

# DELLE STRADE FERRATE

---

**CONSIDERAZIONI GENERALI SUL LORO TRACCIAMENTO**



G 89

# DELLE STRADE FERRATE

---

**CONSIDERAZIONI GENERALI SUL LORO TRACCIAMENTO**

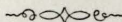
RACCOLTE

DA

**CARLO MORBELLI**

DI PRALORMO

ALLIEVO DEL COLLEGIO DELLE PROVINCE



**DISSERTAZIONE E TESI**

PRESENTATE

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

della **R. Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino**

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE LAUREATO

—  
**1869**  
—

**TORINO**

**TIPOGRAFIA G. CANDELETTI SUCCESSORE CASSONE**

VIA SAN FRANCESCO DA PAOLA, 6

—  
1869



ALLA MADRE  
CHE DA TANTO TEMPO SOSPIRA QUESTO GIORNO  
AL PADRE  
CHE CON TANTI SACRIFIZI L'HA PREPARATO  
ALLO ZIO  
D. GIUSTO STUARDI  
DEDICO  
QUESTO POVERO LAVORO  
DOLENTE DI NON POTER SCRIVERE I LORO NOMI  
SOPRA MONUMENTO PIÙ DEGNO



# DELLE STRADE FERRATE

---

## CONSIDERAZIONI GENERALI SUL LORO TRACCIAMENTO



### I.

#### **Cenni preliminari — Un po' di storia Diversi sistemi di ferrovie.**

L'elemento più sicuro della potenza industriale e commerciale di una nazione è senza dubbio lo stabilimento di un buon sistema di comunicazione interna, che agevoli il trasporto degli oggetti di qualunque natura dal luogo di lor produzione a quello in cui si vendono e si consumano.

Dietro questo principio i primi sforzi di tutti i popoli furono diretti alla costruzione di strade, al perfezionamento della navigazione dei fiumi, ed allo scavo di canali tra i fiumi molto distanti. In questo secolo l'attenzione pubblica si è fissata su un altro mezzo di comunicazione, notevole per l'economia che permette d'introdurre nei trasporti, e di gran lunga superiore ai canali per la rapidità e la continuità del suo servizio affatto indipendente dalle alternative delle stagioni. Questo sistema è quello delle ferrovie, che, stabilito per la prima volta in Inghilterra nel 1820, ha preso ai giorni nostri uno sviluppo straordinario. Io mi propongo di esaminare questo meraviglioso mezzo di trasporto dal lato delle considerazioni generali che devono dirigere l'ingegnere nello studio di un progetto. E per seguire precisamente l'ordine

dei fatti, incomincerò da alcuni cenni sull'origine delle ferrovie.

Le prime ferrovie furono stabilite in Inghilterra nei dintorni di Newcastle. Le miniere di carbon fossile situate attorno a questa città fanno trasportare i loro prodotti sino in riva al Tyne, ove son caricati su bastimenti destinati per le coste d'Inghilterra o per l'estero; e in generale la distanza dal luogo d'estrazione al punto d'imbarco è considerevole. Questo trasporto si eseguiva per strade assai cattive e costava somme enormi ai proprietari delle miniere. Per diminuire queste spese si pensò di collocare sulla strada percorsa dai carri due file continue di travicelli di legno destinati a sopportare le ruote, muniti di un bordo interno per impedire la deviazione dei carri. Questo sistema importava già una notevole economia per il minor sforzo che era necessario per rimorchiare i carri. Ma bentosto si accorsero i costruttori di questa nuova strada che i travicelli di legno, dovendo sopportare le pressioni di quei pesanti carri, assai facilmente si logoravano; onde per impedire questo rapido deterioramento li copersero con lastre di ferro piatte, fissate con caviglie in ferro. Questo nuovo procedimento produsse un altro vantaggio: diminuì ancora di più lo sforzo necessario alla trazione e condusse a sopprimere totalmente il legno che logoravasi ancora assai prontamente, non più per la pressione ma per l'umidità. Si sostituirono sbarre in ghisa colate secondo una certa forma e fissate entro massi di pietra situati di distanza in distanza. In seguito si modificò la forma di queste sbarre; si interposero cuscinetti in ghisa tra queste e la pietra che le sosteneva; si sostituirono ruote in ghisa a quelle in legno; e infine si sostituì il ferro alla ghisa nella costruzione delle rotaie. Tale è la storia dell'origine e dei progressi delle ferrovie in Inghilterra dal 1680 al 1820; e senza dubbio il principio da cui derivarono non ha nulla di nuovo, poichè già i romani costruivano le loro strade con grossi massi di



pietre accostate le une alle altre, e tutti son d'accordo nell'ammettere che fin da tempi antichissimi si vedessero le principali vie di Milano munite di due file parallele di pietre disposte ad una distanza conveniente per ricevere le ruote delle vetture, e frammezzo il selciato, come ai nostri giorni si vede in tutte le vie di Torino. Ma fu solo in Inghilterra ove lo spirito della speculazione è portato al più alto grado di sviluppo, che si incominciò ad apprezzare il vantaggio che poteva presentare l'applicazione su una grande scala di questi mezzi di diminuire il fregamento; fu solo in questo paese che si applicò la mente allo studio dei dettagli di esecuzione necessari per l'attuazione della prima idea; in questo paese, che, con quella tenacità di propositi che è caratteristica delle razze nordiche si condusse un'idea semplicissima a portare i meravigliosi frutti che si vedono al presente. Ond'è che l'invenzione delle ferrovie deve considerarsi come essenzialmente inglese, perchè l'Inghilterra per la prima ha messe in pratica delle idee la cui applicazione in grande anche al principio di questo secolo pareva ancora impossibile.

