

# L'INGEGNERIA CIVILE

E

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.  
È riservata la proprietà letteraria ed artistica delle relazioni, memorie e disegni pubblicati in questo Periodico.

### RESISTENZA E STABILITÀ DELLE COSTRUZIONI CIVILI

#### PROVE DI RESISTENZA SU VOLTINE DI MATTONI FORATI

Nello scorso marzo fui incaricato di determinare sperimentalmente la resistenza offerta da volte a botte di tre metri di corda, costruite con mattoni forati posti di coltello, nonchè dai relativi materiali. Le esperienze ebbero luogo qui in Torino nel detto mese, alcune nel Laboratorio sperimentale annesso alla R. Scuola d'Applicazione, altre in un cantiere.

Spero che non risulterà sgradita ai lettori dell'*Ingegneria* una breve relazione sulle dette prove; e cogliendo questa occasione, accennerò anche ad altre prove consimili, relative a voltine di minore corda, che eseguii qualche tempo addietro nel Laboratorio suddetto.

*Descrizione delle voltine di grande corda.* — La fig. 46 rappresenta in sezione trasversale il tipo di voltine da sperimentarsi. Esse sono gettate fra travi di ferro a doppio T,

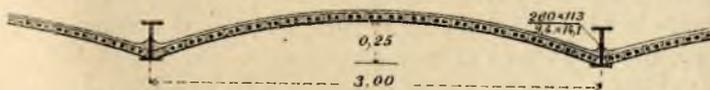


Fig. 46. — Tipo di voltine sottoposte ad esperimento  
Sezione trasversale.

n. 26 dei profili normali tedeschi, distanti m. 3,00 da asse ad asse, con una monta di m. 0,25, e risultano di anelli consecutivi, formati ciascuno da 22 mattoni a due fori, di cui la fig. 47 indica le dimensioni, posti di piatto

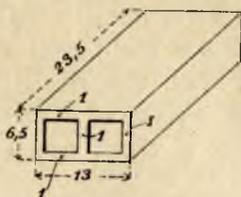


Fig. 47. — Dimensioni dei mattoni forati costituenti le voltine.

colla dimensione maggiore nel senso delle generatrici della volta. I giunti si longitudinali che trasversali non sono intrecciati. I mattoni sono cementati fra loro con malta formata con due parti di gesso ed una di sabbia (in volume); sulla volta è stesa una cappa della stessa malta dello spessore di mm. 7 in media. La cappa è poi raccordata colle pareti verticali delle travi con una piccola aggiunta di malta onde conseguire una buona imposta.

Sulla cappa della voltina si stende talvolta, ad opera compiuta, una *lacinata*, formata di un impasto acquoso di *malta bastarda*, dello spessore di mm. 1 a 2, la quale non ha altro scopo che quello estetico di regolarizzare l'estradosso dei diversi anelli di volta.

*Programma delle prove.* — Onde portare un giudizio sulle proprietà resistenti del tipo di voltine sopra descritto, fu convenuto di riprodurre fedelmente una in cantiere, e di assoggettarla a varie prove di carico; di sperimentare inoltre nel Laboratorio suddetto i materiali componenti la voltina.

*Descrizione della costruzione della voltina.* — Per riprodurre fedelmente in cantiere una voltina del tipo in questione conveniva innanzi tutto procurarsi le imposte in modo che fossero identiche a quelle della pratica, e nello stesso tempo abbastanza solide da supplire al contrasto che nei casi pratici una voltina riceve dalle voltine adiacenti. Raggiunti lo scopo coll'impiego di due travi a doppio T, n. 26 dei profili normali tedeschi, cioè quelle stesse impiegate nella pratica, ma collegate fra loro. Queste travi, come indica la fig. 48, vennero disposte normalmente al muro di cinta del cantiere, e murate in quest'ultimo ad un'estremità; la tavola inferiore delle travi si trovava ad un'altezza di m. 1,24 dal terreno; ciascuna trave riposava su tre pilastri di mattoni pieni, costruiti con malta di cemento, aventi la riquadratura di cm.  $36 \times 36$ . Uno di questi pilastri era addossato al muro, un altro serviva di appoggio all'estremità libera della trave, il terzo trovavasi in mezzera. La lunghezza delle travi a partire dal paramento del muro, eguale alla lunghezza della voltina, era di m. 5,365, la distanza fra gli assi verticali delle travi era di m. 3,00.

Per contrastare la spinta della voltina adottai la disposizione indicata nella figura stessa, e cioè quattro coppie di tiranti in ferro di mm. 35 di diametro, distanziate fra

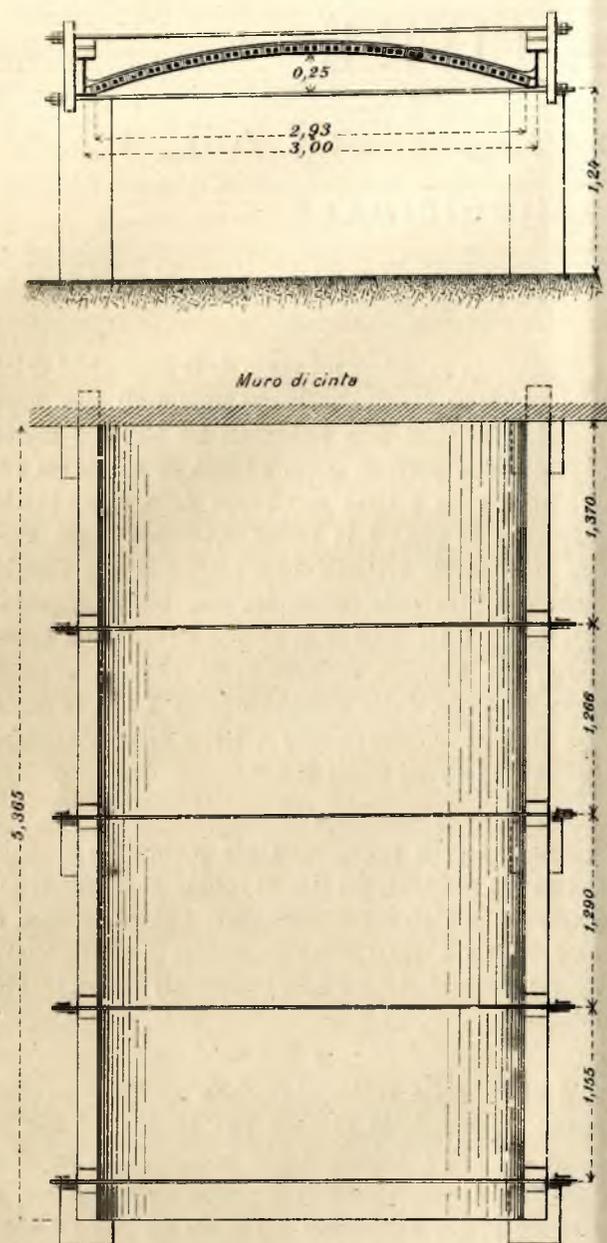


Fig. 48. — Disposizione adottata per assicurare le imposte delle voltine sottoposte ad esperimento.

loro di m. 1,370; 1,266; 1,290; 1,155 partendo dal paramento del muro. Questi tiranti, filettati a vite alle estremità, vennero serrati con dado e controdado contro traversini di ferro ad U, n. 12 dei profili normali tedeschi, di cui attraversavano le ali. I traversini erano applicati esternamente contro le tavole delle travi a doppio T. In ciascuna coppia il tirante inferiore trovavasi immediatamente al disotto delle tavole inferiori delle travi, mentre quello superiore rimaneva sopraelevato di cm. 6 sulla generatrice in chiave dell'estradosso della voltina, in modo da non imbarazzarne la costruzione. Con tali telai si raggiunse l'inamovibilità delle travi d'imposta, quale si consegue effettivamente nella pratica per l'equilibrio stesso delle voltine consecutive, quando le diverse campate sono egualmente caricate.

La costruzione della voltina procedette nel modo identico seguito nella pratica, e cioè partendo dall'estremità contro il muro si fabbricavano successivamente i diversi anelli, sorreggendo i relativi mattoni, durante la costruzione con due centine in legno spostabili, fig. 49. Queste

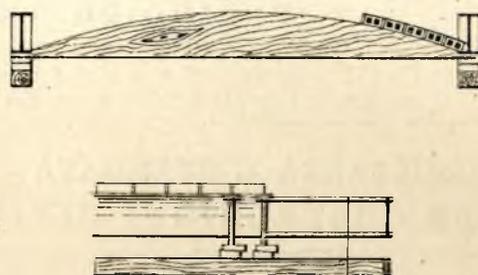


Fig. 49. — Impiego di centine mobili per costruzione, ad anelli successivi di una voltina.

centine vengono tenute in posto mediante cunei che ne serrano le estremità fra le faccie inferiori delle travi di ferro e due correnti di legno posti longitudinalmente, al disotto delle travi di ferro, ed a queste sospesi con legature in filo di ferro. Esse vengono piazzate con un interasse eguale alla lunghezza del mattone, per modo che sulla loro superficie cilindrica, che presenta una larghezza di cm. 6, trovano ampio appoggio le estremità dei mattoni. L'operaio comincia la costruzione di un anello partendo da una trave, gettando inanzi tutto della malta contro l'angolo rientrante formato dall'ala e dalla costola della trave, per procurare un buon appoggio al primo mattone; quindi distende con rapidità la malta su di una faccia laterale del mattone, e contro la parte inferiore di una testa, lasciando che quest'ultima malta penetri anche in parte entro i fori, e lo mette a posto comprimendolo contro l'anello precedentemente costruito. Se l'anello non riesce completo con un numero esatto di mattoni forati, si aggiunge in adiacenza dell'altra imposta un pezzo di mattone pieno che fa l'ufficio di serraglia.

Fabbricato così un anello si raschia colla cazzuola dall'estradosso e dall'intradosso la malta che ha potuto rifluire dai giunti, si toglie quindi la centina retrostante allentandone prima i cunei e la si trasporta avanti all'altra per costruire l'anello successivo. Si noti che la presa di questa malta di gesso è rapidissima: essa avviene in meno di cinque minuti primi, quindi l'anello costruito non soffre per la rimozione della centina retrostante.

Terminati due anelli, prima di rimuovere la seconda centina si getta sul loro estradosso la cappa formata di uno strato di mm. 7 (in media) della stessa malta.

La costruzione di due anelli colla sovrapposta cappa richiede circa 50 minuti, compreso il tempo occorrente alla preparazione della malta ed al piazzamento delle centine; per egual lasso di tempo ogni anello ha sotto di sé una centina.

Nella voltina da sperimentarsi venne omessa la lacinata, perchè inutile allo scopo prefisso.

*Date della costruzione e delle prove.* — La costruzione di tutta la voltina venne eseguita nel giorno 5 e nel mattino del 6 marzo, 1904. Si fecero esperienze con carico statico nei giorni 9 e 10; esperienze all'urto nel giorno 10, e finalmente altre esperienze con carico statico localizzato su piccola area nel giorno 21, sempre di marzo, sopra altra porzione di voltina ricostruita il giorno 16.

\*

*Prova al carico statico.* — Su di una zona di voltina lunga m. 0,755 nel senso delle generatrici, ed estesa da un'imposta all'altra, colla sua linea mediana distante m. 0,80 dalla parete del muro, si cominciò a disporre della sabbia contenendola fra le pareti di un cassone in legno senza fondo, profilato inferiormente come l'estradosso della voltina, ma appoggiato esclusivamente alle estremità sulle travi di ferro (fig. 50). L'altezza del cassone in chiave

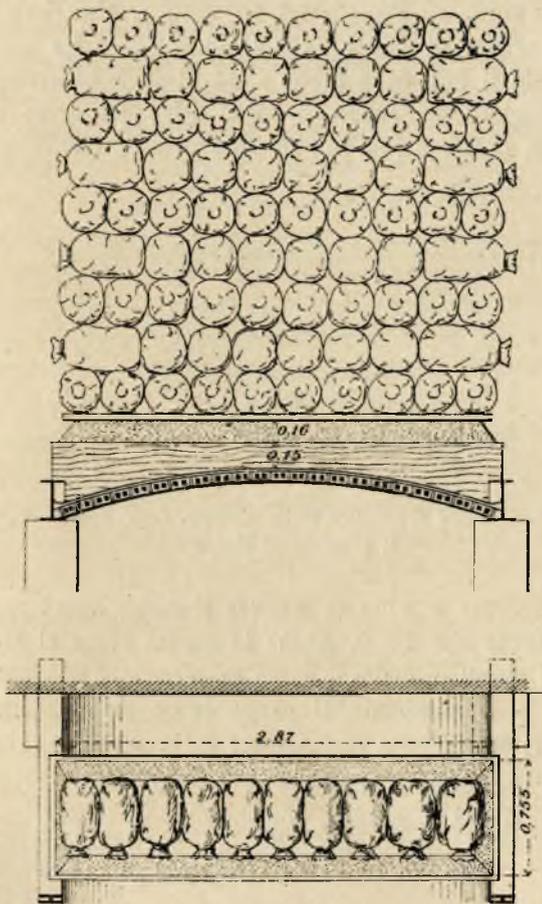


Fig. 50. — Disposizione del carico statico di prova di una voltina.

della voltina era di m. 0,15: la sabbia sormontava il ciglio superiore del cassone per altri cm. 16: questo strato sovrapposto al cassone aveva i fianchi disposti a scarpa formando in sommità un ripiano di m.  $0,50 \times 2,60$ . Su questo si posarono due tavole, e sulle tavole sette strati, ciascuno di dieci sacchi ripieni di sabbia. Si raggiunse così sull'anello di volta largo m. 0,755 un carico totale

di Kg. 5013 pari a Kg. 2300 circa per metro quadrato, senza che la volta, attentamente osservata nella sua superficie d'intradosso e nelle adiacenze dell'estradosso caricato presentasse qualsiasi indizio di screpolature o di deformazioni irregolari. Le stesse deformazioni elastiche, che, in causa del tempo straordinariamente piovoso, non fu possibile valutare con mezzi attendibili, devono essere state limitatissime perchè non provocarono alcun distacco della volta dal muro, contro cui essa era semplicemente sigillata con malta.

