

# L'INGEGNERIA CIVILE

E

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

### COSTRUZIONI IN MURATURA

IL PONTE DI CLAIK  
ad un solo arco della luce di 52 metri

NOTE SULLA SUA COSTRUZIONE  
dell'Ingegnere CENDRE (\*)

(Veggasi la tav. X)

*Il ponte primitivo.* — Ad otto chilometri al sud di Grenoble, la strada nazionale N. 75 che va da Châlon-sur-Saône a Sisteron, attraversa il torrente Drac.

Fino al 1874 il passaggio ebbe luogo su di un antico ponte, fatto di muratura, ad un sol arco, incominciatosi nel 1608 sotto il regno di Enrico IV ed ultimato e dato alla circolazione nel 1611 sotto Luigi XIII.

*Sue dimensioni principali.* — A rettificazione di alcuni dati esposti da Gauthey e da T. Fontenay, essendosi di nuovo misurato accuratamente l'apertura, e la monta, e lo spessore alla chiave dell'antico ponte di Claix, vogliono essere considerate come esatte le dimensioni seguenti:

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Apertura . . . . .             | metri 45.65 |
| Saetta . . . . .               | » 15.70     |
| Spessore alla chiave . . . . . | » 1.365     |

Quanto alla curva d'intrados, essa non è certamente un solo arco di circolo, siccome è stato indicato in alcuni quadri comparativi; havvi anzi a dubitare che quella curva possa essere suscettibile di definizione geometrica; e ad ogni modo si avvicina ad una curva a 5 centri, appiattita alle reni, ed i cui raggi di curvatura vanno diminuendo tanto verso l'imposta che verso la chiave; donde risulta che quell'arco, sebbene abbassato, abbia in alto la forma di una volta rialzata.

Analoghe irregolarità sono da notarsi nella proiezione orizzontale della curva d'incontro dell'armilla del vólto coi timpani.

*Apparecchio del vólto.* — Nell'antico ponte di Claix vi sono 161 conci di testa, tutti disuguali, della grossezza media di 0<sup>m</sup>,36, e stati apparecchiati a dentiera, ma molto irregolarmente e senza studio. La muratura dei timpani è di scapoli lavorati a grossa punta ed aggiustati alla buona. Alcuni saggi praticatisi nel 1861 dall'ingegnere Moise hanno dato a conoscere che lo spessore massimo del vólto è di 1<sup>m</sup>,70.

È perfettamente inutile diffondersi in maggiori particolari sull'antico ponte di Claix; molto invece ne preme di dare la descrizione del ponte nuovo, e di fermarci alquanto sui particolari e sulle circostanze di sua costruzione. Nè ci fermiamo a dimostrare l'utilità dell'opera, la quale ebbe per effetto di sopprimere alcune pendenze eccessive, che arrivavano perfino all'8,3 per cento, sostituendovi altre livellate inferiori al 3 per cento; ciò che si è ottenuto abbassando la sommità dell'arco di ben 10<sup>m</sup>,38.

*Il nuovo ponte e le sue dimensioni principali.* — (Tav. X, fig. 2). Il ponte presenta esteriormente la forma di un solo arco di circolo a spalle perdute, con 50 metri d'apertura, 7<sup>m</sup>,40 di monta e 46 metri di raggio.

*Dimensioni del vólto.* — (Tav. X, fig. 1). L'arcata ha 52 metri d'apertura reale, e si appoggia direttamente sulla roccia. Lo spessore alla chiave è di 1<sup>m</sup>,50 ed all'imposta è di 3<sup>m</sup>,40. La curva di estrados è un arco di circolo di 58<sup>m</sup>,30 di raggio; il vólto è lungo fra le teste 8<sup>m</sup>,20.

*Armille.* — (Tav. X, fig. 2). Le armille, ossia le fronti visibili del vólto, sono di pietra da taglio, con paramento a bugne. La grossezza dell'armilla è di 1<sup>m</sup>,20 alla chiave, e di 2<sup>m</sup>,60 all'imposta; e la curva dell'estrados è un arco di cerchio di 55<sup>m</sup>,40 di raggio. I timpani furono apparecchiati senza preoccuparsi della relativa posizione dei giunti (*opus incertum*). Un plinto di pietra da taglio ed un parapetto pieno a baule serve di coronamento all'edificio. I quarti di cono, rivestiti in parte di pietra ed in parte di verzure, rilegano il ponte al rilevato della strada.

*Timpani e vólto di scarico.* — (Tav. X, fig. 5 e 6). I timpani sono grossi 1 metro, e riuniti trasversalmente al ponte da una serie di tre archetti o volte a botte, aventi 1<sup>m</sup>,50 di corda, sorrette da piedritti di sezione quadrata, aventi m. 0,80 di lato all'imposta e fino a 2,75 di sotto alla medesima, dove incontrasi la risega della base; anche questa è di sezione quadrata, e di 1 metro di lato.

*Armature.* — (Tav. X, fig. 9 e 10). Il vólto fu fatto per mezzo di un'armatura fissa composta di sei centine distanti fra loro di 1<sup>m</sup>,50 da asse ad asse, e tutte direttamente sostenute da apposite stilate infisse nell'alveo del fiume. Le figure 9 e 10 indicano abbastanza le disposizioni generali delle centine e dei sostegni, dei quali un solo, il secondo di riva destra, merita che ci fermiamo alquanto sui particolari di sua costruzione.

*Modo di esecuzione delle operazioni principali.* — *Cassone senza fondo.* — Per l'appoggio N. 2, l'impiego di un cassone senza fondo era indicato dal lieve spessore del banco di ghiaia sulla sponda destra del torrente. La cassa adoperata è indicata dalla Tav. X, fig. 9, e presenta questa particolarità che le palanche non sono fissate ai ritegni orizzontali ed obliqui, ma possono liberamente scorrere fra le filagne e controfilagne, per modo da assecondare le irregolarità del fondo dell'alveo.

Si cominciò dall'adoperare la draga per mettere a nudo la roccia sulla quale doveva posare il cassone. Tale operazione ebbe principio il 18 agosto 1873, e dopo alcuni tentativi prese il suo andamento regolare. Erasi tosto alla fine del lavoro, quando una piena del Drac riempì di bel nuovo e completamente lo scavo.

Dovendosi ricominciare da capo, si sono disposte le due draghe l'una a fianco dell'altra, e si scavarono simultaneamente i due solchi destinati a ricevere i pali del cassone. Nello stesso tempo si incominciò (il 6 settembre) a costruire una specie di diga di blocchi, a monte del cassone, rilegata alla roccia della sponda destra, nell'intento di attenuare alquanto gli effetti della corrente; la quale opera non fu terminata che al 23 settembre. Intanto le draghe avevano ricominciato a lavorare il più attivamente possibile, ed il lavoro era regolarmente incamminato; ma una nuova piena

(\*) *Annales des ponts et chaussées*, janvier 1879.

venuta nella notte dal 6 al 7 settembre portò via le dighe e gli steccati, e rispiantò ogni cosa.

Stante l'urgenza dei lavori, essendochè l'epoca delle magre per il Drac è nell'inverno, e volevasi che la volta fosse costruita e disarmata tra le piene d'autunno e quelle di primavera, gli ingegneri si appigliarono al partito di calare il cassone addirittura sul banco di sabbia, e di circondarlo di una copiosa gettata di massi.

Cotesta soluzione era tanto più indicata, inquantochè gli scavi fatti avevano messo in evidenza che la roccia presentava alla superficie alcuni risalti, perfino di 3 metri. Sarebbe stato dunque ben difficile in tali circostanze dare al cassone uno stabile assetto.

Come conseguenza di tale variante fu sostituito al calcestruzzo di calce idraulica, previsto nella perizia, il calcestruzzo di cemento artificiale Vicat per i tre quarti dell'altezza, ed un calcestruzzo misto, fatto con cemento d'Uriage e calce idraulica, per la restante parte superiore. Il cemento artificiale Vicat, essendo a presa lenta, permetteva di colare il calcestruzzo con facilità, e di riempire bene con esso tutti i vani del fondo, e nello stesso tempo si era sicuri di avere un massiccio di durezza e resistenza eccezionali. Invece il calcestruzzo fatto col cemento d'Uriage, che è a rapida presa, offerse una base d'appoggio molto resistente ai ritti delle centine.

La intelaiatura del cassone, senza le palanche, fu discesa e messa a posto nella giornata del 25 settembre.

Subito dopo si sono fatte discendere le palanche fra le filagne e controfilagne, e successivamente, essendo le medesime tagliate inferiormente a punta, furono fatte penetrare a colpi di massa per 15 centimetri circa nella ghiaia. Si strinsero allora il più fortemente possibile tutte le chiavarde della intelaiatura, ed il cassone fu solidamente amarrato alla roccia, perchè potesse resistere almeno all'azione di una mezza piena.

**Impiego del calcestruzzo.** — Nel fondo del cassone, gli angoli furono guerniti di sacchetti pieni di calcestruzzo, nel quale per altro erasi messo un eccesso d'acqua per aumentare la pieghevolezza e permettere ai sacchi di appoggiarsi esattamente contro il suolo e la parete del cassone, onde occupare così nel miglior modo possibile ogni interstizio.

La colata del calcestruzzo di riempimento ebbe luogo per mezzo di una cassa a fondo mobile, che si apre girando intorno ad un asse orizzontale, e sostenuta da apposita capra scorrevole sui regoli.

Ecco la composizione delle due qualità di calcestruzzo impiegate:

#### 1° Calcestruzzo con malta di cemento Vicat.

|               |              |                                             |
|---------------|--------------|---------------------------------------------|
| Cemento . . . | 300 chilogr. | } Il miscuglio esigea<br>360 litri d'acqua. |
| Sabbia . . .  | 250 litri    |                                             |
| Ghiaia . . .  | 800 »        |                                             |

#### 2° Calcestruzzo col cemento d'Uriage.

|                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| Cemento . . .                      | 400 chilogr. |
| Calce idraulica di Sassenage . . . | 100 litri    |
| Sabbia . . .                       | 200 »        |
| Ghiaia . . .                       | 700 »        |

La calce idraulica di Sassenage sarebbe stata adoperata nell'intento di ritardare la presa del cemento. Il cemento di Uriage fa presa in 20 minuti, ed il suo impiego esclusivo avrebbe presentato qualche difficoltà. Non pare tuttavia che in fatto di calce e cementi debbansi raccomandare codesto od altri simili miscugli.

Le calce ed i cementi sono materie eterogenee, che messe insieme danno difficilmente buoni risultati; spesso si screpolano, e talvolta diventano deliquescenti dopo un primo indizio di presa. Ciò deriva dachè i piccoli frammenti di calce non bene spenta continuano a stemperarsi in mezzo al cemento, e distruggono, crescendo di volume, la coesione delle parti che già hanno fatto presa. Si attenua assai codesto inconveniente impiegando soltanto calce di prima qualità, stata burattata dopo l'estinzione. L'aver impiegato calce

polverizzata di Sassenage, siccome alcuni imprenditori a torto preferiscono, è stato causa che nella massa di calcestruzzo di cui parliamo siansi prodotte screpolature bene distinte. Fortunatamente non era cosa di molta gravità per un ammasso tenuto chiuso in un forte cassone di legno; ma bisogna prendersi guardia dall'adoperare simili malte promiscue nella costruzione di una volta, o nelle arricciature dei muri, od ancora per pavimenti.

**Gettate.** — Tutto intorno al cassone si fece una gettata di massi nella quantità totale di 86 metri cubi, ossia di 3 metri cubi circa per ogni metro corrente.

**Stilate nell'alveo.** — (Tav. X, fig. 9 e 10). La infissione dei pali cominciò il 27 ottobre per la stilata della sponda sinistra e terminò il 25 novembre. Le dimensioni dei pali, erano le seguenti:

|                                      |       |      |
|--------------------------------------|-------|------|
| Circonferenza media . . .            | metri | 1.10 |
| Profondità dell'infissione massima » |       | 4.50 |
| » » minima »                         |       | 1.40 |

Si cessava di battere quando una volata di 40 colpi di maglio, del peso di 550 chilogr., non riusciva che a produrre un affondamento inferiore ad un centimetro. Tostochè i pali erano battuti e segati, vi si inchiodavano le traverse, a mo' di filagna e controfilagna, su cui posavasi trasversalmente un altro pezzo a mo' di architrave. Per l'apparecchio di disarmo si disposero due longarine a 50 cent. d'altezza l'una sull'altra, fra cui alcuni cilindri di legno del diametro di 0<sup>m</sup>,35 e dell'altezza di 0<sup>m</sup>,50 (fig. 12 e 13), disposti in modo da lasciare fra l'uno e l'altro lo spazio necessario per i cilindri di sabbia. Inoltre la base di codesti cilindri di legno posava su di una tavola di quercia della spessorezza di 5 cent. per rendere più difficili le penetrazioni del legno. Durante la costruzione del volto, le armature furono sostenute dagli anzidetti cilindri di legno.

La messa in opera delle armature, fu di molto facilitata da un binario di servizio (veggasi il piano generale, fig. 14), il quale partiva dal cantiere dei falegnami, e veniva a passare sulla testa a valle delle stilate, tra i due ultimi pali. Un altro binario, anch'esso indicato sul piano, servì al trasporto dei blocchi per le gettate intorno alle pile di sostegno delle armature. È codesta una precauzione di molta importanza; perchè in caso di una piena e di vortici intorno alle stilate le gettate di blocchi si abbassano a colmare il vuoto e preservano i pali dall'essere scalzati.

Nello stesso mentre che provvedevasi alla ferrovia, fu pure stabilita per tutta la larghezza del ponte, al dissopra del livello dei blocchi, una impalcatura provvisoria sulla quale si mettevano insieme le centine, e se ne inchiodavano le parti prima di elevare la centina.

L'erezione di ogni centina, constava delle operazioni seguenti:

1° Innalzamento della parte di mezzo preventivamente composta sulla impalcatura;

2° Innalzamento delle parti laterali, ribaltate verticalmente in posizione vicina a quella definitiva, e poi fatte strisciare fino a prendere quest'ultima posizione. Tale manovra era motivata dalla presenza delle traverse orizzontali inferiori, che nella posizione normale avrebbero urtato nei ritti verticali.

3° Messa in opera, al posto e pezzo a pezzo, delle estremità della centina.

Non occorre dire che l'asse del ponte era stato preventivamente segnato su di ogni stilata, e così pure l'asse di ogni fila dei cilindri di legno necessari per far luogo al disarmo. Così pure i livelli erano accuratamente verificati.

Messe a posto le centine, si disponevano immediatamente le travi di collegamento orizzontali, e le croci di Sant'Andrea in piano verticale, per assicurare la solidarietà delle centine fra loro.

La posa del manto fu fatta colle più grandi cure, servendosi del livello a bolla d'aria e di regoli perfettamente agiustati.

Durante la costruzione, le travi di cappello, le quali posano direttamente sulle teste dei pali, subirono una inflessione che mise da principio in grave pensiero i costruttori. E fu per vero un lato debole del sistema quello di avere affidato la stabilità di tutta l'armatura a sei pezzi di legno larice della quadratura di 0<sup>m</sup>,30. Vi si rimediò subito ponendo a destra e sinistra del pezzo cedente un altro pezzo, ed altri disponendone sotto ai cilindri di legno, solamente appoggiati alle filagne e controfilagne. Avrebbe probabilmente bastato ad impedire ogni sensibile cedimento che si fosse dato alle travi di cappello la quadratura di 0<sup>m</sup>,40, e che si fossero fatte di legno quercia.

La erezione propriamente detta dell'armatura, incominciata l'8 dicembre, terminò l'11 gennaio.

**Costruzione del vólto** (fig. 9). — Le dimensioni eccezionali dell'arco, e l'impiego di materiali minuti facevano della costruzione del vólto la parte più importante e più difficile di tutta l'opera.

Il vólto fu costituito da due anelli sovrapposti, ed il primo fu chiuso contemporaneamente all'imposta, alle reni, ed alla chiave.

Codesto modo di procedere per anelli nella costruzione dei vólto, raccomandato dall'ispettore Dupuy, a pagina 283 del suo *Traité de l'équilibre des voûtes*, era stato già con buon successo adoperato nella costruzione di un ponte sull'Isère, a Grenoble. Esso ha per effetto di ridurre la carica ed il cedimento dell'armatura, ed offre maggiore facilità per la ripresa delle murature.

Quanto poi alla simultanea chiusura della vólta alla chiave ed all'imposta, essa aveva il vantaggio di sottrarre il giunto d'imposta, che nel caso del ponte di Claix, coincide col giunto di rottura, alla influenza del cedimento dell'armatura. Senza di ciò sarebbonsi molto probabilmente manifestate alle imposte, fessure piccolissime sì, ma che avrebbero persistito a rimanere aperte (\*).

Simile procedimento era stato messo in pratica per la ricostruzione del ponte di Tilsitt sul Rodano; ma là si trattava di un arco di pietra da taglio, epperò in condizioni relativamente facili. Invece al ponte di Claix non mancavano le difficoltà; i muratori stessi eseguivano non senza ripugnanza gli ordini che in proposito erano loro dati dagli ingegneri; fu d'uopo di una insistenza tutta speciale per vincere la loro resistenza, e quella dell'impresa.

Ecco d'altronde il modo preciso col quale il lavoro è stato eseguito.

Si incominciò dal preparare i piani d'imposta dell'arco; epperò la roccia schistosa, di mediocre resistenza, sulla quale doveva farsi appoggiare il vólto, fu tagliata a gradinate parallelamente ai giunti dell'imposta. Lo spazio compreso fra codesti ritagli ed il piano d'imposta, fu riempito con muratura di cemento, fatta con scapoli di pietra, scelti, e disposti secondo il loro letto di cava, e parallelamente ai piani d'imposta, per modo che potessero opporre la più grande resistenza alla spinta della vólta (\*\*). Così preparati i piani d'imposta, si diede opera a costruire il vólto.

Il 14 gennaio si cominciò dal caricare l'armatura; ed una

livellazione accurata dimostrò che l'armatura non si era abbassata che di un millimetro, ossia di quantità insignificante.

Dalle figure 9 e 10 appare come si andavano disponendo i materiali. Un ponte di servizio, che si appoggiava sull'armatura stessa e sulla roccia alle estremità, riuniva le due sponde ed un carretto scorreva su apposito binario portando due verricelli mossi a mano, i quali inoltre potevano essere spostati in senso trasversale al binario del ponte di servizio. Le figure citate danno pure un'idea del modo col quale era disceso il materiale di pietra per la struttura del vólto, ed i concii per le armille frontali.

