

PAROLE

DETTE DAL SOCIO ONORARIO PROF. PORRO

NELLOCCASIONE

che presentava alla Società il suo Teodolite Cleps-ciclo

la sera del 18 febbraio 1869

I.

Premesso, Egregi Collegli, l'attestato di mia viva riconoscenza per l'onore che vi piacque impartirmi, inscrivendo il mio modesto nome fra gli illustri che compongono la vostra Società.

Premesso pure il saluto che per mia bocca vi manda l'Associazione Geodesica Nazionale Italiana, io debbo oggi in nome di essa Associazione e mio, presentare e spiegare al cospetto vostro, sotto il duplice aspetto scientifico ed industriale, un nuovo strumento geodesico, il cleps.

Dal lato scientifico la geodesia doveva rispondere ai postulati che da mezzo secolo si affacciano con sempre maggior pressa in tutta Europa in nome del più avanzato progresso nella economia pubblica e nella giurisprudenza, postulati, a parte dei quali non poteva soddisfare la geodesia che mi permetto chiamare antica.

Dal lato industriale si trattava di rendere fattibile in Italia degli strumenti di precisione che non si erano mai fatti.

Tale era il duplice problema che ho tentato di risolvere così dal lato della scienza e dell'arte dell'Ingegnere, come della scienza e dell'arte del costruttore.

Sotto il primo dei due aspetti si esigea innanzi tutto una riforma radicale nella geodesia pratica, dalla quale riforma conseguire doveva pure nel ramo dei grandi moderni lavori pubblici una riforma nel modo di studiarne i progetti.

In ciò che riguarda l'alta statistica e la giurisprudenza che impiegano la geodesia, come mezzo ausiliario, si doveva rendere attuabile una non meno importante riforma nelle leggi di guarentigia della fede pubblica, sopra tutto in materia di proprietà fondiaria, la qual riforma consiste ad un dipresso, nel ristabilimento dell'antico sistema censuario romano.

Robernier ha dimostrato infatti che la soluzione di questa importante ed alta questione della Scienza di Stato, e della giurisprudenza dipende onninamente dal modo di soluzione del relativo problema di geodesia.

Era mestieri dunque bene studiare lo scopo e precisarlo per adattarvi i metodi geodesici operativi e bene stabilire questi ultimi per ben comporre l'istrumento.

Sotto l'aspetto industriale la bisogna era più facile, giacché la capacità naturale ed il genio in Italia non mancano, e se talor si deplora la mancanza di abili operai nelle *arti buone*, bisogna cercarne la principale causa nella mancanza di padroni, abili capi d'officina. L'operaio impara quando il capo insegna!

La mancanza poi di abili capi d'officina ha la sua causa nelle istituzioni con che l'Italia è stata pel passato governata, educata, in conseguenza era incarnato nei costumi, e perfino nella legislazione il pregiudizio, che il toccare alla *materia bruta* in pro dell'*arti buone*, fosse cosa non nobile, anzi poco men che vile.

La scienza perciò non si degnava discendere nelle officine e spaziava nelle astratte teorie, l'arte mancava del suo vitale elemento.

Progredirono queste arti invece in Germania, in Francia ed in Inghilterra, e vi si ebbero grandi Artisti, perché vi erano onorati al pari degli altri Scienziati, e si ammette-

vano da pari a pari con essi nelle scientifiche Accademie: Fraunhofer, Reychenbach, Troughton, Gambey, Bertoud, Dent, sono nomi venerati nelle scienze dei due mondi *malgrado che*, anzi appunto perché oltre la scienza avevano famigliare anche la lima; i più grandi progressi dell'astronomia, della geodesia e della marina sono stati ottenuti mercé strumenti usciti dalle loro mani.

Perciò è che io mi ritrovo più che con piacere, o signori, con vera patriottica consolazione frammezzo a voi, che avete saputo riunire a perenne fraterno convegno la scienza e l'arte col fine che imparino a stimarsi a vicenda, col fine che riuniscano i loro sforzi, onde ricollocare l'Italia alla testa del progresso, onde cessi la patria nostra d'essere servile imitatrice, onde farne tale un modello che le altre nazioni s'affrettino ad imitare.

