L'INGEGNERIA CIVILE

INDUSTRIALI ARTI E

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

GEOMETRIA PRATICA

TRIANGOLAZIONE E TRACCIATI

PER LA

GALLERIA DEL BORGALLO (FERROVIA PARMA-SPEZIA)

dell'Ing. IGINIO MUZZANI.

(Veggasi la Tav. IV)

Preliminari.

La galleria del Borgallo, tra le fronti dei due portali, ha lunghezza di pochi metri inferiore ad 8 chilometri. Attraversa uno spartiacque che fu detto Borgallo, ma tal nome è quello della cima più alta della giogaia e posta alquanto allato della direzione della galleria, la quale invece passa dentro al monte Forni, ed ha l'andamento d'asse che appare nella planimetria (Tav. IV) con linea punteggiata, P fra e π salvo i raccordi curvilinei.

Nell'agosto 1891 restavano a perforarsi 600 metri circa di nucleo sul rettifilo (II-III) e fummo incaricati della continua-

zione dei tracciati dagli imprenditori A. Piatti e C.

Un còmpito di tale importanza (giacchè crediamo importante ultimare un tracciato simile ancor più che l'iniziarlo od il proseguirlo qualche tempo), era ben altro che facile, essendo insufficienti otto mesi circa, entro i quali credevasi allora sarebbe avvenuta la perforazione, a completare la verifica diretta degli elementi che ci furono consegnati, giacchè il lavoro di campagna era possibile in quei soli giorni che i rigori della prossima stagione ci avrebbero concesso.

Diciamo ancora che non già per voglia di contestare l'esattezza di operato degli abili ingegneri che ci avevano preceduti, eravamo indotti a far queste verifiche; bensì perchè non potevamo ad occhi chiusi addossarci la responsabilità di fatti compiuti da altri e perfettamente a noi ignoti per quanto

aveva contribuito a produrli.

Non avevamo in sostanza il tempo per compiere la verifica degli elementi di consegna; ma pur tuttavia non sentendoci l'animo di accettarli così, senz'altro, fu risolto di lasciarli da parte, e di cercare invece la posizione reciproca dei due ver-tici interni II e III, fra cui cadeva il nucleo da abbattere, senza punto preoccuparci della loro posizione all'esterno, precisamente come se quivi non esistessero; e poscia determinare la retta che doveva unirli pure in sotterraneo.

Con questo riducevamo alla massima semplicità quel lavoro, che mentre avrebbe servito alla continuazione del tracciato, dava modo altresì a verificare, d'un solo tratto, benchè indirettamente, i tracciati esterno ed interno assieme, giacchè il secondo era la fedele copia del primo, che doveva a sua volta corrispondere al progetto: l'analisi della sola retta (II-III)

bastava a ciò.

Naturalmente prima d'ogni altra cosa convenne accertarci che i punti in sotterraneo corrispondevano a quelli fissati all'aperto: altrimenti era possibile, per gli effetti della mobilità dei terreni attraversati dalla galleria, andar incontro a qualche assai sgradita sorpresa.

Quando avessimo voluto fare direttamente la verifica del tracciato esterno, avremmo dovuto invece scegliere i vertici della triangolazione in ordine alla posizione dei punti capi-

tali della linea in campagna, onde farne il collegamento ai triangoli della rete; e perciò bisognava adottare parecchi triangoli sussidiari: lavoro lungo e fastidioso e per questo non conveniente affatto; anzi parevaci, così facendo, disprecar fatica inutilmente, per le ragioni che esporremo in seguito sotto il titolo Conclusioni.

La traccia dell'operazione che ci proponemmo di eseguire

fu invece la seguente:

Con una rete di triangoli collegare i due versanti fra loro: cercare quindi una retta, di maggior possibile lunghezza, il cui collocamento sul terreno riuscisse della più grande semplicità ed avente i capi nei due versanti medesimi; determinare esattamente lunghezza e posizione di tal retta sul terreno, e tenendola quale risultato di tutta la triangolazione, servirsene come base pei riferimenti di cui avremmo avuto bisogno in seguito. Scelto quindi un conveniente sistema di assi coordinati, ad essi riferirci per calcolare la posizione reciproca dei vertici interni II e III, dopo apposita operazione pratica, allo scopo di determinare la retta che li unisce.

A giustificare la scelta di questa traccia, oltre, come ripetutamente dicemmo, il tempo limitato, avevamo ancora que-

st'altra e pur buona ragione:

Dato il caso (che ammettevamo difficile a succedere stante il gran numero di operazioni, verifiche e controlli d'ogni genere già prima da altri eseguiti) che la retta la quale a noi sarebbe risultata unente i vertici II e III interni fra loro non fosse riuscita coincidente con quella in parte già tracciata in sotterraneo, avremmo avuto campo di correggere la differenza con facilità, senza ricercare le cause di qualsiasi fatto, a noi estraneo, che l'avesse prodotta. Era infatti evidente che determinata la retta (II-III), null'altro avrebbe poi dovuto farsi che metterla in galleria nei futuri tracciamenti; e qualora essa non avesse coinciso coll'esistente asse, dovendo, per quanto più sopra fu ammesso, esser lieve la differenza, la maggior deviazione sarebbe caduta ove minori od affatto insensibili ne riuscivano le conseguenze, cioè nel tratto che rimaneva a perforare.

Misura delle basi.

Naturalmente si vollero avere della maggior lunghezza possibile le due basi per la triangolazione.

Due difficoltà, una conseguente all'altra, si presentarono

subito a renderci malagevole l'intento, e furono:

1º L'impossibilità di stabilire in ciascun versante una retta sufficientemente lunga e tale da poterne eseguire la misura diretta sulla sua direzione.

A questo serio inconveniente fu presto rimediato fissando gli estremi della base per modo, ben inteso, che da uno si vedesse l'altro, e poi studiando un poligono il quale avviluppasse ciascuna delle rette così determinate di posizione, e tale che i suoi lati percorressero, fra le zone circostanti, le meno accidentate, senza tuttavia andar troppo discosti dalla retta di chiusura. Misurati lati ed angoli interni dei poligoni, avremmo avuto tutti gli elementi necessari a calcolare la lunghezza di ciascuna base.

Non è poi vero che nel misurare in tal modo una retta si vada incontro al pericolo di errori gravi; è vero che mentre nella misura diretta della base si commette unicamente l'errore di lunghezza, nell'altro modo si introducono pure errori angolari che in qualche benchè piccola misura devono anch'essi influire sul risultato. Ma posto mente che allorquando si proiettano i lati di un poligono sulla direzione

della sua base, vengono in campo, nel calcolo, i soli coseni degli angoli che ciascuno dei lati dell'avviluppante fa col lato di chiusura: e tenuto conto che la spezzata non deve poi scostarsi troppo dalla retta, così che gli angoli che ciascuno dei suoi lati fa con la base sieno piccoli, ne consegue che essendo lenta la variazione del coseno in paragone alla variazione dell'angolo, quando esso non è ampio, l'errore angolare commesso nella misura deve influire assai poco nel risultato finale. E tanto piccola è questa influenza da non impensierire affatto, ben inteso avuto riguardo al nostro scopo

Nel versante Bergotaro il poligono della base ha un estremo ed il primo lato sul muro costruito a difesa della galleria dal torrente Tarodine, attraversa poi la strada provinciale Borgotaro-Berceto e si chiude colla base sopra un grande rilevato di rifiuto. La base è indicata nel piano della triangola-

zione con (P-S)

Nel versante Guinadi, cominciando dal portale della galleria di Grondola si giunse a quello della galleria del Borgallo percorrendo con una spezzata la sede stradale della fer-

rovia, in parte ancora cantiere dei lavori. La base è $(\pi$ - σ). 2º La seconda speciale difficoltà, e pur essa di non lieve momento, che si dovette poi superare, fu incontrata per la misura delle poligonali avviluppanti le basi, perchè i loro lati cadevano tutti su terreno più o meno inclinato all'orizzonte od accidentato.

Non potendo mettere sempre a contatto fra loro due aste in posizione orizzontale, si avrebbe dovuto usare dei piombini a sostituire i contatti; ma il vento impetuoso, pertinace ed inquietante nostro nemico, non permetteva assolutamente tal semplice e facile operazione. Maggior tempo disponibile ci avrebbe forse concesso l'attesa a momenti quieti e propizi per eseguir le misure; ma inutile era il pensarvi, e decidemmo allora di sostituire i piombini materiali con mezzi che non temessero l'azione del vento e fossero nel tempo istesso più fini.

Questi mezzi costituiscono un sistema nuovo ed assai comodo per misurare lunghezze su terreni inclinati od accidentati, con l'approssimazione sufficiente per lavori come quelli che fanno oggetto di questo discorso. Descriveremo ora suc-

cintamente l'apparato longimetro.

Apparato longimetro.

Due aste parallelepipede di legno, di quattro metri circa di lunghezza, portano a ciascuna estremità una linguetta o righetta scorrevole d'acciaio, in direzione dell'asse lungo dell'asta, graduata a millimetri e lunga circa m. 0,15. Lo spo-

stamento si ottiene con vite a mano e rocchetto.

Collocate le aste su appositi cavalletti ed alla medesima altezza (quando ciò era possibile), ma non a contatto, si disponevano in posizione orizzontale e in direzione della retta da misurare; quindi, fatte sporgere le linguette affacciantisi finchè le punte loro arrotondate si toccavano, si misurava lo spazio prima lasciato libero fra le estremità delle aste leggendo su ciascuna linguetta la quantità di cui era spôrta, con l'approssimazione del decimo di millimetro indicata da ap-

positi noni.

Quando poi non era possibile fare il contatto fra le linguette, a cagione di qualche accidente o singolarità del terreno che impediva di disporre le aste alla stessa altezza, queste si mettevano in piani orizzontali comunque, e poscia si installava a piccola distanza da esse, su basso treppiede, uno speciale istrumento a cannocchiale, che fu detto collimatore, col quale si otteneva, come si ottiene da un teodolite, un piano ottico verticale, e per l'intromissione di una lente panfòcale, la visione distinta anche a piccole distanze dall'oggetto. Le linguette d'acciaio, che portano incisa all'estremità una retta perpendicolare alloro spigololungo (tratto fiduciale), si facevano quindi sporgere ambedue finchè il tratto inciso di ciascuna, che risultava verticale, cadeva nel piano pure verticale dato dal filo micrometrico del collimatore. Si otteneva dunque, in sostituzione dei contatti, un filo a piombo ottico, epperciò insensibile all'azione dei venti. Sulle linguette si leggevano poi le quantità di cui erano uscite, misurando così, come prima, e sempre con l'approssimazione del decimo di millimetro, lo spazio fra le estremità delle aste.

Il collimatore possiede un congegno per disporre l'asse di rotazione del suo cannocchiale in direzione parallela alla retta da misurarsi; senza tal cura, e quando le aste non avessero avuto gli spigoli lunghi in piani verticali coincidenti ma soltanto paralleli, si incorreva inevitabilmente in qualche errore di misurazione, più sensibile ancora se le aste fossero riuscite in direzioni fra loro oblique.

Per mezzo del collimatore era facile, sicura e precisa la

calata e ripresa del punto a terra.

Si collocavano le aste sulla direzione voluta mediante un

teodolite piuttosto grossolano.

Ciascun lato dei poligoni fu misurato due volte, e col descritto apparato longimetro si misuravano in media metri 40

una sol volta per ogni ora di lavoro.

Furono misurate entrambe le basi nell'autunno 1891; nell'inverno dello stesso anno si eseguirono tutte le necessarie misure dentro la galleria, dagli imbocchi fino a ciascuno dei vertici II e III e più in là, impiegando in tutto circa 280 ore di tempo.

La base di Borgotaro (P-S) risultò di m. 1087,88. La base di Guinadi $(\pi - \sigma)$ fu misurata in m. 1100,80.

Comparatori.

Un fatto di cui era necessario tener stretto conto nel risultato di ogni misura era la variazione in lunghezza che ave-

vano subito le aste durante la misura stessa.

Per ciò fare, venne stabilito in ciaschedun versante un comparatore, costituito da due pezzi d'acciaio convenientemente foggiati e sporgenti da un ben solido piano orizzontale d'appoggio, in cui ne era incastrata con ogni cura la maggiore lunghezza perchė riuscissero inamovibili in modo perfetto.

Si tenne la distanza fra le parti sporgenti del comparatore parecchi centimetri maggiore che la lunghezza di un'asta, e dette sporgenze erano conformate in modo da presentare ciascuna uno spigolo orizzontale, lungo pressoche un centimetro, alla stessa altezza, dal piano d'appoggio, a cui restavano le linguette di un'asta collocata su di esso.

Adagiata un'asta sul piano d'appoggio e fra le due sporgenze descritte, si facevano uscire le righette fino ad incontrare esattamente gli spigoli orizzontali del comparatore, e quindi sul nonio si leggevano le quantità di cui esse linguette erano uscite fuori e colla solita approssimazione del

decimo di millimetro.

Determinata una volta, per un'asta, la lunghezza del comparatore, era facile trovare la variazione che questa avrebbe in qualunque tempo subita, giacchè, ripresentata allo stesso comparatore, non avremmo trovata la distanza della primitiva misura non solo, ma avremmo anche potuto valutare per differenza la quantità di variazione, sempre al decimo di millimetro, quanto cioè eraci dato dalla approssimazione dei nonii.

I comparatori furono preparati e fissati prima che le aste uscissero dalla fabbrica; così, appena giunsero in cantiere si presentarono ad essi immediatamente, determinando la distanza fra gli spigoli orizzontali del comparatore e tenendola come rappresentante una lunghezza di asta relativa (supponemmo) a quella che ci era consegnata dal fabbri-

Ci spiegheremo citando qualche cifra.

Il fabbricatore dell'apparato longimetro ne accompagnava la consegna con una nota di campionatura delle aste, dichiarando che per una di esse, che citiamo ad esempio, la distanza fra i tratti fiduciali, essendo entrambe le righette scorrevoli col nonio a zero, era di m. 4,0012.

