



## **ARCHITETTURA E TECNICA NELLA COSTRUZIONE DEL TEATRO MASSIMO V.E. DI PALERMO**

**Giovanni Fatta**

Dipartimento di Architettura, Università di Palermo,  
viale delle Scienze, 90128 Palermo  
mail: giovanni.fatta@unipa.it

**Key words:** Theatre, Construction history, Palermo, Architecture.

**Parole chiave:** Teatro, Costruzione storica, Palermo, Architettura.

**Abstract.** *In these notes, a result of direct analysis in the monument and through original documents of the ancient yard, we retrace the main aspects of the construction of the Theatre Massimo VE in Palermo, from urban issues to technical ones. We examine the relevant issues pertaining to foundation structures that had to take into account the historical layers of the site, but especially elevation walls where had to be balanced the technical-static, decorative and economy demands. A specific treatment is about metal structures in floors and in large covers, with specific reference enlarged to the European innovation of those tumultuous years that influenced the design choices in the theater. What emerges is a picture which, together with considerations of structural and technological aspects of great interest for high quality, with bold and original solutions, shows the impulse to science, technology and local industry given by this great work, spur of continuous experiences.*

**Sommario.** *In queste note, esito dell'analisi diretta del monumento e dello studio delle carte originali del cantiere, si ripercorrono i principali aspetti della costruzione del teatro Massimo V.E. di Palermo, dai temi di valenza urbana a quelli più strettamente tecnici. Si esaminano le rilevanti questioni che attengono alle strutture murarie in fondazione che dovettero tenere conto delle stratificazioni storiche del sito, ma soprattutto in elevazione dove si dovettero contemperare le esigenze tecnico-statiche, di decoro e di economia. Specifica trattazione hanno le strutture metalliche negli orizzontamenti e nelle grandi coperture, con riferimenti puntuali allargati alla tumultuosa innovazione europea di quegli anni che influenzò le scelte progettuali nel teatro. Ne viene fuori un quadro che, insieme a considerazioni su aspetti costruttivi e tecnologici di rilevante interesse per l'alto livello qualitativo, anche con soluzioni audaci ed originali, testimonia l'impulso che alla scienza, alla tecnica ed all'industria locali ha dato questa grande opera, fucina di continue sperimentazioni.*

### **1 LA CITTA' E IL GRANDE TEATRO**

Era ghiotta l'occasione dell'Unità d'Italia per compiere quel salto che avrebbe permesso di confrontarsi con le maggiori città del Regno ad una città di provincia come Palermo, che si reputava capitale per una storia lontana nel tempo, ma che non aveva mai avuto la possibilità

di rinnovarsi ed affermarsi. Malgrado i problemi sociali, economici e sanitari di una realtà povera e priva dei servizi di base, i progetti di sviluppo urbano, utopici e “grandiosi”, sollecitavano appunto le ambizioni della città, con quelle attrezzature in grado di proiettarla in un panorama non più ristretto alla sola Sicilia. Tra queste emergevano i teatri: il Politeama per spettacoli diurni e popolari, ma ancora più il Massimo V. E. che avrebbe dovuto rappresentare un riferimento internazionale per l'attività lirica.[Appendice 1]

Se per il Politeama si incaricò direttamente Giuseppe Damiani Almeyda, giovane e capace componente dell'Ufficio tecnico comunale, per la complessità del teatro lirico si ritenne di maggior garanzia un concorso aperto ai migliori architetti italiani e stranieri. Nello spirito di limitare il rischio di favoritismi, il Consiglio comunale si pronunciò inizialmente per una Commissione giudicatrice priva di siciliani, composta da un tedesco, un francese ed un membro italiano: è emblematico della limitata apertura culturale il fatto che nella rosa di nomi figurassero sia K. F. Schinkel, morto già da 23 anni, che uno sconosciuto Fetaze, probabile storpiatura del francese J. M. Tetaz che sappiamo aveva partecipato con onore al concorso per la Nouvelle Opéra di Parigi. In seguito, anche a causa dei cattivi rapporti politici del governo italiano con lo Stato francese, la scelta cadde sul tedesco Gottfried Semper, progettista di spettacolari architetture teatrali a Vienna e Dresda, sul fiorentino Mariano Falcini e sul palermitano Francesco Saverio Cavallari, archeologo che aveva insegnato architettura all'Accademia milanese di Brera ed in Messico.

Le incertezze del Consiglio comunale si leggono anche nelle forti indecisioni riguardo alla scelta del sito dove allocare il grande teatro: il basso piano di S. Onofrio presentava un sottofondo fangoso in quanto originario letto del torrente Papireto, lo sfondo della piazza Bologni avrebbe dovuto comportare la demolizione del Palazzo Ugo e la formazione di un cavalcavia sulla rua Formaggi, in piazza Marina sarebbe stata necessaria una grande spesa per le espropriazioni, il giardino del Caccamo nel fondo Carella (attuale via Cavour) appariva lontano dal centro, e così pure non sembrava adatto il sito delle mura dello Spasimo.

Il bando richiedeva una soluzione progettuale di grande solennità, con elementi tratti dal repertorio classico (portici, loggiati, palchetti, ...), sebbene si lasciassero *le forme generali ad arbitrio dell'artista*; si chiedeva al contempo che fossero soddisfatte sia le esigenze funzionali, che i sistemi impiantistici e di sicurezza. Pur nella limitatezza della somma disponibile, il teatro doveva risultare “grandioso” in tutte le sue parti, per consentire i più importanti spettacoli, *con le sedie della platea movibili pel caso di pubblici balli o dei veglioni*. [Appendice 2]

Come è noto, a seguito di una lunga vicenda, penosa per gli strascichi polemici ed i coinvolgimenti politici tra le contrapposte fazioni, risultò vincitore Giovan Battista Filippo Basile che si orientò verso una forte monumentalità mutuata dall'Opéra di Garnier e dai progetti del Barabino per il Carlo Felice a Genova e di Schinkel per Berlino, con pronaio colonnato e rialzato unito a forte autonomia espressiva delle diverse parti del teatro, in special modo la copertura della sala e la torre scenica.

Il riferimento alla classicità veniva rafforzato dal rapporto con le antichità siceliote, di cui Basile era un attento studioso,<sup>5 6</sup> e caratterizzava in ogni parte l'esterno della grande fabbrica, lasciando alle zone interne, non visibili dal visitatore, ogni innovazione estranea alla tradizione dell'architettura antica. Basile era molto attento alle regole greche di correzione ottica, per la conformazione delle linee sia verticali che orizzontali degli elementi del portico e della grande scalinata di accesso, ma non seguiva le “nuove” teorie di Hittorff sulla policromia dell'architettura greca e riteneva più aderente alla classicità la nuda pietra locale. I capitelli riproducevano fedelmente i più recenti ritrovamenti negli scavi di Solunto e la conformazione delle tegole in terracotta era tratta dai modelli del Partenone e di altri siti greci.

L'osservazione diretta, unita alla ricerca tra le carte antiche di cantiere consentono di ripercorrere il livello del sapere tecnico-scientifico dell'ambiente cittadino, anche in rapporto alla classe imprenditoriale ed alle capacità esecutive degli operatori. Nella ricerca delle più ampie garanzie di perfetta esecuzione, l'appalto non venne affidato al ribasso d'asta ma a trattativa privata all'impresa Rutelli e Machi: non si vollero neppure esaminare le offerte "a forfait" presentate da alcuni costruttori, nel timore *che si volesse lesinare nelle costruzioni*, compresa quella dell'imprenditore Moglia che con la costruzione del Politeama aveva dato prova di notevoli capacità. Che si trattasse di un evento irripetibile anche socialmente lo dimostrava anche il fatto che il cantiere rimanesse aperto in tutte le ore del giorno al pubblico, persino nei giorni festivi.

Accusato di godere di immeritati favori per la vicinanza alla massoneria, che allora esercitava un importante ruolo politico, Basile fu sempre molto attento nel difficile gioco di equilibrio tra l'alta qualità esecutiva e le esigenze di economia, dovendo costantemente rendere conto delle scelte operate ai tanti detrattori, ma anche alla folla di curiosi che quotidianamente affollavano il grande cantiere e pubblicavano critiche e commenti sui tanti giornalotti editi in città. Malgrado ciò, montava fin dalla conclusione del concorso quella che sarebbe diventata la "questione del Teatro Massimo", poi esplosa nel 1881-82 con la sospensione dei lavori, l'improbabile affidamento della prosecuzione all'ottantasettenne Alessandro Antonelli (che accettò ma non venne mai a Palermo), le pesanti contestazioni al progettista e direttore dei lavori per aver largamente superato il preventivo di spesa, mal controllato l'operato dell'impresa così da provocare danni all'opera in parte eseguita, di aver favorito gli appaltatori in una serie di scelte tecniche considerate opinabili, se non tecnicamente errate.

La ricerca ci manifesta lo stato d'animo via via più turbato di Basile che agli attacchi su questioni tecniche rispondeva puntualmente, appoggiato anche dal Collegio degli Ingegneri ed Architetti<sup>28</sup> e dai tecnici comunali, ricordando tra l'altro che a fronte di una spesa prevista di £. 2.500.000 il Massimo costava £. 7.000.000 (oltre ad un altro milione per completarlo), ma l'Opéra di Parigi era costata l'equivalente di £. 36.000.000, l'Opernhaus di Vienna £. 15.000.000, il teatro di Francoforte £. 15.000.000, e gli altri edifici comunali recentemente realizzati da altri progettisti avevano largamente superato il preventivo: le edicole di Villa Giulia del 294%, il mercato del pesce del 240%, il Politeama del 625%.

Ma queste considerazioni non bastavano certo a rassicurare Basile, che avvertiva il proprio destino legato al teatro, tanto da risentire fisicamente di tali polemiche fino ad una morte immatura nel 1891 a 65 anni, prima di poter vedere ultimato il proprio capolavoro. Così profeticamente aveva scritto nel 1882: *Non resta ora che impiccare l'architetto, per legge dei compensi, eterna, invariabile. Carasale, l'autore del San Carlo di Napoli, dopo il plauso del popolo per l'opera insigne compiuta, venne, per le male arti dei suoi nemici, che vilmente l'accusavano, rinchiuso in Castel Sant'Elmo, e vi morì di stenti. Von der Nüll, l'architetto del nuovo e stupendo Teatro di Vienna, accusato, infamato con calunnie d'ogni sorta della solita turba degl'ignoranti, n'ebbe quasi a perdere il senno, e si suicidò poco prima che il suo lavoro fosse compiuto. E quante amarezze non ebbe a soffrire il Garnier, quali opposizioni non dovette sostenere, quali accuse infamanti non gli furono fatte prima di poter vedere compiuta la Nuova Opera di Parigi, prima di assistere al suo grande trionfo? Dopo la riuscita del Teatro di Palermo io m'aspetto la guerra, mossa anche con le male arti, fatta anche con la maggiore mala fede.*<sup>10</sup>

Nonostante lo sfasamento di circa 30 anni tra la prima ideazione e l'esecuzione, il teatro non fu giudicato, e non poteva esserlo, antiquato o inadeguato rispetto alle moderne esigenze: esso difatti presenta aspetti costruttivi e tecnologici di rilevante interesse, sia perché testimonia il massimo livello qualitativo dell'epoca, sia perché, edificio di mole inusitata, contiene

soluzioni costruttive audaci ed originali, sia, infine, per l'impulso che alla scienza, alla tecnica ed all'industria locali ha dato quest'opera, fucina di continue sperimentazioni.

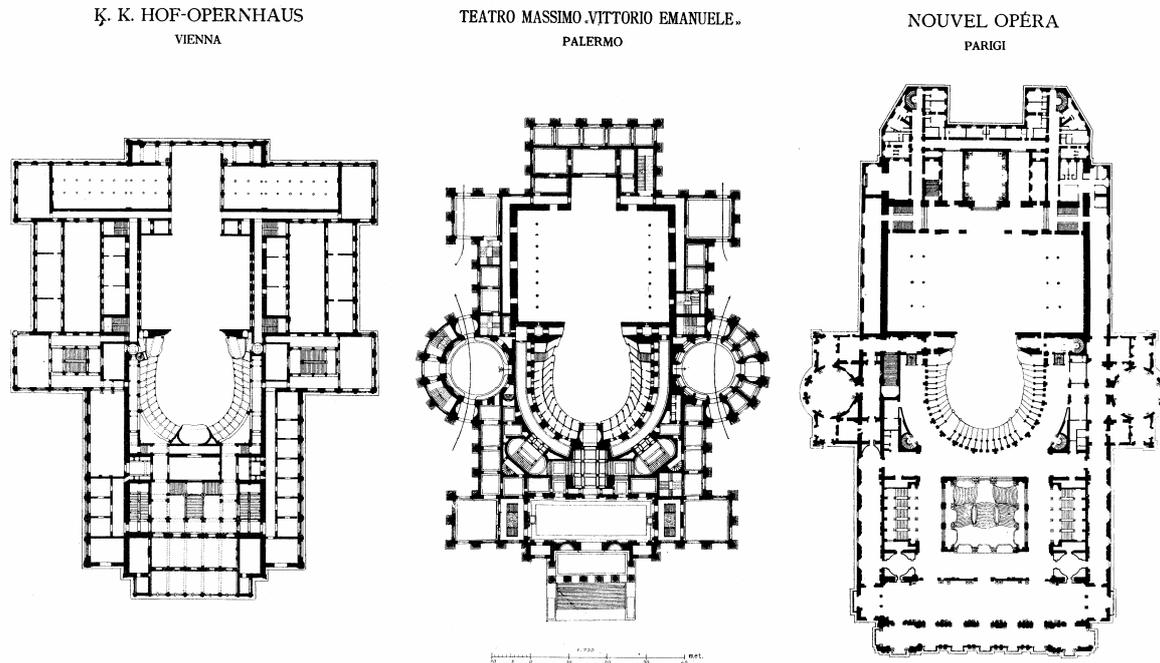


Figura 1: Il Teatro Massimo (al centro) in rapporto ai teatri lirici di Vienna (a sinistra) e Parigi (a destra)

Nel rapporto tra progetto ed esecuzione, piuttosto che una permanenza o una rigida conferma delle scelte originarie, è possibile intravedere il processo dialettico tra sistemi costruttivi tradizionali e le innovazioni che furono la costante dell'ultimo quarto del secolo nel campo scientifico, tecnologico ed artistico, di cui Basile, insieme al figlio Ernesto continuatore dell'opera, non fu solo spettatore interessato, ma protagonista nello sviluppo teorico e nelle sperimentazioni pratiche. Ciò, malgrado non fosse certo un edificio voluto emblematicamente "classico", come il Teatro Massimo, la sede migliore per tentare strade nuove: tra queste solo le più rassicuranti, anche se ardite e costose, potevano essere poste in atto.

Attraverso l'analisi del teatro e della sua vasta produzione, Basile appare lontano dal dualismo apparentemente inconciliabile tra ingegneri ed architetti, in quanto è in grado di associare gli aspetti costruttivi e tecnologici a quelli espressivi dell'architettura, di ideare un organismo lodato dai maggiori architetti per la purezza delle linee, ma anche capace di progettarne nel dettaglio e calcolarne ogni elemento strutturale, dalle fondazioni alle murature, alle complesse strutture metalliche a copertura del palcoscenico e della sala.

In questa sede ci si limita a descrivere sommariamente alcuni di quei caratteri ed elementi della fabbrica che, a nostro avviso, fanno del Teatro Massimo un edificio esemplare del suo tempo e stimolatore di novità non solo per l'ambiente locale; ciò nella convinzione che l'analisi approfondita dei procedimenti costruttivi e dei materiali impiegati sia indispensabile per una più estesa conoscenza del modo di costruire nel passato, base necessaria per ogni intervento di recupero.

## 2 FONDAZIONI

In seguito ad un dibattito cittadino durato più di un ventennio, l'amministrazione comunale aveva scelto per la costruzione del teatro un'area estesa circa 7.700 mq lungo il margine interno della città murata, densa di edifici e di storia. Tale scelta comportava la distruzione di un complesso di edifici tra il Bastione di S. Vito e la Porta Maqueda che comprendeva, oltre a case di poca importanza, architetture di grande pregio: si trattava dei complessi conventuali seicenteschi delle Stimmate e di S. Giuliano, con la chiesa annessa a quest'ultimo realizzata su progetto di Paolo Amato, il più noto degli architetti palermitani dell'epoca, che si imponeva per la mole e la grande cupola ellissoidica e dava il nome al quartiere. Non vi furono grosse obiezioni in quanto in quegli anni gli edifici religiosi avevano dato rifugio ai rivoltosi, ed inoltre era in atto l'espropriazione dei beni della Chiesa in risposta al conflitto con lo Stato Pontificio. Aggiungendo anche l'area occupata dagli orti dei predetti monasteri si veniva a disporre di una superficie di circa 25.000 mq da destinare alla costruzione del teatro ed alla formazione dell'attuale piazza Giuseppe Verdi.

Non era ipotizzabile in fase progettuale l'esecuzione di saggi distruttivi all'interno di complessi monumentali in atto utilizzati, e neppure nelle aree libere adiacenti coltivate a giardino si effettuarono ricognizioni o esplorazioni, anche per il rifiuto da parte degli affittuari di consentirvi l'accesso. Data la grande estensione dell'area, il sottofondo non si presentò con caratteri di uniformità, sia per le differenti caratteristiche geologiche dei terreni, sia per il ritrovamento di preesistenze invero difficilmente prevedibili: da un antico fossato di fortificazione della città ricolmo di terra, mai segnalato da precedenti studi storici, ad alcuni pozzi, a 2 acquedotti che attraversavano l'area, oltre ad una grande sepoltura che si rinvenne nella cripta della chiesa di S. Giuliano.

Si rivelarono pertanto largamente insufficienti le previsioni di spesa per le fondazioni, dato che si dovettero approfondire gli scavi al di sotto del fossato e gran parte degli strati superficiali di roccia vennero verificati come inadatti a portare i carichi di progetto. Una buona economia si conseguì dal riutilizzo parziale della pietra proveniente dalle demolizioni effettuate dalla stessa impresa Rutelli e Machì per tutti i corpi edilizi, tranne la chiesa e la cupola in cui intervenne direttamente il Corpo dei Pompieri: scartato il materiale più scadente, la migliore pietra concia venne utilizzata per le murature meno sollecitate del nuovo edificio.

Dove la roccia apparve consistente la fondazione si realizzò con conci delle migliori cave, scelti con cura per i basamenti delle colonne d'ambito, previo scavo dello strato superficiale, tranne che per le "pastroie" tra i suddetti plinti nelle quali si adoperarono conci provenienti dalle demolizioni, impostati direttamente sullo strato di roccia superficiale. Per il resto si scavò quanto si riteneva necessario in relazione ai carichi previsti ed al tipo di terreno che si andava incontrando, visto anche che la roccia calcarenitica risultò spesso friabile e poco compatta. Non può pertanto definirsi un vero e proprio piano di fondazione in quanto, se i muri perimetrali sono fondati ad una quota media di ml 5,05 dal piano delle soglie, le fondazioni della torre del palcoscenico scendono fino a ml 10,50 e le strutture più caricate fino ad oltre ml 12. Si realizzarono getti di altezza variabile da 0,75 a 2,00 ml e larghezza in funzione dei carichi agenti, incassati nella roccia e di spessore pari a quello del muro soprastante, con più riseghe larghe fino ad 1 ml per lato. Il materiale usato per tali getti veniva denominato "calcestruzzo" ed era composto da frantumi, di pezzatura non maggiore di cm 5, di quella che l'esperienza indicava come la migliore pietra calcarea compatta del palermitano, ossia la pietra dolomitica delle cave di Boccadifalco, ben mescolata ad un impasto semidraulico che, secondo il contratto, doveva comporsi con calce grassa, pozzolana di Napoli e sabbia silicea nel rapporto di 3:4:2, mentre la proporzione tra inerte calcareo grosso e malta doveva essere di 9:5.

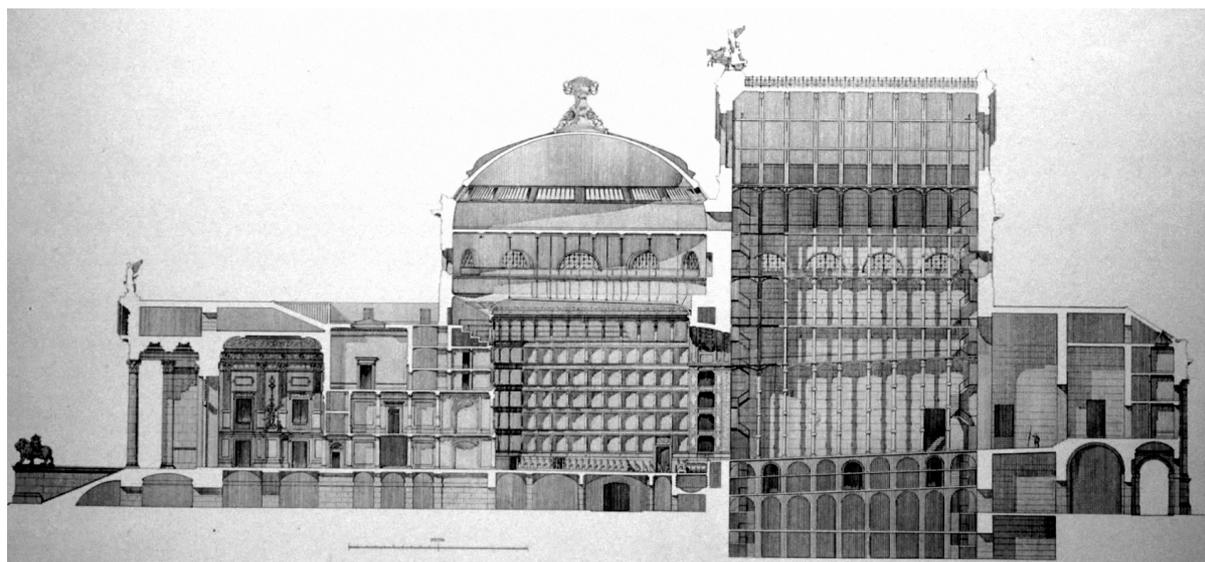


Figura 2: sezione longitudinale del Teatro Massimo

Per gli scavi più profondi le sponde si conformarono a scarpa con pendenza di  $1/6$ , utilizzando come riempimento il materiale proveniente dalle demolizioni e dal taglio della roccia; i pozzi si riempirono e sigillarono versandovi del calcestruzzo semidraulico e chiudendo a volta l'imboccatura superiore. La sepoltura venne invece rispettata e, visto che veniva ad interferire col sedime del muro circolare della platea, fu coperta con una volta *solidissima* spessa 1 metro in chiave con la migliore pietra di Denisinni (di cui nel seguito si dirà).

