

# IL TACHEOMETRINO E IL REGOLO TACHEOMETRICO SOLDATI

MEMORIA DELL'ING. ALFREDO GALASSINI

Letta nell'adunanza del 14 Dicembre 1885.

L'egregio nostro collega Ing. Vincenzo Soldati, cui per conto mio meglio si addirebbe il nome di maestro, che con tanto amore ha fatti suoi gli insegnamenti dell'illustre Prof. Ignazio Porro, con tanta passione si è dato non pure a seguirne le teorie e a tradurle in pratica, ma a recare loro quelle modificazioni e quei perfezionamenti, che la lunga esperienza gli veniva man mano suggerendo, ai molti titoli pei quali già si è reso benemerito della Celerimensura, uno nuovo ne ha aggiunto ideando il *Tacheometrino* che qui vi presento.

Avendo avuto più volte occasione di usarlo per rilevamenti anche estesi, e sembrandomi che esso risponda pienamente al suo scopo, ho creduto far cosa grata tenendone parola in presenza di questa rispettabile Società che annovera molti cultori della celerimensura, di questo nuovo sistema di rilevamento, che noi italiani sopra tutti dovremmo coltivare con amore e riguardare con orgoglio.

L'idea di rilevare una superficie sommamente irregolare, quale è quella della terra, misurando per una numerosa serie di punti di essa, scelti giudiciosamente, le coordinate polari riferite a tre piani ortogonali immaginati nello spazio, talchè con questi soli elementi si possa poi, per via di calcolo, ricavare qualsiasi relazione che legghi due qualunque di questi punti (distanza orizzontale, differenza di livello, azimuth, inclinazione della retta congiungente ecc.), e l'idea di misurare le distanze con un cannocchiale micrometrico, superando in tal guisa tutti gli ostacoli che rendono tanto faticoso ed incerto l'uso delle canne, nelle quali cose mi pare stia l'essenza del sistema di rilevamento immaginato dal Porro, e tutta la numerosa serie di particolari che, col loro assieme, formano ciò che si comprende col nome di *Celerimensura*, costituiscono un sistema così razionale, così semplice, così comodo, che non potrà a meno di diffondersi ogni giorno più e di guadagnar ognora terreno, trovando applicazioni nuove in tutti quei rami della ingegneria, nei quali possa ragionevolmente essere impiegato.

Della sua bontà fanno fede, la formidabile lotta che gloriosamente sostiene da oltre mezzo secolo, con progresso lento ma sicuro e continuo; talchè ora le tavole tacheometriche dello stesso Soldati,

esaurita la prima edizione in pochi anni, si ristampano a Bologna per cura del Governo; in Spagna l'Ing. D. I. I. Cuartero ha pure pubblicato testè le tavole tacheometriche; si impartiscono insegnamenti di celerimensura nelle principali nostre scuole per ingegneri, e il governo fa fare una grandiosa prova di questo nuovo sistema di rilevamento, applicandolo al catasto della provincia di Modena.

Due sono i campi principali nei quali finora la Celerimensura ha trovato applicazione; che non bisogna confondere, perchè sostanzialmente distinti, avendo ognuno di essi scopi diversi, esigenze speciali e richiedendo, almeno in parte, strumenti e cure pure differenti.

Le maggiori applicazioni che ne siano state fatte sono, soprattutto dietro iniziativa del Moinot, per lo studio delle grandi strade ferrate o carrozzabili, dei canali e per simili progetti, nei quali colla celerimensura ci basta di rilevare una data zona di terreno, in modo da poterne formare un piano quotato, sul quale poi fare gli opportuni studii di massima o definitivi. In questo primo campo la celerimensura si è omai talmente assodata, che panni non esagerato l'affermare che, soppiantati i vecchi sistemi, essa lo tenga intero ed inconcusso.

Al presente un altro campo non meno vasto nè importante del primo, essa procura di guadagnarsi, lottando contro mille rivali associate per abatterla. L'idea del Porro di applicarla alla formazione delle mappe censuarie ora torna in vigore; e queste, la sua mercè, si otterrebbero non più rappresentate in modo grafico, ma individuate numericamente; cioè ogni singola proprietà sarebbe indicata con numeri esprimenti le coordinate (ortogonali) dei singoli punti di confine. Per questa operazione colla celerimensura non si tratta quindi più di fare un piano, ma di fissare colla massima esattezza e mediante numeri, la posizione precisa di un certo numero di punti bene individuati sul terreno (i termini). Si vede da ciò come si debbano avere altri criterii nell'eseguire tali rilievi. La lotta è più che mai viva nè vogliamo, almeno per ora, prendervi parte, nè azzardare pronostici gratuiti o giudizi che qui sarebbero fuor di posto.

