

SULLA MISURA DELLE BASI GEODETICHE

Prof. G. BOAGA

(ristampa da: *Rivista del Catasto e dei SS. TT. EE.*)

« *Misura delle basi geodetiche* » è il titolo di un volume dovuto al Prof. Guido Salvioni, ingegnere geografo superiore all'Istituto Geografico Militare, che contiene quanto il Salvioni stesso ebbe a svolgere recentemente in un corso libero tenuto presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pisa. Gli argomenti sviluppati, come afferma il Gen. Ermanno Rossi — Direttore dello I.G.M. — nella prefazione, rappresentano notevole contributo al completamento dei testi tecnici dell'Istituto e si ricollegano strettamente col « *Manuale di livellazione* », redatto dallo stesso Ing. Salvioni.

Lo scopo che si è prefisso l'Autore compilando questo volume è duplice: mettere in evidenza le difficoltà che gli operatori debbono superare nell'esecuzione pratica delle misure delle basi geodetiche, dove si richiede una approssimazione di 1×10^{-6} , e preparare i fondamenti per la redazione di un testo tecnico definitivo sull'argomento.

Come vedremo l'opera è stata molto opportunamente suddivisa in due parti: nella prima sono considerati i *procedimenti classici* per mezzo di misure indirette; nella seconda: i *procedimenti moderni*. Nel volume sono raccolte numerose ed interessanti tabelle numeriche ed una ricca bibliografia sull'argomento, contenente 51 pubblicazioni italiane (dall'Inghirani e Carlini — 1818, 1825 — ai nostri giorni) e 42 pubblicazioni dovute a Autori stranieri, fra le quali quelle importanti di Benoit e Guillaume.

Nella prima parte, suddivisa in sette capitoli, il Salvioni tratta in forma chiara e convincente « *il problema delle basi geodetiche* », ricordando ricorsi storici, come i primi lavori effettuati da Snellius (1615-1622) presso Leida, con aste di legno e con il metodo dei contatti per la misura dell'arco di meridiano fra Alkmaar e Bergen op Zoom e quelli dell'inglese Nerwood eseguiti per la determinazione della lunghezza dell'arco di meridiano fra Londra e York. Sono pure ricordati i lavori scaturiti dalla nota disputa scientifica fra cassiniani e newtoniani, che sostenevano, i primi, che la Terra fosse allungata ai poli ed i secondi, che fosse schiacciata; quelli di Picard (1669-1670) fra Malvoisine ed Amiens; quelli di Domenico Cassini in Francia; quelli nel Perù effettuati dagli accademici Bouguer, La Condamine e Godin (1735-1743); quelli eseguiti in Lapponia (1736-1737) dai geodeti e fisici: Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, Outhier e Celsius (a

cui si deve il termometro a graduazione centigrada); quelli eseguiti in Italia (1750-1760) dai padri G. B. Boscovich e G. B. Beccaria, per incarico del Pontefice Benedetto XIV, fra Roma e Rimini, e quelli a Rivoli (Torino), e via via, tutti gli altri lavori effettuati nel secolo scorso. L'Autore ha così occasione di illustrare i vari tipi di apparati successivamente migliorati e impiegati dai vari operatori e di considerarli rispetto alle loro intrinseche possibilità. Con dovizia di particolari sono illustrati adunque gli apparati formati con spranghe monometalliche, lo *strumento adoperato da Borda*, a spranghe bimetalliche (platino e rame) della lunghezza di circa 4 m.; l'*apparato di Colby* (1827), a sei spranghe di compensazione ciascuna di dieci piedi di lunghezza, che non cambiano di lunghezza al variare della temperatura; l'*apparato di Bessel* (1834) costituito da 4 spranghe bimetalliche della lunghezza di circa 4 m. e con il quale la misura della base si effettua con l'aiuto del cuneo micrometrico, per la determinazione dell'intervallo fra asta ed asta situate in allineamento e per determinare — per mezzo del termometro metallico — la temperatura delle spranghe. È illustrato pure l'*apparato di Ibanez* costruito (1864) nelle officine Brunner di Parigi e l'*apparato di Jäderin* (1880) a fili metallici di piccola sezione.

Le considerazioni del Salvioni, sulla scoperta del metallo invar, sulla costruzione con questa lega (36% di nichelio e 64% di ferro con piccole quantità di cromo — per aumentare la durata — di manganese per permettere lo stiramento — di carbone per aumentare l'elasticità) di fili e nastri geodetici, sul loro impiego e sui risultati da lui stesso trovati su esperienze effettuate col corredo strumentale dello I.G.M. appaiono senz'altro ottime, anche perché mettono in evidenza alcuni elementi derivanti dalla esperienza che l'Autore stesso ha tratto dalle misurazioni e comparazioni effettuate.

