
CLISIMÈTRE A COLLIMATEUR

DU COLONEL GOULIER

Le Dépôt des instruments de précision du Service Géographique de l'armée vient, non sans difficultés, d'achever un instrument du colonel Goulier, qui paraît appelé à rendre de grands services dans les études de chemins en pays accidentés et dans les voyages d'exploration ; nous voulons parler du *clisimètre à collimateur*. L'idée de cet instrument est très ancienne, nous renverrons pour sa mention à l'*Aide-mémoire de Laisné* (4^e édition, 1861, p. 128), mais la description donnée alors par l'auteur se rapporte à un instrument compliqué, paraissant se rapprocher du niveau Burel-Leblanc, dans lequel le miroir peut prendre sur la verticale des inclinaisons déterminées d'avance.

Le clisimètre à collimateur est un instrument de poche, analogue au niveau-lyre (fig. 1) décrit au *Mémorial* (n° 24, p. 239 à 241) dans lequel « le collimateur composé est « remplacé par un simple morceau de verre, terminé par « deux surfaces convexes, dont l'une est au foyer de l'autre, comme cela a lieu dans la loupe Stanhope. »

Le colonel en avait laissé une description inédite plus détaillée, dont on n'a pu retrouver qu'un fragment, et que nous reproduisons textuellement ; il porte la date du mois d'août 1878.

« Il y a longues années nous avons réalisé, pour cet appareil, un collimateur donnant les pentes jusqu'à $\pm 0,15$ ou $\pm 0,20$. Il était constitué par deux lentilles distinctes

et un micromètre tracé ou photographié sur un troisième verre. Comme il était extrêmement difficile de fixer d'une manière assez solide les fragments de lentille dont il fallait faire usage et en même temps de rendre leur logement

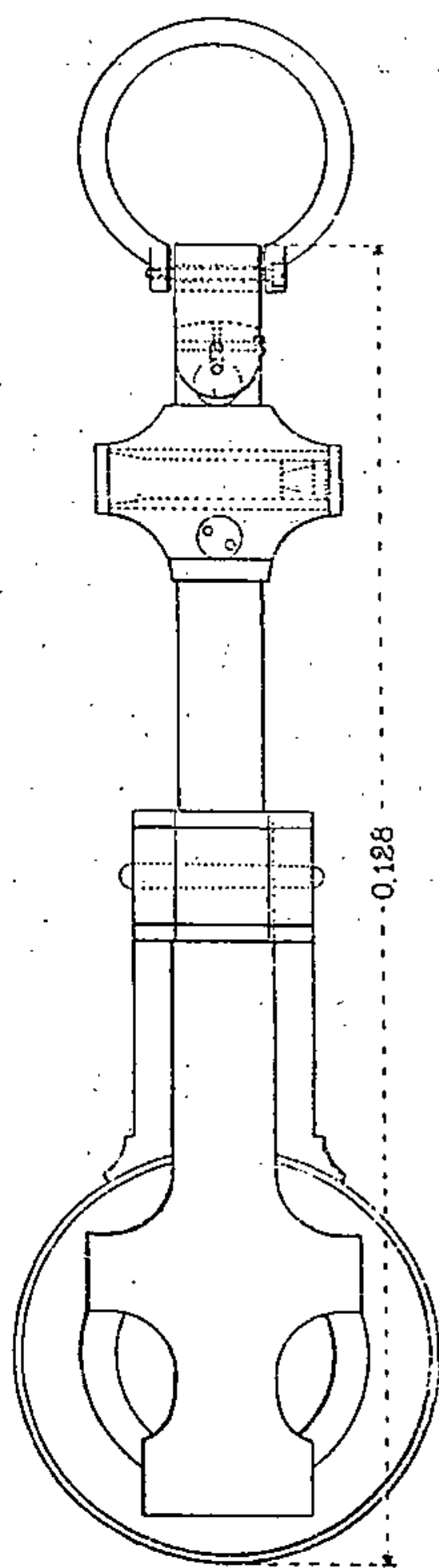


Fig. 1. — Niveau-Lyre.

hermétique, on avait toujours à craindre que l'humidité ne formât de la buée dans son intérieur; accident auquel l'opérateur ne pouvait guère remédier.