La sopraelevazione di cinque metri del tamburo della cupola sulla sala e dei muri perimetrali del palcoscenico, resasi necessaria in fase esecutiva per rendere visibili dalla piazza antistante le masse architettoniche di copertura, obbligò a rivedere la fondazione delle strutture murarie più sollecitate. In particolare, per i piloni dell'arco armonico si dovette approfondire lo scavo al di sotto della falda, e si fece ricorso ad una grossa pompa idrovora a vapore fornita dalla Fonderia Oretea per smaltire in sette giorni l'acqua accumulata sul fondo dello scavo, consentendo così la realizzazione di una struttura in calcestruzzo molto estesa in altezza e larghezza. Rispondendo alle contestazioni riguardo le dimensioni eccessive, venne dimostrato che, con larghezza minore, la roccia di mediocre qualità avrebbe dovuto sopportare un carico di  $14 \text{ kg/cm}^2$ , mentre la regola empirica cui si riferivano i tecnici stimava in  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  il limite da non superare per terreni simili.

Il collegamento alla base tra i piloni della bocca d'opera venne realizzato con una fondazione a sezione rettangolare limitatamente ai tratti prossimi ai piloni, lasciando un tratto di roccia compatta della lunghezza di 7 m sagomato nelle estremità a cuneo per funzionare da catena ben ammorsata alle strutture in calcestruzzo adiacenti.

Sopra la fondazione in getto, per i muri più alti si realizzò un ulteriore basamento in pietra tratta dalle cave della Favorita presso la villa del principe di Niscemi (perciò detta pietra di Niscemi), reputata la più resistente tra i calcari porosi, con particolare cura perché fosse *tutta scevra di peli, di vernule e di altri vizi occulti* quando doveva usarsi al di sotto delle semicolonne perimetrali, considerate come pilastri isolati assai caricati. La stessa qualità di pietra era previsto che si usasse come soprafondazione dei piloni dell'arco armonico, in alternativa alla muratura in pietrame e malta semidraulica; ma a seguito di verifiche statiche Basile decise di impostare sulla fondazione in "calcestruzzo" una muratura in conci della cava di Denisinni, ossia di una pietra resistentissima e parimenti costosa, ben conosciuta nel passato ma considerata esaurita, di cui egli stesso aveva individuato nuove cave. Si realizzò di larghezza pari a

quella della sottostante fondazione per più filari fino a ml 1,90 di altezza per le strutture più gravate, con un costo sei volte maggiore rispetto alla muratura in pietrame, tre volte rispetto alla calcarenite di Niscemi.

Ciò fu una delle cause delle roventi polemiche, ed i dirigenti dell'Ufficio tecnico comunale ingg. Labiso e Torregrossa,<sup>29 40</sup> tutt'altro che sprovveduti, per giustificare tale scelta citarono i maggiori trattatisti conosciuti, come Claudel, Cavaliere, Sganzi, Curioni, Cantalupi, Poncelet, Rondelet e Navier, fino a Ceradini che aveva insegnato presso l'Università di Palermo, dimostrando come il coefficiente di sicurezza per le murature, indicato in 10 in appendice ai "Patti e condizioni per le costruzioni comunali", dovesse arrivare a 20 nel caso di edifici di tale carattere, viste anche le grandi dimensioni in gioco.

A maggiore garanzia Basile propose la verifica delle caratteristiche di resistenza dei materiali proposti per mezzo di una pressa idraulica appositamente realizzata dalla Fonderia Oretea di Palermo, giungendo alla conclusione che i mattoni delle fornaci di Livorno non erano sufficientemente resistenti, e che gli esiti delle prove riportati nel citato "Patti e Condizioni" erano inattendibili (per la pietra di Niscemi fino allora si ipotizzava un carico di schiacciamento di 149 kg/cmq, mentre si sperimentò che mediamente resisteva a 61). Pertanto, specie per i piloni dell'arco armonico, la sola pietra di Denisinni, tra quelle previste in capitolato, era in grado di sostenere tali carichi in quanto era stato più volte dimostrato che resisteva allo schiacciamento ben oltre 200 kg/cmq, mentre per pochi altri lapidei calcarenitici si erano verificate resistenze maggiori di 70.

L'unica alternativa proponibile era costituita da una muratura in mattoni delle fornaci di Pisa, resistente ed in grado di assicurare un'economia del 15-18%, ma veniva considerata improponibile perché avrebbe rallentato i lavori sia per l'approvvigionamento di oltre mezzo milione di mattoni, sia per l'attesa per l'asciugatura della malta e l'assestamento della struttura. La diffidenza nei confronti della pietra di Niscemi era venuta fuori a seguito dei numerosi segni di dissesto da schiacciamento evidenziati sulla facciata del convento di Santa Caterina lungo il Corso Vittorio Emanuele a Palermo, dopo le ricostruzioni e i restauri ivi effettuati nel 1861 con l'uso di tale materiale per i danni dovuti agli eventi garibaldini.

Le prove citate nel suddetto prezzario comunale erano state effettuate, con strumenti rudimentali, diversi decenni prima dall'ing. Benedetto Lopez Suarez in occasione della costruzione del carcere dell'Ucciardone: da allora, pur restando invariato il nome di ogni contrada di prelievo, erano esaurite le vecchie cave e se ne aprivano di nuove senza che si verificasse l'identità dei prodotti estratti, con l'ulteriore alea costituita dalle notevoli variazioni delle caratteristiche all'interno di una stessa cava. Erano però migliorati i sistemi di prova, grazie anche all'impegno del prof. Giovanni Salemi-Pace che, nell'ambito della R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri, promosse una campagna finalizzata alla determinazione delle costanti specifiche delle pietre da costruzione di tutta la Sicilia, durata più di un decennio durante il quale gli strumenti di prova vennero via via perfezionati, fornendo all'industria edilizia locale elementi certi per i calcoli di stabilità.<sup>24</sup> In questa occasione venne confermata la ridotta resistenza della pietra di Niscemi rispetto alle esperienze del Lopez, con una media di 93 kg/cmq e punte inferiori di 54 kg/cmq.

Il tempo contrattuale per completare il teatro era di quattro anni, termine molto limitato per un'opera di tali dimensioni e complessità, anche se vi lavoravano a pieno regime fino ad oltre 500 operai. Per questa ragione si decise, in fondazione e soprafondazione, la sostituzione della prevista muratura in pietrame e malta idraulica con quella in pietra concia di Niscemi per evitare le lunghe attese, valutate in parecchi mesi, per il completo indurimento delle malte, ma anche i pericolosi assestamenti della struttura che prevedibilmente tale sistema costruttivo avrebbe subito sotto i grossi carichi di esercizio.

Il piano di contatto tra la muratura di fondazione e quella in elevazione fu particolarmente curato per evitare che l'umidità potesse raggiungere per risalita capillare i locali superiori ed il prezioso intaglio esterno, con formazione di macchie che ne avrebbero alterato l'aspetto. Innanzi tutto la superficie estradossale della fondazione venne levigata accuratamente affinché la posa della muratura superiore avvenisse su un piano quasi perfetto; su di esso si pose uno strato di malta idraulica molto fine, sul quale fu steso uno strato di asfalto impastato con sabbia silicea finissima dello spessore di 3 mm, trattando la superficie più volte con un ferro caldo per evitare che nella stagione estiva, a seguito del rammollimento dell'impasto, si avesse anche un minimo calo da parte della muratura soprastante. L'operazione interessò la totalità delle strutture in elevazione, visto che le relazioni stimavano in 1800 mq la superficie di sezione muraria così trattata.

Un vespaio con pietrame ben impostato e battuto, dello spessore di 50 cm, doveva garantire l'isolamento dei locali a diretto contatto col terreno.

## 2 LE STRUTTURE MURARIE IN ELEVAZIONE

L'attenzione posta da Basile ad ogni parte della fabbrica viene esemplificata in maniera emblematica nelle strutture murarie: in considerazione delle esigenze derivanti dalle differenti condizioni di carico, unite alle condizioni di economia e di aspetto esterno, vennero usati almeno otto diversi tipi di muratura in pietra naturale ed altri cinque in mattoni, per ognuno dei quali venivano fornite indicazioni esecutive, insieme a considerazioni giustificative riguardo all'utilizzazione.

Potrebbe sembrare eccessiva, quasi un'esercitazione accademica insufficientemente motivata ed antieconomica, la scelta di differenziare le pietre da usare volta per volta, anche all'interno di un'unica struttura; è probabile che non fosse estraneo in Basile il timore dell'acuirsi delle polemiche su eccessi di spesa che per tutto l'iter costruttivo non abbandonarono mai le vicende del cantiere. Frequentemente, per esempio in un muro interno, per la parte basamentale si adoperò la forte pietra di Niscemi, proseguendo con "pietra del locale", ossia proveniente dalle demolizioni, fino al piano terreno; al di sopra di questa il muro continuò in "pietra d'Aspra" (calcarenite conchiliare comune) alla quale si indentarono i tramezzi trasversali in mattoni pieni, mentre la "pietra di Niscemi" tornò in uso nelle zone più sollecitate, ossia nelle imposte degli archi per i vani di comunicazione, nelle piattabande, negli stipiti e nei filari all'origine delle volte. In questo Basile sembra abbia seguito l'esempio del suo maestro Carlo Giachery, che nelle strutture murarie dell'Ospizio di Beneficenza differenziò il materiale utilizzato tra piano terreno, secondo ordine, pilastri ed archi.

I muri di maggiore altezza fuori terra, per la parte che non appariva esternamente, dello spessore variabile tra ml 1,77 (palcoscenico) e 2,20 (platea), vennero costruiti con pietrame calcareo compatto grossolanamente squadrato proveniente dalle cave del Parco e di Termini, resistente ma non eccessivamente costoso, e malta semidraulica di calce, sabbia e pozzolana di Napoli, mescolate nel rapporto di 3:2:4. Tra pietra e malta il rapporto in volume era di 70:35, comprendendovi lo sfrido di malta in fase di esecuzione: l'elevazione del muro doveva procedere per strati orizzontali di altezza non maggiore di cm 30. La struttura veniva irrobustita con ricorsi, ad interasse di ml 1,20, realizzati con 5 filari di mattoni di Pisa coi quali si formarono anche stipiti, archi e piattabande.

Per favorire l'adesione della malta, era prescritto che le pietre fossero abbondantemente lavate con acqua e, contro i rischi del ritiro o della cavillatura dell'impasto, si dovevano inserire schegge lapidee tra i giunti più grossi *avvolte in malta più fina* ed innaffiare due volte al giorno la muratura in estate e nelle giornate assolate.

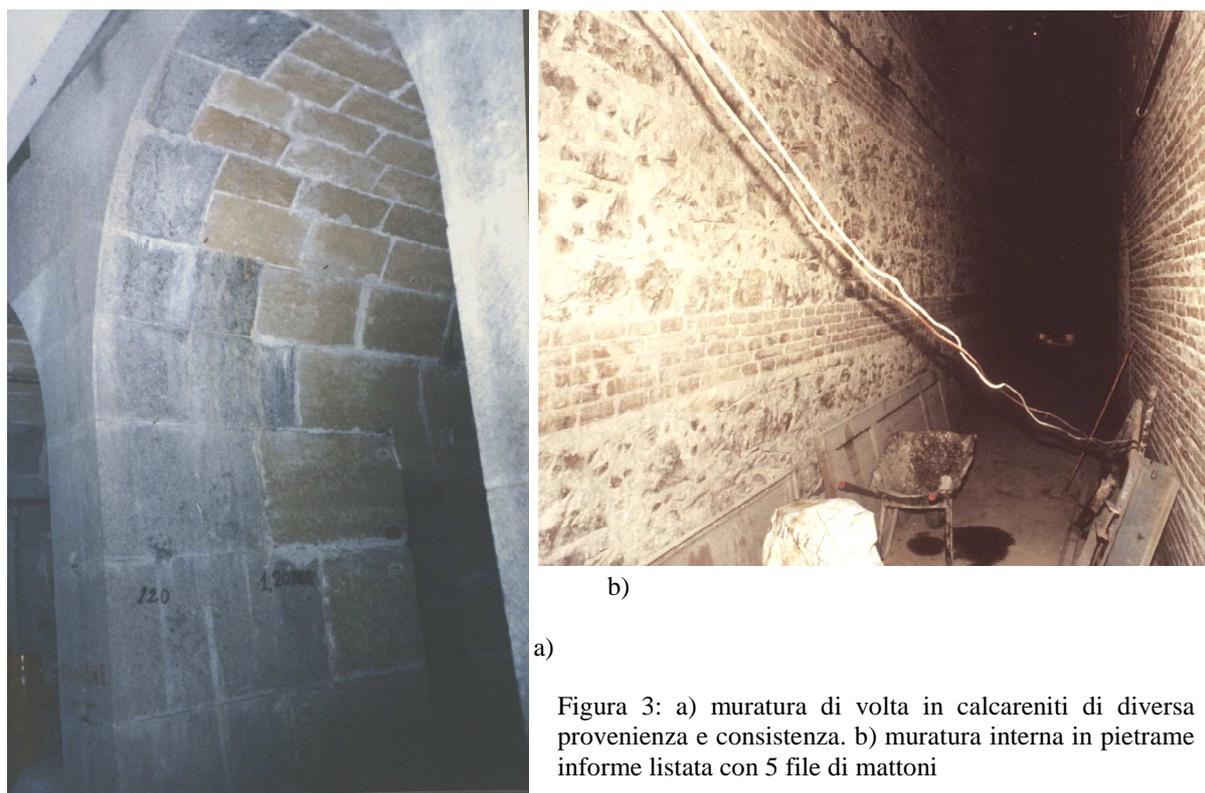


Figura 3: a) muratura di volta in calcareniti di diversa provenienza e consistenza. b) muratura interna in pietrame informe listata con 5 file di mattoni



Figura 4: la foto storica documenta una fase iniziale della costruzione della muratura esterna con semicolonne<sup>38</sup>

Le prescrizioni puntuali riguardavano i materiali da utilizzare e le tecniche di applicazione: la calce doveva essere tratta dalla cottura dei calcari delle contrade Gallo e Boccadifalco, riguardo alla sabbia si preferiva che fosse silicea di cava ovvero, se di mare, poteva impiegarsi solo

dopo un abbondante lavaggio; negli intonaci si usò la frazione più fina previa vagliatura. Per allettamento dei conci erano previste malte di calce e sabbia (rapporto in volume 1:2), ovvero calce, sabbia e pozzolana di Torre del Greco (rapporto 1:1:1), lavorando l'impasto in luoghi coperti e su tavole di legno.

Per i mattoni, come sopra accennato, vennero sperimentate le caratteristiche di quelli provenienti dalle fornaci di Livorno, Pisa e S. Stefano di Camastra, giungendo alla differenziazione nell'uso di ciascuna delle tre qualità. I mattoni di Pisa, delle dimensioni di cm 28x14x4,5, si rivelarono i più adatti all'uso nelle zone maggiormente sollecitate come piedritti, archi di scarico e pennacchi, mentre quelli di Livorno, dello spessore di cm 5,5, si prestavano bene per voltine e tramezzi. Per prevenire frodi il contratto specificava che questi ultimi dovessero essere fabbricati effettivamente nella città toscana e non era consentito sostituirli con quelli "ad imitazione" delle fabbriche palermitane. I mattoni di S. Stefano, ancora di minore spessore, vennero utilizzati in foglia a più strati per voltine sottilissime (volte *realine*), mentre altri della fornace Puleo di Palermo, conformati a cuneo, erano adatti per la costruzione degli archivolti e delle strutture voltate di maggiori dimensioni.

Il sistema degli archi di scarico venne spesso adoperato per i muri interni al fine di alleggerire le strutture ed agevolare l'apertura dei grandi vani, il più delle volte con l'uso dei più resistenti mattoni di Pisa; solo quando era strettamente necessario, per eliminarne la spinta, si applicavano tiranti metallici con piastre di ancoraggio.

Basile concordava con i trattatisti di ogni tempo i quali, pur annettendo grande utilità ai collegamenti metallici, ne riconoscevano i pericoli nascosti e la dipendenza da errori o da superficialità nel progetto: riferiva Cavalieri (1832), riprendendo dopo 60 anni il francese Blondel, che *questa sorta di spedienti non sono lodevoli in un nuovo edificio, e le stesse catene e le cinture non sono ammissibili nelle volte e nelle cupole se non come ripieghi nei casi di minacciata stabilità; poiché questa in una fabbrica nuova dee unicamente dipendere dalle giuste relazioni fra le dimensioni e resistenze delle masse componenti le spinte e le forze di qualunque genere che agiscono sulle masse stesse, ed è sempre cosa vergognosa, per servirci di un motto arguto del Barozzi da Vignola, che una fabbrica abbia a reggersi con le stringhe.*<sup>17</sup>

Catene metalliche, in generale a sezione piatta o più raramente a T, si adoperarono sporadicamente per migliorare la connessione tra muri concorrenti, anche se già ben ammorsati nell'apparecchio murario, ovvero tra materiali diversi nella stessa struttura; l'uso strutturale delle catene venne considerato indispensabile per la zona di fondo del palcoscenico ove le grandi altezze libere (oltre 50 ml) ed i grandi vuoti rendevano impossibili in altra forma i necessari collegamenti.

Un problema di particolare complessità era costituito dalla struttura muraria comprendente il boccascena, denominata nei documenti ufficiali "piloni dell'arco armonico", che sorregge la vera e propria volta armonica; al di sopra di questa il progetto prevedeva sia la formazione di pennacchi di raccordo tra il piano verticale dell'arco armonico e la chiusura circolare del tamburo cilindrico di sostegno della cupola, sia l'elevazione di uno dei frontoni del palcoscenico. La stabilità di tale sistema strutturale fu discussa dal Basile in due pubblicazioni in cui richiamava la teoria di Scheffler, con dimostrazione grafica della fattibilità dell'opera che costò una cifra ingente per le particolari attenzioni con le quali fu realizzata.<sup>11 12</sup>

La parte basamentale, fino alla quota della prima fila dei palchi, come si è già detto, si fece in pietra "forte" di Denisinni perché era l'unica in grado di resistere alla sollecitazione di compressione valutata in 92 kg/cm<sup>2</sup>. Per tutta la struttura al di sopra dell'arco armonico la realizzazione avvenne con mattoni di Pisa, compresi gli ambienti ricavati nel grande spessore dei piloni stessi, le volte di rinfiacco ed i grandi pennacchi di raccordo per il suddetto pesantissimo tamburo che, per quanto detto, era stato sopraelevato di 5 metri e parzialmente pog-

giava “in falso”. La pietra intagliata si riservò per l’arco della scena in cui si alternarono cunei lapidei dello spessore di cm 30 e 50 per evitare la formazione di piani di discontinuità.

Al fine di contenere la spesa nei limiti imposti nel bando di concorso, per i muri esterni era prevista originariamente una struttura composita, economica ma molto discutibile costruttivamente e staticamente: si trattava di una muratura mista dello spessore totale di cm 75, composta per la faccia interna in pietrame e malta semidraulica, e per la parte esterna in pietra di Santa Flavia intagliata, ossia la qualità migliore tra le calcareniti per finezza di grana, resistenza ed aspetto estetico. Gli spessori, a strati alternati, dovevano costituire 2/3 ed 1/2 della larghezza totale del muro, e pertanto l’indentatura tra le due diverse tipologie murarie sarebbe avvenuta per denti di soli 12,5 cm.

