

# IL SISTEMA AGUDIO

---

DISSERTAZIONE

PRESENTATA

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

della R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino

DA

ALBERTO OLIVETTI

DA TORINO

PER OTTENERE LA LAUREA

DI

INGEGNERE CIVILE

---

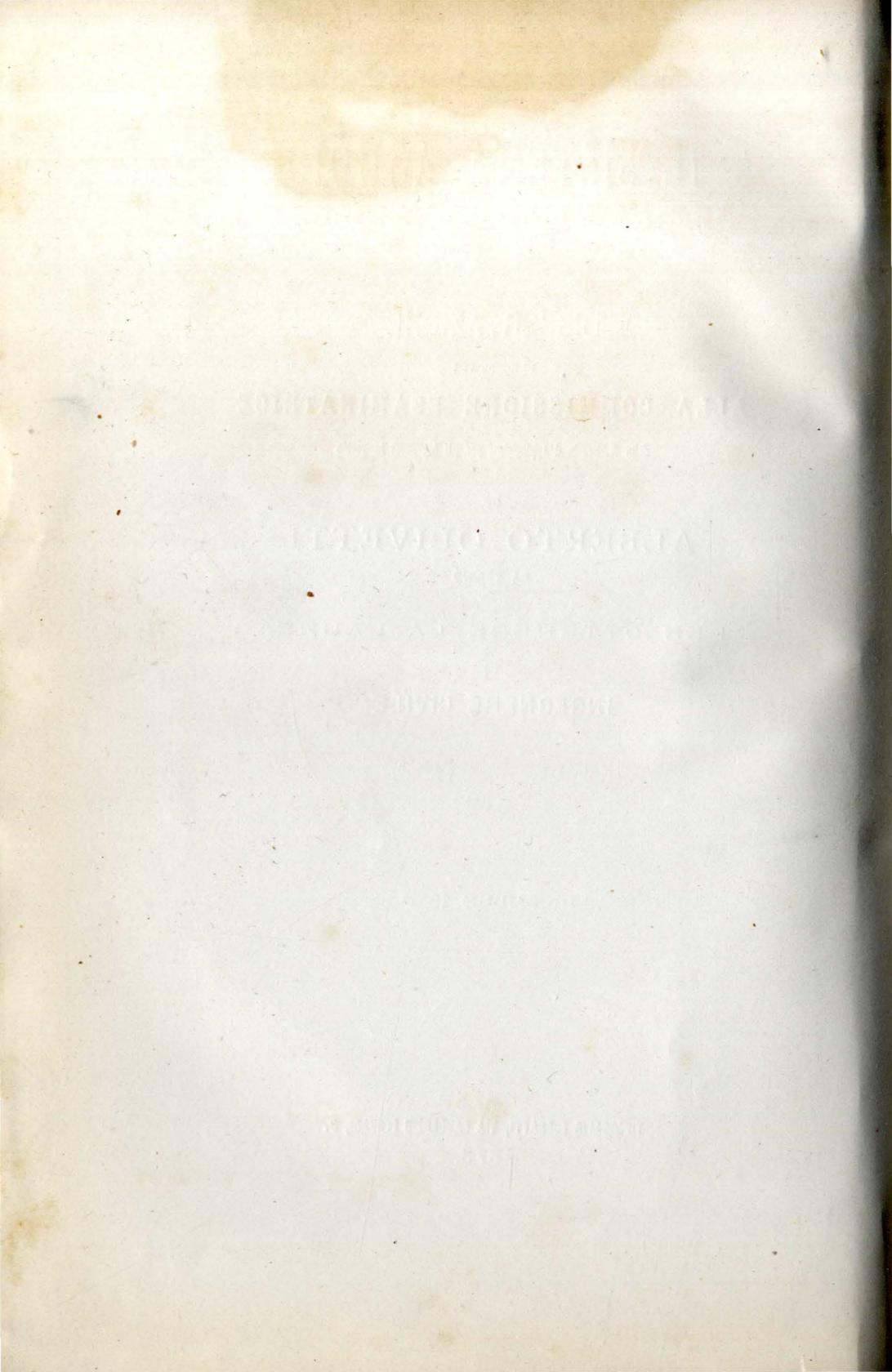
DICEMBRE 1873

---

TORINO

TIPOGRAFIA FODRATTI, VIA GAUDENZIO FERRARI, 3.

1873.



ALLA CARA E VENERATA MEMORIA DI  
MIO PADRE.

---

A MIA MADRE

---

A' MIEI CARI

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE LIBRARY

A. M. M. M. M.

CHICAGO

# IL SISTEMA AGUDIO

---

## PARTE PRIMA

---

### I. — BREVI NOTIZIE SUL SISTEMA AGUDIO E SUI SISTEMI FUNICOLARI IN GENERE.

Con due diversi mezzi può farsi l'esercizio d'una ferrovia di montagna, o d'un piano inclinato: con locomotive o con macchine fisse; queste furono finora applicate in due principali sistemi di trazione: nelle ferrovie pneumatiche e nei sistemi funicolari; il secondo di questi presenta oggidì la migliore soluzione specialmente per le trasformazioni introdottevi dall'illustre ing. Tommaso Agudio, col suo speciale sistema di trazione funicolare con vagoni a taglia differenziale.

All'Esposizione italiana di Firenze, nel 1861, si mostrò per la prima volta questo sistema, e scienziati ed industriali ammirarono la felicissima idea; veniva tosto quest'invenzione ben accolta nel campo della scienza, non ancora però in quello d'una pratica applicazione. Il Giurì della detta Esposizione in quell'anno e quello dell'Esposizione di Londra nell'anno susseguente accordavano all'inventore il più distinto premio, la medaglia d'oro, ed il nostro Governo gli concedeva un tronco sperimentale sul piano inclinato di Dusino, presso Villanova d'Asti, piano che doveva in un primo progetto far parte della

linea Torino-Alessandria, e che per le sue cattive condizioni era stato abbandonato, scegliendo per la linea un altro tracciato. — Una società costituivasi per fornir i fondi necessari all'esecuzione di quelle prime esperienze, le quali, giova dirlo, benchè fatte su suolo cattivo, con via mediocre, motori provvisorii, dettagli di macchine non ancor completamente studiati, diedero i migliori risultati. — La pendenza media di tale piano era del 0,027, tenue assai per questo sistema destinato ad affrontare pendenze eccezionali. — Nel 1863 ebbero luogo tali esperienze, e la Commissione del Governo italiano (di cui faceva parte il prof. comm. Richelmy), altre di Istituti scientifici, nonchè parecchie venute di Francia e d'Inghilterra, vi assistevano; elogi ed onori erano prodigati all'illustre inventore, che nello stesso tempo dava alle stampe una modesta, elaborata memoria del suo sistema. — I pareri di quelle commissioni esaminatrici furono tutti favorevoli all'invenzione, tutte concordarono nello ammettere nel nuovo sistema una grande superiorità dinamica sugli altri modi di trazione in tali condizioni, economia di costruzione e d'esercizio, facilità d'applicazione a strade montuose; solo da parecchie delle medesime confidavasi che prima dell'applicazione ad un servizio regolare e sicuro, sarebbero ancora state introdotte modificazioni e miglioramenti nel meccanismo del locomotore e nella disposizione delle trasmissioni.

Sono ormai da quel tempo trascorsi dieci anni ed ecco che ora lo stesso Ingegnere milanese ci invita ad assistere a nuove grandi esperienze sul versante savoiaro del Moncenisio, ma tanti e sì importanti sono i perfezionamenti in questo frattempo da lui introdotti in ogni parte del suo sistema funicolare, da costituire attualmente un nuovo sistema di ferrovie per montagna, o di trazione su piani inclinati.

Da molti anni venne adottata su qualche ferrovia la trazione funicolare, ma i notevoli inconvenienti che presentava ne impedirono un'estesa applicazione; esistono parecchi piani inclinati su cui la trazione di carri pesanti si fa con funi metalliche, attaccate direttamente ai carri stessi, e messe in opera da macchine fisse. — Son noti, per esempio, quelli di Liegi, di Liverpool, di Santos, e della Croix-Rousse presso Lione; come tipo prendo a considerare il primo di questi.

Il piano di Liegi, costruito dall'ing. Maus, presenta la pendenza massima del 30 per mille, e quindi è facilmente accessibile anche con locomotive; consta di due tratti rettilinei inclinati della lunghezza ciascuno di 4900 metri, uniti fra loro da un tratto orizzontale in curva. — Considero per esempio, il piano inferiore. Una fune continua disposta sull'asse di ciascun binario, sostenuta da rulli, arriva sul tratto intermedio ove è collocato il motore fisso, che imprime ad un sistema di tamburi un moto rotatorio; la fune avvolta a più giri su questi tamburi, prende a muoversi con moto progressivo, e mentre un suo ramo sale lungo ciascun piano, l'altro discende. — I convogli dal ramo ascendente della fune tratti alla sommità, ne discendono per la sola forza di gravità; onde prevenire i funesti incidenti di cui l'accelerazione potrebbe esser causa, alcuni dei carri son muniti di freni del tipo Laignel, agenti direttamente sulle rotaie e costituiti da scarpe di ferro che vengono abbassate con un sistema di leve dal conduttore, fino a premer le rotaie stesse.

Dovendo nell'ascesa la fune trarre i carri, che le son direttamente attaccati, dovrà presentare una notevole robustezza; essa è in fil di ferro, di diametro metri 0,042, e sostenuta di 10 in 10 metri da puleggie. — Tale disposizione del convoglio dà luogo a repentini aumenti di tensione, favoriti an-

cora dalla grande massa della fune; le condizioni sfavorevoli in cui questa si trova sono aumentate dalle inflessioni numerose cui va soggetta sui tamburi dell'apparecchio motore e da vibrazioni durante il suo moto progressivo col convoglio.

Gravi dunque sono le condizioni in cui tale fune funziona; pure il suo uso, in quel caso, riesce ancor più conveniente che non quello delle locomotive. — Inapplicabile poi sarebbe tale sistema ad una linea ferroviaria, perchè il tracciamento della medesima dovrebbe aver leggiera pendenza, poca lunghezza ed esser rettilineo.

Poca pendenza perchè al crescer di questa cresce la componente del peso del convoglio secondo la strada, e quindi devesi pur aumentare il diametro della fune; maggiore sarebbe allora la rigidezza della medesima, e maggiore il suo peso; la perdita di forza dovuta a questo peso si accrescerebbe tanto più quando notevole fosse la lunghezza della strada. — Siccome l'andamento regolare del convoglio dipende dai motori fissi, il macchinista posto accanto a questi deve in ogni istante poter veder i segnali del conduttore, epperchè la strada esser rettilinea.

L'ing. Agudio si propose di porre la fune in migliori condizioni, eliminando quegl'inconvenienti; esso raggiunse non solo il suo scopo, ma partendo da nuovi principii e con grandi perfezionamenti superò l'aspettazione di tutti.

Vediamo in qual modo.

## II. — CENNI SUL SISTEMA AGUDIO NEL 1863 PRINCIPIO FONDAMENTALE.

La base, il principio fondamentale di tale sistema consiste in ciò che: *La fune non è più usata come mezzo diretto di trazione del convoglio, ma come organo di trasmissione della forza di motori fissi*; essa non fa che l'ufficio delle funi delle ordinarie trasmissioni telodinamiche, come quelle costrutte da Hirn e Stein a Mulhouse.

Ecco in qual modo l'ing. Agudio risolse il problema della pratica applicazione di tale principio: (*Figura 1°*)

Una fune (*motrice*) continua, tesa convenientemente da appositi apparecchi (*tenditori*), è avvolta a ciascuna estremità della strada da percorrere su puleggie, girevoli intorno ad un asse verticale, di diametro considerevole, che mosse da motori fissi, le trasmettono il movimento. — Lungo la via da essa percorsa, sì il suo ramo ascendente, che il discendente si avvolgono su puleggie, girevoli intorno ad un asse orizzontale, e poste dalle due parti d'un carro speciale, detto *locomotore funicolare*. — Il moto impresso dalla fune a quelle puleggie viene per mezzo d'un sistema di ruote dentate (inerenti al carro stesso) trasmesso ad altre puleggie (*tamburi d'aderenza*) che, sviluppandosi su una grossa fune di ferro, (*fune d'aderenza*) fissa e ben tesa lungo l'asse della strada, imprimono al carro un moto progressivo, con velocità minore di quella della fune motrice.

Vedesi dunque che il principio meccanico su cui fondasi

questo nuovo sistema di trazione è quello della taglia che impiegasi a sollevare grandi pesi con funi di grossezza relativamente piccola.

Nelle accennate esperienze di Dusino, erano due i motori, e di egual forza, che posti alle due estremità del piano inclinato, traevano il superiore e l'inferiore rispettivamente i tratti ascendente e discendente della fune. — Parmi superfluo l'entrare in una minuta descrizione del vagone a taglia o locomotore funicolare, e dei relativi apparecchi di trasmissione, che servirono in quelle; solo farò alcune considerazioni.

I due rami della fune, mentre procedono per versi contrarii, imprimono alle puleggie laterali moti rotatorii in sensi opposti; le due puleggie centrali d'aderenza poi, ricevono l'una dalla puleggia motrice di destra (mossa per esempio dal ramo ascendente), l'altra da quella di sinistra (mossa dal discendente), moti rotatori per lo stesso verso, in virtù delle due disposizioni diverse di ruote dentate, che veggonsi nelle *figure* 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>.

