

6





Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
Getty Research Institute

ELEMENTI

D I

ARCHITETTURA MILITARE

COMPOSTI PER USO

DELL' ACCADEMIA DEL BATTAGLIONE

REGAL FERDINANDO

DAL TENENTE

GIUSEPPE PARISI

*Ingegnere Militare, e Professore di Matematica
nella medesima.*

T O M O II.



N A P O L I M D C C L X X X I .

PRESSO GIUSEPPE CAMPO.

Con Regal Permesso.

1848

1849

1850

1851

1852

1853

1854

1855

1856



PREFAZIONE.

A Vendo io nel I. Libro di questi Elementi trattato dell' arte di fortificare in tutte le sue parti ; ragion volea , che in questo II. avessi preso ad esaminare , siccome fo , i principali sistemi di fortificazione ; e che ragionato avessi ancora degli edifizj necessarj in una Piazza di guerra , e del modo di costruirli resistenti . Ma poichè all' acquisto di tutte le arti , e scienze pervenir si può solamente per gradi , dalle cose più semplici ascendendo alle più composte ; ho stimato perciò parlar brevemente della origine , e del progresso di quest' arte , diligentemente divisando tutti i mezzi adoperati dagli uomini per istudio , e per esperienza meglio istrutti a render forte una Città , tutte le invenzioni le più importanti rapportando , che di mano in mano si son fatte ; perchè una compiuta con-

tez-

tezza aver si possa del progresso, e della perfezione, che gradatamente è andata ricevendo l'arte di fortificare. Se poi vi sarà chi riprendermi ardisca di scongiato nel premetter sì fatte notizie a questo II. Libro, anzi che al I., al quale par che meglio si apparteneano, il priegherò a metter riguardo alla necessità, che ho avuto in ciò fare; cioè, ch' essendo questi Elementi scritti per mandurre i giovani nello studio dell' Architettura Militare; se essi apprese non avesser prima tutte le voci tecniche, malagevolmente avrebbero potuto intender quello, di che ora si tratta, comechè storicamente esposto. Nell' esame poi de' principali sistemi di fortificare, e nel farmi le più importanti invenzioni a considerare, ho non senza mio particolar contento veduto che a non piccola gloria dell' Italia nostra sia per tornare, ch' essa, siccome di tutte le altre arti, così di questa a riconoscer si abbia per madre felicissima. E veramente tutti i nomi delle fortificazioni sono italiani, ed italiani per modo, che ritengono tuttavia, siccome avverte un illustre Scrittore, la forma della loro origine anche intrusi nelle lingue straniere: e
 gli

gli stessi forestieri di buon senso son costretti a confessare, come infra gli altri fa il Sig. le Nove, che gl' Italiani sieno stati i primi, che trovato abbiano parecchie belle maniere di fortificare, ch' essi poi han ridotte in arte. E, per tornare donde mi partii, era ben giusto che dopo di aver nel I. insegnato i veri principj dimostrativi di quest' arte, i progressi ancora avessi ad esporne, e appresso tutti i suoi fati a recar sotto gli occhi della gioventù studiosa: il quale metodo ha il vantaggio di esser stato proposto, e approvato dal famoso Wolfio come il più sicuro, qualmente è. Resta solo ch' io mi auguri, siccome fo con accessi voti, che i Giovani Militari, per uso de' quali questi Elementi vado scrivendo (che il viaggio in Germania, ch' io di Regal ordine intraprenderò tra poco, d' interromper per ora mi obbliga) vogliano con la felicità mirabile del loro ingegno, e con la generosa indole nazionale tant' oltre pervenire nella cognizione delle scienze sublimi delle matematiche, e delle teorie architettoniche, che di nuove scoperte, e d' altre più utili invenzioni abbiano un giorno ad arricchire l' arte nobilissima della

della

VIII

della Fortificazione ; potendomi io recar a gloria
di adattar a questi miei Scritti le parole di Cice-
rone : Ad docendum parum ; ad impellendum
fatis .



Del-

Dell' Architettura Militare

LIBRO II.

De' principali Sistemi di fortificare le
piazze di guerra. Degli edifizj, che
in esse son necessarj, e del modo
di costruirli resistenti.

C A P. I.

Del principio, e del progresso dell' arte di
fortificare sino all'anno 1622. di Cristo.

A R T I C O L O I.

*Si dà una brieve idea dell' arte di fortificare
dal suo nascimento sino al tempo, in cui in-
ventati furono nelle fortezze, i bastioni.*

1. **B** Enchè l' arte di fortificare abbia dovu-
to aver la sua origine nel tempo, in
cui la razza umana unita in Società
composte, passò ad abitar le Città (n. 2. T. I.);
pur non si può con certezza determinare qual

sia stata la prima Città, che si cingesse di un argine, per renderla più forte. E' opinione, che Caino, dopo aver ammazzato il fratello Abele nell'anno del Mondo 130., sia stato il primo uomo, che si sia fortificato nel recinto di un dato luogo; ma dalla Divina Scrittura si ha soltanto ch'edificata egli avesse nel paese di Naid una Città, a cui diede il nome del suo figliuolo Enoch; e non già che si fosse ivi fortificato (1). Gioseffo (2) però dice che cinta l'avesse di mura; e veramente sembra che avesse dovuto ciò fare, poichè, essendosi il medesimo unito con altri fregolati uomini per farsi ricchi colla violenza, e colla rapina, dovette pensare a render sicuro se stesso, e i suoi compagni in una qualche Città.

2. Dalle Sacre Carte ancora niente si rileva intorno alle prime Città fortificate fino all'anno del Mondo 1656., in cui avvenne l'universal diluvio. E neppure ricavar si può da' frammenti di

San-

(1) *Gen.* Cap. IV. v. 8. a 17.

(2) *Antiq.* Lib. I. Cap. II. n. 2. T. I. pag. 10.

Sanconiatone rapportati da Eusebio, ne' quali si fissa solamente l'epoca, in cui cominciarono gli uomini ad abitare le capanne nella V. generazione; e si stabilisce l'origine de' borghi, e de' villaggi nella IX, e X. generazione dopo il primo uomo. Uopo è dunque di rintracciarne qualche probabile notizia ne' tempi posteriori al diluvio.

3. Salvato Noè con tutta la sua famiglia dall'universale sciagura, e ridotta la terra senza uomini, seguitò egli ad abitar ne' contorni del monte Ararat, dove se ne morì; ed i figliuoli di lui Sem, Cam, e Giafeto passarono ad abitar le pianure di Sanaar. Quivi dopo qualche tempo presero ad edificare un'altissima torre per rendere immortale il lor nome presso i posteri, e per impedire la dispersione delle proprie famiglie (1). Malgrado però i loro sforzi per conseguire un tal fine, avendo Iddio confuso il linguaggio delle dette famiglie, seguì la dispersione di esse, le quali cominciarono ad occupare

A 2

i di-

(1) *Gen.* Cap. XI. v. 2 a 4.

i diverfi luoghi della terra, e a renderla popolata. Si fatto avvenimento fu cagione, che si difperdeffero anche quelle cognizioni, delle quali fornito era Noè ifteffo; ma è probabile che in qualche parte ne foffe reftata depositaria quella gente, che profeguì ad abitare nelle pianure medefime di Sanaar.

4. Dopo un tal tempo, Nembrod figliuolo di Cus cominciò ad effer potente fulla terra, onde ftabilì il fuo Regno in Babilonia l'anno del Mondo 1771. (1). Si crede anche ch'egli aveffe cinta di mura l'alta Torre di Babele, che abbandonata reftata era dalla maggior parte degli uomini. Affur edificò Ninive, ed altre Città (2), donde poi furfe l'Impero di Affiria; e febbene non fi parli di fortificazione, pure fi ha a credere, che foffero dette Città almeno cinte di mura.

5. Nell'anno del Mondo 2737., cominciò a regnar Nino figliuolo di Belo, il quale, dopo aver

(1) *Gen. Cap. X. v. 8. 9, e 10.*

(2) *Gen. Cap. X. v. 11. e 12.*

aver fatto molte conquiste , edificò una Città , che , secondo gli Storici , dal suo nome volle che Nino fosse appellata ; nel Genesi (1) però non si parla , che della sola Ninive ; onde nata è l'opinione di alcuni che Nino avesse ornata , ed ampliata la Città istessa di Ninive , e che non già edificata ne avesse una nuova . La grandezza , e la costruzione di essa è tale , che supera ogni umana credenza , se vogliasi prestar fede a Diodoro di Sicilia (2) ; e vi si ravvisano , oltre delle mura , le torri . A' tempi anche di questo Regnante dall'istesso Istórico ci si descrive per una Città ben fortificata quella de' Battriani posseduta dal Re Offarte , la quale fu occupata dall'esercito di Nino per opera di Semiramide , che per questa intrapresa divenne moglie di lui . Dalla stessa Semiramide poi si accrebbe in bellezza , ed in fortezza la Città di Babilonia , avendovi impiegato i ciò fare , secondo l'istesso Diodoro , due milioni di artefici (3) .

A 3

6. Trop-

(1) L. c.

(2) Lib. II. 3. T. I. pag. 115.

(3) Lib. II. 7. T. I. pagg. 119. 120.

6. Troppo lungi andrei dal fine propostomi, se io volessi quì rapportar la storia di tutte quelle Città, che dopo questi primi tempi furono edificate presso le diverse Nazioni; poichè nessun lume ne somministrerebbe per dimostrare la vera origine, e'l progresso dell' arte di fortificare, essendo e brevi, ed oscure le notizie, che su di ciò ne danno gli Storici. Ma siccome una tal arte ha dovuto andare del pari a quella degli assedj, così da questa par che si possa prendere argomento più sicuro de' progressi di essa.

7. Or, ne' tempi di sopra descritti, l' arte di fortificare non potè essere, che molto imperfetta, poichè non si ritrova negli Autori fatta menzione di assedj, nè di macchine, e di altre opere che vi avessero rapporto; oltracchè non si farebbero da Nino, e da Semiramide fatte tante rapide conquiste. Sino a' tempi di Moisè l' arte degli assedj fu molto rozza, poichè il lungo tempo, che vi s' impiegava, dimostra che non si adoperavano macchine, onde di leggieri, e senza molto indugio espugnata fosse ogni qualunque Città fortificata. Dalla
proi-

proibizione ch' egli fa agl' Isdraeliti di tagliare gli alberi fruttiferi per farne macchine per prendere le Città nemiche (1), si deduce che a' suoi tempi cominciassè quest' arte a migliorare ; ma siccome non si fa menzione di alcuna macchina particolare , così niente di certo può stabilirne . Da questo luogo del Deuteronomio però , e da altre testimonianze de' sacri Libri (2), ne quali espressamente si parla delle macchine obsidionali , ragionevolmente Eusebio stima Moisè esser stato inventor di buona parte di esse .

8. Dietro all' autorità però di gravi Scrittori, l' invenzione di tutte quasi le macchine degli assedj rapportar si dee al tempo , che framezza tra l' assedio di Troja , cioè 1219. anni prima la venuta di Cristo , e quello , in cui regnò Ozia IX Re della Giudea , cioè 916. anni prima la venuta di Cristo stesso . Nel seno dell' Asia è da crederfi che nata fosse la maggior parte delle invenzioni appartenenti agli assedj , e ad

A 4 ogni

(1) *Deuteron. Cap. XX. v. 20.*

(2) *Paralip. II. Cap. XXVI. Ezech. Cap. XXVI.*

ogni altra scienza ; e che dagli Asiatici si fosser quelle trasmesse ai Greci , e quindi ai Romani. Per la qual cosa mal non si appone il dotto P. Calmet (1) il quale dimostra, che le macchine per gli assedj erano conosciute presso i Popoli Asiatici prima , che gli Occidentali ne avessero alcuna notizia.

9. E' quistione però tra gli eruditi se i Greci prima , o i Romani conosciute avesser le macchine. Che Omèro ignorate l'avesse affatto , è chiaro non solo perchè niuna menzione trovasene fatta da lui , ma anche perchè gli stessi suoi Scoliaſti il confessano . Plinio intanto rapporta l'invenzion dell'ariete al tempo dell'assedio di Troja ; nel che è contrario Vitruvio , il quale l'attribuisce a' Cartaginesi . Ateneo apertamente afferma che i Romani da' Greci appreso avesser l'uso di quelle macchine ; con le quali li sconfisser poi , e li superarono . Per testimonianza di Tucidide si fa che i Greci adoperate avesser macchine nella guerra del Peloponneso . Plutarco
nella

(1) *De Militia Vet. Hebreorum.*

nella Vita di Pericle dice questi esser stato il primo ad istabilir l'uso di diverse macchine, e di essersi servito di Artemone Clazomenio per fabbro, ed inventore di esse; e ciò vien confermato ancora da Diodoro. Ma poichè Pericle visse più di trecento anni dopo la fondazione di Roma, egli è perciò da tenersi, ch' egli il primo tra Greci soltanto insegnato avesse l'uso delle macchine. Imperciocchè da Livio si ha che Servio Tullio, il quale fiorì cento anni prima di Pericle, stabilì che due centurie di fabbri portassero nella guerra le macchine. Or da sì fatte testimonianze di classici Autori tra se discordanti, egli non resta ancor deciso quali di queste due nazioni primamente conosciuto avesse l'uso delle macchine belliche.

10. Che che sia di ciò, nella Grecia è da crederfi che si fossero perfezionate le dette macchine, e subito che la Geometria fu promossa sotto Dionigi il Vecchio Tiranno di Siracusa 400. anni prima la venuta di Cristo, e sotto Filippo di Macedonia padre di Aleffandro il Grande; e fede ne fanno le opere di molti in-

figni Mattematici Greci , le quali citansi dagli antichi Autori ; oltre quelle di Ateneo , di Apollodoro , di Filone , di Bitone , e di Erone , delle quali alcune intere , ed altre no , pervenute ci sono . I Romani però furono posteriori a perfezionarsi in sì fatte cognizioni , poichè scarsi furono i progressi , che vi fecero fino all' anno 542. dopo la fondazione di Roma ; osservandosi che fino a tal tempo furono poco rilevanti gli assedj , ch' essi intrapresero , siccome fu l' assedio di Lilibeo in Sicilia , quello di Siracusa fatto da Marcello , e l' altro di Capua , l' anno della fondazione di Roma 542 . Dopo di questo tempo , i Romani fiorirono molto nell' arte della guerra in generale , e soprattutto in quella parte , che appartiene agli assedj . Ne fanno testimonianza infatti gli assedj di Cartagine , di Atene , di Corinto , di Marsiglia , di Gerusalemme , e di molte altre Città forti .

11. L' arte dunque di fortificare nata nell' Asia , ricevette perfezione presso i Greci , e si conservò presso i Romani , i quali come conquistatori , non la coltivarono tanto , quanto altre

Nazioni per ischermirsi dall' arte ch' essi aveano di attaccare. Or siccome avviene di tutte le Arti, e Scienze, cioè che non ricevono l' istesso accrescimento presso le varie nazioni, per molte cagioni fisiche, morali, e politiche insieme; così si deve pensare anche dell' arte poliorcetica, e fortificatoria; quindi è facile poi spiegare le cagioni, onde non solo in tempi diversi, ma ancora in una istessa età, non si ravvisi la stessa maniera di fortificare.

12. Inoltre, siccome non è da dubitarsi, che per gradi ricevono tutte le arti accrescimento dopo la loro prima origine, così si dee avere per certo altresì, che la prima maniera di fortificare fosse stata molto semplice, siccome è quella, che si può ottenere con una sola palizzata; e che indi si sia passato a far uso di argini di terra, e di fascine colligate per lungo, e per traverso, con pali. Erodoto ci assicura, che, occupando gli Etiopi l' Egitto, condannavano tutti i rei di morte ad innalzare argini di terra intorno alle Città, ed ai villaggi. Alessandro trovò anche a' suoi tempi molte Cit-

tà degl' Indiani fortificate in simil guisa. Tucidide altresì dice, che ne' tempi, in cui egli viveva, si osservavano nella Grecia vestigia di sì fatta maniera di fortificare. Se ne hanno indizj certi in Arriano (1), ed in Tacito, parlando della guerra de' Romani contro Mitridate.

13. Questa maniera di fortificare non era sufficiente, tosto che negli assedj s'impiegarono le scale, e le zappe; onde si ebbe ricorso alle mura, le quali si costruivano molto alte, e senza parapetti. Molte mura di Città fortificate erano a' tempi di Cesare costruite in tale forma (2), non ostante, ch'essendo in uso le armi da getto, non restavano i difensori ben custoditi dalle offese delle medesime. E' da crederfi, che dopo l'invenzione delle armi da getto, sieno stati inventati i parapetti per custodire i difensori delle Città; e dovettero anche farsi ne' medesimi le aperture, o sieno archiere per esercitare da esse le difese con armi dello stesso

(1) *De exped. Alex.* Lib. IV. pag. 151.

(2) *De bello gallico* Lib. II. e VIII.

stesso genere. Quinto Curzio ci attesta (1), che allorchè Alessandro era intento all' occupazione dell' Indie, ritrovò la Città di Offidracca fornita di mura con semplici parapetti, senza merli, de' quali le Città fortificate presso altre nazioni n' erano fornite. Evidente pruova è questa, che gl' Indiani non erano andati molto innanzi nell' arte poliorcertica, e fortificatoria.

14. Fecero gli antichi ne' parapetti, e nelle mura uso benanche di forami, da' quali gittavano pietre, ed altre materie atte ad islontanare l'aggressore dal piè delle mura; le usò infatti Archimede in Siracusa, al riferire di Tito Livio (2). Altri mezzi praticarono anche per islontanare l'inimico, specialmente dalle porte, siccome si rileva da Vegezio (3); pure dapoichè non si osservarono bastevoli per ottenere il detto fine, anzi alcuni di essi indebolivano le mura, s'impiegarono le torri rotonde e quadrate, acciocchè colle armi da getto poste sulle medesime, si potessero reci-

(1) Lib. IX. Cap. IV. To. II. pag. 254.

(2) Lib. XXIV.

(3) Lib. V.

reciprocare le difese, senz'acchè all'aggressore restasse luogo di sicurezzza avanti le Città fortificate.

15. Qui è da notarsi, che sebbene l'uso delle torri fosse molto antico, poichè si praticarono, prima che inventate si fossero le armi da getto (n. 5.); pure in que' tempi servivano piuttosto per magnificenza, anzicchè per trarne una effettiva, ed efficace difesa. La distanza, nella quale, una era rispetto all'altra, fu determinata dalla portata media delle armi addette a' scattare (1). Alcuni le faceano sporgere per metà fuori le mura, ed altri interamente; tale infatti fu la opinione di Vitruvio, il quale preferì anche le circolari alle poligone, come quelle che più erano atte a resistere agli urti degli arieti.

16. Non è da dubitarsi benanche, che molte mura di antiche Città forti, erano disposte ad angoli salienti, e rientranti. Si ravvisa questo metodo chiaramente presso Vegezio (2), e presso

(1) Vitruvio *Archit.* Lib. I. Cap. V., e VI.

(2) Lib. IV. cap. II.

fo Tacito, parlando della situazione di Gerusalemme, e delle sue mura (1). Quindi resta confermato, ciocchè si disse nel I. Tomo di questi Elementi, che i perimetri delle Fortezze degli antichi o giravano con semplici angoli salienti, o con torri quadrate, e rotonde in detti angoli poste, o con angoli salienti, e rientranti.

17. Diversa fu poi la costruzione, di cui si servirono in formare le mura delle Città fortificate. Erano alcune molto alte, ed aveano nella parte superiore a piè del parapetto un corridojo della larghezza di piedi quattro; le torri negli angoli erano vote, ed alcune aveano le piatte forme sul piano superiore, ed altre le aveano anche nel mezzo con alcune aperture atte ad esercitarvi le difese colle armi da getto. Sì fatte mura, oltre di esser poco resistenti, a cagione della poca larghezza, non apprestavano ancora il comodo di agirvi in tempo di difesa, poichè sulle cortine non vi si poteano situare armi da getto.

(3) *Hist.* Lib. V.

18. Le Città meglio fortificate erano cinte da' ripari di mura, e di terra, de' quali Vitruvio ne dà la costruzione (1). Terminavano sì fatti ripari in due mura, uno de' quali si costruiva dalla parte della campagna, e l'altro verso l'interno della città. Distavano tra se tanto, quanto era necessario per formare nella parte superiore de' ripari una larghezza atta ad esercitare tutte le difese. Tra queste due mura se ne costruivano altre per traverso, e gli spazj voti intermedj, si riempivano di terra ben pesta, per minorarne l'urto. Il muro esteriore si elevava su'l piano del riparo per formare il parapetto, nel quale si costruivano i merli.

19. Dagli Storici si rileva, che le mura di Bizanzio erano molto alte, e molto larghe, e secondo rapporta Dion Cassio, nella parte esteriore, le pietre erano affai grandi, ed erano le une alle altre colligate con legami di ferro. Le mura di Ninive erano larghe 30. piedi, potendovi passare tre carri di fronte; erano al-

te

(1) Lib. I. Cap. V.

te piedi 100., e le torri poi, ch'erano al numero di 1500., erano alte piedi 200. (1). Le mura di Babilonia erano più larghe di quelle di Ninive. Quelle di Cartagine erano anche di smisurata larghezza, siccome rapporta Appiano; e tali erano anche quelle di Gerusalemme, di cui parla Gioseffo. Or sebbene non si abbia la costruzione dell'anzidette mura, pure la gran larghezza che aveano, ci fa supporre, che fossero costruite nel modo di sopra descritto.

20. E' certamente da ammirarsi la costruzione delle mura di Avarico rapportata da Cesare ne' suoi Comentarj (2). Erano larghe piedi 50. Nella parte esteriore erano di sola fabbrica, nell'interno poi era un composto di travi, di terra, e di fabbrica, ma i strati che il formavano erano disposti nel modo, che segue. Era il primo strato di travi poste secondo la lun-

Tom. II.

B

ghez-

(1) Diod. Lib. II. 3. p. 115.

(2) *De bello gallic.* Lib. VII.

ghezza delle mura, l'una distante dall'altra per due piedi, ed erano gli spazj intermedj ripieni di terra ben pesta. Seguiva il secondo strato di grosse pietre regolari connesse con calce. Il terzo era come il primo, il quarto simile al secondo, e siffattamente alternando, si terminava la costruzione delle accennate mura, le quali si rendevano inespugnabili dagli arieti, e non soggette al fuoco; poichè le travi resistevano ai primi, e la terra e la fabbrica, che li separava, l'afficurava dagl'incendj. Infatti Cesare fu obbligato ad impiegare le torri mobili, e gli alzati di terra per impadronirsi delle Città fortificate in tal modo. Un riparo sì fatto, non dubito, che appresterebbe maggiore ostacolo anche a' tempi presenti, di quello, che apprestano i ripari, de' quali si fa uso.

21. Oltre de' ripari, subito, che l'arte degli assedj cominciò a stabilirsi, si circondarono le Città fortificate di fossate; e la controscarpa delle medesime non si rivestiva di fabbrica, secondo ha creduto il Signor Folard. Ad evidenza vien ciò dimostrato dal Maizeroy nella sua ope-

ra (1), nella quale rapporta alcuni avvenimenti dell'assedio, di cui Asdrubale cinse Palermo, venendo difesa dal Pretore Cecilio Metello; e della difesa, che Belisario fece di Roma sotto Giustiano, allorchè fu attaccata da' Goti. Da' medesimi si rilevano alcune azioni di guerra, che non si sarebbero potute in alcun modo eleguire, senzacchè le contrascarpe fossero di pura terra, e molto inclinate.

22. Non si ravvisa nelle antiche Fortezze nè Irada coperta, nè spalto. Si fece uso delle contromine, ugualmente che gli assediati fecero uso delle mine. Le mine riguardo agli assedj si praticarono nella più alta antichità. Colle medesime Dario s'impadronì di Calcedonia (2), ed Alessandro di una forte Città del Regno di Sabei (3); e secondo costa dalla Storia Romana, si praticarono nell'assedio di Fidena, e di Vententa. Delle contromine si servirono gli antichi

B 2

per

(1) *Traité sur l'art des Sieges, & les Machines des Ancienes* pagg. 313. 317.

(2) Polib. Lib. VII. Cap. V.

(3) Q. Cur. Lib. IX.

per difendere le Città fortificate. Da Appiano (1) infatti si sa, esser state impiegate per la difesa di Temiscire, allorchè fu assediata dall'armata di Mitridate; per la difesa di Atene assediata da Silla; e Cesare ne' suoi Comentarj (2) attesta, che di sì fatti mezzi si servirono i Galli per difendere le loro Città.

23. Si costruivano le contromine non solo nell' atto della difesa, ma benanche allorchè una Fortezza si erigeva. Da Gioseffo (3) si ha, che Gamala Città della Giudea, nel tempo che fu assediata da Vespasiano, si ritrovava cinta di un muro, di una fossata, e di contromine. Quindi è chiaro che si praticarono non solo per andar incontro alle gallerie nemiche, ma come mezzi altresì necessarj a ben fortificare; e che perciò la guerra sotterranea, di cui tanto a' tempi presenti si fa uso per l'attacco, e per la difesa delle piazze, era anche conosciuta presso gli Antichi.

24.

-
- (1) Appiano Tom. I. p. 35. Ediz. di Amst. 1670.
 (2) *De bello gallico* Lib. VIII.
 (3) *De bello Judaico* Lib. IV. Cap. I.

24. Questo era lo stato dell' arte di fortificare in Europa ; ma l' inondazione de' Barbari, siccome tutto guastò e confuse, così ridusse l' arte della guerra ancora senza metodo, e senza principj . Si ritenne però qualche idea della Poliorcetica in Italia, e si conservò presso gl' Imperadori Greci, tuttocchè fossero eglino divenuti oziosi, e molli . Nell' Asia si erano conservate molte cognizioni sull' arte della guerra, le quali per mezzo delle Crociate passarono insensibilmente in Europa . Gli assedj fatti nella Siria, e nella Palestina cominciarono ad istruire di nuovo gli Europei nell' arte militare . L' assedio di Gerusalemme condotto con tre attacchi, diretti da Goffredo, dal Duca di Normandia, e dal Conte di Tolosa, mostrano abbastanza, che ricominciava a ristabilirsi l' arte degli assedj . Molti altri fatti posteriori fan vedere i progressi che andava di nuovo facendo l' intera arte della guerra, e conseguentemente quella di attaccare, e di difendere le fortezze, non meno, che l' arte di fortificare, la quale è loro annessa . L' invenzione intanto della polvere, e dell' Artiglieria fece

cambiare aspetto all' arte istessa della guerra , e fece inventare nuovi mezzi di fortificare .

A R T I C O L O II.

Si dà un' idea generale dell' origine , e del progresso della nuova maniera di fortificare , dopo che furono inventate le Armi da fuoco.

25. **B**enchè comunemente si creda che nel 1380. inventata si fosse la polvere da Bertoldo Schwartz , Monaco Coloniese ; pure questa molto tempo innanzi a lui conosciuta era presso gl' Indiani , e presso i Cinesi . Dopo questo tempo furono inventate le armi da fuoco , ma non si fece di esse subito uso negli assedj . Infatti gli Uffiti avendo assediato nell' anno 1424. Carlestein impiegarono soltanto le antiche armi . Nell' assedio di Rodi , che seguì nel 1480. , neppure si fece uso delle armi da fuoco , ma bensì delle antiche armi da getto . Alessandro Farnese nel 1587. , tuttocchè era
cre-

cresciuto il numero delle armi da fuoco , pure nell'assedio di Siuis , adoprò oltre le dette armi , anche le baliste . L'estremo vantaggio , che si sperimentò apportare le armi da fuoco , e per la lunghezza de' tiri , e per la violenza maggiore che i proietti acquistavano , onde maggiore anche si rendeva la forza distruttiva , fece abbandonare l'uso delle antiche armi ; sebbene molte di esse si potrebbero anche a' tempi presenti impiegare utilmente , e con risparmio , tanto nell' attacco , che nella difesa delle piazze .

26. Nella fine del Secolo XV era cresciuto il numero delle armi da fuoco , e specialmente de' cannoni ; onde si stimò necessario di formare i ripari più bassi per non esporli alla rovina . Si abolirono i ripari di semplici mura , poichè si pensò a terrapienarli , e si sostituirono i parapetti di terra a quelli di fabbrica , senza che però prendessero nuova forma quanto alla configurazione del riparo , poichè si fece uso delle torri quadrate , e rotonde . Non passò guari però , che alle torri furono sostituiti i bastioni , onde i ripari cominciarono a girare con facce , con

fianchi, e con cortine. Questa invenzione è dovuta certamente agl' Italiani ; e son costretti a confessarlo tutti gli Scrittori delle altre nazioni (1); e secondo l'opinione la più probabile è dovuta propriamente all'Ingegnere Veronese San Micheli, il quale costruì i primi bastioni in fortificare Verona sua patria tra l'anno 1523. a 1528. (2). Fu il San Micheli un celebre Architetto civile, e militare. Fu impiegato dal Pontefice Clemente VII. per rivedere, ed ordinare le Fortezze dello Stato Ecclesiastico. Fu anche impiegato da Francesco Sforza Duca di Milano, e molto desiderato da Carlo V., e da Francesco I.. Fortificò Brescia, Padova; ristaurò Corfù, e tutte le piazze della Dalmazia, e bastionò Napoli di Romania. Fortificò Candia, riedificandola da' fondamenti, e la rese quasi che inspugnabile al riferire di Giorgio Vasari (3).

27. Nel decorso del Secolo XVI fece in Italia rapi-

(1) Si legga il Giornale de' Dotti del 1678.

(2) Maffei *Ver. illust.* Part. III. Cap. V. Ver. 1732. fol.

(3) *Vitæ excel. Arch.* Par. II. pag. 514.

rapidi progressi l'arte di fortificare; poichè oltre delle suddette invenzioni, alle parti, che costituivano le fortezze, si aggiunsero la strada coperta, che si chiamò *Strada delle fortite*, e lo spalto, che si disse *Argine*. Molte altre opere furono inventate, e delle quali tuttavia si fa uso, siccome sono i cavalieri, le piatte forme, le false braghe, le casematte, le tenaglie, i rivellini, le controguardie, le lunette grandi ec. Oltre di tutte sì-fatte opere, molti sistemi si videro dati alla pubblica luce, intorno ai ripari, ed alla loro combinazione colle anzidette opere, de' quali dirò brevemente qualche cosa nel seguente Articolo, acciocchè non resti defraudata la lode, che agl' Italiani come inventori di essi è dovuta. In questo Secolo adunque, in cui o molto poco, o niente si pensò, e si scrisse presso tutte le Nazioni straniere intorno alla nuova maniera di fortificare; gl' Italiani già nuovi sistemi di fortificazione stabiliti aveano nelle loro opere; la qual cosa io dimostrerò con una compiuta notizia di tutti gli Scrittori di Architettura Militare, che nel Secolo XVI. fiorirono.

28. I primi insomma, che tra tutti, che di questa scientifica arte fatto aveffer parola, furono Niccolò Tartaglia da Brescia, Pietro Cataneo Sanese, e Daniele Barbaro Veneziano. Il primo nel Lib. VI. de' suoi Quesiti, i quali furono ristampati l'anno 1554. Il secondo nella sua Architettura data alla luce nell' istesso anno in Venezia. Il terzo nel I. Libro del suo Vitruvio, in cui parla di un pieno Trattato, che si era composto da Giacomo Leonardi.

29. Succedono dopo costoro Girolamo Cataneo Novarese, e Giacomo Lanteri, che introdusse ne' suoi Dialoghi, il Cataneo con Francesco Trevisi Ingegnere Veronese. Più estesamente poi ne scrisse Giacomo Castrioto da Urbino, il quale visse ne' tempi di Paolo III., ed insieme con Girolamo Maggi formò un volume della medesima Scienza, che fu stampato poi in Venezia l'anno 1584. fol.. Un' diffuso volume ne scrisse anche Galaffo Alghisi da Carpi nel 1570.; Buonajuto Lorini ne trattò in cinque Libri; Carlo Teti ne compose prima un volume in IV. Libri in 4°. intitolato *Discorsi di Fortificazione di Carlo Teti*

Teti Napoletano, il quale fu stampato in Roma nell'anno 1569., e' l' dedicò all' Imperadore Massimiliano II. Fu poi quest' opera accresciuta , e ridotta in VIII. libri dallo stesso Autore, e la ristampò in Venezia anche in 4°. , e la dedicò all' istesso Imperadore , e ne ampliò il titolo così: *Discorsi delle Fortificazioni, espugnazioni, e difese delle Città* Lib. VIII. ec. i quali furono ristampati in Venezia l' anno 1617. in foglio (1).

30. Ne scrisse anche il Capitano Battista della Valle (2), uomo esertissimo nel mestiere della guerra, e soprattutto nella Fortificazione. Pubblicò per le stampe di Vittore in Venezia un' opera intitolata *Vallo*, e l' indirizzò ad Enrico Pandone Conte di Venafro. E' fama ch'ei morisse nel 1550. al servizio del Duca di Bracciano. Quasi contemporanei a lui furono il Capitano Frate da Modena, e Giovannantonio Bellucci detto il S. Marino rapportati dal Maggi.

Il

(1) Tuttocchè il Teti si dica Napoletano , è da sapersi ch'egli era di Nola, Città non molto distante da quella di Napoli.

(2) Era nativo di Venafro, Città del Regno di Napoli .

Il Bellucci pubblicò nel 1550. un'operetta, di cui parla il Vasari.

31. Nel 1599. uscì alla pubblica luce l'opera del Capitano Francesco Marchi. Quantunque si voglia, che il medesimo non fosse stato uomo scientifico, pure non può dubitarsi, che mirabile fosse stato l'ingegno suo nell'aver messi insieme centosessanta disegni di fortificazione; e come dice nel proemio dell'opera, tutti quasi inventati da lui. Questa Opera in tre libri divisa è intitolata: *Architettura Militare del Capitano Francesco Marchi* in foglio. Nel proemio del Lib. III. dice che avea buona parte dell'opera pronta in Roma l'anno 1546. Si rileva anche da altro luogo, che la stava ancor scrivendo a' tempi dell'Imperador Massimiliano circa il 1564., siccome scrive il Marchese Maffei. Molte Edizioni si pretendono di quest'Opera, recate tutte dal Fontanini (1). Nelle Note però che al Fontanini si fanno da

Apo-

(1) *Eloquenza Italiana* n. II. pag. 396 Venezia 1753
in 4.

Apostolo Zeno, si dimostra, che ve ne sia stata una sola edizione, e che questa sia del 1559; e quantunque in alcune copie si ravvisino date diverse, queste sono rispetto alle lettere dedicatorie, che non sono nè le stesse, nè del medesimo anno. E poichè in ciò il Zeno discorda nella data da quello, che il lodato Marchese Maffei ne dice, noi non ci facciamo ad esaminarne la cagione, facendo poco una tal discordanza al nostro uopo.

32. Celebre fu anche in detto secolo il Capitano Gabriello Busca Milanese. Il primo Tomo della sua Architettura Militare fu stampato nel 1601. Fa egli onorata memoria del maggior numero degli anzidetti Autori, ed altri anche ne cita, tra quali è il Capitan Genga, e Gio: Francesco Scriva, il quale scrisse alcuni Dialoghi in lingua Spagnuola in difesa di una Fortezza da lui costruita in Napoli. Dice anche che poche cose ne scrisse lo Spekle, e'l Durero amendue Tedeschi; avvertasi però, che quest'ultimo non volle mai dipartirsi dalle torri rotonde. Tra gli Scrittori dell' arte di fortificare
di

di questo stesso secolo, si annoverano anche Leon Battista Alberti, e' l Macchiavelli, dal quale si propose il bizzarro sistema di fare il fosso dietro il riparo.

33. Molti altri Architetti Militari di gran fama vissero nel secolo XVI., tuttocchè non avessero dato alcun' opera alle stampe, tra' quali il Busca reputa degno di somma lode il Cav. Paciotto da Urbino, perchè, dic' egli, di non esservi stato Architetto, che abbia fortificato più Città di lui, nelle Fiandre, nell' Italia, e particolarmente nel Piemonte, ove è da ammirarsi la Cittadella di Turino, della quale il Busca ne rapporta la pianta.

A R T I C O L O III.

Delle principali invenzioni, che sull' arte di fortificare furono nel detto Secolo XVI. date alla pubblica luce.

34. **P**ER dare ordinatamente un' idea di quanto sull' arte di fortificare fu inventato dagli Italiani nel XVI. Secolo, dopo che da esolo-

coloro nuova forma acquistarono le Fortezze coll' invenzione de' bastioni (n. 28.), stimo in prima addurre le invenzioni intorno al perimetro, secondo il quale si tenne, che avessero i ripari a girare. Sebbene, dopo che si cominciò a far uso de' bastioni, si fosse concordemente dagli Architetti approvato di far girare il riparo con facce, con fianchi, e con cortine; pure non tutti pensarono di far procedere le facce, le cortine, ed i fianchi con sole linee dritte. Infatti nell' opera della Fortificazione del Capitano Giacomo Castrioto, e di Girolamo Maggi si osservano diverse forti di facce inventate dal primo. Sono alcune curvilinee col dorso verso la campagna, le quali colla loro unione formano l'angolo difeso del bastione curvilineo. Altre sono composte di molte facce rettilinee. Se ne ravvisano altre a denti, o sia a Fig. 1.
2. 3.

35. Quanto alle cortine molte invenzioni si
 vi-

(1) Si osservino le piante del Lib. II. dell' opera del detto Autore pagg. 49. 59 Venezia 1584.

videro, poichè nell'istessa opera, oltre quelle in una sola linea dritta, se ne osservano alcune ad angoli rientranti (1); altre ad angoli salienti; altre a denti, o sia a rifalti; ed altre anche curvilinee rientranti. Nel mezzo delle cortine disposte in una sola linea dritta s'immaginò anche una seconda cortina più indentro co' fianchi, e la stessa si ritrova praticata altresì, qualora la cortina proceda in angolo rientrante (2). In mezzo delle cortine si costruirono le piatte forme, ed essendo molto lunghe, anche i bastioni piatti (3).

Fig. 1.
a 6.

36. Si avverte, che quantunque del maggior numero di dette invenzioni non si sia fatto uso, poichè si sono sempre preferite le facce, e le cortine rettilinee alle altre, acciocchè i bastioni si rendessero più spaziosi, e le difese si potesse-

ro

(1) Questa fu inventata dal Tartaglia, secondo attesta il Castrioto.

(2) Tutte sì fatte cortine si osservano nel Lib. I. pagg. 18. 19. Lib. II. pag. 56.

(3) L'invenzione delle cortine doppie dette *di ordine rinforzato*, si attribuisce al Cap. Marchi, il quale, secondo il Marchese Maffei, pubblicò la maggior parte de' suoi disegni, prima che si stampasse l'opera.

ro con più esattezza reciprocare ; pure utilissime possono essere in molti casi particolari , e specialmente , qualora in una di sì fatte maniere costruite , si possa ottenere il vantaggio d' intagliare le facce , o le cortine nel sasso duro . Necessarie anche possono divenire in fortificare i siti irregolari , i siti montani , ed i marittimi , ne' quali convien spesso ricorrere ad espedienti , che sieno adattabili alle date circostanze .

37. Quanto ai fianchi , oltre de' rettilinei , che furono i primi inventati , altri anche se ne praticarono , in cui una parte sporgesse in fuori , e l' altra vicino alla cortina , rientrasse nell' interno de' bastioni ; e si chiamò la parte sporgente *spalla* , e la rientrante *piazza* . Della lunghezza del fianco rettilineo , alcuni Architetti ne assegnarono una metà per costruirvi la spalla , e l' altra per formarvi la piazza addetta per uso dell' artiglieria ; altri poi assegnano due terzi del fianco dritto per la spalla , ed altri diversamente la divisero . La lunghezza del fianco dritto ne' tempi più vicini all' invenzione de' bastioni , fu scarfa ; ma fu poi accresciuta , come si

rileva dall' opere di Giacomo Castrioto , e di Carlo Teti (1) . Se le spalle giravano per linee dritte , si chiamavano quadre , se per linee circolari , si nominavano orecchioni . Nelle parti rientranti si costruivano tre piazze , cioè la bassa , la mezzana , e l'alta . Le prime due per lo più erano coperte con volte di fabbrica .

38. Oltre degli orecchioni , e delle piazze ritirate in dentro , furono benanche inventati i fianchi concavi . Ne fece uso il Marchi nella pianta 112 , colla seguente costruzione . Si divide il fianco rettilineo LM in due parti uguali in D , e sopra ciascuna si descriva un arco circolare in modo , che uno di essi OSM colla sua convessità copra l'altro concavo ORL . Presso il Castrioto (2) si osserva lo stesso fianco concavo , ma non ne dà la costruzione . I fianchi dritti li situarono perpendicolari alla cortina .

39. Delle dimensioni poi , colle quali costruirono i ripari , queste non furono le stesse pref-
fo

(1) Lib. I. Cap. IV.

(2) Lib. II. pag. 58.

fo gli Scrittori del secolo, di cui si parla; onde il Teti fortemente se ne duole (1), e viene nel tempo stesso a determinarle. Stabilisce l'altezza del riparo dal cordone al fondo della fossata di canne 6., di 10. piedi l'una; e la larghezza di canne 10. La lunghezza della cortina la stabilisce alla portata media de' moschetti di que' tempi, che fissa a canne 135; sebbene per l'innanzi si fosse pensato proporzionarla alla portata del cannone, secondo l'opinione del Tartaglia, del Cap. Frate da Modena, ed anche del Castrioto, il quale non viene in ciò seguito dal Maggi, che la vuole anche alla portata del moschetto (2).

40. Quanto a' bastioni era il Teti di opinione, che doveffero essere spaziosi, e che gli angoli fiancheggiati fossero o retti, o approssimanti a' retti per eccesso; e di più che i pieni fossero preferibili a' voti. Le linee di difesa le propone ora rasanti, ed ora ficcanti. I fianchi

C 2

poi

(1) Lib. I. Cap. XVI.

(2) Lib. I. Cap. XI.

poi li forma sempre perpendicolari alle cortine, e non mai meno lunghi di canne 20. Stabilisce finalmente che le facce debbano essere lunghe, nè mai minori di canne 30., o sia di tese 50. (1).

41. Nel nascimento della nuova maniera di fortificare, si costruirono le fossate molto larghe, e poco profonde; ma dopo se ne minorò la larghezza, e se ne accrebbe la profondità. La linea della controscarpa, che prima si dirigeva parallela alla magistrale, si fece parallela alle facce. Si agitò anche la quistione se la fossata secca fosse, o nò preferibile all'altra piena di acqua. Dal Maggi si rapportano le diverse misure de' fossi praticate dagli Architetti (1), e si dimostra la necessità delle scarpe, e delle controscarpe; e addita anche le grossezze, che dar si debbono ai rivestimenti di fabbrica (2).

42. La strada coperta, detta a que' tempi
strada

(1) Lib. I. Cap. II.

(2) Lib. I. Cap. XII.

(3) Lib. II. Cap. I.

strada delle fortite, si fece molto larga, e senza piazze d'armi; nell'opera però del Teti vi si ravvisa la piazza d'armi, tuttocchè sia di poca estensione; e la larghezza della strada coperta si determina di 3. canne, o sia di 5. tese. Si espone dal medesimo nel Lib. II. un nuovo metodo di fortificare; e nel Lib. III. dà la pianta di una Fortezza, in cui la fossata, e la strada coperta sono disposte nel modo, che nella presente figura si osserva. Fig. 8.

43. Comune si rendè ancor l'uso dello spalto, che chiamarono *argine*; poichè ne fanno parola tutti gli Scrittori del secolo XVI; e ne danno la costruzione. Il formarono alto tanto, che un uomo a cavallo restasse sulla strada coperta, senza esser veduto dalla campagna; e ne disposero il piano superiore in modo, che restasse la campagna adiacente esposta alle offese della piazza, prolungandolo fino a canne 80, o sieno tese 133.

44. Oltre delle cinque parti costitutive di una piazza di guerra, sulle quali tanto si pensò, e si scrisse in questo secolo, furono inventate al-

tresi molte opere accessorie . Il Teti rapporta molte forti di cavalieri, e di piatte forme ; e molte anche se ne ravvisano nell' opere del Maggi , e del Castrioto , osservandosi presso di essi i cavalieri ne' bastioni , secondo che da' presenti Ingegneri si costruiscono . Nella pianta 125 , e nelle seguenti dell' opera del Marchi si veggono delineati i piccoli bastioni ne' grandi .

45. Nella fossata fecero uso delle falsebraghe, delle cunette, e delle casematte . Dal Maggi nel Lib. I. Cap. X. pag. 21. si enumerano le diverse specie delle casematte. Alcune si fecero ne' fianchi de' bastioni, altre nelle facce. Altre se ne costruirono in mezzo al fosso, attraversandolo, a guisa di un condotto, che avea comunicazione nella città . Il Castrioto le propone vicino agli angoli della controscarpa; ed egli il Maggi, crede che più utili sieno sotto la strada coperta verso gli angoli; che avessero però comunicazione per sotterra ne' bastioni. Nell' opera del Marchi nella pianta III. avanti la delineazione di una magistrale con facce, con fianchi, e con cortina rettilinea, si ravvisa la
pian-

pianta di una tenaglia doppia , ch'egli chiama *barbacane* , le cui facce si uniscono però colle facce de' bastioni in modo , che formano una retta continuata.

46. Quanto alle opere accessorie esteriori , par che del *Rivellino* si debba l'invenzione al Teti. Infatti propone di farne uso , allorchè i bastioni sono molto distanti (1); e nel principio del Libro V. dice , chè avendo , 25. anni prima del tempo che scriveffe questo libro , osservato in una città fortificata i bastioni distanti per 200. canne ; fu allora di opinione che si costruisse avanti la cortina un' opera distaccata , che è un rivellino , il quale gira verso gli angoli , che le facce formano colle semigole , in forma circolare . Dice inoltre , che comunicando questa sua invenzione a Prospero Colonna , uomo savio , e intendente dell' arte militare , vi si ritrovò presente Antonio Sareffone , il quale essendo passato in Francia , comunicò

(1) Lib. I. Cap. XIX.

ivi questa invenzione ; anzi propose , che se ne fosse fatto uso non solo avanti le cortine , ma anche per coprire gli angoli de' recinti : e dopo tal tempo si dissero rivellini , e nacque l' idea de' bastioni distaccati . Del rivellino si trova benanche fatto uso dal Marchi in molti de' suoi disegni .

47. Le controguardie si osservano presso del Marchi . Nella pianta 127. della di lui opera
 Fig. 9. avanti il bastione ABC , vi è la controguardia DEFGH , in cui ciascuna faccia è diretta verso l' estremità I della cortina , onde le linee di difesa sono rasanti . Per sì fatta invenzione molta lode si dà al Marchi dal Severien nella Storia ch'ei fece de' progressi dello spirito umano , confessando che niente di meglio si può immaginare per fortificare una piazza di guerra . Nelle piante poi 8 , 51 , 98 , 119 , 135 , 145 , 149 , e 151 , oltre delle controguardie anche in forma diversa dall' addotta di sopra , si ravvisano i rivellini , le lunette grandi , e le piccole , ch'ei chiama *pontoni* , ed *aloni* ; ed altre piccole opere di minor momento .

48. Oltre di tutte sì fatte opere, fecero gl'Ingegneri del Secolo medesimo uso delle contromine ne' bastioni . Ne discorre il Castrioto ne' Cap. XI, e XV del Lib. I, e 'l Busca nel Cap. LXVII. Usarono i pozzi avanti i fianchi, specialmente, allorchè costruivano in essi le piazze basse ; affinchè queste avessero avanti una fossata profonda , e non si potessero facilmente scalare . Sulla strada coperta costruirono de' ridotti coperti con volte verso gli angoli salienti, e rientranti, siccome si rileva dal Busca (1) . Molto anche si scrisse circa le cannoniere, e circa i rivestimenti di fabbrica da farsi ai terrapieni ; e molti modi furono immaginati per renderli più resistenti (2) ; ed usati furono benanche i controforti (3) .

49. Non si arrestarono i progressi dell' arte di fortificare colla semplice invenzione delle suddette opere , poichè dalle diverse combinazioni di esse, si videro nascere i diversi sistemi di fortificare una piazza di guerra . Infatti nella pian-

ta

(1) Lib. I. Cap. LXX.

(2) Lib. I. Cap. XV.

(3) Cap. LV.

ta 111. del Capitan Marchi si ravvisa il sistema ordinario di fortificare co' fianchi dritti senza opere accessorie, ma con una sola tenaglia doppia; e nella pianta 112 vi si aggiungono i fianchi concavi cogli orecchioni. Si osserva poi nella pianta 26 del Lib. III. un altro sistema, in

Fig. 10. cui vi è il recinto DBCEF con piccoli bastioni, o sieno torri bastionate. Avanti di questo segue un'altro recinto GHITVMN, che ne viene separato con una fossata, e nel quale i bastioni fanno l'offizio di controguardie. Avanti poi questo secondo recinto vi si vede una specie di rivellino PRS.

50. Nella pianta 21 è esposto un altro sistema di fortificare, in cui le controguardie sono

Fig. 11. talmente unite co' rivellini, che formando quasi che un secondo recinto, nascondesi alla veduta dell'aggressore l'intero riparo. Nella pianta 49. si

Fig. 12. ritrova la figura EDG, in cui vi è la cortina rientrante co' fianchi AN, AM, e colle parti rimanenti inclinate AB, AB, unite ai bastioni. Questa invenzione, che si trova anche nel Castrioto, e nel Maggi, si attribuisce al Marchi

chi assolutamente dagli Autori dell' Enciclopedia nell' Articolo *Fortification* , e da Manesson Mallet nel trattato , ch' ei fa sulla Fortificazione. Questo sistema poi si vede combinato anche co' rivellini , e colle controguardie nella pianta 153 . Molti altri sistemi di fortificare si ravvisano nell' opera dello stesso Marchi , e che quì non rapporto , poichè mi converrebbe formarne un intero volume , potendosi da ciò che si è detto , rilevare , quanto si debba al medesimo su questa parte dell' arte della guerra .

51. Molti altri sistemi furono anche inventati in Italia nel medesimo secolo . Si legga il Libro II. de' Discorsi del più volte citato Carlo Tetti , in cui espone il suo nuovo sistema , ed il Lib. III. , ove espone alcuni sistemi di altri Architetti di que' tempi . Altri sistemi si possono leggere presso il Busca (1) , tra' quali meritano particolare riflessione que' , ne' quali i bastioni sono uniti alle cortine sino a che non vengano occupati

(1) Lib. I. Cap. LXXXVI.

ti dall'inimico ; nel qual tempo poi se ne fa seguire la disgiunzione. La detta unione si fa con volte, o con travi , sotto le quali vi giace un altro fosso nascosto . Subito che da' bastioni non si potrà far più difesa , si rompono le dette comunicazioni , ed ergendo nuovi parapetti, risorgono altri bastioni, i quali sebbene sieno di minor grandezza , pure si difendono scambievolmente ; e sono atti a bersagliare l'inimico, che viene ad alloggiarsi sull' alto della breccia , ed a difendere anche la fossata avanti le parti disgiunte, e le nuove fossate avanti se stessi. Questo sistema medesimo vien proposto anche per la cortina ; onde potesse risorgere una nuova cinta, allorchè l'inimico avesse distrutta la prima . Non rapporto le figure di questi utilissimi sistemi, poichè ne tratterò più distintamente nel Cap. seguente. Una tale invenzione credo che si debba al Maggi (1), il quale propone una consimile maniera di fortificare, con aggiugnere ne' pilastri, che sostener debbono le volte de' fornelli

(1) Lib. II. pag. 59.

nelli di mina , per poterli caricare di polvere , e col loro scoppio produrne la rovina .

52. Per conoscere finalmente in quale stato giunta fosse in Italia l'arte di fortificare in tutte le sue parti nel secolo XVI. , si leggano l'opere del Teti , del Castrioto , e del Maggi , quella del Marchi , e del Busca , poichè dalle medesime si rileva ad evidenza , esser stata questa arte accresciuta , e trattata con molta profondità di pensare ; stabilite essendosene le regole talmente ; che arreca somma ammirazione , come tanto si fosse potuto pensare e scrivere in meno di anni cinquanta su tutte le varie parti dell' arte fortificatoria , di quella in fuori , che l' arte di controminare riguarda , la quale non andò molto innanzi .

53. Conchiudo finalmente quest' Articolo con rapportare il metodo ordinario del Busca , come quello che fu posto in pratica nella fine di detto Secolo . Fortifica egli sempre da dentro in fuori , e dà ai lati la lunghezza di tese 116 in circa ; e forma le semigole ad un dipresso della lunghezza di tese 26 , onde rimane la cortina
lunga

lunga tese 64. Dagli estremi di questa, eleva perpendicolarmente i fianchi di tese 20. Prende sulla cortina in ciascuno de' suoi estremi la lunghezza di 7 tese in circa; e da' punti, ove queste terminano per gli estremi de' fianchi, tira le linee di difesa, e coll' incontro delle medesime, descrive l'intera magistrale.

54. Aggiunge a' fianchi le spalle o quadre, o rotonde, ed assegna a ciascuna di esse i due terzi del fianco rettilineo, e nelle parti rientranti fa uso delle piazze basse. Forma la fossata avanti le facce larga tese 17, e dirige la linea della contraescarpa parallela alle facce. La profondità della fossata è di 2. tese e mezzo in 3. Vi costruisce la cunetta, ed adopera anche in mezzo della fossata una casamatta, che per cammino sotterraneo comunica nella piazza. L'altezza poi del riparo è di 3 tese fino a 4 sul livello della campagna. Costruisce la strada coperta larga da 5 fino a 7 tese, e negli angoli salienti, e rientranti, propone di costruirsi alcuni ridotti coperti in modo, da poter rendere sicuri i difensori dalle offese nemiche; e costruiti talmente, che

che possano far fuoco per difendere non meno la strada coperta, che lo spalto, il quale forma di giusta altezza, e ne prolunga il piano superiore fino a 40 tese. Se questo metodo si esamina co' principj dimostrati nel Lib. I. di questi Elementi, si ritrova che in buona parte vi corrisponde, eccetto qualche emenda, che meritano i fianchi, e circa la loro lunghezza, che è scarfa, tutt'occhè venga compensata dal fuoco, che prende dalla cortina; e circa anche la situazione che è perpendicolare alla cortina, quandocchè formar dovrebbe un angolo alquanto ottuso approssimante ai gradi 100. (n. 115. T. I.). Ne è d' approvarsi benanche l' uso, ch' ei fece delle piazze basse, il quale per altro fu costantemente praticato da tutti gli Architetti, che vissero nella fine di detto secolo.

55. Ecco brevemente la storia dell' arte di fortificare, del Secolo XVI., in cui, quanto sopra ogni altra nazione distinti si fossero gl' Italiani, si è dimostrato già per mezzo delle loro opere, tra le quali è da annoverarsi ancora un Trattato di fortificazione del nostro celebre Giambattista della Porta, il quale vien molto

reputato dagli intendenti di quest' arte (1). Ma quanto poi eccellenti stati fossero in ciascun' altra parte dell' arte della guerra , è noto abbastanza a chiunque , che per poco versato sia nell' antica , e nella moderna storia , nella quale gli encomj si tessono a molti illustri guerrieri Italiani , e tra questi a non pochi nati nel nostro Regno , reputati per Maestri egregj di guerra (*).

CAP.

