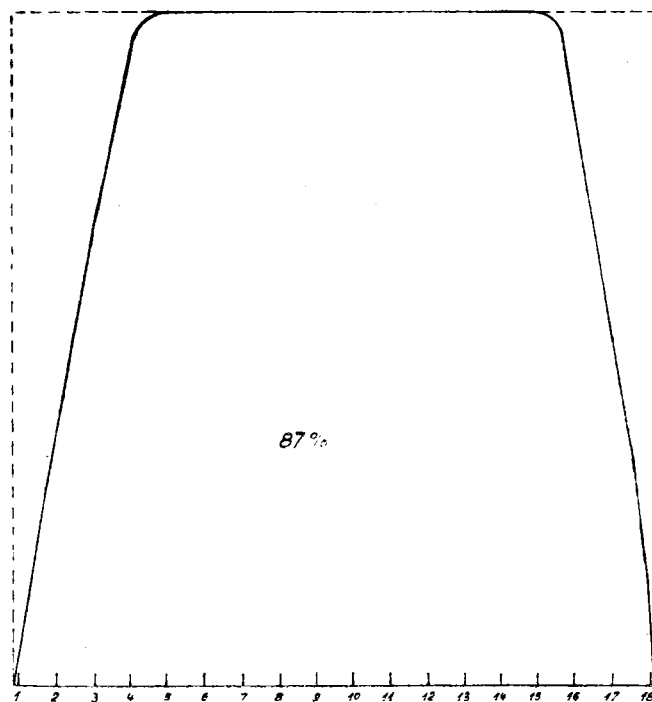
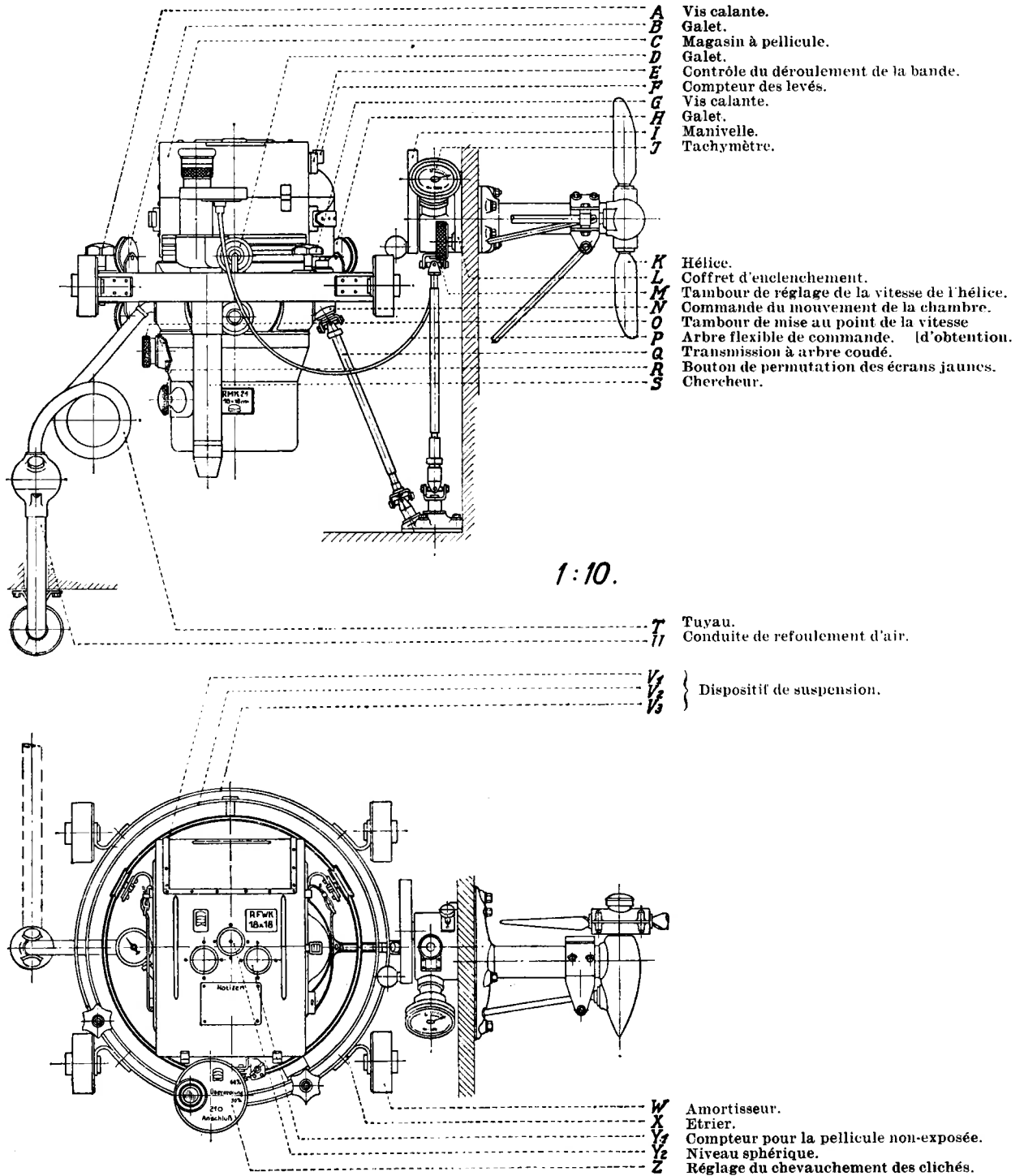


FIG. 5.

s'effectue en tournant les boutons R après les avoir poussés à fond de course. Les écrans sont teints dans la masse et le parallélisme de leurs faces est assuré à 8'' près.

3. REPÈRES D'ORIENTATION DU CLICHÉ. — Le cliché prend appui sur un cadre parfaitement dressé et muni de quatre repères optiques constitués par de petites lentilles qui impriment sur l'épreuve photographique l'image d'un point noir marqué au centre de l'objectif de la



1:10.

FIG. 6.

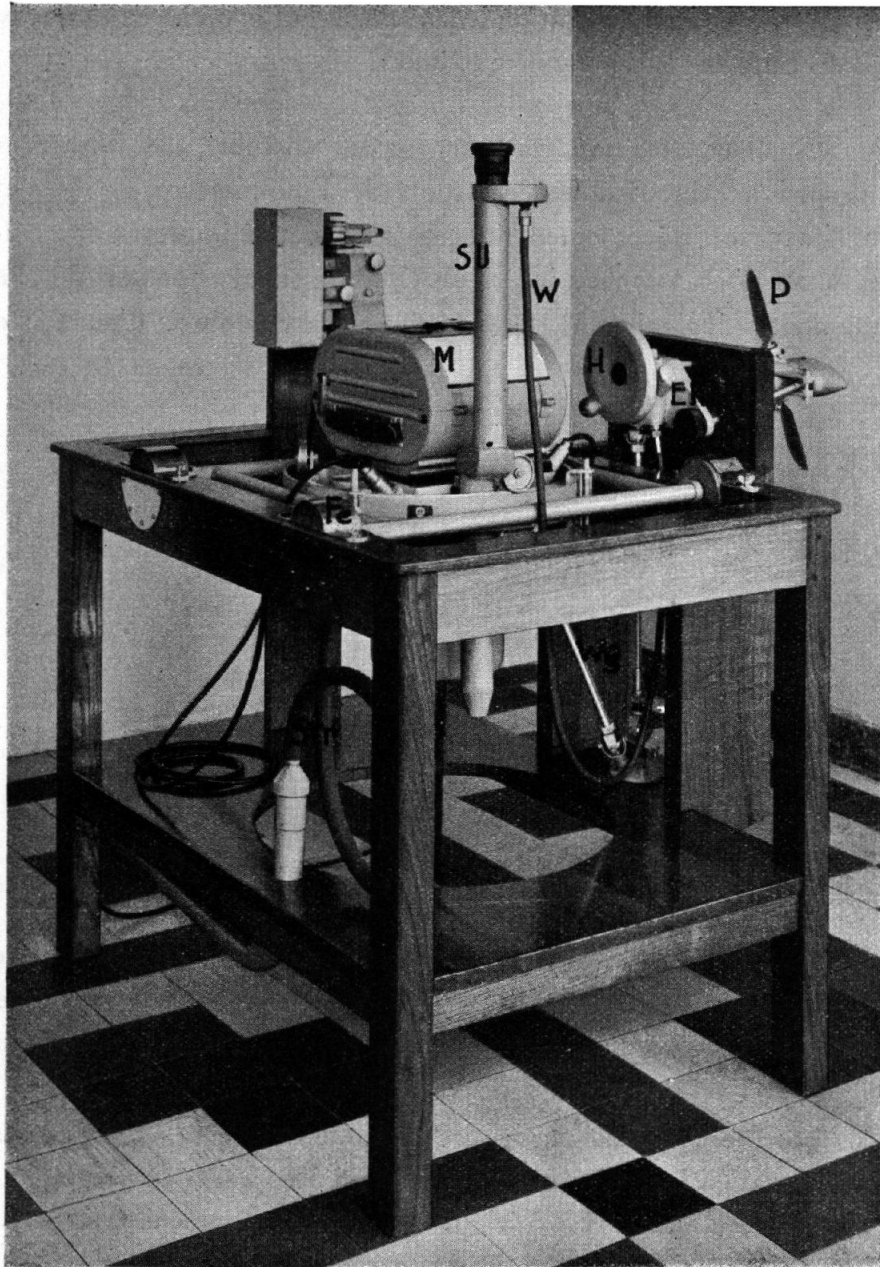


FIG. 7.

chambre. Sur chaque cliché on photographie en outre les éléments suivants : longueur de la distance focale en centièmes de millimètre, numéro du compteur automatique des vues, bulle d'une grande nivelle avec sa division en cercles concentriques.

4. SUSPENSION DE LA CHAMBRE. — La chambre est disposée dans une suspension à la cardan permettant de l'incliner de $\pm 7^{\circ} \frac{1}{2}$ et de lui imprimer un déversement de $\pm 30^{\circ}$ pour éliminer l'effet de la dérive. A cet effet, l'anneau intérieur V_1 de la suspension sert de chemin de roulement à des galets B, D et H fixés à la chambre. L'anneau exté-

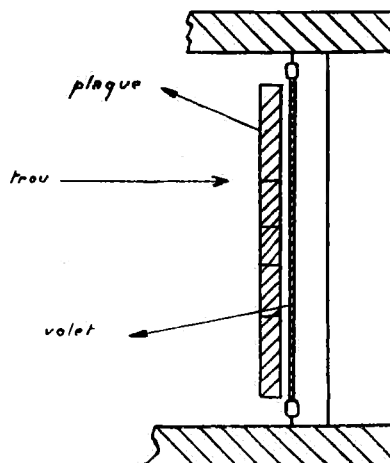


FIG. 8.

rieur V_1 peut pivoter autour d'un axe fixé à un cadre en forme de carré dont les extrémités de deux côtés opposés et prolongés sont munies de cylindres en caoutchouc mousse W en vue d'amortir les trépidations produites par l'avion en cours de vol.

Les basculements de la chambre autour des deux axes de rotation de la suspension à la cardan sont obtenus à l'aide de deux vis calantes A et G fixées l'une au cadre extérieur et l'autre à l'anneau extérieur.

5. LE MAGASIN. — La chambre photographique est munie à sa partie supérieure d'une glissière pour le placement du magasin C (fig. 6) et M (fig. 7). Celui-ci contient 55 mètres de pellicule non perforée

de 19 cm. de largeur, ce qui correspond à 285 clichés de format 18 : 18 cm. pour toute la bande.

Il est fermé à sa partie inférieure par un volet métallique (fig. 8) qu'on ouvre au commencement de la série des prises de vue.

Quelques instants avant le déclenchement de l'obturateur le mouvement d'un excentrique déplace une plaque métallique qui presse la pellicule contre le cadre de la chambre, tandis que l'air, amené dans celle-ci par le tube T (fig. 6) et *Str* (fig. 7), applique le film contre la

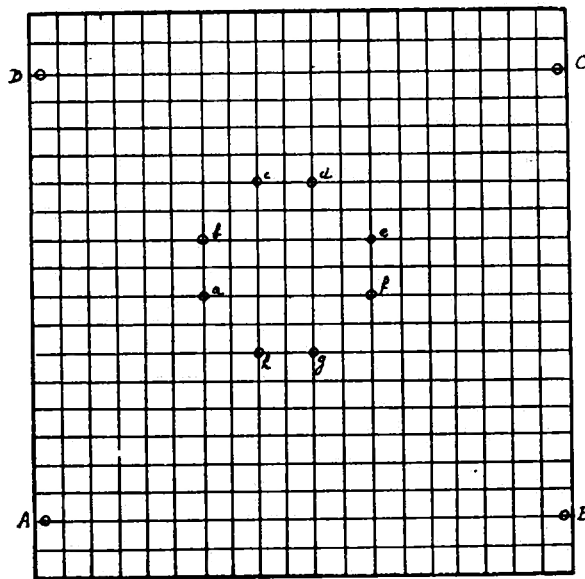


FIG. 9.

plaque. Une pression de 2 à 3 grammes par cm^2 est suffisante; elle est indiquée par un manomètre placé sur le côté gauche de la chambre.

La plaque (fig. 9) qui donne la planéité du film au moment d'une prise de vue porte dans la région centrale huit petits trous *abcd efgh* et vers les angles quatre pointes *ABCD* qui perforent le film au moment de son exposition.

Chaque cliché est séparé par une bande non impressionnée de 1 cm. environ limitée par quatre trous perforés. Comme ils sont sensibles au toucher, on peut couper sans risque la bande en chambre noire.

6. Les accessoires du magasin consistent : *a*) en un compteur Y_1 (fig. 6) placé sur le couvercle du magasin et qui indique la longueur du film non encore exposé; *b*) un compteur F , situé sur le haut de la paroi latérale de droite, renseigne le nombre de vues prises; *c*) un contrôleur de déroulement du film E , placé à côté du précédent, permet de s'assurer que le déroulement du film s'effectue normalement; *d*) au centre, une nivelle sphérique Y_2 ; *e*) à côté, une fenêtre semi-circulaire laisse apparaître la moitié d'un disque circulaire tournant autour de son centre

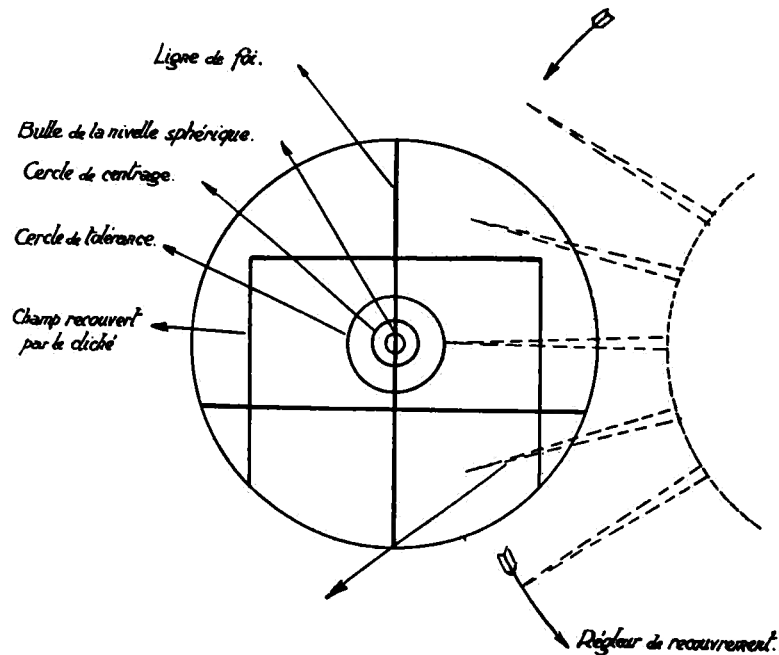


FIG. 10.

et portant sur chacune de ses moitiés les deux inscriptions : « Schieber frei » et « Schiebergesperrt ». La première indique qu'on peut tirer le volet du magasin; la seconde que l'obturateur étant prêt à déclancher, la plaque presse le film contre le cadre de la chambre, ce qui empêche la fermeture du volet.

7. Une lunette chercheuse S (fig. 6) est disposée verticalement sur l'un des côtés de la chambre.

Dans son champ de vue (fig. 10) on aperçoit une nivelle sphérique

comportant deux cercles concentriques dont le plus petit donne la position de la bulle qui correspond à la verticalité de la chambre et l'autre constitue le cercle de tolérance. Lorsque la bulle se trouve sur ce cercle l'inclinaison de la chambre est de 4° environ.

En outre, sur la face inférieure de la nivelle, rodée en forme de calotte sphérique, se déplace une bille en acier qui apparaît en noir dans le champ de la lunette. Lorsque les images de la bulle et de la bille sont concentriques la ligne de visée est verticale.

Le réticule de la lunette se compose de trois traits parallèles équidistants et de deux traits perpendiculaires. Pour tenir compte de la

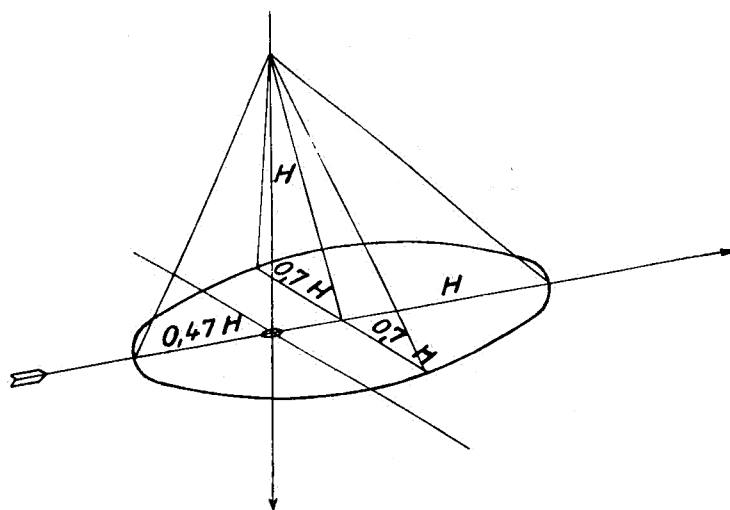


FIG. 11.

dérive, on oriente les premiers dans la direction du vol en tournant la chambre à la main.

Le rectangle formé par les traits les plus distants indique la portion du terrain photographié. Vers l'extrémité droite du champ de la lunette on aperçoit les pointes du régulateur de recouvrement.

Celui-ci consiste en un disque à pointes placé sur le côté de la lunette et qui peut être réglé pour des recouvrements de 30 et 60 % des épreuves successives. On fait varier sa vitesse en agissant sur la vis M (fig. 6), comme nous l'indiquerons ci-dessous.

Le chercheur a un grossissement de deux, une pupille de 6,85 mm.

de diamètre et un champ de vue de 65°. Un prisme placé devant l'objectif reporte le champ de vue vers l'avant dans la direction du vol, à partir de la verticale, d'une quantité égale à la hauteur de l'avion (fig. 11) et sur les côtés et vers l'arrière respectivement de 0,7 et 0,47 de cette hauteur.

8. L'automaticité des mouvements de l'obturateur, des éléments mobiles du magasin (film, compteur, etc.) et du régulateur de recouvrement est obtenue par une hélice K (fig. 6) placée à l'extérieur de l'avion, ou par une manivelle I. Celles-ci actionnent, par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse, deux tiges de transmission de mouvement : l'une extensible Q est raccordée à la chambre et l'autre flexible P, protégée par un tube en caoutchouc, est raccordée au chercheur.

L'embrayage de ces deux mouvements s'obtient en poussant à fond vers le bas le bouton K₁. Si on le tire vers le haut, on débraie le mouvement qui actionne la tige raccordée à la chambre, et dans ce cas seul le régulateur de recouvrement peut tourner. Le bouton K₁ est immobilisé dans cette position par un verrou à ressort.

La marche du régulateur de recouvrement se règle en amenant à un moment donné la coïncidence d'un point du sol avec une des pointes du disque. On tourne alors le bouton M de manière que cette coïncidence subsiste pendant tout le trajet que l'image du point décrit dans le champ du chercheur. L'action du bouton M consiste à faire varier l'inclinaison des palettes de l'hélice et par suite à augmenter ou à diminuer sa vitesse.