Questo carico rimase sulla volta per tutta la notte dal 9 al 10, nella quale il tempo si mantenne umidissimo. Al mattino del 10 vennero ancora aggiunti dieci sacchi: alle ore 14  $\frac{1}{2}$  si portò il carico totale a Kg. 6013 pari a Kg. 2770 per metro quadrato, e rimase in posto per circa mezz'ora, senza che si riscontrasse alcuna alterazione nella voltina.

Per spingere la prova fino a rottura, essendo già troppo rilevante l'altezza complessiva del carico in sabbia sciolta ed in sacchi, si scaricarono 63 sacchi, lasciandone così in posto soltanto 27, oltre, ben inteso, la sabbia sciolta, e si riprese a caricare con massi di ghisa. Soltanto quando il carico totale raggiunse Kg. 7490 pari a Kg. 3450 per metro quadrato, la porzione di voltina caricata crollò, rimanendo appena in posto un corso di mattoni in adiacenza di ciascuna delle travi di ferro. Con opportuna disposizione si era provveduto a che la massima parte del carico, avvenuta la rottura della volta, invece di precipitare al basso, rimanesse trattenuta dalle travi di ferro (1).

\*

*Prove all'urto.* — Nel pomeriggio del giorno 10 e precisamente quando era stata scaricata in parte la voltina per sostituire una parte del carico di sabbia con quello in ghisa, furono eseguite varie prove all'urto. Per nove volte si lasciò cadere un sacco ripieno di gesso, pesante Kg. 50 da altezze e posizioni diverse, e si poté dedurre che tale sacco lasciato cadere dalla posizione più sfavorevole, in modo cioè che venga ad urtare la volta con un orecchio, cioè con uno degli angoli del fondo, quand'anche l'altezza di caduta raggiunga m. 0,85 danneggia alquanto la volta ma non produce un foro; trapassa invece la volta,

(\*) Ecco la distinta dei carichi che si trovavano sulla voltina al momento della rottura.

Sabbia sciolta, tavole di legno e sette sacchi di sabbia . . . . .	Kg. 1513
Due strati di dieci sacchi di sabbia ciascuno . . . . .	» 1000
Tavole sovrapposte ai sacchi . . . . .	» 136
N° 93 masselli di ghisa del peso medio di chilogrammi 52,05 . . . . .	» 4841

Totale Kg. 7490

Con grande approssimazione può ritenersi che tale carico fosse distribuito uniformemente sulla pianta della zona caricata, cioè di un'area di  $2,87 \times 0,755 = m^2 2,17$ , e quindi il carico unitario di rottura, prescindendo dal peso proprio della voltina che è soltanto di  $70 Kg. m^2$  circa, può valutarsi in  $3450 Kg. m^2$ .

producendo un foro delle dimensioni trasversali del sacco, quando l'altezza di caduta raggiunge m. 0,90. Se lo stesso sacco cade dritto, ovvero da una posizione orizzontale, da un'altezza sia pure di un metro può darsi che la volta non ne soffra, o tutt'al più avrà dei guasti parziali senza che si produca un foro.

Da ultimo fu constatato che un mattone pieno del peso di Kg. 3 lasciato cadere di testa dall'altezza di m. 2,20 produce la rottura della parete d'intradosso del mattone su cui cade, senza che la volta venga forata.

\*

*Prove con carico statico localizzato.* — Ricostruita il giorno 16 una porzione di voltina comprendente nove anelli della forma identica, e seguendo il metodo spesso già adottato per la volta precedente, si eressero sul suo estradosso due pilastri in mattoni pieni e cemento (fig. 51)

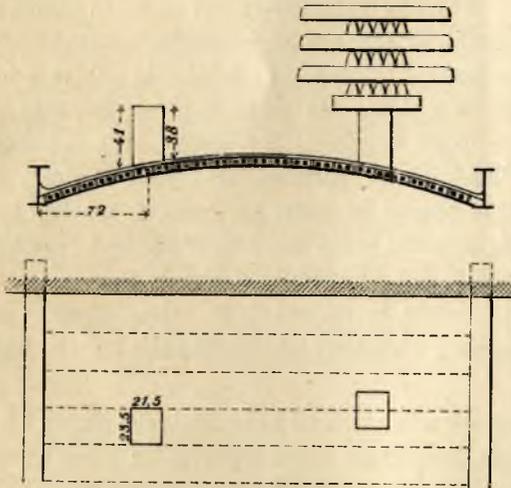


Fig. 51. — Disposizione di pilastri isolati per sovraccarichi di prova.

distanti m. 0,72 dalla rispettiva linea d'imposta più vicina, ed aventi la riquadratura di m.  $0,235 \times 0,215$  destinati a trasmettere il carico di prova su di un'area pressochè di  $500 \text{ cm}^2$ . Questi pilastri nella loro posizione planimetrica (fig. 51) erano sfalsati, per modo che mentre uno, quello a sinistra, poggiava soltanto su di un anello di volta, l'altro ne interessava due. Le prove ebbero luogo, come si è detto, il giorno 21, cioè il quinto giorno dopo la costruzione.

*1ª Prova.* — Sul pilastro di destra si pose una piattaforma di tavole presentante una riquadratura di centimetri  $60 \times 60$  e su di essa si disposero più strati di cinque masselli di ghisa ciascuno. Quando si giunse al carico di 28 masselli (5 corsi più 3 masselli) cioè ad un peso totale, compreso quello del pilastro, eguale in cifra tonda a Kg. 1500, si produsse un foro nella volta, fig. 52, comprendente nel senso delle generatrici due anelli, ed in senso trasversale due mattoni interi per ciascun anello e parte di quelli contigui: le dimensioni del foro erano di

cm.  $50 \times 50$ . In senso trasversale rimasero rotti i giunti di malta, in senso longitudinale si ruppero per taglio i

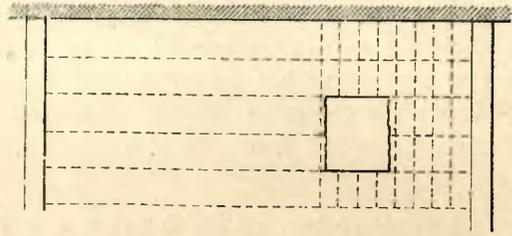


Fig. 52. — Foro di rottura verificatosi nella voltina essendo caricato il pilastro di destra.

mattoni. Il carico insistente al momento della rottura risulta dalla seguente analisi.

Pilastro e tavole . . .	Kg.	42
N° 28 masselli a Kg. 52,05	»	1457
Totale Kg.		1499

*2ª Prova.* — Procedutosi, in seguito, al caricamento del pilastro di sinistra, con tutto che la volta presentasse già il foro della prima prova, il quale interrompeva la continuità dell'anello su cui il detto pilastro riposava, si produsse (fig. 53) un foro di area metà rispetto

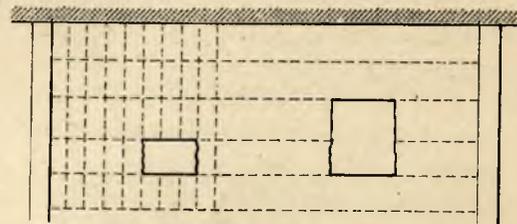


Fig. 53. — Foro di rottura della voltina dopo che fu caricato il pilastro di sinistra.

al precedente e soltanto quando il carico raggiunse in cifra tonda Kg. 1300. Anche in questa prova si tagliarono i giunti di malta in senso trasversale, e due mattoni in senso longitudinale. Il carico insistente al momento della rottura risulta esattamente dalla seguente analisi.

Pilastro e tavole . . .	Kg.	45
N° 24 masselli a Kg. 52,05	»	1249
Totale Kg.		1294

Si nell'una che nell'altra esperienza furono adottate naturalmente le opportune disposizioni affinché, avvenuta la rottura, il carico insistente sul pilastro fosse trattato dal precipitare in basso, il che avrebbe impedito di rendersi conto delle particolarità della rottura.

\*

*Discussione dei risultati.* — La prima prova, con carico statico uniformemente distribuito, ha dimostrato che queste volte così leggere, dopo *solo quattro giorni* di maturazione, posseggono già una resistenza tanto notevole

che difficilmente si sarebbe preveduta a prima vista. Però essa, come vedremo in seguito, va perfettamente d'accordo coi risultati sperimentali di laboratorio sulla resistenza allo schiacciamento della muratura di cui la voltina è formata, e coi risultati del calcolo statico considerando la volta come elastica.

Le prove all'urto dimostrano con quanta cautela si debba far uso di volte così leggere, le quali per verità vengono comunemente impiegate soltanto a scopo di soffittatura.

Le prove con carico statico localizzato, e specialmente la seconda, per la quale si ebbe un foro pressochè paragonabile a quello prodotto dal sacco cadente, ci permette di stabilire un rapporto fra il carico di rottura statico e quello dinamico, e precisamente vediamo che occorre un carico statico 26 volte il peso del sacco che cadendo sviluppava un lavoro di  $50 \times 0,90 = 45$  Kg. m. Le rotture avvenute in queste ultime prove mettono bene in sodo che la resistenza al taglio in direzione trasversale alla volta è più debole nei giunti che nei mattoni (almeno, al grado di maturazione, al quale si è sperimentato) mentre l'opposto avviene in senso longitudinale. Ciò in parte è dovuto al fatto che i giunti di malta longitudinali essendo fortemente compressi per il regime d'equilibrio della volta, risultano più resistenti dei giunti trasversali che non risentono alcuna azione di compressione, ma più ancora alla scarsa resistenza al taglio offerta dal mattone nella direzione dei fori, molto inferiore a quella in direzione normale. In questo materiale laterizio si è ormai abituati a spingere l'esiguità delle nervature ad un limite che va riguardato come eccessivo, quando il mattone non deve servire semplicemente da materiale di soffittatura, ma si vuole far assegnamento anche sulla sua resistenza a sopportare carichi. Ciò va detto tanto più per quelle qualità di mattoni forati, che non sono ottime, sia per la natura dell'argilla che per l'accuratezza della fabbricazione, doti che vengono riscontrate nei prodotti di pochissime privilegiate fornaci.

Una cappa più abbondante o meglio addirittura uno spianamento di queste voltine fatto con buona malta può aumentarne notevolmente la resistenza.

In appoggio di tale asserzione riporterò più oltre i risultati di alcune esperienze da me eseguite tempo addietro su voltine di m. 1,50 di corda costruite con *volterrane* e *co-priferri*.

\*

*Prove sui materiali delle voltine.* — Le prove sui materiali delle voltine si distinguono in prove sulla malta, ed in prove su pilastri di mattoni o su mattoni semplici.

Della malta quale viene impiegata nella costruzione delle voltine, cioè nel rapporto di due parti di gesso per una di sabbia (in volume) si sperimentò la resistenza alla tensione, preparandone delle mattonelle ad 8 eguali a quelle che si adottano per la prova di cementi; e la resistenza alla pressione preparandone dei cubi di cm. 7 di lato.

Le resistenze ottenute a diversa maturazione sono riportate nella seguente tabella.

Materiale	Maturazione giorni	Resistenza in Kg/cm <sup>2</sup>	
		Tensione	Pressione
Malta di parti 2 di gesso ed 1 di sabbia (in volume)	1	5,29	28
	2	6,85	32
	3	6,80	43
	4	6,99	—

Si fecero poi le seguenti prove su pilastri di mattoni cementati colla malta sopra descritta.

Si sperimentò da prima la resistenza allo schiacciamento di un pilastro di due mattoni, cementati fra loro secondo una faccia laterale di cm.  $6 \times 24$ , con sovrapposta cappa, cioè una porzione elementare di un anello di volta, a *quattro giorni di maturazione* e si ottenne:

Saggio	Superficie compressa	Sezione trasvers. minima resistente		Carico di rottura			
		compresa la cappa	in mattoni	totale Kg.	unitari Kg cm <sup>2</sup>		
Pilastro di due mattoni con sovrapposta cappa cm. $6,7 \times 24 \times 27$	cm <sup>2</sup> 160	cm <sup>2</sup> 65	cm <sup>2</sup> 48	5300	33	82	110

Si determinò in seguito la resistenza offerta dal mattone con sovrapposta cappa al taglio delle nervature di estradosso e di intradosso, *sempre a quattro giorni di maturazione della malta*, e si trovò:

Sezione resistente cm <sup>2</sup>		Carico di rottura		
compresa la cappa	in mattone	totale Kg.	unitari Kg cm <sup>2</sup>	
130	96	1000	8	10

\*

*Calcoli statici.* — È rimarchevole l'accordo che esiste fra il carico per m<sup>2</sup> che, secondo la riferita esperienza, determinò la rottura della volta, e quello che deriva dal calcolo statico della volta considerata come elastica, tenendo conto del carico di schiacciamento del materiale dedotto dall'esperienza. Veramente le formole di elasticità perdono il loro valore nel periodo che precede la rottura; ma, come si vedrà dall'andamento della curva delle pressioni, soltanto una piccola porzione della volta è cementata a sforzi prossimi alla rottura, quindi sussiste l'interesse pratico della ricerca.