Presentata l'asta al comparatore appena giunse in cantiere, e fatte sporgere ambedue le linguette fino ad incontrare suoi spigoli orizzontali, si trovò che la distanza fra questi

era di m. 4,0851.

Tal cifra ci rappresentava dunque la lunghezza del comparatore corrispondente ad una lunghezza dell'asta alla quale dovevamo sempre ridurre le misure che si sarebbero fatte in seguito. Così, prima di cominciare un'operazione, comparata l'asta già detta, trovavamo, ad esempio, 4,0856; e terminata la misura, ricomparata la stessa asta, avevamo per caso 4,0858. Dunque partivamo col regolo che, in paragone della sua prima comparazione era corto di

m. 4,0856 - 4,0851 = 0,0005,

e si era ultimata la misura col regolo corto di m. 4,0858 — 4,0851 = 0,0007;

onde la correzione per ogni portata dell'asta doveva essere di una volta la media di questi valori (prossimamente), cioè di 0,0006. Diciamo prossimamente perchè restava incognita la misura del tempo in cui avveniva la maggior variazione.

Non fu necessario far subito nello stesso giorno, e per lo stesso scopo, la presentazione delle aste al comparatore già preparato nell'altro versante; giacchè ormai si poteva conoscere qualunque variazione esse avrebbero subito dopo la prima comparazione; ma stabilito il giorno per tale lavoro, comparate le aste a Borgotaro, ci recammo lestamente con esse a Guinadi, procurando di impiegare il minor tempo possibile nel tragitto; e la fu stabilito quale doveva essere la distanza fra gli spigoli del comparatore, indicata da un'asta, in corrispondenza sempre della sua lunghezza iniziale.

Per ispiegarci supponiamo aver trovato a Borgotaro, pel regolo preso ad esempio, 4,0849, ed a Guinadi, per lo stesso, 4,1237. Questa seconda cifra è la distanza fra gli spigoli del comparatore di Guinadi, corrispondente ad un'asta che all'atto della comparazione era più lunga di

4,0851 - 4,0849 = 0,0002

in paragone alla sua lunghezza iniziale. Dunque il comparatore di Guinadi, per indicarci la sua distanza relativa all'asta uscita di fabbrica, doveva segnare

4,1237 + 0,0002 = 4,1239.

L'ufficio dei comparatori fu assai importante, specialmente per correggere le variazioni subite dalle aste in galleria, ove l'alta temperatura, ma più di tutto l'umidità abbondante, contribuivano d'accordo ad alterarne notevolmente la lunghezza; mentre ci permisero di riferire tutte le misure eseguite ad una unità di lunghezza comune pei due versanti, locchè era assolutamente necessario.

Triangolazione.

Liberi di scegliere la posizione dei triangoli quale meglio conveniva, per quelle ragioni che esponemmo sotto al titolo *Preliminari*, e colla scorta di precedenti triangolazioni eseguite sulla stessa zona montuosa che si estende fra Guinadi e Borgotaro, non ci fu punto difficile determinare e fissare in campagna le stazioni a noi convenienti, e ciò facemmo prima che sopravvenisse l'inverno del 1891-92, ed era necessario, perciocchè la conoscenza del numero e posizione relativa dei triangoli ci permise di cercare, durante la brutta stagione, la forma generale delle correzioni che avremmo dovuto fare agli angoli misurati in campagna, per compensarne gli errori, nel modo che in seguito descriveremo.

I piani dei triangoli adottati non riuscirono tutti nelle più buone condizioni topografiche, essendo grande il dislivello che in breve tratto dovevasi vincere per passare dalle stazioni estreme della catena alle più alte intermedie, poste sul

dorso Forni-Borgallo.

Nella primavera 1892 si fecero le osservazioni angolari, che eseguimmo a strati, colla regola di Bessel e reiterando per sei volte.

I punti che appartengono puramente alla triangolazione sono i seguenti:

PS Estremi della base sul versante Borgotaro;

Fr Colle Frasso;

Gp Costa del monte Groppalbero;

R v Cima Rovinaglia; D g Costa Dogana; B g Punta Borgallo;

CB Cima Costa Barca;

C v Costa del monte Cervara;

Gn Costa Grànica;

PP Cima Prato del Prete;

CP Costa Penne;

Gd Castello Grondola; Fn Costa Fontanelle;

π, σ Estremi della base del versante Guinadi.

Il punto P l è collocato sopra un pilastrino all'imbocco Parma della galleria, e fu scelto per fare poi il collegamento del vertice interno II alla triangolazione.

Ad onta delle traversie incontrate in parecchie stazioni della catena, a cagione del vento, tutte le osservazioni ad essa inerenti, salvo la misura delle basi, furono completate in 13 giorni, benchè non si lavorasse che all'alba e al crepuscolo, essendo impossibile la collimazione ai segnali nelle ore calde della giornata pel tremolio dei vapori, giacchè molte visuali rasentavano per qualche tratto la costa della montagna vicina allo strumento.

Circolo azimutale.

Fu adoperato per la triangolazione ed i principali tracciamenti sotterranei, in luogo di un teodolite completo, un semplice azimutale, giacchè il secondo circolo, completamente inutile in tal genere di lavori, sarebbe stato di solo impaccio.

Il lembo, del diametro di m. 0,27, era diviso ad $\frac{1}{45}$ di grado, cioè a 4 minuti primi. La lettura si faceva con due microscopi a vite micrometrica per misura diretta sui tamburi di 2 secondi.

Crediamo fermamente che la preferenza che parecchi ingegneri danno ancor ora ai teodoliti fini a verniero per l'uso di galleria, sia ingiustificata, e dipenda dal non aver sufficientemente provato i teodoliti a microscopi. Noi trovammo assai comodi i microscopi micrometrici per misure angolari in qualunque circostanza, e ne facemmo uso anche nel tracciamento della galleria elicoidale di Vernante sulla linea Guneo-Ventimiglia.

Tutti i vantaggi che sul verniero presentano i microscopi a vite micrometrica adoperati all'aperto, appaiono pure in sotterraneo, ed in modo persuasivo, giacchè anche il rischiaramento della parte del lembo ove cade la lettura si fa con grande comodità, nè occorre veruno sforzo visivo od artificio

per far le letture.

La stima dei minuti secondi, fatta con vernieri e specialmente per approssimazioni molto fine, è in galleria un lavoro troppo penoso, incomodo e di risultato dubbio (chiamando dubbia la stima che è diversa per due o più persone); se poi l'ambiente è tale che il calore, il fumo, l'umidità ed impurità dell'aria indispongano rapidamente il fisico, la vista s'infastidisce e stanca assai presto, e la pazienza pur essa, che deve esser sempre la più fedele compagna nei tracciamenti di galleria, messa a troppo dura prova, in breve tempo si esaurisce.

Ricordiamo sempre con molta soddisfazione un prezioso servigio che ci resero i microscopi la notte 11-12 luglio 1892. Da tre giorni i lavori di galleria, nel versante Spezia, erano sospesi pei tracciati, i quali, cominciati la sera del 10, terminarono al crepuscolo dell'11, dopo 22 ore di lavoro consecutivo, non compresovi il tempo speso nei preparativi. Ad onta che la stanchezza non ci consentisse guari uno sforzo maggiore, pur tuttavia volevamo ancor misurare l'angolo

 $(\text{III} - \hat{\pi} - \text{G } d)$ del quale si aveva urgente bisogno per la determinazione delle coordinate del vertice III sotterraneo.

Stazionando in π all'imbocco, verso le 10 di sera del giorno 11, si cominciò a notare con amara sorpresa che il segnale al vertice III non era visibile (distanza m. 1900 dalla stazione). Ad onta di tre giorni di galleria libera, una leggera nebbia di fumo intercettava la luce del segnale, e in quella stagione così calda non era sperabile che un giorno o due più tardi (ben inteso mantenendo sospeso il lavoro di galleria), il naturale tiraggio avrebbe aiutato il fumo a svanire completamente.

Dalle 10 di sera fino alle 4 del mattino successivo, diciamo per sei ore consecutive, or curvi a guardar dentro al cannocchiale, or diritti a scrutare nel buio, si cercò il segnale inutilmente. Quasi vinti dalla stanchezza, esaurita tutta la rassegnazione che pur tante volte ci aveva confortati, colla vista estremamente affaticata dalle inutili ricerche nel buio, si stava per levar stazione, quando finalmente alle ore 4 fu

scôrto il segnale.

Un'ora sola di tempo ci restava per eseguire la misura dell'angolo, giacchè tutte le disposizioni erano date affinchè il lavoro di galleria fosse ripreso in quel mattino; ma visto appena il segnale, che appariva tuttavia un punto luminoso tenuissimo, ricomparve la perduta lena, e ripreso animo, per ben 12 volte si misurò l'angolo tanto desiderato nello spazio di un'ora o poco meno, benchè la collimazione al vertice III fosse alquanto difficile e ci assorbisse il tempo maggiore.

Con un teodolite a verniero saremmo riusciti a misurare reiteratamente l'angolo nello stesso tempo, cioè ad eseguire quattro letture per ognuna delle 12 volte in cui l'angolo fu

riportato sull'azimutale?

Prescindendo dall'impossibilità di fare col nonio la stima di 2" sopra un circolo portatile e badando solo alla rapidità con cui fu eseguita l'operazione anzidetta, rispondiamo immediatamente che no.

E se questo solo servizio ci avesse reso il nostro azimutale, egli sarebbe stato sufficiente per giustificarne, anche a po-

steriori, la scelta.

Un'altra prova della relativa rapidità e sicurezza con cui si possono fare le misure azimutali con istrumenti a microscopi micrometrici, l'ebbimo alla stazione esterna di Granica, ove, incominciato il lavoro alle 4,30 del mattino, lo terminammo alle 6.30, favoriti da una eccezionale limpidezza d'aria, misurando in quel paio d'ore sei angoli per sei volte, vale a dire eseguendo coi microscopi 44 letture per ogni strato d'osservazioni, essendovi compresa quella dell'angolo supplementare, ed ottenendo una elegantissima serie di osservazioni.

L'azimutale fu sempre montato sul treppiede, essendo impossibile, per più ragioni, mettere pilastrini in Galleria; ed all'esterno poi il tentativo di costruire i segnali in muratura fuori terra atti anche a stazionarvi collo strumento falli interamente, giacchè i pastori ed i boscaiuoli, per curiosità e forse per istinto selvaggio o per divertimento, li demolivano

senza pietà.

L'azimutale aveva una punta verticale e breve al centro del circolo per eseguire le stazioni in galleria coi piombi appesi al vôlto: il lembo coperto era riparato da ogni accidente e dagli effetti dell'impurità dell'aria in sotterraneo. A tutti i mezzi che per rischiarare il campo del cannocchiale furono sperimentati, preferimmo il più semplice, quello cioè di tenere a mano un pezzetto di carta bianca a lato dell'obbiettivo onde riflettere nel cannocchiale la luce di una candela.

Angoli della catena. Compensazione degli errori angolari.

Le serie di osservazioni angolari ottenute in campagna riuscirono in buona parte soddisfacenti; fecero eccezione quelle ottenute nelle stazioni Borgallo e Costa Barca, le quali, forse per le ragioni che esporremo parlando del controllo della triangolazione, non furono così buone come le altre.

La compensazione degli errori angolari diede molto a fare, non già tutto per natura di tal calcolo, ma perchè anche dovette esserne preparata la membratura prima ancora che si conoscessero gli errori stessi, onde guadagnar tempo. Il numero e la posizione reciproca delle stazioni essendo stabilito avanti che sopravvenisse l'inverno 1891-92, si prepararono in questa stagione le equazioni necessarie all'uopo, ponendovi un simbolo in luogo del valore ancora ignoto di ciascun errore, e quindi si combinarono fra loro ottenendo le formole che avrebbero dato immediatamente la quantità di ciascuna correzione quando si fossero sostituiti, ai rispettivi simboli, le quantità concrete.

La compensazione fu calcolata per tutti quanti gli angoli della catena contemporaneamente nel seguente modo. Chia-

mate:

$$a, b, c \dots y, z, \alpha, \beta \dots \varepsilon, \psi, \varphi$$

le differenze fra 180° o 360° e la somma degli angoli costituenti ciascun triangolo od il giro d'orizzonte.