Ce réglage effectué, on embraye les mouvements des deux tiges de transmission P et Q en poussant à fond vers le bas le bouton K₁. Pour les vues prises à des intervalles supérieurs à 10 secondes, on placera le bouton de manœuvre K₂ sur l'indication L (lentement). On évite ainsi que la vitesse de l'hélice descende au-dessous de 1000 tours à la seconde. Pour des intervalles de prise de vues inférieurs à 10 secondes, on placera K₂ sur S (schnell = rapide). Par ce moyen on arrive à prendre des séries de clichés à la cadence de 3 à 75 secondes

avec des vitesses de vol de 120 à 220 km.-heure, l'hélice tournant de 1000 à 6000 tours à la minute.

En général, on se sert de la manivelle pour les prises de vues séparées, tandis que la commande par hélice est employée pour les prises de vues en série.

Dans le premier cas, on a soin de tourner la manivelle I jusqu'à ce que les deux marques rouges qui se trouvent près du dispositif d'entraînement N de la chambre soient à peu près en coïncidence. A ce moment le déclic de l'obturateur est prêt à fonctionner; si l'on continue le mouvement de la manivelle, l'obturateur déclanche.

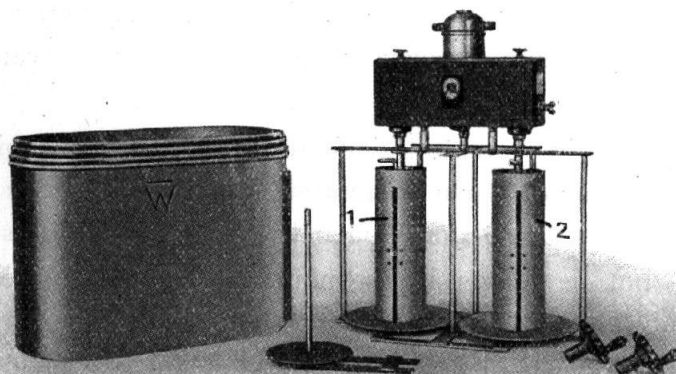


FIG. 12.

On nettoie la gaze servant de filtre, qui est placée à l'intérieur de la chambre, au moyen d'une plume. A cet effet, on dévisse le filtre en ayant soin de dégager au préalable l'arrêt à ressort.

Comme films on utilise indifféremment le film Gevaert panchromatique normal ou spécial, suivant l'altitude du vol, ou le film Agfa panchromatique rapide.

9. Le matériel de développement comporte quatre cuves W (fig. 12) destinées à recevoir le bain révélateur, le bain de fixage et l'eau de lavage des clichés. Le film s'enroule (1 et 2) et se déroule dans les cuves par un mouvement de rotation automatique, alternativement de va-et-vient.

Un tambour de séchage permet d'enrouler 60 mètres de film de 19 cm. de large. Ce tambour est actionné par un petit moteur électrique en vue d'accélérer le séchage.

10. Enfin un appareil pour le tirage de diapositives complète l'installation. Il permet de copier des négatifs jusqu'au format 30 × 30 cm.

Il est constitué par une boîte en bois de chêne dans le fond de laquelle se trouvent disposées quatre lampes électriques de 15 watts pour 110 volts. Elles sont mises en circuit individuellement et une lampe à verre jaune fonctionne continuellement pour permettre le placement des négatifs et du papier. Le tout est surmonté d'un verre dépoli blanc servant à mieux répartir la lumière. Au-dessus de ce verre est placé un verre sans tain destiné à recevoir le papier calque servant à graduer la lumière.

La manœuvre de l'appareil s'effectue soit à la main, soit au moyen de la pédale, soit encore par une minuterie. On peut tirer des diapositives de négatifs détachés sur plaques ou pellicules, ou des films sur bande.

Dans ce but le couvercle est pourvu à ses extrémités de portebobines à film, dont la largeur peut varier de 18 à 24 cm. Quatre bandes d'acier nickelé, pouvant se déplacer parallèlement aux bords d'un cadre se rabattant sur le cliché, servent de caches pour délimiter la partie du film à reproduire. Les bandes longitudinales peuvent se mettre en place en s'aidant d'une échelle millimétrique disposée sur l'un des bords de l'appareil.

Le couvercle en bois de chêne renforcé par une plaque en métal et garni par dessous de feutre mou et de caoutchouc souple fait fonction de châssis-presse.

Il est pourvu de forts ressorts et d'une fermeture automatique.

B. — Le statoscope.

11. Une des conditions essentielles pour la restitution quand on ne dispose que d'un nombre restreint de points de contrôle, est de maintenir l'avion sensiblement à la même altitude. A cet effet, on fait usage de statoscopes, baromètres de longueur réduite et de très grande sensibilité.

Cet instrument (fig. 13) est constitué essentiellement par un tube de verre en forme de U rempli d'un liquide. Une des branches de ce tube est ouverte à l'air libre et l'autre communique avec un récipient en verre qui plonge dans un vase de Dewar rempli de glace fondante.

En C, entre le tube et le récipient, est inséré un robinet à trois voies.

Dans une première position du robinet (position de transport), on établit une communication entre l'air libre et le récipient, qui se remplit ainsi d'air à la pression ambiante.

Dans une deuxième position (position ouverte) du robinet, le récipient et les deux branches du tube en U débouchent à l'air libre,

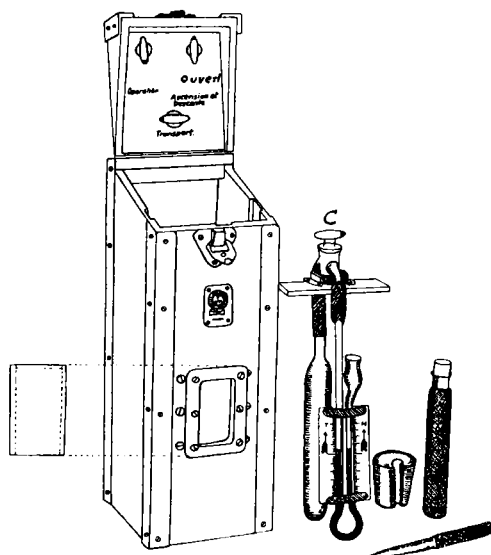


Fig. 13

de sorte que les pressions s'égalisent complètement. On place le robinet dans cette position pendant la montée et la descente de l'avion. Dans la troisième position du robinet (position « en action ») une des branches du tube en U communique avec le récipient, son débouché à l'air libre étant fermé. Dans cette position l'équilibre des pressions entre l'intérieur du récipient et l'air extérieur ne peut se produire qu'à travers le tube en U, de telle manière que la pression de l'air contenu dans le récipient, augmentée ou diminuée de la pression de la colonne liquide dans le tube en U, soit égale à la pression de l'air extérieur.

Ainsi, lorsque l'avion s'élève, le liquide monte dans la colonne ouverte du tube en U, par suite de la diminution de la pression de l'air extérieur (indication dans la colonne de droite « H »). Dans ce cas l'avion se trouve trop haut par rapport au niveau choisi. Inversement, si l'avion descend, la pression de l'air extérieur augmente et par suite la colonne liquide de la branche ouverte du tube en U s'abaisse (indication dans la colonne de gauche « T »); l'avion vole trop bas par rapport au niveau choisi.

Le robinet doit donc indiquer la position « transport » avant et pendant le décollage et pendant et après l'atterrissage.

Pendant la montée ou la descente, l'index rouge du robinet doit indiquer « ouvert » (rotation d'un quart de tour dans le sens des aiguilles d'une montre).

Aussitôt que l'avion a atteint le niveau désiré, on tourne le robinet d'une demi-révolution dans le sens des aiguilles d'une montre pour l'amener sur la position « en action ».

Le récipient étant maintenu à la température de la glace fondante (0°), le statoscope reste insensible aux variations de température et n'est influencé que par les variations de pression.

On place d'abord le récipient dans le vase de Dewar (bouteille thermos) qu'on remplit ensuite de glace pilée. Le remplissage de glace étant terminé, on soulève légèrement le récipient de verre, puis on ferme la bouteille à l'aide d'un bouchon de caoutchouc pourvu d'une échancrure. Il convient d'enfoncer modérément le bouchon en caoutchouc.

Le liquide contenu dans le tube en U est de l'alcool butylique (poids spéc. 0,81) coloré à la nigrosine. Pour le remplissage du tube on place le robinet dans la position « transport », puis, à l'aide d'une pipette, on introduit un peu de liquide dans l'entonnoir de la branche ouverte du tube. On tourne alors lentement le robinet vers la position « ouvert », de manière que le liquide puisse se répandre dans le tube en U. Le liquide est en quantité suffisante lorsque la colonne barométrique s'arrête dans chaque branche au milieu des fenêtres de lecture.

Si l'alcool est en quantité insuffisante, on incline le tube en U

jusqu'à ce que le liquide revienne dans l'entonnoir et l'on ferme le robinet dans cette position (transport). On ajoute du liquide et l'on procède comme précédemment. Si le liquide se trouve en trop grande quantité, on incline de même le tube en U et l'on enlève un peu de liquide avec une pipette ou du papier buvard.

Si, par suite d'un faux mouvement, le liquide est refoulé dans l'entonnoir et qu'il se forme des bulles d'air dans les filets liquides, on peut les faire disparaître en introduisant dans l'entonnoir un fil ténu et en le faisant mouvoir plusieurs fois alternativement de haut en bas. Si, par suite d'une fausse manœuvre, le liquide est refoulé dans le robinet et le récipient en verre, on retire le statoscope de son écran et on le maintient dans la position verticale, le tube de jonction vers le bas. On chauffe celui-ci avec la main jusqu'à ce que le liquide remplisse le tube de jonction. On enlève alors le liquide avec du papier buvard. Pour nettoyer le robinet de verre, on le place sur la position « ouvert », puis on incline le statoscope et l'on enlève le liquide avec du papier buvard.

Pour le montage des différentes parties du statoscope, il convient d'humecter légèrement les extrémités des tubes en verre qui doivent être introduites dans les tubes en caoutchouc. De cette façon on évite la création de vides qui pourraient nuire au bon fonctionnement de l'appareil.

Lors de l'introduction du tube U dans le voyant à fente, on glisse par dessous, derrière le tube en U, un fragment d'éponge en caoutchouc, à l'aide de la pointe d'un couteau, de manière à caler le tube vers l'avant.

Lorsqu'un accident nécessite le remplacement de la bouteille thermos, on l'introduit facilement dans sa gaine isolante, qui est en éponge de caoutchouc, en l'humectant extérieurement avec de l'eau.

Le robinet à trois voies du statoscope doit toujours être soigneusement rendu étanche avec la vaseline jointe à l'instrument; mais il faut avoir soin de ne pas obturer les ouvertures du robinet. L'étanchéité absolue du robinet est une condition indispensable au bon fonctionnement du statoscope.

12. ÉTALONNAGE. — Il convient de déterminer la valeur en mètres d'une division du statoscope. Cette valeur dépend de l'altitude du vol. Le tableau suivant renseigne, aux diverses altitudes du vol, les valeurs en mètres d'un millimètre de pression barométrique. C'est le degré hypsométrique.

Altitude	Degré hypsométrique	Altitude	Degré hypsométrique
m. 0	m. 10.6	m. 3000	m. 14.9
50	10.6	3500	15.7
100	10.7	4000	16.6
150	10.8	4500	17.6
200	10.8	5000	18.6
250	10.9	5500	19.6
300	11.0	6000	20.7
350	11.0	6500	21.8
400	11.1	7000	23.0
450	11.1	7500	24.4
500	11.2	8000	26.0
1000	12.2	8500	27.7
1500	12.8	9000	29.5
2000	13.5	9500	31.3
2500	14.2	10000	33.4

Supposons qu'on ait observé l'élongation du statoscope pour une différence de niveau connue à une altitude moyenne. Ainsi à l'altitude de 250 m. on trouve pour une différence de niveau de 21 mètres une élongation de la colonne liquide du statoscope de 18,3 mm. Le degré hypsométrique pour 1 mm. vaut donc $\frac{21}{18,3} = 1.15$ m. Or 1 mm. de mercure pour l'altitude de 250 m. correspond à une différence d'altitude de 10.9 m. Le rapport des élongations de la colonne de mercure et de celle du liquide du statoscope est donc $\frac{10.9}{1.15} = 9.48$.

A l'aide de ce coefficient, il est facile, en s'aidant de la table précédente, de calculer la valeur en mètres d'une division du statoscope.

Par exemple pour une altitude de 3000 m. une division du statoscope correspond à une différence de niveau de $\frac{14.9}{9.48} = 1,57$ m.

13. MESURES AU STATOSCOPE. — On dispose généralement de trois statoscopes : l'un est muni d'un dispositif photographique qui enregistre sur un film cinématographique la hauteur des colonnes liquides au moment de chaque prise de vue; un autre statoscope à lecture directe est placé près du pilote, qui peut ainsi régler son vol de manière à maintenir les deux colonnes liquides autant que possible au même niveau; enfin le troisième statoscope, également à lecture directe est placé au sol en une station voisine de la région survolée et ses indications sont relevées à des intervalles réguliers pendant toute la durée du vol.

C. — Appareils de restitution.

I. — *Aéroprojecteur multiplex.*

14. LES PROJECTEURS. — Cet appareil utilise pour la vision stéréoscopique le procédé des anaglyphes, qui consiste, comme on le sait, à réaliser l'effet stéréoscopique, en teintant des vues photographiques, prises avec un certain écartement, en deux couleurs complémentaires et en les examinant avec des lunettes pourvues de deux verres colorés des mêmes teintes complémentaires (rouge et vert).

Le multiplex (fig. 14) se compose d'un bâti auquel sont suspendues de petites chambres photographiques de 5 cm. de foyer et de format 4.5×4.5 cm.

Des réductions de photographies prises par avion sont placées dans ces chambres et projetées sur une table à dessiner au moyen de forts projecteurs disposés à l'arrière des clichés.

Les chambres peuvent tourner séparément autour de trois axes perpendiculaires et subir des translations par rapport à trois directions perpendiculaires. De cette manière il est possible, par un réglage approprié, de rétablir exactement les clichés dans la position qu'ils occupaient dans l'espace au moment de la prise de vue.

Une description un peu plus détaillée nous paraît nécessaire.

La chambre de restitution (fig. 15) est suspendue à la cardan à un chariot (chariot des X) mobile le long du support principal, figurant l'axe des X, au moyen de la vis à tête moletée (1). Le chariot des X comporte deux pièces mobiles : l'une, le chariot des Z, se meut verticalement dans une glissière à queue d'aronde, au moyen de la vis (2), et

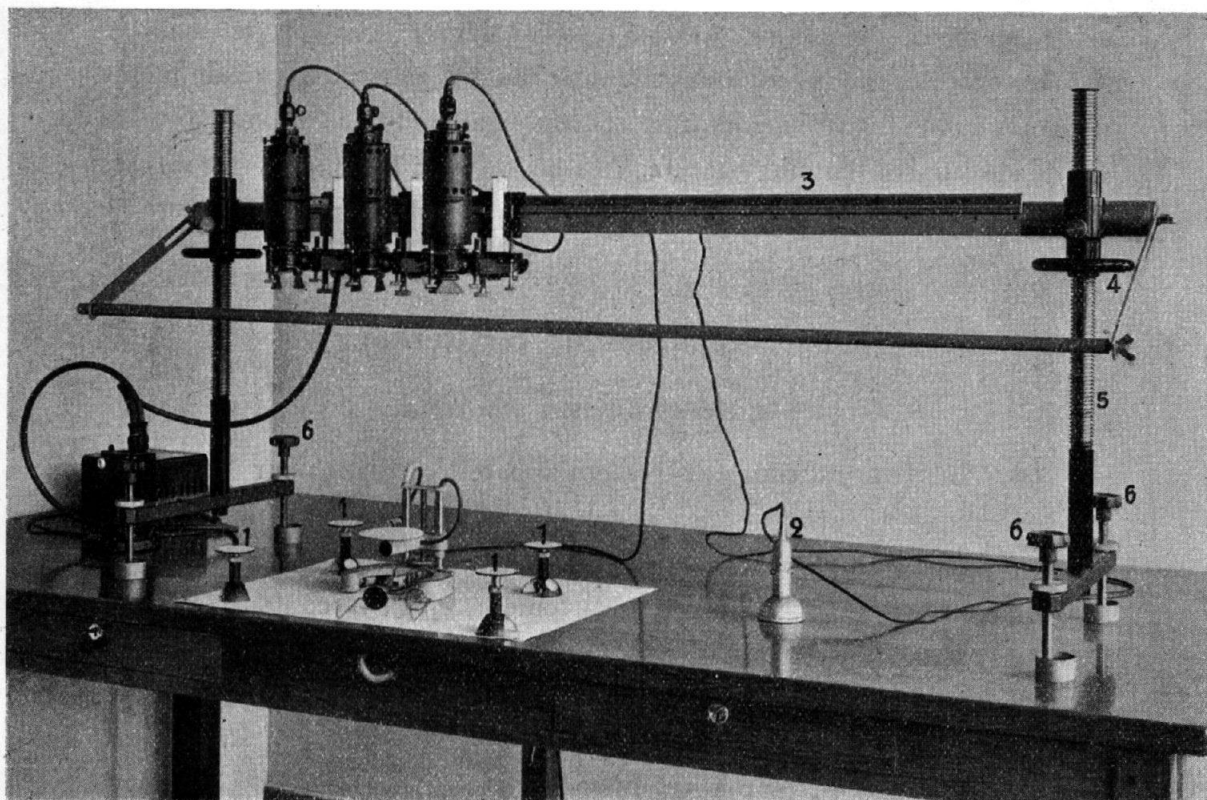


FIG. 14.

l'autre, le chariot des Y, se déplace transversalement, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe des X, par le jeu de la vis (3).

La vis (4) permet d'incliner la chambre autour d'une parallèle à l'axe des X (inclinaison transversale ω) passant par le centre optique de l'objectif, tandis que la vis (5) commande l'inclinaison longitudinale φ autour d'une parallèle à l'axe des Y passant également par le centre optique de l'objectif.

En desserrant une vis de blocage on peut imprimer au cadre de la chambre un déversement (α) autour de son centre; les faibles corrections de déversement sont données par la vis de rappel (6);

Tous les mouvements des chariots peuvent être mesurés par l'entraînement d'index le long d'échelles graduées. Au foyer de la

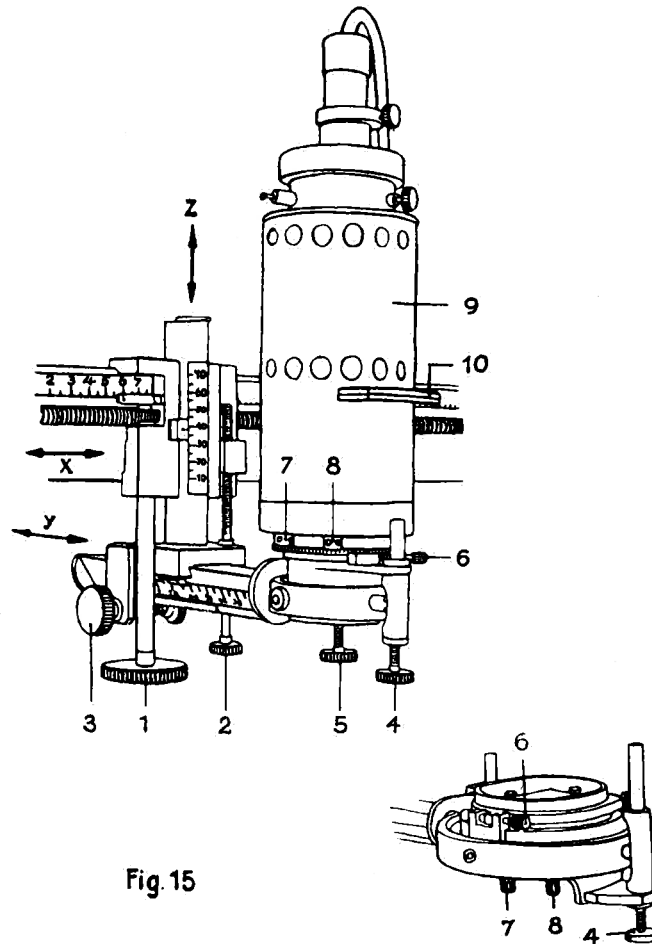


Fig. 15

chambre on dispose une plaque de verre portant un point noir fixe figurant le point principal de la chambre. Cette plaque sert d'appui au cliché, qui est pressé contre elle par deux ressorts qu'on peut dégager. Deux excentriques situés à l'un des bords du cadre d'appui du cliché peuvent être mis en mouvement par les vis (7) et (8), à têtes perforées, dans lesquelles on peut engager une broche de réglage. Par

le mouvement des excentriques, on déplace le cliché et l'on peut ainsi faire coïncider avec le point noir le petit cercle impressionné sur le cliché au moyen de l'appareil de réduction des clichés. Ce centrage s'effectue en observant sur la table à dessin l'image projetée par un fort condensateur placé dans une coiffe métallique (9). Cette coiffe est pourvue d'une fente (10) destinée à recevoir un écran coloré.

