

CENNI

INTORNO AD UN SAGGIO DI CELERIMENSURA

applicata alla compilazione dei progetti ferroviari
e descrizione di tavole grafiche e numeriche pel calcolo delle Coordinate

per l'Ing. V. SOLDATI.

*Memoria letta ed approvata per la stampa
negli Atti della Società nelle adunanze 10 aprile e 9 giugno 1871*

La Società nostra avendo dimostrato in più circostanze un interesse assai vivo per quanto riguarda la Celerimensura, io ho pensato che potesse riescirle gradita l'offerta di un saggio di rilievi compilati con questo sistema; perciò fra i vari lavori che ho eseguiti dacché mi sono schierato fra i suoi zelanti cultori avendo scelto uno stralcio di planimetria che, e per le difficoltà vinte, e per l'estensione data ai rilievi, mi parve meglio adatta a farne spiccare i pregi, io mi tengo onorato di poterlo offrire ai miei colleghi.

Questo stralcio è ricavato dalla planimetria di studio della linea ferroviaria Cuneo-Mondovì-Bastia e riflette il tratto della discesa dall'altipiano di Mondovì alla valle del Tanaro, seguendo il corso della Branzola.

Credo utile l'accompagnare queste tavole di disegno con alcuni cenni, non però per discorrere della Celerimensura in genere od al modo di applicarla, perché di ciò trattano ampiamente le opere dell'illustre Professore Porro che l'ha creata, e già ne fu discorso diffusamente in una Relazione presentata, non è gran tempo, alla nostra Società e che ora fa parte de' suoi Atti.

Io tralascierò altresì di dimostrare, coll'appoggio dell'esempio pratico di cui si tratta, che in casi consimili la Celerimensura offre all'ingegnere i mezzi di risolvere con esattezza o, per dir meglio, approssimazione più che sufficiente i più difficili problemi di tracciamenti stradali, e che gli attuali sistemi di livellazioni longitudinali, sezioni trasversali e planimetrie in terreni tanto accidentati, non possono soddisfare chi non si appaga di una soluzione buona ma si sforza di trovare la migliore. Credo infatti, che un attento esame dei disegni che ora presento valgano meglio di quanto io saprei dire in proposito a persuadere chiunque che i sistemi antichi non reggono al confronto coi nuovi lorchè si tratta di studio entro terreni molto accidentati.

Io mi limiterò invece a citare i dati statistici relativi a questo lavoro che, a parer mio, possono interessare chi è vago di conoscere a fondo la parte pratica del sistema, e passerò in seguito a discorrere di alcune lievi modificazioni che io ho introdotte nella riduzione dei dati rilevati in campagna.

Il lavoro di rilievo fu eseguito da una sola squadra di operatori, composta, di un Ingegnere, un aiutante, un canneggiatore e tre manovali. Le loro attribuzioni erano distribuite come segue: per l'Ingegnere la direzione, ben s'intende, d'ogni operazione, ma più specialmente il collocamento dell'istrumento in stazione, la lettura dei numeri generatori che si riferiscono ai punti di stazione ed ai punti direttori, e la compilazione dell'abbozzo.

Per l'aiutante la lettura dei numeri generatori relativi alle accidentalità del terreno, e la registrazione di quelli relativi ai punti di stazione e punti direttori che erano letti dall'Ingegnere.

Al canneggiatore erano affidate le registrazioni dei numeri generatori letti dall'aiutante, non che tutte le operazioni relative al controllo dei numeri d'ordine che si fa con segnali combinati tra chi osserva i punti che si rilevano e l'Ingegnere che li sceglie e li specifica sull'abbozzo.

Dei tre manovali, due operavano come biffanti, uno da porta-strumenti.

Il direttore di questa squadra era l'egregio Ingegnere Camillo Alasia, che mi fu compagno assiduo nello studio della Celerimensura ed in tutte le sue applicazioni.

La zona di planimetria di cui si tratta ha chilometri sette di lunghezza misurata sull'andamento dell'asse ferroviario, ed ha una larghezza varia tra 400 e 1200 metri in media, perciò una superficie di ettare 560.

La differenza di livello fra il fondo della valle di Branzola ed il ciglio degl'altipiani che la fiancheggiano, è in media di metri 40.

La massima parte di questo lavoro fu fatta nel mese di dicembre 1867.

Tenuto conto di circostanze affatto eccezionali nella conformazione del terreno cui questa zona si riferisce, e delle difficoltà non lievi derivanti da folte e frequenti boscaglie, da vigne altissime e dal torrente non guadabile che in rari punti, son persuaso che non sarà trovato soverchio il tempo impiegato nel rilevare questa planimetria, che fu di sole ore 108 di lavoro utile.

