

# L'INGEGNERIA CIVILE

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI  
E DEGLI INDUSTRIALI  
TORINO

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

### GEOMETRIA APPLICATA ALL'INDUSTRIA

#### PRINCIPI FONDAMENTALI DELLA GEOMETRIA DEI TESSUTI

per EDOARDO LUCAS

#### APPENDICE (\*)

Le dimostrazioni suesposte non richiedono che la conoscenza delle teorie più elementari dell'aritmetica; accenniamo in questa appendice ad alcuni altri risultati i quali richiedono qualche conoscenza un poco più elevata della teoria dei numeri. Incominceremo col teorema seguente:

**TEOREMA.** — *I centri di tre caselle qualunque d'uno scacchiere, di qualsiasi grandezza, non sono mai situati nei centri di un triangolo equilatero, nè nei vertici di un poligono regolare, che non sia il quadrato.*

In altri termini, qualunque siano i valori del modulo e dello spostamento di un raso, i punti di legamento non possono formare i vertici di un poligono regolare, tranne il quadrato.

Incomincerò dal ricordare qui la dimostrazione per il triangolo equilatero e per l'esagono regolare, che io diedi alla *Società Matematica di Francia* nella seduta del 7 novembre 1877.

Si osservi dapprima che, se si considera lo scacchiere come indefinito in tutti i sensi, il centro di una casella, uno dei suoi vertici od il mezzo di uno dei suoi lati è sempre un centro di simmetria. Indicando ora con A, B, C, i centri di tre caselle e supponendoli posti nei vertici di un triangolo equilatero, il mezzo M della linea BC è evidentemente posto in un centro di simmetria dello scacchiere, e conseguentemente il punto D, simmetrico del punto A per rispetto alla retta BC, o, ciò che fa lo stesso, simmetrico per rispetto al mezzo M di BC, è pure il centro di una casella.

Nel triangolo isoscele ABD, si ha d'altronde

$$\overline{AD}^2 = 3\overline{AB}^2;$$

ma, per la natura dello scacchiere, si ha

$$\overline{AB}^2 = a^2 + b^2 \quad \text{ed} \quad \overline{AD}^2 = c^2 + d^2$$

a, b, c, d, essendo numeri interi. Si avrà dunque

$$c^2 + d^2 = 3(a^2 + b^2),$$

ed in conseguenza, il numero 3 dividerebbe una somma di due quadrati, ciò che è impossibile, poichè, per un teorema molto noto, i divisori impari di una somma di due quadrati primi tra loro, sono numeri multipli di 4 aumentati dell'unità.

Il sig. LAISANT ha dato una dimostrazione elegantissima, molto più semplice, e molto più generale, poichè essa si applica a tutti i poligoni.

(\*) Alla memoria pubblicata nel n° precedente.

Infatti se si prende per asse delle  $x$  e delle  $y$  due rette parallele ai lati dello scacchiere, e passanti per il centro A, le tangenti degli angoli BAX, CAX sono razionali; lo stesso adunque dev'essere della tangente dell'angolo CAB; epperò l'angolo CAB non è una parte aliquota della circonferenza se non quando esso è un angolo retto.

Il *Bulletin de la Société Mathématique de France* dell'anno 1878 contiene risultati molto interessanti dei signori LAISANT, C. DE POLIGNAC e LAQUIERE, sulla *Géométrie des quinconces*, i cui principii si applicano, in massima parte, alla *geometria dei tessuti*.

#### NUMERO DEI RASI DI MODULO $2^\alpha$ .

Dimostreremo ora il teorema seguente:

**TEOREMA.** — *Se il modulo è una potenza di 2, ma l'esponente  $\alpha$  non è inferiore a 3, non vi può essere alcun raso quadrato; vi esiste un solo raso simmetrico, ed il numero totale dei rasi distinti è uguale, comprendendovi la saia, a:  $2^\alpha - 3 + 1$ .*

In fatti, non vi sono rasi quadrati, poichè lo spostamento  $a$  essendo impari si può porre

$$a = 4n \pm 1, \quad a^2 + 1 = 8n(2n \pm 1) + 1;$$

per conseguenza  $a^2 + 1$  non è divisibile per 8; e noi supporremo il modulo almeno uguale ad 8, perchè non esistono altri rasi, oltre la tela e la saia, aventi i moduli 2 e 4.

In secondo luogo non esiste che un solo raso simmetrico, od il suo complementare. In fatti, si deve avere

$$(a-1)(a+1) \equiv 0, \quad (\text{Mod. } 2^\alpha),$$

e, poichè i fattori  $a-1$  ed  $a+1$  la cui differenza è 2, hanno il 2 per il loro più grande comun divisore, si deve porre

$$a \pm 1 = 2^\alpha - 1.$$

In terzo luogo, il numero degli interi  $a$  inferiori al modulo, e primi con esso, è  $2^\alpha - 1$ ; e mettendo da parte i quattro valori

$$1, \quad 2^\alpha - 1, \quad 2^\alpha - 1 - 1, \quad 2^\alpha - 1 + 1,$$

che convengono alla saia ed al raso simmetrico, rimangono i due  $\frac{1}{4}(2^\alpha - 1 - 4)$ , o  $2^\alpha - 3 - 1$  per i rasi ordinarii ed in tutto  $2^\alpha - 3 + 1$  rasi.

#### NUMERO DEI RASI DI MODULO $p^\alpha$

Supponiamo che  $p$  sia un numero primo impari, e che  $\alpha$  sia almeno eguale a 2, poichè abbiamo trattato precedentemente il caso del modulo primo. Si ha allora la proposizione seguente:

**TEOREMA.** — Quando il modulo è una potenza di un numero primo impari  $p$ , non vi possono essere rasi simmetrici; ma vi ha sempre un raso quadrato ed uno solo, purchè il numero primo  $p$  sia multiplo di quattro più uno.

Frattanto non vi sono rasi simmetrici, poichè  $p^\alpha$  dividendo  $a^2 - 1$ , od il prodotto  $(a - 1)(a + 1)$ , dovrebbe dividere l'uno dei due fattori  $(a - 1)$  od  $(a + 1)$  che non possono avere altro divisore comune che la loro differenza 2; per cui avrebbersi solo  $a = 1$  od  $a = p^\alpha - 1$ , ossia avrebbersi solamente il disegno della saia.

In secondo luogo, non possono esistere, per il modulo  $p^\alpha$ , due rasi quadrati distinti. In fatti, se  $a^2 + 1$  e  $b^2 + 1$  sono divisibili per  $p^\alpha$ , lo stesso avverrà della loro differenza  $a^2 - b^2$ , ossia del prodotto  $(a - b)(a + b)$ . Ma i due fattori  $a + b$  ed  $a - b$  non hanno altri comuni divisori che quelli dividenti la loro somma  $2a$ , la quale è numero primo con  $p$ . Abbiamo adunque necessariamente  $a = b$  od  $a + b = p^\alpha$ , ossia abbiamo i rasi complementari.

In terzo luogo, il numero degli intieri  $a$  inferiori al modulo e primi con esso, è:

$$\phi(p^\alpha) = p^\alpha - 1(p - 1);$$

dunque, lasciando da parte i valori  $a = 1$  e  $a = p^\alpha - 1$  che ci danno la saia, restano

$$\phi(p^\alpha) - 2$$

valori di  $a$ .

Quando  $p$  è  $= 4q + 3$ , questo numero è esattamente divisibile per 4, e dà luogo a

$$\frac{\phi(p^\alpha) - 2}{4} \text{ rasi ordinari,}$$

essendochè non si possono avere rasi simmetrici, nè più di un raso quadrato.

Ma se  $p = 4q + 1$ , il numero  $\phi(p^\alpha) - 2$ , non è più multiplo di quattro, e quindi vi è un raso quadrato corrispondente.

Riassumendo:

1° Se  $p = 4q + 3$ , si hanno

$$\frac{\phi(p^\alpha) + 2}{4} \text{ rasi}$$

compresavi la saia.

2° Se  $p = 4q + 1$ , si hanno

$$\frac{\phi(p^\alpha)}{4} + 1 \text{ rasi}$$

fra cui un raso quadrato.

Ci rimane a far vedere come si possa trovare lo spostamento del raso quadrato di modulo  $p^\alpha$ , nel caso in cui si supponga  $p = 4q + 3$ . Perciò si può impiegare uno dei tre seguenti modi di procedere:

1° Indicando con  $a$  il valore dello spostamento del raso quadrato di modulo  $p^\alpha$ , e con  $x$  il valore dello spostamento del raso quadrato di modulo  $p^{\alpha+1}$ , si ha, per ipotesi, la relazione

$$a^2 + 1 = lp^\alpha,$$

nella quale  $l$  è conosciuto. Poniamo

$$x = a + yp^\alpha,$$

ed avremo

$$x^2 + 1 = (2ay + l)p^\alpha + y^2p^{2\alpha};$$

quindi, perchè  $x^2 + 1$  sia divisibile per  $p^{\alpha+1}$ , bisogna e basta che  $2ay + l$  sia divisibile per  $p$ ; si determinerà  $y$  dietro la proprietà fondamentale della progressione aritmetica, che è stata impiegata per la definizione del raso; e se ne dedurrà  $x$ .

2° Si può determinare direttamente lo spostamento  $x$  del raso quadrato di modulo  $p^\alpha$ , quando si conosce lo spostamento  $a$  del raso quadrato di modulo  $p$ , senza che sia necessario di passare per i moduli intermedi. Supponiamo di avere:

$$a^2 + 1 \equiv 0, \text{ (Mod. } p),$$

e notiamo  $\sqrt{-1}$  con  $i$ , avremo:

$$a^2 + 1 = (a + i)(a - i),$$

e per conseguenza

$$(a^2 + 1)^\alpha = (a + i)^\alpha (a - i)^\alpha.$$

Secondo la formola del binomio si troverà

$$(a + i)^\alpha = A + Bi,$$

A e B essendo conosciuti; ed in seguito

$$(a^2 + 1)^\alpha = A^2 + B^2 \equiv 0, \text{ (Mod. } p^\alpha).$$

Così il raso quadrato è determinato, procedendo di A in A linee, e di B in B colonne. Sia  $\beta$  l'associato del numero B nel modulo  $p^\alpha$ , ed avremo:

$$(A\beta)^2 + 1 \equiv 0, \text{ (Mod. } p^\alpha)$$

e così, lo spostamento del raso è il residuo della divisione di  $A\beta$  per  $p^\alpha$ .

3° Infine, si potrà impiegare l'elegante metodo delle equivalenze, dovuto al chiarissimo prof. G. BELLAVITIS, interpretando geometricamente i due metodi di calcolo ora indicati. Se la carta quadrettata è esattamente costrutta, questo metodo riesce senza dubbio grandemente preferibile in pratica a quello del calcolo. Ma noi lasceremo per ora da parte questo argomento.

#### NUMERO DEI RASI DI MODULO QUALUNQUE.

Indichiamo con  $m = 2^\alpha b^\beta c^\gamma \dots$  un modulo qualunque, decomposto nei suoi fattori primi, e poniamo

$$A = 2^\alpha, \quad B = b^\beta, \quad C = c^\gamma \dots$$

di tal guisa che sia  $m = ABC \dots$ , i numeri A, B, C... essendo primi tra loro. (Se  $m$  è impari,  $\alpha$  è nullo). No risolveremo anzitutto la questione seguente:

Trovare un valore di  $x$ , tale che abbiassi

$$(1) \begin{cases} x \equiv A_0, & \text{(Mod. A),} \\ x \equiv B_0, & \text{(Mod. B),} \\ x \equiv C_0, & \text{(Mod. C),} \\ \dots & \dots \end{cases}$$

Perciò, determineremo facilmente, servendoci della proposizione fondamentale della progressione aritmetica, dei

numeri  $r, s, t, \dots$  i quali verifichino le *congruenze* seguenti:

$$\frac{m}{A} r \equiv 1, \quad (\text{Mod. } A),$$

$$\frac{m}{B} s \equiv 1, \quad (\text{Mod. } B),$$

$$\frac{m}{C} t \equiv 1, \quad (\text{Mod. } C),$$

.....

Si avrà allora

$$x \equiv \frac{m}{A} A r + \frac{m}{B} B_0 s + \frac{m}{C} C_0 t + \dots \quad (\text{Mod. } m).$$

Per altra parte non esiste che un solo valore di  $x$  compreso tra 0 ed  $m$  il quale verifichi le congruenze date; poichè la differenza di due valori di  $x$  deve essere divisibile per  $m$ , dappoichè essa lo è per i numeri  $A, B, C, \dots$ , primi tra loro, come si vede riportandoci al sistema proposto.

La quale cosa premessa, indichiamo con  $X$  una delle due espressioni  $x^2 - 1$  od  $x^2 + 1$ . Affinchè il raso di spostamento  $x$  e di modulo  $m$  sia simmetrico, o quadrato, bisogna e basta che  $X$  sia divisibile per  $m$ , e quindi che sia separatamente divisibile per  $A, B, C, \dots$ ; questa conseguenza ci somministra le condizioni di esistenza di questi rasi. Noi vedremo subito che non vi possono essere rasi quadrati di modulo  $m$ , se uno dei numeri  $A, b, c, \dots$ , diviso per 4, dà per resto 0 o 3; supponiamo che ciò non sia, ed indichiamo con  $A_0, B_0, C_0, \dots$  i numeri che rendono

$$A_0^2 + 1, \quad B_0^2 + 1, \quad C_0^2 + 1, \quad \dots$$

divisibili per  $A, B, C, \dots$ ; questi numeri sono gli spostamenti dei rasi quadrati di modulo  $A, B, C, \dots$ . Designiamo ancora per  $A_0, B_0, C_0, \dots$  i numeri che rendono

$$A_0^2 - 1, \quad B_0^2 - 1, \quad C_0^2 - 1, \quad \dots$$

divisibili per  $A, B, C, \dots$ ; questi numeri sono gli spostamenti dei rasi simmetrici (o delle saie) di modulo  $A, B, C, \dots$  per modo che in questo caso avremo fra questi valori le relazioni:

$$A_0 \pm 1 = A, \quad B_0 \pm 1 = B, \quad C_0 \pm 1 = C, \quad \dots$$

Ed ora se noi determiniamo  $x$  col sistema (1), noi otterremo per  $x$  lo spostamento di un raso quadrato, o di un raso simmetrico di modulo  $m$ . D'altra parte è facile vedere che si ottengono così tutti gli spostamenti possibili di queste due varietà di rasi.

Inoltre il numero dei valori di  $x$  è uguale al numero dei sistemi di valori di  $A_0, B_0, C_0, \dots$ .

*Numero Q dei rasi quadrati di modulo m.* — Se  $m$  è impari, e contiene  $\mu$  fattori primi diversi, elevati a potenze qualunque, ma tutti della forma  $4q + 1$ , il numero dei valori di  $B_0, C_0, \dots$  è uguale a 2; dunque, noi otterremo così  $2^\mu$  valori di  $x$  complementari due a due, e per conseguenza, in questo caso,  $Q = 2^\mu - 1$ , per il numero dei rasi quadrati distinti.

Se il modulo  $m$  è doppio d'un numero impari, contenendo  $\mu$  fattori primi impari differenti, come qui sopra, il numero dei valori di  $A_0$  è l'unità, e si ha ancora  $Q = 2^\mu - 1$ .

Infine, se il modulo è divisibile per 4, non vi sono più rasi quadrati.

*Numero S dei rasi simmetrici di modulo m.* — Se  $m$  è impari e contiene  $\mu$  fattori primi diversi qualunque,

noi abbiamo due valori di  $B_0$ , cioè 1 e  $B - 1$ , e così pure, due valori di  $C_0, \dots$ . Quindi  $2^\mu$  valori di  $x$  complementari due a due, nel modulo  $m$ ; e per conseguenza, tenendo conto della saia, si avrà:  $S = 2^\mu - 1$ .

Lo stesso dicasi se il modulo è doppio di un impari. Così quando il modulo è una potenza di un numero primo impari, od il suo doppio, non vi ha altro raso simmetrico che la saia.

Quando il modulo è quadruplo di un impari, si hanno allora due valori per  $A_0$ , in luogo di un solo, cioè 1 e 3; e quindi  $S = 2^\mu$ .

Infine se il modulo è un multiplo di 8, il numero dei valori  $A_0$  è uguale a 4, come noi l'abbiamo veduto per il modulo  $2^\alpha$ ; quindi si ha in questo caso  $S = 2^\mu + 1$ .

*Numero O dei rasi ordinari di modulo m.* — Designando per  $\phi(m)$  l'indicatore di  $m$ , per  $Q$  ed  $S$  il numero dei rasi quadrati e dei rasi simmetrici, determinato come qui sopra, si ha evidentemente

$$O = \frac{\phi(m) - 2Q - 2S}{4}.$$

*Numero dei rasi distinti di modulo m.* — Designando per  $N$  il numero dei rasi distinti di modulo  $m$ , comprendendovi la saia ed i rasi simmetrici o quadrati corrispondenti, si ha

$$N = O + Q + S.$$

*Osservazione.* — Il più piccolo modulo per il quale esista nello stesso tempo un raso quadrato ed un raso simmetrico è 65; esso dà luogo a due rasi quadrati e ad un raso simmetrico.

La dimostrazione è facilissima, ma la cosa si può anche verificare sulla tabella dei disegni fondamentali.

Parigi, 15 gennaio 1880.

## TECNOLOGIA INDUSTRIALE

### FORNO A CALCE

ideato e costruito dall'Ing. N. RUGGERI.

Tra i vari sistemi di forni a calce attualmente in uso quello dell'Ing. Nicolò Ruggeri, di Tortona, è certamente uno dei migliori per razionalità di costruzione e bontà di risultati; epperò mi parve valesse la pena di pubblicarne un breve cenno.