Indicate le correzioni angolari colla stessa cifra od iniziale con cui nella planimetria sono indicati gli angoli intieri, intendendo così ad esempio che la correzione che porta il numero 30 debba appartenere all'angolo che nel piano è

indicato con 30, ed astrazione fatta dai segni, possiamo stabilire le seguenti equazioni:

Pei triangoli:	Pel giro d'orizzonte:
1+3+4=a	1 + A + P = s
1 + A + 4 + B + 7 = b	$3 + S = \theta$
6 + 8 + 10 = c	4 + B + 6 + Fr = t
9 + 11 + 13 = d	7 + 8 + 9 + Gp = u
12 + 14 + 16 = e	10 + 11 + 12 + Rv = v
15 + 17 + 20 = f	13 + 14 + 15 + Dg = w
D + 21 + 22 + 26 = g	16 + 17 + D + 19 + Bg = x
19 + 24 + C + 27 = h	20 + 21 + 22 + CB = y
21 + D + 19 + 24 = i	24 + C + 25 + Cv = z
22 + 26 + 27 + C = k	$26 + 27 + 28 + E + 30 + Gn = \alpha$
25 + 28 + 31 = l	$31 + 32 + F + PP = \beta$
E + 30 + G + H + 32 = m	$G + H + K + CP = \gamma$
30 + G + H + K + 38 = n	$38 + L + 39 + N + Gd = \delta$
E + L + 39 + N + F + 32 = 0	$45 + M + 44 + \pi = \varepsilon$
H + K + 38 + L + 45 = p	$46 + \sigma = \phi$
M + 44 + 41 + 39 = q	$41 + 0 + Fn = \psi$
44 + 41 + 0 + 46 = r	(E)

Mettasi ora la condizione capitale, dedotta dai principi dei minimi quadrati, che cioè sia:

$$1^{2} + A^{2} + 4^{2} + B^{2} + 6^{2} + 3^{2} + 7^{2} + 8^{2} + 9^{2} + \dots + 32^{2} + F^{2} + G^{2} + H^{2} + K^{2} + 38^{2} + \dots + Gd^{2} + Fn^{2} + \pi^{2} + \sigma^{2} = \text{minimum}.$$

Se differenziamo quest'ultima equazione, contenente nel primo membro la somma dei quadrati di tutte le correzioni e poi tutte le E precedenti, avremo la serie di espressioni che segue:

Moltiplicando ordinatamente ciascuna delle (D) per un coefficiente indeterminato, e cioè la prima per I, la seconda per II, la terza per III.... e l'ultima per XXXIII e paragonandole poscia con la (M), per note proprietà di equazioni differenziali risulterà la seguente serie di uguaglianze, in cui

non è però tenuto conto del segno dei termini e che scriviamo completamente:

```
C = VIII + X + XXVI
    1 = I + II + XVIII
                                                                        \begin{array}{c} 25 = \text{XI} + \text{XXVI} \\ 26 = \text{VII} + \text{X} + \text{XXVII} \end{array}
   A = II + XVIII

4 = I + II + XX 

B = II + XX

                                                                        \begin{array}{c} 27 = X + XXVII + VIII \\ 28 = XI + XXVII \end{array}
    6 = III + XX
   3 = I + XIX
7 = II + XXI
8 = III + XXI

E = XII + XIV + XXVII 

30 = XII + XIII + XXVII

                                                                       30 = XII + XIII + XXVII
31 = XI + XXVIII
32 = XIII + XIV + XXVIII
F = XIV + XXVIII
G = XIII + XIII + XXIX
H = XIII + XIII + XV + XXIX
H = XIII + XI + XV + XXIX
   9 = IV + XXI
 40 = III + XXII
\begin{array}{l} 10 = 111 + XXII \\ 11 = IV + XXII \\ 12 = V + XXII \\ 13 = IV + XXIII \\ 14 = V + XXIII \\ 15 = VI + XXIII \\ 16 = V + XXIV \\ 17 = VI + XXIV \\ D = VII + IX + XXIV \\ 19 = VIII + IX + XXIV \\ 20 = VI + XXV \\ 21 = VII + IX + XXV \end{array}
                                                                       K = XIII + XV + XXIX

38 = XIII + XV + XXX

L = XIV + XV + XXX

39 = XIV + XVI + XXX
                                                                        N = XIV + XXX
                                                                      N = XIV + XXXI
45 = XV + XXXI
M = XVI + XXXI
44 = XVI + XVII + XXXI
41 = XVI + XVII + XXXIII
0 = XVII + XXXIII
46 = XVII + XXXII
20 = VII + XXV

21 = VIII + IX + XXV

22 = VIII + X + XXV

24 = VIII + IX + XXVI
                                 P = XVIII
                                                                                   Cv = XXVI
                                                                                   Gn = XXVII
PP = XXVIII
                                 S = XIX
                                 Fr = XX
                                                                                   CP = XX \mid X
Gd = XXX
                                 Gp = XX1
                                 Rv = XXII
                                 Dg = XXIII
                                                                                   Fn = XXXIII
                                 Bg = XXIV
                                                                                   \pi = XXXI
                                 CB = XXV
                                                                                         =XXXII
```

Ricorrendo poi ancora alle E e sostituendovi i valori delle correzioni espresse in modo indeterminato dalle P, ne ricaveremo la seguente serie di uguaglianze:

```
 a + 3 I + 2 II + XVIII + XIX + XX = 0 
 b + 2 I + 5 II + 2 XVIII + 2 XX + XXI = 0 
 c + 3 III + XX + XXI + XXIII = 0 
 d + 3 IV + XXII + XXIII + XXIVI = 0 
 e + 3 V + XXII + XXIVI + XXIV = 0 
 f + 3 VI + XXIII + XXIV + 2 XXV + 2 X + XXVII = 0 
 h + 4 VIII + 2 IX + XXIV + 2 XXVI + 2 X + XXVII = 0 
 h + 4 VIII + 2 IX + XXIV + 2 XXIV + 2 VIII + XXVII = 0 
 h + 2 VII + 4 IX + XXV + 2 XXIVI + 2 VIII + XXVII = 0 
 h + 2 VII + 4 X + XXV + 2 XXVII + 2 VIII + XXVII = 0 
 h + 3 XII + 2 XIV + 2 XXVII + 3 XIII + 2 XXIX + XV + + XXVIII = 0 
 m + 3 XII + 5 XIII + XXVII + 3 XXIX + 3 XV + XXXX = 0 
 o + 2 XII + 6 XIV + XXVII + 3 XXIX + 3 XV + XXXX = 0 
 o + 2 XIII + 6 XIV + XXVII + XV + 3 XXX + XVI + + 2 XXVIII = 0 
 p + 3 XIII + 5 XV + 2 XXIX + XII + 2 XXX + XIV + + 2 XXVII = 0 
 p + 3 XIII + 5 XV + 2 XXIX + XII + 2 XXX + XIV + + 2 XXVII = 0 
 p + 3 XIII + 5 XV + 2 XXIX + XII + 2 XXX + XIV + + 2 XXVII = 0 
 p + 2 XVI + 4 XVII + XXXI + 2 XXXIII + XXXIII + XXXIII = 0 
 p + 1 + 2 XII + 3 XVIII = 0 
 p + 1 + 2 XII + 4 XX + 11I + 1V = 0 
 w + 1V + 4 XXII + 1V + V = 0 
 w + 1V + 4 XXII + 1V + V = 0 
 w + 1V + 4 XXII + 1V + V = 0 
 w + 1V + 4 XXII + 1V + V = 0 
 x + V + 5 XXIV + VI + VIII + 2 IX + VIII = 0 
 x + V + 5 XXIV + VI + VIII + XI + 2 XIII + XIV + XIII = 0 
 x + V + 5 XXIV + VI + VIII + XI + 2 XIII + XIV + XIII = 0 
 x + V + 5 XXIV + VI + VIII + XI + 2 XIII + XIV + XIII = 0 
 x + V + 2 XXII + 2 XVII + 4 XXIV + XVII = 0 
 x + XII + 2 XV + 5 XXX + 3 XIV + XVII = 0 
 x + XII + 2 XV + 5 XXX + 3 XIV + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVI + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXXII + 2 XVII + XVII = 0 
 x + XVII + 2 XXII + 2 XVII + XVI
```

Queste ultime finalmente, che sono in numero di 33, quanti naturalmente sono i coefficienti indeterminati od incognite, ci servirono a trovare l'espressione generale di ciascuno di essi. Appena vennero a conoscenza le quantità di errore, dopo cioè che furono eseguite le operazioni di campagna, fatte le dovute sostituzioni ai simboli $a, b, c \ldots \phi, \psi$, trovammo il valore dei coefficienti indeterminati; e quindi ricorrendo alle (P) si ottennero immediatamente le quantità di correzione che furono poi adottate.

Riportiamo nella Tav. IV un quadro degli angoli quali furono

Riportiamo nella Tav. IV un quadro degli angoli quali furono misurati in campagna con a fianco indicati i minuti secondi che hanno subita la correzione, così da soddisfare contemporaneamente al giro d'orizzonte ed ai 180° di ciaschedun

triangolo.

Controllo della triangolazione.

Cogli elementi della catena si fece innanzi tutto il calcolo della base di Guinadi per mezzo della base di Borgotaro. Passando pei triangoli (S-P-Fr), (P-Fr-Gp), (Fr-Gp-Rv), (Gp-Rv-Bg), (Rv-Dg-Bg), (Dg-Bg-CB), (CB-Bg-Cv), (Bg-Cv-Gn), (Cv-Gn-PP), (CB-Bg-CV), (CB-CP-CG), (CB-CP-CC), (C

 $\pi \sigma = 1100,71.$

Correzione degli errori dei lati.

La base di Guinadi, ottenuta con gli elementi della triangolazione, ha dunque differito di — 0,09 dalla misura diretta.

Fu arrestata alquanto l'attenzione su questo fatto, giacchè speravamo in sulle prime un risultato migliore; ma ripensando tosto alle cause che dovevano aver prodotta la differenza, non la giudicammo, a posteriori, esagerata.

Parecchie di tali cause, forse con più fine cura, ma conseguente maggior dispendio di tempo (locche pel vero non ci era concesso), avrebbero potuto essere evitate; ma ciò era impossibile per una di esse, che crediamo sia stata la più influente. Il vento impetuoso, predominante sulle alte cime del Borgallo e Costa Barca, diede enorme fastidio in quelle stazioni, più volte inutilmente tentate e poi coperte in giorni di calma soltanto relativa. L'azimutale, tutto vibrante sul treppiede, non manteneva le collimazioni, già molto difficili e fatte quasi di sorpresa; si doveva badar meglio a contenere il corpo, onde non essere dal vento spinti ad urtare contro il teodolite, anzichè a concentrar le cure sulla meticolosa osservazione; gli occhi, sferzati dall'aria fredda, e le mani intirizzite mal si prestavano al servizio loro; e questi fatti, le cui conseguenze apparivano tosto ed in modo eloquente al paragone dei risultati delle osservazioni fra loro, lasciavano intravvedere l'enorme difficoltà di ottenere alcunche di meglio in quelle condizioni, cioè almeno una serie di misure omogenee dello stesso angolo. Erano sbalzi di secondi che mettevano i brividi, e lo sguardo si volgeva sospettoso al povero teodolite, il quale, gemendo, pareva invocasse un po'di requie ai venti, perchè lui, pur tante volte ammirato, non avesse l'accusa, anche lontana, di risultati indegni financo di un azimutale a 20 secondi.

I risultati ottenuti a Costa Barca e Borgallo naturalmente non poterono essere prossimi al vero, almeno quanto quelli avuti in altre stazioni, mentre poi il dislivello che separava rapidamente tali vertici dagli attigui e questi dai successivi nel versante Guinadi aggiungeva un altro coefficiente sfavorevole all'esattezza.

Convinti perciò che i 9 centimetri scoperti non dovevano avere la più importante origine altrove che nel lavoro di passaggio da una all'altra base, pensammo di farli scomparire pure attraverso ai triangoli della catena che li aveva prodotti. Possedendo due basi di ugual fiducia, non volevamo per niun conto far fare ad una di esse il solo servizio di controllo delle operazioni e dei calcoli; ma le facemmo invece entrare ambedue quali ugualmente essenziali fattori per le determinazioni che occorrevano, ritenendo l'effetto avuto sulla base

di Guinadi quale spia d'un fatto che non intendevamo lasciar

passare senza tentare almeno di trarne utilità.

Benchè ragionevolmente dovessimo ammettere che la maggior causa di errore risiedesse nelle stazioni Costa Barca e Borgallo, a fine di evitare enormi complicazioni nei calcoli, e sopratutto onde non perder tempo prezioso, supponemmo che i 9 centimetri rappresentassero attenuazione progressiva di esattezza che per le misure angolari della rete erasi prodotta percorrendo i triangoli fra $PS = \pi \sigma$.

Ammesso in conseguenza che il triangolo il quale poggia sopra una delle basi debba essere il migliore perchè aderisce alla base stessa, e perciò gli elementi pel calcolo del suo perimetro sono, per così dire, freschi; che il secondo triangolo, in paragone al primo, debba averne il perimetro meno esatto se per ottenerlo si richiede il passaggio per gli angoli del primo e quindi per i suoi; e che per la stessa ragione il terzo non sia così buono come il secondo, e così via via, si conchiuse doversi correggere il perimetro di ciascun triangolo di una quantità proporzionale alla distanza del triangolo stesso dalla base, o, per meglio dire, proporzionale al numero d'ordine del triangolo considerato, se al primo si assegna il numero uno ed essendo fra tutti in numero di 15.

Ma la correzione doveva anche essere proporzionale alla lunghezza di ciascun lato ed all'errore riscontrato; onde fu stabilito che per un triangolo di cui n fosse il numero d'ordine, per 1000 metri si farebbe la correzione di:

$$\frac{n}{15} \frac{0.09}{1.1} = 0.0055 n \text{ circa},$$

ove il denominatore 1,1 è in cifra tonda la millesima parte della lunghezza della base di Guinadi.

Con tal formola furono corretti i lati necessari alle determinazioni che si volevano fare e che furono:

$$(\pi - G d) = m \cdot 1096,6233$$

 $(G d - P P) = m \cdot 1521,6820$
 $\log \cdot (P P - C v) = 3,3114719$
 $\log \cdot (C v - B g) = 3,3846928$
 $(B g - R v) = m \cdot 2876,3795$
 $(R v - P l) = m \cdot 3010,5510$

Base dei riferimenti.

La base dei riferimenti è una retta che ci ha rappresentato tutto intiero l'essetto della triangolazione. Le condizioni capitali imposteci per la scelta di tal retta erano che essa avesse i capi uno nel versante Borgotaro, l'altro in quello di Guinadi, e che l'operazione di metterla sul terreno e correggervela (se del caso) fosse della più grande semplicità possibile. Tale importanza si diede alla base dei riferimenti, che per

Tale importanza si diede alla base dei riferimenti, che per la sua scelta venne speso tanto tempo quanto fu occupato nella scelta di tutti insieme i vertici della triangolazione; ma fummo in compenso così fortunati che potemmo assumerne per estremi due dei vertici stessi della triangolazione, visibili ambedue da un solo punto intermedio che riuscì sopra una vetta elevata ed isolata della montagna.

La retta in discorso è la (Rv - Gd), e (β) il suo punto intermedio.

Gon gli elementi della rete ci era facile determinare la posizione del punto (β) , ed essendo pur facilissimo, dopo averlo messo sul terreno, il verificare se realmente egli apparteneva alla retta (Rv-Gd) e correggerlo se tal condizione non si fosse verificata, tutto lo scopo della triangolazione si riduceva a darci la lunghezza della base dei riferimenti, scomparendo l'errore più temibile, cioè quello di deviazione.

