

Fenestrelle. La fortezza e il modello. Sperimentazioni settecentesche sulla spinta delle terre e sulle volte a botte

Amelio FARA

Sulla dorsale di Fenestrelle nel 1715 e 1718 Antonio Bertola (1647-1719) aveva condotto i primi lavori sulla posizione dei Tre Denti (AST, Sezioni Riunite, Ministero della guerra, Azienda generale delle fabbriche e fortificazioni, Contratti fortificazioni, vol. 3, c. 22r-v; vol. 5, cc. 162r-v, 163r). Il progetto globale della fortificazione della piazza da guerra viene tuttavia ideato nel 1727 dal figlio adottivo Giuseppe Ignazio (1674-1755), il più grande degli ingegneri militari sardo-piemontesi. Il disegno originario è noto attraverso il modello ligneo eseguito nel 1757,¹ dopo la morte del progettista, dall'ingegnere militare sardo-piemontese Marciot con l'intento di celebrare e documentare il grande progetto. Peculiare infatti della cultura sarda era la celebrazione di grandi imprese architettonico-militari mediante modelli, disegni e scritti. Ciò di cui Menabrea era e sarebbe stato promotore nel periodo pre- e post-unitario.²

Il modello non rivestì quindi, come è stato ritenuto,³ una funzione strumentale nel percorso ideativo della fortezza, né tantomeno agì quale veicolo per verificarne le fasi evolutive della costruzione, né, infine, per intraprenderne trasformazioni o miglioramenti e azioni difensive. Fu eseguito invece per motivazioni celebrative. Trafugato dai francesi nel 1809, a differenza di altri modelli restituiti nel 1816,⁴ venne indebitamente trattenuto a Parigi. Dal 1920, dopo un secondo intervento di restauro, è esposto nel *Musée des plans-reliefs*. Nel 2012 è stato presentato in mostra al *Grand Palais*. Ne sarebbe dunque auspicabile la restituzione a chi per motivazioni storiche ne è il legittimo proprietario.

I modelli di fortezze e sistemi furono trafugati dai francesi dagli Archivi del genio sardo, dove erano conservati e generalmente utilizzati per l'addestramento degli accademisti e dei giovani ufficiali di artiglieria e genio. Soltanto una parte venne recuperata. Molti andarono perduti per ignoranza e a causa degli spostamenti avventurosi cui furono soggetti.⁵ Circa l'importante modello di Fenestrelle occorre tuttavia mettere in

conto una miscela 'esplosiva' di semplicioneria piemontese e malafede francese. Dopo avere operato il primo restauro nel 1811 del modello di Fenestrelle, nel 1822 i francesi escogitarono, sorta di malcelata compensazione, l'idea del dono da parte del loro sovrano al Corpo del genio sardo di un modello relativo al sistema difensivo di Cormontaigne⁶.

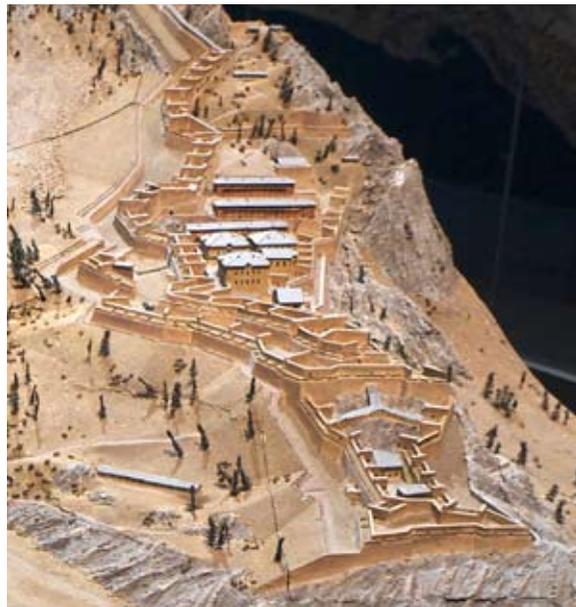
Sulla scia di Gabriello Busca, per il quale l'architettura militare «assai più che tutte l'altre ha da stimare, & tenere in conto»,⁷ il Bertola era fermamente convinto che essa fosse «più nobile della civile» (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, c. 7r).⁸ E il suo successore alla direzione delle Scuole Teoriche d'Artiglieria e Fortificazione, Alessandro Vittorio Papacino D'Antoni, di quel tipo piazza da guerra - che gli ingegneri militari sardi consideravano, con la cittadella di Alessandria, rappresentativa della loro Scuola - affermava significativamente che «si dovrà sempre preferire una piazza d'inaccessibilità permanente, quantunque abbia parti indifese, a quell'altra piazza, in cui essendo tutte le sue parti ben difese, può nulla di meno l'assalitore far mature breccie».⁹

La bertoliana piazza da guerra di Fenestrelle - la cui più compiuta rappresentazione si deve all'inedita icno-ortografia di Giuseppe Beltrame, il raffinato disegnatore delle cavallerizze di Luigi Federico Menabrea -¹⁰ si articola nelle parti superiore e inferiore collegate tra loro da imponenti comunicazioni intermedie. La conformazione della parte superiore con due opere di estremità contrapposte nell'orientamento topografico (la ridotta dell'Elmo e il forte delle Valli) e unite da un'opera intermedia (la ridotta Sant'Antonio), asseconda la necessità di una sostanziale autonomia funzionale. Particolarmente esposta all'attacco nemico la parte superiore conobbe una certa priorità esecutiva. I lavori della fortezza di Fenestrelle nel suo complesso furono tuttavia condotti applicando il criterio della progressività. Dai documenti di archivio si evince infatti come le modalità esecutive fossero tese a conseguire un grado uniforme di resistenza

in ogni punto del circuito nella successione dei momenti realizzativi.

IL MODELLO

Il modello del Marciot¹¹ materializza l'originaria ideazione bertoliana.



1-3. Marciot, Modello della fortezza di Fenestrelle, 1757. Parigi, Musée des plans-reliefs. Insieme e particolari.

L'ordine rinforzato del forte San Carlo replica, verso la città di Fenestrelle, due fronti bastionati a ovest e sud-ovest e presenta un rivellino davanti al fronte principale con la porta. Il forte del Chisone chiude la fortezza a sud-ovest.

Appartiene alla prima ideazione bertoliana la distribuzione architettonica, realizzata nel corso di oltre un secolo, degli edifici interni del forte San Carlo (il palazzo del Governo, il padiglione ufficiali, la chiesa, l'edificio dell'artiglieria e del genio, i tre quartieri, il magazzino a polvere), e la localizzazione, sulla metà delle cortine, della Porta Reale nel fronte di gola sud-orientale e dell'altra porta nel fronte principale verso Fenestrelle. Da Gabriello Busca aveva infatti Giuseppe Ignazio appreso che le «porte vicine all'orecchione, col ponte impediscono il fianco» (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, c. 139v).

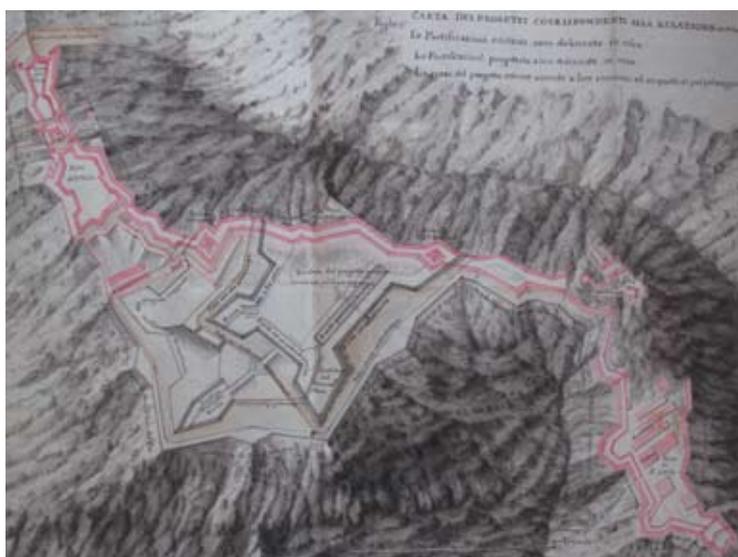
Nella parte superiore del modello sono dislocati il complesso fortificato costituito dal forte dell'Elmo, dalla ridotta Sant'Antonio e dal forte delle Valli, e, al piede della scarpata sud-occidentale di quest'ultimo, l'ospedale, il quale sarà solo parzialmente realizzato e segnalato esistente dal Beltrame. Sulla dorsale si inerpica, nel modello come nella realizzazione, la Scala Reale in combinazione con la Scala coperta.

