

# L'INGEGNERIA CIVILE

E

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO QUINDICINALE

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

### SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

#### IL PONTE OBLIQUO DI SOISSONS IN SMALTO DI CEMENTO ARMATO

STUDIO SPERIMENTALE DELLA SUA STABILITÀ

(Veggasi la Tavola III)

Le prove di resistenza elastica e di stabilità del Ponte obliquo in calcestruzzo di cemento armato, sistema Hennebique, costruito a Soissons sull'Aisne, hanno dato luogo ad osservazioni e diagrammi e conclusioni così interessanti dal punto di vista del comportamento elastico degli archi sotto l'azione dei sovraccarichi, da indurci a farne oggetto, secondo la nostra promessa, di apposito studio, seguendo la importante Memoria del sig. Riboud, ingegnere di Ponti e Strade, pubblicata nell'ultimo fascicolo (1° trimestre, 1904, da pag. 115 a pag. 180) delle « Annales des Ponts et Chaussées ».

Come i lettori ricorderanno (1) questo Ponte, di grande obliquità, è stato costruito per il passaggio simultaneo di una strada carrettiera con due marciapiedi adiacenti e di una ferrovia di interesse locale, a scartamento ridotto, da Soissons a Retthel.

Il Ponte consta di tre arcate pressochè eguali di m. 24,25 di corda le due laterali, e di m. 24,48 quella centrale; il piano stradale è portato da sette arconi paralleli, con monta di 1,10, timpani pieni, superiormente riuniti da una soletta comune. La complessiva larghezza del ponte è di 14 metri.

Le prove di stabilità di questa nuova opera ebbero luogo in due epoche distinte, non avendosi subito a disposizione il materiale mobile della ferrovia e per altri motivi di opportunità.

E così dal 10 al 20 maggio del 1903 si fecero le prime prove sulla strada carrettiera con soli pesi scorrevoli, e nell'anno successivo, dall'8 al 12 febbraio 1904, si fecero le prove con peso morto sulla strada carrettiera, e le prove sia a peso morto, sia a carichi scorrevoli sulla ferrovia.

Le prove di ciascuna serie furono inoltre completate cercando di imprimere al ponte delle impulsioni ritmiche, secondo quanto erasi precedentemente praticato al ponte in smalto di cemento armato di Châtellerault nel 1900.

Le prove del 1° periodo si limitarono a far passare sulla

strada carrettiera un rullo compressore a vapore, a due assi distanziati fra loro di m. 4,05, (di cui l'anteriore del peso di 7 tonn., e quello posteriore di 12 tonn.) seguito a 12 m. circa di distanza da una o due coppie di cilindri compressor ordinari, ad un solo asse, del peso di 9 tonn. ciascuno, trainati da 5 cavalli, e condotti, per quanto era possibile, parallelamente due a due sulla medesima fronte.

Si è pure prodotto un urto istantaneo obbligando il rullo a vapore a passare sopra di un regolo di ferro dell'altezza di 4 cm. posto sul mezzo di un'arcata.

Si è per ultimo assoggettato il ponte al passaggio in diverse maniere di drappelli da 60 a 400 soldati, distribuiti su tutta quanta la larghezza del ponte, compresa quindi la parte destinata alla ferrovia che a quell'epoca non era ancora munita dell'armamento.

Le prove del 2° periodo mirarono dapprima agli effetti di un peso morto uniformemente distribuito sulla strada carrettiera e suoi marciapiedi, composto di rotaie della lunghezza di 12 metri e del peso di kg. 22,32 per metro lineare. Con un doppio strato di rotaie venivasi ad ottenere un sovraccarico di 492 kg. per metro quadrato.

Caricate così due arcate consecutive della strada carrettiera, fu pure condotto sul binario del ponte un treno di prova di lunghezza tale da comprendere le due arcate medesime. Naturalmente le osservazioni incominciarono a farsi durante la carica, e quindi per carichi parziali, e continuarono pure durante la scarica, dappoichè l'operazione richiese diversi giorni e l'opera di 40 manovali, trattandosi di portare alla distanza media di circa 50 metri e di riportare poi in senso inverso ben 800 rotaie del peso complessivo di 214 tonnellate.

Ed è per risparmio di tempo, ma soprattutto di spesa, che non fu sovraccaricata la terza arcata.

Per le prove di sovraccarichi in moto erasi composto un treno di 2 locomotive del peso medio ciascuna di tonn. 21 in ordine di marcia, su tre assi con m. 2,35 di base totale, e di una serie di vagoni, ciascuno del peso di tonn. 15,5 su due assi distanti m. 2,50. Con due locomotive e due vagoni raggiungevasi così la lunghezza di un'arcata, e con altri 6 o 10 vagoni venivasi a raggiungere la lunghezza di due arcate o quella di tutto il ponte.

Si misurarono pure le oscillazioni prodotte dal passaggio a diverse velocità del treno di prova su di un giunto di rotaie della larghezza di 4 cm., posto in corrispondenza della chiave di un'arcata.

(1) « Ingegneria Civile », anno 1904, n. 5 e Tav. III, IV e V.

E per ultimo si rinnovarono con 200 soldati di fanteria le prove sotto impulsi ritmiche, valendosi di apparecchi di registrazione più perfezionati di quelli di cui disponevasi nelle prove del primo periodo.

Comprendendo in un solo riassunto le prove analoghe e le complementari del primo e secondo periodo, e seguendo anche in ciò la Relazione del sig. ing. Riboud, indicheremo per brevità e per la maggiore intelligenza dei lettori colle lettere A, B, C, D, E, F, G, i singoli arconi di una medesima arcata, quali trovansi segnati nella sezione trasversale schematica della fig. 81, adottando pure per il numero

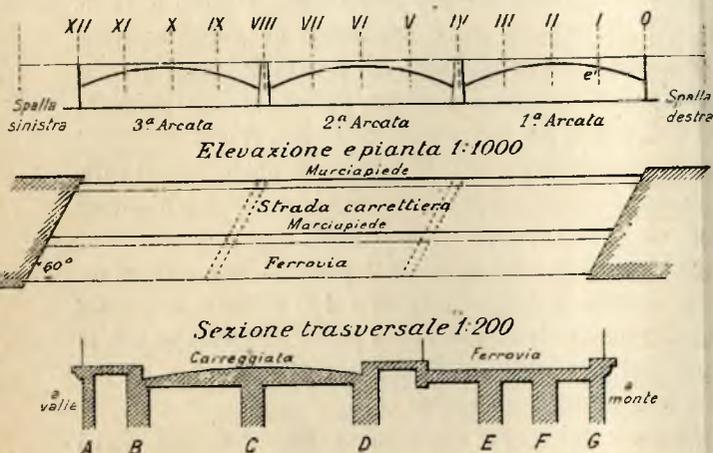


Fig. 81. — Elevation, Pianta e Sezione trasversale schematiche del Ponte di Soissons.

d'ordine delle tre arcate quello indicato sul prospetto schematico del Ponte dalla medesima figura.

Per misurare e registrare le frecce e le oscillazioni elastiche alla chiave e nei diversi punti degli arconi, eransi collocati in gran numero gli apparecchi Rabut appoggiandoli alle centine dell'armatura, che a tale effetto erasi conservata, e fecesi pure uso di apparecchi Manet-Rabut ad indice di 1 metro per studiare le massime deformazioni elastiche sotto l'azione degli urti e delle impulsi ritmiche.

\*

*Effetti di un peso morto uniformemente ripartito.* —

Il sovraccarico totale è stato, come si disse, di 400 rotaie per ciascuna delle due arcate, 1 e 2, e corrispondente a 492 kg. per metro quadrato.

Con tutto il sovraccarico sull'arcata di destra (n. 1) ebbesi un abbassamento alla chiave di mm. 2,20 e 1,75 rispettivamente per i 2 arconi C ed A.

Tolto completamente il sovraccarico, le due chiavi si rialzarono di mm. 2,20 e 2,10 rispettivamente.

Con tutto il sovraccarico sulla sola arcata centrale le chiavi dei due arconi C ed A si abbassarono tutte due di mm. 3,06. Sovraccaricata in seguito anche la prima arcata, le chiavi dei due arconi C ed A dell'arcata seconda si elevarono rispettivamente di mm. 0,50 e 0,60. Scaricata completamente l'arcata centrale, le chiavi dei due suoi arconi C ed A si rialzarono di mm. 3,10 e 2,65 rispettivamente.

\*

*Effetti di sovraccarichi in moto* (Rullo compressore a vapore e rulli a cavalli).

Il passaggio del rullo compressore a vapore solo sul mezzo della strada carrettiera, ossia direttamente sull'asse dell'arcone C in andata e ritorno sulla prima arcata, ha dato luogo ad un diagramma a cuspidate regolarissimo, che accusò il massimo abbassamento momentaneo della chiave dell'arcone C di mm. 1,30. La stessa freccia si ottenne sperimentando analogamente sulla seconda arcata, e contemporaneamente l'arcone B subiva un abbassamento di mm. 0,85.

Il passaggio del rullo a vapore seguito a 12 metri circa di distanza da due rulli a cavalli, che si avanzavano di conserva, ossia di fronte, diede luogo ad una freccia massima di mm. 1,35 alla chiave dell'arcone C.

Il passaggio del rullo a vapore seguito da due coppie di due rulli a cavalli ciascuna, camminanti di fronte, produsse un abbassamento alla chiave dell'arcone C della prima arcata di mm. 1,70 e di mm. 1,95 alla chiave dell'arcone C sotto la seconda arcata.

Il passaggio del rullo a vapore solo sulla linea di mezzo, tra gli assi dei due arconi B e C della prima arcata, fece abbassare le chiavi degli arconi A B C (EF) e G rispettivamente di . . mm. 0,85, 0,80, 1,10, 0,05, 0.

Il passaggio del rullo a vapore solo a due differenti velocità sul mezzo della strada (la seconda velocità, cioè la più grande, essendo circa di km. 6 all'ora) ha dato luogo alle seguenti frecce le cifre negative indicando gli alzamenti elastici verificatisi alla chiave.

	Velocità minore	Velocità maggiore
1ª Arcata		
Arcone B . .	mm. 1,30 e — 0,15	mm. 2,00 e — 0,40
Arcone C . .	» 1,25 e — 0,10	» 2,00 e — 0,20
2ª Arcata		
Arcone B . .	» 1,40 e — 0,10	» 1,70 e — 0,50
Arcone C . .	» 1,35 e — 0,10	» 1,90 e — 0,35

Si è pure tentato nel corso di tutte queste esperienze di misurare gli spostamenti orizzontali della pila destra alla linea dell'imposta dell'arcone C, ma non si ottennero valori apprezzabili, benchè gli apparecchi ingrandissero venti volte.

\*

*Effetti di un urto isolato.* — Un regolo di ferro dell'altezza di cm. 4, preceduto da piano inclinato di sabbia, fu disposto trasversalmente alla strada, per modo che la linea di tangenza della superficie del rullo, nel cadere di questo sulla strada, corrispondesse al mezzo della soletta, cioè fra due traverse. E furono rilevati i diagrammi durante la caduta tanto dell'asse di 12 che di 7 tonnellate alle chiavi degli arconi A e B della prima arcata, al punto di mezzo, che indicheremo N della traversa di rinforzo della soletta, fra i due arconi, più vicina alla chiave ed al centro H del pannello della soletta medesima.

Gli spostamenti positivi e negativi e l'ampiezza delle oscillazioni risultano dal seguente quadro:

Coll'asse di 12 tonn.	A	B	N	H
abbassamento .	mm. 1.25	1.60	1.70	1.70
sopraelevazione	» 1.00	1.15	1.25	1.20
oscillazione totale	» 2.25	2.75	2.95	2.90
Coll'asse di 7 tonn.				
abbassamento .	mm. 1.15	1.55	1.65	1.60
sopraelevazione	» 0.75	0.95	1.00	1.05
oscillazione totale	» 1.90	2.50	2.65	2.65

*Deformazioni prodotte dal solo treno di prova sul binario.* — Incominciando con una locomotiva sulla prima arcata, poi con due, e successivamente attaccando 2, 6 e 10 vagoni, in modo da occupare tutta la prima arcata e poi le due prime e per ultimo tutto il Ponte, si rilevarono parecchi diagrammi a treno fermo in diverse posizioni e col treno in moto nell'istante in cui si trovava nelle posizioni medesime; e nell'intento essenziale di ben constatare in qual grado gli arconi di una medesima arcata compartecipassero alle deformazioni, si collocarono gli apparecchi alla chiave degli arconi A e C, e nel punto di mezzo tra gli arconi E ed F tanto della prima che della seconda arcata. Si è pure collocato un apparecchio in un punto che diremo E' dell'arcone E ad un quarto della corda a partire dalla spalla, ed a 40 centimetri circa di altezza sopra la linea di intradosso.

I diagrammi alla chiave degli arconi A della prima e seconda arcata non accusarono mai movimenti apprezzabili, benchè gli apparecchi moltiplicassero venti volte.

Gli abbassamenti e le sopraelevazioni massime verificatesi negli altri punti a treno fermo risultano dal seguente specchio, essendo i primi preceduti dal segno + e le seconde dal segno — :

	1ª arcata		2ª arcata (centrale)	
	(EF)	C	E'	C
1 locomotiva . . . . .	+ 2.45	0.15	0.35	0.20
	— 0.35	—	—	0.10
2 locomotive . . . . .	+ 2.85	0.20	0.45	0.35
	— 0.55	—	—	0.10
2 locom. e 2 vagoni	+ 3.30	0.30	0.50	0.35
	— 0.35	0.05	—	0.15
2 locom. e 6 vagoni	+ 3.30	0.30	0.50	0.40
	— 0.40	—	—	—
2 locom. e 10 vagoni	+ 3.30	0.35	0.50	0.40
	— 0.30	—	—	—

Si è potuto inoltre registrare lo spostamento orizzontale della spalla e della pila destra all'altezza della linea di imposta durante il passaggio del treno di due locomotive e sei vagoni; il movimento orizzontale della pila venne constatato di mm. 0,20 e 0,30; quello della spalla di mm. 0,05.