« M. Tavernier-Gravet, l'habile constructeur d'instruments de précision, songea à obvier à cet inconvénient en remplaçant les lentilles par une sorte de loupe Stanhope. Après des essais peu satisfaisants, comportant des micromètres tracés sur verre ou photographiés, indépendants

du Stanhope, voici à quoi l'on est arrivé, grâce à l'habileté manuelle et à l'ingéniosité du constructeur.

« L'appareil optique est un simple morceau de verre de 16 mm de longueur, de 8 mm environ de largeur et de 3 mm d'épaisseur, terminé aux deux bouts par deux surfaces sphériques convexes et polies L et M, dont la seconde est au foyer principal de la première. Entre ces deux surfaces, un sillon annulaire taillé dans le verre y détermine un collet circulaire de 3 mm de diamètre, qui produit l'effet d'un diaphragme (fig. 2).

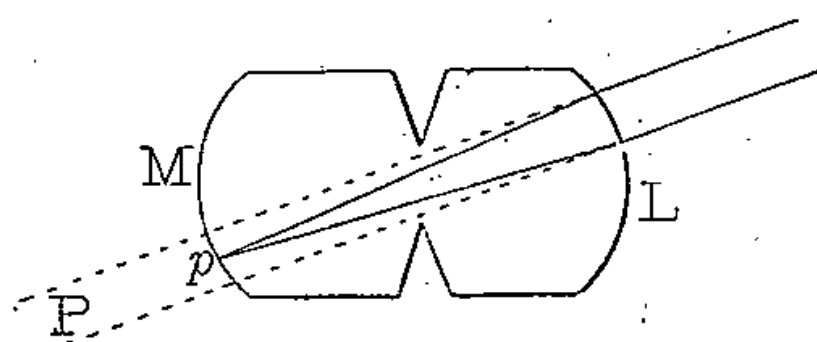


Fig. 2.

« Il résulte de ces dispositions que les rayons qui, divergeant d'un point p de la surface M, ont traversé, d'abord le diaphragme puis la surface L, sortent de cette surface parallèles entre eux, et qu'ils affectent l'œil comme s'ils venaient non pas de p , mais bien d'une image virtuelle P située à l'infini. Par suite, l'œil perçoit de l'échelle tracée sur M une image virtuelle placée aussi à l'infini.

« Il en résulte que les déplacements de l'œil, derrière le diaphragme, ne causent aucun déplacement apparent des traits de l'échelle sur les objets éloignés parce que ces déplacements, dont l'amplitude ne peut guère dépasser la valeur du rayon du diaphragme, ne peuvent pas changer, d'une manière appréciable, la direction des plans visuels s'appuyant sur les lignes idéales situées à l'infini, qui représentent les images virtuelles des traits de l'échelle. *Les oscillations de la tête sont donc sans influence sur l'exactitude des observations.*

« L'échelle dont il vient d'être question comporte 71 traits distants les uns des autres d'environ $1/10$ de millimètre,

et des chiffres nombreux ayant moins de $2/10$ de millimètre de hauteur.

« Si l'on avait pu les graver au diamant, ils eussent eu trop de transparence. On les a photographiés sur la petite surface sphérique M, ayant, on l'a déjà dit, 8 mm de hauteur et 3 mm de largeur.

« Les personnes qui sont au courant des opérations photographiques se demandent, sans doute, comment on a résolu les difficultés que présente l'exécution, dans de semblables conditions, d'une photographie *qui pour chaque instrument doit avoir des dimensions différentes*¹, puisque ces dimensions dépendent de la distance focale de la surface L, distance *un peu variable*¹ d'un instrument à l'autre. En voici l'explication :

« D'abord, tout aussi bien pour le travail des surfaces sphériques que pour la photographie, on avait collé provisoirement sur le Stanhope deux lames de verre qui donnaient au morceau de verre la forme d'un tronc de pyramide octogonale. L'opticien a obtenu par tâtonnements que la surface M fût au foyer de la surface L. Il constatait la coïncidence en regardant, au moyen d'une lunette ajustée sur l'infini, et au travers de la surface L, soit les grains du dépoli de M, soit, après le poli, les poussières adhérentes à la surface. Puis, par des tours de main dont la description serait trop minutieuse et trop longue, M. Tavernier est parvenu à répandre régulièrement l'albumine sur la face M, en évitant de produire sur ses bords des bavures notables. Enfin il a fait poser cette surface, en se servant, comme objectif de chambre noire, de la surface convexe L, et comme objet d'une plaque de verre couverte de vernis noir et sur laquelle l'échelle était représentée très agrandie par des traits et des chiffres transparents. Mais, entre cette sorte de cliché négatif, placé à quelques décimètres seulement du Stanhope, et celui-ci, on a inter-

1. N. D. L. R. Les mots en italique ne sont pas soulignés dans le texte.

posé deux lentilles convexes à longs foyers qui, pour l'œil qui se substituerait à ce Stanhope, transforment le cliché en une image virtuelle qui paraît être à l'infini, et dont les divisions sous-tendent d'ailleurs des angles convenables.