Un'ampia berma (non realizzata) corre, fungendo da strada coperta, al piede della muraglia occidentale tra la ridotta delle Porte e i Tre Denti. Contemplando modelli, secondo una esigenza affermata nella cultura architettonico-militare sardo-piemontese, Giuseppe Ignazio (AST, J.b.VI.18, Bertola, c. 103) guardava particolarmente a Giacomo Lanteri, il quale sosteneva la necessità di costruirli con essenze lignee facilmente intagliabili (noce, acero, tiglio, cipresso, pioppo, salice). In alternativa si sarebbe potuto utilizzare lo stucco. Inoltre, poiché il modello doveva essere condotto in scala, il modellatore doveva impiegare la bussola affinché «l tutto fin'ad un minimo punto sia proportionato al sito, dove si vorrà fare l'opra dimostrata nel modello», e avere «buona ragione di prospettiva, se vorrà fare la cosa perfetta; altrimenti avrà fatica a far cosa ragionevole, et bene intesa, massime sendo il luogo in sito che habbia opposizioni assai».¹² Paradigmatiche, in questo senso, risultano le vedute prospettiche preparatorie di Andrea Bozzolino per il modello del castello di Nizza (Biblioteca Reale, Raccolta Saluzzo, Ms. 210, datato 1717, tavv. 97-100; e Mss. Militari, 269, «aumenté et corrigé», tavv. 3-6. Altri codici in Raccolta Saluzzo, Ms. 173,

e Mss. Militari, 414).¹³ Nello specifico, fu anche il trattato di Antoine de Ville,¹⁴ il più italiano dei trattatisti francesi, a confermare al Bertola l'inevitabilità di associare ai progetti di architettura militare la costruzione dei relativi modelli (AST, J.b.VI.18, Bertola, c. 98).

Il fatto che il modello del Marciot richiami il primo progetto bertoliano della fortezza di Fenestrelle è indirettamente testimoniato da Carlo Andrea Rana.¹⁵ Nella relazione (1773) di un suo progetto di miglioramento fortificatorio, egli ridisegna le parti esistenti (BRT, Mss. militari, 150.27, cc. 78r-83v). E dal testo esplicativo si deduce chiaramente che il modello deve essere identificato col progetto originario nella cui parte inferiore si localizzano, secondo il Rana, il forte San Carlo, che «comincia a essere in istato di difesa», la tagliata dei Tre Denti e il forte del Chisone, «presentemente abbozzato col solo scarpamento nella rocca, e colla provizione delle pietre». Rana è inoltre consapevole che «avendoli osservata ancor scoperta la porta verso il luogo di Fenestrelle, e quasi niente fiancheggiata, richiede che si faccia il già progettato rivellino, o sia riparata con qualche altro ripiego [...]». Il rivellino contemplato nel progetto originario ma non costruito, avrebbe tuttavia richiesto una disposizione dell'ordine rinforzato analoga a quella del modello celebrativo del Marciot.

Come in altre, non rare occasioni, malgrado la sua fama di topografo, Rana, in notevole disaccordo col terreno e con le preesistenze bertoliane, rappresenta sommariamente in nero il grande forte quadrilatero progettato e in rosso le opere esistenti.



4. Carlo Andrea Rana, Progetto di miglioramento della fortezza di Fenestrelle. Torino, Biblioteca Reale. Insieme.



5. Carlo Andrea Rana, Progetto di miglioramento della fortezza di Fenestrelle. Torino, Biblioteca Reale. Particolare del forte di San Carlo.

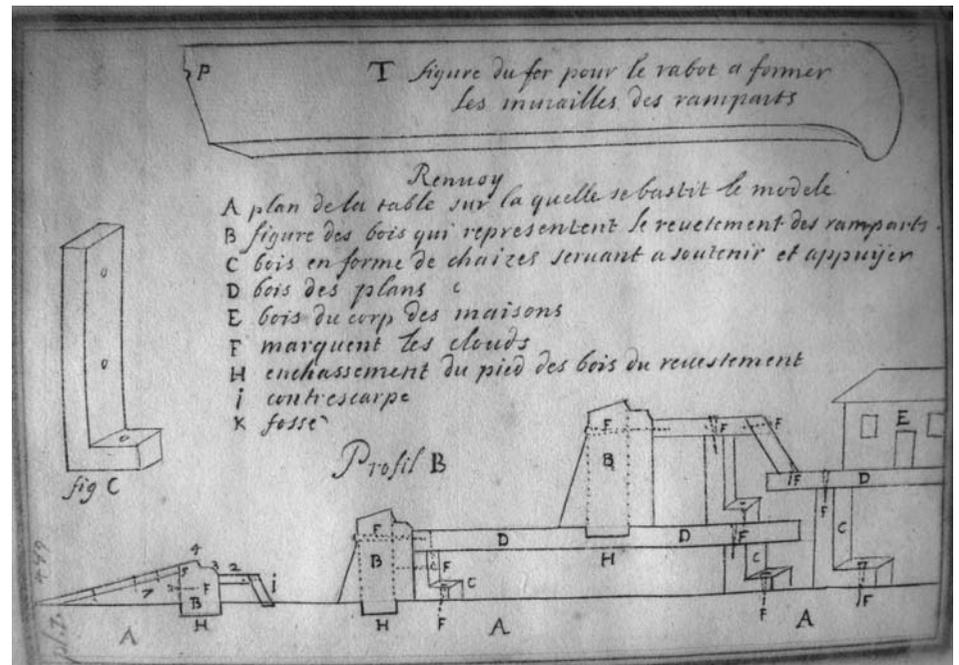
Tra queste, l'ospedale al piede dello spalto del forte delle Valli (come nel modello), le comunicazioni in parallelo della Scala Reale e Scala coperta, gli edifici interni del forte San Carlo, cioè il palazzo del Governo, il padiglione ufficiali, il corpo di fabbrica d'artiglieria e genio, i tre quartieri, il magazzino a polvere.

Il palazzo del Governo sarebbe poi stato costruito - a detta del Rana - «con una doppia facciata affinché abbattuta la prima sussistesse ancor la seconda, la qual cosa creduta da certuni per inavvertenza dell'autore si asserisce che in quell'alloggio vi è più massiccio che voto». Una struttura di quel tipo presuppone comunque l'aggetto, con buona pace del Rana organicamente risolto, dei timpani triangolari sulla estrema linea orizzontale del tetto.

Del tutto errato il rilievo del Rana appare nel tracciato dell'ordine rinforzato. Ciò poiché la profonda bertoliana connessione al terreno, introdotta in corso d'opera, aveva comportato la contrazione dimensionale dello spazio intermedio e una riduzione, nel fronte principale, della distanza del secondo fianco di sinistra dall'angolo di cortina. Evidente la rinuncia bertoliana ad accogliere compiutamente le argomentazioni del Vauban interpretato dall'abate Du Fay:

Il conte Pagano conobbe la necessità, che vi era di scoprirsi per poter scoprir il suo nemico, & è per questo, che fa il suo fianco perpendicolare sopra la linea di difesa. I suoi fianchi sono troppo intricati, e le sue fortificazioni esteriori non sono troppo ben condotte. Ciò che si trova da dire in questo Autore, si trova da dire in tutti gli altri Autori, che hanno trattato dell'arte di fortificare: le lor opere non restano d'haver delle cose bonissime, ma vi è dell'intrico, e del difetto nelle loro costruzioni: dove che nel metodo di M. de Vauban è semplice facile, e buono in tutte le sue parti. Errard, Stevin, Pagan, con alcuni altri non vogliono secondo fianco, Marlois, Fritach, Dogen, e de Ville con altri vogliono un secondo fianco, o fuoco della cortina. L'esperienza ha fatto conoscere, che il fianco formato con la corda d'un segmento, che ha per centro la spalla del ballardo opposto, è il miglior di tutti. Li colpi che si tirano sono dritti; il servizio del cannone è facile, e la moschetteria non è tormentata. Questo è il fianco di Monsieur de Vauban.¹⁶

Nella consapevolezza inoltre che ne fosse «autore il capitano de' Marchi» l'ordine rinforzato era stato analizzato dal Bertola sia nel trattato dello Zanchi sia in quello di Manesson Mallet (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, cc. 18, 116v).¹⁷ Tuttavia nel modello di Fenestrelle l'ordine in questione appare analogo a quello delineato in un profilo schematico da Andrea Bozzolino nel trattato manoscritto succitato della Biblioteca Reale di Torino, nella parte relativa all'esecuzione dei modelli. Il profilo bozzoliniano, integrato da didascalie nella redazione aumentata e corretta di un codice della Biblioteca Reale (Mss. Militari, 269, tav. 7),¹⁸ potrebbe avere ispirato il Bertola nell'interposizione della grande berma nel fronte rinforzato iniziale e nella singolare localizzazione dell'edificio interno al piede della scarpa interna del ramparo (localizzazione analoga a quella poi adottata dal Bertola per il palazzo del Governo). La probabilità di una incidenza del Bozzolino potrebbe apparire incrementata nella considerazione del trasferimento al termine della sua vita a Fenestrelle, dove muore nel 1729.¹⁹ L'importanza della tavola bozzoliniana pertiene tuttavia alla esecuzione di modelli sabaudi in rilievo, nei quali l'elevazione altimetrica appare impostata, particolarità sinora mai rilevata, sull'elemento ligneo C conformato a sedia. Elemento destinato a espletare, nella struttura statica nascosta del modello, le funzioni, non di rado complementari, di appoggio in verticale e sostenimento laterale («bois en forme de chaizes servant à soutenir et appuyer»). Muri, rampari e parapetti sono poi modellati con lo strumento T in ferro opportunamente sagomato.



6. Andrea Bozzolino, Profilo di tecnica costruttiva dei modelli lignei, dopo il 22 maggio 1717. Torino, Biblioteca Reale.

