

Henri VALLOT

EMPLOI DE LA RÉGLE À ÉCLIMÈTRE DU COLONEL GOULIER
dans les levés géographiques.

Extrait de l'annuaire du Club Alpin Français – Volume 17 – 1890
Pages 485 à 497

Avec l'aimable autorisation du Centre National de Documentation des
montagnes du monde Lucien DEVIES - CLUB ALPIN FRANÇAIS

IV

EMPLOI DE LA RÈGLE A ÉCLIMÈTRE

DU COLONEL GOULIER

DANS LES LEVÉS GÉOGRAPHIQUES

(PAR M. HENRI VALLOT)

La note que nous avons publiée dans l'*Annuaire* de 1888 avait pour but d'initier au maniement de la règle à éclimètre ceux de nos collègues qui ne connaissaient pas cet ingénieux instrument.

Depuis lors, M. le lieutenant-colonel Prudent a bien voulu nous mettre au courant des procédés de calcul et de construction qu'il emploie, ainsi que de l'organisation du travail de bureau qu'il a imaginée pour le dépouillement et l'utilisation des données recueillies sur le terrain par les membres du Club Alpin qui exécutent des *levés géographiques* dans les Pyrénées espagnoles. Nous croyons donc rendre service aux lecteurs de l'*Annuaire* en publiant les notes que M. le lieutenant-colonel Prudent a eu l'obligeance de nous communiquer : sa compétence bien connue dans ces questions nous fait espérer qu'elles seront favorablement accueillies de nos collègues.

Avant tout, nous tenons à déclarer que notre intention

n'est pas de faire l'histoire des levés exécutés dans les Pyrénées espagnoles, mais seulement de faire connaître quelques-unes des particularités intéressantes auxquelles a donné lieu leur coordination. Les levés dont il s'agit sont dus, comme l'on sait, pour la plus grande partie à l'initiative et aux persévérants efforts de MM. Schrader, Wallon et de Saint-Saud. M. le lieutenant-colonel Prudent a déjà publié quelques notes sommaires sur ce travail, sous le titre : *Le Club Alpin Français dans les Pyrénées espagnoles* (*Annuaire* de 1881, page 393). Mais, pour compléter ces renseignements, il convient d'ajouter que les levés exécutés par M. Schrader à l'aide de l'*orographe*¹ ont servi de mesure et de modèle aux *tours d'horizon* ultérieurement tracés à la règle à éclipètre, et primitivement destinés, d'après les indications de M. le lieutenant-colonel Prudent, à servir de contrôle aux premiers pour la détermination des points principaux; ils ont été employés, soit par M. Schrader (dans les moments de troubles politiques en Espagne, où la prudence exigeait l'emploi d'instruments peu visibles, et où il suppléait à l'*orographe* par l'alidade nivelatrice ou la règle à éclipètre), soit plus tard par M. de Saint-Saud, ou plus récemment encore par MM. Huot et Chesneau, élèves et collaborateurs de M. Schrader.

Les tours d'horizon de M. de Saint-Saud, de même que ceux de M. Wallon, ont gardé les dimensions et la disposition générale des cercles d'*orographe* de M. Schrader; ceux de MM. Huot et Chesneau se sont modelés plus étroitement encore sur les dispositions des cercles d'*orographe*.

Il est à remarquer que la disposition due à la collaboration de MM. Prudent et Schrader et primitivement adoptée par M. Schrader pour les tours d'horizon obtenus par

1. Voir dans l'*Annuaire* de 1882, page 320, la réduction d'un fragment de tour d'horizon relevé à l'*orographe*, instrument dont nous avons parlé dans notre précédente note, et qui est d'ailleurs bien connu de nos lecteurs.

d'autres instruments que l'orographe, a été conservée par M. Wallon, surtout par MM. Huot et Chesneau, mais a rarement été adoptée par M. de Saint-Saud. Cette disposition consistait à tracer sur le rebord extérieur de la règle un certain nombre de divisions, soit au-dessus, soit au-dessous d'un zéro correspondant au plan horizontal de la station ; puis à reporter au moyen de ces divisions, soit par l'interruption du rayon correspondant à l'azimut, soit par une petite marque en travers, une amorce qui permettait de tracer ensuite une *vue périscopique* analogue, à la précision près, aux cercles obtenus par l'orographe.

