

Titre : Avionnerie militaire

Auteur : Ader, Clément

Mots-clés : Avions militaires \* France \* 1870-1914 ; Avions militaires \* France \* 1900-1945

Description : 1 vol. (VI-106 p.) ; 23 cm

Adresse : Paris : Nancy : Berger-Levrault, 1918

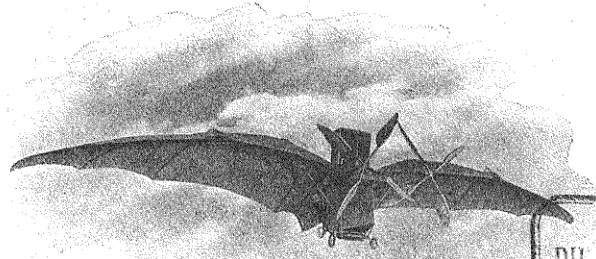
Cote de l'exemplaire : CNAM-BIB 8 Ca 481

URL permanente : <http://cnum.cnam.fr/redir?8CA481>

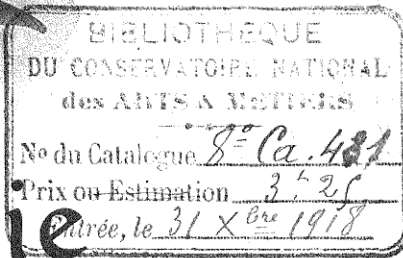
## Avionnerie militaire



8° Ca 481. Juin - 3.25



**C. ADER**



# Avionnerie militaire

POINTAGE AÉRIEN

INSTRUMENTS DE MESURE POUR AVIONS TORPILLEURS

*LE CATACHROS*

*Le Vélosolmètre — L'Altimètre*

*Tableaux du guide de visée*

*Avec 31 figures dans le texte.*

**BERGER-LEVRAULT, ÉDITEURS**

PARIS

Rue des Beaux-Arts, 5-7

NANCY

Rue des Glacis, 18

1918



## PRÉAMBULE

---

A la suite de quelques demandes d'explications et de renseignements, de la part d'officiers aviateurs et de constructeurs d'appareils de précision, au sujet des instruments de mesure pour l'usage du pointage aérien, nous avons jugé utile de donner quelques croquis qui serviront à établir des dessins d'exécution; nous les avons accompagnés d'un supplément de description et de calculs qui pourront être consultés par les ingénieurs autant que par les professeurs et leurs élèves.

Ceci touche à l'*Avionnerie militaire*, du côté de la fabrication des instruments, et aux sciences aviatrices par son emploi et l'enseignement qui le précédera. Néanmoins, comme c'est la partie technique qui domine, elle a donné lieu au choix du titre, destiné d'ailleurs à réunir, plus tard, tous les fascicules qui auront rapport à l'étude et à la construction des avions, ainsi que de tout ce qui s'y rattache.

Ce qui va suivre sera donc la continuation et le complément des théories et descriptions faisant partie du livre *L'Aviation Militaire*. Pour que la compréhension de l'étude que nous allons donner soit complète

et efficace, nous conseillons beaucoup à nos lecteurs de parcourir préalablement les notes suivantes :

	Pages
NOTE n° 11. — Attaque d'un point terrestre, par une compagnie, avec la torpille. . . . .	121
NOTE n° 12. — Théorie du pointage aérien. . . . .	130
Première et deuxième parties, jusqu'à la page. . . . .	163
NOTE n° 13. — Instruments de mesure. . . . .	165
Catachros. Torpille sonde. Altimètre. Vélosolmètre, jusqu'à la page. . . . .	179
NOTE n° 14. — Tableau des angles du guide de visée et guide de visée. . . . .	183
NOTE n° 15. — Déclenchement des torpilles. . . . .	188
Jusqu'à la page. . . . .	196
NOTE n° 16. — Munitions. . . . .	199
Voir particulièrement les torpilles de terre et de mer. Trajectoire sous-marine, etc...	
NOTE n° 17. — Vérifications expérimentales. . . . .	226

Dès que le lecteur aura pris connaissance des matières désignées ci-dessus, il pourra aborder utilement les articles qui font l'objet du présent fascicule. Il ne sera pas surpris, dans le courant du texte, s'il trouve fréquemment des avertissements opportuns le renvoyant aux notes de l'ouvrage principal; nous avons estimé cette précaution nécessaire pour aider la clarté de l'exposé du sujet traité.

# Avionnerie militaire

---

## INSTRUMENTS DE MESURE POUR LE POINTAGE AÉRIEN

---

### LE CATACHROS

Dans la note n° 1 de l'*Aviation Militaire*, nous avons mis en évidence la nécessité d'avoir trois catégories d'avions de guerre : 1° les éclaireurs; 2° les torpilleurs; 3° les avions de ligne. Dans la note n° 16, nous reconnaissons que les munitions seraient leur principale arme, sinon l'unique; mais les éclaireurs n'en useront guère : le jour où on leur en donnera, on les fera sortir de leur rôle; seuls les torpilleurs et les avions de ligne les emploieront.

Les torpilleurs, principalement, utiliseront les grosses torpilles, et leur mission capitale consistera dans l'attaque de la terre ou de la mer, détachés pour accomplir de graves opérations destructives. On comprend dès lors que leurs lourdes munitions demanderont à être pointées avec beaucoup plus de précision que les légères et ménagées avec plus de discernement dans leur emploi, parce que leur fabrication sera toujours très onéreuse; surtout encore parce qu'elles seront en petit nombre sur ces grands avions : trois ou quatre, souvent une seule.

Qu'on se figure des torpilles de 100, 300, 500 kilos ! leur chute ne peut être livrée au simple jugé d'un opérateur, pour si habile qu'il soit. L'une de ces torpilles bien pointée



peut exploser sur le but et le détruire entièrement; il peut consister dans l'entrée d'un tunnel, d'une arche de pont, d'un ravin; d'une poudrière, d'un navire, etc... Les conséquences destructives peuvent déterminer l'arrêt ou la retraite de l'ennemi, ou bien préparer une offensive efficace à l'armée de terre amie. Si la torpille est mal lancée, elle tombera loin de l'endroit visé et ne produira que des dégâts inutiles. L'avion aura perdu son temps avec sa forte munition et fera manquer à l'ami de terre l'opération qu'il était destiné à lui préparer.

Le *cataphros* viendra considérablement contribuer aux succès de ces puissants torpilleurs aériens; aussi leur est-il tout particulièrement destiné et le faudra-t-il de construction soignée avec tous les caractères d'un instrument de précision. Nous savons déjà, par ce qui a été décrit dans les notes 12 et 13 de l'*Aviation Militaire*, que nous demanderons à cet instrument : la hauteur de l'avion ainsi que sa vitesse par rapport au sol; facteurs qu'il devra nous donner promptement et simultanément. Dans ce qui va suivre, les constructeurs trouveront des indications suffisantes pour la réalisation de l'appareil, et les opérateurs militaires y puiseront des renseignements pour son utilisation.



## PREMIÈRE PARTIE

### Description pour la construction, le fonctionnement et l'emploi de l'instrument

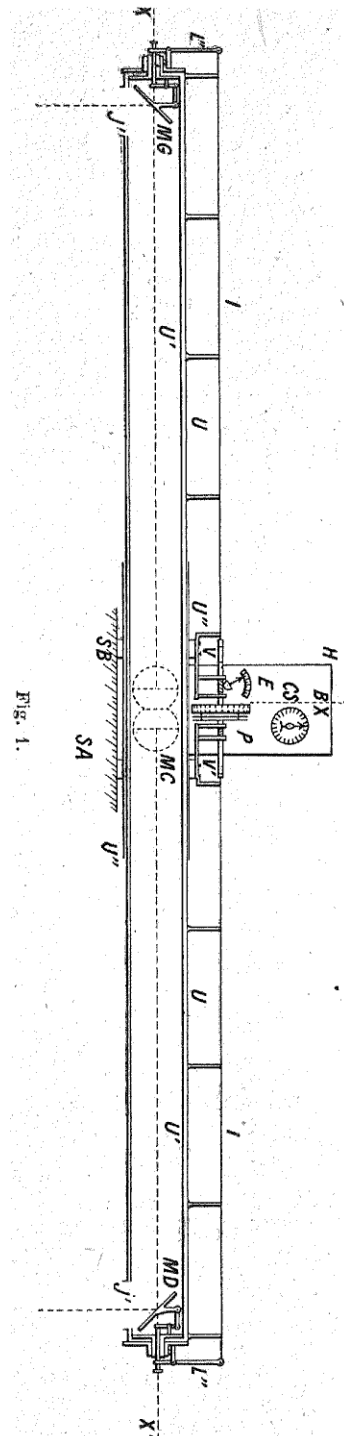
#### *Ensemble de l'instrument*

Primitivement, voilà bien vingt-cinq ans, nous projections de faire le corps de l'instrument en aluminium fondu et chambré, pour le rendre plus léger, avec une longueur transversale et des dimensions assez réduites; ce métal étant alors peu connu, c'était quelque peu osé, mais depuis, l'industrie de l'aluminium a fait de grands progrès, et les tubes qu'elle produit permettent de donner au catachros de grandes envergures sans l'alourdir outre mesure. Nous nous sommes donc arrêté au système tubulaire, combiné le plus judicieusement possible, afin de rester dans la légèreté sans compromettre la solidité.

La figure 1 représente l'aspect général du catachros. Le tube U, qui règne transversalement à l'avion, est en aluminium; il est rigide et sert de bâti à tout ce qu'il contient; ce tube est assujéti dans un manchon U" qui appartient au bâti général.

Un deuxième tube U', également en aluminium, passe avec aisance dans l'intérieur du premier et y est articulé centralement aux deux extrémités, de sorte qu'il peut s'y mouvoir dans le sens de sa rotation.

Deux miroirs MG et MD pivotent en leur milieu perpendiculairement à l'axe longitudinal XX'; ils sont fixés aux bouts du tube U' et tournent avec lui. Les variations dans les inclinaisons de ces miroirs dépendent des leviers L intérieurs et extérieurs, des tringles I et des vis à pas différen-



tiel V qui les actionnent. Un dispositif micrométrique P, gradué, donne la mesure de l'inclinaison de ces miroirs. Les rayons terrestres qui forment l'angle binoculaire pénètrent dans l'instrument par les lucarnes  $j'$  et sont renvoyés vers les yeux de l'observateur par les miroirs centraux MC.

L'intérieur du tube pivotant U' renferme un alignement de fils, à gauche et à droite, d'un miroir à l'autre, par lesquels doivent passer les rayons du même objet terrestre vu binoculairement. Ces deux alignements, vers le point du sol visé, apparaissent devant l'observateur droit devant lui et dans le fond du miroir MC, avec le balancement produit par l'appareil. Si l'inclinaison des miroirs est mal réglée, l'opérateur verra deux objets différents; si elle l'est bien, il n'en verra qu'un seul dont l'image sera double et juxtaposée. L'appareil fournira alors trigonométriquement la hauteur  $h$  de l'avion.

Dans la figure 1, on remarque encore une boîte H renfermant un mouvement d'horlogerie, avec un cadran de compte-secondes accusant les temps écoulés. Ce mécanisme est destiné à entretenir les oscillations du catachros en synchronisme avec la vitesse de l'avion par rapport au sol. De cette vitesse, du temps écoulé et de la hauteur  $h$ , on déduira l'angle de visée que l'on trouvera, calculé à l'avance, sur le tableau qui lui est spécial.

Toutes les pièces et tubulures ci-dessus, ainsi que le mécanisme, sont solidement fixés sur un bâti général en aluminium, qui se compose : d'un gros tube U" qui manœuvre le tube U; d'un support SB à collier et à pattes, qui lui-même est retenu sur un socle SA, faisant partie du corps de l'avion et qui variera selon les besoins de l'adaptation.

### *Angle binoculaire*

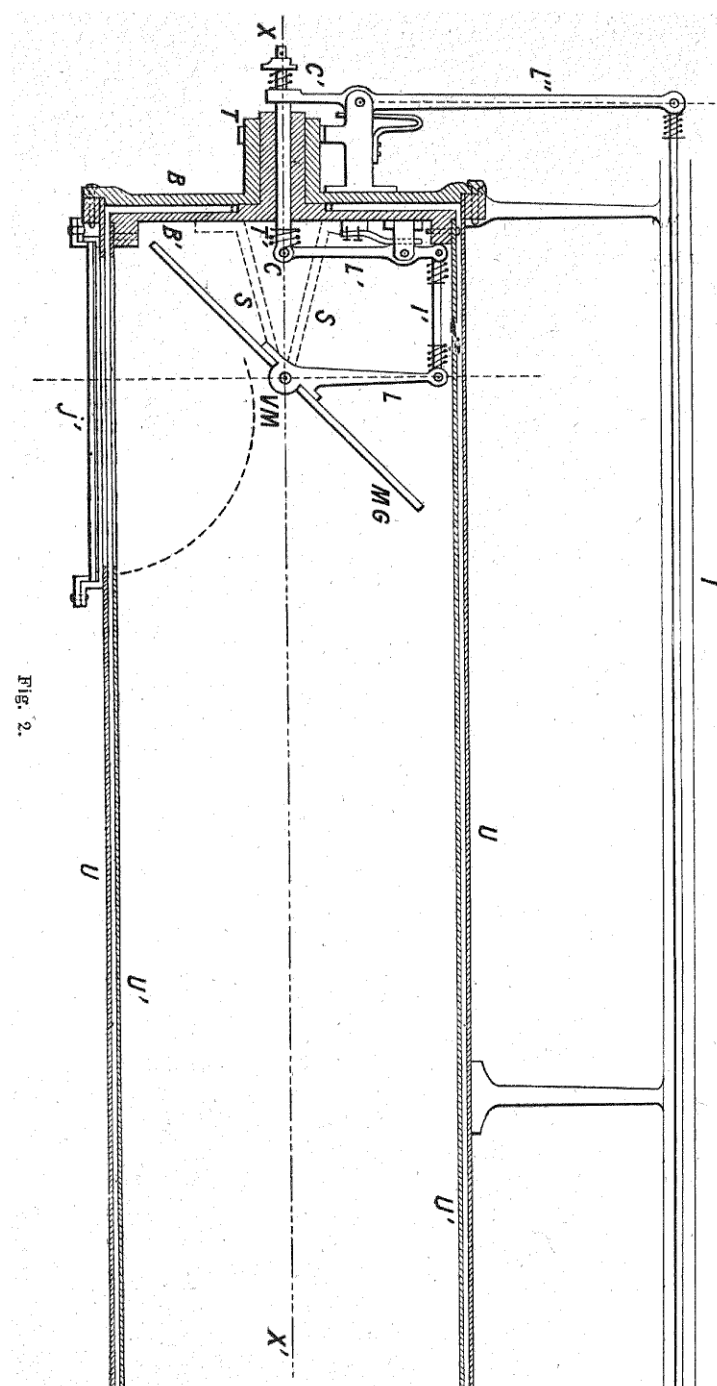
*Disposition des miroirs extrêmes.* — En examinant la figure 2, nous distinguons : d'abord le tube U assujéti solidement au bâti général; puis le tube U' qui pénètre

dans le premier et reste libre dans son mouvement angulaire.

En ce qui concerne le tube U', un bouchon B' s'emboîte bien concentriquement et bien perpendiculairement au bout de ce tube; il y est arrêté circulairement par des vis suffisamment rapprochées. Au centre du disque de ce bouchon se trouve un tourillon percé T' destiné à tourner dans la douille T du couvercle de l'autre tube et à recevoir dans son trou central une pièce C qui est un intermédiaire entre le levier extérieur L'' et le levier intérieur L'.

La face interne du bouchon B' porte les supports S du miroir MG; ce miroir pivote entre ses supports selon une ligne centrale VM qui passe, d'un support à l'autre, exactement sur la surface polie du miroir et qui rencontre perpendiculairement la ligne de l'axe général XX'. Contre le miroir MG, en son milieu, se trouve le levier L qui lui est solidaire et dans la position exacte de 45° par rapport à la face polie; la longueur de ce levier L est rigoureusement de 40 millimètres. Le levier L', dans son support spécial sur lequel il pivote, est placé intérieurement contre la paroi du disque du bouchon; sa longueur totale est de 40 millimètres; 32 millimètres pour le grand bras et 8 pour le petit. Lorsque le miroir est à 45°, par rapport à l'axe XX', son levier L est perpendiculaire à cet axe et il faut que le levier L' le soit aussi; de sorte que ces deux leviers se trouvent parallèles et donnent, dans cette position, la longueur exacte de la bielle I'. On voit que tous les organes qui concernent le miroir MG et le miroir lui-même sont fixés sur la face intérieure du bouchon et le suivront dans les montages ou démontages.

Pour ce qui a rapport au grand tube U, un autre bouchon ou couvercle extérieur B vient le fermer; ce bouchon est retenu au tube, dans un emboîtement, avec des vis mises en place par bout. Une douille T bien concentriquement percée au milieu du couvercle, reçoit le tourillon T' et permet ainsi la rotation du tube U' sur lui-même. Le levier L'' s'articule sur une pièce vissée contre le couvercle; sa



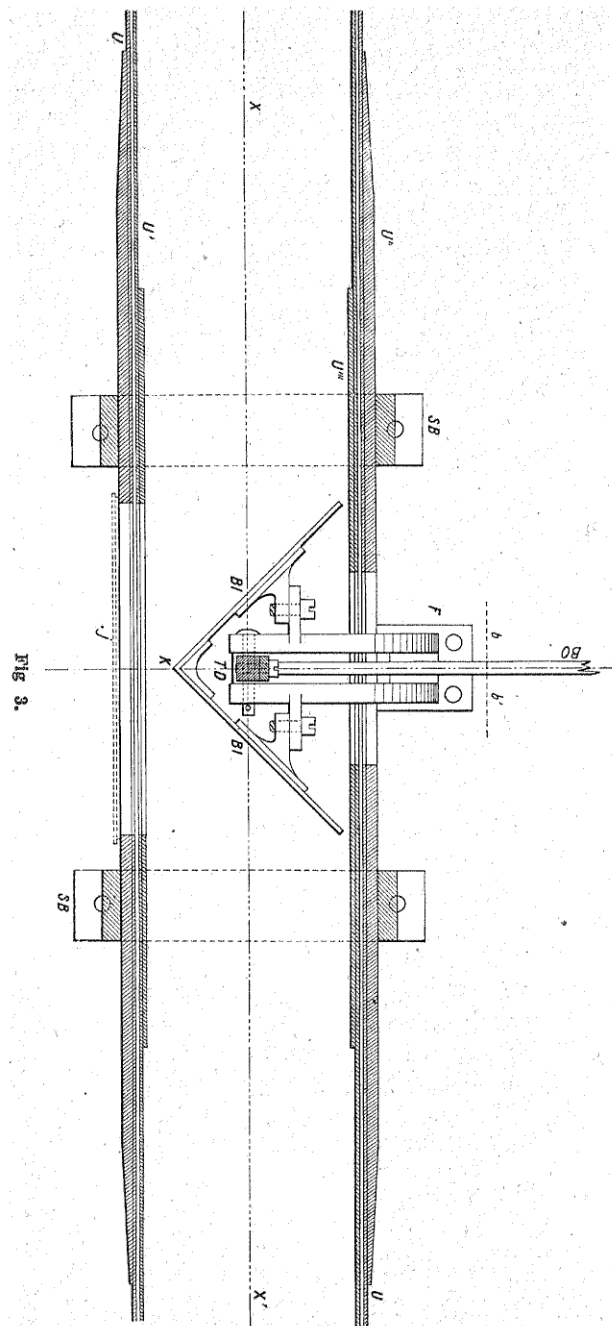
longueur totale est de 104 millimètres, 83<sup>mm</sup> 2 pour le grand bras et 20<sup>mm</sup> 8 pour le petit; il est perpendiculaire à l'axe comme les deux leviers intérieurs et, par conséquent, tous les trois se trouvent dans le même plan et parallèles. C'est dans cette dernière position qu'il faut prendre la longueur exacte de l'intermédiaire C.

On a compris que c'est la tringle I qui transmet le mouvement du dispositif central P aux leviers du miroir. Tous ces organes sont reliés entre eux par des articulations à axes, sauf le bout du levier L" en bas, qui est percé et appuyé sur un épaulement de la pièce C. Toutes les pièces extérieures de ces transmissions sont délicates, et il est indispensable de les protéger contre les accidents auxquels elles sont exposées; celles du bout du gros tube, on peut les coiffer d'une enveloppe démontable, et on devra loger la tringle I dans un tube en aluminium, tel qu'on le voit sur la figure 2.

*Première disposition des miroirs du centre.* — Les miroirs MC sont assujettis sur une pièce coudée F que l'on voit sur les figures 3, 8 et 13; ils sont placés à 45° par rapport à l'axe XX' et par suite à 90° entre eux; ils ne sont vissés sur la pièce F, à la partie qui avance dans le tube, que lorsque cette dernière est en place, car le talon est boulonné sur le socle; on introduit le miroir dans l'intérieur du tube U' par la lucarne J et on visse par le côté opposé.

Ces miroirs sont de forme elliptique; mais le long de l'axe XX' et par la lucarne J on les aperçoit ronds; cependant, comme leurs centres BI, où se trouvent les fils tendus, sont sur l'axe XX', il a fallu les rapprocher et les tailler pour les mettre à la distance binoculaire de 62 millimètres, ce qui a formé l'arête K à la rencontre des miroirs, telle qu'on la voit sur les figures 3 et 8. Ces miroirs sont donc fixes et renvoient à 90° tous les rayons qui leur arrivent parallèlement à l'axe XX'.

Cependant, si le catachros présentait de trop grandes difficultés d'installation dans l'avion, à l'endroit déterminé





que l'on aurait choisi, et qu'on fût obligé de le placer soit plus haut, soit plus bas, hors de la portée des yeux de l'aviateur, on pourrait remédier à cette difficulté en articulant le miroir MC selon l'axe  $XX'$ ; il pourrait tourner ainsi sur cet axe entre des limites restreintes, mais suffisantes pour rendre la modification possible. Dans ce cas, le tube binoculaire de la figure 6 pivoterait avec le miroir pour se placer devant les yeux de l'observateur. Rien ne serait changé quant aux rayons arrivant sur le miroir, ils seraient toujours renvoyés à  $90^\circ$ . Nous avons parlé de la disposition ci-dessus pour montrer qu'elle était faisable, mais il est préférable de laisser le miroir MC fixe.

*Curseurs d'alignement.* — L'alignement des fils sur l'axe  $XX'$  devra être rigoureusement juste. Nous pourrions l'obtenir de plusieurs manières; la pratique de l'instrument nous indiquera plus tard celle qui sera la meilleure.

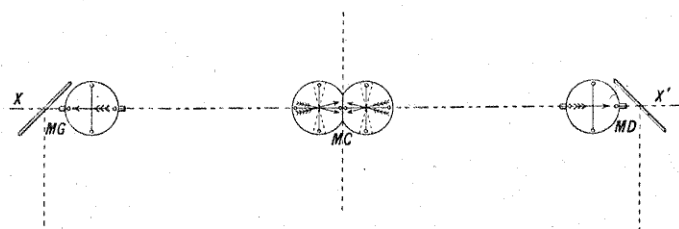


Fig. 4.

Nous pouvons d'abord tendre les fils sur la surface polie du miroir et, pour cela, nous pratiquerons quatre trous tout près du bord ellipsoïdal du miroir, lequel nous apparaît de forme ronde vu depuis l'intérieur de l'instrument. Deux de ces trous seront parfaitement dans l'axe du pivotage des miroirs extrêmes MG et MD, ainsi qu'on le remarque sur la figure 4; les deux autres trous seront percés sur le grand axe, c'est-à-dire perpendiculairement et au milieu du petit. Les fils seront retenus, réglés et tendus, par des vis placées derrière la face polie du miroir. Il en sera exactement de

même pour les miroirs immobiles du centre MC, vus de face sur la figure 4, en observant la distance binoculaire entre les fils verticaux.

Une fois les fils en place, leurs croisements dans tous les miroirs devront se trouver sur l'axe  $XX'$  malgré les oscillations et les changements d'inclinaison des miroirs extrêmes; la figure 4 montre, en pointillé, sur le miroir MC, le pivotement du croisement des fils sur cet axe, en même temps qu'une flèche, supposée couchée sur le sol, indique la direction du mouvement relatif de ce dernier par rapport à l'avion.

Mais, au lieu de fils tendus, on pourrait tracer directement des raies sur les surfaces polies des miroirs; nous savons qu'ils sont faits avec du bronze dur spécial à l'optique, ce qui permettrait d'y graver les traits avec toute la netteté désirable; dans ce cas, il faudrait donner au tracé la plus grande précision possible, car les corrections seraient impossibles et à la moindre erreur la pièce serait perdue.

Une troisième manière serait peut-être plus commode à

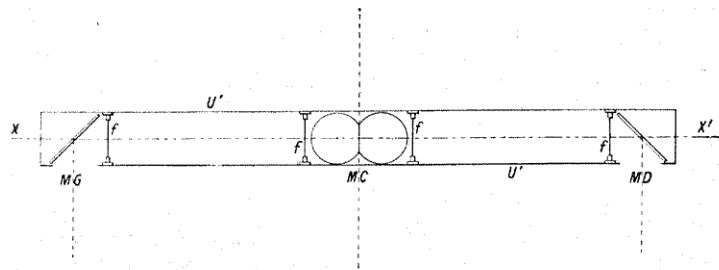


Fig. 5.

construire et permettrait de régler plus facilement les fils tendus: elle consisterait à les poser intérieurement dans la longueur du tube  $U'$  et, diamétralement, d'une paroi à l'autre. On les mettrait le plus près possible des miroirs extrêmes sans gêner leur pivotage et assez éloignés des miroirs du centre pour que l'observateur ne les aperçoive

pas directement; on remarque cette disposition dans la figure 5. Il y aurait quatre couples de fils  $f$  et chacun aurait ses deux fils parfaitement d'équerre, l'un vertical, l'autre horizontal; de plus, tous les fils verticaux seraient dans le même alignement en passant par l'axe  $XX'$ , et il en serait de même pour les fils horizontaux, de sorte que les quatre croisements des fils se trouveraient alignés dans l'axe même.