Però si avverta che sia pel primo genere di

rilievi e tanto più per questo secondo, si richiedono strumenti di grande portata con potenti cannocchiali, con microscopii, con livelli ecc.; strumenti che, anche se sono del formato minore, sono pur sempre complessi, ed oltre a ciò piuttosto costosi; talchè se sono adatti e utilissimi per lavori di una certa entità non converrebbero sicuramente per i piccoli rilievi, per i piccoli progetti che quasi giornalmente e in maggior numero capitano da fare agli ingegneri non addetti a grandi lavori, a molti liberi professionisti, ai piccoli Uffici tecnici di moltissimi comuni ecc. ecc. i quali tutti non potendosi provvedere un tacheometro, che sarebbe di troppo superiore ai loro bisogni, battono la vecchia strada e con uno squadro tutto al più graduato, le canne e un livello ad acqua, sbrigliano alla peggio ogni loro bisogna.

Orbene, è questo campo che è stato finora precluso alla celerimensura che l'Ing. Soldati le ha liberamente aperto ideando il suo tacheometrino, il quale in grazia del suo poco costo (L. 250) è ridotto alla portata di tutti, e in grazia delle sue piccole dimensioni e della approssimazione che dà nei risultati, perfettamente in armonia con quella che è necessaria e sufficiente nei lavoretti pei quali è destinato, rende, anche per questi, possibile non solo, ma razionale l'impiego del metodo del Porro.

Nè altri dica che questo sia un avvilire la celerimensura, sia un andare a ritroso. Se si perfezionano di continuo i tacheometri per aumentare la loro esattezza, la loro portata e renderli adatti ai maggiori e più esatti lavori di campagna, perchè non si vorrà far buona cera a uno strumento destinato ai lavori di minore importanza? Perchè si vorrà impedire che nell'eseguire tali lavori, si approfitti dei grandi vantaggi che offre la celerimensura, se l'approssimazione che se ne ottiene è sufficiente all'uopo? Vorremmo forse usare tacheometri di gran portata in lavori nei quali ci basterebbero le canne e il livello ad acqua? Sarebbe non pure inutile ma irrazionale.

La approssimazione minore dello strumento non infirma però in modo alcuno il sistema di rilevamento; poichè questo nulla ha che fare colla forma, colla dimensione, colla portata dello strumento. In vero col variare di queste quantità si otterrà bensì maggiore o minore approssimazione nella determinazione delle coordinate dei punti battuti, ma il processo sarà sempre lo stesso; col tacheometrino che abbiamo sotto gli occhi si seguono le norme della celerimensura identicamente che con un tacheometro di primo ordine.

Non bisogna confondere l'approssimazione dello strumento con quella del metodo, due cose essenzialmente diverse. Perché sulle canne si legge il centimetro ed anche oltre, è questa una buona ra-

gione per farci ritenere che una misura di 300 o 400 metri, eseguita colle canne, sia proprio esatta a meno di un centimetro? Tale esattezza si avrà bensì per la lettura fatta sull'ultima canna, ma come potremo sapere se la posizione relativa di questa rispetto alla prima sia giusta, ovvero errata, e anche di molto, cosa non difficile soprattutto in terreni montuosi e coperti? come potremo tenere conto dei molteplici errori commessi nel fare la posa di tutte le altre canne? Errori dovuti a cause accidentali e dei quali perciò non possiamo avere alcuna idea?

Per contro nel rilievo colla stadia, tutti questi errori restano naturalmente eliminati, poichè si misura tutta la distanza in una sola volta e non a riprese; e sicuri della lettura fatta, che in caso di incertezza potremo ripetere due o tre volte e in varie parti della stadia, (avendo così un controllo che non è possibile colle canne) potremo essere certi che la distanza da noi così misurata non differirà dalla vera di una quantità maggiore di quella che porta l'approssimazione dello strumento; approssimazione che sta in noi di fissare più o meno grande, dando allo strumento una forma piuttosto che un'altra, e che ci sarà sempre dato di calcolare. Così non si apprezzeranno a distanza p. e. di 200 m. che m. 0,25 ovvero m. 0,50 od anche il metro se si vuole, come con questo strumentino, ma saremo al sicuro da tutti gli altri errori.

La grande approssimazione del metodo del Porro è adunque indipendente dalla approssimazione dello strumento e la si avrà col tacheometrino Soldati nei piccoli rilievi, del pari che coi tacheometri che diano il minuto primo. Il metodo resta inalterato.

L'averlo adunque semplificato il tacheometro e l'averlo ridotto alla portata dei più piccoli lavori, ci pare un progresso del quale gli ingegneri debbano sapere buon grado a chi lo ha ideato.

Accennato in tal guisa allo scopo cui deve rispondere lo strumento, vediamo la forma. Il modello rappresentato nel disegno qui annesso, è l'ultimo costruito dall'Ing. A. Salmoiraghi di Milano, il quale mi ha fornito i dati che riferirò in seguito.