Credo superfluo il riferire i dati relativi al costo del lavoro di rilievo, perchè gli elementi già esposti sul tempo impiegato e sul numero e qualità degli operatori, bastano a fornire un criterio della poca entità di questa spesa in confronto di quella che si incontrerebbe, se alla compilazione di un simile piano quotato si volessero applicare i sistemi usuali.

Esaurita così la enumerazione delle cose più essenziali che, a parer mio, era opportuno di far conoscere relativamente al lavoro di campagna, io non istarò a discorrere minutamente di tutte le operazioni che riguardano la traduzione in iscala dei rilievi, perchè in ciò non mi sono scostato dalle pratiche insegnate dall'Autore della Celerimensura e dai più reputati e provetti fra i suoi discepoli.

In un solo punto io ho tentato di far qualcosa di mio, cioè

nelle operazioni relative al calcolo delle coordinate. Delle cause che mi determinarono ad introdurre alcune modificazioni a questa parte del sistema, e più specialmente del merito e risultato delle medesime io mi permetterò quindi una succinta esposizione.

La prima modificazione ch'io tentai si fu la sostituzione di tavole grafiche calcolatrici al regolo logaritmico, ed ecco il perché :

Il regolo logaritmico è senza dubbio comodo, di uso spedito, di approssimazione sufficiente e di maneggio facile ad apprendere per chi ne conosce le basi fondamentali e conosce l'uso dei logaritmi. Ma per contro è pur vero, ed io me ne son persuaso dopo ripetuti tentativi, che non è possibile affidare la riduzione delle coordinate coll'uso del regolo a persone poco colte ed aventi quella poca istruzione che s'incontra d'ordinario nei biffanti, canneggiatori, aiutanti, ecc, perchè tutta la scienza di costoro si riduce a saper leggere, scrivere e valutare le distanze su regoli divisi in parti eguali, come pertiche, biffe, doppi decimetri e simili.

Il regolo logaritmico è diviso in parti che vanno decrescendo a misura che la lettura si scosta dall'origine delle distanze, ed oltre a ciò queste parti hanno ad un estremo un certo numero di suddivisioni, all'altro un numero minore.

I ristretti cervelli dei canneggiatori non arrivano pertanto a capire l'uso di questo strumento e sarebbe cosa poco prudente affidar loro la riduzione delle coordinate ausiliarie coll'uso del regolo.

Da ciò ne conseguiva, che adoperando il regolo logaritmico, il lungo, noioso e materiale lavoro di riduzione cade tutto nel compito dell'Ingegnere che dirige la squadra o dell'osservatore se ha l'istruzione di un geometra, e che ai canneggiatori, che pur occorre spesso tenere vincolati durante le operazioni di calcolo, non si può affidare lavoro alcuno nel periodo di tempo che s'impiega a tradurre in iscala il lavoro di campagna.

Calcolando questi valori di *tang. a*. pei valori di φ progressivi di 10 in 10 primi e numerandoli come si scorge nella tavola, ne nasce, che se si fissa a perno mobile in *A* un regolo *AM* avente le identiche divisioni della base *AB* e si fa collimare con uno qualunque dei segni *m* indicanti un valore di φ sulla verticale *BC*, quindi si legge sul regolo in *An* il numero generatore *S*, la proiezione *Ap* rappresenta il valore di *D*, perché abbiamo da un lato:

$$Ap = S \cdot \cos. a ;$$

e perciò in grazia della relazione tra *a* e φ sovra enunciata:

$$Ap = S \cdot \text{Sen}^2 \varphi = D.$$

Come si scorge, la tavola grafica così composta risponde completamente allo scopo che mi era prefisso, perché nel collocare il regolo non occorre lettura di distanze, ma solo di numeri, attesoché la scala adottata per i valori di tangente *a* permette di numerare tutte le divisioni, senza bisogno di dare alla tavola dimensioni eccessive, e per fare le letture dei valori di *D* e di *S* si hanno divisioni eguali e perciò facili a computarsi da qualunque rozzo canneggiatore.