Prima però di farne la descrizione, è d'uopo qui ricordare i principii fondamentali su cui è basata la trasformazione della pietra calcare in calce, ed i fenomeni che l'accompagnano.

Tutti sanno quale sia l'azione del fuoco sulle pietre calcari; costituite quasi completamente da carbonato di calce, il calore ha per effetto di scindere questo minerale ne' suoi componenti, in gas acido carbonico che si rende libero ed in ossido di calcio o calce.

Sebbene quest'operazione sembri facilissima, pur nondimeno i chimici ben sanno essere negli attuali forni impossibile ottenere una calce perfettamente cotta; e ciò, anzichè attribuirsi ad inesperienza ed inabilità di chi sorveglia l'operazione, devesi attribuire ad un fatto che sempre si verifica durante la cottura delle pietre calcari in massa; l'acido carbonico, che da esse si estrinseca in grande copia, assai più pesante del miscuglio dei gas prodotti dalla com-

Sezione AB

Sezione orizzontale MN.

Sezione CD

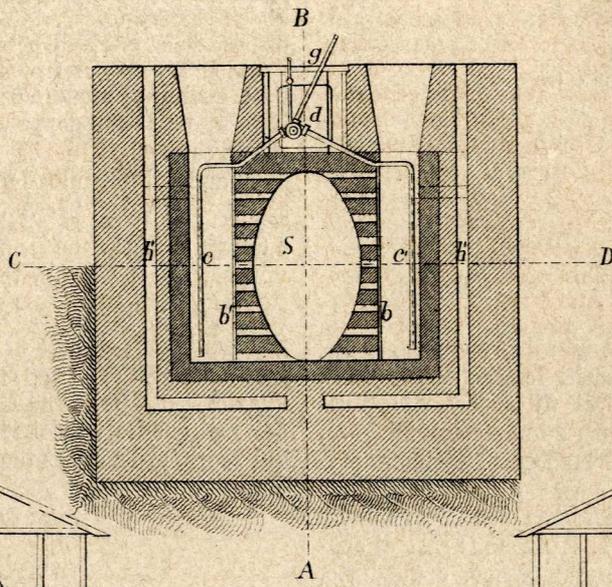


Fig. 24.

Scala di 0<sup>m</sup>,01 per metro

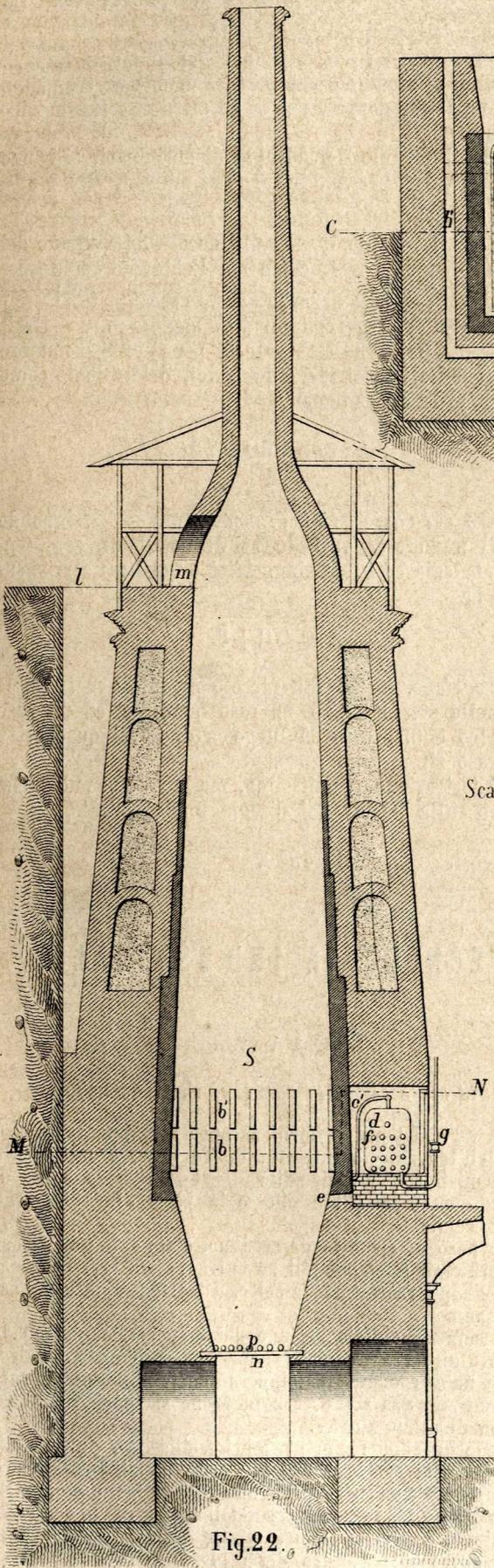


Fig. 22.

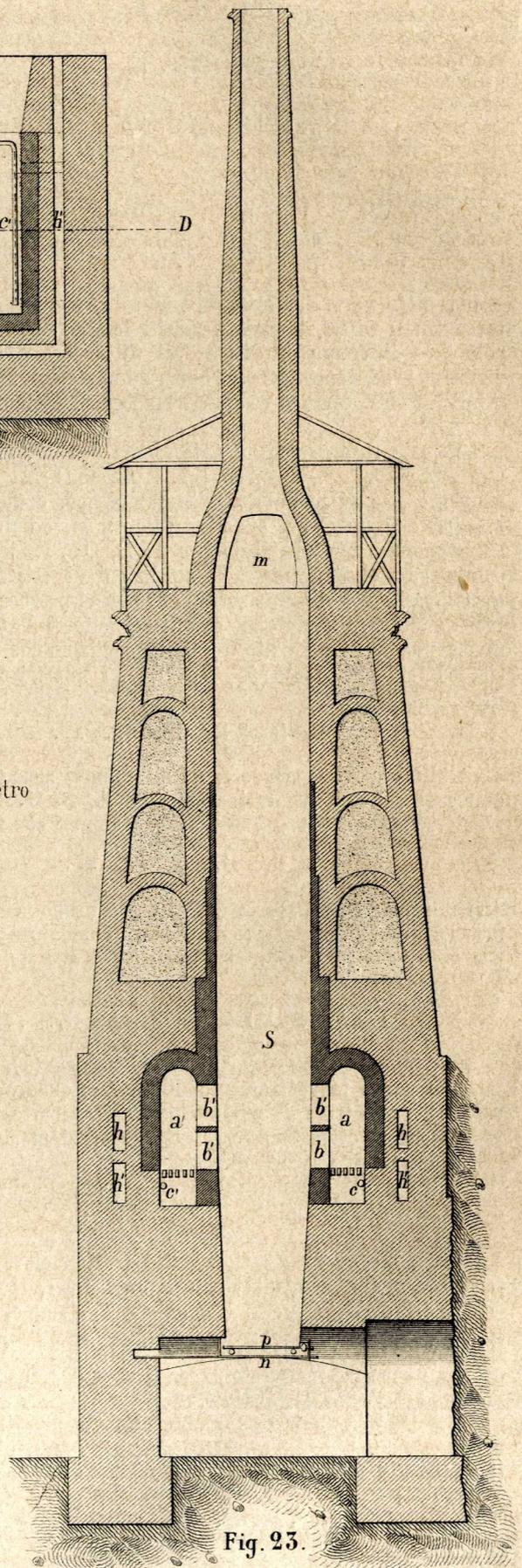


Fig. 23.

bustione, allorché si mescola con questi, ne aumenta la densità in modo, da ritardare grandemente la loro espansione dalla camera della cottura e da permettere quindi al nuovo acido carbonico che di continuo sviluppassi dal calcare sotto cottura, di avvolgere, per così dire, quest'ultimo in un'atmosfera di questo stesso gas.

Essendo pertanto impossibile, come la chimica ci dimostra, l'estrarsi dell'acido carbonico da un calcare, che trovasi involupato in un'atmosfera di quello, per quanto elevata ne sia la temperatura, riuscirà per ciò impossibile la perfetta cottura delle calci.

Ed in vero, esperienze istituite in proposito da valenti chimici, quali il francese Deville e l'alemanno Hall, dimostrarono che scaldando il carbonato di calce in un'atmosfera d'acido carbonico, ed in un tubo aperto ad una sola estremità (tale essendo appunto la forma pressoché generalmente adottata pei forni a calce) una sola piccola parte del calcare trasformavasi in calce, mentre se si calcinava questo stesso minerale in un tubo aperto alle due estremità (nell'interno del quale stabilivasi una corrente d'aria od immettevasi una corrente di vapor d'acqua), la decomposizione avveniva completamente.

Da ciò s'induce, che per ottenere la perfetta cottura delle calci, è d'uopo eliminare attorno al calcare sottoposto a cottura, l'atmosfera d'acido carbonico che l'involuppa, affinché il nuovo gas che si sprigiona dal calcare, trovi uno spazio libero ove potere espandersi.

Tale scopo potrebbesi in vero, raggiungere, aumentando il tirante dei forni; mezzo codesto, che seppure sembri il più ovvio, non è certo il più conveniente, ove pongasi mente al forte dispendio che quest'operazione importerebbe e più ancora all'infruttuoso spreco di combustibile a cui andrebbe incontro per rendere più attiva la combustione, poichè il maggior calore prodotto verrebbe per la maggior parte asportato via coi prodotti di questa.

L'Ing. Ruggeri pensò, che ove si riuscisse con poco dispendio, e senza gravi perdite di calore, a stabilire nella camera della cottura, una corrente continua d'un gas qualunque, colla quale si rinnovasse di continuo l'atmosfera d'acido carbonico che involge il calcare, avrebbe risolto completamente il problema.

Perciò approfittando dell'enorme quantità di calore emesso dalle pareti del muro circostante alla camera della cottura, pensò di praticare nella grossezza di questo un'apertura capace di contenere un piccolo generatore di vapore, e di condurre il vapore acqueo al disotto della griglia del focolare.

Mentre una parte di questo vapore a contatto del fuoco decomponendosi ne' suoi elementi, idrogeno ed ossigeno, rende più attiva la combustione, — l'ossigeno combinandosi col carbonio del combustibile, e l'idrogeno bruciando a sua volta — il restante vapore d'acqua trovandosi ad elevatissima temperatura, acquista grandissima tensione e diventa adattissimo a scacciare l'acido carbonico da tutti gli interstizii fra pietra e pietra esistenti.

Con ciò si ottiene pure il regolare funzionamento qualunque sia la specie dei combustibili così detti magri s'impieghi, essendo ottenuto lo scopo di farli egualmente bruciare con fiamma lunga.

Le figure 22, 23 e 24 rappresentano il sistema di forno privilegiato a fuoco continuo dell'Ing. Ruggeri.

aa' sono le camere della combustione comunicanti con quella della cottura S per mezzo di due serie di feritoie bb' poste superiormente l'una all'altra; d è la caldaia a vapore, che, come vedesi nelle figure, è interposta fra i focolari; da essa partono due tubulature cc' che si protendono sotto la griglia, e sono bucherellate per tutta la lunghezza di questa; un foro e mette in comunicazione la camera della cottura con quella della caldaia e serve ad attivare la vaporizzazione dell'acqua di questa, ove ciò sia necessario. La caldaia è munita di tutti gli accessori; è mantenuta nello stato di regime alla pressione di 14 d'atmosfera, ed è di tali dimensioni da renderne necessario il riempimento solamente una volta al giorno.

La combustione, come già dicemmo, viene pure alimen-

tata con aria calda, fatta pervenire sul focolare mediante due condotti hh praticati nelle pareti esterne di questi e comunicanti da una parte coll'aria esterna, dall'altra con due altri condotti h'h' sottoposti ai primi e facenti capo al disotto della griglia. In tal modo, per la circolazione dell'aria fredda in questi condotti, le pareti del focolare vengono continuamente raffreddate, con non poco vantaggio circa la loro durabilità.

Una fornace costruita su questo sistema, di proprietà dello stesso Ing. Ruggeri, e che da qualche tempo funziona nelle vicinanze della città di Tortona, diede splendidissimi risultati; le calci da questa provenienti riuscirono *perfettamente cotte*, e diedero quindi un rendimento in grassello superiore d'assai a quello di calci fornite da altre fornaci che fanno uso dello stesso calcare.

L'uso della piccola caldaia a vapore conduce a notevole risparmio di combustibile facendosi più completa la combustione in virtù della parziale decomposizione del vapor d'acqua, ed essendo continuamente rinnovata l'atmosfera attorno al calcare sotto cottura, per cui tutta la quantità di calore sviluppata nel combustibile è pressoché utilizzata nella cottura del calcare.

Tortona, 10 luglio 1880.

Ing. U. QUARLERI.

## MACCHINE A VAPORE E FERROVIE

### LE LOCOMOTIVE SENZA FOCOLARE PER TRAMWAYS.

(Veggasi le tav. IX e X).

I.

*Comunicazione dell'Ing. LEONE FRANCO di Parigi alla Istituzione degli Ingegneri Meccanici a Manchester.*

Un problema importante e difficile ad un tempo è tuttora presente alla mente degli ingegneri; ed è di trovar modo di rendere più conveniente ed economica la trazione meccanica per i tramways delle città e segnatamente per quelle ferrovie che disposte sulle strade ordinarie hanno preso perciò, ed a motivo di brevità, il nome oramai accettato di *ferrovie stradali*.

E non è questa soltanto una questione di economia nell'uso e nel senso ristretto della parola, essendoché si vuole ad un tempo trovar modo di servirsi della forza motrice del vapore anche là ove le macchine a fuoco incontrerebbero ostacoli e divieti ad essere impiegate.

Un ingegnere francese, il signor Leone Franco, ha da qualche tempo trovato modo di servirsi di un *motore a vapore senza focolare* per tutti i casi in cui sarebbesi diversamente obbligati, come si è fatto finora, a ricorrere per la necessaria forza motrice alla forza muscolare degli uomini e degli animali.

Oltrechè, è inutile dissimularlo, nel caso particolare dei tramways più ancora delle spese d'impianto e di manutenzione del materiale fisso lungo la via, le spese ingenti della trazione animale sono sempre il più grande ostacolo al desiderato successo.

Ma d'altra parte se vuolsi ricorrere alla trazione meccanica non bisogna dimenticare come questa esiga che il binario si trovi e si mantenga in uno stato di resistenza e di bontà ben diverso da quel che si sia fatto finora per uso delle vetture a trazione animale. È quindi evidente che all'eccesso di spesa che per questa parte ne risulta, debbasi pure cercare un compenso nella corrispondente economia della trazione meccanica. Or bene, ciò che vogliono dire le parole « fare economia » lo sappiamo tutti; esse vogliono dire, ridurre la spesa del personale, del combustibile, della manutenzione e del rinnovamento del materiale di trazione; fare insomma che l'annuità d'interesse e di ammortizzazione del capitale che è d'uopo consacrare per rendere attuabile ed efficiente l'applicazione delle macchine, sia in rapporto coll'utile che la trazione meccanica può dare.

Oltrecchè per le città abbiamo pur sempre la questione della sicurezza e segnatamente la questione d'igiene le quali non vogliono essere dimenticate. Ed il signor Francq si propose appunto di evitare l'uso delle macchine locomotive ordinarie, esposte al pericolo dell'esplosione, e le quali mandano per l'aria particelle incandescenti che possono eventualmente riescir moleste ai passeggeri ed anche occasionare incendi; ei si propose di sopprimere il bagliore del fuoco che di notte può dar ombra ai cavalli; ed il rumore del getto di vapore nel camino indispensabile al forzato richiamo dei gaz caldi e dell'aria attraverso il focolare, e lo sviluppo del fumo, della fuliggine e dei gaz deleterii; tutti inconvenienti abbastanza gravi che bisognerebbe assolutamente evitare nel pubblico interesse.

Per risolvere un problema così complesso il signor Francq è ricorso all'applicazione di un principio fisico molto conosciuto, secondo il quale *la temperatura d'ebollizione di un liquido che si riscalda, cresce o scema a seconda che aumenta o diminuisce la pressione esercitata sulla superficie del liquido riscaldato*. Ne risulta inversamente che in un recipiente chiuso, più si scalda il liquido e più nel recipiente si fa grande la pressione.

Per conseguenza, se in un serbatoio d'acqua chiuso e di pareti abbastanza resistenti, si riscalda acqua iniettandovi un getto di vapore, la pressione andrà gradatamente crescendo, dipendentemente dalla temperatura del liquido, la quale aumenta a misura che il vapore si condensa.

Tale è pure il principio sul quale si fonda la locomotiva senza focolare dell'ing. Francq.

In luogo di rinnovare di quando in quando la provvista dell'acqua e del carbone, si rinnova addirittura la provvista del vapore derivandolo nelle condizioni volute da generatori fissi.

Quando una macchina senza focolare ha ricevuto la sua provvigione di vapore, considerata dal punto di vista della teoria meccanica del calore, codesta macchina non è altro che un magazzino di calore, dal quale il calore che ad alto grado di temperatura è contenuto nell'acqua, deve essere estratto ed utilizzato allo stato di calore latente e specifico del vapore.

È d'uopo ancora notare che per mezzo della iniezione del vapore nell'acqua, si arriva effettivamente a portare quest'ultima e rapidamente ad una temperatura uniforme, mentre che da principio quando si provava a prendere dell'acqua calda in una caldaia fissa, non si ottenne mai l'intento.

#### Descrizione della macchina.

Le tavole XI e X rappresentano una macchina senza focolare del sistema Francq secondo il modello ultimamente adottato in seguito a molte prove.