*Effetti d'urto dovuti al passaggio del treno sui giunti, a frenamenti rapidi, ed a grandi velocità.* — Preparato, in corrispondenza della chiave dell'arcata di destra, un giunto di rotaie, della larghezza di quattro centimetri, su di una traversa disposta in modo usuale, non si ottennero dal passaggio del treno di prova risultati gran che apprezzabili. Si disposero allora due traverse distanti fra loro 60 centi-

metri, lasciando che il giunto si trovasse così a portare in falso. Per ultimo si fece riposare il giunto su di una traversa di legno che posava direttamente sulla soletta senza interposizione di ballast. Si fece passare una locomotiva isolata, poi un treno di due locomotive e sei vagoni. Nei diagrammi riproducenti le oscillazioni alla chiave degli arconi E ed F portanti i regoli, l'ordinata massima risultò di mm. 1,90 al passaggio di uno degli assi delle locomotive, e non oltrepassò mai mm. 0,50 al passaggio degli assi dei vagoni. Questi massimi si ottennero camminando con velocità inferiore a sei chilometri all'ora.

Per le prove di frenatura, un treno di due locomotive e sei vagoni, lanciato sul Ponte alla velocità di circa 24 chilometri all'ora, fu frenato il più bruscamente possibile, in modo che la locomotiva di testa fosse a piombo della pila di destra. La semiampiezza dell'oscillazione elastica del punto (EF) non è stata che di mm. 0,25 a 0,30.

La messa in moto, dopo la fermata sul Ponte, ha dato luogo a vibrazioni di mm. 0,10 appena di ampiezza totale.

Così pure il passaggio di una locomotiva a grandi velocità non ha dato luogo a vibrazioni superiori al decimo di millimetro.

Nessun movimento orizzontale delle pile ebbe a rendersi sensibile neppure durante le suddette prove di frenatura istantanea.

*Effetti di impulsioni ritmiche.* — Le maggiori oscillazioni ed i diagrammi più nitidi si ottennero dal passaggio di 200 uomini alle diverse velocità sottoindicate. Per mezzo di trasmissione elettrica è stato possibile verificare la concordanza assoluta del numero dei passi semplici con quello delle vibrazioni doppie del Ponte registrate dai diagrammi.

Le massime ampiezze di vibrazioni qui sotto registrate si riferiscono agli arconi A, B, C dell'arcata centrale:

	A	B	C
120 passi al l'	mm. 0.40	0.30	0.50
140 » »	» 0.60	0.70	0.70
160 » »	» 0.70	—	1.00
180 » »	» 0.80	0.90	1.20
210 » »	» —	0.90	—

La sfilata di 800 uomini in colonna per otto, e divisi in sei compagnie distanziate di sei ad otto metri, con musica in testa, ha dato luogo a diagrammi caratteristici, denotanti il passaggio di ciascun gruppo alla chiave dell'arcata, sebbene l'ampiezza delle vibrazioni non abbia mai oltrepassato mm. 0,20 circa.

*Deformazioni elastiche locali e resistenze massime.* — L'arcone C della prima arcata e l'arcone E dell'arcata centrale furono oggetto di osservazioni speciali, essendosi collocati gli apparecchi Manet sulle due faccie, quella a monte e quella a valle, lungo la linea di intradosso e quella orizzontale di estradosso, in modo da avere su ogni faccia due apparecchi alla chiave, due all'imposta e due in posizione intermedia, ossia ad un quarto dell'apertura.

Le osservazioni fatte durante tutte le prove di sovraccarichi in moto hanno sempre dato luogo a risultati concordi.

Gli apparecchi applicati in prossimità dell'estradosso degli arconi, ossia in punti vicinissimi alla soletta, tanto all'imposta che ad un quarto dell'apertura, accusarono deformazioni pressochè nulle, delle quali pertanto non era possibile precisare neppure il senso.

Invece gli apparecchi alla chiave accusarono sempre, tanto all'intradosso che in punti vicinissimi alla soletta, sforzi di tensione, e gli apparecchi all'intradosso, sia all'imposta, sia ad un quarto dell'apertura, rivelarono sempre sforzi di compressione.

Lo sforzo massimo dei massimi si è verificato alla chiave all'intradosso in seguito al passaggio di una locomotiva, e risultò di 6 o di 12 kg. per centimetro quadrato di sezione, secondochè vogliasi adottare  $1 \times 10^9$  ovvero  $2 \times 10^9$  per modulo di elasticità del cemento.

Il peso morto, uniformemente ripartito, di 492 kg. per metro quadrato, determinò alla chiave d'intradosso dell'arcone C della prima arcata uno sforzo di tensione che risulterebbe di kg. 7,25, ovvero di kg. 14,5 per centimetro quadrato di sezione resistente, per i due valori del modulo di elasticità surriferiti.

\*

*Discussione dei risultati sperimentali e conclusioni.* — Tutte le prove di cui abbiamo testè riassunto i risultati sono state quanto mai concludenti nell'affermare la solidarietà completa degli arconi di una medesima arcata, e nel tempo stesso la solidarietà delle tre arcate fra loro e delle medesime colle relative pile e spalle. Le tre arcate si comportarono analogamente alle campate successive di una travata continua.

Ed invero, quando il rullo compressore a vapore pesava direttamente sull'asse dell'arcone C, è risultato, per la proporzionalità delle frecce ai sovraccarichi, che questo arcone non sopportava effettivamente che i *quattro decimi* del peso del rullo, di 19 tonnellate, mentre secondo i calcoli usuali della statica ne avrebbe dovuto sopportare i *tre quarti*.

Analogamente il peso di 21 tonnellate d'una locomotiva, ferma sulla metà dell'arcata, invece di trasmettersi integralmente ai due arconi E ed F sottostanti alle rotaie, si ripartisce solo per *sette decimi* su questi due arconi, e per *tre decimi* fra gli arconi C, D, G, il primo dei quali dista di ben 7 metri dal centro di gravità del sovraccarico.

I quali risultati sono evidentemente l'effetto della connessione stabilita fra gli arconi per mezzo della soletta e rispettive nervature trasversali, e dimostrano che la soletta interviene realmente come la tavola orizzontale di un ferro a T nella deformazione e nella resistenza elastica dell'arcone, giustificando a questo riguardo il modo di calcolo del costruttore.

Osservisi inoltre che i quattro decimi di 19 tonnellate (che è il peso del rullo a vapore sulla strada ordinaria) equivalgono a tonn. 7,6 che erano effettivamente sostenute dall'arcone C, e che i sette decimi di 21 tonnellate (che è il peso della locomotiva sul binario) equivalgono a tonnellate

14,70, ossia a tonnellate 7,35 per ciascuno degli arconi E ed F. I tre arconi C, E ed F sarebbero adunque stati assoggettati nelle prove presso a poco al medesimo sovraccarico, mentre le deformazioni corrispondenti non furono che di mm. 1,50 per l'arcone C e di mm. 2,45 per gli altri due. Il che non si spiegherebbe altrimenti che ammettendo la cooperazione, nella resistenza, della soletta a destra e sinistra dell'arcone C, che è assai più estesa che non sia per gli arconi E ed F.

La solidarietà delle tre arcate è stata pure luminosamente comprovata dal fatto che un sovraccarico scorrendo sul ponte da un'estremità all'altra, nel passare alla chiave di una delle arcate estreme determinava un rialzo alla chiave dell'arcata centrale. Questo rialzo è risultato tra  $1/10$  ed  $1/15$  dell'abbassamento o freccia in chiave dell'arcata centrale, quando il sovraccarico mobile veniva a trovarsi alla chiave dell'arcata medesima.

Ne consegue che il passaggio del sovraccarico mobile alla chiave della prima arcata deve determinare sulla terza ed ultima arcata del ponte un abbassamento in chiave dell'ordine di  $(1/10)^2$  ad  $(1/15)^2$ , ossia di uno a due centesimi della freccia principale. Tratterebbesi dunque in questo caso di variazioni di altezze di  $1/50$  ad  $1/100$  di millimetro, non abbastanza precisamente misurabili cogli strumenti, ma che risultavano nondimeno più sensibili quando la traslazione del sovraccarico era accompagnata da vibrazioni che si eliminavano sugli appoggi, e davano luogo a nodi e ventri rimarchevolissimi in alcuni diagrammi.

I numerosi diagrammi ottenuti per gli arconi E ed F col passaggio a marcia regolare del treno di prova sul binario, hanno dato luogo ad altre osservazioni di ben maggiore importanza, e sulle quali richiamiamo perciò tutta l'attenzione dei lettori.

Anzitutto è risultato nettamente dai diagrammi che gli arconi della prima arcata non presentavano, dal punto di vista delle deformazioni elastiche, una simmetria perfetta a destra e sinistra della verticale alla chiave. Così, per esempio, la stessa locomotiva collocata ad  $1/4$  ed ai  $3/4$  dell'apertura a partire dalla spalla, dava luogo a due frecce differenti alla chiave dell'arcone medesimo, l'una di mm. 0,20, l'altra di mm. 0,75. Il che deve essere spiegato dal fatto che la pila e la spalla non costituiscono due appoggi perfettamente identici, la prima presentando minore rigidità della seconda.

Esaminando più minutamente i diagrammi, si vede ancora che durante il passaggio di una locomotiva isolata dalla spalla verso la pila, il massimo della deformazione alla chiave ha luogo un po' dopo il passaggio alla chiave del centro di gravità della locomotiva (il che non sarebbe che la conseguenza logica della dissimmetria testè accennata), ma per di più le deformazioni alla chiave non prendono importanza fintanto che la locomotiva non viene a trovarsi nella metà centrale dell'arcata; l'abbassamento in chiave per la posizione ad un quarto non è che  $1/12$  dell'abbassamento massimo; e quello per la posizione ai tre quarti non è che  $1/3$ .

La cosa è ben diversa per il punto  $e'$  (fig. 81), posto al quarto dell'arcata; l'abbassamento massimo di questo punto avviene quando il sovraccarico trovasi su di esso punto; esso continua a mantenersi mentre il sovraccarico procede di un certo tratto verso il mezzo dell'arcata, e diminuisce prima che l'abbassamento alla chiave abbia raggiunto il suo massimo.

Finchè il sovraccarico mobile si trova nel tratto O I (fig. 81) vicino alla spalla, che offre un incastro di rigidità considerevole, gli apparecchi in II, in III ed in IV non danno segni sensibili. Passando il sovraccarico sul tratto centrale I III, la deformazione in questo tratto si accentua rapidamente, l'azione del sovraccarico viene a ripartirsi fra i due appoggi, e mentre la chiave si abbassa, il punto  $e'$  prende ad elevarsi. Per cui fino a che il sovraccarico non è giunto in I, non funziona sensibilmente che la porzione O I dell'arco a guisa di mensola. Quando il sovraccarico arriva sulla parte centrale, esso viene ad esercitare sulla estremità della mensola di sinistra, in III, uno sforzo di taglio che va successivamente crescendo ed un momento flettente che diviene massimo quando il sovraccarico arriva in II. Continuando il suo cammino il sovraccarico, si riproducono gli stessi fenomeni in senso inverso.

Per cui dai diversi diagrammi rilevati l'ing. Riboud conclude: (1) « che sotto l'azione di un peso scorrevole concentrato l'arco funziona non già come un vero arco, ma come una travata continua, o piuttosto come una successione di tre travate continue:

- |                         |                     |           |
|-------------------------|---------------------|-----------|
| la 1 <sup>a</sup> O-III | durante il percorso | O I;      |
| la 2 <sup>a</sup> I-III | »                   | » I III;  |
| la 3 <sup>a</sup> I-IV  | »                   | » III IV, |

e che le travate fittizie O III ed I IV possono essere con tutta approssimazione ridotte alle mensole O I e III IV ».

Questi risultati sperimentali dimostrano pure la inattendibilità delle ipotesi di calcolo dell'Hennebique, delle quali abbiamo pure noi dato un cenno a titolo di curiosità nella precedente scrittura (pag. 75).

In tutte le prove eseguitesi la costruzione ha dimostrato una elasticità praticamente perfetta; ogni punto è ritornato sempre alla sua posizione iniziale al cessare della causa che produsse la deformazione; gli apparecchi non hanno accusato alcuna deformazione permanente sensibile. Appena può dirsi che siasi riconosciuta l'esistenza di una deformazione permanente, dell'ordine di un decimo di millimetro, dopo il primo passaggio del rullo a vapore di 19 tonnellate, quando il ponte non aveva servito che alla circolazione di carichi leggeri. Quando poi si fecero le esperienze col treno corrente sul binario, il ponte aveva già servito a numerosi passaggi di convogli di ballast e di materiale metallico, onde non era più il caso si avesse a constatare alcun fenomeno di primo

(1) Noi riferiamo codesti apprezzamenti dell'ing. Riboud tali quali risultano dalla sua Relazione e lasciandone naturalmente all'egregio Autore tutte le responsabilità, inquantochè non sarebbero troppo conciliabili colle recenti teorie dell'arco continuo.  
G. S.

assetto, ossia quelle deformazioni permanenti, che nelle costruzioni in cemento armato sempre si verificano coi primi caricamenti.

La rigidità della spalla è stata provata dal fatto che sotto il carico completo dell'arcata lo spostamento orizzontale all'imposta non è stato che di  $\frac{1}{20}$  di millimetro, il quale spostamento è presumibilmente dello stesso ordine di quello per una spalla costruita in muratura.

I movimenti orizzontali della pila sono alquanto più pronunciati; essi arrivarono a mm. 0,30, e se ne ebbe pure la conferma nell'effetto dissimetrico di resistenza elastica dell'arcata.

Questa diversa rigidità delle spalle e delle pile conduce evidentemente ad ammettere per uno stesso sovraccarico una deformazione maggiore per l'arcata centrale che non per le laterali, ed è quello appunto che i diagrammi hanno dimostrato.

Tutto adunque conferma il meccanismo di solidarietà delle arcate e mette in evidenza la funzione delle spalle e delle pile nella elasticità generale della costruzione, e la utilità indiscutibile del loro perfetto incastro al piano delle fondazioni. Le pile lavorano sempre, e tanto più con sovraccarichi dissimetrici, come travi elastiche incastrate; se il loro incastro fosse nullo, soggiunge l'ing. Riboud « non ne risulterebbe ancora la necessità della rovina del ponte, ma il loro spostamento orizzontale e quindi la deformazione angolare degli archi riuscirebbero in *grosso modo* raddoppiati, ed il materiale lavorerebbe alla base in condizioni molto più sfavorevoli ».