15. TABLETTE A DESSIN. — La construction du plan s'effectue en faisant coïncider avec les différents points du relief optique un petit point lumineux placé au centre d'une tablette circulaire (fig. 16) qui est montée sur un pied en forme de fer à cheval, muni à sa base d'un crayon

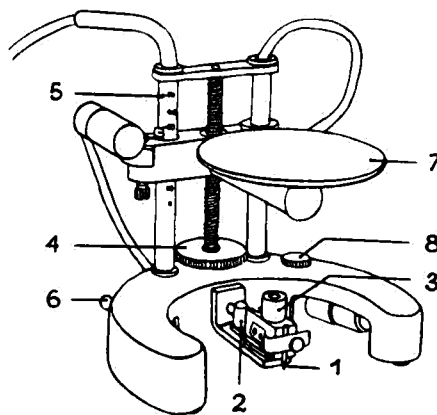


Fig. 16

traceur (1) qu'on peut relever ou abaisser à volonté au moyen du curseur (2). La pression sur le crayon est augmentée par un poids (3).

La tablette est déplaçable en hauteur au moyen d'une vis sans fin (4); le déplacement altimétrique se mesure sur une échelle (5) au moyen d'un index réglable. A gauche, à l'arrière de la tablette, un interrupteur (6) commande simultanément l'éclairage de l'échelle altimétrique et celui de la surface du dessin dans le voisinage immédiat du crayon traceur.

La plaque repère (7) est interchangeable. L'une des plaques porte en son milieu un repère noir en forme de flèche, l'autre un trou très fin. Ce dernier peut être éclairé par le bas, de sorte que ce repère se présente

comme un point lumineux. Son intensité se règle par une résistance actionnée par la vis (8) qui se voit dans le pied de droite de la tablette. La petite lampe électrique éclairant le repère peut se déplacer dans la direction de son axe pour permettre le centrage.

Le déplacement en hauteur de la tablette est de 70 mm. environ.

On la manœuvre en saisissant des deux mains le pied semi-circulaire, tandis que la molette (4) qui commande le mouvement altimétrique du repère lumineux est manœuvrée entre le pouce et le médium de la main droite. Si l'on maintient constamment le repère en contact avec le relief optique et si on lui fait décrire des lignes du détail topographique, telles que bords de routes, de cours d'eau, contour de maison, etc., le crayon reproduira ces tracés sur la feuille de dessin, à l'échelle adoptée, pour autant que les chambres de restitution soient convenablement réglées. Pour le figuré du terrain on place l'index de l'échelle altimétrique à l'altitude voulue et la courbe de niveau est tracée par le crayon si l'on fait cheminer le repère lumineux sur le relief optique.

16. PYLÔNES-REPÈRES. — Pour fixer en position et altitude un point après sa restitution ou un point repère donné, on fait usage des pylônes pourvus d'une tablette (fig. 14) (1) qui porte en son milieu un point repère. Ces tablettes sont déplaçables en hauteur et leurs déplacements peuvent s'évaluer sur une échelle millimétrique. Un piquoir placé dans le pied du pylône sert au centrage sur le point reporté.

17. FILTRES ET LUNETTES COLORÉS. — Les filtres colorés se placent dans les fentes (10) (fig. 15) des coiffes des condensateurs de manière que deux projecteurs consécutifs soient éclairés avec des couleurs complémentaires. Pour la vision binoculaire on ajuste les lunettes de manière que la couleur du verre devant l'œil gauche soit toujours la même que celle du projecteur de gauche.

18. ACCESSOIRES. — Une lampe à main (2) (fig. 14) est branchée sur une des deux prises blanches du support principal (3).

Une règle altimétrique sert à la transformation des données de l'échelle des altitudes de la tablette aux diverses échelles.

Une division millimétrique est tracée sur la règle, tandis que la languette réversible porte quatre espèces de graduations correspondant aux échelles 1 : 7500, 1 : 12500, 1 : 15000 et 1 : 20000. On choisit arbitrairement une position de la tablette-repère, en plaçant l'index de la languette en face de la division de la règle indiquant la position en millimètres de la tablette-repère; on peut lire sur la règle et la languette les hauteurs du modèle en millimètres et celles correspondantes de la

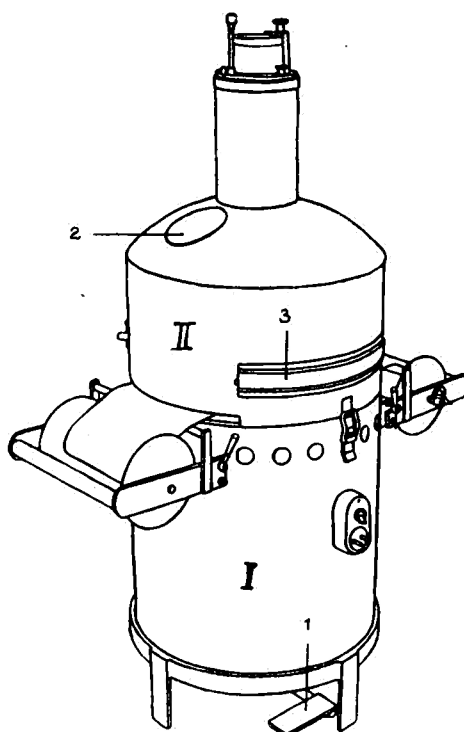


Fig. 17

carte en mètres. L'estimation des fractions est facilitée par un curseur avec trait-repère.

La hauteur des chambres au-dessus de la planche à dessiner se règle approximativement au moyen de quatre vis calantes (6) et des deux volants dont sont munies les tiges verticales filetées (5) qui servent de supports au bâti des X (3).

19. RÉDUCTEUR DE CLICHÉS. — Les clichés du format 18×18 pris à la chambre de 21 cm. de distance focale doivent être réduits au

format 4.5×4.5 , qui est celui des diapositives utilisées dans l'aéromultiplex.

Cette réduction s'opère au moyen d'un appareil réducteur spécial (fig. 17) qui se compose de deux parties essentielles : un corps cylindrique I et une coiffe II. Ces deux parties se fixent l'une à l'autre au moyen de deux agrafes.

Le corps cylindrique comprend le dispositif d'éclairage du négatif. Il est constitué par un miroir concave au foyer duquel est disposée une lampe de 12 volts qui éclaire uniformément une plaque en verre dépoli

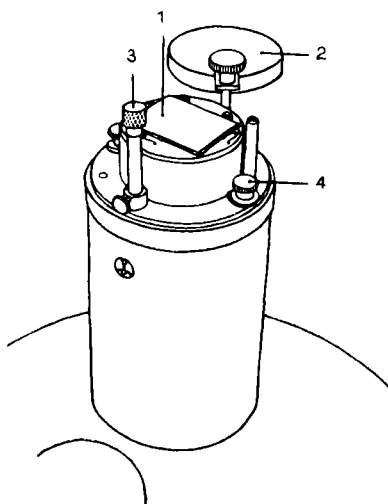


Fig. 18

sur laquelle vient s'appuyer le côté gélatiné du négatif. Ce verre est à faces parallèles et le côté en contact avec le négatif porte des repères en forme de croix analogues à ceux de la chambre de prise de vues, et en son centre, à l'intersection des droites joignant les repères opposés deux à deux, un petit cercle dont l'image s'impressionne sur les diapositives.

On peut réduire à volonté des négatifs sur plaques ou sur films. Ces films s'enroulent sur deux bobines disposées latéralement. Les négatifs sont pressés contre le verre dépoli au moyen d'une seconde lame de verre à faces parallèles qu'on soulève au moyen d'une pédale (1) fixée au bas de l'appareil.

Lorsqu'une vue a été réduite, pour passer à la suivante, on appuie sur la pédale, la glace se soulève et il est alors possible d'introduire un autre négatif, plaque ou film.

La coiffe est pourvue à sa partie supérieure d'un tube cylindrique qui renferme tout le système de réduction. Vers le haut un cadre-support de 6×4.5 est destiné recevoir la plaque sensible (fig. 18) (1). Celle-ci est pressée contre son cadre d'appui par un chapeau à ressort (2). Le système optique de réduction est placé à 8,5 cm. environ de la plaque sensible. Devant l'objectif est disposé un écran en verre teinté en noir et dégradé vers le centre. On peut le déplacer longitudinalement à l'aide d'une tige qu'on manœuvre de l'extérieur et dont l'extrémité est visible en (3). Cet écran sert à compenser le défaut d'uniformité de l'éclairage de la diapositive par suite de diminution de densité des négatifs vers les bords.

Toute la partie optique de l'appareil peut être enlevée en dévissant les deux vis (4) situées de part et d'autre de la partie supérieure de la coiffe. Une petite fenêtre (2) (fig. 17), aménagée dans la coiffe et munie d'un écran rouge transparent, permet d'observer l'éclairage du négatif. Enfin, deux fentes latérales (3) permettent l'introduction d'écrans optiques pour uniformiser l'éclairage du cliché réduit.

II. — *Séréoplanigraphe, modèle C.*

20. C'est le modèle le plus perfectionné existant actuellement (fig. 26). Il permet de restituer toutes les vues terrestres ou aériennes quelle que soit l'inclinaison de l'axe de la chambre de prise de vues. Il convient pour les restitutions des plans à toutes les échelles, mais sa grande précision le recommande spécialement pour l'exécution des plans à grande échelle. Il est équipé pour permettre l'aérotriangulation et l'aéronivellement.

Cette méthode est appelée à jouer un rôle très important dans l'élaboration des cartes coloniales, où elle supplée à l'absence d'un réseau de triangulation. Le stéréoplanigraphe peut alors être utilisé

pour la détermination des points de contrôle qui seront employés au multiplex pour la restitution précise des détails du terrain.

Avant de passer à la description du stéréoplanigraphe C_3 nous en exposerons les schémas optique et mécanique et les liaisons mécano-optiques.

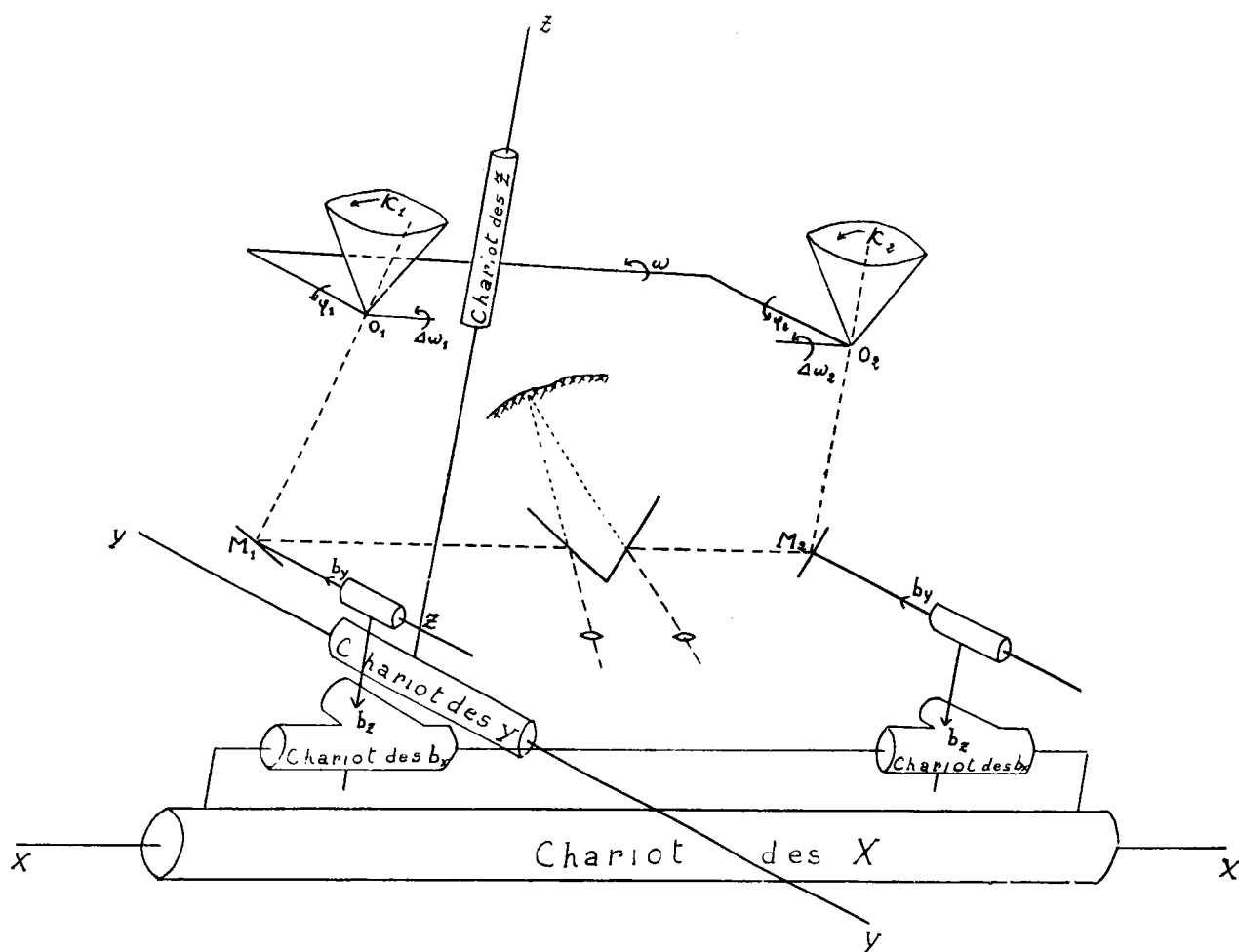


FIG. 19.

21. SCHÉMA MÉCANIQUE. — Imaginons un axe horizontal, axe des Y, dirigé vers l'arrière, suivant lequel se meut un support représenté schématiquement dans la figure 19 sous forme d'un cylindre dont l'axe coïncide avec l'axe des Y et que nous dénommerons chariot des Y. A celui-ci est invariablement lié l'axe des Z le long duquel se meut le

chariot des Z. Dans son déplacement en hauteur ce chariot entraîne un support horizontal parallèle à la direction des X, auquel sont fixées à une distance invariable et d'une manière symétrique les deux chambres de restitution O_1 et O_2 dont les axes seront supposés initialement verticaux. Les clichés photographiques peuvent tourner de 360 degrés autour des axes des chambres; cette rotation se désigne généralement sous le nom de *devers* et nous représenterons par α la valeur angulaire d'un devers déterminé. Les deux chambres de restitution peuvent aussi tourner ensemble autour d'un support horizontal, parallèle à la direction des X, et l'angle de rotation correspondant, qu'on désigne sous le nom d'*inclinaison transversale*, se représente par ω . D'ailleurs, chaque chambre est inclinable séparément autour du même axe : cette inclinaison différentielle se représente par $\Delta\omega$. Enfin, chaque chambre, isolément ou toutes deux ensemble, peut tourner autour d'un axe parallèle à la direction Y; cette rotation s'appelle inclinaison *longitudinale* et se désigne par φ .

Le long de l'axe des X se meut le chariot des X qui entraîne dans son mouvement un support parallèle le long duquel peuvent se déplacer les deux chariots des b_x , qui ont pour but d'introduire la composante b_x de la base aux extrémités de laquelle ont été prises les deux photographies. Chacun des chariots b_x entraîne dans ses déplacements parallèles à X un axe parallèle à Z qui se meut en hauteur, ce qui permet d'introduire la composante b_z . Perpendiculairement à cet axe est disposé un cylindre horizontal parallèle à Y dont l'axe mobile permet par ses déplacements longitudinaux d'introduire la composante b_y de la base. Ce cylindre schématise le chariot des b_y .

A l'extrémité de b_y se trouve une marque M_1 (ou M_2) où vient se former l'image d'un point quelconque du cliché I (ou II).

22. SCHÉMA OPTIQUE. — La marque M_1 (ou M_2) (fig. 20) est constituée par un petit cercle noir de 0,1 mm. de diamètre disposé au centre d'un miroir rectangulaire qui peut tourner autour de deux axes perpendiculaires dont l'un coïncide avec le petit axe du miroir et dont l'autre, horizontal, passe par le centre du miroir.

Le schéma optique étant identique pour les deux chambres, il nous suffira de décrire celui de gauche, par exemple.

Pour la facilité des explications, nous supposerons d'abord le miroir M_1 horizontal et à une distance quelconque de la chambre de restitution. Nous nous proposons d'indiquer comment s'effectue la mise au point de l'image dans le plan du miroir.

A cet effet, on a disposé en avant de l'objectif de la chambre un système optique S appelé système auxiliaire, composé de deux

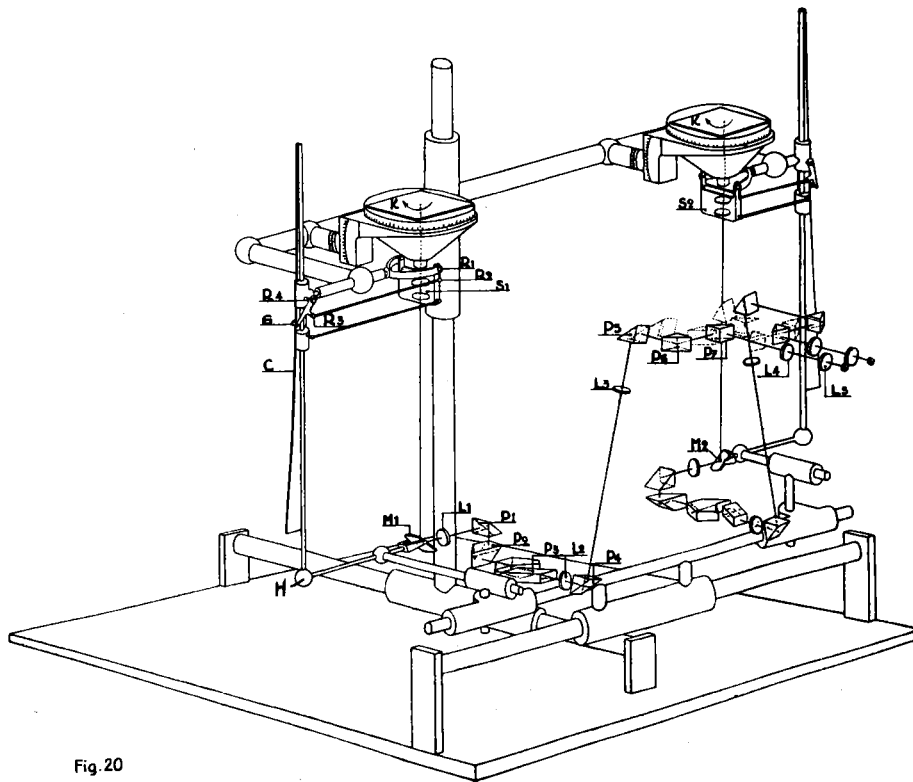


Fig. 20

lentilles séparées, l'une biconvexe et l'autre biconcave. La première, située vers le bas, est fixe, tandis que la seconde est mobile et peut se mouvoir longitudinalement à l'aide d'une vis de rappel. C'est en travaillant à cette vis que s'effectue la mise au point pour une position déterminée de la chambre de restitution. Cette mise au point subsiste d'ailleurs pour toutes les autres positions de la chambre; car, comme nous le verrons, les déplacements de celle-ci parallèlement aux axes

X, Y, Z entraînent automatiquement ceux du système auxiliaire et du miroir.

Nous avons supposé que celui-ci était horizontal. En réalité, il est incliné d'environ 45° , de manière à réfléchir les rayons émanant du centre optique O, vers l'oculaire L_3 .

Il est facile de voir que cela ne modifie en rien la mise au point de l'image. En effet, soient $M' M M''$ (fig. 21) le miroir supposé horizontal, OM le prolongement de l'axe optique, OM' et OM'' les prolongements des axes de deux faisceaux coniques émanant de deux

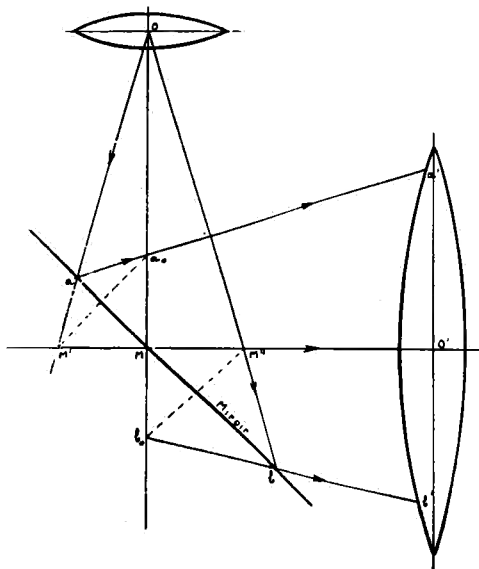


FIG. 21.

images du cliché photographique, et $a M b$ le miroir incliné. Les rayons réfléchis par ce dernier sont MM'' , $a a_0 a'$ (a_0 symétrique de M' par rapport au miroir), $b_0 b b'$ (b_0 symétrique de M'' par rapport au miroir).

