

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.*

COSTRUZIONI STRADALI

PONTE IN MURATURA SUL FIUME ALENTO SOTTO BUCCHIANICO nella Provincia di Chieti

Indagine sulle cause
dei danni verificatisi nel manufatto e provvedimenti proposti

(Veggasi la Tavola IX)

I — ESPOSIZIONE STORICA DEI FATTI.

Il ponte sul fiume Alento sotto Bucchianico fa parte della strada provinciale detta *Marruccina*, nel circondario di Chieti, la cui costruzione risale agli ultimi lustri della seconda metà del secolo decimottavo; il ponte stesso fu però costruito molto tempo dopo, ossia verso l'anno 1850, mentre prima il fiume si attraversava a guado, come era il caso per la maggior parte dei fiumi e torrenti nella Provincia.

In origine il ponte era altrimenti fatto, e constava di tre archi a pieno centro con platea generale. Gli archi avevano una luce di m. 6,25; le pile una grossezza di m. 1,60, e il tutto era in muratura di pietrame, rivestita di mattoni.

Ben presto il manufatto cominciò a dar segni della natura franosa del terreno, di quella natura che doveva più tardi riuscire fatale e che per tanti anni esercitò la sua azione contro tutte le opere d'arte in quella località, quasi intollerante di qualsiasi innovazione.

Infatti, non molto dopo l'ultimazione del ponte a tre archi suddetto si avverarono in esso lesioni e sconfigurazioni, che andavano sempre più crescendo in intensità, fino a far temere della sicurezza pubblica.

Si studiarono dai tecnici del tempo le possibili cause che avevano dato luogo ai dissesti murari, ed essendosi presto riconosciuta la natura franosa del terreno, si pensò che opportuno rimedio fosse l'isolamento del manufatto, lusingandosi che, una volta cessato il contatto dell'opera con l'azione che la insidiava, non vi sarebbe stato più pericolo per la sua stabilità.

Ispirandosi a questo concetto, si praticarono dei cunicoli attraverso il corpo dei muri di accompagnamento a ridosso delle spalle, dapprima sulla sponda destra, e più tardi, nel 1863, sulla sponda sinistra. Si era anche consolidato il ponte, armandone gli archi; l'armatura fu poi allontanata nel 1862.

Ma questi rimedi si rivelarono ben presto come semplici palliativi; la causa dei danni non era stata soppressa, né vinta, e questi si manifestarono di nuovo, nello stesso modo e con lo stesso crescendo come per lo passato; tanto che, abbandonando il primitivo concetto, si era pensato dall'Ufficio Tecnico provinciale, nel 1869, di sostituire agli archi altret-

tante travate in legname, utilizzando come appoggi i quattro piedritti in luogo.

Questo progetto, però, non ha avuto attuazione, poichè si cominciò a supporre di non aver bene riconosciuta la causa dei danni, e, in attesa di ulteriori studi, venne abbandonato momentaneamente il ponte, stabilendosi un passaggio provvisorio a circa 100 metri a valle, ove il fiume presenta una sezione opportuna pel guado dei veicoli, e per i pedoni si costruì una passerella in legno nella stessa località.

Col tempo il provvisorio assunse carattere definitivo, ed al passaggio a guado si sostituì un ponte stabile di legname sopra stillate, che fu aperto al pubblico nel maggio 1875.

Nonostante la convinzione nei tecnici di allora, che il terreno in quel sito fosse stabile, perchè l'assenza di qualsiasi opera d'arte non dava modo al movimento franoso, per sua natura quasi insensibile, di manifestarsi, si pensò, per maggiore sicurezza, di costruire due briglie in muratura a sezione cicloidale, per meglio sistemare il corso dell'acqua e prevenire possibili scalzamenti delle stillate.

Questo provvedimento parve la vera soluzione dell'intricato problema; il transito per la *Marruccina* avveniva regolarmente, e si mantenne senza inconvenienti per circa un ventennio. Tuttavia la manutenzione riusciva onerosa, poichè, anche nella nuova località, la stessa causa che aveva prodotto i danni al manufatto nella sua ubicazione primitiva, minava l'esistenza del ponte in legname, e il male andò talmente aggravandosi, che si verificarono delle spinte dal basso in alto, provocando l'innalzamento di parecchie stillate.

In presenza di questi fenomeni diveniva necessaria una riparazione generale del ponte di legname, e il relativo progetto venne anche approvato dal Consiglio provinciale. Però si aveva il convincimento che non sarebbe stato che un altro palliativo, per cui, nel 1893, prima ancora che l'appalto delle opere venisse indetto, l'attuale Ingegnere-Capo dell'Ufficio Tecnico pensò che sarebbe stato più conveniente e di maggiore affidamento la costruzione di un nuovo ponte più robusto nella stessa località del primo ponte in muratura.

Le ragioni principali che avevano indotto l'Ingegnere-Capo a tale proposta si possono riassumere nelle seguenti:

1. — I lavori di riparazione del ponte in legname richiedevano una spesa notevole, e non avrebbero avuto altro effetto che di conservare l'opera per pochi altri anni, senza eliminare le cause che la deterioravano, cosicchè in breve si sarebbe dovuto ricominciare da capo;

2. — L'antico ponte in muratura abbandonato, sebbene da un quarto di secolo se ne fosse dichiarata prossima la rovina, era invece rimasto per tanto tempo nelle condizioni in cui si trovava, il che faceva, a ragione, argomentare che la spinta delle sponde laterali avesse fatto sosta, quasi che la frana, da cui originava, si fosse esaurita;

3. — Nella ricostruzione di una nuova opera in muratura si poteva conseguire un vantaggio economico notevole utilizzando i materiali dell'antico ponte a tre archi.

L'Amministrazione avendo approvato questo concetto, si costruì nel 1896 un ponte in muratura ad un solo arco di metri 18 di corda, col sesto di un quarto a fondazioni isolate, con robuste spalle e muri di accompagnamento, ubicandolo nel punto preciso dove sorgeva il manufatto primitivo.

Ma, disgraziatamente, le previsioni non si verificarono: erano trascorsi appena due anni dall'apertura del ponte al pubblico passaggio, quando, nel 1899, cominciarono a manifestarsi segni di copiose filtrazioni nella faccia della spalla sinistra. Si suppose che fossero causate dalla presenza di acque fra detta spalla e i due muri andatori, per cui fu progettata ed eseguita una profonda fognatura attraverso la strada all'estremità dei muri andatori a sinistra, con scarico nella sponda omonima a valle del ponte, poco sopra il piano di risega delle spalle, non essendo possibile un maggiore affondamento per l'altitudine dell'alveo del fiume.

Il rimedio ebbe la sua efficacia, poichè le macchie alle spalle scomparvero, ma perduravano invece le spinte sotterranee, che venivano rivelate dal sollevamento dell'arco in chiave.

Questa circostanza indusse nel concetto di far servire il ponte ad un'arcata come sbadacchio fra le due sponde del fiume; si pensò che, se la grossezza complessiva in chiave di m. 1,50 non era stata sufficiente ad impedire le deformazioni dell'arco, le aveva però tenute in freno per un periodo di oltre due anni, di conseguenza la medesima doveva essere prossima al limite della stabilità; perciò, se questa grossezza si fosse aumentata e portata, per esempio, da m. 1,50 a m. 3, il manufatto avrebbe forse potuto resistere alla spinta.

In base a questo concetto si progettò un banco di muratura sopra l'arco, della larghezza del ponte, e contemporaneamente una platea generale ad arco rovescio con la corda al piano di risega.

Questo progetto, benchè approvato dal Consiglio provinciale, non incontrò il favore del R. Genio Civile; fu quindi giocoforza riprendere in esame il problema, studiando più accuratamente la località.

Nel sopralluogo e nelle conferenze che il R. Genio Civile e l'Ufficio Tecnico provinciale ebbero, si ventilarono diverse proposte, e dapprima la sostituzione all'arco di una travata metallica, proposta che venne subito eliminata, nella considerazione che, seguitando l'urto della frana e trovando le spalle isolate, la loro spinta obliqua avesse potuto produrre la deformazione della travata.

Si mise pure da parte la proposta di abbandonare nuovamente il ponte per ricostruirlo più a valle, e ciò, innanzi tutto, pel dubbio e pel timore che nei siti relativamente prossimi le sponde del fiume non presentassero la necessaria stabilità, essendo notorio e manifesto che per lunghi tratti, nelle adiacenze, le coste laterali al fiume Alento, e massime verso sinistra, sono in movimento; poi per l'enorme spesa a ciò occorrente.

Eliminate così le varie proposte, si convenne dai due Ingegneri-Capi che il partito migliore fosse di consolidare il ponte esistente, costruendo nella luce di esso un corpo di muratura anulare, che, presentando un vuoto o luce libera sufficiente al passaggio delle massime piene, avesse fatto conseguire la finalità di garantire il manufatto dagli effetti delle ulteriori spinte laterali.

Su queste basi si è redatto un progetto che incontrò il favore dell'Amministrazione; e però, prima di darvi attuazione, l'onorevole Presidente della Deputazione provinciale e i due Ingegneri-Capi del R. Genio Civile e dell'Ufficio Tecnico provinciale ritennero che fosse conveniente e necessario sentire in proposito l'avviso di altro tecnico, e si fece allo scrivente l'alto onore di chiamarlo per sentire il suo avviso sulla natura delle cause che avevano dato luogo ai danni segnalati e sulla convenienza del provvedimento proposto.

II. — DESCRIZIONE DEL PONTE E STATO IN CUI SI TROVA.

L'attuale ponte in muratura si compone di un solo arco a sesto ribassato avente la corda di metri 18 e la saetta di metri 4,50. L'altezza delle imposte sulla risega di fondazione è di metri 5,03, e le fondazioni discendono ancora nel terreno metri 4,25. Le spalle hanno la grossezza di m. 4,44 alla risega e una leggiera inclinazione o rientranza verso il paramento di un decimo. L'arco ha lo spessore di m. 0,95 in chiave e va ingrossandosi con tre riseghe da ciascuna parte fino ad avere all'imposta una grossezza di metri 1,40. Siccome è in muratura di mattoni, appoggia sopra pulvini di pietra. I muri andatori si prolungano per metri 13,20, diminuendo di grossezza per riseghe, e cioè da metri 3 discendono a metri 2,60; hanno nella loro faccia esterna la pendenza del decimo.

La costruzione del ponte è ottima, tanto per la natura dei materiali impiegati, quanto per la mano d'opera; ed appunto per ciò il manufatto ha potuto resistere molto più a lungo alle spinte cui è soggetto, che se fosse stato diversamente costruito.

La strada dalla sponda sinistra vi accede con una livelletta quasi orizzontale, poichè il suo andamento curvo le permette di svolgersi sulla pendice seguendo una curva di livello. Dalla sponda destra, invece, appena passato il ponte, la strada comincia ad elevarsi con pendenza sempre più forte.

I primi guasti si manifestarono in modo quasi insensibile, cominciando da un leggero sollevamento dell'arco in chiave, il quale venne però subito avvertito dall'Ufficio, che, sapendo per esperienza di non potersi troppo fidare dell'apparente stabilità del terreno, teneva in osservazione continua lo stato dell'importante manufatto.

Presto si riconobbe che il sollevamento in chiave andava, lentissimamente sì, ma in modo continuo, progredendo. Dopo qualche tempo si manifestarono delle lesioni anche nell'intradosso, quasi equidistanti dal mezzo, e rispettivamente ai terzi dell'arco secondo le generatrici e per tutta la lunghezza delle medesime. Esse andarono aumentando, e nel febbraio 1903 già erano larghe cinque centimetri, aperte verso il basso, ossia dal lato dell'intradosso. In chiave intanto si osservava, in centro all'intradosso, una zona larga circa 40 centimetri, nella quale i mattoni apparivano quasi stritolati, il che dava indizio di altra apertura in chiave all'estradosso. Infatti non andò a lungo che essa si è manifestata, aumentando sempre fino alla larghezza di oltre cinque centimetri, cioè alquanto maggiore delle altre al terzo dell'arco.

I parapetti, seguendo il sollevamento dell'arco, si deformarono, elevandosi secondo una curva a flessione contrario, con la convessità verso l'alto in corrispondenza della chiave e la corda, di metri 13,40 quello a monte e di metri 13,25 quello

a valle. La saetta massima nel parapetto a monte è di metri 0,357 e in quello a valle di metri 0,436 per rispetto alla sponda sinistra e di metri 0,361 per rispetto a quella di destra, ossia in media di metri 0,398, con una differenza in più di metri 0,041 in confronto del parapetto a valle. Il cambiamento di flesso è quasi insensibile nel parapetto a monte; è visibile, invece, in quello a valle. Questo fu anche spinto in fuori, staccandosi di due a tre centimetri dalla cunetta selciata.

La larghezza del ponte fra i parapetti è di metri 6,20 in corrispondenza ai muri andatori, e di metri 5,20 al di sopra dell'arco. Il passaggio da una larghezza all'altra avviene per mezzo di un restringimento improvviso, senza raccordo, cosicchè il parapetto piega ad angolo retto da ambi i lati e costituisce un muretto. In questi quattro angoli il muretto trasversale è stato, per effetto della spinta, pure deformato.

La luce della campata ha pure variato, poichè da m. 18, che era in origine, si è ridotta a m. 17,74 a monte e m. 17,77 a valle in corrispondenza dell'imposta.

La faccia delle spalle, ossia il paramento, che prima, come si è notato, aveva la scarpata del decimo, ora ha la pendenza di 1/123 quella verso Chieti: vale a dire che l'imposta a monte si è avanzata di centimetri 6,9 per rispetto alla spicatura della risega, e di centimetri 4,80 a valle. La spalla verso Bucchianico non ha che una differenza di centim. 1,8 a monte e di centim. 1,00 a valle.

Nelle imposte, invece, non si osservano differenze che nella spalla lato Chieti; essa si è abbassata di centimetri 9 quella a monte e di centimetri 7,5 quella a valle; mentre la spalla lato Bucchianico è rimasta alla stessa altezza.

Questi sono gli elementi raccolti coi rilievi dal sottoscritto ordinati; si avrà occasione di richiamarli e di ritornare sopra di essi nella discussione che sarà fatta nel paragrafo successivo. Intanto è bene aggiungere che l'Ingegnere-capo dell'Ufficio tecnico provinciale, avendo nuovamente visitato la località nella giornata del 7 marzo corrente, ha trovato i danni nel ponte *relativamente* più gravi di quel che avesse pensato alla distanza di soli 63 giorni dall'ultima visita del 4 gennaio. Le quattro rivoltate del parapetto sono molto più deformate; le lesioni dell'arco più visibili, il che significa che si sarebbero allargate.

La larghezza interna fra i parapetti sui muri andatori è rimasta di m. 6,20 alle estremità, ed è, invece, aumentata a m. 6,47 (lato Chieti) e rispettivamente a m. 6,40 (lato Bucchianico) presso le rivoltate.

Tutto ciò prova che i movimenti continuano.