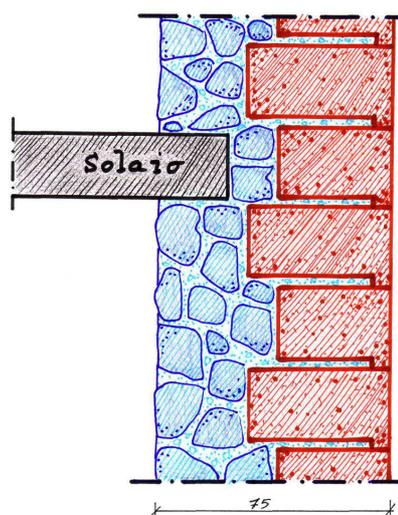


Figura 5: schema della struttura prevista per la muratura d’ambito, composta da strato esterno in pietra intagliata ed interno con pietra rotta in malta

Al momento di eseguire l’opera Basile ebbe dei dubbi riguardo all’efficacia del sistema proposto: rilevò che la muratura perimetrale del teatro doveva realizzarsi tutta traforata da grandi aperture, per cui gli intradossi degli archi ed i piedritti non potevano che essere intagliati per tutto lo spessore; inoltre le travi dei solai avrebbero gravato sulla fodera interna di muratura in pietrame e quindi le due murature sarebbero state sottoposte a diverse condizioni di carico.

Insieme al naturale assestamento, sarebbe certo avvenuto un sensibile calo della fodera interna, con notevoli tensioni sui pezzi sporgenti della muratura in pietra concia. Ottenne quindi di poter impiegare conci intagliati dello spessore pari a quello di tutto il muro esterno, col risultato di un miglioramento delle condizioni statiche dell’edificio, ma con un grande vantaggio per l’impresa che per conci fuori misura aveva in capitolato prezzi anche più che raddoppiati. Si pensò di economizzare adoperando la pietra dell’Aspra, calcarenite conchiliare comune poco adatta per intagli, anche perché le cave di Santa Flavia erano pressoché esaurite. Da documenti ufficiosi si può desumere come tale scelta non fosse del tutto convinta, in quanto Basile riconosceva che la pietra d’Aspra non poteva lasciarsi a vista, ma occorreva rivestirla con *spalmatura ai silicati*, spesa aggiuntiva non prevista all’atto della variazione del materiale murario da adoperare.

Successivamente, con argomentazioni incentrate essenzialmente sul massimo livello qualitativo da conseguirsi, specie per gli esterni, il progettista riuscì a convincere gli amministratori comunali ad utilizzare in luogo della pietra d’Aspra una calcarenite dalle migliori prestazioni tecniche ed estetiche. Pertanto si pose problema del reperimento di cave con materiale adatto ed in quantità sufficiente in rapporto al larghissimo uso che doveva farsi della pietra d’intaglio, atteso che le migliori conosciute erano quasi esaurite. Dopo lunghe ricerche Basile

venne autorizzato ad aprire nuove cave da cui venne estratta la “pietra di Solanto” particolarmente adatta all'intaglio, perché *forte di resistenza tiene gli spigoli, di tinta gratissima non offre difetto alcuno e si veste all'aria, cioè s'indura e si cuopre naturalmente di una patina che la rende impermeabile all'acqua*; al contrario la pietra d'Aspra non tiene gli spigoli, non si veste ed è di grana grossa che non si adatta ad intagli, decori e fogliami.

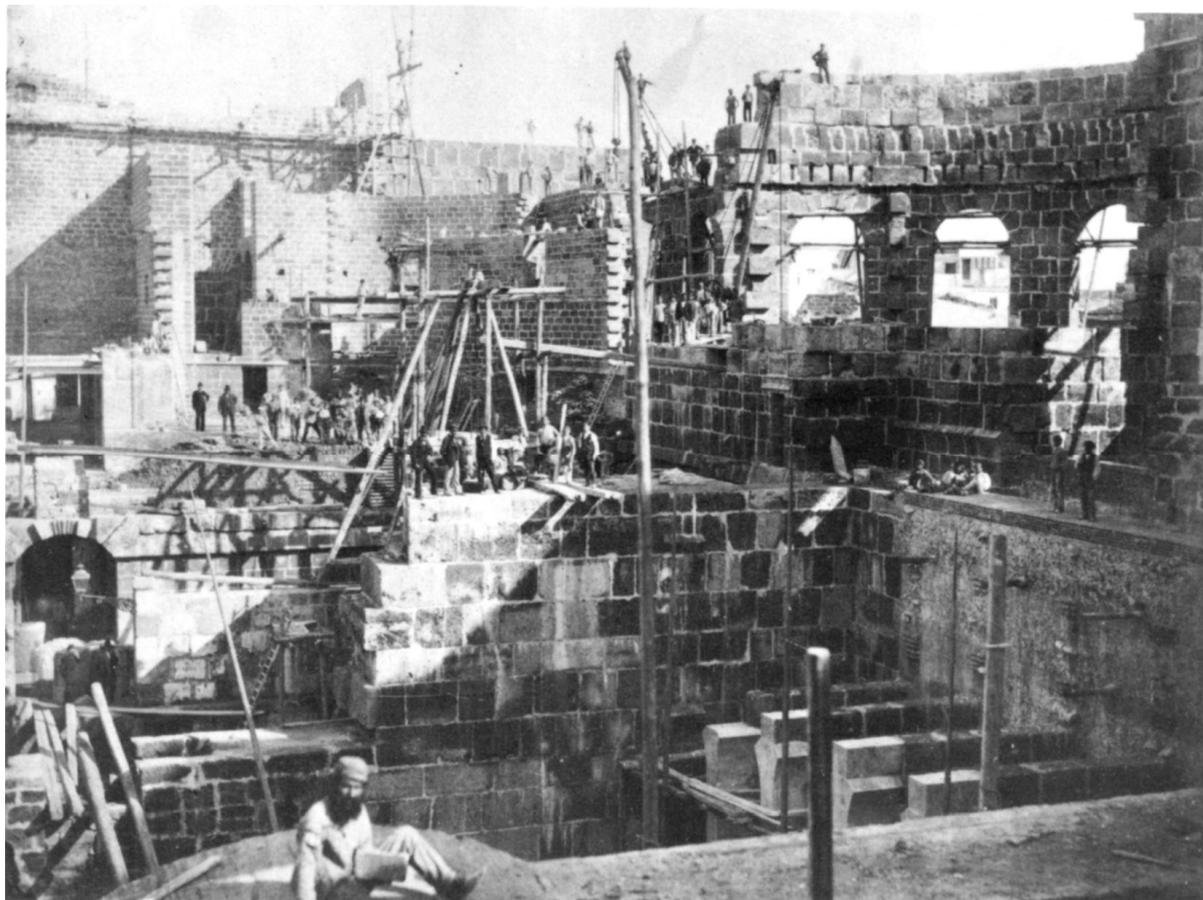


Figura 6: la foto storica documenta la costruzione muraria della zona del palcoscenico e di un corpo tondo<sup>38</sup>

D'altra parte era prescritto che i muri di facciata fossero a faccia vista perfettamente intagliata e con i giunti a secco, secondo la voce del capitolato che recitava: *tutti i pezzi intagliati di fino saranno messi in opera senza cemento alcuno nei letti e nei giunti, ma in perfetto combaciamento come nelle opere simili del classicismo*. Per maggiore cautela era stato previsto di coprire tutta la facciata con *vecchie stuoie* fino al giorno dell'inaugurazione. Chiaramente ciò non avvenne, anche per il lungo tempo trascorso (quasi un quarto di secolo).

Un così largo uso della pietra da taglio era dettato anche dalla volontà di seguire i criteri classici dell'apparecchiatura muraria, improntati allo studio attento dell'equilibrio tra le sollecitazioni mutue esercitate dai vari elementi della fabbrica, applicando i principi della stereotomia che consentono di guidare le forze agenti in porzioni murarie convenientemente realizzate quanto a forma e qualità dei materiali. Il corretto disegno e la buona esecuzione dei conci inoltre consentirono di fare a meno di grappe, arpesi, caviglie e perni in ferro che l'architettura classica aveva utilizzato in grande misura,<sup>33</sup> ma che avrebbero costituito elementi a rischio per la durabilità dell'intero monumento. A questo proposito Basile dovette affrontare radicalmente il problema delle maestranze in grado di eseguire lavorazioni stereotomiche anche per



dissesti. Basile orgogliosamente così si esprimeva: *questo ingegnoso taglio stereotomico non si manifesta al di fuori, essendo i giunti condotti verticalmente a 10 cm dalla parte esterna. Se fosse possibile salire all'altezza del fregio, si vedrebbe che tra questo e la parte sospesa d'ogni architrave resta una stria di luce rettangolare che serve a scaricare ciascun architrave da qualsiasi sovraccarico.*

Anche nei muri perimetrali si adoperò un particolare sistema nello scomparto dei pezzi dell'architrave, in maniera da scaricare i pesi sull'asse delle semi-colonne addossate al perimetro esterno: si realizzò il concio centrale di ogni intercolumnio della lunghezza di ml 3,22 poggiato direttamente sui pezzi che stanno a cavallo delle colonne stesse. Con tale apparecchio si evitava da un canto di attribuire componenti orizzontali alle forze risultanti sui capitelli delle semi-colonne, dall'altro di sollecitare la muratura con carichi eccentrici dovuti al grande oggetto del cornicione superiore. La stabilità dei conci parzialmente a sbalzo venne assicurata con la collocazione di 150 staffoni di ferro forgiato, rivestiti di piombo saldato nelle giunzioni, affermati nella muratura inferiore. L'equilibrio della pesante cornice di coronamento del tamburo circolare si ottenne più semplicemente creando un oggetto lapideo interno con funzione stabilizzante.

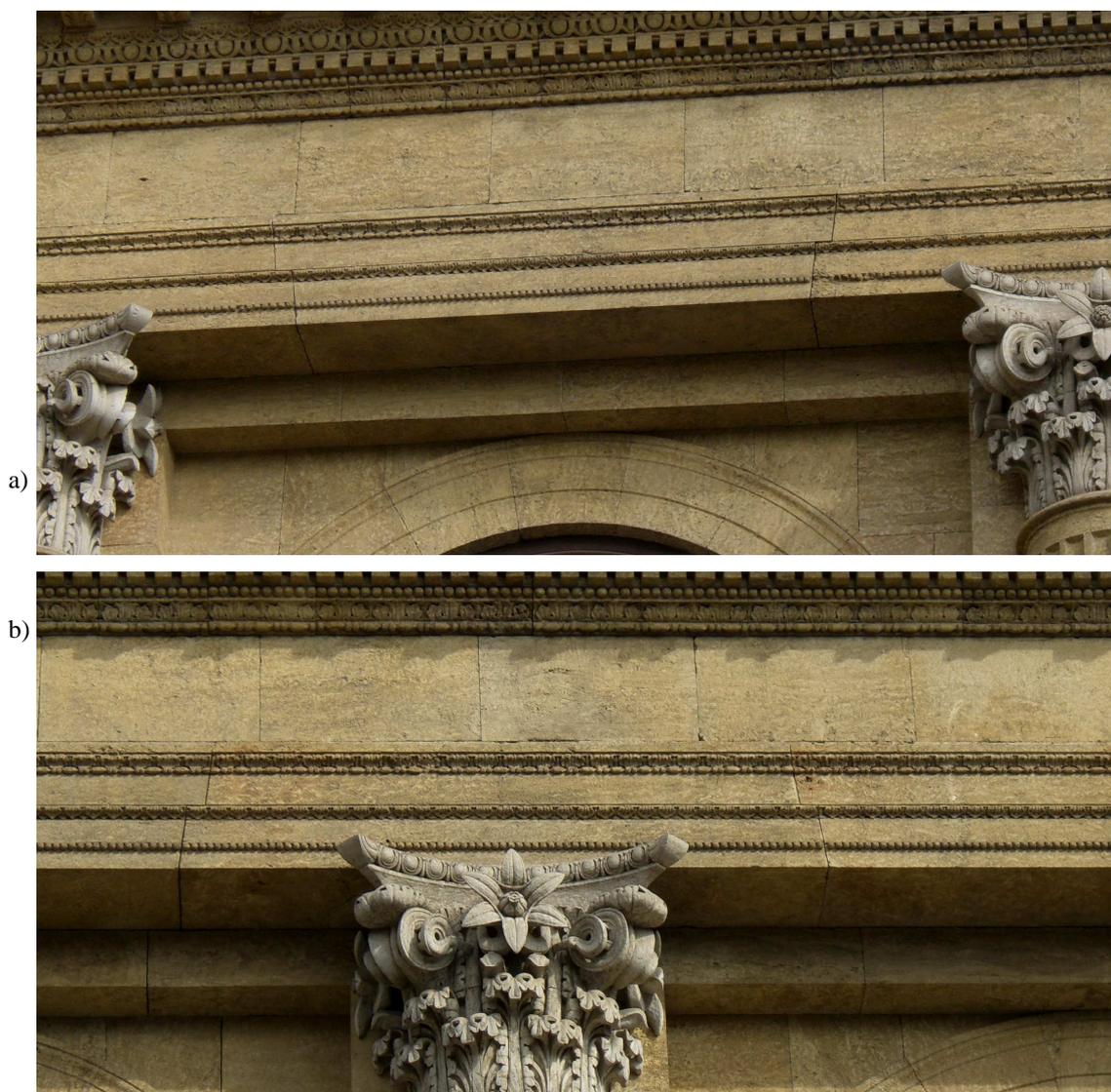


Figura 8: a), b) - particolari esemplificativi del sistema non spingente degli architravi tra le semicolonne esterne

Riguardo alle notevoli dimensioni in lunghezza dei conci degli architravi, come detto fino a ml 3,50-4,00, venne sollevato il problema tecnico-economico di quale fosse l'altezza ottimale da attribuire a questi elementi intagliati, anche perché il prezzo della muratura ad intaglio cresceva rapidamente al crescere delle dimensioni dei pezzi. I trattatisti più attendibili come Sganzin, Borgnis e Cavalieri prescrivevano di assegnare all'altezza un terzo della lunghezza, nel caso di pietre di mediocre durezza, ed in generale di non andare sotto il sesto. Accusato di voler aumentare, senza validi motivi, l'altezza dei conci per favorire l'impresa, Basile adottò il rapporto di 1/4,3, leggermente inferiore rispetto alla prassi comune locale, che in casi del genere dimensionava l'altezza ad 1/4 della lunghezza, commentando questa scelta come obbligata per evitare eccessi di spesa, anche se sarebbe stato logico lasciare l'altezza ad 1/3 della lunghezza *come si conviene ad un gran monumento*.

Il contratto non consentiva di intervenire in alcuna maniera sui conci già collocati, né per aggiustarne le dimensioni, né per restaurarli o eliminarne i difetti. Ma dalla documentazione dell'epoca si viene a conoscenza, anche se ciò non è visibile dal basso, che il pezzo centrale dell'architrave del portico a lavori conclusi si lesionò, probabilmente per difetto intrinseco della calcarenite conchiliare, e venne rinforzato con una trafitta metallica rivestita in piombo per evitarne l'ossidazione, "medicandone" la superficie con *cemento di silicato di potassio e detrito dei medesimi tufi*.

Altri interventi di restauro, come si evince dalle carte d'epoca, furono eseguiti per molti altri pezzi di intaglio, ed addirittura 1420 conci secondo una relazione a firma degli ingg. Viola e Russo presentavano fratture o medicature; questo fatto è riscontrabile probabilmente solo da distanza ravvicinata, come non ci si accorge ad occhio nudo del fatto che più di 70 capitelli di tutto il contorno siano stati realizzati in due pezzi sovrapposti perfettamente combacianti: la cava di Cinisi non produceva blocchi bianchi omogenei di sufficienti dimensioni, malgrado il contratto prevedesse il blocco unico e *l'obbligo di modellare in creta e formare in gesso il modello*.



Figura 9: a), b) - mascherone angolare del timpano

Nella cinta esterna del teatro i conci intagliati per cornici ed architravi del fregio vennero posti in opera curando che il piano di posa di ognuno di essi fosse orizzontale anche per i tratti di cornice in pendenza.

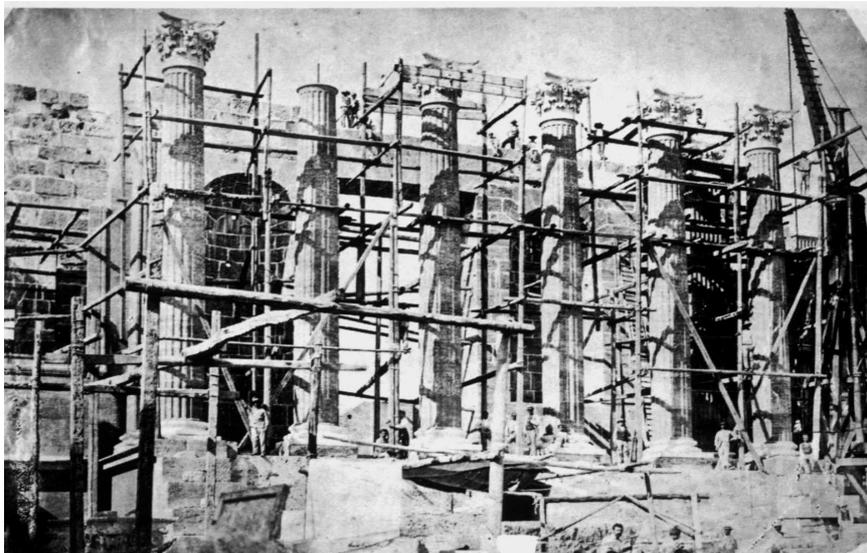
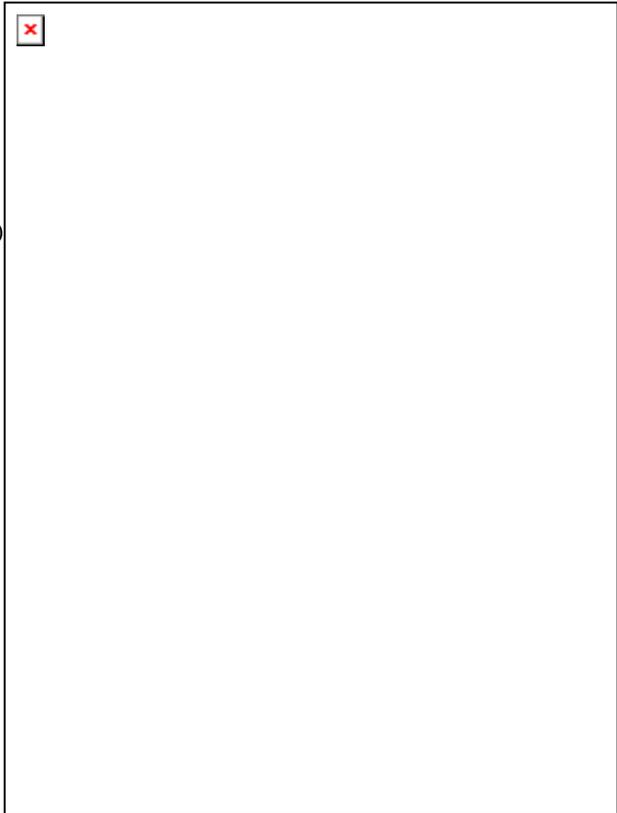
Il portico di ingresso, più che il resto della costruzione, come sopra accennato fu trattato come parte di un monumento dell'antichità classica: gli spigoli dei gradini della grande scalinata furono conformati seguendo una linea con convessità verso l'alto (freccia mm 37), e curva analoga ebbero assegnate le linee della trabeazione del portico. La lavorazione dopo la posa in opera fu riservata ai soli fusti scanalati delle colonne, a causa anche della delicata

doppia entasi e degli spigoli che dovevano presentare continuità perfetta. Un'anima composta da elementi in bronzo del diametro di cm 5 filettati, collegati per avvvitamento e terminanti alla base ed oltre il capitello con piastroni della stessa lega su realizzazione della fonderia Corso, tiene insieme i rocchi delle colonne del portico, tra i quali è interposta una foglia di piombo spessa mm 3. Anche in bronzo avrebbe dovuto realizzarsi il grande fiorone alto ml 7 con ossatura in ferro, posto alla sommità della cupola, e nella stessa lega nobile vennero fuse le lettere dell'epigrafe, collegate alla muratura con rampini bronzei, così come i due leoni posti ai lati dello scalone di accesso che rappresentano la Tragedia (Benedetto Civiletti) e la Lirica (Mario Rutelli, figlio dell'imprenditore). I due grandi mascheroni laterali in pietra bianca vennero solidamente fissati alla cornice per mezzo di una struttura in ferro forgiato.

Figura 10: fasi costruttive: a) di un capitello in due pezzi, b) della torre di palcoscenico con le colonne in ghisa, c) del portico di ingresso



b)



### 3 ORIZZONTAMENTI E COPERTURE

Le partizioni orizzontali vennero realizzate, per alcuni degli ambienti di rappresentanza ovvero per gli orizzontamenti più caricati, a volta in pietra concia *secondo le leggi stereometriche*, ed una prescrizione particolare riguardava l'apparecchio *in filari regolari e tra loro addentati*. In alternativa le volte erano in mattoni, specie quando gli spessori in chiave dovevano essere molto limitati (inferiori a cm 20), per tutto lo sviluppo della struttura ovvero nella sola fascia centrale tra due strisce in pietra; per le campate maggiori venivano preferiti i mattoni sagomati a cuneo. Gli spessori in chiave sono molto variabili, da 14 a 45 cm a seconda della dimensione del vano e del materiale adoperato.

A seguito delle numerose tragedie avvenute nella seconda metà del secolo a causa degli incendi di edifici pubblici, in principal modo nei teatri di cui Basile elencava i casi più conosciuti in Europa e nelle Americhe, fino alle città cinesi, si era deciso di limitare il più possibile l'uso di materiali facilmente aggredibili dal fuoco. Neppure i teatri italiani di maggior livello, da Milano a Genova, ma anche a Napoli, rispondevano ai requisiti di incombustibilità, ed a tal proposito un'attenzione particolare fu prestata alle strutture di solaio che avrebbero dovuto impedire la propagazione di un incendio ai locali confinanti.