(1) Naud. *De Stud. milit.* Lib. II. Cap. IV. n. 12. pag. 541.

(*) E' da desiderarsi che il Tenente D. Giuseppe Daniele Professore nella nostra Accademia , uomo di non volgari cognizioni fornito , e della gloria nazionale difensore acerrimo , pubblici ben presto le *Memorie Storiche degli uomini illustri per armi , e per lettere , nati nel Regno di Napoli* , dietro al qual lavoro è con sommo studio applicato ; acciocchè ognuno resti convinto del merito grande , che i nostri hanno nel glorioso mestiere delle armi .

C A P. II.

De' principali sistemi di fortificare, che in Europa si sono praticati nel XVII. e XVIII.

Secolo; e della riduzione de' medesimi in classi.

A R T I C O L O I.

De' sistemi di fortificare le piazze di guerra, pubblicati nel principio del Secolo XVII.

e continuati sino a' tempi di

Vauban.

56. **N**El Capitolo antecedente si è brevemente esaminato lo stato, in cui pervenne l'arte di fortificare sino alla fine del secolo decimosesto per opera de' soli Italiani; resta ora a veder quali i primi presso le altre nazioni trattato ne avessero. Nel 1622. in circa si scrisse la prima volta in Francia sull'arte fortificatoria da Erardo di Barleduc Ingegnere del Re Errico IV. . Conobbe egli la necessità di coprire i fianchi alle nemiche batterie, per poter da' medesimi difendere la fossata, ed impedirne il

passaggio all' aggressore , allorchè formata ch' ei abbia la breccia ai bastioni , si sforza d'impadronirsene . Quindi pensò di costruirli perpendicolari alle facce , formandovi gli orecchioni, che occupassero i due terzi della loro lunghezza. Ma una sì fatta situazione rende i fianchi poco atti ad iscoprire , e difendere le facce opposte ; e descrivendo la magistrale , secondo il suo sistema, si rendono troppo corti , poichè loro dà la lunghezza di 16 tese nell' esagono , di 19 nell' ettagono , e di 21 nell' ottogono . Forma la fossata della larghezza del fianco , e dirige la linea della controscarpa parallela alle facce.

57. Dopo del Barleduc ne scrisse il Cav. de Ville , nel 1641 ; e molte piazze di guerra colla sua direzione furono fortificate . Fortifica egli i poligoni dall' esagono in poi da dentro in fuori , nel modo che segue . Sia *AB* un lato di un esagono della lunghezza di 120 tese . Si divida in sei parti uguali , e si faccia ciascuna delle semigole *AC* , *BD* uguale ad una di dette feste parti , e da' punti *C*, e

C, e D si elevino perpendicolari alla cortina CD, i fianchi CM, DN, de' quali ciascuno sia uguale alla semigola. Si conducano i raggi AX, BX, e si prolunghino indefinitamente. Dal punto M si abbassi su'l raggio la perpendicolare ML. Si faccia LQ uguale ad ML, e si conduca QM, che disegnerà la lunghezza, e la direzione della faccia. La stessa costruzione si esegua intorno intorno, e sarà descritta la magistrale, in cui sono retti gli angoli de' fianchi, e que' de' bastioni.

58. Allorchè ne' fianchi costruir volle gli orecchioni, tenne questo modo. Si divida il fianco rettilineo MC in tre parti uguali, delle quali CH ne sia una. Dal vertice P dell'angolo del bastione opposto si tiri PH. Si prenda HR uguale ad HC. Si prolunghi QM fino a che incontri PH, in K. Col centro K, e coll'intervallo KR si descriva un arco che interseghi PK in I. Si tiri la retta IR, e su questa si costruisca l'orecchione, secondo fu detto (n. 148. T.I.). Oltre l'orecchione, praticò la piazza bassa sulla direzione CH, poco più elevata del li-

vello della campagna, e costruì il secondo fianco TS, ch'era la piazza alta, 7. tese al di dentro del bastione. Ammise di più il fuoco di cortina, preferendo la difesa ficcante alla rasante.

59. Questo metodo in quanto all'essenza poco differisce da quello del Busca, onde è soggetto anche ai difetti, che seco porta la difesa ficcante; ed il fianco perpendicolare alla cortina, il quale oltre di esser corto, si rende di scarsa difesa a cagione della spalla, o sia orecchione, che ne occupa i due terzi. Il bastione non è molto spazioso, poichè le semigole non sono più lunghe di tese 20., onde non vi si possono esercitare liberamente, e senza confusione le difese; la qual cosa non si osserva nel bastione del Busca, per essere le semigole della lunghezza di tese 26, ed anche di più.

60. Circa la metà del secolo XVII, il Conte di Pagan diede alla luce il suo sistema di fortificare. Distingue tre ordini di piazze di guerra. Nel I. annovera quelle, che si costruiscono su poligoni, i cui lati sono della lunghezza-

ghezza di tese 200 : nel II. quelle , in cui i lati de' poligoni sono lunghi tese 180 : e nel III. poi le altre , che son formate su' poligoni , che hanno i lati della lunghezza di tese 160 . Fortifica da fuori in dentro , vale a dire che considera i poligoni come esteriori . Si rapporta quì soltanto la costruzione , di cui il detto Autore si serve per le fortezze di secondo ordine , ch'ei denomina di *fortificazione mezzana* .

61. Per formare la pianta, secondo sì fatto metodo; si divida il lato esteriore AB di 180 tese, Fig. 14. ugualmente nel punto C ; si elevi la perpendicolare CD , e si faccia uguale a 30 tese . Si conducano le linee di difesa AE , BF , e sulle medesime si prendano le facce AG , HB di tese 55 . Da' punti G , ed H si abbassino sulle linee di difesa le perpendicolari GF , HE ; e tirandosi EF , si avrà la magistrale senza gli orecchioni . Si divida poi il fianco HE ugualmente in K , si prolunghi la linea di difesa AE , e dal punto K si tiri alla medesima la parallela KI . Tra queste due linee vengono situate le

piante di tre piazze, come si ravvisano nella figura, dando a ciascuna 7 tese di rientrata per costruirvi il parapetto, ed il riparo. La piazza bassa è alta su 'l fondo della fossata 2 tese, la mezzana 4, e l'ultima 6. Il riparo è alto 3 tese su 'l livello della campagna, e la fossata è profonda anche 3 tese.

62. Nell'interno de' bastioni aggiugne il Pagan un altro bastione più piccolo, che è circondato da fossata; e 'l fa servire di trinceramento, allorchè l'inimico si sia impadronito del primo. Fa uso anche di opere accessorie esteriori, alle quali dà due diverse combinazioni. In una si ravvisano un doppio rivellino avanti le cortine, e le controguardie avanti i bastioni. Nell'altra si osserva, che le controguardie si uniscono con una cortina saliente rettilinea, all'estremo della quale ritrovansi adattati i fianchi nel modo istesso, che nel riparo primario; e vi è innanzi costruito anche un rivellino. Quanto alla prima disposizione, è da notarsi, che le semigole del rivellino sono di tese 30, e le facce di tese 50. La fossata avanti il rivellino è di

tese

tese 12. Il rivellino interiore ha le facce parallele a quelle del primo, e ne distano per tese 15, ed ha anche la sua fossata. Le controguardie finalmente sono larghe da 9 tese in circa, ed hanno la fossata uguale a quella del rivellino.

63. In questo metodo i lati hanno una giusta lunghezza. I fianchi son disposti in modo, da preferirsi a quelli del Barleduc, ed agli altri perpendicolari alle cortine, poichè possono esercitare una difesa maggiore, e più efficace; sono però molto esposti alle batterie nemiche; e gli orecchioni sono molto grandi, e tolgono perciò inutilmente ai fianchi lo spazio di situarvi due cannoni di più. Il triplo ordine di piazze si rende inutile a cagione della poca altezza, per la quale una differisce dall'altra. De' bastioni interni non è da far molto conto; poichè dovendosi da' medesimi comunicare ne' bastioni più grandi per ponti, o per altri angusti passaggi, la difesa non si potrà mai esercitare con prontezza, e con efficacia; anche perchè si restringe il sito talmente, che non resta ai ripari la lar-

ghezza necessaria pe' l' ritrocimento de' cannoni, pe' l' passaggio delle casse, che occorre spesso in tempo di affedio supplire alle rotte, e pe' l' trasporto di tutti i materiali, de' quali fa bisogno per esercitare le difese:

64. Delle opere esteriori, delle quali propone, che si abbia a far sempre uso, dico esser superflue, poichè accrescono molto la spesa; onde in fuori del rivellino, il quale è sempre opera necessaria, non sono le altre utili, che per qualche particolare motivo, siccome fu dimostrato (n. 175, e 195 T. I.). Nella seconda disposizione poi, ch' ei dà alle dette opere, è da notarsi che le cortine salienti lasciano indifesi gli angoli ai fianchi, ed occupate dall' aggressore, gli apprestano molto comodo per alloggiarvisi, e per battere il riparo primario con maggiore sicurezza.

65. Fu anche in molta stima presso i Francesi il Signor Blondel, il quale fortifica altresì i poligoni esteriori, e stabilisce due ordini di fortezze, il grande cioè, e' l' piccolo. Nel primo determina il lato del poligono di tese 200;
nel-

nell'altro di 170. Comincia a fortificare, con determinare l'angolo diminuito, sottraendo gradi 90 dall'angolo del poligono, aggiugnendo poi al terzo del residuo, gradi 15. Onde avviene, I. Che l'angolo diminuito è di gradi 15 nel quadrato, e si augumenta negli altri poligoni; e ne' bastioni piatti forma l'angolo suddetto di gradi 45. II. Che l'angolo del bastione nel quadrato è di gradi 60, nel pentagono di gradi 66, nell'esagono di 70; e si fa maggiore negli altri poligoni, e ne' piatti si fa di gradi 90.

66. La pianta del sistema di Blondel si delineava nella maniera seguente. Sia AB il lato esteriore di un esagono. Si formino gli angoli diminuiti di gradi 25, ABC , BAD . Si determinino le linee di difesa, facendole uguali a sette decimi della lunghezza, che ha il lato AB . Si dividano AO , DO in due parti uguali ne' punti E , ed H , da' quali si tirino le rette EC , HD . Si conduca la retta CD , e si ha la magistrale corrispondente al lato AB , senza gli orecchioni. Si prendano indi EI , HL , ciascu-

Fig. 16.

na di 10 tese, sulle quali si formino gli orecchioni, e si prendano su i prolungamenti delle linee di difesa le lunghezze di 5 in 6. tese, e da' punti I, ed L si possono tirare due parallele alle linee ch'esprimono gli spezzamenti della cortina. Tra queste parallele e i detti spezzamenti, sono ristretti i fianchi. In essi vi sono tre batterie l'una appresso dell'altra, colla sola differenza di 5 tese di terrapieno. La prima è alta dal fondo della fossata 2 tese; la seconda 4, e la terza 6.

67. La larghezza della fossata è uguale alla lunghezza del fianco, e la direzione della linea della controscarpa è parallela alle facce. Nelle semigole de' bastioni si ravvisano le piante de' cavalieri. Alla distanza di 10 tese dalla controscarpa, avanti i bastioni vi sono costruite le controguardie di fabbrica, della larghezza di 3. in 4 tese, compresi il parapetto, che si forma della larghezza di 8 in 10 piedi; e queste sono contraminate. Avanti la cortina vi è il rivellino, la pianta del quale si ha, descrivendo prima due archi co' centri E, ed H, e coll'intervallo
EH.

E H. Indi dal punto d'interfezione, ch' esprime il vertice, si tirino le facce dirigendole a 6 tese distanti dagli angoli alle spalle de' bastioni. La fossata del rivellino è larga 10 tese, come è quella delle contoguardie; ed il medesimo è fornito di fianchi rientranti.

68. Per ben difendere la fossata del rivellino, forma in ciascuna faccia de' bastioni, due piazze per cannoni, una mezzana, e l'altra alta. La lunghezza, che hanno nel fronte è uguale alla larghezza della fossata del rivellino. Tra i rivellini, e le contoguardie situa alcune piccole lunette, le cui facce sono della lunghezza di 20 tese, e servono per ben coprire le batterie, che sono nelle facce de' bastioni. Nel mezzo della fossata poi vi è costruita una cunetta larga 7 in 8 tese.

69. Questo metodo al primo aspetto, sembra corrispondere alle vere regole dell' arte di fortificare; poichè la numerosa artiglieria che vi si può impiegare nel tempo che si abbia a difendere una piazza si fattamente costruita, arrestar deve ogni nemica intrapresa. Se poi si voglia

glia con riflessione esaminare, si ritrova. I. Che la spesa è eccessiva, allorchè si vogliono in una piazza costruire tante opere, quante il Blondel ne propone; nè si può conseguire il fine pe' l quale le piazze si costruiscono, cioè di resistere con poca gente a molta. II. L'angolo difeso de' bastioni nel maggior numero de' poligoni è acuto, ed i fianchi sono molto esposti. III. L'artiglieria in tempo di assedio rimane in buona parte infervibile; giacchè le batterie de' fianchi, per la poca altezza, che hanno le inferiori dalle superiori, sono poco atte alla difesa. IV. Le controguardie non sono molto resistenti, onde, potendosi con facilità rovinare, i fianchi si ritrovano esposti alle batterie nemiche, dalle quali si può agevolmente smontare l'artiglieria, e quindi l'aggressore può di leggieri aprirsi un adito nella piazza.

70. Molti altri Architetti di gran nome scrissero in Francia sull'arte di fortificare prima del Signor Vauban, tra' quali degni di molta stima sono il Cav. S. Giuliano, e 'l Sig. Bombel; i metodi de' quali si possono leggere presso l'Abate

te Deidier (1). Non mancarono in detto tempo anche presso gli Olandesi , Ingegneri di molto sapere , poichè forse prima di uscire alla pubblica luce il sistema del Barleduc , il Signor Marelois fece noto il suo in Olanda , ove fu con universale approvazione ricevuto ; ed è veramente assai più da stimarsi di quello del Barleduc .

71. Per l'intelligenza di questo metodo, è da sapersi, che l'angolo del bastione è di gr. 60 nel quadrato, 72 nel pentagono, 80 nell'esagono, 85 nell'ettagono, e 90 nell'ottogono, ed in tutti gli altri poligoni. Forma i fianchi perpendicolari alla cortina; ed ammette i secondi fianchi, e le falsebraghe. La pianta si può descrivere come segue. Si supponga, che si abbia a fortificare un esagono; si tirino una retta indefinita AB , al cui estremo si faccia l'angolo BAX di gradi 60, e l'angolo BAD di 20, acciocchè la metà dell'angolo del bastione sia di 40. Si prenda AE di tese 48,

e da

Fig. 17.

(1) *Le Parfait Ingenieur Francois.*

e da E si abbassi la perpendicolare EN . Si faccia NI di tese 64 fino a 72, ed IB si faccia uguale ad AN . Si elevi la perpendicolare IL uguale ad NE , e si tiri la faccia LB del bastione. In B si formi l'angolo ABX di gradi 60. Sul prolungamento di NE al punto E si faccia l'angolo GEF di gradi 55, ed EF si prolunghi fino a che incontri il raggio AX in F , e da F si conduca FM parallela al lato AB . Si prolunghino finalmente le perpendicolari NE , IL fino a che incontrino la FM , e vi farà descritta la magistrale rispetto al lato AB . E quindi con più facilità si descriverà poi la magistrale intorno agli altri lati dell'esagono, il quale farà determinato subito, che si è determinato il lato AB .

72. La fossata è larga tese 25, e la linea della controscarpa è parallela alle facce. La falsabruga ha il riparo largo 20 piedi, ed altrettanto il parapetto, che la copre. Avanti le cortine vi sono i rivellini, ed i bastioni sono anche coperti da' rivellini, che fanno le veci delle controguardie, le quali però sono alquanto debo-

deboli . Le dimensioni delle altre parti costitutive di una fortezza , secondo questo metodo , non meritano particolare descrizione . Per la qual cosa l'addotto sistema non va esente da' difetti de' fianchi perpendicolari alle cortine (n. 115. T. I.), e degli altri , che risultano , allorchè le linee di difesa sono ficcanti (n. 117. T. I.). I rivellini avanti le cortine non coprono bene le medesime , e molto meno i fianchi ; gli altri avanti i bastioni sono alquanto deboli ; e la falsabraga , siccome si dimostrò (n. 188. T. I.) è un' opera difettuosa .

73. Non molto differiscono da questo sistema gli altri di Adamo Fritach , la cui opera fu tradotta in Francia l'anno 1640 , e di Mattia Dogen , che forma un compiuto Trattato dell' arte di fortificare , di attaccare , e di difendere le piazze , distinguendosi soprattutto sulla fortificazione irregolare . In grande estimazione si tenne anche presso gli Olandesi Stevin de Brages , il quale fu dichiarato il Castrametatore degli Stati di Olanda . Fortifica il Brages da dentro i fuori , stabilendo il lato della lunghezza di tese 166 in cir-

circa . Forma le semigole uguali a 30 tese , ed i fianchi a 24 , e li costruisce perpendicolari alla cortina . Tira le linee di difesa rasante , e col loro incontro compie la descrizione della magistrale . Ammette ne' fianchi le piazze basse , e le alte , comanche gli orecchioni . Fa uso altresì della falsabraga , e nell' interno de' bastioni costruisce i cavalieri . Migliorò quindi l' arte di fortificare presso gli Olandesi , tuttochè quanto alle falsebraghe , seguito avesse il Maralois :

74. Il sistema più ricevuto in Ispagna è quello di Diego Uffano . Quest' Autore non ammette i secondi fianchi , poichè stabilisce le linee di difesa rasante . Fortifica esteriormente , ed i lati , de' quali si serve , sono di giusta lunghezza . Forma le semigole uguali alla sesta parte del lato , ed alle medesime fa uguali i fianchi , che situa perpendicolari alla cortina ; e le facce vengono determinate per le linee di difesa . Si attribuisce da molti Autori l' invenzione di formare i fianchi , che faceffero colle cortine un angolo di 99 in 100 gradi , all' Ingegnere Sebastia-

stiano Fernandez de Medrano ancor egli Spagnuolo (1).

75. In Germania, oltre del Durero, e dello Speckle, i quali scrissero dell' arte di fortificare dopo l' invenzione de' bastioni, cioè nel secolo XVI.; altri ancora diedero fuori nuovi sistemi di fortificazione, tra' quali sopra ogni altro si distinsero Guglielmo Dilichio, Scheitero, Cristiano Neubaver, Ernesto Friderico Borgsdorf, Giorgio Rimplero, Gianfrancesco Griendel, che propose sette modi diversi di fortificare, ed altri ancor ne scrissero de' quali fa particolar ricordanza il Wolfio (2).

76. In Italia poi non son mancati nel secolo medesimo Architetti militari, che scrissero di quest' arte, come ne fan fede le opere di Francesco Fiammelli, di Francesco Tenfini, di Pietro Paolo Floriani, di Pietro Sardi, di Annibale Perroni, e del Canonico Donato Rossetti Livornese, Lettore di Matemati-

(1) V. Papacini *Archit. Milit.* Lib. III. p. 78.

(2) *Elem. Math. univers.* T. V. Cap. XII.

ca nell' Università di Pisa , che pubblicò alcuni dialoghi sull' arte di fortificare, ne' quali espone un nuovo sistema, ch' ei denominò *Fortificazione a rovescio* ; di cui il Sig. Deidier, ed altri Autori Francesi danno giudizio vantaggiosissimo. Tra i molti altri, che ne scrissero, merita di esser ricordato Domenico di Aulifio Napoletano, uomo di profondo sapere (1); il quale per comandamento di Carlo II. reffe scuola di fortificazione quì in Napoli sù Pizzofalcone.

A R T I C O L O II.

De' metodi di fortificare praticati dal Marefciallo di Vauban.

77. **I**L Marefciallo di Vauban dal 1668 in poi, fu positivamente occupato a formare nuovi progetti di fortificazione per le piazze della Franca Contea, delle Fiandre, e di altri luoghi; molte piazze nuove costruendo, e
molte

(1) Scrisse due volumi in 4. dell' Architettura civile, e militare.

molte altre ristaurandone, ed in miglior forma riducendole fino al 1707, in cui si morì (1). Tre metodi diversi furono dal medesimo praticati in costruire le piazze di guerra, siccome si è rilevato dalle piazze istesse, che egli costruì, non avendo lasciato Trattato alcuno sull' arte di fortificare.

78. La descrizione della magistrale del 1. sistema di Vauban si rapportò nell' Articolo II. del Cap. V. del I. Libro di questi Elementi. Quanto alla larghezza del riparo, del parapetto, e delle basi delle scarpe si ritrovano conformi a quelle stabilite nel Cap. I. del Lib. I., ove si esposero anche le dimensioni, ch' ei diede ai rivestimenti di fabbrica, ed a' controforti. La fossata la forma della larghezza di 18 in 20 tese, e la profonda tese $2\frac{1}{2}$; facendo la strada coperta di 5 in 6 tese. Le piazze d'armi le costruì alquanto anguste, siccome si avvertì (n. 95 T. I.). Il piano superiore dello spalto si estende da 20 in 30 tese verso la campagna.

E 2

Fece

(1) Si legga la sua Vita, che va premeffa al Trattato dell' attacco delle piazze dello stesso Autore stampata nell' Aja nel 1769. in 4.

Fece poi uso di quasi tutte le opere accessorie, delle quali fu detto nello stesso I. Lib. Cap. VI. E' da notarfi che i rivellini, non erano molto estesi, e che le ali dell'opere grandi non erano dirette con quell'esattezza, che fu dimostrata necessaria (n. 193. T. I.).

79. Oltre alle cose dette, vi si riconoscono dal Sig. Maizeroy in un Capitolo della sua Tattica discussa, i seguenti difetti. I. La moltitudine delle opere esteriori, circa la quale fu anche da noi detto (n. 175. T. I.). II. La distanza grande, che le medesime hanno dalla piazza, per cui non possono essere ben difese. III. La poca estensione, che in molte di esse si ravvisa, non vi rende praticabili le difese. IV. L'intralcio della strada coperta, e le scarfe, e poco sicure comunicazioni, obbligano i difensori, a non poter esercitare una valida difesa. Dal medesimo s'indicano anche i mezzi per andare incontro ai detti difetti. Si legga benanche ciocchè il Conte di Turpin dice di questo metodo ne' Comentarj sopra le Memorie di Montecucoli, reputato qual altro Vegezio, ove
cerca

cerca di migliorarlo in molte cose. Egli è nondimeno da confessarsi che sia un metodo, il quale più si uniforma ai veri principj della scienza.

80. Il secondo sistema è quello delle torri bastionate, costruite di soda fabbrica coperte a pruova di bomba, con bastioni distaccati, o sieno controguadie, che le coprono. Ne fece uso in fortificare Belforte, e Landò. Or quantunque queste piazze sieno irregolari, pure gl'Ingegneri ne hanno da esse rilevata una costruzione costante per le piazze regolari, che è la seguente. Suppongono il lato AB interiore di un esagono di tese 120. Si prendano AS , BQ ciascuna uguale a 4 tese, e si elevino le perpendicolari SM , QN di 6 tese. Dal punto M sul raggio prolungato, si abbassi la perpendicolare MX , e si faccia XO uguale ad MX , e si conduca OM . La stessa costruzione si esegua all'altro estremo del lato AB ; e si avranno le piante de' piccoli bastioni SMO , QNG , che diconsi torri bastionate. Fig. 18.

81. Dall'angolo poi della spalla M al vertice G della torre opposta, si tiri MG , e da N

ad O, si tiri NO. Si facciano AL, BP uguali ciascuna alla quarta parte di AB, e si elevino le perpendicolari indefinite LH, PZ. Si prolunghino le capitali BG, AO, e si faccia così GT, che OV di tese 39., e si tirino ST, QV, le quali interseghino LH, PZ ne' punti H, e Z. Si facciano inoltre LI, PY di una tesa, e si tirino le rette HI, ZY, le quali interseghino le rette NO, MG ne' punti C, e K; e si hanno in sì fatta maniera i mezzi bastioni distaccati, o sieno le mezze controguardie.

82. La fossata avanti gli angoli delle torri bastionate è larga 6. tese. Quella avanti gli angoli delle controguardie è larga 12 tese, e la linea della controscarpa è diretta all'angolo della spalla. Nella piazza di Landò vi si osserva la tenaglia semplice, e la costruzione di essa si ha, secondo fu detto nel Lib. I., purchè si prendano le controguardie, come bastioni principali. Vi è anche il rivellino, la cui capitale è di tese 45, e le facce sono dirette a' punti di quelle delle controguardie, distanti da' vertici degli angoli alle spalle, per 10. tese. La fossata del rivellino è lar-

ga tese 10. La strada coperta, e lo spalto si costruiscono coll'istesse dimensioni del primo metodo. Il riparo è alto 3. tese, ed altrettanto è profonda la fossata. Ne' fianchi delle torri vi sono delle casematte al livello, che ha l'acqua nella fossata, la quale si suppone di piedi 6. di altezza. La parte superiore delle torri è coperta di un terrazzo molto resistente; ed il parapetto supera l'altezza interiore delle controguardie di un piede.

83. Nell' esposto sistema molto si lodano le controguardie, poichè si possono gagliardamente difendere; la qual cosa non si può eseguire ne' semplici bastioni uniti alle cortine, senza esporre la piazza al saccheggio; tanto più che con difficoltà si possono in essi in tempo di assedio, coltruire a perfezione i trinceramenti, e le tagliate, dalle quali soltanto si potrebbe sperare il prolungamento della difesa. Si stimano anche vantaggiose le torri bastionate per non poterfi bersagliare, se non che da sopra il riparo delle controguardie, ove le batterie dell'aggressore possono essere battute da' fianchi delle torri, ed anche dalle facce; e si possono di più rovesciare col mezzo

delle contromine . Inoltre non sono le dette torri esposte alle palle a rimbalzo , ed a cagione della piccola estensione , che hanno , poco danno vi producono le bombe . Finalmente sono vantaggiose pe' magazzini , e per le casematte , che vi si costruiscono . Si loda anche questo sistema per la combinazione delle opere accessorie , nelle quali si ravvisa un' esatta reciprocanza nelle difese .

34. Non è da dubitarsi , che le controguardie formano la principale difesa , in questo sistema . Ma siccome si deve dal corpo della piazza comunicare nelle medesime per ponti , o per altri angusti passaggi , non è da sperarsene perciò una efficace , e valida difesa , come si crede ; imperocchè potendo le dette comunicazioni mancare , o rendersi pericolose nell'atto che la truppa si affolla a ritirarsi , deve per necessità avvenire , che se ne abbandoni la difesa prima del tempo , che il bisogno il richiegga . Quanto alle torri , se voglia considerarsene la costruzione , si rileva ; che sono molto anguste , onde di poca difesa (n. 104. T. I.) . La difesa , che si può
da'

da' fianchi delle medesime esercitare , è di poco momento ; onde non può impedire , che l'aggressore non si alloggi sulle controguardie , le quali per la grande estensione , che hanno , gli apprestano sempre il comodo di stabilirvi batterie , e di coprirle con spalleggiamenti . Inoltre le facce di dette torri non sono rasantemente difese da' fianchi , e dalle facce non se ne può sperare , che scarfa difesa , comanche dalle casematte , a cagione del fumo che vi si deve addensare , onde viene a rendersi molto molesto agli artiglieri . Quindi si vede , che non sia questo sistema da seguirsi generalmente , tutt'occhè ammirabile sia , rapportato alle circostanze de' siti , ne' quali fu praticato .

85. Il terzo metodo è una riforma del secondo , e vi sono poste in opera le cortine dell'ordine rinforzato . La magistrale è descritta intorno ad un poligono esteriore , in cui ciascun lato è di 180 tese . Si è cercato con questo sistema di minorare la spesa , ed accrescere nel tempo istesso i mezzi di difesa . Ne fece uso in fortificare il nuovo Brisack , che è una piazza costrui-

fruita fu di un ottogono regolare. Per l'intelligenza di detto sistema, si supponga che sia AB un lato di ottogono di 180 tese. Si divida ugualmente in C , e si elevi la perpendicolare CM , che sia la sesta parte di AB . Si tirino le linee di difesa AMX , BMK , e si faccia tanto AP , che BQ di 60 tese. Col centro Q , e coll'intervallo QP si descriva un arco circolare, che interseghi la linea di difesa BK , ed in detto arco si adatti la retta PG di 22 tese, che farà il fianco della controguardia; e non altrimenti si determini il fianco QF dell'altra controguardia. Si conduca GF , la quale si prolunghi dall'una, e dall'altra parte fino a che incontri i raggi del poligono ne' punti S , ed L . Alla distanza di 9 tese si tiri ad SL la parallela TZ .

86. Sul lato TZ si prendano TK , ZX ciascuna di 7 tese. Da' punti X , e K si elevino su detto lato perpendicolarmente i fianchi, che si facciano di 5 tese, da' cui estremi si tirino ai punti S , ed L le facce, e si avranno le piante delle metà delle torri bastionate. Si prolunghino i detti fianchi verso la parte interiore

per tese $4\frac{1}{2}$, ed in ciascuna pianta delle stesse torri si uniscano gli estremi di detti fianchi prolungati, lasciandovi soltanto un'apertura di piedi 9.

87. Si prolunghi inoltre la perpendicolare CM , indefinitamente, la quale interseghi TZ in Y . Si prenda YD di tese 5. Dai punti K ed X si conducano le rette KDr , XDp . Si prolunghino parimente i fianchi delle controguardie, fino a che incontrino le dette linee in m , n , r , ed in p ; e si tirino rp , mp , nr , e si avrà la magistrale $SKmpnrXL$, colla cortina rientrante, la quale fa positivamente distinguere questo sistema dal secondo. La pianta della tenaglia semplice si costruisce della stessa maniera che fu detto nel Lib. I. La fossata primaria è larga 15 tese, la linea della controscarpa è parallela alle facce delle controguardie, e la fossata avanti le torri è di 6 tese. Il rivellino in questo sistema ha la capitale lunga tese 55, e le facce sono dirette a 15 tese al di là degli angoli alle spalle delle controguardie. Di più è fornito di fianchi, e nell'inter-

interno di un ridotto, la cui capitale è di tese 23, e le facce sono parallele a quelle del rivellino. La fossata del rivellino è larga 12 tese, e quella del ridotto 5. La strada coperta poi, e lo spalto sono delle istesse dimensioni, che nel primo.

88. Il piano superiore del riparo della piazza è largo 6 tese, comprendendovi la larghezza della banchina, la quale è larga 4 piedi e mezzo, ed ha 3 piedi di larghezza nella scarpa. Il piano poi superiore del riparo del rivellino è largo tese 4; e quello del ridotto di tese 3, comprendendovi sempre la larghezza della banchina. Il parapetto delle torri, che è di fabbrica, è largo 8 piedi; quello poi delle cortine, che è di terra, è largo tese 3. Nel rivellino, la larghezza del parapetto è di piedi 15.

89. Il riparo della piazza è alto 11 in 12 piedi su'l piano della campagna; il parapetto è alto 6 piedi, e la banchina $1\frac{1}{2}$. La fossata è profonda piedi 15. Il riparo della tenaglia è elevato 10 piedi su'l fondo della fossata; l'altezza della banchina è di 2 piedi; e quella del para-

parapetto sulla medesima di p. $5\frac{1}{2}$. Il rivellino ha il riparo 3 piedi più basso di quello della piazza, vale a dire, che è di 8 in 9 piedi su'l livello della campagna. Il riparo del ridotto è dell' istessa altezza. Il riparo finalmente delle controguardie, negli angoli difesi, è alto 12 in 13 piedi; si abbassa da circa piedi 3 verso gli angoli alle spalle, e di 4 verso le semigole. Le fossate, tuttocchè generalmente sieno profonde piedi 15, pure avanti gli angoli difesi delle controguardie sono profonde piedi 20, e si uniscono colle altre per piani inclinati.

90. Quanto a' rivestimenti, quelli del riparo della piazza procedono dal fondo della fossata fino al cordone, ove sono larghi piedi 5, ed al fondo della fossata a cagione della scarpa, sono larghi piedi 10. Sul cordone si eleva una muraglia alta piedi 4, e larga da 3 in 4. La tenaglia ha benanche il rivestimento; è largo nella parte superiore piedi 3, ed al fondo della fossata pied. 5 e pol. 8. Il rivestimento nel rivellino ha 15 piedi di altezza su'l fondo della fossata; nella parte superiore è lar-

go 2 piedi, e pol. 6, e 3 piedi al di sotto, è largo piedi 5. Nella parte superiore, ove termina il rivestimento, gira un margine della larghezza di 10 piedi, nel mezzo del quale vi è costruita una palizzata; ed all'estremo poi di detto margine si eleva il riparo col parapetto di semplice terra. Il rivestimento finalmente delle controguardie, verso gli angoli fiancheggiati, è alto 20 piedi; verso gli angoli alle spalle $18 \frac{1}{2}$, e verso i fianchi di 18. Nella sommità è largo piedi $2 \frac{1}{2}$, ed al di sotto di 3 piedi, è largo piedi 5. Al piano, ove termina questo rivestimento vi è un margine simile a quello del rivellino, e poi si eleva il riparo col parapetto con una scarpa, in cui la larghezza della base è la metà, e fino ai due terzi dell'altezza. Agli angoli difesi di dette controguardie soltanto vi si fa un rivestimento, il quale è 4 piedi largo, e si estende sulle facce per piedi 20; poichè nel rimanente il riparo è di pura terra.

91. Si noti, che nelle torri, secondo questo sistema, vi sono sotterranei, siccome vi sono nel secondo, ma alquanto più spaziosi; e ne' fianchi vi

fonc

sono le casematte . Si entra in detti sotterranei dal piano della piazza con passaggi , che si costruiscono lungo le capitali di dette torri . Ne' fianchi delle cortine rientranti vi sono anche delle casematte . A canto agli angoli de' fianchi vi sono alcune porte per comunicare nelle controguardie . Nelle cortine , in cui non vi sono porte principali, si formano delle piccole porte per comunicare alle tenaglie . Si è fin quì rapportato il più essenziale di questo sistema ; ma se si voglia una più distinta descrizione di tutte le opere, che si contengono nel nuovo Brisack, si può leggere quella, che ne dà il Signor Belidoro (1).

92. Se questo sistema si esamina con attenzione ; si ritrovano nel medesimo praticati tutti i mezzi per accrescere le difese col massimo risparmio, poichè si è cercato . I. Che l'inimico non possa battere le opere della piazza , prima che non abbia occupato l' alto dello spalto . II. Si oppone un fuoco molto efficace contro le

(1) *Science des Ingenieurs Lib. VI.*

le batterie, che situar può l'aggressore sulla strada coperta. III. Si può molto contrastare all'inimico l'acquisto della piazza, per la combinazione, che hanno i rivellini colle controguardie. E' vero che tutto ciò si può ottenere con maggior semplicità, facendo uso del primo metodo, senza che sia esposto a que' difetti, che si sono notati nel secondo, da' quali neppure il presente n'è totalmente esente. Ma siccome le particolari circostanze del sito, mossero il Vauban a recedere dal primo metodo, così non si può nè il secondo sistema, nè questo terzo sottoporre ad una giusta critica, senza aver presenti tutte le qualità de' siti di Landò, di Belforte, e del nuovo Brisack.

93. Viene nondimeno però questo terzo sistema con sommo livore esaminato dallo Sturmio, e ne propone le correzioni per renderlo vantaggioso. Dice inoltre esser copia di quello dello Scheitlero; ma l'Abate di Deidier col confronto, che fa dell'uno metodo, e dell'altro, difende il Vauban da sì fatte imputazioni. Intorno a' metodi però di questo insigne Autore, francamente, e

con molta ragione dir si può ch' effi sieno stati molto prima di lui tutti e tre ideati dal lodato Francesco Marchi Bolognese (n. 49, e 50.), nella cui opera, saggiamente afferma un illustre Scrittore (1), *tutte le parti della scienza son contenute*. Eppure ch' il crederia? fu quest' opera non poco censurata da alcuni Ingegneri di Francia, contro i quali il P. Ercole Corazzi Abate Olivetano, e Professor dell' Analisi nella Università di Bologna dimostrò nell' esame di quest' opera stessa (2) quanto torto si abbiano in censurarla; quando anzi hanno effi involate molte invenzioni del Marchi, e a se l' hanno appropriate; ed acciocchè poi scovrir non si potesse un tale manifesto loro plagio, se ne han procacciati quanti esemplari han potuto, *a fine* (dice il Zeno (3)) *di più facilmente nascondere il loro furto*. Il P. Ermenegildo Pini nel secondo suo Dialogo dell' Architettura Militare si fa ad esaminare

Tom. II. F

(1) Parad. Elog. di Montec. pag. 76. nelle note.

(2) In Bolog. per li Rossi 1720. in 4.

(3) Nella not. (a) all' E'log. Ital. del Fontan.

nare anch'egli i suddetti tre metodi di Vauban, e con innegabili dimostrazioni fa vedere quanto questi profittato abbia dell'opera del Marchi. Un Ufficiale Lorenese, citato dal medesimo Pini, in una sua Dissertazione lo stesso ancora manifestamente pruova. Or da tutto ciò, comechè non s'intenda da me di scemare in minima parte la stima a questo rinomato Ingegnere Franzese; pure vuolsi che ognuno resti sempre più persuaso che la nostra nazione dir si debba la istitutrice della più regolare arte di fortificare.

A R T I C O L O III.

*Del primo metodo di fortificare del Barone
di Coehorn.*

94. **T**Re sistemi di fortificare si propongono dal Signor Coehorn Direttore generale delle Fortificazioni delle Provincie unite, che visse ne' tempi del Vauban, e fu emulo del sapere di lui. Il primo de' tre sistemi, il propose per siti, in cui l'acqua si ritrova 4 piedi sotto la superficie della terra; il secondo per
que',

que', ne' quali l'acqua n'è 3 piedi al di sotto; ed il terzo finalmente per gli altri siti, ne' quali l'acqua n'è al di sotto 5 piedi. Rapporto quà solamente il primo per dimostrare qual fecondità d'idee avea il Coehorn full' arte di fortificare (1).

95. Si descriva in un cerchio un esagono regolare, e si supponga, che ciascun lato sia di 150 tese. Si tirino i raggi, e su'l prolungamento di essi, si prendano AC, BD, ciascuna uguale alla metà di uno de' lati AB, e si avranno le capitali de' bastioni. Si facciano le femigole AG, BH ciascuna uguale a tese 37, e piedi 3, e si conducano le linee di difesa CH, DG. Co' centri C, e D, e cogl' intervalli CH, DG si descrivano gli archi FH, EG, i quali determinano i fianchi; e resta in sì fatta maniera descritta la magistrale. Se si prendano i punti C, e D per centri, e con un intervallo di 140 tese si descrivano gli archi

F 2 KM,

Fig. 20.

(1) Ho stimato nella descrizione di questo metodo, seguire il Sig. Le Blond, poichè l'ha sdrigata da quella confusione, con cui vien rapportata dall'Autore.

K M, I L, che vengono determinati, incontrando le linee di difesa ; si conducano N L, N M; e resta descritta la magistrale della tenaglia, chiamata dall'Autore *cortina bassa*.

96. Si tiri nella parte interna del bastione la M N parallela alla faccia D F , che ne sia distante 20 tese , e piedi 4 . Si prolunghi la linea di difesa C H fino in S in modo, che sia H S di tese 15; e col centro C, e coll'intervallo C S, si descriva l'arco S N, che interseghi M N, nel punto N. Si elevi da N la perpendicolare N O, e si faccia di 5 tese, e fu questa del punto O si elevi anche la perpendicolare O P uguale a tese 8. Si divida O P ugualmente in Q, e si elevi la perpendicolare Q T, che incontri la faccia prolungata in T. Si tiri la retta P C, e si faccia P Y di tese 12; ed F T si prolunghi verso G fino a che T G sia di tese 8, e si tiri G Y. Si descriva su G Y la linea circolare dell'orecchione, secondo fu detto (n.148. T. I.); e resta sì fattamente delineata la pianta del bastione, che l'Autore chiama *capitale*.

97. La linea della controscarpa è parallela alle facce de' bastioni , e ne dista per tese 24. Si prendano sulla detta linea le semigole del rivellino , PQ , e PO di 55 tese l'una, e si tiri QO ; agli estremi Q , ed O si formino gli angoli OQR , QOR ciascuno di 55 gradi , e si prolunghino i lati QR , OR , finchè s'incontrino in R ; e si avrà la pianta del rivellino. In mezzo del medesimo vi è un altro piccolo rivellino , le cui facce VT , ST sono parallele alle facce dell' altro , e ne distano per tese 22, e piedi 4. Il riparo nel rivellino grande è largo tese 6 e piedi 4, comprendovvi la larghezza del parapetto . Onde tra' due rivellini, resta una specie di fossa secca della larghezza di 16 tese in circa , che viene dall' Autore chiamata *strada coperta* . La fossata del gran rivellino è larga tese 13; è profonda 11 piedi avanti le facce , e 10 avanti la controscarpa .

98. Per avere la pianta delle controguardie , o sieno *coprifacce* ; si tirino parallele alla linea della controscarpa le rette XY , $X'Y'$, che ne sieno distanti per 5 tese, e piedi 2, e col loro

incontro resterà la detta pianta delineata. Ha quest'opera il parapetto largo 20 piedi, ed ha ancora due banchine dietro al medesimo di 3 piedi, e mezzo l'una, onde è senza riparo. Il detto parapetto è alto 7 piedi su 'l livello della campagna; è rivestito di piote; e la base della scarpa ha una larghezza uguale all'altezza. La fossata avanti le controguardie è larga tese 14, e la linea della controscarpa è parallela alle facce. E' profonda 6. piedi avanti le facce, e 5 avanti la controscarpa.

99. La strada coperta è larga tese 13, ed un piede, comprendovì la larghezza di due banchine, ciascuna di piedi 3. La linea, in cui termina il suo piano dalla parte della campagna, è parallela a quella della controscarpa. E' al di sotto il livello della campagna di 3 piedi, ed ha un piede di declivio verso la fossata, vale a dire che va ad incontrare il livello dell'acqua. Le piazze d'armi degli angoli rientranti si hanno, con prendere le semigole AB, AD di 25 tese, e con elevare sulle medesime da' punti B, e D le perpendicolari BC, DC, che s'incontrano nel punto C.

100. Nelle piazze d'armi sono costruiti i ridotti nel modo seguente. Si prendano AE , AF , ciascuna di 11 tese, e piedi 5, e pe' punti E , ed F tirandosi le parallele alle facce della piazza d'armi, ne resta delineata la pianta. L'altezza del parapetto è di piedi $7\frac{1}{2}$ come è quella dello spalto; è costruito di fabbrica con muri non molto larghi, ne' quali vi sono delle feritoje. Avanti sì fatto ridotto alla distanza di piedi 3, è piantata una palizzata; e lateralmente è coperto da due traverse, acciocchè non sia battuto di lato; le quali sono circondate anche da due ordini di palizzata, di cui n'è fornita altresì tutta la strada coperta, ed è piantata sulla banchina la meno elevata. Lo spalto finalmente termina alla distanza di 25 in 30 tese.

101. Per augumentare la difesa della strada coperta, costruisce nello spalto, avanti le piazze d'armi, degli alloggiamenti sotterranei, de' quali si ravvisa la pianta nella figura; e questi vengon detti dall'Autore *coffani*. Sono larghi piedi 8, e profondi 5. Sono coperti con grosse tavole, alle

quali si soprappone un piede di terra ben pestata, per afficurarli da' fuochi artificiali. Comunicano per alcune gallerie nella strada coperta, dalle quali si può bersagliare l'interno di dette opere per discacciare l'inimico, allorchè le ha occupate. Si elevano un piede e mezzo sullo spalto, e nel fronte vi è una apertura per potere agire contro l'inimico.

102. Le parti dunque più essenziali in questo sistema sono, il *bastione capitale*, l'*orecchione*, o sia *torre di pietra*, e'l rivellino. Quanto al bastione capitale si è osservato, ch'è situato in un altro di maggior grandezza, il cui riparo è più basso; onde l'Autore denomina le facce di questo, *facce basse del bastione capitale*. Il riparo del più grande è alto 6. piedi sull'orizzonte, e si eleva verso l'angolo fiancheggiato fino a 9. per l'estensione da detto angolo, di 24 tese su ciascuna faccia. Il parapetto è largo 20 piedi, la banchina è larga 3, e'l piano del riparo 5. Sotto questo riparo vi è una galleria, che conduce da un orecchione all'altro dell'istesso bastione. E' larga 9 piedi, e alta

6, ed è fornita di feritoje verso la parte interna rimpetto le facce del bastione capitale. Da 3 in 3 tese vi sono costruite delle porte molto resistenti, per impedirne a tutto potere l'acquisto all'inimico. Si scopre dalla medesima di rovescio la breccia formata nel bastione capitale. Si eleva detta galleria 3. piedi sopra l'orizzonte, ed è costruita con volta coperta di terra.

103. Questa galleria ha comunicazione con altra galleria capitale costruita nel bastione, dalla quale si può discendere nella fossata secca, ch'è soltanto piedi $2\frac{1}{2}$ al di sotto dell'orizzonte. Alla distanza di 4. tese dal rivestimento dell'interno bastione, vi è in detta fossata piantata una palizzata, per proteggere la ritirata delle fortite. Il rivestimento di fabbrica nelle facce del bastione capitale, si eleva dal fondo della fossata secca 12 piedi, e mezzo, vale a dire, che resta coperto dalla faccia bassa, il cui riparo unito al parapetto, è alto sull'orizzonte piedi 12. Si eleva però il riparo del bastione suddetto su'l rivestimento, ma si costruisce di pura terra, onde la sua scarpa forma
con

con quella del parapetto, un solo piano inclinato. La larghezza del parapetto poi è di piedi 20, ed il bastione è pieno di terra.

104. Ne' fianchi, oltre della piazza bassa della tenaglia, vi è quella, che corrisponde alle facce basse, e l'altra che appartiene positivamente al bastione capitale. Il riparo in quest'ultima piazza ha un rivestimento 9 piedi alto sull'orizzonte, e nella rimanente altezza è di terra; ed il parapetto in questo fianco è largo piedi 24. Il riparo del fianco mezzano si eleva di 5. piedi al di sopra l'orizzonte, ed il parapetto è alto 6 sul piano di detto riparo, il quale è largo 10 piedi, comprendendovi la larghezza della banchina. Or non essendo questo spazio sufficiente per istabilirvi l'artiglieria in tempo di affedio; si propone dall'Autore di estenderlo in detto tempo fino a tese 4, formando un forte, e resistente ponte di legno. Il fianco finalmente della tenaglia si eleva 3 piedi sopra l'orizzonte, affinchè possano gli altri due esercitare liberamente le difese.

105. Il riparo della tenaglia, che riguardar si può,

può, come una cortina bassa, si eleva di soli 2 piedi sull'orizzonte; ed il parapetto ha 6 piedi di elevazione su'l medesimo, ed è largo 20. La larghezza poi del detto riparo è di piedi 7, comprendovi la banchina. Tra la cortina alta, e la tenaglia vi resta la fossa secca, nella quale si comunica dalla piazza per un cammino sotterraneo, ch'è costruito nell'interno del riparo della cortina alta.

106. L'orecchione è costruito di ottima fabbrica. In esso vi sono de' sotterranei, e delle casematte. Il suo riparo è ugualmente alto, di quello del bastione capitale. Le volte de' sotterranei sono a pruova di bomba, e alle medesime nella parte superiore vi è soprapposta della terra ben pesta, fino all'altezza di piedi 6. I sotterranei sono divisi in tre parti. La prima è al di sotto l'orizzonte di piedi 3, e vien detta batteria sotterranea, la quale serve per difendere la fossata secca avanti il bastione capitale; onde vengono le cannoniere, che sono al numero di 6, poste sul lato espresso nella pianta dalla retta QT. In questo sotterraneo vi forma 12 sfogatoj, accioc-

ciocchè il fumo non vi si arresti. Le altre due parti de' sotterranei sono al livello dell' orizzonte, e procedono da T Q verso Y. In quello di mezzo vi è una scala per salire sull' alto dell' orecchione. L' orecchione suddetto è disgiunto dalla fossata secca del bastione capitale da una fossata piena di acqua, della larghezza di tese 6, e della profondità di 6 piedi, e vi ha comunicazione per mezzo di un ponte. Dal riparo della piazza, per mezzo di cammini sotterranei, si comunica ai fianchi mezzani; da questi nell' orecchione, e indi ne' fianchi bassi.

107. Quanto al rivellino, del quale si fa uso in questo sistema, è da sapersi, che il suo riparo è alto 4 piedi sull' orizzonte, e verso l' angolo difeso, per l' estensione di 24 tese su ciascuna faccia, si eleva fino a piedi 7. Il parapetto è alto piedi 20. La banchina, senza la sua scarpa, è larga piedi 3, e nel piano superiore, il riparo resta largo piedi 4; poichè, sebbene nella base sia di 40 piedi, pure se ne ha a togliere la larghezza del parapetto, e della base della sua scarpa, comanche quella della banchina, e della

la

la base della scarpa che l'appartiene, non meno che la larghezza delle basi delle scarpe, che al riparo istesso convengono. Il rivestimento del rivellino interiore non è più alto di 8 piedi, onde resta coperto dal parapetto del rivellino maggiore.

108. La fossata secca tra l'uno, e l'altro rivellino, che si è detto essere della larghezza di tese 16, è profonda 4 piedi verso il mezzo, e verso la scarpa, e la controscarpa piedi $2\frac{1}{2}$. All'estremità di questa fossata alla distanza di tese 6 dalle semigole vi sono costruite due caponiere, cioè una per ciascuno estremo, che l'Autore chiama *coffani*. Sono della larghezza di 4 tese; e si elevano sull'orizzonte di 4 piedi. Sono costruite di fabbrica, e nelle mura vi si aprono delle feritoje per difesa della fossata, che tra' due rivellini tramezza. Sono coperte con grosse tavole, alle quali vi è soprapposta della terra. Si fanno servire anche come traverse, poichè dalla parte delle semigole vi si costruiscono le banchine. Dal rivellino interiore si comunica a queste opere
per

per cammini sotterranei , e sono le medesime disgiunte dalla fossata secca , da un'altra fossata piena di acqua , della larghezza di 6 tese , e della profondità di piedi 5 ; e vi hanno comunicazione con ponti .

109. Verso l'angolo fiancheggiato del gran rivellino immediatamente a piè del riparo vi è costruito un ridotto , che appellasi dall'Autore altresì *coffano* , con mura di fabbrica fornite di feritoje . Comprende quest'opera uno spazio considerevole , ed è nell'interno divisa in tre parti , che non può l'inimico occupare , se non che successivamente . E' coperta di grosse tavole sostenute da travi molto resistenti ; e sopra di esse vi è un coperto di terra alto piedi $3\frac{1}{2}$; e'l piano superiore si ritrova allo stesso livello con quello del riparo . Vi si comunica per una galleria , che ha principio nell'angolo saliente del piccolo rivellino , e che vien diretta lungo la capitale prolungata del medesimo . A lato di sì fatta galleria vi è costruito un condotto di acqua , per renderla inaccessibile all'inimico , allorchè abbia occupato il detto *coffano* .

110. Finalmente nel rivellino interiore è costruito un altro ridotto di fabbrica. Da quest'opera per mezzo di una scala si comunica nella galleria anzidetta, e conseguentemente nel ridotto dell'angolo saliente del gran rivellino; e si comunica anche in una galleria, che va a terminare nella fossata della piazza, in cui è sempre pronto un pontone per trasportare la truppa, che vien forzata a ritirarsi. La sicurezza, che si ha in sì fatta guisa di eseguire le ritirate, rende il rivellino atto ad esercitare una ben valida difesa.

111. Non si specifica dall'Autore di questo sistema, la maniera tenuta in costruire i rivestimenti. Il Signor Deidier (1) assicura, che un Offiziale la scoprì nella piazza di Manhein, che fu costruita col progetto, e colle istruzioni di Coehorn. Dà 3 piedi di larghezza alla parte superiore de' rivestimenti. Alla base della scarpa assegna una larghezza, ch'è il sesto dell'al-

l'al-

(1) *Le Parfait Ingenieur Francois* pag. 138.

l'altezza. La scarpa continua fino alle fondamenta, nè nell'interno vi sono controforti. Sul piano inclinato della scarpa, formato di terra, situa le pietre perpendicolarmente, per rinferrarla maggiormente, e minorarne l'urto.

112. Questo è il compendio il più essenziale del primo sistema di Coehorn, essendosi ommesse molte altre cose meno necessarie. Dal medesimo si rileva, che questo intelligente Ingegnere ha cercato di arrestare l'inimico in ogni passo, potendolo respingere colle frequenti fortite; ed oltre a ciò a cagione della scarsa larghezza, che dà ai ripari delle opere, viene a togliergli i mezzi, di potervi comodamente stabilire gli alloggiamenti, dopo che le avrà occupate. Di più sono in questo sistema talmente combinate le opere, che non può l'aggressore penetrare in alcuna di esse, senza, che sia esposto al fuoco di fucileria degli assediati, i quali tirano per lo più al coperto, ed hanno sicure comunicazioni per potersi reciprocamente soccorrere, e per potersi prontamente ritirare.

113. Riguardo allo stesso sistema però si possono

sono notare i seguenti disvantaggi . I. La strada coperta è assai larga , ed è senza traverse , onde può dar molto comodo all'aggressore per istabilirvi i suoi alloggiamenti ; e si può con facilità occupare , essendo esposta alle batterie a rimbalzo in guisa , che non può la truppa validamente difenderla . Nè vale il dire , che la detta occupazione viene all'aggressore impedita dalla difesa , che si può esercitare dagli alloggiamenti , costruiti sotto il ciglio dello spalto , poichè essendo questi elevati su'l piano dello spalto medesimo , possono distruggersi con facilità dal cannone nemico , per la poca solidità , onde sono al di sopra coperti . II. Le opere sono tutte poco elevate , e le fossate poco profonde ; per la qual cosa sono soggette alla sorpresa , e con falsi attacchi può ancor riuscir facile all'aggressore di sorprendere i ridotti sulla strada coperta , e sul rivellino , e conseguentemente potrebbe battere l'orecchione , che è l'opera la più resistente : la qual cosa farà sempre per avvenire , qualora non si voglia in una piazza in tal guisa fortificata , mantenere una guarnigione molto nu-

merosa. Quindi dunque pare, che non corrisponda l'esposto sistema al fine, che prender debbono di mira i luoghi fortificati, di resistere cioè, con poca gente a molta. III. Le gallerie, e le comunicazioni si rendono inutili, poichè non essendo coperte con volte resistenti alle percosse delle bombe, possono di leggieri rovinare. Non è insomma questo sistema da seguirsi generalmente, tuttochè a' siti, pe' quali fu proposto, apprestati molti efficacissimi mezzi di difesa.

A R T I C O L O I V.

Della maniera di fortificare praticata in Europa nel corrente Secolo XVIII.; e della riduzione in classi di tutti i sistemi finora inventati.

114. **N**El secolo presente, si è in fortificare le piazze di guerra, universalmente seguito il primo sistema del Sig. Vauban, almeno in quanto all'essenza, tuttochè diverse modificazioni, e correzioni abbia ricevuto. E veramente non si è fatto, secondo lui, mol-

to uso di opere accessorie, fuori del rivellino; e questo si è costruito di una grandezza maggiore, e se ne sono dirette le facce, molte tese più in là degli angoli alle spalle de' bastioni. Più spaziosi si sono costruiti i bastioni medesimi, e più spaziose anche formate si sono le piazze d'armi nella strada coperta. Le contromine si son praticate con maggior vantaggio, poichè in esse si è riposta la vera forza difensiva, e molto si è migliorata questa parte dell' arte fortificatoria.