Paragonando le deformazioni riscontrate dall'esperienza con quelle che avrebbe potuto subire un'arcata metallica delle stesse dimensioni generali (supponendo che il peso proprio totale sia di 15 600 kg. per metro lineare, da ripartirsi su 14 metri di larghezza, ossia di 1100 kg. per metro quadrato; e che il sovraccarico sulla via ferrata (treno di 71 tonnellate occupante tutta una arcata) sia di circa 750 kg. per metro quadrato e di 500 kg. sulla via carrettiera, nell'ipotesi che lo sforzo massimo nel caso più sfavorevole non abbia ad oltrepassare gli 8 kg., l'ing. Riboud, applicando la formola del Résal, ed adottando  $E = 2 \times 10^{10}$ , troverebbe per frecce di abbassamento alla chiave dell'arcata di destra:

- |                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| sotto la ferrovia        | mm. 5,50 a vece di 2,80 |
| e sotto la via ordinaria | » 4,30 » 2,20,          |

ossia circa il doppio dell'abbassamento effettivamente misurato dell'arco in cemento armato.

E se considerasi il caso di sovraccarichi parziali, osservando che il massimo abbassamento alla chiave per un arco a tre articolazioni ha luogo quando il sovraccarico insiste sulla metà centrale dell'apertura, e che il peso complessivo di due locomotive, ossia il peso di 42 tonnellate, non verrebbe che ad estendersi su m. 9,15 di lunghezza, che è la distanza fra gli assi estremi, l'ing. Riboud ne deduce che si avrebbe in questo caso un abbassamento totale pressochè doppio di quello calcolato per il sovraccarico completo, per

cui è da ritenersi che la deformazione verticale massima di un arco metallico a tre cerniere riuscirebbe almeno tripla di quella di un arco in cemento armato, e ciò indipendentemente dall'influenza degli spostamenti elastici degli appoggi, che non può neppure ritenersi trascurabile.

Tuttavia la superiorità della costruzione in cemento armato da questo punto di vista avrebbe potuto riuscire anche meglio accentuata, soggiunge l'ing. Riboud, se non si fossero di troppo ridotte le dimensioni della sezione nella parte centrale degli arconi, ridotti, come sappiamo, in chiave ad una larghezza di m. 0,30 e ad un'altezza pure di m. 0,30, astrazione fatta dalla soletta.

Ed invero « la deformazione totale alla chiave di mm. 2,80 per sovraccarico completo dal confronto dei diagrammi è risultata composta di tre parti, l'una di mm. 0,25 per la deformazione dovuta allo spostamento angolare degli appoggi, l'altra di mm. 1,00 per la deformazione dell'arco alle reni, che fu piccolissima per la grande rigidità dell'arco in quel punto, ed infine di mm. 1,55 per la deformazione propria della parte centrale, che è più della metà della deformazione totale. Ora, questa parte centrale, sotto l'azione dei sovraccarichi che le sono direttamente applicati, funziona, siccome abbiamo già detto, come una vera trave incastrata alle reni dell'arco e disegnando la linea neutra deformata di una simile trave nel caso nostro, vi si riscontra la forma rovesciata di un cappello da carabiniere ».

Vero è che l'Hennebique erasi obbligato soltanto a non oltrepassare un abbassamento di 25 mm., ossia  $\frac{1}{1000}$  della portata, e che l'abbassamento massimo ottenuto di mm. 3,80 corrisponde ad  $\frac{1}{7000}$ . Tuttavia, secondo l'ing. Riboud, abbondando un pochino più nelle dimensioni alla chiave, e ponendosi nelle condizioni di rigidità del ponte in cemento armato di Châtellerault (arcata centrale di 50 m. ribassata ad  $\frac{1}{10}$ ), l'abbassamento massimo a Soissons non avrebbe raggiunto che  $\frac{1}{8000}$  della portata.

Perchè l'equilibrio elastico sia assicurato in ogni sezione trasversale dell'arcata, è necessario che ad uno sforzo di tensione all'intradosso corrisponda uno sforzo di compressione all'estradosso e reciprocamente. Ora, abbiamo veduto che all'imposta ed alle reni le deformazioni dell'arco in punti vicini alla soletta risultarono pressochè impercettibili, e per contro alla sezione di chiave gli apparecchi accusarono in ogni caso e sistematicamente sforzi di tensione tanto all'intradosso che verso l'estradosso, in prossimità della soletta.

A spiegare questo fatto l'ing. Riboud osserva non potersi considerare un arcone indipendentemente dalla soletta a destra e sinistra dell'arcone medesimo; considerando quindi la sezione a T che ne risulta, e determinando la distanza della linea neutra dalla faccia inferiore della soletta (ingrandendo la sezione reale del metallo nel rapporto dei moduli di elasticità dei due materiali, per tener conto della eterogeneità della sezione resistente), e pur avvertendo che trattasi di un calcolo di grossolana approssimazione, l'ingegnere Riboud trova che la linea neutra alla chiave trovasi ancora di 1 centimetro al disopra della faccia inferiore della soletta; che ad  $\frac{1}{4}$  dell'apertura dell'arcata trovasi appena

di 12 cm. al disotto di tale faccia della soletta, ed all'imposta a m. 1,08 al disotto della soletta.

Per poter quindi arrivare a scorgere uno sforzo di compressione nella sezione di chiave, occorre che si fosse potuto collocare un apparecchio di misura nella parte superiore occupata dalla soletta, mentre dall'esame di alcuni diagrammi si deduce che la fibra neutra sia effettivamente anche più elevata di quella grossolanamente calcolata.

E l'ing. Riboud ne conclude che le ipotesi semplificative dell'Hennebique sulla posizione della fibra neutra sono del tutto inesatte, essendochè esse assegnerebbero alla sezione di chiave una compressione uniforme, mentre le prove sperimentali hanno rivelato sforzi di estensione superiori in valore assoluto a tutte le compressioni verificate in altri punti dell'arcata, qualunque si fosse la natura del sovraccarico.

Questa erroneità di ipotesi potrebbe tutto al più spiegare come l'Hennebique abbia cotanto ridotto di altezza la sezione degli arconi alla chiave, poichè credendo di non aver a fare che con sforzi di compressione, poco importava la forma della sezione, bastando che l'area della sezione totale fosse sufficiente.

Dopochè il Résal nel 1882 chiamava l'attenzione dei costruttori sulla notevole differenza per i ponti metallici tra l'azione statica e quella dinamica d'un sovraccarico, diversi ingegneri tennero conto di tali osservazioni nelle loro esperienze di prova, e specialmente il signor Biette negli « Annali di Ponti e Strade » del 1889 mise in evidenza per il ponte Lépine l'influenza delle impulsioni ritmiche di un determinato periodo.

Riproducendo in modo anche più vario ed esteso quelle esperienze, l'ing. Riboud erasi proposto di trovare, come per il ponte Lépine, il *periodo vibratorio proprio* delle arcate in cemento armato del Ponte di Soissons. Ma il successo non corrispose agli intendimenti. E l'ing. Riboud con una serie di calcoli analitici, nei quali cercò ingegnosamente di girare le difficoltà provenienti dalla inammissibilità dell'ipotesi della invariabilità del momento d'inerzia in ogni sezione, e della omogeneità della materia, e pei quali rinviamo il lettore alla memoria originale, e ricorrendo pure al sussidio di qualche esperienza rudimentale, trovò mezzo di spiegarsi il perchè dell'insuccesso arrivando alla conclusione che il periodo vibratorio proprio delle arcate del Ponte di Soissons deve ritenersi di 10 a 15 centesimi di minuto secondo, ossia da tre a quattro volte minore di quello comunemente verificato per i ponti metallici (0",30 per il ponte di Pontoise, *Ann.* 1904, e 0",40 per il ponte di Lépine, *Ann.* 1899).

E che pertanto, alla velocità di 24 km. l'ora, che era la massima realizzabile, per le condizioni della località, sul Ponte di Soissons il passaggio d'un treno di prova non poteva aumentare la flessione statica che in una proporzione inapprezzabile dagli apparecchi di registrazione più perfezionati.

Dal punto di vista pratico le surriferite prove hanno luminosamente dimostrato che gli urti prodotti da giunti difettosi delle rotaie non hanno influenza apprezzabile sulla de-

formazione e quindi sulla resistenza elastica della materia, e non possono essere per il cemento armato causa efficiente di disaggregazione molecolare o di scompagine prematura. Le vibrazioni si sperdono rapidamente per le resistenze passive interne che assorbono tutta l'energia dell'urto e delle quali resistenze passive la teoria del moto pendolare non terrebbe alcun conto. L'ampiezza totale della seconda vibrazione doppia non è più che il terzo od il quarto di quella della prima. E questi risultati, dovuti senza dubbio alla piccolezza del periodo vibratorio, alla rigidità dell'opera ed alla importanza della massa da mettere in vibrazione, assicurano contro qualsiasi pericolo che potesse essere presentato dalla ripetizione periodica di urti od impulsioni il cui periodo fosse pure all'unissono dell'opera stessa.

La piccolezza del periodo vibratorio proprio del ponte spiega altresì come non siasi arrivati coi passi ritmici di soldatesche in marcia a differenti velocità a mettersi all'unissono col periodo medesimo.

Il movimento ondulatorio registrato dai diagrammi prova che la durata del periodo è rigorosamente quella della cadenza del passo, variando con essa, da 0",50 per il passo accelerato, a 0",285 per il passo ginnastico forzato. Il ponte adunque abbandona le sue preferenze naturali per il periodo vibratorio proprio, per seguire il ritmo delle impulsioni che riceve.

L'ampiezza delle ondulazioni in ogni diagramma risulta proporzionale alla freccia statica in ogni istante, ossia in ogni posizione del sovraccarico in moto. E ciò spiega perchè si verificano ondulazioni nell'arcata laterale quando la truppa è in marcia sull'arcata centrale, e perchè le ondulazioni si attenuano e quasi divengono nulle, quando il centro di gravità della squadra è sulla pila. Anche la maggiore rigidità della spalla è verificata dal fatto che le ondulazioni da questa parte divengono nulle prima che la truppa a passo di corsa abbandoni il ponte.

Il rapporto dell'ampiezza dell'oscillazione alla freccia statica cresce rigorosamente colla velocità della marcia, da 1 per il passo accelerato fino a 2 per il passo ginnastico ordinario, ma il doppio dell'ampiezza raggiunta colla velocità di 180 passi non è più oltrepassato colla corsa a 210 passi. Non è poi infrequente il caso di vedere sui diagrammi pressochè annullarsi le oscillazioni nell'istante appunto in cui avrebbero dovuto raggiungere il loro massimo. E ciò in seguito a fenomeni di interferenza che si producono tanto più facilmente quanto è meno abituale ai soldati la velocità alla quale si fanno camminare. Tutti sanno d'altronde che se il drappello è di una certa lunghezza, quelli di coda hanno il passo leggermente in ritardo su quelli di testa, se la musica precede il drappello. D'altronde l'accrescimento in lunghezza del drappello oltre un certo limite non può far accrescere in misura apprezzabile l'ondulazione osservata in un determinato punto, perchè le impulsioni che vengono comunicate alla parte più rigida dell'arcata non determinano che movimenti quasi nulli. E invero risulta dai diagrammi che le ondulazioni non prendono importanza se non durante il passaggio sulla parte centrale dell'arcata. Risulta

parimenti che i movimenti ondulatorii cessano appena cessa la causa che li produce, essendochè l'azione frenatrice delle resistenze passive interne è pressochè istantanea.

Dal punto di vista pratico è accertato « che la freccia totale non oltrepassa, per impulsioni del genere di quelle sperimentate, il doppio della freccia calcolata colla teoria dei movimenti pendolari. E se al Ponte metallico di Lépine il passaggio di 16 uomini al passo ginnastico ha potuto determinare ondulazioni di millimetri 3,2 di ampiezza totale senz'alcuna freccia statica, ciò è senza dubbio dovuto alla grande differenza e di massa, e di rigidità, e di periodo vibratorio proprio di un ponte metallico rispetto a quelli di un'opera di cemento armato ».

Ma con tutto ciò la elasticità delle costruzioni in smalto di cemento armato e così sotto l'azione di pesi statici, come sotto quella di pesi scorrevoli, di urti subitanei, o di impulsioni ritmiche si è rivelata perfetta come quella delle migliori travate metalliche. Qualsiasi punto delle arcate del Ponte di Soissons dopo le sollecitazioni di prova di qualsiasi genere, come di qualsiasi durata, è ritornato alla posizione iniziale senza accusare la menoma deformazione permanente.

G. SACHERI.

## GEOMETRIA PRATICA

### LA TRIANGOLAZIONE PER LA GALLERIA DEL SEMPIONE

Nota dell'Ing. C. DAVISO (1)

Dei lavori geodetici eseguiti dall'ing. M. Rosenmund per la definitiva determinazione dell'asse e della lunghezza della galleria del Sempione, venne pubblicata una estesa Relazione per cura della Direzione della Ferrovia Jura-Simplon (2).

Data l'importanza dell'opera, alla quale i detti lavori si collegano, ed il modo accurato e completo col quale essi ed i calcoli relativi vennero eseguiti, crediamo di soddisfare il desiderio di molti nel darne un particolareggiato riassunto. Com'è noto, il gran rettilineo della galleria del Sempione viene a mettere in comunicazione la valle della Diveria colla valle del Rodano, attraversando nella direzione sud-est-nord-ovest il massiccio del Monte Leone. Quantunque la galleria s'incurvi in vicinanza delle sue due estremità per raccordarsi alle due linee d'accesso, la sua direzione rettilinea venne prolungata fino all'esterno da ambe le parti, allo scopo di facilitarne il tracciamento interno.

Dei due punti individuanti la detta direzione, quello verso nord (Svizzera) si trovava a circa 1200 metri ad oriente di Nater, in luogo assai conveniente per potervi collocare un segnale e farne il collegamento ad una triangolazione, quello

(1) (Dalla « Rivista di topografia e catasto ». Vol. XVI, n. 3 e 4).

(2) *Special-Berichte der Direktion der Jura-Simplon-Bahn an das schweiz. Eisenbahndepartement über den Bau des Simplontunnels*. Erstel Teil: « Die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse, von M. Rosenmund, Ingenieur des eidg. topographischen Bureau ». — Bern, 1901.