Les choses se passent donc comme si les faisceaux lumineux considérés émanaient des points a_0 , M et b_0 , situés dans un plan vertical (perpendiculaire à $M' M M''$).

Ces faisceaux rencontrent une série de lentilles L_i (fig. 20) et de prismes P_i situés dans l'intervalle qui sépare la marque M des lentilles d'avant du dispositif binoculaire. Ces lentilles sont placées dans une

monture à mouvement hélicoïdal qui permet de mettre au point, quelle que soit la vue de l'opérateur, la marque M_1 et par suite l'image du cliché renvoyée par le miroir M .

Lorsque la chambre de restitution se déplace le miroir M tourne autour des axes précédemment définis et le faisceau lumineux provenant du système auxiliaire est constamment réfléchi vers L_1 et les prismes

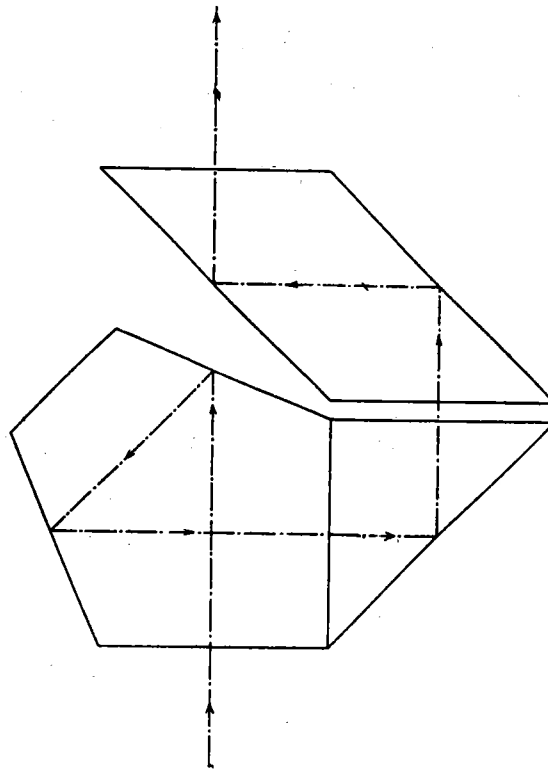


Fig. 22.

P_1 et P_2 , puis vers le train de prismes mobiles P_3 , qui se compose d'un prisme pentagonal et d'un prisme rhomboédrique (fig. 22) où les rayons lumineux subissent cinq réflexions. Ce train de prismes tourne autour d'un axe parallèle à celui des Y , de manière à redresser les images renvoyées par le miroir. Les rayons traversent alors la lentille L_2 (fig. 20), le prisme P_4 , la lentille L_3 et les prismes P_5 , P_6 , P_7 , d'où ils sont reçus par la lentille oculaire L_5 . C'est par le déplacement

de cette dernière lentille que s'effectue la mise au point de la marque M_1 et des images du cliché.

23. LIAISONS MÉCANO-OPTIQUES. — a) *Entratnement du système auxiliaire.* Le déplacement automatique de la lentille supérieure est obtenu par le moyen d'une came C et d'un parallélogramme articulé R_1, R_2, R_3, R_4 .

Les sommets R_1, R_4 sont fixes, tandis que R_2 et R_3 décrivent, sous l'action du déplacement du galet G le long de la came C, des arcs de cercle de centres R_1 et R_4 et de rayons $R_1 R_2 = R_3 R_4$.

Un pignon denté, dont le centre coïncide avec R_2 , engrène avec les dents d'un secteur denté de rayon $R_1 R_2$ et avec ceux d'une glissière verticale liée à la lentille supérieure. Il en résulte que les déplacements de la chambre de restitution communiquent à cette lentille des mouvements régis par le profil de la came, dont le but est de conserver la mise au point des images dans le plan du miroir, quelle que soit la distance à celui-ci de la chambre de restitution (').

b) *Entratnement des miroirs.* — Il faut que les faisceaux lumineux émanant des systèmes auxiliaires soient constamment renvoyés vers les oculaires par les miroirs M_1 et M_2 , quelles que soient les positions des chambres de restitution. A cet effet, les miroirs peuvent pivoter autour de deux axes horizontaux, l'un situé dans le plan du miroir et dirigé suivant son petit axe, et l'autre perpendiculaire au premier.

Si l'on fait mouvoir le chariot des X le long de son chemin de roulement XX' , les miroirs tournent autour du premier axe. Ils sont entraînés dans ce mouvement par un système d'engrenages. Si l'on déplace le chariot des Y sur le chemin de roulement des Y, les miroirs tournent autour du second axe. Ce mouvement a lieu par l'intermédiaire de la tige à came.

Par ce moyen, les mouvements des chariots X et Y sur les chemins de roulement X et Y permettent d'amener dans le champ de l'oculaire L_1 les images d'une région déterminée du cliché. Mais la rotation

(') Pour un exposé succinct de la théorie du système auxiliaire, voir Annexe I.

du miroir autour de l'axe horizontal parallèle à X fait tourner les images autour de cet axe. Pour les redresser, le train de prismes P_3 est animé d'un mouvement de rotation solidaire de celui du miroir autour de l'axe.

c) *Entratnement des chambres de restitution. Parallélogramme de Zeiss.* — Ce dispositif a pour but de séparer les deux images projetées et de permettre de les observer en vision binoculaire.

Soient C et C' (fig. 23) les centres optiques des deux chambres de restitution placées à une distance $CC' = b$, longueur réduite de la base aux extrémités de laquelle ont été prises deux vues successives du terrain.

Soient a et a' les images d'un même point A du terrain et supposons qu'on amène en ce point une marque M. Celle-ci apparaîtra confondue

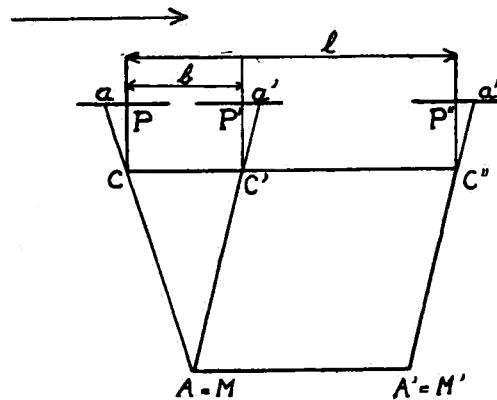


FIG. 23.

avec le point A du modèle stéréoscopique. Déplaçons maintenant la chambre de droite parallèlement à elle-même jusqu'en C'' et plaçons sur la direction $a'' C''$, parallèle à $a' C'$, une marque M', à une distance du centre optique C'', telle que $C'' M' = C' M$.

Si l'on examine stéréoscopiquement les images a et a'' , les deux marques fusionneront au point A du relief stéréoscopique; elles fusionneront de même en tout autre point du modèle optique où l'on aura amené la marque M, pour autant que la figure $C' C'' M M'$ reste un parallélogramme.

Il suffit pour cela de rendre la distance des deux marques égale

à $l - b$, où l est la distance constante des centres optiques C et C' des chambres de restitution, et b la longueur de la base réduite des deux prises de vues. En réalité, les deux centres optiques des deux chambres de restitution sont situés à une distance constante et c'est la distance des miroirs qu'on fait varier de la quantité b .

Nous avons supposé qu'on donnait à la chambre C' un déplacement vers la droite, mais on aurait pu supposer ce déplacement vers la gauche (fig. 24). Dans ce cas les deux marques M et M' se placeront à la distance $l + b$. Le premier cas se présente quand $C C'$ est dirigé dans le sens du vol et le second quand le vol a lieu de C' vers C .

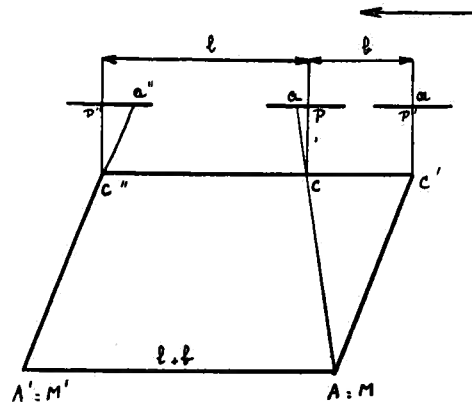


FIG. 24.

Pratiquement on fait indiquer aux verniers des deux chariots b_x , sensiblement la moitié de la longueur de la base, la somme des deux bases parallèles représentant exactement la base totale. Dans le cas $l + b$, les lectures de b_x se font vers l'extérieur et dans le cas $l - b$ vers l'intérieur.

d) *Prismes inverseurs*. — Pour obtenir la vision stéréoscopique dans le cas d'une interversion des clichés, le système oculaire doit lui-même être interverti pour réaliser l'effet stéréoscopique. A cet effet, on a disposé sur le trajet des rayons lumineux, à leur entrée dans les oculaires, un système de prismes mobiles représentés figure 25. Les prismes figurés en pointillés peuvent prendre la place de ceux repré-

sentés en traits pleins et réciproquement. La manœuvre s'effectue en tournant deux manchons placés au-dessous des prismes.

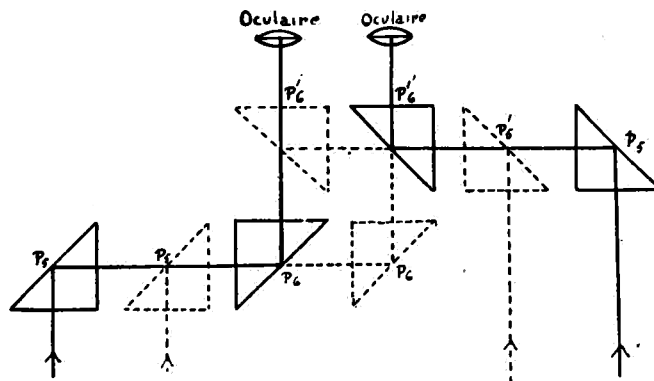


FIG. 25.

24. DESCRIPTION GÉNÉRALE. — L'appareil se compose d'un fort bâti horizontal en forme de croix monté sur trois vis calantes A, B, C (fig. 26).

Les branches de la croix sont à section triangulaire et portent des chemins de roulement le long desquels se meuvent des chariots dont les déplacements mesurent les coordonnées X et Y. Ces valeurs se lisent soit directement sur des règles divisées en millimètres, soit sur des tambours gradués. Les règles de X et Y sont prévues pour des courses d'environ 600 et 800 mm. L'axe des Z est constitué par une colonne verticale à section triangulaire, pesant 210 kilogrammes, qui peut se déplacer sur le chemin de roulement des Y. Sur le chemin de roulement de cette colonne peut se déplacer verticalement le chariot des Z.

Entre le bâti et le banc des X se trouve une boîte d'engrenages (3) qui transmettent les mouvements d'un pédalier (4), soit au chariot des Y ou à celui des Z. Le changement des Y en Z et réciproquement s'effectue par le moyen d'un levier L.

Sur l'embase A et B s'élèvent deux pièces coudées en fonte (1) et (2) supportant les manivelles (5) et les transmissions des mouvements des chariots X et Y (ou Z). La course de ceux-ci est limitée par des butoirs à ressorts munis d'un contact électrique actionnant une sonnerie.

Parallèlement au banc des Y se trouvent les deux tiges de transmis-

sion de mouvements. Elles passent dans le bas de la colonne des Z; l'une sert au mouvement suivant Z et l'autre, filetée sur sa plus grande longueur, est destinée à faire mouvoir la colonne le long du banc des Y.

Le chariot des Z est équilibré par deux contre-poids, l'un de 115 kilogrammes, dont les déplacements à l'intérieur de la colonne sont guidés par deux tiges d'acier, et l'autre de 100 kilogrammes, qui se meut à l'arrière de la colonne.

Les déplacements du chariot des Z s'effectuent à l'aide d'une vis sans fin placée sur le côté gauche de la colonne; le déplacement du chariot des X est obtenu de même par l'intermédiaire d'une tige filetée.

Sur le chariot des X peuvent coulisser les chariots des bases. Ceux-ci se composent de trois parties couissant parallèlement à X, Y et Z et permettant de réaliser les composantes b_x , b_y et b_z de la base aux extrémités de laquelle ont été prises les photographies aériennes. Deux petites manivelles et une vis de rappel règlent le mouvement en b_x , b_y et b_z respectivement.

Sur le bâti, à mi-distance entre A et B, sur la plus petite branche de la croix, s'élève une colonne (6) portant les prismes inverseurs, les oculaires (7) et le tambour des altitudes (8).

Aux deux extrémités du chariot des Z sont disposés les axes de rotation en φ et ω des deux chambres de restitution. Les mouvements de ces deux chambres en φ peuvent être rendus solidaires par l'intermédiaire d'une tige qui les réunit l'une à l'autre.

Aux deux extrémités de l'axe de rotation des chambres, on aperçoit la tige à came (9) reliée au système optique auxiliaire et au miroir M (10).

Les clichés se disposent sur deux porte-plaques spéciaux (11) qui sont éclairés uniformément par de forts réflecteurs paraboliques (12).



FIG. 26.

CHAPITRE II

RÉGLAGE DU STÉRÉOPLANIGRAPHE

25. GRILLES. — Pour régler le stéréoplanigraphe, on fait usage de deux glaces planes à faces parallèles de 18×18 cm. divisées en carreaux de 5 mm. de côté. Ces réseaux ou grilles se placent sur les porte-clichés des deux chambres de restitution, de manière à faire coïncider leurs repères avec les traits correspondants des grilles. Les grilles portent en outre deux traits croisés aux extrémités de leurs axes.

26. ORIGINE DES X ET DES Y. — La règle des X est graduée de 0 à 600 mm.; la division 300 mm. est généralement choisie comme origine des mesures. La règle des Y porte une graduation qui s'étend de 300 à 800 mm.; l'origine des mesures est prise ici à la division 500 mm.

27. ORIGINE DES b_x ET DES b_y . — La détermination des origines suivant b_x et b_y exige des rectifications dont nous nous proposons d'exposer d'abord la théorie. Comme elle intéresse à la fois les deux chambres de restitution, nous supposerons, pour simplifier l'exposé, qu'il s'agit uniquement de la chambre de gauche. Les mêmes théories et partant les mêmes réglages s'appliqueront évidemment à la chambre de droite.

Dans ce qui suit, nous considérerons deux positions extrêmes de la chambre de restitution, l'une, inférieure, de centre optique C_i (fig. 27), correspondant à la lecture 480 de la règle des Z, et l'autre, supérieure, de centre optique C_s , correspondant à la lecture 800 mm. de la même règle.

Soient P_i et P_s les points principaux des grilles dans les deux positions inférieure et supérieure des chambres et M la marque du miroir. Supposons que l'image de M se forme en P_i sur la grille dans sa position inférieure et en A' sur la même grille dans sa position supérieure; suppo-

sons en outre que l'écart $P_s A'$ soit parallèle à l'horizontale XX' menée par M dans le plan de la figure 27; $C_i C_s$ représentant la translation verticale des deux chambres, la droite $C_i C_s$ est perpendiculaire à XX' ; elle rencontre les grilles respectivement en $A_0 A'_0$. Si S est le point de rencontre de l'axe principal $C_s P_s$ avec XX' , il vient, à cause des triangles semblables $C_s S Q$ et $M C_i Q$,

$$\frac{SQ}{SM} = \frac{C_s Q}{C_i C_s}.$$

Le plan de la grille étant à peu de chose près parallèle à l'axe XX' , on peut écrire

$$\frac{SQ}{SM} = \frac{A'_0 P_s}{A' P_s}; \quad \text{d'où} \quad \frac{A'_0 P_s}{A' P_s} = \frac{C_s Q}{C_i C_s}.$$

Mais $C_s Q$ vaut sensiblement 480 mm. et $C_i Q$ 160 mm.; on a donc

$$A'_0 P_s = \frac{3}{2} A' P_s.$$

Or, l'écart $A'_0 P_s$ est entièrement dû à l'inclinaison longitudinale de la chambre; pour l'annuler, on tournera la vis du mouvement de rotation de la chambre en φ , de manière à ramener vers le centre de la grille l'image A' de $\frac{3}{2} A' P_s$.

Nous avons supposé que l'écart $A'_0 P_s$ était parallèle à XX' ; s'il était parallèle à l'axe YY' , il proviendrait d'une inclinaison transversale ω et on l'annulerait en déplaçant l'image A' vers le centre de la grille de la quantité $\frac{3}{2} A' P_s$, en tournant la vis du mouvement de rotation de la chambre en ω .

En réalité l'écart observé étant généralement dû en partie à une inclinaison longitudinale φ et en partie à une inclinaison transversale ω , prendra une direction intermédiaire entre celles des XX' et des YY' , et l'on agira simultanément sur les vis en φ et ω , de manière à annuler les composantes de $A'_0 P_s$ suivant les deux axes de la grille.

Pratiquement on procédera comme suit :

Les index des verniers des règles X et Y étant arrêtés aux divisions 300 et 500 mm. respectivement et la chambre de restitution étant amenée

dans la position inférieure correspondant à la lecture 480 mm. de la règle des Z, on observe la grille à l'aide de la lentille correspondante du système binoculaire et l'on effectue la mise au point du quadrillage de la grille en déplaçant la lentille mobile du système optique auxiliaire au moyen de sa vis propre.

Puis on amène au point principal P_i l'image de la marque M du miroir en la déplaçant de la quantité nécessaire au moyen des mouvements en b_x et b_y . On fait alors mouvoir la chambre le long de la colonne des Z de manière à lui faire occuper la position supérieure correspondant

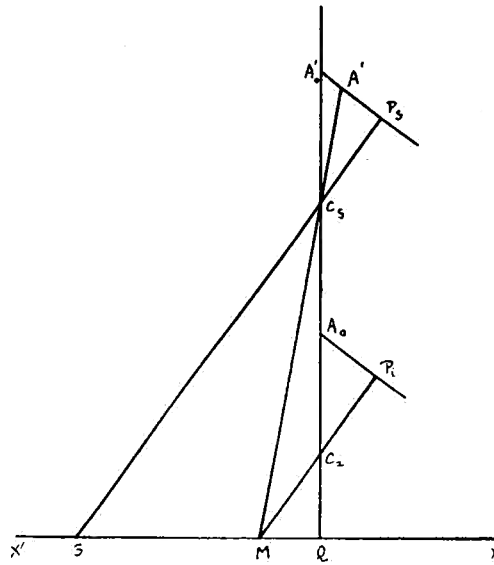


FIG. 27.

à la division 800 mm. de la règle des Z; si l'image de M se forme en un point A' différent de P_s , on projette par la pensée l'écart $A'P_s$ suivant les axes de la grille. La composante en X de cet écart est surcorrigée de moitié au moyen de la vis du mouvement en φ et la composante en Y est de même surcorrigée de moitié par la vis du mouvement en ω .

Ces rectifications faites, on ramène la chambre dans sa position inférieure et l'on recommence s'il y a lieu la série des opérations que nous venons de décrire.

On procédera de la même façon pour la chambre de droite, puis on

réglera ensuite à zéro les verniers des b_x et b_y de gauche et de droite; enfin on notera les lectures des cercles en φ et ω des deux chambres de restitution.

28. ORIGINE DES CERCLES DE DÉVERSEMENT. — Par les réglages précédents les marques M_1 et M_2 des deux miroirs forment leur image respectivement aux points principaux des grilles de droite et de gauche, quelle que soit la position des chambres de restitution sur l'axe des Z.

Supposons maintenant que nous déplaçons le chariot des X; il faut que les images de M_1 et M_2 parcourent les axes longitudinaux des grilles, qui doivent être rendus parallèles à la direction des X. A cet effet, il suffira de tourner les cercles de déversement de manière à ramener les images de M_1 et M_2 sur les axes longitudinaux pendant le déplacement du chariot des X. Ces réglages effectués, on notera les lectures des deux cercles de déversement.

Si maintenant on déplace les chambres le long de l'axe des Y, les marques M_1 et M_2 décriront l'axe transversal des grilles.