Il coefficiente di dilatazione dell'invar, la instabilità della lega, i campioni geodetici di misura, l'impiego di fili tesi come campioni di lunghezza, fili soggetti a sollecitazione continua, determinazione della curva funicolare, equazione dell'arco della freccia e della tensione nel caso di fili fortemente tesi, sono altrettanti titoli di paragrafi, nei quali il Salvioni mette in evidenza e con giusto equilibrio i punti salienti di ciascun argomento.

I paragrafi dedicati: all'influenza della temperatura, all'allungamento elastico, alla correzione da apportare alla misura della corda di una catenaria omogenea quando il filo assume una posizione non simmetrica, alla correzione dovuta alla variazione della gravità, alla riduzione delle misurazioni al livello marino contengono « istruzioni » fondamentali che costituiscono la base delle « norme » indispensabili a quanti ingegneri o topografi sono chiamati ad assolvere queste operazioni.

Della massima importanza risultano le notizie che dà l'Autore in merito a campioni fondamentali e loro copie, e soprattutto nel caso specifico

del comparatore geodetico dell'I.G.M. acquistato nel 1928 dalla « Société Genevoise d'Instruments de Physique - Genève », per fili e nastri metallici (24 m) corredata da 10 microscopi fissati a 10 robusti pilastri, che permettono letture di 0,5 micron. Ma considerevoli, sotto ogni aspetto, sono le deduzioni e le considerazioni critiche dell'Autore in merito alle verifiche e controlli, alla misura della base di taratura ed alla taratura dei fili.

Negli ultimi capitoli della prima parte, sono raccolti i criteri relativi alle precisioni delle basi geodetiche, alle condizioni generali di misura e le « norme pratiche » che debbono essere costantemente seguite per operare rettamente sul terreno, con l'apparato dell'I.G.M., in tutte le varie fasi e cioè: sulla scelta della località di misura; sul tracciamento della linea di base; sull'allineamento; sul numero dei fili da impiegare; sul procedimento di misura; sul calcolo della livellazione; sulla revisione e controllo delle correzioni di portata; sul calcolo delle correzioni d'insieme per sezioni; sul calcolo definitivo della base; infine sulla precisione dei risultati, il tutto corredato da appropriati specchi numerici illustrativi, che mettono in evidenza una particolare e sana esperienza dell'Autore in questo delicatissimo campo.

Nella seconda parte il Salvioni ha voluto presentare in forma sintetica, i procedimenti moderni di misura delle distanze quali metodi proposti da Vaisala e Bergstrand, poggiati su attrezzature da questi autori predisposte ed infine i metodi e le attrezzature del tipo radar.

L'Autore dichiara nella sua introduzione che questi procedimenti moderni sono oggi in piena evoluzione ed esistono premesse per un pieno successo; su ciò siamo perfettamente d'accordo e ci auguriamo anzi che le esperienze attualmente in corso in molti paesi del mondo abbiano a condurre a buoni risultati, perché così si accelereranno i rilevamenti, che per mezzo delle triangolazioni e soprattutto con le trilaterazioni permetteranno di involuppare il nostro pianeta entro una immensa maglia di triangoli più o meno ampi e rendere così possibile una risoluzione maggiormente approssimata del problema fondamentale della Geodesia « determinazione della forma e della grandezza della terra ».

In particolare nei tre capitoli nei quali è suddivisa la seconda parte, il Salvioni dopo un breve, ma necessario cenno sul fenomeno della interferenza luminosa, espone il principio sul quale si fonda la misura delle lunghezze per mezzo delle interferenze sopradette e descrive l'interferometro di Michelson e la sua applicazione nella determinazione del campione in onde luminose. Indi, con molti dettagli, illustra il metodo di Vaisala per la misura di grandi distanze e quello di Watanabe e Imaizumi, geodeti giapponesi, atto a misurare le distanze direttamente in lunghezze d'onda, per mezzo di campioni ottici costituiti da specchi piani e paralleli.

Al riguardo si deve notare che gli *apparecchi di Vaisala* attualmente hanno trovato largo impiego non solo in Finlandia, patria di Vaisala, ma anche

in Germania, Cecoslovacchia, Cina, Danimarca, Polonia, Russia, Stati Uniti d'America, ecc. A Bruxelles poi, nel 1951 l'Associazione geodetica internazionale ha raccomandato la costruzione di « *basi standard* » di circa 1 Km da misurarsi con le interferenze come è stata misurata p. es. la base di Nummela.

Queste basi, ovviamente, dovrebbero essere utilizzate per la comparazione delle lunghezze dei fili di invar e unificare così nel mondo le misure geodetiche, che come è noto, non sono molto concordanti.

Le *precisioni* raggiungibili con questo metodo sono state valutate da 10^{-7} a 10^{-8} e quindi ampiamente sufficienti per gli scopi geodetici, le cui precisioni come è stato ricordato sono dell'ordine del milionesimo (10^{-6}).