Da Donato Rossetti aveva inoltre appreso il Bertola come gli ordini dell'architettura militare fossero sei (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, c. 120) e che essi si dovessero distinguere nell'ampiezza dell'angolo fiancheggiato e nel numero dei fianchi: l'ordine 'italiano' doveva avere l'angolo fiancheggiato ottuso e due fianchi, l'ordine 'oland-italiano' l'angolo retto e due fianchi, l'ordine 'ital-olandese' l'angolo acuto e due fianchi, l'ordine 'spagnuolo' l'angolo ottuso e un fianco, l'ordine 'franzese' l'angolo retto e un fianco, l'ordine 'piemontese' l'angolo acuto e un fianco. Naturalmente il canonico livornese si affrettava a specificare che: «Ingegnere, che voglia fortificar tutte le figure dal tetragono al dodecagono; e che voglia tutti i vantaggi possibili, non debbe starsene fermo in una sola Scuola».²⁰ I libri di architettura militare posseduti dal Rossetti erano giunti in eredità all'allievo prediletto Antonio Bertola e, quindi, al figlio adottivo di questi Giuseppe Ignazio; e sarebbero confluiti, secondo Prospero Balbo, nella Biblioteca del Re.²¹ Alcuni di essi dovevano tuttavia essere transitati nella Biblioteca delle Scuole Teoriche, successivamente suddivisa nelle biblioteche dei corpi d'artiglieria e del genio.²² Prima di tale suddivisione, quei volumi recavano la nota manoscritta di possesso «Delle Scuole Teoriche d'Artiglieria, e Fortificazione». Prescindendo dagli ordini rossettiani, lo stile dell'architettura bertoliana è intrinsecamente dorico, e prende corpo, a Fenestrelle, tra il 1737 e

il 1743, nella Porta Reale del forte delle Valli, nel doppio ordine interno e nella facciata della cappella dello stesso forte, nelle lesene della Porta Reale alla gola del forte San Carlo, nel doppio ordine della facciata del palazzo del Governo. Nel modello, la Porta Reale del forte San Carlo - trasfigurata da adattamenti ottocenteschi nel registro superiore, e certo non recuperata dal restauro del 2005 - coniuga in altezza trabeazione e timpano di intonazione guariniana, il cui ovale è inserito tra mensoloni inclinati.

L'ideatore della fortezza di Fenestrelle ha sa-

puto trarre lezione dagli ingegneri italiani del XVI secolo. Italiano è in genere il suo tracciato con i secondi fianchi. E il mezzo bastione con la spalla smussata la cui faccia si allinea, nel forte San Carlo, alla cortina dei risalti superiori, sembra alludere a un elemento analogo del fronte di terra buontalientiano di Portoferraio. L'icnografia dei forti superiori delle Valli e dell'Elmo e di quello inferiore del Chisone palesa la derivazione da una tipologia di fortezza desunta, come chi scrive ha già sostenuto, dal progetto peruzzesco per la Rocca Sinibalda e da esiti fortificatori italiani in Ungheria.



7-8. Fortezza di Fenestrelle. Fronte rinforzato principale verso Fenestrelle, con la visuale difensiva del secondo fianco di sinistra (sopra).

Le varianti all'ordine rinforzato del forte San Carlo, apportate in corso d'opera dallo stesso Bertola, sublime ricercatore di una calibrata armonizzazione alla conformazione del terreno, risultano delineate nell'inedito suddetto disegno di Giuseppe Beltrame. L'adeguamento del secondo fianco di sinistra del fronte principale verso Fenestrelle, peraltro già correttamente disegnato nel 1836 (ISCA, Ft, 3358), consente una maggiore ampiezza del tiro di fiancheggiamento sul settore destro del fronte, ed è significativo, come già detto, della profonda connessione dell'idea progettuale bertoliana alla conformazione topografica della dorsale su cui l'architettura si svolge.

L'importanza della beltramesca icno-ortografia²³ emerge dall'accurata tecnica disegnativa e dalle specificazioni di destinazione d'uso delle varie parti. Innovativa, al fine di fissare il significato della fortificazione in questione, la documentata appartenenza di alcuni edifici della città al novero di quelli del corpo di piazza della fortezza. Ciò che giustifica, per Fenestrelle, la qualifica di piazza da guerra.

Ovviamente assente nella rappresentazione il forte bastionato non realizzato verso il torrente Chisone, e puntualmente segnalati il cimitero, inglobato in fronti tanagliati a sud-est del forte delle Valli, la ridotta Carlo Alberto, iniziata nel 1836 per l'ideazione di Francesco Antonio Olivero,²⁴ e il corpo di fabbrica dell'originario ospedale bertoliano situato, come nel modello, a sud-ovest del forte delle Valli. L'antico ospedale militare della città è integrato dal nuovo ospedale previsto tra gli edifici del forte San Carlo, precisamente al piano superiore della Porta Reale e al numero 25 cioè all'estremità di nord-est del corpo di fabbrica (destinato all'artiglieria e stalla) collegato ad angolo retto alla prima cortina di sinistra dopo il fronte di gola.²⁵

DOCUMENTI D'ARCHIVIO SULLA ESECUZIONE SETTECENTESCA

I documenti settecenteschi relativi all'esecuzione mettono in piena luce la valenza storico-documentale del disegno beltramesco. Il 25 luglio 1730, sulla base delle *Istruzioni* dell'8 ottobre 1727 e 17 febbraio 1729, si prevedeva di portare rapidamente al compimento la ridotta dell'Elmo, essendo il fosso davanti al fronte principale già alto quattro trabucchi, e di elevare la ridotta intermedia di Sant'Antonio sino all'altezza della berma.

Elemento essenziale nel profilo dell'architettura militare sarda della prima metà del Settecento, la berma era stata dal Bertola meditata sulla base delle interpretazioni di Antoine de Ville - che la assimilava a un ripiano, denominato *barba*, situato davanti alla falsabraga -, di Adam Freitag - che la chiamava anche *lisière* e ne stabiliva una larghezza di 6 piedi, situata all'esterno del parapetto, sul bordo del fosso, affinché la terra non cadesse nello stesso fosso -, di un Anonimo di fine Seicento - che la riduceva ad un piccolo camminamento al piede del ramparo (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, cc. 14, 15v, 18v, 20).²⁶

Il ramparo - massa di terra delineata dalla linea del terrapieno e dal parapetto - era stato da Giuseppe Ignazio analizzato nei trattati dell'Anonimo di fine Seicento, e in Silvère de Bitainvieu, Antoine de Ville, Allain Manesson Mallet, Adam Freitag, Matthias Dögen, Jean Errard de Bar-le-Duc, Francesco Tensini, Girolamo Maggialacomo Castriotto, Giacomo Lanteri-Gieronimo Zanco-Antonio Lupicini, Carlo Theti, Georges Fournier, Blaise-François de Pagan, Annibale Porroni, Claude François Milliet Dechales, Jean-François Bernard (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, cc. 151, 153r-v, 154r-v, 155r-v, 156r-v, 157r-v). Il parapetto, con il quale termina il ramparo verso la campagna, lo aveva analizzato in Francesco de' Marchi, Freitag, Tensini, Maggi-Castriotto, Lanteri, Theti, Gabriello Busca, Buonaiuto Lorini, Claude Flamand, Pietro Paolo Floriani, Jean de la Fontaine, Porroni, Dechales, François Blondel, il cavalier De Cambrai, Bernard, Doroteo Alimari, l'abate Du Fay (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, cc. 129v-131r, 132v-134r, 135r, 137r, 138r-v, 139v-142r, 143r-144v).²⁷

Il forte delle Valli (poi denominato ridotta Belvedere) era stato condotto entro l'anno 1730 fino all'altezza della berma e munito in alcuni punti del parapetto. In quel tempo si stavano eseguendo nello stesso forte gli scavi per la fondazione dei quartieri (o caserme) e del magazzino a polvere; e il fosso di separazione dalla ridotta Sant'Antonio era già alto quattro trabucchi. Si lavorava anche alle comunicazioni con il forte delle Valli, ridotte delle Porte e Santa Barbara e con i Tre Denti.

Le esecuzioni tra il 1733 e il 1751 risultano puntualmente documentate (AST, Corte, Materie militari, Intendenza generale delle fabbriche e fortificazioni, mazzo 3 inventariato, n. 20).²⁸ Nel 1733, per una spesa di 711.000 lire, veniva incrementata nella ridotta dell'Elmo la profondità del fosso

del fronte principale al fine di fondare il muro di rivestimento d'una porzione di berma. Chiusa alla gola la stessa ridotta, si lavorava ai sotterranei e all'acquedotto. Furono eseguiti diversi parapetti con «pietre grosse piccate»; e si continuava lo scavo in roccia del fosso di separazione dalla ridotta Sant'Antonio. Nella quale erano in esecuzione parte dei sotterranei, parapetti e banchette verso Peccarello, il fosso di separazione dal forte delle Valli, alcune piattaforme e rampari. Nel forte delle Valli si eseguirono banchette, piattaforme e rampari, proseguirono i lavori ai quartieri, continuarono i lavori alle comunicazioni dalla parte di Mentoulles. Si eseguirono rampari e parapetti alle ridotte della Porta e Santa Barbara, i rivestimenti dei parapetti ai Tre Denti, e, nel Nuovo Forte (poi San Carlo), la rampa necessaria per ascendere, verso Mentoulles, dalla falsabraga al corpo di piazza. La falsabraga, delineata nel modello, era stata quindi eseguita; la cortina rientrante risulta ri-delimitata, naturalmente in maniera non difensiva, nel recente restauro della Porta Reale.