I profilati cominciarono ad apparire nelle tariffe comunali locali dal 1867, a semplice T ed angolari di modesta sezione *per la costruzione di lucernali*, mentre con sezione a doppio T per i solai ad orditura metallica dal 1873 ad un costo unitario inferiore rispetto ai precedenti. Il loro impiego era in effetti già avvenuto in costruzioni pubbliche a Palermo, ma non in maniera diffusa ed a carattere industriale. La specifica imprenditoria in epoca pre-unitaria aveva condotto sperimentazioni su solai e lucernari metallici con Carlo Giachery, e su strutture più complesse come le incavallature Polonceau e ponti in ferro con Michele Zappulla Scribani, professore presso l'Università come il precedente.<sup>25 26 27 41</sup>

Per quanto attiene ai solai piani, il periodo compreso tra il 1845 ed il 1870 vedeva in area francese ed inglese tutta una serie ricerche ed esperienze volte al miglioramento dei sistemi costruttivi in ferro, ed i trattati dell'epoca ne riportavano un vero e proprio campionario corredato da significativi particolari costruttivi, da quelli più artigianali con notevoli lavorazioni in opera, ad altri più semplici adatti a piccole e grandi luci ma costosi, ad altri ancora in cui il metallo si economizzava a spese di un riempimento accurato e centinato. Si tendeva ad alleggerire la struttura senza diminuirne la capacità di isolamento, partendo da tralicci molto rigidi fungenti da membrature principali con 2 ordini secondari di orditura, fino alla definitiva e generalizzata sostituzione con travi a doppio T a semplice o plurima orditura.

Si può immaginare che per un progettista non fosse facile la scelta del sistema costruttivo da adoperare, sia per il rapido mutare (in senso di miglioramento) dell'apparato produttivo locale, anche in rapporto con attività in ambiti collaterali come le ferrovie e l'industria meccanica e navale, sia per le nuove pubblicazioni che con grande frequenza aggiornavano le conoscenze, tendendo a considerare obsolete le novità di qualche anno prima,<sup>32</sup> sia ancora per la necessità di rapportare le tecniche alle conoscenze degli operai, con stretti tempi di apprendimento delle nuove tecniche relative ad opere che dovevano realizzarsi velocemente per non creare ostacolo al programma complessivo dei lavori.

Alla penetrazione del ferro nella cultura tecnica palermitana contribuì certamente la visita di Basile all'Esposizione Universale di Parigi del 1867 per conto dell'Amministrazione comunale, che concorse a formare in lui una coscienza tecnologica riguardo alle potenzialità del ferro verso il conseguimento di un livello qualitativo rapportabile ai maggiori teatri d'Europa, anche per la possibilità di venire a diretto contatto con i tecnici ed i produttori più aggiornati. Al ritorno pubblicò un rapporto su quanto di più rimarchevole era stato esposto, specie nei riguardi delle innovazioni atte al miglioramento delle condizioni di vita degli abitanti di una grande città.

Includeva nella relazione le impressioni sul notevole sviluppo che l'Esposizione aveva testimoniato nei confronti delle strutture metalliche, sia quanto al perfezionamento della produzione, sia riguardo all'organizzazione del cantiere specifico ed ai riflessi che le nuove invenzioni potevano avere sull'esattezza esecutiva e sul miglioramento delle condizioni di lavoro.<sup>7</sup>

A questo proposito il rapporto del *Jury* dell'Esposizione stessa sottolineava: *più l'industria del ferro perfezionerà i suoi prodotti, meglio si renderà conto delle capacità esatte dei materiali impiegati e meno dovrà accontentarsi del pressappoco ... non bisogna più considerare la mano dell'uomo che come una trasmissione dell'intelligenza a forze automatiche a cui deve essere devoluta la forza bruta ... Solo le forze meccaniche sono fornite dell'energia propria a realizzare i ferri con precisione, economia e rapidità.*<sup>23</sup> E sarà proprio l'espressione di questo impegno nel coniugare il prodotto industriale con un semplice e rapido montaggio di cantiere a caratterizzare l'opera di Basile e della sua scuola, connotata dalla profonda conoscenza del materiale e dei correnti sistemi costruttivi, nonché dalla chiarezza nel progetto del singolo pezzo, visto nell'ottica di una semplice e rapida realizzazione e messa in opera.

Il computo metrico estimativo delle opere allegato al progetto di concorso del 1867 prevedeva per i solai modi costruttivi molto originali e complessi, assai diversi rispetto a quanto in effetti venne realizzato. L'arco temporale di circa 8-10 anni tra il progetto e l'inizio dell'esecuzione consentì a Basile i ripensamenti resi necessari dalle Esposizioni e dalla conseguente diffusione dei progressi tecnico-scientifici francesi, ma anche inglesi e tedeschi, sebbene sempre filtrati da pubblicazioni francesi.

Rondelet, il principale esponente dell'ingegneria francese post-rivoluzione, all'inizio del secolo aveva trattato dei solai connotati da struttura metallica consistente in barre ad arco fortemente ribassato in ferro forgiato, provviste di corda metallica che univa gli estremi dell'arco e ne assorbiva la spinta.<sup>33</sup> Tale sistema nella sua forma elementare venne inizialmente sperimentato verificandone l'attitudine a portare carichi sempre più gravosi; negli anni venne migliorato nelle giunzioni, negli irrigidimenti e nelle dimensioni dei pezzi, fino a divenire per qualche decennio un elemento invariante. E tale appunto veniva considerato nel 1845 da César Daly,<sup>32</sup> direttore ed anima della già citata *Révue Générale*, quando descriveva l'ultimo ritrovato tecnologico consistente in tralicci composti da un'asta curva compresa tra altre due barre rette, rispettivamente di corda e tangente superiore, tra loro ben collegate da staffoni; a questo ordito principale sufficientemente rigido veniva appesa una doppia serie di traverse e barre per consentire il riempimento dei campi.

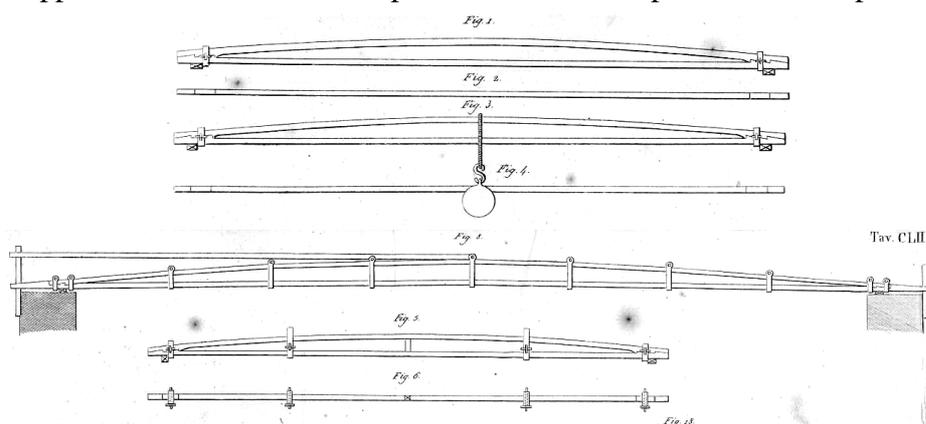


Figura 11: Sperimentazione di Rondelet su arco e corda; tralicci semplici con staffe di collegamento<sup>33</sup>

Due anni dopo la stessa *Révue* comunicava che ognuno dei principali fabbri di Parigi produceva un proprio sistema per i solai a struttura metallica composta da barre, la cui combinazione più o meno complessa non era però in grado di soddisfare le esigenze di economia (specie se rapportate ai solai in legno), né quella di stabilità. L'evoluzione era andata nella direzione del progressivo al-

leggerimento degli elementi strutturali, e l'articolista “tremava” pensando ai ballerini che avrebbero fatto vibrare un sistema metallico poco affidabile.

L'unico esempio citato per semplicità e funzionalità era costituito da travi principali a parete piena in lamiera dello spessore di mm.9 e di larghezza variabile a secondo della luce, con monta dell'1% ed estremità tagliate a coda di rondine; il collegamento tra le travi era effettuato per mezzo di traverse in ferro quadro ad estremità uncinata per consentire che venissero appese alle strutture principali. Alle traverse, parallelamente alle travi principali, si poggiavano lunghe barre metalliche a sezione quadrata così da infittire l'appoggio inferiore per il materiale di riempimento e completamento dei campi.

La novità di questo sistema, oltre all'abbandono del traliccio complesso e costoso a favore di travi a parete piena, consisteva nel fornire strutture di spessore costante, con variazioni solo in altezza, in maniera da poter considerare la lamiera da tagliare un semilavorato industriale pressoché pronto per la messa in opera. Le travi a parete piena venivano poste in opera con la curvatura prodotta dalla ferriera (1%), mentre in ambito germanico si effettuava un raddrizzamento del profilato.

I tralicci continuarono comunque ad usarsi almeno fino alla fine degli anni '50 perché ben conosciuti nelle caratteristiche costruttive ed esecutive, ma soprattutto quando necessitava una notevole capacità portante, e solo l'Esposizione Universale di Parigi del 1867 segnò un affinamento dei solai a struttura in profilati con quei caratteri che rimarranno stabili per più di mezzo secolo.

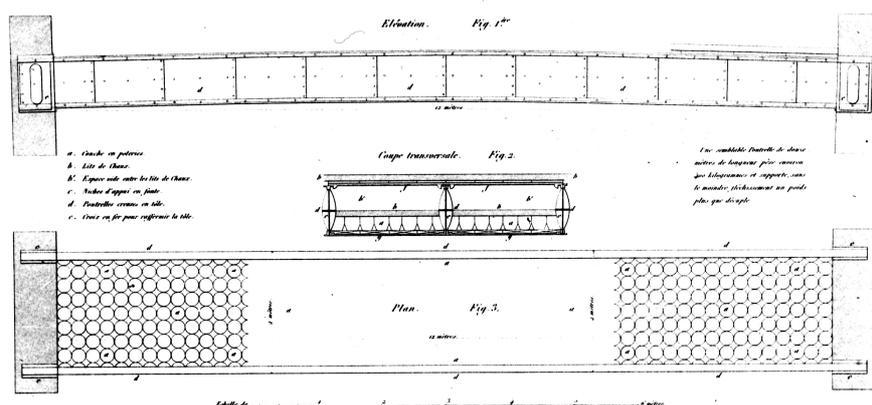


Figura 12: Trave a parete piena in lamiera, con pronunciata monta ed irrigidimenti. Riempimento dei campi in vasetti laterizi<sup>22</sup>

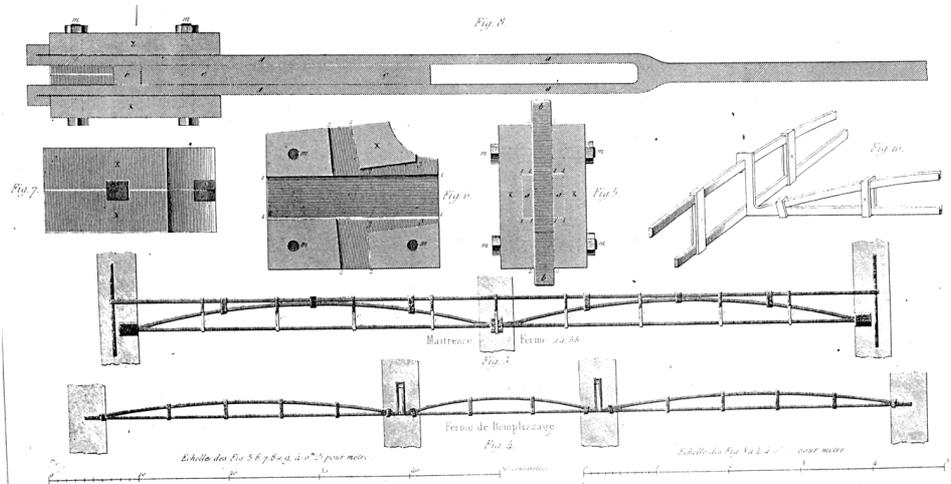


Figura 13: particolari di travetti di solaio a traliccio in ferro forgiato, secondo il sistema “parigino” di orditura secondaria e di riempimento dei campi<sup>32</sup>

In questo panorama di frequenti sperimentazioni e rapidi cambiamenti di orientamento si trovò ad operare Basile, con la conseguenza di dover aggiornare i modi di costruire in base alle novità che via via si andavano imponendo. Nelle pagine del preventivo di spesa si riferisce la locuzione “armature di ferro” che pensiamo possa riferirsi ai tralicci di cui si è detto, tranne quei pochi casi in cui è specificato l'uso dei ferri a doppio T.

Negli anni a cavallo della metà del secolo si diffuse ed apprezzò in ogni parte d'Europa il sistema detto “parigino” per la formazione dei solai composti, con molte varianti,<sup>15 21</sup> dai tralicci di cui sopra o (più raramente) da travi a doppio T ad ali strette, posti mediamente a distanza di ml.0,65-0,85, incastrati per 20 cm. nei muri, collegati da traverse appese ai tralicci stessi. Alle traverse venivano poggiate le barre metalliche del 3° ordine di orditura, chiamate *fentons* nei trattati francesi, a sezione quadrata di lato 1 cm. ripiegate ad angolo retto per allinearsi con la faccia inferiore delle travi, collocate alla distanza di cm.25.

Il sistema “parigino” era quello previsto nel primo progetto da Basile, con gli elementi costitutivi che ripetevano quanto descritto più volte dalla *Révue générale*, al punto di chiamare col termine “fentoni” le barre della terza orditura in ferro quadralino.

I campi delimitati dalle travi o dai tralicci venivano riempiti in varia maniera, secondo la tradizione parigina: il modo classico, descritto da tutti i manuali dell'epoca e successivi, era costituito da *plâtras et plâtre*,<sup>13</sup> ossia da grossi pezzi provenienti dalla demolizione di vecchi solai in gesso o di intonaco di pareti, duri, asciutti e senza polvere, sostituiti spesso da calcinacci o pezzi di laterizio, posti a strati di 8-12 cm., versando gesso negli interstizi. Non veniva indicato il metodo di protezione del ferro dall'aggressione del gesso, ma è da supporre che venisse effettuato un apposito trattamento preventivo del metallo impiegato.

In questa sede appare interessante soffermarci su un metodo di riempimento molto particolare che Basile conobbe ed impiegò nella costruzione del teatro: si tratta dell'uso di vasetti in terracotta annegati in un getto, con l'ausilio di una struttura metallica, secondo la definizione di Basile stesso “sistema detto dai francesi *poteries et fer*”.

Letteralmente si tradurrebbe “vasellame e ferro”, ed appunto vasellame era il termine utilizzato correntemente nelle carte di allora e nei verbali di assegnazione delle opere. Tale sistema costruttivo, già conosciuto in Francia in tempi precedenti, assunse a cavallo degli anni 1840-45 una notevole fortuna a Parigi, anche per merito di una pubblicazione del 1841 citata da Basile stesso, dal titolo *Traité de construction en poteries et fer* di Charles Eck<sup>22</sup>; aggiunte di notevole interesse furono riportate da A. Blouet nel *Supplement au traité de Rondelet* del 1848<sup>13</sup>.

Malgrado un aumento del costo valutabile intorno a due o tre volte rispetto ai riempimenti correnti, le costruzioni in “vasellame” secondo gli autori presentavano prestazioni superiori in termini di solidità, leggerezza, incombustibilità, durabilità ed isolamento acustico. In particolare si riferiva di un solaio del Palazzo della Camera dei Deputati demolito nel 1828: *esso presentava una consistenza tale che gli operai, malgrado adoperassero pesanti martelli, non riuscirono a demolirne più di 4 mq ciascuno in una giornata di dieci ore*. Le volte a pieno centro e ribassate, specie se *estradosate di livello* (ossia ad estradosso piano) potevano fruire di un peso inferiore rispetto ai rinfianchi pieni, a vantaggio della stabilità complessiva dell'edificio. Inoltre utilizzando ferro e vasetti la struttura diveniva realmente incombustibile, come era giusto che fosse per gli edifici pubblici molto affollati. Non veniva più usato il legno che è soggetto al continuo degrado dovuto ad assenza di ventilazione ed all'umidità presente nelle murature o proveniente dall'esterno. Riguardo poi al potere fonoisolante, questo era riconosciuto per la struttura alveolare che si determinava, certamente molto utile per i teatri.

Già nel 1785 l'Accademia delle Scienze di Parigi aveva discusso ed approvato un rapporto sull'uso del sistema costruttivo in vasellame proposto ed attuato dall'*architetto di ospedali* St. Fart nella grande volta del Teatro Francese e nel solaio del vastissimo salone del Palazzo Reale a Parigi:

il sistema veniva chiamato “italiano” in quanto St. Fart dichiarava di aver tratto lo spunto da architetture antiche di Roma e Ravenna, anche se in ogni parte d'Europa se n'era dimenticata la tecnica. Immaginiamo che si riferissero, ad esempio, alla volta della chiesa di S. Vitale a Ravenna, realizzata con largo uso di vasi in terracotta.

Il trattato di Eck mostrava come il sistema vasellame-ferro si utilizzasse convenientemente sia per le volte, che per i solai o per le coperture di qualsiasi forma e dimensione, usando per ognuno dei casi citati accorgimenti specifici per semplificarne la messa in opera e migliorare la resa. Si riportavano indicazioni esecutive anche sull'uso dei vasetti per le scale a struttura metallica e per la formazione delle murature portanti.

Per quanto si è detto in precedenza, gli elementi portanti erano sempre composti da tralicci in ferro forgiato, sia per le volte, che per solai o coperture diverse, con traverse ed arcarecci in ferro pieno di modeste sezioni a formare quadrilateri. I compartimenti che si determinavano nelle volte a pieno centro venivano *riempiti di vasellame che si dispone come i conci in pietra e che contrastandosi reciprocamente formano nel loro complesso tante porzioni di archi o di volte indipendenti*.

I campi delimitati dal metallo dovevano infittirsi per le volte ribassate, mentre prescrizioni specifiche venivano date alla disposizione dei vasetti nei solai, relativamente ai quadrilateri contornati dai ferri: *si incomincia da un vasetto al centro e si formano due file che s'incrociano in diagonale, poi le altre file così da interrompere i giunti, ed i vuoti di estremità ripieni di pezzi di mattoni o calcinacci per consolidare l'insieme*.<sup>22</sup> Una centinatura continua consentiva di eseguire il getto di solidarizzazione.

Eck riferiva che si erano eseguite prove di carico che mostravano come un solaio di medie dimensioni, composto da vasetti di altezza compresa tra 19 e 22 cm. e diametro tra 10 e 12,5 così costruito, quindi di spessore complessivo di circa 25-28 cm., potesse sostenere un sovraccarico accidentale di 1820-2430 Kg/mq. In questa circostanza i tralicci erano posti ad interasse di 4 ml. con interposizione di orditura doppia di tiranti e traverse, per un peso del ferro variabile tra 12 e 15 Kg/mq.

I vasetti erano composti con argilla in pasta purificata mescolata a terra di cava per ottenere una maggiore consistenza in seguito alla cottura. Seccati in camere calde, prima di porli nei forni se ne foravano le basi al centro (un centimetro di diametro), praticando un ulteriore foro simile a metà dell'altezza per evitare la rottura del vasetto a causa dell'espansione dell'aria interna. Per poter legare in modo energico col gesso (o con altro legante) si trattava la superficie esterna con uno strumento dentellato simile ad una sega, creando una serie di canali anulari in grado di favorire l'adesione della malta. Le dimensioni erano variabili in funzione dell'altezza del solaio e della geometria delle strutture, con diametri compresi tra 8 e 14 cm., ed altezze tra 10 e 32 cm. Inoltre in uno stesso elemento costruttivo potevano venire utilizzati vasetti di altezza e diametro diversi, da adattare ad andamenti curvilinei od a rastremature nelle strutture. In particolari casi venivano usate forme diverse rispetto alle tronco-coniche, come quelle cubiche o parallelepipedo, per diminuire l'entità degli interstizi ed alleggerire la struttura.

É documentato che molti lavori in edifici di grande importanza vennero realizzati con questa tecnica, ad esempio a Versailles, nel Palazzo d'Inverno a S. Pietroburgo ed al Louvre, dove in quel tempo si eseguivano grosse opere; la risonanza, anche attraverso le riviste specializzate, fu tale da spingere all'uso di ferro e vasellame anche in aree geografiche lontane.

Nella fase dell'elaborazione del progetto del teatro Massimo, Basile si mostrò un convinto assertore della superiorità del sistema costruttivo degli orizzontamenti in *poteries et fer*, specie in un tipo edilizio in cui l'incombustibilità e l'isolamento acustico costituivano requisiti di primaria importanza. Dal computo metrico estimativo si desume che per una superficie maggiore di mq 2000 gli orizzontamenti erano previsti con struttura in ferro-vasellame, tecnica mai fino allora utilizzata nella città e che Basile si proponeva di sperimentare direttamente e divulgare: l'applicazione dei

sistemi costruttivi più evoluti ed aggiornati appare una costante nell'edificazione della fabbrica teatrale.