La quantità di scapoli che poté essere disposta in precedenza sull'armatura senza dare incaglio al lavoro, corrispondeva ad un'altezza media di muratura da 30 a 40 centimetri.

Il primo anello della vólta aveva un metro di grossezza all'imposta, e 0<sup>m</sup>,50 alla chiave e s'è costruito in quattro pezzi. I due pezzi superiori furono fatti partire a metri 16,63 dalla chiave, ossia ad 11 metri dall'imposta.

All'imposta e per la lunghezza corrispondente ai due primi concii dell'arco di testa, ossia per 80 cent. circa, si applicò contro il piano d'imposta una muratura di grosse pietre a secco, fatta con molta cura; ed è su questa muratura provvisoria che si prese appoggio per costruire dall'una parte e dall'altra i due primi pezzi (1° e 4°) del primo anello. I pezzi 2 e 3 furono appoggiati contro tavoloni disposti normalmente alla superficie del vólto, e trattenuti da tasselli di legno.

La posa della prima fila dei grandi cunei dei piani di testa precedeva naturalmente l'esecuzione della muratura di scapoli, che avevasi cura di bene incastrare nei ritagli della pietra lavorata. All'imposta, i tre primi cunei furono solamente posati in modo posticcio con semplici steppe fra l'uno e l'altro, ed i giunti non furono saldati che quando si trattò della chiusura dei vani di tutto il primo anello.

La posizione rispettiva dei cunei, era stata d'altronde segnata sul manto dell'armatura nel modo seguente:

Era stato teso orizzontalmente un filo di ferro sulle travi degli appoggi 2 e 5, a 4<sup>m</sup>,10 a valle dell'asse del ponte. Per mezzo di un filo a piombo si segnava la orizzontale, parallela al filo teso, sul manto dell'armatura, e segnava rigorosamente la traccia del piano di fronte a valle, e partendo dal mezzo si segnavano le dimensioni esatte dei concii e delle giunture. Simile operazione si ripeteva sulla traccia del piano di fronte a monte, e poi si verificava ancora se le linee di unione delle divisioni sulle due fronti riescivano esattamente normali all'asse.

Al 20 gennaio codeste operazioni di tracciamento essendo ultimato, si diede principio alle murature.

Già si è accennato più sopra, in modo sommario, all'andamento del lavoro.

La muratura a secco contro il piano d'imposta fu eseguita con tutte le precauzioni più minute ed in modo da presentare un profilo a gradini alla muratura in calce che doveva seguirla, così da facilitare la ripresa del lavoro in sottomurazione, quando tolta la muratura a secco si fosse dovuto eseguire la chiusura dell'anello. Non occorre aggiungere che tutti gli scapoli erano accuratamente scelti, spazzolati e lavati; e che il perfetto collegamento dei materiali, eseguivasi sotto incessante e rigorosa sorveglianza.

Per la posa dei cunei delle fronti, andavasi scrupolosamente accertando la coincidenza rigorosa della superficie del manto colla forma dell'intrados, e la perpendicolarità del giunto alla superficie dei timpani. Sarebbe stato di grande comodità l'avere un palco di servizio sul davanti delle cantine, che avrebbe facilitato la posa dei cunei, e diminuito le casualità di accidenti, e che sarebbesi molto semplicemente ottenuto lasciando sporgere qualche travetto del manto oltre i piani di testa.

Era importante di evitare le sbavature di cemento sulla pietra da taglio, poichè per la grande durezza delle malte di cemento Vicat si avrebbe incontrato molte difficoltà a levarle, e sarebbesi finito per guastare qua e colà le pietre stesse. L'impresa dei lavori ebbe l'idea di riempire di gesso,

(\*) Il signor Morandièr, nel suo *Corso sui Ponti*, così dice: « Quando si costruisce la muratura dei vólto con malta di cemento, si diminuisce l'ampiezza delle compressioni, ma bisogna allora prendere molte precauzioni per evitare che si manifestino fessure, le quali, una volta prodottesi, rimarrebbero permanentemente. Egli è perciò che nei casi ordinari, molti ingegneri preferiscono costruire i vólto con buone malte di calce idrauliche bene resistenti ».

Or bene è probabile che oggidì sianvi ben pochi ingegneri i quali preferiscano le malte di calce idraulica alle buone malte di cemento. Ad ogni modo l'esperienza ha dimostrato che si possono benissimo costruire, adoperando il cemento, grandi archi, i quali si disarmano senza che presentino fessure, e quasi senza cedimento; ciò che non potrebbesi per certo ottenere colle malte di calce idrauliche.

(\*\*) La fluidità tutta particolare della malta fatta col cemento Vicat, rende assai difficile l'esecuzione di murature a giunti inclinati, ed esige particolari riguardi, e sorveglianza continua.

per la profondità di due centimetri circa, i giunti dei cunei tanto all'intrados che lungo il piano di testa, in modo da far rimanere il cemento in uno spazio limitato, ed impedirgli di colare alla superficie. Il gesso fu raschiato via dopo il disarmo, e sostituito da malta di cemento fattavi penetrare e lisciata con apposito ferro. Questa disposizione ha semplificato molto il lavoro, e diede ottimi risultati. Essa vuole essere raccomandata con tutta sicurezza.

Dietro ordine dell'Ingegnere-Capo furono rilegate fra loro le armille frontali per mezzo di sette chiavi o tiranti di ferro di cent. 53  $\times$  cent. 15 imbiattate sul mezzo, ed incastrate nei cunei superiori di più lunga coda; oltre il giunto di chiave, servirono a tale effetto il cuneo N. 52, il N. 34, ed il N. 18 da tutte due le parti, a destra e sinistra della chiave. Il ferro non fu fatto entrare nella pietra che di 20 centimetri e per l'unione la estremità della chiave portava una testa stata fucinata a coda di rondine. La quale testa a coda di rondine ha lo spessore uguale di 40 millimetri, e le larghezze, minima e massima, di 55 e di 90 millimetri, rispettivamente. L'incastro nelle pietre andava pure allargandosi nell'interno, e l'orifizio di forma rettangolare non permetteva l'introduzione del ferro che in un senso, e ne tratteneva l'uscita nella sua posizione definitiva. La fissazione aveva luogo per mezzo di schegge di pietra e di malta fina.

Per eseguire la muratura di scapoli, avevasi pure cura di cambiare molto frequentemente, ed almeno tutti i giorni, di posto le squadre dei muratori, affinché non si accumulassero in una parte sola i difetti che avessero potuto essere particolari a qualche operaio.

L'armilla in pietra da taglio fu chiusa il 31 gennaio.

Il primo anello del vòlto fu chiuso tre giorni dopo. La ripresa del lavoro in sottomurazione per la chiusura del vòlto, eseguita dapprincipio con qualche timore, riuscì perfettamente. A quell'epoca il cedimento totale dell'armatura era di 4 millimetri. E non è più aumentato in seguito.

Il secondo anello fu costruito nel modo ordinario, legandolo al primo, la cui superficie erasi lasciata tutta a denti per tale collegamento. La superficie preesistente fu molto accuratamente raschiata e lavata, e gli attacchi sorvegliati con grande attenzione. Il lavoro seguì senza incidenti notevoli fino al 27 febbraio, nel qual giorno fu chiusa la volta.

Come si vede, la costruzione del vòlto fu fatta nell'epoca la più fredda dell'anno, ciò essendo motivato, come già s'è detto, dal regime del torrente Drac. Fortunatamente l'inverno del 1873 al 1874 fu dolcissimo, e veramente eccezionale. Il lavoro non fu interrotto che parzialmente nei giorni 11, 18, 19 e 20 febbraio. Le gelate furono pochissime e di così corta durata che le ordinarie precauzioni bastarono ad impedire la menoma disaggregazione delle malte. Queste d'altronde erano di tale natura che potevasi con esse lavorare alla sola condizione che si avesse una temperatura un poco superiore a zero. Alcuna volta le murature così fatte, si coprivano durante la notte d'una leggiera pellicola, che avevasi cura di togliere con una scopa, e sotto la quale si trovava una malta perfettamente sana.

Questa circostanza pare motivata dal fatto che la malta fatta con cemento Vicat, ed impiegata colle precauzioni volute, non conserva che l'acqua necessaria alla propria costituzione, e secondo l'espressione adoperata dai muratori, trasuda la parte eccedente. Così si riconosce che una muratura è piena a dovere, quando gli scapoli sotto i colpi del martello fanno rifluire l'acqua alla superficie dei giunti.

Il numero totale delle giornate impiegate nella costruzione del vòlto è stato di 440; il volume totale della muratura, di 827<sup>mc</sup>,210 ciò che dà per ogni muratore al giorno 1<sup>mc</sup>9, all'incirca, ossia a cifre tonde, 2 metri cubi.

**Composizione della malta.** — La malta era fatta, conformemente alle prescrizioni con 1000 litri di sabbia del torrente Drac per ogni 1000 chilogrammi di cemento artificiale Vicat. Questo miscuglio assorbiva 363 litri d'acqua, e si riduceva ad un volume di 1<sup>mc</sup>,360. Il peso specifico della malta era di circa 2 chilogrammi per decimetro cubo. Diamo in seguito della resistenza delle malte.

**Timpani e vòlti di scarico.** — La malta impiegata per i timpani e le voltine di scarico, era composta di 1 chilogr. di cemento, ogni 2 litri di sabbia del Drac, o meglio di circa 150 chilogr. di cemento ogni 250 litri di sabbia (\*).

Le pareti verticali dei timpani furono rilegate da sei tiranti (fig. 3 e 5) simili a quelli descritti più sopra e fissati nelle murature per mezzo di sbarre di ferro trasversali. La messa in opera di alcuni di codesti tiranti, avvenuta un po' dopo l'esecuzione della muratura, permise di giudicare dell'eccessiva durezza delle malte. Si toglievano parecchi scapoli, e il più delle volte la rottura non aveva luogo secondo un giunto.

La muratura di paramento per i timpani è stata eseguita con estrema cura. Ogni scapolo aveva la sua faccia vista preparata, e le rette di giunto tutte a spigoli vivi. L'effetto ottenuto è bello. Ma simile lavoro costituisce una vera muratura d'apparecchio, epperò non ha costato meno di 10 franchi al metro quadrato.

La costruzione dei pilastri e delle voltine a botte fu eseguita senza difficoltà; per quest'ultime si fece uso di piccole armature centinate che si portavano dall'una all'altra. Si disarmava dopo quarantotto ore, e non ebbero mai a verificarsi movimenti o screpolature di sorta.

**Cappa** (fig. 1, 5 e 6). — Tali vòlte sono state estradosate parallelamente, ed il riempimento dei fianchi è stato fatto con calcestruzzo magro, sul quale si è colata poi la cappa di cemento.

**Quarti di cono** (fig. 2 e 4). — I quarti di cono sono divisi per l'altezza da una banchina la quale separa il rivestimento in pietra, dalla parte in verde. Ebbersi cura di contornare il ciglio esterno della banchina con scapoli più grossi, un po' ritoccati.

**Disarmo dell'arcata.** — L'arcata del ponte di Claix, terminata il 27 febbraio 1874, fu disarmata il 10 aprile, ossia 42 giorni dopo.

I cilindri di sabbia (fig. 11, 12 e 13) in numero di 36 (6 per ogni stilata) erano stati sostituiti nella sera precedente a quelli provvisori di legno, ed erano riempiti di sabbia molto secca e passata al setaccio. Durante la sostituzione dei cilindri di sabbia, nessun movimento si è verificato nell'armatura (\*\*).

Verano tre uomini per ogni stilata, ognun d'essi avendo a manovrare tre cilindri; sei mire verticali erano state disposte e fortemente attaccate alle armille del vòlto, tre a valle, tre a monte, e disposte una in chiave, e le altre due simmetricamente alle reni. Un livello a bolla d'aria molto stabile ed in stazione fissa permetteva di leggere tutte sei codeste mire, oltre ad una settimana, che fu posta su suolo assolutamente fisso, per servire da capo saldo.

Cinque osservazioni si sono fatte col livello, cioè: la prima avanti di incominciare il disarmo; tre dopo uguali intervalli dal principio alla fine dell'operazione; e l'ultima un'ora dopo compiuto il disarmo. La quota del capo saldo è sempre rimasta invariabile, e le quote lette sulle altre sei mire non hanno dato differenze apprezzabili tranne che per due, per le quali le differenze non furono che da 1 a 2 millimetri.

Nissuna fessura ebbe a manifestarsi sia all'imposta, sia nel corpo della volta; l'operazione del disarmo durò in tutto 20 minuti. Si può dunque a tutto rigore concludere che il ponte restò immobile durante il disarmo; ed è questo un

(\*) 150 Chilogrammi di cemento, e 250 litri di sabbia assorbono 102 litri d'acqua e davano 285 litri di malta, del peso di 550 chilogrammi. Il peso del metro cubo era dunque (teoricamente) di 1930 chilogrammi. Codesta cifra si accorda abbastanza col peso specifico reale delle mattonelle di saggio.

(\*\*) Parecchi cilindri di legno hanno potuto essere tolti con un colpo di massa. Gli altri si sono dovuti tagliare al piede. Durante il serrare dei cunei sopra i cilindri di sabbia, le parti dell'armatura non hanno ricevuto scosse sensibili. La maggior parte dei cilindri di legno s'erano internati nei travi orizzontali, ma di quantità che non passava qualche decimo di millimetro.

fatto veramente eccezionale (\*) il quale dev'essere senza dubbio attribuito per una parte alla immobilità assoluta dei piani d'imposta, e per altra parte alla eccellenza delle malte impiegate, alla accuratezza della costruzione, alla sorveglianza rigorosa esercitata dagli impiegati dell'amministrazione, al modo col quale la volta è stata eseguita, e soprattutto alla precauzione avuta di sottrarre affatto il giunto d'imposta dagli effetti dei cedimenti dell'armatura.

Codesto risultato meravigliò il Consiglio generale di Ponti e Strade e l'Amministrazione Superiore, ed il Ministro dei Lavori Pubblici con dispaccio del 30 maggio 1874 invitava gli ingegneri a presentare una nota particolareggiata sui fatti principali della costruzione del ponte di Claix, per essere inserita negli *Annali di Ponti e Strade*. Ed è in conformità di tale decisione che fu redatta la presente notizia.

**Disfacimento delle stilate, estrazione dei pali.** — Si incominciò il 19 aprile a scomporre l'armatura, e per procedere all'estrazione dei pali si attese che le piene della primavera venissero in aiuto rimuovendo i ciottoli e le gettate, e scemando la stabilità delle stilate.

E già si stava per procedere all'operazione, quando, il 27 giugno, una forte piena che raggiunse l'altezza di 2<sup>m</sup>,65 della scala del ponte di Claix, spazzò via letteralmente ed i pali e le gettate, provando così ad evidenza che avevasi saggiamente pensato a costruire la volta durante le magre, anche a rischio di accrescere le difficoltà di esecuzione delle murature (\*\*). Il massiccio di calcestruzzo è stato semplicemente dislocato, e si è dovuto ottenerne la distruzione colle mine.

**Pressioni sostenute dalle murature.** — La spinta alla chiave indicata dall'autore del progetto era di 21 chilogr. per centimetro quadrato. La spinta media calcolata dietro i dati pratici di questo caso, e secondo le regole indicate dal Dupuit, supera i 19 chilogr. per centimetro quadrato, e la pressione massima raggiunge all'estrados la già nominata cifra di 21 chilogr. (\*\*\*).

La pressione totale che si esercita obliquamente sul giunto d'imposta supera i 3,100,000 chilogrammi.

Se ammettesi con Dupuit che la risultante delle pressioni passi sul giunto d'imposta molto vicino all'intrados la pressione totale dev'essere ripartita su poca superficie, e quindi devesi avere una pressione massima eccessiva. La cattiva qualità della roccia schistosa avrebbe potuto far temere che non potesse resistere ad un simile sforzo, e molto probabilmente un piccolo cubo di saggio della stessa pietra sotto quella pressione sarebbe schiacciato. Ma la roccia che fa da spalla non si può rompere senza vincere la resistenza delle parti laterali, e ciò deve aver bastato ad assicurare la stabilità assoluta della volta. È come si trattasse di fondare su sabbia incompressibile trattenuta fra pareti invariabili.

**Movimenti del ponte posteriormente al disarmo.** — Abbenchè l'arcata del ponte di Claix sia rimasta immobile all'atto del disarmo, nondimeno le murature del ponte hanno fatto diversi movimenti in causa delle variazioni di tempe-

ratura. Il 12 febbraio 1876 la quota del punto più elevato del plinto alla chiave era di 0<sup>m</sup>,217 a monte e di 0<sup>m</sup>,212 a valle, per rispetto ad un certo capo saldo e corrispondente ad una temperatura di 7 gradi sotto zero. Allì 10 agosto dello stesso anno, quando avevasi una temperatura superiore a 45 gradi, la quota risultava eguale a 0<sup>m</sup>,210 a monte e 0<sup>m</sup>,205 a valle. Vi è stata dunque una variazione totale di 7 millimetri per una differenza di temperatura di 52 gradi. Dopo il disarmo nessun pelo ebbe a manifestarsi nell'arcata, nessun giunto si aperse. Ma lo stesso non deve dirsi per il plinto ed il baule di coronamento e per i timpani. Le pietre da taglio del corso orizzontale sopra i timpani, e quelle dei parapetti si sono aperte in nove giunti così disposti:

*Per i parapetti.*

|               |       |                                            |
|---------------|-------|--------------------------------------------|
| A monte, a m. | 9,60  | dall'estremità dei bauli (sponda sinistra) |
| » »           | 10,00 | ed a 6 <sup>m</sup> ,50 » ( » destra)      |
| A valle »     | 13,20 | » ( » sinistra)                            |
| » »           | 7,80  | » ( » destra)                              |

*Nei plinti.*

|               |       |                                            |
|---------------|-------|--------------------------------------------|
| A monte, a m. | 10    | dall'estremità dei bauli (sponda sinistra) |
| » »           | 9,15  | » ( » destra)                              |
| A valle »     | 13,23 | » ( » sinistra)                            |
| » »           | 7,30  | » ( » destra)                              |

Le fessure si riaprono in ogni inverno, e si chiudono di per se stesse in estate; nessuna di esse corrisponde ad alcun movimento di rotazione della volta intorno ai suoi pulvinari.

