



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guida per l'utilizzo

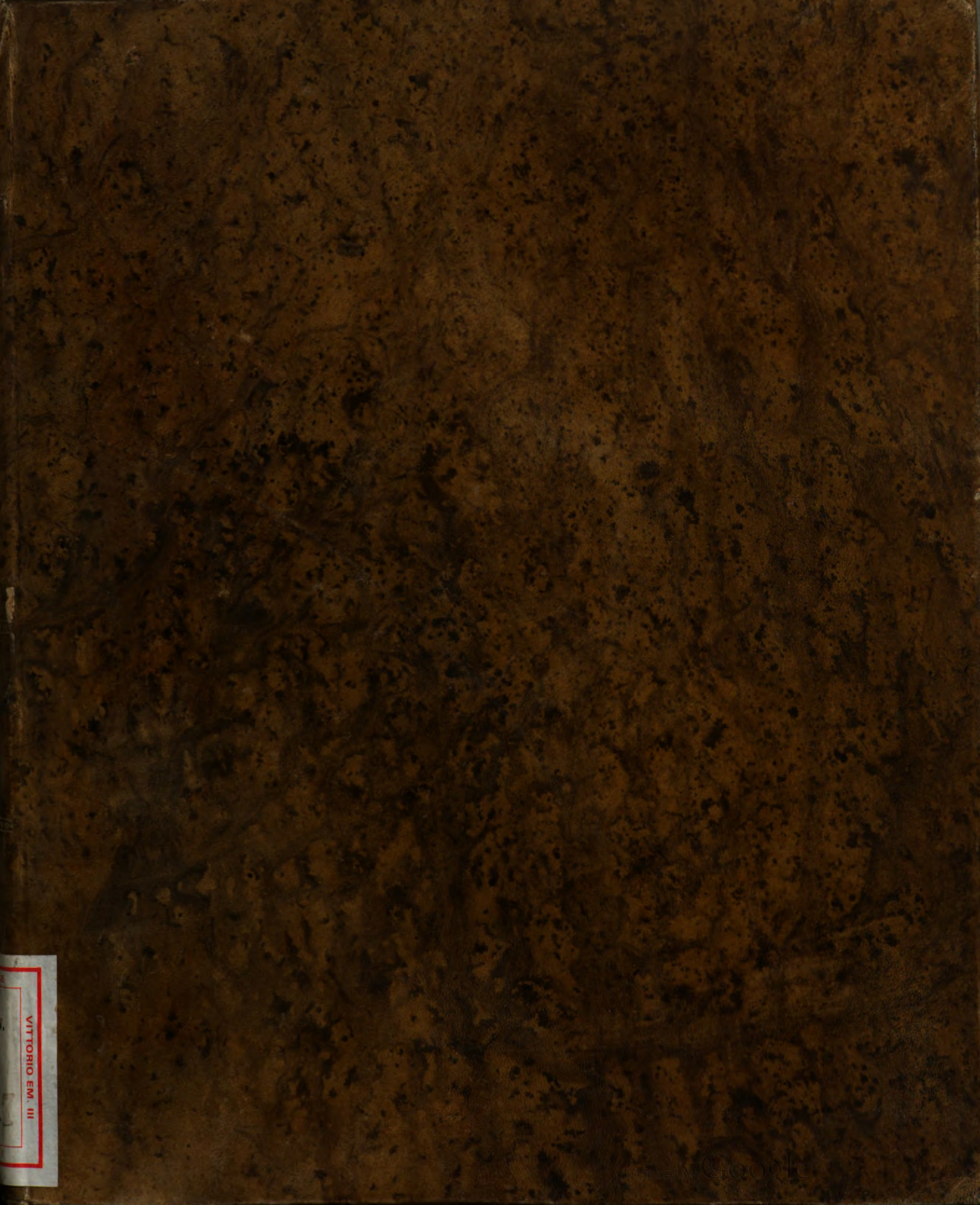
Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

- + *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.
- + *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.
- + *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.
- + *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertarti di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da <http://books.google.com>



VITTORIO EM. III



BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

XXV



Palchetto

Num.º d'ordine

43 22440/2

AZIONALE
. Prov.

VITT. EM. III

417

NAPOLI

B. Prod.

I

2417

LEZIONI
SULLE
STRADE DI FERRO.

★



608638

LEZIONI FATTE SULLE STRADE DI FERRO

NEL 1833-1834.

ALLA SCUOLA DI PONTI E STRADE

DA M. MINARD, PROFESSORE

PRIMA VERSIONE ITALIANA

CORREDATA DI NOTE ED AGGIUNTE, E DI UN'APPENDICE

SULLA STRADA DI FERRO

DA NAPOLI A NOCERA E CASTELLAMMARE

da Stefano Millorenzi.



NAPOLI,
DALLA STAMPIERIA, E CARTIERA DEL FIBRENO,
Largo S. Domenico Maggiore, N.º 3.

1840.



22.2.22

A SUA ECCELLENZA

IL SIGNOR MARCHESE

D. GIOVANNI D' ANDREA

SEGRETARIO DI STATO IN S. M.; MINISTRO DELLE FINANZE E DEGLI AFFARI ECCLESIASTICI; GRAN CROCE DEGLI ORDINI COSTANTINIANO, DI S. GIORGIO, E DI FRANCESCO I.; GRAN CORDONE DEGLI ORDINI DI CARLO III. DI SPAGNA, DI S. GIUSEPPE DI TOSCANA, E DI S. GREGORIO MAGNO; GRAN CROCE DELLA SACRA RELIGIONE GEROSOLIMITANA; DECORATO DELLA GRAN MEDAGLIA D'ORO D'ILLIBATA FEDELTA' DA S. A. I. E R. IL DUCA DI MODENA; REGIO COMMISSARIO PLENIPOTENZIARIO PER L'ESECUZIONE DEL CONCORDATO CONCHIUISO CON LA S. SEDE; SOCIO DELLE PIÙ COSPICUE ACCADEMIE NAZIONALI E STRANIERE, etc. etc.

ECCELLENZA,

Fra i tanti pregi che adornano l'E. V. e che nella eminente carica che lodevolmente occupa la rendono degna dell'ammirazione universale, uno dei più distinti è senza dubbio la protezione che accorda alle scienze esatte, mercè le quali d'esse tanta perfezione oggi acquistano presso di noi, non che le arti e l'industria, donde dipende l'agiatezza e la prosperità generale dello Stato. L'è perciò che il Corpo d'Ingegneri di Acque e Strade tanto lustro ed incremento ha ricevuto mediante le particolari premure dell'E. V. da cui ha la fortuna di dipendere,

Or un mio primo lavoro scientifico avente a scopo di spandere le più recenti scoperte ed applicazioni della meccanica, intorno alla costruzione delle strade di ferro, non poteva non essere diretto

*all' E. V., come protettore delle scienze non solo, ma anche come
mecenate del Corpo di Acque e Strade, del quale io ho il bene
esserne antico Alunno.*

*Si degni dunque l' E. V. di accogliere e di proteggere questo
piccolo tributo che io ho l'onore di offrirle in attestato della più alta
stima e venerazione.*

Pieno di profondo rispetto ed ossequio, ho la gloria di dirmi

Di V. E.

Umil.° Devot.° Obblig.° Servo

STEFANO MILIOTTI.

LEZIONI DATE

SULLE

STRADE DI FERRO

ALLA SCUOLA DI PONTI E STRADE

NEL 1833-1834.



LEZIONE PRIMA.

Lo scopo delle strade di ferro o a rotaje è di diminuire la resistenza che soffrono le ruote delle vetture, onde poter effettuare i trasporti a miglior prezzo, e con più grande velocità.

Si possono distinguere; 1.° le strade di ferro provvisorie per le officine di costruzione; 2.° Quelle impiegate pel trasporto delle mercanzie; 3.° le strade di ferro destinate per i viaggiatori. Il genere di costruzione e la traccia o andamento di queste tre specie di strade varia secondo la loro destinazione.

Divisione delle strade di ferro.

Le prime essendo di un' uso momentaneo, debbono essere facili a costruirsi, ed a scomporsi; desse sono formate da barre di ferro grezzo, tali come il commercio le fornisce, sostenute da pezzi di legno di 0^m,15 a 0^m,20 di riquadratura: tali pezzi di legno sono situati alle volte capo a capo sotto tutta la lunghezza delle barre (*canale di Borgogna, travagli di Cherbourg di Soccoa*, fig. 1 e 1 bis); altre volte di distanza in distanza per traverso (*officine di Roanne, del ponte canale dell' Allier, della Loire, della strada a rotaje da Leeds a Selby*, fig. 2, e 3).

Strade a rotaje provvisorie.

Nel primo caso le barre sono in generale piastre di ferro, fissate sul legno per mezzo di chiodi, o di viti con la testa spianata; nel secondo caso sono o

quadrate e fissate della stessa maniera, ovvero piatte e situate verticalmente in intagli ov' esse sono ristrette col mezzo di cunei di legno.

Due linee parallele di queste barre, o spranghe che prendono allora il nome di *Rotaje* formano una strada più o meno larga.

Dimensioni medie di alcune rotaje di strade di servizio.

N O M I DELLE OFFICINE.	DIMENSIONE DELLE BARRE		P E S O di un CARRETTO carico	DISTAN. M E D I A delle TRAVERSE	OSSERVAZIONI.
	verticali	orizzont.			
Ponte canale di Digoin....	0,060	0,016	ch. 4 000	m. 1,00	
Ponte canale dell'Allier...	0,070	0,009	1 400	1,00	
Ponte di Roanne.....	0,070	0,015	1 300	1,00	
Leeds e Selby	0,030	0,030	2 500	1,10	
Soccoa	0,012	0,030	2 800	.....	Spranghe messe per lungo sopra pezzi di legno di 0,15 per 0,15.
Cherbourg.....	0,030	0,050	6 000	.....	<i>Idem</i> sopra pezzi di legno di 0,30 per 0,15.
Canale di Borgogna.....	0,005	0,040	.....	.....	Spranghe messe per lungo sopra pezzi di legno.

Strade a rotaje per
mercanzie.

Le strade a rotaje destinate al trasporto delle mercanzie sono state eseguite principalmente fra le miniere o le petriere, ed un luogo d' imbarco.

La costruzione di queste strade essendo in generale simile a quella delle strade destinate per i viaggiatori, e non differendo in altro se non che queste ultime sono stabilite su di una scala più grande, ciò che noi saremo per dire si applicherà egualmente alle due specie di strade: allorchè vi sarà d' uopo distinguerle, noi lo avvertiremo.

Le rotaje delle strade di ferro destinate per le mercanzie sono state fatte successivamente di legno ricoverte di ferro, poscia di ferro fuso, e poscia di ferro battuto.

Noi abbiamo detto qualche parola sulle rotaje di legno, e di ferro.

Le rotaje di ferro fuso hanno avuto da prima la forma di un'angolo, o semplicemente di una scanalatura nella quale passavano le ruote.

Rotaje piane.

Gl' Inglesi le chiamavano *Trame-road*, *Rail-road*. Così sono state eseguite molte strade di ferro in Inghilterra, che ancora oggi esistono nel medesimo sistema.

Le rotaje dette *trame-roads* ovvero angolari erano fissate sopra traverse di

legno per mezzo di chiodi con testa rotonda (*fig. 5*), ovvero per mezzo di un risalto sporgente al di sotto delle loro estremità: si situavano ancora sopra massi di pietra chiamati *stones*, *des*; vi si fissavano mediante forti chiodi o caviglie.

Queste rotaje di ferro fuso di 0^m,91 di lunghezza, erano formate in generale da una porzione orizzontale piana di 0^m,09 di larghezza sopra 2^c $\frac{1}{2}$ di spessorezza, con un risalto superiore verticale di 0^m,04, qualche volta più alto da 0^m,03 a 0^m,04 nel mezzo che alle estremità, e qualche volta ancora, ma meno sovente, con un ringrosso verticale inferiore di 0^m,07 di altezza nel mezzo, e terminando a zero alle due estremità (*fig. 4*).

Loro dimensioni.

La parte orizzontale sopportava la ruota: l'orlo o risalto superiore impediva a questa d'abbandonare la rotaja: tale risalto si trovava dalla parte dell'asse della strada, per ributtare la sabbia ed arena buttata dai piedi dei cavalli: infine la parte verticale al di sotto non aveva altro scopo che di fortificare la prima.

Le spranghe delle rotaje erano disposte testa a testa; alle estremità di ciascuna di esse erano praticati due piccioli buchi rettangolari, che formavano colla loro riunione un vuoto quadrato; ivi si ficcava un perno che nell'istesso tempo riteneva due spranghe sopra un solo masso di pietra, e di cui la testa era affondata nella parte orizzontale.

Unioni delle spranghe.

La larghezza della strada variava da 0^m,70 ad 1^m,50; essa era o in pietrame, ovvero selciata.

Due sperienze di M. Wood indicano che l'attrito totale sulle rotaje piane bene assettate era $\frac{1}{16}$ della pressione. Il rapporto del diametro della ruota e dell'asse essendo $\frac{1}{4}$.

Attrito.

È inutile d'insistere d'avvantaggio su questa forma di rotaje abbandonata in tutte le strade di ferro recentemente costruite, perchè essa favorisce la dimora della polvere, del fango, e dell'acqua nell'angolo, ciò che aumenta l'attrito, e sollecita la deteriorazione del ferro fuso.

Inconvenienti.

Nondimeno questo sistema dava un gran vantaggio, quello cioè di poter condurre i waggons (vetture che percorrono una strada di ferro) sopra ogni altra strada ordinaria. Questo vantaggio perduto nel sistema delle rotaje a risalto è assai grande, per aver impegnato alcuni ingegneri a proporre delle rotaje in pietre piane dure, sufficientemente larghe, affinchè le ruote vi potessero essere mantenute, senza esigere una soverchia attenzione dal vetturino. Questo sistema è stato eseguito a Londra sopra 3000^m di lunghezza, ed in Iscozia con delle piastre di ferro fuso di forte spessorezza.

Vantaggio.

*

Rotaje piane di pietra. Il *Commercial-road* di Londra, (*fig. 6*) è fatto con pietre di granito (in gran parte di Aberdeen) di 1^m,10 per 0^m,45, e di 0^m,30 circa di spessore: esse sono tagliate senza alcuno assottigliamento nella base: sono posate sopra un fondo sodo di cemento e ghiaja, senza alcuna interposizione fra le commessure verticali.

Attrito sul granito. In un tempo buono, le pietre essendo nuove e spazzate, si è trovato che la resistenza di un carro ordinario pesante 4 tonnellate col suo carico, era $\frac{1}{11}$ della pressione. I dettagli di questa esperienza mancano di un dato essenziale, il rapporto dei diametri delle ruote e dell'asse: si può supporre per i carri di Londra di $\frac{1}{11}$; (egli è di $\frac{1}{12}$ per i carri delle strade a rotaje).

Grado di consumo sconosciuto. Se si suppone che il fango e la polvere aumentino la resistenza del doppio, si avrebbe $\frac{1}{9}$ del carico per la resistenza, ciò che permetterebbe d'eseguire i trasporti sopra strade di piccola pendenza, con tre volte meno il numero di cavalli. Questo vantaggio è considerevole; ma vi bisognerebbero dei grandi capitali per stabilire delle rotaje piane di questo genere, di cui il grado di deteriorazione non è ancora conosciuto: debbesi osservare che la resistenza della vettura andrebbe di giorno in giorno aumentandosi, finchè si avrebbe un principio d'incanalatura o traccia formata dalle ruote; e non si vede punto come in qual altra guisa potrebbero farsi le riparazioni, se non rimpiazzando le pietre, ovvero rivolgendole su ciascuna faccia successivamente.

Io non ho osservato alcuna traccia di ruote sul *Commercial-road* di Londra, in attività da cinque anni: la larghezza delle ruote essendo minore di quella delle pietre del granito, le ruote consumavano la pietra egualmente passando ora sopra un punto, ora sopra un'altro.

Edge-rails.

Gli inconvenienti delle rotaje piane hanno da lungo tempo impegnato gl'ingegneri a dare alle rotaje una forma rilevata al di sopra del suolo, sulla quale non possa restarvi alcun corpo estraneo, e ad impiegare dei carretti aventi le ruote con orlo: il primo saggio eseguito come cammino pubblico, conta più di 40 anni: questo sistema gl'inglesi chiamano *edge-rail*.

Di questo perfezionamento, siccome di molti altri non fu punto avuta cura: l'idea la più semplice non è stata seguita la prima. Poichè cercavasi di diminuire l'attrito, e si voleva una strada senza ineguaglianza, egli era più naturale di stabilirla al di sopra del suolo, piuttosto che al medesimo livello e con un'angolo rientrante che riteneva la polvere ed il fango: ciò non ostante con quest'ultimo sistema si sono eseguiti più di 400 000 metri di strade a rotaje in Inghilterra.

Le prime rotaje a risalto sono state fatte di ferro di circa 1^m,15 di lunghez-

za. Da principio, la sezione trasversale era quasi un rettangolo; poscia si diede maggior larghezza al di sopra, affin di offrire più superficie al contatto della ruota, questa larghezza andava diminuendo verso la base, e terminava con un ingrossamento per fortificare lo spigolo inferiore (*fig. 20*): infine la sezione presentò la figura di una *T*, e quest'è il modello generale delle rotaje che oggi si costruiscono: vale a dire, una parte piana orizzontale la quale sostiene la ruota, ed una parte verticale al di sotto per fortificare la prima.

Forma del tipo generale.

Nel senso della lunghezza si fecero le spranghe delle rotaje curve al di sotto (*fig. 8*) per risparmio di materiale, e per offrire una egual resistenza in qualunque punto fosse il carico che esse dovevano sopportare: in tal guisa esse avevano più spessezza nel mezzo che alle estremità.

Si è detto che questa curva doveva essere quella di un solido di egual resistenza, cioè a dire un'ellisse (A); questo sarebbe vero finchè le spranghe fos-

Curva di egual resistenza.

(A) L'autore asserisce che la curvatura che bisogna assegnare alla faccia di sotto di un pezzo prismatico orizzontale poggiato alle due estremità affinchè presenti una egual resistenza ad un peso che si trovi in qualunque punto della sua lunghezza è l'ellisse. A dimostrarlo sia il solido *MAM'* prismatico (*fig. a Tav. VI*) posato orizzontalmente sopra i due appoggi o punti fissi *M, M'*, e caricato dal peso *P* sospeso in un punto qualunque *p* della sua lunghezza: si chiami

$2a$ la distanza *MM'* degli appoggi;

b la grossezza del solido, o la larghezza costante di una sezione qualunque;

$Dp = x$;

$Pm = y$, l'altezza di una sezione,

ρ il momento di rottura, che per una sezione rettangolare qualunque del solido, valutato secondo le teorie espone da Navier è uguale ad $\frac{1}{2} Rby^3$, *R* essendo una costante data dall'esperienza. Sarà $Mp = a + x$, $pM' = a - x$.

Il solido *MAM'* così sollecitato dal peso *P* tende a rompersi nella sezione rettangolare *pm*, quindi è nel caso stesso che se fosse incastrato in *pm*, e sollecitato nei punti *M*, ed *M'* dalle due componenti di *P* agenti da sotto in sopra perpendicolarmente alla sua lunghezza. La componente del peso *P* che agisce nel punto *M'* è $\frac{a+x}{2a} \cdot P$, ed il suo momento per rispetto alla sezione *pm* uguagliato al momento di rottura di questa sezione dà

$$\frac{a+x}{2a} \cdot P (a-x) = \rho$$

ovvero ponendo per ρ il suo valore, si ha

$$P \frac{a^2 - x^2}{2a} = \frac{1}{2} Rby^3,$$

sero liberamente posate sopra gli appoggi; ma siccome esse sono qualche volta ligate fra loro, e sempre fortemente ritenute nei cuscinetti, la quistione è un poco differente.

Modo di fissare le estremità delle spranghe.

Il modo di fissare le estremità delle spranghe è un punto di molta importanza.

Da principio le estremità delle spranghe sono state terminate da specie di orecchie, le quali applicavansi sopra i massi di pietra, ove si fissavano per mezzo di perni, (*fig. 7*); in questo sistema le spranghe delle rotaje erano esattamente messe estremità ad estremità. Il carico si sopportava definitivamente sulle quattro estremità delle orecchie; per poco che le superficie superiori dei tre massi contigui non fossero nel medesimo piano, le orecchie sopportavano in falso, e la rigidezza del ferro non permettendo al sistema di piegarsi, le orecchie che ricevevano immediatamente l'azione dei carri dovevano per necessità rompersi sovente.

Cuscinetto.

Venne poscia l'idea d'interporre un terzo corpo tra la spranga ed il masso di pietra sottoposto, affin di attenuare una parte della percossa; e si fecero posare le spranghe sopra i massi per mezzo di un pezzo intermedio di ferro fuso separato, chiamato *cuscinetto*.

Questi cuscinetti erano fissati ai massi per mezzo di due caviglie; l'estremità di ciascuna spranga poggiando sul cuscinetto, era di più traversata da un perno orizzontale, il quale passava fra le due facce dello stesso (*fig. 8*).

Si osservò che i massi che si affondavano più o meno sotto il peso dei carri, s'inclinavano in avanti ed in dietro durante il passaggio dei medesimi dai quali venivan premuti; (*fig. 9*) che allora l'estremità di una spranga era sollevata, mentre che quella della spranga contigua era abbassata, donde risultavano uno sporto brusco sulla superficie superiore delle rotaje, ed una scossa dannosa alle spranghe, alle ruote dei carri, ed alla forza motrice.

Congiunzione delle spranghe a sgembo.

Per diminuire quest'inconveniente si fecero congiungere le spranghe tagliandole a sbieco, ed incavalcandole per circa 0^m,06 (*fig. 13*). Il cuscinetto non era più traversato che da un solo perno orizzontale, che passava fra le

dalla quale si ricava

$$y^2 = \frac{3P}{aRb} (a^2 - x^2), \text{ che è l'equazione di un' ellisse.}$$

Facendo $x = 0$, si trova

$$y = \frac{3P}{Rb} a = DA \text{ semiasse minore dell' ellisse: facendo po-}$$

cia $x = a$ si ha $y = 0$. (*N. del Trad.*).

unioni delle due spranghe; dippiù togliendo gli angoli della parte orizzontale sulla quale si appoggiavano le spranghe, e dandogli una forma convessa (*figure 11 e 23*), il cuscinetto non presentava che un punto d'appoggio verticalmente al di sotto del mezzo della giuntura. Per mezzo di questa disposizione ciascuna spranga poggiava sopra questa sommità, ed il masso poteva inclinarsi in avanti ed in dietro, senza che il punto d'appoggio variesse sensibilmente; o almeno le due spranghe si abbassavano insieme.

Convessità dei cuscinetti.

Questa disposizione si è variata, ma attenendosi all'idea principale di fare appoggiare le estremità contigue delle due spranghe sopra un solo punto (*figure 10 e 12*).

Si è ancora cercato di ligare le spranghe ai cuscinetti con un mezzo differente dai perni che le traversavano, giacchè questi piegandosi facilmente non fissavano molto solidamente le spranghe, ed offrivano delle difficoltà per essere tolti in caso di riparazioni. Si è perciò formata dall'un dei lati del cuscinetto una cavità tonda o quadrata, nella quale si fa entrare lateralmente una parte rilevata della spranga; questa è in tal guisa ritenuta nel cuscinetto, il quale fissato esso stesso sul masso sottoposto si oppone al movimento dal basso in alto della spranga.

Cuscinetti con cunei.

Per appoggiare la spranga contro il cuscinetto che non tocca se non da un lato solo, si spinge fra l'altra faccia e la spranga un cuneo di legno o di ferro; vi s'introduce orizzontalmente e parallelamente alla lunghezza della spranga in un piccolo incavo fatto alla faccia del cuscinetto per facilitare l'entrata.

Questa maniera di fissare le spranghe delle rotaje ai cuscinetti rende molto facile la di loro scomposizione nelle riparazioni.

Molte unioni di cuscinetti e spranghe sono state immaginate in questo sistema (*fig. 21, 22, 23, 14, 16, 24, e 24 bis*).

Sistemi diversi di rotaje e cuscinetti.

Si possono proporre molte forme per i cuscinetti e le giunture delle spranghe, e noi esamineremo le principali condizioni a soddisfarsi per ottenere la stabilità del sistema allorchè avremo parlato della sostituzione del ferro malleabile al ferro fuso nelle rotaje; e della loro forma attuale.

S E C O N D A L E Z I O N E.

Rotaje di ferro malleabile.

La durezza che provavano le ruote nel dover percorrere sopra le rotaje di ferro fuso, e la frequente rottura delle spranghe, fecero sorgere l'idea d'impiegare il ferro malleabile o da fucina. I primi saggi furono infruttuosi; ma nel 1810 si propose la forma delle rotaje di ferro malleabile, che è quasi quella che anche oggidì si usa.

Inconvenienti delle spranghe di ferro fuso.

Il ferro fuso paragonato al ferro da fucina nelle spranghe delle rotaje, ha più inconvenienti.

1.° Le spranghe si rompono frequentemente ed improvvisamente;

2.° Non vi si può dare altra lunghezza che la distanza fra due appoggi, perchè il ferro fuso essendo poco flessibile, sarebbe impossibile di far sostenere una spranga da più di due massi nel medesimo tempo: or non avendo che una piccola lunghezza, la scossa che risulta dalla unione di due spranghe è più frequente;

3.° Le spranghe di ferro fuso offrono una durezza molto grande alla loro superficie, ma per una piccola spessezza, la quale allorchè è consumata, la parte da essa ricoperta resiste molto inegualmente, e diviene bentosto scabrosa.

Resistenza rispettiva delle spranghe di ferro fuso, e di ferro malleabile.

Quanto alla forza rispettiva delle spranghe di ferro fuso, e quelle di ferro malleabile, se noi supponghiamo che si tratti di una resistenza statica, cioè della resistenza che offre la spranga allorchè viene sollecitata da un peso fisso, e che le rotaje sieno di sezione rettangolare di altezza c e di spessezza b , il carico che può sopportare nel mezzo una spranga di lunghezza L posata liberamente sopra i due cuscinetti, sarà

$$\frac{2}{3} R \cdot \frac{bc^2}{L}, *$$

R essendo una frazione del peso di rottura corrispondente all'unità di superficie, determinata secondo il grado di solidità che si crede sufficiente. Se noi la determiniamo quì dietro questa considerazione, che il carico per operar la rottura sia più piccolo di quello necessario per cominciare a dare una flessione permanente, e che noi lo supponghiamo di 7^{ch},50 per millimetro

* Reassunto delle lezioni di meccanica di M. Navier §. 129.

quadrato pel ferro fuso, e di 6^{ch},00 pel ferro da fucina, il vantaggio sarà dalla parte del primo (B).

(B) Questa costante R nella formola data da Navier, esprime il peso necessario per rompere un prisma la cui sezione trasversale è l'unità superficiale (cioè un metro quadrato), tirato nel senso della sua lunghezza: il suo valore per le diverse specie di corpi si ritrova mediante i risultati della sperienza. Difatti seguitando a supporre, secondo l'autore, che le spranghe di ferro fuso, almeno per una picciola lunghezza sieno perfettamente rigide, di modo che non s'infieltano sotto l'azione di una forza perpendicolare alla loro lunghezza, l'espressione del momento di rottura di un corpo qualunque la di cui sezione è un rettangolo di larghezza b e di altezza c è espresso da

$$\rho = R \cdot \frac{bc^3}{6} \dots\dots (V. Navier § 115).$$

Se si considera il solido prismatico MM' (fig. b , Tav. VI), posato orizzontalmente sopra i due appoggi M , ed M' , e caricato nel mezzo del peso P prossimo ad operar la rottura, dinotando con L la lunghezza MM' , questo solido tenderà a rompersi nel punto C . Lo sforzo che per l'azione del peso P si fa in ciascuno degli appoggi M , M' , è uguale alla componente $\frac{1}{2} P$, diretta da sotto in sopra, ed agisce col momento $\frac{1}{2} L \cdot \frac{1}{2} P$: quindi le condizioni d'equilibrio saranno espresse dall'equazione

$$\rho = \frac{1}{4} PL,$$

e ponendo per ρ il valore che conviene per la sezione rettangolare, si ha

$$R \frac{bc^3}{6} = \frac{1}{4} PL \dots\dots\dots (1)$$

da cui si ricava

$$P = \frac{1}{3} R \frac{bc^3}{L}$$

che è l'equazione trovata sopra dall'autore.

Dall'equazione (1) si ha

$$R = P \frac{3L}{2bc^3}$$

questa equazione serve a determinare il valore della costante R , solo che si conosca P . Per eseguire ciò si situa orizzontalmente un solido prismatico sopra due appoggi, e si carichi di pesi nel mezzo, fino al punto che si operi la rottura: notato tanto questo peso, quanto le dimensioni del solido si sostituiscano nell'espressione di R , e si avrà il valore cercato. Fatte molte sperienze in questo modo, si assegnerà ad R un valore medio fra tutti quelli che si troveranno. Secondo alcune sperienze di M. Banks si ha pel ferro fuso $R = 31\ 810\ 000$ chil., secondo le sperienze di M. Rondelet $R = 29\ 420\ 000$ chil., e secondo M. Tredgold $R = 31\ 740\ 000$ chil., e perciò si può prendere in generale $R = 30\ 000\ 000$. Ma adottando questo valore di R , si troverebbero le dimensioni del solido prossimo a rompersi per l'azione del peso P , lo che nelle costruzioni non è sufficiente. La stabilità richiede che le resistenze di ogni genere sieno maggiori di quanto basta per far semplicemente equilibrio con le forze a

Le spranghe non sono sottoposte soltanto ad una semplice pressione.

Ma le spranghe delle rotaje non sono soltanto sottomesse alla semplice pressione dei veicoli in riposo; esse ricevono ancora l'impulsione di queste masse animate da diversi movimenti. D'altronde le spranghe sono in parte incastrate nei cuscinetti. Queste circostanze impediscono di fare l'applicazione della precitata formola, e conviene consultare l'esperienza acquistata sulle rotaje in attività per conoscere la forza delle spranghe. Or egli risulta da ciò che fino al presente è stato osservato.

Forza delle spranghe delle strade di ferro in attività.

1.° Che a Darlington (ed in alcune altre strade a rotaje) delle spranghe di ferro fuso delle dimensioni seguenti (*fig. 13*).

Larghezza al di sopra.....	0 ^m ,055	} di peso 22 kilog. a metro corrente.
Lunghezza fra i punti di appoggio....	1, 150	
Altezza media.....	0, 120	
Spessezza ridotta.....	0, 026	

resistono al corso dei carretti di peso 4 tonnellate, e delle locomotive di 8 tonnellate, aventi 4^m,4 di velocità.

cui si oppongono; infatti bisogna essere sicuri che non solo le forze agenti sopra ogni pezzo non ne cagioneranno la rottura, ma ancora che per la loro azione permanente e frequentemente ripetuta o anche per un'eventuale aumento di forze o affievolimento di resistenze, per picciole che fossero, non si esponano i pezzi a rompersi. In conseguenza ad *R* debbesi assegnare una porzione di questo peso di rottura; ed onde conoscere qual parte di esso si può adoperare con sicurezza, è necessario di prender lume dall'esempio di quanto vedesi praticato nelle costruzioni di pruovata stabilità, per stabilire sul fondamento di autorevoli osservazioni delle norme sicure da seguirsi nelle pratiche occorrenze. Pel ferro fuso si prescrive che la resistenza rispettiva continuata debba dedursi dando ad *R* il quarto del suo primordiale valore di sopra assegnato, cioè $R = 7\ 500\ 000$ chil. per metro quadrato, ovvero 7 chil., 5 per millimetro quadrato, siccome suppone l'autore.

Riguardo alla resistenza del ferro da fucina alla rottura prodotta da uno sforzo esercitato perpendicolarmente alla lunghezza dei pezzi, non si hanno esperienze. Però si hanno numerose esperienze sulla rottura del ferro da fucina esposto allo stendimento, registrate nella sopradetta opera del Navier N.° 38 e seguenti, dalle quali si ricava che le barre di ferro tirate nel senso della lunghezza, sono rotte da una forza media di 40 chil. a millimetro quadrato della sezione trasversale. E siccome si prescrive, dietro un'attento esame dei risultamenti delle sperienze e l'esempio delle costruzioni, che non si deve far soffrire alle barre esposte alla flessione trasversale una carica permanente maggiore del terzo di quella che produrrebbe la rottura, così deve assegnarsi ad *R* un valore di 13 000 000 di chilogrammi per metro quadrato, ovvero 13 chil. per millimetro quadrato, e questo valore sostituirsi nella formola generale (1). (*N. del Trad.*).

2.° Che a Liverpool delle spranghe di ferro da fucina delle dimensioni seguenti (*fig. 16 e 14*)

Larghezza al di sopra	0 ^m ,055	} di peso 17 chilog. a metro corrente,
Lunghezza fra gli appoggi	0,910	
Altezza ridotta	0,083	
Spessezza ridotta	0,030	

sono troppo deboli pel corso di questa strada, ove transitano dei carri di 5 tonnellate, e delle locomotive di 11 a 12 tonnellate, con 8^m,8 di velocità, ma che si può presumere che esse sarebbero sufficienti pel corso della strada a rotaie di Darlington; e questa opinione è tanto più fondata dacchè questa medesima strada di Darlington, è quasi del tutto formata da spranghe di ferro da fucina delle dimensioni seguenti:

Larghezza al di sopra	0 ^m ,055	} di peso 14 chilog. a metro corrente
Lunghezza fra gli appoggi	0,910	
Altezza ridotta	0,072	
Spessezza ridotta	0,025	

le quali sono per verità riconosciute troppo deboli, ma ciò non ostante sopportano il corso attuale.

Le spranghe di ferro di Liverpool del peso 17 chil. sarebbero dunque presso a poco della medesima forza che quelle di ferro fuso di Darlington le quali pesano 22 chilog., ciò che darebbe il vantaggio al ferro da fucina.

Se dietro i grandi risultati d'esperienza precedenti noi vogliamo determinare approssimativamente le dimensioni da darsi ad altre spranghe di forme presso a poco simili, sottomesse a dei corsi poco differenti, noi stabiliremo la relazione

$$P = \frac{2}{3} R \frac{b c^2}{L}$$

P essendo il più gran peso in movimento sul mezzo degli appoggi, b e c la spessezza e l'altezza media di una spranga,

L la distanza degli appoggi

Ed R un coefficiente di resistenza di cui noi dedurremo il valore delle circostanze particolari alla strada di Darlington, vale a dire supponendo che su questa strada il più gran peso sia $P = 3000^{\text{chil.}}$, e ponendo in luogo di b , c , ed L le dimensioni delle spranghe di ferro fuso di Darlington da una parte, e quelle delle spranghe da ferro di fucina di Liverpool dall'altra.

I due valori di R che si troveranno, l'uno di 14^{chil.},4 pel ferro fuso, e l'altro di 20^{chil.} pel ferro da fucina, essendo sostituiti nella formola, serviranno a de-

Valore delle coefficiente di resistenza R .

★

terminare per ciascuno di questi metalli le dimensioni b , c , ed L delle nuove spranghe.

La supposizione di 3000 chil. per la più grande carica delle spranghe relativa al corso della strada di Darlington, ove le locomotive pesano circa 8 tonnellate, può spiegarsi come segue.

Il più gran peso sopportato dalle spranghe.

La distanza degli appoggi delle spranghe essendo più piccola di quella che è fra gli assi delle ruote, sembra che una spranga non può giammai sopportare più della quarta parte del peso di una locomotiva, ovvero 2000 chil.; ma M. Wood fa osservare con ragione che in seguito dell'affondamento dei massi di pietra, le due linee delle rotaie di una medesima strada potendo essere inclinate in senso contrario, cessano di essere comprese nel piano tangente alle quattro ruote; che per conseguenza egli è possibile che sole tre ruote sopportino il peso, o anche due diagonalmente: onde segue che il mezzo di un'appoggio può avere a sopportare istantaneamente la metà del peso di un carretto o di una locomotiva, cioè a dire 4000 chil. sulla strada di Darlington; ma siccome questo effetto è molto attenuato riguardo alle macchine per le molli elastiche che le sostengono, noi abbiamo ridotto a 3000 chil. la massima carica istantanea delle spranghe. Noi vedremo d'altronde più tardi, che la velocità può aumentare la pressione delle masse che gravitano sopra le spranghe.

Se si vuole applicare la formola alla strada di Liverpool, supponendo che gli appoggi conservino la distanza di 0^m,910, che l'altezza delle nuove spranghe debba essere 0^m,100, e che la maggior carica prodotta dalle locomotive di peso 12 ton. è di 5000 chil., si avrà per determinare la spessezza ridotta b :

$$\frac{2}{3} \times 20^{\text{chil.}} \times \frac{b(100)^2}{910} = 5000^{\text{chil.}}, \text{ da cui si ha } b = 34^{\text{mm.}}$$

Il peso di queste spranghe sarebbe di 26 chil. per metro; ciò che si avvicina al peso delle spranghe progettate per le strade da Londra a Birmingham, ed a Bristol.

Esperienze sulla resistenza delle spranghe di ferro fuso.

Si sono fatte delle sperienze dirette intorno alla resistenza statica delle spranghe: ecco un'estratto di quelle di M. Wood.

Delle spranghe di ferro fuso, (*fig. 20 e 13*) pesanti in circa 22 chil. per metro sono state posate e ritenute come l'ordinario in dei cuscinetti fissi sopra pezzi di legno discosti di 1^m,15.

Risultato di una dozzina d'esperienze.

Peso che cagiona la rottura situato nel mezzo.	Massimo.	7000 ^{chil.}	9700 ^{chil.}
	Minimo.	5300	6900
	Medio ..	6000	8000

La seconda colonna si rapporta alla rottura delle spranghe ottenute mescolando il metallo delle prime spranghe, con antico ferro fuso.

Una spranga di ferro malleabile di 4^m,55 di lunghezza, avente per tutto la medesima sezione trasversale (*fig. 18*), sopportata da sei cuscinetti formanti cinque divisioni ciascuna di 0^m,91, è stata fissata solidamente: 1.° a ciascun cuscinetto; 2.° ai due cuscinetti di mezzo soltanto. In amendue i casi si è caricata e scaricata successivamente di pesi progressivi; le flessioni che ne risultavano, erano non permanenti, o in parte permanenti. La freccia di curvatura è stata misurata al di sopra delle estremità della divisione di mezzo sulla quale i pesi erano applicati. La spranga pesava 19 chil. per metro.

Di ferro malleabile.

P E S I nel M E Z Z O.	LA SPRANGA FISSATA			
	A TUTTI I CUSCINETTI.		AI DUE CUSCINETTI DI MEZZO.	
	Freccia totale	Freccia permanente	Freccia totale	Freccia permanente
	chil. mm.	mm.	mm.	mm.
850	0,2	0,	0,2	0,
1 700	0,3	0,	0,4	0
3 400	0,6	0,	0,9	0
4 250	0,8	0,	1,2	0
5 100	1,0	0,	1,4	0,1
5 900	1,2	0,1	1,7	0,2
8 500	1,7	0,2	2,9	2,0

I prezzi del ferro fuso e del ferro malleabile essendo presso a poco nella ragione inversa delle quantità di materia contenute in un metro corrente di spranghe di ferro fuso o malleabile, vi è quasi eguaglianza di spesa sotto questo rapporto, ma siccome vi bisognano un quarto di cuscinetti e di massi sottoposti di più per le spranghe di ferro malleabile, così lo stabilimento di queste ultime può risultare di maggior costo.

Spesa rispettiva.

Le spranghe di ferro fuso hanno dunque ancora dei partigiani pel trasporto delle mercanzie; ma loro si sono generalmente sostituite le spranghe di ferro malleabile, le quali deteriorano meno prontamente, e sono esenti dalla istantanea rottura, inconveniente grave, soprattutto pel trasporto dei viaggiatori.

Spranghe di ferro generalmente preferite.

Quanto alla durata, avuto riguardo all'attrito, è stato conosciuto alla strada di Darlington, che un corso di 86 000 tonnellate di mercanzie in un senso, e di 52 000 tonnellate di carri e locomotive nei due sensi di andata e ritorno in un'anno, aveva fatto perdere il medesimo peso di 0^{chil.},226 ad una spranga di

Durata rispettiva.

ferro fuso di 1^m,22 di lunghezza, e ad una spranga di ferro malleabile di 4^m,56, di modo che il ferro fuso si consumerebbe quattro volte più prontamente del ferro da fucina.

Questa osservazione, benchè delicata, fa conchiudere in favore del ferro malleabile: bisognerebbe supporre un' errore molto forte perchè vi fosse parità tra i due metalli.

Se si ammette che l' attrito abbia luogo sopra una larghezza di 0^m,04, e che una spranga di cui la spessezza è diminuita di 0^m,006 è fuori di uso, si troverà che le spranghe di ferro potranno durare 58 anni, mentre che quelle di ferro fuso non dureranno che 9 anni. Per altro i sigg. Coste e Perdonnet hanno veduto delle spranghe di ferro fuso servire da 20 anni, ma esse erano a metà rose (C).

(C) Riguardo ai vantaggi ed inconvenienti delle rotaje di ferro fuso, o di ferro malleabile, da principio molte sono state le opinioni degl' ingegneri, avendo ciascuno di detti sistemi i suoi partigiani. Difatti M. Chapman in un suo rapporto sulla strada da Newcastle a Carlisle è di parere che sulle strade di ferro ove s' impiegano carri pesanti debbano preferirsi sempre le rotaje di ferro fuso a quelle di ferro malleabile, mentre quest' ultime possonsi adoperare nelle gallerie sotterranee ove la carica è poco considerabile: e ciò perchè essendo il ferro malleabile fibroso, le ruote dei carri e delle locomotive caricate di un peso molto forte, appianano la superficie esposta al contatto e finiscono per dividerla in lamine, e sfogliarla. Ma questa opinione viene contraddetta da molti fra i quali M. Longridge, e M. Thompson il quale afferma che le rotaje di ferro malleabile in attività da sedici anni a Tindale-Fell, non hanno presentato alcuna apparenza del genere di degradazione segnalato da M. Chapman: dippiù M. R. Stevenson, Ingegnere d' Edimburgo, e M. G. Stephenson di Newcastle, sono dello stesso avviso, di maniera che oggi è fuori di dubbio la superiorità dei vantaggi che le rotaje di ferro malleabile hanno su quelle di ferro fuso.

Che anzi quest' ultimo riguardo alle asserzioni di M. Chapman, in suo rapporto, sopra questo soggetto così si esprime: « le rotaje di ferro malleabile si consumano » per l' attrito delle ruote, di una maniera più costante e più uniforme che quelle » di ferro fuso. Alcuni ingegneri hanno preteso che esse erano soggette a sfogliarsi nella » parte esposta alla pressione delle ruote: questo è un fatto che io credo poter forse malmente negare; io ho esaminato attentamente delle rotaje in attività da più anni » su di una linea molto frequentata, e nessuna parte ne ho veduta con degradazioni » di questo genere. La pressione delle ruote debb' essere per certo più nociva al ferro » fuso che al ferro malleabile »; e più innanzi: « Il ferro malleabile presenta in tutte » le sue parti una densità uniforme, mentre che nel ferro fuso, come in tutti gli » altri corpi formati di una maniera analoga, il tessuto è più denso alla superficie, » che nell' interno; ciò che proviene indubitatamente dal raffreddamento più rapido

D'altronde è da riflettersi che le spranghe di ferro giacenti sul terreno, si cuoprono prontamente di ruggine, mentre che quelle delle strade a rotaje frequentate hanno uno splendore metallico sulla superficie toccata dalle ruote, e sono quasi per niente ossidate nelle altre parti: questa differenza forse proviene dallo stato magnetico dovuto al continuo fregamento delle ruote (D).

Pria di mettere in opera le spranghe, si pruovano. Le spranghe della strada di Liverpool, hanno sopportato cinque tonnellate nel mezzo degli appoggi, e quelle della strada di Roanne 2 000 chil. cadenti da 0^m,70 di altezza su di una lunghezza della spranga di 0^m,20: nell'istesso modo si è praticato per la strada di Lione. Queste pruove danno sovente alle spranghe delle curvature permanenti molto forti (0^m,04 a 0^m,06 di freccia), si raddrizzano difficilmente senza passarle pel fuoco, operazione che per lo più rende la pruova il-

Pruove delle spranghe.

» di questa superficie ». Finalmente in quanto al consumo dei due metalli si ha, secondo le osservazioni di M. Wood, che le ruote di ferro fuso delle macchine locomotive sono ordinariamente consumate in termine di nove mesi, mentre che i cerchi delle ruote di ferro malleabile dopo tre anni di servizio, sono alcune volte anche in buono stato. (*N. del Trad.*)

(D) Quanto all'azione dell'atmosfera, essa presso a poco si esercita egualmente sopra ambedue le sostanze. Però mentre che le spranghe sono nei magazzini, ovvero posate a terra, esse non tardano a covrirsi prontamente di ruggine; e quindi da questo genere di distruzione debbono preservarsi il più che è possibile. Ma bentosto che sono messe in opera ed in rapporto le une colle altre, l'esperienza costante insegna che gli effetti dell'ossidazione non hanno più a temersi, non solamente per la superficie esposta al contatto delle ruote, ma ancora per i lati, e bensì per le parti che toccano la terra.

Quale sia la causa di questi vantaggi, non si saprebbe precisare di una maniera assoluta: egli è però certo, dietro le osservazioni presentate a questo proposito in un rapporto diretto all'assemblea generale degli azionisti della strada di ferro della Loire, e dal quale ricaviamo la presente nota, che su tutta la linea di una strada di ferro si stabilisce una corrente magnetica ben decisa, indipendentemente dalle scosse delle spranghe prodotte dal passaggio delle vetture. In effetti se in quel picciolo intervallo di 2 millimetri circa che si lascia fra due spranghe contigue per permettere la dilatazione che avviene pel calore, vi si butti della limatura di ferro, le particelle di questa restano sospese al livello della superficie delle spranghe, e quindi le une alle altre si agglomerano in modo da riunire le dette spranghe. Se si pone della limatura sopra un foglio di carta al di sopra delle spranghe, questa limatura agitandosi da se stessa, si dispone in linea nella direzione stessa delle spranghe. Questo è ciò che preserva le rotaje dagli effetti distruttori dell'ossidazione. (*N. del Trad.*)

lusoria; non si può dunque pruovare che qualche spranga, e solamente come garanzia della qualità del ferro impiegato a farne un certo numero.

Spranghe parallele o curve.

Due forme principali sono state adottate per le spranghe di ferro malleabili. Le une sono *parallele*, cioè dalla medesima sezione trasversale su tutta la lunghezza; le altre *curve*, vale a dire più grosse verticalmente nel mezzo fra gli appoggi, che sopra i cuscinetti: esse sono rettilinee al di sopra e curve al di sotto.

Forma detta di egual resistenza.

Inconvenienti.

Si giustificava quest'ultima forma, per la quale è stato preso un brevetto d'invenzione, dicendo che seguendo la curvatura di un solido di egual resistenza, si risparmiava del materiale. Ma le spranghe curve al di sotto, senza godere dei vantaggi che loro si attribuiscono, hanno dei grandi inconvenienti.

Alterazione del ferro.

1.° Egli è difficile di lavorarle al laminatoio, e di ottenere la curvatura inferiore, senza alterare più o meno la tessitura delle fibre metalliche.

Difficoltà nel collocamento in opera.

2.° I cuscinetti non potendo situarsi che sotto la parte la più sottile, vi bisogna una precisione di gran lunga maggiore nel collocare in opera i massi di pietra ed i cuscinetti, difficoltà di già molto grande.

Numero d'appoggi limitato.

3.° Se una spranga s'indebolisce, non si può sostenerla ai punti intermedi: egli è del pari se il terreno esige più punti d'appoggio.

Scolo delle piovane impedito.

4.° Infine lo scolo trasversale delle acque piovane, il quale è necessario di mantenere sulle strade di ferro, è impedito dalla soverchia altezza delle spranghe che sono precisamente più basse nel punto ove si possono stabilire dei canaletti di scolo.

I vantaggi delle spranghe curve sulle spranghe parallele non sembrano punto pruovati; le sperienze comparative di M. Wood indicano troppo poca differenza fra le resistenze per far dare la preferenza alle une o alle altre. Ecco un'estratto delle sue sperienze.

Sperienze sulla loro resistenza comparativa.

PESI nel mezzo DELLA SPRANGA.	RESISTENZA DI UNA SPRANGA DI 4 ^m ,56 DI LUNGHEZZA SOSTENUTA E FISSATA SOLIDAMENTE SOPRA 6 CUSCINETTI, ALLA DISTANZA DI 0 ^m ,91.			
	CURVA PESANTE 19chil.,3. — (FIG. 19.)		PARALLELA PESANTE 19chil. — (FIG. 18.)	
	Freccia.	Frec. ^a permanente	Freccia.	Frec. ^a permanente
	mm	mm	mm	mm
850	0,	0,	0,2	0,
1 700	0,	0,	0,3	0,
3 400	0,7	0,	0,6	0,
4 250	0,9	0,	0,8	0,
5 100	1,1	0,	1,0	0,
5 900	1,2	0,	1,2	0,1
8 500	2,2	0,3	1,7	0,2

Il metro corrente di spranga parallela avente per sezione la sezione massima delle spranghe curve di Liverpool, peserebbe presso a poco 20 chil.; quello delle spranghe curve non pesa che 17 chil.; ma siccome il prezzo delle prime è di circa 26 franchi per 100 chil., e quello delle seconde è di 31 franchi (A), non vi è punto economia. D'altronde se si considerano i grandi vantaggi che presentano le spranghe parallele, non esigendo altra precisione nel situare i massi sottoposti che l'allineamento, permettendo il loro ravvicinamento a volontà secondo la fatica delle spranghe, o la cedevolezza del suolo, e nuocendo meno allo scola delle acque, non potrà farsi a meno di dargli la preferenza, e questo è ciò che oggidì si pratica.

Spesa comparativa.

Dimensioni principali di alcune spranghe.

STRADA DI	DISTANZA degli APPOGGI.	ALTEZZA.	LARGHEZZA		LUN- GHEZZA di una spranga.	P E S O	
			massima	minima.		di un metro.	dei carri o locomotive
SPRANGHE DI FERRO MALLEABILE.							
	m. m.	mm.	mm.	mm.	m.	ch.	ch.
• Liège.....	0,91—0,75	75	46	14	4,57	13,2	7000
• Rosne, fig. 24 e 24 bis.....	0,82—0,71	75	46	14	5,00	13,2	7000
• Epinae, fig. 21.....	1,00	80	43	12	5,00	11,0	3600
• Denain, fig. 22.....	»	80	48	13	»	13,2	4600
Darlington, fig. 15 e 17.....	0,91	85—56	55	14	4,56	14,0	8000
Liverpool, fig. 14 e 16.....	0,91	100—60	55	15	4,56	17,0	11500
• S. Helen-Runcorn, fig. 18 bis.....	0,91	92	55	18	4,56	19,5	8000
• Leeds e Selby, fig. 23.....	0,91	100	58	13	4,56	21,8	»
• Sunderland fig. 19 bis.....	»	97	49	13	4,56	14,5	4000
• Redruth.....	0,91	80	30	16	»	12,7	2000
• Wrenham.....	1,15	80	40	20	4,60	14,0	2500
SPRANGHE DI FERRO FUSO.							
Andresieux.....	1,14	140—70	50	20	1,20	21,7	3800
Darlington, Holton, fig. 13.....	1,15	145—80	55	13	1,20	22,0	8000
Newcastle.....	1,15	»	40	»	1,22	20,8	4000
Middleton presso Leeds.....	0,92	120—90	51	19	0,92	19,8	5500

* Spranghe parallele.

Entriamo in qualche dettaglio sulla stabilità del sistema delle spranghe, dei cuscinetti, e dei massi di pietra sottoposti.

Stabilità delle spranghe
cuscinetti e massi.

Le spranghe debbono conservare la loro altezza il loro parallelismo e la

(A) Prezzo del 1830.

Condizioni principali. loro uguaglianza di livello ai punti d'unione; condizioni essenziali pel corso delle ruote, le quali è tanto più difficile di mantenere, per quanto i veicoli hanno più massa e velocità.

La conservazione di livello dipende dalla resistenza del terreno: è cosa rara che essa sia perfetta, e più difficile ancora che sia uniforme: essa dipende in gran parte dalla superficie, e dal peso dei massi. Le dimensioni di questi che Dei massi di pietra. sul principio erano di $0^m,30$ per $0^m,30$, e di $0^m,20$ di altezza sono state successivamente portate a $0^m,60$ per $0^m,60$, e di altezza $0^m,30$, vale a dire ad una massa sestupla, ed oggi si è anche d'avviso di aumentarli per le strade di grande velocità.

Una più grande superficie de' massi aumenta la stabilità, suddividendo la pressione sul suolo; una più grande massa vi contribuisce ancora per l'inerzia.

Allorchè il carro passa sul masso, questo tende ad affondarsi. L'azione momentanea del carro sul terreno, trasmessa dal masso è tanto più debole per quanto questo masso intermedio ha maggior peso.

Ogni specie di pietra è buona per i massi, purchè resista alla gelata, ed alla dilatazione delle caviglie di legno che riempiscono i fori praticati per fissare i cuscinetti. La pietra più pesante è la migliore. Le facce sono assai grossolanamente tagliate; quella ove poggia il cuscinetto lo è con maggiore accuratezza.

Masso generale.

Dando come si usa $0^m,90$ di distanza fra i cuscinetti, e $0^m,60$ di riquadratura ai massi, vi ha soltanto una terza parte di terreno occupato dalle rotaje che non le sostiene. Non vi vorrebbe dunque un grande aumento di spesa per stabilire un masso generale di fabbrica sotto ciascuna linea di rotaje, che per conseguenza sarebbero sostenute in tutta la loro lunghezza. Questa idea adottata da alcuni ingegneri, è rigettata da altri i quali pensano che la resistenza completa del terreno è nociva, e che una reazione troppo dura sopra le spranghe e per conseguenza sopra i carretti e le locomotive, rende le deteriorazioni delle rotaje dei carretti e delle macchine più grandi e più pronte.

Troppo grande durezza del suolo nociva.

Esempio della strada di Lione.

Questo è ciò che sembra dimostrare l'osservazione comparativa delle parti della strada di Lione stabilite sopra arena, sopra roccia, e quelle che sono sopra inghiajata. Una certa elasticità sarebbe dunque utile nel sistema delle rotaje, e si ottiene separando i punti d'appoggio. Queste opinioni e questi fatti sono conformi a quanto noi sappiamo delle strade ordinarie di pietrame. M. Mac-Adam ha trovato che la deteriorazione di una strada del Somerset di

cui l'inghiaiata passava sulla roccia, era a quella di una parte di questa medesima strada stabilita sopra terreno paludoso come 7:5.

Oltre i massi di pietra, s'impiegano ancora delle traverse di legno, principalmente nei terreni poco resistenti, come sono i recenti riempimenti; esse sono per lo più abbastanza lunghe per servire alle due rotaje della medesima strada; esse hanno da 0^m,16 a 0^m,20 di altezza, sopra 0^m,22 a 0^m,30 di larghezza. Si fa uso ancora del legname colla sua scorza segato in due metà, e collocato colla sua faccia piana sul suolo. Qualche volta tali traverse si situano sopra altri pezzi paralleli alle rotaje, o solamente sopra dei tavoloni: così ne risulta un basamento più sodo, e per conseguenza la pressione momentanea dei carretti si riporta sopra più punti.

Traverse di legno.

Le traverse come masse inerti resistono molto meno che i massi di pietra più pesanti di loro. Il peso dei massi di grandi dimensioni è il quarto della pressione che esercita una ruota di carretto, mentre che quello delle traverse non è che la trentesima parte: così si vede nel passaggio dei carretti una più forte vibrazione delle rotaje allorchè esse sono stabilite sopra traverse di legno, che quando sono stabilite sopra massi di pietra.

Si sono ancora impiegate delle traverse di ferro fuso (fig. 35); il mezzo era affondato sotto la strada, nel mentre che le estremità rilevate presentavano delle fenditure nelle quali si situavano le spranghe; in questo caso non vi erano cuscinetti. Egli è verisimile che la rottura di questi pezzi ed il loro costo eccessivo avranno fatto rinunziare a questo sistema che non dispensava punto dai massi di pietra necessari per sopportare le estremità delle traverse.

Traverse di ferro fuso.

TERZA LEZIONE.

La posizione de' cuscinetti sopra i massi di pietra non è punto indifferente; il cuscinetto trasmette al masso sottoposto la pressione momentanea che prova la spranga sotto il passaggio dei carretti: la resistenza del terreno è quella che assicura la stabilità del masso; bisogna dunque affinché non succeda inclinazione che la risultante delle forze che resistono sia opposta a quella delle forze che premono; vale a dire che il centro del cuscinetto, il centro di gravità del masso, e quello dell'area secondo la quale egli tocca il terreno debbono essere sulla medesima verticale, condizione che esige che i

Posizione dei cuscinetti.

★

massi abbiano certe forme. Bisogna dippiù che le superficie di sopra e di sotto sieno parallele, e presso a poco piane.

Determinata così la posizione del cuscinetto sul masso, d'esso viene fissato per mezzo di due perni o di ferro o di legno; nel primo caso si comincia dal riempire i buchi cilindrici del masso per mezzo di caviglie di legno affondate nella pietra, ed in queste caviglie poscia si ficcano con forza i perni di ferro la di cui testa mantiene i cuscinetti. Se il legno è troppo secco, ed il buco troppo vicino ai bordi della pietra, questa può spezzarsi.

I buchi cavati nelle pietre hanno da 0^m,08 (*Epinac*) a 0^m,15 (*Leeds*) di profondità sopra 0^m,01 a 0^m,03 di diametro.

Intermezzo fra il cuscinetto ed il masso.

Qualche volta si è interposto fra i cuscinetti ed i massi una sostanza compressibile, come di feltro incatramato (*strada di Leeds e Selby*), o una tavola sottile di legname (*strada di Roanne sopra mille metri circa*). Lo scopo di questa interposizione è di rendere l'unione meno rigida, come anche di assicurare un contatto più perfetto per evitare la rottura dei cuscinetti, i quali poggerebbero in falso sulla pietra non bene spianata.

Ordinariamente i fori dei cuscinetti hanno un bordo un poco più spesso formante un'orlo, ad oggetto di offrire maggior resistenza ai colpi del martello.

Cunei di ferro o di legno.

I cunei che stringono le spranghe nei cuscinetti sono di legno o di ferro; i primi, che s'inzuppano qualche volta di catrame, danno meno rigidezza al sistema, ma permettono più alle spranghe d'inclinarsi, cedendo all'allontanamento prodotto dei carretti.

I cunei di ferro si oppongono più efficacemente a questo sforzo; ma conficcandoli fra la spranga ed il cuscinetto, può farsi spezzare il fianco di quest'ultimo; ovvero siccome l'unione è più rigida, se egli è troppo ristretto, una scossa dei carri produce il medesimo effetto.

Cunei al di dentro o al di fuori.

Questi cunei si sono messi al di dentro, o al di fuori della strada. Allorchè essi sono al di fuori l'azione dei carri che spingono di continuo le spranghe da questo lato, è trasmessa meno bruscamente al cuscinetto, soprattutto se i cunei sono di legno. In quest'ultimo caso è anche più vantaggioso che essi sieno al di fuori, perchè si possono ricovrirli di terra la quale impedisce che essi si dissecchino, e che stiano esposti. Infine si può dire che in generale questa posizione è da preferirsi, perchè allora la spranga allontana sempre più il risalto delle ruote dai cuscinetti, i quali qualche volta ne sono toccati.

Cunei da entrambi i lati.

Nei nuovi cuscinetti della strada di Liverpool si è molto aumentata la spessorezza delle facce, e si sono situati due cunei, uno da ciascun lato. Questi cunei di ferro hanno un piccolo risalto o tallone all'estremo come le

chiavette per poter essere tirati con più facilità dal martello. (*fig. 14 e 16*).

La larghezza dei cuscinetti nel senso delle spranghe varia da 9 a 13 centimetri; qualche volta quelli che sostengono due spranghe sono più larghi degli altri, e leggermente convessi sotto le unioni; la base del cuscinetto ha circa 0^m,03 di spessezza sotto le spranghe, e 0^m,02 alle estremità. Quanto all'altezza essa dev'essere tale che il fianco o lato interno non possa essere giammai toccato dai risalti delle ruote; il peso dei cuscinetti varia da 3 a 6^{chil},5.

Dimensioni e peso dei cuscinetti.

L'intervallo dei massi e dei cuscinetti dipende evidentemente dalla forza delle spranghe, e dal peso dei carretti. Fino ad un certo punto si possono ravvicinare i cuscinetti o aumentare la spessezza delle spranghe allorchè si vuole rendere una rotaja più resistente. In questa guisa alle strade di Lione, e di Roanne si sono fortificate alcune parti, aggiungendo un masso sotto ciascuna lunghezza di spranga.

Per costruire una strada a rotaje, si comincia dal tagliare i massi di pietra, e cavare i buchi che debbono ricevere le caviglie di legno ed i perni di ferro: si trasportano sulla linea, e vi si fissano solidamente i cuscinetti.

Stabilimento di una strada a rotaje.

L'asse della strada è tracciato col mezzo di bastoni di legno distanti da cinque a sei lunghezze di spranghe (circa 25 metri) l'uno dall'altro, messi alla stessa altezza colla livella a bolla d'aria da 300 a 300^m. Perpendicolarmente a ciascuno di questi bastoni di legno, lateralmente ed al di là delle spranghe estreme, se ne piantano altri due che si mettono all'altezza dei primi colla livella a squadra detta di falegname.

Nella collocazione di ciascuna linea delle rotaje, si aprirà un canale o fossa longitudinale propria a ricevere i massi di pietra: si porranno in opera tutti i mezzi possibili per consolidare il terreno: si collocheranno in primo luogo i massi ove succedono le unioni delle spranghe corrispondenti ai bastoni di legno, poscia i massi delle unioni o giunture intermedie, di cui gli allineamenti saranno dati dall'asse, e le altezze per mezzo d'indicatori del livello situati nei cuscinetti dei primi massi. Tutti i massi delle unioni essendo posti al loro sito, una corda tesa dall'uno all'altro sopra la base de' cuscinetti darà l'allineamento, e l'altezza dei massi intermedî.

Le spranghe saranno trasportate sulla linea, poscia perfettamente raddrizzate sopra una incudine portatile pria di metterle in opera, infine situate nei cuscinetti e fermate con i cunei. Esse debbono posare esattamente sopra tutte le basi dei cuscinetti, affrontarsi, ed allinearsi perfettamente.

Raddrizzamento delle spranghe.

I vacui dei fossi saranno in seguito riempiti con sabbia, con ghiaja, o con pietre in frantumi, bene ristrette contro i massi, e compresse a più riprese.

Qualche volta in vece di limitarsi ai soli fossi, si eleva il terreno per tutta la lunghezza della strada.

Compressione del suolo
con i massi.

Egli è importante che i massi non vacillino, e che essi sieno in contatto del terreno con tutti i punti della loro base. Alla strada di Liverpool il collocamento dei massi è stato eseguito, ed io l'ho anche veduto fare, nel modo seguente: una specie di trepiedi portatile di 1^m,80 di altezza (*fig. 48 bis*) serve di punto d'appoggio ad una leva di legno di 4 a 5 metri: all'estremità del braccio grande vi sono delle funi per abbassare la leva; al braccio opposto vi è una catena aggrappata al cuscinetto di già fissato sul masso; con questo mezzo si solleva il masso che pesa circa 300 chil., e lasciandolo ricadere più volte da una piccola altezza, si comprime il terreno che prende l'impronta delle ineguaglianze della faccia di sotto del masso. Questo metodo di collocamento in opera è buono, giacchè si adopera anche adesso dopo tre anni di esperienza, e ciò non ostante sembra che dovrebbe dislogare i cuscinetti.

Fondazioni con pietre
in frantumi

Qualche volta si riempisce il fondo del fosso longitudinale con uno strato di 0^m,25 di pietre in frantumi, sul quale si poggiano i massi: si ottiene la stabilità, e lo scolo delle acque, filtrando queste a traverso le pietre in dei canaletti praticati di distanza in distanza. La fondazione con rottami di pietre è impiegata nella strada di Leeds e Selby; ma sembra che essa non è applicata che ai terreni molli (*fig. 38 e 39*).

Questi frantumi di pietre debbono comportarsi sotto le scosse dei carretti come quelli delle strade sotto il movimento delle vetture ordinarie, vale a dire che essi si restringono, e finiscono con occupare un volume minore. Le rotaje debbono dunque abbassarsi; ma le pietre essendo supposte eguali, l'abbassamento dovuto a questa causa è uniforme.

Allorchè i cuscinetti sono poggiati sopra traverse di un solo pezzo messe in tutta la larghezza della strada, egli è più difficile di fissarli, giacchè una estremità si dissesta allorchè l'altra estremità si solleva o si abbassa, ma il parallelismo delle spranghe si conserva più facilmente.

Intervallo da lasciarsi
fra le spranghe.

Bisogna aver cura nel porre in opera le spranghe di non farle toccare colle estremità; bisogna lasciare uno spazio sufficiente per la dilatazione: l'allungamento non può punto eccedere 0^m,002 a 0^m,003 per una spranga di 4^m,56 ($40^{\circ} \times 4^{\text{m}},56 \frac{1^{\circ}}{100 \times 819} = 0^{\text{m}},002$) supponendo che si metta in opera alla temperatura di 0°, e che il ferro non si scaldi al di là di 40° nei più grandi calori di està. Si possono, raddoppiando gl'intervalli, allontanare tali spazi da due in due spranghe, ma non al di là, poichè la dilatazione non riempi-

rebbe più i vuoti, e guasterebbe la forma delle spranghe le quali resisterebbero troppo per scorrere nei cuscinetti.

Qualche volta s'inclina leggermente la superficie superiore di una rotaja verso l'altra rotaja, disposizione che tende a ricondurre i carretti nella strada, e che è più appropriata alle ruote coniche.

La posizione relativa delle spranghe delle due linee della medesima strada offre diverse combinazioni. Sembra che alla strada di Liverpool si sono situate in maniera che i punti d'unione di una linea sieno dirimpetto ai mezzi delle spranghe dell'altra linea. Quest'ordine primitivo è stato più o meno disordinato per le riparazioni successive, e rimpiazzo delle spranghe. Alla strada di Lione le unioni di ciascuna linea si corrispondono. Nella prima disposizione le unioni non possono essere giammai incontrate che da una sola ruota alla volta; nella seconda le scosse prodotte da due unioni hanno luogo nel medesimo tempo; ma egli è più facile di mantenere il parallelismo, servendo una sola traversa a due unioni contemporaneamente, vale a dire a quattro spranghe.

Posizione relativa delle spranghe delle due linee.

Ciascuna spranga potendo essere spinta da dentro in fuori dalle ruote dei carretti, si previene l'allontanamento, situando di tratto in tratto delle traverse in luogo dei massi: questa precauzione che mantiene la larghezza primitiva della strada, è indispensabile per tutti i terreni compressibili, e per tutti i riempimenti recenti, essa è economica, perchè si possono impiegare le medesime traverse al cammino definitivo, ed ai cammini di servizio dei travagli di stabilimento.

Parallelismo delle spranghe mantenuto.

La larghezza della strada dipende da quella dei carretti; essa è ordinariamente eguale alla distanza esteriore de' risalti delle ruote, più 0^m,02 di gioco.

Larghezza della strada.

Via delle strade di ferro misurata fra gli assi delle rotaje.

	m.	I bills di riforma relativi alle strade le più recenti prescrivono per la distanza delle spranghe.
Leeds a Middleton.....	1,31	in opera almeno 1 m. 42
Sunderland.....	1,40	fuori opera, al più 1 m. 55
Redruth a Restrongett.....	1,21	
Darlington a Stockton.....	1,48	Saint-Étienne ad Andrezieux.... 1,49
Liverpool a Manchester.....	1,48	Lione a Roanne..... 1,50
Cantorbury a Wistestable.....	1,52	Epinac..... 1,52
Leeds e Selby.....	1,49	Denain..... 1,50

Allorchè una strada di ferro non ha che una sola via, si è nell'obbligo di stabilire di distanza in distanza delle parti a doppia via per l'incrocamento

Doppia via per l'incrocamento dei carri.

dei carri che vanno in sensi opposti, o che camminano nello stesso senso con differenti velocità. Le distanze variano necessariamente secondo l'attività del corso. Quanto alla lunghezza di queste parti che s'incrociano, essa dipende da quella dei convogli, vale a dire dal numero dei carri attaccati insieme. Si stabilisce poscia $\frac{1}{2}$ fino ad $\frac{1}{7}$ di lunghezza di più per le parti doppie o crociere.

Vicino ai punti d'arrivo, di carico e di scarico, bisogna aggiungere delle vie particolari destinate alla stazione dei carri e fuori le linee della strada propriamente detta.

Larghezza dell'intra-
mezzo fra le due vie.

Allorchè il commercio è molto attivo, si formano le strade con due vie. L'intervallo che si lascia tra esse dipende dalla larghezza delle vetture e delle mercanzie che frequentano la strada.

Spazio fra mezzo alle due vie da asse ad asse.

Darlington a Stockton.....	m. 1,26	Sunderland.....	m. 1,12
Liverpool a Manchester.....	1,66	Lione a Roanne.....	1,00
Leeds a Selby.....	1,98	Epinac.....	1,00

Curve di raccordo.

Angolo sotto il quale si
cambia direzione.

Per passare da una via all'altra si fanno delle curve di raccordo, che non sono sempre tangenti alle linee principali; è sufficiente che gli angoli d'incontro non facciano provare ai carretti un cambiamento troppo brusco di direzione, e che il rettangolo delle linee che si hanno congiungendo i quattro punti di contatto delle ruote sopra le spranghe, possa sempre essere iscritto nella proiezione orizzontale della via angolare. Questi angoli sono da tre a sei gradi.

Spranghe mobili per
cambiare direzione.

Il cambiamento di via si esegue per mezzo di parti di spranghe, mobili attorno un centro, chiamate *switches* o *aiguilles*; qualche volta esse sono sopra una sola linea di rotaje; allorchè sono sopra ambedue, e che debbono muoversi insieme, esse sono ligate da una catena, o da un'asta di ferro (*fig. 26, 29, 27 bis*).

Le spranghe mobili sono mosse a volontà da un'uomo che va avanti al convoglio, o da una guardia stazionaria. Si fa uso ancora di una catena la quale passa sopra una puleggia, ed all'estremità della quale vi è un peso che discende in un piccolo pozzetto, e che riconduce dette spranghe nella posizione in cui debbono restare (*fig. 25 e 25 bis*).

Quest'ultimo mezzo adattato ad una spranga mobile sopra una sola rotaja

alla crociera, basta per far seguire la medesima via ai carri che vanno in un senso, e l'altra via a quelli che vengono in senso contrario, (*fig. 27*).

Sia AB una via principale seguita dai carri carichi che vanno da A verso B, e CD una crociera ove debbono arrestarsi i carri vuoti che vanno da C verso D. I carri pieni che vengono da A, trovando sempre la spranga mobile D chiusa per l'effetto del peso H, seguiranno la via principale, ed arrivati presso alla spranga mobile E, l'apriranno per l'impulsione dei risalti della ruota che si spinge avanti la spranga mobile; i carri vuoti che vengono da B verso A, trovando sempre la spranga E chiusa per l'effetto del peso L, saranno diretti da questa nella via della crociera, ed ivi si arresteranno se è necessario, per lasciar passare i carri pieni nella via principale; continuando in seguito il loro cammino essi troveranno la spranga mobile D chiusa, ma il risalto della ruota l'aprirà, ed i carri vuoti rientreranno nella via principale.

S'impiegano in questo sistema dei pezzi di ferro fuso MM ai punti ove due rotaje s'incontrano e s'incrociano, ed NN ai punti ove una linea di spranghe termina sopra di un'altra. Questi pezzi danno luogo a delle scosse, e M. Vood li ha rimpiazzati con un sistema di spranghe mobili più dolci. L'ispezione della *fig. 27 bis* basterà per farne comprendere il meccanismo. Si osserveranno due spranghe mobili rimenate insieme in una medesima posizione per mezzo di un contropeso.

Si è ancora immaginata un'altra disposizione che esenta d'impiegare delle parti mobili e che è fondata sulla tendenza che hanno i carretti a continuare il loro movimento in linea retta, (*fig. 28*).

Crociera senza spranghe mobili.

Alla strada a rotaje di Liverpool s'impiega un mezzo per cangiar via, che sembra preferibile: una porzione medesima delle spranghe gira attorno di un centro, e si situa a volontà nella direzione dell'una o dell'altra via. Le parti mobili hanno in circa 1^m,80 di lunghezza; a 0^m,10 dalla loro estremità esse sono traversate da un'asta che le spinge o le tira. Questa è terminata dalla parte della via da un rettangolo orizzontale di 0^m,20 per 0^m,40 nel quale si mette un'eccentrico di cui l'asse verticale è girato a volontà per mezzo di un braccio di leva di 1^m,00 di lunghezza; lo spostamento delle spranghe mobili è di circa 0^m,10 all'estremità. Il tutto è di ferro da fucina, (*fig. 29 e 30*). La figura 32 rappresenta la disposizione di un'altro eccentrico eseguito alla strada di S. Hélen-Runcorn.

Eccentrico per muovere le spranghe mobili.

Allorchè la velocità è molto grande, e che si teme che nel passaggio delle rivolte, i risalti delle ruote non sormontino sulle spranghe mobili, s'impiegano come mezzo di sicurezza dei grandi pezzi di legno contro i quali si ap-

Spranghe mobili di legno.

poggiano i cerchioni delle ruote, del pari come i risalti si appoggiano contro le spranghe. Queste grandi spranghe mobili hanno da 4 a 5 metri di lunghezza; esse si muovono sopra un pezzo di legno di cui il di sopra pareggia le spranghe; e formano al di sopra di queste uno sporto di 0^m,11 a 0^m,15, contro il quale striscia il cerchione della ruota (*fig. 31*); si manovrano separatamente.

Piattaforma per cangiare di via ad angolo retto.

Allorchè manca lo spazio per sviluppare la curva di raccordo, e che i carri debbono girare a corto, egli è indispensabile di fermarli, di disunirli, e di condurli gli uni appresso gli altri sopra una piattaforma circolare, girevole sopra un carretto con girelle, per mezzo della quale si fanno prendere alla porzione della rotaja che gira con essa, ed al carro che vi è sopra, tutte le direzioni che si vogliono. La *fig. 33* rappresenta una piattaforma di legname della strada di Stockton, e la *fig. 34* una piattaforma di ferro fuso della strada di Liverpool.

Traversata delle strade inghiate, e selciate.