È evidente che le puleggie motrici avranno nel loro moto rotatorio una velocità tangenziale uguale a quella di sviluppo della fune motrice; e che quelle d'aderenza nel loro moto di sviluppo sulla fune fissa centrale, avranno una velocità minore di quella, ed uguale alla velocità che si vuole imprimere al convoglio.

Nel trasmetter dunque il moto dalle prime alle seconde, devonsi stabilire i raggi delle ruote dentate in modo che siavi il voluto rapporto fra quelle velocità; la disposizione di queste ruote serve appunto a trasformare due moti contrarii con uguali velocità, in un solo moto di salita (nel caso rappresentato in figura) con velocità diversa.

Si ha per tal modo una trasmissione differenziale a doppio effetto, che permette di variare il rapporto fra la velocità della

fune motrice e quella del convoglio; al crescere di tale rapporto, cioè al diminuire della velocità del convoglio, decresce lo sforzo di trazione che la fune motrice deve fare, epperò se ne potrà diminuire il diametro.

Giova fin d'ora osservare che siccome in questo sistema, lo sforzo di trazione è ripartito sui due rami della fune, mentre negli altri uno solo trascina il convoglio, il suo diametro può subito venir ridotto a metà.

Determiniamo ora il rapporto delle velocità.

*Ramo ascendente.* — Si hanno questi movimenti:

1° Moto del carro con velocità  $V$ ;

2° Moto di sviluppo della fune motrice sulla puleggia. — Sia  $v$  la velocità tangenziale di questa.

3° Moto assoluto della fune motrice con velocità  $W$ .

Sieno  $R$ ,  $r$  i raggi rispettivi della puleggia motrice e del rocchetto posti sullo stesso asse.

La velocità  $V$  del convoglio è uguale alla velocità assoluta della ruota d'aderenza e del rocchetto che con essa fa incastro; la velocità angolare di questo sarà:

$$\frac{V}{r}$$

ed essendo sullo stesso suo albero collocata la puleggia motrice la sua velocità tangenziale risulterà:

$$V \frac{R}{r} = v$$

e siccome questa si avvanza insieme al convoglio, si avrà per la sua velocità assoluta:

$$W = V + v$$

*Ramo discendente.* — Indicando con  $r_1$  il raggio del pignone

interno,  $v_1$  la velocità tangenziale della puleggia motrice posta sullo stesso suo albero, avremo:

$$V \frac{R}{r_1} = v_1$$

siccome però il convoglio procede in senso contrario alla fune, la velocità assoluta del ramo discendente sarà:

$$V \frac{R}{r_1} - V$$

ed essendo la stessa pei due rami:

$$W = v_1 - V$$

Ricavasi dunque:

$$v_1 = v + 2V = V \left( \frac{R}{r} + 2 \right)$$

Nel locomotore usato a Dusino, si aveva:

$$\frac{R}{r} = 1,25 \quad \text{Ponendo: } V = 1 \text{ si ha:}$$

$$W = 2,25 \quad \text{e } v_1 = 3,25$$

$$\frac{V}{W} = \frac{1}{2,25}$$

Ne consegue che: La tensione della fune che già venne ridotta ad  $\frac{1}{2}$  per l'azione simultanea dei due rami, vien ancora ridotta ad:  $\frac{1}{2,25}$  quindi tale tensione sarà:

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2,25} = \frac{1}{4,50}$$

di quella che sarebbe stata se il convoglio fosse direttamente attaccato alla fune.

Con quel locomotore non si utilizzava l'aderenza prodotta dal suo peso proprio, giacchè le coppie di ruote portanti, poste alle estremità anteriore e posteriore del carro funicolare, sono indipendenti dall'apparecchio centrale che riceve la forza motrice, ma solo si utilizzava quella dei tamburi d'aderenza sulla fune centrale; il suo peso era considerevole, 20000 kg.; però su una pendenza di 0,027 non influiva molto.

Essendo il sistema destinato a superare fortissime pendenze, richiedevansi modificazioni, non già per quanto spettava al complesso del sistema, ma in alcune parti della sua pratica attuazione. Era conveniente ridurre il rapporto fra il peso del locomotore ed il lavoro che deve trasmettere e sostituire alla fune centrale d'aderenza un altro mezzo più sicuro di ritenere il convoglio sul piano inclinato.

### III. — LOCOMOTORE DEL 1867.

Dopo gli esperimenti di Dusino che diedero brillantissimi risultati, l'ing. Agudio si applicò con ardore a recar quei miglioramenti che l'esperienza aveagli consigliati, e pochi anni dopo all'Esposizione mondiale di Parigi espose un suo nuovo locomotore. (*Figure 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>*).

In questo l'apparecchio che riceve il moto dalla fune motrice, posta ora esternamente al binario, è composto di quattro puleggie a gola  $P$ , di diametro metri 1,40, tutte motrici, mentre nel locomotore primitivo, una delle due poste da ciascun lato, serviva solo come puleggia di rimando; sui loro alberi  $a, a, a', a'$  son collocati i rocchetti  $H, H, H', H'$ , solidarii colle puleggie stesse. La trasmissione del moto si opera per mezzo delle ruote dentate  $M, M$ , folli sugli alberi  $b, b'$  cui possono esser fissate per mezzo degl'innesti circolari a fregamento del sistema Koechlin,  $R, R'$ , messi in opera dalla leva  $Y$ ; queste ruote ricevono il moto dai rocchetti suaccennati.

Gli alberi  $b, b'$  portano alla loro estremità, esternamente alla macchina, le manovelle  $h, h'$ ; il moto rotatorio di queste è trasformato da ciascuna parte in un moto alternativo; le bielle  $S$

agendo sulle leve  $k, k'$ , imprimono un moto oscillatorio agli alberi  $V, V'$ , i quali da un lato comandano per mezzo dei tiranti  $c, c'$  le sei ruote orizzontali, collegate tre a tre da ciascuna parte, e dall'altro lato per mezzo delle bielle  $T$ , muovono le quattro ruote portanti, fra loro accoppiate coi tiranti  $U$ .

I tiranti  $c, c'$  son collegati con articolazioni  $n, n'$  alle loro teste disposte fra guide parallele, e che ricevono il moto di va e vieni dalle leve  $m, m'$  le cui estremità penetrano in apposite aperture praticate in quelle teste dei tiranti.

Le ruote d'aderenza orizzontali  $O$ , son disposte su due telai longitudinali mobili in senso trasversale entro guide poste alle estremità anteriore e posteriore del locomotore; lo scorrimento dei telai è prodotto dalla manovella  $X$  con un duplice sistema di ruote coniche e di viti di richiamo che operano sulle estremità delle sbarre  $Q, Q$ .

Ciascuna di queste sbarre è costituita da due lastre di ferro, che comprendono fra loro tre molle, ciascuna delle quali è unita al colletto inferiore del rispettivo asse delle ruote orizzontali. Avvicinando colla manovella  $X$  le sbarre longitudinali  $Q$ , gli assi ora accennati son attratti dalle molle, ed i telai portanti le ruote scorreranno in modo da avvicinarsi all'asse longitudinale della macchina; le ruote orizzontali allora stringeranno con maggior forza la rotaia centrale, stata dall'inventore sostituita alla fune d'aderenza del sistema primitivo.

Si ha dunque un duplice apparecchio d'aderenza, giacchè in virtù dei tiranti  $T$  vien pure usufruita l'aderenza delle ruote portanti, dovuta al peso del locomotore che è di 8 tonnellate.

I rocchetti  $H, H, H', H'$  non hanno in generale lo stesso diametro delle ruote  $M, M'$ ; il calcolo di tali diametri ha molta analogia con quello indicato pel primo locomotore; si fa in modo che esista un certo rapporto fra la velocità del convo-

glio e quella della fune; pel locomotore considerato tale rapporto era  $\frac{4}{3}$ , ed allora dal lato del ramo ascendente la ruota  $M$  ed i rocchetti  $H, H$  avevano lo stesso diametro; dal lato del ramo discendente il diametro della ruota  $M'$  era doppio di quello dei rocchetti; i diametri delle ruote  $M, M'$  erano metà di quelli delle puleggie motrici, tutte eguali fra loro.

Osserverò ancora come malgrado che gli alberi  $b, b'$  sieno dotati di moti rotatorii per versi contrari, le oscillazioni delle leve  $k, k'$  essendo isocrone ed incrociate, le rotazioni delle manovelle  $l, l'$  si faranno per lo stesso verso.

Il freno di sicurezza è un freno a mascella messo in opera dalla manovella  $W$ , che stringe la rotaia centrale.

*Dimensioni ed effetto utile di questo locomotore.* — Essendo il diametro delle puleggie motrici metri 4,40; quello delle ruote portanti e di quelle d'aderenza metri 0,70, la velocità della fune, come dicemmo, tripla di quella del convoglio, il peso del locomotore 8 tonnellate, dietro calcoli dell'inventore pel caso in cui s'impieghino due locomotori accoppiati, su un piano lungo 40 chilometri, di pendenza 0,08, con curve di raggio 200 metri per la lunghezza di 5 km., si hanno i risultati seguenti:

Aderenza naturale delle ruote portanti . . . . .	tonn.	16
Aderenza artificiale sulla rotaia centrale. . . . .	»	60
Aderenza totale . . . . .	»	76
Coefficiente d'aderenza . . . . .	»	0,1
Pressione corrispondente . . . . .	kg.	7600

Un treno di peso lordo, tonn. 86, ossia di peso utile, tonnellate 70, con velocità di 40 km. sarebbe rimorchiato da una fune avente velocità tripla, di peso 4 kg. per metro corrente, con tensione massima di 17 kg. per mmq., e l'effetto utile sarebbe approssimativamente del 72 per 100.

## PARTE SECONDA

### I. — IL PIANO INCLINATO DI LANSLEBOURG.

Eccomi alla più importante parte di questo mio lavoro; le esperienze del sistema Agudio sul piano inclinato di Lanslebourg, che pel compimento di alcune opere secondarie furono protratte alla prossima primavera, sono, per così dire, decisive; se i risultati corrispondono alle previsioni, tale sistema non tarderà ad esser applicato ovunque debbansi affrontare fortissime pendenze nei tracciati di ferrovia od in casi speciali.

Mi porgono ampio argomento da trattare la descrizione del piano inclinato, dell'edifizio dei motori fissi, degli apparecchi di trasmissione, del nuovo locomotore e delle aggiunte or ora fatte nelle varie parti del sistema.

Nell'applicare il sistema funicolare al piano inclinato di Lanslebourg, l'inventore introdusse una modificazione che ne intacca, direi quasi, l'essenza; il primo locomotore poteva chiamarsi, come dissi, una vera taglia differenziale a doppio effetto; ora non son più i due rami, ascendente e discendente, d'una fune continua che trasmettono il moto al locomotore, bensì i soli rami ascendenti di due funi continue distinte, le quali

percorrono, parallelamente alle rotaie, la ferrovia, e ritornano per via più breve ai piedi del piano, ove è stabilito il motore fisso.

Il sistema Agudio in confronto degli altri sistemi funicolari, presenta due vantaggi essenziali: Diminuzione del diametro delle funi impiegate col servirsi dei due rami della fune, ed incremento notevole della velocità di questa, senza che il deperimento ne sia accresciuto, essendone la tensione ridotta a meno di  $\frac{1}{4}$  di quella che sarebbe stata necessaria col mezzo della trazione diretta.

Di questi due importanti vantaggi il primo non è più utilizzato nelle attuali circostanze, ma essendolo ampiamente il secondo si hanno ancora i medesimi risultati; era possibile forse metterli a partito ambidue ponendo un motore a ciascun estremo del piano inclinato, ma il collocar un motore alla sommità del piano presentava notevoli inconvenienti e difficoltà che furono così evitate; altre importanti ragioni in favore dell'adottata disposizione emergono dalle seguenti considerazioni.

Sarà conveniente disporre il motore fisso ai piedi del piano inclinato, quando, come spesso avviene, vi si abbia disponibile un salto d'acqua per porre in opera ruote idrauliche o turbini di conveniente potenza; grandissima è allora l'economia dell'esercizio. — Sotto l'aspetto meccanico sarà invece sempre opportuno collocare il motore fisso in cima del piano, giacchè, quando devesi dal basso condurre in alto il convoglio, la lunghezza di fune tesa varia da  $a$  (lunghezza della strada da percorrere) a zero, mentre se è in basso tale lunghezza varia da  $2a$  ad  $a$ . — Sul piano di Lanslebourg l'inconveniente di questa seconda disposizione è d'assai diminuito, giacchè essendo i rami discendenti delle funi disposti in linea

retta, come nelle ordinarie trasmissioni telodinamiche, saranno tenuissime le perdite di lavoro: si sa infatti intorno a questo sistema di trasmissioni, economico per eccellenza, che in esperienze fatte a Mulhouse la dispersione di lavoro fu trovata appena di qualche centesimo del lavoro motore sopra una lunghezza di parecchie centinaia di metri; accurata però era la disposizione delle puleggie che sostenevano la fune.

Convieni ancora notare, in favore della nuova disposizione, che quando per avventura avvenisse la rottura d'una delle due funi, l'esercizio non sarebbe disturbato ove si diminuisse il peso del convoglio; del resto se tale incidente avesse luogo, tacendo per ora dei freni di cui si fa uso in tale circostanza per arrestar il convoglio; dirò come già siasi trovato modo di riaggiustare in pochi minuti la fune, in modo così perfetto da non lasciare quasi apparire traccia della rottura sulla continuità della fune stessa; nel tratto dell'unione dei suoi capi il diametro ne resta accresciuto di  $\frac{1}{6}$ .

