

## M E M O R I A

DI ANTONIO LOMBARDI

SULLA MIGLIOR FORMA DA DARSÌ AI RIPARI,  
CHE SI COSTRUISCONO NE' FIUMI*Presentata da Pompilio Pozzetti il dì 4. Febbraro 1803.*

Le esperienze istituite dai più accreditati Autori per misurare la forza, che i fluidi esercitano nel percuotere le superficie o rettilinee, o curvilinee, ci presentano dei risultati che non si accordano punto con le ingegnose teorie lasciateci in questa materia dai sommi Uomini, Newton, Daniele Bernoulli, Alembert, Eulero, eccettuato però sempre il caso dell'urto diretto, in cui la teoria corrisponde sufficientemente alla pratica. Sembra perciò doversi conchiudere che inutil fatica sia quella di voler calcolare teoricamente la percossa dei fluidi contro le superficie inclinate, piane, e curve, e che debbasi piuttosto nei casi concreti, interrogar all'uopo la natura con la via delle esperienze. Ciò nullameno importando assaissimo lo spingere oltre le nostre ricerche in una parte di Matematica mista che al dire del Celebre Sig. Abbate Bossut, è ancora per molti riguardi assai imperfetta, io ho fatte alcune riflessioni su questa materia, dirette a migliorare la forma ordinaria dei ripari che si usano nei fiumi, ed ho creduto di poterle assoggettare al pubblico giudizio. Quantunque queste siano appoggiate semplicemente alla teoria, e possano per le ragioni addotte esser poco apprezzate, mi lusingo però che se i risultati pratici non corrispondano adeguatamente alla teoria, pure non vi sarà in questo caso fra essa, e la pratica quella somma distanza rileva-  
ta

ta in altre circostanze dagli Esperimentatori, cagion molte volte del dispregio in cui cadono presso i meno versati nelle Matematiche le considerazioni dinamiche.

§. 1. Gli Scrittori tutti che trattano dei ripari, e della maniera di formarli, insegnano a costruire dei prismi di diversa materia a norma delle circostanze, che presentano alla corrente una superficie piana inclinata per lo più all' Orizzonte, perchè così producono migliori effetti. Il Padre Abbate Grandi però si è più degli altri avanzato nell' esame teorico di questo punto importantissimo di Architettura idraulica, e nel suo trattato geometrico del movimento delle acque ha paragonato gli effetti della percossa perpendicolare di una corrente contro le superficie piane, a quelli prodotti dalla medesima causa contro le superficie curve che presentano la loro convessità al corso del fiume. Nel rileggere io il Capo VI. dell' opera citata stupiva meco stesso, come finora non siavi stato, almeno per quanto mi è noto, chi abbia pensato ad applicare li principj teorici di così celebre Autore alla costruzione dei ripari, e non siasi per anche introdotto il metodo di costruire i ripari che presentino una superficie convessa all' urto della corrente. L' esame di alcune proposizioni del Capo VI. del suddetto trattato dimostrerà, quanto questo metodo di costruzione sia da preferirsi a qualunque altro.

§. 2. Alla Proposizione 45. Egli dimostra che l' impressione fatta perpendicolarmente nel punto G (Fig. I.) di un ostacolo rettilineo ortogonale sta all' impressione fatta contro un ostacolo curvilineo AF nel punto F percosso secondo la direzione FC perpendicolare alla curva in F, come la normale FC alla sunormale CB, e che l' impressione stessa fatta nel punto G della AG sta all' impressione fatta nel punto F della curva AF secondo la direzione GI parallela all' asse, come il quadrato di CF al quadrato di CB, e quello che dicesi del punto F dicesi di qualunque altro punto preso sulla curva AF. Generalmente parlando adunque, resisterà più

un riparo curvilineo che un rettilineo, sebbene siano ambedue opposti direttamente all'urto della corrente, come succede nel caso esposto, essendo sempre la normale CF maggiore della sunormale CB (1). Ciò si rende anche manifesto al solo riflettere che l'ostacolo curvilineo AF quantunque venga urtato direttamente dalla corrente, pure non riceve l'impressione dei fili acquei egualmente in tutti li suoi punti come fa il riparo AG, ma varia secondo la diversa direzione degli elementi infinitesimi di cui può considerarsi composta la curva AF, la direzione dei quali è sempre obliqua alla corrente in tutti i suoi punti tranne un solo.