Con strutture composte da *centinaure di ferro, traverse e fentoni* si progettava di coprire ambienti di forma e dimensioni molto diverse, con spessori variabili e variamente conformati: il “vasellame”, secondo le indicazioni di Eck, probabilmente era previsto in diverse pezzature per i necessari adattamenti.

Si è detto sulla diffusione che i profilati prodotti industrialmente conobbero in seguito anche ai cataloghi esposti all'Esposizione Universale di Parigi del 1867.<sup>23</sup> La sostituzione per gran parte del teatro del sistema a tralicci, traverse e vasellame con struttura in ferri profilati e voltine in mattoni o riempimento di getto, non è certo un pentimento, quanto piuttosto l'adeguamento ad una ulteriore novità che aveva soppiantato una tecnica ormai desueta.

I solai intermedi delle rotonde laterali furono comunque costruiti secondo il sistema di Eck: in effetti più che di solai si tratta di volte molto ribassate ad estradosso piano, la cui struttura venne composta da archi meridiani in ferri a T rovesciata collegati da 5 cerchi metallici. Per il riempimento vennero adoperati vasetti in terracotta di S. Stefano di Camastra del diametro di 8 cm. ed altezza 10, murati con malta idraulica.

Vari possono essere stati i motivi per cui in queste sale si sia utilizzata tale tecnica, ma se ne considerano due sopra gli altri: il primo è rappresentato da una possibile convenienza d'uso in sale la cui forma planimetrica male si prestava ad un'orditura a travetti unidirezionali, con esigenze statiche e fonoassorbenti particolari dovute all'eventuale uso come sale da ballo. Il secondo motivo potrebbe essere legato ad un'occasione irripetibile di sperimentazione diretta e di divulgazione che Basile non intendeva perdere, sia come costruttore che come maestro.

Nei solai piani del Massimo si utilizzarono profilati industriali a doppio T in ferro dolce, ormai in uso da almeno un decennio nella città, alti da 140 a 250 mm, posti ad interasse di cm 80, con scarpe in ghisa per garantire l'uniformità dell'appoggio, verniciati con olio e minio a doppio strato. Tra i ferri si posero voltine in mattoni di Pisa per i solai più carichi e laterizi forati negli altri casi. Per gli orizzontamenti dei palchi, molto sottili per limitarne l'altezza, vennero usate le sottili “pianelle” di S. Stefano di Camastra in foglia a 3 strati, legate fra loro e sigillate superiormente con frantumi di laterizio in malta cementizia.

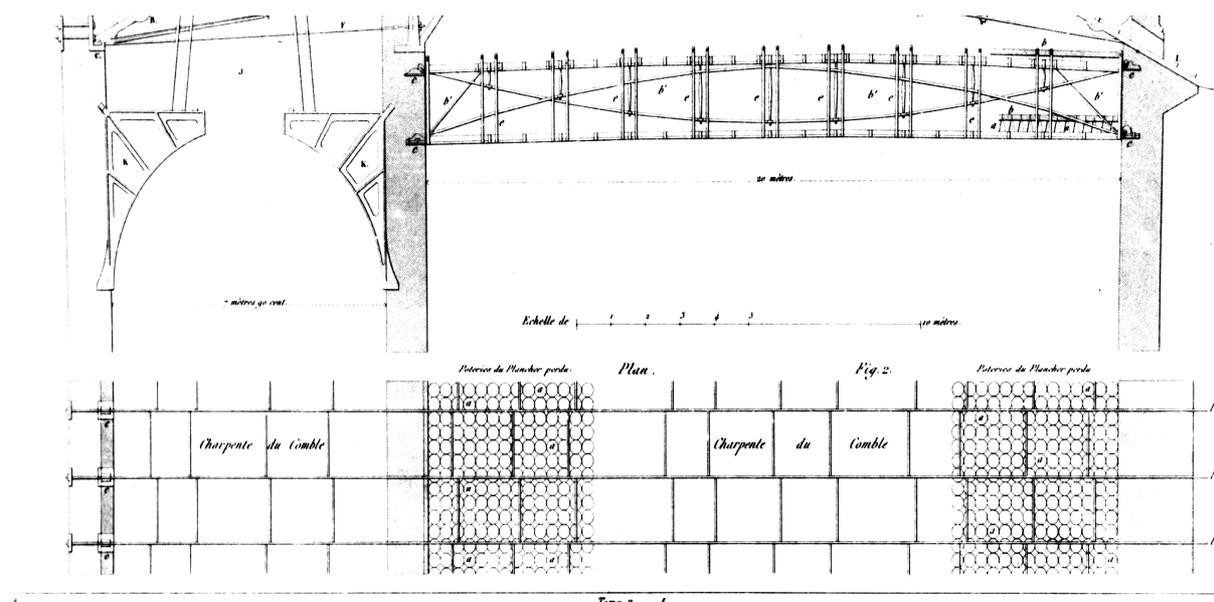
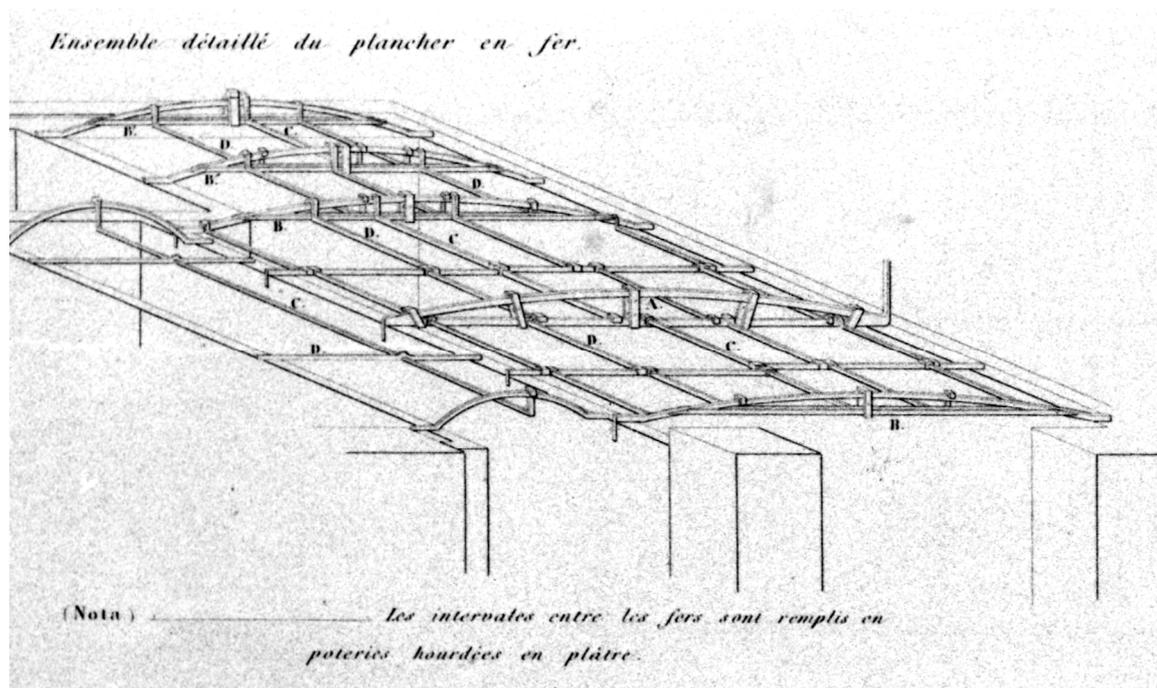
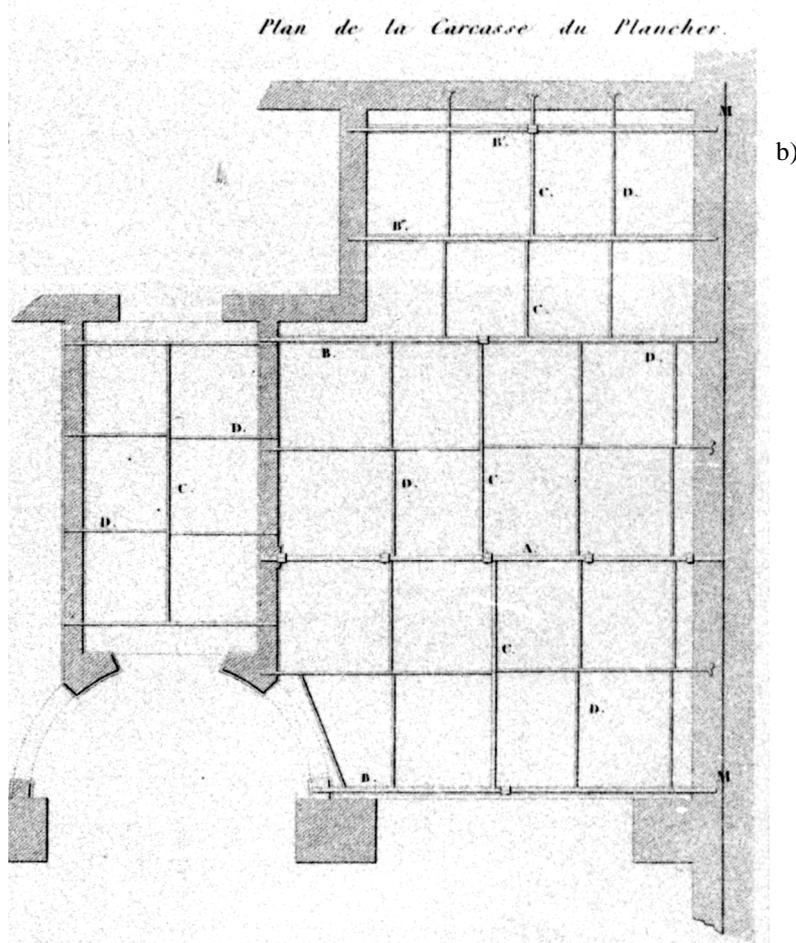


Figura 14: solaio a doppia orditura in tralicci e *fentons*, con riempimento in vasetti e malta di gesso<sup>22</sup>



a)



b)

Figura 15: a), b): dettagli in assonometria e pianta dell'orditura di un solaio con travi a traliccio e barre trasversali (fentoni) da completare in materiali gessosi<sup>22</sup>

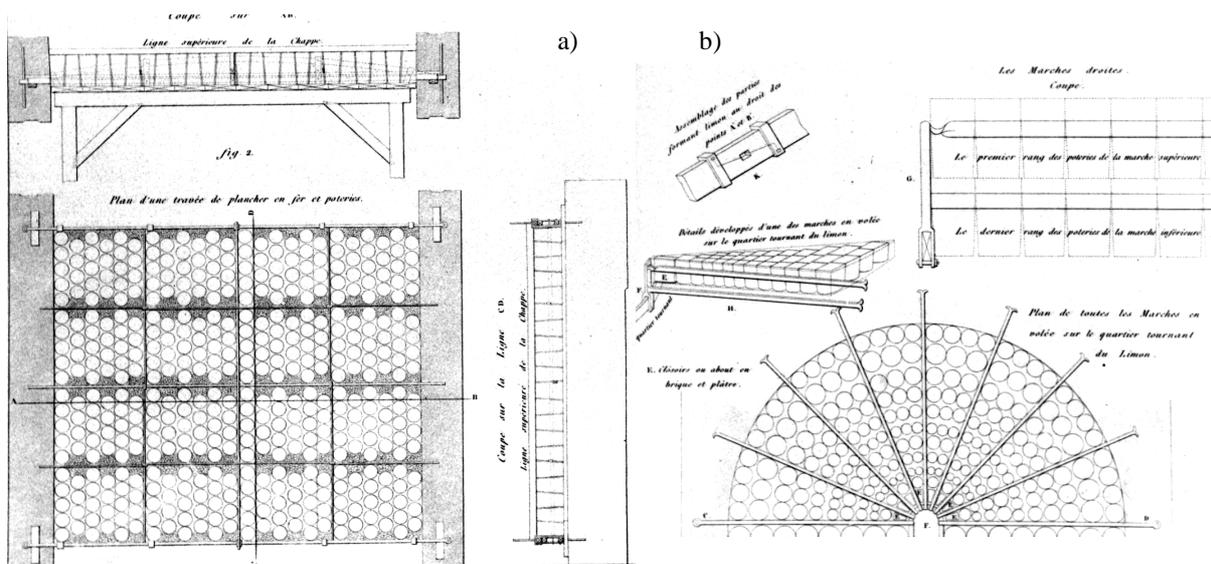


Figura 16: a) solaio semplice in tralici con riempimento in vasetti e malta di gesso<sup>22</sup>; b) scala a chiocciola con struttura in barre metalliche e riempimento dei gradini in vasetti laterizi<sup>22</sup>

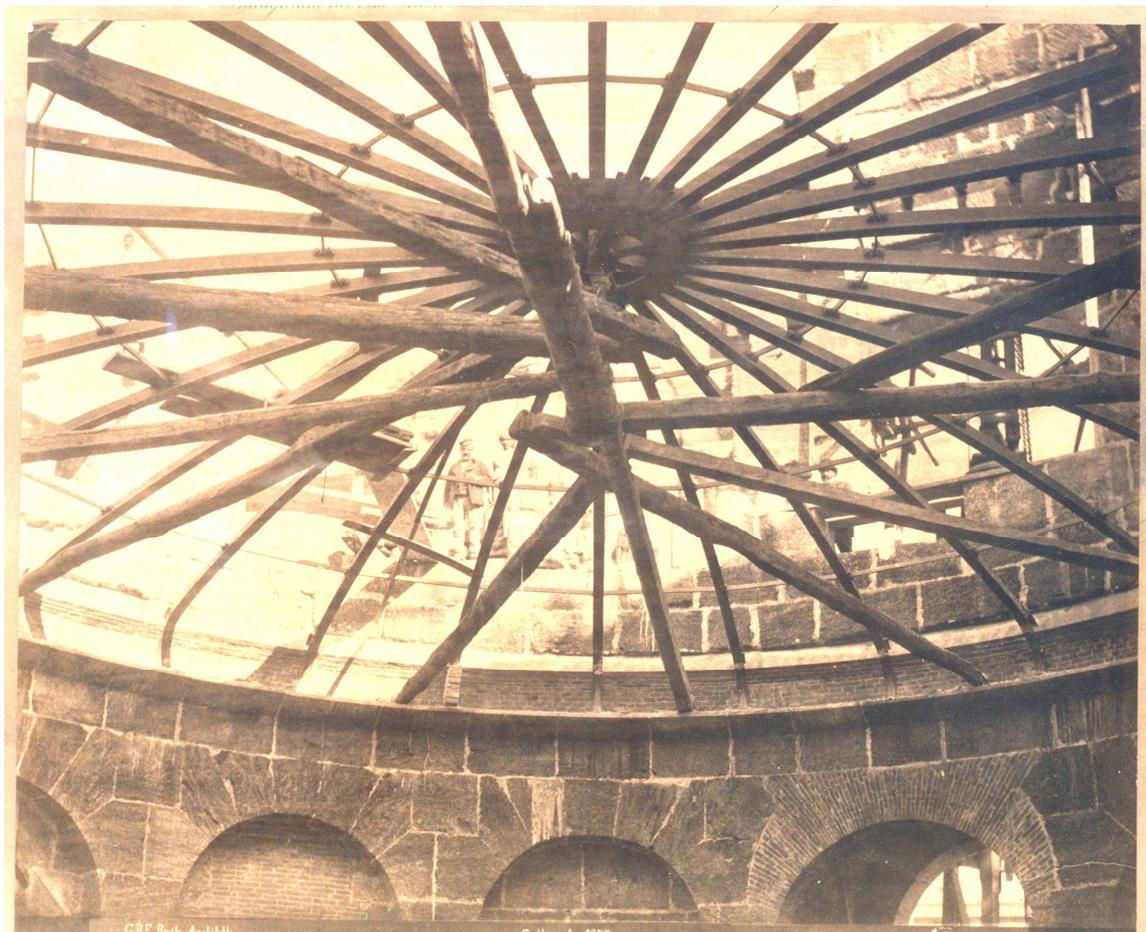


Figura 17: foto storica della fase di montaggio di profili meridiani incurvati e cerchi paralleli in ferro di una delle rotonde del Teatro Massimo. Il riempimento sarà realizzato in vasetti laterizi

La struttura dei palchi si compone di colonnine in ghisa occultate nei tramezzi divisorii, a sostegno di ferri a doppio T a mensola collegati col grosso muro posteriore; ferri a T semplice

collegano le estremità degli aggetti e ferri piatti formano la tessitura dei palchi e delle retrostanze. I divisori tra i palchi si realizzarono in tavole di castagno per renderli facilmente amovibili. Più complessa l'orditura del palco reale, che presenta uno sviluppo equivalente a sei palchi ordinari, costituita da un graticcio di ferri a doppio T collegati ai ferri a doppio T curvilinei (con corda che sottende ogni arco parziale) per seguire l'andamento del muro circolare della platea a cui è connesso con arpioni, con l'aggiunta di tiranti obliqui inseriti all'interno dei muretti divisori.

La lavorabilità del ferro fu abilmente sfruttata da Basile per i frequenti adattamenti resi necessari per la formazione di strutture speciali o per raccordare orizzontamenti a pianta rettangolare con strutture mistilinee o circolari. Venivano utilizzati i prodotti normalmente in commercio consistenti, per lo più, in profilati a T, ad L ed a U e, nella dizione corrente, in *quadrilini*, *rightte* e *righttoni* a secondo delle dimensioni della sezione rettangolare, e ferro *zappionario* ossia di lamiera forgiata di notevole spessore (circa 25 mm) e larghezza. Quest'ultimo tipo si utilizzava soprattutto per le piastre di ancoraggio o di collegamento tra i profilati, ovvero per le strutture ad elica delle scale a chiocciola.

Riguardo ai solai in profilati di provenienza *dalle migliori fabbriche dell'estero* si utilizzarono abitualmente travetti a doppio T ad ali strette, tranne che per gli ambienti di grande vastità, come le torri d'angolo posteriori, dove si preferì porre un'orditura principale di putrelle ad ala larga a sostegno di travetti di minore altezza a queste imbullonati. La protezione superficiale avveniva con verniciatura in *olio e minio a doppio strato*.

Non era più necessario il calcolo delle strutture, in quanto già negli anni '50 le riviste specializzate pubblicavano abachi e tabelle con le indicazioni dei ferri da adoperare in funzione delle luci e dei carichi agenti. L'Esposizione del 1867 mostra una certa unificazione delle dimensioni dei profilati prodotti dall'industria, con cataloghi in grado di risolvere i problemi costruttivi correnti, ed appunto uno di questi dovrebbe essere quell'*Album Jacquemin* richiamato più volte da Basile negli ordini di servizio delle opere, a cui l'impresa doveva riferirsi per il dimensionamento dei ferri. Come esempio si riporta quanto si legge in uno di questi verbali: *Per i ferri destinati a sorreggere i soffitti del corpo 12 la sezione deve essere quella dell'Album Jacquemin, Planche 2, n.2.*

Le connessioni ai muri delle travi maggiori si eseguirono secondo i dettami classici dell'arte, anche se con materie e lavorazioni costose: scarpe sagomate in ghisa, piastre imbullonate alle teste delle travi e collegate a barre e trafilte inserite nel vivo della muratura.

Sul tamburo cilindrico posto al di sopra dei muri che delimitano la platea, forato da finestre semicircolari, si impostò un solaio sorretto da otto grandi telai metallici paralleli ad interasse variabile e con luce da 17 a 28 ml, le cui aste presentano sezioni a doppio T composte da lamiere e coppie di angolari per una altezza massima di 440 mm con scarpe e piastre di ghisa per gli appoggi scorrevoli. A questi telai è appeso il velario decorato che fa da soffitto alla sala, in lamiera dello spessore di 1,5 mm, provvisto di 11 sportelli apribili, molto ampi per il ricambio dell'aria e la parziale illuminazione della platea, sollevabili per mezzo di funi. Gli stessi telai sostengono il piano di calpestio del sottocupola, realizzato con ferri a doppio T, voltine in laterizi forati e calcestruzzo alleggerito. Nei tanti solai di modestissima luce permase invece la vecchia tecnica locale detta *trapanese*, secondo cui ferri piatti *righttoni* si ponevano ad interasse tale da consentire l'appoggio dei mattoni *palmasi*, ossia quadrati di lato pari ad un palmo.

Le visite di Basile alle esposizioni universali di Parigi del 1867 e 1878, in quest'ultima occasione in veste di delegato ufficiale dello Stato italiano e come progettista del padiglione nazionale, furono probabilmente quegli avvenimenti che contribuirono al lancio definitivo della costruzione in ferro nell'ambiente palermitano: la *ferro-vitreous art* che in tutto il mondo occidentale già aveva conseguito la pubblica consacrazione, trovava a Palermo applicazione nelle coperture dei vasti ambienti degli edifici monumentali, anche se il più delle volte occultate all'interno di involucri lapidei, e così pure in edifici industriali, nelle serre dei giar-

dini, negli elementi di arredo urbano. Ma in un monumento come il teatro Massimo, che voleva essere ed apparire classico, le membrature metalliche complesse e “piranesiane” non potevano manifestarsi all'esterno mentre, al contrario, potevano restare visibili dai grandi vuoti del sottocupola e del palcoscenico.