II.

Io dirò dunque brevi parole nel senso di ben fissare il problema che si trattava di risolvere, limitandomi ai due principali rami dell'arte degli Ingegneri, che dalla geodesia in molta parte dipendono, vale a dire il ramo dei lavori pubblici, ed il catasto o censimento fondiario.

Io ne esaminerò brevemente i postulati i più avanzati prendendo a guida le massime ammesse dalla Associazione geodesica nazionale italiana.

Quest'Associazione riconosce:

1° Che *compasso non fa fede*, e se essa vuole e pretende figurati in disegni i risultamenti de' suoi lavori, vuole però sempre scritte sovr'essi oppure al lato di essi tutte le dimensioni.

2° L'Associazione Geodesica ammette siccome oggimai necessaria in tutto e sempre la livellazione generale e completa del paese. Pei lavori pubblici questo bisogno è evidente,

pel censimento basta osservare che la inclinazione e la esposizione sono elementi del valore; che la irregolarità, i diritti di scolo, parecchie servitù ne dipendono; la Francia, la Germania e l'Inghilterra stanno facendo la livellazione generale degli Stati loro.

3° L'Associazione Geodesica non crede alla infallibilità degli uomini comunque reputati per scienza e per abilità pratica, comunque chiarissimo ne sia il nome; essa pretende perciò da tutti indistintamente che tutto sia sempre comprovato, dimostrato vero, non mai imposto d'autorità o creduto nella fede del nome.

4° Protendendosi oggidi i lavori degli ingegneri a migliaia di chilometri, l'Associazione non considera siccome più mai permesso loro di trascurare la curvità della terra né la convergenza dei meridiani, anzi neppure le irregolarità locali della sua superficie idrostatica, e pretende che di tutto ciò debbano tenere conto anche nei lavori estendentisi a soli pochi chilometri.

5° Le larghe tolleranze dei nostri vecchi catasti non sono più ammesse ed è prescritto l'obbligo rigoroso della comprovazione generale e completa d'onde deve risultare la misura dell'esattezza ottenuta, la quale condizione ha condotto all'applicazione del metodo di Gauss, delle compensazioni, a tutte le parti del lavoro, ed ha fatto nascere la necessità delle comprovazioni a due gradi, pel secondo dei quali la tolleranza può e deve essere un dieci volte almeno più ristretta di quanto finora si concedeva.

6° Lo spirito dei tempi, finalmente, comanda la speditezza in tutto; bisogna risparmiar tempo, economizzare i minuti, i secondi, sulle operazioni che si ripetono periodicamente, e ridurre a metà, al quinto, al decimo, se si potesse, il tempo che prima occorreva per un qualsiasi geodesico lavoro.

Evidentemente ad ottenere siffatti risultamenti non bastava inventare un istrumento, bisognava toccare ai metodi e toccarvi arditamente, radicalmente.

Mi autorizzerò ora di queste massime adottate dall'Associazione Geodesica nazionale, e dirò in qual modo essa si propone di giungere a soddisfare ai postulati di sopra espressi.

1° *Si vogliono le dimensioni scritte?*

2° *Si vuole la livellazione generale?*

L'ordine, la chiarezza, la brevità prescrivono prima di tutto di non più procedere nei rilevamenti per *figure*, bensì per punti e di tutti i punti determinare le tre coordinate per rispetto ad un sistema d'assi unico e fisso per tutta l'Italia adottato e passato siccome modo di linguaggio comune fra tutti gli Ingegneri e per la sua semplicità, intelligibile a tutti, anche ai profani.

Per l'economia di tempo non più fare della planimetrica e delle livellazioni due operazioni distinte, ma ottenere tutto in una sol volta e scriver sempre per ogni punto le tre coordinate X, Y, Z , vale a dire che ogni qualunque rilevamento, grande o piccolo, e per qualunque scopo, deve essere sempre eidipsometrico.

Per sistema d'assi delle coordinate fu scelto quello curvilineo delle tre coordinate geografiche, longitudine, latitudine, altitudine, le quali però sotto il nome di longide (X), latide (Y), altide (Z) sono misurate in metri e non in gradi — e sono misurate cioè: la (X) sul parallelo naturale del punto che si considera, la (Y) sul meridiano di Roma, la (Z) dal livello del mare.