« Ne négligeons pas de dire que pour obtenir ce dernier

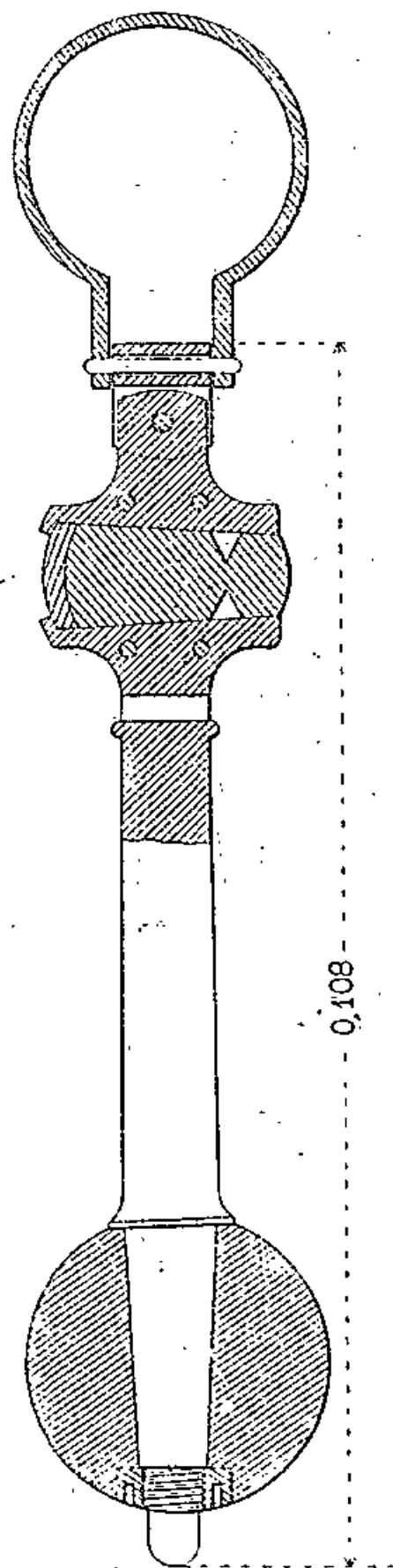


Fig. 3. — Clisimètre à boule (2/3).

résultat il a fallu faire expérimentalement les divisions du cliché. Celui-ci a donc pu donner sur la surface M une image convenable et y être photographiée.

« Il résulte de ces dispositions que si nous considérons sa photographie exécutée, nous comprenons que les pin-
ceaux de rayons lumineux qui proviennent ensuite des

différents traits de l'échelle photographiée sur la surface M, et qui suivent, en sens inverse, le même chemin que ceux qui ont produit la photographie, sont perçus par l'œil de telle sorte qu'ils ont, par rapport au grand trait zéro, les mêmes inclinaisons que l'on constaterait en regardant l'image virtuelle du cliché négatif, c'est-à-dire les inclinaisons de 1 p. 100, 2 p. 100, etc. Et, qu'on le remarque bien, cela s'obtient sans tâtonnement, sans hésitation d'aucune sorte, dès que les verres de ces deux lentilles convexes ont été placés convenablement par rapport au cliché et au Stanhope. »

Les essais du colonel furent interrompus par la mort du constructeur Tavernier-Gravet, qui n'avait pas encore réussi à résoudre convenablement les difficultés pratiques inhérentes à l'exécution de l'échelle photographiée, et le modèle exposé en 1878 (fig. 3) resta seul échantillon, bien que, comme l'écrivait en 1892 le colonel de la Noë, ce fût « le plus commode et le plus exact de tous les clisimètres portatifs et qu'il méritait d'être répandu et mis à la disposition des topographes ¹ ».