§. 3. Per mezzo di questa proposizione il suddetto Autore determina nella seguente la proporzione che passa fra l'urto contro le superficie piane, e le curve. Trova egli che la percossa fatta contro tutto il piano AK situato ortogonalmente (Fig. II.) sta a quella contro la superficie curva AFK fatta secondo la direzione CF parallela alla riva AB, come il cilindro generato dal rettangolo AKRP intorno all'asse RP sta al solido generato dalla rivoluzione intorno allo stesso asse della superficie curva AQORP, che si ottiene facendo in tutti li punti della curva AFR la proporzione seguente: la normale FC sta alla sunormale BC, come la linea costante GI ad una quarta proporzionale QI, e la proporzione fra l'urto perpendicolare contro AK e l'urto perpendicolare contro la curva AFR, sta come il rettangolo AKRP allo spazio curvilineo AQORP. Fra le diverse curve adunque che adoperar si possono nella forma dei ripari, si do-

(1) Questa dimostrazione del Paire Grandi è appoggiata all'altra che le percorse su i piani obliqui siano proporzionali ai quadrati dei seni degli angoli d'incidenza, dimostrazione che non corrisponde agli esperimenti, come ho accennato in

principio; ma da quanto si dirà in appresso, si vedrà che prendendo anche una proporzione minore della suddetta, ciò nulla ostante si otterrà sempre molto vantaggio, usando ripari curvilinei.

dovranno preferir sempre quelle, in cui il solido suddetto abbia al cilindro corrispondente la minor possibile ragione, giacchè questo è il caso più ordinario, cioè di non collocar mai i ripari a ricevere direttamente l'urto della corrente.

§. 4. L'oggetto principale che io ò preso a scopo in questa Memoria, si è di determinare la forma migliore da darsi ai ripari che attualmente si debbono collocare nei fiumi per difendere le rive dalle corrosioni, così io ò giudicato che possa riuscir vantaggioso il cercare, sempre con la scorta del Chiar. P. Grandi di determinare quali fra le curve più cognite e più facili a descriversi, debbono preferirsi nella costruzione dei ripari.

Fra le diverse proporzioni determinate da lui ( nei Corollarii, e scolio della Proposizione 46. ) nelle Sezioni Coniche, e nelle tre curve trascendenti, la Cicloide, la Logaritmica, o la Trattoria, egli osserva che quella della Parabola è espressa come segue:

Rappresenti AF (Fig. III.) una Parabola, la quale venga urtata dalla corrente in una direzione parallela all'asse AB, e sia AG un riparo uguale in lunghezza alla massima ordinata della Parabola, che faccia angolo retto con l'asse medesimo. Dal punto F estremità del riparo si abbassi la normale FG sull'asse prolungato, e la ordinata ortogonale BF; si descriva poi colla sunormale BC, che si sa essere la metà del parametro, l'arco circolare BH. La proporzione fra l'urto perpendicolare sul riparo AG, e quella sull'arco parabolico AF in direzione parallela ad AB viene determinata dalla ragione che passa fra AC, e l'arco BH descritto col raggio BC, e segato in H dalla normale FG.

Da ciò il P. Grandi ricava quest'altra importantissima conseguenza, che prolungando all'infinito l'arco parabolico AF, l'impressione contro di questo non cresce all'infinito, perchè il raggio BC è finito e l'angolo BCH, e in conseguenza l'arco BH non arriva mai a 90. gradi, mentre quella sull'ordinata corrispondente è infinita, perchè all'arco

infinito corrisponde un' ordinata infinita. Da ciò si deduce che prendendo AK uguale al quadrante del cerchio descritto col raggio BC, l'impressione sopra AK sarà sempre maggiore di quella che si fa sopra l'arco infinito della Parabola. Questa bellissima proprietà di tal Curva, che fra le Sezioni Coniche è ancora la più facile a descriversi, deve farla preferire alle altre nella costruzione dei ripari. Imperocchè la proporzione suddetta va sempre decrescendo all'allungarsi del riparo, cosa che non succede nelle altre Sezioni Coniche, come si può osservare in detto Scolio. La Logaritmica è vero presenta una proporzione minore, poichè in essa l'urto fatto contro la prima ordinata uguale alla sottangente sta a quello fatto contro la curva in direzione parallela all'assintoto, come il quadrato sta alla differenza fra il quadrato ed il cerchio iscritto, cioè prossimamente come 56: 11; supposto la ragione del diametro alla circonferenza quella di 7: 22; ma siccome questa curva è assai più difficile da descriversi in pratica per esser trascendente, così io credo che anche per questo motivo si debba preferir la Parabola.