Venne in seguito la locomotiva a portare un nuovo impulso alla costruzione delle ferrovie. Essa fu impiegata per la prima volta nel 1825 sulla ferrovia da Darlington a Stockton; ferrovia e locomotiva furono opera di un sol uomo, Giorgio Stephenson, che già erasi acquistata fama di valente meccanico. La ferrovia era destinata al trasporto del carbone a piccola velocità. La locomotiva era stata costruita in modo da rimediare ai due capitali difetti di quelle che si erano costrutte prima, cioè alla mancanza di potenza e di aderenza. Pensò Stephenson che la mancanza di potenza derivava specialmente dalla mancanza di tiraggio. Già da qualche anno si era pensato di cacciare nel camino il vapore che usciva dai cilindri, ma ciò non valeva ad attivare il tirante perchè il vapore usciva da un orifizio di grandi dimensioni. Questo si faceva unicamente per evitare il rumore

incomodo che produceva uscendo immediatamente dai cilindri nell'atmosfera. Stephenson restringendo l'orifizio di uscita aumentò il tirante col getto di vapore, che fu poi applicato a tutte le macchine, e così raddoppiò d'un tratto la produzione di vapore. L'aderenza fu ottenuta coll'accoppiare le ruote con delle bielle. Nel 1828 lo stesso Stephenson si accingeva alla costruzione della ferrovia da Liverpool a Manchester, la prima che abbia servito al trasporto dei viaggiatori. Nel 1829 la direzione della ferrovia apriva un concorso di locomotive che veniva guadagnato da Giorgio e Roberto Stephenson colla loro locomotiva a grande velocità colla caldaia tubulare e col getto di vapore nel camino. In tal guisa l'avvenire delle ferrovie era definitivamente assicurato. Allora fu forza riconoscere la grande importanza a cui erano destinate le ferrovie nel mondo politico e commerciale, coll'avvicinare gli stati, le città, gli uomini, moltiplicando i rapporti tra gli individui, facilitando lo scambio dei prodotti e delle idee, mescolando gli interessi e facendo sparire con un contatto frequente i pregiudizii locali e gli odii nazionali.

Eppure quante obiezioni non si fecero a questo sistema di comunicazione! Era il rumore delle locomotive che avrebbe assordato gli uomini, il fumo che avrebbe distrutto la vegetazione e apportate le crittogame, le scintille che avrebbero incendiate le case, le esplosioni che avrebbero esposto i viaggiatori a numerosi e terribili accidenti.... Un amministratore della ferrovia da Liverpool a Manchester domandava un giorno a Giorgio Stephenson se l'incontro di una locomotiva con una vacca non sarebbe stato *un caso grave*. « Sì, in verità, rispose Stephenson, gravissimo per la vacca. »

L'apertura della ferrovia da Liverpool a Manchester rispose vittoriosamente ai detrattori delle strade ferrate. La conversione però non fu generale, ed i posteri avranno difficoltà a credere che fu solo nel 1842 che il duca di Wellington, fortemente colpito dal terribile accidente successo

in sua presenza al suo collega Huskisson, ucciso da una locomotiva, si decise a viaggiare in ferrovia; e nel 1843 che la regina Vittoria osò esporre i suoi preziosi giorni su questo nuovo mezzo di trasporto. Alcuni robusti ingegni ne previsero però fin dal principio l'avvenire. « Affrettiamoci, o signori, affrettiamoci, diceva il ministro Roberto Peel, il figlio del celebre manifatturiere, nel 1834, al meeting di Tamworkh; è indispensabile di stabilire da un capo all'altro di questo regno delle comunicazioni col vapore se la gran Bretagna vuol mantenere nel mondo il suo posto, la sua superiorità. »

Un cenno su altri sistemi di ferrovie. Si costrussero delle ferrovie ad una sola rotaia dette *ferrovie Palmer*, dal nome dell'inventore. La rotaia è sostenuta al disopra del suolo su colonne o pilastri. Le ruote che vi si appoggiano sono scanalate nel loro interno a gola di puleggia e traversate nel loro centro da un asse (sala) a cui sono attaccate le catene che sostengono delle casse situate presso al suolo e destinate a ricevere il carico in merci od in viaggiatori. Una di queste ferrovie è stabilita presso Posen in Prussia e serve al trasporto dei prodotti di una fornace alla distanza di 1,800 metri.

Questo sistema di ferrovia è senza dubbio molto economico. Tuttavia i carri provano una grande resistenza se non si caricano ugualmente le due estremità degli assi, condizione difficile a verificarsi se si tratti di viaggiatori. Di più la trazione con locomotive pare difficilmente applicabile. Il che ha fatto sì che il loro uso è stato fino a questi giorni assai limitato. Non fu impiegato che nell'interno di un piccolo numero di stabilimenti industriali pel trasporto di merci poco importanti, pel servizio dei forni a calce, e infine per lavori di sterro, come per le fortificazioni da Parigi al *bois de Boulogne*.

Un altro sistema è descritto da Burat (1), e fu impiegato

(1) *Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles.*

pel servizio di qualche miniera. Consta di carri ad una sol cassa situata al disotto della rotaia per mezzo di una staffa ricurva. Questo sistema, che dal lato della semplicità pare non lasci nulla a desiderare, ha l'inconveniente della poca stabilità delle casse.

## II.

### **Resistenze rispettive alla trazione su una strada ordigaria e su una ferrovia — Conseguenze che ne risultano per le pendenze e le curvature da adottarsi sulle ferrovie**

Agli occhi del pubblico, la velocità è il principale vantaggio che le ferrovie hanno sulle strade ordinarie. Ciò non ostante sarà molto probabilmente possibile ottenere questa stessa velocità con macchine locomotive su strade ordinarie tracciate come le ferrovie e tenute in buon stato. Ma queste riuscirebbero eccessivamente costose tanto per la grande resistenza che proverebbero le vetture, quanto in seguito alle cause di distruzione che agirebbero prontamente sulle locomotive.

Il principale vantaggio delle strade ferrate è dunque quello di rendere l'impiego della locomotiva possibile pel trasporto ad un prezzo moderato dei viaggiatori e delle merci, almeno quando siano stabilite in certe condizioni che ora cercheremo di far conoscere. Aggiungasi a questo il vantaggio della resistenza minore che sulle strade ordinarie. Questa diminuzione di resistenza non torna molto sensibile se non quando le pendenze della strada sono deboli e la sua direzione non si scosta molto dalla linea retta. Per stabilire bene questo fatto importante per lo studio della strada, analizziamo le diverse resistenze che deve vincere un motore su una ferrovia e su una strada ordinaria.

Due resistenze si manifestano in un carro che si muova su una strada piana e rettilinea. L'una alla circonferenza delle ruote, risultante dalle ineguaglianze del suolo, ed è quella che produce la necessaria aderenza perchè il carro possa avanzare; l'altra intorno all'asse e proveniente dal fregamento di detto asse attorno ai suoi guancialini. La prima, detta resistenza di scorrimento, è assai considerevole sulle strade ordinarie, che non sono mai, come le ferrovie, perfettamente dure e resistenti. Si calcola che sulle migliori strade sia sette volte maggiore della seconda, e che la somma delle due valga un trentaduesimo del peso del veicolo col suo carico.