Lo strumento si fissa al treppiedi T, (vedi tav. I) che a una grande leggerezza accoppia una sufficiente stabilità, col mezzo delle piastre B' e di tre viti V V' V'' nel modo ordinario; esso è dotato di un movimento generale di rotazione attorno al suo asse verticale, movimento che può essere impedito, quanto al circolo orizzontale C, col mezzo di una vite di pressione v; in tal caso l'alidada A scorre col suo nonio N lungo il circolo azimutale stesso, ed è provvista di vite di arresto v' e di vite micrometrica v'' per i piccoli movimenti. Il piccolo cannocchiale O può compiere una oscillazione di circa

42° sopra e sotto la orizzontale, ossia da 58° a 142° passando per 100°. Unito ad uno dei suoi perni porta un settore graduato  $C_1$  di ampiezza alquanto maggiore dell'ampiezza dell'angolo massimo descritto dal cannocchiale, che scorre lungo un nonio  $N_1$  fisso all'alidada A. L'altro perno del cannocchiale è munito di un braccio con vite di arresto  $v''$  e vite micrometrica  $v'''$  per piccoli movimenti.

Sull'asse dello strumento è collocata sopra la alidada A, una livelletta sferica S a bolla d'aria, munita delle viti di rettifica  $r$ ; il suo raggio di curvatura è di 510<sup>mm</sup> talchè uno spostamento di 1<sup>mm</sup> della bolla corrisponde a circa 400" = 6' 40".

Alla parte superiore del cannocchiale è fissata una livelletta cilindrica L provveduta pure delle due viti  $d$   $d_1$  di rettifica; ed è del pari rettificabile la posizione del settore di circolo zenitale  $C_1$ . La livella cilindrica ha un raggio di curvatura di 6800<sup>mm</sup>. La divisione della livella è fatta in parti di 2<sup>mm</sup> di ampiezza; talchè lo spostamento di mezza parte (1<sup>mm</sup>) corrisponde a 30" sessagesimali circa.

Il bottone  $b$  serve per allungare od accorciare il cannocchiale. A fianco del circolo azimutale e parallelo al diametro 100°—300° è collocato, entro un tubetto orizzontale D, il declinatore magnetico, il cui ago è lungo 75<sup>mm</sup>, utile complemento a tali strumenti; però nei due primi modelli fatti dal Salmoiraghi non si aveva.

Come si vede lo strumento è ridotto alla forma più semplice e ad una dimensione minima, pur tuttavia conservando tutti i movimenti essenziali e la natura di un vero tacheometro, soltanto ogni sua parte è studiata in guisa da darci non più della approssimazione necessaria e sufficiente in certi progetti di massima, nei quali cioè, coi dati forniti dello strumento, si vuole attenere una rappresentazione grafica del terreno nella scala ordinariamente di 1: 2000; sulla quale poi si fa il progetto, misurando le distanze col doppio decimetro e calcolando le quote di punti non battuti, per interpolazione. Sarà quindi tollerabile un errore di 1/5 di millimetro sul disegno, ossia di m. 0,40 se si disegna nella scala di 1 a 2000 e di m. 0,20 se la scala è di 1 a 1000. In base a questi elementi i circoli zenitale e azimutale portano segnati solo i gradi, ed i nonii danno solo i 10' (centesimali); talchè l'errore massimo che si possa commettere nella lettura dell'angolo è di 5' al quale corrisponde, nel calcolo della proiezione orizzontale e verticale della distanza, per 400 m. un errore massimo rispettivamente di 0<sup>m</sup>,30 (nel  $d$  per  $V = 140^\circ$ ) e di 0<sup>m</sup>,32 (nel  $t$  per  $V = 100^\circ$ ); e per 200 m. (distanza che di rado si ha da sorpassare con questo strumento) si trovano errori massimi rispettivi di 0<sup>m</sup>,15; 0<sup>m</sup>,16, errori trascurabili in simili lavori. La lettura dei nonii si fa quindi ad occhio nudo e non si ha mestieri di microscopio.

Il cannocchiale è formato di un obiettivo acromatico di 23<sup>mm</sup> di apertura netta e di 147<sup>mm</sup> di distanza focale, e di un oculare ortoscopico (colla lente dell'occhio acromatica); la lente semplice equivalente avrebbe una lunghezza focale di 13<sup>mm</sup>,5. Talchè l'ingrandimento del cannocchiale risulta di  $\frac{147}{13,5} = 11$  volte circa. Il distanzimetro consta

di tre fili o lineette orizzontali equidistanti, incise su una lastrina di vetro, e di una verticale per la collimazione. I fili estremi sottendono un angolo la cui tangente è  $\frac{1}{50}$  talchè 2<sup>m</sup> di stadia corrispondono a 1<sup>m</sup> di distanza.