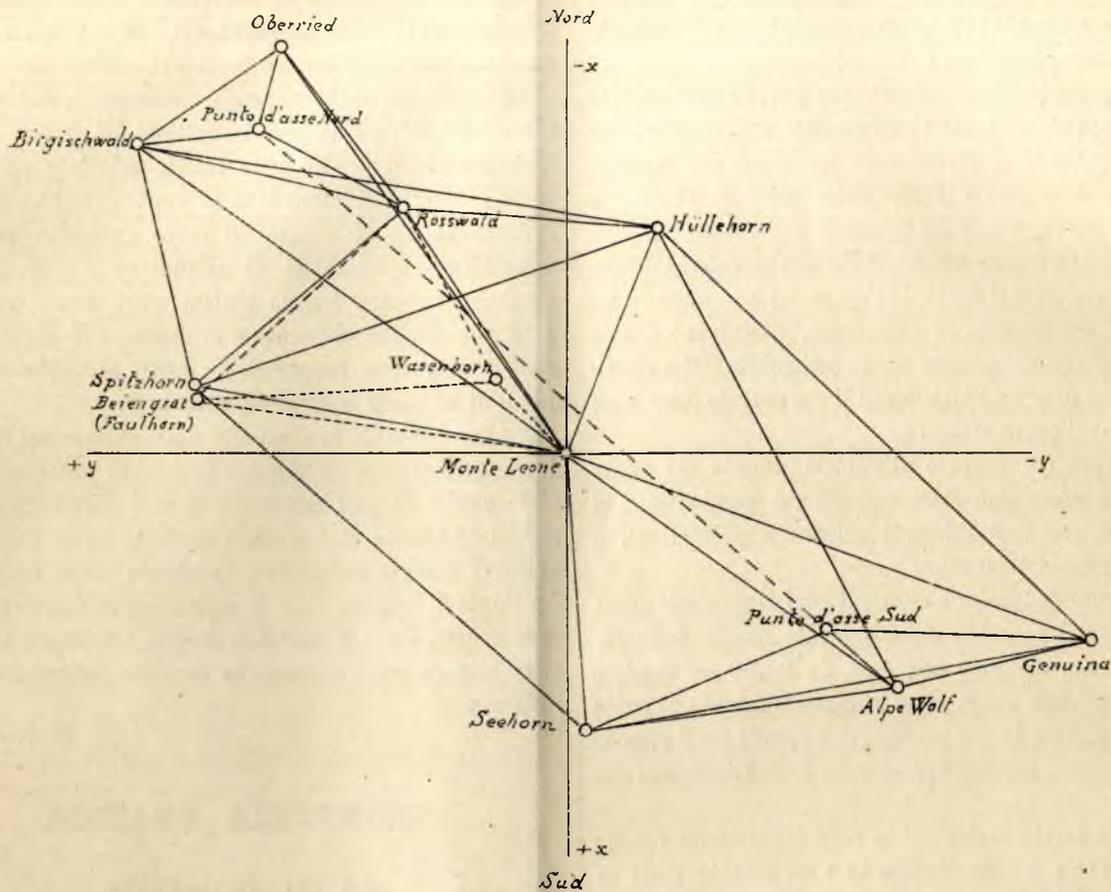


Fig. 82. — Schema della triangolazione per la grande galleria del Sempione.

verso sud (Italia) consisteva in una croce segnata sulla parete rocciosa fiancheggiante la strada nazionale Domodossola-Briga, a circa m. 600 a valle d'Iselle, e per la sua posizione a ridosso della montagna male si prestava per il collegamento con qualsiasi triangolazione. Traendo profitto da una triangolazione che già fin dal 1876 era stata fatta per un primo studio della galleria, si poté dedurre una direzione provvisoria dell'asse, e questa, oltrechè servire ad un immediato incominciamento dei lavori, servi anche a sostituire il punto d'asse nord sopra accennato con un altro situato sulla stessa direzione in posizione più conveniente, sulla riva destra della Diveria, alla distanza di circa m. 45 dal portale della galleria di direzione.

I lavori della triangolazione definitiva vennero iniziati con la costruzione dei segnali verso la metà di giugno del 1898 e terminati verso la metà di ottobre.

La figura (82) mostra lo schema della triangolazione. Questa contiene i seguenti 11 vertici:

1. Monte Leone . . .	m. 3557	(sul confine Italo-Svizzero)
2. Spitzhorn . . .	» 2734	(Svizzera)
3. Rosswald . . .	» 2091	( » )
4. Hüllehorn . . .	» 3175	(sul confine Italo-Svizzero)
5. Oberried . . .	» 1386	(Svizzera)
6. Punto d'asse Nord	» 683	( » )
7. Birgischwald . . .	» 1364	( » )
8. Seehorn . . .	» 2441	( » )
9. Alpe Wolf . . .	» 1675	(Italia)
10. Punto d'asse Sud	» 633	( » )
11. Genuina . . .	» 1700	( » )

Gli altridue vertici che si trovano nella figura, e cioè i vertici Wassenhorn (metri 3250) e Beiengrat o Faulhorn (metri 2732) sono gli estremi del lato della triangolazione svizzera al quale venne appoggiata la triangolazione del Sempione mediante osservazioni angolari fatte nei detti due estremi e nei vertici Monte Leone, Rosswald e Spitzhorn.

Non fu senza ponderate considerazioni che venne progettata la rete trigonometrica quale risulta dalla figura. L'essere ciascuno dei due punti d'asse collegato non solo a due, ma a tre vertici della triangolazione: il constare questa di una doppia catena di triangoli collegati fra loro in modo da dar luogo a molteplici controlli: il numero di vertici intermedi, piccolo in confronto alla notevole distanza (oltre 20 chilometri) dei due punti da collegarsi e alla loro incomoda posizione in fondo a vallate, sono altrettante buone qualità della triangolazione.

Prima di discorrere dei metodi seguiti nelle osservazioni e nei calcoli, credo assai importante ricordare qualche dettaglio riguardo ai segnali. Erano questi dei pilastri di forma tronco-conica fabbricati con calcestruzzo e ben fondati, nell'asse dei quali veniva fissato un tubo di ferro del diametro di 75 mm. Entro a questo tubo si collocava un'asta di legno coll'estremità superiore foggata a punta, e su questa si faceva appoggiare un cappello conico di lamiera di zinco, il quale, per mezzo di quattro caviglie di ferro veniva inoltre solidamente avvitato al pilastro. L'orlo superiore del tubo, la punta dell'asta e la punta del cappello venivano esattamente centrati. Per fare stazione sul pilastro, tolti il cap-

pello e l'asta di legno, si segnava sul piano superiore del pilastro un circolo concentrico al tubo mediante uno speciale modello di lamiera di ferro, e sul circolo si collocavano le viti del basamento del teodolite.

Le osservazioni angolari vennero eseguite con un teodolite a microscopi ripetitore di Kern e C. Il circolo orizzontale, del diametro di 21 cm., era diviso di 4' in 4' (sessagesimali): una parte del tamburo micrometrico del microscopio corrispondeva a 4". Sul circolo verticale, del diametro di 16 cm., si leggeva direttamente con un nonio dell'approssimazione di 10".

In ciascuna stazione vennero misurati gli angoli indipendentemente l'uno dall'altro col metodo delle combinazioni binarie. Un tal metodo, se la misura d'ogni singolo angolo si fosse per tutte le stazioni ripetuta un ugual numero di volte, avrebbe condotto a valori non aventi tutti ugual peso: ad evitare ciò, quel numero venne per le singole stazioni fissato in relazione al numero delle direzioni ch'esse avevano, ed in modo che a ciascun angolo, quale risultava dal confronto di tutte le osservazioni della stazione, venisse a competere un peso uguale a quello di un angolo misurato direttamente 48 volte. Per le stazioni aventi 3 direzioni venne adunque misurato ogni angolo 32 volte, 24 volte per quelle aventi 4 direzioni, 20 volte per quelle aventine 5, 16 per quelle aventine 6, 8 volte per quelle aventi 12 direzioni.

Nella rimisurazione degli angoli venne seguito il metodo di ripetizione, applicando questa un ugual numero di volte all'angolo e al suo complemento a 360°, ed eseguendola per metà nella posizione destra e per metà nella posizione sinistra del cannocchiale. Allo scopo di eliminare per quanto era possibile gli errori di graduazione, vennero le letture di partenza per ciascun angolo stabilite in modo da non lasciare mai un'uguale posizione al cerchio per due angoli della stessa stazione che avessero una direzione comune.

Per ciascuna stazione venne eseguita la compensazione degli angoli misurati, seguendo il metodo dei minimi quadrati per le osservazioni mediate. Ne risultarono i seguenti valori per l'errore medio di un angolo:

Stazione Monte Leone . . .	(8 direzioni)	$\mu = \pm 1",6$
» Spitzhorn . . .	(5 » )	$\mu = \pm 0,7$
» Rosswald . . .	(6 » )	$\mu = \pm 1,4$
» Hüllehorn . . .	(6 » )	$\mu = \pm 1,4$
» Oberried . . .	(4 » )	$\mu = \pm 0,21$
» Punto d'asse Nord (3 » )		$\mu = \pm 0,55$
» Birgischwald . . .	(6 » )	$\mu = \pm 1,2$
» Seehorn . . .	(5 » )	$\mu = \pm 1,4$
» Alpe Wolf . . .	(5 » )	$\mu = \pm 0,6$
» Punto d'asse Sud (3 » )		$\mu = \pm 0,8$
» Genuina . . .	(5 » )	$\mu = \pm 0,9$

cioè in media un error medio di circa 1".

Non in relazione con l'error medio accennato risultarono gli errori di chiusura dei 27 triangoli dei quali si compone la triangolazione. Tenendo per questi conto dell'eccesso sferico, per quanto in tutti molto piccolo, ne risultò in media un errore di chiusura di 3",1; l'errore medesimo superò in 11 triangoli i 4" ed in un triangolo raggiunse un valor massimo di ben 8",5.

L'essersi questo massimo verificato in uno dei triangoli ai quali si riferivano visuali molto inclinate all'orizzonte, come la visuale Alpe Wolf-Punto d'asse Sud con 23°,40 d'inclina-

zione: il non aver condotto ad una miglior chiusura angolare di detti triangoli le osservazioni con ogni cura rifatte nelle relative stazioni, tenendo questa volta scrupoloso conto delle inclinazioni dell'asse della livella, fecero venire al Rosenmund l'idea che la discordanza delle osservazioni fosse in parte dovuta all'influenza che l'attrazione delle circostanti masse montagnose esercita, come è noto, sulla direzione della verticale; epperò tutti i calcoli relativi alla triangolazione vennero da lui eseguiti tanto prescindendo quanto tenendo conto dell'influenza medesima. Quanto poi al modo di tener conto di quest'ultima, riferendosi egli ai risultati ottenuti al riguardo in Svizzera dagli ingegneri Scheiblaue ed Haller, secondo i quali risultati il valore della deviazione dalla verticale dovuta all'attrazione delle montagne, dedotto direttamente dalla semplice considerazione delle visibili masse montagnose, abbastanza bene s'accorda con quello che risulterebbe dal confronto di osservazioni geodetiche con osservazioni astronomiche, calcolò nel primo modo la deviazione  $v$  per le singole stazioni.

Detta  $E$  l'attrazione che la massa terrestre esercita sopra un punto  $O$  qualunque della superficie della terra,  $M$  quella che vi esercita una massa montagnosa, è:

$$\text{tang } v = \frac{M}{E};$$

ora, ritenuta uguale a 5,63 la densità media terrestre, ed uguale a 2,8 quella delle montagne, detto  $V$  il volume della montagna attraente,  $d$  la distanza del suo baricentro dalla stazione  $O$ ,  $r$  il raggio terrestre, si ha:

$$M = \frac{V}{d^2} \cdot 2,8, \quad E = \frac{4}{3} \frac{\pi r^3}{r^2} \cdot 5,63,$$

e quindi risulta:

$$v'' = 0,004 \frac{V}{d^2}.$$

Considerando condotti per il punto  $O$  tre assi  $x, y, z$ , di cui i primi due orizzontali e paralleli agli assi coordinati della carta topografica (positivo l'asse  $x$  verso il sud, positivo l'asse  $y$  verso ovest) ed il terzo verticale, e dette  $x, y, z$  le coordinate del baricentro della massa attraente, le componenti  $v_x, v_y$  dell'attrazione  $v$  nella direzione degli assi coordinati sono:

$$v''_x = v'' \frac{x}{d} = \frac{0,004 V_x}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$v''_y = v'' \frac{y}{d} = \frac{0,004 V_y}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Di queste due formole si valse il Rosenmund per calcolare la deviazione dalla verticale per ogni singola stazione. Divisa a tale scopo su una carta topografica o geografica la zona circostante a ciascuna stazione in quadrati, da considerarsi come basi di altrettante masse parallelepipedo, calcolò per ciascuna di queste le due componenti  $v''_x, v''_y$  e ne fece poi la somma. In rapporto colla diminuzione che l'attrazione delle masse subisce coll'aumentare della distanza, i quadrati intorno al centro  $O$  vennero presi con 500 metri di lato fino a 1000 metri di distanza, con 1000 m. di lato da 1000 a 2000 m., con 2000 m. da 2000 a 8000, con 8000 m. da 8000 a 32000; delle masse situate a distanze maggiori di 32000 m. non si tenne conto, perchè trascurabile la loro influenza.

I valori di  $v_x$ ,  $v_y$  trovati per le singole stazioni sono i seguenti:

Stazione	$v_x$	$v_y$
Oberried . . .	- 20",5	+ 5",4
» Punto d'asse Nord	- 7",2	- 2",5
» Birgischwald . .	- 18",3	+ 8",1
» Rosswald . . .	- 5",0	- 13",0
» Spitzhorn . . .	+ 10",1	- 2",1
» Monte Leone . . .	- 2",1	+ 10",4
» Hüllehorn . . .	- 5",7	+ 3",0
» Seehorn . . .	- 0",7	+ 15",8
» Alpe Wolf . . .	+ 7",0	+ 17",2
» Punto d'asse Sud	- 6",5	+ 14",2
» Genuina . . .	- 11",0	+ 8",5

Nei calcoli, anziché i detti valori, s'introdussero le loro differenze rispetto a quelli relativi al Monte Leone, ciò che, senza influire sulla determinazione della direzione della galleria, permise di introdurre gli angoli al Monte Leone senza correzioni.

Se in una stazione la grandezza totale della deviazione dalla verticale è  $v_s$ , e  $\zeta$  è la direzione in cui essa agisce (le quali quantità si possono dedurre dai valori  $v_x$  e  $v_y$  delle componenti), quando col teodolite si collimerà ad un segnale nella direzione  $\phi$ , e colla bolla della livella che sta sull'asse di rotazione centrata, l'asse medesimo avrà un'inclinazione all'orizzonte:

$$v_a = v_s \sin(\phi - \zeta),$$

e alla direzione osservata, se  $\alpha$  è l'angolo d'inclinazione della visuale, sarà da apportarsi la correzione:

$$\delta = v_a \sin(\phi - \zeta) \tan \alpha,$$

il cui segno dipenderà dai segni di  $v_a$  e  $\tan \alpha$ . Per esempio, sarà  $\delta$  positiva per  $v_a$  e  $\tan \alpha$  positivi, cioè quando l'asse di rotazione avrà l'estremo di sinistra più alto, e quando la visuale sarà sopra l'orizzonte.