Osserverò finalmente che, se la rottura della fune poteva nell'antico sistema esser frequente, ora è resa quasi impossibile, perchè essa non può mai esser sottoposta ad uno sforzo maggiore del prestabilito che ha un limite assai lontano dal punto di rottura; diffatti la resistenza alla rottura per trazione è per la fune impiegata di kg. 48 per m.m. q. lo sforzo sulle puleggie del locomotore è di kg. 2,5 per m.m. q. circa, e per uno sforzo maggiore essa scivola nelle gole delle puleggie stesse; inoltre la fune non è fissata al convoglio, opera ovunque per sola aderenza, e quand'anche quello passi su sensibili cambiamenti di livelletta, mutando velocità, essa non ne risente danno veruno.

Il tronco di prova prende le mosse a 600 metri circa al di là di Lanslebourg (*fig. 6, tav. I*) sulla sponda sinistra dell'Arc e dopo un breve tratto accanto alla strada nazionale, già per-

corsa dalla ferrovia Fell, affronta la ripida salita con una serie di curve non aventi che 150 metri di raggio, alternate da tratti rettilinei; la lunghezza complessiva del tronco (che doveva essere secondo un primo progetto di m. 2200) è di metri 1640, la differenza di livello fra i punti estremi è di 395, la pendenza media è del 0,30; la massima del 0,384 su un tratto di metri 176,00. Vedesi dunque come colla scelta di tale località per provarvi il suo sistema, l'ing. Agudio siasi arditamente posto di fronte alle maggiori difficoltà che si possono incontrare in altri valichi Alpini da attraversare con ferrovia, senza ricorrere ad opere di traforo.

Il materiale impiegato nella costruzione di questo tronco proviene in gran parte dalla ferrovia Fell, che cessò il suo esercizio, dacchè, compiuta la galleria del Frejus, il Cenisio non fu più una barriera fra Piemonte e Savoia.

Per tutta la sua lunghezza la strada è coperta da una galleria artificiale, formata da lastroni curvi di lamiera di ferro, sopportati da piedritti in legno, con lunghi finestroni laterali. Degno di menzione è l'armamento stradale su questo tronco; lungo la base dei piedritti della galleria son poste due lungarine, cui sono unite le traversine distanti d'asse in asse m. 4,50; lungo l'asse della strada havvi la lungarina principale (di sezione cent.  $16 \times 25$ ) a cui, nell'intervallo fra due traversine successive, sono infisse le estremità di altri due pezzi (puntelli, *contre-fiches*) egualmente inclinati sull'asse della strada, ed incastrati all'estremità inferiore sulle traversine presso le lungarine laterali. Le rotaie del tipo Vignole, del peso di 17 kg. per metro corrente, son poste come d'ordinario alla distanza di m. 4,50 da asse ad asse e fermate con chiavarde sulle traversine e sui puntelli.

La pendenza veramente eccezionale della strada faceva

sentire la necessità di una solida linea d'appoggio, contro cui potesse il treno essere ritenuto con sicurezza; abbiamo veduto pel secondo locomotore sostituire all'antica fune d'aderenza una rotaia centrale contro cui aderivano sei ruote; ma se si osserva come la forza d'aderenza non presenta sempre una vera stabilità, specialmente nei casi, come in questo, in cui la superficie di contatto è tenue, tosto si vede che il migliore ripiego è quello di ricorrere a più potenti mezzi d'appiglio, a dentiere, a ruote dentate. Sì per la ingegnosa forma, che per l'importanza sua, la dentiera usata in questo caso merita una speciale descrizione.

Essa è formata da un nastro d'acciaio dello spessore di 12 mm., altezza 12 cent. ripiegato in modo da presentare una duplice fila di denti quali vedonsi in pianta nella *fig. 40, tav. II*; questo nastro poi è chiuso fra due lamiere *e e* (mascelle) munite di sporgenze in modo da presentare in sezione la forma di un *U* molto schiacciato; queste sono unite fra loro con chiodi ribaditi *c, c* posti sul fondo delle cavità fra due denti successivi, la cui distanza da asse ad asse è m. 0,40; alternativamente lungo la dentiera ad ogni 40 cent. ad uno di quei chiodi è sostituita una robusta chiavarda *b*, che attraversa la lungarina principale. Il nastro d'acciaio da cui risultano i denti avrebbe una lunghezza di m. 4,80, ma così ripiegato forma un tratto di dentiera lungo 0,60; ciascun pezzo delle mascelle ha la lunghezza di m. 4,80, quindi comprende tre tratti di dentiera, dei quali l'ultimo si lascia sporgente di m. 0,30 sul corrispondente pezzo di lamiera, e questo tratto sporgente resterà chiuso fra le mascelle della porzione successiva; più solidaria e resa per tal modo l'unione dei successivi tratti lunghi m. 4,80, formanti nelle curve una poligonale che assai bene si sostituisce alle curve stesse di m. 150 di raggio.

Vedremo in seguito come il locomotore sia in basso munito di quattro robuste ruote orizzontali che fanno incastro in questa dentiera, e come al disopra di tali ruote sianvi i quattro dischi, che appoggiandosi contro la sporgenza della mascella superiore guidano meglio il locomotore; parrebbe dunque non esservi ragione di munir pure la mascella inferiore di siffatte sporgenze, ma ciò fu fatto pel caso in cui già essendo logora la lastra superiore, ed i denti nei punti di contatto  $\alpha, \alpha, \alpha$ , della dentiera colle ruote dentate del locomotore, vogliasi capovolgere la dentiera stessa che avrà per tal modo doppia durata.

Collocata a posto la dentiera pesa 60 kg. per metro corrente, la felice idea ne è dovuta all'ing. Agudio; fu costrutta dai *fratelli Brunon a Rive-de-Gier*.

## II — CONDOTTA D'ACQUA — EDIFICIO DELLE TURBINI

Nella mia prima visita ai lavori di Lansleburg (dicembre 1872) fui dall'egregio ing. Agudio condotto per un erto sentiero praticato nella neve lateralmente al piano inclinato, sulla sponda sinistra del torrente Chargeur (*fig. 6, tav. I*). Le due sponde essendo in quel sito assai vicine l'una all'altra e tagliate quasi a picco, l'ingegnere lo aveva scelto per chiuder il corso del torrente ed una grande diga vi fu costrutta; essa consta di due pareti verticali di legno, ben incastrate nella roccia, fra le quali fu fatto un riempimento di calcestruzzo; a monte di essa si forma un serbatoio capace di circa 15,000 mc. d'acqua;

verso la base nella parete della diga, le cui dimensioni sono approssimativamente: larghezza m. 15, altezza 12, sono praticate due luci; dall'una parte la condotta d'acqua fatta d'una serie di tubi in lamiera di ferro di diametro interno m. 0,66, e con spessore crescente da m. 0,004 a 0,010; la lunghezza di questa condotta è 430 metri; la differenza di livello fra la sua origine ed il punto ove fornisce l'acqua ai motori è m. 140; essendo la luce posta alla sua sommità munita d'una chiavica a più luci che apronsi d'alto in basso, chiuse queste sarà possibile vuotar completamente la condotta, mediante il canale di scarico *f* che vedesi in pianta nella *fig. 7*. All'altra delle dette luci è applicato un turaccio, la cui superficie cilindrica è premuta da sei aste convergenti al centro; mediante un tirante esso può essere levato d'un tratto e l'acqua sgorgando con forza sotto la grande pressione della massa che le sta sopra, trascina seco i depositi di detriti, di terra, formati sul fondo del serbatoio.

La *fig. 7* rappresenta in pianta l'edifizio ove son collocati i motori fissi. La condotta *T* entrata in questo edifizio si divide in due tronchi *t, t* formati da tubi di ghisa di diametro interno m. 0,50. Due valvole ad incastro *V, V*, chiudendo l'uno o l'altro dei due tronchi, tolgono l'acqua alla turbine corrispondente. — Le due turbine, o meglio, ruote turbine *M, M* essendo il loro asse orizzontale, sono del sistema tangenziale a distribuzione parziale; la loro forza complessiva è di 4000 cavalli; il loro diametro è m. 1,80; fanno 300 giri al minuto, cosicchè la loro velocità tangenziale è di metri 28 al 1''; il diametro della ruota *R* essendo m. 4,00, quello del rocchetto *r* m. 0,80, la velocità delle puleggie motrici *P, P'*, sarà  $\frac{4}{5}$  di quella delle turbine. La costruzione di queste è dovuta alla ben nota casa costruttrice *Benj Roy et C<sup>e</sup>, di Vevey (Svizzera)*.

Nel centro dell'edifizio havvi un corpo di tromba *C*, il cui stantuffo è mosso dalla colonna d'acqua; l'asta *a* del medesimo prolungata dalle due parti, termina con un tratto di dentiera *d* atta a comandare i distributori delle turbini; questi son fatti a guisa di un settore circolare, che scorrendo contro le luci interne delle cassette delle turbini, presenta a queste un numero più o men grande di luci alimentatrici, epperchè una maggiore o minore quantità d'acqua. — Il macchinista posto in *W*, mediante un albero orizzontale, non rappresentato in figura, regola la valvola del corpo di tromba, e quindi i distributori, e così con un lievissimo sforzo supera le considerevoli resistenze che presenterebbe la loro manovra, essendo in questo aiutato dalla stessa colonna d'acqua.

Per evitar i danni che potrebbero derivare dai colpi d'ariete, che hanno luogo quando la massa dell'acqua nella condotta sia costretta a sensibile diminuzione di velocità pel chiudersi dei distributori delle turbini, nel mezzo dell'edifizio dove la condotta si suddivide in due tronchi, fu collocato verticalmente un robusto tubo di ghisa *A*, alto 5 metri, di diametro interno m. 0,40. Sotto l'azione della forza dell'acqua, nell'istante in cui succede il colpo d'ariete, si riteneva che l'aria in esso contenuta dovesse comprimersi fino a che il suo volume si riducesse ad  $\frac{4}{14}$ ; ora l'esperienza avendo dimostrato esser quella massa d'aria talvolta insufficiente, fu creduto opportuno aggiungervi un apparecchio atto a comprimer l'aria nel tubo verticale, affinchè essa possa meglio reagire alla pressione dell'acqua; tale apparecchio semplice ed ingegnoso nello stesso tempo è attualmente in costruzione. Un tubo *Z* di lunghezza m. 6,00, diametro interno 0,66, è disposto orizzontalmente accanto alla base della condotta e comunica mediante tre tubi distinti con quella, col tubo verticale *A*, e col canale di sca-

rico  $f$ ; eccone la manovra: il tubo è dapprima pieno d'aria, apresi la chiavetta  $r$ , di cui è munito il primo dei detti tubi, l'acqua dalla condotta entra in  $Z$  e vi comprime l'aria; chiuso  $r$  apresi  $r'$  e l'aria compressa va in  $A$ ; chiuso  $r'$  apresi  $r''$  e, per la conveniente disposizione dei tubi, l'acqua va nel canale di scarico, e ad essa si sostituisce nuova aria; chiuso  $r''$  riapresi  $r$  e ricominciasi da capo la compressione che può essere spinta fino ad un grado conveniente.

Sugli assi delle turbini son calettati i rocchetti  $r, r$  che trasmettono il moto alle grandi ruote dentate  $R, R$ , riducendo, come dissi, la velocità ad un quinto di quella delle turbini; sugli stessi assi delle  $R$ , trovansi le puleggie motrici  $P, P'$  da cui riceve il movimento la fune motrice che percorre il piano inclinato.

Farò cenno prima d'uscire da questo edificio di un altro nuovo apparecchio che vi fu testè aggiunto. Da una rotella calettata in  $e$  sull'asse d'una delle turbini, vien trasmesso con una cinghia il moto rotatorio ad un pendolo conico collocato in  $W$ ; la velocità di questo che è proporzionale a quella della turbine e delle puleggie motrici, vien indicata su un quadrante di ottone che gli sta dinanzi; inoltre dietro ad esso trovansi due campanelle poste l'una al disopra dell'altra a distanza uguale alla corsa del collare del pendolo; un piccolo martello riceve dal medesimo un moto oscillatorio, e con esso sollevandosi ed abbassandosi, secondo che maggiore o minore è la velocità di rotazione, batte or sull'una or sull'altra delle due campanelle, che percosse emettono due suoni diversi corrispondenti alla massima ed alla minima velocità; il silenzio del martello, quando trovasi nell'intervallo fra le due campanelle, corrisponde alla velocità normale delle turbini e di tutto il sistema di trasmissione; potrà dunque il macchinista posto

presso W, regolare, coll'apparecchio già descritto, l'accesso dell'acqua alle turbine, in modo da conservare al convoglio una conveniente velocità, o da variarla gradatamente secondo le circostanze.

### III. — LA FUNE MOTTRICE.

La sezione retta di questa fune è rappresentata in scala naturale nella *fig. 9 bis, tav. I.* — Consta essa di sei trefoli formati ciascuno da otto fili d'acciaio, di 2 mm. di diametro, disposti ad elica intorno ad un'anima di canapa ben compressa; di canapa pure è la parte centrale della fune compresa fra i trefoli; il diametro della sua sezione retta è di 23 mm., il peso per metro corrente è kg. 4,50.