III. — CAUSA DEI DANNI.

L'ubicazione del ponte si trova nel fondo della vallata, la cui pendice di destra si eleva quasi a picco, mentre quella di sinistra si stacca con dolce pendio per buon tratto, di circa mezzo chilometro, e solo dopo il medesimo l'inclinazione diventa più ripida. Ciò trova la sua ragione nella natura geologica dei terreni; infatti, essi sono costituiti essenzialmente di argilla della formazione miocenica, intercalata con straterelli di sabbia. L'inclinazione degli strati d'argilla è verso la sponda destra con leggiera pendenza nel senso della valle; gli straterelli, assorbendo l'acqua, ne permettono la circolazione fino all'argilla, dove essa viene a contatto con la medesima, producendo tanti piani di scivolamento su cui ha luogo lo scorrimento delle masse, il quale però non può effettuarsi

che nella direzione degli strati; e siccome il corso d'acqua ha creato la valle, i terreni della sponda sinistra non trovano ostacolo nel loro movimento e scivolano, quindi, tendendo ad avvicinarsi agli altri, i quali rimangono in posto, perchè di dietro, dove dovrebbero andare, trovano la montagna. Il risultato di questa condizione di cose è un movimento non limitato ad un dato punto, ma generale, con un campo d'azione che oltrepassa le adiacenze del ponte sull'Alento per la strada Marruccina.

Questo viene confermato dai precedenti riferiti nel paragrafo I; da essi risulta essere notorio e manifesto che le coste laterali, per lunghi tratti nelle adiacenze del ponte, sono in movimento. A questo movimento generale non poteva sfuggire la località dove trovasi il nostro manufatto, il quale necessariamente si è visto coinvolto nel fenomeno; ed ecco che da questo semplice studio delle condizioni geologiche della vallata già si arriva ad una causa dei danni del ponte. Ho detto: « ad una causa », perchè finora non sappiamo se sia la sola, o se ve ne siano altre che agiscano concomitantemente; quello che è ormai acquisito con tutta certezza si è che il movimento del terreno esiste.

Dall'esame di tutti gli altri fenomeni vediamo di risalire alle cause più dirette. Non vi ha dubbio che non solo il terreno, ma anche il ponte si muove; la natura delle deformazioni nell'arco lo rivela chiaramente; se le lesioni che in esso appaiono, dipendessero da insufficienza di stabilità o da cattiva esecuzione, non si sarebbe manifestato un sollevamento alla chiave; questa tradisce in modo sicuro che ha agito una spinta verso la luce; l'arco, non avendo potuto resistere e trasmetterla, si è sollevato e poi lesionato. I materiali hanno esercitato una resistenza considerevole, tantochè nella generatrice di chiave all'intradosso, dove sono maggiormente cementati, i mattoni si sono stritolati, e gli effetti sono apparenti, come già abbiamo riferito.

Una prima questione si presenta qui: non avendo l'arco offerto la necessaria resistenza, potrebbe ritenersi insufficiente, di dimensioni troppo meschine, e per conseguenza il progetto difettoso. Ma a questa osservazione è facile rispondere: dapprima i calcoli da me ripetuti e controllati, e che per brevità qui non si riportano, rivelano che le dimensioni dell'arco sono più che sufficienti alla sua stabilità, e quindi il progetto regolare. Notisi, però, che esso era costruito, non già per resistere ad una spinta proveniente dalle spalle verso la luce, ma bensì per scavalcare il fiume e riportare sulle spalle gli sforzi che in esso venivano sviluppati dal peso proprio e della strada e dai carichi che transitano sopra di esso. A questo scopo l'arco corrispondeva benissimo; ma la sua resistenza fu cimentata anche nel verso contrario, cioè nella direzione di una spinta dalle spalle verso la luce; la sua sezione corretta, la costruzione eccellente opposero la resistenza massima compatibile, tanto che il materiale, come si disse, venne stritolato, finchè l'arco dovette aprirsi. Dunque resta escluso in modo assoluto l'insufficienza delle dimensioni del manufatto.

Continuiamo nell'esame dei vari fenomeni. La luce, che primitivamente era di m. 18, ora è ridotta a m. 17,74 a monte ed a m. 17,77 a valle; quindi vi è stato restringimento, ravvicinamento delle due spalle: altra conferma del movimento, donde la spinta che ha agito sull'arco.

Una seconda questione si presenta senz'altro al nostro esame: la spinta verso la luce viene esercitata da un lato solo,

o dai due lati? Vale a dire: si muove una spalla sola, o si muovono tutt'e due?

La spalla destra è collegata, a monte, ad un muro di sostegno, o meglio, di rivestimento della sponda, parallelo alla direzione del corso d'acqua. Una parte del muro è di antica costruzione; un'altra, per qualche metro nell'immediata vicinanza della spalla, è stata ricostruita all'epoca dell'esecuzione del ponte per meglio raccordarlo alla spalla stessa. Ora, se questa si fosse mossa, anche di una quantità, direi, impercettibile, nella linea di raccordo, o nei dintorni, il muro, per l'esilità delle sue dimensioni, avrebbe dovuto subito marcare; invece, nessun cenno, nessuna lesione o incrinatura. Dunque, la spalla destra non si sarebbe mossa.

A maggiore conferma di questo risultato vi è il fatto che l'imposta dell'arco su questa spalla è rimasta invariabile alla quota 92,666 (la fascia). Tuttavia la scarpata della facciata della spalla verso il fiume mostra una leggera variazione: la pendenza, che in origine era di 1/100, è diventata di 1/104; ma la differenza è così piccola, che, avuto riguardo a tutte le circostanze esposte, potrebbe ascriversi senz'altro a difetto di costruzione.

Il parapetto CD sull'arco è, come si disse al paragrafo precedente, collegato a quelli dei muri andatori mediante piccoli muretti CB, DE (fig. 79) normali alla sua direzione; si passa così dalla sezione più larga fra i muri andatori a quella più stretta sull'arco. Ora, la spinta ha deformato in modo notevole i piccoli muretti, spostandoli in C' B', D' E'. Il modo come lo spostamento è avvenuto, rivela pure che la spinta non si esercita che da una parte, dal lato di Chieti, ossia da sinistra a destra. Infatti, il muro AB ha spinto B in B'; l'arco CD ha spinto D in D'; mentre fra E ed E' vi è un intervallo, appunto perchè il muro EF non si è mosso. Da tutto ciò si deduce che la spinta è una sola, dalla sinistra alla destra, e che la medesima agisce non solo lungo il muro andatore AB, ma anche sull'arco: quindi in tutta la spalla. È dunque la spalla di sinistra che si avvanza nell'alveo.

La rottura maggiore dei parapetti è al di là della chiave, ed è la più sconformata: altro segno che la spalla di destra è ferma, poichè il cedimento dei solidi nei quali si esercita una pressione lungo l'asse longitudinale è massimo in vicinanza alla spinta, e minimo più si accosta alla parte fissa contro la quale la materia va condensandosi e dove per conseguenza lo schiacciamento dev'essere massimo. Questo appunto è il caso della rottura dei parapetti in esame.

Anche l'arco manifesta lo stesso fenomeno; la lesione al terzo dal lato di sinistra è regolarissima e segue perfettamente una generatrice; l'altra, pure al terzo dal lato di destra, ha subito maggiore compressione e quindi si è lesionata a zig-zag, restringendosi, schiacciandosi e deformandosi in modo irregolare e interessando quattro filari. Tutto questo conferma in modo irrefutabile che la spalla destra è ferma, e che è la sinistra che si muove.

Qual'è la direzione di questa spinta?

Dall'esame geologico fatto si può concludere *a priori* che è obliqua all'asse del ponte; tuttavia tale obliquità deve essere assai piccola, poichè il manufatto, costituendo un ostacolo contro il quale viene ad agire la spinta, l'obbliga a scomporsi in due componenti, delle quali l'una perpendicolare alla spalla; l'altra parallela all'asse trasversale del medesimo o longitudinale del fiume. Il movimento che ne deriva, corrisponde alla direzione dell'azione della spinta. Questo movimento esiste, ma è insensibile, appunto perchè il ponte vi ha quasi resistito, almeno per un certo periodo di tempo. All'occhio non si osserva spostamento dei muri andatori sulla sinistra rispetto a quelli di destra; però la diminuzione della luce è maggiore a monte che non a valle. Infatti, mentre a monte la luce è ridotta a m. 17,74, a valle si è fermata a m. 17,77; vi è quindi una differenza di tre centimetri che la spalla dal lato a monte avrebbe percorso in più di quella a valle. Si vede dunque che il movimento, e conseguentemente la direzione della spinta, è obliquo al ponte, e siccome è tutta la spalla che si avvanza, così il punto d'applicazione della spinta deve trovarsi al disotto dell'imposta.

Nella spalla non si osserva traccia alcuna di lesione o screpolatura; ciò deve in parte ascriversi all'ottima costruzione della medesima, ma principalmente alla natura del movimento che ci proponiamo appunto di indagare.

Intanto la spalla si muove tutta in un pezzo, quasi monolito; dunque, o essa stessa scorre sopra una superficie di scivolamento, che sarebbe il suolo su cui è fondata; o sopra una superficie di scivolamento inferiore, e quindi allora si muoverebbe il terreno, insieme con la spalla che sopporta, sopra un piano sottostante. Tutte e due le cose sono possibili: si tratta di vedere quale avviene, o se possono avvenire simultaneamente le due.

La formazione argillosa della vallata, coll'interposizione di straterelli di sabbia, per la natura sedimentaria di sua origine, costituita da infiniti piani di stratificazione e di fissilità, porta con sè, che, dove arriva a penetrare dell'umidità, sia per comunicazione di questi strati fra loro, sia per screpolature superiori a linee di fratturazione, quella, non trovando modo di evacuarsi, si ripartisce irregolarmente e va ad accumularsi, sia pure in quantità piccolissima, a contatto dell'argilla bleu durissima, ne altera le qualità fisiche e chimiche, e, per un fenomeno di idratazione, l'umidità viene in gran parte assorbita, dando luogo a rigonfiamenti, e in parte rammollisce l'argilla superficialmente, dandole una qualità saponacea da renderla lubrificissima; e così si forma un piano di scorrimento pericoloso assai: su questo scivola naturalmente la massa soprastante, la cui disgregazione viene favorita dalle filtrazioni accennate che ne alterano la costituzione e provocano dei rigonfiamenti. L'equilibrio così disturbato, avvengono spinte considerevoli che si manifestano all'esterno per mezzo di frane, le quali dopo un certo tempo

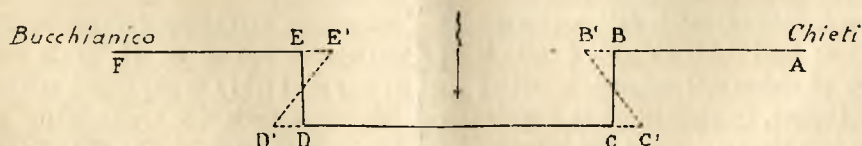


Fig. 79.

possono anche arrestarsi, quando il piano di scorrimento è limitato e l'umidità non eccessiva. Ma tale arresto è bene spesso momentaneo e di non lunga durata, poichè la stessa causa che ha disgregato la massa, turbato l'equilibrio e lubrificata la superficie, non essendo eliminata, continua a funzionare, e dopo un certo periodo ha ricondotto le cose allo stato di prima e la frana si rimette in moto.

Ma può anche accadere che, pur non formandosi la medesima superficie di scorrimento, si verifichi un caso analogo ad una profondità maggiore, poichè gli straterelli di sabbia sono intercalati per tutta l'altezza dell'argilla, il cui giacimento è considerevole; ne segue che possono formarsi dei piani di scorrimento a qualunque profondità, e così la vecchia frana si rimette in movimento sopra uno strato nuovo, o può anche prodursi una frana novella che coinvolga la precedente od anche solamente ad essa vicina. Il tutto dipende dalla massa di terreno che sta davanti a quella in movimento: se essa è tale da opporre una resistenza sufficiente, l'equilibrio non viene disturbato; se poi fosse inclinata essa stessa verso una valle, può venire sospinta dalla frana e muoversi con essa, poichè è naturale che il movimento si verifichi nel senso dell'inclinazione degli strati.

Questo precisamente avviene lungo la vallata dell'Alento, nelle adiacenze del ponte; siccome si tratta di un movimento di fondo, non è facilmente sensibile; ma è ovvio che la sponda destra, elevandosi rapidamente, costituisce tale un baluardo, che non è possibile smuovere; e allora le terre, arrivate a contatto con essa, sono obbligate a sollevarsi. Il fenomeno ha luogo indubbiamente, ma non si vede, perchè il sollevamento è piccolissimo, e là dove si verifica, essendo letto di fiume, il terreno viene asportato dalle acque, le quali, dovendo obbedire alle leggi idrauliche, per mantenere il profilo di compensazione, portano via ciò che dal profilo esce fuori. La migliore prova e conferma del fatto però si è avuta quando venne costruito il ponte di legname più a valle, dove appunto il fondo si sollevava e il ponte marcava.

Si tratta ora d'indagare se questo movimento ha pur luogo dove sorge il manufatto attuale, se cioè i movimenti che ivi si manifestano sono da ascrivere ad uno scorrimento di fondo sugli strati inferiori del sottosuolo. Ciò non è facile constatare in modo diretto, perchè il terreno che si solleverebbe nell'alveo, verrebbe man mano asportato dalle acque del fiume. Tuttavia, se si considera che più la profondità cresce, maggiori sono le resistenze che si oppongono al movimento, poichè aumenta lo spessore degli strati di terreno sovrapposti, i quali col loro peso accrescono l'attrito; e il baluardo offerto dalla sponda destra esplica la sua azione in proporzioni tali, che direi quasi *a priori* essere impossibile tale movimento; e non volendolo escludere in modo assoluto, si deve ritenere senza importanza. Aggiungasi che la presenza dell'arco, agendo come un forte sbadacchio, si opporrebbe all'avanzamento della spalla, che dal movimento di fondo verrebbe trasportata insieme col terreno sovrastante allo strato di scorrimento e, vincendo l'attrito che si sviluppa fra la base di fondazione e l'argilla su cui appoggia, lascierebbe spostare il terreno sottostante, scorrendo sotto la superficie di fondazione della spalla.

Ma i fatti non confermano, od almeno non in tutta la sua estensione, questa ipotesi, poichè l'arco ha ceduto e si è lesionato; ha subito una spinta ben maggiore di quella che si sarebbe avuta nel caso esposto; non fu in grado di vincere

l'attrito fra la muratura e l'argilla inferiore; e allora risulta senz'altro che la spalla si muove, non solo trasportata dal terreno su cui insiste, il che è possibile, ma poco probabile, ma specialmente per una spinta diretta che si esercita contro di essa; ed ecco con ciò acquisito un nuovo fatto importantissimo, quello cioè: che la spinta contro la spalla ha il suo punto di applicazione nella medesima, ossia ad un'altezza superiore al piano di fondazione, e ciò indipendentemente dal movimento che può esistere o non esistere negli strati inferiori.

Una conferma di quanto siamo venuti esponendo, si ha nella diversa altitudine delle imposte dell'arco. Abbiamo visto al paragrafo II che le imposte sulla spalla destra non si sono mosse affatto; l'altitudine della fascia (m. 92,666) è rimasta quale era nel momento dell'esecuzione: non così quelle della spalla sinistra; esse si sono ambedue abbassate e precisamente, la fascia a monte di 9 centimetri (m. 92,576), e l'altra a valle di centimetri 7,5 (m. 92,591). La differenza di livello combinata con la larghezza dello spostamento, ossia con la diminuzione della luce, fornisce l'inclinazione del piano sul quale la spalla ha scivolato, o meglio l'inclinazione dello scorrimento, perchè tutte le resistenze messe in giuoco hanno certamente contribuito a modificare il movimento e a dargli un'inclinazione diversa da quella che hanno gli strati della formazione geologica del terreno. Lo spostamento a monte è di centimetri 26, a valle di centimetri 23; l'angolo dell'inclinazione del movimento risulta così di 19° e rispettivamente di 18°. Questa differenza era da prevedersi; dal momento che la direzione della spinta è obliqua all'asse del ponte e precisamente con deviazione verso valle, è naturale che anche l'imposta a monte abbia dovuto subire una spinta maggiore, abbassarsi ed avanzarsi di più, il che è infatti avvenuto.