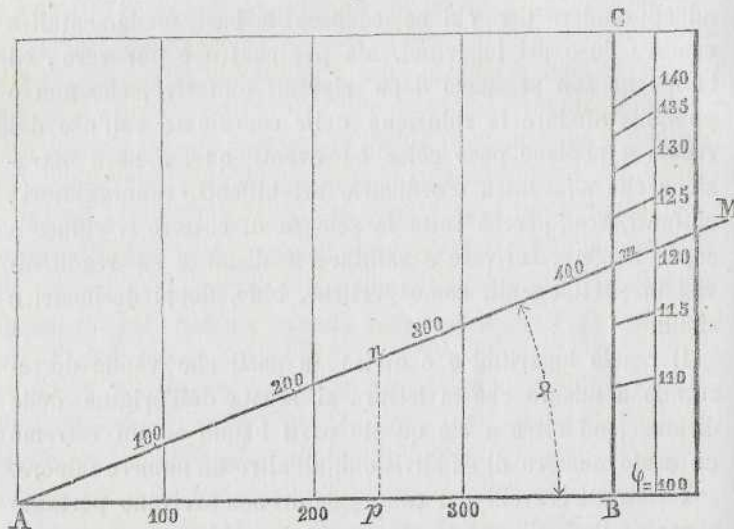
Se per compilare questa tavola si sceglie una scala discreta, come per quelle che ho l'onore di presentare all'esame dei miei collegli, si ottiene nelle riduzioni maggiore approssimazione che col regolo logaritmico.

Nel compilare la 2^a tavola calcolatrice, quella cioè che deve somministrar il valore di *Z - A* che diremo *t*, ossia l'altezza del punto in cui il raggio visuale colpisce la biffa, sul piano orizzontale, che passa per l'asse di rotazione del cannocchiale, io non ho limitato il mio lavoro ad una semplice modificazione dell'operazione che si fa col regolo, ma ho creduto conveniente una trasformazione radicale della formola fondamentale che lega la *t* coi numeri generatori, ed eccone il motivo. Sinora si è sempre usato il ricavare la *Z* dalla relazione $t = D \cot. \varphi$, sicché per ottenere *t* occorre calcolare prima la *D*.

Mia prima cura perciò si fu di combinare una tavola calcolatrice, mercé la quale si possano fare graficamente, come col regolo logaritmico, le riduzioni, e riescì ai varii tipi che mi pregio presentare allegati a questi cenni.

La tavola N. 1 serve alla calcolazione della distanza *D* fra il punto di stazione ed il punto osservato. La relazione che passa fra la quantità *D* ed i numeri generatori *S* e φ è

$$D = S \text{Sen}^2 \varphi$$

Fig. 1^a

La prima tavola grafica venne perciò tracciata col dividere la base *AB* (fig. 1^a) in tante parti eguali su cui si legge il valore di *D*; per tutte queste divisioni si elevarono delle perpendicolari; sull'estrema *BC* si portarono a partire da *B* i valori di *tang. a* nel raggio *AB* che si ricavano dall'equazione

$$\text{Cos. } \alpha = \text{Sen.}^2 \varphi$$

e dalla nota relazione che lega la tangente col coseno di uno stesso angolo.

Questo procedimento porta seco una notevole perdita di tempo, ed ha oltre a ciò l'inconveniente che se nel ridurre la D si commette un errore, anche la t ne resta affetta. Osservando io, che la quantità D è essa stessa funzione di φ , ho ridotto l'espressione di t alla seguente forma:

$$t = S. \text{Sen} 2\varphi \text{ Cot. } \varphi$$

e per essere

$$\text{Cot. } \varphi = \frac{\text{Cos. } \varphi}{\text{Sen. } \varphi}$$

e

$$\text{Sen. } \varphi. \text{Cos. } \varphi = \frac{1}{2} \text{Sen. } 2\varphi$$

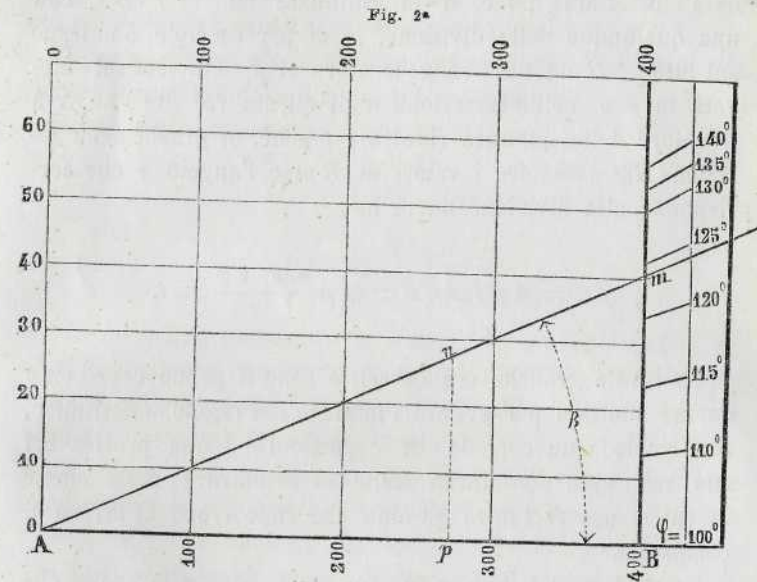
$$t = \frac{S}{2} \text{Sen. } 2\varphi.$$