115. Tra i molti Scrittori moderni, che han trattato di questa scienza, sono da leggerfi il Sig. Deidier, ed il Sig. Le Blond Franzesi; Hortmanno, Rozzard, e 'l Glossero, che sono fioriti in Germania; e tra gli Scrittori italiani, il Raschini, il P. Corazzi, e sopra ogni altro Vittorio Papacini di Antonj, Direttore delle Scuole di Artiglieria, e di Fortificazione in Torino. Dal III. Libro dell' Architettura Militare di questo illustre matematico, si scorge quanto innanzi abbia egli portata l' arte di fortificare, poichè ne ha con profonda speculazione stabiliti i principj più saldi, onde ad

augumentar si veniffero i mezzi di difesa , e minorar quelli di offesa. L'arte poi di contro-minare, arte finora stimata di astruso calcolo, l'ha ridotta ad una semplicità quanto grande, altrettanto più vantaggiosa. Rapporta inoltre la riduzione in classi di tutti i sistemi finora inventati, la quale per altro l'attribuisce a Carlo Andrea Rana professore di Matematica nelle anzidette scuole di Turino; ed in esporre sì fatta riduzione, rischiara i sistemi di demolizione, inventati in Italia nel secolo XVI., e ne dimostra le diverse combinazioni.

116. Or in vece di rapportar quì ciocchè di particolare si è in questo secolo pensato sull'arte di fortificare, ho stimato meglio conchiudere questo Capitolo, con dare un'idea delle suddette classi di sistemi, acciocchè si renda più estesa l'applicazione di quanto fu detto nel I. Libro, alla diversità delle circostanze de' siti; e quindi acquistar si possa un criterio più generale per esaminare i diversi sistemi particolari.

117. Si distinguono intorno al corpo della piaz-

za quattro classi di sistemi, ed altre quattro circa la combinazione, che possono ricevere le opere accessorie. Le classi, che al riparo hanno mira, sono le seguenti. La I. comprende quelle piazze, in cui i bastioni sono uniti alle cortine. La II. quelle, in cui ne son disgiunti. La III. quelle, nelle quali, i bastioni colle cortine combinate sono in guisa, che possano esercitarsi le difese, e verso la campagna, e verso l'interno della piazza. La IV. finalmente comprende que' sistemi, ne' quali vengono i bastioni uniti alle cortine con opere tali, che si possono demolire, qualora l'inimico sia per occuparle; onde son detti, sistemi di demolizione.

118. Ne' sistemi di prima classe, sono facili le comunicazioni nell'interno della piazza, senza che l'inimico possa interromperle; ed allorchè le parti difendenti sono costruite colle regole date nel I. Tomo di questi Elementi, vi si possono esercitare speditamente le difese, e la costruzione non riesce di molta spesa. Vi è poi lo svantaggio, che subito che l'inimico abbia

occupato i bastioni , la piazza si deve rendere , malgrado le tagliate , e i trinceramenti , che si propongono di costruirsi nelle semigole di essi ; poichè non possono ridursi ad uno stato di perfezione , onde non si rendono atti ad esercitare una valida difesa , siccome è stato confermato dagli assedj delle piazze le più forti di Europa . Per andare incontro a sì fatto svantaggio , si pensò a costruire ne' gran bastioni gli altri più piccoli , ma i difetti , che di essi furono notati (n. 63.) , ne fecero abolire l'uso .

119. I sistemi della seconda classe , che furono inventati nel XVI. Secolo (n. 46.) hanno gran vantaggio , poichè , occupati i bastioni , deve l'aggressore superare la forza dell' intero recinto , la quale si fa maggiore , o minore , secondocchè le combinazioni impiegate in costruire le cortine , sono più o meno vantaggiose , potendo esser rettilinee , curvilinee , e a denti ; possono anche esser salienti , e rientranti , e possono avere negli angoli delle semplici torri , o torri bastionate . In tali sistemi però non si possono evitare gli svantaggi ,
de'

de' quali fu detto (n. 106. Tom. I.), e nel II. Articolo di questo Cap., dovendosi ne' bastioni comunicare o per ponti, o per angusti cammini.

120. I sistemi di terza classe, si rendono utili, allorchè ne' ripari delle cortine, e de' bastioni costruir si possano tutti gli alloggi necessarj per la guarnigione, e tutti i magazzini pe' viveri, e per le munizioni di guerra; poichè è obbligato l'inimico di attaccare ciascun bastione particolarmente, per impadronirsi dell'intera fortezza, mentre superato che ne ha uno, resta dagli altri bersagliato, ancorchè sia passato nell'interno della medesima. In questa classe sono compresi diversi sistemi. I. Quelli, ne' quali i bastioni sono uniti alle cortine, ma il parapetto, ed il fosso è verso la campagna, e verso l'interno della piazza. II. Quelli, in cui i bastioni comunicano colle cortine con ponti, ma gli uni, e le altre hanno la fossata, e 'l parapetto intorno intorno. III. Si comprendono que' sistemi, ne' quali, in vece di bastioni, si fa uso di fortini, che si difendono scambievolmente tra

fe, e nelle parti, che detti fortini compongono; e comunicano per mezzo di cortine, di strade coperte, e di gallerie ec.

121. La combinazione della prima specie è tale, che per difendersi i bastioni, bisogna far uso di tagliate, e di trinceramenti per disgiungere il bastione attaccato, dagli altri, poichè altrimenti l'inimico potrebbe, senza che passasse nell'interno della piazza, occupare gli altri bastioni. Sicchè questi sistemi sono esposti agli stessi disadvantages di quelli di prima classe, e di più apportano una spesa maggiore; nè sono praticabili in tutti i siti, ed in tutti i climi, poichè in molti non si possono ricavare tutti i magazzini, e gli alloggi sotto ai ripari, ed in molti altri non si possono avere asciutti. Nella seconda specie di tali sistemi, ancorchè si abbia il vantaggio, che ciascun bastione si possa da se difendere, tuttochè perda la difesa del collaterale; pur si hanno gli svantaggi de' bastioni disgiunti, e si minorano i siti per gli alloggi; si rendono altresì le comunicazioni più difficili, e si accresce la spesa. Se finalmente in

luo-

luogo de' bastioni, vi sieno de' fortini, con difficoltà le parti de' medesimi si potranno difendere coll' artiglieria, a cagione della proporzione, che le piante debbono avere co' profili, acciocchè possa la difesa col cannone esercitarsi; e qualora questa necessaria proporzione si voglia dare, si dovrebbero per l'esecuzione di questi sistemi complicare più piazze insieme; onde avviene, che sieno inefeguibili.

122. I sistemi della quarta classe, detti di demolizione, furono inventati anche nel XVI. Secolo. (n. 51.) Co' medesimi si evitano gli svantaggi, che notati si sono nelle altre classi, ritenendone i vantaggi. Sono applicabili in ciascuna delle tre esposte classi, ma siccome de' sistemi di terza classe non è da farsi uso, perciò l'applicazione de' detti sistemi si farà vedere in quelli di prima, e seconda. Per trarre da' sistemi di demolizione il massimo vantaggio, uopo è, che si possa produrre una sollecita rovina di quelle opere, che danno la comunicazione tra' bastioni, e le cortine, senza che si disordini l'attuale difesa; ed inoltre è necessario, che la

nuova parte difendente , la qual deve riforgere in luogo della difgiunta , possa ricevere difefa da altre parti , che non poffano effere occupate prima di effa , (n. 35. T. I.) acciocchè non fia foggetta ad effer forprefa .

123. Per rendere dunque utili nella pratica sì fatti fiftemi , conviene feperare i baffioni dal riparo per mezzo di una foffata , la quale venga coperta al di fopra affine di farne l'unione pe' tempo ch'è neceffaria , e riunendo fiffattamente i vantaggi de' fiftemi di prima , e feconda claffe . La detta unione fi può efeguire o con travi , ed affoni ben fifsati fulle fteffe , o con una volta , appoggiata fu pilaftri , ne' quali fi fituano de' fornelli , per caricarli nel bifogno di polvere , affinché col loro fcoppio fi produca la demolizione della volta . E' neceffario , che fulle travi , e fulle volte fi metta una quantità di terra di piedi 6 , acciocchè le bombe non poffano produrre la rovina , e fia altresì fufficiente per la coftruzione del parapetto , e della banchina della nuova opera , che riforger deve in vece della difgiunta .

124. Sarà inoltre necessario, subito che l'inimico avrà formato le batterie in breccia, costruire il parapetto della nuova opera, colla terra, che è sopra quella parte, la qual deve demolirsi, cercando di ridurlo a fine prima che sia perfezionata la breccia; e qualora si possa, farà da eseguirsi la disgiunzione prima nel mezzo, lasciando verso i fianchi un passaggio della larghezza di 9. in 10. piedi, per la ritirata della truppa, che è alla difesa del bastione; e per fare altresì delle sortite, allorchè si sforza l'inimico di alloggiarsi sul medesimo, disponendo però le cose in modo, di poter anche con prontezza produrre la rovina di detti passaggi, allorchè l'inimico è per istabilirsi sull' alto della breccia.

125. Il profilo CED rappresenta il caso, in Fig. 21. cui l'unione si è fatta colle travi; GA dinota l'unione suddetta, AB l'altezza della terra, e BF la profondità del fosso, il quale deve essere profondo talmente, che le materie, che vi dovranno cadere nel tempo della demolizione, no'l riempiano, anzi vi resti altezza tale dal piano del riparo, che non sia questo esposto ad

ad essere sorpreso; la larghezza poi di detto fosso non deve esser maggiore di tese 3. , acciocchè le travi non si spezzino . In quest' altro

Fig. 22. profilo si ravvisa l' unione, che si fa con volte. In esso la fossata è sempre più larga di tese 3 , ed è ugualmente profonda , che nel primo caso . I pilastri , che sono costruiti nell' istessa fossata , non debbono esser scoperti dall' inimico . Non si ha da far uso di volte , che congiungano le parti disgiunte , senza far uso de' pilastri , acciocchè collo scoppio de' fornelli non rovini porzione de' ripari , su' quali dovrebbero appoggiare .

126. Per dare poi qualche esempio di tali sistemi , si osservi la figura quì notata , in cui si
 Fig. 23. ravvisano alcune combinazioni con diverse specie di cortine , e di fianchi . Nel fronte AB , uno de' fianchi CDE è curvilineo , e tortuoso ; è l' altro FGH retto , ma interrotto . Se la fossata del primo , per cui il bastione è diviso dal riparo , farà dietro il fianco concavo D , e la fossata dell' altro K dietro l' interrompimento del fianco dritto FH ; saranno e l' una , e l' al-

l'altra, difese da' fianchi H, ed E, e coperte in buona parte dalle batterie nemiche. Quasi si potrà impedire la comunicazione colla fossata primaria con un fosso più profondo, che ne formi la disgiunzione, o con una semplice muraglia; ed il parapetto, che su' l piano superiore del riparo, corrisponde a detti fossi, si può formare di semplice muraglia, acciocchè ne riesca più facile la demolizione.

127. Si osserva inoltre, che le parti EI, HK, che risorger si fanno per la nuova difesa, munite che saranno di parapetti, restano scampievolmente difese, senza che l'inimico le possa sorprendere. Se poi le fossate, che servir debbono per la disgiunzione, non sieno coperte alle batterie dell' inimico, siccome avviene allorchè sono dirette verso L; conviene chiudere l'entrata delle fossate suddette nella fossata primaria, con un muro molto grosso, o con un arco molto resistente da poter sostenere un parapetto, che deve esporfi a' cannoni di grosso calibro. Quindi si rende più difficile la demolizione di detto muro, la quale sarà sempre necessaria, affin-

affinchè la fossata DL possa esser difesa dal fianco H.

128. Un' altra combinazione di sì fatti sistemi, si può osservare nel fronte BM, in cui si fa uso della cortina curvilinea, disposta in modo, che le parti di essa, che difender debbono le fossate di disgiunzione, sieno coperte alle batterie dell' inimico. Se tali cortine curvilinee rientranti non possano praticarsi, per non diminuire l' interno sito di una piazza, si potranno usare altre cortine, siccome nel fronte MN. Si avverta generalmente, che le fossate di disgiunzione, o sieno le *tagliate* far si possono vicino alle facce de' bastioni, purchè sieno coperte dagli orecchioni. Si possono fare nel mezzo di un fianco tortuoso, ed interrotto, siccome si è detto (n. 126.); e finalmente far si possono nel finimento de' fianchi verso le cortine, qualora da queste sia facile difendere le fossate suddette. Tutto ciò con maggiore estensione viene esaminato dal Papacini. Questi sistemi si possono altresì praticare, con far risorgere nelle gole de' bastioni, una cortina con fianchi, i quali vanno

a terminare agli estremi delle cortine primarie, ove seguir si fa la disgiunzione de' detti bastioni, allorchè sono attaccati. Questa combinazione però è meno vantaggiosa delle altre.

129. La combinazione diversa, che dar si può alle opere accessorie, ha prodotto altresì diversità di sistemi circa le medesime; e questi pur si riducono a quattro classi. La prima comprende quelli, ne' quali sono le opere accessorie disposte, secondo fu detto nel Tom. I. di questi Elementi. La seconda gli altri, ne' quali le dette opere formano una cinta continuata. Nella terza si considerano que' sistemi, ne' quali l'unione si forma con opere di demolizione. La quarta classe finalmente comprende tutti i sistemi, ne' quali per mezzo di fianchi ritirati, e di facce avanzate, si obbliga l'inimico a situarsi nelle parti di dette opere le più vicine al riparo, per istabilirvi le batterie per batterlo in breccia.

130. Ne' sistemi di prima classe, tuttocchè varie esser possano le combinazioni, e le disposizioni delle opere accessorie, pure si ha sempre il

vantaggio, che perduta un' opera, si possono difendere le rimanenti, poichè tutte ricevono difesa dal riparo. Vi s'incontra poi il disvantaggio, di non poterfi cioè le dette opere validamente difendere, mentre dovendovisi comunicare con scale, con rampe, e con ponti, riescono tali comunicazioni incommode, e malficure.

131. Ne' sistemi di seconda classe, o le controguardie si uniscono con cortine, siccome si è osservato nella seconda disposizione delle opere esteriori del sistema del Pagan (n. 62.), usata prima di lui anche dal Marchi; ovvero si uniscono co' rivellini, o finalmente con altre controguardie; che si costruiscono avanti a' rivellini. In qualunque modo si faccia, si viene a formare un altro argine, che copre il riparo; onde si possono anche reciprocamente speditamente i foccorsi da un' opera all'altra, e si può esercitare la difesa in ciascuna di esse più validamente. Hanno però il disvantaggio, che occupata un' opera dall'inimico, può egli con facilità impadronirsi delle altre, non potendosi le tagliate, ed i trinceramenti fare con quella speditezza, che si converrebbe.

132. Co' sistemi di terza classe si possono riunire i vantaggi de' sistemi delle due classi antecedenti, sfuggendone i difvantaggi. Si può far uso in comunicare da un' opera all' altra, di travi, o di volte sostenute da pilastri, secondo fu detto (n. 123, e 124.). Si avverta soltanto, che le materie delle parti, le quali debbono rovinare, cadano in una fossata più profonda dell' ordinaria, affinchè non formino esse uno spalleggiamento, che copra l' aggressore dalle offese della piazza.

133. Ne' sistemi di quarta classe, le opere esteriori coprono il riparo della piazza, e si coprono anche in parte tra se, con impiegarne un numero minore di quello, ch'è necessario ne' sistemi di prima classe; poichè porzioni delle facce di alcune opere si avanzano verso la campagna, e porzioni delle medesime si ritirano più in dentro a guisa di fianchi ritirati. Una sì fatta combinazione si osserva nel rivellino A, Fig. 24. in cui le parti DC, DC si avanzano verso la campagna nella direzione dell' estremità delle controguardie; e le rimanenti parti sono rientranti. Con tale disposizione non può bersa-

gliarsi il riparo dall' inimico , ancorchè abbia occupato il ciglio dello spalto; ed i difensori possono andare al coperto per la fossata della piazza alla difesa di tali opere , senza che sia necessaria la controguardia avanti il rivellino . Il disvantaggio in questi sistemi è , che le comunicazioni far si debbono con ponti , con scale , e con rampe , e di più , perduta un' opera , resta l' altra indifesa . Infatti perduta la controguardia BE , resta indifesa la fossata del rivellino , e perduto il rivellino , resta indifesa ancor la controguardia BE ; oltrecchè essendo il rivellino molto avanzato , può essere attaccato prima della controguardia . .

134. Dalle cose fin quì dette circa i sistemi di fortificazione , si rileva , che le facce , i fianchi , le cortine , e le opere esteriori , possono procedere per linee rette , e per curve separatamente , e per rette , e curve unite insieme , onde formar si possono figure diversissime ; e si può anche fino ad un certo limite variare la lunghezza delle linee , che terminano dette figure , e la grandezza degli angoli , senza allon-

tanarsi dalle regole determinate nel I. Tomo. Quindi, secondo le infinite diverse combinazioni di dette grandezze, e figure, possono essere infiniti i sistemi in ciascuna delle divise classi, e vie più ne crescerà il numero, se le classi stesse tra se si combinano. E' però generalmente d'avvertirsi di sfuggire la complicazione, e la moltitudine delle opere accessorie, poichè altrimenti si perderebbe sempre di mira il fine, per cui le fortezze si costruiscono.

135. Per fortificare dunque le piazze di guerra, quantunque possa molto giovare la cognizione de' varj sistemi finora inventati, poichè somministrar possono pronti espedienti ad un Ingegnere, che è costretto di fortificare in siti diversi, ed irregolari; pure non si deve attendere strettamente alle altrui invenzioni, le quali rare volte si rendono applicabili per la diversità delle circostanze. Più utile sarà di esaminare il sito, in cui si ha a fortificare, ed in questo esame applicare tutte le regole date, per augumentare i mezzi di difesa, e minorare quelli di offesa, non perdendo di mira tutto

ciò, che fu detto circa la costruzione delle parti costitutive delle piazze di guerra, delle opere accessorie, e delle contromine con ispecialtà; cercando di servirsi delle opere di demolizione, per avere pronte comunicazioni, e disgiunzioni.

C A P. III.

Delle opere, e degli edifizj necessarj in una piazza di guerra.

A R T I C O L O I.

De' rastrelli, de' ponti, delle porte, e de' corpi di guardia.

136. **I**L rastrello è un uscio fatto di stecconi situati in qualche distanza l'uno dall'altro. E' collegato a travi stabili con gangheri, su quali agevolmente si gira per aprire, e chiudere un qualche passaggio. Si usa nelle piazze di guerra all'ingresso della strada coperta, de' ponti, ed in altre parti ancora. Se il passaggio è maggiore di 6. in 7. piedi, si divide in due

due parti ; se è minore costruir si può di un solo pezzo .

137. Il ponte , pe' l mezzo del quale dalla strada coperta si passa al rivellino , o da questo alla piazza , è in parte stabile , ed in parte mobile . La parte stabile può esser costruita con volta di fabbrica , e può anche esser di legno con cavalletti stabiliti su pilastri di sode fabbrica , o su grosse travi . La parte mobile , che ordinariamente è verso le porte , deve strettamente connettere colla stabile , e su di essa deve appoggiare , e vi si collega con spranghe , e con chiavistelli . E' largo il ponte secondo che è larga la porta , ove introduce , e secondo , che varia il fine , per cui si costruisce . Si forma poi un felciato sul tavolato di esso ; e se ne guerniscono le sponde con una specie di balaustrò , acciocchè non vi sia pericolo in passar-
lo , siccome si rileva dalle figure , che ne rappresentano la pianta , ed il profilo .

Fig. 26.
e 27.

138. L'artificio , con cui s'innalza , e si abbassa la parte mobile , non è stato sempre lo stesso . Per più tempo si praticò l'altaleno , e

fi usa anche ne' ponti delle opere esteriori . Ordinariamente per alzare , ed abbassare la detta parte , si praticano due catene legate alla testa di essa , le quali passano per alcuni forami fatti ne' muri laterali della porta , e si fanno scorrere su due girelle stabili di bronzo . Pendono dagli altri estremi di dette catene due pesi , che equilibrano in buona parte il peso della parte del ponte , che si deve innalzare , ed abbassare , per poter eseguire questa operazione con poca forza .

139. Questa maniera d'innalzare , e di abbassare la parte mobile de' ponti , inventata da Buonajuto Lorini , è stata poi perfezionata dal Belidoro (1) . Fa egli passare le catene su due girelle di bronzo poste dalla parte interna della porta , all' altezza di 9. piedi in circa . Agli estremi di esse attacca due cilindri di ferro , o di altro metallo , ben levigati , del peso atto ad equilibrare la parte mobile del ponte . Fa indi scorrere i detti cilindri per canali incavati in pietra dura , rivestiti di lamine di

(1) *Science des Ingegneurs* Lib. IV. Cap. V.

di ferro ben levigate, tirati da due uomini. Seguono sì fatti canali la direzione di una curva, ch'egli chiama *sinossoide*, acciocchè si renda il moto più uniforme. Infatti è tale l'artificio, che allorchè la detta parte del ponte s'innalza, e conseguentemente si minora il suo peso assoluto, si va anche minorando il peso assoluto de' cilindri; e nell'abbassarfi, secondo che si augumenta il peso relativo del ponte, si accresce anche quello de' cilindri medesimi.

140. Le porte delle piazze di guerra si situano in mezzo delle cortine, siccome fu detto (n.223.T.I.) Si formano della larghezza di 9 in 10 piedi, e dell'altezza di 12 in 14. Oltre del passaggio, che s'incava nel riparo, che dicesi *andito*, prima che si pervenga nella piazza, vi è il *vestibolo*, da una parte del quale si costruisce una camera pe'l corpo di guardia de' soldati, e dall'altra una camera più piccola per l'Offiziale, oltre di un'altra che serve per la prigione; siccome si ravvisa nella pianta con più distinzione. Rappresenta A A l'andito; B B il vestibolo; C il corpo di guardia de'

Fig. 28.

de' soldati ; D la stanza per l' Offiziale , e P la prigione . Inoltre X , X rappresentano le piante di due scale di pietra , o di mattone , per le quali dal pian terreno si ascende su 'l riparo .

141. La larghezza dell' andito è di 13 in 15 piedi , l' altezza di 16 in 18 . Al vestibolo si dà la stessa altezza , ma la larghezza è di piedi 12 . Le dimensioni delle camere de' corpi di guardia possono variare , tutt'occhè ordinariamente si dia a quella de' soldati , la larghezza di piedi 18 , e la lunghezza di 24 ; ed all' altra per l' Offiziale , e per la prigione 18 di larghezza , e 10 di lunghezza . La volta sull' andito e su 'l vestibolo è a pruova di bomba , e sul corpo di guardia si costruiscono delle camere , che hanno le finestre verso la piazza , e servono per l' alloggio del Capitano delle chiavi , e dell' Ajutante Maggiore della piazza . Sul principio dell' andito verso l' ingresso della porta , si forma nell' interno del riparo una specie di stanza , per tenere la saracinesca , con apertura tale , che si possa questa far calare da alto in basso per impedire il passaggio dell' andito
istef.

istesso, allorchè l'uscio della porta viene attraversato in modo, da non poterfi ferrare.

142. La faracinesca consiste in un telajo di travi del legno il più resistente, ed aguzze negli estremi inferiori. Si lega ad una trave con corde, da cui si libera, tagliandole, ovvero facendole scorrere intorno ad un subio. In vece della faracinesca, altri fanno uso di più travi tra loro disgiunte, ma tutte però avvolte per mezzo di corde ad un subio, il quale si possa nel bisogno lasciar libero, acciocchè possano anche le dette travi cader tutte liberamente. In sì fatta guisa viene ad impedirsi il passaggio, ancorchè si faccia nel mezzo attraversare un qualche ostacolo; lo che ottenere non si può colla faracinesca, poichè essendo in questa le travi, che la formano legate insieme, una di esse, che se ne arresta, s'impedisce la discesa a tutte le altre. Dalle figure si ravvisa quanto si è detto.

Fig. 29.
e 30.

143. Si noti, che la faccia della porta tanto verso la fossata, che verso l'interno della piazza, si forma di ordine Dorico, a cagione, ch'è
fodo,

sodo, e nobile nel tempo istesso, onde fu dagli Antichi consagrato ad Ercole.

A R T I C O L O II.

*Degli alloggi de' Soldati, e degli Officiali,
comanche degli Spedali.*

144. **G**Li alloggi de' soldati esser debbono uniti, e non dispersi, ed a canto a' medesimi costruir si debbono anche le abitazioni degli Officiali, per avere in tal' guisa la truppa più pronta al bisogno, e per mantenere in essa la militar disciplina. Debbono essere sicuri dagl'incendj, e dalle bombe in tempo di assedio, acciocchè i soldati possano tranquillamente riposare ne' giorni, o nel tempo, che sono franchi di servire. Se si potessero costruire nella parte interna de' ripari verso la piazza, purchè si evitasse l'umidità, sarebbero molto vantaggiosi, poichè sarebbero più custoditi, che altrove. In ogni altro caso si costruiranno a qualche distanza da' ripari lungo le cortine, e si copriranno o con volte a resistenza di bomba, o in modo da

potersi render tali in tempo di assedio .

145. Qualora detti alloggiamenti servir debbono per la fanteria, si sogliono costruire di tre ordini . Le camere del primo ordine sono alte piedi 12; quelle del secondo piedi 10; e quelle del terzo piedi 8. Ogni camera si fa lunga piedi 22, e larga 18. La lunghezza di detti alloggiamenti non è determinata, poichè possono estendersi lungo l'intera cortina, qualora in essa non vi sia porta, ma se vi è, lasciar si deve avanti di essa uno spazio libero di 24 in 30 tese. Agli estremi di sì fatti alloggiamenti si uniscono le abitazioni per gli Officiali, le quali sono alquanto più larghe, per tenderle più comode. Si noti, che se servir debbano per la Cavalleria, allora vi è bisogno di un edificio, che racchiuda spazio considerevole, in mezzo del quale si possa costruire un gran cortile pe' comodo de' cavalli, e si formeranno le stalle al piano terreno, e le scuderie, e gli alloggi pe' soldati al di sopra, distribuendoli anche in camere, alle quali si comunica con un corridojo, evitando di formarvi molte scale, per non occupare molto spazio.

146. Il numero delle suddette abitazioni si regola da quello de' soldati, che son necessarij per la difesa della piazza. Secondo stima il Vauban, il detto numero è di 500 soldati di fanteria per ciascun bastione, e 200 di cavalleria. Quindi, noto che sia il numero de' bastioni, sarà noto il numero della truppa, ch'è necessaria per la difesa in tempo di assedio. Onde alloggiando per ogni camera 12 soldati, cioè 8 effettivamente, e 4 che si suppongono di guardia, si avrà il numero delle camere necessarie pe' soldati; e non altrimenti ancora si potrà determinare il numero delle camere per gli Officiali. Una sì fatta maniera di determinare le abitazioni necessarie in una piazza di guerra, non può esser generale, poichè, secondo il metodo diverso, con cui è una piazza costruita, e secondo le diverse circostanze de' siti, può crescere il numero della truppa, che ne deve essere alla difesa, e viepiù quando le piazze son destinate per avere delle sicure ritirate nella guerra offensiva, o difensiva.

147. Lo Spedale è un edificio necessario in una

una piazza, così in tempo di pace, che in tempo di guerra. La sua ampiezza non si può con precisione determinare, ma ordinariamente considerandosi 4, o 5 soldati infermi per ciascun centinajo, deve questa corrispondere alla maggiore, o minor guarnigione, di cui la piazza è capace. In questo edificio, oltre le sale ordinarie per gl' infermi, vi si debbono costruire ancora camere separate per infermi, che pel loro grado meritano tal distinzione. Vi dev' essere una spezieria, ed una cucina con altre stanze ad esse contigue. Vi debbono altresì essere le abitazioni per gli Officiali che il governano, pe' cappellani, e per tutti coloro che sono addetti a servirvi. Deve anche esser fornito di portici, di cortili, di magazzini, e di molte altre stanze, che il possono rendere più atto al fine, per cui si costruisce.

148. Quanto alle dimensioni delle sale, si noti che ogni letto occupa 4. piedi in larghezza, e 6. in lunghezza, e l'uno dista dall' altro per piedi 4. Quindi allorchè in una sala situar si vogliano i letti ne' muri opposti, si forma larga piedi 21, acciocchè resti nel mezzo uno spazio

libe-

libero di 9. piedi per lo passaggio . Se poi si vogliono situare nel mezzo due altri ordini di letti , farà la larghezza di piedi 42 , e si erigeranno nel mezzo de' piè dritti su' quali si uniranno le volte , che copriranno le dette fale . L' altezza non dev' essere eccedente , acciocchè gl' infermi non soffrano molto freddo nell' inverno ; nè si deve fare molto scarfa , affinchè l' aere non si renda dannoso . Gli altri membri necessarj di questo edificio possono variare , e circa le dimensioni , e circa la distribuzione . Si avverta in fine di costruirlo in sito rimoto , in cui possano gl' infermi esser più tranquilli , e dove possano respirare aere più libero , e salutare (*).

AR.

(*) Non mi sono dilungato in più minute descrizioni su quanto appartiene a questo Art. , potendosi il tutto rilevare presso il Belidoro .

ARTICOLO III.

Delle piazze d'armi, della distribuzione delle strade, comanche delle abitazioni per gli Offiziali dello stato maggiore; degli arsenali, de' granai, e di altri edifizj minori, ed in fine de' sotterranei.

149. **N**El mezzo di una piazza di guerra, si lascia uno spazio senza edificio alcuno, per unirvi la guarnigione, e dicesi *piazza d'armi*. Non sono concordi gl' Ingegneri in istabilire la figura della medesima, poichè alcuni vogliono che debba esser simile a quella del poligono fortificato; altri poi la formano sempre della figura di un quadrato, ed è questo il sentimento più ricevuto. La sua ampiezza proporzionar si deve a quella della fortezza, di cui è parte. Il Belidoro dà al lato del quadrato della detta piazza, la lunghezza di 40 in 45 tese, se il poligono fortificato è un esagono, il cui lato esteriore è di tese 180; l'accresce a 55 sino

no a 60 nell'ettagono; a 70 in 75 nell'ottogono; a 80 in 85 nel nonagono, e decagono; e a 90 in 95 finalmente nell'undecagono, e dodecagono. Oltre di questa gran piazza, se ne formano altre più piccole avanti le porte delle Fortezze, verso la parte interiore. Sono le medesime necessarie per ordinarvi i soldati, che sono di guardia, ed apprestano il vantaggio di evitar la confusione nel passaggio degli uomini, de' cavalli, e de' carri.

150. Le strade principali, debbonfi dal centro della gran piazza dirigere al mezzo delle cortine, ove sono le porte; le altre minori si costruiscano alle prime perpendicolari, acciocchè gli edifizj sieno di forma regolare; lo che non si può conseguire se le strade principali si dirigano sulle capitali de' bastioni. Si dà alle strade principali la larghezza di tese 6; alle altre di 3 in 4.

151. Le abitazioni del Governadore, e degli altri Officiali dello Stato Maggiore, si costruiscano intorno alla gran piazza d'armi. La Parrocchia si deve anche costruire vicino alla medesima.

desima piazza, potendosene costruire delle altre, qualora vi sia molta popolazione, ne' luoghi, ove si stimerà più necessario. Si formeranno poi le Cappelle in ogni luogo, in cui sia un numero di uomini, che faccia corpo separato dagli altri.

152. Le prigioni debbono formare un edificio separato, che abbia un cortile circondato da ogni dove. Al pian terreno sieno le prigioni, che si destinano pe' rei di delitti gravi; al di sopra di queste, esser debbono le altre adette pe' delinquenti degni di semplici pene. L'abitazione del custode di esse sia all'ingresso, senza che però abbia comunicazione nelle stanze de' delinquenti. Si debbono in detto edificio costruire altre stanze pe' delinquenti di delitti gravi; ed in esse non si deve omettere la Cappella.

153. L'Arfenale, generalmente preso, è quell'edificio, in cui vi sieno tutti i comodi per costruire le macchine, e le munizioni di guerra, e per conservarle. La sua grandezza deve proporzionarsi non solo a quella della piazza,

ma altresì al fine , per cui quella piazza è stata costruita , poichè molte piazze fervono per magazzini e depositi di tutto ciò , che per la guerra può esser necessario . Questo grande edificio è composto di cortili , intorno ai quali sieno logge , fale , camere , fonderia , molini , botteghe da falegnami , da fabbri d'armi , e per tutti gli altri artefici . Vi sono più ordini ; al pian terreno , sotto le logge , si situano le casse di artiglieria , ed altro legname . Ne' cortili si ripongono le palle de' cannoni , le bombe , e le granate . Nelle stanze allo stesso pianterreno , si conserva il piombo , le palle da fucile , il ferro , il zolfo , il nitro , il carbone , le pietre fuocaje , e tutte le altre munizioni di considerevole peso . Nel piano superiore vi si formano le fale d'armi , e le altre stanze per abitazione de' computisti , e degli Officiali soprintendenti . Nell'ultimo piano si conservano le armi di riserva , i sacchi , le pelli di bue , le miccia , i cordami , gli arnesi de' cavalli , i corbelli , e molte altre cose .

154. Sono necessarj anche nelle piazze di guer-

guerra i granai , i quali sono edifizj spaziosi , divisi in camere , e in corridoi . Servono per conservare il grano , e la farina , specialmente in tempo che le fortezze vengono assediate . Si debbono perciò costruire in luoghi asciutti , sicuri dagl' incendj , e secondo l'avvertimento di Vetrivio , rivolti al settentrione . Allorchè il sito il permette , costruir si debbono lungo qualche canale , o qualche fiume navigabile , o su qualche spiaggia di mare , acciocchè si possa conseguire più facilmente il trasporto de' detti generi . Nelle piazze poi montane , si scavano de' magazzini sotterra a guisa di pozzi , ne' quali il grano perfettamente si conserva .

155. Sono anche opere necessarie , i molini , i forni , le cisterne , i pozzi , e le osterie . I molini si possono costruire animati o dalla forza dell'acqua , o de' venti , o da quella de' brutti , ed anche da quella degli uomini . Se vi sia acqua che possa per condotti introdursi ne' pozzi , si debbono questi costruire in ogni sito , e per ciascuna abitazione . Se nella piazza non vi sia acqua , in vece de' pozzi , si costruiranno delle

cisterne, delle quali situar si possono alcune negli angoli della gran piazza d'armi, ed altre negli alloggiamenti de' soldati, ne' quartieri di cavalleria, e nelle abitazioni degli Officiali, e dello stato maggiore. Le osterie poi si stabiliscono vicino ai quartieri, ed in ogni altro luogo, che si stimerà opportuno.

156. Quanto ai sotterranei, è da sapersi, che sono edifizj formati nel seno del riparo, e servir possono a varj usi in tempo di pace, ed in tempo di guerra. Ne varia la distribuzione, e la struttura, secondo che varia l'uso al quale si destinano. Se servono per alloggiare i difensori di una qualche Cittadella, o di qualche Fortezza di frontiera, debbono essere ventilati, ed asciutti. Se servir debbono per magazzini di polvere, procurar si deve, che sieno asciutti, ma non molto ventilati. Se si destinano per cantine, si può trascurare, se sieno alquanto umidi. Sempre però si deve badare, che non vi trapeli l'acqua, poichè si renderebbero inservibili, e di poca durata; e di più costruir si debbono resistenti alle percosse delle bombe.

157. Si avverta, che sono stati discordi gl'Ingegneri, in determinare il sito più proprio pe' magazzini a polvere. Ne' primi tempi si riponeva la polvere nelle torri, senzacchè si fossero costruiti magazzini. In appresso si formarono i magazzini ne' bastioni voti, ed anche ne' pieni; e da alcuni fu proposto di costruirli ne' ripari delle cortine, affinchè l'interno del bastione avesse potuto servire, per formarvi de' trinceramenti, e delle contromine. Tuttocchè gl'Ingegneri i più illuminati gli abbiano costruiti ne' bastioni pieni, pure l'esperienza ha dimostrato esser sottoposti a gravi pericoli, poichè non si possono isolare da' bastioni, onde è avvenuto spesso che, accesa in essi la polvere, o per tradimento, o per accidente, si è aperta all'inimico una strada nella piazza.

158. Per evitare sì fatti svantaggi, il Vauban stimò di formarli di poca estensione ne' bastioni voti, per non avventurare anche gran quantità di polvere in un solo luogo. Onde si trova dal medesimo proposta la maniera di costruire i magazzini a polvere, e che si rapporterà in fi-

ne del seguente Capitolo , della quale si potrà far uso in qualunque sito si vogliano stabilire . Circa ai medesimi è dunque generalmente d'avvertire , che se ne abbiano a costruir molti ne' siti più remoti da' fronti di attacco , e più distanti dalle fabbriche . Quindi nelle Città fortificate si possono costruire ne' bastioni i meno esposti . Nelle semplici fortezze poi , e nelle Cittadelle , i magazzini costruir si possono, ove sieno meno esposti , potendosi nelle gole de' bastioni , costruire piccoli serbatoi , che contener possano polvere per pochi giorni (1) .

CAP.

(1) La costruzione di tutti sì fatti edifizj viene con molta distinzione rapportata dal Belidoro Lib. IV. *Science des Ingenieurs* .

C A P. IV.

Della maniera di calcolare la resistenza delle mura negli edifizj militari, ed in particolare di quelli coperti con volte.

A R T I C O L O I.

Del modo di calcolare la resistenza delle mura isolate, o gravate di peso verticalmente.

159. **U**N muro isolato, sempre che sia costruito su fodi fondamenti, e con materiali di buona qualità, può rovinare. I. Qualora il peso delle materie superiori vince la tenacità delle sottoposte, onde comprimendosi a cagione de' pori, che vi si trovano, cadono, e rovinano. II. Se ha una altezza eccedente riguardo alla grossezza, ed eccedente sia anche il peso che sostiene, poichè si osserva, che si va ad incurvare, e piegare verso il terzo, o la metà dell' altezza; onde agendo poi la forza che produce questo piegamento, col vantaggio della leva, ne produce altresì la rovina.

160. Dall'esperienze con sufficiente approssi-

mazione si rileva , che ne' parallelepipedi , che si rendono flessibili a cagione dell' altezza , ch'è eccedente riguardo alla grossezza , e che sono caricati da pesi , che verticalmente su' medesimi agiscono ; le resistenze sono in ragion composta dalla inversa ragion duplicata dell' altezze , dalla semplice diretta delle lunghezze , e dalla duplicata delle grossezze . Quindi di due parallelepipedi omogenei , che abbiano basi uguali , ed uguali le altezze , opporranno maggior resistenza quelli , che hanno le basi quadrate ; e si minorerà la detta resistenza in quelli , ove vi è maggior diffuguaglianza tra' lati delle dette basi uguali . Se poi le basi di detti parallelepipedi sieno o quadrate , o simili ; le loro resistenze sono in ragion composta dall' inversa duplicata delle altezze , e dalla diretta triplicata de' lati omologhi di dette basi ; onde se sieno i parallelepipedi simili , le resistenze sono nella diretta ragion de' lati omologhi . Queste conseguenze applicarsi possono ai cilindri , ed agli altri solidi simili , ed omogenei .

161. Or siccome il peso , che può superare ,
e vin-

e vincere la resistenza del muro, può variare per la qualità de' materiali, del clima, in cui si fabbrica, e per la figura delle pietre che nella fabbrica s'impiegano; perciò ne' casi particolari ricorrer conviene all'esperienze, per applicare la suddetta teorica. Si fatte esperienze si riducono a determinare i pesi, che sono necessarij per piegare, o fessurare piccoli parallelepipedi di data altezza, e di data base, e costruiti cogli stessi materiali, che si debbono impiegare nella costruzione di un edificio, qualora si fanno agire verticalmente da sopra in sotto.

162. Fatte queste determinazioni, se sia data l'altezza, la lunghezza, e la grossezza del muro; si può determinare la resistenza del medesimo in peso. Per risolvere generalmente sì fatto problema, sia a l'altezza del parallelepipedo impiegato nell'esperienze; l la lunghezza, e g la grossezza, e p il peso, che ne ha prodotto la rottura, o il piegamento. Del muro poi ne sia A l'altezza, L la lunghezza, e G la grossezza. Si avrà $A^2 l g^2 : a^2 L G^2 = p : X$, vale a dire, che il peso ricercato X è uguale al
 quar-

quarto proporzionale in ordine alle tre grandezze date . Or se si supponga essere P detto quarto proporzionale , farà $pa^2 LG^2 = PA^2 lg^2$. Se perciò il piccolo parallelepipedo , su cui si è fatto l'esperienza , sia simile all'altro , che rappresenta il muro ; facendo , come il lato del primo al lato omologo del muro , così il peso che ha prodotto in quello spezzamento ad un quarto proporzionale , si ha in peso , la resistenza dell'altro , o sia il carico che può sostenere . Nel modo istesso determinar si può la resistenza nelle colonne di pietra , purchè però l'esperienze si sieno fatte su colonnette della stessa qualità .

163. Dalla risoluzione di sì fatto problema , si può dedurre la maniera di determinare i pesi , de' quali gravar si possano le mura degli edifizj , qualora abbiano a sostenere i coperti , e i solai ; purchè si sappia colle leggi statiche determinare con qual parte di peso vengano presse ; la qual cosa non riuscirà difficile , qualora si sappiano ritrovare i centri di gravità , ed applicare le leggi dell'equilibrio . In calcolare la

resi-

resistenza delle mura, si avverta, che qualora sono affai lunghe, non molto conferiranno le lunghezze a renderle più resistenti, siccome avviene in quelle di scarsa lunghezza.

164. Se poi sia dato il peso, che ha prodotto la sezione di rottura nell' esperimento, e quello che deve il muro sostenere; e date sieno altresì l' altezza, e la lunghezza del muro medesimo, se ne potrà anche determinare la grossezza: poichè essendo $pA^2lg^2 = Pa^2LG^2$; se si divide pA^2Lg^2 per Pa^2L , si avrà il valore di G^2 , dal quale estraendone la radice quadrata, si ha la grossezza ricercata. Nel modo istesso, allorchè sia nota la grossezza, la lunghezza, ed il peso, si potrà determinare l' altezza: imperocchè dividendo Pa^2LC^2 per plg^2 si ha A^2 , ed estraendo da A^2 la radice, si avrà l' altezza richiesta A .

165. Si noti, che nelle suddette determinazioni non è da sperarsi un' esattezza matematica, ma bensì un' approssimazione, dalla quale dedur si può nell' esercizio pratico, una sufficiente maniera di operare; e questa approssimazione.

zione si ha allora , che i materiali , de' quali si fa uso in una fabbrica sono gli stessi di quelli usati nell' esperienze preventivamente fatte , e che le pietre sieno disposte nella stessa maniera , che in quelle si è praticato .

166. Si noti in fine , che non si osservano le stesse leggi ne' rivestimenti di fabbrica , che si fanno ai ripari , siccome è chiaro da ciò che se ne disse nel Lib. I. ; ed altrimenti si deve procedere riguardo alle mura , che hanno a sostenere lo sforzo degli archi , e delle volte , de' quali si ragiona nell' Articolo seguente .

A R T I C O L O II.

Si espone la teorica , colla quale generalmente determinar si può la forza , con cui gli archi , e le volte spingono i più diritti , che le sostengono ; e la resistenza che questi aver debbono per equilibrarla .

167. **G**Li archi , e le volte vengono sostenute da piè diritti ; quindi le materie , che le formano , e le altre , che vi si fo-

soprappongono , fanno su' medesimi pressione .
 Sia $ABMCD$ il profilo di una volta co' suoi Fig. 31.
 piè diritti . Se si prolunghino AE , DF in
 G , ed H , chiaramente si osserva , che le parti
 rappresentate da SGE , e CHF , gravitano a
 piombo su i piè diritti , e perciò li premono
 verticalmente ; la parte poi $EGMHR$ col
 proprio peso tende a cadere in mezzo di essi .
 Or se la volta sia ben costruita , vale a dire ,
 che sieno le pietre perpendicolari alla sua cur-
 vatura , e sieno ben connesse colla calce , non
 può la detta parte intermedia rovinare , senzac-
 chè i piè diritti si distacchino fra loro nella
 parte superiore .

168. In sì fatto disgiungimento , seguir deb-
 bono quattro sezioni di rottura , sempre che le
 fabbriche sieno di buona qualità , ed appoggino
 su fondamenti sodi , ed immobili ; due cioè
 dovranno seguire nella parte della volta $EGMH$
 FR ; e due altre ne' piè diritti corrispondenti
 ai punti di contrasto X , e Z . Nelle fabbriche,
 generalmente parlando , la tenacità che acquista
 la calce colle pietre è minore della tenacità
 delle

delle pietre istesse ; onde le sezioni di rottura , supposto , che sieno TQ , NY , esser debbono nelle unioni , che una pietra fa coll' altra vicina , e perciò perpendicolari alla curva , come sono le pietre , dalle quali la volta è formata ; ed esser debbono altresì ugualmente distanti dal mezzo RM della volta ; e se si prolunghino le rette MR , YN , QT , s' incontreranno in un istesso punto L .

169. Ciò posto , si rileva , che la parte disgiunta $TQYN$ col suo peso agisce come un cuneo per allontanare i piè diritti , nel quale la testa è proporzionale ad NT , e la faccia a NL . Inoltre se si tiri NI perpendicolare ad NL , si ha la direzione , secondo la quale il cuneo urta il piè diritto FZ ; e facendo la stessa costruzione riguardo all' altro piè diritto , si ha la direzione , secondo la quale vien questo urtato dallo istesso cuneo ; vale a dire che la metà dello sforzo sarà impiegata a° rovesciare uno de' detti piè diritti . Onde il peso del solido della parte della volta $MRNY$, è alla forza , con cui agisce contro il piè diritto ZH ,
come

come ON a NL, ovvero come il seno dell'angolo OLN al seno totale.

170. Se dunque il seno dell'angolo OLN si chiami b ; e si supponga la spessezza del profilo della volta uguale ad 1, esprimendo il peso di un piede cubo di fabbrica della volta per d ; farà la solidità della metà della parte della volta, che tende a cadere in mezzo de' piè dritti, espressa da $1 \times MRNY$; e'l peso sarà denotato da $d \times MRNY$. Quindi se in ordine di b , del *Sen. totale*, e di $d \times MRNY$, si ritrovi il quarto proporzionale, ch'è $d \times MRNY \times \frac{\text{Sen. tot.}}{b}$; si ha la potenza, con cui viene ur-

tato il piè dritto, espressa anche in peso. Inoltre se alla direzione NI di detta potenza, si tiri dal punto di contrasto Z la perpendicolare ZI, farà ZI la lunghezza della leva, con cui la stessa potenza agisce; onde il suo momento si avrà, moltiplicandola per ZI; e perciò se ZI si chiami l , farà il momento istesso denotato per $dl \times MRNY \times \frac{\text{Sen. tot.}}{b}$.

171. Per determinar poi la resistenza del piè diritto, e della rimanente porzione della volta ad esso annessa $ZHY NFD$, che nello stato di equilibrio uguagli il momento della suddetta potenza, è da notarsi, che la medesima deriva dal peso della materia, e dalla tenacità che ha la fabbrica nelle sezioni di rottura NY , DZ . Or se si ritrovi il centro di gravità n del rettangolo ZH ; e l'altro m del mistilineo $FNYH$, e si abbassino le perpendicolari nr , mt ; chiamando d il peso di un piede cubo di fabbrica; esprimerà $ZH \times d + FNYH \times d$, la resistenza derivante dal peso. Se poi dette grandezze si moltiplichino per le controleve rZ , tZ ; farà il momento della istessa resistenza espresso per $ZH \times rZ \times d + FNYH \times tZ \times d$.

172. Dalle cose dette si rileva, che qualora non si considera la resistenza derivante dalla tenacità, può il piè diritto rendersi più resistente o con augumentarlo nell'altezza, o con accrescerne la grossezza. Però se si supponga, che sia la stessa quantità di fabbrica, di cui il piè diritto si vuole augumentare, la resistenza è sempre

pre maggiore , qualora si accresce la grossezza , poichè con farsi maggiore l'altezza , si accresce semplicemente il peso del piè diritto ; ma allorchè si accresce la grossezza , oltre dell' aumento del peso , si fa più lunga la controleva . Quindi per rendere i piè diritti più resistenti , si deve sempre accrescere la loro grossezza , e non mai l'altezza ; e la resistenza de' medesimi crescerà anche di più , facendo il muro dalla parte esteriore a scarpa , come $DHKV$, poichè si fa maggiore la controleva ; ed inoltre facendosi in V il punto del contrasto , si raccorcia la leva ZI della potenza , e si rende minore il momento dell'urto della volta . Si noti benanche che , secondo che la sezione della rottura si fa vicina ad MR , più si augumenta la superficie $FNYH$, e la sua controleva tZ , e quindi il momento della resistenza ne' piè diritti si fa altresì maggiore .

173. Per determinar poi la resistenza , che oppongono i piè diritti a cagion della tenacità della fabbrica , bisogna ricorrere all'esperienze nel modo , che fu detto (n. 76. T. I.) . Or sup-

ponendo sempre di un piede la spessore nel profilo, e che sia T il peso, esprime la resistenza della fabbrica in un piede superficiale; faranno le sezioni di rottura espresse per $1 \times DZ$, e $1 \times NY$; onde se queste si moltiplicano per T , si avrà la resistenza derivante dalla tenacità, e sarà espressa da $1 \times DZ \times T + 1 \times NY \times T$. Se questa grandezza si moltiplica per le controleve rispettive delle due sezioni, che sono $\frac{DZ}{2}$, e $\frac{NY}{2}$, essendo i corpi

delle mura inflessibili, si avrà il momento della resistenza derivante dalla tenacità, e sarà denotato da $\frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$; onde l'in-

tero momento della resistenza di un piè diritto, sarà $ZH \times rZ \times d + FN YH \times tZ \times d + \frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$. Quindi nel caso di

equilibrio tra l'urto della volta, e la resistenza di un piè diritto, si avrà la seguente equazione

$$dl \times MR NY \times \frac{Sen.tot.}{b} = ZH \times rZ \times d + FN Y$$

$H \times$

$$H \times t \times d + \frac{DZ^2 \times T}{2} + \frac{NY^2 \times T}{2}.$$

174: Si avverta essersi supposto che le volte sieno impostate su due mura parallele: ma se mai queste, che fanno l'ufficio de' piè diritti, poggiassero su una base di una corona circolare, o ellittica, come avviene nelle volte a cupola; pe'l contrasto reciproco, che ricevono le parti della volta, formando un urto minore, si rendono più resistenti; onde si ha risparmio in costruire volte sì fatte: e viene da molti dimostrato, che la resistenza del piè diritto nella volta a cupola, sta alla resistenza del piè diritto di una volta impostata su muri paralleli, come 3: 2 ad un di presso.

ARTICOLO III.

Applicazione della teorica anzidetta per determinare l'urto delle volte, delle quali conviene far uso nelle fabbriche militari.

175. **I**L cerchio, e l'ellisse sono le sole curve, colle quali si configurano gli archi, e le volte degli edifizj militari, potendosi con più facilità ed esattezza descrivere, e render nel tempo istesso resistenti. Quelle volte, che si configurano con un semicerchio, o con una semiellisse posta coll'asse maggiore verticalmente, sono atte a sostener gravi pesi, ed a resistere all'urto delle bombe. Le semicircolari diconsi a *tutta montà*; le semiellittiche, *elevate* si appellano. Se poi si configurano con un arco di cerchio minore della mezza circonferenza, o con una semiellisse posta verticalmente, secondo l'asse minore, si dicono volte *basse*, e *schiate*.

176. Per venire ad applicare la teorica stabilita nell'antecedente Articolo, si deve sapere il sito preciso, in cui segue la fezione di rotura

tura nelle dette volte . Il Signor De la Hire , che fu il primo , il quale geometricamente trattasse il problema della spinta delle volte , e della resistenza de' piè diritti , in una sua Memoria inferita negli Atti dell' Accademia di Parigi del 1712 ; suppose come un principio di esperienza , che gli archi , e le volte sogliano romperfi verso il mezzo tra l' imposta , e la cima . Lo stesso suppose il Belidoro nel Lib. II. della Scienza degl' Ingegneri , ed il Couplet in altra Memoria registrata tra gli Atti dell' anzidetta Accademia , pubblicati nel 1730 ; e non altrimenti ha creduto il Signor Du Lacq . Ma dal dotto P. Frisi nelle sue Istituzioni Meccaniche , nel Cap. VII. dell' Architettura Statica , e da molti altri ancora , si dimostra , che la sezione di rottura far si debba ai due terzi , procedendo dall' imposta alla cima . In sì fatta discordanza di opinioni , mi ho presa la pena di andar osservando tutti quegli archi , ne' quali vi si ravvisava rottura , o fessura , ed ho ritrovato , che le medesime corrispondano verso i due terzi tra l' imposta , e la cima . Onde mi attengo a que-

ste osservazioni, tanto più che le ritrovo corrispondenti alle dimostrazioni teoriche fatte dagli altri.

Fig. 32. 177. Se dunque sia MNS il profilo di una delle suddette volte, se l'arco MN si divida in tre parti uguali in R , e Q , e dal vertice N si abbassi su MS la perpendicolare ND , se si tiri DPQ ; farà PQ la sezione di rottura. Quindi nelle dette curve varierà l'angolo QDN , il cui seno è stato compreso nella formola rilevata (n. 73). Nella volta semicircolare il detto angolo è sempre di gr. 30. Nell'ellittica elevata si fa maggiore a misura, che è maggiore la differenza de' due assi. Se poi l'arco, secondo il quale, la volta è configurata, è minore della mezza circonferenza, il detto angolo si fa minore di 30 gradi; e minore si farà anche allorchè la volta ellittica è schiacciata, a misura che cresce la differenza degli assi.

178. Or nella costruzione delle volte, sono sempre quantità note, la larghezza del vano

Fig. 33. DS , e l'altezza CP , poichè o sono arbitrarie,

o vengono determinate dal sito, o dal fine, per cui si costruiscono. Inoltre sono grandezze anche cognite la figura, e la grossezza della volta non meno, che il sopraccarico, che deve sostenere. Quindi, se coll'esperienza si determini il peso di un piede cubico di fabbrica, colla quale si debba la volta co' piè diritti costruire, e di più la tenacità della medesima, che si è espressa per T , riguardo ad un piede superficiale; si può ritrovare la grossezza DZ del piè diritto, acciocchè sia in equilibrio coll'urto, che dalla volta riceve.

179. Sia a tal'effetto la volta semicircolare, o semiellittica RCL . Si divida per metà, per la linea verticale BCP , e si ritrovi della curva CL la terza parte CN , e per N si tiri ONY . Si divida la grossezza NY della volta per metà in V , e si tiri per V l'orizzontale CVK . Si abbassi la perpendicolare VF ; sia VI perpendicolare ad OY ; e dal punto incognito Z s'intenda tirata ZI perpendicolare ad VI . Per determinare la leva ZI , per mezzo della quale agisce la potenza, è da notarsi che per la suddetta costruzione, i triangoli CVO ,
X 4
VKE,

VKE, e ZIE sono simili; e di più nel triangolo CVO si possono render noti tutti i lati, e gli angoli, poichè vi sono dati sufficienti per determinarli.