Cette difficulté était assez grande pour que dans ses premiers essais le capitaine du génie Talon, commandant la Brigade topographique de Paris, ait songé à revenir au collimateur composé. Un niveau du modèle de chantier, monté sur pied, fut muni d'un viseur de ce genre, et confié en 1897 à l'École des chemins de fer. Nous ignorons les résultats de l'étude qu'on a dû en faire.

C'est alors que, renonçant à résoudre la difficulté, le capitaine Talon remplaça la surface courbe postérieure du Stanhope par une plane (fig. 4), en modifiant en conséquence le modèle à photographier.

Une autre modification a été faite. Les constructeurs avaient regardé comme trop compliqué le modèle figuré

¹. *Revue*, 1892, t. VI, p. 162.

au *Mémorial*. Les frais de fabrication ne permettaient pas de le livrer à un prix inférieur à celui assez élevé de la boussole Burnier. M. Henne, mécanicien du Dépôt central des instruments de précision et élève du colonel Goulhier,

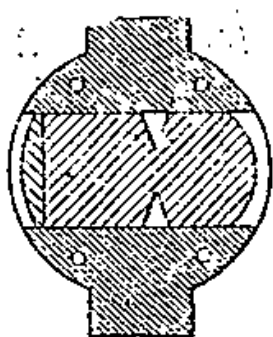


Fig. 4.

fut alors conduit à imaginer un autre modèle d'un gabarit beaucoup plus simple, qui, bien entendu, se replie complètement sans laisser de saillie et se réduit à un très petit volume (fig. 5); il s'en faut qu'il remplisse une poche ordinaire de gilet.

Pour faire une visée, la pupille doit être placée de manière à recevoir à la fois des rayons lumineux provenant de l'objet et du collimateur. La figure 6 donne une idée de la sensation produite par la superposition de ces deux images sur la rétine.

Le clisimètre à collimateur a été soumis à deux essais pendant la campagne de 1898. La section des levés de précision en a confié un du modèle de poche à M. H. Vaillot, l'un des opérateurs amateurs du Mont-Blanc; à la même époque, elle en a envoyé un du même modèle et un du modèle du chantier à M. le chef du génie de Nice, qui les a fait expérimenter dans des terrains *difficiles* pour des études de route. L'essai a été concluant. Comme on le verra par les notes ci-annexées, l'instrument de poche a donné *ce qu'on en attendait*.

L'instrument actuel fournit les pentes jusqu'à $\pm 0,35$, limite pratique du champ du collimateur. Pour donner satisfaction au vœu exprimé par le capitaine Dautherville, à la fin de sa note, on étudie un dispositif propre à arrêter le collimateur dans deux positions, dans lesquelles la

ligne 0 serait inclinée au-dessus ou au-dessous de l'horizon d'une pente convenable.

Extrait de la note du capitaine J. Dautherville.

« Un clisimètre portatif à lyre a été mis en expérience dans les régions montagneuses de la chefferie de Nice, pendant la campagne de 1898.

