

G 4

**APPLICAZIONI DEL FENOMENO**  
LA COMUNICAZIONE LATERALE DEL MOTO

---

**DISSERTAZIONE E TESI**

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA REGIA SCUOLA D'APPLICAZIONE PER GL'INGEGNERI IN TORINO

DA

**BRACCO EMANUELE**

DA TORINO

per ottenere il diploma

DI

**INGEGNERE LAUREATO**

---

Dicembre 1869

---

TORINO

STAMPERIA DELL'UNIONE TIPOGRAFICO-EDITRICE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

DISSERTATION

BY  
[Name]

PH.D. DEGREE

19[Year]

CHICAGO

19[Year]

UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

AI MIEI GENITORI



---

## I.

Il fenomeno comunemente noto col nome di comunicazione laterale del moto tra i fluidi è il fondamento di non poche ed importanti applicazioni industriali, che anzi nel volgere di pochi anni si svariate esse furono, che ogni di ritroviamo ne' giornali scientifici richiamata l'attenzione degli ingegneri a nuovi apparecchi, al cui modo di agire è di base questo semplicissimo principio.

Ricordo semplicemente il fenomeno come più comunemente può avvenire. Se  $M$  e  $M'$  sono le masse di due fluidi qualunque in movimento, e  $v$  e  $v'$  sono le velocità loro, allorquando questi due fluidi per una causa qualsiasi vengono ad incontrarsi, per il principio della conservazione delle quantità di moto, avremo che:

$$M v + M' v' = (M + M') u$$

essendo  $u$  la velocità comune dei due fluidi dopo avvenuto il loro incontro.

Risolviendo l'eguaglianza rispetto ad  $u$  avremo:

$$u = \frac{M v + M' v'}{M + M'}$$

Se ammettiamo che  $v > v'$  dall'eguaglianza avremo che sarà sempre  $u < v$ .

Che se poi  $v' = 0$  la massa  $M'$  prenderà a muoversi di conserva colla massa  $M$ , essendo la loro velocità espressa da:

$$u = \frac{Mv}{M + M'}$$

Da ciò si scorge come una massa  $M'$  in riposo possa essere posta in movimento allorchando sia incontrata da un'altra massa  $M$  moventesi in una data direzione. Ben gli è vero che in tutto ciò che si è detto si trascurano completamente gli urti, i quali produrrebbero una diminuzione della forza viva, per cui la velocità, dopo l'incontro, sarebbe diversamente espressa, ed il suo valore sarebbe inferiore a quello or ora ritrovato; ma si di questi, come della diversa temperatura delle due masse, ne dovrà tener conto chi voglia ottenere un dato effetto colla massima economia possibile. Ad ogni modo però, salvo nell'urto si spenda tutta la forza viva da cui si suppone animata la massa  $M$ , avverrà sempre che la  $M'$ , dopo l'incontro, prenderà a muoversi nella direzione della  $M$ .

## II.

L'Accademia di Tolosa, nel 1791, invitò i fisici a volere spiegare per quale principio si formasse la corrente di aria che già prima d'allora usavasi spingere nel fuoco delle fucine col mezzo di certi semplicissimi apparecchi conosciuti col nome di *trombe eoliche*, *cagnardelle*, ecc.

La fig. 1 linearmente ci rappresenta come si può immaginare uno di questi apparecchi:

C è il fondo di un canale che conduce un corpo d'acqua nel tubo verticale B.

La sommità di questo tubo è foggjata a tronco di cono colla base minore rivolta in basso, essa guida la colonna di acqua che

viene dal canale C e, restringendone la luce di esito, dà luogo ad una maggiore velocità in questa sezione. In *a*, *a* il tubo verticale ha numerosi fori che lasciano comunicare la colonna d'acqua colla atmosfera. Il moto discendente dell'acqua è trasmesso all'aria circostante, e questa è trascinata in basso con una velocità non molto differente da quella da cui è animata la colonna d'acqua, la quale, cadendo sul tasso T, si sparpaglia e sfugge pei due canali di fuga F ed F'. L'aria frattanto, trascinata in basso, aumenta di pressione e, non trovando altro sfogo fuorchè per il tubo S, è da questo condotta agli ugelli dei fuochi da fucina.