I timpani stessi si sono leggermente fessurati. Sulla fronte a monte le fessure si sono prodotte in certi punti deboli rettamente indicati dalla presenza delle porte praticate nei timpani per dar accesso alle voltine di scarico. Sulla fronte a valle la disposizione delle figure corrisponde pure, senza alcun dubbio, a punti deboli, ma questi ultimi non hanno più una causa determinatrice così facile ad essere trovata, come per la facciata a monte.

**Resistenza delle malte.** — Per tutta la durata della costruzione si prepararono colle malte stesse del cantiere, e senza speciali precauzioni, mattonelle di saggio per determinarne la resistenza tanto alla compressione che allo stiramento. Queste mattonelle fecero presa le une all'aria libera, le altre sotto sabbia leggermente inumidita; e tutte poi si sono essiccate in condizioni relativamente sfavorevoli. La resistenza assoluta per centimetro quadrato, come è stata determinata dalle prove, non c'è dubbio essere inferiore alla resistenza effettiva delle malte le quali entrarono a far parte della muratura del volto (\*). E ad ogni modo la resistenza media per centimetro quadrato della malta impiegata per il volto è risultata dopo un mese dall'impiego ed a numeri tondi di 79 chilogrammi allo schiacciamento, e di 15 chilogrammi allo stiramento. Altre prove successive si sono fatte, e col tempo si finì per arrivare ad un massimo di resistenza eguale a 260 chilogrammi allo schiacciamento, e 35 chilogrammi allo stiramento.

Indipendentemente da codeste prove, due altre se ne fe-

(\*) Consultando il quadro dato dal signor Morandière nel suo *Corso sui Ponti* (parte 2<sup>a</sup>, cedimento delle volte), si riconosce che il ponte di Claix dovrebbe prendervi il primo posto.

(\*\*) Secondo il signor Gentil, il torrente Drac nelle sue maggiori piene ha la portata di 1800 metri cubi circa per secondo. La sezione totale della luce del ponte di Claix sotto il livello delle massime piene è di 270 metri quadrati circa. La velocità media attraverso il ponte sarebbe dunque di 6<sup>m</sup>,60 per secondo. Un testimonio oculare afferma che durante la straordinaria piena del 1843 l'impeto della corrente attraverso il ponte antico era tale che la vena fluida conservava lungo la sponda destra, che è la sponda convessa, la forma della volta e del piedritto; ed egli sostiene d'aver potuto toccare la linea d'imposta, avendo di prospetto una vera parete verticale liquida.

(\*\*\*) Si suppose il sovraccarico uniformemente ripartito su tutta la larghezza della volta. Se si considerassero separatamente le corone di testa in pietra da taglio, si arriverebbe ad una spinta alla chiave superiore di molto a quella trovata.

(\*) Si può far qui una osservazione analoga a quella fatta più sopra riguardo alla resistenza delle spalle. In un massiccio di muratura la coesione delle malte è mantenuta per la difficoltà degli spostamenti laterali, essendochè in realtà, secondo ha fatto molto giuditiosamente osservare il Dupuit, non vi può essere schiacciamento per riavvicinamento di molecole; ed a parte le apparenze, una rottura avviene sempre per allontanamento di molecole, ossia per stiramento.

Diverse esperienze fatte nel 1870 a Grenoble dal Colonnello del Genio, signor Devèse, hanno dimostrato, potersi con calcestruzzo di cemento Vicat, costituito da sei parti di ghiaia per una di cemento costruire volte di saggio le quali arrivino a sostenere fino a 320 chilogrammi di pressione per centimetro quadrato alla chiave.

Si è ben lontani dall'aver toccato, nelle costruzioni di grandi arcate, il limite di arditezza che tali materiali permettono.

cero dirette a misurare l'aderenza delle malte fatte di cemento alle pietre di Sassenage.

Pezzi di pietra preparati a coda di rondine per fare questo saggio furono uniti con cemento per una faccia avente 8 cent. di lato (\*). In capo a tre anni avvenne la rottura sotto il carico totale di 571 chilogrammi per il 1° saggio e di 747 chilogrammi per il secondo. Le resistenze corrispondenti riferite al centimetro quadrato, sono:

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Per il 1° saggio . . . . . | Chilogr. 8,75 |
| » 2° » . . . . .           | » 11,50       |
| Media . . . . .            | » 10,125      |

Pare che da questa esperienza risulti che l'aderenza delle malte alla pietra non è che la terza parte circa della resistenza di coesione della malta stessa.

E questo fatto ha la sua importanza, inquantochè tale aderenza è la vera misura della resistenza delle murature all'estensione.

Tuttavia le prove fatte sono troppo scarse perchè se ne possa dedurre una conclusione formale.

*Spese della costruzione.* — La spesa totale occorsa per il ponte di Claix, e per la rettificazione della strada d'accesso è stata di L. 216.797,43; essa è così ripartita:

|                                                                                          |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1° Indennità dei terreni e abbuono danni . . . . .                                       | L. 11.127,05 |
| 2° Lavori eseguiti ad impresa in base all'elenco dei prezzi . . . . .                    | » 177.541,53 |
| 3° Spese in regia . . . . .                                                              | » 18.128,85  |
| 4° Indennità pagata all'impresa per decisione ministeriale del 6 dicembre 1876 . . . . . | » 10.000,00  |

Totale L. 216.797,43

Le spese per il ponte propriamente detto e suoi accessi immediati possono essere valutate a L. 139.563,69, così ripartite:

|                                                                |             |
|----------------------------------------------------------------|-------------|
| Scavi di fondazione . . . . .                                  | L. 2.326,78 |
| Muratura per le stilate di sostegno . . . . .                  | » 3.780,64  |
| Legname per le stilate di sostegno . . . . .                   | » 5.562,33  |
| Blocchi . . . . .                                              | » 1.600,56  |
| Armatura propriamente detta . . . . .                          | » 19.264,63 |
| Muratura per il volto (scapoli . . . . .)                      | » 45.435,40 |
| (pietra da taglio . . . . .)                                   | » 11.207,71 |
| Timpani . . . . .                                              | » 15.328,75 |
| Volti di scarico, muri e calcestruzzo di riempimento . . . . . | » 11.428,67 |
| Corso orizzontale di pietre da taglio . . . . .                | » 7.015,49  |
| Parapetto . . . . .                                            | » 8.192,86  |
| Marciaipiedi e canali dell'acqua . . . . .                     | » 4.193,88  |
| Selciati ed accessi . . . . .                                  | » 4.225,99  |

Totale L. 139.563,69

ossia il ponte ha costato:

|                                                                                                                     |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Per metro lineare d'apertura . . . . .                                                                              | L. 2.683,91 |
| Per metro quadrato in piano tra le imposte » . . . . .                                                              | » 331,35    |
| Per metro lineare di lunghezza dei parapetti » . . . . .                                                            | » 1.836,36  |
| Per metro quadrato in piano tra i parapetti » . . . . .                                                             | » 251,36    |
| Per metro quadrato della superficie del volto » . . . . .                                                           | » 308,00    |
| Per metro quadrato di superficie tra la cornice di coronamento e l'orizzontale della linea d'imposta (**) . . . . . | » 472,04    |

(\*) Abbiamo constatato in questa occasione la impossibilità pratica di ottenere l'aderenza alla pietra di un giunto orizzontale. Non fu possibile unire fra loro i due elementi della coda di rondine che per mezzo di malta interposta verticalmente. Da questo fatto scaturiscono alcune conseguenze: tali lo sconnettersi dei prismi di calcestruzzo fatti a strati orizzontali; la necessità dei legamenti nelle murature grezze, ecc.

(\*\*) In elevazione il rapporto del vuoto al pieno è di 284,28 a 295,66 ossia di 96 a 100.

Per metro quadrato di vuoto tra l'intrados e l'orizzontale della linea d'imposta . . . L. 410,94

L'armatura del volto compresi i suoi sostegni nell'alveo ha costato:

|                                                         |           |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Per metro lineare . . . . .                             | L. 592,66 |
| Per metro quadrato in piano . . . . .                   | » 73,16   |
| Per metro quadrato di superficie sviluppata » . . . . . | » 68,85   |

I lavori ad impresa sono stati eseguiti dai fratelli Muguet, e diretti sul luogo con molta intelligenza dal signor Thiervoz. L'attiva sorveglianza dal medesimo esercitata, e le incessanti cure da lui avute nella esecuzione delle diverse parti dell'opera, hanno in larga misura contribuito al buon successo.

Grenoble, 7 gennaio 1877.

## GEOMETRIA PRATICA

### SULLA ELICA CALCOLATORIA DI FULLER

con cenni storici sopra gli strumenti calcolatori a divisione logaritmica

del Prof. ANTONIO FAVARO

La collezione degli strumenti calcolatorii posseduta dal gabinetto di Statica grafica della Scuola d'applicazione per gli ingegneri, annessa alla R. Università di Padova, si è testè arricchita di un esemplare dello *Spiral slide rule*, ideato e proposto dal prof. Giorgio Fuller di Belfast (1). Essendo questo, per quanto è a nostra cognizione, il primo esemplare di tale strumento che sia venuto in Italia, che sia anzi uscito dall'Inghilterra, ed avendo noi potuto convincerci degli ottimi servigi che, specialmente in occasione di laboriosi calcoli numerici, esso è chiamato a prestare, abbiamo creduto opportuno di stendere intorno ad esso una breve nota, allo scopo di farlo conoscere anco presso di noi.

L'elica calcolatoria, che così chiameremo in italiano il nuovo strumento del Fuller, si fonda sopra lo stesso principio dei notissimi regoli logaritmici, ma la forma dell'elica non essendo tra quelle che si danno ordinariamente alle scale logaritmiche costruite allo scopo di agevolare certe operazioni di calcolo, abbiamo stralciate da un lavoro storico-critico sopra le macchine calcolatorie e calcolatrici in generale, al quale stiamo appunto attendendo, alcune indagini storiche relative agli strumenti a divisione logaritmica, allo scopo di verificare se altre volte una tale forma fosse stata proposta ed attuata e con quale successo. Le notizie per tal modo raccolte intorno alle varie forme, che in diverse epoche vennero proposte per consimili strumenti, non sembrandoci affatto sprovviste d'interesse, speriamo non tornerà discaro trovarle qui anzitutto brevemente riassunte.

#### I.

Pressochè generalmente si fa risalire l'invenzione dei regoli calcolatori propriamente detti od in genere delle macchine calcolatrici ai così detti bastoncini di Napier (1550-1617), che questi descrisse con ogni particolare nella sua *Rabdologia* (2) *ραβδωας*, (asticella), e che sotto varii nomi (*Nepeirs*

(1) *Spiral slide rule. Equivalent to a straight slide rule 83 feet 4 inches long, or, a circular rule 13 feet 3 inches in diameter.* GEORGE FULLER, M. Inst. C. E., professor of engineering in the Queen's University, Ireland. London, 1878.

(2) *Rabdologiae seu numerationis per virgulas libri duo; cum appendice de expeditissimo multiplicationis promptuario, quibus accessit et arithmeticae localis liber unus.* Edimburgi, 1617. — Se ne ha una traduzione italiana con aggiunte sotto il titolo seguente: *Rabdologia, ovvero arimmetica virgolare in due libri divisa, con appresso un espediissimo prontuario della molteplicazione, et poi vn libro di arimmetica locale: quella mirabilmente comoda, anzi vtilissima a chi, che tratti numeri alti; questa curiosa, et diletteuole à chi, che sia d'illustre ingegno.* Autore et inventore il barone GIOVANNI NEPERO. Traduttore dalla La-

*Bones, Lamellae Neperiane, Bacilli Neperiani, Vergettes numératrices*) trovano più o meno particolareggiatamente descritti in un gran numero di trattati; a questo proposito è tuttavia da osservarsi che quel procedimento meccanico, nel quale tanto si compiacque l'illustre matematico, non costituisce in realtà se non una modificazione degli antichi metodi di moltiplicazione insegnati da Pietro Apiano (1) (1495-1552) e da altri aritmetici del secolo decimosesto (2). Nei quali procedimenti meccanici procedendo a ritroso nell'ordine cronologico noi finiremo per trovarci innanzi al *suànpan* dei chinesi (3) che rimonta ad epoca ignota, ma però antichissima.

Ben asseri il Santini, che « fino dall'epoca in cui il barone Nepero fece la meravigliosa scoperta dei logaritmi e mostrò l'uso loro per abbreviare i calcoli aritmetici, immaginò eziandio alcune scale logaritmiche divise, col mezzo delle quali si potevano con somma sollecitudine eseguire le moltipliche dei numeri, le divisioni, gl'innalzamenti a potenza e l'estrazione delle radici » (4); ma ciò non è esatto e noi non ne troviamo conferma presso alcun storico autorevole, mentre invece ad unanimità (5) si afferma che tale merito deve riconoscersi al Gunter (6) (1581-1626): a quello stesso al

quale andiamo debitori dell'invenzione della catena metrica (1) e che si era appropriata l'invenzione del compasso di Galileo, da lui chiamato col nome di *sector* (2). La rappresentazione grafica dei logaritmi, che tal'era infatti la scala logaritmica, nota in Inghilterra sotto il nome di *Gunter's line*, *Common Gunter*, od anche *navigation scale*, a motivo della sua rapida diffusione per i calcoli necessari alla marina, richiedeva pur sempre l'impiego del compasso, cioè da un lato poteva esser causa di errori, e dall'altro esigeva un maggior tempo per le singole operazioni. Wingate (1593-1656), al quale toccò in sorte di rendere pubblico un trovato del Gunter (3) e di far conoscere l'aritmetica logaritmica in Francia (4), espressamente per dispensarsi dall'uso del compasso distribuì le divisioni logaritmiche sopra due regoli ch'egli faceva scorrere l'uno lungo l'altro, e sviluppò in appresso con ogni particolare questa sua proposta (5). Intorno alla stessa epoca l'Oughtred (1574-1660) ideava di tracciare quelle divisioni logaritmiche sopra due cerchi concentrici (6) accompagnati da due indici mobili intorno al centro comune, l'Henrion (?-1640) attendeva a maggiormente diffondere (7) l'uso delle scale del Gunter, e nel 1650 il Milburne, abbandonando la linea retta, che date certe proporzioni conduceva ad uno strumento incomodo, non adottando la forma circolare poco adatta ad uno strumento portatile, scelse, come affermano parecchi autori (8), la spirale, o, come noi crediamo sia più esatto, l'elica. Sembra tuttavia che tale proposta non abbia trovato troppo buona accoglienza, ed infatti di questa non si trova men-

tina nella Toscana il Cavalier MARCO LOCATELLO. Accresciute dal medesimo alcune considerazioni gioueuoli. In Verona, 1623. — Veggansi ancora le due seguenti pubblicazioni, importantissime sotto il punto di vista storico: *Rabdologia: or the Art of numbring by rods, whereby the tedious operations of multiplication, and division, and of extraction of Roots, both square and cubick, are avoided, being for the most part performed by addition and subtraction: with many examples for the practise of the same: first invented by the lord NAPIER, Baron of Marchiston, and since explained, and made usefull for all sorts of men.* By SETH PARTRIDGE, surveyor and Practitioner in the Mathematicks. London, 1648. — *The Art of numbring by Speakingrods: vulgarly termed Nepeirs Bones. By which the most difficult parts of Arithmetick, as multiplication, division, and extracting of roots both square and cube, are performed with incredible celerity and exactness (without any charge to the memory) by addition and subtraction only.* Published by W. L. London, 1667. — Molto probabilmente queste iniziali denotano WILLIAM LEYBOURNE, del quale ci occuperemo più innanzi.

(1) Dell'opera di questo autore, il cui cognome fu veramente BENEWITZ, ecco il titolo della seconda edizione di Francoforte del 1537, pubblicata dieci anni dopo la prima, che noi conosciamo: *Ein neue und wolgegründte vnderweisung aller Kaufmanns Rechnung in dreien Büchern, mit schönen Regeln vnd fruchtlichen begriffen. Sunderlich was fortel vnd behendingkeit in der Welschen Practica vnd Tolleten gebraucht würt, desgleichen vormals weder in Teutscher noch in Welscher Sprach nie gedruckt.* Durch PETRUM APIANUM von Leysnick der Astronomei zu Ingoldstatt Ordinarius.

(2) Veggasi un raffronto assai interessante nella *Geschichte der Astronomie* von RUDOLF WOLF. München, 1877, pag. 353.

(3) DUHALDE. *Ausführliche Beschreibung des chinesischen Reiches und der grossen Tartarei* übersetzt von MOSHEIM. Rostock, 1747, vol. III, pag. 350.

(4) *Atti dell'Imp. Reg. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti* dal novembre 1856 all'ottobre 1857. Tomo secondo, serie terza, dispensa terza. Venezia, 1856-57, pag. 133. — Questo afferma il SANTINI, riferendo intorno ad alcuni opuscoli dell'ingegnere ERNESTO SEDLACZEK, intorno ai quali torneremo più innanzi, ma che però non contengono alcuna traccia della suaccennata asserzione. — Il PORRO (*La Tachéométrie ou l'art de lever les plans et de faire les nivellements*. Turin, 1850, pag. 69) scrive che l'invenzione della scala logaritmica anziché al GUNTER è da AMPÈRE attribuita ai tedeschi.

(5) *Histoire des Mathématiques*. Nouvelle édition par J. F. MONTUCLA. Tome second. A Paris, an. VII, pag. 23. — *Mathematisches Wörterbuch* von G. S. KLÜGEL. Erste Abtheilung. Die reine Mathematik. Dritter Theil. Leipzig, 1808, pag. 587. — *Ueber Visir-und Recheninstrumente*. Bearbeitet von ERNEST SEDLACZEK. Wien, 1856, pag. 2. — *Instruments et machines à calculer*, par MICHEL ROUS. Paris, 1868, pag. 74. — *La règle à calcul expliquée*, par M. P. N. BENOIT. Paris, 1853, pag. 5-6. — *A Treatise on mathematical Instruments* by J. F. HEATHER. Ninth edition. London, 1869, pag. 25. — *Geschichte der Astronomie* von RUDOLF WOLF. München, 1877, pag. 354. — Ecc.