§. 5. Io finora ho ristrette le mie considerazioni alli ripari collocati ad angolo retto alla sponda, ma per l'ordinario si dispongono questi ad angolo ottuso, in modo che ricevono obliquamente l'urto della corrente, che diminuisce secondo la teoria, in ragione del quadrato del seno dell'angolo d'incidenza. Potrebbe perciò dubitarsi se debbano preferirsi anche in questi casi li ripari curvilinei ai rettilinei; ma svanirà ogni dubbio all'osservare, che se sia disposto il riparo QD (Fig. IV.) in modo che riceva obliquamente l'impressione della corrente AB, si potrà sempre dentro il triangolo QFD situare un riparo curvilineo QML, a cui sia la QD tangente, e che riceva più obliquamente in tutti li suoi punti l'urto suddetto, giacchè i fili acquei incontreranno più obliquamente li diversi elementi infinitesimi della curva del riparo QML, quanto più si scosteranno dal vertice Q della curva, mentre che la direzione con cui incontrano li

punti del riparo QD è sempre la stessa, ed è meno obliqua di qualunque direzione presa sulla linea QML. Perlocchè vedesi chiaramente che l'impressione contro tutto il riparo QD sarà sempre maggiore di quella esercitata contro il riparo curvo QML, perchè gli angoli d'incidenza AMQ essendo sempre minori delli suoi corrispondenti ABQ, la ragione dei quadrati dei seni sarà sempre minore in ogni punto del riparo QML di quello sia in qualunque punto del riparo rettilineo QD, in cui inoltre tal ragione è costante per tutta l'estensione del riparo.

§. 6. Ma non sono questi li soli vantaggi che aspettar si debbono dai ripari disposti in una linea curva. Un altro forse di maggior entità degli esposti ne producono essi, quello cioè di impedire che li vortici dell'acqua escavino al loro piede pericolosi gorgi. E a dir vero, siccome abbiamo osservato che l'urto della corrente contro li ripari curvi è di gran lunga minore di quello che sostengono li ripari rettilinei, sebbene obliqui alla corrente, perciò li vortici avranno minor forza per trivellare con la punta dei loro conì il terreno, e le ghiare su cui poggia un riparo curvo; e più piccoli, e poco profondi perciò saranno i gorgi dai vortici stessi formativi al piede. E siccome è chiaro che le curve non hanno una sola direzione col filone, ma in ogni loro punto la mutano, si avrà un nuovo argomento per decidere che minori debbano essere i vortici, e di minor forza, perchè le direzioni riflesse incontreranno ad angolo sempre meno acuto le direzioni parallele della corrente, quanto più si scosteranno dal vertice della curva, la qual riflessione di direzioni è la causa principale dei vortici. Infatti sia (Fig. IV.) l'ostacolo rettilineo QD che faccia angolo ottuso colla sponda QO, e QML rappresenti un ostacolo curvo, li cui elementi infinitesimi faranno angoli sempre più ottusi con la sponda QO, quanto più si scosteranno dal punto Q, supposto però che l'ostacolo QD sia tangente alla curva in Q. Sia ora AB un filamento acqueo, che urti l'ostacolo QD in

B,

B, e l'ostacolo QML in M; siccome l'angolo ABQ d'incidenza è maggiore dell'altro angolo d'incidenza AMQ, così l'angolo di riflessione EBD sarà pur esso maggiore dell'altro angolo di riflessione SML, e quello che dicesi del punto M, dicesi di qualunque altro punto preso sulla curva QML; così molto minori dovranno essere i vortici formati al piede del riparo curvo, e meno forti specialmente verso l'estremità L, di quelli formati al piede dell'ostacolo QD, il che contribuirà moltissimo alla sussistenza del riparo QML.

§. 7. Difficile riuscirà, a dir vero, in pratica il poter descrivere esattamente o un arco di circolo, o una Parabola, o qualsivoglia altra curva che meglio convenisse alla forma di un riparo; specialmente se questo dovrà costruirsi con Bergoli ripieni di sassi, come usasi nei nostri Torrenti. Il miglior mezzo però, cred'io, sarà quello di levare prima un'esatta pianta di quel tratto di fiume, in cui si deve costruire il riparo, e quindi disegnare con precisione sulla Mappa il riparo, o ripari curvi che si vorranno collocare alla sponda. Ciò eseguito l'Ingegnere dovrà nuovamente portarsi sulla faccia del luogo, ed ivi disegnato sul terreno sotto quell'angolo che è fissato sulla Mappa, l'asse della curva ricercata, condurre la massima ordinata all'estremità dell'asse, e quindi a tratto a tratto innalzare altre ordinate proporzionali a quelle che sono disegnate sulla Mappa, per il che non avrà d'uopo che del compasso, della scala, e del Grafometro; così operando avrà diversi punti, per li quali facendo passare un piccolo fossato, questo delineerà per approssimazione l'andamento della curva addimandata. E siccome si è veduto che la Parabola è una delle curve da preferirsi nella costruzione dei ripari, così questa sarà quella che dovrà descriversi sulla Mappa, o con l'ajuto dell'Istrumento opportuno, o forse più facilmente col metodo dei circoli descritti in modo che le loro circonferenze vanno a toccarsi in un dato punto, come indica la Fig. V. in cui AB rappresenta il dato punto, B il vertice della curva, e le BE, BF ec. l'as-