Nel penultimo capitolo il Salvioni si occupa della *misura delle distanze attraverso la misura del tempo di percorrenza di un raggio luminoso*. Ha così occasione di intrattenersi sulla velocità della luce e sulla sua determinazione (metodo di Fizeau, 1849). Sono ricordate pure le esperienze di Cornu (1872-74), quelle di Parrotin (1902) che hanno portato al risultato

$$c = 2,9988 \times 10^{10} \text{ cm/sec.}$$

mentre misure recenti (1948-1955) hanno portato mediamente al valore:

$$c = 299792,5 \pm 0,4 \text{ km/sec.}$$

L'Autore descrive dettagliatamente il « *geodimetro di Bergstrand* » (1940-1950) atto a misurare direttamente la distanza fra due punti visibili fra loro, e fondato sul principio impiegato da Fizeau per la misura della velocità della luce.

Col geodimetro sono state misurate distanze fino a 35 km, con una precisione di 5 cm su 10 km che corrisponde ad una approssimazione sul valore della velocità della luce di $\pm 1,5$ km/sec su 300.000 km/sec.

Bergstrand stesso ha utilizzato il suo apparato sulle basi geodetiche della Svezia a Linköping e Grillby, misurate con tutta cura, con procedimento geodetico, ed ha determinato il valore della velocità della luce, pervenendo al risultato:

$$c = 299976 \pm 2 \text{ km/sec.}$$

Nell'ultimo capitolo il Salvioni tratta della misura di grandi distanze attraverso la misura del tempo di percorrenza di un fascio elettromagnetico. Dopo di aver esposto alcune notizie e alcuni dati sulla velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche l'Autore illustra, con numerosi dettagli, i vari procedimenti tipo « radar ». Si intrattiene sulla misura della durata del percorso, illustrando i vari apparati e il loro impiego in operazioni geo-

detiche. Sono così passati in rassegna i sistemi ad impulsi *circolare* (Shoran); *iperbolico* (Loran); *iperbolico ad onda continua* (Decca).

Vengono da ultimo esposti i criteri che hanno presieduto le esperienze compiute presso l'I.G.M. nel periodo di tempo 1950-57, allo scopo di effettuare applicazioni del radar alla geodesia; in circostanza ricorda l'Autore che sono state misurate distanze fino a 100 km, pervenendo a risultati praticamente eguali a quelli geodetici; la discordanza media riscontrata è risultata di 35 cm; il che corrisponde ad una misura del tempo di propagazione, pari a $7/300.000.000$ di secondo.

Un largo accenno è fatto pure sulle misure eseguite con il *tellurometro* (1954) ideato dal Prof. A. Bauman. Tale strumento, il cui nome significa « misuratore di distanze », funziona con microonde medie di 10 cm di lunghezza d'onda. Riguardo alla precisione raggiungibile con questo strumento, la Casa costruttrice afferma che l'errore probabile su una distanza fino a 35 miglia è di tre parti per milione ± 2 pollici.

La esposizione, molto ben fatta dal Salvioni, è chiusa, come è stato detto da una Bibliografia e da una serie di tavole numeriche, dove si trovano raccolti alcuni dati numerici relativi alle dilatazioni dei quattro fili invar, che costituiscono l'indispensabile corredo alla dotazione strumentale in possesso dello I.G.M. Le correzioni principali e complementari di inclinazione per differenze di quote variabili da 0,001 m a 2.400 m; per la deformazione della catenaria e dell'allungamento elastico, vi sono pure riportate.

Questa la traccia fondamentale seguita dal Salvioni nella redazione del suo volume, al quale non si può fare nessun appunto; all'incontro all'Autore va tributata un'ampia lode, perché ha saputo dare alla letteratura geodetica italiana un volume bene organizzato e aggiornato sul « procedimento delle misurazioni delle basi », volume, che, fatta astrazione delle poche Note italiane sull'argomento, costituisce un ottimo testo didattico indispensabile a quanti si cimentano per la prima volta a questi studi o, si predispongono ad eseguire le misure delle basi.

Per questo lavoro la Geodesia italiana deve essere grata al Salvioni, e pure grata deve essere verso l'I.G.M., che ha curato in maniera lodevole ed esemplare la pubblicazione. Da parte nostra segnaliamo ai giovani geodeti e topografi questo lavoro e li incitiamo a continuare gli studi su tutti i campi della geodesia teoretica ed operativa — attualmente in grande sviluppo — per fare in modo che nel nostro Paese — che ha avuto insigni studiosi — la Geodesia e la Topografia non siano considerate scienze morte o sorpassate, come in taluni ambienti ufficiali della cultura purtroppo oggi si ritiene.