(6) *The works of EDMUND GUNTER, containing the description and use of the Sector, Cross-Staff, Quadrant, and other instruments, some questions in Navigation added by Mr. HENRY BOND,*

*Teacher of Mathematicks in Ratcliff near London. To which is added the description and use of another Sector and Quadrant, both of them invented by Mr. SAM. FOSTER Late Professor of Astronomy in Gresham College London, furnished with more Lines and differing from those of Mr. GUNTER, both in form and manner of working.* The fifth edition divers necessary things added by WILLIAM LEYBOURNE. London, 1673. — A proposito della felice idea del GUNTER di riportare sopra una retta, a partire da uno dei suoi punti, in una scala qualunque le lunghezze così dei numeri come delle linee trigonometriche, noteremo la recente pubblicazione del TICHY, nella quale si contiene effettivamente una rappresentazione grafica delle tavole dei logaritmi; essa è così intitolata: *Logarithmisch-trigonometrische Tafeln in graphischer Manier bearbeitet von ANTON TICHY (Vierstellige Phototip-Ausgabe)*. Wien, 1878.

(1) *Geschichte der Astronomie* von R. WOLF. München, 1877, pag. 354. — *Geschichte der Physik* von J. C. POGGENDORF. Leipzig, 1879, pag. 275.

(2) *Il Regolo calcolatorio e l'Aritmetica logaritmica vicendevolmente illustrati e ridotti ad intelligenza ed uso comune* da BENEDETTO PLEBANI. Torino, 1868, pag. 18, 163. — Non pare nemmeno che spetti al GUNTER il merito d'aver applicato il compasso di GALILEI alla trigonometria, giacché nell'opera *Fabrica et uso del compasso polimetro* Milano, 1633, racconta MUZIO ODDI, che GUIDOBALDO DEL MONTE aveva già applicate sopra uno di tali compassi le linee dei seni.

(3) *Construction, description et usage de la règle de proportion*. Paris, 1624. — A questo proposito scrive l'HEILBRONNER (*Historia matheseos uniuersae a mundo condito ad saeculum P. C. N. XVI, ecc.* Lipsiae, 1742, pag. 810): « Accidit ei EDMUNDI GUNTERI inventam proportionis regulam in lucem emittere, quae tamen adhuc manca est. Cum enim GUNTERUM interrogaret, ut ulteriorem explicationem suae regulae communicaret, respondit ei, diu esse expectandum, donec sua regula loquatur ».

(4) *Arithmétique logarithmique*. Paris, 1626.

(5) *Of natural and artificial arithmetic* London, 1630.

(6) *Circle of proportion and the horizontal instrument* London, 1632; Oxford, 1660. — *Description and use of the double horizontal dial*. London, 1636; Oxford, 1652.

(7) *Mémoires mathématiques recueillis et dressés en faveur de la noblesse française*. Paris, 1612-1627. — Veggasi di queste il *Traité des logarithmes* nel T. II. — *Logocanon ou Règle proportionnelle*. Paris, 1626.

(8) Veggasi l'*History of Logarithms* premessa alle HUTTON'S *Mathematical Tables*. Edizione del 1811, pag. 36. — Ed inoltre *Mathematisches Wörterbuch* von G. S. KLÜGEL. Erste Abtheilung. Die reine Mathematik. Dritter Theil. Leipzig, 1808, pag. 587. — *La règle à calcul expliquée* par M. P. N. BENOIT. Paris, 1853, pag. 7. — *Ueber Visir-und Recheninstrumente* bearbeitet von ERNEST SEDLACZEK. Wien, 1856, pag. 3. — Non abbiamo tuttavia trovato alcun cenno di pubblicazione fatta a questo proposito dal MILBURNE.

zione negli scritti del Foster e del Leybourne (1), che si adoperarono a divulgare le nuove applicazioni dei logaritmi. Nè migliore accoglienza sembra abbia trovato l'invenzione dell'Horner (prima metà del secolo XVII), secondo la quale al regolo rettilineo si sostituiva una combinazione di asticciuole snodate (2). Finalmente, nel 1657, Seth Partridge (3) faceva costruire a Londra da Walter Haynes le scale logaritmiche nella forma di regolo scorrevole che esse hanno anche oggi. Fu appunto intorno a quest'epoca che cominciò a diffondersi in Inghilterra l'uso del nuovo strumento. Fabricato dapprima da Boulton e Watt a Soho in vicinanza di Birmingham, ricevette il nome di *Soho-scale*, e di *Soho-rule*, e di là a poco quello di *Sliding-rule*, che tuttora conserva (4).

Si opina da taluno (5), ma per verità con poco fondamento, che i primi tentativi allo scopo d'impiegare delle divisioni logaritmiche distribuite sopra dischi circolari sieno stati fatti in Germania, ove il Biler avrebbe nel 1696 costruito uno strumento semi-circolare fondato su tale principio, ed al quale avrebbe imposto il nome di *instrumentum mathematicum universale*. Sta il fatto però che il Biler si limitò a sopprimere gl'indici, dei quali si era servito Oughtred, rendendo il cerchio interno mobile intorno al centro dello strumento (6). Dopo il Biler si occupò di tali strumenti in Germania lo Scheffelt (1652-1720) che propose quel suo *Pes mechanicus* (7), il quale richiedeva tuttavia ancora l'uso del compasso; tale strumento fu descritto ed ampliato dal Leupold (8) (1674-1727).

In Francia, dove il germe di queste nuove invenzioni era stato importato direttamente dal Gunter, fra le macchine e le invenzioni approvate dall'Accademia Reale delle Scienze di Parigi nel 1727 troviamo « un instrument de Mr. Clairaut (1713-1765), par le moyen duquel on peut prendre les angles, faire les calculs arithmétiques, tels que la multiplication, la division, l'extraction des racines, et résoudre les triangles rectangles. C'est un cercle de carton gradué, de 21 pouces de diamètre, dans lequel Mr. Clairaut a décrit un grand nombre de ces circonférences concentriques pour exprimer par les longueurs de ces circonférences les logarithmes des nombres et ceux des sinus » (9). Più tardi, cioè nel 1730, tornarono in campo i bastoncini neperiani con alcune modificazioni del Roussain. Questi infatti sottopose al giudizio dell'Accademia delle Scienze di Parigi (10)

(1) *Posthuma FOSTER, containing the description of a ruler upon which are inscribed divers scales*. London, 1652. — *The circle of proportion and the horizontal instrument* by WILLIAM FOSTER. London, 1633. — *The sector altered and other scales invented by Mr. FOSTER and now published by W. LEYBOURNE*. London, 1650. — *Cursus mathematicus and panarithmologia or Trader's sure Guide*. La settima edizione di quest'opera del LEYBOURNE porta la data di Londra del 1741.

(2) *Geschichte der Astronomie* von R. WOLF. München, 1877, pag. 354.

(3) *The description and use of an instrument called the double scale of proportion*. London, 1671.

(4) *Der logarithmische Rechenschieber. Theorie und Gebrauch desselben* von KARL VON OTT. Prag, 1874, pag. 1.

(5) *Instruments et machines à calculer*, par M. MICHEL ROUS. Paris, 1868, pag. 75.

(6) LEUPOLD. *Schauplatz der Rechen-und Mess-Kunst, hoc est Theatrum Arithmetico-Geometricum*. Lipsiae, 1727, pag. 77.

(7) *Pes mechanicus artificialis d. i. neu erfundener Maasstab, mit welchem alle Proportionen der ganzen Mathematik ohne mühsames Rechnen u. s. w. können gefunden werden*. Ulm, 1699. Lo stesso SCHEFFELT è pure autore di un libriccino relativo ai bastoncini di NAPIER, così intitolato: *Nepperianische Rechenstäblein*. Ulm, 1699.

(8) Veggasi l'*Instrumentum quoddam ad operationes Arithmeticas facillime absolvendas serviens* nell'opera del LEUPOLD, intitolata: *Schauplatz der Rechen-und Mess-Kunst, hoc est Theatrum Arithmetico-Geometricum*. Lipsiae, 1727.

(9) *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*. A. 1727. Paris, 1729, pag. 142. Questo apparecchio non è da confondersi col'altro per la risoluzione meccanica delle equazioni, descritto dal BORGNI, a pag. 226-229 del suo *Traité complet de Mécanique appliquée aux arts*, ecc. Paris, 1820.

(10) *Histoire de l'Académie R. des Sciences*. A. 1738. Paris, 1740, pag. 59.

un suo sistema, mercè il quale rendeva più comodo e più semplice il testè accennato procedimento col fissare i bastoncini in un telaio e col distinguere con vari colori certe striscie di cifre, togliendo così le cause di errore, le quali potrebbero derivare dallo spostamento eventuale dei bastoncini medesimi. Ancora in Francia nel 1741 il regolo inglese fece una ricomparsa, proposto con alcune modificazioni (1) dal Camus (1649-1768), ed anche negli ultimi tempi il Benoît volle ravvisare in tale strumento, come fu descritto dal Camus, il tipo della forma finalmente adottata in Inghilterra per il regolo logaritmico (2).

La solita fonte non troppo sicura e che ad ogni modo non cita alcun documento in appoggio delle sue affermazioni, vorrebbe sostenere (3) che fino alla metà del secolo decimottavo il regolo scorrevole propriamente detto (*sliding-rule*) non si conosceva, e che questa invenzione, la quale a torto si attribuisce a Jones (1775-1852), deve invece farsi risalire a Leadbetter che la attivò nel 1750. D'altra parte il Benoît pure ravvisa nel *Royal gauger* di Leadbetter il tipo così dei diversi regoli logaritmici speciali, come della forma oggidì generalmente adottata (4), ma anche di fronte a tali asserzioni noi manteniamo quanto antecedentemente abbiamo esposto intorno alle invenzioni di Wingate e di Seth Partridge.

In data del 1761 troviamo in Germania una pubblicazione (5) del Lambert (1728-1777), il quale suggerisce egli pure l'impiego di due regoli scorrevoli l'uno sull'altro in modo da poter mettere l'uno di contro all'altro due tratti delle due scale, ed alcuni anni più tardi, di tali strumenti in genere, quantunque con non troppi particolari, si occupò (6) il Roberston (1712-1776) in Inghilterra, ed in Francia ne trattarono in modo più o meno completo Bouguer (7), Saverien (8), Pezenas (9), Lemonnier (10), Fortin (11) e Lalande (12).

Sul finire dello scorso secolo allo studio dell'argomento ed alla diffusione degli strumenti in questione si attese con grande fervore in Francia. Non è forse fuori di luogo il pensare che a ciò abbia dato specialmente impulso quella disposizione contenuta nell'articolo 19 della legge del 18 germinale, anno III della Repubblica Francese, la quale prescriveva la costruzione di scale metriche adatte a stabilire senza calcoli i rapporti fra gli antichi e nuovi pesi e misure e che, come altrove abbiamo avuto occasione di notare (13), porse occasione alla *Arithmétique linéaire* di Pouchet. Tale origine ebbe quindi assai probabilmente il *cadran logarithmique* (14) di quel Leblond (1760-1811) che impose il nome

(1) *Sur un instrument propre à jager les tonneaux et les autres vaisseaux qui servent à contenir des liqueurs* nei *Mémoires de l'Académie R. des Sciences* pour 1741. A Paris, 1744, pag. 385-402.

(2) *La règle à calcul expliquée*. Paris, 1853, pag. 7, 8.

(3) *Instruments et machines à calculer* par M. MICHEL ROUS. Paris, 1868, pag. 75.

(4) *La règle à calcul expliquée*. Paris, 1853, pag. VIII.

(5) *Beschreibung und Gebrauch der logarithmischen Rechenstäbe*. Augsburg, 1761, 1772. — Veggasi intorno a questo opuscolo un interessante articolo di GIOVANNI BERNOULLI nella *Encyclopédie Méthodique*, ed un rapporto di FRANCOEUR nel *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, 20<sup>e</sup> année, pagina 77.

(6) *Treatise on mathematical instruments* by JOHN ROBERTSON. London, 1775.

(7) *Traité complet de navigation*, Paris, 1698.

(8) *Dictionnaire universel de mathématique et de physique* par monsieur SAVERIEN. Tome premier. A Paris, 1753, alla voce *Échelle anglaise*, a pag. 305.

(9) *Nouveaux essais pour déterminer les longitudes en mer par les mouvements de la lune et par une seule observation*. Paris, 1768.

(10) *Abrégé du pilotage*. Paris, 1766.

(11) Vedi la tavola 30<sup>a</sup> dell'*Atlas céleste* de FLAMSTEED tradotto da FORTIN e pubblicato nel 1776.

(12) Nella *Encyclopédie méthodique* alla voce *Échelle anglaise* della sezione *Marine*.

(13) *Leçons de Statique graphique* par ANTONIO FAVARO traduite de l'italien par PAUL TERRIER. Première partie. *Géométrie de position*. Paris, 1879, pag. XVI.

(14) *Cadran logarithmiques adaptés aux poids et mesures*. Paris, 1799.

di metro alla nuova unità di misura. Lo strumento in questione fu in seguito riprodotto dal Gattey (1) (1756-1819) che più tardi gli cambiò nome, chiamandolo *arithmographe* (2). È da osservarsi a tale proposito che la disposizione adottata per i *cadrans logarithmiques* è identicamente la stessa che aveva proposto il Glover per la sua ruota aritmetica (3), ove se ne eccettui l'impiego delle scale logarithmiche.

Seguendo una idea analoga, ma di più facile applicazione a strumenti portatili che non sia quella dei dischi piani, Hoyau immaginò nel 1815 le sue *boîtes à calculer*. Hoyau portava le divisioni logarithmiche sopra una scatola cilindrica, il cui interno poteva servire nel tempo istesso a contenere oggetti usuali: si legge a questo proposito nel *Bulletin de la Société d'encouragement* (4): « Le diamètre des plus petites est de 8 centimètres: dans cette dimension M. Hoyau a pu diviser facilement la 1<sup>re</sup> et la 2<sup>me</sup> unité en 100 parties, les 3 suivantes en 50 et les dernières en 20 ».

Della diffusione del regolo logarithmico in Francia sembra pertanto che il merito deva attribuirsi a Jomard (1777-1862), il quale, mediante l'appoggio della *Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, seppe indurre i due Lenoir padre (1744-1832) e figlio (1776-1827) a farsi fabbricatori di regoli scorrevoli, regoli che d'allora in poi cominciarono ad entrare effettivamente nel campo e nel dominio della pratica.

Posteriormente a quest'epoca si rende assai difficile il seguire le varie forme che si vennero adottando per consimili strumenti ausiliari nelle operazioni di calcolo: molto più che ben presto si vennero costruendo e diffondendo assai nelle industrie dei regoli speciali destinati a calcoli particolari di uso frequentissimo nei singoli rami industriali.

Noteremo soltanto che gli strumenti a divisione logarithmica furono introdotti in Austria a cura del prof. Adamo Burg e del prof. Schulz von Strassnicki intorno al 1840 (5), ed alcuni anni più tardi in Italia a cura di Quintino Sella (6). Prima di quest'epoca presso di noi se si conoscevano i regoli calcolatori dagli scienziati, non erano però mai entrati nell'uso, ed anzi dobbiamo dire essere questo un argomento, ai cui progressi, prima della metà del presente secolo, il nostro paese non sembra avere in alcun modo contribuito. Per fermo noi crediamo intimamente col Bellavitis che « verrà un tempo in cui ogni bottegaio sarà provveduto di questo strumento, il quale dispensandolo da ogni calcolo, lo assicurerà di non cadere mai in errore (7) », ma altrettanto fermamente crediamo che non si giungerà a tale risultato finchè il Governo non pensi a prescrivere l'insegnamento della teoria e dell'uso del regolo almeno negli istituti di istruzione secondaria. Se in Francia il regolo logarithmico è

oggi tanto diffuso, lo si deve appunto all'essersene prescritta la conoscenza ed il maneggio nei *Programmes d'admission aux écoles des services publiques* e nei *Programmes des connaissances exigées pour l'admission à l'École polytechnique et à l'École militaire de Saint-Cyr*, e l'Inghilterra, quel paese dove tutti sono così saggiamente economi del tempo, quantunque non abbia ancora adottato il sistema metrico decimale, è pur sempre la nazione presso la quale il regolo logarithmico è più ampiamente diffuso in tutte le classi sociali.

Volendo pur dire qualche cosa intorno alle varie forme che nel presente secolo si diedero agli strumenti a divisione logarithmica, noteremo, che nel 1856 scriveva il Sedlacek conoscere egli, oltre ai *regoli ordinarii* ed alla *Gunter's line*, sedici specie diverse di tali strumenti (1), cioè:

1. *Sliding rule (règle à calcul)* impropriamente chiamato col nome di regolo calcolatore inglese.
2. Regolo calcolatorio di Oesterle.
3. *Règle à calcul* di Lenoir.
4. Regolo calcolatorio di Schwind.
5. *Engineers Sliding rule*.
6. Regolo per iscopi costruttivi e geodetici del prof. L. C. Schulz von Strassnicki.
7. *Inverted slide rule*.
8. Regolo di Higginson.
9. *Improved calculating rule*.
10. *For Mill wrights*.
11. *For Marine Use*.
12. *For timber measuring*.
13. *Dr. Roget sliding rule for Involution and Involution*.
14. *Sliding rule* per ragguagli di prezzi.
15. Regolo calcolatorio chimico (2).
16. Regolo di Sedlacek per i calcoli d'interpolazione.

Questo elenco pertanto, se noi non c'inganniamo, si riferisce esclusivamente a regoli propriamente detti: nè in esso è tenuto conto alcuno di altre forme date a questi strumenti di calcolo. Questo elenco pertanto è suscettibile di alcune aggiunte, che qui, per amore di brevità, ci limiteremo a semplicemente accennare:

17. Regolo di Hoare (3).
18. *Palmer's Computing Scale* (4).
19. *Fuller's Computing telegraph* (5).
20. Disco logarithmico di Sonne (6).
21. Aritmoplanimetro di Lalanne (7).

(1) *Ueber Visir-und Recheninstrumente* bearbeitet von ERNEST SEDLACEK. Wien, 1856, pag. 3-4. — Abbiamo creduto opportuno di mantenere i nomi in lingue straniere alla tedesca, coi quali sono registrati nello scritto citato i vari strumenti ai quali si va successivamente accennando. — Per notizie relative veggasi l'altro scritto del medesimo autore intitolato: *Anleitung zum Gebrauche einiger logarithmischer getheilter Rechenschieber*. Wien, 1851.