Come risulta dalla formola precedente, la correzione  $\delta$  è tanto più sensibile quanto più inclinata è la visuale. Nel quadro delle singole correzioni calcolate per le varie direzioni, i valori più salienti si rilevano precisamente in corrispondenza delle visuali dirette ai due Punti d'asse Nord e Sud, e raggiungono un massimo di 5".

Coll'introduzione delle correzioni  $\delta$ , la media grandezza dell'errore di chiusura dal primitivo valore di 3",1 venne ridotta ad 1",7, ed il massimo errore da 8",5 ridotto a 5".

La compensazione della rete anziché venir eseguita applicando il metodo delle osservazioni condizionate, venne fatta nel seguente modo, applicando il metodo delle osservazioni mediate. Proiettata l'intera rete sul piano tangente nella stazione Monte Leone alla superficie terrestre, e considerati in detto piano come fissi due vertici, cioè Monte Leone e Spitzhorn, vennero, mediante gli angoli non compensati, calcolate le coordinate provvisorie dei rimanenti vertici, rispetto a Monte Leone. Esprimendo in funzione delle correzioni da apportarsi a quelle coordinate per averne i valori più probabili le correzioni relative alle singole direzioni, si ottennero le equazioni degli errori. La proiezione della triangolazione sul piano anzidetto, mediante la quale si ebbe il vantaggio di poter eseguire tutti i calcoli considerando triangoli piani, venne eseguita applicando ad ogni angolo A che ciascuna direzione fa con quella che va al punto di contatto una riduzione data dalla formola:

$$\Delta A'' = - \frac{s^2}{2 r^2} \sin A \cos A \frac{1}{\sin 1''},$$

essendo  $r$  il raggio terrestre ed  $s$  la distanza tra il vertice ed il punto di contatto.

Detto  $x_1, y_1, x_2, y_2$  le correzioni da apportarsi alle coordinate provvisorie  $X_1, Y_1, X_2, Y_2$  delle estremità di un lato qualunque, detto  $\alpha_{\omega}$  l'azimut piano di detto lato dedotto dalle coordinate provvisorie medesime,  $\alpha_{\phi}$  l'azimut piano dedotto dagli angoli misurati, partendo da quello provvisoriamente assunto da Monte Leone-Spitzhorn, e detto finalmente  $\alpha_n$  l'errore d'orientamento relativo alla direzione di ogni stazione, la correzione da apportarsi alla direzione considerata viene data da:

$$v_i = \alpha_{\omega} - \alpha_{\phi} - \frac{(x_2 - x_1) \sin \alpha}{D \sin 1''} + \frac{(y_2 - y_1) \cos \alpha}{D \sin 1''} - \alpha_n,$$

la quale equazione rappresenta l'equazione generica d'errore.

Il calcolo degli azimut  $\alpha_{\phi}$  da introdursi nelle 56 equazioni del tipo di quella scritta, venne fatto sia riferendosi agli angoli misurati, sia riferendosi a quelli ottenuti rapportando ad essi le correzioni relative all'influenza dell'attrazione delle montagne; e così in questa doppia ipotesi venne eseguito il laborioso calcolo per dedurre dalle dette 56 equazioni degli errori le 18 equazioni normali, da queste le equazioni ridotte e da queste ultime, finalmente, le correzioni delle incognite, e quindi le correzioni delle direzioni.

L'errore medio per una direzione nella seconda ipotesi, che è quella secondo la quale si condussero in seguito i calcoli, risultò:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{(v v)}{n - m}} = \pm 0",9097,$$

e quindi un error probabile:

$$= \pm 0,67449 \mu = \pm 0",6136.$$

Applicate le correzioni alle coordinate dei singoli vertici, si poterono dedurre gli azimut piani dei vertici Oberried, Rosswald, Birgischwald, Punto d'asse Sud sul vertice Punto d'asse Nord, e così pure gli azimut piani dei vertici Seehorn, Punto d'asse Nord, Genuina, Alpe Wolf sul vertice Punto d'asse Sud; apportate poi a detti azimut in senso inverso le riduzioni già calcolate  $\Delta A$ , si ebbero gli azimut sferici, dai quali si poterono dedurre gli angoli che nei due Punti d'asse Nord e Sud formano rispettivamente tra loro le direzioni accennate, non senza avere prima alterati, nella seconda ipotesi, gli azimut medesimi della correzione relativa alla deviazione dalla verticale.

Dal confronto dei risultati trovati nelle due ipotesi risultò che per il Punto d'asse Nord, non volendo tener conto della deviazione dalla verticale, l'asse della galleria dovrebbe in media essere spostato più verso sinistra di circa 1",55, e per il Punto d'asse Sud esso dovrebbe in media essere spostato pure verso sinistra di circa 3",66; le quali differenze per una distanza di 10 km. dai due suddetti punti, verrebbero a produrre una deviazione lineare rispettivamente di 8 centimetri verso nord-est e di 18 cm. verso sud-ovest, per cui anche nella peggiore ipotesi, che cioè, erratamente si sia voluto tener conto della deviazione dalla verticale, l'errore d'incontro dei due imbocchi sarebbe di soli 26 cm.

La triangolazione principale, di cui fin qui s'è discusso, venne appoggiata al lato Wasenhorn-Beiengrat (Faulhorn) della triangolazione svizzera mediante una triangolazione di collegamento, avente per vertici i due punti suddetti ed i tre vertici Monte Leone, Spitzhorn e Rosswald della triangolazione principale medesima. La compensazione della rete di

collegamento venne fatta indipendentemente da quella della rete principale, perchè gli inevitabili errori di osservazione della prima non avessero a pesare, ingrandendone l'errore, sulla determinazione dell'asse della galleria. Le osservazioni angolari vennero eseguite collo stesso teodolite, e nello stesso modo che per la triangolazione principale, ripetendo ciascun angolo 12 volte in ciascuna delle cinque stazioni; così pure nello stesso modo venne eseguita la compensazione di ogni singolo giro d'orizzonte, ritenendo però nelle tre stazioni appartenenti alla triangolazione principale inalterato l'angolo, già compensato, facente parte di essa triangolazione. Per compensare la rete, la si proiettò anch'essa sul piano tangente in Monte Leone alla superficie terrestre, e la si riferì allo stesso sistema di assi coordinati. Dovendosi perciò considerare come suscettibili di correzione le coordinate dei soli vertici Wasenhorn e Beiengrat (Faulhorn) e le direzioni relative ai lati che non facevano parte della triangolazione principale, si ebbero a considerare solo 14 equazioni degli errori e 4 equazioni normali. Il calcolo venne eseguito senza tener conto della deviazione della verticale dovuta all'attrazione delle montagne. Noto il lato di partenza, si poté eseguire il calcolo dei triangoli della rete di collegamento, e conseguentemente di quelli della rete principale. Risolvendo poi i triangoli Monte Leone-Birgischwald-Punto d'asse Nord, Monte Leone-Oberried-Punto d'asse Nord, Monte Leone-Genuina-Punto d'asse Sud, Monte Leone-Seehorn-Punto d'asse Sud, Monte Leone-Punto d'asse Nord-Punto d'asse Sud, si trovò la distanza fra i due punti d'asse = m. 20089,13 sul livello del mare, ossia = m. 20091,33 a m. 700 sul mare.

Essendo la distanza fra il Punto d'asse Nord ed il punto fisso di bronzo che sta dinanzi al tunnel di direzione = metri 290,18, e quella tra il Punto d'asse Sud e il punto fisso di bronzo all'ingresso della galleria = m. 44,84, risulta una distanza tra i due punti fissi di bronzo nord e sud = metri 19 756,31; e poichè tra il punto fisso nord ed il portale della galleria sonvi m. 27,60, mentre il punto fisso sud si trova sul portale, così la distanza orizzontale tra i due portali della galleria di direzione risulta = m. 19 728,71. Tenuto però conto dei raccordi estremi, la vera galleria n. 1 viene ad avere una lunghezza totale di m. 19 769,35.

Di speciale importanza era nella triangolazione del Sempione la determinazione dell'errore medio nella direzione dell'asse e nella lunghezza della galleria prodotto dagli inevitabili errori di osservazione.

Bastò a tale scopo determinare gli errori medi per le coordinate dei due vertici Punto d'asse Nord, Punto d'asse Sud, risolvendo le corrispondenti equazioni dei pesi dedotte dalle equazioni normali, e introdurli successivamente nelle due funzioni che di dette coordinate sono l'azimut dell'asse e la lunghezza della galleria.

Quanto alla direzione ne risultò:

$$\text{un errore medio temibile} = \pm 0'',70$$

ed un conseguente *errore probabile* =  $\pm 0'',47$ .

Quest'ultimo corrisponde, per la distanza di 20 091 m. dal Punto d'asse Nord al Punto d'asse Sud, ad una probabile deviazione nell'incontro dentro al tunnel, in seguito alla incertezza di osservazione nella triangolazione di circa 5 cm.

Quanto alla lunghezza della galleria, l'errore medio risultò =  $\pm$  m. 0,143, e quindi l'errore probabile =  $\pm$  metri 0,096. Ma questo rappresenta però solo l'errore proveniente dalla triangolazione del Sempione. Ora il lato Wasenhorn-

Faulhorn, cui detta triangolazione si appoggia, è collegato mediante 5 triangoli al lato Ghiridone-Menone della triangolazione italiana, e a quest'ultimo già compete, per la sua deduzione dalla base Giubiasco-Cadenazzo, un errore medio che, riferito ad una lunghezza di 20 chilometri, qual'è quella approssimativa del tunnel, risulta =  $\pm$  m. 0,10. Per l'errore medio spettante alla triangolazione di collegamento del lato Ghiridone-Menone al lato Wasenhorn-Faulhorn, il Rosenmund ha trovato il valore di  $\pm$  m. 0,81, riferito pur esso ad una lunghezza di 20 km.

Tenendo conto dei tre errori accennati, e prescindendo dall'errore medio, ritenuto trascurabile, spettante al collegamento del lato Wasenhorn-Faulhorn colla triangolazione principale del Sempione, si giunge ad un

*errore medio totale nella lunghezza del tunnel* =  $\pm$  m. 0,83  
e ad un *errore probabile* . . . . . =  $\pm$  m. 0,56.

Abbiamo visto in addietro che l'influenza che la deviazione del filo a piombo per l'attrazione delle montagne poteva esercitare sulla triangolazione eseguita per la galleria del Sempione venne calcolata riferendosi alle masse visibili di esse montagne ed adoperando carte a curve di livello. Per avere a questo riguardo un nuovo controllo, la Commissione geodetica svizzera, la quale da più anni si occupa di tali influenze, fece eseguire, per mezzo dell'ing. Niethammer, e sotto speciale direzione del suo membro prof. dott. Riggenbach-Burkhardt, determinazioni di latitudine astronomica e di azimut sopra i pilastri dei due osservatori, che, come si dirà fra poco, vennero eretti presso le estremità della grande galleria. Orbene, i risultati delle osservazioni astronomiche concordano abbastanza bene con quelli ottenuti nel modo dianzi detto: il calcolo aveva condotto ad una variazione nella deviazione del filo a piombo secondo la direzione del meridiano, tra l'estremo Nord e l'estremo Sud =  $+ 0'',7$ , e tale differenza risultò dalle osservazioni astronomiche =  $+ 2'',25$ ; nella direzione normale al meridiano la variazione medesima risultò =  $+ 14'',74$ , mentre quella calcolata era =  $+ 16'',7$ .

\*

Quantunque esistessero tra Briga ed Iselle due livellazioni di precisione eseguite negli anni 1870 e 1873 attraverso il passo del Sempione, assai concordanti nei loro risultati, tuttavia, presentando questi in alcuni tratti differenze superanti la tolleranza solitamente ammissibile  $3\sqrt{k}$  mm. (se  $k$  è la distanza in chilometri), venne all'inizio dei lavori per la grande galleria ordinata dall'Ufficio topografico federale una livellazione di controllo. Questa venne eseguita contemporaneamente con stadiie indipendenti dall'ing. H. Frey e dottor J. Hilfiker, ed i risultati da essi ottenuti condussero ad una differenza di livello tra i capisaldi estremi di Briga e di Iselle inferiore di mm. 456,5 a quella trovata colla livellazione del 1870, ed inferiore di mm. 40,8 a quella ottenuta colla livellazione del 1873.

Come punti fissi di partenza per la livellazione entro il tunnel vennero collocati sull'asse di questo e presso i due portali Nord e Sud due capisaldi di bronzo, dei quali già si fece cenno; nei piani di costruzione i detti punti figurano colle quote rispettive di m. 685,869 e di m. 633,369, le quali sono relative ad un orizzonte di riferimento un po' diverso da quello della livellazione di precisione svizzera. In base alla nuova livellazione fatta, e riferendosi all'orizzonte generalmente usato nella Svizzera, spetterebbero invece ai punti medesimi le quote rispettive di m. 685,771 e di m. 633,332,

con una conseguente differenza di livello tra l'uno e l'altro di m. 52,439 invece che di m. 52,500. Atteso il piccolo divario esistente tra le due quotazioni, vengono per la costruzione ancora conservate per i capisaldi estremi le quote primitive, allo scopo di non ingenerare confusioni; si potrà però tener conto della differenza, quando, a perforazione compiuta, si voglia compensare altimetricamente il poligono Briga-Passo del Sempione-Iselle-Tunnel del Sempione-Briga.

\*

Allo scopo di poter facilmente riportare entro il tunnel la direzione dedotta dalle osservazioni geodetiche, vennero fissati da ambe le parti Nord e Sud due segnali sul piano verticale contenente l'asse del tunnel, facilmente collimabili dai punti estremi. Consistono detti segnali in una cassetta rettangolare di ferro fissata su una piastra di ghisa, la quale alla sua volta viene avvitata alla pietra o alla roccia che serve di sostegno. Un telaio scorrevole orizzontalmente per mezzo di una vite sulla faccia anteriore della cassetta presenta una fessura chiusa da un vetro di color latteo, la quale è facilmente collimabile di giorno, e di notte si può pure rendere visibile mediante il collocamento di una lampada nell'interno della cassetta. Dei due segnali posti a ciascun estremo uno funziona come segnale principale, l'altro come segnale di controllo. Dal lato Nord i due segnali si trovano in nicchie praticate entro a pilastri appositamente eretti; quello principale giace sulla montagna di Briga ad una distanza di 561 metri dal Punto d'asse nella direzione del tunnel, e quello di controllo si trova all'indietro ad una distanza di m. 748. Dal lato Sud essi si trovano in nicchie scavate direttamente nella roccia, quello principale alla distanza di m. 92 dal Punto d'asse, e quello di controllo alla distanza di m. 53, non avendo la ristrettezza della Valle della Diveria permesso la scelta di segnali più lontani.