180. Si faccia perciò $OV = a$; $CV = b$; $CO = c$; VF , o sia $KZ = e$; VH , o sia $FD = f$, e la grossezza ricercata del muro HK , o sia $DZ = x$. Sarà $VK = f + x$. Onde per la somiglianza de' due triangoli COV, VKE, farà $KE = \frac{b}{c} \times \overline{f + x}$; e ZE, ch'è $= ZK - KE$ farà $= e - \frac{b}{c} \times \overline{f + x} = \frac{ce - bf - bx}{c}$. Quindi per la simiglianza degli

altri due triangoli COV, EZI, farà la leva $ZI = \frac{c}{a} \times \frac{ce - bf - bx}{c} = \frac{ce - bf - bx}{a}$.

Or se sia n^2 la superficie del mistilineo BCNY, ed abbia il profilo un piede di grossezza, farà il momento della pressione della potenza, che fu espressa (n. 170.), per $dI \times MRNY \times Sen. tot. = d \times \frac{ce - bf - bx}{a} \times n^2 \times \frac{a}{b} =$

$$\frac{cden^2 - bdfn^2 - bdn^2x}{b}$$

181. Si determini inoltre la superficie del mistilineo NYHL, e sia g^2 , e dal suo centro di gravità m si abbassi la perpendicolare mt , e sia $Dt = b$, farà la lunghezza della controleva del detto mistilineo $Zt = x + b$; e la controleva del rettangolo ZH, ch'è $rZ = \frac{x}{2}$;

Sicchè la formola, con cui si esprime il momento della resistenza del piè diritto, prescindendo dalla tenacità, farà denotata per $ex \times \frac{x}{2} \times d + g^2 \times x + b \times d = \frac{dex^2}{2} + dg^2b + dg^2x$.

Ma il momento della resistenza derivante dalla tenacità fu denotato da $\frac{DZ^2}{2} \times T + \frac{NY^2}{2} \times T$;

perciò se NY sia $= m$, essendo $DZ = x$, si potrà detto momento esprimere per $\frac{x^2 T}{2} +$

$\frac{m^2 T}{2}$; ed aggiunta questa grandezza all' anteceden-

den-

dente, per cui si è espresso il momento della resistenza derivante dal peso, nel caso dell'equilibrio tra l'urto della volta, e la resistenza del piè diritto si ha questa equazione:

$$\frac{cd en^2 - bdfn^2 - bdn^2 x}{b} = \frac{d \bar{e} x^2 + dg^2 b + dg^2 x}{2}$$

+ $\frac{x^2 T}{2}$ + $\frac{m^2 T}{2}$, la quale, per le regole algebrai-

che, si riduce alla seguente $x^2 + \frac{2dg^2 + 2dn^2}{de + T}$

$$\times x = \frac{2cd en^2 - 2dfn^2 - 2dg^2 b - m^2 T}{b} . \text{ Si}$$

$$de + T$$

ritrovi in detta equazione il valore positivo di x , e si ha la grossezza ricercata del piè diritto.

182. Si noti, che qualora nella suddetta determinazione si voglia aver conto della tenacità, bisogna, che prima di costruire su piè diritti la volta, si facciano i medesimi ben seccare, affinchè acquistino quella tenacità, che si è posta in computo, altrimenti sono soggetti a rovinare. Di più nella pratica non si deve metter riguardo alla tenacità della sezione di rottura, che

che segue nella volta, poichè la fabbrica di questa, non può seccarsi, se non dopo che sia sformata; onde si deve togliere dall'equazione la grandezza $m^2 T$. Qualora poi non si abbiano buoni materiali, e che non vi sia tempo da far seccare i piè diritti, conviene non mettere a calcolo o l'intera resistenza, che deriva dalla tenacità, o una sua porzione; ed in questo ultimo caso l'equazione, allorchè si ha l'equilibrio, si riduce alla seguente $x^2 + \frac{2g^2 + 2n^2}{e} \times x = \frac{2cn^2 -$

$$\frac{2fn^2 - 2bg^2}{e}$$

183. Si ponga mente inoltre, che se nelle lunghezze delle mura, che fanno l'ufficio de' piè diritti delle volte, vi sieno delle porte, e delle finestre; si deve dall'intera solidità delle medesime togliere quella, che manca ne' detti vani. Indi si faccia come la solidità della mura, considerata co' vani, a quella senza vani, così la grossezza determinata, riguardo a questi secondi, ad un quarto proporzionale, il quale somministrerà la larghezza da darsi alle mura, qualora

vi sieno finestre, porte, ec. Nelle volte a botte dunque sempre che si può, si debbono le porte, e le finestre fare ne' muri di testa, poichè i laterali sono quelli, che servono pe' piè dritti.

184. Spesse volte nelle fabbriche militari si fa uso di controforti. Per calcolarne la resistenza, Fig. 34. sia $abcd$ la pianta di un edificio coperto da una volta a botte, la quale è sostenuta da' muri br , as , e questi sieno forniti de' controforti X , e Y , e dell' istesso edificio, ne sia il profilo $DZNHMRQP$. Si prolunghino ab , dc verso b , ed f , e verso q , e p ; si faccia il rettangolo $brnrf$ uguale ai tre rettangoli X , X , X , che esprimono le piante de' controforti, e l'altro $sqpt$ uguale ai tre rettangoli Y , Y , Y . Si prolunghino altresì fb , pq sino a che incontrino il profilo in C , e G . Se i controforti non sono a scarpa, si calcolerà la resistenza del muro $DZNH$ fornita de' suddetti controforti, come se fosse della larghezza DC , o sia HQ in tutta la sua lunghezza. Se poi sono a scarpa, allora si calcolerà la resistenza, con supporre qua-

lun.

lunquè. sezione fatta perpendicolare alla lunghezza del muro, del trapezio M P G R.

185. Dalle cose dette (n. 172.) è manifesto, che i controforti a scarpa sono più resistenti degli altri, qualora in ambedue s'impiega la stessa quantità di fabbrica. Non si debbono far poi molto distanti fra loro, acciocchè non vada a cedere la muraglia intermedia. Non deve la loro grossezza esser molto piccola, affinchè non sieno flessibili, e deve la qualità della fabbrica esser tale, che acquisti molta tenacità. Si stabiliscono distanti da' muri di testa per due volte, e non più di quanto è la larghezza de' muri istessi.

186. Oltre de' controforti, per opporre maggior resistenza all'urto delle volte, si usano le catene di ferro, che diconsi chiavi, le quali si situano sull' inposta R L ai due quinti dell' altezza O B. Non si debbono situare a molta distanza fra loro, nè se ne deve far uso, allorchè nelle fabbriche non vi è molta tenacità. Se ne calcola la resistenza, determinando in peso la tenacità del ferro, del quale sono costruite, col
mez-

Fig. 33.

mezzo di esperienze; e la metà di esso si potrà aggiugnere al calcolo fatto, riguardo alla resistenza di un piè diritto.

187. Se mai sieno due le volte, che abbiano ad esser sostenute da' piè diritti, in questo caso, dopo aver ritrovato la pressione del semicuneo della volta superiore, si ritroverà l'altra del semicuneo $AMNR$ della volta sottoposta, e si aggiungerà alla prima. E determinato che sia il momento della resistenza del piè diritto, rispetto alla prima volta, vi si aggiunga il momento, che nasce dal peso, rispetto al mistilineo $MNPQ$, potendo trascurare l'altro, che nasce dalla tenacità nella sezione di rottura MN .

Fig. 35.

188. Alle volte, che hanno a resistere all'urto delle bombe, si suole soprapporre una quantità di terra ben pesta. Se dunque nel profilo si esprima per $EFGH$, crescerà l'urto su i piè diritti, onde si debbono questi formare più resistenti. Per determinare dunque la pressione della terra suddetta, bisogna osservare primamente qual sia la sua gravità specifica, rispetto a quella della fabbrica, e supposta che sia di $a:b$; si fac-

faccia $FG:FY = a:b$. Si tiri YK parallela a GH ; e la terra si potrà considerare convertita in un solido di fabbrica, il cui profilo è $EFYK$. Si divida il profilo della volta ugualmente dalla verticale SLA , e si determini la fezione di rottura OX (n. 177). Da X si abbassi la perpendicolare XV , secondo la quale ordinariamente segue la rottura nella terra, e farà $SLOXV$ la parte, che agisce contro uno de' piè diritti, ed OX esprimerà la fezione di rottura da mettersi a calcolo, qualora si voglia tener conto della tenacità. Nella resistenza poi del piè diritto, si dovrà comprendere $VXFY$.

189. Se la volta si voglia coprire con massiccia fabbrica, disposta secondo un piano inclinato HNE ; determinato che siasi il sito della fezione di rottura MN , si deve determinare il momento della parte $HCMN$, e si avrà la pressione della volta contro il piè diritto. Per determinar poi la grossezza del piè diritto, nel calcolo, si dovrà tener conto del mistilineo $NMPQ$, del triangolo rettangolo QPE , che si ha, con tirare da E l'orizzontale EP ; e del rettangolo $PEKT$. Per istabilire la pendenza da dar si

Fig. 36.

darli al suddetto piano inclinato; si tiri l'orizzontale YXO ; su questa dal punto X si elevi la perpendicolare XH , e si faccia uguale ai due terzi di XY , o che ne sia maggiore di poco, acciocchè tirandosi da H le tangenti all'arco della volta, si formi ciascuno degli angoli $H Y X$, HOX di gradi 35, per trarne que' vantaggi, de' quali sarà detto. Non devesi XH fare nè maggiore, nè minore dell'espressa misura, poichè nel 1. caso, le suddivisate tangenti formerebbero con YO angoli maggiori di gr. 35; si minorerebbero i rifianchi QPE , YRS , e minore si renderebbe quindi la resistenza de' piè dritti. Nel 2., gli angoli istessi si renderebbero minori, e si esporrebbe la volta all'urto più diretto delle bombe.

Fig. 37. 190. Se si abbia un edificio coperto da due volte, che si uniscono, come nel profilo ABC , e sieno simili, uguali, ed ugualmente distanti dal suolo AB ; si determini la pressione, o sia l'urto in una di esse, onde poi se ne rileverà la grossezza di ciascuno de' piè dritti esteriori. Quanto all'urto poi delle stesse volte contro il muro, o sia piè dritto di mezzo DC , non è molto a considerarsi, poichè sono gli urti delle mezze

volte, che vi poggiano, uguali, e contrarj. La grossezza intanto di detto muro intermedio, non si fa minore del doppio della grossezza di ciascuna delle volte, acciocchè si possano queste bene impostare; e si può detta grossezza aumentare, mettendo riguardo all' altezza, ed alla qualità de' materiali.

191. Qualora sia coperto il detto edificio con massiccia fabbrica in pendio, allora il momento della pressione, quanto ad un piè diritto, devesi determinare, rispetto alla metà del solido $MNOPQ$, e non alla parte $RQPS$. Per minorare in questo caso il peso della copertura, si fa nella sommità dell' edificio, e propriamente nel mezzo di esso, un andito H , coperto con volta a resistenza di bomba; ed essendo le camere molto alte, si dividono con solai. Ne' suddetti edificj, qualora le volte debbano servire per gli alloggi de' soldati, per gli spedali, e per altre consimili abitazioni, s' impostano, secondo la lunghezza delle mura, e per mezzo di muri intermedj, si dividono in cameroni. S' impostano poi le volte trasversalmente, allorchè l' edificio servir debba

pel Governadore della piazza, o per altre persone di distinto grado, acciocchè aver si possa sì fattamente una distribuzione di camere più comoda, e più ordinata; ed in questo caso le muraglie intermedie si fanno più sottili dell'estreme, contro le quali, le volte fanno maggior urto.

192. Per comunicare da' piani inferiori ai superiori, sono necessarj gli archi rampanti per la costruzione delle scale. Debbono questi esser talmente costruiti, e disposti, che possano regere senza far uso di chiavi, e di concatenamenti di ferro. Quindi debbon essere immobilmente contrastati, e debbono aver altresì l'imposte di sufficiente larghezza. Sono molto vantaggiosi quelli di figura circolare, o ellittica.

193. Se le mura, che sostener debbono una volta, non sieno isolate, ma sieno contrastate immobilmente, non sarà necessità di calcolare lo sforzo delle volte, per determinarne la grossezza, poichè sarà sufficiente che le mura suddette sieno salde nelle fondamenta, e che abbiano grossezza tale, che non sieno rovinate dal peso, che verticalmente sostentano. Di tal natura so-

no le fabbriche contrastate da sassi, le casematte costruite ne' bastioni, e tutti i sotterranei, che si costruiscono nella cortina, qualora però le mura, su cui le volte sono impostate, sieno perpendicolari alla cortina medesima. Servono questi sotterranei per l'abitazione de' soldati, e sono preferibili agli alloggiamenti isolati, sempre che si possano liberare dall'umido; infatti arrecano spesa minore per costruirli, sono più sicuri contro l'urto delle bombe, e non cagionano colle rovine, danno, e disturbo ai difensori. Si avverta, che nelle cortine si possono detti sotterranei inoltrare fino alla coda de' controforti; ed allorchè si vogliano costruire ne' bastioni, debbono distarne almeno per tese 3, acciocchè non sieno scoperti dalle batterie de' cannoni in breccia. Se mai si costruiscano ne' bastioni pieni, o non possano riuscire molto asciutti, si fanno servire per cantine, per macelli, per officine di fabbri, di armajuoli, o per altri usi simili.

194. Molta attenzione ancora metter si deve nella costruzione delle porte di una piazza di guerra,

e de' ponti di comunicazione , circa ai quali non solo determinar si deve lo sforzo degli archi , della terra , e delle pietre , che ne formano il solajo ; ma è altresì a tenerli conto dell' urto , che vi fanno i carri carichi , che continuamente vi passano . Se il ponte sarà di un solo arco , se ne calcolerà l' urto colle regole date (n. 173. a 181.) , qualora non si possa costruire tra contrasti invincibili di sassi , o di terra molto forte . Se gli archi sono molti , ma uguali , e simili , si offervi ciocchè si è detto (n. 187.) . Se poi sono disuguali , i piè dritti , che sono negli estremi , si determineranno , rispetto allo sforzo dell' arco maggiore .

195. Qualora poi per sotto degli archi abbia a passar qualche fiume , è necessario mettere a calcolo l' urto dell' acqua , la quale agisce per una direzione trasversale a quella , con cui sono i piè dritti urtati dalla pressione degli archi ; e sì fatto calcolo si faccia colle regole , che si danno nell' Idraulica (1) . Intanto generalmente avvertir
 si può,

(1) Si può consultare l' Architettura Idraulica del Sig. Belidoro .

si può, che se la larghezza del fiume è minore di 80 piedi, il ponte si potrà costruire con un solo arco; maggiormente se nelle sponde vi sieno degli ostacoli invincibili, e l'acqua scorra precipitosamente, evitandosi in tal guisa l'azione della medesima contro i piè dritti. Se la detta larghezza è maggiore di 80 piedi, e nell'alveo vi si trovino scogli elevati sull'acqua, o altre materie resistenti, e falde; sulle medesime si costruiranno i pilastri, ancorchè gli archi si abbiano a far disuguali.

196. Se infine si abbiano a costruire diversi pilastri nell'acqua; si debbono questi stabilire a maggior distanza ne' siti, ov'è la corrente, acciòchè si opponga il minore ostacolo possibile nel suo passaggio; e si facciano più vicini, ove l'acqua scorra con minor velocità. Debbono inoltre esser rivolti verso la corrente colla loro minor grossezza, per non rinferrare l'acqua nel suo corso, formando de' speroni triangolari per dividere le acque, e renderne minore l'urto. Con simili speroni costruir si debbono anche dalla parte opposta, per rendere i pilastri più stabili,

è per evitare i vortici, che sogliono nell'acqua formarfi, allorchè da un luogo angusto, va a sgorgare in un altro più largo. Si debbon poi far alti a segno, che nella maggiore escrescenza del fiume, le imposte sieno fuori dell'acqua, e gli speroni giunger debbono fino all'imposte; e si hanno a costruire co' migliori materiali, facendo uso di sode pietre di taglio, colligate insieme con resistenti lamine di ferro.

197. Si avverta di vantaggio, che se gli archi sieno di gran diametro, si debbono costruire con pietre vive, dell'altezza di piedi 3 ad un di presso, e di figura regolare, acciocchè si combacino l'una coll'altra, e si situino perpendicolari alla curva. Negli archi suddetti, utili possono essere altresì le chiavi di ferro, o sieno catene, che attraversino la larghezza del ponte ne' siti, ove seguono le sezioni di rottura. Se finalmente molto rapido, e violento sia il corso del fiume, a qualche distanza dalla parte inferiore del ponte, dall'una, e dall'altra opposta parte della corrente, si possono formare argini, e steccati per indebolire il corso dell'acqua sotto il ponte,

te, mettendo in pratica le regole idrauliche.

A R T I C O L O IV.

Si avvertono alcune cose circa la costruzione degli edifizj, ch'esser debbono a pruova di bombe.

198. **D**ue sono le condizioni, che aver dee un edificio, acciocchè possa resistere all'urto delle bombe. I. Che le volte, le quali il coprono, non possano esser nè perforate, nè fessurate dal detto urto. II. Che le mura, le quali le dette volte sostengono, sieno resistenti a segno, che regger possano alle più violenti percosse. La prima condizione si ottiene colla figura, e colla grossezza, che si dà alle volte, e per mezzo di materiali, co' quali si costruiscono. La seconda poi si può ottenere con costruire le mura, o sieno i piè dritti, atti a resistere non solamente all'urto delle volte, ma benanche alle scosse delle bombe. Le dette condizioni sono ugualmente necessarie pe' magazzini a polvere. Più essenziale è poi la seconda per gli alloggiamenti de' soldati,

acciocchè non resti l'intera guarnigione sepellita nelle rovine.

199. La figura della volta dev' esser tale, che si renda all' assalitore o impossibile, o almeno difficile di assolutamente colpire, o di colpire colla massima forza sul suo dorso ricoperto di massiccia fabbrica. Si accresce la difficoltà di colpire, secondo che cresce la distanza, dalla quale i tiri procedono. Si minora l'effetto della percossa, qualora si colpisce per un angolo il più obbliquo, che si possa, poichè per le leggi meccaniche, la forza intera percussiva è alla forza dell'urto, come è il seno totale al seno dell'angolo d'incidenza, che fa la direzione del progetto sul piano dal corpo percosso. Se

Fig. 39.

dunque sia FHG il piano verticale, in cui sia la curva, che si descrive dalla bomba; acciocchè questa eserciti la massima percossa sulla copertura $ABCD$, farà necessario, che il detto piano verticale interseghi il piano percosso ad angoli retti. Inoltre, secondochè maggiore si fa l'angolo BNL , ch' esprime il pendio della copertura della volta, il mortaro si dovrà si-

tuar

tuar più lontano per colpire ad angoli retti .

200. Quindi ne segue che le superficie esteriori delle volte , le quali hanno a resistere all'urto delle bombe , disporre si debbono in guisa , che non possano segarsi ad angoli retti da verun piano , che passar può pe' siti , ne' quali , in tempo di affedio, è agevole all' assalitore situar batterie di mortari . Se poi ciò non si possa conseguire ; si accrescerà il pendio delle dette superficie , acciocchè l'angolo BNL si renda maggiore , e sia l' assalitore costretto situar le batterie suddette a maggior distanza , poichè se gli augumenterà in sì fatta maniera la difficoltà di colpire ne' segni , che prende di mira .

201. Se la curva , che la bomba descrive , fosse una parabola , allorchè si tira all' istessa orizzontale , l'angolo di proiezione sarebbe uguale a quello d'incidenza . L'esperienza ha dimostrato , che se si tira con mortari , de' quali si fa uso per gli affedj delle piazze , l'angolo d'incidenza è di gradi 55 , quando quello di proiezione è di gradi 45 ; e che si fa di gradi 85 , se l'altro è di gradi 80 . Quindi l'eccesso , col
qua-

quale gli angoli d'incidenza superano gli altri di proiezione, compresi tra' gradi 45, e 80., quantunque non sia costante, vien però limitato tra i gradi 5, e 10. Inoltre l'esperienze hanno altresì fatto conoscere, che la massima percossa delle bombe, è quasi la stessa in tutte le proiezioni fatte cogli angoli di gradi 40 in 80; lo che è contrario alla natura della parabola. Il massimo tiro poi si ottiene coll'angolo di gradi 40 in 42; e ciò è conforme alla natura della parabola, se si considera la resistenza dell'aere.

202. Dalle cose fin quì dette, ne segue, che se si forma la copertura massiccia di una volta con tale pendenza, che l'angolo BNL sia di gradi 35, secondo fu detto (n. 189.), dovrà l'aggressore collocare i mortari alla massima distanza, acciocchè possano le bombe agire colla massima forza, onde se gli accrescerà la difficoltà di colpire; e volendo tirare più da vicino, si diminuirà la forza della percossa a cagione della maggiore obliquità, con cui si esercita.

203. Si noti, che qualora vi sieno nella campagna sottoposta ad una piazza di guerra, siti,
da'

da' quali si possa bersagliare la copertura di un edificio colla massima percossa; quantunque, geometricamente parlando, uno sia il punto, in cui seguir deve, pure praticamente, allorchè la copertura massiccia è disposta in piani inclinati, sarà in tutte le sue parti esposta a sì fatta massima percossa. Quindi in tali casi, sarà più vantaggioso formare le coperture delle volte, curvilinee; poichè l'urto massimo non potrà succedere, che ne' punti compresi in una sola linea orizzontale, riuscendo obbliquo l'urto di tutte quelle bombe, che colpiscono al di sopra, o al di sotto di essa.

204. Si avverta anche, che riguardo alle volte a cupola, che si formano, per coprire i magazzini a polvere, costruiti nelle gole de' bastioni, tuttocchè possa per qualunque sito della campagna passare un piano verticale, che le interseghi, onde vengono ad esser più esposte agli urti diretti delle bombe, di quel che non sono le volte a botte; pure la copertura delle prime, sarà al detto urto esposta, nella sola linea, che è comune sezione del piano verticale, e dell' altro della

della copertura medesima; che all' opposto quella delle volte a botte vi è esposta in tutta la sua estensione. Se poi ambedue presentano il dorso curvilineo, quella a cupola ha un sol punto esposto all'urto diretto, e l'altra a botte ha tutti i punti compresi in una linea orizzontale.

205. Si è supposto finora, che i mortari tirar possano sull' istessa orizzontale. Se poi l'aggressore dirigga le bombe da' siti di diverso livello; se tira da luoghi più alti, farà maggiore la velocità, e la forza colla quale le bombe percuotono; e farà l'urto minore se si tira da luoghi di inferior livello di quello, in cui sono le volte. Quindi dovrà tenersi conto di sì fatte diversità nella costruzione delle volte a pruova di bombe.

Fig. 32. 206. Or se si considera l'urto diretto delle bombe sulle volte, e sia MNS una volta circolare, e RN sia la parte percossa, questa agirà per mezzo di un cuneo, la cui testa è RN , e le facce vengon determinate da' raggi RD , ND . Se dunque si divida RN in due parti uguali in Q ; nel caso dell'equilibrio, farà la
for-

forza percussiva sulla parte RQP alla forza esercitata da una faccia del cuneo contro una parte resistente, come $QN : ND$; e perciò se si abbiano due volte circolari di diverso diametro, e vengano percosse da due bombe dello stesso calibro, e colla stessa velocità; essendo la parte percossa RN sempre la stessa; faranno le forze esercitate dalle facce de' cunei nella ragione delle facce istesse, o sia de' raggi, co' quali sono le volte descritte. Ma qualora la tenacità della fabbrica, in due sì fatte volte, è la stessa, supponendo i piè diritti stabili, la resistenza è proporzionale alla grossezza. Quindi acciocchè due volte circolari sieno ugualmente resistenti alla stessa percossa, debbono le grossezze delle medesime esser proporzionali ai raggi, co' quali si descrivono.

207. Allorchè poi la volta sia ellittica elevata $QCNO$, ritrovando i raggi osculatori ne' Fig. 38. diversi punti C, F, G, N ; se si facciano HC, FK, GL, NM perpendicolari alla curva, e proporzionali ai corrispondenti raggi suddetti, la linea, che passerà per gli estremi de' medesimi, deter-

determinerà il dorso esteriore della volta ugualmente resistente da per tutto, non ostante, che le grossezze da H in M, vadano sempre decrescendo. Ma se il dorso sia $QPL O$ parallelo alla curvatura CGN , ed LG sia la grossezza necessaria per resistere alla massima percossa; farà la resistenza da L verso O eccedente, e verso Q anderà decrescendo, quanto più si considera vicina allo stesso punto Q.

203. Or siccome tra' raggi de' cerchi osculatori dell'arco ellittico CN , se ne ritrova uno, che è uguale al semiasse XC , dell'ellisse; così se il punto, in cui detto raggio l'incontri sia G ; la grossezza della volta GL farà uguale a quella di una volta circolare, il cui raggio è XC . Quindi la volta ellittica da L in O farà più resistente della circolare, e da L in Q più debole; poichè nel primo caso i raggi de' cerchi osculatori sono minori di XC , e nel secondo ne sono maggiori. Se però nella volta ellittica si rinforzano i fianchi dal L in Q, continuando ad innalzare a piombo i piè diritti verso la parte esterna sino in L; farà la medesima più resis-

fisten-

sistente di una circolare della stessa grossezza . Infatti se è costruita ne' ripari , viene ricoperta ne' fianchi , ed espone il solo vertice , in cui è più resistente della volta circolare . Se poi ha una copertura per piani inclinati , come negli edifizj isolati avviene , rinforzandosi nelle parti più deboli , si può rendere anche più resistente . Si avverta che nelle volte gotiche , che chiamano in terzo punto , essendo il raggio , con cui si descrivono , uguale ai tre quarti del vano , farà la loro resistenza , riguardo alla percossa delle bombe , a quella delle volte circolari come $2 : 3$; onde sono di queste , e dell' ellittiche , meno resistenti .

209. Per determinar poi la grossezza delle volte , che resistono alle percosse delle bombe , uopo è di ricorrere alle osservazioni fatte in tempo di assedj . Allorchè le bombe sono state tirate all' istessa orizzontale , su volte a botte circolari , non vi hanno prodotto nè rottura , nè fessura , semprecchè la loro grossezza è stata il settimo del vano , e questo sia stato della larghezza di piedi 18 fino a 25 ; e di più la fortezza

non

non sia in luoghi molto freddi, ne' quali è stata necessaria la grossezza di un sesto, ed alle volte anche di un quinto. Per la qual cosa si può stabilire per approssimazione la grossezza delle volte circolari un sesto del diametro, acciocchè si rendano resistenti all'urto delle bombe; e per le cose dette, si può anche determinar la grossezza nelle volte ellittiche.

210. Qualora le volte sono di piccola larghezza, si deve la grossezza accrescere, poichè si manifesta una scossa maggiore; come altresì augumentar si deve, se la detta larghezza supera di molto i piedi 20 (n. 206.) Se le volte son costruite su alture, se ne potranno minorare le grossezze; le quali si potranno accrescere, qualora sieno in siti più bassi (n. 205.) Si avverta, che se sieno i materiali di scarfa tenacità, nè altri aver se ne possano; non formando in questi casi la volta colla copertura un corpo molto resistente, si potrà coprire con terra per non esporla all'urto immediato delle bombe, venendo sì fattamente a rendersi poco sensibile. Nelle piazze costruite in pianure, si soprapponga alle volte la terra del-

l'altezza di piè $3\frac{1}{2}$ in 4; si accresca allorchè potrà esser bersagliata da sito eminente, e si minori qualora le bombe provenir possano da siti più bassi.

211. Per determinare finalmente la grossezza delle mura, che fanno l'offizio de' piè diritti delle volte, che hanno a resistere all'urto delle bombe, ricorrer conviene anche alle osservazioni. Da queste si è rilevato, che essendo la fabbrica di considerevole tenacità, si può la detta grossezza determinare colla formola stabilita (n. 181.), non mettendo però a calcolo la tenacità in favore de' piè diritti, sempre che si tratti degli edifizj grandi, come sono gli alloggi de' soldati, dello stato maggiore ec. Negli edifizj poi piccoli, come sono i magazzini a polvere, i muri si debbono determinare in grossezza colla detta formola, rinforzando con 3, o 4 controforti ciascun di essi, mentre in edifizj sì fatti, secondo costa dalle osservazioni, si manifesta una scossa maggiore.

212. Il Sig. Vauban diede per la costruzione de' magazzini a polvere, le seguenti dimensioni.

La lunghezza è di 10. tese , e la larghezza di tese 4 ed un piede , non computando le larghezze delle mura . Ai fondamenti dà la larghezza di 9 in 10 piedi , e li profonda , secondo richiede la natura del terreno . Su questi fondamenti si elevano i piè diritti , o sieno le mura della larghezza di 8 in 9 piedi , e dell' altezza di 8 , de' quali due restano al di sotto il piano del magazzino , e 6 dal piano istesso fino all' imposta della volta . Le mura poi di fronte , ne' fondamenti sono larghi piedi 5 , e sopra di essi 4 ; e sono alti in modo , che si uniscono colla copertura , che a guisa di tetto si fa sopra i magazzini . La volta è semicircolare , e nella schiena è grossa 3 piedi , ed è coperta con fabbrica massiccia , che procede per piani inclinati , i quali si uniscono nel vertice , formando un angolo alquanto maggiore del retto .

213. Aggiugne a ciascuno de' lunghi lati di un sì fatto magazzino quattro controforti , le basi de' quali sono della larghezza di piedi 6 , e della lunghezza di 4 ; distano poi l' uno dall' altro per piedi 12 . Nelle parti delle mura , che

fra-

framezzano tra i controforti , vi sono alcune aperture per farvi entrare l'aere , ricoprendole però dalla parte interiore, ed esteriore, con lastre di ferro perforate , e con reti minutissime di fili di rame . Per illuminare sì fatto magazzino si fanno due finestre ne' muri di fronte. Per impedire poi , che non si approssimi persona a detto magazzino , a 12. piedi di distanza dalle mura , che il formano , costruisce un altro muro della grossezza di un piede e mezzo , e dell' altezza di 9. in 10.

214. Il Belidoro , dal quale si rapporta la suddetta costruzione , cambia la situazione de' controforti , formandoli in modo , che abbiano le basi della lunghezza di 6. piedi , e della larghezza di 4 ; affinchè le potenze resistenti oppongano uno sforzo maggiore contro l'urto della volta , e delle percosse delle bombe . Stima inoltre , che de' controforti se ne accresca il numero , per ciascun lato , fino a 5 , con minorare però la larghezza delle mura fino a piedi 6. , lasciando sempre le fondamenta larghe , secondo stabilisce il Vauban.

213. Lo stesso Belidoro assicura , che i magazzini secondo la costruzione di Vauban, si sono sperimentati resistenti alle percosse delle bombe . Infatti egli rapporta, che fu di un magazzino consimile , nella piazza di Landò, vi colpirono 80 bombe , senza che si fosse nè nella volta , nè ne' piè diritti, ravvisata fessura alcuna . Lo stesso si osservò ne' magazzini di Ath, e di altre piazze . Rapporta anche che fu due magazzini della piazza di Turnay , vi colpì un numero assai grande di bombe, senza che ne soffrissero danno; e che per contrario altri magazzini coperti con volte in terzo punto , furono rovinati da tre, o quattro bombe , tuttocchè si ritrovassero coperte con terra da più di 40. anni .

C A P. V.

Della conoscenza , e della scelta de' materiali; della composizione di alcuni de' medesimi, allorchè si abbiano ad impiegare nella costruzione delle fabbriche (*).

A R T I C O L O I.

Si rileva la necessità di ben conoscere i materiali, de' quali si fa uso nella costruzione delle fabbriche , e se ne dividano le diverse specie .

216. **N**E' diversi Articoli del Cap. IV. si è trattato della maniera di render resistenti le mura degli Edifizj Militari, prendendo di mira il fine , pel quale si costruiscono . Or in determinare le resistenze delle additate mura , si sono fatte due supposizioni ; cioè che la fabbrica sia di ottima qualità ; e che il suolo , su cui poggiano le mura , sieno stabili . Con-

Tom. II.

N

vie-

(*) Nell' anno 1781. cominciò l' Autore la stampa di questo II. Lib degli Elementi di Archit. Milit. . Per le ragioni indicate nella Prefazione non potè proseguirla più oltre del presente Capitolo . Ora che corre l'anno 1785 , e che le occupazioni del suo impiego il permettono , ne dà il compimento .

viene quindi render reali sì fatte supposizioni ,
affinchè si possano costruir resistenti gli Edifizj .

217. Esaminando un Edifizio qualunque , si
rileva ch'è un ente composto di parti di natu-
ra diversa , che diconsi materiali . Sarebbe van-
taggioso per la solidità di un Edifizio , che i
materiali della stessa specie fossero egualmente
resistenti . L'esperienza intanto fa conoscere che
variano in diverse Regioni non meno , che in un
istesso Paese ; e che l'additata solidità dipenda in
buona parte dalle proprietà fisiche , di cui ciascun
materiale è fornito , e dalla proporzionata com-
posizione de' materiali medesimi . Quindi si ren-
de necessaria la conoscenza di sì fatte cose , per
poter venire alla scelta de' materiali , ed all'
adequata distribuzione , e connessione de' medesi-
mi riguardo all'uso , che convien farne , accioc-
chè si ottenga tra le parti che l'Edifizio costi-
tuiscono , quell'equilibrio , e quella stabilità ne-
cessaria per andare incontro alle scosse naturali
ed artificiali , al proprio peso , all'uso , al qua-
le servono , al fuoco , all'aria , ed a tutte le
altre cagioni , che possono produrne la rovina .

218. I materiali i più essenziali, de' quali si debbono sapere, e distinguere le proprietà, e l'uso per le fabbriche Militari, sono; la calcina; l'arena; il gesso; le pietre; i mattoni; il ferro; ed il legname. Sarebbe a desiderarsi, che i Fisici mettesero in chiaro molte cose circa la scelta, e la connessione de' descritti materiali, che tuttavia rimangono oscure dopo tanti Secoli che si fabbrica; poichè non è sempre sicuro il consultarne le relazioni popolari. I pregiudizj, che occupano sovente una Nazione, e vie più il volgo, possono esser sorgenti di gravi errori.

A R T I C O L O II.

Si esaminano generalmente le proprietà fisiche de' materiali, che s'impiegano nella costruzione delle mura.

219. **N**ELLA costruzione delle mura s'impiegano le pietre da murare; le altre da formar la calcina, e'l gesso; l'arena o sia

sabbia ; l'argilla , ed i mattoni , che da questa si formano . Sì fatti materiali sono formati o dalla Natura , o dall' Arte imitatrice della medesima . Comunque si sieno , sono sempre formati dalle diverse qualità di terra , le cui particelle essendo fornite di un certo glutine , si uniscono per mezzo dell' azione del fuoco , e dell' acqua . Le proprietà adunque , che convengono alle diverse terre , convenir debbono altresì a' materiali , che da quelle si compongono .

220. Le terre quanto all' uso delle fabbriche , si possono distinguere in quattro classi . La prima comprende le terre calcaree assorbenti , ed alcaline : la seconda le gessose : la terza le vetrificabili : e la quarta le argillose . Or delle pietre alcune si ravvisano sensibilmente formate da una sola qualità di terra , e diconsi *pure* ; ed altre essendo formate da due o più delle dette classi , diconsi composte . Le vere pietre calcaree sono formate dalla sola terra calcarea assorbente , e si manifestano sotto aspetto diverso . Di sì fatta natura sono le pietre dure , delle quali se ne formano le pietre da taglio per murare :

rare: quelle che diconsi volgarmente da calcina, ed i marmi di differente specie. Il più sovente avviene, che le pietre calcaree sono composte da più classi di terre, quantunque la parte maggiore sia la calcarea. Le prime sono più dure, che le altre; e quindi più atte nella costruzione delle mura, ed in formare la calcina soprattutto.

221. Le pietre calcaree non si liquefanno, allorchè si espongono ad un certo grado di fuoco, ma bensì si calcinano. I pratici le distinguono alla durezza, ed al colore. Le bianche, e le più dure sono le migliori. Per distinguerle con più sicurezza, è da sapersi, che gli acidi hanno grande affinità cogli alcali; e colla terra assorbente calcarea, ma non già colle altre qualità di terre indicate (n. 220.). Quindi se si riduca in fina polvere una parte di qualche pietra, e si metta in un beccchiere, ed in questo s'immerga una quantità di acqua forte: allorchè si eccita una effervescenza, farà certo, che la pietra è calcarea; anzi farà questa più, o meno pura, secondochè l'effervescenza sarà mag-

giore o minore; e qualora non si manifesti effervescenza alcuna, la pietra non sarà affatto di questa natura.

222. Le pietre gessose sono composte dalla terra di simil natura. Si manifestano di color bianchiccio, o grigio, e sono molli. Se non si sappiano distinguere colla ispezione oculare; si riduca una porzione di sì fatte pietre in polvere molto fina: e si ammassi con una data quantità di acqua; se la materia, che ne risulta, diviene consistente in poche ore, la pietra sarà sicuramente gessosa.

223. Le terre vetrificabili si distinguono in due classi; in semplici, come sono tutte le specie di arena fina, e grossolana bianca o colorita comunque; ed in composte, come sono l'argille ordinarie. Quindi le pietre che sono composte da sì fatte terre, si distinguono nella stessa guisa. Tra quelle, i cui componenti sono semplici, si annoverano le pietre sabbiose; quelle da affilare; i ciottoli, che si impiegano a lastricare le strade; le felci di qualsivoglia colore; le pietre a fuoco; le minerali, l'agata,

il porfido, e la maggior parte delle pietre preziose. Le altre poi che son composte, comprendono tutte le pietre formate dalle argille ordinarie, e le altre che diconsi pomici.

224. Per ben distinguere le pietre vetrificabili, allorchè non sia possibile colla ispezione oculare, si ricorra a' seguenti modi: I. Se non sono disciolte da acido alcuno. II. Se, essendo esposte a sufficiente grado di fuoco, non si riducano nè in calcina, nè in gesso, tutt'ochè divengano frangibili. III. Se, percosse coll' acciarino, caccino fuori delle scintille. IV. Se mescolate con una picciola quantità di alcali, ed esposte al fuoco, si cambino facilmente in un vetro molto trasparente; poichè le altre materie non si vetrificano, che con una maggior quantità di alcali, e ad un fuoco violento; e'l vetro, che ne risulta non è mai trasparente.

225. Le pietre vetrificabili sono di diversa specie, secondo che variano le parti componenti. In fatti molta differenza si ravvisa tra le sabbie de' fiumi, de' laghi, delle paludi, del mare, e delle cave; onde variano anche le

pietre che se ne compongono , a cagione altresì della figura , e della picciolezza delle arene , che conferiscono molto a formare un composto più o meno compatto .

226. L'argilla , dalla quale si formano i mattoni , si trova e sulla superficie terrestre , e nelle sue viscere , ove è sovente mescolata con sostanze minerali . Le argille si rinvengono ancor mischiate col fango , o sia terra da pentolai . Le proprietà della vera argilla , sono : la viscosità , la mollezza ; la morbidezza nel tatto ; l'attaccarsi facilmente alla lingua ; l'attrarre che fa delle materie crasse ; e finalmente la facilità di sciogliersi in breve tempo nell'acqua , ed in parti minutissime . Da quest'ultima proprietà si rileva , che l'argilla si possa agevolmente separare dalle materie grossolane , ed eterogenee colle quali si ritrova unita , col solo mezzo dell'acqua . Qualora poi le stesse materie eterogenee sieno anch'esse molto fine , allora rendesi difficile la separazione additata ; onde derivano le qualità diverse dell'argille .

227. La diversità , che si osserva ne' colori dell'

dell'argille, è il più sicuro distintivo delle qualità delle medesime. Le bianche sono da preferirsi alle altre, poichè sono le più depurate. Le colorite sono ordinariamente quasi che tutte impregnate di particelle ferruginose, e variano di qualità, secondo che varia la finezza delle parti componenti. Il glutine poi che si osserva nelle materie argillose, le distingue sempre più dalle altre materie; poichè è diverso da quello che trovasi ne' vegetabili, negli animali, e ne' minerali, ed in esso si contiene del falso, ed anche dell'inflammabile, quando che in quello dell'argilla manca l'una, e l'altra qualità. Da un glutine sì fatto deriva la facilità, che si ha di poter convertire con poca acqua, una quantità di argilla, in una materia molto trattabile.

228. Quanto all'argille è inoltre da notarsi; che se le bianche mischiate con un acido, producano effervescenza, faranno le stesse unite con terre calcaree. Lo stesso devesi dire delle argille colorite, qualora l'effervescenza sia molto sensibile; ma se questa si offervi molto debole, è se-

è segno che abbonda di parti ferruginose grossolane; e minutissime saranno queste parti, se non si manifesta effervescenza alcuna. Di più l'argilla ha per sua essenzialissima proprietà, d'indurirsi più o meno al fuoco, secondo che le parti componenti sono più, o meno fine. L'argilla bianca, e pura impastata coll'acqua, e seccata all'ombra, non si fende facilmente, ancorchè sia in sito ventilato. L'argilla ordinaria poi si fende di leggieri; ma si può andaré incontro ad un sì fatto inconveniente mischiandola colla polvere, che si ricava, pestando altra argilla già cotta.

A R T I C O L O III.

*Della calcina; dell'arena; della pozzolana,
e della composizione delle medesime,
o sia del calcestruzzo.*

229. **L**A calcina si forma dalle pietre calcaree, delle quali è stato detto (n. 220. e 221.), che sieno le più bianche, le più dure, e le più pesanti, soprattutto quando abbia al-

fer-

fervire per murare ; poichè per l'intonaco sono da preferirsi le meno compatte (1). Vi è chi preferisce per formar la calcina , le pietre calcaree che si estraggono dalle cave , o che sono in luoghi umidi , alle altre (2) , poichè sciogliendo il fuoco le particelle umide in vapori , fanno questi disperdere le sostanze sulfuree , e dissogliono le parti componenti dal vicendevol contatto , e si rendono queste atte per qualunque altra composizione . Altri crede che si possa ricavare un'ottima calcina dalle pietre molto dure , che trovansi negli alvei de' fiumi (3) .

230. Allorchè siasi fatta la scelta delle pietre calcaree , bisogna calcinarle nelle fornaci . In fare una sì fatta calcinazione , devesi badare . I. Che le mura delle fornaci sieno dappertutto coperte di terra , acciocchè il fuoco non perda l'attività sua , anzi sempre più si aumenti . II.

Che

-
- (1) Vitruv. Lib. II. Cap. V.
 (2) Albert. Lib. II. Cap. XI.
 (3) Pall. Lib. I. Cap. V.

Che le pietre che si hanno a calcinare, situate sieno per istrati sferici, de' quali il più vicino al centro sia formato dalle pietre più grosse, e che gli altri gradatamente contengano le meno grosse, lasciando tra le pietre istesse de' sufficienti intervalli, acciocchè penetrando pe' medesimi il fuoco, possa prodursi una uguale calcinazione in tutte le pietre. III. Che le pietre sieno tutte della stessa qualità, acciocchè la calcina riesca migliore; e qualora non sia possibile, si distinguano le pietre ne' diversi strati, per poterle separare dopo che sieno calcinate. IV. Che si faccia uso di legna, e fascine secche per alimentare il fuoco nelle fornaci, il quale non deve essere interrotto, poichè altrimenti o non si ottiene la calcinazione, o si ottiene con somma difficoltà. V. Che non si esegua la calcinazione in tempi piovosi, e ventosi, avendoli l'esperienza dimostrati contrarj, a produrla.

231. Molti savj Architetti hanno stimato che per produrre la calcinazione, di cui si parla, sia necessario che il fuoco si alimenti nelle fornaci con efficacia, e senza intermissione per ore sessanta

ta (1). L'esperienza intanto dimostra che si ottiene in tempo minore. Per non errare in sì fatta determinazione, si noti, che allora se n'avrà una sicurezza, quando dal buco della fornace esce fuori un fuoco vivo sotto la figura di un cono, senza notabile mescolglio di fumo; e che le pietre si osservano bianche, e risplendenti.

232. Gli Architetti danno le seguenti regole per ben conoscere, se la calcina sia ben cotta, e di buona qualità. I. La sua gravità dev'essere a quella della pietra, donde si è predotta, nella ragione di 2 : 3. (2). II. Dev'essere bianca, leggiera e sonora, ed allorchè vien spenta coll'acqua, esalar deve un denso, e copioso fumo, e deve crepitare (3). III. Deve assorbir molt'acqua, allorchè si spegne; e spenta attaccar si deve alle pareti del recipiente. IV. Dev'essere frangibile, e di un sapore acre, e caustico.

(1) Alb. Lib. 1. Cap. XVII.
Pall. Lib. III. Cap. IV.

(2) Alb. Lib. II. Cap. XI.

(3) Boeckler. *In Not. ad Pal.* Lib. I. Cap. V.

233. La pietra calcarea, effendò cotta, e calcinata nelle fornaci, dicesi *calcina viva*. Per farne uso nel murare si toglie dalle fornaci, subito che siasi raffreddata, e di poi si spegne, e si conserva immediatamente, acciocchè non esali porzione de' sali volatili, da' quali riceve vigore. In ispegnerla, è necessario usare quella quantità di acqua, che può ridurla in minuta polvere; nè si deve immerger l'acqua nella calcina tutta in una volta, acciocchè non rimanga soffogata, e le parti interne non restino spente, potendo queste colla loro effervescenza danneggiare le fabbriche. Deve inoltre impiegarsi l'acqua pura, e non mai quella che si raccoglie dalle lave, poichè essendo queste pregne di materie crasse, impediscono che le parti della calcina si uniscano tra se, e cogli altri corpi in un perfetto contatto. Sarà poi la calcina ben spenta, quando si riduce in una pasta molle, in cui ficcandosi un coltello, non s' incontra sensibile resistenza.

234. La calcina viva rimanendo lungo tempo esposta all'aria, si spegne altresì, ma perdendo

tutti

tutti i sali ch' ella contiene , non è atta più alla costruzione delle mura . Da questa costante esperienza ne segue . I. Che nel ricevere la calcina viva , si ha a rigettar quella in polvere , quando possa essere estinta nell' aria . II. Che quella , che si riceve in pietra , si deve subito far spegnere coll' acqua . E III. che nell' atto che si spegne la calcina , procurar si deve che non si disperda il fumo , che s' innalza nel tempo dell' effervescenza , acciocchè non perda i sali , che vi si contengono .

235. Dopo che la calcina si sia spenta , si deve per un dato tempo conservare in un recipiente murato , e scavato nella terra ; ed indi coprirla con arena per l' altezza di un piede e mezzo ad un di presso , affinchè si stemperi sempre più , ed acquisti maggior consistenza . Presso gli Antichi , al riferir di Plinio , vi era una legge , colla quale veniva proibito di far uso della calcina spenta , prima che non si fosse conservata per anni tre ; nè mai fu impiegata prima de' due anni .

236. L' esperienza ha fatto conoscere molte
altre

altre proprietà della calcina convenienti alle fabbriche. La calcina lavata, spogliandosi de' suoi sali, non è più atta ad indurirsi, come si vede nelle fabbriche. La calcina spenta, se si espone ad un fuoco vivo, ritorna a calcina viva, e si spegne facilmente nell'aria; onde avviene che le mura delle case, che soffrono un incendio, si riducono in minuti pezzi subito che l'aria vi abbia agito in pochi giorni, giacchè la calcina ravvivata, si spegne di nuovo. La calcina mischiata coll'arena nel tempo della sua effervescenza, se si pone immantamente in opera ne' siti molto umidi, diviene durissima in poco tempo, e la durezza cresce in ragione dell'attività della calcina viva.

237. Quanto all'arene se ne sono additate le qualità (n. 223.) Per l'uso che delle medesime si ha a far nelle fabbriche, si deve esser sicuro, che sia l'arena di materia vetrificabile, e la più pura che sia possibile. I periti nell'arte di fabbricare, scelgono quella che è fornita delle seguenti qualità. I. Se strofinata tra le mani, fa strepito. II. Se posta su di un panno bianco,

non vi lascia segni di lordura . III. Se agitata nell' acqua, non la rende torbida . IV. Se lasciata per un dato tempo all' aere aperto, non produce musco . Quando le arene sono accompagnate dall' additate qualità , sono atte ad una perfetta unione , e composizione .

238. Le arene sono di color diverso ; delle bianche non è da farne uso , secondo avvertono i più savj Architetti (1) , poichè le superficie delle medesime sono levigate , e prive di asprezza (2) . Le arene di cava sono da preferirsi a quelle de' fiumi , tuttoche si sperimentino in amendue le stesse proprietà . Si dà alle prime la preferenza ; I. Perchè quelle di fiume sono sempre mescolate con materie crasse , e limacciose ; che le rendono poco atte ad una perfetta liga . II. Perchè pel lungo , ed irregolare movimento, in cui sono ne' fiumi , prima che si depongano alle rive , perdono la necessaria scabrosità , e rondonsi levigate in modo , che non più ligano colla calcina . Volendone quindi

Tom. II.

O

far

(1) Pall. Lib. 1. Cap. IV.

(2) Wolf. *Element. Arch. Civ.* Cap. II.

far uso, si debbono lavare per andare incontro al primo difetto; e lo stesso devefi praticare altresì in adoprar le erene di lave.

239. E' poi da rigettarsi l'arena di mare, poichè costa dalle osservazioni, che il sale marino facilmente s'imbeve dell'umidità, e con somma difficoltà se ne spoglia. Conserva quindi l'umido, e di più una certa materia falsa, ed oleosa; onde avviene, che adoprando questa arena nelle fabbriche, le mura difficilmente si asciughino, e gl'intonachi si fendono. Gli Antichi non se ne servirono per sì fatte ragioni, ed in qualche caso di necessità l'adoprarano dopo di averla ben bene lavata coll'acqua dolce (1).

240. Dalle osservazioni si è rilevato, che i granelli di mezzana grandezza, nelle arene della stessa specie, producono nelle fabbriche una consistenza maggiore. Di più è certo che quella grossezza di granelli, che si sperimenta vantaggiosa per una specie di arena, non si osserva del pari vantaggiosa per tutte le altre. Quindi dovendosi intraprendere una

fab-

(1) Vit. Lib. II. Cap. IV.

fabbrica d' importanza , dopo che si sia scelta l' arena la più pura , farebbe da determinarsi di qual grossezza esser ne debbano i granelli , per produrre nelle mura la maggior consistenza , e quindi separarne i più grossi non meno, che la terra molto fina e crassa per mezzo di graticci di filo di ferro .

241. Oltre dell' arena , si fa uso nella composizione della calcina che s' impiega nella costruzione delle mura , la quale in appresso sarà sempre denominata *calcestruzzo* , di una certa terra, o sia di una specie di polvere , che dicesi *pozzolana* (1). Si crede comunemente , che la pozzolana sia un' arena preparata da' fuochi sotterranei , i quali disperdendo colla loro azione le particelle acquose , le sulferee , e le oleose , e crasse , rendono l' arena stessa aspra , e leggiera a guisa di pietra pomice , e perciò molto atta per le fabbriche (n. 237.) Vi è chi crede che possa essere una materia eruttata da' Vulcani , poichè

O 2

è sta-

(1) Si chiama *pozzolana* , non perchè si trovi scavando de' pozzi , ma perchè la prima cava della medesima , si ritrovò in Pozzuoli . In fatti Sidonio Apollinare la chiama *Dicarchea* , poichè questa parola esprimeva l' antico nome di Pozzuoli .

è stato osservato, che la cenere da' Vulcani eruttata, dopo lungo tempo si converte in pozzolana (1).

242. La pozzolana senza dubbio è il miglior componente per formare un ottimo calcestruzzo da impiegarsi dentro e fuori terra, e soprattutto nell'acqua e ne' luoghi umidi. Costa dall'esperienza che il calcestruzzo formato con buona calcina, e con pozzolana s'indura, e si consolida in poco tempo talmente, che uguaglia la solidità della pietra mediocrementemente dura, se s'impiega fuori acqua. Ne' siti acquosi s'indura di più, ed uguaglia in durezza le più dure pietre (2). E' ottima altresì allorchè si mescola colla calcina ben spenta per fare gl'intonachi delle cisterne, e per ricoprire i coperti fatti di muro in tutti gli alloggi Militari. 243.

(1) Si legga la nota 2. a pag. 63. che il chiariss. Marchese Galiani fa al Cap. VI. del Lib. II. di Vitruvio tradotto da esso lui in lingua italiana, ed arricchito di dotte annotazioni.

(2) Si legga Vit. Lib. II. Cap. VI.

Plin. Lib. XXXV. Cap. XIII.; parlando della pozzolana mescolata colla calcina, dice che forma una materia *inexpugnabilem Undis*.

Senec. *Quest. Nat. Lib. III.* dice, *Puteolanus pulvis si aquam attingit, saxum fit.*

243. La pozzolana fu nota a' tempi di Vitruvio nel Regno di Napoli, e specialmente ne' contorni di Baja, e negli Antichi Municipj de' Romani Ercolano, e Pompei. Se ne scovrirono in seguito altre cave in Italia, delle quali la migliore è quella di Civita Vecchia. Per abuso in Napoli si chiama pozzolana ogni sorta di arena, la quale si ritrova da pertutto scavando de' pozzi; ma che non è fornita delle stesse qualità dell'altra, e con ispezialtà ne' lavori sotto acqua (1).

244. Vi sono altre materie diverse dalla pozzolana, le quali mescolate in modi diversi colla calcina, formano un'efficace liga. Presso il basso Reno vi è una specie di terra che cotta, e ridotta in polvere, produce mescolata colla calcina, nelle fabbriche sott'acqua, gli stessi effetti della pozzolana. Con polveri diverse si formano diverse altre composizioni, che lungo sarebbe il volerle quì rapportare, ma legger si possono presso altri Autori (2).

(1) Gal. Not. a Vitruv. Lib. II. Cap. VI.

(2) Belid. *Science des Ing.* Lib. III. Cap. IV.

245. Quanto alla formazione del calcestruzzo, nulla di costante può determinarsi intorno alle proporzionate quantità delle materie, che il compongono; poichè una determinazione sì fatta dipende dalla loro diversa qualità, la quale è determinabile solamente sul fatto. Ordinariamente nella composizione del calcestruzzo soglionfi prendere una parte di calcina di ottima qualità, e tre parti di pozzolana, o di arena di cava; ed essendo la calcina mediocre, si prendono una parte della stessa, e due di pozzolana, o di arena di cava; e lo stesso si pratica qualora convenga far uso di arena di lava, o di fiume che sia però lavata. Volendo dare una regola più generale: l'arena non dev'essere minore del doppio della calcina, nè maggiore del triplo, e varieranno le proporzioni tra questi limiti, secondo la qualità diversa della calcina non meno, che dell'arena.

246. L'acqua che si deve impiegare nella formazione del calcestruzzo, dev'essere chiara, e spogliata da qualunque materia terrea sensibile, poichè è questa contraria alla consistenza delle
par-

parti componenti le mura. Quantunque le acque minerali, e marine sian generalmente svantaggiose per l'additato uso; pure l'esperienza ha dimostrato, che in alcuni luoghi le acque del mare abbiano prodotto un buono calcestruzzo. Forse ciò è addivenuto a cagion dell'ottima calcina, o dalla qualità de' sali, e delle altre materie, delle quali possono esser pregne le acque del mare; onde qualora sia necessità far uso di queste, bisogna accertarsi dell'esito coll'esperienza.