La locomotiva si compone principalmente di un gran serbatoio cilindrico ad asse orizzontale in lamiera d'acciaio A, sormontato da un duomo A', e di un meccanismo motore analogo a quello delle locomotive ordinarie.

Il meccanismo ha dalla parte posteriore della macchina due cilindri B, i cui stantuffi col mezzo di nerbi motori C, fanno girare l'asse a gomito D delle ruote anteriori E, e per mezzo di tiranti d'accoppiamento C' anche le ruote posteriori E', inalberate sull'asse diritto D', e le quali pertanto diventano anch'esse ruote motrici.

Il meccanismo motore è posto internamente a due lungarine F costituenti le parti principali dell'intelaiatura in lamiera di ferro la quale sostiene tutta la macchina. Questa intelaiatura è contornata e protetta da un'altra parete verticale in lamiera F' rilegata alla piattaforma.

Il serbatoio cilindrico A può contenere più di 1800 litri d'acqua, che introdotta fredda nell'apparecchio, deve essere riscaldata ad una altissima temperatura prima della messa in moto della macchina e coll'aiuto di generatori fissi capaci essi stessi di produrre del vapore saturo alla pressione di oltre 16 atmosfere.

Si comprende che facendo passare da questi generatori fissi nel serbatoio A, una quantità sufficiente di vapore, l'acqua fredda che questo serbatoio contiene debba mettersi

in equilibrio di temperatura e di pressione; e se non vi fosse alcuna perdita di calore attraverso le pareti del serbatoio, le cose resterebbero in questo stato sino a che non si sia fatta una qualche presa esterna di vapore. Ma se si lascia fuggir via il vapore e se per conseguenza la pressione che si esercita sulla superficie dell'acqua prende a diminuire, anche la sua temperatura diminuirà poco a poco, e nuovo vapore andrà producendosi per rimpiazzare quello effluito e che gli ha permesso di svilupparsi.

Trovandosi il serbatoio A pieno d'acqua fino ad un determinato limite, il vapore che deve riscaldare quest'acqua arriva dai generatori fissi per un tubo *a* (fig. 1<sup>a</sup>) il quale è riunito da un raccordo filettato *a'*, al rubinetto a valvola G dal quale si diparte il tubo G' che attraversa la massa d'acqua, e che viene ad immergersi in un altro tubo orizzontale G<sup>2</sup> chiuso alle due estremità ma tutto traforato, secondo una generatrice superiore, in modo da presentare una linea di piccoli orifizi dai quali sfugge il vapore. Appena l'acqua è così ridotta dal vapore nelle condizioni di temperatura e di pressione volute, si stacca il tubo *a* e vi si sostituisce un semplice turacciolo girato da una impugnatura a vite.

Per fare la presa del vapore e distribuirlo nei cilindri motori, vi ha nell'interno della cupola A' un tubo *b* la cui estremità superiore elevata alla maggiore altezza possibile porta all'ingiro una serie di aperture longitudinali o finestre per le quali il vapore si può introdurre nel tubo. Questo tubo, ripiegandosi orizzontalmente, attraversa la parete frontale della caldaia per recarsi in un apparecchio denominato *camera d'espansione*.

Questo apparecchio (fig. 1, 3, 4 e 5) si compone di una prima parte H che è un semplice rubinetto a valvola e della camera d'espansione propriamente detta H' che ha per oggetto di distribuire il vapore nei cilindri a quella pressione costante che meglio si desidera e qualunque sia la pressione variabile del serbatoio.

Questa camera d'espansione è unita alla parete della cupola A' e nell'unione immettesi in un gran tubo I che traversando obliquamente il serbatoio e la massa d'acqua che vi è rinchiusa, ne esce alla parte inferiore terminando in un bossolo I' nel quale si muove una piccola valvola a cassetto *c* che serve alla messa in moto della macchina e quindi funziona da regolatore.

Gli organi di comando di questo apparecchio sono esternamente disposti in modo da poterlo fare funzionare egualmente dalle due parti della locomotiva; e questa combinazione permette non solamente di poter camminare nell'uno e nell'altro senso, ma di porre sempre il macchinista sul davanti.

Il tubo interno I che serve a condurre il vapore, atteso il suo grande diametro costituisce ad un tempo un serbatoio di vapore espanso, uscito dall'apparecchio H', il quale riceve dall'acqua calda del serbatoio nuovo calore, e così le piccole gocce d'acqua trascinate dal vapore possono vaporizzarsi anch'esse ed il vapore divenire asciutto pur rimanendo nei limiti di temperatura voluti, cioè tra i 130 ed i 200 gradi centigradi.

Nella distribuzione del vapore ai cilindri non c'è differenza dalle macchine consuete tranne che nel modo di funzionare.

La scarica non è più utilizzata ad attivare la combustione che non esiste, ma per evitare la nube del vapore ed il rumore, la scarica del vapore si fa in un condensatore ad aria, il quale consiste in un cilindro chiuso J, verticalmente disposto sulla caldaia ed attraversato da più di 600 tubi aperti alle due estremità perchè l'aria li possa liberamente percorrere di basso in alto. Il vapore dopo di aver funzionato nei cilindri si rende nella camera B' che è comune ai due cilindri (fig. 2<sup>a</sup>) e di dove parte il condotto B<sup>2</sup> il quale si incurva per assecondare la forma esteriore del serbatoio e venir introdotto nel condensatore. Detto tubo vedesi anche punteggiato nella fig. 1<sup>a</sup>.

Il vapore di scarica passa così ad occupare gli interstizii lasciati dai tubi J' e si condensa al loro contatto ricadendo in acqua sul fondo, di dove parte un condotto di piccioli

diametro che conduce il vapore così condensato in una cassa K sotto la piattaforma e di dove si ha cura di riprenderla più tardi per servirsene come di acqua d'alimentazione.

Ciò non di meno siccome la condensazione non è mai completa, così quel po' di nebbia che resta ancora nell'interno del condensatore si scarica nell'atmosfera da un tubo la cui estremità inferiore rimane sommersa, mentre la superiore o bocca d'efflusso esce dall'involucro che dissimula il condensatore.

La camera d'espansione è di bronzo. (fig. 3 a 5) Nella parte orizzontale H contiene la valvola *h* regolata a mano per il suo fusto filettato, munito a questo effetto del volante-manubrio *M*. Questa camera d'introduzione comunica per la sua tubatura col condotto *b* (fig. 1<sup>a</sup>) dal quale ha luogo la presa del vapore alla parte superiore della cupola *A'*; e la valvola *h* essendo aperta, il vapore penetra per il condotto *i* che contorna il gambo della valvola doppia *i'*, fra le due sedi. Questa valvola è nell'interno della camera *H'* la quale porta alla parte superiore un tubo *h<sup>2</sup>* di comunicazione immediata col grande tubo del vapore *I* che attraversa l'acqua calda e nel quale il vapore deve espandersi prima di arrivare nel bossolo *I'* dove funziona il registro del regolatore.

La valvola doppia *i'* è munita alla parte inferiore di un gambo cilindrico il quale presenta nella parte rigonfiata delle scanalature anulari per modo da formare una lunga *guarnitura*, e fa ad un tempo funzione di stantuffo nel tubo che forma il prolungamento del compartimento *H'*. Questo stantuffo, per mezzo dell'asta inferiore *k'* si ricongiunge a snodo ad una leva *l* il cui punto d'articolazione è preso sopra un'orecchia fusa d'un pezzo col tubo cilindrico.

Per altra parte alla estremità superiore della camera *H'* si trova avvitato un braccio orizzontale che serve di sostegno alla articolazione di una scatola cilindrica *L* che rinchiude una molla e costituisce una vera bilancia analoga a quelle che d'ordinario si applicano alle valvole di sicurezza delle locomotive.

L'estremità inferiore mobile di questa molla termina in una snodatura *l'*, la quale è impegnata col braccio di leva leggermente arcuato *L'*. Cosicché l'azione della molla è di tendere a mantenere costantemente aperta la valvola doppia *i'* ossia i suoi dischi elevati al disopra delle proprie sedi.

Suppongasi ora aperta la valvola *i'*; essa permette l'introduzione del vapore ad alta pressione per il canale *i* nella camera *H'*, e di là per il canale superiore nel grande tubo d'espansione e di riscaldamento *I*; ma, nello stesso tempo, questo vapore esercita la sua pressione sopra lo stantuffo *k* e vincendo lo sforzo esercitato dalla molla della bilancia *L*, lo stantuffo si abbassa, obbligando immediatamente la valvola *i'* a chiudersi.

Non entrandovi più nuovo vapore, quello che ha potuto penetrare nel gran tubo *I* prende ad espandersi ed è ammesso ad esercitare la sua azione sopra lo stantuffo dei cilindri motori. Ma subito che la depressione è sufficiente, lo sforzo che la bilancia costantemente esercita si fa predominante, e la valvola *i'* essendo di nuovo sollevata, ha luogo l'introduzione di nuovo vapore ad alta pressione e gli stessi effetti si riproducono. Codesti apparecchi funzionano così bene che mentre la locomotiva cammina, la valvola *i'* eseguisce una serie di pulsazioni in corrispondenza quasi esatta colle oscillazioni degli stantuffi motori.

E siccome è necessario per diversi motivi, e principalmente perchè occorre esercitare un più grande sforzo per la messa in moto della macchina, o per superare una salita, che l'azione della bilancia possa essere modificata e che la medesima sia messa in rapporto col grado di espansione che si vuole produrre; così per la disposizione stessa della bilancia *L*, e della leva intermediaria *l* colla quale essa agisce sullo stantuffo *k*, ne segue necessariamente che lo sforzo dalla bilancia esercitato trovasi moltiplicato in diversi rapporti, a seconda che il punto d'attacco della leva alla bilancia trovasi ad una distanza più o meno grande dal punto d'articolazione della leva *l*.

È precisamente cangiando la posizione di questo punto di attacco che si modifica il grado di espansione; e ciò è ottenuto spostando la bilancia stessa, e facendole descrivere un certo angolo intorno al punto di articolazione posto alla parte superiore della scatola *H*.

A tale effetto la congiunzione fra la bilancia e la leva *l* è ottenuta col mezzo di un tirante *L'* vincolato ad una leva di comando *M* applicata contro di un settore *m*, e con disposizioni analoghe a quelle di un meccanismo per il cambiamento di marcia di una locomotiva ordinaria. In tal modo si può condurre a volontà la estremità operante della bilancia nelle diverse posizioni determinate dall'estremità del braccio di leva *L'*, alcune delle quali si trovano indicate con linee punteggiate sulla figura, e le quali posizioni corrispondono a 3, 4, 5, 6 e 7 atmosfere e più se si vuole.

I risultati di questa disposizione sono evidenti; e, per esempio, se la bilancia si trova trasportata verso l'estremità della leva *l*, lo sforzo che essa esercita sullo stantuffo *k* corrispondendo a 7 atmosfere, sarà massimo, e la pressione dovrà elevarsi nell'interno della camera *H'* di tanto quanto è necessario per farvi equilibrio e per ottenere la caduta ossia la chiusura della valvola *i'*. Che se al contrario la bilancia si trova ravvicinata al punto di articolazione della leva *l*, si otterrà necessariamente l'effetto opposto, vale a dire il cammino della locomotiva alla più debole pressione possibile, ossia a quella di 3 atmosfere circa.

Il comando di questo apparecchio può farsi indifferentemente dall'una all'altra estremità della macchina; e lo stesso dicasi per il comando del regolatore *G* (fig. 1<sup>a</sup>), per il meccanismo del cambiamento di marcia e per i freni, siccome risulta dalla semplice ispezione dei disegni.

A completare la descrizione, rimane ancora a far cenno di un diaframma orizzontale in lamiera traforata *d* (fig. 1<sup>a</sup>) posto inferiormente nel duomo del vapore e destinato ad arrestare l'acqua che il vapore può meccanicamente trascinarsi seco. Occorre inoltre denotare l'involucro speciale destinato ad impedire le perdite del calore interno del serbatoio, e l'impiego dei manometri indicanti la pressione che regna nel serbatoio per una parte e nel tubo d'espansione del vapore per l'altra.

Per constatare la quantità d'acqua esistente nel serbatoio prima o dopo il servizio della macchina si fa uso di un indicatore del livello. Un serbatoio d'acqua *K* trovasi assicurato all'intelaiatura *F*, e in esso arrivano il vapore e l'acqua di condensazione dei rubinetti purgatori e del condensatore per mezzo dei tubi *j* ed *r* (fig. 1<sup>a</sup>). Questo serbatoio è provvisto di un rubinetto *r'* che si comanda dalla piattaforma. L'attacco della macchina alle vetture può effettuarsi alle due estremità, ed è ottenuto col mezzo di sbarre fatte di due pezzi *R<sup>1</sup>* ed *R<sup>2</sup>* (fig. 1<sup>a</sup>), la cui unione ha luogo per l'intermediario di una molla; il pezzo *R<sup>1</sup>* è unito in modo fisso all'intelaiatura in *S* per mezzo di un ferro a *T* e l'altro pezzo *R<sup>2</sup>* finisce in una specie di occhio destinato a ricevere una chiavarda *s'* per mezzo della quale è assicurato l'attacco al veicolo.

Ecco alcune cifre relative ai due tipi di macchine costruiti a Parigi ed a Leeds:

	Macchina di Parigi	Macchina di Leeds
Pressione nel serbatoio d'acqua	15	16
Volume d'acqua utilizzabile in litri	1800	1820
Numero dei tubi del condensatore	603	950
Diametro esterno di questi tubi	m. 0,025	0,025
Superficie di raffreddamento totale	mq. 37,63	90,00
Peso della macchina vuota	tonn. 6,78	7,00
Peso della macchina in servizio	» 8,745	8,75
Diametro dello stantuffo	m. 0,230	0,225
Corsa degli stantuffi	» 0,250	0,300
Diametro delle ruote	» 0,750	0,76

Adottando il coefficiente di 1/7 al minimo per l'aderenza sui regoli, la forza di trazione, stando al peso della mac-

china di Parigi è di 1250 chilog. La potenza di trazione alla periferia delle ruote, in seguito alla formola:

$$\frac{d^2 r}{D} \times P \times 0,65$$

risulta eguale a

343	chilog. lavorandosi a	3	chilog. di pressione
573	»	5	»
802	»	7	»
1031	»	9	»

Questo tipo di macchina è stato studiato per una linea sulla quale il ritorno può aver luogo alla pressione di 3 chilogrammi. Il peso lordo del treno rimorchiato, può essere ancora di 26 tonnellate, ammettendosi una resistenza di 8 chilogrammi per tonnellata. La velocità può raggiungere i 20 chilometri all'ora.

Ne risulta, che se si vuole utilizzare la variazione di potenza del motore, fornita dall'apparecchio di espansione per il caso di una rampa o di altra qualsiasi resistenza accidentale, ciò deve potersi ottenere quando la pressione del serbatoio è ancora molto superiore a quella di 3 chilogrammi.

Nel caso di linee accidentali, queste macchine debbono essere disposte in diverso modo. Il meccanismo vuol essere così stabilito, che la macchina si trovi in condizioni di potenza e di velocità soddisfacenti anche su di una rampa e la quale si incontrasse quando la provvista di vapore nel serbatoio sia presso a toccare il suo limite minimo.

Si deve considerare come limite minimo una pressione di 3 chilogrammi circa, dappoiché si hanno ancora vantaggi ad utilizzare convenevolmente il vapore nei cilindri ad una pressione fra 3 e 4 atmosfere qualora esso sia ben secco.

**Generatore fisso del vapore.** — Le caldaie stazionarie primitivamente adottate per alimentare le locomotive senza focolare del tramway a vapore di Rueil a Marly-le-Roi (presso Parigi) erano caldaie tubolari sul tipo di quelle da locomotive e presentano qualche particolarità.

I signori Cail e Comp., costruttori a Parigi, provarono ad applicare codesto tipo che loro appartiene, e che ha dato risultati accettabili. Tuttavia non è il vero modello da impiegarsi per l'alimentazione delle locomotive senza focolare; essendochè occorrono caldaie di facile manutenzione, di grande capacità per l'acqua e di grande superficie di riscaldamento, caldaie a sezioni indipendenti, e di prezzo poco elevato, ed anche munite di un sistema di alimentazione potente e sicuro.

Le condizioni delle caldaie Cail, sono le seguenti:

Superficie di riscaldamento totale	50mq.,89
Superficie della graticola	0mq.,93
Volume d'acqua	2mc.,845
Volume di vapore	2mc.,000
Timbro	17 chilogr.
Produzione di vapore all'ora	750 chilogr.

Il potere di vaporizzazione è di 13 chilogrammi d'acqua per metro quadrato di superficie di riscaldamento. Si possono caricare almeno 3 locomotive all'ora, la durata della carica è di 18 minuti quando non si fa lavorare che un solo generatore senza fatica.

Il consumo in media del carbone è stato, e dovrebbe essere, di 1000 chilog. in 24 ore, di cui 22 ore di funzionamento regolare, e trovandosi i generatori in condizioni normali.

In pratica, il consumo ha oltrepassato i 1200 chilog. e si avevano da alimentare 3 locomotive in due ore, mentre se ne sarebbero potute alimentare 3 di più, nello stesso spazio di tempo.

Le esperienze hanno provato che codesti generatori producono 8 chilog. di vapore almeno per chilog. di combustibile. Per l'alimentazione di una locomotiva si richiede da 115 a 120 chilog. circa di vapore. Dietro il numero delle alimentazioni possibili, si può dedurre che la consumazione

totale del vapore in un giorno è di 7000 chilogrammi al massimo.

Questa quantità di vapore corrisponde ad un consumo utile di 875 chilog. di carbone, o di 900 chilog. se si vuole, in cifra rotonda. Vi sono dunque 300 chilog. di combustibile bruciato inutilmente nell'intervallo delle cariche.

