

Lo sviluppo della Geodesia agrimensoria dalle origini al secolo XVII

Per quanto nel suo sviluppo scientifico più avanzato la Geodesia abbia avuto bisogno dei progressi della Geometria, della Fisica e dell'Astronomia, storicamente, l'esistenza della Geodesia è dimostrata prima ancora della Geometria, dalla quale fu distinta nel periodo che può denominarsi primitivo.

E, mentre modernamente la Geodesia si divide in teoretica e pratica, riservando a questa ultima lo studio e l'uso degli strumenti necessari alla misurazione dei terreni (Topografia e Agrimensura), anticamente la parola ebbe significato molto più esteso ed anche diverse furono le denominazioni: Agrimensura, Geometria pratica, Topografia, Geomorfia, Geometria tecnica, Arte della misura, Arte di levare i piani ecc.

I Romani, oltre il nome di Geodesia, usarono come proprio ed equivalente anche quello di « *Agrimensura* » (letteralmente misura del campo, oggi parte della topografia — misura planimetrica delle superfici agrarie —) il quale nome, nel presente lavoro, viene adoperato nel medesimo senso. Si usa, del resto, come proprio, il nome di Geodesia, che, oltre ad avere un significato corrispondente allo scopo fondamentale della scienza, ha, poi, tutto il valore di un nome storico.

Volendo rintracciare le prime origini della Geodesia, dovremmo far capo ai molti popoli antichi, i quali la coltivarono, come risulta dalle loro memorie e documenti.

Ma, ad eccezione dei Greci e dei Romani, di tutti gli altri popoli i documenti che rimangono sono pochi e insufficienti a farci conoscere lo stato vero di questa scienza. E' quindi impossibile arrivare direttamente, per indagine storica, all'origine cercata. Se però esaminiamo l'indole delle questioni geodetiche e i più antichi documenti che si conoscono, si può forse indirettamente, giungere a riconoscere l'origine della antica Geodesia e il carattere di essa.

Se si eccettua il problema più elevato della Geodesia stessa,

cioè la determinazione della figura e della grandezza reale della terra (1), tutte le altre determinazioni, che riguardano gli interessi e i bisogni più vitali della società, appartengono a tutti i tempi e a tutti i popoli: così, i limiti e la grandezza delle superfici agrarie e relative contestazioni di proprietà, sorgono naturalmente col primo costituirsi delle società stesse; senza parlare poi dei tracciamenti di strade, canali, argini e condotte d'acqua e quant'altro riguarda problemi d'ingegneria agraria e civile, dei quali sono prova i monumenti che tuttora rimangono. Evidentemente l'origine della Geodesia dovette, nei suoi primordi, appoggiarsi a norme e pratiche di carattere empirico. Le parole « iugero » (2) « bifolca » e simili, che esprimono antiche unità superficiali, dimostrano che all'origine dell'agrimensura il tempo dovette essere la più comune unità di misura delle superfici agrarie, come era delle grandi distanze; il che, evidentemente, esclude l'idea di Geometria.

Geodesia egiziana

Ma antiche misure ci mostrano di già l'agrimensura in possesso delle più elementari figure geometriche: il triangolo, il rettangolo, il trapezio e il circolo; e anche di norme, spesso erronee, talora esatte per calcolarne la superficie. Nel papiro di Rhind, del secolo 17° a.C. (3), ch'è ritenuto copia di un altro più antico, ma di data ignota, e che si fa risalire ai tempi di Cheope, ossia 33 secoli a.C., sono contenute delle proposizioni enunciate sotto forma di problemi e relative alla misura di superfici piane elementari: per esempio, per calcolare le superfici delle due figure piane:

il triangolo isoscele di lati a, b che si fa $= \frac{ab}{2}$

il trapezio isoscele di lati a, a', b', b'' che si fa $= \frac{a(b' + b'')}{2}$

Evidentemente queste formule sono inesatte ed empiriche; ma possono anche diventare esatte; tale è il caso del triangolo rettangolo di cateti a, b , o del rettangolo supponendo $b' = b''$, o del quadrato supponendo $a = b' = b''$.

In esse è notevole l'idea di esprimere le aree in funzione delle linee perimetrali delle figure. Storicamente s'ignora come avvenisse questo passaggio dall'unità di tempo all'unità superficiale. E' chiaro però che questo passo conduce alla Geometria; è da pensare perciò che lo studio della Geometria abbia il suo impulso proprio dalla Agrimensura, per quanto non può parlarsi di vera Geometria, perché le figure elementari sono ancora considerate astrattamente come limiti particolari dello spazio. Nei primordi di questo antico periodo si può supporre, con qualche fondamento, che la misura delle superfici agrarie si facesse, grossolanamente, mediante la successiva sovrapposizione di una unità superficiale materialmente rappresentata e numerando le volte che questa è contenuta in quelle superfici. Questo procedimento doveva riuscire lungo e penoso e far sentire la necessità di trovare altre vie per giungere più rapidamente alla misura cercata.