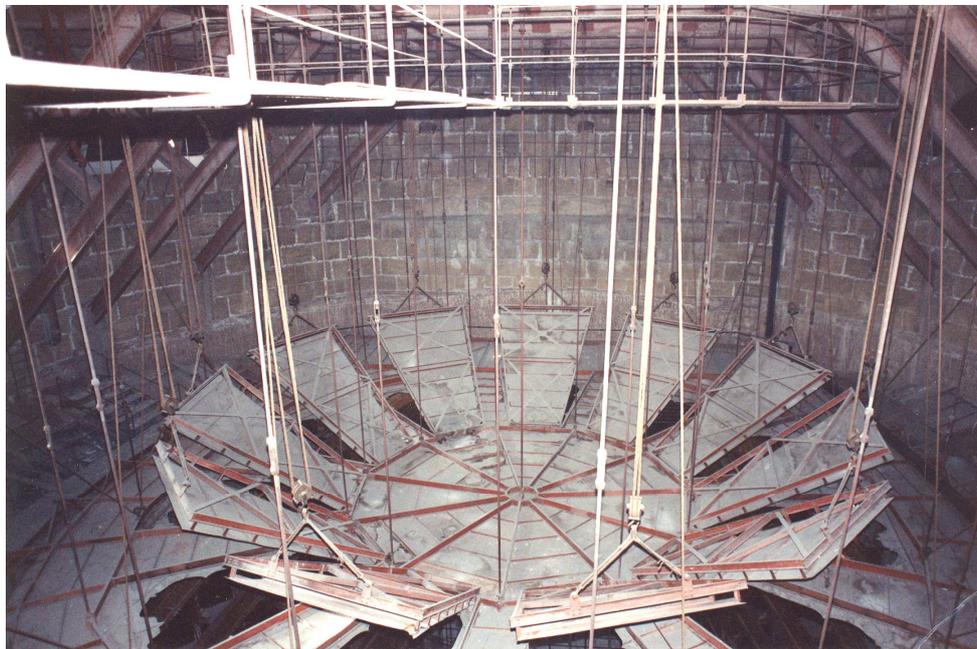


Figura 18: estradosso del velario metallico al di sopra della platea con gli sportelloni mobili per l'aerazione

I macchinari e la struttura del palcoscenico dovevano, secondo il bando di concorso, consentire *le complicate manovre sceniche secondo i più recenti sistemi*, ed il progetto di Basile appare sorprendentemente somigliante per forma, rapporti dimensionali e schema di funzionamento, al “sistema francese” pubblicato nel 1860 da Contant e De Filippi.<sup>19</sup> La struttura è costituita da un complesso sistema metallico che copre un'unica scatola alta 40 metri e di dimensioni planimetriche di ml 28x38. Su sedici colonne cave in ghisa grigia di seconda fusione alte 32 metri, composte da tratti lunghi ml 3,65 e munite di mensole ed “orecchie” per la connessione ai muri laterali, poggiano gli otto arconi a sesto acuto e sezione variabile, costituiti da profilati e lamiera chiodate, che fungono occasionalmente da gru secondo le esigenze degli spettacoli. Tre grandi solai sovrapposti “a cielo forato” dello sviluppo complessivo di circa 3000 mq, più altri otto laterali di minori dimensioni, tutti originariamente in listoni lignei su tralici metallici, venivano appesi alle strutture principali, tra loro collegati con scale e passaggi volanti in un insieme di grande effetto. La copertura a tetto, con larga spezzatura centrale piana, è realizzata sugli arconi con arcarecci a struttura reticolare metallica di differenti altezze, correnti metallici, doppio pianellato di mattoni ricoperto da un massetto spesso cm 10 di malta in coccio pesto.

Non si è rinvenuta traccia di eventuali calcoli relativi al palcoscenico, mentre l'ossatura della cupola a copertura della platea venne calcolata da Basile che ne pubblicò metodo ed esiti ai fini di una conoscenza generalizzata, oltre che dei detrattori, anche degli allievi della R. Scuola di Ingegneria. La lettera di risposta di Charles Garnier alla richiesta di un parere sugli aspetti statici e sul calcolo degli elementi della copertura della platea dimostra le conoscenze tecnico-matematiche di Basile rispetto al collega francese progettista dell'Opéra di Parigi, che si dichiarava incompetente nelle questioni tecniche.<sup>38</sup> Ma conferma al contempo qualche incertezza in una scuola che pochi anni prima aveva espresso grosse difficoltà nel valutare la fattibilità della copertura del Politeama.

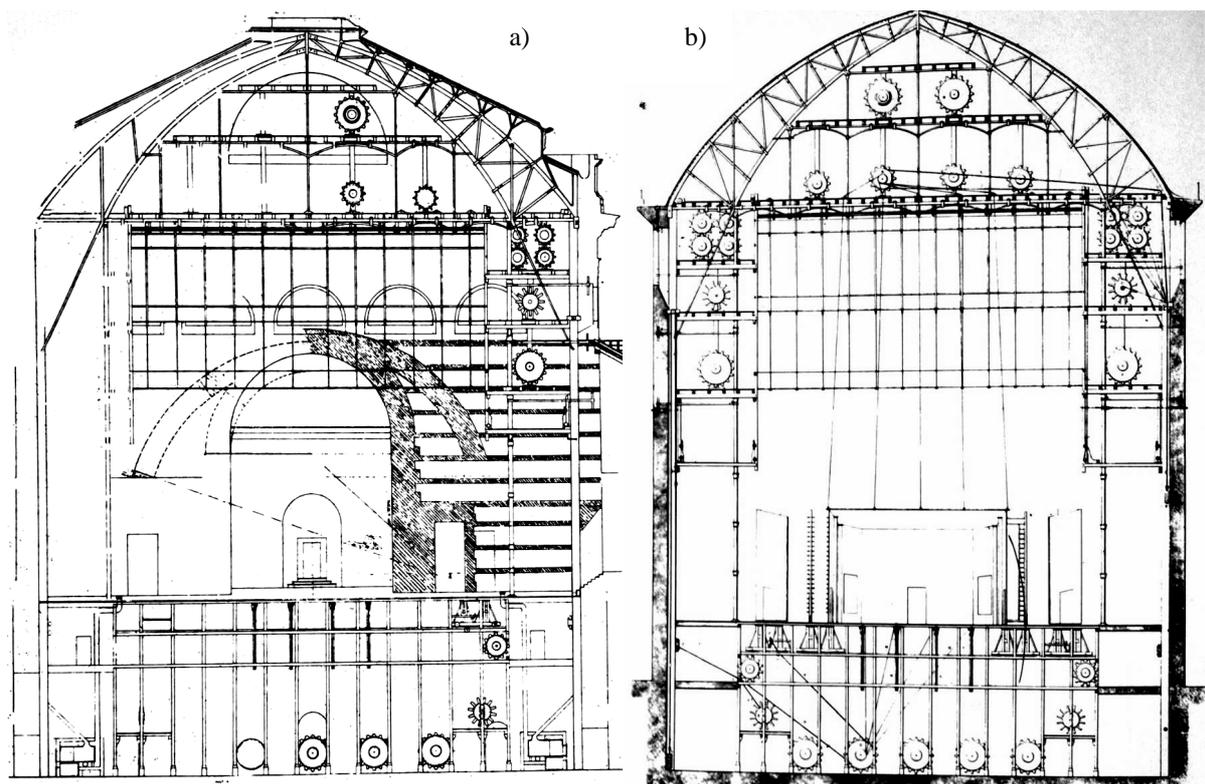


Figura 19: a) schema strutturale del palcoscenico del Teatro Massimo, posto il rapporto col b) “sistema francese” proposto da Contant e De Filippi

Mettendo a confronto le coperture metalliche delle platee dei due grandi teatri si nota come, per una superficie di ampiezza simile della sala nel Politeama vennero utilizzati circa 500.000 Kg. di metallo, contro i 48.000 del Massimo: più che allo scarto temporale di pochissimi anni, ciò è imputabile alla diversa competenza di Damiani che chiamò a garanzia il proprio maestro, il matematico napoletano Battaglini, ed il notissimo costruttore di ponti Alfredo Cottrau, anch'egli napoletano, mentre Basile mostrò quella preparazione calcolistica aggiornata che sarà una caratteristica della scuola di “meccanica delle costruzioni” di Palermo. Da un esame anche sommario appare chiara la correttezza costruttiva ed esecutiva del secondo, mentre la copertura del Politeama, più macchinosa nella concezione statica e meno raffinata tecnologicamente, presenta continui evidenti aggiustaggi in opera dei profili prodotti dalla stessa fonderia Oretea che pochi anni dopo avrebbe lavorato anche per il teatro Massimo.

Riguardo alla cupola del Massimo, non è l'invenzione ad attrarre il nostro interesse, considerato che lo schema statico era conosciuto da almeno un decennio: anche in questa circostanza Basile si dimostrò aggiornatissimo, avendo utilizzato per i calcoli i metodi approssimati appena pubblicati da W. Schwedler (1877)<sup>8 39</sup> sulle cupole ad ossatura metallica, e le semplificazioni costruttive ne consentirono la rapida produzione dei pezzi presso la Fonderia Oretea e l'immediato montaggio senza difficoltà da parte delle maestranze. Schematicamente la struttura, del diametro di circa 28 metri, è composta da 16 arconi radiali a sesto ribassato e sezione variabile, costituiti da profilati angolari uniti a lamiera mediante chiodatura; gli estremi di ogni arcone sono fissati al centro ad un grande anello circolare, mentre esternamente poggiano sul tamburo cilindrico in muratura, su scarpe sagomate munite di rulli cilindrici in acciaio. Altri quattro anelli poligonali e 128 diagonali di controvento collegano le strutture “a falce”, creando un sistema statico semplice, efficace e di grande leggerezza.

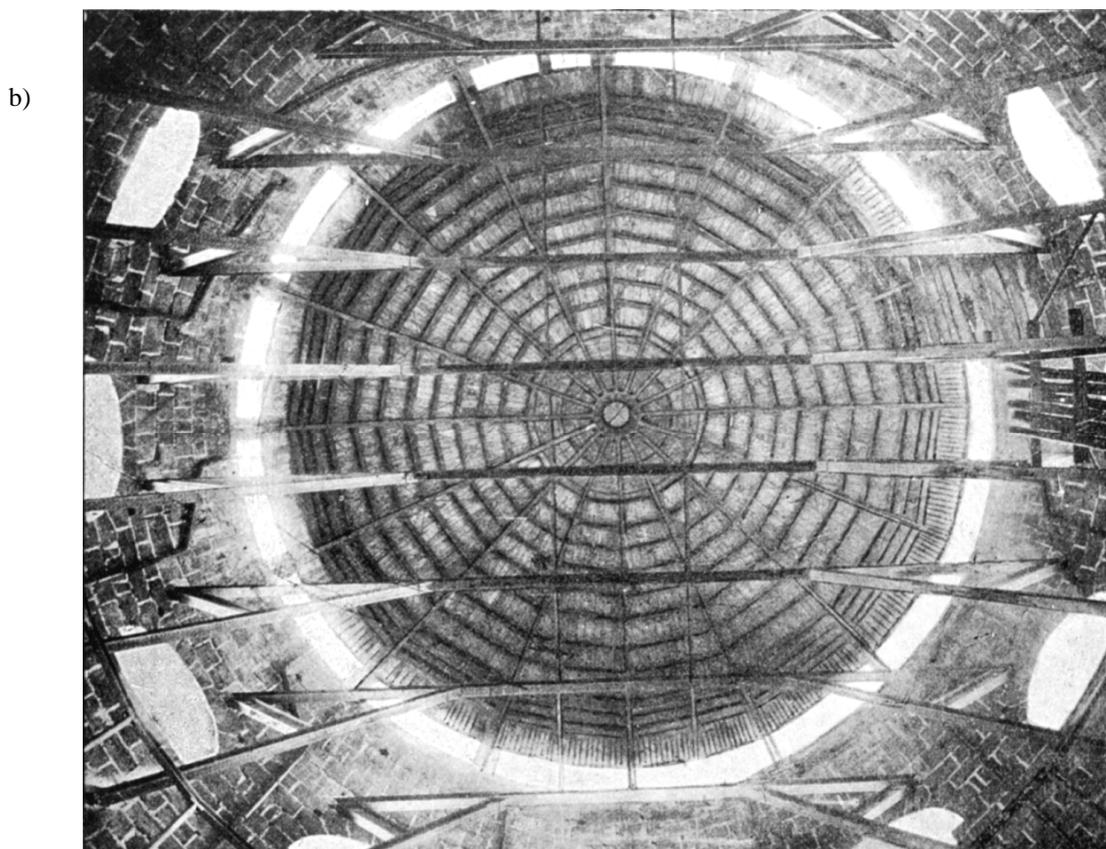
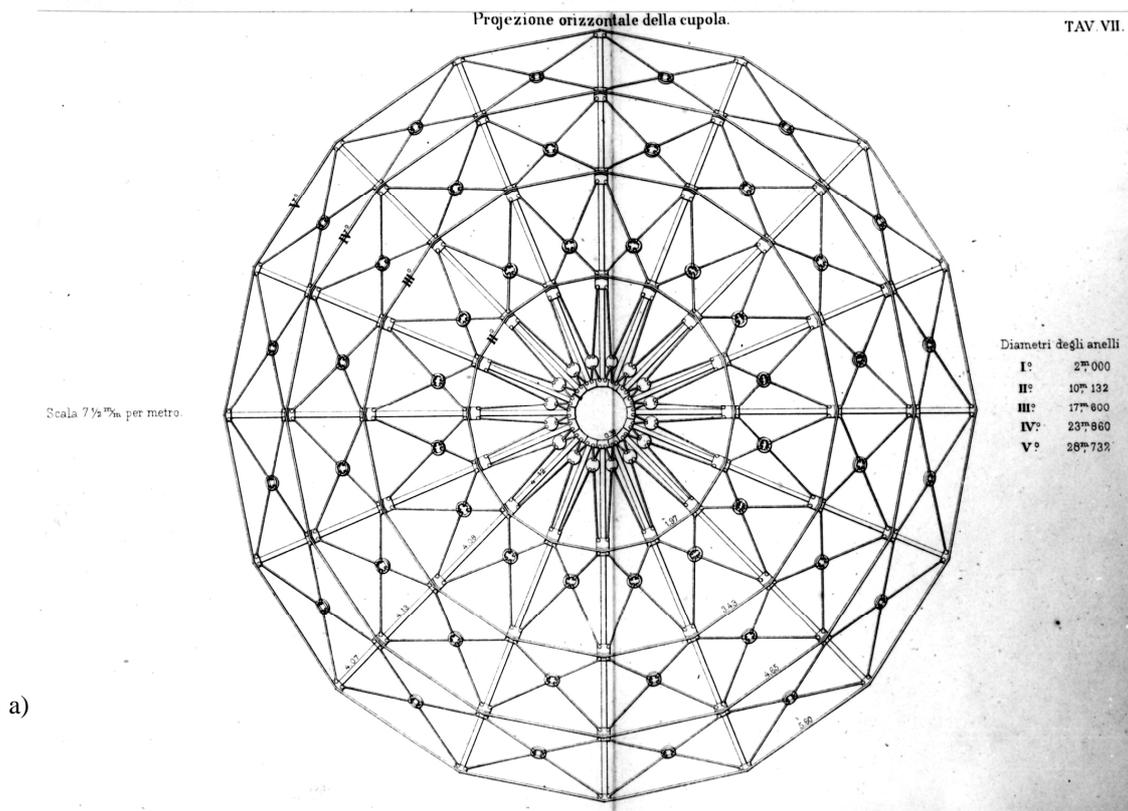


Figura 20: cupola sulla platea: a) schema strutturale, b) vista dal basso nel corso dei lavori

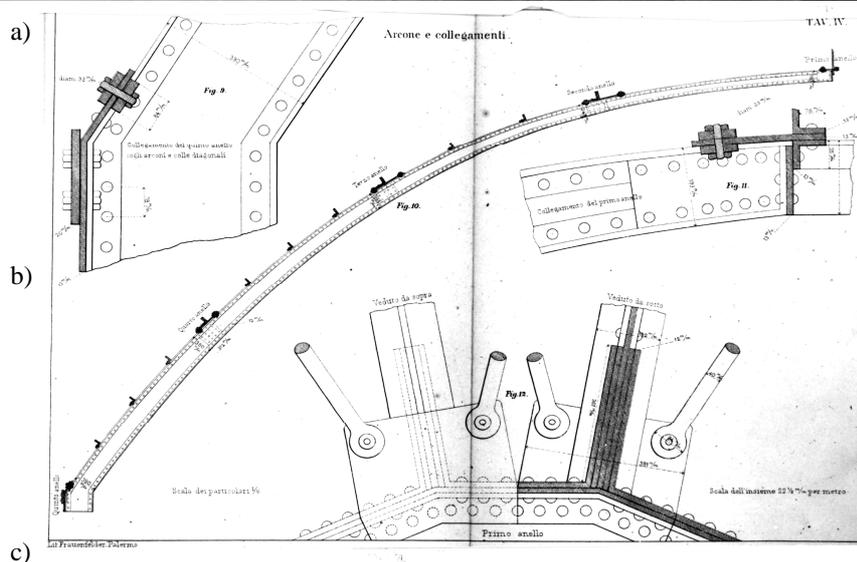
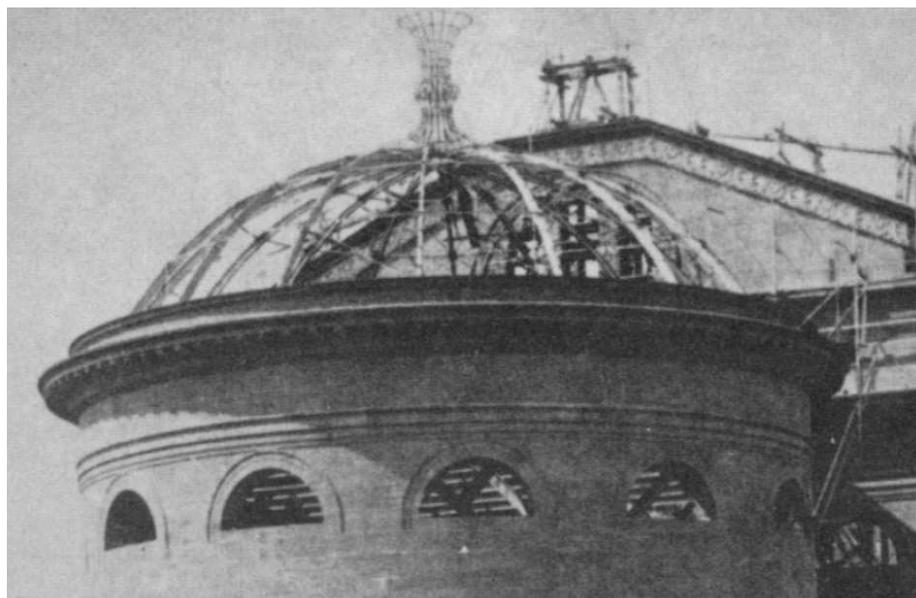


Figura 21: a) vista dall'esterno in costruzione, b) tavole esecutive, c) vista dall'intradosso della struttura della cupola