Per un tramway, il quale richieda che l'alimentazione si faccia senza interruzione, il consumo di combustibile potrebbe essere molto minore che a Port-Marly. Se sulla linea di Rueil a Marly si caricassero ogni due ore 6 locomotive invece di 3, se il percorso chilometrico del treno fosse doppio, il consumo di carbone per ogni chilometro percorso dal treno sarebbe solamente di chilog. 2,18.

Questa cifra è ben diversa dal consumo reale di locomotive a fuoco, le quali rimorchiassero un treno dello stesso peso (36 tonnellate), compresi la locomotiva.

#### Risultati tecnici.

La teoria delle locomotive senza focolare è stata esposta dal signor Piarron di Montdesir e dal signor Lavoine nelle *Annales des Ponts et Chaussées*.

L'autore ha riprodotto la teoria del signor di Montdesir nell'opuscolo ch'egli ha pubblicato, col titolo: *La locomotive sans foyer*, presso lo stesso editore Dunod. Risulta da questa teoria che mantenendo la pressione fra i limiti di 13 a 3 chilog. il rendimento di ciascun chilog. di acqua alla trazione è di 1500 chilogrammi.

In seguito a numerosi esperimenti fatti a Parigi nel 1876 dalla Commissione istituita dal Ministro dei lavori pubblici sul tramway che dalla chiesa di Sant'Agostino va a Neuilly, e poscia sulla linea di Rueil a Marly-le-roi, si hanno i seguenti risultati.

Sulla prima di queste linee, il peso lordo del treno era di 12,000 chilog. nell'andata e di 11,800 chilog. nel ritorno. La distanza dell'andata era di 4300 metri, tanto per l'andata che per il ritorno; la velocità, raggiunta, di 12, 13 e 15 chilometri all'ora, il peso iniziale dell'acqua nel serbatoio di 1600 chilogrammi. La partenza ebbe luogo colla pressione di chilog. 1,02; al ritorno rimanevano ancora indicati dal manometro 5 chilog. di pressione. Risulta dalla relazione ufficiale presentata al Ministero dei Lavori Pubblici, in data 16 luglio 1876, che il lavoro resistente nell'andata è stato di 564,000 chilogrammi, e nel ritorno di 476,000 chilogrammi; che il lavoro teorico del vapore fu di 915,810 chilogrammi nell'andata e di 677,600 nel ritorno. — Il lavoro utile nell'andata fu adunque del 61,6 per cento, e nel ritorno del 70,2 per cento, ossia in media 65,9, circa i 2/3.

Conviene osservare, che il rendimento si è verificato minore nelle alte che nelle basse pressioni, ma bisogna pur dire che non vi era apparecchio di espansione, e che il vapore non era riscaldato prima di giungere ai cilindri.

Sulla linea di Rueil a Marly-le-roi, la macchina tipo del 1877, che fu descritta più sopra, ha rimorchiato nel 1878 un treno del peso lordo di 18,750 chilog. La pressione alla partenza era di 14 chilog., ed all'arrivo di 2.

In agosto del 1879, fra gli stessi limiti di pressione e con 2000 litri di acqua al massimo, le stesse macchine, che non erano più nuove come l'anno precedente, hanno rimorchiato un treno composto della macchina che pesava in servizio 8700 chilog., e di 4 vetture pesanti insieme 11,000 chilog. oltre a 295 viaggiatori, ossia in totale 19,000 chilog. circa, ed in totale un peso lordo di 38,700 chilogrammi per un percorso, tra andata e ritorno, di 14,850 metri, di cui parte in piano e parte in declività e salite.

Dopo ciò, adottando un coefficiente di trazione di 7 chilogrammi per tonnellata, e tenendo conto delle 54 curve di cui molte non hanno che 30 metri di raggio, e di circa 30 fermate, il lavoro resistente totale è di 3,816,450 chilogrammi. Questo numero può essere modificato, ma è difficile ammettere che possa essere minore per la diminuzione del coefficiente medio di resistenza alla trazione su di un binario a regoli salienti e disposto sul margine di una strada ordinaria.

Il lavoro teorico del vapore immagazzinato nei 2000 chilogrammi d'acqua, stando ai coefficienti somministrati da esperimenti fatti sul vapore, sarebbe di 4,482,000 chilogrammetri. Donde una differenza fra il lavoro teorico ed il lavoro resistente, di 665,550 chilogrammetri, ossia del 15 0/0 circa che rappresenterà le perdite di calore e la resistenza del meccanismo.

Ma poichè è inammissibile che un motore consumi per il proprio meccanismo solamente il 15 0/0 del lavoro teorico (\*), si può ammettere che il lavoro teorico deve essere più elevato di 4,482,000 chilogrammetri e che l'eccedenza dev'essere attribuita all'apparecchio di espansione, all'aver impiegato il vapore ad una pressione fra 3 e 4 atmosfere ed al suo preventivo sovrariscaldamento.

Ed è infatti incontestabile, che l'acqua trascinata allo stato vescicolare, se il vapore viene dilatato e sovrariscaldato, non esercita più la sua pernicioso azione nei cilindri, ed i macchinisti se ne rendono conto, inquantochè essi non hanno mai, o ben di rado, bisogno di aprire i rubinetti purgatori durante la marcia.

La differenza rilevata tra i risultati del 1878 e quelli del 1879, trova spiegazione in ciò che le locomotive, i veicoli, e la via, non esercitavano più la considerevole resistenza d'attrito che si incontra in qualsiasi materiale nuovo, e, d'altra parte, eransi adoperati altri mezzi nuovi, per riscaldare intieramente ed uniformemente la massa d'acqua del serbatoio, ciò che prima non erasi ottenuto in modo abbastanza soddisfacente.

#### Economia e funzionamento.

Dal punto di vista delle spese, i vantaggi della locomotiva senza focolare riescono bene caratterizzati sul tramway da Rueil a Marly, per il quale non si ha che una partenza all'ora.

Il generatore fisso ammette, infatti, l'impiego di un qualsiasi combustibile (questo è prezioso per alcuni paesi) di qualità più o meno buona. Quando per i tramways, ad esempio, il generatore fisso funziona senza interruzione, allora si ha sulle locomotive ordinarie il vantaggio di produrre una maggiore quantità di vapore, con la stessa quantità di combustibile, di pagare questo combustibile molto meno caro e di poterne meglio sorvegliare l'impiego.

La locomotiva senza focolare è facilmente condotta da un sol uomo, nè si richiedono speciali abilità. Da questa parte ne risulta una economia sulla spesa dei fuochisti per le locomotive, che sono più numerosi di quelli che si devono impiegare attorno alle caldaie fisse; ed anche un'economia sul salario del macchinista conduttore.

La principale economia, si trova infine nella riduzione delle spese di manutenzione e di riparazione che si incontrano per le locomotive dei tramways aventi il loro focolare e la caldaia tubolare.

La fatica straordinaria che queste macchine provano sulle vie di ferro, li mette ben presto fuori servizio.

Per effetto del fuoco, le fughe sono frequenti e le perdite di tempo e di denaro importanti. Mentre che il serbatoio ad acqua calda della locomotiva senza focolare ha durata infinita, quando è ben costrutta, quando le connessioni sono ben eseguite, non v'ha danno possibile. La cenere del focolare non è più là per corrodere gli organi meccanici costosi a rimpiazzarsi, ma si dispone il meccanismo in modo da metterlo al ricovero dalla polvere della via.

Riepilogando, il consumo di combustibile è minore ed il prezzo di costo del medesimo meno elevato; le spese del personale meno importanti, le spese di riparazione, di manutenzione e di rinnovamento meno considerevoli.

Ammettendo che per gli altri oggetti di consumo non siavi differenza sensibile, l'economia generale del sistema, fatta deduzione dell'interesse e dell'ammortimento per l'impianto della caldaia fissa, e di cui bisogna tener conto, appare evidente.

Di più la Compagnia che ha fatto la linea da Rueil a Marly-le-Roi, nel 1878, dichiara nel suo rapporto agli azio-

nisti che la trazione chilometrica, per rimorchiare un treno di 4 vetture, le ha costato per ogni macchina senza focolare, sistema Franq, franchi 0,49, e per ogni locomotiva a fuoco ordinaria, franchi 0,63.

E vuolsi ancora notare che nel prezzo di lire 0,49 sono compresi i salari dei fuochisti posti sulle locomotive senza focolare, non essendosi tolta ancora l'obbligazione che risulta dai capitoli d'onere imposti dal Governo all'esercizio.

E si noti che nella cifra di franchi 0,49 vi sono pure i salari del macchinista, dell'aiutante-macchinista, del fuochista, e dell'aiutante-fuochista alle caldaie fisse, dei caricatori, visitatori, pulitori delle macchine, v'è la spesa del combustibile ed altre sostanze, v'è quella per l'illuminazione delle macchine e delle caldaie, lo stipendio degli impiegati e del capo deposito, il servizio dell'acqua, e le spese di manutenzione, riparazione e rinnovamento delle macchine e dei generatori.

Per i tramways delle città dove può occorrere un gran numero di locomotive alimentate da una potente batteria di caldaie fisse, l'economia sarà tanto maggiore quanto è più grande il numero dei motori.

Il prezzo della trazione per chilometro, sarà certamente inferiore a franchi 0,40.

Checchè ne sia, si può affermare molto liberamente, a priori, che il costo della trazione colle locomotive senza focolare sarà sempre inferiore al costo della trazione colle macchine a fuoco, semprechè la partenza abbia luogo almeno una volta all'ora.

Anche impiegando locomotive ad aria compressa, il costo sarà sempre superiore, in ogni caso, a quello delle locomotive senza focolare.

Senza che sia necessario distender cifre, non è evidente, infatti che per comprimere l'aria, bisogna ricorrere a macchine di compressione ed a serbatoi d'aria compressa; che le macchine fisse dovranno essere alimentate da caldaie fisse a vapore, e che le locomotive ad aria compressa dovranno essere inevitabilmente munite di un riscaldatore?

Ed è facile vedere quale differenza esista fra la locomotiva senza focolare e la macchina ad aria compressa.

Ammettendo che le caldaie e le macchine di trazione dalle due parti siano egualmente perfette, l'uso dell'aria compressa vuole in supplemento le macchine per la compressione dell'aria, oltre agli apparecchi e provviste per il suo riscaldamento nell'atto di funzionare. Qualunque sia il grado di perfezionamento delle macchine di compressione, bisognerà sempre considerare come perduto (questo è elementare) il calore sviluppato durante la compressione dell'aria, oltrechè vi ha una certa quantità di lavoro, assorbito dalle macchine di compressione, ed occorre somministrare calore per combattere l'effetto refrigerante dell'aria mentre si espande nei cilindri motori.

Per conseguenza volendosi sviluppare un uguale lavoro di trazione, occorrono per le locomotive ad aria compressa, caldaie più potenti (di 30 0/0 almeno), macchine di compressione, serbatoi d'aria, ecc. — Epperò eccesso di spese per l'impianto e per l'alimentazione delle caldaie fisse, spese in più per l'installazione, la condotta e la manutenzione dei compressori, dei serbatoi d'aria compressa e per provvedere al riscaldamento dell'aria. — È dunque evidente che il lavoro immagazzinato all'atto della partenza nelle locomotive ad aria compressa, per un lavoro uguale di trazione, costa più caro, a priori, che il lavoro immagazzinato nelle caldaie fisse e destinate all'alimentazione delle locomotive senza focolare.

Si è cercato di dimostrare il contrario, ma tutti sanno quanto sia facile sviluppare una serie di calcoli per arrivare a risultati assurdi.

Mentre il ragionamento che precede, nella sua semplicità, non può a meno che essere compreso da tutti e non sarà oppugnato da alcuno, non più della conclusione che ne deriva.

Intanto, per completare, è d'uopo ancora far osservare, che se le locomotive ad aria compressa godono anch'esse del vantaggio di essere condotte da un solo uomo, è indubitabile che esse non presentano nelle loro disposizioni e

(\*) Su codesto modo di calcolare il lavoro teorico, l'Ingegneria riservasi di ritornare in apposito articolo.

nella loro manutenzione la semplicità della locomotiva senza focolare.

Si fa un buonissimo giunto a vapore, mentre è sempre pessimo nel caso di aria compressa ad alta pressione.

Da questo lato bisogna adunque aspettarsi difficoltà pratiche molto grandi. Quale vantaggio resta all'aria compressa? Il vantaggio essenziale che la macchina circolerà nelle pubbliche vie senza emettere vapore.

Questo vantaggio può essere egualmente ottenuto dalla locomotiva senza focolare condensando con mezzi noti tutto il vapore; abbenchè la semplicità e l'economia sieno condizioni talmente preponderanti, che si è giudicato preferibile per la locomotiva senza focolare di evitare ogni complicazione e rinunciare alla condensazione.

D'altronde i cavalli sono famigliarizzati alla vista del vapore, mentre non si abitueranno mai all'acuto sibilo dell'aria che sfugge da una macchina. La locomotiva senza focolare è silenziosa; ma questo risultato non sarà mai completamente ottenuto colle macchine ad aria compressa.

Ed ora, havvi forse ancora bisogno di dimostrare che colla locomotiva senza focolare non sono da temersi per le vie i danni dell'esplosione?

In questo sistema la caldaia non corre alcun pericolo, non v'ha lucioire di fuoco nella notte, non particelle incandescenti per l'aria, non cause d'incendi od altri incidenti, non rumori di valvole, di rubinetti di scarica, non fumo, nè fuggine, e nemmeno odori spiacevoli.

Nè più devesi temere alcuna sospensione di servizio, per riparare le sbarre abbruciate della graticola, o rimettere in azione gli iniettori, o per fughe di vapore nel focolare o da un tubo della caldaia.

A questi vantaggi bisogna aggiungere il più importante, quello dell'economia a cui dà luogo l'impiego della locomotiva senza focolare. E se si avvicinano questi risultati alle condizioni ed esigenze per lo sviluppo commerciale dei tramways e delle ferrovie su strade ordinarie, si può ben ammettere che questo sistema sia per realizzare un serio progresso.

Le locomotive senza focolare incominciarono a funzionare dai primi giorni del mese di luglio 1878, con regolarità perfetta, sulla linea di Rueil a Marly-le-Roi. Il tratto da Port-Marly a Rueil, tra l'andata ed il ritorno corrisponde ad un percorso di quasi 12 chilometri, con molte curve aventi al massimo 30 metri di raggio; la larghezza del binario è di 1<sup>m</sup>,44. Le livellette più importanti in questo tratto della linea sono di 30 millimetri per metro; e la velocità media è di 18 chilometri all'ora.

Nel tratto da Port-Marly a Marly-le-Roi, si ha una lunghezza di circa 3700 metri fra andata e ritorno, con molte curve, di cui la maggior parte con 30 a 40 metri di raggio; e le pendenze salgono sino a 59 millimetri per metro.

Da Port-Marly sino a Marly-le-Roi, si sale per una altezza totale di 77 metri; salendo verso Marly-le-Roi, il numero dei viaggiatori può arrivare sino ad 80 in due vetture e la velocità raggiunge facilmente, se si vuole, i 15 o 20 chilometri all'ora. Le fermate si fanno in modo sicuro e prontamente nelle discese, sia servendosi soltanto dei freni a ceppi, sia per mezzo del contro-vapore, di cui si può far uso senza tema di inconvenienti per le guarniture, non essendovi più fuoco; la messa in moto della locomotiva ha luogo in modo egualmente facile anche sulle più ripide salite.

L'aderenza è sempre sufficiente in causa della uniforme ripartizione del carico sulle 4 ruote. Il rimorchio dei vagoni avviene senza scosse e con andamento regolarissimo, tanto in piano che nei tratti inclinati. L'estate o l'inverno, i ghiacci e la neve, i geli, la nebbia, non hanno mai dato luogo ad ostacoli; e nelle domeniche e altri giorni di affluenza straordinaria di viaggiatori, le locomotive senza focolare hanno sempre funzionato in modo irreprensibile.

È d'uopo aggiungere che vi sono 3 locomotive in servizio regolare ed una di riserva. Il loro lavoro incomincia alle 6 ore del mattino e finisce alle 2 del mattino del di seguente senza interruzione. Le tre macchine percorrono tutte insieme in un giorno 320 chilometri.

In Austria, le applicazioni fatte in presenza della I. R. Luogotenenza della Bassa Austria, sul *tramway da Vienna al Central-Friedhof*, hanno dati i migliori risultati.

Dal verbale ufficiale del 24 maggio 1879, risulta specialmente che la locomotiva senza focolare ha rimorchiato una vettura con 43 viaggiatori, che nell'andata e nel ritorno furono fatte frequenti fermate, e che l'immobilità assoluta del treno ottenevasi in 4 o 5 secondi in media, che tanto nell'andata che nel ritorno si impiegò presso a poco lo stesso tempo ossia 21 minuti; che infine durante il ritorno, e per esaminare più esattamente le condizioni di fermata del treno, si sono fatte più fermate, tanto in piano, che in discesa, ed essendosi indicato sulla via, coll'aiuto di segni convenuti, il punto d'arresto del treno, si constatò che il treno dal serrare dei freni all'arresto completo, in ogni caso non ha percorso più di metri 6,50; che questo risultato deve essere considerato come favorevolissimo; che durante il viaggio lo spavento dei cavalli che circolavano nella *Reichstrasse* è stato pressochè impercettibile, ciò che si spiega facilmente per il principio stesso della macchina che non spande fumo dal camino, che non fischia nè fa rumore di sorta; che l'andamento della macchina è dolce e che infine non vi sono obiezioni da muovere contro l'impiego delle locomotive senza focolare, nè riguardo alla sicurezza delle persone, nè riguardo alla circolazione pubblica.