Il collocamento dei segnali principali nel piano verticale del tunnel venne effettuato nel modo seguente. Dopo di aver approssimativamente posta la cassetta sulla direzione del tunnel ed avvitata fissamente al sostegno, vennero nel Punto d'asse eseguite numerose misure d'angoli tra i vertici di triangolazione visibili da esso punto e la fessura della cassetta, e paragonate cogli angoli che la direzione del tunnel deve, secondo i calcoli, fare colle visuali dirette a detti vertici. Corrispondentemente alla differenza media ottenuta venne spostato il telaio della cassetta.

La posizione che si era dato ai segnali principali nel dicembre del 1898 venne poi nell'anno successivo controllata con altre serie di osservazioni angolari eseguite in stagioni ed ore diverse; si riscontrarono differenze abbastanza sensibili, che debbono essere ascritte all'influenza delle variazioni nella rifrazione laterale sotto le variabili condizioni atmosferiche. Dalla media di 472 misure angolari risulterebbe che il segnale principale dal lato Nord nella posizione in cui si trova fissato sarebbe di  $0',14$  più a destra di quello che dovrebbe essere secondo i calcoli; e così pure il segnale Sud, secondo la media di 384 misure angolari, risulterebbe già di  $0',08$  più a destra della posizione che dovrebbe avere in base ai calcoli.

Il collocamento dei segnali di controllo venne eseguito appoggiandosi ai segnali principali già prima fissati: posto cioè un teodolite sul Punto d'asse, dopo di aver con esso collimato il segnale principale, mediante rotazione del cannocchiale si dirigeva questo al segnale di controllo, già messo approssi-

mativamente nella direzione del tunnel, e se ne faceva poi spostare il telaio fino a che il filo verticale del reticolo coincidesse coll'asse della fessura; ripetuta l'operazione più volte ed alternativamente nelle due posizioni destra e sinistra del cannocchiale, e segnata ogni volta su una apposita striscia di carta la posizione del telaio, si riteneva poi come definitiva quella posizione che corrispondeva alla media dei vari segni.

Nelle operazioni relative al picchettamento interno dell'asse e alle periodiche verifiche di questo non si poterono adoperare per l'installazione dello strumento allineatore i pilastri costituenti i due segnali Punto d'asse Nord e Punto d'asse Sud, non essendo la loro posizione adatta per potervi eseguire misure accurate e tranquille; si eressero invece altri due pilastri più lontani dai rispettivi imbocchi e distanti rispettivamente m. 22 e m. 31 dai Punti d'asse medesimi. Ciascuno di questi pilastri venne chiuso in un edificio circolare in muratura, denominato *Osservatorio*. I centri dei due pilastri si trovano nella direzione della galleria e vennero determinati di posizione in modo analogo a quello nel quale vennero fissati i segnali di controllo. Opportune finestre o porte permettono le varie collimazioni, ed una fessura diametrale praticata nel tetto nella direzione del meridiano rende possibili le osservazioni astronomiche.

I capisaldi di bronzo che sono posti in vicinanza degli estremi della galleria servono come punti di partenza per la livellazione e per la misura delle lunghezze entro il tunnel. L'una e l'altra, come pure il tracciamento interno dell'asse, dovendosi eseguire durante il lavoro continuo che si ha in galleria, e cioè in condizioni tutt'altro che propizie per poterne sperare risultati precisi, risultano assolutamente necessarie di tanto in tanto delle verifiche fatte in condizioni migliori; egli è per ciò che una volta all'anno viene fatta da ciascun lato della galleria una verifica accurata sospendendo per 24 o 32 ore il lavoro nel tunnel. Questa verifica comprende:

1. Il controllo della misura della lunghezza;
2. La livellazione;
3. Il controllo della direzione.

Vengono a tale scopo collocati sul suolo del tunnel N. 1, sull'asse del medesimo ed a 200 m. l'uno dall'altro, cioè in corrispondenza degli sbocchi dei cunicoli trasversali colleganti le due gallerie parallele, dei punti fissi di metallo, costituiti da un pezzo di ferro lungo 20 cm. e del diametro di 5 cm., il quale porta al disopra un braccio di ottone lungo 20 cm. che vien disposto ad angolo retto colla direzione della galleria ed in modo che un intaglio praticato nel suo mezzo si trovi sulla direzione dell'asse, quale viene picchettato durante la costruzione. Questi punti fissi, i quali sono durante i lavori protetti da coperchi di ghisa, sono i capisaldi di partenza per le misurazioni.

Due sono le misure di lunghezza che si eseguiscono in occasione di ogni verifica principale. Una riguarda il tratto di cui dalla verifica precedente è proceduto innanzi il cunicolo di piccola avanzata, e questa misura si fa semplicemente con aste lunghe 5 m., le quali vengono poste sull'asse orientandole con una lampada e senza tener conto della loro inclinazione all'orizzonte. Una seconda misura si fa in quel tratto del tunnel che dalla verifica precedente è stato completamente scavato e rivestito, ed è una misura di precisione, per quanto lo permette il tempo limitato che si ha disponibile. Tesa se-

condo l'asse una fune, si collocano in corrispondenza di essa l'una dopo l'altra sopra appositi sopporti di ghisa, delle aste di pino lunghe 5 m., aventi una sezione rettangolare di  $4 \times 8$  cm., e provviste alle estremità di piastre di ferro. Le aste non vengono poste a contatto l'una dell'altra, e lo spazio compreso tra le loro estremità si misura con un misuratore di calibro. La riduzione all'orizzonte della lunghezza delle aste inclinate si deduce, mediante tabelle numeriche, dalla differenza di livello fra le estremità di ciascun'asta, differenza che si misura sollevandone l'estremo più basso fino ad aver centrata una livella posta sull'asta medesima ed interponendo fra l'asta ed il sopporto il misuratore di calibro. La misura di ciascun tratto si fa due volte in sensi opposti. Malgrado le non troppo favorevoli condizioni in cui si deve operare, dai risultati che si ottengono si deduce che non è da aspettarsi un errore relativo superiore ad  $\frac{1}{20000}$ .

Potendo la lunghezza delle aste andar soggetta a variazioni in causa dell'umidità che vi è internamente alla galleria, venne collocato presso ciascuno dei due portali un comparatore, sul quale le aste vengono campionate prima e dopo la misurazione.

Due sono anche le livellazioni che si fanno ad ogni verifica principale: come per la misura delle lunghezze, una s'estende al nuovo tratto scavato di piccola avanzata, l'altra è una livellazione di precisione fatta sul nuovo tratto compiuto di galleria completamente scavata e rivestita. Ciascuna livellazione viene eseguita con due mire ad un tempo; per l'illuminazione delle due mire servono delle lampade ad acetilene.

Il controllo della direzione si fa come per il solito con uno strumento allineatore ed usando segnali a fuoco. Sono questi ultimi costituiti da lampade ad acetilene montate su un basamento a tre viti e poggianti sopra un sopporto di ghisa sostenuto alla sua volta dalla piattaforma, bucata, di un solido treppiede di ferro.

Disposto lo strumento allineatore sul pilastro dell'osservatorio, e dopo di aver con esso collimato al segnale principale, mediante rotazione del cannocchiale si dirige la visuale entro la galleria, e con avvisi telefonici si fa spostare nel senso trasversale la lampada fino a farne coincidere l'asse col filo verticale del reticolo; tale spostamento della lampada si ottiene facendo scorrere con moto micrometrico nel sopporto di ghisa un telaio sul quale è appunto collocata la lampada. Si ripete d'ordinario tale operazione otto volte, alternativamente nelle due posizioni destra e sinistra del cannocchiale. Per ogni singola posizione assunta corrispondentemente dal telaio si fa su di una scala una lettura, e per controllo si fa anche un segno su di una apposita striscia di carta. Fatta poi la media delle prime quattro letture e la media delle ultime quattro, se le due medie non differiscono per più di 10 mm. per km., si ritiene la media delle otto letture come corrispondente all'asse.

Fino a 3 o 4 km. di avanzamento dall'imbocco, si poté eseguire la verifica d'asse facendo stazione col collimatore sul pilastro dell'Osservatorio; ma per maggiori distanze, sia a motivo della curvatura della terra, sia in causa della mobilità nelle immagini prodotte dalle differenti correnti d'aria dentro e fuori del tunnel, si trovò più conveniente, per segnare nuovi punti fissi sull'asse, di trasportare lo strumento allineatore nell'interno su punti fissi in precedenza determinati. Per la posa dello strumento servono gli stessi treppiedi e sopporti che si adoperano per il collocamento delle lampade; le ope-

razioni poi si compiono allo stesso modo, solo che il segnale principale esterno viene sostituito da una lampada posta sul pilastro dell'Osservatorio, o su uno dei punti interni già fissati.

Per ogni lato del tunnel si hanno due strumenti allineatori, forniti dalla Casa Kern e C.; uno, più grosso, installato nell'Osservatorio, ha un obiettivo con apertura di 60 mm., ed un ingrandimento di 60 volte; l'altro, più piccolo, adoperato nell'interno della galleria, ha un obiettivo con apertura di soli 36 mm. ed ingrandimento 30. Sull'asse orizzontale del cannocchiale poggia una livella la cui sensibilità è di circa 3" a 5".

\*

Come risulta dai cenni riassuntivi che abbiamo dato, le operazioni geodetiche relative alla galleria del Sempione vennero eseguite nel modo più accurato e completo, e vorremmo quasi dire con eccesso di scrupolo, se non fossimo convinti che in simili casi è più prudente consiglio eccedere in scrupolo anziché scarseggiare. Nessun dubbio pertanto che fra pochi mesi l'incontro delle due avanzate verrà a confermare la bontà dei risultati ottenuti dal Rosenmund nel suo difficile e paziente lavoro.

## FISICA

### SULL'ORIGINE

#### DELL'ENERGIA EMESSA DAI CORPI RADIOATTIVI.

Nota di C. BONACINI

presentata alla R. Accademia dei Lincei (1)

1. — Due ipotesi principali sono state enunciate per spiegare la produzione di energia dei corpi radioattivi. Secondo la prima, i diversi fenomeni della radioattività sarebbero la conseguenza di una lenta e continua trasformazione sostanziale nell'atomo; secondo l'altra invece, il corpo radioattivo sarebbe semplicemente un trasformatore di un'energia raggiante propagantesi per ogni dove, e che esso potrebbe assorbire.

Per quanto ciascuna ipotesi conti illustri sostenitori, non si hanno ancora contributi sperimentali diretti sulla questione. Vero è che alcuni risultati sono parsi indici favorevoli all'ipotesi della trasformazione, ma forse non si può attribuire ad essi un gran valore.

Così il Rutherford da un'esperienza istituita per controllare se l'attività di un sale di radio varia colla concentrazione, conclude: « È dunque improbabile che l'energia esplicita dal radio sia dovuta all'assorbimento di una radiazione esterna incognita che sia simile in carattere alle radiazioni emesse » (2). Senonchè questa esperienza è stata discussa dall'Ackroyd (3) e dall'Ashworth (4), e dimostrata inesatta appunto nella conclusione, con osservazioni che appaiono giustissime. E del resto si può osservare che in ogni modo l'esperienza del Rutherford rifletterebbe soltanto un aspetto speciale della questione, poichè concluderebbe relativamente ad un'energia che fosse « di carattere simile » a quella emessa dalle sostanze radioattive.

Orbene noi, senza voler parteggiare *a priori* per l'idea che causa prima della radioattività sia un'energia raggiante incognita, proveniente dal di fuori, andavamo da tempo pensando a trovar modo per controllarne direttamente l'esistenza. E poichè il metodo che abbiamo ideato non sappiamo se sia stato

(1) *Rendiconti*, 1904, Vol. XIII, 1° semestre.

(2) *Nature*, 7 January 1904, pag. 222.

(3) *Nature*, 28 January 1904, pag. 295.

(4) *Id. Id.*

da altri proposto, noi ne diamo esposizione nella presente Nota, riferendo insieme sulle esperienze che abbiamo tentato al riguardo.

2. — L'idea prima, da cui mi sono lasciato guidare nelle mie ricerche, fu quella di paragonare l'attività di un corpo radioattivo nelle ordinarie condizioni di libertà, con quella che esso dimostri quando sia circondato completamente da una materia, che presumibilmente sia opaca per radiazioni anche molto penetrative.

Ora un corpo radioattivo, nella nostra ipotesi, è necessariamente un corpo assorbente, e realizza quindi il corpo opaco che si richiede.

Ciò posto, ecco come si potrebbe guidare l'esperimento. — Un pezzo di materia radioattiva sia racchiuso per un tempo determinato in una celletta di materia assai opaca per i raggi da sostanze radioattive; e insieme sia chiuso un segnalatore della sua attività (es.: un corpo che cambi colore sotto l'azione dei raggi emessi). Si ripeta poi l'esperienza in uguali circostanze, salvo a seppellire alla sua volta la celletta in mezzo a materia radioattiva. Se la segnalazione in questo secondo caso fosse minore, sarebbe da concluderne che è venuto meno al corpo interno un rifornimento di energia dal di fuori, causa l'assorbimento esercitato su questa dall'involucro radioattivo.

Il dispositivo ora descritto potrà in pratica presentare un grave inconveniente. La celletta di piombo (od altro), il cui ufficio è naturalmente di evitare che sul segnalatore agisca anche la materia radioattiva esterna, non potrebbe bastare allo scopo, se non sotto spessore esagerato; ciò che intanto porterebbe ad impiegare una quantità troppo grande di materiale per il blocco: — e d'altra parte, data l'ingentissima penetrazione dei raggi  $\gamma$ , non ci si potrebbe ritenere totalmente al sicuro di influenze, che tenderebbero appunto a mascherare l'effetto cercato, se pur esistesse.

Vero è che certe sostanze radioattive, come il polonio, danno un'emissione poco penetrativa; ma è altresì vero che non sarebbe tanto facile provvedere di esse la qualità richiesta per l'esperienza.