L'obliquità della spinta doveva avere il suo effetto anche sull'arco e relativo parapetto. Infatti, quello di monte si trova collegato intimamente con la cunetta selciata al piede e non dà segno di rottura alcuna lungo la linea di unione; quello di valle, invece, avendo dietro di sé il vuoto, ha subito liberamente l'effetto della spinta e si è staccato di qualche centimetro dalla cunetta selciata, la quale, per trovarsi più vicina all'arco e collegata con la muratura inferiore, ha resistito di più; e questa maggiore resistenza ha fatto sì che, non potendo cedere liberamente verso valle, come verso l'alto, si è sollevata di qualche centimetro più che non la cunetta a monte, come rilevasi dalla loro altitudine.

Movendosi la spalla per effetto di una spinta esercitata contro di essa ed indipendentemente dallo scorrimento più profondo del suolo sopra altro strato di terreno, se esiste, deve necessariamente scorrere sopra il suolo che costituisce la sua sede e la base di fondazione.

Dalle informazioni avute e dall'esame fatto da me personalmente degli affioramenti esistenti, risulta che il suolo di fondazione è formato di argilla *bleu* durissima, che non si può scavare altrimenti che col piccone e con cunei. Tuttavia ciò ha luogo quando la si scopre e si mette a giorno; ma, appena rimasta un certo tempo esposta all'aria, l'umidità ne cambia già la natura; e, peggio ancora, se viene a contatto con l'acqua, si rammollisce talmente che diventa più lubrica di una superficie saponacea e non vi è più attrito che valga.

Ora, non vi ha dubbio che nelle fondazioni penetri dell'acqua; l'umidità del terreno per sé stessa già vi affluisce, e

lungo la muratura discende fino al piano inferiore. Aggiungasi che nel terreno vi sono pure infiltrazioni numerose, le quali sono alimentate dalla conca della pendice retrostante, dove si accumula, superficialmente e nello strato di terra vegetale che la ricopre, una grande quantità d'acqua, parte della quale deve avviarsi contro la spalla e scorrere lungo di essa fino alla base. Questo fu constatato in modo evidente dalla fognatura costruita dietro la spalla, di cui si è parlato al paragrafo I, la quale esiste tuttora e raccoglie una certa quantità di acqua; ma, per le condizioni altimetriche, essendo le fondazioni di m. 3,50 più basse del letto del fiume, non si è potuto approfondire la fognatura, perchè altrimenti, invece di smaltire l'acqua, vi avrebbe introdotta quella del fiume; quindi una quantità *relativamente* notevole deve raccogliersi sotto la base o fondazione della spalla.

Siccome poi il pelo d'acqua della corrente lambisce la spalla a m. 4,45 al di sopra delle fondazioni, così anche di quest'acqua una porzione deve colare lungo la muratura e raccogliersi nelle fondazioni. Per conseguenza queste si devono trovare esposte a grande umidità, donde la lubricità di esse e il piano di scorrimento per la spalla. Questa circostanza combinata con la spinta del terreno dietro la spalla, costituisce la causa principale del movimento e dei fenomeni dipendenti.

*

Ed ora che la causa dei danni è conosciuta, si dovrebbe poterne determinare l'intensità, il valore cioè della spinta. A prima vista sembrerebbe cosa facile; ma vedremo subito che non solo è difficile, ma impossibile. Ciò non pertanto, speriamo per via indiretta di arrivare ad un risultato che ci possa fornire elementi, se non di assoluta sicurezza, certamente di grande valore, per poi adire al provvedimento più efficace.

La spinta che si sviluppa nell'arco per l'azione dei vari carichi che vi gravitano, è nota, o per lo meno può determinarsi in modo sicuro; e così dicasi del peso verticale che la spalla esercita sulle fondazioni. Queste due forze composte danno luogo ad una risultante, che ha la tendenza a compiere il sottosuolo ed a fare scorrere la spalla sul medesimo. Le due tendenze designano due componenti della risultante stessa, l'una delle quali agisce verticalmente ed esercita una pressione sul sottosuolo, l'altra ha la sua linea d'azione orizzontale e tende a fare scorrere la spalla sul letto di fondazione.

Alla prima componente il terreno oppone una resistenza efficacissima e sufficiente, poichè, se anche la sua superficie rammollita dalle acque assume una consistenza saponacea, ciò non si estende ad uno spessore notevole, ma a pochi millimetri e al più a qualche centimetro; alla compressione il sottosuolo resiste sempre e l'abbassamento avvertito nell'imposta non proviene da cedimento della medesima, ma da scivolamento sopra una superficie inclinata, come abbiamo dimostrato.

Non così può dirsi dell'altra componente; l'attrito che dovrebbe svilupparsi nel contatto della muratura col terreno, per la forte pressione non si manifesta, od almeno non nel grado presumibile, e la lubricità della superficie fa sì che la spalla debba tendere a scivolare indietro. A questo però si oppone gagliardamente la spinta del terreno retrostante, quella spinta la cui potenza non solo pareggia quella tendente a fare scorrere la spalla, ma la supera, tanto che lo scorrimento è avvenuto in senso contrario. Dalla portata di

questi movimenti si dovrebbe poter determinare di quanto tale contro-spinta sia superiore alla spinta naturale. Ma, in causa di tutte le altre resistenze che si manifestano concomitantemente, e che non si possono valutare alla loro giusta misura, e dell'incognita circa allo stato di equilibrio, non è possibile trovare il valore che ci interessa.

Allora facciamo una considerazione. Il ponte è stato ultimato nell'anno 1897; è rimasto integro per oltre due anni e solo nel 1899 cominciò a dare i primi segni di un movimento, i quali andarono lentamente crescendo fino a ridurre l'opera nello stato attuale da noi descritto al paragrafo II. Secondo la natura della spinta, la sua posizione per rispetto alla spalla, essa deve aver subito cominciato ad agire, e la sua potenza si sarà accresciuta in seguito alle piogge primaverili ed autunnali di ogni anno, e ciò non ostante che l'acqua, per penetrare nelle fondazioni e rammollarle, abbia avuto bisogno di un certo tempo; per cui il non essersi manifestato subito il movimento, è indizio sicuro che il ponte ha in qualche modo resistito e nei due anni è andato a poco a poco soccombendo, perdendo la sua resistenza. Quantunque da ciò non si abbia un elemento certo che possa servire quasi di misura dell'azione della spinta, è però indiscutibile che nello stato attuale questa ha assunto la massima intensità alla quale doveva pervenire e che per un certo tempo il manufatto vi ha resistito, e, sia pure lesionato, vi tiene testa tuttora.

Dunque in certo qual modo si può concludere che la resistenza di cui il ponte è capace, così come è costruito, è di poco inferiore a quella occorrente per resistere in grado assoluto, per potere cioè riportare sull'altra sponda la spinta e, insieme con essa, resistere. È lecito anzi dedurre che, se l'arco fosse stato più ribassato e maggiormente caricato, forse avrebbe resistito efficacemente. Ma questa è una sentenza *a posteriori*, che però, se non vogliamo riconoscerle valore per sé stessa, dobbiamo tuttavia riguardare come un indizio che ci addita la via per la ricerca del provvedimento a proporsi, e ne faremo tesoro nel paragrafo successivo.

Ed ora che abbiamo riconosciuta la causa, ricerchiamo i provvedimenti atti ad eliminare gli effetti dannosi della medesima.

IV. — PROVVEDIMENTI PROPOSTI E LORO EFFICACIA.

Non dimentichiamo che la causa dei danni riconosciuta da noi è una, ma che ne può esistere un'altra incognita, derivante dal movimento del sottosuolo, costituente la fondazione dell'opera, che a sua volta scivoli sopra un piano di scorrimento inferiore. Questa seconda causa, per quanto, a nostro giudizio, non possa esercitare grande influenza sul ponte, e per la profondità a cui agisce, e per il largo cerchio di azione che deve necessariamente abbracciare, pur tuttavia è tale da meritare che ci soffermiamo alquanto a chiederci se non convenga cambiare ubicazione al manufatto.

Ma, per poco si rifletta, subito si abbandonerà tale idea.

Infatti, lo spostamento che si dovrebbe fare, non potrebbe essere tanto notevole, poichè il ponte deve servire per una strada esistente, per la quale si può bensì introdurre una variante, ma non mai un cambiamento completo di tracciato che non corrisponderebbe più allo scopo della medesima. — Ora, questo movimento profondo, anzi appunto per la sua profondità, esiste qui dove ora è ubicato il manufatto, ma anche altrove lungo la vallata, per un buon tratto della medesima. Già abbiamo accennato a manifestazioni certe che ne hanno

rivelato l'esistenza in modo sicuro; per conseguenza, cambiando l'ubicazione del ponte non si eviterebbe questo pericolo e in un altro sito ci troveremo nelle identiche condizioni.

Perciò non vi è ragione di mutare località a causa del possibile movimento profondo.

In secondo luogo, oltre a questo possibile movimento profondo, agisce pure la spinta superiore del terreno, vuoi coinvolta con quella, vuoi per sé, se il movimento non dovesse esistere. E questa spinta, nei limiti sopra designati, si manifesta in tutta la sponda sinistra della vallata nel tratto in esame; e nella costruzione del ponte in legno se ne ebbero prove irrefragabili. Dunque, anche facendo uno spostamento, non sarebbe eliminata la causa immediata vera; anzi vi si aggiungerebbe un'altra circostanza che è determinante in modo assoluto. Infatti, nel sito attuale, studiando i movimenti del manufatto, è stato possibile farci un'idea, se non esatta, almeno approssimativa, dell'intensità della spinta; ed è evidente che, conoscitone il valore, è più facile stabilire il rimedio da opporvi. In qualunque altro luogo, invece, dove si ubicasse il ponte, anche per rispetto a questa spinta ci troveremmo di fronte ad un'incognita, la quale ha tanto maggiore gravità, in quanto che la spinta non può essere dappertutto la stessa, dipendendo dalla massa che spinge e dalla inclinazione e condizione del piano di scorrimento.

Tutto ciò, dunque, senz'altro già consiglia a far rimanere l'opera dove si trova attualmente; ma vi sono anche delle ragioni economiche, che hanno gran peso nella bilancia.

Infatti, spostando l'ubicazione del ponte, non basta costruire il manufatto; siccome anche nella nuova sede la causa del movimento esiste sempre, bisognerà pure provvedere a quei mezzi che vi si oppongono e che si suggeriranno nel posto attuale. Dunque, da questo lato nessun vantaggio; anzi con la differenza che dove è ubicata ora l'opera, si hanno già le due spalle che si possono benissimo utilizzare come si trovano; mentre nella nuova località si dovrebbero costruire; e per la disposizione e giacitura delle pendici formanti la valle, si può prevedere, quasi con certezza, che l'arco dovrebbe avere una luce maggiore, e di conseguenza maggiore spesa in ogni caso. Se poi l'ubicazione non corrispondesse precisamente a quella che aveva prima il ponte in legname, il che dovrebbe necessariamente avvenire, bisognerà eseguire delle opere per gli accessi e raccordi con la strada esistente, donde nuove spese, e per quanto si vogliono esse ridurre ai minimi termini, supponendo condizioni più favorevoli, si avrebbe sempre una somma per lo meno doppia di quella richiesta dai provvedimenti che proporremo nella località dove attualmente il manufatto si trova.

Risolta così questa prima questione, e dimostrata la convenienza tecnica ed economica di lasciare il manufatto nel luogo ove si trova, vediamo quali provvedimenti si dovrebbero adottare.

È inutile passare in rassegna tutte le proposte fatte e che si potrebbero fare, poichè alcune di esse *a priori* non sono attendibili; per brevità ci soffermeremo dunque semplicemente sopra quelle che, per la loro serietà e probabile efficacia, meritano di esser prese in considerazione, e queste si riducono alle tre seguenti:

- A) Isolamento del ponte;
- B) Sostituzione all'arco di una travata metallica;
- C) Sostituzione di un'ellisse completa all'arco ribassato.

A) Isolamento del ponte.

L'isolamento del ponte consiste nel tagliare il terreno dietro la spalla contro cui avviene la spinta in modo da interporre fra esso e la spalla stessa un vuoto od altro corpo che riceva la spinta e non la trasmetta. In allora il manufatto si troverebbe al sicuro di ogni movimento dipendente dalla spinta del terreno retrostante; non si eliminerebbe però l'altro movimento dipendente dallo scorrimento, che abbiamo visto possibile esistere, di uno strato molto inferiore.

Questo provvedimento è stato applicato in vari altri casi e pure con piena efficacia; quindi merita di venire esaminato accuratamente. La sua azione principale consiste nel sopprimere in modo assoluto la comunicazione fra il terreno retrostante, la spalla e il sottosuolo di fondazione della medesima, sicchè restano tagliate le infiltrazioni e il sottosuolo rimanendo asciutto, non si lubrifica e non si forma alcun piano di scorrimento. Se quindi nel nostro caso si può raggiungere questo risultato, il provvedimento può accettarsi.

Abbiamo visto al paragrafo I che già al ponte primitivo a tre archi era stato applicato un provvedimento ispirato a questo stesso concetto, ma senza risultato; non si sa se per la inefficacia del provvedimento stesso, o pel modo come venne attuato. Perchè si possa conseguire l'efficacia di cui è suscettibile, il taglio dovrebbe approfondirsi fin sotto il piano di fondazione, e in esso praticarsi un cunicolo nel quale si raccoglierebbero le acque di infiltrazione per venire convogliate e smaltite all'esterno mediante un prolungamento del cunicolo stesso. Ora ciò non è possibile nel caso concreto, perchè il piano di fondazione, trovandosi a m. 3,50 sotto il letto dell'alveo del fiume, le acque d'infiltrazione non si possono smaltire in alcun modo, a meno di guidarle ad una distanza considerevole, ed allora non si potrebbe garantire il regolare funzionamento della fognatura, oltre che la spesa sarebbe notevole.

Ma, ammesso anche per un momento che ciò potesse farsi e convenisse, la causa dello scorrimento non sarebbe eliminata, poichè la lubricità della superficie su cui insiste il massiccio di fondazione, non è causata dalle sole infiltrazioni che vengono dal terreno retrostante, ma anche da quelle laterali, dalle acque di pioggia che colano lungo le pareti della muratura e soprattutto dall'acqua del fiume che lambisce la spalla. Quindi il piano di scorrimento esisterebbe sempre sotto la spalla del ponte; ecco perchè l'esperimento fatto in altri tempi non ha avuto buon esito.