Nel 1734, impiegando 150.000 lire, proseguirono i lavori nelle opere suddette. Nel Nuovo Forte si eseguirono alcune traverse e fu iniziata la galleria verso i Tre Denti. Con 147.000 lire nel 1735 vennero rivestite berme e gallerie di comunicazione. Nel 1736 lire 156.000 furono destinate alla formazione delle gallerie, rivestimento delle berme nelle ridotte dell'Elmo e di Sant'Antonio, copertura in lose della ridotta Sant'Antonio, cisterne al forte delle Valli, strada coperta dalla ridotta Santa Barbara sino alle vicinanze dei Tre Denti, gallerie nel Nuovo Forte. Al Tagliazucchi, promotore di una nuova Accademia, in questo anno la fortezza di Fenestrelle appariva «di Forti una catena,/che la ripida Montagna/Fino al termine accompagna/ [...] Fatta in forme sì stupende,/Che nessun certo la prende».²⁹

Nel 1737, per una spesa di 188.000 lire, si rivestirono le berme della ridotta dell'Elmo; e si lavorava agli spalleggiamenti di protezione nel Nuovo Forte. Lire 220.000 furono impiegate nel 1738 per rivestire la berma della ridotta Sant'Antonio, elevare il secondo quartiere nel forte delle Valli, continuare l'esecuzione di parapetti, spalleggiamenti e traverse al Nuovo Forte.

Le fonti di Giuseppe Ignazio per spalleggiamenti e traverse, nel modello come nell'esecuzione, sono Francesco de' Marchi e Carlo Theti (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, cc. 160v, 161v)³⁰. Lire 245.000 si utilizzarono nel 1739 per il fosso e la strada coperta della ridotta dell'Elmo, il rive-

stimento della berma alla ridotta Sant'Antonio, il completamento del terzo quartiere e cappella al forte delle Valli, la comunicazione verso i Tre Denti, i parapetti dai Tre Denti al bastione San Carlo del Nuovo Forte, la preparazione del piano di fondazione del palazzo del Governo. Furono destinate 292.000 lire, nel 1740, alla strada coperta della ridotta dell'Elmo, al compimento del quartiere in prossimità del magazzino a polvere nel forte delle Valli, alla strada coperta tra la ridotta Sant'Antonio e il forte delle Valli, alla porta e traverse della cortina fra i bastioni San Carlo e Beato Amedeo nel Nuovo Forte.

Nel 1741 la spesa di lire 598.000 riguardò la strada coperta di destra e di sinistra della ridotta dell'Elmo, i parapetti, orecchioni e fianchi ritirati in corrispondenza del ponte di comunicazione fra le ridotte dell'Elmo e Sant'Antonio, il completamento dei quartieri secondo e terzo nel forte delle Valli, gli spalleggiamenti, traverse e blindaggi nel Nuovo Forte, l'elevazione del palazzo del Governo fino all'impostazione delle volte in rapporto «all'altezza superiore della berma» verso Mentoulles.

Nel 1742 la spesa di 290.000 lire rese abitabili i sotterranei delle ridotte dell'Elmo e Sant'Antonio «colle ariccature, sterniti, e serraglie di porte e di finestre», e furono compiuti lo spalto della strada coperta nella ridotta Sant'Antonio, i muri bastionati e i parapetti di sinistra del forte delle Valli, il muro di controscarpa e le traverse della strada coperta dello stesso forte, il corpo di guardia, la comunicazione e i parapetti alle ridotte delle Porte e Santa Barbara, i blindaggi, gli spalleggiamenti e l'acquedotto al Nuovo Forte, la copertura del palazzo del Governo, la condotta delle acque nei sotterranei della stessa fabbrica. Il palazzo del Governo (periodo esecutivo 1739-1742) è notevole testimonianza dell'architettura bertoliana.

La facciata, incompiuta, è ripartita in orizzontale, a partire dal basso, dalla trabeazione del primo portale, dalla cornice corrente alla quota dei davanzali delle finestre del piano nobile, dalla trabeazione del portale superiore, dalla linea del tetto in lose su cui aggettano i timpani triangolari delle finestre del sottotetto. Le bozze verticali laterali vengono intercettate e modificate dalle orizzontali fondamentali. Singolare l'intersezione dei piedistalli delle lesene doriche del portale superiore con i parapetti delle finestre, e l'intreccio dell'ordine minore dei portali con la cornice superiore delle aperture.



9. Fenestrelle. Fortezza. Palazzo del Governo.

Nel 1743 per la somma di 155.000 lire furono predisposti magazzini dei viveri nei sotterranei del primo quartiere del forte delle Valli, nel Nuovo Forte (compreso la Porta Reale) e nel forte Mutin; baracconi esterni al forte delle Valli, fra la ridotta delle Porte e Santa Barbara, nel Nuovo Forte (esattamente tre baracconi per gli attrezzi dell'artiglieria e il laboratorio dei bombisti). In esecuzione parapetti al forte Mutin, alla ridotta d'Andorno, al castello Arnaud, ai Tre Denti.

Lire 100.000 furono sufficienti nel 1744 per dare compimento alla berma della ridotta dell'Elmo dalla parte di Peccarello, iniziare al Nuovo Forte la costruzione del magazzino a polvere sotto i Tre Denti, realizzare traverse, spalleggiamenti e blindaggi dal fianco del mezzo bastione alla tenaglia verso il Chisone, prolungare la rampa laterale del palazzo del Governo. Con 61.000 lire si perfezionarono nel 1745 gli spalti della ridotta dell'Elmo dalla parte del Peccarello, e si costruirono il magazzino a polvere (con tamburo, berma e traversa) al Nuovo Forte. Lire 100.000 vennero destinate nel 1746 alla copertura a prova di bomba del magazzino a polvere sotto il forte Tre Denti, agli speroni e traverse dell'ordine rinforzato del Nuovo Forte verso Mentoulles, ad un condotto sotterraneo per «dar esito alle acque».

Nel 1747 con la somma di 52.000 lire si assecondarono nel Nuovo Forte le necessità contra-

stanti della rampa in prossimità della fabbrica del Governo e dell'ampliamento per quanto possibile del ramparo dell'ordine rinforzato: «s'è scarpato il rocco dietro la fabbrica del Governo singolarmente per dar luogo alla contrada che secondo il disegno deve restare dietro la detta fabbrica ed anche per allargare il ramparo dell'ordine rinforzato». Venne inoltre incrementato il numero delle traverse dello stesso ordine, e proseguito il blindaggio dei parapetti. Lire 90.000 furono devolute nel 1748 per stabilire il piano di fondazione di un nuovo quartiere nel Nuovo Forte, e per il rivestimento ligneo interno del magazzino a polvere. Nel 1749 con 155.000 lire si elevò il terzo quartiere a prova di bomba, situato dietro il palazzo del Governo, e iniziarono i lavori del secondo. Lire 145.000 si destinarono nel 1750 all'elevazione nel Nuovo Forte (da ora San Carlo) del secondo quartiere fino all'impostazione della volta principale. Si procedette quindi all'infossamento della rampa che dalla porta principale conduce ai rampari; mentre al forte delle Valli venne iniziata la costruzione di un nuovo quartiere previa demolizione del baraccone denominato di Samuele. Con la spesa di 50.000 lire risultò terminata nel 1751 l'elevazione della fabbrica (con la copertura in lose) del secondo quartiere del forte San Carlo; e venne fissato il piano di fondazione del primo quartiere.

Il capitano del genio I. Martin Franklin³¹ il 28 gennaio 1855 elabora, controfirmata dal comandante del genio Francesco Antonio Olivero e dal presidente del Consiglio del genio Agostino Chiodo,³² una relazione sullo stato delle fortificazioni di Fenestrelle. La Cinta magistrale di circa 4 chilometri risulta notevolmente degradata nelle berme, parapetti, scarpa esterna (particolarmente a levante). La Scala coperta - lunga 1240 metri, con la copertura delle volte alla prova e le rampe gradinate o cordonate - appare deteriorata soprattutto nella copertura di lastre. La Scala Reale scoperta - costituita da rampe cordonate e gradinate, lunga 840 metri e larga 7,50 - palesa notevoli danni negli scalinii, parapetti, scoli delle acque. Necessitano di riparazioni le strade e rampe, segnatamente nei muri di sostegno e nei ponti lignei. Anche le batterie e ridotte dei Tre Denti, Santa Barbara, delle Porte, Sant'Antonio e dell'Elmo risultano notevolmente degradate. In buono stato invece il forte delle Valli, il forte San Carlo, la Tenaglia, il castello Arnaud, la ridotta Carlo Alberto e gli edifici militari della città.

Gli interventi proposti tendono a isolare la Scala Reale scoperta dalle opere comprese tra la batteria del Rocco e la ridotta delle Porte, e a mettere quelle opere in comunicazione diretta con la Scala coperta.