(2) Riteniamo che assai probabilmente il SEDLACEK alluda qui allo strumento proposto dal WOLLASTON nello scritto: *A synoptic scale of chemical equivalents* inserito nei *Philosophical Transactions* della Società Reale di Londra per l'anno 1814 e tradotto in francese a pag. 101 del xxxvii volume del *Journal des Mines*, 1815.

(3) *The slide-rule and how to use it. Containing full, easy, and simple instructions to perform all business calculations with unexpected rapidity and accuracy* by CHARLES HOARE. London, 1875.

(4) *PALMER'S Computing scale*. NEW YORK, 1843.

(5) *Telegraphic computer, a most wonderful and extraordinary instrument, by which business questions, of every possible variety, are instantly performed: a safe and speedy check to avoid vexatious errors, affording at the same time a greater amount of practical business knowledge, than can be obtained for ten times the cost of this work. Sold only by subscription*. JOHN FULLER. New York.

(6) *Annales du Génie civil*. Cinquième année, 1866. — *Instruments et machines à calculer*. Paris, 1868, pag. 75.

(7) *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Séances du 27 avril et du 24 mai 1840*. — Veggasi anche la Memoria illustrativa del LALANNE: *Mémoires sur l'Arithmoplanimètre, machine arithmétique et géométrique donnant facilement les*

(1) *Instructions sur l'usage des cadrans logarithmiques*. Paris, 1799. — *Explication de la jauge logarithmique*, Paris, 1806. — Il Nuovo dizionario universale tecnologico di Venezia, tomo x, 1835, ed il *Dictionnaire technologique* di Bruxelles, tomo ix, 1839, attribuiscono la trasformazione del regolo in disco al GAUTHEY (Emiland Marie?), ma, astrazione fatta dalla inesattezza storica, si tratta qui con tutta probabilità di un errore di cognome, essendosi scritto GAUTHEY in luogo di GATTEY, molto più che nelle fonti citate si allude al nome di aritmografo dato effettivamente dal GATTEY allo strumento da lui riproposto.

(2) *Explication et usage de l'arithmographe*. Paris, 1810: riprodotto più tardi sotto il titolo: *Usage du calculateur, instrument portatif au moyen duquel on peut en un instant, et sans être obligé d'écrire aucune chiffre, se procurer les résultats de toutes sortes de calcul*. Paris, 1819. — Veggasi anche una descrizione di tale strumento a pag. 49 della *Quinzième année du Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*.

(3) *Instruments et machines à calculer*, par M. MICHEL ROUS. Paris, 1868, pag. 75.

(4) *Année 1816*, pag. 150.

(5) *Ueber Visir-und Recheninstrumente* bearbeitet von ERNEST SEDLACEK. Wien, 1856, pag. 4.

(6) *Teoria e pratica del regolo calcolatore* per QUINTINO SELLA. Torino, 1859.

(7) *Terza rivista di alcuni articoli dei Comptes rendus dell'Accademia delle scienze di Francia, e di alcune questioni dei Nouveaux Annales de mathématiques*. Negli *Atti dell'Imp. Reg. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti* dal novembre 1860 all'ottobre 1861. Tomo sesto, serie terza, dispensa quinta. Venezia, 1830-61, pag. 377.

22. *Règle à calcul à enveloppe de verre* di Lalanne (1).
23. Abbaco di Lalanne (2).
24. Regolo a scale ripiegate di Mannheim (3).
25. *Rechenknecht* di Hermann (4).
26. Regolo Soldati per i calcoli di celerimensura (5).
27. Aritmografo policromo di Dubois (6).
28. Aritmografo circolare (7).
29. Aritmografo cilindrico (8).
30. Stereometro di Puscariu (9).
31. *Universal Proportion Table* di Everett (10).
32. *Cercle à calcul* di Boucher (11).
33. *Routledge's Slide rule*
34. *Hawthorn's Slide rule* } (12).
35. *Builder's Calculating Slide-rule* }
36. *Règle à calcul* Tavernier Vinay (13).
37. *Coggeshall's Sliding rule* (14).
38. *Bradford's Sliding rule* (15).
39. Scale logaritmiche centesimali di Porro (16).
40. Regolo inglese a due linguette (17).

*résultats des opérations les plus compliquées de calcul et de planimétrie* negli *Annales des Ponts et Chaussées*. 1<sup>er</sup> semestre 1840.

(1) *Instruction sur les règles à calcul et particulièrement sur la nouvelle règle à enveloppe de verre* par L. LALANNE, Paris, 1851, 1854, 1863. — Tradotta in inglese sotto il titolo: *A treatise on the slide rule with description of Lalanne's glass slide rule*. London 1851; in tedesco: *Gebrauchs-Anweisung für Rechenstäbe*, ecc. Paris, 1855; ed in spagnuolo: *Instrucción sobre las reglas de calculo*, ecc. Paris, 1852. — Vedi intorno a questi regoli quanto ne scrive il SELLA a pag. 109-112 del più volte citato suo scritto.

(2) Questa elegante ed importantissima tavola grafica ha dato luogo ad una notevole quantità di pubblicazioni ed anche di contraffazioni. Ci limitiamo a rimandare, a quante ne scrive l'autore stesso, nella *Notice sur les travaux et titres scientifiques* de M. LÉON LALANNE. Paris, 1876, pag. 32. — *Méthodes graphiques pour l'expression des lois empiriques ou mathématiques à trois variables, avec des applications à l'art de l'ingénieur et à la résolution des équations numériques d'un degré quelconque*, par M. LÉON LALANNE. Paris, 1878.

(3) *Teoria e pratica del regolo calcolatore*, per QUINTINO SELLA. Torino, 1859, pag. 100-109.

(4) *HERMANN'S Rechenknecht von Wiesenthal et Cie* in Aachen. Aachen, 1878.

(5) *Regolo logaritmico per calcoli di celerimensura colle scale disposte in modo da permettere le riduzioni tanto delle distanze che delle altezze con una sola posizione dello scorrevole*. Cfr. *Cenni intorno ad un saggio di celerimensura applicata alla compilazione dei progetti ferroviarii, e descrizione di tavole grafiche e numeriche pel calcolo delle coordinate*, per l'ing. V. SOLDATI negli *Atti della Società degli Ingegneri e degli Industriali di Torino*. Anno v, 1871. Torino, 1872, pag. 38.

(6) *Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. Tome LI. Séance du lundi 20 août 1860, pag. 293. — *Atti dell'Imp. Reg. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti*, dal novembre 1860 all'ottobre 1861. Tomo sesto, serie terza. Venezia, 1860-61, pag. 376.

(7) *Teoria e pratica del regolo calcolatore*, per QUINTINO SELLA. Torino, 1859, pag. 112.

(8) *La Tachéométrie, ou l'art de lever les plans et de faire les nivellements avec une économie considérable de temps*, par J. PORRO. Turin, 1850, pag. 74. — *Teoria e pratica del regolo calcolatore*, per QUINTINO SELLA. Torino, 1859, pag. 114.

(9) *Das Stereometer. Privilegiertes Körper-Messinstrument* von JOHAN RITTER von PUSCARIU. Budapest, 1877.

(10) *Universal proportion Table*. London. Published by Longmans, Green and Dyer. — Intorno a questa tavola ci siamo occupati con qualche particolare nelle nostre *Lezioni di statica grafica*. Padova, 1877, pag. 322.

(11) Veggasi intorno a questo strumento un articolo di J. BERTILLON nel giornale *La Nature*, 6<sup>e</sup> année, num. 262, 8 juin 1878, pag. 31-32.

(12) *Catalogue of instruments manufactured by W. F. STANLEY*. Fourteenth edition. London, 1877, pag. 30.

(13) *Die graphische Statik* von C. CULMANN. Zweite neu bearbeitete Auflage. Erster Band. Zürich, 1875, pag. 58.

(14) *On COGGESHALL'S Sliding Rule*. London 1844.

(15) *On BRADFORD'S Sliding Rule*. London, 1845.

(16) *La Tachéométrie*, ecc., par J. PORRO. Turin, 1850, pag. 75.

(17) *Die graphische Statik* von C. CULMANN. Zweite neu bearbeitete Auflage. Erster Band. Zürich, 1875, pag. 73.

41. *Règle à calcul à deux réglottes* di Peraux (1).

42. *Rechenstab* di Dennert e Pape (2).

43. *Rechenstab* di Eschmann perfezionato da Wild (3).

44. *Règle logarithmique pour la tachéométrie* di Moirnot (4).

Questo elenco potrebbe essere ancora notevolmente aumentato, ove si volesse tener conto di altri regoli logaritmici destinati a scopi speciali (5), e che chi è pratico di consimili strumenti troverà assai comodo di costruire anche con carta da disegno, per determinate operazioni, le quali debbano essere ripetute un considerevole numero di volte.

## II.

Se da un lato gli scritti intorno alla teoria ed all'uso degli strumenti a divisione logaritmica sono numerosissimi e potrebbero agevolmente citarsi a dozzine, pure in quelli che abbiamo avuto occasione di esaminare ci sembra che si sia in generale trascurato di approfondire le ricerche comparative intorno ai vari gradi di esattezza che, mediante i vari tipi, possono raggiungersi. Questo argomento pertanto venne in via incidentale svolto dal Lambert nello scritto già citato e recentemente con particolari interessanti dal Vogler (6). Questo grado di esattezza dipende principalmente, ben lo si comprende, dallo spazio che le dimensioni dello strumento permettono di concedere alle divisioni. Noi sappiamo, per modo di esempio, che il Lambert costruì regoli di quattro piedi di lunghezza ed ottenne una approssimazione di  $\frac{1}{1000}$ , ma nei regoli ordinarii di 0<sup>m</sup>,26 essa non oltrepassa i  $\frac{1}{100}$ , e si è soltanto con lunghissimo esercizio che potrà spingersi al  $\frac{1}{200}$  del risultato; approssimazione, del resto, più che sufficiente in un gran numero di calcoli usuali. Nei regoli ordinarii usati in Inghilterra, le cui scale sono lunghe circa 0<sup>m</sup>,14 (5 pollici e mezzo) lo spazio fra 99 e 100 è di circa 0<sup>m</sup>,00063: se si tratti adunque di segnare un numero, come 996, questo spazio dovrà mentalmente dividersi in dieci parti uguali, ognuna delle quali sarà 0<sup>m</sup>,000063, grandezza assolutamente inapprezzabile senza una lente d'ingrandimento. Questa difficoltà è notevolmente aumentata quando un punto della scala fra due divisioni deva collocarsi o leggersi di fronte ad un punto dell'altra scala che si trovi in identiche condizioni.

Il Fuller pertanto, preoccupatosi della questione, riconobbe che un buon strumento a divisione logaritmica dovrebbe offrire i tre seguenti requisiti, cioè: 1<sup>o</sup> La lunghezza della scala logaritmica sia tale che lo spazio fra due numeri consecutivi qualunque, sia abbastanza grande da essere agevolmente stimato ad occhio nudo; 2<sup>o</sup> che la scala si legga mediante indici; 3<sup>o</sup> che il numero delle divisioni sia così grande e queste sieno segnate così distintamente, che il risultato possa essere facilmente letto e somministrati in pari tempo una approssimazione soddisfacente. A queste varie esigenze egli crede di aver soddisfatto dando allo strumento (7) la disposizione seguente: (fig. 63).

Un cilindro *d* è dotato di movimento di traslazione e di rotazione attorno ad un asse *f* che termina in una impu-

(1) *Instruction sur la règle à calcul à deux réglottes* par E. PERAUX (Extrait des *Annales du Génie civil*. Numéro de juin 1874). Paris, 1874.

(2) *Deutsche Bauzeitung*. Bd. 8. 1874, pag. 136.

(3) *Der topographische Distanzmesser mit Rechenschieber* von J. STAMBACH. Aarau, 1872.

(4) *Leves de Plans à la Stadia. Notes pratiques pour études de tracés* par I. MOIRNOT. Troisième édition. Paris, 1877. L'autore annuncia che il regolo quivi descritto pag. (41-67) ha subito molte modificazioni in confronto dell'altro proposto nelle edizioni precedenti della medesima opera.

(5) Veggasi il paragrafo « *Rechenschieber für spezielle Zwecke* » nell'opera: *Die graphische Statik* von C. CULMANN. Zweite neu bearbeitete Auflage. Erster Band. Zürich, 1875, pag. 67-72.

(6) *Anleitung zum Entwerfen graphischer Tafeln und zu deren Gebrauch beim Schnellrechnen sowie beim Schnellquotiren mit Aneroid und Tachymeter für Ingenieure, Topographen und Alpenfreunde* von doct. CH. AUGUST VÖGLER. Berlin, 1877, p. 71-74.

(7) Lo *Spiral Slide Rule* di FULLER è costruito dal meccanico STANLEY, Great Turnstile, Holborn, 4 and 5, London W. C.

gnatura *e*. Sopra questo cilindro si avvolge ad elica una semplice scala logarithmica. Un indice *b* è fisso all'impugnatura: due altri indici *c* ed *a*, la cui distanza uguaglia la distanza lungo l'asse fra l'origine e l'estremo dell'elica, sono fissati lungo una medesima asta al cilindro *g* che scorre a dolce sfregamento entro l'asse *f*, cosicchè i due indici *c* ed *a* possono essere collocati in qualsiasi posizione rispetto a *d*. Due arresti *o* e *p*, il primo dei quali sul cilindro *d*, l'altro sopra *f*, sono fissati in modo che quando essi sono portati uno contro l'altro, l'indice *b* segna il principio della scala logarithmica. Due altre scale *n* ed *m* sono segnate, la prima lungo l'asta che porta gl'indici mobili, l'altra sul cilindro *d*.

Con tale disposizione si comprende subito come la lunghezza della scala logarithmica possa essere relativamente assai grande, pur mantenendo le proporzioni dello strumento entro certi limiti. Richiedendosi una sola scala logarithmica, ogni unità di lunghezza della scala ad elica equivale a due dell'ordinaria scala rettilinea del regolo usuale. La lunghezza dell'elica è di 500 pollici pari a m. 12,70: equivale quindi ad un regolo lungo m. 25,40 e ad un disco del diametro di m. 4,038; cosicchè può ottenersi il risultato che si cerca ad  $\frac{1}{10000}$  dell'intero, non richiedendosi nel tempo istesso uno spazio minore di metri 0,000552 fra due numeri consecutivi di quattro cifre. La lunghezza della scala nei regoli logarithmici ordinarii non permette d'iscrivervi se non la prima cifra di un dato numero, nell'elica del Fuller invece lungo tutta la scala sono stampate le prime tre cifre, e perchè si commetta un errore di 1 parte su 200, deve esservi, sia nella lettura, sia nella segnatura, un errore di 0<sup>m</sup> 028. Inoltre tanto la segnatura che la lettura, facendosi col l'aiuto d'indici applicati alla scala, le operazioni si eseguono affatto meccanicamente senza richiedere alcuno sforzo mentale.

Entrando ora in maggiori particolari sulla divisione della scala, osserveremo come fino al numero 650 ognuna delle divisioni principali è suddivisa in dieci parti e di qui fino a 1000 in cinque, per modo che tutti i numeri di quattro cifre o sono segnati direttamente sulla scala, oppure hanno l'ultima cifra alla metà fra due divisioni consecutive. Così, per modo di esempio, il numero 5285 ha una divisione ad esso corrispondente, ma l'8853 deve leggersi fra l'8852 e l'8854. Per una gran parte della scala poi lo spazio compreso fra queste divisioni secondarie è abbastanza grande da permettere agevolmente delle suddivisioni ad occhio, e quindi anche con tutta facilità la lettura di un numero di cinque cifre.

Naturalmente poi quivi, come in tutti gli strumenti analoghi a divisione logarithmica, i numeri segnati possono essere interi o decimali, non essendovi alcuna differenza fra un numero ed il suo prodotto od il suo quoziente per 10, per 100, ecc. Così, per modo di esempio, il numero 385460 rappresenta pure 38546; 3854,6; 385,46; 38,546; 3,8546; 0,38546; 0,038546 e così via.

Ora vediamo brevemente in qual modo deva procedersi per eseguire coll'elica calcolatoria le varie operazioni di calcolo alle quali essa si presta.

Per la moltiplica si porta l'indice fisso *b* a 100 e quello mobile (*c* od *a*) a segnare il moltiplicando, indi si muove colla mano il cilindro *d* finchè il moltiplicatore viene a trovarsi all'indice fisso: il prodotto si legge allora di contro ad uno degli indici mobili.

Per la divisione si colloca l'indice fisso contro il divisore, e quello mobile superiore od inferiore contro il dividendo, e ciò a seconda che la prima cifra del divisore è maggiore o minore della prima cifra del dividendo. Muovendo allora il cilindro *d* finchè l'indice fisso riesca contro l'origine dell'elica, cioè a 100, si leggerà il quoziente di contro ad uno degli indici mobili.

L'elica si presta inoltre ad eseguire cumulativamente il prodotto di tre cifre. Per ottenere infatti il prodotto *m.n.p* si porta l'indice fisso a 100 e quello mobile ad uno dei fattori *p* e; ad *m*, indi si muove il cilindro finchè l'indice mobile cade all'estremità della scala: ciò fatto, si porta l'indice mobile di fronte ad un altro fattore, *p* e. ad *n*, e si muove il cilindro finchè l'indice fisso si trovi di contro al terzo fattore *p*. Il prodotto *m.n.p* si legge di fronte all'indice mobile.

Per eseguire cumulativamente una moltiplica ed una divisione, vale a dire, per trovare, *p. e.*,  $x = \frac{m.n}{p}$ , od in

altre parole, per ciò che si riferisce al calcolo delle proporzioni, si muove il cilindro *d* finchè il denominatore venga a trovarsi di fronte all'indice fisso, indi si colloca l'indice mobile contro uno dei fattori del numeratore: si muove poi il cilindro finchè l'indice fisso venga a presentare l'altro fattore e si legge il risultato dell'operazione ad uno degli indici mobili.

Ai riguardi poi del numero delle cifre, delle quali si dee realmente tener conto, fra le tavole stampate sull'asse *f* havvene una, la quale ricorda sotto forma schematica la regola a seguirsi, regola messa sotto forma assai comoda, particolarmente per il caso in cui debba operarsi sopra decimali.