Il cannocchiale poi è privo di lente anallatica. Vediamo che errore produca la mancanza di tale lente nella misura delle distanze. Ricordiamo che se  $a$ ,  $b$  (vedi fig. 3) sono i fili del micrometro, — O la lente obbiettiva, — C il centro di rotazione dello strumento, — F il foco anteriore dell'obbiettivo O, — B A la porzione di stadia S compresa

tra i fili, e se è  $\frac{1}{50}$  il rapporto  $\frac{AB}{MF}$ , detto  $g$  il numero generatore o distanza C M fra il centro dello strumento e il punto al quale si collima, è

$$g = CM = CF + FM = 50AB + CF$$

ovvero (approssimativamente se la visuale è inclinata)

$$g = 100MB + CF$$

Si vede quindi che per avere la vera distanza  $g$  bisogna alla quantità D, che si deduce dalla lettura fatta sulla stadia, aggiungere una quantità costante per ogni strumento, CF. Ma essendo pel tacheometro qui rappresentato, tale costante eguale soltanto a 0<sup>m</sup>,227 si vede come per i punti ordinari di campagna la si possa trascurare affatto senza alcun pregiudizio, ed anzi appare come molto giustamente si sia ommessa la lente anallatica la quale, senza recare vantaggio di sorta, avrebbe fatto aumentare il prezzo e quindi diminuire l'utile dello strumento. La cosa procede molto diversamente nei grandi cannocchiali a lungo fuoco, applicati ad strumenti di precisione; in questi la introduzione della lente anallatica, che è uno dei più ingegnosi ritrovati del Porro, è utilissima, e sarebbe un difetto se mancasse.

Quanto si è ora detto vale per la maggior parte dei punti, cioè per quelli presi in campagna, ma per certi punti speciali e soprattutto per quelli sui quali si fa stazione, bisogna procedere con maggiore precisione, perciò al numero generatore letto, si aggiunge la costante 0<sup>m</sup>,23 (ovvero 0<sup>m</sup>,25); il che si può fare senza nessun incomodo; si leggono gli angoli orizzontali e verticali con una piccola lente a mano e si tiene conto dei 5' che, come in questo modello, ci sono forniti dai nonii, talchè l'errore massimo si riduce a 2',50 e si fanno le letture sulla

stadia colla massima cura. Tutto ciò si deve fare per le stazioni, perchè un errore commesso nella determinazione di una di esse, affetta tutte le seguenti e tutti i punti battuti nel resto del lavoro.

Per questa maggior cura che si ha da porre nel rilevare le stazioni che non i punti di campagna, può a volte convenire di valersi di un altro strumento per es. di un livello, del quale ogni ufficio è provveduto, per fissare le quote altimetriche di questi punti singolari. Sussidiato in tal guisa, il tacheometro può utilizzarsi a fare rilievi anche di certa entità e di molta estensione poichè la minore sua approssimazione ricade solo sui punti di campagna e non affetta l'andamento generale del lavoro.

Può del pari trovare utile applicazione nei grandi lavori, eseguiti con tacheometri, per rilevare, col mezzo di stazioni secondarie stabilite coll'istrumento principale, quelle particolarità del terreno, di minor importanza e per le quali ci varremmo dello squadro e del livello ad acqua; in tal guisa, senza interrompere l'operazione principale, può un aiuto qualunque eseguire questi rilevamenti secondari, dove l'uso del tacheometro sarebbe irrazionale perchè non in armonia colla minore approssimazione che ci basta in essi.

In base ai dati surriferiti concernenti lo strumento, si potrebbero agevolmente istituire calcoli, per determinare il grado di approssimazione del quale è capace il tacheometro, ma io preferisco riferire i risultati che si sono ottenuti in rilievi eseguiti in campagna, non a scopo di esperimento, ma per mire pratiche e sui quali giammai si sarebbe pensato di istituire discussioni e controlli; ciò mi pare molto importante da far notare, poichè se non si avrà in tal guisa una idea della esattezza massima della quale è capace il tacheometro, si avrà un giusto criterio di quella approssimazione che si può da esso sperare nella pratica, usandolo con quella diligenza che si ha da porre in ogni nostro lavoro, ma non con quella cura eccezionale che si usa nelle esperienze.

Dovendo nel 1883 eseguire la planimetria del paese di Pievepelago sito sull'alto Appennino Modenese, in luogo grandemente accidentato, come può scorgersi dal disegno qui unito, e difficile per i molti orti, le molte piante, le siepi, le palizzate ecc. quali si trovano nei pressi di un grosso abitato, che avrebbero formato gravissimo ostacolo all'uso delle canne, non esitai ad impiegare il tacheometro, ed è questo, credo, il primo lavoro che con esso si sia fatto. Stabilita, man mano che procedeva col rilievo, una poligonale principale indicata in rosso con linee grosse sull'annesso disegno, e tante secondarie quante faceva di bisogno pel rilievo di tutto ciò che concerneva le

accidentalità del terreno, fissai col tacheometro stesso i vertici di una poligonale secondaria nell'interno dell'abitato per rilevare la forma, la posizione e le particolarità tutte dei fabbricati col mezzo delle canne. Alcuni di tali vertici li ho fissati con stazioni tacheometriche, come, il I—III—XXXIII—XXXIV ecc.; altri invece come semplici punti, battuti colla stadia; e questa seconda poligonale è segnata con tratti azzurri.