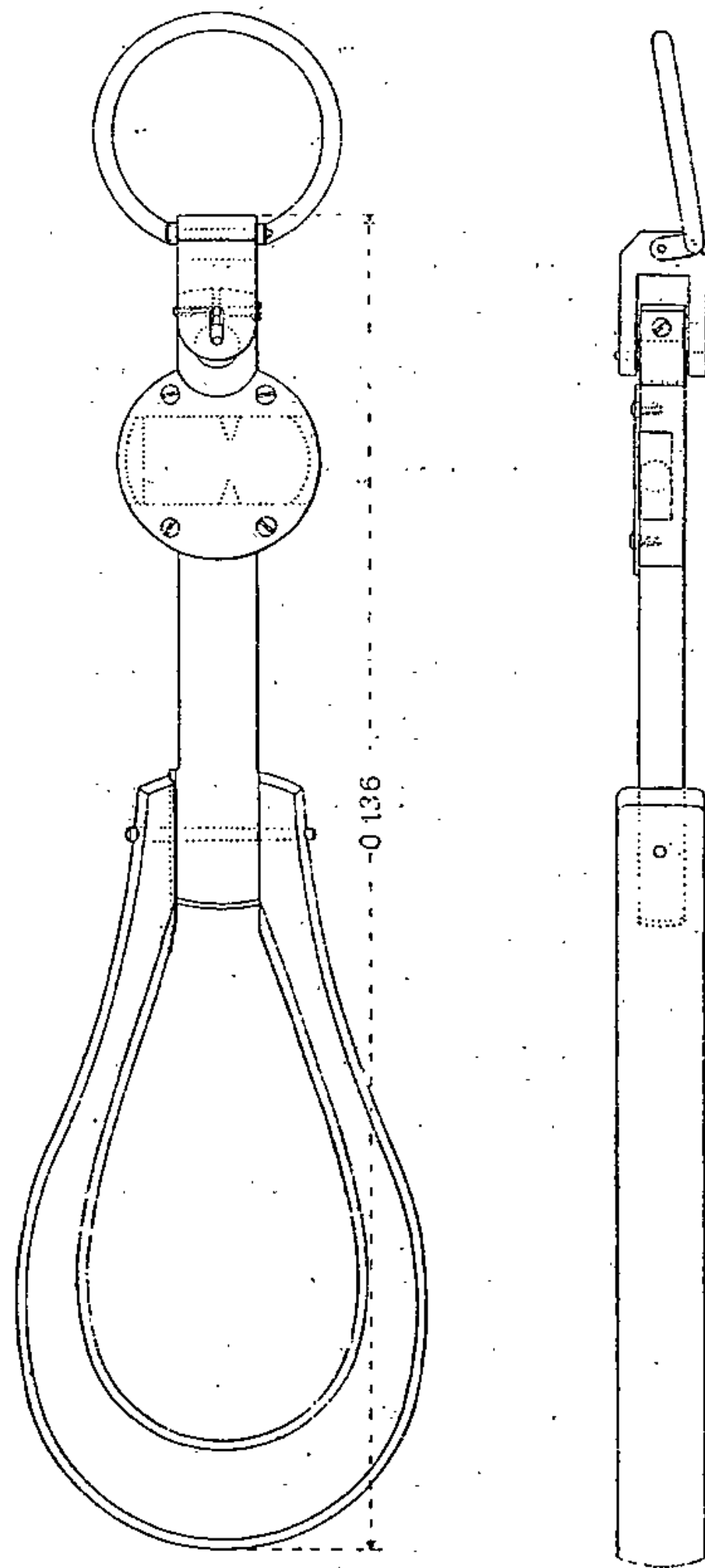


Fig. 5.

« Cet instrument a servi, en des mains bien différentes, à de nombreuses opérations sur le terrain. Quel que fût l'opérateur (officier du génie ou d'infanterie), il a donné de bons résultats comme instrument de reconnaissance,

et ses visées directes et inverses se sont toujours vérifiées à 1/100 près.

« A titre de premier essai, il a été confié à un officier nouveau venu dans la région, qui l'a utilisé à vérifier les

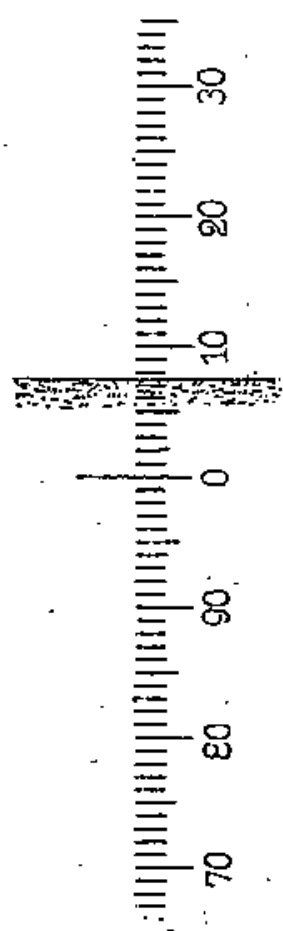


Fig. 6.

pentes d'une série de routes stratégiques formant un polygone fermé de 7 km de développement environ, avec un écart entre les altitudes extrêmes de près de 200 m. Les distances entre les stations étant prises sur le plan directeur, l'erreur de fermeture a été de 23 m, soit moins de 1/2 p. 100.