L'importanza della relazione del capitano Martin Franklin appare particolarmente rilevante nella pregnante descrizione dell'architettura della fortezza. Chiaro esempio di metodo con cui si deve leggere, mettendo in conto la trasformazione tecnica intercorsa, uno dei capolavori dell'architettura militare sarda del secolo XVIII.

La fortezza di Fenestrelle appare concepita per opporsi al passaggio del nemico sia nel fondo della valle sia attraverso i colli, fortificando il piede del contrafforte con il forte San Carlo e un punto superiore con il forte delle Valli e le ridotte Sant'Antonio e dell'Elmo per scoprire il prato di Catinat.

Si tratta di un sistema difensivo internamente collegato da «una scala voltata a prova di bomba, e coperta da un tetto in lastre, fiancheggiata da un'altra scoperta, e munita di parapetti da ambo le parti, a modo di doppia caponiera». Tra le parti inferiore e superiore si assicurano pertanto le comunicazioni e si impediscono altresì i movimenti del nemico. Senza ottenere tuttavia né un fiancheggiamento né un defilamento perfetto, poiché il piede delle scarpe è

battuto in pochi punti e il terreno circostante è scoperto dalla magistrale soltanto a una distanza notevole. Agli occhi di un ingegnere militare della metà del secolo XIX la Scala Reale appare opera passiva con poca azione diretta ed efficace sulla difesa.

SPERIMENTAZIONI DI TECNICA DELLE COSTRUZIONI NEL CANTIERE DI FENESTRELLE

E NELLE SCUOLE TEORICHE TORINESI

Alle origini della moderna scienza delle costruzioni i trattatisti tendono a ricondurre l'interpretazione degli insiemi costruttivi al funzionamento di macchine semplici. Nell'ideare i muri magistrali e le volte a botte della fortezza di Fenestrelle gli artefici settecenteschi si riferiscono alla leva, al cuneo e all'azione di contrasto reciproco tra gli elementi. La 'sodezza' della massa muraria, sovente evocata, trova profonda affinità nella concezione strutturale, la quale sostanzia le ideazioni architettoniche.

Giuseppe Ignazio Bertola aveva dedotto da Georges Fournier che nella costruzione delle volte «chaque pierre est bastie en coin, étant de tenir, plus ferme, à proportion qu'elles sont plus chargées & pressées vers le centre», dal Vauban interpretato dall'abate Du Fay che per resistere alla prova delle bombe lo spessore delle volte doveva essere di 5-6 piedi, da Jacques Ozanam che ai 5-6 piedi di spessore delle volte si dovevano sovrapporre 5-6 piedi di terra, da un Anonimo del 1698 che ai 6-8 piedi di spessore delle volte si dovevano sovrapporre 6-7 piedi di terra (AST, J.b.VI.18, Bertola, 1721, c. 172v).³³

Dal punto di vista della tecnica costruttiva i cantieri di Fenestrelle e della cittadella di Alessandria³⁴ costituirono nel corso del Settecento un vero e proprio campo di sperimentazione.

Risultati fisico-meccanici sono riassunti in uno dei testi appositamente editi dal Papacino D'Antoni per le Scuole Teoriche torinesi, esattamente nel *Dell'architettura militare per le Regie Scuole Teoriche d'Artiglieria, e Fortificazione. Libro quinto. In cui si contengono le regole fisico-meccaniche, che alla soda, ed insieme economica costruzione delle fortificazioni conducono* (Torino, Stamperia Reale, 1781). Succeduto al Bertola il 1755 nella direzione delle Scuole Teoriche d'Artiglieria e Fortificazione, egli si era interessato di Fenestrelle nel 1746, e, negli anni sessanta, insegnante dei Reali Principi, «ebbe il D'Antoni con gli augusti allievi non rare occa-

sioni di visitar fortezze» e «compire il giro delle nostre frontiere, ed inoltrarsi nelle strette de' monti, donde agli eserciti alleati o nemici si apre o si chiude il passo; ed esaminare que' siti memorabili, dove si era con poca gente trattenuto l'impeto ostile, ed assicurato il destino d'Italia». ³⁵

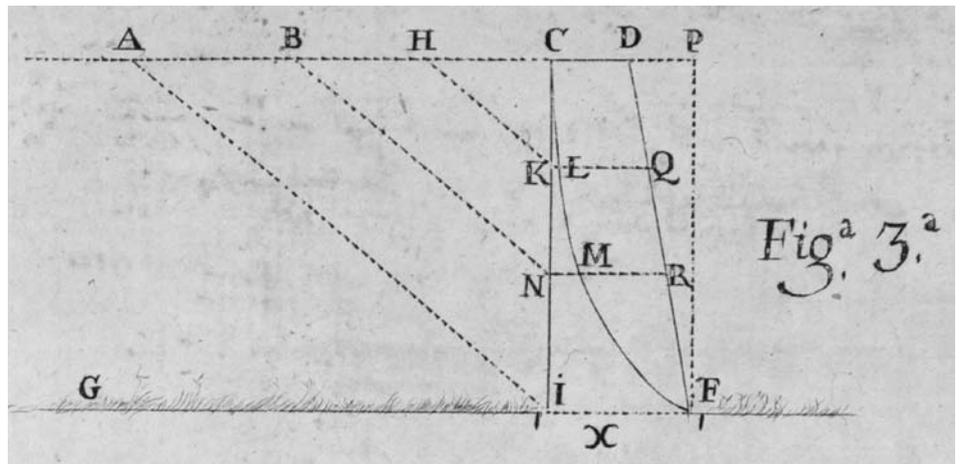
Spinta delle terre sui muri magistrali

All'epoca della prima esecuzione di Fenestrelle la teoria di riferimento per il dimensionamento dei muri sotto la spinta delle terre è quella di Bernard Forest de Bélidor enunciata nella *Science des Ingénieurs dans la conduite des travaux des fortifications et d'architecture civile* (Parigi, C. Jombert, 1729), impostata sulla verifica che il momento ribaltante causato dalla spinta rispetto al piede della scarpa del muro sia minore del momento stabilizzante causato dal peso dello stesso muro. Nel contributo invero straordinario di Charles Augustin de Coulomb, presentato nel 1773 e pubblicato nel 1776, ³⁶ affiora il fondamentale coefficiente di attrito tra le terre e tra le terre e il paramento interno dei muri. Si tramanda che nell'elaborazione teorica egli si sia fondato sui profili di Vauban.

La sua teoria sulla spinta delle terre, che si diffonde quando i muri magistrali di Fenestrelle sono già stati eseguiti, non risulta acquisita neppure dal Papacino D'Antoni, la cui concezione si colloca tra quelle di Bélidor e di Coulomb. Nel suddetto *libro quinto*, alla parte terza, capo II- *Determinare la figura dello spaccato, e la spessorezza dei muri di cinta di una fortezza, perché resistano alla pressione dei terrapieni*, il dimensionamento è ancora sostanzialmente derivante dai momenti della pressione delle terre e della resistenza dei muri.

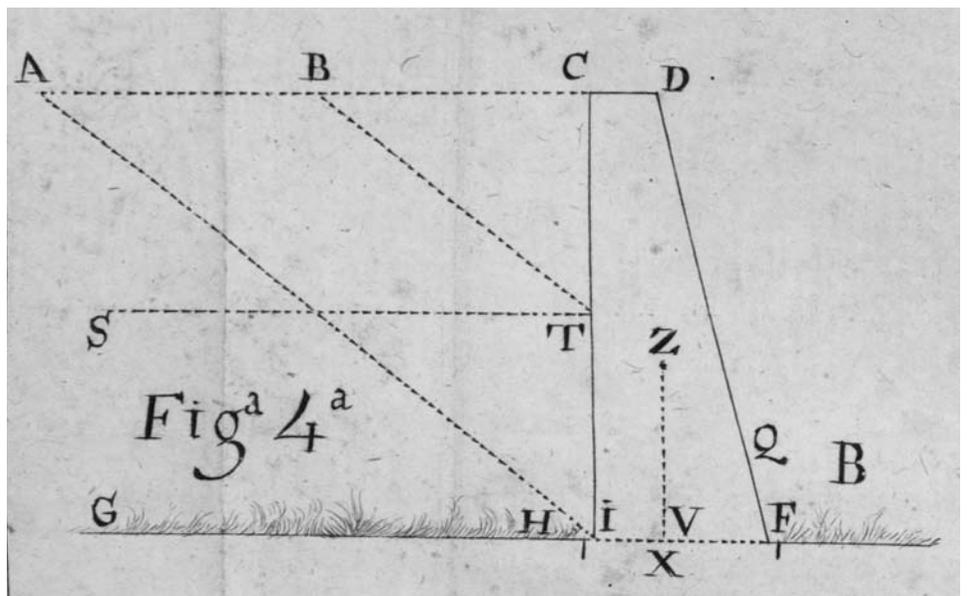
Le muraglie, che sostengono un qualche terrapieno formato con materiali trasportati, debbono avere una spessorezza maggiore di quelle altre, che sono isolate; affinché resistere possano alla pressione d'essi materiali, giacché questi tendono a rovesciarle nella banda opposta.

Nella consapevolezza che il piano inclinato rispetto all'orizzonte possa variare, a seconda della natura del terreno, tra i limiti di 30 e 65 gradi, Papacino e gli ingegneri delle Scuole Teoriche deducono che la scarpa è assimilabile nel primo limite a una volta e mezzo l'altezza e nel secondo alla metà dell'altezza. Il diagramma delle pressioni è per loro una parabola colla convessità rivolta al paramento interno del muro.



10. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. I, fig. 3.

La resistenza opposta dal muro alla pressione del terreno «dipende dalla sua adesione nel sito FI della rottura, e dal peso del solido CDFI, che per causa d'essa rottura vien disgiunto dalle fondamenta FXI».



11. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. I, fig. 4.

Quando il muro non ha 'adesione', come in quelli eseguiti 'a secco', o che ne abbia poca per la pessima qualità del calcestruzzo, il muro «rigonfia nella parte più bassa FQ in modo, che, uscendo le pietre dal loro sito, la parte superiore CDQ precipita». Ma se il muro palesa notevole 'adesione' il ragionamento degli ingegneri sardo-piemontesi delle Scuole Teoriche era il seguente. Se Z è, nel linguaggio matematico di Papacino D'Antoni, ³⁷ il centro di gravità, l la lunghezza del muro, t «l'adesione assoluta per la sezione di rottura di un piede superficiale»,

p il peso di un piede cubo di muro, saranno:

$FI.l$ la sezione di rottura;

$FI.l \cdot \frac{1}{2} FI.t$ «il momento dell'adesione relativa rispetto al punto F»;

$CDFI.l.FV.p$ «il momento del peso del muro riguardo allo stesso punto di contrasto F».

La resistenza del muro sarà quindi espressa dalla seguente espressione:

$$\frac{\overline{FI}^2 l t}{2} + CDFI.l.FV.l p$$

La forza che rovescia il muro verso B viene quindi pensata, nelle Scuole Teoriche, applicata perpendicolarmente alla leva CI. Il riferirsi al funzionamento di una macchina semplice caratterizza, come si è detto, la iniziale concezione strutturale della spinta delle terre agli albori della moderna scienza delle costruzioni.

Se AI è la pendenza naturale delle terre, l la lunghezza del terrapieno, q il peso di un piede cubo di materia terrosa, il peso del prisma che agisce contro il muro soltanto con una sua parte (essendo sostenuto in parte dal piano inclinato AI) sarà espresso dalla $ACI.lq$; e tale forza pensata applicata alla estremità C, perpendicolarmente alla CI, risulterà

$$\frac{ACI.lq}{m}$$

Per cui il momento della pressione del ramparo rispetto al punto F di contrasto sarà:

$$\frac{ACI.lq}{m} CI$$

Occorre poi tener presente che sovente nei muri dell'architettura militare il terreno $GITS$ è notevolmente consistente; mentre le terre 'trasportate' sono contenute in $ACTS$ e la pendenza naturale è TB . Pertanto il triangolo da considerare non sarà ACI , bensì BCT , e il momento della pressione rispetto allo stesso punto F di contrasto diviene

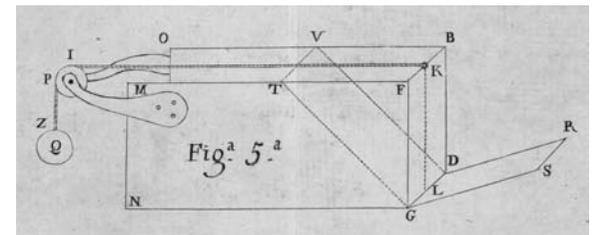
$$\frac{BCT.lq}{m} CI$$

Dal confronto dei momenti della pressione e della resistenza, eliminata la quantità l comu-

ne alle due espressioni, lo stato di equilibrio sarà espresso dalla seguente formula generale:

$$\frac{ACI.lq}{m} CI = \frac{\overline{FI}^2 l t}{2} + CDFI.l.FV.p$$

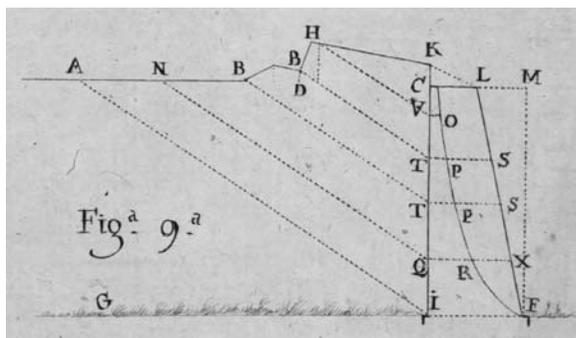
Nella quale m si determina, nelle Scuole teoriche, a seconda della qualità delle terre, con la seguente esperienza. Sia dato il recipiente parallelepipedo rettangolo $BDFGNMO$ aperto superiormente e alle estremità.



12. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. I, fig. 5.

FG è variabile da 4 a 6 piedi, BF da 5 a 6 piedi e GN non è minore del triplo di FG affinché lo sfregamento delle terre sulle pareti lunghe non possa diminuire sensibilmente l'azione delle stesse contro la facciata $BDFG$. La quale deve essere chiusa con un tavolato mobile sui perni G, D affinché esso possa passare facilmente dalla posizione $BDFG$ a quella inclinata $GDRS$. Chiusa quindi l'estremità $BDFG$ con il tavolato in posizione verticale, una corda orizzontale KI passi sulla girella P e alla estremità Z si attacchi il peso Q che tenga il tavolato in posizione verticale. Si riempia allora il recipiente con terre di qualità assimilabile a quella delle terre con le quali si deve conformare il ramparo, e si comprimino in maniera analoga a quelle dell'opera da realizzarsi. Dopo di che si diminuisca gradualmente il peso Q fino a che il tavolato inizi a scostarsi da BF . Questo peso diminuito sarà quello che applicato in K agisce in direzione perpendicolare alla leva KL . Si tolga infine il tavolato «affinché le terre, che premono contro il medesimo, dirupino, ed acquistino la loro pendenza naturale $TVDG$, e si trovi il peso delle materie dirupate; se questo peso si dividerà pel peso Q , come sopra, sminuito, s'avrà nel quoziente il valore di m ».

Per determinare la 'pressione' delle terre quando sul terrapieno sia costruito anche il parapetto $BHKC$

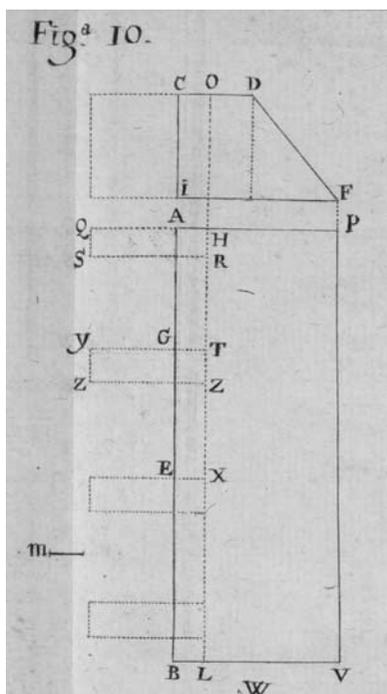


13. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. I, fig. 9.

si traccino NQ, BT, HV parallelamente alla pendenza naturale AI. Considerata come direttrice la linea a piombo CI, siano le ordinate perpendicolari VO, TP, QR, IF proporzionali alle corrispondenti superfici HKV, BHKT, NBHKQ, ABHKI.

La linea, che passerà per li punti O, P, R, F, sarà la scala delle pressioni. E poiché questa scala serve anche a determinare la resistenza del muro corrispondente alle pressioni, così, se dal punto F si tirerà la linea a piombo FM, e si farà $LM = 1/5 FM$, si troverà, che la scala OPRF è tutta compresa nel trapezio CLFI, col quale ha comune solamente l'ordinata FI, e che le altre ordinate QR, TP, VO riescono viepiù piccole delle corrispondenti QX, TS, CL a misura, che s'allontanano dalla IF, e quindi che la parte più debole del muro CLFI per resistere alla pressione di questo terrapieno [ramparo] è pure radente il suolo FI.

In relazione alla presenza di speroni in un muro magistrale, dopo aver ricavato dalla equazione generale dello stato di equilibrio il profilo CDFI

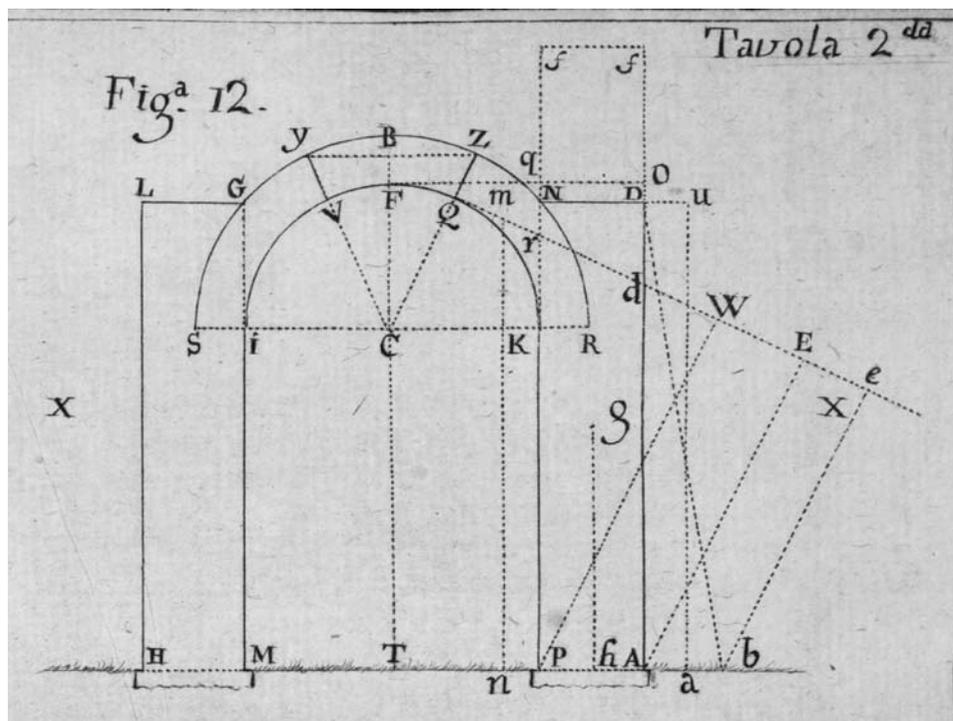


14. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. II, fig.10.

si dedurrà che «il momento degli speroni rispetto al punto F accresce la resistenza della cinta, e le terre fortemente serrate fra questi premono la cinta con minor efficacia».