Allorchè una strada a rotaje traversa una strada ordinaria, si situa ciascuna spranga fra due piastre di ferro fuso messe verticalmente, riunite per mezzo di perni, lasciando circa 0^m,04 di spazio fra loro e la spranga. Queste piastre la di cui estremità superiore è al medesimo livello col di sopra della spranga, servono a ritenere le pietre della strada, ed a garantire le spranghe dall'urto delle ruote delle vetture che passano per sopra ad esse, (*fig. 46*).

Più sovente queste piastre sono rimpiazzate da pezzi di legno un poco più elevati delle spranghe, (*fig. 47*).

Qualche volta infine, allorchè si tratta di una strada selciata, niuna cosa garantisce le spranghe. Le selci formano altrettante piccole vie fra gl'intervali delle spranghe, e si abbassano bruscamente contro ad esse al di dentro della via per lasciare un libero passaggio ai risalti delle ruote, (*fig. 48*).

In Inghilterra, gli ultimi atti per concessione delle strade di ferro fissano a 25 millimetri la più grande differenza di livello di una rotaja al di sopra o al di sotto della superficie di una strada pubblica che taglia.

Q U A R T A L E Z I O N E.

Opere diverse per stabilire una strada a rotaje.

Le opere di terra, riempiimenti o cavamenti, da eseguirsi per lo stabilimento di una strada a rotaje sono simili a quelle che debbono ricevere l'inghiata di una strada: noi abbiamo perciò poche cose a dire.

L'acqua dovendo essere rigettata a dritta ed a manca dell'asse in ambi i

casi, ma forse con maggior cura ancora per le strade a rotaje, si praticano nelle parti in tagliamento dei piccoli fossi al piede delle scarpe, (*fig. 36, 37, 38, 39, 41, 45*); essi hanno da 0^m,70 (*Leeds e Selby*) fino ad 1 metro (*Liverpool, Darlington*) di larghezza al di sopra; la loro profondità dev'essere tale che l'acqua che potrebbe restarvi, sia sempre più bassa del di sotto dei massi. Questi fossi sono stati situati nella strada di Liverpool a distanza di 1^m,00 ed 1^m,50 dall'ultima rotaja.

Tagliamenti.

Alla medesima strada, le scarpe de' più grandi riempimenti cominciano ad 1^m,50 dall'ultima rotaja. Al riempimento di Halton (*Leeds e Selby*) preparato per quattro vie, questa distanza è di circa 3^m,50; essa sembra troppo grande: forse si è voluta riserbare la possibilità di addolcire la pendenza della scarpa che è molto ripida. Alla strada di Lione, ci sembra che si sia caduto nell'eccesso contrario, riducendo questa distanza a meno di 0^m,70. Tuttavia noi dobbiamo dire che i riempimenti di molti piani inclinati d'Inghilterra, sui quali passano 3 a 400 carri al giorno, non presentano alcune volte che 0^m,60 di larghezza fra l'ultima rotaja e lo spigolo della scarpa, e che molte parti in piano, non offrono che la medesima distanza fino alla fossata (*fig. 42*).

Riempimenti.

Nei riempimenti di cui si tratta, ed al tempo del primo stabilimento, si pongono sempre i cuscinetti sopra traverse di legno, ciò che dà una garanzia di più contro la spinta a vuoto: in seguito allorchè il terreno ha acquistato qualche solidità, le traverse sono rimpiazzate dai massi.

Risulta dagli esempî citati, che una distanza di 1^m,50 fra l'ultima rotaja, e la cresta della scarpa, è ben sufficiente per resistere agli scuotimenti che accompagnano il movimento delle vetture di più grande velocità.

Al riempimento di Roby di 15^m di altezza (strada di Liverpool) si sono formate le scarpe laterali in origine secondo una curva di 1^m,50 di freccia sopra 14^m di corda (*fig. 43*); ma io ho veduto che in alcuni luoghi si è stato nell'obbligo di sostenere le terre con un muro inclinato rettilineo che riempisce la concavità di questa curva: in altre parti la forma primitiva esiste ancora.

Riempimento di Liverpool.

Al grande riempimento della strada di Leeds e Selby, di 16 metri di altezza, non si è dato alla scarpa che 10 metri di base, e si sono sostenute le terre mediante una muraglia inclinata con pietre a secco di 2^m,00 di spessore alla base. L'arditezza di questa costruzione che per la natura particolare del riempimento ha provato dei movimenti più considerevoli che nei casi ordinari, non ci sembra punto giustificata, a causa della troppo grande distanza conservata fra lo spigolo superiore della scarpa, e l'ultima rotaja, anche nel

Riempimento di Leeds e Selby.

★

caso che si stabilissero quattro vie, siccome se n'è riserbata la facoltà (*fig. 44*).

Se si considera la durata, e l'ineguaglianza dei grandi ammassamenti che provano i riempimenti troppo elevati, si ravviserà che le rotaje che seguono questi movimenti non possono essere in attività senza frequenti riparazioni: le medesime non possono essere eseguite senza sospendere il corso, ovvero riportandolo sopra un'altra strada. Sembra dunque molto utile di dare alla sommità di questi grandi riempimenti la larghezza sufficiente per situare delle vie ausiliarie a canto alle strade principali.

Nello stabilimento delle strade a rotaje si può essere nella circostanza di dover aprire dei sotterranei sotto le montagne, ovvero di formare delle arcate al di sopra delle vallate: noi parleremo solamente delle dimensioni che conven- gono alla buona costituzione di queste opere, di cui la costruzione è simile a quella de' sotterranei dei canali, e dei ponti delle strade ordinarie.

Dei sotterranei delle strade a rotaje.

I sotterranei ciò non ostante esigono una condizione differente: quelli dei canali sono situati piuttosto al di sotto che al di sopra delle acque sotterranee. Per quelli delle strade a rotaje si deve evitare questa posizione, e se non vi si può pervenire, bisogna procurare dei mezzi di scolo fino al di sotto dei massi.

Larghezza ed altezza dei sotterranei.

Allorchè si tratta di una strada a rotaje per mercanzie ad una sola via, una larghezza di 0^m,50 a 0^m,60 da ciascun lato dei carri sembra sufficiente, come anche un'altezza di 0^m,70 al di sopra delle casse. (Sotterraneo di Preston, *fig. 50*, di terra nera, *fig. 40*).

Pel passaggio delle diligenze.

Allorchè il sotterraneo è destinato al passaggio de' viaggiatori, vi bisogna almeno un metro d'intervallo fra le pareti delle diligenze ed il piè dritto della volta, (*fig. 52*). Al nuovo sotterraneo di Liverpool destinato unicamente alle diligenze, si son dati 7^m,30 di larghezza per le due vie, ciò che suppone un'intervallo di 1^m,05 fra i carri ed i piedritti, (*fig. 54*). È sufficiente un'altezza di 4^m,00 al di sopra del suolo pel passaggio delle diligenze; ma se vi sono delle macchine locomotive, bisogna aver riguardo all'elevazione dei cammini, la quale è di circa 4^m,00 al di sopra delle spranghe.

Per le macchine locomotive.

Queste dimensioni potrebbero essere adottate per l'apertura e l'altezza dei ponti che sostengono le strade al di sopra delle rotaje: ciò non ostante alla strada di Liverpool i ponti hanno generalmente 10^m,00 d'apertura, e 6^m,00 di altezza sotto la chiave.

Delle arcate per sostenere le strade.

I ponti o arcate per le strade di ferro possono essere costruiti di fabbrica, di legno, di ferro fuso, o anche con catene di sospensione. In queste opere la larghezza fra i parapetti e le rotaje estreme varia da 0^m,70 fino a 2^m,70;

una distanza di 1^m,50 è ben sufficiente: questa è appunto quella adottata per i grandi ponti di Newton e di Sankey alla strada di Liverpool.

Queste ultime opere sono di fabbrica; ma in una di esse il riempimento non è stato terminato fino alle spalle, ed il passaggio delle diligenze ha luogo sopra un ponte di legno di 30 a 40 metri di lunghezza. Si vede ancora un ponte di legno con piloni e spalle di fabbrica alla strada di Roanne, ed un'altro tutto di legname a Preston. Se n'è fatto uno interamente di ferro fuso per far passare la strada a rotaje di S. Elène sopra quella di Liverpool. Questo ponte è a sbieco.

Infine vi è presso Stokton un ponte sospeso di 75^m,00 di apertura costruito per far continuazione colla strada di ferro di Darlington, (*fig. 99*); i carri partono da un punto della riva sinistra più elevata che il tavolato del ponte: abbandonati alla gravità essi traversano il ponte, e rimontano sulla riva dritta: essendo mancato un punto d'attacco, si è sostenuto il tavolato per mezzo di cinque pali, con sotto travi, e saettoni; ma non si può da questo argomentare che il passaggio sopra i ponti sospesi dev'essere interdetto ai carretti.

I carri impiegati sopra le strade provvisorie, essendo sovente destinati al trasporto delle terre, sono costruiti in maniera che restano in bilico come le carrette ordinarie di trasporto delle terre. In queste l'asse di rotazione è perpendicolare alle rotaje, ed il carico è riversato in avanti (*fig. 2*); negli altri egli è parallelo alla strada, ed il carretto si riversa di lato (*fig. 3*). Questi carretti sono tirati indifferentemente nei due sensi; essi contengono da 0,80 fino ad 1,60 metri cubici.

Le ruote di questi piccioli carri, ordinariamente più basse di quelle degli altri carri ordinari per facilitare il carico con le pale, ne differiscono essenzialmente pel sistema di rotazione. Nei carri ordinari gli assi girano assieme colle ruote; negli altri l'asse è fisso ai carri, e le ruote girano nel loro miullo. Questa disposizione è favorevole alle curve di piccoli raggi, che presentano sovente le strade di servizio; essa dà così la facilità d'inclinare l'estremità degli assi, e di allargare la cassa dei carri, (*fig. 2*).

I carri generalmente impiegati sulle strade di ferro sono composti di una cassa che ha la forma di una tramoggia, di un telajo di legname che regge la cassa, di due assi e quattro ruote che sostengono il telajo.

Questa forma piramidale di cassa nei carretti che servono principalmente al trasporto del carbone fossile, è stata adottata per dare alla parte superiore maggior larghezza che alla via, e facilitare lo scarico: esso si esegue aprendo

Dei carri.

Sulle strade provvisorie.

Carri ordinari.

il fondo della cassa, il carbon fossile cade nei navigli, o nelle vetture che lo trasportano alla sua destinazione, (*fig. 55, 56, 57, ed 86*).

Carri di Liverpool.

Alla strada di Liverpool, ove una gran parte del commercio consiste in mercanzie delle Indie, si è data ai carri una forma appropriata ad un'altro sistema di carico e scarico. Essi hanno due casse prismatiche che scorrono sul telaio per mezzo di girelle e di incanalature. Esse si muovono parallelamente agli assi delle ruote per sopra alle quali passano. Queste casse rotolate dai magazzini sopra i carretti, o dai carretti ne' magazzini, sono riempite e vuotate sotto delle tettoie al coverto dei cattivi tempi, (*fig 58*). (E)

(E) È utile di conoscere il meccanismo accennato dall'autore, come anche la struttura e le dimensioni dei carri impiegati pel trasporto delle mercanzie alla strada di Liverpool. Essi si compongono da un telaio principale formato da due pezzi di legno longitudinali *cc* di lunghezza $3^m,15$ e di $0^m,12$ di riquadratura, con quattro pezzi trasversali al di sopra *bbbb* di lunghezza $1^m,90$, larghezza $0^m,08$, ed altezza $0^m,075$: al di sotto dei due pezzi longitudinali vi sono due piastre di ferro di $0^m,08$ di spessore, ed il tutto si appoggia sulle quattro balestre *tt*, *tt*, di cui due soltanto appaiono nell'elevato longitudinale che indica la *fig. 58*. È interessante far conoscere il modo d'attacco di queste balestre: esse sono fissate sulle estremità degli assi al di fuori delle ruote, per mezzo di due cerchi di ferro che le circondano.

Queste cinture di ferro sono disposte ai due lati dell'asse, come si osservano nelle sezioni verticali secondo *a' b'*, e secondo l'asse (*fig. c, d, Tav. XI*). Ciascuna cintura dopo aver circondato la balestra, si riunisce al di sotto della stessa, e termina a guisa di una chiavarda, la quale penetra per dentro un pezzo che circonda l'asse (e che qui appresso descriveremo), e viene ristretta mediante una vite nella faccia inferiore di questo pezzo. Per poco che si fa attenzione alla sezione secondo *a' b'*, e si confronti questa coll'altra longitudinale secondo l'asse, si resterà persuasi di questa disposizione, osservando in quest'ultima la forma di queste cinture, indicata con linee punteggiate.

Il pezzo che circonda l'asse è composto da due parti ligate insieme e ristrette per mezzo delle chiavarde delle balestre sopra menzionate: nella parte superiore vi è praticata una cavità *q* destinata a contenere dell'oglio. Inferiormente a questa cavità vi è un pezzo di rame, indicato nella figura con tratti incrociati, il quale è in contatto e si appoggia sopra l'asse: il diametro di questo all'estremità non è che di $0^m,04$. Questa estremità dell'asse in tal modo formata, scorre fra due piastre di ferro *m, m*, fissate al telaio, e riunite alla loro parte inferiore per mezzo di una traversa, come si vede nel dettaglio dell'elevato laterale (*fig. e Tav. XI*), ove sono indicate con numeri tutte le dimensioni. Questa disposizione basta per ligare il carro all'estremità dell'asse.

Al di sopra dei pezzi trasversali *bbbb* del telaio principale, vi sono delle piastre

Una disposizione particolare è necessaria ai carri che viaggiano insieme, è il prolungamento in avanti ed in dietro dei pezzi longitudinali del telaio; le estremità di questi pezzi debbono toccarsi allorchè i carri si urtano, ed impedire la scossa delle casse, che sarebbero bentosto fracassate senza questa precauzione.

I carri si toccano per mezzo dei telai.

I carri debbono essere uniti per mezzo di catene fissate solidamente ai telai, (*fig. 85*), e di cui gli anelli sono di ferro di 20 a 25 millimetri di grossezza; esse sono esposte a delle violenti scosse, se ne mette una da ciascun lato del carro, ovvero una sola nel mezzo; in questo caso se ne aggiunge qualche volta una seconda un poco più lunga per supplire alla prima in caso che si rompa; queste catene sono corte; non bisogna che i carri sieno troppo discosti gli uni dagli altri (circa 0^m,30 a 0^m,40), se ne sentirà la ragione fra poco.

Col mezzo di questo sistema di attacco molto semplice avviene che un solo cavallo può mettere in movimento una massa considerevole (15 a 25 ton.). Allorchè i carri stanno fermi, essi si toccano, o debbono toccarsi con i telai, e le catene non sono tese. Il cavallo che comincia a camminare non agisce che sopra un solo carro, poscia le masse riunite del cavallo e del primo carro agiscono sul secondo, indi le masse riunite del cavallo e de' due primi carri agi-

Conseguenza del modo di attacco pel movimento.

di ferro con un risalto angolare verso il di fuori, alto 0^m,07, della forma medesima di quelle usate per le strade a rotaje piane. Sopra queste rotaje scorrono le due casse *A, A*, di cui la larghezza *cd* è 1^m,40, la lunghezza *ef* è 1^m,70, e l'altezza *ch* è di 0^m,80: a qual fine al di sotto di ciascuna di esse vi sono quattro girelle verticali: e per impedire benanche il fregamento che potrebbe succedere della cassa contro i risalti delle rotaje angolari, si situano di lato altrettante girelle orizzontali adattate al di sotto del telaio della cassa, come si vede nel dettaglio (*fig. f Tav. XI*) le quali impediscono alla stessa di strisciare contro i sopradetti risalti verticali. Queste casse sono ritenute sul carro durante il viaggio mediante li due arpioni di ferro *gg*, i quali possono girare attorno i loro punti d'attacco sulla cassa, e si appoggiano al telaio del carro.

Ciò premesso vi sono delle carrette ordinarie tirate da un cavallo, le quali sono guernite nella loro parte superiore di rotaje simili a quelle che abbiamo descritte, e che vi corrispondono esattamente. In tal guisa allorchè il convoglio è giunto al termine della strada di ferro, ciascuna cassa *A, A*, si passa sul carretto ordinario tirato dal cavallo, e viene trasportata al luogo ove deve scaricarsi. Poscia che si è eseguito lo scarico, essa viene ricondotta vuota sulla strada di ferro, e colle stesso meccanismo si rimette sul carro del convoglio. (*N. del Trad.*).

scono insieme sopra il terzo, e così di seguito; di modo che l'inerzia totale del treno o convoglio di carri, è vinta in dettaglio senza molta fatica pel cavallo; ed egli avviene del pari relativamente alle macchine fisse o locomotive: senza questa disposizione particolare ai convogli di carri, l'azione delle macchine sopra masse tanto considerabili darebbe luogo a degli accidenti frequenti, e ad una pronta deteriorazione degli attrezzi.

Per diminuire le scosse violenti che provano i viaggiatori nelle diligenze della strada di Liverpool, scosse prodotte dall'azione reciproca delle vetture, come pure dall'azione delle macchine locomotive, il movimento è trasmesso a ciascuna vettura, sia che si spinga, sia che si tiri, per l'intermezzo di una molla elastica situata nel mezzo del telaio, e con una ingegnosa disposizione di leve, (*fig. 59*).

Per passare dal movimento al riposo.

Il modo di attacco dei carri è ugualmente favorevole al cavallo quando si arresta: i carri arrivano allo stato di riposo successivamente, il primo si avvanza meno presso al cavallo che non avverrebbe se il sistema fosse rigido, e vi sono meno eventualità perchè l'animale sia urtato dai carri allorchè discendono.

Azione de' carri gli uni sugli altri.

Esaminiamo le circostanze del movimento dei carri che camminano soli, avuto riguardo al modo di attacco.

Avviene qualche volta che un carro vuoto non può discendere solo su di un pendio mentre che il movimento ha luogo, se non se ne attacchino due o tre altri in seguito al primo. Questo avviene dacchè i carri possono agire isolatamente ovvero insieme sopra gli ostacoli provenienti dalla imperfezione delle rotaje.

Vantaggio di quest'azione.

Supponghiamo che dopo alcuni secondi, il primo carro incontri un'ostacolo che distrugga la maggior parte della sua velocità: il suo cammino sarà rallentato, il carro che lo segue lo raggiungerà, lo spingerà, ed essi cammineranno insieme per alcuni istanti: il secondo carro alla sua volta incontrando l'ostacolo, rallenterà il suo corso e si separerà dal primo; ma questo che continua il suo movimento distenderà la catena che li unisce, lo tirerà, ed essi cammineranno di nuovo con una velocità comune. Ora si concepisce che se un'altro ostacolo fosse succeduto immediatamente al primo, avrebbe potuto finire di distruggere la velocità del primo carro se fosse stato solo, nel mentre che quest'ostacolo potrà essere sormontato dalle masse riunite dei due carri che si toccano; e del pari quest'ostacolo che avrebbe potuto arrestare il secondo carro solo, potrà essere egualmente superato da questo carro allorchè egli è tirato dal primo.

Così il soccorso che un carro riceve da quello che lo spinge, questo glie lo rende tirando. Vi è in qualche modo sicurezza scambievolmente fra tutti i carri contro gli ostacoli che possono arrestare ciascuno di essi separatamente. Egli è vero che se tutti i carri fossero attaccati insieme di una maniera invariabile, essi goderebbero egualmente di questo vantaggio; ma allora perderebbero quello che noi abbiamo riconosciuto essere sì favorevole ai motori.

La disposizione che produce quest' ultimo vantaggio non è senza inconvenienti; bisogna che i carri sieno massicci e molto solidi per non essere fracassati dalle scosse, e dagli urti che essi provano orizzontalmente tirandosi o spingendosi: da ciò la necessità di trasportare inutilmente delle masse che consumano in pura perdita un terzo della forza di tiro.

Inconvenienti.

Pesi dei carri.

CARICHI.	VUOTI.	RAPPORTO	NOME delle STRADE DI FERRO.	CARICHI.	VUOTI.	RAPPORTO	NOME delle STRADE DI FERRO.
ch.	ch.			ch.	ch.		
3970	1268	0,32	Killing Worth	3800	1200	0,32	Newcastle
3811	1167	0,29	<i>Idem</i>	4000	1500	0,38	<i>Idem</i>
3869	1180	0,31	<i>Idem</i>	1900	600	0,32	<i>Idem</i>
4262	1573	0,36	Helton	5000	1600	0,32	Liverpool
3856	1167	0,31	<i>Idem</i>	4500	1500	0,33	Denain
4081	1395	0,34	Back Worth	3600	1000	0,28	Epinac
3000	1300	0,44	Darlington	3700	1100	0,30	Roanne
3875	1250	0,32	<i>Idem</i>	4100	1100	0,27	Lione
3600	1500	0,42	Bolton	3800	1400	0,38	Andrezieux
3600	1000	0,28	Glasgow	....	....	....	.....
2130	760	0,36	Whitstable	....	....	....	.....

Sono gli urti contro le ineguaglianze delle selciate, etc. che provano le vetture sulle nostre strade, che hanno obbligato a costruirle sì solide e di un peso uguale alla metà delle mercanzie; si avrebbe dunque potuto credere che le strade di ferro che appianano questi ostacoli introducessero un miglioramento notevole nel rapporto delle masse dei veicoli e delle mercanzie; ma non è stato così, e questo rapporto per i motivi che noi abbiamo esposti, è restato precisamente lo stesso.

Difetti comuni ai diversi modi di trasporto.

Pesi delle vetture sulle strade ordinarie.

CARICATE.	VUOTE.	RAPPORTO	SPECIE DI VETTURE.	CARICATE.	VUOTE.	RAPPORTO	SPECIE DI VETTURE.
ch.	ch.			ch.	ch.		
3500	1700	0,48	Diligenze francesi.	7000	2200	0,31	Grandi vetture a 2 ruote.
2400	900	0,37	Diligenze inglesi.	1150	350	0,30	Carro leggero a 4 ruote.
1300	500	0,38	Carrette a 2 ruote.	9000	3400	0,38	Grandi vetture a 4 ruote.

Questo ravvicinamento fa vedere qual vasto campo è ancora aperto al perfezionamento dei trasporti, giacchè le strade di ferro, mentre sono in tutt'altro vantaggiose, perdono come le strade ordinarie il terzo della forza che vi s'impiega.

Se si estende questa osservazione ai canali, si trova che la massa dei battelli è presso a poco il terzo del peso delle mercanzie; in tal guisa i tre mezzi di trasporto che hanno più contribuito alla prosperità del commercio interno delle nazioni hanno, quasi allo stesso grado, la medesima imperfezione.

QUINTA LEZIONE.

Delle ruote dei carri.

Posizione.

Le ruote e i di loro assi sono la parte più importante dei carri.

Gli assi debbono essere più discosti l'uno dall'altro che gli appoggi delle rotaje, affinchè il peso di un carro in riposo graviti sopra sei appoggi, e ciascun' intervallo fra due cuscinetti non sia caricato che dal quarto di questo peso.

Dimensioni.

Il diametro delle ruote dei carri misurato da fuori in fuori dei cerchi varia da 0^m,70 a 1^m,00; quello delle ruote delle locomotive giunge fino ad 1^m,40. Al di là del cerchio della ruota vi è un'orlo (*boudin, crease*) che forma un risalto da 0^m,019 a 0^m,030, e mantiene la ruota sulla spranga; la larghezza del cerchio non compreso il risalto è 0^m,07 fino a 0^m,10; la spessezza del risalto è di 0^m,03, e quella del cerchio è da 0^m,025 fino a 0^m,030.

Le ruote dei carri hanno da sei a dodici raggi di 0^m,020 di spessorezza sopra 0^m,07 a 0^m,08 di larghezza, ed il di loro mozzo è di 0^m,15 a 0^m,19 di diametro sopra altrettanto di lunghezza. Esse pesano da 100 a 120 chilogrammi.

Ordinariamente il cerchione della ruota è leggiermente conico. Questa forma mantiene i carri nell'asse della via allorchè essa è in linea retta; nelle parti curve, l'effetto della forza centrifuga, è di situare le ruote in maniera che il raggio massimo del cerchio della ruota tocchi la rotaja esterna di gran raggio, la qual cosa è un vantaggio; non bisogna però che la forma conica sia troppo pronunziata, perchè le spranghe non potrebbero resistere alla spinta laterale da dentro in fuori.

Forma del cerchio della ruota.

Il profilo del risalto è variato; alle volte è una mezza circonferenza appena accordata col cerchione della ruota, altre volte è una superficie conica terminata da una mezza circonferenza o due quarti di cerchio che formano una gola; (*fig. 60, 63, 65, 66, 67, 68*). In generale il risalto deve essere tanto più sporgente, quanto più curve pronunziate presenta la strada, quanto più grande è la velocità, e che gli effetti della forza centrifuga sono più da temersi.

Profilo del risalto.

Le spranghe formano subito nei cerchioni delle ruote una gola che aumenta l'attrito. Si rimedia a quest'inconveniente dando una specie di tempra alla parte esterna delle ruote. Esse si fondono in un cilindro di ferro, di cui il raffreddamento più pronto che la sabbia ordinaria delle forme, rende la superficie esterna più dura.

Consumo delle ruote ordinarie.

Ruote di ferro fuso indurite.

Questa operazione presenta delle difficoltà; la parte esteriore del cerchione della ruota, prontamente solidificata, forma uno strato di già rigido, pria che il restringimento delle parti interne siasi operato; ne risulta da questo che i raggi si separano dalla circonferenza, ovvero si solidificano in uno stato sì grande di tensione, che essi si spezzano alla prima scossa. Si è cercato di prevenire questi accidenti dando una grande spessorezza ai cerchioni per rapporto ai raggi affinchè questi raffreddati i primi, si ritirino più presto; ovvero separando il mozzo della ruota in due tre a anche quattro parti, di cui si riempiscono gl'intervalli con dei cunei di ferro o di legno, dopo averne assicurate le due estremità con cerchi di ferro, (*fig. 60, 64, 65*).

Inconvenienti.

Le ruote di ferro fuso sono state più esposte a rompersi quando si è aumentata la velocità dei trasporti; e principalmente sulla forma delle ruote delle macchine locomotive che trascinano rapidamente i viaggiatori, e che sono più pesanti di quelle dei carri, l'immaginazione dei costruttori si è esercitata.

★

Varietà delle ruote.

Si sono fatte delle ruote di ferro fuso con raggi dritti, in forma di S, biforcuti, etc. (*fig. 61, 62, 64, 65*).

Si sono fatte delle ruote di ferro fuso piene senza raggi, aventi soltanto tre o quattro vuoti circolari.

Si sono fatte delle ruote di ferro fuso attorno a raggi di ferro da fucina, ritenuti dalla loro forma a coda di rondine.

Si sono fatte delle ruote con i cerchioni ed i mozzi di ferro fuso, e con i raggi di ferro da fucina colla testa conficcata nel cerchione, distesi per mezzo di madreviti giranti nell'interno del mozzo; queste ruote erano cerchiare di ferro da fucina, (*fig. 63*).

Si sono fatte delle ruote di locomotive con raggi di ferro battuto, con i cerchioni formati da due parti circolari di ferro fuso ripiegantesi a squadro, e cerchiare con ferro battuto, (*fig. 68*).

Si sono fatte col cerchione e con i raggi di legno; con doppio cerchio di ferro battuto, mozzo di ferro fuso di un solo pezzo, ovvero di due pezzi uniti insieme, (*fig. 66, 67*).

Si sono fatte le quattro ruote delle locomotive del medesimo diametro, poscia se ne sono fatte due di diametro più piccolo.

Infine il medesimo ingegnere ha poste sei ruote alle locomotive; poscia quattro; ed indi sembra ritornarsi al numero primitivo.

Sarebbe impossibile di descrivere tutti i sistemi di ruote; forse non vi sono combinazioni che abbiano più variato in ciò che è relativo alle strade di ferro. Niuna cosa meglio di ciò prova l'importanza di quest'oggetto, giacchè questa grande varietà di forma prova che non si è soddisfatto di alcuna.

Delle ruote con cerchi di ferro malleabile.

In mezzo a questa quantità di modelli diversi, così presto abbandonati che saggiati, un fatto solo rimane bene stabilito, ed è che per le locomotive si rinunzia di far percorrere le ruote di ferro fuso sopra le rotaje, e che vi è un gran vantaggio a cerchiarle di ferro malleabile. Si potrebbe forse ancora aggiungerci l'impiego del legname nei cerchioni e raggi, almeno per le macchine di grande velocità.

Le ruote si consumano principalmente nell'angolo del cerchione e del risalito. Si possono riparare quelle che sono cerchiare con ferro malleabile, rimettendole sul tornio. Relativamente al consumo di ciascuna specie; ecco ciò che si è osservato.

Per le ruote dei carri che corrono colla velocità di 3 a 4 metri, il ferro fuso indurito presenta i risultati i più soddisfacenti; secondo M. Wood, delle

ruote di questa specie impiegate da otto anni erano ancora in buonissimo stato, e sembravano dover durare lungamente (F).

Alla strada a rotaje di Killing Worth, le ruote delle locomotive di ferro fuso ordinario, si consumavano di 0^m,0125 in nove mesi, mentre che le stesse ruote cerchiare con ferro da fucina non si consumavano che di 0^m,003 all'anno, cioè a dire cinque volte di meno.

Gli assi dei carri e delle macchine locomotive sono fissi alle ruote, e girano con esse. Se le ruote girassero attorno all'asse, il più piccolo spazio nel mozzo permetterebbe al piano della ruota d'inclinarsi sull'asse, e la via cambierebbe.

Assi e cuscinetti.

La rotazione ha luogo in quattro cuscinetti fermati con chiavarde di ferro sotto il telaio. Delle parti dell'asse di un diametro più grande che quello dei cuscinetti impediscono il movimento nel senso della lunghezza.

Il diametro degli assi è di 0^m,05 a 0^m,07 per i carri, e di 0^m,09 a 0^m,12 per le locomotive, cioè fra gli $\frac{1}{4}$ ed $\frac{1}{3}$ del diametro delle ruote.

Questo rapporto non è che $\frac{1}{4}$ per i carri della strada di Liverpool che poggiano sopra quattro molle o balestre. Il corpo dell'asse ha 0^m,08 di diametro; ma le estremità non ne hanno che 0^m,04. Esse fanno un risalto al di fuori delle ruote, e sopra queste parti poggiano i cuscinetti (*fig. 76*). Queste disposizioni che, ad eccezione delle molle, sono state imitate in alcuni carri della strada di Roanne, danno stabilità al carico, ed il mezzo di allargare la cassa; ma bisogna aumentare il framezzo delle vie in proporzione.

Cuscinetti al di fuori delle ruote.

Gli assi sono sempre di ferro da fucina e debbono essere forgiati con molta cura. I cuscinetti sono alle volte di ferro fuso, altre volte di ottone, e talora anche di ferro malleabile. Gli uni e gli altri debbono essere torniti, e sempre untati di grasso. Queste precauzioni sono indispensabili; così si è osservato alla

(F) M. Wood qui intende parlare delle ruote di ferro fuso con i raggi di ferro malleabile sul sistema proposto dai signori Losh, e Stephenson, e pel quale essi hanno ottenuto un brevetto d'invenzione. Questo sistema è quello più sopra dall'autore accennato, di far fondere cioè il cerchione ed il mozzo della ruota in forme di ferro, ad oggetto di far prontamente raffreddare la superficie, e renderla più dura dandogli una specie di tempra. I raggi sono di ferro malleabile, e formati a coda di rondine alle loro estremità, questi si situano nella forma pria di colare il cerchione ed il mozzo della ruota, ed in questa maniera essi si trovano ligati coll'uno e coll'altro. La forma che per esperienza si è riconosciuta la migliore a darsi ai raggi, e quella di una *S*, la quale si presta più volentieri alla contrazione del cerchione. (*N. del Trad.*).

strada di Lione, che tra Rive di Gier, e Givors, un solo carro male unto poteva arrestare il convoglio discendente, di cui faceva parte.

Allorchè un' asse cessa di essere sufficientemente unto, si riscalda, e si consuma qualche volta di 0^m,01 in un' ora.

Mezzo onde tenere gli assi unti.

Egli è difficile di mantenere gli assi sempre unti, e solo dopo molti saggi infruttuosi a ciò si è pervenuto.

Si era da prima immaginato alla strada di Liverpool di far cadere sull'asse delle gocce di oglio da un foro del cuscinetto col mezzo di fili di cotone, di cui una estremità era tuffata in un vaso d'oglio l'altra discendeva sull'asse. L'oglio che si elevava per effetto della capillarità, ricadeva in seguito come avviene pel ramo più lungo di un sifone, (*fig. 80*).

Alla strada di Roanne, si era situato il vaso al di sotto dell'asse sul quale l'oglio era portato per mezzo di una picciola catena a guisa di noria, e che passava in una gola praticata nel cuscinetto, (*fig. 81*).

Questi mezzi sono stati abbandonati, e sono stati adottati quelli rappresentati nelle figure 70, e 76. Delle picciole scatole situate al di sopra dei cuscinetti, sono forate con un buco verticale che comunica fino all'asse; il tutto è riempito di sevo, ovvero di un mescuglio di sevo di oglio e di solfo. Il movimento riscaldando l'asse ed il cuscinetto, giacchè essi mancano di unto, procura la fluidità necessaria per far discendere a poco a poco sull'asse tutta la materia grassa, che bisogna molto spesso rinnovare.

Alla strada di Lione si fa uso di oglio contenuto in un picciolo vaso al di sotto dell'asse; un cilindro di legno in parte immerso nell'oglio, e compresso contro il di sotto dell'asse da una molla, gira con lui per effetto del contatto, lo inaffia continuamente d'oglio, di cui una parte è trasportata tra il cuscinetto e l'asse. (*fig. 79*).

Freno dei carri.

Sovente è necessario di moderare la velocità dei carri che discendono, ed anche in alcuni casi bisogna poterla distruggere intieramente. A ciò si perviene per mezzo di un freno manovrato da un uomo che accompagna il convoglio, situato al di dietro dell'ultimo carro. Questi freni agiscono sopra una o due ruote. La loro disposizione più usuale è quella della (*fig. 56*).

Attrito dei carri.

La resistenza che i carri oppongono al movimento sopra le strade di ferro, designata molto impropriamente col nome di attrito, essendo un' oggetto di molta importanza, M. Wood ha cercato di determinarla per mezzo di molte esperienze.

Dinamometro per misurarla.

Per valutarla, egli si è servito di un dinamometro a pendolo. L'ispezione della *fig. 69* basta per farne comprendere il meccanismo. L'istrumento è fra

mezzo all'azione del motore e la resistenza del carro. Le diverse inclinazioni dell'asta del pendolo, di cui il lembo è stato graduato dall'applicazione di pesi conosciuti, indicano dei sforzi di tiro precisamente eguali a questi pesi.

Col mezzo di quest'istrumento, M. Wood ha misurato l'attrito direttamente, ma egli l'ha ancora dedotto dal movimento dei carri sopra piani inclinati: la relazione analitica fra l'inclinazione del piano, il tempo, lo spazio, il peso del carro, e l'attrito, dà il valore di quest'ultimo, allorchè tutte le altre circostanze del movimento sono conosciute dall'osservazione.

L'attrito di un carro sopra un piano orizzontale si compone 1.° di quello degli assi fra i cuscinetti; 2.° di quello dei cerchioni delle ruote sulle spranghe delle rotaje. L'esperienza ha mostrato che questi attriti non aumentano secondo le pressioni; ma in pratica si possono supporli a queste proporzionali. Sieno

Attrito delle ruote.

- d il diametro degli assi, e D quello delle ruote;
- W il peso del corpo di un carro;
- R quello delle ruote e degli assi;
- fW l'attrito degli assi misurato alla circonferenza,
- $f'(W + R)$ quello della circonferenza delle ruote sulle spranghe;
- F la forza di tiro che fa equilibrio a questi due attriti;

osservando che la forza che tira un carro agisce come se essa fosse applicata alla circonferenza delle ruote, noi avremo

$$DF - dfW - Df'(W + R) = 0;$$

donde

$$F = \frac{d}{D}fW + f'(W + R) \dots \dots \dots (1).$$

Per verificare se ciascuno di questi attriti è proporzionale alla pressione per effetto dalla quale egli ha luogo, bisogna osservarne almeno uno separatamente; ciò che ha fatto M. Wood. Egli ha da prima determinato l'attrito totale, sia direttamente, sia per la discesa dei carri sopra piani inclinati, in seguito egli ha valutato separatamente l'attrito delle ruote sulle spranghe; poscia sottraendo quest'ultimo dal primo, ha ottenuto quello dei cuscinetti.

Se non si ha riguardo all'inerzia delle ruote di un carro che discende li-

beramente sopra un piano inclinato di cui l'inclinazione è $\frac{1}{i}$ si ha:

$$F = \left\{ \frac{W + R}{i} - F \right\} \frac{g}{2} t^2 \quad (a).$$

W essendo il peso del corpo di un carro;

R quello delle ruote e degli assi;

E lo spazio percorso sul piano nel tempo t ;

g la velocità dovuta alla gravità nel termine di un secondo;

F l'attrito totale supposto indipendente dalla velocità.

Se si ha riguardo all'inerzia delle ruote (supposte piene ed omogenee), il loro momento d'inerzia essendo $\frac{R}{2} r^2$, e la velocità angolare alla circonferenza essendo uguale a quella del carro, la loro rotazione produce la medesima resistenza di una massa $\frac{R}{2}$ trascinata dal carro; si ha dunque:

Attrito di un carro sopra un piano inclinato,

$$E = \left\{ \frac{(W + R)}{i} - F \right\} \frac{g}{2} t^2, \text{ donde } F = \left(\frac{W + R}{i} \right) - \left(W + \frac{3}{2} R \right) \times \frac{2E}{gt^2} \quad (2)$$

formola simile a quella colla quale M. Wood determina l'attrito totale sopra i piani inclinati (G).

(a) Reassunto delle lezioni sulle macchine di M. Navier. p. 149.

(G) Queste equazioni accennate dall'autore si ritrovano facilmente applicando il conosciuto principio di meccanica, cioè che la *somma delle forze vive* acquistate da tutti i corpi di un sistema fra due istanti successivi del suo movimento, è uguale al *doppio della somma delle quantità d'azione* impresse a questi corpi nei medesimi istanti. E rammentandosi che per *forza viva* di un corpo intenesi il prodotto della sua massa pel quadrato della sua velocità; e per *quantità d'azione* impressa al corpo il prodotto della forza da cui il corpo è animato per lo spazio percorso nel senso di questa forza; si stabilirà subito l'equazione che conviene al nostro sistema.

Difatti il carro colle sue ruote tende a scendere sul piano inclinato in virtù della componente del suo peso parallela a detto piano, espressa da $\frac{W + R}{i}$. A questa forza fanno contrasto gli attriti che si sviluppano tanto intorno all'asse, che alla circonfe-

Se si fa $W=0$, cioè a dire se non si hanno che le ruote e gli assi, l'attrito F si riduce alla resistenza $f'R$ sulle spranghe, e si ha

Delle ruote sole senza carri.

$$f' = \frac{1}{i} - \frac{3E}{gt^2} \dots\dots\dots (3).$$

Per fare le sperienze sopra questo genere di attrito isolato, M. Wood ha

renza delle ruote, la cui somma si è indicata con F . Quindi la somma delle quantità d'azione impresse al corpo durante il tempo t , sarà espressa da

$$\left(\frac{W+R}{i} - F\right) E \dots\dots\dots (1)$$

In quanto alla forza viva, si deve osservare che nel sistema di cui si tratta, cioè di un carro colle ruote, il corpo del carro ha soltanto un movimento progressivo, mentre che tutti i punti delle ruote e dell'asse hanno due movimenti simultanei e distinti, uno progressivo ed uguale a quello del carro, e l'altro di rotazione. Si chiami u la velocità del moto progressivo comune a tutti gli elementi del sistema alla fine del tempo t , la quale è uguale a $\frac{dE}{dt}$.

La velocità angolare di un'elemento qualunque dm delle ruote di raggio r posto alla distanza ρ dall'asse di rotazione sarà $\frac{\rho}{r}u$, (giacchè la velocità del moto rotatorio dei punti posti alla circonferenza delle ruote è uguale alla velocità del moto progressivo).

Quindi la somma delle forze vive del sistema è espressa da

$$\left(\frac{W+R}{g} + \frac{1}{r^2} \int \rho^2 dm\right) u^2 \dots\dots\dots (2)$$

In questa espressione la quantità $\int \rho^2 dm$ indica, come è chiaro, il momento d'inerzia delle ruote ed asse preso rispetto all'asse di rotazione. Che perciò se si considerano queste ruote ed asse come un cilindro pieno, il loro momento d'inerzia sarà

$\int \rho^2 dm = \frac{1}{2} \frac{R}{g} r^2$, e quindi sostituito questo valore nell'espressione (2), ed uguagliandola al doppio dell'espressione (1) si avrà l'equazione

$$\left(W+R + \frac{1}{2} R\right) u^2 = \left(\frac{W+R}{i} - F\right) 2gE;$$

fatto discendere sopra un piano inclinato un solo paio di ruote coll'asse; egli ha osservato le circostanze del movimento, e sostituendo i risultati nella formola (3) ha ottenuto il valore di f' .

dalla quale si ricava

$$u^2 = \frac{\frac{W+R}{i} - F}{W+R + \frac{1}{2}R} 2gE;$$

differenziando quest'equazione, si ha

$$2udu = \frac{\frac{W+R}{i} - F}{W+R + \frac{1}{2}R} 2g \cdot dE;$$

sostituendo per u il suo valore $\frac{dE}{dt}$, e riducendo si ottiene

$$du = \frac{\frac{W+R}{i} - F}{W+R + \frac{1}{2}R} gdt,$$

e quindi

$$u = \frac{\frac{W+R}{i} - F}{W+R + \frac{1}{2}R} \cdot gt;$$

sostituendo in questa equazione di nuovo per u il suo valore $\frac{dE}{dt}$, si avrà

$$dE = \frac{\frac{W+R}{i} - F}{W+R + \frac{1}{2}R} \cdot gdt,$$

ed integrando si ha

$$E = \left\{ \frac{\frac{W+R}{i} - F}{W+R + \frac{1}{2}R} \right\} \frac{gt^2}{2}.$$

Per far variare la pressione si riempiva di piombo l'intervallo dei raggi delle ruote.

L'inclinazione del piano essendo di circa $\frac{1}{100}$, il diametro delle ruote di 0^m,87; la lunghezza totale percorsa di 152^m, il tempo era osservato a ciascuna lunghezza percorsa di 30^m,40; in tal guisa l'attrito è stato determinato per differenti velocità, le quali hanno variato da 1^m,80 a 4^m,00.

M. Wood ha trovato che col solo peso delle ruote e dell'asse, l'attrito misurato alla circonferenza variava da $\frac{1}{100}$ ad $\frac{1}{1000}$; e che per le ruote caricate come lo sono sotto il peso dei carri gli era da $\frac{1}{100}$ fino ad $\frac{1}{1000}$. Ma la formola che ha egli impiegata non essendo esatta, si trova rettificandola, che questo attrito può essere valutato compensatamente ad 0,002 della pressione. Ciò che obbliga M. Wood a prendere il più piccolo dei rapporti dati dall'esperienza, si è che due ruote sole debbono rimuoversi più facilmente dalla via che quattro ruote unite all'armatura dei carri; che in conseguenza i risalti debbono qualche volta provare un'attrito laterale che si aggiunge a quello dei cerchioni. Dippiù si concepisce che quando si tratta di determinare dei rapporti che non differiscono che di qualche millesimo, le sperienze divengono assai delicate, ed i risultati molto incerti.

Coefficiente dell'attrito sulle spranghe.

Coulomb ha misurato direttamente la specie d'attrito di cui si tratta con dei cilindri di legno di 0^m,16 e 0^m,32 di diametro, caricati di 500 chilogrammi e giranti sopra pezzi di legno bene lisciati colla pialla; egli lo ha tro-

Ricavando da questa equazione il valore di F, si trova

$$F = \frac{W + R}{i} - \left(W + R + \frac{1}{2} R \right) \frac{2E}{gt^2}.$$

Se non si vuole aver riguardo al momento d'inerzia delle ruote, cioè che non si vuole tener conto della velocità di rotazione delle medesime, allora la somma delle forze vive del sistema si ridurrà a

$$\frac{W + R}{g} \cdot u^2$$

e quindi eseguendo lo stesso calcolo, l'equazione finale diverrà

$$E = \left\{ \frac{W + R}{i} - F \right\} \frac{gt^2}{2}. \quad (N. del Trad.).$$

*

vato proporzionale alla pressione ed in ragione inversa dei diametri, di modo che una ruota di guajaco di 0^m,87 di diametro proverebbe una resistenza di circa 0,001 della pressione.

Ecco il quadro delle prime cinque, e della ventunesima esperienza di M. Wood; nelle prime cinque il peso delle due ruote e dell'asse è di 270 chilogrammi, e nell'ultima di 2029 chilogrammi.

Esperienze dell'attrito
sulle spranghe.

PENDENZA a partire dalla SOMMITA'	LUNGHEZZA percorsa NEL PIANO inclinato.	TEMPI in SECONDI.	ATTRITO in parte DEL PESO secondo M. Wood.	VELOCITA' FINALE.	ATTRITO in parte DEL PESO secondo la formola (1).	FORZA ACCELERATRICE $\frac{v}{t}$
	m.	//		m.		m.
0, 009958	30,47	34, 2	0,00118	1,78	0,00199	0,0520
0,0101130	60,94	48, 8	0,00137	2,50	0,00231	0,0512
0, 010215	91,41	59, 6	0,00140	3,06	0,00234	0,0513
0, 009963	121,88	70, 2	0,00144	3,46	0,00240	0,0492
0, 009845	152,35	79, 1	0,00144	3,81	0,00239	0,0469
0, 009845	152,40	76,04	0,00113	4,00	0,00178	0,0526

NOTA. Le cinque prime colonne sono ricavate dall'opera di M. Wood, la sesta è il rapporto dell'attrito secondo la formola (5), e la settima la forza acceleratrice che diminuisce un poco alla velocità.

M. Wood conchiude dalle sue osservazioni che l'attrito sulle spranghe è proporzionale alla pressione, e quasi indipendente dalla velocità; ciò non ostante la metà delle sue esperienze sembra indicare che esso aumenta un poco colla velocità.

Le scosse brusche che si provano in una vettura che percorre una strada di ferro, indicano degli urti alle unioni delle spranghe; benchè questi non sieno compresi in ciò che s'intende per l'attrito delle ruote, non è però men vero che essi fanno parte della resistenza da vincersi, e della estimazione dedotta dalla formola. Egli è del pari degli urti che ricevono i risalti delle ruote allorchè essi sono spinti lateralmente contro le spranghe per gli sbalzi dei carri. Le perdite di forze vive che tutte queste scosse cagionano debbono aumentare in un rapporto più grande che quello delle velocità, e ciò deve essere assai più sensibile nel corso dei carri, la cassa dei quali generalmente non poggia sopra molle.

Dietro queste considerazioni noi crediamo che le conclusioni di M. Wood non possono estendersi molto al di là delle velocità che ha osservate, le quali non sono che il terzo di quelle delle diligenze. È da desiderarsi che s'intraprendessero delle sperienze relative alle grandi velocità, esperienze tanto più difficili, perchè non si vede punto come distinguere gli effetti dell'attrito delle spranghe da quelli della resistenza dell'aria, a meno che non si determinano pria questi ultimi.

Risultati delle principali esperienze di M. Wood sulla resistenza totale dei carri, misurata col dinamometro, o dedotta dalla discesa sopra i piani inclinati col mezzo della formola (2).

NUMERO DELLE SPERIEENZE di M. Wood.	PRESSIONE		FORZA DI TIRO o RESISTENZA		RAPPORTO dei DIAMETRI delle RUOTE o DEGLI ASSI.	RAPPORTO DELLA PRESSIONE	
	sulle SPRANGHE.	sugli A S S I.	TOTALE.	proveniente dell'attrito degli assi.		sugli assi all' attrito misurato all' asse.	sulle spranghe alla resistenza totale.
	ch.	ch.	ch.	ch.			
3 — din.	1184	609	6,11	3,75	12,36	$\frac{1}{1,3}$	$\frac{1}{1,96}$
2 — din.	1181	609	5,66	3,30	12,36	$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{2,06}$
11 — pian.	1574	979	5,76	2,61	11,60	$\frac{1}{1,2}$	$\frac{1}{1,71}$
4 — din.	2184	1625	11,78	7,41	12,36	$\frac{1}{1,6}$	$\frac{1}{2,61}$
5 — din.	3199	2641	15,40	9,00	12,36	$\frac{1}{2,4}$	$\frac{1}{5,77}$
1 — din.	3872	3301	17,67	9,93	12,36	$\frac{1}{2,7}$	$\frac{1}{6,9}$
6 — din.	3859	3301	18,12	10,40	12,36	$\frac{1}{2,5}$	$\frac{1}{6,25}$
7 — din.	3834	3275	17,67	10,00	12,36	$\frac{1}{2,6}$	$\frac{1}{6,76}$
12 — pian.	4126	3554	17,67	9,42	12,36	$\frac{1}{3,0}$	$\frac{1}{9,0}$
10 — pian.	4266	3672	20,02	11,49	11,6	$\frac{1}{2,8}$	$\frac{1}{7,84}$
9 — pian.	4266	3672	18,78	10,25	11,6	$\frac{1}{3,1}$	$\frac{1}{9,61}$
8 — pian.	4266	3672	17,82	9,29	11,6	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{11,56}$

In tal guisa M. Wood trovò per limiti dell'attrito totale $\frac{1}{1,3}$ ed $\frac{1}{3,4}$ della pressione; egli adottò il coefficiente $\frac{1}{2,5}$ pel corso ordinario, ed $\frac{1}{3,4}$ allorchè i carri e la strada sono in ottimo stato.

Coefficiente d'attrito totale di M. Wood.

L'osservazione ha mostrato che l'umidità, il fango, la polvere, la neve,

aumentano la resistenza sulle spranghe, e che essa è la più piccola possibile allorchè le medesime si trovano intieramente bagnate o perfettamente asciutte.

Il vento ritarda anche molto il corso dei carri, o spingendoli lateralmente contro le spranghe, o pure operando direttamente.

Coefficiente d' attrito
degli assi.

M. Wood trova pel valore dell' attrito dei cuscinetti misurati all'asse $\frac{1}{10}$ ed $\frac{1}{11}$ della pressione, il rapporto sembra diminuire per le grandi cariche. Questi due rapporti estremi, determinati nell' ipotesi che la resistenza sulle spranghe è di 0,001, divengono $\frac{1}{13}$ ed $\frac{1}{14}$ allorchè si suppone questa resistenza uguale a 0,002.

L' importanza di questo attrito che si mostrava con proporzioni così differenti, ha obbligato M. Wood a fare delle sperienze più accurate sul movimento degli assi soli; egli ha trovato che impiegando dei cuscinetti di ferro fuso o di rame levigato per un lungo uso, l' attrito poteva essere ridotto ad $\frac{1}{60}$; che egli era al suo minimo allorchè la carica era di 7 chil. per centimetro quadrato della superficie del cuscinetto, e gli uni fluidi fossero i migliori.

Paragonato al coeffi-
ciente di *Coulomb*.

Il coefficiente dell' attrito degli assi dei carri dato da M. Wood è minore di quello degli assi delle puleggie trovato da Coulomb ($\frac{1}{11}$ della pressione). Quest' ultimo ha misurato l' attrito direttamente; mentre M. Wood l' ottiene facendo una deduzione della resistenza sulle spranghe, di cui la valutazione è molto incerta: oltre questa causa di differenza, a noi sembra che gli attriti nei due casi non sieno punto paragonabili intieramente. Nelle sperienze di Coulomb, o gli assi o i cuscinetti erano fissi, e si premevano con una forza costante; nel movimento dei carri, essi partecipano alle scosse impresse al sistema, e per questo agiscono gli uni sugli altri con pressioni variabili.

Si è cercato di diminuire l' attrito dei cuscinetti dei carri, situando due sistemi di ruote l' uno sull' altro, (*fig. 75*): il cerchio delle ruote superiori posava sull' asse delle ruote inferiori le quali si appoggiavano sulle spranghe: questo mezzo conosciuto da lungo tempo, non ha dato alcun buono risultato.

Effetto delle molle sul
tiro.

L' interposizione delle molle fra i cuscinetti dei carri e la cassa, non sembra diminuire sensibilmente la forza motrice, siccome ha luogo per le vetture delle strade ordinarie. M. Wood rapporta nove esperienze fatte sulla strada a rotaje di Liverpool con carri a molla, le quali hanno dato de' coefficienti d' attrito totale compresi fra $\frac{1}{14}$ ed $\frac{1}{9}$, per un rapporto di $\frac{1}{8}$ fra i diametri delle ruote e degli assi, ciò che torna ad $\frac{1}{11}$ ed $\frac{1}{13}$ pel rapporto ordinario di $\frac{1}{11}$. Così le molle non sono state di alcun vantaggio pel tiro.

È dispiacevole che M. Wood non abbia dirette le sue ricerche sperimentali che sopra spranghe perfettamente dritte, e non nello stato ordinario delle strade di ferro in piena attività; molti fatti sembrano indicare che nello stato abituale delle spranghe, l'attrito totale è più considerabile che non si pensa. Così alla strada di Rive-de-Gier a Givors, sopra una pendenza di $\frac{1}{66}$, i carri non discendevano soli che quando erano ben untati; alla strada d'Epinaç, sopra una pendenza di $\frac{1}{41}$, i carri vuoti non discendevano che sulle parti in linea retta, e si arrestavano nelle curve; alla piccola strada di Denain, essi non si mettevano in movimento sopra una pendenza di $\frac{1}{33}$, che dopo una certa impulsione: alla strada di Roanne, sopra una pendenza di $\frac{1}{64}$, essi cominciavano con difficoltà a muoversi soli, e si arrestavano qualche volta.

A queste osservazioni che costringono ad aumentare il coefficiente d'attrito totale che ha ammesso M. Wood, noi aggiungeremo quelle che seguono.

Motivo per aumentare il coefficiente d'attrito di M. Wood.

1.° La pioggia, la neve, il fango o la polvere aumentano la resistenza, e l'aumento può giungere fino al sesto dell'attrito totale.

2.° Alcune sperienze indicano una resistenza totale di $\frac{1}{8}$, ed altre molto di più, specialmente quelle fatte sopra i carri a molla della strada di Liverpool.

3.° Il coefficiente di Wood sembra troppo debole, perchè egli non comprende affatto l'attrito laterale delle ruote contro le spranghe, quantunque esso abbia sovente luogo, per essere i carri quasi sempre spinti di lato, circostanza che M. Wood ha evitata nelle sue sperienze.

4.° Se da una parte si deve supporre che sopra le strade di grande velocità le spranghe e le vetture sieno particolarmente bene mantenute, da un'altra parte bisogna in questo caso fare intervenire la resistenza dell'aria; ciò che darebbe piuttosto luogo ad aumentare il coefficiente ordinario, anzi che a ridurlo: ed egli è del pari della flessione delle spranghe che, come noi vedremo, aumenta con le grandi velocità, ciò che non può aver luogo che a spese della forza motrice.

5.° Infine, gl'Ingegneri incaricati nel 1830 dalla compagnia della strada a rotaje di Liverpool, di fissare degli elementi di calcolo pel movimento, dopo aver preso molti indizî sulle strade in attività, e conoscendo d'altronde una parte dell'esperienze di M. Wood, credettero dover ammettere il coefficiente $\frac{1}{11}$.

Tutte queste considerazioni ci portano dunque ad adottare generalmente lo stesso coefficiente, salvo a diminuirlo nei casi particolari, come lo ha fatto M. Wood, che impiega dei rapporti da $\frac{1}{11}$ fino ad $\frac{1}{4}$: sempre già s'intende

che questo coefficiente di $\frac{1}{100}$ è relativo a dei carri di cui i diametri delle ruote e degli assi sono nel rapporto da $\frac{1}{10}$ fino ad $\frac{1}{15}$.

SESTA LEZIONE.

Dei motori.

Lo studio dei motori non riguardandoci che accessoriamente, ed avuto riguardo all'influenza che l'applicazione può avere sulla forma e la traccia delle strade di ferro, noi ci dilungheremo poco sopra questa materia.

Del cavallo.

Benchè il cavallo sia impiegato da più secoli al tiro delle vetture, non si hanno ancora dei dati sufficienti sulla sua forza a differenti velocità. La grande varietà dei cavalli è un'ostacolo potente alla precisione delle ricerche sperimentali sopra questo soggetto, e forse la rende superflua.

La quistione non è solamente meccanica. Quando si cerca il prezzo del più grand'effetto, essa si complica necessariamente colla durata e colla vita del cavallo, che è un capitale da rinnovellarsi; ora non vi sono altri che coloro che per professione sono a portata di esaminare da vicino i cavalli, i quali possano bene apprezzare gli effetti del travaglio sulla loro complessione: fino al presente non si sono ancora pubblicate delle osservazioni dirette a questo scopo, e le nostre conoscenze sono molto limitate: esse sono tanto più difficili ad acquistarsi, che per ottenere dei risultati razionali, bisogna poter osservare per più anni il medesimo cavallo applicato al medesimo travaglio.

Forza del cavallo a differenti velocità.

VELOCITA'		TEMPO del travaglio.	SPORZO.	CARICO traspor- tato.	ATTRITO la pressione essendo 1.	PESO trasportato a 4000 m.		OSSERVAZIONI.
O. A.	SECONDO.					TOTALE.	UTILE.	
m.	m.	ore.	ch.	ch.	$\frac{1}{240}$	to.	to.	Risultato delle strade a rotaje, se- condo M. Vood. Idem delle diligenze francesi. Idem delle diligenze inglesi. Idem delle diligenze della strada di ferro di Lione, in piano; d'esso differisce poco sulle pendenze di 0,006 e 0,01.
3200	0,9	10	51	12000	$\frac{1}{240}$	96	72	
9000	2,5	3	33	825	$\frac{1}{25}$	5,5	3	
16000	4,4	1,5	20	500	$\frac{1}{25}$	3	1,3	
13000	3,5	1,3	37	6700	$\frac{1}{260}$	28,5	15	

Il primo risultato corrispondente al camminare di passo del cavallo è dato da M. Wood: l'effetto è calcolato dietro l'attrito che dovevano provare i carri di un peso determinato sopra pendenze conosciute.

La terza esperienza corrispondente al piccolo galoppo, è stata ricavata da diverse opere inglesi, e principalmente dalle sperienze di M. Macneill sulle resistenze delle diligenze, dalle quali risulta che lo sforzo di un cavallo attaccato alle medesime e che galoppa in piano con 16000 metri di velocità all'ora, è di circa 20 chilogrammi.

Secondo queste medesime sperienze, questo sforzo non è più che 17 chil., se la velocità è ridotta a 10000 metri all'ora, tutte le altre circostanze restando assolutamente le stesse; donde si può argomentare che la resistenza la quale per una velocità di 16000 metri era $\frac{1}{7}$ della pressione, non era più che di $\frac{1}{7}$ per una velocità di 10000 metri: questa diminuzione proviene evidentemente dalla resistenza dell'aria, e senza dubbio vi è così una minor perdita di forza viva dovuta alle scosse diverse delle ruote: deve adunque tenersene conto per calcolare le resistenze a differenti velocità, ed in mancanza di esperienze, noi avremmo ammesso questo rapporto di $\frac{1}{7}$ per la resistenza delle diligenze francesi che camminano a ragione di 9000 metri all'ora, se non avessimo creduto convenevole di ridurlo ad $\frac{1}{7}$ per tenere conto della più grande resistenza che oppongono le ruote in Francia, generalmente meno agevoli a girare che in Inghilterra, dietro questa considerazione, come anche per la distanza ordinaria delle poste, la velocità, e la carica dei cavalli delle diligenze francesi, noi abbiamo presentato il secondo risultato che si accorda molto col maggior numero delle sperienze che abbiamo sopra questo oggetto.

Il quarto risultato è ricavato dal servizio delle diligenze della strada di ferro di Lione, la quale non essendo stabilita regolarmente che da 18 mesi, vuole essere confermato per una più lunga esperienza.

Egli è probabile che il primo risultato non è punto l'effetto massimo. Le strade a rotaje che hanno servito di base a M. Wood per stabilirlo sono discese con carri carichi, e salite con carri vuoti. Sopra un quarto di strada le pendenze erano più forti che l'attrito, e per conseguenza il cavallo camminava senza tirare, ed in un'altro quarto lo sforzo era molto piccolo. Ora, benchè un cavallo non sia sottoposto ad alcuno sforzo di tiro allorchè cammina, egli prova una certa fatica che si può evitare; ciò risulta da un perfezionamento introdotto nel tiro alla strada di Darlington. Si è immaginato di trasportare il cavallo sopra una piattaforma situata appresso ai carri, allorchè questi possono discendere pel proprio loro peso. In questa maniera si ha un vantaggio di for-

Cavallo che trasporta,
ed è trasportato.

za, perocchè il cavallo si riposa nella discesa, e vantaggio di tempo, perchè i carri discendono più presto che non avrebbe fatto il cavallo. Un cavallo il quale pria di questa manovra trasportava in una settimana di sei giorni 12 tonnellate di carbone fossile a 140 000 metri, le trasporta adesso a 193 000 metri nello stesso tempo: così l'effetto utile è stato aumentato di più di un terzo malgrado la perdita di forza impiegata dal cavallo per tirare su la piana forma.

Intanto questo sistema saggiato alla strada di ferro di Saint-Etienne a Rive-de-Gier, ove sembrava applicabilissimo, non ha presentato sufficienti vantaggi per essere adottato.

Supponendo:

L'attrito totale sulle strade a rotaje $\frac{1}{15}$ della pressione;

Il peso del carro $\frac{1}{2}$ di quello delle mercanzie trasportate;

Il prezzo della giornata di un cavallo di 5,00 franchi, compresevi tutte le spese.

Risulta dallo sforzo che può sviluppare un cavallo a differenti velocità e dal tempo durante il quale può esercitarlo, il quadro seguente.

Quantità d'azione di un cavallo sopra una strada di-ferro orizzontale.

Prezzo del trasporto
per tre velocità.

VELOCITA'		TEMPO del TRAVAGLIO.	TIRO.	P E S O TOTALE trasportato a 4000 m.	P E S O UTILE.	P R E Z Z O DI UNA TONNELLATA trasportata a 4000 m.	
O R A.	S E C O N D O.					COL RITORNO.	RITORNO a vuoto.
m.	m.	or.	ch.	ton.	ton.	fr.	fr.
3200	0,9	10	51	73,4	49	0,102	0,205
9000	2,5	3	33	40	26,7	0,187	0,374
16000	4,4	1,5	20	21,6	14,4	0,347	0,694

Tali sono i prezzi medi ai quali monterebbero i trasporti sopra le strade di ferro se esse fossero sempre orizzontali, in linea retta, ed in perfetto stato; ma delle piccole pendenze, delle curve più o meno pronunziate, delle leggieri alterazioni nelle spranghe e nel sistema di rotazione delle vetture fanno aver bisogno di forze più considerabili, ed aumentano il prezzo.

Ecco quelli di alcune strade di ferro in attività per una tonnellata trasportata a 4000 metri, compresi il ritorno dei carri vuoti.

Mercanzie, con velocità di 0^m,90.

Darlington.....	fr. 0, 26
Lione a Givors.....	0, 21
Newcastle.....	0, 20
Andrezieux a Saint-Etienne.....	0, 18 nella discesa.
Epinac ad Ivry.....	0, 35 nella salita.

Prezzo sopra strade in attività.

Viaggiatori, colla velocità di 3^m,50.

Lione { in piano.....	fr. 0, 38
{ in salita ad $\frac{1}{6}$	0, 92.

Allorchè i carri carichi debbono discendere in pendio, essi possono nel medesimo tempo rimontare un' egual numero di carri vuoti, senza altra forza motrice che il loro proprio peso: il sistema impiegato in questo caso è quello che gl'Inglesi hanno chiamato *self-acting*, (*fig. 89*).

Gravità.

Sistema *self-acting*.

Le disposizioni delle spranghe sopra questi piani inclinati sono 1.^o una sola via nella metà bassa del piano; 2.^o una parte a doppia via nel mezzo per l'incrociamiento dei carri; 3.^o due vie nella metà superiore del piano, ma con una rotaja comune nel mezzo; 4.^o due piccole parti a due vie separate per le stazioni di sopra e di basso.

Disposizione delle spranghe.

Il meccanismo consiste in una gran corda, o qualche volta una catena, un poco più lunga del piano, alle estremità della quale sono attaccati i carri ascendenti e discendenti; essa è sostenuta di tratto in tratto sopra piccole puleggie; si avvolge attorno un tamburo orizzontale o verticale stabilito nella parte superiore del piano: oggi si adopera più ordinariamente una grande puleggia colla gola di ferro fuso situata quasi orizzontalmente sotto un pianerottolo a qualche distanza dalla sommità. Questa puleggia pochissimo inclinata nel senso opposto al piano, è sostenuta da due telai di legname; essa gira in una cavità sotterranea di fabbrica ricoverta con forti tavoloni sopra i quali passano le spranghe, (*fig. 94*): il diametro di questa puleggia varia da 1^m,80 a 4^m,80, e quello dell'asse da 0^m08, a 0^m,15.

Meccanismo.

★

Manovra.

Ecco la manovra: i carri carichi sono sul pianerottolo nell'alto, via a sinistra; i carri vuoti sono nella stazione di basso; la corda si trova essere discesa per mezzo dei carri i quali hanno percorsa la via a dritta. Si attacca l'estremità superiore della corda ai carri pieni e l'estremità inferiore ai carri vuoti; le spranghe mobili chiudono la via sinistra.

Degli uomini, solo salendo sopra i raggi delle ruote, fanno avanzare i carri carichi sul principio del piano inclinato, ove la gravità li strascina. I convogli ascendente e discendente pervengono nell'istesso tempo al principio della doppia via in mezzo al piano. I carri pieni continuano a seguire la via a sinistra, ma i carri vuoti diretti dalle spranghe mobili AB prendono la via dritta che essi non abbandonano più, ed arrivano così sulla piattaforma superiore. I carri pieni dopo di essersi incrociati con i carri vuoti entrano nella via unica al basso del piano: nel passare essi spingono in AC le spranghe mobili che chiudono l'entrata della via dritta, e giungono alla stazione di basso.

Nell'istante che i carri giungono in alto ed a basso, degli uomini staccano prontamente la corda, ed i carri continuano il loro movimento per mezzo della velocità acquistata. L'esperienza fa conoscere dove bisogna effettuarsi questo staccamento affinchè i carri si arrestino da se stessi ai punti voluti.

Nella situazione in cui si trova la corda sulla via sinistra si vede che per fare una novella manovra, bisogna che i carri carichi sieno situati sulla via dritta della piattaforma, e che i carri vuoti montino per la via sinistra; ciò che deve succedere, poichè le spranghe mobili chiudono la via dritta. Così i carri salgono e scendono alternativamente sopra ciascuna delle vie.

Freno della grande puleggia.

Allorchè l'inclinazione del piano, ovvero l'eccesso del peso sono tali che il movimento dei carri è troppo accelerato, ciò che ha luogo precisamente vicino ai punti ove essi debbono arrestarsi, si modera la velocità col mezzo di un freno che cinge la grande puleggia. Se la quantità d'azione a cui sono pervenuti i carri discendenti è sufficiente per vincere l'attrito della corda sulla grande puleggia, può avvenire che questa cessi di girare, e che ciò non ostante i carri continuino a discendere, trasportando la corda che striscia nella gola.

Freno dei carri.

Piano curvo o con contro pendenza.

In questo caso si può arrestare il convoglio discendente, situando ivi un'uomo che agisce sul freno dell'ultimo carro. Si può bensì allungare il piano e dargli una leggiera contro pendenza nella parte inferiore. In generale l'inclinazione non è uniforme; essa è più forte alla sommità e più debole al piede; questa disposizione corregge l'ineguaglianza della forza motrice alla quale il peso della corda è contrario sul principio del movimento, e favorevole alla fine della discesa.

Si può ancora aumentare l'attrito, obbligando la corda a fare più di un mezzo giro nella gola della puleggia, mediante una o due altre piccole puleggie che cambiano la direzione, e partecipano esse stesse all'aumento dell'attrito, (*fig. 89*); ma questo sistema ha l'inconveniente di rendere più difficile il principio del movimento.

Allorchè i carri carichi giungono al basso del piano, la gravità cessando di agire sopra di essi, la loro velocità non è più accelerata, e diminuisce tanto più prontamente, dacchè questi carri sono obbligati di tirare la corda dietro a loro. Quanto ai carri vuoti, allorchè essi giungono sul pianerottolo in alto, la gravità cessando di ritardarli, la loro velocità finale non può essere distrutta che dall'attrito delle ruote. Essi vanno dunque più veloci che la corda che è davanti a loro, la quale non si muove che in virtù del tiro ritardato dei carri di basso: sarebbe del pari se si moderasse il movimento per mezzo del freno dei carri discendenti: così in questi due casi la corda nell'alto sorpassata dai carri, è forzata di ripiegarsi sopra se medesima molto bruscamente, ed i carri passano per sopra. Per evitare gli accidenti che potrebbero risultarne, avendo la corda molta rigidezza, ed essendo molto grossa, si terminano le sue estremità per mezzo di catene di circa 10 ad 11 metri di lunghezza, e dippiù si hanno dei mezzi semplici per staccarle prontamente. (*fig. 87, 88*).

La lunghezza dei piani inclinati self-acting varia da 200 a 1200 metri, e la loro inclinazione da $\frac{1}{4}$ fino ad $\frac{1}{16}$. Essi possono essere composti di più pendenze aventi una forma concava o convessa: essi possono essere curvi in proiezione orizzontale o formati di più allineamenti; così uno dei piani inclinati presso Sunderland è terminato da un arco, il quale dalle misure che io ho prese della corda e del seno verso, deve avere un raggio di circa 100 metri.



Movimento di carri sopra piani inclinati self-acting.
Esperienze di M. Wood.

ESPERIENZE.	INCLINAZIONI.	LUNGHEZZA.	PESO DEI CARRI.		TEMPI.	CORDA.		PESO DELLE		RAPPORTO del diametro delle puleggie a quello dell' asse.	
			CARICHI.	VUOTI.		DIAM.	PESO.	piccole puleggie	grandi puleggie	piccole puleggie	grandi puleggie
XVIII	$\frac{1}{87.3}$	654	5 $\times$ 3973	6 $\times$ 1268	200	41	1761	1495	2101	$\frac{1}{14.6}$	$\frac{1}{2.0}$
XIX	$\frac{1}{87.3}$	654	6 $\times$ 3973	7 $\times$ 1268	180	41	1761	1495	2101	$\frac{1}{16.6}$	$\frac{1}{2.0}$
XX	$\frac{1}{30}$	1190	5 $\times$ 4285	7 $\times$ 1574	300	41	2179	1916	206	$\frac{1}{14.1}$	$\frac{1}{2.4}$
XXI	$\frac{1}{28.3}$	1118	5 $\times$ 4287	7 $\times$ 1574	360	41	2025	4425	206	$\frac{1}{14.3}$	$\frac{1}{2.4}$
XXII	$\frac{1}{35.3}$	824	5 $\times$ 4285	7 $\times$ 1574	280	35	1327	1875	206	$\frac{1}{1.6}$	$\frac{1}{2.4}$

OSSERVAZIONI.

Esperienze. XVIII e XIX. Inclinazione più forte alla sommità che al basso. Via perfettamente dritta. Le spranghe erano bene asciutte ed in buono stato; sei carri carichi trasportavano sei carri vuoti senza esigere l'impiego dei freni; ma nell'inverno le resistenze sono appena vinte.

Esperienza. XX. Inclinazione irregolare. Grande curva nella via. Vi si fanno sempre salire sette carri vuoti per mezzo di sette carri pieni, e vi s'impiega sempre il freno della grande puleggia o dei carri in alcune parti.

Esperienza. XXI. L'inclinazione non è punto uniforme. Grand'arco nel mezzo della via. Ordinariamente sette carri pieni fanno montare sette carri vuoti, e vi è un grande eccesso di forza.

Esperienza. XXII. Inclinazione quasi uniforme. Via dritta. Ordinariamente sette carri pieni fanno montare sette carri vuoti, e vi è un grande eccesso di forza.

S E T T I M A L E Z I O N E .

Le sheeves o puleggie che debbono sostenere e dirigere la corda, hanno parecchie forme. Alcune hanno delle gole strette, (*fig. 71, 72, 74, 78*); altre sono dei cilindri terminati con dei risalti, (*fig. 73, 77, 94*); vi sono ancora dei cilindri verticali e delle puleggie situate obbliquamente il di cui asse non è orizzontale (*fig. 82*).

Delle *sheeves* o picciole puleggie.

Tutte queste puleggie di legno o di ferro fuso girano sopra gli assi fissi di ferro da fucina di 15 a 20 millimetri di diametro; esse hanno sotto la corda da 0^m,18 fino a 0^m,40 di diametro: si situano da sei ad otto metri di distanza.

Le puleggie diminuiscono l'attrito della corda, e l'impediscono di consumarsi tanto prontamente che se strisciasse sul suolo: esse servono ancora a guidare la corda nella direzione dell'asse della via, allorchè le spranghe sono disposte in linee curve, e per conseguenza impediscono alla forza motrice di tirare i carri di lato.

Loro scopo.

Queste puleggie provano un'attrito di rotazione tanto più piccolo, per quanto il diametro del fondo della gola è grande per rapporto a quello dell'asse: e siccome non si può diminuire quest'ultimo al di sotto della grossezza necessaria per reggere il peso della puleggia e sei ad otto metri di corda, che è da 25 a 40 chil., si aumenta il più che è possibile il diametro della puleggia. Ma d'altronde bisogna che le puleggie non tocchino nè i carri che passano al di sopra di esse, nè il terreno che è al di sotto, ciò che limita il loro diametro a 0^m,40 e 0^m,45 distanza ordinaria fra il terreno ed il di sotto dei carri.

Non pertanto si è provato d'aumentare questo diametro abbassando il centro presso al terreno che si scava per lasciar girare le parti inferiori della puleggia, ma questa piccola fossa è ben presto riempita d'acqua e di terra, e si è nell'obbligo di cingere il basso della puleggia per preservarla, (*fig. 71*).

Le corde sono parti essenziali del meccanismo dei piani inclinati. Il loro diametro varia da 0^m,035 a 0^m,06; il loro peso da 1^{ch},50 a 3^{ch},50 per metro, e la loro tensione da 500 chil. a 1600 chil.

Delle corde.