In Francia la Commissione Ministeriale ha già dichiarato che l'impiego della locomotiva senza focolare non aveva dato luogo ad alcun accidente sulla via pubblica; che tutto al più i cavalli incontrando questo nuovo veicolo non preceduto da cavalli, manifestavano quella certa inquietudine che essi manifestano ordinariamente alla vista di una vettura che indietreggia, ma che questo spavento è di breve durata.

E lo stesso rapporto aggiunge, non doversi esagerare l'importanza del pennacchio di vapore che sfugge dalla locomotiva senza focolare, e che non bisogna soprattutto segnalarlo come un danno per i cavalli che non manifestano d'altronde alcuno sgomento alla vista del battello a vapore sui ponti di Parigi.

Aggiunge, che il vapore d'acqua pura, è in se stesso inoffensivo, e non lascia sulle vestimenta traccia alcuna; e che la Commissione non considera il condensatore come un apparecchio indispensabile per la locomotiva senza focolare. Infine la Commissione segnalò al Ministero dei Lavori Pubblici il grande interesse che presenta dal punto di vista della trazione sui tramways una ben diretta applicazione di considerevole forza motrice immagazzinata nell'acqua riscaldata, e gli propose di incoraggiarne l'uso.

Non è mancato in Francia l'incoraggiamento governativo per questo sistema, e la lettera dell'onorevole Ministro dei Lavori Pubblici in data 6 settembre 1876, lo prova ad oltranza.

È a sperare che i risultati che saranno constatati in Inghilterra colla locomotiva senza focolare costrutta dalla Compagnia Hunslet di Leeds, conchiuderanno in modo da affermare meglio ancora tutte le enunciazioni che precedono.

In Francia, dopo l'applicazione di Reuil a Marly, si sono fatti studi per utilizzare i vantaggi della locomotiva senza focolare per i Tramways, e le ferrovie su strade ordinarie in più grande scala, e particolarmente per la trazione su di un percorso di 20 kilom. circa entro Parigi, con un treno di 100 tonnellate.

Si sta ora creando sullo stesso sistema per il Governo francese un tipo di vaporino destinato a rimorchiare i battelli sul canale dell'Est nel sotterraneo di Mauvages.

Inoltre non bisogna dimenticare l'applicazione della forza motrice dell'acqua calda ai verricelli, alle gru ed altri meccanismi i quali lavorano ad intermittenza in luoghi diversi e spesso là ov'è pericoloso d'introdurre un focolare, o possono essere nocivi i prodotti della combustione.

Infine la locomotiva senza focolare può essere vantaggiosamente adoperata per il servizio di trasbordo, per le ferrovie, i canali, i docks, per il rimorchio dei vagoni nelle officine, nei cantieri di costruzione, nei magazzini, ecc., quando si può economicamente disporre del vapore, prodotto da generatori fissi, stabiliti per altri bisogni.

### Applicazione dell'apparecchio d'espansione alle locomotive ordinarie.

Per terminare, tocchiamo di un argomento il quale non riguarda soltanto le locomotive senza focolare, ma potrebbe avere la sua importanza anche per le locomotive ordinarie.

Vorremmo meglio utilizzare il vapore generato ad alta pressione facendolo arrivare ai cilindri a pressione più bassa, e per mezzo di una camera d'espansione, simile a quella impiegata nelle locomotive senza focolare, e che ha per effetto di soprarisaldare il vapore che si fa passare dilatato attraverso la massa liquida, la cui temperatura più elevata è quella che ha prodotto il vapore.

È da qualche tempo e con mezzi diversi che si cerca di ottenere una economia di vapore nelle macchine locomotive.

E si sono in verità ottenuti risultati di non lieve importanza, sebbene i mezzi impiegati abbiano poi sempre condotto ad inconvenienti di altra natura.

È possibile raggiungere lo stesso scopo partendo dal principio che nella macchina locomotiva debbasi far lavorare il vapore ad una pressione fra 3 e 4 atmosfere, servendosi di un apparecchio di espansione, e che il vapore dilatato, debba essere soprarisaldato prima di entrare nei cilindri. — È il mezzo di ricavare dal calore del vapore il maximum del lavoro che esso può fornire.

È pure il mezzo di dare a disposizione del macchinista una potenza che può variare di molto, sia per superare una rampa accidentale, sia per qualsiasi altra resistenza anormale, senza perdita di tempo.

Quando furono cominciate le prove della locomotiva senza focolare, ingegneri distinti avevano detto e scritto, trattando di questo sistema, essere un inconveniente l'aver un motore nel quale la pressione deve discendere alla fine del viaggio a sole tre atmosfere; ed esser obbligati a ricorrere ad un espansore essendo in pura perdita il lavoro del vapore che si espande.

Ma queste obiezioni hanno dovuto cedere ai risultati di esperimenti che riescirono conformi alle previsioni ed ai calcoli.

La teoria insegna (quadro (I)) che il vapore impiegato nelle migliori condizioni ossia con una espansione nel rapporto di 100/60 e con una proporzione di 30 0/0 di acqua trascinata (ciò che è molto sfavorevole) non è utilizzato che nella proporzione del 44 0/0 sotto una pressione di 15 atmosfere; alla scarica del 45 0/0 a 14 atm.; del 46 0/0 a 12 atm.; del 48 0/0 a 10 atm.; del 52 0/0 a 8 atm.; del 54 0/0 a 6 atm.; del 57 0/0 a 5 atm.; del 60 1/2 0/0 a 4 atm.; del 62 1/2 0/0 a 3 atm.; e del 67 1/2 0/0 a 2 atm.

Nell'ipotesi di una macchina a condensazione che cammini a grande espansione, il coefficiente di rendimento del calore del vapore è presso a poco lo stesso così nelle alte come nelle basse pressioni.

È ciò che del resto risulta da codesti calcoli nei quali il sig. Francq si spinse fino a ridurre l'introduzione ad 1/17, che non è più cosa pratica.

Tutti sanno come questa ipotesi non possa in alcun modo applicarsi alle locomotive nelle quali il vapore è sempre molto umido, ed il meccanismo di distribuzione in uso non permette di usufruire del vantaggio di grandi espansioni.

Si può dunque concludere che il massimo rendimento meccanico del calore nelle locomotive a vapore sia ottenuto colle più basse pressioni.

D'altra parte il quadro II dimostra essere nelle basse pressioni che un chilogramma d'acqua calda sviluppa il massimo peso di vapore, cioè, mentre tra le 15 e 14 atm., un chilogramma d'acqua può somministrare grammi 5,6 di vapore; a 2 atmosfere, lo stesso peso d'acqua somministra 26,6 grammi di vapore.

Ma lo stesso quadro dimostra pure che il lavoro effettivo del vapore prodotto da 1 chilogramma d'acqua non cresce indefinitamente con le basse pressioni: tra le 15 e 14 atmosfere, 5<sup>gr</sup>,6 di vapore producono 411,056 chilogrammetri; tra le 4 e 3 atm., 16 grammi di vapore producono 189,44 chilogrammetri; tra 3 e 2 atm. 21,1 grammi di vapore non producono più che 177,24 chilogrammetri.

Ne risulta che un chilogramma d'acqua da 15 a 1,20 atmosfere rende 151 grammi di vapore che possono sviluppare 1942 chilogrammetri; ma che il massimo del lavoro effettivo non è ottenibile dal calore se non quando il vapore è impiegato ad una pressione tra le 3 e le 4 atm.

Per conseguenza, se si riscalda il vapore prima della sua entrata nei cilindri per spogliarlo dell'acqua trascinata, si avranno eccellenti risultati essendochè potremo ammettere il vapore asciutto per un terzo della corsa degli stantuffi.

Resta a vedere se, espandendo il vapore fino a che la pressione discenda per esempio a 4 atmosfere, si perda, per effetto dell'espansione, il beneficio del suo impiego a bassa pressione.

Secondo il quadro (I) 1000 grammi di vapore scaricati alla pressione di 15 atmosfere sviluppano 19,941 chilogrammetri, e 1000 grammi di vapore a 4 atmosfere sviluppano 13,152 chilogrammetri.

Un grammo di vapore renderà  $\frac{13,152}{1000}$  a 4 atmosfere, e

quindi 151,2 gr. di vapore renderanno  $\frac{13,152}{1000} \times 151,2 =$

1988 chilogrammetri ossia 46 chilogrammetri di più che il lavoro che avrebbe reso 1 chil. d'acqua calda utilizzata successivamente da 15 a 14, da 14 a 13 atm., e così di seguito sino alla scarica.

Ne risulta che l'uso intermediario della camera d'espansione, lungi dall'essere nocivo appare ancora vantaggioso.

Inoltre, la camera d'espansione ha la proprietà di vaporizzare le piccole gocce d'acqua meccanicamente trascinate col vapore, e di permettere così al vapore di dare un migliore effetto utile.

Infatti, secondo Zeuner, il calore interno del vapore d'acqua saturo ed asciutto a 15 atm., è di  $573 + (0,234 \times 198^{\circ},8) = 619^{\text{cal}},89$ .

Se lasciamo espandere questo vapore fino a 4 atm., facendolo passare in un recipiente di volume sufficientemente grande, il calore interno diverrà:

$$573 + (0,234 \times 144^{\circ}) = 607^{\text{cal}},06$$

donde la differenza di calorie 12,83.

Ma queste 12,83, calorie non sono perdute nella camera d'espansione, poichè non vi ha alcun lavoro esteriore prodotto; esse servono a vaporizzare l'acqua trascinata col vapore, la quale poi si vaporizza completamente attraversando la massa d'acqua ad alta temperatura del serbatoio o della caldaia della locomotiva.

In tale stato di cose, è possibile approfittare dell'economia che risulta dall'impiego del vapore a bassa pressione, pur conservando il mezzo di far lavorare il vapore fra i più vantaggiosi limiti d'espansione possibili.

Impiegando vapore preventivamente dilatato, ossia alle pressioni tra le 3 e le 4 atmosfere, impiegando vapore secco e soprarisaldato, e non rinunciando punto all'espansione nel cilindro si può adunque ottenere una più grande utilizzazione del calore trasportato dal vapore nei cilindri di una locomotiva.

Per ciò stesso la locomotiva senza focolare, la quale deve naturalmente impiegare vapore a bassa pressione, è basata su di un principio assolutamente razionale.

Si può concludere inoltre, da tutto ciò che precede, che applicando alle locomotive ordinarie, il sistema di far introdurre il vapore nei cilindri a 4 atmosfere, e di soprarisaldare tale vapore alla temperatura dell'acqua che lo ha generato, si otterrà un'economia sensibile, nel tempo istesso che si avrà realizzato il mezzo di variare la potenza di trazione fra i più estesi limiti, contribuendo così a migliorare le condizioni di un buon esercizio.

È ciò che la pratica dimostrerà, così termina la comunicazione del sig. Francq, e che io sottopongo all'apprezzamento degli ingegneri che si interessano a questo argomento.

## ESPOSIZIONE UNIVERSALE DI PARIGI DEL 1878

## Materiale e processi dell'industria mineraria e metallurgica

Sunto della relazione dell'Ingegnere CELSO CAPACCI.

## I. — Materiale delle miniere (Continuazione).

APPARECCHI PER ABBATTERE LE ROCCIE. — È già una ventina d'anni che i mezzi meccanici sono stati introdotti nell'arte del minatore, sia per coadiuvarlo nel suo lavoro, sia per sostituirlo completamente. Tali apparecchi, soprattutto quelli del secondo genere, hanno preso ultimamente uno sviluppo considerevole, tantoché nel breve spazio di tempo decorso dall'esposizione di Vienna ne fu costruito un gran numero.

Si dividono queste macchine in tre classi, secondochè servono alla perforazione dei fori da mina (*perforatrici*), e quindi al distacco mediante l'azione di una materia esplosiva; oppure agiscono facendo una scanalatura profonda e di un piccolo spessore (*scanalatrici*) in modo da rendere libera una o più faccie di un blocco e così separarlo dalla massa totale; o infine operano su tutta la faccia libera della roccia, intagliandola in ogni suo punto, e tali sono le macchine impiegate nello scavo delle gallerie circolari.

Alla Esposizione di Parigi la prima classe, cioè quella delle perforatrici era assai numerosa; quella delle scanalatrici assai meno, e l'ultima non era rappresentata.

Fra le PERFORATRICI più numerose sono quelle a percussione, e ne erano esposte dodici: quelle a rotazione non erano che due.

1. PERFORATRICE DUBOIS-FRANÇOIS. — Non sarebbe più il caso di parlare di questa perforatrice oramai ben nota ovunque. Ma oltre ad alcune modificazioni ch'essa ancora ha ricevute, merita parola la generalizzazione del suo impiego dimostrata a mezzo degli opuscoli pubblicati dagli inventori in occasione dell'Esposizione.

Il peso considerevole di questa perforatrice (220 chilogr.) la sua costruzione abbastanza complicata, il bisogno di un meccanico sul posto per le opportune riparazioni, il complesso delle condizioni, nelle quali essa dà il migliore risultato la riservano più specialmente alle grandi opere ed agli impianti considerevoli, piuttostochè alle piccole trincee, ed ai piccoli lavori di miniere. Quindi è che nella perforazione dei *tunnels per strade ferrate* essa trova il suo più adeguato impiego e può lottare vittoriosamente colle altre. Nella galleria d'avanzamento si adopra un affusto che porta da 4 a 6 perforatrici, oppure due affusti paralleli, con 4 perforatrici ciascuno, a seconda delle dimensioni della sezione di scavo.

Anche per le *gallerie delle miniere* vi sono affusti appropriati alle dimensioni della galleria che si vuol scavare, ed ogni affusto porta a seconda dei casi 2, 3, o 4 perforatrici. L'applicazione delle perforatrici allo scavo di gallerie di miniere andò estendendosi, e si hanno oggidì molti esempi bene concordanti fra loro per ciò che si riferisce all'avanzamento giornaliero, non così quanto al prezzo della mano d'opera o quanto al costo delle materie esplosive. Riportiamo qui un prospetto utilissimo, dal quale risulta che a Marihaye mentre da una parte si ha la mano d'opera assai modica, dall'altra si ha pure il minor consumo di polvere, il che forse dipende in parte anche dal fatto che quivi le perforatrici funzionano sotto la direzione di Dubois, uno degli inventori, e quindi sono regolate nel miglior modo possibile.

LOCALITÀ	SEZIONE della galleria	QUALITÀ del terreno	NUMERO delle PERFORATRICI impiegate	AVANZAMENTO medio per GIORNO	COSTO AL METRO CORRENTE		
					Mano d'opera	Polvere dinamite micce	Totale
	Metri quadrati			Metri	Fr.	Fr.	Fr.
Marihaye (Belgio) (medio di 7 esempi)	3,240 a 7,000	Grès, Schisto	3 e 4	1,50	26,09	15,03	41,12
Ronchamp (Haute Saone)	5,000	»	4	1,60	61,45	38,18	99,63
Société Cockerill (Seraing)	3,800	»	»	1,80	»	»	37,95
Noeux (Pas de Calais)	4,800	»	4	1,53	42,90	29,10	72 »
Cessoux (Gard)	4,000	»	4	1,87	36 »	59,58	95,58
Trebys (Gard)	4,200	»	4	1,42	44 »	56 »	100 »
Gosson Lagasse (Liège)	4,000	»	4	1,76	21,50	13,50	35 »
Chartreuse (Liège)	3,240	»	2	1,30	22,40	13,20	35,60
Grand Mambourg (Francia)	4,000	»	4	1,90	38 »	»	»
Charbonnages de l'Ouest de Mons	4,840	Grès, Schisto, Psammite	4	1,34	58,15	22,90	81,05
Quenast (Belgio)	5,000	Porfido	4	0,70	50 + 14,34	100 »	164,34

L'applicazione delle perforatrici meccaniche allo scavamento dei pozzi offre maggiori difficoltà che nel caso delle gallerie. Nelle *rocce tenere* il tempo necessario alla perforazione non è che la metà circa del tempo impiegato nell'accendere le mine, liberarsi dai detriti, e nei lavori di sostenimento; invece nelle rocce dure il rapporto è inverso. Ed i vantaggi della perforazione meccanica su quella a mano sono perciò assai più evidenti per il caso delle rocce dure, per il quale la rapidità dell'avanzamento è quattro volte maggiore, ed il costo è la metà, che nel lavoro fatto a mano. I fori verticali si eseguono in migliori condizioni che quelli orizzontali, e di più, essendo essi pieni d'acqua, i fioretti resistono più lungamente. Per sostenere le perforatrici impiegate in simil genere di lavori, i signori Dubois e François hanno affusti speciali, di cui uno per le sezioni circolari, e l'altro per le rettangolari.

Come dati pratici relativi all'escavazione dei pozzi si può citare l'esempio della miniera di lavagna di Truffy e Pierka a Rimogne. In 332 giorni di lavoro impiegando 2 perforatrici, e 5 uomini, e 2159 chilogr. di dinamite, si ebbe un avanzamento di metri 120,50 ossia di m. 0,36 al giorno in terreno di quarziti e schisti, essendo la sezione del pozzo di m. q. 11,55. L'esecuzione è stata da quattro a cinque volte più rapida che col processo ordinario e non ha costato di più.

Nella escavazione delle gallerie di miniere ove si sviluppa il *grisou*, l'impiego della polvere presentando grave pericolo, i signori François e Dubois sperimentarono a Marihaye l'applicazione della loro perforatrice ad abbattere la roccia senza l'impiego di materia esplosiva. Fatto il foro del diametro di 8 a 10 centimetri e della profondità di cent. 80, mediante una loro perforatrice di grandi dimensioni, vi si introduce un cuneo, e rim-

piazzando il fioretto con una massa di ferro di 30 a 40 chilogr., si fa battere con essa sulla testa del cuneo onde ottenere la rottura ed il distacco della roccia.