Cette disposition, donnant la facilité de relier les sommets, les cours d'eau ou les crêtes par des tracés, évitait le plus grand nombre des cas d'erreurs possibles qui proviennent de l'identification de points différents, insuffisamment désignés. On élimine en même temps les cas (bien rares d'ailleurs) où, faute de cette indication précieuse, on se trouve conduit à employer des calculs hypothétiques pour déterminer des points douteux par concordance d'azimut et d'altitude.

Dans les cercles de MM. Chesneau et Huot, chaque point porte avec lui non seulement l'indication de son angle d'inclinaison, mais aussi le tracé de sa situation et de son rôle orographique et hydrographique, dans l'ensemble des montagnes dont il fait partie. Ce tracé sert même de vérification, et amène une correction immédiate pour le cas fréquent d'une faute de lecture (par exemple, correspondant à 5 grades, intervalle entre deux dents successives du cercle de l'éclimètre), faute que rien ne décèle dans le procédé ordinaire, tandis qu'elle se révèle infailliblement à l'œil du dessinateur, dans les cercles construits comme il vient d'être indiqué.

Il n'est pas inutile de rappeler ici ¹ que, dans le but

1. Voir notre note précédente, *Annuaire* de 1888, page 484.

d'obtenir dans la détermination des azimuts et dans la concordance des visées une précision plus grande, M. Schrader a fait ajouter à plusieurs exemplaires de la règle à éclimètre une clef à levier qui déclanche le disque denté sans effort et par conséquent sans ébranlement du trépied ; cet ébranlement, qui se produit à chaque déclanchement, est sans inconvénient sérieux dans les emplois ordinaires de la règle à éclimètre ¹, mais il devient plus grave dans l'exécution de tours d'horizon, dont la valeur dépend uniquement des angles horizontaux séparant les rayons visuels. Dans ce cas, les *chapeaux* résultant de l'indétermination des intersections prennent souvent une telle amplitude, que, dans les régions comme les Pyrénées au voisinage des plaines d'Espagne, où les groupes de sommets très compacts diffèrent peu en altitude les uns des autres, il devient souvent impossible d'appliquer une visée particulière à un sommet plutôt qu'à un autre.

Dans ces conditions, la vérification par hypothèses successives d'altitudes correspondant à des distances diverses ne donne plus que des résultats douteux, vu la petitesse des angles verticaux et le peu de différence qu'ils présentent. Tous ces inconvénients sont atténués ou corrigés par l'ensemble de précautions que nous venons de mentionner.

Construction d'une carte au moyen des tours d'horizon. —

Dans la note de 1888, nous avons eu particulièrement en vue les *levés topographiques* à échelle moyenne (du 10,000^e au 50,000^e) exécutés à la planchette, et, en général, en entier sur le terrain. Ici, il s'agit surtout de *levés géographiques*. Le problème consiste à coordonner, en vue de l'établissement d'une carte assez étendue et à échelle réduite (au 200,000^e par exemple), les données de toute nature recueil-

1. Ce qui explique que M. le colonel Goulier ne se soit pas préoccupé d'y remédier.

lies sur le terrain, et notamment les *tours d'horizon* comprenant un grand nombre de visées exécutées autour d'une station, convenablement choisie en vue de cette opération.

Le travail sur le terrain consiste dans le tracé sur la planchette des directions azimutales des points visés. Ces directions figurent autant de rayons issus du point qui représente la station ; sur chaque rayon, on inscrit le nom du point visé correspondant autant qu'il est connu, ainsi que l'inclinaison de la ligne de visée ; cette inclinaison est donnée par une lecture à l'éclimètre ¹.

On remarquera que, vu l'échelle réduite de la carte, la station peut être déplacée autour de sa position vraie de 20 ou 30 mètres sans inconvénients. De même on ne tiendra pas compte de la hauteur de l'instrument au-dessus du sol de la station, du moins dans les cas où l'on ne stationne pas (comme cela arrive quelquefois) à plusieurs mètres au-dessous d'un sommet.

En général, les points qui servent de base à la construction de la carte sont, pour le début, des points géodésiques connus de position et d'altitude ; et par la suite, des points bien déterminés du levé, tels que ceux qui ont servi de stations.

Pour l'exécution de la carte, on utilise également les observations barométriques (lorsque leurs résultats peuvent être encadrés entre des cotes certaines), ainsi que des vues photographiques, lorsqu'elles se prêtent à la détermination de la ligne d'horizon.

La carte proprement dite, de même que les calculs, s'exécutent en dehors du terrain. On commence par numéroter sur chaque feuille les rayons représentant les visées, par exemple en partant du Nord et en allant vers la droite.