Questa trasformazione mi ha permesso anzitutto di semplificare, e di molto, le operazioni coll'uso del regolo logaritmico. Infatti, attualmente col regolo di celerimensura non essendovi che le scale dei seni quadrati e delle cotangenti, i valori di D e di t si ricavano con due posizioni distinte dello scorrevole, mentre col mio sistema una sola posizione basta a dare entrambi questi valori.

Ad ottenere ciò è necessario mutare di qualche poco la divisione dello scorrevole sulla faccia che porta la scala dei seni quadrati, sopprimendo la scala delle tangenti e sostituendovi una scala che rappresenti direttamente i valori di t , o per dir meglio, i logaritmi di t per $s=1$, e per valori di φ crescenti di 10 in 10 primi da $\varphi = 100$ a $\varphi = 50$.

Io ho disegnato appositamente un regolo logaritmico che ha sullo scorrevole questa scala dei valori di t , ed ho allegato questo disegno allo stralcio di planimetria, affinché si possano toccar con mano i vantaggi di questa trasformazione di forinola che a prima vista può parere un inu-

tile artificio di calcolo, mentre riesce ad un notevole risparmio di tempo.



Ritornando alla tavola calcolatrice, che è destinata a sostituire il regolo per il calcolo della altezza t , dirò brevemente che essa pure ha la base AB (fig. 2) divisa in tante parti uguali come nella tavola 1* delle distanze colla sola differenza, che in questa non sono più le quantità ridotte, ma bensì i valori del numero generatore s che si leggono sulla base da A verso B .

Per ogni punto di divisione della base AB si elevarono delle perpendicolari e queste pure vennero divise in tante parti uguali rappresentanti i valori di t , misurati a partire dalla base AB .

Sul lato BC vennero portati i valori di tangente β ricavati dall'equazione

$$\text{tang. } \beta = \frac{1}{2} \text{sen. } 2\varphi$$

per valori di φ progredienti di 10 in 10 primi.

La scala di questi valori essendo la stessa con cui furono divisi i lati verticali della tavola, è chiaro che, se si fissa in A un filo e si fa collimare sul lato $B G$ con una qualunque delle divisioni, la m per esempio, e si legge sul lato $A B$ un numero generatore $A p$ sulla verticale elevata in p e nell'intersezione n di questa col filo, si avrà il valore della quantità ridotta t perché, in grazia della relazione che passa fra i valori di $B m$ e l'angolo φ che corrisponde alla divisione m , si ha :

$$p n = A p \operatorname{tang.} \beta = A p \frac{\operatorname{sen.} 2 \varphi}{2} = t.$$

Le tavole grafiche ora descritte sono il primo espediente da me adottato per evitare l'impiego del regolo logaritmico, che richiede un corredo di cognizioni ed una pratica nel suo maneggio non tanto facile ad incontrare nella classe in cui si usa reclutare gli aiuti che concorrono al lavoro di campagna.

Se però esse hanno risposto assai bene allo scopo che mi ero prefisso, non posso però dire che esse vadano esenti da non pochi ed assai gravi difetti, che sinceramente voglio confessare.

In primo luogo esse sono un po' incommode, perché a voler raggiungere un'approssimazione discreta richieggono dimensioni non tanto piccole.

In secondo luogo sono alquanto facili ad alterarsi, il che riesce a scapito dell'esattezza, e fa sì che la loro durata non è proporzionata alla fatica e noia che s'incontra nel costruirle.

Poi non si possono trasportare con comodità sul lavoro e perciò non è possibile impiegarle durante le operazioni di campagna, in quei ritagli di tempo che, o per intemperie, o per altre cause accidentali, s'incontrano frequentemente nel lavoro di rilievo.

In conseguenza di ciò io ho rivolto il mio studio alla

compilazione di altre tavole egualmente grafiche, che fossero esenti dai difetti ora accennati, e che adempissero in pari tempo alle stesse funzioni, e credo aver raggiunto il mio scopo colle due tavole che vanno unite a questi cenni.