247. La quantità poi di acqua da impiegarsi nel calcestruzzo, sarà regolata dall'uso, che del medesimo si ha a fare. Nelle mura di pietre, il calcestruzzo dev'essere come una pasta molle: in quelle di mattoni, dev'essere quasi che liquido, e separato da ogni materia grossolana; e quest'avvertenza usar si deve soprattutto nella costruzioni delle volte. Quanto poi alla formazione del calcestruzzo, devesi avvertire: che la calcina spenta, sia ben mescolata senza far uso di acqua; la quale vi si getti di poi, e si ritorni a mescolare sino a che le sue parti sian

divenute stemperatissime. Ridotta che sia sì fattamente la calcina, vi si unisca l'arena nella quantità additata (n. 245.) e si confondano indi i differenti componenti in guisa, che si ravvisino esattamente framischiati, ed uniti.

248. La suddetta pratica operazione è assolutamente necessaria. Infatti colla medesima, i sali acidi delle arene, che sono solidi forniti di punte, entrano negli alcali della calcina che sono porosi, ne cacciano l'aria, e producono pel mezzo dell'acqua una effervescenza. Questa affottiglia le parti terree, e fa che il calcestruzzo s'intrometta più facilmente ne' pori delle pietre. Sedata poi l'effervescenza, gli anzidetti sali si riducono ad un perfetto contatto, e risulta tra il calcestruzzo, e le pietre una perfetta coesione, e si rendono le mura più consistenti.

249. Quanto al calcestruzzo, per l'uso diverso, che se ne può fare, si deve avvertire. I. Che non si mescoli nell'attuale sua formazione, della terra, poichè questa impedisce l'unione tra le parti che il compongono, e la liga che lo stesso deve fare colle pietre. II. Che do-

vendosene far uso ne' siti acquosi, ne' quali l'acqua, quantunque non sia in gran quantità, pure sia valevole a discomporre la fabbrica, prima che sia consolidata, si può adoprare la calcina viva, la quale mescolata coll' arena allorchè si bagna, si metta in opera nell'atto che dura l'effervescenza; poichè si fatta composizione s'indurisce facilmente, ed in breve tempo si rende atta a resistere all'acqua. III. Che dovendosi fabbricare in siti di acqua stagnante, si formerà il calcestruzzo con calcina spenta nel modo additato (n. 233. a 235.), e con pozzolana; e qualora questa manchi, si farà uso di arena pura, e vi si mescolerà una data quantità di calcina viva; e si porrà in opera nell'atto dell'effervescenza. IV. Che qualora l'acqua è corrente, ed in continuo movimento, si deve far uso del calcestruzzo formato di calcina viva, e di pozzolana, e si metterà in opera durante l'effervescenza. Nel caso, di cui si parla, si può fare altresì uso del calcestruzzo formato di calcina spenta, e di pozzolana, con mescolarvi della calcina viva di fresco cotta, e ridotta in minutissimi.

tissima polvere, nell'atto che si deve mettere in opera. La quantità di questa si varierà, secondo n'è diversa la qualità. Un sì fatto calcestruzzo lega indissolubilmente le pietre di figura, e qualità diverse, e forma degli ammassi impenetrabili dall'acqua (1).

250. Per l'intonaco delle cisterne si fa uso di una composizione di calcina forte spenta, di pozzolana, e di altre materie, tra le quali è da preferirsi il tartaro di botte. Si fa anche uso di limatura di ferro, e di altre materie ferruginose; ma siccome possono queste produrre della ruggine, così col tempo si vanno a sciogliere dagli altri componenti. Finalmente si farà uso del calcestruzzo formato di calcina ben spenta, di arena, e di gesso, ovvero di puro gesso con acqua, in quelle parti interne di un Edificio, che si vogliono far asciugare al più presto, che sia possibile.

AR-

(1) Si legga la Memoria del Sig. Le Riot pubblicata in Parigi nel 1774. col titolo. *De convert dans l'Art de batir.*

ARTICOLO IV.

Del gesso, delle pietre, e de' mattoni.

251. **S**I è additata (n. 222.) la maniera di conoscere le pietre gessose; le quali riduconsi poi in gesso ne' seguenti modi. I. Si riducono le pietre suddette in minuti pezzi; si mettono in un forno simile a quello, ove si cuoce il pane, il quale si turi bene; ed allorchè si creda spento ogni calore, si apra e si troveranno le pietre calcinate, e ridotte in gesso atto a farne uso per murare. II. Si possono calcinare, e ridurre in gesso nelle fornaci, nel modo istesso che si è detto delle pietre da calcina; ma il gesso, che se ne trae è d' inferior condizione dell' anzidetto, poichè le pietre più vicine al fuoco si calcinano troppo, e le più lontane poco. III. Si possono mettere le materie gessose in una gran caldaja, la quale si esporrà al fuoco, ed in questa si dimeneranno tali materie finchè si riducano in una spezie di arena; e faranno ridotte in gesso dopo che sarà seguita una sorta
di

di effervescenza. Un gesso sì fatto è ottimo per gli stucchi, e per gli ornamenti di Architettura civile.

252. Il gesso farà ben cotto, se mescolato con competente quantità di acqua, s'indurisce in breve tempo, e se, essendo duro, e si rimescoli per la seconda volta, non s'indurisca di vantaggio. Deve poi adoprarsi subito che sia cotto; e dovendone far uso dopo alcuni mesi, si ha a conservare in barili ben chiusi, e tenuti in luoghi asciutti. Si deve adoprare nelle parti interne degli edifizj, e non mai ne' siti esposti al gelo, poichè non regge all'ingiurie del tempo, ugualmente che la calcina mescolata con arena. Da quanto si è detto di sopra, ed altrove (n. 222.) si rileva che le pietre calcaree differiscono molto dalle gessose. Infatti la calcina non s'indurisce colla sola acqua, ma vi si deve unire l'arena, e vi bisogna del tempo considerevole. Il contrario avviene nel gesso. Di più se si uniscano le pietre calcaree colle gessose, e si facciano calcinare, ne risulterà una calcina di cattiva qualità.

253. Le pietre considerate come fossili, sono sostanze terrestri penetrate da sughi diversi, e indurite da' sali. Quindi serbano le qualità istesse delle materie componenti. Or siccome queste posson esser varie, o possono ricevere infinite modificazioni, così si osserva che non tutte le pietre abbiano la stessa durezza, e la stessa gravità, e che sieno altresì di diversi colori. Lungo sarebbe il volerne distinguere le specie diverse; onde si parlerà soltanto di quelle, delle quali si fa uso soprattatto nelle fabbriche militari.

254. Allorchè si voglia in un dato paese giudicare sulla qualità delle pietre; si osservi lo stato delle fabbriche antiche. Si rileverà che le pietre sieno di buona qualità, se abbiano resistito al carico; se non vi sieno state prodotte fenditure dal gelo; e se non sieno state guaste dall'aria e dal falso, soprattutto ne' siti marittimi. Trattandosi poi di esaminare le pietre di una nuova cava, è da sapersi. I. Che una pietra farà resistente, se abbia un colore uguale senza vene; una granitura unita; se percossa,

ren-

renda un suono netto , e distinto , e se sotto un dato volume abbia un peso considerevole .
 II. Reggerà all' ingiurie del tempo ; se lasciata all' aria aperta sopra un terreno umido , per un intero inverno , non soffra alterazione . (1) III. Non farà corrosa dal salso , se immersa nell' acqua forte , non rimanga intaccata . (2) IV. Resisterà finalmente alla violenza del fuoco , se esponendovela per qualche ora , non si fenda , nè si calcini .

255. Costa dalle osservazioni , che le pietre che trovansi nelle cave , sono disposte per istrati o paralleli , o più sovente inclinati all' orizzonte ; che quelle degli strati più sottoposti , sono le meno dure ; che poste su di un piano secondo il loro natural letto , reggono ad un peso maggiore di quello , a cui reggerebbero in ogni altra situazione ; e che col rimanere qualche tempo fuori delle cave , acquistano un grado mag-

(1) Gli Antichi lasciavano le pietre esposte per due anni all' ingiurie del tempo . Si legga Vit. Lib. II. Cap. VII.

(2) Alb. Lib. II. Cap. VIII.

maggiore di durezza . Quindi segue , che non si debbono le pietre impiegare subito che sieno estratte dalle cave , anche perchè l'umore di cui son pregne , potrebbe , congelandosi , fenderle ; anzi lasciar si debbono esposte a' raggi solari per una state intera ; e di poi si debbono mettere in opera , secondo il naturale letto che aveano nelle cave .

256. Da quanto si è detto sulle pietre in questo Articolo , e altrove (n. 219. a 225.) , si rileva : che le pietre da impiegarsi nelle fabbriche , sono le calcaree dure , e le vetrificabili , e che se ne debba far la scelta ne' modi additati di sopra . Per la resistenza intanto , che le fabbriche militari debbono opporre e alle cagioni in generale , che tendono alla ruina delle mura (n. 217.) , ed all' effetto delle Artiglierie ; si deve nelle medesime far uso di quelle pietre , che sono dure , e che possono più facilmente esser penetrate dal calcestruzzo , affinchè si rendano molto resistenti , e difficile se ne renda la ruina . Or le pietre calcaree sono più facilmente penetrate dal calcestruzzo , e tra
 qua-

queste sono da preferirsi quelle, che si sono tratte dalla stessa cava dell' altre, donde si è formata la calcina. Di più si avverta, che siccome la miglior calcina si ha dalle pietre calcaree più dure; così qualora s' incontrano due cave di un' istessa qualità di pietre sì fatte, ma in una sieno più dure, che nell' altra: impiegarsi debbono le prime a farne calcina, e le altre per murare, poichè in sì fatta guisa si formeranno delle mura molto resistenti.

257. In mancanza delle pietre calcaree dure, si può far uso delle vetrificabili anche dure. Tra queste meritano preferenza quelle che hanno una superficie alquanto scabrosa, e porosa, poichè in queste penetra il calcestruzzo più facilmente, che nelle levigate. Le pietre gessose, le argillose, le talcose, e le saponacee non sono da impiegarsi nelle fabbriche, poichè sono troppo molli, nè fanno liga col calcestruzzo. Per le fabbriche militari poi non si ha a far uso di qualunque altra pietra composta da materie diverse, e tali, che esposte all' ingiurie del tempo, si distruggano notabilmente.

258. Molte e diverse sono le qualità delle pietre, di cui abbonda questo nostro Regno (1). In questa Capitale si fa uso di pietre di monte, che sono della specie di tufo, detto da Vitruvio *Cimento Campano*, di colore o biondo simile a quello della pozzolana, o cinerino, ma di materia più arida. Il primo fa buona liga col calcestruzzo; il secondo mediocre. Nè l'uno, nè l'altro resistono molto al fuoco, il quale li risolve in parti arenose; e sono soggetti alla corrosione; onde conviene fornire le mura costruite di sì fatti materiali, di buono intonaco. Si ha altresì il piperno; questo non è di ugual consistenza, anzi spesso in alcune parti si ritrova formato da materie arenose, e di poca liga. Vi è poi la pietra, che si ricava dalle antiche

Tom. II.

P

lave

(1) Dovrebbero gl'Ingegneri Militari esaminare tutte le pietre, ed arene che ritrovansi ne' diversi luoghi del nostro Regno, ne' quali esistono delle Fortezze; le diverse argille per la formazione de' mattoni, e le diverse qualità de' legnami. Di quali materie, per istruzione della gioventù, avrebbesene a tenere un esatto registro nell'Accademia Militare colle corrispondenti ragionate descrizioni.

lave del Vesuvio. La medesima è molto dura; s'impiega per pietre da taglio, e per lastricare le strade della Città; e sarebbe attissima per le fabbriche militari, se la spesa non ne fosse eccedente.

259. Si sono (n. 226 a 228) specificate le qualità delle argille. La più pura si ha a prescegliere per formarne de' mattoni, Se si trova mescolata con materie diverse, se ne deve fare la separazione o per mezzo di crivelli, o dell'acqua, giacchè in questa l'argilla si discioglie più facilmente, che le altre materie (n. 226.). Se ne debbono soprattutto separare le materie calcaree, e gessose, poichè qualora i mattoni si fanno cuocere, si fendono. Minor male vi producono le materie vetrificabili, ed arenose, quando non sieno in gran quantità. Si deve poi l'argilla separata dalle altre materie, impastar con acqua ben bene, esponendone gli ammassi per qualche tempo all'aria, affinchè le sue parti si affottiglino sempre più. I pratici consigliano, che i primi ammassi si facciano nel mese di Novembre, e si lascino stare per tutto il mese di Genajo.

najo. I fécondi mescolamenti si possono fare dal mese di febbrajo in appresso. Nella state si convertono per mezzo di forme vacue, o sieno modelli in mattoni, e si fanno seccare senza esporli agli ardenti raggi solari, i quali attraendone l'umido con molta violenza, vi possono produrre delle fenditure.

260. Allorchè nella suddetta guisa si sieno formati i mattoni, e sieno convenientemente seccati, si fanno ben cuocere o nelle fornaci, o con formarne degli ammassi in forma parallelepipedica, con lasciarvi de' voti simili alle gallerie di mine, e degli altri interstizj, affinchè l'azione del fuoco acceso nelle suddette gallerie possa comunicarsi da pertutto. Sono da preferirsi i mattoni cotti nelle fornaci, soprattutto se queste sieno costruite a volta, ed in maniera, che il fuoco agisca per tutte le parti. Si conoscerà poi la buona qualità de' mattoni cotti. I. Se appoggiati co' loro estremi su due fulcri, reggono ad un considerevole peso. II. Se hanno una leggerezza sensibile rispetto al loro volume. III. Se posti nell'acqua, non cambiano di colore. IV. Se percossi

rendono un suono acuto ed uguale. V. Se lasciati per un inverno all'ingiurie del tempo, non soffrono la menoma alterazione.

261. Gli Antichi fecero uso di mattoni non cotti di pura argilla, che pestavano ben bene, e poi impastavano con acqua, e con paglia minutissima. Si formavano nell'Autunno, e nella Primavera. Non si esponevano al sole, e si facevano seccare all'ombra per due anni. Gli Uticensi non ne facevano uso, che dopo anni cinque, e coll'approvazione del Magistrato (1). Ne' tempi presenti si preferiscono i mattoni cotti agli altri, de' quali non si fa più uso, poichè sono meno compatti, e meno resistenti. I mattoni si costruiscono ordinariamente di figura rettangola, ma di dimensioni diverse. Sono finalmente atti per formare buone fabbriche; poichè sono regolari nel peso; sono penetrati a sufficienza dal calcestruzzo, e resistono al fuoco, ed all'ingiurie delle stagioni. Per
le

(1) Vitruv. Lib. II. Cap. III.

le fabbriche militari intanto è da farne uso dopo le pietre dure calcaree , e le vetrificabili , purchè abbiano queste le qualità additate (n. 256 a 258) e sieno reducibili in figure parallelepipedo . Le circostanze de' siti possono far dare diversa modificazione a quanto si è detto di sopra , soprattutto quando si può ottenere un considerevole risparmio .

ARTICOLO V.

Delle più essenziali qualità del ferro da impiegarsi nella costruzione degli Edifizj militari.

262. **N**on è qui luogo di parlare nè del minerale ferreo, nè della maniera di purificarlo , ma soltanto di additar le principali proprietà del ferro purificato , acciocchè sia atto a servire nella costruzione degli Edifizj militari . Or siccome generalmente variano le qualità del ferro , così di varia qualità deve esser altresì quello che conviene impiegare a' di-

versi usi de' suddetti Edifizj. Quanto alla costruzione delle catene, che si sogliono praticare nelle fabbriche per vie più colligarle, delle ferrate, delle grate, e delle bandelle, si deve scegliere quel ferro, che ha durezza e tenacità insieme. Sì fatte qualità si rinvencono, allorchè nella rottura si manifesta una grana di grossezza ordinaria, e di colore o nero, o bigio tendente al bianco. Dev' essere resistente a' colpi di martello, ed alquanto duro al lavoro di lima, ma che si possa intanto manipolare, e stendere per l'uso conveniente; poichè quello che si manifesta molle allorchè è riscaldato, diviene frangibile quando si raffredda.

263. Il ferro poi da formar ferrami, deve appalesare nella rottura una grana grossa di color bianco framischiato di nero, e di bigio; poichè il medesimo si manipola con facilità nelle fucine, e si può ridurre a quella levigatezza ch'è necessaria. In mancanza del ferro di questa qualità, si faccia uso di quello che si osserva nero nell'estremo della sezione della rottura, poichè si lavora anche con facilità, sebbene non acquisti la levigatezza dell'altro.

264. Qualunque sia poi l'uso, che si abbia a fare del ferro, si deve avere come della più infima qualità, quello ch'è frangibile a freddo. Questo suole manifestare rompendosi una grana rossa, e chiara, ed esposta alla fucina per qualche tempo, va a bruciarsi, a cagion dell'arsenico che contiene. Di cattiva qualità è altresì quel ferro, che difficilmente può esser storto, e raddrizzato a freddo, e che si rompe nelle fucine, poichè abbonda di acido di zolfo. Un ferro sì fatto si sperimenta più cattivo, allorchè posto al fuoco, esala un odor di zolfo; e percosso col martello, manda fuori molte scintille.

265. Il ferro ancorchè sia di ottima qualità, si rende inservibile, se rimane per molto tempo esposto all'intemperie delle stagioni; poichè a cagione dell'umido, resta spogliato del suo flogisto, maggiormente se nell'umido istesso vi si contengono molte parti saline. Tutto ciò si osserva ne' siti marittimi. Non si deve quindi far uso di sì fatta sorte di ferro vecchio in tutto ciò, che può servire nella costruzione delle diverse parti di un Edifizio.

C A P. VI.

Si dividano i mezzi, che possono condurre a ben costruire le mura degli Edifizj , ed a ben stabilirne le fondamenta.

A R T I C O L O I.

*Della costruzione delle mura semplici non mono,
che delle volte.*

266. **I**L muro è un composto di pietre, o di mattoni colligati insieme per mezzo del talcestruzzo. La maniera poi, secondo la quale i componenti istessi si hanno a disporre, acciocchè un muro divenga solido, e bello, si dice costruzione del muro, la quale ne produrrà la perfezione, qualora si sappia far uso di buoni materiali, e si fabbrichi su di un suolo stabile. Or essendosi trattato della qualità de' materiali nel Cap. antecedente, resta a dire sulla costruzione delle mura, supponendo puranche la stabilità del suolo.

267. Nella costruzione di un muro, supponendo che il suolo sia stabile, e che se ne sia determinata la grossezza secondo che è stato additato ne' diversi Articoli del Cap. IV., si deve procurare I. Che il piano sottoposto sia orizzontale, acciocchè graviti ugualmente da per tutto, e si abbia quindi un'uguale reazione. II. Che tutto il peso per quanto in pratica sia possibile, sia distribuito ugualmente tra le parti, che il muro compongono, affinchè sia questo equilibrato. Quindi il sodo appoggiar deve sul fondo; ed i materiali da impiegarsi per un dato Edificio esser dovrebbero o della stessa qualità, o distribuiti proporzionatamente alle resistenze che debbono opporre.

268. III. Devesi badare, che le mura si elevino perpendicolari al suolo, acciocchè le linee centrali cadano sul mezzo delle basi, sulle quali poggiano; diminuendone però la grossezza a proporzione, che più s'innalzano, poichè le parti superiori debbono sostenere minor peso delle inferiori. Una sì fatta diminuzione intanto, che dicesi *risega*, quantunque si possa nelle

nelle mura non molto alte far continuata dalla base alla cima, pure essendo l'altezza considerevole, sarà vantaggioso farla di piano in piano; di maniera che le mura del primo piano sieno più larghe di quelle del secondo; quelle del secondo più larghe di quelle del terzo, e così delle altre successivamente. Infatti qualora si proceda nella guisa additata, le mura di ciascun piano cadono a piombo sul sottoposto, e le linee centrali vanno tutte a ferire entro la base de' fondamenti. Le suddette riseghe si coprono esternamente con cornici, e con fasce, e nell'interno co' pavimenti. Il celebre Palladio vorrebbe tutte le riseghe dalla parte esterna, acciocchè potessero le mura opporre una maggior resistenza all'urto delle volte, ed a' pavimenti.

269. Si avverta, che non si debbono le mura dell'ultimo piano diminuir in grossezza più del necessario. Gli Architetti non danno mai a sì fatte mura una grossezza minore della quarta parte di quella, che ha il muro che poggia sulle fondamenta; anzi secondo le circostanze l'aumentano, come per esempio, se le mura abbiano a sostenere archi,
e vol.

e volte; se debbano restare isolate; o se aver debbano molte aperture ec.

270. IV. Procurar si deve che le pietre sieno regolari, e ben spianate nelle superficie, colle quali si debbono unire; e che si situino nelle mura secondo il letto, che aveano nelle cave. Infatti debbono colle basi combaciare colle pietre sottoposte, acciocchè possano queste resistere allo sforzo delle altre con tutte le loro parti, e non sieno altrimenti soggette a schiacciarsi; il che è contrario alla stabilità delle mura. Spianar poi si debbono delle pietre stesse le altre superficie, acciocchè si combacino colle adjacenti, e meno larghe si rendano le commesure. Situar si debbono finalmente secondo il proprio letto per le cose dette (n. 255.)

271. V. Nella costruzione delle mura; proceder si deve per istrati orizzontali, i quali formati sieno di pietre ugualmente alte. Queste poi in ciascuno strato si debbono intralciare in guisa, che una pietra attraversi la larghezza del muro, e l'immediata sia posta secondo la lunghezza del medesimo; onde una delle pietre pre-

sen-

fenti la sua minor superficie, e l'altra vicina la sua superficie maggiore. Considerando poi le pietre, o i mattoni ne' diversi strati, badar si deve, che le commessure di uno strato non si trovino mai in linea con quelle dello strato immediato. Quindi le pietre dispor si debbono a scacchiere nella facciata del muro non meno, che in ciascuno strato. Una sì fatta combinazione è vantaggiosa, poichè la gravità delle pietre si dirama per tutto; e non essendo poi la coesione della fabbrica nelle commessure uguale a quelle delle pietre, o de' mattoni, in occasione di mancanza, in qualche sito, si possano incontrare negli strati diversi, parti di maggiore, e di minor resistenza interrottamente disposte.

272. Non sempre le pietre, che s'impiegano per murare, sono regolari in modo, che possano dispor si, secondo è stato fin quì detto. In questo caso le pietre regolari si fanno servire per le facce delle mura, e nell'interno s'impiegano le irregolari, stabilendole bene, ed empiedo i voti con pietre più piccole. Se mai si fabbrichi con mattoni, e con pietre, si pratici lo stesso; e di

di più si avverta di non percuotere molto i primi, a' quali si deve far acquistare la giusta situazione premendoli; giacchè smovendosi i contigui, difficilmente fanno liga col calcestruzzo.

273. VI. Cercar si deve, che le mura si rendano più resistenti ne' siti, in cui unendosi con altre mura formano angoli, poichè in questi agiscono col loro peso non solamente le pietre soprastanti, ma ancora le altre contigue. Infatti sia *ABC* un composto di varie pietre senza calcestruzzo disposte nel modo additato. (n. 271.): la pietra *a* è premuta dall'altra *b*, e da una parte di *c*: le due *b*, *c* sono premute dalle due *e*, *d*, e queste dalle due *m*, *n*, e da una parte di *r*. Onde la pietra *a* è premuta non solamente dalle soprastanti, ma altresì in parte dalle altre *r*, *n*, *e*, *c*. Quindi gli Architetti, negli angoli degli edifizj o accrescono la grossezza delle mura, o v'impiegano materiali più resistenti; nè mai vi formano aperture, anzi ne le allontanano al più che sia possibile, e le situano le une sulle altre ne' diversi piani. Per la stessa ragione nella costruzione delle

Fig. 49.

le opere di fortificazione, si adoprano negli angoli pietre resistenti di taglio, e tagliate in modo, che le unioni non s'incontrino mai ne' vertici degli angoli medesimi.

274. I Greci, ed i Romani ebbero altresì due essenziali maniere di fabbrica, la massiccia cioè, e la riempita. La prima veniva formata di pietre, e di mattoni disposti, ed intralciati con ordine, e con arte in tutta la grossezza delle mura. L'altra poi si formava di pietre di taglio, e di mattoni nelle sole facce, e nell'interno si adopravano pietre minute mescolate con calcestruzzo. Per maggior chiarezza intanto è da sapersi, che si distinguono due specie di fabbriche Romane, cioè l'*amandorlata* o sia *reticolata*, e l'*incerta* o sia *antica*. Due sono altresì le specie delle fabbriche greche, cioè la quadrata, e l'ordinaria; e questa si divide in *isodoma*, e *pseusodoma*. L'*amandorlata* è formata di pietre quadrate connesse colle diagonali a

Fig. 41. piombo come A: era bella ma non del pari resistente. L'*incerta* come B era men vistosa della prima, ma più resistente a cagion della connes-

neffione delle pietre colligate in un modo incerto ed irregolare. La quadrata, come E è formata di pietre lavorate di ugual grossezza disposte talmente, che le commeffure delle superiori cadono sulla metà ad un di presso delle sottoposte, onde era molto resistente. L'ordinaria isodoma era composta di strati formati da pietre di ugual grossezza come C. La pseufodoma era formata di strati di pietre disuguali come D. Erano ambedue fodiffime, e resistenti (*).

275. VII. Nel costruire le mura si deve badare alle seguenti cose. L'Gittar si deve dell'acqua su piani orizzontali, su' quali si deve murare; e toglier si deve da piani de' diversi strati la polvere terrea, della quale spogliar si hanno altresì le pietre, ed i mattoni lavandoli prima di metterli in opera, poichè la detta polvere è contraria alla perfetta liga de' materia-

(*) Chi voglia acquistare idee più distinte delle fabbriche degli antichi Greci, e Latini; legga Vitruvio, e le note, che il lodato Marchese Galiani vi ha fatte Lib. II. Cap. VIII.

teriali . (n. 249.) II. Si deve su' piani suddetti stendere uno strato di calcestruzzo della qualità che più farà conveniente (n. 249.) , sul quale si costruisca lo strato delle pietre ne' modi additati (n. 270. a 272.) ponendo il calcestruzzo in tutte le commessure . III. Formato che siasi uno strato , si deve far raffettare alquanto , prima di soprapporvi l' altro , poichè altrimenti venendo il calcestruzzo posto in opera , gravato dal peso prima che sia succeduta l' effervescenza , questa s' impedirà , onde non si potrà insinuare da pertutto facilmente , e si minorerà la connessione de' materiali . (1) IV. Quando si debba fabbricare su di uno strato di muro già fatto , si deve scrostare , e bagnare , per dare vie più luogo alla coesione . V. Si deve sfuggire la costruzione delle mura a porzioni verticali , poichè essendosi terminata nel calcestruzzo l' effervescenza , rendono i materiali non atti a poterla ricevere di nuovo ; onde resteranno le mura disgiun-

(1) Albert. Lib. III. Cap. X.

giunte in parti, e non formeranno un solido continuato.

276. VIII. Si debbono empier tutti i voti che si formano nella faccia esteriore delle mura, per inavvertenza de' muratori, gittandovi con impeto il calcestruzzo. Sarà altresì vantaggioso di ricoprire l'esteriore de' rivestimenti delle opere di fortificazione con arricciarle; e quelle degli Edifizj con intonacarle, facendo uso di buona calcina con arena di grana fina, poichè sì fattamente si preserveranno le mura dall'azione de' raggi solari, e dalle piogge, che spesso ne producono la dissoluzione.

277. IX. Non conviene fabbricar ne' climi freddi, subito che cominciano i geli. Imperocchè congelandosi l'acqua, che ritrovasi nel calcestruzzo, e negli altri materiali, si dilata, e disfunisce le parti del muro. Quindi se siasi cominciato un muro, e non si possa terminare a cagion de' geli, bisogna coprirlo con terra per l'altezza di un piede ad un di presso, per impedire l'effetto de' medesimi. Il troppo caldo impedisce anche la connessione della fabbrica.

Per andare ineontro a questo inconveniente è uopo far spesse volte, e abbondantemente bagnare le mura, facendone affrettare la costruzione al più presto di quel che si fa nelle stagioni in cui il sole è meno attivo.

278. Oltre a quanto si è detto riguardo alla costruzione delle mura, conviene aggiugnere alcuni avvertimenti per la costruzione delle volte; i quali si possono ridurre a' seguenti. I. Formar si debbono i piè dritti quanto alle dimensioni, secondo è stato determinato nell' Art. III, e IV, del Cap. IV. di questo Libro; quanto poi alla costruzione effettiva si debbono avere in mira tutte le regole specificate nel presente Articolo. II. Formar si debbono le centine esattamente della figura, che è stata determinata conveniente, costruendole altresì stabili, ed immobili; ed allorchè vi si deve fabbricar sopra, si hanno a coprire con uno strato di loto della grossezza di un pollice e mezzo ad un dipresso. III. Se si debba far uso di pietre; si prescelgano le calcaree, e le vetrificabili dure, e quelle che sieno lunghe e larghe in guisa, che non sieno mai minori de'
più

più grandi mattoni. IV. Impiegando poi o pietre, o mattoni, si debbono disporre perpendicolarmente sugli archi delle centine, e sarebbe vantaggioso, che avessero la figura di un cuneo. V. Il calcestruzzo, che s'impiega in una sì fatta costruzione dev'essere di ottima qualità, e molto liquido. Si debbono schivare gl'incontri di due commessure ne' diversi strati, che formano la volta: e finalmente le pietre che si mettono al vertice, vi si debbono conficcare con forza, affinchè si renda più stabile la volta intera.

279. Allorchè si sieno le volte costruite nella divisata maniera, vi si formi una copertura massiccia di arena, e di calcina, alla quale si dia quel pendio, che convenga per lo scolo delle acque, o per minorare l'urto delle bombe, siccome fu detto (n. 202. a 203.). Nelle Regioni fredde bisogna coprire le volte con tetti, se gli Edifizj non sieno esposti alle bombe, poichè in questo caso si ricopriranno di terra, soprattutto qualora si tratta degli alloggi de' soldati, costruiti ne' ripari de' bastio-

ni, ne' cavalieri, e nelle cortine. La terra poi dev' esser di qualità tale, che non formi fenditure, acciocchè l'acqua non trapeli: e deve esser dell' altezza non minore di tre piedi e mezzo in quattro, dando a queste dimensioni accrescimento, o diminuzione ne' casi specificati (n. 210.).

280. Acciocchè poi con maggior sicurezza si ottenga, che l'umido non trapeli negli alloggi militari costruiti ne' ripari, ed a pruova di bomba; bisogna che la copertura massiccia fatta con buoni materiali, sia incrostata, ed indi intonacata nel modo, che si è detto per le cisterne (n. 250.) facendo seccare l'intonaco all'ombra. Sull'intonaco si può porre uno strato di mattoni, collocandoli su di esso colla loro maggior base. Si fatti mattoni esser debbono forniti nell'esterna superficie di un canaletto largo mezz'oncia, e profondo un quarto di oncia. Nell'adoprarli, badar si deve che in ciascuna fila di mattoni, cominciando dalla cima fino all'imposta della volta, i canaletti si corrispondano con esattezza tale, che ne formino un solo, e che

le

le commeffure fieno ben unite colla fteffa compofizione dell'intonaco . Si porrà fu quefto ftrato di mattoni un altro di mattoni fteffi , e fu quefto vi fi farà l'ultima incroftatura , ed intonaco , nel modo già additato ; ed indi vi fi metterà fopra la terra , fecondo è ftato detto (n. 279.) .

281. Si avverta finalmente, che tutti gli anzidetti canaletti corrispondano in un canale, che giri intorno intorno al cominciamento della volta, e che abbia lo fcolo fuori delle mura . Di più che gli Edifizj sì fattamente coperti fieno feparati da' terrapieni con un muro, che ne difti per alcuni piedi , empiendo lo fpazio voto intermedio di rottami , e di altre materie aride , che afforbifcano l'umido in fe fteffe . Sulla parte fuperiore coprìr fi deve il muro non meno , che le fuddette materie con ghiaja groffolana , e fina mefcolata infieme , dell' altezza di un piede ; e fu di quefta in fine por fi deve la terra ben pefta , e della qualità additata (n. 279.) .

ARTICOLO II.

*Si dividano generalmente i mezzi per istabilire le
fondamenta delle mura degli Edifizj.*

282. **F**ondamento di un muro qualunque dicesi quella parte , che dello stesso rimane sepolta sotterra , e sulla quale l'intera sua mole poggia . Forma quindi la parte più essenziale di un Edifizio , poichè ne produce la stabilità . Bisogna perciò diligentemente esaminare il suolo sul quale devesi un Edifizio elevare ; se non si trova a sufficienza sodo , e stabile , conviene di renderlo tale , con determinare nelle date circostanze , i mezzi i più sicuri , ed i più economici . Generalmente parlando debbono le fondamenta stabilirsi sopra una materia soda , la quale non riceva alterazione dal peso delle materie , che formano le fondamenta medesime , e delle altre che compongono l'intero Edifizio .

283. Non può assegnarsi una determinata dimensione quanto alla profondità delle fondamenta . Si deve scavare sino a che si rinvenga una
terra

terra soda , nella quale profeguir si deve anche lo scavo per poca profondità . Non conviene intanto procedere a profondità molto grandi , poichè si va incontro a spese esorbitanti , e spesso senza speranza d' incontrare una terra soda , come avviene ne' terreni arenosi , e paludosi . In questi casi , se dopo aver scavato fino ad una profondità mediocre , non si rinvenga una base stabile , bisogna renderla tale coll' arte : Adoprarsi si possono in queste circostanze le palificate di grossi pali di *alno* , o sia ontano , di olivo , o di quercia , che sieno con battipali ben conficcati nel suolo , e più o meno vicini , secondochè il terreno è meno o più resistente , con riempiere i vani tra' suddetti pali , di materie secche ed aride ; e su queste si formi una fabbrica la più forte che si può (1) . I moderni Architetti conettono i pali conficcati nel suolo nella parte , che rimane fuori del medesimo con travi trasversali , formando una specie di graticola ; riempiono

Q 4 no

(1) Vitruv. Lib. III. Cap. III.

no quindi i voti intermedj con buoni materiali, e con calcestruzzo, e rendono sì fattamente stabile la base delle fondamenta .

284. Acciocchè poi le fondamenta si rendano più stabili , debbono lateralmente procedere a scarpa , affinchè il peso soprastante si diffonda sopra una base maggiore , e la pressione si renda minore ; le linee centrali cadano sempre più nelle basi , e le mura resistano anche all' urto delle terre adjacenti . Se sia $ABCD$ un profilo di un fondamento preso perpendicolarmente secondo la larghezza del medesimo , rappresenterà DC la larghezza della base inferiore , ed AB quella della base superiore , sulla quale poggiano le mura fuori terra .

285. Or molti Architeti di gran rinomanza , hanno stabilito la larghezza CD , avendo in considerazione la sola grossezza AB delle mura con procedere quasi che a caso ; senza badare che dedur si deve dalla condizione del suolo , e dal peso delle parti che compongono l'Edifizio . Quindi alcuni stabiliscono , che la ragione di $AB : DC$ non sia minore di quella di

4:5, nè maggiore di 6:7. (1), eccettochè nelle torri, nelle quali serbano la ragione di 2:3 (2). Vi è chi stabilisce le suddette dimensioni nella ragione di 1:2, soprattutto sotto le colonne (3), e negli angoli degli Edifizj (4). Altri Architetti seguono la ragione di 2:3 (5). Alcuni finalmente volendo dedurre sì fatta ragione dalla profondità delle fondamenta, generalmente hanno stabilito, che la base DE della scarpa non debba esser maggiore di $\frac{1}{6}$, nè minore di $\frac{1}{12}$ di AE, avendo riguardo alle diverse circostanze.

286. Belidoro avendo riguardo alla larghezza delle mura non meno, che all' altezza delle medesime, ed a' pesi diversi che queste debbono sostenere, crede che un muro alto venti piedi, sia molto stabile nelle fondamenta, sempre che la base di queste sia otto pollici più larga di quel-

-
- (1) Scamozzi
 - (2) Palladio.
 - (3) Vitruv.
 - (4) Goltman.
 - (5) De Lorme.
 - (6) Goltman.

quella del muro. In fatti dic' egli, se un muro s'è fatto, per l'oggetto, a cui deve servire, far s'è debba largo piedi due, la base del fondamento si faccia di piedi due, e pollici otto, occupandosi detti pollici otto da' due margini laterali, ciascuno di pollici quattro, e che diconsi riseghe (1). Determina poi lo stesso Belidoro le grossezze delle fondamenta per ogni altro caso con una regola di proporzione. Sia per esempio un muro alto 50. piedi; si faccia come 20:8., così 50. ad un quarto proporzionale, che darà la larghezza de' margini di 10. pollici ciascuno; onde se il muro debba avere piedi tre di grossezza, le fondamenta ne debbono avere piedi 4. e pol. 8.

287. Or siccome le circostanze de' siti non meno, che degli usi, ne' quali convien costruire gli Edifizj sono variabili; così nella determinazione delle dimensioni delle mura si deve procedere nel modo additato (n. 159. a 166.): ed

in

(1) *Science des Ingenieurs* Lib. III. Cap. IX.

in quelle de' fondamenti si può prender norma dalle regole determinate sopra. Intanto per assicurarsi praticamente della sodezza del suolo, sul quale si debbono stabilire le fondamenta, si deve osservare. I. Se il terreno resista a' replicati colpi di picconi, e di zappe, e se risuoni a' colpi di pestoni, o alle violenti e replicate cadute di gravi gittati ad arte; se sia di colore di pietra, e se sia fornito di glutine atto a consolidarsi. II. Convieni per maggiore sicurezza scavar de' pozzi in date distanze, per osservare fino ad una data profondità, se il terreno sia ugualmente resistente negli strati sottoposti. Qualora una sì fatta operazione non sia eseguibile a cagion dell'acqua, che s'incontra scavando; si esami la sodezza del terreno, con conficcarvi de' pali aguzzi col mezzo di martelli, e si offervi se incontrino molta resistenza.

288. Dall'esperienze poi de' più savj Architetti, si rileva. I. Che si fabbrica con sicurezza sul sasso vivo, e sul tufo duro. II. Su' terreni forti, ed uniti in ammassi considerevoli, e che diconsi vergini per non esser stati mai smos-

smoffi . III. Su' terreni di una creta consolidata , i cui strati procedano a grandi profondità . IV. Su' terreni arenosi puri e sgombri da materie craffe, ammassati , e consolidati , e che procedono altresì a grandi profondità . All'opposto sono poco stabili i suoli, ne' quali s'incontrano strati di pietre , di tufi molli , di materie poco tenaci , e di terre che vi sono state trasportate ; le quali venendo presse da una parte, s'innalzano dall'altra .

289. La base , sulla quale deve poggiare il fondamento dev' essere orizzontale ; e fabbricando in luoghi scoscesi , si deve procedere con iscaglioni , de' quali ciascuno abbia la superficie superiore orizzontale . Allorchè convenga di scavare a grandi profondità per rinvenire il terreno stabile ; per avere qualche risparmio, si fanno de' pozzi da distanza in distanza ; ne' medesimi si costruiscono i pilastri larghi ad un di presso del doppio della grossezza delle mura , che vi debbon poggiare . Sì fatti pilastri si uniscono con archi al di sotto la superficie superiore , donde forger debbono le mura , affinchè possano
que-

queste elevarsi per istrati orizzontali dal loro nascimento, secondo è stato detto (n. 271).

290. Finalmente quanto alla scelta che far si deve de' materiali, che debbon comporre le fondamenta; si faccia uso di quel calcestruzzo che più convenga, e secondo fu additato (n. 249.), e delle pietre che possono esser penetrate con facilità dal calcestruzzo (n. 253. a 258.). Di più quanto alle pietre, si debbono impiegare le più grandi, e le più spianate nel fondo, e le altre meno grandi successivamente, connettendole insieme diligentemente, e nel modo additato per la costruzione delle mura (n. 270. a 271.). Adoprandosi mattoni, si faccia uso de' più cotti, affinchè non si disciolgano dall' umido. Essendosi in tal guisa costruite le fondamenta, si facciano seccare alquanto, prima che vi si costruiscano superiormente le mura, acciocchè queste si rendano più stabili.

ARTICOLO III.

Si additano i mezzi pratici per ben stabilire le fondamenta ne' terreni sodi ; ne' sassosi , e di diversa consistenza ; nelle terre arenose e mobili ; e ne' siti acquosi , e paludosi .

291. **S**I sono nell' Articolo antecedente date le regole per determinare se sia un dato terreno stabile: oltre alle medesime farà sempre utile, di domandare notizie sulla solidità di un terreno agli operaj del paese , poichè spesso possono costoro somministrarle , senza che s' intraprendano ricerche difficili e penose . Or se si abbia un terreno sodo , su cui si debba costruire un muro di Fortezza , o di altro militare Edificio ; determinate , che s'ensi le dimensioni del medesimo non meno , che delle fondamenta , siccome è stato già detto ; si scaverà una fossa di una larghezza alquanto maggiore di quella delle fondamenta , e di una profondità tale , che non possano le medesime rimaner scoperte dalle acque,

col decorso del tempo . In una fossa sì fatta vi si fabbricherà , nella maniera specificata nell' Articolo antecedente, fino al pian terreno , nel qual sito si lasceranno le rifeghe , o sieno margini ; e comincerà quindi la costruzion del muro colle regole additate (n. 270. a 277.), impiegando un basamento di pietre di taglio , quando non riesca molto dispendioso .

292. Allorchè si fonda sul sasso duro , conviene che si faccia spesso uso di scaglioni , siccome si rileva dalla figura A B C D . I piani di questi scaglioni per le regole generali stabilite , esser debbono orizzontali ; ma se procedono con qualche pendio da fuori in dentro , si formerà una fabbrica più resistente . Ne' sassi molto levigati bisogna render scabrosa ed aspra la superficie che deve connettere co' materiali ; specialmente quando i medesimi possano formare parte del muro , usando piccioli risarcimenti . Si avverte poi di non fondar mai vicino all' orlo delle pendenze scosse , e scogliose , poichè in siti sì fatti se ne staccano sovente pezzi di gran mole soprattutto se sieno soggette alle nevi , ed al gelo .

Fig. 43.

293. Dovendosi fabbricare su' scogli isolati ,
 procurar si deve che le fondamenta non poggi-
 no sulle fenditure, che vi s'incontrano , e che
 mai procedano parallele a queste , acciocchè
 non rovinino gli Edifizj soprastanti . Inoltre si
 avverta , che dovendosi fondare , ed edificare su'
 scogli irregolari , e di differente consistenza , si
 debbono eguagliare le fondamenta fino ad una
 certa altezza . Per ciò fare , seguendo gl' inse-
 gnamenti di Belidoro , (1) si stabilisca la lar-
 ghezza da darsi alle fondamenta , e se ne deter-
 mini l'allineamento con assi di legno , in mo-
 do che restino racchiuse in una , o più casse con-
 tinue , tuttochè poste in livelli diversi , co-
 me si ravvisa nella figura MN . Si prendano
 indi delle scaglie , e delle piccole pietre calca-
 ree , o della stessa qualità dello scoglio del vo-
 lume di un oncia cubica ad un di presso ; si
 mischino col calcestruzzo ben liquido , e della
 qualità descritta (N. 245. a 249.) , e se ne
 for-

(1) *Science des Ingenieurs* Lib. III. Cap. IX.

formi un composto alquanto consistente ; di questo se n'empieranno i siti irregolari , e si farà subito ben pestare con grossi pestoni , proseguendo questa operazione sino a che si vengano ad uguagliare le irregolarità , ed a formare una base orizzontale almeno per parti . Se si faccia seccare una fabbrica sì fatta , prima di costruirvi sopra le mura , e se ne tolgan quindi le casse , si formerà il fondamento il più stabile , che possa immaginarsi , secondo che attestano gli Architetti i più sensati (1) .

294. Si noti , che se mai ne' siti sassosi , scogliosi , e composti di tufo , si trovino delle parti compressibili , e soggette a far fendere le soprastanti mura , si dovrà procedere con arcate , che abbiano appoggio o su scogli stabili , o su pilastri stabilmente costruiti . Imperocchè la stabilità del suolo deve resistere ugualmente

Tom. II.

R

da

(1) Vitruv. Lib. II. Cap. VIII.

Perrault. ne' Comentarj che fa a Vitruvio , dimostra che gli Antichi ne fecero molto uso .

da pertutto , acciocchè le diverse parti dell' Edificio non rovinino .

295. I più intelligenti Architetti non sono di accordo in istabilire le fondamenta nelle terre arenose di poca consistenza , e soggette a slammare . I mezzi intanto i più usati sono : di scavare fino a che s' incontra un terreno vergine , purchè ciò addivenga senza procedere a grandi profondità ; poichè in questo caso , o si farà uso di pilastri congiunti con archi , siccome è stato detto (n. 289.) ; o qualora i medesimi neppur possano stabilirsi sul sodo , si scaverà fino ad una data profondità , ed indi si farà uso di palificate connesse nella parte superiore con travi poste per traverso , e per lungo , formando una spezie di graticola , i voti della quale si riempieranno con buoni materiali , siccome si è avvertito (n. 283).

296. Ne' terreni poi acquosi , e paludosi , si deve assolutamente far uso dell' anzidette palificate , scavando prima fino ad una certa profondità ; ed in una larghezza maggiore di quella delle fondamenta . Per darne un' idea , si piantino

no lungo le direzioni della fossa già scavata de' grossi pali a guisa di travi , che non distino mai più di piedi sette , nè meno di un diametro che esprime la grossezza de' pali medesimi , accrescendo , o minorando la suddetta distanza , secondo la maggiore o minore compressione , che può ricevere il terreno . Si fatti pali *r* si conficchino nel suolo con battipali fino a che non possano penetrar di più , facendone rimanere una porzione fuori del suolo medesimo . Le teste poi degli stessi pali si rendano meno grosse , e si inseriscano negl' incavi fatti nelle travi *A A* , le quali vi si connettano in sì fatta guisa . Le travi poi *A A* si connettano colle altre trasversali *C C* per mezzo di incastri , o di cavicchie , o di ligami di ferro . Si conficchino finalmente nelle aree quadrate *G* degli altri pali o cilindrici , o parallelepipedi se fia necessario , per rinferare e consolidare il suolo , che servir deve di base alle fondamenta , e si farà costruita la palificata a graticola , ne' cui voti , ed al di sopra della medesima vi si fabbricherà con calcestruzzo adattato alle circo-

Fig. 45.

stanze, e con mattoni ben cotti nel modo additato (n. 283.)

297. Si noti che la lunghezza , e la grossezza de' pali si deve dedurre dagli esperimenti da farsi ne' siti , ove si debbono impiegare . La loro lunghezza dev'esser tale , che conficcandosi nel suolo co' battipali , non possano penetrare di vantaggio , anzi riurtino indietro le macchine comprimenti , restando de' pali medesimi una porzione fuori del suolo . La grossezza poi si ha a dedurre dalla lunghezza . Nell' estremo più grosso deve la grossezza essere $\frac{1}{2}$ della lunghezza , se questa è di piedi 8. in 12. , e dev'essere al quanto maggiore , se è minore di piedi 8. ; si aumenterà fino a 14. pollici , se la lunghezza sia da 12. fino a 24. piedi ; (1) Di sì fatti pali si scelgono i più lunghi , ed i più grossi per conficcarli lungo gli estremi de' fondamenti , e soprattutto allorchè trattasi de' rivestimenti dell' opere di una Piazza di

(1) *Béhd. Scienc. des Ingenieurs Lib. III. Cap. IX.*
Boecler. In Notis ad Pall.
Hartman. Archit. Civ.

di guerra. Il legno, che più regge sotterra, è la quercia, e l' alno, come si dirà a suo luogo. Si rendono acuminati in un estremo, affinchè penetrino nella terra più facilmente. La parte acuminata dev'esser lunga per un diametro e mezzo, o al più due de' pali medesimi. Allorchè s'incontrano materie atte a spuntarli, si forniscono di punte di ferro, e nell'estremo superiore di anelli di ferro altresì, acciocchè non si fendino a' colpi de' battipali.

298. Per dare un esempio di quanto si è detto sulle palificate nella costruzione de' rivestimenti, che si fanno ne' ripari di una Piazza di guerra, qualora il terreno sia paludoso, ed acquoso comunque; si traccino le basi, che aver debbono i rivestimenti, ed i controforti, e sieno *A B C D E F G H I K L M*. Si piantino indi più file di pali, una lungo *A B*; l'altra lungo *C D*; altre, secondo le direzioni *F G K L*, ed altre secondo altre direzioni a queste parallele, in modo che ciascun palo disti dall'altro, nella stessa fila, di due piedi. Se ne pianti uno in ciascun angolo della base di un controforte, talmente che nell'

Fig. 46.

interno della stessa ve ne sieno quattro. Si connettano i pali additati con altre travi per lungo, e per traverso, come si ravvisa nella figura, in cui si dimostra la connessione della graticola, secondo è stato detto (n. 296), potendosi conficcare negli spazj intermedj altri pali per render la base maggiormente stabile. Per chiarezza maggiore si offervi anche il pro-

Fig. 47. filo M N O P.

299. Ne' terreni acquosi, e di poca resistenza si pratica una precauzione maggiore di quella additata di sopra. Si prendono de' pali squadrate, e si conficcano lungo la parte esteriore delle fondamenta distanti l'uno dall'altro per 15. pollici, e ne' medesimi vi si fanno lateralmente degli incavi, che si corrispondano in un istesso piano verticale per poterli in essi inferire un tavolone, che chiuda lo spazio intermedio a' due pali, con farlo penetrare nel terreno per mezzo de' battipali, siccome vedesi chiaramente nella figu-

Fig. 48. ra A B C D, coprendo i pali, e le tavole con travi, che vi si conettono o con cavicchie, o con chiodi, o con incastrature.

300. La grossezza degli additati tavoloni è proporzionata alla loro lunghezza; se questa è sei piedi, l'altra è di tre pollici; se è di piedi 12, quale suol essere l'ordinaria, la grossezza sarà di quattro pollici ad un di presso. Gl' incavi poi, che si formano ne' pali sono profondi due pollici ad un di presso, e sempre alquanto più larghi della grossezza de' tavoloni, affinchè vi possano questi avere un libero passaggio. Gli stessi tavoloni sogliono, allorchè sia necessario, guernirsi di punte di ferro nel modo specificato nella figura M N P.

Fig. 49.

301. Allorchè si deve andar incontro all' urto dell'acque, come avviene nello stabilire il suolo, ed i pilastri delle chiuse di acqua, si piantano i pali o in una sola fila, se sieno di gran diametro, o in due file e poco distanti tra se, quando sieno di diametro minore. Vi si connettono superiormente con incastrature, con chiodi, e con ligami delle travi per lungo, in modo, che tra queste vi rimanga uno spazio da dar passaggio a' tavoloni, i quali si seguono ordinatamente incastrati l'uno nell'altro; e s'impedisce totalmen-

te l'adito alle acque. In questo caso i tavoloni si costruiscono in guisa, che da una parte de' lati lunghi vi sia un incavo, e dall'altra formino un cuneo proporzionato per inserirsi nell'in-

Fig. 50. cavo del tavolone contiguo. Nella figura SPQR si ravvisa la connessione degli additati tavoloni.

302. Si avverta che ne' luoghi acquosi, e paludosi non sempre si possono costruire le palificate. Infatti se si rinvenzano sorgenti sotterranee, che abbiano origine da montagne vicine, conficcando de' pali si andrebbero a scoprire, onde cercando le acque di metterli a livello coll'acque della loro origine, spingerebbero in alto le palificate, siccome è noto per le osservazioni fatte. In questi casi si fonderà scavando il meno che sia possibile, ed a misura che si possa sollecitamente riempir di fabbrica lo scavo fatto, facendo uso di quel calcestruzzo, e di que' materiali che presto si consolidano, mettendoli in opera con diligenza, e con sollecitudine (1). Si soglio-

(1) Belid. *Science des Ingenieurs* Lib. III. Cap. IX.

gliono in siti sì fatti scavare e fabbricare le fondamenta a porzioni, lasciandovi de' solidi intermedj di terreno, acciocchè le acque non si rendano comunicanti. Quando poi le terre non sono tenaci; lungo gli estremi delle fosse si formano degli steccati di tavole, dividendo le fossate istesse in tanti cassoni. Questi servono per impedire che le terre non rovinino nelle fossate, e per mantenere nel giusto sito la fabbrica sino a che prenda consistenza, dopo del qual tempo si scompongono le casse, per formarne in seguito delle altre; e si colligano infine i pezzi di fabbrica, che rimangono disgiunti, con minuti materiali, e con calcestruzzo adattato al bisogno.

A R T I C O L O IV.

Si dan le avvertenze le più necessarie per istabilire le fondamenta ne' fiumi, e nel mare.

303. **P**ER ben stabilire le fondamenta delle pile, o sieno pilastri de' ponti, e di tutte le altre fabbriche che costruir si debbono ne' fiumi; è quasi

è quasi che sempre necessario di assicurarne il fondo con palificate, e con tavoloni i più resistenti, che sia possibile, augumentandone il numero non meno, che la grossezza, secondo ch'è maggiore la quantità, e la violenza dell'acqua, e secondochè l'alveo è sopra un terreno meno resistente. Costruendo poi nell'alveo le pile de' ponti, si vengono le acque a restringere, onde crescendo in altezza, acquistano maggior velocità, e scavano più facilmente le fondamenta. Quindi conviene costruire anteriormente delle dighe, che diminuiscano la velocità, che hanno le acque acquistata. Di più si debbono costruire sì fatti fondamenti nella state, in cui si possono anche volentieri deviare le acque da' siti, ove si vuole fabbricare; e qualora ciò non possa eseguirsi, si possono render le acque medesime stagnanti, o con islargar l'alveo, o formando de' ripari, e delle dighe; lo che agevolerà molto a poter eguagliare le basi de' fondamenti, ed a potervi costruire delle palificate. Si toglieranno poi tutti sì fatti argini subito che le pile avranno presa consistenza.

304. Esaminar si deve inoltre, prima che si venga all' effettiva costruzione delle fondamenta, la qualità del suolo. Se questo è in terreno sodo e stabile, ovvero in rocca, farà sufficiente di scavar la fossa delle fondamenta per qualche piede, uguagliandone la base o all' istesso orizzonte, o ad orizzonti diversi, secondo che richiedono le circostanze. Vi si comincerà indi a gettar le fondamenta con buone e grosse pietre di taglio, e con calcestruzzo atto per le fabbriche nell' acque. Allorchè poi il fondo del fiume è poco stabile, e si sien potute deviare le acque, si deve il medesimo render resistente ne' siti ove si hanno a costruire le pile, e negli altri pe', quali deve scorrere l'acqua, praticando mezzi più o meno efficaci, secondo che variano le circostanze.