« Après ce premier succès, l'instrument a été utilisé en terrain découvert, mais gazonné et sans ressauts, dont les déclivités transversales, toujours très accusées (elles atteignaient souvent 80 et 100 p. 100) rendaient longues et pénibles les mises en station d'instruments de levé ou de nivellement sur pied à trois branches. Il s'agissait de tracer sur ce terrain, à flanc de coteau, mais en atteignant certains points de passage obligés, une route carrossable, admettant 10 à 12 p. 100 de pente limite dans le profil en long et de près de 7 km de développement. Employé tout d'abord à déterminer les points de passage secondaires à adopter sur les croupes aiguës qui séparaient les vallonements successifs, ainsi qu'à apprécier les pentes d'études

à imposer aux opérateurs dans chaque section ainsi délimitée, le clisimètre a servi ensuite à piqueter sur le terrain un tracé provisoire devant servir à préciser encore les conditions de travail des équipes de levé. Le levé à la planchette et le nivellement au niveau collimateur ordinaire, qui ont été faits ensuite de ce tracé, ont donné des résultats assez satisfaisants pour qu'on ait pu s'en contenter, et l'admettre comme base de report du piquetage de l'axe définitif de la route à construire.

« Ce nouveau succès a décidé un autre officier, qui avait tout d'abord manifesté une certaine répugnance pour l'instrument jugé trop mobile et difficile à lire, à le réclamer pour les études qu'il faisait d'un autre tracé de route, de près de 8 km de développement, dans des conditions bien différentes. Il opérait en terrain boisé, où les visées étaient forcément courtes, et où, de plus, la nature du sol rendait les tâtonnements fort longs. C'était, en effet, un versant de vallée à pente générale assez raide, mais irrégulière, composé de gradins étagés de grès calcaire dont chaque banc formait une sorte de muraille, quelquefois de plusieurs mètres de hauteur, raccordée à la muraille suivante par un talus d'éboulis couvert d'une épaisse végétation. Le tracé, qui avait à franchir plusieurs de ces ressauts, ne devait les affronter, par raison d'économie à prévoir dans l'exécution, que sur les rares points où les talus d'éboulis supérieurs et inférieurs se rejoignaient et recouvraient le banc rocheux sur une étendue souvent assez restreinte. Le clisimètre a été précieux pour la recherche de ces points de passage, surtout parce qu'il permettait d'éliminer à coup sûr, et sans le secours d'aucun aide, les points où la disparition momentanée de la muraille n'offrait pas un développement suffisant pour être franchie à la pente limite admise pour le tracé.

« Le clisimètre portatif a été postérieurement employé avantageusement pour le tracé de deux chemins muletiers, admettant 15 et 17 p. 100 dans leur profil longitudinal.

L'un d'eux, demandé à titre d'exercice à un lieutenant de chasseurs alpins par le commandant de son groupe, a été, grâce à cet instrument, étudié sur le terrain par cet officier en une matinée.

« Le problème posé était d'atteindre, par un versant déterminé et particulièrement abrupt, le sommet d'une montagne, de 400 m plus élevé que le point de départ. La solution consistait dans la création de deux séries de lacets à tracer en terrain découvert, dans deux prairies voisines, à pente transversale très accusée, et situées à des niveaux différents, de part et d'autre d'une arête rocheuse difficilement franchissable en un petit nombre de points.

« Le capitaine du génie soussigné, qui avait prêté l'instrument et a parcouru ultérieurement le terrain, s'est assuré que le point de passage sur l'arête avait été convenablement choisi et que le tracé piqueté était fort acceptable. Il ne présentait pas les différences brusques de pente, les à-coups, les imperfections dues à la hâte et au défaut d'instruments de nivellement ou d'opérateurs, qui caractérisent trop souvent les communications ouvertes par les corps de troupe en montagne.

« L'autre étude, faite par un groupe suffisamment nombreux d'opérateurs exercés, a consisté dans le développement sur le terrain et le relèvement d'une piste muletière de 4 km environ, franchissant deux crêtes successives en des points obligés. La reconnaissance du terrain et le piquetage d'étude ont été faits au clisimètre portatif. Même pour le tracé de lacets assez courts, on visait dans l'instrument la tête d'un aide au lieu d'une mire. Le levé suivait immédiatement : il était fait à la planchette, et les pentes étaient vérifiées à la fois à l'alidade et au niveau collimateur de pente. Les résultats ont été aussi satisfaisants que dans les expériences précédentes.