L'origine è presa come per le latitudini o longitudini al punto d'intersezione dell'Equatore col meridiano di Roma, ma non si scrivono che per memoria, ed una sol volta in luogo opportuno, le migliaia, le centinaia, le decine di chilometri che sono comuni a tutto un lavoro.

Con questo mezzo il contorno di un appezzamento di proprietà è dato dalla *equazione numerica per punti* di tutto il suo perimetro ed è *ubificato* invariabilmente dalla medesima equazione, e questa si può scrivere manualmente negli atti come vuole giustamente la legge. La figura che gli serve d'illustrazione se ne potrebbe dedurre se mancasse.

In fatto di lavori pubblici la superficie del suolo con tutti i suoi accidenti è data per mezzo della sua *equazione numerica superficiale* per punti, e se tutti gli ingegneri si accomodassero tosto ad esprimere nello stesso modo le forme e le dimensioni di tutte le parti di ogni opera da progettarsi, la soluzione dei loro più difficili problemi pratici, uscirebbe intieramente dal congetturale e l'intuitivo per divenire certa e razionale in ogni sua parte.

3° *Si vuoi tutto comprovato, tutto dimostrato vero?*

La comprovabilità geometrica di ogni operazione piccola o grande risulta sempre completa ed infallibile in questo metodo di lavoro applicandovi nei tre sensi quel semplicissimo assioma che *la somma delle parti è eguale al tutto*.

$\Sigma (x, y, z) = \Delta (X, Y, Z)$ e per perimetri chiusi $\Sigma (x, y, z) = 0$ e questo semplicissimo modo di comprovazione è egualmente applicabile, egualmente efficace per un piccolo campicello, quanto per un'intera provincia, quanto per l'Italia intiera; la somma di tutte le minime distanze in (x, y, z) deve eguagliare il tutto; dal Valentino a S. Salvatore, come da Superga a Milano, come dal monte Bianco all'Etna.

4° *Vuolsi tener sempre conto della curvità e della irregolarità della superficie idrostatica della terra?*

A ciò valgono le operazioni trigonometriche, e ve n'ha in Italia di fatte e pubblicate, e ve ne hanno in corso; s'avverte però che l'Associazione Geodesica nazionale intende fare in condizioni più speciali e con istrumenti più perfetti e ad un tempo molto più speditivi una nuova rete trigonometrica assai più fitta su tutta Italia; la quale fornisca la posizione assoluta di un gran numero di punti che saranno permanentemente segnati in pietra, e conservati con mezzi anche della legge, per servire anche come *capi saldi* a tutti i lavori degli ingegneri e per servire ancora come *termini pubblici* a guarentigia della proprietà fondiaria in tutti i lavori del censimento.

Di tutti questi punti saranno determinate le tre coordinate ($X Y Z$) la convergenza C del meridiano locale col

meridiano di Roma; l'azimuto C del paracardine locale ; ed il raggio φ della sfera osculatrice locale per servire nella comprovazione della z .

Publicata una tavola di tutti questi valori per una decina di mille punti su tutta Italia, gl'ingegneri non avranno che da interpolare aritmeticamente i *capi saldi* che mano mano incontrano colle loro operazioni, con che renderanno tutti i loro lavori uniformemente collegabili, e collegabili a loro preciso posto sulla carta generale italica, senza più darsi pensiero della curvità nè delle irregolarità della superficie idrostatica della terra.

Il modo poi di *proiezione geografica* il più adatto ed il meno deformante di tutti, è semplicissimo in questo sistema, esso è quadratico con i paralleli ed i paracardini sviluppati in linea retta e colle dimensioni reali inalterate in X ed in Y ,

5° *Vuoi restringere la tolleranza, accrescere la precisione, diminuire le minime incertezze rimanenti?*

6° *Vuoi far presto in tutto ?*

Si abolisca totalmente la misura diretta con canne o catene, si aboliscano i metodi puramente grafici e vi si sostituiscano insieme col sistema dianzi specificato, i procedimenti tutti della nuova geodesia, detta per antonomasia *Celeriniensura*, coi quali procedimenti si potrà restringere al millesimo quelle tolleranze di uno ed anche due per cento che si vedono ancora oggidì per onta italiana figurare nei regolamenti ufficiali.