La perforatrice è sospesa ad una gru girevole che le può lasciar prendere ogni direzione ed inclinazione. Codesta gru trovava raccomandata ad una cassa di ghisa molto pesante a scopo di stabilità, la quale serve pure da serbatoio d'aria, e riposa su di un carretto a sei ruote.

Dietro esperienze fatte in terreni duri, la perforazione di un foro lungo metri 0,70 e del diametro di 10 centim. richiede 15 minuti, compreso la muta del fioretto; l'introduzione del cuneo richiede 10 minuti, in tutto adunque 25 minuti, nel qual tempo lavorando a mano non si fa che un foro da mina ordinario, di metri 0,70.

Come dato medio relativamente all'impiego di questa macchina vuol essere citata una galleria (Grès, Schisto) nella miniera di Seraing, presentante una sezione di 3 metri quadrati nella quale si ottenne l'avanzamento medio giornaliero di m. 0,207, e la mano d'opera per metro corrente risultò di fr. 41,60.

2. PERFORATRICE ANZIN. — Essa non è che una modificazione della François-Dubois, la quale essendosi impiegata in una miniera della Compagnia di Anzin (Valenciennes) rivelò alcuni inconvenienti che cagionavano frequenti riparazioni. Il signor Daumont studiò quindi un nuovo sistema di rotazione dello scalpello, quello essendo il punto più delicato del sistema e lo fece a manico elicoidale, epperò dipendente dalla corsa dello stantuffo percussore. Studiò inoltre altre modificazioni di minor conto tanto alla perforatrice quanto all'affusto.

E così l'ing. Daumont è arrivato a dare al suo apparecchio

una velocità media di 250 colpi al minuto, una corsa di 10 a 15 centimetri, e ad ottenere con una pressione effettiva di tre atmosfere e mezzo colpi della intensità di 100 chilogr. Nella perforazione di una galleria attraverso lo schisto, e per una sezione di m. q. 4,8 si ottenne nelle 24 ore un avanzamento medio di m. 3,32, e l'avanzamento massimo di m. 4,50 e colla spesa per metro corrente di fr. 66,68.

Nel grès si otterrebbe certamente un avanzamento di tre metri nelle 24 ore.

Confrontando queste cifre con quelle date parlando dell'escavazione delle gallerie colla Dubois-François, si vede come l'ing. Daumont sia arrivato a raddoppiare l'avanzamento.

3. PERFORATRICE VICOIGNE. — La Compagnia delle miniere di Vicoigne-Noeux nel Nord della Francia, applica ne' suoi lavori una perforatrice del sistema Guenez, nella quale la distribuzione si fa per urto dello stantuffo che porta lo scalpello, alla fine della corsa retrograda, essendo a tale scopo applicato alla parte posteriore e sullo stesso asse del cilindro motore, un piccolo cilindro nel quale ha luogo la distribuzione, e lo stantuffo motore agisce direttamente sull'asta del cassetto. Il ritorno al suo posto del cassetto di distribuzione avviene per forza dell'aria compressa.

Abbenché sia ovvio vedere che la distribuzione per urto diretto non possa essere favorevole alla conservazione dei pezzi ed alla regolarità dei movimenti, e che inoltre rinunciando alla distribuzione anche sulla faccia anteriore del cilindro percussore, non possa a meno che rimanerne diminuito l'effetto utile, pure è un fatto che anche questa perforatrice dà buoni risultati.

Il movimento di rotazione ha luogo per barra elicoidale e rocchetto a nottolino, ossia sull'asta dello stantuffo motore è praticata una fessura elicoidale in cui entra il dito di un rocchetto a denti di forza nei quali s'impegna un nottolino spintovi da una molla. All'andata il nottolino non contrasta la rotazione del rocchetto; ma al ritorno lo fissa ed è l'asta che deve girare.

Il moto di avanzamento è fatto a mano, con vite e madrevite.

4. PERFORATRICE FERROUX. — Questa perforatrice gode oggidi di un favore assai grande, soprattutto a causa dell'impiego che se ne fa al traforo del Gottardo. Recenti esperienze fatte fra varie macchine congeneri nella miniera di carbone del *Levant du Flenou* presso Mons, in Belgio, ne confermarono i pregi.

Si sa che la distribuzione dell'aria compressa ha luogo per mezzo dello stantuffo percussore, terminato dalle due parti a bordi conici, e che solleva urtando due pistoni o valvole verticali le quali penetrano nel cilindro; così lo stantuffo all'estremità di ogni corsa batte contro una valvola, la quale sollevandosi apre l'adito all'aria compressa perchè possa agire sullo stantuffo e contemporaneamente la stessa valvola, per mezzo di una leva a bilanciere, abbassando l'altra che è all'altra estremità del cilindro, provvede all'apertura della luce di scarico.

In questa perforatrice la rotazione dello scalpello, l'avanzamento della macchina, ed il regresso sono automatici; ma l'apparecchio che serve alla propulsione del cilindro aumenta considerevolmente la lunghezza della macchina.

Nel modello più recentemente costruito e che sembra essere il definitivo, il diametro dello stantuffo percussore è di 105 millimetri, e la corsa di 110 mill. Il peso è di 180 chilogr. e la lunghezza del foro che può ottenersi senza cambiare fioretto è di m. 0,60.

Dietro esperienze fatte al *Levant-du-fleu* nel calcare di Soignes con una macchina non in buono stato, fu ottenuto alla pressione di atmosfere 3 1/2 un avanzamento al minuto di m. 0,09 ed alla pressione di atmosfere 2 1/2 un avanzamento di m. 0,07.

I risultati ottenuti colla perforatrice Ferroux nella escavazione delle gallerie sono certamente i migliori che fin qui sia stato dato di constatare. Mancandoci i dati numerici del suo lavoro al tunnel del San Gottardo, trascriviamo i risultati ottenuti nella perforazione di una galleria in traverso eseguita alla miniera carbonifera del *Levant-du-fleu*. Questa galleria che importava scavare nel minor tempo possibile aveva la sezione di metri 2,20 in quadro, e la lunghezza di metri 153,40, fu scavata in 48 giorni e mezzo impiegando 4 perforatrici, ottenendo un avanzamento giornaliero di m. 2,81 nel grès duro, di m. 3,37 nello schisto, ed in media di m. 3,16. Il lavoro si faceva in due squadre, composte ciascheduna di 10 uomini che eseguivano la serie completa delle operazioni, cioè la perforazione, il caricamento delle mine, l'accensione e il caricamento dei detriti. Il costo per metro corrente fu di fr. 109,87 di cui fr. 35,82 per mano d'opera; fr. 55 di dinamite, e fr. 19,05 per riparazioni.

Conviene riconoscere che un avanzamento al giorno di m. 3,37 nello schisto non era stato dato finora da nessun'altra perforatrice. Solo la Dubois-François modificata ad Anzin ha dato m. 3,32. Non bisogna però considerare tale risultato nel suo valore assoluto, ma in riguardo al consumo eccessivo di dinamite, alla capacità e destrezza degli operai, che erano piemontesi usciti dal San Gottardo, ed in generale poi in rapporto al carattere di urgenza che presentava la galleria.

Anchè in questo lavoro fu riscontrato che le riparazioni più frequenti sono quelle dei pistoncini di distribuzione, i quali a causa degli urti sono rapidamente consumati e spesso rotti.

L'ingegnere Mercier, direttore della perforazione meccanica al tunnel del Gottardo ha costruito un affusto per galleria, destinato alla perforatrice Ferroux che ha molti pregi, e diede ottimi risultati. È leggero giacché si compone del minor numero di pezzi, avendo utilizzato come pezzi dell'intelaiatura i supporti stessi delle perforatrici e il tubo d'arrivo dell'aria compressa. Nello stesso tempo ha sufficiente stabilità per far fronte alle vibrazioni prodotte dal lavoro di perforazione; e permette di forare buchi profondi da m. 1 a 120 alla distanza di 8 a 10 centimetri dalla parete.

5. PERFORATRICE CROZET. — Questa macchina è identica a quella Ferroux nell'apparecchio di distribuzione dell'aria e di rotazione, se non che manca del cilindro propulsore, ed il sistema di traslazione è quello di Turetini e Colladon, nel quale si approfitta dell'induzione del moto esercitato dallo stantuffo sul cilindro e della reazione esercitata su questo dall'aria compressa. Manca ogni risultato numerico sull'impiego di tale macchina.

6. PERFORATRICE INGERSOLL. — La ditta Le Gros e C. di Londra è la concessionaria della perforatrice appartenente alla Ingersoll Rock Drill Co. di Nuova York.

È la migliore delle perforatrici americane, ed è conosciuta con gran favore non solo agli Stati Uniti, dove è impiegata su vastissima scala, ma anche sul continente europeo, in ispecial modo in Inghilterra. Essa è stata oggetto di importanti miglioramenti ed è di costruzione semplice e leggiera. La distribuzione è del tipo a cassetto, dipendente direttamente per urto dal movimento dello stantuffo motore. Il movimento di rotazione ha luogo per asse elicoidale e rocchetto d'incontro. Anche il moto di avanzamento è automatico; quando lo stantuffo percussore si trova al fondo della corsa, urta una camma, e così gira un rocchetto, che si trova sulla vite d'avanzamento, la cui madrevite è connessa al cilindro motore; per cui la rotazione trasmessa alla vite si trasforma in una traslazione del cilindro percussore. Questo sistema di avanzamento automatico ha molti pregi. Esso non agisce che quando lo stantuffo arriva in fondo della corsa all'andata, giacché allora solo è necessario fare avanzare il cilindro. L'automatismo è dunque anche applicato a scegliere il momento in cui il moto di avanzamento fa bisogno.

L'avanzamento può anche essere prodotto a mano calettando sulla testa della vite una manovella della quale è d'uopo servirsi, sia per condurre lo scalpello a fiore della roccia, sia per farlo retrocedere dal foro.

Alla automaticità dei tre movimenti, alla notevole semplicità di costruzione, la perforatrice Ingersoll unisce il pregio della forza e della rapidità dei colpi; in una parola ha tutte le condizioni richieste per una buona perforatrice, talchè è fuori di dubbio la superiorità della perforatrice Ingersoll sulle altre congeneri americane, e ben può dirsi che essa occupi uno dei primi posti fra i perforatori oggi conosciuti. Unico suo difetto è la distribuzione per urto, donde il rapido consumo e la frequente rottura dei pezzi che si urtano; abbenché sianvi esempi di macchine le quali hanno lavorato continuamente per 6 mesi senza bisogno di riparazioni; e queste ad ogni modo siano sempre facili ad essere eseguite e di poca entità.

La perforatrice Ingersoll è adoperata in ogni genere di lavori, a cielo scoperto, subacquei, nelle gallerie e pozzi delle miniere e nei *tunnels* delle strade ferrate. Se ne costruiscono di cinque modelli, di cui ecco i principali dati:

	1	2	3	4	5
Stantuffo } diam.	127 <sup>mm</sup>	102	81	70	64
percussore } corsa	175 <sup>mm</sup>	150	125	90	80
N. dei colpi al 1'	400	500	600	700	800
Lunghezza dell'avanzamento automatico	0 <sup>m</sup> ,975	0,975	0,670	0,487	0,487
Diametro dei fori	50 a 130 <sup>mm</sup>	44 a 76	35 a 50	25 a 50	20 a 40
Massima lunghezza dei fori	12 <sup>m</sup>	9	6	3,60	2,40
Peso	225 <sup>kg.</sup>	215	135	75	55
Prezzo	3825	3250	2675	2100	1875

La forza motrice è in generale il vapore pei lavori a cielo scoperto e l'aria compressa pei sotterranei. Un perforatore piccolo richiede una caldaia della forza di 2 cavalli con una pressione di 1,5 a 2 chilogr. per cent. quadrato; il più grande richiede una caldaia di 3 cavalli con una pressione da 2 a 2,75 chilogrammi.

Quanto a' suoi effetti, risulta ad es. dalle esperienze fatte nella miniera di Mineville (Nuova York) che fu praticato attraverso una roccia di magnetite molto compatta e dura un foro del diametro di 47 millim., della lunghezza di m. 1,32 in 15 minuti primi e 5 secondi, di cui 3 minuti primi e mezzo furono spesi a cambiare lo scalpello. Impiegaronsi in quel foro 5 scal-

PELLI, ed un volume d'aria compressa di metri cubi 1,75 alla pressione di 5 atmosfere.

E se vuoi avere un'idea dell'applicazione di questa perforatrice allo scavo di una galleria, basterà citare i risultati ottenuti nel traforo del tunnel di Musconetcong agli Stati Uniti, ove erano in azione 28 di tali macchine. Ivi ottennesi un avanzamento di metri 30 a 35 al mese attraverso la sienite, avendo la sezione della galleria di avanzamento le dimensioni di metri 2,40 X 7,90. Risultati ottimi senza dubbio avuto riguardo alla durezza della roccia.

Le perforatrici Ingersoll hanno affusti speciali per ogni genere di lavoro. Per i lavori a cielo scoperto hanno un trepiede, al quale la perforatrice è raccomandata con articolazione a due movimenti angolari attorno a due assi ad angolo retto fra loro, in modo da permettere alla macchina di prendere la posizione più conveniente. Con alcuni contrappesi in basso al trepiede si assicura la stabilità e si può lavorare senza oscillazioni in qualunque inclinazione.

Per i lavori in galleria si hanno poi vari affusti a seconda del numero delle perforatrici da impiegare. Per una sola macchina si usa una colonna di ghisa che si dispone verticalmente ed orizzontalmente fissandola con una vite di pressione contro le pareti. Alla colonna la macchina è collegata con un giunto a collare, il quale scorrendo lungo la colonna dà l'altezza e l'orientazione conveniente, mentre la snodatura dà l'inclinazione. Codesta colonna può essere portata sopra un vagoncino là dove esiste una ferrovia, e ciò permette l'allontanamento rapido della macchina al momento dello sparo, nello stesso tempo che si provvede al trasporto dei materiali.

Per i lavori importanti l'affusto consta di un robusto carro con forti bracci di ghisa impernati alla parte posteriore, più o meno inclinati, essendo la inclinazione regolata in appositi scorritoi, ed i quali si protendono avanti, portando da 1 a 4 perforatrici.

Finalmente per il lavoro delle cave di pietre e marmi, ove si vogliono estrarre dei blocchi rettangolari, avvi un affusto speciale il quale consiste in un telaio, portato su ruote, e munito di due scorritoi verticali su cui si muove la perforatrice sospesa ad una catena e che permette di operare una serie di fori orizzontali o verticali occorrenti al distacco del blocco.

**7. PERFORATRICE SCHRAM.** — La perforatrice dell'ingegnere inglese Riccardo Schram è stata adottata dalla ben nota Casa Mahler e Eschenbacher di Vienna, ed è con successo applicata in Austria, in Germania ed in Svezia. La distribuzione ha luogo a cassetto mosso da un piccolo stantuffo ad aria compressa, e la distribuzione a codesto piccolo cilindro è fatta ingegnosamente dallo stantuffo percussore, il quale perciò è doppio, ossia ha due fondi convenientemente distanti fra loro, e tra dessi vi ha un vuoto anulare che permette l'alternativa comunicazione dei canaletti dell'aria colla camera di distribuzione e colla scarica. E così resta evitato qualsiasi moto per urto.

Del resto, quanto al movimento di rotazione esso è ottenuto per asta elicoidale e rocchetto d'incontro; ed il moto d'avanzamento è fatto a mano per mezzo d'una vite, mentre per impedire che nel caso di dimenticanza, lo stantuffo percussore vada a battere sulla guarnitura anteriore del cilindro, è posto a proteggerla una rotella di caoutchouc.

I signori Mahler e Eschenbacher costruiscono due grandezze di tali perforatrici, di cui ecco i dati principali:

	N. 1	N. 2
Lunghezza della perforatrice . . .	m. 0,83	0,95
Larghezza massima . . . . .	» 0,17	0,22
Diametro dello stantuffo percussore .	» 0,073	0,082
Corsa . . . . .	» 0,04	0,10
Consumo d'aria al minuto . . . . .	mc. 0,280	0,380
Peso della perforatrice . . . . .	Cg. 83	110

Nelle esperienze del *Levant du Flenu*, fatte attraverso il calcare carbonifero di Soignies, fu praticato un foro del diametro di 36 mm., e della lunghezza di m. 1,15 in 9 minuti primi ed 11 secondi, di cui 1 minuto primo e 15 secondi furono spesi a cambiare lo scalpello, la pressione dell'aria essendo di 3 atmosfere e mezza. Il quale risultato conduce ad un avanzamento di perforazione di 145 mm. al minuto, che in condizioni identiche fu solo raggiunto dalla perforatrice Schram. Viene in seguito nelle esperienze comparative la perforatrice Dunn (137 mm.), la Dubois-François (126 mm.) e la Ferroux (90 mm.).

Anche nello scavo di gallerie, in rocce di durezza media, questa perforatrice ha dato risultati egualmente soddisfacenti.

I signori Mahler e Eschenbacher costruiscono vari generi di affusti, a seconda dell'impiego delle perforatrici. Per le cave a cielo scoperto l'affusto si compone di un trepiede. Per le gallerie in piccola sezione, un'asta fissa alle pareti con viti ed a cui è raccomandata la perforatrice mediante un giunto universale. Per i pozzi si ha un'asta centrale puntellata contro la parete.