Aggiungasi che tale piano non è limitato al manufatto, ma si estende nel terreno retrostante al ponte, prolungandosi assai, come lo prova il movimento di esso terreno rivelatosi dalla spinta contro il manufatto. Ora, su questo piano di scorrimento scivolerebbe sempre il terreno, e verrebbe ad urtare contro il taglio eseguito; se questo è stato riempito di pietrame a secco per costituirne una fognatura, non potrà resistere alla spinta, si comprimerà fino a che il costipamento sarà tale che la fognatura stessa, agendo da cuscinetto intermedio, la trasmetterà alla spalla, e si ripeteranno i fenomeni ora lamentati.

Se l'isolamento è stato ottenuto con un retromuro od una luce intermediaria fra esso e la spalla, bisognerà pure che fra il muro e la spalla si interponga qualche cosa, un arco od una travata. Qualunque sia lo sbadocchio interposto, sempre il retromuro riceverà la spinta, e, se a questa non ha potuto resistere il grosso ponte sull'Alento, non potranno certamente opporre

una resistenza valida, comunque efficace, il retromuro e lo sbadacchio interposto fra esso e il ponte; anzi riporteranno sopra di questo la spinta medesima, e saremo nelle condizioni di prima; si saranno fatte delle spese senza raggiungere lo scopo, anzi peggiorando la condizione.

Dunque, questo primo provvedimento è da eliminarsi completamente.

B) Sostituzione di una travata metallica all'arco.

Anche questo rimedio era stato già escogitato dall'Ufficio tecnico provinciale, ma subito abbandonato per le ragioni da noi esposte nel paragrafo I. Tuttavia venne nuovamente proposto. Esso consiste nel sopprimere l'arco, lasciare sussistere le spalle che sono in condizioni ottime ed appoggiarvi sopra una travata in ferro sulla quale passerebbe la strada. Si obietterà *a priori* che in tal modo non si provvede ad eliminare la causa, non si impedisce la continuazione del movimento. È vero: ma, rispondono i proponenti, ciò non ha che un'importanza relativa e diremo secondaria; il movimento che si verifica è così piccolo (e di ciò si è avuta una prova nel lungo tempo, quasi due anni, che ha impiegato per rendersi visibile in modo minaccioso), che, applicando sul piedritto di sinistra un apparecchio di scorrimento, come è richiesto dalla travata metallica, su esso scivolerà la medesima senza inconvenienti, mentre la spalla di sotto si avvanzerà; e, data la lentezza del movimento di traslazione, passerà un buon numero di anni prima che ciò riesca un inconveniente. Quando ciò sarà avvenuto, allora si potrà provvedere con un ingrossamento del piedritto nella parte posteriore e relativa demolizione di quella avanzata, se la sua presenza potrà essere di nocumento al regime idraulico del fiume.

Da questa esposizione scorgesi che si tratta non già di un provvedimento definitivo, ma provvisorio; poichè esso, non sopprimendo la causa, lascia che il movimento continui, e si cerca di evitare le conseguenze o di renderle innocue al manufatto. È una costruzione diretta all'unico scopo di conservare la strada, non preoccupandosi del resto.

Ora, questo non ci sembra abbastanza prudente. Intanto, la lentezza del movimento su cui si fa largo assegnamento, non è quale apparisce; è vero che dai rilievi fatti si è constatato che nel periodo di due anni l'avanzamento della spalla non è stato in media che di centimetri 24,5; ma non è detto che procederà in avvenire con la stessa lentezza. Il movimento apparente è il risultato di una lotta fra la spinta e la resistenza opposta dall'arco, resistenza fortissima, come abbiamo già rilevato, e che ha bastato per tenere in iscacco la spinta fino ad oggi. Dunque, durante questo periodo di così forte opposizione nessun avanzamento poteva manifestarsi, e solo quando l'arco, avendo esaurita tutta la resistenza di cui era capace e, dovendo cedere alla forza maggiore, si ruppe e lasciò agio alla spalla di avanzarsi, il movimento divenne visibile e sensibile.

Ma anche dopo tale rottura, l'arco continuò e continua tuttora ad esercitare una certa resistenza che ritarda, se non impedisce, l'avanzarsi del piedritto. Per cui, una volta esso venisse allontanato e sostituito da una trave, nulla più si opporrà al movimento, o per lo meno non vi sarà che il terreno inferiore dell'alveo, il quale, abbiamo già detto, cede così facilmente che si solleva; in allora, chi può dire con quale velocità il piedritto avvanzerà? E, se il movimento dopo qualche anno raggiungesse i trenta e quaranta centimetri annualmente, il che è più che probabile, visto che nelle condizioni

attuali sopra descritte è stato di centimetri 24,5 in due anni, la gravità del caso sarebbe già tale da impensierire l'Amministrazione, poichè si verificherebbe in un brevissimo periodo di anni ciò che, secondo le previsioni, avrebbe dovuto aver luogo solamente dopo un ventennio circa.

Un'altra circostanza su cui si fa assegnamento, è la integrità del piedritto, la quale è un fatto indiscutibile; la spalla si è mossa tutta di un pezzo, come un monolito, e, continuando a muoversi così, la trave che vi appoggiasse, scorrerebbe regolarmente, e tutto procederebbe nel miglior modo del mondo, astrazione fatta dagli altri inconvenienti. Ma l'integrità della spalla non è dovuta solamente alla buona costruzione di essa, ciò che costituisce senza dubbio un coefficiente importante; essa è dipesa pure dall'essere stata contrastata su tutta la facciata ad uno stesso modo dall'arco esistente. Ciò non si avverebbe più una volta demolito l'arco, perchè la travata che vi si sostituirebbe, non opponendo alcuna resistenza, il piedritto nel suo movimento potrebbe, a seconda della intensità della spinta, avanzare piuttosto da una parte che dall'altra.

D'altronde si è visto che la direzione della spinta è obliqua per rispetto all'asse del ponte; dunque, anche nel caso più favorevole di una spinta uniforme su tutta la spalla, sempre il movimento, non trovando contrasto, si verificherebbe secondo la linea di azione di essa, e cioè in una direzione obliqua. Per la qual cosa, dopo qualche anno, la trave avrebbe perduto una parte del suo appoggio. Ma si è visto ancora che la spalla, avanzando, si abbassa, e nei due anni trascorsi, nonostante il contrasto offerto dall'arco, si è abbassata di centimetri 9; ora, quando il movimento sarà libero in tutti i sensi, l'abbassamento risulterà non solo più rapido, ma anche più forte, e la trave obbligata a seguirlo non si troverà più nelle stesse condizioni di resistenza e di stabilità e la carreggiata se ne risentirà. Tutto ciò, senza rilevare che anche l'integrità della spalla non può andare oltre certi limiti, e, quando essa non troverà un baluardo che la sorregga in tutta la sua estensione, potrebbe cominciare a dar segni di disgregamento, iniziando così la sua rovina.

A tutte queste ragioni tecniche si aggiunge una ragione di indole morale, che ha pure la sua importanza. La provvisorietà del provvedimento e gli effetti sopra accennati ingenererebbero nel pubblico la convinzione che, una volta applicato, non ancora si sarebbe riparato in modo definitivo e che il pericolo, vero o supposto, esisterebbe sempre. Ora, non è lusinghiero per un'Amministrazione provvedere alla riparazione di un manufatto in modo che si abbia da ritenere dal pubblico che le cose non sono mutate e che il manufatto stesso minaccia rovina; la catastrofe potrebbe essere vicina o lontana, ma sempre terribile e sospesa minacciosa sulla testa dei passanti come la spada di Damocle. In queste condizioni, la popolazione interessata non sarebbe certo soddisfatta.

Dunque, anche questo secondo provvedimento deve eliminarsi.

C) Sostituzione di un'ellisse completa all'arco ribassato.

Il terzo provvedimento consiste nella sostituzione di una ellisse completa all'arco ribassato. Noi sappiamo che la sponda destra e la spalla che vi si trova sono salde, immobili; quindi possiamo avvalercene per impostarvi uno sbadacchio che ritenga in posto il piedritto sinistro; e quando si riuscisse a questo, il problema sarebbe risolto, poichè la spalla non è minacciata che dal pericolo di uno spostamento verso il fiume; il terreno su cui riposano le fondazioni, è resistente alla com-

pressione; basta perciò impedire che il piedritto si sposti scivolando sopra di esso.

A tale uopo già poteva servire l'arco esistente, e per verità esso ha adempito a questo scopo per un certo tempo, per quasi due anni, dopo di che ha ceduto, dimostrando che non era sufficientemente robusto per adempiere a tale ufficio. Si tratta quindi di ricostruire l'arco, assegnandogli una grossezza ed una saetta in modo che diventi tanto robusto, coll'aggiunta del sopraccarico, da trasmettere senza inconvenienti la spinta di sinistra alla spalla destra la quale interverrebbe così quale baluardo ad opporsi all'avanzamento della spalla sinistra ed a tenerla a posto.

La spalla sinistra si muove scivolando sul terreno che ne forma la sede; il punto di applicazione della spinta è più basso dell'imposta; potrebbe, quindi, accadere che anche dopo la ricostruzione dell'arco, si sviluppasse una coppia di forze con direzioni inverse, la quale tendesse a fare scorrere la spalla sulla sua base di fondazione; vale a dire che, mentre l'arco resiste e impedisce l'avanzamento dell'imposta, la spalla camminerebbe nella sua parte inferiore. Diventa quindi necessario di opporsi anche a questo movimento e di fare intervenire pure contro esso il piedritto e la sponda destra, quale punto di appoggio; ciò si ottiene facilmente con la costruzione di un arco rovescio fra le due spalle. Siccome poi tanto l'arco del ponte, quanto quello rovescio debbono agire concomitantemente, così è bene che i due archi formino un sistema unico, il che si raggiunge riunendo le loro imposte sulle spalle e rendendoli solidali, costruendo cioè un anello ellittico.

Con ciò si eleverà grandemente la resistenza di questo sbadocchio speciale formato da un unico sistema, poichè esso opporrà alla rottura una resistenza analoga a quella che oppone un anello ellittico che voglia schiacciarsi fra due pressioni applicate alle estremità, secondo l'asse maggiore. All'arco superiore serve di carico, oltre il peso proprio, quello della muratura che vi sovrasta; e l'arco rovescio trova appoggio e contrasto contro gli sforzi di compressione nel terreno su cui insiste, che è durissimo e che può resistere a pressioni ben superiori a quelle che si svilupperanno nell'arco medesimo.

Dalla esperienza passata è risultato ad evidenza, che l'arco attuale quasi per sè stesso ha bastato a tenere in equilibrio il piedritto; la sua resistenza è quindi l'indice dell'intensità della spinta che agisce dietro il medesimo, e cioè di poco inferiore alla resistenza massima allo schiacciamento, il che per noi costituisce una norma per la stabilità futura; vale a dire che basterà accrescere la resistenza dell'arco di tanto quanto si desidera avere stabilità, ossia del coefficiente di sicurezza e, se vogliamo, di qualche cosa in più. Perciò, anche senza accrescere di troppo il suo spessore, si raggiungerebbe in parte lo scopo voluto, diminuendo la saetta, ossia facendo l'arco più ribassato che non era prima, di quanto, non è facile a determinare, perchè la spinta che fa muovere la spalla, nel suo valore assoluto non è nota; solo nel valore relativo, e supponendo, ben inteso, che in avvenire non sopraggiungano spinte speciali, impossibili ora a prevedersi.

Tuttavia, siccome noi non opponiamo alla spinta il solo arco in parola, ma due, formanti un sistema unico, cioè in modo da costituire un anello ellittico, con l'asse maggiore precisamente a un dipresso nella linea di azione della spinta, questa si decomporrà ripartendosi nei due archi dell'anello stesso.

Come avvenga tale decomposizione secondo le norme della statica, è difficile precisare, perchè non è conosciuta la posi-

zione precisa della linea di azione della spinta e l'intensità di questa; tuttavia, siccome è tutta la spalla che la riceve e la trasmette ai due archi, e la sua direzione, per quanto già si è detto, può ritenersi parallela al piano di fondazione su cui avviene lo scorrimento o di pochissimo inclinata all'orizzonte (da 18° a 19°), così trovandosi obbligata a passare pel punto dove concorrono i due archi all'imposta, si può ammettere con molta approssimazione che la decomposizione avvenga in modo uniforme nei due archi, ossia le componenti che in questi si sviluppano, sieno eguali. Ciò viene a ridurre di circa la metà la spinta sopportata dall'arco superiore, e perciò, anche con le dimensioni primitive, la sua resistenza viene grandemente accresciuta, anzi quasi raddoppiata.

Col provvedimento esposto si viene ad eliminare anche l'effetto dello scorrimento sopra uno strato molto più profondo delle fondazioni, dato il caso che esista; poichè si impedirebbe che il manufatto avanzi; il terreno sottostante scivolerebbe scorrendo sotto la base di fondazione; ma trova al suo avanzamento due ostacoli quasi insormontabili, la sponda opposta e l'arco rovescio. Già abbiamo accennato, a proposito del ponte di legname, che il letto dell'alveo, sospinto dal movimento di sinistra, si sollevava; le traccie non erano visibili, perchè l'acqua del fiume le cancellava man mano che venivano producendosi. Esse rivelano però, che la sponda destra impedisce ogni ulteriore avanzamento, obbligando il terreno a sollevarsi. Nella località dove ora trovasi il ponte, avviene lo stesso fenomeno; la manifestazione del movimento inferiore non potrebbe avvenire che per mezzo di un sollevamento del letto fra le due spalle; ora, coll'arco rovescio e relativo massiccio di muratura, noi opponiamo un ostacolo al medesimo, e così si raggiunge lo scopo desiderato.

Il provvedimento esaminato è quindi quello che soddisfa a tutte le condizioni del problema.

V. — DESCRIZIONE DEL PROVVEDIMENTO E SUA ATTUAZIONE.

In base ai criteri esposti nell'ultima parte del precedente paragrafo, è stato studiato e calcolato l'anello ellittico, come è indicato nel disegno annesso alla presente Memoria; e ritengo che in tal modo si avrà nel ponte la stabilità voluta.

Siccome non si tratta di un arco monocentrico, così non è prudente ribassarlo troppo; è preferibile di assegnargli una curvatura più accentuata, colla quale si raggiunge una solidità maggiore; ciò è tanto più facile in quanto che, dovendo le sue imposte situarsi molto sotto a quelle dell'arco primitivo, si avrà sempre spazio sufficiente per sopraccaricarlo convenientemente di muratura. D'altra parte, è necessario che lo spazio vuoto racchiuso dall'anello ellittico sia atto a smaltire le massime piene del fiume. A tal uopo ho cercato di procurarmi gli elementi opportuni a determinare in modo esatto la luce che si richiede; ma l'Ufficio tecnico provinciale non li possiede. In mancanza di essi, mi sono riferito alle notizie che ho potuto direttamente raccogliere; da esse mi risulta che mai il livello delle massime piene si è elevato alla fascia d'imposta nè nel ponte a tre archi primitivo, nè nel presente; la luce libera del ponte a tre archi fino alla fascia era di mq. 105,93, perciò, assegnando all'anello ellittico una luce di mq. 141,24, come risulta dalle dimensioni adottate, si ha la certezza che le massime piene troveranno scolo attraverso il medesimo, senza timore di rigurgito od ostruzione. Se poi si aggiunge la luce dei tre archi, la superficie sale a mq. 151,94, che è di soli mq. 10,70 superiore a quella dell'anello ellittico.

Per rispetto poi al ponte attuale ad un arco di 18 metri, la differenza è appena di 5 mq. pur contando in quello anche la superficie dell'arco.