Così i due sistemi anzichè mostrarsi rivali e incompatibili, si sono sussidiati l'uno l'altro e ciascuno ha trovato l'impiego che, secondo me, più razionalmente gli spettava; e come sarebbe stato fuor di posto rilevare la forma del terreno collo squadro e col livello, altrettanto sarebbe stato non conveniente rilevare l'abitato col tacheometro, *unicuique suum*.

Della esattezza del rilievo tacheometrico ho potuto farmi una idea, mettendo in carta il disegno, poichè molti punti (spigoli di case e simili), battuti espressamente col tacheometro per avere un controllo, coincidevano con notevole esattezza cogli stessi, rilevati colle canne.

Ma un criterio migliore possiamo formarcelo osservando l'errore che si ha in due poligoni che si dovrebbero chiudere: una è la principale XXI—XXVII—XXVI—XXV—XXIII—XXII—IV—I—II—VI—VIII—IX—X—XI—XII—XIII—XIV—XV—XIX—XX—XXI formata da 20 stazioni e che si dovrebbe chiudere sulla stazione XXI (si avverta però che pel lato XXVII—XXI non si ha il controllo della controbattuta); l'altra si dovrebbe chiudere sul punto A (nella via S. Rocco), punto battuto da due stazioni differenti ed è la A—XXXII—VII—VI—VIII—IX—X—XI—XII—XIII—XIV—XVIII—A.

Fatti i debiti calcoli per fissare la posizione della stazione XXI, ossia trasformate le coordinate polari delle singole stazioni in ortogonali, riferite tutte a uno stesso sistema di assi, e calcolate le coordinate del punto XXI partendo dalla stazione I e procedendo sia in un senso che nell'altro, si è trovato che anzichè sovrapporsi, ossia avere le stesse coordinate, i due punti sono riusciti distanti (in proiezione orizzontale) di m. 3,622; cui corrisponde, essendo la lunghezza della poligonale di m. 2502,71 una differenza per mille di m. 1,447. E procedendo analogamente pel punto A si è trovato una differenza assoluta di m. 1,540 pari a m. 1,279 per mille, poichè la lunghezza della poligonale è di m. 1204,31.

E similmente confrontando le lunghezze di 6 alineamenti misurati colle canne e calcolati coi dati tacheometrici, si è trovato una massima differenza per cento di m. 0,40 e minima di m. 0,019. Però non voglio mancare di fare osservare come sopra 6

misure, ben 5 fatte colle canne siano riuscite superiori alle corrispondenti calcolate coi dati tacheometrici, ora questo non darebbe diritto a supporre l'errore dovuto, almeno in parte, alle canne che già si sa avere per loro natura tendenza ad aumentare le distanze? Di più un'altra osservazione potrebbe fare scemare la importanza di tali differenze, ed è che nemmeno per le piccole distanze si è fatta la lettura con frazioni di centimetro come si sarebbe potuto fare, ma solo col centimetro intero più prossimo; ciò importa che le dette differenze non crescerebbero in proporzione della distanza ma molto meno rapidamente; così su 1000<sup>m</sup> non si avrebbe un errore di 4<sup>m</sup>, ma assai meno, come difatti si è visto sopra.

Ma volendo pure anche attribuire tali differenze tutte al tacheometrico, sono pur tuttavia così piccole che si possono trascurare senza eccedere i limiti di tolleranza concessi anche per lavori di molto maggiore importanza.

Quanto alle quote dei singoli punti, si hanno dei pari risultati che stanno nei limiti d'approssimazione necessari in tali lavori; tre punti sono stati battuti da diverse stazioni il punto B (presso la chiesa) battuto dalla stazione VII e dalla VIII, il punto A ed il XXI predetti; orbene la differenza assoluta è risultata di 0<sup>m</sup>,28 per il primo e solo di 0<sup>m</sup>,04 per gli altri due, sopra lunghezze rispettive di percorso m. 314,55; 1204,31; 2502,71; al che corrispondono percentuali di m. 0,089, 0,0033 e 0,001598. Questi due ultimi casi sono al certo da attribuire a compensi fortuiti ma il primo è pure eccezionale e sorpassa la media approssimazione dello strumento.

Confrontate poi le quote del tacheometrico con quelle di un livello a cannocchiale poi punti XXXV, XXXIV, A e B ho trovate differenze rispettivamente di 0<sup>m</sup>,01; 0<sup>m</sup>,13; 0<sup>m</sup>,06; 0<sup>m</sup>,05; e per molti punti vicini, risultati del pari assai concordi.