305. Si supponga in fatti, che il fondo non sia affatto resistente, e che le acque vi debbano scorrere precipitosamente, si formerà una palificata da un estremo all' altro del fiume. La palificata su cui devesi costruire ciascuna pila, viene espressa nella figura ABCD, in cui oltre Fig. 51.
de' pali, e delle travi, che formano la graticola,
la,

la , vi sono intorno intorno i tavoloni , che si conficcano tra due travi , che sono inserite a' pali sottoposti ordinati in due file. Negli spazj poi intermedj si possono , se sia necessario , piantare altri pali , per vie più consolidare il terreno racchiuso nella suddetta pianta , sulla quale si eleverà la pila con sicurezza , dopo che se ne sieno riempiti i voti con buoni materiali posti in opera con arte . La palificata poi sotto gli archi ed innanzi , e dietro de' medesimi , devesi costruire ugualmente resistente . Inoltre dopo che si sieno eguagliati i voti della medesima , nel modo sopraddetto , si ricopre con tavoloni di un mezzo piede di grossezza , e questi si connettono strettamente insieme , con calefatare le commessure dopo che vi si sia introdotto del canape , e una certa erba detta musco . Su' medesimi tavoloni sì fattamente connessi , vi si pone uno strato di pietre di taglio connesse tra se in modo da non poterli separare ; ancorchè il calcestrizzo , della qualità la più adatta al bisogno , non le colleghi bene insieme .

306. L'additata costruzione si pratica ne' canali

nali delle grandi chiuse , e ne' ponti di molta importanza, poichè ne' casi meno rilevanti, non si fa uso de' tavoloni calefatati , ma di un semplice selciato di pietre di taglio . Sovente non è necessario di conficcare i tavoloni lungo gli estremi della palificata; e molte volte non si fa uso di questa sotto gli archi, ma di un semplice selciato di pietre, giacchè, secondo le diverse circostanze, si deve diversamente agire . Ne' gran fiumi , ne' quali riesce difficile deviare le acque , per istabilire le additate fondamenta , convien formare degli incassamenti con pali, e con tavole , ne' quali si possa fabbricare con materiali atti a consolidarsi , de' quali fu detto (n. 269.) Si può altresì far uso di barche ripiene di materiali sì fatti , facendole affondare, per poi edificarvi al di sopra . Finalmente si potranno impiegare le casse calefatate , nelle quali si può fabbricare a secco , siccome sarà meglio specificato in appresso , trattandosi delle diverse maniere di gettar fondamenta nel mare, le quali sono in un certo modo applicabili ne' fiumi .

307. Per ben stabilire le fondamenta degli

Edi-

Edifizj o nel mare , o ne' lidi del medesimo , vengono praticate tre maniere diverse . La prima dicesi a *pietre perdute* . La seconda per *incassamento* , il quale si forma con pali , e tavoloni , e si riempie indi di materiali , che vi s'intromettono con macchine , senza che prima se n'estragga l'acqua . La terza dicesi di *casse a secco* , poichè sono queste calefatate , e unte di pece , fabbricandovi entro a secco (1) . Lungo farebbe , il voler minutamente descrivere i lavori , e le macchine necessarie , per eseguire le indicate maniere di gettar fundamenta nel mare ; ne dirò quindi tanto , che si possa rilevare la necessità di consultarne coloro , che trattano di proposito di materie sì fatte (2) .

308. Or la prima maniera , serve per la costruzione delle dighe , e per istabilire le fonda-
men-

(1) La prima maniera dicesi da' Francesi a *pierres perdues* : La seconda a *caffres* : e la terza *par ancaissement a sec*.

(2) Belid. Tom. II. Lib. III. Chap. X. & XI. *Architect. Hydraul.*

menta de' moli , e delle altre opere annessa a' porti . Nella costruzione delle semplici dighe , senza prenderfi la pena di uguagliarne la base , si getteranno le pietre secondo l'allineamento tracciato sulla superficie dell'acqua . Si comincerà il lavoro lungo gli estremi della base , e si cercherà di impiegarvi con ordine le pietre più dure , ma di mezzana grandezza , poichè generalmente parlando , impiegar si debbono sì fatte pietre nel fondo , ove il mare è meno agitato ; gradatamente appresso le pietre di un volume maggiore , e quindi le più grosse , e le più resistenti , soprattutto lungo le scarpe esposte all'impeto dell'onde ; avvertendo di farle poggiare colla parte , che ha maggior superficie . Deve inoltre l'additata costruzione procedere per istrati orizzontali , e su ciascuno strato si debbono gittare delle scaglie , e delle piccole felci , per riempiere i vuoti , che lasciano le pietre più grandi , affinchè col limo , colle conchiglie , e colla sabbia che v'introduce il mare , si venga a formare una liga di tutte sì fatte materie , che si uguagli alla più resistente fabbrica .

309. Si deve aver somma cura in ben stabilire le scarpe, poichè a proporzione, che queste hanno maggior base rispetto all'altezza, la diga diverrà più stabile. Ordinariamente si dà loro una base doppia dell'altezza. Si sogliono le dighe fuori dell'acqua, coprire di ottima fabbrica, con impiegare pietre di taglio ben intralciate, e'l calcestruzzo della miglior liga. Gli Antichi, allorchè mancavano le pietre per la costruzione delle dighe, e delle scogliere, costruivano degli ammassi di fabbrica di buona pietra e di calcestruzzo formato con pozzolana, e con calcina spenta; li facevano seccare per due mesi, e poi li facevano cadere nell'acqua (1). In formare sì fatti ammassi, si potrebbe forse con più vantaggio far uso del metodo del Signore Lorient, di cui fu detto (n. 249.).

310. Si noti, che qualora sì fatte dighe costruir si debbano ne' fiumi, devesi far procedere il lavoro per istrati orizzontali, con farlo avanzare

(1) Vitruv. Lib. V. Cap. XII. Traduz. di Galvani.

zare ugualmente in ciascuna parte di ciascuno strato, poichè altrimenti concorrendo l'acqua più in una, che in altra parte, formerebbe questa delle scavazioni, e renderebbe il lavoro più difficile, e più speso. Inoltre gettar conviene nel fondo, e specialmente in quella parte che corrisponde al filone le pietre più grosse, e più resistenti, poichè ne' fiumi, la velocità dell'acqua è maggiore nel fondo, e vie più ove corrisponde il filone.

311. Allorchè le dighe servir debbano di base a' moli, o ad altri Edifizj considerevoli, bisogna affodare ed eguagliare le basi delle fondamenta al meglio che sia possibile. Stabilita che sia la larghezza, che il molo aver deve a fior di acqua compresi i margini, o fieno le banchette; dar conviene alla base sottoposta, ch'è nel fondo del mare, la stessa larghezza augmentata del quadruplo dell'altezza dell'acqua, affinchè ciascuna base di scarpa sia doppia dell'altezza del molo. Essendosi condotto il lavoro a 5. in 6. piedi sotto la superficie superiore dell'acqua, bisogna procedere con maggior

esattezza in ordinare le pietre, ed in riempiere i voti, e gl' interstizj intermedj fino a 4. o a 3. piedi sotto la stessa superficie dell' acqua. Si lasci l' opera in questo stato per un anno, affinchè l' urto delle acque, il peso delle materie, che la compongono, e le materie arenose, limacciose, e glutinose che vi s' intromettono, la rendano più stabile e soda. Dopo questo tempo si uguaglierà il piano superiore, e vi si formerà uno strato di calcestruzzo composto di calcina viva, di pozzolana, e di calcina spenta, mescolato con piccole pietre; e fatto alquanto consolidare per un giorno. Si spargerà un calcestruzzo sì fatto sull' additato piano della diga con alcuni vasi di legno, i quali immergendosi con macchine nell' acqua, abbiano i fondi atti a potersi aprire, allorchè si debbano lasciare le materie, che vi si contengono; e ciò affinchè non sieno queste dissipate dall' acqua, e si possano con zappe fornite di lunghi manichi uguagliare, per farle insinuare negl' interstizj della diga, e formarne quindi l' espresso strato.

312. Dopo che l'opera sia ridotta al termine di sopra divisato, si ricoprirà immediatamente con uno strato di pietre dure ed atte a formare la liga la più perfetta, con ben premerle sullo strato sottoposto. Su queste pietre si formerà un altro strato della composizione specificata di sopra, e sì fatti strati diversi si alterneranno fino ad un piede sotto la superficie dell'acqua, procurando di ben uguagliare la superficie dell'ultimo strato, sulla quale deve stabilirsi il molo, ed ogni altra opera qualunque. Allorchè l'opera sia avanzata sulla superficie dell'acqua, si lasceranno i margini di otto piedi in circa di larghezza, siccome si può osservare nella figura A B C D. Si eleverà finalmente la fabbrica fuori il livello dell'acqua secondo le circostanze, ed i fini, pe' quali si costruisce; ed a seconda di questi altresì si useranno maggiori, o minori avvertenze nell'intera costruzione di opere sì fatte.

Fig. 52.

313. La seconda maniera di gettar fundamenta nel mare, additata (n. 307.), serve per istabilire le fondamenta di tutte le mura, e specialmente de' rivestimenti delle opere di un qualche

luogo fortificato, che costruir si debbono lungo i lidi, ancorchè le acque sieno alla profondità di 20. in 25. piedi. Si supponga che si abbiano a gettar le fondamenta per costruire un rivestimento ad una Fortezza. Si stabilisca la grossezza del muro a proporzione che cresce l'altezza, e l'impeto dell'acqua. Si dia alla scarpa una base, che sia il sesto, o al più il quinto dell'altezza del muro istesso. Si tracci sulla superficie, nel miglior modo che si possa, la pianta dell'opera istessa; e secondo la traccia fatta si conficcheranno de' lunghi pali di distanza in distanza, e de' tavoloni in modo, che lo spazio tracciato rimanga racchiuso dappertutto. Se ne pulirà indi il fondo finchè si trovino delle materie dure e resistenti.

314. Essendosi fatto il suddetto apparecchio, si prenderà il calcestruzzo il più atto a consolidarsi nell'acqua, e si mescolerà con piccole pietre dure. Indi si costruiranno le fondamenta, impiegando uno strato di sì fatta composizione, ed un altro di pietre di buona qualità, e di poca grandezza; quindi un altro strato della stessa composizione, e così alternando, si procederà fino a che la fabbrica
 sia

fia qualche piede sotto la superiore superficie dell' acqua ; s' impiegheranno in seguito le pietre di maggior grandezza , ed indi quelle di taglio , e si useranno tutte le avvertenze specificate (n. 312.). Si avverta che la composizione del calcestruzzo , e delle piccole pietre si deve introdurre fino al fondo nella maniera additata (n. 311.) Procedendo in sì fatta guisa , a proporzione che s' incassano le materie , ne vien scacciata l' acqua , onde quelle si consolidano in maniera , che dopo qualche mese la fabbrica diviene insolubile , e si va quindi a togliere tutto il legname impiegato .

315. La terza maniera di fondare nel mare , e soprattutto lungo i lidi , ove le borasche sono più frequenti , e le acque più profonde , e più agitate , è quella d' impiegare grandi casse di legno calefatate , nelle quali poi vi si fabbrica a secco . Sì fatte casse si debbono costruire in modo , che possano agevolmente discomporsi , per poter impiegare nella costruzione di altre casse consimili , il legname , che se ne trae , eccetto quello delle basi , che rimane sott' acqua . Essen-

dosi costruite, si dispongono ne' siti, ove devono approfondarsi, l'una appresso l'altra, ritenendovele con macchine, con corde, e con ancore; supponendo che siasi antecedentemente uguagliato il suolo su cui debbono poggiare. Allorchè sieno sì fattamente disposte, i muratori vi entreranno, e vi fabbricheranno con calcestruzzo, e con materiali atti a consolidarsi nel più breve tempo possibile. Dalla parte anteriore si metteranno in opera pietre da taglio, dure, e ben intralciate. Nelle unioni tra una cassa e l'altra, si lasceranno de' risalti, per poter poi unire le mura contenute nelle casse, allorchè queste si vanno a discomporre.

316. Col crescere il peso della fabbrica, le casse s'immergono nell'acqua; si deve perciò diligentemente osservare, se serbino l'allineamento necessario, per correggerne i deviazioni. Giunte poi che sieno al fondo, e che la fabbrica interna sia due piedi ad un di presso sotto il livello dell'acqua, si lascia raffettare e consolidare per qualche tempo. Di poi si scompongono le casse, e si situano nelle parti anteriori delle commes-
sure,

sure, che vi sono tra una cassa e l'altra, de' tavoloni; acciocchè impediscano l'adito all'acqua, seguita che sia la scomposizione del legname delle casse medesime. Si uniscono i pezzi disgiunti di fabbrica, mettendo in opera i materiali, ed il calcestruzzo più volte indicato; e quando si conosca che si sieno consolidati, si toglieranno i tavoloni posti dalla parte anteriore. Si proseguirà finalmente la fabbrica sopra la superficie dell'acqua con pietre di taglio, lasciando de' margini, allorchè sia necessario. Spesso riesce difficile di far uso di sì fatte casse, onde invece delle medesime si fa uso di barche ben ancorate, e colligate insieme, nelle quali si fabbrica fino a che vadano colla propria gravità a poggiare sul fondo.

317. Quanto alle stesse casse è d'avvertirsi, che esser debbono di figura parallelepipedica, e di grandezza tale, che qualora sia piena di fabbrica non possa esser mossa dall'impeto del mare. Si debbono poi costruire con grosse travi ben connesse, e con tavoloni annesse alle medesime, affinchè sieno resistenti, quantunque si debbano

costruire in modo da poterfi scomporre, siccome si è detto (n. 315.). Effer debbono inoltre più alte dell'altezza che ha l'acqua ne' siti, ove si hanno da impiegare, misurata però ne' tempi delle maggiori maree; e si debbono finalmente ben calefatare.

318. Per determinare le dimensioni dell'additate casse; bisogna regularsi colle diverse costruzioni, che se ne sono fatte ne' diversi siti del Mediterraneo, e dell'Oceano, per poterne far uso ne' casi simili. Si potrebbe per sì fatta determinazione calcolare per approssimazione almeno la velocità, colla quale il mare nelle maggiori burasche percuote la superficie delle casse, affinchè tenendo conto dell'altezza, si possa alle medesime proporzionare una base tale, che il solido di fabbrica da costruirvisi rimanga immobile ne' tempi borascoli.

319. Per determinare colla maggiore approssimazione l'additata velocità, è da sapersi, che da molte osservazioni costa, che i bastimenti più atti a camminare, andando a seconda del vento non meno, che della corrente, nelle grandi

di

di borasche, percorrono in un'ora sedici miglia, di mille passi l'uno. Si può quindi in questa ipotesi determinare quale spazio percorrano in un minuto secondo, considerando, in questo intervallo di tempo, il moto uniforme; ed uniforme quindi la loro velocità, o sia dell'acqua nello stesso minuto secondo: Effendosi poi determinata la velocità, colla quale l'acqua del mare agisce contro le casse nelle più violenti burasche, ed essendo nota la superficie su cui l'acqua agisce, e' il peso di un piede cubico di fabbrica, si potranno colle leggi meccaniche determinare le altre dimensioni delle casse, acciocchè contengano un solido, che possa resistere all'urto dell'acqua.

320. Se in tal guisa si proceda in determinare le casse, si agirà con vantaggio della resistenza. Imperocchè costa dalle osservazioni, che un galleggiante che si faccia cadere da un bastimento che corra nel modo additato (n. 319.), vien trasportato con minor velocità di quella del bastimento. Quindi la velocità dell'acqua corrispondendo a quella del galleggiante, farà minore di quella posta a calcolo. Di più l'acqua
del

del mare a 15. piedi sotto la superficie superiore è meno agitata della soprastante; qualora non si consideri negli stretti, ove agiscono le correnti. E lo stropicciamento, che le casse formano colle basi sottoposte, dà anche un vantaggio a favor della resistenza.

321. Finalmente per ben stabilire le fondamenta per mezzo dell'additate casse, oltre la diligenza che conviene usare per uguagliare il fondo, su cui debbono poggiare, bisogna evitare le borasche nel tempo della costruzione. Le osservazioni fatte da' marinaj de' luoghi ove devesi edificare; la posizione delle montagne; e le osservazioni barometriche possono condurre a determinare il tempo più adatto per consimili lavori. L'anticipata preparazione di tutti i materiali, e di tutte le macchine necessarie all'esecuzione, e la sollecitudine degli artieri può anche evitare molti accidenti, che rendono sovente difficoltosi, e dispendiosi oltre modo i lavori di cui si parla (1).

CA-

(1) Chi desidera distintamente instruirsi sulle
tre

C A P I T O L O VII.

Delle principali proprietà de' legnami; del modo di esaminarne la resistenza; e dell' uso de' medesimi nella costruzione degli Edifizj militari, e de' ponti.

A R T I C O L O I.

Si additano le principali proprietà de' legnami, e si divisa la specie di quelli, che s'impiegano nelle fabbriche.

322. **L**E proprietà più essenziali de' legnami, quanto all' uso di cui quì si parla, riguardano la coerenza delle loro parti componenti, donde deriva la loro resistenza, che devesi principalmente esaminare, poichè i legnami nella costruzione delle fabbriche debbono, pel tempo

tre maniere esposte di fondare nel mare, e delle macchine necessarie a tal uopo, legga Belidoro *Arch. Hydraul.* Tom. II. Lib. III. Chap. X. & XI.

po il più lungo che si possa , resistere al peso. La resistenza medesima intanto deriva dalla organizzazione degli alberi, dalla loro età , dalla diversità del clima , e del terreno in cui crescono, dall'arte di tagliarli , e farli stagionare, e finalmente dalla loro diversa specie.

323. Non è questo il luogo di esporre una distinta , ed anatomica organizzazione degli alberi (1); ma è pur necessario di dir poche cose sulla maniera colla quale i medesimi crescono , e si formano. Un seme di un albero posto nel terreno ad una giusta profondità , produce una pianta. Questa cresce, e s'indurisce, e forma in un anno un tessuto legnoso, con un bottone nell'estremo suo superiore. Questo si spande , e sbuccia nell'anno susseguente , cacciando fuori un virgulto simile al primo, ma più vigoroso ; s'ingrossa e si estende anche di più , e produce nel suo estremo un altro bottone. Ripete

te

(1) Si leggano l'esperienze del Sig. Grew , di Malpighi, di Hales, e di Leeuwenhoeck.

te la natura in ciascun anno consimili sviluppi, e quindi deriva la crescita degli alberi in altezza.

324. La crescita degli alberi stessi in grossezza, si forma nel seguente modo. Il primo bottone, di cui è stato di sopra detto, tira il suo succo nutritizio per mezzo de' piccioli canali che sono nello stelo della pianta, e de' quali i principali sono propriamente posti tra la scorza, e'l tessuto legnoso. L'azione di un sì fatto succo nel tempo istesso che eleva il bottone, e fa innalzare la pianta, dilata i canali, e scorrendovi continuamente vi deposita delle parti, le quali vi si fissano, e ne aumentano la solidità. Quindi l'arbofcello nel secondo anno contiene nel suo mezzo un tessuto legnoso in forma di cono allungato, ch'è lo sviluppo del primo anno, ed un altro strato legnoso, e conico altresì, che lo involupa, e che il sorpassa, e che propriamente è lo sviluppo del secondo anno. Il terzo strato si forma come il secondo, e'l quarto come il terzo, e così degli altri; in guisa che un grosso albero è un composto

posto di conì legnosi, che s' involuppano, e si ricoprono fintanto che termina l'intera sua crescita. Onde se si faccia una sczione perpendicolare alla lunghezza di qualunque albero, si veggono in essa le fasce legnose, che si sono formate annualmente, e che indicano quindi col loro numero l'età dell'istesso albero.

325. Or la grossezza di sì fatte fasce varia negli alberi dell'istessa non meno, che di diversa specie. La sostanza, che unisce le diverse fasce, è meno resistente di quella che produce lo sviluppo dell'albero in altezza. In fatti i canali longitudinali s'ingrossano, ed acquistano solidità pel succo che vi si deposita. Da' medesimi poi partono per ogni dove picciole barbe, o siano filamenti, i quali da una parte producono la scorza, e dall'altra, attaccandosi al legno dell'anno antecedente, formano il legame tra le fasce, o sieno conì legnosi, in modo che tra una fascia e l'altra vi si osserva un tessuto spongioso, poroso, e di non molta grossezza.

326. Dall'espressata struttura degli alberi si rileva; che la resistenza longitudinale sia mag-
gio-

giore della trasversale ; che degli alberi ugualmente grossi, sieno più resistenti quelli, che sono formati da minor numero di fasce ; che in segare gli alberi, si minora la resistenza del legname, qualora le fasce legnose vengono segate in modo che restino tagliati ed interrotti i filamenti longitudinali: e che sia finalmente un errore il voler calcolare la resistenza de' legnami dall'esperienze che si sieno fatte sulle piccole stanghe, in cui avviene sempre che restano segati i filamenti longitudinali.

327. Di qualunque specie che sieno gli alberi partecipano sempre della natura del terreno, e del clima, in cui sono cresciuti. Gli alberi de' luoghi aridi, pietrosi, e sabbiosi sono ordinariamente molto resistenti, ed atti a reggere gran pesi. Quelli che crescono in luoghi paludosi sono poco resistenti. Gli altri esposti al mezzo giorno, ed al levante sono gradatamente di miglior qualità di quelli, che esposti sono al settentrione, ed al ponente (1). Inoltre gli alberi,
che

(1) Vitruv. Cap. X. Lib. II.

che crescono distanti gli uni dagli altri, essendo più esposti al sole di quelli che crescono uniti, hanno più consistenza de' medesimi. Degli alberi poi della stessa specie, e della stessa età sono più resistenti quelli che hanno avuto maggior crescita. I più giovani sono meno resistenti, che i più vecchi; e in un istesso albero la parte più vicina al nocciuolo è più resistente di quella, che più si approssima alla scorza; ed il legno del tronco è più resistente di quella, che è verso la cima, e di quello de' rami.

328. Varia altresì la tenacità ne' legni, secondo che varia la ficità, e l'elasticità loro. Il legno verde, ed elastico si rompe più difficilmente, che il secco, ma è soggetto a cambiamenti contrarj alla sodezza, ed alla bellezza delle fabbriche. Di più siccome l'età contribuisce a render gli alberi più resistenti, non se ne deve far uso prima che non siasi terminato l'intero loro sviluppo, e la loro crescita. Neppure se ne ha a far uso dopo questo tempo, poichè comincia allora a manifestarsi la loro decadenza, e perdono la coerenza, e resistenza, che aveano acquistata.

329. Per augumentare la solidità , e la resistenza ne' legnami , è necessario di tagliar gli alberi a tempo proprio , e con date preparazioni , e quindi farli ben seccare , e stagionare . Or il tempo più adatto al taglio degli alberi , dev' esser quello , in cui il succo nutritizio è il meno abbondante , giacchè la grande umidità gl'indebolisce , dilatando di soverchio le fibre . Si vuole comunemente che si debbano tagliare dal mese di Novembre a tutto il mese di febbrajo . E' poi un errore popolare il credere , che il taglio degli alberi si abbia da fare a luna scema , sulla supposizione che ne' plenilunj sieno più abbondanti di umore . Le sole osservazioni dell' Igometro fanno conoscere sì fatto errore , oltre quelle fatte da' Fisici riguardo ai mobilissimi raggi lunari raccolti ne' specchi ustorj . Onde i più savj Architetti hanno disprezzato questo errore popolare (1) .

Tom. II.

T

330.

(1) Vitruv. Lib. II. Cap. IX.
Gautier. *Architect. française.*

330. Quanto alle preparazioni da praticarsi prima che si venga al taglio degli alberi ; è da saperfi, che comunemente, e da tempi remoti, si pratica d'incidere gli alberi ne' siti, ove si ha a fare il taglio, fino al vivo del legno. In sì fatta guisa si dà scolo a quell'umidità, che produce la putredine, e guasta il legname (1). L'additata incisione si fa ne' principj di Autunno ; si tagliano dopo qualche tempo i rami, poichè gli umori s'insinuano nelle piante anche per le frondi, siccome si dimostra da' Naturalisti (2). Si lasciano sì fattamente fino al mese di Dicembre, e da questo tempo in poi fino a tutto il mese di febbrajo si abbattono al suolo.

331. Per procurare vie più la solidità, e la resistenza ne' legnami si è progettato, che nella Primavera si spogliano della scorza da capo a fondo, e che si lascino stare fino a che si estingua

(1) *Vitr. loc. cit.* Alberti Lib. II. Cap. IV.

(2) Peral. *In notis ad Vitr.* Lib. II. Cap. IX.
 Mariot. *Essai premier de la Veg. des Plant.*

gua la vegetazione, dopo del qual tempo poi si abbattano al suolo. In sì fatta guisa si ha un legname più pesante, più duro, e più resistente di quello che dà il metodo ordinario. Infatti se si rifletta alla maniera, colla quale gli alberi crescono in grossezza, si rileva che spogliandoli della scorza, tuttochè seguitino a vegetare, non possono aumentare i coni, o le fasce legnose; quindi la sostanza, che dovrebbe produrle si va ad insinuare, ed a fissare ne' pori del legno già cresciuto, e lo deve perciò rendere più pesante, più duro, e più resistente. Tutto ciò vien confermato dall'esperienze (1). Non è stato poi un metodo sì fatto generalmente praticato, perchè forse pregiudizievole allo sbucciare de' nuovi rampolli.

332. Or supponendo che sieno gli alberi tagliati col metodo comune (n. 330.), convienne che si faccia ben stagionare il legname, che

T 2 fe

(1) L'esperienze sono state fatte dal Sig. Duhamel, e da Buffon. Si leggano a tal proposito le Memorie dell'Accademia Reale di Parigi del 1776., e'l Sig. Mesange *Traité de Charp.* P. 1. Cap. V.

se ne trae . Se ne deve perciò toglier la scorza , e farlo seccare ugualmente , senza che sia esposto a' raggi solari , alle piogge , ed alle altre ingiurie delle stagioni . Dispor si deve in modo che non tocchi sulla terra , acciocchè non ne attragga l'umido , e se ne debbono combinare i diversi pezzi in guisa , che circoli dappertutto liberamente l'aria . Comunemente si crede , che non possa stagionarsi prima di tre anni , qualora se ne abbia a far uso nelle fabbriche .

333. Ordinariamente per l'uso delle fabbriche , il legname si compra tagliato , e stagionato . In questo caso se ne conoscono le buone e cattive qualità nelle seguenti maniere . Si getti su una estremità del legname una quantità di olio di ulivo molto caldo , questo striderà , se l'albore è stato cresciuto in sito acquoso , e paludoso , a cagione dell'acrimonia de' sali , de' quali abbonda ; non vi penetrerà poi nè interamente , nè dappertutto , se l'albore sia stato tagliato pregno di umidità ; all'opposto l'olio vi penetrerà , e senza stridore dappertutto , allorchè sia stato tagliato a tempo opportuno , e colle

neccessarie preparazioni . Per affitturarsi poi che un pezzo di legname non sia guasto nell'interno, si percuota col martello in una delle sue estremità, e dall'altra si ascolti, qual specie di suono renda, se il suono è fioco, e fievole, il legno farà guasto; se poi sia netto, e sonoro, farà di buona qualità nell'interno.

334. Molte sono le specie de' legnami, e lungo sarebbe il volerle quì distinguere, ma se ne divisano soltanto le principali, con additarne le proprietà più essenziali. La quercia tuttocchè si distinguea in varie specie serve generalmente a molti usi di un Edifizio. Si adopra con vantaggio nelle palificate, poichè costando di molte parti terrestri s'indura all'umido. Si fende però, allorchè rimane esposta al sole, ed all'aria aperta. Non è la medesima servibile in tutti i tempi della sua età. L'esperienze fissano l'età, in cui si rende più utilmente servibile, da' 60. anni in poi, sino ai 200., dopo del qual tempo si considera nello stato di decadenza.

335. Il castagno è un legname molto atto

per le fabbriche , qualora sia ben stagionato , e tagliato a tempo proprio , poichè nè si gonfia , nè si fende , ed è sufficientemente fornito di parti terree , onde s'indurisce facilmente . Si sperimenta perciò utile nella costruzione de' tettoj degli Edifizj . E' però soggetto a' tarli , a cagione dell'umido oleoso , che contiene , e si scheggia anche di leggieri .

336. L'abete è leggiero , nè si piega facilmente , quindi si rende utile a molti usi , che riguardano la costruzione di un Edifizio . Costa intanto di parti secche porose , ed oleose , onde è molto soggetto al fuoco , ed al minuto intarlamento . Si è sperimentato buono per le travi che formano i solai degli Edifizj .

337. L'alno è dotato di molte parti terree , ed è compatto , e resistente ; e quindi di ottimo uso per le palificate de' fondamenti ne' luoghi acquosi , e paludosi .

338. Il pioppo , il tiglio ed il falce sono legnami leggieri , facili al lavoro , e pieghevoli : abbondano d'umido , onde si rendono fragili , nè atti agli usi , che positivamente riguardano la costru-

struzione degli Edifizj, tuttocchè sieno ottimi per gli ornati, e per l'altre opere interne de' medesimi.

339. Il pino, e'l cipresso si piegano con facilità, ma hanno il vantaggio di non generare tarli, poichè abbondano di succhi amari.

340. L'olmo ed il frassino sono pieghevoli, onde neppur servono per le coperture degli edifizj. Il faggio si piega anche facilmente, ed è poco resistente, poichè è fornito di poche parti terree, e di molte umide, e contiene molti pori. S'impiega negli Edifizj per gli usi poco rilevanti.

341. L'ulivo è un legname affai compatto e duro; resiste molto nelle fondamenta, soprattutto se si abbrustolisca prima che si metta in opera. Il larice finalmente non si tarla, non è soggetto a marcire, e resiste molto al fuoco. Vitruvio credette questo legno incombustibile; e non altrimenti pensò Plinio; Ma l'uno e l'altro s'ingannarono (*).

T 4

AR-

(*) Il Palladio, lo Scamozzi, ed altri trattano diversamente de' legnami atti alle fabbriche.

ARTICOLO II.

*Del modo di calcolare la resistenza de' legnami
per farne uso nella pratica.*

342. **D**A quanto è stato detto nell' Articolo antecedente si rileva, che la resistenza de' legnami si distingue positivamente in trasversale, ed in longitudinale. Si dice trasversale quella che unisce le fibre, i filamenti, e le fasce legnose, onde risulta la grossezza del legname. Longitudinale poi si dice l'altra che unisce le parti componenti le fibre, i filamenti, ed i coni legnosi, donde risulta la lunghezza del legname medesimo. Or avendo riguardo all' uso che si fa de' legnami, si possono considerare le additate resistenze ne' tre seguenti casi principali. I. Può un legname resistere ad una pressione che agisce per schiacciarlo. II. Può resistere ad una pressione, che tende a diffunire le fibre, ed i filamenti legnosi, con superare la tenacità trasversale. III. Resister può ad ogni pressione, e ad ogni forza che tende a spezzarlo trasversalmen-

mente alla sua lunghezza, ed a superare conseguentemente la tenacità longitudinale.

343. Quanto al primo caso, i legni che resistono, aver possono due posizioni. Imperocchè o si comprime trasversalmente alla lunghezza delle fibre o siano filamenti, o a seconda e nella stessa direzione de' filamenti medesimi. La prima posizione viene espressa nel legno *ACBD*, il Fig. 53. quale avendo le fibre nella direzione *CB*, vien presso o da una colonna *X*, ovvero serve di appoggio a *X*, considerato come puntello; o finalmente si può esprimere nel legno *CD*, le Fig. 54. cui fibre procedono secondo la direzione *CD*, servendo lo stesso di contrasto a' legni *M*, ed *N*, a' quali resiste. In questa prima posizione la resistenza è molto grande, poichè le parti del corpo resistono coll'intera loro robustezza, nè possono cedere che schiacciandosi. La seconda posizione viene denotata dal legno *BH*, il quale vien Fig. 55. presso verticalmente sulla superficie superiore *ABCD*, ed in cui le fibre procedono secondo la direzione *AE*. In una sì fatta posizione, se il legno è inflessibile, e'l corpo comprimente

com-

combacia esattamente sulla superficie ABCD, e'l legno BH coll'altra EFGH sul suolo, la resistenza farà grandissima, poichè oppone l'intera robustezza longitudinale.

344. Quanto poi al secondo caso. La tenacità trasversale si distingue in assoluta, e relativa. Dicesi assoluta allorchè il legno si fende, e si diffunisce quasi che in un tratto; e relativa qualora la diffusione si fa successivamente.

Fig. 56. Sia un legno MS conficcato immobilmente nel muro X, e le sue fibre procedano secondo la direzione SQ, e a seconda di questa venga presso, lo stesso, resisterà colla resistenza trasversale assoluta, la quale vincendosi, produce quasi che istantaneamente la diffusione per esempio OP. Se poi sia un legno O, in cui le fibre proce-

Fig. 57. dano secondo la direzione BD, e sia tirato da due forze, che agiscano per direzioni contrarie verso A, e G, resisterà il medesimo colla resistenza trasversale relativa, la quale è sempre minore dell'assoluta, siccome si rileva dall'esperienze.

345. Finalmente quanto al terzo caso. La re-

resistenza longitudinale si distingue anche in assoluta, e relativa. Sia un legno $MNQO$ immobilmente posto nel corpo X , e sia tirato da una forza P secondo la direzione MO , ch'è quella delle fibre, resisterà lo stesso allo spezzamento colla resistenza assoluta. Se poi la forza, o il peso agirà perpendicolarmente ad OM , cioè da O verso Q , la resistenza farà relativa, e farà minore dell'altra, poichè la forza agisce col vantaggio della leva. -

Fig. 58.

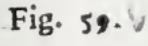
346. Nella posizione prima del I. caso (n. 343.), essendo il legno resistente di una sufficiente grossezza, resisterà ad ogni peso, siccome è chiaro per le cose dette, e per la giornaliera esperienza, onde non bisogna farne ulteriori determinazioni. Nella posizione poi seconda dello stesso I. caso; farà la resistenza grandissima, e non vi farà bisogno per l'uso pratico di ricorrere ad esperienze, nè a teoriche per calcolarla, se si verificano le due condizioni accennate (n. 343.), vale a dire se vi sia tal proporzione tra la grossezza e l'altezza del legno, che si renda inflessibile; e se le superficie estreme,

ed

ed opposte del legno combacino esattamente col corpo comprimente, e coll'altro su cui poggia. Imperocchè, mancando la prima condizione, il legno si piega allorchè si grava di peso, onde non più opporrà la sua resistenza, che deriva dall'intera robustezza longitudinale assoluta, ma bensì la sola resistenza longitudinale relativa, la quale n'è minore di molto (n. 345.). Se poi manca la seconda condizione., il legno opporrà la resistenza trasversale, onde si fenderà con facilità.

347. Per determinare la resistenza trasversale assoluta, e relativa conviene ricorrere all'esperienze. Queste si devono fare in ciascuna specie di legno, per farne uso nella pratica, notando con esattezza le grandezze delle superficie, che hanno i legni nelle parti disgiunte, ed i pesi che producono le disgiunture. Avendo infatti il risultato di sì fatte esperienze, sarà facile il determinare ne' legni simili il peso, che produce la disgiunzione in una data superficie, o la superficie che resister deve ad un dato peso, qualora agisca questo secondo la direzione delle fibre del legno.

legno . Imperocchè ne' legni della stessa specie , e posti nelle stesse fisiche circostanze , le resistenze trasversali esser debbono proporzionali alle superficie di disgiunzione .

348. Or si supponga il legno $ABCDEF$, Fig. 59.  in cui le fibre procedano secondo le direzioni BC , ED . Sia poi il puntello $RQSZ$, che preme con forza costante lo stesso legno , per produrne la disgiunzione della parte $EFLD$, con vincere la tenacità trasversale assoluta nella superficie rappresentata da FL . Il puntello additato farà il massimo sforzo , qualora agirà con una direzione parallela a BC , che è quella delle fibre . Si minorerà poi lo sforzo suddetto , se forma angolo colla stessa BC , o con AL , a seconda che l'angolo istesso , o il suo uguale QSM si fa maggiore . Svanirà in fine l'effetto dell'azione per disgiungere il legno in FL , allorchè l'angolo suddetto divien retto , vale a dire allorchè la posizione del puntello sia quella della perpendicolare OS . Quindi se la forza premente farà espressa dal raggio SM , scomponendola nelle due MN , NS , in qualunque posizione

ne si potrà sempre determinare la perdita della forza in quanto all'effetto della disgiunzione.

Fig. 60. 349. Sia inoltre il legno $ABCD$ fissato immobilmente nella parte superiore AB . Agisca in C un peso, o una forza per vincere la tenacità trasversale relativa, e fenderlo quindi per una direzione parallela a DC ; la forza, o il peso farà il massimo effetto, agendo per la direzione CG perpendicolare a DC . Si minorerà poi l'azione quanto al suddetto effetto a misura che la direzione della forza farà con DC un angolo minore del retto, tutt'occhè si aumenti l'azione per vincere la resistenza trasversale assoluta fino a che si combaci con CD , nella quale posizione diviene la massima per produrre questo effetto. Passando la stessa direzione al di sopra di CD , come CE , si minorerà anche l'azione per vincere la tenacità assoluta, a proporzione che l'angolo DCE si fa maggiore, ed allorchè questo diviene retto, la forza agirà contro la resistenza, che nasce dalla robustezza trasversale, poichè il legno $ABCD$ si è supposto fissato immobilmente nella parte superiore AB .

350. Finalmente, se lo stesso legno fosse immobilmente conficcato in un muro colla parte AD , resisterebbe a tutti i suddetti sforzi colla resistenza longitudinale relativa. Essendo tirato verso M , resisterà colla resistenza assoluta longitudinale, se la direzione della forza è a seconda di quella delle fibre. Se poi sia tutt'altra, ma compresa nel semicerchio GMO , resisterà colla longitudinale relativa. Per determinare sì fatte resistenze conviene ricorrere all'esperienze, affinchè si possa determinare ne' casi simili, e ne' legnami della stessa specie, qualora ne sieno note le dimensioni della larghezza e della grossezza, le rispettive resistenze de' medesimi; poichè le resistenze debbon essere proporzionali alle superficie di rottura.

351. Vi sono molti casi in pratica, ne' quali si fa uso della resistenza longitudinale assoluta, come nell'innalzamento delle colonne e delle statue; nella costruzione de' ponti, ed in altre cose simili. Più sovente poi si fanno resistere i legni nella pratica colla resistenza longitudinale relativa. Infatti con questa resistono, i puntelli
allor-

allorchè divengono flessibili : allorchè un legno si conficca con un estremo solo in un muro , e si applica la forza nella sua lunghezza ; ed allorchè le travi poggiano co' loro estremi sulle mura , e che sieno o nò vincolati .

352. Quanto a' legni che s' impiegano come puntelli , allorchè divengono flessibili , non più resistono colla robustezza longitudinale , ma bensì colla resistenza longitudinale relativa . Per determinare una resistenza sì fatta , aver si debbono dell' esatte esperienze , fatte con premere i legni situati verticalmente da sopra in sotto fino a che vadano a piegarsi , e finalmente a spezzarsi ; colla distinzione de' legni adoptrati , de' pesi che ne hanno prodotto il piegamento , e di quelli che ne hanno prodotto la rottura .

353. Avendo sì fatte esperienze , volendo determinare ne' legni della stessa specie , le resistenze riguardo alle diverse loro dimensioni , tanto pel piegamento , che per lo spezzamento , può applicarsi il teorema additato (n. 190.) , vale a dire . *Che le resistenze ne' parallelepipedi , ed in tutti i corpi simili flessibili , che vengono*

verticalmente gravati di pesi, sono in ragion composta dell' inversa ragion duplicata delle altezze, della semplice diretta della larghezza, e della duplicata della grossezza. Con questo teorema, e colle sperienze già dette, si possono risolvere tutti i problemi, che su questo assunto dar si possano in pratica, facendo uso della formula additata (n. 162. a 165.), e che fu dallo stesso teorema dedotta.

354. Nella soluzione degli espreffati problemi, qualora si conosca, che un legno, di cui debba farsi uso nella pratica come puntello, possa piegarli, si potranno usare due puntelli collaterali P, Q, poichè rendendo in sì fatta guisa inflessibile il puntello MN fino ad O; farà la sua resistenza senza i puntelli di contrasto, a quella che opporrà fornito de' medesimi, come il quadrato di MO al quadrato di MN (n.353.). Quindi con sì fatti ripieghi, i legni adoprati come puntelli, si possono rendere in tutto, o in parte inflessibili.

Fig. 61.

355. Quanto poi alla determinazione della

resistenza longitudinale relativa, in tutti gli altri casi additati (n. 351.), vi è sempre necessità di ricorrere all'esperienze. Quando le medesime si abbiano con esattezza; volendo, ne' legni della stessa specie, risolvere i problemi, che conducono alla determinazione o delle dimensioni de' legnami, qualora sieno dati i pesi de' quali si debbono gravare, o de' pesi allorchè le dimensioni sieno date; è da sapersi, che tutti coloro che hanno scritto sulla resistenza de' solidi in generale, e de' legni particolarmente, vi hanno proceduto con una regola costante contenuta nel seguente teorema. *Le resistenze, ne' legni della stessa specie, sono in ragion composta dell' inversa delle lunghezze, della diretta delle larghezze, e della duplicata delle grossezze, o sieno altezze.* Questa regola è quella di Galileo adottata da tutti i Matematici, e ch'è vera ne' solidi inflessibili, e che si spezzano quasi che instantaneamente. Ne' solidi elastici però non si verifica, poichè nello spezzamento di questi una parte delle fibre si allunga, nel tempo stesso, che

che l'altra si raccorcia , e riagisce conseguentemente (1).

356. Il Sig. di Buffon è stato il primo che ha fatto vedere con più esatte esperienze , che l'additata regola non si verifica nella pratica . Infatti ha egli dalle stesse sperienze , tra le altre cose , rilevato , che la forza del legno non è proporzionale al suo volume . Un pezzo di legno doppio , o quadruplo di un altro ugualmente lungo , è affai più resistente del doppio , e del quadruplo dell' altro . Un pezzo dell' istessa grossezza di un altro , ma meno lungo non aumenta la resistenza nella ragione inversa della lunghezza , ma in una ragione minore . Determina in seguito , che la regola , con cui si stabilisce , che la resistenza ne' legni sia nella ragione inversa delle loro lunghezze , allorchè sieno uguali le altre dimensioni ; si osserva meno in pratica , allorchè sono più corti . Di più , l'altra parte della regola , con cui si stabilisce ,

V 2

che

(1) Si legga su questo assunto una Memoria del Sig. Bernoulli inserita negli Atti dell' Accademia di Parigi dell' anno 1705.

che le resistenze sieno in ragion diretta della larghezza , e nella duplicata dell' altezza , quando le lunghezze sieno uguali , si verifica ad un dipresso ne' legni più corti di 18. piedi ; e si trova fallace ne' legni più lunghi .

357. Or avendo il Buffon ridotto tutte le sue esperienze fatte su' legni di quercia , in sette tavole , ed avendo nella settima indicato come la regola de' Matematici si diparta dall' esperienze , si è creduto utile inserirle nella fine di questo Articolo . Se ne potrà infatti far uso nella pratica per tutti i casi simili , e si potrà altresì far uso della regola de' Matematici con quelle modificazioni , che possono rilevarsi specialmente dalla tavola settima . Ma per meglio intendere l' uso che far si possa di essa ; è da sapersi che il rapporto tra l' esperienza , e la regola de' Matematici è stato fatto co' risultati , che il Signor di Buffon ebbe dall' esperienze fatte su' legni di pollici 5. in quadro notate nella colonna terza . Nell' altre colonne il primo numero superiore specifica il risultato del calcolo , avendo per vera la regola de' Matematici , ed ammettendo per

dati

dati l'esperienze della terza colonna ; l'altro numero poi esprime il risultato effettivo dell'esperienze . Per esempio in un legno della lunghezza di piedi 10. e della grossezza in quadro di pol. 5., il peso determinato coll'esperienza è di libbre 7125. In un legno lungo anche piedi 10., ma di pol. 4. in quadro, col calcolo, secondo la regola de' Matematici sostiene di peso 3612., coll'esperienza poi effettiva il peso è 3648. (1).

358. Per venire sempre più all' uso pratico, che far si deve de' legnami : si supponga che una trave AB si debba impiegare per reggere ad un dato peso , con conficarsi nel muro MN un solo de' suoi estremi . Situar si deve in modo che poggi nel muro colla superficie , che ha la minor dimensione , considerata come larghezza , e che resista colla maggiore, ch' è la grossezza , o sia altezza . Imperocchè crescendo la

Fig. 62.

V 3

refi-

(1) Si legga il Signor di Buffon. Tom. III. Mem. XI. *Supplement a l' Histoïr Naturelle*, e la tavola VII. inserita nella fine di questo Articolo (n. 310.).

resistenza nella duplicata ragione dell' altezza, si farà maggiore di quanto cresce il suo quadrato; ed in questo caso l' esperienze non discordano dalla regola. Inoltre se mai nel caso di cui si tratta, avendo calcolato la resistenza della trave AB , si tema che possa piegarsi, o spezzarsi, s' impiegherà al di sotto un puntello PQ , che renderà AB o inflessibile del tutto, o in parte.

359. Se poi si debba far poggiare una trave su due sostegni, senza che rimanga vincolata, e si debba gravare di peso; si potrà sempre, per le cose dette determinare la sua resistenza, supponendo di farla resistere coll' altezza maggiore, e farla poggiare colla base minore. In pratica intanto, convien determinare la ragione, che si deve tenere tra la larghezza, e l' altezza delle travi. Si fa per esperienza, che quando l' altezza è doppia della larghezza, la trave poggiando con questa, e gravata di peso, riesce flessibile di fianco, ed adoprandosi ne' solai, ondeggiano questi sotto a' piedi.

360. I pratici generalmente credono, che le travi resistano senza alcun piegamento laterale,

qua-

qualora il quadrato dell' altezza sia doppio di quello della larghezza ; vale a dire quando queste dimensioni sieno ad un di presso nella ragione di 7: 5. , o di 10: 7. , secondo ha dimostrato anche M. Parent negli Atti dell' Accademia di Parigi . Altri pratici poi stabiliscono la ragione di 3: 2. Con queste regole perciò conviene ridurre le travi cilindriche in parallelepipide . Quindi dovendo far una compera di travi squadrate , si hanno a sfuggire quelle , che hanno le basi estreme quadrate .

361. Se si abbia inoltre una trave immobilmente vincolata su due sostegni , o conficcata sia in materie inflessibili , la sua resistenza si aumenterà di molto ; poichè o non essendo molto lunga , si rende inflessibile , e resiste a' pesi colla robustezza trasversale ; o rimanendo tuttavia flessibile , si deve rompere nel mezzo , e ne' due estremi rasantemente i sostegni , siccome si rileva dall' esperienze , e dal meccanismo che si esercita , qualora un legno si rompe . Onde in questo caso resisterà una trave due terzi di più che non resisterebbe , se non fosse vincolata negli estre-

mi, purchè sia di uguali dimensioni in tutta la sua lunghezza ; sebbene molti pratici assicurano che possa resistere $\frac{3}{4}$ di più . Che perciò se le travi de' solai, s'incastriano fortemente nelle mura , potranno i solai reggere tre quarti di più del peso, che reggono allorchè sono costruiti con travi, che si fanno poggiare nelle mura col metodo ordinario .

362. Il Signor di Buffon dimostra , che la resistenza , che si sperimenta nelle travi conficcate nelle mura nel modo ordinario, differisca poco da quella, che le travi istesse manifestano, allorchè poggiano liberamente su due appoggi . Si prenda, dic'egli, una trave lunga piedi ventiquattro inserita co' suoi estremi in due mura secondo il metodo ordinario . Si carichi di peso, e si supponga , che per romperfi nel mezzo si pieghi per sei pollici , lo che sovente è più di quello, che è necessario . Gli estremi non si eleveranno che di mezzo pollice , e qualche volta di tre sole linee , poichè vengono piuttosto tirati fuori della muraglia, che sollevati, oltre di che la forza che li fa piegare è sempre maggiore

re della coerenza delle parti del muro. E' necessario quindi che le travi si vincolino altrimenti nelle mura, per rendere i solai più resistenti, e per non fare agire le travi medesime colla forza di leva contro le mura istesse.

363. Dall' esperienze dello stesso Sig. di Buffon, si è inoltre rilevato, che la resistenza de' legni si minora in ragione del tempo, in cui il peso agisce sul medesimo; onde ne segue che nella costruzione delle fabbriche, qualora si debbano adoprare i legni, si deve mettere a calcolo il tempo della loro durata. Nelle fabbriche di molta durata, non si debbono le travi caricare più della metà di quel peso che è atto a produrne lo spezzamento. Lo stesso dir si deve de' ponti stabili. Negli altri poi che si costruiscono per un passaggio di fiume in una data occasione di guerra, si può il peso estendere ai due terzi del peso calcolato; e si può la resistenza suddetta calcolare anche nella stessa guisa, allorchè servono i legnami per puntellare, e render resistenti all'urto delle bombe quegli Edifizj, che non lo sono per costruzione.

364. Di più si è conosciuto, che la resistenza ne' legni augumenta in ragione del peso. Che le travi nelle parti nodose, ed in quelle, in cui trovansi de' forami, diminuiscono un quarto della loro resistenza. Finalmente facendo agire forze, o pesi su legni curvi artefatti, come s'impiegano nella costruzione de' vascelli, delle cupole ec.; resistono più qualora i pesi agiscono sulle parti concave, che quando agiscono sulle convesse; e l'opposto si sperimenta, se la curvatura è naturale, vale a dire, che le fibre istesse formino tal figura continuatamente.

365. Finalmente avvertir si deve; I. che quantunque le travi si carichino di peso in diversi punti delle loro lunghezze, e l'esperienze si sieno fatte, facendo agire il peso nel punto di mezzo; pure non arreca ciò alcun divario, se si sappiano colle leggi meccaniche ridurre gli sforzi de' pesi diversi ad un solo. II. Che se mai le travi non sieno posate orizzontalmente, ma obliquamente, bisogna tener conto, che quel peso, che ha prodotto il piegamento, o lo spezzamento su una trave orizzontalmente posta, non può

produrre lo stesso effetto, qualora la trave stessa è posta obliquamente, siccome è noto per le leggi meccaniche. Sia infatti per maggior chiarezza il peso P , che faccia sforzo sulla trave AB situata obliquamente. Si tiri pel punto G l'orizzontale GD , e sulla direzione GP presa come diagonale, si formi il parallelogrammo rettangolo $EHFG$. Per le cose dette l'effetto dello sforzo del peso P si farà minore a misura che l'angolo CGD si fa maggiore, poichè la resistenza longitudinale relativa si va gradatamente approssimando all'assoluta. Inoltre per le leggi di meccanica, se lo sforzo del peso sulla trave orizzontale, si esprime per la diagonale GH , farà da esprimersi quello dello stesso peso sulla trave obliqua, per GE . Vale a dire, che il primo farà al secondo, come il seno dell'angolo GEH al seno dell'angolo GHE , o sia come il raggio al seno dell'angolo d'inclinazione, che forma la direzione del peso sulla trave.

Fig. 63.

Tavole delle Sperienze su la forza del legno

TAVOLA I.

Per li pezzi di quattro pollici in quadro.

Lun- ghezza de' Pezzi .	Peso de' Pezzi .	Carico .	Tempo impiega- to a cari- care i Pezzi .	Curvatu- ra de'pez- zi nell' istante, che co- minciano a rom- persi .
Piedi .	Libre .	Libre .	Or. Min.	Poll. Lin.
7.	(60.	5350.	0. 29.	3. 6.
	(56.	5275.	0. 22.	4. 6.
8.	(68.	4600.	0. 15.	3. 9.
	(63.	4500.	0. 13.	4. 8.
9.	(77.	4100.	0. 14.	4. 10.
	(71.	3950.	0. 12.	5. 6.
10.	(84.	3625.	0. 15.	5. 10.
	(82.	3600.	0. 15.	6. 6.
12.	(100.	3050.	0. 0.	7. 0.
	(98.	2925.	0. 0.	7. 0.

TAVOLA II.

Per li pezzi di quattro pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peso de' Pezzi.	Carico.	Tempo del primo scoppio fino all'istante della rottura.	Curvatura prima di scoppiare.
Piedi.	Libre.	Libre.	Ore Min.	Poll. Lin.
7.	(94.	11775.	0. 58.	2. 6.
	(88 $\frac{1}{2}$	11275.	0. 53.	2. 6.
8.	(104.	9900.	0. 40.	2. 8.
	(102.	9675.	0. 39.	2. 11.
9.	(118.	8400.	0. 28.	3. 0.
	(116.	8325.	0. 28.	3. 3.
	(115.	8200.	0. 26.	3. 6.
10.	(132.	7225.	0. 21.	3. 2.
	(130.	7050.	0. 20.	3. 6.
	(128 $\frac{1}{2}$	7100.	0. 18.	4. 0.
12.	(156.	6050.	0. 30.	5. 6.
	(154.	6100.	0. 0.	5. 9.
14.	(178.	5400.	0. 1.	8. 0.
	(176.	5200.	0. 18.	8. 3.
16.	(209.	4425.	0. 17.	8. 1.
	(205.	4275.	0. 15.	8. 2.
18.	(232.	3750.	0. 11.	8. 0.
	(231.	3650.	0. 10.	8. 2.
20.	(263.	3275.	0. 10.	8. 10.
	(259.	3175.	0. 8.	10. 0.
22.	281.	2975.	0. 18.	11. 3.
24.	(310.	2200.	0. 16.	11. 0.
	(307.	2125.	0. 15.	13. 6.
26.	.....	.....	.....	.....
28.	(364.	1800.	0. 17.	18. ..
	(360.	1750.	0. 17.	22. ..

TAVOLA III.

Per li pezzi di sei pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peso de' Pezzi.	Carico.	Tempo del primo scoppio fino all'istante della rottura.	Curvatura prima di scoppiare.
Piedi.	Libre.	Libre.	Or. Min.	Poll. Lin.
7.	(128.	19250.	1. 49.	
	(126 $\frac{1}{2}$	18650.	1. 38.	
8.	(149.	15700.	1. 12.	2. 4.
	(146.	15350.	1. 10.	2. 5.
9.	(166.	13450.	0. 56.	2. 6.
	(164 $\frac{1}{2}$	12850.	0. 51.	2. 10.
10.	(188.	11475.	0. 46.	3. 0.
	(186.	11025.	0. 44.	3. 6.
12.	(224.	9200.	0. 31.	4. 0.
	(221.	9000.	0. 32.	4. 1.
14.	(255.	7450.	0. 25.	4. 6.
	(254.	7500.	0. 22.	4. 2.
16.	(294.	6250.	0. 20.	5. 6.
	(293.	6475.	0. 19.	5. 10.
18.	(334.	5625.	0. 16.	7. 5.
	(331.	5500.	0. 14.	8. 6.
20.	(377.	5025.	0. 12.	9. 6.
	(375.	4875.	0. 11.	8. 10.

TAVOLA IV.

Per li pezzi di sette pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi .	Peso de' Pezzi .	Carico .	Tempo del primo scoppio fino all'istante della rottura .	Curvatura prima di scoppiare .
Piedi .	Libre .	Libre .	Or. Min.	Poll. Lin.
7.	o.	o.	o. o.	o. o.
8.	(204.	26150.	2. 6.	2. 9.
	(201 $\frac{1}{2}$	25950.	2. 13.	2. 6.
9.	(227.	22800.	1. 40.	3. 1.
	(225.	21900.	1. 37.	2. 11.
10.	(254.	19650.	1. 13.	2. 7.
	(252.	19300.	1. 16.	3. 0.
12.	(302.	16800.	1. 3.	2. 11.
	(301.	15550.	1. 0.	3. 4.
14.	(351.	13600.	o. 55.	4. 2.
	(	12850.	o. 48.	3. 9.
16.	(406.	11100.	o. 41.	4. 10.
	(403.	10900.	o. 36.	5. 3.
18.	(454.	9450.	o. 27.	5. 6.
	(454.	9400.	o. 22.	5. 10.
20.	(505.	8550.	o. 15.	7. 10.
	(500.	8000.	o. 13.	8. 6.