Si costruirà, dunque, l'anello ellittico con l'asse maggiore eguale a m. 16,20 di luce libera, e con l'asse minore di metri 11,10 pure di luce libera. L'asse maggiore si collocherà alla altitudine di m. 90,376, ossia a m. 2,50 al disotto dell'imposta attuale del ponte. All'arco si assegnerà una grossezza uniforme di m. 1,09, tanto al superiore, quanto all'inferiore, e si imposteranno ambidue a viva forza nella muratura dei piedritti.

Il massiccio di muratura che intercede fra le reni dell'arco rovescio e le spalle, dev'essere interamente collegato con l'arco stesso, affinché, in caso di movimento, contribuisca a ricevere una parte della spinta ed a riportarla sull'arco. Esso si approfondirà fino al livello delle fondazioni delle spalle, e gli si assegnerà pure una forma arcuata con la convessità verso il basso e una saetta eguale ad $\frac{1}{20}$ della corda. Anche i materiali dovranno essere della migliore qualità, e si adotteranno dei mattoni per l'arco e dei conci di pietra squadrata per rimanente; il tutto con malta di calce idraulica.

Per un'opera della natura descritta non è indifferente il modo, o meglio l'ordine da seguirsi nella sua esecuzione, poichè non ostante l'efficacia della medesima, si potrebbe, con la omissione di qualche precauzione, o procedendo in un modo piuttosto che in un altro, comprometterne il risultato; per cui non stimiamo inutile il dare alcune norme in proposito.

Allo scopo di non lasciare il manufatto completamente in balia della spinta che lo insidia, è d'uopo non demolire l'arco senza aver prima provveduto ad altro sbadacchio; converrà, quindi, cominciare i lavori dall'esecuzione dell'arco rovescio. Però, prima di ogni altra cosa è necessario di armare l'arco esistente, per assicurarne la stabilità durante l'esecuzione dei lavori e per garantire la vita degli operai occupati sul cantiere. L'armatura dovrà essere del sistema sospeso, per non ingombrare il disotto del ponte e lasciare ogni libertà di movimento. Dopo si metterà mano all'arco rovescio e relativo massiccio di muratura, il quale non si eseguirà tutto in una volta, ma a poco a poco, per zone, e precisamente a cominciare dalla sponda destra. Lo scavo non si farà che per la parte necessaria a porzioni, onde lasciare sempre un ostacolo davanti al piedritto, che si opponga in certo qual modo al possibile movimento del medesimo. L'estensione nel senso della corrente dovrà abbracciare tutta la larghezza del ponte. Arrivati al centro della luce, per la porzione sinistra, si procederà con precauzione ancora maggiore, limitando la larghezza delle zone degli scavi e conseguentemente quella del masso murario con cui si avanza. Il collegamento con le fondazioni del piedritto dovrà farsi a forza. In questo modo il lavoro non riuscirà difficile, poichè si potrà deviare la corrente del fiume dal luogo dove si lavora, e filtrazioni inferiori non sono prevedibili, essendo il suolo costituito da argilla.

Ultimato l'arco rovescio, si demolirà quello lesionato, e si procederà alla costruzione del nuovo, nel modo ordinario.

L'acqua del fiume, obbligata a passare nell'anello, non andrà più a contatto della spalla e non potrà più infiltrarsi nelle fondazioni. Si cironderà la spalla stessa di un selciato in malta di cemento, appunto per tener lontana anche l'acqua di pioggia ed impedire a quella che può scolare lungo le pareti del piedritto di arrivare nelle fondazioni.

Teramo, il 14 marzo 1904.

Ing. GAETANO CRUGNOLA.

TECNOLOGIA INDUSTRIALE

L'ACETILENE DISCIOLTO E LE SUE PRINCIPALI APPLICAZIONI

Il sig. F. Bourdil, in una sua Memoria letta alla *Société des Ingénieurs Civils* di Parigi, fece una lucida esposizione del modo di rendere l'acetilene innocuo, trasportabile e utilizzabile in diversi casi, ricorrendo semplicemente ad una soluzione di questo gas nell'acetone, il quale ha la proprietà di tenerne in soluzione oltre a venti volte del suo volume, e conservando questa soluzione in bottiglie metalliche ripiene interamente di un corpo poroso, negli interstizi del quale la soluzione viene a penetrare e rimane inesplosibile. Per tal modo riescono considerevolmente estese e di numero e di importanza le applicazioni già di per sè stesse numerose ed importanti di questo gas, onde crediamo di non lieve interesse un diligente riassunto della Memoria del sig. F. Bourdil, la quale è divisa in tre parti, nella prima delle quali ci spiega in che consista l'acetilene disciolto; nella seconda ci dice come si prepari, e nella terza come esso viene utilizzato.

*

L'acetilene che è un carburo d'idrogeno, gassoso, molto ricco di carbonio, ed ha per formula C^2H^2 , quando è compresso o liquefatto, diventa un esplosivo violento, essendo eminentemente endotermico.

Per renderlo trasportabile i signori Claude ed Hess hanno cercato un dissolvente liquido sufficientemente esotermico perchè la soluzione sia stabile, e fermarono la loro scelta sull'acetone, un liquido che ha la formula C^3H^6O , e che discioglie l'acetilene fino a 24 volte il suo volume per Kg. di pressione. Comprimendo pertanto l'acetilene in un serbatoio ripieno di acetone, viene ad ottenersi moltiplicata 24 volte la legge di Mariotte. Per altro la soluzione dà pure luogo ad un aumento di volume che è circa del 40% per Kg. di pressione.

La soluzione così ottenuta offre la particolarità di possedere alcune caratteristiche dei corpi composti, e particolarmente questa: il coefficiente di dilatazione della soluzione acetone-acetilene non è intermedio tra i coefficienti di dilatazione dei due corpi, ma uguale al coefficiente di dilatazione di uno di essi, cioè dell'acetone.

La soluzione è di una grande stabilità, e può essere manipolata senza pericolo fino ad una pressione di 15 Kg. ed alla temperatura di 15° in serbatoi interamente pieni di questo liquido. Ma se il recipiente non è completamente pieno della soluzione, se vi esiste uno spazio vuoto, questo spazio riempiesi tosto di gas acetilene compresso, e questo gas essendo instabile è suscettibile di esplodere, e la esplosione può propagarsi dall'atmosfera gassosa alla soluzione liquida. Ora si comprende che in un recipiente anche pieno della soluzione, non può a meno di prodursi un vuoto parziale lasciando fuggire una parte di gas, poichè diminuendosi la pressione, diminuisce pure, come già si disse, il volume della soluzione. Per cui si vede che le bottiglie d'acciaio, le quali sono abitualmente adoperate per il trasporto dei gas compressi o liquefatti, non presenterebbero da esse sole tutte le condizioni richieste per trasportare con sicurezza l'acetilene disciolto.

Ma il prof. Henri Le Chatellier, dell'*École des Mines*, in seguito ad esperienze da lui fatte sull'acetilene compresso e sull'acetilene disciolto, poté constatare che la propagazione dell'esplosione era tanto più lenta, quanto più piccolo era il diametro del serbatoio nel quale l'acetilene era contenuto. E gli venne l'idea di servirsi delle bottiglie d'acciaio ordinariamente impiegate nel trasporto dei gas compressi, riempiendole di un corpo poroso, e di introdurre nelle bottiglie così preparate la soluzione di acetone-acetilene, certo che in tali condizioni non si sarebbe potuto produrre uno spazio vuoto di capacità sufficiente perchè un'atmosfera libera di acetilene compresso, facendo esplosione riuscisse a determinare quella del liquido sottostante.

Quale corpo poroso venne impiegato l'amianto, alcune ceramiche speciali, e degli impasti a base di carbone di legna. Si giunse ad ottenere dei corpi la cui porosità è del 75 all'80% e di densità 0,5

Praticamente e per la presenza del corpo poroso e per la dilatazione dell'acetone quando riceve l'acetilene in soluzione, si può fare

assegnamento su 10 litri di gas immagazzinati in un litro di recipiente e per Kg. di pressione. Ed è in codeste bottiglie che oggidì si trasporta l'acetilene disciolto e sotto la pressione di 10 Kg. in Europa e di 15 Kg. in America, e le quali pertanto, contengono 100 o 150 litri di gas acetilene per ogni litro di capacità della bottiglia.

Si sono fatte esperienze ufficiali per assicurarsi della innocuità dell'acetilene disciolto. La Prefettura della polizia di Parigi avendo sotto posto la questione al Consiglio d'igiene, questi incaricava il sig. Vieille Ing.-Capo delle Miniere e direttore del laboratorio delle polveri, di procedere ai necessari esperimenti. Ed il sig. Vieille provocò scintille elettriche, sia direttamente nella bottiglia, sia in piccole cavità contigue e sprovviste di sostanze porose, contenenti per conseguenza un'atmosfera di gas acetilene libero. In un'esperienza, che si ritenne decisiva, dopo avere compresso del gas acetilene a 18 Kg. di pressione ed alla temperatura di 15°, elevò la temperatura del recipiente fino a 56°, alla quale temperatura la pressione interna del serbatoio raggiunse i 37 Kg. Fece allora scoccare una scintilla elettrica, la quale determinò un'esplosione del tutto localizzata che non si è propagata e che determinò nel serbatoio una pressione massima di 69 Kg.

Fu in seguito a queste esperienze che venne autorizzato dalla Prefettura di polizia francese il trasporto dell'acetilene disciolto, sotto la pressione di 60 Kg. e ne fu permesso il loro impiego anche nelle fiere.

Le Compagnie d'assicurazione hanno equiparato l'impiego dell'acetilene disciolto a quello del gas luce.

In Inghilterra, dove simili esperienze furono ripetute, l'Amministrazione non credette neppure di considerare l'acetilene disciolto fra i corpi esplosivi e pericolosi, e ne autorizzò il trasporto in serbatoi timbrati a pressione doppia di quella a cui il serbatoio stesso è caricato.

In America, la Compagnia del *Pacific Canadian*, volendo rendersi conto di quel che avverrebbe se un serbatoio di acetilene disciolto si trovasse in un bastimento incendiato, fece collocare un serbatoio pieno di acetilene disciolto sul fuoco di una fucina. Il fondo del recipiente era stato semplicemente saldato, affinché la saldatura fondesse non si tosto la temperatura si fosse elevata al punto necessario. Il fondo non tardò ad essere levato dalla pressione interna del gas e malgrado la violenza della fiamma che si destò, non ebbero né esplosione né rottura delle pareti del recipiente.

La Compagnia francese dell'acetilene riprodusse l'esperimento in modo alquanto diverso. Si servì, come recipiente, di un tubo senza saldatura. Collocato in un fuoco di fucina, e scaldato al rosso, in modo da rendere il metallo malleabile, il tubo si gonfiò leggermente sotto la pressione del gas interno nella parte più riscaldata, e nella gobba così prodotta finì per comparire una leggiera fenditura per la quale prese ad aprire il gas e a prender fuoco, senza che si verificasse alcuna esplosione od una maggiore rottura.

Accidenti fortuiti vennero a confermare i risultati di esperienze intenzionali.

Un yacht, di nome Vagabond, erasi incendiato nel porto di New-York in seguito ad una falsa manovra nel travasare della benzina. L'incendio durò due ore prima che si riuscisse ad affondare il yacht per spegnere il fuoco. Quando ogni pericolo era scomparso, si rinvennero nella cucina della nave, dov'era il centro dell'incendio, i serbatoi dell'acetilene disciolto ancora caricati.

In Russia i serbatoi destinati all'illuminazione delle vetture della ferrovia da Pietroburgo a Varsavia, hanno egualmente resistito ad un incendio che erasi sviluppato nel locale ove essi erano depositati.

Dopo questa circostanza, il treno imperiale russo è stato illuminato per mezzo dell'acetilene disciolto, ed anche l'automobile del Granduca ereditario è munito di fari alimentati con acetilene disciolto.

La preparazione dell'acetilene disciolto si fa nel seguente modo: il gas acetilene, prodotto col metodo solito e raccolto in un gasometro qualsiasi, viene aspirato da una pompa e fatto attraversare due epuratori, il primo dei quali, contenendo del carburo di calcio, serve

soltanto ad essiccare il gas, mentre il secondo, contenente dell'heratol trattiene il fosforo, prevenendo così i vapori di acido fosforico che si produrrebbero all'atto della combustione e che sono assai nocivi. Per effetto della pompa l'acetilene è spinto nelle bottiglie sovraccaricate fino ad una pressione di 10 Kg. Industrialmente, siccome la soluzione nell'acetone non ha luogo immediatamente, i recipienti da caricare si lasciano per parecchie ore in comunicazione con apparecchi denominati accumulatori, e che sono grandi serbatoi fissi, della capacità di un quarto di metro cubo, raggruppati a due a due, od a quattro a quattro, e nei quali il gas viene accumulato sotto una pressione di 12 Kg.

Si può utilmente ricorrere all'acetilene disciolto quando occorra una sorgente di calore o di luce intensa esportabile. E poichè la combustione dell'acetilene nell'ossigeno dà luogo ad una temperatura che oltrepassa i 3000°, così se ne fa pure un'applicazione industriale utilissima per le saldature al cannello ossi-acetilenico.

Per l'illuminazione si possono adoperare i becchi ad acetilene usuali, quelli ad es. in uso nei fari da automobili, o quelli impiegati nei fari marittimi. Ma per l'acetilene disciolto è particolarmente raccomandato il becco Sirius, (fig. 80) del sig. Fouché, il quale consiste inferior-

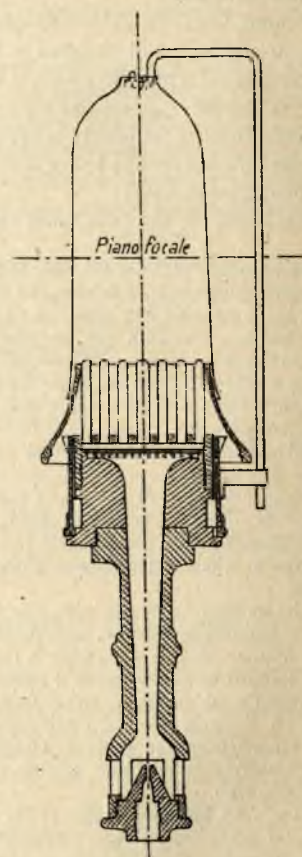


Fig. 80. — Becco Sirius per acetilene, del sig. Fouché.

mente in un primo tubo di aspirazione nel quale si fa una prima miscela di acetilene e di aria, e che immette la miscela in un fascio di tubetti di piccolissimo diametro, che terminano all'orifizio superiore di un tronco di cono, dove ha luogo una nuova chiamata d'aria, ed è soltanto all'orifizio di questo tronco di cono, che la miscela di acetilene e d'aria si trova nelle proporzioni volute per la combustione. Più in basso la miscela non è perfetta ed in essa la propagazione della fiamma è più lenta che non sia l'efflusso dei gas. Ed è appunto per mezzo della mescolanza dei due gas fatta in due tempi che viene evitato il regresso della fiamma, il quale è assai più difficile ad evitarsi coll'acetilene che non col gas luce.