Ma un criterio anche più preciso sulla approssimazione nella determinazione delle quote altimetriche, si può dedurre da uno studio di ferrovia economica fatto dal collega Ing. De Mattei alle tre fontane presso Roma, poichè è stata fatta una esatta livellazione dei picchetti di stazione con un livello. Sopra 46 punti si è avuta una differenza massima di 0,1049 per % minima di 0, talchè volendo pur lasciare il 0,1049 il 0,0915 il 0,0841 che piuttosto si dovrebbero attribuire a qualche accidentalità di quello che allo strumento, pur conservandoli dico, si ha una media di 0,0272 per % ossia 27<sup>mm</sup> per 100<sup>m</sup>. E si è avuta una differenza complessiva assoluta di 0<sup>m</sup>,65 sul percorso totale, che è stato di m. 8361,84 al che corrisponde appena il 0,0778 per mille.

In un altro rilievo eseguito parimenti dai col-

leghi Ing. De Mattei e Camperi per lo studio di un canale, si sono ottenuti i seguenti dati soddisfacentissimi nel confronto fra le quote altimetriche dei picchetti di stazione calcolate col tacheometrico e misurate con un buon livello.

Per 7 picchetti sopra 28 la differenza altimetrica è riuscita identica sia col livello che col tacheometro. Negli altri 21 l'errore massimo è stato di 0<sup>m</sup>,04 (in una battuta di 70<sup>m</sup>,75 di lunghezza). E fatta la media degli errori riferiti a una distanza di 100<sup>m</sup> si è ottenuto pei 28 punti 0,0206 per %.

Sul percorso totale di m. 1946,59 si è avuta una differenza nella quota dell'ultimo picchetto di m. 0,11, al che corrisponde la piccolissima differenza di 0,0565 per mille.

Mi sembra che questi dati bastino a fornire un criterio sulla approssimazione che si può ottenere col tacheometrico, e a far vedere come essa sia più che sufficiente per la formazione di piani quotati nella scala di 1 a 2000 e anche di 1 a 1000, quali si usano nei progetti di massima.

Il tacheometrico Soldati non ha altra pretesa che di sostituire lo squadra graduato ed il livello ad acqua, ma con quanto vantaggio per gli operatori! perocchè egli li pone in grado di usufruire anche nei più piccoli rilievi, di tutti i vantaggi della celerimensura poichè, lo ripetiamo anche una volta, il principio non ne resta menomamente alterato e si conserva tutta la razionalità del metodo, la possibilità cioè di scegliere quei punti che più convengono del terreno, il che difficilmente si può fare collo squadra e col sistema delle sezioni; una celerità grandissima nelle operazioni di campagna, sempre le più costose e le più brigose, ed il vantaggio incalcolabile della sostituzione della determinazione delle distanze col cannocchiale, alla loro « misura colle canne, che è senza dubbio la operazione più fastidiosa, la più penosa e nella quale si corre maggior rischio di errare » (1).

Il tacheometrico ha già i suoi fasti ed oltre ai rilievi suaccennati è stato portato dal collega Ing. Camperi sul Monginevra per lo studio della ferrovia Oulx Briançon che egli faceva assieme all'Ing. Fell, dove fece un servizio stupendo a delta dello stesso Ing. Fell. E nel dicembre 1884 ha servito all'Ing. De Mattei ed a me a fare il rilievo di una zona tra Villanuova e Mondovì di 8 Chm. di lunghezza e di larghezza media di 150<sup>m</sup> in terreno molto accidentato con differenze di livello fino di 50<sup>m</sup> a 60<sup>m</sup>; rilievo che è stato fatto in 4 giorni ossia appena in 4x7=28 ore di lavoro;

(1) Relazione della Commissione incaricata nel 1852 dal Governo francese di riferire sul sistema di rilevamento del Porro.

sarebbe egli possibile fare altrettanto collo squadra e col livello?

Il rilievo del paese di Pievepelago che trovasi unito a questa relazione è stato condotto a termine da me coll'aiuto di un portastadia in 50 ore di lavoro col tacheometro; si noti però che non tutti i punti battuti che ammontano a 776 sono stati segnati in questa planimetria, per non ingenerare confusione, ma se ne sono ommessi molti.

Crediamo che questo piccolo strumento sia per guadagnarsi la simpatia degli intelligenti e per recare segnalati servigi all'arte topografica, agli ingegneri e alla celerimensura.

*Regolo Tacheometrico.* — Ed ora colgo questa occasione per presentarvi un esemplare del Regolo Soldati, destinato al calcolo della distanza orizzontale  $d$  e della differenza di livello  $t$  del centro dello strumento dal punto al quale si collima, dato il numero generatore  $g$  e l'angolo zenitale  $V$ , col mezzo della nota formola

$$d = g \operatorname{sen}^2 V$$

e dell'altra da lui proposta

$$t = g \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2V$$

La adozione di questa ultima gli ha permesso di disporre il suo Regolo in modo da ottenere l'uno e l'altro termine in una sola posizione dello scorrevole, il che prima non era fattibile, talchè si era soliti di calcolare (regolo Moinot) dapprima  $d$  in funzione di  $g$  colla relazione