Il serait facile de mettre contre les parois du tube  $U$  des vis de réglage, et la pose des fils pourrait se faire, dans le tube, avant son montage dans l'ensemble de l'instrument. Il serait possible aussi d'essayer des anneaux qui porteraient les fils croisés, comme les réticules employés dans les lunettes astronomiques, à la condition de les avoir mobiles et réglables. On trouvera, avec la disposition ci-dessus,

pendant les oscillations du catachros, que les fils tendus resteront fixes sur l'image de la flèche et que le tout pivotera ensemble.

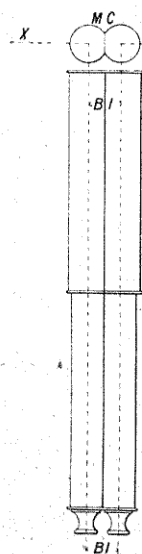


Fig. 6.

figure 8.

Afin de rendre plus distincts les rayons terrestres qui se

*Lucarnes.* — Les ouvertures  $J$  et  $J'$  sont des lucarnes, sortes de hublots, pour laisser passer les rayons terrestres. Elles sont vitrées pour mettre les miroirs à l'abri de la poussière et des accidents; le verre employé sera très pur et taillé bien plan, pour ne pas dévier les rayons qui le traverseront; on le sertira sur un châssis qui restera facilement démontable, afin d'entretenir la propreté des surfaces polies des miroirs. Ces lucarnes seront rondes, mais celle du milieu  $J$  se composera de deux disques en verre taillés et rapprochés comme l'indique le pointillé de la

réfléchiront sur le miroir MC, pour se rendre devant les yeux de l'opérateur, nous les ferons passer dans l'intérieur de deux tubes conjoints assez semblables à un double canon de fusil, ainsi que le montre la figure 6; l'écartement des centres de ces deux tubes sera le même que celui qui sépare les deux yeux, c'est-à-dire 62 millimètres. Ce conduit visuel binoculaire devra être placé bien perpendiculairement à l'axe XX' du catachros, sans laisser passer la lumière à l'endroit de sa jonction avec l'instrument, près du miroir MC; l'autre bout, près de l'œil, se présentera de même forme que dans la jumelle précédemment proposée, mais supprimée ici pour la simplification des opérations. Quant à la longueur de ce double tube, elle sera extensible comme dans les télescopes, pour la commodité de l'observateur.

*Deuxième disposition des miroirs du centre.* — Il existe encore d'autres combinaisons pour conduire les rayons de la vision binoculaire; en voici une deuxième qui nous a paru pratique et qu'il serait intéressant d'essayer concurremment avec la première.

Laissons les miroirs extrêmes tels que nous les avons décrits, avec leur système de pivotage et de changement d'inclinaison, pour ne nous occuper que des miroirs MC du centre. Ces deux derniers seront encore assemblés d'équerre comme sur la figure 3, avec cette différence que l'arête K se trouvera en dessous, au lieu d'être placée sur le devant. Dans la figure 7, on voit cette position nouvelle des miroirs MC, où ils demeureront immobiles, après les avoir fait tourner de 90°. Pour recevoir les rayons qu'ils réfléchiront, un miroir rectangulaire MR est placé en dessous à 45°, afin de les renvoyer vers les yeux de l'observateur.

On voit la marche des rayons sur les deux coupes de la figure 7 : comme précédemment, l'objet à observer consiste en une flèche, couchée sur le sol, la pointe tournée dans la direction inverse de la vitesse de l'avion; pour l'orienter transversalement et à titre de repère, elle est flanquée d'un

trait et d'un rond, ainsi que le porte la figure, mais il faut les considérer comme posés à plat, sur le sol, des deux côtés de la flèche. Les rayons montent à gauche et à droite jusqu'aux miroirs MG et MD, s'y réfléchissent parallèlement à l'axe XX' et vont rencontrer les miroirs MC qui les réfléchissent à leur tour sur le miroir MR; de là, ils parviennent jusqu'aux yeux de l'opérateur, qui les voit sous la forme de deux images renversées par rapport à celle provenant directement du sol. Comme ces deux images ne sont pas symétriques, l'action binoculaire les superposera naturellement, et l'opérateur n'en apercevra qu'une seule très nette au

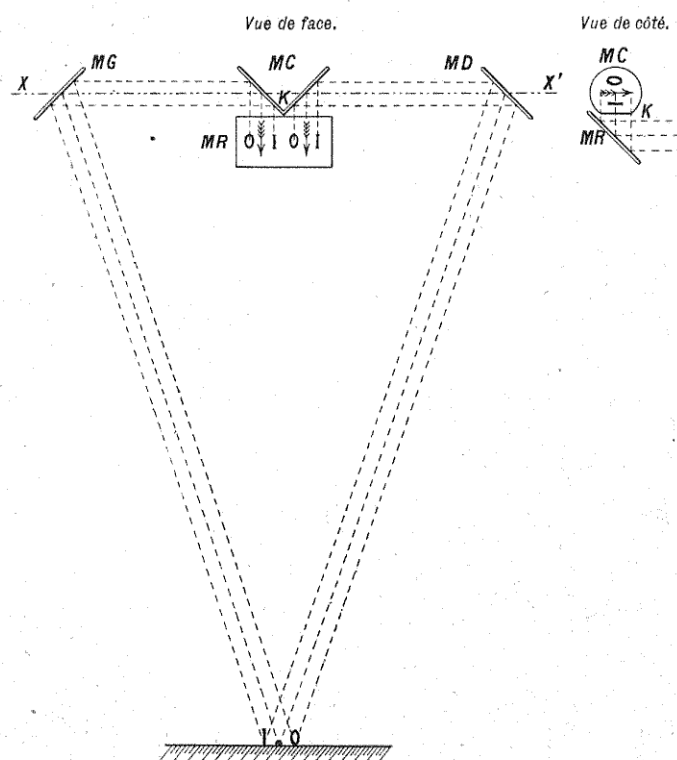


Fig. 7.

chissent à leur tour sur le miroir MR; de là, ils parviennent jusqu'aux yeux de l'opérateur, qui les voit sous la forme de deux images renversées par rapport à celle provenant directement du sol. Comme ces deux images ne sont pas symétriques, l'action binoculaire les superposera naturellement, et l'opérateur n'en apercevra qu'une seule très nette au

milieu de l'oscillation; mais à ses extrémités, selon le degré des amplitudes, il verra les flèches tourner plus ou moins sur elles-mêmes à gauche et à droite, comme dans les miroirs précédents, sans cependant perdre la coïncidence des centres des deux figures. Pendant l'inaction de l'horloge, le sol paraîtra fuir de haut en bas dans le miroir MR, absolument comme si l'aviateur avait la tête penchée vers la terre.

Il va sans dire que les fils intérieurs d'alignement subsisteront ici comme avant; il en sera de même pour le double tube à coulisse, avec ou sans jumelle à l'extrémité oculaire, et aussi pour les lucarnes; cependant, celles du milieu suivront le changement du miroir et se trouveront en dessous.

Quant au pivotement central, le déplacement du miroir MC demandera quelques modifications. Les pièces fixes pourront rester les mêmes, mais celle qui est mobile TD qui entretoise le tube U' et s'articule sur le coude F, devra faire place à l'arête K des miroirs; pour cela, on lui donnera une forme à trois branches dont l'un des intervalles, celui du bas, sera assez large pour ne pas toucher les bords du miroir et ne pas gêner les oscillations. Les figures ne portent pas cette modification, qui se conçoit aisément sans cela. L'assemblage du levier BO sur la pièce TD se fera toujours avec des vis, mais il sera approprié à la nouvelle forme de la pièce.

Rien de ce qui concerne les pièces de la deuxième disposition des miroirs du centre ne se trouve sur les figures 3, 8 et 13, pour ne pas les encombrer et afin d'éviter les confusions. Tout se borne dans les explications ci-dessus accompagnées du schéma de la figure 7; on verra d'ailleurs mieux, en dressant les dessins d'exécution, les meilleures formes à donner à ces pièces.

*Appareil micrométrique.* — Pour ce système (fig. 8), l'essentiel consiste dans les vis et leur écrou, qui doivent être filetés avec la plus grande précision possible. La grosseur

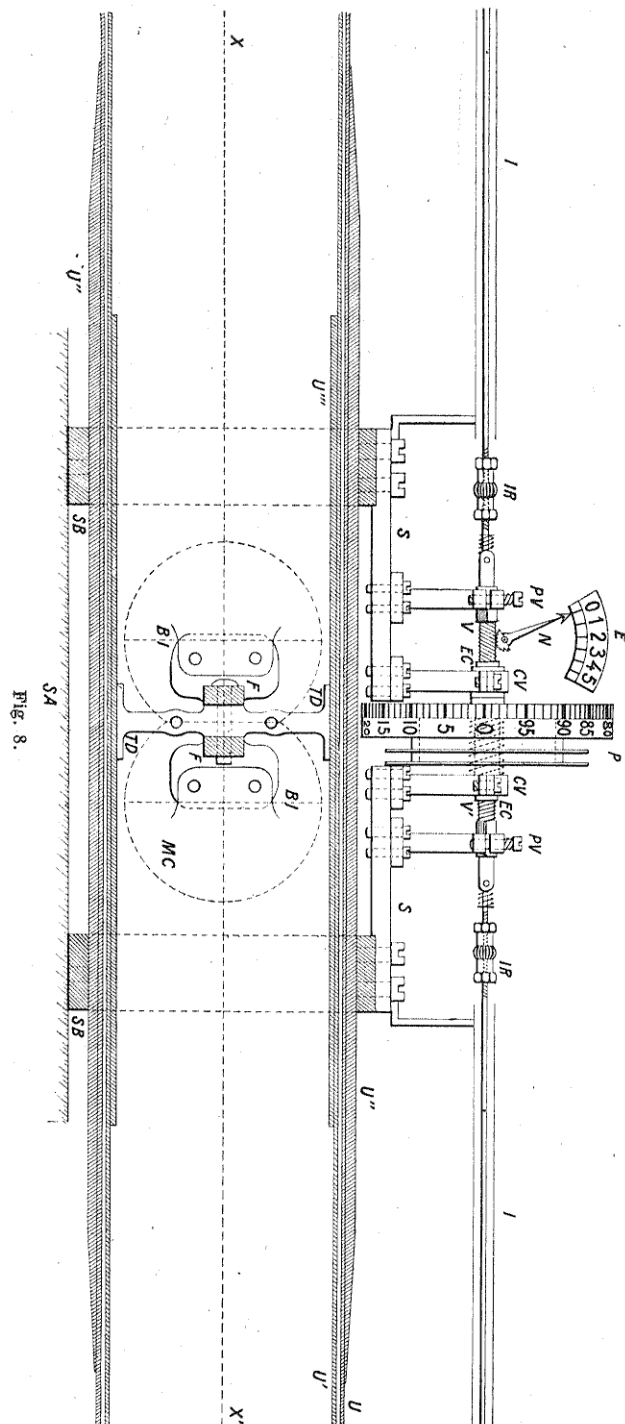


Fig. 8.

des vis sera de 7 millimètres, filet compris, et leur pas de 5 dixièmes de millimètre. La vis de gauche V sera filetée à gauche, tandis que celle de droite V' sera filetée à droite; l'écrou P est fileté aussi dans les deux sens pour recevoir les vis à chacun de ses bouts; les vis ne pouvant tourner, on voit qu'à chaque mouvement de l'écrou, elles se rapprocheront ou s'écarteront selon la direction de ce mouvement.

Dans la figure 8, on remarque la graduation tracée sur la circonférence de l'écrou; elle porte 100 divisions indiquant chacune la centième partie du filet de la vis; sur la figure, le zéro est à la hauteur de l'axe des vis, d'ailleurs marqué par un index fixé au bâti, non visible sur la figure. Un autre index N amplifie huit fois les déplacements longitudinaux des filets de la vis et les traduit sur la plaque graduée E, où chaque division représente un filet; l'index pivote sur un centre et son demi-disque s'engrène exactement sur la vis; par sa pointe, il indique de combien de filets elle s'est déplacée; sur la figure il marque zéro. Cette position des vis est leur point de repos; elles se touchent presque; aussi faudra-t-il pratiquer au milieu de l'écrou un trou de respiration pour éviter les pressions ou dépressions de l'air emprisonné entre les bouts des vis.

Il y a lieu d'insister pour faire observer qu'à cette position de zéro sur les verniers, correspond la perpendicularité des trois leviers L, L', L" sur l'axe XX'; et par suite aussi l'inclinaison à 45° du miroir MG. C'est dans cette situation des organes micrométriques et des leviers, qu'il faudra régler la longueur de la tringle I; opération importante, mais facile, puisque, à son bout, près de la vis, se trouve un manchon régulateur IR fileté à droite et à gauche, avec un écrou à chaque bout pour en maintenir la longueur et la rigidité. Il convient de faire la tringle I de même métal que les gros tubes, en aluminium, afin d'avoir des dilatactions égales.

Tout mouvement autre que celui qui est longitudinal compromettrait dans la vis sa précision micrométrique.



Pour éviter tout déplacement angulaire, la tige de la vis après son filet affecte la forme carrée et repose, en même temps qu'elle glisse, sur l'un de ses angles dans un palier PV,

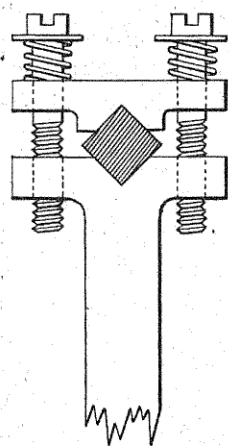


Fig. 9.

ainsi qu'on le voit à une échelle agrandie dans la figure 9. Le chapeau qui retient la pièce carrée en place, y exerce une pression régulière; les deux vis qui le relient au palier sont munies, sous leur tête, de deux ressorts d'une force suffisante, mais pas trop forte pour ne pas gêner le glissement de la tige carrée de la vis. On comprend qu'il importe de tarauder juste le trou de la vis dans le palier et de le faire lisse, avec un peu de jeu, dans le chapeau. La vis et sa tige qui glisse étant en acier, le palier et son chapeau doivent être en bronze.

L'écrou EC de la vis micrométrique n'est autre que l'arbre en acier percé et fileté intérieurement, qui porte vers son milieu le disque gradué; il repose sur les deux coussinets en bronze CV (fig. 8 et 10). Le tourillon de gauche est à épaulement pour limiter le jeu longitudinal et celui de droite cylindrique pour ne pas brider l'arbre.

Le disque gradué doit être en bronze ou en laiton, ajusté et calé solidement sur l'arbre. Il porte sur sa face de droite deux poulies jumelles, tournées dans la masse, destinées à recevoir des fils métalliques souples pour la commande de l'écrou, dans les deux sens; tandis que l'un s'enroulera l'autre se déroulera (fig. 10). Un bouton moleté, placé près de la main de l'opérateur, porte aussi une double poulie dans laquelle viennent s'enrouler les deux bouts du petit câble métallique souple (fig. 11). Ces câbles sont conduits séparément dans deux tubes qui peuvent prendre toutes les sinuosités nécessaires. Le bouton porte deux renflements moletés : le premier, de petit diamètre, sert pour l'accélé-

ration des enroulements; le second, beaucoup plus grand, facilite la justesse du réglage.

Sur la figure 8, on remarque les divisions du disque et

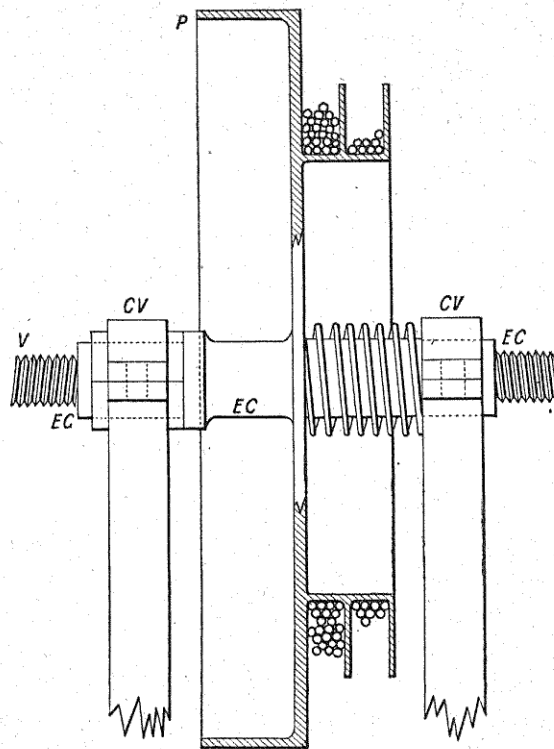


Fig. 10.

dans quel sens elles sont graduées sur sa circonférence. Disque et poulies sont allégés dans leur intérieur, jusqu'à les amincir à l'état de cloison, pour alléger le poids de la masse, comme le représente la figure 10.

*Annulation du jeu.* — Le constructeur devra porter toute son attention sur le désagrément qui peut provenir du jeu entre les organes, cependant indispensable à tout mécanisme.

Ici, pour ne déranger en rien la précision des mesures micrométriques, il s'agit de l'annuler radicalement, si petit soit-il. Si nous suivons les organes de la transmission, depuis la vis micrométrique jusqu'au miroir extrême, nous trouvons 10 articulations dont 8 avec des axes à goupilles, ce qui

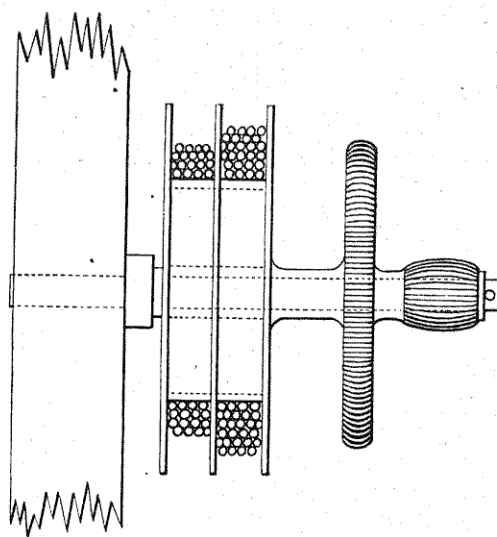


Fig. 11.

augmente encore les causes du jeu. En principe, si nous réussissons à appuyer constamment les pièces de chaque articulation, l'une contre l'autre, sans aucune chance de disjonction, le problème sera résolu.

Commençons par l'arbre percé EC qui sert d'écrou et qui tourne dans les coussinets CV; nous savons que celui de gauche reçoit un tourillon à épaulement; si nous mettons un ressort dans l'évidement de la poulie (fig. 10), il s'appuiera contre le coussinet de droite et il poussera le tout sur l'une des faces de l'épaulement; la face opposée recevra seule le jeu de la pièce. Puis vient l'articulation qui joint la tige de la vis à la tringle I; un autre ressort à boudin (fig. 8) y sera placé pour agir sur les deux pièces et mettra

le jeu d'un seul côté dans les trous. Il en sera de même à l'autre bout de la tringle I qui s'articule avec le haut du levier L". Au point d'appui de ce levier L" (fig. 2) un ressort plat, dit d'armurier, fera le même office en poussant sur le levier et son support. Au petit bras du levier, c'est encore un ressort à boudin qui appuie constamment sa tête percée contre l'épaule de l'intermédiaire central C. Le bout intérieur de cette dernière pièce, ceux du levier L', de la bielle I' et le bout du levier L du miroir sont aussi munis de ressorts à boudin, excepté le point d'appui du levier L' qui est poussé par un ressort plat.

Tous ces ressorts, on le comprend, seront assez forts pour résister au rétablissement du jeu dans les retours alternés du mouvement et aussi pour résister aux trépidations provenant du moteur.

*Réglage des miroirs.* — L'alignement des fils intérieurs étant absolument droit et passant exactement dans l'axe de pivotage des miroirs extrêmes, lorsque ces derniers seront inclinés à  $45^\circ$ , les graduations micrométriques devront marquer zéro.

Pour arriver à cette constatation, on mettra l'instrument, à plat, horizontalement sur un tréteau (fig. 12). En face, à 100 mètres, sur un autre tréteau, on placera une planche de champ, portant deux raies très apparentes R et R', exactement distantes de 4 mètres, ce qui sera le même écartement, d'axe en axe, des miroirs MG et MD; en outre, on marquera sur cette planche le milieu B de la distance qui sépare les deux raies.

L'instrument sera, au préalable, réglé le mieux possible en mettant les leviers L bien perpendiculaires à l'axe XX', ce que l'on reconnaîtra à des repères placés convenablement, visibles de l'extérieur; cela donnera très approximativement aux miroirs extrêmes la position de  $45^\circ$  par rapport à l'axe XX'. Alors on raccourcira ou on allongera les tringles I, jusqu'à ce que l'index soit en face du zéro des divisions micrométriques.

L'instrument étant dans cet état relatif de justesse, on regardera bien perpendiculairement par-dessus, dans les miroirs MC, et on déplacera la planche longitudinalement jusqu'à ce que les raies R et R' apparaissent dans leurs

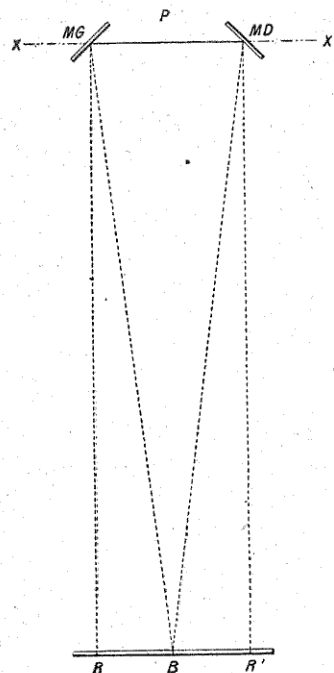


Fig. 12.

miroirs respectifs. Si les fils alignés de l'intérieur couvrent ces raies, c'est que l'instrument sera bien réglé; si ces fils se portent en dehors ou en dedans, on les ramènera en juxtaposition avec les raies en modifiant la longueur de la tringle I à l'aide de la vis différentielle IR. Nous nous trouverons avoir ainsi les rayons RG et R'D parfaitement parallèles.

Si, sans rien changer à la position de l'installation ci-dessus, nous faisons tourner l'écras micrométrique P jusqu'à ce que les miroirs extrêmes nous renvoient des rayons provenant du même point B, les index sur les divisions devront nous indiquer un degré qui correspondra à la distance de

100 mètres. On comprend qu'on opérera de même pour les vérifications de toutes autres distances, à la condition, pour les grandes, de faire, sur la planche, les raies suffisamment visibles ou de les remplacer par des jalons. On comprend encore que, si l'appareil, au lieu d'être placé horizontalement, est vertical, il se comportera optiquement de la même manière; les distances alors seront des mesures de hauteur.

En résumé, on peut considérer cette première fonction

de l'instrument comme un agrandissement de la distance binoculaire qui sépare les deux yeux; au lieu de 62 millimètres, mesure que l'on trouve ordinairement, mais qui peut varier d'une personne à l'autre, nous disposons d'un écartement de 4 mètres entre miroirs extrêmes, soit environ 65 fois plus que dans l'écartement naturel. On peut dire que les yeux de l'opérateur sont reportés aux deux bouts de l'envergure du catachros, et il vient de suite l'idée de les éloigner davantage encore; mais pour le moment, surtout dans les premiers essais, nous estimons qu'il est préférable de les laisser à 4 mètres.

### *Mouvement oscillatoire*

Nous savons que le *catachros* doit aussi mesurer la vitesse du sol, fonction que l'on pourrait comparer à un gigantesque *compas aérien* dont les pointes enjamberaient les distances terrestres, tandis que la tête serait tenue par l'aviateur. Pour ne pas démentir cette comparaison, il faudra que la partie de l'instrument qui va nous occuper soit capable de répondre à toutes les exigences des vents pendant le vol des avions.

*Articulations du tube U'.* — Précédemment, nous avons vu que, sur les deux tubes longitudinaux, celui de l'intérieur pivote selon un axe  $XX'$  dans le tube qui le renferme. Aux extrémités, ce sont les tourillons  $T'$  qui tournent dans les douilles  $T$  concentriques aux couvercles  $B$  qui ferment le tube  $U$ . Au milieu de la longueur des tubes nous trouvons, sur les figures 3, 8 et 13, une pièce coudée  $F$  dont le talon est fixé sur le socle et qui, par des ouvertures appropriées, pénètre dans les tubes  $U$ ,  $U'$ ,  $U''$  et  $U'''$ , jusqu'à l'axe  $XX'$ ; là, cette pièce formant chape est percée d'un trou ayant le centre rigoureusement sur l'axe ci-dessus; et c'est à ce troisième point que pivote encore le tube  $U'$ .

A cause de l'ouverture qui a été pratiquée dans le tube  $U'$

pour permettre le passage de la pièce F, il a été nécessaire de renforcer ce tube par un autre U''' qui y rentre juste intérieurement. Une traverse verticale et diamétrale TD, avec empattement à ses bouts tient par des rivures contre les parois des tubes U' et U''' et les réunit; cette pièce est percée, au centre, suivant la ligne de l'axe XX' et vient s'articuler dans la chape de la pièce fixe F. De la sorte, le pivotement des tubes U est assuré complètement; mais pour le provoquer, le limiter et le rendre uniforme, il a fallu le bras de levier BO qui s'adapte, à l'aide de deux vis, sur la pièce TD, après coup et lorsque le tube U' est en place dans le tube U. Ce levier est commandé, ainsi que nous le verrons bientôt, par un autre levier dépendant du mouvement d'horlogerie.