Anche per il cannello ossi-acetilenico è consigliabile una disposizione sul medesimo principio del becco Sirius. Due tubi concentrici conducono l'uno l'ossigeno e l'altro l'acetilene. Il tubo interno è munito di piccolissimi fori per cui ha luogo imperfettamente la miscela dei due gas, e la proporzione giusta del miscuglio non si ottiene che all'estremità del cannello, nel prolungamento del tubo esterno e dopo l'estremità dell'orifizio del tubo interno; epperò i ritorni di fiamma non sono possibili che all'estremità largamente aperta del cannello, dove appunto riescirebbero inoffensivi.

La fiamma del cannello presenta due zone ben distinte; la zona azzurra intensa circondata da una zona di color pallido che forma come una guaina concentrica alla prima.

Nella zona interna estremamente calda il carbonio brucia a spese dell'ossigeno, producendo ossido di carbonio. Nella zona esterna l'ossido di carbonio e l'idrogeno bruciano a spese dell'aria esterna, formando acido carbonico ed acqua. L'idrogeno non potrebbe bruciare nella zona bleu della fiamma, poichè la temperatura di questa zona è superiore alla temperatura di scomposizione dell'acqua.

Questa particolare disposizione della fiamma in due zone, quando abbiasi da saldare un metallo ossidabile, come il ferro, offre il vantaggio di circondare il metallo fuso e saldante di una guaina riduttrice, la quale impedisce la formazione degli ossidi, e ne ottiene la distruzione ove si fossero formati.

Il colore della fiamma indica all'occhio dell'operatore sperimentato quando la miscela di acetilene e di ossigeno si trovi nelle migliori proporzioni per fare una saldatura. E poichè il cambiamento di colore della fiamma varia assai rapidamente colla proporzione dei gas nella miscela, l'operaio acquista facilmente la pratica di produrre una fiamma la quale abbia caratteri per una buona saldatura, cioè sia molto calda, rilucente e punto carburante (1).

(Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France).

(1) La saldatura autogena dei metalli va prendendo nell'industria un'importanza sempre più grande, a misura che si arriva ad ottenere le alte temperature con processi più semplici ed economici. La saldatura autogena elettrica, praticata con successo da parecchi anni, ed assolutamente indicata in alcuni casi particolari per le alte temperature che essa permette di ottenere, pare tutto al più riservata ai grandi stabilimenti, sia per l'importanza ed il costo dell'impianto e l'impossibilità di trasportarlo, sia per le difficoltà che presenta e nel maneggio degli apparecchi, e per regolare esattamente la temperatura.

Più semplice, meno costosa e di più facile esecuzione è la saldatura ossidrica, ed essa è andata facendosi strada in molte officine, per quanto non si possa con essa raggiungere le elevate temperature del processo elettrico, il quale è grandemente preferibile per la semplicità dell'impianto.

Tuttavia l'uso del cannello ossidrico esige nell'operatore una capacità non comune per regolare la fiamma, mentre non si ha altra guida che l'aspetto della fiamma stessa; e siccome la fiamma dell'idrogeno è quasi priva di luminosità, così si corre il rischio, secondo che essa ha eccesso di idrogeno o di ossigeno, di aver fiamma riduttrice o fiamma ossidante; ed è perciò che nella composizione della miscela ossidrica, anzichè far arrivare due parti di idrogeno per una di ossigeno, si lavora praticamente con una miscela di quattro parti di idrogeno ed una di ossigeno.

Sebbene Mallard e Le Chatellier nelle ultime loro esperienze abbiano valutato a 3300 gradi circa la temperatura della fiamma ossidrica, in pratica la temperatura alla quale si porta il metallo per la saldatura, è assai inferiore a questa cifra, per cagione delle perdite per irradiazione e conduttibilità. Ed invero col cannello ossidrico non si riesce ad ottenere saldature di pezzi d'acciaio di spessore di qualche importanza, o, se la saldatura si ottiene, non è che con una spesa eccessiva di gas.

Il processo di saldatura col cannello ossi-acetilenico riunisce i vantaggi dei due precedenti, senza averne gli inconvenienti. Da una parte permette di raggiungere le temperature necessarie, come coll'arco voltaico; per altra parte, avendo esso la medesima semplicità del processo ossidrico, ha su di esso una triplice superiorità: per l'alta temperatura di combustione dell'acetilene mescolato coll'ossigeno; per la colorazione e vivacità della fiamma, la quale può quindi essere regolata semplicemente dal suo aspetto e col solo maneggio di un robinetto d'ammissione; per la grande economia di gas ossigeno per rispetto al processo ossidrico.

Quando la fiamma è regolata per il suo massimo rendimento, le proporzioni della miscela gassosa sono praticamente, per ogni volume

di acetilene, di 1,2 ad 1,7 volumi di ossigeno, a seconda del grado maggiore o minore di purezza di questo gas. Teoricamente, per una combustione completa, ogni volume di acetilene esigerebbe volumi 2,5 di ossigeno. Ma in realtà ha luogo una prima combustione a spese dell'ossigeno puro, e la combustione completa si fa poi a spese dell'ossigeno dell'aria ambiente.

Con tutto ciò la temperatura oltrepassa certo i 3000 gradi e si avvicina a quella del forno elettrico; prova ne sia che si è avuto con questo mezzo possibilità di produrre del carburo di calcio.

Il consumo del gas acetilene naturalmente è proporzionale allo spessore del metallo da saldare. Dalle esperienze eseguite si è desunto che per l'esecuzione di un lavoro ben fatto e con adeguata rapidità (la quale dipende essenzialmente dalla capacità dell'operatore), occorrono 75 litri di acetilene circa all'ora per ogni millimetro di spessore, e se l'ossigeno è sufficientemente puro (0,98), si avrà un consumo di 1,3 volte di acetilene, ossia di litri 97.

La rapidità della saldatura s'intende che dipende dallo spessore del metallo da saldare, e mentre si possono saldare 6 metri all'ora e forse più di lamiera dello spessore di 1 mm., non se ne saldano che m. 1,5 se dello spessore di 10 mm.

La rapidità dell'operazione aumenta se i pezzi si fanno riscaldare fino al rosso in precedenza, con un qualsiasi mezzo calorifico; e sono adoperati con successo a questo scopo dei piccoli fornelli a gas Riché a corrente d'aria soffiata; con essi lamiere di 8 mm. furono portate al rosso ciliegio per tre o quattro metri di lunghezza in un'ora, con una spesa totale di L. 0,40.

La bontà e resistenza della saldatura dipendono pure ed essenzialmente dalla capacità dell'operaio, nonchè dal modo con cui i pezzi sono stati preparati, e dall'omogeneità della fiamma.

L'abilità si acquista facilmente, la limatura dei pezzi assicura buona riuscita della saldatura su tutto lo spessore del metallo; ma importa pure moltissimo di adoperare un cannello di numero adatto allo scopo, giacchè la fusione del metallo deve farsi rapidamente e si deve aver sempre sotto la fiamma un largo bagno di metallo perfettamente nitido.

Fatte in buone condizioni, le saldature ossi-acetileniche presentano garanzie non inferiori a quelle elettriche od ossidriche; la resistenza alla rottura per trazione dei pezzi d'acciaio dolce si è verificata da 35 a 36 Kg. per millimetro quadrato, ed è difficile domandare di più ad un metallo colato che non ha subito alcuna operazione metallurgica dopo la fusione, come martellamento, ricottura, ecc. Anche le prove di ripiegatura e di percossa, alle quali sono stati sottoposti i pezzi saldati col cannello ossi-acetilenico, hanno dato risultati del tutto soddisfacenti.

Cortesemente invitati dal signor Gustavo de Vonderweid, capitano d'artiglieria nella riserva (il quale ha la concessione esclusiva per l'Italia della vendita degli apparecchi occorrenti per l'impianto della saldatura col cannello ossi-acetilenico, in Genova, via S. Lorenzo, 11), ad assistere in Torino ad alcuni esperimenti di saldatura, abbiamo potuto constatare *de visu* come le operazioni eseguite abbiano destato l'ammirazione ed il plauso degli ingegneri, dei metallurgici e dei meccanici che ebbero il piacere di assistervi, e come l'uso del cannello ossi-acetilenico sia confermato dalle attestazioni numerosissime di Ditte industriali ed officine di Francia, Inghilterra, Belgio e Germania.

Dagli opuscoli e cataloghi distribuiti in codesta circostanza, desuniamo ancora i seguenti dati, che sono il frutto di prolungate osservazioni:

Quantità di gas
e prezzo di costo della saldatura ossi-acetilenica.

Spessore del metallo da saldare	Numero del cannello	Acetilene all'ora	Ossigeno all'ora	Lunghezza della saldatura in un'ora	Costo per m. lineare di saldatura
mm.	N.	litri	litri	metri	lire
1	3	75	105	6,—	0,22
2	4	135	200	5,—	0,39
5	6	300	450	4,—	0,92
7	7	450	675	3,—	1,74
10	8	650	975	2,50	3,10
13	10	1000	1500	1,50	7,72
16	12	1500	2250	1,—	17,—

NB. Il costo del metro lineare di saldatura dell'ultima colonna è calcolato in base al costo di lire 1,30 al litro per l'acetilene, e di lire 6 al litro per l'ossigeno. La mano d'opera in tutti i casi è calcolata in lire 0,60 all'ora. Per gli spessori di 10, 13 e 16 mm. si è calcolato inoltre da Kg. 0,64 a 1,5 di ferro per saldatura all'ora e da 500 a 700 litri di gas luce per riscaldamento. (N. d. R.).

NOTIZIE

Il Regolamento per le prove e verifiche periodiche dei recipienti di gas compressi o liquefatti. — Con Decreto Ministeriale 30 giugno u. s. è stato approvato, con applicazione in via di esperimento, dal 1° luglio 1904, il Regolamento che stabilisce le norme di sicurezza per recipienti destinati al trasporto per ferrovia dei seguenti gas liquefatti: *acido carbonico, perossido d'azoto ammoniacale, cloro, acido solforoso anidro, ossicloruro di carbonio (fosgeno), cloruro di metile*; e dei seguenti gas compressi: *ossigeno, idrogeno e gas illuminante*.

Le disposizioni regolamentari per l'esecuzione della Convenzione internazionale di Berna stabiliscono che i gas compressi o liquefatti, per essere ammessi al trasporto internazionale sulle ferrovie, debbono essere contenuti in recipienti che siano stati ufficialmente sottoposti ad una determinata pressione, senza subire deformazioni permanenti, e che abbiano ben appariscente un marchio ufficiale con le indicazioni necessarie.

Era quindi evidente la convenienza di sottoporre tali verificazioni a norme tecniche minuziose e rigorose, da seguirsi non solo per recipienti destinati ai trasporti internazionali, ma per quelli pure in servizio interno del Regno, ed il Regolamento ora approvato, elaborato da una Commissione tecnica all'uopo nominata, e suffragato dal voto del Comitato superiore delle Strade Ferrate, contiene appunto le prescrizioni e norme occorrenti per le prove e verifiche di detti recipienti.

Il servizio ne è affidato ai seguenti Istituti:

Regio Istituto tecnico superiore in Milano;
Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Palermo;
Regia Scuola di Applicazione per gli Ingegneri di Napoli;
Associazione fra gli Utenti di caldaie a vapore a Torino.

Il fabbricante o possessore di recipienti da far provare e verificare, deve rivolgere apposita domanda al Capo dell'Istituto più vicino al luogo dove i recipienti debbono essere provati, indicando il numero, la forma, il peso, le dimensioni esterne ed interne dei recipienti, del coperchio ed accessori; la qualità del materiale, la natura del gas compresso o liquefatto, la pressione massima a cui vuolsi che il recipiente venga timbrato.

Il richiedente è in obbligo di mettere a disposizione il personale necessario e di fornire gratuitamente i locali e gli apparecchi occorrenti per le prove, ad eccezione del manometro campione, del compasso per misurare le deformazioni e del punzone con stemma reale per la timbratura, i quali saranno portati dal collaudatore.

I recipienti destinati al trasporto dei gas liquefatti (acido carbonico, protossido d'azoto, ammoniacale, cloro, acido solforoso anidro ed ossicloruro di carbonio o fosgeno) devono essere di ferro o di acciaio, e tutti muniti di valvola. Quelli destinati a contenere ossicloruro di carbonio possono essere anche di rame, con tappo a vite invece che con valvola.

I recipienti destinati al trasporto dei gas compressi (ossigeno, idrogeno, gas illuminante) debbono essere di un solo pezzo, d'acciaio o di ferro, di forma cilindrica, di lunghezza non maggiore di due metri e diametro interno non maggiore di 21 centimetri, muniti tutti di valvola opportunamente protetta.

I recipienti destinati a contenere cloruro di metile possono essere di qualsiasi metallo, purchè stagni ed ermeticamente chiusi.

Tutti i recipienti devono essere sottoposti, prima della timbratura, alla prova idraulica, per verificare la tenuta e la resistenza. Per quelli destinati a contenere gas liquefatti si farà pure la determinazione della tara, della capacità e della carica massima.

Per la prova idraulica dovrà provvedersi all'applicazione del manometro campione alla pompa di compressione per mezzo di un'appendice con orifizio internamente filettato, del diametro di mm. 27,

compreso il risalto della filettatura, col passo di mm. 3 (1) e della profondità di mm. 25, a fondo piano, in cui sia praticato un foro del diametro di mm. 6,5 per la comunicazione col tubo adduttore dell'acqua compressa.

La pressione di prova, che dovrà essere mantenuta per tutto il tempo necessario a fare un esame accurato del recipiente, valendosi, ove occorra, della martellatura, è stabilita come appresso:

a) per l'ossigeno, l'idrogeno ed il gas illuminante, uguale al doppio di quella alla quale si intende comprimere il gas per il trasporto, avvertendo che il valore massimo di quest'ultima è stato fissato in Kg. 200 per cmq.;

b) per l'acido carbonico e per il protossido d'azoto liquefatti, in Kg. 250 per cmq.;

c) per l'ammoniaca liquefatta, in Kg. 100 per cmq.;

d) per il cloro liquefatto, in Kg. 50 per cmq.;

e) per l'acido solforoso anidro e per l'ossicloruro di carbonio (fosgeno) liquefatti, in Kg. 30 per cmq.;

f) per il cloruro di metile in Kg. 12 per cmq.

Il recipiente che nella prova idraulica avesse dato luogo a fughe, trasudamenti o deformazioni permanenti, dovrà essere scartato. La determinazione delle deformazioni permanenti sarà fatta con apparecchi adatti di sensibilità e precisione convenienti, forniti dall'Istituto incaricato della prova.

Quando sorgessero dubbi sulla qualità del metallo, sulla uniformità degli spessori e per qualunque altro motivo, il perito potrà prelevare un certo numero di recipienti (uno ogni cinquanta o frazione di cinquanta dei recipienti sospetti) per sottoporli, a spese dell'interessato, a quegli esperimenti di gabinetto che reputerà necessari. In questo caso i recipienti sospetti non potranno essere timbrati che dopo il risultato favorevole delle nuove esperienze.

La determinazione della tara deve farsi con una bilancia della sensibilità di un millesimo del peso del recipiente; questo sarà pesato vuoto con la sua valvola ed accessori se vi sono, ad eccezione del coperchio, che sarà pesato a parte.

La capacità sarà dedotta dalla differenza fra il peso del recipiente riempito d'acqua ed il suo peso a vuoto.