E così, per tutte le determinazioni necessarie, alla (Rv-Gd) unicamente ci siamo attaccati, certi e sicuri che il solo errore L di lunghezza avremmo dovuto temere quale effetto dei molteplici lavori precedenti; ma siccome la (Rv-Gd) non è molto obliqua alla retta (II-III) che dovevamo in conclusione determinare, questa avrebbe bensì risentito dell'errore L, ma quasi esclusivamente nel senso della sua lunghezza, locchè pel vero non ci importava tanto (sapendo dai risultati della triangolazione che egli non poteva essere pericoloso) quanto un errore di deviazione.

Note le rette:

$$(Gd - PP)$$
, $(PP - Cv)$, $(Cv - Bg)$, $(Bg - Rv)$,

e gli angoli interni di questo poligono (dalla triangolazione), fu calcolata la lunghezza della (Rv - Gd) e la sua direzione rispetto al lato (Rv - Bg) nel modo seguente:

Proiezioni su
$$(Bg - Rv)$$
:

(C
$$v - B g$$
) sen 27° 31′ 01″, 43 = 1120,3321
(C $v - B g$) cos 27° 31′ 01″, 43 = 2550,5735
(P P - C v) sen 15° 08′ 30″,53 = 535,1311
(P P - C v) cos 15° 08′ 30″,53 = 1977,5442
(G $d - P P$) sen 65° 17′ 04″,20 = 1382,2884
(G $d - P P$) cos 65° 17′ 04″,20 = 636,2347

$$\frac{\sum y}{\sum x} = \tan (Gd + \hat{Rv} - Bg)$$

$$\frac{(G d - \hat{Rv} - B g) = 5^{\circ} 57' 20'', 16}{\sum x} = (R v - G d) = 7682, 196.$$

E per prova:

(P P - C v) sen
$$50^{\circ}$$
 0 3' 33'', $67 = 1572,6463$
(P P - C v) cos 50° 08' 33'', $67 = 1312,9473$
(C v - B g) sen 87° 11' $54'',37 = 2421,9961$
(C v - B g) cos 87° 11' $54'',37 = 118,5216$
(B g - R v) sen 65° 17' $04'',20 = 2612,8890$
(B g - R v) cos 65° 17' $04'',20 = 1202,6513$

$$\frac{\sum y'}{\sum x'} = \tan (Rv - \hat{Gd} - PP) = \tan 59^{\circ} 19' 44''$$

$$\frac{\sum x'}{\cos 59^{\circ} 19' 44''} = (Rv - Gd) = 7682,194.$$

Controllo.

Dalla stazione (Rv) fu messo accuratamente il punto β della retta (Rv — Gd) sul dorso del Borgallo, servendoci dell'angolo (Bg — Rv — Gd) calcolato in 5°57′20″, e quindi, colla stazione in (β) si misurò con grandissima attenzione l'angolo (Rv — β — Gd), che fu precisamente trovato di 180°, quale doveva essere.

Ben nove volte si aveva già tentata la stazione in (β) , senza riuscire a coprirla, a cagione dell'implacabile vento; la notte del 26 giugno 1892 però, relativamente quieta, ci permise l'operazione, il cui risultato fu la serie delle osservazioni che qui sotto riportiamo:

Angolo (G
$$d - \beta - R v$$
) Angolo (R $v - \beta - G d$)

179° 59′ 62″,8

3 58″,6

3 60″,5

3 60″,0

3 57″,7

359″,1

Angolo (R $v - \beta - G d$)

179° 59′ 57″,0

361″,0

Angolo (R $v - \beta - G d$)

40° 59′ 57″,0

360″,0

361″,0

Un errore sensibile che avessimo commesso nella triangolazione, oltre ad apparirne l'effetto nel controllo sulla base di Guinadi, non sarebbe certamente sfuggito a questa seconda decisiva prova, perchè altrimenti il punto (β) , messo da $(R\,v)$ con valori dedotti dalla triangolazione, non sarebbe riuscito in linea retta con $(R\,v)$ e $(G\,d)$. Ci affrettiamo però a dichiarare che lo scopo della stazione in (β) fu semplicemente quello di farne la correzione di posto qualora egli, a cagione degl'inevitabili errori commessi nella triangolazione, non fosse caduto precisamente sulla $(R\,v-G\,d)$, mentre eravamo però certi che molto discosto non poteva andarne.

Assi coordinati. - Coordinate di V. II e V. III.

Dai punti (Rv) e (Gd) si vedevano assai bene i punti (Pl) e (π) rispettivamente; ed essendo (Pl) posto davanti all'imbocco Parma della galleria e (π) appena dentro l'imbocco Spezia, da ciascheduno di questi polevasi iniziare l'operazione di collegamento fra i vertici II e III posti in sotterraneo.

Giacchè si dovevano calcolare indirettamente i lati (R v — P l) e (G d — π) coi dati della catena, fu scelta per direzione dell'asse delle x la retta (P l — π), la cui lunghezza fu determinata per mezzo del poligono (π — G d — R v — P l), misurando però direttamente gli angoli in (P l) e (π), benchè essi risultassero fra quelli della triangolazione e pel motivo

che qui sotto apparirà.

Se'è vero che la (P $l-\pi$) può in molti modi essere calcolata cogli elementi della catena e senza il concorso della (Rv-Gd), egli è tuttavia chiaro che, ottenuta col mezzo della (Rv-Gd) ben determinata, e col sussidio degli anzidetti angoli in (R v) e (G d) appositamente misurati, non avrebbe contenuto innanzi tutto l'influenza deviatoria degli errori angolari commessi attraverso la rete e nei vertici (R v) e (G d) considerati come appartenenti alla triangolazione stessa, mentre invece dovevansi ritenere meglio approssimate queste nuove misure angolari perchè eseguite in gran numero e con speciale intento; e poi, se escludendo la (R v - G d) si fosse in un modo qualunque calcolata lunghezza e posizione della (P $l-\pi$) allo scopo di ritenerla come asse di coordinate, sarebbe nata la necessità di collocarla sul terreno, non già per controllo, ma per correggere materialmente gli effetti che in essa potevano essere accu-mulati per l'influenza di eventuali ed inevitabili errori commessi nella triangolazione e dei quali restava ignota la misura. Ora, l'operazione di mettere sul terreno la $(P l - \pi)$, che avrebbe funzionato da base di riferimenti ed asse di coordinate contemporaneamente, doveva essere troppo laboriosa, giacchè, partendo da un estremo (P l) o (π) , avanti di giungere a quel punto della montagna dal quale sarebbe stato visibile l'altro estremo, molte vette, coste di montagna, folti boschi dovevansi attraversare, e le inevitabili sovrapposizioni di stazioni diventavano per conseguenza assai numerose ed altrettante nuove sorgenti di errore; senza contare che nel caso (il quale pure era prudente ammettere potesse avvenire) si avesse dovuto arrecare una qualsiasi correzione alla retta in discorso sul terreno, il lavoro perciò si presentava serio, difficilissimo, delicatissimo e palesemente non breve.

La lunghezza della $(Pl-\pi)$ e gli angoli che essa fa coi lati (Pl-Rv) nel versante Borgotaro e colla $(\pi-Gd)$ nel versante Guinadi, furono dedotti col calcolo qui sotto esteso.

Proiezioni su (R
$$v - P l$$
).

(R $v - G d$) sen 70° 54′ 10″, 2 = 7259, 4061 (R $v - G d$) cos 70° 54′ 10″, 2 = 2513, 3925 ($\pi - G d$) sen 50° 26′ 38″, 2 = 845,4986 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 + 2513 3925 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 + 2513 3925 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 ($\pi - G d$) cos 50° 26′ 38″, 2 = 698, 3657 ($\pi - G d$) cos 5778 (

Per prova:

Protezioni su
$$(\pi - G d)$$
.

$$(R v - G d) \sin 20^{\circ} 27' 32'', 0 = 2685,1976$$

$$(R v - G d) \cos 20^{\circ} 27' 32'', 0 = 7197,6273$$

$$(R v - P l) \sin 50^{\circ} 26' 38'', 2 = 2321,1405$$

$$(R v - P l) \cos 50^{\circ} 26' 38'', 2 = 1917,2180$$

$$+ 7197,6273$$

$$+ 1917,2180$$

$$(\pi - G d) = -1096,6233$$

$$\Sigma x''' = 8018,2220$$

$$+ 2685,1976$$

$$- 2321,1405$$

$$\Sigma y''' = 364,0571$$

$$\Sigma x''' = \tan (P l - \hat{\pi} - G d) = \tan 2^{\circ} 35' 58'', 7$$

$$\frac{\Sigma x'''}{\cos 2^{\circ} 35' 58'', 7} = (P l - \pi) = 8026,482.$$

Per seconda prova:

Controllo.

L'origine delle coordinate fu scelta nel punto $(P\ l)$, la direzione positiva degli assi in $(P\ l-\pi)$ per le x e $(P\ l-Y)$ per le y.

A fine di collegare il vertice II agli anzidetti assi, dal punto (P l) si è spiccato il poligono:

$$(P l - V. I_{bis} - V. II),$$

essendo V. l_{bis} un punto ausiliario assunto e fissato dentro la galleria per comodo delle operazioni. I lati di questo poligono interno furono tutti pazientemente misurati coll'apparato longimetro più indietro descritto, ricorrendo anche qui a non pochi artifizi per non interrompere le numerose corse dei treni di servizio della galleria. Si misurarono poi gli angoli interni dello stesso poligono.

goli interni dello stesso poligono.

Al versante Guinadi, scorgendosi direttamente da (π) il (V. III) interno, con sistema analogo a quello adoperato per la misura delle basi, e con gli stessi mezzi, si fece quella della retta $(\pi-\text{III})$, quindi si misurò l'angolo $(Gd-\pi-\text{V.III})$, che ci ha costato quella tal notte molesta a cui accennammo parlando dell'azimutale.

Tutti gli elementi atti a cercare le coordinate dei vertici (II) e (III) sono ora noti, ed esse furono calcolate come risulta qui sotto:

Coordinate del V. II.

$$\begin{array}{l} 660,5360 + 1513,2059 = 2173,7119 = x \\ 123,2166 + 131,8620 = 255,0786 = y \end{array}$$

 $1919,67 \text{ sen } 10^{\circ} 38' 25'',6 = 354,4578$ $1919,67 \cos 10^{\circ} 38' 25'',6 = 1886,6624.$

Coordinate del V. III.

$$8026,4830 - 1886,6624 = 6139,8206 = x'$$

 $354,4578 = y'$

Retta (II-III).

il quale è l'angolo che la retta (II-III) fa con l'asse delle x.

$$\frac{\Delta x}{\cos 4^{\circ} 26' 07'', 36} = (II-III) = 3967, 324.$$

Dunque l'angolo che la retta (II-III) fa colla (II- I_{bis}) è A, e l'angolo che la stessa retta fa con (III — π) è il B. La lungheza àella (II II) è di m. 3967,324.

Questi risultati servirono a continuare il tracciamento della retta (II-III) partendo da ciascun imbocco, e ad essi ci attenemmo scrupolosamente, non avendo sull'attendibilità loro la più piccola incertezza.

Massimo errore d'incontro presumibile.

Nella relazione ufficiale del lavoro fin qui descritto e presentato alla Direzione dei lavori nell'agosto 1892, appena cioè completati i calcoli sulla triangolazione eseguita, aggiungemmo una specie di preventivo dell'errore che non avremmo oltrepissato in grandezza all'incontro delle avanzate opposte.

Con tal preventivo, basato sulle osservazioni eseguite in campagna e supposte affette da certi errori, non dovevasi promettere un risultato mediocre o quello che fosse impos-

sibile ad essere conseguito.

Crediamo fermamente che nessuno abbia mai dati preventivamente i limiti entro cui dovesse essere compreso un risultato di tracciati come quello di cui discorriamo.

Dato uno sguardo alla serie di osservazioni eseguite in campagna, ripensato ai mezzi di misura adoperati e ad un certo coefficiente personale, che ebbimo la ventura di poter determinare in precedenti e numerosissime operazioni di tracciati sul terreno, concludemmo che, in senso planimetrico, le linee di tracciamento messe da ciaschedun imbocco non sarebbero state l'una dall'altra discoste, all'incontro delle avanzate, di più che 20 centimetri.

Riportiamo qui integralmente tutto quanto conteneva in

proposito la relazione suddetta:

«A completamento di questo lavoro, e prendendo a base le osservazioni che durante le misure angolari vennero fatte ed i rapporti fra queste misure e le condizioni teoriche da cui sono legate, si può cercare la differenza d'incontro che presumibilmente non sarà oltrepassata quando si ammetta che ciascuna di esse misure sia affetta da un errore pratico.

Partendo dall'ipotesi che ciascun angolo che si adoprerà per questo calcolo e che fu misurato in campagna differisca dal vero in media di 5", si ammette un errore che crediamo esagerato, poichè ci pare non possa essere mai avvenuto un simile fatto, benchè debbasi ritenere che la vera ampiezza di un angolo è cosa ben diversa dal risultato di misure eseguite: la media di osservazioni è sempre e soltanto una media di osservazioni, e dessa è tanto più vicina al vero valore, quanto più grande è la perfezione dei mezzi di misura, di osservazione e l'abilità dell'operatore.

Ammettendo pur anco di aver incontrato un errore di lunghezza di 0,10 per 1000 metri in qualunque delle misure ottenute indirettamente, ci poniamo ancora nell'esagerato, ma però varieremo i lati misurati direttamente di quantità minori che 0,10 per 1000 m., tanto per assegnare un vantaggio alle misure dirette perchè eseguite con l'apparato longimetro descritto.

Si cercherà di mettere questi ipotetici errori in tal modo che se ne accumulino gli effetti nello stesso verso, al fine di avere la sicurezza che oltre il risultato che ne avremo assolutamente non si potrà cadere coi fatti.

