

## 9. FERRO E VETRO: l'architettura della Rivoluzione industriale



## Dalla metallurgia preindustriale alla siderurgia dell'era dell'architettura del ferro

**Metalli ferrosi:** rame, piombo, stagno, zinco, alluminio e loro leghe

**Metalli ferrosi:** ferro, ghisa, acciaio e leghe di acciaio

**4000-3000 a.C.:** avvento della **metallurgia:** prime fusioni di minerali ferrosi, con fuochi di carbone di legna.

**1500 a.C.:** in Armenia si estrae ferro dai minerali e lo si lavora per **forgiatura** mediante lavorazione a caldo, essendosi scoperto che la deformazione plastica a caldo per battitura depura dalle scorie e consolida il ferro.

Sia i metalli ferrosi che i non ferrosi hanno trovato vasta applicazione in edilizia sin dai tempi piú antichi, per opere idrauliche, per rivestimenti, per finiture e decorazioni, per elementi strutturali, e per attrezzi ed utensili di vario tipo. Fra i metalli non ferrosi, i piú comunemente usati sono il rame, il piombo, lo stagno, lo zinco, l'alluminio, e le leghe degli stessi metalli; fra i metalli ferrosi invece, vanno annoverati il ferro omogeneo, la ghisa, l'acciaio dolce e le leghe di acciaio.

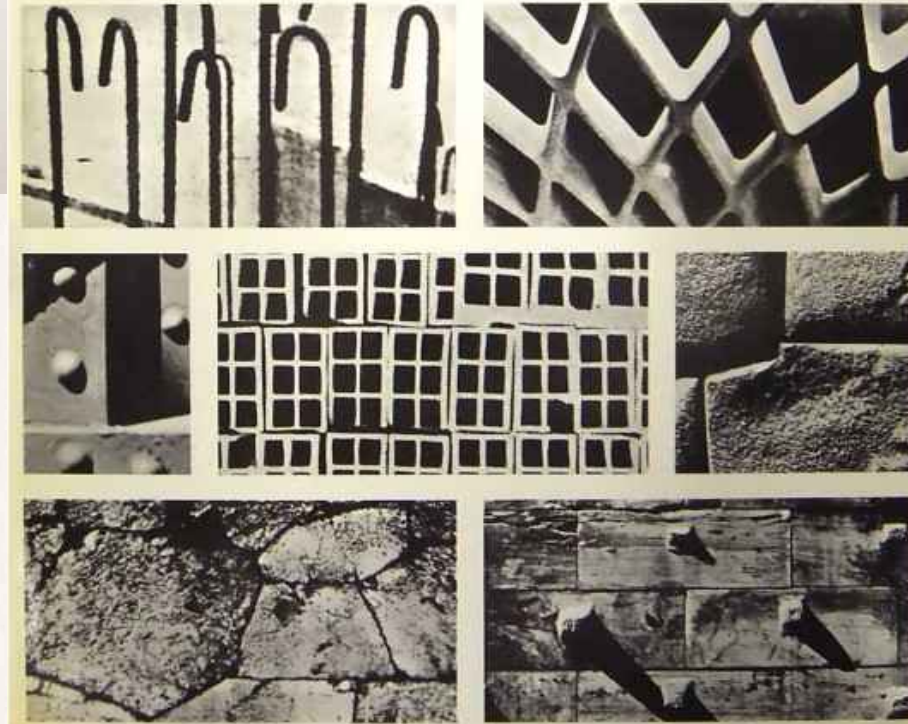
Il ferro di origine meteorica fu l'unico tipo di ferro di cui poté disporre l'uomo sino al 4000 a. C. circa, ed inoltre in piccole quantità; sotto quest'unica forma, infatti, il ferro allo stato puro è reperibile in natura. Sembra che verso il 3000 o il 4000 a. C. l'uomo abbia scoperto l'arte di fondere i minerali di ferro mediante fuochi di carbone di legna, ed abbia prodotto un materiale simile al ferro fucinato. Fra i piú antichi esempi di applicazione del ferro vanno ricordati: un utensile trovato nella Grande piramide di Khufu, a Gizah in Egitto ed ora conservato al British Museum, che reca ancora le impronte del martello usato per forgiarlo; una lama di pugnale, trovata nella valle di Diyala a Tell Asmar, che è considerata la piú antica testimonianza della lavorazione del ferro in Mesopotamia; ed infine alcuni pezzi di ferro non meteorico, scoperti dal Mallowan in una tomba ninivita presso Chaga Bazar, risalente alla prima metà del 3000. È fuor di dubbio però che la tecnica della produzione del ferro fosse già ben diffusa verso il 2000 a. C.