On comprend maintenant que ce montage successif des pièces du milieu (fig. 3, 8 et 13) ne peut avoir lieu que de la manière suivante :

1° Lorsque le tube U' est garni préalablement de tout ce qui le concerne à ses deux extrémités, on le met pour le faire pivoter entre les deux couvercles du grand tube U;

2° Ce dernier tube étant fermé et assujéti sur son châssis, on introduit la pièce coudée F que l'on visse par sa base sur le bâti et que de l'autre bout on articule à la pièce TD avec l'axe qui leur est commun;

3° Comme la chape de la pièce F est suffisamment fendue, on fait passer le levier BO pour le joindre à la traverse TD à l'aide de deux vis;

4° Il ne reste plus qu'à poser le miroir double MC contre les oreilles de la pièce F, ce que l'on fait depuis la lucarne J en vissant du côté opposé.

*Mouvement d'horlogerie.* — Tous les rouages du mouvement sont contenus dans la boîte rectangulaire H supportée par des colonnes sur le bâti commun (fig. 13). Nous expliquerons simplement qu'ils sont combinés pour une durée d'environ quatre heures et qu'un signe, apparaissant à l'extérieur, avertit l'opérateur lorsque le moment du remontage

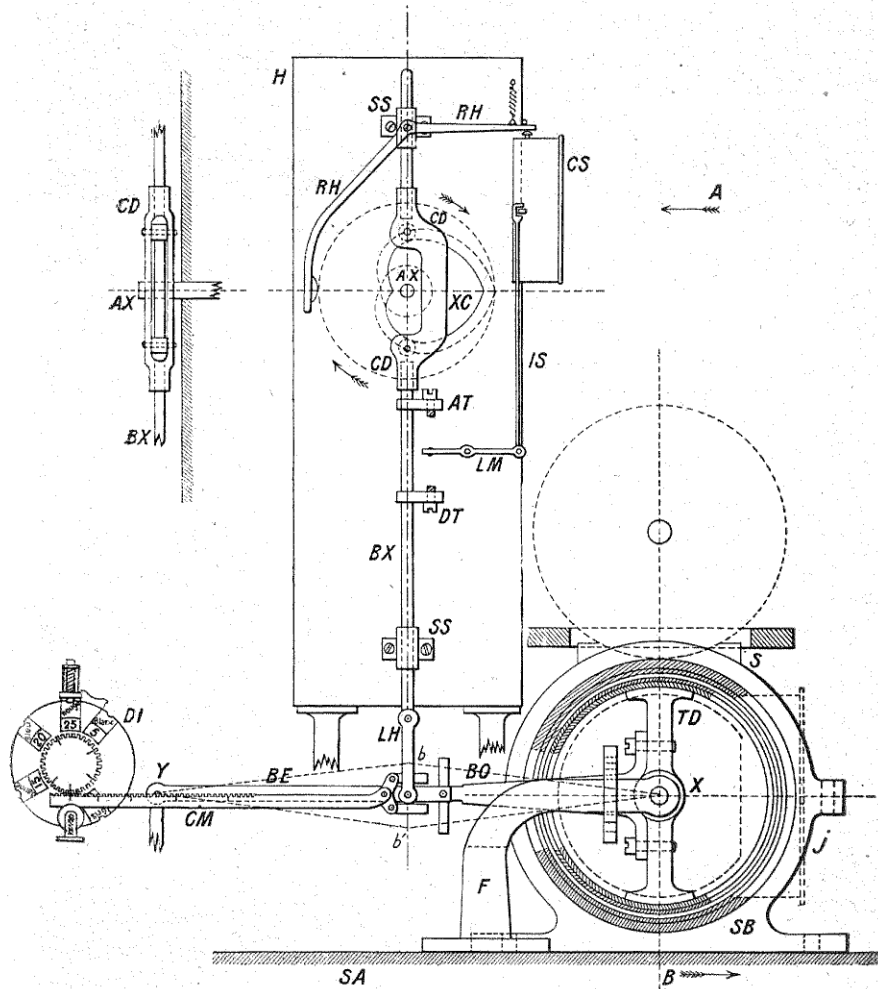


Fig. 13.



du ressort est arrivé. L'accélération ou le ralentissement du mouvement a lieu à l'aide d'un modérateur à frottement, à volant avec des ailettes extensibles, ou par tout autre moyen parmi ceux bien connus des horlogers. Le remontage, le ralentissement ou l'arrêt complet du mouvement ont lieu, depuis la place de l'observateur, par l'intermédiaire de doubles poulies et de petits câbles métalliques dont nous avons donné l'explication précédemment et tels qu'on les trouve sur les figures 10 et 11, sauf les dimensions appropriées à chaque usage. Celles de ces doubles poulies qui ont rapport au mouvement sont placées dans les rouages à l'endroit le plus commode pour leur emploi et les petits câbles vont les y rejoindre. On voit sur la plaque de devant un compte-secondes CS, dont le mécanisme est indépendant et remonté à distance par l'opérateur, de la même manière indiquée ci-dessus.

Tous les effets du mouvement intérieur de la boîte se traduisent à l'extérieur par la rotation du bout de l'arbre AX, sur lequel est calé l'excentrique en cœur XC, qui tourne ainsi, selon le sens indiqué par les flèches, dans un cadre CD à galets, emmanché sur une barre de direction BX. Cette dernière barre coulisse dans des glissières SS et fournit, sous l'effort de l'excentrique, une course rectiligne et uniforme de 25 millimètres. Cette course est communiquée au levier BE par l'intermédiaire d'une bielle LH, et les oscillations du tube U se trouvent ainsi assurées, aussi bien que limitées dans leurs amplitudes, par l'articulation variable de son levier BO avec le levier BE.

Mais les oscillations seront de durées très inégales et toujours subordonnées à la hauteur et à la vitesse de l'avion; nous pouvons en prévoir douze par minute au maximum et une au minimum; il faudra donc mesurer exactement les temps écoulés pendant qu'elles se produiront. C'est ici que le compte-secondes va rentrer en combinaison avec le mouvement alternatif de la barre de l'excentrique et son mouvement circulaire. Tels qu'on les trouve sur la figure 13, ces organes sont au milieu de leur course, et les leviers BO

et BE sont horizontaux. La flèche du haut représente la direction de la translation de l'avion. La vitesse du sol sera donc supposée allant en sens inverse, selon la flèche B du bas, ainsi que la partie utile de l'oscillation du catachros, qui ira de l'avant à l'arrière et permettra, pendant toute sa durée, l'observation d'un seul point fixe du sol. Cette amplitude, d'une variabilité connue, que la figure 13 indique en pointillé dans son maximum, qui intéresse et qui utilise les moyens optiques, est déterminée par le triangle en pointillé  $bXb'$ , dont nous connaissons tous les éléments, sauf la durée de l'amplitude  $bb'$  que le compte-secondes nous donnera, et nous allons examiner comment.

Lorsque l'excentrique, quittant la position qu'il occupe sur la figure 13, continuera à tourner jusqu'à fond de course, il marquera la fin de l'amplitude  $bb'$  pour commencer celle qui s'en retourne vers l'avant. Au même instant, le doigt AT, fixé sur la barre de l'excentrique, appuiera sur le bout du levier LM qui basculera et, par son autre extrémité, poussera la tringle IS vers le bouton d'arrêt du compte-secondes, qui demeurera ainsi inactif et permettra à l'opérateur de lire sur son cadran le nombre de secondes écoulées pendant l'amplitude précédente  $bb'$ . Mais ce ne sera que pendant un quart de tour, car la pointe de l'excentrique, continuant à tourner, rencontrera et repoussera le bossage que porte le bout incliné du levier coudé RH, qui par son autre bras horizontal pressera sur le bouton supérieur de la boîte du compte-secondes, ce qui remettra immédiatement les aiguilles à zéro.

Aussitôt le dernier quart de tour accompli, la pointe de l'excentrique revenue en haut de sa course déterminera de nouveau le commencement d'une autre amplitude  $bb'$ ; simultanément le doigt DT, par l'intermédiaire du levier LM et de la tringle IS, remettra le compte-secondes en marche, pour ne l'arrêter avec le doigt AT qu'à la fin inférieure  $b'$  de cette course. Et ainsi de suite pour toutes les oscillations qui se succéderont.

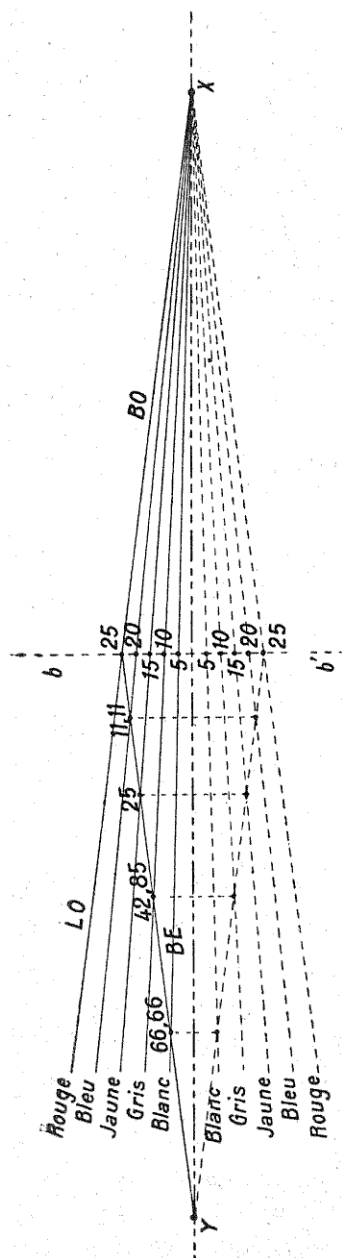


Fig. 14.

*Variations de l'amplitude  $bb'$ .* — Mais l'excentrique continuera à tourner en fournissant une course toujours égale et en entraînant le levier BE avec des amplitudes d'oscillation invariables; tandis que le levier BO sera sujet à variations pour produire, au bout de sa longueur théorique, des amplitudes de 25, 20, 15, 10 et 5 millimètres.

Les leviers sont placés en face l'un de l'autre, ainsi qu'on le voit sur la figure 13; leurs axes de pivotage X et Y sont également opposés et se trouvent sur une même ligne horizontale. La longueur du levier BE est effectivement limitée à 100 millimètres par son axe Y et par son articulation à la bielle LH. Il n'en est pas de même, quant au levier BO, dont la longueur part du centre X et se termine virtuellement en un point situé à 100 millimètres sur ce levier; cette longueur dans les calculs se trouvera rationnellement invariable et marquera la place et le développement de  $bb'$  avec lequel elle coïncidera.

Lorsque l'excentrique sera

au milieu de sa course, position indiquée dans la figure, la longueur totale des deux leviers aura donc 200 millimètres entre les deux axes Y et X et leur milieu sera situé dans la ligne verticale qui passe par la barre de l'excentrique et par la bielle LH.

Avec la figure 14, nous expliquerons mieux à quel résultat il nous faut arriver : la ligne LO est le prolongement du levier BO; l'excentrique est supposé en haut de sa course et par conséquent le levier BE s'y trouve aussi. On voit sur la ligne  $bb'$  les diverses valeurs à donner à son amplitude, et le pointillé, au-dessous de la ligne YX, indique le fond de la course. Le levier BE accomplit invariablement son déplacement angulaire de 25 millimètres; si le levier BO se trouve entraîné à son extrémité virtuelle qui passe par  $bb'$ , son amplitude sera égale aussi à 25 millimètres. Mais, si le prolongement LO est articulé en un point quelconque sur la longueur du levier BE, l'oscillation de BO sera moindre et diminuera de plus en plus lorsque l'articulation se rapprochera de l'axe Y, où évidemment elle deviendra nulle. Il est donc possible de trouver sur le levier BE les positions d'une articulation qui correspondront aux diverses valeurs que nous nous proposons de donner à  $bb'$ . Nous verrons par la suite comment nous avons solutionné théoriquement cette question, ainsi que la signification des couleurs écrites au bout de chaque ligne limitant les amplitudes.

*Dispositions des organes.* — Dans la figure 15 nous verrons à une plus grande échelle tous les organes qui composent le mouvement des leviers. Nous allons retrouver le levier BE avec toutes les pièces qui l'accompagnent : la bielle courte LH, qui lui communique le mouvement alternatif, affecte la forme d'une double chape; par le bout supérieur, un axe la relie à la barre de l'excentrique, et par le bas elle embrasse les deux branches du levier BE, auxquelles elle s'articule par les deux tourillons que l'on remarque de face, en coupe et en plan. Les deux branches du levier BE sont réunies ensemble à leur point de pivotage Y

et aussi, à leur bout, par le collier CE qui les maintient à leur écartement. Dans l'intervalle de ces bras, coulisse une pièce LS, d'un bout à l'autre; elle est évidée à l'intérieur pour recevoir une deuxième pièce qui y pivote autour de deux goujons; cette dernière pièce est, de plus, percée rectangulairement pour livrer passage à la lame LO et la laisser coulisser librement dans son intérieur; cette lame LO n'est autre que le prolongement du levier BO. Toutes ces pièces sont vues de face, en coupe et en plan sur le groupe des figures 15.

La pièce LS, à la fois coulisse et glissière, a pour fonction de maintenir la lame LO dans la position qui lui sera assignée, en l'obligeant d'y pivoter, pour obtenir l'amplitude de  $bb'$  que l'on désire employer. Pour arriver à cela, cette coulisse est dépendante d'une crémaillère CM qui, elle-même, reçoit le mouvement d'un pignon appartenant au disque DI. Toutes ces dispositions se trouvent encore dans le groupe des figures 15.

Le plateau DI demande une explication spéciale : il tourne autour d'un arbre fixé sur un bâti, solidaire du bâti général, et qui porte aussi l'axe Y, le galet GT, ainsi que le petit système VV. Derrière le plateau sont ménagées deux poulies jumelles, semblables à celles que l'on voit sur la figure 10, dans lesquelles s'enroulent les deux bouts d'un petit câble métallique souple qui va aboutir à un bouton moleté, de même forme que celui représenté par la figure 11, placé à portée de la main de l'opérateur. Le galet GT soutient la crémaillère engrenée sous le pignon, avec un peu de jeu nécessaire à ses mouvements obliques, mais rattrapé par un ressort à boudin qui maintient les engrenages toujours en contact. Le petit système VV consiste en un taquet d'arrêt, duquel descend une sorte de verrou à bout arrondi qui, poussé par un ressort à boudin, s'engage contre la circonférence du disque dans des entailles également arrondies; le ressort est assez fort pour tenir momentanément le disque au cran d'arrêt, mais il cède facilement par la traction du fil métallique enroulé derrière, sur la

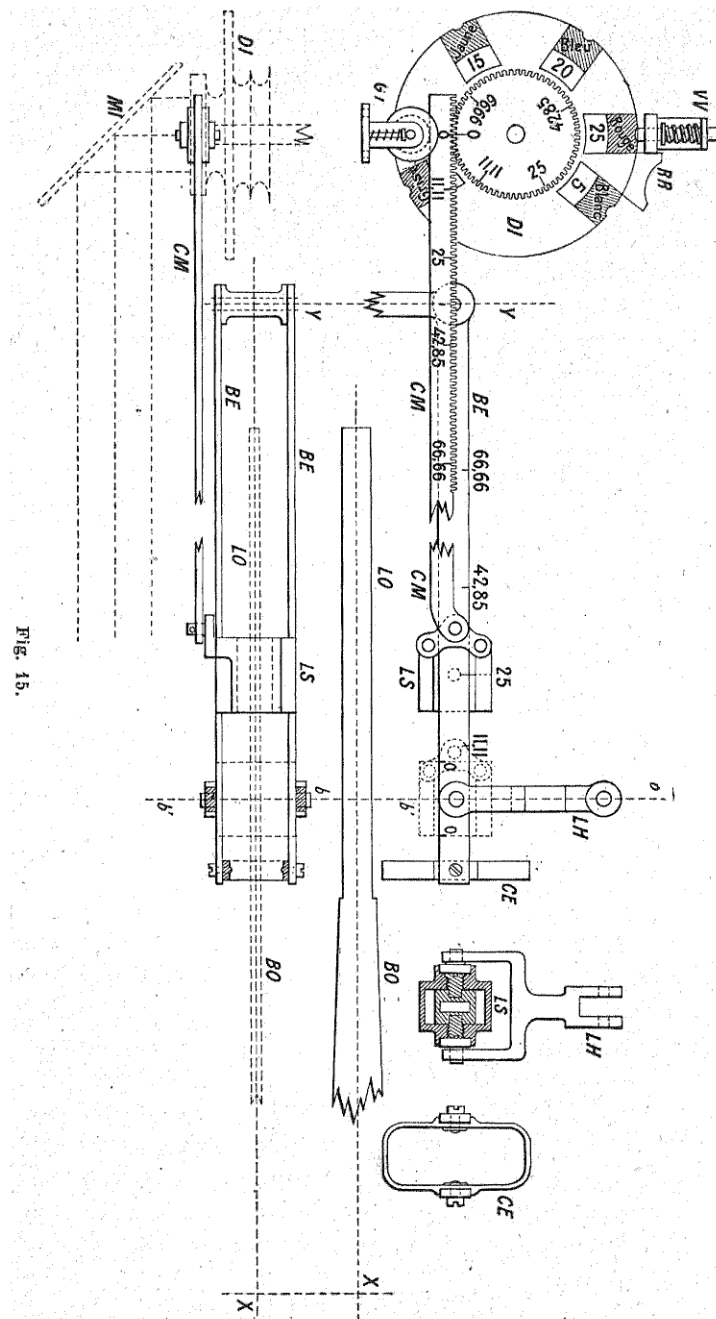


Fig. 15.

poulie, lorsque l'opérateur veut changer de cran. Le plateau porte à sa circonférence une oreille RR qui vient buter, d'un côté, contre le taquet, mais qui, vers la fin de sa révolution, va s'arrêter du côté opposé, marquant ainsi deux points extrêmes au mouvement angulaire du plateau et à la course de la crémaillère.

Il s'agit de graduer la crémaillère en même temps que la face du pignon, l'un ne marchant pas sans l'autre, afin d'amener et tenir à sa place la coulisse LS dans la longueur du levier BE. D'abord ce levier aura été gradué, lui-même, selon les indications fournies par la figure 14, qui pour cette opération peut être regardée comme un schéma : la coulisse étant au milieu (fig. 15), à l'endroit où elle est tracée en pointillé, logée dans la bielle LH et à cheval sur  $bb'$ , doit être considérée comme occupant la place neutre; et, en effet, étant sans action sur la variabilité des leviers,  $bb'$  se trouvera avoir la même valeur que la course de l'excentrique; en suivant ce pointillé, aux bords de la coulisse, nous ferons donc deux traits, en bas, sur la face du levier, et nous les marquerons zéro, ainsi qu'on le voit à la figure 15. A partir du milieu de ces deux points, où se trouve l'axe de l'articulation du levier avec la bielle LH, nous porterons sur ce levier BE, la distance de  $11^{\text{mm}} 11$  que nous marquerons; ensuite nous fixerons, à 25 millimètres, la troisième position et nous y ferons glisser la coulisse LS, en faisant coïncider son centre de pivotage avec la marque 25, telle qu'elle se trouve sur la figure. On comprend que nous tracerons, de même, sur le levier BE, les autres distances : 42,85 et 66,66.

Nous laisserons la coulisse à cette même place, et nous couperons la crémaillère afin qu'elle ne gêne pas notre démonstration. Toutes les divisions que nous avons tracées et marquées, de droite à gauche, sur le levier BE, nous les répéterons sur la crémaillère CM, mais de gauche à droite. Préalablement, le pignon ainsi que sa crémaillère auront été taillés avec soin. Le diamètre du pignon devra être assez grand pour que sa circonférence puisse fournir le développe-

ment de toute la partie de la crémaillère graduée, plus la largeur du taquet de la pièce VV et celle de l'oreille RR. Pratiquement, on pourra donner au pignon 24 millimètres de diamètre, soit une circonférence de  $75^{\text{mm}}40$ ; lorsque, depuis le point zéro, on aura développé les  $66^{\text{mm}}66$  nécessaires à la crémaillère, il restera sur le pignon un espace neutre de  $8^{\text{mm}}74$  et à la circonférence du disque  $18^{\text{mm}}29$  pour la place du taquet et de l'oreille, si le diamètre de ce disque est de 50 millimètres.

Ensuite nous mettrons le plateau dans la position qu'il occupe sur la figure 15, l'oreille appuyant bien contre le taquet avec le verrou engagé dans son cran. Sous la largeur du taquet, nous descendrons parallèlement deux traits; nous teindrons en rouge le haut de l'intervalle et nous inscrirons au-dessous 25 qui est la course de l'excentrique en même temps que la valeur maximum de  $bb'$ ; sur la face du pignon, en un point diamétralement opposé, nous ferons un trait que nous marquerons zéro et nous placerons exactement la crémaillère graduée au-dessous afin que les deux points zéro coïncident parfaitement. La crémaillère, se trouvant dans cette dernière position, devra avoir une longueur précise pour permettre à la coulisse LS d'occuper la place tracée en pointillé et marquée aussi zéro; cette condition est essentielle.

Cela acquis, nous ferons tourner un peu le plateau jusqu'à ce que la marque 11,11 soit bien engrenée et nous la reproduirons sur la face du pignon; sous le taquet nous ferons un cran bien juste pour recevoir le verrou et nous poserons la teinte bleue ainsi que le chiffre 20. En tournant encore, le pignon entraînera la crémaillère jusqu'à la marque 25 que nous transcrirons également sur sa face, sans oublier le cran pour le verrou, la teinte jaune et le chiffre 15. Il sera fait ainsi pour les deux autres graduations 42,85 et 66,66, pour lesquelles on pratiquera des crans sous les verrous et où on placera respectivement les teintes grise et blanche avec les chiffres 10 et 5. Ce dernier indique le mini-



mum de  $bb'$ ; le côté de l'oreille RR devra bien s'appuyer contre le taquet VV.

Si maintenant nous faisons accomplir au plateau sa révolution complète, en l'arrêtant à chaque cran, il faudra que successivement tous les points coïncident et que tous les chiffres concordent : pignon avec crémaillère et crémaillère-écouisse avec levier BE. Il est essentiel de remarquer que nous avons raisonné avec les leviers placés horizontalement en ligne droite et que pendant les oscillations ils prendront l'une des positions indiquées sur la figure 14. La crémaillère CM aura son centre d'oscillation au contact des engrenages et sur la ligne des axes Y et X, le bridage qui pourrait résulter de ses obliquités sera empêché par le jeu et le ressort du galet. L'écartement de ce centre avec l'axe Y n'apporte que des différences négligeables dans les valeurs de  $bb'$ ; il en est de même pour les arcs décrits par les leviers, ce qui nous a permis de les considérer comme des lignes droites, qui nous ont donné des approximations tout à fait suffisantes.

L'aviateur, en tournant son bouton moleté, mettra le plateau à la couleur qui conviendra à son opération, mais pour qu'il voie bien toutes ses manipulations de réglage, un miroir MI placé à  $45^\circ$  viendra mettre droit devant lui la face du plateau et tous ses mouvements. On trouvera cette disposition, en plan et en pointillé, au bas de la figure 15. Il faudra observer que l'emploi d'une glace entraînera la nécessité de renverser la forme des gros chiffres inscrits sur le plateau indicateur, mais le miroir les redressera.

*Tracé de l'excentrique en cœur.* — Cet excentrique (fig. 16), quelquefois employé dans les combinaisons mécaniques, a la propriété de fournir un mouvement alternatif rectiligne et surtout *uniforme*, condition indispensable dont notre instrument a besoin. C'est pour cette raison que nous l'utilisons, et, pour les constructeurs qui ne se rappelleraient pas bien la manière de le tracer, voici quelques explications sommaires.

Sur la ligne  $XX'$ , prise comme axe de l'excentrique, on prend  $O$  comme centre d'où partiront les rayons vecteurs. Le centre  $O$  indique aussi le bout de l'arbre sur lequel sera calé l'excentrique.

La course de l'excentrique sera de 25 millimètres.

On prendra une ligne neutre  $NN'$  d'une longueur suffisante d'après les nécessités du montage de l'excentrique sur l'arbre  $O$ . Pour le cas présent elle sera de 20 millimètres de diamètre.

Sur la figure 16, l'excentrique est tracé de grandeur d'exé-

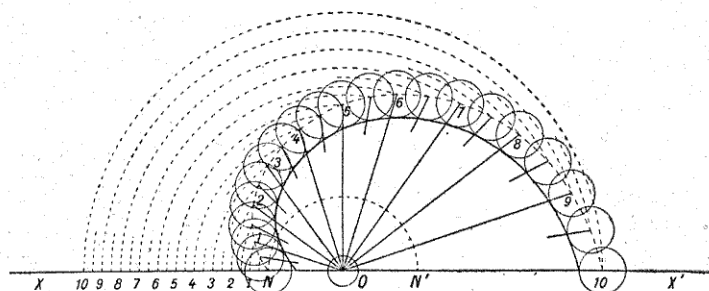


Fig. 16.

cution, sauf de petites erreurs de reproduction, s'il s'en produit.

On portera la course de 25 millimètres sur la ligne  $XX'$  à gauche en partant de  $N$  et on la divisera en dix parties et demi-parties. Avec  $O$  comme centre on décrira sur la ligne  $XX'$  les arcs  $N$ , 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10.