1. C'est ici que trouvent leur application les remarques que nous venons de présenter au sujet de l'utilité des *vues périscopiques*, telles que nous les avons définies d'après les données de M. Schrader.

Ces numéros correspondent à ceux qui figureront dans le *registre des calculs*.

Afin de ménager les feuilles originales, on fait des calques de tous les tours d'horizon. Ces calques sont surtout précieux pour résoudre graphiquement le *problème de la carte*, c'est-à-dire pour construire la position inconnue d'une station; en promenant le calque sur la carte, on arrive par tâtonnement à faire passer par les points déjà placés les rayons correspondants, et la position du centre fixe celle de la station.

Registre des calculs. — Chaque station a son registre spécial, et le nom en est inscrit d'une manière apparente dans les angles de la couverture.

La disposition la plus avantageuse est celle représentée ci-contre; c'est la moins encombrante, parce que toutes les inscriptions relatives à une visée sont disposées sur une même ligne horizontale. Les données recueillies sur le terrain par les opérateurs sont transcrites à l'encre noire, et les calculs exécutés à l'encre rouge, ainsi que toutes les remarques et tâtonnements faits sur les visées en vue de préciser les points auxquels ces visées se rapportent.

L'usage des trois premières colonnes s'explique de lui-même; on n'inscrit rien dans la troisième si l'altitude du point visé est inconnue. La quatrième contient la distance en kilomètres; la cinquième les angles en grades lus sur l'éclimètre, auxquels on ajoute 100 lorsqu'ils proviennent de visées au-dessus de l'horizon ¹.

La sixième colonne renferme le calcul de la différence de niveau, qui résulte de l'application de la formule :

$$H + NA = DN$$

H et NA se calculent comme il est indiqué dans la note

1. On voit que, de la sorte, ces angles d'inclinaison représentent des *distances nadirales*, par opposition aux *distances zénithales* que donne la graduation des éclimètres ordinaires.

NUMÉROS	POINT VISÉ.	ALTITUDE CONNUE.	DISTANCE.	GRADES.	CALCULS.	ALTITUDE.	POIDS.
<i>Station de la Penya de Sant-Gervás (1882).</i>							
60	Puig d'Alp.	2535 Δ 2 ^e ordre français.	89,0	100,06 corrige 100,10	+ 140 + 520 = + 660 P. St-Gervás = 1875	2542	
<i>Station du Cap del Bot-Mort (2071).</i>							
10	Puig de Querforadat.		41,65	99,39 — (0,61)	— 400 + 113 = — 287	1784	0,6
<i>Station du Puig d'Alp (2535) Δ 2^e ordre français.</i>							
5	Bolvir (centre).	1420	Calculée. 7,09 (4)	Oregraphe Schrader. $\eta = -42,55$ $l = -19,90$ corr. + 3'	— 1448 + 3 = — 1445 (3) (2) (1)		
126	Campearlos	2914	21,2	101,00	+ 337 + 29 = + 366	2904 Correction + 13m = + 4'	

(a)

(b)

(c)

(d)

de 1888 (§§ 10 et 11) ; mais nous croyons devoir rétablir ici les signes algébriques de ces quantités, convention plus en rapport avec les habitudes de ceux qui sont familiarisés avec les calculs topographiques.

H aura le signe + dans le cas des inclinaisons *au-dessus* de l'horizontale, et le signe — pour celles *au-dessous*.

NA a toujours le signe +.

DN aura le signe résultant de l'application de la formule ci-dessus.

L'altitude obtenue pour le point visé est inscrite dans la septième colonne, en ajoutant *algébriquement* la différence de niveau à l'altitude de la station (voir le tableau, exemple *b*).

Si c'est l'altitude de la station qui est inconnue, on conserve la même disposition de calcul ; l'altitude connue du point visé est inscrite dans la troisième colonne, et celle obtenue pour la station, en retranchant *algébriquement* la différence de niveau de l'altitude du point visé, est inscrite dans la colonne des calculs (voir exemple *a*).

La huitième colonne contient le *poids relatif* de la visée calculé comme il est indiqué dans la note de 1888.

Remarque relative à la construction des points dont la distance est inconnue. — Lorsque, parmi les trois conditions qui déterminent un point, ne figure pas la distance (ou, ce qui revient au même, deux azimuts), on peut néanmoins quelquefois construire le point.