Quando poi uno qualunque degli indici mobili si trovi di contro ad un numero e quello fisso ad un altro, facendo muovere comunque il cilindro, di fronte ai due indici tenuti fissi *a* o *c* e *b* verranno sempre a trovarsi numeri i quali avranno fra loro un rapporto uguale a quello di quei due primi.

La elevazione a potenza e la estrazione di radice si ottengono mediante l'elica calcolatoria nel modo più spiccio mercè la moltiplica diretta. Si colloca l'indice mobile superiore *c* di contro al numero dato e si leggono le scale *n* ed *m*. Queste insieme danno la mantissa del logaritmo del numero, mantissa alla quale dovrà aggiungersi la caratteristica: indi si moltiplica o si divide rispettivamente per l'indice della potenza o della radice. Si colloca poi il cilindro *d* in modo da leggere sulle scale *m* ed *n* la parte decimale del quoziente o del prodotto ottenuto. La potenza o la radice si leggono allora all'indice *c*.

Nel caso in cui queste ultime operazioni debbano eseguirsi sopra frazioni decimali, onde evitare l'uso di caratteristiche negative che potrebbe facilmente indurre in errori, si consiglia di operare prima una trasformazione della frazione decimale in ordinaria, ed indi eseguire il calcolo sopra la frazione così trasformata.

L'elica si presta poi a molte altre operazioni come gli strumenti congeneri, quali sarebbero, per esempio, calcoli d'interessi semplici e composti, determinazione di aree, ecc.

Si è già accennato precedentemente ad una tavola, la quale trovasi stampata sull'asse *f*: oltre a questa ve n'ha una quantità di altre, e per molte altre ancora vi sarebbe posto sul cilindro *g* che ne è affatto privo nel nostro esemplare. In questo pertanto la maggior parte dei dati registrati riguarda il rapporto fra i pesi, misure e monete inglesi con quelli del sistema metrico decimale, mentre invece, laddove questo sistema è in pieno vigore, lo spazio potrebbe essere utilizzato per altri dati, per formule, per coefficienti, per costanti da scegliersi fra i più utili per quella determinata classe di studiosi o di uomini pratici, alla quale lo strumento è destinato.

Venendo poi a parlare della elica calcolatrice sotto il punto di vista della esecuzione materiale, aggiungeremo che questa lascia qualche cosa a desiderare nei suoi particolari. Così, per modo di esempio, l'elica essendo tracciata sopra un foglio di carta che è avvolto intorno al cilindro *d*, la congiun-

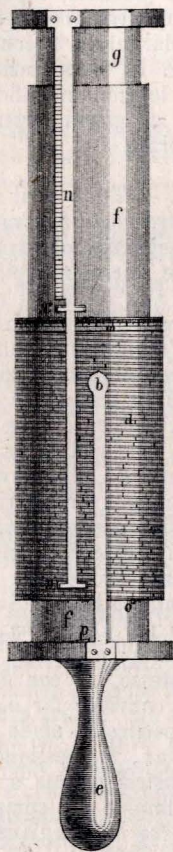


Fig. 63.

zione dei due orli non è perfetta, per cui la curva lungo questa linea presenta molte soluzioni di continuità. Negli esemplari di più recente costruzione si è mutata la forma degli indici *c* ed *a*, ma, a nostro parere, con qualche svantaggio: infatti nella nuova forma l'asta che porta la scala *n* poco prima di giungere all'indice *c* si restringe e poi si allarga con due appendici laterali, delle quali quella a sinistra costituisce l'indice vero, si restringe poscia di nuovo procedendo così fino all'estremità dove nuovamente è munita di due appendici laterali, delle quali la sinistra rappresenta ancora il secondo indice mobile. Queste appendici laterali, adattandosi per la forma circolare al cilindro *d*, potrebbero giudicarsi a prima giunta più opportune per la lettura, ma nella pratica questa opportunità non ci sembra confermata; il solo vantaggio che si ottiene è quello di avere l'indice più aderente al cilindro e di ottenere la lettura indicata mediante una retta anziché mercé un punto, ma di fronte a ciò vi ha l'inconveniente che talvolta l'indice nasconde una o più cifre del numero, ed allora per la lettura è mestieri ricorrere al numero vicino; ed ancora per istimare la frazione di divisione è necessario di abituare l'occhio a paragonare la porzione che rimane scoperta con una precedente interamente scoperta, anziché colla parte che rimane a compimento della divisione intera segnata, come ordinariamente si usa.

Anche sotto il punto di vista della comodità d'uso ci sembra che lo strumento sia suscettibile di utili modificazioni: nelle sue attuali condizioni, per esempio, non può negarsi che l'impugnatura, per essere troppo breve, rende un po' impacciati nel maneggio dello strumento: inoltre a motivo delle proporzioni e del peso dello strumento, che dev'essere continuamente tenuto in mano, la esecuzione di molti calcoli finirebbe per istancare la mano, onde ci sembra sarebbe opportuno potervi adattare una specie di morsa, la quale permettesse allo strumento di assumere quei movimenti che vi si possono imprimere tenendolo in mano, ed in pari tempo di fissarlo al tavolo sul quale si lavora. Ma su questi, come su altri particolari di minor conto, l'inventore ed il costruttore sapranno senza dubbio in progresso di tempo introdurre utili e facili perfezionamenti.

Ciò non ostante però ci sembra che lo strumento abbia in sé stesso due ostacoli, i quali si opporranno ad una grandissima diffusione, diffusione però, alla quale, ci affrettiamo a soggiungerlo, esso ci sembra possedere molti titoli. Il primo di questi ostacoli consiste nel prezzo che supera il decuplo di quello di un regolo ordinario da 0<sup>m</sup>,26, senza presentare, al pari di questo, caratteristiche di durata illimitata; il secondo, nel non essere, per le sue proporzioni relativamente notevoli, uno strumento portatile. L'elica calcolatoria di Fuller sarà uno strumento ricercato e preferito da quanti hanno d'uopo di eseguire molti calcoli con molta esattezza relativa e con tutta tranquillità nel proprio studio, ma il regolo logaritmico di 0<sup>m</sup>,26 rimane pur sempre l'ideale insuperato per l'industriale, per l'uomo d'affari, ai quali basta una modesta approssimazione, quale possono ottenere con tutta facilità e con un po' d'esercizio da uno strumento economico, e che per le sue esigue proporzioni può essere loro compagno indivisibile.

## ECONOMIA FERROVIARIA

### I TRAMWAYS E LE FERROVIE SU STRADE ORDINARIE di MAGGIORINO FERRARIS (\*).

#### I. — La economia ferroviaria.

1. — *Introduzione.* — *L'economia delle comunicazioni e dei trasporti* non ebbe fino a questi ultimi tempi il posto a lei dovuto nella economia pubblica in genere. Economisti

i più illustri ommisero totalmente nelle opere loro il capitolo dell'industria dei trasporti siccome ha fatto il Mill, nei suoi *Principles of Political Economy*; o vi assegnarono un posto affatto secondario nella ripartizione generale dell'opera, siccome ha fatto G. B. Say nel suo *Corso di economia politica pratica*, il quale ha rilegato nella parte VII riguardante il consumo, la trattazione dei mezzi di comunicazione.

Al contrario lo Schmalz, in Germania, fin dal principio del nostro secolo aveva dedicata la parte maggiore del secondo volume della sua *Economia politica* alla trattazione dei mezzi di prosperità, distinguendoli in generali e particolari, e comprendendo nei primi: l'amministrazione della giustizia, i pesi, le misure, la moneta, i mezzi di comunicazione e di trasporto; e nei secondi: l'economia rurale, l'economia industriale e l'economia commerciale. La classificazione dello Schmalz, benché con qualche leggiera modificazione è ancora adottata da molti scrittori ai giorni nostri, e Adolfo Wagner la dice affatto naturale.

2. — Tra i vari rami dell'economia delle comunicazioni e dei trasporti, doveva primeggiare l'*economia ferroviaria* come conseguenza necessaria dello sviluppo gigantesco che le ferrovie ottennero nella seconda metà del nostro secolo.

Rau, R. Mohl e Knies furono i primi in Germania a scorgere l'importanza di questo nuovo ramo della scienza dell'economia e dell'amministrazione, ma a L. Stein spetta principalmente il merito di avere ridotta l'economia ferroviaria a trattazione sistematica e scientifica.

E mentre il Weber, il Cohn, lo Schwabe ed altri, con pregevoli lavori, (di alcuni dei quali avremo in seguito a servirci), illustravano i quesiti pratici più importanti dell'economia ferroviaria, lo Schäffle nel suo *Gesellschaftliches System der menschlichen Wirthschaft* ne riassumeva i principii teorici fondamentali e la coordinava alle altre parti della scienza economica.

Intanto Emilio Sax, professore d'economia a Vienna, dettava nel 1871 una specie di programma dell'economia ferroviaria; e Adolfo Wagner, professore a Berlino, faceva lo stesso, ma con diversità di metodo, e di ripartizione. E qui conviene far notare che il Wagner prese solo a trattare in particolar modo delle ferrovie dello Stato; e mentre per il Sax, la questione se le ferrovie debbano considerarsi come industria privata o come funzione dello Stato, non è che uno de' tanti e più complicati problemi dell'economia ferroviaria, l'opera di Wagner è uno scritto in favore delle ferrovie state costruite, ed esercitate dallo Stato, ed a codesto concetto l'intera trattazione della materia è subordinata.

Ciò non ostante manca ancora a' giorni nostri, a confessione dello stesso Wagner, una trattazione completa dei mezzi di comunicazione e di trasporto, considerati dal punto di vista dell'economia.

Questa lacuna è tanto più sensibile in quanto che l'epoca nostra già vanta una ricca biblioteca di opere tecniche specialmente sulle ferrovie, ed è pure notevole il numero delle monografie speciali che studiarono problemi distinti della economia ferroviaria, e che prepararono il terreno ad una trattazione generale e sistematica di detto ramo della scienza economica.

Ma a colmare tale lacuna si è accinto lo stesso Sax col'opera *Die Verkehrsmittel in Volks- und Staatswirtschaft*. Già è uscito il primo volume che tratta delle strade ordinarie, dei canali, delle poste e dei telegrafi; il secondo tratterà delle ferrovie, e gli studiosi lo attendono con quella impazienza che proviene dall'incontestata competenza dell'au-

chivio giuridico (Pisa, 1879), questa bellissima memoria di economia ferroviaria, che per l'importanza sua, anche dal lato tecnico, e per la richiesta avutane da parecchi associati intendiamo di qui riprodurre in alcune parti integralmente, ed in altre brevemente riassunta. Codesto dottissimo lavoro è frutto di lunghe e pazienti ricerche fatte in opere e giornali di tutti i paesi e di tutte le lingue, e noi siamo certi che i nostri lettori saranno unanimi nel riconoscere il raro merito dell'operetta e la rara modestia dell'Autore che l'ha pubblicata col semplice titolo di *Saggio*.

G. S.

(\*) Il giovane e studiosissimo autore, già favorevolmente noto ai lettori dell'*Ingegneria Civile*, ha pubblicato da Londra, ove è intento a codesto genere di studi economici, coi tipi, dell'*Ar-*

tore in tale materia, e dalla importanza che ha desso acquistata nei tempi recenti.

Per tal modo, l'economia ferroviaria ha definitivamente preso il posto che le compete nella scienza economica; il problema delle ferrovie s'impone ogni giorno più all'attenzione degli studiosi, e da lungo tempo occupa i Governi ed i Parlamenti delle nazioni più civili: e non è forse lontana l'epoca in cui l'economia delle comunicazioni e dei trasporti, quella delle ferrovie soprattutto, costituirà un importante ramo d'insegnamento nelle Università e nelle scuole d'ingegneria. Già nei nostri trattati d'economia politica le comunicazioni ed i trasporti sono oggetto di studio speciale, e con felice idea il Cossa, nei suoi *Elementi di economia politica*, seguendo la classificazione della scuola tedesca tratta dei mezzi di trasporto nella sezione che ha per oggetto la circolazione della ricchezza, e li pone a fianco della Moneta, del Credito e delle Banche.

3. — *Essenza economica delle ferrovie.* — Conviene avere un giusto concetto dell'essenza economica delle ferrovie per poter poscia determinare all'industria ferroviaria il suo posto nella economia generale.

La ferrovia è stata economicamente definita « l'applicazione della macchina a vapore ai trasporti per terra » ed è perciò che l'industria dei trasporti per terra ha assunto anch'essa il carattere della grande industria, basata sul lavoro delle macchine.

Le locomotive hanno recato all'industria dei trasporti quegli stessi vantaggi e per qualità e per quantità che l'introduzione delle macchine operatrici, e delle grandi motrici fisse apportò nelle industrie della produzione. Come in tutti i rami della produzione ai quali le macchine furono applicate, così nell'industria dei trasporti, per ciò che riguarda al costo, alla durata, alla quantità, ed alla regolarità del lavoro, la locomotiva ha straordinariamente accresciuto e perfezionato i risultati dapprima semplicemente ottenuti dall'impiego della forza muscolare di uomini e di animali.

Sotto tutti questi aspetti, le ferrovie segnano un progresso smisurato sui mezzi usuali di trasporto. E come non è difficile dimostrare che l'industria dei trasporti ha subito quella trasformazione cui in tempi più remoti andò soggetta la produzione industriale, così occorre appena notare che ai trasporti si applicano pure molte delle norme le quali governano la produzione in genere. Ed in vero i fattori che trasformarono la produzione industriale e che la contraddistinguono ai giorni nostri, sono due: l'introduzione delle macchine e la sostituzione degli enti collettivi all'individuo. Ma questi due caratteri li riscontriamo in sommo grado nell'economia ferroviaria, giacché nell'introduzione della locomotiva consiste la vera essenza delle ferrovie, le quali d'altronde sono molto al disopra della semplice attività dell'individuo, ed entrano nella sfera d'azione degli enti collettivi (Governi, Provincia, Circondari e Comuni, Società per azioni, Consorzi, ecc.).

4. — *Classificazione delle ferrovie.* — Definito che cosa intendasi per ferrovia in genere, è necessario procedere ad una distinzione tra le varie specie di ferrovie. E conviene distinguere in tre categorie:

1° Linee di traffico intensivo, o linee primarie, le quali percorrono regioni di grande sviluppo economico, e sulle quali ha luogo un traffico attivo, sempre crescente, e la cui costruzione e l'esercizio dipendono principalmente dalle condizioni del lavoro, del capitale e della civiltà, che in tali regioni sono sviluppati in un grado intensivo.

2° Linee di traffico estensivo, o linee secondarie, le quali percorrono regioni che trovansi ad un grado estensivo di progresso economico, ed hanno un traffico debole e quasi stazionario.

3° Linee di interesse locale, o linee di terz'ordine, linee a sezione ridotta, e tramways.

Le ferrovie di traffico intensivo trovano il loro posto naturale nei paesi ove è tenue il saggio dell'interesse dei capitali, e sono elevati i salarii, ove è grande la frequenza delle corse, ov'è grande la distanza, e dove la velocità dei trasporti rappresenta un fattore importante.

Le ferrovie di traffico estensivo sono naturali nei paesi ove è elevato il saggio dell'interesse, e sono bassi i salari, e nei quali è minore la frequenza delle corse e la velocità dei convogli.

Così il sistema americano ci presenta il tipo di ferrovia a traffico estensivo, tipo che malgrado il caro prezzo della mano d'opera, si addimostre confacente a quel paese dove i legnami da costruzione abbondano, ed è elevato il saggio dell'interesse.

Al contrario, l'Inghilterra colle sue linee costose ci presenta il tipo delle ferrovie a traffico intensivo, ed anzi, possiamo dire che in Europa il vero tipo intensivo si riscontri solo in Inghilterra, ove è basso il saggio dell'interesse, e sono elevati i salarii; mentre sul continente e specialmente in Germania, troviamo il tipo estensivo, essendochè sul continente si eleva la meta dell'interesse, e si abbassa quella del salario.

Ed ecco come le stesse condizioni di luogo e di tempo che in agricoltura determinano, secondo il Thünen, la coltivazione intensiva o l'estensiva, fanno pur sì che nelle ferrovie debbasi dare preferenza ora al sistema intensivo ora all'estensivo. E così la legge del Thünen può essere portata nel campo delle ferrovie, e si appalesa un nuovo punto di contatto tra l'economia agraria e l'economia ferroviaria — nuovo esempio di quelle armonie economiche che tanto colpirono la mente di Bastiat.

Or bene la stessa differenza che in virtù delle diverse condizioni economiche abbiamo visto esistere fra Stati e Stati, per quanto riguarda le ferrovie si riproduce entro i confini di un medesimo Stato tra regione e regione, e quale conseguenza del diverso grado di sviluppo economico delle varie parti di uno stesso paese; e di qui la necessaria graduatoria delle ferrovie anche entro i limiti di un solo Stato.

5. — *Caratteri di distinzione.* — Se non che quali sono i caratteri esterni e pratici per distinguere di fatto le varie categorie o classi di ferrovie? A tale proposito il Weber molto opportunamente osserva che non vi ha alcun criterio naturale e fisso; essendochè le ferrovie non sono già un meccanismo che si possa costruire a volontà e che debba funzionare automaticamente secondo date prescrizioni. Esse racchiudono in sé una parte importante della vita dei popoli, sono l'espressione materiale dei bisogni della circolazione, e costituiscono un organismo vivente, in cui non vi hanno scalini, salti, o classi, ma passaggi e gradazioni leggiere che tra loro si connettono in modo organico.

E di qui una innegabile difficoltà per non dire impossibilità nel distinguere e classificare i molteplici sistemi ferroviari.

Pure vi sono ragioni, principalmente d'ordine amministrativo, per le quali si richiede una qualche classificazione delle ferrovie, e le quali inducono lo stesso Weber a ricercare i caratteri estrinseci pei quali si distinguono le ferrovie a traffico intensivo da quelle a traffico estensivo.

E questi caratteri sarebbero tre: la velocità dei treni — la larghezza del binario — la natura della strada su cui è posato il binario, secondochè essa è esclusiva alla ferrovia, od anche aperta al carreggio ordinario.

Onde abbiamo prima la grande categoria delle ferrovie di traffico intensivo, a binario normale ed a grande velocità. E poi si distinguono tre categorie per le ferrovie di traffico estensivo; la 1ª a binario ancora normale ma con velocità alquanto minore della categoria preaccennata; la 2ª delle ferrovie a binario ridotto, e la 3ª delle ferrovie su strade d'uso pubblico e che per non dire ferrovie stradali, diremo tramways urbani e rurali.