Esso può quindi spiegare come agli antichi agrimensori venisse nel pensiero di misurare la superficie delle figure mediante le loro linee di confine, da una parte; e dall'altra, come potessero, con questo mezzo di misura diretta, avere un termine di paragone nel ricercare e stabilire, mediante prove, le loro formule empiriche ed i casi in cui queste formule diventano vere o più vicine al vero.

E' singolare, del resto, precisare che questo empirismo si mantenne anche quando i progressi della Geometria erano già tali da poter recare grandi vantaggi. Talete (4) meravigliò gli Egiziani quando, nel 6° secolo a.C. determinò l'altezza delle piramidi mediante la loro ombra. Le iscrizioni di Edfu (5) nell'Egitto Superiore, che risalgono a poco più di un secolo a.C., dimostrano che le antiche formule empiriche erano tuttora in uso, nonostante i progressi che già allora aveva fatto la Geometria.

Evidentemente elementari erano gli strumenti adoperati. I primi che s'incontrano sono le aste graduate e, più tardi, la squadra, il livello e il filo a piombo. Il carattere delle formule empiriche, per cui le aree delle figure si deducono dalla lunghezza delle linee di perimetro, corrisponde all'applicazione più semplice delle aste; certamente l'antico agrimensore scomponeva la superficie dei terreni in quelle figure che sembrassero più opportune: poi, colle aste, misurava le loro linee di confine. Si può quindi ritenere che la « *baculometria* » dovesse formare tutto il patrimonio dell'arte primitiva. Un notevole progresso dovette

arrecare l'introduzione della squadra, quale mezzo d'operazione sul terreno. Per essa dovette introdursi il procedimento ortogonale e, colla possibilità di tracciare sul terreno linee parallele, la scomposizione delle superfici agrarie in figure più esattamente calcolabili colle stesse formule empiriche. Le misure dovettero riuscire quindi più rapide e meno inesatte.

Un altro semplice strumento, noto agli antichi agrimensori, e che si collega coi rilievi planimetrici, è il « *gnomone* » che, oltre a servire per indicare le ore del giorno, serviva per tracciare sul terreno la linea meridiana e per orientare gli edifici. Infatti i principali monumenti dell'antichità, come il tempio di Salomone, la torre di Belo e le piramidi sono così orientati.

Poco si conosce degli antichi metodi di livellazione; ma, quanto rimane delle opere idrauliche numerose e spesso monumentali, fa pensare all'esistenza di metodi abbastanza esatti.

Se ora consideriamo che le operazioni agrimensorie sono sempre accompagnate da errori, che possono essere diminuiti, ma non annullati e che la grandezza degli errori stessi è sempre in rapporto all'estensione delle operazioni, si conclude che il più grave inconveniente di quest'arte, presso i primi popoli, doveva essere quello dell'estensione molto limitata entro la quale dovevano circoscriversi le operazioni di misura, per rendere tollerabile la somma dei loro errori.

La più estesa applicazione di questi metodi fu in Egitto dove il fatto naturale dell'inondazione del Nilo, dovette obbligare gli abitanti a provvedere alla sicurezza delle proprietà colle norme geodetiche.

Gli antichi scrittori greci parlano di schiere di agrimensori che, sin dai tempi di Sesostri (6), erano impiegati, alcuni alle osservazioni del « niloscopio » per misurare e annunciare il crescere e decrescere delle acque; altri, alla misura delle terre adiacenti al fiume, alla formazione dei piani, al ristabilimento dei confini agrari. Con molta probabilità questi antichi piani consistevano in semplici schizzi del terreno, disegnati a mano e a vista, i quali si univano a registri regolari della proprietà; in questi registri erano esattamente descritti i singoli appezzamenti di terreno, la loro posizione, i confini, le qualità e corrispondevano, grosso modo, ai nostri catasti.

In conclusione, nello sviluppo dell'agrimensura, si possono distinguere due periodi: uno, di un'arte completamente indipen-

dente dalla Geometria, e del quale non conosciamo che l'esistenza; un secondo, di un'arte assolutamente empirica che va però lentamente gettando le sue radici nei principî fondamentali della Geometria, per quanto riguarda le relazioni tra queste due scienze. A questi due periodi se ne può aggiungere un terzo, che comincia coll'epoca greca, nel quale l'antico empirismo s'informa a scienza, ed entra nella via di un lento, ha progressivo perfezionamento.