$$d = g \operatorname{sen}^2 V$$

poscia  $t$  in funzione di  $d$  colla relazione

$$t = d \cot V$$

con notevole perdita di tempo, essendo necessarie due posizioni dello scorrevole, e con vizio nel procedimento, poichè la  $t$  non potrà a meno di restare affetta dagli errori del termine calcolato  $d$ . Il Soldati stesso tenne parola di queste modificazioni arretrate al processo di riduzione dei termini in una adunanza di questa Società, tenutasi nelle tornate del 1871 e presentò fra gli altri un disegno del regolo del quale vi parlo, e lo faccio perchè ne possiamo esaminare il modello costruito in occasione della decorsa esposizione nazionale del 1884 dall'Ing. A. Salmoiraghi, poi perchè parmi che il suo uso sia per così dire armonico con quello del tacheometrico e difatti questo strumento, basato sul graficismo, non può che armonizzare con uno strumento il cui precipuo scopo è di ottenere una mappa grafica.

Riproduciamo una figura schematica del Regolo rimandando alla detta memoria dell'Ing. Soldati chi desideri vederne il disegno al naturale.

Le scale del regolo fisso (fig. 4) sono scale logaritmiche dei numeri, formate ognuna di due intervalli  $ab$   $bc$  come le superiori dei regoli ordinari. La

scala inferiore dello scorrevole è una porzione (ripetuta due volte) di scala logaritmica dei seni compresa fra 50° e 100° centesimali fatta con unità grafica 2  $h$ , doppia di quella dei numeri. La superiore dello scorrevole è del pari una scala log. dei seni, ma è fatta con una unità grafica  $h$  eguale a quella dei numeri ed è spostata a sinistra dell'indice  $a'$  di una quantità  $a'm = h \log 2$ . In questa poi a fianco dei singoli tratti sono state scritte le metà dei valori degli angoli corrispondenti e dei loro supplementari. Così all'origine  $m$  della scala sta scritto 50° anzichè 100°

e poco a sinistra trovasi  $\frac{40^\circ}{00}$  anzichè  $\frac{80^\circ}{120}$  ecc. In tal modo la distanza di un punto della scala inferiore dello scorrevole dalla origine  $a'$  sarà eguale ad  $h \log \operatorname{sen}^2 V$ : e di un punto della scala superiore sarà  $h \log \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2V$  essendo  $V$  l'angolo che si legge in quel dato punto. Ne segue che portato uno degli indici  $a'$   $b'$   $c'$  contro al  $g$  letto nelle scale del regolo fisso, si troverà in queste stesse il valore di  $d$  sotto al  $V$  letto nella scala inferiore dello scorrevole, e di  $t$  sopra allo stesso  $V$  letto nella scala superiore dello scorrevole.

Con questa disposizione di scale si avverta però che non si può trovare il valore di  $t$  per le più piccole inclinazioni  $V_1$  del cannocchiale all'orizzonte (cioè per  $V$  prossimo a 100"), in tutti quei casi cioè nei quali il seno dell'angolo  $V_1$  è minore di 0,01. Questo angolo limite  $V_1$  pel quale si verifica la relazione  $\operatorname{sen} V_1 = 0,01$  è all'incirca, espresso in divisione centesimale,  $V_1 = 63',66$  al quale corrisponde l'indice  $e'$  dello scorrevole. Lo stesso inconveniente presentano gli altri regoli tacheometrici.

Però questo regolo è disposto in modo che con una lieve modificazione si può, senza toccare e confondere con ulteriori linee le scale già esistenti, ovviare a tale inconveniente e mi pare che si potrebbe ottenere ciò comodamente modificandolo come indica la fig. schematica 5.

Per tali piccolissimi angoli si può senza sensibile errore ritenere  $t = g \operatorname{sen} V_1$  e i seni proporzionali agli archi; sicchè per ottenere  $t$  basterà moltiplicare il numero generatore  $g$  per il numero esprimente in minuti primi la ampiezza dell'arco  $V_1$  e moltiplicarlo inoltre per  $\operatorname{sen} 1'$  (ovvero dividerlo pel suo reciproco il che è più comodo col regolo).

Segneremo quindi nella porzione di scorrevole compresa fra  $Y$  indice  $a'$  e l'origine della scala superiore  $m$ , un tratto  $p$  che ci rappresenti la mantissa del  $\operatorname{comp.} \log. \operatorname{sen} 1' = 3,803\ 8801$ , talchè sia la distanza  $b^1 p = h \times 0,803\ 8801$  e la diremo *linea dei minuti primi*.

Inferiormente poi fra le due porzioni di scale dei  $\operatorname{sen}^2 V$  traccieremo una porzione di scala logari-

tmica dei numeri dall' 1 al 4, eguale a quelle segnate sul regolo fisso e contro distinta nella figura da una graffa sulla quale sta scritto *Numeri*; e così:

*Espresso l'angolo, che il cannocchiale fa colla orizzontale, in minuti primi e letto nella scala superiore destra del regolo fisso, gli si porta contro la lineetta dei minuti primi  $l'$  p.; quindi si legge il generatore  $g$  nella scala dei numeri dello scorrevole e gli troveremo dirimpetto nelle inferiori del regolo fisso il valore di  $t$  cercato.*

La posizione della virgola in questo, come in tutti gli altri regoli, non ci è data, ma bisogna calcolarla a parte; perciò diremo *numero di cifre (intiere)* il numero delle cifre che precedono la virgola, se il numero dato ha una parte intera; se poi il numero è una frazione decimale, il numero delle cifre è nullo o negativo, ed è uguale al numero degli zeri interposti fra la virgola e la prima cifra significativa a sinistra.