Pei calcoli che seguiranno si addotta la retta (Rv-Gd) per direzione positiva dell'asse delle x, e la (Rv-Y) per le y, onde controllare intanto parecchi dei risultati ottenuti qui indietro con altro sistema di assi.

1º Determinazione della retta (II-III) riferita all'asse (R v – G d) coi valori inalterati delle misure eseguite.

```
 \begin{array}{l} (\text{R } \textit{v} - \text{P } \textit{t}) \text{ sen } 70^{\circ} \ 54' \ 40'', 2 = 2844,8657 \\ (\text{R } \textit{v} - \text{P } \textit{t}) \cos \ 70' \ 54' \ 10'', 2 = 984,9654 \\ 671,93 \sin \ 28^{\circ} \ 25' \ 32'', 7 = 319,8547 \\ 671,93 \cos \ 28^{\circ} \ 25' \ 21'', 7 = 590,9185 \\ 1518,94 \sin \ 22' \ 50' \ 22'' = 589,5768 \\ 1518,94 \cos \ 22^{\circ} \ 50' \ 22'' = 1399,8493 \\ \end{array}
```

Coordinate del vertice II.

$$-984,9654 + 590,9185 + 1399,8493 = +1005,8024 = x$$

 $2844,8657 - 319,8517 - 589,5768 = +1935,4372 = y$

```
\begin{array}{lll} (\pi-G\ d)\ {\rm sen}\ 20'\ 27'\ 32'' &=& 383,3084 \\ (\pi-G\ d)\ {\rm cos}\ 20'\ 27'\ 32'' &=& 1027,4518 \\ 1919,67\ {\rm sen}\ & 7'\ 13'\ 07'',7 &=& 241,2235 \\ 1919,67\ {\rm cos}\ & 7'\ 13'\ 07'',7 &=& 1904,4536 \end{array}
```

Goordinate del vertice III.

$$7682,1950 - 1027,4518 - 1904,4536 = +4750,2896 = x'$$

 $383,3084 + 241,2235 = +624,5319 = y'$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y' - y}{x' - x} = \tan \theta \ 19^{\circ} \ 17' \ 40'', 6$$

$$\frac{\Delta x}{\cos 19^{\circ} \ 17' \ 40'', 6} = 3967, 323 = \text{retta (II-III)}$$

risultato che coincide con quello già prima ottenuto.

Ammesso che l'incontro delle avanzate avvenga in (φ) a m. 1170 dal vertice II, si passa alla determinazione delle coordinate del punto (φ) d'asse.

1170 sen 19° 17′ 41″ = 386,60
1170 cos 19° 17′ 41″ = 1104,28

$$\phi \begin{cases} x = 1005,80 + 1104,28 = 2110,08 \\ y = 1935,44 - 386,60 = 1548,84 \end{cases}$$

2° Determinazione della retta (II'-III') riferita all'asse (R v — G d) coi valori alterati a cominciare dalla lunghezza (R v — G d).

$$(R \ v' - P \ l') = 3010,85; \\ 3010,85 \sec 70^{\circ} 54' (10'' + 5'') = 2845,17 \\ 3010,85 \cos 70^{\circ} 54' 15'' = 985,00$$

$$671,93 - 0,03 = 671,90; \\ 671,90 \sec 28^{\circ} 25' (33'' - 5'') = 319,82 \\ 671,90 \cos 28^{\circ} 25' 28'' = 590,90$$

$$4518,94 - 0,04 = 1518,90; \\ 1518,90 \cos 22^{\circ} 50' (22'' - 5'') = 589,53 \\ 1518,90 \cos 22^{\circ} 50' 17'' = 1399,83$$

$$V. \ 11' \left\{ \begin{aligned} x &= - & 985,00 + 590,90 + 1399,83 = + & 1005,73 \\ y &= & 2845,17 - & 319,82 - & 589,53 = + & 1935,82 \\ (\pi' - G \ d') &= & 1096,73; \\ & & 1096,73 \sec 20^{\circ} 27' (32'' + 5'') = & 383,37 \\ & & 1096,73 \csc 20^{\circ} 27' & 37'' = & 1027,54 \\ \end{aligned} \right.$$

$$1919,70 \sec 7^{\circ} 13' (8'' + 5'') = 241,28 \\ 1919,70 \cos 7^{\circ} 13'' & 13'' = & 1904,48 \\ \begin{cases} x' &= & (7682,20 - 0,77) - 1027,54 - \\ - & 1904,48 = + & 4749,42 \\ y' &= & 383,37 + & 241,28 = + & 624,65 \\ \frac{\Delta \ y'}{\Delta \ x'} &= & \frac{y - \ y'}{x - x'} = & \tan 19^{\circ} 18' \ 07'' \\ \hline \frac{\Delta \ x'}{\cos 19^{\circ} 18' \ 07''} &= & 3966,66. \end{aligned}$$

Ammesso, come più sopra, che l'incontro avvenga a m. 1170 dal vertice II, egli avverrà a 3966,66 meno 1170, cioè a 2796,66 dal vertice III, onde le coordinate del punto (φ') appartenente alla retta (II'-III') saranno:

Coi valori appartenenti a (ϕ) e (ϕ') relativi agli stessi assi, si può determinare la lunghezza della retta $(\phi \phi')$ che chiameremo retta d'errore, e le sue proiezioni sopra una retta che abbia una posizione intermedia fra la (II-III) calcolata

con gli elementi inalterati delle misure, e la (II'-III') risultata dopo che questi elementi furono assoggettati a variazione.

$$x (\phi) = 2210,08$$
 $x (\phi') = 2109,96$

$$\Delta x = 0,12$$

$$y (\phi) = 1548,84$$

$$y (\phi') = 1549,08$$

$$\Delta y = 0,24$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \tan 63^{\circ} 26' \text{ circa}$$

$$\frac{\Delta x}{\cos 63^{\circ} 26'} = 0,268$$
 lunghezza della retta d'errore.

L'angolo che una retta di posizione intermedia fra le due (II-III) or ora determinate fa con l'asse (R v - G d) sarà di:

$$\frac{19^{\circ} 17' 41'' + 19^{\circ} 18' 07''}{2} = 19^{\circ} 17' 54''$$

e la retta d'errore (φ — φ) fa con questa media, l'angolo:

$$63^{\circ}\ 26'\ 0'' - 19^{\circ}\ 17'\ 54'' = 44^{\circ}\ 08'\ 06''$$

onde:

$$0,268 \text{ sen } 44^{\circ} \ 08' \ 06'' = 0,187 \\ 0,268 \cos 44^{\circ} \ 08' \ 06'' = 0,192.$$

Si può dunque presumere che la deviazione e la differenza di lunghezza che si riscontreranno alla perforazione del diaframma fra le due avanzate non potranno oltrepassare ciascuna il valore di m. 0,20 ».

Più avanti discorreremo del risultato reale ottenuto.

Tracciamento interno della galleria.

Sul tracciamento in sotterraneo poco abbiamo a dire. I punti del tracciato venivano fissati sul vôlto o riferiti a punti ausiliari ben fissati dentro le nicchie di rifugio. I segnali di collimazione consistevano in lucerne a petrolio, il cui beccuccio circolare si metteva in corrispondenza del punto di tracciato.

La continua mobilità dei terreni attraversati dalla galleria ci obbligò sempre a fare una verifica generale di tutti i punti di stazione prima di cominciare il tracciamento dell'avanzata. Nel versante Spezia si cominciava tal verifica, se non sempre dall'imbocco, almeno dal vertice III, vale a dire a più che 2 chilometri indietro dell'avanzamento, e nel versante Parma si faceva lo stesso dal vertice II, a circa 1000 m. dai lavori.

Difficilmente, al di là dei vertici suddetti, era possibile far collimazioni a più che 500 metri oltre l'istrumento, a cagione del fumo, il quale, benche sottile, pertinacemente ingombrava la galleria ad onta di una artificiale ventilazione attivissima. Le sovrapposizioni di stazioni, prima di giungere al cantiere di scavo, diventavano per conseguenza parecchie, e ci assorbivano il tempo maggiore. Nel versante Spezia si impiegavano in media 16 ore consecutive per fare il tracciamento, senza tener conto dei preparativi.

senza tener conto dei preparativi.

Il capovolgimento del cannocchiale per mettere punti avanti si fece sempre per 8 volte, cioè 4 volte coniugate, al fine di ottenere 8 punti, dei quali si prendeva la posizione media nel seguente modo:

Supponiamo, per esempio, che a ciascuno dei punti notati in figura corrisponda per ordine numerico un risultato. Si misuri la distanza di un punto estremo, il 3 ad esempio, da ciascuno degli altri, e siano tali distanze, nel nostro caso in cui i punti 2 e 8 coincidono, le seguenti:

7			0,004
1			0,008
5			0,010
4			0,022
2			0,024
8			0,024
6			0,028

divisa la somma di questi segmenti (0,120) pel numero 8 delle osservazioni, abbiamo la cifra 0,015 che ci esprime la distanza alla quale, dallo stesso punto 3 di origine, dovremo mettere il segnale o far la stazione per disporci sulla media dei risultati avuti. Con ciò si credette, almeno, di correggere insieme gli effetti delle imperfezioni dell'azimutale e gli errori di puntamento o collimazione.

Il micrometro del cannocchiale portava 2 fili verticali, molto vicini fra loro, e la collimazione si faceva disponendo l'immagine del segnale fra quella dei fili. Così era eliminato l'inconveniente che si verifica quando, per mezzo di un sol filo del micrometro, si fanno collimazioni ad un segnale la cui immagine, oltre ad una certa distanza dall'istrumento, è compresa dentro l'angolo ottico sotteso dallo spessore del

I due fili al micrometro ci resero un servizio ancor più eminente, quando all'esterno si fecero le misure angolari per la triangolazione, misure che, eseguite a strati, richiedevano perciò collimazioni a segnali assai diversamente illuminati, e parecchi anzi appena visibili, perchè immersi nell'ombra.

Quando il segnale è poco illuminato, il puntamento ad esso con un sol filo è vago, sfuggendo la sua debole immagine allorquando è accosto a quella, intensa, del filo micrometrico che si dovrebbe ad essa sovrapporre. Con due fili invece al micrometro, oltre al poter accertare la verticalità del segnale, si trova che l'immagine di questo, per quanto sbiadita, è tuttavia ben definita fra di essi, ed il disporla nel giusto punto non è poi difficile quanto a tutta prima possa apparire.

Errore finale di tracciato.

Aperta che fu la Galleria e stabilita la conveniente comunicazione fra le avanzate, si procedette subito alla ricerca della reciproca posizione delle linee messevi da ciaschedun imbocco.

Nel versante Guinadi fu innanzi tutto verificata la retta $(\pi\text{-III})$, e quindi in (III) si misurò l'angolo fra (π) ed i punti precedentemente messi in Galleria pei tracciati sull'allineamento (III-II); poscia si prolungò tal retta in avanzata, dentro la zona in cui fu rotto il diaframma, quivi fissando un punto (θ) sulla sua direzione.

Dalla parte di Borgotaro, verificate le posizioni dei vertici (I^{bis}) e (II), si fece stazione col teodolite in (II), misurando l'angolo fra (I^{bis}) e (I^{bis}

Per 1" la tangente trigonometrica è prossimamente di 0,000005 di metro, onde per 8" e 1100 metri, chè tale era la distanza fra (II) e (θ) , la tangente sarà:

$$0.000005 \times 8'' \times 1100 = 0.044$$
.

Onde appare che le due rette, messe da ciaschedun imbocco, in luogo di coincidere erano discoste fra loro di soli quattro centimetri e mezzo.

Si procedette quindi alla misura della distanza fra gli ultimi punti messi in Galleria, uno dal versante Guinadi, l'altro da Borgotaro, e dei quali era ben nota la distanza dai vertici (III) e (II) rispettivamente. Si ottenne per tal modo la totale e pratica lunghezza del lato (II-III) che risultò differire dal calcolo di poco meno che sei centimetri.

Il dislivello fra gli ultimi due caposaldi, messi ciascuno da uno degli imbocchi, conteneva un errore di un centimetro e mezzo.

Tenuto conto dei preventivi fatti, che cioè l'errore di tracciato non avrebbe oltrepassato m. 0,20 in misura, e paragonando questa cifra coi risultati ottenuti, benchè inferiori d'assai a 0,20, si intende che fummo fortunati nella compensazione degli errori della rete, la quale compensazione forse, in realtà e parzialmente, è riuscita correzione; e che non si ammise l'improbabile supponendo l'errore medio di 5" d'ampiezza angolare e di 0,10 per ogni angolo a 1000 metri adoprati nel calcolo dell'errore probabile di tracciato. Nell'assumere i suddetti errori medî non si credette giammai probabile che, così esagerati, potessero essere avvenuti anche nella sola parte di operazione pratica che fu considerata pel

calcolo del probabile errore di tracciato: bensi fu creduto, che nella intera operazione del tracciato, per bilanciare l'effetto degli errori parziali di ogni stazione o misura di lunghezza, e pur anco dei futuri del tracciato interno, si potesse ammettere un certo errore in una sola parte dell'operazione.

La Direzione dei Lavori fece pur essa una minuta verifica dei tracciati in Galleria, paragonandone gli elementi con le cifre e i dati esposti nella relazione che più indietro dicemmo le era stata presentata, e riscontrando:

- 1. Deviazione planimetrica fra le linee messe da ciascun imbocco m. 0,055 2. Differenza fra la lunghezza calcolata della

Queste cifre, tanto prossime alle analoghe da noi ottenute da poter dire che si confermano reciprocamente, sono riportate in una dichiarazione che la Dirigenza stessa cortesemente ci ha rilasciato e che teniamo assai preziosa anche perchè convalida le nostre asserzioni.

Conclusioni.