Con ciò si soddisferà contemporaneamente anche al sesto postulato quello del fare presto in tutto, non mai disgiunto da quello della economia.

Mediante queste riforme nella geodesia si arriva ad ottenere con facilità pari alla speditezza una eidypsometria completa del terreno che tradotta graficamente in eidypsografia, se ne ottengono disegni equivalenti a perfettissimi modelli in gesso, od in creta.

Ma se poi ottenuto tutto questo si dovesse per lo studio d'una ferrovia d'un canale od altro, cavarne quindi i soliti

piani ed i soliti profili, sarebbe uno sprecare molta parte del tempo che si era dapprima economizzato, ed incespigar di nuovo nei triboli ed incertezze che il nuovo metodo ha per iscopo di evitare, bisogna adunque introdurre un'altra grande riforma anche nel metodo di studio dei progetti, ed accettare francamente il metodo di Carnot vale a dire il metodo eidypsografico (a curve orizzontali).

Il metodo eidypsografico è da lungo tempo in uso fra gl'ingegneri militari di tutte le nazioni, ma è molto meno familiare agli ingegneri civili a causa di ciò appunto che mancava in geodesia il mezzo di far *presto e bene* i rilevamenti eidypsometrici di grande estensione.

Sulla eidypsografia si può studiare una linea di grande comunicazione e sortirne colla certezza assoluta, e dimostrar chiaramente per tutti di avere ottenuta la migliore soluzione possibile del proposto problema; quand'invece nel metodo usuale si constatano bensì tutti i pregi ed i difetti della linea prescelta, ma non si dimostra che quella sia la migliore.

Tanto dalla eidypsografia quanto della eidypsometria si possono trarre direttamente tutti gli elementi per calcolo delle aree e dei volumi, tanto pei terrazzi quanto per le opere d'arte con molta maggior facilità che col mezzo di piani e dei profili generalmente in uso, e tutto ciò con una riguardevole economia di tempo.

Ciò basti quanto all'applicazione della geodesia ai lavori pubblici, quanto ai catasti ed ai censimenti giova osservare che la guarentigia della fede pubblica, la giurisprudenza, l'alta statistica in tutti i suoi rami, non domandano che una cosa sola, domandano cioè che il risultamento della misura di una parcella di proprietà sia *descrittivo figurativo e ubificativo* in modo assoluto di tutti i termini del suo perimetro e sia tale che lo si possa *scrivere manualmente* negli atti, nei libri censuarii e nel titolo mobile che da tanto tempo si domanda senza averlo ancora potuto ottenere (vedi in proposito oltre tutti i trattati di Robernier anche le

memorie *Sulle istituzioni della guarentigia della fede pubblica* (dell'autore della presente memoria).

Non occorre spendere parole per dimostrare che tutto ciò è perfettamente ottenuto col metodo delle coordinate.

La geodesia nuova non ha quindi più bisogno di quei numerosi spedienti che ingrossavano i trattati della geodesia antica, non vi occorre qui mai che determinare le tre coordinate di ogni punto, e non vi s'impiegano che tre procedimenti, uno dei quali fondamentale porta l'antico nome di procedimento *radiometrico* ossia ad irraggiamento, il secondo il procedimento *radiotomico*, si è il metodo conosciuto dalle intersezioni (*recoupements* dei Francesi), ma colla differenza capitale che non si ha più da conoscere e tanto meno da misurare la base, ossia la distanza fra le due stazioni intersecanti; non si ha più bisogno che le due stazioni siano visibili l'una dall'altra, ne di misurare gli angoli alla base, e finalmente, che con due sole stazioni, si ottiene il risultato, e la prova della sua esattezza, mentre invece coll'antico metodo non si aveva la prova senza una seconda base, ed una terza stazione.