Su una ferrovia la resistenza sui guancialini è esattamente la stessa come se il carro si muovesse su una strada ordinaria, perchè questa dipende dal modo di costruzione del carro e non da quello della strada; ma la resistenza alla circonferenza della ruota, che dipende essenzialmente dal maggiore o minor numero di asperità che presenta la superficie su cui si opera lo scorrimento, è quasi nulla. Essa non è più che la metà della resistenza sull'asse, e la somma delle due, almeno alle velocità ordinarie, non è più che la ducentesima parte del peso del carro, e può ridursi, quando il carro sia ben costruito e ben lubrificato, alla ducentocinquantesima circa.

Questa somma delle due resistenze adunque non è su una ferrovia che la settima o la nona parte di quella che su una strada ordinaria. Uno stesso motore adunque, cavallo o macchina, potrà su una ferrovia orizzontale e rettilinea rimorchiare ad una velocità media di circa 30 chilometri all'ora un carico da sette a nove volte maggiore che su una strada ordinaria alla velocità in uso su tale strada.

Se aumenta la velocità, la resistenza che oppone l'aria anche allo stato di calma perfetta al movimento del convoglio diventa sensibile. Essa cresce colla velocità in una proporzione tale che a 60 o 70 chilometri all'ora, che è la

velocità dei nostri treni diretti, diventa doppia di quella corrispondente alle velocità ordinarie. Quindi alla velocità di 60 a 70 chilometri all'ora un motore qualunque su una ferrovia rettilinea ed orizzontale non potrà rimorchiare che il triplo od il quadruplo del carico che rimorchierebbe sulle strade ordinarie colle velocità in uso.

Se la strada da orizzontale diventa inclinata, mantenendosi però sempre rettilinea, ognuno sa che nella salita la resistenza si accresce. Questo aumento non proviene già dall'aumento dell'uno o dell'altro dei due attriti ora considerati, i quali invece diminuiscono; ma allora si sviluppa una terza resistenza che è una parte del peso del carro, ed agisce nel senso della discesa. Questa nuova resistenza è tale che per una pendenza di 0,004 impercettibile all'occhio, la resistenza totale su una ferrovia alla velocità media è già doppia di quella dovuta ai due attriti, che è la sola che si manifesti su una ferrovia piana; per una pendenza di 0,008 è tripla, e per 0,016 quintupla. Le macchine fisse possono allora, se l'inclinazione non eccede certi limiti, essere utilmente impiegate; ma non può dirsi lo stesso delle locomotive, che avendo a rimorchiare se stesse, debbono vincere non solo l'aumento di resistenza del convoglio, ma ancora l'aumento di resistenza proveniente dal loro proprio peso. Quindi si ammette generalmente che l'uso delle macchine locomotive su una pendenza di più di 3 centimetri e mezzo cessa di essere economico.

Finora non si è considerato che una ferrovia rettilinea. Nelle curve la forza centrifuga spinge le ruote delle vetture di un convoglio contro la rotaia esterna, generando così un fregamento degli orli dei cerchioni contro questa rotaia. Questa resistenza cresce col crescere della velocità e col diminuire del raggio della curva.

Inoltre due altre resistenze risultano su una ferrovia dalla costruzione stessa dei carri. Nei veicoli delle ferrovie le ruote non sono indipendenti dalle sale come nei veicoli

ordinari, ma sì solidarie colle medesime (1). In virtù di tale disposizione le due ruote compagne devono fare lo stesso numero di giri che fa l'asse; ma siccome in curva le due rotaie hanno lunghezza differente, le ruote non hanno a percorrere la stessa distanza; per compensare questa differenza di percorso, la ruota esterna dovrebbe, se fosse libera intorno all'asse, fare un numero maggiore di giri; ma siccome questo non è possibile, ne segue che le ruote debbono nel passaggio delle curve eseguire dei movimenti di strisciamento avanti e indietro secondo la posizione rispettiva delle ruote.

Un'ultima resistenza deriva dal parallelismo delle sale, che non permette alle medesime di convergere verso il centro della curva come farebbero se fossero libere.

Queste ultime resistenze non hanno luogo sulle strade ordinarie, ove ci serviamo di vetture di cui l'avantreno può girare liberamente e di cui le ruote portate sullo stesso albero possono nello stesso tempo fare dei numeri di giri diversi.

Risulta adunque che una ferrovia non può ammettere delle curve di raggio uguale a quelle delle strade ordinarie.

Riepilogando poi diremo che la costruzione delle strade ferrate pei trasporti a grande velocità è specialmente vantaggiosa nei paesi piani o poco frastagliati, poichè è in questi paesi soprattutto che è facile soddisfare alle due condizioni senza le quali non si può camminare rapidamente ed a buon mercato colle locomotive, cioè piccola pendenza e grande curvatura. Nei paesi di alte montagne, ove è impossibile od almeno assai difficile l'evitare i circuiti pro-

(1) La solidarietà delle ruote colle sale ha per scopo di ovviare all'inconveniente che potrebbe verificarsi, che cioè su ciascuna ruota venisse a gravitare un peso differente, il che importerebbe una resistenza diversa su ciascun cuscinetto; quindi diversa velocità angolare per le due ruote, onde l'asse si obliqua e il convoglio tende a deviare.

nunziati e le forti pendenze in diversi sensi, la ferrovia coi mezzi ordinari perde la maggior parte de' suoi vantaggi sulle strade ordinarie e diventa quasi impraticabile.

### III.

#### **Calcoli preventivi.**

Nella costruzione delle ferrovie attualmente in esercizio, buon numero di ingegneri si sono applicati, specialmente se il costruttore era lo stato, a raggiungere una perfezione artistica eccessivamente gravosa, senza pensare che la questione non era puramente tecnica, ma commerciale, economica e politica. Si capisce infatti che se è importante di far sparire per quanto è possibile nel tracciamento di una ferrovia le ineguaglianze del suolo per mezzo di trincee, di gallerie, di viadotti, non è però meno essenziale il proporzionare la spesa ai prodotti probabili e non dimenticare affatto le esigenze commerciali, politiche e, se occorre, strategiche.

Questa proporzione tra il prodotto probabile ed il capitale da stanziarsi non dovrebbe mai essere dimenticato dal governo, che amministra la fortuna di tutti. Se nonchè le speculazioni del governo non hanno come quelle dei banchieri, il tempo per limite. Collocandosi adunque da un punto di vista più elevato, esso deve soventi sacrificare il presente ad un avvenire anche lontano, ma certo, al quale non pensano guari i capitalisti, impazienti di godere i frutti dei loro capitali, e non dimenticare mai che non è solo coi grossi proventi che una ferrovia può tornar utile al paese, ma anche col contribuire al benessere generale, coll'apportare la civiltà nelle regioni che essa traversa, col facilitare l'azione delle pubbliche amministrazioni, e infine col servire ai pronti movimenti di truppa per proteggere il territorio.