TAVOLA V.

Per li pezzi di otto pollici in quadro.

Lunghezza de' Pezzi.	Peso de' Pezzi.	Carico.	Tempo dal primo scoppio fino all'istante della rottura.	Curvatura prima di scoppiare.
Piedi,	Libre.	Libre.	Or. Min.	Poll. Lin.
10.	(331.	27800.	2. 50.	3. 0.
	(331.	27700.	2. 58.	2. 3.
12.	(397.	23900.	1. 30.	3. 0.
	(395 $\frac{1}{2}$.	23000.	1. 23.	2. 11.
14.	(461.	20050.	1. 6.	3. 10.
	(459.	19500.	1. 2.	3. 2.
16.	(528.	16800.	0. 47.	5. 2.
	(524.	15950.	0. 50.	3. 9.
18.	(594.	13500.	0. 32.	4. 6.
	(593.	12900.	0. 30.	4. 1.
20.	(664.	11775.	0. 24.	6. 6.
	(660 $\frac{1}{2}$.	12200.	0. 28.	6. 0.

TAVOLA VI.

Per lo carico medio di tutte le rotture.

Lun-
ghezza
de'
Pezzi.

G R O S S E Z Z E .

4. Pollici 5. Poll. 6. Poll. 7. Poll. 8. Poll.

Piedi.	Libre	Libre	Libre	Libre	Libre
7.	5312.	11525.	18950.		
8.	4550.	9787 $\frac{1}{2}$	15525.	26050.	
9.	4025.	3308 $\frac{1}{3}$	13150.	22350.	
10.	3612.	7125.	11250.	19475.	27750.
12.	2987 $\frac{1}{2}$	6075.	9100.	16175.	23450.
14.		5300.	7475.	13225.	19775.
16.		4350.	6362 $\frac{1}{2}$	11000.	16375.
18.		3700.	5562 $\frac{1}{2}$	9245.	13200.
20.		3225.	4950.	8375.	11487 $\frac{1}{2}$
22.		2975.			
24.		2162 $\frac{1}{2}$			
28.		1775.			

TAVOLA VII.

Comparazione della resistenza de' legnami trovata nelle spe-
rienze precedenti, con quella che deducesi dalla regola,
che stabilisce, che una tal resistenza è come la larghezza
del pezzo moltiplicata per lo quadrato dell' altezza, sup-
posta la medesima lunghezza.

Lun-
ghenza
de'
Pezzi.

GROSSEZZE

	4. Poll.	5. Poll.	6. Poll.	7. Pollici.	8. Pollici.
Piedi	Libre.	Libre.	Libre.	Libre.	Libre.
	(5312. (	(	( 18950.	32200.	48100.
7.	(	( 11525. (	(		47649 $\frac{1}{5}$
	(5901. (	(	( 19915 $\frac{2}{5}$	31624 $\frac{3}{5}$	47198 $\frac{5}{5}$
	(4550. (	( 9787. (	( 15525.	26050.	39750.
8.	(5011 $\frac{1}{5}$ (	(	( 16912 $\frac{4}{5}$	26856 $\frac{9}{10}$	40089 $\frac{3}{5}$
	(4025. (	( 8308 $\frac{1}{3}$ (	( 13150.	22350.	32800.
9.	(4253 $\frac{3}{5}$ (	(	( 14356 $\frac{4}{5}$	22798 $\frac{1}{5}$	34031.
	(3612. (	(	( 11250.	19475.	27750.
10.	(3648. (	( 7125. (	( 12312.	19551.	29184.
	(2987 $\frac{1}{2}$ (	(	( 9100.	1675.	23450.
12.	(3110 $\frac{2}{5}$ (	( 6075. (	( 10497 $\frac{3}{5}$	16669 $\frac{4}{5}$	24883 $\frac{1}{5}$
	.....	( 5100. (	( 7475.	13225.	19775.
14.		(	( 8812 $\frac{4}{5}$	13995 $\frac{1}{5}$	20889 $\frac{3}{5}$
	.....	( 4350. (	( 6362 $\frac{1}{4}$	11000.	16375.
16.		(	( 9516 $\frac{4}{5}$	11936 $\frac{2}{5}$	17817 $\frac{3}{5}$
	.....	( 3700. (	( 5562 $\frac{1}{2}$	9425.	13200.
18.		(	( 6393 $\frac{3}{5}$	10152 $\frac{4}{5}$	15155 $\frac{1}{5}$
	.....	( 3225. (	( 4950.	8275.	11487 $\frac{1}{2}$
20.		(	( 5572 $\frac{4}{5}$	8849 $\frac{2}{5}$	13209 $\frac{3}{5}$

A R T I C O L O III.

*Si divisano le più generali, e più necessarie
combinazioni de' legnami.*

366. **N**ell'uso che si fa de' legnami, è necessario spesso di combinarne insieme due o più, per resistere ad un dato peso, o ad una data forza. Se la combinazione è di due, si dice semplice; se è di molti, dicesi composta. L'arte di combinare i legnami dedur si deve da ciò che si è detto sulla resistenza de' medesimi, e dalle leggi meccaniche. Quindi le principali regole dell'arte medesima ridur si possono alle seguenti. I. Si deve dare a' legnami disposizione tale, che oppongano essi, sempre che sia possibile, la resistenza derivante dalla robustezza longitudinale, o trasversale. In mancanza di questa, procurar si deve, che oppongano la resistenza longitudinale assoluta, ed indi la relativa. Ed in ultimo luogo si faccia uso della tenacità trasversale assoluta, ed indi della relativa. II. Si debbono scegliere le combinazioni più semplici so-

prattutto in iftabilire i punti di appoggio, e di contraſto , procurando che queſti ſieno ne' ſiti più vantaggioſi per augumentare la reſiſtenza , e renderle inſuperabile dalle potenze agenti .

367. Sarà quindi una combinazione di legnami perfetta , ſe i medefimi oppongono naturalmente la maſſima reſiſtenza , e ſe venga queſta augumentata da' mezzi , che ſomminiſtrano le leggi meccaniche. Si debbono intanto, ſecondo le circoſtanze diverſe unire inſieme due o più legnami; I. Con metterli ſemplicemente in contraſto, ſenza che ſieno meſſi inſieme, incaſtraſti, congegnati, e commeſſi , e ſenza che ſieno ficcati gli uni negli altri. II. Con far uſo d'incaſtri, incavi, e commettiture: III. Con impiegare cavicchie , chiodi , corde , e falce di ferro . IV. Con praticare più delle additate maniere inſieme.

368. Or per conoſcere , qual debba eſſere la ſpecie della combinazione, di cui ne' diverſi caſi ſi debba far uſo , ſi deve badare a determinare la forza effettiva della preſſione non meno , che la direzione, colla quale può la medefima

agire contro la combinazione. Infatti, sem-
 prechè i legni si possano combinare insieme in
 guisa, che esercitando la pressione la sua forza
 per uno o più legni, le direzioni della stes-
 sa sieno perpendicolari alle superficie di altri le-
 gni, che servono di contrasto, e di punti di
 appoggio, non è necessità far uso d'incavi, in-
 tagli, ed incastri. Per esempio sia il legno X Fig. 64.
 immobile, e sulla sua superficie MN vi poggia
 perpendicolarmente l'altro S, il quale servir deb-
 ba di ostacolo, acciocchè il corpo P non scen-
 da pel piano inclinato QN perpendicolare ad
 MN. In questa ipotesi non occorre praticare
 nè incavo, nè incastro alcuno, poichè la com-
 binazione regge da se stessa, anzi si rende più
 resistente a misura, che il peso P si fa maggio-
 re. Quando poi convenga ricorrere a qualche
 artificio, acciocchè il legno S sia perpendicolare
 ad MN, si dovrà far uso d'incavi e d'incastri,
 affinchè commessi, e ficcati i legni gli uni ne-
 gli altri, possano fortemente contrastarsi, e pos-
 sa quindi risultarne una combinazione salda, ed
 atta a resistere alla pressione.

369. Gl'incastri intanto, e gl'incavi, de quali convien far uso, variano secondo che le pressioni sono diverse; secondo che diversamente agiscono; e secondo che le medesime si esercitano pe' medesimi piani, o pe' piani diversi.

Fig. 65. Sia S il legno che resister debba ad una pressione, che agisca secondo la direzione Oe , e sia X il legno, che faccia al primo contrasto, ed appoggio, ancorchè vi sieno altre pressioni, che agiscano contro S , ma che si esercitino secondo le direzioni Pd , Qd comprese nel quadrante PQR , e che tutte si dirigghano verso d ; basterà fare nel legno sottoposto X l'incavo fed rettangolo in e . Questo incavo deve attraversare tutta la grossezza del legno X , ed esser deve profondo in modo, che non riceva mai meno della metà della base del legno S . Se si esamini sì fatta combinazione, si rileva, che tutte le descritte pressioni trovano nel legno X una gran resistenza; giacchè questo resiste colla tenacità assoluta trasversale alle pressioni Pd , Oe , e colla robustezza trasversale, alla pressione Qd , ch'è perpendicolare alla lunghezza delle fibre,

le

le quali tutte insieme poi ritengono l'altro legno *S* fermo nella posizione, che si vuole.

370 Se poi le direzioni delle pressioni siano nello stesso piano, ma vengano comprese nel semicerchio *PQR*, e tendano ad agire contro il legno *S* dalla circonferenza verso il centro; si farà l'incavo *abcd*; e quando il legno *S* è grosso a sufficienza, si ridurrà un suo estremo alla figura *mno**p*, che dicesi a coda di rondine, e s'inferirà in un incavo proporzionato, che si farà nel legno *X*. In questo caso il legno sottoposto *X* resiste sempre alla pressione, che si esercita per la direzione *Qa* colla robustezza trasversale; all'altre che si esercitano da *P* verso *a*, e da *R* verso *d*, colla resistenza assoluta trasversale; e con una resistenza maggiore resiste poi a tutte le altre pressioni, che esercitar si possono procedendo dalla circonferenza al centro (n. 342. a 351.).

Fig. 66.

371. Ritrovandosi inoltre le direzioni delle pressioni in piani diversi, si formerà nella grossezza del legno *X* un incavo capace a ricevere l'estremo del legno *S*, senza che rimanga debi-

Fig. 67.

X 4

lita-

litato lateralmente. Per tal' effetto non si fa *ab* mai maggiore della metà, nè minore di un terzo della grossezza del legno *X*. Qualora il legno *S* sia molto grosso, si diminuirà nell'estremo, che si deve ficcare nell' altro *X*; e facendo uso di figure parallelepipedo come in *M* ed *N*, s' incastrino queste esattamente ne' loro proporzionati incavi. Efficacissima è la resistenza, che oppone il legno *X* contro le pressioni che per mezzo del legno *S* vi possono agire, e che, essendo comprese in un emisfero, tendano dalla superficie al centro, poichè o resiste colla robustezza trasversale, o colla resistenza trasversale assoluta.

372. Si noti, che le additate combinazioni possono impiegarsi anche ne' legni, che son posti insieme obliquamente, e ne' quali una sola pressione agisca in una direzione diversa del legno *S*, e venga la commessura gravata dal peso *M*, come si osserva nella figura *XS*, nella quale, crescendo il peso, riesce la combinazione più salda.

373. Molte altre maniere si praticano per
for-

formare gl' incavi , e gl' incastri da congegnare insieme i legnami , che non molto differiscono dalle additate , siccome si rileva dalle figure . Fig. 70. 71. 72.
 Vi sono inoltre le commettiture dette a croce, siccome si osserva ne' legni separati M N P Q , Fig. 75. e che uniti poi formano la croce P M Q N . L' incavo in ciascuno de' legni si fa profondo la metà ad un di presso della loro grossezza . Una sì fatta combinazione oppone nel sito della commessura una forte resistenza , poichè o è quella della robustezza , o quella della trasversale assoluta .

374. Tutte le combinazioni fin quì enumerate sussistono , e reggono senza chiodi , e senza altro vincolo , quando le forze tendono verso quella parte del legno , che resiste immobilmente , e che rendono le combinazioni istesse più salde . Se poi le forze agiscano diversamente , ed in modo che sieno contrarie alle direzioni , secondo le quali debbonsi le combinazioni eseguire ; si deve allora far uso di cavicchie , e di chiodi , che passino da un estremo all' altro della commettitura , e che vi sieno ritenute con madrivite , e con altri chiodi trasversalmente posti ,
 pur-

purchè non si voglia far uso di corde, o di legami di ferro, secondo che le circostanze richieggano.

375. Volendo augumentare la lunghezza de' legni con aggiungervene altri, si può la connessione eseguire in diverse maniere, poichè si deve regolare e dagli usi, pe' quali debbono i legni uniti servire, e dalla grossezza de' medesimi. Dovendo i legni sì fattamente allungati servire per puntelli, si può far uso delle combinazioni

Fig. 74. AB, BC, CD, DE, EF, FM, nelle quali gl' intagli sono o ad angoli retti; o in una direzione ficcante; o a forbice, o con uno o più risalti, o altrimenti. Le descritte combinazioni reggono senza altro artificio, se le pressioni agiscano verticalmente da alto in basso, ed i legni servano per puntelli verticali, e sieno sensibilmente inflessibili. Se poi i legni sieno flessibili, o qualche forza vi agisca trasversalmente con qualunque angolo, si debbono nel luogo della connessione, impiegare cavicchie, chiodi, corde, lastre, e braghe di ferro, per rendere la combinazione resistente.

376. Allorchè poi i legni o non possono sostenere gl'intagli a cagione della loro tenue grossezza, o che non si vogliano intagliare per farne in appresso altro uso; si allungano, con fare appoggiare i legni superiormente posti su di altri pezzi di legno ben inchiodati a' sottoposti, colliandoli a questi con chiodi, corde, o altri qualsivogliano legami atti a rendere la combinazione resistente all'uso, pel quale deve servire.

377. Inoltre qualora i legni da congiungersi, non debbano resistere come puntelli, s'intagliano a rifalti, tanto se debbano formare una trave continuata, quanto se debbano formar angoli. Quantunque per mezzo di sì fatti incastri si possano connettere senza alcuno artificio se sieno immobilmente contrastati, come si osserva in AB, in BC, ed in CD, pure se ne' siti dell'unioni H, M, N, ed O, si usino de' pezzi di legno che coprano le unioni suddette, e che sieno con cavicchie, madreviti, o legami di ferro connessi a' legni che si uniscono, la combinazione si renderà vie più stabile. Di più se nel si-

Fig. 75.

to

to stesso dell'unione come per esempio in H si
 Fig. 76. faccia uso di una chiavarda OH di ferro , o
 fatta a vite come F , o attraversata dalla sua
 chiavetta come R , che colleghi la trave sotto-
 posta PQ colle due ; che su di essa si contra-
 stano, si renderà più resistente la combinazione.
 In fatti è questa utilissima, per scaricare di pe-
 so la trave sottoposta, e per accrescere la resi-
 stenza delle altre due , le quali venendo immo-
 bilmente contrastate , oppongono nel contrasto
 una grandissima resistenza (1).

378. Finalmente quando i legni connessi non
 sieno immobilmente contrastati , e che non op-
 pongano la robustezza loro , e che si tema, che
 la resistenza longitudinale, o trasversale possa an-
 dare a cedere ; si rinforzeranno le connessioni a
 risalto tanto se sieno perpendicolari, che ficcan-
 ti , con cavicchie , con chiodi , con chiavarde ,
 con

(1) Si legga la Memoria del Sig. de Morveau let-
 ta nell' Accademia di *Dion* sul metodo di rinforzare le
 travi e di assicurare la solidità delle soffitte, che va in-
 serita nel II. Tom. Degli Opuscoli interessanti tradotti
 da varie lingue. Ediz. Tur.

con pezzi di legno inchiodati , con fasce di ferro , e con altri consimili mezzi , soprattutto se i legni uniti debbano co' loro estremi poggiare su di sostegni , e debbano esser caricati di peso nel mezzo ; come addiviene nella costruzione de' ponti , ed in altri casi simili . Si possono per maggior chiarezza osservare le figure AB , BC Fig. 77.
78. 79.
CD .

A R T I C O L O I V .

Della combinazione de' legnami nella costruzione de' tettoi , come altresì della maniera d'impiegare , e di combinare i legni , per rendere le volte , ed i solai degli Edifizj militari atti a resistere in tempo di assedio all' urto delle bombe .

379. **S**I dice *tettoio* , il coperto di un Edifizio composto di più legni tra se congegati , e ricoperti di embrici , e di tegole , che il preservano dall' ingiurie delle stagioni . I tettoi variano nella loro costruzione , e
per

per la natura degli Edifizj , e a cagione del clima , ove sono costruiti . Generalmente parlando esser debbono nè troppo elevati , nè troppo bassi . Gli Architetti li formano elevati , ed acuti ne' climi freddi per l'abbondanza delle nevi : regolarmente sollevati ne' climi temperati per dar giusto scolo alle acque , che vi cadono abbondantemente : e più bassi ne' climi caldi , poichè non vi sono nè nevi , nè acque in abbondanza .

380. Le proporzioni , che nelle suddivisate tre specie di tetti , si osservano , e che secondo l'esperienze corrispondono a' rispettivi fini , sono le seguenti . Per gli acuti , de' quali si fa uso ne' climi freddi si osserva la forma de' triangoli equilateri , la quale è la più bella fra le altre di questo genere . Ne' climi poi temperati , la forma de' tetti è quella di un triangolo rettangolo al vertice . Ne' climi caldi finalmente , la forma è quella di un triangolo ottusangolo al vertice . Quindi pel primo caso , se sopra la larghezza superiore dell' Edifizio si descriva un triangolo equilatero , si ha la figura del tettoio.

toio . Si avrà poi nel secondo caso , se si divida per metà la data larghezza , e si elevi dal punto di divisione una perpendicolare alla larghezza istessa , e si congiungano gli estremi di questa coll' estremo della perpendicolare . Nel terzo caso si farà uso della seguente costruzione . Si divide la larghezza per metà ; si elevi dal punto di divisione una perpendicolare , la quale dalla parte superiore si prolunghi indefinitamente , e dall' inferiore per la metà dell' accennata larghezza . Si faccia centro l' estremo inferiore di questa perpendicolare , e con un intervallo uguale alla distanza di tale estremo da uno degli estremi della larghezza , si descriva una linea circolare che interseghi la stessa perpendicolare nella parte superiore . Si tirino dal punto d' intersezione agli estremi della larghezza due rette , e si avrà la figura del tettoio richiesta per climi caldi .

381. In tutte e tre le divise forme di tetti , se se ne considera il profilo verticale secondo la larghezza degli Edifizj , viene il medesimo a dare un triangolo isoscele , la cui base è la

Fig. 80. è la larghezza del tettoio. Or se le travi AM , AN che formano i lati del triangolo isoscele poggino co' due estremi A sul muro intermedio O , e cogli altri su' muri laterali P , e Q ; una parte del peso del tetto tenderà a rovesciare le mura esteriori verso l'interno dell' Edifizio, anche con forza di leva.

Fig. 81. 382. Per andar incontro a sì fatti disvantaggi, si formano i tettoi, facendo uso di cavalletti, per far sì, che l'azione del peso si eserciti verticalmente sulle mura. La figura OMP rappresenta un cavalletto, il quale è formato dalla trave OP , che dicesi *somiere*, e che poggia orizzontalmente sulle mura R , e Q , e dalle due inclinate Os , Ps , le quali sono connesse al primo con incastri corrispondenti sulle mura, e che diconsi *dorsali*. Queste due travi poi Os , Ps s'incastano cogli estremi ss ad un altro pezzo di trave MN della forma, che nella figura si ravvisa. Questo è situato a piombo, e fa l'ufficio di un cuneo, o di una chiavarda. Si avverta che gl'incastri, per mezzo de' quali si combinano i legni, che formano un cavalletto, si posso-

possono fare a risalti semplici, ed a doppj risalti; e procurar si deve, che i legni sieno immobilmente contrastati, affinchè la combinazione riesca più salda.

383. La descritta combinazione de' cavalletti può reggere senz' altro artificio, e si rende più resistente, allorchè il legno MN, che fa l'ufficio di cuneo, è gravato verticalmente di peso, ed i dorsali Os, Ps lo sieno obliquamente, e vengano immobilmente contrastati in O ed in P. Or il legno MN resiste colla sua robustezza trasversale; i dorsali resistono colla resistenza longitudinale relativa, e'l somiere coll' assoluta longitudinale, e trasversale. Qualora si tema, che il somiere possa piegarsi, e qualora si voglia render più stabile il cavalletto, si collega il legno MN al somiere col mezzo di una stanga di resistente legno ben inchiodata, o con una spranga di ferro, che involuppi l'intero somiere, e che sia ben connessa, e collegata al cuneo MN; avendosi a questo modo i vantaggi della combinazione additata (n. 377.).

384. I divisati cavalletti si situano a date

distanze comprese tra' limiti di 10. in 15. piedi, e quando si può, si fanno poggiare su' muri divisorj degli Edifizj . Dopo che siano costruiti i cavalletti, si situano per traverso su' dorsali, altri legni, che diconsi *paradossi*, fissandoveli con chiodi . Su' paradossi poi s' inchiodano de' listelli nella direzione de' dorsali . Finalmente su di una sì fatta armadura si collocano le tegole, gli embrici, o le piccole tavolette inverniciate in modo, che non si dia adito all' acqua, ancorchè venga spinta dal vento.

385. Un solo cavalletto adunque sostiene il peso del tettoio, che è compreso tra due cavalletti. Che perciò siccome si può determinare la grossezza de' paradossi, avendo riguardo al peso che hanno a sostenere, ed alla loro lunghezza, così si può anche determinare la grossezza de' dorsali, e quella de' somieri, facendo uso delle conoscenze divise negli Articoli antecedenti di questo Capitolo. Qualora poi non si possano avere i dorsali della giusta grossezza, e che si tema, che possano piegarli, si praticano de' puntelli, come si osservano nella figura B A C.

Si fatti puntelli s'impiegano per mezzo d'incastri, in modo che gli angoli *Ber*, *Cer* sieno retti. Qualora non si potesse dar loro questa posizione, a cagione che le parti *Be*, *Ce* de' dorsali restano molto lunghe, e perciò facili a piegarsi; non volendosi, o non potendosi far uso di altri puntelli, si faranno gli angoli *Ber*, *Cer* ottusi fino a 120. gradi, ed allora gl'incastri si avvicineranno più verso *B*, e *C*.

386. Inoltre, se i dorsali sieno molto lunghi, si può far uso di un secondo somiere, ed a' primi dorsali vi si possono collegare dalla parte di sotto altri più sottili, e si può far uso di due altri cunei, o sieno chiavarde, come chiaramente rilevasi dalla figura *BAC*. Or po-

Fig. 83.

tendo quest'artificio aver luogo ne' grandi cavalletti, è d'avvertirsi, che il somiere non sempre può essere di un sol pezzo. Quando ciò addivenga si può far uso in congiugnere i pezzi medesimi della combinazione a risalti, e collegarli con madremiti, fasce di ferro, ed in ogni altro miglior modo, per assicurarne la resistenza, come si osserva in *M*. Le additate ar-

madure de' tettoi sono sufficienti per le fabbriche militari. Volendone altre più complicate, si

Fig. 84. possono ravvifare nelle figure ABC, DEF.
85.

387. Venendo da' più intelligenti Architetti molto lodata l'armadura de' tettoi detta alla *Manfarde* (1), si è creduto utile di quì rapportarla, secondo la descrive il Sig. Belidoro. Si descriva sulla larghezza superiore dell' Edifizio presa nell' interno delle mura, un semicerchio. S' inscriva in questo un mezzo decagono, e si tirino

Fig 86. indi le rette CA, EB, e le altre CD, ED, e rappresenterà ACDEB un cavalletto di un tetto alla Manfarde. E' utile per coprire quegli Edifizj, che non sono molto elevati, dando il comodo di poterli agiatamente abitare le soffitte (2).

388. Per compimento di quest' Articolo, rimane a dire de' mezzi che si possono mettere in
pra-

(1) L'Ingegnere Manfarde dedusse la suddivisata forma de' tettoi da un modello di Antonio Sangallo, che il celebre Michelangelo mise in opera nella costruzione della Cupola di S. Pietro in Roma.

(2) Sulla costruzione de' tettoi sono da leggerfi le Memorie dell' Accademia di Parigi del 1731.

pratica per rendere resistenti all' urto delle bombe i solai, e le volte degli Edifizj, qualora non si trovino costruite nel modo additato (n. 198. a 210.) Si fatti mezzi si riducono ad aumentare la resistenza de' solai, e delle volte per mezzo di legni impiegati come puntelli, ed in contrasto; e con porre su de' solai e sulle volte sì fattamente rinforzate, materie molli, e terre in quantità tale, che non possano le bombe cadendo, pervenire sino al solajo, o alla volta, affinchè l' urto si ammortisca, e divenga una semplice pressione nella guisa che fu detto (n. 210.). Or acciocchè i sostegni, ed i puntelli si sappiano ben disporre per l' accennato effetto, si hanno a distinguere due casi. I. Allorchè i puntelli si abbiano ad impiegare per rendere resistenti all' urto delle bombe i semplici solai. II. Se debbano servire per sostenere le volte, e renderle atte all' uso istesso.

389. Quanto al primo caso è da notarsi, che se una trave poggia su due sostegni, si rende più debole nel mezzo; quindi per accrescere in questa parte la sua resistenza, vi si deve adattare

un resistente pezzo di legname, che venga sostenuto da un sodo puntello, che sia invincibilmente contrastato. Se poi tra i punti intermedi al detto pezzo di legname, ed agli estremi della trave si applichino nella stessa guisa due altri puntelli, si accrescerà sempre più della trave istessa la resistenza. Quindi se si praticino gli stessi mezzi per tutte le travi che compongono un dato solajo, e si assicurino gli spazj intermedi con altri legni trasversali e più resistenti di quelli, che si sogliono impiegare per sostenere i pavimenti, si renderà l'intero solajo molto resistente.

390. Quanto al secondo caso; si sa, che essendo una volta debole, si può per l'urto delle bombe fendere, e rompere nella cima, e verso i due terzi di ciascuna metà di arco compreso tra l'imposta, e la cima istessa (n. 176.). In detti siti adunque applicar si debbono de' pezzi di legname di sufficiente grandezza, e che vengano sostenuti da puntelli non flessibili, e ben contrastati. In sì fatti lavori inoltre si deve avere sempre in mira di avvicinare tra se i punti di

appoggio, e di contrasto, poichè fu dimostrato (n. 206.) che quanto maggiore è il vano della volta, tanto minore è la sua resistenza, quando sia costruita della stessa figura, e cogli stessi materiali.

391. Se i puntelli, ed i sostegni additati potessero poggiare su' suoli delle camere, ne sarebbe ben facile la disposizione; ma siccome in sì fatta guisa resterebbero le camere imbarazzate, e non potrebbero quindi servire per magazzini di munizioni, per alloggiamenti della truppa, e per altri simili usi; quindi conviene specificare alquanto i casi che dar si possono in pratica riguardo a' puntelli medesimi; divisando quelli, ne' quali sia assolutamente necessario, che poggino sul suolo. Si avverta che quanto qui appresso si dice riguardo alle volte a botte, s'intende per tutte le altre, e potrà anche aver luogo in un certo modo pe' solaj, se si ponga mente a quel ch'è stato detto (n. 389.).

392. La debolezza di una volta può derivare e dalla poca grossezza delle mura che la sostengono, e dalla poca grossezza della volta me-

desima, qualora si supponga che le une, e l'altre sieno costruite con arte, e con buoni materiali. Le mura intanto che sostengono le volte si possono distinguere in molto resistenti; in resistenti a sufficienza, ed in resistenti di poco. Le volte poi considerarsi si possono o alquanto mancanti della grossezza stabilita (n. 209.), o mancanti di molto dalla grossezza medesima.

393. Si supponga in primo luogo, che la volta poco manchi da quella grossezza, che fu determinata (n. 209.), e che le mura sieno intanto molto resistenti. Per renderla resistente all'urto delle bombe, si porrà sotto la chiave, o **Fig. 87.** o **Fig. 87.** sia cima, un pezzo di legno M della grossezza di sei in otto once, e di una superficie mediocre, che vi sia immobilmente sostenuta da' puntelli P, P, che sieno ben incastrati, e contrastati nelle mura. Se si possa temere, che i puntelli medesimi sieno per piegare, si farà uso de' due puntelli r, r, che li contrastino nel mezzo. Il suddetto artificio sarà sufficiente, poichè essendo le mura molto resistenti, e la volta non molto mancante dalla giusta grossezza, non si può

si può dar luogo alle fenditure , o rotture laterali , e per andar incontro a quella della cima , possono i puntelli immobilmente contrastarsi nelle mura medesime , e la camera non resta imbarazzata .

394. Se poi sieno le mura molto resistenti , ma la volta manchi di molto dalla sua necessaria grossezza ; si applicheranno due altri puntelli *n* , *n* , che sostengano il pezzo di legno *M* , Fig. 88. sotto la chiave ; che poggeranno sulla trave orizzontale *O* , la quale venendo sostenuta da' puntelli *p* , *p* , contrafterà altresì i due pezzi di legno , che si porranno verso i due terzi degli archi *A X* , *A X* compresi tra le imposte , e la cima . In sì fatta guisa la volta resterà rinforzata nelle parti più deboli : l'intera pressione che farà per ricevere vien sostenuta dalle mura ; e la camera non rimane imbarazzata .

395. Si supponga ora , che le mura sieno resistenti a sufficienza ; si deve far sostenere alle medesime lo sforzo , e l'urto delle bombe , mutando la direzione de' puntelli , e l'armadura in guisa , che l'azione delle potenze agenti sieno di-

diritte a perpendicolo sulle mura , acciocchè non vi possano far sforzo col vantaggio di leva. Tutto ciò si può conseguire con situare tra le due mura , che sostengono la volta , immobilmente una trave , che vi poggi orizzontalmente, e che su questa poi poggino i puntelli di contrasto, come si può rilevare dalle figure A B C , D E F . Nella combinazione infatti di queste figure , tutto lo sforzo vien sostenuto dalle mura , in una direzione però a piombo . Si avverta , che se mai , malgrado sì fatte vantaggiose combinazioni , si possa dubitare della resistenza delle mura , si potrà la trave O far sostenere altresì dalla trave P impiegata come puntello , con minorare in tal guisa lo sforzo , che interamente si eserciterebbe sulle mura .

Fig. 89.
90.

396. Finalmente qualora le mura sieno deboli , converrà ridurre tutti gli sforzi delle potenze agenti su' puntelli , che poggino sul suolo della camera , con far uso di un maggiore , o di un minor numero di puntelli principali , e di altri di contrasto , secondocchè la volta manchi più o meno dalla sua giusta grossezza , e secondocchè

chè il suo vano è altresì maggiore o minore . In qualunque combinazione intanto , si deve aver somma cura , che i pezzi di legno combacino bene colle superficie della volta , e de' puntelli , e che questi cogli altri estremi combacino anche perfettamente co' corpi , su' quali hanno a poggiare , potendosi a questo oggetto impiegare altri pezzi di legno , che servano loro di zoccoli .

397. Facendo uso de' principj , e delle combinazioni di sopra additate , si possono costruire delle armature per sostentare gli archi , allorchè sia necessario rifabbricare i pilastri , su' quali poggiano . In sì fatti rincontri però , i puntelli debbon essere molto resistenti , ed inflessibili , ed i legni di contrasto esser debbon ben incastrati , vincolati , e congegnati , mettendo in pratica quelle combinazioni , che più possono convenire a' casi particolari , avendo sempre in mira a quanto si è detto ne' diversi Articoli di questo Capitolo sulla resistenza , e sulla combinazione de' legnami . Non altrimenti si deve altresì procedere in costruire le centine , che si for-

formano per fabbricarvi sopra gli archi , e le volte , tuttochè a norma della figura , e della estensione di esse debba usarsi una combinazione più o meno complicata .

A R T I C O L O V.

Della combinazione de' legnami nella costruzione de' ponti.

398. **N**ell' Articolo I. del Cap. III. di questo Libro si additarono poche cose su' ponti necessarj in una Piazza di guerra , per comunicare dall' interno della medesima nelle opere accessorie esteriori , e nella campagna . Or siccome avviene sovente di dover comunicare dalla Piazza istessa in alcune opere , le quali ne sono separate da qualche fiume ; così si è creduto necessario di far quì parola di que' ponti , che si costruiscono ne' fiumi , e che sono formati o interamente , o in parte di legname , con dare le regole più essenziali della loro costruzione , tanto più che per le cose dette negli altri Articoli di questo

sto

sto Cap. , se ne rende più facile l'intelligenza .
 Or quantunque non si venga a divisare precisamente sì fatte costruzioni per non rendere questi Elementi troppo lunghi ; pure si rapportano alcuni disegni di ponti , che sono stati eseguiti , ed approvati dagli Architetti più intelligenti , affinchè su' medesimi si possano applicare i principj stabiliti sulla resistenza , e sulla combinazione de' legnami .

399. I ponti stabili di legname , che si costruiscono su' fiumi son formati ; altri con pile fondate nell'acqua , e con diversi legnami , che poggiando sulle stesse , ne formano il passaggio . Altri poi in vece delle pile , hanno alcune palificate composte di uno , di due , e fino di tre file di grossi pali conficcati nel fondo de' fiumi , ed a seconda della corrente ; e ben collegati , e congegnati insieme ; su tali palificate , che fanno le veci delle pile , si forma il passaggio superiore con altri legni posti per lungo , e per traverso .

400. Or quanto alla costruzione delle pile , si additò (n. 194. a 197.) qual ne debba essere la figura . Se ne può intanto osservare la
 pian-

Fig. 91. pianta nella figura $n A n$, avvertendo che l'angolo n non si fa mai maggiore del retto, e sovente lo sperone, che si oppone alla corrente si guarnisce di forti lastre di ferro, che involuppano lo stesso angolo n . Si specificò inoltre, perchè le pile si forniscano di speroni, e si additò la maniera di determinare delle pile istesse la grossezza, e l'altezza, poichè la lunghezza rimane determinata dalla larghezza, che convien dare a' ponti secondo le circostanze, per le quali si costruiscono. Finalmente è stato anche detto sulla maniera di ben fondare nell'acqua le pile medesime (n. 303. 306.).

401. Quanto alla costruzione delle pile si avverta. I. Che quantunque se ne possa determinar la grossezza secondo si è accennato di sopra, pure è da sapersi, che gli Architetti hanno senza calcolo alcuno praticato diversamente. In fatti alcuni hanno stabilito, che la grossezza suddetta esser debba la terza parte della larghezza dell'arco, ed altri più sensatamente la stabiliscono il quarto, ed anche il quinto di detta larghezza a tenore delle circostanze, e quando gli archi sono

no di fabbrica. II. Che delle pile che sono ne' due estremi delle rive, come M, N, deve ciascuna esser fornita di due ale di fabbrica *pq* *pq* atte a resistere all' urto delle terre, e poste in direzione obliqua alla corrente, acciocchè l'acqua vi urti con minor forza. III. Che tutte le pile, e le ale suddette si hanno a costruire a scarpa, e co' materiali i più atti a consolidarsi, ed a resistere nell'acqua. Fig. 92.

402. Quando poi, in vece delle pile, si voglia far uso delle palificate, che formino i pilastri; si debbono primamente segnare, e stabilire i siti de' medesimi, con allontanarli l'uno dall'altro a misura, che la corrente è maggiore. In siti sì fatti si pianteranno a forza di batti pali, grossi e lunghi pali in guisa, che nelle grandi escrescenze possano le acque rimanere ad un livello inferiore, e dar si possa il passaggio per sotto il ponte, alle barche, se il fiume è navigabile. Gli stessi pali poi, che formar debbono ciascun pilastro, si dispongono in una, in due o al più in tre file, secondo che il ponte è meno, o più alto; secondo che le acque sono più o meno ab-

ab-

abbondanti; e secondo che il passaggio farà sottoposto a minore, o a maggior peso di carri, vetture ec.

Fig. 93. 403. Sia MM un alveo di un fiume; si dispongono i pali a seconda della corrente X, in guisa, che le due file Ap, Br formino un pilastro, e l'altro le file Cq, Ds. Un palo poi disterà dall'altro contiguo per piedi due fino a quattro. I pali di ciascuna fila si collegano e congegnano con altri legni nella ma-

Fig. 94. niera espressa nella figura, vale a dire, che nella parte superiore si connettono per mezzo della trave RS, nella quale s' incastrano le teste de' pali per un quarto, o un terzo della sua grossezza. Si collocheranno inoltre gli stessi pali con altre travette TT, nelle quali si faranno incavi profondi un quarto della loro grossezza, e vi s' inchiederanno stabilmente. Dall'altra parte de' pali si conetteranno nella stessa guisa le altre travette VV, VV. Le diverse file poi di un istesso pilastro si collegano tra loro per mezzo di altri legni, siccome si può facilmente concepire.

404. Per assicurare i pilastri suddetti dagli urti de' giacci, e di altre materie, che i fiumi trasportano nelle grandi escrescenze, si piantano dalla parte della corrente avanti ciascun pilastro due o tre pali, siccome si osservano in pianta nella stessa figura 93., che distino tra se da quattro fino a sei piedi, e che sieno collegati con legni trasversalmente posti. Altri aggiungono a' pilastri di legno, non altrimenti che si pratica nelle pile, i speroni, o siano *rompigiacci*, siccome si rileva dalla figura. Or siccome in Fig. 95. questa combinazione i pilastri essendo annessi a' speroni, ricevono il primo urto delle materie, che le acque trasportano, così è vantaggioso piantare i pali estremi in guisa, che verso la parte superiore vadino le loro distanze a restringersi ad un piede, o ad un piede e mezzo, quando nel fondo distino di tre piedi ad un di presso.

405. L' additata costruzione è generalmente vantaggiosa per tutti gli altri pali che formano i pilastri, i quali acquistano in simil guisa una base maggiore, e si espongono alla corrente o-

bliquamente. E' poi da notarsi, che i divisati speroni si sogliono empier di grosse pietre, e coprire lateralmente di grosse tavole, e che con tavole si costuma anche coprire gl' interi pilastri, affinchè i rami, i tronchi di alberi, e tutte le altre materie, che seco trasportano i fiumi nelle loro escrescenze, non si arrestino tra pali e non ne produchino più facilmente la rovina a cagione delle svantaggiose combinazioni, colle quali l'acqua vi può agire.

406. Avendo stabilite le pile, o i pilastri di legno, si hanno in seguito a connettere gli altri legni, che formar debbono il passaggio superiore del ponte. Quanto alle combinazioni de' legni, che formar debbono un passaggio tra una pila, e l'altra, o tra un pilastro di legno, e l'altro; bisogna distinguere quelle, che s'impiegano nelle piazze di guerra, e ne' piccoli fiumi, ne' quali la distanza de' pilastri non oltrepassa i piedi 25. in circa, dalle altre in cui l'additata distanza è maggiore, e si può estendere sino ai 120. e più piedi. Le prime combinazioni si formano di grosse travi, che si fanno poggiare

oriz-

orizzontalmente sulle pile, o su' pilastri di legno, fissandovele con cavicchie, con grossi chiodi, con spranghe, e falce di ferro. Su queste travi poi che si situano a competenti distanze tra se, se ne pongono altre trasversalmente, ed in modo che formino un suolo continuato, unito e contrastato. Su questo si forma, se fia necessario, un selciato con qualche pendio verso le sponde, per facilitare lo scolo delle acque. Le prime travi si debbono far poggiare, e colligare su pilastri, ed assicurare con puntelli, se bisogni, nel modo additato (n. 358. a 362.). Si assicurano infine le sponde del ponte con balaustri, e connettendo i legni che la formano in una maniera stabile, e resistente.

407. Tutti sì fatti ponti, allorchè servono nelle piazze di guerra, debbon essere interrotti da ponti levatoi, secondo fu detto (n. 137.). E di più qualora sono di molti archi, i più estesi si hanno a costruire in guisa, che si possano con facilità scomporre i legni, co' quali sono costruiti i passaggi, acciocchè si possano arrestare le intraprese di un nemico, che tentasse

il passaggio per ponti sì fatti.

408. Quanto poi a' passaggi di grande estensione, non potendosi costruire nel modo di sopra additato a cagione della insufficiente lunghezza, e resistenza delle travi ordinarie; conviene che i legni si congegnino, e si contrastino, facendo uso di travi, che sieno immobilmente incastrate tra pilastri, e tra altri legni posti verticalmente, e rinforzate con puntelli, impiegando per conseguire la stabilità, incavi, incastri, chiavarde, caviglie, cunei, catene, e spranghe di ferro, secondo farà più necessario. Gli stessi passaggi si possono coi mezzi additati formare orizzontali, ad angoli, e con archi. Comunque si facciano, non si debbono perder di mira le cose dette circa la resistenza de' legnami, e circa la combinazione de' medesimi ne' diversi Articoli del presente Capitolo.

409. Per dare di sì fatte combinazioni qualche esempio; si ravvisi nella figura una laterale parte di un passaggio di ponte tra due pile, che possono tra se distare fino a dieci tese. Le tra-

Fig. 96. vi sr , sr , sr poggiando sulle pile, e rendendosi

dosi inflessibili col mezzo de' puntelli m, m ; restringono il vano del passaggio. Sulle travi medesime poi ne poggiano due altre, le quali nel mezzo del passaggio istesso si vanno ad unire alla trave perpendicolare AB , che serve loro di contrasto. La trave inoltre AB vien ritenuta nella esposta posizione per mezzo de' puntelli op, op , che la mettono in un contrasto invincibile colle travi sr, sr , usando intagli, incastri, chiavarde, ed altri ligami di ferro. Le travi sr, sr , si debbono immobilmente unire a' pilastri, ed in guisa da non poter affatto retrocedere. Per rendere sì fatta armadura più resistente vi possono anche conferire le vantaggiose combinazioni de' legni, che formar debbono i balaustri.

410. Si noti che la trave AB posta verticalmente viene collegata nella parte inferiore per mezzo di una trave molto resistente, e che stà orizzontalmente posta, ad un' altra verticale diametralmente opposta, che si trova della stessa maniera combinata, e contrastata nell' altra parte laterale del ponte. Una sì fatta unione si

esegue per mezzo d' incastri, di chiavarde, e di ligami di ferro che collegano invincibilmente alle travi perpendicolari A B, l'orizzontale additata. Dopo che si siano poi costruiti in sì fatta guisa i laterali, per formare l'intero passaggio, si farà uso di altre travi situate a competenti distanze tra se, che poggino su pilastri e che sieno rinforzate con puntelli simili a *mr*; e su queste ne poggeranno altre con un estremo, e coll' altro su la trave, che collega le due verticali A B. Finalmente si terminerà il passaggio con travi trasversalmente poste, che poggino sulle laterali, e sull' altre intermedie di già immobilmente combinate, e congegnate. Si ricoprerà un sì fatto passaggio nel modo additato (n. 406.) Nell' esposta costruzione, i legni oppongono la maggior resistenza possibile; sono rinforzati, acciocchè non si pieghino; sono invincibilmente contrastati; e sono le combinazioni afficurate con resistenti legami.

Fig. 97. 411. La figura A B dimostra la lateral parte di un ponte costruito in Italia dal celebre Palladio. Le pile A, B distano tra se per tese die-

dieceffette ad un dipreffo . L'intero passaggio è quasi che orizzontale ; è diviso in fei parti uguali , ciascuna di 17. piedi , le quali fono talmente connette , che ne formano una fola , ma fervono intanto a farne conofcere la coftruzione . Efaminando la combinazione di ciascuna delle additate parti , fi offerva , che nella unione di due parti vicine , vi è una trave della groffezza di pollici dodici , e della lunghezza uguale alla larghezza del ponte , e fecondo la quale è pofta . Tutte le altre travi adunque con fimili fon difpofte fecondo la corrente del fiume , fono tra fe parallele , e diftano anche tra fe per 16. in 17. piedi .

412. Or ciascuna delle additate travi vien collegata , e conneffa ne' fuoi eftremi a due travi verticali , per mezzo di fpranghe di ferro e di chiavarde . Una sì fatta armadura poi vien ritenuta al livello del piano del ponte per mezzo di quattro travi , che in ciascun laterale vengono a contrastare le travi verticali tra fe , e co' pilaftri . Di più fono le travi verticali XX contrastate e ritenute nel loro fito da altre tra-

vi, delle quali MN, MN con un estremo sono incastrate sulle travi che poggiano su' pilastri, e coll' altro vi fanno contrasto, e nel tempo istesso, che dalla parte interna sono tra se immobilmente contrastate dalla trave orizzontale *p q*. Le travi verticali, che sono negli estremi, e l'altro ch'è nel mezzo, sono contrastati da puntelli *e e*, i quali sono appoggiati cogli altri estremi alle travi verticali *XX*. Avendo fissati immobilmente le laterali parti del ponte per mezzo delle travi che ne formano l' unione per traverso; su queste si mettono le altre travi, e si ricoprono nella maniera più volte detta, per formarne il passaggio.

413. L' additata costruzione è da reputarsi vantaggiosa. I. perchè i legni oppongono la maggior resistenza, nel tempo istesso, che si pratica la più semplice combinazione. II. perchè invincibile è de' legni medesimi il contrasto, e la connessione. III. perchè crescendo il peso a cagione delle vetture, e de' carri, che debbono passare sul ponte, si aumenta la resistenza, poichè crescono i reciproci contrasti

sti de' legni , senza che possano mancare , opponendo sempre le massime resistenze . IV. perchè , non essendovi rampe che rendano difficoltoso il passaggio di un ponte sì fatto , si rende molto comodo , e vantaggioso .

414. Si possono osservare altre costruzioni di ponti di legname , che poggiano sopra pile , e che procedono con archi nelle figure 98. 99. e 100. . Colle conoscenze date sulle combinazioni , e sulle resistenze de' legni , si possono esaminare i vantaggi , e i disvantaggi che si hanno nelle costruzioni , che le figure additano , e nelle altre , nelle quali si voglia far uso di archi , più o meno surbassati .

Fig. 98.
99. 100.

415. Quanto fin quì si è detto su' ponti di legno costruiti con pile , o sieno pilastri di fabbrica , ha altresì luogo , se i pilastri sieno di legno . Nella figura 101. si ravvisa la parte laterale di un ponte costruito in **Lione** sulla *Saone* . Viene il medesimo formato da tre passaggi , o sia da tre Archi , de' quali due sono simili a **CB** , e ciascuno è largo 12. tese , e l'altro **CD** è largo tese 15 , ed è di costruzione diffe-

Fig. 101.

ren.

rente , per dargli maggior contrasto . I pilastri sono formati su tre file di pali come E , G , H , e sono ricoperti lateralmente di tavole , come *de* . La linea punteggiata M N dimostra il livello dell' acqua nelle più grandi escrescenze . Non si è detto di più sulla costruzione de' ponti ; poichè in questi Elementi di Architettura Militare , non mi è sembrato conveniente fare un trattato de' ponti , nel quale sarebbe stato certamente necessario di venire a più minuti divisamenti , e riguardo alla costruzione de' ponti stabili , per la quale si avrebbe dovuto parlare sul taglio delle pietre che servono per gli archi de' medesimi ; e riguardo all' altra de' ponti volanti , e de' ponti di barche (1) .

IN-

(1) Sulla costruzione de' ponti si debbono consultare Frezier , Gautier , Palladio ec.

I N D I C E ³⁵¹

De' Capitoli , e degli Articoli di
questo secondo Tomo.

DELL' ARCHITETTURA MILITARE.

L I B R O II.

De' principali sistemi di fortificare le piazze di guerra. Degli Edifizj, che in esse son necessarj, e del modo di costruirli resistenti.

C A P. I.

Del principio , e del progresso dell' Arte di fortificare fino all' anno 1622. di Cristo.

ARTICOLO I. *Si dà una brieve idea dell' arte di fortificare dal suo nascimento sino al tempo , in cui inventati furono nelle fortezze, i bastioni.* pag. 1

ART. II. *Si dà un' idea generale dell' origine , e del progresso della nuova maniera di fortificare , dopo che furono inventate le Armi da fuoco.* 22

ART. III. *Delle principali invenzioni , che sull' arte di fortificare furono nel detto Secolo XVI. date alla pubblica luce.* 30

CAP.

De' principali sistemi di fortificare, che in Europa si sono praticati nel XVII. e XVIII. Secolo; e della riduzione de' medesimi in classi.

ART. I. *De' sistemi di fortificare le piazze di guerra, pubblicati nel principio del Secolo XVII. e continuati sino a' tempi di Vauban.* 49

ART. II. *De' metodi di fortificare praticati dal Marefciallo di Vauban.* 66

ART. III. *Del primo metodo di fortificare del Barone di Coeborn.* 82

ART. IV. *Della maniera di fortificare praticata in Europa nel corrente Secolo XVIII. ; e della riduzione in classi di tutti i sistemi finora inventati.* 98

Delle Opere, e degli Edifizj necessarj in una piazza di guerra.

ART. I. *De' rastrelli, de' ponti, delle porte, e de' corpi di guardia.* 116

ART. II. *Degli alloggi de' Soldati, e degli Officiali, comanche degli Spedali.* 122

ART. III. *Delle piazze d'armi, della distribuzione delle strade, comanche delle abitazioni per gli Officiali dello stato maggiore; degli arsenali, de' granai, e di altri edifizj minori, ed infine de' sotterranei.* 127

C A P. IV.

Della maniera di calcolare la resistenza delle mura negli edifizj militari, ed in particolare di quelli coperti con volte.

ART. I. *Del modo di calcolare la resistenza delle mura isolate, o gravate di peso verticalmente.* 135

ART. II. *Si espone la teorica, colla quale generalmente determinar si può la forza, con cui gli archi, e le volte spingono i piè dritti, che le sostengono, e la resistenza che questi aver debbono per equilibrarla.* 140

ART. III. *Applicazione della teorica anzidetta per determinare l'urto delle volte, delle quali convien far uso nelle fabbriche militari.* 148

ART. IV. *Si avvertono alcune cose circa la costruzione degli edifizj, ch'esser debbono a pruova di bombe.* 167

C A P. V.

Della conoscenza, e della scelta de' materiali; della composizione di alcuni de' medesimi, allorchè si abbiano ad impiegare nella costruzione delle fabbriche.

ART. I. *Si rileva la necessità di ben conoscere i materiali, de' quali si fa uso nella costruzione delle fabbriche, e se ne divisano le diverse specie.* 181

ART. II. *Si esaminano generalmente le proprietà fisiche de' materiali, che s'impiegano nella costruzione delle mura.* 183

AR.

ART. III. *Della calcina ; dell' arena ; della poz-
zolana , e della composizione delle medesime , o
sia del calcestruzzo.* 190

ART. IV. *Del gesso , delle pietre , e de' mat-
toni.* 207

ART. V. *Delle più essenziali qualità del ferro
da impiegarsi nella costruzione degli edifizj mi-
litari .* 217

C A P. VI.

*Si divisano i mezzi , che possono condurre a ben
costruire le mura degli Edifizj , ed a ben sta-
biliarne le fondamenta .*

ART. I. *Della costruzione delle mura semplici
non meno , che delle volte .* 220

ART. II. *Si divisano generalmente i mezzi per
istabilire le fondamenta delle mura degli Edi-
fizj .* 234

ART. III. *Si additano i mezzi pratici per ben
stabilire le fondamenta ne' terreni sodi ; ne' sas-
sosi , e di diversa consistenza ; nelle terre are-
nose , e mobili ; e ne' siti acquosi , e palu-
dosi .* 242

ART. IV. *Si dan le avvertenze le più necessa-
rie per istabilire le fondamenta ne' fiumi , e
nel mare .* 253

C A P. VII.

*Delle principali proprietà de' legnami , del modo
di esaminarne la resistenza ; e dell' uso de' me-
desimi nella costruzione degli Edifizj militari ,
e de' ponti .*

ART. I. <i>Si additano le principali proprietà de' legnami, e si divisa la specie di quelli, che s'impiegano nelle fabbriche.</i>	355
ART. II. <i>Del modo di calcolare la resistenza de' legnami, per farne uso nella pratica.</i>	271
ART. III. <i>Si divisano le più generali, e più necessarie combinazioni de' legnami.</i>	284
ART. IV. <i>Della combinazione de' legnami nella costruzione de' tettoi; e della maniera d'impiegare, e di combinare i legni, per rendere le volte, ed i solai degl' Edifizj militari, atti a resistere in tempo di assedio all'urto delle bombe.</i>	311
ART. V. <i>Della combinazione de' legnami nella costruzione de' ponti.</i>	321
	336

ERRORI,

CORREZIONI.