Il terzo procedimento chiamato *conoidico*, è nuovo affatto in geodesia e consiste nel determinare per intersezione non più un solo punto, ma un'intera linea, comunque curva, visibile da due stazioni, con questo procedimento si rileva da ciascheduna delle due stazioni una superficie conoidica il cui vertice sia nel centro dell'istrumento e la cui direttrice sia la curva data, l'intersezione nello spazio di queste due superficie sarà necessariamente la curva stessa che si disegna coi procedimenti della geometria descrittiva, o meglio se trova la equazione numerica per punti mediante il circolo logaritmico, la qual cosa è più esatta e più speditiva.

Nel procedimento conoidico si fa uso inoltre delle così dette *visuali piane* determinate in apozenit ed in azimut dei circoli dell'istrumento e trasversalmente dal circolo di posizione.

Le visuali piane permettono di avviluppare i tondeggia-

menti delle superficie delle colline isolate dei contrafforti nelle valli in un poliedro, del quale tutte le faccie son note, e di dedurne, sia coi mezzi della geometria descrittiva, la eidypsografia a curve orizzontali, sia col calcolo trigonometrico, la equazione generale per punti di tutta la superficie.

Al calcolo trigonometrico supplisce, ben inteso, il circolo calcolatore.

III.

Quanto nel già descritto programma si chiede, era possibile invero ottenere anche coi metodi e istrumenti dell'antica geodesia, ma vi occorreva molto tempo e molta spesa, perciò il sesto postulato non poteva essere soddisfatto, gli altri lo erano imperfettamente; la qual cosa equivaleva ad una impossibilità relativa.

Col teodolite inglese, che è stato inventato, da almeno tre secoli, appunto per uso dei *lanci surveyors* (gli agrimen-sori), aggiuntavi la invenzione di Green (la stadia) che data precisamente da un secolo, si trovava dirozzata la soluzione del problema; ma solo nel 1824, coll'invenzione dell'anallatismo centrale, si potè dire completamente risolto, e ne sorse d'un tratto quel corpo di dottrina, quella geodesia nuova che transitoriamente si chiama *celeriniensura*.

Il teodolite tacheometrico, strumento ancora voluminoso e molto delicato, erasi formato per la nuova geodesia, di cui era diventato lo indispensabile accessorio, e così si andò innanzi per quasi 30 anni.

Verso il 1852 ho intraveduto la possibilità di dividere finissimamente, e numerizzare dei circoli piccolissimi capaci di dare, nelle misure angolari, la stessa esattezza dei grandi in uso e così di ridurre di molto il volume del tacheometro, e di eliminare il difetto di soverchia delicatezza, rinchiudendo entro un cubo di bronzo i circoli stessi e tutte le

parti delicate dello strumento, appunto come le parti delicatissime di un orologio racchiuse in apposita cassa ne permette l'uso alle persone le più grossolane, e così è che ebbe origine il *teodolite-cleps-ciclo* (a circoli nascosti).

Risulta dalle premesse poste nei due precedenti paragrafi, che questo strumento risponde a tutti i postulati dianzi specificati ed è incontrastabilmente fino al dì d'oggi il migliore strumento per la geodesia generale, ma risulta parimenti che l'istrumento non è che l'accessorio, il metodo è tutto.

Accoppiato poi il cleps col circolo logaritmico, affine di facilitare, anzi eliminare la calcolazione, si compie la suppletibile più perfetta, e ad un tempo la più semplice e spedita che si possa dare ad uso degli ingegneri in generale e dei geometri di tutti gli ordini.

Con questo strumento infatti si raccoglie sul terreno in pochi secondi per ogni punto due angoli (φ , θ) e due quantità lineari (a , b), e se ne ottengono tosto, mediante il circolo logaritmico le tre coordinate (x , y , z) per rispetto al centro d'ogni stazione.

È Vero che si è dovuto mettere a contribuzione tutte le risorse della scienza geodesica per comporre il metodo, tutte le risorse dell'alta ottica per comporre l'istrumento; ma egli è qui il caso della difficoltà vinta che, appunto perché vinta, scompare. Cosicché le pratiche della celeriniensura possono essere imparate dalle persone le più scarse di matematiche dottrine.

È memorabile la brigata topografica del Corpo degli Ingegneri militari Piemontesi, stata reclutata sul finire del 1834.