Il Venturi, sei anni più tardi che l'Accademia di Tolosa propose lo studio della questione, in un opuscolo in cui tratta ampiamente il principio della comunicazione laterale, applicandola alla spiegazione di varii fenomeni idraulici, spiega eziandio siccome l'aria spinta nei fuochi da fucina colle trombe eoliche riceva il suo moto per comunicazione laterale dalla colonna di acqua discendente. E ricordando le ipotesi di Kircher, Burthés (père) e Fabri, nel mentre fa osservare gli errori in cui caddero i due ultimi, e specialmente il Fabri, che attribuiva la corrente d'aria ad una scomposizione di una parte dell'acqua che ricade divisa dopo aver battuto sul tasso, rammenta che Kircher, fin dal 1662, spiegò in qual modo si produca quella corrente di aria che costantemente ha luogo attorno ad una colonna d'acqua che cada dall'alto. Egli successivamente spiega come il tasso facendo sparpagliare l'acqua non abbia altro ufficio che di separarla dall'aria che può essere in essa racchiusa.

Da ciò vediamo che se da lungo tempo esiste una applicazione della comunicazione laterale del moto, tuttavia settant'anni fa non si conosceva il principio fondamentale della macchina e non era possibile migliorarne la costruzione se non empiricamente. Ed in fatti, allorquando più tardi, col progredire delle scienze, si conobbe quanto piccolo sia il coefficiente di rendimento di questa macchina, e per altra parte come non si possono ottenere facilmente quelle pressioni assai più forti che molte fra le industrie moderne richiegono, tosto si abbandonò tal mezzo di comprimere l'aria e si ricorse a quegli altri numerosi apparecchi fra i quali primo si deve annoverare il compressore a tromba del Sommeiller.

## III.

Abbandonate le trombe eoliche dalla metallurgia, non conosco che altre applicazioni importanti siano state fatte insino al 1859, in cui i meccanici Giffard e Flaud immaginarono l'apparecchio conosciuto col nome di iniettore Giffard, destinato ad approvvigionare in un modo rapidissimo ed economico le caldaie a vapore dell'acqua loro occorrente; e tanta fu l'importanza dell'invenzione che nel marzo dello stesso anno già 8 apparecchi funzionavano sulle macchine della ferrovia dell'Est in Francia. La bontà e la massima economia dell'apparecchio lo rese comunissimo, ed in quello stesso modo che presso ogni locomotiva trovansi costantemente il manometro, gli indicatori del livello d'acqua, le valvole di sicurezza e simili mezzi di osservazione e di sicurezza, così ora più non si costruisce locomotiva di sorta che non sia provveduta dell'iniettore Giffard.

La fig. 2 rappresenta la sezione di uno di questi apparecchi fatta con un piano che passi pel suo asse. Varii sono i tipi di iniettori modificati dai diversi costruttori allo scopo di renderli più comodi a seconda del posto che debbono occupare; ma se, o per ragioni di solidità od altre dipendenti dall'uso che se ne vuol fare, la loro forma esterna può diversamente variare, non così è delle varie parti essenziali che costituiscono l'interno dell'apparecchio; credo perciò che il tipo scelto, quantunque sia di quelli fra i primi costrutti, tuttavia serve assai bene per poter avere una esatta idea del modo con cui agisce.

L è un tubo pel quale arriva il vapore dalla caldaia; il mastio R serve a moderarne od interromperne l'introduzione. Il vapore penetra da diversi fori nell'interno di un cilindro *c* verticale che va poi prendendo, verso l'estremo più basso, la forma conica e termina con una piccola luce circolare. Un'asta cilindrica, che occupa l'asse del cilindro, serve, colla sua punta conica, ad aumentare o diminuire l'area della corona circolare che rimane fra essa compresa ed il tubo conico convergente verso il basso. La manovella *n* è destinata appunto a farla avanzare o retrocedere per mezzo di una vite su di essa praticata. Il vapore, nell'uscire dal tubo C, passa tosto in un altro tubo conico convergente; uno spazio annulare E' E', che trovasi al vertice del secondo

tubo conico, lo separa da un terzo che però è conico divergente. L'asse dei tre coni essendo uno stesso, il vapore uscendo dal primo non trova ostacolo di sorta ad entrare nel terzo tubo che lo ricondurrebbe nella caldaia pel tubo I dopo aver sforzata la valvola S. Però all'estremità il primo tubo è circondato da uno spazio anulare E E comunicante da una parte, pel tubo T, col serbatoio d'acqua, e dall'altra, per lo spazio compreso fra la superficie esterna del primo cono e l'interno del secondo, colla corrente di vapore che si dirige verso il tubo I. La manovella *m*, per mezzo della vite annessa, è quella con cui si può fare variare appunto lo spazio compreso fra le accennate due superficie coniche.