Geodesia greca

Presso i Greci la Geodesia fu tenuta in onore. Cultori di essa furono quasi tutti i grandi ingegni, che si occuparono di Geometria, a cominciare da Talete (7) e dal suo discepolo Anassimandro (8), il quale, secondo Strabone (9), compose la prima « Carta » rappresentante le terre e i mari. Dalle poche memorie rimaste si deduce che i Greci devono aver trattato in particolare di Geodesia, che, con questo nome distinsero interamente dalla Geometria. Ma l'unico lavoro giunto fino a noi, che si riferisca a questa scienza, è un libro intitolato « *La diottra* » di Erone d'Alessandria, discepolo di Ctesibio, detto Erone il Meccanico o l'Antico, matematico e fisico (285-222 a.C. (10).

Questo libro, così chiamato dal nome dello strumento che inventò lo stesso Erone, è un breve trattato di Geodesia, nel quale l'autore si propone di dare le cognizioni necessarie a quanti si occupano della pratica applicazione di questa scienza; ed è, perciò, importante conoscere gli argomenti che vi sono svolti. In esso, dopo aver esposto lo scopo generale del suo libro (par. 1°-2°) Erone descrive la « *Diottra* » (par. 3°-4°), colla quale si propone di risolvere tutti i problemi agrimensori. Per la descrizione accurata che l'autore ne fa, si arguisce che, per il principio sul quale è fondata la costruzione, si può ritenere un goniometro ripetitore, il cui circolo orizzontale, potendosi anche disporre a volontà in qualunque piano inclinato all'orizzonte o verticale, serve ugualmente per misurare angoli orizzontali, verticali ed inclinati. Una proprietà singolare dello strumento è che all'alidada è collegato un livello ad acqua, il quale, mentre serve per disporre il circolo orizzontale, viene anche adoperato per tutte le operazioni di

livellazione; ed in questo caso si associa a due mire, munite di filo a piombo, per la verticalità.

Dopo ciò Erone svolge gli argomenti più importanti della Geodesia, che riduce a ventisei questioni (par. 6° al 31°), nella cui soluzione la diottra viene adoperata, quasi esclusivamente, come squadra ordinario.

Insegna a determinare la differenza di livello tra due punti molto distanti fra loro; risolve gli ordinari problemi della misura indiretta di distanze nei casi di punti invisibili o inaccessibili, del tracciamento di linee rette soggette a condizioni determinate, o di curve circolari, ellittiche, paraboliche od iperboliche, oltre ad alcuni problemi di altimetria, senza ricorrere alla livellazione. Degni di attenzione sono tre problemi di Geodesia applicata all'arte di forare i monti, praticandovi gallerie o pozzi. Passando poi ad operazioni più complesse, tratta due questioni di trasformazione delle superfici agrarie, porge i metodi di rilievo e di misura delle stesse superfici; delle divisioni dei campi e, per ultimo, insegna il procedimento per determinare la portata d'acqua di una sorgente. Nei par. 34° e 35° descrive un congegno, *odometro*, per misurare le distanze mediante la registrazione meccanica dei giri di una ruota, come avviene nell'odierno conta-chilometri.

Quasi tutti i metodi e i procedimenti descritti da Erone sono tuttora praticati e precisamente sono gli stessi che si usano lavorando colle aste, collo squadra agrimensorio e con il livello ad acqua. Per quanto nella « Diottra » non si accenni ad alcuni argomenti, che pure sono importanti in agrimensura, come la costruzione dei piani altimetrici e planimetrici, la riduzione delle superfici dei terreni all'orizzonte, pur tuttavia il trattato di Erone rappresenta il compendio di tutto il patrimonio scientifico della Geodesia greca, raccolto ordinato ed in parte perfezionato dall'autore, il quale, nella prefazione stessa, espone il proposito di: « illustrare per iscritto le cose lasciate da quelli che lo precedettero ed emendare quel che fu detto meno destramente ».