L'attrito delle corde sopra le puleggie è una resistenza importante a conoscersi. Se il contatto avesse luogo in un solo punto, l'attrito sarebbe simile a quello delle ruote dei carri sopra le spranghe delle rotaje. Ma risulta dalla

Attrito delle corde.

forma delle puleggie, che la corda, di cui tutte le parti hanno la medesima velocità, tocca nel medesimo tempo ed i bordi ed il fondo della gola che hanno velocità differenti: vi è dunque attrito ordinario sopra alcuni punti della corda.

Nella valutazione che ne ha fatta M. Wood, vi ha compreso quello degli assi delle puleggie e dei tamburi, e la forza necessaria per piegare la corda che li circonda.

Per determinare tutte queste resistenze insieme, M. Wood stabilisce l'equazione del movimento dei convogli discendente ed ascendente sopra un piano inclinato self-acting, facendo astrazione dalle differenti posizioni della corda: egli la mette presso a poco sotto questa forma:

$$E = \left\{ \frac{\frac{M}{i} - \frac{m}{i} - \left(\frac{M+m}{180} \right) - F'}{M + m + \left(\frac{R+P}{2} \right) + C} \right\} \frac{g}{2} t^2,$$

M, essendo il peso dei carri carichi discendenti,
 m, quello dei carri vuoti ascendenti,
 R, il peso di tutte le loro ruote, considerate come cilindri pieni,
 P, quello di tutte le puleggie e del tamburo, nello stesso modo considerati,
 C, quello della corda,
 E, lo spazio percorso nel tempo t ,
 g , la gravità,
 $\frac{1}{180}$, il coefficiente d'attrito totale dei carri,
 F' , gli attriti della corda, degli assi delle puleggie, del tamburo, etc. etc.
 $\frac{1}{i}$, la pendenza del piano inclinato.

In seguito facendo sulla discesa dei convogli più osservazioni che gli danno E e t , egli ne ha dedotto il valore di F' (H)

$$F' = \frac{M}{i} - \frac{m}{i} - \left(\frac{M+m}{180} \right) - \left\{ \frac{M + m + \frac{R+P}{2} + C}{\frac{g}{2} t^2} \right\} E.$$

(H) Lo stesso principio delle forze vive che ci ha condotto a determinare l'attrito e lo spazio percorso in un tempo dato da un carro solo sopra un piano inclinato, per

Questa resistenza è supposta agire nella direzione della corda; M. Wood la rapporta alla circonferenza degli assi moltiplicandola per il medio dei rapporti

effetto del suo peso, ci darà il mezzo di ritrovare agevolmente le equazioni accennate dall'autore, le quali determinano queste stesse cose nel caso di due convogli uno ascendente e l'altro discendente sullo stesso piano inclinato, e riuniti mediante una fune. Che perciò ritenendo le stesse denominazioni sopra indicate dall'autore, e per procedere con maggiore chiarezza chiamando P' il peso delle sole puleggie ed r' il loro raggio; P'' il peso del solo tamburo o gran puleggia orizzontale, ed r'' il suo raggio, di modo che $P' + P'' = P$, ed intendendo quì fatto il medesimo ragionamento esposto alla nota (pag. 40) pel caso di un carro solo, la somma delle quantità d'azione impresse al sistema dopo il tempo t sarà espressa da

$$\left(\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F' \right) E \dots \dots \dots (1)$$

Per riguardo alla somma delle forze vive, si deve osservare che nell'attuale sistema, le sole ruote dei carri hanno due movimenti simultanei e distinti, uno progressivo e l'altro di rotazione: che perciò i due convogli di carri ascendente e discendente assieme colle loro ruote, e la fune avranno un moto progressivo con velocità $u = \frac{dE}{dt}$; e le ruote dei carri, le puleggie, ed il tamburo avranno un movimento di rotazione, il quale per i punti posti sulla circonferenza sarà uguale alla velocità progressiva u ; ed indicando con ρ la distanza di un'elemento qualunque dm dal corrispondente asse di rotazione, la velocità angolare di quest'elemento sarà espressa da $\frac{\rho}{r}u$ per le ruote, $\frac{\rho}{r'}u$ per le puleggie, e $\frac{\rho}{r''}u$ pel tamburo. Per conseguenza la somma delle forze vive dell'attuale sistema è espressa da

$$\left\{ \frac{M + m + C}{g} + \frac{1}{r^2} \int \rho^2 dm + \frac{1}{r'^2} \int \rho^2 dm + \frac{1}{r''^2} \int \rho^2 dm \right\} u^2.$$

Ora è da notarsi che gl'integrali esistenti in questa espressione non sono uguali, essendo estesi rispettivamente alle ruote dei carri, alle puleggie, ed al tamburo, e perciò ne indicano i corrispondenti momenti d'inerzia, che sono espressi da $\frac{1}{2} R$, $\frac{1}{2} P'$, $\frac{1}{2} P''$. Quindi, sostituendo questi valori nell'espressione precedente, e facendo $P' + P'' = P$, essa diviene

$$\left(\frac{M + m + C + \frac{R + P}{2}}{g} \right) u^2 \dots \dots \dots (2)$$

dei diametri delle puleggie e dei loro assi, calcolato proporzionalmente alle pressioni rispettive: ed egli trova, dopo nove esperienze, che essa varia fra $\frac{1}{5}$ ed $\frac{1}{4}$ del peso totale della corda delle puleggie e dei tamburi.

uguagliando questa espressione (2) col doppio dell'espressione (1), si ha l'equazione

$$\left(\frac{M + m + \frac{R + P}{2} + C}{g} \right) u^2 = 2 \left(\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F' \right) E$$

dalla quale si ricava

$$u^2 = \frac{\left(\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F' \right) 2g}{M + m + \frac{R + P}{2} + C} E;$$

differenziando quest'equazione, ponendo per u il suo valore $\frac{dE}{dt}$, e riducendo si ottiene

$$du = \left\{ \frac{\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F'}{M + m + \frac{R + P}{2} + C} \right\} g dt;$$

integrando si ha

$$u = \frac{dE}{dt} = \left\{ \frac{\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F'}{M + m + \frac{R + P}{2} + C} \right\} g t;$$

ed integrando di nuovo si ricava

$$E = \left\{ \frac{\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F'}{M + m + \frac{R + P}{2} + C} \right\} \frac{g t^2}{2}.$$

Ricavandosi da questa equazione il valore di F' , si ottiene

$$F' = \frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - \left\{ \frac{M + m + \frac{R + P}{2} + C}{\frac{g t^2}{2}} \right\} E. \dots \dots \dots (a)$$

Alcuni altri ingegneri, Locke e Stephenson, hanno fatto alcune sperienze dirette sull'attrito delle corde; essi hanno fatto discendere sopra un piano in-

M. Wood rapporta molte sperienze a quest' oggetto, fra le quali alla strada di ferro di Killingworth su di un piano inclinato di 653^m,77 di lunghezza e di 17^m,52 di altezza, manovrato da una sola gran puleggia orizzontale, cinque carri carichi di peso ciascuno 3378^{ch},73 senza le ruote, hanno fatto salire nello spazio di 200'' sei carri vuoti di peso 674^{ch},66. Le ruote di ciascun carro avevano il diametro di 0^m,86 e pesavano 594^{ch},86; gli assi avevano il diametro di 0^m,070. La corda aveva 0^m,127 di circonferenza e pesava 1761^{ch},05. Le puleggie in movimento erano 73 e pesavano 1494^{ch},89; il loro diametro era 0^m,275, e quello dei loro assi 0^m,019. La grande puleggia orizzontale pesava 2102^{ch},00; il suo diametro era 3^m,05, e quello del suo asse 0^m,152; con questi dati si trova

$$\begin{aligned} M &= 19867^{\text{ch}},95; & m &= 7617^{\text{ch}},12; & R &= 6543^{\text{ch}},46, \\ P &= 3596^{\text{ch}},89; & C &= 1761^{\text{ch}},05; & E &= 653^{\text{m}},77, \\ t &= 200''; & \frac{1}{i} &= \frac{17,52}{653,77} : \end{aligned}$$

sostituiti questi valori nella formola precedente, si trova

$$F' = 328,3027 - 152,6948 - 114,3614 = 61,2465,$$

valore diverso da quello trovato da M. Wood a causa che lo stesso suppone l' attrito totale delle ruote e degli assi minore di $\frac{1}{11}$.

Dietro nove esperienze di questo genere, M. Wood trova che la resistenza di cui si tratta rapportata sulla circonferenza degli assi è compensatamente $\frac{1}{11}$ della pressione totale che si opera sulle puleggie e sul tamburo; pressione che nel nostro caso comprende il peso delle puleggie, del tamburo orizzontale di rinvio, della corda, più la pressione che quest' ultima opera sul tamburo, che è uguale alla risultante delle tensioni della corda, vale a dire ad $\frac{M+m}{i} + \frac{m-M}{180}$.

Per conseguenza nelle applicazioni della pratica, si può prendere

$$F' = \frac{C + P + \frac{M+m}{i} + \frac{m-M}{180}}{3,5 \gamma},$$

γ essendo il rapporto medio fra i diametri delle puleggie e del tamburo, ed i diametri dei loro assi.

Non si tralasci qui di riflettere che questo valore di F' , nella nostra ipotesi che l' attrito totale dei carri è $\frac{1}{11}$ della pressione, è maggiore del vero, perocchè noi ab-

★

clinato dei carri vuoti che strascinavano diverse porzioni di corde; allorchè la lunghezza era tale che la velocità era presso a poco uniforme, essi ne conchiu-

biamo adottato l'istesso coefficiente $\frac{1}{11}$ trovato da Wood nelle sue sperienze, il quale supponendo l'attrito dei carri minore di $\frac{1}{10}$, trova per F' dei valori più grandi, siccome sopra abbiamo osservato: per conseguenza il rapporto medio $\frac{1}{11}$, si dovrebbe da noi rimpiazzare con un'altro minore, lo che darebbe per F' dei valori più piccoli. Ma qui ritenghiamo questi valori, per compensare nella pratica tutte quelle cause accidentali tanto provenienti dalle imperfezioni del sistema, quanto dalle intemperie dell'atmosfera, che non è possibile porre a calcolo.

L'equazione finale (a) di sopra trovata determina le condizioni dello stabilimento dei piani inclinati: difatti da essa si ricava

$$t = \sqrt{\left\{ \frac{M + m + \frac{R + P}{2} + C}{\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F'} \right\} \frac{E}{\frac{g}{2}}}$$

Ma per ottenere dei risultati applicabili in ogni stagione, si ammette dippiù che il tempo T necessario per percorrerli il piano sia uguale ad $\frac{5}{7}t$.

In conseguenza l'eccesso del peso necessario per rimorchiare in qualunque stato dell'atmosfera i carri vuoti in un tempo T è

$$\frac{M - m}{i} - \frac{M + m}{180} - F' = \left\{ \frac{M + m + \frac{R + P}{2} + C}{3,7549 T^2} \right\} E$$

Se dippiù si conosce il peso e la resistenza dei convogli ascendente e discendente, come anche il tempo della discesa, si otterrà il valore dell'inclinazione del piano col mezzo della formola

$$\frac{1}{i} = \frac{\left(M + m + \frac{R + P}{2} + C \right) E + \left(\frac{M + m}{180} + F' \right) 3,7549 T^2}{3,7549 T^2 (M - m)}$$

Supponghiamo per esempio che si voglia stabilire un piano inclinato di $1645^m,89$ di lunghezza, sul quale nove carri carichi pesanti ciascuno $4062^{ch},60$ facciano salire un'egual numero di carri vuoti del peso ciascuno $1218^{ch},77$; e che si cerchi l'inclinazione necessaria affinchè la manovra abbia luogo in $400''$.

Supponghiamo che le ruote di ciascun carro pesino $594^{ch},67$, che la corda abbia $0^m,114$ di circonferenza e pesi $2521^{ch},89$; supponghiamo ancora che le puleggie sieno

devano che l'attrito della corda e dei carri era uguale alla componente dei loro pesi parallela alla lunghezza del piano; d'altra parte essendo conosciuto l'attrito dei carri, era facile di avere quello della corda. Ma essi non hanno dato nè il diametro della corda adoperata nell'esperienza, nè quello degli assi e delle puleggie, nè il peso di quest'ultime; si osserverà che questa maniera di procedere alla determinazione dell'attrito, suppone che esso aumenta più che la velocità, poichè si ammette che il moto diviene uniforme.

situate alla distanza l'una dall'altra di 9^m,15 e pesino 13^{ch}60; si avranno così 180 puleggie le quali peseranno in uno 2448^{ch},00. Dippiù il tamburo orizzontale situato alla sommità del piano pesi 205^{ch},84, e sia $\gamma = 16$ il rapporto medio fra i diametri delle puleggie e del tamburo, e quelli dei loro assi, si avrà

$$(M + m + \frac{R + P}{2} + C)E = (47532,33 + 6678,95 + 2521,89) 1645,89 = 93376557,1713;$$

$$\left(\frac{M + m}{180} + \frac{C + P + \frac{M + m}{i} + \frac{m - M}{180}}{3,5\gamma} \right) 3,7549.T^2$$

$$= \left(264,07 + \frac{5175,73 + \frac{47532,33}{i} - 142,19}{56} \right) 600784$$

$$= 229429797,05 + 509940416,906 \frac{1}{i};$$

$$3,7549 T^2 (M - m) = 15376748064,48.$$

Sostituendo questi valori nella formola, si ottiene

$$\frac{1}{i} 0,02099 + 0,03316 \frac{1}{i}, \text{ ovvero}$$

$$\frac{1}{i} = \frac{0,02099}{0,96684} = \frac{1}{46,06},$$

e quindi il piano dovrebbe essere inclinato all'orizzonte con un'angolo di 1° 14' 38".

Questo valore potrà essere ammesso nella pratica se tutto il sistema è in buono stato: ma in generale se si vuole assicurare un servizio regolare e costante tanto nell'està che nell'inverno, è indispensabile di tenersi un poco al di sotto di questi limiti, aumentando o il numero dei carri discendenti, ovvero l'inclinazione del piano. (*Nota del Trad.*).

Misurando l'attrito alla circonferenza delle puleggie, quattro esperienze hanno dato dei coefficienti compresi fra $\frac{1}{12}$ ed $\frac{1}{10}$ del peso della corda *sola*. Ma questo attrito dipende ancora dal peso delle piccole puleggie, che si può supporre senza grande errore, eguale a quello della corda: conviene dunque valutarlo come parte di una pressione doppia, ed allora i coefficienti di sopra divengono $\frac{1}{6}$ ed $\frac{1}{5}$. Se si rapporta l'attrito alla circonferenza degli assi delle puleggie, bisogna moltiplicare questi numeri per 12 (rapporto ordinario dei diametri), ed essi divengono $\frac{1}{5}$ ed $\frac{1}{4}$.

È da notarsi che i signori Stephenson e Locke abbiano trovato un attrito più grande, quantunque le loro esperienze non comprendano delle resistenze che s'incontrano in quelle di Wood, come la rigidezza della corda, e l'attrito dei tamburi.

M. Walker, dietro due sperienze che ha fatte sull'attrito delle corde misurato alla circonferenza delle puleggie, lo stima $\frac{1}{12}$ del loro peso; senza comprendervi quello delle puleggie.

Dietro questi risultati che differiscono fra di loro, e che non debbono considerarsi che come ricerche, forse potrebbe supporre che la resistenza delle corde e dei loro apparecchi, misurata alla circonferenza delle piccole puleggie, vale a dire nella direzione della forza che tira i carri, è $\frac{1}{12}$ del peso della corda delle piccole puleggie, e della grande puleggia, essendo circa $\frac{1}{12}$ il rapporto dei diametri delle puleggie e degli assi.

Le corde si spezzano frequentemente, e si cerca di prevenire gli accidenti che possono risulturne. Non vi è altro mezzo onde ritenere i carri che discendono se non il freno delle ruote; ma ve ne sono molti per impedire i carri ascendenti di rinculare.

1.° Si sospendono nella parte posteriore dell'ultimo carro due pezzi di legno di 2^m,00 di lunghezza, e 0^m,10 di riquadratura, terminati da una punta di ferro che striscia sul piano inclinato allorchè il carro sale, e che si affonda sempre più nel terreno allorchè esso rincula.

2.° Questi due pezzi di legno sono qualche volta riuniti per mezzo di barre di ferro in croce di Sant'Andrea, e formanti una specie di telaio che vien dietro all'ultimo carro, (*fig. 84*).

3.° Ai piani inclinati dei sotterranei di Liverpool, s'impiegano due grossi cunei di legno guerniti di fasce di ferro. Essi hanno la forma dell'angolo curvilineo compreso fra le ruote e le spranghe; ligati insieme per mezzo di traverse, essi formano una specie di treggia che striscia sulle spranghe, e che segue l'ultimo carro al quale è attaccato; appena il carro rincula, i cunei si

trovano stretti e serrati fra le ruote, e le spranghe si oppongono alla discesa del carro, (*fig. 83*).

Allorchè i carri carichi debbono salire il piano inclinato, vi bisogna una forza motrice, e quasi sempre s'impiega il vapore. Ecco in che consiste il meccanismo ordinario.

Macchine a vapore fisse.

Un tamburo di 1^m,50 a 4^m,00 di diametro, e di 1^m50 di lunghezza, secondo la lunghezza della corda, è situato a picciola distanza dalla sommità del piano inclinato, (*fig. 96*). L'asse orizzontale, perpendicolare alla direzione delle spranghe, è molto elevato perchè i carri possano passare per di sotto al tamburo.

Meccanismo.

Il tamburo è guernito di una ruota dentata nella quale ingrana un rocchetto, di cui l'asse che porta un volante ed un freno, è mosso dalla manovella di una macchina a vapore.

Il tamburo può girare attorno il suo asse circolare da un'estremo all'altro, ovvero scorrere parallelamente alla sua lunghezza: il movimento del tamburo e dell'asse è o contemporaneo e solidale, ovvero indipendente, secondo che dei dentelli fissi da una parte al tamburo e dall'altra al suo asse sono ingranati o ritirati. Il tamburo scorre sull'asse a volontà col mezzo di una leva maneggiata da un'uomo.

Disposizione delle spranghe, supponendo che la strada di ferro non esige che una via, (*fig. 90*); 1.^o A basso del piano inclinato due vie per la stazione e l'incrociamiento dei carri; 2.^o una sola via sul pendio del piano fino alla sommità; 3.^o due vie sul pianerottolo fra l'estremità del piano inclinato e la macchina, di cui una leggermente inclinata verso il piano, e l'altra a livello, (*fig. 96*).

Disposizione delle spranghe.

Manovra. I carri carichi essendo alla stazione di basso, del pari che una estremità della corda, si attacca questa ai carri, il tamburo è ingranato col suo asse, si fa agire la macchina a vapore, il tamburo gira, si avvolge la corda, ed i carri salgono; giunti alla sommità si stacca la corda, la velocità acquistata finisce di farli avanzare sul piano nella via dritta, ove restano fino a che essi continuano il loro viaggio.

Manovra.

Durante la salita dei carri carichi, i carri vuoti sono stati condotti fin sotto il tamburo; di là essi sono spinti a braccia sulla stazione del piano nella via sinistra, che per facilitare questo movimento, ha una leggiera inclinazione verso il piano: allorchè si è spiccata la corda dai carri carichi che sono saliti si attacca ai carri vuoti. Si sgrana il tamburo e si rende indipendente e libero dal movimento della macchina a vapore, si spingono i carri

vuoti sul piano inclinato, la gravità li trascina, il tamburo gira liberamente attorno l'asse fisso, ed i carri discendono colla corda.

Meccanismo per due vie.

Se l'attività del commercio esige che vi sieno due vie, s'impiegano due tamburi corrispondenti ciascuno ad una via; essi girano nel medesimo senso, ma una corda passa al di sopra del tamburo e l'altra al di sotto, di modo che una corda sale mentre che l'altra scende. La disposizione delle spranghe è la stessa di quella impiegata nel sistema precedente *self-acting*, (*fig. 92*).

In luogo di due tamburi, si può come al piano *self-acting* impiegare una grande puleggia mossa da una macchina a vapore per mezzo di ruote ad angolo. Questo modo più semplice e più economico esige che l'attrito della corda attorno la ruota sorpassi l'eccesso del peso dei carri carichi sopra i carri vuoti, giacchè nel caso contrario la ruota girerebbe senza trasportare nè la corda, nè i carri.

Se i carri non possono trasportare la corda.

Se l'inclinazione del piano ed il peso dei carri vuoti che discendono sono tali che questi carri non possano trascinare dietro di loro la corda, si aggiunge al meccanismo precedente una grande puleggia situata sopra la stazione inferiore del piano, involupata in una seconda corda, di cui un'estremità è attaccata alla parte posteriore dei carri ascendenti, e l'altra alla testa dei carri vuoti; in questa maniera, la macchina a vapore agisce sopra i carri che debbono discendere, e li tira a basso; ciò che ha luogo alternativamente sopra ciascuna via (*fig. 91*).

Del gran piano inclinato di Liverpool.

Un sistema presso a poco simile è impiegato per salire e discendere simultaneamente o separatamente, i carri pieni e vuoti sopra il piano inclinato della strada di Sainte-Hélène, e del gran sotterraneo di Liverpool, (*fig. 98*). Una corda senza fine che noi consideriamo partire dal punto O è situata nel mezzo di una delle due vie, penetra sotto terra, arriva in M ed involuppa fino in K una parte della gola superiore di una puleggia B a due gole, e di 3^m,00 di diametro; da K essa passa in R nella gola superiore della puleggia C a due gole, e di 2^m,10 di diametro; da R ella va in S, fa il mezzo giro SI della puleggia D del medesimo diametro di C; da I ritorna in N e G nelle gole inferiori delle puleggie C e B intersegando diagonalmente la sua prima direzione, involuppa la puleggia B da G in T, passa alla superficie del terreno, segue il mezzo della seconda via, rientra sotto terra al basso del piano per uscire di nuovo dopo aver fatto il mezzo giro HP della puleggia A di 5^m,00 di diametro, e ritorna in fine a raggiungere il punto O.

Questa corda senza fine, di cui la lunghezza varia coll'umidità dell'atmosfera e con l'uso, è mantenuta nello stesso grado di tensione da un contro-

peso E che può discendere in un pozzo; col mezzo della puleggia verticale U esso agisce sul centro della puleggia D, la quale essendo fissa al di sopra di un carrello mobile sulle spranghe, segue tutte le variazioni di lunghezza della corda.

Una macchina a vapore alla sommità del piano fa girare la puleggia B per mezzo d'ingranaggi conici. Ne risulta per la corda, di cui l'attrito è considerevolmente aumentato pel sistema delle puleggie che abbiamo descritto, un movimento continuo e nei due sensi opposti sopra ciascuna delle due vie. Per far salire un convoglio si fa uso di un'altra piccola corda, di cui un'estremità è fissa al primo carro ascendente, mentre che l'altra rivoltata e stretta fortemente attorno alla grande corda vi si mantiene in forza dell'attrito, e ne segue i movimenti.

Al piano inclinato del piccolo sotterraneo di Liverpool, il quale ha una sola via, l'ascensione delle diligence si fa colla medesima macchina a vapore precedente, situata al basso del piano, e col mezzo di una puleggia di rinvio fissata alla sommità. Allorchè due convogli debbono salire l'uno appresso all'altro, l'estremità della corda che ha tirato il primo è rimenata a basso da un cavallo.

Piccolo piano inclinato di Liverpool.

Se sulla linea della strada di ferro s'incontri un rialto, di cui la sommità abbia una piccola estensione, e le due pendenze opposte sieno sufficienti affinché i carri vuoti possano trasportare la corda nella loro discesa, si può impiegare un solo tamburo mosso da una macchina a vapore.

Piani inclinati opposti per sormontare un rialto.

Disposizione delle spranghe supponendo che la strada abbia una sola via: 1.^o doppia via alle due stazioni a basso di ciascun piano inclinato; 2.^o via semplice per ciascun pendio; 3.^o due vie sul piano alla sommità, avente ciascuna di esse una leggierissima pendenza in senso opposto.

Manovra: un convoglio di carri essendo ad una stazione nel basso, da quel lato ove la corda è stata discesa, si attacca la medesima al primo carro che deve salire; il tamburo essendo ingranato col suo asse, si fa agire la macchina che tira su i carri. Allorchè questi giungono all'estremità superiore del piano inclinato, si arresta la macchina e si stacca la corda; i carri spinti a braccia, ed ajutati dalla leggiera pendenza della via sul piano, discendono facilmente quasi fino all'estremità dell'altro piano inclinato; mentre che essi vi giungono con una debole velocità, l'estremità della corda che è stata tirata, si attacca dietro all'ultimo carro, si rende libero il tamburo, si finisce di spingere il convoglio sul principio del declivio dell'altro piano inclinato, ed i carri discendono trasportando con essi la corda, la quale si svolge dal tamburo che gira attorno l'asse fisso.

Piani inclinati di Brusselton.

Se la strada è a doppia via, s'impiegano due tamburi, e si dispongono le spranghe sopra ciascun piano inclinato, come nel sistema *self-acting*.

Si può aiutare il movimento della macchina col peso dei carri discendenti, nel modo come si è fatto al doppio piano inclinato di Brusselton. L'uno di questi piani ha 1592 metri di lunghezza, ed una pendenza di $\frac{1}{33}$; l'altro ha 754 metri, ed una pendenza di $\frac{1}{66}$. Essi sono separati da un piccolo piano di circa 100 metri. Vi sono due vie alle stazioni inferiori, due vie al piano superiore, con leggieri pendenze opposte, (*fig. 95*) ed una sola via sopra ciascun pendio. Quella del piccolo piano inclinato ha, per una grande lunghezza, la forma di un'arco di cerchio, di cui il raggio dalle misure che io ho prese è di circa 780 metri. Il grande pendio che è dalla parte delle mine è sempre salito dai carri carichi, e disceso dai carri vuoti: succede il contrario pel piccolo piano.

Due tamburi invariabilmente fissati sopra un medesimo asse di ferro fuso di 0^m,25 di diametro, sono mossi da una macchina a vapore di 60 cavalli, situata nel mezzo del piano; l'uno di 4^m,30 di diametro corrisponde al grande piano; l'altro di 2^m,00 al piccolo. Le circonferenze sono presso a poco nel rapporto delle lunghezze dei piani, affinchè i carri possano percorrerli nel medesimo tempo. I tamburi girano insieme nell'istesso senso; ma la corda dell'uno si avvolge quando quella dell'altro si svolge. La velocità può essere moderata da un freno concentrico ai tamburi di circa 6^m,50 di diametro.

Manovra: un convoglio di dodici carri carichi sale pel grande piano; un'egual convoglio di dodici altri carri discende pel piccolo: allorchè questo arriva a basso, il primo perviene alla sommità in H, da dove, per mezzo della debole pendenza della via HB, e dopo avere staccata la grande corda, si spinge facilmente a braccia fino in BC, ove si lascia.

La gran corda sciolta è attaccata indietro ai dodici carri vuoti che sono stati stazionati in DE durante il movimento precedente, e l'estremità della piccola corda discesa è attaccata avanti a dodici altri carri vuoti che debbono salire. Si spinge il convoglio DE sul principio del grande piano inclinato, si fa agire la macchina a vapore, dodici carri vuoti scendono sul grande piano, e dodici altri salgono sul piccolo. Questi giungono in G, mentre i primi sono a basso del grande piano, da G col mezzo della debole pendenza praticata nella via GE, e dopo avere arrestata la macchina e staccata la piccola corda, si spingono facilmente questi carri a braccia fino in DE, ove essi si fermano.

Questa piccola corda staccata, è attaccata dietro ai dodici carri carichi che noi abbiamo lasciati in BC. L'estremità della grande corda discesa è attac-

cata avanti a dodici altri carri carichi che debbono salire. Si spinge il convoglio BC all'estremità del piccolo piano inclinato, si fa agire la macchina a vapore, e dodici carri carichi scendono il piccolo piano, mentre che dodici altri salgono sul grande. Una serie di operazioni simili costituisce il movimento dei piani inclinati di Brusselton.

Io ho osservato che dodici carri carichi salgono il grande piano con una velocità di circa 2^m,90, vi sono tre minuti di tempo perduto per staccare ed attaccare le corde; in tal guisa vi debbono essere circa 30 ascensioni per un giorno di dodici ore; ciò che si accorda molto bene col movimento commerciale della strada di Darlington, che dicesi essere oggi di circa 4 a 500 mila tonnellate di carbon fossile all'anno.

Se si suppongono due tamburi e due piani inclinati perfettamente eguali, se si fa astrazione dal peso delle corde, vi sarà equilibrio in ciascun'istante, e gli attriti saranno le sole resistenze a vincersi: tuttavia queste resistenze possono esigere delle forze motrici considerabili. Al doppio piano inclinato di Nullise, strada di Roanne, ove s'incontrano presso a poco le circostanze che noi supponghiamo, e dove s'immaginava poter produrre il movimento per mezzo di una simile disposizione, si è stato obbligato d'impiegare una macchina a vapore di 25 cavalli.

Se nei piani di cui abbiamo parlato, l'inclinazione non fosse sufficiente per far discendere la corda col peso dei carri vuoti, s'impiegherebbero al basso dei piani delle grandi puleggie orizzontali, con una terza corda attaccata avanti ai carri discendenti, ed all'indietro dei carri ascendenti.

In tutti i piani inclinati, la manovra esige che dalla sommità sia visibile la parte inferiore, affinchè non si cominci il movimento se non quando il tutto è preparato. A quest'effetto, si fanno dei segnali con una specie di telegrafo elevato nell'estremità inferiore del piano, ovvero, allorchè gli ostacoli intermedi impediscono la comunicazione per via di segnali, si trasmette l'avviso per mezzo di una lunga corda e di un campanello.

Le disposizioni precedenti danno il mezzo di sormontare le grandi pendenze; ecco quelle che farebbero percorrere un'intiera linea di strada di ferro, per mezzo di macchine a vapore fisse.

Si divide la linea in parti di 2000 a 2500 metri, e si situa una macchina a vapore in ciascuna divisione. Supponghiamo che la strada non abbia che una sola via, cioè ABC, (*fig. 93*), tre stazioni a doppiavia e tre macchine; ciascuna di esse fa girare due tamburi attorno il medesimo asse. Ciascun convoglio è tirato da una corda dalla parte d'avanti, e trascina una corda indietro. Sieno

Sistema reciproco.

1.° I convogli tirati
uno dopo l'altro.

D ed E due convogli che vanno in senso contrario, D che cammina come lo indica la freccia, è tirato dalla corda d'avanti g e dal tamburo S connesso col meccanismo B; nel medesimo tempo, questo convoglio trascina la corda di dietro f che si svolge dal tamburo U reso indipendente dall'azione della macchina A; giunto in m esso cambia via andando verso no ; ovè si staccano le corde d'avanti e di dietro, ed il convoglio cammina solo ovvero è spinto a braccia da o in y , ove si è procurata una picciolissima pendenza: si fa arrestare in y , ove egli attende.

Un' altro convoglio E tirato da E verso B dalla corda d'avanti h e dal tamburo T, trascina dietro di se la corda i che si svolge dal tamburo Z reso libero. Allorchè questo convoglio arriva in p , si staccano le sue due corde, egli cambia via e discende solo o è spinto a braccia da p in ek che ha una leggiera pendenza; si arresta in ek .

Allora la corda r è attaccata dietro al convoglio D che noi abbiamo lasciato in y , e la corda i avanti al medesimo; il tamburo T è reso libero dall'azione della macchina B, ed il tamburo Z ingranato all'asse tira a se il convoglio D.

Del pari la corda g è attaccata dietro al convoglio E, che noi abbiamo rimasto in ek , e la corda f avanti al medesimo; il tamburo S è reso libero dall'azione della macchina B, il tamburo U di nuovo ingranato all'asse, è mosso dalla macchina A, e tira il convoglio E.

I due convogli continueranno ad allontanarsi sempre di più, per l'effetto combinato di altre macchine al di là di A e C; nel mentre che due altri convogli giunti a queste stazioni, andranno ad incrociarsi alla stazione B.

Tale è il movimento di questo sistema reciproco detto dagli Inglesi *reciprocating*, dall'azione reciproca di ciascun tamburo, l'uno rispetto all'altro.

2.° I convogli tirati nel
medesimo tempo.

In vece di far muovere i due tamburi di ciascuna macchina l'uno appresso l'altro, si può farli agire insieme; così i tamburi S e T possono tirare nell'istesso tempo i due convogli E e D, ai quali sono sempre attaccate due corde all'indietro f ed i che li seguono: questi convogli s'incontrano e s'incrociano sotto i tamburi della macchina B; si staccano tutte le corde; la corda di dietro di un convoglio diviene quella d'avanti dell'altro, i tamburi S e T sono resi liberi tutti e due; i tamburi U e Z ingranati sono messi in movimento e fanno avanzare il primo il convoglio E verso A, il secondo il convoglio D verso C; la macchina B resta nella inazione. Questa manovra esige delle macchine di maggior forza.

I due sistemi hanno i loro inconvenienti; nel primo ciascun convoglio si

arresta per attenderne un' altro; nel secondo i convogli camminano sempre, ma delle macchine di maggior forza restano nell' inazione.

Nel sistema reciproco vi è sempre una corda nell' asse della strada a rotaje; ed allorchè s' incontra una grande strada al medesimo livello, bisogna preservare la corda dall' azione delle ruote delle vetture e dei piedi dei cavalli. Perciò essa si fa passare in una specie di tubo di legno o di ferro fuso, la cui parte superiore a guisa di coperchio può girare sopra opportuni cardini. Un fanciullo continuamente incaricato dalla cura di aprire e di serrare questo condotto, previene i passeggeri che un convoglio sta per attraversare la strada.

Le macchine fisse delle strade di ferro sono generalmente ad alta pressione e senza condensazione; la manovra dei carri richiede che il motore agisca per intervalli, e con più energia al principio di ciascuna ripresa di movimento; le macchine a condensazione che sviluppano maggior forza dopo alcuni istanti di azione, sembrano dunque meno proprie delle prime ai movimenti dei piani inclinati.

Macchine a vapore fisse, senza condensazione.

In generale tutto quello che noi abbiamo detto delle macchine fisse e dei piani inclinati non si applica punto alle strade di grande velocità: egli è del pari pel sistema reciproco, ove i carri non camminano che con 3 o 4^m,00 di velocità.

Risultati di alcune macchine fisse impiegate ai piani inclinati.

DESIGNAZIONE.	FORZA delle MACCHINE.	PIANI INCLINATI		DIAMETRO della C O R D A.	MOVIMENTO ORDINARIO.	
		LUNGHERIA.	PENDENZA.		Peso dei carri carichi ascendenti.	Velocità media.
Liverpool.....	cavalli 50	1800	$\frac{1}{46}$	m. 0,047	ch. 25 000	m. 3,90
S. Hélène Runcorn.....	40	400	$\frac{1}{30}$	0,047	24 000	1,66
Carterbury.....	25	3000	$\frac{1}{76}$	0,043	40 000	2,78
Idem.....	25	1610	$\frac{1}{41}$	0,043	16 800	3,57
Ivry (Épinac).....	25	300	$\frac{1}{81}$	0,100 0,020	10 800	0,50

Risultati delle macchine fisse.

Nota. Bisogna contare circa tre minuti di tempo perduto in ciascuna ripresa di movimento. La macchina di Liverpool può salire fino a 40000 chilogrammi, quella di S. Hélène 52000 chil.; e quella d'Ivry 14400 chil.: a quest' ultimo piano la corda è piana.

O T T A V A L E Z I O N E.

Storia delle macchine
locomotive.

Secondo M. Wood, sembra che Watt, fin dal 1769, abbia avuto l'idea delle macchine locomotive sulle strade ordinarie; ne vien fatta menzione nel brevetto che egli prese a quest'epoca, ed in un'altro del 1784.

Nel 1802, i signori Trevithick e Vivian presero una patente per una macchina locomotiva sopra le strade a rotaje. Nel 1804 essi ne fecero il saggio sulla strada a rotaje delle miniere di Merthyr-Tydvil; allora si credeva che la resistenza delle ruote sulle spranghe non fosse sufficiente per far muovere una locomotiva la quale trasportasse dei carri.

Per supplire a ciò nel 1811 M. Blenkinsop situò lungo le spranghe della strada di Middleton una serie di denti, nei quali s'ingranavano quelli di una ruota dentata della locomotiva: questo sistema è ancora oggi in attività.

Nel 1812, i signori William ed Ed. Chapman presero una patente per far muovere le locomotive per mezzo di una catena tesa nell'asse della strada a rotaje; essa faceva più giri sopra un verricello, o passava nella gola di una ruota dentata, la quale mossa dalla macchina faceva avanzare o rinculare il sistema, la catena essendo fissa alle due estremità. Questo metodo saggiato presso di Newcastle, fu abbandonato, poicchè il grande attrito consumava la catena, e la macchina usciva spesso dalla via.

Nel 1813 M. Brunton prese una patente per far camminare le locomotive per mezzo di due gambe le quali appoggiavansi sul terreno, ed agivano siccome quelle di un'uomo che tira retrocedendo.

Infine si conobbe che la resistenza delle ruote era sufficiente onde permettere alle macchine locomotive di strascinare dei carri allorchè le pendenze erano deboli, ed allora non si cercarono più punti d'appoggio.

Una macchina locomotiva è un carro a quattro o a sei ruote, che porta un focolajo, un cammino, una caldaja, e sulla quale sono fissati uno o due cilindri a vapore, di cui gli stantuffi fanno muovere delle manovelle attaccate alle ruote; l'elasticità del vapore produce l'effetto di una molla compressa di cui un'estremità sia fissa all'armatura del carro, e l'altra al raggio della ruota. Questa molla rilasciandosi, allontanerebbe il punto d'attacco della ruota dal punto d'attacco del carro, cioè a dire farebbe girare la ruota, e per con-

seguenza avanzare il carro. Si può dunque considerare il vapore come una forza esteriore applicata alla circonferenza delle ruote, la quale agisce parallelamente alle spranghe.

I carri attaccati alla locomotiva, gli opporranno una resistenza eguale al loro attrito, se il tutto si muove sopra una strada a rotaje orizzontale. Si concepisce che vi sarà un certo numero di carri che impedirà alla macchina di avanzare; ma aumentando la forza del vapore, si potrà sempre far girare le ruote, cioè a dire che queste in vece di applicarsi sulle spranghe a guisa di un cilindro che si sviluppa sopra un piano, gireranno sulla macchina fissa, strisciando e fortemente strofinando contro le spranghe.

Se la locomotiva sale, in vece di essere sopra una strada a livello, essa dovrà vincere oltre l'attrito, una parte del suo peso e quello dei carri. Vi sarà dunque una pendenza tale, con cui la locomotiva non potrebbe far salire alcun carro, neanche il proprio suo peso, e l'azione del vapore si limiterebbe a ritenere la locomotiva sul pendio facendo girare le ruote nel medesimo sito.

Questi effetti dipendono dalla ritenuta delle ruote sulle spranghe; se, ad esempio di una delle prime invenzioni, le ruote e le spranghe fossero dentate lo strisciar delle ruote diverrebbe impossibile: si può concepire che la ritenuta proviene dalla pressione e dall'ingranaggio delle scabrosità estremamente piccole delle superficie in contatto. Allorchè le ruote strisciano queste scabrosità sono sormontate o infrante. L'esperienza mostra che effettivamente le ruote e le spranghe si consumano molto allorchè le ruote strisciano; e che esse strisciano tanto più facilmente, per quanto più vi è fango, neve, o polvere sulle spranghe: questa resistenza è al suo massimo allorchè esse sono interamente asciutte o bagnate, al contrario di ciò che è stato trovato per la resistenza allo sviluppo.

Forza di ritenuta delle ruote sulle spranghe.

Egli è interessante di conoscere la resistenza di ritenuta la quale regola la quantità dei carri che può trasportare una locomotiva, e la pendenza che non si può oltrepassare nella traccia. Se per determinarla si arrestassero le ruote di una locomotiva, ed essa si tirasse sopra una strada a rotaje, l'attrito (eguale ad $\frac{1}{7}$ della pressione, secondo M. Morin) non sarebbe probabilmente lo stesso che la resistenza di cui si tratta, perchè le scosse impresse dal movimento della macchina alterano la pressione.

Per trovarne il valore, M. Wood ha fatto salire una locomotiva sopra una pendenza data, facendogli tirare tanti carri per quanto era possibile senza che le ruote strisciassero. Conoscendo il peso dei carri e della locomotiva, l'inclinazione della strada e gli attriti, egli ne ha conchiuso il rapporto della

Esperienze di M. Wood.

resistenza di ritenuta al peso della macchina; queste sperienze dirette hanno dato in frazione di questo peso, per delle spranghe di ferro fuso:

Spranghe asciuttissime..... pendenza $\frac{1}{94}$, le ruote non striscianti affatto $\frac{1}{9}$.

Idem in pessimo stato e con fango, pendenza $\frac{1}{14}$, velocità 1,77, le ruote striscianti appena, $\frac{1}{11}$.

Altri ingegneri hanno trovato operando della stessa maniera:

Spranghe umide e con polvere di carbone, le ruote striscianti $\frac{1}{11}$.

Idem..... idem..... le ruote non striscianti affatto. $\frac{1}{14}$.

Idem, con un'altra macchina le ruote striscianti poco..... $\frac{1}{14}$.

Idem idem..... idem $\frac{1}{11}$.

Delle osservazioni di parecchi anni sulle macchine di Killingworth, hanno dato a M. Wood un rapporto medio di $\frac{1}{10}$ in bel tempo, ed $\frac{1}{17}$ pel più cattivo tempo; ed a riguardo che le nuove macchine sono più perfezionate, si ammetto come regola pratica, che in ogni stagione, il tiro di una locomotiva può essere il ventesimo del suo peso.

I seguenti risultati dell'esperienza fanno presumere che nella maggior parte dei casi, questo rapporto è un minimo.

Tiro delle locomotive espresso in frazioni dei loro pesi.

Tiro delle locomotive
sopra strade in atti-
vità.

NOME DELLA STRADA.	PENDENZA IN		VELOCITA'.	TIRO.
	SALITA.	DISCESA.		
Darlington . . . . .	.....	in discesa	.....	$\frac{1}{18}$
idem.	$\frac{1}{100}$	.....	m. 1,77	$\frac{1}{15}$
Bolton.	$\frac{1}{430}$	.....	2,66	$\frac{1}{22}$
Liverpool.	$\frac{1}{600}$	.....	.....	$\frac{1}{17}$
idem.	$\frac{1}{89}$	.....	4,00	$\frac{1}{21}$
idem.	$\frac{1}{96}$	.....	.....	$\frac{1}{10}$
idem.	$\frac{1}{96}$	.....	3,55	$\frac{1}{12}$
S. Hélène Runcorn.	$\frac{1}{100}$	.....	.....	$\frac{1}{10}$
Roanne.	$\frac{1}{12}$	.....	5,50	$\frac{1}{9}$

NOTA. I due ultimi esempi non si rapportano ad un movimento abituale, e debbono essere riguardati come eccezioni.

Nella determinazione di tutti i rapporti precedenti, il coefficiente d'attrito totale dei carri e della macchina è stato supposto, e non è stato punto riconosciuto da un'osservazione particolare alle rotaje percorse in ciascuna esperienza. Or quest'attrito varia secondo lo stato delle spranghe; vi resta dunque dell'incertezza sulla valutazione del precitato rapporto.

Lo stato delle spranghe influisce doppiamente sul risultato delle sperienze, poicchè le stesse cause che diminuiscono la ritenuta delle ruote delle locomotive, aumentano l'attrito totale dei carri. Così noi vediamo nel rapporto del secondo semestre del 1833 sulla strada di Liverpool che il tempo burrascoso dell'ultimo inverno rendeva le spranghe talmente fangose, che bisognava sovente aggiungere una locomotiva di rinforzo, *anche sulle parti orizzontali*.

Ammettendo il rapporto di $\frac{1}{20}$ per la ritenuta di una locomotiva, e quello di $\frac{1}{200}$ per l'attrito totale, e chiamando:

$\frac{1}{20}$, la più grande pendenza cercata di una strada a rotaje;

L, il peso di una locomotiva;

W, quello dei carri, si ha

$$\frac{L}{20} = \frac{L+W}{200} + \frac{L+W}{m}, \text{ donde } \frac{1}{m} = \frac{9L-W}{200(L+W)}.$$

La quantità d'azione utile di una macchina locomotiva di dieci cavalli è stata stimata compensatamente da M. Wood a 20 o 28 tonnellate trasportate con 6^m,70 di velocità.

Ecco i risultati dei trasporti e delle spese delle locomotive della strada di Liverpool durante i due ultimi anni.

Pendenza massima per le locomotive.

Quantità d'azione utile delle locomotive.

ANNI.	SPESE di un SEMESTRE.	TONNELLATE IN		NUMERO DEI CONVOGLI IN		Prezzo per tonnellata e per lega 4000 ^m , non compreso il ritorno a vuoto.	
		VIAGGIATORI.	MERCANZIE.	VIAGGIATORI	MERCANZIE.	VIAGGIATORI.	MERCANZIE.
1832	f. 264 500	to. 13 900	to. 64 000	2636	2482	f. 0,792	f. 0,172
	316 100	14 600	90 000	3363	1890	0,901	0,146
1833	367 800	13 600	111 000	3262	2244	1,126	0,138
	349 100	17 000	113 000	3253	2567	0,855	0,128

NOTA. Vi sono a un di presso dieci macchine di 24 cavalli che corrono sulla strada. La distanza per corsa è di 48000^m. Si è supposto un peso di 80 chil. per viaggiatore. La velocità media è di 8^m,00 per i viaggiatori e di 5^m,00 per le mercanzie.

* Formola del corso di meccanica di Navier, pag. 151.

Ciascuna macchina di 24 cavalli ha dunque potuto trasportare 49 tonnellate con circa 5^m,00 di velocità, ciò che si scosta poco dai dati di M. Wood.

I rapporti pubblicati dalla compagnia, donde sono estratti i dati precedenti, non distinguono la spesa di trasporto dei viaggiatori da quella delle mercanzie. Se le velocità fossero le stesse, le spese sarebbero in ragione del numero dei convogli; ma vi sono dei dispendi proporzionali ai tempi del movimento, come quelli del *coke* e dei conduttori, ed altri in ragione inversa, come le riparazioni delle macchine che tanto più si deteriorano, per quanto è maggiore la loro velocità. Le ultime colonne della tavola sono state calcolate dividendo le spese per metà.

Se si ammettono i risultati del secondo semestre del 1833, si vede che la tonnellata di mercanzie trasportata a 4000 metri con 5 metri di velocità costa 0^f,13, e 0^f,85 per i viaggiatori trasportati con 8^m,00 di velocità. Sopra la strada di Darlington, sembra che questo prezzo non si eleva che a 0^f,10 per le mercanzie mosse con 4 a 5 metri di velocità; ma non bisogna perdere di vista che si tratta unicamente di consumo di forza motrice, e che bisognerebbe raddoppiarlo per le mercanzie e triplicarlo per i viaggiatori, se si trattasse del costo totale di trasporto sulla strada di Liverpool.

Questi dati paragonati a quelli della medesima natura pel cavallo come motore, stabilirebbero il rapporto delle spese dei due modi di trasporto a differenti velocità, se non vi mancassero alcuni elementi essenziali, principalmente la deteriorazione della strada, di cui la manutenzione è tanto più dispendiosa, per quanto grande è la velocità, ma di cui il valore ancora poco conosciuto per ciascun grado di velocità, rende la conclusione incerta.

Questo paragone ci conduce naturalmente a parlare delle degradazioni e della manutenzione delle strade a rotaje.

Degli effetti del corso
sulle strade a rotaje.

Nel corso delle strade di ferro, come sulle nostre strade, il motore ed i veicoli sono attivi, e portano la distruzione; ma le rotaje meno passive che le strade, reagiscono resistendo: l'azione e la reazione meritano di essere esaminate.

Azione dei carri.

L'azione dei carri consiste ad urtare le spranghe alle giunture, a scostarle, a farle piegare, ed anche a romperle; a smuovere i massi, a sospingerli, ad affondarli.

Urto delle ruote contro
le spranghe.

Allorchè si viaggia sopra una strada di ferro si soffre o si avverte una piccola scossa che ha luogo in ciascuna giuntura; benchè due spranghe si affrontino perfettamente, il piccolo spazio che è fra esse basta perchè

l'applicazione del cerchio della ruota non si faccia con continuità, e che vi sia una scossa nel passaggio da una spranga all'altra.

La percossa è molto più sensibile se vi è differenza di livello fra l'estremità delle spranghe. Allorchè la ruota sale sopra lo sporto, l'urto è più forte che quando essa discende; questo è un fatto che io ho avuto spesso occasione di verificare. Nel primo caso l'urto ha luogo prima che il centro della ruota sia passato verticalmente sulle giunture, e la spranga sulla quale essa va a girare è urtata pria che la ruota vi sia salita sopra. Nel secondo caso la scossa ha luogo dopo che il centro della ruota è passato sulla giuntura, e la spranga che essa abbandona è debolmente risospinta indietro nel momento che la ruota cade.

In tal guisa le spranghe che fanno risalto tendono sempre ad avanzare nel medesimo senso, qualunque sia la direzione dei carri; e come presso a poco vi sono tante spranghe che fanno risalto in un senso quante ve ne sono che lo fanno in senso opposto, gli effetti possono compensarsi. Ma se la pendenza è forte, se il commercio discendente è predominante, i carri discendenti urtano le spranghe sporgenti con maggior velocità e più gran massa che i carri ascendenti. Le spranghe si spingono dunque più da un verso che da un'altro, ed hanno tutte una mossa progressiva verso basso.

Alla strada di Lione, tutte le spranghe, sono avanzate da S. Etienne verso Rives-de-Gier, e del pari da Rives-de-Gier verso Givors, scorrendo nei cuscinetti, dai quali in più punti sono presso ad uscirne; tuttavia alla causa precedente bisogna aggiungervi anche l'effetto delle ruote nel tirare le spranghe, perchè in questa parte della strada, che è una seguela di sinuosità, le due ruote gemelle per avere la medesima velocità, strisciano sulle spranghe, e le trascinano piuttosto all'ingiù che all'insù: l'attrito laterale è ancora più considerevole quando i carri scendono, a causa della grande velocità, e della forza centrifuga.

Il movimento delle spranghe, che prova la forza colla quale sono spinti i cuscinetti ed i massi, è un movimento difficile ad arrestarsi; sembra che egli non abbia luogo allorchè le spranghe sono ritenute nei cuscinetti per mezzo di caviglie trasversali, o da cunei di ferro. Si cerca di rimediarvi alla strada di Lione, dando al fondo dei cuscinetti delle giunture, un risalto, contro il quale rincalzano l'estremità delle spranghe incavate a quest'effetto, (*fig. 103*). Una spranga non sarà dunque ritenuta che dalla resistenza laterale di un solo masso contro il terreno. L'esperienza farà conoscere se essa sarà sufficiente.

★

Movimento di una intera linea di spranghe.

Allontanamento delle
spranghe.

Le ruote dei carri producono l'allontanamento delle spranghe, accostandosi più verso una linea che verso l'altra. I risalti spingono ciascuna spranga al di fuori, ciò che allarga la via. Questa pressione laterale è dimostrata dal consumo delle ruote, che ha luogo principalmente nell'angolo del cerchio e del risalto.

Parecchie cause conducono i carri di lato :

- 1.° La forza centrifuga, nelle parti curve ;
- 2.° Il vento, allorchè la sua direzione non è parallela alle spranghe ;
- 3.° Il moto dei carri, allorchè le spranghe delle due linee non sono a livello sotto un' asse ;

4.° Le ruote male centrate ;

5.° I cambiamenti di via ;

6.° Il tirare dei carri gli uni per mezzo degli altri, allorchè essi si arrestano, si mettono in movimento, ovvero aumentano bruscamente di velocità ; perchè il tiro non facendosi sempre nella direzione dei centri di gravità, qualunque sia il modo di attacco, i carri per mettersi in questa direzione, girano e spingono le spranghe al di fuori dai due lati.

Affondamento dei mas-
si, flessione delle
spranghe.

La flessione delle spranghe, e soprattutto l'affondamento dei massi, sono le più funeste e le più frequenti deteriorazioni delle strade di ferro ; esse sono divenute molto forti dacchè s'impiegano delle macchine locomotive, e dippiù sono aumentate in una progressione inaspettata, allorchè si sono fatte correre con una velocità di 14^m,00 a 20^m,00.

Esaminiamo in dettaglio l'effetto del movimento delle ruote sopra le spranghe ed i massi.

Sia una strada a rotaje orizzontale, sistema di Liverpool, spranghe di 4^m,55 sostenute e fermate sopra ciascun masso nei cuscinetti a 0^m,91 d'intervallo ; supponghiamo che il terreno abbia una resistenza uniforme ma non sufficiente ; si deve credere che il masso ove succedono le giunture delle spranghe si affonderà più degli altri, perchè il punto della linea delle spranghe ove termina la continuità, è il più debole. Se questo masso si affonda ; la spranga che si appoggia sopra di lui nel passaggio di un carro si curverà, e diverrà convessa presso al masso adjacente.

D'altra parte, il suolo cedendo sotto i massi di mezzo, la spranga si piegherà in questa parte sotto il peso dei carri, ed in seguito si ristabilirà nel suo stato primiero, per l'elasticità propria del ferro, e perchè vi è richiamata dai cuscinetti che la ritengono fortemente, come lo provano l'esperienze di M. Wood. (pag. 13). Il mezzo della spranga si raddrizzerà

dunque nelle medesime circostanze in cui l'estremità avrebbe provata una curvatura permanente, *ed essa stessa solleverà il masso abbassato.*

In tal guisa al passaggio di ciascun carro, il masso si affonda e si solleva, ed il terreno compresso si abbassa sempre di più egualmente che il masso; il male si rende più grave si vi è dell'acqua nel terreno o alla superficie, essa s'introduce con prontezza nello spazio vuoto che il masso lascia sotto di se; ivi resta, ammolisce il terreno, ed il masso si affonda anche di più.

Questo è presso a poco quello che succede, e ciò che si può osservare esaminando attentamente il movimento dei massi e delle spranghe sotto i carri dietro le grandi piogge.

Così il mezzo della spranga che sembra dover resistere più delle estremità, può al contrario affondarsi maggiormente appunto per questo che si rialza più facilmente delle medesime.

Una spranga che è in questo caso, diviene molto concava nel momento che un carro è nel mezzo; la giuntura si apre in alto, gli angoli si rilevano, e possono formare un risalto contro il quale urtano le ruote di dietro del medesimo carro, o quelle del carro che segue. Questo spiega in qual modo si possono avere delle scosse molto forti dal movimento dei carri, benchè la strada sembrasse agguagliata prima del loro passaggio; soprattutto allorchè il fondo dei cuscinetti delle giunture non è convesso, precauzione che sembra buona per prevenire l'effetto di cui noi parliamo, e che è stata presa alla strada di Leeds e Selby, (*fig. 23*).

Urto contro le giunture, quantunque bene agguagliate.

Osserviamo che la curvatura permanente che prenderebbe una spranga per la causa che abbiamo esaminata, non distruggendo tutta l'elasticità, l'effetto della compressione avrebbe sempre luogo; la spranga si curverebbe sempre di più, e la deteriorazione della strada aumenterebbe.

La flessione delle spranghe e l'affondamento dei massi o delle traverse di legno sono dei fatti ricavati dall'osservazione; non solamente le spranghe s'inflettono in tutta la loro lunghezza, ma anche fra due appoggi. Sul ponte di fabbrica di Manchester, io ho veduto delle spranghe piegare sensibilmente sotto il peso di una locomotiva che veniva col suo carro di provvisione a situarsi alla testa di un convoglio: essa non andava con maggiore velocità che quella di un'uomo di passo. Nell'istante che una delle ruote andava a passare sopra una commessura, si vedeva la spranga che essa abbandonava rialzarsi; appena tale ruota aveva oltrepassata la giuntura, si vedeva abbassare la spranga sulla quale la medesima cominciava a gravare; la giun-

Flessione delle spranghe durante il corso.

tura restava costantemente alla stess' altezza. Questi movimenti molto sensibili per certe spranghe, nulli per alcune altre, e che non si facevano punto osservare durante il passaggio del carro di provvisione, erano facili ad osservarsi in questa parte di strada, che è intieramente selciata.

Alle strade di Darlington, di Lione, di Roanne, io ho veduto le spranghe piegarsi sotto il peso delle locomotive, e qualche volta anche sotto quello dei carri di provvisione, e dei carretti.

Alla strada di Epinac le spranghe piegano nel passaggio dei carri.

Intanto le sperienze rapportate da M. Wood, ed il calcolo, non indicano pel peso di cui si tratta, che delle flessioni insensibili all'occhio; ma l'azione di una massa in movimento sulle spranghe non può essere assimilata a quella di un peso in riposo. Noi vedremo d'altronde che la pressione e la flessione possono essere aumentate dalla velocità.

Supponendo la resistenza del terreno uniforme, si può ammettere che l'eccesso di affondamento dei massi di mezzo su quelli delle commessure sarà lo stesso in ciascuna linea di una via; in conseguenza se le commessure sono dirimpetto le une alle altre, come alla strada di Lione, le diverse curvature delle due linee si corrisponderanno; e se le commessure alternano, le convessità di una linea saranno dirimpetto alle concavità dell'altra (*fig. 100*). Quest'ultima disposizione adottata in origine alla strada di Liverpool, forse spiega le oscillazioni orizzontali dei carri, che si fortemente hanno luogo in alcune parti. L'ampiezza è qualche volta di $0^m,07$, ed il numero di 100 a minuto.

Oscillazione orizzontale dei carri.

Deve dunque rappresentarsi una linea di spranghe di ferro da fucina, non come dritta, ma con delle curvature verticali. Le curvature sono più o meno pronunziate secondo l'affondamento dei massi, la forza delle spranghe, la frequenza della strada, ed il suo stato di mantenimento.

Si deve dunque supporre che il centro d'inerzia di un carro percorra una linea curva a doppia curvatura.

La flessione delle spranghe aumenta con la velocità.

La flessione delle spranghe e l'affondamento dei massi aumentano colla velocità del trasporto, a causa delle curvature verticali. Consideriamo un carro che discende in un'angolo formato da due piani inclinati opposti: al momento che le ruote incontrano il piano sul quale debbono salire, esso regge, oltre il peso del carro, l'azione della componente della velocità perpendicolare a questo piano, azione tanto più forte, quanto la velocità è più grande; benchè il cambiamento di forma di una spranga che si è inflessa non presenti un'angolo così pronunziato, vi è una simile azione del carro sulla parte della spranga ove va a salire; nel caso che la curvatura è regolare, vi è un aumento di pres-

sione dovuto alla forza centrifuga che aumenta nella ragione del quadrato della velocità. Con le curvature verticali e le velocità che alcune volte hanno luogo, il peso delle masse rotanti è quasi raddoppiato; così, supponendo che la curvatura sia quella di un'arco di cerchio da 0^m,002 di freccia, e di 0^m,90 di corda, di cui il raggio è 50 metri, l'aumento di pressione dovuto alla forza centrifuga, per una velocità di 20 metri, sarebbe $\frac{v^2}{gr} = \frac{(20)^2}{9,80 \times 50} = 0,81$ del peso rotante.

Vi possono essere delle circostanze in cui la grande velocità fa cadere le ruote nel mezzo dell'intervallo degli appoggi. Supponghiamo 1.^o che il primo masso dopo quello della commessura si sia affondato e che la spranga curvata siasi abbassata in questo punto di 0^m,003; 2.^o che l'estremità della spranga precedente sorpassi quella della spranga curvata di 0^m,002, (*fig. 101*). Se la velocità è di 13 a 14 metri, la ruota dopo aver abbandonato la spranga elevata, si avvanzerà senza toccare la spranga curvata finchè vi cade sopra ad una distanza di circa 0^m,38 dalla commessura, distanza dell'intersezione della parabola descritta dalla ruota, con la curvatura della spranga, supposta un'arco di cerchio.

Caduta delle ruote sulle spranghe.

Un'altra disposizione che produce il medesimo effetto è quella in cui il masso della giuntura è più elevato che i due massi adjacenti, (*fig. 102*): la ruota nel caso di una grandissima velocità si eleva abbandonando la giuntura, e ricade sulla spranga un poco più lungi.

La grande velocità produce ancora un'altro effetto distruttore sulle strade di ferro da fucina. Le spranghe, i cuscinetti, i massi formano un'insieme di cui l'elasticità è dimostrata dalle oscillazioni verticali che si osservano al passaggio dei convogli. Si possono in parte attribuire alla elasticità del terreno; ma in somma queste oscillazioni sono molto forti sulla terra, sui riempimenti, e sulle traverse di legno, esse sono prodotte dall'azione successiva delle ruote sulle spranghe che dopo di essersi inflesse, ritornano nella di loro primiera situazione. Si concepisce che secondo il tempo che le parti abbassate mettono a rialzarsi, l'arrivo di una nuova massa sopra di esse può coincidere col cominciamento, ovvero col massimo della velocità ascendente. Nel primo caso la ruota discende nella concavità della spranga, che s'inflette di più, e la curvatura aumenta a ciascun carro; nel secondo vi sono delle scosse violenti fra la spranga ed il carro, che si urtano in senso contrario.

Effetto distruttore della grande velocità.

L'effetto è analogo a ciò che ha luogo quando si cammina sopra un tavolone posto per traverso su di un largo fosso; se si regola il passo a seconda del

barcollamento del tavolone, si provano poche scosse, ed il tavolone piega sempre di più; se non vi è affatto accordo fra il passo e le oscillazioni, si risente una violenta reazione.

Così nel trasporto sulle rotaje elastiche, se le ruote mettono meno tempo a succedersi che le spranghe a rialzarsi, gli effetti distruttori di cui abbiamo parlato avranno luogo, e tanto più si riprodurranno per quanto la velocità sarà più grande. Alla strada di Liverpool tutte le ruote di un convoglio sono presso a poco ad 1^m,80 d'intervallo, e la velocità essendo qualche volta di 20^m,00, si vede che allora esse si succedono a ciascun'undicesimo di secondo.

Riparazione delle strade
a rotaje

La riparazione la più frequente delle strade a rotaje è il sollevamento dei massi affondati: allorchè non si applica che a pochi massi, si può eseguirlo senza interrompere il movimento della strada. L'operazione consiste a scalzare il masso ed a sollevarlo dolcemente con una gran leva destinata per quest'uso, (*fig. 89 bis*). Mentre che egli è così sostenuto da un lato, un'uomo col mezzo di un piccone che ha una estremità piatta tagliata ad angoli retti, (*fig. 89 ter.*) spinge la terra sotto i massi, e ve la comprime fortemente. Questa manovra eseguita sopra due o quattro facce, solleva il masso molto poco in ciascuna volta, e senza che egli esca dall'allineamento ove deve restare.

Allorchè si debbono rialzare i massi sopra lunghe porzioni di una strada, o perchè il suolo ha permesso l'affondamento, o perchè la massa generale del terreno si è ritirata, bisogna prevedere l'urgenza della riparazione, e preparare una strada laterale per supplire alla prima durante la riparazione.

Gli accidenti che avvengono ai massi, oltre l'affondamento, sono le rotture a causa delle gelate, o per la dilatazione delle caviglie di legno, allorchè la pietra non è molto consistente. La maggior parte dei massi della strada di Liverpool, di gres rosso, si sono spezzati. Si sono dovuti rimpiazzare da massi di una pietra calcarea molto dura del Cumberland.

Allorchè alcune spranghe sono fuori dell'allineamento o perchè difettose, o anche spezzate, si possono facilmente raddrizzarle o rimpiazzarle alzando i cuscinetti.

Gli accidenti che avvengono ai cuscinetti dipendono dalla loro forma e dalla natura dei cunei. Alla strada a rotaje di Liverpool si vedono una gran quantità di cuscinetti spezzati: la rottura ha avuto luogo alla faccia laterale ed è stata prodotta dai cunei di ferro incassati con molta forza, e qualche volta per l'urto dei risalti delle ruote. Alla strada di Lione ove si hanno delle scosse molto forti, le forze vive sono in parte distrutte dall'elasticità dei cunei

di legno, e non si vedono quasi per nulla cuscinetti rotti nei fianchi, benchè essi sieno più deboli di quelli di Liverpool. Da principio furono impiegati i cunei di ferro; ma poscia vi si rinunziò, avendo fatto i medesimi rompere molti cuscinetti nel collocamento delle spranghe. Allorchè i cunei sono molto acuti, essi entrano con grande facilità, ed un colpo di martello applicato un poco troppo forte fa andar via il fianco.

I cuscinetti si rompono ancora nel fondo, allorchè essi poggiano in falso sul masso; ciò ordinariamente succede alle strade di Roanne, di Lione, e di S. Étienne, ove i massi sono di granito eccessivamente duro, e difficile a ben lavorarsi. A Roanne si sono messi alcuni cuscinetti sopra una tavoletta.

Lo scolo dell'acqua è un punto essenziale per la conservazione delle strade di ferro. In generale esse hanno debolissime pendenze nel senso della lunghezza, ed in questo senso non si può certo sperare di sbarazzarsi delle acque piovane, eccettuato sopra i piani inclinati. Bisogna dunque rigettare le acque lateralmente; e siccome le spranghe formano un'ostacolo non interrotto che ritiene le acque nel mezzo della via, bisogna necessariamente praticare dei piccioli canaletti sotto le spranghe fra i massi.

Scolo.

Allorchè vi è una via, si fanno i canaletti sotto una linea di spranghe, dalla parte della pendenza generale del terreno; allorchè vi sono due vie, si è obbligato a causa dell'intramezzo fra l'una e l'altra, di praticare i canaletti almeno sotto tre linee di spranghe.

Allorchè il terreno è di natura tale da assorbire o lasciar infiltrare l'acqua piovana molto prontamente, i canaletti diventano inutili; ciò si può osservare sulle strade a rotaje d'Inghilterra sopra riempimento di scisto, di scoria, o anche di carbone fossile, ed alla strada sopra sabbia fra Lione e Givors. Ma se il suolo è grasso e se vi sono dei ristagni d'acqua dopo la pioggia, bisogna aggiustare il terreno in pendenza a partire da ciascun masso, (*fig. 14*) per allontanare l'acqua: nell'incontro delle due pendenze si forma un canaletto che ha una leggiera inclinazione trasversale all'asse della strada, e porta l'acqua al di fuori.

Più i canaletti sono profondi, altrettanto essi sono favorevoli allo scolo, ma parimente più indeboliscono la resistenza laterale del terreno contro i massi che hanno bisogno di quest'appoggio. Si è rimediato felicemente a questo inconveniente alla strada di Roanne, riempiendo i canaletti di ciottoli arrotondati; essi sostengono le terre lasciando filtrare tutta l'acqua facilmente, (*fig. 24*).

La manutenzione delle strade a rotaje è come quella delle strade ordinarie;

Manutenzione.

non si mantiene il corso, non si arrestano i progressi delle degradazioni che col mezzo di riparazioni continue. Esse non possono essere eseguite da operai isolati, vi bisognano delle officine di due o tre uomini riuniti. In tal guisa sono disposte sulle strade di Darlington e di Liverpool: sopra quest'ultima vi sono presso a poco due operai per ogni 1200^m,00 di semplice via; vi sono in oltre degli uomini di tratto in tratto a luoghi fissi, incaricati di mantenere libero il passaggio dei risalti delle ruote, e di nettare il di sopra delle spranghe.

Spese di manutenzione. È ancora ben difficile di assegnare la spesa di manutenzione delle strade di ferro, abbenchè esse abbiano fra di loro maggior similitudine delle strade ordinarie; si vede che a traffico uguale, vi sono delle differenze nelle dimensioni delle spranghe e dei massi, nel sistema di attacco dei cuscinetti, ed infine nella resistenza del suolo. Ecco alcune osservazioni che serviranno di paragone.

Manutenzione delle strade a rotaje.

STRADE.	MOTORE.	P E S I		PESO MEDIO.		VELOCITA' MEDIA.		PREZZO del metro DI VIA SEMPLICE.
		dei carri.	delle locomot.	Mercanzie.	Viaggiatori.	Mercanzie.	Viaggiatori.	
Darlington, parte superiore.....	cavallo.	ton. 4	ton. »	ton. 100 000	ton. »	metri 0,90	metri. »	Mano d'opera. fr. 0,48
Idem, parte infer.	locomotive.	4	7,5	450 000	»	5,00	7,00	1,08
Glasgow.....	idem.	3,7	5 e 10	98 000	6 000	3,70	7,10	0,54
Liverpool.....	idem.	6	8 e 12	220 000	32 000	5,4	7 e 10	1,98
Lione.....	cav. e loc.	4	6,5	200 000	16 000	3,9	4 e 8	0,54
Liverpool.....	locomotive.	5	8 e 12	220 000	32 000	5,4	7 e 10	Mano d'opera e materiali. fr. 3,28
Swannington.....	idem.	»	7,5	70 000	7 000	6,6	6,6	1,17
Warrington.....	idem.	4	7,5	70 000	»	5,0	5,0	1,17
Lione.....	cav. e loc.	4	6,5	200 000	16 000	3,9	4 e 8	0,84

NONA LEZIONE.

Ci resta a parlare della traccia delle strade di ferro, vale a dire degli allineamenti, e della distribuzione delle pendenze.

Della traccia delle strade di ferro.

Non abbiamo alcuna cosa a dire delle strade di servizio; d'esse di piccola estensione e di poca durata, sono per modo appropriate alla estrazione ed all'impiego dei materiali che trasportano, al genere di costruzione a cui esse servono, che la specialità decide di tutto.

Provvisorie.

Quanto alle strade di più leghe di lunghezza destinate al trasporto delle mercanzie o degli uomini, ovvero degli uni e delle altre contemporaneamente la quistione è suscettibile di qualche generalità. Ma la soluzione è tuttavia incerta, perchè i progressi dell'arte non hanno ancora ricevuta la sanzione del tempo e dell'esperienza, e sono troppo recenti per essere stabili.

Destinate alle mercanzie.

Forse potrebbe dirsi che la traccia di una strada a rotaje è un problema di meccanica. Ogni traccia di strada suppone la conoscenza del motore e dei veicoli che debbono esservi impiegati; che perciò le larghezze le pendenze e le curve delle strade hanno successivamente cambiato secondo che esse hanno dovuto essere percorse dalle bestie da soma delle carrette e dalle diligenze; anche oggi noi le modifichiamo sovente nell'interesse delle vetture di grandi velocità. Nello stato attuale delle nostre conoscenze sulle strade di ferro, la velocità dei veicoli è tutt'altro che stabilita; non si può dire quella è la velocità che meglio conviene, perchè la manutenzione molto dispendiosa delle macchine e delle strade di grande velocità, può elevare il prezzo del trasporto al di là dei sacrifici che il pubblico è disposto a fare per viaggiare più presto che con i cavalli.

Molti ingegneri inglesi pensano che quando la velocità non oltrepassa 4^m,50 (4 leghe all'ora), l'impiego dei cavalli è più economico. Al di là di questa velocità le opinioni sono divergenti, e la quistione resterà senza dubbio indecisa fintanto che non si avranno degli schiarimenti sulle vere spese per le locomotive di grandi velocità.

Per conoscere la manutenzione delle locomotive bisognerebbe che la loro costruzione fosse meno variabile: continuamente si fanno dei cambiamenti notabili in questi apparecchi motori; non vi è ancora niente di fisso nella dispo-

Instabilità delle locomotive e delle strade a rotaje.

★

sizione delle ruote, nè nel loro gioco loro diametro e loro numero. La forza delle macchine, che era di 8 a 10 cavalli or son quattr'anni, è stata aumentata successivamente fino a 30. Il peso in prima limitato a $4^{\text{ton.}} \div$ per le macchine sopra quattro ruote, è stato in seguito quasi triplicato, poscia si è divenuto ad un peso medio, ed in fine si sembra disposto ad adottare dei pesi più considerabili. L'apparecchio calorifero, e quello della evaporazione, non hanno sofferto meno variazioni.

Tanti cambiamenti non debbono punto recar maraviglia in un motore di creazione tanto recente; egli dovea subire e subirà ancora molte modifiche.

Le stesse riflessioni si applicano alle strade a rotaje. La forza delle spranghe, dei cuscinetti e dei massi, aumenta col peso e con la velocità delle locomotive. Il sistema della strada ha delle modifiche che gli sono proprie; alcuni ingegneri propongono delle unioni di cuscinetti, che rendono i massi suscettibili di mobilità come un ginocchio di Cardano: altri vogliono stabilire le spranghe per lungo sopra pezzi di legno, e sopra un masso generale di fabbrica, ec. ec.

Tuttavia, se non si conosce la cifra del mantenimento delle macchine e delle strade, non si dubita però dell'eccessiva deteriorazione che loro cagiona la grande velocità. Essa dunque non si deve adottare che con riserva, ed allorchè è ben provato che i vantaggi sorpassano gl'inconvenienti.

È questo che sembra giustificare la distinzione che noi abbiamo fatta al principio di queste lezioni, delle strade di ferro destinate alle mercanzie, da quelle destinate ai viaggiatori; perchè è evidente che la velocità utile e desiderata non è la medesima nei due casi, e sembra abusivo di trasportare le mercanzie così presto come i viaggiatori.

Grande velocità utile
ai viaggiatori.

Il tempo degli uomini di affare è prezioso; si possono considerare le loro persone come un capitale ad alto interesse, che ha più valore che la maggior parte delle mercanzie del medesimo peso. Si deve dunque cercare di abbreviare il tempo del loro viaggio, perduto per essi e per la società.

In generale, inutile alle
mercanzie.

In generale non è del pari per le mercanzie: non solamente esse hanno un minor valore relativo, ma per la natura del loro uso, le medesime restano più o meno lungo tempo in deposito dopo essere arrivate. Così si può dire, da alcune eccezioni in fuori, che il tempo (o l'interesse) perduto a trasportar le mercanzie con minor prontezza che con le locomotive di grande velocità, può essere negletto relativamente a quello che perdono queste stesse mercanzie in magazzino dopo essere giunte; donde risulta l'inutilità di un trasporto rapido e dispendioso.

Si dice che sovente trovansi a Manchester, nei magazzini della strada a rotaje di Liverpool, a 500 000 fr. di cotone: questa quantità è ad un dì presso quella che arriva in tre giorni: sembra evidente che queste mercanzie non avrebbero perduto nulla restando poche ore di più sulla strada, giacchè esse sarebbero restate alcune ore di meno nei magazzini della compagnia; e per verità non si potrebbe concepire perchè si trasporta il carbon fossile con tanta velocità su questa strada a rotaje, se un movimento più lento non impedisse quello dei viaggiatori che hanno bisogno della libera circolazione delle due vie.

Forse si opporrà che l'esistenza del corso accelerato in Francia dimostra l'importanza della velocità. Ma questo trasporto si applica a poche mercanzie; la quantità che si trasporta con cammino accelerato non è al più sulle strade ove ha luogo, che il quarto di quelle del corso ordinario, ciò che non potrebbe giustificare nè sostenere lo stabilimento di una strada di ferro di grande velocità.