Au-dessus de la ligne  $XX'$  on divisera l'espace angulaire en dix parties égales, ce qui donnera 18 degrés pour chacune d'elles; du centre  $O$  on mènera autant de rayons vecteurs, que l'on arrêtera à la circonférence qui leur correspondra, de sorte que l'on aura  $O1$ ,  $O2$ ,  $O3$ ...

On sait que la courbe qui résulte de ce tracé est une spirale d'Archimède, de progression arithmétique, autant pour les rayons que pour les angles.

La figure ne montre que la moitié du cœur de l'excentrique; l'autre moitié, en dessous de l'axe  $XX'$ , sera absolument semblable et symétrique. On remarquera que la somme de deux rayons vecteurs diamétralement opposés est la même dans tout l'excentrique et qu'elle a pour mesure la course réelle  $N 10$  plus la distance neutre  $NN'$ , c'est-à-dire 45 millimètres.

Les petites circonférences que l'on voit au bout des rayons vecteurs sont celles des deux galets du cadre de l'excentrique, et la courbe intérieure tangente à toutes les positions de ces galets est la courbe véritable d'exécution que doit avoir le cœur de l'excentrique.

Pour faciliter le tracé de cette courbe, il a été mis des points intermédiaires entre les circonférences et les rayons vecteurs ci-dessus.

On remarquera que la courbe tangente intérieure donne par rapport aux axes des galets, exactement la même course de 25 millimètres que la courbe théorique qui passe par les centres des galets.

Les galets sont représentés sur la figure avec 6 millimètres de diamètre, mais on pourrait leur donner 10 millimètres s'il le fallait sans rien changer à la courbe théorique, la course de 25 millimètres resterait la même.

### *Légende explicative et principales données pour la construction*

Les gros tubes  $U$ ,  $U'$ ,  $U''$ ,  $U'''$  sont en aluminium.

Tube  $U'$  diamètre intérieur 90<sup>mm</sup>, avec une épaisseur de 1<sup>mm</sup>. Diamètre extérieur 92<sup>mm</sup>.

Tube  $U$  diamètre intérieur 95<sup>mm</sup>, épaisseur 1<sup>mm</sup> 5, diamètre extérieur 98<sup>mm</sup>.

Jeu circulaire entre les tubes  $U$  et  $U'$  1<sup>mm</sup> 5; soit 3<sup>mm</sup> diamétralement.

Le tube  $U''$ , qui manchonne et consolide le tube  $U$ , a 3<sup>mm</sup>

d'épaisseur, une longueur de  $55^{\text{cm}}$  à  $75^{\text{cm}}$  et est taillé en sifflet à ses extrémités. Ils sont assemblés l'un dans l'autre avec de la gomme laque, de l'arcanson ou avec de petites rivures.

Le tube  $U'''$  a  $1^{\text{mm}}$  d'épaisseur et environ  $32^{\text{cm}}$  de longueur, il renforce intérieurement le tube  $U'$  à l'endroit percé. Ces deux tubes sont retenus ensemble comme les précédents.

Écartement des miroirs MG et MD d'axe en axe = 4 mètres.

Les miroirs seront en bronze dur, spécial à l'optique, pour éviter toute réfraction nuisible.

Longueur du levier L, entre les centres des articulation =  $40^{\text{mm}}$ .

Longueur totale du levier  $L'$  de centre à centre =  $40^{\text{mm}}$ . Grand bras =  $32^{\text{mm}}$ ; petit bras =  $8^{\text{mm}}$ .

Longueur totale du levier  $L''$  =  $104^{\text{mm}}$ . Grand bras =  $83^{\text{mm}}$  2; petit bras =  $20^{\text{mm}}$  8.

Multiplications des leviers L,  $L'$ ,  $L''$ , depuis le pivotage du miroir MG jusqu'à la tringle I =  $40 \times 4 \times 4 = 640^{\text{mm}}$ .

Écartement binoculaire naturel =  $62^{\text{mm}}$  applicable au miroir MC et au double tube BI.

Vis micrométrique en acier : diamètre à la pointe des filets =  $7^{\text{mm}}$ . Pas à gauche et pas à droite = 5 dixièmes de millimètre.

Arbre écrou en acier : fileté très juste, à gauche et à droite. Diamètre =  $11^{\text{mm}}$ .

Disque gradué : diamètre  $100^{\text{mm}}$ . Circonférence divisée en 100 parties ou degrés; soit  $3^{\text{mm}}$  142 pour chacun.

Index N : amplifie huit fois. Partie inférieure circonférentielle taillée à 5 dixièmes.

Levier BO : exactement  $100^{\text{mm}}$ , depuis son centre de pivotage jusqu'au centre virtuel, la lame LO en plus.

Levier BE :  $100^{\text{mm}}$  d'une articulation à l'autre.

Course de l'excentrique =  $25^{\text{mm}}$ . Galets  $6^{\text{mm}}$  de diamètre. Écartement de l'un à l'autre =  $45^{\text{mm}}$ . Excentrique, galets et axes en acier dur.

La durée du mouvement de l'horloge sera de quatre heures environ, à vitesse moyenne.

Le modérateur de l'accélération ou du ralentissement du mouvement devra agir, afin que l'arbre AX, qui porte l'excentrique, fasse un maximum de 12 tours par minute et un minimum de 1 tour. Il fera et maintiendra aussi l'arrêt complet du mouvement.

L'oscillation est déterminée par un triangle isocèle, dont les deux côtés égaux ont 100<sup>mm</sup> et le troisième 25, 20, 15, 10 ou 5<sup>mm</sup>, selon la jonction des leviers.

### *Observations et remarques*

Nous sommes maintenant en possession de tous les moyens dont nous avons besoin pour exécuter l'instrument nécessaire à l'arpentage terrestre, depuis l'avion; il s'agit de le réaliser par une construction solide et de grande précision. Par l'examen de toutes les figures qui précèdent nous connaissons la fonction et la forme de chaque organe; mais cela ne suffit pas, certaines de ces figures, sauf le n° 16, bien qu'à des échelles très approximatives, sont restées quelque peu schématiques. Il sera donc indispensable de dresser soigneusement des dessins d'exécution très bien étudiés, autant pour l'ensemble général que pour chaque pièce en particulier, en ne perdant pas de vue que la légèreté jointe à la solidité est la condition *sine qua non* en avionnerie.

Il ne faut pas espérer réussir à produire un instrument de ce genre au premier essai, il faudra de la persévérance et savoir éliminer les défauts en utilisant les perfectionnements que la pratique indiquera. Tous les avions ne seront pas du même type ni de mêmes dimensions; il faudra donc que les bâtis des catachros soient en conformité avec les formes et les positions des pièces qui composent les corps des avions.

Une fois en l'air, il faudra s'attendre à des vibrations de

la part des moteurs mal équilibrés; si leurs trépidations étaient trop accentuées, il faudrait les réformer sans hésiter, car ils empêcheraient toute observation avec le catachros et avec tout autre instrument, d'ailleurs. On devra éviter les flottements de certaines parties de la voilure, qui se produiraient inévitablement, si elles étaient mal assujetties. Les sifflements des tendons et autres pièces seront aussi à craindre lorsqu'elles seront aux prises avec le vent, créé par la vitesse de l'avion. Pour remédier à ces inconvénients, on isolera l'instrument avec des tampons ou des suspensions en caoutchouc. La netteté des images ne sera pas toujours parfaite, mais peu importera si leur fixité dans l'alignement des fils est obtenue.

Dans le genre de catachros ci-dessus décrit, que nous conseillons de construire et d'essayer avant toute autre tentative, nous avons supprimé la jumelle proposée dans le modèle qui fait l'objet de la note n° 13 du livre *l'Aviation Militaire*; avec l'emploi des curseurs d'alignement on peut effectivement viser assez bien à l'œil nu, tandis qu'avec la jumelle ordinaire, ces fils tendus resteraient presque invisibles. Il ne faut pas en effet songer à introduire dans ces lunettes des fils d'aucune sorte, sous forme de curseurs ou de réticule, car elles sont du système Galilée, et on sait que dans l'intérieur de ce système il n'y a aucun point focal. Lorsque plus tard on voudra se servir de jumelles en combinaison avec des fils d'alignement, il faudra les approprier tout spécialement en adoptant le genre instrument à oculaire, telles que sont les lunettes terrestres, de manière à pouvoir placer intérieurement un réticule portant des fils croisés. Nous ferons observer que, dans l'appareil optique qu'on emploiera, le redressement de l'image ne sera pas indispensable, pourvu qu'elle se présente nette et grossie dans l'alignement des fils.

Aucune appréhension ne doit subsister au sujet de l'emploi des miroirs dans les instruments de mesure; depuis longtemps on utilise les propriétés qui résultent de la réflexion de la lumière; moyen rigoureusement exact, s'il

provient de surfaces polies absolument planes. Nous avons préconisé les miroirs en bronze et nous les conseillons encore, mais, si les difficultés de fabrication ou d'emploi deviennent un empêchement, on pourra avoir recours aux glaces bien dressées et soigneusement étamées. Les miroirs sont très employés dans les instruments d'optique pour l'astronomie et la marine, avec des fonctions toutes différentes de celles qui nous occupent, il est vrai, mais rien ne s'oppose à ce que, dans les avions, ils rendent les mêmes services.

Il serait prématuré, quant à présent, de prévoir les limites extrêmes qu'atteindront les dimensions et la puissance des avions torpilleurs futurs et par suite les poids des torpilles : arriveront-elles à 1.000 kilos? En regard de ce gros chiffre, aucun perfectionnement ne serait superflu dans les instruments de mesure, pour aider à utiliser sûrement de pareilles charges explosibles. Aussi dans ces cas n'hésiterions-nous pas à porter l'écartement binoculaire du catachros à 6 mètres, même à 8 mètres, d'un miroir extrême à l'autre, en augmentant les diamètres des tubes et en les soutenant en tous sens, s'il le fallait, par des haubans. Quant à la hauteur pratique à observer pour l'emploi de l'instrument, nous croyons qu'elle sera très efficace entre 500 et 1.000 mètres; au-dessus, elle deviendra de plus en plus difficile à obtenir et incertaine; mais les gros torpilleurs ne monteront jamais très haut.

## DEUXIÈME PARTIE

### Bases des mesures et des calculs

---

Pour qu'une quantité soit mesurable, il faut d'abord qu'elle soit parfaitement définie et qu'elle puisse ensuite être comparée à une unité de mesure. Pour l'évaluation de la hauteur des avions et de leur vitesse par rapport au sol, comme terme de comparaison, nous avons adopté le catachros lui-même, et conséquemment nous l'avons combiné et établi pour qu'il puisse répondre à cette double fonction.

#### *Mesure de la hauteur*

*Angle binoculaire.* — Cet angle, dénommé en physique *angle optique*, devient de plus en plus aigu lorsque l'objet visé s'éloigne des yeux; et, lorsque l'éloignement est devenu très grand, l'angle est considéré comme nul et les deux lignes qui le formaient comme parallèles. C'est donc cette position des lignes que nous avons prise comme zéro; et en n'en envisageant qu'une, celle de gauche, nous la considérerons comme verticale et perpendiculaire à l'axe du catachros, supposé horizontal.

Dans la figure 17, soient  $XX'$  l'axe du catachros et  $GT$  la verticale qui lui est perpendiculaire. Plaçons le miroir  $MG$  à  $45^\circ$  sur la ligne  $GC$  qui fait partie de l'axe  $XX'$ ; il se trouvera aussi à  $45^\circ$  par rapport à la verticale  $T$ ; nous savons que le levier  $L$ , faisant corps avec ce miroir, est également à  $45^\circ$  relativement à sa face polie. Conséquemment nous trouverons encore la normale  $N$  du miroir, à  $45^\circ$





figure 17. Considérons un autre point terrestre B, situé sur la verticale qui descend du centre de l'instrument; pour que les rayons provenant de l'objet situé à ce point viennent en incidence sur la face du miroir et soient réfléchis selon la ligne GC, il faut que le miroir accomplisse un mouvement de rotation qui le mette dans la position représentée en pointillé; le déplacement de sa normale de N à N' sera, dans ce cas, la mesure de sa rotation. Ce sera aussi, pour le levier, le même déplacement et la même mesure, de L à L', puisque le tout est solidaire et tourne ensemble; nous désignerons par  $\alpha$  l'angle qui en résultera. Le déplacement de la normale aura formé l'angle NGN'; le nouvel angle de réflexion sera donc NGC — NGN', ainsi que le nouvel angle d'incidence BGN', son égal; pour former ces deux nouveaux angles, il aura fallu supprimer de l'angle droit deux fois l'angle situé entre les normales N et N' et la somme de ces deux angles n'est autre que l'angle BGT que nous appellerons  $\beta$ . Donc l'angle  $\beta = 2\alpha$ , et c'est cela que nous avons besoin de démontrer.

*Détermination de h.* — Nous connaissons maintenant notre terme de comparaison, que nous noterons :

$$\frac{m}{L} = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}.$$

Mais la figure micrométrique est un triangle rectangle dont un côté L restera invariablement à la valeur que nous lui avons assignée; tandis que  $m$  variable sera donné par les graduations de la vis micrométrique et déterminera  $\alpha$ .

Le triangle rectangle optique, que nous cherchons à résoudre, se compose : de la verticale CB parallèle à GT, inconnue que nous avons nommée  $h$ ; de la ligne CG, demi-envergure du catachros, que nous représenterons par Z; et de l'angle CBG désigné par  $\gamma$  égal à l'angle  $\beta$ .

Il nous reste maintenant à déterminer la valeur de  $h$ , qui représente la hauteur de l'avion. D'après ce qui précède

nous aurons la proportion

$$\frac{\sin \gamma}{\cos \gamma} = \frac{\sin 2 \alpha}{\cos 2 \alpha}$$

ou

$$\frac{Z}{h} = \frac{2 m}{L}$$

d'où

$$h = \frac{Z L}{2 m}.$$

Rappelons-nous que le pas de la vis micrométrique est de un demi-millimètre et que la graduation circonférentielle de son écrou indique la centième partie d'un filet. Tous leurs mouvements, de rotation ou de déplacement longitudinal, seront communiqués au levier L par l'intermédiaire de la tringle I, et seront fidèlement annoncés par les index sur les graduations. Nous avons dit plus haut que  $m$  représente la valeur de ce déplacement, ce qui est effectivement exact.

Cependant, pour rendre comparable et égal l'angle  $\beta$  de la figure optique avec l'angle  $\alpha$  de la figure micrométrique, nous savons qu'il faut multiplier ce dernier par 2 ou bien seulement son sinus; alors, au lieu de considérer dans les calculs les filets de la vis comme ayant un demi-millimètre, nous n'aurons qu'à leur attribuer la valeur de 1 millimètre et l'opération se trouvera ainsi toute faite. De la sorte, en nous servant des lettres convenues plus haut, la dernière expression devient :

$$h = Z \frac{L}{m}.$$

Pour le calcul des tables des angles du guide de visée, nous serons obligé de partir des degrés accusés par la vis micrométrique (1). En effet, ce seront les premiers chiffres

---

(1) Appelés « Degrés du vernier » sur la figure 34 du livre *l'Aviation Militaire*; improprement en apparence, mais cependant avec raison, car l'écrou du disque gradué et l'index amplificateur remplissent bien les fonctions de vernier.

que l'opérateur lira sur l'instrument et qui lui serviront d'indicateurs pour avoir les hauteurs et les angles de visée qui suivront sur la même ligne du tableau. Il faudra donc savoir aussi la valeur de  $m$  en fonction de  $h$  ; comme exemple, nous pouvons chercher quels seraient les degrés du vernier pour les hauteurs de torpillage des gros avions, que nous avons présumées être entre 1000 et 500 mètres. La formule dans ce cas serait :

$$m = L \frac{Z}{h}$$

et, en substituant les chiffres aux lettres, nous aurions comme degrés :

$$m = 640 \times \frac{2}{1000} = 1,28$$

et

$$m = 640 \times \frac{2}{500} = 2,56.$$

Ainsi qu'on le voit, c'est un calcul fort simple. On peut encore le simplifier en considérant que, dans toutes ces formules,  $L$  et  $Z$  sont invariables et le seront toujours pour chaque genre de catachros, on peut donc les remplacer par leur produit qui est 1280, et nous poserons finalement :

$$h = \frac{1280}{m} \quad \text{et} \quad m = \frac{1280}{h},$$

selon qu'il s'agira de la hauteur de l'avion ou des degrés du vernier.

### *Mesure de la vitesse*

Pour compléter les données des calculs à effectuer, nous avons à mesurer la vitesse de l'avion par rapport au sol; celle-ci est représentée par  $V_s$ . Nous devons nous

attendre à voir cette vitesse varier, pour ainsi dire, à chaque instant; elle dépend surtout de l'intensité des vents, desquels nous n'aurons pas à nous occuper, en tant que mesure de leur vitesse, ce qui est une grande préoccupation de moins. L'influence du moteur sera aussi à craindre; il faudra s'arranger pour tenir son allure régulière et, s'il n'en est pas capable, on devra le réformer de suite.

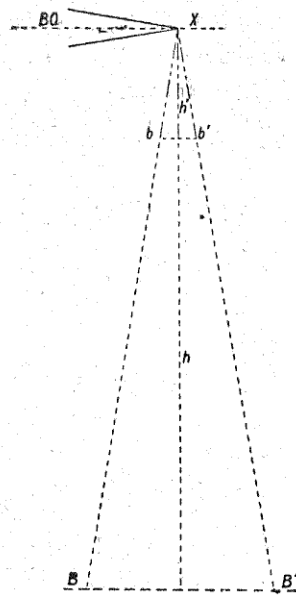


Fig. 18.

*Mesure de Vs.* — Nous avons comparé cette partie du catachros à un compas aérien, arpentant le terrain fuyant sous l'avion; pour réaliser ce mesurage, nous prendrons comme terme de comparaison l'oscillation de l'instrument, ainsi que nous l'avons annoncé (1).

Nous savons, par ce qui précède, que le tube  $U'$  pivote, sur son axe  $XX'$ , en même temps que les miroirs extrêmes, et que par la lucarne inférieure  $j'$  arrivent les rayons terrestres qui viennent se réfléchir sur ces miroirs. De sorte que tube, miroirs et rayons oscilleront simultanément. C'est le levier  $BO$  (fig. 13) qui transmet le mouvement et la durée de l'oscillation; ainsi qu'on le sait, sa position est horizontale dans l'instrument, mais sur la figure 18, nous l'avons transposée verticalement.

Nous aurions pu procéder, dans le calcul, par le déplacement angulaire du levier, mais ce serait une complication sans profit pour l'approximation qui, ainsi que nous allons

(1) Voir dans l'ouvrage *l'Aviation Militaire*, page 170, les explications antérieures concernant ce sujet.

le faire, sera très suffisante. Ce ne sera donc plus que deux triangles semblables, le petit inscrit dans le grand, que nous aurons à examiner en prenant le premier comme terme de comparaison et en ne considérant que leurs médianes, dont l'une représente la hauteur. Dès lors, toutes les lignes étant proportionnelles dans la figure, et connaissant exactement tous les éléments du triangle  $bXb'$ , nous établirons simplement la proportion

$$\frac{h'}{h} = \frac{(bb')}{(BB')},$$

d'où nous déduirons le développement de l'amplitude sur le terrain

$$(BB') = h \frac{(bb')}{h'}.$$

Il est important de constater que les distances parcourues de B à B' pendant l'oscillation demeureront invariablement en rapport avec  $h$  et  $bb'$  et qu'elles resteront toujours indépendantes de la vitesse, qu'elle provienne soit du vent, soit de l'avion. De sorte que, si  $bb'$  change de valeur, pendant une même opération, le temps  $t$  pour l'accomplir changera aussi, mais  $V_s$  demeurera invariable.

Cela nous permettra d'évaluer la vitesse que nous cherchons, quel que soit le cas, pourvu que le compte-secondes nous indique le temps écoulé pendant l'amplitude, et que nous noterons  $ts$ ; en conséquence la vitesse de l'avion par rapport à la terre sera

$$V_s = \frac{(BB')}{ts}.$$

Les besoins du calcul nous amèneront à supposer l'une de ces valeurs pour connaître l'autre et, outre la formule précédente, nous poserons encore :

$$ts = \frac{(BB')}{V_s},$$

d'où

$$ts V_s = (BB').$$

Cependant nous ne savons pas, non plus, la valeur de  $Vs t_1$ ; nous ne pourrions même la connaître réellement que lorsque, étant sur un avion, le catachros nous la montrera; force nous sera donc encore d'anticiper sur sa détermination en prévoyant les cas qui se produiront et en les calculant d'avance pour les placer, dans un tableau, sous les yeux de l'opérateur.

*Différenciation de  $bb'$ .* — Nous avons vu que la barre de l'excentrique transmet le mouvement oscillatoire à l'aide de deux leviers BE et BO. On pourrait donner à ces leviers telles longueurs égales ou inégales que l'on jugerait convenables; la manière de les calculer changerait selon les dis-

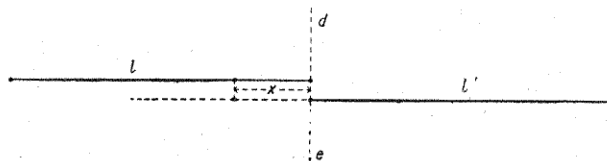


Fig. 19.

positions adoptées. Pour des raisons de simplicité, autant pour la construction que pour le calcul, nous les avons tenus égaux, c'est-à-dire que, à compter du prolongement de la barre BX de l'excentrique, sur lequel se trouvera la valeur variable de  $bb'$ , les leviers BE et BO auront 100 millimètres chacun effectivement ou virtuellement; nous savons par la description précédente comment ils sont disposés et que leurs pivotages sont opposés.

Nous reportant à la figure 19, où les leviers sont mis l'un sous l'autre pour plus de clarté, nous désignerons : le levier BE par  $l$ , le levier BO par  $l'$ , la course de l'excentrique par  $d$ , la valeur de  $bb'$  par  $e$ . La position de la pièce mobile LS qui coulisse sur le levier supérieur  $l$  et sur le prolongement du levier  $l'$ , à partir de la ligne centrale  $de$ , sera l'inconnue et nous l'appellerons  $x$ .

Nous connaissons les valeurs de  $l$ , de  $l'$  et de  $d$ ; la valeur  $e$  sera toujours une fraction convenue de  $d$ , variable selon les besoins de l'instrument. Avec ces données on peut démontrer que

$$\frac{2 l}{d + e} = \frac{l - x}{e} = \frac{l' + x}{d};$$

de ces proportions nous pouvons sortir la valeur de l'inconnue que nous cherchons; faisons-le d'abord par rapport au levier supérieur :

$$\frac{l - x}{e} = \frac{2 l}{d + e}$$

d'où nous tirerons

$$l - x = \frac{e 2 l}{d + e}$$

et

$$x = l - \frac{e 2 l}{d + e}$$

pour la valeur cherchée.

Raisonnons maintenant en ne considérant que le levier inférieur; nous trouverons

$$\frac{l' + x}{d} = \frac{2 l}{d + e}$$

qui nous donnera

$$l' + x = \frac{d 2 l}{d + e}$$

et aussi

$$x = \frac{d 2 l}{d + e} - l'$$

Ainsi qu'on le voit, la valeur de  $x$  sera la même dans les deux solutions, et il le faut en effet puisqu'elle est commune



aux deux leviers. L'une d'elles donc suffira pour les calculs; à moins qu'on ne veuille faire l'autre à titre de vérification.

Il existe bien d'autres rapports entre les leviers et leurs déplacements angulaires, entre autres :

$$\frac{l+x}{l-x} = \frac{d}{e}.$$

mais nous avons pensé simplifier en restant aux formules ci-dessus.

Quelle que soit l'ouverture de l'angle de l'oscillation, la vitesse  $V_s$  ne changera pas, mais le temps sera d'autant plus long que l'ouverture sera plus grande et que l'altitude sera plus haute. Pour cette raison nous limiterons l'observation à 15 secondes environ et c'est pour arriver à ce résultat que nous avons eu recours à l'emploi des leviers à coulisse, décrits plus haut, pour diminuer  $bb'$  dans les proportions nécessaires.

Nous avons expliqué encore que l'ouverture maximum restera égale à la course de l'excentrique, c'est-à-dire à 25 millimètres, et que par le jeu des leviers nous la réduirons à 20, puis à 15, à 10 et à 5 millimètres. Il nous sera nécessaire pour cela de connaître la position de la pièce LS à coulisse, qui correspond à ces réductions; autrement dit, la valeur de  $x$  en fonction de  $e$ . Selon la formule ci-dessus nous trouverons numériquement :

Pour  $e = 25 \text{ mm}$   
 nous aurons :  $x = 100 - \frac{25 \times 2 \times 100}{25 + 25} = 0$  (Rouge).

Pour  $e = 20 \text{ mm}$   
 nous aurons :  $x = 100 - \frac{20 \times 2 \times 100}{25 + 20} = 11,11$  (Bleue).

Pour  $e = 15 \text{ mm}$   
 nous aurons :  $x = 100 - \frac{15 \times 2 \times 100}{25 + 15} = 25$  (Jaune).

Pour  $e = 10 \text{ mm}$   
 nous aurons :  $x = 100 - \frac{10 \times 2 \times 100}{25 + 10} = 42,85$  (Grise).

Pour  $e = 5 \frac{m}{m}$   
 nous aurons :  $x = 100 - \frac{5 \times 2 \times 100}{25 + 5} = 66,66$  (Blanche).

Pour  $e = 0$   
 nous aurons :  $x = 100 - \frac{0 \times 2 \times 100}{25 + 0} = 100$ .