Per quanto riguarda le questioni omesse è opinione di Hultsch e di Cantor (11) che la « Diottra » sia solo una parte di un grosso libro didattico che Erone scrisse per istruire la estesa schiera degli agrimensori Egizi, per incarico del re Tolomeo, e che le altre parti, che formavano altrettanti trattati speciali, siano andate perdute. Oltre alla « Diottra », gli strumenti planimetrici

più comuni degli agrimensori greci dovevano essere le aste, le corde, le catene e il compasso agrimensorio. Evidentemente, presso questo popolo versato nella Geometria, la « baculometria », colla quale teoricamente si possono risolvere tutti i problemi agrimensori, dovette essere estesa ed ingegnosa. Come strumento d'altimetria, per misurare altezze considerevoli di torri, piante e simili, si usava la cosiddetta « *lychnia* », cioè una squadra di grandi dimensioni che, in rapporto alla comune squadra agrimensoria, riusciva più comoda e più esatta. Fra gli strumenti simili si può anche annoverare l'antico « Quadrante » un circolo diviso e munito di alidada a traguardi, il quale serviva a misurare angoli orizzontali, verticali od inclinati, e col quale si potevano misurare ancora angoli, altezze e distanze, senza ricorrere al calcolo trigonometrico. Superiore però a tutti questi strumenti rimane la « Diottra di Erone ».

Concludendo sulla Geodesia greca, per il posto che essa occupa nella Scienza, possiamo dire che, pur essendo scientificamente esatta, nel senso che essa risolve tutti i problemi tecnici, ciò non pertanto le sue operazioni sono estensivamente limitate, e ciò è spiegabile perché i suoi strumenti essenzialmente si riducono ad uno squadro perfezionato e al livello ad acqua. Manca ancora il metodo più importante di rilievo ch'è quello « triangolare ».

Ciò non pertanto la Geodesia greca, e per essa l'opera di Erone, segna il primo stadio della vita scientifica della Geodesia, e sarà il termine di paragone dal quale si potrà giudicare del progresso della Geodesia presso gli altri popoli.

Geodesia romana

I romani, sin dai loro primordi, si mostrarono già in possesso di strumenti e norme geodetiche ed esperti nell'arte agrimensoria, la quale, considerata unicamente in se stessa, si conservò inalterata per tutto il periodo del dominio romano, finché decadde con esso.

Nei primi secoli di Roma l'agrimensura è esercitata dagli « *Auguri* », che, essendo gli uomini più colti del loro tempo, dovevano consociare colle cerimonie di religione tutte le operazioni geodetiche. Ma, durante la Repubblica l'agrimensura diventa arte

libera ed esercitata, forse, anche dagli schiavi. Durante questo periodo non si conoscono libri didattici, che esponessero le regole agrimensorie, che si apprendono praticamente e per tradizione. Sotto l'Impero, però, gli agrimensori diventano pubblici ufficiali: si aprono scuole per la loro istruzione e si assoggettano ad esami che li abilitano all'esercizio della professione. Coll'istruzione obbligatoria sorgono gli scritti didattici.

I primi scrittori, in cui si trovino trattate questioni relative all'agrimensura, sono Varrone, Vitruvio e specialmente Columella; ma un secolo circa dopo l'impero, compaiono gli scritti dei più illustri « *Gromatici o agrimensori* »: Frontino, Iginio, Balbo, Siculo Flacco e più tardi, nel 4° secolo, M.G. Nipso, dai quali ci è dato apprendere lo stato della Geodesia romana (11).

Dagli antichi popoli italici i romani avevano ereditato l'uso di dividere il territorio mediante due linee fondamentali fra loro, l'una detta « *Cardine* » e condotta nella direzione del meridiano del luogo; l'altra detta « *Decumano* » e perpendicolare alla prima. Parallelamente a queste due linee se ne tracciavano altre, le quali suddividevano il territorio in tanti appezzamenti quadrati e rettangolari. Questo uso, in seguito conservato, doveva convertirsi in una delle norme fondamentali delle operazioni geodetiche, le quali, perciò, diventavano tanto semplici, quanto semplice era la configurazione geometrica da darsi al terreno. I metodi per le diverse operazioni dovevano evidentemente basarsi sulle più elementari nozioni della Geometria e gli strumenti necessari erano due: uno per il tracciamento del « *cardine* » e l'altro per il « *decumano* ». Per il primo serviva il « *gnomone* », nella sua ordinaria forma, per il secondo la « *groma* », un particolare squadra agrimensoria, chiamato anche « *stelletta o ferramento* » (12). Oltre a questi strumenti i romani conoscevano l'antica squadra, già nota ai greci, e il cosiddetto « *tetrante* » (ossia angolo retto) che doveva essere una squadra particolare usata per il tracciamento di perpendicolari. Per individuare i punti del terreno si associavano a questi strumenti, segnali detti « *metae* » e, per la misura delle distanze, delle aste lunghe dieci piedi dette « *decempedae* ». Per la livellazione, poi, era comunissimo il livello ad acqua, come risulta da Columella. Vitruvio indica altri due livelli (13): la diottra, la quale è la stessa di quella di Erone, e il cosiddetto « *Corobate* » (14). Per quanto riguarda i metodi d'operazione in generale, nei diversi scritti dei

