

Descrizione di un nuovo Istrumento per livellare

*Memoria letta nell'adunanza della Sezione di Scienze alla Reale
Accademia di Modena il dì 29 Gennaio 1829*

dal

Cav. Prof. Gio. Battista Amici

«Atti della R. Accademia economico-agraria dei Georgofili di Firenze»

Volume XV-1837

(pp. 123-128)

La determinazione pratica ed esatta di un piano perpendicolare ad un dato raggio terrestre ha esercitato e tuttavìa esercita la sagacità dei fisici e dei meccanici. Molto interessa infatti il conoscere la giusta posizione di questo piano relativamente al quale non solo si stimano le altezze degli astri e si giudica dell'elevazione dei monti, ma sopra di cui si appoggiano ancora tante ricerche ed operazioni ordinarie, che quasi di continuo si presenta la necessità di dover tracciare un'orizzontale con maggiore o minor precisione secondo che richiede l'importanza delle varie indagini.

Per giungere a questa cognizione la natura offre un mezzo nella superficie delle acque stagnanti, o nella direzione costante che prendono i gravi cadenti verso il centro del nostro globo. Così da principio per le varie applicazioni si è fatto uso dell'orizzonte naturale dei fluidi o del filo a piombo, come soccorsi i più ovvii ed i più facili a presentarsi alla mente. Ma il bisogno di una precisione maggiore, e di un maggior comodo, ha richiamato in progresso di tempo i sussidii i più raffinati della meccanica e dell'ottica, di guisa che noi possediamo presentemente un sì gran numero di differenti istrumenti atti a far conoscere l'orizzontalità di una linea, che sarebbe lungo e difficile a volerli tutti annoverare. Fra i più rinomati si contano i livelli a bolla di aria, gli orizzonti artificiali, il collimatore di Kater, il livello a sifone di Ramsden, il livello a pendolo di Picart, il livello di riflessione di Cassini e parecchi altri.

In mezzo però a tanta dovizia d'istrumenti le brame di alcuni operatori non sembrano abbastanza soddisfatte. Le macchine di prim'ordine che servono alle grandi livellazioni, a quelle intraprese a cagion d'esempio per l'asciugamento di vaste paludi, o per l'immissione di un fiume in un altro, non possono, a motivo del loro alto prezzo e della delicatezza che esigono nelle verificazioni e nell'uso, trovarsi nelle mani di ogni agronomo il cui bisogno s'estende soltanto alla formazione di un prato, o a mettere in iscolo il proprio podere. Nemmeno possono rinvenirsi presso ciascun perito agrimensore che si occupa semplicemente del profilo di un cavo o di un canale, come pure della costruzione di una strada comunale o di altri lavori di simil genere.

Quando si tratta di livellare un piccolo o mediocre spazio di terreno anche gl'ingegneri possessori di buoni istrumenti rinunziano al soccorso di questi. In tal caso si accusa di troppa sensibilità la bolla d'aria che prolunga inutilmente l'operazione, si rimprovera di sovrabbondante forza il cannocchiale che non permette di vedere distinti gli oggetti a varie distanze, ed altre opposizioni più o meno fondate si mettono in campo secondo la varia natura dell'istrumento. Infine si ricorre al livello a boccette, quale si usava ancora al tempo di Vitruvio; e a malgrado delle sue imperfezioni a tutti note pur si continua ad accordargli la preferenza per la facilità di maneggiarlo, e per trovare in esso, immediatamente segnata dall'equilibrio del fluido, la linea parallela all'orizzonte, senza aver d'uopo d'alcuna rettificazione né di alcun movimento di viti.

Da questo contegno dei migliori pratici sembra quindi potersi presumere che un nuovo livello, il quale possessa le buone qualità di quello a boccette senza averne i difetti; che serva tanto a livellare

una tavola od un pavimento, come un campo ed una molto più ampia estensione; che gareggi in esattezza coi migliori che fra noi sono in uso; che sia di piccolissimo volume, e ciò che anche importa di tenuissimo prezzo, debba essere favorevolmente accolto da coloro che per l'esercizio di professione abbisognano di siffatti istrumenti, o che occupandosi semplicemente di lavori nelle proprie campagne desiderano di ben dirigere le acque e di pianare le terre de' loro poderi.

Di questo nuovo livello io darò qui una breve descrizione e sottoponendolo ai vostri occhi anche eseguito, potrete dotti colleghi, giudicare se realmente possedga quelle qualità che a me è parso lo raccomandino.