Pag. 5. linea 19. i	in
Pag. 51. lin. 19. PK	QK
Pag. 57. lin. 19. AO, DO	AO, BO
Pag. 136. lin. 8. due	più
Pag. 140. lin. 16. più	piè
Pag. 220. lin. 10. talcestruzzo	calcestruzzo
Pag. 285. lin. 5. comprime	comprimono

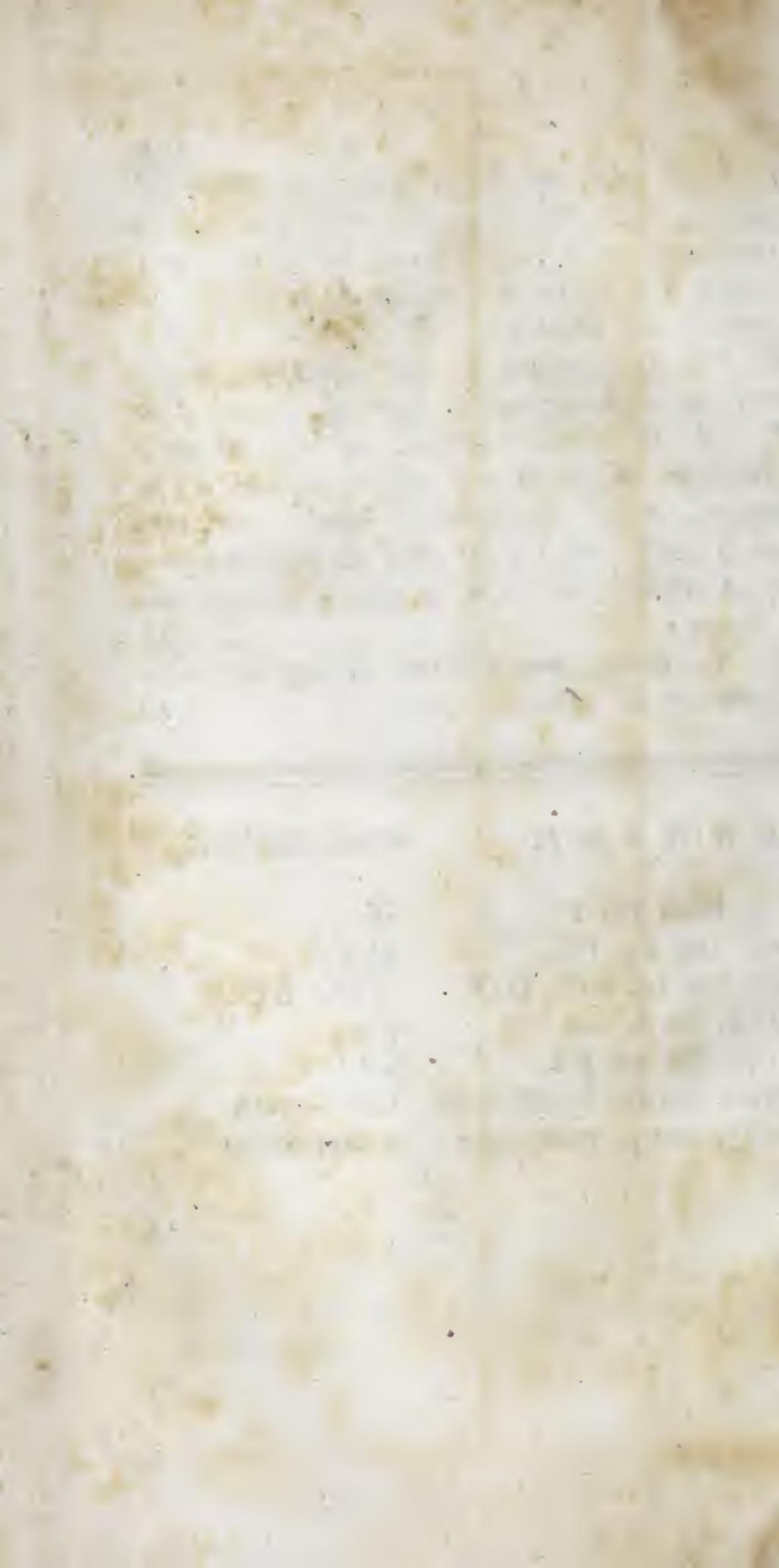


Fig. 1



2



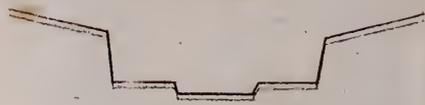
3



4



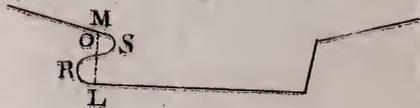
5



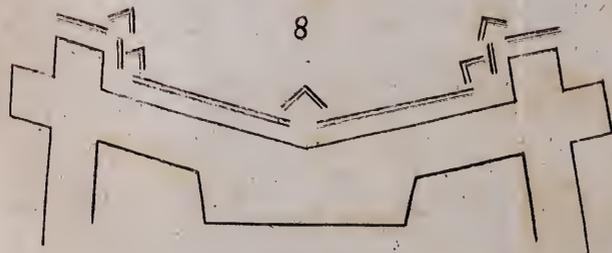
6



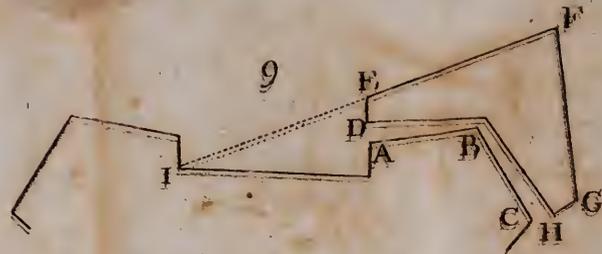
7



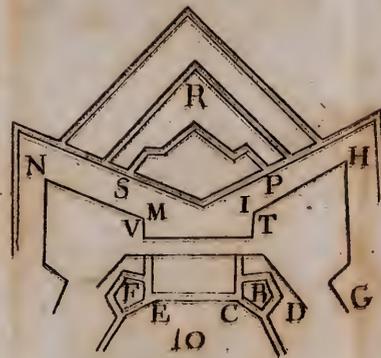
8



9



10



11

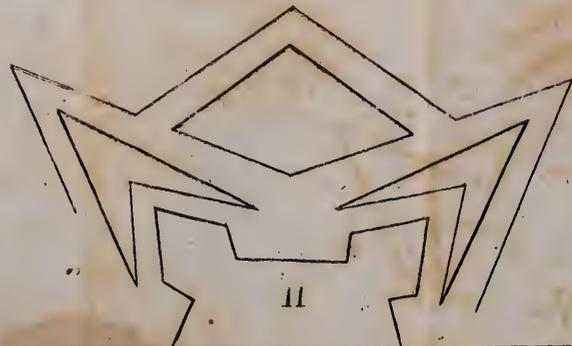
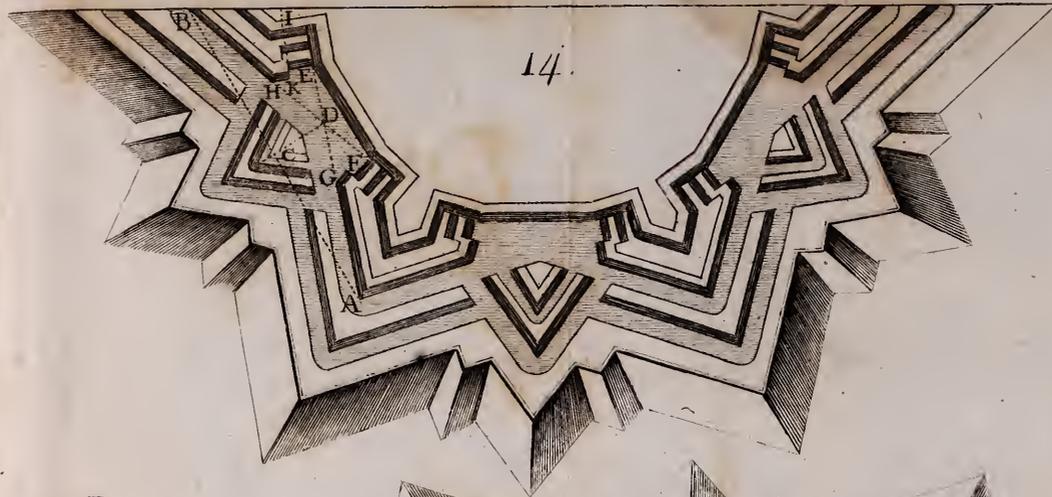
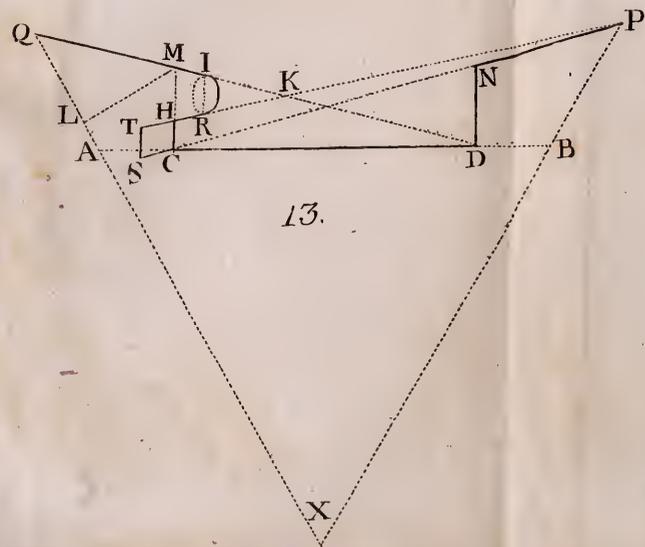
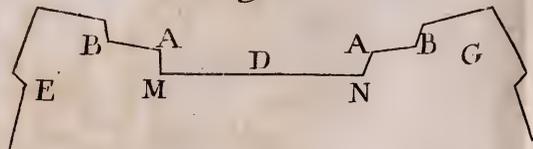
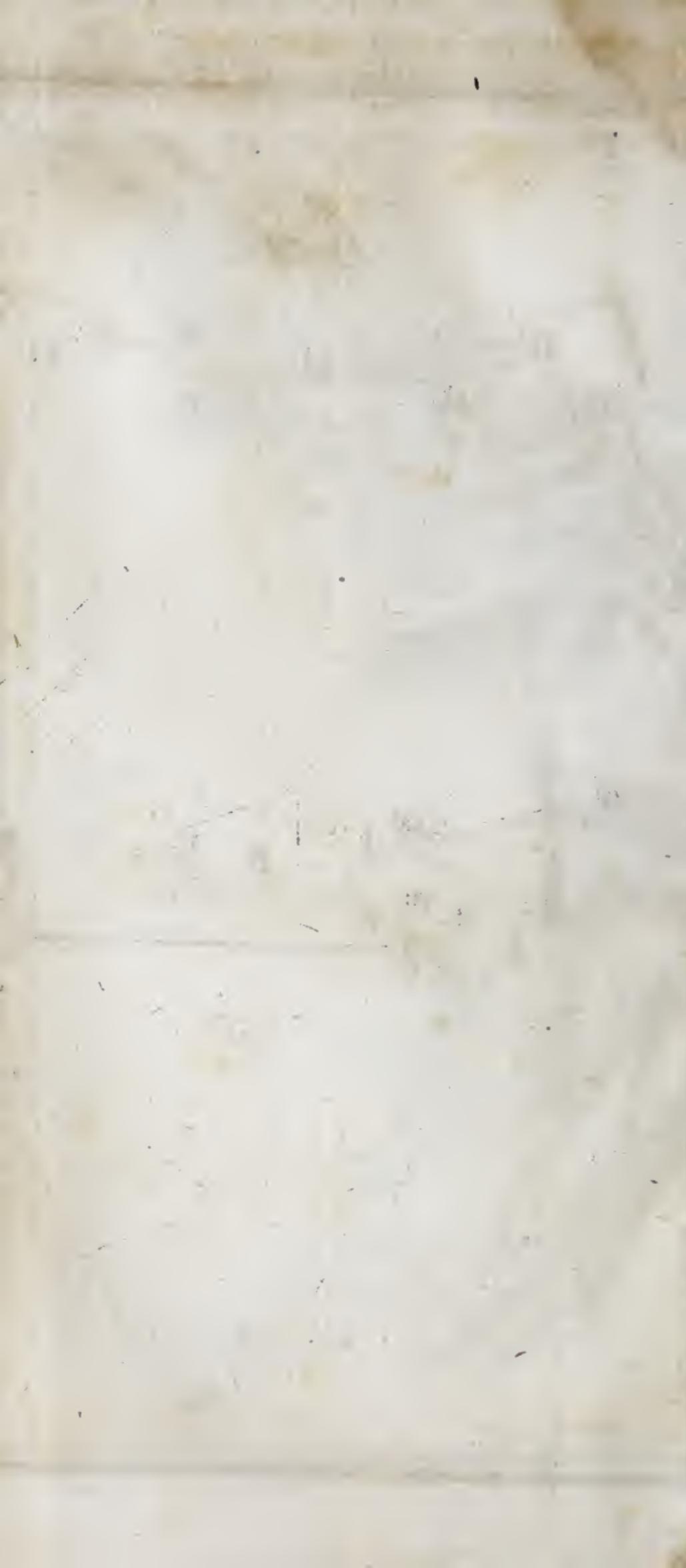
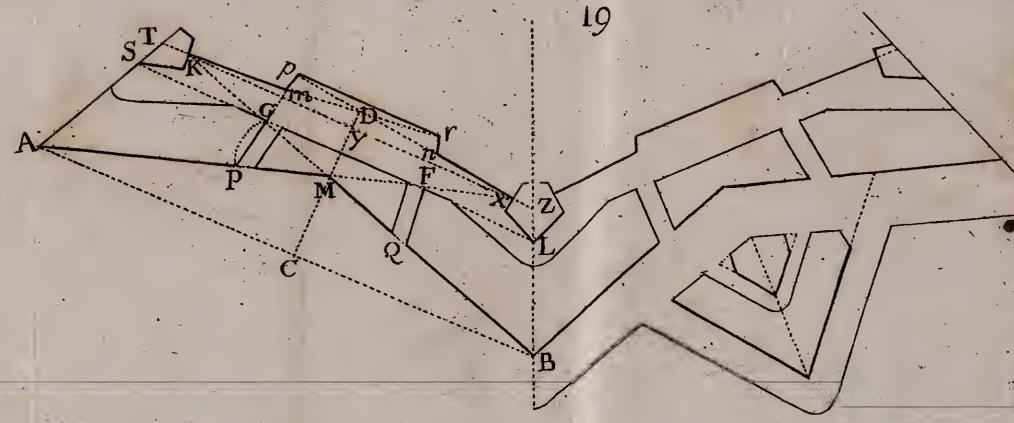
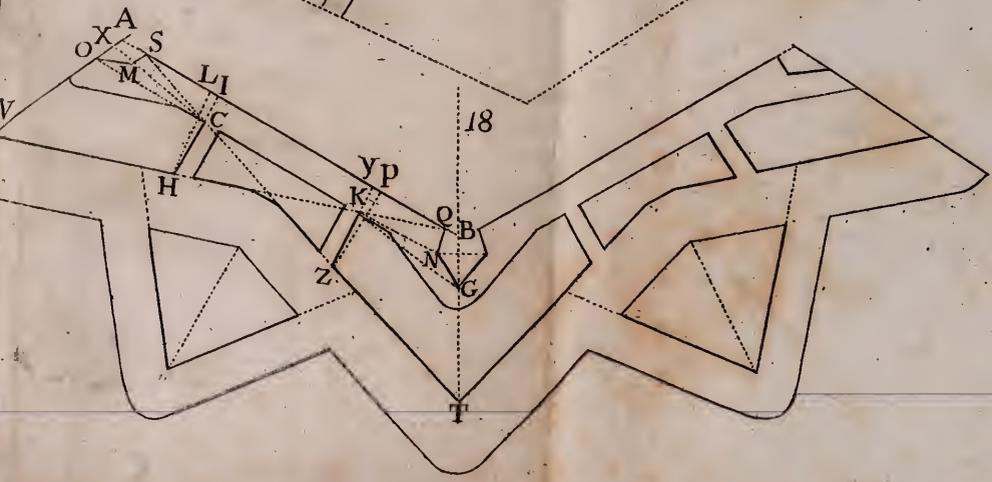
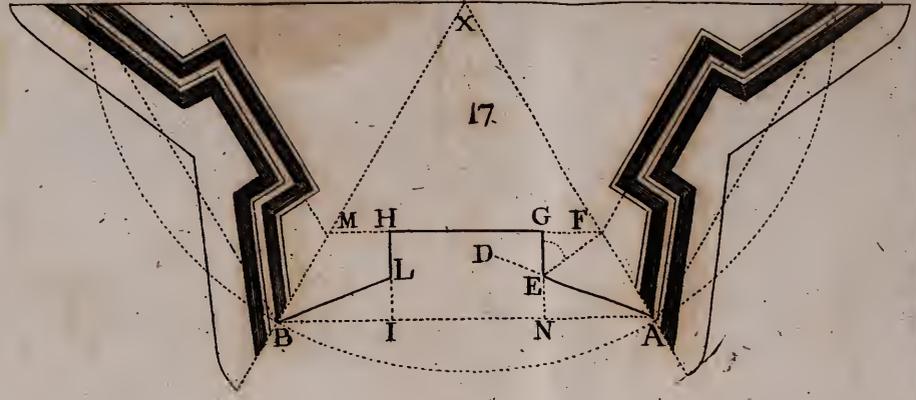
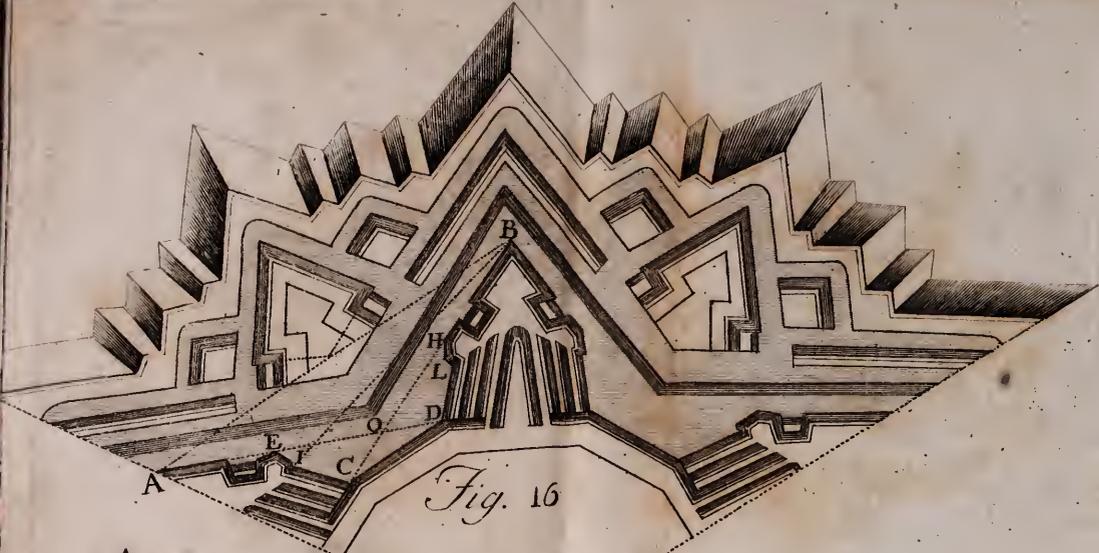




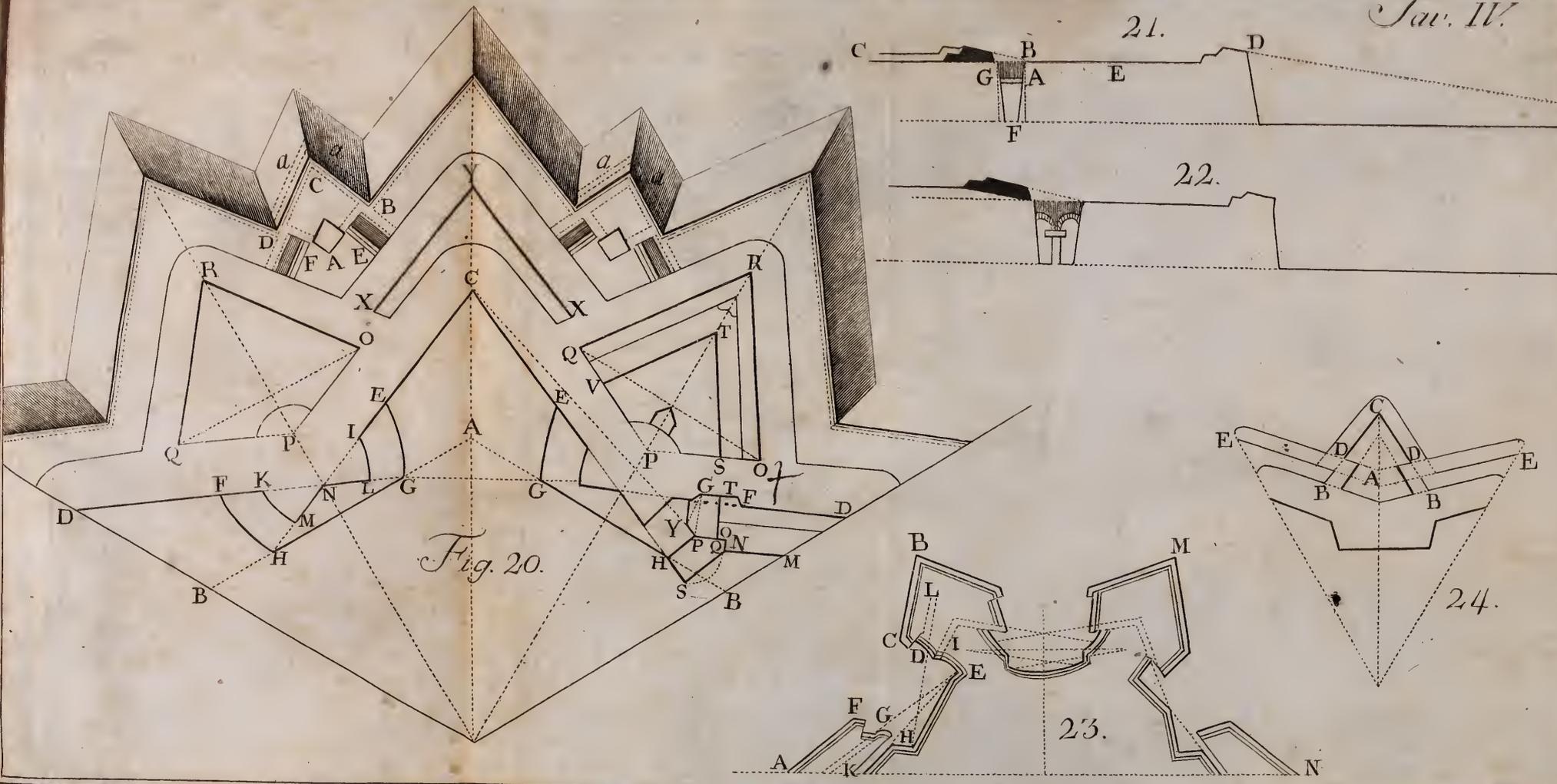
Fig. 12.











F. de Grado inc.

si deve tirare la linea moltiplicata



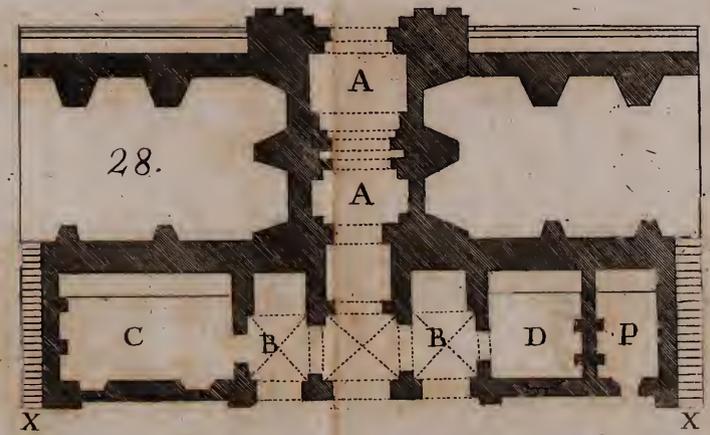
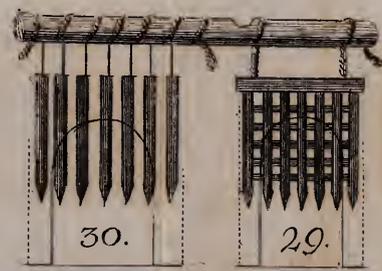
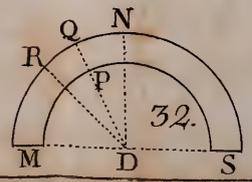
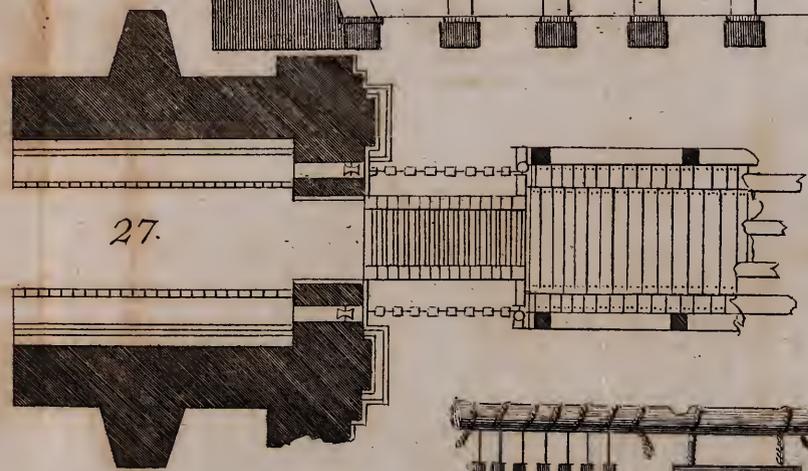
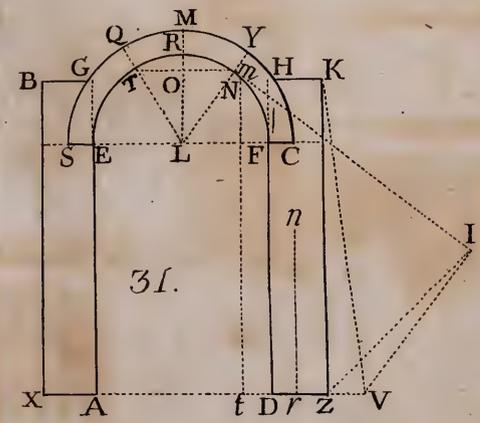
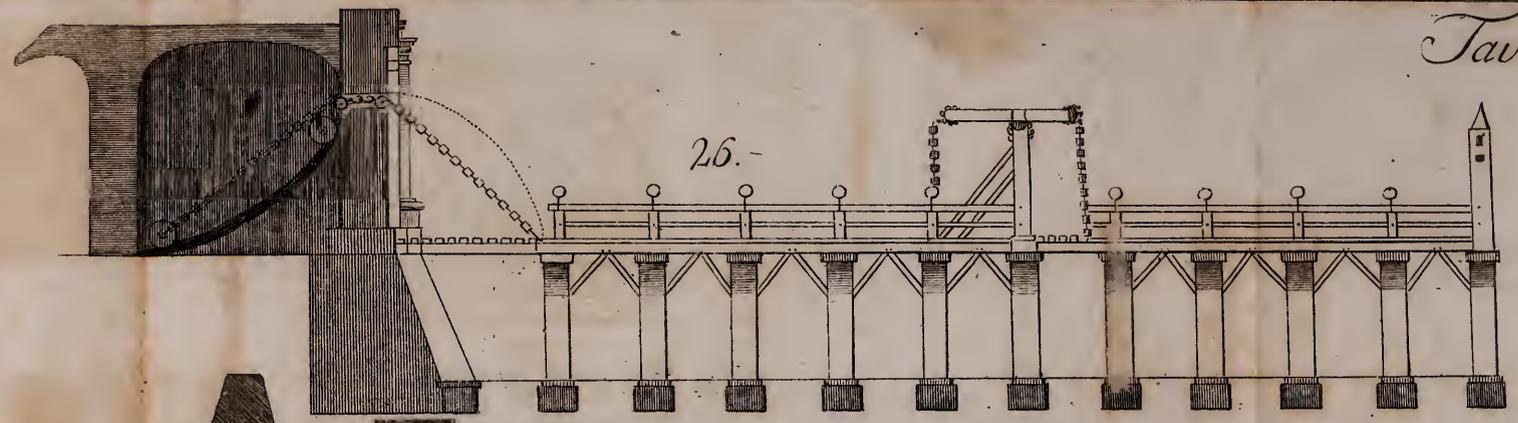
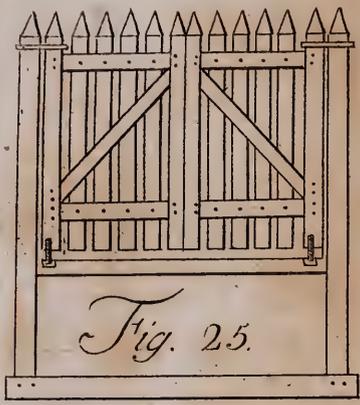




Fig. 33.

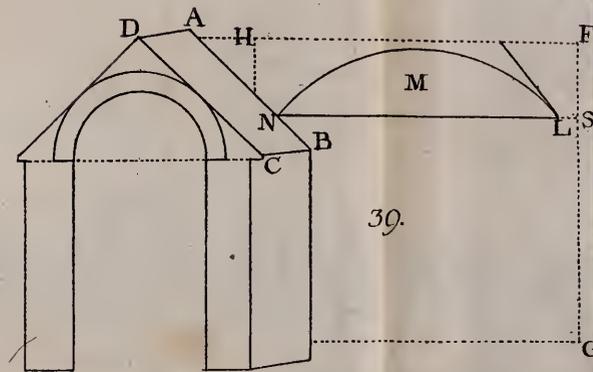
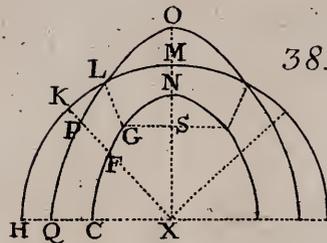
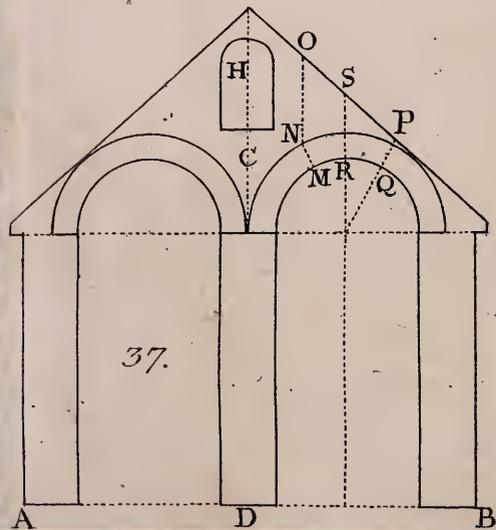
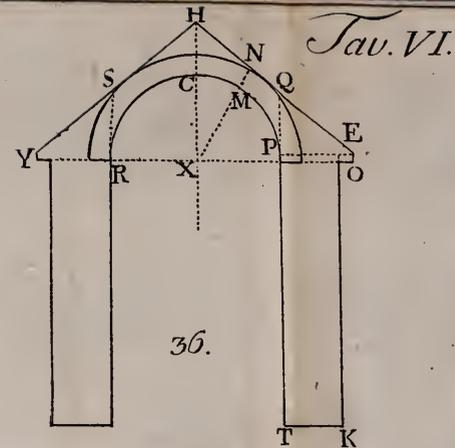
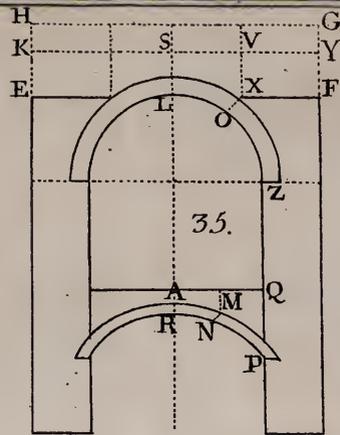
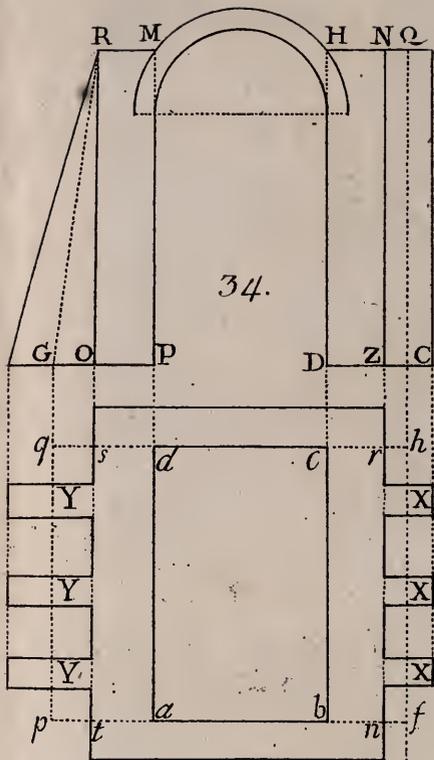
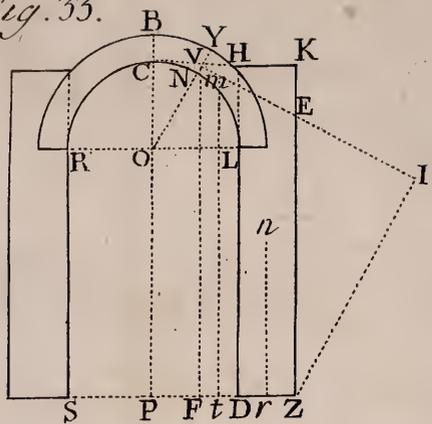
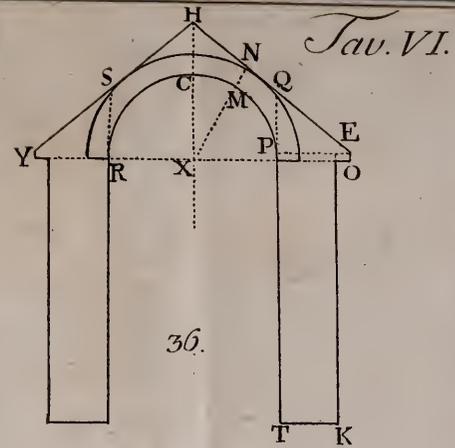
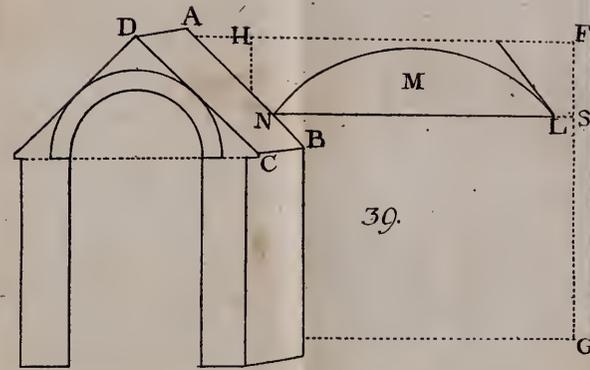
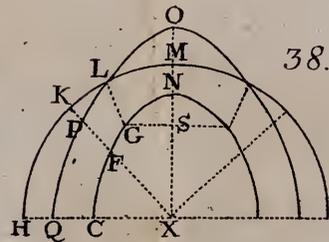
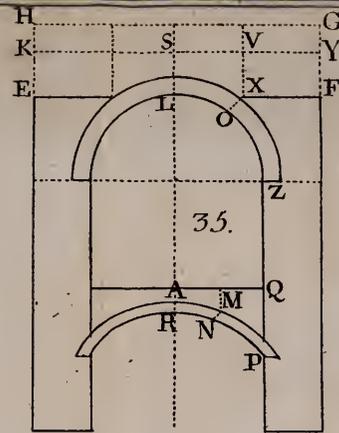
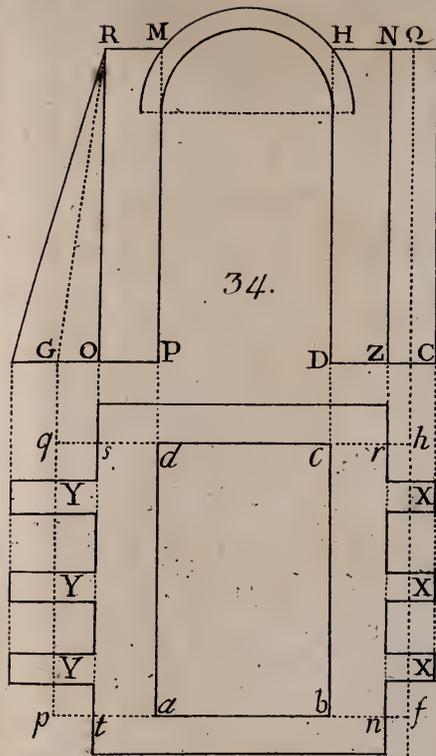
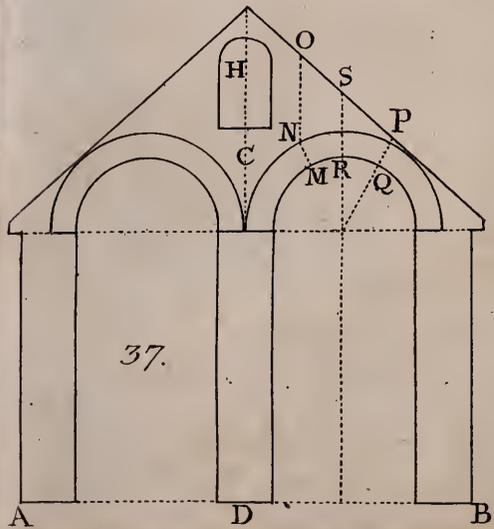
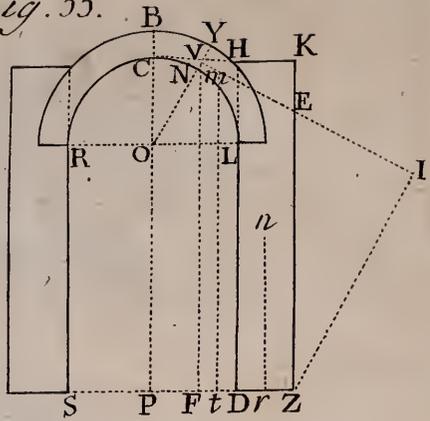




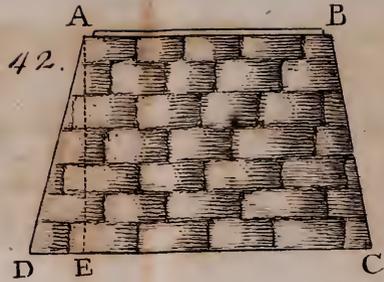
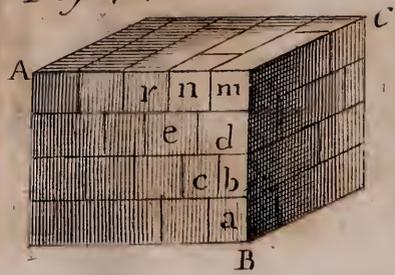
Fig. 33.



Tab. VI.



Fig. 40.



Tav. VII.

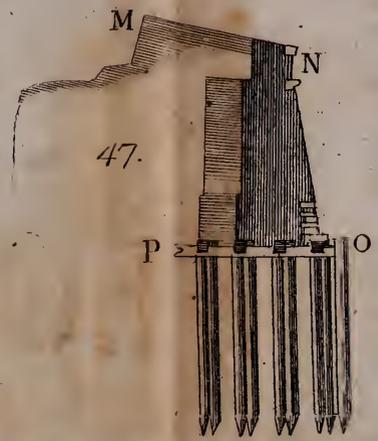
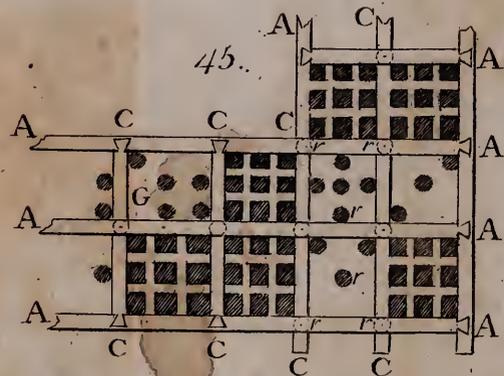
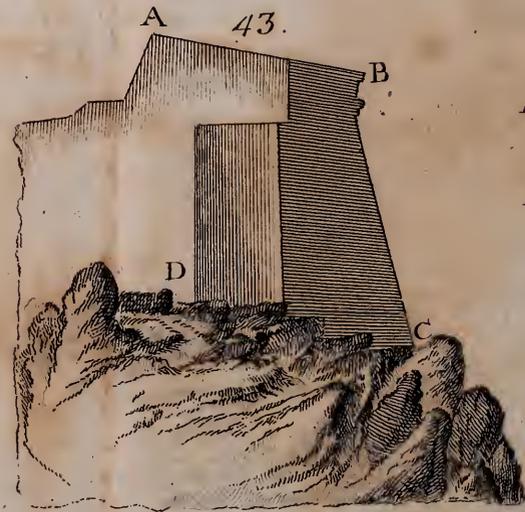
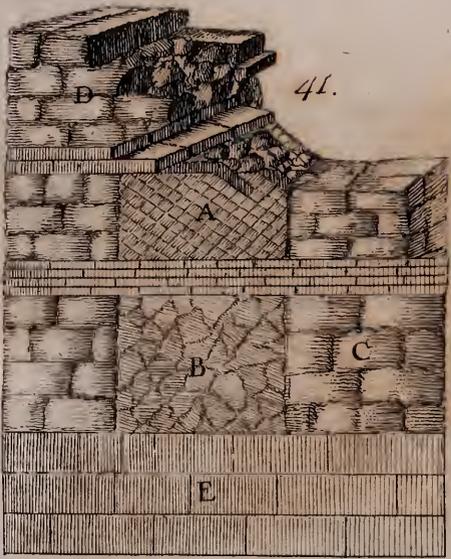
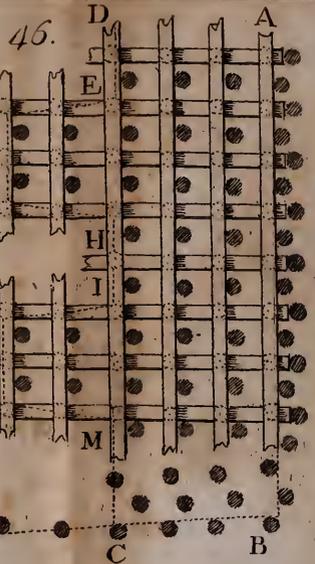
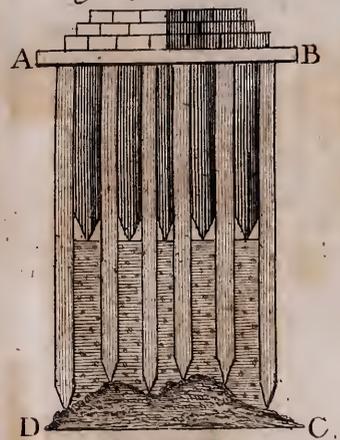
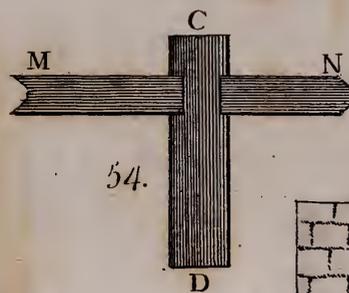
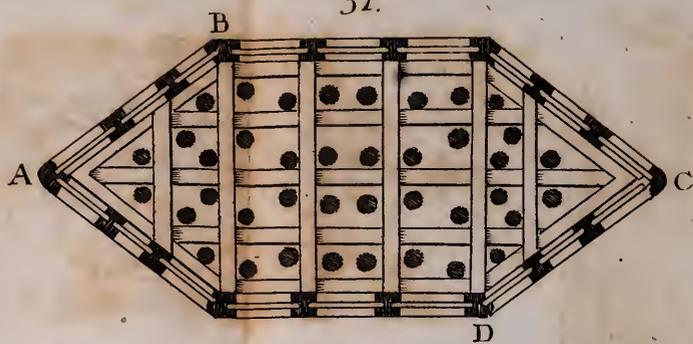




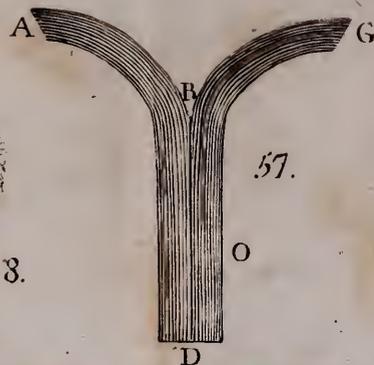
Fig. 48.



51.

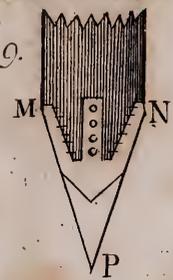


54.

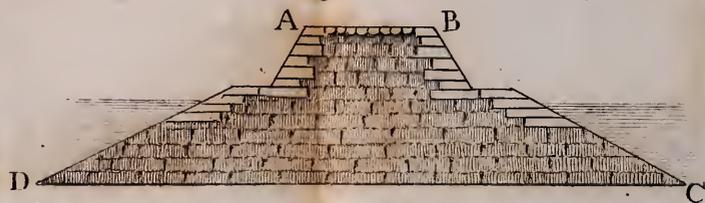


57.

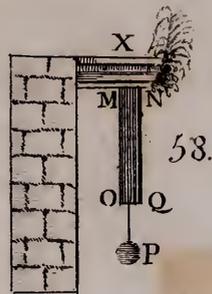
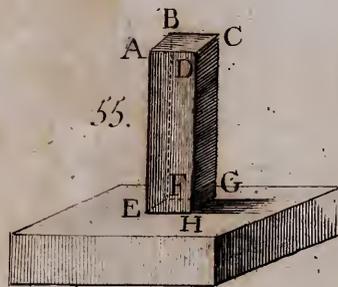
49.



52.

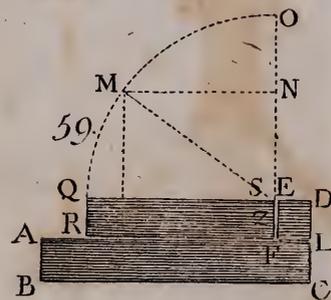


55.

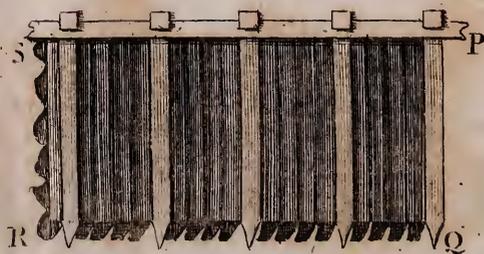


58.

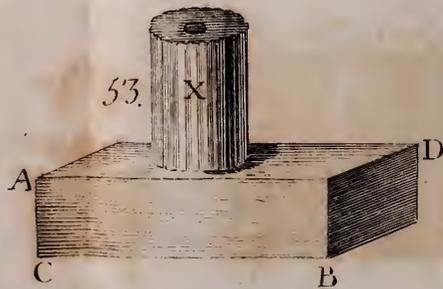
59.



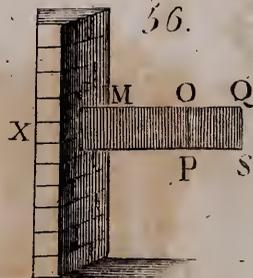
50.



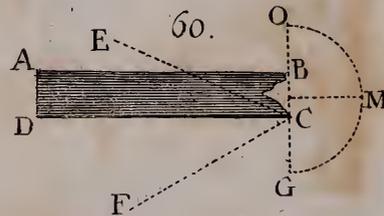
53.



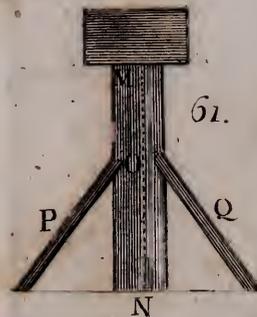
56.



60.



61.



62.

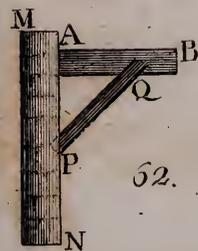
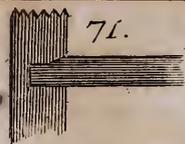
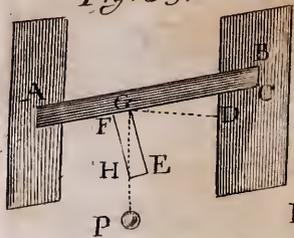




Fig. 63.



Tav. IX.

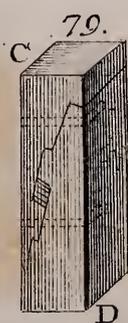
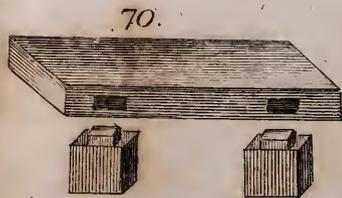
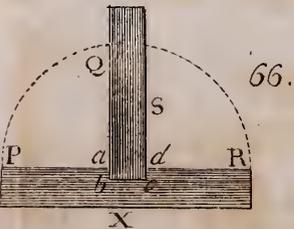
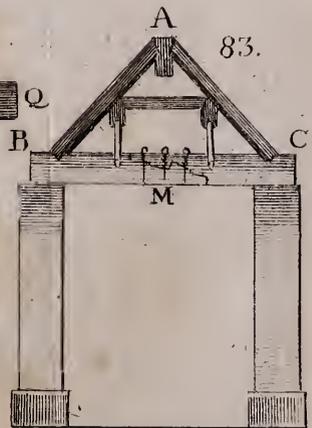
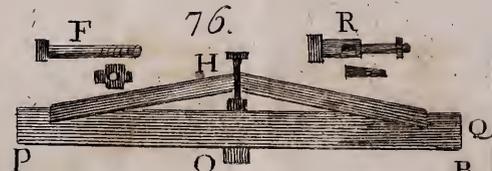
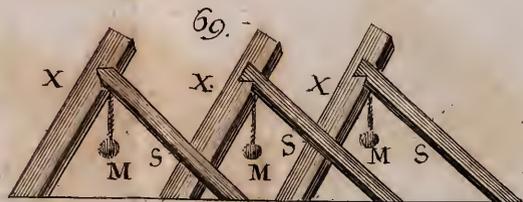
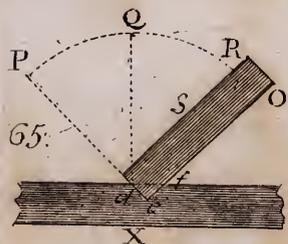
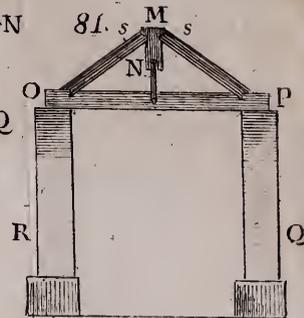
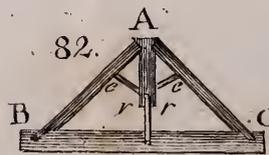
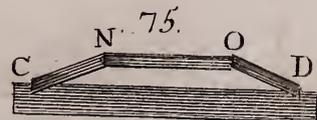
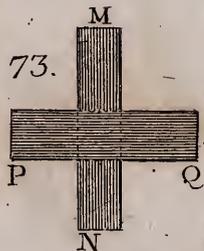
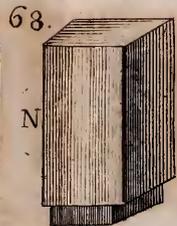
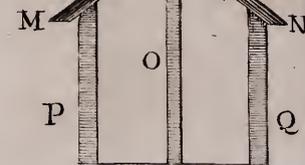
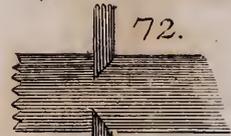
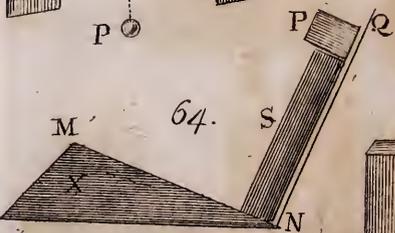
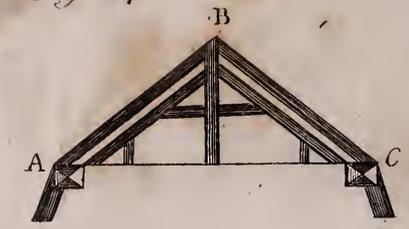
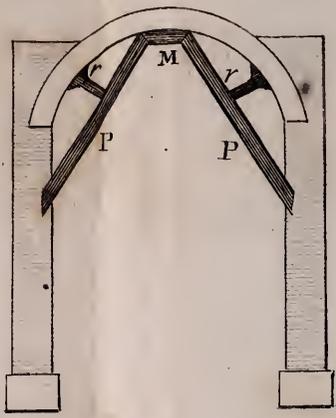




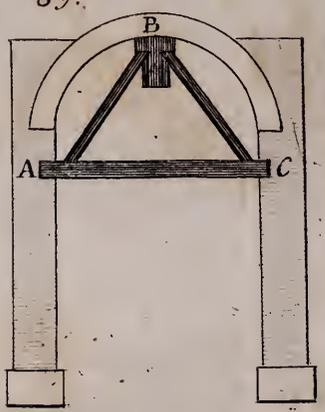
Fig. 84.



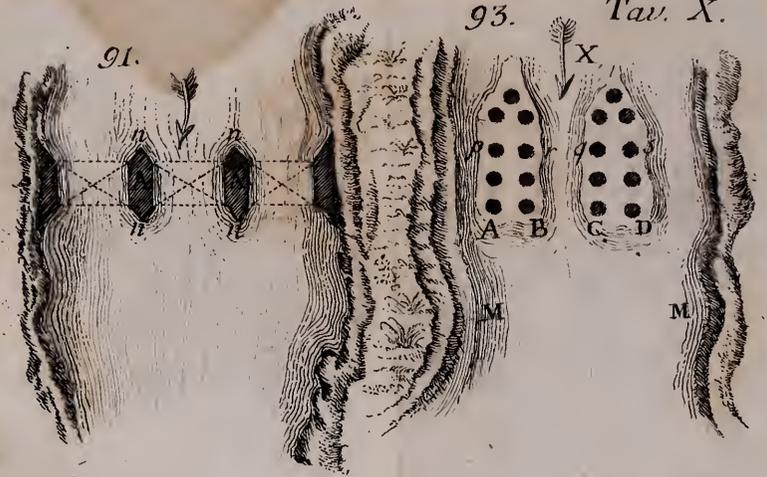
87.



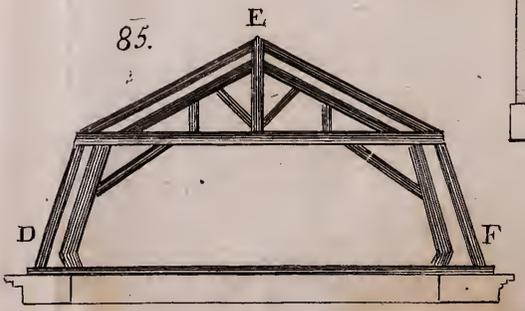
89.



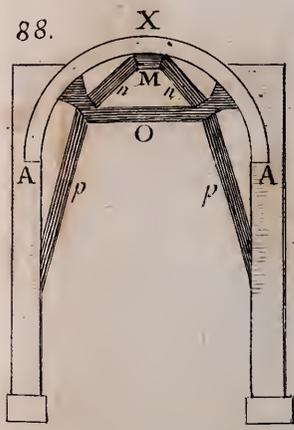
91.



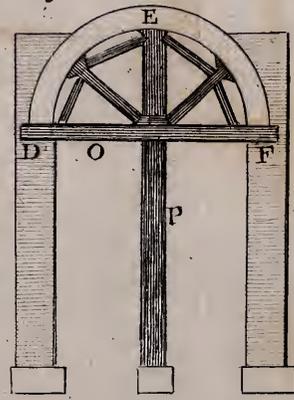
85.



88.



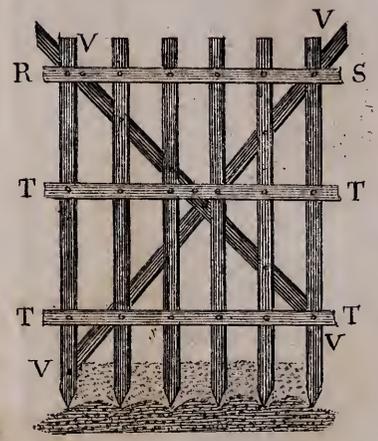
90.



92.



94.



86.

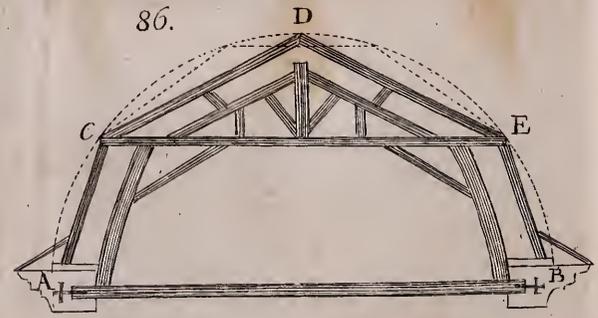




Fig. 95.