Fu scelto l'acciaio a preferenza del ferro per tale fune: 1° Perchè a parità di tensione cui debba essere soggetta, si può ridurne il diametro, ottenendo sensibile diminuzione di peso per metro corrente. 2° — Perchè le funi di acciaio si assoggettano, senza pericolo di snervamento ad uno sforzo di trazione di 16 a 20 kg. per millimetro quadrato, mentre quelle di ferro non sopportano uno sforzo superiore a 10 o 12 kg., ossia a parità di sezione quelle sopportano una tensione maggiore di  $\frac{4}{3}$  circa. Se si osserva poi, che le vibrazioni, gli aumenti bruschi di tensione e le inflessioni, son tutte cause che influiscono sulla durata d'una fune, si vede la convenienza della fune d'acciaio. Si sa diffatti che il ferro, quand'anche di struttura perfettamente fibrosa, assoggettato per lungo tempo a vibrazioni, cambia di struttura, diventa cristallino e quindi

assai meno resistente; l'acciaio invece già di struttura cristallina, non soffre in tali condizioni sensibile diminuzione di resistenza; ora nel sistema Agudio la fune motrice risente inevitabilmente continue vibrazioni, tanto maggiormente quanto più grande ne è la velocità; essa adunque è nelle migliori condizioni quando è d'acciaio. Ai danni che dalle inflessioni su piccoli tamburi potevano derivare, l'ing. Agudio ovviò dando alle puleggie su cui deve avvolgersi la fune, un considerevole diametro. — Per quanto riguarda i repentini aumenti di tensione, vedesi subito che in questo sistema sono impossibili, giacchè dal riposo al moto si passa aumentando gradatamente l'aderenza delle ruote di frizione coll'innesto Koechlin, il che vedremo parlando del locomotore, e perchè le funi non son mai attaccate per punti fissi, come avveniva per quella di Liegi, ma sempre operano per aderenza. Gioverà per ultimo osservare che dalla maggior durezza dell'acciaio deriva pure più lunga durata della fune.

La strada percorsa da una delle due funi è la seguente: (*tav. 6, fig. 1<sup>a</sup>*). Attratta dalle puleggie di trasmissione  $P, P'$  verticalmente disposte presso i motori (*fig. 7<sup>a</sup>*) passa su una delle orizzontali  $p$ , postevi accanto; da queste recasi alla puleggia del tenditore, posto all'origine della strada che percorre salendo fino all'altra estremità, donde, dopo essersi avvolta su una delle puleggie di rimando, ivi disposte, ritorna in linea retta, discendendo, alle puleggie motrici  $P, P'$ .

Lungo la strada è sostenuta da speciali puleggie che descriverò in seguito; nel tratto rettilineo di discesa è portata solo da puleggie di diametro 1<sup>m</sup>,00, poste alla distanza di 80 metri l'una dall'altra, e simili a quelle usate nelle trasmissioni telodinamiche.

Se prendiamo a considerare le due funi mentre percorrono,

salendo, la strada in un tratto curvilineo, chiaramente vedremo che dei due tratti quello più lontano dal centro della curva deve avere una velocità alquanto maggiore dall'altro, quindi la convenienza di render indipendenti le azioni motrici delle due turbine; a ciò provvede l'ing. Agudio colla speciale forma e disposizione delle puleggie  $P, P'$ .

Ciascuna di esse presenta quattro gole, a sezione trapezia, in due delle quali son posti dei cerchioni di ferro, non aderenti alla gola, ma folli e ben scorrevoli entro di essa; le altre due sono rivestite d'una guarnitura d'aloè, che ha per iscopo di aumentare l'aderenza della fune; le puleggie  $P, P'$  (fig. 7<sup>a</sup>) son collocate a sito in modo che di fronte alle due gole munite del cerchio in ferro della  $P$ , trovansi quelle guernite d'aloè della  $P'$ .

Ciò posto ecco come su esse sono avvolte le due funi motrici; una di esse arrivata al fondo del rettilineo penetra nello stabilimento delle turbine, passa, senza toccarla, al disopra della  $P$ , e va ad avvolgersi per la lunghezza d'una semicirconferenza, d'alto in basso, sulla gola estrema della  $P'$  (guernita d'aloè), poscia sulla corrispondente gola della  $P$  (munita di cerchio), quindi ritorna alla  $P'$ , nella seconda sua gola (con aloè) e dopo essersi avvolta di basso in alto nuovamente sulla  $P$ , nella seconda gola (con cerchio), si troverà in tal posizione da poter senza difficoltà passar sulla puleggia  $p$  ed avviarsi verso i tenditori. — Osservando ora come la fune sarà bensì aderente sulle gole con guarnitura d'aloè, ma non su quelle munite di cerchio, giacchè questo gira folle intorno alla puleggia che lo porta, facilmente si comprende che essa avrà velocità uguale a quella della  $P'$  di cui tocca le gole con guerniture d'aloè; quindi la velocità di questa fune dipende dalla quantità d'acqua fornita alla turbine corrispondente alla  $P'$ . — Per

l'accennata disposizione delle gole, e per le stesse ragioni l'altra fune avrà velocità uguale a quella della puleggia  $P$ , e si avrà il voluto riparto della forza motrice sulle due funi.

Queste provengono dalle grandi officine dei signori *R. S. Newall and Co-Newcastle*, che fabbricarono il cordone transatlantico.

#### IV. — TENDITORI — PULEGGIE DI RIMANDO — RULLI DI SOSTEGNO DELLA FUNE

**Tenditori.** — Alle esperienze di Dusino il tenditore od apparecchio per dar alle funi conveniente tensione, era costituito da un carro portante la grande puleggia su cui si avvolge la fune motrice e ritenuto da un contrappeso, che, posto all'estremo d'una catena attaccata al carro e passante su d'una rotella, stava sospeso su un pozzetto aperto pochi metri all'indietro dell'accennato carro; impedito da quel contrappeso questo non poteva avanzarsi, benchè attirato dalla fune motrice che per tal modo restava costantemente tesa.

Anche questi apparecchi furono ora modificati dall'inventore del sistema; essi sono due (*figure 10, 11, 12, tav. II*) e ciascuno è così formato: Una treggia fatta dei vari pezzi  $T$  che vedonsi in figura, può scorrere sulle due guide fisse  $F$ , unite fra loro da traverse  $f$ ; e rese ben fisse mediante pezzi  $p$  incastrati saldamente nella fondazione.

Su un asse  $a$  girevole nei cuscinetti  $d$ , è calettata la grande puleggia  $\Pi$  del tenditore, avente 4 metri di diametro al fondo della gola, nella quale viene ad avvolgersi per la lunghezza di mezza circonferenza, la fune motrice.

Il traino scorrevole è ritenuto da una catena centrale  $C$ , e

da due altre  $c, c$  che di essa posson far le veci quando occorra staccarla per riparazioni o cambiamenti; sulla  $C$  è disposta una doppia vite  $w$  che permetterà di attirare tutta la parte mobile, onde aumentar la tensione della fune e compensarne i possibili allungamenti; un capo della catena è attaccato all'uncino  $u$  solidario alla traversa  $t$  della parte fissa del tenditore; l'altro è unito all'estremità  $E$  dell'asta  $b$  del dinamometro rappresentato dalla *fig. 13*. Questo dinamometro, collocato sulla traversa  $D$  della parte mobile, è costituito da un'asta di ferro  $b$ , in cui è infilata una serie di molle  $m$  del tipo Belleville, i cui movimenti sono indicati da un indice  $i$ , che scorre lungo una graduazione segnata sulla faccia superiore della traversa  $D$ ; da esperienze fatte risulta che la punta dell'indice  $i$  si sposta di un millimetro ad ogni 100 kg. di variazione della tensione della fune motrice. — Fa le veci del contrappeso in questo apparecchio il peso di 80 metri di fune del tratto rettilineo posto fra i tenditori e lo stabilimento delle turbine (*fig. 6<sup>a</sup>, tav. I*).

**Puleggie di rimando.** — (*Figure 14, 15, 16*) sono puleggie identiche a quelle dei tenditori e poste su un sostegno analogo al traino di quelli, ma fisso stabilmente al suolo; son collocate alla sommità del piano e su esse si avvolge per mezza circonferenza la fune, che, percorsa la ferrovia, prende a discendere in linea retta fino allo stabilimento delle turbine (*fig. 6<sup>a</sup>, tav. I*).

Presso di esse è collocata la morsa d'arresto della fune, del cui ufficio parlerò più tardi.

**Puleggie di sostegno della fune motrice.** — Già abbiamo detto delle difficoltà che s'incontrerebbero nel trac-

ciamento in curva d'una linea, cui si volessero applicare gli antichi sistemi funicolari; difficoltà dipendenti soprattutto dal grande diametro delle funi motrici necessarie e dalle resistenze cui esse danno luogo. Vedremo bentosto come nell'applicare il suo sistema al piano di Lanslebourg, l'inventore abbia fatto in modo che la velocità della fune sia quintupla di quella del convoglio, per cui la tensione e la sezione ne son diminuite, gli sforzi resistenti dovuti alla rigidezza ed al peso della fune sui rulli di sostegno posti lungo la via, ridotti a poco.

Le puleggie di sostegno collocate a distanza di 15 metri l'una dall'altra nei tratti rettilinei della via, e di metri 3,60 nei curvilinei, essendo in questi varii tratti destinate ad usi diversi, sono fra loro assai differenti; nei primi non hanno per iscopo che di sostener la fune ed agevolarne la corsa, nei secondi invece le servono anche di guida, onde essa segna l'andamento della curva.

*Rulli di sostegno sui tratti rettilinei.* — Dalle *figure* 18, 19 e 23, *tav. II*, abbastanza chiaramente apparisce quale sia la struttura di questi rulli. Dovendo essi accuratamente esser conservati girevoli con facilità, e trovandosi in pessime condizioni di clima, parve opportuno proteggerli per quanto fosse possibile, dalle azioni esterne, dall'acqua e dalla polvere, mediante una scatola o coperchio *s s*, che non ne lascia visibile che una porzione *r* su cui corre la fune. — Questi apparecchi di trasmissione sono di ghisa ed il peso della puleggia sola è di 15 kg. — Sarà sempre possibile visitare o riparar la puleggia stessa, potendosi facilmente levarne il coperchio; son fuse insieme a questo le appendici *a a*, aventi per iscopo di non lasciar sfuggire la fune, quando, durante il passaggio del locomotore vien scossa dalle puleggie *P* del medesimo, sulle quali essa si sviluppa. — Degno di attenzione è il modo d'in-

grassare l'asse  $\alpha$  dei rulli in modo continuo, per mezzo d'un anello  $o$  che ad esso sospeso, pesca nell'olio e che ponendosi in moto quando l'asse stesso gira, lo mantiene convenientemente unto; facilmente si può fornir l'olio a tale apparecchio, sollevando la valvola  $v$ . — La resistenza passiva di tali puleggie è quasi insignificante rispetto alla forza disponibile sulla fune; e per questo appunto non avverrà lo scivolamento di questa sulla gola di quelle, il che sarebbe causa di rapido consumo dell'una e dell'altra; a render vieppiù impossibile tale scivolamento ed usura, l'inventore munì il fondo della gola d'una scanalatura, che in sezione trasversale mostrasi a coda di rondine, ed in questa dispose una serie di striscie compresse di cuoio che, per la forma della scanalatura, presentano esternamente, dove ha luogo il contatto colla fune, una superficie più compatta.

*Rulli di sostegno nei tratti curvilinei.* — (Fig. 20, 21, 22, tav. II). — Queste pure constano di due parti, l'una fissa, l'altra mobile formata dal rullo  $r$  col suo asse  $\alpha$ . — Questo, verticalmente disposto, poggia inferiormente su una ralla  $s$  e può per mezzo d'una vite  $c$  esser alquanto sollevato per riparar all'usura avvenuta sulla ralla. — Anch'esse son ben protette dalle cause esterne di alterazione; non sono fornite del suaccennato apparecchio d'ungitura (*graissage*), ma l'olio versato sollevando la valvola  $v$ , nel bacino  $b$ , per le luci  $i$  (fig. 20, 21) giunge in conveniente quantità all'asse; son pure munite d'un anello di cuoio analogo al precedente, sulla circonferenza i cui punti vengono a contatto colla fune motrice, e di appendici  $a$  destinate allo stesso scopo delle suaccennate. — Il peso della parte rotante è di 25 kg.; sono necessariamente assai più vicine delle altre, cioè a metri 3,60 di distanza.

---

V — LOCOMOTORE FUNICOLARE  
 COSTRUTTO PEL PIANO INCLINATO DI LANS-LE-BOURG

Questo locomotore (*tav. III*) presenta, sui due di cui fu già data un'idea, il vantaggio d'esser simmetrico quasi in ogni sua parte per rapporto al piano verticale che lo taglia secondo la linea *AB* (*fig. 25*), e d'esser assai più semplice che non quello del 1867.