Quando la ferrovia debba essere costruita da una società privata senza sovvenzioni dal governo nè garanzia di interessi, questi calcoli del prodotto probabile e del costo dell'opera debbono esser fatti colla massima cura. Poichè è solo dall'esattezza di questi calcoli che dipende assai sovente il successo di un'intrapresa. Senonchè gli errori sono inevitabili. Nelle prime ferrovie costrutte, il costo reale ha sorpassato da 3 a 4 volte la spesa presunta, e questo non farà meraviglia, mentre si vedono tutti i giorni gli architetti ingannarsi nello stabilire il costo di una casa. D'altra parte si capisce come certe parti della spesa siano ben difficili a valutarsi esattamente, come sarebbero il prezzo dei terreni e delle indennità da pagarsi ai proprietari per privazione di godimenti, prezzo e indennità che dipendono fino ad un certo punto dal capriccio dei periti nominati per l'espropriazione.

Ma è evidente che questi calcoli non potranno farsi regolari e completi finchè non sia redatto l'intiero progetto e sia conosciuta la natura dei terreni traversati, dei materiali adiacenti alla linea, ecc. Dapprima dovrà l'ingegnere contentarsi di calcoli approssimativi fatti collo scopo di stabilire la convenienza o non della ferrovia. Perciò occorreranno dei numeri-limite, che si dedurranno dalle ferrovie già costrutte considerando quei tratti che si trovano in circostanze analoghe planimetriche ed altimetriche. Si dovrà aver riguardo nel procedere in tal modo all'aumento che generalmente hanno subito il prezzo della mano d'opera e quello dei materiali. Per dare un'idea della spesa media di costruzione delle ferrovie, diremo che in Inghilterra questa media per tutte le ferrovie costrutte fu di 540,000 lire per chilometro, in Francia di 591,000, nel Belgio di 324,000, in Austria ove le ferrovie furono costrutte con grande economia e ad un sol binario quasi tutte di 235,000, negli Stati Uniti ove le ferrovie sono stabilite colla più grande economia, tutte ad un sol binario, ove il ferro ed il legno hanno

un prezzo bassissimo, ove i terreni furono in gran parte ceduti gratuitamente dai proprietari, questa media chilometrica fu di sole 96,500 lire. Per le ferrovie che restano presentemente a costruire, e che in generale consistono in diramazioni dalla rete principale, questa media può calcolarsi da 200 a 300,000 lire per chilometro.

Rimane a calcolarsi il provento probabile che dovrà dedursi naturalmente dal calcolo del movimento in merci e viaggiatori. E qui soprattutto occorrerà sagacia e sano criterio, poichè è facile farsi un'idea delle numerose difficoltà che si presentano a chi voglia riunire gli elementi di un simile calcolo. Si raccomanda soprattutto all'ingegnere di portarsi personalmente sui luoghi e studiare le località dal lato del commercio, dell'industria, delle relazioni colle altre città o cogli stati limitrofi, dal lato delle ricchezze del suolo, dei prodotti manufatti e minerali, ecc., e dedurre dalle osservazioni e dai fatti che ha potuto raccogliere l'aumento che sarà per subire il movimento commerciale dopo la costruzione della ferrovia.

In generale si ritiene che una strada ferrata cessa di essere conveniente quando il movimento commerciale in tal modo dedotto sia inferiore a 60 od 80,000 tonnellate di merci trasportate ogni anno per tutta la lunghezza della linea o l'equivalente in viaggiatori.

Stabilita in tal modo la convenienza di una linea ferroviaria, dovrà l'ingegnere uniformarsi alla legge sulle opere pubbliche che prescrive (art. 242) che chiunque vorrà ottenere il permesso di fare sul terreno gli studi di un progetto di ferrovia pubblica, dovrà rivolgersi al ministero dei lavori pubblici con apposita domanda che sarà accompagnata da un piano od abbozzo di massima della linea sulla quale intende di fare i detti studii, e indicherà il tempo entro il quale egli si propone di cominciarli e compierli. Questo permesso accorda al postulante (art. 243) la facoltà di eseguire nelle proprietà private e pubbliche, osservando il disposto

della legge, gli studii e le operazioni geodetiche necessarie alla compilazione del progetto.

Si passerà allora allo studio del tracciato. Il quale studio sarà d'assai facilitato dalla risoluzione di certe questioni che ora cercheremo di far conoscere.

#### IV.

##### **Esame di alcune questioni — Primi studi.**

Tra due località date od in una direzione preventivamente fissata può esservi questione se convenga maggiormente una linea che nel modo più diretto possibile riunisca le due località estreme, senza tener conto delle intermedie, oppure altre che transigendo sul percorso chilometrico totale non trascurino le località importanti che si trovassero presso a poco nella direzione fissata. Il primo sistema, del tracciato diretto, fu quello adottato fin dal principio appena sorse la questione del tracciamento delle grandi linee ferroviarie.

Certamente è cosa essenziale l'accorciare, per quanto è possibile, il tragitto tra i punti estremi di una grande linea, quando questi sono città di primo ordine e grandi centri di attività: certamente il tempo è diventato ai giorni nostri così prezioso che qualche ora di più o di meno può avere un'influenza rilevante sul commercio delle nazioni e deviare dall'una all'altra la gran corrente che il commercio farà nascere inevitabilmente attraverso al canale di Suez. Ma dietro questa idea si è attribuito alle località intermedie un'importanza troppo inferiore a quella che esse avevano in realtà.

E difatti, mercè una serie di dati statistici raccolti sulle ferrovie dei diversi paesi, si constatò che in generale il percorso chilometrico parziale dei viaggiatori, o in altri termini il loro percorso da una stazione intermedia ad una altra intermedia, o da una intermedia ad una terminale, su-

perava quello dei viaggiatori da un'estremità all'altra della linea. Il rapporto del percorso parziale al totale, somma dei due accennati, è salito su certe linee ferroviarie sino a 0,65 e ultimamente fino a 0,90. Questo rapporto è senza dubbio l'elemento più importante per giudicare dell'importanza del percorso parziale. Frattanto si dovrà notare che per uno stesso numero di chilometri, il prodotto del percorso parziale è inferiore al prodotto del percorso terminale. Basta infatti osservare che: 1° il numero dei viaggiatori che si servono di vetture di prima classe è minore per i piccoli che per i lunghi viaggi. Quindi la tassa media percepita su ciascun viaggiatore è minore; 2° il servizio delle località intermedie aumenta considerevolmente il rapporto tra il numero dei posti vuoti a quello dei posti occupati, e diventa così oneroso all'esercizio.