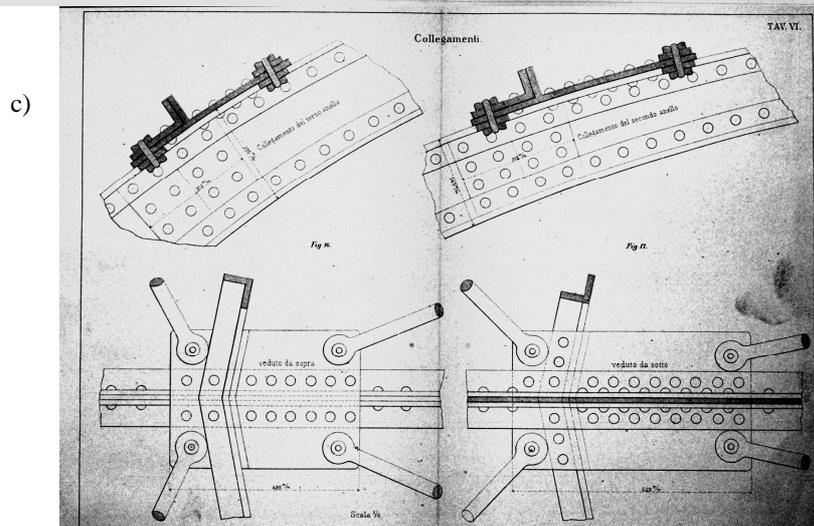
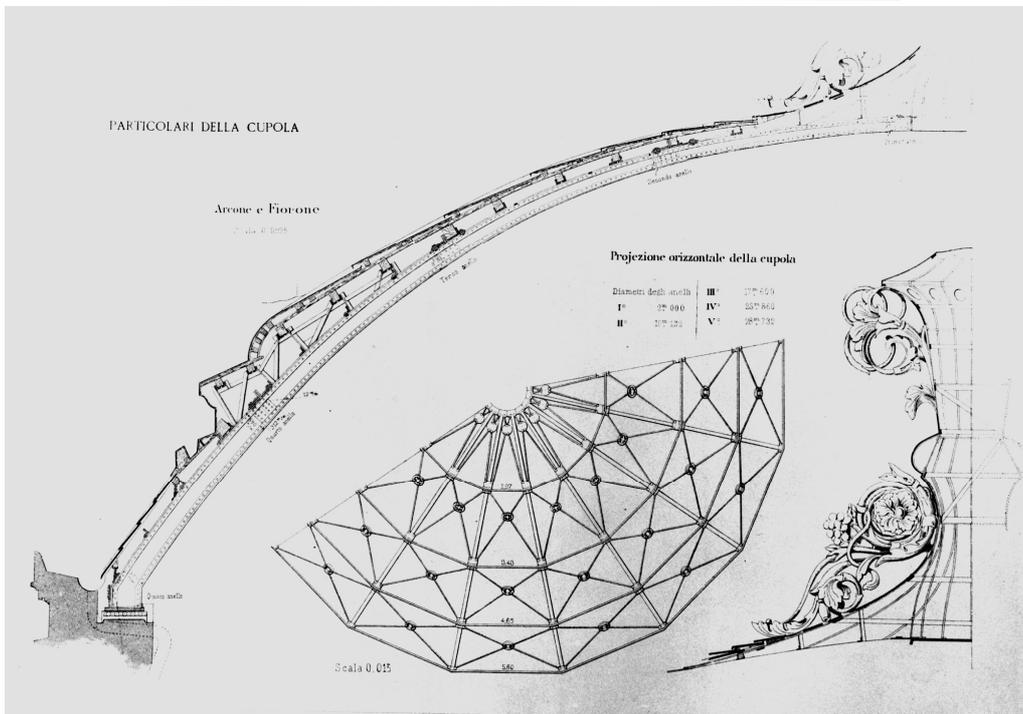
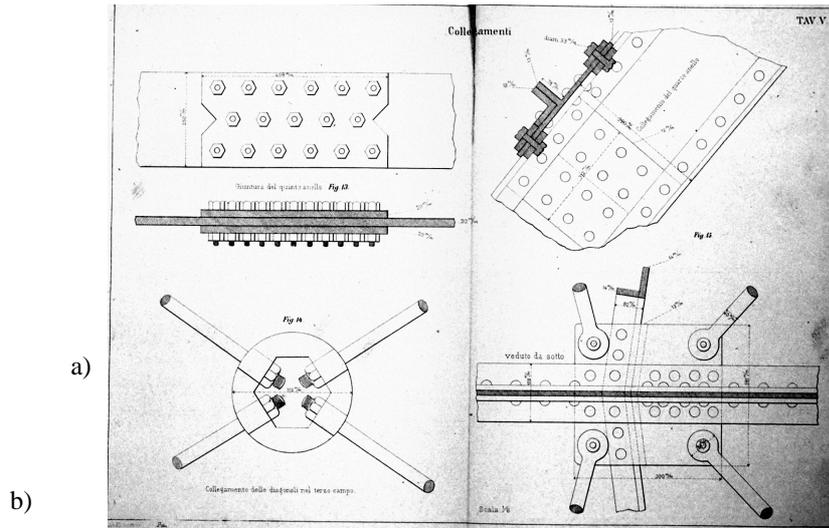


Figura 22: a), b), c), particolari costruttivi della struttura metallica della cupola

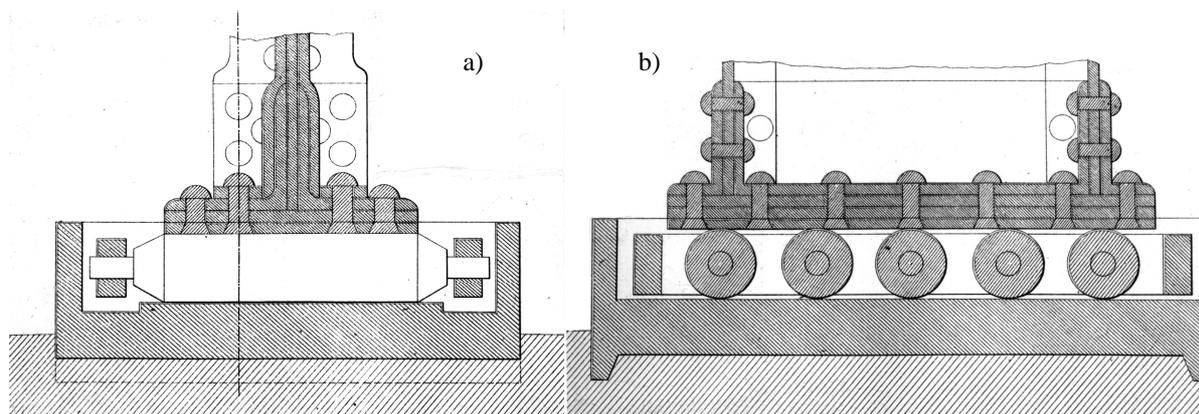


Figura 23: a), b), particolari delle scarpe in ghisa e dei rulli di appoggio degli arconi della cupola

Si è già detto degli evidenti aggiustaggi in opera degli elementi della copertura del Politeama, da cui traspare quel carattere artigianale che connotava le realizzazioni metalliche palermitane fino a fine Ottocento, in cui il metallo veniva forgiato ed assemblato secondo tecniche tradizionali. Si richiamano a questo proposito i due pubblici mercati di Giuseppe Damiani sorti intorno al 1868-74 a Palermo, in cui gli elementi prodotti dalla fonderia Oretea subirono continui aggiustaggi nella fase di montaggio delle grandi tettoie, specie nelle zone di innesto degli arconi di copertura nelle colonnine di ghisa. Venne, ad esempio, eseguita la stagnatura in opera dei tratti dell'asse pieno da inserire al sommo delle colonnine, praticando inoltre un taglio secondo la lunghezza dell'asse stesso; il riempimento del taglio con terra poco compressa avrebbe consentito di assorbire il previsto restringimento della ghisa.<sup>20</sup>

La descrizione dello stesso Damiani sembra tendesse ad esaltare il lavoro alla forgia compiuto da carpentieri e calderai in una compresenza costante di industria ed artigianato: gli arconi prodotti in stabilimento venivano incurvati a freddo, sagomandone variamente le estremità. *Gli arcotravi furono mutuamente congiunti intorno agli assi con pezzi di unione della migliore qualità di ferro (lamine di caldaia) rimpastata in Palermo. Questi pezzi furono battuti al calor bianco negli stampi di ghisa e ritoccati allo spianatoio. Gli arcotravi furono nei loro estremi tagliati cilindrici perché aderissero esattamente agli assi e perché mutuamente si toccassero e stringessero intorno a ciascun asse. Per procurare agli arcotravi un appoggio orizzontale su gli assi delle colonne, alla dovuta altezza fu calcato al calor bianco a colpi di martello in ogni asse un anello di ferro, grosso un centimetro, alto cinque.*

Tale pratica fu dura a morire se più di un decennio dopo Basile, negli orizzontamenti del Teatro Massimo, ritenne di dover migliorare la qualità e la resistenza dei profilati a doppio T provenienti dalle migliori fabbriche europee assegnando a questi “a maggior garanzia” l'ulteriore *fatica di forgia* prima della messa in opera delle membrature maggiormente sollecitate. [Appendice 4]

A questo proposito gli stessi “Patti e condizioni” dei lavori comunali di quegli anni imponevano espressamente il *lavoro di maglio* nella preparazione di ogni tipo di barra, dalle verghe piatte, tonde, quadrate, alle sezioni a profilo speciale come la T semplice, il cantonale, il doppio T e tante altre conformazioni riportate nelle tavole allegate. L'insufficiente confidenza degli operatori con le costruzioni in ferro indusse inoltre l'Ufficio Tecnico comunale ad aggiungere prescrizioni esecutive nell'ambito delle tariffe stesse, anche al fine di allargare la conoscenza delle più elementari tecnologie che sembra mancasse alla generalità dei costruttori: i fori nel metallo dovevano realizzarsi a freddo con l'apposita *macchina a bucare*, eventualmente rettificandone la forma con l'uso della lima; lo scalpello si sarebbe potuto adoperare soltanto nei casi in cui per la foratura non potessero utilizzarsi né la lima, né il trapano. Qualora la scelta della connessione tra i pezzi fosse caduta sui sistemi a *vite non risaltata*,

diveniva obbligatorio praticare i fori in forma conica o cilindrica, secondo il termine locale *azzuttari*.

Ciò determinava un alto costo delle membrature in ferro dolce, specie se rapportato alla *ghisa ornata* che costava poco più della metà a parità di peso, a causa della necessità di provvedere alla forgiatura anche dei profili più complessi, come è stato possibile verificare nel contratto per la costruzione dei suddetti mercati e del Politeama.

La realizzazione delle grandi opere in ferro (mercati e teatri) ebbe un notevole effetto pubblicitario nei riguardi dell'ambiente tecnico locale, ed accademico in particolare. Ma può ritenersi che più che i mercati, quantunque in questi il metallo fosse generosamente esposto, furono le strutture dei teatri ad avere una grande risonanza, anche se mascherate (le coperture) o addirittura inserite all'interno della fabbrica (i solai): il teatro era considerato in ogni senso un "monumento", quindi un organismo rappresentativo ed imperituro, mentre i mercati semplici oggetto funzionali e di consumo. Inoltre appare opportuno aggiungere come la lunga *querelle* sul Massimo consentì a chiunque di conoscere nei particolari i caratteri anche più minuti della fabbrica basiliana, diffondendone le peculiarità per mezzo di pubblicazioni di ogni tipo. Del Politeama al contrario venne diffuso molto poco, specie quanto a disegni esecutivi, relazioni tecniche e di calcolo.

I programmi di insegnamento di Architettura decorativa, incarico tenuto da Basile fino al 1875, prevedevano lo studio dei nuovi tipi edilizi quali la Borsa, la stazione ferroviaria ed il teatro<sup>1</sup>: in ogni parte d'Europa questi nuovi edifici presentavano caratteri monumentali uniti a soluzioni tecnologiche ardite per la copertura dei grandi spazi interni. Gli allievi dovevano progettare, tra l'altro, una grande tettoia a copertura dei binari, sorretta da colonne di ghisa e formata con *centine a falce*, per il primo tema, mentre per la rimessa veniva prescritta una copertura "di zinco" sostenuta da un'ossatura di ferro composta da arconi radiali, anelli poligonali e diagonali che si incrociano nei campi, con lanternone superiore. E' evidente come i due temi richiamino da vicino, anche se in maniera semplificata, le strutture di copertura del palcoscenico e della platea del Massimo, a cui gli allievi presumibilmente avrebbero fatto riferimento. Si contribuì così alla formazione di giovani ingegneri che in breve mostrarono capacità nel calcolo e nelle tecniche costruttive in rapporto alle strutture metalliche ed ai temi a queste connessi.

Prima degli altri non può che richiamarsi il già citato Giovanni Salemi-Pace, *discepolo, collega ed amico* di Basile come egli stesso si definì nel ricordo biografico pubblicato in occasione della morte del maestro<sup>1</sup>. Si deve a Salemi-Pace un decisivo contributo alla fondazione della scuola di "meccanica applicata alle costruzioni", nell'ambito della quale maturarono le figure più interessanti negli anni a cavallo tra 800 e 900. Titolare dal 1882 della cattedra suddetta, già da dieci anni teneva lo stesso corso col nome di "costruzioni civili, stradali ed idrauliche", ed a partire dal 1880 si occupò in prevalenza dello studio della resistenza dei materiali, specialmente locali, e della meccanica delle costruzioni metalliche.<sup>3 27</sup> In linea con le esigenze più volte espresse da Basile sulla necessità di approfondire ed affinare il calcolo ed i metodi costruttivi nelle membrature metalliche, Salemi-Pace, insieme a ricerche teoriche sulla *determinazione degli sforzi molecolari ammissibili* in tali strutture, si preoccupò di renderle credibili dal punto di vista statico-costruttivo: *nel breve periodo di circa mezzo secolo a noi le costruzioni metalliche hanno avuto uno sviluppo considerevole. Vi sono taluni che in esse han tuttavia poca fiducia, o per lo meno ne limitano la vita. I costruttori più fiduciosi si preoccupano del pari grado della stabilità che alle stesse ordinariamente si crede di assegnare.*<sup>34</sup>

Salemi-Pace creò presso l'Università un laboratorio in grado di effettuare prove anche su materiali metallici per verificarne le caratteristiche in vista di un utilizzo nei vari campi dell'ingegneria, oltre alle già descritte importanti esperienze, per conto della Direzione tecnica governativa delle strade ferrate della Sicilia, sui lapidei siciliani e su mattoni, rotaie e chiodi.<sup>35 36 37</sup>

Le dispense del corso di meccanica applicata alle costruzioni raccolsero in più volumi le esperienze teorico-pratiche di Salemi-Pace con continui riferimenti a teorie e metodi di autori coevi, a dimostrazione che l'esigenza di un costante aggiornamento già visto in Basile continuava tra i discepoli.

Il legno strutturale si limitò alla copertura di alcune sale minori e del grande portico con capriate Polonceau in pino di Corsica, nelle cui giunzioni ed indentature sembra dovessero collocarsi sottili foglie di piombo; arcarecci e doppio tavolato completavano la struttura.

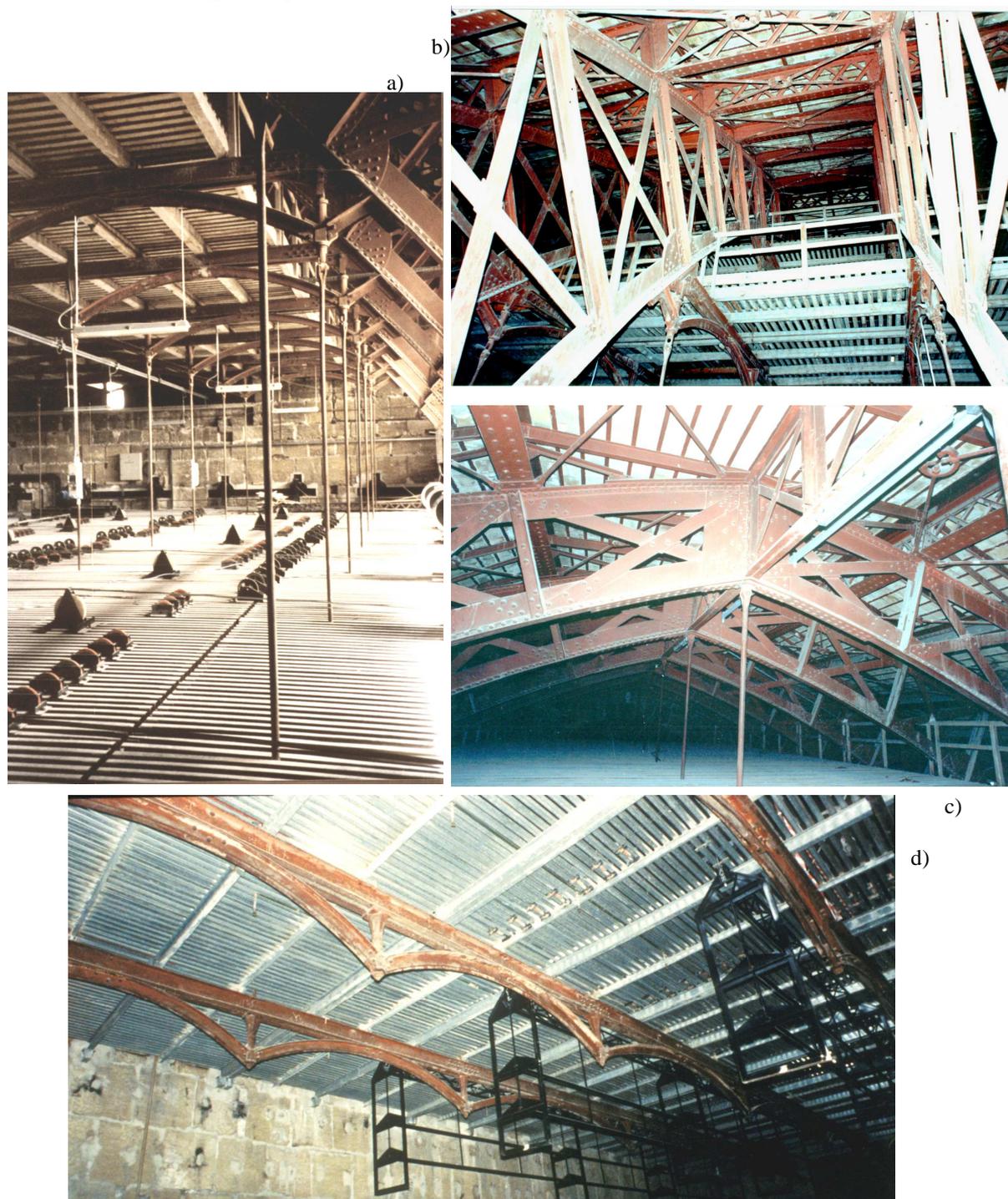


Figure 24: a), b), c), d): struttura di copertura del palcoscenico: tiranti di sostegno dei solai a “cielo forato”, arconi a traliccio, struttura in ghisa appesa che sostiene il primo “cielo forato”

## 4 FINITURE ED IMPIANTI

La grande sala del teatro venne conformata in funzione della visibilità e della resa acustica: in una specifica pubblicazione Basile mise in rapporto le forme delle sale dei principali teatri recentemente edificati, in relazione anche con le prestazioni da questi ottenute, ricavando una curva definita ottimale che venne applicata al teatro Massimo. Anche alla superficie intradossale dell'arco armonico fu conferita una particolare forma conoidica, affinché riflettesse verso la sala i suoni provenienti dalla scena e dall'orchestra che, per la prima volta in un teatro lirico, fu ubicata al di sotto del detto arco. Tali studi, insieme ad altri sull'ordinamento dei palchi e sulle volte armoniche, visti anche gli ottimi risultati ottenuti, furono presi a base per altre strutture teatrali in Italia ed all'estero.<sup>4</sup>

Particolare cura si pose nella difesa dal fuoco di tutti i locali del teatro, in considerazione dei gravissimi danni che gli incendi avevano procurato in quel secolo in altri organismi pubblici: per i teatri Basile elencava i maggiori disastri conosciuti, da Amsterdam nel 1772, a Richmond 1811, a Pietroburgo 1836 (800 morti), a Mosca 1853, a Tientsin 1872 (600 morti): 19 incendi nel 1881, 15 nei primi sette mesi del 1882. Venne ridotto al minimo l'uso del legno, che si rivelò però insostituibile per l'ottenimento delle migliori prestazioni acustiche lungo le pareti della sala e dell'arco armonico, dove si applicarono sottili lastre di tiglio montate su telaietti di castagno; tra le tante economie realizzate, ricordiamo come in origine anche per i palchi fosse previsto lo stesso rivestimento.

La presunta incombustibilità si pensò di ottenerla utilizzando solai in ferro e laterizi, grandi strutture metalliche e murature di notevole spessore. Lo stesso velario della sala ed il sipario vennero eseguiti in lamiera, ed un sistema di tubazioni con pompe adeguate collegate a due pozzi avrebbero dovuto rifornire parecchi serbatoi, per un totale di 60 mc, collocati sotto gli arconi della copertura del palcoscenico a 35 ml di quota, per l'accumulo dell'acqua necessaria per estinguere eventuali focolai. Gli idranti venivano posti nei locali principali, e soprattutto nel palcoscenico ove, a vari livelli di quota, era previsto di collocare 65 bocche.

Basile si preoccupò inoltre di migliorare quella prestazione che adesso viene chiamata "reazione al fuoco" dei materiali di finitura, ed in questa direzione appunto andava la richiesta al Sindaco di poter effettuare prove di verifica dell'efficacia del *silicato a base di zinco* nel garantire l'incombustibilità dei materiali: proponeva di spalmare il prodotto sui materiali di finitura più a rischio d'incendio, come legno, tele e drapperie, in quanto presenti in notevole quantità nei locali frequentati dal pubblico.

Per l'orchestra, che come già detto fu ubicata al di sotto dell'arco armonico, era previsto un congegno in grado di sollevare la pedana della fossa fino alla quota della sala, per utilizzarne l'intera superficie in occasione di grandi feste. Un simile sistema fu studiato per rendere orizzontale il pavimento della platea che presenta una pendenza verso il palcoscenico di 4°, ma nessuno dei due congegni venne poi eseguito.

Nelle pavimentazioni e nei rivestimenti interni si è spesso fatto ricorso a mattoni stagnati provenienti dalle fabbriche di Napoli, ed ai migliori marmi locali e nazionali, scelti dopo numerose prove su campioni di notevoli dimensioni. Questi venivano portati in cantiere durante i lavori per poterne verificare l'effetto sul posto, anche in rapporto con gli apparati decorativi che gli artisti andavano realizzando negli ambienti più rappresentativi. Venne quasi sempre privilegiata la provenienza dei marmi da cave siciliane, sia per i rossi che per i bianchi, che per i più pregiati e rari marmi gialli, escludendo dopo molti dubbi le brecce venete gialle, rosse e grigie, la fiorentina pietra Serena ed i marmi apuani Ravaccione e Bardiglio.

Il sistema di riscaldamento venne progettato con caldaia in basso ed un tubo in ghisa per l'acqua calda che scambiava calore con l'aria fredda proveniente dall'esterno da un canale di mattoni: una griglia mobile posta sulle bocchette di emissione avrebbe regolato l'afflusso

dell'aria calda. L'impianto di ventilazione connesso al precedente sistema prevedeva l'evacuazione dell'aria viziata attraverso una camera in lamiera che raccoglieva l'aria proveniente da bocche predisposte e composte nella decorazione del soffitto della grande sala, convogliandola nel foro al centro del fiorone alla sommità della cupola. Una corona di fiammelle a gas situata nel vano al di sotto della cupola avrebbe assicurato il tiraggio. Però per la mitezza del clima palermitano, e soprattutto per i già detti motivi economici, tale impianto subì notevoli semplificazioni.