In secondo luogo, come la velocità ordinaria sulle strade di ferro è per lo meno uguale a quella del corso accelerato sulle strade ordinarie, la quistione è di sapere se a partire da questa velocità i vantaggi crescerebbero in ragione dell'aumento della rapidità e delle spese da essa cagionate, la qual cosa non è probabile.

Infine le mercanzie che potrebbero sostenere un guidaggio elevato, per avere un gran valore, sono appunto per questo di un piccolo peso, e possono essere assimilate ai viaggiatori.

Del resto noi non intendiamo punto di stabilire quì una regola senza eccezione; così per i bestiami, per i commestibili, per le mercanzie destinate a caricarsi sui navigli i quali non partono che dopo lunghi intervalli a tempi stabiliti, ed in alcuni altri casi, la grande velocità ha dei vantaggi particolari.

Ritorniamo ai motori, ed osserviamo che a riguardo dei vantaggi attribuiti ai cavalli per le velocità medie, sembra che non vi sia accordo fra l'opinione ed i fatti.

I cavalli e le locomotive
impiegati indifferentemente.

Alle miniere di Middleton il trasporto si esegue da 20 anni colle locomotive ad esclusione dei cavalli. Alla strada di Darlington i cavalli sono impiegati sopra alcune parti, e le locomotive sopra altre; recentemente i cavalli della diligenza da Darlington a Stockton sono stati rimpiazzati dalle locomotive, le quali a causa della debolezza delle spranghe, non vanno mica più veloci che i cavalli. Alle strade di Hetton, Killingworth, S. Hélène, Whitstable, s'impiegano ambidue i motori.

In Francia noi vediamo i cavalli e le locomotive impiegate in concorrenza sulle strade di Roanne, e di Lione.

Forse bisogna conchiudere da questi esempî che la scelta del mezzo di trasporto ha relazione alle località, e che in generale ciascuno dei due motori non ha un vantaggio distinto sull'altro.

La traccia la più vantaggiosa decide del motore.

Considerata sotto questo punto di vista, la quistione cambia d'aspetto: non è più il motore che deve decidere della traccia, ma questa la quale, secondo che offre più o meno vantaggio con un tale o tale altro motore, deve decidere della scelta di quest'ultimo.

Motivi che militano in Francia pel cavallo.

Obbligati a stabilire un fondamento pel maggior numero di casi, e considerando che oggi in Francia, 1.º i bisogni del commercio non esigono punto una velocità di più di due o tre leghe l'ora pel trasporto delle mercanzie; 2.º che il carbon fossile è a caro prezzo in molti dipartimenti; 3.º che gli operai capaci di condurre e di riparare le macchine a vapore sono molto rari, noi siamo portati a conchiudere che il cavallo dev'essere generalmente preferito alle locomotive, e che i progetti delle strade di ferro per le mercanzie debbono essere in conseguenza concepiti sotto queste vedute.

Ciò ammesso, se il trasporto si effettuisce in ambi i versi, la traccia sarà tanto più vantaggiosa quanto più si avvicinerà ad essere orizzontale, poichè allora lo sforzo del cavallo sarà il minore possibile, e l'effetto utile il più grande.

Traccia relativa al commercio discendente.

Nelle strade a rotaje che, siccome noi l'abbiamo detto, partono in generale da una miniera o da una petriera ed arrivano ad un luogo d'imbarco, spesso predomina il commercio discendente. Si potrebbe dunque, quante volte non vi fossero mercanzie da dover salire, regolare la pendenza in maniera che il tiro fosse lo stesso nei due sensi, vale a dire farla di $\frac{1}{33}$ (supponendo l'attrito totale di $\frac{1}{11}$, ed i carri carichi tre o quattro volte più pesanti che i carri vuoti).

Carri pieni e cavalli trasportati per effetto della gravità.

Questa inclinazione è molto tenue e troverebbe poche applicazioni; si può sostituire quella sulla quale i carri discendono soli con una velocità moderata, la quale dietro le nostre ipotesi è un poco più forte di $\frac{1}{11}$; in questo caso non s'impiegherebbero i cavalli che per far risalire i carri vuoti, ed essi stessi verrebbero trasportati nella discesa, come alla strada di Darlington; e questo sembra essere un sistema molto vantaggioso.

Questa pendenza che non sarebbe che un lungo piano inclinato, ha degli inconvenienti allorchè il terreno ha dei movimenti, ed allorchè non vi è che una via. I carri che debbono incrociarsi, non vedendosi molto da lungi,

a causa dei movimenti del terreno, non hanno sempre il tempo di evitarsi.

Nell'ipotesi di cui noi parliamo, converrebbe adottare delle pendenze sempre più dolci in proporzione della loro lunghezza, affin di evitare un troppo grande aumento di velocità, e di non essere nell'obbligo di fare agire i freni troppo fortemente.

Alla strada da S. Etienne a Rives-de-Gier, sopra una pendenza di $\frac{1}{76}$, le diligenze discendono con una velocità ridotta di 5^m,50 facendo uso quasi di continuo del freno: esse acquistano prontamente una velocità di 8^m,00, la quale non si oltrepassa punto. Da Rives-de-Gier a Givors, sopra una pendenza di $\frac{1}{166}$, la velocità media è di 4^m,00, e la velocità massima di 6^m,00. Bisogna osservare che da S. Etienne a Givors la strada spesso non è che una seguela di sinuosità che obbligano a moderare la velocità ad ogni momento per opporsi ad un'accrescimento dannevole della forza centrifuga. La pendenza di $\frac{1}{166}$ è dunque abbastanza sufficiente pel caso in cui i cavalli fossero portati in vettura nella discesa. Tuttavia nella parte della strada di Darlington ove questo sistema è adottato, vi è una pendenza di $\frac{1}{114}$ che ha più di 2000^m di lunghezza.

Per parecchie strade di ferro che servono a delle miniere in Inghilterra, si sono seguite le principali inflessioni del terreno allorchè scendeva sempre verso il punto d'arrivo: si è stato contento con piccoli cavamenti o riempiimenti, di avere una seguela di pendenze uniformi, le quali per delle lunghezze di cento metri circa non oltrepassano $\frac{1}{90}$, e sulle quali un cavallo sviluppa fino a 140 chil. di forza nel tirare su i carri vuoti.

Delle pendenze più forti percorse dai carri carichi tirati da cavalli, sarebbero tanto pericolose a discendersi che faticose a risalirsi a vuoto. Se ne sono veduti degli esempî alla strada di Andrezieux, ove cavalli sono stati feriti sopra una pendenza di $\frac{1}{60}$. Il pericolo è tanto più grande, per quanto la strada è ben mantenuta, ed i carri facili a rotolare; ciò che è da desiderarsi per salire sulle pendenze, è da temersi per discenderle.

Fino al presente si è creduto che uno sforzo sempre eguale stanchi meno il cavallo, e che in conseguenza l'effetto utile sarebbe più grande non ammettendosi che una sola pendenza nella traccia di una strada di ferro. Intanto se noi consideriamo che alla strada di Darlington si è ottenuto un maggiore effetto, interrompendo il tempo del travaglio da intervalli di riposo completo; che sulla strada di Lione vi sono degli esempî di un tiro doppio che non si paga che il terzo di più, e che infine molte strade a rotaje hanno delle pendenze che variano ad ogni centinajo di metri, noi penseremo che se l'uni-

formità delle pendenze è da desiderarsi per le manovre e la condotta del corso, i suoi vantaggi in quanto alla fatica del cavallo non sono dimostrati.

Si può ancora, sempre nel caso del commercio discendente predominante, avere più linee di livello a diverse altezze, riunite da piani inclinati, ove i carri vuoti o poco caricati risalirebbero per mezzo del sistema self-acting.

Passaggio da una salita
ad una discesa.

Se bisogna sormontare un rialto si cercherà la minima altezza, e si esaminerà se è possibile di pervenirvi per mezzo di un solo piano orizzontale, ovvero elevandosi per mezzo di una dolce pendenza. Se in questi due casi si giunge molto al di sotto del vertice, e che un tagliamento ovvero un traforo sia troppo dispendioso, varrà meglio giungere al punto più basso con una pendenza di egual tiro nei due sensi ($\frac{1}{11}$) e sormontare la sommità per mezzo di due piani inclinati opposti. Questa disposizione è facile allorchè la sommità ha poca estensione. Se si hanno più centinaia di metri, si esaminerà se si può riportare la posizione dei piani al caso precedente, allungando le due pendenze a partire da basso, e giungendo a due punti vicini al vertice, ove si stabilirebbe una macchina a vapore secondo il sistema di quelle di Bruselton.

L'ostacolo il più ordinario a questa disposizione è la debolezza delle pendenze, e la grande lunghezza dei piani inclinati, donde risulta l'impossibilità di far discendere la corda col numero ordinario dei carri vuoti che compongono un convoglio.

Se la sommità ha una grande estensione, si situerà una macchina a vapore fissa dalla parte ove i carri carichi debbono salire, ed un piano inclinato nel sistema self-acting all'altra pendenza.

Dal piede di questo piano inclinato, si condurrà la strada o ad una sola pendenza, o a livello fino al luogo d'arrivo dei carri, o finalmente per mezzo di più ripiani ed altrettanti piani inclinati self-acting. Nello stabilimento di questi piani inclinati, si avrà cura di dargli una pendenza molto forte, affinchè la velocità ed il tempo della manovra soddisfacciano al movimento commerciale presunto.

Se il peso delle mercanzie è uguale nei due versi, sembra necessario che la strada sia composta da parti orizzontali o quasi orizzontali a differenti altezze, e riunite da piani inclinati. Le altezze dei piani orizzontali, e le posizioni dei piani inclinati sono evidentemente indicate dai movimenti del terreno, e dalla facilità di sviluppare le parti orizzontali. Esse dipendono dalle località, ed al primo aspetto non si può decidere della questione, abbisognandovi una profonda conoscenza del terreno, e dei saggi secondo differenti direzioni.

Si vede da ciò che precede che la traccia di una strada di ferro per mercanzie e frequentata dai cavalli, ha molta analogia con quella di un canale, ove le chiuse sarebbero rimpiazzate dai piani inclinati: appartiene all'ingegnere di cercare i siti ove le opere esigeranno minore spesa di stabilimento, e nel medesimo tempo appagheranno ai bisogni del commercio.

Supponghiamo intanto che si tratti di tracciare una strada di ferro di grande velocità, ed ove per conseguenza non si adopera altro motore che le macchine locomotive.

Strade di grande velocità.

S'intende oggi per strada di grande velocità, quella che può essere percorsa da due vetture che facciano da sei a nove leghe l'ora. Finora non esiste che una sola strada di questo genere quella da Liverpool a Manchester, e quindi unicamente da quest'esempio è che possono ricavarsi alcuni dati d'esperienza.

Affinchè le diligenze percorrano sei a nove leghe l'ora, ovvero che esse abbiano una velocità media da 7 a 10 metri, bisogna, a cagione dei rallentamenti, e dei momenti di fermata indispensabili, che la velocità si elevi qualche volta fino a 14 e 15 metri.

Le più grandi velocità che io ho osservate sulla strada di Liverpool in diversi viaggi sono state

<i>Velocità.</i>	<i>Spazio percorso con questa velocità.</i>	<i>Velocità massima della strada di Liverpool.</i>
10 ^m ,30.....	19000 ^m .	
13 ^m ,30.....	5600.	
16 ^m ,70.....	4000.	
17 ^m ,70.....	400.	
20 ^m ,00.....	400.	

Queste due ultime velocità hanno avuto luogo alla discesa libera sul mezzo del piano di Rainhill.

Le circostanze del movimento essendo meglio stimate con un disegno, io ho rappresentato (*fig. 97*) il profilo generale della strada di Liverpool diviso in miglia e quarti di miglia inglesi indicate per mezzo di cifre al di sopra, e con linee verticali. Le cifre al di sotto indicano in metri le velocità colle quali sono state percorse le parti corrispondenti della strada. Le frecce indicano il senso dei viaggi. Le velocità della linea superiore sono state osservate dagli ingegneri di ponti e strade incaricati di visitare le strade a rotaje d'In-

Velocità diverse delle
diligenze di Liverpool.

ghilterra; le tre altre linee di velocità sono i risultati delle osservazioni che io ho fatte diunita a M. Zeiller, aspirante.

La *figura 104* rappresenta la parte compresa fra il miglio n.º 16 e n.º 20 $\frac{1}{2}$, ove si sono segnate le pendenze particolari di ciascun quarto di miglio, le quali sia per causa del rassetto, sia per difetto d'esecuzione, differiscono molto dalla pendenza generale ($\frac{1}{849}$) di cui fanno parte. Questi dettagli sono stati ricavati da un profilo copiato in un'ufficio della compagnia della strada, e che M. Navier si è compiaciuto comunicare.

L'ispezione di questi profili, fa conoscere che nell'incontro di due pendenze opposte, le velocità ricevono qualche volta delle alterazioni contrarie a quelle che si dovrebbero attendere dall'influenza delle pendenze. Queste anomalie apparenti provengono dacchè si moderano le velocità nella discesa, mentre che si cerca di aumentarle nella salita.

Più grande velocità delle
locomotive attuali.

Dicesi che una macchina locomotiva *sola* abbia percorso in 15 minuti una distanza di 24 000^m, ciò che corrisponde a 27^m di velocità, o a 24 leghe l'ora; su di che bisogna osservare che sulla strada a rotaje di Liverpool questa distanza comprende necessariamente una salita ed una discesa, ciò che indica che la velocità di 27 metri è media, e presso a poco la più grande possibile su di una linea orizzontale (1).

La traccia delle strade di grande velocità non è suscettibile di tante combinazioni quanto quella delle strade ove s'impiegano i cavalli, perocchè le pendenze e le curve debbono essere molto più dolci.

Ammissione o esclusione
dei piani inclinati.

Un punto importante pria d'ogni altro, sembra dover'essere deciso, l'ammissione cioè, o l'esclusione dei piani inclinati. In generale essi richiedono molto tempo per poter'essere saliti, e per questo sembrano contrari allo scopo che si propone; dippiù essi possono offrire dei grandi pericoli, secondo la pendenza e la lunghezza. Ma si comprende che in alcune località essi sono inevitabili, e che in alcune altre possono semplificare la traccia, diminuire le pendenze, accorciare le distanze, e quindi compensare con vantaggio il tempo impiegato a salirli.

Nel caso che i piani inclinati saranno ammessi, esaminiamo i mezzi che si hanno di sormontarli.

(1) Nel momento che si compivano queste lezioni, è comparsa l'opera di M. Pousin che rapporta un'esperienza fatta agli Stati Uniti d'America, ove una locomotiva ha potuto rimorchiare un convoglio con una velocità di 26^m,6 durante 13 minuti.

Il primo è l'impiego di una macchina a vapore fissa stabilita alla sommità del piano. A tal'uopo noi faremo osservare, che dietro le discussioni degli ingegneri inglesi sulla scelta delle macchine fisse o locomotive per percorrere la strada di Liverpool, la preferenza fu accordata alle locomotive, e che esse attualmente sono impiegate a sormontare i piani di Sutton e Rainhill inclinati ad $\frac{1}{9}$ ed $\frac{1}{9\frac{1}{2}}$. Ciò non ostante oggi si fa penetrare nell'interno di Liverpool per uso de' viaggiatori, un sotterraneo di 1900 metri inclinato di $\frac{1}{9}$, e si è deciso d'impiegarvi una macchina fissa, come praticasi nel gran sotterraneo ove passano le mercanzie. Si può dunque da ciò ricavare che la compagnia conosce che al principio di una linea di grande velocità, un piano inclinato dev'essere percorso per mezzo di una macchina fissa a preferenza delle locomotive. Forse anche essa ha temuto per i viaggiatori l'azione dei gas della combustione e del vapore, che potrebbero inviluppare le diligenze durante il passaggio del sotterraneo; nella guisa appunto che si vede per i battelli *Toueur* nel sotterraneo del canale Reggente.

Macchine fisse preferite per salire un piano inclinato.

Si possono ancora sormontare i piani inclinati che hanno $\frac{1}{9}$ di pendenza almeno, coll'aggiunta di una macchina di rinforzo situata indietro al convoglio: essa ne spinge una metà, mentre che la macchina ordinaria tira l'altra metà. Affinchè la macchina di dietro si accosti al convoglio senza disastri, bisogna rallentare il corso e prendere alcune precauzioni che fanno perdere del tempo.

Macchine di rinforzo.

Infine si può sormontare un piano inclinato senza troppo lentezza, se è possibile di pervenirvi con una grande velocità. Profittando dell'impulsione acquistata i convogli possono elevarsi fino ad una certa altezza, senza che il movimento sia ritardato al di sotto della velocità media che si è proposta. Con questo fine è vantaggioso di far precedere la salita da una discesa, nella maniera come ciò ha luogo alla strada di Liverpool pel piano di Rainhill.

Secondo M. Booth, una locomotiva che tira un leggero convoglio, e che giunge al piede di questo piano con una velocità di 8^m,00, giunge al vertice con una velocità di 1^m,60.

Velocità acquistata impiegata a salire su i piani inclinati.

Secondo le velocità della linea superiore della (*fig. 97*), il piano di Sutton è salito dalle diligenze con una velocità decrescente che si riduce al mezzo del piano ai $\frac{1}{9}$ di quella che ha luogo al piede; così diminuendo della metà la lunghezza di questi piani, supponendo una velocità iniziale di 10^m,00, la velocità al vertice sarebbe di 4^m,00.

Sembra dunque possibile di formare una strada di ferro di grande velocità con parti orizzontali o di una pendenza di $\frac{1}{9}$, riunite da piani inclinati di

$\frac{1}{90}$, di 1200 metri di lunghezza e di 13 metri di altezza; essi dovrebbero essere discosti gli uni dagli altri di 2000 metri almeno, affinchè le locomotive dopo avere impiegata la loro grande velocità a salire un piano, potessero acquistare quella che servirebbe a sormontare il piano seguente. Questo sistema permette di tracciare una strada a rotaje di 15 metri di pendenza sopra 3200 metri, vale a dire $\frac{1}{133}$, e dove le diligence ascendenti farebbero quasi sette leghe all'ora.

Le stazioni di una tale strada non potranno essere situate che alla sommità dei piani inclinati, e le estremità inferiori di questi dovranno sempre essere contigue a delle linee rette.

Ammessi o rigettati i piani inclinati, rimangono a tracciarsi le linee intermedie, o la sola e principale linea. Per ciò bisogna stabilire due basi principali ed indispensabili, l'una relativa alle pendenze, l'altra ai cambiamenti d'allineamento.

Delle pendenze.

Le macchine locomotive solo con picciola velocità possono sormontare delle pendenze di $\frac{1}{90}$, che a loro riguardo prendono il nome di piani inclinati, e che debbono essere proscritte dalle linee ordinarie. Ecco le più grandi pendenze adottate dagl'ingegneri inglesi per le strade che debbono essere frequentate principalmente dalle locomotive di grande velocità.

Pendenze massime di grande velocità.

Leeds e Selby.....	$\frac{1}{133}$	progetto eseguito,
Dublin e Kingstown.....	$\frac{1}{168}$	in costruzione,
Carlisle e Newcastle.....	$\frac{1}{100}$	progetto in parte eseguito,
Londra a Brighton.....	$\frac{1}{200}$	progetto,
Liverpool e Birmingham.....	$\frac{1}{90}$	in costruzione,
Londra e Birmingham.....	$\frac{1}{330}$	in costruzione,
Londra e Bristol.....	$\frac{1}{180}$	progetto.

Le locomotive della strada di Liverpool con carica ordinaria, possono salire su di una pendenza di

zero, con una velocità di 20 metri

$\frac{1}{1080}$	.....	<i>idem</i>	.....	13
$\frac{1}{840}$	.....	<i>idem</i>	.....	11
$\frac{1}{600}$	.....	<i>idem</i>	.....	9
$\frac{1}{90}$	.....	<i>idem</i>	.....	1 ^{ra} , 60.

Si può dunque ammettere che esse correrebbero con 6^m,00 di velocità sopra una pendenza di $\frac{1}{300}$ (*fig. 105*), e questa è la massima pendenza che si potrebbe adottare fino a più estese conoscenze.

Allorchè le parti inferiori di due pendenze in sensi contrari saranno contigue, bisognerà accordarle con pendenze intermedie più dolci, ciò che è si praticato alla strada di Liverpool per due pendenze opposte di $\frac{1}{1000}$ ed $\frac{1}{96}$ (*fig. 106*).

Raccordo delle pendenze opposte.

Relativamente ai cambiamenti di direzioni, noi dobbiamo fissare il minimo raggio di curvatura, e questo è il luogo di trattare generalmente questa questione, di cui ancora nulla abbiamo detto, essendoci riserbato di parlarne all'occorrenza delle strade di grande velocità, ove essa ha maggiore importanza.

Delle curve.

Allorchè le due linee equidistanti delle rotaje formano delle curve, che noi supporremo degli archi di cerchio, ne risultano alcune difficoltà nel corso.

Se due ruote eguali e fisse ad un'asse girano sopra un piano, esse descrivono due rette parallele; affinchè queste rette divengano due archi di cerchio come quelli delle rotaje, bisogna o che una delle ruote sia più grande dell'altra; o che essa giri più presto: queste due condizioni non esistendo punto nel corso dei carri, bisogna necessariamente che le due ruote o una sola, oltre l'applicazione sulle spranghe, scorrano e strofinino di tempo in tempo, presso a poco come lo farebbero se esse fossero legate. Questo attrito molto pregiudizievole alle spranghe ed alle ruote che si consumano straordinariamente, non l'è di meno pel motore che deve fornire un'eccesso di forza per vincerlo.

Velocità differenti delle ruote.

Attrito che ne risulta.

Un mezzo è stato proposto per rimediare a quest'inconveniente; esso consiste a tagliare l'asse nel mezzo, e ad aggiungere due cuscinetti di più; allora ciascuna ruota girando con un mezzo asse, ha un movimento indipendente dall'altra.

Asse tagliato.

Un'altro mezzo consiste a situare dalla parte interna delle spranghe del gran raggio una parte piana, che si eleva con una debole pendenza al livello superiore della spranga; il risalto sale sopra questo picciolo piano, e la ruota gira sul risalto in luogo di posare sopra il cerchione: essa si trova nel caso di una ruota di diametro più grande, e descrive un'arco di cerchio di cui il raggio è uguale a

Una ruota girante sul suo risalto.

$$\text{via} + \frac{\text{raggio delle ruote} \times \text{via}}{\text{risalto}} :$$

dando dunque questo rapporto alla curva delle spranghe esterne, la rotazione delle ruote sarà esente dall'inconveniente che si vuole evitare: ma dalle dimensioni ordinarie della via e delle ruote risulta che questo raggio è molto piccolo (circa $26^m,00$), ciò che aumenta molto la forza centrifuga. Così questo metodo non è applicabile che per le strade di molto piccola velocità, ove i carri hanno poca tendenza ad uscir dalla via.

Dippiù bisogna osservare che il risalto della ruota essendo al di sopra della spranga, non può più servire al suo ufficio ordinario, che è quello di ritenere la ruota nella via: e per impedire ai carri di uscirne, si è stato obbligato di stabilire un pezzo qualunque parallelo alle spranghe formando sulle stesse uno sporto, il quale mantiene la ruota rispingendone il cerchione.

Forza centrifuga.

Se i due metodi di cui abbiamo parlato mettono le velocità delle ruote in rapporto colle lunghezze che debbono percorrere, essi non rimediano punto all'effetto della forza centrifuga che spinge le ruote contro la rotaja di gran raggio, ovvero per meglio dire questo secondo metodo non vi si oppone che imperfettamente, e l'altro in verun modo.

Rotaja di gran raggio
più elevata.

Per distruggere quest'inconveniente, la rotaja di gran raggio si eleva più dell'altra ad un'altezza tale che la componente della gravità, o del peso dei carri nel senso dell'inclinazione degli assi sia uguale alla forza centrifuga, donde segue che questa è equilibrata dalla tendenza che il carro inclinato tiene a cadere sulla rotaja di piccolo raggio; ma questa disposizione ha il grande difetto di non convenire che ad una sola velocità. Per una velocità più debole, l'attrito laterale ha luogo sulla rotaja di piccolo raggio; per una velocità più grande la forza centrifuga predomina, ed il risalto delle ruote tocca la rotaja di gran raggio. Ora vi sono sempre due velocità differenti per una pendenza che dev'essere percorsa nei due sensi dallo stesso motore, giacchè esso non può salir così presto siccome discende, donde segue che il mezzo è inefficace allorchè si applica alle curve in pendio, a meno che non si uniformi a discendere così lentamente come si sale.

L'effetto della forza centrifuga è molto dannevole; esso non si limita soltanto all'attrito del risalto che danneggia le ruote e le spranghe; se la velocità è molto grande o il raggio di curvatura molto piccolo, i risalti possono salire sulle spranghe di gran raggio, e niente opponendosi alla forza centrifuga i carri escono dalla via ed anche qualche volta sono rovesciati.

La forza centrifuga tende ancora a far piegare le spranghe trasversalmente spingendole nel senso in cui esse hanno meno resistenza.

I più piccoli raggi adottati nelle curve delle strade di ferro eseguite, sono : Più piccoli raggi delle curve delle strade di ferro.

Sunderland	100 ^m .	S. Etienne ad Andrezieux....	30 ^m .
Darlington.....	500.	Lione.....	500.
Liverpool e Manchester..	1327.	Roanne.....	200.
Runcorn-Gap.....	230.	Epinal.....	350.
Warrington.....	2000.		

E nelle strade di ferro in costruzione o in progetto :

Leeds e Selby.....	1000 ^m .	Londra a Birmingham.....	800 ^m .
Newcastle a Carlisle.....	411.	Londra a Bristol.....	1218.
Dublino a Kingstown...	380.	Londra a Brighton.....	3220.
Liverpool a Birmingham..	3600.		

Noi finiremo ciò che abbiamo a dire sulle strade di ferro di grande velocità, facendo osservare che allorquando esse incontrano altre strade a rotaje, ovvero delle strade ordinarie, bisogna farle passare una al di sopra dell'altra, affinchè i veicoli che loro sono propri possano incrociarsi contemporaneamente senza danno. Questa precauzione negletta alla strada di Liverpool per riguardo ad alcune strade, ed a torto secondo noi, sembra essere stata riconosciuta indispensabile per le strade a rotaje frequentate dalle macchine locomotive, siccome lo prova un' articolo del brevetto di concessione della strada S. Hélène-Runcorn, che prescrive di stabilire le rotaje *in un sotterraneo, o sopra un ponte*, all'incontro della strada di Liverpool.

Incontro delle strade di grande velocità con le strade a rotaje, o colle strade ordinarie.

PREZZO APPROSSIMATIVO DI ALCUNE STRADE DI FERRO.

Strade di servizio.

Il metro lineare.

Di Roanne, di ferro da fucina, una via.....	5 ^f ,00.	Prezzo di alcune strade di ferro
Del ponte canale di Digouin, una via.....	7,00.	
Di Soccoa (sopra cavalletti che hanno fino a 7 ^m ,00 di altezza), una via.....	58,00.	

Strade ordinarie.

Il metro lineare.

Andrezicux, di ferro fuso, una via.....	80 ⁶ ,00.
Roanne, di ferro da fucina, una via.....	100,00.
Lione, di ferro da fucina, una via.....	225,00.
Epinac, da Epinac ad Ivry, di ferro da fucina, una via.....	57,00.
Denain, di ferro da fucina, una via.....	22,00.
Darlington e Stockton, ferro fuso e ferro da fucina, una via.....	82,00.
Liverpool e Manchester, di ferro da fucina, due vie. (I).....	410,00.
S. Hélène Runcorn, di ferro da fucina, una via.....	155,00.
Boston e Leigh, di ferro da fucina, una via.....	172,00.
Leeds e Selby, di ferro da fucina, due vie.....	257,00.
Cantorbery e Whitstable, di ferro da fucina, una via.....	158,00.
Londra a Birmingham, di ferro da fucina, due vie, stimate a...	345,00.

(I) Per dare un'idea dei diversi articoli di spese che occorrono per lo stabilimento di una strada di ferro, diamo qui appresso l'elenco delle spese fatte per la costruzione della strada da Liverpool a Manchester. Dessa relativamente alla sua lunghezza è la strada più costosa che fin oggi siasi stabilita, poichè ha presentato nella sua costruzione delle difficoltà veramente straordinarie, come potrà ravvisarsi dal seguente stato circostanziato delle spese fino al 31 Maggio 1830 che abbiamo ricavato da un'opera pubblicata da M. Booth, tesoriere della compagnia.

Ristretto generale delle spese fino al 31 Maggio 1830.

Avvisi.	322 ^{l.s.} , 1 ^{sc.} , 4 ^{p.}
Fabbricazione di mattoni.	9724 , 4 , 4
Ponti.	99065 , 11 , 9
Spese di direzione	1911 , 0 , 0
Spese di recinti e chiusure.	10202 , 16 , 5
Carretti.	461 , 6 , 3
Paludi di Chat.	27719 , 11 , 10
Tagliamenti e riempimenti, compresi il trasporto. . . .	199763 , 8 , 0
Terreni e fabbriche per officine, depositi, magazzini, ec. alla stazione di Liverpool.	35538 , 0 , 0

Da riportarsi. 384707^{l.s.}, 19^{sc.}, 11^{p.}

	<i>Riporto.</i>	384707 ^{l. s.} , 19 ^{sc.} , 11 ^{p.}
<i>Idem</i> , alla stazione di Manchester.	6159	, 0 , 0
<i>Idem</i> , dalla parte della galleria, per la stazione di Crown- Street.	2485	, 0 , 0
Illuminazione a gas, compresi la compra dei tubi del gas- sometro.	1046	, 0 , 0
Macchine, diligenze ec.	10991	, 11 , 4
Costruzione della strada.	20568	, 15 , 5
Spranghe di ferro.	67912	, 0 , 2
Interesse.	3629	, 16 , 7
Compra di terreno.	95305	, 8 , 8
Officine di Amministrazione.	4939	, 8 , 5
Spese per gli atti del parlamento.	28465	, 6 , 11
Massi di pietra, e traverse di legno.	20520	, 14 , 5
Spese per gl' Ingegneri.	19829	, 8 , 7
Spese di viaggio.	1423	, 1 , 5
Sotterraneo.	34791	, 4 , 9
Indennità del sotterraneo.	9977	, 5 , 7
Carri.	24185	, 5 , 7
Spese diverse per legno, ferro, anticipati, ec. non compresi negli articoli precedenti.	2227	, 17 , 3
	739165 ^{l. s.} , 5 ^{sc.} , 0 ^{p.}	

I direttori nel loro rapporto in data dei 25 Marzo ultimo hanno stimato che la spesa totale, compresi i magazzini, macchine, e vetture, si eleverebbe ad 820000^{l. s.}, cioè :

Spesa come sopra.	739165 ^{l. s.} , 5 ^{sc.} , 0 ^{p.}
Per stabilire diversi muri di sostegno, e terminare la strada.	6750 , 0 , 0
Compimento dei ponti, compresi quello dell'Irwell a 6000 ^{l. s.} , e dei parapetti del ponte della Sankey a 1400 ^{l. s.} ; inden- nità per la collocazione dei ponti.	9500 , 0 , 0
Macchine, carretti, meccanismi, secondo i prezzi passati.	17000 , 0 , 0
Compimento delle stazioni, magazzini, officine, ec.	25000 , 0 , 0
Recinti in diversi siti.	3000 , 0 , 0
Spese imprevviste.	12084 , 15 , 0
Obblighi sottoscritti fino a quel tempo.	7500 , 0 , 0
	820000 ^{l. s.} , 0 ^{sc.} , 0 ^{p.}

Dettagli ricavati dall'opera di M. Booth sull'oggetto delle spese che abbiamo indicate.

Fabbricazione dei mattoni. La maggior parte dei mattopi sono stati impiegati per la costruzione dei magazzini ed officine di Manchester, ed anche per terminare i ponti alle due estremità della linea.

Ponti. Lungo tutto la linea della strada si sono costruiti n.° 63 ponti tutti ad un solo arco, eccetto i seguenti, cioè quello di Sankey che ne ha nove, quello di Newton che ne ha quattro, e quelli del canale del Duca, e di Trevel che ne hanno due. La maggior parti fra essi poggiano sopra un terreno solido, eccetto il ponte di Sankey ed alcuni altri di minore importanza. Al ponte di Sankey si è stato obbligato di battere sotto i piloni dei pali distanti $0^m,61$ da asse ad asse, vale a dire 200 pali sotto ciascun pilone. Questi pali di cui la lunghezza varia da $6^m,09$ a $9^m,14$ sono ricoverti da una doppia piattaforma di $0^m,10$ e di $0^m,15$ di spessorezza. L'altezza dei riempimenti che è di circa $18^m,29$ da ciascun lato del ponte, ha richiesto la costruzione dei muri di ala molto spessi. La loro larghezza alla base è di $3^m,65$ circa.

Paludi di Chat. In quest'articolo si comprendono i lavori di terra dal ponte di Bury-Lane fino al ponte di Legh, verso la parte orientale della palude, e per una lunghezza di $4^{miglia},75$ ($7^{chilom.},644$). I riempimenti in questa parte consistono in 211766 metri cubici, per i quali si sono impiegati circa 517 568 metri cubici di terra paludosa; la differenza di questi due volumi dipende dalla quantità considerabile di acqua che si è scacciata colla pressione, per dare al suolo una consistenza sufficiente. La spesa in questo sito è stata ciò non ostante minore della spesa media sul rimanente della linea.

Siccome la palude di Chat è uno dei punti più interessanti di tutta la linea della strada di ferro, non sarà inutile di dare alcuni dettagli sul modo di costruzione della strada in questo sito. Questa palude che presenta una estensione di circa $12^{mi. quad.}$ ($3106^{ectom.}$) è talmente smossa e spugnosa, che le greggi non possono rischiarvisi, ed una barra di ferro vi si affonda pel proprio peso. La sua profondità varia da $3^m,05$ a $10^m,67$. La strada di ferro doveva attraversarla per una lunghezza di $4^{miglia},\frac{1}{2}$, e si richiedeva molto coraggio per mirare senza timore una simile intrapresa. La strada essendo stabilita nelle paludi ora in riempimento ora in taglio, e qualche volta anche a livello del suolo naturale, noi dobbiamo considerare questi tre casi successivamente.

1.° Riempimento. Oltre la palude di Chat, la strada traversa uno stagno molto meno esteso, quello cioè di Parr, e presenta a ciascuna estremità di questo passaggio un taglio considerabile. I materiali provenienti da questi tagliamenti sono stati impiegati per stabilire attraverso la palude un riempimento di $1^m,22$ di altezza. La profondità dello stagno era di $6^m,09$ circa, ed a misura che si aggiungevano nuovi materiali, la massa intiera cedeva sempre più. Allorchè il riempimento fu terminato, benchè la sua altezza non eccedesse punto $1^m,22$ ad $1^m,52$, si trovò che vi si era impiegato una quantità

di materiale sufficiente per formare sopra un terreno solido un rialzamento di 7^m,30 a 7^m,61. Sarebbe stato impossibile di stabilire la strada sulla palude di Chat con simili materiali, vale a dire con argilla e sabbia: questo travaglio ne avrebbe richiesta una enorme quantità, e per conseguenza avrebbe prodotto una spesa eccessiva. M. Stephenson scelse dalla palude lui stesso i materiali necessari per formare la strada, e siccome questi materiali non presentavano che un leggiero peso specifico, essi si affondarono meno di quello che avrebbe fatto un terreno composto di argilla e sabbia. Il terreno nel suo stato naturale non poteva essere convenevolmente adoperato; ma si aprirono dei canali distanti 4^m,26 i quali disseccarono tutto lo spazio compreso fra essi, e resero il terreno molto proprio a servire di riempimento. S'impiegarono per la costruzione della strada circa quattro volte più di materiali che sopra un terreno solido, ma definitivamente la strada in questo sito è in così buono stato che su tutto il resto della linea.

2.^o *Tagliamento.* Per stabilire la strada in tagliamento, si scavò da ciascun lato della linea della strada di ferro una fossata di 0^m,45 a 0^m,50 di profondità. Allorchè queste fossate di scolo ebbero disseccato il suolo per un'altezza di 0^m,30 circa, si scavò il terreno fino a questa profondità; ed in tal guisa disseccando e sgombrando successivamente il terreno, si giunse alla profondità convenevole. La strada fu inseguito stabilita nella maniera ordinaria.

3.^o *Costruzione della strada a livello del terreno.* Si cominciò dal cavare delle fossate da ciascun lato della strada con dei canaletti laterali per lo scolo delle acque; si giunse così a consolidare una parte della superficie della palude. Si situarono allora trasversalmente dei graticci di legno di 2^m,74 di lunghezza sopra 1^m,22 di larghezza riuniti con dei rami di vimini. In alcuni luoghi, un solo letto fu sufficiente; ma nei luoghi ove la palude era molto smossa, se ne stabilirono due. Al di sopra di queste piattaforme si pose un letto di sabbia di 0^m,61 di spessorezza; ed infine si stabilirono le rotaje sopra pezzi di legno trasversali. Questo assieme di costruzione essendo perfettamente riunito e formando una massa solidale, la palude, malgrado la sua natura spugnosa, sostiene senza difficoltà una piattaforma molto estesa, e l'eccesso della pressione dovuta al passaggio dei convogli è disprezzabile relativamente alla massa totale del riempimento. L'esperienza ha provato in effetti dopo l'apertura della strada di ferro, che in tutta l'estensione della palude essa è perfettamente solida. Prima di lasciare questo soggetto, è necessario di osservare che la superficie della palude è più elevata che i terreni che la circondano.

Tagliamenti e riempimenti. Questo capitolo racchiude le opere di terra di tutta la strada, ad eccezione della palude di Chat. I tagliamenti sorpassano i riempimenti; l'eccesso è stato deposto principalmente lungo il gran tagliamento di Kenyon. I cavamenti consistono in circa 551 970 metri cubici di roccia e d'argilla (compresivi alcuni tagliamenti effettuati ad Eccles per terminare e solidificare il riempimento di Barton), ed in 1 533 595 metri cubici di marna, di terra, e di sabbia. Questa massa

★

è stata trasportata a differenti distanze da qualche metro, fino a 3 e 4 miglia: una parte considerabile di questi tagliamenti è stata estratta da una profondità di 9^m,14 fino a 15^m,24 col mezzo di macchine. Una certa quantità è stata depositata sopra i terreni circostanti, come a Kenyon: il resto è stato trasportato per formare i riempimenti meno lontani, come al taglio del monte Olive. Il prezzo dei terreni comprati per servire di luoghi di deposito a questi tagliamenti sovrabbondanti, forma una parte della spesa portata in questo articolo. Questo capitolo comprende ancora una buona parte della fabbrica solida e spesso eseguita nei tagliamenti profondi.

I tagliamenti i più considerabili sono;

Il taglio di Edge-Hill, situato all'estremità della galleria. La sua larghezza è di 19^m,20 e la sua altezza di 12^m,19 a 15^m,24; il prezzo medio dei cavamenti per metro cubico è di 1 scel. 11 $\frac{1}{2}$ pe. (2^{fr},27); la natura del terreno è di gres rosso.

Scavamento del Monte Olive, praticato sopra 2 miglia (3218^m) di lunghezza circa, in un terreno di marna: la sua più grande profondità è di 21^m,33; i cavamenti costano da 1^{sc}, 3 $\frac{1}{2}$ pe. a 2^{sc}, 7^{pe}. (1^{fr},50 a 3^{fr}) per metro cubo.

Rainhill e Sutton. Tagliamento di marna e terra argillosa, del costo 10^{pe} $\frac{1}{2}$ a 3^{pe} 1^{sc} $\frac{1}{4}$ (1^{fr},01 ad 1^{fr},53) per metro cubo.

Tagliamento di Kenyon. La sua più grande altezza è di 12^m,80, ed il volume dei cavamenti è di 611200 metri cubici di marna arena e sabbia. Il prezzo varia da 10^{pe} $\frac{1}{2}$ ad 1^{sc}, 3^{pe} $\frac{1}{4}$ (1^{fr},01 ad 1^{fr},53) per metro cubo. 88254^{m.c.} sono stati impiegati in cavamenti dalla parte dell'est, e 116796^{m.c.} dalla parte dell'ovest; il resto è stato posto nei luoghi di deposito.

Tagliamento d'Eccles, presso Manchester, contenente 254400 metri cubici di marna; il prezzo è da 1^{sc}, 1^{pe} ad 1^{sc}, 9^{pe}. (1^{fr},256 ad 2^{fr},03) a metro cubo.

I riempimenti sono:

Il Broad-Green, di cui la lunghezza è di 2 miglia (3218^m), la più grande altezza di 13^m,72, e contiene 366960 metri cubici di cavamenti provenienti dal taglio del Monte Olive.

Riempimento alle vicinanze del ponte di Sankey di 18^m,29 di altezza circa.

Vallata di Newton, di 12^m,80 di profondità, presso al ponte.

Riempimento di Barton, contenente 254100^{m.c.}, i quali provengono dai cavamenti d'Eccles.

Costruzione della strada. Quest'opera consiste a situare al di sotto dei massi un letto di pietre in frantumi e di sabbia di 0^m,30 di spessorezza. Un'altro letto della stessa spessorezza è posto fra questi stessi massi, e serve a mantenerli solidamente al loro sito. Si sono comprese in quest'articolo le spese fatte per fissare i cuscinetti di ferro sui massi o sulle traverse, per situare le spranghe nei cuscinetti col mezzo di cunei di ferro, e per aggiustare l'assieme del cammino.

Spranghe di ferro. Questa spesa comprende gli articoli seguenti: spranghe per una doppia via da Liverpool a Manchester, con le linee di comunicazione e di dirama-

zione dirette verso i differenti depositi, formanti in circa 35 miglia (56^{chilom.}; 325) di doppia via, 3847 tonnellate, al prezzo medio di 12^{l.}, 10^{s.}

per tonnellata.	43000 , 0 , 0
Cuscinetti di ferro fuso 1428 tonnell., al prezzo medio di 10 ^{l.} , 10 ^{s.} .	15000 , 0 , 0
Compra dei chiodi e dei cunei per fissare i cuscinetti sui massi, e le spranghe nei cuscinetti.	3830 , 0 , 0
Compra di caviglie di quercia per i massi.	615 , 0 , 0
Spese di trasporto ec.	467 , 0 , 0
	67912 , 0 , 0

Terreni. Quest' articolo comprende una delle più forti spese. Il prezzo delle terre nelle vicinanze delle grandi città è generalmente elevato: e la spesa è stata di molto aumentata dai reclami numerosi per indennità, i quali hanno la loro origine nel pregiudizio da qualche anno esistente contro le strade di ferro, e soprattutto contro ciò che gli dà il loro principale valore, cioè le macchine locomotive. Si è operato un grande cangiamento sotto questo rapporto. Alla fine del 1828, la spesa di questo capitolo si elevava a circa 102000^{l.}; ma una parte di questa somma essendo stata spesa per i depositi, è stata riportata al capitolo dei movimenti delle mercanzie.

Massi di pietra, e traverse di legno. Delle 31 miglia di rotaie, 18 miglia poggiano sopra massi di pietra e 13 miglia sopra traverse di legno di quercia, o di abete: in quest' ultima categoria si trovano particolarmente le parti riempite, ed i passaggi delle due paludi. Una quantità considerevole di questi pezzi è stata distrutta nel corso dei travagli, siccome dovevasi attendere.

Officina dell' amministrazione. Sotto questo titolo sono compresi i salari del tesoriere e dei commessi, l'affitto delle officine, le spese di carta, di stampa, ec. da dicembre 1824.

Spese per gl' Ingegneri. Questo titolo comprende le spese di livellazione dei piani, ec. a norma delle due petizioni presentate al parlamento nel 1825 e 1826; come pure i salari dell' ingegnere e dei principali ajutanti, spese di carta, ec. dal cominciamento dell' intrapresa.

Spese di viaggio. Sotto questo titolo figurano le spese di viaggi e commissioni a Londra a Darlington a New-Castle ec. dal 1824, come pure le spese dei viaggi d' ispezione sulla linea della strada di ferro durante il corso dei travagli.

Indennità per la galleria. Questo capitolo si compone delle indennità per danni reali o supposti, pagate alle persone sotto le proprietà dei quali è scavata la galleria. Esso comprende inoltre la perdita avuta sulla rivendita di più case e terreni che la compagnia fu forzata di comprare. In questo capitolo vi è un credito aperto per beni rivenduti, di circa 2500^{l.}.

L' articolo che precede comprende le spese di stabilimento dei sotterranei. La lunghezza totale della galleria principale è di 2057^m, 35, la sua larghezza di 6^m, 70, e la

sua elevazione è di 4^m,88, i piedritti sono verticali, e la loro altezza è 1^m,53; la volta che vi sta sopra è un mezzo cerchio di 3^m,35 di raggio. La galleria è forata in più strati di differente natura, di macigno rosso, di argilla turchino, e di creta; ma i principali strati sono formati di rocce di diverse specie, e di differenti gradi di durezza, dal gres il più friabile, fino alla pietra la più compatta e la più difficile ad estrarsi ed a tagliarsi. Si è costruita una volta artificiale con fabbrica di mattoni, dovunque la roccia minacciava di non poter reggere le masse superiori. L'altezza dalla volta della galleria fino alla superficie esterna del terreno varia da 1^m,70 a 21^m,33; il sotterraneo è imbiancato con calce, e rischiarato a gas in tutta la sua estensione, e termina con un grande tagliamento di 12^m,65 di altezza. Questo tagliamento serve di punto di partenza ad una seconda galleria di 265^m,16 di lunghezza, di 4^m,58 di larghezza, e di 3^m,65 di altezza.

Questo sotterraneo è parallelo alla galleria, ma la sua pendenza è in senso inverso; esso conduce alla parte superiore della città, ove è la principale stazione delle diligenze della strada di ferro.

Carri. Questa spesa ha principalmente per oggetto i carri impiegati nel corso dei travagli. Si aprirà a questo conto un credito che si comporrà, 1.° del prezzo della vendita dei carri, che non potranno essere appropriati ai bisogni futuri della strada di ferro; 2.° del valore degli altri carri, che sarà rapportato all'articolo dei movimenti delle mercanzie, secondo il loro prezzo di stima. (*Ag. del Trad.*)

APPENDICE DEL TRADUTTORE

CONTENENTE L'ESTRATTO DI UNA MEMORIA DI M. NAVIER

SULL'IMPIEGO DELLE MACCHINE LOCOMOTIVE

NELLE STRADE DI FERRO

ED ALCUNE NOTIZIE

SULLA STRADA DI FERRO

DA NAPOLI A NOCERA E CASTELLAMMARE.

NUOVE CONSIDERAZIONI

SULL' IMPIEGO DELLE MACCHINE LOCOMOTIVE

NELLE STRADE DI FERRO.

ESTRATTO DI UNA MEMORIA DI M. NAVIER, (*).

1. **Dopo** la pubblicazione di un' altra nota inserita negli annali di Ponti e Strade anno 1835, nella quale erano esposte le nozioni più positive sopra questo soggetto dietro le osservazioni allora conosciute, M. Guyonneau de Pambour antico alunno della Scuola Politecnica, ed antico ulliziale ai

(*) M. Navier ha presentate queste considerazioni in una memoria inserita negli Annali di Ponti e Strade, anno 1836 2.^o Semestre. In essa l'autore enuncia prima tutti i risultati e le formole ottenute da M. Guyonneau de Pambour nel suo *Trattato teorico e pratico sulle macchine locomotive*, poscia confronta queste formole con le osservazioni fatte sulla velocità delle macchine nel loro travaglio ordinario; affin di verificare se esse rappresentano fedelmente queste osservazioni; ed in fine propone alcune modifiche, col mezzo delle quali le formole di cui si tratta si accordano più esattamente coll'esperienza. Noi abbiamo cambiato l'ordine tenuto in questa memoria per motivo di brevità non solo, ma anche per non essere obbligati di ammettere gratuitamente molte cose riportate nel Trattato delle macchine locomotive, giungendo direttamente alle formole finali a cui è pervenuto M. Navier, e tralasciando quelle un poco diverse alle quali è pervenuto M. Guyonneau de Pambour, ed il confronto di queste con i risultati dell'esperienza. Infine dopo di avere con tale ordine esposte le considerazioni di M. Navier, noi abbiamo fatta l'applicazione della formola finale alla strada di Liverpool e Manchester, che nel suo profilo longitudinale presenta tutte le circostanze particolari che possono occorrere sulle strade di ferro, e per le quali è necessario recar delle modifiche alla formola data da M. Navier, affin di ottenere dei risultati che più si approssimano alla verità (N. del Trad.)

corpi reali dell' Artiglieria e dello Stato Maggiore, ha fatto comparire sotto il titolo *Trattato teorico e pratico delle macchine locomotive*, un' opera molto degna d'interesse, che contiene molte nuove osservazioni proprie a spargere gran luce sull' oggetto di cui si tratta, ed a mettere gl' ingegneri a portata di valutare gli effetti delle macchine di una maniera più precisa e più esatta che non si era potuto fare fino al presente.

Noi cominceremo dall' annunziare i principali risultati ottenuti per mezzo di esperienze dirette dall' autore del trattato teorico e pratico delle macchine locomotive, e che sono gli elementi necessari del calcolo degli effetti delle macchine locomotive. Stabiliremo in seguito delle formole fondate sopra questi risultati, dandole una forma diversa da quella che l' autore ha adottata, e che ci sembra più propria a facilitare le applicazioni introducendovi alcune modifiche, col mezzo delle quali le formole di cui si tratta sembreranno accordarsi più esattamente coll' esperienza.

Resistenza dei carri sopra una strada orizzontale.

2. La conclusione delle sperienze rapportate nel trattato teorico e pratico delle macchine locomotive, è che l' intensità di questa resistenza si eleva a 5^m,6 per tonnellata di mille chilogrammi per i carri intermedi dei convogli, o in generale per ogni carro preceduto da un' altro o dalla macchina locomotiva.

3. Dippiù un carro situato alla testa del convoglio, che presentava all' urto dell' aria una superficie trasversale di 2^m,09 offriva oltre la resistenza precedente, una resistenza di 8 chilogrammi attribuita all' urto dell' aria contro la faccia anteriore del carro, la velocità media essendo di 5^m,36 a secondo. Quest' ultima resistenza non deve essere valutata nei calcoli ordinari, ove si tratta di convogli nei quali i carri sono sempre preceduti dalla macchina locomotiva.

Resistenza propria delle macchine locomotive sopra una strada orizzontale.

4. Secondo la stessa opera 1.° le macchine a ruote non riunite *Sun, Fire-fly, Vulcan, Fury, Leeds, Jupiter*, ove il diametro dei cilindri è 0^m,279 la corsa degli stantuffi 0^m,406, il diametro delle ruote 1^m,525, e di cui il

peso medio è di $8^{\text{ton}},152$, esigono per essere mosse sopra una strada orizzontale, uno sforzo medio di 52 chilogrammi.

2.° La macchina *Atlas* a sei ruote, di cui quattro mosse dagli stantuffi, ove il diametro dei cilindri è $0^{\text{m}},305$, la corsa degli stantuffi $0^{\text{m}},406$, il diametro delle ruote $1^{\text{m}},525$, e di cui il peso è $11^{\text{ton}},58$, esige uno sforzo di 69 chilogrammi.

Questi sforzi di 52 e 69 chilogrammi comprendono ;

1.° L'azione necessaria per far avanzare l'apparecchio a vapore, allorchè la macchina deve soltanto farsi avanzare essa stessa ;

2.° L'azione necessaria per sormontare le resistenze che hanno luogo alla circonferenza delle ruote e sull'asse di queste macchine ;

3.° L'effetto dell'urto dell'aria.

Le sperienze sono state fatte imprimendo diverse velocità assai deboli alle macchine. Nelle dette sperienze le velocità più grandi sono state compensate di circa $4^{\text{m}},5$ a secondo. La superficie trasversale che le macchine presentavano all'urto dell'aria, era di circa $3^{\text{m}^2},48$.

Accrescimento di resistenza delle macchine locomotive sopra una strada orizzontale, allorchè esse trascinano altre vetture.

5. Nel caso in cui i carri sieno attaccati alle macchine locomotive, le resistenze che sono state valutate subiscono un aumento proporzionale al peso di questi carri e loro carica, e che si eleva ad un medio di 96 chil. per un peso di 203 tonnellate di 1000 chilogrammi, ovvero a $0^{\text{ch}},475$ per tonnellata.

6. È facile conchiudersi da ciò che precede, che per le prime macchine di cui quì sopra al n.° 4 è quistione, la resistenza propria di 52 chilogrammi che esse presentano, può essere riguardata come componentesi ; 1.° da una parte eguale ad $8^{\text{ch}},152 \times 5^{\text{ch}},6 = 29^{\text{ch}}$ corrispondente allo sforzo del tiro solo della macchina considerata come una vettura ordinaria ; 2.° da una parte eguale ad $8^{\text{ch}},152 \times 0^{\text{ch}},475 = 4^{\text{ch}}$, corrispondente all'eccesso dell'attrito che si produce nella macchina a vapore, in seguito dell'obbligo di far camminare la macchina locomotiva producendo lo sforzo di 29 chil. di cui si è parlato. La somma di queste due parti tolta da 52 chil. dà 19 chil. per lo sforzo che bisognerebbe esercitare per far avanzare la macchina a vapore interamente a vuoto e per superare la resistenza dell'aria.

★

Del pari per le seconde macchine di cui è parola al n.º 4, si concepirà che nei 69 chil. vi è una parte eguale ad $11^{\text{ch.}},59 \times 5^{\text{ch.}},6 = 42^{\text{ch.}}$, impiegata ad operare il tiro della macchina; ed una parte eguale ad $11^{\text{ch.}},59 \times 0^{\text{ch.}},473 = 5^{\text{ch.}}$ impiegata a vincere l'attrito che si produce nella macchina a vapore per effetto di questo tiro. La somma di queste due parti tolta da 69 chil. dà 22 chil. per lo sforzo necessario a far camminare la macchina a vapore interamente a vuoto, e per superare la resistenza dell'aria.

7. Questa resistenza propria delle macchine di cui il valore nei due casi sopra considerati è 19 e 22 chilogrammi, e che noi in generale indichiamo colla lettera λ , cresce colla velocità del trasporto. Dippiù essa comprende due parti cioè quella che corrisponde all'attrito proprio dell'apparecchio travagliante interamente a vuoto, e l'altra che corrisponde all'urto dell'aria contro la macchina locomotiva. Per cercare di effettuare questa separazione si può osservare che pel n.º 3, l'urto dell'aria contro un carro carico è stato trovato di 8 chil. per una sezione trasversale di $2^{\text{m.}},09$ ed una velocità di circa $5^{\text{m.}},36$ a secondo. La sezione trasversale delle macchine locomotive essendo di circa $3^{\text{m.}},48$, l'effetto dell'urto dell'aria per la velocità di $4^{\text{m.}},5$ a secondo non può differire molto da $8^{\text{ch.}} \cdot \frac{3,48}{2,09} \left(\frac{4,5}{5,36} \right)^2 = 9^{\text{ch.}}$.

8. Questo risultato sembra oltrepassare un poco quello che si potrebbe ottenere dai risultati conosciuti sulla resistenza dei fluidi. Ciò nondimeno noi lo conserveremo, perchè vi è probabilmente una resistenza dipendente dalla velocità che è dovuta all'urto proveniente dalle ineguaglianze delle spranghe. Così noi conteremo che nei valori 19 chil. e 22 chil. del numero λ , vi è una parte proporzionale al quadrato della velocità del trasporto, di cui il valore è di 9 chilogrammi per una velocità di $4^{\text{m.}},5$ a secondo. Questa parte divenendo 56 chil. per una velocità di $9^{\text{m.}}$ a secondo, si deduce che il numero λ prenderebbe allora per le due specie di macchine i valori di 46 chil. e 49 chil. in luogo di 19 chil. e 22 chil.

Generalmente noi avremo, per le prime macchine

$$\lambda = 10^{\text{ch.}} + 0^{\text{ch.}},4445 \cdot V^2,$$

e per le seconde

$$\lambda = 13^{\text{ch.}} + 0^{\text{ch.}},4445 \cdot V^2.$$

9. È d'uopo osservare che valutando così l'effetto della resistenza dell'aria

dietro la sola azione risultante dall'urto contro la macchina situata alla testa del convoglio, si stima senza dubbio al di sotto del suo vero valore. Per conseguenza, allorchè nei calcoli seguenti noi dovremo contare sulla resistenza di cui si tratta per moderare e regolare il movimento di un convoglio discendente per una ripida pendenza, non si avrà punto a temere in generale che i convogli prendano in realtà delle velocità più grandi di quelle che saranno state determinate dal calcolo.

Resistenza totale che dev'essere superata dall'azione del vapore, per operare il tiro di un convoglio sopra una strada orizzontale, o sopra una pendenza qualunque.

10. Da ciò che precede risulta, che chiamando P il peso totale di un convoglio espresso in tonnellate, compresi i carri ed il loro carico, la macchina locomotiva ed il suo carro di provvisione;

α e β essendo due numeri, di cui i valori determinati dall'esperienza sono indicati nel n.º 8.

Si avrà lo sforzo totale impiegato per operare il trasporto del convoglio su di una strada orizzontale, aggiungendo ad $\alpha + \beta V^2$ il prodotto di P per la somma dei numeri 3,6 e 0,473. Questo sforzo è dunque

$$4,073P + \alpha + \beta V^2 \dots\dots\dots (a)$$

11. Nel caso intanto di una salita o di una discesa di cui l'inclinazione sull'orizzonte è indicata da i , lo sforzo del tiro solo diviene $(3,6 \pm 1000i)P$, più grande di quello che avrebbe luogo sulla linea di livello nel rapporto di $\frac{3,6 \pm 1000i}{3,6}$. L'accrescimento della resistenza propria della macchina locomotiva dovuto a questo sforzo è dunque $\frac{3,6 \pm 1000i}{3,6} \times 0,473P$. Donde si conchiude per l'espressione dello sforzo totale necessario per operare il movimento del convoglio

$$\left(3,6 \pm 1000i + \frac{3,6 \pm 1000i}{3,6} \times 0,473 \right) P + \alpha + \beta V^2$$

ovvero

$$(4,073 \pm 1131,4i)P + \alpha + \beta V^2 \dots\dots\dots (b).$$

Quantità totale di acqua evaporata in un tempo dato nella caldaja delle macchine locomotive.

12. Il volume d'acqua evaporata in un'ora, giusta le sperienze fatte sulle macchine *Vulcan*, *Atlas*, *Fury*, *Firefly*, *Vesta*, e *Leeds*, è stato trovato compensatamente $1^{\text{m.c.}},58$, lo che ricade a $0^{\text{ch.}},4389$ per secondo. La velocità media era di $\frac{30380}{3600} = 8^{\text{m.}},44$ a secondo.

La superficie del focolare era di $4^{\text{m.}},007$ per la parte esposta all'azione diretta del fuoco, e di $26^{\text{m.}},788$ per i tubi. Ammettendo dietro un'esperienza rapportata da M. Wood che quest'ultima parte produca un'effetto tre volte minore a superficie uguale, si potrà rappresentare la superficie del focolare ridotta con $4,007 + \frac{26,788}{3} = 12^{\text{m.}},936$. Per conseguenza si dovrà contare

un peso di $\frac{0^{\text{ch.}},4389}{12,936} = 0^{\text{ch.}},03393$ di acqua evaporata in un secondo, per

ciascun metro quadrato di superficie esposta all'azione diretta del fuoco.

M. Guyonneau de Pambour sembra essere d'avviso che la velocità del trasporto influisca sulla quantità di vapore prodotto, questa quantità essendo tanto più grande, quanto più la velocità è considerevole, nozione che egli ha del tutto negletta nel seguito della sua opera; poicchè nelle sue formule e nelle tavole la quantità del vapore prodotto è supposto costante ed indipendente dalla velocità del movimento. Noi osserveremo solamente sopra questo punto che per essere pienamente schiariti vi bisognerebbero delle nuove osservazioni, poicchè la produzione di una più grande quantità di vapore dev'essere senza dubbio accompagnata da un consumo più grande di combustibile; e nelle ricerche comparative di cui si tratta siccome lo fa Guyonneau de Pambour, conviene considerare le macchine locomotive come consumanti sempre delle quantità uguali di combustibile, e per conseguenza come producenti una quantità di vapore uniforme e regolare.

Rapporto fra la quantità di vapore formato nella caldaja, e quello che passando nei cilindri produce l'azione della macchina.

13. Dietro le nozioni presentate nel trattato teorico e pratico delle macchine locomotive di M. Guyonneau de Pambour, l'autore è condotto a ri-

guardare il rapporto dei numeri 12 e 46,5 in luogo del quale egli prende in numeri rotondi $\frac{1}{4}$, come eguale al rapporto della quantità di vapore perduto per le valvole di sicurezza alla quantità totale di vapore prodotto.

Questo risultato è fondato sulla supposizione che la quantità di vapore che scappa per le valvole di sicurezza è sempre proporzionale all'apertura di queste valvole, ciò che non sembra intieramente esatto, perchè una più grande forza elastica acquistata dal vapore, dev'essere accompagnata da una velocità di flusso maggiore. Si conchiude che la proporzione del quarto per la perdita che ha luogo per le valvole di sicurezza è un poco troppo considerevole. Ma d'altronde questa estimazione non tiene alcun conto delle proporzioni d'acqua allo stato liquido che passano sovente nei cilindri, e che sono computate nella evaporazione totale, benchè non contribuiscano affatto all'effetto della macchina.

Determinazione della velocità del trasporto dietro i dati precedenti.

14. Questa determinazione sarà effettuata osservando che in un travaglio regolare, la velocità del trasporto essendo supposta costante, il vapore deve perdere nei cilindri, ove conserva la medesima temperatura che ha luogo nella caldaja, la forza elastica necessaria, affinchè lo sforzo esercitato sopra gli stantuffi faccia equilibrio alle resistenze. Noi indicheremo per

c , la corsa degli stantuffi valutata in metri;

d , il loro diametro;

D , il diametro delle ruote condotte degli stantuffi;

F , la pressione valutata in chilogrammi esercitata dal vapore nell'interno della caldaja, sopra un metro quadrato;

F' , la pressione valutata della stessa maniera, esercitata dal vapore nei cilindri;

F'' , la pressione esercitata dal vapore dietro agli stantuffi, e che differisce sempre dalla pressione atmosferica, come quì appresso noteremo;

Π , il peso valutato in chilogrammi del vapore che passa nei cilindri in un secondo e produce l'azione della macchina, il quale si può in generale prendere per $\frac{1}{4}$ del vapore prodotto nella caldaja;

P , il peso totale del convoglio, compresi la macchina ed il suo carro di provvisione, valutato in tonnellate di 1000 chilogrammi;

V , la velocità del trasporto, valutata in metri per un secondo;

$\alpha + \beta V^2$, la porzione di resistenza che dipende solamente dallo sforzo necessario per far avanzare la macchina a vapore a vuoto, e dall'urto dell'aria contro la macchina locomotiva, valutata nel modo espresso al n.º 8;

ν , il volume, espresso in metri cubi, che prende un chilogrammo d'acqua ridotta in vapore nella caldaja sotto la pressione F ;

π , il rapporto della circonferenza al diametro, uguale a 3,141.

La prima condizione del movimento uniforme del convoglio, è che la pressione esercitata sopra gli stantuffi, faccia equilibrio alle resistenze. Siccome la superficie dei due stantuffi è $\frac{\pi d^2}{2}$, ed essi percorrono lo spazio $2c$, mentre che i punti della circonferenza delle ruote alle quali le resistenze debbono essere applicate percorrono lo spazio πD , quest'equilibrio si esprimerà ponendo

$$\frac{\pi d^2}{2} (F' - F'') 2c = [(4,073 \pm 1131,4i) P + \alpha + \beta V^2] \pi D,$$

donde si deduce

$$F' = \frac{D}{cd^2} \left[F'' \frac{cd^2}{D} + (4,073 \pm 1131,4i) P + \alpha + \beta V^2 \right] \dots\dots (c).$$

15. La seconda condizione del movimento uniforme è che il volume dello spazio percorso dagli stantuffi in un tempo dato, sia eguale al volume del vapore utilizzato nel medesimo tempo per produrre l'azione della macchina, questo volume essendo misurato sotto la pressione ed alla temperatura che hanno luogo nei cilindri. Il volume dello spazio percorso dagli stantuffi in un secondo è qui $\frac{\pi d^2}{2} \cdot \frac{2c}{\pi D} V$, ovvero $\frac{cd^2}{D} V$. Il volume del vapore utilizzato nel medesimo tempo misurato nella caldaja sotto la pressione F è $\nu \Pi$. Misurato nei cilindri ove la temperatura è la stessa, sotto la pressione F' questo volume è $\nu \Pi \frac{F}{F'}$. La condizione di cui si tratta sarà dunque espressa scrivendo

$$\frac{cd^2}{D} V = \nu \Pi \cdot \frac{F}{F'},$$

dalla quale si ricava

$$F' = \frac{D}{cd^2} \frac{\pi_0 F}{V} \dots \dots \dots (d).$$

16. Se si eguagliano intanto le due espressioni (c) e (d) di F' , si avrà l'equazione di condizione

$$\frac{\pi_0 F}{V} = F'' \frac{cd^2}{D} + (4,073 \pm 1131,4i)P + \alpha + \beta V^2, \dots \dots \dots (e)$$

dalla quale si ricava

$$V = \frac{\pi_0 F}{F'' \frac{cd^2}{D} + (4,073 \pm 1131,4i)P + \alpha + \beta V^2} \dots \dots \dots (f)$$

per l'espressione cercata della velocità costante colla quale il convoglio potrà essere condotto sopra una pendenza data.

Da questa espressione si conosce che la velocità V sarà, essendo tutte le altre cose le medesime, rigorosamente proporzionale al peso del vapore trasmesso agli stantuffi nell'unità di tempo, come anche al prodotto $\pi_0 F$ della pressione sotto la quale questo vapore è prodotto e del volume che ha il vapore sotto questa pressione: Questo prodotto varia molto poco per le diverse pressioni che hanno luogo nel travaglio delle macchine locomotive.

17. Riguardo al valore della pressione F'' esercitata dal vapore nella faccia posteriore degli stantuffi, essa come è chiaro, è sempre maggiore della pressione atmosferica, e la tensione conservata dal vapore che esce dal cilindro si trova, dietro calcoli approssimativi di circa un quarto maggiore della pressione atmosferica. Questa pressione varia secondo le diverse proporzioni delle macchine, ma in generale nelle applicazioni potrà sempre farsi $F'' = 12913$ chilog., per essere la pressione atmosferica di 10550 chilogrammi.

18. Si può facilitare il calcolo di questa formola, rimpiazzando il prodotto $\pi_0 F$ per mezzo dell'espressione prossimamente eguale $\frac{F}{0,09 + 0,0000484 F}$; ma

sarà più semplice ancora, e più esatto di prendere i valori di νF o del suo logaritmo nella tavola seguente

PRESSIONE DEL VAPORE ESPRESSO		TEMPERATURA corrispondente	VOLUME di un chilogrammo di vapore	PRODOTTO della pressione pel volume	LOGARITMO di questo prodotto , o logaritmo di νF .	DIFFERENZE (*)
in numero d' atmosfere.	in chil. sopra un metro quadrato = F	al termometro centigrado.	= ν	= νF		
	chilog.	gradi	metri cub.	chilog.		
1	10 330	100	1,6967	17 527	4,24371	1423
1,5	15 495	112,2	1,6688	18 111	4,25794	1050
2	20 660	121,4	0,8979	18 554	4,26844	811
2,5	25 825	128,8	0,7320	18 904	4,27655	692
3	30 990	135,1	0,6197	19 208	4,28347	585
3,5	36 155	140,6	0,5385	19 468	4,28932	508
4	41 320	145,4	0,4767	19 697	4,29440	387
4,5	46 485	149,06	0,4275	19 873	4,29827	415
5	51 650	153,08	0,3885	20 064	4,30242	384
5,5	56 815	156,8	0,3563	20 242	4,30626	346
6	61 980	160,2	0,3292	20 404	4,30972	332
6,5	67 145	163,48	0,3062	20 561	4,31304	317
7	72 310	166,5	0,2864	20 771	4,31621	275
7,5	77 475	169,37	0,2690	20 843	4,31896	272
8	82 640	172,1	0,2538	20 974	4,32168	491
9	92 970	177,1	0,2282	21 212	4,32659	439
10	103 300	181,6	0,2074	21 428	4,33098	

(*) Bisogna osservare che la mancanza di un' intiera regolarità nell' andamento di queste differenze, proviene dacchè nella veduta di rappresentare più esattamente le sperienze, le temperature corrispondenti ad una pressione data sono state calcolate per mezzo di formole differenti di qua o di là del termine corrispondente a quattro atmosfere. (*V. lo scritto intitolato, Esposizione delle ricerche fatte per ordine dell' accademia delle scienze, per determinare le forze elastiche del vapore dell' acqua, 1830 pag. 39*).

19. Il valore di V dato dall' equazione or trovata

$$V = \frac{\Pi \nu F}{F'' \frac{cd^3}{D} + (4,073 \pm 1131,4i)P + \alpha + \beta V^2},$$

si può ottenere facilmente con un' approssimazione rapida, trascurando nel secondo membro il termine affetto da questa quantità; poscia servendosi del primo valore così calcolato per ottenere un secondo, e così di seguito. I valori che si otterranno di questa maniera essendo alternativamente troppo grandi

e troppo piccioli, non resterà alcuna incertezza sul grado di approssimazione del numero al quale si arresterà. Ma sarà preferibile d'impiegare, come lo ha fatto M. de Prony per un calcolo di questa natura, le formole di trigonometria che si applicano alla soluzione delle equazioni di terzo grado. Si metterà dunque l'equazione (e) sotto la forma

$$V^3 + \frac{1}{\beta} \left[F'' \frac{cd^2}{D} + (4,073 \pm 1131,4i)P + \alpha \right] V - \frac{\Pi v F}{\beta} = 0,$$

e ponendo

$$A = \frac{1}{\beta} \left[F'' \frac{cd^2}{D} + (4,073 \pm 1131,4i)P + \alpha \right],$$

$$B = \frac{\Pi v F}{\beta},$$

si calcoleranno successivamente le espressioni seguenti

$$\text{tang. } \varphi = \frac{B}{2} \left(\frac{3}{A} \right)^{\frac{1}{2}};$$

$$\text{tang. } \downarrow = \sqrt[3]{\text{tang.} (45^\circ - \frac{1}{2} \varphi)},$$

$$V = \frac{2 \sqrt[3]{\frac{1}{3} A}}{\text{tang. } 2 \downarrow}.$$

20. Risolvendo intanto l'equazione (e) per rapporto a P si avrà

$$P = \frac{\frac{\Pi v F}{V} - F'' \frac{cd^2}{D} - (\alpha + \beta V^2)}{4,073 \pm 1131,4i} \dots\dots\dots (g)$$

per l'espressione del peso valutato in tonnellate del convoglio che può essere trasportato sopra una pendenza data con una velocità data.

★

Risolvendo la medesima equazione per rapporto ad i , si otterrà

$$i = \frac{\frac{\pi v F}{V} - F'' \frac{cd^2}{D} - (\alpha + \beta V^2)}{1151,4 \cdot P} - 0,0036 \dots \dots (h)$$

per l'espressione della pendenza ascendente sulla quale il convoglio può essere trasportato con una velocità data.

21. Importa di osservare d'altronde, che non è possibile, come potrebbe credersi dietro la forma dell'espressioni (g) e (h) , di aumentare indefinitamente il peso del convoglio o la ripidezza della pendenza sulla quale esso è condotto, diminuendo la velocità del trasporto. In effetti si è veduto n.º 15, che una delle condizioni del movimento della macchina era espressa dall'equazione $\frac{cd^2}{D} V = v \Pi \frac{F}{F'}$, nella quale F' non può essere al massimo che eguale ad F . Dunque la velocità V non può essere minore del valore dato dall'equazione

$$V = v \Pi \frac{D}{cd^2}; \dots \dots \dots (i)$$

ed attribuendo a V questo valore nelle espressioni (g) e (h) , ciò che le cambia rispettivamente in

$$P = \frac{(F - F'') \frac{cd^2}{D} - [\alpha + \beta \left(\frac{v \Pi D}{cd^2}\right)^2]}{4,073 \pm 1151,4 i} \dots \dots \dots (l)$$

ed

$$i = \frac{(F - F'') \frac{cd^2}{D} - [\alpha + \beta \left(\frac{v \Pi D}{cd^2}\right)^2]}{1151,4 P} - 0,0036 \dots \dots \dots (m)$$

si avrà l'espressione del convoglio il più pesante, e della pendenza ascendente la più ripida che possano essere ammessi, colla condizione di ottenere una velocità costante.

In quanto alle pendenze discendenti, il limite non è determinato: esso dipende dalla più grande velocità che si vorrà far prendere ai carri.

Limite degli sforzi che possono essere esercitati dalle macchine senza che succeda strisciamento delle ruote sulle rotaje.

22. Questo limite viene stabilito da M. Guyonneau de Pambour dietro le sperienze fatte sulla macchina *Fury* nella buona stagione. Questa macchina che pesa $8^{ton} 33$, di cui $5^{ton} 59$ poggiano sulle ruote che sono messe in movimento dagli stantuffi, ha esercitato durante qualche tempo un'azione equivalente al tiro di un peso di $247^{ton} 82$ sopra una linea di livello. Il peso totale del convoglio era dunque di $256^{ton} 15$, il cui movimento esigea su di una strada orizzontale uno sforzo di $256^{ton} 15 \times 3^{ch} 6 = 922^{ch} 1$, astrazione fatta dall'urto dell'aria contro la macchina locomotiva. Si deduce da ciò che il rapporto dello sforzo del tiro, al peso che poggia sulle ruote condotte dagli stantuffi è di $\frac{922,1}{5586} = \frac{1}{6,058}$, un poco al di sotto di $\frac{1}{6}$. La velocità del trasporto era di $2^m 82$ a secondo.

Il rapporto di cui si tratta diminuisce in inverno allorchè le rotaje sono bagnate e fangose: ma, seguendo l'autore, le macchine possono sempre trasportare un carico di $76^{ton} 17$, o condurre un convoglio di peso totale $84^{ton} 50$. Allorchè esse fanno montare a questo convoglio la pendenza di $\frac{1}{889}$ che si trova sulla strada da Liverpool a Manchester, lo sforzo del tiro è

$\left(3,6 + \frac{1000}{889}\right) 84^{ton} 50 = 399^{ch} 25$. Il rapporto di questo sforzo al peso che poggia sulle ruote condotte dagli stantuffi è dunque almeno nel caso più svantaggioso $\frac{399,25}{5586} = \frac{1}{14}$ circa.