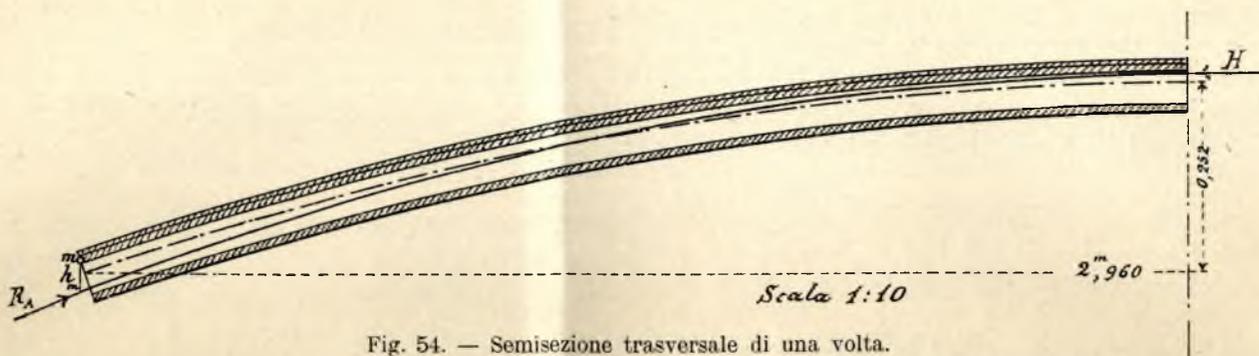


Fig. 54. — Semisezione trasversale di una volta.

Si considera l'equilibrio di una porzione di volta lunga 1 m. e la fig. 54 ne rappresenta la semisezione trasversale.

Sezione radiale:  $F = 100 (1 + 1,7) = \text{cm}^2 270 (1)$ .

Momento statico di  $F$  rispetto al lembo inferiore:

$$\partial N = 100 \left( \frac{7,2^2}{2} - \frac{5,5^2}{2} + \frac{1^2}{2} \right) = \text{cm}^3 1130.$$

Ordinata del baricentro dal lembo inferiore:

$$v_i = \frac{1130}{270} = \text{cm. } 4,2.$$

Momento d'inerzia rispetto all'asse di flessione:

$$J = \frac{1}{3} 100 (7,2^3 - 5,5^3 + 1^3) - 270 \times 4,2^2 = \text{cm}^4 2133.$$

Raggio d'inerzia radiale:

$$\rho = \sqrt{\frac{2133}{270}} = \sqrt{7,9} = \text{cm. } 2,8.$$

La volta essendo molto ribassata, si possono applicare ad essa le formole, relativamente semplici, valevoli per gli archi parabolici depressi, e poichè il carico che gravava sull'arco può ritenersi con grandissima approssimazione come uniformemente ripartito in proiezione orizzontale, si hanno per la spinta orizzontale  $H$  e per la sua eccentricità verticale  $h$  all'imposta (2) le espressioni:

$$H = \frac{p l^2}{8 f} \frac{1}{1 + \frac{45}{4} \frac{\rho^2}{f^2} \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l^2} \right)}$$

$$h = \frac{M_i}{H} = - \frac{45}{6} \frac{\rho^2}{f} \left( 1 + \frac{8}{3} \frac{f^2}{l^2} \right)$$

nelle quali:

$p$  = carico p. m. corr. in proiezione orizzontale, e poichè si considera l'equilibrio di un metro di volta nel senso delle generatrici, così  $p$  rappresenta anche il carico per  $\text{m}^2$  di proiezione orizzontale.

$l$  = corda dell'asse geometrico dell'arco = m. 2,960.

$f$  = freccia » » » = m. 0,252.

(1) Tale è la sezione radiale costante complessiva della nervatura d'intradosso e di quella d'estradosso colla sovrapposta cappa. In questo calcolo si prescinde dalle costole radiali dei mattoni, analogamente a quanto si fa per gli archi metallici reticolari nei quali si prescinde dalle aste di parete.

(2) Cfr. C. GUIDI, *Teoria dei ponti*. Torino, 1897, avvertendo che nel presente scritto con  $l$  s'indica l'intera corda dell'asse geometrico dell'arco.

Con questi valori si ha:

$$H = 3,74 p$$

$$h = - 0^m,024$$

mentre poi la reazione verticale  $A$  dell'imposta vale evidentemente:

$$A = \frac{p l}{2} = 1,48 p.$$

Con questi valori si è potuto tracciare sulla fig. 54 l'arco parabolico che rappresenta la curva delle pressioni.

Il giunto più cementato è quello d'imposta, ivi la pressione unitaria all'intradosso viene espressa (1) da:

$$\sigma_i = \frac{H h_m v_i}{J}$$

dove  $h_m$  è la distanza verticale fra il punto di nocciolo  $m$  verso l'estradosso del giunto d'imposta e la linea d'azione della reazione d'imposta. Nel nostro caso si ha:

$$h_m = \text{cm. } 4,4,$$

talchè:

$$\sigma_i = \frac{3,74 \times 4,4 \times 4,2}{2133} p$$

e per un carico di rottura  $\sigma_i = 110 \text{ kg/cm}^2$  come risultò dall'esperienza, si deduce:

$$p = 3400 \sim \text{kg/m}^2$$

valore molto concordante con quello trovato sperimentalmente.

\*

*Esperienze su volterrane.* — Come argomento che si collega a quello trattato e per mettere in evidenza l'importanza che ha per le voltine di mattoni forati un rinfianco e spianamento eseguito con buona malta, riporterò da ultimo i risultati di tre prove da me eseguite tempo addietro su volterrane. Le prove ebbero luogo alla Scuola di Applicazione per gli Ingegneri e servì allo scopo un castello in ferro robustissimo da me fatto costruire appositamente. Veniva provato un anello soltanto di volterrane, cioè una porzione di voltina larga m. 0,20.

In una prima esperienza la voltina venne formata come è rappresentato dalla fig. 55. S'impiegò malta di calce e gesso e sull'estradosso si fece uno spianamento colla stessa malta come è indicato nella figura. Il disarmo avvenne due

(1) L. c.

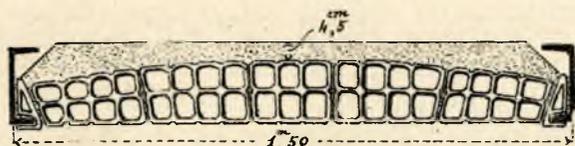


Fig. 55. — Particolare di costruzione di una voltina.  
giorni dopo la fabbricazione e l'esperienza dopo 44 giorni.  
Ecco i risultati ottenuti:

Sovraccarico		Freccia d'incurvamento mm.	Osservazioni
totale Kg.	p. m <sup>2</sup> Kg.		
280	1000	0,60	
560	2000	0,90	Primi peli nella malta dei giunti centrali.
840	3000	1,30	
1120	4000	1,75	Lievi aperture all'intradosso dell'imposta sinistra e rottura di 3 nervature centrali della volterrana adiacente.
1620	5800	4,33	
1725	6161	—	Rottura completa.

In una seconda esperienza l'anello di voltina viene costruito come nel 1° caso, ma la prova ha luogo un anno dopo la fabbricazione. Ecco i risultati:

Sovraccarico		Freccia d'incurvamento mm.	Osservazioni
totale Kg.	p. m <sup>2</sup> Kg.		
560	2000	0,83	
1120	4000	1,18	
1680	6000	1,96	
1960	7000	2,00	
2060	7350	2,05	Marcata apertura verso l'intradosso d'un giunto centrale.
0	0	0,47	

Ripresa l'esperienza dopo 8 giorni.

560	2000		
1120	4000	0,75	
1680	6000	0,89	
1960	7000	0,98	Pelo in un copriferro e volterrana adiacente.
2520	9000	1,22	
2800	10000	1,52	
3080	11000	2,41	
3360	12000	2,56	
3920	14000	2,91	
4200	15000	—	Rottura dei due copriferri e volterrane adiacenti.

In una terza esperienza l'anello di voltina è costruito come è indicato nella fig. 56 con malta di calce e gesso, il rinfiacco è fatto con impasto magrissimo di calce, sabbia e

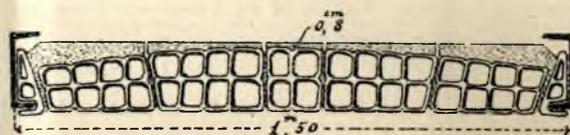


Fig. 56. — Particolare di costruzione di voltina con rinfiacco e spianamento ridotti al minimo.

ghiaietta e lo spessore in chiave è ridotto al minimo; il rinfiacco viene interrotto in corrispondenza dei giunti della voltina, per modo che esso non può funzionare da volta. Il disarmo segue subito dopo la costruzione; l'esperienza ha luogo tre anni dopo. Ecco i risultati:

Sovraccarico		Freccia d'incurvamento mm.	Osservazioni
totale Kg.	p. m <sup>2</sup> Kg.		
169	600	—	
570	2000	1,1	
870	3100	1,8	
1170	4200	2,3	
1470	5250	—	Rottura di un copriferro e dell'adiacente volterrana e poco dopo rott. compl.

\*

Confrontando quest'ultimo risultato col precedente, e si noti che la maturazione è stata tanto maggiore, si rende manifesta l'influenza benefica notevolissima che esercita sulla stabilità di queste voltine un rinfiacco e spianamento abbondante ed eseguito con buona malta.

Torino, maggio 1904.

C. GUIDI.

## MATERIALE PER IL SERVIZIO ECONOMICO DELLE STRADE FERRATE

LE VETTURE AUTOMOTRICI A VAPORE  
del sistema Valentino Purrey di Bordeaux

(Veggasi la Tav. VI)

In questi ultimi mesi la Direzione delle Strade Ferrate per l'Esercizio della Rete Mediterranea, e quella per la Rete Sicula, sono state autorizzate dal Ministero dei Lavori Pubblici a procedere all'acquisto di alcune carrozze automotrici a vapore del sistema Purrey ed a farne esperimenti regolari su linee di debole traffico, per avvisare alla convenienza di impiego in servizio pubblico di codeste vetture, in conformità di quanto si pratica all'estero.

Le vetture automotrici a vapore del sistema Purrey non sono più una novità nello stretto senso della parola, sebbene siasi ora rivolta su di esse più particolarmente l'attenzione generale, e ciò in seguito ai buoni risultati pratici ottenuti colle prime applicazioni, le quali datano dal 1897. Onde ognuno vede che il sistema Purrey ha di già, si può dire, la sua storia, ed è bene che sia brevemente riassunta, prima di venire alla descrizione della vettura, e più particolarmente della caldaia, nella quale risiede tutta la particolarità ed il pregio del sistema.

\*

I primi tentativi di applicazione del vapore alla trazione di vetture tramviarie fatti nel 1879 a Parigi, quello ad esempio sulla linea Bastille-St. Mandé con macchine Hughes, e quello sulla linea Courbevoie-Étoile, sia con macchine Waessen, sia con macchine della fabbrica di Winterthur, non erano riusciti a dare risultati soddisfacenti (1).

Alcuni anni dopo la Compagnia delle tramvie del Nord deliberava l'applicazione sulla linea Courbevoie-Étoile del sistema Lamm e Francq, le cui macchine entrarono in esercizio nel 1889. Nello stesso anno la « Compagnie Générale des Omnibus » intraprese l'esercizio di una linea speciale all'Esposizione, con macchine del sistema Rowan, e fu questa la prima apparizione a Parigi del vero tipo di vetture automotrici a vapore. Il riscaldamento era ottenuto col coke; il vapore di scappamento era ricevuto in un condensatore per evitare che il pennacchio di vapore spaventasse i cavalli. Ma questo risultato non parve ottenuto completamente; le vetture lasciavano dietro di sé un cattivo odore. E codeste vetture finirono per essere limitate al servizio delle linee Auteuil-Boulogne e Louvre-Boulogne.

Nel 1893 la « Compagnie des Tramways Nord » prese ad applicare il sistema a vaporizzazione istantanea del Serpollet sulle linee Madeleine-Gennevilliers e Madeleine Colombes; ed i buoni risultati ottenuti inducevano la « Compagnie Générale des Omnibus » ad adottare il sistema Serpollet nel 1897 per l'esercizio delle linee St. Ouen-Bastille e Porte Clignancourt-Bastille, e nel 1898 sulle linee Port d'Ivry-Les Halles.

In conclusione, dei primi sistemi di tramvie urbane a vapore, sono rimasti dopo i primi esperimenti in attività di esercizio il sistema Lamm e Francq, il sistema Rowan ed il sistema Serpollet.

Ma dei primi già si dissero gli inconvenienti per cui non venne successivamente applicato che sulle linee extraurbane. Nel secondo la presenza di una vera locomotiva rendeva perciò stesso inapplicabile il sistema nelle vie interne di Parigi. Ed infine le vetture automotrici Serpollet hanno pur esse i loro inconvenienti, come quello del cattivo odore, e del rumore delle catene, onde non acquistarono troppo il favore del pubblico.

In vista di una migliore soluzione del problema il sig. Monmerqué, ingegnere capo della « Compagnie Générale des Omnibus », si fece a chiedere a diversi costrut-

tori nel gennaio del 1897 il progetto di una caldaia leggera, di poco volume, inesplosibile, che potesse funzionare in modo intermittente, che permettesse anzi di sopprimere quando occorresse l'alimentazione, e capace di produrre in esercizio normale 150 Kg. di vapore all'ora, pur presentando tale elasticità da poter somministrare 400 Kg. di vapore per la durata di un quarto d'ora. Come combustibile potevasi scegliere il gas od il coke, caricandolo con trammoggia in modo intermittente, o gli olii minerali densi.