Il Collimatore del Capitano Kater mi ha somministrato l'idea, quella cioè di un galleggiante sopra il mercurio fornito di cannocchiale. Destinato il Collimatore a far conoscere con singolare esattezza il principio di numerazione di un circolo astronomico, ossia la posizione del punto zero, come ho avuto il piacere di esserne testimonio in Londra, non avrebbe potuto colla forma e grandezza datagli dal celebre autore inglese servire che imperfettamente nelle livellazioni ordinarie. Una considerabile massa di mercurio sarebbe stata incomoda a trasportarsi, e l'ampiezza del cannocchiale avrebbe prodotto un ostacolo ancor rilevante per le variazioni di lunghezza focale provenienti dalla varia distanza degli oggetti. In fatti quando l'asse del cannocchiale fosse esattamente parallelo all'orizzonte nel caso di un oggetto lontano, perderebbe il parallelismo suo mirando un oggetto vicino, e ciò in virtù dell'allungamento del tubo necessario alla visione distinta, che turberebbe l'equilibrio del galleggiante. Bisognava dunque seguendo quel principio modificarne la costruzione, ed io vi sono pervenuto coll'adoperare un canocchiale acromatico galileano della lunghezza di un solo pollice, che amplifica gli oggetti circa quattro volte, e nel quale per un particolare artificio da me immaginato lascia vedere i fili di un reticolo.

La figura 5 mostra di grandezza naturale il livello che potremo chiamare livello galleggiante. AB è una rotella di ferro sopra della quale sta applicato il cannocchiale CF, mediante il cavalletto D. In H vi è una vite che attraversa la grossezza della rotella e serve a rendere l'asse del canocchiale parallelo all'orizzonte quando tutto il sistema si trova in equilibrio sopra il mercurio. Ciò esige un esperimento che si può fare colla livellazione reciproca da due punti ad una discreta distanza fra loro, o con altri mezzi già noti (1). Eseguita una volta questa rettificazione o dall'artista o dall'operatore sarà rarissimo di doverla ripetere, poichè la semplicità e piccolezza dell'istrumento lo rendono di forma immutabile.

Tra l'obbiettivo C e l'oculare F esiste un diafragma circolare che porta due fili incrociati. Finora il canocchiale galileano non aveva potuto introdursi in alcun istrumento matematico o fisico, ove si tratti di collimare a qualche oggetto, per la impossibilità di applicarvi dei fili; ma avendo io reso l'oculare F convesso ai bordi e concavo soltanto in un piccolo spazio centrale, l'ostacolo è stato tolto; ed i fili riescono visibili per quella porzione di pupilla che abbraccia la parte convessa, nel mentre che la parte centrale presenta ingranditi gli oggetti esteriori.

Portati i fili alla visione dell'osservatore, il tubo F si fa entrare od uscire finché sia tolta la parallassi; e stabilmente poscia si ferma colla vite di pressione E quando siasi ruotato intorno se stesso per mettere uno de' fili orizzontale. Né fa più bisogno di muoverlo perché la brevissima lunghezza

(1) Per maggior speditezza io trovo l'aggiustamento dei livelli galleggianti paragonando l'asse di visione de' suoi canocchiali con l'asse del canocchiale di altro livello che si rettifica con una sola stazione d'avanti una finestra. Chi non possiede questo comodo conviene che determini due punti orizzontali distanti, per esempio cento metri l'uno dall'altro, al che si giunge adoperando l'istesso livello galleggiante non aggiustato. Basta collocarsi alla metà dell'indicata base, e dirigendo successivamente la visuale alle estremità della medesima, i luoghi di incontro con gli scopi ivi situati saranno evidentemente nello stesso piano orizzontale e serviranno alla verifica ricercata.

Senza misurare alcuna base si può parimenti ottenere l'intento nel seguente modo: - Si scelgano due stazioni M, N convenienti e discretamente discoste nelle quali vengano collocate due aste divise, o la medesima asta opportunamente qua e poi là trasportata. Suppongasì l'altezza dell'obbiettivo del canocchiale alla prima stazione uguale ad A: e collimando all'asta N la visuale segni il numero P. Si trasporti il livello alla stazione N e qui si supponga l'altezza dell'obbiettivo uguale a B. Mirando adesso all'asta M la visuale segni il numero Q. Il vero piano orizzontale, che passa pel centro dell'obbiettivo nell'attuale ultima posizione, taglierà l'asta M all'altezza $\frac{Q+A}{2} - (P - B)$. Se dunque il canocchiale guarda più alto si rallentano le viti X del cavalletto D, e si serra la vite H. Se guarda più basso si rallenta la vite H e si stringono le viti X finché il galleggiante equilibrato collimi sull'asta M all'altezza espressa dalla formola $\frac{Q+A}{2} - (P - B)$.