Si gira invece la difficoltà, quando si sopprima addirittura la celletta intermedia, e si sperimenti con una sola materia radioattiva, la quale serva ad un tempo da agente e da schermo. Sarà così tolta anche una possibile influenza della radioattività indotta nelle pareti della celletta; e per di più il saggio potrà farsi in un solo periodo. Basterà infatti operare così:

Scelto un segnalatore qualunque delle radiazioni di una certa sostanza radioattiva, lo si divida in due parti: una di queste si seppellisca completamente nella materia stessa, in modo che vi resti come bloccata, l'altra invece si immerga solo parzialmente. Dopo un certo tempo (sufficiente perchè il segnalatore sia alterato), si confrontino le due segnalazioni, e si veda se quella della parte bloccata sia minore.

Sotto questa forma si dimostra palesemente come la questione di cui ci occupiamo venga quasi a confondersi colla ricerca del modo con cui è distribuita l'attività nella massa di un corpo radioattivo, e se, e come, vari col tempo: cosa questa, che è già interessante di per sé stessa.

3. — Il concetto esposto ho tentato di tradurre in atto, compatibilmente coi mezzi posseduti.

Il modestissimo campione di materia radioattiva di cui ho potuto disporre, fu acquistato presso il dott. Richard Sthamer di Hamburg. È venduto come cloruro di bario o di radio. Si presenta come una polvere a grana grossa e irregolare, contenuta in un tubetto di vetro chiuso alla lampada, occupando un volume di circa 0,8 cc. Appare discretamente luminoso nell'oscurità: la sua radiazione produce sensibili effetti fluorogenici e fotografici. Una lastra rapida ordinaria, avvolta in carta nera, posta a 10 cm. di distanza dal tubetto, resta vigorosa-

mente impressionata in circa 12 ore. Coll'azione di un intenso campo magnetico ho assodato l'esistenza nel fascio emesso di raggi deviabili e non; esistenza, riconfermata poi largamente da numerosi saggi, fatti per altro scopo, in riguardo alla diversa penetrazione dei raggi componenti il fascio stesso (1).

Un primo saggio ho cercato di condurre in modo da evitare l'apertura del tubetto: ed ecco come. — Il fatto che in generale la materia radioattiva è assai poco trasparente per le radiazioni che essa emette, si che nell'irraggiamento efficace all'esterno può intendersi impegnato soltanto un sottile strato superficiale (2), fa rinunciare all'idea di avvertire direttamente dal di fuori le variazioni di attività verificantisi per avventura col tempo nell'interno della massa. Ma io ho pensato che si potrebbero forse cogliere queste variazioni, cercando se l'attività della sostanza, rimasta per lungo tempo in riposo, cambia quando la si agiti, in modo da portare ad agire esternamente quelle parti, che per essere rimaste bloccate avessero perduto della loro efficacia.

L'esperienza fatta prendendo a giudice dell'attività la luminosità della materia, prima e dopo l'agitazione, non mi ha portato a rilevare alcuna differenza (3). Ugual risultato ho avuto confrontando i valori dell'impressione fatta su pellicole fotografiche (ultra rapide) esposte quasi a contatto del tubetto, prima e dopo l'agitazione, per uno stesso tempo: — tanto se le pellicole erano nude, si da rimanere impressionate soprattutto dalla luce di fosforescenza, quanto se erano protette da questa con carta nera, si da registrare le sole radiazioni invisibili.

Il periodo di riposo della massa fu una volta di cinque giorni, e un'altra di tredici giorni. Per utilizzare nel miglior modo la condizione, facevo le tre specie di saggi in una sol volta (tutto essendo predisposto per la maggiore prontezza possibile).

Non traggio alcuna conseguenza da queste mie esperienze. Tanto più che per dare ad esse un significato, bisogna ammettere che la materia, per avventura esausta col riposo, impieghi un certo tempo a riprendere il suo grado di attività, quando vien meno l'azione protettrice dello stato esterno.

Per condurre il saggio con rigore, tenendo conto anche di questa condizione, converrebbe usare un apparecchio analogo al fosforoscopio di Becquerel.

4. — Riuscito vano questo primo tentativo, mi sono deciso ad aprire il tubetto, per sperimentare veramente nel modo descritto nel paragrafo precedente.

Come segnalatore dell'attività ho scelto dapprima una carta lenta al bromuro d'argento. Con una strisciolina di questa, ricoperta di una più larga di carta nera, preparavo un piccolo rullo (avvolgendola sopra un cilindretto di legno di meno di un mm. di diametro); tagliavo questo in due parti, e ne chiudevo le basi per evitare l'azione della luce di fosforescenza. Aperto allora il vasetto contenente la materia radifera, uno dei due rulletti veniva totalmente sepolto nella massa stessa, mentre l'altro (un po' più lungo) veniva sommerso solo parzialmente. E si richiudeva tosto il recipiente con tappo parafinato).

(1) Cfr. mia Nota: *Ricerche di radioattività*. « Atti della R. Acc. di Modena », Febbraio 1904.

(2) Ad es.; per la sostanza radioattiva di cui io dispongo, non si nota differenza nell'effetto fotografico quando alla superficie radiante corrispondano spessori varianti da mm. 1,3 a cm. 1,8.

(3) Sotto questa forma l'esperienza sarebbe come l'inversa di quest'altra (*mutatis mutandis*). Osservando al buio una sostanza fosforescente pulverulenta, dopo esposizione alla luce, si nota un affievolimento improvviso della sua luminosità, e talora l'estinzione totale, quando la si agiti violentemente: poichè coll'agitazione le parti eccitate vanno a seppellirsi nella massa e non si avvertono più dal di fuori.

Dopo un tempo opportuno, stabilito con esperienza preliminare, si toglievano rapidamente i due rulli, e si notava se dopo lo sviluppo, contemporaneo, esistesse nelle due striscie una diversità di impressione.

Tale diversità cercavo di rilevare non solo nelle prove finite, ma anche nelle diverse fasi dello sviluppo. E per cogliere differenze anche lievi, preparavo il rullo con molti giri, in modo da avere una certa scala di degradazione; e intercalando una strisciolina di stagnola, di cui la comparsa della immagine nello sviluppo mi serviva a cogliere una fase netta di questo.

La stessa esperienza ho ripetuto piegando invece la carta sensibile in plichi minuscoli, di forma quadrata; oppure ritagliando dei dischetti che avvolgevo con stagnola. Nel contempo cambiavo la forma del recipiente che conteneva la materia radioattiva, e ne sceglievo le dimensioni, in modo da utilizzare il massimo spessore possibile nell'azione di blocco.

Colla carta al bromuro d'argento la durata dell'impressione variava da 6 ad 8 ore.

Ho voluto poi ripetere la prova con una preparazione sensibile assai più lenta, cioè una carta preparata con emulsione al cloruro d'argento: nel qual caso l'esperienza si prolungava per circa 12 giorni. Ebbene, i risultati di questi saggi sono tutti negativi. Fra le due impressioni gemelle non mi è stato mai possibile rilevare differenza in nessun modo.

5. — Questi miei risultati (mi affretto a dirlo) non potrebbero certo ritenersi come decisivi riguardo all'esistenza o meno dell'energia sconosciuta, di cui si andrebbe in traccia. E principalmente per due ragioni.

Innanzitutto, la debole attività della materia radifera di cui ho potuto disporre e lo spessore poco considerevole impegnato, legittimano troppo il sospetto che l'azione di schermo per quell'energia non sia stata sufficiente, cioè tale da permettere che nella massa interna si verifici un cambiamento sensibile di emissione (1). E d'altra parte si può anche sospettare che la durata d'impressione dei segnalatori da me usati, sia troppo breve rispetto al tempo che la materia radioattiva, protetta dalla supposta energia eccitatrice, impiega a diminuire sensibilmente la sua attività: che infatti da più cose parrebbe lecito arguire che i corpi radioattivi fossero, se mai, dei trasformatori a lunga scadenza.

Per vedere di levare il dubbio che questa seconda circostanza possa aver influito sul risultato negativo delle mie esperienze, io mi accingo ora a ripetere il saggio facendo uso di un segnalatore assai lento, sì che la durata d'impressione salga magari a qualche mese (2).

(1) La necessità di operare con preparati radiferi molto concentrati è manifesta. Il saggio si fonda su di un'azione *differenziale*: e questa, a parità di spessore, sarà tanto più marcata quanto più forte sarà da un lato l'assorbimento e quindi la protezione per l'interno, e dall'altro più intensa la segnalazione all'esterno.

(2) Segnalatori poco sensibili, quali occorrono per rivelare l'attività totale per lunghi periodi, si conoscono numerosi. Rimanendo nel campo della fotochimica, si sa già che, oltre i sali d'argento, sono alterati dai raggi del radio il perossido di ferro e il bicromato di potassa in presenza di sostanze organiche, il bicloruro di mercurio in presenza di acido ossalico, ecc. Ma poi si potrebbe sfruttare la colorazione del vetro, che al caso nostro servirebbe benissimo in lastre, o cilindretti, o sferette, ecc. [Io avrei anzi dato la preferenza a questo segnalatore; ma la mia sostanza radifera non ha ancora prodotto colorazione molto sensibile nel tubetto che la contiene, in quattro mesi!]. Oppure si potrebbe ricorrere all'alterazione delle sostanze fluorescenti; es.: alla trasformazione del platinocianuro di bario nella varietà bruna. Utile potrebbe pur tornare il fatto, di recente osservato, che il iodofornio sciolto in cloroformio diventa violetto per azione dei raggi del radio, ed è possibile accelerare o ritardare a piacere il fenomeno, con aggiunta di sali opportuni (Hardy e Willcock, *The Electrical Engineer*, t. XXII, n. 25, 18 dicembre 1903). Potranno pure utilizzarsi le colorazioni che prendono certi sali aloidi (Giesel).

Ma poichè ad un risultato ancor negativo a cui arrivassi, non potrei logicamente attribuire un valore più decisivo, persistendo sempre la prima causa di dubbio sopra esposta (a cui non mi è dato di porre rimedio), così ho creduto opportuno di riferire intanto qui sul già fatto; nella speranza che altri, provvisto di mezzi più adeguati, si decida a sperimentare col metodo da me proposto, il quale parrebbe, per sé stesso, atto a portare un contributo *sicuro* alla risoluzione dell'interessante questione.

Le considerazioni seguenti, dove sono indicate condizioni e dispositivi atti a completare e variare il metodo di saggio, varranno forse a chiarirne meglio la portata.

6. — Osserviamo innanzi tutto come sia possibile raccogliere elementi relativi alla nostra questione, affidandosi all'autoalterazione che pare subiscano i composti di radio (specie contenenti bario), e che si rivela con una colorazione che essi prendono col tempo. Poichè tale alterazione si considera dovuta agli stessi raggi emessi dal composto (1), se la produzione di questi nell'interno viene col tempo a cessare o a diminuire, quella pure dovrà riuscire meno sentita. E basterà quindi vedere se la variazione di colore del composto, abbandonato a sé, in riposo, per lungo tempo, sia superficiale o di massa; o, più in generale, se vari secondo dello spessore.

In questo senso è probabile che parlino eloquentemente dei fatti già osservati.

Potrà essere utile il notare se vi è differenza nel fenomeno, quando il composto radioattivo invece che in cristalli sia polverizzato minutamente.

Infine, se il composto radifero si colora poco, o in troppo breve tempo, si potrà mescolare con esso una sostanza pulverulenta, alterabile ai suoi raggi con molta lentezza (es.: platinocianuro di bario, sali aloidi, o addirittura polvere di vetro che si separerebbe poi facilmente sciogliendo la sostanza radioattiva), ed affidarsi a questa per cogliere le probabili variazioni di attività nella massa.

Qualunque poi sia l'effetto dell'emissione che si assume quale indice dell'attività all'esterno e nell'interno della massa radioattiva, uno speciale interesse potrà assumere la nostra esperienza, quando si colga il preparato radifero nel periodo in cui, disattivato per riscaldamento o per riprecipitazione dopo prolungata soluzione, sta riprendendo la sua attività; la quale, com'è noto, può anche superare, e di molto, quella antecedente all'esaurimento.

In questo periodo di rifornimento, che può essere di un mese, ed anche di due (2), l'attività nell'interno della massa non è detto che si elevi come negli strati superficiali. Orbene, i due segnalatori gemelli, o l'unico sparso nella massa a cui sopra accennavamo, potrebbero illustrare questa condizione; in cui forse si ritroverebbe accentuata quella differenziazione che si avvertirebbe con metodo analogo nella sostanza radioattiva, quando avesse già raggiunto il valor limite della sua attività.

Per maggior correttezza nell'interpretazione dei risultati converrà poi in ogni caso tener presente che non tutte le segnalazioni sono da riferirsi alla stessa specie di raggi del fascio emesso; anzi deve ritenersi che ogni ricevitore eserciti sul fascio stesso un assorbimento selettivo. Sicchè tal corpo potrà essere più adatto a rivelare ad es. i raggi  $\gamma$ , tal altro i raggi  $\beta$ . Il vetro, ad es., che si colora come i raggi X, parrebbe poter indicare preferibilmente il fascio non deviabile; mentre i sali aloidi, che ci colorano come coi raggi catodici (Giesel), parrebbero segnalare piuttosto il fascio  $\beta$ .

Di questa condizione di cose, sarà possibile valersi come di un mezzo per migliorare la nostra esperienza, rendendone più analitico il risultato; per stabilire cioè se per le tre specie di

(1) M<sup>me</sup> CURIE, *Recherches sur les substances radioactives*, 2<sup>e</sup> éd. Paris, 1904, pag. 103.

(2) M<sup>me</sup> CURIE, loc. cit., pagg. 110 e 138.

radiazioni emesse dal corpo radioattivo vi sia luogo a far differenze nel fenomeno che interessa. Basterà impegnare contemporaneamente, nella stessa esperienza, *più* segnalatori scelti opportunamente.

Vero è che questo saggio analitico, parziale, potrebbe farsi in modo più netto, impiegando corpi radioattivi, che emettano solo (o prevalentemente) certi raggi; ad es. il polonio, che pare emettere solo raggi  $\alpha$ . Ma non sarà tanto facile disporre di una quantità sufficiente di tali corpi.