Il minerale di ferro veniva ridotto, mediante riscaldamento, ad una massa spugnosa, particolarmente tenera e malleabile, in quanto la percentuale di carbonio in essa contenuto era minima, se non nulla. Poi si scoperse che forgiando il metallo, riscaldandolo nuovamente su carbone di legna, e raffreddandolo nell'acqua, era possibile renderlo sufficientemente solido per produrre utensili taglienti per nulla inferiori a quelli in bronzo. I minerali di ferro dai quali viene estratto il ferro sono la magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), l'ematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), l'ocra ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  idrato), e la siderite

# STORIA DEL MATERIALE DA COSTRUZIONE

NORMAN DAVEY

CASA EDITRICE  
IL SAGGIATORE



Norman Davey

## Storia del materiale da costruzione

104 fotografie  
133 disegni

Casa editrice Il Saggiatore



Capitolo *Metalli*, pp. 206-209

(FeCO<sub>3</sub>). In Britannia, durante l'occupazione romana e negli anni seguenti, i minerali di ferro erano estratti quasi esclusivamente nella foresta di Dean e nel Weald del Kent e del Sussex. Il minerale veniva depurato nei forni, quindi la massa pastosa veniva ritirata e ridotta in lingotti per facilitarne il trasporto alle fucine locali, dove veniva nuovamente riscaldata e forgiata secondo la necessità. Tre di questi «lingotti» sono visibili nella villa romana di Chedworth; il loro peso varia da 180 kg circa a più di 250, mentre quello di un lingotto trovato a Corstopitum, presso Corbridge, oltrepassa di poco i 152 kg. Il successivo sviluppo ed i progressi ottenuti nella tecnica della fusione del ferro si dovettero, almeno in Britannia, all'opera dei monaci, che, sin dal XII secolo, praticarono l'estrazione dei minerali di ferro, la fusione e la forgiatura. Nel XII secolo, infatti, i cistercensi fondarono delle ferriere a Kirkstall Abbey e ad Ardsley, presso Leeds.

Verso il XV secolo l'invenzione degli altiforni permise di elevare la temperatura ad un livello sufficiente a produrre la fusione del ferro. Eliminate le scorie accumulate sulla superficie del metallo fuso, il ferro liquido colava in stampi speciali, dove induriva formando i cosiddetti «pani». Durante il processo di fusione, tuttavia, il ferro assorbiva dal carbone di legna usato come combustibile una certa quantità di carbonio, a volte anche il 4%; di conseguenza il metallo risultava molto duro e fragile.

La produzione della ghisa era generalmente limitata a quelle regioni ricche di minerali di ferro, di carbone di legna e di energia idraulica. In Inghilterra le più importanti aree di produzione furono, come già al tempo dell'occupazione romana, la foresta di Dean ed il Weald del Kent e del Sussex. Il minerale veniva fuso in forni a torre rivestiti di mattoni e pietra, in cui la corrente d'aria era generata da mantici azionati da energia idrica. Un notevole passo avanti fu fatto nel 1709, quando Abraham Darby di Coalbrookdale nello Shropshire, in collaborazione con suo figlio, riuscì a fondere il ferro usando come combustibile il coke in luogo del carbone di legna. Infatti, essendo il coke più duro del carbone di legna, poteva sopportare più agevolmente i pesanti strati di minerale; di conseguenza era possibile costruire forni più alti e perciò più efficienti. Dalla seconda metà del XVIII secolo le fonderie furono trasferite dalle aree forestali ai distretti carboniferi. Furono costruiti forni adatti ad essere alimentati a coke,

ed i mantici azionati ad acqua furono sostituiti da altri azionati a vapore.