Nous avons donné les deux points extrêmes de la position de  $x$ , qui se trouvent aux deux bouts du levier et qui se confondent avec les axes des articulations, seulement pour limiter l'échelle du déplacement. Nous aurons donc sur le levier  $l$ , c'est-à-dire sur BE, à partir de l'articulation de la barre de l'excentrique : 0; 11<sup>mm</sup> 11; 25<sup>mm</sup>; 42<sup>mm</sup> 85; et 66<sup>mm</sup> 66; correspondant respectivement aux différences de l'amplitude  $bb'$ , au bout du levier BO considéré toujours à la même longueur de 100 millimètres.

Nous voilà maintenant en possession des principaux éléments nécessaires pour effectuer les calculs des tables des angles de visée.

### *Établissement du tableau des angles de visée*

(En lisant la note n° 14 (1) on se rendra compte de la forme qu'aura, à peu près, la boîte contenant le rouleau sur lequel seront imprimés les résultats des calculs répondant aux indications fournies par l'instrument; nous ne les répéterons pas ici, nous nous contenterons seulement de donner une coupe qui complétera la figure 34 de cette note.)

*Tableau et bande.* — Il est nécessaire que la bande entoïlée reste constamment en vue derrière la fente transversale; ce qui n'arriverait pas, parce que, au déroulement ou à l'enroulement, l'un des rouleaux se trouverait chargé de bande et l'autre pas. Nous indiquons, dans la figure n° 20, le moyen pour remédier à cet inconvénient : il n'y aura qu'à appuyer la bande contre l'ouverture E à l'aide d'une tra-

(1) Voir l'*Aviation Militaire*, p. 183.

verse T, à surface lisse, qui la maintiendra en place sans gêner son développement.

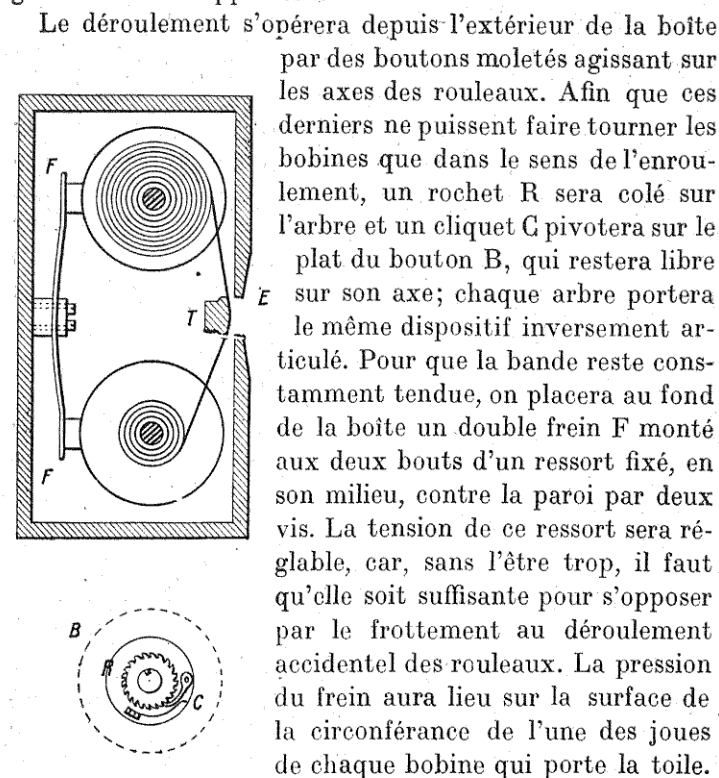


Fig. 20.

Le déroulement s'opérera depuis l'extérieur de la boîte par des boutons moletés agissant sur les axes des rouleaux. Afin que ces derniers ne puissent faire tourner les bobines que dans le sens de l'enroulement, un rochet R sera colé sur l'arbre et un cliquet C pivotera sur le plat du bouton B, qui restera libre sur son axe; chaque arbre portera le même dispositif inversement articulé. Pour que la bande reste constamment tendue, on placera au fond de la boîte un double frein F monté aux deux bouts d'un ressort fixé, en son milieu, contre la paroi par deux vis. La tension de ce ressort sera réglable, car, sans l'être trop, il faut qu'elle soit suffisante pour s'opposer par le frottement au déroulement accidentel des rouleaux. La pression du frein aura lieu sur la surface de la circonférence de l'une des joues de chaque bobine qui porte la toile.

Rappelons qu'il faudra un tableau pour chaque catégorie de torpilles,

mais que le même servira pour toutes les torpilles qui auront le même rapport  $\frac{P}{S}$ .

La bande qui se déroulera sera ordonnée ainsi que l'est le disque micrométrique gradué, c'est-à-dire que les degrés croîtront de haut en bas; mais les hauteurs correspondantes qui se trouvent dans la colonne voisine iront en décroissant; le reste de la bande sera occupé par les angles, jusqu'à la marge où se trouveront les couleurs conventionnelles indiquant les amplitudes des oscillations.

En voici la disposition qui sera la même pour toutes les autres bandes :

DEGRÉS	$h$	ANGLES	COULEURS
1,28	1000		
1,29	992		
1,30	984		
1,31	977		
1,70	750	Ligne choisie comme exemple.	Jaune.
2,53	506		
2,54	504		
2,55	502		
2,56	500		

*Calculs des bandes.* — Pour bien expliquer la méthode à suivre dans le calcul des bandes, nous établirons tout ce qui concerne l'un des degrés du vernier correspondant à une hauteur prise dans les moyennes, par exemple, 750 mètres.

D'après la formule que nous avons proposée quelques lignes plus haut, le degré qui correspond à cette dernière altitude est

$$m = \frac{1280}{750} = 1,70.$$

Nous voilà, pour commencer, en possession du degré et de la hauteur, les deux premières données indispensables qui figurent sur le tableau, ainsi qu'on le voit sur le modèle ci-dessus.

Bien que le temps ne soit pas indiqué sur les tableaux, il nous faudra le connaître pour les besoins des calculs; nous l'aurons en fonction de  $h$  et nous poserons

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ et en chiffres } = \sqrt{\frac{2 \times 750}{9,81}} = 12^{\circ}20''.$$

Comme facteurs dans les calculs, il nous est nécessaire encore d'avoir les valeurs de  $BB'$  selon les cinq variations d'amplitude de  $bb'$ , afin que nous choissions laquelle convient le mieux au cas que nous traitons; nous venons d'établir un peu plus haut les formules nécessaires dont la principale est

$$(BB') = h \frac{(bb')}{h'}$$

pour laquelle il nous faut déterminer préalablement les cinq cas de  $bb'$  représentés par  $e$  dans les calculs et par les couleurs : blanche, grise, jaune, bleue et rouge, sur les tableaux; leurs valeurs sont respectivement : 5, 10, 15, 20 et 25 millimètres. Nous aurons en chiffres :

$$BB' = \begin{cases} 750 \times \frac{5}{100} = 37,50 \text{ (Blanche)} \\ 750 \times \frac{10}{100} = 75,00 \text{ (Grise)} \\ 750 \times \frac{15}{100} = 112,50 \text{ (Jaune)} \\ 750 \times \frac{20}{100} = 150,00 \text{ (Bleue)} \\ 750 \times \frac{25}{100} = 187,50 \text{ (Rouge).} \end{cases}$$

Puisque nous destinons le tableau à un torpilleur, nous devons estimer, le plus approximativement possible, sa vitesse propre dans l'air ambiant, c'est-à-dire  $V$  que nous fixerons à 25 mètres à la seconde. Ensuite nous avons à évaluer la vitesse du vent  $V_n$  dans lequel pourra s'engager l'avion en toute sécurité; comme valeur nous pensons pouvoir arriver à 20 mètres par seconde. De ces données, probables quoique arbitraires, il ressort pour  $V_s$ , selon que l'avion volera avec vent debout ou vent arrière, un maximum de 45 mètres ou un minimum de 5 mètres pour chaque seconde.

On comprend qu'à ces deux extrêmes il faudra appliquer l'une ou l'autre des variantes de  $bb'$ , afin que la durée de l'oscillation ne soit ni trop longue ni trop courte; pour l'exemple qui nous occupe, les voici toutes les cinq : nous choisirons ensuite celle qui convient.

Dans ce calcul, nous emploierons la formule ci-dessus énoncée

$$ts = \frac{(BB')}{V_s}$$

qui nous donnera numériquement :

$$ts = \left\{ \begin{array}{l} \frac{37,50}{45} = 0''50'' \\ \frac{37,50}{5} = 7''30'' \\ \frac{75}{45} = 1''40'' \\ \frac{75}{5} = 15'' \\ \frac{112,50}{45} = 2''30'' \\ \frac{112,50}{5} = 22''30'' \\ \frac{150}{45} = 3''20'' \\ \frac{150}{5} = 30'' \\ \frac{187,50}{45} = 4''10'' \\ \frac{187,50}{5} = 37''30'' \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Blanche} \\ \\ \text{Grise} \\ \\ \text{Jaune} \\ \\ \text{Bleue} \\ \\ \text{Rouge.} \end{array}$$



Nous remarquons de suite, en ce qui concerne la couleur blanche, que le temps d'observation est trop court pour les vitesses maximum de  $V_s$ , et trop long avec le bleu et le rouge pour les vitesses minimum. Nous aurons donc à opter entre le gris ou le jaune et il sera peut-être plus aisé d'employer le *jaune*.

Le tableau dans ce cas sera disposé en conséquence et

chaque degré aura sa ligne. L'échelle du temps commencera par 2" et progressera par secondes; à la rigueur on pourra la limiter à 15", mais pratiquement il sera préférable de l'étendre jusqu'à 20", même à 25" en cas de besoin; l'expérimentation d'ailleurs décidera par la suite.

Pour le moment, continuons à former notre ligne *jaune*, pour y faire figurer les angles de visée; nous commencerons par la première de l'échelle. Nécessairement, avant tout, nous avons besoin de connaître BL, le pied de la parabole, que la trajectoire de la torpille décrira pendant sa chute. Nous avons toutes les données pour cela, acquises ou dérivant les unes des autres, car nous savons que  $BL = Vs t_1$  (1). Nous avons déjà la valeur de  $t$ , il ne reste que  $Vs$  à déterminer dans le cas présent par l'une des formules précédentes :

$$Vs = \frac{(BB')}{ts}, \text{ en chiffres } = \frac{112,50}{2''} = 56^m25$$

ne soyons pas surpris par ce dernier chiffre que nous n'atteindrons que rarement et qui est en dehors du maximum prévu.

Si nous nous reportons à la figure 18, page 133, de l'*Aviation Militaire*, nous remarquerons que la ligne théorique de visée se trouve être l'hypoténuse du triangle rectangle, dont les côtés seront ici  $h$  et  $Vs t_1$ . Nous trouverons l'angle théorique de visée  $\alpha$  en posant

$$\text{tang } \alpha = \frac{Vs t_1}{h}, \text{ en chiffres } = \frac{56,25 \times 12''20''}{750} = 0,924$$

qui est la tangente à laquelle correspond l'angle de  $42^\circ 44'$ , dont l'ouverture paraît excessive, mais parce qu'il se trouve le premier de l'échelle.

Avec la même méthode et les mêmes formules cherchons,

---

(1) Voir dans l'*Aviation Militaire*, la note n° 12, p. 130. Théorie du pointage aérien.

maintenant, le dernier angle de cette échelle *jaune* que nous pouvons supposer arriver jusqu'à 25". Nous écrirons comme ci-dessus :

$$Vs = \frac{(BB')}{ts}, \text{ en chiffres } = \frac{112,50}{25''} = 4^m50;$$

celle-ci est encore une vitesse que nous ne pratiquerons pas souvent.

Pour la valeur de l'angle  $\alpha$  nous aurons

$$\text{tang } \alpha = \frac{Vs \ t_1}{h}, \text{ en chiffres } = \frac{4,50 \times 12''20''}{750} = 0,074$$

tangente qui nous indique sur les tables trigonométriques l'angle bien réduit de 4° 13'.

*Table préparatoire.* — Notre but maintenant doit tendre vers la simplification des calculs, pour dresser les tableaux définitifs, de façon que l'on puisse confier les opérations à toute personne ayant des connaissances ordinaires, mais suffisantes, en arithmétique. Dans les chiffres qui suivent, les grandes approximations faites ne sont utiles que pour aider la démonstration des rapports entre les divers facteurs, mais dans la pratique on se dispensera de les pousser aussi loin; on pourra même établir des sortes de barèmes logarithmiques pour faciliter et accélérer ces opérations.

Afin de mieux fixer les idées, avec les éléments ci-dessus, nous allons dresser une table préparatoire qui contiendra, outre les extrêmes, quelques termes intermédiaires de l'échelle ou plutôt de la progression; nous y ferons figurer les trois premiers, les deux du milieu et les deux derniers.

TABLEAU.



$h = 750$					$t = 12''20'''$				
$ts =$	$2''$	$3''$	$4''$		$13''$	$14''$		$24''$	$25''$
BB' =	112,50	112,50	112,50	.....	112,50	112,50	.....	112,50	112,50
Vs =	56,2500	37,5000	28,1250	.....	8,6538	8,0357	.....	4,6875	4,5000
tang =	0,9247	0,6165	0,4623	.....	0,1422	0,1321	.....	0,0770	0,0739
Angle =	42°45'	31°38'	24°48'	.....	8°4'	7°30'	.....	4°23'	4°13'

Il est bon de constater d'abord que,  $h$  et  $t$  étant invariables, on peut les remplacer par leur rapport

$$\frac{t}{h} = 0,01644$$

en ayant le soin, pour la valeur  $t$ , de convertir les tierces en décimales.

Nous reconnaitrons ensuite que les valeurs de Vs et de la tangente, de deux colonnes quelconques, sont inversement proportionnelles aux temps  $ts$  de ces colonnes. Ainsi se trouvent entre elles, la première et la dernière :

$$\frac{4,5000}{56,2500} = \frac{0,0739}{0,9247} = \frac{2}{25} = 0,08;$$

et si on prend deux autres colonnes voisines, soit celles du milieu, on aura :

$$\frac{8,0357}{8,6538} = \frac{0,1321}{0,1422} = \frac{13}{14} = 0,92857.$$

Dans cette table préparatoire, on remarquera encore que la tangente et Vs sont dans le même rapport, et cela dans toutes les colonnes, avec un égal quotient qui leur est commun. Prenons un exemple dans la première colonne :

$$\frac{\text{tang } \alpha}{Vs} = \frac{0,9247}{56,2500} = 0,01644;$$

Nous voyons de suite que ce rapport est celui de  $\frac{t}{h}$  que nous avons établi ci-dessus.

L'un dérive directement de fonctions paraboliques et l'autre des mêmes, sous forme trigonométrique.

Pour obtenir les valeurs des tangentes nous n'aurons donc qu'à multiplier ce rapport par la valeur de  $V_s$  qui lui correspond, et cela seulement pour la ligne qui nous intéresse en ce moment, quelles que soient d'ailleurs les variations de  $BB'$ . Lorsque la quantité  $\frac{t}{h}$  variera, il faudra évidemment appliquer son nouveau rapport.

Pour compléter ce que nous venons de dire, nous devons expliquer encore que la ligne en préparation ne concerne que la quantité de  $BB'$  propre à la couleur *jaune*. Mais si nous changions de couleur, par exemple, si nous nous servions de la *rouge* en conservant  $h$  invariable, nous retrouverions exactement les mêmes valeurs de  $V_s$ ; cependant elles seraient sous des temps  $ts$  en rapport avec les différences de  $BB'$ , c'est-à-dire, avec les amplitudes des oscillations du catachros. Si nous raisonnons, par exemple, par rapport à la deuxième colonne de la table préparatoire, nous verrons qu'il nous faudra :

$$\frac{3''}{5''} = \frac{\text{Jaune } 15}{\text{Rouge } 25}$$

En reconstituant la colonne de la table préparatoire, *jaune* avec  $3''$ , et en établissant la nouvelle, *rouge* avec  $5''$ , nous aurons :

JAUNE		ROUGE	
$ts =$	$3''$	$ts =$	$5''$
$BB' =$	112,50	$BB' =$	187,50
$V_s =$	37,5000	$V_s =$	37,5000
$tang =$	0,6165	$tang =$	0,6165
		} identique à {	

Il en serait de même pour les trois autres couleurs, mais on comprend qu'elles ne seraient pas toutes applicables parce que l'instrument oscillerait trop vite ou trop lentement.

Nous avons tenu à expliquer, tel qu'il se trouve ci-dessus, le mode de calcul pour obtenir la valeur de la tangente qui doit nous donner l'angle  $\alpha$ , parce que nous estimons, ainsi que nous l'avons toujours pensé, qu'il faut faire de l'enseignement au lieu d'établir seulement des formules; en liant ainsi l'instrument au calcul, les officiers et les professeurs enseigneront, en même temps, l'un et l'autre à leurs élèves.

*Généralisation algébrique.* — Néanmoins, en généralisant, on peut arriver aux mêmes solutions, et il sera utile d'en parler dans les cours de pointage aérien. Il existe quelques autres relations d'ordre parabolique, mais nous nous arrêterons aux suivantes, basées sur tout l'énoncé qui précède, c'est-à-dire sur la courbe théorique et les données qui concernent les oscillations de l'appareil.

Nous avons déjà désigné par  $h$  la hauteur de la chute; par  $t$  le temps pour l'accomplir; par  $l$  la longueur virtuelle du levier BO qui commande l'oscillation; par  $e$  le développement de l'amplitude et par  $ts$  le temps accusé par le compte-secondes pour sa durée. Il s'agit de déterminer la tangente de l'angle  $\alpha$ , avec  $h$  seulement comme donnée d'une part, et  $l$ ,  $e$ ,  $ts$ , de la part de l'instrument, quantités connues également. L'équation générale, avec tous ses éléments, sera :

$$\text{tang } \alpha = \frac{\sqrt{\frac{2h}{g}}}{h} \cdot \frac{h \frac{e}{l}}{ts}.$$

En remplaçant tout ce qui est sous le radical par sa valeur  $t$ , en éliminant  $h$  qui s'annule dans les deux termes, et

en réduisant la fraction qui reste dans le second, nous trouvons :

$$\text{tang } \alpha = t \frac{e}{l ts}.$$

Cette formule sera applicable à tous les cas qui se présenteront, dépendants de la conformation de l'instrument et de la forme des indications à donner sur les tableaux des angles de visée. Mais si nous ne considérons que le cas d'une *seule ligne* du tableau, pour la commodité des calculs, nous pourrions détacher de cette expression la fraction invariable  $\frac{te}{l}$ , et en la remplaçant par son quotient  $q$ , nous aurons alors simplement :

$$\text{tang } \alpha = \frac{q}{ts};$$

pour trouver les tangentes successives de la même ligne, nous n'aurons, chaque fois, qu'à diviser ce quotient par la valeur de  $ts$  qui sera toujours un nombre entier de secondes, puisque nous le convenons ainsi pour la formation des tables.

Si nous étendons ces calculs en y comprenant  $Vs$ , nous trouverons encore d'autres rapports.

Nous savons que :

$$Vs = \frac{(BB')}{ts}$$

et que nous pouvons l'écrire, en réintégrant les valeurs qui composent  $BB'$ ,

$$Vs = \frac{h \frac{(bb')}{h'}}{ts} = \frac{h \frac{e}{l}}{ts},$$

ou en réduisant

$$Vs = h \frac{e}{l ts}$$

que, pour les besoins de notre démonstration, nous mettrons sous la forme

$$\frac{Vs}{h} = \frac{e}{l ts};$$

Or, nous venons de voir que la formule de la tangente se trouve être

$$\text{tang } \alpha = t \frac{e}{l ts}$$

que nous pourrions mettre également sous la forme

$$\frac{\text{tang } \alpha}{t} = \frac{e}{l ts}.$$

Dans l'avant-dernière égalité et dans cette dernière, nous trouvons que les deuxièmes membres sont identiques; nous pouvons donc, en les éliminant et en leur substituant les premiers membres, former une nouvelle équation qui leur sera équivalente et égale

$$\frac{Vs}{h} = \frac{\text{tang } \alpha}{t},$$

d'où nous tirerons, sans la fonction de  $BB'$ , c'est-à-dire indépendamment des mesures de l'instrument,

$$Vs = h \frac{\text{tang } \alpha}{t},$$

puis

$$\text{tang } \alpha = t \frac{Vs}{h}.$$

Enfin, si nous rapprochons les trois égalités que nous avons obtenues ci-dessus, nous retrouverons réunies proportionnellement, toutes les données et inconnues qui nous ont servi dans les calculs

$$\frac{Vs}{h} = \frac{\text{tang } \alpha}{t} = \frac{e}{l ts};$$

concernant celle du milieu, qui a rapport à la tangente, nous voyons clairement qu'on peut la solutionner aisément, soit à gauche, soit à droite, selon que l'on connaîtra les valeurs qui ont trait à la courbe ou à celles qui appartiennent à l'instrument.

Il demeure entendu que toutes ces formules ne s'adressent qu'à l'angle théorique  $\alpha$  (1).

*Ligne choisie comme exemple.* — Il nous sera permis, avec les deux moyens que nous possédons, de dresser facilement l'état des solutions relatives à la tangente, pour la formation de la ligne que nous avons choisie comme exemple.

État des solutions

$ts$	tang	$\alpha$	$ts$	tang	$\alpha$
2"	0,9247	42°45'	14"	0,1321	7°30'
3"	0,6165	31°38'	15"	0,1233	7° 1'
4"	0,4624	24°48'	16"	0,1156	6°35'
5"	0,3699	20°17'	17"	0,1088	6°13'
6"	0,3083	17° 8'	18"	0,1027	5°52'
7"	0,2643	14°48'	19"	0,0973	5°34'
8"	0,2312	13° 1'	20"	0,0925	5°18'
9"	0,2054	11°38'	21"	0,0881	5° 4'
10"	0,1850	10°30'	22"	0,0841	4°47'
11"	0,1681	9°34'	23"	0,0804	4°35'
12"	0,1541	8°47'	24"	0,0771	4°24'
13"	0,1423	8° 4'	25"	0,0740	4°13'

De ces solutions il nous faudra déduire, de l'angle théorique, l'angle du retard  $\alpha_r$  dont nous avons parlé dans la note n° 12 et qui représente la résistance de l'air sur la torpille pendant sa chute; cet angle variera selon le rapport  $\frac{P}{S}$  des torpilles. Il faudra encore tenir compte du temps pris par le déclenchement. En attendant que les

(1) Voir la note n° 12, de l'Aviation Militaire.

installations expérimentales futures nous permettent de mesurer exactement ces corrections, nous leur avons attribué provisoirement la valeur de  $3^{\circ}$ , que nous pourrions d'ailleurs modifier selon les munitions que nous emploierons.

La ligne suivante comporte donc l'angle théorique  $\alpha$  moins  $3^{\circ}$ . Ne pouvant contenir dans la largeur de la page, nous l'avons écrite sur deux rangs. On remarquera, à l'extrémité de la ligne des angles, la couleur qui correspond aux différentes amplitudes des oscillations. Nous ne jugeons pas utile de répéter ici toutes les inscriptions et indications qui se trouvent sur le devant de la boîte du tableau; nos lecteurs voudront bien se reporter à la figure 34 de la note n° 14.

Modèle de tableau des angles de visée

DEGRÉS	<i>h</i>	<i>ts</i>												
		2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"	10"	11"	12"	13"	
1,70	750	40°	29°	22°	17°	14°	12°	10°	9°	8°	7°	6°	5°	
		34°	25°	20°	16°	13°	11°							

<i>ts</i>													COULEUR
14"	15"	16"	17"	18"	19"	20"	21"	22"	23"	24"	25"		
4°	4°	4°	3°	3°	3°	2°	2°	2°	2°	1°	1°		Jaune

Pour ne pas retenir outre mesure l'attention de l'opérateur nous avons arrêté les chiffres à l'unité; l'approximation est bien suffisante, car elle arrive à un demi-degré près, ainsi que l'on peut s'en convaincre en comparant le tableau ci-dessus avec l'état qui le précède.

Nous pensons qu'il ne faudra pas demander davantage, comme justesse de visée, à l'aviateur qui pointera, peut-être au milieu des difficultés de l'aviage, en manœuvre et

avec les préoccupations du déclenchement des munitions. Instantanément il observera parfaitement une seconde, sur le cadran du chronomètre, tandis qu'il ne distinguerait pas bien les fractions; néanmoins, selon l'habileté de l'opérateur, au début de la ligne, où des temps très courts correspondent à de grandes vitesses, on pourra estimer les demi-secondes et prendre la moyenne des degrés, qui se trouve inscrite au-dessous. Par contre, à droite où les vitesses deviennent de plus en plus réduites, les angles diminuent aussi rapidement. Il faut convenir que ce sont les deux extrêmes et que, dans la majorité des cas, ce sera le milieu du tableau qui servira.

Comme approximation de pointage, de la part du compte-secondes et du guide de visée, nous venons de voir que nous pouvions l'estimer à un demi-degré. Cette erreur, sur le sol, se traduira par une distance de 6 à 8 mètres susceptible de se produire d'un bout à l'autre de l'échelle des temps et des vitesses; et en effet nous pouvons démontrer qu'elle deviendra égale à la tangente divisée par le nombre de demi-degrés et multipliée par la hauteur; soit :

$$\text{erreur} = h \frac{\text{tang}}{2 \alpha},$$

dont on trouvera les éléments sur l'état des tangentes et des angles ci-dessus. Cet écart de 6 à 8 mètres du but n'est pas considérable, mais il peut très bien se produire avec un instrument de précision; que serait-ce si on jetait les torpilles à tâtons?