Spinta delle volte a botte sui piedritti

Nella parte terza, capo IV-*Dell'equilibrio fra la spinta della volta, e la resistenza de' suoi pie' dritti*, trattando delle volte a botte, «le più convenienti nelle fabbriche militari», viene messo in evidenza che



15. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. II, fig. 12.

«le parti KRN, ISG della volta gravitano a piombo su i pie' dritti, e che la rimanente porzione KNBGIF tende col suo peso a cascare sul suolo MTP»; che «la divisata porzione KNBGIF non può cascare senza che si stacchi dai pie' dritti, e quindi senza che si produchino almeno due sezioni di rottura, le quali, dovendo nei solidi omogenei riuscire le minime, saranno perpendicolari alla curva KFI, e si manifesteranno solamente nella porzione GBN della volta»; che «non può la porzione GBN cascare, né altrimenti abbassarsi, senza che le sommità D, L de' pie' dritti s'allontanino fra essi coll'inclinarsi verso X, ed aggirarsi intorno i punti di contrasto A, H».

Dunque, secondo il Papacino, la spinta della volta deriva dal peso delle porzioni ZBFQ, yBFV delimitate dagli archi FQ, FV, ognuno di gradi compresi tra 24 e 32. Ciascuna delle due porzioni agisce come un cuneo contro la parte corrispondente ZNDAPKQ (oppure yGLHMIV) per

rovesciarla facendola ruotare intorno al punto A (oppure H). La resistenza della parte ZNDAPKQ alla spinta esercitata dal cuneo ZBFQ dipende dal peso proprio e dalla 'adesione' del muro nelle sezioni di rottura ZQ, PA. Omettendo (a vantaggio della stabilità) l'adesione in ZQ, essendo t ed l la 'tenacità' e la lunghezza del muro, saranno:

PA. l la sezione di rottura;

PA. l .1/2 PA il momento dell'adesione in PA rispetto al punto A.

Per determinare il momento dovuto al peso si trovino i centri di gravità g ed m rispettivamente di APND e di KNZQ, e si tirino le linee a piombo gh, mn . Le orizzontali Ah, An saranno le lunghezze delle leve della macchina semplice prefigurata. Se p è il peso di un piede cubo di muro, il momento del peso sarà:

ZNKQ. lp . An +APND. lp . Ah

e la resistenza totale di ZNDAPKQ:

$$\frac{\overline{PA}^2 t}{2} + ZNKQ \cdot lp \cdot An + APND \cdot lp \cdot Ah$$

Per determinare il momento della spinta, essendo ZBFQ. lp il peso del cuneo, se da Z si tira la ZB, si avrà per la statica che BZ sta a CZ come l'azione prodotta dal peso del cuneo sta all'azione che lo stesso cuneo esercita in Q contro la parte ZNDAPKQ. Se questa azione espressa dalla

$$\frac{CZ}{BZ} ZBFQ \cdot lp$$

si moltiplica per la lunghezza AE della leva perpendicolare alla tangente QE (direzione in cui si esercita la spinta), il momento della spinta rispetto al punto di contrasto A sarà:

$$\frac{CZ}{BZ} ZBFQ \cdot lp \cdot AE$$

Dal confronto dei due momenti l'equilibrio fra la spinta della volta e la resistenza del piedritto sarà espresso dalla:

$$\frac{\overline{PA}^2 t}{2p} + ZNKQ \cdot An + APND \cdot Ah = \frac{CZ}{BZ} ZBFQ \cdot AE$$

Da tutto questo Papacino D'Antoni deduce che la resistenza dei piedritti può accrescersi costruendo un muro che faccia acquisire maggiore 'adesione', oppure incrementando i piedritti, oppure combinando le due maniere. Assegnando una maggiore altezza al piedritto come in DNf, l'aumento di resistenza dipenderà unicamente dal maggior peso; ma se verrà aumentato lo spessore del piedritto della quantità Adua=DNf si otterrà maggior resistenza sia a causa del nuo-

vo peso sia a causa dell'incremento delle leve corrispondenti ai centri di gravità. Se si converte il rettangolo Adua nel triangolo Adb, in modo che la parte resistente alla spinta sia ZNDbPKQ, si otterrà ugualmente un incremento del momento resistente (come dire i termini del primo membro dell'equazione generale). Ingrossando il piedritto verso b diminuisce d'altra parte il momento della spinta in quanto la leva AE diviene be (nel secondo membro dell'equazione generale).

La prefigurazione infine del punto di applicazione della forza ribaltante tangenzialmente all'intradosso della volta riconduce la concezione del Papacino nell'ambito di quella di Philippe de la Hire.³⁸

La spinta delle volte a botte nella trattazione papaciana delle Scuole Teoriche rappresenta la base culturale che conduce, nel corso del secolo XIX, a una singolare sequenza d'archi.



16-17. Fenestrelle. Fortezza. Volta a botte e arcate laterali

La necessità di coprire un risalto intermedio, esattamente quello situato alla destra del bastione di destra del fronte principale verso Fenestrelle, implica una sequenza d'archi a ventaglio al di sopra della scala laterale di collegamento al risalto inferiore. Invenzione tecnico-architettonica che trova origine nella trattazione teorica condotta dal Papacino nelle Scuole Teoriche. Bracci di leva ampliati prefigurano nuovi punti di contrasto della spinta della volta al di là della scala.

* Ringrazio il generale Giuseppe E. Gay, comandante della Scuola di Applicazione dell'Esercito; la direzione e il personale della Biblioteca della stessa Scuola di Applicazione, particolarmente i colonnelli Vito Ercolano e Sabino Piemonte e il maresciallo Manuel Lami; la direzione e il personale dell'Archivio di Stato di Torino, particolarmente Marco Carassi e Luisa Gentile; la direzione e il personale della Biblioteca Reale, particolarmente Antonietta De Felice; la Biblioteca Civica di Torino, particolarmente Valeria Calabrese; la Biblioteca Storica della Provincia nelle persone di Rosanna Chiellino, Anna Crisà, Vincenzo Di Franco, Luigi Margaria, Raffaello Natale, Mario Rolle; l'Associazione Progetto San Carlo nelle persone di Mara Celegato e Mario Reviglio.

1 Scala 1/400, dimensioni 1,45x4,50 m.

2 Amelio Fara, *Luigi Federico Menabrea (1809-1896). Scienza, ingegneria e architettura militare dal regno di Sardegna al regno d'Italia*, Firenze, Olschki, 2011, p. 149.

3 Giorgio Corino, *Prestigio e cultura militare alla Corte Sabauda nel 700. I plastici del Principe*, «Studi Piemontesi», vol. XIV, fasc. 2, 1985, p. 296.

4 Amelio Fara, *Francesco di Giorgio Martini e l'architettura militare nel regno di Sardegna 1814-1841*, «Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz», 1-2, 2007, p. 245, nota 37.

5 Vicissitudini parzialmente riassunte in Giorgio Corino, op. cit., p. 300.

6 ISCAG, inv. 2097. Con banali e approssimative incisioni superficiali sono rappresentate nel modello le linee di dorso e scolo degli spalti e il tracciato del corpo di piazza; Amelio Fara, *Il sistema e la città*, Genova, Sagep, 1989, tav. XIV; id., *Napoleone architetto nelle città della guerra in Italia*, Firenze, Olschki, 2006, tav. I. Dei modelli costruiti dal Corpo Reale del genio sardo tratterò in un prossimo volume seguendo i trasferimenti degli Archivi del genio da Torino a Firenze a Roma.

7 Gabriello Busca, *Della architettura militare*, Milano, Bordone e Locarni, 1601, p. 6

8 Per una puntuale analisi di questo inedito importante manoscritto bertoliano rimando al mio volume in preparazione segnalato alla nota 6.

9 Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare per le Regie Scuole Teoriche d'Artiglieria, e Fortificazione. Libro terzo ...*, Torino, Soffietti, 1788 (prima ed. 1759), p. 8.

10 Amelio Fara, op. cit. alla nota 2, pp. 19-43. La icno-ortografia di Fenestrelle di Giuseppe Beltrame verrà pubblicata nel volume di cui alle note 6, 8.