Il sistema di smaltimento delle acque piovane non fu certo meno curato, anche per evitare che la perfezione esecutiva dell'intaglio venisse vanificata da macchie di umidità che avrebbero compromesso l'immagine esterna del teatro. Il manuale "Colombo" nella sua prima edizione<sup>18</sup> consentì l'esatta determinazione delle sezioni dei pluviali, che vennero realizzati in tubi in ferro di diametro variabile tra 230 e 320 mm, e spessore di 10 o 12 mm, posti entro cavedi praticati sulla faccia interna dei muri in corrispondenza delle colonne di facciata, ove la struttura muraria presentava un ingrossamento, per non comprometterne la stabilità; tali cavedi furono rivestiti con intonaco di "cemento inglese" dello spessore minimo di 1 cm, spalmando le superfici con asfalto per garantirne l'impermeabilità, e poi chiusi con lastre di ardesia. Per maggior sicurezza appena sotto la cornice di sommità venne lasciato un foro di ispezione utilizzabile in caso di ostruzione. Gli embrici in terracotta verniciata di cm 26 di corda vennero murati con un impasto di frantumi di laterizi, calce e pozzolana sopra una canaletta rivestita nei 3 lati da mattoni verniciati.

Gli stessi materiali si adoperarono per l'impermeabilizzazione delle terrazze di copertura: si compose un massetto di sola calce e pozzolana vulcanica mista a frantumi di laterizi ben cotti di pezzatura non superiore a cm 2,5, dello spessore minimo di cm 8, battuto a diversi strati e curato fino al perfetto asciugamento, da innaffiare continuamente d'acqua in estate; sopra il massetto una lisciatura fine avrebbe reso perfettamente impermeabile il pavimento. Per il terrazzo praticabile lo spessore venne aumentato a cm 10, alleggerendolo con aggiunta di pomice.

Il manto di copertura dei corpi minori si costituì in tegole marsigliesi, mentre per il palcoscenico, da collocare su lamiera ondulata e galvanizzata, vennero ordinate alla ditta Appiani di Padova speciali tegole disegnate da Basile secondo schemi tratti dai templi di Phigaleia ed Aegina. Diversa è la finitura della cupola, con tavole di legno poggiate sopra gli arcarecci metallici e sovrastante massetto in malta idraulica e manto di squame in rame.

Particolari accorgimenti vennero usati per mascherare disuniformità, dissimmetrie o errori ottici all'esterno: la continuità lungo tutta la facciata di colonne alternate a finestroni non poteva essere interrotta per esigenze funzionali, e pertanto laddove non se ne potevano aprire di vere, vennero realizzate false aperture con finti serramenti di spessore ridotto. La finitura degli infissi fu eseguita *ad olio elettro-metallico, imitando il bronzo*.

La Fonderia Oretea, diretta dall'ing. Theis, contribuì in maniera determinante alla buona riuscita dell'opera, fornendo la necessaria tecnologia all'intuito ed agli studi dei tecnici, sia nella già descritta pompa idrovora, che nella formatura ed assemblaggio delle complesse strutture metalliche di copertura che per contratto dovevano essere *perfette fino alla esattezza del mezzo millimetro*.

La stessa Fonderia diede il supporto tecnico all'appaltatore Rutelli per la costruzione di una primitiva gru in legno e ferro, capace di sollevare 8 tonnellate a 24 metri di quota, con un sapiente gioco di carrucole azionato da una macchina a vapore. Un congegno idraulico collocato nei pressi del gancio terminale permetteva un abbassamento graduale anche di pochi centimetri, evitando le piccole scosse derivanti dallo svolgimento della catena. Grazie a questo accorgimento si poterono perfettamente rifinire i pezzi da intaglio immediatamente prima

della collocazione. Il costo di sollevamento si ridusse notevolmente, fino a dar luogo ad una vertenza col Municipio che avrebbe voluto ridurre i prezzi di contratto, episodio che fornisce un'ulteriore testimonianza dell'importanza che ebbe la vicenda progettuale e costruttiva del teatro nell'ambiente scientifico ed imprenditoriale del territorio siciliano.

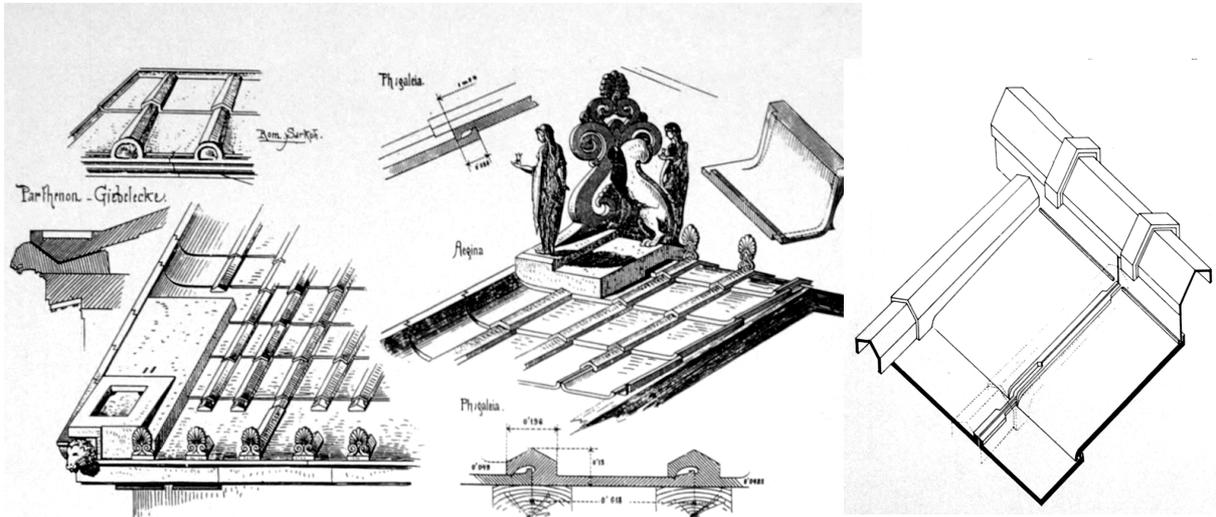


Figura 25: tegole su modello di esempi di archeologia classica

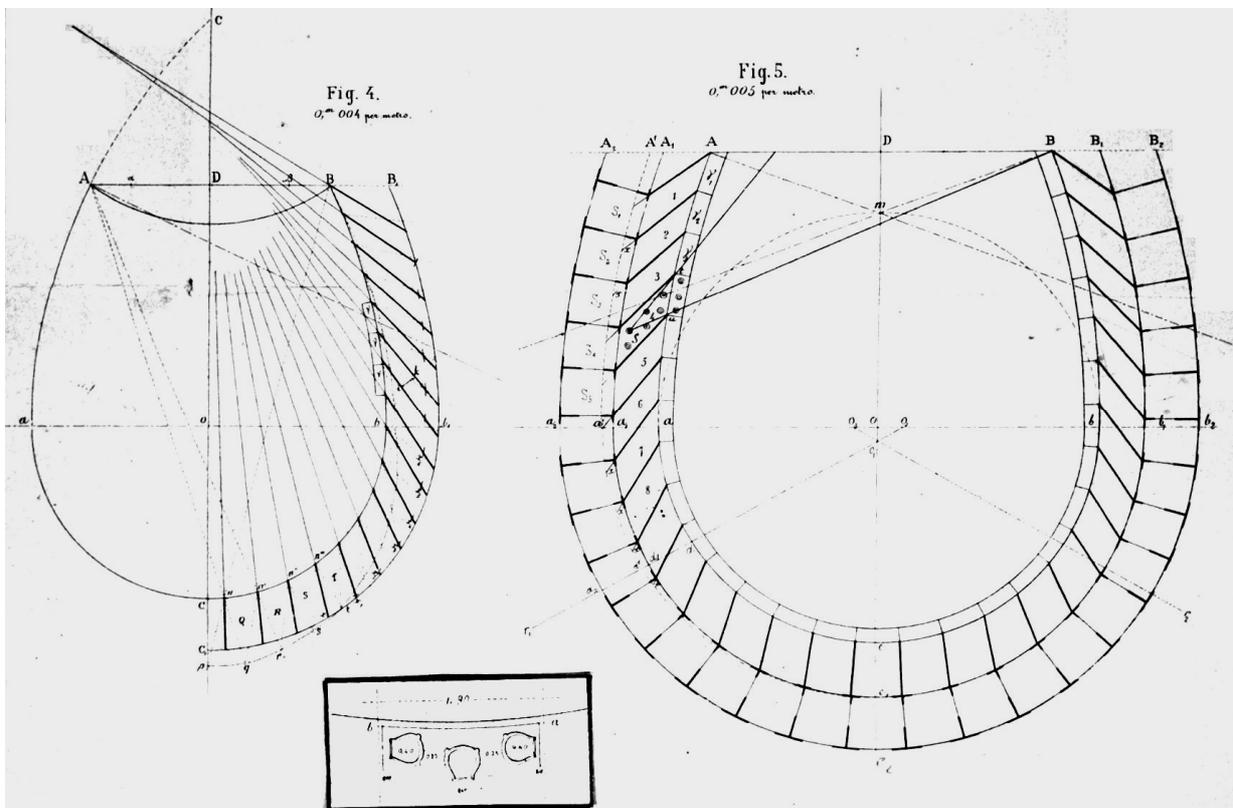


Figura 26: metodo di tracciamento dei palchi ideato da Ernesto Basile ed applicato al teatro Massimo

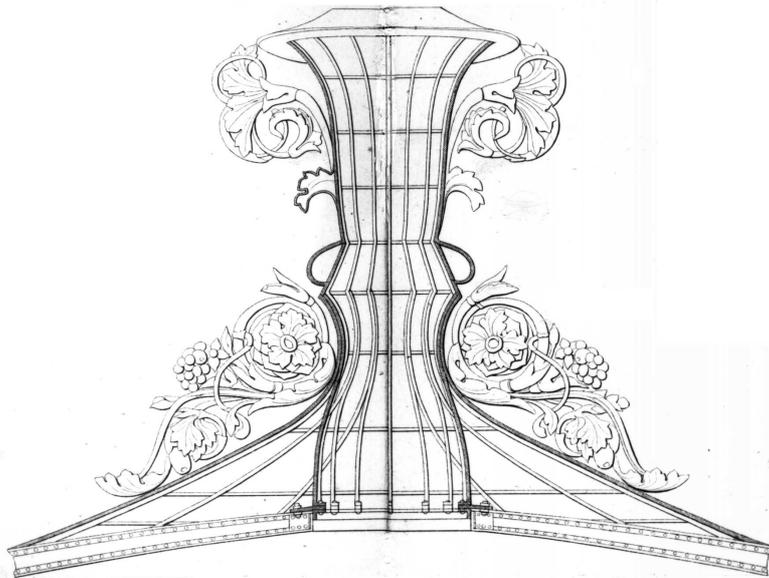


Figura 27: fiorone forato al centro posto in sommità della cupola della platea

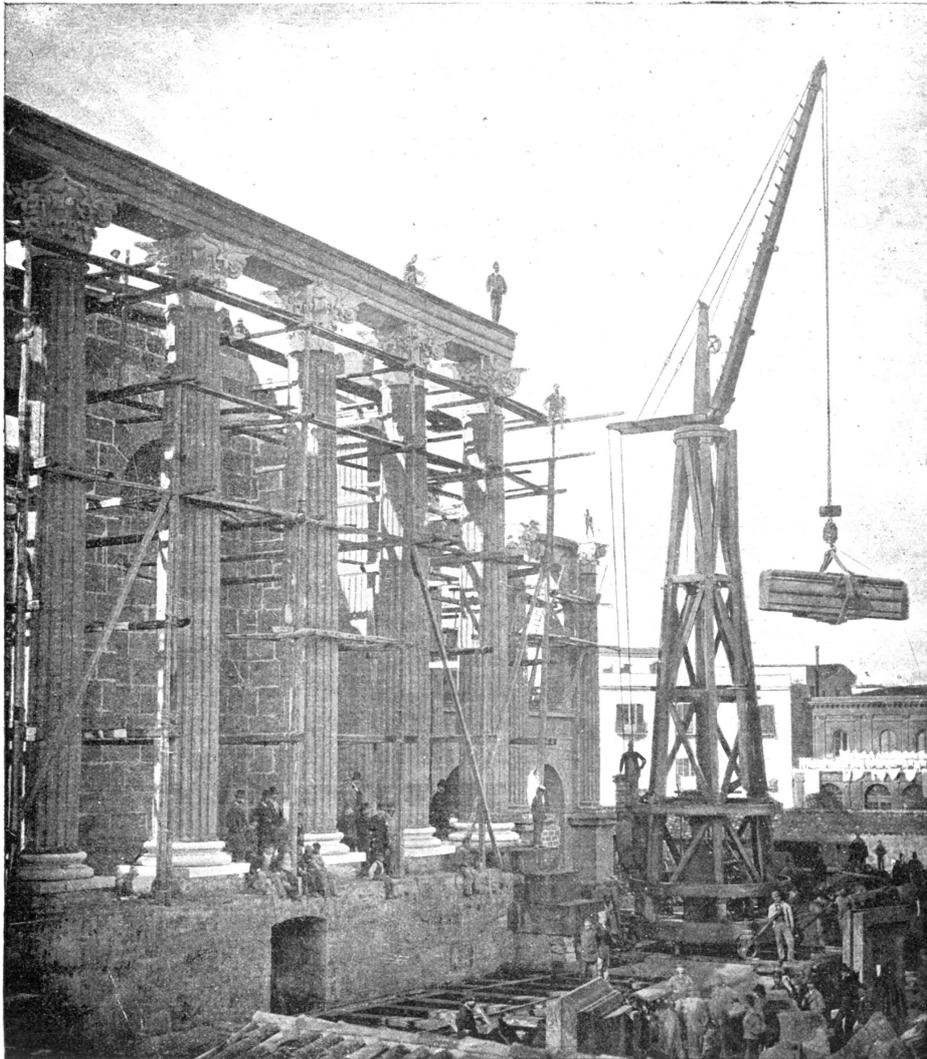


Figura 28: sollevamento di un architrave del portico per mezzo della gru fornita dalla Fonderia Oretea

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Aa.Vv., *A G.B.F. Basile. Gli allievi*, Palermo (1892).
- [2] Aa.Vv., *Il Teatro Massimo V.E. in Palermo*, Palermo (1896).
- [3] M.L. Albeggiani, “Commemorazione del professore Giovanni Salemi-Pace”, in *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche di Palermo*, (1931).
- [4] E. Basile, “Le dimensioni e l’ordinamento dei palchi in rispondenza al costume italiano”, sta in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, Palermo (1883).
- [5] G.B.F. Basile, *Ricerche in Solunto. Il capitello soluntino Forcella*, Palermo (1855).
- [6] G.B.F. Basile, *Curvatura delle linee architettoniche dell’architettura antica con un metodo per lo studio dei monumenti*, Palermo (1884).
- [7] G.B.F. Basile, *Alcune specialità dell’Esposizione Universale di Parigi del 1867. Relazione al Municipio di Palermo*, Palermo (1868).
- [8] G.B.F. Basile, *Calcolo di stabilità della cupola del Teatro Massimo*, Palermo (1878).
- [9] G.B.F. Basile, *Osservazioni sugli svolgimenti dell’Architettura odierna all’Esposizione Universale del 1878 in Parigi*, Palermo (1879).
- [10] G.B.F. Basile, *Sulla costruzione del Teatro Massimo V.E. Della incombustibilità*, Palermo (1882).
- [11] G.B.F. Basile, “Nota su alcune particolarità della bocca d’opera del Teatro Massimo”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, Palermo (1878-79).
- [12] G.B.F. Basile, “Sulla costruzione del Teatro Massimo V.E. Stabilità della volta armonica”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, Palermo (1878-79).
- [13] G.A. Blouet, *Traité théorique et pratique de l’art de bâtir par J. Rondelet. Supplément par G.A. Blouet*, (1848-1851).
- [14] G. Bozzo, “Biografia del professore Carlo Giachery”, in *Nuove Effemeridi Siciliane di Scienze, Lettere ed Arti*, Palermo (1869).
- [15] G.A. Breymann, *Trattato generale di costruzioni civili*, prima ed. (1853).
- [16] L. Caleca and G. Fatta “Le tecniche edilizie a Palermo nella 2° metà del secolo XIX. Il Teatro Massimo V.E.” in: M. Casciato, S. Mornati, C. P. Scavizzi *Il modo di costruire: 150 anni di costruzione edile in Italia*, Roma (1992)
- [17] N. Cavalieri San Bertolo, *Istituzioni di architettura statica e idraulica*, Mantova (1831-1832).
- [18] G. Colombo, *Manuale dell’Ingegnere civile ed industriale*, Milano (1877).
- [19] C. Contant and J. De Filippi, *Parallèle des principaux théâtres modernes de l’Europe et des machines théâtrales françaises, allemandes et anglaises*, Paris (1860).
- [20] G. Damiani, “Mercato coperto nella Piazza dei XIII Martiri in Palermo”, in *Nuovi Annali di Costruzioni, Arti ed Industrie*, Palermo agosto, ottobre, dicembre (1869).
- [21] D. Donghi, *Manuale dell’Architetto*, Milano (1905).
- [22] C. Eck, *Traité de construction en poteries et fer, à l’usage des bâtiments civils, industriels et militaires, suivi d’un recueil de machines appropriées à l’art de bâtir*, Paris (1841).
- [23] *Exposition Universelle de 1867 à Paris. Rapports du Jury international publié sous la direction de M. Michel Chevalier*, Paris (1868).
- [24] G. Fatta, “Esperienze ottocentesche sui tufi calcarei siciliani”, in *Atti del convegno: Le pietre da costruzione: il tufo calcareo e la pietra leccese*, Bari (1993).
- [25] G. Fatta, “Il ferro nelle tecniche costruttive del Teatro Massimo V.E. di Palermo”, in *Bollettino dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo*, n. 1, (1993).
- [26] G. Fatta, “La fabbrica del Teatro Massimo”, in *Bollettino dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo*, n. 1, (1996).

- [27] G. Fatta and M.C. Ruggieri, *Palermo nell'“età del ferro”*. *Architettura, tecnica, rinnovamento*, Palermo (1983).
- [28] “Il Questionario del Teatro Massimo. Esame e parere del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti di Palermo”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, (1887).
- [29] E. Labiso, *Sei Relazioni e Rapporti dell'Ingegnere capo del Municipio*, Palermo (1883).
- [30] G. Pirrone, *Il Teatro Massimo di G.B. Filippo Basile a Palermo*, Roma (1884).
- [31] F. Pollaci Nuccio, *L'Esposizione Nazionale e le sue adiacenze*, Palermo (1892).
- [32] *Révue Générale de l'Architecture*, direttore César Daly, Paris (dal 1840).
- [33] J. Rondelet, *Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare*, vers. italiana di B. Soresina, Mantova (1832-1833).
- [34] G. Salemi-Pace, “Sulla determinazione degli sforzi molecolari ammissibili nelle costruzioni metalliche in base alle esperienze di Wöhler”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, (1880).
- [35] G. Salemi-Pace, “Determinazione sperimentale delle costanti specifiche delle pietre da costruzione della Sicilia”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, (1880).
- [36] G. Salemi-Pace, “Di taluni saggi sulla resistenza delle pietre alla compressione”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, (1894).
- [37] G. Salemi-Pace, “Esperienze sui materiali da costruzione eseguite nell'Istituto della R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri ed Architetti in Palermo”, in *Atti del Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo*, (1898).
- [38] A. Samonà, *L'eclettismo del secondo ottocento. G.B. Filippo Basile, la cultura e l'opera*, Palermo (1983).
- [39] W. Schwedler, *Die Construction der Kuppeldächer*, Berlin (1877).
- [40] F. Torregrossa, *Risposte dell'ingegnere di 1° classe dell'Ufficio Tecnico comunale*, Palermo (1883).
- [41] M. Zappulla Scribani, *Sulla costruzione e la stabilità di talune armature da tetto di legno e ferro*, Palermo (1851).

#### APPENDICE

[1] Le informazioni e le considerazioni riportate per la maggior parte sono frutto dello studio dei documenti originali custoditi presso l'Archivio Storico del Comune di Palermo. Si ringraziano la Direttrice ed il personale tutto per l'ampia disponibilità dimostrata. Altre principali fonti di riferimento sono state i testi a stampa<sup>1 2 30</sup>.

[2] Il progetto (non realizzato) prevedeva la possibilità di sollevare la pedana della fossa dell'orchestra fino alla quota della sala, nonché di rendere orizzontale il pavimento di questa.

[3] Si tratta di un'opera scritta negli anni 1854-58 che attualmente risulta introvabile.

[4] La diffidenza di Basile nei confronti del ferro laminato, pur proveniente dalle migliori fabbriche di Francia e Belgio, non appare strana ed ascientifica se si considera che più di dieci anni dopo Eiffel, per l'Esposizione parigina del 1889, scelse di realizzare la torre in ferro dolce forgiato, piuttosto che in acciaio come generalmente si crede. Si veda P. Collins, *I mutevoli ideali dell'architettura moderna*, Milano (1972).