29. VISION STÉRÉOSCOPIQUE. — Pour obtenir la vision stéréoscopique il faut qu'en regardant à l'aide des deux yeux dans le microscope binoculaire, les grilles de droite et de gauche fusionnent en une image unique. Pour cela il est nécessaire que les traits horizontaux de chacune des grilles soient dans le prolongement les uns des autres. Cette condition se réalise en deux temps :

1° On rend d'abord parallèles les traits des deux grilles en tournant les deux trains de prismes. Chaque train de prismes est réglable à l'aide d'une vis qu'on immobilise par un écrou.

2° On tourne les petits prismes placés devant les oculaires jusqu'à ce que les traits horizontaux des grilles soient dans le prolongement les uns des autres. La rotation de ces prismes déplace, en effet, les images de haut en bas et inversement.

30. DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR DES MIROIRS ET DES DISTANCES PRINCIPALES DES CHAMBRES. — Représentons par C, C', P, P', A, A', d et d' (fig. 28) respectivement les centres optiques des deux chambres,

les points principaux des grilles, les images des marques M et M' et les distances principales des chambres. La figure CC' M' M doit être un parallélogramme et les deux distances d et d' doivent être égales.

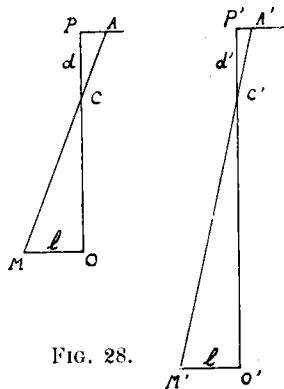


FIG. 28.

Les réglages précédents ont permis de réaliser le parallélisme des directions CM et C' M' quand les points M et M' se trouvent respectivement sur les verticales de C et C'. Il s'agit maintenant d'obtenir

$$d = d' \quad \text{et} \quad CM = C'M',$$

quelle que soit l'inclinaison des rayons CM et C' M' sur la verticale.

Deux cas sont à considérer :

1° $CM \geq C'M'$ et $d = d'$.

Soient C et C' les centres optiques des deux chambres de restitution. Déplaçons le chariot des X d'une longueur $OM = O'M' = l$ et soit A l'image de la marque située à une distance a du centre de la grille de gauche. La marque M' formera son image en A' à une distance a' du centre de la grille de droite.

Les distances d et d' étant supposées égales et $MO = M'O' = l$, on a

$$\frac{a}{d} = \frac{l}{CO} \quad \frac{a'}{d'} = \frac{l}{C'O'};$$

d'où

$$\frac{a}{a'} = \frac{C'O'}{CO}$$

et

$$\frac{a - a'}{a} = \frac{C'O' - CO}{C'O'}$$

c'est-à-dire

$$a - a' = \frac{a}{Z} \Delta Z;$$

on voit que la différence $a - a'$ est inversement proportionnelle à la hauteur du point C' au-dessus de O' .

$$2^\circ \quad d \cong d' \text{ et } CM = C'M'.$$

La figure 29 donne

$$\frac{a}{d} = \frac{a'}{d'};$$

d'où

$$a - a' = \frac{d' - d}{d}.$$

La valeur $a - a'$ est donc indépendante de la hauteur de C et C' au-dessus de M et M' .

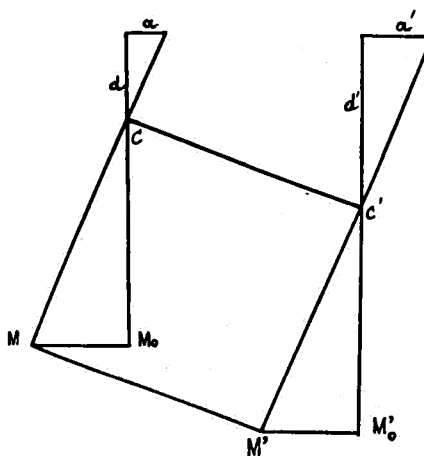


FIG. 29.

De ces résultats on déduit aisément le mode opératoire qui permet d'égaliser les valeurs de d et d' , CM et $C'M'$

Les deux chambres étant amenées dans leur position inférieure, on amène l'image de la marque M sur la croisée latérale de la grille de gauche par le mouvement du chariot des X ; on amène ensuite l'image M' sur la croisée correspondante de la grille de droite en faisant mouvoir le b_2 de droite.

Puis on transporte les chambres dans leur position supérieure;

l'influence d'une erreur résiduelle en b_x étant ici très petite, si l'on constate une différence entre les pointés des croisées latérales de gauche et de droite primitivement choisies, on la corrigera en modifiant la distance d' de la chambre de droite. A cet effet, les porte-clichés sont montés sur un triangle de calage spécial dont les trois vis calantes se déplacent solidairement lorsqu'on tourne l'une quelconque d'entre elles. Ces vis calantes ont un pas très petit et sont munies d'un plateau portant une graduation.

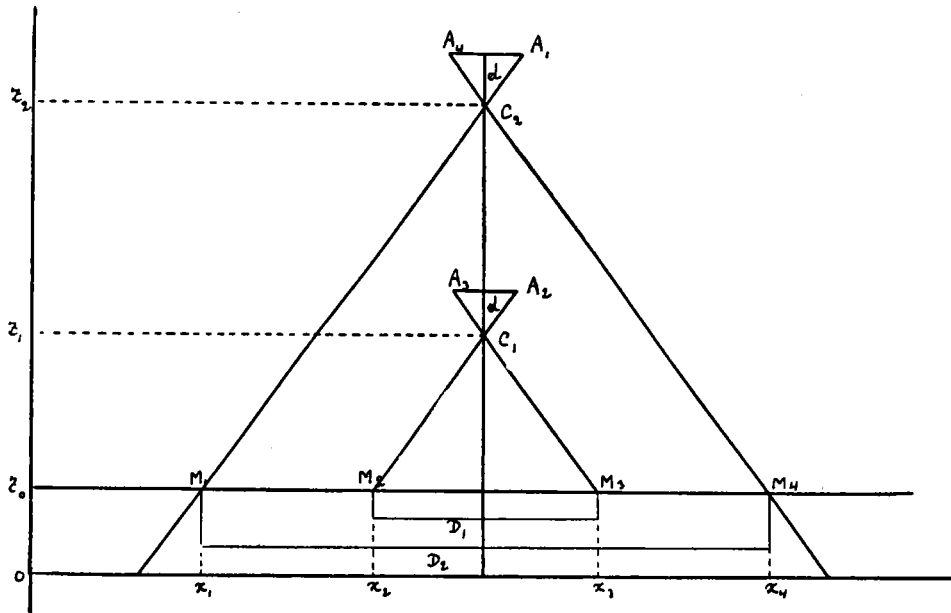


FIG. 30.

31. ORIGINE DES RÈGLES b_z ET Z . — On répétera ces deux opérations autant qu'il convient, puis on réglera à zéro les verniers des b_z et on lira les indications des vis micrométriques des deux chambres. Il s'agit maintenant de déterminer la lecture de la règle des Z correspondant à la hauteur des deux marques M et M' que les réglages précédents ont amenées au même niveau.

Considérons les positions inférieure et supérieure C_1 et C_2 (fig. 30) d'une chambre de restitution et soient Z_1 et Z_2 les lectures correspondantes de la règle des Z . Soient en outre quatre positions successives du miroir M , à savoir M_1 , M_2 , M_3 et M_4 , dont les marques forment leur

image sur l'axe des grilles parallèlement à l'axe des X en des points A_1, A_2, A_3 et A_4 , placés deux à deux symétriquement par rapport au point principal, à une distance a de ce dernier. Si x_1, x_2, x_3, x_4 sont les lectures de la règle des X correspondant aux positions respectives de M_1, M_2, M_3, M_4 des marques du miroir M, il vient, en posant

$$x_3 - x_2 = D_1 \quad x_4 - x_1 = D_2,$$

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{Z_2 - Z_0}{Z_1 - Z_0};$$

d'où

$$Z_0 = \frac{D_2 Z_1 - D_1 Z_2}{D_2 - D_1} = \frac{(x_4 - x_1) Z_1 - (x_3 - x_2) Z_2}{x_4 - x_1 - x_3 + x_2}.$$

On procédera de la même façon pour la seconde chambre de restitution.

32. NOUVELLE DÉTERMINATION DE LA DISTANCE PRINCIPALE ET DE L'ORIGINE DES Z. — On a de même (fig. 30)

$$d = \frac{Z_2 - Z_1}{D_2 - D_1} 2a = \frac{(Z_2 - Z_1) 2a}{x_4 - x_1 - x_3 + x_2}.$$

Cette formule permet de calculer la valeur en millimètres et fractions de millimètre de la distance principale d'une des chambres de restitution, celle de gauche par exemple.

Une détermination analogue fournira la valeur d' de la distance principale de la chambre de droite.

Ces deux dernières opérations permettent de vérifier l'égalité des distances des marques M et M' aux centres optiques C et C' pour une position déterminée des chambres ainsi que l'égalité des distances principales d et d' .

On peut aussi déduire la valeur de Z_0 de celle de d calculée par la formule précédente. On a, en effet,

$$\frac{Z_2 - Z_0}{d} = \frac{x_4 - x_1}{2a};$$

d'où

$$Z_0 = Z_2 - \frac{d}{2a} (x_4 - x_1).$$

CHAPITRE III

THÉORIE DES PARALLAXES

33. DÉFINITION. — Considérons un rayon lumineux passant par la marque M_1 (fig. 31) et par le centre optique C de la chambre de restitution (de gauche) et imaginons que l'image de la marque coïncide avec un point image A .

Si nous donnons à la chambre de restitution des déplacements Δx , $\Delta \varphi$, $\Delta \omega$, nous constaterons un déplacement de A par rapport à l'image

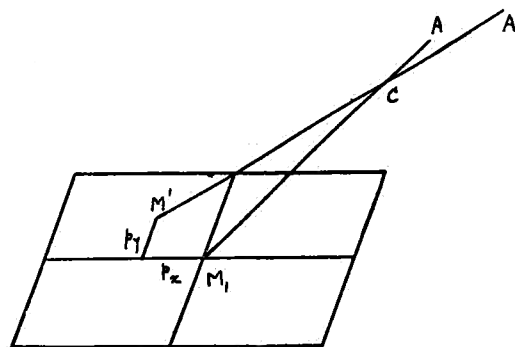


FIG. 31.

de la marque. Ce déplacement évalué dans le plan horizontal passant par M_1 , et représenté par M_1M' , s'appelle *parallaxe*. Les composantes suivant les axes XX' et YY' s'appellent parallaxe horizontale et parallaxe verticale; elles se représentent respectivement par p_x et p_y . Les déplacements de la marque M_1 suivant b_x , b_y ou b_z donnent également lieu à des parallaxes.

Dans ce qui suit, nous allons établir les valeurs des parallaxes p_x et p_y sous l'effet des déplacements Δx , $\Delta \varphi$, $\Delta \omega$, d'une des chambres et de ceux Δb_x , Δb_y , Δb_z , d'une des marques M correspondante.

34. EFFET D'UN DÉVERSEMENT Δx . — Un point A de coordonnées rectangulaires x , y prend, pour une rotation Δx , les coordonnées $x + \Delta y$ et $y + \Delta y$.

On a

$$\begin{aligned}x &= x' \cos \Delta x - y' \sin \Delta x, \\y &= x' \sin \Delta x + y' \cos \Delta x,\end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned}x' - x &= x' (1 - \cos \Delta x) + y' \sin \Delta x, \\y' - y &= y' (1 - \cos \Delta x) - x' \sin \Delta x;\end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned}\Delta x &= 2x' \sin^2 \frac{\Delta x}{2} + 2y' \sin \frac{\Delta x}{2} \cos \frac{\Delta x}{2} = \rho_x, \\ \Delta y &= 2y' \sin^2 \frac{\Delta x}{2} - 2x' \sin \frac{\Delta x}{2} \cos \frac{\Delta x}{2} = \rho_y,\end{aligned}$$

ou

$$\begin{aligned}\rho_x &= 2 \sin \frac{\Delta x}{2} \cos \frac{\Delta x}{2} \left(x' \operatorname{tg} \frac{\Delta x}{2} + y' \right), \\ \rho_y &= 2 \sin \frac{\Delta x}{2} \cos \frac{\Delta x}{2} \left(y' \operatorname{tg} \frac{\Delta x}{2} - x' \right),\end{aligned}$$

ou encore, en remplaçant x', y' par x, y ,

$$\begin{aligned}\rho_x &= \sin \Delta x \left(x \operatorname{tg} \frac{\Delta x}{2} + y \right), \\ \rho_y &= \sin \Delta x \left(y \operatorname{tg} \frac{\Delta x}{2} - x \right).\end{aligned}$$

Si nous négligeons les termes du second ordre, il vient

$$\begin{aligned}\rho_x &= y \Delta x \\ \rho_y &= -x \Delta x.\end{aligned}$$

35. EFFET D'UNE INCLINAISON LONGITUDINALE. — Soit C (fig. 32) le centre optique de la chambre de restitution. Menons par ce point un plan vertical qui rencontre suivant XX' le plan horizontal mené par la marque M_1 du miroir. Abaissons du point C la perpendiculaire CM_0 sur XX' et dans le plan horizontal passant par XX' élevons en M_0 la perpendiculaire YY' . Choisissons l'origine en M_0 et prenons les directions XX', YY' et $M_0 C$ respectivement comme axes des X, des Y et des Z. Dans ce système les coordonnées de M_1 sont $MM_0 = X$ et $MM_1 = Y$.

Menons les droites CM et CM_1 et soit α l'angle qu'elles font entre elles.

Imaginons maintenant qu'on fasse tourner d'un angle $\Delta\varphi$ la chambre de restitution autour d'une droite parallèle à YY' passant par C . Le plan MCM_1 viendra en $M'CM'_1$ et sa trace horizontale $M'M_1$ sera parallèle à

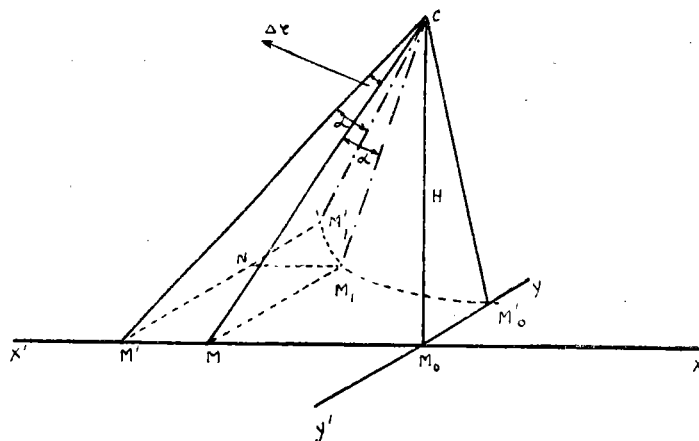


FIG. 32.

MM_1 , tandis que l'angle $M'CM'_1$ restera égal à MCM_1 ou α . Le point de rencontre M'_1 du rayon CM'_1 avec le plan horizontal a pour coordonnées

$$M_0M' = X + p_x \quad \text{et} \quad M'_1M' = Y + p_y.$$

On a, d'après la figure 32,

$$MM' + MM_0 = M_0C \operatorname{tg} \widehat{M'CM_0},$$

ou

$$p_x + X = H \operatorname{tg} (\varphi + d\varphi) = H \frac{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} d\varphi}{1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} d\varphi},$$

ou encore

$$p_x(1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \Delta\varphi) + X - X \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \Delta\varphi = H \operatorname{tg} \varphi + H \operatorname{tg} \Delta\varphi,$$

$$p_x(1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \Delta\varphi) = \operatorname{tg} \Delta\varphi (X \operatorname{tg} \varphi + H) = H \left(1 + \frac{X}{H} \operatorname{tg} \varphi\right) \operatorname{tg} \Delta\varphi = H \left(1 + \frac{X^2}{H^2}\right) \operatorname{tg} \Delta\varphi,$$

$$p_x = \frac{H \operatorname{tg} \Delta\varphi}{1 - \frac{X}{H} \operatorname{tg} \Delta\varphi} \left(1 + \frac{X^2}{H^2}\right).$$

En tenant compte seulement des termes du premier ordre, il vient

$$p_x = H \left(1 + \frac{X^2}{H^2}\right) \Delta\varphi.$$

On a de même, d'après la figure 32,

$$\begin{aligned}
 M'N + NM'_1 &= CM' \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{\cos(\varphi + \Delta\varphi)} \cdot \frac{Y}{MC} = \frac{H \cdot Y \cos \varphi}{\cos(\varphi + \Delta\varphi) H} = \frac{Y \cos \varphi}{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}. \\
 Y + p_y &= \frac{Y \cos \varphi}{\cos \varphi \cos \Delta\varphi - \sin \varphi \sin \Delta\varphi} = \frac{Y}{(1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \Delta\varphi) \cos \Delta\varphi}. \\
 p_y (1 - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \Delta\varphi) \cos \Delta\varphi &= Y - Y \cos \Delta\varphi + Y \operatorname{tg} \varphi \sin \Delta\varphi \\
 &= 2 Y \sin^2 \frac{\Delta\varphi}{2} + 2 Y \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \\
 &= 2 Y \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \left(\operatorname{tg} \frac{\Delta\varphi}{2} + \operatorname{tg} \varphi \right) \\
 p_y &= Y \operatorname{tg} \Delta\varphi \frac{\operatorname{tg} \frac{\Delta\varphi}{2} + \frac{X}{H}}{1 - \frac{X}{H} \operatorname{tg} \Delta\varphi}.
 \end{aligned}$$

En tenant compte seulement des termes du premier ordre, il vient

$$p_y = \frac{XY}{H} \Delta\varphi.$$

36. EFFET D'UNE INCLINAISON TRANSVERSALE. — De même, si l'on imprime à la chambre une inclinaison transversale $\Delta\omega$, on trouve

$$p_x = X \operatorname{tg} \Delta\omega \frac{\operatorname{tg} \frac{\Delta\omega}{2} + \frac{Y}{H}}{1 - \frac{Y}{H} \operatorname{tg} \Delta\omega} \cdot p_y = \frac{H \operatorname{tg} \Delta\omega}{1 - \frac{Y}{H} \operatorname{tg} \Delta\omega} \left(1 + \frac{Y^2}{H^2} \right).$$

37. EFFET D'UN DÉPLACEMENT DU MIROIR SUIVANT b_x . — Si l'on déplace la marque M_1 du miroir de la quantité Δb_x , son abscisse X variera de

$$p_x = \Delta b_x.$$

38. EFFET D'UN DÉPLACEMENT DU MIROIR SUIVANT b_y . — On aura comme précédemment

$$p_y = \Delta b_y.$$

39. EFFET D'UN DÉPLACEMENT DU MIROIR SUIVANT b_z . — Ce déplacement a pour effet de transporter l'axe des XX' parallèlement à lui-même en $X_1 X'_1$ (fig. 33).

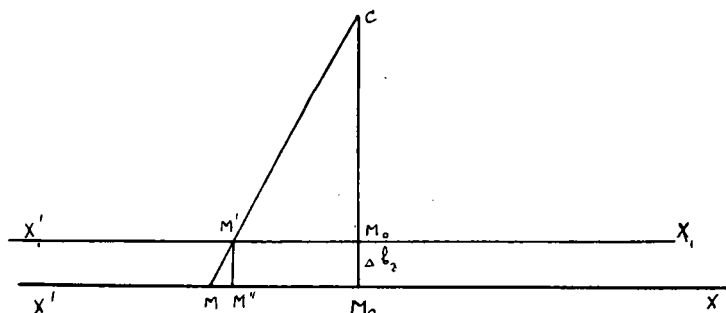


FIG. 33.

Posons

$$MM_0 = X \quad M'M'_0 = X - \Delta X \quad MM'' = \Delta X = p_x,$$

$$M_0M'_0 = \Delta b_2 \quad M_0C = H.$$

Il vient

$$p_x = \frac{X}{H} \Delta b_2.$$

On trouverait de même

$$p'_y = \frac{Y}{H} \Delta b_2.$$

Tous les résultats donnés ci-dessus sont résumés dans le tableau suivant.

Dans la première colonne on a indiqué les valeurs des parallaxes horizontales et verticales réduites au premier ordre; dans la deuxième colonne les parallaxes totales pour neuf points distribués uniformément sur un même cliché; dans la troisième colonne les parallaxes horizontales p_x , et dans la quatrième colonne les parallaxes verticales p_y .