focale dell'obbiettivo lascia vedere quasi egualmente distinti gli oggetti tanto prossimi che remoti. Il galleggiante col suo canocchiale montato in ferro si chiude per il trasporto in una scatoletta di legno alta mezzo decimetro, la parte inferiore della quale contiene il mercurio separato; e l'intero istrumento colla sua custodia pesa meno di 16 oncie, cioè meno di una antica libbra di Francia.

Parlando ora del grado di precisione che può aspettarsi dal livello galleggiante dirò che esso dipende da due circostanze, dalla forza visiva del canocchiale, e dalla esattezza con cui si dispone il suo asse nello stato di equilibrio. Dall'esame che io feci dapprima intorno la variazione della linea di collimazione, sembrava doversi rinunziare a questo istrumento, imperocché m'accorsi che levando e rimettendo il galleggiante nel mercurio cambiava considerabilmente il punto di mira. Quest'errore però, essendo dovuto alla superficie della piccola quantità di metallo fluido da me adoperato che si conforma in una curva sensibilissima, potei evitarlo con un perno attaccato al fondo della scatola, e che si insinua in un foro un poco più largo praticato sotto la rotella. In questa maniera il galleggiante trovandosi abbastanza libero né potendo ruotare intorno, perché il perno con due denti sporgenti lo trattiene, conserva rapporto agli orli della scatola una costante distanza, e non va soggetto a deviazioni valutabili. Rispetto alla forza del canocchiale che ingrandisce circa quattro volte si può facilmente giudicare della differenza angolare di mezzo minuto. Se si vuole dunque che la totalità di questo errore venga commessa in ogni osservazione, loché non è sempre probabile, si potrà col livello galleggiante eseguire delle stazioni di due cento metri, sicuri di non incorrere in un errore più grande di 29 millimetri. Una precisione superiore credo che non si possa sperare dai livelli a bolla che si usano nel nostro paese; poiché è ben vero che sono forniti di canocchiali di maggior ingrandimento, ma la sensibilità della bolla non corrisponde al grado di forza di quelli, stimandosi le bolle più che abbastanza mobili quando il viaggio di un millimetro indica una deviazione di mezzo minuto (2).

(2) Nel tomo VII del nuovo Giornale dei letterati stampato in Pisa l'anno 1803 si trova una memoria dell'ingegnere Alessandro Nini sopra un suo *livello natante sull'acqua*. Il peso di quell'istrumento si annunzia essere libbre quattordici ed oncie sette; e quello dell'acqua libbre tredici ed oncie due, oltre il peso che non si nomina della cassa che contiene il fluido. Il volume poi è circa cinquecento volte più grande del mio livello galleggiante. Contuttociò l'istrumento del Nini venne approvato dal Padre Ximenes, il quale avanti che il lavoro fosse compito aveva detto all'autore "che un tal pensiero di costruire livelli natanti si era avuto da tanti matematici, ed a niuno era riuscito di poter ottenere l'intento desiderato; e che in ultimo fu tentato di fare un livello di questa natura a Milano, ma fu trovato più difettoso degli altri che si usano frequentemente".

L'imperiale Regio Gabinetto di Fisica di Firenze possiede ancora un antico livello sotto il nome di livello del cavaliere Litta, il quale consiste in due vasi cilindrici di metallo fra loro comunicanti e che contengono dell'acqua. In questi vasi si immergono altri due cilindri pieni d'aria che sostengono le estremità di un cannocchiale orizzontale. Ma quantunque le dimensioni qui siano molto inferiori a quelle adottate dal Nini la macchina tuttavia rimane voluminosa ed inservibile al minimo soffio di vento.

Non è dunque nuovo ritrovato quello di far sostenere un canocchiale da un fluido, ma per profittare di questa idea nelle livellazioni conveniva restringere considerabilmente il volume del galleggiante, e renderlo di forma invariabile. Io ho potuto giungere a questo miglioramento principalmente coll'applicazione del canocchiale galileano da me per la prima volta con particolare artificio ridotto a servire agli usi geodetici.⁽⁵⁾