gromatici si trovano tutti quelli trattati da Erone, disposti però senza ordine, e tutti i problemi sono più o meno estesamente esaminati, ma senza alcuna dimostrazione scientifica. Esiste però un metodo, attribuito a Frontino (15), detto dai gromatici di « *Coltellazione* », consistente nel ridurre al piano, ossia all'orizzonte, le superfici comunque inclinate od accidentate dei terreni; il metodo è illustrato con osservazioni che hanno valore anche oggi (16).

Ma le questioni agrimensorie più estesamente trattate dai gromatici sono quelle che riguardano le divisioni dei campi, lo stabilimento dei confini della proprietà, la fondazione delle colonie, la formazione del catasto. E siccome gli agrimensori romani esercitavano spesso le funzioni di « Giudici » e di « Arbitri », questi problemi venivano ampiamente svolti non solamente sotto l'aspetto tecnico, ma anche dal lato giuridico ed economico.

Dei rilievi del terreno i gromatici facevano degli schizzi, mediante uno stilo d'osso o d'avorio, su tavolette di scorza d'albero coperte di un sottile strato di cera; con questi, poi, eseguivano i piani sopra tela o su tavole di bronzo o di rame, a seconda della loro importanza; quelli su tela si denominavano « *mappe* », gli altri « *forme* »: sia nelle une che nelle altre venivano iscritti i nomi dei proprietari dei singoli campi e le misure di questi.

In conclusione, l'arte geodetica presso i romani, considerata soltanto sotto l'aspetto scientifico si presenta imperfetta. I procedimenti tecnici sono esposti dai gromatici senza dimostrazione scientifica e quindi dati quali regole del tutto empiriche. Sebbene per testimonianza di Vitruvio, la diottra fosse nota ai romani, tuttavia essi non usarono altro che la groma benché molto più imperfetta di quella; e della groma stessa s'insegnava l'uso senza alcun criterio che servisse per riconoscere l'esattezza. E dall'eccessiva pendenza che i romani diedero ai loro acquedotti si può anche pensare, con qualche ragione, della inesattezza del « *Corobate* », che Vitruvio dichiarava più esatto di ogni altra specie di livello. Errate poi risultano spesso le loro regole per la misura di superfici agrarie; basti pensare che l'area del triangolo si faceva da alcuni uguale al prodotto della base per la semisomma degli altri due lati e questa, ed altre simili regole, erano usate dagli uomini più colti

del tempo, come dagli illustri giureconsulti di Roma, per la definizione di quesiti, a volte, di estrema importanza. Con i romani, perciò la Geodesia non solo non progredì, né raggiunse lo stato che ebbe presso i greci, ma rimase, in gran parte, in una fase empirica. Né, a farla uscire da questa fase, concorsero i due più illustri gromatici e ingegneri del tempo, Frontino e Iginio (17) i quali certamente non ignoravano la Geodesia greca.

C'è però da osservare che, seppure i romani non seppero coltivare la parte scientifica della Geodesia, seppero tuttavia per tempo comprendere tutta l'importanza di questa scienza — che assimilarono non solo dai greci, ma anche dagli etruschi (18) — e si dimostrarono molto sapienti nella pratica applicazione di essa. Come formarono dell'agricoltura e della proprietà la base fondamentale dello stato, s'impossesarono subito della scienza geodetica per regolare l'una e l'altra colla più sapiente cura, per definire in modo stabile le loro divisioni, così come associarono alle operazioni geodetiche il rito religioso per rendere sacri e intangibili i loro termini. Nei rapporti, poi, amministrativi e politici dello stato la fondazione delle città, lo stabilimento delle colonie, la formazione del catasto, la grande rete di strade di oltre seimila chilometri, le opere di fortificazioni, attestano dei servigi prestati dall'agrimensura alla fortuna di Roma, mentre i titoli e i privilegi, dei quali venivano colmati gli agrimensori, attestano la pubblica riconoscenza di quest'arte. L'opera più grandiosa e senza esempio precedente, compiuta dagli agrimensori romani, fu la misura dell'Impero. Poco si sa delle operazioni geodetiche eseguite e se per l'esecuzione i romani si siano serviti anche di agrimensori alessandrini, come forse è probabile. Il fatto è solo ricordato dagli scrittori latini, come concepito da Cesare ed eseguito sotto Augusto. Comunque sia, però, considerata sotto l'aspetto scientifico, la misura del vasto impero romano diventava per la scienza uno dei problemi più delicati e difficili che si possano presentare anche al giorno d'oggi; è certamente impossibile che tale misura riuscisse esatta, perché mancavano a quei tempi i principî e gli strumenti necessari.