Un intelaiatura di ferro *I*, resistente e leggiera ad un tempo (*fig. 24*) sopportata dagli assi *H, H* delle ruote portanti *Q, Q*, serve di punto d'appoggio a tutte le altre parti; le molle di sospensione *K, K*, in numero di quattro, sovrapposte sono del tipo Belleville; assai tenue è la corsa cui danno luogo, e la loro tensione è regolata dalle chiavarde *g, g*. — La fune che percorre il piano inclinato si avvolge nella gola delle puleggie motrici *PP*, toccando ciascuna per la lunghezza di mezza circonferenza; queste puleggie ricevono per tale modo la forza motrice delle turbini, poste a' piedi del piano; gli alberi *A*, su cui son calettate, prendono a girare e per mezzo delle ruote coniche *R, R'*, il moto rotatorio vien trasmesso alle ruote orizzontali *O, O*, i cui denti fanno incastro nella dentiera posta sull'asse della strada; a quelle ruote son solidarii i dischi *D*, che scorrendo sulle sporgenze della mascella superiore della dentiera servono di guida al locomotore. — L'aderenza delle ruote portanti non è utilizzata (1). — In questo locomotore

(1) Vedremo in seguito come, mediante un nuovo freno testè inventato dall'ing. Agudio, tale aderenza venga utilizzata per opporsi ad una troppo rapida discesa del convoglio.

vien pure impiegato, come in quello del 1867, l'innesto per aderenza, del tipo Koechlin; esso è formato da quattro segmenti circolari che possono esser resi più o meno aderenti alla superficie interna d'una ruota di frizione  $F$ ; la manovella  $M$  per mezzo della vite  $v$  (fig. 27) e della leva  $l$  fa girare di un certo angolo intorno al suo asse l'albero  $a'$  (fig. 25, 27); gli alberi  $a$  (fig. 24, 26), a quello accoppiati, gireranno d'un angolo uguale, e per mezzo delle bielle  $c, c$ , e delle leve  $d, d'$ , il cui fulcro è  $d'$ , il manicotto  $m$  scorrerà sull'albero  $A$ . La ruota di frizione  $F$  è calettata su questo albero, la  $R$  non lo è, ma spinta dal manicotto  $m$ , mediante l'innesto  $b$ , ad essa unito, ed i cui segmenti aderiranno allora alla superficie interna della  $F$ , essa riceve dalla  $F$  stessa il moto rotatorio e lo trasmette ad  $R'$ ; si pone rimedio all'usura dei segmenti colle unioni a doppia vite  $b$ ; essenzialmente l'utilità dell'innesto Koechlin, applicato a questo caso, sta in ciò che quando eccessivo fosse lo sforzo di trazione delle funi l'aderenza verrebbe vinta, e le ruote  $R$  sarebbero folli sui loro assi, come se il macchinista avesse aperta la manovella  $M$ ; quello sforzo eccessivo che potrebbe talvolta verificarsi non sarebbe però mai sopportato da una delle quattro ruote orizzontali più che dalle altre stante l'indipendenza dei quattro sistemi di ruote dentate.

**Teoria del nuovo locomotore.** — Indicando con  $R, r', r'', r$  rispettivamente i raggi della puleggia  $P$ , delle circonferenze primitive delle ruote coniche  $R, R'$ , e delle ruote orizzontali  $O$ ; con  $V, v', v'', v$  le corrispondenti velocità tangenziali di quelle circonferenze, con  $V_1$  la velocità di traslazione della fune, saranno:  $\frac{V}{R}, \frac{v'}{r'}, \frac{v''}{r''}, \frac{v}{r}$  le velocità an-

golari, e  $v$  la velocità di traslazione del convoglio;  $\frac{v}{r}$  la velocità angolare della ruota  $O$ ,  $\frac{v}{r} \frac{r''}{r'}$   $R$  la velocità assoluta dei punti posti alla circonferenza della puleggia  $P$ ; ponendo dunque:

$$\frac{r''}{r'} = q \text{ si ha: } V = \frac{v}{r} R q \text{ epperò}$$

$$V_1 = v \left( \frac{R}{r} q + 1 \right)$$

Facendo:

$$R = \text{m. } 1,25 \quad r = \text{m. } 0,37 \quad r' = \text{m. } 0,553 \quad r'' = \text{m. } 0,643$$

si ha:

$$V_1 = 5 v \quad v = \frac{1}{5} V_1$$

ossia la velocità del convoglio è la quinta parte di quella della fune motrice.

**Freni e mezzi d'arresto.** — Di potentissimi freni può disporre il macchinista che posto sulla piattaforma centrale del locomotore, guida il convoglio; attualmente nel locomotore che già trovasi a Lanslebourg si hanno quattro di tali apparecchi; ma un quinto assai recentemente inventato dall'ingegnere Agudio è in costruzione nelle officine della casa *Cail e Comp. di Parigi*, e sarà applicato all'altro locomotore che ancor trovasi presso questa casa, e che è pur destinato a prender parte alle esperienze del Moncenisio.

Uno dei più potenti è l'ordinario freno a tenaglia (*fig. 27*) che stringe con due lunghe mascelle di ferro  $f$ , la lungarina centrale di legno  $\lambda$ , su cui è fissata la dentiera; esso vien posto in opera dalle due leve  $L$ ,  $L$  mosse dagli alberi  $i$ ,  $i$  su cui sono intagliate due viti a filo inverso, che girano sotto l'azione dei rocchetti conici  $E$  comandati dalla manovella  $M'$  (*fig. 25*).

Vi sono altre quattro coppie di freni a ceppo  $s$ ,  $s$  (*figure 24, 25*)

che premono sui pezzi  $t, t$  (*figure 24, 26*) aventi la forma d'un segmento di cerchio da ruota (*jante* dei francesi) e disposti contro le ruote coniche  $R'$ . — I ceppi  $s, s$  sono due a due accoppiati per mezzo dei pezzi  $u, u$ , che uniti fra loro dall'albero  $x$ , munito di doppia vite per versi contrarii, possono esser avvicinati od allontanati. — La manovra di tale apparecchio si fa colla manovella  $N$  per la parte anteriore, colla  $N'$  per la posteriore del locomotore, le quali per mezzo delle ruote coniche  $n, n'$  (*fig. 27*) e della vite senza fine  $w$ , muovono la ruota  $r$  calettata su  $x$ . — La potenza di questo freno è tale da poter servire come mezzo d'arresto del convoglio.

Un apparecchio destinato ad impedire il moto retrogrado durante l'ascesa del convoglio, è formato da quattro robusti nottolini o scatti (*cliquets*)  $e, e$  (*figure 24, 27*), accoppiati ad un'asta  $h$ , fissa a due piccole leve  $y$ , su ciascuna delle quali agisce una molla  $z$ , destinata a tener i nottolini contro i denti della dentiera; nella discesa deve esser nulla l'azione di questi scatti, ed a tal uopo il macchinista prima di accingersi a discendere, per mezzo del volante  $V$ , e delle ruote coniche  $o, q$  fa retrocedere l'asta  $h$  la cui parte estrema, su cui è collocata la ruota  $q$ , è filettata a vite; allora gli scatti retrocedono, allontanandosi dalla dentiera e sarà evitato il pericolo ch'essi vengano a rompersi.

Anche gli innesti ad aderenza di Koechlin possono servire come freni nella discesa; si farà perciò uso della morsa rappresentata dalla *fig. 17*, posta presso alle puleggie di rinvio (*figure 14, 16*) mediante la quale si fissa la fune alla sommità del piano; le puleggie motrici allora, mentre il locomotore discende, si svolgono lungo la fune, e l'aderenza della ruota di frizione  $F$  sui settori  $b$ , ben regolata, serve di ritegno.

**Nuovo freno automatico.** — Nonostante le obiezioni che si possono fare all'impiego di freni automatici negli apparecchi di locomozione, l'aggiunta d'uno di tali freni al locomotore di Lanslebourg è pienamente giustificata dal numero già considerevole di manovelle che per usi diversi son poste sotto il comando del macchinista.

Parve opportuna l'aggiunta di quel freno per ovviare al grave inconveniente che potrebbe aver luogo, quando il convoglio sotto l'azione acceleratrice della gravità e della forza viva, che in esso si va accumulando, avesse già presa tale velocità di discesa, da riuscir insufficiente la forza del macchinista a comandar gli altri suaccennati mezzi di arresto; scopo dunque di quel freno automatico è di opporsi alla forza acceleratrice cui è soggetto il convoglio. — Essendo questo ingegnossissimo apparecchio stato da poco immaginato dall'inventore del sistema e non essendo ancor costruito, non sono in grado di fornirne un esatto disegno; mi proverò pertanto a darne un'idea.

Sull'asse delle ruote portanti è infissa verticalmente un'asta alla cui estremità superiore è collocato un pendolo conico; due ruote coniche calettate l'una sull'asse stesso, l'altra sull'asta, servono a trasmettere il moto rotatorio dalle ruote portanti al pendolo; la velocità normale del convoglio essendo di m. 2,50 al minuto secondo, il pendolo è fatto in modo che le sfere si sollevino sensibilmente quando quella velocità giunge a 4 metri.

Una leva di terza specie è collocata parallelamente all'asta del pendolo, il suo fulcro trovasi all'estremità superiore, sull'intelaiatura del locomotore; al disotto di esso attaccasi alla leva un tirante che va al collare del pendolo, al disotto del punto d'attacco la leva prende forma cilindrica filettata a madrevite; entro questa madrevite havvi un manicotto, che, men-

tre colla sua superficie interna, ben levigata, circonda l'asse delle ruote portanti, coll'esterna filettata a vite, sta unito alla madre vite; all'estremo inferiore della leva, ripiegata a gomito verso l'asse della strada, è collocato un robusto ceppo di quercia, lungo abbastanza da poter comprimere più denti della dentiera centrale. Due di tali leve son poste simmetricamente ai due lati dell'asta del pendolo; sollevandosi il collare di questo, le leve, mediante i denti tiranti vengono attratte, e le estremità interne dei manicotti, fornite di robusti denti, vengono a far incastro in due annella, solidarie all'asse delle ruote, e munite di denti corrispondenti a quelli, in modo da far uno dei noti innesti ad incastro; allora i manicotti, che prima non giravano essendo internamente levigati, per l'innesto formatosi riceveranno dall'asse delle ruote il moto rotatorio, le loro viti correranno entro le madre vite delle leve, ma solo fino a che queste non abbiano fortemente serrata la dentiera centrale coi ceppi di cui son munite; terminata la corsa della vite di ciascun manicotto, dovrà l'asse delle ruote, per effetto dell'innesto stesso cessar di girare, e queste che gli son solidarie scorreranno lungo la rotaia, producendo nuova aderenza, nuova forza resistente, che finisce per dar luogo alla fermata del convoglio.

Vedremo in seguito quanta sia la potenza di questo nuovo freno.

Dalle cose dette appare come nissun altro sistema di trazione è fornito di così potenti apparecchi di resistenza; altri ancora sono a disposizione dell'inventore, nel caso difficile ad avverarsi, che quelli si mostrassero insufficienti; così questo sistema sarà, con sicurezza, applicabile al trasporto dei viaggiatori.

Il locomotore in salita è posto in coda del convoglio, in

discesa rimane in testa del medesimo; questo può in pochi istanti venir arrestato in qualsiasi punto della strada, per mezzo della manovella che apre l'innesto ad aderenza di Koechlin, rendendo folli sui loro assi le ruote coniche motrici: allora la fune continua a correre lungo il piano inclinato, e sulle puleggie del locomotore si accumula una quantità di forza viva utilissima per rimettersi tosto in marcia.

Fra le cause che possono modificare, la ripartizione del peso sugli assi d'un locomotore in moto, degne di attenzione pel nostro caso sono le inclinazioni del profilo e lo sforzo di trazione del treno rimorchiato.

Basta gettar uno sguardo sulla *fig. 24* per scorgere che nel locomotore di Lanslebourg il centro di gravità è assai più vicino all'asse delle ruote anteriori; la posizione di questo però è tale, che la verticale condotta per esso, quando il locomotore si trova sui tratti più inclinati della strada, è equidistante dai quattro punti di contatto delle ruote colle rotaie.

La ripartizione del carico sugli assi non è modificata dallo sforzo di trazione, se non quando la sua direzione, parallela sempre all'asse della strada, passa per gli assi stessi; se tale direzione passa al disopra od al dissotto di tal punto, ne risulta una coppia, di braccio uguale alla distanza dall'asse motore, che tende a far oscillare la macchina, dall'avanti all'indietro nel primo caso, e reciprocamente nel secondo; l'influenza di tale coppia resta paralizzata, in marcia, mediante la disposizione adottata.

## PARTE TERZA

---

CALCOLO DELLA FORZA DISPONIBILE, DELLE RESISTENZE E DEL  
RENDIMENTO SUL TRONCO DI PROVA COSTRUTTO A LANSLE-  
BOURG.