Per continuare il tracciato della Galleria del Borgallo, dopo l'operazione eseguita nel 1891, null'altro si richiedeva che mettere in Galleria la direzione della retta (II-III) col sussidio degli angoli I_{bis}-II-III pel versante Parma e π-II-III pel versante Spezia. Non si ebbe perciò bisogno alcuno, in senso assoluto, di qualsiasi dei punti adoprati pei tracciamenti anteriori, sia esterni che interni, salvo che dei punti estremi del rettifilo interno (II-III) naturalmente necessari, ma senza ritenerne valore qualsiasi dipendente da antecedenti studi.

Una conclusione che dai ragionamenti sino ad ora fatti si può trarre, è la stessa che si desume anche dalla nostra relazione pubblicata nel 1890 sul tracciamento della Galleria Elicoidale di Vernante, conclusione che potrà parere un po' strana e che tenteremo di spiegare cominciando con domandarci:

È egli necessario adoprare grandi cure, eccezionali, per mettere sul terreno tutte le linee e tutti i punti di tracciato per una lunga Galleria, con molta precisione, o non conviene egli piuttosto far questo tracciamento in modo soltanto approssimato, ma naturalmente non del tutto grossolano?

Per rispondere alla domanda riferiamoci al caso fin qui trattato della Galleria del Borgallo, riepilogando innanzi tutto l'operazione esterna di cui abbiamo discorso e supponiamo si tratti di iniziare il tracciamento in sotterraneo per continuarlo sino al termine.

La triangolazione ci ha dato il mezzo di determinare i valori appartenenti alla retta (Rv-Gd) della quale ebbimo poi modo di verificare con grande semplicità la posizione sul terreno, servendoci della stazione nel punto intermedio (β) messo da Rovinaglia. Dunque la (Rv-Gd), come più indietro ripetutamente dicemmo, ci rappresenta l'effetto di tutta intiera la triangolazione, i cui errori per di più si ridussero esclusivamente ad uno solo: quello di lunghezza nella direzione della (Rv-Gd).

Ammettiamo ora che, venendo da Parma, esista all'esterno il poligono (P-A-I-II-III-B-S), messo allo scopo solo di stendere il progetto della Galleria, di eseguire i necessari rilievi, di esplorare i terreni attraversati dalle linee, di ubicare i pozzi e di collegare fra loro i tracciati degli accessi alla Galleria, ma però non tanto esattamente per essere con tranquillità riportato all'interno. S'intende che al di qua ed al di là dei punti A e B rispettivamente il tracciato sia esatto, naturalmente per l'esecuzione delle suddette linee d'accesso alla Galleria. Trattasi ora di studiare la più conveniente maniera per dirigere il sotterraneo.

Nel modo istesso con cui fu calcolata la distanza fra (P l) e (π) , si potra accuratamente calcolare con adatta triangolazione, quella fra A e B, assumerla quindi per asse delle x facendo passare per A quello delle y.

Le coordinate di A saranno (x=0, y=0) e quelle di B (x=1, y=0).

Determinati gli angoli α e β è facilissimo, coi dati del progetto e partendo da A, cercare le coordinate di B che potranno riuscire o no (x=L,y=0). Nel primo caso i dati del progetto sarebbero esatti ed esattamente riportati sul terreno e si potranno seguire pel tracciamento della galleria in sotterraneo; nel secondo caso essi dati od i punti in campagna contengono una imperfezione, che per quanto ammettemmo prima non deve certamente essere grande, giacchè in tale caso essa piglierebbe il nome di errore grave. Apparso in tal modo il difetto, quale miglior via si può prendere per eliminarlo senza esporsi a considerevoli perdite di tempo, ad operazioni lunghe e laboriose?

Crediamo fermamente che nessuna strada valga quella di calcolare le coordinate di uno dei vertici che cadranno in sotterraneo, (I) ad esempio, partendo dall'estremo A, e poscia quelle del successivo (II) a partire da B e sempre attenendosi ai dati del progetto, ma ritenendo per B le coordinate che la triangolazione avrà fornite, quindi coi risultati avuti determinare la posizione della retta (I-II) che non coinciderà esattamente con quella progettata e l'analoga sul terreno, ma servirà tuttavia a chiudere il poligono: ritenere poi gli elementi di progetto adoperati in questo calcolo, ed i nuovi, per la retta (I-II) onde guidare con questi il sotterraneo.

Giunti a questo punto, val egli la spesa di rimettersi in campagna per ricollocarvi esattamente il nuovo tracciato al fine di controllare i calcoli? Questi si, i calcoli, devono essere condotti con tale circospezione, preceduti da operazioni pratiche così accurate e sottoposti a tanti controlli che non resti il più piccolo dubbio sulla loro più completa attendibilità; ma il tracciato esterno, rifatto per controllo, quando già si possedesse una retta analoga alla (Rv-Gd), rappresenta la prova che vorrebbe fare della moltiplicazione colui, che per ciò si accingesse a sommare insieme tante cifre uguali al moltiplicando quante sono le unità del secondo fattore.

Basterà piuttosio soltanto, per eseguire il tracciato dentro la Galleria, stabilire attentamente sul terreno i due primi lati entranti in sotterraneo, onde non essere in seguito costretti a ripetere misure angolari ogniqualvolta occorre di fare il tracciato interno; per continuare il quale si collocherebbe poi in galleria il poligono tal quale è risultato dall'analisi e che in conclusione sarà discosto dal progettato (ma tuttavia di poco) per quella sola retta (I-II) che si è scelta per chiusura.

FERROVIE E TRAMVIE

FERROVIA PENSILE A TRAZIONE ELETTRICA.

Sistema Eugenio Langen, di Colonia.

L'incremento della popolazione e l'accentramento degli affari nelle grandi città crearono il bisogno di collegarne i punti più frequentati con mezzi sempre più rapidi di locomozione. Gli omnibus ed i tram sorsero a soddisfare queste esigenze e riescirono di grande utilità: la loro importanza non può essere messa in dubbio finchè le distanze sono relativamente piccole; ma quando un gran numero di persone è costretto a percorrere parecchi chilometri più volte al giorno, ne segue la necessità di un più rapido sistema di trasporto.

Per tutti i mezzi di locomozione che percorrono le strade ordinarie l'aumento del traffico nelle medesime riesce d'impaccio all'adozione di velocità considerevoli, e quindi gli omnibus ed i tram devono limitarsi a percorrere in generale non più di dieci chilometri sulle linée centrali, e non più di dodici chilometri all'ora sulle linee periferiche.

Tale velocità di 10 a 12 chilometri riescendo sovente impari al bisogno nelle grandi città, in alcuni dei più importanti centri si stabilirono linee di locomozione indipendenti dal carreggio stradale, sia sopra piattaforme elevate, sia dentro apposite gallerie sotterranee: Informino gli esempi di Londra, New-York, Chicago, e quanto si vuol fare a Parigi

Con ciò si ottenne perfettamente lo scopo di aumentare la rapidità delle comunicazioni nei limiti desiderati; ma il costo

d'impianto, e le spese di manutenzione e di esercizio elevandosi a dismisura in confronto dei sistemi ordinari, richiesero tariffe di corsa assai elevate, senza contare che l'esercizio di tali sistemi non fu e non è tuttodi scevro da inconvenienti per le abitazioni disposte lungo le linee da essi percorse, e da pericoli pei viaggiatori.

Egli è per ovviare a questi inconvenienti di varia natura che il signor Ing. Eugenio Langen, di Colonia, ideò un nuovo sistema di ferrovia pensile, i cui vantaggi sono stati presi in seria considerazione da parecchi Municipi di grandi città.

E così mentre presso Colonia fu costruità la prima linea di prova, che diede ottimi risultati, ora è in costruzione una linea tra Barmen ed Elberfeld, e pare che la città di Berlino sia in procinto di adottare questo sistema su una linea di esperimento.

La ferrovia pensile « Langen » è un tram soprastradale con carrozze liberamente sospese nello spazio ad un impianto fisso di due rotaie portate da due travi a traliccio disposte longitudinalmente, e sorrette di tanto in tanto da colonne metalliche semplici od appaiate. Ogni vettura per passeggeri è sospesa mediante molle a due carrelli a quattro ruote scorrenti sulle rotaie. Le più scrupolose ed accurate disposizioni sono adottate perchè in questo sistema di locomozione la sicurezza del viaggiatore sia meglio guarentita che in qualunque altro.

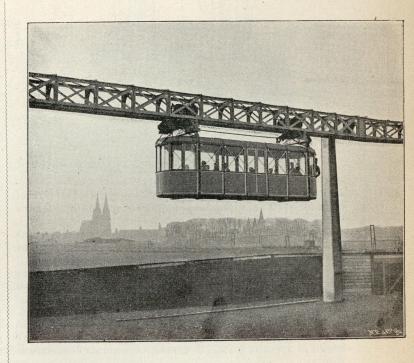


Fig. 27. — Linea d'esperimento a Colonia-Deutz.

Lo sviamento delle vetture è reso impossibile dalla presenza di rulli di guida in numero di quattro per ogni carrello, scorrenti sotto le rotaie a così lieve distanza che nel caso di sbalzi eventuali entrano in funzione assicurando la posizione della vettura, cioè non permettendo che essa abbandoni le rotaie.

abbandoni le rotale.

La marcia riesce oltremodo dolce e silenziosa, non soltanto per la naturale elasticità della strittura in ferro che porta le rotale, ma specialmente percha disposizione delle molle in questa ferrovia pensile può farsi molto più razionalmente che non nei sistemi ordinari; come si può arguire pensando che tanto l'appoggio degli assi dei carrelli, quanto quello della vettura possono farsi comodamente coll'intermediario di mezzi elastici, i più convenienti.

La ferrovia pensile di cui si tratta si presta mirabilmente a servire località non accessibili ad altri sistemi di locomozione, non solo pel minor ingombro, ma ancora e più per la facilità di superare curve di raggio ridottissimo, di percorrere livellette accidentate quanto le più tormentate strade ordinarie carrozzabili, e per la estrema semplicità degli scambi ed incroci.

Il suo costo d'impianto è di gran lunga minore di quello di tutte le altre ferrovie soprastradali e sotterrance di pari potenzialità, e ad essa è più facilmente applicabile che non

a quelle la trazione elettrica.

La velocità può raggiungere i 40 chilometri all'ora, e le vetture isolate od i treni di due o tre carrozze possono succedersi a distanza variabile secondo qualunque esigenza del servizio.

La ferrovia pensile può essere ad una o a due rotaie, ed in entrambi i casi a semplice o doppio carreggio. Il sistema ad una rotaia sola deve ritenersi specialmente indicato pei parte anteriore della vettura, tanto il quadro di distribuzione, quanto i comandi dei freni meccanici ed elettrici, sono ripetuti esattamente alle due estremità della vettura stessa.

Contro il pericolo di collisioni per il sopraggiungersi tra di loro, le vetture tutte sono già per tal modo garantite da quattro freni indipendenti: due elettrici sui due motori, e due meccanici sui due carrelli; ciascuno di tale potenza da arrestare l'intero carico in pochi metri di percorso.

Basta avere un'idea delle grandi impalcature fisse delle ferrovie soprastradali americane per riconoscere il vantaggio di una costruzione come quella che si richiede per una ferrovia pensile leggera, divisa in due sottili travi longitudinali, molto elevata nello spazio, e quindi col minimo disturbo all'estetica ed all'igiene.

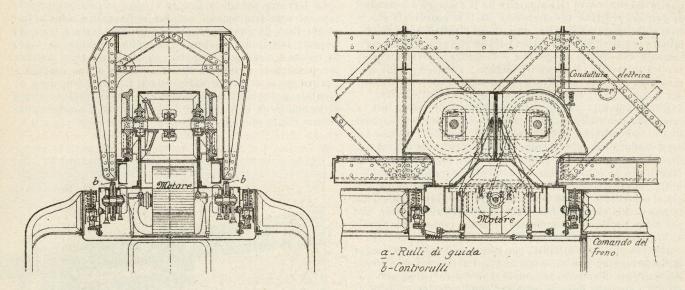


Fig. 28 e 29. — Sezione trasversale e longitudinale della travata e del carrello di sospensione.

casi particolari in cui grandi distanze siano da percorrersi colla massima velocità, che può arrivare in questo sistema a limiti finora non raggiunti.

Il sistema meglio adatto per la locomozione nei centri abitati è quello a due rotaie, e ad esso si riferiscono le nozioni che seguono, ed i disegni annessi alla presente memoria.

Ciascuna vettura è portata da due carrelli a piattaforma girevole che hanno rispettivamente quattro ruote su due assi a scartamento di 0,75 m.

Ogni carrello porta un motore elettrico il cui albero rotante è all'altezza medesima degli assi delle ruote, e trasmette ad essi il moto per mezzo di ingranaggi completamente annegati in apposite scatole di grasso, in modo da eliminare il rumore.

La trasmissione della corrente elettrica destinata ad animare il motore si ottiene per mezzo di una piccola carrucola r (fig. 29) di contatto portata dal carrello, e scorrente sotto un filo nudo disposto lungo la travatura, opportunamente isolato da essa, e naturalmente difeso dalla medesima contro qualunque contatto o accidente per rottura di fili telefonici od altro.

Il ritorno della corrente si fa a mezzo della stessa struttura metallica di sua natura ben collegata elettricamente alla terra.

Come intermediario tra la rotella o carrucola di contatto, ed i motori elettrici dei due carrelli è disposto un quadro di distribuzione sotto la vigilanza del conduttore, il quale può così colla semplice manovra di manovelle mettere in azione l'uno o l'altro dei due carrelli a cui è sospesa la vettura, od entrambi insieme; può accelerarne o rallentarne la marcia, fermarli e frenarli a sua volontà, proporzionando la velocità e la forza motrice a tutte le esigenze del servizio.

In aggiunta al freno elettrico ciascun carrello ha un freno meccanico comandabile pure a mano dal conduttore.

A far si che il conduitore possa sempre rimanere dalla

Sui grandi viali queste travi avvicinate alle piante rimangono quasi completamente mascherate dalle frondi, e le colonne che ogni 25 o 30 metri servono loro di appoggio, possono essere utilizzate come portafanali, eliminando ogni maggior ingombro sul piano stradale; mentre nelle traversate dei fiumi e canali navigabili l'altezza della travatura permette il tronsito a qualsiasi imbarcazione senza i costosi artifizi applicati ai ponti stradali.