Non occorre dire come in codesta classificazione, velocità, larghezza di binario normale, ecc., nulla abbiano di assoluto.

## II. — Le ferrovie di traffico estensivo.

6. — *Ferrovie a binario normale e di velocità ordinaria.* — Le prime ferrovie congiunsero tra loro le città principali, percorrendo vallate popolate, e riunendo i centri industriali di terra ferma coi loro sbocchi al mare. La loro costruzione

fu nella maggior parte dei paesi opera utile e lucrativa. Esse vi occupano il loro posto nella gerarchia ferroviaria e sono quelle da noi dette linee a traffico intensivo, delle quali non è qui nostro scopo d'occuparci.

Ma quest'opera era troppo incompleta: si domandarono e concedettero nuove linee. Le prime erano i fiumi di cui le seconde dovevano diventare affluenti e tributari. Se non che mentre i fiumi erano sicuri di una vitalità potente, i loro affluenti per lo più non potevano sperare risultati cotanto favorevoli; e nell'impianto era adunque indispensabile prevedere condizioni economiche diverse da quelle sotto il cui impero si era addivenuti alla creazione delle prime linee.

Sorsero in tal modo le ferrovie secondarie, da noi dette a traffico estensivo, il cui concetto è ancor oggi tutt'altro che ben definito e circoscritto.

A noi basta tuttavia d'osservare che nello sviluppo storico delle ferrovie, uno dei primi e grandi tipi su cui si modelarono le linee secondarie fu quello di ferrovie ad argine stradale loro esclusivo, ad un sol binario, di larghezza normale, ed a velocità non eccessiva. Ed è questa per noi la prima classe delle ferrovie di traffico estensivo.

Siccome poi codeste ferrovie non entrano che come termine di paragone nel modesto quadro del nostro lavoro, così ci limiteremo per fissare le idee ad accennare l'esperienza fattane in Francia, il paese per antonomasia delle ferrovie d'interesse locale, pur dolenti che non ci sia stato dato di trovare una buona trattazione storica ed economica dell'origine e dello sviluppo di coteste linee nei diversi Stati.

7. — *Le ferrovie secondarie in Francia.* — L'iniziativa delle ferrovie secondarie in Francia partì dal Consiglio generale del dipartimento del Basso Reno negli anni 1858-60; e da quest'epoca data quel movimento scientifico e pratico ad un tempo, in cui primeggiano i nomi del Coume, del Chevalier, del Lan, del Bergéron, del Flachet, ecc. Secondando codesta corrente il Ministro dei lavori pubblici nominava nel 1861 una commissione d'inchiesta i cui atti vennero pubblicati nel 1863 accompagnati da una relazione del vice-presidente Michele Chevalier, e da cui traeva origine la nota legge del 12 luglio 1865.

È pregio dell'opera vedere in qual modo la Commissione speciale che precedette codesta legge, definisce quelle ferrovie particolarmente conosciute in Francia sotto il nome di linee di interesse locale.

Le linee di interesse locale — così si esprimeva la relazione — sono ferrovie destinate esclusivamente a raccordare le località secondarie alle linee principali, seguendo sia una vallata sia un altipiano, e non traversando né falde di montagne, né grandi vallate: sono ferrovie di lunghezza limitata che raramente supera i 30 od i 40 chilometri, di traffico poco ragguardevole, ed a cui bastano generalmente treni in ciascun senso, escluso il servizio di notte... E finiva con raccomandare il servizio *a spola*, cioè con un solo treno che fa il viaggio di andata e ritorno, e la velocità massima di 25 chilometri l'ora.

E codesta definizione di ferrovia secondaria veniva ancor più accentuata dal conte Le Hon, relatore della Commissione del Corpo legislativo, essendochè consigliava « per i dipartimenti poveri che non presentano un traffico medio elevato, ed hanno terreni accidentati, il binario ridotto ed il beneficio economico che esso apporta ».

Da questi concetti emanò la citata legge del 12 luglio 1865, secondo cui: 1° le ferrovie d'interesse locale possono essere stabilite: a) dai dipartimenti o dai comuni, con o senza concorso dei proprietari interessati; b) da concessionari, col concorso dei dipartimenti e dei comuni. — 2° Il Consiglio generale del dipartimento determina la direzione della ferrovia, il modo e le condizioni di costruzione e ne assicura l'esercizio. — 3° L'utilità pubblica è dichiarata, e l'esecuzione autorizzata per decreto deliberato in Consiglio di Stato su relazione dei ministri dell'interno e dei lavori pubblici. — 4° È iscritta annualmente sul bilancio dello Stato una somma non maggiore di 6 milioni per sovvenzioni, che varranno per ciascun dipartimento secondo l'ammontare del prodotto del centesimo addizionale delle quattro contribu-

zioni dirette. Secondo che il centesimo addizionale produce meno di 20 mila franchi, o da 20 a 40 mila, o più di 40 mila franchi, il massimo della sovvenzione è rispettivamente di  $\frac{1}{2}$ , di  $\frac{1}{3}$  o di  $\frac{1}{4}$  della spesa che la convenzione d'esercizio pone a carico dei dipartimenti, dei comuni e degli interessati.

Si è detto a ragione che questa legge del 1865 ebbe, tra gli altri, il torto di essere venuta troppo presto. Nella gerarchia ferroviaria posta dal Wagner, la legge del 1865 passava d'un tratto dalla prima alla terza categoria; si proponeva, per così dire, di creare le strade comunali e vicinali, mentre ancora non erano complete le provinciali che servissero di anello intermedio tra desse e quelle nazionali.

Conseguenza naturale: lo « *chemin de fer d'intérêt local* », quale esiste oggigiorno, anzichè quello voluto dalla legge del 1865, è riuscito quale lo ha creato una pratica, per necessità dei tempi, ribelle ad una legge che partiva da un concetto economico prematuro.

Nè v'è da sorprendersi se in tale incerta condizione di cose la pratica abbia talvolta deviato dalla buona via, e se le domande di concessioni di ferrovie d'interesse locale, più che a procurare affluenti alla rete concessa dallo Stato, mirassero talvolta a farvi concorrenza ed a stornare il traffico delle linee antiche, e attentassero così agli interessi finanziari dello Stato, i quali sono legati a quelli delle grandi compagnie per la garanzia d'interesse e la ripartizione dei benefici.

E ciò valga a spiegare le gravi divergenze d'opinioni sugli effetti di quella legge, essendochè per coloro che hanno in vista la ferrovia locale propriamente detta, la legge ha fallito al proprio scopo, e questa è la dichiarazione più o meno esplicita del Caillaux e del Chabrier; mentre a tale sentenza non sottoscrivono coloro che, come il Krantz ed il Varroy, più che lo scopo che la legge si proponeva, riguardano i benefici che da essa ne scaturirono: fra i quali quello indubitato di avere colla potente molla della iniziativa dei corpi locali, dotato il paese di più di 2 mila chilometri di ferrovie minori.

Ma codesto risultato non poteva certo legittimare gli inconvenienti cui ha dato luogo la stessa legge del 1865. E qui ci si appalesa tutta quanta l'importanza del nuovo e vigoroso indirizzo della politica ferroviaria dell'on. Freycinet, inaugurata col decreto del 2 gennaio 1878 per la classificazione delle linee francesi in « rete d'interesse generale » ed in « rete d'interesse locale ».

Quindi, per una parte il riscatto, già preconizzato dal Caillaux, di molte delle ferrovie passive o concorrenti, per rimediare, e diciamo pure, espiare gli errori del passato; e per altra parte due nuove proposte di legge per emendare e completare quella del 12 luglio 1865.

Questi due progetti sui quali l'on. Freycinet, con rara modestia e con giusta deferenza ai corpi locali, richiamava l'attenzione dei Consigli generali con circolare del 4 aprile 1878, vennero presentati al Senato francese nella seduta del 29 aprile successivo, e riguardano l'uno i *Chemins de fer d'intérêt local*, e l'altro le *Voies ferrées établies sur les voies publiques*.

Di essi avremo spesso occasione di far parola più oltre: ci limitiamo per ora a far notare come l'on. ministro vi proclami apertamente che « il Governo ha voluto farla finita con quelle combinazioni le quali tendono a girare la legge, e che consistono nel creare, mediante il congiungersi di sezioni, spese volte ottenute con semplice decreto, una vera concorrenza alle grandi linee sovvenzionate dallo Stato. La ferrovia d'interesse locale — così prosegue l'on. Freycinet — deve, non saprei dirlo abbastanza, rimanere quale l'ha fatta la natura delle cose, vale a dire un affluente e non un rivale della rete d'interesse generale ».

8. — *Le ferrovie secondarie negli altri paesi.* — Nè alla sola Francia è ristretta questa dolorosa esperienza; in quasi tutti i paesi del continente risuona l'eco lamentosa dei disinganni prodotti dalla costruzione delle ferrovie, soprattutto di quelle secondarie; e pur troppo anche in Italia codesta esperienza l'abbiamo fatta a nostre spese.

A fronte di ciò, come spiegare la quasi assoluta mancanza nei vari paesi di disposizioni legislative d'ordine generale, relativamente alle ferrovie d'importanza secondaria?

Osiamo quasi dire che l'esempio della Francia rimase senza imitatori, se ne eccettuiamo una legge della Baviera del 29 aprile 1869, relativa al completamento delle ferrovie bavaresi dello Stato ed alla costruzione di ferrovie vicinali (Vincinalbahnen).

In Prussia, nel febbraio del 1877, fu respinto dalla Camera dei deputati un progetto di legge molto incompleto che tendeva ad estendere l'impiego dei fondi di dotazione provinciale alla costruzione delle ferrovie secondarie. E relativamente sempre alle sole ferrovie di importanza secondaria il ministro del commercio pubblicava il 10 maggio successivo un regolamento tecnico sotto il titolo di *Sicherheits-Ordnung für die normalspurigen Eisenbahnen in Preussen*, e relativo alle sole ferrovie d'importanza secondaria.

La Germania è pure priva di una legge al riguardo, e per la parte tecnica vi suppliscono i « *Grundzüge für die Gestaltung der secundären Eisenbahnen* », redatti da una Commissione tecnica della « Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen » (Associazione delle amministrazioni ferroviarie della Germania).

In Inghilterra nella legge 21 luglio 1868 (*An act to amend the law relating to railways*) gli articoli 27-29 al § v sanciscono alcune facilitazioni in favore delle *Light Railways* (ferrovie leggiere o secondarie).

Per ultimo in Ungheria, in mancanza di una legge speciale relativa alla costruzione delle linee secondarie, a cura del Governo e per opera del noto ing. Achille Tommen, furono pubblicati dei « Tipi normali di ferrovie di II e III grado », le prime a binario normale, le seconde a binario ridotto, e su di essi si modellarono le varie ferrovie secondarie costruite in Ungheria, riguardo alle quali il Governo pubblicava pure alcune prescrizioni nel 1874 (*Betriebsvorschrift für die Locomotiv-Eisenbahnen II Ranges*).

In conclusione vediamo come nei vari paesi e forse per opera più della pratica che della legislazione, sia ad ogni modo sorto un tipo speciale di ferrovie d'ordine secondario, le quali hanno ricevuto nomi diversi ne' diversi Stati, ma che tutte hanno a caratteri comuni la larghezza normale del binario ed una velocità moderata, col relativo aumento delle pendenze e diminuzione del raggio delle curve.

La legge francese del 1865 non intravvide che imperfettamente codesto tipo e lo confuse in parte con quello a scartamento ridotto. Il progetto Freycinet del 29 aprile 1878 gli dà una individualità a sé; ossia costituisce la 1ª classe delle ferrovie di traffico estensivo, la quale si distingue ad un tempo e dalle linee di traffico intensivo o d'*intérêt général*, e da quelle a binario ridotto, delle quali è ora il tempo di parlare.

9. — *Il binario ridotto.* — Non vi è forse questione di economia ferroviaria che sia stata così ardentemente dibattuta quanto quella della convenienza o no del binario ridotto. Non mancarono ammiratori sinceri ed entusiasti da una parte, oppositori accaniti e tenaci dall'altra; e di numerose monografie su tale questione è ricca abbastanza la letteratura scientifica d'ogni paese, perchè qui occorra addurre le ragioni e pro e contro.

L'Italia ha preso parte anch'essa alla lizza, e basti citare per tutti, i due capo-lavori del Biglia e del Moreno.

La lotta dei binarii (*the battle of gauges*) fervette ardentissima in Inghilterra quando si discusse la larghezza da darsi alle ferrovie dello Stato nell'India. La vinsero le ferrovie a binario ridotto, che da quel giorno presero nell'India una estensione importante. Anche in Inghilterra il binario ridotto ebbe numerosi fautori, e si pronunciarono energicamente in suo favore l'*Engineering* (vol. II, a pag. 457, 1871) e l'*Engineer* (II vol., pag. 465 del 1878 e II vol., pag. 226 del 1876), due giornali scientifici tra i più autorevoli di quel paese.

Anche in Germania molti ritennero come sicuro l'avvenire delle ferrovie a binario ridotto, che farono strenuamente difese da scrittori autorevoli e sostenute dai principali perio-

dici scientifici, come il *Polytechnisches Journal*, segnatamente nei volumi del 1871 e 1872.

Tuttavia già dal 1869 il Von Sonne scriveva che in Germania si tende ad un accordo generale nel dare alle ferrovie secondarie il binario delle primarie.

Alla conferenza di Dresda una grande maggioranza delle *Deutsche Eisenbahnverwaltungen* si è espressa nel senso che « le ferrovie secondarie conservino lo stesso binario delle primarie, ed immediatamente si raccordino ad esse ». Ed otto anni più tardi il deputato Rickert scriveva che presso il Ministero del Commercio di Prussia, il binario ridotto pare non abbia simpatia di sorta.

Al contrario lo scartamento ridotto trovava modesta applicazione in Ungheria e nella Svizzera, e faceva ottima prova nella Svezia e nella Norvegia. Importantissima è l'esperienza di questi due paesi e troppo numerosa è la serie degli studi fatti sulle loro ferrovie ridotte, perchè qui possa anche solo venir ricordata. In pari tempo il binario ridotto si popularizzava nel Canada, nell'Australia, negli Stati Uniti, ecc.

Ciò malgrado, e nell'Europa Centrale soprattutto, gli uomini pratici, e fin anco la pubblica opinione, accolsero di male animo le ferrovie a sezione ridotta. Il Weber non dubitò d'asserire che in base all'esperienza fatta, le ferrovie a binario ridotto non solo non si estesero, ma andarono diminuendo; ed aggiungeva doversi solamente fare eccezione per le linee destinate al servizio di grandi stabilimenti industriali, tali quelli di Reschitz, di Essen, di Dortmund, del Creusot, ecc.

Ed il Plessner, scrittore autorevole e membro di importanti amministrazioni ferroviarie della Germania dichiarò che « per le ferrovie ordinarie il binario normale dev'essere la regola, ed il binario ridotto la eccezione ».

Anche gli ingegneri Beral e De Basire incaricati dal Governo francese di studiare in paese ed all'estero le condizioni economiche di costruzione delle ferrovie di interesse locale, in recentissimo rapporto, hanno concluso che ogniqualvolta abbiasi a fare un argine stradale apposito, e siasi all'infuori di circostanze eccezionali, si debba adottare lo scartamento normale.

A questo principio si è informata la pratica in Francia ed in Italia. In Francia ad onta del molto favore incontrato dappprincipio, pure non troviamo che 12 chilometri di ferrovie pubbliche a binario ridotto e piattaforma speciale a fronte di 2200 e più chilometri di ferrovie normali di interesse locale attualmente in esercizio. Ed il ministro Freycinet nella sua circolare del 4 aprile 1878 dà la soluzione decisamente favorevole al binario normale colle seguenti parole: « Quanto alle ferrovie che richieggono la costruzione di un corpo stradale speciale, ed alle quali fu più particolarmente riservata la denominazione di ferrovie di interesse locale, mi parve di alta importanza che nella generalità dei casi avessero la stessa larghezza (benchè possa essere minore il peso dei regoli) delle grandi linee alle quali si congiungono. Vi si trova il triplice vantaggio: 1º di poter far transitare il materiale e per lo meno i veicoli da una rete all'altra, il che è d'interesse ad un tempo commerciale e strategico; 2º di permettere l'esercizio eventuale delle linee di interesse locale da parte della grande compagnia vicina; 3º di non pregiudicare l'avvenire, rendendo possibile l'ulteriore classificazione di una linea d'interesse locale in linea d'interesse generale ».

Anche l'Italia ha seguito la stessa via della Francia; e i 12 chilometri della ferrovia Torino-Rivoli (binario 0<sup>m</sup>90), costruita in condizioni eccezionalmente favorevoli, malgrado i buoni risultati finora conseguiti, non hanno fatto proseliti; e le ferrovie a binario ridotto, eccezionalissime nella pratica ferroviaria italiana, non occupano che un posto assai subordinato nei progetti di nuove costruzioni degli onorevoli Depretis e Baccarini.

Possiamo quindi dire che nei paesi le cui reti non sono isolate, epperò astrazione fatta dall'America e dall'India, dalla Nuova Olanda, dalla Russia, dalla Svezia, di regola generale va sempre più diminuendo d'importanza il sistema delle ferrovie a binario ridotto.

Secondo dati potuti raccogliere da vari scrittori, ecco un quadro approssimativo di confronto tra le

| STATI                 | Ferrovie secondarie |                         |                    |                         |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|
|                       | a sezione normale   |                         | a binario ridotto  |                         |
|                       | Numero delle linee  | Lunghezza in chilometri | Numero delle linee | Lunghezza in chilometri |
| Austria . . . . .     | 8                   | —                       | 1                  | 28.22                   |
| Francia . . . . .     | 111                 | 2200 —                  | 1                  | 12 —                    |
| Germania . . . . .    | 28                  | 361.25                  | 2                  | 40.13                   |
| Inghilterra . . . . . | 3                   | 54.36                   | 2                  | 34 —                    |
| Svezia (*) . . . . .  | 5                   | 174.70                  | 17                 | 684.10                  |
| Svizzera . . . . .    | 10                  | 85.63                   | 5                  | —                       |
| Ungheria . . . . .    | 15                  | 719.44                  | 4                  | 105.48                  |

Vedremo invece più innanzi quale sia l'applicazione del binario ridotto alle ferrovie posate sulle strade ordinarie, ossia ai tramways urbani e rurali, di cui dobbiamo ora più particolarmente occuparci.