Ma i costruttori di caldaie non risposero all'appello, e solo il sig. Valentino Purrey, meccanico a Bordeaux, si offerse di studiare il problema d'accordo colla « Compagnie Générale des Omnibus », la quale mise a sua disposizione un'antica vettura tramviaria a cavalli. E questa vettura munita di un generatore e di un motore potè fare i suoi primi esperimenti il 14 agosto 1897. I risultati essendo riusciti abbastanza soddisfacenti, le prove di esercizio continuarono prima sulla linea Auteuil-Boulogne e poi sulla linea Louvre-Boulogne dal settembre 1897 all'aprile 1898 per gli opportuni studi di perfezionamento del sistema, i quali condussero specialmente all'aggiunta alla caldaia di tubi speciali destinati a sovrariscaldare il vapore prima di essere introdotti nei cilindri motori, nell'intento di evitare l'inconveniente del pennacchio di vapore di scappamento.

Dopo di che vennero costruite sei vetture automotrici e fatte circolare sempre a titolo di esperimento sulle linee di Porte-Clignancourt-Bastille, Porte d'Ivry-Les Halles e sui *boulevards* esterni fino a Place de l'Étoile. Successivamente venivano ordinate 34 altre vetture automotrici, in parte al signor Valentino Purrey e in parte alla « Société Lyonnaise de mécanique et d'électricité ».

Non è qui il caso di accennare alle successive modificazioni portate così al generatore, come al meccanismo, a misura che l'esperienza le suggeriva.

Certamente questo sistema non poteva offrire tutti i vantaggi della trazione elettrica, o di quella ad aria compressa, ed era quindi meno applicabile nell'interno di una grande città, sebbene dal punto di vista dell'economia sia dell'impianto, sia dell'esercizio, si presentasse raccomandabilissimo. E ad ogni modo esso presentava una superiorità incontestabile su tutti i sistemi di trazione a vapore finora conosciuti. Per cui non tardarono ad essere esercite le linee tramviarie Bastille-Porte-Rapp e Gare de Lyon-Plan de l'Alma con 40 vetture automotrici del sistema Purrey, e la caldaia Purrey non poteva non richiamare su di sé l'attenzione di coloro che si occupano di rendere più economico e meglio rispondente ai bisogni locali l'esercizio sulle ferrovie secondarie e di traffico limitato.

Ed invero vediamo nel 1901 la Società « Paris-Lyon-Méditerranée » ordinare la costruzione di due vetture automotrici del sistema W. Purrey per servizio di viaggiatori senza bagagli per farne esperimento su di una linea secondaria della propria rete; e nel 1902 la « Compagnie d'Orléans » mettere a sua volta in servizio per esperimento una vettura automotrice del medesimo sistema. E dietro i buoni risultati di questi esperimenti, vediamo ora la Società italiana

(1) « Revue Générale des Chemins de fer », 1900, 1° semestre, pag. 79 e seguenti.

della Rete Mediterranea e quella della Rete Sicula addivere ad analoghi esperimenti.

\*

Le vetture automotrici a vapore del sistema Purrey, ordinate dalla « Paris-Lyon-Méditerranée (1) » dovevano essere studiate in modo da soddisfare alle seguenti condizioni:

1° Contenere da 30 a 35 viaggiatori seduti, divisi in due classi, ed una decina di viaggiatori in piedi sulla piattaforma;

2° Superare a completo carico le pendenze del 20 per mille con velocità non inferiore a 20 Km. all'ora;

3° Mantenere con stabilità perfetta la velocità di 60 Km. l'ora nei tratti orizzontali o nelle discese;

4° Percorrere a completo carico 60 Km. senz'aver d'uopo di rifornirsi di carbone, e 30 Km. senza prendere acqua.

Come si vede nella fig. 5 della Tav. VI, la vettura automotrice della Paris-Lyon-Méditerranée non ha che due assi; e consta di una piattaforma anteriore per il macchinista ed il generatore; di due compartimenti nel mezzo per 12 viaggiatori di II classe e 24 di III classe, e di una piattaforma posteriore per il conduttore dove possono stare 12 viaggiatori in piedi.

Il telaio è lungo m. 11,20 e largo m. 2,80; la distanza fra i repulsori anteriori e posteriori è di m. 12,39. Si accede dalla piattaforma posteriore ai due compartimenti, i quali sono divisi da tramezza che ha nel mezzo una porta scorrevole.

La piattaforma anteriore è protetta da quattro grandi vetriate, e contro di questa parete vetrata sono disposti tutti gli apparecchi di manovra, cioè la manovella di comando del regolatore, e quella del freno a mano; i due robinetti del freno ad aria (freno automatico e freno moderabile P. L. M.); i due manubri di manovra delle porte del ceneraio; la leva di comando per il cambiamento di marcia ed il rubinetto che dà il vapore al piccolo cavallo. Per tale disposizione il macchinista può attendere al suo servizio, senza avere a volgersi indietro, e senza perdere di vista la via che deve percorrere.

La cassa riposa su di un telaio in ferro portato dai due assi per mezzo di molle a lamine parallele.

Il motore è fissato sotto il telaio al disopra dell'asse anteriore, in una posizione inclinata, ed agisce sull'asse medesimo coll'intermezzo di un albero motore e di due catene. L'asse posteriore è semplicemente portante.

\*

La caldaia, che è la parte più interessante di queste vetture, è verticale e, come lo dimostra la fig. 7 che ne rappresenta una sezione, fatta parallelamente all'asse della vettura, consta essenzialmente di due collettori, l'uno inferiore e l'altro superiore; quello inferiore, di sezione rettangolare, di ghisa, e diviso in tre camere affatto separate fra loro, *a*, *b*, *c*; quello superiore *d*, cilindrico, di lamiera d'acciaio,

(1) « Revue Générale des Chemins de fer ». Paris, 1903, 2° semestre (pag. 7-17), e Tav. I.

munito di autoclave ad una sua estremità, e di due valvole di sicurezza.

L'acqua di alimentazione arriva nella camera *a* del collettore inferiore e passa per una serie di tubi ad **U** nella camera intermedia *b*, dalla quale si dipartono i tubi a serpentino *i*, conducenti l'acqua ed il vapore nel collettore superiore *d*. La terza camera *c* contiene vapore soprarisaldato disceso dal collettore superiore per mezzo di altra serie di tubi a serpentino *s*.

I tubi ad **U**, oltrechè ad aumentare la superficie di riscaldamento, servono a proteggere dai colpi di fuoco i tubi a serpentino che sono anche i più costosi.

Il collettore superiore ha il diametro interno di m. 0,40 e la lunghezza di m. 1,25; lo spessore della lumiera è di 20 mm.

Il collettore inferiore ha le due camere *a* e *b* della sezione interna di m. 0,11 × 0,20 e della lunghezza di m. 1,25; le pareti verticali hanno la grossezza di 25 mm. e quelle orizzontali di mm. 15.

I tubi ad **U** sono in numero di 24, del diametro interno di 17 mm., dello spessore di mm. 4 e della lunghezza di m. 1,60.

I tubi a serpentino sono in numero di 40, del diametro interno di 17 mm., dello spessore di mm. 2,5 e della lunghezza di m. 6,70.

La capacità totale di questa caldaia è di 262 litri, e la superficie di riscaldamento è di 26 metri quadrati. La superficie della graticola è di mq. 0,84.

La caldaia è timbrata a 20 atmosfere; epperò è sprovvista di tubo indicatore del livello d'acqua, come d'altronde ne sono sprovviste tutte le caldaie a produzione istantanea di questo genere.

Il combustibile impiegato è il coke, e la scorta necessaria per il viaggio è contenuta in una tramoggia che ne può ricevere 280 kg., posta alla sinistra della caldaia. Il fondo di questa tramoggia è inclinato di 30° sull'orizzontale, al pari della graticola del focolare, di cui è la prosecuzione; epperò per l'effetto del peso e delle scosse durante la marcia, il coke scende per apposita apertura dalla tramoggia sulla graticola, di mano in mano che questa ne rimane sprovvista. Il macchinista non ha dunque da occuparsi della condotta del fuoco durante la marcia, ma solo durante le fermate dovrà aver cura di pulire la graticola dalle scorie.

Il ceneraio ha due porte, di cui il macchinista può regolare l'apertura, ed è questo l'unico mezzo in suo potere per attivare o rallentare la combustione durante la marcia.

Anche l'alimentazione dell'acqua ha luogo automaticamente, ed è assicurata per mezzo di due apparecchi, cioè di una pompa mossa da un eccentrico calettato sull'asse posteriore e da un piccolo cavallo. Questi due apparecchi sono destinati a completarsi l'un l'altro. In via normale la pompa automatica basta da essa sola ad alimentare la caldaia durante la corsa, e non è che nelle lunghe fermate che il macchinista deve fare funzionare momentaneamente il piccolo cavallo per impedire che la pressione si elevi oltre misura. Ma se durante la corsa succedesse che la pompa si trovasse

per qualsiasi motivo fuori servizio, il piccolo cavallo può allora intervenire come apparecchio di soccorso.

La pompa del piccolo cavallo può inoltre farsi funzionare per mezzo di una leva a mano, quando debbasi riempire d'acqua la caldaia prima di metterla in pressione.

Il serbatoio dell'acqua di alimentazione ha la capacità di 1280 litri; esso è fissato sotto il telaio, nella parte posteriore della vettura, controbilanciando così il generatore che occupa una posizione simmetrica nella parte anteriore.

Il livello dell'acqua nel collettore superiore è regolato automaticamente, sia che lavori la pompa automatica, sia che facciasi funzionare il piccolo cavallo. In questo secondo caso la regolazione avviene naturalmente per la posizione nella quale è stato posto nel collettore stesso il tubo di presa del vapore che deve alimentare il piccolo cavallo. Quando invece funziona la pompa automatica, non potendosi arrestare il funzionamento durante la corsa, venne adottata una disposizione speciale che fa ritornare l'acqua al serbatoio, anziché introdurla nella caldaia. E questa disposizione essenzialmente consiste in un galleggiante **G**, che ha la forma di un cilindro allungato, di sezione ellittica, che raccomandato ad un braccio di leva girevole attorno ad un asse fa abbassare od alzare un'asta, e quindi aprire o chiudere il robinetto di ritorno dell'acqua al serbatoio. Il galleggiante **G** consta di pezzetti di carbone di legno chiusi in un involucri di lamiera; il tutto essendo di alcun poco più pesante dell'acqua, il suo peso vuol essere equilibrato dalla tensione di una molla.

\*

Il motore (fig. 8) è del sistema Compound, a 4 cilindri, due a due sul medesimo gambo, o come dicono, montati in tandem.

Il diametro dei cilindri nei quali è introdotto il vapore a tutta pressione è di mm. 140; quello dei cilindri di espansione è di mm. 200; la corsa, eguale per tutti, è di 200 mm.

I cilindri dell'espansione coi loro cassettei, le guide e la traversa che porta i cuscinetti dell'albero motore (intermediario) costituiscono un pezzo solo di fondita, ed a questa intelaiatura, o *bati*, come lo dicono, sono fissati sul davanti i cilindri di prima ammissione, e all'indietro l'albero motore, colle due manovelle a 90°, equilibrate da contrappesi a settore, e colle due puleggie motrici tenute sospese a ciascuna estremità dell'albero.

Tutto questo insieme dell'apparechio motore trovasi fissato con 8 chivarde a quattro appendici rivettate al telaio della vettura, ed occupa uno spazio di m.  $1,80 \times 1,20 \times 0,40$ .

Il diametro delle puleggie motrici è di 360 mm.; le ruote dentate sull'asse motore sulle quali vengono ad accavallarsi le catene di trasmissione, hanno il diametro primitivo di 540 mm.; il diametro ai cerchioni delle ruote della vettura è di m. 0,930. Da tutto ciò si deduce che per viaggiare colla velocità di 60 Km. all'ora, l'albero del motore deve fare 514 giri al minuto.

Le bielle motrici, a forchetta, hanno la lunghezza di 600 mm., ossia 6 volte il raggio delle manovelle. Le guide ed il blocco scorrevole, hanno sezioni cilindriche; il blocco è

foggiato col gambo comune ai due cilindri motori; lo stantuffo maggiore si appoggia contro una parte conica di detto gambo, ed è mantenuto a distanza fissa dallo stantuffo minore per mezzo di un tubo infilato nel gambo fra i due stantuffi.

La distribuzione è comandata da un solo eccentrico per ogni coppia di cilindri. I cassettei del cilindro di ammissione e di quello dell'espansione sono fissati sulla medesima asta con filettature in senso contrario, e la precisione della distanza è regolabile facendo girare l'asta medesima attorno al proprio asse.

L'ammissione varia mediamente dall'86 al 90 per cento per la marcia avanti, e dall'82 all'86 per cento per la marcia indietro; onde, come vedesi, il periodo dell'espansione è assai limitato.

Per il cambiamento di marcia i due eccentrici non sono calettati sull'albero motore in modo invariabile, ma ciascuno è munito di una scanalatura che gli permette di scorrere a dolce fregamento lungo un tratto di sezione quadrata dell'albero motore, perpendicolarmente alla manovella motrice corrispondente, per modo da occupare alle estremità di sua corsa due posizioni simmetriche rispetto alla manovella medesima; ed è facendo passare l'eccentrico dall'una all'altra delle due posizioni simmetriche che l'inversione della marcia ha luogo. Questo spostamento dell'eccentrico è comandato da due cunei disposti parallelamente all'asse ed in senso opposto l'uno all'altro, i quali trovansi imprigionati a coda di rondine ed in due scanalature longitudinali dell'albero motore, ed il movimento longitudinale simultaneo dei due cunei imprime all'eccentrico un movimento di traslazione nel senso della sua scanalatura. I quattro cunei destinati ad ottenere lo spostamento dei due eccentrici sono condotti da una forchetta sulla quale agisce dalla sua piattaforma di comando il macchinista manovrando la leva del cambiamento di marcia.