Per le gallerie poi si costruisce un carro atto a portar varie macchine. Infine per i lavori di estrazione dei blocchi v'ha un affusto speciale per impiegare la macchina come scanalatrice, il quale si compone di due barre di guida montate sopra un carrello, lungo le quali scorre il manicotto che porta la perforatrice, mentre la traslazione del manicotto è ottenuta per mezzo di una vite parallela alle guide e di una madre vite al medesimo connessa. Avvi inoltre un secondo affusto per il lavoro di spianamento e di divisione dei blocchi; ed in questo lavoro si riesce a fare per ogni ora mq. 0,50 nel calcare duro, e mq. 0,70 nel grès.

**8. PERFORATRICE ECLIPSE.** — Essa appartiene alla Casa A. Burton di Parigi, ed ha molta analogia colla perforatrice Schram, la distribuzione essendo fatta direttamente dall'aria compressa per cassetto completamente libero e indipendente dallo stantuffo percussore, il quale è doppio e porta un incavo nella parte centrale per l'alternativa comunicazione dell'aria coi condotti di scarico. Il movimento di rotazione è ancor qui ottenuto mediante un perno a spirale che penetra nello stantuffo motore. Inoltre nella perforatrice Eclipse anche il moto di avanzamento è automatico, e questo non si compie che quando lo stantuffo va al fine della corsa, cioè quando vi è progresso nella perforazione.

È una macchina che sembra riunire i principali vantaggi delle migliori macchine finora adoperate. Semplice di costruzione, e senz'urti nel suo meccanismo, non è così facilmente soggetta a deterioramenti.

La Casa Burton ne costruisce di sette grandezze, delle quali registriamo qui i dati principali:

	1	2	3	4	5	6	7
Diam. del cilindro mm. . . . .	127	101	89	76	70	64	51
Corsa dello stantuffo » . . . . .	152-278	127-152	101-114	101-107	101	76-98	76-89
Lunghezza dell'avanzamento automatico » . . . . .	838	762	559	457	457	406	406
Lung. di foro ottenuta m. . . . .	12,192	9,144	6,096	3,658	3,658	2,438	1,524
Diam. del foro mm. . . . .	76-127	51-101	38-64	32-57	25-51	25-44	19-32
Prezzo della perforat. fr. . . . .	3556	3048	2464	2210	1905	1702	1397

**9. PERFORATRICE FERRARIS.** — Ecco una nuova perforatrice italiana, di cui è autore il Direttore delle miniere della Società di Monteponi in Sardegna. La distribuzione avviene in modo analogo a quello delle due macchine precedenti; ossia vi ha un piccolo stantuffo a doppio disco, il quale abbraccia il cassetto ed agisce similmente allo stantuffo doppio del cilindro motore. I due stantuffi si comunicano l'aria compressa l'uno all'altro, senz'altro organo meccanico.

La rotazione dello scalpello è ottenuta con un manicotto a spirali interposto fra i due dischi dello stantuffo motore. L'avanzamento è fatto a mano; quindi la perforatrice ha soltanto una lunghezza di m. 0,57, e la larghezza massima di m. 0,18. Il cilindro motore ha metri 0,06 di diametro, e m. 0,14 di corsa. Alla pressione di 3 atmosfere questa perforatrice dà 300 colpi al minuto. La perforatrice è di notevole semplicità e leggerezza: ma non si conoscono i dati dell'esperienza.

**10. PERFORATRICE DARLINGTON-BLANZY.** — Questa perforatrice, costruita alle miniere di Blanzly in Francia, si distingue nella distribuzione che è fatta dallo stantuffo stesso, e nel modo con cui avviene la rotazione. Quanto all'avanzamento esso è fatto a mano.

Nel cilindro motore si muove uno stantuffo prolungato a foderò dalle due parti intorno all'asta di percussione, e mediante lunga disposizione relativa di certi fori di cui è munito codesto foderò, e di altri fori praticati nella parete del cilindro ed in comunicazione col condotto d'arrivo dell'aria, si fa alternativamente l'introduzione sulla sua faccia anteriore o sulla posteriore, mentre poi quando altri fori inferiori vengono in coincidenza, si produce la scarica.

Per il movimento di rotazione l'asta dello stantuffo percussore, che è prolungata all'indietro, porta a quest'estremità infilato un rocchetto a denti d'incontro, e la rotazione è prodotta dall'oscillare in piano orizzontale di una leva che nella sua posizione intermedia è normale all'asse del cilindro.

Il diametro e la corsa dello stantuffo sono rispettivamente di 90 e 105 millimetri. La perforatrice non pesa che 75 chilogrammi. Alla pressione di 3500 chilogr. d'aria batte da 600 a 650 colpi. Nella escavazione di un pozzo a Monceau-les-Mines attraverso la puddinga carbonifera, si ottenne un avanzamento totale al giorno di m. 1,10, essendo il pozzo del diametro di m. 3,90.

Oltre alla semplicità che la rende stabile e poco soggetta a guastarsi, la sua piccolezza e leggerezza ne permettono l'applicazione ad ogni genere di lavoro. Questa perforatrice può adunque essere considerata in particolar modo come un potente ausiliario dell'uomo, sebbene abbia il difetto di consumare molta aria.

Per il lavoro nelle gallerie la perforatrice è fissata con un giunto universale sopra una colonna di legno, leggiera, di facile trasporto, e rapidamente impiantata sul luogo del lavoro. Per

l'escavazione dei pozzi, l'affusto consta di una colonna centrale di ferro, mantenuta verticale per mezzo di bracci tenuti a contrasto contro le pareti da viti di pressione. Le perforatrici essendo raccomandate ad un giunto universale possono prendere qualsiasi posizione.

11. PERFORATRICE DI BEZENET. — Il signor Baure, Direttore delle miniere di Bezenet, in Francia, coadiuvato dagli ingegneri Gaillard e Besson, studiò un nuovo perforatore da sostituirsi a quello di Dubois-François, e si propose di fare un arnese semplice, robusto, facile a condurre dagli operai minatori, e non difficile a riparare anche senza il concorso di un meccanico.

A tali condizioni sembra che la perforatrice di Bezenet risponda assai bene. La distribuzione è fatta in modo semplice dallo stantuffo medesimo, il quale è doppio, ed in modo alquanto analogo al sistema Darlington. La rotazione dello scalpello è ottenuta col mezzo di un rochetto a denti d'incontro, fissato sul prolungamento posteriore dell'asta dello stantuffo percussore, mentre due appendici dell'asta medesima sono obbligate a scorrere in due scanalature elicoidali situate in un piccolo cilindro adattato sul fondo del cilindro motore.

Come risultati d'esperienza si conosce che tale perforatrice è suscettibile di un avanzamento medio al minuto compreso fra 14 e 19 centimetri nel grès duro di struttura cristallina, e di 10 centimetri nel granito nero durissimo.

12. PERFORATRICE JORDAN. — È questa una perforatrice da muoversi a braccia d'uomo, e che agisce per l'aria che rimane compressa nel cilindro. Possiede i tre movimenti automatici. Con due uomini alle manovelle si può ottenere nel cilindro percussore l'aria alla pressione di 5 atmosfere al principio della corsa, e di 1 1/3 alla fine. Il peso di questa macchina è di 160 chilogrammi, ed il costo è di 1500 lire.

L'impiego di questa perforatrice sarà vantaggioso là dove non convenga fare un impianto d'aria compressa, e nemmeno condurre una caldaia locomobile a vapore. Più recentemente la Casa A. Burton e figli, di Parigi, avrebbe costruito un nuovo modello di perforatrice da muoversi a braccia, colla quale sarebbe possibile ottenere nel granito un avanzamento di 4 centimetri al minuto.

13. PERFORATRICE TAVERDON. — Questa è a rotazione ed a pressione. Ne è autore l'ingegnere Taverdon, delle miniere di Horloz nel Belgio. Una corona armata di diamanti e montata sopra un'asta cilindrica cava, riceve un rapido movimento di rotazione da un motore rotativo ad aria compressa. Il Taverdon si propose di costruire una corona, colla quale fosse impedita la perdita dei diamanti, il che è stato sempre la cagione della non riuscita di tutti gli apparecchi congeneri. Col motore rotatorio ad aria compressa si ottengono velocità di rotazione grandissime, variabili da 300 a 2000 giri al minuto a seconda della forza. L'avanzamento della corona, e quindi la sua pressione è ottenuta per vite e madrevite. Questa perforatrice è semplice, leggiera, e di facile impianto. Quella da 2 cavalli, e che fa 2000 giri al minuto, non pesa che 20 chilogrammi, e costa 400 franchi; quelle da 4 cavalli pesano 60, ovvero 120 chilogrammi e fanno 600 giri, e costano da 90 a 1200 franchi. Infine vi ha un modello della forza di 12 cavalli, che fa 300 giri, pesa 600 chilogrammi e costa 1800 franchi.

L'utilità dell'impiego di codeste perforatrici si appalesa soprattutto per le rocce molto dure, là ove gli scalpelli di una perforatrice a percussione sarebbero presto smussati. Nelle esperienze del Levant-du-Flenu fu ottenuto nel calcare di Soignes, con una corona a 6 diamanti e con un diametro di 35 millim., un avanzamento di 10 a 15 centimetri per minuto, e nel porfido di Quenast l'avanzamento di un centimetro.

14. PERFORATRICE BRANDT. — È anch'essa a rotazione, appartiene ai fratelli Sulzer di Winterthur ed è messa in moto dall'acqua. Il principio è di corrodere nella roccia una sezione anulare, sinchè rompendo poi l'anima centrale che ne rimane, si ottiene il foro da mina. La perforatrice consta pertanto di un'asta cilindrica cava armata di una corona dentata, premuta fortemente contro la roccia nello stesso tempo che due piccole macchine a colonna d'acqua la fanno girare. L'acqua motrice deve avere una pressione di 20 a 200 atmosfere. Il consumo è di 30 litri al minuto, il numero delle rotazioni è di 10 per minuto.

Si fecero esperimenti di questa macchina al S. Gottardo nello gneiss durissimo, e si ottennero i seguenti risultati:

Pressione della corona sulla roccia	atm.	60
Sezione della galleria	met. q.	7
Fori richiesti	n°	5 a 6
Lunghezza dei fori	metri	1,00
Diametro dei fori	"	0,06
Carica totale di dinamite	chg.	10 a 12
Avanzamento ottenuto	metri	1,00
Fioretti rinnovati per foro	n°	4 a 5

La manovra della macchina è stata riconosciuta semplice, ma il costo della perforazione risulterebbe superiore a quello del lavoro a mano.

Può tornare utile il suo impiego nelle miniere dove si abbia l'acqua ad una forte pressione, poichè allora si ha il compenso della economia nell'impianto, e della forza motrice che costa poco o nulla. Ma dove non si possiede una grande caduta, e si dovesse provvedere acqua sotto forte pressione per mezzo di trombe di compressione e accumulatori è molto discutibile la possibilità economica dell'impianto. Oltrecchè anche dove le cadute esistono, l'acqua occorrente essendo molta, dopo aver servito le perforatrici può essere d'ingombro, ed in generale dovrà essere di nuovo sollevata a mezzo di pompe per essere espulsa. L'aria compressa ha invece con sé il vantaggio della ventilazione. Anche il prezzo della perforatrice Brandt in L. 4000 è piuttosto elevato. Non crediamo pertanto che sianvi molti casi in cui essa possa lottare colle perforatrici a pressione ed a aria compressa.

CONCLUSIONI SULLE PERFORATRICI SOVRA DESCRITTE. — È quasi impossibile avere dati di confronto valevoli per tante perforatrici. Oltrecchè le une vogliono essere preferibilmente adoperate in rocce tenere, le altre in rocce dure, ed i risultati sono molto diversi secondochè si ha riguardo ad esperimenti isolati, o ad un lavoro di qualche durata, nel qual caso entrano in funzione al tempo il numero, il diametro e la lunghezza dei fori, la quantità di dinamite, la mano d'opera e via dicendo.

Ad ogni modo si possono già stabilire conseguenze molto ovvie, le quali valgono a dare un'utile norma per la scelta di una buona perforatrice nei diversi casi della pratica.

La forza di percussione è tanto più grande per una data pressione quanto maggiore è la sezione libera dello stantuffo per un dato diametro. Quindi è che le perforatrici Dubois-François, Anzin, Vicoigne, Ferroux, Crozet, Ferraris, aventi completamente libera la faccia dello stantuffo sulla quale agisce durante la corsa diretta l'aria compressa, hanno a parità di condizioni delle altre, una forza di percussione maggiore.

Nella corsa retrograda l'aria agisce sopra la sezione anulare lasciata libera sullo stantuffo dall'innesto dell'asta che porta il fioretto, in modo che questa corsa si faccia più lentamente, non dovendosi produrre altro effetto che il ritorno del fioretto col minor consumo possibile d'aria. Inoltre nel cilindro motore non devono esistere spazi nocivi i quali danno luogo a spreco d'aria compressa. Così nella perforatrice Schram la comunicazione esistente fra il cilindro motore e la camera nella quale si trova il rochetto d'incontro per il movimento di rotazione, rappresenta uno spazio nocivo considerevole, e di fatti questa perforatrice consuma molta aria.

Quanto alla distribuzione essa dev'essere la più semplice possibile, ma dev'essere pure aver riguardo alla solidità ed al consumo d'aria. Le peggiori, dal punto di vista della durata, sono quelle in cui la distribuzione dipende dal movimento dello stantuffo percussore per urto di due pezzi l'uno contro l'altro, come nelle perforatrici Ferroux e Ingersoll, sebbene in quest'ultima sia alquanto ammortito il colpo. La disposizione delle perforatrici Dubois-François è migliore sebbene si componga di un gran numero di pezzi; la dipendenza del cassetto dallo stantuffo percussore non è diretta, ma avviene aprendosi per urto un foro per il quale l'eccesso di pressione cade sopra la faccia anteriore del piccolo stantuffo che è rilegato al cassetto. La distribuzione a cassetto isolato ed indipendente dal movimento dello stantuffo di percussione, fatta agire pel giuoco della pressione del fluido motore, come nelle perforatrici Schram, Eclipse e Ferraris, è certamente la migliore delle congeneri essendo in essa il numero dei pezzi minimo, e mancando ogni causa di urti, donde stabilità grande e riparazioni facili. Infine niente è più semplice che sopprimere il cassetto e fare eseguire la distribuzione dallo stantuffo motore stesso, come nella Darlington. Così si arriva ad una semplicità e leggerezza massima, se non che il consumo d'aria è ragguardevole.

Quanto al movimento di rotazione è chiaro che in principio esso debba essere indipendente da quello di percussione, ed effettuarsi sempre della stessa quantità, anche per una piccola corsa dello scalpello. In pratica però l'attuazione di tale idea conduce ad una costruzione per lo più complicata, e tale da aumentare il peso della macchina. L'importanza di questo fatto si vede da ciò che sulle 12 perforatrici esposte, una sola, la Dubois-François ha la rotazione indipendente, e le modificazioni che in questa macchina sono state introdotte ad Anzin e Noeux, hanno colpito per l'appunto questo meccanismo riconosciuto troppo delicato. Tutte le altre perforatrici hanno questo movimento dipendente da quello dello stantuffo di percussione; nelle une è effettuato per asta elicoidale e rochetto a denti d'incontro, come nelle perforatrici Vicoigne, Ferroux, Ingersoll, Schram, Eclipse e Darlington; nelle altre per mezzo

di manicotto elicoidale come nelle perforatrici Anzin e Ferraris. Questi sistemi hanno l'inconveniente di produrre una piccola rotazione quando la corsa del fioretto è corta, ma in compenso hanno il vantaggio di una semplicità di costruzione e di una facilità di riparazione grandissima, unite ad un peso minimo.

Quanto al *moto di avanzamento*, si è visto che in alcune è automatico e continuo, in altre è automatico ed operante solo a seconda del bisogno, in altre infine l'avanzamento dev'essere ottenuto a mano. L'avanzamento a mano è il più usato come il più semplice, mentre ad un tempo è regolabile a volontà secondo la natura della roccia. Ma oltre alla maggiore spesa per la sorveglianza, se chi sorveglia le perforatrici si dimentica di farlo, lo stantuffo motore finisce per battere contro il fondo del cilindro; d'altronde è ben difficile che a causa del rapido succedersi dei colpi l'operaio si possa rendere conto esatto dell'aprofondarsi del fioretto.

Dei due avanzamenti automatici, quello doppiamente automatico, in quantochè agisce solo quando lo stantuffo motore raggiunge la sua corsa massima, è certamente preferibile. Sono tre le perforatrici che ne sono munite, la Ferroux, la Ingersoll e l'Eclipse, e pare preferibile il sistema delle due ultime, nelle quali semplicità e leggerezza sono congiunte a solidità e sicurezza. Invece l'avanzamento automatico e continuo è nella maggior parte dei casi da rigettare, poichè agisce indipendentemente dal progresso della penetrazione del fioretto nel foro, e quando sia conveniente per una certa roccia, riuscirà di certo troppo piccolo per una roccia più tenera, e soverchio per una roccia più dura.

*La questione degli affusti.* — È una questione assai importante quanto quella delle perforatrici, ed è stata l'oggetto di accurati studi dei principali autori di perforatrici, dovendo per una parte farsi adatti alla perforatrice per cui debbono servire, e per altra parte essere appropriati ad un dato genere di lavoro.