Le colonne di sostegno furono supposte a 25 o 30 metri di distanza in condizioni normali, ma nulla osta che per ragioni speciali si possano allontanare quanto si vuole, con adeguato aumento nelle dimensioni del traliccio, anche senza

modificarne sensibilmente l'aspetto estetico.

Le dimensioni di tali sostegni possono limitarsi in modo da non dar luogo a disturbo di sorta; per esempio quelli doppi formanti quasi un arco a cui sono attaccati i tralicci, hanno circa 23 cm. di diametro alla base, e quelli semplici circa 70 cm. e la loro forma snella ed ardita, atta a qualunque decorazione, contribuisce a migliorarne l'effetto estetico.

Nelle vie di poca larghezza tali sostegni possono ridursi a due sottili lesene adossate agli edifizi, e quindi senza in-

caglio pel transito.

La relativa esilità dei sostegni trova spiegazione nel fatto che le spinte laterali a cui va soggetta la carrozza in questo sistema a causa del vento e della forza centrifuga hanno il loro centro di applicazione pressapoco a metà altezza della vettura, e quindi molto più in basso che non nei sistemi di ferrovie soprastradali finora in uso colle rotaie sotto le vetture.

A maggior sicurezza contro gli scontri si applica alla trasmissione della corrente elettrica un sistema brevettato di blocco automatico, in virtù del quale ciascuna vettura o treno non può percorrere una sezione della linea su cui viaggia un altro treno od un'altra carrozza, nè avvicinarsi ad una sta-

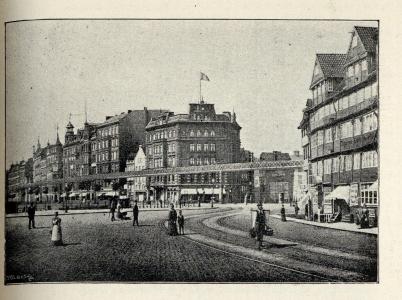


Fig. 30. — Veduta della ferrovia pensile nell'interno di città.

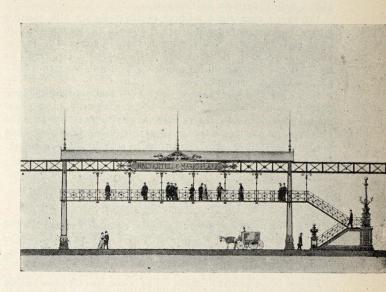


Fig. 31. — Veduta di una stazione della ferrovia pensile.



Fig. 32. — Veduta della ferrovia pensile lungo di un viale.

zione se prima non l'ha abbandonata la carrozza precedente.

Tale sistema ha inoltre il vantaggio di frenare automaticamente una vettura che fosse lanciata casualmente o dal vento sopra una sezione già occupata, escludendo con ciò ogni pericolo di collisione anche quando una carrozza si arrestasse per qualunque ragione fuori delle sue fermate fisse.

Gli scambi e gli incroci, che per la loro semplicità possono stabilirsi ovunque senza sensibile ingombro, sono altresì protetti dal blocco automatico, di modo che una carrozza non può avvicinarsi se essi non sono nella posizione normale, e se la carrozza precedente non li ha regolarmente passati e rilasciati in libertà di manovra.

In sostanza una carrozza non può partire da una stazione se la sezione di linea da percorrere e gli scambi da incontrare non saranno liberi, e nella loro giusta posizione.

Il conduttore della carrozza non ha altro incarico che di procurarne a tempo debito la fermata alle stazioni e la partenza da esse, regolandone convenientemente la velocità. Egli ha quindi agio di occuparsi della distribuzione dei bi-

glietti e dell'esazione dell'importo.

Un carro speciale è adibito esclusivamente alle visite e riparazioni lungo la linea. Esso è sospeso analogamente alle altre vetture, e dovendo servire eventualmente ad ispezioni anche nel caso di interruzione della corrente elettrica, ha uno dei carrelli munito di motore a petrolio, mentre l'altro ha il solito motore elettrico.

La forma di detto carro di servizio è così studiata da facilitare l'esame di tutta la travatura esternamente ed internamente, permettendo riparazioni a qualunque organo. Ciò non esclude che pei lavori di maggiore entità si costruiscano ponti di servizio e impalcature tra le travi recanti le rotaie, senza interrompere il servizio. Ing. F. G.-S.

NOTIZIE

La nuova pianta geometrica della città di Torino. — Tra le deliberazioni prese dal Municipio di Torino nel 1894 è da segnalare quella riflettente la stampa dei fogli della pianta geometrica della Città, nel rapporto di 1 a 500.

Ed ora, in conformità di quella deliberazione, una Circolare spedita ai giornali ed ai periodici tecnici, in data 13 aprile, dall'Ufficio dei Lavori pubblici, annunzia che le prime 120 tavole sono state poste in vendita, sia presso l'Ufficio municipale di catasto, sia presso la ditta Camilla e Bertolero, editrice della pianta stessa.

Ci facciamo eco ben volontieri di questa notizia, in quanto che la nuova carta tornerà utilissima non solo alle persone tecniche ed alle Direzioni delle Società del gaz, dell'illuminazione elettrica, dei telefoni, delle tramvie, ecc., ma ancora e particolarmente ai proprietari di stabilimenti industriali, ed anche solo di aree fabbricabili, i quali potranno d'ora in avanti, con notevole risparmio di spesa e di tempo, valersi dei fogli stampati della pianta per tutti quei disegni che debbono allegarsi alle domande di nuove costruzioni o di modificazioni di quelle esistenti. Non occorre dire che sulla pianta appaiono nettamente delineate le traccie, ormai definitive, della Torino avvenire e facilmente se ne comprende tutta l'importanza per chi vuole costruire fabbriche.

La pianta di una città come Torino nella scala di 1 a 500 non poteva non riuscire lavoro di gran mole.

Essa consta infatti di 197 fogli di cm. 92 × 62, e comprende tutta l'area limitata dalla cinta daziaria attuale. Oltrechè vi si trova incluso pure il cimitero ed una porzione dell'ingrandimento futuro, compreso fra la cinta, fuori la barriera di Orbassano, e la curva di allacciamento fra le due stazioni ferroviarie principali di Torino.

Ognuna delle 197 tavole è divisa da un reticolato in 40 caselle quadrate, aventi un decimetro di lato, corrispondente in iscala a m. 50.

Così la superfice di terreno compresa in ogni tavola misura:

$$50 \times 50 \times 40 = mq. 100.000.$$

Sopra ogni foglio è però ripetuta tutto all'ingiro, per maggior chiarezza e comodità di attacco, ove occorra, una porzione dei tracciati che trovansi ripetuti nelle tavole, o fogli adiacenti a quello.

Le linee del reticolato sono parallele ai margini della carta; sei nel senso più lungo, nove nell'altro. Queste ultime sono perfettamente parallele alla direzione del meridiano. Una di tali ordinate è perciò sormantata da freccia, per rendere evidente l'orientazione stessa.

Come punto di origine delle coordinate si è preso il punto trigonometrico che passa per l'Osservatorio di Palazzo Madama (Piazza Castello), e così la mappa è scompartita in 4 quadranti.

Lo schizzo schematico (fig. 33) può dare l'idea della complessa figura e delle dimensioni che assumerebbe potendo attaccare tutti i fogli assieme. Con linee parallele è stata indicata la cinta daziaria attuale, limite, come si è detto, del rilevamento topografico.

Per comodità di richiamo ogni tavola reca una lettera ed un numero corrispondente alla disposizione dei fogli, come è indicata nella figura citata.

In testa di ogni tavola sta la leggenda: Pianta geometrica della Città di Torino, rilevata e disegnata dall' Ufficio municipale dei Lavori Pubblici negli anni 1890-93. Ma conviene osservare che man

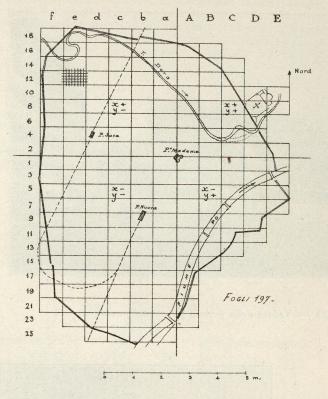


Fig. 33.

mano che i fogli vennero passati alla stampa; vi si introdussero le principali varianti subite dopo il 1893. In basso poi havvi la tabella dei segni convenzionali.

I fogli sono stampati in nero; le linee del quadrettamento, incise, appariscono sottilissime.

Questa pianta, oltre tutti i contorni dei fabbricati esistenti o progettati, dei fiumi, torrenti e canali, dei giardini pubblici, aiuole, ecc., indica negli isolati esistenti le soglie delle porte, coi relativi numeri.

Quasi sempre i muri di cinta sono indicati con doppia linea. Diversi edifizi pubblici — come ad esempio gli ospedali — sono stati rilevati anche nel loro interno, ossia è distinto ciò che è fabbricato, da ciò che forma cortile. E così fu fatto per molti stabili sui quali vengono a passare le traccie dei futuri ampliamenti al piano edilizio della Città.

Ogni corso, via o piazza reca il nome in stampatella. Le linee tramviarie e ferroviarie sono pure rappresentate con tutti i raccordi e accidentalità del loro tracciato.

Infine ogni angolo degli isolati porta la corrispondente quota di livello effettiva o progettata; ma per maggiore semplicità in tutte le quote medesime è stata abolita la cifra 2 delle centinaia.

Non fa mestieri ricordare che tutta Torino dà una media di circa 250 metri sul livello del mare.

Il prezzo di ogni foglio separato è di una lira. La collezione completa costerà lire 100.

Sarà pure nel corrente anno ultimata e messa in vendita la pianta murale complessiva della città e suoi immediati dintorni, nella scala di 1 a 5000, destinata ad essere la vera planimetria ufficiale di Torino odierna, colle nuove numerazioni degli isolati, ecc., ecc.

Sarà stampata a 5 colori in 4 fogli e sarà venduta a lire sei per ogni esemplare completo.

A. Frizzi.

La rottura della traversa del serbatoio di Bouzey presso Epinal in Francia. — La mattina del 27 aprile, alle ore 5,45, un rumore come quello di cento colpi di artiglieria tirati insieme annunziava la rottura della traversa del serbatoio di Bouzey. In dieci minuti il lago si vuotava de' suoi sette milioni di metri cubi d'acqua. Rinunziamo a descrivere la catastrofe di quella vallata.

La sezione di quella traversa, che presentava solamente la scarpata

dal lato a valle ed era verticale dal lato a monte, era stato oggetto di severe critiche fino dall'epoca della costruzione (1880).

L'altezza massima del muro essendo di m. 23, le larghezze al ciglio di m. 4 ed alla base di m. 12, ne risultava che la muratura era pure esposta a sforzi di trazione notevoli dal lato interno.

Le condizioni statiche di quella traversa, contrarie alle regole di buona costruzione, furono subito rivelate dal momento in cui l'acqua venne introdotta nel serbatoio, perchè la traversa non potè resistere e si lesionò in vari punti verticalmente.

Aggiungasi che la sua fondazione era pure difettosa, perchè fatta sulle arenarie variegate del trias, le quali non offrono consistenza sufficiente se non a molta profondità, per raggiungere la quale si avrebbe dovuto costruire un volume di muratura di fondazione superiore a quello della traversa stessa. Per economia ciò non si fece, e si credette di supplirvi efficacemente coll'affondare un semplice muro di guardia di m. 2 di spessore a monte, il quale, se riusci a intercettare le filtrazioni, non poteva certo dare alla traversa la stabilità di cui mancava. E infatti, subito dopo l'introduzione dell'acqua, essa si mosse cedendo sopra una lunghezza di m. 135 con una saetta massima di m. 0,37 tanto al ciglio quanto alla base.

Questi particolari, scrive l'ingegnere Orpiszewski, nella Gazette de Lausanne, dedotti dall'opera dell'ingegnere G. Crugnola sui serbatoi d'acqua, ci permettono di farci un'idea delle cause probabili della catastrofe, essendo cosa ben naturale il supporre che in seguito alle pioggie di questi ultimi tempi il serbatoio siasi riempito oltre il livello che la prudenza suggeriva di non oltrepassare, e la diga abbia dovuto cedere.

La niuna sicurezza della diga di Bouzey fu pure segnalata dagl'ingegneri G. Zoppi e G. Torricelli nella Relazione da essi fatta (1886) sul viaggio intrapreso per incarico del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio per visitare e studiare i laghi artificiali dell'Algeria, della Francia e del Belgio. Essi conchiudevano il capitolo relativo alla traversa di Bouzey con queste parole: « La diga trovasi in » troppo cattive condizioni di stabilità così rispetto all'insufficiente » profilo, come alla cattiva natura della roccia di fondazione », e facevano presentire che « se l'acqua dovesse elevarsi nel serbatoio fino al» l'altezza da far funzionare lo sfioratore, la stabilità della diga sa» rebbe stata compromessa ». (Giornale dei Lavori Pubblici).

Trasporto di energia elettrica a Biella. — La Società rappresentata dall'ingegnere Perino ha la concessione di 1500 cavalli dinamici effettivi, che si ottengono mediante una derivazione d'acqua (1250 litri) dal torrente Chiusella, in quel di Ivrea; essa impianterà la stazione idraulica presso il Ponte dei Preti, dopo una galleria di 450 metri ed una caduta di metri 120, e trasporterà i cavalli dinamici a Biella, dove sono pressochè tutti impegnati. Il Ponte dei Preti trovasi ad 8 chilometri circa da Ivrea.

Il prezzo della locazione della forza a cavalli dinamici effettivi, misurati sull'albero del motore nell'interno dello stabilimento, è il seguente: Per forze da 9 a 2 cavalli il prezzo annuo per cavallo varia da lire 215 a 325; per forze di 10 cavalli, lire 200 per ogni cavallo; per forze superiori ai 10 cavalli, il prezzo annuo è di lire 150. La Società si obbliga a fornire la forza motrice durante le 24 ore della giornata e per tutti i giorni dell'anno, eccetto i civilmente festivi.