Ciononostante, quantunque il prodotto del traffico intermedio non sia così grande come a prima vista potrebbe parere, tuttavia esso è sempre considerevole, e quindi sarebbe nello stesso tempo impolitico e pregiudizievole agli interessi finanziari dello stato come delle società il sacrificare gl'interessi di località intermedie importanti a quelli dei punti estremi. Se in seguito i bisogni sempre crescenti del commercio rendessero necessaria la costruzione della linea diretta, non si avrà alcun ostacolo a stabilirla, malgrado l'esistenza di quelle che se ne allontanano poco. Così in Inghilterra, dodici anni appena erano trascorsi dacchè era aperta al pubblico la ferrovia da Londra a York per Birmingham, che già si costruiva una linea più diretta che ne abbreviasse di 64 chilometri il tragitto.

Si è posta in seguito la questione se fosse più conveniente stabilire le ferrovie accanto ai fiumi ed ai canali ovvero in altre direzioni. Le opinioni si trovarono anche qui divise. Pretendevano gli uni che costruendo le ferrovie accanto ai canali ed ai fiumi si sarebbe accumulato su certe zone di terreno tutto il movimento commerciale mentre

era meglio disseminarlo quanto più fosse possibile per tutta la superficie del paese; che la lotta che si sarebbe stabilita tra le due vie rivali, avrebbe finito col diventare mortale per una di esse, e così sarebbero andati perduti i capitali impiegati nella via che sarebbe stata soccombente. Altri, lungi dal considerare la vicinanza delle due vie come pregiudizievole all'una delle due, le considerano invece come il complemento l'una dell'altra.

Noi, senza fermarci su tutti i particolari di tale questione, ci contenteremo di riportare le belle parole colle quali il conte Darù accompagnava la relazione sul progetto di ferrovia Parigi-Lione.

« Le strade ferrate, egli diceva, devono essere tracciate nel senso stesso del movimento dei viaggiatori e delle merci. Il segno caratteristico di questo mezzo di locomozione essendo una forza d'attrazione irresistibile che si esercita a grandi distanze, trasforma tutte le industrie, sposta tutte le abitudini, potrebbe accadere che gravi interessi fossero compromessi se non si avesse cura di impedire i cangiamenti troppo bruschi nella situazione economica del paese, collo scegliere il tracciato più conveniente per adattare gli apparecchi locomotori ai bisogni della circolazione già esistente senza interromperne o contrariarne il corso. »

« D'altronde qual motivo ci sarebbe di lottare contro la forza naturale delle cose e di creare in tal modo una nuova distribuzione delle ricchezze tra le diverse parti di uno stesso regno? »

« Voi lo sapete, o signori, questa distribuzione delle ricchezze non è opera del caso. Quasi sempre essa è il risultato necessario della configurazione stessa del paese, dell'esistenza delle vie di comunicazione naturali od artificiali, dirette in questo senso piuttosto che in quello, come pure dal diverso grado di ricchezza del suolo o in fertilità, o in forza motrice, o in prodotti minerali. A quante resistenze, a quanti ostacoli, a qual malcontento non si an-

drebbe incontro se si volessero intaccare queste antiche abitudini formatesi da sè, e necessariamente, se si volesse distrurre ciò che il tempo ha confermato, ciò che il corso naturale delle cose ha stabilito! Sarebbe questa, o signori, un'opera ben difficile a compiersi, una lotta ben pericolosa a intraprendersi, e soprattutto una cosa impolitica, egualmente dannosa per l'effetto materiale che per l'effetto morale. Noi siamo dunque d'avviso che in tesi generale la miglior direzione di una ferrovia sia quella che si piega il meglio possibile al movimento abituale della circolazione, che meno ne sconvolge il corso, che più di tutte rispetta la proprietà ed i diritti acquisiti, e va per conseguenza a cercare viaggiatori e merci là ove essi affluiscono, là dove le grandi correnti dei trasporti ordinarii sono più da lungo tempo stabilite e fissate. »

Ritenuti i principii generali sopra stabiliti, si faranno i primi studii nel gabinetto e su buone carte. Si noteranno dapprima tra i due punti estremi quelli pei quali sarà importante di passare, poscia si traccieranno le linee che toccando a questi diversi punti siano conformi ai principii generali che abbiamo accennato.

Quando la configurazione del suolo permette di stabilire la ferrovia pressapoco in linea retta senza forti pendenze nè lavori straordinarii, colle carte dello stato maggiore, con qualche quota di livello che potrà aversi o dallo stato maggiore o dagli uffizii del catasto, colla conoscenza dei principii generali per trovare sulle carte le linee di minima pendenza per passare da una vallata in un'altra, gran parte dei lavori preparatorii possono eseguirsi al tavolino. Ma nelle regioni frastagliate si presenta un gran numero di linee che sembrano a prima vista soddisfare alle condizioni del miglior tracciato. Ciascuna ha i suoi vantaggi ed i suoi inconvenienti che non si possono apprezzare esattamente senza un rilievo del terreno ottenuto con operazioni geodetiche. Ma queste operazioni sono sempre molto costose,

quindi sarà conveniente ridurle al minor numero possibile. Perciò l'ingegnere che dovrà essere dotato di un colpo d'occhio sicuro e rapido sceglierà alla sola ispezione del terreno quelle che devono essere oggetto di studio speciale; poi con una livellazione determinerà le altezze dei differenti punti del suolo secondo ciascuna di tali direzioni e a qualche decina di metri a destra od a sinistra.

Rimane in seguito a profilare questi tracciati: cioè determinarne le pendenze. È allora soprattutto che dovrà mostrarsi la sagacia dell'ingegnere, poichè ora avrà a scegliere tra parecchie direzioni e moltissimi profili, e non ha, per calcolare i vantaggi rispettivi, che dati assai incerti.

Noi incominceremo dello stabilire l'influenza che le diverse pendenze ed i diversi raggi delle curve hanno sulle spese d'esercizio d'una ferrovia.

## V.

### **Pendenze e raggi di curvatura.**

Se l'economia è sempre da raccomandarsi nella costruzione di una strada ferrata, non deve però essere spinta al segno da recare gravi incagli per l'avvenire. Non si dovranno adunque calcolare le pendenze ed i raggi delle curve nel solo pensiero di stabilire l'equilibrio tra le spese ed i prodotti presenti.

Così nelle linee di primo ordine, siccome destinate a provocare un immenso sviluppo dell'industria e del commercio, sarà necessario rassegnarsi a qualche sacrificio per ridurre l'inclinazione delle rampe e per ingrandire i raggi delle curve.