Allorchè aperto il mastio R, si lascia entrare il vapore nell'apparecchio, l'aria contenuta nello spazio E E e nel tubo T, è trascinata anche verso I; la pressione esterna facendo tosto salire l'acqua pel tubo T, questa non tarda a trovarsi in contatto colla colonna di vapore e la condensa, e, prendendo la direzione di essa, si avvia pel tubo D, sforza la valvola ad alette S, e si introduce per I nella massa d'acqua contenuta nella caldaia. Allorquando l'apparecchio agisce bene, la colonna liquida deve attraversare compatta lo spazio intercetto fra i vertici smussati dei due ultimi coni; se ciò non avviene, parte dell'acqua cadrà nello spazio E' E'. Il tubo T' dà esito perciò all'acqua che può essere aspirata di troppo prima che l'apparecchio sia regolato ed anche al vapore che si condensa nei primi istanti dopo aperto il mastio R. In O O trovansi due lastre in vetro, attraverso le quali il macchinista può osservare se la colonna liquida presenta quei caratteri esterni che indicano che l'apparecchio opera in buone condizioni.

L'iniettore Giffard agisce indifferentemente tanto se si dispone orizzontalmente che verticalmente. Si pone su uno dei fianchi della caldaia, deve comunicare colla camera di vapore pel tubo L, colla camera d'acqua pel tubo I, col serbatoio alimentatore pel tubo T, coll'atmosfera pel tubo T'. Considerato quale apparecchio di alimentazione delle caldaie, egli è certamente il migliore di qualunque altro sia stato immaginato nello stesso tempo che ne è il più semplice e più ingegnoso. Con esso è possibile alimentare una caldaia a vapore anche allorquando gli stantuffi sono in riposo, il che era dieci anni fa impossibile per le locomotive e per tutte le altre caldaie alimentate solo da una pompa. Rispetto poi all'economia se si avverte che, pei principii ormai indiscutibili della teoria meccanica del calore, ogni lavoro motore e resi-

stente, ogni forza viva sviluppata o distrutta nei cangiamenti di volume o di stato dei corpi sono accompagnati da una perdita o produzione di calore equivalente, ben si vede come nell'iniettore Giffard, astrazione fatta delle perdite di calore per irradiazione o contatto col mezzo ambiente, il calore speso sarà precisamente equivalente al lavoro motore che corrisponde all'elevazione della quantità di acqua alimentatrice dal serbatoio ed alla resistenza che deve vincere per sforzare la valvola S che sopporta una pressione eguale a quella che ha luogo nella caldaia.

Conchiudendo, è un apparecchio teoricamente perfetto per le caldaie a vapore, e lo stesso Giffard, con accurate modificazioni, ha dimostrato praticamente che è possibile costruirlo in modo che i risultati ben di poco differiscano da quanto la teoria ci dice essere desiderabile. Ma però le macchine che si volessero con questo principio costruire, come bene fa notare il Combes, le quali fossero destinate all'elevazione dell'acqua per mezzo del vapore, o, più generalmente, che col mezzo del vapore dovessero servire a porre in moto una massa liquida o gassosa qualunque, non sarebbero certamente economiche. Il Combes infatti fa notare che se il vapore trascina  $m$  volte il suo peso d'acqua, la forza viva del getto è ridotta alla frazione  $\frac{1}{1+n}$  della forza viva da cui il vapore era primitivamente animato, dimodochè la forza viva perduta è la frazione  $\frac{n}{n+1}$  della primitiva: e questa perdita aumenta considerevolmente col rapporto del peso di fluido trascinato al peso del vapore, e, generalmente parlando, questo rapporto è assai grande.

Il Combes stesso propone un esempio ch'io riferisco.

Un getto di vapore, uscendo colla velocità dovuta alla pressione di 5 atmosfere, potrà trascinare insino a 50 volte il suo peso d'acqua ed elevarlo all'altezza di circa 6<sup>m</sup>. La perdita di lavoro motore sarebbe, in questo caso, rappresentata dai  $\frac{50}{51}$  del lavoro totale che il vapore avrebbe potuto fare agendo a piena pressione senza espansione e senza condensazione contro la pressione atmosferica esterna. Quest'enorme perdita di lavoro motore è tale da dissuadere senza dubbio chiunque dal volersi servire del vapore affine di imprimere a masse fluide il moto per comunicazione laterale.

## IV.

Le conclusioni or ora accennate sull'iniettore Giffard sono tali che quanti posteriormente vollero applicare con utile alle industrie il principio della comunicazione laterale del moto, abbandonato il vapore quale mezzo motore, pensarono potersi assai con vantaggio sostituire un liquido od un fluido compresso la cui temperatura non sia troppo diversa da quella del fluido condotto.