(Continua).

(\*) Nella Svezia si sono adottate sei larghezze di binario ridotto: 1<sup>m</sup>219 — 1<sup>m</sup>188 — 1<sup>m</sup>093 — 1<sup>m</sup>067 — 0,891 — e 0,800.

## NOTIZIE

**Locomotive senza focolare. Risultati di esperimenti.** 1. — Le locomotive senza focolare (sistema L. Francq e Lamm) sono state oggetto a Vienna di alcune esperienze sulla linea di tramway che va dalle rimesse del Simmering al Centralfredhof (cimitero centrale, eseguite il 20 maggio ultimo scorso.

La locomotiva sperimentata, col n. 1 e col nome di Vienna è uscita dalle officine di costruzione di locomotive e veicoli del Simmering, presso Vienna, (già H. D. Schmid) ed è del sistema L. Francq e Lamm.

È su due assi a ruote accoppiate, il secondo dei quali è l'asse motore. I cilindri sono fissi ed inclinati; interni al pari dei cassetti di distribuzione; corsa avanti e indietro; tutto il meccanismo è protetto da una fodera di lamiera.

L'apparecchio del freno consta di quattro ceppi di ghisa, i quali si possono simultaneamente manovrare con un pedale a molla.

La caldaia, e dirò meglio, il serbatoio del vapore, è cilindrico ed orizzontale. Una caldaia fissa alla stazione di partenza serve alla produzione del vapore che poi è introdotto nel serbatoio della locomotiva.

La pressione normale del vapore è di 15 atmosfere.

La macchina è provvista di un condensatore che funziona costantemente; ed il camino non serve che all'uscita del vapore non condensatosi. Esso oltrepassa appena la copertura della macchina.

La caldaia non manca di apparecchi di sicurezza appropriati alla sua natura. Non vi è fischio a vapore.

Le dimensioni della macchina sono: 3<sup>m</sup>,30 in altezza dai regoli alla sommità del camino; 3<sup>m</sup>,80 di lunghezza massima; e 2<sup>m</sup>,10 di larghezza. La distanza degli assi è di 1<sup>m</sup>,28; il diametro delle ruote 0<sup>m</sup>,75.

Il peso della locomotiva a vuoto è di 6000 chil. ed in servizio di 8000 chil. Esso è egualmente ripartito sui due assi.

La linea di esperimento su cennata è lunga 3940 metri, ed ha salite di 1/48.

La corsa di prova, di andata e ritorno, si è fatta attaccando alla locomotiva una vettura del tramway a cavalli, carica di 43 persone. Ebbero luogo studiamente frequenti fermate, e l'immobilità assoluta del treno era ottenuta in 4 a 5" in media. Dal serrare dei freni alla fermata assoluta non si percorsero mai più di 6<sup>m</sup>,50, anche quando la macchina era sulla discesa.

2. — A codeste recenti notizie crediamo aggiungere quanto leggesi in proposito in una Memoria del signor Flourens presentata alla *Société industrielle du nord de la France*, nella quale si rende conto degli esperimenti eseguiti in occasione del Congresso del Genio Civile all'esposizione di Parigi dell'anno passato. Codesti esperimenti furono presenziati da gran numero di Ingegneri francesi e stranieri; ed ebbero luogo su di un binario tra Reuil e Marly-le-Roy, presso Parigi.

L'autore della Memoria espone dapprincipio i perfezionamenti recati da Leone Francq al suo primo motore; poi descrive il tratto di strada che ha servito all'esperimento, ed i risultati pratici ottenuti.

Le caldaie fisse destinate a portare alla temperatura di 200 gradi circa l'acqua nei serbatoi delle locomotive senza focolare,

sonosi stabilite nella stazione intermedia di Port-Marly, esse sono timbrate a 16 chil. Da Port-Marly a Reuil vi sono 7424 m.; e da Port-Marly a Marly-le-Roy vi sono 1855 metri. Sul primo tratto di strada le declività e le salite arrivano a 19 mm. per metro. Sulla seconda si è nell'andare in salita continua dal 40 al 60 per mille, essendovi una differenza di livello di ben 78 metri tra il punto di partenza e quello d'arrivo. Ciò è considerevole.

Il carico di una locomotiva dura quindici minuti; la capacità del serbatoio è di 2140 litri; il volume d'acqua calda è di 1700 litri; e quello del vapore è di 440 litri.

Il peso della macchina a vuoto risultò di 6500 chilogr. ed in servizio di 8315 chilogr.

La macchina avendo all'atto di partire la pressione di chilogrammi 14,5, può andare a Reuil e ritornare rimorchiando 10 tonnellate; ed al suo ritorno a Port-Marly la pressione non è più che di 2 chilogrammi.

Nel tratto da Port-Marly a Marly-le-Roy la pressione di partenza essendo di 14 chilogr., quella al ritorno è ancora di 7 chilogrammi.

Locomotive a fuoco di diversi sistemi, funzionando pure sulla ferrovia da Reuil a Port-Marly, il loro confronto colle locomotive senza focolare è molto facile.

Vi sono locomotive con focolare e caldaia a tubi verticali le quali consumano in andata e ritorno da Port-Marly a Reuil chilogr. 77,94 di un miscuglio di *gailletterie* e di *coke* a parti uguali, il quale costa 44 lire la tonnellata, e quindi L. 3 43.

Altre locomotive a focolare con caldaie tubolari orizzontali funzionando nelle stesse condizioni consumano 73 chilogr. dello stesso combustibile, donde la spesa di . . . . . L. 3 21.

Le caldaie fisse di Port-Marly richiedono per la carica di una locomotiva senza focolare:

|                                             |             |
|---------------------------------------------|-------------|
| Durante la carica . . . . .                 | Chilogr. 26 |
| Per la messa in pressione al mattino        |             |
| 50 ch. da ripartirsi in 7 cariche . . . . . | » 7         |
| Nell'intervallo fra due cariche . . . . .   | » 17        |
| Totale chilogr. 50 di car-                  |             |

bone il quale costa 30 lire la tonnellata, d'onde una spesa di Lire . . . . . 1 50

L'economia del combustibile, soggiunge il signor Flourens, in favore delle locomotive senza focolare, è dunque considerevole, e se gli interessi della spesa di impianto dei generatori fissi sono più elevati, la quota d'ammortizzazione è molto minore che nel caso di locomotive a fuoco, quali risultano dai rendiconti della Società d'esercizio.

Negli esperimenti a cui l'autore della Memoria ha assistito, la locomotiva senza focolare trascinava due vetture-viaggiatori nelle quali erano i membri del Congresso, ed un carro.

La locomotiva funzionò perfettamente nel tratto da Reuil a Port-Marly, dove non ci sono difficoltà; ma essa ha meravigliato gli Ingegneri nel tratto da Port-Marly a Marly-le-Roy. La continua e rapida salita fu superata a grande velocità, e le fermate furono ottenute istantaneamente, e la ripresa del movimento con eguale facilità.

Nel ritornare alla stazione di Port-Marly la discesa fu percorsa molto rapidamente, e l'azione moderatrice dei freni, e le fermate non hanno dato luogo a scosse sensibili.

Su codesto tratto di via non sarebbe possibile impiegare le piccole locomotive a focolare, le quali funzionano tra Reuil e Port-Marly; avendole provate, si verificò che durante la salita la chiamata era sì violenta, che la caldaia si vuotava pressoché completamente in poco tempo, essendoché l'acqua era meccanicamente trascinata via dal vapore; e del pari il combustibile del focolare era aspirato nei tubi, e carboni accesi erano lanciati in alto dal camino.

Fu questo esperimento della locomotiva senza focolare che indusse molti Ingegneri in Inghilterra, in Austria ed in Germania, a proporre l'applicazione, la quale pare convenga non solamente per tramways urbani e ferrovie locali, ma eziandio per il rimorchio ed il tonneggio delle navi, non meno che per il servizio delle miniere, e dei lavori nei tunnels.

**La velocità dei convogli celeri in Europa.** — Da una statistica pubblicata in diversi giornali tedeschi, risulterebbe essere in Inghilterra tra Londra e Douvre, Londra e York, Londra ed Hastings, che si riscontrano le maggiori velocità; le quali sono in media di 80 chilometri l'ora. Nel Belgio vi ha qualche trend speciale che fa 67 chilometri l'ora. In Francia i treni celeri da Parigi a Bordeaux percorrono in media 63 chilometri, e così pure i treni del corriere da Berlino a Colonia.

In Italia la massima velocità è di 50 chilometri tra Bologna e Brindisi; in Austria è di 40 a 48 chilometri. In Russia, da Pietroburgo a Mosca, ed in Svizzera tra Ginevra e Lausanne, da Zurigo a Romanshorn, è di 43 chilometri.

Fig. 1. Metà della sezione longitudinale secondo AB.

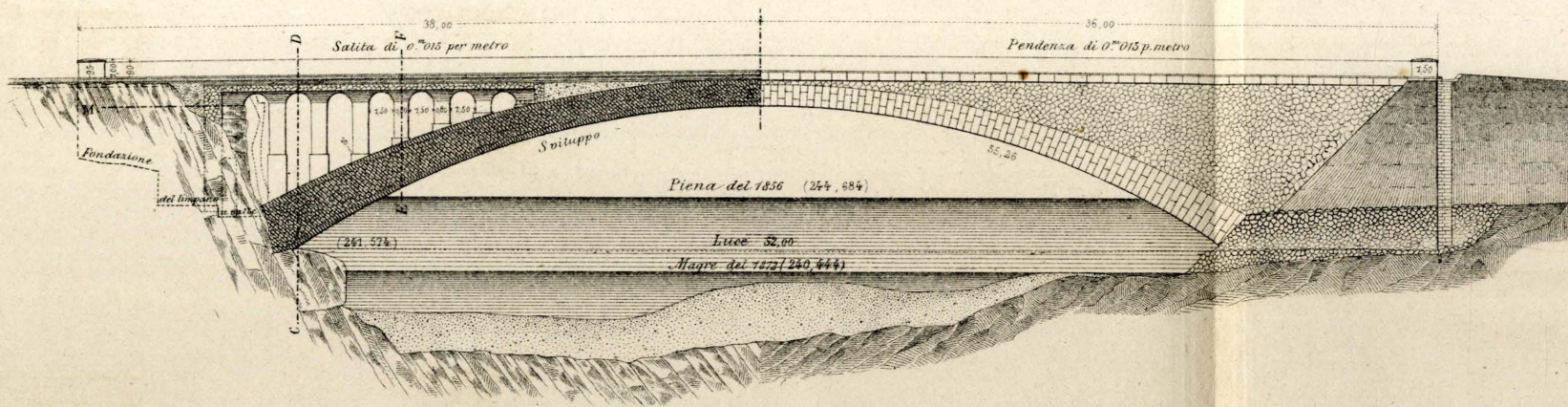


Fig. 2. Metà-elevazione

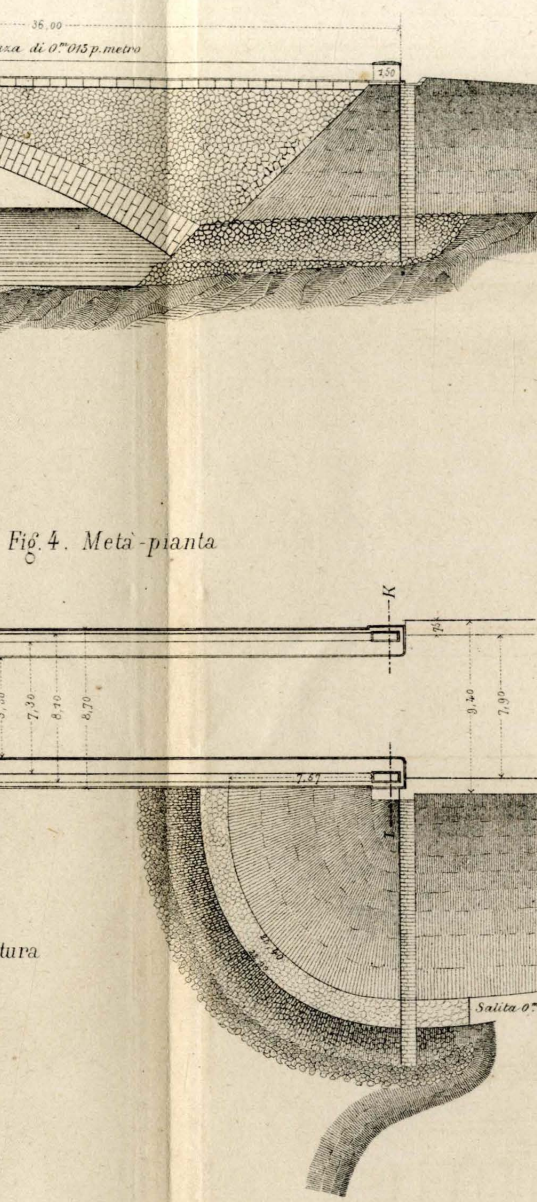


Fig. 3. Metà-sezione orizzontale secondo MN.

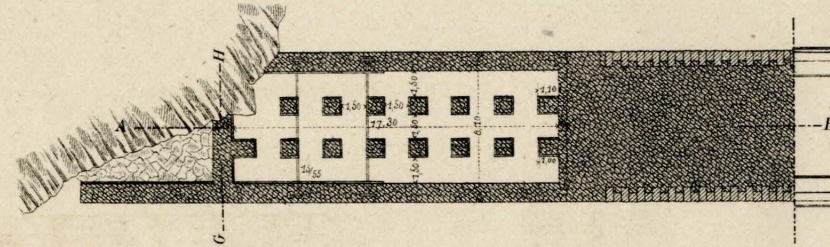


Fig. 4. Metà-pianta

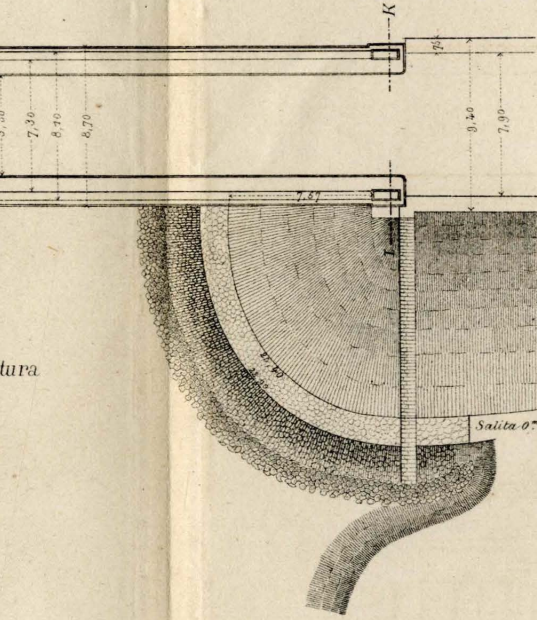


Fig. 9. Elevazione dell'armatura  
Ponte di servizio e gru scorrevole

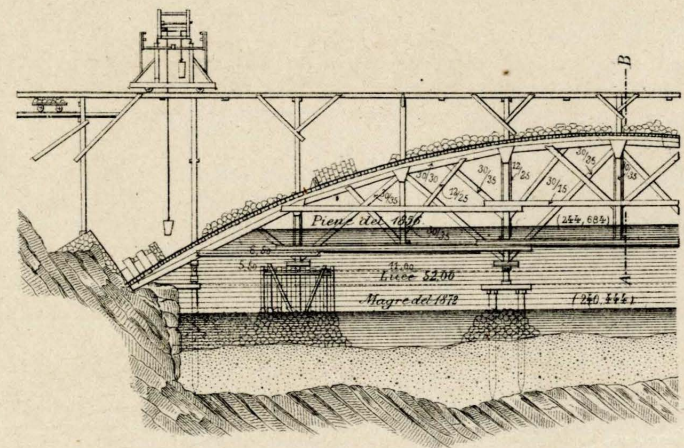
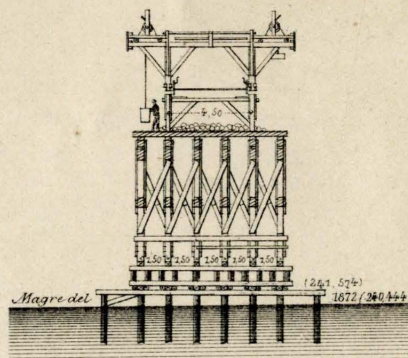


Fig. 10. Sezione trasversale dell'armatura  
secondo AB.



Scala di metri

|         |                                                 |
|---------|-------------------------------------------------|
| 0,0025  | p.m. per le fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. |
| 0,02    | id. 11, 12, 13.                                 |
| 0,00025 | id. 14.                                         |

Fig. 5. Sezione CD.

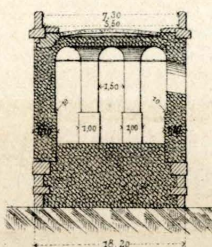


Fig. 6. Sezione EF.

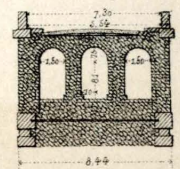


Fig. 7. Sezione GH.

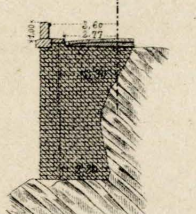
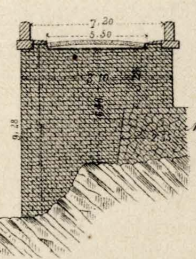


Fig. 8. Sezione IK.



Cilindri per il disarmo

Fig. 11. Sezione CD.

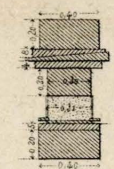


Fig. 12. Elevazione

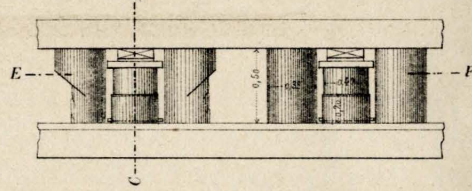


Fig. 13. Sezione EF.

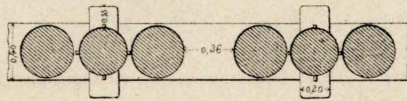


Fig. 14.