11 Nel 1745 Marciot è presente nel cantiere di Fenestrelle; C. Brayda, L. Coli, D. Sesia, *Catalogo degli ingegneri ed architetti operosi in Piemonte nel Sei e Settecento*, «Atti e Rassegna tecnica della Società degli ingegneri e degli architetti in Torino», nuova serie, XVII, 3, 1963, p. 119.

12 Giacomo Lanteri, Gieronimo Zanco, Antonio Lupicini, *Delle offese et difese delle città, et fortezze*, Venezia, Meietti, 1601, dialogo secondo, pp. 69-70. È questa l'edizione consultata dal Bertola per il Lanteri.

13 Il manoscritto Saluzziano 210 è stato rimontato con errori notevoli nel restauro.

14 Antoine de Ville, *Les fortifications ...*, Lione, Borde, 1640 (edizione consultata dal Bertola), libro I, parte I, cap. VI.

15 Rana è inconsapevolmente citato anche da Sergio Santiano in un lavoro (*La fortezza di Fenestrelle. Un 'segno' dimenticato*, «Castellum», 27-28, 1987, nota 11) denso di errori. Ciò che tuttavia mi separa da simili studi è innanzitutto l'angolazione socio-politica che ne sottende l'approccio allo studio dell'architettura militare.

16 Du Fay, *Fortificatione del Signor di Vauban*, ed. ital., Parma, Rossetti, 1695, pp. 103-105. (Prima edizione francese 1681).

17 Giacomo Lanteri, Gieronimo Zanco, Antonio Lupicini, op. cit., p. 18; Allain Manesson Mallet, *Les travaux de Mars, ou l'art de la guerre ...*, Parigi, Thierry, 1684-1685, II, libro III, cap. X, pp. 225-234.

18 Anna Gilibert, *I modelli dei forti*, in Micaela Viglino Davico, *Fortezze sulle Alpi. Difese dei Savoia nella Valle Stura di Demonte*, Cuneo, L'Arciere, 1989, fig. 7, priva di didascalie in quanto tratta da Biblioteca Reale, Raccolta Saluzzo, Ms. 210, tav. 96.

19 Prospero Balbo, *Vita di Alessandro Vittorio Papacino D'Antoni comandante dell'artiglieria e luogotenente generale*, «Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences, Littérature et Beaux Arts de Turin», 1805, pp. 93-95; Cesare di Saluzzo, *Souvenirs militaires des États Sardes tirés de plusieurs ouvrages tant imprimés que manuscrits*, due tomi, Torino, Imprimerie Royale, 1853-1854, II, p. 259.

20 Donato Rossetti, *Fortificazione a rovescio*, Torino, Bartolomeo Zappata, 1678, p. 127.

21 Prospero Balbo, op. cit., p. 21.

22 Di queste biblioteche tratterò nel volume preannunciato alle note 6, 8, 10. Vi proporrò, con la collaborazione di Manuel Lami, il recupero di un importante fondo storico della Biblioteca della Reale Accademia Militare.

23 Datata 1853, compilata dopo che la direzione del genio di Fenestrelle era confluita in quella di Torino, rappresenta una fondamentale base plano-altimetrica per lo studio della fortezza. Verrà edita nel volume in preparazione annunciato nelle note 6, 8, 10, 22.

24 Per Olivero si veda Amelio Fara, op. cit. alla nota 4, pp. 214-231; Mario Reviglio, *La valle contesa. Storia della Val Chisone e del forte di Fenestrelle*, Torino, Il Punto, 2006, p. 121, per la corretta attribuzione a Olivero della ridotta Carlo Alberto.

25 Da icnografie generali successive si può dedurre l'evoluzione delle fabbriche che delimitano a sud-est la piazza d'armi del forte San Carlo. Benché in genere non attendibile, l'icnografia di spionaggio francese del capitano Devèze, datata 17 gennaio 1856 (SHAT, Archives du génie, Article 14), contiene la notizia che a quella data la chiesa è in costruzione. La presenza della stessa, e l'avvenuto sventramento del corpo di fabbrica ad angolo retto, è documentata in una icnografia del 27 aprile 1878 (Umberto Bigi e Severino Peisino, *Il forte di Fenestrelle "la piccola grande muraglia piemontese"*, «Piemonte vivo», 5, 1986, fig. a p. 10).

La copertura del magazzino a polvere Sant'Ignazio ha ancora il tetto a due falde nella icnografia datata 1883 (Tullio Contino, *Fenestrelle. Una fortezza del vecchio Piemonte*, Torino, Stamperia Artistica Nazionale, 1971, fig. 6); mentre la nuova copertura piana alla prova sembra rilevabile in una icnografia del 1890 (Alberto Bonnardel, Juri Bossuto, Bruno Usseglio, *Il gigante armato*, Torino, Il Punto, 1999, fig. a p. 129).

Varianti ulteriori sono state introdotte nel corso dell'Ottocento a determinate coperture dei forti San Carlo e delle Valli e delle ridotte dell'Elmo, Sant'Antonio, Santa Barbara, delle Porte (Dario Gariglio, Mauro Minola, *Le fortezze delle Alpi occidentali*, I, Cuneo, L'Arciere, 1994, pp. 100-101).

26 Antoine de Ville, op. cit., libro I, parte II, cap. XXXVIII, p. 126, tav. XVIII; Adam Freitag, *L'architecture militaire ou la fortification nouvelle*, Leida, Elzeviers, 1635, libro I, cap. IX, p. 30; M***, *Nouvelle fortification françoise, espagnole, italienne & hollandoise ou Recueil de differentes manières de fortifier en Europe*, Amsterdam Gallet, 1698, libro IV, cap. XII, p. 155.

27 Per i riferimenti puntuali del Bertola alle varie edizioni dei trattati consultati in ordine al ramparo e parapetto rimando ancora al volume preannunziato alle note 6, 8, 10, 22, 23.

28 Cfr. Franco Bourlot, *Sulla costruzione del forte di Fenestrelle. Un argomento non ancora esaurito*, «Bollettino della Società Storica Pinerolese», terza serie, a. XX, 2003, pp. 20-27.

29 Girolamo Tagliazucchi, *Orazione e poesie per l'Istituzione dell'Accademia del Disegno, della Dipintura, Scultura, e Architettura Militare, e Civile, dedicate a S.A.R. il signor duca di Savoia*, Torino, Giambattista Chais, 1736, pp. 69, 71.

30 Carlo Theti, *Discorsi delle fortificazioni*, Venezia, Francesco de' Franceschi, 1589, libro IV, p. 142; Francesco de' Marchi, *Architettura militare*, Brescia, Comino Presegni ad istanza di Gasparo dall'Oglio, 1599, libro III, cc. 181-182, pianta CXI.

31 Studente di matematica nominato sottotenente del genio nel 1848, tenente nel 1849, aggiunto di fortificazione e costruzioni alla Scuola Complementare e capitano nel 1854.

32 Per Agostino Chiodo si veda Amelio Fara, op. cit. alla nota 4, pp. 231-240.

33 Georges Fournier, *Traité des fortifications ou architecture militaire ...*, seconda edizione, Parigi, Henault, 1664; Du Fay, *Manière de fortifier selon la méthode de monsieur de Vauban*, Parigi, Coignard, 1707, p. 191; Jacques Ozanam, *Traité de fortification ...*, Parigi, Jean Jombert, 1694, p. 243; M***, op. cit., libro V, cap.V, p. 183.

34 Della quale tratterò nel volume in preparazione segnalato alle note 6, 8, 10, 22, 23, 27.

35 Prospero Balbo, op. cit., pp. 5, 44-45.

36 Edoardo Benvenuto, *La scienza delle costruzioni e il suo sviluppo storico*, Firenze, Sansoni, 1981, p. 296 e sgg.

37 Nella trascrizione delle sue formule mi sono soltanto limitato alla semplice trasformazione del classico segno matematico della moltiplicazione (x) con il punto.

38 Edoardo Benvenuto, op. cit., pp. 326-334.

Amelio FARA, ingegnere e architetto, è uno dei maggiori studiosi europei di architettura militare. La sua produzione scientifica annovera la pubblicazione nei Saggi Einaudi de La città da guerra nell'Europa moderna (Torino, 1993). Altro ambito primario della sua ricerca la storia dell'architettura cosiddetta civile che da decenni lo vede impegnato negli studi su Michelangelo, Bernardo Buontalenti (monografia, Electa, 1995; mostra dei disegni agli Uffizi nel 1998), Francesco Borromini, Guarino Guarini. E' l'autore della scoperta nel 1996 alla Casa Buonarroti del nuovo disegno di Michelangelo relato al progetto della chiesa della nazione fiorentina a Roma, e dei recenti Napoleone architetto nelle città della guerra in Italia (Firenze, Olschki, 2006), "L'arte vince la natura". Buontalenti e il disegno di architettura da Michelangelo a Guarini (Firenze, Olschki, 2010), Luigi Federico Menabrea (1809-1896). Scienza, ingegneria e architettura militare dal Regno di Sardegna al Regno d'Italia (Firenze, Olschki, 2011), Geometria dell'architettura militare. Francesco I d'Este e la cittadella di Modena (Firenze, Pontecorboli, 2012)