E, progredendo nell'applicazione, si sperimentò la comunicazione laterale fra un fluido in moto ed un ammasso dei corpi solidi assai smiuzzati. I risultati furono splendidissimi; l'arte del costruire ne trasse tosto vantaggi considerevoli sia dal lato economico che dal lato di un lavoro molto più celere.

Le fig. 3 e 4 rappresentano una draga idraulica immaginata dal signor Roberston di Glasgow. Sovra una barca H, costrutta in lamiera di ferro, è collocata una macchina a vapore colla quale si pone in moto una puleggia J<sup>2</sup> destinata a trasmetterlo, per mezzo di un cingolo, alla puleggia X inalberata sopra lo stesso asse di una pompa a forza centrifuga h, la quale pel tubo *i* *i*<sup>2</sup> assorbe l'acqua dallo stesso canale o fiume su cui galleggia la barca. Un innesto Y Y' è destinato a render indipendente l'asse della puleggia dall'asse della pompa. L'acqua assorbita è spinta, con una notevole pressione, nel tubo ABCC' foggiato ad U. Questo tubo è ritenuto alle sue estremità da un albero g' poggiate su due cuscinetti, destinato a permettere alla parte ricurva del tubo ad U di raggiungere il fondo del fiume o canale o porto da scavarsi. Nella parte ricurva il tubo trovasi per circa la lunghezza di 1 metro aperto; in quel tratto vi è annessa una cucchiara che si introduce nella sabbia fra i ciottoli e nel fango che costituiscono il fondo del corso di acqua. La catena che viene ad avvolgersi al verricello R tendendo a tirare la barca verso sinistra, obbliga la cucchiara ad internarsi nel fondo da scavarsi. La catena L sostiene nel suo mezzo il tubo ad U, essa è allungata od accorciata svolgendola od avvolgendola sul verricello K'.

La fig. 5, in iscala doppia, ci rappresenta una sezione del tubo ad U fatta con un piano che passi per il suo asse. Si scorge come in B

la sezione del tubo diminuisce di diametro, come pure in E il suo diametro sia di alquanto inferiore a quello che ha in C. La diminuzione di diametro in B è necessaria per aumentare la velocità dell'acqua poco prima del punto in cui dovrà perderne una parte nell'incontro delle materie a scavarsi; in E affinchè non vi sia pericolo che i ciottoli un po' grossi, passata la sezione d'ingresso in cui l'urto dell'acqua li può sforzare ad entrare, si arrestino a metà via ed impediscano all'apparecchio di funzionare. L'acqua compressa in *h*, ove il tubo rimane aperto, non può sfuggire perchè è mantenuta nella curva dalla forza centrifuga. La velocità dell'acqua diminuisce di assai poco insino al momento che sfugge dall'estremo C' del tubo di scarico; ogni materiale di dimensioni tali da oltrepassare la sezione E è elevato e scaricato all'altezza voluta. La corrente d'acqua è abbastanza potente da trascinare pezzi di ferraccio e disfare le masse di argilla compatta che talvolta possono riempire la cucchiaia. Da esperienze istituite con una di queste draghe si ottenne l'elevazione di una tonnellata di sabbia ogni 60' a 6 metri di altezza con un tubo di 10 centimetri; con un tubo poi di 30 centim. se ne sollevarono dalle 6 alle 7 tonnellate.

Facilmente si scorge come queste nuove draghe, mentre sono semplicissime, presentano numerosi vantaggi rispetto a qualunque altra macchina effossoria; esse costano meno delle norie più perfezionate, minore ne è la spesa di manutenzione e riparazione, poichè le soli parti che si consumano sono il tubo C' C e la cucchiaia; gli attriti numerosissimi che hanno luogo nelle comuni norie più non esistono: il peso delle grandi cucchieie è eliminato; è sempre facile infine aumentare la lunghezza del tubo ad U per raggiungere qualunque profondità, e si può nello stesso tempo facilmente introdurre in luoghi in cui nessuna altra macchina effossoria lo potè finora, perchè la barca pesca pochissimo in ragione della sua leggerezza.

È cosa generalmente nota che il 90 0/0 dei materiali a scavarsi è formato da sabbia, ciottoli e fango; queste draghe possono perciò adoperarsi nella maggior parte dei casi ed il prezzo dello scavo non è che di L. 0,20 al più.