La Società ha pure convenuto cogli industriali gl'impianti interni degli stabilimenti a prezzi miti, secondo la loro entità, suddividendo l'ammontare in quote eguali, cosicche, trascorso il periodo del pagamento, l'impianto diventa di proprietà degl'industriali.

La Società ha già impegnata, si può dire, tutta l'energia disponibile a beneficio delle industrie, ed una piccola parte per produzione di luce elettrica pubblica e privata.

Questo progetto modesto, ma pratico, trovò l'appoggio di forti capitalisti biellesi, in massima parte, e di Case di primaria importanza nel ramo di costruzione del materiale elettrico.

La Società porrà subito mano ai lavori per terminare l'impianto prima del tempo previsto, e così resterà sempre più assicurato l'avvenire dell'industre regione biellese.

(Monitore delle Strade Ferrate).

Le scoperte dell'Argon e dell'Helium. — Era stato riscontrato da parecchio tempo che l'azoto presentava una densità differente, a seconda che veniva ottenuto, sottraendo l'ossigeno all'aria, oppure adoperando uno qualunque degli altri processi chimici che servono a prepararlo. L'azoto estratto dall'aria, sia per mezzo di un metallo riscaldato al rosso, sia a freddo per mezzo dell'idrato ferroso, ha la densità 0,9722, mentre quello ottenuto per mezzo del biossido d'azoto, del protossido d'azoto, dell'urea o del nitrito ammonico, sempre col concorso di un metallo riscaldato al rosso, ha costantemente la densità 0,9669, cioè un litro di azoto atmosferico pesa grammi 1,2572, e un litro di azoto ottenuto con uno qualunque dei processi chimici sopra ricordati pesa grammi 1,2505.

Di più il Cavendish nei suoi studi sopra la composizione dell'acido nitrico aveva notato che, facendo scoccare delle scintille elettriche in una mescolanza di azoto e ossigeno, in presenza di idrato potassico, i due gas si combinano e l'acido che si forma è fissato dall'idrato, ma rimane sempre un residuo di circa 1₁120, che non è possibile far combinare, per quanto si prolunghi l'azione delle scintille.

Questi fatti condussero il Raylegh ed il Ramsay alla scoperta dell'argon. Prima di tutto, essi fecero passare dell'azoto atmosferico attraverso il magnesio riscaldato al color rosso, decomposero l'azoturo di magnesio così ottenuto e trattando l'ammoniaca avuta da questa reazione con cloruro di calcio riebbero l'azoto. Determinatane la densità, la trovarono precisamente uguale a quella dell'azoto ottenuto con uno qualunque dei metodi chimici sopra ricordati.

Il fenomeno poteva essere attribuito a qualche trasformazione analoga a quella dell'ossigeno in ozono, ma siccome l'azione dell'effluvio elettrico non modifica la densità nè dell'azoto chimico, nè di quello atmosferico, e, d'altra parte, il tempo non esercita alcuna influenza sopra il gas ottenuto nei due modi, mentre distrugge l'ozono, non restava altro che l'ipotesi dell'esistenza di un nuovo gas come costituente dell'atmosfera.

Le esperienze eseguite dal Raylegh e dal Ramsay col metodo fisico della diffusione, dimostrarono che doveva essere realmente così, ma non condussero ad una separazione completa. Essi ricorsero allora al metodo adoperato dal Cavendish nelle ricerche sopra ricordate, ma mentre quest'ultimo non aveva potuto ottenere che l'assorbimento di cmc. 1 di gas all'ora, il Raylegh ed il Ramsay poterono raggiungere un assorbimento di cmc. 30 di azoto all'ora. Inoltre si servirono anche del processo chimico, fissando l'azoto per mezzo del magnesio e purificando il residuo con l'aiuto delle scintille elettriche e dell'ossigeno.

In tal modo ottennero, nella proporzione di circa 1₁100 dell'azoto adoperato, il nuovo gas, cui diedero il nome di argon.

*

La densità di questo corpo è circa i 514 di quella dell'ossigeno; il suo punto critico, determinato da Olzeweski, è di — 121° sotto la pressione di 50,6 atmosfere; la sua temperatura di ebullizione — 187° sotto la pressione di cm. 74; la sua densità, allo stato liquido, 1,5; la sua temperatura di fusione — 189°,6.

Il rapporto dei due calorici specifici del gas a pressione costante ed a volume costante, determinato per mezzo della lunghezza d'onda nei tubi sonori che lo contengono, è stato trovato di 1,65 e 1,61, cioè molto differente dal rapporto 1,41 che si ha per tutti gli altri gas. Tale rapporto anormale, che si ha anche per i vapori di mercurio, condurrebbe, secondo la teoria cinetica dei gas, all'ipotesi che l'argon fosse costituito da atomi isolati, di cui la forza viva sarebbe rappresentata interamente dalla forza viva di traslazione. La questione per altro ha bisogno di altri studi prima di essere risoluta.

Lo spettro dell'argon si presenta sotto due aspetti, a seconda dell'intensità della corrente adoperata per ridurre incandescente il gas. Uno spettro è rosso con 80 righe, e l'altro azzurro con 119 righe, delle quali 26 coincidono con altrettante di quelle del primo. Queste righe sono differenti da quelle dell'azoto e non coincidono con nessuna di quelle degli altri elementi.

Quanto alle proprietà chimiche, il Raylegh ed il Ramsay dicono di non essere riusciti a fare entrare in combinazione il nuovo gas con nessun corpo semplice o composto, donde il nome che gli hanno dato.

Per altro il Berthelot, servendosi dell'effluvio elettrico, che è molto

più efficace della scintilla, è riuscito a fare entrare in combinazione l'argon con la benzina, ottenendo l'assorbimento di 83 volumi di gas su 100. L'azione dell'effluvio sul miscuglio è accompagnata da una debole luce violacea visibile nell'oscurità. Una volta il Berthelot ottenne pure una sostanza fluorescente, che sviluppò una bella luce verdastra.

I prodotti che si hanno sono analoghi a quelli che si formano per l'azione dell'effluvio elettrico sul miscuglio di azoto e di vapore di benzina, e consistono in una materia resinosa di colore giallastro e di odore particolare, che si condensa alla superficie dei tubi di vetro, nei quali è avvenuta la combinazione.

Tale materia sotto l'azione del calore si decompone, dando origine a prodotti volatili e ad un residuo carbonioso abbondante.

Il Ramsay, nelle sue ricerche sopra tutte le fonti dell'azoto per vedere se in qualche caso l'argon fosse associato con altri elementi, trovò un minerale che contiene il nuovo gas. Questo minerale, scoperto dal Nordenskiöld, è la clevite o cleveite, un ossido di uranio e di diverse altre terre rare, che, insieme ad altri minerali affini conosciuti col nome di uranoniti, ha la proprietà, scoperta da Hillebrand (1), di sviluppare una quantità sensibile di azoto sotto l'azione degli acidi.

È dall'esame di questa reazione che il Ramsay è stato condotto a riconoscere nei minerali anzidetti la presenza insieme all'azoto dell'argon
e dell'helium. Esso ha fatto scoccare una serie di scintille elettriche
attraverso ad una mescolanza del gas ottenuto dalla clevite coll'ossigeno, in presenza di soda caustica, ed ha ottenuto un residuo, che
gli ha dato lo spettro dell'argon, ed inoltre un altro spettro, del
quale la linea gialla brillantissima non coincide con la D del sodio, ma
è vicinissima ad essa.

La lunghezza d'onda corrispondente a questa linea fu trovata dal Crooks di 58,7 49 milionesimi di centimetro, ossia coincide con quella caratteristica dell'*helium*, che finora si era riscontrata solo nello spettro della corona solare.

(Dalla Rivista scientifico-industriale).

Progressi dell'illuminazione a gas col becco Auer. — I successi attuali del becco Auer non sono che il risultato della nobile gara che sorse naturale appena le sorti del gas-luce erano pericolanti per il gradimento universale della luce elettrica.

E se qualcuno, strenuo propugnatore di quest'ultima, può trovar ragioni per combattere il ritorno all'uso del gas, certo non potrà disconoscere che oggi la concorrenza è possibile e, fino ad un certo punto, giustificata dalla cattiva prova di impianti elettrici non abbastanza accurati e dalla deficienza di certe Società elettriche, alle quali devesi ascrivere il discredito in cui cade a poco a poco l'illuminazione elettrica, come già prima avvenne per l'illuminazione a gas.

Il becco Auer per la illuminazione a gas è oggi un buon rivale della illuminazione elettrica. Ma se indubbiamente questo becco ora incontra il favore del pubblico, lo si deve alla costante cura per migliorarlo e migliorarne l'uso, essendo oramai trascorsi otto anni dacchè Auer von Welsbach lo licenziava al pubblico.

Non diremo dell'aspra guerra a cui fu fatto segno. Basti ricordare che esso ebbe ancora recentemente la mala sorte d'essere sottoposto a minuta analisi dal Gréhant, che proclamavalo antigienico in confronto del comune becco Argand, avendo egli trovato che attossicava l'ambiente per la produzione di ossido di carbonio. E sebbene il Gréhant stesso, ripresa in esame e l'una e l'altra fiamma, abbia dovuto dinanzi all'Accademia delle Scienze di Francia, il 30 luglio dell'anno scorso, e cioè solo 25 giorni dopo la precedente comunicazione, concludere che l'impiego di un becco Auer non può produrre avvelenamento, pure presso i consumatori il becco Auer rimase per qualche tempo disprezzato.

Ma che il sistema Auer, destinato a trarre il maggior profitto dal gas per l'illuminazione, abbia un avvenire promettente, specie laddove

(1) Bull. of the U. S. Geological Survey, n. 78, 1891, pag. 43-79.

per il vil prezzo di questo o per altre circostanze (1) non si vuole o non si può avere luce elettrica, è confermato dal fatto che, come ho accennato sopra, da quando apparve ad oggi subì continuamente delle migliorie.

Questo sistema si basa sul principio di utilizzare il calore, anzichè la luce del gas, per rendere incandescente una reticella di cotone imbevuta di ossidi incombustibili. Il risultato economico fu veramente sorprendente, potendosi raggiungere con soli 80 litri all'ora una potenza illuminante di 28 candele con una luce fissa senza fumo, nè odore, ed emanante pochissimo calore. L'apparecchio poi non consiste che in un becco Bunsen perfezionato, munito di un regolatore automatico della pressione, sul quale appoggia la reticella. Un tubo strozzato di cristallo, mentre concentra sulla reticella il calore, serve pure a proteggerla. Compiendosi poi completamente la combustione del gas, le dorature, le vôlte e le tappezzerie non vengono affatto danneggiate.

Affermato e provato che gli ossidi metallici derivati dal gruppo del cerio colla incandescenza assumono una luminosità stragrande con gradazioni di colore varie col variare degli ossidi e della loro mescolanza, si studiò di fissarli su reticelle resistenti, e le disillusioni continue, appunte per la poca resistenza di queste, non fecero perdere il coraggio agli apostoli del sistema. Trovato modo di rendere meno fragili i cappucci per le fiamme con risultato, fin qui, non ancora del tutto soddisfacente, il Kean fece numerose esperienze sulla luminosità che si può avere dai diversi ossidi e venne ai risultati seguenti:

Ossido di			Valore fotometrico	Colorazione
Torio .			31,56	Bleu pallido
Lantanio			28,32	Bianco
Ittrio .			22,96	Giallo pallido
Zirconio			15,36	Bianco
Cadmio			5,02	Rossastro

Lo stesso A. tentò varie mescolanze, e sembra che, unendo insieme due terzi d'ossido di torio ed un terzo d'ossido d'ittrio, abbia ottenuti i migliori risultati. Certo però che la mescolanza ha grande influenza sulla colorazione e sembra inoltre che ne abbia sulla durata delle reticelle.

Questi risultati indicano quanto ancora sia da farsi per raggiungere il desideratum da questo mezzo d'illuminazione, specie per quanto riguarda la fragilità della reticella, che cede alcune volte nell'atto stesso dell'accensione per il piccolo scoppio che produce nel tubo. È però un fatto che in questi ultimi tempi le reticelle risultano assai più resistenti e durature.

(Dal Giornale scientifico di Palermo).

PUBBLICAZIONI RICEVUTE

La preparazione meccanica e la calcinazione dei minerali a Buggerru. — Note e considerazioni pratiche redatte da Luigi Sanna, Capo-Servizio della Laveria Malfidano. — Op. in-4°, di pag. 82, con tre tavole litografate. — Cagliari, 1895.

Ugo Ancona. — Nota sopra una teoria dinamica della motrice a vapore monocilindrica. — Estr. dal *Politecnico*. — Op. di pag. 29, con una tavola. — Milano, 1895.

Il Marmista, dell'Ing. Alessandro Ricci. — Manuale Hoepli, di pag. 154, con 47 fig. nel testo. — 2ª edizione. — Milano, 1895. — Prezzo L. 2.

Calci e cementi. — Norme pratiche dell'Ing. Luigi Mazzocchi. — Manuale Hoepli, di pag. 212, con 49 fig. nel testo. — Milano, 1895. — Prezzo L. 2.

I muri in gettata di calcestruzzo nella loro applicazione alle costruzioni edili, dell'Ing. Achille Manfredini.

— Estratto dal giornale Il Costruttore. — Op. in-16°, di pag. 54.

— Milano, 1894.

(1) Per utilizzare il gas naturale che esce dai suoi giacimenti, la « Indiana Company » ha stabilito fra Greentewn e Chicago una canalizzazione di 135 chilometri, portante sino a Chicago una massa di 40,000 mc. di gas all'ora con una perdita massima dell'1 0₁0. Ecco un caso in cui può il gas meglio convenire che non un altro mezzo d'illuminazione e che merita di essere segnalato.