Nello spostamento degli eccentrici, i loro centri descrivono ciascuno una linea retta, e ad ogni posizione corrisponde un angolo di calettamento ed un raggio di eccentricità diversi. Potrebbe quindi ottenere con questo meccanismo delle ammissioni variabili, come col settore. Ma per queste vetture non evvi modo di fissare la leva di comando nelle posizioni intermedie, e non essendo utilizzate che le due posizioni estreme, i motori funzionano ad espansione fissa.

\*

Tralasciando altri più minuti particolari, che non rispondono allo scopo nostro di una descrizione sommaria, sebbene importantissimi, come ad es. le disposizioni per l'oliatura automatica di tutti gli organi in movimento, aggiungiamo solo qualche particolare riguardante le catene di trasmissione del moto dall'albero del motore all'asse delle ruote motrici della vettura (fig. 9).

Queste catene, della larghezza di 190 mm. e della lunghezza totale di m. 3,30 sono costituite da una serie di lamine metalliche, articolate su perni, parallelamente le une alle altre e intagliate per una parte del loro contorno in modo da secondare il profilo dei denti della ruota. La metà di queste lamine è assicurata ai perni di articolazione col-

l'intermezzo di mezzi anelli di frizione che si possono sostituire in seguito al consumo. E poichè prima che l'usura sia tale da procedere al loro ricambio, la catena sensibilmente si allunga, quest'allungamento viene compensato spostando quattro biette mobili di 6 mm. di grossezza, che intercalate tra la guida ed il cuscinetto vengono successivamente tolte ed inserite tra il cuscinetto e la guida opposta, per modo che sia sempre minimo il gioco del cuscinetto tra le proprie guide. Il peso di queste catene è di 120 Kg. circa.

\*

I freni ad aria ed a mano agiscono sulle quattro ruote della vettura per mezzo di due scarpe per ogni ruota. Il serbatoio del freno ad aria è alimentato da una pompa che ha lo stesso gambo di quella della pompa dell'acqua, e quindi è mossa dallo stesso eccentrico calettato sull'asse posteriore della vettura. La pressione limite in questo serbatoio è regolata per mezzo di una valvola di scarica.

Dovendosi provvedere al caso in cui abbiasi da attaccare vetture di rimorchio, le condotte del freno ad aria sono prolungate posteriormente e terminate da due semi-accoppiamenti.

La vettura automotrice è rischiarata per le corse notturne da 7 lampade ad olio, sistema Lafourie, fissate al cielo della vettura nel centro delle piattaforme e di ogni riparto.

Il riscaldamento è ottenuto con una parte del vapore di scappamento, fatto circolare in due condotti, l'uno di andata e l'altro di ritorno, posti da ciascun lato della vettura in basso contro le pareti verticali. Questi condotti sono protetti da lamiera traforata, ed un rubinetto può interrompere la comunicazione col tubo di scappamento.

\*

La linea da Alais all'Ardoise, sulla quale la P. L. M. ha fatto gli esperimenti, ha 58 Km. di lunghezza; parte da Alais alla quota di m. 135,25, sale a quella di 300,15 ed arriva ad Alais alla quota di 34,53. Essa ha salite del 18 e del 20 per mille che si prolungano per più di 3 Km. Essa presenta numerose curve e controcurve di 500 ed anche di 400 m. di raggio.

La vettura automotrice Purrey sovradescritta pesa in servizio tonn. 23,8 e fu fatta anche rimorchiare una o due vetture del peso di 14 tonn. ciascuna.

Camminando a velocità moderata, fra i 20 ed i 45 Km. all'ora, con una pressione in caldaia di 8 a 10 Kg., ed a tutta velocità da 40 a 55 Km. all'ora e con pressioni in caldaia oscillanti fra 8 e 20 Kg. si ottennero i seguenti consumi di coke e di acqua:

Consumo di:	Coke		Acqua	
	totale Kg.	per Km. Kg.	totale litri	per Kg. di coke litri
<i>a velocità moderata</i>				
la vettura sola . . . . .	320	2,70	1433	4,50
rimorchiando 1 vettura . .	335	2,90	1671	4,90
» 2 vetture . . . . .	451	3,90	2032	4,50
<i>a tutta velocità</i>				
la vettura sola . . . . .	351	3,00	1599	4,50
rimorchiando 1 vettura . .	497	4,30	2225	4,50

Quando si fecero coteste prove il tempo era bello e l'aria secca. La vettura ha dimostrato la sua perfetta stabilità anche camminando colla massima velocità di 60 Km. l'ora; non vi è da lamentare nè odore nè rumore che molestino i viaggiatori. La caldaia presenta, oltre il voluto grado di sicurezza, anche i vantaggi di una grande facilità nella condotta del fuoco, di una rapida messa in pressione e di una sensibile regolazione della pressione stessa, a seconda del lavoro che la macchina è chiamata a sviluppare.

\*

La « Compagnia delle Ferrovie francesi dell'Orléans », ha pure in servizio, dal giugno dell'anno passato, sulla linea da La Flèche a Sablé, a titolo di esperimento, una vettura automotrice del sistema Purrey, con una vettura di rimorchio.

Il tipo di vettura in esercizio sulla Orléans (fig. 6) è alquanto diverso da quello della P. L. M. ed è stato studiato in modo da offrire 26 posti di 1<sup>a</sup> classe; di cui 21 in compartimento chiuso e 5 su di un sedile disposto sulla piattaforma di dietro di accesso, la quale rimane aperta posteriormente, e che può contenere altri viaggiatori in piedi; da avere un compartimento per bagagli ed un altro per servizio postale; infine da poter rimorchiare una vettura di 3<sup>a</sup> classe di 50 posti, del peso in servizio di 14 tonn., alla velocità di 60 Km. in piano e di 40 Km. in salita del 14 per mille.

Questa vettura automotrice è su tre assi; i due estremi, semplicemente portanti distano fra loro m. 8,20; quello di mezzo che è l'asse motore, dista da quello anteriore di m. 3,20 e tra dessi è disposto il motore, leggermente inclinato all'orizzonte. La lunghezza totale della vettura, fra i repulsori, è di m. 13,777; la larghezza di m. 3,10. Le ruote hanno il diametro di m. 1,05. La vettura pesa a vuoto tonnellate 23,23, e colle scorte, viaggiatori e bagagli, tonnellate 28,5.

Essa è munita del freno continuo Westinghouse e di freno a mano. Quest'ultimo è comandato simultaneamente dalle due piattaforme ed agisce sulle ruote dell'asse anteriore e dell'asse motore; il freno continuo Westinghouse agisce invece sulle ruote dell'asse posteriore e dell'asse motore. Tutti i tre assi possono quindi venire frenati.

La caldaia ed il motore non differiscono essenzialmente da quelli descritti precedentemente per la vettura della P. L. M.; la sola differenza è nel numero dei tubi soprariscaldatori della caldaia che da 14 è stato portato a 24.

L'alimentazione della caldaia è ottenuta con due piccoli cavalli, indipendenti, posti sotto la piattaforma anteriore. Il galleggiante che segna il livello dell'acqua nella caldaia, chiude il tubo di presa del vapore del piccolo cavallo, quando l'acqua ha raggiunto il suo livello massimo.

Il serbatoio dell'acqua, che è verso la parte posteriore della vettura, ha la capacità di 1280 litri, ed è rifornito per mezzo di un tubo che corre lungo la vettura fino alla parte anteriore, dove si ripiega verticalmente e termina in un imbuto.

\*

Gli esperimenti con questa vettura automotrice ebbero luogo nei giorni 8, 9 e 12 maggio dell'anno passato (1) sulla linea da Bordeaux ad Eymet di 104 Km., il cui profilo ha molta analogia con quello della linea su cui era destinata a far servizio, avendo pendenze del 15 per mille, di cui una di ben 3600 m. di lunghezza, e curve di soli 300 metri di raggio. Si fecero tre corse in andata e ritorno, senza che siansi verificati inconvenienti. Nell'ultima corsa la vettura automotrice rimorchiava il vagone dinamometrico della « Compagnia d'Orléans » del peso di 17 tonn. In alcuni punti la velocità raggiunse e leggermente oltrepassò i chilometri 75 senza che la stabilità della vettura cessasse di essere perfetta, e questa velocità ha potuto essere mantenuta in tratto orizzontale senza difficoltà.

Lo sforzo al gancio di trazione è arrivato in certi punti di ripresa della marcia in salita fino a 400 Kg.; camminando a velocità moderata, di 20 a 25 Km., potè essere mantenuto tra 325 e 350 Kg.; alla velocità di 40 Km. era di circa 300 Kg.; a quella di 75 Km. discendeva a 150 Kg.

Dalla curva di trazione del vagone dinamometrico essendo risultato che a regolatore chiuso, lo sforzo al gancio di trazione mantenevasi nullo, se ne dedusse che la resistenza per tonnellata di vagone dinamometrico, e quella per tonnellata di vettura automotrice erano uguali, e che pertanto sarebbe bastato di moltiplicare gli sforzi al gancio di trazione per il rapporto del peso totale dei due veicoli a quello del vagone dinamometrico, per avere lo sforzo al cerchione della vettura automotrice.

Si è pure constatato dalle curve dinamometriche che la resistenza per tonnellata della vettura automotrice differisce di poco da quella di un vagone ordinario.

Nell'esperimento della vettura automotrice rimorchiante il vagone dinamometrico del peso di 17 tonn., il viaggio da Bordeaux ad Eymet di 104 Km. e quello di ritorno si sono compiuti pressochè nel medesimo tempo, di 2 ore e 10 ad 11 minuti, cioè colla sola differenza in più di 1 minuto per il ritorno.

Il consumo totale di coke è stato di 325 Kg. nell'andata e di 275 Kg. nel ritorno; il consumo d'acqua di 1692 litri nell'andata e 1584 nel ritorno.

E quindi il consumo di coke per 100 tonn. al Km. con un treno del peso di 42 tonn. è di Kg. 6,30 a 7,43 ed il consumo d'acqua sempre per 100 tonn. al Km. da litri 36,2 a 38,7.

La quantità d'acqua vaporizzata per Kg. di coke è risultata da Kg. 5,76 a 6,129, ossia in media di Kg. 5,944.

\*

Il tipo di vettura che la « Società Italiana per la Rete Mediterranea » ha adottato per gli esperimenti sulle linee Roma-Viterbo e che trovasi ora in costruzione nell'officina V. Purrey a Bordeaux, è rappresentato dalle figure 1 a 4 della Tav. VI; esso è alquanto simile a quello sovrade-

scritto della P. L. M., avendosi soli due assi distanti fra loro m. 5,85, dei quali quello anteriore è l'asse motore.

La lunghezza fra le teste dei respintori è di m. 12,55. La larghezza totale della vettura è di m. 2,85.

Dopo la piattaforma anteriore su cui trovasi la caldaia ed il macchinista, viene un compartimento per bagagli; poi uno di I classe per 8 posti, un altro di II classe diviso in due per 16 posti, e infine un compartimento per viaggiatori in piedi ed un terrazzino aperto di accesso ai diversi scompartimenti.

La caldaia ed il motore non differiscono sostanzialmente da quelli sovradescritti. L'alimentazione dell'acqua si fa per mezzo di due piccoli cavalli, ed un terzo è destinato a muovere la pompa del freno ad aria.

Se l'esperimento, come è lecito presumere, riuscirà soddisfacente, si domanderà al Governo l'autorizzazione di costruire per la Roma-Viterbo altre 8 vetture per completare il materiale di servizio occorrente ad un regolare e permanente esercizio; ed avrebbersi in progetto di introdurre qualche altra modificazione alle vetture, proteggendo con parete a vetriata tutta la piattaforma posteriore, stabilendo su di un lato la corsia longitudinale di passaggio dei viaggiatori e riservando un piccolo scompartimento per la posta, e per una ritirata.

Colle vetture automotrici Purrey è adunque probabile che si riesca a risolvere in modo veramente soddisfacente il problema dell'esercizio economico delle linee a traffico limitato e quello di speciali servizi locali sulle linee di grande traffico.

G. SACHERI.

## MATERIALE DI TRAZIONE PER STRADE ORDINARIE

### IL TRENO AUTOMOBILE RENARD A PROPULSIONE CONTINUA

Fino ad oggi i costruttori di automobili si sono occupati quasi esclusivamente, ed a quanto pare con buon esito, a perfezionare le loro vetture autonome, destinate a circolare isolatamente con grandi velocità sulle strade ordinarie; ma le applicazioni industriali dell'automobilismo al trasporto dei carichi pesanti non hanno seguito la stessa via di rapido e fortunato progresso, tanto che tale trasporto era rimasto finora un problema non interamente risolto.

Il sistema migliore e che offre i maggiori vantaggi per trasporto dei pesanti carichi, tanto per scopi commerciali, quanto e più specialmente per quelli militari, è notoriamente quello di ripartire tutto il carico su un treno di varie vetture rimorchiate da un'unica vettura motrice. Ma anche questo sistema non si era fino ad oggi dimostrato privo di inconvenienti, che malgrado i tentativi fatti non fu possibile di eliminare, pur riuscendo ad attenuarli soltanto leggermente.

La vettura motrice, infatti, dovendo fornire essa sola tutta l'aderenza necessaria per il carico totale da trasportarsi, doveva anche essere molto pesante, e da esperienze fatte era risultato che questo peso morto gravante sulla sola motrice veniva ad eguagliare presso a poco quello di tutte le altre vetture caricate.

(1) « Revue Générale des Chemins de fer », 1903, 2° semestre, pag. 47 e 48.

Da ciò un primo inconveniente, tanto dal lato economico, pel piccolo rendimento che tal mezzo di trasporto veniva ad avere, quanto rispetto alla conservazione delle strade, pel deterioramento a cui erano queste soggette a causa dell'eccessivo peso gravante su un solo veicolo.

A questo inconveniente se ne aggiungeva un altro, pel fatto che, qualunque fosse il sistema di attacco adottato per le vetture del treno, era impossibile di farle girare tutte quante sulla stessa traccia percorsa dalla prima. Infatti, durante il traino in curva, ogni vettura è tirata obliquamente rispetto al proprio asse da quella che la precede e risente pure in senso obliquo la reazione di quella che segue; per modo che la risultante di queste forze tende a spostare la vettura verso la corda dell'arco percorso. Tale tendenza si accentua anche di più coll'aumentare del numero e del carico delle vetture, col crescere della pendenza della strada e colla curvatura del percorso; se a ciò si aggiunge anche l'effetto d'un terreno sdruciolevole ed ineguale, si avrà certamente che la curva secondo cui si disporranno le vetture tenderà, di mano in mano che esse progrediscono, ad avvicinarsi alla retta che congiunge la testa colla coda del treno. Non si potrà quindi far girare un treno su curve e per istrade piuttosto strette, e quanto meno fargli seguire un percorso sinuoso abbastanza accentuato.

Tale era lo stato della questione, quando il colonnello Carlo Rénard studiò il mezzo di eliminare del tutto i due inconvenienti ora citati, ed immaginò il suo sistema a propulsione continua ed a volta corretta (*tournant correct*), che troviamo descritto nel *Genie civil* del 19 dicembre scorso, nei *Comptes rendus* dell'Accademia delle scienze di Parigi, e nella *Nature* del 9 gennaio.

Da tali periodici riportiamo il seguente cenno su questo nuovo treno del Rénard, che risolve in modo pratico ed originale uno dei più importanti problemi relativi al trasporto dei carichi pesanti, e soddisfa interamente, oltre che ai bisogni industriali, anche a tutte le esigenze dei trasporti militari.

Il treno Rénard (fig. 57), sperimentato con buon esito dapprima in piccola scala, poi con un carico da 30 a 35 t., presenta le seguenti proprietà caratteristiche: propulsione continua, volta corretta (*tournant correct*), trasmissione elastica, freno continuo.

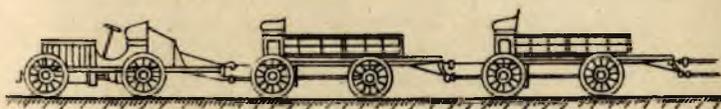


Fig. 57. — Treno del Colonnello Rénard.

1° PROPULSIONE E FRENO CONTINUO. — La vettura motrice non è un vero rimorchiatore, ma una semplice generatrice di energia che viene distribuita ad ogni singola vettura, la quale risulta perciò a sua volta automobile *per delegazione*, secondo l'espressione dello stesso autore.

Questa distribuzione d'energia è fatta cinematicamente, mediante un albero A longitudinale (fig. 58) detto albero del treno, il quale è formato di tanti tronchi, quante sono le vetture, collegati fra loro negli intervalli tra una vettura e l'altra mediante una biella B, munita alle sue estremità di giunti cardanici. In questo modo ogni vettura può seguire liberamente le evoluzioni del treno durante la marcia.

Il motore agisce sull'albero del treno, che ruotando comunica simultaneamente il movimento alle ruote posteriori di ogni vettura, mediante una differenziale ed un sistema di ingranaggi portato dall'albero secondario D (fig. 58); questa maniera

di trasmissione del moto è stata chiamata dall'autore *propulsione continua*. Le vetture poi vengono pure simultaneamente arrestate, frenando sullo stesso albero del treno, ciò che costituisce il *freno continuo*. Con questo sistema tutto il treno (fig. 57) viene a costituire una specie di locomotiva unica, articolata; tutte le vetture, essendo, come abbiamo accennato, motrici, concorrono col loro peso e col carico utile che trasportano a dare l'aderenza necessaria per la trazione; sarà quindi ridotto al minimo od anche soppresso il peso morto che prima occorreva per avere la stessa aderenza, il treno risulterà assai più leggero e potrà superare forti pendenze, o raggiungere in piano maggiori velocità, senza più arrecare guasti alle strade.

La biella interposta fra due tronchi successivi dell'albero del treno serve a far sì che il movimento di rotazione di quest'albero si propaghi come è necessario senza interruzione e senza alterazione alcuna da un tronco all'altro, anche quando le vetture percorrano una linea curva. In questo caso, infatti, tale movimento viene bensì modificato passando dal tronco della prima vettura alla biella, ma un'altra modificazione esattamente in senso inverso avviene nella trasmissione del movimento dalla stessa biella al tronco successivo, per modo che gli alberi delle due vetture ruotano costantemente nella stessa maniera; condizione questa essenziale perchè la propulsione avvenga sempre in modo continuo e regolare.

Affinchè però queste due modificazioni del detto movimento di rotazione dell'albero avvengano esattamente in senso inverso, è necessario che la biella durante le evoluzioni del treno si mantenga sempre egualmente inclinata sui due tronchi facenti capo ad essa; e ciò si ottiene appunto colla disposizione adottata per avere la volta corretta, di cui diciamo qui appresso.

VOLTA CORRETTA (*tournant correct*). — Affinchè il treno in marcia possa piegarsi a tutte le sinuosità della strada percorsa, abbia cioè la proprietà chiamata dal Rénard *tournant correct*, in virtù della quale ogni elemento del treno percorre la stessa curva descritta dal carro di testa, ciascuna vettura, oltre che del descritto congegno di *potenza* per la propulsione continua, è munita anche d'un altro congegno detto di *direzione*.

Questo secondo organo assume diverse forme, a seconda del genere di sterzo applicato all'avantreno delle vetture.

Nel caso d'un avantreno ordinario girevole intorno ad un perno centrale (fig. 59), le vetture sono munite d'un timone *b*, che da una parte è fissato ad angolo retto alla sala dell'avantreno, mentre dall'altra è articolato in un punto della vettura precedente.

La lunghezza *b* del timone, la distanza *a* tra le due sale e quella *c* fra la sala di retrotreno e l'articolazione della testa del timone della vettura seguente debbono soddisfare alla condizione:  $a^2 + b^2 = c^2$  affine di avere il *tournant correct*.

Infatti, dai triangoli rettangoli O B A, O C A e O D C (v. fig. 59) si ha evidentemente:

$$R_1^2 = \overline{AO}^2 - c^2; R_2^2 = \overline{CO}^2 - a^2; \overline{AO}^2 = b^2 + \overline{CO}^2,$$

da cui:

$$R_1^2 - R_2^2 = a^2 + b^2 - c^2$$

ed affinchè si abbia  $R_2 = R_1$  (condizione sufficiente per avere la volta corretta) dovrà essere:

$$a^2 + b^2 = c^2 \text{ come si è già detto.}$$

Se l'avantreno è del genere di quelli applicati agli automobili più moderni, colle ruote, cioè, che sterzano separatamente intorno a due perni indipendenti, il congegno di direzione, pur conservando per base lo stesso principio fondamentale dianzi citato, è però opportunamente modificato per adattarsi a questo avantreno. La sala non cambia di direzione, e le ruote s'inclinano diversamente, dovendo esse descrivere due cerchi diversi e concentrici; se i due veicoli consecutivi debbono per-

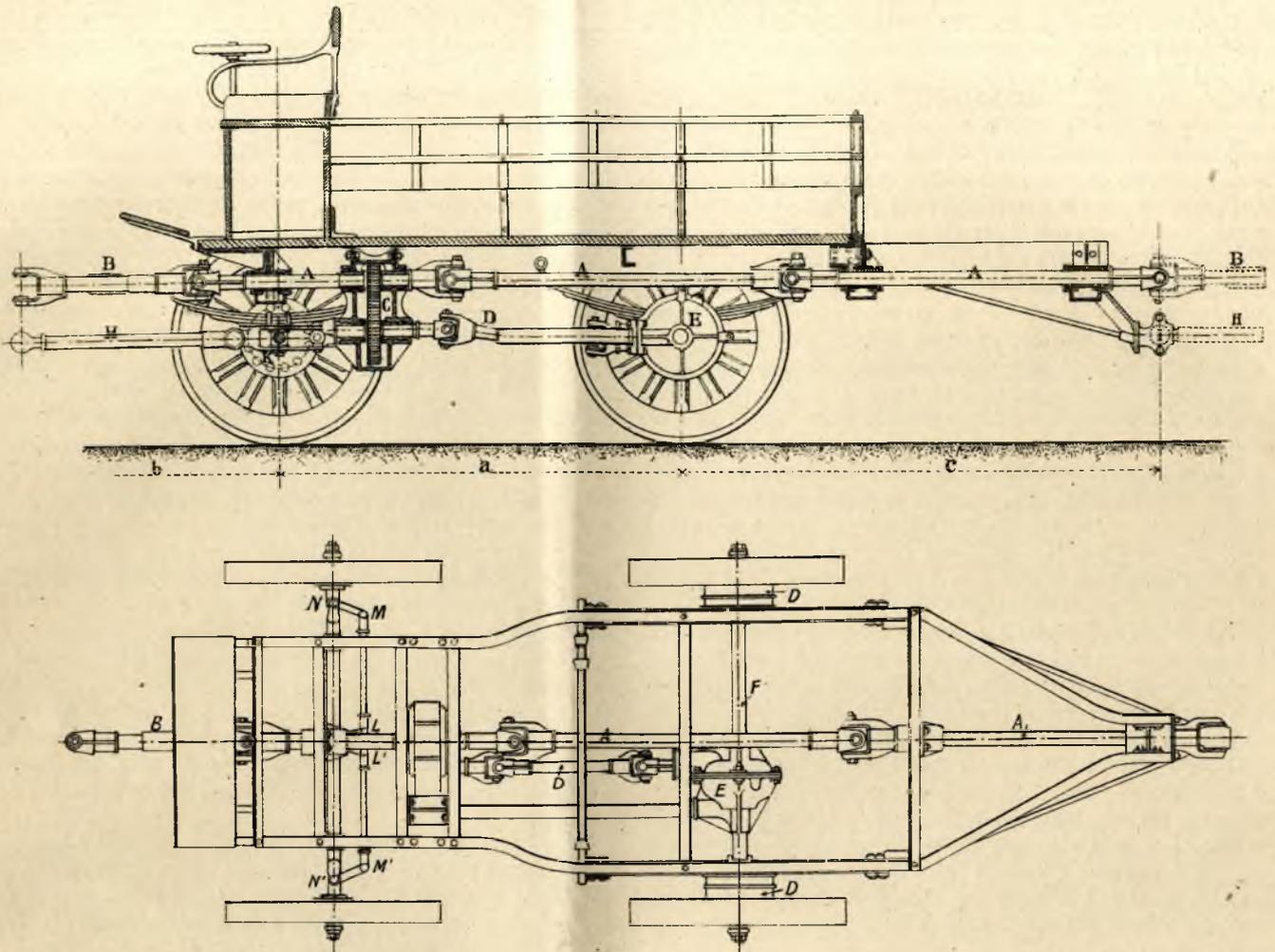


Fig. 58. — Elevazione e pianta di un carro del treno Rénard.

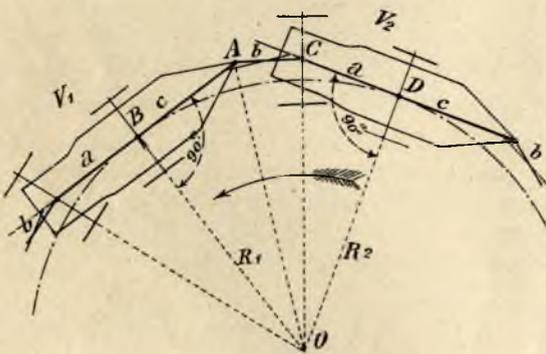


Fig. 59. — Schema del congegno di direzione nel caso di un avantreno ordinario.

correre la stessa curva, è necessario che i rispettivi centri di rotazione si confondano in un punto unico.

La figura 60 rappresenta schematicamente il caso d'una volta corretta con vetture munite dell'avantreno di cui trattasi, e la figura 61 indica la disposizione adottata nell'avantreno stesso, disposizione che appare del resto anche nella fig. 58. La vettura porta un falso timone H imperniato in K e terminato dietro la sala con una forchetta L K L', le cui estremità sono rispettivamente collegate mediante bielle colle estremità delle due manovelle M N e M' N' fissate alla sala presso le ruote.

Gli angoli  $\alpha$  e  $\beta$  indicati in figura sono scelti in modo da ottenere la volta corretta per un valore medio del raggio; per valori vicini a questo, la soluzione non è che approssimativa,

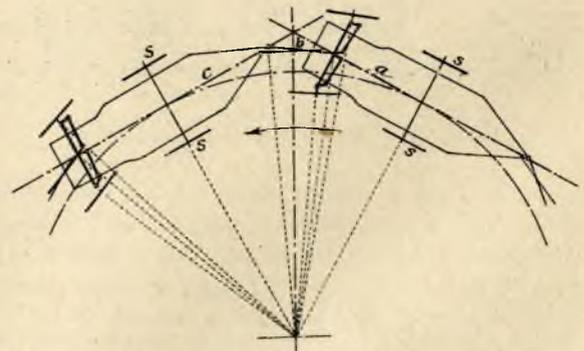


Fig. 60. — Schema del congegno di direzione quando le ruote sterzano separatamente.

ma lo scarto delle ruote è sempre piccolo e non può mai generare alcun inconveniente.

Ma per assicurare interamente la regolarità della marcia del treno, oltre ai detti congegni, ne occorre anche un altro che è il complemento indispensabile del sistema, e che descriviamo qui appresso.