On remarque qu'un déversement Δx amène des parallaxes égales et de signes contraires pour les points situés sur les bords et sommets opposés du cliché; des valeurs de p_x égales et de signes contraires pour les points situés sur les bords supérieur et inférieur et nulles pour les points médians. Les valeurs p_y sont égales et de signes contraires pour les points des bords latéraux et nulles pour les points médians.

Une inclinaison longitudinale $\Delta \varphi$ amène des parallaxes horizontales p_x de même sens, mais plus fortes pour les points situés sur les bords que pour les points médians; les parallaxes verticales p_y pour les points situés aux extrémités des diagonales du cliché sont égales, mais de sens opposé pour chacune des diagonales. Il n'y a pas de parallaxe verticale pour les autres points.

40. TABLEAU DES PARALLAXES.

	Parallaxes totales. p	Parallaxes composantes. p_x p_y	
<p>a. Déversement dz :</p> $p_x = -y dz$ $p_y = x dz.$			
<p>b. Inclinaison longitudinale $d\varphi$:</p> $p_x = h \left(1 + \frac{x^2}{h^2} \right) d\varphi$ $p_y = \frac{x \cdot y}{h} \cdot d\varphi.$			
<p>c. Inclinaison transversale $d\omega$:</p> $p_x = \frac{xy}{h} \cdot d\omega$ $p_y = h \left(1 + \frac{y^2}{h^2} \right) d\omega.$			
<p>d. Translation longitud. Δb_x :</p> $p_x = dx$ $p_y = 0.$			
<p>e. Translation transvers. Δb_y :</p> $p_x = 0$ $p_y = dy.$			
<p>f. Translation verticale Δb_z :</p> $p_x = \frac{x}{h} dz$ $p_y = \frac{y}{h} dz.$			

L'inclinaison transversale amène des parallaxes analogues aux précédentes si l'on intervertit p_x et p_y .

Une translation longitudinale Δb_x amène des parallaxes horizontales p_x égales et de même signe pour tous les points, mais les parallaxes verticales p_y sont nulles.

Une translation transversale Δb_y n'amène pas de parallaxe horizontale p_x , mais les parallaxes verticales p_y sont égales et de même sens pour tous les points.

Enfin une translation verticale Δb_z amène des parallaxes horizontales égales, mais de sens opposé pour les points situés aux bords latéraux du cliché; les points médians n'ont pas de parallaxe p_x . Les points situés sur les bords supérieur et inférieur ont des parallaxes horizontales p_x égales et de sens opposé; les points médians n'ont pas de parallaxes.

Mise en place des clichés.

41. ORIENTATIONS INTÉRIEURE ET EXTÉRIEURE. — Le problème à résoudre consiste à replacer la chambre photographique dans la position qu'elle occupait dans l'espace au moment de la prise de vues. En réalité, dans le stéréoplanigraphe, on fait usage d'une chambre de restitution qui doit être en tous points identique à la chambre de prise de vues. De là deux opérations essentielles : 1° l'orientation intérieure des images et 2° l'orientation extérieure qui lie les éléments de l'espace-objet aux éléments correspondants des images orientées.

L'orientation intérieure consiste à fixer la position du point principal de chacun des clichés photographiques et à déterminer leur distance principale, en tenant compte autant que possible du rétrécissement éventuel du film.

L'orientation extérieure comprend : a) l'orientation relative et b) l'orientation absolue.

a) L'orientation relative a pour but d'engendrer le *modèle optique* lieu des points d'intersection des rayons lumineux homologues.

b) L'orientation absolue comprend la détermination de l'échelle et l'orientation de ce modèle par rapport au plan de la carte.

Le problème de l'orientation extérieure comprend douze inconnues : cinq se rapportent à l'orientation relative et sept à l'orientation absolue.

Pour une démonstration analytique directe de ce problème, voir Annexe II.

42. ORIENTATION INTÉRIEURE : a) *Placement des clichés.* — Sur la plaque en verre des porte-clichés sont figurés quatre repères en forme de croix qui correspondent aux marques des chambres de prise de vues. Il s'agit d'amener les marques des clichés en coïncidence avec les marques des porte-plaques. On dispose le porte-cliché au-dessus d'un verre dépoli éclairé par transparence. En se servant des vis à ressort prévues à cet effet, on amène en coïncidence les marques des clichés et celles du porte-cliché. Il y a lieu de remarquer qu'il n'est pas possible, en général, d'établir une coïncidence parfaite entre ces marques, à cause du rétrécissement du film. On répartira les écarts par quantités égales sur chacune des marques. On tient compte des petites différences résiduelles, comme on l'indiquera plus loin.

b) *Réglage de la distance principale des chambres de restitution.* — Les opérations décrites plus haut ont permis de déterminer les distances principales des chambres de restitution correspondant à une lecture déterminée de leurs vis micrométriques; on connaît aussi la distance focale de la chambre de prise de vues. Il est aisé de calculer la correction à apporter à la lecture de la vis micrométrique pour que la chambre de restitution présente la même distance principale que la chambre de prise de vues. Il y a lieu, cependant, de tenir compte du rétrécissement du film, qui, du point de vue de la correction à apporter, peut être assimilé à une diminution de la distance focale de la chambre de prise de vues. Il s'agira, tout d'abord, de mesurer cette variation de la distance focale. Pour cela on placera le film sur le porte-cliché, ainsi qu'il a été dit plus haut, et l'on fixera celui-ci sur la chambre de restitution.

On amènera la marque du miroir correspondant sur une des croisées du porte-cliché et l'on fera varier la distance principale de la chambre

de restitution jusqu'à ce que la marque et le repère du cliché se superposent. On notera la variation de la distance principale qui sera lue sur la vis micrométrique de la chambre de restitution. On effectuera la même opération aux autres croisées et l'on corrigera la distance principale de la chambre de restitution de la valeur moyenne obtenue.

43. ORIENTATION EXTÉRIEURE. — a) *Orientation relative.* On démontre en géométrie de position le théorème suivant : « une

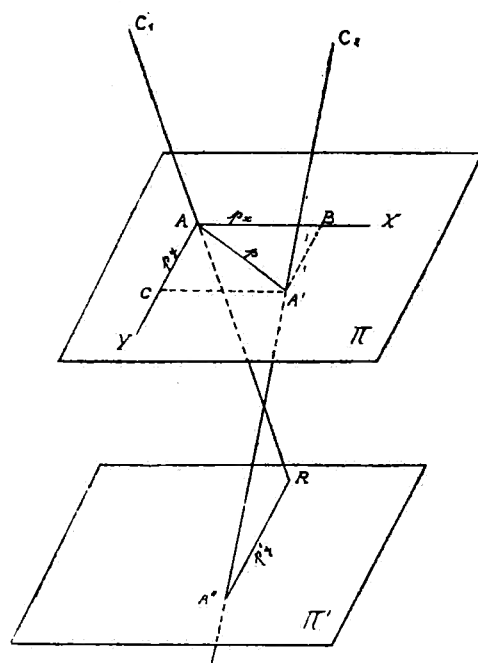


FIG. 34.

projectivité entre deux espaces est complètement déterminée par cinq couples d'éléments homologues de même nom, quatre de ces éléments n'appartenant jamais à une forme de seconde espèce » (1).

Il en résulte que si cinq couples de rayons homologues issus des points communs à deux clichés se coupent, tous les autres rayons homologues se couperont deux à deux de manière à engendrer l'image du paysage, c'est-à-dire son modèle optique.

(1) Cf. L. GODEAUX, *Leçons de Géométrie projective*. Liège, G. Thone, ID. 1933, p. 176).

Nous pouvons le faire voir de la manière suivante : supposons le problème résolu. Soient C_1 , C_2 (fig. 34) les centres optiques des objectifs des deux chambres de restitution et $C_1 A$, $C_2 A$ un couple de rayons homologues se coupant en A .

Imaginons dans le plan horizontal π passant par A , deux axes orientés AX et AY et supposons qu'on imprime un léger déplacement angulaire à la chambre de restitution II autour de C_2 .

Le rayon $C_2 A$ viendra, par exemple, en $C_2 A'$ et nous observerons une parallaxe $AA' = p$.

Projetons celle-ci sur les deux axes AX et AY ; il vient

$$AB = p_x \quad \text{et} \quad AC = p_y.$$

Par les deux droites AC et AC_1 , menons un plan qui rencontre la droite $A'C_2$ prolongée en A'' . De même le plan formé par les deux droites $A'B$ et $A'C_2$ rencontre la droite AC_1 prolongée en R .

Comme les plans $C_1 AC$ et $C_1 AB$ sont respectivement parallèles à $A'B$ et $A'C$, leur intersection $A''R$ sera parallèle à ces deux droites et par suite horizontale. Ainsi dans le plan horizontal π' mené par $A''R$, les rayons homologues $C_1 A$ et $C_2 A'$ déterminent une parallaxe verticale unique p'_y .

Il est donc possible par un choix convenable du plan horizontal de projection de réduire une parallaxe quelconque à sa seule composante verticale p'_y .

Analysons maintenant les déplacements angulaires autour des centres projectifs C_1 et C_2 , donnant lieu à des parallaxes verticales.

Pour cela, imaginons que l'axe XX' (fig. 35) passe par les centres optiques C_1 et C_2 des objectifs des deux chambres de restitution et soient $C_1 Y$, $C_2 Y'$, $C_1 Z$, $C_2 Z'$ des axes orthogonaux à XX' , les axes $C_1 Z$, $C_2 Z'$ coïncidant avec les axes optiques des deux chambres.

Les déplacements angulaires du double système d'axes sont au nombre de cinq : 1° rotation du plan de l'épreuve photographique autour de $C_1 Z$ et $C_2 Z'$, ce qui donne lieu à deux déviations angulaires $\Delta\alpha_1$ et $\Delta\alpha_2$; 2° deux rotations autour de $C_1 Y$ et $C_2 Y'$ que nous représenterons par $\Delta\varphi_1$ et $\Delta\varphi_2$; 3° une rotation $\Delta\omega$ autour de l'axe XX' , celle-ci pouvant

être considérée comme la différence des deux rotations $\Delta\omega_1$ et $\Delta\omega_2$ autour de chacun des axes C_1X et C_2X' .

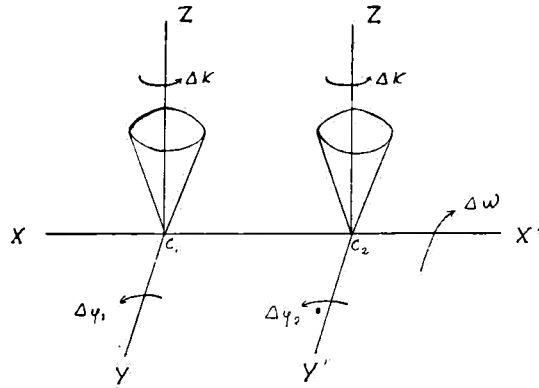


FIG. 35.

Les parallaxes verticales résultant de ces mouvements peuvent être considérées comme des fonctions des cinq rotations

$$\Delta x_1, \quad \Delta x_2, \quad \Delta\omega, \quad \Delta\varphi_1, \quad \Delta\varphi_2.$$

Si celles-ci sont petites, on pourra écrire

$$p_{y_1} = a_{11}\Delta x_1 + a_{21}\Delta x_2 + a_{31}\Delta\varphi_1 + a_{41}\Delta\varphi_2 + a_{51}\Delta\omega.$$

.....

.....

$$p_{y_2} = a_{12}\Delta x_1 + a_{22}\Delta x_2 + a_{32}\Delta\varphi_1 + a_{42}\Delta\varphi_2 + a_{52}\Delta\omega.$$

Ces cinq équations suffisent pour déterminer les valeurs inconnues Δx_1 , Δx_2 , $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$ et $\Delta\omega$ correspondant aux valeurs p_y des parallaxes observées.

En pratique on fait usage de six paires de rayons homologues émanant des points 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (fig. 36) communs à deux clichés successifs se recouvrant partiellement (60 %).

Si (1) est le point principal du cliché de gauche et (2) le point principal du cliché de droite, celui-ci correspondra à un point image du cliché de gauche situé au bord de ce cliché. De même le point principal (1) du cliché de gauche correspondra sur le cliché de droite à un point image situé au bord gauche du cliché.

Imaginons maintenant qu'on amène la marque M en coïncidence

avec le point principal (1) du cliché de gauche; il faut nécessairement que la marque M' coïncide avec le point (1) du cliché de droite. S'il n'en est pas ainsi, c'est-à-dire si le point (1) du cliché de droite présente une

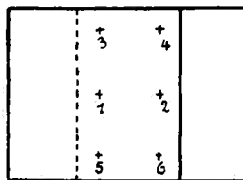


FIG. 36.

parallaxe, il faudra la faire disparaître. Décomposons cette parallaxe suivant les directions XX' et YY' . La composante p_x est facile à faire disparaître; il suffit de déplacer la chambre de restitution par la pédale des Z (déplacement suivant Z). En effet, supposons (fig. 37) que $1m$ représente la parallaxe p_x , la chambre de restitution ayant son centre optique en c ; déplaçons la chambre en hauteur de manière

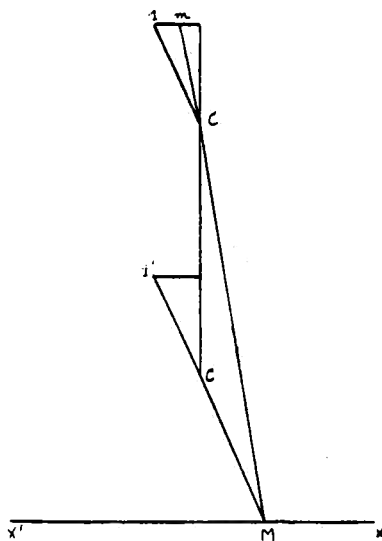


FIG. 37.

que la direction $1'c'$ parallèle à $1c$ passe par M ; l'image de M coïncidera avec (1) et la parallaxe horizontale sera ainsi éliminée.

Pour faire disparaître la parallaxe p_y de (1), on peut, conformément au tableau des parallaxes n° 40, p. 54, déverser le cliché de droite autour de son point principal (2).

Inversement on amènera la marque M sur le point principal (2) du cliché de droite et l'on corrigera les parallaxes p_x et p_y , du point (2) du cliché de gauche comme il a été fait pour le cliché de droite.

Considérons maintenant le point (3) du cliché de gauche et amenons l'image de la marque M en coïncidence avec ce point; imaginons que l'observation du cliché de droite indique pour le point (3) une parallaxe. Comme précédemment, décomposons-la en ses composantes p_x et p_y . Faisons de même pour le point (5) du cliché de gauche et soient p'_x et p'_y ses parallaxes horizontale et verticale sur le cliché de droite.

Considérons uniquement les parallaxes verticales p_y et p'_y et apprécions leur valeur en prenant comme unité de mesure le petit cercle noir qui constitue la marque du miroir. Si p_y était égal à p'_y et de sens opposé, on aurait affaire avec le cas (b) ou (f) du tableau n° 40, puisque le point (1) est supposé sans parallaxe. Généralement $p_y \leq p'_y$, car ces parallaxes sont les résultantes des inclinaisons longitudinale et transversale. Si donc on fait mouvoir la vis du mouvement en φ du cliché de droite jusqu'à ce que les parallaxes verticales des points (3) et (5) soient rendues égales et de même sens, celles-ci résulteront uniquement d'une erreur $\Delta\omega$.

Passons maintenant à l'examen des parallaxes des points (4) et (6). On corrige celles-ci en faisant varier l'inclinaison longitudinale du cliché de gauche jusqu'à rendre égales et de même sens les parallaxes verticales de ces points. La forte parallaxe horizontale qui s'introduit par ce réglage se corrige en plaçant le chariot des b_x de gauche.

Alors les quatre points, 3, 5, 4, 6 doivent théoriquement présenter la même parallaxe verticale p_y . On la corrige en faisant varier l'inclinaison latérale $\Delta\omega$ d'un des deux clichés. Cette correction est donnée par la formule

$$p_y = H \left(1 + \frac{y^2}{H^2} \right) \Delta\omega.$$

Elle amène généralement des parallaxes verticales pour tous les points. Pour les corriger on recommencera, plusieurs fois si cela est nécessaire, la série des opérations qui viennent d'être décrites.

b) *Orientation absolue.* — Elle comporte sept conditions :

- 1° une mise à l'échelle du modèle optique (une condition);
- 2° une translation de ce modèle qui équivaut à des translations suivant chacun des trois axes X, Y, Z (trois conditions);
- 3° une rotation du modèle qui équivaut à des rotations autour de chacun de ces trois mêmes axes (trois conditions).

La translation du modèle suivant les axes X et Y et la rotation autour de l'axe Z (rotation en azimuth) s'effectuent par déplacement de la feuille à dessiner; les autres opérations se font en changeant l'échelle et en déplaçant le modèle.

La détermination de l'échelle peut se faire numériquement ou graphiquement; elle exige la connaissance des coordonnées d'au moins deux points.

Pour résoudre le problème numériquement, on amène l'image de la marque mobile successivement sur les images des deux points de contrôle et l'on procède aux lectures des échelles en X et Y.

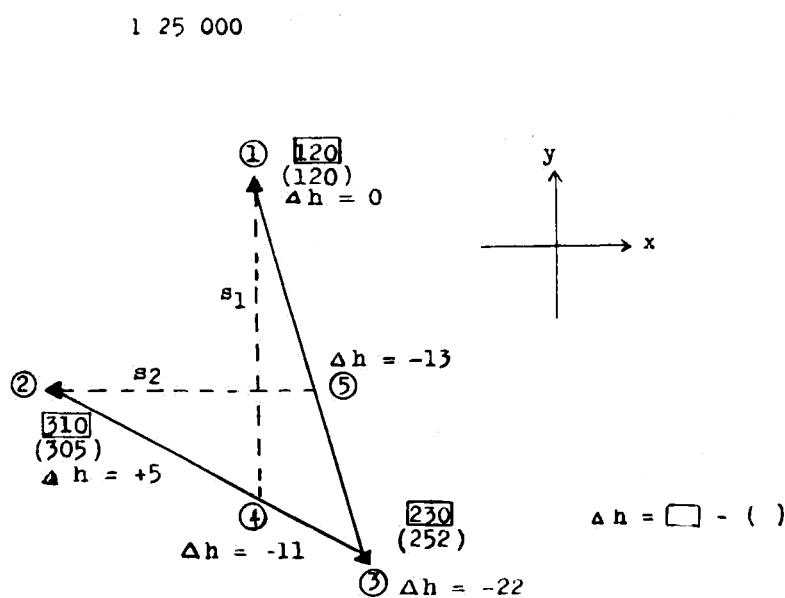
A l'aide de ces données on calcule analytiquement la distance séparant les deux points et on la compare avec la distance réelle. La différence permet de calculer la correction à faire subir à la base b_x pour obtenir l'échelle désirée.

La détermination graphique de l'échelle se fait en même temps que la mise en place de la feuille à dessiner. On reporte au préalable sur cette feuille, au moyen du coordinatographe, les points connus à l'échelle adoptée pour la carte. On fait alors coïncider dans le stéréoplanigraphe la marque mobile avec l'image d'un des points de contrôle et l'on amène le point correspondant de la feuille au-dessous du crayon traceur, en déplaçant la feuille. Faisant alors coïncider l'image de la marque mobile avec l'image d'un second point de contrôle, le crayon traceur ne se posera pas, en général, au-dessus du point correspondant de la feuille. On essaiera de l'y amener en faisant pivoter la feuille autour du premier point de l'angle nécessaire. Si l'on constate une différence dans la distance, on l'évaluera et l'on corrigera la base b_x de la quantité nécessaire.

La détermination de l'échelle ainsi faite n'est qu'approchée; pour obtenir une plus grande précision, il est nécessaire que le modèle soit nivelé. A cet effet, on procédera au réglage des altitudes.

Supposons connues les altitudes de trois points 1, 2 et 3 (fig. 38) du terrain photographié. On règlera d'abord le tambour des altitudes de manière à faire apparaître la graduation correspondant à l'échelle choisie pour la restitution.

On amène ensuite l'image de la marque mobile en coïncidence avec celle d'un des points du modèle d'altitude connue, 1, par exemple,



et l'on fait indiquer au tambour des altitudes la cote de ce point. On reporte ce point sur la feuille à dessiner au moyen du crayon traceur. On pointe successivement l'image de la marque mobile sur les images des deux autres points 2 et 3; on lit leurs cotes sur le tambour des altitudes et l'on reporte leur position au plan. On fait la différence Δh entre les cotes connues de 2 et 3 et celles lues au tambour des altitudes.

Sur le plan menons par 1 une parallèle à l'axe des Y et soit 4 son point de rencontre avec 2 — 3; de même menons par 2 une parallèle à l'axe des X qui rencontre 1 — 3 en 5.