Ciò posto si troverà agevolmente che dicendo di  $t$   $g$   $u_1$  i numeri di cifre di  $d$   $t$   $g$   $V_1$  si possono dare le seguenti relazioni fra queste quantità, a seconda che i termini ai quali esse si riferiscono cadono in una o in altra parte delle scale del Regolo.

*Pel valore di  $d$* : portato contro il generatore  $g$  uno degli indici dello scorrevole  $a'$  ovvero  $b'$  e letto l'angolo  $V$  nella adiacente porzione di scala dei  $\text{sen}^2 V$ ; se  $d$  si legge nella stessa scala di  $g$  sarà

$$d = g$$

ossia la  $d$  avrà tante cifre quante il  $g$ , se per contro  $d$  si legge in una scala differente da quella nella quale si è letto  $g$ , come avviene per  $d'$ , nelle figure schematiche 6, allora sarà (numero normale di cifre (1))

$$d' = g - 1$$

L'inverso si ha se la  $V$  si legge nella scala non adiacente a quella il cui indice coincide col generatore  $g$ .

*Pel valori di  $t$* : se portato a coincidere col  $g$  l'indice medio  $b'$  dello scorrevole il  $t$  cade in una scala a destra di quella nella quale si è letto  $g$ , allora è eguale il numero delle cifre di  $t$  e di  $g$

$$t = g$$

Se poi  $t$  si legge nella stessa scala di  $g$  (come  $t'$  della fig. 6) allora è in ogni caso

$$t' = g - 1$$

Se in fine  $t$  cade in una scala a sinistra di quella di  $g$  (come  $t''$  delle fig. 6) allora è

$$t'' = g - 2$$

Quando poi si cerchino valori di  $t$  per angoli  $V < 64'$  ossia facendo uso della lineetta  $p$  dei minuti primi e della scala dei numeri dello scorrevole (aggiunta), si possono dare due casi. Cioè letto  $V_1$  nella scala superiore destra del regolo fisso, se  $t$  cade nella scala inferiore destra del fisso (come  $t_1$  delle fig. 6, terzo caso) il numero  $t_1$  relativo è normale, cioè (corrispondendo a *comp.log.sen*  $l'$  un numero di 4 cifre) sarà

$$t_1 = g + u_1 - 4$$

E se  $t$  si legge nella scala sinistra, come  $t^2$  delle fig. 6, si dovrà dal numero normale sottrarre una unità

$$t_2 = g + u_1 - 5$$

Se poi come avverrà nel maggior numero dei casi fosse  $u_1 = 2$  allora le due ultime formole si riducono a

$$t_1 = g - 2 \quad \text{e} \quad t_2 = g - 3$$

Tutti questi casi sono rappresentati ordinatamente dalle figure schematiche fig. 6 della tavola, nelle quali sono segnate con tratti grossi le scale e con lettere i termini

Sia per es. (fig. 4)

$g = 350^m$   $V = 82^\circ, 40$  si troverebbe

$t = 91, 90$  essendo  $t = g - 1 = 3 - 1 = 2$

$d = 323, 90$  essendo  $d = g = 3$

Si abbia invece (fig. 5)  $V = 100^\circ, 35$  ovvero  $V = 99^\circ, 65$  sarà

$$V_1 = 35 \quad u_1 = 2$$

per  $g = 276$  si ha  $t_1 = 1, 52$  essendo

$$t_1 = g - 2 = 3 - 2 = 1$$

per  $g = 130$  si ha  $t_2 = 0, 715$  essendo

$$t_2 = g - 3 = 3 - 3 = 0$$

Si osservi che in tale ricerca il regolo si impiega come un regolo ordinario e che ognuno potrebbe facilmente tracciare su un regolo Mannheim la linea dei minuti primi centesimali come già vi si trova segnata quella dei minuti primi e secondi sessagesimali.

Pongo termine a questi brevi cenni augurando al nuovo Tacheometro che gli ingegneri sappiano giustamente apprezzarlo e trarne partito, ed alla celerimensura molti cultori ferventi e appassionati che sappiano al pari dell'Ing. Soldati penetrarne lo spirito, e perfezionarla di continuo e guidarla a quella elevata meta, cui la ha gloriosamente indirizzata il suo illustre inventore.

(1) A. GALASSINI. *Manuale teorico pratico per l'uso del Regolo Calcolatore Mannheim* - Torino. Camilla e Bertolero 1886.