Geodesia medievale

Con il declino e lo sfacelo dell'Impero romano, come si sa, alcune delle più elevate manifestazioni della civiltà decadde. Di conseguenza, gli elementi teorici e formali della scienza fu-

rono per parecchio tempo trascurati. Non è da pensare, però, che tutto sia stato dimenticato e che nel medioevo nessun progresso abbia avuto luogo. Per riguardo alla Geodesia, potremo anzi dire che gli stessi arabi, che distrussero la scuola alessandrina, già peraltro allora in fase di decadenza, ne portarono gli avanzi nelle diverse contrade d'Europa, e specialmente in Italia. Già nell'827 il Califfo Almamun, fece eseguire, da un gruppo di matematici, la misura dell'arco di un grado del meridiano terrestre.

Il più antico testo di Geodesia che s'incontri nel medioevo, è un trattato di Erone detto il « giovane », alessandrino, che appartiene probabilmente al secolo VII (19), il quale, però, non dice nulla di nuovo ed è un lavoro di gran lunga inferiore a quello di Erone il meccanico.

Verso la fine del secolo decimo e sul principio del tredicesimo, s'incontrano due grandi ingegni matematici che scrissero d'agrimensura: *Gerberto* (20), che divenne in seguito papa col nome di Silvestro II, e *Leonardo Fibonacci* di Pisa. I loro scritti, molto poveri ed imperfetti, s'avvicinano più ai gromatici romani che ai greci; nessuno di loro, ad esempio, ha saputo far rivivere l'antica groma e i loro strumenti si riducono all'incirca alle aste, al quadrante e alla squadra. Poco o nulla ancora si differenzia da questi scritti quello di *Luca Pacioli* (21), benché pubblicato sulla fine del secolo quindicesimo. Giudicando perciò dagli scrittori si dovrebbe concludere che, dal decimo al quindicesimo secolo, nessuna variazione notevole sia stata introdotta nella scienza agrimensoria. Non si può, d'altronde, pensare che tutto fosse negletto e trascurato: basti pensare, in Italia, ai canali d'irrigazione e di navigazione scavati in Lombardia nel secolo tredicesimo, e alle opere catastali iniziate dalle nostre repubbliche marinare

Geodesia moderna

Verso la metà del sedicesimo secolo un profondo cambiamento avviene nel campo geodetico, per merito di *Niccolò Fontana* detto « *Tartaglia* » (22), che, emulando Erone, rinnova i metodi della scienza, li ingrandisce e li perfeziona.

Nel suo libro, il « *General trattato dei numeri e misure* », espone un nuovo ed importante strumento, simile al moderno squadro, benché ancora imperfetto. Tartaglia insegna i procedimenti d'operazione per rilevare, con il suddetto strumento, piccole e grandi estensioni di terreno. D'ora in poi lo squadro diventa lo strumento principale dell'agrimensura: viene studiato e gradatamente perfezionato, finché assume la forma moderna. Ancora nel suo libro, « *Quesiti ed invensioni* » (23), Tartaglia descrive un nuovo strumento che chiama il « *Bossolo* », cioè un goniometro ordinario associato alla bussola, tuttora in uso, ed insieme espone i relativi metodi d'operazione che sono quelli tuttora usati.

Tartaglia, emulando Erone, forse senza neppure conoscerlo, ingrandisce e perfeziona i metodi geodetici: alla diottra sostituisce da una parte lo squadro e dall'altra un nuovo goniometro, quest'ultimo destinato effettivamente alle operazioni geodetiche.

Come per Erone, il merito di Tartaglia è di avere introdotto i principî scientifici in tutte le questioni geodetiche. Anche nel secolo sedicesimo le scienze matematiche avevano già fatto grandi progressi; pure l'empirismo dominava ancora nell'arte. Ad esempio, regole sbagliate per il calcolo delle aree dei terreni, si trovano ancora insegnate da Gerberto in poi (24). Evidentemente lo squadro del Tartaglia non può essere che un perfezionamento della forma che aveva precedentemente presa la « squadra », usata quale strumento agrimensorio, la qual forma, peraltro, ci è ignota. Al contrario ci è noto l'uso che da molto tempo si faceva del goniometro e lo studio per migliorarlo; come ne sono prova il lavoro dell'inglese *Giovanni Sacrobosco* (secolo XIII), intorno all'astrolabio, di *Pietro Albano* sull'astrolabio piano (secolo XIII) e, soprattutto, l'invenzione del « *Nonio* » del portoghese *Pietro Nunez* agli inizi del secolo sedicesimo.