Noi trascuriamo sempre la considerazione della resistenza dell'aria, in seguito della quale si otterrebbe un risultato più grande.

23. Or questa resistenza che si oppone allo strisciamento delle ruote così determinata, deve sempre essere più grande che lo sforzo esercitato per operare il trasporto, sforzo di cui il valore espresso in chilogrammi è dato dalla formola

$$(3,6 + 1000 i)P + \beta V^2 \dots\dots\dots (n)$$

il peso P del convoglio essendo sempre espresso in tonnellate. Questa circo-

stanza stabilisce un'altro limite che le pendenze ascendenti non possono oltrepassare.

Applicazione delle formole precedenti alle macchine le più comunemente impiegate. Conseguenze che ne risultano relativamente al movimento di un convoglio sopra diverse pendenze.

24. Noi applichiamo le formole precedenti alle macchine le più comunemente impiegate sulla strada di ferro da Liverpool a Manchester. Ma noi ammetteremo, conformemente a ciò che è stato detto quì sopra, che il vapore conservi dietro gli stantuffi una tensione di un quarto d'atmosfera al di sopra della pressione atmosferica esterna, e noi valuteremo soltanto a $0^{\text{ch.}},31$ il peso del vapore impiegato utilmente in un secondo.

Si avrà dietro di ciò

Corsa degli stantuffi, $0^{\text{m}},406 = c$;

Diametro dei cilindri, $0^{\text{m}},279 = d$;

Diametro delle ruote, $1^{\text{m}},525 = D$;

Peso del vapore impiegato utilmente in un secondo, $0^{\text{ch.}},31 = \Pi$;

Pressione esercitata dal vapore dietro gli stantuffi $12913^{\text{ch.}} = F''$;

$\alpha = 10^{\text{ch.}}$; e $\beta = 0^{\text{ch.}},4445$;

$\frac{cd^2}{D} = 0,02072$; ed $F'' \frac{cd^2}{D} = 267^{\text{ch.}},6$.

Questi valori essendo sostituiti nell'espressione (*f*) del n.º 16 daranno

$$V = \frac{0,31 \cdot \nu F}{277,6 + (4,073 \pm 1131,4 i) P + 0,4445 \cdot V^2} ; \dots\dots\dots (o)$$

ovvero se si vuole calcolare *V* colle formole trigonometriche indicate in questo numero, si avrà

$$A = 624,53 + (9,163 \pm 2545,3 i) P ,$$

$$B = 0,6974 \cdot \nu F.$$

Sostituendo i medesimi valori nell'espressione (*g*) del n.º 20 che fa cono-

scere il peso del convoglio che può essere condotto con una velocità costante, si avrà

$$P = \frac{\frac{0,31 \cdot vF}{V} - 277,6 - 0,4445 \cdot V^2}{4,073 \pm 1131,4 i} \dots\dots\dots (p).$$

25. Ciò posto noi ammetteremo che la macchina sarà il più comunemente condotta, producendo il vapore sotto la pressione di 3½ atmosfere al di sopra dell'atmosfera esterna, e che si determina il peso totale del convoglio con la condizione che la velocità del trasporto sopra una linea di livello sia di 9 metri a secondo, ovvero un poco più di 32 chilometri ad ora.

Supponendo dunque $F = 46485^{ch.}$ (dove $\log. vF = 4,29827$), $i = 0$, e $V = 9^{m.}$ nella formola (p), si ricaverà $P = 91^{ton.},06$. Il peso della macchina essendo di circa $8^{ton.},5$ e quello del carro di provvisione di circa $5^{ton.},3$, in tutto $13^{ton.},8$ resteranno $77^{ton.},3$ pel peso dei carri e del loro carico. Il peso della carica utile sarà uguale a $\frac{2}{3}$ di questo o 52 tonnellate circa.

Se si adotta per P il valore precedente $P = 91^{ton.},06$, e se nella formola (o) si dà successivamente ad i ed alla pressione F diversi valori (prendendo sempre il logaritmo vF nella tavola del n.º 18) si potrà formare la tavola seguente

INDICAZIONE delle P E N D E N Z E.	PRESSIONE SOTTO LA QUALE IL VAPORE È SUPPOSTO PRODOTTO, ESPRESSO		VELOCITA' permanente espressa in metri per un secondo = V.	T E M P O necessario per percorrere mille metri espresso in secondi.
	in atmosfere.	in chilog. sopra un metro quad. = F.		
Discendenti.		chilog.	metri.	secondi.
0,006	3	30 990	22,78	43,9
0,005	3,5	36 155	19,71	50,7
0,004	4	41 320	16,85	59,3
0,003	4,5	46 485	14,31	69,9
0,002	4,5	46 485	12,13	82,4
0,001	4,5	46 485	10,38	96,3
0,	4,5	46 485	9	111,1
Ascendenti.				
0,001	4,5	46 485	7,91	126,5
0,002	4,5	46 485	7,03	142,3
0,003	5	51 650	6,37	157,0
0,004	5,5	56 815	5,93	168,6
0,005	6	61 980	5,39	185,5
0,006	7	72 310	5,02	199,2

I valori attribuiti quì alla pressione F sotto la quale il vapore è supposto prodotto nella caldaja sono arbitrari. Si potrebbero dunque fare altre ipotesi che condurrebbero a risultati un poco differenti. Noi abbiamo supposto che si camminasse sopra le leggieri pendenze, con la pressione effettiva di $3\frac{1}{2}$ atmosfere, siccome si pratica sulla strada da Liverpool a Manchester, e che sulle pendenze ascendenti più forti si eleverebbe di molto questa pressione perchè il convoglio potesse superarle. La pendenza di 6 millimetri per metro può ancora essere superata senza che la pressione effettiva oltrepassi 6 atmosfere o 62 chilogrammi per centimetro quadrato. Per riguardo alle pendenze discendenti, noi abbiamo supposto che si diminuiva la pressione effettiva, affin di diminuire un poco le velocità molto grandi che tendono a stabilirsi sopra queste pendenze.

È facile verificare che si può far salire al convoglio la pendenza di 0,006 portando la tensione del vapore nella caldaja a 7 atmosfere. Si assicurerebbe in effetti che sostituendo i valori dati n.º 23 nella formola (m) del n.º 21, facendo dippiù $F = 72510$ chil. e $\nu = 0^{\text{m.c.}}, 2864$, si trova per i un valore più grande di 0,006. Ma è più semplice di calcolare il valore di V rappresentato dalla formola (i) dello stesso numero, ciò che darà $V = 4^{\text{m}}, 81$, risultato inferiore alla velocità che corrisponde nella tavola precedente alla pendenza di 0,006, e dietro il quale si è sicuro che il convoglio potrà sormontarla.

Si riconoscerà dippiù che lo sforzo esercitato dalla macchina locomotiva per far salire il convoglio sulla pendenza di 0,006, non farà punto strisciare le ruote; perchè calcolando questo sforzo colla formola (n) del n.º 23 si troverà di 885 chil., cioè inferiore a quello che aveva luogo nell'osservazione citata al detto numero. È dunque possibile di sormontare la pendenza di cui si tratta, salvo i casi accidentali in cui le rotaje si trovassero in pessimo stato, ciò che obbligherebbe a diminuire il peso del convoglio.

Da ciò che precede risulta che il convoglio di peso totale 91 tonnellate, condotto sopra una linea di livello con una velocità di 9 metri a secondo, salirà e scenderà generalmente senza difficoltà, con velocità permanenti variabili, le pendenze di 5 ed anche di 6 millimetri per metro, ed a più forte ragione le pendenze meno ripide, senza che si cessi d'impiegare tutta l'azione risultante dalla produzione del vapore che può aver luogo nell'apparecchio.

26. Noi esamineremo intanto quale risultato potrebbe essere ottenuto, non assoggettando a percorrere le linee orizzontali con una velocità di 9^m metri a secondo, e diminuendo al contrario per quanto sarà possibile la rapidità del trasporto.

Supponendo sempre che il vapore è prodotto sotto una pressione totale di $4\frac{1}{2}$ atmosfere, allorchè il convoglio è condotto sulle parti orizzontali, si vedrà sostituendo nell'equazione (*i*) i valori precedenti, e facendo $\nu = 0^{\text{m.c.}}, 4275$, che il valore della velocità *V* del trasporto non può essere minore di $6^{\text{m}}, 4$, colla condizione di utilizzare tutto il vapore che è dato dalla macchina.

Facendo $V = 6^{\text{m}}, 4$, $F = 46485$ chil: (dove $\log. \nu F = 4,29827$) e facendo $i = 0$ nell'equazione (*p*) si troverà $P = 164$ ton. pel peso totale il più grande che sia possibile di attribuire al convoglio che sarà condotto dalla macchina locomotiva.

Dando a *P* e *V* i valori precedenti, l'espressione (*n*) dello sforzo necessario per operare il tiro diviene

$$608 + 164000 . i.$$

Si può nel bisogno far condurre dagli stantuffi le quattro ruote, e per conseguenza portare lo sforzo del tiro nella maggior parte dell'anno a quasi $\frac{1}{6}$ del peso totale della macchina che è di $8^{\text{ton}}, 5$, cioè a 1400 chilogrammi circa. Si vede intanto che il convoglio potrebbe appena salire sopra una pendenza di 5 millimetri a metro. Sopra una tale pendenza, la pressione totale sotto la quale il vapore sarebbe formato nella caldaja dovrebbe essere portata ad 8 a 9 atmosfere. Il convoglio ivi conserverebbe una velocità di 3^{m} a $3^{\text{m}}, 5$ a secondo. Quanto alle pendenze in discesa, il convoglio non prenderebbe ancora dietro le formole precedenti, che una velocità di 22 a 23 metri a secondo sopra una discesa di 0,005, ove si ridurrebbe la tensione del vapore nella caldaja ad $1\frac{1}{2}$ atmosfera.

Se si deduce, come quì sopra, $13^{\text{ton}}, 8$, dal peso totale del convoglio per la macchina e suo carro di provvisione, restano $150^{\text{ton}}, 2$ pel peso dei carri e loro carico. Così l'effetto utile a spesa eguale per la macchina, può essere riguardato come ad un di presso proporzionale al numero $150,2 \times 6,4 = 961$; mentre che nel caso precedente esso era proporzionale al numero $77,3 \times 9 = 696$. Si guadagnerebbe dunque circa 28 per 100 sulla spesa della macchina locomotiva, riducendo così la velocità media del trasporto da 9^{m} a secondo a $6^{\text{m}}, 4$ a secondo.

27. Ma bisogna osservare che allorquando si ha l'intenzione di ottenere un trasporto più economico, diminuendo la velocità ed aumentando la carica, può convenire di cambiare le proporzioni della macchina, e di farle più pesanti. Ammettendo dunque che s'impieghino delle macchine come la *Sum-*

son, ed il *Goliath* della strada di ferro da Liverpool a Manchester, ovvero le macchine che trasportano il carbone sulla strada da Darlington a Stockton, si prenderà;

La corsa degli stantuffi, $0^m,406 = c$;

Il diametro degli stantuffi, $0^m,356 = d$;

Il diametro delle ruote, $1^m,525 = D$;

Peso del vapore impiegato utilmente in un secondo $0^{ch},31 = \Pi$;

Pressione esercitata dal vapore dietro gli stantuffi, $12913^{ch} = F''$;

$\alpha = 16^{ch}$; e $\beta = 0^{ch},4445$;

$\frac{cd^2}{D} = 0,03374$; ed $F'' \frac{cd^2}{D} = 435^{ch},7$.

Supponendo dippiù $F = 46485$ (donde $\nu = 0^{m,c},4275$, e $\log. \nu F = 4,29827$), sostituendo questi valori nella formola (i) del n.° 21, si avrà $V = 3^m,93$ per la minore velocità colla quale la macchina possa camminare, allorchè il vapore sarà prodotto sotto la pressione totale di $4 \frac{1}{2}$ atmosfere.

Supponendo in seguito $V = 3^m,93$ nella formola (g) del n.° 20, ove si sostituiranno i valori precedenti, facendo $i = 0$, si troverà $P = 272^{ton}$, pel peso totale del convoglio che potrebbe essere condotto con questa velocità in una parte orizzontale.

Mettendo questi valori di P e V nella formola (n) del n.° 23 si ha per l'espressione dello sforzo necessario per operare il tiro

$$986^{ch} + 272000^{ch} . i.$$

Questo sforzo non potendo elevarsi che ad $\frac{1}{6}$ del peso della macchina, che è qui di 12 tonnellate, cioè a 2000 chilogrammi, si vede che il convoglio non potrebbe montare tutt' al più che sulle pendenze di $3 \frac{1}{2}$ millimetri a metro. Se le pendenze le più forti della strada sono al di sotto di questo limite, il peso di 272 tonnellate può essere ammesso. Togliendo $17^{ton},3$ pel peso della macchina e suo carro di provvisione, restano $254^{ton},7$ pel peso dei carri e loro carico. Noi riguarderemo dunque l'effetto utile, come presso a poco proporzionale al numero $254,7 \times 3,93 = 1001$. Paragonandolo al numero 696 che risulta dal modo di trasporto considerato n.° 25, si vede che si potrebbe economizzare circa il 30 per 100 in seguito dell'impiego delle forti macchine di cui si tratta, e riducendo la velocità media da 9^m a secondo a $3^m,9$ a secondo

circa. Noi facciamo quì astrazione del piccolo eccesso di spesa, risultante dall'impiego di una macchina un poco più costosa, eccesso che sarebbe d'altronde bene compensato, secondo tutte le apparenze dalle economie ottenute sulle spese di manutenzione.

28. Se le più forti pendenze della strada giungono a 5 millimetri a metro, la macchina precedente potrà ancora, senza strisciare, far salire sopra queste pendenze, nella maggior parte dell'anno, un convoglio del peso totale 220 tonnellate. Non si sarà obbligato a portare la tensione del vapore nella caldaja a più di 7 ad 8 atmosfere. Supponendo $P=220^{\text{ton}}$ nella formola (f) del n.º 16, sostituendo i valori precedenti di Π , $F'' \frac{cd^2}{D}$, α , e β ; facendo

come quì sopra $i=0$, ed $F=46485$ chil: (donde $\log. vF=4,29827$) si troverà $V=4^{\text{m}},54$ per la velocità che prenderebbe il convoglio nelle parti orizzontali. Deducendo $17^{\text{ton}},3$ pel peso della macchina e suo carro di provvisione, restano $202^{\text{ton}},7$ pel peso dei carri e loro carico. Noi riguarderemo dunque l'effetto utile ottenuto, come presso a poco proporzionale al numero $202,7 \times 4,54 = 920$.

Paragonando sempre questo risultato col numero 696 trovato al n.º 25, si riconosce che si produrrebbe ancora, malgrado l'esistenza delle pendenze di 0,005 un'economia del 24 per 100, riducendo la velocità nelle parti orizzontali a $4^{\text{m}},54$ a secondo.

Paragonando i due numeri 1001 e 920, si vede di più che vi è circa l'8 per 100 di perdita sui trasporti che si operano con deboli velocità, allorchè si porta da $3\frac{1}{2}$ a 5 millimetri per metro il limite delle pendenze che il convoglio deve sormontare.

29. Importa osservare d'altronde che nel servizio ordinario di una strada di ferro, ad eccezione forse di quelle che servono a trasportare del carbone o altre materie ingombranti di una coltivazione o di uno smercio regolare, le macchine locomotive conducono di raro un convoglio così pesante quanto potrebbero fare. In molti casi si è obbligato, per soddisfare il pubblico, di moltiplicare le partenze, senza avere ciò non ostante molti viaggiatori e mercanzie per dare alle macchine una carica conveniente. Risulta che le macchine locomotive hanno raramente la loro carica completa, e che una gran parte delle mercanzie ingombranti che non esigono un trasporto molto rapido, formano non pertanto una porzione dei convogli che sono condotti colla velocità adottata pel trasporto dei viaggiatori. Si deve conchiudere che le riduzioni sulla spesa del trasporto che potrebbero essere ottenute in se-

★

guito dell'abbassamento dei limiti delle pendenze, conforme ai risultati precedenti, non sarebbero in generale nell'applicazione così importanti, quanto si potrebbe immaginare a primo colpo d'occhio.

Noi aggiungeremo che i numeri che sono stati presentati, non sono punto dati quì come risultati assoluti, poichè questi numeri varieranno necessariamente colle proporzioni e col peso delle macchine locomotive. Debbonsi considerare semplicemente come esempî di calcolo, o tutt'al più come norme, dietro le quali si possono cominciare a fissare le idee sull'influenza che esercita il limite delle pendenze sulla spesa del trasporto, allorchè si stabilisce la totalità della strada percorsa dalla macchina locomotiva conducente un medesimo convoglio.



APPLICAZIONE

DELLE PRECEDENTI FORMOLE

AD UNA DATA STRADA DI FERRO.



30. Noi ci proponghiamo di applicare la formola (o) del n.° 24 ad una strada di ferro data, cioè ad una strada di cui si conosca il profilo longitudinale e la pianta o la proiezione orizzontale. Noi supporremo che la macchina locomotiva conservi la medesima forza su tutte le parti della strada a rotaje; dippiù noi ammetteremo che la macchina conduca il medesimo convoglio da un'estremo all'altro della strada di ferro senza macchina di rinforzo.

L'espressione che dà la velocità del trasporto sopra una strada a rotaje rettilinea, trovata nel n.° 24 è

$$V = \frac{0,31 \cdot \nu F}{277,6 + (4,073 \pm 1131,4i) P + 0,4445 \cdot V^2};$$

ove il segno + di i nel denominatore appartiene alle salite, ed il segno — alle discese.

Noi ammetteremo conforme alle ipotesi fatte nei numeri 24, e 25 per le macchine le più comunemente impiegate sulla strada da Liverpool a Manchester, ed alla quale intendiamo di applicare le formole, che la pressione del vapore nella caldaja sia di $4\frac{1}{2}$ atmosfere; di modo che si ha per la tavola n.° 18 $\nu F = 19873$. Dippiù il peso della macchina sia di 8500 chil., quello del carro di provvisione di 5300, ed il peso dei carri di 40000 chil.; si avrà $P = 53800$ chil. Sostituendo questi valori di P e di νF nell'equazione precedente, essa diviene

$$V = \frac{0,10121075}{0,0081605 \mp i + 0,00000730253V^2};$$

si faccia per brevità

$$n = 0,101\,210\,75; \quad m = 0,008\,160\,5; \quad p = 0,000\,007\,302\,55;$$

si avrà

$$V = \frac{n}{m \pm i + pV^2} \dots\dots\dots (1).$$

Qualche volta è più comodo nei calcoli numerici di prendere il tempo impiegato a percorrere uno spazio dato in luogo della velocità per un secondo o per un'ora. Esprima dunque T il numero dei secondi che la macchina impiega a percorrere una lunghezza L , si avrà $TV = L$, e quindi

$$T = \frac{L}{V} = \frac{m \pm i + pV^2}{n} L \dots\dots\dots (2).$$

Queste due formole (1) e (2) serviranno a determinare la velocità ed il tempo necessario a percorrerli una strada perfettamente rettilinea e ad una sola inclinazione.

31. Allorchè la strada è formata da più tratti rettilinei diversamente inclinati in salita o in discesa, allora dovrebbero calcolare separatamente la velocità V per ciascuna delle salite e delle discese, e così ricavare il tempo necessario a percorrerli ciascun tratto isolatamente, la cui somma darebbe il tempo totale T dell'intera corsa. Ma in pratica si avrà un'approssimazione sufficiente prendendo la velocità media V per tutta la lunghezza L della strada. Per questa lunghezza la pendenza media è $i = \frac{H}{L}$, chiamando H la differenza di livello dei punti estremi: si avrà dunque l'equazione

$$V = \frac{n}{m \pm \frac{H}{L} + pV^2} \dots\dots\dots (3).$$

Il tempo necessario a percorrerli la strada sarà dunque

$$T = \frac{L}{V} = \frac{mL \pm H + LpV^2}{n} \dots\dots\dots (4).$$

32. Allorchè lungo la strada vi sono delle pendenze molto forti che oltrepassano l'angolo dell'attrito dei carri, vale a dire di cui l'inclinazione è $\eta > 0^m,0036$, allora per impedire al movimento di accelerarsi, è d'uopo impiegare i freni sulle ruote, ovvero di aprire l'apertura del regolatore in modo da lasciar passar per le valvole di sicurezza una quantità più o meno grande di vapore, affinchè la velocità non oltrepassi giammai un dato limite, cioè quello che avrebbe sulla pendenza di $0^m,0036$. Ora ridurre con questi mezzi la velocità che la macchina prende sopra una discesa di η per metro e di lunghezza l , a quella che prenderebbe sopra una discesa di $0^m,0036$, è lo stesso che considerare questa discesa l come inclinata effettivamente di $0^m,0036$; quindi per tener conto del ritardo cagionato dalle forti discese che oltrepassano $0^m,0036$; dovrà aggiungersi alla differenza di livello H dei punti estremi della strada la quantità $l(\eta - 0,0036) = h$; per conseguenza la formula (3) diverrà

$$V = \frac{n}{m \pm \frac{H}{L} + \frac{h}{L} + pV^2} \dots \dots \dots (5)$$

dalla quale si ottiene

$$T = \frac{L}{V} = \frac{mL \pm H + h + LpV^2}{n} \dots \dots \dots (6).$$

33. Allorchè vi sono delle curve nella proiezione orizzontale della strada, la resistenza riceve un'aumento che si può senza grande errore riguardare come variabile in ragione inversa del raggio di curvatura dell'asse della strada, ed in ragion diretta del peso, cioè $= k \frac{A}{R}$, R essendo il raggio dell'arco di cerchio, e k un numero da determinarsi per mezzo dell'esperienza.

Si chiami u la velocità che ha luogo nel tratto curvilineo, e c la sua lunghezza. La resistenza essendo aumentata della quantità $k \frac{A}{R}$ per questo tratto, il denominatore del valore di u sarà aumentato del termine $\frac{k}{R}$, cioè sarà

$$u = \frac{n}{m \pm \frac{H}{L} + pV^2 + \frac{k}{R}};$$

ed il tempo t che s'impiega a percorrersi la lunghezza c di quest'arco, sarà

$$t = \frac{c}{u} = \frac{m \pm \frac{H}{L} + pV^2 + \frac{k}{R}}{n} c.$$

Ma nell'espressione (4) del tempo T dell'intera corsa, ove non si è tenuto conto di questa resistenza, vi è compreso una porzione di tempo t' impiegato a percorrersi questa curva come se fosse stato un tratto rettilineo, ed è

$$t' = \frac{c}{V} = \frac{m \pm \frac{H}{L} + pV^2}{n} c:$$

quindi il ritardo cagionato dalla curva di raggio R e di lunghezza c sarà espresso da

$$t - t' = \frac{m \pm \frac{H}{L} + pV^2 + \frac{k}{R}}{n} c - \frac{m \pm \frac{H}{L} + pV^2}{n} c = \frac{1}{n} \cdot \frac{k}{R} c.$$

Se oltre di questa vi fosse un'altra curva di raggio R' e di lunghezza c' , il ritardo che essa cagionerebbe nella corsa sarebbe espresso da $\frac{1}{n} \frac{k'}{R'} c'$: ed in generale per quante curve si vogliano, si avrà il ritardo totale coll'espressione $\frac{1}{n} S \frac{k}{R} c$, indicando con S la somma di altrettanti termini identici a questo per quante sono le curve. Per conseguenza il tempo della corsa, tenendosi conto del ritardo cagionato dalle curve, sarà

$$T = \frac{L}{V} + \frac{1}{n} S \frac{k}{R} c \dots \dots \dots (7)$$

La velocità V si calcherà colla formola (3) del n.º 31 allorchè le pendenze della strada non oltrepassano 0^m,0036 per metro; e colla formola (5) del n.º 32 allorchè vi sono dei tratti molto inclinati.

Si può supporre per ora, attendendo novelle sperienze, che $k = 1,5$; ovvero che per una curva di 500 metri di raggio, la resistenza è di 0,005 del peso del convoglio.

34. Per dare un'esempio di calcolo numerico che comprenda tutte le circostanze sopra esaminate, noi faremo l'applicazione delle formole alla strada da Liverpool a Manchester, di cui si è dato anche il profilo longitudinale (fig. 97).

In questa strada vi sono n.º 12 curve, le quali hanno tutte 2263 metri di raggio, più un'altra curva all'entrata della città di Manchester, il cui raggio è 262 metri.

Queste dodici curve formano in uno 4130 metri di sviluppo, e quella all'entrata della città di Manchester ha 125 metri di sviluppo: quindi si avrà

$$\frac{1}{n} S \frac{k}{R} c = \frac{4130 \times 1,5}{2263 \times 0,10121075} + \frac{125 \times 1,5}{262 \times 0,10121075} = 34,1185.$$

Il profilo della detta strada fa conoscere che la città di Liverpool è superiore di livello alla città di Manchester per 13^m,494; e da esso si ricava

$$L = 47442^m,605; \quad H = 13,494.$$

Dippiù nell'andare da Liverpool a Manchester trovasi la discesa di Sutton di lunghezza $l = 2236^m,948$ e di altezza $h = 25^m,132$, e quindi sarà $h = l(\eta - 0,0036) = 17,079$, e

$$-\frac{H}{L} + \frac{h}{L} = 0,000075565.$$

Sostituiti questi valori nell'equazione (5) e calcolando nel modo indicato al n.º 19, si trova

$$V = 11^m,0816;$$

ed infine dall'equazione (7) si ha il tempo totale della corsa da Liverpool a Manchester

$$T = 4315'',324 = 1^m 11'55'',324.$$

Nel ritorno da Manchester a Liverpool il punto di partenza è meno elevato del punto d'arrivo, e vi è la discesa di Whiston di lunghezza

$l = 2365^m, 693$, e di altezza $h = 24^m, 643$: per conseguenza si avrà

$$h = 16,1265; + \frac{H}{L} + \frac{h}{L} = 0,0006243;$$

calcolando V con questi dati, si trova

$$V = 10^m, 54$$

e quindi si avrà il tempo della corsa da Manchester a Liverpool

$$T = 4532'', 847 = 1^m 15' 32'', 847.$$

35. Si calcolerà della stessa maniera la durata della corsa fra due punti qualunque dati della strada.

Per esempio se si domanda la durata della corsa da Liverpool fino al mezzo del piano di Rainhill, e dal mezzo del piano di Rainhill fino a Manchester, si faranno i calcoli seguenti.

Da Liverpool fino al mezzo del piano di Rainhill, vi sono $13140^m, 056$ di strada; il punto di partenza è $16^m, 948$ meno elevato del punto d'arrivo, e non vi sono discese più grandi di $0,0036$. Vi sono cinque curve di lunghezza totale $c = 685$ metri, e di 2263 metri di raggio: quindi

$$\frac{1}{n} S \frac{k}{R} c = \frac{685 \times 1,5}{2263 \times 0,10121075} = 4,4861:$$

si ha dippiù

$$L = 13140,056, \quad H = 16,948,$$

e

$$+ \frac{H}{L} = 0,0012898.$$

Sostituiti questi valori nell'equazione (5) si ricava

$$V = 9^m, 949;$$

e quindi per l'equazione (7) si ha

$$T = 1325'' 227 = 22' 5'', 227.$$

Dal mezzo del piano di Rainhill fino a Manchester si debbono percorrere 34302^m,549 ed il punto di partenza è 30^m,442 più elevato del punto d'arrivo.

Dippiù vi è la discesa di Sutton, per la quale si ha (n.º 34) $h = 17^m,079$ quindi

$$-\frac{H}{L} + \frac{h}{L} = -0,00038956.$$

In questo tratto vi sono n.º 7 curve di 3445 metri di lunghezza, e di 2263 metri di raggio; più un'altra curva di 125 metri di lunghezza, e di 262 metri di raggio: si ha perciò

$$\frac{1}{n} S \frac{h}{R} c = \frac{3445 \times 1,5}{2263 \times 0,10121075} + \frac{125 \times 1,5}{262 \times 0,10121075} = 29,6324.$$

Sostituiti questi valori nell'equazioni (5) e (7) si trova

$$V = 11^m,5868, \text{ e } T = 2990'',097 = 49' 50'',097.$$

Si deve però avvertire che le macchine nel mettersi in movimento perdono a gradi a gradi la velocità che loro compete, come pure nei punti di fermata gradatamente perdono la velocità acquistata; per conseguenza ne deriva da ciò una leggiera perdita di tempo, che è d'uopo aggiungere ai risultati sopra trovati.



NOTIZIE

SULLA STRADA DI FERRO

DA NAPOLI A NOCERA E CASTELLAMMARE (*).

36. L'introduzione delle strade di ferro deve stabilire un'epoca molto rimarcabile per quei paesi che tendono alla civiltà, e per coloro ai quali sta a cuore l'interesse e la prosperità propria non solo, ma anche quella dei suoi simili, donde ne risulta per conseguenza la prosperità generale dello stato. Un mezzo che abbrevia le distanze in modo prodigioso, che stabilisce delle relazioni facili e spedite fra luoghi molto discosti, un sistema sicuro ed economico pel trasporto delle mercanzie e dei viaggiatori da un'estremità all'altra della medesima contrada, è certo un'importante beneficio per uno stato industriale e commerciante. Le strade di ferro sono un mezzo di comunicazione interna superiore agli altri esistenti, cioè alle strade ordinarie ed ai canali navigabili, perchè oltre alla modicità del prezzo, aggiungono la grande celerità e la commodità, non provandosi effettivamente su di esse alcuna fatica: dippiù le medesime assicurano una comunicazione costante e non interrotta, la quale non può ottenersi coi canali, i quali o per le grandi siccità in tempo di està, o per i geli dell'inverno riescono impraticabili.

Non si creda pertanto che l'invenzione delle strade a rotaje sia recente; essa conta quasi due secoli, e la più antica strada di questo genere è quella costruita verso la metà del decimo settimo secolo, destinata per gli scavi di

(*) Tutt' i particolari della strada di ferro da Napoli a Nocera e Castellammare, si sono da noi conosciuti mercè la gentilezza del Cav. signor *Armando BAYARD DE LA VINGTRIE* ingegnere direttore della stessa, il quale ci ha accordato il permesso di circolare sulla strada non solo, ma anche di prendere di tutto gli esatti disegni, che qui appresso facciamo conoscere.

carbone di Newcastle-sur-Tyne. Da principio, com'è naturale, esse presentarono grandi imperfezioni: le rotaje erano di legno facili a consumarsi, la loro traccia poco studiata, ed il solo motore allora conosciuto era il cavallo; quindi non si generalizzò il loro uso se non ad alcune miniere di carbon fossile principalmente nel Northumberland, e nella contea di Durham, ove ad onta delle forti spese di costruzione e di manutenzione che esigevano, pure i proprietari erano bentosto rinfrancati dalla economia dei trasporti. Ad evitare il consumo pronto che nasceva dall'attrito delle ruote sul legno, si pensò pria di coprirlo con lamine di ferro, poscia d'impiegare il ferro fuso: fu questo un gran passo che si fece pel progredimento di tali strade.

37. Per la prima volta le rotaje di ferro fuso furono impiegate nel 1776. nella miniera di carbone del Duca di Norfolk presso Sheffield, e consistevano in spranghe di ferro piatte poggiate sul suolo, con un risalto sporgente verso il di fuori di 0^m,050 a 0^m,075, destinato a mantenere la ruota sulla linea della strada: l'angolo che tali rotaje formavano non tardava ad essere ben presto riempito di polvere e di fango; quindi si pensò di modificarle facendole sporgenti al di sopra del suolo, dando alle ruote dei carri un risalto all'indentro, e la prima applicazione che se ne fece fu nel 1789 nella strada di ferro di Loughborough, e questa modifica assicurò alle strade di ferro la superiorità sulle strade ordinarie che in loro si riconosce.

Alle spranghe di ferro fuso nel 1805 furono sostituite quelle di ferro malleabile nelle miniere di carbone di Wallbottle presso Newcastle-sur-Tyne; la loro sezione trasversale era un rettangolo: in fine non pria del 1820 si giunse a recare un notevole perfezionamento alle spranghe delle rotaje, dandole quella forma che presso a poco oggi si usa.

38. Da quest'epoca in poi le strade di ferro si sono rapidamente moltiplicate: esse da principio per lo più non erano che intraprese particolari destinate al trasporto del carbone fossile ai luoghi d'imbarco. La prima strada di ferro pubblica stabilita non solo pel trasporto dei carboni, ma anche pel movimento di ogni specie di mercanzie e di viaggiatori fu quella da Stockton a Darlington di circa 25 miglia inglesi; essa è ad una sola via, e ad ogni quarto di miglio vi sono praticate delle doppie vie per l'incontro delle vetture.

Gli azionisti di quest'intrapresa ebbero a sostenere una vigorosa resistenza ed opposizione da parte dei proprietari delle miniere non solo, ma anche da parte di coloro le di cui proprietà erano attraversate; e finalmente dopo molti ostacoli superati, ottennero nel 1823 dal parlamento l'atto necessario, ed

il dì 27 Settembre 1825 fu il giorno dell'apertura di questa strada di ferro.

39. Contemporaneamente un'altro progetto eravi in campo il quale doveva in un modo definitivo fissare le sorti delle strade di ferro, e far conoscere degl'interessanti risultati, mercè la riunione delle due città di Liverpool e Manchester: nel dì 20 Dicembre 1824 la delegazione della compagnia pubblicò il suo prospetto che fu il primo annunzio pubblico dei progetti e della natura dell'intrapresa. L'opposizione che trovarono i promotori di questa grande opera fu immensa; gl'interessi della compagnia della navigazione della Mersey e dell'Irwell (comunemente nominata la *Vieux-Quai*), e dei commessari del canale del Duca di Bridgewater ne erano offesi; l'ignoranza ed il pregiudizio pubblico specialmente per riguardo alle macchine locomotive riluttava. La prima petizione per ottenere l'atto del parlamento fatta al principio di febbrajo 1825 dopo una fiera opposizione fu ributtata: si fece una seconda dimanda modificando la prima linea progettata, che dopo un'aspra contesa di circa 16 mesi nella camera dei comuni e dei lordi, venne finalmente approvata, e con data dei 26 Maggio 1826 si ottenne finalmente dalla legislatura l'atto necessario, il quale dicesi che sia costato ai contendenti circa 400 000 ducati. Il dì 16 Settembre 1830 fu il giorno memorabile dell'apertura di questa strada lunga non più che 30 miglia inglesi, la quale è costata agl'intraprenditori l'enorme spesa di ducati 4 900 000 circa.

Il primo risultato ottenuto è stato un'aumento notabile nel traffico fra le due città: il numero medio dei viaggiatori che ordinariamente percorreva la via fra Liverpool e Manchester era di 450 al giorno; questo numero nei primi anni dello stabilimento della strada si aumentò a 1200 al giorno ed inseguito è andato sempre crescendo.

Nel tempo in cui la compagnia pubblicò il suo primo prospetto, annunziò che un fondo di 2 400 000 ducati sarebbe stato sufficiente per tutte le spese; ma poi le spese definitive eccedettero questa somma di più della metà, ed ammontarono a circa 4 900 000 ducati. Ognuno avrebbe potuto credere che dopo avere più che raddoppiato in spese la sua estimazione primitiva, la compagnia non avrebbe avuto i benefizi che si attendeva: ma non è stato così, chè dai conti resi alla fine del 1830 gli azionisti i quali hanno più che raddoppiato i loro capitali, hanno ricevuto nel medesimo tempo l'8 per 100 d'interesse. Nel 1831 la dividenda dell'anno intero è stata nella ragione di 9,38 per 100; quella del 1832 di 8,64

per 100 ; quella del 1833 di 9,14 per 100 ; malgrado i fondi di riserva che forma la compagnia ; e da questo tempo in poi i prodotti non hanno cessato di crescere. L' aumento è stato tale che dal 1832 al 1839 le entrate si sono presso che raddoppiate. Ecco del resto lo specchio di questo progresso: le entrate per i soli viaggiatori sono state

nel 1831 di duc...	606 689	nel 1835 di duc...	716 109
1832.....	499 030	1836.....	796 834
1833.....	592 944	1837.....	796 388
1834.....	660 932	1838.....	847 976.

Ne' primi sei mesi del 1839 vi ebbe ancora un' aumento del 10 per 100 sulle entrate corrispondenti dell' anno anteriore.

Questi risultati debbono tanto più sorprendere , perchè la compagnia ha sofferto delle grandi spese straordinarie inevitabili nel cominciamento di un' impresa , che prima nel suo genere ha a caro prezzo pagata la sua esperienza , mentre che le altre strade posteriori non fanno che profittarne.

40. Questi fatti così rimarcabili dovevano senza dubbio richiamare l' attenzione degli economisti , e lo fecero effettivamente , che da quest' epoca in poi gran numero di progetti di strade ferrate sono comparsi in ogni angolo dell' Europa , dei quali sono stati eseguiti la maggior parte per cura ed a spese di società particolari. Ecco quì appresso l' elenco delle principali strade di ferro costruite in Europa nello spazio di pochi anni , o che sono ancora in costruzione , tralasciando di accennare quello di minore importanza che in grandissimo numero si trovano principalmente in Inghilterra ; come anche non facendo menzione alcuna degl' innumerevoli progetti presentati per l' approvazione ai rispettivi governi , dei quali solo in Inghilterra da quattro anni in qua se ne contano più di cento di già autorizzati con altrettanti atti del parlamento , e che tutti saranno probabilmente eseguiti nel decorso di pochi altri anni.

Desse sono in Inghilterra le strade di Wigan, Newton, e Warrington; di Bolton, Leigh, e Kenyon; di Bolton, Bury, e Manchester; di Scamah; di Hetton; molte strade ai contorni di Glasgow; da Clarence a Durham; da Leeds a Selby; da Dundee a Newtyle; da Leicester a Swannington; da Cromford a Peakforest; da Canterbury a Whistable; da Newcastle a Carlisle; da Preston a Wyre; da Londra a Birmingham; da Birmingham a Newton (sopra una delle diramazioni della strada di Liverpool); da Londra a

Southampton ; da Londra a Greenwich ; da Londra a Bristol ; da Bristol ad Exter ; da Londra a Croydon ; da Croydon a Brentford ; da Londra a Brighton ; da Wigan a Preston ; da Manchester ad Oldham ; da Plymouth a Tavistock ; da Edimburgo a Glasgow ; da Edimburgo a Dalkeith ; da Dublino a Kingstown in Irlanda. Nel Belgio da Malines a Bruxelles ; da Malines ad Anversa ; da Malines a Termonde ; da Malines a Louvain ; da Louvain a Tirlemont ; da Tirlemont a Waremmes ; da Termonde a Gand ; da Waremmes ad Ans ; da Gand a Bruges ; da Bruxelles a Tubise ; da Ans a la Meuse ; da Liege a Verviers ; da Bruges ad Ostende ; e da Verviers alla frontiera di Prussia. In Prussia da Berlino a Potsdam ; da Minden sul Weser a Cologne sul Reno. In Alemagna ed in Austria da Budweis a Mantzhausen e Lintz ; da Lipsia a Dresda in Sassonia ; da Vienna a Wagram ; da Wagram a Brun ; da Lemberg a Vienna e Saltzbourg. In Olanda da Amsterdam ad Haarlem. In Francia da Parigi a S. Germain ; due strade da Parigi a Versailles , una sulla riva sinistra della Senna , e l'altra sulla riva dritta ; da Parigi ad Orleans ; da Bordeaux a la Teste ; e da Beaupre ad Alais. In Russia da Pietroburgo a Zarskoe-zèlo e Powlowsk ; e da Pietroburgo a Peterhoff. Tutte queste opere attestano quanto oggi da tutte le parti sieno bene apprezzati i vantaggi della strade di ferro.

41. Queste grandi opere nello spazio di pochissimi anni surte alla luce sembrano miracoli : eppure se si volge l'occhio agli Stati Uniti in America si resterà stupefatti in osservare i lavori di questo genere che colà sono stati eseguiti , ovvero che si stanno compiendo.

Per non entrare in un minuto dettaglio di essi , giacchè non è questo il nostro assunto , vogliamo soltanto accennare che la lunghezza totale delle strade a rotaie di ferro colà eseguite a doppia via sopra massi di pietra è di miglia 211,85

la lunghezza totale delle strade di ferro eseguite a doppia via sopra traverse di legno è di miglia 125,62

la lunghezza totale di quelle eseguite a semplice via sopra traverse di legno è di miglia 431,65

la lunghezza totale di quelle a doppia via in esecuzione è di miglia. 198,27

la lunghezza delle strade in esecuzione a semplice via è di miglia 295,00

Per conseguenza la lunghezza totale delle strade a rotaie di ferro eseguite negli Stati Uniti è di miglia 767,12

la lunghezza totale di quelle in esecuzione è di miglia.. 493,29

Ciò che realizzerà in pochissimo tempo 1260 miglia di strade a rotaie di ferro.

42. Non solamente le strade di ferro valgono ad economizzare il travaglio ed a ridurre il prezzo degli oggetti che vengono da lontano, a dare più gran valore a quelli del paese, a moltiplicare i cambi, e ad accelerare la produzione in tutti i rami dell'industria, ma esse sono una sorgente proficua di prosperità anche per riguardo al lavoro che somministrano alla classe laboriosa della società, e pel numero delle braccia che si occupano. Che se consideriamo la cosa in una scala meno ristretta, se immaginiamo cento strade di ferro traversanti diverse contrade di un paese in tutte le direzioni ed assorbenti enormi capitali, quale meraviglioso mezzo di occupazione per la classe degli operai! quale facilità per i capitalisti di trovare l'impiego dei loro fondi!

43. A tali importanti progressi della scienza della meccanica, e delle applicazioni di questa alle arti, l'Italia nostra non se ne stava fredda spettatrice, ed i cultori delle scienze applicate non si rimanevano d'ispirare queste interessanti verità di fatto nelle menti dei ricchi capitalisti: ma questi timidi per ignoranza e tenaci dei loro pregiudizî, non acconsentivano a rischiare i loro capitali per delle imprese di cui non conoscevano appieno il valore. Era riserbato allo spirito intraprendente dell'ingegnere francese *Sig. Armando BAYARD DE LA VINGTRIE* di dare all'Italia la prima strada di ferro. Questo valente ingegnere, conosciuto ancora per altre opere, fissò dunque i suoi sguardi sulla florida e popolosa città di Napoli, e concepì l'idea di stabilire una strada di ferro che da questa città si dirigesse verso le tre provincie della Puglia, le tre della Calabria, e quelle di Basilicata di Salerno e di Avellino; progettò quindi di riunire le due città di Napoli e di Nocera discoste fra loro circa venti miglia, passando per Portici, Resina, Torre del Greco, Torre dell'Annunciata, Scafati, e Pagani, e di unire la città di Castellammare con una diramazione di circa tre miglia alla linea principale, ravvicinando in tal guisa una popolazione di 700000 abitanti che in sì corto spazio si conta. Ricchi negozianti Francesi Svizzeri Alemanni Italiani etc. concorsero a versare i loro capitali per l'esecuzione del divisato progetto, il quale venne poscia presentato all'esame e retto giudizio di S. E. il Ministro Segretario di Stato degli Affari Interni CAV. D. NICOLA SANTANGELO, che nei suoi alti lumi conoscendo di quanta importanza esso fosse per la prosperità del paese, e quali sviluppi promettesse dare in avvenire, non solo lo

accolse favorevolmente, ma se ne fece il sostenitore impetrandone la Sovrana approvazione la quale fu concessa con Reale Decreto dei 3 febbrajo 1838.

Di questa strada di cui io farò qui appresso conoscere tutti i particolari, se n'è aperto al pubblico il primo tratto di quattro miglia da Napoli al Granatello nel dì 3 Ottobre 1839, quantunque una sola via fosse terminata; e gran numero di persone di ogni classe corre tutti i giorni per solo oggetto di diporto a transitarla. La strada da Napoli a Nocera è la testa di un'opera della più alta importanza, di quella cioè che potrà unire il Mediterraneo all'Adriatico, prolungandosi fino a Manfredonia; e noi ci auguriamo di vedere quanto prima porsi in esecuzione tale grandioso progetto da cui ne risulterebbero immensi vantaggi non solo al commercio, ed all'agricoltura, ma benanche agli azionisti i quali ricaverebbero gran profitto dai loro capitali.

Tale felice intrapresa ricorderà sempre agli abitanti del Regno di Napoli il nome del valente Ingegnere *Sig. Armando BAYARD DE LA VINGTRIE* da cui debbesi riconoscere la prima origine dei grandi benefizi risultanti al nostro paese non solo pel lavoro ed occupazione somministrato a tante centinaia di persone, ma anche per la spinta generale che riceveranno il commercio l'industria e l'agricoltura: è però che il nostro Augusto Monarca FERDINANDO II intento sempre a promuovere e ricompensare quanto di buono ed utile si opera per la prosperità dei suoi popoli, si è benignata non solo di accordare la sua Real protezione alla prima strada di ferro dell'Italia, ma anche di decorare il degno *Sig. Armando BAYARD DE LA VINGTRIE* dell'ordine cavalleresco di FRANCESCO I.

44. *Stazione di Napoli.* La strada da Napoli a Nocera e Castellammare avrà uno sviluppo di 44 000 metri circa: essa comincia in un sito fuori le antiche mura della Città di Napoli fra la porta Nolana e la porta del Carmine, ove è stabilita la prima stazione destinata a ricevere le mercanzie e contenerle finchè non giunge il momento in cui si distribuiscono nella Città: di questa stazione principale si può osservare la pianta nella (*fig. 107 Tav. XXII*): si avverta però che questo è il progetto in parte eseguito, e che probabilmente in seguito subirà qualche leggiera modifica.

Vi sono primieramente due edifici a dritta e sinistra dell'ingresso principale, riuniti fra loro da una galleria coperta: l'edificio a dritta serve per i viaggiatori che prendono i posti della 1.^a e 2.^a classe, e quello a sinistra per i viaggiatori della 3.^a e 4.^a classe: in essi si comprendono

le officine degl' impiegati della strada, i siti per deporvi le mercanzie, e le sale di trattenimento per i viaggiatori. La galleria coverta è poi formata da cinque ordini di portici, dei quali i due laterali servono pel trattenimento dei viaggiatori delle rispettive classi, ed i tre di mezzo per dove passa la strada hanno per oggetto di far fermare al coverto i convogli nell'atto dell'arrivo e delle partenze. Ivi si veggono quattro vie delle quali le due di mezzo sono le due vie principali della strada bb' , cc' , e le altre laterali dd' ee' sono due vie accessorie di cui ora faremo conoscere l'uso: esse si riuniscono da una parte sopra i due piani giranti α α , e dall'altra alle vie principali bb' cc' . Allorchè il convoglio giunge su di una via principale per esempio bb' , è preceduto dalla macchina locomotiva: esso si ferma sotto la galleria coverta per lasciar partire i passeggeri e scaricare le mercanzie: poscia per ripartire è d'uopo che la macchina locomotiva col suo carro di provvisione si ponga di nuovo alla testa del convoglio; per conseguenza viene trasportata a braccia fino al piano girante α , si fa passare sulla via laterale dd' , viene condotta fino in f ove passa di nuovo sulla via principale, e retrocedendo viene condotta alla testa del convoglio che deve tirare: in questo convoglio come è chiaro quello che era l'ultimo carro nel primo viaggio diventa il primo, ed il primo diventa ultimo.

Dietro a questi due edifizî vi sono due recenti scoperti A, e B, uno per le mercanzie e l'altro per uso dell'amministrazione, i quali hanno le loro separate uscite sulla strada pubblica della città: C e D sono le strade delle carrette dell'amministrazione, e delle mercanzie.

45. Più innanzi vi sono altri due edifizî che contengono i magazzini per le macchine locomotive, le officine per le riparazioni delle diligenze e carri, e l'ufficio della dogana. Quattro piani giranti sono innanzi agl'ingressi dei detti magazzini ed officine, i quali per mezzo delle due vie laterali h ed i sono in comunicazione con le due vie principali bb' , cc' ; in guisa che quelle diligenze e locomotive che hanno bisogno di riparazioni o debbono conservarsi nei magazzini, passano dalla via principale sulla via laterale corrispondente, e poscia girando sul piano mobile, si fanno entrare nel magazzino assegnato.

Sul sistema ora descritto, e con disposizioni differenti, vi saranno lungo la strada quattro stazioni principali in Napoli, Torre Annunciata, Castellammare, e Nocera; e quattro minori in Portici, Torre del Greco, Scalfati, e Pagani.

★

46. *Andamento della strada da Napoli a Portici.* La lunghezza della strada da Napoli fino a Portici è di metri 7401,577. Dalla stazione di Napoli il cammino è in linea retta per una lunghezza di 683 metri, indi forma un' arco di cerchio di lunghezza sviluppata metri 1473,14 e di raggio metri 2270, il quale arco è seguito da un tratto rettilineo di 378,617 metri di lunghezza. Al termine di questo tratto la strada di ferro passa sotto la strada Regia di Portici, e la interseca con un'angolo di $20^{\circ}, 50'$: in questo sito si è costruito un ponte di mattoni a sbieco a due archi, ognuno dei quali serve per una via della strada di ferro: l'apertura di ciascun'arco misurata nel piano di fronte è di metri 11,90, e la lunghezza di metri 50. Questo ponte è molto interessante atteso l'angolo acuto sotto il quale le due strade s'intersecano, ed è la principale opera di arte che finora siasi costruita.

Al di là del ponte vi è una breva curva di metri 118,66 e di 3000 metri di raggio; indi segue un tratto rettilineo di metri 3878,70 di lunghezza. Dopo questo tratto presso alla stazione di Portici vi è una curva di metri 718,16 di sviluppo, e di metri 1601,889 di raggio; e finalmente la porzione di strada finora costruita termina con un tratto rettilineo di 151 metri. In questi due ultimi tratti si sono dovuti fare grandi tagliamenti di terra tasso, di altezza media metri otto.

Riguardo alle pendenze, queste si potranno osservare nel profilo longitudinale della strada (*fig. 108 Tav. XXII*), ove è indicata anche la pianta. A partire da Napoli, vi sono 3981,982 metri di parti orizzontali, 1439,595 metri di discese, e 1980,00 metri di salite: l'inclinazione più grande di $0^{\text{m}}, 0025$ a metro è occorsa nel sito del passaggio al di sotto della strada Regia di Portici, ad oggetto di guadagnare altezza al più possibile sotto il ponte.

I travagli d'arte occorsi nel breve spazio descritto da Napoli a Portici sono i seguenti

Numero di ponti.....	4
<i>Idem</i> di ponticelli.....	6
<i>Idem</i> di ponti per le strade traverse pubbliche o private..	32
<i>Idem</i> di aquedotti.....	25
<i>Idem</i> di case demolite in tutto o in parte.....	15
<i>Idem</i> di case ricostruite in tutto o in parte.....	12
Lunghezza dei muri di sostegno.....	1611 ^m ,00
<i>Idem</i> dei muri di recinto.....	1348 ,00
<i>Idem</i> di ringhiere.....	581 ,00
Diversi pozzi, condotti d'acqua, passaggi a livello, porte, ec.	

47. Dopo avere indicato l'andamento del tratto di strada da Napoli fino a Portici, e le opere di arte occorse, passiamo a far conoscere alcuni particolari della stessa.

La larghezza di ciascuna via misurata fra gli assi delle rotaje è di 1^m,50; e lo spazio fra mezzo alle due vie anche misurato fra asse ed asse è di 1^m,80. Le spranghe poggiano sopra traverse di legno o sopra massi di pietra, secondo che la strada si trova stabilita sopra recenti riempimenti facili a comprimersi, ovvero sopra un suolo duro e consistente che non cede sotto il peso dei carri. Le traverse impiegate sono di legno di quercia di 2^m,50 di lunghezza 0^m,32 di larghezza e 0^m,16 di altezza. I massi di pietra sono di lava del Vesuvio di 0^m,60 di riquadratura per 0^m,30 di altezza: essi pesano circa 281 chilogrammi.

I cuscinetti sono fissati sopra i massi per mezzo di due perni di ferro di 0^m,17 di lunghezza e di 0^m,017 di diametro, terminati con la punta a zeppa, e con una testa al di sopra che serve a ritenere il cuscinetto: si praticano perciò nei massi due buchi cilindrici di 0^m,036 di diametro, e di 0^m,17 di profondità, nei quali si battono delle caviglie di legno, ed in queste caviglie poscia si ficcano i perni di ferro.

Forma delle spranghe, e dei cuscinetti. Le spranghe delle rotaje di ferro battuto, hanno la forma che si osserva nella (*fig. 109 Tav. XXII*), ove sono con precisione indicate tutte le dimensioni: la loro lunghezza è di 5^m,00, ed il loro peso di 25 chilogrammi a metro lineare. Ciascuna spranga ha sei punti d'appoggio cioè quattro intermedi e due all'estremità, di modo che ad ogni metro vi corrisponde un'appoggio: essa è ritenuta da cuscinetti di ferro fuso, fissati sopra le traverse di legname o sopra i massi di pietra nel modo indicato di sopra. I cuscinetti intermedi sono lunghi nel senso delle spranghe 0^m,105; quelli delle giunture sono di 0^m,14: la forma di tali cuscinetti si può vedere nella (*fig. 110 Tav. XXII*) ove si è presentato il disegno di un cuscinetto di giuntura colla spranga in esso fissata, la quale è mantenuta contro la faccia interna del cuscinetto mediante il cuneo *ab* messo verso il di fuori. Questi cunei sono di legno di quercia, di 0^m,24 di lunghezza per i cuscinetti intermedi, e 0^m,33 per quelli delle giunture.

La forma che hanno i cuscinetti più bassi al di dentro che al di fuori, e la posizione dei cunei di legno al di fuori, offrono un vantaggio per la stabilità non solo, ma anche allontanano il pericolo di potere essere toccati dai risalti delle ruote.

Le spranghe sono state messe in opera in modo che la loro superficie superiore è inclinata in dentro verso l'asse della via di $\frac{1}{4}$, la quale disposizione si adatta con la forma delle ruote, le quali sono insensibilmente coniche; questa forma è vantaggiosa, perchè tende a ricondurre i carri nell'asse della via. Dippiù le giunture delle due linee di spranghe sono le une di rincontro alle altre, lo che evita le oscillazioni che avverrebbero se le medesime non si corrispondessero, come accade alla strada di Liverpool: dal che si vede che tutti i perfezionamenti in questi ultimi anni arrecati alle strade di ferro, sono stati avvedutamente introdotti in quella di Napoli.

48. *Cambiamenti di via.* Passiamo ora a far conoscere il sistema seguito sulla strada per i cambiamenti e per gl'incrociamenti di vie. Il cambiamento di via si può operare o col mezzo di piani giranti, o col mezzo di spranghe mobili: il primo sistema idoneo a cambiar direzione sotto un'angolo qualunque, è adattabile alle estremità della strada, e si vede appunto praticato nella stazione di Napoli: la via principale bb' (*fig. 111 Tav. XXIII.*) e la via laterale dd' si riuniscono sul piano girante α che ha 4^m,40 di diametro: mm è un bordo di pietra di lava di 0^m,8 di larghezza. Le macchine che giungono sulla via principale bb' si trasportano sul piano α , si fa girare questo piano, le due spranghe gh , *il* si pongono nella direzione della via dd' come lo indicano le linee punteggiate, e la macchina si fa avanzare su questa via laterale: indi per ritornare sulla via principale vi è bisogno di farsi un'altro cambiamento, che si opera nel modo seguente.

La (*fig. 112 Tav. XXIII.*) indica la disposizione generale di un cambiamento e di un'incrocio di via. Per cambiar via si adopera il seguente meccanismo: le due spranghe mobili ef , gh (*fig. 113 Tav. XIII.*) girano attorno gli assi e , g , e poggiano sopra i due grossi pezzi di legno ki , lm di 4^m,45 di lunghezza, e 0^m,58 di larghezza: a 0^m,70 dalla loro estremità esse sono traversate da un'asta che le tira o le spinge, la quale è connessa ad un'eccentrico mosso secondo il bisogno da una guardia stazionaria.

Allorchè la spranga mobile gh è chiusa, ed è ritenuta contro la spranga fissa ha' , le ruote dei carri che vengono da ab verso $a'b'$ strisciano colla faccia interna dei loro cerchioni contro la spranga mobile gh , e quindi obbligano al risalto delle altre ruote a dritta che percorrono sulla rotaja ab' di allontanarsi a poco a poco, e di seguire la traccia indicata dalla linea punteggiata no , appoggiandosi sempre il risalto delle ruote sulla rotaja ab' , finchè giunte in o e trovando la spranga mobile ef aperta, passano sulla rotaja od , e così

avranno cambiato via. Se si vuole al contrario far seguire ai carri la via dritta $ab\ a'b'$, allora si terrà chiusa la spranga ef ed aperta la spranga gh , e succederà il contrario di quanto abbiamo detto.

Dove avvengono questi cambiamenti di via i cuscinetti hanno delle forme e dimensioni particolari, che sono appropriate alla forma ed alla posizione relativa delle spranghe. Poicchè di queste forme particolari di cuscinetti non se ne fa menzione in alcuna opera, e neppure il nostro autore ne fa parola, essendo dei perfezionamenti recentissimi introdotti nelle strade di ferro, così noi abbiamo voluto presentarne distintamente tutti i disegni. Le *figure 114, 115, 116, 117, 118* delle *Tav. XXIII e XXIV* indicano la pianta e la sezione longitudinale secondo la linea AB dei cuscinetti segnati nella (*fig. 113 Tav. XXIII*) delle lettere A, B, C, D, E.

La sola ispezione della (*fig. 119 Tav. XXIV*) basta a far conoscere la congegnazione semplicissima dell'eccentrico: lo spostamento delle spranghe mobili alla loro estremità è di $0^m,070$.

49. *Incrociamenti di due vie*. Dobbiamo ora far parola degl'incrociamenti delle vie. Si osservi perciò la (*fig. 120 Tav. XXIV*) $ab\ a'b'$, $cd\ c'd'$ sono due vie che s'intersecano: di rincontro al punto ove le due rotaje $bb'\ cc'$ s'incontrano, vi sono delle contro spranghe $ef\ gh$: allorchè il convoglio di carri e diligenze giunge da ab , le ruote sono ritenute dalla contro-spranga ef , e quindi sono obbligate a seguire la via dritta verso $a'b'$: del pari i carri che vengono dalla via cd sono ritenuti dalla contro-spranga gh , e proseguono la loro via verso $c'd'$. Disposizioni identiche a questa vi saranno allorchè s'incontrano fra loro le rotaje bb' e dd' , aa' e dd' , aa' e cc' .

Anche quì i cuscinetti hanno le loro forme particolari secondo l'angolo col quale le due vie s'intersecano: le piante e le sezioni longitudinali secondo AB dei cuscinetti segnati nella (*fig. 120 Tav. XXIV*) dalle lettere F, G, H, L, M, sono indicate nella *Tav. XXV* dalle *figure 121, 122, 123, 124, 125*.

50. *Piano girante*. La (*fig. 126 Tav. XXVI*) mostra la pianta e la sezione di un piano girante: aaa è una piattaforma girante di ferro fuso di $3^m,00$ di diametro sulla quale sono situate le due spranghe $bb'\ bb'$ di ferro da fucina di $4^m,00$ di lunghezza: la medesima poggia sopra dodici girelle di ferro fuso di $0^m,38$ di diametro, le quali girano sopra un collare di ferro fuso ad esse sottoposto, e piantato sopra un sodo di pietra di lava; queste dodici girelle sono inoltre ritenute all'istessa distanza dall'asse di rotazione della piattaforma, mediante altrettanti raggi di ferro da fucina, e due grandi

cerchi orizzontali attaccati a questi raggi, e che le circondano uno al di fuori e l'altro al di dentro. Nel centro vi è un gran pezzo di ferro fuso detto piastra di fondazione, sulla quale gira un'albero di ferro da fucina che è l'asse di rotazione di tutto l'apparecchio: questo è circoscritto da un bordo di pietra di lava di diametro interno $4^m,40$ la cui superficie superiore è all'istesso livello del suolo: cc' e dd' sono le due vie che si riuniscono sul piano girante. Allorchè si fa girare a forza di braccia la piattaforma aaa , le spranghe mobili si metteranno nella direzione delle due rotaje cc' ovvero dd' secondo il bisogno, e quindi la macchina o il carro che viene da una via dopo essersi condotto sulla piattaforma aaa si farà girare insieme con questa e si porrà nella direzione dell'altra via. Affinchè le due spranghe mobili bb' bb' si pongano esattamente nella direzione delle rotaje, e non si muovano nel momento del passaggio della macchina o dei carri con grave rischio dei medesimi, accanto a ciascuna via sull'orlo interno del bordo di pietra vi è un pezzo di ferro e con una incanalatura nel mezzo, dentro la quale si fa entrare la verga f piegata ad uncino a guisa di una zeccola, e fissa all'estremità della spranga mobile bb' .

51. *Carrette pel trasporto della terra* Nei grandi tagliamenti e riempimenti si adoperano carri adattati pel carico e scarico della terra, i quali circolano sulle strade provvisorie che si formano espressamente per questa specie di lavoro: tali strade sono formate da verghe di ferro di sezione rettangolare $0^m,015$ per $0^m,070$, le quali poggiano verticalmente, sopra traverse di legname situate ad un metro di distanza l'una dall'altra, e vi sono mantenute entro intagli opportunamente praticati in tali traverse. I carretti pel carico e scarico della terra sono formati da un telajo AB , $abb'a'$ (*fig. 127 Tav. XXVI*) di $1^m,90$ per $2^m,66$, sul quale sono le due traverse ef , $e'f'$: esso poggia sopra quattro ruote di ferro fuso di $0^m,48$ di diametro oltre il risalto, e di $0^m,12$ di larghezza: EF è la cassa di $1^m,80$ in quadro per $0^m,65$ di altezza, ed è mobile intorno a due cerniere c situate sulle traverse ef , $e'f'$ nel modo che chiaramente si ravvisa nell'elevato laterale: questa cassa EF è posta a $0^m,80$ di altezza al di sopra del suolo per facilitare il carico e lo scarico della terra: tutte le pareti laterali della cassa EF sono fisse, meno che la parete laterale FG la quale è mobile mediante una cerniera, e si dispone a piano inclinato allorchè è aperta, come nella *fig. 127*, essendo mantenuta in questa posizione da due guide di ferro m ; in d vi è un uncino di ferro, il quale fissando la cassa mobile EF sul telajo sottoposto, impedisce che potesse girare intorno alle cerniere c .

Allorchè il carretto deve scaricarsi, si stacca l'uncino in d , si fa girare la cassa sulle cerniere c , e si dispone sul piano inclinato cB : si apre la parete laterale FG , ed i materiali cadranno facilmente. Questa cassa si scarica di lato: si potrebbe con un meccanismo identico farla scaricare dalla parte d'avanti.

52. *Vetture.* Sulla strada vi circolano molte specie di vetture come sono le berline aperte e chiuse, i char-à-bancs, i waggons coperti e scoperti, ed i carri pel trasporto delle mercanzie: nella (*fig. 129 Tav. XXVII.*) si vede il disegno di un char-à-banc. In generale due cose sono da osservarsi nelle vetture, la prima è la forma delle ruote, e l'altra è il di loro modo di attacco. Le ruote (*fig. 128 Tav. XXVI.*) hanno $0^m,90$ di diametro oltre il risalto che è di $0^m,025$; il cerchione è di ferro da fucina ed è formato da due cerchi addossati l'uno sull'altro, e riuniti da forti chiodi: quello esterno è di $0^m,02$ di spessorezza oltre il risalto, e quello interno è di $0^m,015$ di spessorezza. Il mozzo è poi di ferro fuso di diametro $0^m,25$, ed il diametro dell'asse è di $0^m,09$: i raggi sono di ferro da fucina della forma che si osserva nella (*fig. 128 Tav. XXVI.*): essi sono attaccati al cerchione mediante chiodi colle teste ribadite, e penetrano nel mozzo il quale è stato fuso intorno ad essi.

53. *Modo d'attacco delle vetture.* Per impedire le scosse violenti che proverebbero le vetture per la loro azione reciproca tanto nel momento in cui la macchina locomotiva si mette in movimento che quando si ferma, desse sono attaccate fra loro coll'intermezzo di molle fissate alle due estremità del telaio con una disposizione molto ingegnosa. La (*fig. 130 Tav. XXVII.*) ne fa conoscere chiaramente il meccanismo: $abcd$, $a'b'c'd'$ sono due traverse del telaio di legno della vettura, e f sono le due catene d'attacco con la vettura precedente; gh lm sono due aste di ferro di lunghezza $0^m,38$ situate al di sopra delle due molle $nopo'$, ed altre due che si vedono nell'elevato laterale della (*fig. 130*) sono al di sotto: qr st sono due piastre di ferro mobili attaccate solidamente alle dette due molle e che si avvicinano più o meno, secondo che queste vengono più o meno compresse: esse sono traversate dalle aste lm gh e dalle altre due che vi corrispondono al di sotto; $g'h'$ $l'm'$ sono altre due aste di ferro di lunghezza $0^m,77$ le quali diunita ad altre due che vi corrispondono al di sotto delle molle del pari attraversano le dette piastre: in m' ed h' queste aste terminano con due teste che servono a ritenerle contro la piastra $u'v'$ allorchè sono tirate. Dippiù uv , $u'v'$ sono altre due piastre attraversate dalle

otto aste di ferro sopra dette e fisse invariabilmente alle traverse di legno del telaio $abcd$, $a'b'c'd'$: in x vi è un pezzo di legno contro il quale urta la vettura contigua allorchè retrocede. Da ciò chiaro si scorge che quando il convoglio si mette in movimento, le catene di attacco $e f$ sono distese e tirano per conseguenza le aste gh lm , le quali mediante la piastra st comprimono la molla $no'p$; d'altronde l'altra molla nop è ritenuta dalla piastra qr mercè le aste $g'h'$, $l'm'$; quindi le due molle nop , $no'p$ in questo caso saranno compresse l'una contro l'altra. Nel caso poi dell'urto che avviene nel rallentamento del movimento e nelle fermate, il pezzo di legno x sarà urtato, le aste $l'm'$, $g'h'$ retrocederanno, e la piastra st giungerà fino sulla piastra fissa uv , dalla quale sarà ritenuta, e quindi le due molle nop , $no'p$ saranno di nuovo compresse l'una contro l'altra. Una congegnazione identica vi sarà dall'altra parte opposta del telaio, siccome si vede nella pianta della (*fig. 129 Tav. XXVII*).

54. *Istoria delle macchine locomotive.* Nella prima parte di quest'appendice si è da noi presentato l'estratto di una memoria di M. Navier, avente per oggetto di calcolare per mezzo di formole algebriche le velocità che può prendere una macchina locomotiva obbligata a trasportare pesi determinati, ed i servizi che essa potrà rendere in ogni circostanza, desumendo tali formole dalle sole dimensioni della macchina. Ora vogliamo con brevità far conoscere un sunto storico delle macchine locomotive, e poscia dare la descrizione della macchina la BAYARD, impiegata sulla strada di ferro di cui è parola, indicarne i diversi pezzi principali ed il loro ufficio onde farne conoscere il modo di costruzione ed il meccanismo.

Si può dire che fin da quando si adoperò la forza espansiva del vapore come forza motrice in generale, si pensò di applicarla alla locomozione dei carri. Il Sig. Savery ne considerò la possibilità, ed il Dottor Robinson nell'anno 1759 suggerì tale idea a Watt la quale per allora rimase senza applicazioni; per conseguenza il Dottor Robinson viene da molti riguardato come il primo che abbia concepito l'idea di applicare il vapore per muovere le vetture (*). In seguito Watt nel 1784 diede la descrizione di una mac-

(*) M. Minard al principio dell'ottava lezione, pag. 70 attribuisce a Watt nell'anno 1769 la prima idea di applicare il vapore al movimento delle vetture. Questo non sembra esatto, giacchè Watt stesso in una nota aggiunta nell'ultima edizione di un'opera del Dottor Robinson intitolata. *Mechanical philosophy* dice « *My attention was first di-*

china animata dal vapore, e fece conoscere in qual modo questo poteva applicarsi anche al movimento delle vetture; ma tali progetti non ebbero applicazioni.

I primi a costruire una macchina a vapore ad alta pressione senza condensazione, la quale poteva impiegarsi come motore sulle strade di ferro furono i Sig. Trevithick e Vivian, i quali in marzo 1802 ne ottennero un brevetto d'invenzione, e diedero dippiù il disegno di una macchina locomotiva applicabile sulle strade ordinarie (1); ma quest'ultimo progetto venne da essi bentosto abbandonato attese le numerose obiezioni ed i grandi ostacoli che presentava. Nel 1804 M. Trevithick costruì a South-Wales una macchina che fu provata sulla strada di ferro di Merthyr-Tydvil: essa non aveva che un solo cilindro. Siccome allora si credeva che l'aderenza delle ruote sulle rotaje non fosse sufficiente ad operare il trasporto del convoglio, così si praticavano sulle rotaje e sulle ruote delle scabrosità e delle scanalature trasversali; come anche allorchè si richiedeva una forte resistenza si situavano sul contorno delle ruote delle caviglie o degli uncini a guisa di artigli, che facevano presa sul suolo.

55. Ad evitare queste imperfezioni M. Blenkinsop immaginò di stabilire su tutta l'estensione della strada delle spranghe dentate formate da denti semicircolari di 0^m,05 a 0^m,07 di larghezza, i quali ingranavano con le ruote dentate mosse dalla macchina, avendo preso per questo suo ritrovato nel 1811 un brevetto d'invenzione; e molte macchine su questo principio sono state costruite dallo stesso, le quali sono state impiegate al trasporto del carbon fossile sulla strada di ferro da Middleton a Leeds.

Nel 1812 i Sig. William ed Edoardo Chapman ottennero un brevetto per aver proposto di far muovere la macchina mediante una catena di ferro

rected, in the year 1759, to the subject of steam-engines, by the late Dr. Robinson, then a student in the University of Glasgow, and nearly of my own age. He at that time threw out the idea of applying the power of the steam-engine to the moving of wheel-carriages, and to other purposes; but the scheme was soon abandoned on his going abroad » cioè. « La mia attenzione fu prima diretta, nell'anno 1759, al soggetto delle macchine a vapore dal fu Dr. Robinson allora studente nell'Università di Glasgow, e quasi mio coetaneo. Egli allora dava l'idea di applicare il potere delle macchine a vapore alla mozione dei carriaggi a ruote, e ad altri propositi, ma il piano fu presto abbandonato quando andò all'estero ».

(1) *V. Repertory of arts*, 2.^a serie vol. 4 pag. 241.

★

stabilita nel mezzo su tutta l'estensione della strada, sostenuta da forcine poste alla distanza di 7 a 9 metri circa, la quale ingranava con una ruota dentata mossa dalla macchina: la catena era premuta contro la ruota dentata mediante cilindri. Questo apparecchio saggiato nella strada di ferro di Heaton presso Newcastle, fu presto abbandonato a causa del grande attrito prodotto dalla catena, ed anche perchè la macchina usciva spesso dalla via.

Nel 1813 M. Brunton prese un brevetto per far muovere una locomotiva mercè due gambe le quali appoggiavansi nel terreno, ed agivano come quelle di un' uomo che tira retrocedendo.

Contemporaneamente M. Blanckett conobbe per esperienza che l'aderenza delle ruote sulle rotaje era sufficiente per far muovere le macchine su di una strada orizzontale o poco inclinata, e questo fatto importante fu pienamente confermato dall'impiego delle macchine locomotive sulla strada di ferro di Wylam, e da quest'epoca in poi non si sono più cercati punti d'appoggio.

Tutte le macchine che finora abbiamo accennate non avevano che un solo cilindro: il primo a costruire una macchina a due cilindri mercè i quali veniva regolarizzato il movimento ed assicurata la continuità del corso fu M. G. Stephenson nel 1814, ed il saggio fu fatto il dì 25 luglio nella strada di ferro delle miniere di Killingworth. Nel 1815 i Sig. Stephenson e Dodd presero un brevetto per altri miglioramenti introdotti nelle macchine, e da quest'epoca in poi la congegnazione delle macchine locomotive si è andata sempre più perfezionando.

Le prime macchine locomotive avevano soltanto un gran tubo nel quale passava la fiamma che si produceva nel focolajo: questo tubo partiva dal focolajo, giungeva fino all'estremità della caldaja, indi ripiegandosi sopra se medesimo andava ad uscire nel cammino il quale era situato sopra al focolajo.

La prima macchina che avesse una caldaja a tubi fu la *Fusée* costruita da M. R. Stephenson, e saggiata nell'anno 1829 all'apertura della strada da Liverpool a Manchester in concorrenza con altre macchine sulle quali riportò il primato, avendo dato un'effetto ed una velocità di gran lunga superiore alle altre. L'introduzione dei tubi nella caldaja delle macchine locomotive è uno dei più grandi perfezionamenti arrecati nella loro costruzione; mentre le antiche macchine locomotive ad un solo condotto non hanno potuto oltrepassare la velocità di 13 chilometri all'ora, e le mac-

chine a tubi che attualmente si costruiscono possono acquistare finanche la velocità di 100 chilometri all'ora.

56. *Descrizione della macchina.* Dopo avere accennato i successivi perfezionamenti introdotti nella costruzione delle macchine locomotive, diamo la descrizione della locomotiva la BAYARD impiegata sulla strada di ferro descritta, la quale è stata costruita nell'anno 1839 dai Sig. Longridge e C. a Newcastle-upon-Tyne.