### I. — Dati generali — Stabilimento idraulico Trasmissioni.

Lunghezza del piano inclinato . . . . .	m.	1640
Massima pendenza . . . . .		0,381
Differenza di livello fra i punti estremi. . . . .	m.	395
Larghezza della via da asse ad asse . . . . .	»	1,50
Raggio delle curve . . . . .	»	150
<hr style="width: 20%; margin: 10px auto;"/>		
Altezza della caduta . . . . .	m.	140
Diametro interno della condotta . . . . .	»	0,66
Sua lunghezza . . . . .	»	430
Sua portata al minuto secondo . . . . .	litri	900
Forza disponibile sull'asse orizzontale di ciascuna turbine . . . . .	c. v.	500
Diametro delle turbine. . . . .	m.	1,80
Numero di giri al minuto . . . . .		300
Diametro delle puleggie motrici al fondo della gola . . . . .	m.	4,00
Numero di giri al minuto . . . . .		60
Rapporto fra le velocità delle ruote dentate di tra- missione di diametri, m. 0,80 e m. 4,00 . . . . .		1 : 5
Velocità tangenziale della turbine . . . . .	m.	28,274

Forza disponibile sulla circonferenza della turbine kg. 1326,49  
 Velocità tang. della puleggia motrice e della fune:

$$\frac{1}{5} \times \frac{4,00}{1,80} \times 28,274 = 0,444 \times 28,274 = \text{ m. } 12,554$$

Forza disponibile sulla circonferenza della puleggia motrice, dovuta al lavoro d'una turbine:  $\frac{1326,49}{0,444} = \text{ kg. } 2987,59$

La forza  $F$  disponibile su ciascun ramo della fune motrice, ammettendo che dello sforzo totale sulla puleggia un decimo vada disperso per la rigidità della fune che avvolge per due semicirconferenze la puleggia stessa, e per la trasmissione, sarà:  $2987,59 \times 0,90 = F = \text{ kg. } 2688,83$

## II. — Trasmissione telodinamica sul tratto rettilineo in discesa.

Lunghezza del tratto rettilineo. . . . .	m.	1352
Sua inclinazione media. . . . .		0,33
Distanza fra le puleggie di sostegno della fune . . .	m.	80,00
Diametro di queste puleggie . . . . .	»	1,00
Diametro medio del loro asse . . . . .	»	0,035
Peso di ciascuna . . . . .	kg.	40
Peso della fune per metro corrente . . . . .	»	1,50

Ritenuta la pendenza di un terzo su tutto quel tratto, con sufficiente approssimazione si può ammettere che, la resistenza dovuta al suo peso si riduca ai due terzi; avremo dunque:

$$\frac{2}{3} \times 1,50 \times 80 + 40 = \text{ . . . . . } \text{ » } 120$$

Prendendo 0,06 per coefficiente d'attrito degli assi, che son mantenuti unti continuamente, la resistenza totale  $R'$  della trasmissione telodinamica riportata alla circonferenza delle puleggie è:

$$0,06 \times \frac{0,035}{1,00} \times \frac{1352}{80} \times 120 = R' = \text{ . . . } \text{ » } 4,259$$

## III. — Puleggie di rimando poste alla sommità del piano.

La pressione che si esercita sull'asse di tali puleggie è la risultante di due altre forze: una che risulta da due uguali allo sforzo  $T$  di trazione della



essendo  $\Pi$  il peso della fune per metro corrente,  $H$  la differenza di livello fra i punti estremi del piano,  $\Pi \frac{H}{2}$  il peso di fune che trovasi sulla parte di piano fino al rullo che si considera. Sostituendo:

$$T_m = 2688,83 - (4,259 + 13,03 + 9,44) + 1,5 \times \frac{395}{2} = \text{kg. } 2958,35$$

È noto che se una fune sottoposta ad uno sforzo di trazione  $T_m$  avvolge per un certo tratto una puleggia, la pressione  $P_m$  che si esercita sull'asse della puleggia stessa, è data da:

$$P_m = 2 \cdot T_m \text{ sen } \frac{1}{2} \varphi$$

essendo  $\varphi$  l'angolo che il tratto che viene alla puleggia fa col tratto che va; nel nostro caso piccolissimo essendo l'arco di contatto della fune colla puleggia, assai tenue è l'angolo  $\varphi$ ; si ha:

$$\varphi = 1^\circ 27' \quad \text{sen } \frac{1}{2} \varphi = 0,012606. \quad \text{Quindi:}$$

$$P_m = 2 \times 2958,35 \times 0,012606 = \dots \quad 74,55$$

Non curandoci dell'azione che il peso della fune esercita su ciascun rullo, essendo essi a soli m. 3,60 di distanza l'uno dall'altro, la resistenza media  $r'$ , che per effetto della pressione  $P_m$  si esercita sull'asse di ciascun rullo, di diametro m. 0,025, riportata alla circonferenza del rullo di diametro m. 0,32 e preso per coefficiente d'attrito 0,06, sarà espressa da:

$$r' = 0,06 \times \frac{0,025}{0,32} \times 74,55 = \dots \quad 0,349$$

Il peso del rullo essendo 25 kg. la resistenza  $r''$  alla rotazione che incontra l'asse verticale del rullo, sarà:

$$\frac{2}{3} \times 0,06 \times \frac{0,025}{0,32} \times 25 = r'' = \dots \quad 0,078$$

La resistenza media totale  $r$ , su uno dei rulli in curva sarà:  $r = r' + r'' \dots \dots \dots \quad 0,427$

*Tratti rettilinei.* — Su questi i rulli son posti alla distanza di m. 15 l'uno dall'altro; la resistenza  $r'$ , dovuta al peso della sua puleggia che è di 15 kg. ri-

portata dall'asse, di diametro m. 0,02, alla circonferenza di diametro: m. 0,25, è espressa da;

$$\rho' = 0,06 \times \frac{0,02}{0,25} \times 15 \text{ kg.} = \dots \text{ kg.} \quad 0,072$$

Qui è conveniente tener conto del peso della fune, essendo quattro volte maggiore che nel caso precedente, la distanza fra due rulli successivi; la resistenza  $\rho''$  dovuta a tal peso è data da:

$$\rho'' = \frac{2}{3} \times 15 \text{ m.} \times 15 \text{ kg.} \times 0,06 \times \frac{0,02}{0,25} = \dots \quad 0,072$$

La resistenza totale per ogni rullo sarà:

$$\rho = \rho' + \rho'' = \dots \quad 0,144$$

La lunghezza totale del piano inclinato è m. 1640; si può con sufficiente approssimazione ritenere che metà sia in curva, metà in tratti rettilinei; il numero totale di rulli sui tratti curvilinei, per una sola fune sarà:  $\frac{1640}{2 \times 3,60} = 228$ .

E la resistenza totale corrispondente a tutti quei rulli:  $R^v = 228 \cdot r = \dots \quad 97,356$

Il numero complessivo di rulli su tratti rettilinei, per una delle funi, è:  $\frac{1640}{2 \times 15} = 55$ . E la resistenza totale:  $55 \cdot \rho = R^v = \dots \quad 7,92$

## V. -- **Trasmissione della forza al locomotore.**

Nelle prossime esperienze sul piano inclinato di Lanslebourg il convoglio sarà rimorchiato da due locomotori, che, accoppiati, utilizzeranno la forza delle due turbini; ciascuna fune si avvilupperà su mezza circonferenza di ognuna delle quattro puleggie poste da una stessa parte dei due locomotori, ed aventi metri 2,50 di diametro al fondo della gola; questa porta una guarnitura d'aloè per favorir l'aderenza della fune. — La forza tangenziale trasmessa dalla fune alle due coppie di puleggie dei locomotori, è uguale alla forza  $F$ , trasmessa dalle puleggie motrici dello stabilimento delle turbini alla fune, diminuita delle resistenze che la fune incontra nel tratto di strada fra quelle ed il locomotore; si avrà dunque:

$$T' = F - (R' + R'' + R''' + R^{iv} + R^v) = 2688,83 - 132,005 = \text{kg.} \quad 2556,83$$

Ammettessi con fondamento, che la trasmissione di questa forza dalle puleggie del locomotore alle sue ruote orizzontali dentate dia luogo alla perdita di un decimo della forza stessa, ossia ad una perdita di . kg. 255,68

Ricordando ora la relazione fra la velocità tangenziale  $V$  delle puleggie motrici del locomotore, e  $v$  dei punti posti sulle circonferenze primitive delle ruote dentate (pag. 33) ossia:  $V = v \frac{R}{r} q$  Fatte le sostituzioni si ha:

$V = 4v$  Quindi la forza disponibile sulle ruote orizzontali, la cui velocità è quattro volte minore di quella delle puleggie, sarà quadrupla, ossia:  $4(2556,83 - 255,68) = 4 \times 2301,15 =$  » 9204,60

Lo sforzo  $T''$  che si esercita sui denti della dentiera, posti da una stessa parte, e su cui vengono ad agire quattro ruote dentate, è la quarta parte di quello trasmesso dalla fune alle ruote ossia è di: . . . . » 2301,15

Giova ora osservare che mentre le funi trasmettono per mezzo delle puleggie e delle ruote coniche la forza di trazione  $T''$  a ciascuna ruota orizzontale, agiscono pure sugli assi delle puleggie stesse con una forza diretta di trazione  $T'$ ; le forze dunque di trazione che complessivamente sono applicate dalle due funi sui due locomotori sono:

Forza diretta di trazione:  $T_1' = 2T'' = 2 \times 2301,15 =$  » 5113,66

Forza di trazione sulle ruote dentate:

$T_1'' = 8T'' = 8 \times 2301,15 =$  . . . . » 18409,20

Forza totale di trazione:  $T_1 =$  kg. 23522,86

## VI. — Calcolo del Rendimento.

Farò questo calcolo pel tratto più inclinato della strada, ove la pendenza è del 38 per 100.

Lo sforzo necessario per rimorchiare una tonnellata su quell'inclinazione sarebbe:

$1000 \times 0,38 + 4 =$  . . . . . kg. 384,00

Il numero di tonnellate, compreso il peso dei due

locomotori, di 41 tonnellate ciascuno, che potrà esser rimorchiato dalla fune sarà:

$$\frac{23522,86}{384} = \dots \dots \dots \text{tonn.} \quad 61,26$$

Da cui deducendo il peso dei locomotori si ha il peso del convoglio da essi trascinato . . . . . » 39,26

Il lavoro utile sarà dato dal prodotto della forza necessaria a trascinar il peso del convoglio, per la velocità dei locomotori, che è la quinta parte di quella della fune; essendo questa di metri 12,554 al minuto secondo, quella sarà di metri 2,511, e si avrà pel lavoro cercato:

$$39,26 \times 384 \times 2,511 = 15075 \times 2,511 = \text{kg.} 37855,43$$

Il coefficiente di rendimento sarà dunque:

$$\frac{37,855}{75} = 0,504$$

ossia malgrado l'eccezionale pendenza si ha ancora il soddisfacente rendimento di oltre il 50 per cento.

Se l'inclinazione non fosse che del 0,20 il peso netto del convoglio sarebbe circa 95 tonnellate, ed il rendimento del 64 per 100.

## VII. — Resistenza della fune.

Egli è sulla puleggia di rimando collocata alla sommità del piano inclinato che la fune è sottoposta al massimo sforzo di trazione; in quel punto la tensione fu trovata: (vedi paragrafo III),

$$T = 3282,071 \text{ kg.}$$

La sezione metallica della fune risulta da 48 circoli di diametro millimetri 2,25, ossia è di 180 mm. q., e la tensione sull'unità di superficie non è che di:

$\frac{3282,07}{180} = 18 \text{ kg.}$  ossia meno di un quinto della resistenza alla rottura essendo l'acciaio di queste funi di ottima qualità.

### VIII. — Forza di tensione dei tenditori.

Il valore di questa forza è indicato dai dinamometri di cui si è fatto parola. Ciascuna coppia di puleggie dei locomotori dovendo trasmettere uno sforzo:

$$\frac{1}{2} T' = \frac{2556,83}{2} = 1278,41 \text{ kg.} = Q$$

il valore della tensione  $t$  cui è sottoposta la fune per opera del tenditore è dato alla formola:

$$t = \frac{Q}{\frac{fs}{e^r} - 1}$$

Pel nostro caso essendo:  $f = 0,56$  (dedotto da esperienze)  $s = \pi r$ ,  $r = 2^m,00$  si ricava:

$$t = \frac{1278,41}{4,801} = 266 \text{ kg.}$$

il quale sforzo di tensione assicura la trasmissione del moto della fune alle puleggie del locomotore.

### IX. — Freni del locomotore.

Sono di quattro specie:

1° Freno formato dai pezzi  $t$ . (tav. III) prementi contro le ruote coniche orizzontali. — La pressione prodotta da ciascuna di quelle coppie di segmenti essendo di kg. 18000, preso per coefficiente d'aderenza: 0,20 si ha una resistenza totale di . . . . . kg. 14400

2° Le due mascelle  $f$ ,  $f$  serrano la lungarina centrale con una pressione di kg. 16000; preso un coefficiente d'aderenza: 0,32 si ha una forza resistente di » 5120

3° Abbiamo già veduto come, fissata la fune ad apposita morsa alla sommità del piano, gli innesti ad aderenza, convenientemente regolati, possano servir di freni nella discesa; si ritiene che i quattro innesti possano complessivamente sviluppar una resistenza di » 5000

4 — *Nuovo freno automatico* — Faccio il calcolo considerando un solo locomotore:

Peso d'un locomotore . . . . .	kg.	11000
Ammettendo che il peso sia ugualmente ripartito sulle due sale, il peso su ciascuna è . . . . . »		
		5500
In pendenza si ritiene . . . . .	$\frac{2}{3}$	5500
Coefficiente d'aderenza fra ruote e rotaie		0,20
Forza complessiva sui cerchioni delle ruote, che imprime all'albero il moto rotatorio: . . . . . $\frac{1}{5} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5500 =$ kg. 733,33		

Tale forza riportata sulla circonferenza media della vite dell'innesto, di diametro m. 0,20 sarà:

$\frac{0,80}{0,20} 733,33 = 2933,32$  kg. essendo m. 0,80 il diametro della ruota.