I sott'ufficiali e soldati di un battaglione di Zappatori, che dopo un'istruzione speciale di poche settimane, compirono in 30 mesi la intiera eidypsometria non che la eidypsografia di tutta la piazza di Genova e dintorni, fin sulla vetta dell'Apennino; ed a quest'ora di simili o poco diverse prove se ne hanno in molte altre parti d'Europa.

Per accessoria condizione, l'istrumento doveva essere molto solido, facile al maneggio, resistente agli accidenti ordinari

del trasporto a spalla, attraverso gli ostacoli del terreno, ed in viaggio sulle ferrovie o sulle vetture, ed è tale, forse anco con eccesso, lo strumento che andiamo ad esaminare.

Ma quest'istrumento, domanderà forse taluno, non si doveva fare più grande, o non si poteva fare più piccolo?

Rispondo: L'istrumento, quasi esattamente identico nella forma, si costituisce in quattro grandezze diverse.

Per le grandi operazioni geodesiche, astronomiche, e trigonometriche di primo ordine, vi è proporzionata la prima grandezza che porta il cannocchiale di un metro di lunghezza, con un decimetro di diametro e vi si stimano i secondi centesimali ad uno ad uno.

Per la geodesia degli ingegneri innalzata di precisione e di speditezza, all'altezza che abbiamo indicato, servono la seconda e la terza grandezza, che hanno cannocchiali rispettivamente di mezzo metro e di un terzo di metro.

Per i geometri comunali, per le riconoscenze civili e militari, un piccolo cleps tascabile col cannocchiale (*pour les avant projets*) di un quinto di metro è sufficiente ed è tale ancora da lottare vantaggiosamente per esattezza, vantaggiosamente per ispeditezza, cogli strumenti della geodesia usuale e dar tutti i risultamenti numerici modernamente reclamati in tutti i servizi.

Mi resterebbe a parlarvi, o signori, della fotografia sferica innalzata a mezzo di precisione per fare i piani ed i livelli, vale a dire la eidypsografia completa in collina e montagna, ammirabile per l'esattezza, quasi magica per la celerità; ma vi domanderò il permesso di farne oggetto di un'altra comunicazione.

Lo strumento qui presente è di seconda grandezza, ed è il più completo che si possa desiderare per uso degli ingegneri, e passo ora a spiegarne, o signori, la composizione sullo strumento stesso; permettetemi però che vi dica, che esso strumento appartiene in proprio al gerente dell'Associazione geodesica nazionale, che si è graziosamente prestato in questa circostanza col suo strumento e colla sua grade-

vole compagnia nel viaggio. Egli è l'editore proprietario e fu anzi egli stesso fondatore del periodico scientifico *l'Ingegnere Architetto*, il quale ha compito già il decimosesto anno di sua prospera vita. Egli termina degnamente l'anno con regalare, *in via di sorte*, questo cleps ai soci abbonati.

Mentre è invalso fra i giornalisti il costume di regalare in premio ai loro abbonati libri invenduti del loro o dell'altrui commercio, debbo io farvi osservare, o signori, che il proprietario *dell'Ingegnere Architetto*, si distingue dai confratelli facendo ai suoi abbonati un regalo del valore di 1900 lire! No, o signori, in ciò non istà l'alto insegnamento che questo fatto ne porge; voi vi scorgerete senza dubbio il manifesto segno che le nuove dottrine, di cui si tratta, si vanno popolarizzando, e che degli incomparabili loro vantaggi sì chiari e patenti già è penetrata la convinzione nella mente anche delle persone straniere all'arte cui non manca il buon senso per apprezzarne gli effetti, né il patriottismo per ispingere il Paese sulla buona, via.

E qui il Prof. Porro passa a spiegare verbalmente sull'istrumento stesso la composizione e l'uso di ogni sua parte e poi termina con alcune parole circa la soluzione industriale del problema.

Il Comitato nella seduta del 12 marzo interpretando il voto dei Socii ha creduto il tema svolto dal Prof. Porro di tale importanza da dover formare oggetto di matura considerazione.

Nominava perciò una Commissione composta dei signori: Cav. Prof. Curioni, Ingegnere Soldati, e sig. Giuseppe Alternano, la quale presentava la Relazione che segue: