

L'INGEGNERIA CIVILE

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

COSTRUZIONI FERROVIARIE

STRADA FERRATA DA CLERMONT-FERRAND A TULLE CON DIRAMAZIONE PER VENDES (FRANCIA)

I. — Origine, concessione e studi.

Veggansi le Tavole XI e seguenti

Nell'anno 1881 venne inaugurato l'esercizio della strada ferrata tra Clermont-Ferrand e Tulle (Francia). La diramazione della medesima per Vendes fu terminata l'anno appresso e venne aperta al pubblico nella primavera successiva.

I primi studi di questa linea rimontano ad una epoca relativamente lontana, e le vicissitudini per le quali dovette passare, furono la causa che la costruzione richiedesse un tempo così lungo. Coll'ultimazione di questi lavori, si può dire che la Francia ha completato la sua rete delle grandi linee, e può ora dedicarsi al rilegamento delle medesime mediante le numerose ferrovie secondarie previste dal progetto Freycinet.

Un semplice sguardo alla carta geografica di Francia (fig. 102) basta per fare comprendere l'importanza della linea in questione, destinata a rilegare Lione, la prima città manifatturiera di Francia, con uno dei principali porti dell'Oceano, Bordeaux, aprendo così una via più diretta fra la Svizzera, la Germania del Sud, l'Austria e l'Ovest della Francia.

Senonchè le difficoltà offerte dal valico delle montagne del Forez e dell'Alvernia, che in quell'epoca si ritenevano, per così dire, insormontabili, spiegano senz'altro le direzioni oblique delle linee costruite precedentemente e che le circoscrivevano. La conseguenza di ciò si fu, che il grande altipiano centrale della Francia, nel punto dove s'incontrano i sei dipartimenti della Creuse, della Haute-Vienne, del Puy-du-Dôme, del Cantal, del Lot e della Corrèze, avente non meno di 160 chilometri di lunghezza dal Nord al Sud e 200 chilometri di larghezza dall'Est all'Ovest, restò immenso quadrilatero, privo di strade ferrate; eppure i bisogni commerciali da soddisfare non mancavano, come lo provano le due grandi strade nazionali che lo attraversano nell'uno e nell'altro senso. Le ricchezze del paese, consistenti in minerali di piombo e di carbon fossile, quest'ultimo con un'estensione di 3352 ettari e capace di fornire 80,000 tonnellate per anno; in calcari, la cui trasformazione in calce favorirebbe in sommo grado la coltura dei terreni granitici del paese; i prodotti agricoli e forestali, ecc., meritavano maggiore attenzione; la costruzione di mezzi economici di trasporto era necessaria per procurare loro quello sviluppo che da tanti anni invano aspettavano, mentre questi vantaggi già erano stati concessi ad altre contrade. Aggiungasi poi che le terme del Mont-Dore e della Bourboule, tanto frequentate dai viaggiatori,

si trovavano appunto nel centro di questo altipiano, e venivano così ad essere di facilissimo accesso.

La linea da Clermont-Ferrand a Tulle aveva dunque un carattere altamente equo per rispetto ad una vasta contrada, priva fino allora di mezzi economici di comunicazione, e nello stesso tempo, dal punto di vista delle comunicazioni generali, presentava un interesse veramente degno di essere preso in considerazione, inquantochè riusciva la linea più diretta fra Bordeaux e Lione, diminuendo di 95 chilometri il tragitto per rispetto al più corto esistente; permetteva inoltre ai carboni nazionali racchiusi in quell'immenso quadrilatero di portarsi a Bordeaux e di farvi concorrenza ai carboni fossili inglesi.

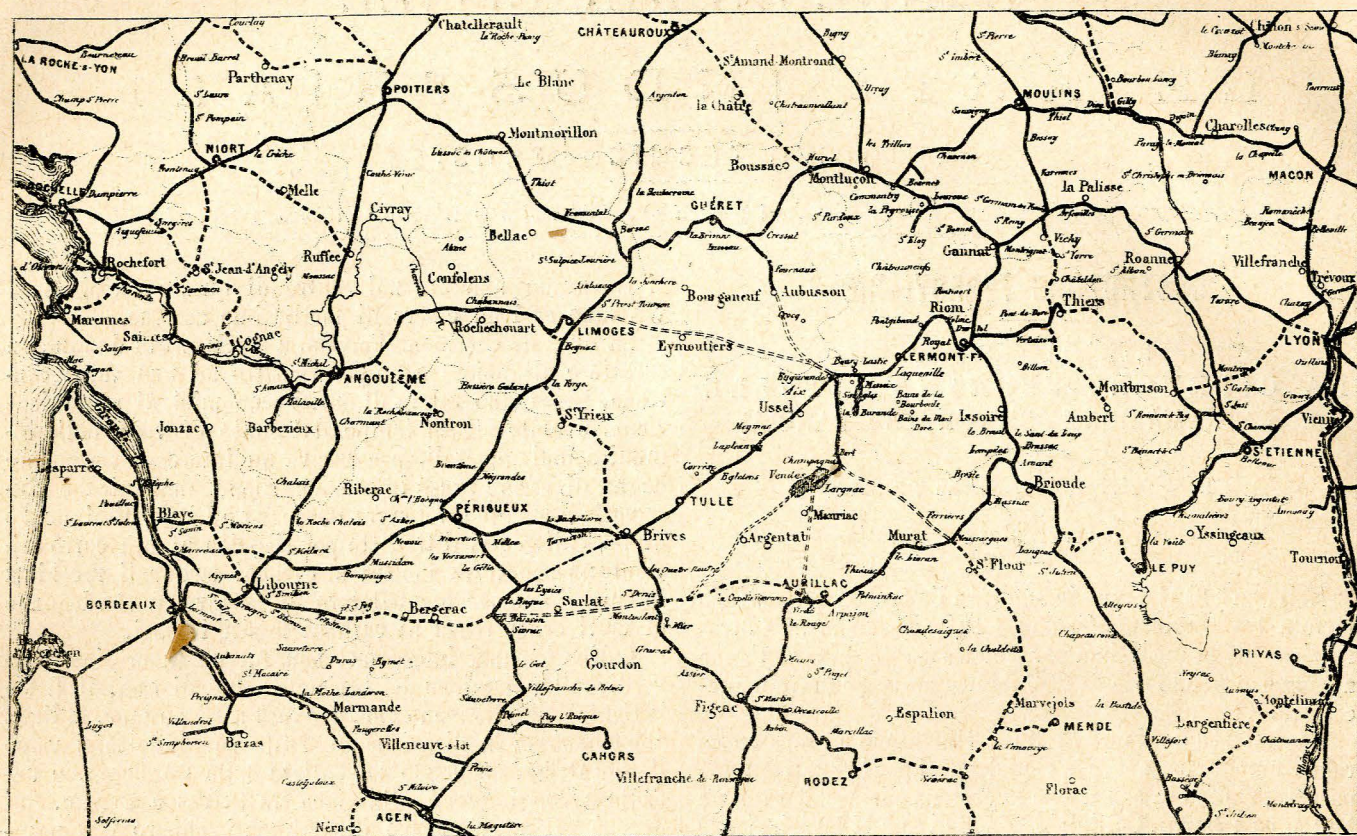
I dipartimenti interessati non furono in origine concordi sulla direzione del tracciato; due di essi, il Lot e il Cantal, desideravano che, arrivata a Eygurande, la linea abbandonasse la direzione di Tulle per inflettersi verso il Sud-Ovest, seguendo la Vallata della Dordogna, e andasse a congiungersi alla linea tra Brives e Figeac. Senonchè gli altri quattro dipartimenti ebbero il sopravvento, ed anche il Consiglio Superiore di ponti e strade adottava il tracciato diretto, di 28 chilometri più corto dell'altro andamento pel tragitto da Lione a Bordeaux. Tuttavia, per tenere conto degli interessi propugnati dagli altri due dipartimenti, si progettò una diramazione da Eygurande a Vendes, dove appunto (in Champagnac) eravi un importante bacino di carbon fossile.

La lunghezza della ferrovia da costruire, compresa la diramazione (53 chilometri), veniva ad essere così di 225 chilometri, e la spesa prevista ammontava a 81 milioni, ossia 360,000 lire per chilometro, così ripartite:

Pel corpo stradale	L. 56,000,000
Per la soprastruttura	» 25,000,000
Totale . . .	L. 81,000,000

Gli studii di massima, dai quali risulta l'ammontare suddetto, erano stati fatti dall'ingegnere De Lépinay, e contribuirono in sommo grado a fare scegliere il tracciato della montagna, quello cioè che divideva quasi esattamente in due parti uguali il gran quadrilatero privo di strade ferrate. Un decreto imperiale del 19 giugno 1868 dichiarò l'utilità pubblica della strada ferrata da Clermont-Ferrand a Tulle, e una legge del 17 luglio seguente ne autorizzava l'esecuzione. Senonchè l'asta pubblica fu ancora ritardata di due anni, onde lasciare il tempo allo Stato di eseguire il progetto definitivo, in base al quale si sarebbe determinato il sussidio che lo Stato concedeva alla Società assumtrice della concessione.

Il progetto definitivo fu eseguito dall'Ingegnere Ferrand nel 1869, e il sussidio dello Stato fissato a un massimo di 42 milioni. Il 18 giugno 1870 l'asta fu bandita; il ribasso doveva avere luogo sulla somma offerta come sussidio dallo Stato e la quale sarebbesi pagata in sedici rate semestrali eguali, a partire dal 15 gennaio 1872, qualora però la Società concessionaria giustificasse



- Strada ferrata da Clermont a Tulle con diramazione d'Eygurande a Vendes.
 Id. da Champagnac a S. Denis a scartamento ridotto.
 Strade ferrate in progetto rilegantisì alla linea di Clermont a Tulle.
 Strada ferrata diretta da Brives a Eysies da studiarsi.

 *Bacini Carboniferi*

Fig. 102.

l'impiego di una somma doppia in acquisti di terreni, in lavori e forniture. Sette Società presero parte all'asta, benchè dieci ne avessero fatta richiesta; quella rappresentata dai signori Narjot de Foucy e compagni, avendo domandato allo Stato il minimo sussidio (27,995,000 lire), fu dichiarata deliberataria.

Senonchè la guerra del 1870 venne tristamente a sospendere ogni altro affare che non avesse una relazione immediata colla medesima, e fu solo nel 1872, nella seduta del 3 agosto, che l'Assemblea Nazionale approvò la aggiudicazione della linea Clermont-Ferrand-Tulle, previo consentimento da parte dei deliberatori che la prima rata del sussidio fosse pagata solo al 15 gennaio 1875, in causa della condizione eccezionale fatta dalla guerra al Tesoro.

Appena ratificato il contratto, la Società deliberataria si accinse a riconoscere il progetto dell'Ingegnere Ferrand completandolo in modo da poter metter mano ai lavori il più presto possibile; questi studi occuparono ancora tutta la annata 1873, e appena terminati, la Compagnia stipulò, il 10 aprile 1874, coll'Impresa Sarlin un contratto di appalto, in base al progetto Ferrand pel corpo stradale e pei lavori d'arte di tutta la linea Clermont Ferrand-Tulle, compresa la diramazione su Vendes, cosicchè si potè dar mano ai lavori nello stesso anno 1874.

Circostanze speciali obbligarono la Società a sciogliere il contratto nel 1877 ed a rimettere il restante dei lavori da farsi ad un'altra Impresa (Radenac e Comp.), sulle basi

di una nuova serie di prezzi. Non ci fermiamo però su queste peripezie per le quali dovette passare la linea, perchè estranee al nostro soggetto: abbiamo solo voluto accennarvi, per giustificare in parte l'apparente longanimità con cui si eseguirono i lavori, giacchè è evidente che tali cose non contribuirono certo ad accelerare la costruzione.

Tuttavia questa fu condotta con prestezza sufficiente per quanto lo permisero le espropriazioni dei terreni, e si riuscì, come già si è detto, ad aprire il primo tronco Tulle-Ussel all'esercizio nel 19 settembre 1880; il secondo tronco e ultimo della linea principale fu aperto nel giugno 1881 e un anno appresso venne inaugurata la diramazione Eygurande, Vendes (fino a Lagnac).

Nel 1878 una nuova legge stabilì che lo Stato acquisterebbe certe ferrovie, e quella di Clermont-Ferrand a Tulle si trovò pure compresa, e fu fissata la somma di 41 milioni da una Commissione arbitrale. La Società restava incaricata di ultimare i lavori del corpo stradale comprendendo anche eccezionalmente i caselli di guardia, mentre lo Stato avrebbe eseguito la posa della via e gli altri fabbricati.

II. — Descrizione della linea.

Il carattere generale di questa strada ferrata non sembra di natura a renderla atta a soddisfare le condizioni richieste da una linea di primo ordine, quale avrebbe dovuto essere per servire al traffico tra Lione e Bordeaux, inquantochè la sua pendenza quasi costante è di m. 0,025

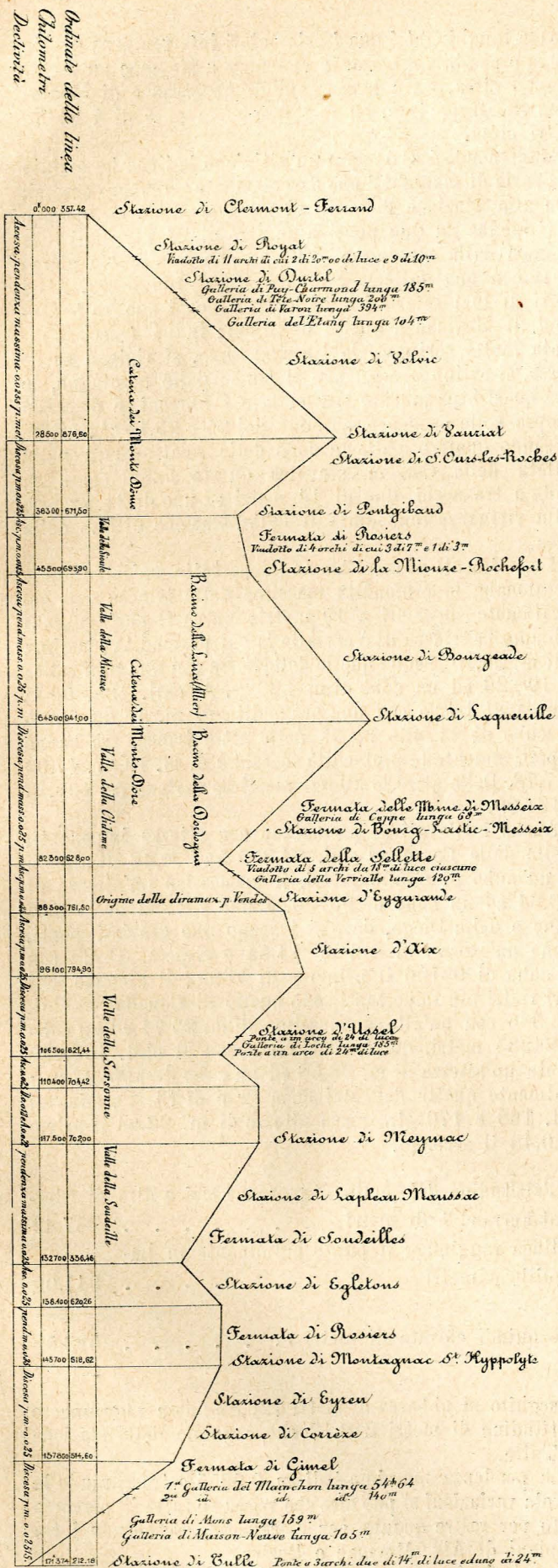


Fig. 103.

e raggiunge in certi punti m. 0,0255; le sue curve sono numerosissime ed hanno sovente un raggio di metri 250. Tanto da Clermont-Ferrand, quanto da Tulle all'uscita si svolge a spira sui versanti delle montagne del Puy de Dôme da una parte e di Corrèze dall'altra, elevandosi costantemente fino a raggiungere lo spartiacqua dei due bacini che si trova a 941 metri al disopra del livello del mare.

Il tracciato è effettivamente quello di una linea di montagna e non vi si potranno creare dei treni rapidi. Tuttavia la linea sarà sempre d'un'importanza capitale pel traffico fra la più industriosa città della Francia, Lione, ed uno dei suoi porti di commercio più importante, e costituirà un elemento vitale per tutto il paese attraversato, che fino allora era rimasto privo di mezzi economici di comunicazione.

La lunghezza totale della linea da Clermont-Ferrand a Tulle è di chilometri 171,374 dei quali 64,500 chilometri si trovano nel bacino della Loira, gli altri 106,874 chilometri in quello della Dordogna, lo spartiacqua è costituito dalla catena dei Monti Dore e nel punto più elevato della linea trovasi la stazione di Laqueuille.

Esaminiamo l'andamento della ferrovia schematicamente, col profilo della fig. 103 senza preoccuparci delle piccole variazioni che non possono interessare i lettori di questo periodico.

La linea si distacca dalla stazione di Clermont-Ferrand dalla parte sud e dopo un breve percorso, piegando verso ovest, gira attorno alla città stessa elevandosi sempre fino a raggiungere il piede dei Monti Dore sui quali, svolgendo in seguito nella direzione nord-est, fino allo spartiacqua che trovasi alla fermata di Vauriat, a metri 876,60 al disopra del livello del mare, ed a 28,500 chilometri dall'origine.

Sulla 1^a parte di questo tragitto si ha una serie di lavori molto importanti, benchè non abbiano tutti un carattere di grandiosità.

Da Clermont a Royat, sui primi 5 chilometri, le espropriazioni dei terreni richiesero una somma favolosa, poichè la maggior parte dei medesimi erano orti e giardini; per mantenere poi le comunicazioni e le servitù d'acqua, si dovettero costruire molti manufatti assai dispendiosi.

La stazione di Royat è importantissima, poichè quivi si hanno delle terme la cui fama non è inferiore a quelle di Vichy e dove il concorso dei forestieri nella stagione dei bagni è senza paragoni.

All'uscita di Royat la linea attraversa una parte del paese sopra un viadotto di 11 archi dei quali 2 con luce di 20 metri ciascuno e gli altri rispettivamente con luci di 10 metri.

Sul tratto successivo fino alla stazione di Volvic i movimenti di terra assunsero delle proporzioni straordinarie: vi è una trincea la cui profondità è di metri 25,20 (quella di Varou); quattro altre di metri 21,80 la prima e rispettivamente 21,50; 21,80 e 20,91 le altre; le rimanenti hanno altezze massime varianti fra m. 10,41 e 17,52.

La trincea più importante formò un cubo di metri cubi 81386.

I rilevati si presentano pure con altezze imponenti; quello di Royat in vicinanza al viadotto ha un'altezza di m. 21,85 ed un cubo di 68600 metri; quello di Volvic un'altezza massima di m. 33,30 ed un cubo di m. 115931; gli altri rilevati di qualche importanza hanno altezze massime che variano fra m. 10,48 e 21,60.

Fra le stazioni di Durtol e di Volvic si hanno quattro gallerie di cui parleremo in appresso. Le stazioni di Volvic e di Vauriat servono alle numerose cave di lava detta ap-

punto di Volvic, eccellentissima come materiale di costruzione e di cui l'intera città di Clermont è costruita.

Dalla stazione di Vauriat la linea, nella direzione di sud-ovest, discende sul versante di una serie di Puys, costituito dalle lave che in tempi preistorici questi vulcani hanno rigettato e raggiunge in vicinanza alla stazione di Pontgibaud la vallata della Sioule che percorre per breve tratto fino all'incontro dell'influente Miousse nella cui vallata s'interna, rimontandola fino a raggiungere lo spartiacqua dei due bacini della Loira e della Dordogna, nella stazione di Laqueuille, a m. 941 al disopra del livello del mare ed a 64,500 chilometri dall'origine.

La stazione di Pontgibaud è una delle più importanti della linea, perchè quivi si trovano delle miniere di argento e di piombo, coltivate da Società inglesi, le quali già prima dell'apertura della linea facevano buonissimi affari, e che in seguito raddoppiarono i loro mezzi di coltivazione e gli attacchi, cosicchè il prodotto è più che triplicato.

La stazione di Laqueuille è quella che fa capo ai bagni della Bourboule e del Mont Dore, a pochi chilometri di distanza, dove nella stagione propizia vi è un concorso di forastieri numerosissimo.

A partire dalla stazione di Laqueuille, la linea discende dall'altipiano dei Monti Dore e raggiunge la vallata della Clidane verso il chilometro 71. Da questo punto il tracciato diventa tortuosissimo e presenta delle difficoltà serie, fino al luogo dove la Clidane s'interna nei massi granitici dell'altipiano di Messeix e di Bourg Lastic separandoli con una profonda valle nella quale riversa le sue acque torrenziali.

Qui il paese assume un aspetto dei più pittoreschi e ci ricorda le vallate delle Alpi Svizzere; la linea segue sempre il *thalweg* del torrente ed è guernita di numerosi manufatti per superare gli ostacoli che la natura le opponeva.

Le trincee profonde, tagliate nei graniti durissimi, si danno la mano mediante ponti arditi costruiti sulla Clidane e formanti così una catena meravigliosa, non interrotta, testimonio della perseveranza e dell'attività della natura umana. Egli è questo certamente il tratto più difficile della linea, e sebbene non vi si incontrino che due gallerie e un viadotto di 5 archi di 18 metri di luce, pure i manufatti minori di 10 a 15 metri di luce e i grandi muri di sostegno sono così numerosi che si può considerare tutto il tronco come un manufatto unico.

Fra le molte trincee, una, quella della Clidane, è di triste ricordanza, avendo costato la vita a parecchi operai e causato all'Amministrazione dei dispiaceri gravissimi.

Le stazioni di Messeix e di Bourg Lastic sono destinate a raccogliere i carboni fossili che le miniere di Messeix forniscono in quantità e che ora vanno ad inondare il mercato di Bordeaux facendovi concorrenza ai carboni inglesi.

In vicinanza alla fermata della Sellette, la linea abbandona la vallata della Clidane per internarsi in quella del Chavanon che percorre su breve tratto, attraversando il fiume sul viadotto già menzionato, indi trafora la montagna di Merlines e va a raggiungere dall'altra parte la stazione di Eygurande, dove si distacca la diramazione per Vendes.

Da Eygurande in poi la linea percorre l'altipiano centrale della Francia, si eleva alquanto, fino a 3 chilometri al di là della stazione di Aix, indi attraversando successivamente le vallate della Sarsonne e della Soudeilles va a raggiungere quella della Corrèze dove appunto si trova Tulle, a circa 582 metri più in basso.

Due lunghi tratti quasi orizzontali interrompono questa lunga e penibile discesa, in vicinanza a Meymac su 7 chilometri circa, e fra le stazioni di Egletons e di Montagnac St. Hyppolyte, su una lunghezza pure di 7 chilometri circa.

Mantenendosi così sopra un altipiano la linea ha evitato una serie di manufatti che diversamente sarebbero occorsi; solo alla stazione di Ussel si attraversarono la Diege e la Sarsonne su due ponti a un arco di 24 metri di luce separati dalla montagna di Loche, che la ferrovia attraversa con una galleria di metri 185 di lunghezza. Altri ponti di luci inferiori a 15 metri s'incontrano fra le stazioni di Meymac e quella di Gimel; indi il tracciato diventa molto tortuoso, la linea si torce, si ripiega su se stessa, si sviluppa seguendo il fianco delle montagne, le gira quasi bruscamente per evitare i burroni, e discende sempre colle pendenze massime del 25 e 25,15 ‰, attraversando quattro gallerie dopo delle quali arriva nella vallata della Corrèze, scavalca questo fiume sopra un ponte a tre archi, due di 14 metri ed uno di 24, proprio nella vicinanza immediata di Tulle, stazione ultima della linea.

I movimenti di terra hanno dappertutto un'importanza eccezionale, le profondità massime delle trincee sono generalmente superiori a 10 metri; verso il chil. 83,600 abbiamo la trincea di Vervialle la cui profondità massima è di m. 25,19; segue quella della Serra con una profondità di 19^m,26 ed un cubo di m. 92386. Al chil. 105,800 la trincea di Loche con una profondità di m. 15,60 formò un cubo di 117425 metri, delle altre trincee tre hanno rispettivamente le profondità massime di m. 19,87, 17,00 e 17,78. Delle altre le altezze massime variano fra 10^m,13 e 18^m,00.

Anche i rilevati si presentano con altezze imponenti, quello della Baume al chil. 84,200 ha 23^m,48 di altezza ed un cubo di 65500 metri, il successivo un'altezza di 30^m,64 ed un cubo di 90700. I due rilevati della Sarsonne e della Diege, dove si trovano due graziosi ponti, hanno un'altezza di soli m. 14,54 e rispett. 15,89 con un cubo di 93190 il primo e di 73992 il secondo. Gli altri rialzi più importanti sono quello di Couadan al chil. 133,386 con un'altezza massima di m. 25,71 ed un cubo di 84235 metri, quello del Mainchon al chil. 162,427 avente un'altezza di m. 38,58 ed un cubo di 100727 m.; finalmente quelli del Mainchon 2° e di St. Calmine ai chil. 160 e 170 circa, con altezze di m. 22,54 il primo e 20,45 il secondo.

L'altitudine del punto di partenza cioè a dire di Clermont-Ferrand è di metri	357,42
la linea raggiunge il punto culminante in Laqueuille a metri	941,00

si è quindi elevata di metri	583,58
--	--------

in seguito si abbassa di metri 728,82 fino a raggiungere l'altitudine di metri 212,18 che è quella della stazione di Tulle.

La pendenza massima è di m. 0,0255 e trascurando le piccole variazioni si può dire che regna su tutto il percorso tanto per salire quanto per discendere, escludendo i tre altipiani di Aix, Meymac e Rosier.

Le stazioni sono in numero di 19 e 6 fermate, non contando le stazioni di Clermont-Ferrand e di Tulle, come si scorge dal profilo longitudinale (fig. 103).

Diramazione per Vendes.

Il tracciato della diramazione per Vendes si stacca dalla linea principale alla stazione di Eygurande, s'infilette a sinistra (a mezzogiorno), e si sviluppa sul versante destro del torrente Chavanon raggiungendo il fondo della vallata verso le fornacia calce di Gioux nel dipartimento di Corrèze. Continua su questo stesso versante fino al molino di Grange, dove mediante un ardito ponte di 3 archi passa sulla riva sinistra del Chavanon nel dipartimento del Puy-de-Dôme. Segue questa riva fino al punto di confluenza fra il Chavanon e la Dordogna a circa 13500 metri dall'origine, quivi ritorna sulla riva destra nel dipartimento di Corrèze mediante un ponte obliquo di 20 metri di luce.

Continua in appresso svolgendosi sempre sullo stesso versante fino alla stazione di Bort che raggiunge scavalcando la Dordogna mediante un ponte a due archi.

A partire dalla stazione di Bort che è a 33 chilometri dall'origine continua per breve tratto nella stessa vallata della Dordogna, indi l'abbandona e passando con un ponte grandioso a tre archi l'influente Rhue s'interna nella vallata della Sumène che segue fino a Lagnac.

In questo breve tratto si trovano le miniere di carbon fossile di Champagnac, vasto bacino, la cui produzione dall'apertura della linea si è quadruplicato.

A Lagnac la linea si è fermata perchè dopo l'acquisto che ne fece il Governo il tracciato fra Lagnac e Vendes della Compagnia, potrebbe venire modificato, per cui la diramazione su Vendes resta interrotta in questo punto.

La linea ora descritta ha un interesse tecnico sui primi 30 chilometri fra Eygurande e Bort; poichè le due vallate del Chavanon e della Dordogna sono strettissime, ed hanno dei versanti ripidissimi, il che ha obbligato alla costruzione di una serie di muri, i quali non vengono per così dire interrotti che dai ponti e dalle gallerie.

Tre gallerie si succedono nell'immediata vicinanza del primo ponte sul Chavanon, altre tre nelle adiacenze del secondo ponte così che sul breve percorso di 6 chilometri circa, si incontrano 6 gallerie e due ponti importanti. Verso il chilometro 18,500 si ha pure un ponte di 14 metri di luce ed un traforo di 241^m,70 di lunghezza.

Al di là di Bort il numero dei manufatti diminuisce, ed i lavori hanno un'importanza relativamente piccola, ad eccezione del ponte sulla Rhue a tre archi, dei quali l'arco centrale ha una luce di 30 metri, non s'incontrano manufatti di luce superiore a 10 metri.

I movimenti di terra sulla prima parte del tracciato furono considerevoli, le trincee che presentarono la massima profondità sono quelle delle gallerie che raggiungono quasi tutte i 22 metri; delle rimanenti, due hanno altezze massime di 21,42 metri e 18,00 rispettivamente, nelle altre le profondità massime variano fra 10^m,64 e 16,89.

Al di là di Bort, sebbene vi siano diverse trincee lunghissime, tuttavia la loro profondità è relativamente piccola, mai superiore a 10 metri, e la natura delle terre invece di essere granitica come nella prima parte è costituita da terreni alluvionali di facile escavazione.

Le pendenze sono pure regolari, e se eccettuiamo i primi 5 chilometri, dove si è dovuto adottare il 25 0/100 per discendere dall'altipiano di Eygurande nella vallata del Chavanon, tutto il resto si svolge con pendenze inferiori al 10 0/100; in 4 soli tratti verso i chil. 16, 19, 25, e 41 si ha la pendenza del 12 e 14 0/100; ed eccezionalmente su brevissimo percorso ai chil. 29, 37 e 45 si è dovuto introdurre il 22 e 23 0/100 allo scopo di diminuire i movimenti di terra.

Le stazioni sono in numero di 7 non compresa una fermata; le stazioni sono Savennes, Singles, Port-Dieu, Mialet,

Bort, Saignes e Lagnac; la fermata è quella di Champagnac.

La lunghezza totale della diramazione eseguita è di chil. 48,723, l'altitudine del punto di partenza è quella della stazione di Eygurande sulla linea principale, vale a dire m. 713,30 al disopra del livello del mare; la linea nel suo percorso va sempre discendendo fino a raggiungere la quota minima a pochi metri di Lagnac dove ha l'altitudine di m. 408,93; si è quindi abbassata di 304^m,37 sul suo percorso. La stazione di Lagnac si trova alla quota di 410,98 metri.

III. — Pendenze e curve.

Per farci un'idea delle pendenze e della loro distribuzione sulla linea principale e sulla diramazione, abbiamo riassunto gli elementi principali nei quadri seguenti:

L I M I T E DELLE PENDENZE	IN DISCESA		IN ASCESA	
	Lun- ghezza	Rapporto in p. 0/100 alla lunghezza totale	Lun- ghezza	Rapporto in p. 0/100 alla lunghezza totale
	metri		metri	
<i>Linea principale</i>				
Da 0,000 a 0,010 inclus.	9050,42	0,053	10810,12	0,063
Da 0,010 a 0,015 id.	7337,05	0,043	5487,42	0,032
Da 0,015 a 0,020 id.	8189,63	0,048	7974,13	0,046
Da 0,020 a 0,025 id.	38911,67	0,227	43827,01	0,256
Al disopra di 0,025	6457,65	0,037	»	»
Totale	69946,42	0,408	68098,68	0,397
In discesa			69946,42	0,408
Tratti orizzontali.			33329,04	0,195
Totale			171374,14	1,000
<i>Diramazione per Vendes</i>				
Da 0,000 a 0,010 inclus.	9408,55	0,20	1591,00	0,03
Da 0,010 a 0,015 id.	11080,60	0,23	»	»
Da 0,015 a 0,020 id.	1466,23	0,03	1095,00	0,02
Da 0,020 a 0,025 id.	4078,70	0,09	1619,95	0,03
Al disopra di 0,025	672,52	0,01	97,81	»
Totale	26706,60	0,56	4403,76	0,08
In discesa			26706,60	0,56
Tratti orizzontali.			17613,38	0,36
Totale			48723,74	1,00

Dall'esame dei quadri precedenti scorgesi che sulla linea principale le pendenze fra 20 e 25 0/100 regnano su quasi la metà del percorso, vale a dire su 0,483 del medesimo; mentre le pendenze inferiori a 10 0/100 è appena se occupano un decimo della lunghezza totale. I tratti orizzontali costituiscono la quinta parte del tracciato. Benchè il punto culminante si trovi molto più vicino a Clermont-Ferrand che non a Tulle, tuttavia in causa delle vallate da superarsi nella seconda parte, i tratti in discesa hanno presso a poco la stessa lunghezza dei tratti in ascesa.

Sulla diramazione le condizioni cambiano interamente; i tratti orizzontali hanno una lunghezza di più del terzo della linea; le pendenze inferiori a 10 0/100 regnano su più della quinta parte circa della medesima; un'altra quinta parte presenta delle pendenze comprese fra 10 e 15 0/100 mentre le pendenze superiori a 20 0/100 costituiscono appena il decimo del percorso totale.

Il numero delle curve, i raggi e lo sviluppo delle medesime rilevasi dal quadro seguente in cui si sono riuniti gli elementi più importanti.

INDICAZIONE DEI RAGGI	Numero delle curve	Sviluppo totale delle curve	Rapporto colla lunghezza totale
<i>Linea principale</i>			
Fra m. 250 e m. 300 inclusiv ^a	321	58348,22	0,344
Fra m. 300 e m. 500 id.	97	19841,38	0,116
Fra m. 500 e m. 1000 id.	43	10147,84	0,059
Al disopra di m. 1000	2	889,63	0,005
Totale per le curve	463	89227,07	0,521
Rettifili	398	82147,07	0,479
Totale		171374,14	1,000
<i>Diramazione per Vendes</i>			
Fra m. 250 e m. 300 inclusiv ^a	109	19196,00	0,40
Fra m. 300 e m. 500 id.	23	3313,30	0,07
Fra m. 500 e m. 1000 id.	9	1529,55	0,03
Al disopra di m. 1000	1	196,10	»
Totale per le curve	142	24234,95	0,50
Rettifili	142	24488,79	0,50
Totale		48723,74	1,00

Sulla linea principale le curve sono in numero maggiore dei rettifili, e ciò perchè molte si succedono senza essere interrotte da rettifili; questo non avviene però mai, quando due delle medesime hanno flesso contrario; il loro sviluppo è tuttavia presso a poco uguale, poichè mentre le curve costituiscono 0,521 della lunghezza totale, i rettifili regnano su circa 0,479 della medesima. Quello però che sorprende e che certamente è molto sfavorevole alla linea, si è che le curve di raggio compreso fra 250 e 300 regnano su un terzo circa del tracciato; su più di un decimo si hanno curve di raggio fra 300 e 500 e solo su 0,005 del percorso totale si hanno curve di raggio superiore a 1000 metri.

Sulla diramazione per Vendes il numero dei rettifili uguaglia quello delle curve; i raggi di queste sono però nelle stesse condizioni della linea principale, se non più sfavorevoli, poichè si hanno 109 curve per uno sviluppo di 19 chil. circa, ossia i quattro decimi della linea, con raggio compreso fra 250 e 300 metri; 23 curve con raggio fra 300 e 500 e una sola con raggio superiore a 1000 metri.

IV. — Costruzione della linea. — Acquisto dei terreni.

Per le espropriazioni dei terreni necessari alla costruzione della linea, la Compagnia aveva istituito un servizio speciale, il quale ne era esclusivamente incombensato. Si procedette innanzi tutto all'acquisto di quei terreni, pei quali fu possibile un accomodamento amichevole in base agli apprezzamenti che la Compagnia stessa faceva eseguire mano mano da periti accreditati nelle località attraversate dalla strada ferrata; e in questo modo si riuscì ad espropriare la quasi totalità dei terreni, senza incontrare grandi opposizioni dalla parte dei proprietari.

Naturalmente per quelli che accamparono delle pretese fuori di ogni limite, si dovette ricorrere a perizie giudiziarie, le quali venivano eseguite da apposite commissioni composte di periti nominati dai Tribunali di Clermont-Ferrand o di Tulle, e una volta riunite decidevano una serie di casi.

Le somme stabilite da queste Commissioni furono in generale poco diverse da quelle che erano state offerte dalla Compagnia, ad eccezione di quelle della prima sezione Clermont-Royat, dove i prezzi dei terreni acquistati raggiunsero delle somme favolose. In questa sezione il tracciato ha un carattere affatto suburbano o di circonvallazione, la linea si allontana pochissimo dalla città, e la contorna da oriente fino ad occidente, cosicchè attraversa dei giardini e dei vigneti di un valore assai elevato in causa della vicinanza della città. Ciò spiega le somme favolose che la Compagnia ha dovuto pagare.

Noi crediamo però che se si fossero acquistati i terreni anche in questa sezione al principio della costruzione, certamente si avrebbero pagate delle somme inferiori. L'aver lasciato questo tronco fino quasi al momento dell'apertura della linea all'esercizio, produsse un aumento considerevole nelle pretese dei proprietari, le cui proprietà venivano occupate dalla ferrovia.

La legge francese sulle espropriazioni non autorizza la Compagnia ad occupare un terreno, se il proprietario non vi consente, prima che l'acquisto del medesimo abbia avuto luogo; le conseguenze di questa prescrizione furono di grande incaglio all'esecuzione dei lavori, inquantochè non potendosi riunire una commissione di periti per una sola proprietà, si rimandava la cosa fino a che non vi fossero parecchi casi da esaminare, e così i lavori restavano sospesi su diversi punti della linea, con grave nocumento dei medesimi.

Le maggiori difficoltà di questa natura s'incontrarono in quei luoghi dove i terreni acquistati non bastavano, vuoi per effetto di frane avvenute, vuoi per una deviazione di strada non prevista, o per altre circostanze (varianti, ecc.), specialmente se questi si trovavano dentro una zona, dove i prezzi dei terreni pagati differivano di molto tra confinante e confinante; in questi casi era impossibile di ottenere un accomodamento amichevole, e si dovette ricorrere a delle perizie speciali.

Nel capitolato degli oneri, allegato alla Concessione, si era previsto che la Compagnia dovesse acquistare i terreni per l'esecuzione della strada ferrata a due binarii, autorizzandola però a costruire il corpo stradale per uno solo; le opere d'arte dal più semplice chiaviccotto ai ponti più importanti dovevansi eseguire per due binari. I terreni acquistati per questo secondo binario non potevansi destinare a nessun altro uso.

La totalità dei terreni espropriati si può ritenere:

	Ett.	Are
Per la linea principale di . . .	529,60	
Per la diramazione di . . .	169,40	

In tutto 699,00

Il che equivale a ettari 3,09 per chilometro di strada ferrata sulla linea principale e a ettari 3,47 per chilometro sulla diramazione, ossia a ettari 3,17 per le due linee riunite.

La totalità delle somme pagate ammonta:

a L. 3,350,000 per la linea principale,
ed a » 970,000 per la diramazione, ossia

L. 4,320,000 per le due linee riunite.

Il che equivale al prezzo medio di L. 0,63 per metro quadrato sulla linea principale, e a L. 0,57 per metro quadrato sulla diramazione, ossia a L. 0,618 per metro quadrato, considerando le due linee riunite.

Non avendo ancora la Compagnia liquidato i suoi conti col Governo, le cifre suddette devono riguardarsi come

approssimative, non possono però variare di molto, e dal punto di vista tecnico conservano tutta la loro importanza.

Nelle cifre suddette non furono contate le spese generali, le quali, nel momento in cui scrivo, non sono ancora liquidate, esse possono però approssimativamente ammontare a L. 500000, ossia L. 2727,27 per chilometro di linea, o centesimi 7,15 per metro quadrato di terreno acquistato, oppure a 1/8,6 del prezzo medio d'acquisto del terreno.

V. — Sezioni tipo — Costruzione del corpo stradale.

Le norme principali, secondo le quali fu costruita la linea, possono riassumersi come segue:

La larghezza del binario fra le facce interne delle guide venne fissata a metri 1,45; lo spazio da lasciarsi fra due binari a metri 2,00 misurati fra le facce esterne delle due guide vicine; la distanza fra l'orlo esterno delle guide e il ciglio della massicciata 1^m,00, e fra il ciglio stesso e quello della piattaforma stradale nei rettifili di metri 1,16, cosicchè la larghezza totale della piattaforma veniva ad essere di metri 5,90 per un semplice binario; rimanendo alla base della massicciata una banchina di m. 0,50 per la libera circolazione. Con questi criteri venne calcolata la sezione tipo (tav. XI) della fig. 1, la quale servì di norma per tutta la linea nelle parti in rilevato, mentre nelle trincee si adottò la sezione della fig. 2, che è affatto conforme; solo vi si sono aggiunti i fossetti laterali, i quali hanno una larghezza di 0,30 sul fondo ed una profondità di 0,26: la larghezza in gola varia col variare dell'inclinazione delle scarpate.

Siccome sulle opere d'arte importanti e in vicinanza delle gallerie si doveva eseguire il corpo stradale anche pel secondo binario, onde raccordarsi colle medesime, così nelle sezioni tipo delle fig. 1 e 2 e in tutte le altre, di cui diremo in appresso, si trova pure indicato a punteggiature il secondo binario. In questi siti, come si scorge dalle sezioni suddette, la piattaforma stradale ha una larghezza di metri 9,48, e l'intervista è di metri 2,00, il che viene pure conservato nelle curve, ad onta dell'allargamento che subisce il binario.

La piattaforma stradale fu pure eseguita per due binari nei luoghi dove si dovettero aprire delle camere d'imprestito nelle trincee, per completare lo sterro di cui si aveva bisogno, ed anche in quei rilevati dove per abbondanza di sterro si dovettero fare dei depositi; ciò ebbe luogo quasi dappertutto in vicinanza alle gallerie, ed anche dove si manifestarono delle frane considerevoli.

Gran parte delle trincee fra Clermont-Ferrand e Laqueuille si trovava nelle lave e nei basalti; sul resto della linea s'incontrarono moltissimi graniti, per cui lo sterro riusciva dispendiosissimo per la durezza di queste rocce; fu studiata allora una sezione che soddisfacesse alle condizioni del profilo normale senza richiedere uno sterro considerevole. Invece di assegnare alla scarpata della massicciata la sua inclinazione regolare, si costruirono dei muriccioli destinati a sostenerla, come si scorge dalle fig. 3 e 4. In questo modo si arrivò ad ottenere in trincea una larghezza di metri 5,22 per la piattaforma stradale fra i piedi delle scarpate esterne; mentre la sezione tipo (fig. 2) ne richiedeva 6,90. Questa sezione fu pure applicata a moltissime trincee in terra dove c'era la convenienza, vale a dire quando il minor cubo di sterro così risparmiato compensava la maggiore spesa dovuta alla costruzione dei muriccioli, e ciò verificavasi nelle trincee la cui profondità raggiungeva i 6 metri. I muretti di sostegno della massicciata si fecero tutti in muratura con malta, perchè si

aveva avuto l'esempio di quelli a secco, eseguiti sulle linee della Compagnia di Orléans, che si dovettero demolire e ricostruire in malta, non potendosi conservare altrimenti.

Questa sezione (fig. 3 e 4 della tav. XI) riusciva di facilissima applicazione, poichè la pietra si trovava sempre sopra luogo, e fu adottata anche nelle trincee dove si avevano dei muri di sostegno.

L'inclinazione delle scarpate si fece variare a norma della natura dei terreni incontrati; ai rilevati si assegnò quasi generalmente una scarpata con 3 di base e 2 di altezza; quando però essi erano costituiti per la massima parte di pietre provenienti da trincee escavate nella roccia, come fu il caso di quelli compresi fra la stazione di Bourg Lastic e il viadotto sul Chavanon nella linea principale, e fra le gallerie di Randonnière e di Confolent sulla diramazione, si disponevano le pietre alla mano a guisa di muro, assegnandogli uno spessore di metri 1,30 in testa e calcolando lo spessore all'incontro del terreno naturale colla formola

$$s = 1,30 + \frac{a}{5}$$

dove a rappresenta l'altezza del punto in cui si cerca lo spessore, riferita al piano stradale. Il muro a secco continuava per un metro o due nel terreno naturale conservando lo spessore s . La scarpata di questi rilevati era di 1 di base per 1 d'altezza. Nell'interno del rilevato si disponevano pure le pietre alla mano, costituendo dietro il rivestimento un massiccio con uno spessore di metri 1,50 in testa ed una scarpata di 1 $\frac{1}{2}$.

Nelle trincee in terra si assegnò alle scarpate una inclinazione di 1 di base per 1 di altezza; in quelle aperte nei graniti compatti si fecero a $\frac{1}{10}$; e quando la profondità delle trincee era considerevole, ed i banchi presentavano delle fessure e delle alternative con strati di terra o di rocce meno resistenti, si adottarono delle scarpate con 5 di base per 4 di altezza.

La sezione normale della via adottata nei casi in cui il rilevato trovavasi sostenuto da muri di sostegno, è quella indicata dalla fig. 5, dove si è disegnato il tipo da seguirsi quando il muro è munito di parapetti in fabbrica e quello da adottarsi quando il parapetto è in ferro; la luce libera fra il vivo dei parapetti è sempre di metri 4,50 per una via e di metri 8,00 per due binari.

Le dimensioni dei muri venivano calcolate secondo la formola empirica qui appresso; allorché io entrai nel servizio della Compagnia, feci calcolare tutti i muri che rimanevano ancora da costruirsi, seguendo le norme che poi feci conoscere in un lavoro speciale (1).

La faccia verso terra era verticale, all'esterno si assegnava una inclinazione di $\frac{1}{10}$; lo spessore al ciglio facevasi

$$s = 0,25 a,$$

designando con a l'altezza del medesimo al disopra della risega di fondazione; s non doveva però mai essere minore di metri 0,50. La risega facevasi di m. 0,10 nelle fondazioni sulla roccia e di m. 0,25 negli altri casi. Quando il rilevato era costituito di terra, eseguivasi una spugna in pietra a secco dietro il muro, con uno spessore medio di m. 0,50 per un'altezza di 2 metri; se il riempimento era in argilla, si assegnava alla spugna uno spessore di 1 metro a partire dalla profondità di 2,00 metri al disotto del ciglio.

In vari punti della linea si dovette eseguire il rilevato fra due muri; quando l'altezza di questi oltrepassava 5

(1) G. CRUGNOLA. — *Sui muri di sostegno delle terre e sulle traverse dei serbatoi d'acqua.* — Torino, Negro, 1883.

metri, si trovò maggior economia nell'eseguirli a vuoto, rilegandoli con archi a pieno centro ed anche a sesto ribassato.

Quando il muro non si trovava col suo ciglio al livello della piattaforma come nella fig. 5, ma più basso, il rilevato superiore veniva riguardato come un sopraccarico, e conservando lo stesso tipo, si assegnava al ciglio lo spessore

$$s = 0,30 a$$

nei casi in cui l'altezza del rilevato soprastante non oltrepassava i 2 metri, e

$$s = 0,35 a$$

per altezze maggiori; come precedentemente s non doveva mai essere inferiore a $0^m,50$.

Pei muri di sostegno nelle trincee si esaminarono le condizioni di stabilità in ogni caso speciale, e le dimensioni vennero dedotte ogni volta dal calcolo relativo, specialmente là dove si temevano degli scoscendimenti.

Sulla diramazione Vendes moltissimi muri vennero costruiti colla superficie interna parallela a quella esterna, e con una inclinazione di m. 0,20 per metro; per aumentarne la solidità si eseguivano a distanza di 4 metri l'uno dall'altro dei contrafforti di un metro di spessore, a parete interna verticale, terminanti a zero nel ciglio del muro e raccordati col resto del muro mediante superficie a quarto di cono.

I tipi seguiti nei rialzi che avvicinavano i corsi d'acqua e loro derivazioni, variarono a norma dei casi; generalmente però si adottarono i quattro indicati dalle figure 7, 8, 9 e 10; nella fig. 7 il rivestimento della scarpata è in muratura di pietra con malta, nella fig. 8 pure, ma siccome il rialzo si trova alquanto lontano, così per l'appoggio del rivestimento si eseguiva un argine in ghiaia di un metro di spessore in cresta e con la scarpata del $\frac{1}{2}$; la sua superficie raccordavasi posteriormente con una pendenza di m. 0,05 al rialzo della strada ferrata. Alla base del rivestimento si metteva uno strato di pietre da taglio, grossolanamente sbazzate, per meglio assicurarne il piede. La fig. 9 dà un rivestimento a pietra a secco, e la fig. 10 un tipo analogo a quello della fig. 8, ma molto più economico. Al piede dei rivestimenti si mettevano delle scogliere di grosse pietre, che la forza dell'acqua difficilmente poteva smovere. Si esperimentarono alcuni altri tipi, ma quelli delle fig. 7, 8, 9 e 10 sono i tipi che si comportarono meglio e che offrirono la maggiore stabilità.

Il tipo seguito nelle gallerie è dato dalla fig. 6; queste si costruirono tutte per due binari, per cui la luce libera della sezione all'altezza delle guide è di 8,00 metri.

La posizione delle siepi vive e dei fossetti al piede delle scarpate e al sommo delle trincee rilevasi dalle figure 11, 12, 13 e 14. Per difendere le siepi nei primi anni, si eseguì lungo tutta la linea una chiusura in fili di ferro e piccole asticcioline, la sua posizione rilevasi dalle figure suddette; si è collocata al limite della zona di garanzia e si leverà una volta che le siepi saranno cresciute in modo da formare una chiusura permanente.

I movimenti in terra si fecero dappertutto con trasporti su carri tirati da cavalli su strade ferrate provvisorie, solo per la prima trincea della linea, nell'immediata vicinanza di Clermont si ricorse alla forza del vapore e lo sterro veniva trasportato dalla Società delle ferrovie di Parigi-Lione-Mediterraneo, cui serviva per allargare il piazzale della sua stazione.

La distanza media variò nelle diverse sezioni; in quattro punti della linea si ebbero perfino dei trasporti ad una distanza media di 800 metri, i quali furono causa di diffi-

coltà nella liquidazione finale, poichè l'Impresa pretendeva che per questi fosse pagato due volte il cubo, come era previsto nel capitolato d'appalto, qualora però il detto trasporto fosse stato autorizzato.

Le difficoltà di sterro furono moltissime e per vincerle si provarono diversi metodi; in moltissime trincee si incontrarono rocce durissime: la linea attraversa da Clermont a Laqueuille una regione vulcanica, solcata da correnti di lava di un'estensione considerevole, le quali in vicinanza a Pongibaud assumono delle dimensioni meravigliose. Al di là di Laqueuille ci troviamo in un terreno granitico fino a Eygurande, indi seguono alcuni terreni alluvionali fino ad Egleton, dove incominciano di nuovo i graniti, più o meno schistosi e misti coll'amfibolo; in alcune trincee della sezione di Tulle si è trovato l'amfibolo puro, in altre il quarzo.

Nelle trincee della sezione di Tulle all'estremo della linea e in alcune di quelle della sezione di Volvic presso Clermont si adottò il sistema così detto inglese, consistente ad attaccare lo sterro per mezzo di una galleria, le cui dimensioni devono essere tali da permettere una circolazione libera di carri su ferrovia provvisoria; di tratto in tratto si aprivano superiormente dei pozzi, attraverso i quali caricavansi i carri nella galleria inferiore; mano mano che la stessa procedeva, i pozzi allargavansi a guisa d'imbuto, fino a toccarsi reciprocamente colle loro periferie; in allora rompevasi il cielo della galleria e si abbattevano i massicci laterali alla medesima.

La prima trincea attaccata con questo sistema fu l'ultima della sezione di Tulle al chilometro 170,567 circa; la sua lunghezza fra i punti di passaggio era di metri 255 e la profondità massima sull'asse di m. 17,78; il cubo totale non era che di 41724 metri. L'Impresa aveva scelto questo sistema per evitare di costruire una strada di cui aveva bisogno per gli ammanimenti da eseguirsi per la costruzione di un grandioso manufatto. Trovatone qualche vantaggio applicò il medesimo sistema alle trincee di St. Calmine, del Mainchon e ad altre ancora con profondità e cubo molto maggiore. Nella sezione di Volvic, le trincee eseguite con questo sistema furono quelle di Tête-Noire (profondità $21^m,50$, cubo 27821 metri), di Varou (pr. 25,50, cubo 81386 metri) ed altre ancora.

Nella prima delle trincee suddette si praticarono 6 pozzi, il trasporto medio doveva effettuarsi ad una distanza di 200 metri, fu terminata in 61 giorni; il che equivale a circa 684 metri cubi al giorno, cifra abbastanza considerevole.

Dalle osservazioni fatte durante l'esecuzione delle trincee suddette e da me raccolte spogliando il giornale dei lavori tenuto dagli aiutanti incaricati della sorveglianza, si può concludere che i vantaggi realizzati con questo sistema consistevano in una gran rapidità nel lavoro; il che permetteva d'immobilizzare meno materiale e diminuiva gli interessi del capitale di costruzione.

La piattaforma stradale veniva eseguita immediatamente secondo il profilo longitudinale, per cui il binario provvisorio veniva messo in modo quasi definitivo e non necessitava degli spostamenti e abbassamenti continui. Lo sterro caricavasi con paleggiamento orizzontale o verso il basso, mai in elevazione; i trasporti colla carriuola erano brevissimi, e i punti d'attacco per lo sterro si moltiplicavano a norma del numero di operai di cui si disponeva, cosicchè potevasi mettere in servizio un numero di carri a volontà.

Un'altra osservazione di molta importanza si è che le acque di infiltrazione smaltivansi con molta facilità lungo una cunetta laterale al binario provvisorio, e quindi gli

strati superiori si asciugavano prontamente anche dopo piogge fortissime, cosicchè fu sempre possibile di lavorare nelle trincee attaccate col sistema inglese anche quando, per effetto di piogge torrenziali, le acque duravano fatica a smaltirsi nelle altre trincee.

I vantaggi enumerati venivano però in parte diminuiti dalle maggiori spese richieste per l'apertura della galleria, e questo costituisce appunto il rovescio della medaglia di questo sistema. Nelle trincee dentro la terra, era necessario di puntellare e di eseguire delle armature come nel caso di una galleria; in quelle aperte nella roccia, lo scavo era difficile e costoso; tuttavia quando il cubo da escavarsi dopo aperta la galleria è grande, le spese suddette si ripartiscono su un numero di metri considerevole, e tanto maggiore sarà quel cubo, tanto minori risulteranno le spese.

Perchè adunque il sistema inglese torni vantaggioso è d'uopo che la trincea abbia una certa profondità, e venga aperta su una grande larghezza; infatti i vantaggi furono maggiori là dove occorrendo delle terre pei rilevati, si dovette eseguire la trincea pel doppio binario, considerando la maggiore larghezza come camera d'imprestito.

Per assegnare un valore in denaro a ciascuno degli elementi precedenti, ho esaminato la natura dei terreni ai quali può convenire l'applicazione del sistema inglese, nonchè le profondità e i cubi delle trincee che costituiscono il limite di separazione fra il sistema suddetto e gli altri a cielo aperto ordinariamente usati. Ho diviso il cubo totale in due parti, quello escavato in galleria o nei pozzi, e l'altro escavato a giorno, e calcolando in numeri i vantaggi ottenuti, ho preparato delle tavole destinate a servire di caposaldo nello studio della questione. Dimodochè basterà applicare ai numeri delle tavole i prezzi locali dove il lavoro deve eseguirsi, per rendersi conto, in ogni caso, se sia o no conveniente di adottare il sistema inglese od uno di quelli ordinariamente usati. Non è qui il luogo di pubblicare le dette tavole, che farò conoscere più tardi in un lavoro speciale, per ora mi limito a dare qui appresso, alcune conclusioni affatto generali che risultano dalle tavole suddette, e che potranno riuscire utili ai miei colleghi, perchè sono il risultamento di osservazioni pratiche, sanzionate dall'esperienza.

Perchè il sistema inglese riesca più vantaggioso degli altri in una trincea avente una lunghezza maggiore di 100 metri ed aperta per un sol binario, è d'uopo che la profondità della medesima sia superiore ad 8 metri; per una profondità di 10 metri è vantaggioso nei terreni non troppo duri, e l'economia per rispetto agli altri sistemi può valutarsi a circa 1550 lire per ogni 100 metri di lunghezza di trincea.

Per una profondità di 12 metri riesce già più vantaggioso in tutte le nature di sterro, eccettuata la roccia durissima, da escavarsi colla polvere; l'economia raggiunta per rispetto agli altri sistemi è di 7900 lire per uno sterro facile, e discende a 5900 per un terreno più duro e a 1550 per la roccia di facile escavazione mediante la polvere.

Oltre i 12 metri di profondità, i vantaggi aumentano sempre; a 20 metri p. es., il sistema riesce vantaggioso in qualunque natura di sterro, ma l'economia ottenuta, per rispetto agli altri sistemi e per ogni 100 metri di lunghezza di trincea, va diminuendo da 18000 lire a 16000, ecc., fino a 500 lire, secondochè il terreno non è duro, un po' più duro, ecc., fino alla roccia difficilissima ad essere escavata colla polvere.

Nelle trincee a doppio binario il sistema è di una volta e mezza più vantaggioso in causa della maggior larghezza e del maggior cubo sopra uno spazio relativamente più limitato.

Un altro modo originale di escavazione fu applicato in una trincea importantissima della Sezione di Bourg-Lastic, nella trincea della Clidane; l'apertura che si eseguiva non era per la via, ma per un torrente detto la Clidane che veniva deviato lateralmente al corpo stradale.

La trincea aveva più di 25 metri di altezza, ed elevavasi a picco; siccome trattavasi di un granito durissimo, così si era creduto di evitare la massima parte dello sterro aprendo una galleria; il Consiglio Superiore dei lavori pubblici non volle però approvare questo progetto temendo che nelle epoche di piene, le acque della Clidane non riuscissero a passare per la galleria progettata; si divisò allora di escavare una specie di galleria aperta sul davanti, vale a dire, con un solo piedritto, e col cielo in acollo. Il lavoro fu difatti cominciato in economia, ma quando stava per finire, uno scoscendimento costò la vita a parecchi operai e fece abbandonare questo progetto pericoloso.

Rilevati.

I rilevati anche i più alti furono generalmente eseguiti su buoni terreni; nei luoghi in pendio si praticarono dei gradini rovesciati per ritenere le terre; quello solo di Quadan nella sezione di Egletons (al chil. 133, 386) ebbe a presentare delle difficoltà non poche per essere il sottosuolo poco resistente.

Anche nella deviazione per Vendes vi è una parte della linea, fra la Rhue e Lagnac (l'ultimo tratto) dove l'esecuzione dei rialzi obbligò a prendere delle precauzioni speciali in causa della natura torbosa del terreno; le disposizioni adottate variarono a norma dell'altezza del rilevato da eseguirsi.

Quando l'altezza era piccola si preferì di levare via lo strato torboso sulla larghezza corrispondente a quella della piattaforma stradale e di sostituirvi un interro di buona natura; la profondità dello strato non era considerevole, fra i due e i tre metri, sotto s'incontrò sempre un terreno sabbioso abbastanza consistente. In tal modo si riuscì a dare un buon assetto al corpo stradale e si evitarono i rigonfiamenti laterali, i quali certo si sarebbero prodotti se si avesse eseguito il rialzo sul terreno naturale e ciò con grave disturbo nel regime delle acque d'irrigazione e nei canali di prosciugamento esistenti.

Quando invece l'altezza del rilevato era di parecchi metri, lo scavo nel terreno naturale fu limitato alla profondità di un metro, le terre che vi si ammonticchiavano comprimevano quello che ancora rimaneva di terreno torboso, dandogli così la compattezza necessaria e senza provocare alcun rigonfiamento laterale. Quest'ultimo modo però diede luogo a vari inconvenienti; al passaggio dei primi convogli carichi di ghiaia per la massicciata, il rialzo si assettò in vari punti, mentre dove era stato eseguito nel primo modo non si mosse affatto. Dopo di avere completato con ghiaia l'interro mancante per effetto dell'assetto avvenuto, non si manifestò più movimento alcuno. In vicinanza ai manufatti si asportava sempre la terra completamente e vi si sostituiva della buona sabbia.

Lavori di consolidamento.

I lavori di consolidamento furono molteplici e svariati assai, a seconda dei casi; i più importanti si eseguirono nelle trincee delle Bomes (alla progressiva 7,162), della Sellette (alla prog. 81,800), di Vervialle (alla prog. 83,600), ed in altre poche ancora; per questi lavori le spese oltrepassarono quasi sempre le cento mila lire in ciascuna trincea; il che dà un'idea dell'importanza dei medesimi; essi furono eseguiti direttamente dalla Compagnia, in economia, e meritano di essere esposti in un lavoro speciale,

che forse pubblicherò più tardi, se i doveri della mia carica me lo permetteranno. Nelle cifre che daremo nel seguito di questo lavoro non figurano quindi nè come quantità, nè come somme.

Importanza dei movimenti di terra.

Il cubo totale dello sterro eseguito per la strada ferrata, comprese le camere d'impresito, esclusi però i sotterranei, le deviazioni, le derivazioni e ogni altro scavo per opere d'arte, ecc., ammonta:

Per la linea principale a . . .	M ⁱ cubi 4608257,12
Per la diramazione Eygurandes-Vendes	» 1095690,64

TOTALE Mⁱ cubi 5703947,76

ossia per metro corrente della linea principale M ⁱ cubi	26,89
e per la diramazione	» 22,49
e per metro quadrato di piattaforma, sulla	
linea principale	» 4,55
e sulla diramazione	» 3,81

Sulla linea principale i lavori furono incominciati da una Impresa e rimessi in seguito ad una seconda Impresa, per avere scisso il contratto colla prima; questa seconda Impresa subentrò alla prima per tutti i lavori della linea, ed anche per quelli da eseguirsi sulla diramazione, che non erano stati da quella ancora principati. Nel prezzo dei movimenti di terra convenuto colla prima Impresa si comprendeva la regolarizzazione delle scarpate, mentre colla seconda Impresa la serie dei prezzi prevedeva che si pagasse a parte. La totalità delle superficie regolarizzate non si è quindi calcolata, ma solo quella eseguita dalla seconda Impresa, il cui costo ammontò a L. 50836,08.

Sulla diramazione per Vendes si spesero per lo stesso articolo L. 35486,21.

Il Capitolato permetteva all'Impresa di estrarre dalle trincee tutti quei materiali che le potevano occorrere nella costruzione dei manufatti a condizione però, che il cubo così distratto venisse sostituito da un cubo equivalente di sterro. L'Impresa si prevalse largamente di questo diritto; nei luoghi però dove i materiali si prestavano facilmente all'estrazione, aprì lateralmente alle trincee e in continuazione delle medesime apposite cave, per le quali espropriò di propria iniziativa il terreno all'uopo.

Nella liquidazione dei conti, interpretai l'articolo del Capitolato suddetto nel senso che il cubo di materiale estratto doveva dedursi dallo sterro eseguito poichè si erano calcolati gli sterri all'impresa misurando tutti i cavi eseguiti. Per conseguenza, nel valutare le somme relative agli sterri fatti ho dedotto i cubi seguenti:

Per la linea principale M ⁱ cubi	145484,27
Per la diramazione Vendes »	54066,37

In tutto Mⁱ cubi 199550,64

L'ammontare totale dei movimenti di terra, tenuto conto delle regolarizzazioni delle scarpate e dedotti i materiali utilizzati dalle due Imprese, risulta quindi:

Per la linea principale L.	13742221,36
Per la diramazione »	2472887,01

In tutto L. 16215108,37

ossia L. 2,98 per metro cubo sulla linea principale, e L. 80,188 per metro corrente di linea; sulla diramazione

per Vendes L. 2,25 per metro cubo e L. 50,753 per metro corrente di via.

Siccome la liquidazione pende ancora adesso innanzi ai tribunali, per diversi reclami presentati dall'Impresa, così le cifre suddette e quelle che si daranno in appresso, non devono considerarsi che quali valori approssimativi.

VI. — Gallerie.

Linea principale.

Dovendo la linea elevarsi tanto da Clermont quanto da Tulle, per raggiungere l'altipiano che si trova a sei o settecento metri al disopra del punto di partenza del tracciato, è ovvio che nella faticosa ascesa e discesa le gallerie dovevano essere inevitabili; infatti troviamo il numero maggiore delle medesime quasi all'origine della linea, dove essa contorna a guisa di spira la gran catena dei Puys, ed alla fine dove discende la montagna dirupata al cui piede serpeggia la Montane, in vicinanza a Tulle.

Le gallerie della linea sono in numero di 18, delle quali 7 appartengono alla diramazione Eygurande-Vendes e le altre alla linea principale; 4 delle medesime: Puy Charmont, Tête Noire, Varou e L'Etang si trovano in principio fra il chil. 9 e il chil. 14; altre 4, Mainchon 1°, Mainchon 2°, Le Mons e Maison Neuve alla fine fra i chil. 161 e 166 e le altre sono ripartite quasi nel centro della linea; la Ceppe e la Vervialle nelle gole della Clidane, e Loche sull'altipiano di Ussel, fra due graziosi viadotti, l'uno sulla Diege, l'altro sulla Sarsonne.

Le gallerie della diramazione si trovano tutte comprese fra i chil. 8 e 18 nella stretta vallata del Chavanon.

Le gallerie (di cui si danno nella tavola XII i disegni-tipi) sono tutte eseguite pel doppio binario, la loro linea d'intrados è tracciata con un raggio di 4 m., col centro a 2 m. al disopra delle rotaie, cosicchè l'altezza libera dal vertice alle rotaie è di 6 m. La larghezza fra i piedritti è quindi di 8 m. e si mantiene costante fin dove incomincia la curva del volto.

I rivestimenti si fecero dappertutto per la calotta, mentre in alcune gallerie si tralasciarono i rivestimenti dei piedritti in alcuni punti, ma su brevi distanze; lo spessore medio prescritto variò da metri 0,40 a m. 0,55; ed era costituito da conci scalpellati su uno spessore di m. 0,25, il resto in muratura di pietrame ordinario con calce idraulica; là poi dove le filtrazioni erano abbondanti si aggiunse alla malta una certa quantità di cemento. Per alcune gallerie si era previsto eventualmente una platea inferiore qualora si fossero incontrate delle spinte disuguali, ma la natura dei terreni non rese necessaria questa precauzione che in un piccolo tratto della galleria di *Merçœur* sulla diramazione Eygurande-Vendes.

Un tombino longitudinale fu costruito dappertutto onde dare scolo alle acque d'infiltrazione; se ne era previsto uno, lateralmente al piede di ciascun piedritto, ma le acque incontrate non furono tali da rendere necessaria la costruzione di ambedue che in alcune delle medesime. Il tombino venne eseguito in talune gallerie nell'asse del doppio binario, in altre è situato sulla sinistra lungo i piedritti. Di 50 in 50 metri si costruirono delle nicchie di rifugio aventi 2 m. di lunghezza, 1 m. di profondità e m. 2,50 di altezza in chiave; le nicchie furono rivestite in modo analogo alle gallerie. Nelle figure 104 e 105 sono rappresentate il prospetto e la sezione delle medesime.

Le teste delle gallerie furono eseguite molto semplicemente come si scorge dai tipi della tavola XII. Il primo (fig. 1) con muri in ritorno mostra il caso in cui le scarpe della trincea attinente non oltrepassano l'inclinazione di 1[2

Prospetto

Sezione

Scala di 0^m01 per metro

Fig. 104 e 105.

di base per 1 di altezza, l'altro (fig. 2) ha muri in ala e si applica quando le inclinazioni delle scarpate sono maggiori, nel modo indicato dalla fig. 4 se l'inclinazione non oltrepassa i 45°, mentre per inclinazioni superiori a 45°, nei quali casi il tipo descritto avrebbe richiesto una quantità maggiore di muratura, si applica quello indicato con punteggiatura dalla stessa fig. 4. Il plinto, i cunei dell'arco, gli angoli dei piedritti e le copertine dei muri in ala coi rispettivi dadi alla base, dovevano essere in pietre da taglio, il resto in muratura come per l'interno delle gallerie.

Il prezzo convenuto coll'impresa per l'esecuzione delle gallerie era un prezzo medio per metro corrente e per tutte le gallerie, rivestite o no, con uno o due tombini a seconda della necessità, siccome però due imprese si succedettero, così questi prezzi erano di 1900 lire colla prima e rispettivamente di 1700 lire colla seconda, e tenendo conto dei rispettivi ribassi di 1,5 0/0 e di 10 0/0 si riducevano a 1871,50 e rispettivamente a 1530 lire. In essi si comprendevano le teste, le nicchie, le opere di prosciugamento, di ventilazione, d'armamento, ecc., il trasporto dello sterro nel luogo d'impiego, e il terreno da occuparsi col deposito qualora le terre non potessero mettersi nei rialzi del corpo stradale; insomma tutte le spese accessorie fino ad opera finita. Lo scavo al disopra delle teste, come pure le trincee attinenti, restavano escluse e facevano parte dei movimenti generali delle materie della linea.

Nella fig. 3 della tavola XII si è rappresentata la sezione di una testa di galleria nel caso di muri in ritorno, e nella fig. 4 la stessa sezione pel tipo con muri in ala. Le fig. 5 e 6 indicano le piante dei due tipi, e mostrano il raccordamento del corpo stradale eseguito per un solo binario con la galleria aperta per due binari; in esse scorgesi pure la disposizione seguita nel caso in cui la via unica posata veniva ad avere il proprio asse laterale a quello della piattaforma, o nel caso in cui detto asse si facesse coincidere coll'asse del corpo stradale pel doppio binario, ossia con quello della galleria.

Nelle fig. 7 e 8 si scorge il prospetto del tombino longitudinale della galleria allo sbocco nel fossetto di scolo della trincea, e precisamente nella figura 7 pel tipo con muri in ritorno e nella fig. 8 pel tipo con muri in ala. La fig. 9 dà una sezione del medesimo all'interno della galleria, e finalmente nella fig. 10 si ha una sezione di un gocciolatoio.

Le due prime gallerie di Puy Charmont e di Tête Noire non sono separate fra loro che da un rialzo di

18,12 d'altezza, esse hanno presso a poco la stessa lunghezza, m. 184,50 la prima e m. 198,50 la seconda; e sono ambedue scavate negli schisti granitici; non offrono difficoltà di scavo, ma necessitarono però un rivestimento completo della calotta e dei piedritti con uno spessore medio di m. 0,40. In un solo tratto di m. 18 nella galleria di Puy Charmont a m. 129 di distanza dall'imbocco Clermont si manifestarono delle filtrazioni abbondanti e dei banchi d'argilla; il rivestimento fu qui eseguito con uno spessore di metri 0,70 in media per la calotta e di metri 0,80 pei piedritti.

La galleria di Puy Charmont è tutta in un rettilineo, mentre quella di Tête Noire sbocca dal lato Tulle in una curva di raggio 250 metri su una lunghezza di m. 47,70. Ambedue le gallerie si trovano in pendenza di m. 0,025 e ciò è un male, si avrebbe dovuto diminuire nelle gallerie la pendenza che la linea ha all'esterno, poichè in esse regnando sempre dell'umidità la trazione riesce più difficile. Ambedue le gallerie hanno un tombino a ciascuno dei piedritti. La prima fu incominciata il 3 aprile 1875 e la seconda il 18 maggio dello stesso anno, si terminarono l'una il 4 ottobre 1876 e l'altra il 22 dello stesso mese.

La galleria di Varou fa seguito alle precedenti dalle quali è separata solo dal profondo burrone di Vallettes, dove il rilevato ha una altezza di quasi 34 m., e benchè aperta in un terreno analogo a quello nel quale furono scavate le precedenti, offrì tuttavia maggiori difficoltà delle medesime. Era stata prevista con una lunghezza di 349 metri, e si era attaccata dal lato di Clermont mediante un pozzo a 14 metri dall'imbocco previsto, affine di non essere obbligati di arrivarvi con una galleria a foro cieco su tutta la lunghezza della trincea. Senonchè poco dopo (il 3 aprile 1877), nel momento in cui si stava eseguendo la trincea d'attacco dal lato di Clermont si riconobbe a 24 metri al di qua del punto dove era stato previsto l'imbocco, un banco d'argilla assai grassa, di un metro di spessore, quasi verticale e tagliante l'asse della ferrovia sotto un angolo di 45° circa; tra il banco suddetto e l'imbocco progettato, il terreno consisteva in una roccia granitica poco resistente, assai sconvolta; molti blocchi staccati erano avvolti in uno strato sottile d'argilla saponacea e molto umida, nel quale le acque d'infiltrazione si manifestavano in grande quantità.

È ovvio che sarebbe stato molto imprudente di scavare una trincea con più di 20 m. di profondità sull'asse, in un terreno di questa natura, la galleria fu dunque allungata di 35 metri, e più tardi di altri 10 metri, cosicchè la sua lunghezza totale divenne di 394 metri. Con questo provvedimento si potè incastrare l'imbocco nella roccia solida, e lo strato di argilla sopra accennato non fu messo a giorno. Tale decisione si trovò nel seguito perfettamente giustificata; infatti il 6 maggio 1877 alle 6 del mattino il pozzo d'attacco, che si trovava appunto nel terreno pericoloso, frandò, e 13 operai restarono rinchiusi per una giornata intera nella galleria inferiore.

La pendenza della galleria è uniforme su tutta la lunghezza ed è di m. 0,025. Il rivestimento fu eseguito su tutta la lunghezza della galleria con uno spessore medio di metri 0,50 per la calotta e di metri 0,60 per i piedritti; nel tratto allungato la calotta ha uno spessore di metri 0,80 in chiave e di m. 1,10 alle imposte; i piedritti furono continuati collo spessore di 1,10. La malta impiegata, oltre le dosi ordinarie conteneva per ogni metro cubo 150 chg. di cemento di Portland.

Nei tratti dove le infiltrazioni erano abbondanti, s'interposero di metro in metro, fra la calotta e il terreno natu-

rale, delle corde in paglia, poco serrate, con un diametro di m. 0,08 e le cui estremità venivano introdotte nelle feritoie collocate sulla linea delle imposte della calotta; altre feritoie distanti 2 metri le une dalle altre, sboccano nel fondo dei tombini e corrispondono pure ad altre corde in paglia, che a partire dalle imposte si trovano fra il terreno naturale e il rivestimento.

La galleria fu incominciata il 24 febbraio 1876 e terminata nel maggio 1879; non che si sia impiegato tutto questo tempo per l'escavazione, ma il rivestimento non fu completato che poco alla volta successivamente, e gli imbocchi si terminarono appunto all'epoca suddetta.

Sebbene la *galleria dell'Etang* si trovi già nella regione delle lave vulcaniche, pure è scavata in un terreno affatto analogo a quello delle tre altre; le correnti di lava hanno generalmente poca profondità, e copersero i terreni preesistenti, e la galleria trovasi appunto in questi ultimi, così che il rivestimento dovette eseguirsi interamente, benchè con spessori minori. La lunghezza della galleria è di 104 metri, essa è interamente in rettilineo e in pendenza di metri 0,025; fu incominciata nel maggio 1876 e terminata non molto dopo, ma siccome gli ultimi anelli e le murature degli imbocchi non si fecero che più tardi, così la data di termine non ha gran valore per giudicare l'avanzamento dei lavori. Furono eseguiti 2 tombini lateralmente lungo i piedritti.

Per tutte e 4 le gallerie si applicò il tipo con muri in ritorno, ad eccezione dell'imbocco a valle di quella di Varou, dove da una parte si ha un muro ad ala e dall'altra in ritorno.

Le due *gallerie della Ceppe e di Vervialle* sono quasi nel centro della linea, e fanno già parte del bacino della Dordogna; la prima è situata nelle gole della Clidane che va a gettarsi nel Chavanon, il quale immette nella Dordogna; l'altra segue immediatamente il viadotto sul Chavanon dove la linea comincia ad elevarsi per raggiungere l'altipiano di Eygurande.

La *galleria della Ceppe* è completamente scavata negli schisti micacei, ha una lunghezza di 68 metri ed è in pendenza di m. 0,016, la sola della linea principale che abbia una pendenza ragionevole; gli imbocchi sono fatti col tipo a muri in ritorno, e le acque vengono smaltite da un tombino centrale nell'asse della galleria. Il rivestimento fu fatto su tutta la lunghezza. L'attacco della galleria di direzione ebbe luogo d'ambo i lati nel giugno 1878 e l'incontro il 10 novembre 1878; l'intera galleria, in causa delle murature agli imbocchi e di altre poche nell'interno, fu solo completamente terminata al 30 settembre 1880.

La *galleria della Vervialle* è completamente in curva ed in pendenza di m. 0,025; era stata prevista con una lunghezza di soli 120 metri, la quale fu poi portata a 131 durante l'esecuzione, allungandola di 7 metri all'imbocco Clermont e di 4 a quello di Tulle, e ciò all'intento di evitare le frane, che si manifestarono numerose nelle trincee d'attacco. Essa è aperta in uno schisto resistente, ma che per la sua natura dislocata franava continuamente, ad onta delle forti armature impiegate durante l'escavazione; la calotta non poteva abbattersi su una certa larghezza senza armare completamente man mano che si procedeva. In queste condizioni il rivestimento dovette eseguirsi su tutta la lunghezza con uno spessore di m. 0,70. Lo scolo delle acque ha luogo mediante un tombino centrale, nel quale immettono delle fognature trasversali, destinate a raccogliere le acque d'infiltrazione dei piedritti e della calotta. Gli imbocchi sono costruiti con muri in ala ad ambo le

parti, e nell'interno si eseguirono due nicchie di rifugio in ciascuno dei piedritti a 45 metri di distanza dagli imbocchi.

I lavori furono incominciati il 2 aprile 1877 dal lato di Clermont, e il 28 giugno da quello di Tulle, e l'incontro ebbe luogo il 14 dicembre 1877.

La *galleria di Loche* separa i due graziosi ponti di un solo arco di 23 metri, l'uno sulla Diège e l'altro sulla Sarsonne; essa è completamente scavata nel tufo granitico abbastanza duro, ma che, per le infiltrazioni che si manifestavano, richiese un rivestimento completo con uno spessore minimo di m. 0,40. L'allargamento della calotta ebbe luogo senza armature. La galleria è in rettilineo ed ha una lunghezza totale di m. 185, di cui un tratto orizzontale di m. 163, è interposto fra una discesa ed una salita di 11 metri di lunghezza ciascuna e con una pendenza di 0^m,025 per metro. All'interno contiene due nicchie da una parte, e tre dall'altra, con una distanza media di m. 62 circa da asse ad asse delle medesime.

Le acque si smaltiscono mediante un tombino centrale, e gli imbocchi sono eseguiti secondo il tipo con muri ad ala. La galleria di direzione fu attaccata nel gennaio 1877, e l'incontro ebbe luogo nel luglio 1877.

Le *ultime quattro gallerie*, trovandosi sulla discesa dell'altipiano per arrivare a Tulle, hanno tutte una pendenza di 0,025; esse sono escavate in una roccia granitica schistosa, nella quale vi si trova in abbondanza lo amfibolo, contenente pure del ferro; siccome però questa ultima roccia non si presenta nelle gallerie in grandi massi, si dovette eseguire un rivestimento di m. 0,40 in media per quasi tutte, ad eccezione di quella di Maison Neuve, nella quale i piedritti furono lasciati in gran parte senza muratura.

Gli imbocchi furono tutti costruiti secondo il tipo a muro in ritorno, ad eccezione della galleria del Mainchon I, il cui imbocco dal lato di Clermont presenta un muro in ritorno ed uno in ala; questa disposizione fu necessitata dalla strada nazionale di Lione a Bordeaux che passa precisamente sulla testa della galleria. Per lo smaltimento delle acque si costruirono due tombini longitudinali lungo i piedritti in tutte le gallerie, ad eccezione di quella di Maison Neuve, nella quale se ne praticò uno solo lungo il piedritto di sinistra.

Le due *gallerie di Mainchon, I e II*, non sono separate che da una piccola trincea, di 7 ad 8 metri di altezza; si trattò anzi un momento di sopprimere la seconda, vista la poca altezza della montagna, ma la natura del terreno, che gli assaggi avevano fatto presentire buona, fu riconosciuta in seguito molto cattiva e soggetta a franarsi con molta facilità, per cui si dovette rinunciare a quest'idea, e si eseguì la galleria come era stata prevista; essa serve così di efficace contrafforte per impedire ogni tendenza a franamenti ulteriori. Le loro lunghezze rispettive sono di metri 154,65 e metri 58,85. Nelle murature di rivestimento di quest'ultima si aggiunsero alla malta ordinaria 250 chilogrammi di cemento per ogni metro cubo, e ciò in causa delle numerose infiltrazioni.

Nella *galleria del Mons*, che ha una lunghezza di metri 159,05, la roccia è durissima per una buona parte, e l'armamento non fu necessario che su una lunghezza di circa 72 metri, e ancora in modo assai incompleto; nel resto non si impiegarono che alcuni rari puntelli qua e là; essendo la roccia sconvolta, si trovò prudente di eseguire il rivestimento su tutta la lunghezza, con spessori

di m. 0,40 fino a m. 0,55. Anche qui, come in quella del Mainchon II, per un tratto di 5 metri, si aggiunse alla malta 250 chilogr. di cemento per ogni metro cubo.

La galleria di *Maison Neuve* è l'ultima della linea principale e trovasi completamente in curva di raggio uguale a metri 300; essa ha una lunghezza di metri 115,05 e fu

incominciata il 20 luglio 1875. L'incontro nella galleria di direzione ebbe luogo l'anno seguente nel giugno.

Ho riunito nelle due tabelle che seguono tutti gli elementi relativi alla costruzione delle gallerie descritte, perchè si possa abbracciare con un solo sguardo tutti i risultati che possono interessare.

Linea principale.

DESIGNAZIONE delle GALLERIE	Lun- ghezza totale	Lunghezza eseguita		Costo della parte eseguita dalla			Cubo totale		Prezzo medio per		
		dalla 1 ^a impresa	dalla 2 ^a impresa	1 ^a impresa	2 ^a impresa	Totale	dello sterro	delle mu- rature	metro cubo di sterro	metro cubo di muratura	metro lin. di galleria
		metri	metri	lire	lire	lire	m. c.	m. c.	lire	lire	lire
Puy Charmont	184.50	182.60	1.90	341735.90	2907.00	344642.90	10102	1836	34.12	187.72	1857.14
Tête Noire	198.50	197.00	1.50	368685.50	2295.00	370980.50	11006	2099	33.71	176.74	1868.92
Varou	394.00	130.90	263.10	244979.35	402543.00	647522.35	21486	5823	30.14	111.20	1643.46
L'Étang	104.00	22.40	81.60	41921.60	124848.00	166769.60	6234	1566	26.75	106.50	1603.55
La Ceppe	68.00	»	68.00	»	104040.00	104040.00	3656	605	28.46	171.97	1530.00
Vervialle	131.00	»	131.00	»	200430.00	200430.00	7838	1959	25.57	102.32	1530.00
Loche	185.00	14.75	170.25	27604.63	260482.50	288087.13	9947	1645	28.97	175.12	1557.22
Mainchon I	154.65	149.44	5.21	279676.96	7971.30	287648.26	8497	1556	33.83	184.86	1860.00
Id. II	58.85	57.50	1.35	407611.25	2065.50	409676.75	3234	593	33.91	184.95	1863.00
Le Mons	159.05	157.41	1.64	294592.82	2509.20	297102.02	8907	1769	33.36	167.95	1867.98
Maison Neuve	115.05	78.63	36.42	147156.05	55722.60	202878.65	6187	1023	32.79	198.32	1763.20
TOTALI	1752.60	990.63	761.97	1853964.06	1165814.10	3019778.16	97094	20474	31.10	147.49	1723.02

Linea principale.

DESIGNAZIONE delle GALLERIE	Progressiva chilometrica	Lun- ghezza della galleria le teste comprese	Rettifili, curve, ecc.	Cubo totale di scavo	Cubo totale delle murature compresi i tombini	Data in cui fu		OSSERVAZIONI
						Cominciata	Terminata	
Puy Charmont	9.905.5-10090	metri 184.50	rettifilo	m. c. 10102	m. c. 1836	3 aprile 1875	4 ottobre 1876	L'incontro delle gallerie di dire- zione ebbe luogo l'11 ottobre 1875.
Tête Noire .	10.304.5-10503	198.50	r. 150 ^m ,80 curva di R.=250	11006	2099	18 maggio 1875	22 ottobre 1876	Id. 14 dic. 1875.
Varou . . .	11.306-11700	394.00	r. 82,34 c. di R. = 250	21486	5823	24 febr. 1876	17 maggio 1879	
L'Étang . .	13851-13955	104.00	rettifilo	6234	1566	29 maggio 1876	ottobre 1878	
La Ceppe . .	76831-76899	68.00	rettifilo	3656	605	15 giugno 1878	30 settem. 1880	Id. 10 nov. 1878.
Vervialle . .	80593.23-80724.23	131.00	c. di R. = 250	7838	1959	2 aprile 1877	30 ottobre 1879	Id. 14 dic. 1877.
Loche . . .	102700-102885	185.00	rettifilo	9947	1645	2 gennaio 1877	30 ottobre 1879	Id. 1° luglio 1877.
Mainchon I .	161281.37-161436.02	154.65	c. di R. = 250	8497	1556	27 dicem. 1874	agosto 1877	Id. maggio 1875.
Id. II .	161577.02-161635.87	58.85	r. 50 ^m ,40 c. di R. = 250	3234	593	20 febr. 1875	settembre 1877	Id. giugno 1875.
Le Mons . .	162829.37-162988.42	159.05	r. 90 ^m c. di R. = 250	8907	1769	15 febr. 1875	ottobre 1877	Id. settemb. 1875.
Maison Neuve	166273.87-166388.92	115.05	c. di R. = 300	6187	1023	20 luglio 1875	agosto 1877	Id. giugno 1876.
		1752.60		97094	20474			

Dalle tabelle suddette emerge che la lunghezza complessiva delle gallerie sulla linea principale ammonta a metri 1752,60, di cui m. 990,63 furono eseguiti dalla prima Impresa, quindi al prezzo di L. 1871,50 il metro lineare; il rimanente dalla seconda Impresa al prezzo di L. 1530 il metro lineare. Il cubo totale di sterro escavato è di 97094 metri, e quello della muratura eseguita di m. 20474 con una spesa complessiva di L. 3019778,16, ossia L. 31,10 per metro cubo di sterro; L. 147,49 per metro cubo di muratura e L. 1723,02 per metro lineare; prezzi medi, tenuto conto delle parti eseguite da ciascuna Impresa.

Gallerie della linea di diramazione.

Le gallerie della diramazione Eygurande-Vendes, in numero di 7, si trovano tutte concentrate in un breve spazio di circa 11 chilometri fra le due stazioni di Savennes e di Port-Dieu; la loro lunghezza totale è di m. 1286,75, la quale è però di 33 metri superiore a quella prevista e riconosciuta dalla Compagnia; la maggiore lunghezza fu eseguita dall'Impresa senza il consenso della Direzione dei lavori. La natura del terreno è la stessa in tutte le gallerie, schisti argillosi o micascisti abbastanza compatti; il rivestimento fu necessario dappertutto, salvo alcuni piccoli tratti, perchè, sebbene in certi tronchi la roccia si presentasse durissima permettendo di eseguire l'escavazione senza armamenti, tuttavia si poté convincersi che l'azione degli agenti atmosferici dopo qualche tempo d'esposizione esercitava un'azione nociva, staccandone delle piccole particelle.

Lo scolo delle acque si fa in tutte e sette mediante un tombino longitudinale sull'asse della galleria; delle fognature con direzione obliqua, e sotto la via sboccano nel medesimo immettendovi le acque d'infiltrazione. Le loro teste hanno tutte dei muri in ritorno (tipo delle fig. 1, 3 e 6 della tav. XII) all'eccezione di quella dal lato Vendes della galleria di Port-Dieu e dal lato Eygurande della galleria di Mercoeur, e ciò per circostanze speciali, dovendovi fare passare una strada vicinale su quella di Port-Dieu, e per causa delle frane nell'altra, che si producevano continuamente nella trincea d'attacco.

La prima galleria è quella di *Froide-Maison*, la quale ha una lunghezza di m. 132,95, ossia m. 9,95 di più di quella prevista; una parte è in rettilineo, circa 17 metri, il resto è in curva di raggio 250 metri; la pendenza è di m. 0,005 per metro; l'armamento non fu necessario che pel cervello della calotta, l'allargamento laterale e l'escavazione dei piedritti non ne necessitarono punto. Ad onta però della durezza della roccia, le filtrazioni furono numerose, gli strati si presentavano quasi sempre perpendicolarmente all'asse del tracciato e si alteravano all'azione dell'acqua e degli agenti atmosferici, per cui il rivestimento fu eseguito su tutta la lunghezza, ad eccezione dei piedritti su un tratto di 41 metri quasi nel centro della galleria. Non vi esistono che due nicchie di rifugio, l'una a destra, l'altra a sinistra.

La Randonnière è la seconda galleria. — La roccia incontrata era durissima su tutta la lunghezza, ma, come le altre, alterabile all'azione degli agenti atmosferici; in alcuni punti poi, vicini agli imbocchi, la roccia si mostrò sconvolta così che si dovette dare al rivestimento uno spessore di m. 0,50 sui primi 20^m; il resto ha uno spessore di m. 0,40; nella trincea d'attacco dal lato Vendes si manifestarono a brevi intervalli parecchie frane con un cubo complessivo di più di 1000 metri, che riuscirono assai fastidiose pel lavoro nella galleria.

L'attacco ebbe luogo nel settembre 1878 e l'incontro nella galleria di direzione nel febbraio 1879; la lunghezza totale della galleria è di 146 m., la sua pendenza di m. 0,015. Si trova in rettilineo su una lunghezza di m. 77,80; il resto è in curva col solito raggio di 250 m.

La terza galleria è quella di Mercoeur. — Essa ha una lunghezza di m. 185,80, mentre non era stata prevista che con una lunghezza di 180 m.; è in pendenza di m. 0,0125 e su 37 metri in rettilineo; il resto dovrebbe trovarsi in una curva di raggio 250 metri, ma l'Impresa avendola costruita in gran parte fuori d'asse, la curva si trova avere un raggio più piccolo non solo, ma benchè escavata per due binari quando occorrerà di mettere il secondo, non lo si potrà senza aumentare l'escavazione. Questa circostanza fu causa di discussioni e reclami fra la Compagnia e l'Impresa e fra la Compagnia e il Governo, discussioni e reclami non per anco liquidati, per cui non conviene il parlarne in questo luogo.

Dall'imbocco Vendes fino a circa 34 metri da quello Eygurande la roccia è sana ed abbastanza dura; è un granito compatto, i cui banchi hanno un'inclinazione variabile, per la quale cosa in alcuni tratti si manifestarono delle forti infiltrazioni; ciò nonostante il rivestimento fu eseguito su tutta la lunghezza. Verso l'imbocco Eygurande invece il terreno cambia completamente; si trova nel mezzo di un'antica frana della stessa natura di quelle che si succedettero nelle trincee d'attacco, e che incomodarono non poco i lavori; la roccia non appariva nemmeno sul fondo, così che un vólto nelle condizioni ordinarie non avrebbe potuto resistere alla spinta delle terre che, per essere la galleria a mezza costa, non si manifestava che da una sola parte, e si pensò di costruire un arco rovescio.

L'armamento fu necessario sulla metà circa della lunghezza della galleria, e una parte del legname alla calotta si dovette lasciare dietro la medesima.

La galleria fu incominciata nell'agosto 1878 e l'incontro dei due attacchi della galleria di direzione ebbe luogo il primo giugno 1879. Le nicchie di rifugio sono in numero di 3, delle quali 2 sul lato destro, l'altra a sinistra.

Quarta galleria Pradelles. — La galleria di Pradelles fu allungata all'imbocco Eygurande di m. 5,30, cosicchè la sua lunghezza d'esecuzione è di m. 56,30; è orizzontale e completamente in curva di raggio 250; ha una sola nicchia di rifugio a sinistra. La roccia è abbastanza dura su tutta la lunghezza, cosicchè il rivestimento si limita ad uno spessore di m. 0,40, ad eccezione di un tratto di 8 m. presso l'imbocco Vendes, dove si dovette portarlo a m. 0,60 in causa delle frane che si producevano.

Quinta Galleria La Forêt. — Quantunque in questa galleria tutti i lavori di perforamento e di escavazione abbiano avuto luogo senza armatura, e la roccia si presentasse con una durezza che avrebbe potuto fare supporre inutile il rivestimento, tuttavia essa era molto dislocata e i banchi avevano un'inclinazione sensibilmente parallela al tracciato facendo un angolo di 30° coll'orizzonte. L'Impresa aveva insistito per essere dispensata dal fare il rivestimento, che dalle condizioni del suo contratto era obbligata di eseguire, ma la Compagnia non volle concedere senza l'assentimento del Controllo governativo, il quale fece infatti una inchiesta: il risultato della medesima fu che la roccia attraversata è un gneiss assai siliceo contenente delle vene di calcare e che sembra inalterabile all'azione degli agenti atmosferici contrariamente alla roccia delle vicine gallerie; ma ad onta di ciò, essendo ammesso in

modo generale che non si debba mai, se non in casi affatto eccezionali, sopprimere il rivestimento della calotta, e siccome le rocce vicine, che sono della stessa natura, si alterano all'azione dell'acqua, così per prudenza fu imposto il rivestimento completo della calotta. I piedritti si lasciarono a nudo inquantochè se nel seguito la roccia di cui si componevano venisse ad alterarsi, gli inconvenienti non sarebbero così gravi e vi si potrà rimediare proteggendoli dal contatto esterno con un piccolo spessore di muratura, per cui si è limitato il loro rivestimento a un piccolo tratto in vicinanza agli imbocchi, e ad alcuni altri punti dove si manifestarono delle filtrazioni.

La lunghezza della galleria era stata prevista a 134 m., senonchè l'Impresa trovò conveniente di allungarla di 12 metri per evitare le frane che minacciavano nelle trincee d'attacco; l'allungamento ebbe luogo per m. 5,65 all'imbocco Eygurande e per m. 6,55 all'altro imbocco.

La galleria è in pendenza di m. 0,012 e in curva di raggio 250 metri; ha due nicchie di rifugio, l'una a destra e l'altra a sinistra.

Nella *galleria di Confolent che è la sesta*, la roccia, benchè della stessa natura di quella della galleria precedente, fu riconosciuta tuttavia molto più facilmente alterabile all'aria, e l'acqua vi filtrava dappertutto in abbondanza, per cui il rivestimento della calotta fu eseguito su tutta la lunghezza, e siccome, all'infuori dei due inconvenienti segnalati, la durezza della roccia era soddisfacente, così bastò uno spessore di m. 0,40. I banchi di roccia avevano una posizione orizzontale; i piedritti non furono rivestiti che a tratti, alle due estremità su una lunghezza complessiva di m. 122,54 e nel centro su m. 58, il resto fu lasciato a nudo, escavando però la roccia in modo da permettere più tardi un rivestimento senz'altro. La lunghezza della galleria è di 378 metri, una parte della quale (186,73) si trova orizzontale, il resto ha una pendenza di m. 0,0125; un piccolo tratto solamente (m. 22,03) della galleria nella parte centrale è in rettilineo intercalato fra due curve di raggio di 250 m. ciascuna.

La *galleria di Port-Dieu* è l'ultima ed è colla precedente una delle più lunghe della diramazione Eygurande-Vendes: essa ha una lunghezza di m. 241,70 ed è completamente in curva di raggio 250 metri; ma siccome la galleria di direzione fu mal tracciata, così si dovette intercalare più tardi un rettilineo di m. 5 fra le due curve a m. 60 dall'imbocco Vendes.

Un piccolo tratto è orizzontale, il resto ha una pendenza di m. 0,015. Fu incominciata nel luglio 1878, e l'incontro delle due gallerie di direzione ebbe già luogo nel gennaio 1879; fu però completamente terminata nel settembre del 1880. Ha due nicchie dal lato sinistro e tre dal lato destro a circa 80 m. di distanza fra loro. La roccia è la medesima che nelle altre gallerie, il rivestimento fu eseguito su tutta la lunghezza con uno spessore di m. 0,50; ad eccezione d'un piccolo tratto verso l'imbocco Vendes, dove si dovette mettere 0,80; a quest'imbocco si ebbero delle frane successive considerevoli che suscitavano delle difficoltà alla Compagnia coll'Impresa in causa del prezzo d'applicazione per metro corrente, nel quale l'Impresa non voleva comprendere le parti frunate.

La questione, non essendo ancora decisa, non giova parlarne.

A complemento delle notizie riferite, riporto qui appresso in due tabelle distinte gli elementi principali che si riferiscono alla costruzione delle gallerie sulla diramazione Eygurande-Vendes.

Dalle cifre contenute in queste due tabelle risulta che la lunghezza complessiva delle gallerie sulla diramazione Eygurande-Vendes è di 1286,75, con un costo totale di L. 1968727,50. Il cubo di sterro eseguito è di m. 70704, e quello delle murature di m. 12272, ossia metri cubi 54,94 di sterro per ogni metro lineare di galleria e m. c. 9,53 di muratura per ogni metro lineare di galleria.

Per le gallerie della linea principale si ha invece un cubo di sterro di m. 54,82 per ogni metro lineare e un cubo di muratura di m. 11,68 pure per ogni metro lineare di galleria; lo sterro è presso a poco identico, mentre per le murature si ha un valore minore sulla linea di diramazione in causa della galleria della Forêt nella quale, come si disse, i piedritti furono lasciati senza rivestimento.

I prezzi medi per metro cubo di sterro e di muratura sono L. 27,84 e rispettivamente L. 160,42; il primo è inferiore a quello corrispondente della linea principale, per essere state eseguite tutte le gallerie dalla seconda Impresa che aveva un prezzo inferiore alla prima; mentre la muratura risulta maggiore ad onta di questa circostanza, per essere il cubo della muratura minore di quello che si dovette fare nelle gallerie della linea principale.

Diramazione Eygurande-Vendes.

DESIGNAZIONE delle GALLERIE	Lunghezza totale	Prezzo per metro lineare	Costo totale	Cubo totale		Prezzo medio per	
				dello sterro	delle murature	metro cubo di sterro	metro cubo di muratura
	metri	lire	lire	m. c.	m. c.	lire	lire
Froide Maison	132.95	1530.00	203413.50	7149.00	1082	28.45	188.00
La Randonnière	146.00	1530.00	223380.00	7908.00	1336	28.25	167.20
Mercoeur	185.80	1530.00	284274.00	10852.00	2513	26.20	113.12
Pradelles	56.30	1530.00	86139.00	3058.00	531	28.17	162.22
La Forêt	146.00	1530.00	223380.00	7900.00	1137	28.28	196.46
Confolent	378.00	1530.00	578340.00	20325.00	3009	28.45	192.20
Porte-Dieu	241.70	1530.00	369801.00	13512.00	2664	27.37	136.56
TOTALI	1286.75		1968727.50	70704.00	12272	27.84	160.42

Diramazione Eygurande-Vendes.

DENOMINAZIONE delle GALLERIE	Progressiva chilometrica	Lun- ghezza della galleria le teste comprese	Rettifili, curve ecc.	Cubo totale di scavo	Cubo totale delle murature compresi i tombini	Data in cui fu		OSSERVAZIONI
						Cominciata	Terminata	
		metri		m. c.	m. c.			
Froide Maison .	8588.14-8721.09	132.95	rettifilo 17 ^m curva di R.=250	7149	1082	10 agosto 1878	maggio 1880	L'incontro delle gallerie di dire- zione ebbe luogo il 5 luglio 1879.
La Randonnière	9390.24-9536.24	146.00	r. 77 ^m ,80 c. di R.= 250	7908	1336	20 settem. 1878	dicembre 1880	Id. 4 febr. 1879.
Mercoeur . .	10555.30-10741.10	185.80	r. 37 ^m c. di R.= 250	10852	2513	2 agosto 1878	ottobre 1880	Id. 1° giugno 1879.
Pradelles . .	12815.00-12871.30	56.30	c. di R.= 250	3058	531	5 aprile 1878	agosto 1880	
La Forêt . .	13330.35-13476.35	146.00	c. di R.= 250	7900	1137	20 gennaio 1879	ottobre 1880	Id. 5 luglio 1879.
Confolent . .	14285-14663	378.00	r. 22,03 c. di R.= 250	20325	3009	5 maggio 1878	marzo 1881	Id. 21 luglio 1879.
Porte-Dieu . .	18665-18906.70	241.70	c. di R.= 250	13512	2664	22 luglio 1878	settembre 1880	Id. 15 genn. 1879.
		1286.75		70704	12272			

(Continua).

GEOMETRIA PRATICA

SULLO SQUADRO CICLOGRAFO

Nuovo strumento per lo spedito tracciamento sul terreno delle curve ad arco di circolo, da usarsi specialmente per gli studi e tracciamenti delle ferrovie.

Il tracciamento delle curve stradali in campagna si è generalmente eseguito fino ad oggi coll'uso dello squadra agrimensorio e delle canne metriche conducendo e misurando allineamenti ortogonali fra di loro con una direzione sulla tangente o sulla corda.

Un tale procedimento importa assai lungo tempo; si ha inoltre l'inconveniente di dovere percorrere in lungo ed in largo il terreno compreso fra le tangenti e la curva arre-cando soventi danni alla coltivazione fuori della sede stra-dale.

Accade inoltre talvolta all'atto dello studio di un trac-ciato, specialmente se trattasi di ferrovie, in località acci-dentate e in mezzo a vallate ristrette, di dovere tentare il tracciato di varie curve sul terreno onde ritrovare quella di raggio più conveniente, e applicando il sistema di traccia-mento colle normali si perde molto tempo.

Questi inconvenienti ci hanno indotto a cercare un mezzo più semplice e pronto pel tracciamento delle curve senza allontanarsi dalla sede della strada, procedendo cioè per camminamento sulla curva stessa, e si è trovata la soluzione del problema collo *squadro-ciclografo* che presentiamo.

Esso non è che lo squadra agrimensorio comune coll'ag-giunta di sei traguardi pel tracciamento di altrettanti punti di curva; detti traguardi si dipartono dal piano di due me-ridiani ortogonali a distanze successive di un grado in or-dine saliente da destra a sinistra in uno, e da sinistra a destra nell'altro per le curve aventi raggio a destra ovvero a sinistra.

Altre due fessure contrassegnate colle iniziali T e PI (punto indietro) servono per la direzione alla tangente e per mirare al punto indietro nelle successive stazioni che converrà tenere.

Fondato lo strumento sul principio che l'angolo formato dalla corda di un arco e dalla tangente è metà dell'angolo al centro sotteso dallo stesso arco (fig. 106), è facile capire come debba usarsi all'atto pratico. Ad ogni modo la fig. 108 ne dà le particolarità.

Piombato lo strumento in A, punto di tangenza, col tra-guardo principale, contrassegnato colla iniziale T, si colli-ma al vertice; indi si fanno piantare successivamente le paline nella direzione di ciascuno degli altri traguardi, a distanza le une dalle altre eguale alla corda dell'arco di 2° nel dato raggio, quale corda subito si ottiene moltipli-cando il raggio pel doppio seno dell'arco di 1° inciso sul ciclografo=0,034904. Così procedendo pei tratti AB, BC, CD, etc., si fissano tanti punti di curva quanti sono i tra-guardi. Arrivati all'ultimo, ad esempio in G, si potrà pro-seguire il tracciamento dalla stessa stazione A rotando in avanti lo strumento fino a collimare detto punto G col tra-guardo T, e poscia collo stesso metodo trovare altri punti H, I, ecc.

Altrimenti, volendo operare con successive stazioni, si porterà il ciclografo in G, si collimerà al primo punto in-dietro F dalla fessura portante le iniziali PI, e poscia si proseguirà come nel primo caso.

A primo aspetto si capisce che lo squadra graduato co-mune fatto ruotare di un grado alla volta, può supplire al nostro ciclografo; ma in tal caso l'operazione non potrebbe riuscire tanto celere e nemmeno di troppa precisione pei numerosi spostamenti a farsi e per la difficoltà di misurarli con tutta esattezza.

Stimiamo perciò della massima pratica utilità il nostro ciclografo e lo proponiamo con sei traguardi, cioè per sei punti di curva sembrandoci risultare così di giuste dimen-sioni. Ma diminuendo il numero dei traguardi od aumen-tandolo, lo si potrà costruire a piacimento più semplice e di minor mole ovvero più voluminoso.

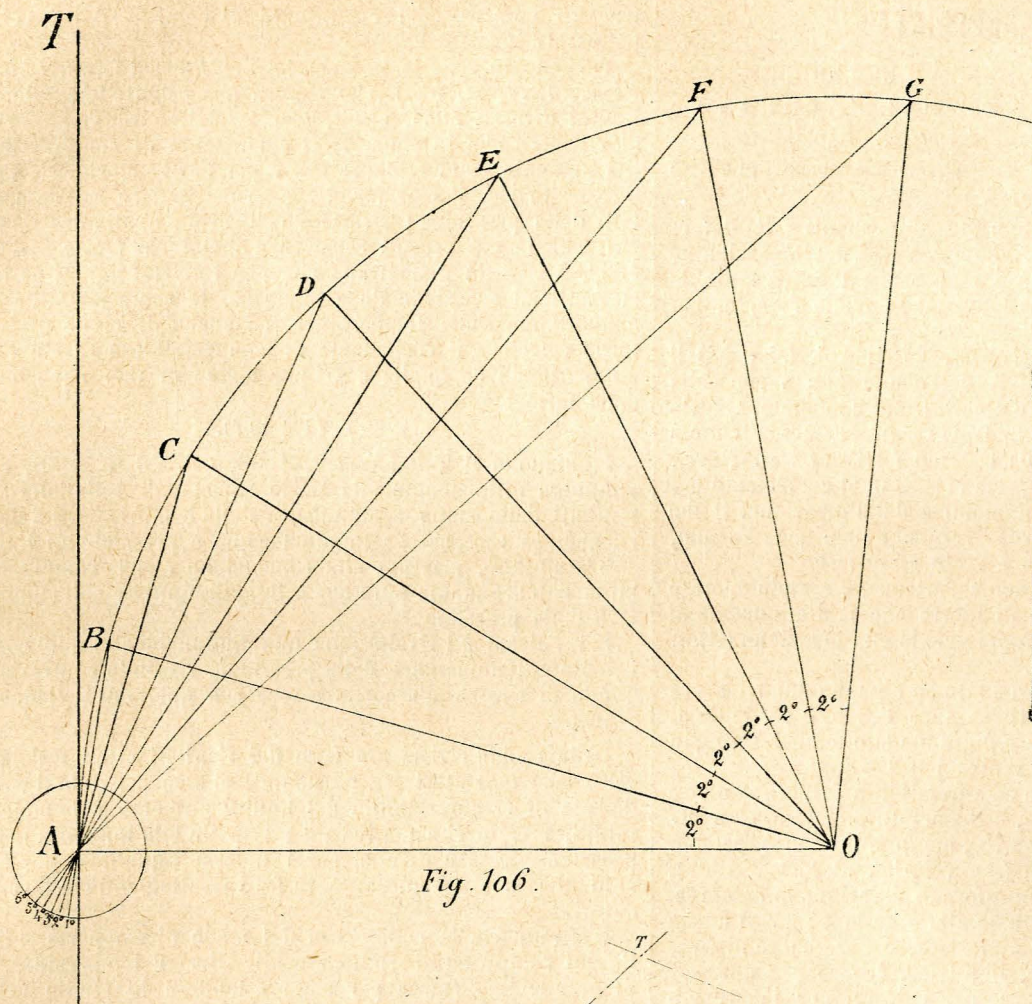


Fig. 106.

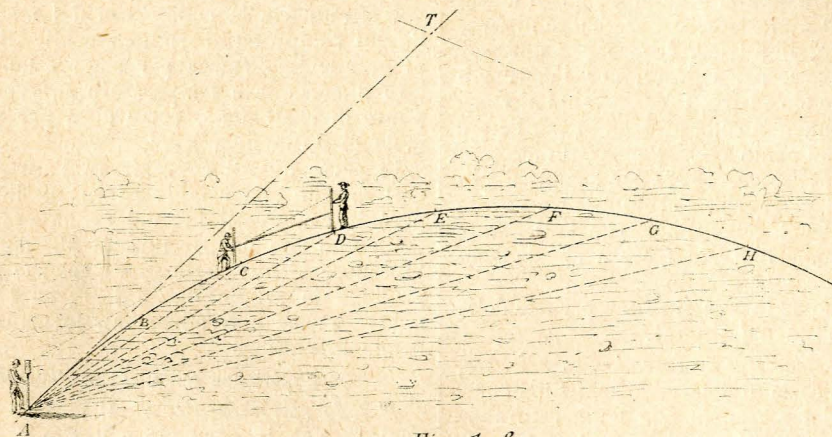


Fig. 108.

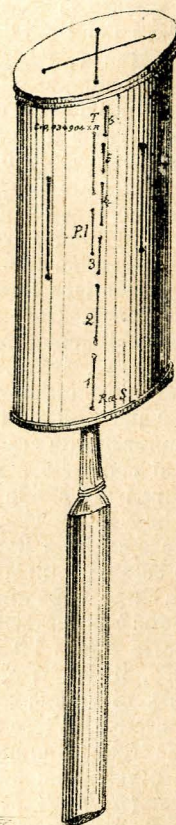


Fig. 107.

Per un tracciamento definitivo la curva può essere tracciata metà per parte dalle due tangenti, e se è di lungo sviluppo, anche dal punto di bisettrice dopo tirata la sottotangente; il punto od i punti di bisettrice potranno collocarsi esattamente coi sistemi soliti, e serviranno di riscontro per essere sicuri della esattezza della operazione.

Ma per un tracciamento di studio, dato il caso cioè che si voglia sapere come viene attraversata una data insenatura o sperone, in allora è sufficiente il tracciamento anche da un sol punto di tangenza o dai punti stessi di curva, come sopra si disse.

Nutriamo fiducia di avere col poco detto, fatto comprendere quanto debba riuscir facile, piano, speditivo ed esatto il maneggio di questo strumento, il quale, se la fortuna non si mostrerà contraria, dovrà generalizzarsi.

Nella peggiore ipotesi che col tempo non lo si possa trovare di quella pratica utilità che noi ci ripromettiamo, esso almeno potrà servire (come a noi ha servito) per l'ing-

gnere redattore di un progetto, il quale in pochi minuti potrà provare quella curva che più gli conviene mentrecchè ora si impiegano delle mezze giornate; e circa alla spesa fatta per lo strumento, potendo esso servire da squadro agrimensorio, non si potrà mai dire che si sieno sprecati i danari.

Questo strumento trovasi munito di attestato di privativa, e l'unica Ditta autorizzata a fabbricare e vendere lo squadro-ciclografo è Pietro Merli — Galleria Decristoforis, n. 41 — Milano.

Il prezzo dello squadro-ciclografo è di L. 42, escluso il bastone o trepiede.

Oggiono, li 11 settembre 1884.

Ing. PESSO LUIGI.

Ing. PERILLI MEDERICO.

FISICA APPLICATA

SULLA COMPRESSIBILITÀ DEI LIQUIDI ED IN PARTICOLARE DELL'ACQUA (*).

Studio sperimentale del Dott. S. PAGLIANI

Prof. di Fisica nel R. Istituto Tecnico Germano Sommeiller in Torino
e Dott. G. VICENTINI.

Le esperienze dei fisici che si sono occupati della determinazione del coefficiente di compressibilità dei liquidi hanno dimostrato che sopra tale valore possono influire tanto la temperatura quanto la pressione, ed in modo diverso, secondo la natura dei liquidi.

Secondo Canton (*Phil. Trans.*, 1761, vol. 52 e 54) il coefficiente di compressibilità dell'acqua non varia colla pressione, almeno nei limiti delle pressioni adoperate. Questo risultato, contrario a quanto trovava in seguito Zimmermann, veniva confermato da Oersted (*Ann. Chim. Phys.*, 1823). Invece secondo Despretz (1823) quel coefficiente per alcuni liquidi decresce coll'aumentare della pressione. Il che Perkins (*Phil. Trans.*, 1826) trovava anche per l'acqua, spingendo la pressione fino a 2000 atmosfere.

Oersted ripeté allora le sue esperienze, e avendo operato fino a 70 atmosfere, trovò di nuovo che la diminuzione di volume era sensibilmente proporzionale alla pressione (*Ann. Chim. Phys.*, Janv., 1828).

Canton aveva pure sperimentato su altri liquidi ed aveva osservato che per l'alcool (peso spec. 0,846) e per l'olio di oliva la compressibilità era più grande alle temperature più elevate, ma il contrario avveniva per l'acqua.

Oersted pure trovò che la compressibilità dell'acqua a 0° è più grande che a 10°, e che, a temperature elevate, essa diminuisce ancora come da 0° a 10°, ma in minore proporzione.

Anche Colladon e Sturm (*Ann. Chim. et Phys.*, 1827), trovarono che fino a 24 atmosfere di pressione la compressibilità dell'acqua è proporzionale alla pressione; e così anche per il mercurio fino a 30 atmosfere, e per l'etere nitrico, l'acido acetico, il solforico, il nitrico. Invece per una soluzione satura di ammoniaca, per l'alcool, per l'etere etilico, l'etere acetico, l'etere cloridrico, il coefficiente di compressibilità andrebbe diminuendo colla pressione; per l'etere etilico poi trovavano un aumento colla temperatura.

Galy Calazat (*Bull. de Ferussac*, 1827) per l'acqua distillata, l'acqua di mare e il mercurio, l'acido nitrico, l'acido solforico, arrivava alla stessa conclusione che Colladon e Sturm; non per l'alcool, per il quale trovava che la compressione era proporzionale alla pressione.

Con queste esperienze si chiudeva il primo periodo delle ricerche sulla compressibilità dei liquidi.

Nel 1847 il Regnault (*Mémoires de l'Acad. des Sciences*, 1847, xxi, 429) fece una serie di determinazioni sulla compressibilità dell'acqua e del mercurio alla temperatura ordinaria, dalle quali risultò che il coefficiente di compressibilità di quei due liquidi non varia col variare della pressione, sino a 10 atmosfere.

Collo stesso metodo del Regnault sperimentò il Grassi (*Ann. de Chim. et de Phys.*, (3) 31, 437, 1851) ed arrivò ai seguenti risultati. Per l'acqua trovò pure che a temperatura costante il coefficiente di compressibilità è costante, ma varia col variare della temperatura, e precisamente come lo avevano indicato già Canton e Oersted, diminuisce col crescere della temperatura. Però verso 1°,5 trovava un valore maggiore che non a 0° e 4°, cosicchè concludeva esistere un massimo di compressibilità fra queste due temperature. Per l'etere e per l'alcool etilico, per il cloroformio la compressibilità aumenta coll'aumentare sia della temperatura che della pressione. Per l'alcool metilico la compressibilità aumenta colla pressione.

Grassi studiò pure alcune soluzioni saline, e trovò che per la stessa temperatura il coefficiente non varia colla pressione, e che esso invece va aumentando colla temperatura.

Anche dalle esperienze di Jamin, Amaury e Descamps (*Compt. Rend.*, LXVIII, 1564) risulta per l'alcool e per l'e-

tere un aumento del coefficiente di compressibilità colla temperatura.

Vengono in seguito le ricerche dell'Amagat (*Ann. Chim. Phys.*, 1877, xi, 520), che ebbero per oggetto lo studio di liquidi diversi: eteri, alcoli, idrocarburi. Esse condussero al risultato che in generale il coefficiente di compressibilità aumenta colla temperatura e per l'etere cloridrico, l'etere ordinario, il cloroformio, esso diminuisce coll'aumentare della pressione; risultato contrario a quello di Grassi.

Anche le più recenti esperienze di Quincke (*Pogg. Ann.*, 1883, xix, 401) dimostrano che per i diversi liquidi da lui studiati, ad eccezione della glicerina, la compressibilità va aumentando colla temperatura, ed anzi egli crede di poterne calcolare il coefficiente di compressibilità assoluta a 20° partendo da quella a 0° per mezzo di una equazione della forma:

$$\mu = \mu_0 (1 + m t).$$

Finalmente il Tait (*Nature*, 1883, vol. 28, p. 239), comunicava ultimamente alla Reale Società di Edimburgo i risultati delle sue recenti misure della compressibilità dell'acqua. In esse, assoggettando l'acqua a pressioni di 150 a 450 atmosfere, arrivava alla conclusione che la compressibilità dell'acqua, sia pura che salina, diminuisce coll'aumentare della pressione.

Per l'alcool gli risultò pure una diminuzione di quel coefficiente coll'aumentare della pressione, risultato contrario a quello di Grassi, d'accordo invece con quello di Colladon e Sturm.

Dalla rapida rivista ora fatta dei risultati ottenuti dai diversi sperimentatori, se ne deduce che in generale il coefficiente di compressibilità dei liquidi aumenta colla temperatura, eccetto che per l'acqua; rispetto alla influenza della pressione, essa è diversa per i diversi liquidi, e per alcuni di essi esiste discordanza fra i risultamenti dei diversi autori.

D'altra parte la conoscenza del modo di comportarsi dei liquidi compressi specialmente alle diverse temperature, è di grande importanza per poter estendere lo studio della loro dilatazione a temperature superiori a quelle del loro punto di ebollizione, come pure per verificare alcune formule di termodinamica.

Ci parve quindi conveniente l'aumentare il numero dei dati intorno alla compressibilità di liquidi diversi. Siccome però la compressibilità dell'acqua era stata misurata soltanto fino alla temperatura di 53° dal Grassi, abbiamo fatto precedere alcune serie di esperienze sopra di essa, spingendone lo studio fino a 100°, ed i risultati ottenuti in queste prime determinazioni, formano l'oggetto di questa prima memoria.

Esperienze sulla compressibilità dell'acqua.

Metodo sperimentale. — Il metodo da noi adoperato è analogo per il principio a quello di Amagat. La diminuzione apparente di volume di un liquido in un recipiente per la compressione è uguale alla somma algebrica della diminuzione reale e della variazione di capacità del recipiente. Noi abbiamo determinato indirettamente questa ultima variazione, e sottraendola poi dalla diminuzione apparente osservata, abbiamo dedotta la diminuzione reale di volume del liquido. Se indichiamo con v il volume del liquido contenuto nel piezometro ad una temperatura data, con p l'aumento di pressione prodotto, espresso in millimetri, con Δv la diminuzione di volume osservata, con a il coefficiente di compressibilità apparente, avremo

$$a = \frac{\Delta v}{v} \frac{760}{p}$$

Se μ è il coefficiente di compressibilità assoluta dell'acqua, K l'aumento dell'unità di capacità del recipiente per un aumento di pressione interna di una atmosfera, che chiameremo coefficiente di deformazione del recipiente, avremo

$$K = a - \mu.$$

Determinammo a per l'acqua ad una temperatura ben nota e fissa, come quella di 0°, e sottraendo dal valore ot-

(*) *Annali dell'Istituto tecnico Germano Sommeiller*, vol. XII.

tenuto quello trovato dal Grassi per la compressibilità assoluta dell'acqua a 0°, deducemmo il valore di K, e lo abbiamo da principio adottato per calcolare la compressibilità assoluta dell'acqua alle diverse temperature.

Vedremo però in seguito come questo modo di procedere non è rigoroso, inquantochè il coefficiente di deformazione di un recipiente non si mantiene costante coll'aumentare della temperatura, ma va crescendo, e avendo poi determinato con esperienze dirette tale variazione, abbiamo introdotto nel calcolo della compressibilità assoluta i valori di K corretti per le diverse temperature.

Il valore di K poi ad una data temperatura non varia sensibilmente se anche si sottopone il piezometro ad un gran numero di compressioni interne a temperature diverse, come lo abbiamo potuto provare ripetendo la determinazione di K a 0°, alla fine delle nostre esperienze.

Apparecchio. — I piezometri da noi adoperati sono, come quelli del Regnault, formati da un tubo di vetro cilindrico a basi emisferiche, al quale è saldato un cannello pure di vetro, diviso in tutta la lunghezza. Alla estremità di questo cannello è fissato con mastice un tubo metallico, al quale è saldato normalmente un secondo, il quale per due rami può unirsi da una parte col manometro, dall'altra col recipiente dell'aria compressa, mediante tubi di piombo.

Il piezometro, secondo le temperature alle quali si vuol sperimentare, viene tenuto o in un semplice bagno d'acqua, oppure in una corrente di vapore fornita da sostanza adatta.

La osservazione del livello del liquido nel cannello si fa con un cannocchiale, disponendo dietro il cannello uno schermo di carta oliata, illuminato da una candela. In tal modo il menisco e le divisioni si vedono con tale nettezza che si può far la lettura con somma precisione. La divisione è di un millimetro di lunghezza, e si possono apprezzare assai bene i decimi di divisione.

Per evitare l'errore, quantunque al certo assai lieve, prodotto dal riscaldamento del liquido per la compressione, si attende che il livello del liquido sotto pressione si mantenga o costante, o presenti un movimento regolare analogo a quello osservato per alcuni minuti avanti la compressione. Del resto per l'acqua si raggiunge abbastanza presto lo stato stazionario della colonna liquida.

Siccome si volevano eseguire determinazioni a temperature diverse, dopo aver diviso il cannello con una buona macchina a dividere del laboratorio di fisica dell'Università, e fattane una accurata calibrazione, abbiamo per ciascun piezometro determinato la capacità a 0° ed il coefficiente di dilatazione cubica, per poter portare la correzione per i volumi iniziali, e le variazioni di volume osservati nel liquido.

Il manometro è ad aria libera; i due rami sono costituiti l'uno da due, l'altro da tre tubi di vetro (di diametro interno maggiore di 1 cm.), che unimmo fra di loro per mezzo di ghiera cilindriche di ferro e mastice. La graduazione in millimetri abbiamo fatto sul vetro stesso per mezzo di una grande macchina a dividere del nostro laboratorio. Il nostro manometro ci permette di misurare pressioni fino a quattro atmosfere e mezze effettive.

Il recipiente dell'aria compressa della pompa di compressione adoperata è munito di un robinetto a vite, il quale permette di stabilire gradatamente la pressione nel piezometro.

Quantunque, secondo le esperienze di Amagat, una soluzione acquosa satura di ammoniaca abbia un coefficiente di compressibilità pochissimo differente da quello dell'acqua bollita, tuttavia abbiamo creduto meglio di adoperare acqua completamente privata d'aria, esistendo una osservazione di Colladon e Sturm, secondo la quale l'acqua comune si comprime meno che l'acqua bollita.

La disposizione adottata per la disaerazione dell'acqua è la seguente: L'acqua distillata si fa bollire per qualche ora in un pallone di vetro, al quale è applicato un turacciolo a tre fori. Attraverso uno di questi passa un tubo, il quale, ricurvo due volte ad angolo retto, per una estremità scende fino in fondo al pallone, per l'altra si può unire direttamente al cannello del piezometro; attraverso gli altri due fori passano due lunghi tubi di vetro, i quali, come nel termostato di Laspeyres, servono a far ricadere l'acqua nel

pallone. Il piezometro poi è introdotto in un cilindro di vetro chiuso inferiormente, e contenente un po' di acqua. Quando la ebollizione dell'acqua nel pallone ha durato per un tempo conveniente, si fa bollire l'acqua del cilindro in modo da spostare la maggior parte dell'aria del piezometro, poi si unisce il cannello di questo col tubo del pallone, e continuando a scaldare, si osserva quando cessa di uscire dell'aria dal piezometro; allora si lascia raffreddare questo, e dell'acqua passa in esso. Ripetendo l'operazione una o due volte, si riesce a riempire completamente il piezometro. L'apparecchio descritto, quando ai tubi di Laspeyres si sostituisca un refrigerante di vetro a serpentino, ed all'acqua del cilindro si sostituisca una sostanza bollente a temperatura conveniente, può servire per qualunque liquido. Quando si tratta dell'acqua, si può al cilindro di vetro sostituire l'apparecchio del punto 100 dei termometri.

Daremo prima i risultati direttamente osservati per la compressibilità apparente, quindi dai valori medii ottenuti dedurrò il coefficiente di compressibilità assoluta alle diverse temperature per mezzo del coefficiente di deformazione del vetro determinato indirettamente nel modo detto.

Esperienze col piezometro A.

La capacità interna a 0° di questo primo piezometro adoperato fino alla divisione 0 del cannello, era uguale a centim.³ 91,4465. Il cannello portava una scala in millimetri. La capacità di esso corrispondente a ciascuna divisione era in media di cm.³ 0,0021072 a 0°. Quindi il rapporto fra la capacità di ciascuna divisione del cannello e quella del serbatoio era uguale a 0,000023039.

Determinazioni alla temperatura di 0°.

Per le esperienze a 0° il piezometro venne posto nel ghiaccio pesto in un alto e largo cilindro di vetro. Il ghiaccio non sta direttamente sul fondo del cilindro, ma sopra una rete metallica portata da un treppiede di ferro. Si ha cura di tener anche sempre coperta di ghiaccio la porzione del cannello del piezometro, che sta al disotto della divisione da leggersi. La posizione del livello del liquido nel cannello in generale non rimaneva fissa se non dopo che si era formata una certa quantità di acqua di fusione.

Abbiamo abbondato nel numero delle determinazioni a 0°, perchè dal coefficiente di compressibilità apparente misurato a questa temperatura, si voleva dedurre il coefficiente di deformazione del recipiente.

In questa prima tabella, come nelle seguenti, nella prima colonna sta scritto il numero d'ordine delle esperienze, nella seconda le temperature, nella terza le pressioni effettive prodotte espresse in millimetri, ridotte a 0° nella quarta le stesse espresse in atmosfere, nella quinta il coefficiente di compressibilità apparente.

SERIE I.				
N°	t	PRESSIONE		10 ^a a
		mill.	atm.	
1	0°	756.1	0,995	866
2	»	1509.8	1,986	865
3	»	2243.3	2,952	865
4	»	3033.4	3,991	860
5	»	3416.5	4,495	862
6	»	3024.2	3,979	857
7	»	2249.2	2,959	861
8	»	1509.1	1,986	867
t = 0°		Medio 10 ^a a = 863		

SERIE II.				
9	0°	742.1	0,979	868
10	»	1506.2	1,882	857
11	»	2250.8	2,962	872
12	»	3016.9	3,970	862
13	»	3409.3	4,486	863
14	»	3013.9	3,966	860
15	»	2252.2	2,970	860
16	»	1487.3	1,957	868
17	»	755.7	0,994	866
t = 0°		Medio 10 ^a a = 864		

SERIE III.

18	0°	751.3	0,988	860
19	»	1497.1	1,970	824
20	»	2252.0	2,963	868
21	»	3030.8	3,988	864
22	»	3412.3	4,490	864
23	»	3019.8	3,973	864
24	»	2250.7	2,961	868
25	»	1513.8	1,992	865
26	»	754.1	0,992	856
$t = 0^\circ$		Medio $10^7a = 865$		

SERIE IV.

27	0°	754.5	0,993	856
28	»	1511.2	1,988	871
29	»	2288.1	3,011	868
30	»	3010.6	3,961	864
31	»	3397.5	4,470	863
$t = 0^\circ$		Medio $10^7a = 864$		

SERIE V.

Questa serie di determinazioni è stata fatta dopo tutte le altre determinazioni a diverse temperature, per constatare se il coefficiente di deformazione aveva subito qualche variazione nel suo valore, ciò che risulta non essere avvenuto.

N°	t	PRESSIONE		10^7a
		mill.	atm.	
32	0°	3417.1	4,496	858
33	»	3387.1	4,457	871
34	»	3416.0	4,495	868
35	»	3386.0	4,455	866
36	»	3403.0	4,478	869
37	»	1508.2	1.984	874
$t = 0^\circ$		Medio $10^7a = 866$		

Dai valori ottenuti in queste cinque serie di determinazioni si calcola per medio valore della compressibilità apparente dell'acqua a 0° nel piezometro A, $a=0,0000864$. Siccome secondo le determinazioni del Grassi si ha per coefficienti di compressibilità assoluta dell'acqua a 0° $\mu=0,0000503$, il coefficiente di deformazione del nostro piezometro sarà $K=0,0000361$.

Facciamo osservare come i risultati ottenuti siano molto concordanti e le differenze dei singoli valori dal medio non arrivino in generale ad un milionesimo.

Determinazioni a 22°.

In queste esperienze il piezometro col termometro era immerso nell'acqua contenuta nel recipiente di rame annesso all'apparecchio del Regnault per la compressibilità, e questo recipiente era poi posto in un grande bagno a doppia parete di ottone. Tanto il bagno interno che l'esterno erano muniti di agitatori, che venivano mossi di conserva. Il termometro fu comparato con un buon termometro Fastré, confrontato a sua volta col termometro ad aria.

SERIE I.

N°	t	PRESSIONE		10^7a
		mill.	atm.	
38	21°86	755.8	0.994	815
39	»	1527.5	2.010	810
40	21°87	2259.6	2,973	808
41	21°88	3041.8	4,002	811
42	»	3419.9	4,500	808
43	»	3041.5	4,002	814
44	21°90	2254.4	2,960	806
45	»	1491.2	1,962	811
$t = 21^\circ 87$		Medio $10^7a = 810$		

SERIE II.

46	21°92	752.9	0,991	823
47	»	1531.1	2,015	809
48	»	2261.8	2,976	815
49	21°94	3050.6	4,014	809
$t = 21^\circ 92$		Medio $10^7a = 814$		

SERIE III.

50	21°56	754.7	0,993	821
51	»	1513.0	1,990	819
52	»	2254.5	2,966	820
53	»	3032.2	3,989	817
54	»	3409.5	4,486	819
55	»	3031.0	3,988	817
56	21°57	2262.1	2,976	825
57	»	1517.0	1,996	822
$t = 21^\circ 56$		Medio $10^7a = 820$		

SERIE IV.

58	21°58	1511.5	1,989	813
59	»	2261.1	2,975	816
60	»	3023.0	3,978	815
61	»	3412.4	4,489	810
62	»	3041.6	4,009	817
63	21°59	2265,6	2,980	819
64	21°60	749.7	0,986	819
$t = 21^\circ 58$		Medio $10^7a = 815$		

SERIE V.

65	21°78	755.6	0,994	819
66	»	1541.0	2,028	815
67	»	2258.3	2,971	818
68	»	3410.5	4,487	813
69	»	2240.1	2,946	817
70	»	1509.5	1,986	826
$t = 21^\circ 78$		Medio $10^7a = 818$		

Se consideriamo i risultati ottenuti in queste cinque serie vediamo come quando la temperatura presenta delle differenze dell'ordine di grandezza di quelle sopra indicate, si ottengono per il coefficiente di compressibilità dei valori le cui differenze non sono apprezzabili coll'osservazione. Quindi possiamo calcolare un valore medio, tanto per la temperatura, come per il detto coefficiente, per cui avremo a 21°,74, $a=0,0000815$.

Determinazioni a 55°.

Queste determinazioni furono fatte tenendo il piezometro immerso in una corrente di vapori di acetone. L'apparecchio adoperato per questo scopo aveva la disposizione seguente (1).

Un cilindro di vetro è portato da una ghiera di ferro ed è chiuso da un tappo di sughero, nel quale furono fatti tre fori. In uno di questi passa il cannello del piezometro, nell'altro il termometro, nel terzo un tubo di vetro pel quale entrano i vapori. Questi sono generati in un matraccio di vetro chiuso da un tappo a due fori, nell'uno dei quali passa il tubo che va al cilindro di vetro; nell'altro un tubo ad imbuto con robinetto, cosicchè quando è distillata una certa quantità di liquido, la si può aggiungere senza aprire il matraccio. La ghiera di ferro porta una tubulatura unita con un refrigeratore di vetro a serpentino. Il cilindro di vetro è difeso da un altro cilindro di metallo.

N°	t	PRESSIONE		10^7a
		mill.	atm.	
71	55°0	3399.7	4,473	807
72	55°13	3440.6	4,527	806
73	54°99	3427.4	4,509	800
74	55°00	3405.7	4,481	803
75	55°51	3440.6	4,527	806
$t = 55^\circ 12$		Medio $10^7a = 804$		

(1) La disposizione indicata è analoga a quella adottata da uno di noi per la determinazione del calore specifico (*Nuovo Cimento*, 1882 (3) xn, 46).

Determinazioni a 77°5.

Si adottò la stessa disposizione che nelle esperienze precedenti, soltanto, invece di vapori di acetone, si adoperarono vapori di alcool etilico.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
76	77°52	3358.3	4,419	826
77	»	1502.1	4,976	823
78	»	3349.6	4,407	810
79	»	2251.9	2,973	820
80	»	3402.4	4,477	812

t = 77°52 Medio 10⁷a = 818

Determinazioni a 99°.

Per queste determinazioni si adoperò un apparecchio analogo a quello già adoperato per la determinazione del punto 100 dei termometri, di altezza alquanto maggiore dell'ordinario.

Siccome le esperienze duravano un po' a lungo, si applicò alla caldaia un indicatore di livello aperto, per mezzo del quale si poteva all'occorrenza aggiungere acqua bollente. In queste determinazioni si scaldava il piezometro dopo aver prodotto in esso una pressione di circa un'atmosfera per impedire la ebollizione dell'acqua, il che non aveva influenza sui valori del coefficiente di compressibilità, perchè questo per l'acqua non varia col variare della pressione nei limiti delle esperienze.

Alcune di queste determinazioni furono fatte a gruppo, aumentando prima, poi diminuendo gradatamente la pressione.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
81	99°22	856.2—3612.9	1,126—4,753	825
82	»	855.1—2471.1	1,125—3,251	830
83	»	2471.1—3611.9	3,251—4,752	831
84	»	3611.9—2464.9	4,752—3,243	844
85	99°21	844.6—3609.4	1,111—4,749	835
86	»	844.1—1721.0	1,111—2,264	844
87	»	849.1—2474.2	1,117—3,255	842
88	»	848.4—3610.1	1,116—4,750	823

t = 99°21 Medio 10⁷a = 834

Riassumendo i risultati medii di queste diverse serie di determinazioni fatte a diverse temperature col piezometro A, e ritenendo, come pure l'Amagat nelle sue ricerche, che il coefficiente di deformazione del vetro ($K=0,0000361$) si mantenga costante col variare della temperatura, si otterrebbero per la compressibilità assoluta dell'acqua alle diverse temperature i seguenti valori:

t	μ	
0°	0,0000864	0,0000503
21°74	0,0000815	0,0000454
55°12	0,0000804	0,0000443
77°52	0,0000818	0,0000457
99°21	0,0000834	0,0000473

Se si costruiscono graficamente questi valori si ottiene una curva, la quale dimostra che il coefficiente di compressibilità dell'acqua va diminuendo coll'aumentare della temperatura fino a 55°, come già aveva trovato il Grassi fino a 53°, ma per temperature superiori esso aumenta come per gli altri liquidi.

Abbiamo voluto verificare questo risultamento con determinazioni fatte con un altro piezometro.

Esperienze col piezometro B.

La capacità interna a 0° del piezometro B fino alla divisione 0 del suo cannello fu trovata eguale a cm³ 94,7176. La capacità media corrispondente ad ogni divisione del cannello è di cm³ 0,0007946 a 0°. Quindi il rapporto fra la capacità della divisione del cannello e quella del serbatoio è uguale a 0,000008389. Facciamo notare come questo rapporto sia assai più piccolo di quello corrispondente del pie-

zometro A, ed anche di quello dei piezometri adoperati dal Grassi. Nel più sensibile fra questi per un volume totale di cm³ 102,9307 la capacità corrispondente ad ogni divisione (1 mm) del cannello era di cm³ 0,0011475, quindi quel rapporto era uguale a 0,000011221.

Col piezometro B abbiamo fatto un molto maggior numero di determinazioni, poichè ci proponevamo pure di stabilire con molta approssimazione la temperatura alla quale corrisponde il massimo di compressibilità dell'acqua. Di più, presentandosi la stagione propizia, abbiamo pure voluto verificare se, come risulta dalle esperienze del Grassi, si abbia un massimo di compressibilità fra 0° e la temperatura del massimo di densità.

I risultati ottenuti per la compressibilità apparente dell'acqua nel piezometro B sono consegnati nelle tabelle seguenti.

Determinazioni a 0°.

A questa temperatura, come per l'altro piezometro, si fece un gran numero di determinazioni, e collo stesso apparecchio. Quelle della serie III e della serie IV furono fatte intercalatamente e alla fine delle altre esperienze a temperature diverse.

SERIE I.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
89	0°	3379.5	4,447	810
90	»	3388.3	4,458	811
91	»	3377.6	4,444	811
92	»	3395.3	4,467	811

t = 0° Medio 10⁷a = 811

SERIE II.

N°	t	mill.	atm.	10 ⁷ a
93	0°	3380.9	4,449	812
94	»	3403.3	4,478	811
95	»	3391.3	4,462	813
96	»	3403.4	4,478	812
97	»	3414.1	4,492	811
98	»	3409.2	4,485	812

t = 0° Medio 10⁷a = 812

SERIE III.

N°	t	mill.	atm.	10 ⁷ a
99	0°	3395.6	4,468	812
100	»	3384.6	4,453	809
101	»	3391.1	4,462	809
102	»	3418.5	4,498	810

t = 0° Medio 10⁷a = 810

SERIE IV.

N°	t	mill.	atm.	10 ⁷ a
103	0°	3406.4	4,482	810
104	»	3406.4	4,482	810
105	»	3419.4	4,499	811
106	»	3402.2	4,477	809
107	»	3415.7	4,494	812
108	»	3412.7	4,490	812
109	»	3407.7	5,484	811
110	»	3424.1	4,505	813
111	»	3415.2	4,485	809
112	»	3389.4	4,460	810
113	»	3385.0	4,454	811
114	»	3393.6	4,465	811
115	»	3418.6	4,498	813
116	»	3395.1	4,467	811
117	»	3425.5	4,507	810
118	»	3425.4	4,507	812
119	»	3382.5	4,451	811

t = 0° Medio 10⁷a = 811

Il medio valore ci dà per coefficiente di compressibilità apparente dell'acqua a 0° nel piezometro B, $a=0,0000811$. Quindi si deduce per coefficiente di deformazione dello strumento

$$K=0,0000308 \text{ a } 0^\circ.$$

Determinazioni a temperature comprese fra 0° e 4°.

Queste determinazioni furono fatte mettendo il piezometro in acqua mescolata con molto ghiaccio in un recipiente metallico a doppia parete. Dopo qualche esperienza a 0°, essendo quasi completamente fuso il ghiaccio, la temperatura cominciò ad alzarsi, e noi ottenemmo un aumento molto lento e graduale agitando continuamente l'acqua ed aggiungendo un po' di ghiaccio di tempo in tempo. Le variazioni di temperatura erano così piccole, che si potevano fare le opportune correzioni dedotte dall'andamento delle indicazioni del piezometro prima e dopo la compressione. Le temperature si misuravano per mezzo di un buon termometro Fastré a grosso bulbo e a scala arbitraria.

SERIE I.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
120	0°20	3411.1	4,488	805
121	0°20	3408.2	4,484	805
122	0°20	3409.4	4,486	808
123	0°23	3411.6	4,489	808
124	0°26	3394.2	4,466	807
125	0°26	3411.1	4,488	807
126	0°29	3402.2	4,477	807
127	0°31	3405.1	4,480	809
128	0°36	3408.9	4,484	805
129	0°41	3424.8	4,506	811
130	0°47	3433.2	4,517	805
131	0°54	3408.8	4,485	807
132	0°80	3405.8	4,481	809
133	0°68	3441.7	4,529	805
134	0°78	3450.2	4,539	803
135	0°93	3425.8	4,508	805
136	1°11	3411.8	4,489	808
137	1°18	3431.2	4,506	805
138	1°37	3431.2	4,506	808
139	1°46	3426.2	4,508	806
140	1°61	3420.3	4,500	806
141	2°03	3414.3	4,492	809
142	2°11	3410.3	4,487	804
143	2°23	3403.8	4,479	807
144	2°55	3383.6	4,455	805
145	2°70	3369.7	4,434	807
146	2°73	3426.1	4,508	805
147	2°92	3436.5	4,522	806
148	2°97	3407.1	4,483	804
149	3°01	3407.1	4,483	805
150	3°06	3422.1	4,503	806
151	3°12	3400.2	4,476	804
152	3°25	3409.1	4,486	805
153	3°30	3404.6	4,480	810
154	3°43	3389.1	4,459	804
155	3°53	3405.3	4,481	808

SERIE II.

N°	t	mill.	atm.	10 ⁷ a
156	1°36	3402.8	4,477	803
157	1°40	3411.3	4,489	801
158	1°40	3392.4	4,464	807
159	1°44	3398.1	4,471	802
160	1°49	3403.9	4,479	802
161	1°96	3408.1	4,484	808
162	2°10	3387.4	4,457	809
163	2°27	3441.8	4,529	802
164	2°33	3391.9	4,463	807
165	2°43	3387.1	4,457	803

Da tutti i risultati di queste due serie si calcolano i seguenti quattro valori medii per la compressibilità apparente dell'acqua fra 0° e 4°.

t	a
0°43	0,0000806
1°43	0,0000806
2°40	0,0000805
3°24	0,0000806

Medio $a = 0,0000806$

Già questo valore del coefficiente di compressibilità apparente, poco differente del resto da quello ottenuto per la temperatura di 0°, dimostra che questa quantità va diminuendo coll'aumentare della temperatura anche per l'intervallo da 0° a 4° senza presentare qui alcun massimo, contrariamente a quanto fu trovato dal Grassi.

Determinazioni alla temperatura di 8° a 10°.

L'apparecchio adoperato è lo stesso che quello che ci servi per le determinazioni a 22° col piezometro A. Si è potuto ottenere temperature così basse e costanti sperimentando nelle giornate più fredde.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
166	8°30	3404.6	4,480	784
167	»	3393.1	4,465	787
t = 8°30		Medio 10 ⁷ a = 785		
168	9°24	3436.1	4,521	787
169	»	3411.8	4,488	784
170	9°34	3382.2	4,450	783
171	»	3391.3	4,462	785
172	9°36	3405.3	4,481	786
173	9°38	3401.2	4,373	783
t = 9°33		Medio 10 ⁷ a = 785		

Determinazioni a 15°, 5°.

Si adoperò lo stesso apparecchio della serie precedente.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
174	15°42	3409.4	4,486	767
175	15°54	3377.9	4,445	766
176	15°56	3426.4	4,508	766
177	15°58	3420.1	4,500	765
178	15°60	3400.5	4,474	764
179	»	3416.1	4,495	765
180	15°61	3413.0	4,491	766
181	15°62	3416.5	4,495	766
182	15°66	3429.2	4,512	767
183	»	3420.0	4,500	769
184	»	3418.5	4,498	767
t = 15°59		Medio 10 ⁷ a = 766		

Determinazioni a 31°

Si adoperò lo stesso apparecchio della serie precedente. Il bagno esterno si riscaldava per mezzo di una fiamma a gas, la quale si regolava assai bene mediante una pinzetta a vite con passo sottile, applicata al tubo di gomma. Per fare la compressione si attendeva che il livello dell'acqua nel piezometro si mantenesse in posizione costante, oppure presentasse un leggiero movimento regolare, in modo da poter portare le correzioni volute, dedotte dall'andamento delle indicazioni del piezometro osservate prima e dopo la compressione.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
185	31°02	3422.2	4,503	752
186	31°02	3339.7	4,394	747
187	31°02	3419.0	4,485	751
188	31°04	3034.5	3,993	747
189	31°04	3403.0	4,478	749
190	31°08	3344.7	4,401	748
191	31°08	3383.3	4,452	749
192	31°09	3374.1	4,440	751
193	31°09	3394.3	4,466	747
194	31°10	3408.4	4,484	744

t = 31°06

Medio 10⁷a = 7485

Determinazioni a 40°.

Si operò come per la serie precedente.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
195	40°34	3388.6	4,459	734
196	40°34	3401.7	4,475	733
197	40°32	3426.6	4,509	743
198	40°30	3378.5	4,445	734
199	40°28	3396.2	4,469	734
200	40°28	3407.2	4,483	741

t = 40°31

Medio 10⁷a = 7365*Determinazioni a 49°.*

Si operò come nelle serie precedenti.

SERIE I.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
201	49°20	3399.5	4,473	740
202	49°20	3423.1	4,504	731
203	49°21	3361.6	4,423	733
204	»	3412.7	4,490	732
205	»	3421.0	4,501	735
206	»	3417.4	4,497	740
207	»	3378.5	4,445	742

SERIE II.

208	49°54	3374.9	4,442	737
209	»	3386.5	4,456	735
210	»	3394.5	4,466	737

t = 49°31

Medio 10⁷a = 736*Determinazioni a 57°.*

Si operò come nelle serie precedenti.

SERIE I.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
211	56°74	3399.6	4,473	725
212	»	3413.6	4,492	730
213	56°68	3407.0	4,483	731
214	56°56	3438.2	4,536	729
215	56°36	3431.2	4,515	729
216	55°94	3415.0	4,493	724

SERIE II.

N°	t	mill.	atm.	μ
217	56°80	3391.8	4,463	727
218	56°79	3388.1	4,458	732
219	56°78	3401.0	4,475	727

SERIE III.

220	57°36	3440.0	4,526	735
221	57°97	3350.6	4,409	731
222	57°95	3381.0	4,449	728
223	»	3387.6	4,457	733
224	»	3377.1	4,444	731

t = 57°04

Medio 10⁷a = 729*Determinazioni a 61°.*

Si operò come nelle serie precedenti.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
225	61°15	3403.0	4,478	727
226	»	3398.2	4,471	724
227	»	3413.9	4,516	732
228	»	3428.0	4,510	725
229	61°14	3388.6	4,459	732

t = 61°15

Medio 10⁷a = 728*Determinazioni a 66°.*

Si operò come nelle serie precedenti.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
230	65°84	3395.6	4,468	725
231	65°74	3365.9	4,429	727
232	66°56	3362.0	4,424	732
233	»	3422.0	4,502	733
234	66°54	3375.0	4,309	736

t = 66°25

Medio 10⁷a = 730*Determinazioni a 77°.*

Per un incidente non avendo più potuto servirci dello stesso apparecchio, adoperato per questa temperatura nelle esperienze col piezometro A, abbiamo adottato la disposizione delle serie precedenti.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
235	77°34	3393.9	4,466	739
236	»	3407.0	4,483	741
237	»	3418.1	4,497	744
238	»	3390.8	4,462	747
239	»	3377.7	4,444	751
240	77°36	3375.5	4,441	746
241	77°36	3342.3	4,398	750
242	77°38	3398.1	4,471	743
243	77°38	3411.6	4,489	749
244	77°40	3403.1	4,478	742

t = 77°36

Medio 10⁷a = 745*Determinazioni a 99°, 2.*

Queste determinazioni furono fatte nello stesso modo di quelle col piezometro A, alla stessa temperatura.

N°	t	PRESSIONE		10 ⁷ a
		mill.	atm.	
245	99°2	899.4—3585.1	1,183—4,716	761
246	»	898.4—3582.5	1,182—4,714	763
247	»	846.2—3621.5	1,113—4,765	774
248	»	840.1—3603.2	1,105—4,740	770
249	»	875.5—3610.8	1,152—4,751	766
250	»	874.0—3626.4	1,150—4,772	764
251	»	868.5—3610.5	1,142—4,750	769
252	»	873.3—3553.9	1,149—4,676	767
253	»	863.8—3614.6	1,136—4,755	771
254	»	859.3—3581.5	1,131—4,713	768
255	»	856.3—3581.3	1,126—4,712	767

t = 99°2

Medio 10⁷a = 767

Riassumendo i risultati medii ottenuti per il coefficiente di compressibilità apparente dell'acqua nel piezometro B alle diverse temperature ed ammettendo anche qui per ora che il coefficiente di deformazione dello strumento si mantenga costante

$$(K = 0,0000308)$$

noi otteniamo i seguenti valori per il coefficiente di compressibilità assoluta dell'acqua:

t	a	μ
0°	0,0000811	0,0000503 (Grassi)
0,43	0,0000806	0,0000498
1,43	0,0000806	0,0000498
2,40	0,0000805	0,0000497
3,24	0,0000806	0,0000498
8,30	0,0000785	0,0000477
9,33	0,0000785	0,0000477
15,59	0,0000766	0,0000458
31,06	0,00007485	0,00004405
40,31	0,00007365	0,00004285
49,31	0,0000736	0,0000428
57,04	0,0000729	0,0000421
61,15	0,0000728	0,0000420
66,25	0,0000730	0,0000422
77,36	0,0000745	0,0000437
99,2	0,0000767	0,0000459

Se si costruiscono graficamente questi valori, si ottiene una curva che presenta un andamento simile a quello della curva del piezometro A e dimostra anch'essa che se il coefficiente di compressibilità dell'acqua va diminuendo coll'aumentare della temperatura, havvi però una temperatura al di là della quale questo coefficiente cresce colla temperatura. La differenza però che si osserva nei valori assoluti per le temperature più alte, fece nascere in noi il dubbio che non si potesse ammettere come sufficientemente costante il coefficiente di deformazione del recipiente di vetro, e che quella differenza si dovesse non solo ad una diversa variazione del coefficiente di deformazione dei due piezometri colla temperatura, ma anche ad una variazione non uniforme per lo stesso piezometro. Infatti, se il valore di esso non può influire sensibilmente sul coefficiente di compressibilità assoluta dei liquidi molto compressibili, come quelli studiati da Amagat, però influisce certamente su quello dell'acqua che è molto grande.

Questo dubbio ci condusse a determinare la variazione di volume esterno dei nostri piezometri a diversa temperatura; a tale scopo si adottò la disposizione seguente.

Il piezometro viene posto in un recipiente chiuso e ripieno di un liquido, del quale si può misurare in un cannello diviso esterno lo spostamento prodotto dalla deformazione del piezometro, quando nell'interno di questo si eserciti una pressione. Per potere sperimentare anche a 100° alla pressione ordinaria abbiamo scelto come liquido indicatore del petrolio bollente ad alta temperatura. Siccome a temperature intermedie fra la ordinaria e a 100°, per quanti tentativi si siano fatti, non abbiamo potuto ottenere nè costanza, nè movimento abbastanza regolare nel livello del liquido nel tubo esterno, per dover essere il volume di questo liquido molto grande, così ci contentammo di determinare la deformazione esterna a 0° ed alla temperatura dei vapori dell'acqua bollente. Disgraziatamente essendosi per un incidente rotto il piezometro A, non abbiamo potuto fare queste determinazioni che per il piezometro B. Il volume del liquido adoperato era di cm³ 315. La capacità corrispondente ad ogni divisione (1 mm.) del cannello era di cm³ 0,000764. Il rapporto fra i due volumi era quindi uguale a 0,0000242. Il volume esterno del serbatoio del piezometro è di cm³ 115,382.

Nella seconda e terza colonna delle tabelle seguenti sono consegnate le pressioni esercitate nell'interno del piezometro, nella quarta colonna il coefficiente di deformazione dedotto da $K' = \frac{\delta}{V'} \frac{760}{p}$, in cui δ è lo spostamento in volume osservato nella colonna del liquido esterno, V' il volume esterno del piezometro, p la pressione prodotta nell'interno di questo.

Determinazioni a 0°.

SERIE I.

N°	PRESSIONE		10°K'
	m ll.	atm.	
256	3423.7	4,501	280
257	3383.8	4,452	287
258	3405.8	4,481	288
259	3404.8	4,480	289
260	3401.3	4,475	288
261	3382.8	4,451	287
262	3398.3	4,471	289
263	3399.8	4,473	294
264	3395.8	4,468	292
265	3433.7	4,518	287
266	3386.8	4,456	284

SERIE II.

267	3411.6	4,489	294
268	3403.6	4,478	289
269	3400.0	4,474	291
270	3400.0	4,474	294
271	3363.6	4,426	286

Medio 10°K' 289

Determinazioni a 99°,4.

SERIE I.

N°	PRESSIONE		10°K'
	mill.	atm.	
272	3346.7	4,403	336
273	3409.3	4,486	340

SERIE II.

274	3397.5	4,470	333
275	3397.5	4,470	335
276	3390.0	4,460	337
277	3371.2	4,435	333
278	3399.8	4,473	335

Medio 10°K' 336

I due valori di K' ottenuti alle due temperature di 0° e di 100° sono perfettamente confrontabili fra loro, avendo procurato che le condizioni delle esperienze fossero, all'infuori di quelle di temperatura, perfettamente le stesse nei due casi. Possiamo quindi ammettere che il rapporto che passa fra i due valori di K' sia pur quello che deve passare fra i due valori del coefficiente di variazione di capacità interna, e quindi scrivere:

$$\frac{K_0}{K_{100}} = \frac{K'_0}{K'_{100}}$$

da cui

$$K_{100} = \frac{K'_{100}}{K'_0} K_0.$$

Ora se chiamiamo con Δv_0 la diminuzione apparente del volume v_0 dell'acqua per la pressione p in una qualunque delle esperienze fatte a 0° e con Δv_{100} la diminuzione apparente del volume v_{100} dell'acqua per la pressione p_1 in una delle esperienze fatte a circa 100° (99°,2) abbiamo

$$K_0 = \frac{\Delta v_0}{v_0 p} - \mu_0 \quad \text{e} \quad \mu_{100} = \frac{\Delta v_{100}}{v_{100} p_1} - K_{100}.$$

Assumendo per μ_0 il valore dato dal Grassi, possiamo con quelle tre equazioni calcolare K_0 , K_{100} e μ_{100} .

Abbiamo scelto per questo calcolo le esperienze n. 97 per la temperatura di 0° e n. 256 per quella di 99°, siccome fra quelle che danno valori del coefficiente di compressibilità apparente coincidenti col medio.

Per la determinazione n. 97 si aveva:

$$\begin{aligned} \Delta v_0 &= \text{cm } 0,034544 \\ v_0 &= \text{» } 94,7861 \\ p &= \text{atm. } 4,492 \end{aligned}$$

Nella determinazione n. 256:

$$\begin{aligned} \Delta v_{100} &= \text{cm}^3 0,02616 \\ v_{100} &= \text{» } 95,145 \\ p_1 &= \text{atm. } 3,586 \end{aligned}$$

dai quali dati si calcola

$$\begin{aligned} K_0 &= 0,0000308 \\ K_{100} &= 0,0000358 \\ \mu_{100} &= 0,0000409 \end{aligned}$$

Per una variazione di temperatura di 99°,2 si ha dunque una variazione di 0,000005 nel coefficiente di deformazione interna del piezometro B. Non avendo potuto eseguire determinazioni a temperature intermedie, abbiamo ammesso, quantunque non lo si possa fare a tutto rigore, che la variazione del coefficiente di deformazione sia proporzionale all'aumento di temperatura, tanto più trattandosi di una variazione totale piccola per un intervallo di temperatura abbastanza grande.

Dietro questa supposizione abbiamo calcolato il coefficiente di deformazione per le diverse temperature, alle quali furono fatte le nostre determinazioni, e ne abbiamo dedotti i

coefficienti di compressibilità assoluta che consegniamo nel seguente quadro:

t	a	K _t	μ
0°	0,0000711	0,0000303	0,0000503
0°43	806	308	498
1°43	806	309	497
2°40	805	309	496
3°24	806	310	496
8°30	785	312	473
9°30	785	313	472
15°00	766	316	450
31°06	7485	3235	425
40°31	7365	328	4085
49°31	736	333	403
57°04	729	337	392
61°45	728	339	389
66°25	730	341	389
77°36	745	347	398
99°20	767	338	409

Non essendo stato facile calcolare una formola che rappresentasse con sufficiente approssimazione tutta la curva costruita con quei risultamenti numerici, abbiamo letto su di essa i valori del coefficiente di compressibilità assoluta dell'acqua di 10° in 10°, che consegniamo nella seguente tabella. A questi aggiungiamo i valori della velocità del suono nell'acqua alle diverse temperature, calcolati per mezzo della formola di Newton tradotta in modo che la velocità del suono in questo liquido viene espressa in funzione del coefficiente di compressibilità:

$$v = \sqrt{\frac{10333,3g}{\mu d}}$$

in cui d è la densità dell'acqua alla temperatura data, e $g = 9^m, 8038$ (Roma).

t	μ	v
0°	0,0000503	1419.2
10°	470	1468.3
20°	445	1510.2
30°	425	1547.2
40°	409	1579.9
50°	397	1607.0
60°	389	1627.3
70°	390	1629.8
80°	396	1622.3
90°	402	1615.5
100°	410	1605.4

Abbiamo poi determinato anche graficamente la temperatura corrispondente al valore massimo del coefficiente di compressibilità dell'acqua ed abbiamo trovato essere a 63°, alla qual temperatura $\mu = 0,0000388$. Alla temperatura del massimo di densità si trova $\mu = 0,0000488$ e per la velocità del suono si calcola $v = 1440,8$, numero quasi coincidente con quello trovato da Colladon e Sturm (1435^m).

Nella fig. 109 sono riportate le curve che rappresentano i valori dei coefficienti di compressibilità assoluta dell'acqua, calcolati per quella in A e in B dai valori dei coefficienti di compressibilità apparente determinati direttamente coi piezometri A e B, supponendo costante il coefficiente di deformazione del piezometro; per quella in C dai valori determinati ancora col piezometro B, ma applicando al coefficiente di deformazione le correzioni per la variazione di temperatura. Quindi la curva in C rappresenta la variazione del valore del coefficiente di compressibilità assoluta dell'acqua per l'intervallo di temperatura da 0° a 100°.

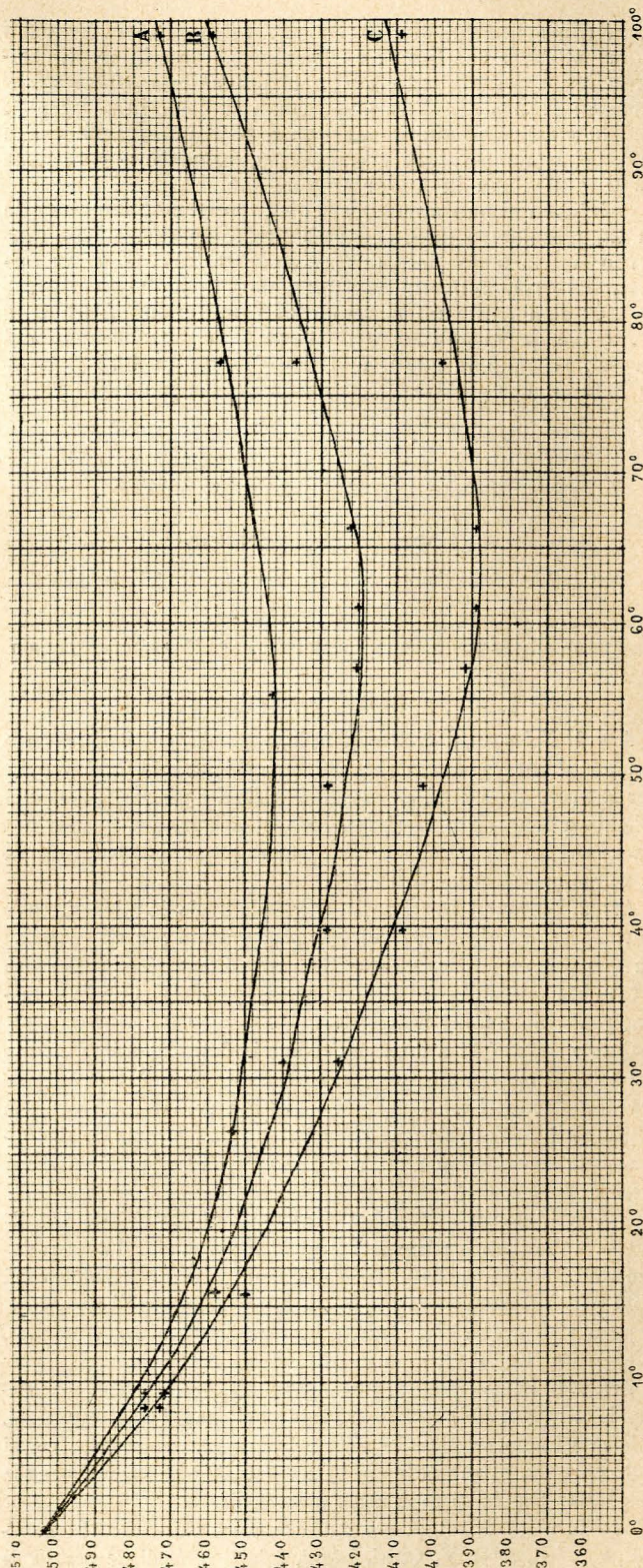


Fig. 109.

Conclusioni.

Dai risultati delle nostre esperienze arriviamo alle seguenti conclusioni:

1° La compressibilità dell'acqua diminuisce col crescere della temperatura da 0° sino a 63°, come era già stato anche dimostrato dalle determinazioni dirette di Grassi e dalle indirette di Wertheim (*Mémoire sur la vitesse du son dans les liquides. — Ann. Chim. Phys., 1848 (3) XXIII, 434*).

2° Al di là di 63° la compressibilità dell'acqua aumenta coll'aumentare della temperatura come per gli altri liquidi.

Riguardo a questo nuovo risultato osserveremo che già i valori ottenuti dal Grassi accennano ad un minimo di compressibilità dell'acqua, e anche le più antiche esperienze di Oersted (1828) dimostrarono, come si disse in principio, che la compressibilità dell'acqua a 0° è più grande che a 10° e che a temperature elevate essa diminuisce ancora come da 0° a 10°, ma in minor proporzione.

3° Non si può ammettere che la deformazione prodotta in un piezometro da una stessa pressione esercitata all'interno sia la stessa alle diverse temperature. Essa va aumentando sensibilmente coll'aumentare della temperatura.

4° Non esiste un massimo di compressibilità fra 0° e 4°, come portavano ad ammettere le determinazioni del Grassi, secondo le quali, alla temperatura di 1°,5 il coefficiente di compressibilità assoluta dell'acqua risulterebbe = 0,0000515.

LEGISLAZIONE TECNICO-AMMINISTRATIVA

REGOLAMENTO EDILIZIO

per i Comuni dell'isola d'Ischia danneggiati dal terremoto
del 28 luglio 1883.

Casamicciola, Lacco Ameno, Forio, Serrara Fontana e Barano

CAPO I. — Prescrizioni per le nuove costruzioni.

Art. 1. Nei comuni di Casamicciola, Lacco Ameno, Forio, Serrara Fontana e Barano, danneggiati dal terremoto del 1883, è vietato, per le nuove costruzioni ad uso di abitazione, e per quelle destinate soltanto a temporaneo soggiorno, l'uso della muratura, quando non sia col sistema *baraccato*, con intelaiatura di legno o di ferro, secondo le norme prescritte nell'articolo 6.

Art. 2. La muratura ordinaria, eseguita secondo le migliori regole d'arte, potrà eccezionalmente essere usata soltanto per gli edifici ad un solo piano sopra terra, costruiti su terreni formati da solida lava o tufo ben cementato, o in luoghi piani, specialmente lungo le marine riconosciute meno pericolose.

Queste costruzioni a muratura ordinaria dovranno essere coperte con tetti di materiale leggero, e, dove occorran coperture a tegole o vi siano terrazzi con l'impiantito, si potrà prescrivere, secondo la destinazione dell'edificio, che l'impiantatura sia sostenuta da ritti solidamente appoggiati o piantati nel suolo e fra loro concatenati con croce di Sant'Andrea.

Art. 3. L'altezza delle nuove costruzioni, di che all'art. 1, è limitata a dieci metri, misurati dal suolo alla sommità del muro perimetrale, escluso il parapetto, se vi siano terrazzi. Il numero dei piani abitabili sopra terra non potrà essere maggiore di due, compreso il pianterreno. Vi si potrà anche costruire un piano sotterraneo, purché non si elevi oltre un metro e mezzo dal suolo.

Art. 4. Nei nuovi edifici di qualunque genere di costruzione sono vietate le volte, gli archi e le piattabande in muratura nei piani sopra terra.

Sono soltanto permesse le volte nel piano sotterraneo che non si elevi da terra, purché fatte con buon materiale e buona malta, e con una saetta non inferiore al terzo della corda.

Art. 5. Negli edifici ad uso pubblico, come chiese, scuole, municipi, ospedali, alberghi, teatri, bagni, ridotti e simili, le porte e le scale dovranno esser ampie e disposte in modo da permettere, in caso di pericolo, la più sollecita uscita alle persone ivi adunate.

Art. 6. Le nuove case ad uso di abitazione, così per la qualità del materiale come per le dimensioni e per il modo di esecuzione, dovranno essere costruite secondo le migliori regole che l'arte consiglia, per assicurarle contro i pericoli dei terremoti.

A tal uopo, oltre alle norme sancite dai precedenti articoli ed alle speciali istruzioni che potranno essere impartite a seconda dei casi, si dovranno pure osservare le seguenti disposizioni:

1° È vietato costruire edifici ad uso di abitazione o anche per soggiorno temporaneo, sui fianchi delle colline in forte pendio, o sopra suolo franoso, quantunque sostenuto da muri, se mediante sterro, non è stato prima trovato un terreno solido, sul quale possano stabilirsi

le fondazioni, e non sia stato convenientemente sistemato quello circostante.

Oltre a ciò, se l'importanza del fabbricato o le speciali condizioni del terreno lo esigano, si potrà prescrivere una platea di fondazione.

Per i nuovi edifici sarà preferita la forma con base quadrata, non sono però escluse le altre, purché poco si scostino da questa.

2° Nella costruzione muraria la malta sarà di buona qualità, composta di calce e sabbia, o calce e pozzolana, esclusa ogni miscela di terra.

È vietato di spegnere con acque salse o termali la calce destinata ad uso di fabbrica.

È vietata del pari la muratura a secco per riempimento, quando non sia con malta di calce e buona pozzolana da formare calcestruzzo.

Le pietre tufacee dell'Isola, impiegate per la grossa muratura, dovranno essere digrossate in parallelepipedi, con un lato di tale lunghezza che permetta di bene alternarle per testa e per punta, soprattutto presso le cantonate.

Negli edifici che hanno il pianterreno in semplice muratura, i muri perimetrali, se fatti in pietra tufacea dell'Isola, avranno un'altezza non superiore a metri 4 e una grossezza non inferiore a metri 0,70.

Una grossezza alquanto minore potrà essere permessa solamente nelle murature a mattoni, a regola d'arte eseguite, stante la loro maggiore solidità.

È vietato lasciare nelle grossezze dei muri, specialmente perimetrali, gole da camino o altri vani, con tubi o senza, per uso di condotto.

3° I vani delle porte e delle finestre saranno tenuti a distanza non minore di metri 1,50 dalle cantonate, e saranno protetti da piattabande, ovvero da voltini con una saetta non minore del terzo della corda, e guarniti ambedue inferiormente da un solido sostegno di legno o di ferro bene incastrato nei muri laterali.

È vietata qualunque costruzione in aggetto od a sbalzo, fatta eccezione solamente per i balconi e le cornici; ma i primi non dovranno mai sporgere sulla via più di metri 0,60, le seconde non più di metri 0,30.

I balconi, siano di legno o di ferro, dovranno essere solidamente costruiti, bene incastrati nel muro, e sostenuti da mensole di ferro.

Negli edifici a sistema baraccato, le intelaiature, siano di legno o di ferro, dovranno essere debitamente rinforzate con diagonali e da pezzi formanti triangoli, in modo da poter resistere senza danno agli sforzi in vario senso.

Così le intelaiature, come le travature dei solai e le incavallature del tetto saranno in egual modo solidamente concatenate fra loro.

Le pareti degli edifici a sistema baraccato potranno essere o rivestite di leggeri tralicci, intonacati all'esterno ed all'interno, ovvero imbottite ad uso di Calabria e di Portogallo con pietra squadrata o laterizi. Ma in quest'ultimo caso il materiale dovrà essere molto leggero e assicurato mediante opportuni mezzi di ritengo, così che non possa cadere a causa delle scosse.

4° Le travature dei tetti dovranno essere a incavallatura completa, con la trave orizzontale (catena o corda) prolungata fino alla facciata esterna dei muri e sostenuta da altre travi poste longitudinalmente sopra i muri stessi, e con queste strettamente concatenate.

Le tegole da usarsi per la copertura dei tetti dovranno essere leggere, soprattutto negli edifici a due piani sopra terra, e bene trattenuti da ganci, viti o legature, che ne impediscano la caduta.

Si potrà prescrivere, a guarentigia delle soffitte o stanze a tetto, un buon tavolato sotto alle tegole, assicurato alle travi delle incavallature.

A sostegno dei terrazzi a battuto, dove questi siano stati permessi, è vietato l'uso di panconcetti (travicelli spaccati) sciolti; e si dovranno usare invece tavoloni (solarini), assicurati solidamente alle travi od ai correnti, ed appoggiati ad un telaio (cassa) ricorrente sul ciglio delle mura.

5° Il legname da impiegarsi nelle costruzioni (preferibilmente castagno) sarà di buona qualità, bene stagionato, e debitamente preparato per resistere ai tarli e ad altri insetti.

Nelle parti esposte ad incendi, e specialmente negli edifici inte-

ramente di legno destinati al pubblico, il legno stesso dovrà essere iniettato o spalmato a più mani di un preparato ignifugo di riconosciuta efficacia.

Il ferro adoperato per le intelaiature ed ossature delle costruzioni baraccate dovrà essere di qualità malleabile e tale da resistere senza frattura alle scosse violente.

6° Nelle chiese e cappelle di qualche ampiezza sarà preferita la forma basilicale, che permette minori portate.

Le campane saranno di preferenza collocate sopra solide torrette di legno, presso un angolo della chiesa meno frequentato.

Art. 7. I muretti di sostegno e di separazione, prospicienti sulle pubbliche vie, tanto in paese che in campagna, dovranno venire costruiti in modo da allontanare ogni pericolo di disgrazie o di ingombro in causa del terremoto.

È vietata anche nelle campagne la costruzione dei muri con pietre irregolari, disposte alla rinfusa, se non ne venga assicurata la solidità mediante una sufficiente scarpa e senza inconvenienti pel pubblico passaggio.

CAPO II. — *Zone pericolose.*

Art. 8. Sono dichiarate zone pericolose quei tratti di terreno che, sia per la vicinanza ai centri di commozione, sia per la natura del suolo o per la sua disposizione a ripido pendio, sono maggiormente esposti ai danni dei terremoti.

Art. 9. Nei territori dei due comuni limitrofi di Casamicciola e Lacco Ameno, la zona pericolosa comprende la pendice, che dalla bassura verso la marina si eleva sino alle falde del monte Epomeo, delimitata da una linea che, partendo all'est dall'angolo della strada presso la chiesa di San Pasquale, si dirige al sud verso le alture di Tresta: indi, piegando all'ovest, costeggia le basi dell'Epomeo, passando sopra al vallone dell'Ombasco o Gurgitello, Casamicciola alta e Monte Cito; da questo poi, scendendo al nord-ovest per la località di San Giuseppe, Mennella e le prime alture di Mezzavia, arriva al mare alle sorgenti calde di Santa Restituta.

Ne rimangono escluse la regione Perrone all'est di Casamicciola, e le basse marine, occupate dal piano regolatore.

Nel comune di Forio la zona pericolosa comprende le pendici all'est e nord-est dell'abitato, dove sono i sobborghi di Monterone, San Pietro, Tirone e Santa Maria delle Grazie, estesa quest'ultima sino al mare.

Nei comuni di Serrara Fontana e Barano, con rispettive frazioni, i posti pericolosi saranno dichiarati alla presentazione dei piani regolatori o delle domande di ricostruzioni o di nuove edificazioni.

Il confine delle zone dichiarate pericolose sarà tracciato entro il più breve tempo, su apposito piano, ed indicato sul terreno da termini di pietra convenientemente murati.

Art. 10. Nelle zone dichiarate pericolose è permesso di fabbricare case per private abitazioni, sia di legno, sia di muratura col sistema baraccato, di che all'art. 1; ma è vietato l'estendersi i piani regolatori per nuovi quartieri, il ricostruirvi gli antichi, e il fabbricarvi edifici o stabilimenti ad uso pubblico, se non siano interamente di legno e ben concatenati.

Art. 11. Potranno venire eccettuati dal divieto prescritto nell'articolo precedente, benchè compresi in una zona pericolosa, quei posti che, per natura o disposizioni eccezionalmente favorevoli del terreno, o per altre ragioni, presentano sufficienti guarentigie di sicurezza.

CAPO III. — *Norme per fabbricati danneggiati e pericolanti.*

Art. 12. Indipendentemente dalle facoltà concesse al Prefetto della Provincia ed al Sindaco dalla legge sulle opere pubbliche (art. 76), dalla legge comunale e provinciale (art. 3 e 104), nonché dalle disposizioni della legge 2 marzo 1884, n. 1985, sui provvedimenti per Ischia, si dovrà procedere alla pronta demolizione totale o parziale di quei fabbricati che, per gravi danni cagionati dai terremoti, o per frane o per qualsiasi altra causa, presentassero pericolo di caduta.

Art. 13. In caso di restauri si osserveranno le norme seguenti:

1° Saranno demolite le volte dei piani sopra terra, sostituendovi solai debitamente costruiti, e solo per eccezione si potranno con-

servare quelli dei pianterreni, quando siano in buono e sicuro stato, e possano solidamente guarentirsi, sia alleggerendole, sia rinforzandole con catene e cinte di ferro.

2° Si dovranno pure demolire i solai che sostengono i terrazzi, quando non abbiano una solidità proporzionata al peso che portano, e non se ne permetterà la ricostruzione se non sotto la osservanza delle norme prescritte dall'art. 6.

3° In caso di bisogno, il telaio (cassa) dell'impalcatura verrà appoggiato su di un sufficiente numero di ritti, convenientemente situati entro la grossezza dei muri od almeno negli angoli di ciascuna stanza da coprirsi.

La disposizione medesima sarà applicabile per sostegno dei pavimenti d'intersuolo.

4° Le volte delle chiese, che presentassero qualche pericolo, saranno sostituite da un soffitto debitamente costruito e sorretto da ritti fra loro concatenati, od altrimenti dovranno essere rinforzate da centine metalliche in modo da prevenire disastri.

5° Occorrendo di consolidare volte o muri mediante catene o cinte di ferro, queste dovranno abbracciare una grande superficie per mezzo di piastre metalliche, di reticolati, di lunghi pali o spranghe di ferro.

Art. 14. Quando lo stato pericolante d'un edificio a più piani esiga una grave spesa per restaurarlo, se ne potrà prescrivere la riduzione a due soli piani sopra terra.

Art. 15. I proprietari delle terre difese da muricciuoli a secco, poco solidi, che fiancheggiano le strade mulattiere, saranno invitati a demolirli entro un termine da fissarsi dalla Commissione. Per la ricostruzione dei detti muri saranno osservate le disposizioni dell'art. 7; e se i proprietari non vi ottemperino, saranno applicabili le norme per i fabbricati danneggiati, di cui nell'art. 12 del presente regolamento.

CAPO IV. — *Commissione edilizia speciale.*

Art. 16. È istituita una speciale Commissione edilizia, coll'incarico di eseguire e far eseguire le disposizioni del presente regolamento.

Art. 17. La Commissione è composta:

di un ufficiale superiore del Ministero dell'Interno, *presidente*; del direttore dell'Osservatorio geodinamico dell'Isola, *vice presidente*;

di un ingegnere del Genio civile, non dipendente dall'ufficio governativo della provincia, *segretario e relatore*;

del Sindaco del comune, al cui territorio si riferisca la deliberazione da prendersi;

e di un Notabile, dimorante nel comune stesso.

I primi tre saranno nominati dal Governo, e il Notabile dalla Deputazione provinciale.

Il Sindaco ed il Notabile non interverranno però che alle adunanze nelle quali dovranno trattarsi affari del loro comune.

La Commissione avrà la propria sede nell'isola d'Ischia, nella casina Reale presso il porto.

Art. 18. I rappresentanti dei Comuni possono anche essere convocati dal presidente in seduta straordinaria, per udire comunicazioni ed esprimere il loro avviso su misure da adottarsi in comune.

Art. 19. La Commissione ha un ufficio tecnico diretto dall'ingegnere del Genio civile, membro della Commissione stessa. Alle spese di questo ufficio provvederà il Ministero dei Lavori Pubblici.

Art. 20. Agli impiegati governativi che fanno parte della Commissione e dell'ufficio tecnico, spetterà un'indennità di residenza, secondo le norme vigenti, da soddisfarsi dai rispettivi Ministeri. Nessuna altra indennità sarà dovuta per le trasferte nel territorio dell'Isola.

Ai Sindaci ed ai Notabili dei comuni, quando assistono alle adunanze in Ischia, o devono prender parte alle visite locali, saranno rimborsate sul bilancio del Ministero dell'Interno le spese per ciò sostenute.

Art. 21. La Commissione delibera a maggioranza di voti.

A parità di voti, prevale quello del presidente, che voterà dopo

gli altri. La seduta è legale, quando vi intervengano almeno tre membri.

Di ogni discussione e deliberazione si redigerà il verbale.

Art. 22. Le deliberazioni della Commissione verranno dal segretario immediatamente comunicate al Prefetto ed alle parti interessate, e saranno affisse per otto giorni all'albo pretorio del rispettivo comune.

Art. 23. Chiunque intenda di far nuove costruzioni o restauri d'edifici, deve presentare alla Commissione una domanda, nella quale sia indicata la situazione del nuovo edificio, la sua destinazione ed il genere di costruzione che s'intende adottare, e, in caso di restauri, la natura e l'entità dei medesimi.

Sarà unita alla domanda una pianta del luogo, e quando l'edificio sia di qualche importanza, specialmente se a più di un piano sopra terra, vi si unirà pure un disegno con le particolarità della costruzione.

Si rilascerà ricevuta della dimanda all'atto della presentazione.

Art. 24. La Commissione, esaminata l'istanza, delibera se il progetto risponda alle norme del presente regolamento.

A tal uopo essa ha diritto di richiedere dal costruttore altri magagnagli e disegni, di accedere sul luogo, di ordinare saggi del suolo e di fare quelli esperimenti che le sembrassero necessari per la solidità del fabbricato e per la pubblica sicurezza.

Art. 25. La Commissione, quando non occorran verificazioni, dovrà deliberare entro il termine di otto giorni dalla data della presentazione della domanda, come sopra corredata.

Art. 26. Gli interessati hanno facoltà di reclamare contro le deliberazioni della Commissione dentro il termine di otto giorni dalla fatta notificazione. I reclami dovranno essere presentati alla Commissione stessa che li prenderà in esame; e quando non creda di dover modificare la sua deliberazione, rimetterà gli atti al Prefetto, che provvederà di urgenza, sentito l'ufficio del Genio civile.

Art. 27. Trascorsi questi termini senza reclami od annullamento da parte del Prefetto, la deliberazione si intenderà definitivamente approvata, e quindi sarà esecutoria. La Commissione ne darà sollecito avviso al richiedente, specificando le condizioni ed i vincoli imposti per la esecuzione dei lavori.

Art. 28. Il Prefetto ha facoltà di sospendere, entro quindici giorni dalla fatta notificazione, ed anche di annullare la deliberazione con decreto motivato.

Art. 29. Contro i decreti del Prefetto resta aperto l'adito in via gerarchica, a forma e nei termini delle vigenti leggi.

Art. 30. La Commissione, per mezzo del suo ufficio tecnico, con visite anche periodiche sui luoghi, veglia alla rigorosa osservanza del presente regolamento e dei vincoli di che nell'art. 27.

Art. 31. Le contravvenzioni al presente regolamento saranno, per cura della Commissione, fatte contestare alle parti, secondo le leggi in vigore, e, redattone verbale, sarà inviato al giudice competente. I contravventori saranno puniti secondo le disposizioni dell'art. 146 della vigente legge comunale e provinciale.

Potrà però aver luogo la conciliazione a forma dell'art. 148 della predetta legge, salvo sempre l'obbligo dei contravventori di uniformarsi al presente regolamento ed alle prescrizioni date dalla Commissione in ordine al medesimo.

Art. 32. Il segretario compilerà al termine di ogni mese un prospetto delle istanze ricevute e delle corrispondenti deliberazioni, dei reclami presentati e del loro esito, nonchè delle contravvenzioni fatte e del risultato delle conciliazioni e del procedimento giudiziario. Il presidente firmerà il prospetto e lo trasmetterà alla Prefettura.

CAPO V. — Disposizioni transitorie e finali.

Art. 33. Se il presente regolamento si dovesse applicare prima che fosse definitivamente nominato il direttore dell'osservatorio geodinamico, spetterà al Ministro di Agricoltura e Commercio il nominare una persona perita che ne faccia le veci.

Art. 34. La Commissione, di cui all'art. 16, dura in carica un quinquennio.

Scorso questo, con decreto Reale se ne potrà prorogare i poteri, o

conferirli alla autorità comunale, o provvedere altrimenti, secondo i casi, rimanendo sempre ferme tutte quelle altre norme e disposizioni del presente regolamento.

Art. 35. Entro due mesi dalla costituzione della Commissione, l'ufficio tecnico da essa dipendente dovrà procedere ad una ispezione e ricognizione dei fabbricati e dei muri delle strade rurali danneggiati dal terremoto, per classificarli secondo l'entità del pericolo, dedurne l'urgenza e le qualità dei lavori, e per deliberare sulle eventuali domande di riparazione.

Ad agevolare l'opera di questa Commissione sarà data all'ufficio tecnico comunicazione dei documenti raccolti dal Comitato di soccorso ai danneggiati, dietro i quali, e dopo la fatta ricognizione, esso compilerà un esatto prospetto, diviso per comuni, delle opere e dei restauri da eseguirsi, che sarà sempre tenuto al corrente.

All'ufficio tecnico spetta altresì il porre i termini delle zone dichiarate pericolose, di che all'art. 9.

Art. 36. La Commissione proporrà, dentro il termine di due mesi, le condizioni e le norme per il conferimento dei premi alle nuove costruzioni che si faranno nei comuni ai quali si applica il presente regolamento.

Art. 37. Nel caso preveduto all'art. 9 della legge 2 marzo 1884, n. 1985, che fossero cedute gratuitamente ai comuni od ai privati cittadini le baracche costruite, queste, a cura e spese dei nuovi proprietari, potranno essere trasformate o riunite, sempre però sotto la osservanza delle norme di costruzione sopra specificate, sia per ridurle a palazzine, sia per utilizzare una parte degli spazi intermedi, ora ad uso di strada.

Avvenuta questa cessione, il Municipio presenterà il progetto per la sistemazione delle strade dei nuovi quartieri.

Art. 38. In caso di gravi catastrofi, i tre membri della Commissione di nomina governativa debbono riunirsi in Comitato di salvamento per proporre le misure da adottare, secondo le circostanze, ed all'uopo provvedere d'urgenza.

Art. 39. Quando l'esperienza dimostrasse la necessità di modificare in qualche parte questo regolamento, sia per introdurvi nuove e migliori disposizioni, sia per modificare l'estensione delle zone pericolose, o per altro motivo qualunque, il presidente, convocati in adunanza straordinaria i Sindaci ed i Notabili dei comuni interessati, conforme all'art. 18, potrà farne proposta al Governo per mezzo del Prefetto della Provincia.

Art. 40. Il presente regolamento andrà in vigore il 15 settembre 1884, e a cura dei Sindaci sarà pubblicato nelle solite forme.

NOTIZIE

Nuovi esperimenti sulla dirigibilità degli aerostati. — Il problema di dirigere gli aerostati ha fatto un nuovo passo sul terreno dei risultati pratici per opera di due ufficiali dell'esercito francese, il signor Carlo Renard, capitano del Genio ed il signor A. Krebs, capitano di fanteria, continuatori in ciò degli studi notevoli e profondi del sig. Dupuy de Lôme che, come è noto, si servì della forza muscolare dell'uomo per muovere il suo elice, e dei tentativi pratici del sig. Gastone Tissandier il quale applicò per il primo la forza di una macchina dinamo-elettrica alla direzione dei palloni, siccome abbiamo visto a pag. 63 di questo volume.

Il nuovo esperimento, secondo il quale i signori Renard e Krebs sono riusciti per la prima volta a ritornare nello stesso punto di partenza, dopo avere percorso una traiettoria misurata sul suolo di chilometri 7,6, ebbe luogo il 9 agosto; ed il signor Hervé Mangon presentò il 18 agosto all'Accademia delle Scienze di Parigi, la seguente relazione degli stessi Renard e Krebs.

« Il 9 agosto a quattro ore di sera, un aerostato allungato, munito di elice e di timone, s'innalzò libero nell'aria. — Dopo aver percorso chilometri 7,6 in 23 minuti, ridiscese al punto di

partenza, avendo eseguito una serie di manovre con precisione pari a quelle d'una nave ad elice, in moto sull'acqua.

« La soluzione di tale problema, tentata già nel 1855, impiegando il vapore, da Enrico Giffard, nel 1872 da Dupuy de Lôme, che utilizzò la forza muscolare dell'uomo, e infine l'anno scorso da G. Tissandier, che applicò, primo, l'elettricità quale mezzo di propulsione degli aerostati, era stata finora molto imperfetta, poichè mai il pallone ridiscese là d'onde era partito.

« Nei nostri lavori avemmo per guida gli studi del Dupuy de Lôme, relativi alla costruzione del suo aerostato del 1870-72; inoltre cercammo di soddisfare alle condizioni seguenti:

Stabilità di rotta ottenuta in seguito alla forma dell'aerostato e alla disposizione del timone.

Diminuzione delle resistenze al cammino in seguito alla scelta delle dimensioni.

Riavvicinamento dei centri di trazione e di resistenza per diminuire il momento perturbatore di stabilità verticale.

Infine, conseguimento d'una velocità capace di resistere ai venti che dominano i tre quarti del tempo in Francia.

« L'esecuzione di tale programma e gli studi che richiede furono da noi fatti insieme; a ogni modo giova porre in evidenza la parte presa più specialmente da ognuno di noi, in certe fasi di questo lavoro.

« Lo studio della particolare disposizione dell'involucro di sospensione, la determinazione del volume del palloncino, le disposizioni tendenti ad assicurare la stabilità longitudinale dell'aerostato, il calcolo delle dimensioni da dare alle diverse parti della navicella e infine l'invenzione e la costruzione d'una nuova pila, di potenza e di leggerezza eccezionali, sono opera personale del capitano Renard.

« I diversi particolari di costruzione dell'aerostato, il suo modo di riunirsi all'involucro, il sistema di costruzione dell'elice e del timone, lo studio del motore elettrico calcolato secondo un nuovo metodo basato su esperimenti preliminari, atti a determinare tutti codesti elementi per una forza data, sono opera del signor Krebs, il quale col mezzo di speciali disposizioni giunse ad ottenere quest'apparecchio di leggerezza insolita.

« Le dimensioni principali dell'aerostato sono le seguenti:

Lunghezza	metri	50,42
Diametro	»	8,40
Volume	m. c.	1864,00
Larghezza	metri	1,40

« Il calcolo del lavoro necessario per imprimere all'aerostato una data velocità fu eseguito in due modi:

1° Partendo dai dati posti dal Dupuy de Lôme, e sensibilmente accertati nel suo esperimento del febbraio 1872;

2° Applicando la formola ammessa nella marina per passare da una nave nota ad un'altra di forme poco diverse, e ammettendo che, trattandosi di un pallone, i lavori siano proporzionali al rapporto di densità esistente tra due fluidi.

« Le quantità trovate seguendo questi due metodi sono quasi identiche; e conducono ad ammettere, per ottenere la velocità in un secondo di 8° a 9°, un lavoro di trazione utile di 5 cavalli di 75 chilogrammetri, o, tenendo conto dei rendimenti dell'elice e della macchina, un lavoro elettrico sensibilmente doppio misurato agli estremi della macchina.

« La macchina motrice fu costrutta in modo da poter sviluppare sull'albero 8,5 cavalli, rappresentanti, per la corrente agli estremi d'ingresso, 12 cavalli.

« Trasmette il suo movimento all'albero dell'elice mediante un rocchetto, che s'ingrana con una gran ruota.

« La pila è divisa in quattro sezioni che possono raggrupparsi in superficie o in tensione in tre modi diversi. Il suo peso per cavallo, misurato agli estremi, è di chilog. 19, e 359 grammi.

« Furono fatti alcuni esperimenti per misurare la trazione a punto fisso, che raggiunse la cifra di 60 chilogrammi per un la-

voro elettrico sviluppato di 480 chilogrammetri e di 46 giri di elice al minuto.

« Due prove preliminari, nelle quali il pallone era equilibrato, e mantenuto a una cinquantina di metri sopra il suolo, permisero di conoscere la potenza di giramento dell'apparecchio. Finalmente il 9 agosto ebbe luogo la prova definitiva; i pesi delle diverse parti sollevate (forza ascensionale 2000 kg.) furono i seguenti:

Aerostato e palloncino	kg.	369
Involucro e rete	»	127
Navicella completa	»	452
Timone	»	46
Elica	»	41
Macchina	»	98
Sostegno e ingranaggi	»	47
Albero motore	»	30,500
Pila, apparecchi e strumenti diversi	»	435,500
Zavorra	»	214
Areonauti	»	140

Totale kg. 2000 —

« Alle quattro di sera, con un tempo quasi calmo, l'aerostato lasciato libero e possedendo una debolissima forza ascensionale, s'innalzava lentamente sino all'altezza delle colline circostanti. La macchina fu posta in moto, e ben presto, in seguito al suo impulso, l'aerostato accelerava il cammino, obbedendo con fedeltà alla minima indicazione del suo timone.

« La rotta fu dapprima verso il nord-sud, dirigendosi verso il piano alto di Châtillon e di Verrières all'altezza della strada di Choisy a Versailles, e per non impigliarsi al disopra degli alberi, la direzione fu mutata e tenuta sopra Versailles.

« Sopra Villacoublay, trovandoci lungi da Chalais di circa quattro chilometri, e del tutto soddisfatti del modo con cui il pallone si manteneva per via, decidemmo di ritornare sui nostri passi, e tentare la discesa su Chalais stesso, a malgrado del poco spazio scoperto lasciato dagli alberi. Il pallone eseguì il suo mezzo giro sulla destra, con un angolo piccolissimo (11°) dato al timone.

« Il diametro del circolo descritto fu di circa trecento metri.

« Il duomo degli Invalidi, preso come punto di orientamento, lasciava allora Chalais un po' a sinistra sulla via. Giunto all'altezza di questo punto il pallone eseguì, con altrettanta facilità di prima, un mutamento di direzione sulla sua sinistra; e ben presto venne a porsi a 300 metri sopra il punto di partenza.

« La tendenza a discendere che possedeva il pallone in quell'istante fu accusata per tempo da una manovra della valvola. Durante questo tempo, si dovette, a parecchie riprese, fare macchina indietro, macchina avanti, per ricondurre il pallone sopra il punto scelto per la discesa. A 80 metri sopra il suolo, una corda calata dal pallone fu afferrata da alcuni uomini, e l'aerostato fu ricondotto nella prateria stessa donde era partito.

Cammino percorso colla macchina misurato sul suolo	7,600 km.
Durata del percorso	23 min.
Velocità media al secondo	5m,50
Numero di elementi impiegati	32
Forza elettrica spesa ai limiti della macchina	250 kg.
Rendimento preventivo della macchina	0,70
Rendimento preventivo dell'elice	0,70
Rendimento totale, circa	$\frac{1}{2}$
Lavoro di trazione	125 kg.
Resistenza approssimata dell'aerostato	22,800 kg.

« A parecchie riprese, durante il viaggio, il pallone ebbe a subire oscillazioni di 2° a 3° di ampiezza, analoghe al beccheggio; queste oscillazioni possono essere attribuite sia a irregolarità di forma, sia a correnti d'aria locali in senso verticale.

« Questa prima prova sarà tra breve seguita da altri esperimenti fatti colla macchina al completo, e tali da lasciar sperare in un esito ancora più concludente ».

Da questa comunicazione, la cui traduzione letterale abbiamo qui riportata dalla *Rivista di Artiglieria e Genio*, i lettori comprenderanno che l'esperimento di dirigere un areostato a proprio talento nell'atmosfera, o quanto meno per modo da ritornare nello stesso punto di partenza, dopo essersene discostato 4 chilometri circa, che tale è la distanza di Villacombray dalle officine militari di Chalais, nelle condizioni in cui è stato fatto, è perfettamente riuscito.

La nota dei signori Renard e Krebs lascia tuttavia il lettore nel desiderio di conoscere qualche particolare dei mezzi impiegati per giungere a tale risultato.

Questa comunicazione non ci dice nulla sulle parti essenziali del sistema, sul motore, sul generatore della elettricità e via dicendo; essendochè ci parla soltanto di *une pile nouvelle d'une puissance et d'une légèreté exceptionnelles*.

Tutto per altro induce a credere che il sistema con cui è stata applicata l'elettricità alla propulsione dell'aerostato abbia molta analogia con quello adoperato per il primo da Gaston Tissandier, e di cui il medesimo ha dato alcuni particolari.

L'aerostato elettrico dei signori Renard e Krebs assomiglia pure nella forma allungata e nelle disposizioni generali a quello dei fratelli Tissandier. Un testimonio oculare dell'esperienza del 9 agosto diede al giornale « *Le Génie Civil* » la figura schematica che qui riportiamo (fig. 110) dell'aerostato elettrico dei

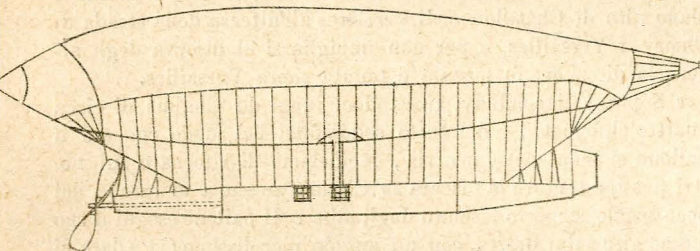


Fig. 110.

signori Renard e Krebs; vuolsi inoltre notare che l'aver posto l'elice sul davanti, l'aver fatto il timone rigido e l'averlo fissato alla navicella, l'aver dato all'aerostato una grande lunghezza per rispetto al suo diametro sono tutte innovazioni le quali possono avere il loro peso nella soluzione del problema, a quel modo istesso che ne debbono senza dubbio avere avuto il rendimento delle pile, e quello non meno ragguardevole del motore elettrico adoperato.

G. S.

Mattoni speciali per voltini su travi di ferro. — Mentre l'uso delle travi di ferro a doppio T va sempre più estendendosi nelle costruzioni, sia delle case civili, sia di quelle rurali, non pochi valenti architetti si rifiutano di ammetterle nei loro progetti per gli inconvenienti che derivano dal lasciare la parte inferiore del ferro direttamente contro l'intonaco, al quale, col tempo, essa comunica un certo color rossastro che sta malissimo. Anche i pittori si trovano sempre in grande impiccio per il deterioramento che ne deriva ai loro dipinti.

Per ovviare a tale inconveniente il signor Bottacchi Teodosio di Novara ha immaginato e fabbrica dei laterizi quali si vedono rappresentati nella figura 111.

Con questo semplicissimo sistema, mentre resta più assicurato l'appoggio contro la parete verticale del ferro, senza che il muratore abbia a tagliare col martello il mattone per dargli la voluta inclinazione, rimane protetta la parte inferiore della trave da ogni contatto coll'aria, rendendone impossibile l'ossidazione, e l'intonaco non rimane più soggetto ad alcuna macchia, ma resterà più aderente al volto, e si manterrà più pulito.

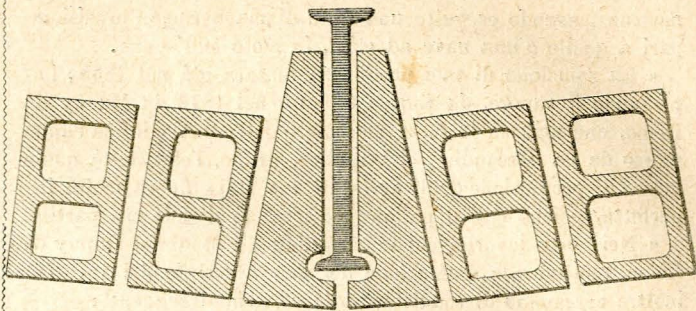


Fig. 111.

Il prezzo di questi mattoni è di lire 45 al mille resi alla stazione di Novara.

Puleggie di vetro per trazioni funicolari. — Nelle tramvie a trazione funicolare, come quelle attraversanti il ponte di Brooklyn e le strade di Chicago e di San Francisco, avviene che le gomme sono fortemente deteriorate dallo sfregamento delle puleggie o dei tamburi, sui quali esse si muovono.

È stato osservato che il deterioramento raggiunge il massimo quando le puleggie sono di metallo.

Si sono ora provate puleggie di vetro del diametro di 32 centimetri, e della grossezza di 6 a 7 centimetri con una gola sul mezzo. La sola periferia è di vetro gittato, mentre l'interno è costituito da un nucleo di ferro. Si assicura che tali puleggie hanno già dato prova di resistere a tutte le pressioni ed agli urti cui possono andare soggette, e che il logoramento dei cavi sia talmente insensibile da potersi presumere la loro durata il limitata.

Benchè tali puleggie siano per risultare da principio più costose di quelle metalliche, pure la convenienza di adoperarle sarà sempre grande, dappoichè le funi dureranno molto di più.

È in un opificio di Pittsburg, dove si studiano queste ed altre sostituzioni del vetro ai metalli per gli usi della meccanica. Il vetro, di cui sono fatte le puleggie, vuol essere ricotto durante 72 ore a vece delle sole 10 ore necessarie per il vetro ordinario, il quale non potrebbe essere utilmente adoperato a motivo della sua fragilità.

I cuscinetti di sostegno degli assi delle puleggie vengono pure fatti di vetro; e si spera che ciò condurrà a risparmiare l'olio ed a semplificare il servizio.

(Iron).

Provvedimenti presi negli Stati Uniti contro le falsificazioni del latte. — Non v'ha città tra noi di qualche importanza la quale non abbia da prendere provvedimenti di rigore contro industriali o commercianti poco scrupolosi i quali falsificano il latte od i suoi derivati.

In America e specialmente a Nuova-York codesto genere di frode ha preso tali proporzioni che il Senato nominò una commissione coll'incarico di preparare un regolamento quanto mai severo. Ed ecco le principali disposizioni del progetto di legge stato elaborato dalla Commissione.

L'articolo 1° punisce con multa di 25 a 200 dollari, e col carcere per uno a sei mesi i venditori del latte adulterato, impuro o malsano, e di qualsiasi sostanza con esso fabbricata.

L'articolo 2° punisce con multa di 25 a 200 dollari e col carcere per uno a quattro mesi chi tenesse le vacche in stalle troppo piccole od insalubri, o le mantenesse con alimenti malsani.

Gli industriali i quali attendono alla manipolazione del latte dovranno tenere esatto conto di tutto il latte ricevuto giorno per giorno come del numero totale di libbre di burro e di formaggi vendute. E tale conto dev'essere a disposizione di chiunque somministri il latte alla fabbrica. Il tutto sotto pena di una multa di 25 a 200 dollari, e di uno a sei mesi di carcere.

Le scatole del burro devono portare il nome del fabbricante e l'indicazione del peso del burro in esse contenuto.

È rigorosamente vietata la fabbricazione con sostanze oleaginose di prodotti destinati a sostituire il burro ed il formaggio sotto pena di una ammenda di 100 a 500 dollari e del carcere da 6 mesi ad un anno.

Il progetto ha pure un articolo molto importante che riguarda la composizione del latte; questo sarà dichiarato falsificato ogni qualvolta risulterà contenere più dell'88 per cento d'acqua o di sostanze fluide, o meno del 12 per cento di materie solide del latte, le quali non dovranno contenere meno del 3 per cento di grasso.

Sarà considerato come impuro e malsano il latte somministrato da mugane nutrite con residui di distillerie, o con sostanze qualunque in stato di fermentazione o di putrefazione; ed i venditori incorreranno nelle penalità indicate dagli articoli precedenti.

I commissarii, i periti, e tutti gli agenti incaricati di sorvegliare l'esecuzione della legge avranno libero accesso in tutti i magazzini, le fabbriche, le latterie, vagoni e vetture adoperate per il trasporto dei prodotti, e saranno in diritto di ispezionare i recipienti e prelevarne i campioni destinati alle analisi.

(*Génie Civil*).

BIBLIOGRAFIA

I.

Englische Tunnelbauten bei Untergrundbahnen, sowie unter Flüssen und Meeresarmen. — Relazione di missione del Dr Filippo Forchheimer Ingegnere, Docente alla R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri di Aquisgrana, con 19 figure nel testo e 14 tavole. — Aquisgrana, presso J. A. Mayer, 1884.

In un'epoca come la nostra in cui i lavori d'ingegneria vanno succedendosi rapidi e meravigliosi, assumendo giornalmente un'importanza sempre maggiore, in cui lo sviluppo delle reti ferroviarie in tutti i paesi, creando ognora nuovi bisogni, impone all'ingegneria problemi sempre più ardui, i molti trattati di cui disponiamo non bastano a fornire gli elementi necessari a vincere le difficoltà che si presentano, poichè in essi non si riassumono che i trovati già noti alla generalità dei tecnici e che per conseguenza rimontano a qualche tempo addietro.

Gli Ingegneri hanno oggidì bisogno, più di qualsivoglia altra cosa, di libri che descrivano i lavori più grandiosi che si stanno costruendo o che furono da poco ultimati, che accennino a tutte le difficoltà incontrate nella loro esecuzione, ed ai mezzi impiegati per vincerle, che ne esaminino i risultati e paragonandoli a quelli ottenuti coi mezzi già noti e più in uso, dicano della maggiore o minore efficacia dei nuovi, dei vantaggi che ne risultano e di quelli che si possono sperare apportandovi opportune modificazioni, riuscendo così di utile ammaestramento nell'applicazione che si può fare in casi analoghi. I libri di questa natura saranno sempre i ben venuti presso gli Ingegneri, poichè essi vi troveranno quanto loro occorre nella scabrosa carriera che percorrono, ed è appunto perciò che possono chiamarsi di opportunità.

Il libro del dott. Forchheimer « Costruzioni inglesi di tunnels per le strade ferrate sotto terra, sotto fiumi e sotto bracci di mare » è una relazione di missione che appartiene appunto a questa categoria di lavori; dalla lettura del medesimo si scorge che è fatto da uno che ha molto studiato e che ha attentamente osservato; tratta di una materia poco nota e di cui l'Inghilterra sola offre gli esempi.

L'Ing. Forchheimer, professore alla scuola politecnica d'Aquisgrana, intraprese il suo viaggio per incarico del Ministro dell'Istruzione pubblica, e visitò i trafori che in Inghilterra si stanno facendo sott'acqua e sotto la città di Londra, lavori che non potranno mancare di presentarsi anche da noi in un tempo non lontano e sui quali le pubblicazioni sono rarissime.

Il libro dell'Ing. Forchheimer è diviso in due parti; nella prima tratta di trafori sotto la città e nella seconda di quelli sott'acqua; l'autore grazie alla sua missione ufficiale, trovò dappertutto le migliori accoglienze e l'opportunità di visitare tutto quanto potevano offrire d'interessante i lavori suddetti. Egli poi seppe osservare i singoli dettagli di ciascuno e ne arricchì il proprio libro, il quale perciò appunto diventa altamente commendevole per l'Ingegnere, che vi trova una copia di notizie raccolte sul luogo o attinta alle più pure sorgenti, discusse con acume e abbondanza di dottrine proprie; cosicchè il suo lavoro, se non nella forma, per lo meno quanto al contenuto ed al valore è un vero trattato.

Le armature ed i puntellamenti impiegati nei trafori sotto le strade e case di Londra sono accuratamente descritti e disegnati; l'applicazione in grande del calcestruzzo, l'attraversamento delle fognature e di altri canali sotterranei vengono espone con molta chiarezza.

Fa seguito la descrizione dei lavori pei trafori di Mersey e di Severn; tanto per l'uno quanto per l'altro l'Autore accenna innanzi tutto alla natura del terreno attraversato ed ai lavori preliminari che dovevano dare contezza sui mezzi da scegliersi per l'esecuzione definitiva dei medesimi. Indi espone l'organizzazione dei cantieri, la formazione dei pozzi, l'attacco col relativo armamento, i mezzi adoperati per l'estrazione dell'acqua, per la ventilazione durante il lavoro, per l'estrazione dei materiali escavati, ecc. L'Autore arricchì il suo libro di moltissimi dati relativi al costo dei lavori eseguiti, delle macchine impiegate per l'estrazione dei materiali, per la ventilazione, per l'aggotamento, ecc.; l'insieme di questi dati permette di determinare in un certo grado il costo generale dei trafori; ed è in ciò che il libro offre uno dei suoi principali pregi. Inoltre fornisce dei dati precisi e particolareggiati sull'avanzamento dei lavori.

Dall'impiego della perforatrice di Beaumont e English fatto nel traforo sotto il Mersey senza ricorrere a materie esplosive, si è riconosciuto essere questo uno dei mezzi più efficaci, poichè evita l'ingrandimento delle fessure, inevitabile coi mezzi esplosivi, e che facilita l'introduzione delle acque di filtrazione.

Lo stesso risultato si è ottenuto nella perforazione della galleria sotto il Canale della Manica. La descrizione di questo traforo costituisce uno dei più importanti capitoli del libro, e viene esposto in tutti i suoi dettagli, incominciando dalla storia del medesimo, e passando successivamente in rivista le condizioni geologiche, il tracciato, gli scandagli nel fondo del mare, i lavori preliminari in Sangatte, quelli fra Dover e Folkestone, la perforazione meccanica, la descrizione delle macchine impiegate, il preventivo e i risultati ottenuti. Si espongono i procedimenti impiegati per eseguire le murature a dispetto delle numerose filtrazioni; e interessantissimi sono i ragguagli dati sulle porte a diaframma, colle quali s'impedisce nei casi d'irruzione dell'acqua che tutto il traforo venga inondato, limitando l'inondazione a tratti parziali.

Il libro dell'Ing. Forchheimer può tener le veci di un'intera biblioteca sull'argomento dei trafori sotto terra e sotto acqua, poichè non solo ci offre tutto il noto che si trova sparso in moltissimi giornali ed opuscoli, ma contiene una quantità di dettagli e costruzioni nuove; cosicchè noi crediamo che quest'opera meglio valga a dare un'idea delle costruzioni inglesi ivi descritte, che non tutte le relazioni che abbiamo lette negli stessi giornali inglesi, dove troviamo delle notizie assai incomplete sui lavori ora descritti dall'Ing. Forchheimer. Aggiungasi poi che il libro è conciso e chiaro, ciò che raramente si trova nei libri tedeschi; l'Autore è padrone della parola, della frase, dell'idea; questa è sempre netta e precisa, per cui anche l'espressione è sempre giusta e appropriata.

Possiamo pure aggiungere che la stampa è ben condotta, i caratteri sono nitidi e le molte tabelle che l'arricchiscono, bene disposte; finalmente le 14 tavole che l'accompagnano sono chiarissime e ben eseguite; tutte qualità che contribuiscono ad aumentare i pregi del libro.

GAETANO CRUGNOLA.

II.

Della condotta forzata delle acque. — Lezioni dell'Ingegnere Giacinto Turazza, docente nella R. Scuola di Applicazione per gl'Ingegneri a Padova. — Un volume in-8°, di testo, di pag. 325, ed altro di figure in 20 tavole. — Padova, 1884. — Prezzo L. 10.

Del giovane autore, che già ci favorì per il giornale qualche lavoruccio, dobbiamo soprattutto lodare la rara modestia colla quale presenta nella prefazione questa raccolta di lezioni pratiche speciali sulla condotta forzata delle acque e sulla loro distribuzione nelle città. Lezioni che da alcuni anni il Giacinto Turazza impartisce, forse come corso libero o di complemento, nella Scuola degli Ingegneri in Padova.

L'argomento non è solo di grande importanza, ma è ben anche di vera attualità; non essendovi, si può dire, centro abitato, dai più piccoli Comuni alle primarie città, dove non si pensi da senno a provvedersi di buone acque potabili, e di altre ancora per i bisogni molteplici della pubblica igiene, non meno che per il servizio in caso d'incendio. Non v'è quindi ingegnere o geometra, di quelli in ispecie la cui sfera di operosità non oltrepassa di solito i confini del loco natio, che non abbia dinanzi a sé un problema di condotta d'acqua intubata. E non è a dire quante difficoltà, e, dirò meglio, quanta varietà di difficoltà presentino questi problemi, i quali esigono altrettante soluzioni diverse quante sono le località alle quali si riferiscono. La natura delle sorgenti, il luogo di presa, la quantità d'acqua effettivamente disponibile, e quella di cui si può avere bisogno, il problema tecnico della condotta e della distribuzione, e la soluzione più economica fra le soluzioni possibili, sono tutte questioni le quali esigono un corredo non lieve di cognizioni teoriche e pratiche, che il trovare riunite in apposito libro, di non grande mole, facile a leggere, e ricco di esempi numerici e di pratiche applicazioni, può da moltissimi ascriversi a particolare fortuna.

L'argomento avrebbe adunque potuto assai bene dar luogo, almeno in prefazione, ad alcuni di quei colpi di cassa, coi quali sogliono d'ordinario autori ed editori chiamare l'attenzione degli studiosi sulle nuove loro pubblicazioni.

L'ingegnere Turazza limitasi invece a manifestare la speranza che queste sue lezioni, se non alla scienza, alla pratica almeno dell'ingegnere, riescano di qualche giovamento, avendo egli con molta cura raccolto ed ordinato quanto sino a' giorni nostri si conosce in proposito, valendosi di molte pubblicazioni che trattano dell'argomento, di monografie di lavori di tal genere stati eseguiti, e di cognizioni prese in alcune visite da lui fatte sulle distribuzioni forzate di qualche città.

L'opera è divisa in due parti. La *prima*, essenzialmente teorica, esamina, prima d'ogni cosa, i fenomeni fisici che si manifestano nel muoversi dell'acqua dentro i tubi, e dà le equazioni fondamentali che servono ai calcoli idrometrici nei diversi casi che in generale si presentano di una condotta o diramazione con semplice servizio di estremità, e di un tubo di condotta con distribuzione per via, cui fanno seguito i due casi più particolari del moto dell'acqua nelle diramazioni domestiche e nelle fontane zampillanti. Successivamente prende a discutere le soluzioni diverse a cui possono dar luogo i problemi generali testè accennati sotto il punto di vista del minimo costo d'impianto della tubulatura; e discusse così in generale, colla scorta del Dupuit, le condizioni di massima economia delle condotte nei diversi casi di una o di più ramificazioni, con portate costanti o variabili lungo il percorso; esaminate le condizioni più vantaggiose delle condotte principali rispetto alle diramazioni per quanto è possibile ragionarne in generale ed in astratto; istituisce un tentativo di calcolo per determinare quale diametro più convenga dare ad una condotta quando l'acqua debba esservi spinta sotto determinata pressione da pompe animate da motrice a vapore, affinché il costo complessivo della motrice e della tubulatura sia un minimo.

Termina la prima parte con alcune ottime considerazioni generali sulle linee di massima economia da seguirsi nel tracciato di

una rete di condotti di distribuzione nei perimetri abitati, sulla posizione e sulla utilità dei serbatoi e sulle circostanze che possono consigliare la convenienza della divisione dei servizi di distribuzione. Tutto ciò in generale ed in astratto.

Nella parte *seconda* invece si prendono di mira ad uno ad uno, e per ordine, i problemi pratici che all'ingegnere si presentano a risolvere nello studio preliminare di un determinato progetto di condotta d'acqua.

Ragiona preliminarmente sulla quantità d'acqua che può ritenersi occorrere per una distribuzione urbana, riportando esempi di città che già ne sono fornite, e precetti in proposito di noti autori, i quali per altro non vogliansi scompagnati dalla massima ancor più nota: « *bisogna che dell'acqua ce ne sia troppa, perchè si possa dire che ce n'è a sufficienza* ». Accenna brevemente alle qualità igieniche dell'acqua dipendentemente dall'uso cui può essere destinata; e tocca appena dei principali sistemi di limitazione e di misurazione della quantità d'acqua distribuita ai singoli utenti.

Poi tratta più distesamente dei modi diversi con cui procurarsi l'acqua potabile per una città, ricorrendo alle sorgenti od alle cisterne, od alle prese nei fiumi mediante bacini di deposito e gallerie filtranti naturali, o filtri artificiali, accennando nei singoli casi ai problemi che si presentano da risolvere. Dà le regole pratiche per la costruzione degli acquedotti scoperti e coperti, dei serbatoi e loro parti accessorie, tanto se di muratura, che a pareti metalliche, non esclusi i piccoli serbatoi domestici, posti d'ordinario sulla sommità dell'edifizio al quale debbono servire.

Più ricco ancora di dati pratici utilissimi all'ingegnere, è il capitolo sui tubi che dal serbatoio principale o dalle pompe vanno, sotto le strade, le piazze, i viali ed i pubblici giardini, a portar acqua ovunque occorra; e qui l'autore fa completa rassegna di tutti i tubi finora adoperati, quelli di legno, di terra cotta, di cemento o di pietra, i tubi metallici di ferro, di ghisa, di piombo, di rame, quelli fin'anche di cartone.

Gli sfiatatoi, le valvole, i rubinetti di chiusura e di scarico sono successivamente, e fors'anco un po' brevemente, esaminati e descritti coi loro reciproci vantaggi ed inconvenienti. Lo stesso dicasi del materiale occorrente agli usi pubblici del dilavamento delle strade, del servizio gratuito delle fontanelle, del servizio incendi, e di quello dei getti d'acqua ornamentali per fontane o cascate; non meno per ciò che riguarda l'interno delle abitazioni. Forse la tema di accrescere di troppo la mole del libro, consigliò all'autore la parsimonia finale sul problema importantissimo dei contatori e misuratori, che troviamo appena accennato e di volo; forse è per lo stesso motivo che mancasi di qualsiasi particolare relativo alle pompe ed altri meccanismi di sollevamento artificiale dell'acqua, ai quali è pur forza ricorrere, e non sempre con tanto dispendio come a molti pare, semprechè vogliasi provvedere un centro abitato della considerevole quantità d'acqua di cui i moderni dettati dell'igiene e le moderne esigenze dei costumi più non possono fare a meno. Ed il problema si collega pur anche al servizio dell'acqua sotto forti pressioni con accumulatori per trasmissioni a moderate distanze di forze motrici occorrenti ad intermittenza, non solo per gli scali delle strade ferrate, ma per stabilimenti industriali in genere, come pure per gli elevatori idraulici in sostituzione delle scale negli *hôtels*, e via discorrendo.

Le nitide figure contenute nelle 20 tavole, appositamente disegnate dall'autore, se per la scala nella quale sono disegnate, e per la natura stessa dell'opera, non si possono dire altrettanti particolari di esecuzione, sono ad ogni modo qualche cosa di più che semplici figure dimostrative, e concretano assai bene l'idea che sono destinate a rappresentare.

Per cui, oltre ad una raccolta di lezioni, l'opera coscienziosa dell'ingegnere Giacinto Turazza deve dirsi un manuale teorico e pratico de' più razionali e completi che si conoscano per lo scopo di guidare un Ingegnere a trovare la migliore soluzione di un qualsiasi problema di condotta d'acqua per tubi.

G. SACHERI.

Fig. 1. In rilevato

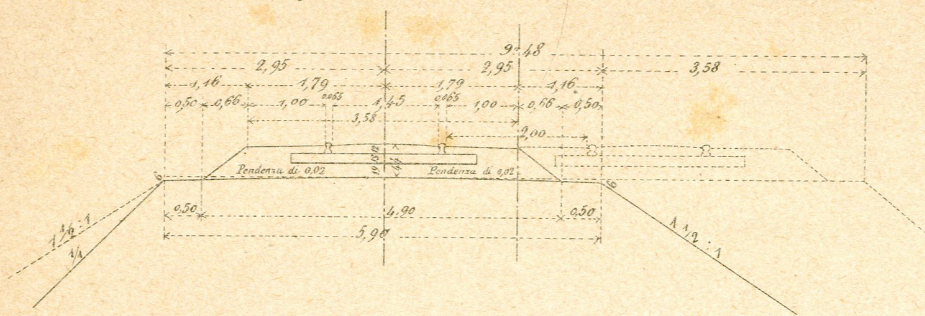


Fig. 2. In trincea

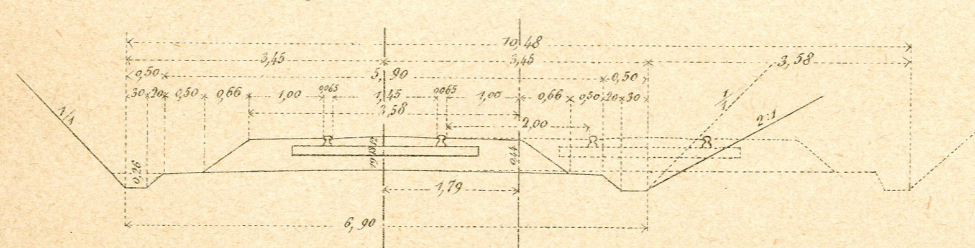


Fig. 3. In trincea con muriccioli

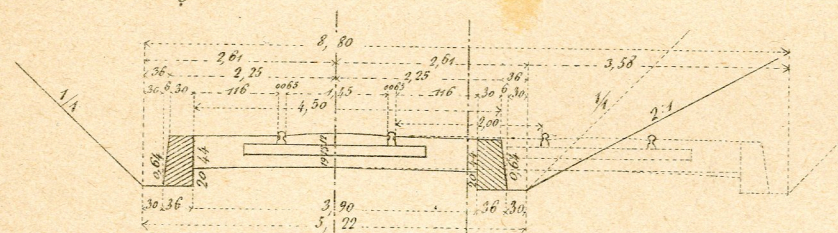


Fig. 4. Con muriccioli

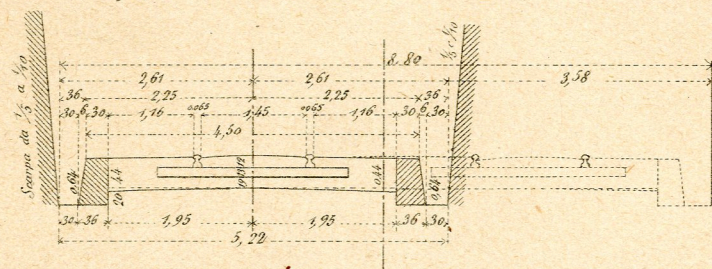


Fig. 5. Fra muri di sostegno

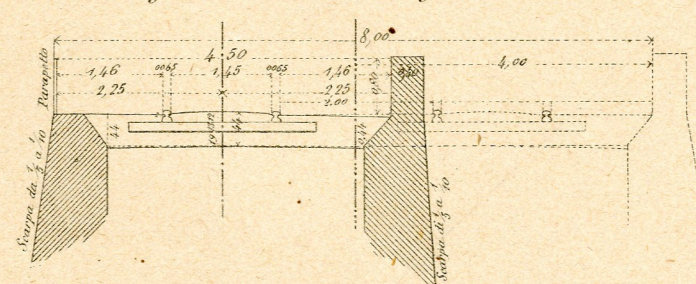


Fig. 6. In galleria

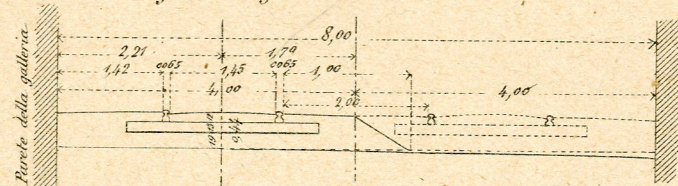


Fig. 7.

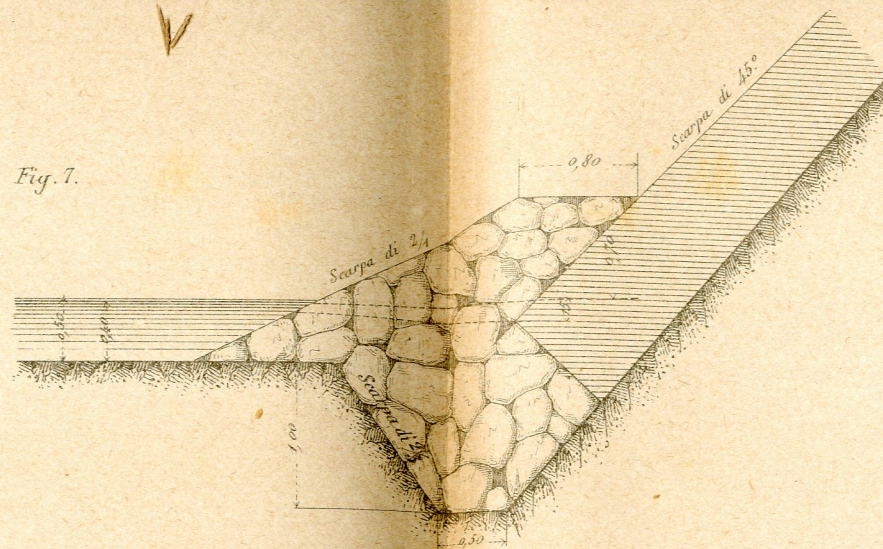


Fig. 8.

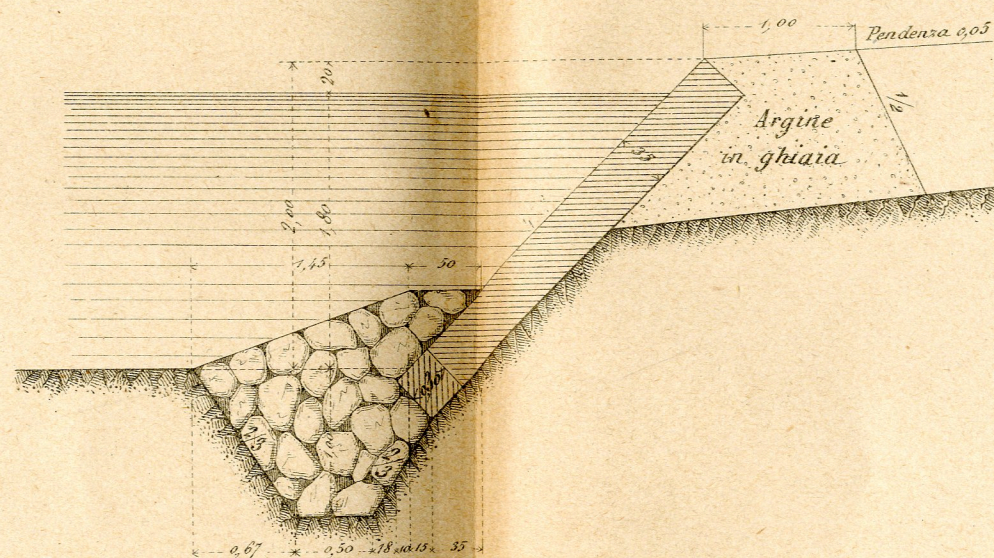


Fig. 9.

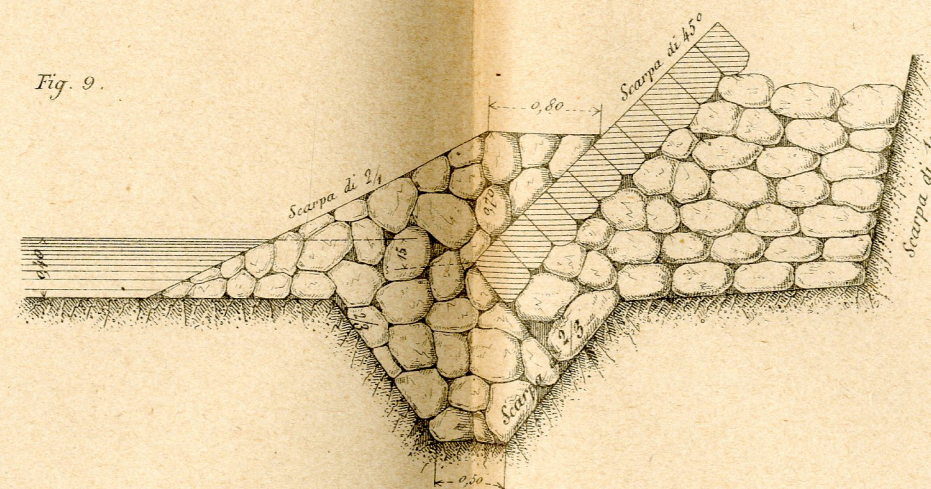


Fig. 10.

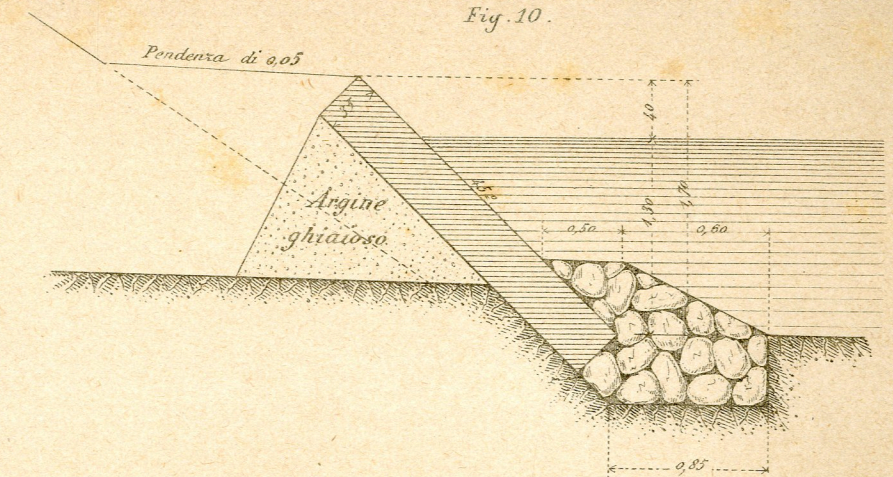


Fig. 11.

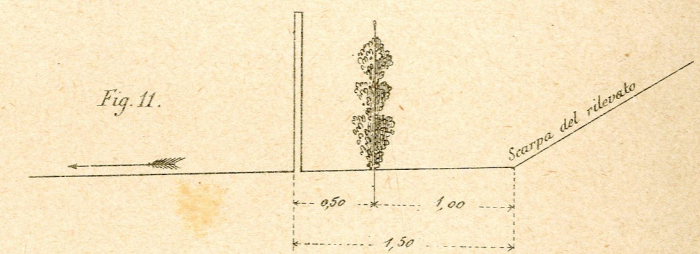


Fig. 12.

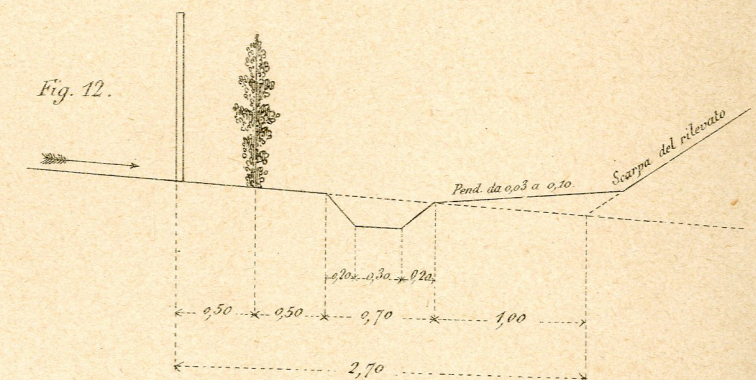


Fig. 13.

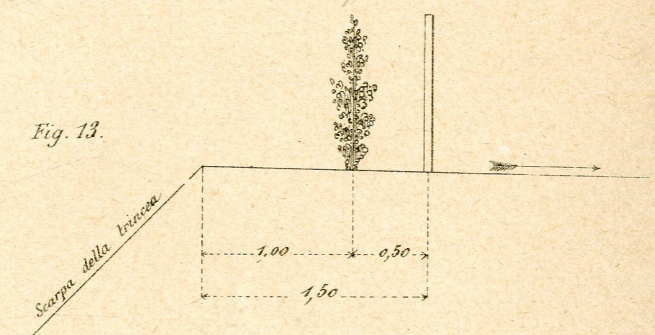


Fig. 14.