Per la forma della vite la pressione dei ceppi sulla rotaia centrale è di kg. 29333 per ciascuna sala. E per le due sale ossia per un locomotore è di kg. 58666. — I ceppi di quercia sulla superficie laterale della dentiera trovano un'aderenza il cui coefficiente si può ritenere: 0,30. L'aderenza totale o meglio la forza ritardatrice per un locomotore sarà di . . . . . kg. 17600

Chiusosi l'innesto ad incastro, la sala non gira più e le ruote portanti scorrono sulle rotaie: la resistenza dovuta a questo scorrimento si determina facilmente; essendo il peso dei locomotori sui due assi:  $\frac{2}{3} \times 11000$  kg. ed il coefficiente d'aderenza  $\frac{1}{5}$ , per le quattro ruote portanti d'un locomotore la resistenza sarà complessivamente:

$$\frac{1}{5} \cdot \frac{2}{3} \cdot 11000 = 1466,6 \text{ kg.}$$

La resistenza totale sviluppata da questo freno automatico sarà dunque di kg.  $17600 + 1466 =$  . . . . . » 19066

La resistenza sviluppata complessivamente dai quattro freni che contemporaneamente agissero su un locomotore sarebbe dunque di . . . . . » 43586

E su due locomotori . . . . . » 87172

Si avrà sicurezza grandissima quand'anche agisca uno solo dei tre primi freni; il quarto poi si pone in azione quando la velocità del locomotore giunga a 4 metri al minuto secondo.

### X. — Lavoro quotidiano possibile.

La velocità verticale del convoglio al minuto secondo, sul tratto di massima pendenza è:  $0,381 \times 2,511 = \text{m. } 0,957$

Il tempo necessario per superar i 395 m. di differenza di livello fra i punti estremi del piano inclinato, sarà:

$$\frac{395}{0,957} = 412'' \text{ ossia meno di } 7'$$

Ammettendo: 1° Che nella discesa il treno abbia la stessa velocità — 2° Che le manovre nei punti estremi richiedano 6' complessivamente — ogni 20' si potranno portare dalla base alla sommità del piano 39 tonnellate (vedi paragrafo VI), ed altrettante dalla cima alla base; quindi in 15 ore di lavoro:

$$2 \times 15 \times 3 \times 39 = 3510 \text{ tonnellate, benché}$$

la via sia ad un solo binario.

## CONCLUSIONE

---

Dalle cose dette su questo sistema di locomozione, e dai risultati attendibili dalle prossime esperienze, che, senza dubbio corrisponderanno alle fatte previsioni, possiamo concludere col dire che esso presenta sugli altri mezzi di trazione e sui vecchi sistemi funicolari, i seguenti vantaggi:

1° — Si superano le più forti pendenze, non usate finora per le ferrovie di montagna.

2° — Si procede con grande sicurezza, essendo a disposizione del macchinista quattro specie di freni, la cui potenza complessiva supera d'assai la forza motrice.

3° — Si possono usar curve di raggi limitati (150 metri) senza che ne risulti notevole aumento di resistenza.

4° — Si impiegano funi di piccolo diametro, più leggiere e meno sensibili alle inflessioni, dal che ne viene minor perdita di lavoro nella trasmissione.

5° — Si potrà estendere la lunghezza dei piani inclinati fino ad 8 o 10 chilometri.

6° — Con una semplice manovra rendendo nullo l'effetto della trasmissione sulle puleggie laterali del locomotore, sarà

possibile arrestar quasi istantaneamente il convoglio; su quelle poi accumulandosi notevole quantità di forza viva, potrà il convoglio riprender tosto la sua marcia, quand'anche si trovi su forte pendio.

7° — Se non occorre che tale accumulazione di forza viva abbia luogo, dietro avviso di un indicatore telegrafico (1) che pone in comunicazione il macchinista del locomotore con quello delle turbine, questo diminuendo l'accesso dell'acqua ai motori, rallenta la velocità della fune.

8° — Difficilmente avverrà la rottura d'una fune perchè:

a) — Ad essa si potrà dar un diametro maggiore di quello corrispondente allo sforzo che deve fare senza che il diametro stesso abbia già dimensioni tali da recar forte dispersione di lavoro.

b) — Stando la rigidità delle funi circa nel rapporto dei quadrati dei diametri, il deperimento di tali funi sottili nell'avvolgersi sulle grandi puleggie resta minimo.

c) — Tale deperimento è pur minore perchè la fune non scivola sui rulli di sostegno.

d) — La fune non è mai attaccata a punti fissi, ma ovunque opera per aderenza.

9° — L'effetto utile del sistema è come si vede, considerevole; in tutti gli altri sistemi di locomozione esso diminuisce rapidamente al crescere della pendenza; in questo, come risulta dal calcolo precedente, è ancora del 50 % anche sulla straordinaria pendenza del 38 %.

Riguardo alla spesa abbiamo ragguagli sicuri dedotti dal costo della costruzione del piano di Lanslebourg, in cui con

---

(1) Questo apparecchio telegrafico non è ancora attualmente costruito; gli studi per applicarlo al piano di Lanslebourg son dovuti al Chiar.<sup>mo</sup> ing. cav. Maroni, direttore generale dei telegrafi presso la Società dell'Alta Italia.

una somma di poco superiore a L. 600,000 si è superata una differenza di livello, la cui ascensione sarebbe costata coi mezzi ordinari, parecchi milioni.

Pongo termine a questo mio lavoro chiedendo venia al lettore, se, per la mia poca esperienza, non sempre mi fu dato esprimere le idee con acconcie parole, ed augurando di cuore all'Egregio Ing. Agudio, che, all'eletto suo ingegno ed alla sua costanza dieno il meritato compenso, il felice esito delle prossime esperienze ed una vasta applicazione del suo sistema.

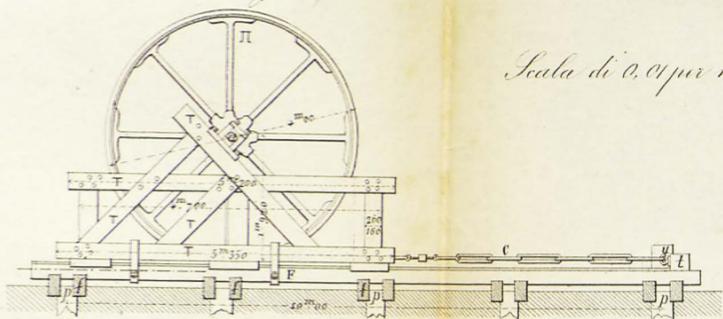
*Torino — Dicembre 1873.*

**ALBERTO OLIVETTI.**



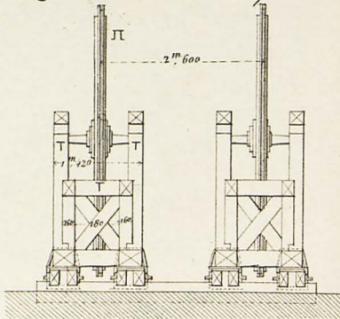
TENDITORI

Fig. 10. Elevazione



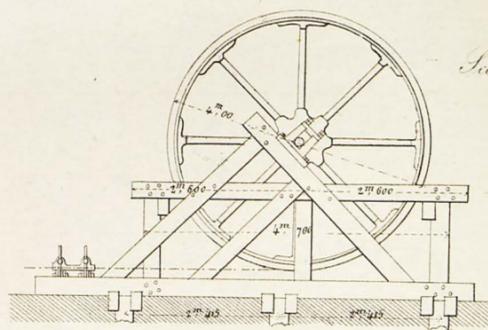
Scala di 0,01 per metro.

Fig. 12. Vedute di fronte



PULEGGIE DI RIMANDO

Elevazione



Scala di 0,01 per metro.

Vedute di fronte

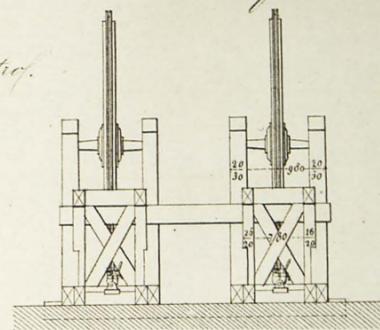


Fig. 11. Pianta

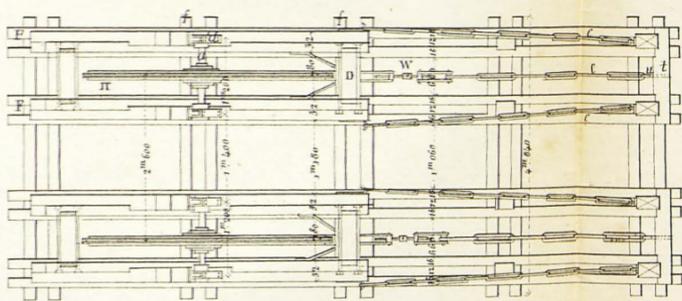
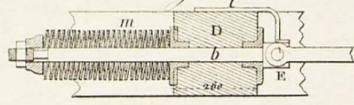
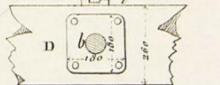


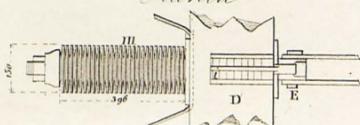
Fig. 13. DINAMOMETRO dei tenditori



Vedute di fronte

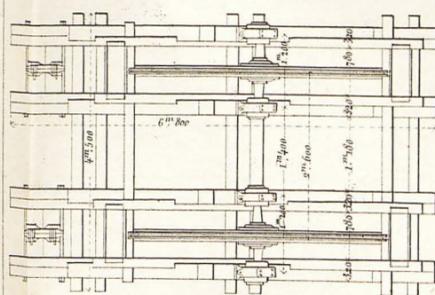


Pianta

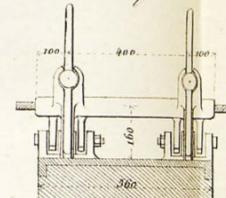


Scala di 0,01 per metro.

Fig. 15. Pianta



Vedute di fronte



Vedute di fianco

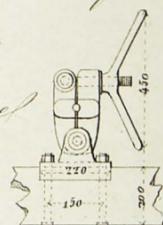
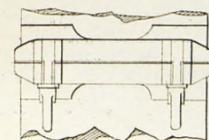


Fig. 17 - MORSA

per arrestare la fune  
Scala di 0,05 per 1<sup>m</sup>

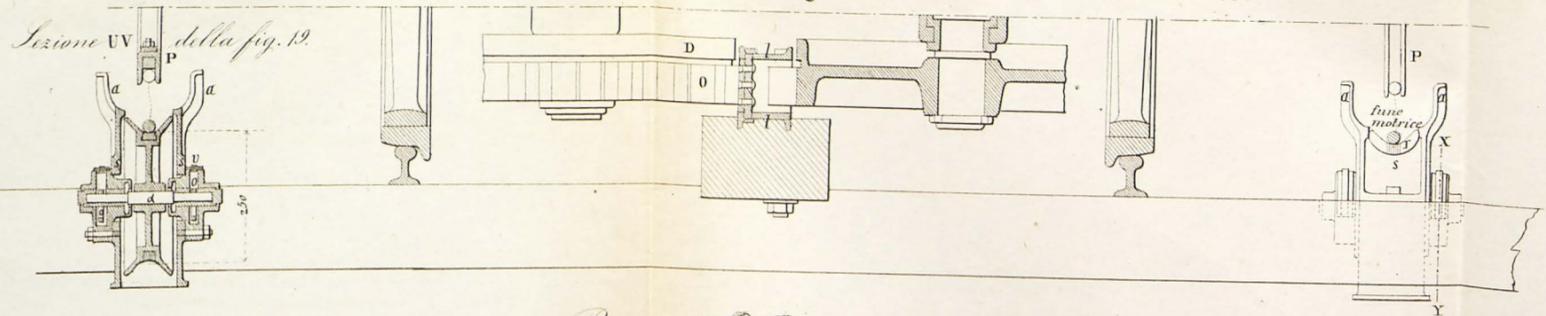
Pianta



PARTICOLARI DELLA FERROVIA

Scala di 0,08 per metro.

Sezione trasversale Fig. 18. in un tratto rettilineo



Sezione UV della fig. 19

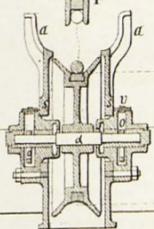
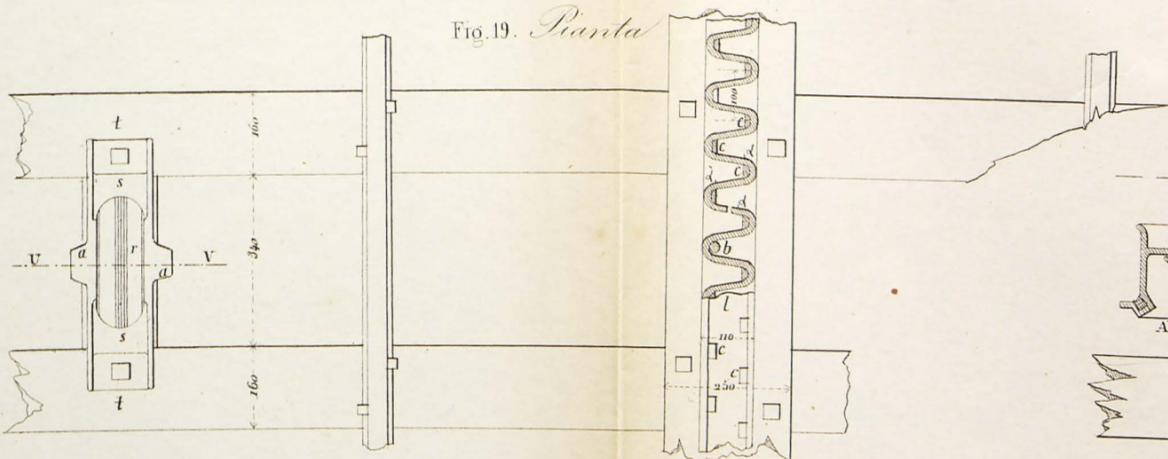


Fig. 19. Pianta



Sezione XY Fig. 23.