Caldaja e focolajo. La (*fig. 135 Tav. XXVIII.*) mostra l'elevato laterale della macchina BAYARD costruita sul principio il più perfezionato: la (*fig. 136 Tav. XXIX.*) è lo spaccato o sezione longitudinale. La macchina presenta a primo aspetto tre compartimenti distinti AA', A'A'' e B: i due primi riuniti insieme formano la caldaja ed il focolajo, il terzo contiene i cilindri. La porzione di mezzo A'A'' è cilindrica di 2^m,50 di lunghezza, e di 1^m,05 di diametro esterno, ed è traversata nell'interno in tutta la sua lunghezza da 76 tubi di 0^m,05 di diametro interno, che servono per condurre la fiamma e per ottenere un grado di calorico assai elevato. Essa si compone di lamine di ferro di 10 millimetri di spessore, ricoverte da un' involto di strisce di legname di 25 millimetri ritenute da quattro cerchi di ottone: questo rivestimento serve per non far disperdere il calorico dalle pareti della caldaja nell'aria, essendo il legno un cattivo conduttore. La parte AA' contiene il focolajo, essa è di forma quasi quadrata, avendo 1^m,20 di larghezza esteriormente, ed 1^m,05 di lunghezza nel senso della caldaja, e del pari che questa è formata da lamine di ferro di 10 millimetri di spessore: solo la parte superiore è semicircolare, come si può vedere nella (*fig. 140 Tav. XXXI.*). Nell'interno di questo compartimento vi è uno spazio *c* (*fig. 136, 140*) di figura presso a poco simile a quella esterna, meno la sua parte superiore che è piana, nel quale si contiene il combustibile: nel fondo vi è una graticola *nn*, la quale sostiene il carbone che brucia nel focolajo, ed è in comunicazione libera coll'aria esterna che, come or ora vedremo è fortemente aspirata, e produce una vivissima combustione. Questa graticola è formata da barre di ferro da fucina, poggiate liberamente colle loro estremità nel fondo del focolajo sopra un telajo di ferro, affinchè in circostanza in cui la macchina sia in pericolo, o perchè perda l'acqua rapidamente, o per qualunque altra causa, si possano col mezzo di un' uncinco riversare facilmente tutte queste barre, e per conseguenza togliere immediatamente il fuoco, lasciandolo cadere sulla strada assieme colle barre che lo man-

tengono : in questo modo appunto si smorza il fuoco tutte le sere, allorchè la macchina ha terminato di agire. In *d* vi è la porta del focolajo, dalla quale si getta il *coke* (zoo-fitantrace da cui si è estratto precedentemente il bitume). Questa porta è ovale di 0^m,37 di lunghezza e di 0^m,33 di altezza, ed è formata da due foglie di lamine di ferro riunite insieme col mezzo di chiodi, e discoste l'una dall'altra per 0^m,04. La lamina interna ha per oggetto di preservare quella esterna dall'azione del fuoco, ed anche per non far trasmettere al di fuori un calore troppo incommodo.

Tutta la restante superficie interna del focolajo, oltre la graticola e la porta, è occupata dall'acqua la quale è in contatto immediato col combustibile, e si trova sottoposta all'azione del calorico raggianti, a differenza di quella che è nel compartimento di mezzo che riceve il calorico dalla fiamma e dall'aria calda che scappa dal focolajo. Lo spazio *ff*, il quale come abbiamo detto è pieno d'acqua, comunica dalla parte superiore e dai lati col compartimento di mezzo *A'A''*, e la parete interna è unita alla parete esterna mediante forti chiodi ribaditi, che chiaramente si distinguono nelle (*figure 136, e 140*).

La fiamma che si produce nel focolajo *c* (*fig. 136, Tav. XXIX*) s'intromette per entro i tubi *gh* del compartimento di mezzo *A'A''*, e va ad uscire nel compartimento del cammino *B*, il quale n'è riscaldato fortemente, ottenendosi con ciò il vantaggio che i cilindri situati nella parte inferiore di questo compartimento si trovano costantemente ad una temperatura molto elevata; che perciò il vapore che vi giunge dalla caldaja non perde una porzione di calorico, e quindi non soffre un'istantaneo abbassamento di temperatura, trovandosi in contatto con un corpo meno riscaldato.

57. *Tubo conduttore del vapore.* Nella parte superiore della caldaja vi è un grande tubo *T'T''* il quale in *T'* si ripiega ad angolo retto ed entra nello spazio *O* a bella posta destinato a riceverlo, affinchè l'ebollizione e le scosse che soffre la macchina non facciano penetrare l'acqua della caldaja nel detto tubo, il quale deve ricevere soltanto il vapore che va ad animare gli stantuffi. In *T''* questo tubo si divide in due a doppia curvatura i quali comunicano con due scatole *il* di cui una soltanto appare nella sezione (*fig. 136 Tav. XXIX*). Onde mostrare su di un medesimo disegno tutto il meccanismo, abbiamo rappresentato nella detta figura anche la sezione della cassetta e del cilindro sottoposto al cammino,

quantunque essi stieno situati di lato, e non avrebbero dovuti essere compresi nello spaccato longitudinale della macchina eseguito nel suo mezzo.

58. *Regolatore.* In T' vi è un diaframma o regolatore che dev' essere per necessità attraversato dal vapore che entra nel tubo TT', e va ad animare gli stantuffi. Questo diaframma è formato da un cerchio di ottone di 0^m,25 di diametro, e diviso in quattro settori eguali (*fig. 146 Tav. XXXI*) B, B, C, C, dei quali i due primi sono vuoti, e gli altri due sono pieni. Al di sopra di questo diaframma che è fisso, è applicato un'altro cerchio dell'istesso diametro, avente come il precedente due settori vuoti quasi eguali ad un quarto di cerchio, il quale è mobile e può girare sul primo, essendo in contatto con esso esattamente: questo settore mobile ha una lunga asta di ferro, la quale si prolunga fino dietro al focolajo, e tiene ivi un manico S che è girato a volontà del macchinista. Allorchè mediante questo manico S il doppio settore mobile si fa girare in maniera che le sue due aperture si adattino sulle parti piene C, C del diaframma fisso, allora è chiaro che le due aperture B, B saranno chiuse dalle parti piene del settore mobile, e quindi l'intero diaframma sarà chiuso. Quando al contrario il manico S si fa girare in senso opposto, allora le parti vuote del cerchio mobile scopriranno una porzione più o meno grande delle aperture B, B, ed il vapore passerà per queste aperture in una quantità proporzionale alla loro ampiezza.

59. *Valvole a cassetta.* Allorchè il vapore è prodotto nella caldaja in grande abbondanza ed ha acquistato una sufficiente tensione, penetra nel tubo per l'apertura T, (*fig. 136 Tav. XXIX.*) cammina nel senso indicato dalle frecce nel tubo T'T'', ed entra nella scatola *il*. In questa scatola vi è una piccola cassetta mobile la quale fa da valvola, ed apre alternativamente i due condotti *m* ed *n*, permettendo al vapore di entrare nel cilindro ora pel primo ed ora per l'altro condotto, e quindi di spingere lo stantuffo ora sulla sua faccia anteriore ed ora sulla faccia posteriore. Nella posizione indicata dalla (*fig. 136 Tav. XXIX*) il condotto *n* è aperto ed il vapore entrando per esso spinge colla sua forza elastica la faccia posteriore dello stantuffo e lo forza ad avanzare nel senso indicato dalla freccia. Intanto il vapore che si trovava nell'altro compartimento del cilindro dopo avere terminato il suo effetto esce pel condotto *m*, si trova in libera comunicazione col foro *o*, e mediante il tubo di uscita *pq* comunica nell'atmosfera nell'interno del cammino C. Del pari quando la cassetta da questa posizione passa nell'altra opposta, allora il condotto *m* sarà aperto, ed il vapore spingerà la faccia anteriore dello stantuffo, e l'obbligherà ad avanzare nel senso opposto a quello indicato dalla freccia. Il vapore intanto

che era entrato pel condotto n uscirà pel foro o il quale comunica col tubo d'uscita pq nell'interno del cammino C . E qui deve osservarsi che il vapore che esce dal cilindro conserva ancora un certo grado di elasticità maggiore della pressione atmosferica; quindi uscendo pel tubo pq nell'interno del cammino, urta la colonna d'aria che è in esso, e lascia un vuoto dietro di se, il quale è bentosto riempito da una corrente d'aria che si precipita a traverso del focolajo, e rende la combustione attivissima, a segno che in ognuna di queste aspirazioni, si vede il combustibile divenir bianco d'incandescenza. La forza della corrente di aria è tanto grande che la cenere e le particelle di *coke* sono trascinate nei tubi, e rigettate lungi dall'alto del cammino. Per impedire alle particelle di *coke* di essere lanciate fuori, si mette nella sommità del cammino una rete metallica; ma questo mezzo non produce alcun'utile risultamento.

60. *Movimento di rotazione dell'asse.* Dal movimento alternativo dello stantuffo in avanti ed in dietro, ne nasce il movimento dell'asta F dello stantuffo la quale scorre fra due guide laterali destinate ad assicurare il suo movimento rettilineo orizzontale. Questo movimento rettilineo di va e vieni dell'asta dello stantuffo produce il movimento di rotazione dell'asse delle grandi ruote di mezzo. Per effettuarsi questa trasformazione di movimento alternativo rettilineo in movimento circolare, l'asse non è dritto, ma si ripiega ad angolo retto, facendo un gomito che nella (*fig. 136 Tav. XXIX*) si vede chiaramente rappresentato in yz . L'estremità dell'asta F è unita a questo gomito dell'asse per mezzo della *biella* G , la quale essendo tirata in avanti ed in dietro dall'asta F , trascina nel suo movimento anche il gomito yz , e quindi produce nell'asse y un movimento di rotazione il quale si comunica alle due ruote di mezzo che sono invariabilmente unite coll'asse.

Da questa disposizione chiaro si scorge che quando lo stantuffo è giunto al termine della sua corsa, il gomito dell'asse yz si mette in direzione della *biella* G e dell'asta F , e quindi questa non ha più tendenza a spingerlo, giacchè essendosi annullato il braccio di leva, lo sforzo resta distrutto sull'asse: lo stesso succede nell'altro punto opposto quando il gomito yz si trova sulla dritta dell'asse y nella direzione del movimento di va e vieni dello stantuffo.

Da ciò nasce la necessità di fare due gomiti sull'asse yz, yx , i quali si corrispondano ad angolo retto, di maniera che quando uno si trova nella direzione del movimento, e quindi cessa di agire, l'altro si trova nel suo

pieno effetto, e per conseguenza la forza della macchina non varia mai: quindi si scorge che sono necessari due cilindri i quali si trovano entrambi situati nella parte inferiore del compartimento del cammino B. Prodotto in tal guisa il movimento di rotazione dell'asse e per conseguenza delle due grandi ruote che formano con esso un pezzo solo, l'aderenza di queste sulle rotaje farà avanzare la macchina. Nella locomotiva di cui è parola, ciascun gomito dell'asse delle grandi ruote è di $0^m,225$, di modo che l'intera corsa dello stantuffo è $0^m,45$: le due grandi ruote che sono condotte dagli stantuffi hanno $1^m,68$ di diametro.

61. *Eccentrici.* Abbiamo detto quì sopra che la valvola a cassetta *r* apriva e chiudeva alternativamente i due condotti *m*, *n*, lasciando penetrare il vapore ora avanti ed ora dietro allo stantuffo: questo movimento rettilineo alternativo viene prodotto dal moto di rotazione dell'asse. Infatti intorno a questo vi sono due eccentrici *E*, *E'* (*fig. 138 Tav. XXX*) i quali girano coll'asse, e sono fissi su di esso: la costruzione di uno di questi eccentrici si vede nella (*fig. 143 Tav. XXXI*); esso è formato da due pezzi di ferro fuso *BB*, *CC* fermi sull'asse, con una gola nella loro circonferenza. *A* è il centro dell'asse, ed *A'* il centro dell'eccentrico: un cerchio di ottone *HHH* è situato nella gola della circonferenza or detta inviluppando l'eccentrico senza stringerlo molto forte ed intorno al quale può girare con dolce attrito: questo cerchio si compone di due pezzi affinchè si possa posare nella gola e le estremità sono riunite per mezzo delle orecchie *I*. *KKK* è l'asta dell'eccentrico la quale, come si osserva nella figura, termina in forma semicircolare, ed è fissata colle due estremità alle orecchie *II* del cerchio di ottone, e segue per conseguenza tutti i suoi movimenti. È chiaro che quando l'asse gira, trascinerà nel suo movimento anche l'eccentrico che è fisso su di esso, e quindi il punto *A'* descriverà un cerchio di raggio *AA'* attorno il centro *A* dell'asse, e passerà conseguentemente ora a dritta ed ora a sinistra di questo: l'anello di ottone *HHH* che non può seguire questo movimento di rotazione, perchè è ritenuto dell'asta *KKK* gira sulla gola dell'eccentrico, e comunicherà all'asta *KKK* un movimento alternativo di va e vieni eguale al doppio di *AA'*. Così se si fa fare all'asse *A* un quarto di rotazione nel senso indicato dalla freccia, il punto *A'* si porterà sulla dritta di *A*, e l'asta *KKK* avanzerà di una lunghezza uguale ad *AA'*: dopo altra mezza rotazione il punto *A'* passerà sulla sinistra del punto *A*, e l'asta *KKK* retrocederà di una lunghezza eguale al doppio di *AA'*. L'azione dell'eccentrico è precisamente quella di una manovella di raggio *AA'*.

62. *Meccanismo delle valvole a cassetta.* Intanto siccome per la disposizione della macchina l'eccentrico si trova più basso dell'asta che muove la valvola a cassetta, così non può comunicare a questa direttamente il suo movimento alternativo, ma vi è bisogno dell'intermezzo di una leva. Si faccia perciò attenzione alle (*fig. 137, 138 Tav. XXX*) di cui la prima esprime l'elevato e l'altra la pianta di questo meccanismo, AA è la proiezione orizzontale dell'asse; G, G' sono i due gomiti uno a sinistra e l'altro al di sotto; E, E' i due eccentrici che servono al movimento delle cassette r ; E corrisponde al cilindro di dritta, ed E' a quello di sinistra: *eg, e'g'* sono le aste degli eccentrici, le quali alla loro estremità si dividono verticalmente in due forcine *gh gk, g'h' g'k'* a guisa di due piani inclinati, lasciando nel loro fondo un'intaglio semicircolare, come chiaramente si vede nella (*fig. 137*): νa è una leva la quale gira intorno all'albero fisso O, e la sua estremità superiore a è unita all'estremità dell'asta bc della cassetta e gli comunica tutti i suoi movimenti. Gli eccentrici E, E' sono situati ad angolo retto con i gomiti corrispondenti dell'asse, ed in maniera che sieno preceduti da questi per un quarto di rotazione: così nelle (*fig. 137, 138*) essendo il movimento nel senso indicato dalla freccia, il gomito AG si trova tutto al di sotto dell'asse mentre che l'eccentrico corrispondente E si trova sulla dritta: l'altro gomito AG' si trova a sinistra dell'asse e l'eccentrico E' deve trovarsi al di sotto del medesimo. Allorchè l'asta *eg* dell'eccentrico E è obbligata, (con un mezzo semplice che ora spiegheremo) di ricevere nell'intaglio semicircolare situato nel fondo delle due forcine *gh, gk* l'estremità inferiore della leva Or, allora mediante il suo movimento alternativo di va e vieni farà girare l'albero O su due appoggi, e l'estremità a della leva Oa tirerà e spingerà alternativamente l'asta bc della cassetta r , la quale è unita a cerniera in a . Nella posizione indicata dalla (*fig. 137*), il gomito AG è al di sotto dell'asse, l'eccentrico E è sulla dritta, l'estremità inferiore della leva O ν è spinta avanti, l'altra estremità superiore a insieme coll'asta abc è tirata indietro, e la cassetta, che per meglio distinguersi è segnata con tratti incrociati, è giunta al termine della sua corsa: in conseguenza il condotto n è aperto ed il vapore entrandovi, agirà sulla faccia posteriore dello stantuffo, e lo farà avanzare nel senso indicato dalla freccia; mentre ch'è l'altro vapore che aveva agito sulla faccia anteriore dello stantuffo, e che si trova nell'altro compartimento del cilindro se ne uscirà pel condotto m , il quale è in comunicazione col foro o , e quindi si disperderà nell'atmosfera. Allorchè il gomito AG si trova nella posizione oppo-

sta, cioè al di sopra dell'asse, allora succederà il contrario, perchè l'estremità ν della leva $O\nu$ sarà tirata indietro, l'altra estremità α assieme coll'asta abc sarà spinta avanti, il condotto n resterà chiuso dalla valvola a cassetta, e farà uscire nell'atmosfera pel foro o il vapore che ha terminato il suo effetto; il condotto m sarà aperto e darà adito al vapore che agirà sulla faccia anteriore dello stantuffo, e gli farà prendere un movimento contrario a quello indicato dalla freccia.

Quanto si è detto per l'eccentrico E succede identicamente per l'altro eccentrico E' il quale farà muovere un'altra simile leva situata sopra un altro albero $O'O'$ (*fig. 138*) posto nell'istessa direzione del primo, e comunicherà il suo movimento all'asta $a'b'c'$ della valvola a cassetta del cilindro a sinistra. Dalla posizione rispettiva dei due gomiti AG e AG' ad angolo retto fra di loro, e degli eccentrici E , E' si vede che quando un gomito dell'asse è nella posizione verticale, la cassetta che gli corrisponde è al termine della sua corsa, mentre che l'altro gomito essendo nella posizione orizzontale, la cassetta si troverà nel mezzo chiudendo per un brevissimo istante ambedue i condotti.

63. *Meccanismo per retrocedere.* I due eccentrici E E' di mezzo produrranno nelle due leve corrispondenti Oa $O'a'$, e quindi nelle cassette tali movimenti che faranno necessariamente girare l'asse A nel senso indicato dalle frecce, vale a dire faranno andare la macchina in avanti. Per farla retrocedere sono necessari altri due eccentrici F F' : essi sono situati in direzioni contrarie a quelle dei primi, cioè sono nella loro posizione estrema di dietro, mentre i primi occupano la medesima posizione in avanti. Le aste fp , $f'p'$, hanno alla loro estremità delle forcine pq ps , $p'q$ $p's'$ del tutto simili a quelle dei due eccentrici di mezzo, le quali corrispondono in due bracci di leva fissi sugli istessi alberi OO , $O'O'$, e che nella (*fig. 137*) hanno l'istessa proiezione verticale $O\nu$. Nella (*fig. 139*) è rappresentata la veduta laterale dei due alberi OO , $O'O'$ supposti abbattuti sul piano della carta con la posizione che hanno i bracci di leva fissi su di essi, e per maggior chiarezza, questi alberi sono stati segnati con le stesse lettere e situati in modo che corrispondono esattamente a quelli indicati in pianta nella (*fig. 138*).

L'albero OO gira entro due appoggi di ottone in d , d , e l'albero $O'O'$ entro due simili appoggi in d' , d' ; $O\nu$, $O'\nu'$ sono i due bracci di leva di sotto mossi dagli eccentrici di mezzo; all'estremità inferiori di queste leve sono situati due bottoni di acciaio ritenuti con viti dall'altra parte: questi bottoni entrano negli spazi semicirculari praticati nel fondo delle forcine in g , e g' . Al di sopra degli alberi OO , $O'O'$ si elevano le leve a a' della medesima lun-

★

ghezza che le leve di sotto, all'estremità delle quali sono attaccate le aste che muovono le cassette. Alle estremità degli alberi OO , $O'O'$ vi sono altre due leve al di sotto Ov'' , $O'v'''$, esattamente simili alle precedenti con bottoni di acciaio alle estremità inferiori i quali entrano negli spazi semicirculari $p p'$ esistenti in fondo alle forcine delle aste degli eccentrici laterali fp , fp' .

Le quattro aste degli eccentrici hanno quattro perni situati al di sotto delle forcine, e sono ritenute in questi punti da quattro aste di sospensione t , t' , t'' , t''' : le due aste di mezzo t , t' per gli eccentrici diretti sono attaccate dalla parte di sopra alla traversa B posta all'estremità della leva orizzontale Su (*fig. 137*, *138*), e le altre due aste t'' , t''' per gli eccentrici inversi sono attaccate alle leve Ru' , $R'u''$ anche orizzontali, e dirette in senso inverso alla leva Su . La leva Su è fissata sull'albero SS il quale gira nei due appoggi di ottone d'' d''' , e le altre due leve Ru' , $R'u''$ sono fisse alle estremità dell'albero $R'R'$. Le estremità S , R , di questi alberi portano delle leve verticali Sx , Rx' (*fig. 137*) le quali sono unite fra loro per mezzo di un'asta $x''x$, e la seconda di queste leve Rx' si prolunga al di sopra del punto x'' , e viene ad attaccarsi in x' all'estremità di una lunga spranga di ferro Vx' , che si prolunga fino dietro al focolajo della macchina ove è ligata ad un'altra spranga di ferro MN mobile attorno un'asse M fisso sul telaio della macchina accosto al focolajo. Questa verga MN è mossa a volontà dal conduttore, e scorre fra due guide di ottone presso la balastrata della macchina. Allorchè la verga MN è spinta in avanti, come lo indica appunto la (*fig. 137*), allora la leva verticale Rx' sarà urtata dall'asta Vx' e farà girare l'albero RR' ; le due leve orizzontali Ru' , $R'u''$ poste all'estremità di quest'albero si abbasseranno, e faranno anche abbassare le due estremità $p p'$ (*fig. 139*) delle aste degli eccentrici laterali, che sono attaccate a dette leve mediante le aste di sospensione t'' t''' . Contemporaneamente l'asta $x''x$ spingerà la leva verticale Sx , la quale farà girare l'albero SS , e quindi la leva orizzontale Su fissa su di esso si solleverà, e trascinerà seco le estremità delle aste degli eccentrici di mezzo mediante le aste di sospensione t e t' . I due bottoni di acciaio posti all'estremità delle leve Ov , $O'v'$, si troveranno così ingranati negli spazi semicirculari esistenti in fondo alle forcine degli eccentrici di mezzo g e g' , e quindi gli alberi OO , $O'O'$ seguiranno il movimento loro comunicato dagli eccentrici E ed E' , e questi faranno giuocare le cassette dei due cilindri spingendo la macchina in avanti. Intanto come si è detto le aste degli eccentrici esterni essendo abbassate, lasciano interamente liberi i bottoni delle due leve Ov'' , $O'v'''$, e queste si muo-

veranno coll' albero in direzioni contrarie a quelle delle aste inferiori degli eccentrici.

64. Quando la spranga MN è nella posizione di dietro, le leve orizzontali Ru' , $R'u''$ sono innalzate, ed esse sollevano le estremità delle aste fp ed $f'p'$ degli eccentrici inversi F ed F'; i bottoni delle leve Ov'' , $O'v'''$ degl' alberi di mezzo OO, O'O' strisceranno sopra uno dei piani inclinati delle forcine finchè non s'introdurranno nello spazio semicircolare al fondo di queste. Gli eccentrici inversi F ed F' si trovano così ingranati ed essi faranno agire le valvole a cassetta, le quali avranno cangiato posizione. Di fatti la cassetta r essendo obbligata ad avanzare di un' intiera corsa chiuderà immediatamente il condotto n (fig. 137) ed aprirà il condotto m ; lo stantuffo che prima era spinto sulla sua faccia posteriore, sarà obbligato a tornare indietro per l'arrivo del vapore sulla faccia opposta, e l'asse A dovrà per conseguenza girare in una direzione contraria a quella che prima aveva. Le aste degl' eccentrici di mezzo eg , $e'g'$ sono abbassate nel medesimo tempo, seguendo il movimento della leva Su , e fanno staccare le loro forcine dai bottoni delle leve Ov , Ov' .

Finalmente allorchè la spranga MN è nella posizione verticale, le cassette cesseranno la loro azione benchè gli eccentrici continuino a muoversi, ed il vapore esercitando la sua azione sulla medesima faccia dello stantuffo farà fermare la macchina.

65. *Trombe alimentari.* La caldaja è mantenuta costantemente piena di acqua mediante due trombe alimentari aspiranti prementi che sono al di sotto della macchina, un poco sottoposte alle aste degli stantuffi ed esattamente parallele a queste: lo stantuffo di queste trombe è un cilindro vuoto al di dentro per maggior leggerezza, il quale si adatta esattamente nel corpo della tromba in modo da non lasciare alcuna uscita, e che alla sua estremità esteriore tiene una corta asta inclinata, la quale si unisce all'asta dello stantuffo del cilindro, e segue per conseguenza il movimento alternativo rettilineo dello stesso. La (fig. 144 Tav. XXXI) mostra la sezione di una di queste trombe: BB è il cilindro che fa da stantuffo nel corpo di tromba AA; allorchè questo retrocede, si forma un vuoto nel corpo della tromba AA: e l'acqua dal tubo di aspirazione HH, il quale comunica direttamente con la conserva situata dietro la macchina, viene aspirata nel corpo di tromba, e vi entra sollevando la valvola Q: quando lo stantuffo B si avvanza, preme l'acqua che è entrata nel corpo di tromba, che non potendo uscire per la valvola Q, la quale sta chiusa perchè premuta da sopra, urta l'altra valvola superiore R da sotto in sopra, l'apre e si precipita nel tubo N che comunica nel-

l'interno della caldaja. Onde assicurarsi che le trombe agiscano regolarmente, nel corpo di ciascuna di esse vi è un robinetto il quale si unisce ad un lungo manico *v* (*fig. 135 Tav. XXVIII*) che si prolunga fino alla portata del conduttore situato dietro alla macchina, e che di tratto in tratto viene aperto.

66. *Robinetti per verificare l'altezza dell'acqua.* È molto interessante assicurarsi bene quando la macchina ha bisogno di nuov'acqua, giacchè la scarsenza di questa potrebbe farla crepolare, e distaccare le saldature. A tal'uopo nella parte posteriore della macchina ove si situa il conduttore vi è un tubo di vetro il quale comunica nell'interno della caldaja, ed indica il livello dell'acqua. Per dare un'altro mezzo onde assicurarsi dell'altezza dell'acqua nella caldaja, vi sono due robinetti di prova *r r* fissati sul lato del focolajo, l'uno di essi un decimetro sopra dell'altro, e quello di sotto due decimetri e mezzo al di sopra del coverchio del focolajo: l'acqua si deve mantenere ad un livello fra i due robinetti; e spesso fino al robinetto superiore: di tratto in tratto essi si aprono, dimodochè se si vede uscire il vapore del robinetto inferiore, si dovrà immediatamente verificare se le due trombe fanno bene il loro ufficio, o anche arrestare il fuoco se bisogna, per impedire al coverchio di restare a secco e di bruciarsi.

67. *Valvole di sicurezza.* La caldaja ha inoltre due valvole di sicurezza M, N (*fig. 136, Tav. XXIX*) le quali sono rinchiuse sotto a recipienti di ottone, per impedire che il conduttore possa sopraccaricarle per ottenere un più grande effetto dalla macchina anche a rischio di danneggiarla. Sopra la valvola M vi poggia una leva di secondo genere di cui un'estremità è fissa sotto lo stesso recipiente di ottone, e l'altra estremità è premuta da una molla spirale, la quale secondo che è più o meno compressa, stabilisce nel punto di mezzo sulla valvola una pressione più o meno grande. Ordinariamente i due bracci di questa leva hanno lo stesso rapporto della superficie della valvola in pollici quadrati inglesi all'unità. La (*fig. 141 Tav. XXXI*) mostra il disegno di questa leva: l'estremità B è traversata da un'asta T la quale è a vite, e mediante la madrevite B che è al di sopra della leva può innalzarsi o abbassarsi, e quindi produrre uno sforzo maggiore o minore sull'estremità della leva. Quest'asta T è fissa al di sopra del tubo cilindrico LP: in questo tubo vi è una molla spirale, la quale è fissa alla base di sotto del cilindro in P e libera dalla parte superiore: dippiù al di sotto del tubo vi è un'altr'asta *lo*, la quale da una parte è fissa in *o* sulla caldaja, ed all'altra estremità tiene una piccola asta *mn* che è fissata al-

l'estremità libera dalla molla spirale e sporge in un'intaglio al di fuori di una piastra di ottone graduata, servendo d'indice. È chiaro che quando si restringe la madre vite B, l'asta T assieme col tubo LP si solleva, e la molla spirale entro il tubo è compressa, abbassandosi l'indice *mn*, il quale segnerà sulla piastra graduata il grado di pressione che si opera sulla valvola M su di un pollice quadrato espresso in libbre inglesi. Questa piastra è stata graduata dietro esperimenti fatti dal costruttore della macchina sul grado di forza necessaria per comprimere la molla spirale di una data lunghezza. Sapendosi in fine che la pressione atmosferica su di un pollice quadrato inglese è di 14^{lib.} 7 se l'indice segna per esempio 43 libbre, si dirà che la tensione effettiva del vapore è di circa 3 atmosfere al di sopra della pressione atmosferica esterna. Se il vapore è ad un grado sconosciuto di tensione nella caldaja si abbassa gradatamente l'asta T finchè la pressione sia diminuita di tanto che il vapore cominci ad aprire la valvola, cioè a dire faccia equilibrio alla pressione della molla: la graduazione che segnerà l'indice sarà la pressione cercata.

In N vi è un'altra valvola di sicurezza la quale è mantenuta di 12 molle di 15 centimetri di lunghezza circa, situate le une sulle altre al di sopra della valvola: *ab a'b'* (*fig. 142 Tav. XXXI*) sono due guide di ferro con una vite all'estremità superiore, che traversano l'asta orizzontale *mn* la quale poggia sulle molle. Allorchè si stringono le due viti *m* ed *n* l'asta *mn* farà comprimere le molle, e queste opereranno una pressione immediatamente al di sopra della valvola N.

68. *Fischio a vapore.* In P (*fig. 135 XXVIII*) vi è un foro circolare, che è chiuso da un coverchio fermato da caviglie di ferro, il quale è proprio ad ammettere un'uomo nella caldaja in circostanza di qualche riparazione. Al di sopra di questo coverchio vi è un fischio a vapore R il quale serve a segnalare l'arrivo o la partenza della macchina. Esso è tutto di ottone, e porta un manico che serve ad aprire o chiudere un robinetto: la (*fig. 145 Tav. XXXI*) ne mostra il disegno: TT è un passaggio anulare molto stretto donde esce il vapore, e va ad urtare con forza contro il labbro molto sottile del campanello LL disposto esattamente al di sopra di quest'apertura a 13 millimetri di altezza, e vi produce un suono molto acuto. Alcuni fori M sono praticati nell'alto del campanello, i quali aumentano l'intensità del suono.

Sul doppio fondo del focolajo vi è un'apertura circolare, la quale si apre quando si vuole nettare questa parte della caldaja, e toglierne le deposizioni dell'acqua che costantemente vi rimangono.

69. *Telajo.* DD (*fig. 135 Tav. XXVIII*) è un grande telajo di legno ri-

coperto di ferro, sul quale è appoggiata tutta la macchina mediante i sostegni di ferro XXX. Questo telaio e quindi tutta la macchina poggia sulle molle *mm*, le quali sono connesse coll'estremità degli assi che scorrono fra le guide di ferro *bb* a misura che le molle piegano più o meno sotto il peso della macchina: queste guide sono rinforzate dai tiranti di ferro *bbb*. Finalmente tanto sugli assi delle ruote, che nelle giunture di qualche importanza l'oglio vi è costantemente mantenuto in un vaso nel quale si fa entrare uno stoppino che lo conduce fin sopra la giuntura.

70. *Carro di provvisione*. Immediatamente dopo la macchina segue il carro di provvisione, che gl'inglesi chiamano *tender*, il quale porta l'acqua ed i carboni che servono ad alimentare la macchina: le *figure* (131, 132 e 133 *Tav. XXVII*) ne danno l'elevato laterale la pianta e la sezione longitudinale. LL è la conserva d'acqua, la quale ha la forma di un ferro di cavallo, ed è formata di lamine di ferro di 3 millimetri di spessore: la sua lunghezza è di 3^m,09, la larghezza è di 2^m,05, e la profondità è di 0^m,74: la sua capacità è di metri cubici 3,30 circa, di modo che può portare 3300 chilogrammi di acqua. Al di sopra della conserva nella sua parte posteriore vi sono due compartimenti di legname destinati a contenere i diversi utensili di cui si ha bisogno pel servizio della macchina. In *m*, *m* vi sono due manubri i quali servono per chiudere due robinetti, ed interrompere la comunicazione dell'acqua colla caldaia. Dippiù in *n* vi è un'altro manubrio il quale serve a stringere il freno *f* contro i due cerchioni delle ruote a sinistra, allorchè si vuole arrestare il convoglio.

71. *Freno*. Il disegno di questo freno si vede nella (*fig. 134 Tav. XXVII*): esso si compone di due spranghe di ferro da fucina *ab a'b'* sospese per mezzo di caviglie di ferro al di sotto del telaio del carro, e mobili nelle due articolazioni *a*, ed *a'*: alla loro estremità vi sono i due pezzi di legname *dbc*, *d'b'c'*, che sono arrotondati secondo la circonferenza delle ruote: l'asta *ff* si prolunga fino sopra alla conserva e può essere sollevata con grandissima forza mediante il manubrio *n* (*fig. 132*) il quale gira attorno il risalto di una vite praticata nell'estremità superiore di dett'asta: allora le due piccole spranghe *gh*, *g'h'* mobili a cerniera alle loro estremità fanno allargare gradatamente i due pezzi di legname *dbc*, *d'b'c'* premendoli contro i cerchioni delle ruote così fortemente, fino al punto che queste finiscano di girare.

72. Applichiamo le formole ricavate nella prima parte di quest'appendice a trovare il tempo necessario a percorrersi la strada da Napoli fino a Portici colla macchina BAYARD.

L'espressione generale che dà la velocità di un convoglio è pel n.º 16.

$$V = \frac{\pi v F}{F'' \frac{cd^2}{D} + (4,073 \pm 1131,4i) \frac{P}{1000} + \alpha + \beta V^2} \dots\dots\dots (\alpha)$$

ove il peso P è espresso in chilogrammi.

Dietro una serie d'esperienze da me fatte onde conoscere la quantità di acqua evaporata da detta macchina, si è riconosciuto che compensatamente in ciascun viaggio di undici minuti l'acqua nella conserva si abbassa di 0^m,10; ed essendo la superficie della medesima uguale a metri quadrati 4,5483, come si ravvisa dalla (*fig. 132 Tav. XXVII*), si deduce che questa macchina evapORIZZA 0^m,45483, ovvero chilogrammi 454,83 di acqua in undici minuti, lo che ricade a 0^{ch},6891 a secondo. Dippiù essendo la superficie del focolajo esposta all'azione diretta del fuoco di 5^m,10; la superficie dei tubi di 32^m,22; ed ammettendo giusta il n.º 12 che quest'ultima parte produca un'effetto tre volte minore a superficie uguale, si avrà

$5,10 + \frac{32,22}{3} = 15,74$ per la superficie ridotta del focolajo, ed in conseguenza si dovrà contare un peso di $\frac{0^{ch},6891}{15,84} = 0^{ch},0435$ di acqua evaporata in un secondo per ciascun metro quadrato di superficie esposta all'azione diretta del fuoco. Calcolandosi il peso del vapore impiegato utilmente in un secondo, a norma del n.º 13, si avrà

$$\frac{3}{4} \left(5,10 + \frac{32,22}{3} \right) 0^{ch},0435 = 0^{ch},5168 = \Pi.$$

La pressione effettiva con la quale sulla nostra strada il vapore ordinariamente è prodotto nella caldaja è di tre atmosfere al di sopra della pressione atmosferica esterna, e si ha per la tav. n.º 18

$$vF = 19697.$$

La macchina è di peso 13000 chilogrammi, ed il carro di provvisione 7000 chilogrammi; n.º sette diligenze vuote pesano 28000 chilogrammi, e 200 viaggiatori calcolati ad 80 chilogrammi ognuno pesano 16000 chilo-

grammi : si avrà perciò

$$P = 64000^{\text{ch}}.$$

Dippiù nella macchina sopra descritta si ha

Corsa degli stantuffi $= 0,450 = c$;
 Diametro degli stantuffi $= 0^{\text{m}},32 = d$;
 Diametro delle ruote condotte dagli stantuffi $= 1^{\text{m}},68 = D$;
 Pressione sulla faccia posteriore degli stantuffi $= 12913 = F''$;

$$\alpha = 13, \quad \beta = 4445;$$

Sostituiti questi valori nell' equazione (α) essa diverrà

$$V = \frac{0,14058}{0,0086709 \pm i + 0,0000061387 V^2} \dots \dots \dots (\beta)$$

dove è $n = 0,14058$.

La lunghezza della strada è $L = 7401^{\text{m}},577$.

Dal profilo longitudinale (*fig. 108 Tav. XXII*) si riconosce che il punto di partenza da Napoli è $1^{\text{m}},90$ meno elevato del punto d'arrivo in Portici, perciò

$$+\frac{H}{L} = 0,0002567 = +i.$$

Vi sono tre curve di cui la prima è di sviluppo metri 1473,14 e di raggio metri 2270; la seconda di metri 118,66 e di raggio metri 3000; e la terza di metri 718,16 e di raggio metri 1601,889. Quindi secondo il n.° 33 si avrà il ritardo cagionato da queste curve

$$\frac{1}{n} S^k_R c = \frac{1473,14 \times 1,5}{2270 \times 0,14058} + \frac{118,66 \times 1,5}{3000 \times 0,14058} + \frac{718,16 \times 1,5}{1601,889 \times 0,14058} = 11,130.$$

Calcolandosi il valore di V per mezzo della formola (β) nel modo indicato al n.° 19 si trova

$$V = 13^{\text{m}},899;$$

e quindi per l'equazione (7) del n.° 33 si ha il tempo della corsa

$$T = \frac{L}{V} + \frac{1}{n} S \frac{k}{R} c = 543'',655 = 9' 3'',655.$$

75. Ma la macchina non acquista che a gradi la velocità massima, come pure gradatamente perde la velocità acquistata allorchè deve formare. Nel quadro quì appresso è indicato un medio di molte osservazioni da me fatte sulla strada, da cui si potrà ravvisare la progressione di questo acceleramento e rallentamento.

LUNGHEZZA DEI TRATTI PERCORSI a partire dalla stazione DI NAPOLI.	TEMPO IMPIEGATO	VELOCITA' espressa in metri per un secondo.	CARICA compresovi la macchina ed il carro di provvisione.	APERTURA del REGOLATORE.	TENSIONE effettiva del vapore espressa in atmosfere.
1° tratto di 1000 metri. . . .	2' 20''	met. 7,143	chil. 64 000	$\frac{1}{2}$	$3 \frac{1}{2}$
2° id.	1' 30''	11,111	id.	id.	id.
3° id.	1' 12''	13,888	id.	id.	id.
4° id.	1' 12''	13,888	id.	id.	id.
5° id.	1' 11''	14,084	id.	id.	id.
6° id.	1' 11''	14,084	id.	id.	id.
7° id.	1' 14''	13,500	id.	$\frac{1}{3}$	id.
8° tratto di 401,577 metri. .	1' 00''	6,693	id.	0	id.
TOTALE.	10' 50''				

La velocità massima ottenuta nel tratto rettilineo è di 14^m,084 a secondo; la velocità minima di 6^m,693 a secondo è occorsa nell' ultimo tratto di 401^m,577 nel quale si fa uso del freno sulle ruote del carro di provvisione.

Nei 10' 50'' dell'intera corsa vi sono compresi circa 11'',13 di tempo cagionato dalla resistenza delle curve, come si è veduto nel n.° precedente; che perciò supponendo la strada senza queste curve, essa in pari circostanze sarebbe stata percorsa in 10' 38'',87. Dippiù il tempo necessario per percorrerli l'intera strada con la volontà massima di 14^m,084 a secondo ottenuta nel tratto rettilineo si trova di 8' 45'',53; quindi vi sono 1' 53'',34 di tempo perduto in ciascun viaggio a causa dell'acceleramento del moto, e del rallentamento di questo nella fermata, il quale aggiunto al risultato trovato col calcolo nel n.° precedente di 9' 3'',655 si ha pel tempo effettivo della corsa

★

10' 56", 995, risultato che corrisponde con grandissima approssimazione a quello dato dall'esperienza.

74. Finalmente è utile avvertire che la quantità massima di vapore che può produrre la macchina non è già quella trovata nel n.º 72, giacchè in tutte le indicate esperienze il regolatore era aperto soltanto per metà, ed il vapore non avendo un'esito sufficiente per dentro i cilindri si vedeva continuamente spicciare dalle valvole di sicurezza, avendo acquistata una tensione maggiore. Al contrario se l'intero regolatore fosse stato aperto, allora il vapore avrebbe trovata una più facile uscita per dentro i cilindri, non si sarebbe in parte disperso nell'atmosfera per le valvole di sicurezza, e con la sua maggiore tensione non sarebbe stato di ostacolo alla più facile evaporazione dell'acqua nella caldaja, ed in conseguenza la macchina avrebbe in tal guisa acquistata una velocità assai più considerevole di quella sopra trovata.



T A V O L A

Delle misure lineari di diversi paesi, espresse in metri.

	PIEDE espresso IN METRI.	MIGLIO espresso IN METRI.	
Amsterdam, <i>pie</i> = 11 <i>poll.</i>	0,28300		
Berlino, <i>pie</i> = 12 <i>pol.</i>	0,31000	7747,00	Lega.
Bruxelles, <i>pie</i>	0,27575		
Copenague, <i>pie</i> = 12 <i>pol.</i> = 144 <i>linee.</i>	0,31400	7532,377	Lega o miglio di 14 $\frac{3}{4}$ a grado.
Costantinopoli, <i>pico stambolino, o pie</i>	0,70900	1670,00	Berri.
Dublino, <i>auna di Dublino.</i>	1,16200		
Edimburgo, <i>pie</i>	0,30600		
Firenze, <i>braccio</i> = 20 <i>soldi.</i>	0,58362	1653,600	Miglio.
Genova, <i>palm</i> = 12 <i>once.</i>	0,24909	1851,800	Miglio d'Italia di 60 a grado.
Germania, <i>pie</i> <i>rindalico.</i>	0,31386	1851,800	Idem.
Ginevra, <i>pie</i>	0,48700	7408,000	Miglio o lega comune di 15 a gra.
Londra, <i>pie.</i> = 12 <i>pol.</i> = 144 <i>linee.</i>	0,30479	8370,00	Lega Svizzera.
Lucca, <i>pie</i>	0,59000	1609,288	Miglio legale.
Malta, <i>palm</i>	0,28170	1524,471	Miglio detto di Londra.
Marsiglia, <i>palm</i>	0,25000	1851,800	Miglio d'Italia detto comune.
Milano { <i>pie</i> d' <i>Aliprando, il più in uso.</i>	0,43518	1851,800	Miglio.
{ <i>braccio dei muratori.</i>	0,59500		Miglio d'Italia.
Mantova, <i>pie</i>	0,46685	id.	
Modena, <i>pie</i> = 12 <i>once.</i>	0,52300	id.	
Napoli, <i>palm</i> = 12 <i>once</i> = 60 <i>minuti.</i>	0,26367	id.	
Palermo, <i>palm</i> = 12 <i>once.</i>	0,25780	1485,000	Miglio itinerario.
Parigi, <i>pie</i>	0,32480	4444,400	Lega terrestre o comune di 25 a gr.
Pietroburgo, <i>pie</i>	0,35417	3898,000	Lega di posta.
Roma.. { <i>palm.</i>	0,22534	5000,000	Lega media.
{ <i>pie</i> <i>antico.</i>	0,29530	1067,000	Wersta di 104 $\frac{1}{2}$ a grado.
Torino { <i>pie</i> <i>liprando</i> = 12 <i>once.</i>	0,51370	1851,000	Miglio d'Italia.
{ <i>pie</i> <i>di Torino.</i>	0,32300	id.	
Venezia, <i>pie</i> = 12 <i>once.</i>	0,34673	1835,00	Miglio.
Vienna, <i>pie</i> = 12 <i>pol.</i> = 144 <i>linee.</i>	0,31650	7408,000	Lega comune.

★★

INDICE DELLE MATERIE.

PRIMA LEZIONE.

STRADE A ROTAJE PER MERCANZIE.	pag. 2
ROTAJE PIANE. — Loro dimensioni. — Unioni delle spranghe. — Attrito. — Inconvenienti. — Vantaggio. — Rotaje piane di pietra. — Attrito sul granito — Grado di consumo sconosciuto.	id.
ROTAJE RILEVATE, DETTE DAGL'INGLESI <i>EDGE-RAILS</i> . — Forma del tipo generale. — Curva di egual resistenza. — Modo di fissare l'estremità delle spranghe. — Cuscinetto. — Congiunzione delle spranghe a sgembo. — Convessità dei cuscinetti. — Cuscinetti con cunei. — Sistemi diversi di rotaje e cuscinetti.	4
<i>Nota (A) sulla curva di egual resistenza.</i>	5

SECONDA LEZIONE.

ROTAIE DI FERRO MALLEABILE. — Inconvenienti delle spranghe di ferro fuso. — Resistenza rispettiva delle spranghe di ferro fuso e di ferro malleabile. — Le spranghe non sono sottoposte soltanto ad una semplice pressione. — Forza delle spranghe delle strade di ferro in attività. — Valore del coefficiente di resistenza R. — Il più gran peso sopportato delle spranghe. — Esperienze sulla resistenza delle spranghe di ferro fuso. — Di ferro malleabile. — Spesa rispettiva. — Spranghe di ferro generalmente preferite. — Durata rispettiva. — Pruove delle spranghe. — Spranghe parallele o curve. — Forma detta di egual resistenza. — Inconvenienti. Alterazione del ferro. — Difficoltà nel collocamento in opera. — Numero di appoggi limitato. — Scolo delle piovine impedito. — Sperienze sulla loro resistenza comparativa. — Spesa comparativa	8
<i>Nota (B). Determinazione del coefficiente di resistenza R.</i>	9
<i>Nota (C). Vantaggi delle rotaje di ferro malleabile.</i>	14
<i>Nota (D). Cagione che preserva le spranghe dagli effetti distruttori dell'ossidazione.</i>	15
STABILITA' DELLE SPRANGHE, CUSCINETTI, E MASSI. — Condizioni principali. — Dei massi di pietra. — Masso generale. — Troppo grande durezza del suolo nociva. — Esempio della strada di Lione. — Traverse di legno. — Traverse di ferro fuso	17

TERZA LEZIONE.

POSIZIONE DEI CUSCINETTI. — Intermezzo fra il cuscinetto ed il masso. — Cunei di ferro o di legno. — Cunei al di dentro o al di fuori. — Cunei da entrambi i lati. — Dimensioni e peso dei cuscinetti	19
---	----

STABILIMENTO DI UNA STRADA A ROTAJE. — Raddrizzamento delle spranghe. — Compressione del suolo con i massi. — Fondazioni con pietre in frantumi. — Intervallo da lasciarsi fra le spranghe. — Posizione relativa delle spranghe delle due linee. — Parallelismo delle spranghe mantenuto. — Larghezza della strada. — Doppia via per l'incrocio dei carri. — Larghezza degl'intramezzi fra le due vie. — Curve di raccordo. — Angolo sotto il quale si cangia direzione. — Spranghe mobili per cangiare direzione. — Crociere senza spranghe mobili. — Eccentrico per muovere le spranghe mobili. — Spranghe mobili di legno. — Piattaforma per cangiare di via ad angolo retto. — Traversata delle strade inghiaiate, e selciate... 21

Q U A R T A L E Z I O N E.

OPERE DIVERSE PER STABILIRE UNA STRADA A ROTAJE. — Tagliamenti. — Riempimenti. — Riempimento di Liverpool. — Riempimento di Leeds e Selby. — Dei sotterranei delle strade a rotaje. — Larghezza ed altezza dei sotterranei. — Pel passaggio delle diligenze. — Per le macchine locomotive. — Delle arcate per sostenere le strade. 26

DEI CARRI. — Sulle strade provvisorie. — Carri ordinari. — Carri di Liverpool. — I carri si toccano per mezzo del telajo. — Conseguenza del modo d'attacco pel movimento. — Per passare dal movimento al riposo. — Azione dei carri gli uni sugli altri. — Vantaggio di quest'azione. — Inconvenienti. — Difetti comuni ai diversi modi di trasporto 29

Nota (E). *Carri impiegati pel trasporto delle mercanzie alla strada di Liverpool...* 30

Q U I N T A L E Z I O N E.

DELLE RUOTE DEI CARRI. — Posizione. — Dimensioni. — Forma del cerchio della ruota. — Profilo del risalto. — Consumo delle ruote ordinarie. — Ruote di ferro fuso indurite. — Inconvenienti. — Varietà delle ruote. — Delle ruote con cerchi di ferro malleabile. — Assi e cuscinetti. — Cuscinetti al di fuori delle ruote. — Mezzo onde tenere gli assi uniti. — Freno dei carri. 37

Nota (F), *sulle ruote di ferro fuso con i raggi di ferro malleabile.* 38

ATTRITO DEI CARRI. — Dinamometro per misurarlo. — Attrito delle ruote. — Attrito di un carro sopra un piano inclinato. — Delle ruote sole senza carri. — Coefficiente d'attrito sulle spranghe. — Esperienze dell'attrito sulle spranghe. — Coefficiente d'attrito totale di M. Wood. — Coefficiente d'attrito degli assi. — Paragonato al coefficiente di *Coulomb*. — Effetto delle molle sul tiro. — Motivo per aumentare il coefficiente d'attrito di M. Wood. 38

Nota (G). *Determinazione dell'attrito totale di un carro sopra un piano inclinato.* 40

S E S T A L E Z I O N E.

DEI MOTORI. — Del cavallo. — Cavallo che trasporta ed è trasportato. — Prezzo del trasporto per tre velocità. — Prezzo sopra strade in attività.	48
GRAVITA'. — Sistema <i>self-acting</i> . — Disposizione delle spranghe. — Meccanismo. — Manovra. — Freno della grande puleggia. — Freno dei carri. — Piano curvo, o con contropendenza.	51

S E T T I M A L E Z I O N E.

DELLE <i>SHEEVES</i> , O PICCOLE PULEGGIE. — Loro scopo. — Delle corde. — Attrito delle corde.	55
Nota (H). <i>Determinazione dell' attrito e dello spazio per corso da due convogli uno ascendente e l' altro discendente sullo stesso piano inclinato, e riuniti mediante una fune.</i>	56
MACCHINE A VAPORE FISSE. — Meccanismo. — Disposizione delle spranghe. — Manovra. — Meccanismo per due vie. — Se i carri non possono trasportare la corda. — Del gran piano inclinato di Liverpool. — Piccolo piano inclinato di Liverpool. — Piani inclinati di Brusselton. — Sistema reciproco. — 1.° I convogli tirati uno dopo l'altro. — 2.° I convogli tirati nel medesimo tempo. — Macchine a vapore fisse senza condensazione. — Risultati delle macchine fisse.	63

O T T A V A L E Z I O N E.

DELLE MACCHINE LOCOMOTIVE. — Forza di ritenuta delle ruote sulle spranghe. — Esperienze di M. Wood. — Tiro delle locomotive sopra strade in attività. — Pendenza massima per le locomotive. — Quantità d'azione utile delle locomotive. . .	70
DEGLI EFFETTI DEL CORSO SULLE STRADE A ROTAIE. — Azione dei carri. — Urto delle ruote contro le spranghe. — Movimento di un'intera linea di spranghe. — Allontanamento delle spranghe. — Affondamento dei massi, flessione delle spranghe. — Urto contro le giunture quantunque bene agguagliate. — Flessione delle spranghe durante il corso. — Oscillazione orizzontale dei carri. — La flessione delle spranghe aumenta con la velocità. — Caduta delle ruote sulle spranghe. — Effetto distruttore della grande velocità.	74
RIPARAZIONI DELLE STRADE A ROTAIE. — Scolo. — Manutenzione. — Spese di manutenzione.	80

N O N A L E Z I O N E.

DELLA TRACCIA DELLE STRADE DI FERRO. — Destinate alle mercanzie. — Instabilità delle locomotive e delle strade a rotaie. — Grande velocità utile ai viaggiatori.	
--	--

— In generale , inutile alle mercanzie. — I cavalli e le locomotive impiegati indifferentemente. — La traccia la più vantaggiosa decide del motore. — Motivi che militano in Francia pel cavallo. — Traccia relativa al commercio discendente. — Carri pieni e cavalli trasportati per effetto della gravità. — Passaggio da una salita ad una discesa.	83
STRADE DI GRANDI VELOCITA'. — Velocità massima della strada di Liverpool. — Velocità diverse delle diligenze di Liverpool. — Più grande velocità delle locomotive attuali. — Ammissione o esclusione dei piani inclinati. — Macchine fisse preferite per salire un piano inclinato. — Macchine di rinforzo. — Velocità acquistata impiegata a salire sui piani inclinati. — Delle pendenze. — Pendenze massime di grandi velocità. — Raccordo delle pendenze opposte. — Delle curve. — Velocità differenti delle ruote. — Attrito che ne risulta. — Asse tagliato. — Una ruota girante sul suo risalto. — Forza centrifuga. — Rotaja di gran raggio più elevata. — Più piccoli raggi delle curve delle strade di ferro. — Incontro delle strade di grande velocità con le strade a rotaje , e con le strade ordinarie. — Prezzo di alcune strade di ferro	89
<i>Nota (I). Elenco delle spese fatte per la costruzione della strada da Liverpool a Manchester.</i>	96

A P P E N D I C E.

NUOVE CONSIDERAZIONI SULL'IMPIEGO DELLE MACCHINE LOCOMOTIVE NELLE STRADE DI FERRO.	105
Resistenza dei carri sopra una strada orizzontale	106
Resistenza propria delle macchine locomotive sopra una strada orizzontale.	<i>id.</i>
Accrescimento di resistenza delle macchine locomotive sopra una strada orizzontale , allorchè esse trascinano altre vetture.	107
Resistenza totale che dev' essere superata dall' azione del vapore per operare il tiro di un convoglio sopra una strada orizzontale , o sopra una pendenza qualunque..	109
Quantità totale di acqua evaporata in un tempo dato nella caldaja delle macchine locomotive.	110
Rapporto fra la quantità di vapore formato nella caldaja , e quello che passando nei cilindri produce l' azione della macchina.	<i>id.</i>
Determinazione della velocità del trasporto dietro i dati precedenti.	111
Limite degli sforzi che possono essere esercitati dalle macchine senza che succeda strisciamento delle ruote sulle rotaje.	117
Applicazione delle formole precedenti alle macchine le più comunemente impiegate. Conseguenze che ne risultano relativamente al movimento di un convoglio sopra diverse pendenze.	118
APPLICAZIONI DELLE PRECEDENTI FORMOLE AD UNA DATA STRADA DI FERRO.	125
Calcolo numerico della velocità sulla strada da Liverpool a Manchester.	129
NOTIZIE SULLA STRADA DI FERRO DA NAPOLI A NOCERA E CASTELLAMMARE	132

INDICE.

171

Origine e progressi delle strade di ferro.	133
Risultati ottenuti dalla strada di Liverpool e Manchester.	134
Strade di ferro costruite in Europa	135
STRADA DA NAPOLI A NOCERA. — Stazione di Napoli.	138
Andamento della strada da Napoli a Portici.	140
Forma delle spranghe , e dei cuscinetti.	141
Cambiamenti di via	142
Incrociamenti di due vie.	143
Piano girante.	<i>id.</i>
Carrette pel trasporto della terra.	144
Vetture.	145
Modo d' attacco delle vetture.	<i>id.</i>
Istoria delle macchine locomotive.	146
Descrizione della macchina locomotiva la BAYARD.	149
Caldaja e focolajo.	<i>id.</i>
Tubo conduttore del vapore	150
Regolatore.	151
Valvole a cassetta.	<i>id.</i>
Movimento di rotazione dell' asse.	152
Eccentrici.	153
Meccanismo delle valvole a cassetta.	154
Meccanismo per retrocedere.	155
Trombe alimentari.	157
Robinetti per verificare l' altezza dell' acqua.	158
Valvole di sicurezza.	<i>id.</i>
Fischio a vapore.	159
Telajo.	<i>id.</i>
Carro di provvisione.	160
Freno.	<i>id.</i>
Calcolo della velocità dei convogli su detta strada.	161
Perdita di tempo per l' accrescimento e decrescimento della velocità.	163
Tavola delle misure lineari di diversi paesi , espresse in metri.	165

— 1818 —

SBN

608638



80402

ATLANTE

DI N.º 31 TAVOLE

DELL' OPERA DI M. MENARD

SULLE STRADE DI FERRO

PRIMA VERSIONE ITALIANA

CON NOTE ED AGGIUNTE, E CON UN' APPENDICE

SULLA

STRADA DI FERRO

DA NAPOLI A NOCERA E CASTELLAMMARE

di Stefano Mililotti.

Fig. 1. Canale di Borgogna

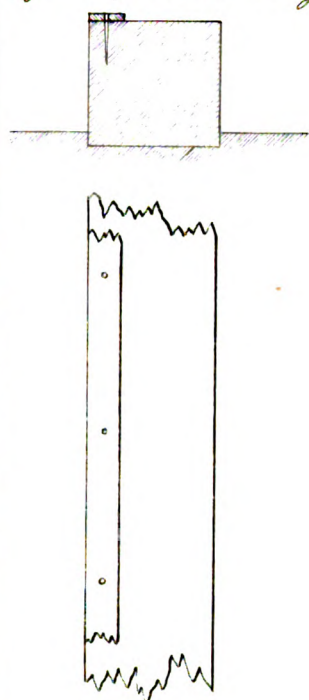
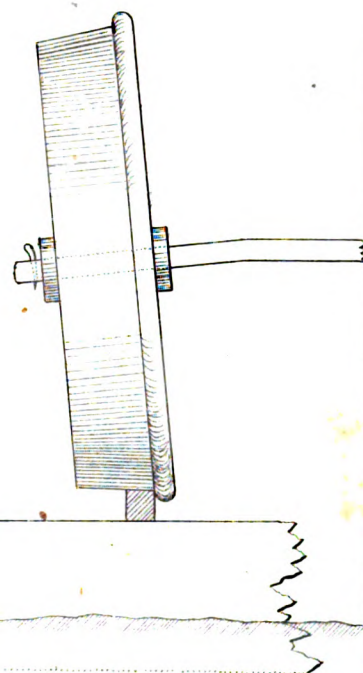
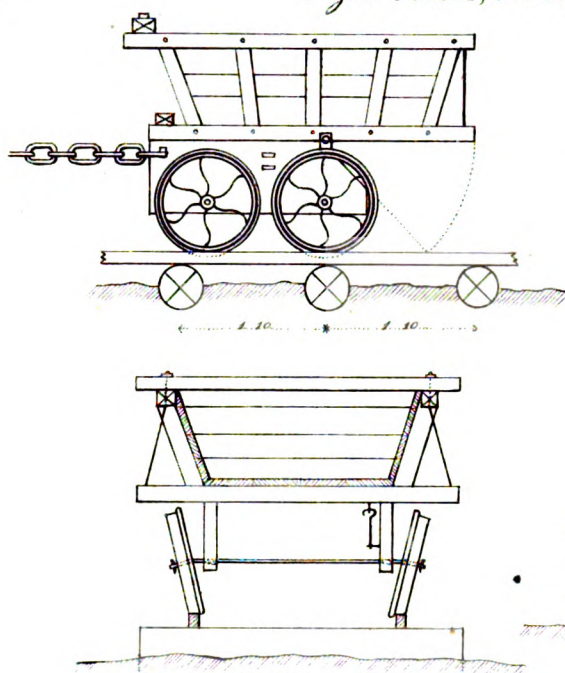


Fig. 2. Leeds, e Selby



Scala della Fig. 2.

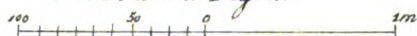
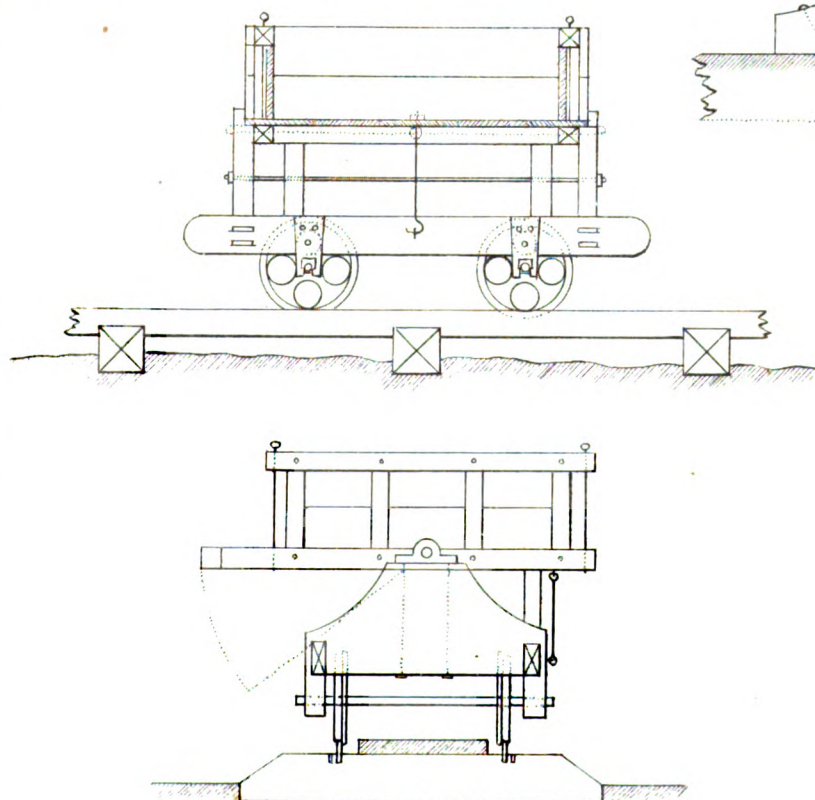


Fig. 3. Ponte Canale sopra l'Allier



Scala della Fig. 3.

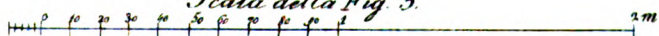
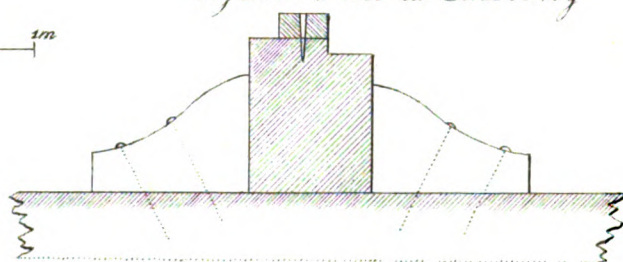
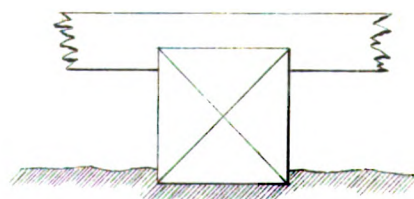
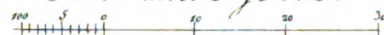


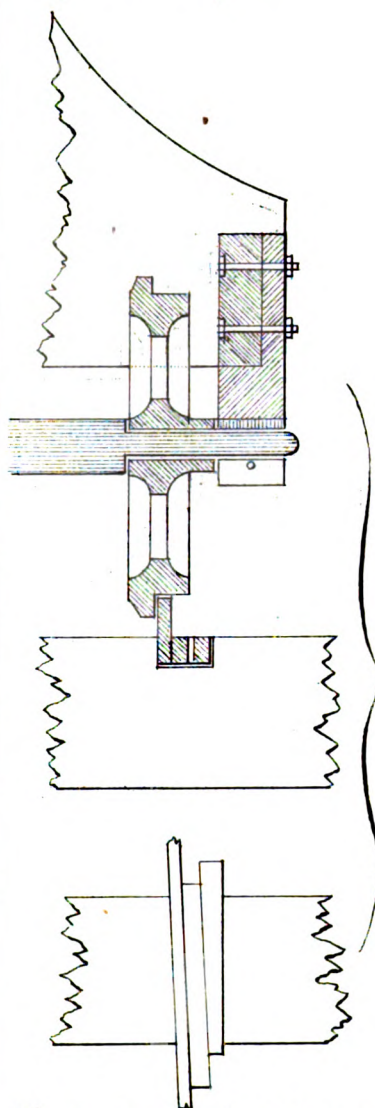
Fig. 1. bis. Porto di Cherbourg



Scala delle Fig. 1. e 1. bis.



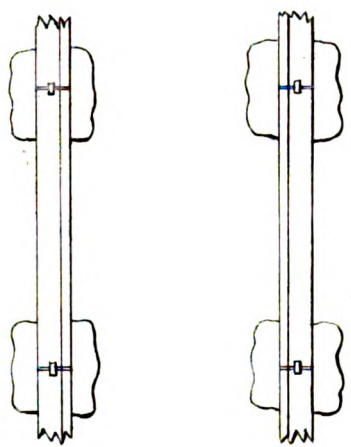
Dettagli della Fig. 3.



Scala de' dettagli della Fig. 3.

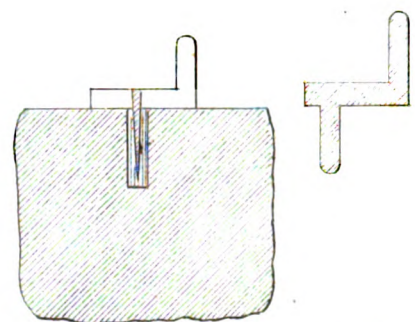
10 5 0 10 20 C.

Fig. 4.



Scala della Fig. 4.

50 1 m



Scala de' dettagli della Fig. 4.

10 5 0 10 20 C.



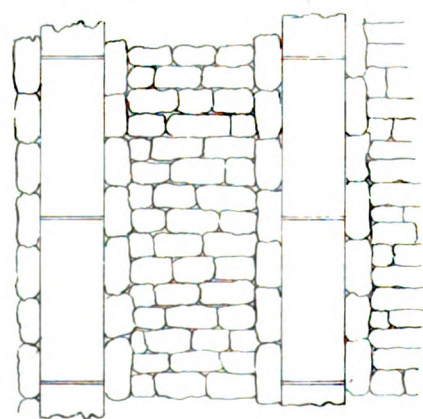
Fig. 5.



Fig. 6.



Commercial-Road



Scala della Fig. 6.

100 50 0 1 m

Fig. 7.

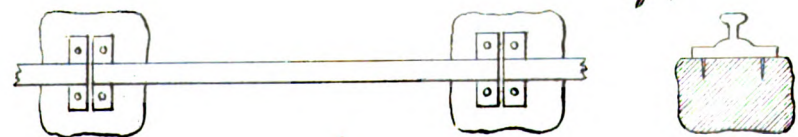


Fig. 8.

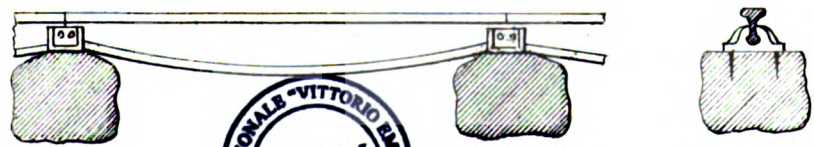


Fig. 9.

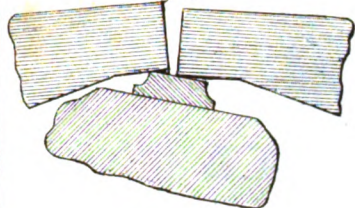


Fig. 10.



Fig. 11.

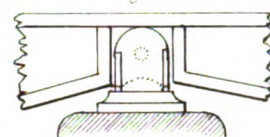
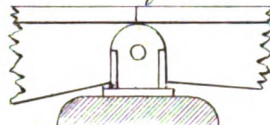
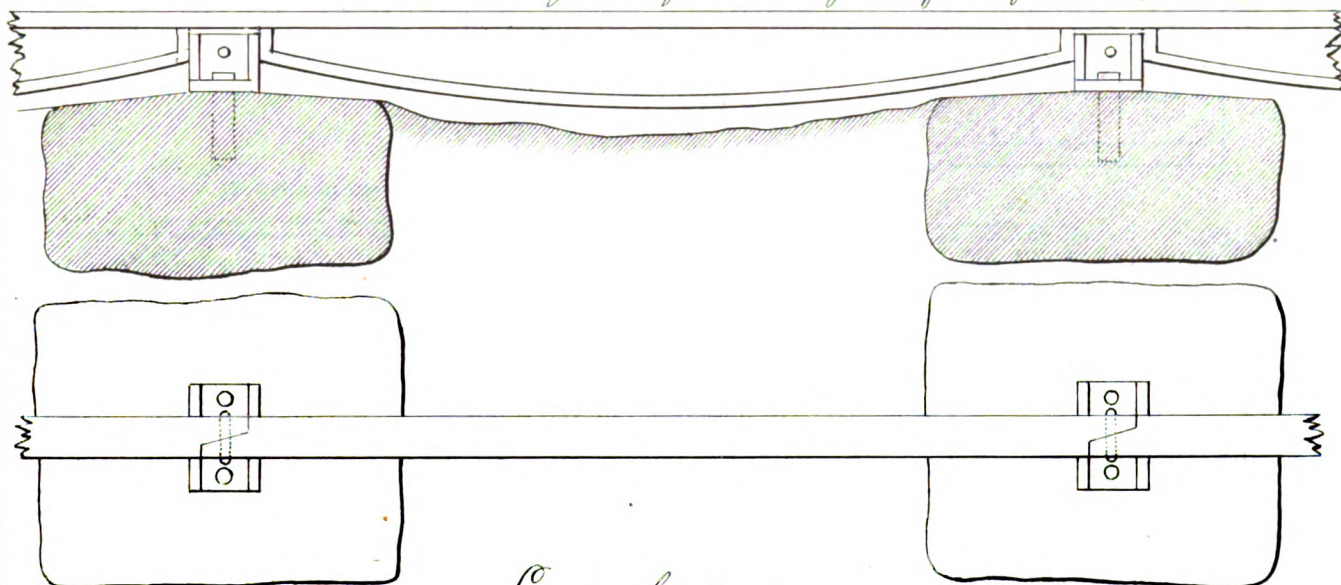


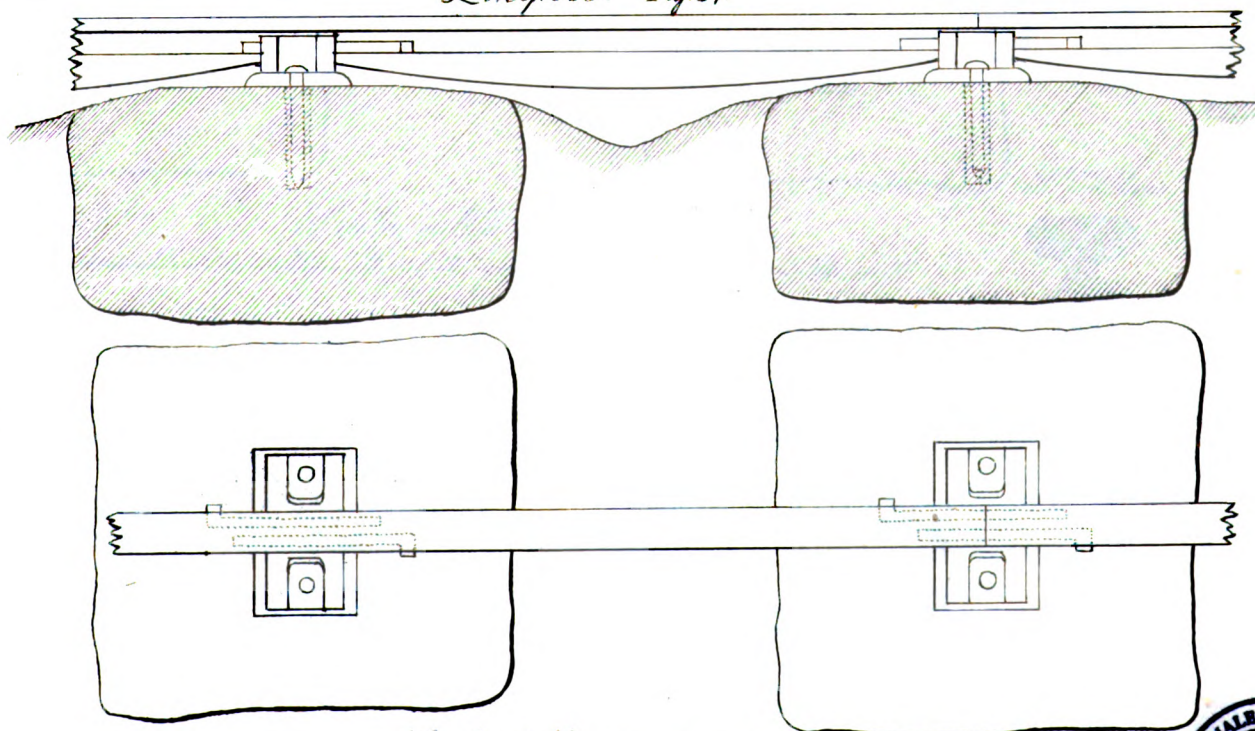
Fig. 12.



Darlington Fig. 13. Rotaja di ferro fuso



Liverpool Fig. 14.



Scala delle Fig. 13. e 14.



Fig. 15. Darlington

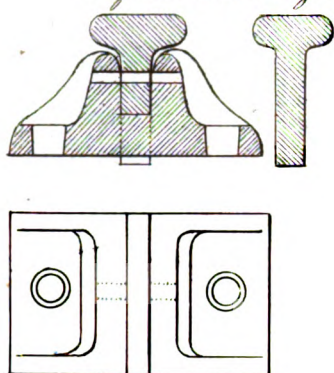
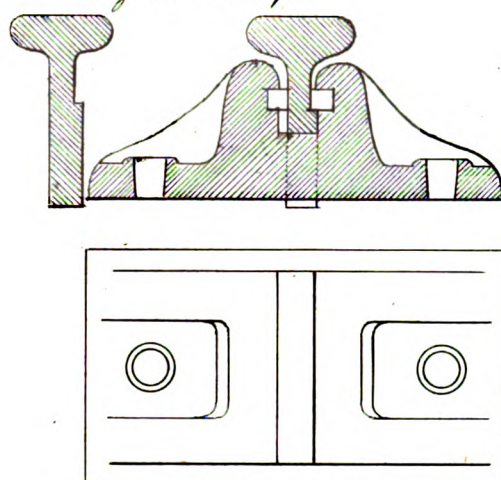


Fig. 16. Liverpool



Darlington. Fig. 17. Rotaja di ferro da fucina

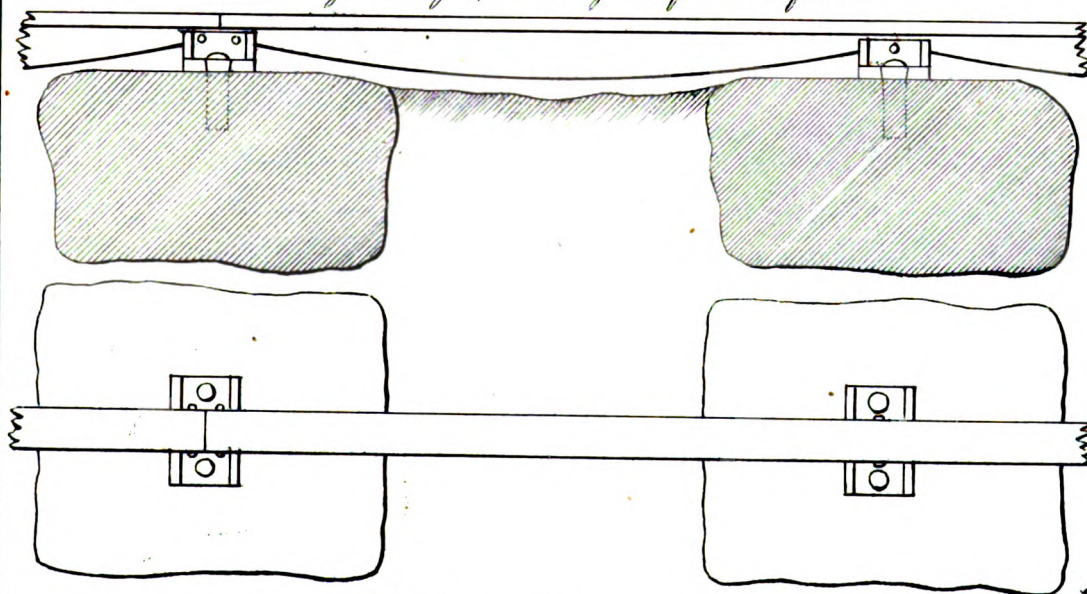


Fig. 18



Fig. 19



Scala della Fig. 17.