Il sera indispensable de tenir compte du temps que prendra le déclenchement pour se produire, et, pour le connaître, il faudra savoir d'abord quel genre d'organe on emploiera; quel qu'il soit, on devra le provoquer assez tôt pour que le dégagement de la torpille coïncide avec le moment de la visée. Nous ne pourrions guère traiter ce sujet important que lorsque nous aurons des types de déclenchement bien arrêtés pour chaque catégorie d'avions. En attendant nous estimerons sa durée le mieux possible



et nous la convertirons en degrés; cela reviendra à diminuer d'autant l'angle du retard  $\alpha R$ .

### *Considérations tactiques*

L'emploi des gros avions torpilleurs sera subordonné à quelques considérations tactiques. Nous savons qu'il ne faut pas compter sur eux pour les combats aériens entre avions. Leur œuvre de destruction sera toujours préparée par des torpilleurs de moindre importance ou par des avions de ligne, qui auront, au préalable, rendu l'air complètement libre et, par des torpillages suffisants, réduit à l'impuissance l'artillerie verticale ennemie des forteresses.

Leur meilleure tactique, la seule peut-être, sera d'opérer en parfaite sécurité. Leur entrée en action ne viendra guère que pour parfaire et rendre définitive la destruction des grands ouvrages de défense de l'ennemi; aussi n'apparaîtront-ils qu'à des altitudes peu élevées, tout juste pour ne pas éprouver les effets d'explosion de leurs propres munitions. C'est dans ces conditions, depuis une hauteur de 500 à 1.000 mètres, que le *catachros* leur rendra les plus grands services.

En pays montagneux ou sur des terrains très accidentés, qui bien souvent sont fortifiés, il ne sera pas toujours aisé de prendre des hauteurs justes. Si le détachement des gros avions torpilleurs était composé de plusieurs compagnies, même d'une seule, il serait avantageux de le faire précéder par l'un d'eux, à bonne distance, mais exactement à égale altitude, afin de mesurer la hauteur ainsi que la vitesse et d'en signaler ensuite le degré, annoncé par le *catachros*, à toute la compagnie, qui aurait ainsi le temps de se préparer et de pointer juste en passant sur le but. Dans le cas où les torpilles seraient des plus grosses, cette précaution deviendrait indispensable, en plaine aussi bien qu'en coteau.

Que l'on songe à l'importance de ces munitions : 20.000 kilos par compagnie. Peut-être le double !

## LE VÉLOSOLMÈTRE

Dans l'*Aviation Militaire*, page 179, nous avons expliqué sommairement en quoi consiste le *vélosolmètre*. Le principe général de cet instrument est démontré à l'aide d'un schéma appuyé par un calcul simple. Nous prions le lecteur de se reporter à cette note et de la lire attentivement, car elle est le point de départ de tout ce qui va suivre, développement qui ne pouvait trouver sa place dans le premier ouvrage et qu'il est cependant nécessaire de connaître pour la construction autant que pour l'emploi de l'instrument. Sa fonction peut être interprétée de deux manières : 1<sup>o</sup> triangulairement; 2<sup>o</sup> angulairement.

### 1<sup>o</sup> TRIANGULAIREMENT

*Description.* — Le système est contenu en partie dans une boîte en bois, figure 21, le reste monté contre l'un de ses côtés. Il se compose essentiellement de deux couples de miroirs, chacun formé de deux glaces, bien dressées et étamées avec soin, réunies dos à dos contre l'étamage; chaque couple M est posé dans un châssis, et les deux sont placés en forme de croix, reliés par leurs cadres, exactement où passe l'axe X; deux tourillons fixés aux châssis, l'un s'appuyant à l'extrémité X, l'autre pénétrant dans la boîte, permettent aux miroirs de tourner sur eux-mêmes, plus ou moins vite, d'après le mécanisme qui se trouve dans l'intérieur. Les dimensions des glaces sont de 70 millimètres dans le sens du diamètre et de 50 millimètres selon l'axe; elles sont abritées dans une sorte de demi-tambour U, qui leur sert en même temps de support, sans gêner les rayons verticaux qui viennent de terre et les rayons horizontaux réfléchis vers l'opérateur.

On remarque, sur le devant de la boîte, un compte-secondes  $ts$ , dont le mouvement qui conduit les aiguilles lui est propre, mais dont l'arrêt et la marche dépendent du mécanisme renfermé dans l'intérieur; il est remonté à distance de la même manière que celle employée dans le pré-

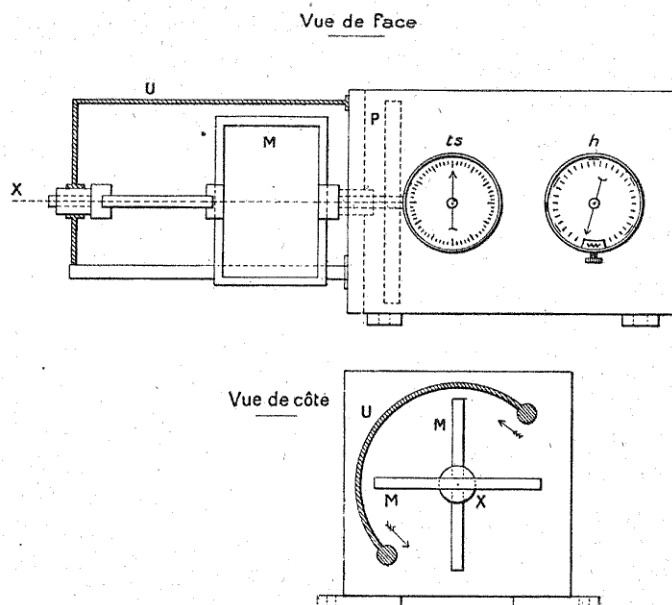


Fig. 21.

cédent instrument. A côté, on voit l'altimètre  $h$  destiné à fournir les hauteurs en combinaison avec les temps  $ts$ .

Le mouvement d'horlogerie, qui est logé dans la boîte, doit avoir une durée de quatre heures, environ, avec sa vitesse moyenne; cependant si cette condition entraînait trop de poids on se contenterait d'une durée moindre. Il est remonté et réglé à distance par les mêmes moyens (fig. 10 et 11). Sa première fonction est d'entretenir le mouvement de rotation des miroirs à une vitesse que l'opérateur réglera, depuis sa place, afin de la faire coïncider avec la vitesse apparente du sol. Son deuxième emploi, non moins important, con-

siste à mettre en marche et à arrêter le compte-secondes ainsi qu'à replacer chaque fois les aiguilles à zéro.

Pour produire ces trois derniers effets, figure 22, nous calérons sur l'arbre X, qui porte les miroirs et leur transmet le mouvement, un plateau P de 100 millimètres de diamètre moyen portant seize came à sa circonférence et seize autres sur sa face, alternant ensemble. Les came CM de la circonférence, sur l'épaisseur du plateau, auront 4 millimètres de saillie avec un développement moitié pour la saillie et moitié pour le vide, soit en tout 19<sup>mm</sup> 635; afin que les temps restent égaux, on observera la place occupée par le petit galet et on la retranchera de la longueur attribuée à la saillie; ces came sont destinées à mettre en marche et à arrêter le compte-secondes. Les came intermédiaires CL sont rapportées, contre la face, à 2 millimètres du bord rentrant; elles serviront à remettre les aiguilles à zéro à moitié intervalle pendant l'inaction du compte-secondes.

Le levier LM, au bout duquel se trouve le petit galet, transmet la poussée de la came CM au bouton ON, vers ME, pour mettre le compte-secondes en mouvement; puis, lorsque le galet trouve le vide, le ressort à boudin réagit et tire le bouton sur AT, pour provoquer l'arrêt. Les bras du levier LM sont calculés pour avoir, par rapport à la saillie de la came, la course nécessaire pour conduire le bouton ON de ME à AT. La came CM rentrera en action le plus rapidement possible, ce que l'on obtiendra avec une obliquité appropriée, néanmoins sans choc ni bridage sur le galet. Dans l'entaille de la pièce qui reçoit et entraîne le bouton ON, sont disposées deux vis de réglage, à l'effet de mettre parfaitement d'accord la distance parcourue sur la came avec le temps écoulé.

Le levier LL se présente devant la face du plateau; comme le précédent, son bout se termine par un galet qui, à la rencontre de chaque came CL, se soulève et, en basculant, appuie sur le bouton OL dont le rôle unique est de ramener les aiguilles à zéro. Un ressort à boudin antago-

niste tire constamment le levier sur un plot PL à vis de réglage; et une autre vis, agissant sur le bouton OL, vient à l'autre bout limiter la course du levier LL.

On a compris que la figure 22 n'est qu'un schéma et que la forme et les dimensions des leviers dépendent de l'éloignement et de la position du compte-secondes *ts*, par rapport au plateau-cames P. Ce dernier sera placé dans la

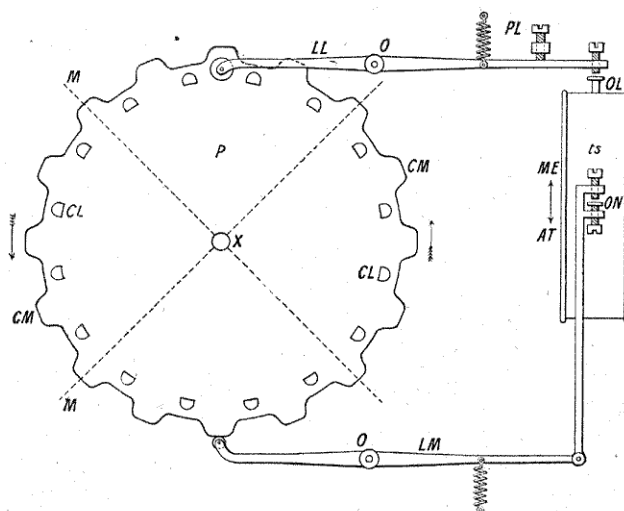


Fig. 22.

boîte à l'endroit le plus commode pour faciliter le réglage, probablement au bout de l'arbre qui précède et fait tourner les miroirs; dans ce cas, afin de protéger cet organe et le rendre accessible, on le logera dans une sorte de niche ménagée dans la paroi du côté de la boîte et fermée par un petit volet.

*Fonctionnement.* — Ici nous avons affaire à un mouvement circulaire continu au lieu d'un mouvement alternatif uniforme comme dans le catachros; ce qui ne nous empê-

chera pas de les assimiler ensemble et d'en profiter dans la suite pour nous servir des mêmes méthodes de calcul.

Le plateau P tournant exactement comme les miroirs M, puisqu'ils dépendent tous les deux du même arbre, ne peut que reproduire toutes les vitesses imprimées à ces derniers; cela ne nous servirait à rien si nous ne faisons que le constater, il nous faudra donc les mesurer. A cette fin, nous devons diviser le plateau en un certain nombre de parties égales, ni trop ni peu, mais assez pour permettre à l'observateur de voir dans le miroir et de lire à côté, sur le cadran, le temps écoulé. Les divisions adoptées, ainsi que le montre la figure 22, sont au nombre de 16 et, comme nous l'avons déjà dit, la came en occupe la moitié :  $\frac{19.635}{2}$ ; c'est pendant

le parcours de ce chemin que le compte-secondes doit marcher et, pour partir ou s'arrêter, s'il était en avance ou en retard, on le réglerait avec les vis de l'entaille ON. On comprend que, pour rendre ce réglage possible, il est indispensable que le levier LM ait un petit excédent de course, et que la came et le galet soient, au préalable, ajustés avec une grande précision.

Ce sera donc la trente-deuxième partie du temps nécessaire au plateau pour accomplir sa révolution entière, que marquera le cadran du compte-secondes au passage de chaque came. Afin de vérifier l'exactitude de ce réglage, on n'aura qu'à immobiliser le levier LM en rendant inactif le ressort à boudin qui l'appuie sur la came; on s'assurera de cette manière, une fois le tour du plateau accompli, si les temps accusés sont bien dans les proportions ci-dessus. Cette relation entre la circonférence et la came est utile à retenir parce qu'elle nous servira aussi, dans la suite, pour les calculs.

Pour compléter l'action du plateau sur le compte-secondes, nous savons que le levier LL vient remettre les aiguilles à zéro, après que l'opérateur a lu sur le cadran le temps écoulé. Ce qui se passe pour une came a lieu pour toutes les autres, c'est-à-dire seize fois à chaque tour du

plateau et quatre fois pour chaque face de miroir, ainsi qu'on le remarque sur la figure 22 où les miroirs  $M$  sont représentés par deux lignes d'équerre pointillées.

L'opérateur réglera le mouvement d'horlogerie jusqu'à ce que les images venant du sol restent fixes et bien visibles, au centre des miroirs, en  $X$  où un fil sera tendu. Alors seulement les indications du temps  $ts$ , données par le compte-secondes, seront exactes et, combinées avec les hauteurs  $h$  fournies par l'altimètre, permettront de consulter utilement le tableau et d'y trouver l'angle de visée.

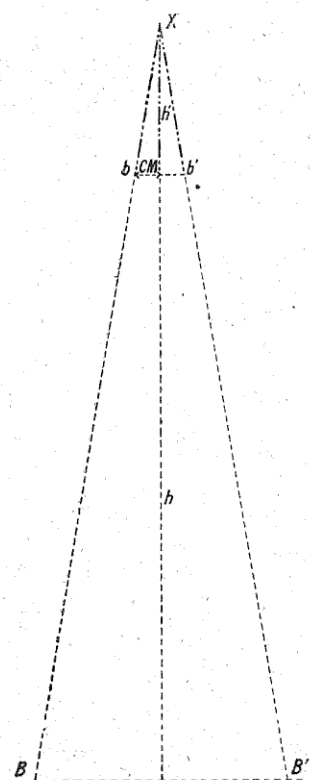


Fig. 23.

*Calculs des angles de visée.* — (Précédemment nous avons adopté un cadran à deux aiguilles donnant simultanément la vitesse angulaire et le temps accompli; ce moyen est parfait pour l'observation seule, mais n'est pas aussi commode pour la transformer en colonnes sur un tableau. C'est pour cette raison que nous avons préféré nous servir de la méthode déjà employée pour les calculs du catachros.)

Le plateau  $P$  nous fournira le terme de comparaison en assimilant une came et son vide à une oscillation de catachros, telle que nous la montre la figure 23. Nous devons rappeler que l'angle formé par les rayons terrestres  $BX$  et  $B'X$  est double par rapport à celui qui provient, dans le même temps, de la rotation du miroir; sur la figure, nous voyons à gauche l'emplacement occupé par la came  $CM$ .

à droite se trouve le vide qui lui succède et les deux réunis forment  $bb'$  qui aura été réellement parcouru pendant le temps  $ts$  accusé par le compte-secondes. Dans le cas présent,  $bb'$  représentera donc la partie active de la came avec son vide et  $h'$  sera le rayon du plateau. Il en résultera un triangle invariable ayant pour base  $19^{\text{mm}}635$  et pour médiane 50 millimètres, occupant le sommet du grand triangle optique  $BXB'$ , qui lui sera absolument semblable et dont la médiane  $h$  représentera la hauteur de l'avion, ce qui permettra de connaître la base  $BB'$  sur le sol. Ainsi que nous l'avons fait pour le catachros, nous faisons ici abstraction des différences provenant des développements des arcs, les approximations obtenues étant très suffisantes.

Pour éviter les redites, nous prions le lecteur de revenir quelques pages en arrière jusqu'au titre : *Mesure de la vitesse*, et de bien retenir la marche des calculs auxquels nous allons emprunter les formules qui nous sont nécessaires; nous lui conseillons de les relire ne serait-ce qu'à titre consultatif.

Dans les deux triangles (fig. 23) nous trouvons les rapports :

$$\frac{h'}{h} = \frac{bb'}{BB'}$$

qui nous suffiront pour appuyer notre démonstration.

Nous nous trouvons maintenant avec  $bb'$  invariable, ce qui abrégera nos opérations; nous le représenterons encore par  $e$  dans les calculs et sa valeur restera constante à  $19^{\text{mm}}635$ . Nous conserverons aussi  $l$ , pour désigner  $h'$ , avec sa valeur de 50 millimètres qui est le rayon du plateau.

*Établissement des bandes.* — La détermination de la hauteur ne rentre pas dans les fonctions de l'instrument, puisque c'est l'altimètre qui la fournira. Nous prévoyons pour le service des avions de ligne, des bandes d'une étendue de 1.000 mètres, depuis 500 mètres d'altitude jusqu'à 1.500



mètres. Nous ne croyons pas pratique de nous tenir moins haut à cause des canons verticaux des adversaires et même de leur infanterie dont le feu pourrait faire descendre tous les avions situés à plus basse altitude.

L'échelle des temps  $ts$ , entre ces deux altitudes extrêmes, ira de 6" jusqu'à 50" en progressant par une seconde; libre à l'opérateur d'interpréter par demi-secondes au commencement de l'échelle en prenant la moyenne des angles correspondants. Comme les lignes seraient trop longues, nous les mettrons chacune sur trois rangs, aussi bien sur la boîte du tableau que sur la bande. Les temps  $ts$ , accusés par le compte-secondes, seront inscrits à demeure sur le panneau au-dessus de l'ouverture. Sur la bande mobile, le premier rang indiquera les angles répondant aux temps de 6" à 20", le deuxième de 21" à 35" et le troisième de 36" à 50" : ils seront réunis par une accolade devant laquelle sera inscrite la hauteur qui a donné lieu à l'ouverture des angles de toute la ligne. Ces dispositions sont représentées dans la figure 24.

A titre d'exemple, nous nous bornerons à établir une ligne prise dans la moyenne des hauteurs proposées, soit : 1.000 mètres. Partant de là, avec les temps convenus pour  $ts$ , nous irons à la solution des tangentes qui nous fourniront les angles de visée.

Comme première opération, le temps écoulé pendant la chute sera

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 14''14''' (14''273 \text{ m}^{\text{es}}).$$

Nous croyons superflu de reprendre ici la marche des calculs suivie pour obtenir les bandes du catachros, avec toutes les explications et démonstrations que ces calculs comportaient, nous nous contenterons de la formule générale que nous avons obtenue et qui en a été la conséquence. Nous passerons donc par-dessus tous ces détails et nous tirerons la tangente directement des valeurs connues com-

posant cette formule :

$$\text{tang } \alpha = t \frac{e}{l \text{ ts}}$$

Mais, ainsi que nous l'avons fait pour les calculs de la bande de l'instrument précédent, en ce qui concerne la ligne que nous prenons pour exemple, nous distrairons ce qui est invariable de la fraction, ce qui nous donnera :

$$\frac{te}{l} = q;$$

quotient dont la valeur égalera 5,605 et que nous mettrons, à la place de cette dernière expression, dans la formule pour la réduire à :

$$\text{tang } \alpha = \frac{5.605}{ts},$$

dont nous nous servirons pour dresser l'état des solutions qui suit :

$h = 1.000 \text{ mètres}$			$t = 14''14''' (14.273)$					
$ts$	tang	$\alpha$	$ts$	tang	$\alpha$	$ts$	tang	$\alpha$
6''	0,9341	43° 2'	21''	0,2669	14° 56'	36''	0,1556	8° 52'
7''	0,8007	38° 41'	22''	0,2547	14° 17'	37''	0,1514	8° 38'
8''	0,7006	35° 1'	23''	0,2436	13° 42'	38''	0,1475	8° 25'
9''	0,6227	31° 54'	24''	0,2335	13° 8'	39''	0,1437	8° 9'
10''	0,5605	29° 16'	25''	0,2242	12° 37'	40''	0,1401	7° 57'
11''	0,5095	26° 59'	26''	0,2155	12° 8'	41''	0,1367	7° 46'
12''	0,4670	25° 2'	27''	0,2075	11° 44'	42''	0,1334	7° 35'
13''	0,4311	23° 20'	28''	0,2001	11° 20'	43''	0,1303	7° 24'
14''	0,4003	21° 48'	29''	0,1932	10° 57'	44''	0,1273	7° 14'
15''	0,3736	20° 29'	30''	0,1868	10° 36'	45''	0,1245	7° 5'
16''	0,3503	19° 18'	31''	0,1808	10° 16'	46''	0,1218	6° 56'
17''	0,3297	18° 16'	32''	0,1751	9° 57'	47''	0,1192	6° 47'
18''	0,3113	17° 18'	33''	0,1698	9° 39'	48''	0,1167	6° 39'
19''	0,2950	16° 27'	34''	0,1648	9° 23'	49''	0,1143	6° 31'
20''	0,2802	15° 40'	35''	0,1601	9° 7'	50''	0,1121	6° 24'

Ce sont les angles théoriques, et, ainsi que nous l'avons expliqué précédemment, pour établir les angles pratiques, nous devons les diminuer des  $3^\circ$  qui représentent, provisoirement, la résistance de l'air à la chute des torpilles. Dans la ligne choisie comme exemple, en regard de la valeur de  $h$  qui est de 1.000 mètres, on voit sur la figure 24 ces angles  $\alpha - \alpha_R$  destinés au guide de visée. La figure représente la partie qui nous intéresse de la devanture du tableau

		ts et α—αn																		
h		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35				
		36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50				
1000		40	36	32	29	26	24	22	20	19	17	16	15	14	13	13				
		12	11	11	10	10	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6				
		6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3	3				

Fig. 24.

et laisse voir, par l'ouverture, la bande arrêtée à la ligne que nous venons de former.

Le centre de l'échelle des temps  $ts$  sera le plus souvent utilisé et rarement les extrêmes. Si nous admettons pour l'avion une vitesse de  $V = 35$  mètres à la seconde, ce qui donne 126 kilomètres à l'heure, et pour le vent  $V_n = 25$  mètres, ce qui constitue une vraie tempête, pour l'instant nous devons être très satisfaits de pouvoir nous battre en ligne dans ces conditions. On comprend que dans ce cas, pour lutter contre le vent, il ne resterait à l'avion que  $V_s = 10$  mètres, ce qui serait encore pratique pour viser et s'en retourner à l'atterrissage. En allant avec le vent, on se trouverait avec  $V_s = 60$  mètres à la seconde. Dans la ligne de  $h = 1.000$  mètres, qui sert d'exemple, le tableau admet

pour  $V_s$  un maximum de  $65^m 45$  avec  $ts = 6''$  et un minimum de  $7^m 85$  avec  $50''$ . C'est donc largement suffisant, si l'on opère dans les environs de cette altitude, quoique un peu long à obtenir.

Cependant, si nous nous élevions à 1.500 mètres, les  $6''$  correspondraient à  $98^m 17$ , et si nous montions plus haut encore, à 2.000 mètres, c'est à  $V_s = 131$  mètres que nous avierions; ce qui revient à dire que cela n'arrivera jamais et que le tableau à ce point extrême ne sera pas utilisé, parce qu'un avion ne peut atteindre des vitesses aussi exagérées. L'effet inverse se produit avec les faibles altitudes. Il ressort de là que plus on prendra de l'altitude, plus les indications utiles du tableau se rapprocheront du centre. Ici encore apparaît la nécessité de détacher un officier, en avant de l'envolée, pour effectuer les opérations et signaler l'angle de visée à toute la compagnie.

## 2° ANGULAIREMENT

Dans les deux dispositions décrites ci-dessus, nous avons choisi le terme de comparaison dans le chemin parcouru pendant un temps variable à déterminer; cela nous a obligé pour quelques opérations à une assez longue attente, tandis que, pour certaines, le compte-secondes nous donnait des indications trop précipitées. Pour la nouvelle manière de procéder avec le vélosolmètre, nous ferons l'inverse; nous limiterons le temps, que nous rendrons invariable, juste pour permettre à l'opérateur de faire les observations indispensables avec son instrument; au bout de ce temps, il pourra lire sur un cadran les mesures des vitesses du sol parcouru.

### *Description*

*Miroirs et cadran.* — Nous allons retrouver ici des miroirs à double face entraînés dans leur rotation par un mouve-

ment d'horlogerie contenu dans une boîte (fig. 25). Sur le devant de cette boîte, nous remarquerons trois cadrans : celui qui marque les valeurs angulaires  $\omega$ , dépendant du mouvement intérieur; celui d'un compte-secondes indépendant  $S$ , qui sert à contrôler l'exactitude du temps fixé pour faire l'opération; puis celui de l'altimètre qui indique les valeurs de  $h$ . Le groupe des cadres que l'on voit en bas forme une sorte de cage qui maintient les miroirs  $M$  et les fait tourner tous ensemble.

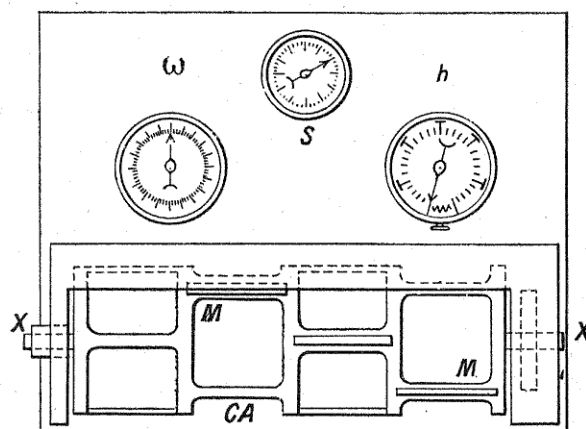


Fig. 25.

La figure 26 nous montre comment est formée cette cage  $CA$  : elle se compose d'un tube en laiton d'une épaisseur de 2 millimètres avec un diamètre intérieur de 60 millimètres et une longueur de 160 millimètres intérieurement. Les miroirs qu'elle contient sont des glaces rectangulaires de 63 millimètres sur 40 millimètres, bien dressées, bien polies, assez minces et accouplées, dos à dos, du côté de l'étamage.