cis-

cisse. Disponendo poscia i Bergoli, o Piramidi tronche secondo la linea disegnata sul terreno, il riparo prenderà la forma della Parabola richiesta, e sarà di una forte difesa alla sponda minacciata dall' impeto della corrente. Con maggiore facilità poi si descriveranno le curve dei ripari, allorchè si costruiranno questi di pietra e sassi in calce, ripari sempre preferibili alli sopra nominati, o ad altri simili in cui entri- no legnami, specialmente nei luoghi dove li fiumi corrono in ghiaia, si perchè non sono soggetti alla corruzione, e perchè qualora sono investiti dalla corrente non perdono punto del loro peso specifico. Ciò accade bensì alli ripari composti di legnami, e sassi perchè la corrente non li percuote soltanto, ma filtrando fra le molte loro fenditure, li rende assai più leggieri, e perciò meno atti a resistere all' urto dell' impetuosa corrente.

§. 8. Una delle avvertenze più necessarie nella costruzione dei ripari, si è certamente quella di disporli con molta scarpa verso l' alveo più interno del fiume per facilitare la deposizioni delle torbide appiedi di questi, ed in conseguenza il loro buon esito. Ciò posto si rifletta che io ho considerata la curva AF (Fig. II.) situata in un piano orizzontale; che se si immagini la detta curva con l' asse perpendicolare all' Orizzonte, l' impressione contro di essa sarà per le addotte ragioni minore assai di quella contro il piano rettilineo inclinato secondo la direzione della tangente. La curvatura adunque della scarpa di un riparo, contribuisce anch' essa a infievolire l' urto della corrente assai più di quel che faccia la scarpa disposta in linea retta, onde per ottenere un maggior effetto da un riparo, conviene disporre la sua scarpa in una linea curva, e fra le curve una delle migliori sarà la Parabola.

§. 9. Questo vantaggio che hanno i ripari con la scarpa disposta in una curva sopra quelli che l' hanno disposta in linea retta, gioverà moltissimo alla loro sussistenza, perchè oltre le ragioni addotte di sopra, si aumenteranno le

de-



Fig. I.

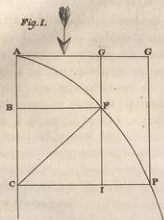


Fig. II.

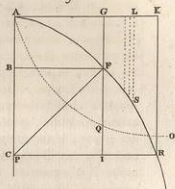


Fig. III.

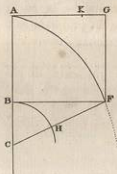


Fig. IV.

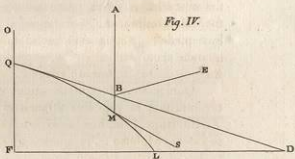
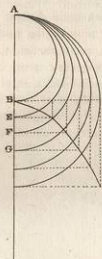


Fig. V.



deposizioni della corrente appiedi dei medesimi, giacchè estinguendosi l'impulso dell'acqua sono maggiori, come insegna l'esperienza, le materie depositate; dal che ne seguirà che la corrente abbandonerà più presto il piede di un riparo doppiamente curvo, in confronto di un altro che sia disposto in una superficie piana. Rendendosi dunque minore l'urto contro li ripari doppiamente curvi, minori saranno li vortici che vi si formeranno al loro piede, e languida perciò, a non dir nulla, sarà la forza loro per sconvolgere il fondo del fiume, e formar gorgli sempre pregiudicievole alle sponde. Che se li ripari da costruirsi siano di muro, gioverà molto il diseguarne i fondamenti secondo la direzione della curvatura che vuol darsi al riparo sopra terra, come pure nel costruirli si dovrà procurare che la loro scarpa abbia la medesima curvatura, perchè se si formerà qualche gorgo al loro piede, l'acqua avrà molto minor forza di profundarlo, quando siano costruiti con la predetta avvertenza, come dal fin qui detto facilmente rilevasi.

Queste sono le considerazioni che io ò giudicato di poter meritare la pubblica attenzione intorno a un ramo dell'Architettura Idraulica assai interessante, ma al tempo stesso assai negletto. Se questo mio breve commento di quanto lascio scritto in tale proposito uno dei più celebri ingegni Italiani, risvegliar potesse in qualcuno l'utile curiosità d'intraprendere una serie di ben regolate esperienze, ma eseguite con grandi apparati in qualche fiume, dirette ad esaminare qual sia la corrispondenza fra le leggi della natura, e li sovraesposti principii teorici nell'urto de' fluidi contro li ripari curvilinei, pago sarei, perchè dir potrei di aver io in lui eccitato un così vantaggioso pensiero, e di aver in qualche piccola parte contribuito per tal modo all'avanzamento della Scienza idraulica.