Fig. 21. Epinac

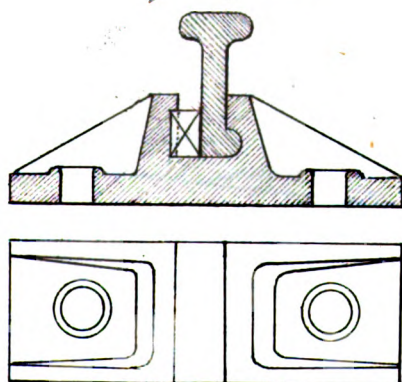
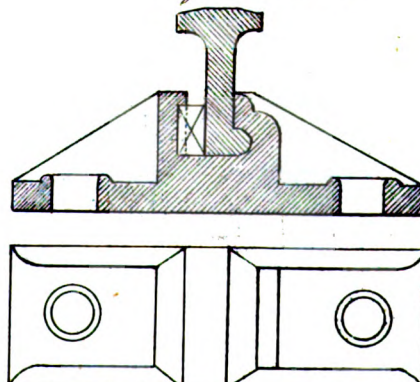


Fig. 22. Denain

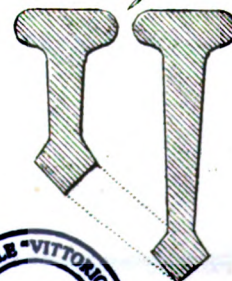


S.^a Helene

Punderland



Fig. 20



Scala delle Fig. 15. 16. 18. 18 bis. 19. 19 bis. 20. 21. 22.

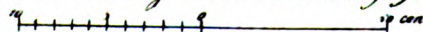


Fig. 23. Leeds e Gellby

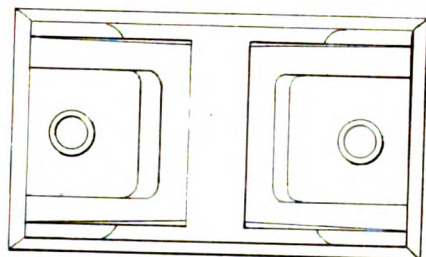
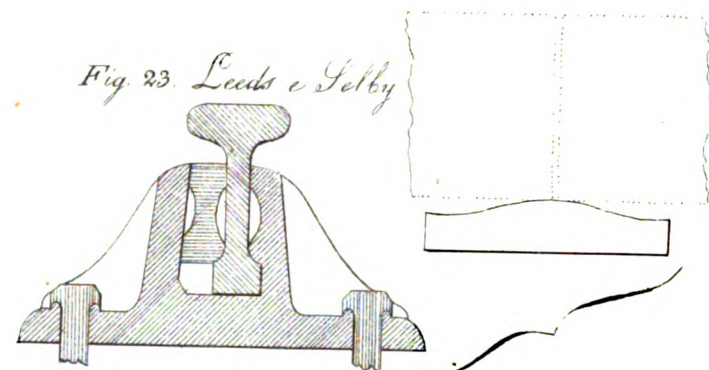
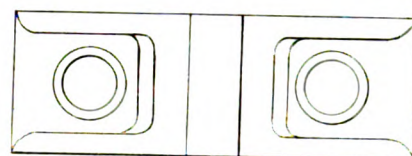
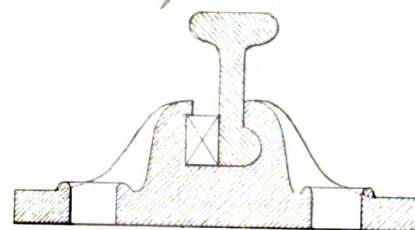
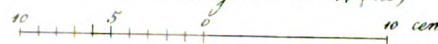


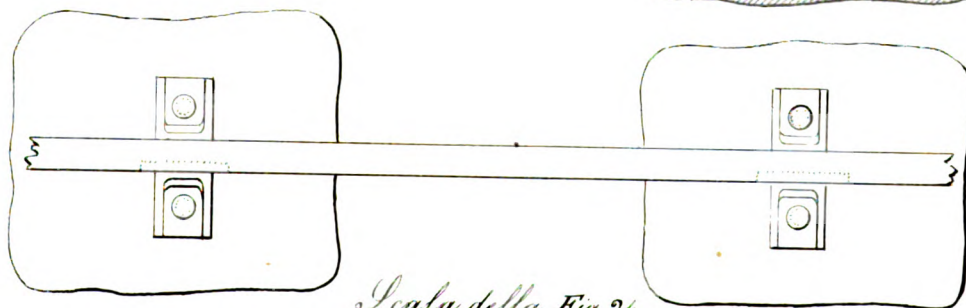
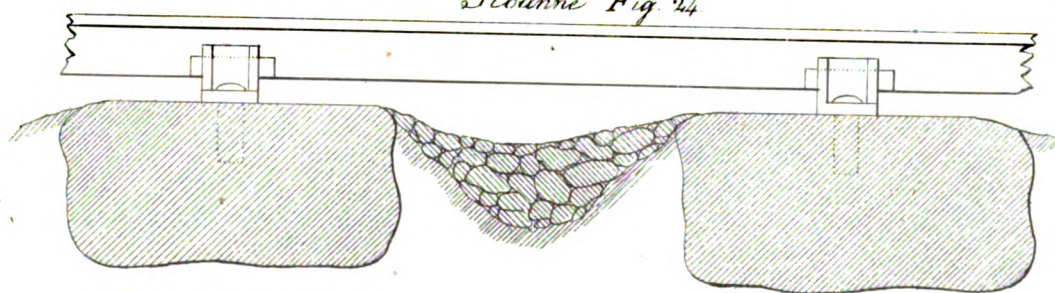
Fig. 24. (bis) Rouanne



Scala delle Fig. 23. e 24. (bis)



Rouanne Fig. 24



Scala della Fig. 24.

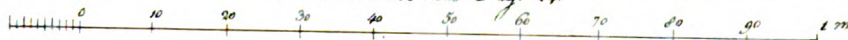


Fig. 25

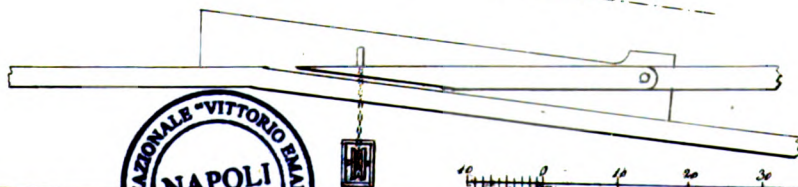
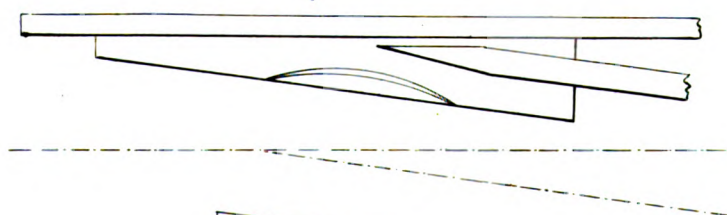
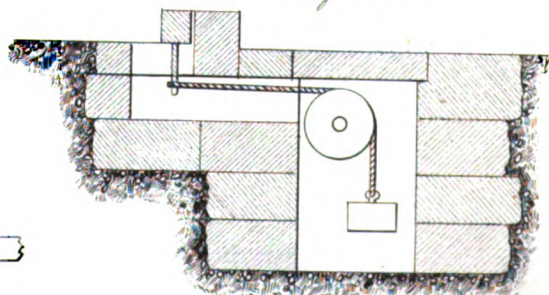


Fig. 25. (bis)



Scala delle Fig. 25. e 25. (bis)



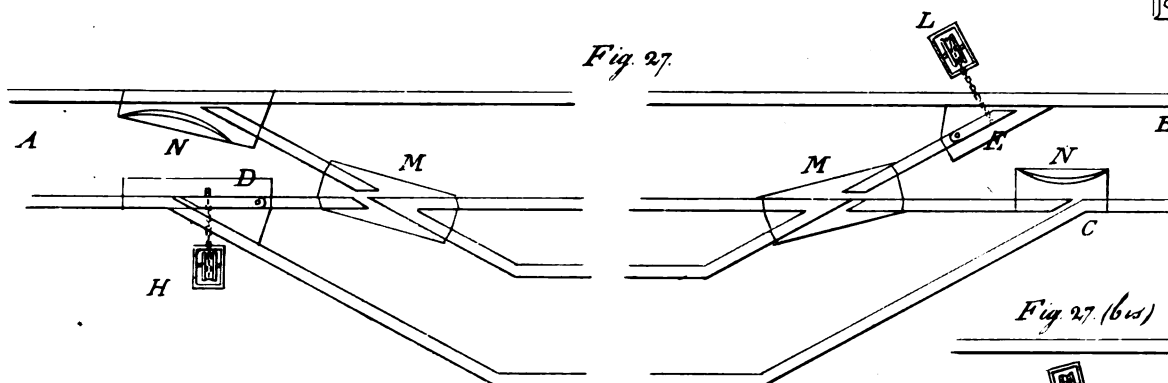
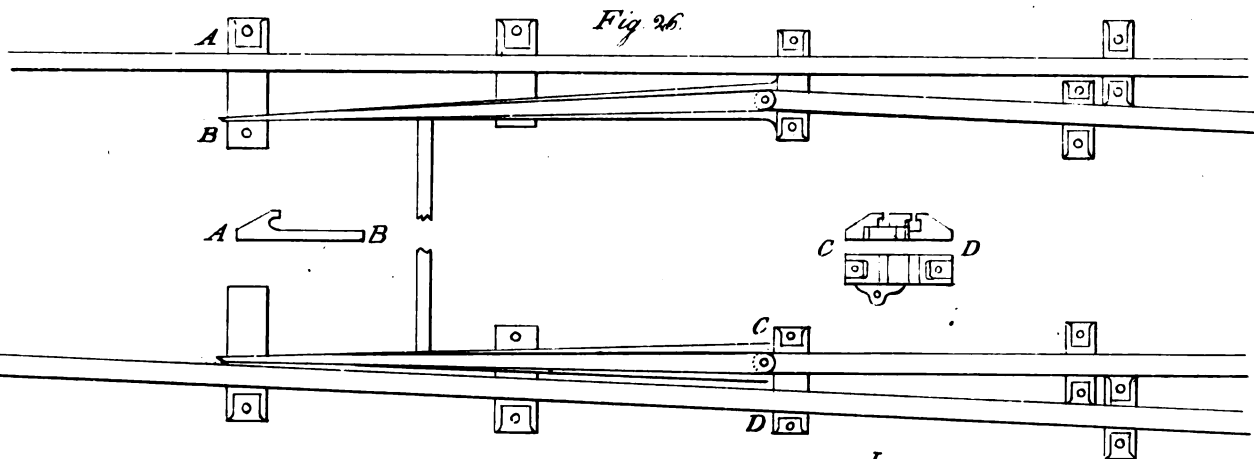


Fig. 27. (bis)

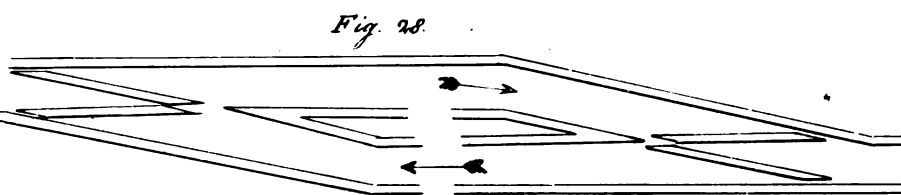
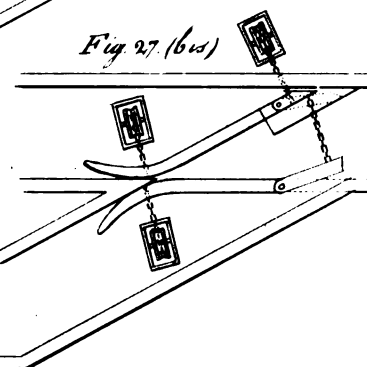


Fig. 29.

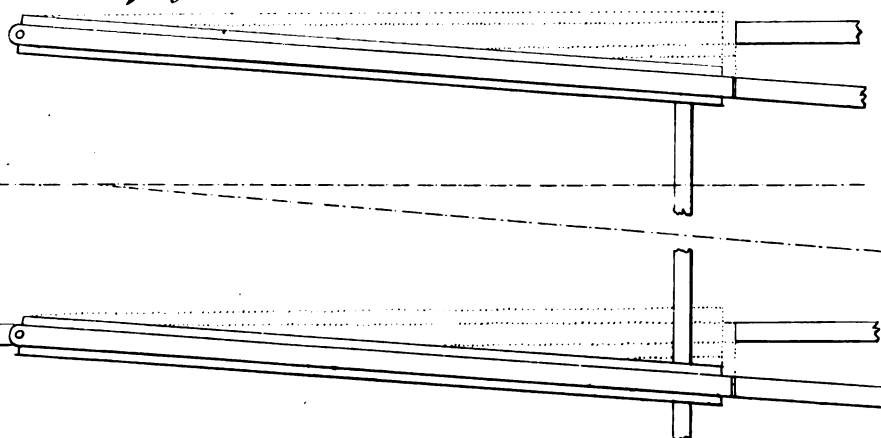
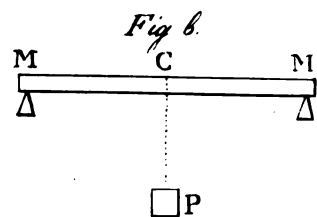
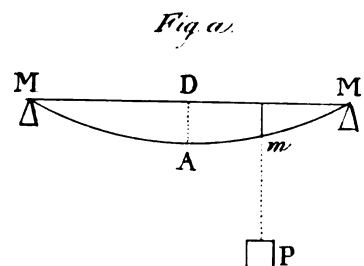
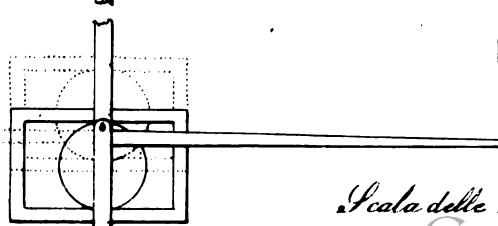


Fig. 30.



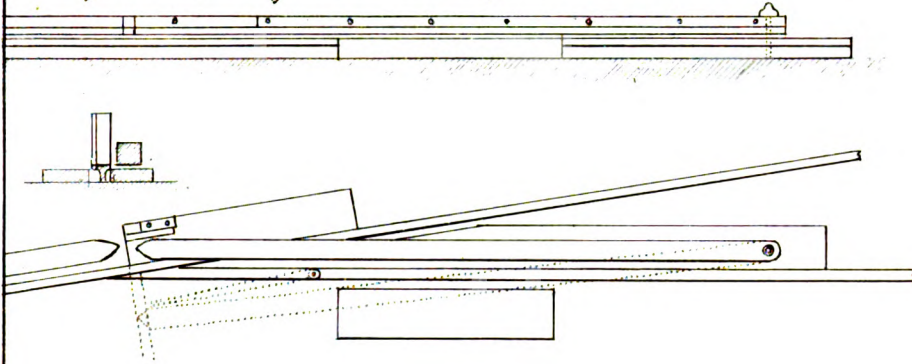
Scala delle Fig. 26. 29. 30.

Indagini tecnologiche

Leo Vancora dis.



Fig. 31. Spranghe mobili di legno a Sunderland



Scala della Fig. 31.



Scala dalla Fig. 32.

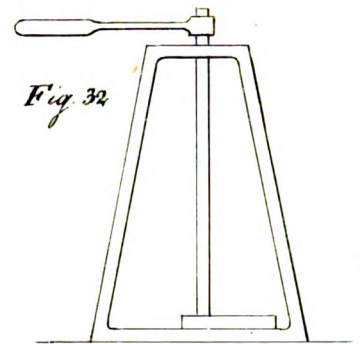
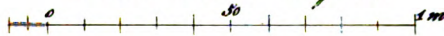


Fig. 32.

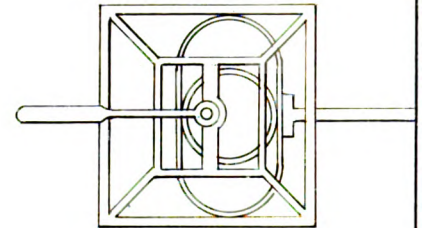


Fig. 34.

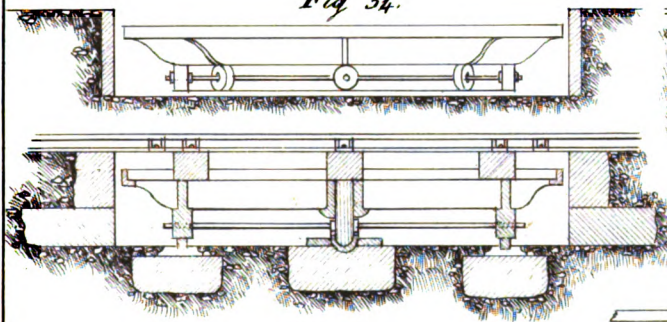
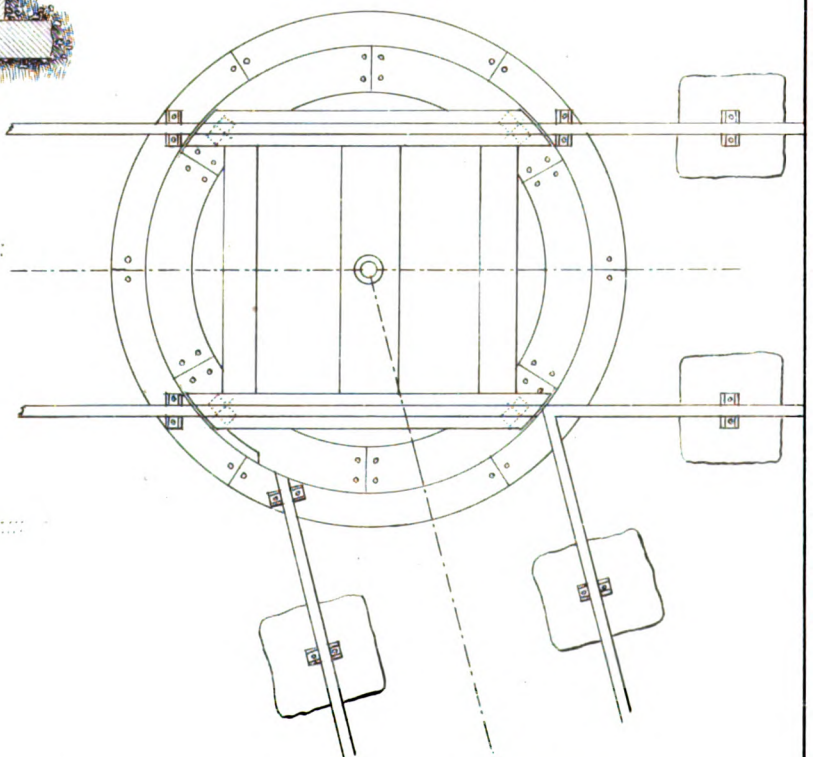
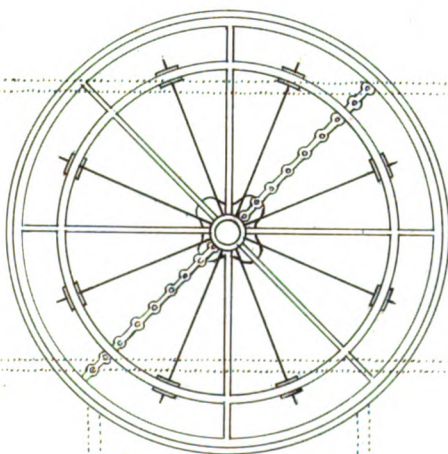
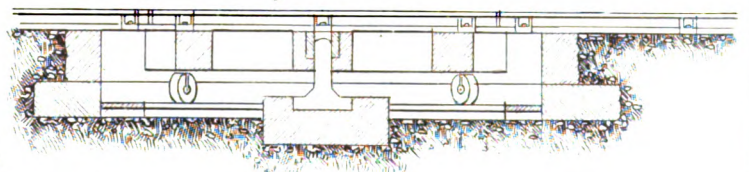


Fig. 33.



Scala delle Fig. 33. 34.

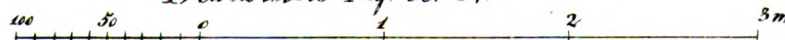


Fig. 35.

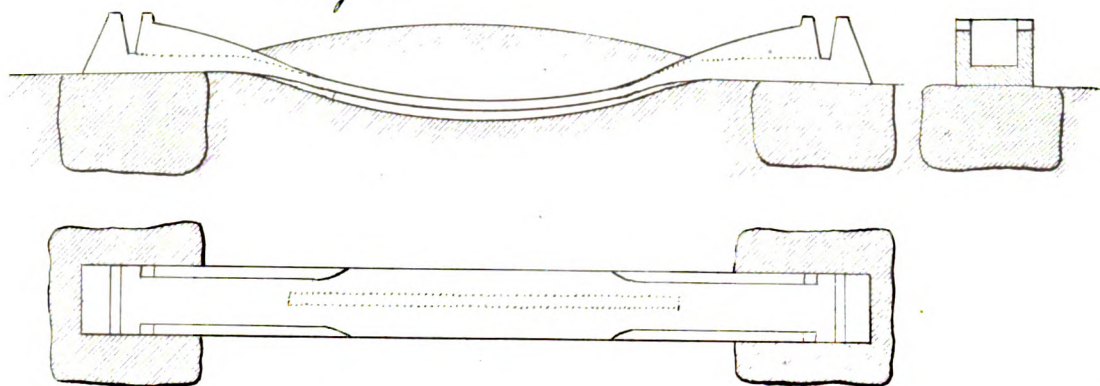


Fig. 36. Liverpool a Manchester Tagliamento nel terreno

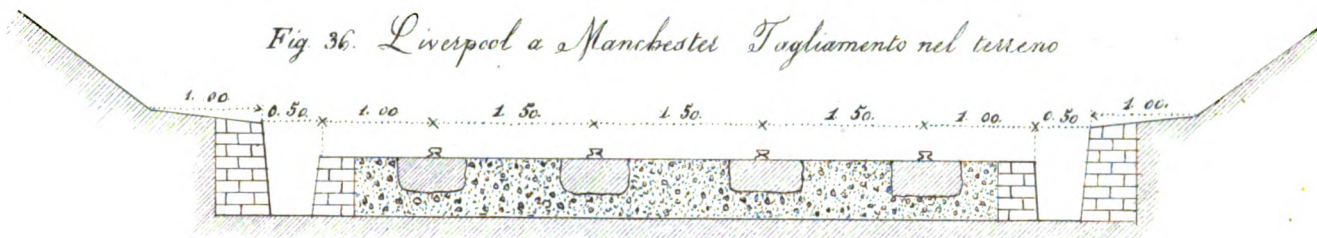


Fig. 37. Liverpool a Manchester Tagliamento nella Roccia

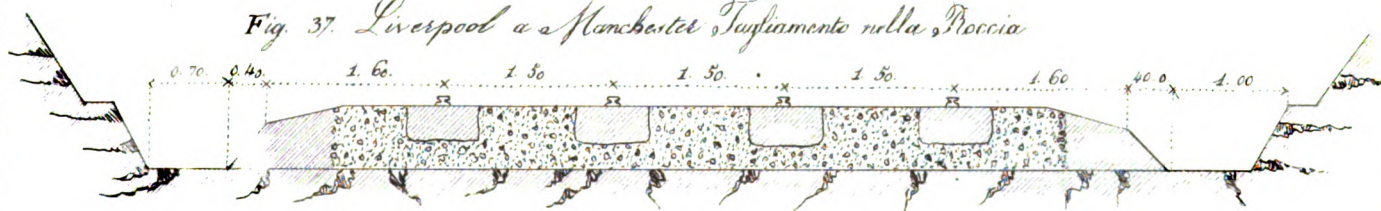
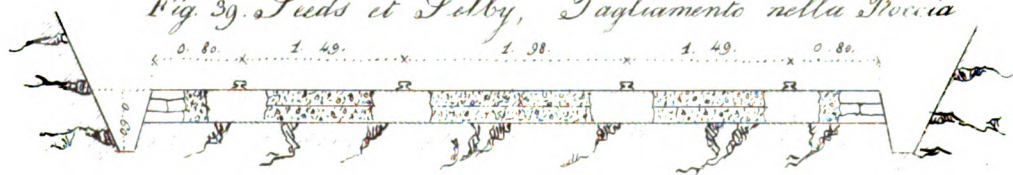
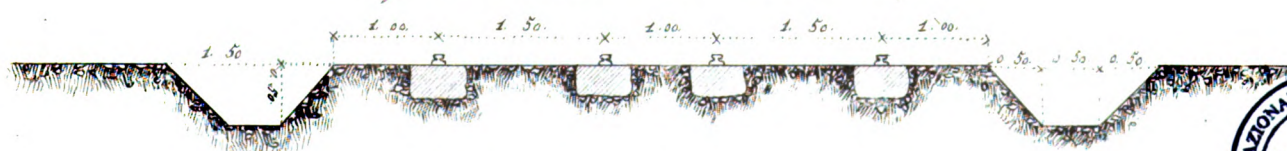


Fig. 38. Leeds a Selby, Tagliamento nella terra Scistosa



Fig. 39. Leeds et Selby, Tagliamento nella Roccia

Fig. 40. Rouanne a S.^{te} Etienne in piano

Scala delle Fig. 36. 37. 38. 39. 40.

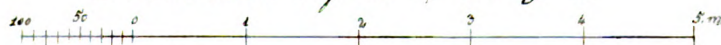


Fig. 41. Tagliamento presso Sunderland

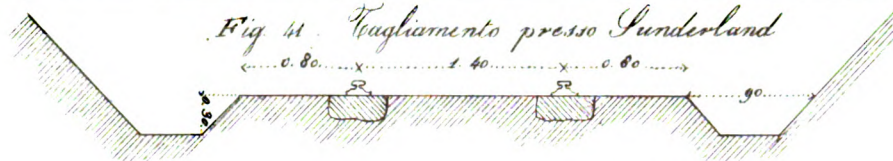


Fig. 42. Riempimento presso Sunderland



Fig. 42. (bis) Darlington

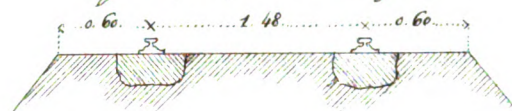


Fig. 43. Grande riempimento di Roby Strada di Liverpool

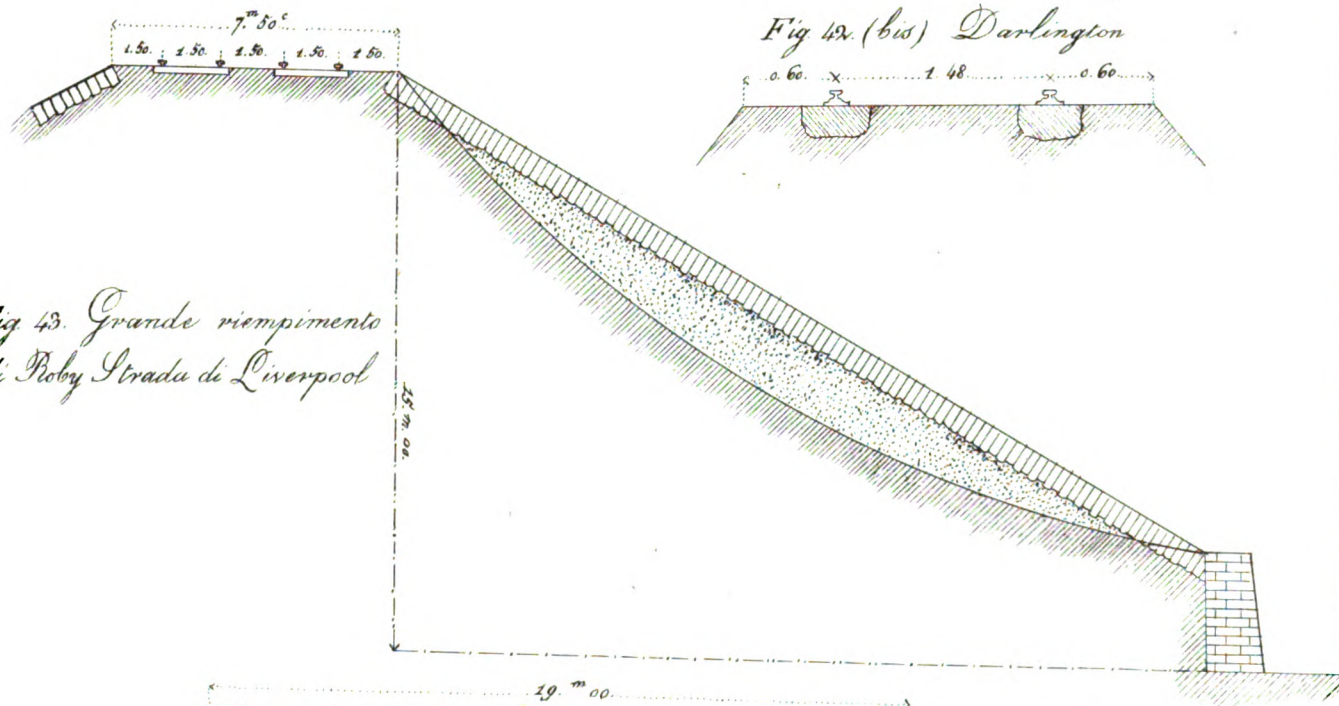


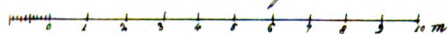
Fig. 44. Grande riempimento di Walton Strada di Leeds a Pelby



Scala delle Fig. 41, 42, e 42. (bis)



Scala delle Fig. 43, 44



Tagliamento del Monte Olivo
Strada
di Liverpool

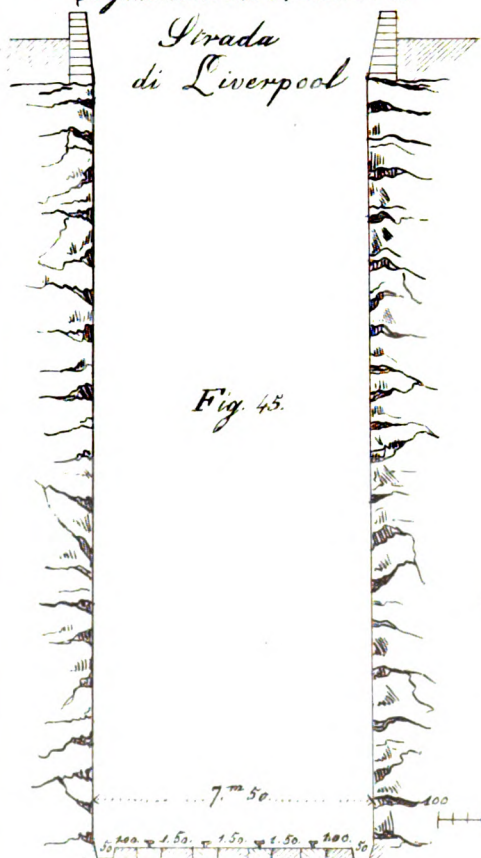


Fig. 45.

Scala della Fig. 45.

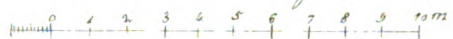


Fig. 46



Fig. 47

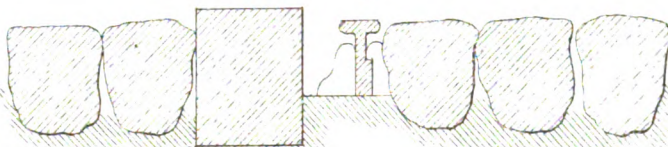
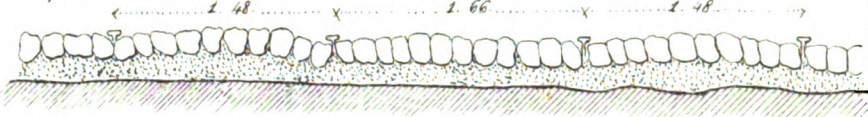


Fig. 48

Liverpool a Manchester Traversa di una strada presso S. Helene



Scala della Fig. 48

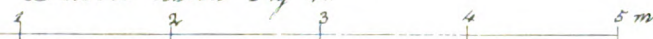


Fig. 49 telia nera
presso S. Etienne

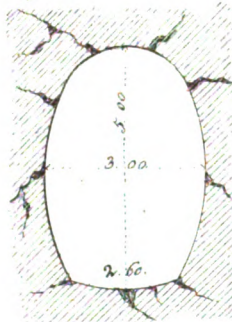


Fig. 50
Preston



Fig. 48. (bis)



Fig. 51. Leeds a Pelly

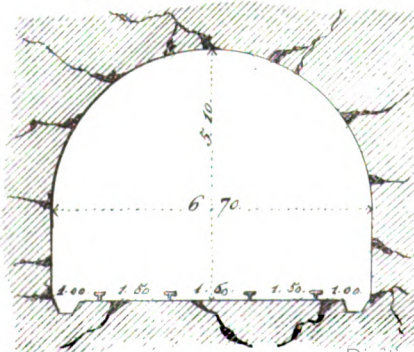


Fig. 52. Liverpool piccolo



Scala delle Fig. 49. 50. 51. 52.

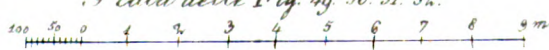


Fig. 53. Liverpool (grande)

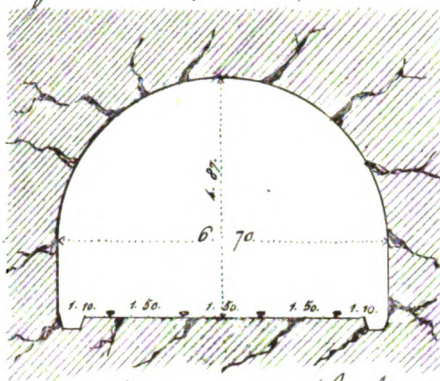
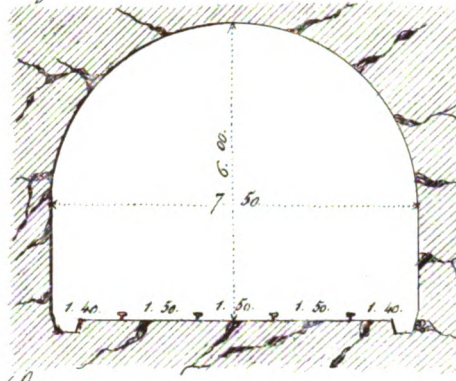
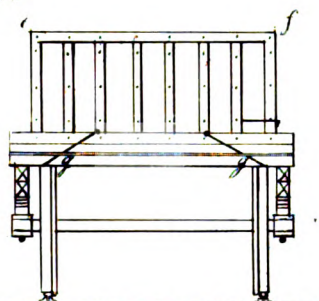
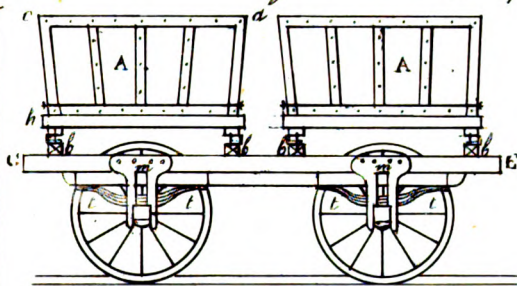


Fig. 54. Liverpool (nuovo)



Scala di Sottellanei

Fig. 58. Liverpool



Sistema di girelle destinate a facilitare il movimento dell'asse

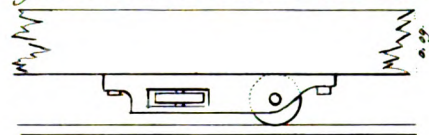
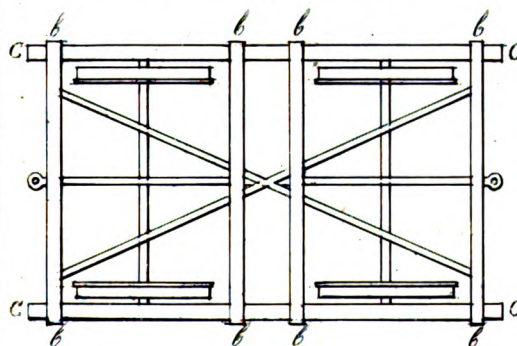
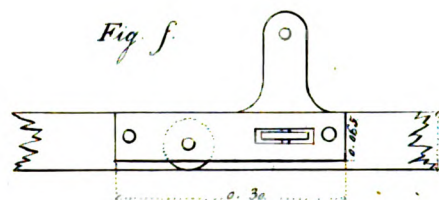


Fig. f.



Sezione verticale secondo a. b.

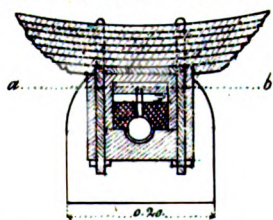
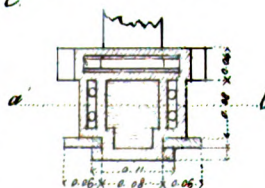


Fig. c.



Sezione orizzontale secondo a. b.

Fig. e. Sistema di appoggio
Elevato di fronte Elevato laterale

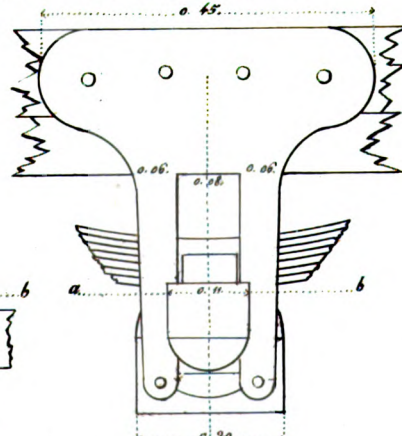
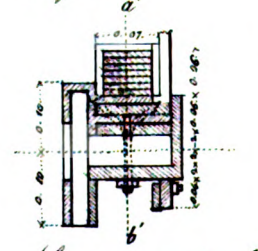


Fig. d.



Sezione verticale secondo l'asse

Scala della Fig. 58.

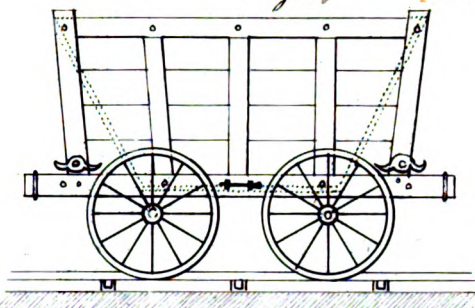
Scala di dettagli

100 50 0 1 2 3 met

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 1 met



Fig. 55. Sunderland



Sunderland

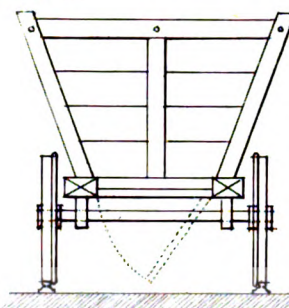


Fig. 56. Lion.

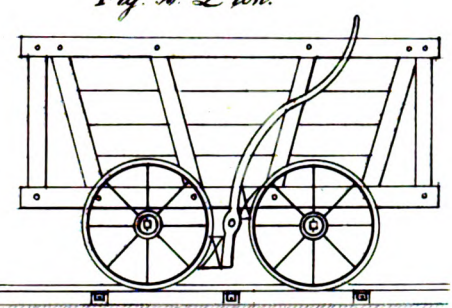


Fig. 57. Darlington

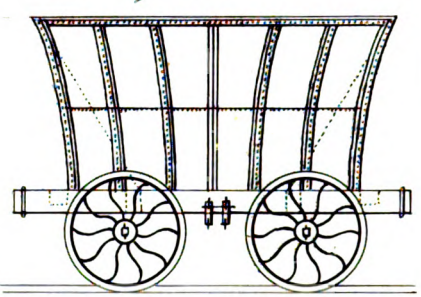
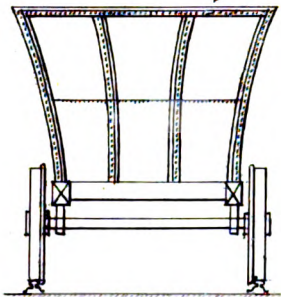


Fig. 59. Diligenza di Liverpool

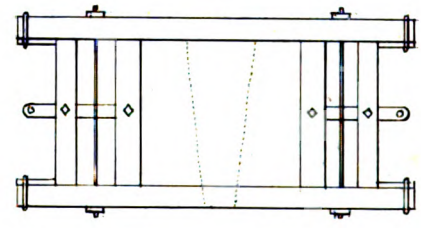
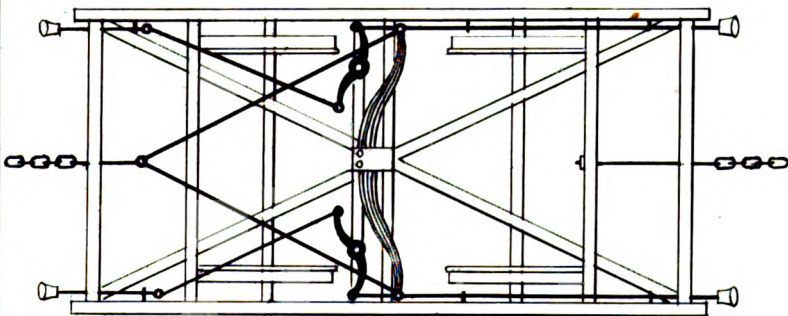


Fig. 60.

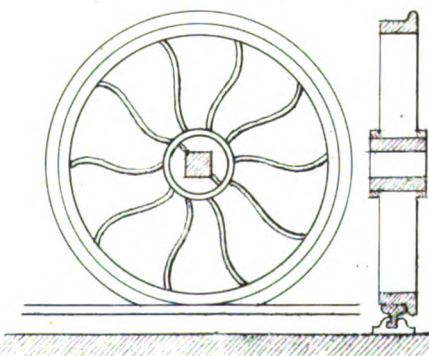


Fig. 61.

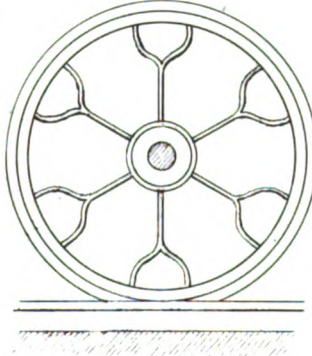


Fig. 62.

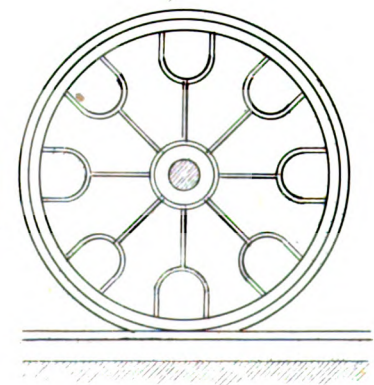
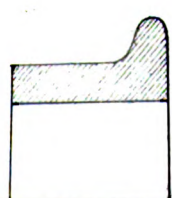
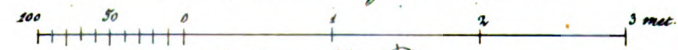


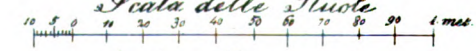
Fig. 60. (bis)



Scala delle Fig. 55. 56. 57. 59.



Scala delle Ruote



Scala della Fig. 60. (bis)

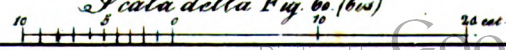




Fig. 63.

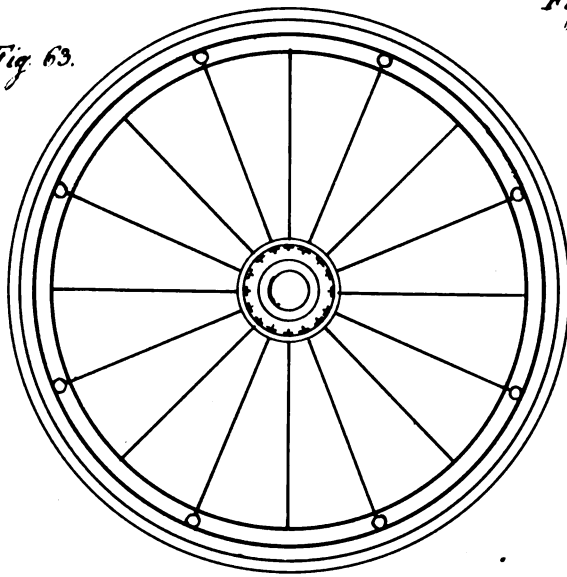


Fig. 63.

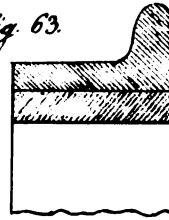


Fig. 64.

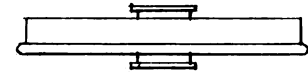
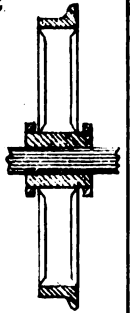
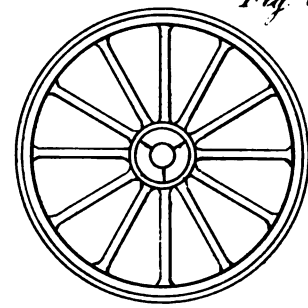


Fig. 66.

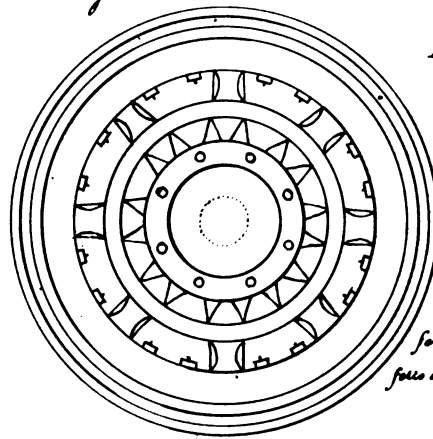


Fig. 64.

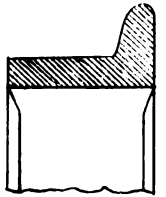


Fig. 65.

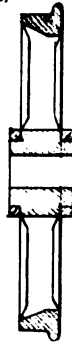
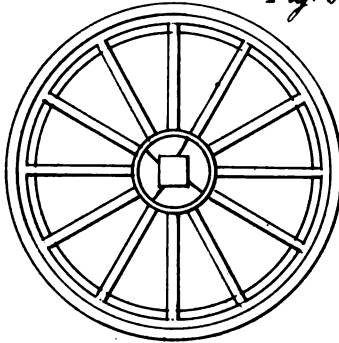


Fig. 65.

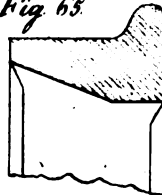


Fig. 66.

fetto da fa.
fetto da fucina
Legno

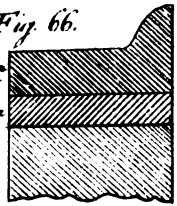


Fig. 67.

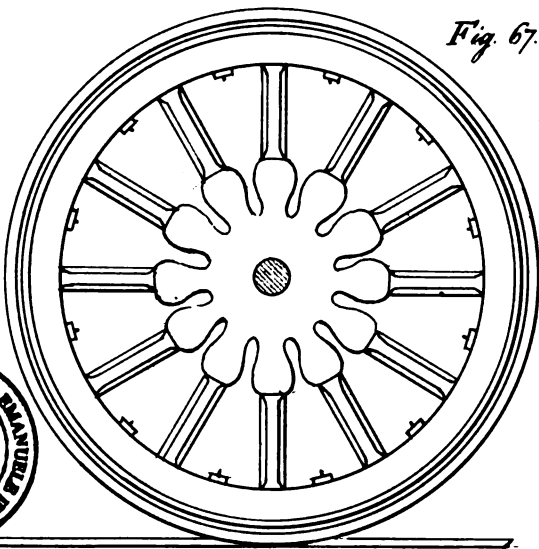


Fig. 67.

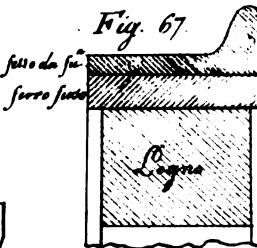


Fig. 68.

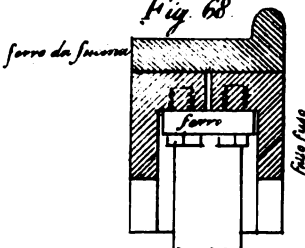
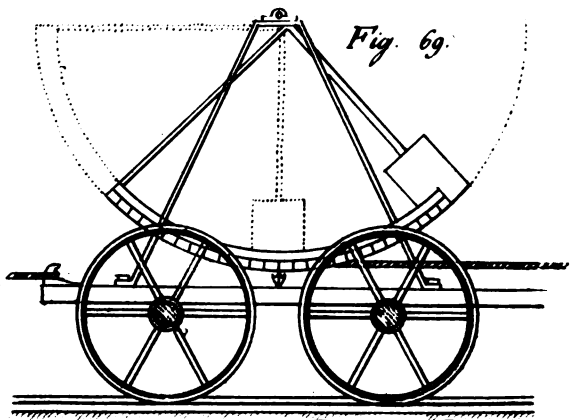


Fig. 69.



Scala delle Ruote
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Scala di dettagli 63. 64. 65. 66. 67. 68.
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Fig. 70. Cuscinetti ----- Strada di Rouanne

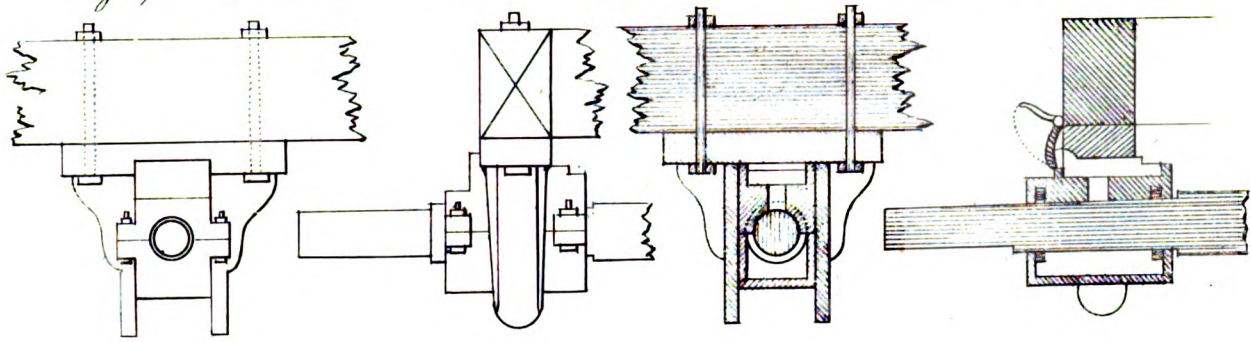
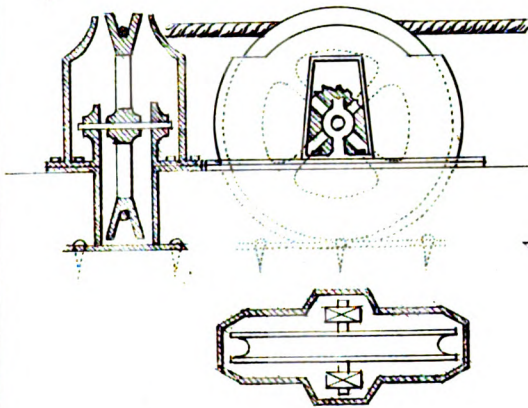
Fig. 71. S.^{ta} Hilene a Runcorn

Fig. 72. Rouanne

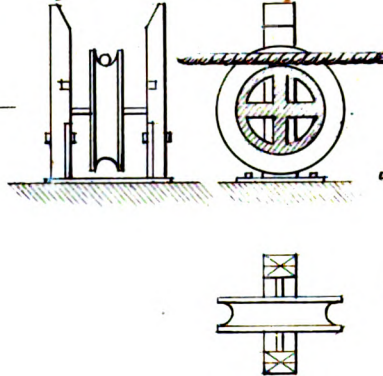
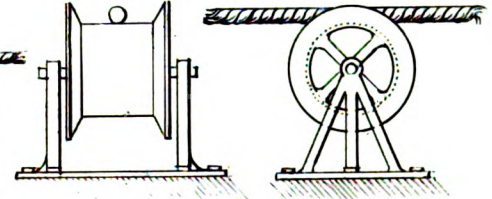


Fig. 73. Sunderland



Scala delle Fig. 71. 72. 73.

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Fig. 75. Cuscinetti Strada di Bolton a Leigh

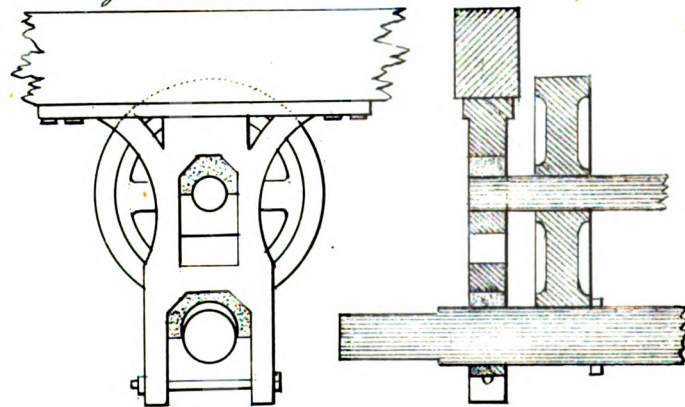


Fig. 74. Brusselton

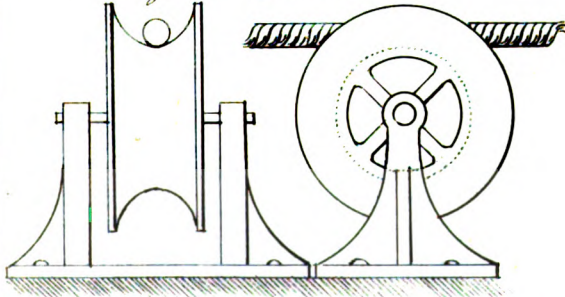


Fig. 76. Cuscinetti Liverpool

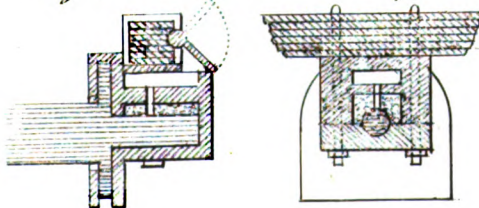
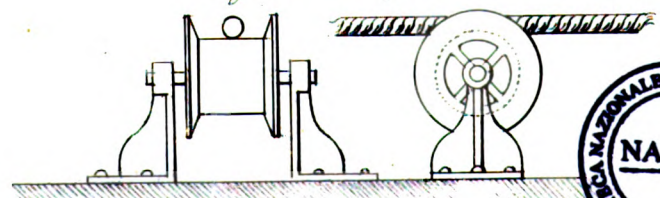


Fig. 77. Spinac



Scala delle Fig. 70. 74. 75. 76. 77.

10 20 30 40 50 cent.





Fig. 78. Liverpool

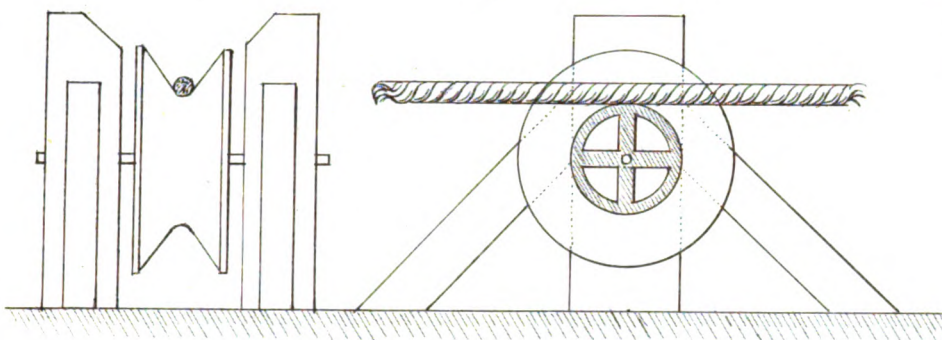
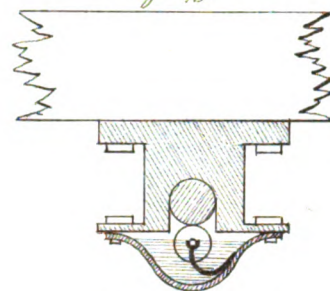
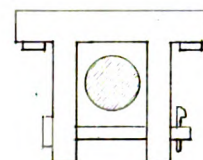


Fig. 79.



Cuscinetto. Darlington



Scala della Fig. 78.

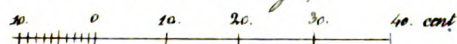


Fig. 80.

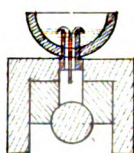
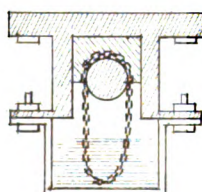


Fig. 81.



Scala della Fig. 82.

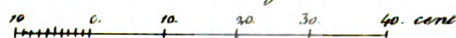


Fig. 82.

Brusselton

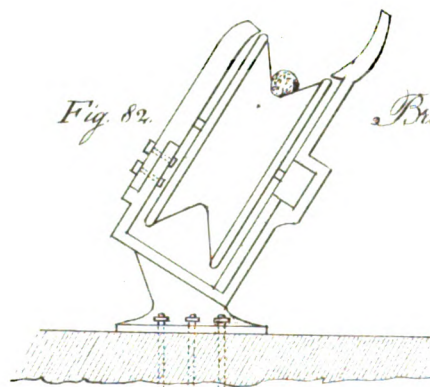


Fig. 83.

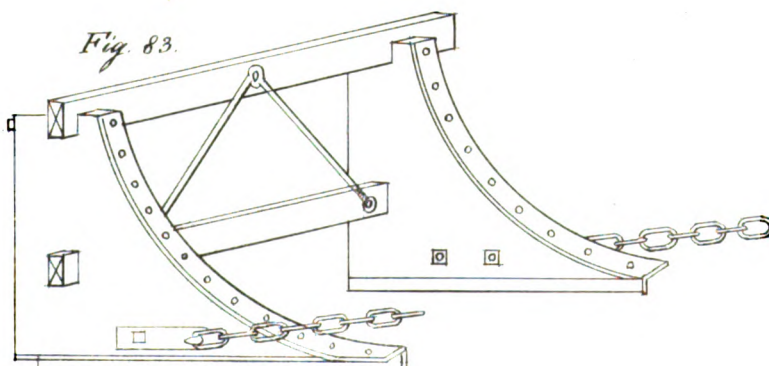


Fig. 84.

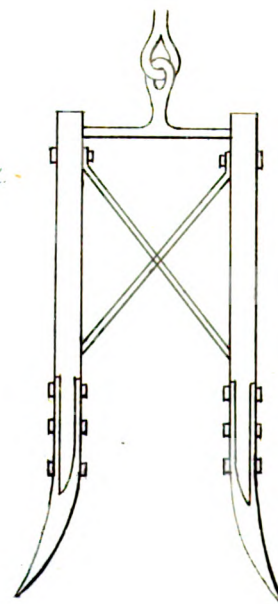




Fig. 85. Catena d'attacco de' Carri

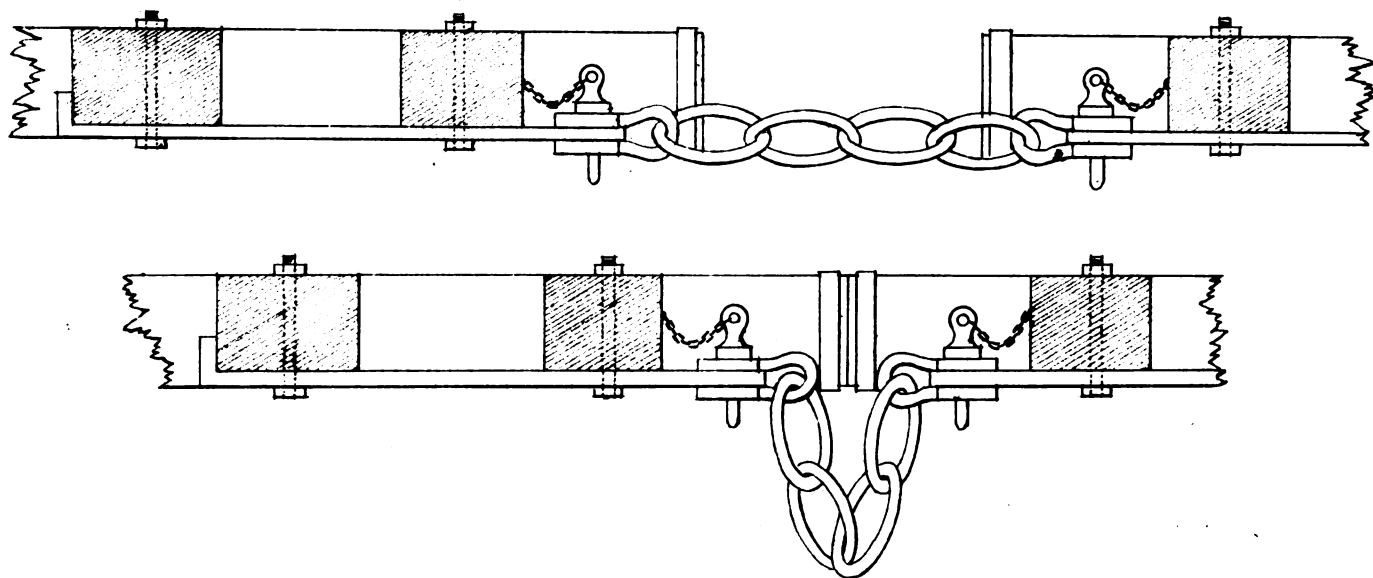


Fig. 86. Fermaglio del fondo de' Carri

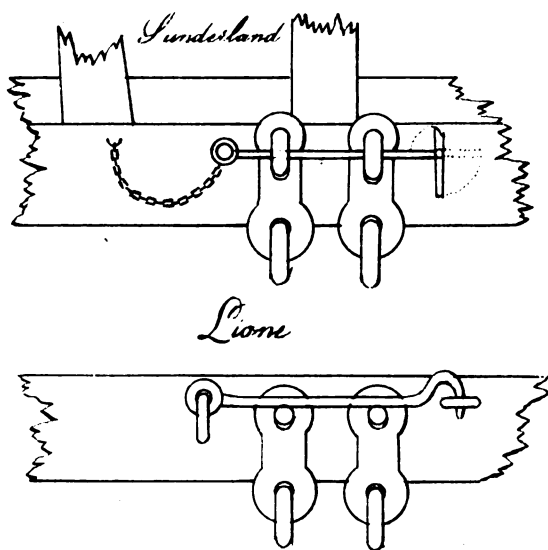
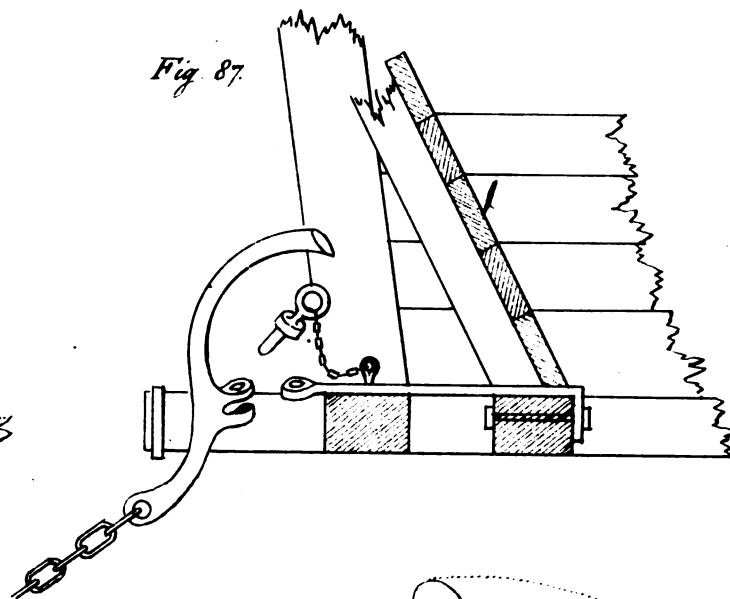


Fig. 87.



Scala delle Fig. 85. e 86.

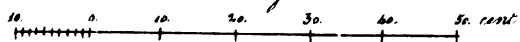
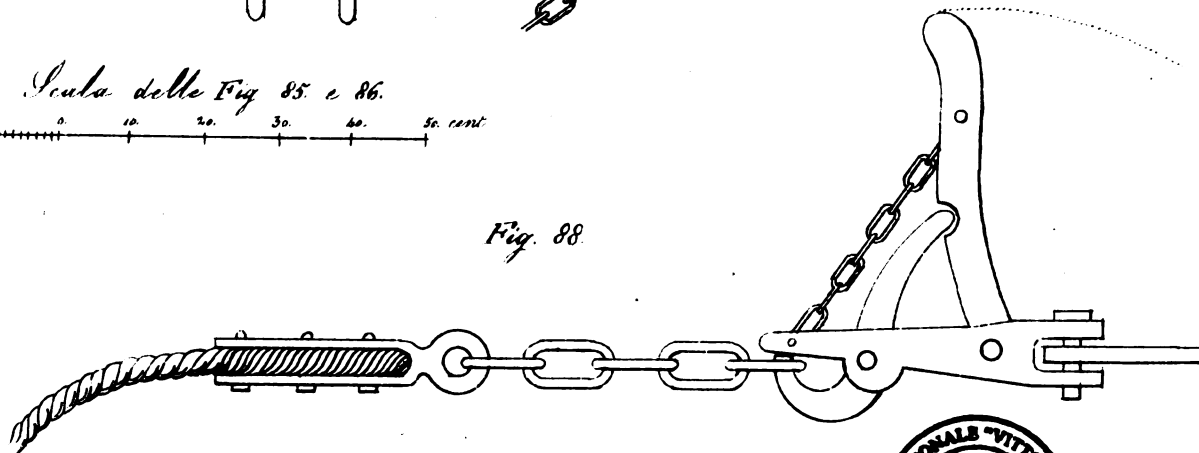


Fig. 88.



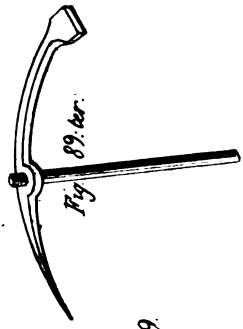


Fig. 89. ter.

Fig. 89.

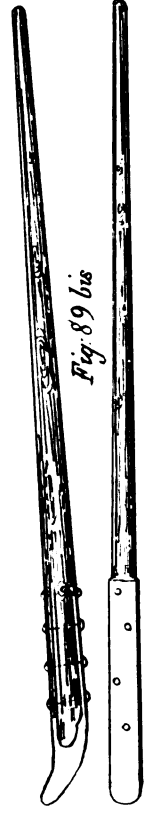


Fig. 89 bis

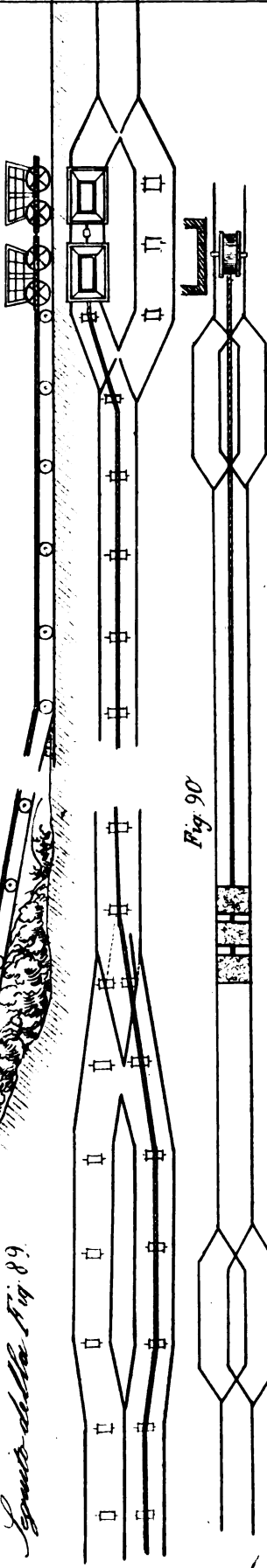


Fig. 90

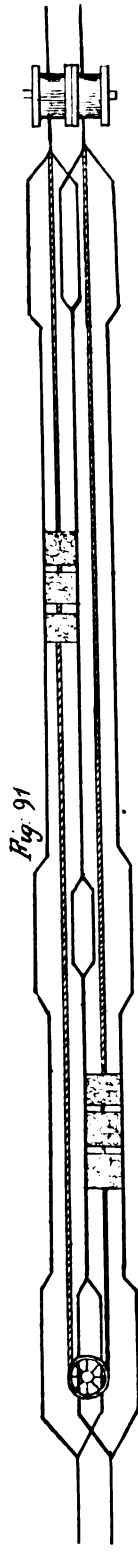


Fig. 91

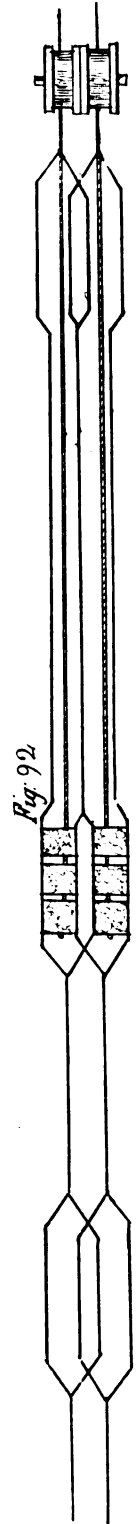


Fig. 92

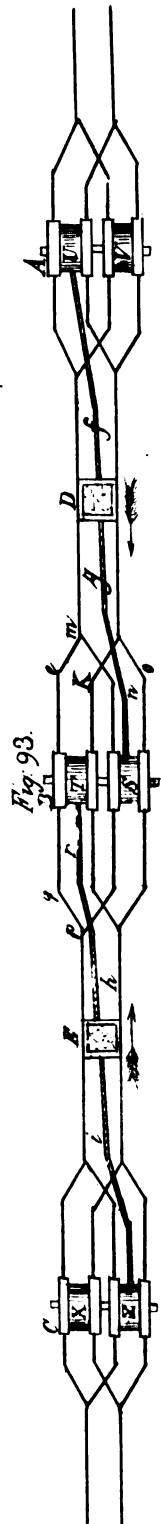


Fig. 93.

Spazio della Fig. 89.



Fig. 94.

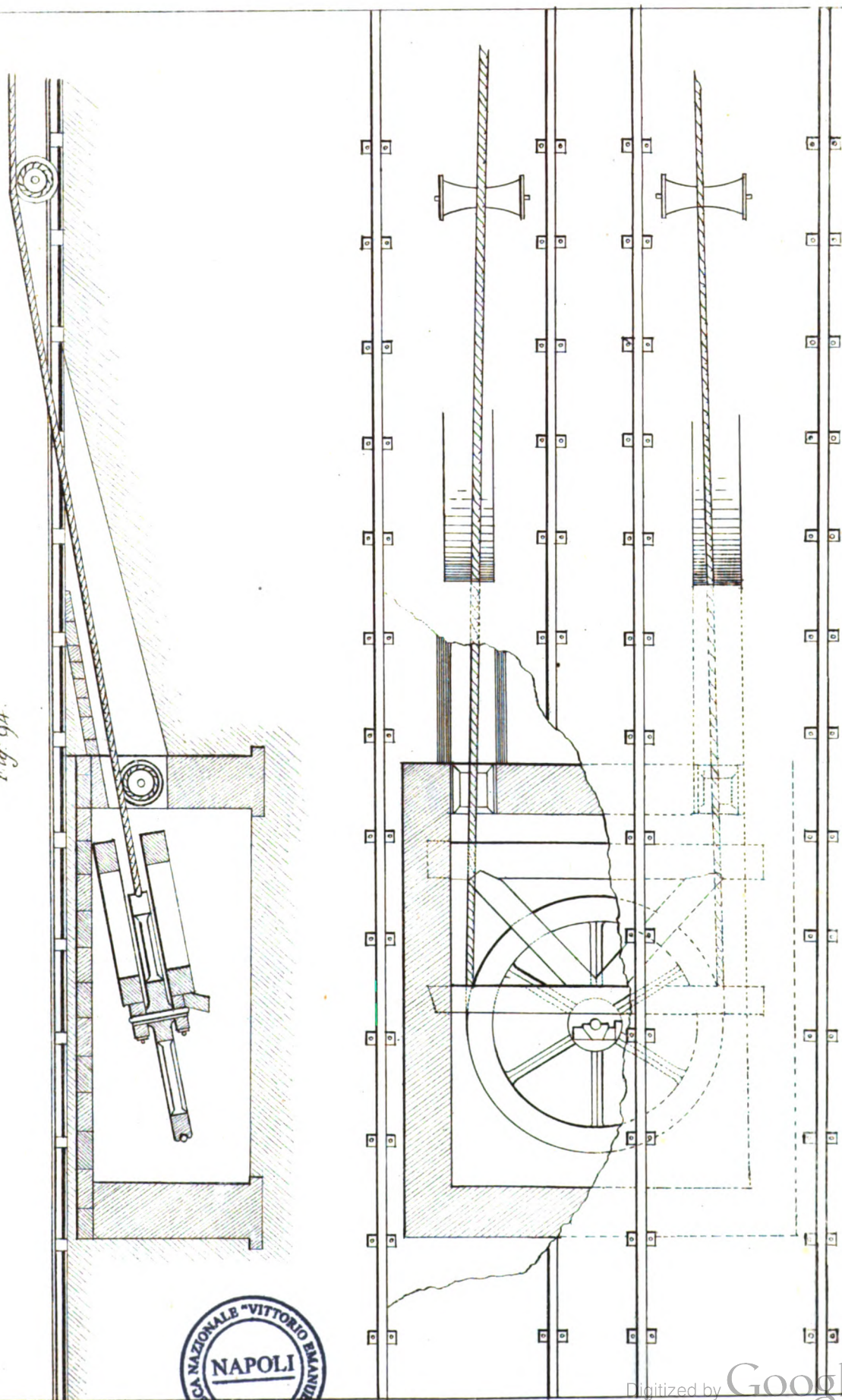


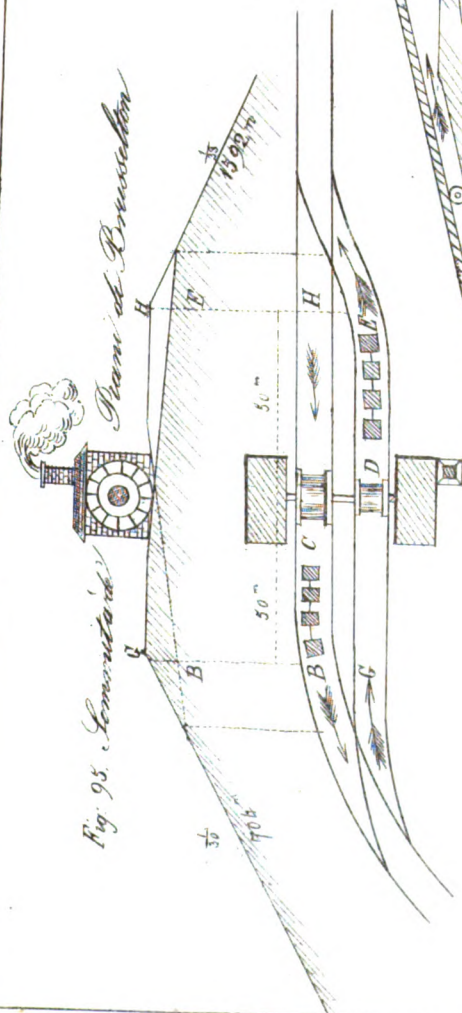
Fig. 95. *Sezionato di* *Mano di Pavesio*

Fig. 96.