**TRASMISSIONE ELASTICA.** — Se si considera il treno nel suo passaggio dalla linea retta alla linea curva, è facile vedere che in quest'ultima il suo percorso diminuisce, poichè questo è misurato nel primo caso dalla somma dei tronchi dell'albero, e nel secondo da una curva inscritta nella linea spezzata, secondo la quale si dispongono questi stessi tronchi (1). La velocità delle vetture che si muovono nel tratto rettilineo dovrà essere maggiore di quella delle vetture in curva; ma essendo d'altra parte sempre costante la velocità di tutti i tronchi dell'albero motore, dovrà avvenire di necessità uno strisciamento in avanti delle ruote motrici delle vetture che si muovono in linea retta (2). Similmente quando il treno dalla linea curva torna a disporsi in linea retta, vi sarà un analogo strisciamento delle ruote all'indietro. Mentre la prima di queste due azioni non può produrre altro inconveniente grave, eccetto quello di assorbire uno sforzo considerevole, la spinta indietro delle vetture, invece, le farà obliquare in ogni senso, non essendo queste guidate nel loro movimento, e l'esperienza dimostra che nei casi estremi esse possono anche rovesciarsi.

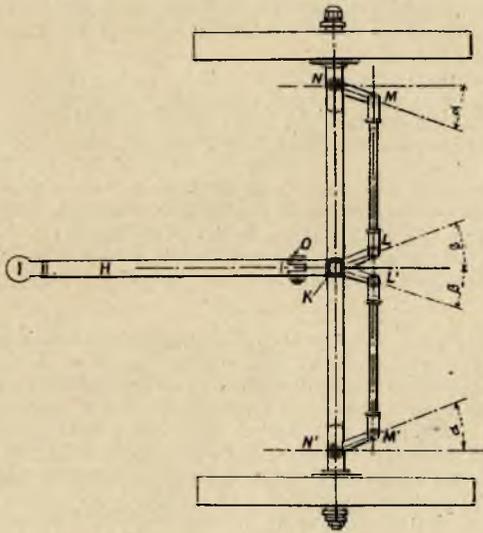


Fig. 61. — Disposizione dell'avantreno con ruote a perni indipendenti.

È dunque necessario di rimediare a ciò, interponendo sulla trasmissione un sistema elastico che ha ricevuto il nome di *compensatore*, e che può essere applicato sia alla trasmissione intermedia tra l'albero del treno e le ruote motrici, sia a ciascuno dei mozzi di queste due ruote.

In quest'ultimo caso il compensatore è doppio, e ciascuno dei suoi organi è costituito (fig. 62) da un tamburo D con molla a spirale R, la quale ad una estremità riceve il movimento di rotazione dall'asse A e coll'altra lo trasmette alla ruota.

L'elasticità angolare di questa molla deve essere di circa tre quarti di giro, ed il suo momento massimo deve esser tale che essa non venga messa in azione per effetto della pendenza

(1) Questa differenza di lunghezza del percorso del treno, nel caso accennato, è resa evidente dalla considerazione geometrica che le vetture in curva descrivono un arco di raggio O B (fig. 59), mentre quelle che si muovono in linea retta debbono contemporaneamente spostarsi di quanto è lungo l'arco descritto dalla estremità A della coda, a cui è collegato il resto del treno, arco che ha per raggio A O evidentemente maggiore di O B. Il percorso quindi delle prime sarà minore di quello delle seconde.

(2) A meno che l'aderenza delle vetture in curva non sia sufficiente a permettere tale spostamento, nel qual caso, a nostro parere, sarebbero invece le ruote motrici di quest'ultime vetture che slitterebbero strisciando sul terreno.

massima della strada, che si calcola generalmente del 10 0/10. Il movimento relativo dell'asse e della ruota è limitato da due arresti  $p$  e  $p'$ , affine di non forzare troppo la molla e guastarla.

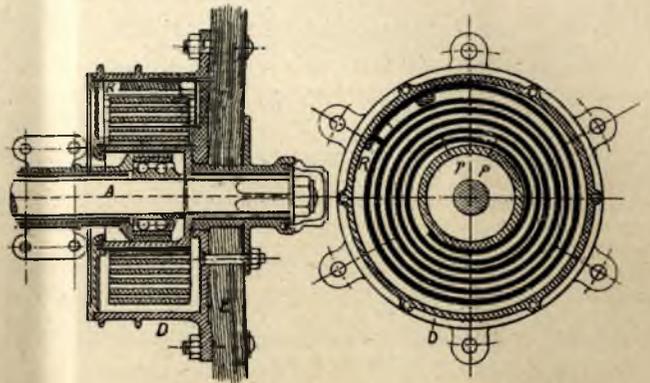


Fig. 62. — Tamburo compensatore per i tratti in curva.

Questo sistema elastico, oltre che adempiere perfettamente al suo ufficio speciale testè accennato, ha anche il grande vantaggio di rendere più dolce la messa in moto del treno, e basterebbe soltanto questa ragione per giustificare l'impiego.

\*

Tali sono le principali caratteristiche del treno Rénard; esso per altro comprende altri organi secondari, fra cui accenneremo quello dei cambiamenti di velocità, mediante il quale si possono ottenere velocità variabili da 16 a 72 km. all'ora. Un apparecchio speciale, detto *variatore*, permette di ridurre entro limiti determinati, e prima della partenza la velocità delle vetture. Regolato preventivamente il variatore per una determinata riduzione, il conducente può servirsi durante la marcia dei cambiamenti di velocità ordinari, ed allora le velocità che si ottengono restano ridotte nella proporzione determinata dalla posizione del variatore. Secondo i limiti di velocità adottati, si potranno rimorchiare treni più o meno pesanti.

Col variatore disposto per la velocità minima, la motrice potrà essere seguita da 8 o 10 vetture, tutte aventi lo stesso carico, e le trasporterà alle velocità variabili da 4 a 18 km. all'ora, secondo la pendenza della strada; col variatore disposto per la velocità intermedia, il treno sarà composto di due a quattro vetture e potrà percorrere da 8 a 36 km. all'ora; la sola motrice infine potrà agire come automobile a grande velocità che raggiungerà i 72 km. all'ora.

Riassumendo, in grazia all'impiego simultaneo della propulsione continua, della volta corretta e della trasmissione elastica, si può trainare, su qualunque pendenza e per i più capricciosi meandri delle strade di campagna e dei villaggi, un treno di molti carri, mediante una vettura motrice di leggero peso ed un solo conducente, senza che questo debba occuparsi di altro che della condotta della propria macchina; ciò che fino ad oggi costituiva appunto un problema praticamente insoluto.

(Rivista di Artiglieria e Genio).

## BIBLIOGRAFIA

LUIGI VIANELLO. — *Der durchgehende Träger auf elastisch senkbaren Stützen.* — Berlino, 1904. — Volumetto di 28 pagine, con una tavola di calcoli grafici, estratto dalla « Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure », numeri 4 e 5.

Con piacere prendiamo occasione dal nuovo studio pubblicato da questo valente tecnico delle costruzioni metalliche, che onora il nome italiano in Germania, per farlo anche più noto in patria e partico-

larmente a coloro cui non fosse familiare la lettura dei periodici esteri. E diciamolo subito: l'ing. Vianello lo merita assai; poichè raramente, e tanto meno fra noi, si incontrano, così ben temperate come in lui, la competenza pratica dell'ingegnere progettista e la teoria dello studioso dei problemi tecnici. Eppure è certo che per l'incremento ed il progresso così della scienza come delle sue applicazioni non vi può essere condizione più efficace di quella di vedere e la teoria e la pratica ben fuse nella medesima persona.

Il Vianello, dopo aver iniziata la sua carriera nell'ingegneria meccanica, occupandosi per qualche tempo della fabbricazione di locomotive prima presso la Ditta Breda di Milano, poi, più a lungo, nelle officine di Eggestorff in Hannover, fu dal suo amore agli studi matematici attratto nel campo delle costruzioni metalliche, come più fecondo per essi di importanti applicazioni.

Dimorò parecchi anni nella Gutehoffnungshütte di Sterkrade, calcolando ponti d'ogni tipo, fra i quali alcuni notevoli per la grandiosità delle dimensioni, e presentemente si è fatto un bel nome nel mondo industriale germanico con una serie di progetti come quelli delle opere metalliche per la metropolitana elettrica di Berlino, e per una ferrovia pensile in Amburgo sul tipo della *Schwebebahn* di Elberfeld, il quale progetto non fu però eseguito, ma che ora si spera di veder realizzato in Berlino stessa.

Già nei precedenti lavori tecnici, che hanno reso familiare il suo nome e ai lettori del citato giornale dell'Associazione degli ingegneri tedeschi, l'ingegnere Vianello aveva dimostrato una preferenza per i metodi grafici, suggeritigli dalla sua larga pratica di calcolatore di progetti.

Così la risoluzione della trave continua con diagramma di carico trapezio, lo studio grafico del problema generale della resistenza al carico di punta, la trattazione dei sistemi a doppia mensola, che qui citiamo fra i molti lavori dovuti alla sua intelligente attività scientifica, sono importanti applicazioni del calcolo grafico, ispirate essenzialmente allo scopo di fornire mezzi di sicura e facile applicazione per risolvere con rigore alcuni problemi che si presentano spesso al costruttore di opere metalliche nelle verifiche della resistenza delle strutture progettate.

Fra questi lavori il più originale a parere di chi scrive è il secondo citato, che il Vianello pubblicò nel 1898, e che costituisce tuttora uno degli studi teorici più generali e completi nell'importantissimo argomento dei lunghi prismi compressi parallelamente all'asse.

Oggi l'egregio A. ci si presenta colla notevole Memoria, il cui titolo è riferito in capo al presente cenno bibliografico. In essa egli traccia una nuova via per risolvere graficamente il problema della trave portante carichi, sorretta da più appoggi non assolutamente rigidi, ma cedevoli proporzionalmente alla grandezza delle pressioni che la trave trasmette.

Le applicazioni tecniche di questo quesito sono assai numerose non solo ai manufatti che nel loro schema generale riproducono il tipo descritto, come i ponti a travata riposanti su alte pile metalliche; ma anche nell'interpretazione del modo di resistere di alcune parti delle costruzioni, come i correnti delle travature reticolari costruite senza articolazioni e reggenti carichi anche fuori dei nodi; come le piastre rinforzate da due sistemi di nervature che si incrociano collaborando nella resistenza ai carichi ripartiti su di esse; come le rotaie dell'armamento ferroviario che, sull'esempio dello Zimmermann, si studiano come travi continue ad infiniti appoggi elasticamente cedevoli.

Come è noto, furono già ideati due procedimenti grafici per risolvere questi sistemi:

Il 1°, dovuto al Müller-Breslau di Berlino, conduce al tracciamento delle linee d'influenza delle reazioni degli appoggi sovrabbondanti, combinando insieme le curve elastiche della trave principale per le varie ipotesi di carico, corrispondenti all'applicazione d'una forza unitaria sulle sezioni degli appoggi soppressi. Il principio sul quale questo metodo si fonda è quello di Maxwell, così fecondo di applicazioni nella moderna Scienza delle Costruzioni.

Il 2° procedimento trovasi svolto dal prof. W. Ritter di Zurigo nel 6° capitolo del suo pregevolissimo trattato sulla trave continua. In esso si scelgono come incognite immediate del problema le posizioni dei punti di momento nullo delle singole campate, supponendo caricata una sola di esse.

Tali punti si deducono l'uno dall'altro con artifici ricavati dalla teoria dell'ellisse di elasticità. Essi permettono il tracciamento immediato del diagramma dei momenti flettenti, per la condizione di carico presa in esame.

L'ing. Vianello ha seguito per la risoluzione del problema questa ultima via; ma si è valso del principio di Maxwell, deducendo un procedimento affatto diverso da quello del Ritter, per quanto parallelo ad esso, un procedimento che partecipa dei vantaggi dei due sopracitati.

La Memoria si può dividere in tre parti. Nella prima, che consta di 4 paragrafi, si espongono le costruzioni per dedurre, procedendo di campata in campata, le rette d'influenza degli abbassamenti e delle rotazioni delle sezioni sovra gli appoggi o sotto i carichi.

Tali rette si ottengono immaginando interrotta in detti punti con tagli la continuità della trave, e supponendo che il carico unitario mobile sia applicato immediatamente alla sezione che si considera per mezzo di un braccio ideale, rigido, che lo sorregge. In questo artificio sta la trovata essenziale del metodo.

In vero le rette d'influenza degli abbassamenti hanno una funzione perfettamente analoga a quella dei *punti fissi* nella teoria della trave continua su appoggi rigidi. Come essi, permettono di tracciare subito il diagramma dei momenti flettenti per le campate scariche, quando sia nota una qualsiasi delle sue ordinate. In unione poi alle rette d'influenza delle rotazioni risolvono del tutto il problema staticamente indeterminato della trave continua con appoggi elasticamente cedevoli, soggetta ad un sol carico concentrato.

L'A. infatti, pur accennando alla possibilità di estendere il suo metodo al caso di una distribuzione qualsiasi di carichi su di una campata, si limita a quello predetto, facendo giustamente notare che lo scopo precipuo di queste ricerche dev'essere il tracciamento delle linee d'influenza delle incognite del problema, di quelle linee che si sono riconosciute ormai come il mezzo di soluzione più generale e soddisfacente d'ogni problema.

Di esse infatti si occupa nella seconda parte, la quale comprende altri 6 paragrafi, e nella quale si impara la costruzione delle linee d'influenza dello sforzo di taglio e del momento flettente per una sezione qualunque, nonché di quelle relative alle reazioni ed ai momenti degli appoggi.

Le dimostrazioni sono, secondo il carattere comune a questi moderni studi di calcolo grafico, di una semplicità somma.

Ma l'artificio non è altrettanto facile ad afferrarsi; e forse la lettura di queste pagine sarebbe riuscita più gradevole se l'A. non si fosse attenuto ad una così scrupolosa brevità.