Esse non sono altro che la rappresentazione grafica a curve orizzontali delle due superficie costituite dalle equazioni già più volte accennate

$$D = S \operatorname{Sen.}^2 \varphi.$$

$$t = S \frac{\operatorname{sen.} 2 \varphi}{2}.$$

In entrambe queste tavole l'asse delle x rappresenta i valori del numero generatore S , in iscala di due millimetri per metro, e l'asse delle y i valori di φ nella scala di un millimetro per ogni 10 minuti primi.

Le curve orizzontali sono tracciate per valori di D crescenti di metro in metro, e per valori di t crescenti di mezzo metro in mezzo metro, valutandosi a vista con facilità e sufficiente approssimazione le frazioni di mezzo metro.

I principii su cui sono fondate queste tavole essendo identici a quelli delle tavole grafiche a doppio argomento, che furono oggetto di una speciale e pregevole memoria già inserita negli Atti della nostra Società, io mi astengo dal descrivere il modo con cui s'impiegano, e mi limito ad accennare che ciascuna di queste tavole potendosi scomporre in molti fogli di piccolo formato rilegati a forma di libro, si possono adottare scale grandissime e perciò ottenere un'approssimazione di gran lunga superiore a quelle che dà il regolo logaritmico ordinario, e ciononostante renderle maneggevoli, trasportabili, ed anche, all'occorrenza, tascabili.

Accennerò infine, che le dilatazioni della carta non hanno conseguenza alcuna perché, essendo i fogli quadrettati, non riescono ad altro che ad alterare nella stessa proporzione i dati ed i risultati.

Le tavole ora descritte, benché comode e di uso speditis-

simo ed accessibile a qualunque persona, hanno però sempre un vizio originale che dividono collo stesso regolo logaritmico, quello cioè d'essere un mezzo puramente grafico di operare le riduzioni necessarie a tradurre in iscala i dati raccolti nelle operazioni di campagna.

Io sono perciò d'avviso, che se la Celerimensura vuole mantenere la sua promessa, di escludere cioè dalle sue operazioni il graficismo, essa deve proscrivere assolutamente l'uso di qualsiasi artificio di riduzione fondato sul graficismo e primo fra tutti il regolo logaritmico, perché quest'istrumento non è che un comodo congegno per fare la somma algebrica dei logaritmi, misurandoli in iscala e sovrappo-
nendoli materialmente, anziché addizionarli in cifre.

Penetrato dall'importanza di questa verità e desioso di raggiungere nelle mie operazioni tutto quel grado d'esattezza che mi è possibile, io ho finito per abbandonare completamente l'uso, sia del regolo, che delle tavole grafiche sopra accennate, in tutti quei lavori, in cui si richiede un risultato numerico molto approssimato, ed ho, con grande pazienza intrapresa la compilazione di tavole numeriche, in cui sono raccolti i risultati delle equazioni fondamentali già più volte citate, per valori dell'angolo φ variante di 10 primi in 10 primi, e per valori del numero generatore S crescente di metro in metro da 1 a 409 metri.

Questo sistema di riduzione con tavole numeriche, che è l'ultimo da me abbracciato e che credo il migliore, è esente da tutti i difetti che si possono rimproverare al regolo ed alle tavole grafiche sinora descritte, dà risultati matematicamente esatti, è il solo che escluda realmente dalle operazioni di celerimensura il graficismo, ed è in pari tempo tanto semplice da far sì, che le riduzioni si possono commettere a qualsiasi persona purché sappia solo leggere e scrivere.

Pongo termine a questi cenni confessando, che son rimasto molto tempo perplesso sull'opportunità e convenienza di intrattenere un'adunanza composta di persone dotte e

versatissime in tutti i rami della scienza dell'Ingegneria, colla presentazione di una planimetria quotata che ha nulla di straordinario e coll'esposizione di semplici artifizii di riduzioni grafiche, il cui maggior pregio consiste forse nella tenacità di proposito, fatica e perseveranza che ho dovuto impiegarvi.

Se mi son deciso a presentare questo piccolo lavoro si fa per uno scopo che, spero, ne farà dimenticare e perdonare la limitata importanza, e questo si è il desiderio di dimostrare coi fatti che le innovazioni del professore Porro non sono trovati soltanto scientifici e pregevoli in teoria, ma che essi hanno invece una grandissima importanza industriale, sperando così di veder crescere anche in Italia la schiera dei cultori della Celerimensura tanto apprezzata e coltivata all'estero e di vedere smentito perciò in questo caso il proverbio che dice: *Nemo propheta in patria.*

Ing. VINCENZO SOLDATI.