Tuttavia le forti pendenze, purchè non superino un massimo che ora indicheremo, non eserciteranno sulle spese d'esercizio un'influenza così grande come dappprincipio

si era supposto. Per apprezzare convenientemente quest'influenza sulle spese d'esercizio come su quelle di manutenzione della strada citeremo i risultati di esperienze che si fecero nel 1854 sulla ferrovia Torino-Genova. Le pendenze dei tratti principali di questa ferrovia risultano dalla seguente tavola:

STAZIONI	ALTEZZE sul livello del mare	DIFFERENZA di livello	DISTANZE orizzontali in chilometri	PENDENZIA in millimetri	
				Media	Massima adottata
				Millimetri	Millimetri
Genova . . . . .	16,00	—	—	—	—
Sanpierdarena . . . . .	8,66	7,34	3,00	2,3	3,4
Pontedecimo . . . . .	90,00	81,34	9,85	8,5	11,0
Busalla . . . . .	361,23	271,23	9,60	28,2	35,0
Alessandria . . . . .	95,05	266,18	52,55	5,1	8,0
Villafranca . . . . .	157,12	62,12	49,30	1,3	5,0
Villanuova . . . . .	257,66	100,54	10,20	9,8	10,0
Moncalieri . . . . .	225,76	31,96	22,50	1,4	4,0
Torino . . . . .	236,56	11,80	8,00	1,5	4,0

Si dedusse da tali esperienze:

1° Che nel tratto tra Genova e Pontedecimo, ove la pendenza media è di 5,<sup>mm</sup> 4 e la pendenza massima di 11,<sup>mm</sup>, e le curve di 400 a 500 metri di raggio, la spesa per trasporto dei viaggiatori (1), per ogni vettura di viaggiatori a un chilometro era di . . . . . L. 0,190

Per ogni tonnellata brutta ad 1 chilometro in salita e discesa . . . . . » 0,029

(1) Si noti che questa spesa di trasporto consta non solo delle spese di trazione ma ancora di quelle di sorveglianza e manutenzione della strada, della riparazione delle macchine e delle vetture, e delle spese di servizio come guardia-convogli, ecc., non compreso però l'interesse dei capitali impiegati.



2° Che pel medesimo tratto di ferrovia la spesa pel trasporto delle merci per ogni carro ad 1 chilometro in salita e discesa era di . . . . .	L. 0,200
Per tonnellata brutta, in salita . . . . .	» 0,038
Per tonnellata netta, in salita . . . . .	» 0,061
3° Pel tratto da Pontedecimo a Busalla, il trasporto dei viaggiatori ha costato per ogni vettura ad 1 chilometro . . . . .	» 0,370
Per tonnellata brutta di viaggiatori . . . . .	» 0,057
4° Pel medesimo tratto il trasporto delle merci ha costato per ogni carro ad 1 chilometro . . . . .	» 0,490
Per tonnellata brutta . . . . .	» 0,092
Per tonnellata netta . . . . .	» 0,149

Risulta da questi dati che dove la pendenza arriva a  $3\frac{1}{2}$  per ‰ essendo da 400 a 500 metri i raggi delle curve, la spesa di trasporto pei convogli dei viaggiatori è il doppio di quella corrispondente ad altri tratti della linea ove la pendenza non supera quelle ordinariamente ammesse, cioè  $5^{\text{mm}} 4$ , e pei convogli delle merci uguaglia due volte e mezzo questa spesa.

Il prezzo di 0,37 che corrisponde alla pendenza massima di  $35^{\text{mm}}$  per ogni vettura di viaggiatori ad 1 chilometro ci dà il prezzo di trasporto di un viaggiatore ad un chilometro che sarà di L. 0,015 se la vettura contenendo 24 viaggiatori fosse intieramente piena, e di L. 0,03 se la vettura non porti che la metà del suo carico. Questo prezzo lascierebbe ancora un beneficio ragionevole perchè la tariffa media pei viaggiatori è di 6 a 7 centesimi per chilometro. — Lo stesso non si potrà dire delle merci, delle quali poche sopporterebbero la tariffa di 15 centesimi per tonnellata e per chilometro che è il prezzo di trasporto dove la pendenza è di 0,035.

Ma non incontrandosi delle pendenze così forti che su un tratto del percorso, la tariffa non si regolerà che su una

spesa media inferiore dipendente dalla lunghezza relativa dei diversi tratti. Ed infatti dalle citate esperienze fatte colla più gran cura durante un mese sulla ferrovia Torino-Genova, si deducono le seguenti cifre, che esprimono la spesa media di tutto l'anno:

	In salita	In salita e discesa	In media da Torino a Genova
Per viaggiatore ad 1 chilometro	L. 0,085	0,043	0,027
Per tonnellata di bagagli e mes- saggerie . . . . .	» 0,271	0,181	0,155
Per tonnellata di merci a pic- cola velocità . . . . .	» 0,143	0,109	0,069
Per ogni capo di bestiame a grande velocità . . . . .	» 0,264	0,066	0,055
Per ogni capo di bestiame a piccola velocità . . . . .	» 0,264	0,020	0,018

Sulla ferrovia da Vienna a Trieste, al Soemmering, qualunque la pendenza sia minore che sulla ferrovia Torino-Genova, non essendo che di 0,025, discendendo i raggi di curvatura fino a 180<sup>m</sup>, la spesa di trasporto è assai più elevata.

Si vede adunque che la spesa media d'esercizio sulle differenti linee non può essere esattamente proporzionale alla pendenza, e questo proviene dalla differenza dei raggi di curvatura, dal rapporto variabile del numero dei convogli dei viaggiatori a quello dei convogli merci, al diverso carico dei convogli, alla velocità generalmente diversa, ecc.

Conchiudendo stabiliremo:

1° Che per pendenze di 7 ad 8<sup>mm</sup> o superiori a queste, tali da richiedere l'impiego di una macchina di rinforzo o di locomotive di gran potenza, le spese d'esercizio sono notevolmente più elevate che su una ferrovia a deboli pendenze;

2° Che per pendenze da 0,025 a 0,035 la spesa diventa

enorme, e che quindi non si possono ammettere tali pendenze su tutta la lunghezza della linea;

3° Che conviene, quando sia possibile, stabilire l'origine delle forti pendenze in un sito ove il servizio della linea richiede un deposito od una stazione;

4° Che il limite di pendenza da adottarsi quando non si abbiano a traversare delle vere montagne dev'essere stabilito a 10 o 12<sup>mm</sup>, che nei paesi di montagna si può ammettere perfino delle pendenze di 35<sup>mm</sup> lungo la quale il servizio potrà ancora farsi con macchine locomotive.