Segue nella terza parte un esempio illustrato nella tavola annessa, in cui la teoria è applicata ad una trave continua su 5 appoggi, simmetrica rispetto a quello di mezzo e di sezione costante. L'autore, mentre se ne serve a dilucidare i metodi spiegati, vi tratta poi di proposito la questione delle basi di riduzione e della scelta delle scale, appena accennata nell'esposizione precedente della teoria.

La Memoria termina collo studio della trave continua ad infiniti appoggi tutti ugualmente spazati e tutti cedevoli nello stesso grado, secondo un medesimo coefficiente  $k$ , che esprime l'abbassamento dell'appoggio sotto l'azione di un carico uguale ad 1. Vi si deducono per via analitica i due parametri (l'inclinazione  $\alpha$  e l'ascissa del punto di ordinata nulla  $r$ ) che determinano la posizione della retta d'influenza dei cedimenti d'una sezione adiacente ad un appoggio, la qual retta, siccome vedemmo, costituisce l'elemento essenziale del nuovo metodo di calcolo, ed è la chiave d'ogni ricerca.

Per facilitare l'applicazione pratica di queste formole, che servono notoriamente allo studio statico delle rotaie, l'A. ha preparato una tabella numerica, che, per una serie assai estesa di valori del rapporto caratteristico  $\frac{6Ik}{T}$  della trave, fornisce l'inclinazione  $\alpha$  e l'ascissa  $r$  suddette per mezzo di certe loro funzioni, alle quali è applicabile l'interpolazione. Riesce allora facile in ogni caso speciale procedere con questi elementi alla costruzione delle linee d'influenza delle reazioni e dei momenti d'appoggio.

Sotto questo punto di vista tuttavia il campo è già stato sfruttato, poichè le tabelle contenute nell'opera citata del Ritter danno addirittura le ordinate delle linee d'influenza per una serie di valori del rapporto caratteristico.

Concludendo, la presente Memoria dell'ing. Vianello è particolarmente degna d'esser conosciuta, sia per la nuova luce che getta sull'importante problema, sia per la genialità degli artifici, coi quali è dedotto il metodo originale di risoluzione, sia per l'agevolezza con cui può essere applicato ai casi pratici. Agevolezza in gran parte dipendente dall'introduzione di enti come le rette d'influenza, che basta dedurre una volta per tutte per una travatura, e tener presenti, per poter in seguito ricavare con tutta facilità ogni genere di linee d'influenza.

Per queste ragioni il lettore non l'avrà a male se lo abbiamo intrattenuto un po' a lungo sull'argomento, spinti dal desiderio di far conoscere insieme col suo studio anche un pochino l'autore, al quale ripetiamo pubblicamente i nostri ringraziamenti per averci favorito il libro e coi più sinceri elogi facciamo i nostri migliori auguri.

M. PANETTI.

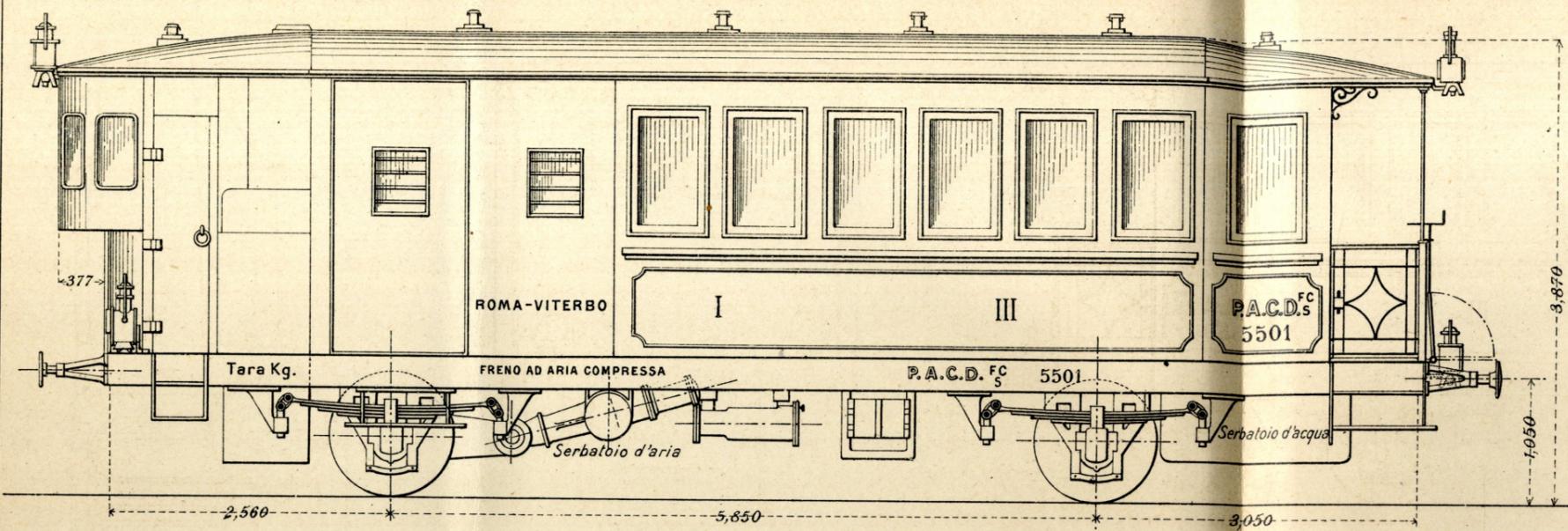


Fig. 1, 2, 3, 4. — Tipo in esperimento per la Roma-Viterbo (Rete Mediterranea).

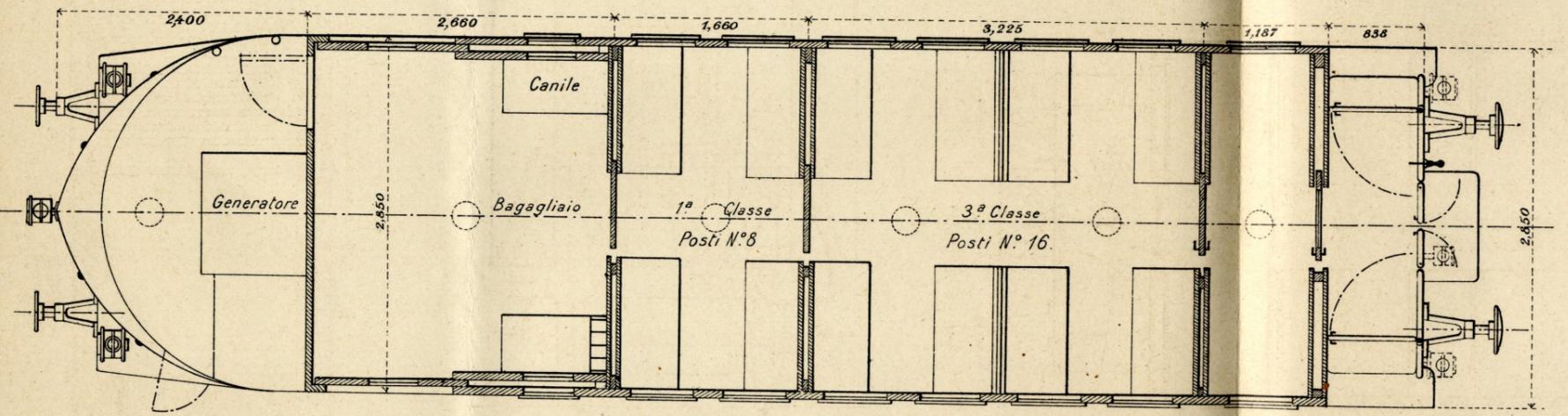


Fig. 5. — Tipo in esperimento della Paris-Lyon-Méditerranée.

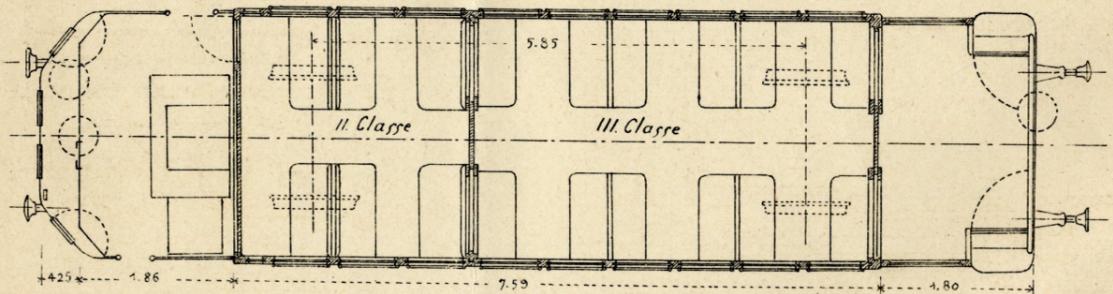


Fig. 6. — Tipo in esperimento della Compagnia dell'Orléans.

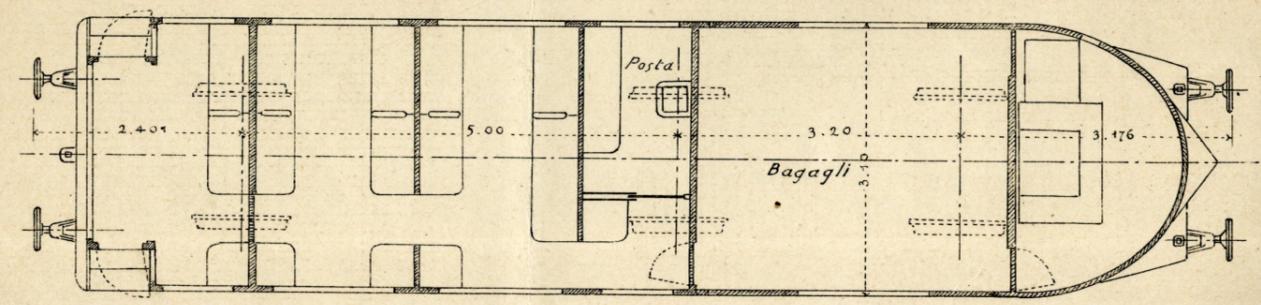


Fig. 7. — Sezione verticale della caldaia.

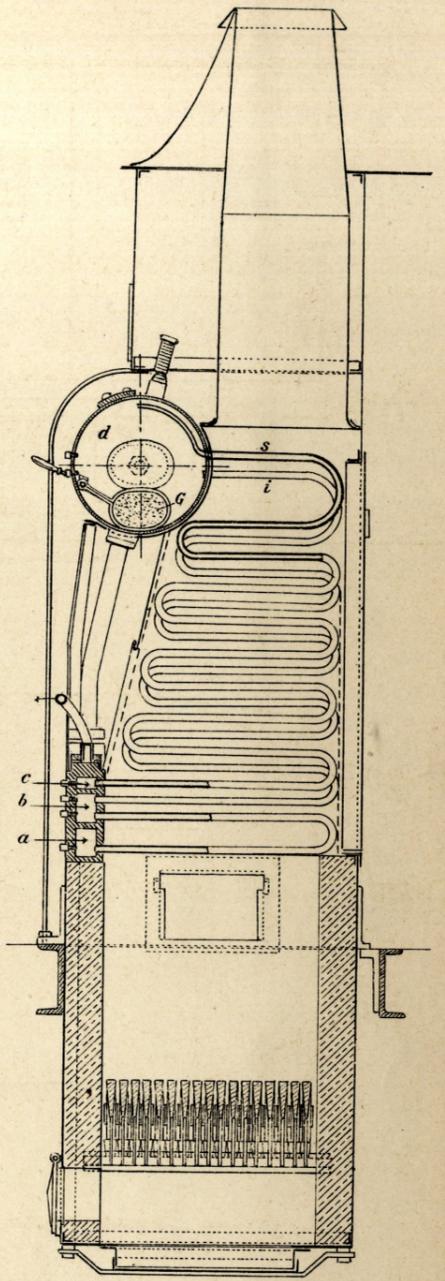


Fig. 8. — Sezione orizzontale del motore.

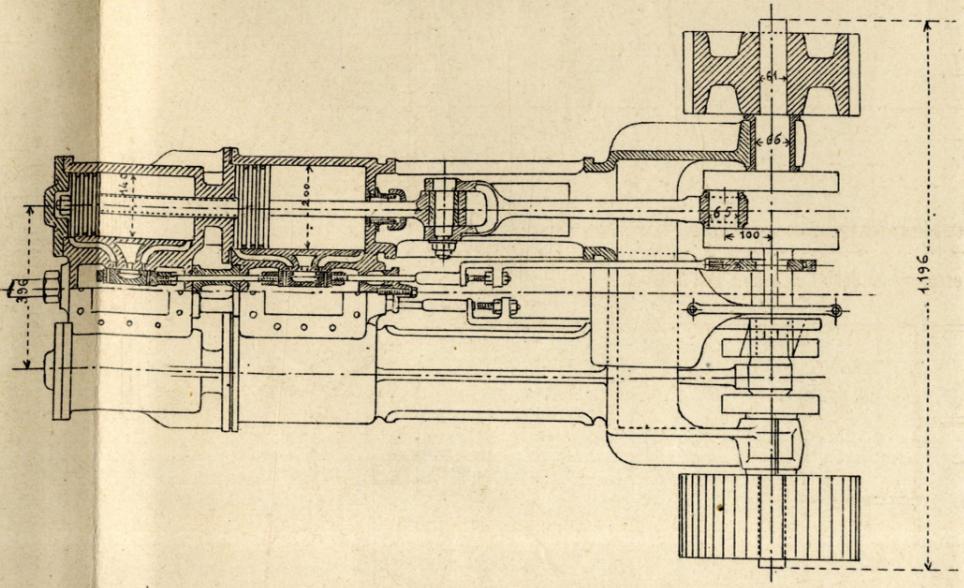


Fig. 9. — Particolare della catena di trasmissione.