Per i lavori a cielo scoperto l'affusto si compone in generale di un trepiede, e per dargli stabilità si aggiungono sui piedi in basso dei pesi destinati ad impedire le vibrazioni. Il trepiede si presta benissimo all'impiego intermittente e saltuario di questo genere di lavori nei quali spesso lo spazio è ristretto ed il foro comunque disposto. In generale il trepiede è più adatto alla perforazione dei fori verticali; ma tuttavia esso serve pure per i fori in direzione orizzontale qualora vengano aperte convenientemente le gambe e caricate di pesi. I trepiedi si rassomigliano tutti. Ve ne sono colle gambe di un sol pezzo, e con gambe che si allungano, le quali a prezzo della stabilità, meglio si prestano alle ineguaglianze del suolo. La perforatrice è unita al trepiede mediante un giunto a due snodature, acciocchè possa prendere ogni inclinazione e direzione. Naturalmente per poter essere montate su di un trepiede le perforatrici devono essere di piccole dimensioni. Sono quindi escluse le Dubois-François e le Ferroux, mentre quelle impiegate comunemente con vantaggio sono le Burleigh, le Ingersoll, le Schram, ecc.

Per lo scavo dei pozzi: se questi non hanno grandi dimensioni, o si fa uso d'un trepiede disposto sul fondo del pozzo, o si assicura con giunto a scorrimento la perforatrice ad una colonna fissata alle pareti del pozzo mediante viti di contrasto. Se i pozzi sono di gran diametro ed esigono l'impiego di più perforatrici contemporaneamente, si costruiscono affusti speciali. Quello, ad es., costruito da Dubois-François per le loro perforatrici si compone di una intelaiatura che si fissa alla parete, ed alla quale si raccomandano le perforatrici. Più semplici, anche perchè le macchine non hanno d'uopo d'essere fissate in due punti, sono gli affusti della casa Mahler e Eschenbacher di Vienna destinati alle perforatrici Schram, e quello della Società delle miniere di Blanz in Francia appropriato alla perforatrice Darlington-Blanz. Essi constano di un albero centrale da cui partono dei bracci che si appoggiano alla parete con viti di contrasto, ed a cui si raccomandano le perforatrici.

Per lo scavo delle gallerie infine è svariatisimo il numero degli affusti, i quali variano a seconda dell'importanza del lavoro, e per il modo col quale le perforatrici sono ad essi connesse, per il peso e le dimensioni delle medesime. L'affusto in codesti casi consta essenzialmente di un carro destinato a portare quattro o più perforatrici, e scorrevole su di un binario di servizio. Delle perforatrici alcune sono rilegate all'affusto in due punti come la Dubois-François e la Ferroux, altre invece in uno solo, come le Ingersoll, le Burleigh, le Schram. Il primo modo di connessione presenta una superiorità incontrastabile sul secondo, come quello che dà l'invariabilità dell'asse della perforatrice, soprattutto nella perforazione dei fori orizzontali e vicini all'orizzontale. Infatti siccome la perforatrice ha un avanzamento suo proprio, il centro di gravità della massa si sposta continuamente. Inoltre a causa degli urti sotto l'affusto è in continua vibrazione. Ond'è che nel caso in cui la perforatrice è fissata in un sol punto, l'asse longitudinale è soggetto a

spostarsi, ed allora il fioretto s'incaglia nella parete del foro, ed una grande quantità dell'effetto utile va perduto.

D'altra parte bisogna pure aver riguardo al consumo di materia esplosiva, e devesi quindi far osservare che le perforatrici corte e fisse in un sol punto all'affusto, permettono di fare fori obliqui e molto inclinati sulla normale alla superficie libera della roccia, al che corrisponde un effetto utile maggiore ed una economia di materia esplosiva per rapporto all'impiego delle macchine fisse in due punti, le quali non possono prendere che una piccola inclinazione. Ma ciò non toglie che per lavori di grande importanza si debbano adoperare perforatrici di rilevanti dimensioni, connesse in due punti, anteriormente e posteriormente ad affusti assai pesanti e solidi.

## BIBLIOGRAFIA

**GEOMETRIA PRATICA.** — La teoria degli errori e il metodo dei minimi quadrati con applicazione alle scienze di osservazione, di Augusto Ottavio Forti, Ingegnere civile. — Milano 1880. — Op. in-8° di 95 pagine ed 1 tavola litografata. — Prezzo L. 2,50.

Il metodo dei minimi quadrati, scoperto dal celebre Gauss, mentre era studente a Gottinga nel 1795, esposto nel 1806 da Legendre che applicollo con felice successo al calcolo delle orbite delle comete, fu applicato per la prima volta a varie reti geodetiche e ridotto infine allo stato di teoria dallo stesso Gauss nella sua opera *Theoria motus corporum coelestium*, ecc., che porta la data dell'anno 1809 ed in successive memorie da lui presentate alla Società Reale delle Scienze di Gottinga.

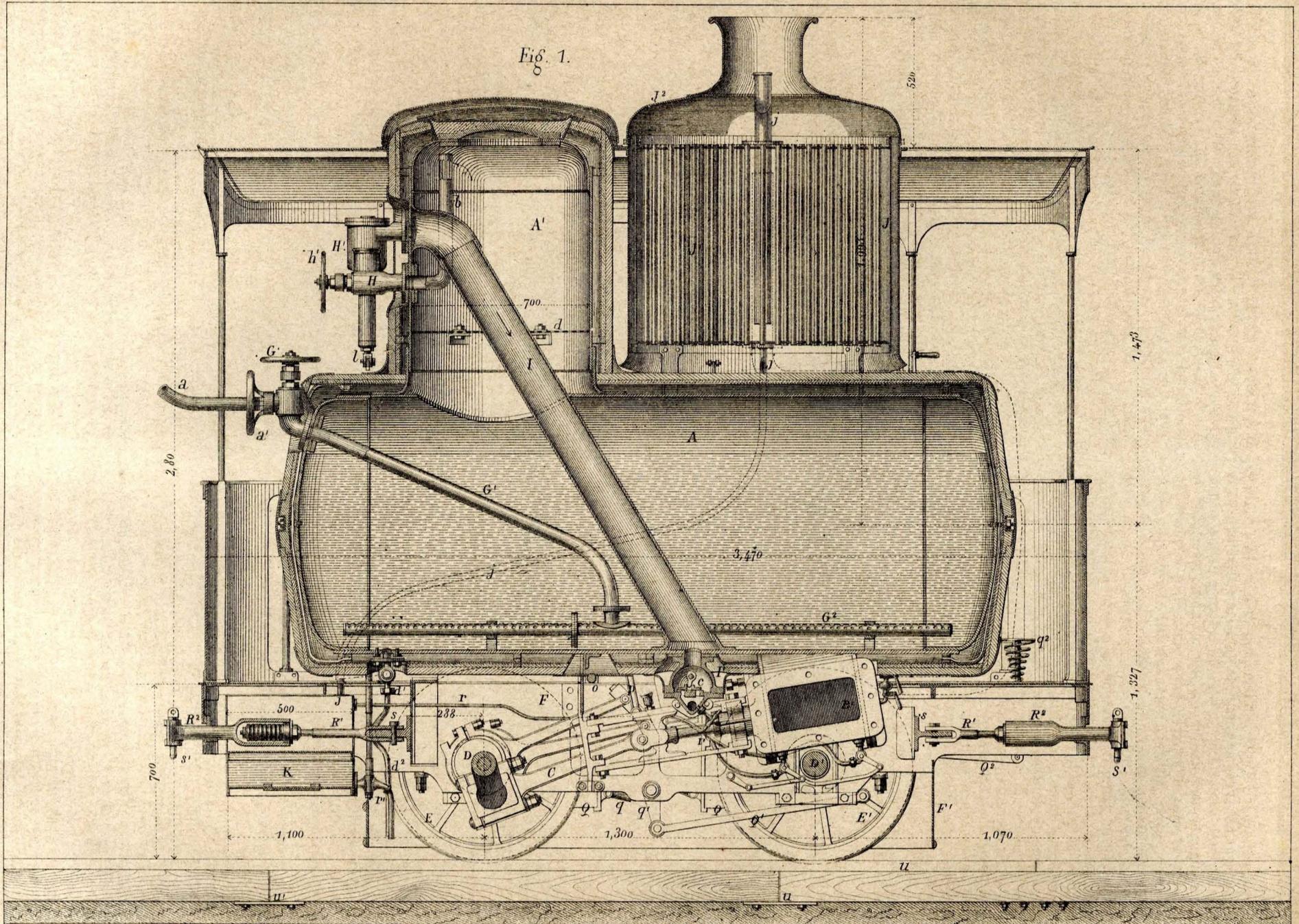
L'uso di questo metodo non è ancora abbastanza esteso in Italia, come invece lo è fuori. In Germania specialmente, dove prima pareva riserbato ai soli studi geodetici ed astronomici, adesso viene adoperato con incontestabile utilità nei lavori di geodesia elementare e di geometria pratica, risultandone così nelle determinazioni una precisione con altre vie non mai raggiunta.

Per citare un esempio recente, la Direzione tecnica della ferrovia del Gottardo chiamò appositamente il dott. Carlo Coppe di Dusseldorf, privato docente di geodesia nell'università di Bonn, sfortunatamente mancato alla scienza nel decorso marzo, a coordinare alle triangolazioni già esistenti della Confederazione Svizzera e dello Stato maggiore italiano quella necessaria a determinare esattamente l'asse della grande galleria. Ed il prof. Coppe facendo uso appunto di questi metodi, giunse ad una ammirabile esattezza di risultati, come fu poi dimostrato dall'incontro perfetto delle due squadre di operai che simultaneamente lavorarono alle due imboccature opposte di Airolo e Goeschenen.

Penetrato dell'importanza pratica del metodo dei minimi quadrati in qualsiasi genere di osservazioni o di esperimenti, per correggere gli errori di osservazione, e attribuendo il poco favore in Italia per la celebre teoria di Gauss alla mancanza quasi assoluta di pubblicazioni elementari su tale argomento, l'Ingegnere Forti, che nel 1878, quale allievo della Scuola di Applicazione degli Ingegneri in Torino, prendendo parte alla campagna topografica sotto la direzione del chiarissimo prof. Daddi, aveva potuto riconoscere la utilità e semplicità del metodo, si propose di comporre e pubblicare un libro di natura essenzialmente elementare, che in pochi paragrafi contenesse quanto vi è di più necessario per un ingegnere, onde far uso del metodo dei minimi quadrati pel calcolo degli errori di osservazione nei lavori geodetici e di alta topografia.

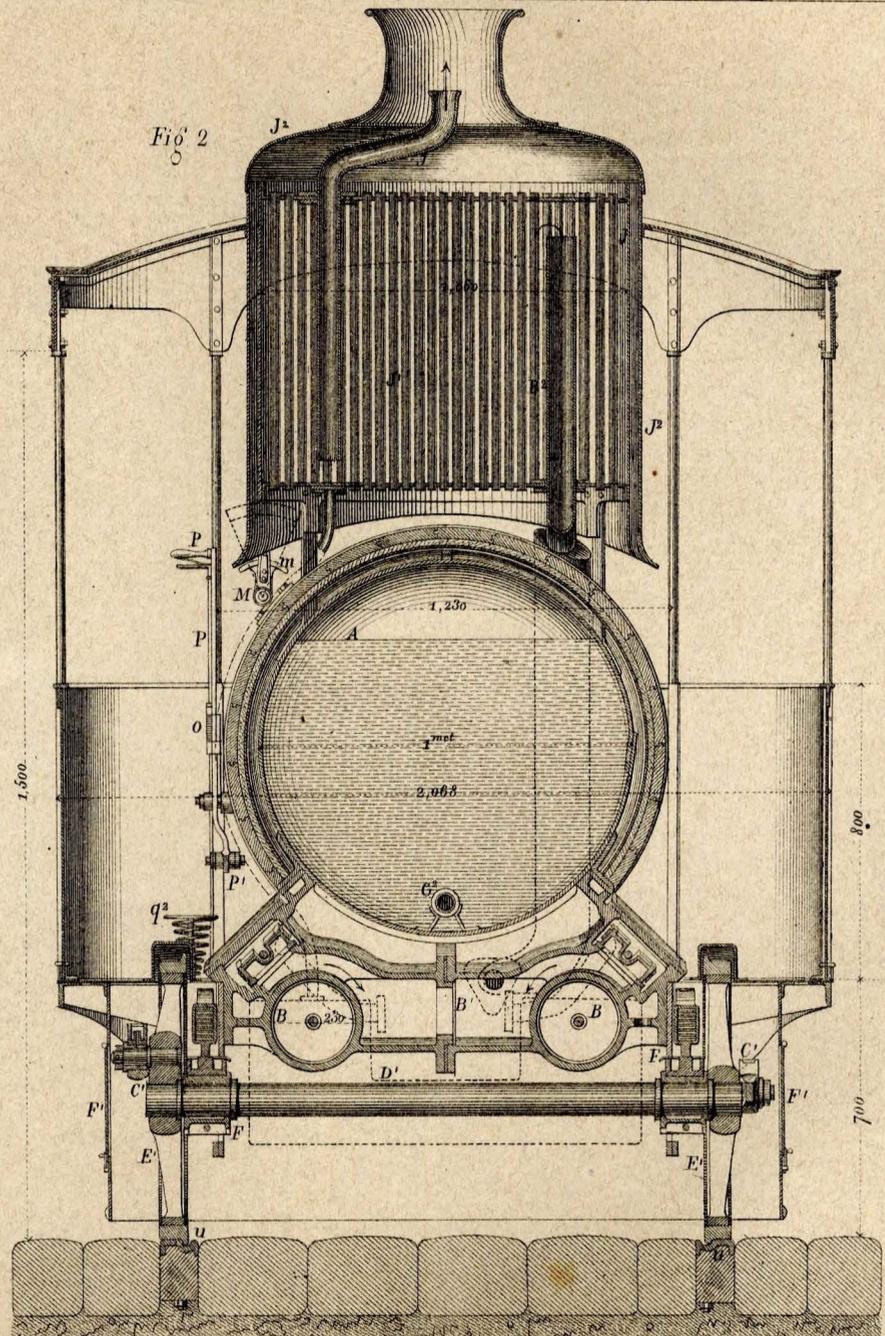
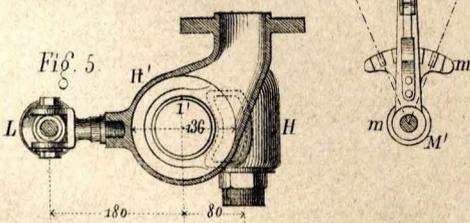
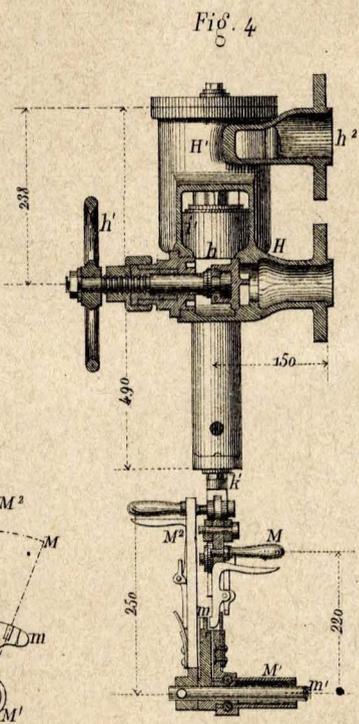
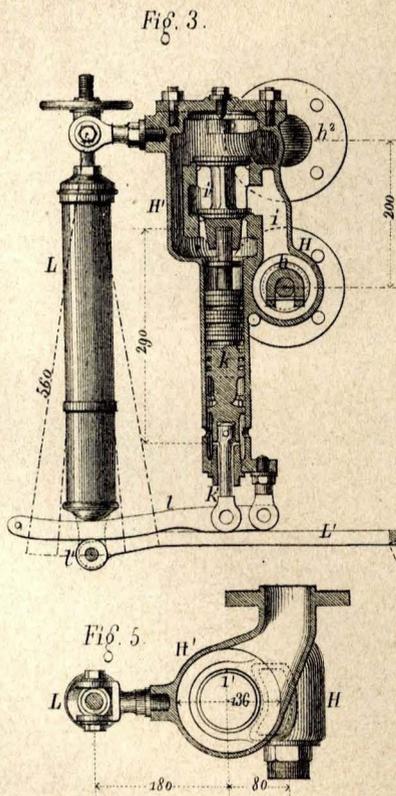
L'autore si propose di compendiare in questo libro tutti i principi strettamente necessari alle ricerche frequenti di geodesia, fisica, balistica, statistica, ecc., e di trattare l'argomento da un punto di vista essenzialmente pratico. Brevemente esposta in massima parte la teoria degli errori, e nella seconda parte chiaramente spiegato in modo generale il metodo dei minimi quadrati, si trova nella terza parte l'applicazione del metodo: 1° alla ricerca della vera lunghezza del pendolo; 2° alla espressione dell'indice di refrazione in funzione delle lunghezze delle onde di raggi di vario colore; 3° alla determinazione del valore delle parti d'una livella a bolla d'aria, relativamente ai gradi di un cerchio verticale; 4° alla misura degli angoli e ad altre determinazioni geodetiche.

Quest'operetta di poca mole e di lieve costo vuol essere particolarmente raccomandata agli allievi delle Scuole di Applicazione, agli ufficiali dei Corpi d'Artiglieria e Genio, ed infine a tutti gli ingegneri operatori o sperimentatori, i quali pur avendo bisogno di questa teoria, non hanno nè il tempo nè l'opportunità di fare studi speciali e spesso laboriosi per mettersi in grado di servirsene praticamente.



Torino, Tip. e Lit. Camilla e Bertolero

LOCOMOTIVA SENZA FOCOLARE, SISTEMA FRANCO (Tav. I.<sup>a</sup>)



Scala di { 0<sup>m</sup> 05 per metro per la Fig. 2  
0<sup>m</sup> 10 id. per le Fig. 3, 4, 5