Quando si tratti di pendenze più forti si dovranno adottare o macchine fisse o locomotive ad aderenza artificiale (sistema Fell), come si è praticato nelle vicinanze della città di Liegi e per la traversata del Moncenisio. Ma lasciando a parte il sistema Fell stabilito in circostanze affatto eccezionali, l'impiego delle macchine fisse sulle ferrovie ha l'inconveniente gravissimo di dar luogo ad imbarazzi per l'esercizio ed a grandi ritardi, di produrre sempre un ingombro al piede di ciascun piano inclinato, ed altri disturbi che l'abitudine sola del servizio può fare apprezzare, e che valutati in tempo perduto rappresentano una somma considerevole; e non ha neppure il vantaggio che da principio si era supposto di ridurre notevolmente le spese di costruzione. Infatti tali piani inclinati richiedendo tratti pressochè rettilinei e pendenze costanti, si è generalmente costretti per ridurli a tali condizioni di eseguire dei lavori d'arte e trasporti di terra assai notevoli. Così pel piano inclinato di Liegi lungo 4,000 metri, la cubatura degli sterri si è elevata a 560,000 metri cubi.

Per queste ragioni anche nel tratto tra Pontedecimo e Busalla, quantunque tracciato in modo da poter applicare al bisogno delle macchine fisse operando la trazione mediante funi, tuttavia si è creduto più conveniente di non interrompere l'intero sistema della linea adottando macchine di forte potenza, come erano quelle denominate lo-

comotive doppie dei Giovi, e al presente le locomotive articolate di Beugnot.

Tuttavia se per necessità o per ragioni di economia su linee di secondo ordine si rendesse indispensabile l'uso dei piani inclinati serviti da macchine fisse, si potrà adattare pei medesimi la pendenza naturale del suolo, se si tratti del trasporto di merci; ma non converrà trasportare i viaggiatori su pendenze superiori a 0,05. L'autorità in Inghilterra ha proibito il trasporto regolare dei viaggiatori sulla ferrovia da Cromfort a Peakforest nel Derbyshire perchè la pendenza in certi punti si elevava fino a 0,11.

Termineremo quanto riguarda le pendenze col citare le belle parole con cui il generale Menabrea, uno dei più valenti ingegneri dei tempi nostri, disapprovava dalla tribuna i progetti che rifuggendo dal lungo traforo delle Alpi, cercavano di valicarle elevandosi su forti pendenze (1) « Sapete voi, diceva egli, che cosa significa elevarsi al disopra delle montagne? È voler vincere una forza che non si può distruggere; la gravità. E volete voi sapere cosa significa la gravità dal punto di vista delle strade ferrate? Vuol dire che per elevarsi all'altezza di 5 metri bisogna impiegare lo stesso lavoro necessario a percorrere orizzontalmente un chilometro. Così siccome il passaggio del Cenisio si trova a 2,000 metri sopra il livello del mare, quelli che propongono di valicare questa montagna piuttosto che di passarla per galleria, propongono di allungare il tragitto nientemeno che di 140 chilometri! »

In quanto alle curve si può ritenere che sulle ferrovie a grande velocità ben eseguite i loro raggi devono essere da 800 a 1,000 metri per lo meno. Tuttavia su qualche ferrovia austriaca questi raggi si ridussero fino a 180 metri; ma su queste ferrovie la velocità media non è che di 30 chilometri all'ora, e le macchine sono di 6 od 8 ruote ad

(1) *Atti del Parlamento*, Camera dei Deputati, tornata del 25 giugno 1856.

assi mobili, del sistema americano. Sulle ferrovie americane si è disceso fino al disotto di questo limite. Tuttavia sulle ferrovie austriache si cerca a prezzo di grandi sacrifici di sostituire dei raggi da 500 a 600<sup>m</sup>. In Francia il minimo raggio ammesso è 350<sup>m</sup>.

Tuttavia le curve di piccolo raggio non dovranno più considerarsi come ostacoli insormontabili anche per le grosse macchine per merci, a 6 ruote accoppiate, perchè infatti si sa che esse fecero servizio per quattro mesi e senza alcun inconveniente su un tratto di strada provvisoria da Metz a Forbach su una rampa di metri 0,006 e con curve di 150<sup>m</sup> di raggio. Solo si ebbe cura di aumentare un po' la distanza dei regoli per diminuire gli attriti; si consumò qualche cerchione, ma il servizio non fu interrotto.

Nelle vicinanze delle città od ai punti d'intersezione colle strade ordinarie, ove si deve diminuire la velocità del convoglio, si potranno adottare raggi minori. Ma si dovranno evitare le curve di piccolo raggio sulle forti rampe dove i convogli che discendono sono animati da grande velocità, e quelli che ascendano hanno già un accrescimento di resistenza. Tuttavia sulla ferrovia da Vienna a Trieste fu forza ammettere raggi di 180<sup>m</sup> su pendenze già fortissime nel traversare le montagne. E sulla ferrovia del Moncenisio la locomotiva Fell passa in curve di raggio inferiore a 50<sup>m</sup> e su pendenze che vanno fino al 0,078. Tuttavia chi ha provato a traversare il Moncenisio colla ferrovia Fell ha senza dubbio notato quanto sia incomodo pei viaggiatori questo nuovo sistema.

Un'ultima considerazione riguardo alle curve sarà questa, che quando si abbiano due curve rivolte in senso opposto, è necessario separarle con un allineamento retto che abbia almeno la lunghezza di un convoglio.

VI.

**Stazioni — Sito più conveniente — Dimensioni fondamentali di una ferrovia.**

La scelta della posizione che deve occupare una stazione non è senza influenza sullo studio del progetto. Quindi le stazioni, per quanto riguarda il loro sito e l'area che devono occupare, devono essere studiate contemporaneamente allo studio della linea propriamente detta. Accenneremo perciò a qualche considerazione su questo riguardo.

È importante, in primo luogo, lo stabilire fino a qual punto debbano le stazioni estreme avanzarsi verso il centro delle città. Sarebbe un rinunciare ad una parte dei vantaggi derivanti dalla costruzione stessa della strada il non spingerle fino al centro di attività delle popolazioni. D'altra parte è facile farsi un'idea delle spese immense che importerebbe l'avanzarsi fino ai quartieri industriali di una grande città se si ha riguardo alla gran superficie che deve occupare una stazione di primo ordine per il locale degli uffizi, sale per viaggiatori, officine di riparazione, vetture per il materiale mobile, rimesse e via dicendo, ed al prezzo sempre enorme che hanno i terreni nell'interno delle città. La sola stazione dei viaggiatori della ferrovia da Parigi a Strasburgo, quantunque stabilita in un quartiere ove i terreni non avevano ancora acquistato un prezzo altissimo, ha costato la somma di 12,799,300 lire, di cui circa la metà per l'acquisto del terreno; 1,900,000 per trasporti di terra e lavori d'arte; 2,900,000 per l'edifizio principale, sale per le merci, rimesse, ecc., e 2,191,000 per spese diverse fatte in seguito.