La carica massima di gas liquefatto è calcolata per ciascun recipiente in base alla sua capacità ed ai seguenti dati fissi:

a) per l'acido carbonico o per il protossido d'azoto liquefatti: 1 Kg. di liquido ogni 1,34 litri di capacità del recipiente;

b) per il gas ammoniacale liquefatto: 1 Kg. di liquido ogni 1,80 litri di capacità;

c) per il cloro liquefatto: 1 Kg. di liquido ogni 0,90 litri di capacità;

d) per l'acido solforoso e per l'ossicloruro di carbonio (fosgeno) liquefatti: 1 Kg. di liquido per ogni 0,80 litri di capacità.

Prima della verifica devono trovarsi impressi sopra ciascun recipiente: il nome del fabbricante o del proprietario; il numero d'ordine del recipiente, riportato anche sul coperchio; ed il nome del gas compresso o liquefatto che deve contenere.

I recipienti nuovi (e saranno considerati pure come tali tutti quelli per i quali la prima prova sarà fatta tre anni dopo la data 30 giugno 1904 del decreto di approvazione del Regolamento) devono portare la marca di fabbrica con l'indicazione della pressione massima di servizio per cui furono costruiti, ed essere accompagnati da un certificato d'origine, rilasciato dal fabbricante, nel quale siano indicati: il numero d'ordine del recipiente, la qualità del metallo di cui è fatto, il processo di fabbricazione, nonché lo spessore e la relativa tolleranza.

Dopo il risultato favorevole delle prove e verifiche, saranno punzonati sui recipienti lo stemma reale da ripetersi sul coperchio; la data della prova; la pressione di trasporto dichiarata dall'interessato,

(1) Sistema metrico internazionale di viti meccaniche approvato dal Congresso di Zurigo nel 1898.

se trattasi di recipienti per gas compressi, ovvero la tara del recipiente vuoto, senza il coperchio, il peso di quest'ultimo, ed il peso massimo di liquido che può essere contenuto, se trattasi di recipienti per gas liquefatti.

Le prove e verifiche devono essere rinnovate:

- a) ogni anno per i recipienti destinati a contenere il cloro, l'acido solforoso anidro e l'ossicloruro di carbonio (fosgeno) liquefatti;
- b) ogni tre anni per quelli destinati a contenere l'acido carbonico ed il protossido d'azoto liquefatti, l'acetilene liquefatto o compresso a più di 1 Kg. per cmq.; il gas ammoniacco liquefatto e tutti i gas di più di 15 Kg. per cmq.;
- c) ogni dieci anni per quelli con pressione non eccedente i 15 chilogrammi per cmq.

Il verbale delle verifiche e prove deve essere redatto in tre esemplari, di cui uno è rilasciato all'interessato, l'altro è spedito all'Ispettorato generale delle ferrovie, ed il terzo è trattenuto dall'Istituto che ha eseguito la prova.

Il committente, oltre alle spese di viaggio al perito, corrisponderà alla Direzione dell'Istituto una diaria di lire 40 per ogni giorno impiegato dal perito nel compiere il suo mandato, compreso il tempo del viaggio.

Se le prove e le verifiche hanno luogo nel laboratorio dell'Istituto, spetta il compenso di lire 10 per ogni ora di lavoro eseguito dal perito, compreso il personale di aiuto, l'uso degli apparecchi e il consumo della forza motrice, e così pure se debbono eseguire prove di gabinetto.

Il selenio. — Le speciali proprietà fotoelettriche del selenio, le applicazioni recenti delle cosiddette pile a selenio, di cui non tutti hanno chiara idea, e fra le applicazioni di esse, quella più curiosa e che ebbe esito più fortunato, della trasmissione della parola a grandi distanze senza impiego di fili, ci inducono a riassumere brevemente le principali proprietà, e gli usi del selenio, e ad accennare pure brevemente alle diverse ipotesi che furono fatte per spiegare lo strano comportamento fotoelettrico del selenio, secondo quanto troviamo sinteticamente esposto dal Marchesini nel n. 10 dell'*Elettricista*.

Sebbene la rarità e le singolarità del selenio non siano da paragonarsi a quelle dell'uranio, del tellurio e del radio, pure esso deve classificarsi fra i corpi rari, non essendo molto diffuso in natura, e per quanto trovisi sparso un po' dappertutto alla superficie del globo, non trovandosi mai allo stato nativo, estraendosi sempre in piccolissime quantità.

Lo si trova specialmente nei terreni vulcanici; così in Italia fu estratto dalla lava del Vesuvio, e allo stato di solfuro si rinvenne anche nelle isole Lipari. In Norvegia fu estratto dalle pirite di ferro; si ricavò anche dal ferro meteorico. Nella Svezia e nel Chili si trova il selenio in certi minerali rari, per es. nella eucarite sotto forma di seleniuro doppio d'argento e rame, e nella Norvegia nella crossite sotto forma di seleniuro di rame, tallio e poco argento. Nelle montagne dell'Hartz fu trovato nella clauthalite che è un seleniuro di piombo e nella lehrbacite, seleniuro di mercurio e piombo; ma dappertutto fu poi trovato tra i minerali di zinco.

Il trattamento chimico per avere il selenio puro non è così difficile né dispendioso come quello che si deve seguire per avere il radio. Un grammo di selenio, in cristalli chimicamente puri, viene a costare circa 5 lire, ed il selenio del commercio non costa che 50 cent. il grammo.

*

Il selenio fu scoperto da Berzelius nel 1817, mentre procedeva alla distillazione dell'acido solforico con pirite di ferro. Come sotto-prodotto della distillazione trovò una sostanza nuova che si avvicinava per alcuni caratteri al tellurio, e che fu detta selenio in virtù di quella relazione che esiste tra la terra e la luna.

Il peso atomico non è molto elevato: 79,5. La densità dei cristalli è 4,748. Quella dei vapori a 1420 centigradi è 5,68. Più che un metallo è un metalloide, ed ha proprietà analoghe a quelle del solfo, del fosforo e del tellurio.

Come il solfo ed il fosforo, esso è caratteristico per le forme allotropiche che può assumere. Esso si fonde alla temperatura di 212° centigradi, e raffreddato repentinamente si apprende sotto forma di una massa bruna, amorfa, di frattura concoidale; ed in questo stato speciale presenta una resistenza di isolamento molto elevata, che a 0° è valutata di 60 000 ohm-cm. Ma riscaldato oltre i 100 gradi diventa debolmente conduttore.

Il selenio nello stato ordinario ha l'aspetto vetroso ed è sostanza porosa molto igroscopica; allo stato asciutto occupa nella serie termoelettrica un posto inferiore al platino.

Il selenio è inodoro e non ha sapore; emette dei vapori rossi molto velenosi e quindi pericolosi a respirarsi.

Il selenio impuro, quale trovasi in commercio, ha un aspetto vetroso simile a quello della ceralacca di colore nerastro; esiste inoltre in uno stato allotropico sotto forma di polvere di color rosso mattone, molto instabile quando la temperatura aumenta da 80 a 100 gradi.

Volendo ottenere il selenio in cristalli chimicamente puri, si prende il selenio ordinario allo stato vetroso e lo si porta ad una temperatura di 100 a 200°; si trasforma allora in una sostanza dura del colore dell'ardesia, di aspetto metallico e opaca, anche se ridotta ad uno spessore assai piccolo.

*

Nel 1851 l'Hittorf aveva richiamato l'attenzione dei fisici sopra l'influenza che la temperatura esercita sul selenio. Ma solamente nel 1873 il Willoughby Smith e il May riuscirono ad osservare la principale proprietà di questa sostanza, quella cioè di cambiare di resistenza elettrica sotto l'influenza della luce.

I fisici previdero tosto che tale proprietà poteva essere suscettibile di curiose applicazioni pratiche, tanto più che il selenio, dopo essere stato influenzato dalla luce che fa abbassare la sua resistenza elettrica, ha anche l'altra proprietà notevolissima di riacquistare rapidamente la sua primitiva resistenza, quando sia sottratto all'azione luminosa.

Questi fenomeni accuratamente verificati e studiati dai fisici, e particolarmente da Bidwell, Gilaty, Ross e Sale, e moltissimi altri, furono variamente utilizzati in molti apparecchi, ma specialmente nelle pile a selenio.

Si pensò di utilizzare il selenio nella fotometria elettrica, per misurare direttamente la intensità della luce; nella telefotografia, per trasmettere cioè immagini a distanza mediante fili; nella fotofonografia, per registrare fonograficamente la parola.

Di tutti questi problemi potevasi dare infatti una soluzione teorica ben determinata; ma nell'applicazione pratica i vari sperimentatori si trovarono di fronte a difficoltà, non così facili ad essere superate, e che furono superate più o meno felicemente.

La soluzione che ebbe esito più fortunato è stata quella della telefonia ottica, cioè della trasmissione della parola a distanza senza impiego di fili. Il prof. Ruhmer di Berlino, con pazienti ricerche basate su principii teorici bene determinati, è riuscito ad ottenere buone trasmissioni radio-telefoniche a distanze abbastanza grandi, impiegando elementi a selenio, dei quali egli stesso aveva immaginato e fatto costruire vari tipi.

Le *pile a selenio* del Ruhmer possono dirsi le più perfette fra quelle che sono state ideate, cioè le più stabili e le più sensibili. Due fili di rame sono avvolti a spirale e ad uguale distanza intorno ad un cilindretto di porcellana non verniciata; l'applicazione di uno strato di selenio vetroso, fuso a 120 centigradi, serve a formare un isolamento fra le due lunghezze di fili, il selenio fuso aderendo assai bene sulla porcellana. Questo cilindretto con relativo avvolgimento, dopo essere stato sensibilizzato, viene racchiuso in una bolla di vetro, cilindrica o sferica, nella quale vien fatto il vuoto; la parte inferiore è come quella delle ordinarie lampadine ad incandescenza, onde la pila a selenio può essere avvitata convenientemente ad un sostegno, e inserita in modo fisso in un circuito. La forma cilindrica è particolarmente adatta alla telefonia ottica; l'elemento viene a tale scopo collocato nella parte centrale di un riflettore parabolico.

In altro modello il Ruhmer impiegò fili di platino avvolti sopra un cilindro di vetro. Le dimensioni variano, il tipo minore ha il tubo interno del diametro di 9 mm. ed una lunghezza di mm. 12,5. Gli ele-

menti di questi tipi posseggono una resistenza variabile tra 120 000 ohm nell'oscurità e 600 ohm alla luce; la resistenza può diventare cioè 200 volte minore di quella primitiva.

Un altro tipo notevole di pila a selenio è quello ideato da Fritts; esso è formato da una lastra di zinco o di ottone sulla quale è spalmato uno strato di selenio per uno spessore di qualche centesimo di millimetro questa specie di vernice resta bene aderente alla lastra, formando quasi con essa una lega. Sulla lastra così preparata si applica un foglio sottilissimo e trasparente di una sostanza conduttrice, e sono stati scelti a tale scopo i metalli più malleabili, come l'oro, l'argento, il platino; è generalmente usato un foglio d'oro. Il tutto viene racchiuso fra due lastre di vetro affinché l'elemento sia al riparo dell'umidità. Le due faccie della lamina hanno degli attacchi per poter inserire la pila nel circuito elettrico.

Diversi altri modelli di pile a selenio furono costruiti da Bidwell, Giltay, Webb, Mercadier, ecc.; in generale constano di fili molto lunghi di rame, ottone o platino, avvolti e collocati parallelamente ad eguale distanza sopra di una lastra di ardesia, di vetro, di mica o di porcellana e spalmati di selenio fuso, il quale forma da isolatore fra le due lunghezze di fili.

Il procedimento per la perfetta costruzione di codeste pile non è complicato, ma minuzioso. La lastra su cui sono avvolti i fili è posata sopra di un'altra lastra di ottone ricoperta da un foglio di mica. Sotto questa seconda lastra si accende un becco Bunsen, poi si sparge della polvere vetrosa di selenio in modo uniforme sugli avvolgimenti; il selenio allora si fonde e lo si spalma sui fili con una spatola di mica. Durante questa operazione è di grande importanza la temperatura a cui si deve giungere; che se la temperatura è troppo debole, Bidwell ha osservato che si formano nello strato delle masse cristalline, e se è troppo elevata, il selenio si rapprende in goccioline, simili a quelle del mercurio, difficilmente schiacciabili. La temperatura più indicata per questa operazione sembra che sia verso i 217° C.

Quando si è giunti ad ottenere uno strato uniforme, l'elemento a selenio viene trasportato su di un'altra più grossa lastra di ottone su cui si lascia raffreddare rapidamente; il selenio diventa così nero e lucente. Dopo avere abbassata la fiamma del becco Bunsen fino ad ottenere una temperatura di 120° C., si colloca nuovamente la fiamma sotto la lastra di ottone su cui trovasi l'elemento a selenio e si lascia così fino a che si abbia una colorazione grigio-secura; allora, poco a poco, si eleva la temperatura, finché si vedano sui bordi della lastra verificarsi dei segni di fusione; a questo punto si toglie rapidamente il becco e si lascia raffreddare; di poi si rimette a posto la fiamma e la si lascia così per quattro o cinque ore sotto la lastra di ottone, avendo cura di mantenerla sempre ad una temperatura inferiore di qualche grado a quella di fusione. Dopo si abbassa la fiamma ad ogni ora fino a spegnerla; in tal modo il selenio viene a subire una specie di ricottura.

Generalmente si preparano questi elementi in modo da renderli capaci di essere variamente sensibilizzati dalle sorgenti di luce; così la loro resistenza nella oscurità può variare da 2000 fino a 500 000 ohm; tale esperienza dopo l'esposizione alla luce può diminuire 5 a 20 volte.

Di tutte le forme di pile a selenio, la migliore è quella del tipo Ruhmer, perchè essendo il selenio una sostanza molto igroscopica, la protezione del tubo a vuoto è indicatissima. Inoltre la forma cilindrica o sferica è adatta a ricevere la luce da tutte le direzioni.

Ma oltre all'aver dato alla pila a selenio una forma più adatta e maggiore stabilità, al Ruhmer spetta pure il merito di aver reso praticamente misurabile la sensibilità di questi elementi.

Tutti gli altri fisici procedevano nelle loro ricerche in modo alquanto arbitrario. Generalmente determinavano la resistenza di una pila nell'oscurità completa, e questo valore rappresentava lo zero della scala; ma poi non avevano un medesimo dato sicuro e fisso per riferirsi alle quantità di luce ed ottenere l'unità di sensibilità. Per cui le diverse misure fatte dai diversi sperimentatori, e quelle stesse fatte da un medesimo sperimentatore su elementi diversi non riuscivano affatto paragonabili fra loro. Si avevano in certi casi dei risultati corrispondenti

alla luce di una candela posta ad 1 m. di distanza, ossia corrispondenti all'unità di intensità luminosa di Wybauw, detta *lux*; in altri casi avevansi risultati riferiti alla luce del sole, paragonabile a 60 000 *lux*. Le differenze che ne risultarono erano dunque troppo grandi per poter accontentarsi dei risultati ottenuti.

A rendere omogenee tutte codeste misure ha pensato egregiamente il Ruhmer. Scelse come sorgente di luce una lampada ad incandescenza da 16 candele, e studiò l'influenza che questa luce produceva su di un elemento a selenio, facendo variare la distanza della lampada dal medesimo.