« Un dernier essai, tenté par l'un des opérateurs qui avaient assisté à ce travail, a montré quelles étaient les limites à assigner à l'emploi de l'instrument. Il s'agissait

de vérifier des relèvements de sentiers et des tracés nouveaux exécutés à l'alidade nivelatrice dans une autre région de la chefferie de Nice. Pour ne pas s'encombrer de personnel et de matériel, l'opérateur a cru pouvoir se contenter du clisimètre portatif, et il lui a demandé de lui donner, non plus des visées à $1/100^e$ près de la pente, mais des lectures précises avec appréciation de l'écart entre deux divisions voisines. La mobilité de l'appareil a rendu le travail pénible et incertain : la conclusion a été qu'il conviendrait d'alourdir la lyre qui sert de pendule. On peut se demander si le résultat espéré sera obtenu : une visée précise exige un certain temps pendant lequel le collimateur doit être immobile ; dans ce cas, il y a longtemps qu'on a reconnu la nécessité de disposer d'un instrument indépendant de l'opérateur, et même d'un instrument posé sur une base particulièrement stable.

« L'autorité du colonel Goulier et sa grave discussion sur les mérites comparés du pied à trois branches ou du pied à doubles branches (*Mémorial* n° 24, p. 227, à la note) peuvent être invoquées dans l'espèce. Si donc on veut renoncer à obtenir du clisimètre portatif une précision supérieure à celle que comporte l'appréciation d'une de ses divisions, l'appareil, tel qu'il a été mis en expérience, paraît satisfaire pleinement au résultat recherché.

« En résumé, le clisimètre portatif a rendu de bons services et paraît pouvoir être utilement vulgarisé comme instrument de reconnaissance et même de tracé pour les chemins muletiers.

« En terminant, on ne peut s'empêcher d'exprimer un désir ; c'est qu'un instrument aussi pratique que le clisimètre portatif (l'alidade à rallonge ne l'est pas en montagne avec la planchette de 0,50 m de côté) soit créé pour apprécier les pentes transversales de 40 à 80 et même 100 p. 100. Il aurait son utilisation très fréquente dans les pays de montagne, et notamment dans les Alpes. »

Nice, 28 novembre 1898.

Au Mont-Blanc, M. H. Vallot a employé l'instrument à un tracé de chemin; voici comment il rend compte de son expérience.

« J'ai eu l'occasion, étant en campagne topographique aux environs du Mont-Blanc, de faire le tracé piqueté d'un chemin de montagne, sur une petite longueur. J'ai employé le clisimètre que vous m'aviez confié. Pour cet usage, c'est un instrument merveilleux. Il s'agissait d'étudier un tracé en pente de 15 à 20 p. 100 pour une portion de chemin muletier à rectifier. J'étais accompagné du tenancier du chalet, auteur du projet, qui se chargeait de porter et de placer les piquets suivant mes indications; et de mon guide habituel, muni du jalon-mire, le voyant rouge à hauteur de l'œil. Avec le clisimètre, les différents tâtonnements nécessaires pour obtenir le tracé jugé le meilleur, se font avec une rapidité et une aisance remarquables. Je considère ce petit instrument comme convenant admirablement à cet ouvrage. »

En outre, M. Vallot a voulu se rendre compte, par une série de visées faites avec l'instrument et l'alidade nivélatrice, du degré d'exactitude des visées « l'instrument étant tenu à la main dans les conditions de la pratique courante ». Il a trouvé que les *écarts* entre les lectures sur les deux instruments ne dépassaient généralement pas $4/1\ 000^e$ de pente sur des pentes variant de 0,03 à 0,20.

Nous croyons donc que le problème poursuivi par le colonel Goulier est résolu, et nous espérons, comme nous le disions en débutant, que grâce aux études du capitaine Talon, nos camarades vont se trouver dotés d'un instrument qui nous paraît être appelé à rendre de réels services.

E. CROUZET,

*Lieutenant-colonel du génie,
chef de la section des levés de précision.*

Pendant que nous rédigeons cette note, nous apprenions qu'un petit instrument de reconnaissance, dit *boussole nivélatrice*, a été récemment *breveté*. Cet instrument est muni d'un clisimètre à collimateur à échelle photographiée. On sait que le colonel Goulier n'a jamais cherché à se réserver la propriété de ses œuvres, mais nous estimons qu'en ce qui concerne le clisimètre à collimateur, la priorité ne saurait lui être contestée.

E. C.