Prima adunque di fissare definitivamente il sito di una stazione estrema, si dovrà paragonare per quanto è possibile il sovrappiù di movimento che sarà per apportare la maggior vicinanza al centro della città e il sovrappiù di spese

che questa vicinanza importerebbe. Dietro questi calcoli le compagnie inglesi hanno fatto in questi ultimi anni dei sacrifici considerevoli per avvicinarsi al centro delle città od ai porti di mare.

Le spese straordinarie che importa ciascuna stazione, hanno portato a considerare se non fosse maggior convenienza a riunire in una sola le diverse stazioni di una stessa città. Certamente si realizzerebbe in tal modo una notevole economia non solo nelle spese d'impianto, ma anche nelle spese d'esercizio, col ridurre l'amministrazione nelle mani di un personale unico. D'altra parte, considerando il movimento straordinario che ha luogo in una stazione di una linea ferroviaria di primo ordine, si capisce perchè, quando l'attività commerciale ha raggiunto un certo limite, sia necessario separare le stazioni per evitare un ingombro di materiale ed una confusione che potrebbe avere serie conseguenze.

Stabilito il sito in cui dovrà collocarsi una stazione, si passerà allo studio della superficie che essa deve occupare. Questa varia secondo la natura e l'importanza del servizio. Per le stazioni estreme nella grandi città ove vengono ad incrociarsi le linee che traversano il paese da un'estremità all'altra, e alle quali verranno nell'avvenire a metter capo numerose diramazioni in varii sensi, le stazioni non saranno mai troppo vaste. — Niuno infatti può prevedere qual limite sia per raggiungere il movimento sempre crescente dei viaggiatori e delle merci, e se si ingrandissero le stazioni a misura che se ne presenta il bisogno, si troverebbero le compagnie nella dura necessità di comperare a qualunque costo i terreni adiacenti alle stazioni.

Per completare lo studio di una ferrovia, quale dev'essere fatto prima che si incomincino i lavori, occorre ancora fissarne le dimensioni fondamentali.

La larghezza della strada su tutte le ferrovie che servono al trasporto dei viaggiatori in Italia, Francia e Belgio, e

sulla maggior parte delle ferrovie inglesi è di 1<sup>m</sup>,50 ad 1<sup>m</sup>,51 da asse ad asse dei regoli, e di 1<sup>m</sup>,44 ad 1<sup>m</sup>,46 tra le faccie interne dei regoli.

Tuttavia si adottarono anche delle dimensioni maggiori. Così troviamo che su certe ferrovie inglesi la distanza degli assi dei regoli è stata fissata a 1<sup>m</sup>,68. Sulle ferrovie d'Irlanda e su certe russe si adottò 1<sup>m</sup>,83; su quelle d'Olanda 1<sup>m</sup>,92, e finalmente su quella di Bristol, Brunel ha adottato per distanza delle faccie interne dei regoli 2<sup>m</sup>,12, cioè la metà di più di quella in uso di 1<sup>m</sup>,44. In Spagna si adottò 1<sup>m</sup>,73.

Lo scopo che si proponevano gli ingegneri che ingrandivano lo spazio tra i regoli era di riservarsi la possibilità di costruire delle macchine locomotive più larghe, con ruote di diametro maggiore, munite di caldaie più potenti e quindi capaci di camminare con maggior velocità.

La controversia sulla questione della larghezza più conveniente da adottarsi è stata vivissima, specialmente tra gli ingegneri inglesi. Una commissione è stata nominata dal governo inglese per esaminarla; ecco i risultati della relazione che essa ha pubblicato:

1° L'ingrandimento della strada non offre alcun vantaggio in quanto concerne la sicurezza e la comodità dei viaggiatori:

2° È possibile, adottando una maggior larghezza della strada ottenere delle velocità maggiori che sulle ferrovie ordinarie, ma non sarebbe senza inconvenienti il superare il massimo di velocità con cui si cammina attualmente. (Questa velocità massima colle nuove macchine Crampton può salire da 100 a 110 chilometri all'ora);

3° La strada attuale è preferibile pel trasporto delle merci, essa si presta meglio alle esigenze del commercio;

4° Una maggior larghezza della strada necessita maggiori spese di costruzione e la riduzione che ne risulterebbe sulle spese di manutenzione e di locomozione non pare debba essere tale da compensare questo soprappiù di spese;



5° È della più grande importanza l'adottare per uno stesso paese una larghezza uniforme;

6° La commissione non vede alcuna ragione per operare un cangiamento nella larghezza della via.

### **Interbinario.**

La distanza tra i regoli vicini di due binarii paralleli detta comunemente interbinario è di 1<sup>m</sup>,92 sulla ferrovia di Bristol; di 2<sup>m</sup>,20 sulla ferrovia di Lione, di 2<sup>m</sup>,13, e su certe ferrovie fino da 2<sup>m</sup>,50. Sulla ferrovia Torino-Genova si adottò per interbinario 2<sup>m</sup>.

Questa larghezza deve essere stabilita in modo che quando due convogli si passano accanto rimanga tra le casse delle vetture uno spazio libero abbastanza grande perchè i marciapiedi non si urtino, e i viaggiatori possano senza inconvenienti mettere il corpo fuori della vettura. La larghezza di 2<sup>m</sup> a 2<sup>m</sup>,20 pare la più conveniente. E ancora potrebbe accrescersi di qualche poco, chè così si potrebbe dare maggior larghezza alle casse delle vetture e stabilire al difuori delle gallerie che ormai sono imperiosamente richieste dalle esigenze dei viaggiatori.

**C. Morbelli.**

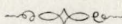


TESI LIBERE



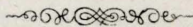
## **Meccanica applicata ed idraulica pratica.**

Del regolatore a forza centrifuga di Watt.



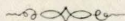
## **Macchine a vapore e ferrovie.**

Del materiale mobile delle ferrovie.



## **Costruzioni civili, idrauliche e stradali.**

Dei ponti obliqui — Sistema elicoidale.



## **Geometria pratica.**

Determinazione analitica di un punto mediante tre altri  
dati di posizione.