Per ogni pila sottoposta all'esperimento egli ottenne così una curva ben definita e diversa da un elemento all'altro, la quale ha per ascisse le intensità di luce espresse in *lux*, e per ordinate corrispondenti, le resistenze espresse in ohm.

Così, a mo' d'esempio, vediamo dalla curva che una pila di Ruhmer, adatta evidentemente per quei casi in cui si dispone di deboli intensità luminose presenta una resistenza nella oscurità, ossia allo zero delle ascisse, di 120 000 ohm; la curva scende tosto rapidamente fino a 42 000 ohm sotto l'influenza di una *lux*, e scende sempre rapidamente fino a 15 000 ohm sotto l'influenza di 16 *lux*, dopo di che la resistenza scema meno rapidamente fino a 5600 ohm sotto l'influenza di 250 *lux* ed infine varia, scemando molto debolmente fino quasi a zero sotto l'influenza di 20 400 *lux*.

Si comprende l'importanza e la necessità di conoscere di ogni pila a selenio la propria curva per poterla adoperare con giusto criterio, mentre la diversità delle curve dipende appunto dal fatto che vi sono pile fortemente influenzate da una luce anche molto debole, ed altre invece capaci di resistere anche a luci di una certa intensità, e la causa di questa diversa sensibilità alla luce delle pile a selenio dipenderebbe, secondo il Ruhmer, dal modo come venne preparata la pila, per i diversi comportamenti del selenio col variare della temperatura di fusione. Così se lo strato di selenio fuso viene lasciato raffreddare rapidamente, agitando sempre la massa fusa, si ha la modificazione così detta « dura » ed il selenio assume un colore grigio-bianco. Ma se la pila viene preparata nel modo sovradescritto, cioè facendo raffreddare lentamente, si ha la varietà detta « tenera » di colore grigiastro, e che è maggiormente sensibile alle azioni luminose.

Anche la variazione di sensibilità di una stessa pila in funzione del tempo è questione importante per le pratiche applicazioni, e fu pure studiata dal Ruhmer. Già egli adottando l'ampolla di vetro tolse la causa precipua della variazione, essendo che l'umidità atmosferica, come si disse, influisce assai sulla sensibilità del selenio. Non ostante tale precauzione è provato che la sensibilità di una pila a selenio diminuisce col tempo, o almeno risulta modificata, ed a questo inconveniente non si può forse ovviare se non adoperando pile di recente costruzione.

Nè meno interessante è il fatto studiato da altri fisici e che consisterebbe in una specie di ritardo della pila a selenio nel risentire l'azione della luce; la resistenza elettrica non raggiungerebbe il valore minimo immediatamente dopo l'esposizione alla luce, ma vi impiegherebbe un certo tempo per quanto brevissimo. Così pure la resistenza non riprenderebbe subito il suo valore iniziale quando l'elemento sia sottratto alla influenza della luce. Questa specie di inerzia o meglio di isteresi del selenio, non si oppone tuttavia alla perfetta trasmissione dei segni e della parola.

Nella pila a selenio il filo spalmato di questa sostanza viene adunque a diminuire di resistenza sotto l'azione di ondulazioni luminose, onde questa pila può essere in mille modi utilizzata per trasmissioni di segnali, di immagini, ecc. Si può quindi prevedere che siamo alla vigilia di numerose e svariate applicazioni.

Lo stesso Ruhmer ideò un apparato assai complesso, il fotografofono. Il Bidwell ideò un apparecchio per riprodurre scritti e disegni a distanza, combinando le proprietà del selenio con quelle del telegrafo chimico. Anche per ricerche astronomiche si prova ad utilizzare le pile a selenio.

Ma di tutte le applicazioni quella che può dirsi entrata ormai nel dominio della pratica è la *telefonìa senza fili*, ideata dal Ruhmer.

A spiegare il fenomeno della sensibilità fotoelettrica del selenio, si sono immaginate diverse ipotesi, di cui alcune molto ardite.

Secondo l'opinione, un po' troppo assoluta, di Schelford Bidwell la sensibilità del selenio parrebbe causata unicamente dalle impurità dovute a seleniuri metallici contenuti nel metalloide, poichè sembra provato che il selenio puro non è conduttore.

Altri fra cui Adams, Day e Fritts, credono il fenomeno dovuto ad una conducibilità elettrolitica; secondo questi fisici, il trasporto avverrebbe, come nel caso delle soluzioni saline, sebbene in proporzioni assai minori.

Altri fisici, fra cui Kalischer, Uljanin, Righi, ecc., credono che in alcuni casi la sensibilità fotoelettrica sarebbe di origine fisica, e in altri casi di origine chimica. Nella prima ipotesi vi sarebbe trasformazione diretta della energia luminosa in energia elettrica; ciò che del resto non è del tutto inammissibile, avendosi in molti casi fenomeni inversi cioè di trasformazione di energia elettrica in energia luminosa. L'azione chimica invece non risulterebbe così evidente, da potersi appoggiare con sicurezza. E per es. è noto che il dottor Pochettino avrebbe trovato che l'azione fotoelettrica del selenio non scompare alla bassissima temperatura di -190° , che è quella della ebollizione dell'aria liquida, ed alla quale temperatura quasi tutte le azioni chimiche scompaiono. E non solo l'effetto fotoelettrico non scompare, ma secondo le esperienze eseguite dal Pochettino, la variazione risulterebbe abbastanza piccola; il qual fatto non autorizzerebbe certo ad attribuire l'effetto della luce sul selenio ad una azione chimica.

Al punto in cui sono giunte presentemente le ricerche, sembrerebbe provato che i fenomeni presentati dal selenio, soprattutto in riguardo agli strani comportamenti delle diverse forme allotropiche del selenio, debbano attribuirsi generalmente a fenomeni di ordine fisico.

(L'Elettricista).

BIBLIOGRAFIA

I.

ERNST SCHULZ. — *Les maladies des machines électriques. Défauts et accidents qui peuvent se produire dans les génératrices, moteurs et transformateurs à courant continu, et à courants alternatifs.* — Traduzione dal tedesco di A. HALPHEN. — Un vol. in-16° di pagine 92 con 42 figure. — Legato in cartone L. 2,50. — V^o Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VI.

Il titolo di questo piccolo volume esprime chiaramente lo scopo che il suo Autore si è proposto. Egli ha inteso di presentare, sotto una forma semplice e a tutti accessibile, i difetti, i guasti e gli errori di connessione che possono prodursi nei generatori e nei motori a corrente continua o alternata, nei trasformatori, come nei restati di campo o di avviamento.

A lato della descrizione dei difetti e del modo di localizzarli, si troverà l'indicazione dei rimedi, i procedimenti per effettuare le riparazioni, e qualche volta il consiglio di rimandare all'officina una macchina, la cui riparazione sul sito costituirebbe un'operazione troppo delicata.

L'A. si è più particolarmente dedicato allo studio dei difetti e dei guasti che si verificano durante il funzionamento delle macchine. Dà inoltre alcune indicazioni relative a difetti di fabbricazione, o a errori di calcolo, o a vizi di costruzione.

L'opera si chiude con un capitolo contenente i metodi elementari di determinazione del rendimento, e questi metodi sono utilmente accompagnati da esempi numerici.

Questo piccolo libro, scritto con stile facile e semplice, illustrato da numerose figure, nel quale a disegno si sono omissi i calcoli e le nozioni troppo speciali, è riuscito eminentemente pratico; per cui non vi ha dubbio che nella sua veste francese accessibile anche agli

italiani, incontrerà da noi quel favore che ha avuto in Germania e in Francia, e renderà grandi servizi agli ingegneri e meccanico-elettricisti, non solo, ma a tutte quelle persone non tecniche che devono attendere a sorvegliare e regolare il buon andamento di un impianto elettrico.

G. C.

II.

Formulaire des Centraux. *Resumé par ordre alphabétique, des cours et projets de l'Ecole Centrale, augmenté de tables usuelles et d'un abrégé de législation,* par J.-B. — Manuale da tasca formato in-16°, di pag. 314 con 250 pagine di figure e pagine bianche per note particolari. 2^a edizione. — Elegantemente rilegato L. 6. — V^o Ch. Dunod, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VI.

Questo Manuale è il lavoro paziente di un ingegnere che ha fatto lo spoglio delle lezioni così giustamente rinomate dei corsi della Scuola Centrale di Parigi, delle soluzioni le più moderne e le più pratiche dei problemi che gli ingegneri e gli industriali sono giornalmente chiamati a risolvere.

Presentato sotto forma di un dizionario, il che lo rende facile a consultarsi, quest'opera, grazie all'uso di caratteri piccoli ma assai chiari, ha potuto stamparsi in formato tascabile, in modo da potere avere con sé le notizie più usuali in esso contenute.

L'A. ha avuto cura di escludere dal suo libro le grandi teorie e le dissertazioni che ingombrano di solito i Manuali, ed è riuscito così a presentare le soluzioni dei diversi problemi sotto una forma più omogenea e condensata.

Per verificare un progetto presentato da un costruttore, l'industriale troverà quindi nel Manuale annunciato, senza perdere tempo in ricerche o in particolari superflui, le formole e le tabelle che gli permetteranno una revisione e correzione facile, se vi ha luogo. L'ingegnere dal canto suo avrà sotto mano gli elementi necessari allo studio di qualsiasi progetto di meccanica, costruzione, elettricità, idraulica, ecc., e non gli rimarrà che la cura di sviluppare i vari punti, a seconda del problema particolare che deve risolvere.

Grazie a questa forma riassuntiva, ai metodi concisi e ingegnosi dei professori della Scuola Centrale, insieme con una disposizione tipografica felicemente riuscita, è stato possibile di offrire agli ingegneri, in un piccolo volume, la materia di grossi Manuali, i quali sono al loro vero posto negli uffici.

Il *Formulaire dei Centrali* poi si raccomanda in modo speciale anche per il suo prezzo che è assai modesto per i servizi giornalieri che può rendere.

G. C.

III.

J. VAN OOSTERWYCK. — *Les nouveaux générateurs de vapeur à niveaux d'eau multiples et indépendants.* — Opuscolo in-4° di 32 pagine con 77 figure. — Prezzo L. 3. — (V^o Ch. Dunod, éditeur, 49, Quai des Grands-Augustins, Paris VI).

Il lavoro dell'ing. J. Van Oosterwick studia le leggi e i principii della vaporizzazione, la genesi delle bolle di vapore, la forma e il percorso delle medesime, i movimenti di una massa d'acqua in ebollizione, le cause di questi movimenti, e l'influenza della superficie libera di evaporazione.

L'A. esamina coscienziosamente i diversi tipi fondamentali di caldaie attuali: le caldaie a bollitori, le caldaie a focolare interno, a tubi Galloway, a tubi di fumo, le caldaie moltitubolari, tubi Field, le vaporizzazioni reali e apparenti, le asportazioni d'acqua, i generatori a livelli d'acqua multipli e indipendenti. Fa seguito l'applicazione razionale dei principii della vaporizzazione. L'A. esamina inoltre ciò che accade in questi generatori quando si alimentano, il modo di formazione del vapore, il tragitto percorso dal vapore per arrivare alla cupola; i vantaggi della soppressione dei giunti nei generatori di vapore.

L'opuscolo termina con uno studio del riscaldamento naturale e meccanico e con l'esame delle varie cause di esplosione delle caldaie con l'indicazione dei mezzi per prevenirle.

G. C.

Fig. 1. -- Prospetto del ponte a valle.

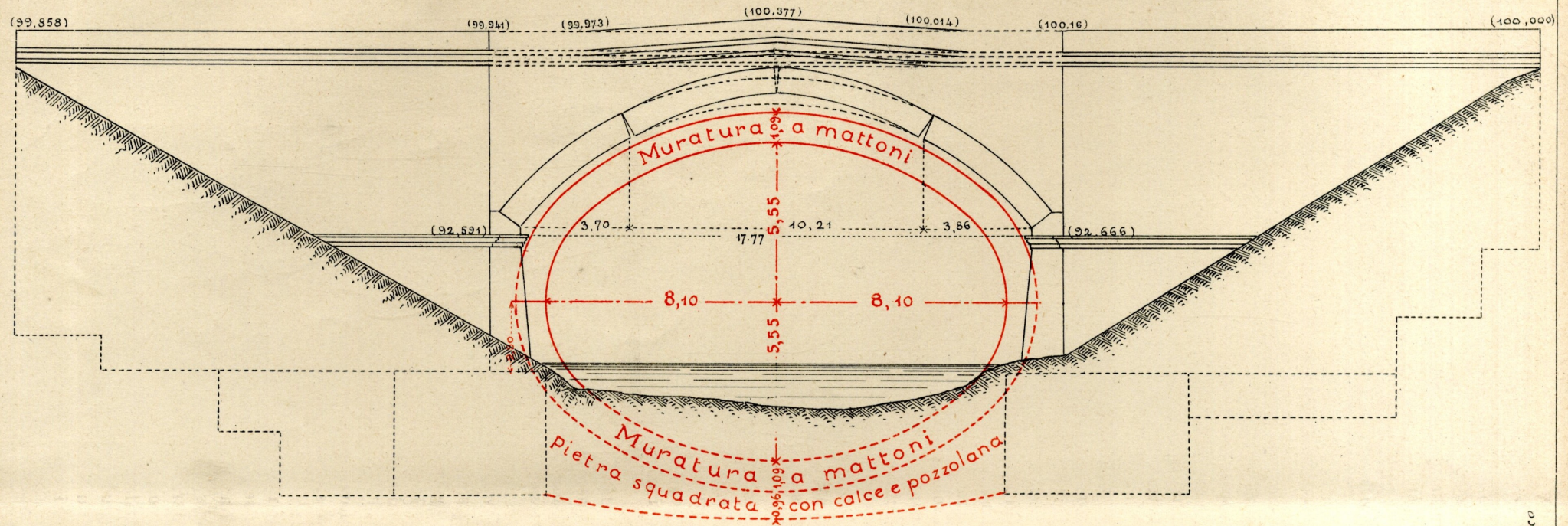
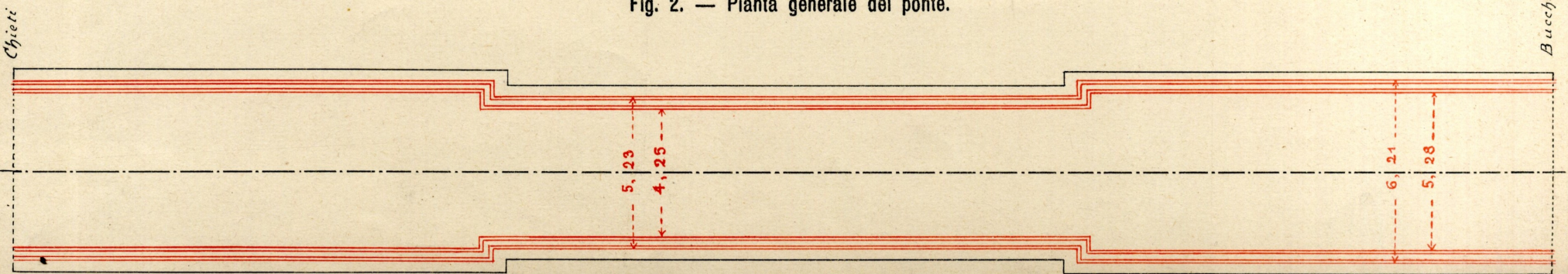


Fig. 2. -- Pianta generale del ponte.



Scala di 1:200.