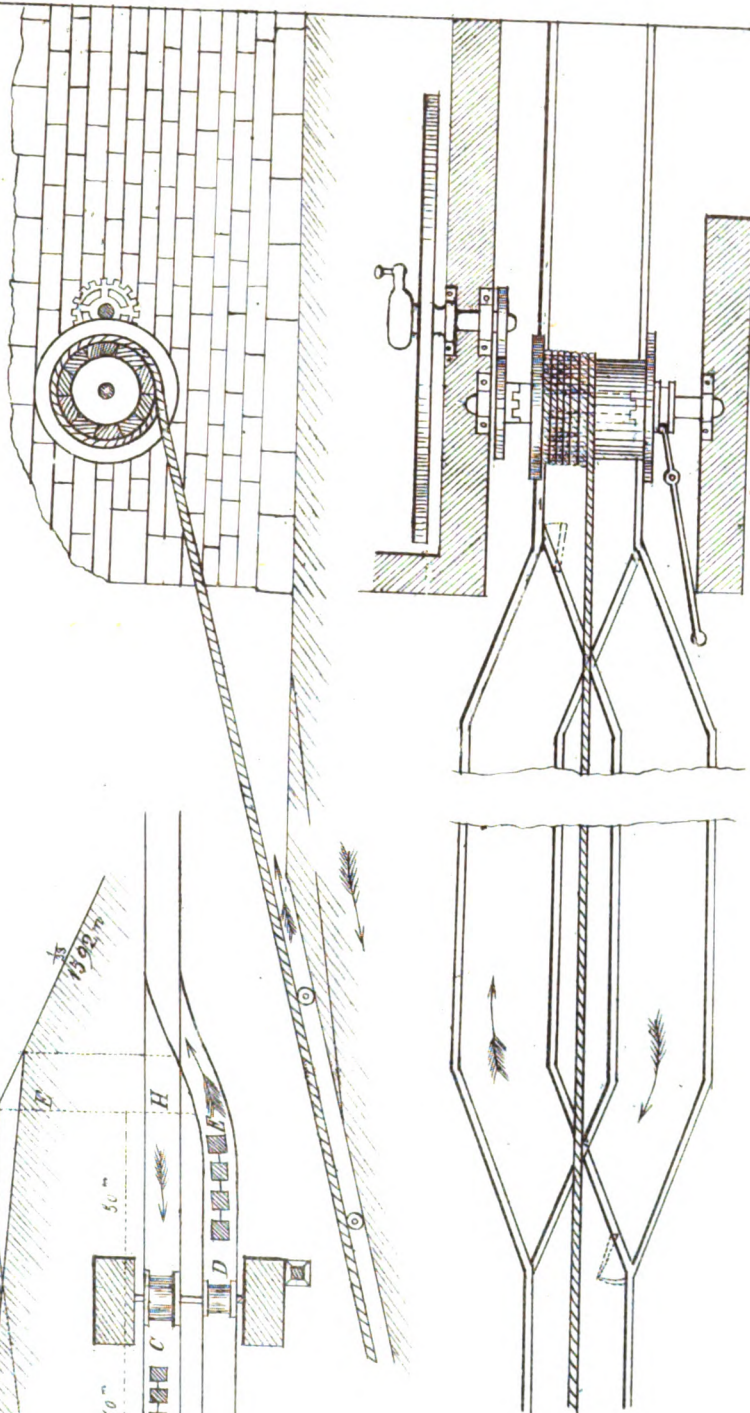
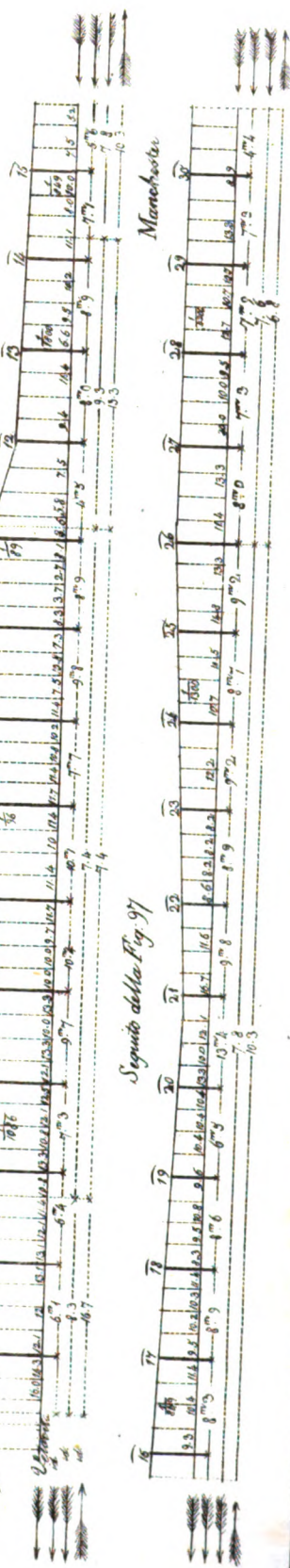


Fig. 97

Riviera

Livorno



Seguito della Fig. 97

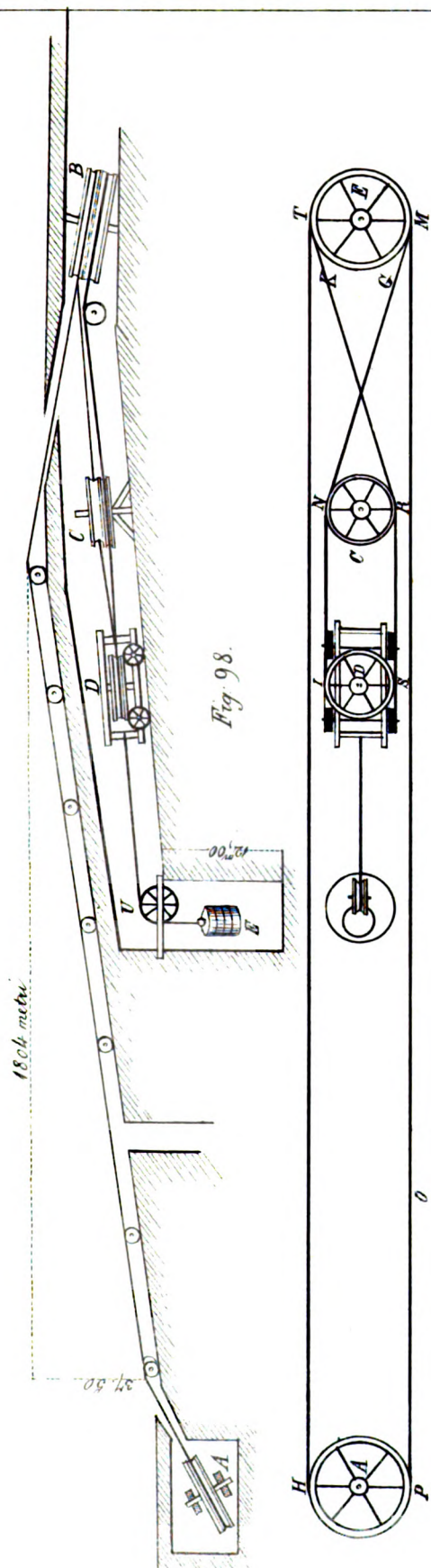


Fig. 98.

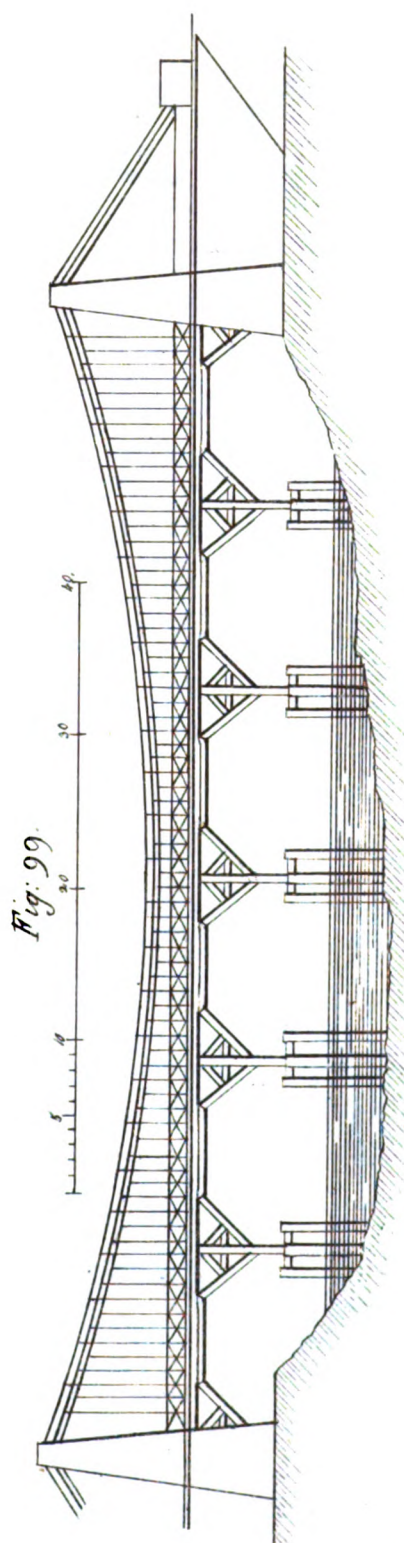


Fig: 99.

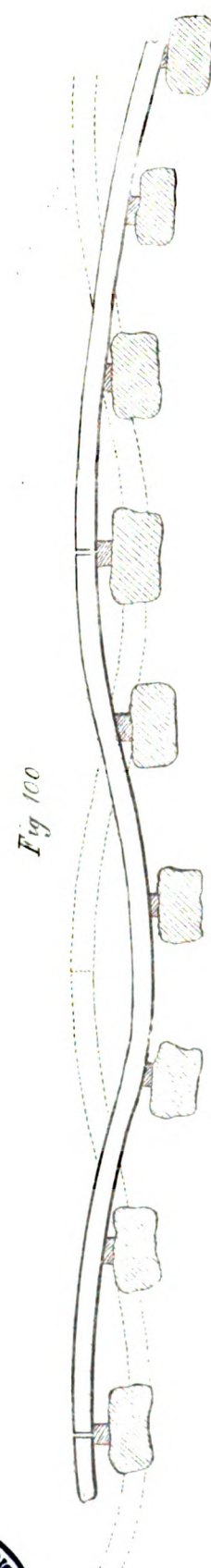


Fig 100

Fig 104.

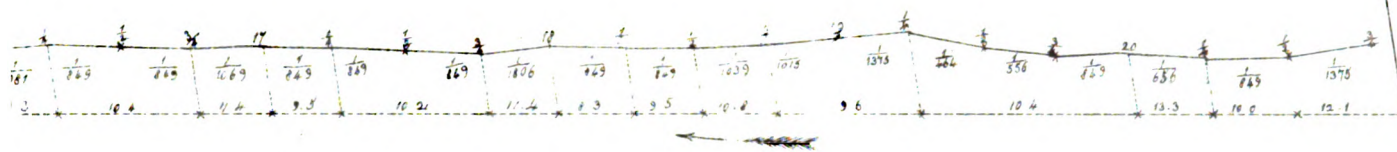


Fig 106.

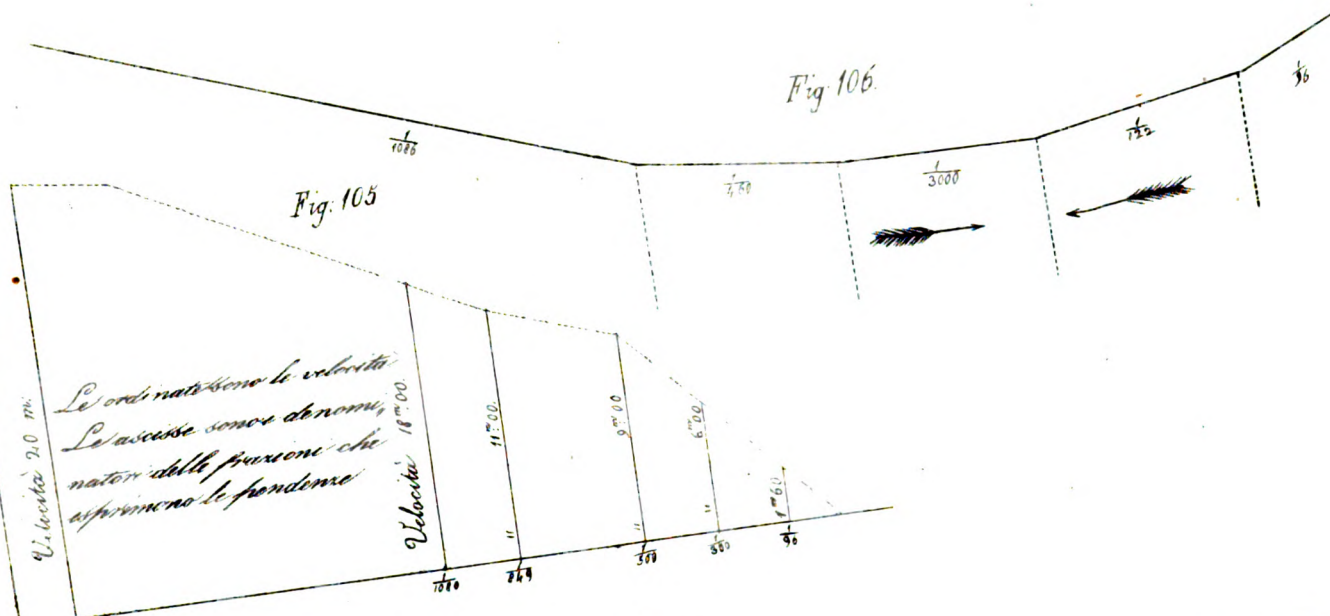


Fig 101

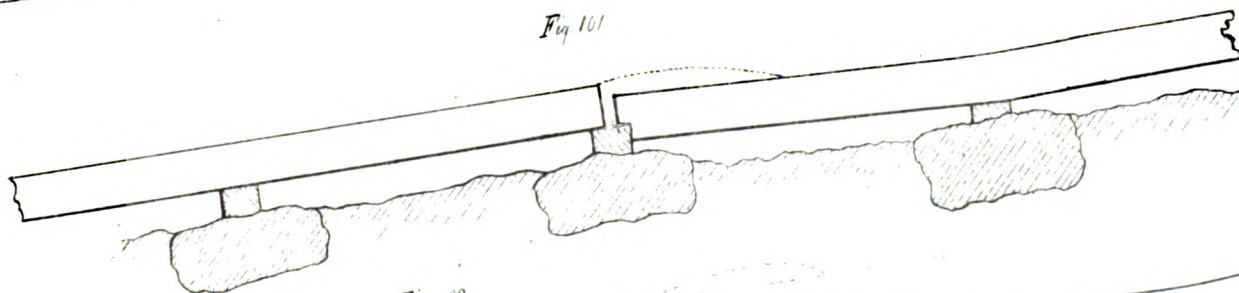


Fig 102

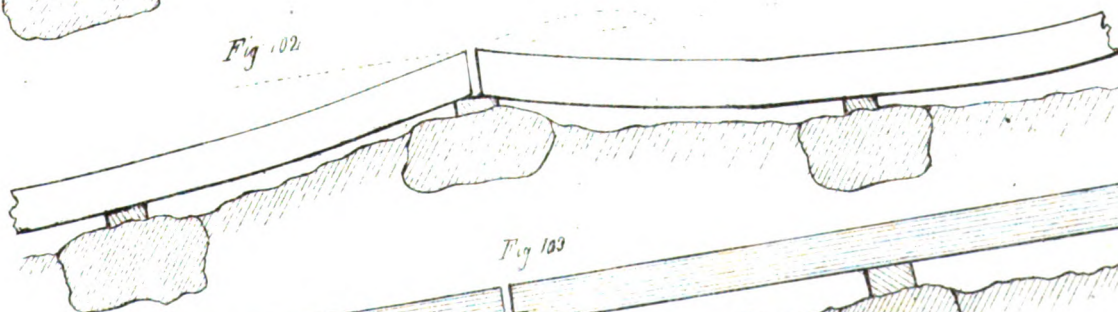


Fig 103

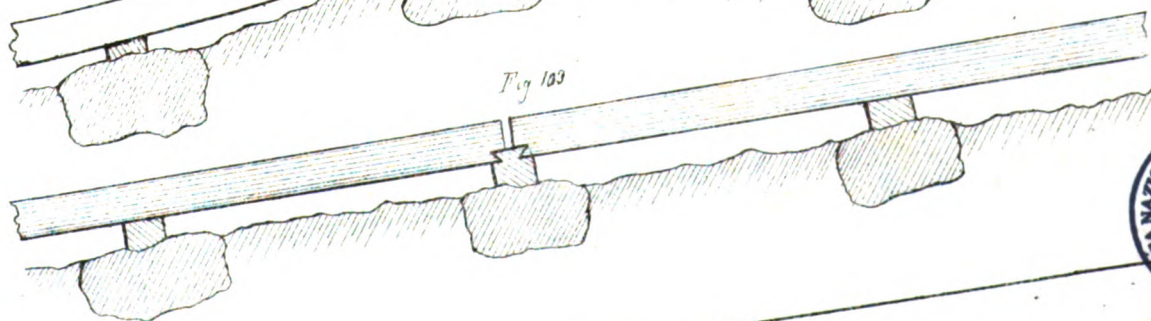
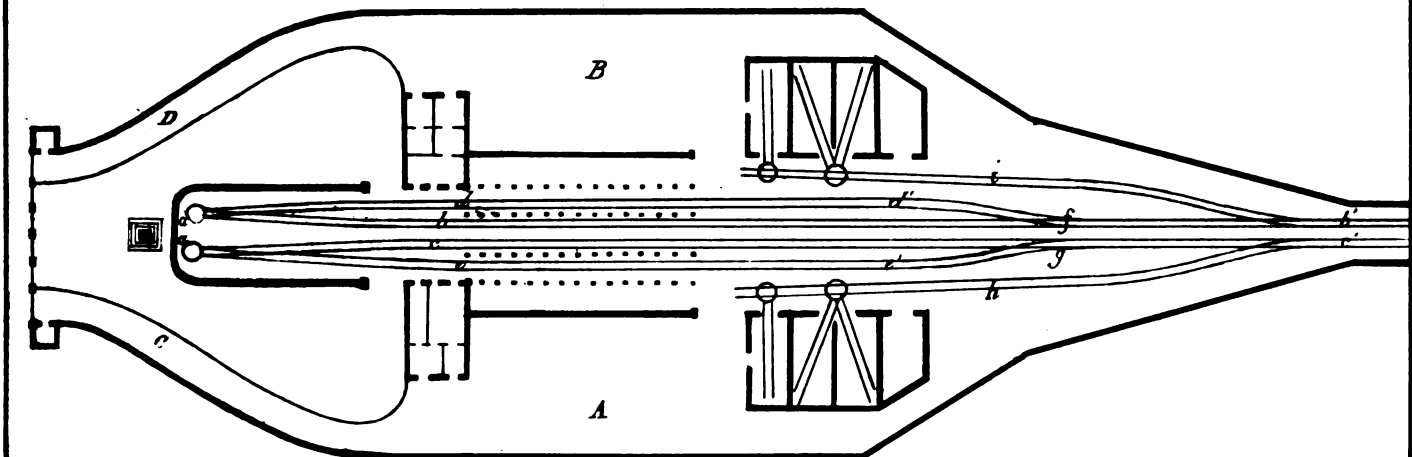
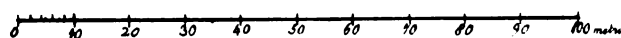


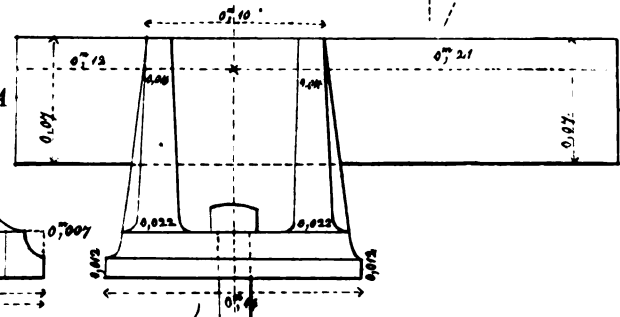
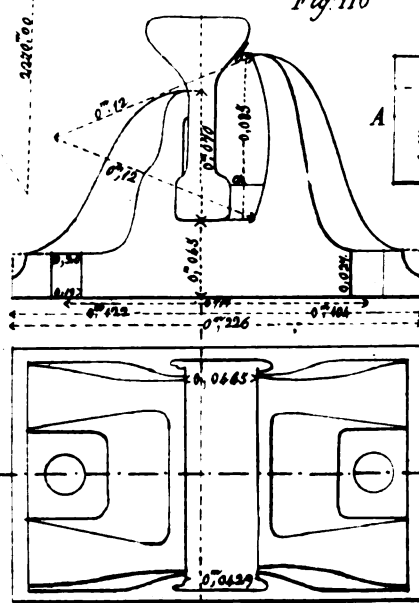
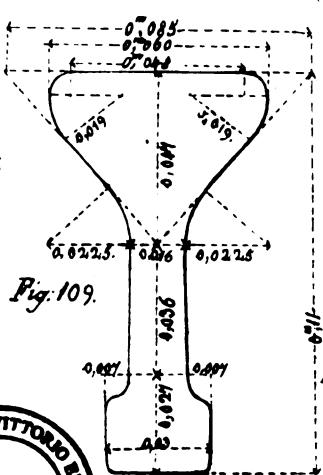
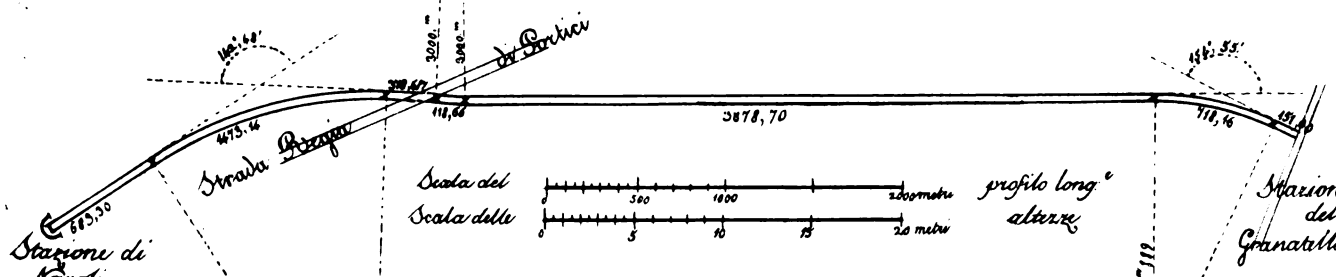
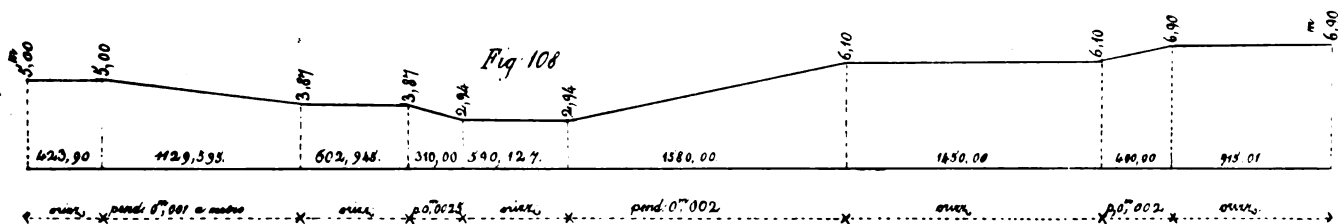
Fig. 107



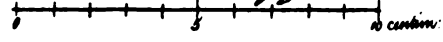
Scala



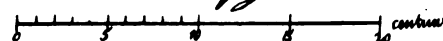
della fig. 107



Scala della fig. 109.

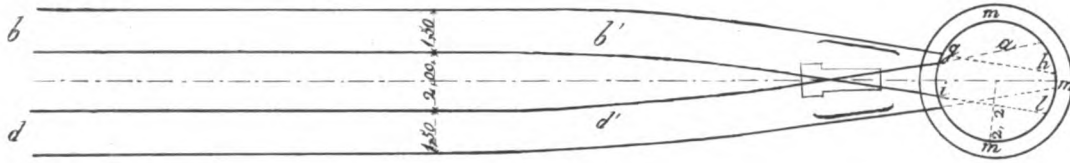


Scala della fig. 110.



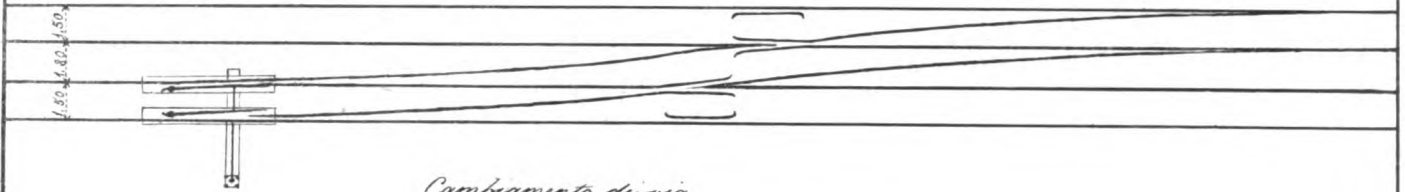
Riunione di due vie sopra un piano girante

Fig. 111.



Disposizione generale dei cambiamenti e degli incrociamenti di vie

Fig. 112.



Cambiamento di via

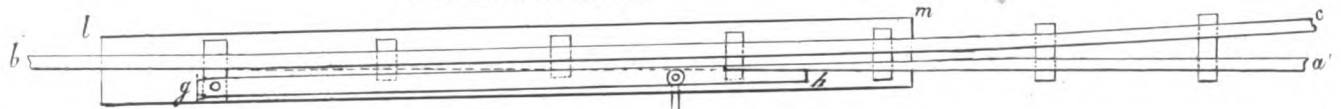


Fig. 113

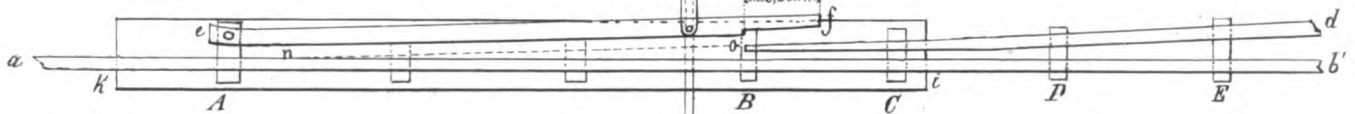


Fig. 114.

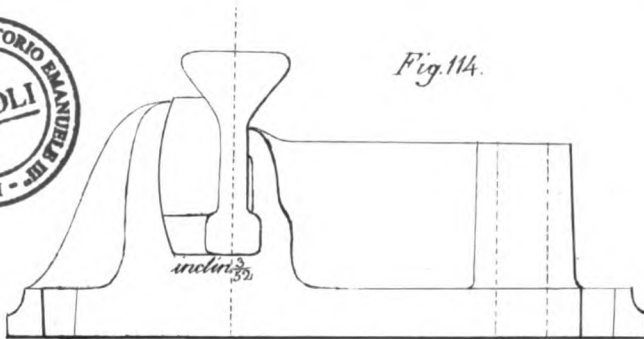
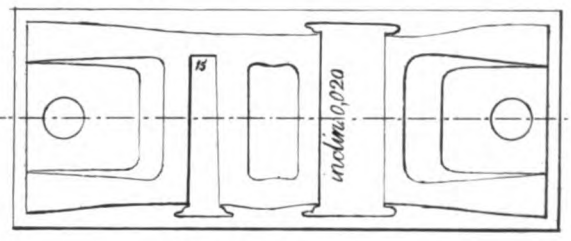
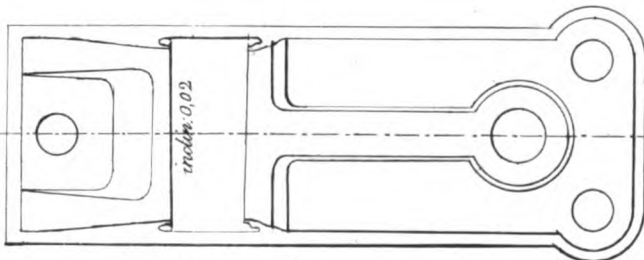
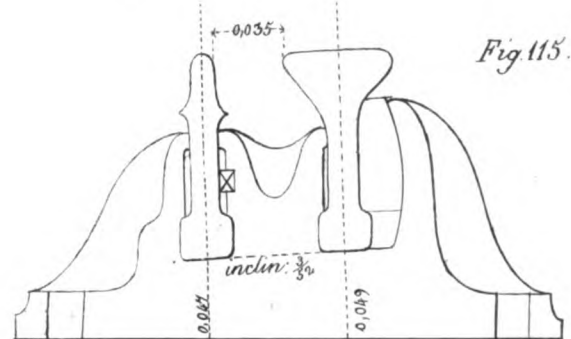


Fig. 115.



Cuscinetto A

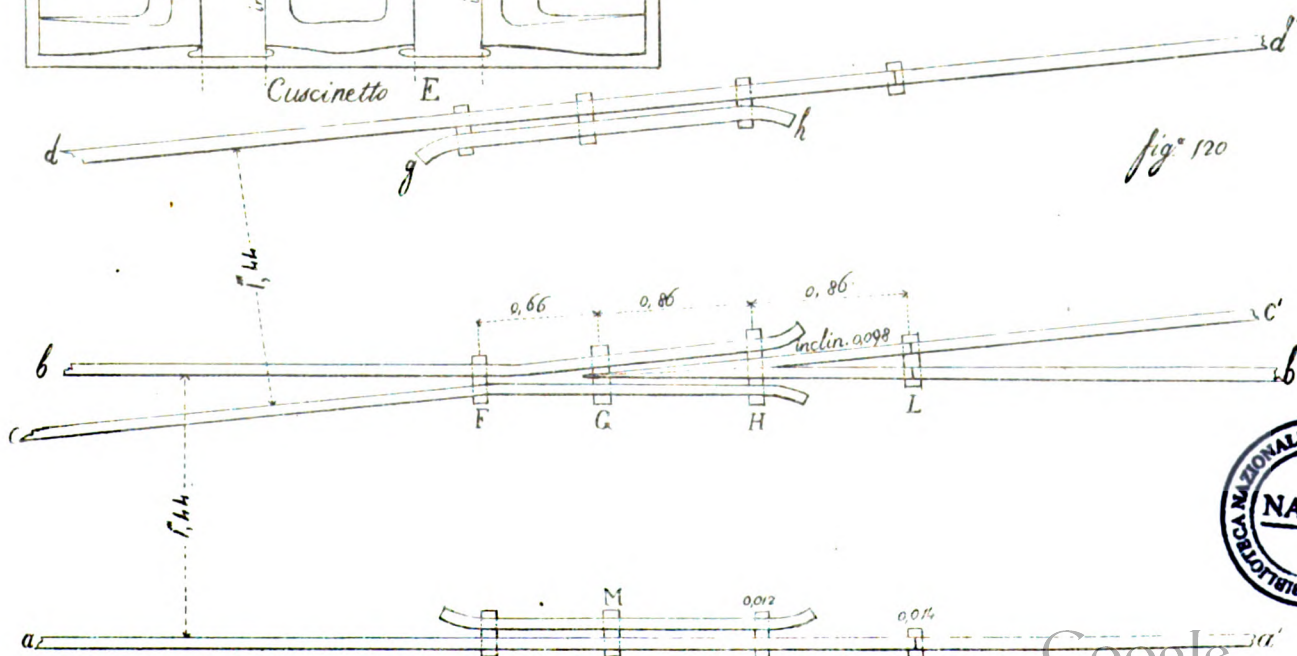
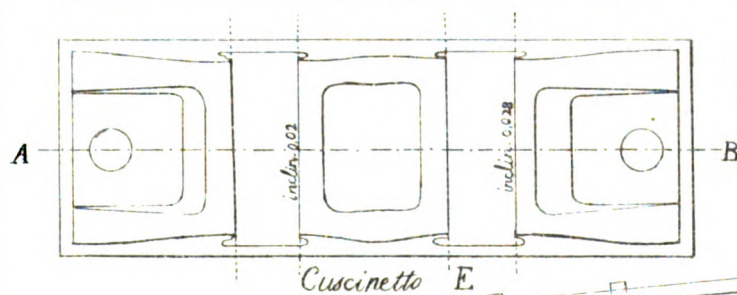
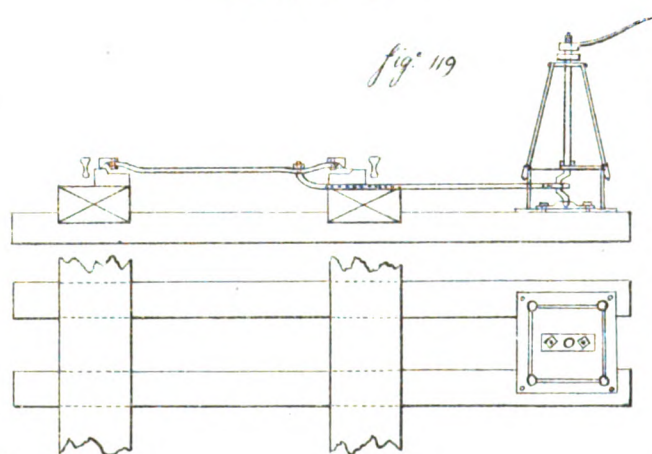
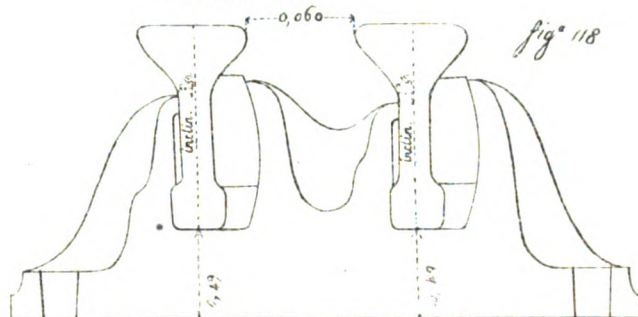
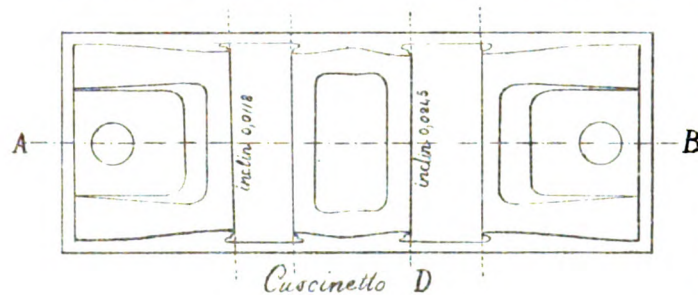
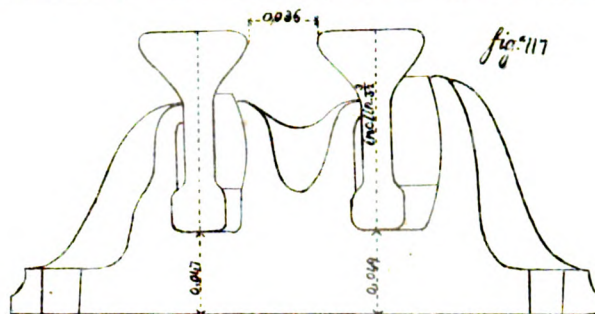
Cuscinetto B

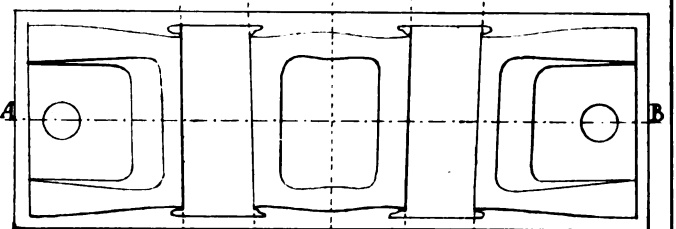
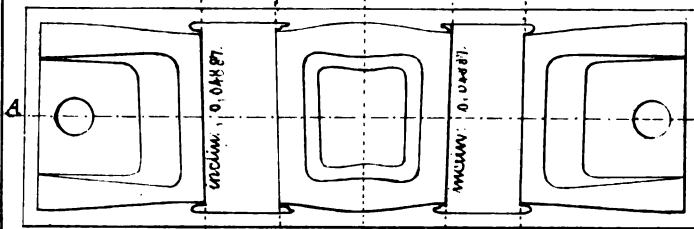
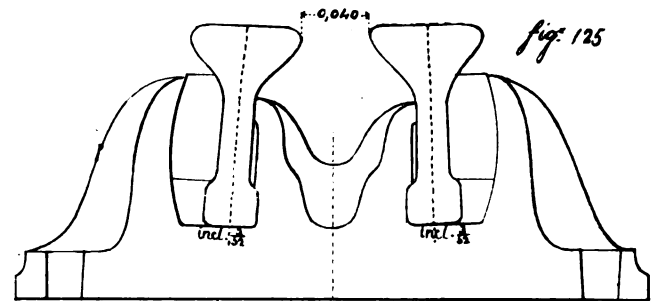
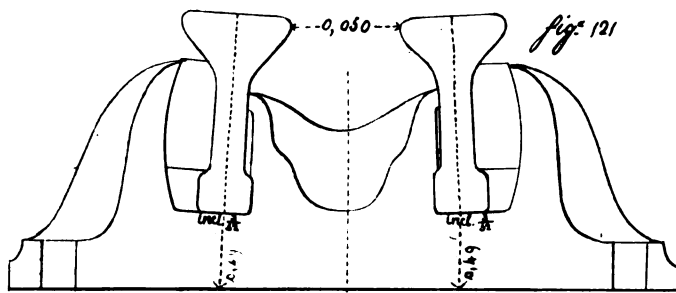
Scala della fig. 112

Scala della fig. 113, 119, 120.

Scala delle fig. 114, 115, 116, 117, 118.

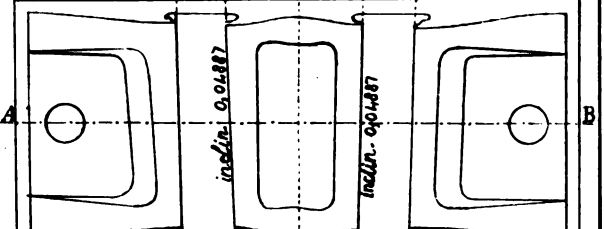
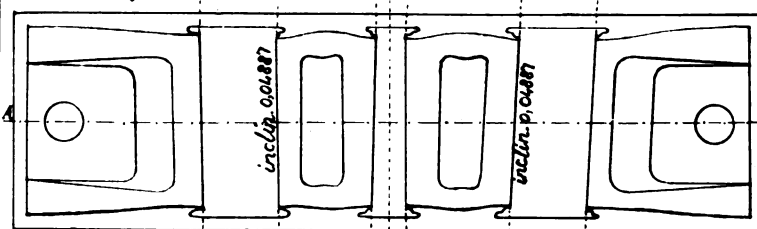
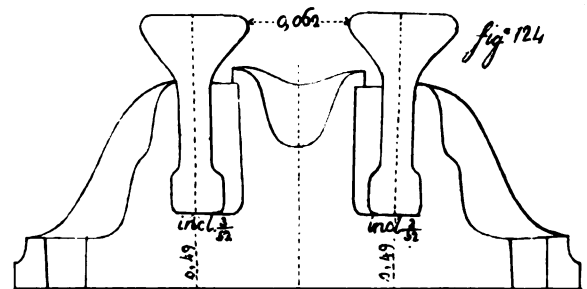
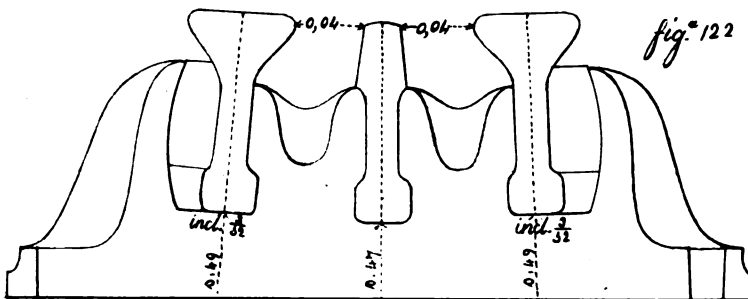






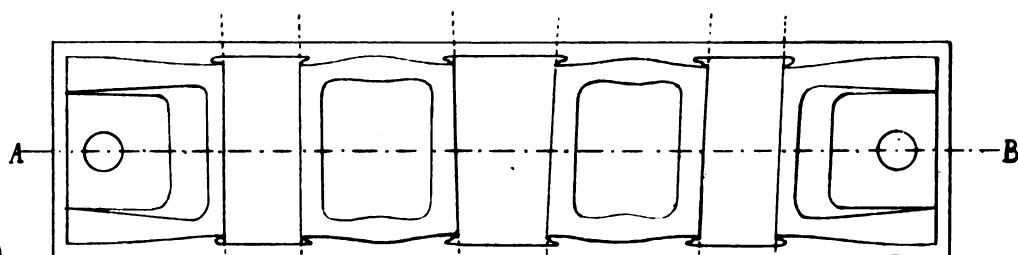
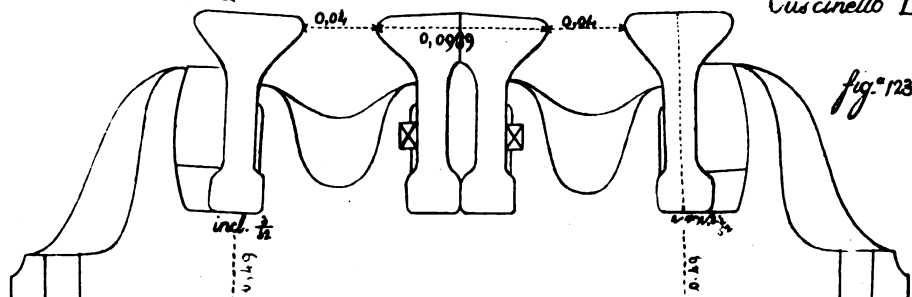
Cuscinetto F

Cuscinetto M



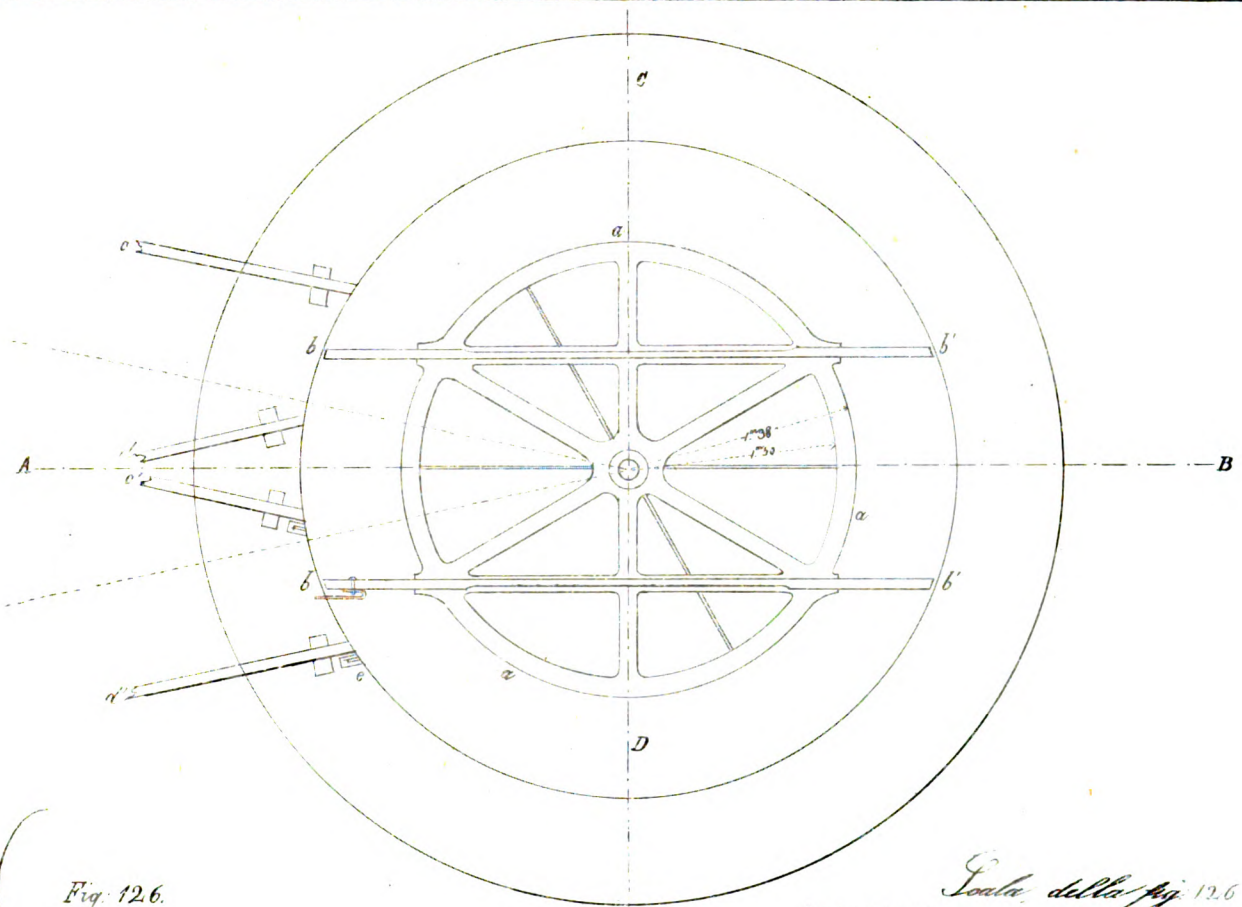
Cuscinetto G

Cuscinetto L

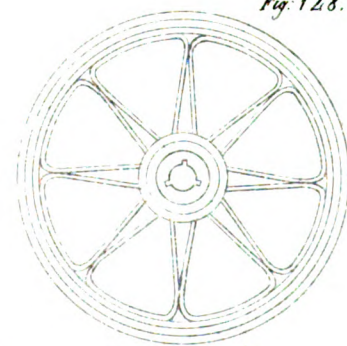
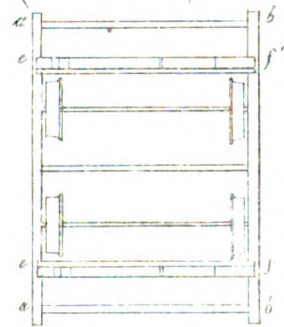
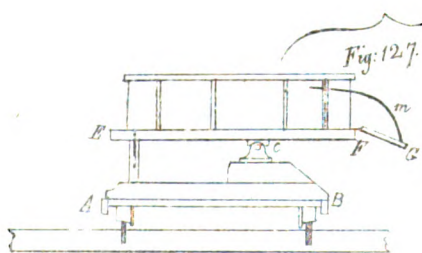
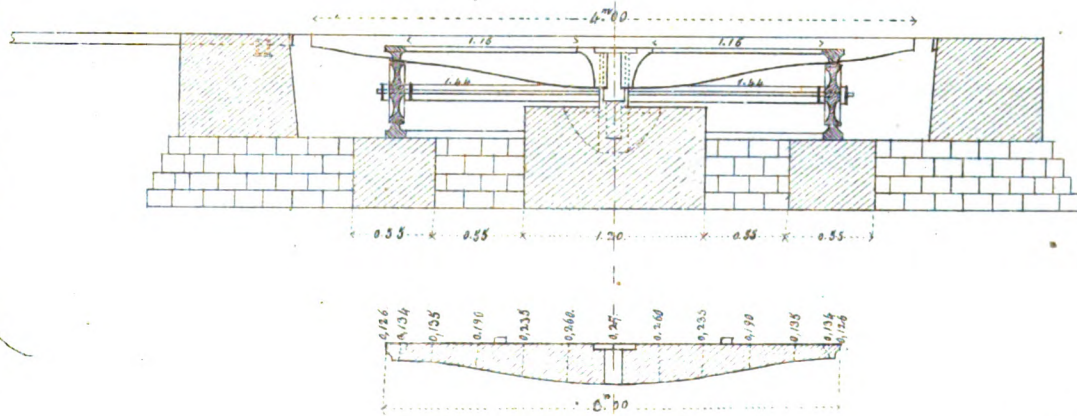


Cuscinetto H

Scala delle fig. 121, 122, 123, 124, 125
20 centim.



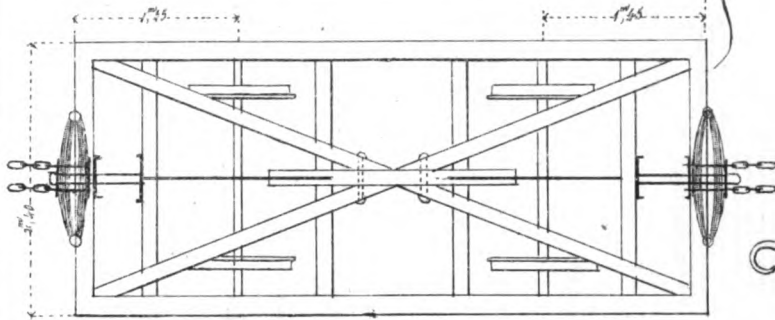
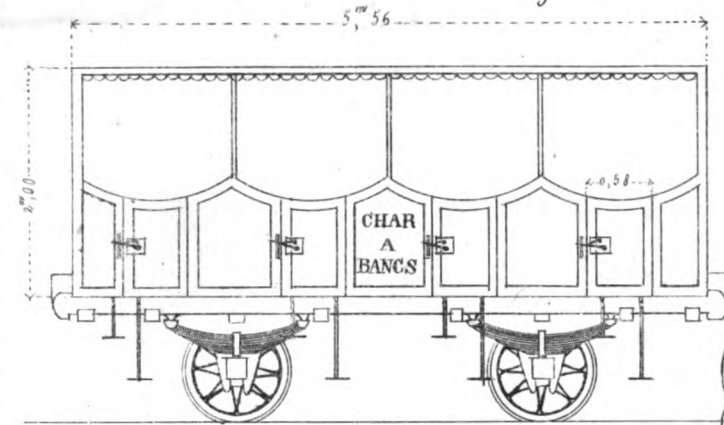
Scala della fig. 12.6
0 1 2 3 4 5 metri



Scala della fig. 127 Scala della fig. 128



Fig. 129.



Scala della Fig. 129
3 metri

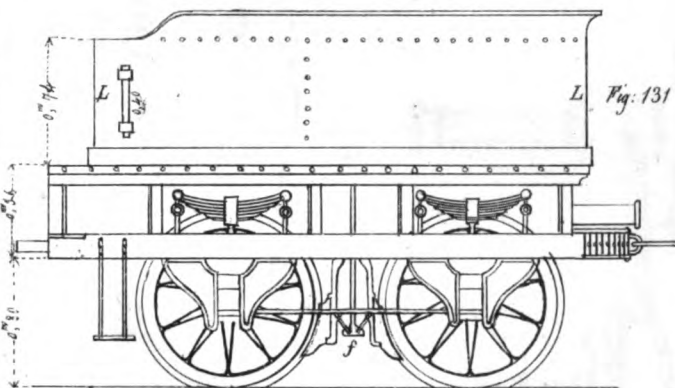


Fig. 131

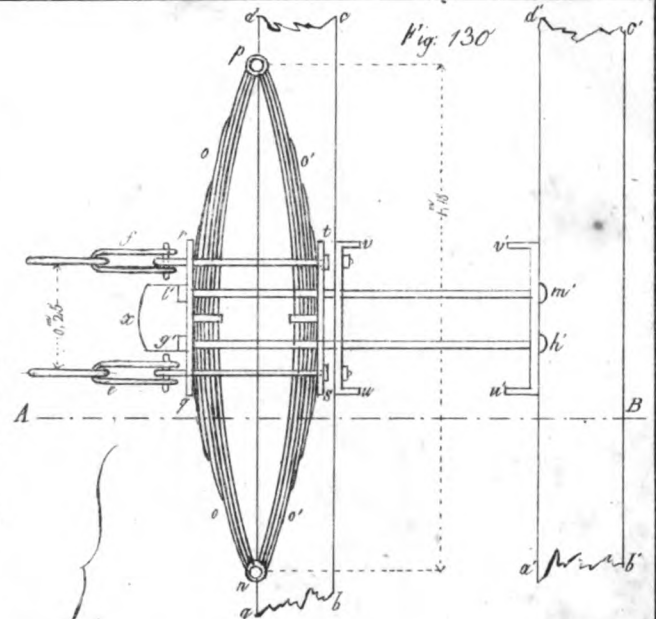
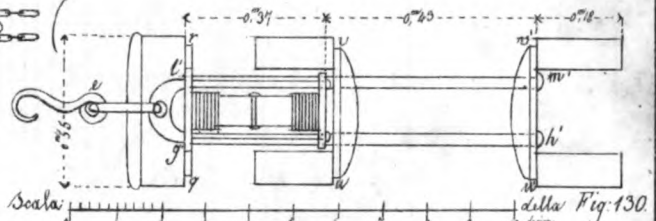


Fig. 130



Scala della Fig. 130
3 metri

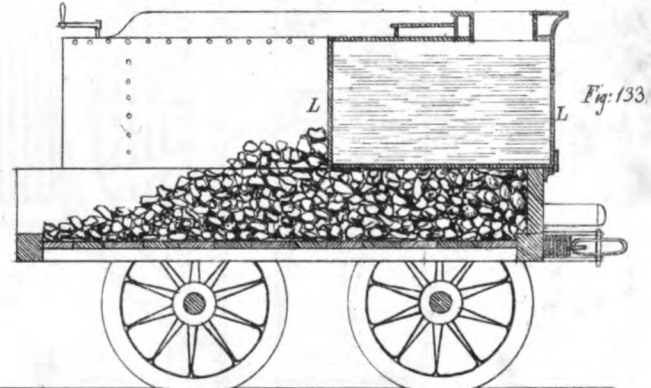


Fig. 133

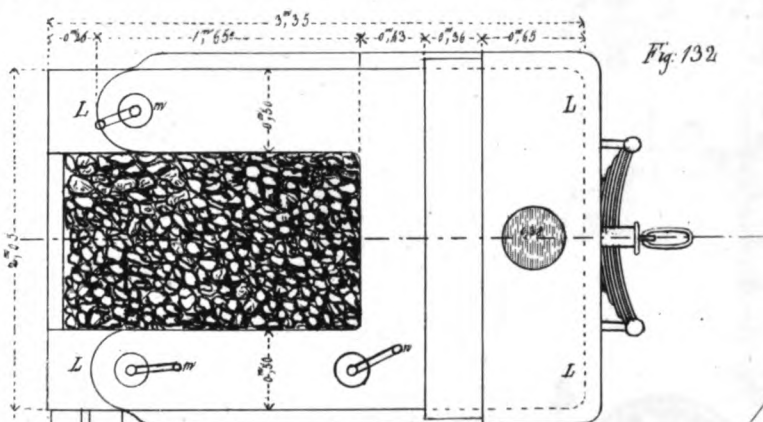


Fig. 132

Scala della fig. 131, 132, 133.
3 metri
Scala della Fig. 134

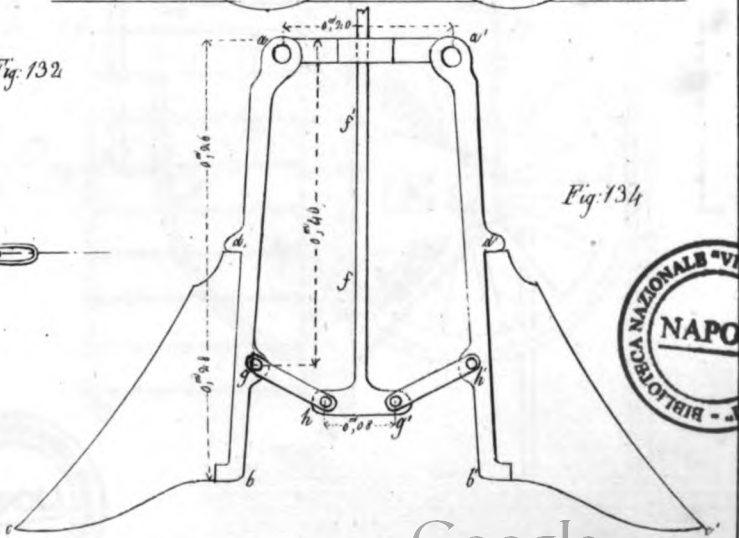


Fig. 134





SEZIONE
DELLA MACCHINA LOCOMOTIVA

Fig. 136

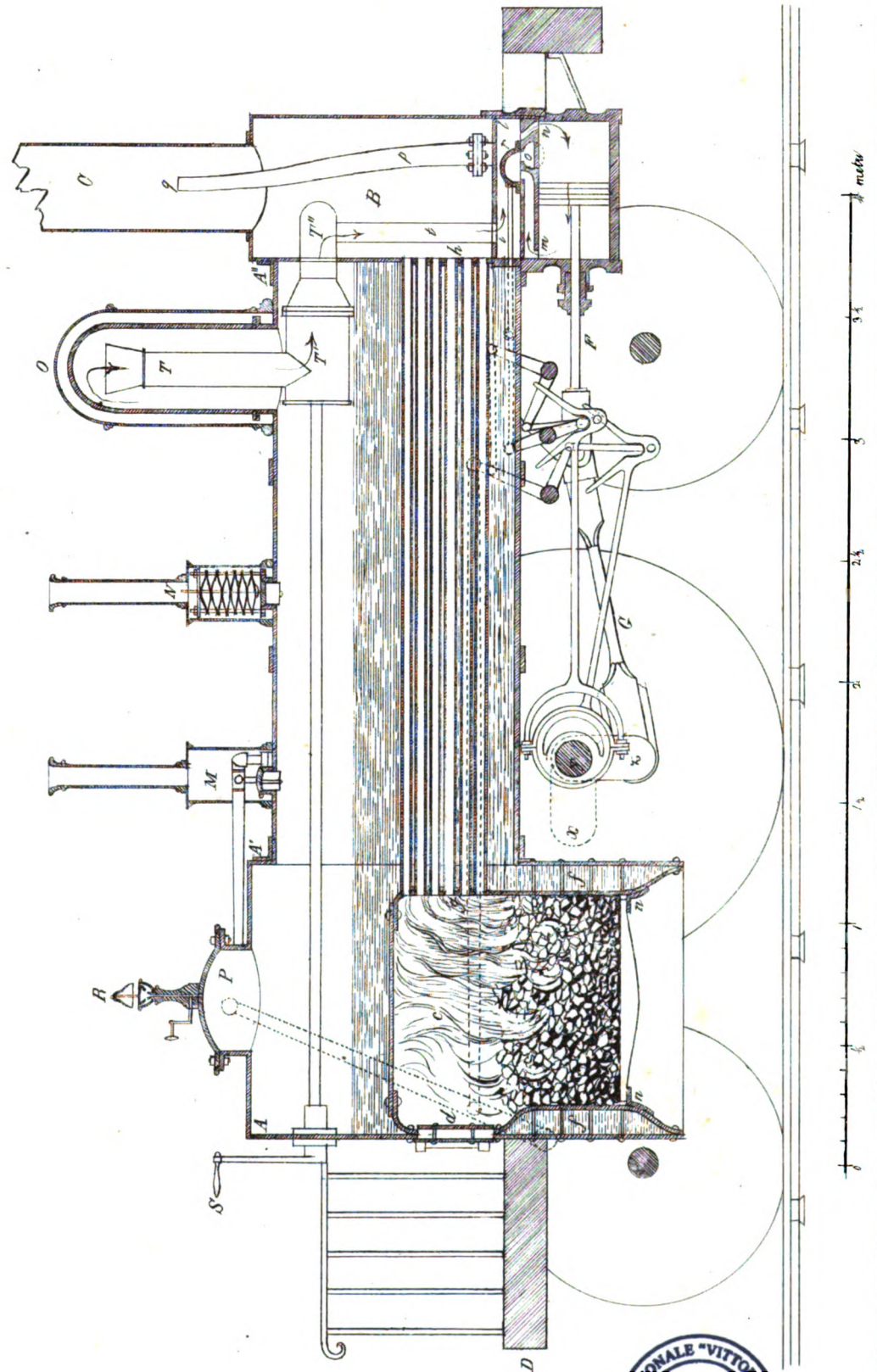


Fig. 139.

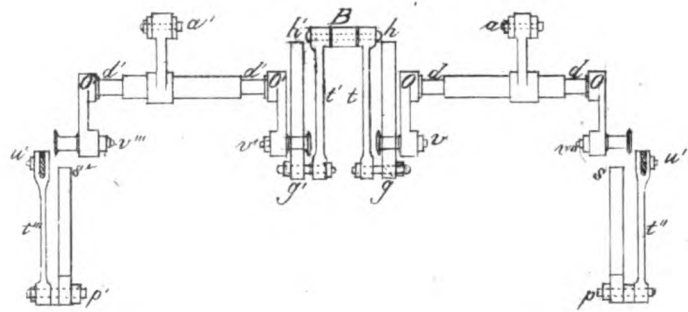


Fig. 137.

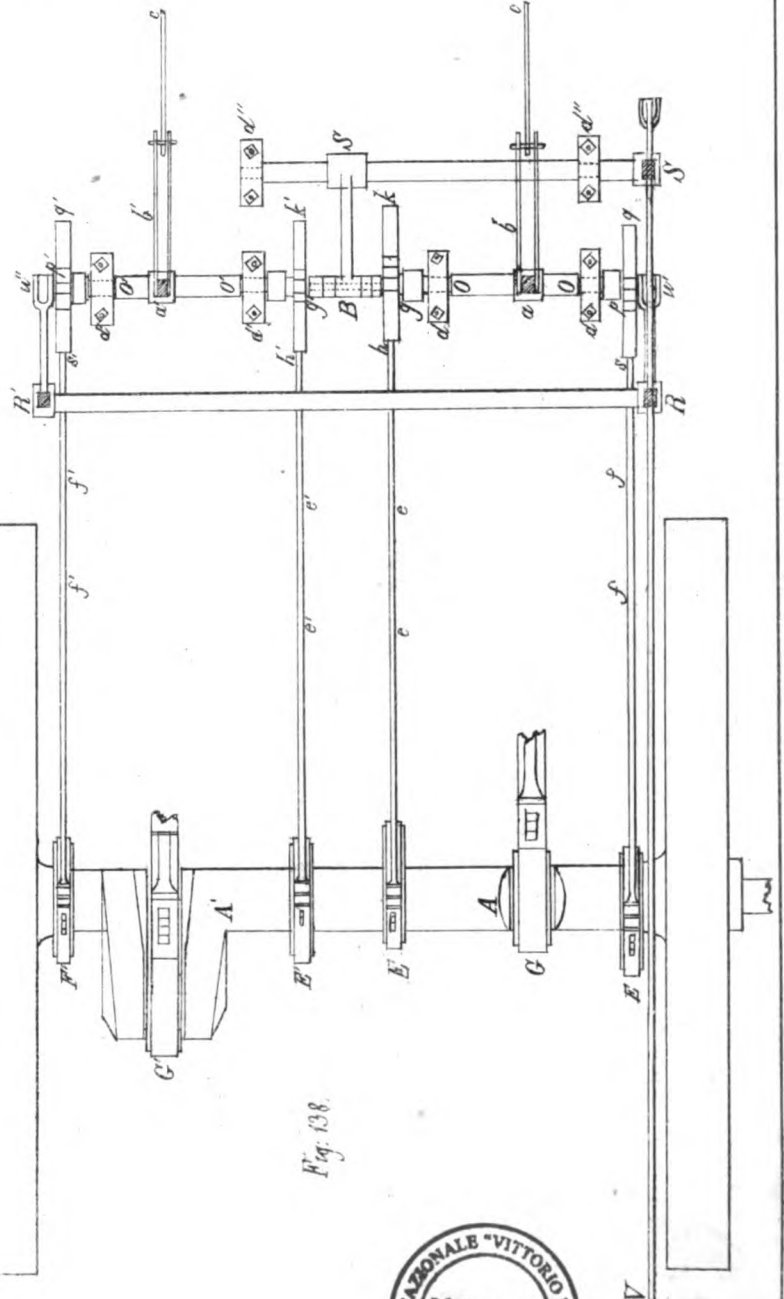
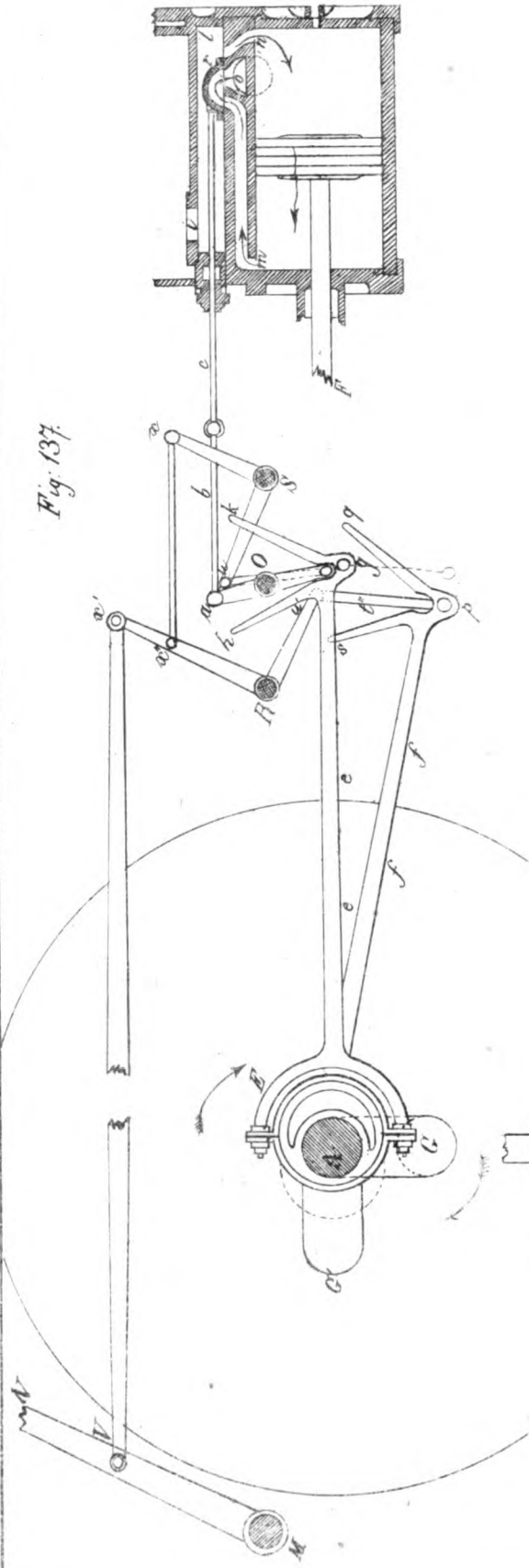


Fig. 138.



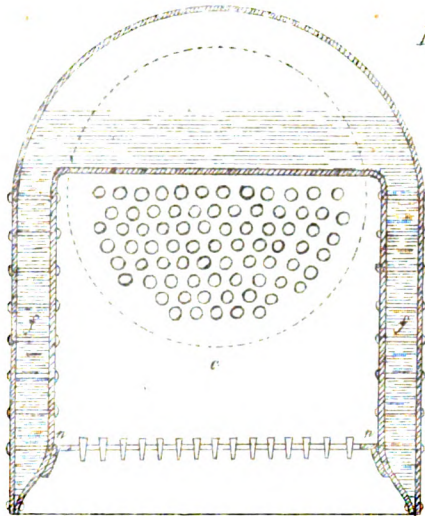


Fig. 140

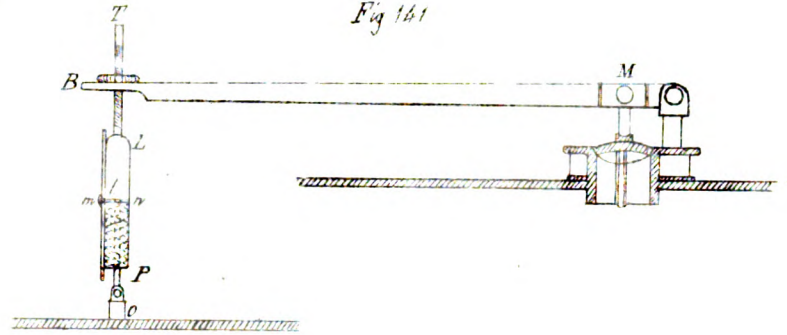


Fig. 141

Fig. 143.

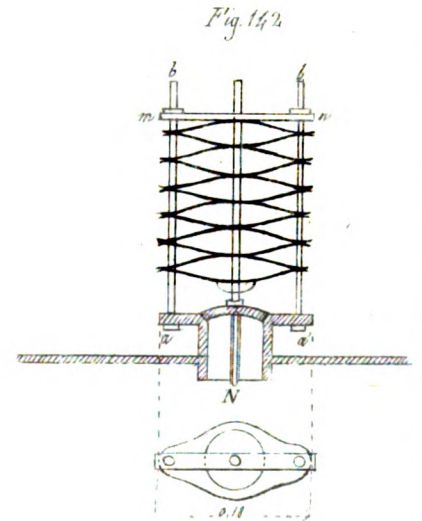
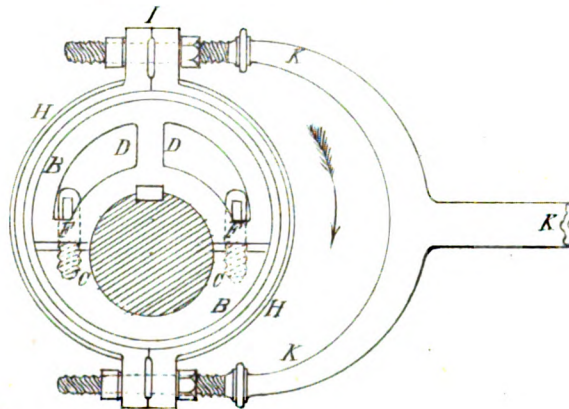


Fig. 142

Fig. 144

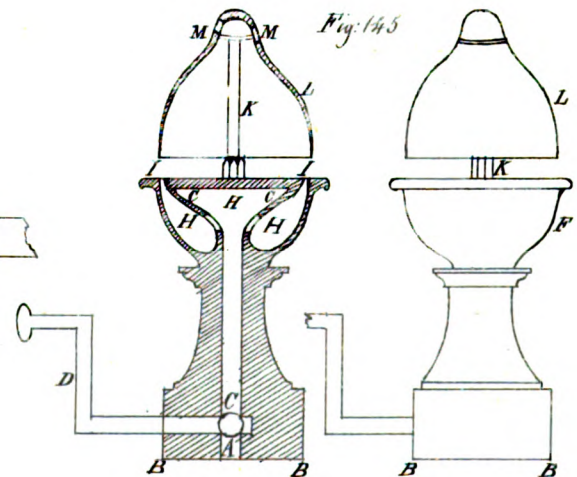
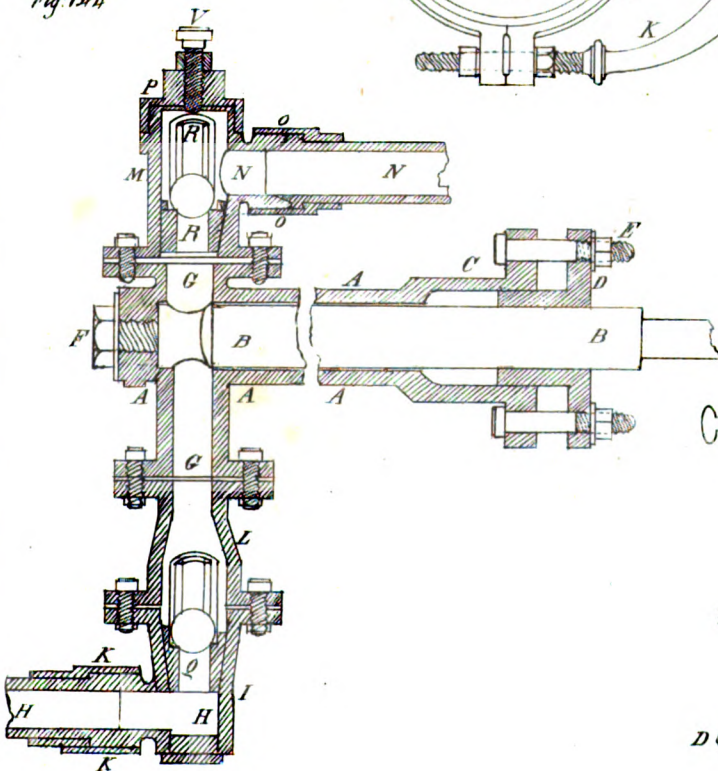


Fig. 145

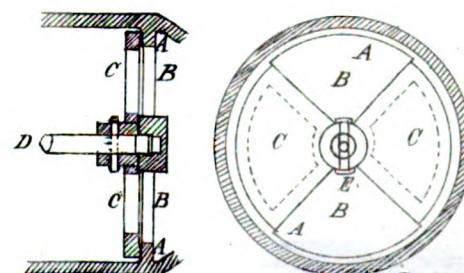


Fig. 146



[



BIBLIOTECA