Il goniometro, che comunemente si usava, è il « *Quadrante* », simile all'antico oppure modificato, da servire per la misura sia di angoli che di distanze.

Dopo Tartaglia gli strumenti suddetti ed altri di minore importanza dovevano lentamente scomparire, sostituiti da altri più perfezionati.

E, mentre si perfezionavano gli strumenti, si rifacevano

anche i metodi. Nel 1615 il matematico *Snellio* (25) pubblica il metodo della « Triangolazione », con il quale un'era nuova si apre per l'agrimensura. Il metodo del matematico olandese ebbe il merito di incitare i ricercatori a perfezionare ancora gli strumenti necessari per l'applicazione del metodo stesso. Così nel 1631 *Vernier* perfeziona il nonio di Nunez, nel 1640 *Gascoigne* crea il cannocchiale geodetico introducendovi il reticolo fatto con fili di ragno. Frattanto alla trigonometria rettilinea si sostituisce la sferica. *Napier* inventa i logaritmi naturali, *Briggs* i logaritmi volgari (1614), e si costruiscono tavole logaritmiche che semplificano straordinariamente i calcoli. Da questo metodo in poi la Geodesia e, con essa, l'agrimensura, inizia il cammino scientifico, modernamente inteso.

Francesco Cafasi

NOTE

(1) Il problema della determinazione della figura e della grandezza reale non poteva porsi, come altri problemi, presso tutti i popoli antichi e molto meno nei loro primordi, non essendo determinato da bisogni materiali della società. Anche se sappiamo che i Caldei e gli Egiziani ritenessero la terra sferica e presso i Greci, Pitagora, Platone e Aristotile ne mettono fuor di dubbio la rotondità, la questione non ebbe, sino al terzo secolo a.C., alcuna soluzione che si fondasse su principi scientifici, mancandone sia il corredo di adeguato calcolo matematico, sia impostazione esatta. Bisogna arrivare ad Eratostene, (Cirene, 275-195 a.C. bibliotecario di Alessandria, matematico e geografo) per avere una impostazione scientifica, che, giusta teoricamente, fu applicata però con difetto nella pratica, (CLEMEDE, *Teoria circolare dei corpi sublimi*; traduz. Balfour, Leida, 1821) e, due secoli dopo, a Posidonio, (Apamea, 135-51 a.C. filosofo e astronomo greco, fondatore della scuola di Rodi) che riapplicò, con delle varianti, il metodo di Eratostene (CLEOMEDE, *op. cit.*).

Dopo Posidonio si ricorda Tolomeo Claudio (138-180 d.C.), il greco autore dell'*Almagesto*, che modifica il metodo precedente con un'impostazione nuova. Dopo Tolomeo, anzi dopo la caduta della scuola alessandrina (sec. VII d.C.), il problema s'interrompe praticamente per circa dieci secoli. Sarà ripreso e avrà il suo svolgimento al principio del XVII sec., quando il progredire degli studi matematici, per opera di Snellius, ne consentirà la pratica applicazione.

(2) « Jugero » era una misura di superficie rettangolare con i lati di m. 36 e m. 70 circa, per complessivi mq. 2519,88; la parola deriva da « iugum » (giogo) e rappresentava la superficie arabile in un giorno con un paio di buoi.

(3) HOEFER, *Histoire des mathématiques*, Paris, 1874.

CANTOR D. M., *Die romischen Agrimensoren*, Leipzig, 1875.

(4) HOEFER, *Op. cit.*

(5) CANTOR D. M., *Op. cit.*

(6) Faraoni della XII Dinastia. Qui si riferisce a Sesostri I (1971-1930 a.C.) che iniziò l'espansione della Nubia.

(7) TALETE di Mileto (624-546 a.C.), filosofo, matematico, fisico e astronomo, il primo rappresentante della scuola Ionica.

(8) ANASSIMANDRO di Mileto (610-546 a.C.), come Talete, il secondo rappresentante della scuola suddetta.

(9) STRABONE GIULIO CESARE di Amapea nel Ponto (63 a.C. 19 d.C.), geografo. Descrisse tutte le parti del mondo allora conosciute e si soffermò particolarmente sulle condizioni territoriali economico-agrarie. Si devono a lui le descrizioni precise delle irrigazioni praticate nell'Asia minore, nella sua « *Geografia* » ampio trattato in 17 libri.