Connaissant les erreurs d'altitude en 1, 2, 3, il est facile de calculer par interpolation les erreurs d'altitude sur les points intermédiaires 4 et 5. Ainsi, si l'on suppose pour 1, $\Delta h = 0$ et pour 3, $\Delta h = -22$, la correction pour 5 sera $\Delta h = -13$; de même si pour 2, $\Delta h = +5$ et pour 3, $\Delta h = -22$, la correction pour 4 sera $\Delta h = -11$.

Connaissant les corrections d'altitude de 1 et 4 et la distance 1 — 4, on calcule la pente de cette direction, soit $\xi = -0,51$ grade, correction qu'on appliquera à l'inclinaison transversale.

De même des corrections d'altitude en 2 et 5 et de la distance 2 — 5 on déduit la pente de cette droite, soit $\eta = -0,97$ grade, correction qu'on fait subir à l'inclinaison longitudinale.

La correction appliquée à l'inclinaison transversale n'est pas complète; il faut encore faire varier l'altitude relative des deux chambres d'une quantité égale à

$$\Delta b_z = b_x \times \Delta \varphi,$$

correction qu'on applique à l'une des bases b_z .

Cela fait, on procède à une nouvelle détermination de l'échelle et s'il y a lieu à une nouvelle rectification des altitudes.

Celle-ci sera, en général, suffisante et permettra de régler définitivement le tambour des altitudes en comparant ses lectures aux altitudes des points de contrôle.

44. DESSIN DE LA CARTE. — L'orientation d'une paire de clichés étant achevée, on peut procéder au dessin de la carte.

Pour rapporter au plan un point du détail topographique, il faut faire coïncider les images de la marque M et du point en manœuvrant simultanément les manivelles des chariots des X et des Y et la pédale du chariot des Z. La pointe du crayon traceur indiquera alors la position du point cherché. Le crayon tracera automatiquement les bords des routes, des chemins, des cours d'eau, les contours des habitations et, en général, de toutes lignes de démarcation visibles sur les photographies, si l'on a soin de faire parcourir ces lignes à la marque M maintenue étroitement en contact avec le modèle optique.

Pour le tracé d'une courbe de niveau, on fait indiquer au tambour des altitudes la cote désirée et l'on maintient l'image M de la marque en coïncidence avec le modelé stéréoscopique du terrain en travaillant uniquement aux manivelles des chariots en X et Y.

Le crayon traceur reproduira alors automatiquement sur le dessin la courbe de niveau cherchée.

CHAPITRE IV

APERÇU SUR L'AÉROTRIANGULATION ET L'AÉRONIVELLEMENT

45. Lorsqu'il s'agit de dresser la carte d'une région où le réseau géodésique est absent ou peu dense, comme c'est le cas dans la plupart des colonies, on recourt avec avantage à l'aérotriangulation et à l'aéronivellement. Ce procédé requiert une orientation particulière des clichés pris en série.

Supposons que l'on connaisse les coordonnées X, Y, Z de points distants de 100 km., par exemple, ou davantage et qu'on ait déterminé en outre les coordonnées de 3 à 4 points dans le voisinage du premier, ces points étant choisis de telle sorte que leurs images soient reproduites sur la première paire de clichés, appartenant à la série des vues photographiques d'une bande rectiligne s'étendant entre les deux points géodésiques extrêmes.

La première paire de clichés sera orientée et le modèle optique mis à l'échelle désirée, comme il a été indiqué précédemment, en utilisant pour ces deux opérations les positions connues des trois ou quatre points de départ. Puis on remplacera le premier cliché par le troisième, qu'on orientera sur le deuxième, celui-ci restant fixe, par le procédé que nous allons indiquer; à son tour le deuxième sera remplacé par le quatrième, qui sera orienté de la même façon à l'aide du troisième maintenu fixe, et ainsi de suite jusqu'au dernier cliché, contenant le second point géodésique. Les coordonnées de celui-ci seront alors comparées à celles

fournies par le dernier cliché, qui sont évidemment affectées de toutes les erreurs provenant des défauts d'orientation des divers clichés. Les écarts constatés seront répartis sur toute la série des vues de manière à compenser les erreurs individuelles d'orientation et de mise à l'échelle des clichés.

Exposons maintenant la manière d'orienter les clichés à partir de la deuxième paire.

Supposons que le cliché de gauche (1) soit remplacé par le cliché (3), le cliché (2) devant rester invariable. Tout d'abord remarquons que le cliché (3) prenant la place de (1), la vision stéréoscopique des parties communes aux deux clichés ne peut être rétablie qu'en intervertissant les bases et les prismes du système binoculaire, ainsi que nous l'avons indiqué n° 23 (*d*).

Cela fait, on amène le point principal du cliché de gauche (3) en coïncidence avec son homologue du cliché de droite, en travaillant au b_y de gauche.

La coïncidence du point principal du cliché de droite avec son homologue du cliché de gauche s'obtient en modifiant le dévers du cliché de gauche.

On mesure alors les parallaxes verticales des points 3 et 5 (fig. 36) et on les modifie à l'aide du b_z de gauche de manière à les rendre égales et de même signe.

De même les parallaxes verticales de 4 et 6 sont rendues égales et de même signe en modifiant l'inclinaison longitudinale du cliché de gauche.

On fait ensuite varier le b_x de gauche de manière que l'altitude du point (1) dans le nouveau modèle stéréoscopique soit sensiblement la même que dans le modèle précédent. A ce moment les parallaxes verticales qui apparaissent en 3, 5, 4 et 6 ont le même signe et sensiblement la même valeur. On les annule en modifiant l'inclinaison latérale du cliché de gauche.

On recommence le même cycle d'opérations après avoir modifié éventuellement le b_x de gauche de manière à faire correspondre l'altitude du point (1) avec celle du même point dans le modèle précédent.

On détermine encore les altitudes de deux points situés dans le voisinage de 3 et de 5. Elles devront concorder avec celles se rapportant au modèle précédent.

Si cela n'a pas lieu, il est à présumer que ces erreurs proviennent d'une torsion du modèle due à une petite erreur de déversement ou d'inclinaison latérale du cliché de gauche. On recherchera l'erreur et on la corrigera.

Le cliché de gauche (3) ayant été ainsi orienté sur celui de droite (2), on a engendré un deuxième modèle stéréoscopique qui se juxtapose au premier. On réalisera un troisième modèle juxtaposé au deuxième en remplaçant le cliché de droite (2) par le cliché (4). Celui-ci sera orienté sur le cliché de gauche (3) en travaillant sur les bases b_x , b_y et b_z de droite et sur les éléments κ , φ et ω du cliché de droite.

On continuera ainsi de proche en proche.

CHAPITRE V

RESTITUTION DES CLICHÉS A L'AÉROMULTIPLEX

46. RÉDUCTION DES CLICHÉS. — Cette réduction s'effectue à l'aide de l'appareil décrit n° 19. On introduit le négatif, gélatine vers le bas, entre la plaque de verre portant les repères et la plaque de pression, puis on amène en coïncidence les marques du film et les repères de la plaque de verre. Le rétrécissement du film peut produire des différences en certains points; elles seront réparties le mieux possible.

On déplace ensuite en hauteur le filtre compensateur de manière à obtenir un éclairage uniforme du verre dépoli disposé dans le cadre de la plaque.

Finalement on substitue au verre dépoli la plaque sensible, gélatine en dessous, en ayant soin de couper l'éclairage. La durée d'exposition est de l'ordre de 30 secondes pour des plaques de sensibilité 3 degrés Scheiner. Pour le développement on aura recours à un révélateur lent à base de pyrogallique. La réussite dans la restitution dépendant dans

une large mesure de la qualité des diapositives employées, il importe donc que les clichés réduits soient riches en détails.

La restitution comprend le centrage des lampes et les orientations intérieure et extérieure des clichés.

47. Le centrage des lampes est nécessaire afin d'obtenir un champ uniformément éclairé. L'éclairage optimum est obtenu en déplaçant les lampes en hauteur.

48. ORIENTATION INTÉRIEURE. — La coiffe du condensateur ayant été enlevée, on place le cliché, gélatine tournée vers le bas, sur la plaque en verre du projecteur. Le cliché est pressé contre cet appui par deux ressorts amovibles. Après la mise en place du condensateur, on examine les images projetées sur la feuille de dessin de la petite circonférence impressionnée sur le cliché et du cercle noir figurant sur la plaque d'appui. On amène ces deux images en coïncidence en déplaçant la plaque parallèlement à elle-même au moyen d'excentriques qu'on manœuvre de l'extérieur en tournant les vis (7) et (8) (fig. 15).

49. ORIENTATION EXTÉRIEURE. — *a) Cas d'un stéréogramme isolé.*

Lorsqu'on dispose de trois à quatre points connus et bien répartis par stéréogramme, chaque paire de clichés peut être orientée indépendamment des autres.

Dans ce cas, l'orientation relative et l'orientation absolue s'effectuent comme au stéréoplanigraphe.

b) Cas de stéréogrammes juxtaposés. — Ce cas a été examiné précédemment à l'occasion de l'aérot triangulation et de l'aéronivellement.

L'orientation relative se fait ici comme au stéréoplanigraphe, mais le passage d'un modèle optique au suivant est plus simple, les différentes bases b_x se plaçant les unes à la suite des autres sur la règle des X du multiplex, tandis qu'au stéréoplanigraphe on doit les intervertir.

Pour l'orientation absolue, considérons une série continue de stéréogrammes juxtaposés et supposons que l'on dispose de deux points de contrôle l'un au début, l'autre à la fin de la série. Si e désigne la

distance vraie de ces deux points et E la distance estimée au multiplex, on réduira dans le rapport $K = \frac{e}{E}$ toutes les différences $X_i - X_1$, X_i étant l'abscisse d'un projecteur de rang i , X_1 celle du premier projecteur.

Si les b_y et b_z des différents projecteurs sont faibles et si le facteur K est voisin de l'unité, les corrections à apporter à b_y et b_z seront en général négligeables. L'opération se poursuit par la vérification stéréoscopique des différents modèles optiques et plus spécialement par le contrôle des altitudes des modèles partiels consécutifs. Puis on oriente le modèle optique dans son ensemble.

A cet effet, on détermine les cotes des points de contrôle situés aux deux extrémités de la série des clichés et on les compare aux altitudes connues. Les différences sont dues aux inclinaisons longitudinale et latérale. On corrige la première au moyen des volants (4) (fig. 14) et la seconde au moyen des vis calantes (6) du bâti. L'orientation est correcte lorsque le modèle est exempt de parallaxe verticale et que les points du modèle optique concordent avec les points de contrôle planimétrique et altimétrique.

50. DESSIN DE LA CARTE. — Il s'effectue à l'aide de la tablette à dessin (fig. 16) décrite n° 15. On la manœuvre à la main, en ayant soin de maintenir le mieux possible le repère lumineux en contact avec les lignes des détails topographiques, le déplacement en hauteur de ce repère s'effectuant à l'aide d'une molette (4). Un crayon traceur reproduit sur la feuille de dessin le trajet de repère lumineux sur le modèle optique.

Pour le tracé des courbes de niveau, on place l'index de l'échelle des altitudes à une division déterminée et l'on déplace la tablette sur la table à dessiner en maintenant constamment le repère lumineux en contact avec le modèle optique.

ANNEXE I

Voici succinctement exposée la théorie du système auxiliaire :

Théorie du système optique auxiliaire.

Soient deux systèmes centrés S_1 et S_2 (fig. 39), le premier ayant pour foyers F_1 et F'_1 et pour distances focales f_1 et f'_1 , le second F_2 et F'_2 , ayant f_2 et f'_2 respectivement comme foyers et distances focales.

Posons

$$F'_1 F_2 = e.$$

D'un point situé à l'infini émerge un rayon parallèle à l'axe principal de l'espace-objet passant par P . Ce rayon réfracté par le premier

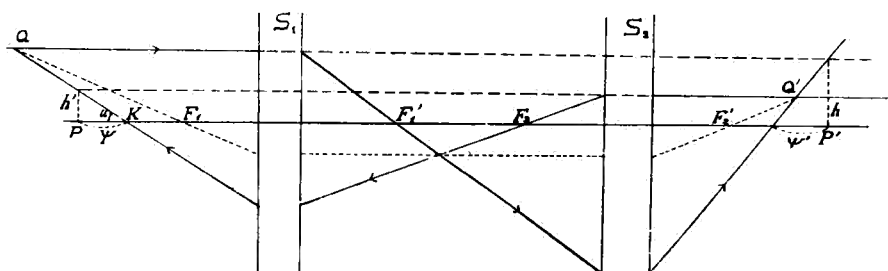


FIG. 39.

système S_1 passe par le foyer F'_1 , de l'espace image de ce système. Transversant ensuite le second système S_2 , il vient rencontrer l'axe principal de l'espace image de la combinaison optique au point K' ; de sorte que par rapport au second système S_2 , les points F'_1 et K' sont conjugués.

D'après le théorème de Newton, on a

$$F'_1 F_2 \times F'_2 K' = f_1 f'_2,$$

ou

$$F'_2 K' = \frac{f_2 f'_2}{e}. \quad (1)$$

Puisque nous connaissons la position du point F'_2 , l'équation (1)

permet de déterminer la position du foyer K' de l'espace image de la combinaison optique.

Inversement, un rayon venant de l'infini parallèlement à l'axe optique du système II et passant par Q' convergera en F_2 , puis coupera l'axe optique du système I en K , foyer de la combinaison optique de l'espace-objet. Les points F_1 et K sont conjugués, et l'on a comme précédemment

$$F_2F_1' \times KF_1 = f_1f_1',$$

ou

$$KF_1 = \frac{f_1f_1'}{e}. \quad (2)$$

Cette équation permet de déterminer la position du point K , puisque celle de F_1 est supposée connue.

Ayant ainsi déterminé les foyers K et K' de la combinaison optique, nous devons maintenant calculer les distances focales ψ et ψ' correspondantes. Or, on a

$$\psi' = \frac{h}{\operatorname{tg} u'} \quad (3) \quad \psi = \frac{h'}{\operatorname{tg} u}. \quad (4)$$

Mais

$$\frac{\operatorname{tg} u'}{\operatorname{tg} \theta} = \frac{F_1'S_2}{K'S_2} = \frac{F_1'F_2 + f_2}{K'F_2 + f_2} = \frac{e + f_2}{\frac{f_2f_2'}{e} + f_2} = \frac{e}{f_2'} \quad (5)$$

et

$$f_1' = \frac{h}{\operatorname{tg} \theta}. \quad (6)$$

Éliminons $\operatorname{tg} \theta$ entre (5) et (6); il vient

$$\frac{h}{\operatorname{tg} u'} = \frac{f_1f_2'}{e} = \psi'. \quad (7)$$

Par analogie, on a

$$\psi = \frac{f_1f_2}{e}.$$

Cas des lentilles. — Si S_1 et S_2 se réduisent à des lentilles minces, les formules précédentes se simplifient. On a

$$K'F_2' = \frac{f_2'}{e} \quad KF_1 = \frac{f_1}{e} \quad \psi = \frac{f_1f_2}{e}.$$

Si Δ désigne l'écartement des deux lentilles, il vient

$$\Delta = f_1 + f_2 + e;$$

d'où

$$\psi = \frac{f_1 f_2}{\Delta - f_1 - f_2},$$

ou

$$\frac{1}{\psi} = \frac{\Delta}{f_1 f_2} - \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}.$$

Dans les combinaisons les plus fréquentes $f_1 + f_2 < \Delta$ et e est négatif. Pour rester en concordance avec les notations habituelles, on écrira

$$\frac{1}{\psi} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} - \frac{\Delta}{f_1 f_2}.$$

Si $f_1 = -f_2$, alors

$$\frac{1}{\psi} = \frac{\Delta}{f_1^2} \quad \text{ou} \quad \psi = \frac{f_1^2}{\Delta}. \quad (8)$$

Ce cas est celui adopté pour le système auxiliaire du stéréoplanigraphe C₅ de Zeiss.

Les deux lentilles sont placées dans une monture suspendue à la cardan. L'étrier de la suspension peut tourner autour d'un axe parallèle à l'axe des X, tandis que la monture est mobile autour d'une parallèle à l'axe des Y.

Ces deux axes de rotation se coupent au foyer F'₂. La distance ψ de ce point à la marque R du miroir varie suivant la loi

$$\psi = \frac{f_1^2}{\Delta},$$

Δ étant l'écart variable entre les deux lentilles.

Pour réaliser automatiquement cette condition, c'est-à-dire pour que l'image du point visé se forme sur le repère mobile quelle que soit la distance de celui-ci à la chambre de restitution, un galet G (fig. 20) fixé à l'extrémité du levier R₃ R₄ se meut le long d'une came dont le profil est le lieu des points de rencontre d'une circonférence de centre R₄ et de rayon R₄ G et de la courbe

$$y = \frac{f_1^2}{HR_4} + C,$$

HR₄ étant l'abscisse de R₄, comptée le long du guide à partir de l'articulation H₄ prise comme origine des coordonnées et C une constante.

ANNEXE II

Problème du recouplement dans l'espace.

Des extrémités d'une base LR (fig. 40), on photographie un point P du terrain.

Supposons que L et R soient les centres optiques des chambres de prise de vues dont les axes optiques RA et LA se coupent en A.

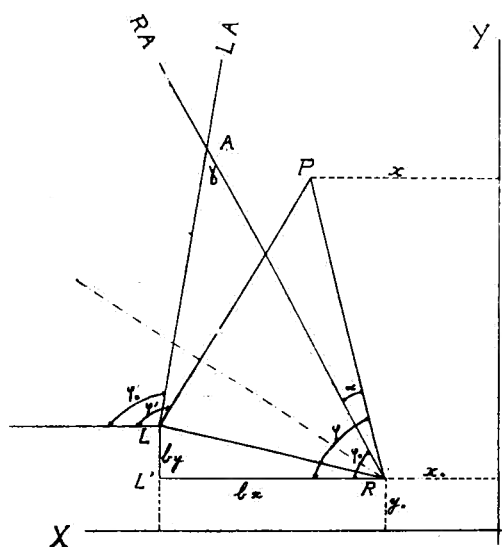


FIG. 40.

Rapportons ce système de points à trois axes X, Y, Z d'origine O et prenons comme coordonnées

de	R,	$X_0 Y_0 Z_0,$
de	L,	$X'_0 Y'_0 Z'_0,$
de	P,	$R, Y, Z.$

Posons en outre

φ , gisement (ou azimut) par rapport à l'axe des X de PR,

φ' , idem idem LP,

φ_0 , idem idem RA,

φ'_0 , idem idem LA,

α , angle \widehat{ARP}

α' , angle \widehat{ALP}

γ , angle \widehat{LAR}

b_x , b_y et b_z les composantes de la base LR

$$\begin{aligned} RP = D &= \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2} & S &= \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 + (Z - Z_0)^2} \\ & & &= \sqrt{D^2 + (Z - Z_0)^2}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LP = D' &= \sqrt{(X - X'_0)^2 + (Y - Y'_0)^2} & S' &= \sqrt{(X - X'_0)^2 + (Y - Y'_0)^2 + (Z - Z'_0)^2} \\ & & &= \sqrt{D'^2 + (Z - Z'_0)^2}. \end{aligned}$$

Il vient

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + \alpha & \varphi' &= \varphi' + \alpha', \\ \sin \varphi &= \frac{Y - Y_0}{D}, & \sin \varphi' &= \frac{Y - Y'_0}{D'}, \\ \cos \varphi &= \frac{X - X_0}{D}, & \cos \varphi' &= \frac{X - X'_0}{D'}, \\ \operatorname{tg} \varphi &= \frac{Y - Y_0}{X - X_0}, & \operatorname{tg} \varphi' &= \frac{Y - Y'_0}{X - X'_0}, \\ \gamma &= \varphi'_0 - \varphi_0 = \text{angle de convergence.} \end{aligned}$$

Désignons par β l'angle de hauteur du rayon RP et par β' celui du rayon LP; nous avons

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \frac{Z - Z_0}{S}, & \sin \beta' &= \frac{Z - Z'_0}{S'}, \\ \cos \beta &= \frac{D}{S}, & \cos \beta' &= \frac{D'}{S'}, \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{Z - Z_0}{D}, & \operatorname{tg} \beta' &= \frac{Z - Z'_0}{D'}. \end{aligned}$$

En outre, on a

$$X'_0 = X_0 + b_x, \quad Y'_0 = Y_0 + b_y, \quad Z'_0 = Z_0 + b_z.$$

Projetons le contour LL' RP sur la perpendiculaire abaissée de R sur LP; il vient

$$D \sin (\varphi' - \varphi) = b_x \sin (180^\circ - \varphi') + b_y \sin (\varphi' - 90^\circ);$$

d'où

$$D = \frac{b_x \sin \varphi' - b_y \cos \varphi'}{\sin (\varphi' - \varphi)}. \quad (1)$$

Projetons le même contour sur la perpendiculaire abaissée de L sur RP; on trouve

$$D' = \frac{b_x \sin \varphi - b_y \cos \varphi}{\sin (\varphi' - \varphi)}. \quad (2)$$

D'autre part, on a

$$X - X_0 = D \cos \varphi$$

$$Y - Y_0 = D \sin \varphi$$

$$Z - Z_0 = D \operatorname{tg} \beta.$$

D'où, en tenant compte de (1),

$$\left. \begin{aligned} X &= X_0 + \frac{b_x \sin \varphi' - b_y \cos \varphi'}{\sin (\varphi' - \varphi)} \cos \varphi \\ Y &= Y_0 + \frac{b_x \sin \varphi' - b_y \cos \varphi'}{\sin (\varphi' - \varphi)} \sin \varphi \\ Z &= Z_0 + \frac{b_x \sin \varphi' - b_y \cos \varphi'}{\sin (\varphi' - \varphi)} \operatorname{tg} \beta. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Mais on a, d'autre part,

$$Z'_0 = Z_0 + b_z \quad Z - Z'_0 = D' \operatorname{tg} \beta';$$

d'où

$$Z = Z_0 + b_z + \frac{b_x \sin \varphi - b_y \cos \varphi}{\sin (\varphi' - \varphi)} \operatorname{tg} \beta'. \quad (4)$$

En combinant cette équation avec la dernière du groupe (3), on a

$$b_z + \frac{b_x \sin \varphi - b_y \cos \varphi}{\sin (\varphi' - \varphi)} \operatorname{tg} \beta' - \frac{b_x \sin \varphi' - b_y \cos \varphi'}{\sin (\varphi' - \varphi)} \operatorname{tg} \beta = 0. \quad (5)$$

Cette relation exprime la condition pour que deux photographies soient correctement orientées l'une par rapport à l'autre, c'est-à-dire

pour que les rayons correspondant à un même point se coupent. Comme elle ne dépend pas des coordonnées X, Y, Z , elle reste vraie quelle que soit la base.