Ainsi en est-il lorsque l'on connaît l'altitude du point qui a été visé d'une seule station d'altitude connue. Cette remarque est très utile pour déterminer un tracé de cours d'eau, sur lequel les cotes s'obtiennent facilement par interpolation, la situation d'un village dont l'altitude a été déterminée par des observations barométriques, des points connus en altitude sur une route, etc. Ce procédé est surtout applicable aux petites échelles, et fait partie des pro-

blèmes que l'on rencontre dans ce que nous avons appelé les *levés géographiques*¹.

En vue de l'élimination des fautes possibles, on conserve exactement la même disposition dans les calculs; seu-

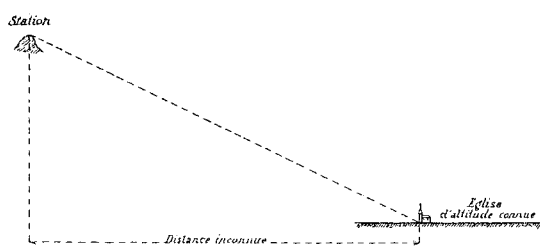


Fig. 4.

lement les nombres s'inscrivent dans un autre ordre. La valeur de NA se met à vue d'après une première estimation de la distance, puis on la modifie s'il y a lieu. L'exemple (c) indique la marche à suivre, les calculs étant exécutés dans l'ordre indiqué par les chiffres entre parenthèses².

La position du point cherché est obtenue avec d'autant plus d'approximation que l'inclinaison est plus forte. Si au contraire l'inclinaison est voisine de zéro, on a seule-

1. Ce procédé a été utilisé par l'amiral Mouchez pour l'exécution des levés des côtes de Tunisie; le plan d'altitude connue était ici la surface des eaux de la mer. Il est mentionné dans le *Cours de topographie et de géodésie* de Salneuve, à la fin du chapitre consacré au nivellement barométrique. Mais l'auteur, en disant que « les résultats ainsi obtenus seraient peu exacts, et que les circonstances dans lesquelles il pourrait être utilisé sont très rares », ne semble pas avoir compris tout le parti qu'on en pouvait tirer. M. le lieutenant-colonel Prudent, tout en donnant à ce procédé l'extension qu'il comporte, n'avait pas eu connaissance qu'il fût mentionné dans l'ouvrage précité.

2. Cet exemple est relatif à une station faite au moyen de l'orographe Schrader; sur le graphique tracé par cet instrument, on relève l'angle d'inclinaison de la visée en employant deux échelles ou « cherches », dont l'une donne l'angle en grades (positif ou négatif, suivant le sens de la visée), et l'autre donne sa tangente: on prend la moyenne des deux résultats ainsi obtenus, ce qui améliore et contrôle la lecture.

ment une détermination exacte de l'altitude, avec une distance simplement obtenue à l'estime¹.

Utilisation du procédé ci-dessus pour suppléer à l'absence de base. — Suivant une remarque de M. le lieutenant-colonel Prudent, ce procédé constitue une *mesure stadimétrique de la distance*, dans laquelle la différence de niveau connue joue le rôle de stadia. Il en résulte que, si cette opération peut être répétée pour un ensemble de points d'altitudes connues, leurs distances respectives seront calculées par ce moyen; si, d'autre part, on a construit ces points avec une échelle arbitrairement choisie, la comparaison de chaque distance calculée avec celle correspondante, évaluée graphiquement, fournira une valeur particulière de l'échelle vraie, laquelle se déduira, par une moyenne, de l'ensemble de ces comparaisons.

Recherche d'une faute de lecture d'angle. — Lorsqu'il s'agit de rechercher une faute de lecture d'angle, on prend comme inconnue l'inclinaison, que l'on déduit de la distance et de la différence de niveau approximativement connue. Cette valeur calculée, très voisine de celle qu'on aurait dû trouver, permet, connaissant les fautes habituelles de l'opérateur, de rétablir la véritable valeur de l'angle, qui sert ensuite au calcul définitif de la différence de niveau; c'est une opération analogue à celle que l'on exécute pour la recherche de l'erreur angulaire de l'éclimètre.

Recherche de l'erreur angulaire de l'éclimètre. — Nous

1. Parmi les trois conditions qui déterminent la position du point à construire, on peut, à titre de curiosité, citer le cas où l'on connaît trois inclinaisons; elles engendrent, en tournant autour de la verticale de chaque station, trois cônes dont les intersections deux à deux, déterminées graphiquement dans leur région utile, fournissent la position du point cherché et son altitude. On opérerait de même, connaissant deux inclinaisons et un azimut.