(10) Sotto il nome di Erone si conoscono molti scrittori antichi. Il bolognese G. B. Venturi tradusse per primo dal greco questo libro e lo pubblicò nelle « *Memorie dell'Istituto Nazionale Italiano* » (Bologna 1813 sotto il titolo « *Il Traguardo* » che è la traduzione della parola diottra) dimostrando nella prefazione, che esso appartiene ad Erone il Meccanico, vissuto nel primo secolo di Cristo.

(11) Gli scritti finora conosciuti degli antichi gromatici furono raccolti ed illustrati da scrittori tedeschi nel primo volume dell'opera intitolata: *Gromatici veteres: die Schriften der römischen Feldmesser herausgegeben und erläutert von F. Blume, K. Lachmann, T. Mommsen und A. Rudorf* - 2B - Berlin, 1848-52.

(12) La « *Groma* » si componeva essenzialmente di una croce solida, detta perciò « *Stelletta* », a braccia uguali e perpendicolari tra loro, dai cui estremi pendevano quattro fili a piombo. La « *Stelletta* » veniva sospesa o sovrapposta ad un sostegno detto « *Ferramento* », in modo che il suo piano rimanesse orizzontale; così i fili, opposti due a due, determinavano nello spazio due piani di collimazione verticali e normali tra loro. Dal centro della « *Stelletta* » un filo a piombo scendeva presso il suolo per segnare il vero punto di stazione dello strumento. Tale è il principio di costruzione della « *Groma* » riportato dal Venturi nell'opera citata.

(13) *Mathematici veteres*, Parigi, 1693.

(14) Il « *Corobate* » consta di un alidada sormontata alle due estremità da due alette perpendicolari ad essa, alle quali sono applicati dei fili a piombo, che servono a porre verticali le facce delle alette e quindi orizzontale il piano dell'alidada.

(15) GIULIO FRONTINO, gromatico vissuto tra il primo e il secondo secolo, autore del « *De controversiis et de limitibus agrorum* » e « *De agrorum qualitate* ».

(16) *Geometrici veteres*, Vol. I, op. cit.

(17) CAIO GIULIO IGINO detto « il gromatico » autore delle opere « *De limitibus constituendis* » e « *De limitibus fragmentum agrarium* ».

(18) Sulla testimonianza di Varrone, Frontino e Iginio fanno derivare l'agrimensura romana dagli Etruschi, (*Gromatici veteres*, vol. I, op. cit.) con i quali certamente i romani si trovarono in rapporti prima che con i greci. Di origine etrusca si ritengono le cerimonie religiose che accompagnavano le operazioni geodetiche, nella fondazione delle città, nella determinazione del cardine e del decumano, nella divisione delle terre. Ma sono, in generale, delle congetture; infatti per quanto riguarda le norme geodetiche fondamentali, eccettuato il principio della « *coltellazione* », non rintracciabile in nessun scrittore greco, tutte le altre sono derivate dalle opere di Erone. C'è ancora una tesi che sostiene che gli stessi greci abbiano attinto dagli etruschi.

(19) Questo trattato fu tradotto in latino dal Barocci e pubblicato insieme a quello « *De machinis bellicis* » attribuito allo stesso autore, Venezia, 1572.

(20) GERBERTO DE AURILLAC, Papa dal 999 al 1003, teologo ed alchimista. Scrisse: « *Geometria* » nelle (*Euvres complètes de Gerbert*. Clermont, 1867).

FIBONACCI LEONARDO (detto Leonardo Pisano), sec. XII-XIII, matematico al quale si deve l'introduzione delle cifre arabe. Scrisse: « *Practica geometriae* » Roma 1862, pubblicato per opera di B. Buoncompagni.

(21) LUCA PACIOLI (1445-1509), matematico aretino. Scrisse: « *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalità*. Venezia, 1494.

(22) NICCOLÒ FONTANA, detto « Tartaglia » (1499-1557), matematico di Brescia. Risolse per primo l'equazione di 3° grado. Scrisse: « *Il General Trattato di numeri e misure* ». Venezia, 1556.

(23) « *Quesiti ed Inventioni diverse*, Venezia, 1555.

(24) Vedi le regole di JACOB KÖBEL: « *Uebers Feldmessen 1550* » che somigliano a quelle usate dai gromatici latini.

(25) WILLEBRORD SNELL VAN ROIJEN (1581-1626), latinizzato « Snellius », illustre matematico olandese che stabilì, tra l'altro, le leggi della rifrazione.