Les équations (3) et (5) forment un groupe de quatre équations complètement indépendantes renfermant douze inconnues qui sont

$$XYZ \quad X_0 Y_0 Z_0 \quad b_x b_y \quad \varphi \varphi' \quad \beta_1 \beta'_1.$$

Par conséquent, si l'on a photographié des extrémités d'une base de longueur inconnue trois points de repère dont les coordonnées X, Y, Z sont connues, chacun de ceux-ci fournira trois équations indépendantes permettant de calculer les éléments inconnus

$$X_0 Y_0 Z_0 \quad b_x b_y \quad \varphi \varphi' \quad \beta_1 \beta'_1.$$

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
INTRODUCTION	3

CHAPITRE PREMIER

DESCRIPTION DES APPAREILS

A. — Appareils de prise de vues.

1. Photothéodolite de Hugershoff	5
2. Chambre aérienne : modèle automatique R. M. K. 21 à pellicules, format 18 × 18 cm.	8
3. Repères d'orientation du cliché.	9
4. Suspension de la chambre.	12
5-6. Le magasin et ses accessoires.	12
7. Lunette chercheuse	14
8. Prises de vues en série ou séparées	16
9. Matériel de développement.	17
10. Tirage des diapositives	18

B. — Le statoscope.

11. Description	18
12. Étalonnage	22
13. Mesures au statoscope	23

C. — Appareils de restitution.

I. — *Aéroprojecteur multiplex.*

14. Les projecteurs	23
15. Tablette à dessin	26
16. Pylônes-repères	27
17. Filtres et lunettes colorés	27
18. Accessoires	27
19. Réducteur des clichés.	28

II. — *Stéréoplanigraphe, modèle C₅.*

	Pages.
20. Objet	30
21. Schéma mécanique	31
22. Schéma optique	32
23. Liaisons mécano-optiques : a) entraînement du système auxiliaire; b) entraînement des miroirs; c) entraînement des chambres de resti- tution, parallélogramme de Zeiss; d) prismes inverseurs	36
24. Description générale	39

CHAPITRE II

RÉGLAGE DU STÉRÉOPLANIGRAPHE

25. Grilles	41
26. Origine des règles X et Y.	41
27. Origine des règles b_x et b_y	41
28. Origine des cercles de déversement	44
29. Obtention de la vision stéréoscopique. — Réglage des grilles et des prismes	44
30. Détermination de la hauteur des miroirs et des distances principales des chambres de restitution	44
31. Origine des règles b_z et Z.	47
32. Nouvelles déterminations des distances principales des chambres et de l'origine des Z.	48

CHAPITRE III

RESTITUTION DES CLICHÉS AU STÉRÉOPLANIGRAPHE

Théorie des parallaxes

33. Définition de la parallaxe	49
34-39. Effets des déplacements Δx , $\Delta \varphi$, $\Delta \omega$, Δb_x , Δb_y et Δb_z	49
40. Tableau résumé des parallaxes. Explication du tableau	54

Mise en place des clichés.

41. Orientations intérieure et extérieure.	55
42. Orientation intérieure : a) placement des clichés; b) réglage de la distance principale des chambres de restitution	56

	Pages.
43. Orientation extérieure : a) orientation relative, théorie et pratique; b) orientation absolue	57
44. Dessin de la carte	65

CHAPITRE IV

45. Aperçu sur l'aérotriangulation et l'aéronivellement	65
---	----

CHAPITRE V

RESTITUTION DES CLICHÉS A L'AÉROPROJECTEUR MULTIPLEX

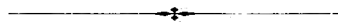
46. Réduction des clichés	67
-------------------------------------	----

Mise en place des clichés.

47. Centrage des lampes	68
48. Orientation intérieure	68
49. Orientation extérieure : 1° cas d'un stéréogramme isolé; 2° cas de stéréogrammes juxtaposés	68
50. Dessin de la carte	69

ANNEXES

I. Théorie élémentaire du système auxiliaire	70
II. Solution analytique du problème du recoupement dans l'espace	73



LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

- PAGÈS, le R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu (Congo Belge). Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (703 pages, 29 planches, 1 carte, 1933) . . . fr. 125 »

Tome II.

- LAMAN, K.-E., *Dictionnaire kikongo-français* (xciv-1183 pages, 1 carte, 1936) . . . fr. 300 »

Tome III.

1. PLANQUAERT, le R. P. M., *Les Jaga et les Bayaka du Kwango* (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 45 »
2. LOUWERS, O., *Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932* (69 pages, 1933) . . . fr. 12 »
3. MOTTOULLE, le Dr L., *Contribution à l'étude du déterminisme fonctionnel de l'industrie dans l'éducation de l'indigène congolais* (48 pages, 16 planches, 1934) . . . fr. 30 »

Tome IV.

- MERTENS, le R. P. J., *Les Ba dzing de la Kamtsha :*
1. Première partie: *Ethnographie* (381 pages, 3 cartes, 42 figures, 10 planches, 1935) . . . fr. 60 »
 2. Deuxième partie: *Grammaire de l'Idzing de la Kamtsha* (xxxv-388 pages, 1938) . . . fr. 115 »

Tome V.

1. VAN REETH, de E. P., *De Rol van den moederlijken oom in de inlandsche familie* (Verhandeling bekroond in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935) (35 bl., 1935) . . . fr. 5 »
2. LOUWERS, O., *Le problème colonial du point de vue international* (130 pages, 1936) . . . fr. 20 »
3. BITTREMIEUX, le R. P. L., *La Société secrète des Bakhimba au Mayombe* (327 pages, 1 carte, 8 planches, 1936) . . . fr. 55 »

Tome VI.

- MOELLER, A., *Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo belge* (578 pages, 2 cartes, 6 planches, 1936) . . . fr. 100 »

Tome VII.

1. STRUYF, le R. P. I., *Les Bakongo dans leurs légendes* (280 pages, 1936) . . . fr. 55 »
2. LOTAR, le R. P. L., *La grande chronique de l'Ubangi* (99 pages, 1 figure, 1937) . . . fr. 15 »
3. VAN CAENEGHEM, de E. P. R., *Studie over de gewoontelijke strafbepalingen tegen het overspel bij de Baluba en Ba Lulua van Kasai* (Verhandeling welke in den Jaarlijkschen Wedstrijd voor 1937, den tweeden prijs bekomen heeft) (56 bl., 1938) . . . fr. 10 »
4. HULSTAERT, le R. P. G., *Les sanctions coutumières contre l'adultère chez les Nkundó* (mémoire couronné au concours annuel de 1937) (53 pages, 1938) . . . fr. 10 »

Tome VIII.

- HULSTAERT, le R. P. G., *Le mariage des Nkundó* (520 pages, 1 carte, 1938) . . . fr. 100 »

Tome IX.

1. VAN WING, le R. P. J., *Etudes Bakongo. — II. Religion et Magie* (301 pages, 2 figures, 1 carte, 8 planches, 1938) . . . fr. 60 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kateruzi)* (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 15 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)* (87 pages, 1932) . . . fr. 13 »
3. LEPLAE, E., *La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central* (31 pages, 1932) . . . fr. 5 »
4. DE WILDEMAN, E., *Le port suffrutescent de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance!* (51 pages, 2 planches, 1933) . . . fr. 10 »
5. ADRIAENS, L., CASTAGNE, E. et VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (112 pages, 2 planches, 28 fig., 1933) . . . fr. 24 »
6. VAN NITSEN, le Dr R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (248 pages, 4 planches, carte et diagrammes, 1933) . . . fr. 45 »
7. STEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Étude sur une maladie grave du cotonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (55 pages, 32 figures, 1933) . . . fr. 20 »
8. DELEVOY, G., *Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga (Katanga septentrional)* (124 pages, 5 planches, 2 diagr., 1 carte, 1933) . . . fr. 40 »

Tome II.

1. HAUMAN, L., *Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge* (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) 15 »
2. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise* (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) 26 »
3. HENRY, G., *Etude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Ponthierville et le lac Kivu* (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934) 16 »
4. DE WILDEMAN, E., *Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge* (264 pages, 1934) 35 »
5. POLINARD, E., *Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 7^e au 8^e parallèle* (74 pages, 6 planches, 2 cartes, 1934) 22 »

Tome III.

1. LEBRUN, J., *Les espèces congolaises du genre Ficus L.* (79 pages, 4 figures, 1934) 12 »
2. SCHWETZ, le Dr J., *Contribution à l'étude endémiologique de la malaria dans la forêt et dans la savane du Congo oriental* (45 pages, 1 carte, 1934) 8 »
3. DE WILDEMAN, E., TROLLI, GREGOIRE et OROLOVITCH, *A propos de médicaments indigènes congolais* (127 pages, 1935) 17 »
4. DELEVOY, G. et ROBERT, M., *Le milieu physique du Centre africain méridional et la phytogéographie* (104 pages, 2 cartes, 1935) 16 »
5. LEPLAE, E., *Les plantations de café au Congo belge. — Leur histoire (1881-1935). — Leur importance actuelle* (248 pages, 12 planches, 1936) 40 »

Tome IV.

1. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmées* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (26 pages, 1935) 5 »
2. JULIEN, le Dr P., *Bloedgroeponderzoek der Efé-pygmeeën en der omliggende Negerstammen* (Verhandeling welke in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935 eene eervolle vermelding verwierf) (32 bl., 1935) 6 »
3. VLASSOV, S., *Espèces alimentaires du genre Artocarpus. — 1. L'Artocarpus integrifolia L. ou le Jacquier* (80 pages, 10 planches, 1936) 18 »
4. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de formes du genre Uragoga L. (Rubiacees). — Afrique occidentale et centrale* (188 pages, 1936) 27 »
5. DE WILDEMAN, E., *Contributions à l'étude des espèces du genre Uapaga BAILL. (Euphorbiacées)* (192 pages, 43 figures, 5 planches, 1936) 35 »

Tome V.

1. DE WILDEMAN, E., *Sur la distribution des saponines dans le règne végétal* (94 pages, 1936) 16 »
2. ZAHLBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., *Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori* (31 pages, 5 planches, 1936) 10 »
3. DE WILDEMAN, E., *A propos de plantes contre la lèpre (Crinum sp. Amaryllidacées)* (58 pages, 1937) 10 »
4. HUSSETTE, le Dr J., *Onchocercose oculaire* (120 pages, 5 planches, 1937) 25 »
5. DUREN, le Dr A., *Un essai d'étude d'ensemble du paludisme au Congo belge* (86 pages, 4 figures, 2 planches, 1937) 16 »
6. STANER, P. et BOUTIQUE, R., *Matériaux pour les plantes médicinales indigènes du Congo belge* (228 pages, 17 figures, 1937) 40 »

Tome VI.

1. BURGEON, L., *Liste des Coléoptères récoltés au cours de la mission belge au Ruwenzori* (140 pages, 1937) 25 »
2. LEPERSONNE, J., *Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la cuvette congolaise* (68 pages, 6 figures, 1937) 12 »
3. CASTAGNE, E., *Contribution à l'étude chimique des légumineuses insecticides du Congo belge* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (102 pages, 2 figures, 9 planches, 1938) 45 »
4. DE WILDEMAN, E., *Sur des plantes médicinales ou utiles du Mayumbe (Congo belge), d'après des notes du R. P. WELLENS † (1891-1924)* (97 pages, 1938) 17 »
5. ADRIAENS, L., *Le Ricin au Congo belge. — Etude chimique des graines, des huiles et des sous-produits* (206 pages, 11 diagrammes, 12 planches, 1 carte, 1938) 60 »

Tome VII.

1. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur le paludisme endémique du Bas-Congo et du Kwango* (164 pages, 1 croquis, 1938) 28 »
2. DE WILDEMAN, E., *Dioscorea alimentaires et toxiques* (morphologie et biologie) (262 pages, 1938) 45 »

Tome VIII.

1. MICHOT, P., *Etude pétrographique et géologique du Ruwenzori septentrional* (271 pages, 17 figures, 48 planches, 2 cartes, 1938) 85 »

COLLECTION IN-8° (suite)

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

- | | |
|---|------|
| 1. FONTAINAS, P., <i>La force motrice pour les petites entreprises coloniales</i> (188 p., 1935). | 19 » |
| 2. HELLINCKX, L., <i>Études sur le Copal-Congo</i> (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935). | 11 » |
| 3. DEVROEY, E., <i>Le problème de la Lukuga, exutoire du lac Tanganika</i> (130 pages, 14 figures, 1 planche, 1938) | 30 » |

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

- | | |
|---|------|
| 1. ROBYNS, W., <i>Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall</i> (52 p., 6 pl., 1931). fr. | 20 » |
| 2. VANDERYST, le R. P. H., <i>Les roches oolithiques du système schisto-calcaire dans le Congo occidental</i> (70 pages, 10 figures, 1932) | 20 » |
| 3. VANDERYST, le R. P. H., <i>Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)</i> (154 pages, 1932) | 32 » |
| 4. SCAËTTA, H., <i>Les famines périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène</i> (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932). | 26 » |
| 5. FONTAINAS, P. et ANSOTTE, M., <i>Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge</i> (27 p., 2 cartes, 1932). | 10 » |
| 6. ROBYNS, W., <i>Les espèces congolaises du genre Panicum L.</i> (80 pages, 5 planches, 1932) | 25 » |
| 7. VANDERYST, le R. P. H., <i>Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai</i> (82 pages, 12 figures, 1933) | 25 » |

Tome II.

- | | |
|---|------|
| 1. THOREAU, J. et DU TRIEU DE TERDONCK, R., <i>Le gîte d'uranium de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga)</i> (70 pages, 17 planches, 1933) | 50 » |
| 2. SCAËTTA, H., <i>Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire</i> (108 pages, 28 figures, cartes, plans et croquis, 16 diagrammes, 10 planches, 1933) | 60 » |
| 3. VANDERYST, le R. P. H., <i>L'élevage extensif du gros bétail par les Bampombos et Baholos du Congo portugais</i> (50 pages, 5 figures, 1933) | 14 » |
| 4. POLINARD, E., <i>Le socle ancien inférieur à la série schisto-calcaire du Bas-Congo. Son étude le long du chemin de fer de Matadi à Léopoldville</i> (116 pages, 7 figures, 8 planches, 1 carte, 1934). | 40 » |

Tome III.

- | | |
|---|-------|
| SCAËTTA, H., <i>Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil</i> (335 pages, 61 diagrammes, 20 planches, 1 carte, 1934) | 100 » |
|---|-------|

Tome IV.

- | | |
|--|------|
| 1. POLINARD, E., <i>La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushimaie et de la Lubi vers le 6° parallèle Sud</i> (38 pages, 9 figures, 4 planches, 2 cartes, 1935) | 25 » |
| 2. POLINARD, E., <i>Contribution à l'étude des roches éruptives et des schistes cristallins de la région de Bondo</i> (42 pages, 1 carte, 2 planches, 1935). | 15 » |
| 3. POLINARD, E., <i>Constitution géologique et pétrographique des bassins de la Kotto et du M'Bari, dans la région de Bria-Yalinga (Ouhangui-Chari)</i> (160 pages, 21 figures, 3 cartes, 13 planches, 1935) | 60 » |

Tome V.

1. ROBYS, W., *Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge* (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936). 60 »
2. SCAËTTA, H., *La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation* (351 pages, 10 planches, 1937) 115 »

Tome VI.

1. GYSIN, M., *Recherches géologiques et pétrographiques dans le Katanga méridional* (259 pages, 4 figures, 1 carte, 4 planches, 1937) 65 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., *Triangulation du Katanga* (140 pages, fig., 1930) 25 »
2. ANTHOINE, R., *Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto* (163 pages, 63 croquis, 12 planches, 1933) 60 »
3. MAURY, J., *Triangulation du Congo oriental* (177 pages, 4 fig., 3 planches, 1934). 50 »

Tome II.

1. ANTHOINE, R., *L'amalgamation des minerais à or libre à basse teneur de la mine du mont Tsi* (29 pages, 2 figures, 2 planches, 1936) 10 »
2. MOLLE, A., *Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant l'année internationale polaire* (120 pages, 16 figures, 3 planches, 1936). 45 »
3. DEHALU, M., et PAUVEN, L., *Laboratoire de photogrammétrie de l'Université de Liège. Description, théorie et usage des appareils de prises de vues, du stéréoplanigraphe C₅ et de l'Aéromultiplex Zeiss* (80 pages, 40 fig., 2 planches, 1938) 20 »

Sous presse.

- J. LEBRUN, *Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo* (in-8°).
 SCHEBESTA (le R. P. P.), *Die Bambuti-Pygmaën vom Ituri* (in-4°).
 LEPLAE, E., *Le palmier à huile en Afrique, son exploitation au Congo belge et en Extrême-Orient* (in-8°).
 MERTENS, le R. P. J., *Les chefs couronnés chez les Ba Koongo. Etude de régime successoral* (in-8°).
 J. BOUCKAERT, H. CASIER et J. JADIN, *Contribution à l'étude du métabolisme du calcium et du phosphore chez les indigènes de l'Afrique centrale* (in-8°).
 R. TONNEAU et J. CHARPENTIER, *Etude de la récupération de l'or et des sables noirs d'un gravier alluvionnaire* (in-4°).
 P. FONTAINAS, *Les exploitations minières de haute montagne au Ruanda-Urundi* (in-8°).
 E. DEVROEY, *Le réseau routier au Congo belge et au Ruanda-Urundi* (in-8°).
 L. VAN DEN BERGHE, *Les schistosomes et les schistosomoses au Congo belge et dans les territoires du Ruanda-Urundi* (in-8°).
 L. ADRIAENS, *Contribution à l'étude chimique de quelques gommes du Congo belge.*

BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

	Belgique.	Congo belge.	Union postale universelle.
Abonnement annuel.	fr. 60.—	fr. 70.—	fr. 75.— (15 Belgas)
Prix par fascicule	fr. 25.—	fr. 30.—	fr. 30.— (6 Belgas)

Tome I (1929-1930)	608 pages	Tome V (1934)	738 pages
Tome II (1931)	694 »	Tome VI (1935)	765 »
Tome III (1932)	680 »	Tome VII (1936)	626 »
Tome IV (1933)	884 »	Tome VIII (1937)	895 »

M. HAYEZ, imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 112, Bruxelles.
 (Domicile légal : rue de la Chancellerie, 4)

Made in Belgium.