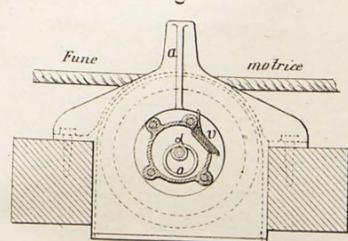
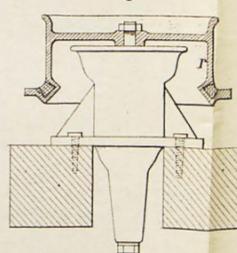
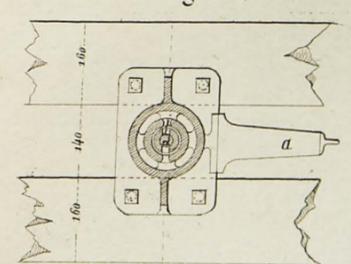


Fig. 22.

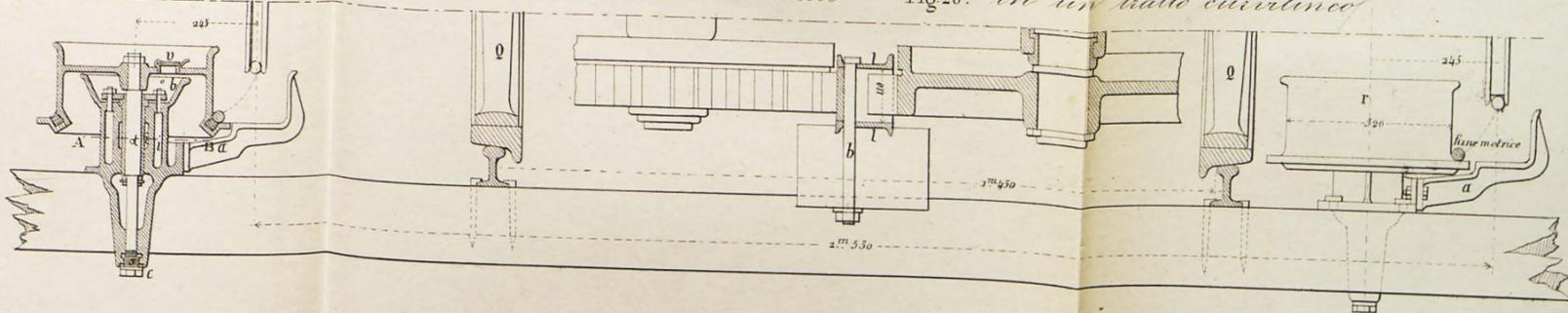


Sezione AB della fig. 20.

Fig. 21



Sezione trasversale Fig. 20. in un tratto curvilineo



LOCOMOTORE FUNICOLARE

costrutta pel piano inclinato di Lanslebourg.

Fig. 24. Sezione longitudinale secondo la linea AB della pianta.

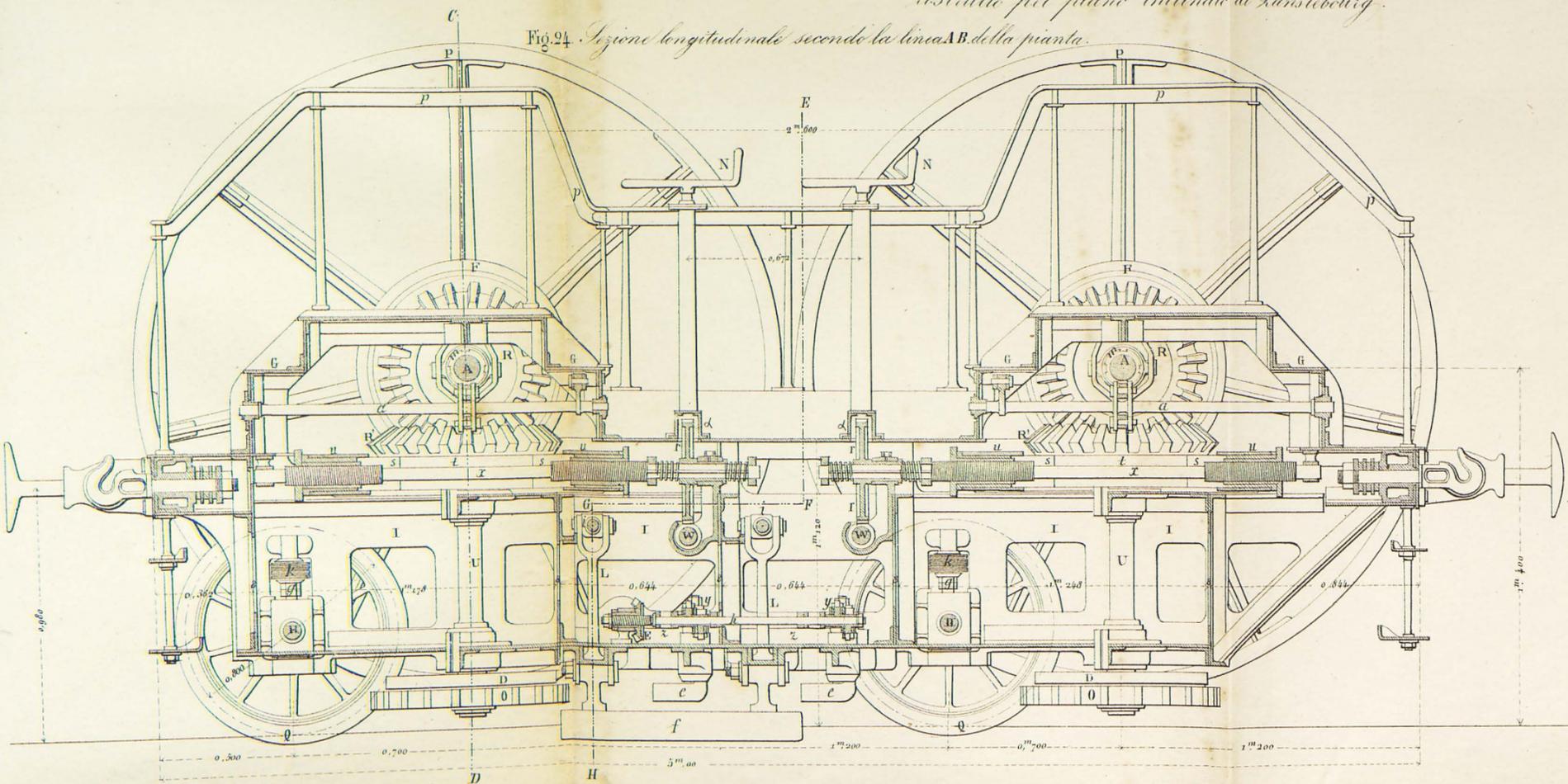
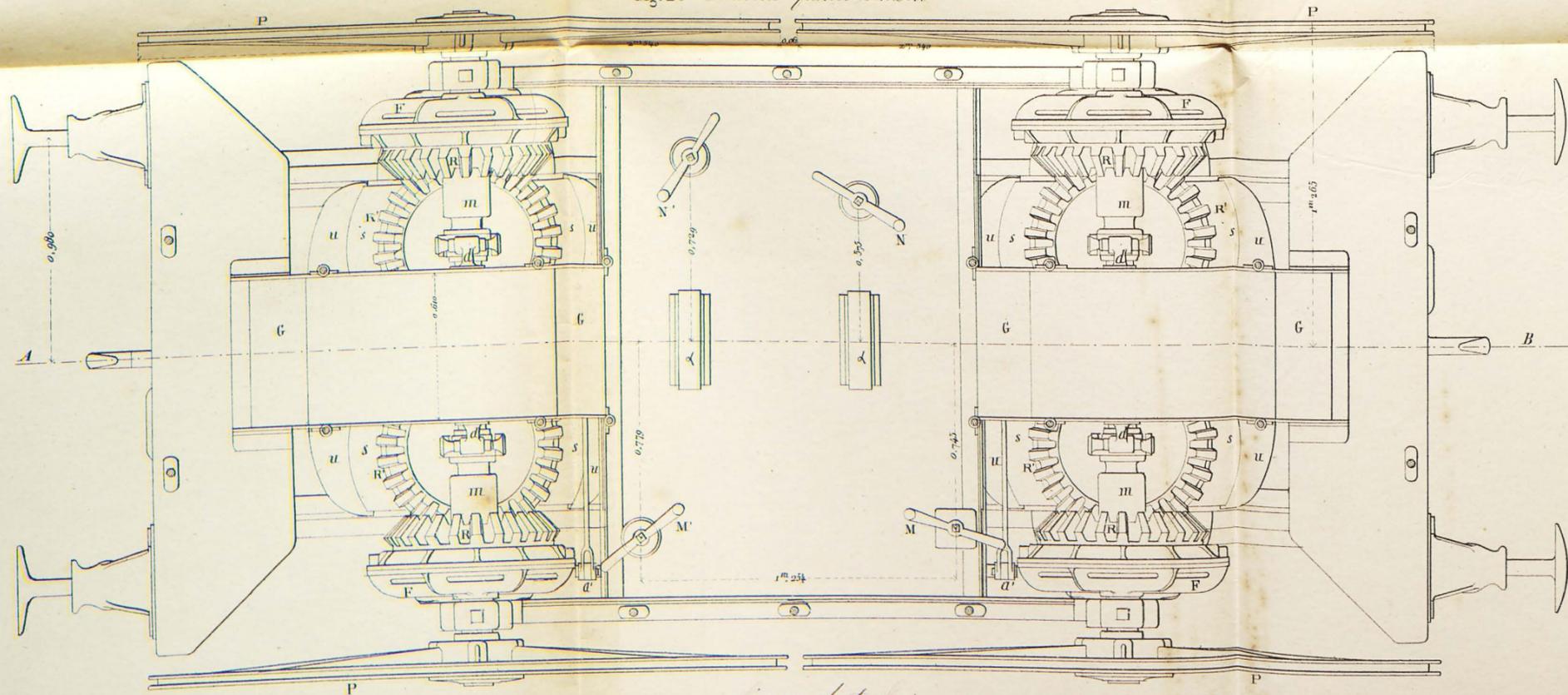


Fig. 25. Pianta fianco sinistro



fianco destro

Scala di 0m 05 per 1 metro

Fig. 26. Sezione trasversale secondo la linea CD della fig. 24.

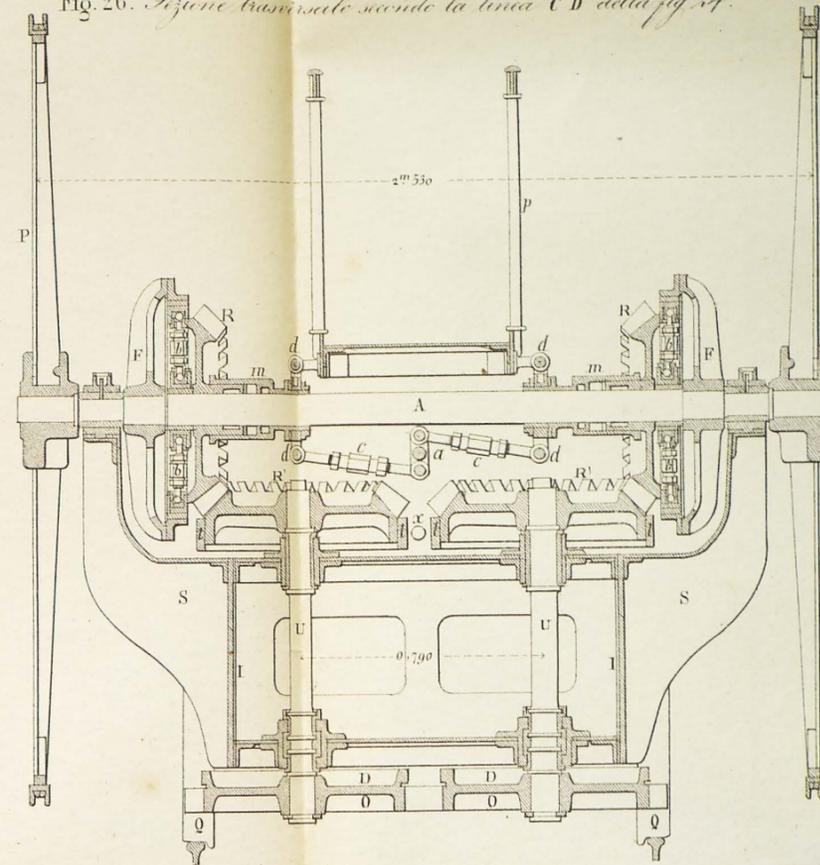


Fig. 27. Sezione trasversale secondo la linea EFGH della fig. 24.