Lo stesso costruttore Roberston applicò il sistema ad un apparecchio destinato a liberare i cinerai delle caldaie delle macchine a vapore marine dalle ceneri ivi ammucchiate, che prima d'ora era necessario di spegnere prima con acqua e poi con ceste trasportarle fuori del bastimento. Un apparecchio al tutto simile al tubo ad U della draga

or ora descritta trovasi presso il cineraio di ciascun forno del bastimento. Invece dell'acqua usasi iniettare vapore nello stesso tempo che lo scaldatore getta nella cucchiara le ceneri tolte dal focolare, la corrente d'aria e di vapore è sufficiente per trascinarvi, non che le ceneri, le scorie ed i corpi più pesanti che possono accidentalmente trovarsi fra esse, il tutto per un tubo è riversato nel mare. La quantità di vapore necessaria è uguale a quella che consumerebbe nello stesso tempo una macchina della forza di 6 cav. vap., ma siccome sono sufficienti 2' o 3' per scaricare tutte le ceneri prodotte in 6 ore di lavoro, la quantità di vapore spesa è di nessuna entità. Applicando questo apparecchio si evita l'inconveniente in cui si trovavano prima d'ora gli scaldatori di smorzare le ceneri coll'acqua e di salire ad ogni tratto sul ponte col pericolo di spargere sul cassero i detriti dei focolari ed incomodare i passeggeri. Analoga disposizione si può usare per le locomotive; le ceneri si scaricano in recipienti di ferro da vuotarsi poi in luogo favorevole senza pericolo di sorta.

## V.

Non mi resta che a fare alcuni cenni di un semplicissimo apparato immaginato dal dottore Fromentel di Gray, e dall'autore presentato al giudizio della società di incoraggiamento di Francia nella seduta del 10 giugno 1868.

La fig. 6 linearmente può offrire un'idea del medesimo.  $HG$  è un tubo verticale fisso.  $T$  è una spranga orizzontale che sostiene l'asta verticale  $Tm$ , questa, a sua volta, sostiene i due tubi che si incontrano rappresentati dalle linee  $ABCDEF$ , di cui uno verticale concentrico col tubo  $GH$ , l'altro orizzontale che incontra il primo ad angolo retto.  $ABC$  è un cono destinato a restringere la sezione del tubo  $AB$  verso il suo mezzo. Il tutto si può immaginare costruito in lamiera di ferro.

Gli è evidente che se una corrente di un fluido qualunque è spinta nella direzione della freccia nel tubo  $AB$ , la massa d'aria o di un altro fluido che si trova nel tubo  $GH$  sarà per comunicazione laterale trascinata colla colonna di fluido che corre orizzontalmente.

Si sa generalmente quante siano le difficoltà a superarsi per ottenere nell'interno di un bastimento una sufficiente aerazione, sia per togliere i miasmi che soventi vi si sviluppano, sia per alimentare i fuochi dei forni dei piroscafi. Fino ad ora pei bastimenti a vela provvedesi con specie di cammini di tela che inducono una leggiera corrente d'aria, pei battelli a vapore si ricorre al così detto zampillo di vapore che rappresenta una spesa giornaliera da non trascurarsi.

Il Fromentel propone sia applicato il suo apparecchio, che non mancherà certamente di dare ottimi risultati, tanto più che la velocità della corrente che entra pel cono CD, allorchando il battello è in viaggio, è assai notevole.

Per l'aerazione gratuita poi di alloggi, ospedali, scuole, caserme e simili luoghi di riunione, certamente non si può desiderare più semplice mezzo, poichè il tubo orizzontale si può dirigere in qualunque senso a seconda della direzione del vento.

Conchiudendo; da quanto brevemente finora ho esposto appare evidente che le applicazioni del fenomeno di cui si trattò sono generalmente molto utili; e l'economia che in quasi tutte fino ad ora si riscontrò essere accompagnata dalla importanza dei risultati deve animare gli ingegneri a moltiplicare le esperienze. Chi però voglia applicare questo principio dovrà accuratamente sempre badare all'economia; poichè, specialmente quando i due fluidi hanno diverse temperature, nulla vi ha di più facile che il disperdere una parte notevole del lavoro fatto per ottenere l'effetto richiesto.

BRACCO EMANUELE.

# TESI LIBERE

---

## MECCANICA APPLICATA ED IDRAULICA PRATICA

Freno dinamometrico di Prony.

---

## MACCHINE A VAPORE E FERROVIE

Equazione generale del moto dell'aria calda in un forno di caldaia a vapore.

---

## COSTRUZIONI

Minimo angolo che la parete laterale di un terrapieno con o senza sovraccarico può fare colla verticale affinchè non venga distrutta la coesione della terra.

---

## GEOMETRIA PRATICA

Descrizione e teoria del Planimetro polare di Amsler.

---