		GABALO (OU P ^{TA} DE ASIERRA).				
OPÉRATEURS	Nombres des visées.	STATIONS.	ALTITUDES.	POIDS.	PRODUITS.	MOYENNES.
SU-SAUD.	23	De Aatoria 1.	2 034	× 1,4 =	5,6	2 030 + 99,2 : 9,0 = 2044,0
WALLON.	30	De Aatoria.	2 036	× 1,4 =	8,4	
—	25	De Buey.	2 036	× 2,0 =	12,0	
SCHRADER.	40	De Polopin.	2 050	× 2,4 =	48,0	
—	7	De Buey (éclim.).	2 044	× 1,8 =	25,2	
—	—	— (oreg.).	2 033	× 1,8 =	5,4	
—	6	De Buey n° 2 (éclim.)	2 052	× 2,0 =	44,0	
WALLON.	20	De Bue.	2 027	× 0,9 =	-2,7	
—	21	De Burgase.	2 045	× 0,9 =	13,5	
—	61	De Vallerin.	2 050	× 2,0 =	40,0	
SCHRADER.	6	De Sistral.	2 030	× 1,2 =	0,0	2 030 + 199,4 : 17,8 = 2041,2

1. On inscrit sur lorsque la fiche se rapporte à une station et qu'on vise un point d'altitude connue.
 2. La moyenne se fait sur l'appoint d'une altitude arbitraire jugée inférieure à celle à obtenir.

avons indiqué, § 13 de la note de 1888, comment on vérifie le réglage de l'éclimètre. Si l'erreur angulaire est faible (d'un très petit nombre de centigrades), il est souvent préférable de ne pas rectifier l'instrument, mais de mesurer cette erreur avec soin et d'en tenir compte à chaque visée.

On fera donc plusieurs visées entre stations d'altitudes connues, et surtout entre points géodésiques, et on disposera le calcul comme il est indiqué dans l'exemple (*d*).

Calcul des moyennes. — Ce calcul se fait sur des fiches; à chaque point à déterminer correspond une fiche conforme au modèle ci-contre. On y fait figurer toutes les déterminations d'altitude relatives au point considéré, avec l'indication de leur provenance. On y porte également le *poids* relatif de chacune de ces déterminations, calculé comme il a été dit précédemment; on remarquera qu'avec un peu d'habitude, ce calcul, qui n'a pas besoin d'être rigoureux, peut se faire mentalement, et par suite assez rapidement.

Utilisation des visées réciproques de stations sur stations. — Elles fournissent une valeur exacte de la différence de niveau des deux stations. Les altitudes de ces deux stations sont d'abord calculées séparément au moyen d'autres visées. Les visées réciproques servent ensuite à rectifier la différence de niveau ainsi calculée, et conséquemment à corriger les deux altitudes obtenues. Cette opération s'effectue en corrigeant chaque altitude, dans le sens convenable, d'une quantité inversement proportionnelle à son poids, et de façon à reproduire la différence de niveau exacte. (Le poids d'une altitude est la somme des poids des résultats partiels qui ont servi à l'établir.)

La fiche relative à chacune des stations est établie d'abord en faisant abstraction des visées réciproques. La moyenne est ensuite corrigée comme il vient d'être dit.

Visées faites de stations dont on ne connaît pas l'altitude dans l'hypothèse d'une erreur angulaire mal connue. — On détermine l'altitude de la station comme si l'erreur était exactement connue, et on se sert de cette altitude *auxiliaire* pour en déduire celle des points cherchés.

Vu la petitesse des angles d'inclinaison, on a $\alpha = \alpha'$ sensiblement (voir la figure) et les altitudes déduites sont sensi-

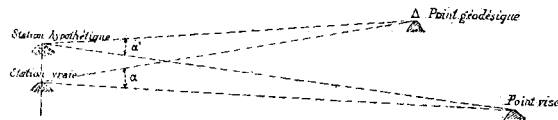


Fig. 2.

blement exactes, bien que celle de la station ne le soit pas. Il importe cependant, pour la rigueur de ce raisonnement, que les distances de la station au point connu d'une part et aux points visés d'autre part ne soient pas trop différentes entre elles.

En ce cas, il faut faire l'altitude vraie de la station séparément, au moyen de visées émanées d'autres stations; la station considérée donnera donc lieu à deux fiches distinctes : l'une relative aux visées issues de cette station, l'autre à celles qui y aboutissent.

H. VALLOT,

Ingénieur des Arts et Manufactures,
Membre du Club Alpin Français
(Sections de Paris et du Midi).