Ce tube, ainsi qu'on le voit sur la figure, est très ajouré; chaque couple de glaces  $M$  est logé dans deux fentes, diamétralement opposées, pratiquées dans l'épaisseur du tube; ces glaces sont retenues en place par deux petites

plaques P vissées sur le tube, tel que cela est indiqué sur la coupe suivant AB; les deux parties T, qui restent de l'épaisseur du tube, ne sont là que pour former traverse afin de consolider l'endroit ajouré; elles ne gênent nullement les rayons terrestres, qui passent dans les intervalles en suivant la direction des flèches. On remarquera d'ailleurs que ces rayons ne peuvent avoir d'abord qu'un sens vertical, parce qu'ils arrivent de l'étroite ouverture pratiquée dans le panneau PN; puis, après réflexion, qu'ils ne doivent suivre qu'une direction horizontale pour parvenir jusqu'à l'œil de l'observateur.

Le tube, dans sa longueur, est divisé en quatre compartiments semblables, et c'est ce qui lui a donné l'aspect d'une cage; la figure 26 montre bien la découpe de cette pièce CA; à ses extrémités, elle est fermée par deux disques U, chacun porteur d'un axe X, dont l'un d'eux est solidaire avec une roue dentée R destinée à entretenir le mouvement de rotation qu'elle-même reçoit de l'intérieur de la boîte. Cet ensemble est protégé par un demi-tambour qu'au besoin on peut fermer complètement pendant l'inactivité de l'instrument.

Les positions des miroirs entre eux sont dans l'ordre représenté en haut de la figure 26; le premier couple est supposé vertical, le deuxième lui est incliné de  $45^\circ$ , le troisième est horizontal et le quatrième le suit à  $45^\circ$ . A chaque révolution du système, cette disposition des glaces amène huit réflexions dont les normales sont séparées par des angles égaux de  $45^\circ$ . Les flèches indiquent le mouvement de rotation et les images se succèdent dans les glaces selon le sens 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8. On remarquera que chaque face est libre et que tous les rayons terrestres pourront passer, puisque la traverse T, la seule qui masquerait la vue, se trouve dans la normale du miroir.

Le nombre des couples de glaces n'a rien d'absolu; s'il y en avait beaucoup, les réflexions se suivraient sans discontinuité, mais la cage deviendrait encombrante; s'il n'y en avait pas assez, les points terrestres à observer se feraient

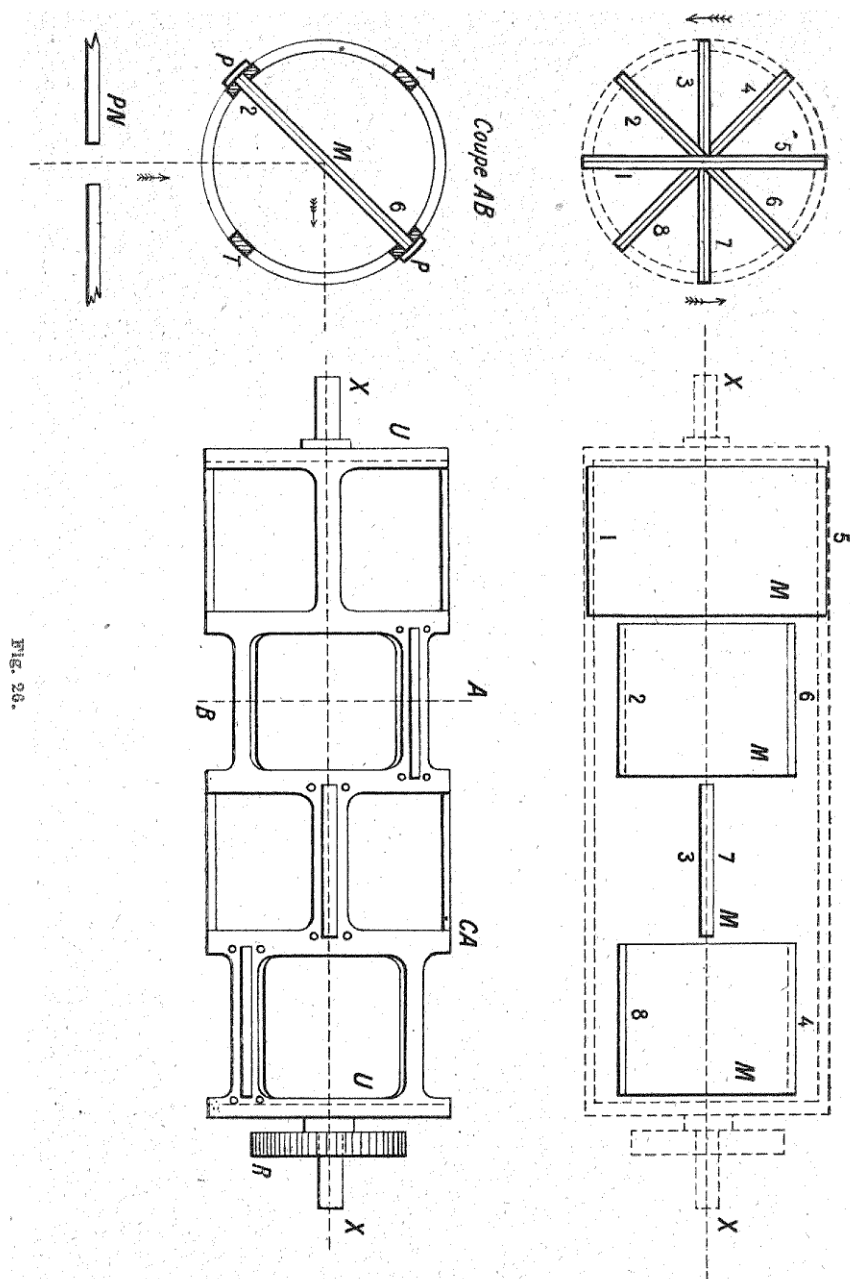


Fig. 20.

attendre trop longuement; l'apparition de huit objets par tour nous a paru suffisante, mais nécessaire pour éviter toute indécision de la part de l'observateur.

On connaît la place qu'occupe le cadran indicateur sur le devant de la boîte, mais dans la figure 27 on le voit mieux avec ses détails. Son diamètre est d'environ 10 centimètres, dimension qui permet de donner aux divisions une grosseur suffisante pour être lues à distance; sa circonférence

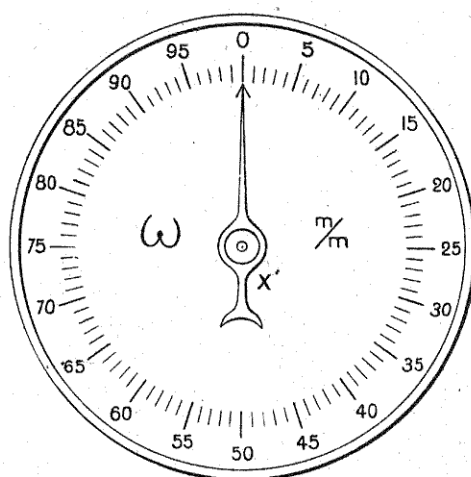


Fig. 27.

est divisée en 100 parties, représentant chacune 1 millimètre. A toutes les opérations, l'aiguille marque en millimètres la valeur de  $\omega$  pendant l'unité de temps, qui est de une seconde; puis elle est remise automatiquement à zéro, position d'attente que l'on remarque sur la figure. Le mouvement qui la met en marche est le même que celui qui entretient la rotation des miroirs, mais son intermittence est provoquée par un autre organe dont nous donnerons l'explication un peu plus bas.

*Mouvement d'horlogerie variable.* — Comme tous les précédents, ce mécanisme est mû par un ressort en barillet que



l'on remonte, aussi, à distance et de la même manière, après un travail d'environ deux heures. L'effort est dirigé sur trois arbres principaux.

Le *premier* a pour fonction de régulariser et de régler la vitesse du système. A cet effet, il actionne, par l'intermédiaire de quelques engrenages bien proportionnés, un modérateur à ailettes dont on peut régler l'accélération, à distance et à volonté, comme cela a été projeté pour les appareils précédents. En outre, à cause des arrêts intermittents de certains organes, un petit volant est calé sur le même arbre pour emmagasiner et restituer le travail transmis et interrompu, afin de maintenir la régularité dans les vitesses établies par l'opérateur.

Le *deuxième* arbre transmet un mouvement circulaire continu aux miroirs dont la vitesse est réglée, par le moyen ci-dessus, jusqu'à ce qu'elle coïncide exactement avec les rayons venant du sol.

Le *troisième* arbre est commandé par le deuxième, et dans des rapports parfaitement déterminés entre eux; il actionne l'aiguille du cadran indicateur des  $\omega$ , qu'il lie avec les miroirs dans des proportions de vitesse que nous expliquerons en même temps que les calculs. Mais, comme l'aiguille est destinée à s'arrêter et à repartir alternativement, nous interposerons un embrayage dans la longueur de ce troisième arbre, tout près de l'aiguille; il pourra être métallique et conique, à faible course, pour le rendre instantané le plus possible.

Les mouvements de ce genre sont très connus en horlogerie, et nous n'avons accompagné la description d'aucun croquis pour laisser au constructeur toute latitude dans la combinaison de l'ensemble et le choix des organes à employer pour effectuer les embrayages, ainsi que pour les transmissions, soit directes, soit par des pignons d'angle.

*Mouvement d'horlogerie invariable et déclié chronométrique.*

— Ce mouvement est complètement indépendant du premier, quoique combiné uniquement pour le servir. A l'in-

verse de l'autre, son caractère essentiel est l'*invariabilité*. Nous avons donc besoin d'un véritable chronomètre d'une certaine puissance, sans cadran, mais avec son ressort à remontoir et son échappement à cylindre ou à ancre. Sa fonction se borne à conduire l'organe annoncé plus haut et représenté sur la figure 28.

Nous remarquons d'abord l'axe X", au bout duquel est calé le *plateau chronométrique* CH, qui tourne constamment et invariablement à une vitesse de 10 secondes par tour, dans la direction de la flèche. En haut de son diamètre nous trouvons une échancrure brusque K de 3 millimètres environ, qui détermine instantanément un déclie; c'est le point le plus utile du système. En bas est une autre échancrure, moins importante, que l'on peut faire en doucine et un peu en recul pour laisser du jeu à la pièce du déclie. Ce plateau forme donc deux demi-disques et doit être en acier trempé et rectifié.

Ensuite vient une sorte de *collier* AN, qui embrasse le plateau et qui porte intérieurement *deux dents* D et D' dont l'un des bords, à chacune d'elles, est à vive arête. Ces deux pièces sont en acier trempé, et leurs bords, à angle vif, sont diamétralement placés sur une ligne qui passe par le centre de l'arbre X". Leur position est telle que, lorsque la face intérieure de l'une glisse sur la tranche du grand disque, la face de l'autre porte sur la tranche du petit. Sur le côté, à une distance convenable, par deux nervures en forme de queue faisant corps avec l'anneau de la pièce, pivote au point PD l'ensemble du collier. Évidemment l'amplitude de son déplacement est égale à la différence des rayons des demi-disques, c'est-à-dire à la profondeur de l'échancrure, de sorte que, à l'extrémité opposée du pivotage, le déplacement de la pièce est amplifié davantage, et cette course est nécessaire pour mettre en marche ou arrêter, à l'aide de l'embrayage, l'aiguille qui marque les valeurs angulaires. Deux vis de réglage, en haut et en bas de l'entaille, permettent de donner à cette course le point exact de son effet utile, dans le sens AR pour l'arrêt et de MA pour la marche.

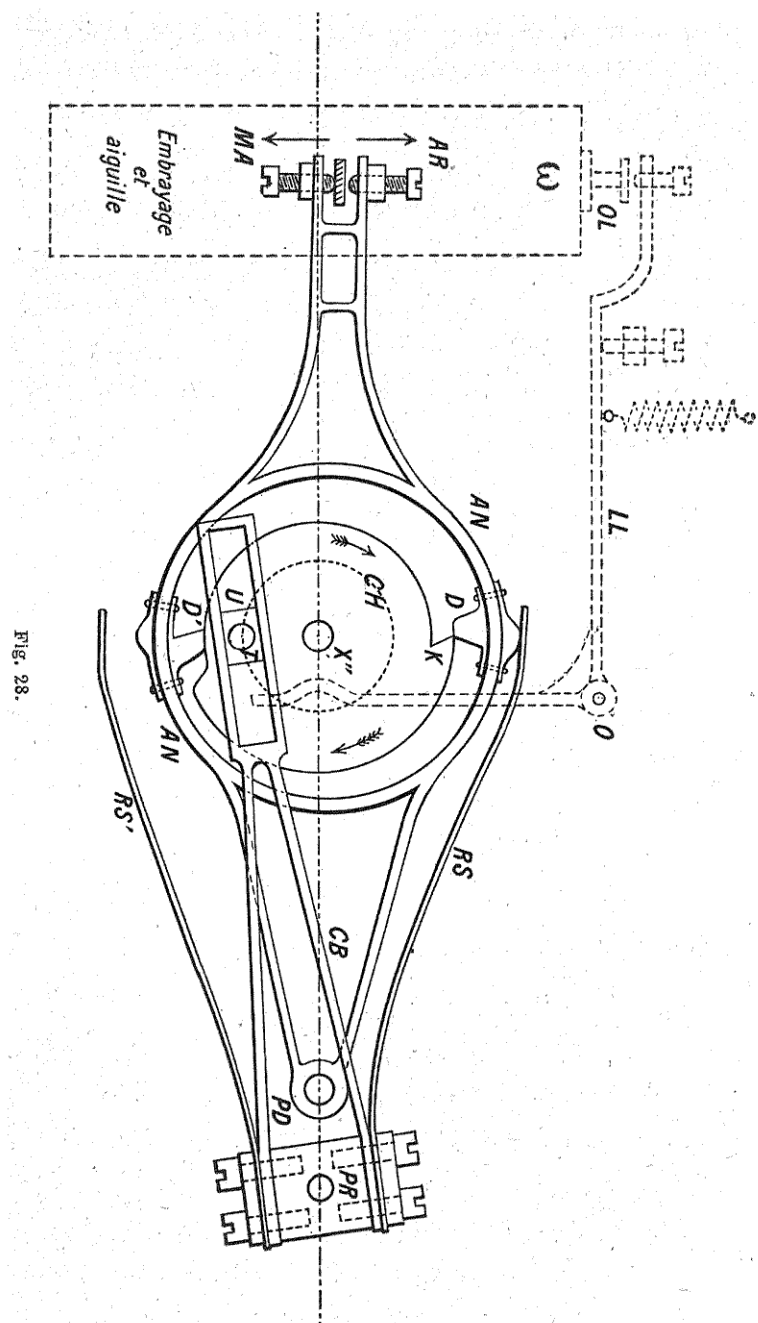


Fig. 28.

L'opération ci-dessus n'aurait jamais lieu instantanément sans l'intervention des *ressorts antagonistes* RS qui, successivement armés et désarmés par le plateau CH, obligent le collier à précipiter son oscillation. Les ressorts sont tenus solidement sur un coussinet rectangulaire articulé sur un axe PR; un bras CB est fixé à l'endroit même où le sont les ressorts, pour rendre les deux pièces solidaires. Le bout du bras est en forme de cadre dans lequel coulisse un petit coussinet U percé d'un trou au milieu de sa face; le bouton de manivelle T qui s'engage dans ce trou est rivé sur le plateau CH, à une distance suffisante de l'axe X", pour donner au bras CB le plus grand pivotement possible. La place exacte de ce bouton sur le disque est selon le diamètre qui sépare les deux disques et à l'opposé du déclié K. On comprend que le bras CB et les ressorts RS ne peuvent être dans le même plan et qu'il faudra couder légèrement le bras pour l'amener devant la face du plateau.

Embrayer ou débrayer l'aiguille ne suffit pas, il faut à chaque opération la remettre à zéro; le seul moment propice est pendant le débrayage et au milieu de son inaction. Nous utiliserons pour cela le bouton de manivelle T qui, au moment opportun, se trouvera précisément dans la position demandée; au lieu de le tenir à fleur du coussinet U, nous le laisserons dépasser de quelques millimètres. Devant le cadre du bras CB, nous installerons le *levier coudé* LL, que l'on voit en pointillé sur la figure, et qui pivotera au point O; on remarquera que, par un ressort à boudin, sa branche horizontale est constamment maintenue contre un plot à vis de réglage; l'autre branche se termine en forme de crosse et se présente devant le bouton de manivelle T qui, à son passage, l'écarte dans la mesure nécessaire et limitée par la vis de réglage; cette poussée est transmise sur la pièce OL pour remettre l'aiguille à zéro.

La disposition du levier que l'on voit en pointillé sur la figure 28, ainsi que la position occupée par l'embrayage et le cadran vu de côté, sont schématiques; il faudra donc leur donner leurs formes réelles et les mettre à leur véritable

place dans le mouvement d'horlogerie, lorsqu'on dressera les dessins d'exécution. Concernant les pièces de détente du déclié CH, D et D', une épure de grandeur suffisante sera nécessaire pour la taille de l'échancrure et des dents de l'échappement; la figure donne déjà, autant que possible, un aperçu de ce que seront ces pièces en mouvement.

*Fonctionnement.* — Supposons le vélosolmètre en service dans l'avion. Préalablement, à terre, on aura réglé l'horloge invariable avec le compte-secondes S, pour vérifier la périodicité du plateau CH qui doit accomplir 6 tours complets par minute. Puis, l'horloge variable étant en marche, l'aiguille du cadran débrayée, on réglera le mouvement jusqu'à ce que les images terrestres apparaissent nettes et fixes dans les miroirs, qu'on laissera tourner ainsi, en ne se préoccupant que de la fixité du réglage.

Le plateau chronométrique CH donne deux décliés chaque 10 secondes; l'espace le plus important, celui qui limite le temps à la marche de l'aiguille du cadran des  $\omega$ , est compris depuis le déclié de la dent supérieure D jusqu'à celui de la dent inférieure D', selon le sens de la flèche; sa durée est exactement de 5 secondes. La figure 28 montre le *premier déclié au moment où il va avoir lieu*; nous constatons, d'abord, que le bouton de manivelle T et son cousin U, faisant excentrique, est à fond de course et a déjà tendu le ressort RS au maximum, tandis que le ressort RS' du bas est lâche et éloigné de 3 ou 4 millimètres du collier; le déclié D va s'opérer ainsi brusquement et la dent viendra s'appuyer sur le champ du petit demi-disque. Simultanément, en bas, la dent D' se dégage sans être gênée par le ressort RS' qui ne la touche pas; mais le plateau continuant à tourner, la dent D' se trouve de suite sur le grand demi-disque, et le bouton de manivelle, tournant aussi, arme le ressort RS' et désarme le supérieur RS jusqu'au moment où l'échancrure du plateau arrive à la dent D' et provoque instantanément le *deuxième déclié*. Le premier déclié aura

donc mis l'aiguille en marche et le deuxième l'aura arrêtée après 5 secondes.

Mais le bouton de manivelle se trouve en haut, à ce moment qui est aussi le commencement du débrayage de l'aiguille, laquelle reste fixe à l'endroit où elle s'est arrêtée; l'opérateur s'empresse de lire sur le cadran la vitesse angulaire indiquée, car le bouton, redescendant, au milieu de sa course rencontre la crosse du levier coudé et remet l'aiguille à zéro. Peu après, la dent D s'échappe de nouveau pour commencer un autre tour semblable au premier et ainsi de suite. Le temps écoulé pendant l'inaction de l'aiguille aura été également de 5", bien nécessaire pour la lecture et le mouvement rétrograde de l'aiguille à son point de départ.

### *Calculs relatifs à l'instrument et aux tables*

Puisque nous avons dit que le catachros ressemble à un compas aérien, nous pouvons bien assimiler celui-ci à une roulette aérienne; et, en effet, les miroirs tournant sans cesse, les rayons venant de terre sont aussi les siens, puisque les mêmes images y parviennent, comme imprimées sur les glaces, avec une parfaite coïncidence. Nous allons donc considérer uniquement le déplacement de ces rayons au point de vue angulaire.

Supposons l'avion volant à une certaine hauteur et à une certaine vitesse; il se trouve au point de déclenchement D (fig. 29) et X est le centre de l'instrument vers lequel se dirigent les rayons terrestres. L'opérateur ne verra se succéder que les images dont les rayons passeront par l'ouverture du panneau PN, c'est-à-dire verticalement et provenant des environs de L; ce sera donc sur XL que nous établirons notre *terme de comparaison*, d'où partira et que suivra le rayonnement Vs en bas pour arriver à  $\omega$  en haut; suite ininterrompue de points à ces extrêmes, que nous pouvons imaginer être deux circonférences, dont l'une se



par rapport au sol, est représentée par  $V_s$ , ce sera donc l'unité de vitesse terrestre proportionnelle à l'unité de vitesse angulaire, et nous aurons

$$\frac{V_s}{h} = \frac{\omega}{1},$$

d'où nous tirerons

$$V_s = h\omega.$$

L'avion avie dans la direction de la flèche A, les rayons et la terre ont un mouvement relatif contraire indiqué par les autres flèches. Le vélosolmètre fonctionne et par intervalles de 5" il nous donne la valeur de  $\omega$ , que nous pouvons considérer comme existant aussi en bas, sous la forme de  $V_s$ , et que nous pouvons marquer sur la circonférence décrite, bien que nous n'en ayons pas encore la valeur, mais parce que nous en avons l'angle qui est le même que celui de  $\omega$ .

Si donc, sur le terrain depuis L et vers B, nous développons cette circonférence graduée en  $V_s$ , nous y tracerons effectivement la vitesse réelle de l'avion. Mais pour cela combien de fois devons-nous répéter  $V_s$ ? Évidemment autant de fois qu'il se sera écoulé de secondes pendant la chute de la torpille : ce qui nous donne une distance dont la valeur est  $tV_s$ , que nous portons sur la figure pour former la ligne de base LB. Il nous reste à connaître  $t$  et, comme  $h$  est déterminé, nous l'aurons par la formule :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

Nous possédons maintenant les données concernant les deux côtés du triangle rectangle BLD, et sa résolution nous fournira l'angle  $\alpha$  (fig. 29). Cependant, il nous faut arriver à une expression simple et pratique qui nous donne, quel que soit le cas, la tangente de cet angle. Nous avons dit



que LB a pour valeur  $tVs$  et LD, qui est la hauteur, est représenté par  $h$ ; la tangente résultera donc de

$$\text{tang } \alpha = \frac{tVs}{h};$$

mais pour les besoins de notre calcul nous remplacerons  $Vs$  par sa valeur  $h\omega$ , alors nous obtiendrons

$$\text{tang } \alpha = \frac{th\omega}{h}$$

et, en ôtant  $h$  qui s'annule de lui-même, nous arriverons simplement à

$$\text{tang } \alpha = t\omega$$

qui nous servira dans la suite pour établir les bandes du tableau des angles de visée.

*Rapport des vitesses entre l'axe du miroir et l'axe de l'aiguille du cadran.* — Nous savons, par ce qui précède, que les miroirs et le cadran doivent avoir des rapports bien déterminés; il nous faut donc les établir avec les bases ci-dessus énoncées.

Les rayons visuels incidents qui passent par l'axe X des miroirs forment de véritables circonférences au bout des longueurs qu'on leur assigne. Pour leur vitesse angulaire, nous avons fixé à 1 mètre l'unité de distance depuis X, une seconde comme unité de temps et un millimètre pour l'unité de mesure du développement de l'arc qui est représenté par  $\omega$ . Pour les besoins de notre démonstration, nous considérerons la circonférence entière avec les éléments qui la composent et nous aurons

$$2\pi 1000.$$

Mais par l'effet de la réflexion, la normale des miroirs ne

tourne qu'à une demi-vitesse de celle des rayons terrestres, la vitesse de leur arbre sera donc moindre de moitié et, pour la rendre équivalente à la première, nous lui donnerons la valeur de

$$4 \pi 1000.$$

Nous aurons ainsi un développement réel en millimètres, à demi-vitesse, égal au premier développement à vitesse entière. Ces deux données constituent le *premier terme* du rapport que nous cherchons, exprimé en millimètres.

Le deuxième terme se trouve dans le cadran; nous savons qu'il est divisé en 100 parties et que chacune d'elles vaut 1 millimètre; de sorte que tout le cadran contient, dans sa circonférence complète, 100 unités de mesure d'arc, de celles qui composent les expressions ci-dessus, et il n'y aurait qu'à formuler le rapport cherché si la vitesse de l'aiguille s'accomplissait dans la même seconde, comme cela a lieu pour les miroirs et les rayons; mais nous avons vu qu'elle ne nous donnera ses indications qu'au bout de 5 secondes et, pour le calcul aussi bien que pour la commodité des tables, nous n'en avons besoin que d'une seule. Nous devons donc diviser par 5 la vitesse de cet arbre, dont l'aiguille marquera ainsi un cinquième de millimètre par seconde, ce qui fera 1 millimètre seulement après les 5 secondes; pour réduire l'arbre à cette vitesse, nous n'aurons qu'à multiplier ces 100 unités de mesure par 5 et nous aurons le *deuxième terme* du rapport :

$$100 \times 5;$$

nous pouvons maintenant établir définitivement ce rapport en y laissant figurer tous ses éléments pour le rendre plus compréhensible; nous le baserons sur l'arbre des miroirs, puisqu'il doit porter la première roue dentée, et cela nous donnera

$$\frac{4 \pi 1000}{100 \times 5}.$$

on peut remarquer que l'expression est uniquement composée de millimètres et qu'elle montre clairement toutes les parties de l'opération; cependant nous pouvons la simplifier et la réduire à

$$8\pi = 25.1328.$$

Afin de fixer les idées, imaginons un grand cercle de 2 mètres de rayon, solidaire avec les miroirs et sur le même arbre; puis un autre cercle de 500 millimètres de circonférence calé sur l'arbre de l'aiguille; ces deux extrêmes résultent des données ci-dessus et nous venons de voir que leur rapport égale 25.1328. Nous constaterons de suite que leurs vitesses angulaires sont dans le même rapport, mais inversement.