È in questa separazione delle diverse forme energetiche, sotto cui si esplica la radioattività, che si raccordano spontaneamente al metodo da noi proposto, i saggi calorimetrici che si conducevano secondo la traccia segnata da Lord Kelvin, in una recente nota; dove egli si dichiara appunto favorevole all'ipotesi di un'energia esterna eccitatrice della radioattività. « La mia ipotesi, egli conclude, può essere riguardata come del tutto inaccettabile; ma almeno sarà concesso che alcuni esperimenti siano fatti paragonando l'emissione termica del radio, completamente circondato con una lamina spessa di piombo, con quella trovata circondandolo con i corpi sino ad ora usati » (1).

7. — Dato che il saggio da noi proposto porti per una qualunque via a risultato positivo, e tale che non lasci dubbio sul poter considerare, almeno in parte, l'energia esplicita dai corpi radioattivi come trasformazione di un'altra energia raggiante ricevuta dall'ambiente, si potranno tentare molte ricerche; ad alcune delle quali non possiamo a meno di far cenno.

Attenendosi al primo dispositivo descritto al § 2, dove si fa uso di una celletta contenente una sostanza radioattiva col segnalatore, e bloccata da altra materia radioattiva, si potrà, ad es., variando la natura e lo spessore delle pareti della celletta, studiare l'opacità diversa dei corpi all'energia nuova. Variando la materia radioattiva interna, *caeteris paribus*, si potrà stabilire se è la stessa energia che agisce su tutti. Il confronto degli effetti di radioattività di più sostanze prese in libertà e bloccate, potrà portare a decidere se l'energia eccitatrice è omogenea oppure no (se ammette spettro). E così via.

Indipendentemente poi dal dispositivo adottato, è chiaro che le esperienze ripetute in ambienti, ove si creino artificialmente delle condizioni fisiche speciali (di magnetismo, di calore, di gravitazione, ecc.), potranno rivelare i nessi che l'energia nuova abbia colle altre conosciute.

In particolare sarà interessante ripetere l'esperienza in epoche di perielio e di afelio, per scoprire una possibile influenza solare: e più propiziamente in un paese dell'emisfero sud, ove i giorni più corti corrispondono anche alla maggior distanza dal sole. [I signori Curie hanno tentato, per questo scopo, un confronto dell'attività a mezzogiorno e a mezzanotte (2): ma con esito negativo].

## NECROLOGIA

L'Ing. Marco Saccardo

NATO A SCHIO NEL 1844 — MORTO A ROMA NEL 1904.

La morte del comm. Saccardo, avvenuta in Roma il 17 marzo, è un grave lutto per l'Ingegneria italiana. Il suo nome era oramai legato alla soluzione del problema della ventilazione dei lunghi tunnels ferroviari; il suo sistema, come i lettori sanno, ebbe larga applicazione, e tutto il successo desiderato in Italia, alla Porretta, ai Giovi, al Fréjus, ed all'estero al Gottardo e nei principali tunnels francesi.

Fin da giovinetto il Saccardo aveva dato prova di non comune ingegno; ancora studente di matematica nell'Università di Padova, chiamava l'attenzione su di sé con una sua teoria per il calcolo delle travate continue, che fu benevolmente accolta nel mondo scientifico.

(1) Cfr. « L'Elettricista », 15 marzo 1904, pag. 82.

(2) M<sup>me</sup> CURIE, loc. cit., pag. 149.

Entrato nel 1872 a far parte del Real Corpo del Genio Civile fu tosto applicato alle costruzioni ferroviarie e fu di coloro che portarono il più largo contributo di sapere negli studi per le ferrovie complementari. Compilò fra altri il progetto dell'importante linea Bassano-Primolano.

Più tardi, nel 1885, venne aggregato al R. Ispettorato generale delle ferrovie, di cui fu uno dei più influenti, sempre sentito nelle questioni importanti che si agitavano.

Ebbe a dirigere il Circolo ferroviario di Bologna, ma da due anni era stato chiamato a Roma e promosso Ispettore superiore.

D'indole speculativa, la sua mente era sempre assorta nella risoluzione di qualche problema tecnico.

Fu in seguito ad una viva polemica scientifica con un collega intorno al miglior sistema di ventilazione dei lunghi tunnels, che il Saccardo concepì una pratica soluzione di tale problema, sanzionata oramai da molteplici applicazioni, alla quale rimarrà legato il suo nome e che ridonda a gloria e vanto dell'ingegneria italiana. G. S.

## BIBLIOGRAFIA

**Il Porto di Siracusa**, per G. AVOLIO, Socio del Collegio degli Ingegneri Agronomi di Catania. — Opuscolo in-8°, di pag. 39 con due tavole. — Napoli, 1904.

La presenza dell'intera squadra del Mediterraneo nelle acque di Siracusa ha dimostrato quanto fosse erroneo il concetto che quel porto non avesse nè ampiezza nè fondali atti a ricevere le navi della nostra marina militare. E l'egregio sig. Gaetano Avolio prende appunto le mosse da questo fatto per dare una Monografia di quel porto, che ebbe pure nella storia la sua importanza, e che sebbene da troppo tempo trascurato pure accoglieva la grande armata inglese, composta di 14 navi armate di 74 cannoni, sotto il comando di Lord Nelson, quando vi si rifugiava dopo la battaglia di Aboukir per riparare alle avarie.

Non seguiremo l'Autore nella parte storica dalla fondazione di Siracusa alla dominazione spagnuola, e nella parte descrittiva delle condizioni idrografiche e nautiche del porto, le quali non legittimano punto il completo abbandono in cui lo si è lasciato fino ad oggi. Ma venendo all'essenziale, cioè alla parte tecnica della sistemazione del Porto, questa troviamo chiaramente riassunta in tre capitoli.

Nel primo si parla della necessità di provvedere alle escavazioni della darsena verso S. Antonio, preparando i fondali di quello specchio d'acqua, destinato al futuro e ben promettente commercio di Siracusa e di riaprire i canali interrati perchè continuino a funzionare da scaricatori di fondo, dovendosi attribuire alla mancata pulitura di essi il progressivo e rapido interrimento di tutto il porto.

Nel secondo capo si insiste sulla insufficienza delle calate attuali, e sulla necessità di un prolungamento delle banchine verso S. Antonio, colmando il basso fondo col materiale proveniente dall'escavazione dei nuovi fondali, e prolungando inoltre di altri 50 metri lo sbarcatoio di fronte alla Dogana.

Nel capo terzo si lamenta il difetto di spiazzali, che si vorrebbero arredati di edifici per uso di magazzini, e capannoni atti al riparo delle merci dalle intemperie e si additano le località da scegliersi per tale bisogna.

L'A. prende per ultimo, ma molto sommariamente, in esame il progetto del Genio Civile, che s'è dovuto redigere in modo da non oltrepassare la spesa assegnata dal Ministero in lire 700 mila; soggiunge che il medesimo venne approvato a malincuore dalla locale Commissione del porto, perchè la paura di far perdere un beneficio a Siracusa ebbe la prevalenza sull'opportunità e bontà delle opere, e termina facendo voti che il progetto medesimo venga modificato seguendo le idee da lui svolte precedentemente, addivenendo alla esecuzione di opere ritenute indispensabili a migliorare il porto e tali da poterne ritrarre un utile immediato.

Dobbiamo naturalmente limitarci ad un semplice accenno della questione, non avendo sott'occhio i documenti di progetto e gli elementi indispensabili a giudicare dell'importanza delle obiezioni al progetto rivolte dal sig. Avolio, le quali certamente non mancano di una certa gravità. G. SACHERI.

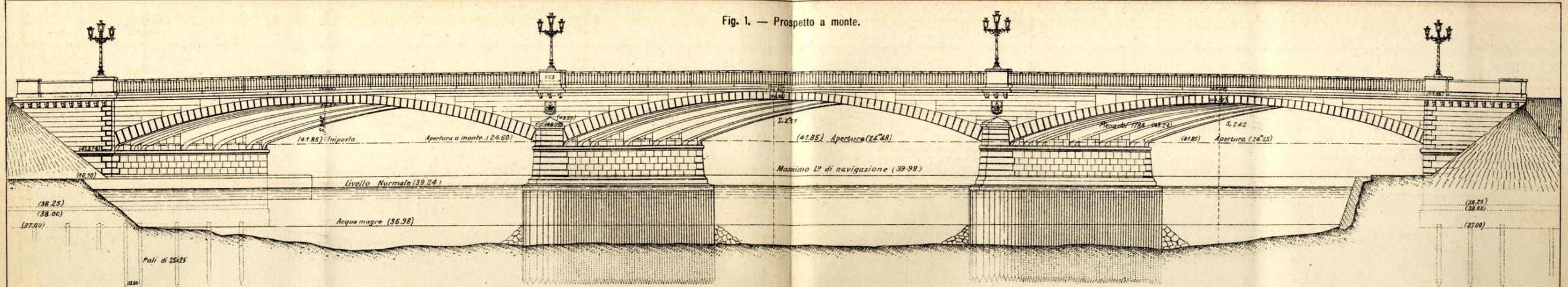


Fig. 2. — Metà proiezione orizzontale, tolta la soletta.

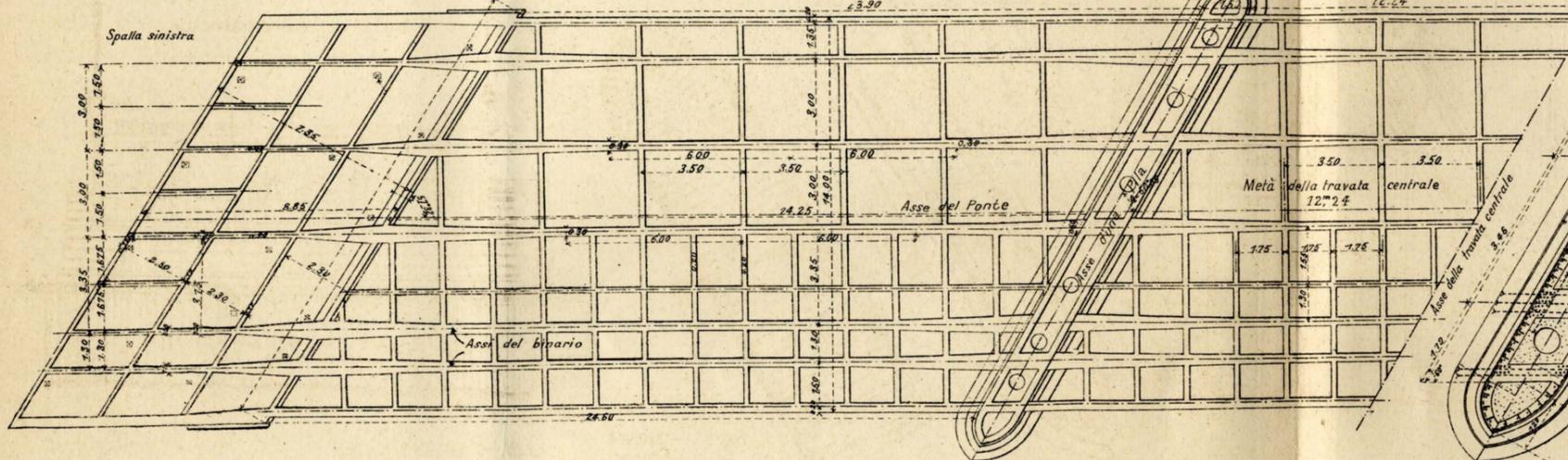


Fig. 4. — Sezione orizzontale A B di mezza pila.

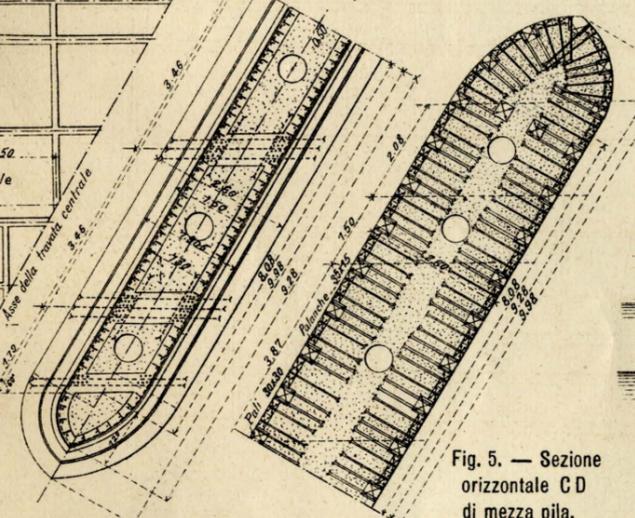


Fig. 3. — Sezione trasversale

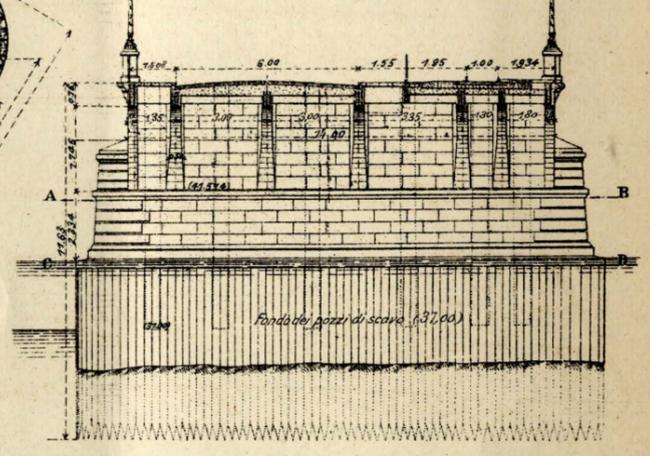


Fig. 5. — Sezione orizzontale CD di mezza pila.



Fig. 6. — Sezione longitudinale dell'arcata di sinistra sull'asse della carreggiata.

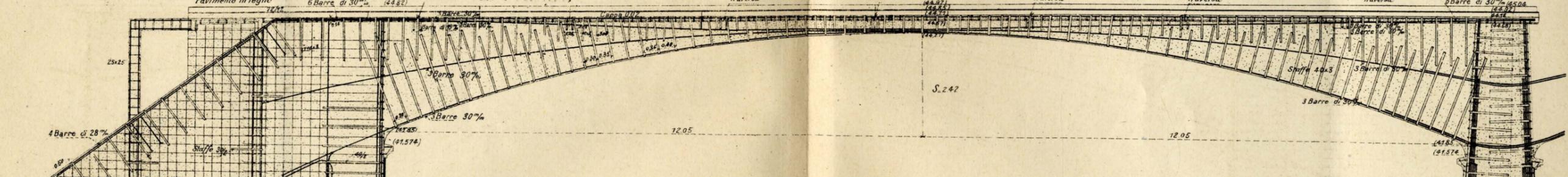


Fig. 7. — Sezione trasversale alla chiave dell'arcata.