Cependant, ces deux grandes circonférences, admissibles et nécessaires pour le calcul, sont impraticables pour la mécanique. Par conséquent, il nous faudra les réduire et tâcher d'y arriver en conservant le rapport ci-dessus. Limitons à 30 dents le pignon que nous placerons sur l'axe de l'aiguille; la roue que nous destinerions à l'axe des miroirs aurait un nombre de dents égal à  $30 \times 25.1328$ , soit 754 dents; la transmission serait directe, mais la roue dentée deviendrait énorme et impossible à utiliser.

*Axes intermédiaires.* — Pour arriver à notre solution, nous aurons donc recours aux *axes intermédiaires* et nous en emploierons deux, ayant chacun sa roue et son pignon; nous obtiendrons de la sorte un système de 4 axes, dont les extrêmes appartiendront aux miroirs et à l'aiguille (fig. 30). Nous supposerons que le pas sera le même pour les trois roues et les trois pignons. Chaque pignon portera 30 dents et les deux roues *a* et *b* en auront 90 chacune; les dents de la roue *x* restent, par conséquent, à déterminer ainsi que son rapport *y* avec le pignon *d'*; on voit que le système, bien que tenu régulier et simple, est le plus approché possible.

Les rapports entre les roues et les pignons s'engrenant ensemble, étant convenu que c'est la roue  $a$  des miroirs qui conduit, sont alors établis comme suit :

$$\frac{a}{b'} = 3, \frac{b}{c'} = 3, \frac{x}{d'} = y.$$

Il y a deux moyens pour trouver le nombre de dents à donner à la roue  $x$ ; d'abord directement sans connaître

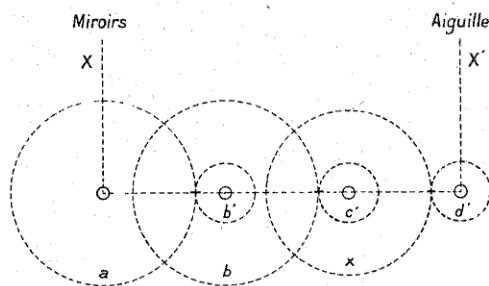


Fig. 30.

son rapport avec  $d'$ . Nous désignerons par  $q$  le rapport général

$$8\pi = 25.1328,$$

que nous avons déjà établi entre les deux axes extrêmes  $X$  et  $X'$ , et nous poserons

$$\frac{a}{b'} \times \frac{b}{c'} \times \frac{x}{d'} = q$$

ou, en faisant cette multiplication,

$$\frac{a b x}{b' c' d'} = q$$

d'où nous tirons

$$x = q \frac{b' c' d'}{a b} = 83.77,$$

soit 84 dents pour la roue  $x$ .

Maintenant cherchons le rapport  $\frac{x}{d'}$  qui nous manque pour avoir, par la deuxième manière, le nombre de dents de la roue  $x$ ; évidemment nous retrouvons sous une autre forme l'égalité

$$3 \times 3 \times y = 8\pi,$$

d'où nous tirons

$$y = \frac{8\pi}{9} = 2.7925$$

pour avoir

$$x = d'y = 83.77;$$

c'est-à-dire 84 dents pour la roue  $x$ , le même nombre trouvé précédemment avec la première formule.

On ne saurait apporter trop d'attention à cette partie de l'instrument, et c'est pour cette raison que nous insistons dans nos explications, car une erreur dans le système des roues amènerait la réforme de tout le mouvement d'horlogerie, qui serait à refaire. Nous allons donc, à titre de vérification et de preuve, voir ce que devient la vitesse angulaire depuis le rayon terrestre qui l'a engendrée jusqu'à l'aiguille du cadran qui l'a révélée.

Les miroirs tournent et les rayons venant du sol donnent, au bout de l'unité de distance qui est de 1000 millimètres et dans l'unité de temps qui est de 1 seconde, une valeur à  $\omega$  déterminée en millimètres; supposons-la, par exemple, égale à 17, que nous écrirons  $\omega 17$ ; mais comme, au lieu d'une seconde, il s'en écoulera cinq, nous multiplierons ce facteur par 5. Cependant les miroirs tournent à moitié vitesse comparativement aux rayons terrestres; il faudra donc diviser par 2. Les axes tournent dans les rapports de vitesse  $\frac{abx}{b'c'd'}$  qui devront être multipliés avec ce qui pré-

cède. Vient le tableau avec une circonférence de 100 millimètres, dont nous devons multiplier le rayon avec le produit précédent, après l'avoir divisé par l'unité de distance afin d'établir le rapport entre ces deux rayons. Nous désignerons par Z la position que prendra l'aiguille sur le tableau de la figure 27.

Nous arrangerons l'équation sous la forme suivante, afin qu'elle contienne tous les éléments de l'opération :

$$Z = \frac{\frac{5 \omega 17}{2} \left( \frac{a b x}{b' c' d'} \right) \frac{100}{2 \pi}}{1000};$$

au lieu de simplifier et de réduire les termes d'un seul coup, nous le ferons en plusieurs fois pour mieux suivre la solution : en remplaçant les rapports qui sont dans la parenthèse par leur équivalent  $8\pi$ , établi plus haut, et en groupant tous les dénominateurs, nous aurons

$$Z = \frac{5 (\omega 17) 8 \pi 100}{2 \times 1000 \times 2 \pi}.$$

ce qui produit

$$Z = \frac{(\omega 17) 4000 \pi}{4000 \pi}.$$

En éliminant les facteurs semblables qui s'annulent eux-mêmes, il nous reste

$$Z = \omega 17.$$

C'est bien là, en effet, que s'arrêtera l'aiguille du cadran pour indiquer la valeur de  $\omega$  effectuée par les rayons terrestres. Évidemment, ce qui est exact pour 17 millimètres, le sera également pour toute autre quantité représentant la mesure de  $\omega$ .

*Remarques.* — Nous ferons observer que, pour le calcul, le cadran doit nécessairement être une circonférence de

100 millimètres; mais pratiquement, pour rendre la lecture plus facile à distance, rien n'empêche de l'agrandir, mettons trois fois plus; les divisions auront alors 3 millimètres sans changer leur nombre.

Nous avons supposé que les dents des roues et des pignons avaient le même *pas*; cela n'est nullement indispensable, on peut le faire varier, à la condition de respecter les proportions dans le nombre des dents; au lieu de celui indiqué plus haut, on pourrait, sans changer les diamètres, *tailler* comme suit :

$$\frac{a}{b} \text{ à } \frac{60}{20} \text{ dents; } \frac{b}{c} \text{ à } \frac{75}{25}; \frac{x}{d} \text{ à } \frac{84}{30}.$$

Les dents de la roue *a*, qui conduit, seraient ainsi bien plus fortes.

### *Tableau des angles de visée*

Ce tableau n'aura pas l'aspect des précédents (fig. 31). La bande se déroulera de la même manière, mais le devant de la boîte ne portera pas les indications du temps, puisqu'il reste invariablement fixé à 5 secondes et que nous procédons maintenant par évaluations angulaires auxquelles correspondent les angles de visée. Afin de rendre la lecture de la bande plus facile, nous avons rapproché ces deux données et nous les avons notées dans des cases doubles, au nombre de 100, ce qui représente un tour du cadran. Chaque groupe d'indications est réuni par une accolade devant laquelle est inscrite la hauteur fournie par l'altimètre, de sorte que l'officier aviateur pourra lire très commodément l'angle de visée dont il aura besoin et qu'il trouvera, côte à côte, avec les millimètres angulaires.

Dans l'échelle des hauteurs, nous irons par 10 mètres; d'ailleurs, on pourra mettre moins ou plus selon la justesse de l'altimètre. Dans l'intérêt de la démonstration, nous

prendrons encore ici, comme exemple, une ligne quelconque; le mot ligne est peut-être impropre, puisqu'il y en a dix; disons alors de préférence *accolade*, comme ci-dessus, et supposons qu'elle concerne la hauteur de 1.130 mètres.

Pour déterminer les tangentes, nous avons trouvé plus haut une formule bien simple que nous appliquerons partout :  $\text{tang. } \alpha = t \omega$ . Il nous faudra donc, à chaque accolade, commencer par calculer le temps de la chute; pour celle-ci, il est de

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 15''10''' (15.177).$$

Nous pouvons maintenant dresser l'état préparatoire des solutions nécessaires pour garnir les cases de l'accolade et nous lui donnerons toute l'étendue du cadran indicateur des vitesses angulaires, ce qui nous permettra d'examiner quelles sont les parties les plus utiles.

Pour obtenir ces solutions, on devra se rappeler que la valeur numérique de  $t$  doit être écrite en secondes et que les tierces doivent être converties en centièmes ou millièmes de seconde, ainsi qu'on le voit dans la parenthèse de la formule ci-dessus. En ce qui concerne  $\omega$ , on sait qu'il est exprimé en millimètres sur le cadran, mais pour les opérations de l'état préparatoire, il faut les considérer comme des décimales, ainsi que cela a été fait d'ailleurs au début des calculs.

TABLEAU.

AVIONNERIE MILITAIRE

7



## État préparatoire des solutions

$h = 1.130$ mètres			$t = 15'' 10''' (15.177)$					
$\omega$	tang	$\alpha$	$\omega$	tang	$\alpha$	$\omega$	tang	$\alpha$
1	0,0151	0°50'	35	0,5311	27°58'	68	1,0320	45°53'
2	0,0303	1°44'	36	0,5463	28°38'	69	1,0472	46°19'
3	0,0455	2°35'	37	0,5615	29°19'	70	1,0623	46°44'
4	0,0607	3°20'	38	0,5767	29°59'	71	1,0775	47° 8'
5	0,0758	4°19'	39	0,5919	30°37'	72	1,0927	47°32'
6	0,0910	5°13'	40	0,6070	31°15'	73	1,1079	47°56'
7	0,1062	6° 4'	41	0,6222	31°53'	74	1,1233	48°19'
8	0,1214	6°55'	42	0,6374	32°31'	75	1,1382	48°42'
9	0,1365	7°45'	43	0,6526	33° 7'	76	1,1534	49° 5'
10	0,1517	8°39'	44	0,6677	33°44'	77	1,1686	49°26'
11	0,1669	9°30'	45	0,6829	34°20'	78	1,1838	49°48'
12	0,1821	10°20'	46	0,6981	34°55'	79	1,1989	50°10'
13	0,1973	11°11'	47	0,7133	35°31'	80	1,2141	50°32'
14	0,2124	11°58'	48	0,7284	36° 4'	81	1,2293	50°52'
15	0,2276	12°49'	49	0,7436	36°30'	82	1,2445	51°13'
16	0,2428	13°39'	50	0,7588	37°12'	83	1,2596	51°34'
17	0,2580	14°27'	51	0,7740	37°44'	84	1,2748	51°53'
18	0,2731	15°17'	52	0,7892	38°16'	85	1,2900	52°13'
19	0,2883	16° 4'	53	0,8043	38°49'	86	1,3052	52°33'
20	0,3035	16°52'	54	0,8195	39°21'	87	1,3203	52°52'
21	0,3187	17°42'	55	0,8347	39°51'	88	1,3355	53°11'
22	0,3338	18°27'	56	0,8499	40°22'	89	1,3507	53°30'
23	0,3490	19°13'	57	0,8650	40°52'	90	1,3659	53°47'
24	0,3642	20° 1'	58	0,8802	41°20'	91	1,3811	54° 6'
25	0,3794	20°46'	59	0,8954	41°51'	92	1,3962	54°24'
26	0,3946	21°32'	60	0,9106	42°19'	93	1,4114	54°40'
27	0,4097	22°17'	61	0,9257	42°47'	94	1,4266	54°58'
28	0,4249	23° 2'	62	0,9409	43°16'	95	1,4418	55°15'
29	0,4401	23°45'	63	0,9561	43°42'	96	1,4569	55°32'
30	0,4553	24°28'	64	0,9713	44°10'	97	1,4721	55°49'
31	0,4704	25°11'	65	0,9865	44°37'	98	1,4873	56° 5'
32	0,4856	25°54'	66	1,0016	45° 3'	99	1,5025	56°21'
33	0,5008	26°33'	67	1,0168	45°28'	100	1,5177	56°37'
34	0,5160	27°17'						

Ce qui d'abord attire notre attention au commencement

de cet état, c'est le peu d'ouverture de l'angle de visée; il est même théoriquement nul, à zéro, et on comprend que, dans ce cas, l'avion aviera dans les conditions de  $V = V_n$ , ce qui peut parfaitement arriver, mais exceptionnellement. Ce sera donc le début du tableau, de toutes les accolades et pour toutes les valeurs de  $h$ .

A la fin de la dernière colonne nous voyons au contraire un angle très accentué; il correspond, pour  $V_s$ , à la valeur numérique excessive de 113 mètres, vitesse qu'aucun torpilleur n'atteindra jamais. Cependant, dans des circonstances très rares, un avion pourrait se trouver en manœuvres de combat et être obligé de déclencher dans les environs de  $V + V_n = 80$ ; pour cette raison, nous laisserons au tableau toutes les valeurs d'angle que comporte le tour du cadran, lorsqu'il s'agira d'une hauteur dans le voisinage de 1.000 mètres; position moyenne et pratique, mais de sécurité relative, car il faudra toujours se méfier de l'artillerie verticale.

Pendant les opérations de haute altitude, par exemple à 3.000 mètres, on n'utilisera guère que la moitié des indications du cadran; si, à cette hauteur, l'aiguille accusait 50 millimètres, on se trouverait avier à l'allure de  $V_s = 150$  mètres avec un angle de  $51^\circ$  pour la visée. Cette occasion ne se présentera sans doute jamais pour un avion, mais il ne faut pas en déduire qu'elle est impossible; une armée aérienne sera exposée à toutes les aventures atmosphériques et on ne pourra pas prévoir, les vents étant modérés sur le sol, à quelle vitesse se mouvront en temps d'orage les couches d'air supérieures.

A basse altitude, supposons qu'elle soit entre 200 et 300 mètres, les déclenchements perdront beaucoup de leur utilité et deviendront très dangereux à exécuter; néanmoins, si cela devenait nécessaire, il faudrait pouvoir les effectuer avec justesse. Ici, la fin du tableau servirait; à la moindre de ces deux basses altitudes, il indiquerait un angle théorique de  $32^\circ$  avec  $V_s = 20$  mètres, ce qui ne serait pas même suffisant. Alors le plus simple moyen con-

sisterait à doubler l'accolade et à la calculer jusqu'à 200 millimètres; l'opérateur amènerait la partie de la bande qui l'intéresse devant l'ouverture du tableau. Quant au cadran, on n'aurait pas à s'en inquiéter, son fonctionnement resterait le même; l'aiguille accomplirait d'abord un premier tour et au second, dans la deuxième centaine, elle indiquerait avec autant de précision la valeur de  $\omega$ .

En résumé, pour les plus hautes altitudes, la moitié de l'accolade sera suffisante et on pourra se dispenser de calculer le reste. Pour les hauteurs moyennes, il la faudra toute. En basse altitude, il deviendra nécessaire de la doubler. Néanmoins, il sera prudent de mettre plutôt trop d'indications que pas assez.

*Exemple d'une accolade.* — Voici maintenant l'accolade que nous avons désignée comme exemple (fig. 31). L'angle

h	$\omega$ en millimètres.										Angles $\alpha - \alpha_R$ .									
	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91
1130	1	6	15	22	29	35	40	44	48	51	1	7	15	23	29	35	40	45	48	51
	2	7	16	23	30	36	41	45	49	52	2	8	16	24	30	36	41	45	49	52
	3	8	17	24	31	37	42	46	50	53	3	9	17	25	31	37	42	46	50	53
	4	9	18	25	32	38	43	47	51	54	4	10	18	26	32	38	43	47	51	54
	5	10	19	26	33	39	44	48	52	55	5	11	19	27	33	39	44	48	52	55
	6	11	20	27	34	40	45	49	53	56	6	12	20	28	34	40	45	49	53	56
	7	12	21	28	35	41	46	50	54	57	7	13	21	29	35	41	46	50	54	57
	8	13	22	29	36	42	47	51	55	58	8	14	22	30	36	42	47	51	55	58
	9	14	23	30	37	43	48	52	56	59	9	15	23	31	37	43	48	52	56	59
	10	15	24	31	38	44	49	53	57	60	10	16	24	32	38	44	49	53	57	60

Fig. 31.

$\alpha_R$  représentant le retard dans la chute de la torpille, a été déduit de l'angle théorique  $\alpha$  figurant sur l'état précé-

dent. On remarquera dans l'accolade, en ce qui concerne  $\omega$ , le même genre de division que celui qui a été adopté pour le cadran, c'est-à-dire avec des traits cotés de 5 en 5 millimètres; cette ressemblance rendra la lecture plus facile et les angles qui sont en face chaque division n'en ressortiront que mieux. Pour les rendre encore plus apparents, on pourra les imprimer avec une encre de couleur, tandis que les millimètres le seraient à l'encre ordinaire.

Cette deuxième disposition du vélosolmètre fut combinée pour répondre à un *besoin de rapidité* ; la voilà à présent développée et prête à entrer en construction; elle devra ensuite être mise à l'essai sur des avions pour savoir à quelle catégorie d'entre eux elle est destinée à rendre le plus de services. Nous pensons que les avions de ligne, qui seront des engins à grande vitesse, devront l'éprouver sérieusement, concurremment avec les autres systèmes décrits plus haut, pour définitivement arrêter leur choix sur l'instrument qui leur procurera les avantages les plus pratiques, comme justesse et rapidité d'opération.

### *Altimètre*

L'altimètre, qui complétera l'instrument, devra être d'une grande précision et suffisamment gradué pour accuser des différences de hauteur de 10 mètres. Il sera nécessaire de le contrôler dans un endroit montagneux, où des repères auront été posés par les soins des agents du nivellement général de la France. Ensuite l'étalonnage des autres altimètres pourrait se faire sous un récipient en verre dans lequel on aurait suffisamment raréfié l'air. Avec l'étalon on introduirait les instruments à vérifier et, en augmentant ou en diminuant progressivement la pression intérieure, on parviendrait facticement à reproduire les différences d'altitude.

Chaque fois qu'on s'en servira, il faudra au préalable mettre l'aiguille à zéro et connaître parfaitement l'alti-

tude de l'aire de laquelle on partira. Avant chaque opération, on devra se préoccuper également des altitudes des points à attaquer et on tâchera de les trouver à l'aide des cotes et des renseignements fournis par les cartes, afin de les comparer ensemble et d'en déduire, le mieux possible, les hauteurs des déclenchements.

D'autres incertitudes provenant des variations barométriques brusques viendront augmenter les difficultés du pointage; cela se produira souvent pendant les mauvais temps; il faudra en tenir compte, autant qu'on le pourra, en ajoutant ou en retranchant de l'altitude, selon les cas, pour parer à des erreurs possibles, qu'il faudra se contenter d'amoindrir, si on ne peut les éviter.

Les altimètres seront très utiles dans les hautes régions atmosphériques, à la condition qu'ils soient très précis et bien réglés. De là-haut, on ne peut estimer aucune vitesse. Le vent relatif, créé par l'avion, trahit seul son mouvement; on aurait même l'illusion d'avier sur place, si un bon instrument ne venait révéler le déplacement terrestre sous l'opérateur. Que deviendrait la chute d'une torpille abandonnée à des moyens empiriques? Et on doit s'attendre, depuis les avions de ligne, à déclencher toujours haut, jamais bas, l'artillerie verticale ennemie le défendra.

### *Conclusion*

Nous nous bornerons à faire remarquer la nécessité de réaliser de bons instruments de mesure, sans lesquels le *pointage aérien* resterait un vain mot. Nous conseillerons aussi la création d'un cours spécial pour enseigner aux jeunes officiers la théorie de cette nouvelle science balistique dont on trouvera les premiers éléments sur la note n° 12 de l'*Aviation Militaire*.

---

## TABLE DES FIGURES

		Pages.
FIGURE N° 1.	Ensemble du catachros . . . . .	4
— N° 2.	Disposition des miroirs extrêmes . . . . .	7
— N° 3.	Première disposition des miroirs du centre et des pièces du mouvement oscillatoire . . . . .	9
— N° 4.	Alignement des fils intérieurs et image ter- restre . . . . .	10
— N° 5.	Curseurs et réticules d'alignement. . . . .	11
— N° 6.	Conduit visuel binoculaire. . . . .	12
— N° 7.	Deuxième disposition des miroirs du centre avec la direction et la forme des images terrestres. . . . .	14
— N° 8.	Appareil micrométrique . . . . .	16
— N° 9.	Détails du palier PV . . . . .	18
— N° 10.	Écrou micrométrique EG avec son disque et ses poulies pour la transmission du réglage à distance . . . . .	19
— N° 11.	Poulies et bouton à main pour la transmis- sion à distance . . . . .	20
— N° 12.	Disposition pour le réglage des miroirs ex- trêmes. . . . .	22
— N° 13.	Mouvement alternatif uniforme conduisant les oscillations du catachros . . . . .	25
— N° 14.	Schéma des variations de l'amplitude $bb'$ dans les oscillations. . . . .	28
— N° 15.	Combinaison des leviers et leur réglage à distance pour les variations de $bb'$ . . . . .	31
— N° 16.	Tracé et épure de l'excentrique en cœur . . . . .	35
— N° 17.	Indications graphiques pour les calculs de la hauteur $h$ . . . . .	42
— N° 18.	Indications graphiques pour les calculs de la vitesse $V_s$ . . . . .	46
— N° 19.	Schéma à l'appui des calculs des variations de $bb'$ . . . . .	48
— N° 20.	Disposition intérieure du déroulement de la bande dans les tableaux du guide de visée. . . . .	52
— N° 21.	Ensemble du vélosolmètre opérant triangu- lairement. . . . .	68
— N° 22.	Plateau à cames et leviers à galets action- nant le compte-secondes . . . . .	70

	Pages.
FIGURE N° 23. — Indications graphiques pour la mesure de $V_s$ .	72
— N° 24. — Modèle à titre d'exemple pour une ligne de la bande du tableau des angles de visée.	76
— N° 25. — Ensemble du vélosolmètre opérant angulairement.	78
— N° 26. — Détails à plus grande échelle de la position des miroirs entre eux et du tube-cage qui les contient.	80
— N° 27. — Cadran indicateur des valeurs de $\omega$ .	81
— N° 28. — Combinaison des pièces du déclic chronométrique.	84
— N° 29. — Indications graphiques pour les mesures et les calculs de $\omega$ et de $V_s$ .	88
— N° 30. — Rapport graphique du miroir à l'aiguille par les axes intermédiaires.	93
— N° 31. — Exemple d'une accolade de la bande contenue dans le tableau du guide de visée.	100

## TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉAMBULE . . . . .	v
<i>Instruments de mesure pour le pointage aérien.</i> . . . .	1
Le <i>catachros</i> . . . . .	1

### PREMIÈRE PARTIE

<i>Description pour la construction, le fonctionnement et l'emploi de l'instrument</i> . . . . .	3
Ensemble de l'instrument . . . . .	3
Angle binoculaire . . . . .	5
Disposition des miroirs extrêmes . . . . .	5
Première disposition des miroirs du centre . . . . .	8
Curseurs d'alignement . . . . .	10
Lucarnes . . . . .	12
Deuxième disposition des miroirs du centre . . . . .	13
Appareil micrométrique . . . . .	15
Annulation du jeu . . . . .	19
Réglage des miroirs . . . . .	21
Mouvement oscillatoire . . . . .	23
Articulations du tube U' . . . . .	23
Mouvement d'horlogerie . . . . .	24
Variations de l'amplitude $bb'$ . . . . .	28
Dispositions des organes . . . . .	29
Tracé de l'excentrique en cœur . . . . .	34
Légende explicative et principales données pour la construction . . . . .	36
Observations et remarques . . . . .	38

### DEUXIÈME PARTIE

<i>Bases des mesures et des calculs</i> . . . . .	41
Mesure de la hauteur . . . . .	41
Angle binoculaire . . . . .	41
Détermination de $h$ . . . . .	43
Mesure de la vitesse . . . . .	45
Mesure de $V_s$ . . . . .	46
Différenciation de $bb''$ . . . . .	48



	Pages.
Établissement du tableau des angles de visée. . . . .	51
Tableau et bande . . . . .	51
Calculs des bandes . . . . .	53
Table préparatoire . . . . .	57
Généralisation algébrique . . . . .	60
Ligne choisie comme exemple. . . . .	63
État des solutions. . . . .	63
Modèle de tableau des angles de visée. . . . .	64
Considérations tactiques . . . . .	66
 Le <i>vélosolmètre</i> . . . . .	 67
1° Triangulairement. . . . .	67
Description. . . . .	67
Fonctionnement. . . . .	70
Calculs des angles de visée. . . . .	72
Établissement des bandes . . . . .	73
2° Angulairement . . . . .	77
Description . . . . .	77
Miroirs et cadran . . . . .	77
Mouvement d'horlogerie variable . . . . .	81
Mouvement d'horlogerie invariable et déclic chronométrique . . . . .	82
Fonctionnement . . . . .	86
Calculs relatifs à l'instrument et aux tables. . . . .	87
Rapport des vitesses entre l'axe du miroir et l'axe de l'aiguille du cadran . . . . .	90
Axes intermédiaires . . . . .	92
Remarques. . . . .	95
Tableau des angles de visée. . . . .	96
État préparatoire des solutions. . . . .	98
Exemple d'une accolade . . . . .	100
Altimètre. . . . .	101
Conclusion. . . . .	102
Table des figures . . . . .	103