La diminuzione del costo della ghisa, resa possibile dal metodo Darby, ebbe come conseguenza un notevole aumento nell'uso di questo materiale nell'industria edile a cominciare dal 1750; verso la fine del secolo, per opera di disegnatori ed architetti quali James Adam (1730-1794), Robert Adam (1728-1792), William e Henry Haworth, Lewis Cottingham (1787-1847) e John Nash (1752-1835) l'uso della ghisa fu esteso ad elementi decorativi, come balaustrate, balconi, verande, e grate per mobili. Le prime travi in ghisa, prodotte da Charles Bage (1754-1822), furono usate nella costruzione di un linificio a cinque piani, eretto a Shrewsbury fra il 1796 ed il 1797.<sup>3</sup>

Nei primi anni del XIX secolo fu fatto un ulteriore passo avanti nella tecnica della fusione del ferro. L'innovazione, consistente nel preriscaldare la corrente d'aria, permise un risparmio di carbone di circa il 30%, e una diminuzione del costo della ghisa, che trovò varie e molteplici applicazioni in edilizia: fu infatti usata per la costruzione di colonne cave, travi, condotti idrici, di canali di scolo per l'acqua piovana, di fognature, ringhiere e scale.

Due sono i principali tipi di ferro oggi prodotti: il «basico» contenente un'alta percentuale di fosforo ed una minima di silicio, e l'«ematite», che al contrario contiene una bassa percentuale di fosforo ed una maggiore di silicio.

Il ferro fucinato è pressoché puro, in quanto la percentuale di carbonio è inferiore allo 0,25%: si tratta di un materiale tenero e malleabile, molto simile a quello prodotto dall'uomo 3000 anni fa. Sino alla metà del XVIII secolo, il ferro fucinato fu usato occasionalmente per scopi strutturali o per fasce di rinforzo intorno a strutture in muratura, come quelle circolari usate dal Wren nella costruzione della cupola della Cattedrale di St. Paul a Londra; per staffe, cinghie, ganci, cerniere, rotaie, chiodi, e legamenti di ogni tipo. Tutti questi oggetti venivano generalmente forgiati a mano dai fabbri. Oggi il ferro fucinato viene prodotto fondendo lingotti di ghisa nei forni di pudellaggio, dove la quantità di carbonio contenuta nei lingotti viene ridotta per ossidazione, mediante l'aggiunta di agenti ossidanti, quali l'ematite, e facendo passare dell'aria attraverso il focolare del forno. Diminuendo la percentuale di carbonio nel ferro, aumenta la temperatura di fusione, ed il metallo solidifica gradualmente; in seguito viene sud-

diviso in blocchi e poi, mediante il maglio o dei rulli, viene ridotto in sbarre di rozza forma. Le sbarre pudellate vengono infine riscaldate e sagomate nella forma necessaria. Nella seconda metà del XIX secolo grandi quantità di ferro fucinato furono usate per la produzione di elementi strutturali, per la costruzione di travi per ponti e di armature per tetti; verso la fine del secolo però al ferro fucinato si cominciò a sostituire l'acciaio dolce.

**XII secolo: progressi nella fusione del ferro** e nella metallurgia in genere ad opera dei monaci cistercensi, che in Britannia e in Europa fondano numerose ferriere.

**Inizi XIII secolo:** ai bassiforni di origini romane subentrano i **primi altiforni**, le cui **alte temperature**, ottenute con mantici azionati da ruote idrauliche, consentirono la piena fusione del ferro e, verso il XIV secolo, prime limitati getti di **ghisa**, lega ferrosa ad alto tasso di carbonio, molto dura e resistente all'usura ma fragile.

**1709:** Abraham Darby di Coalbrookdale ottiene la **ghisa in quantità industriale**, fondendo il ferro con il coke (prodotto dal carbon fossile) come combustibile.

Cfr.

[https://it.wikipedia.org/wiki/Storia\\_della\\_siderurgia](https://it.wikipedia.org/wiki/Storia_della_siderurgia)

## Ferro, ghisa e acciaio

“Il ferro è diffusamente presente in quantità rilevanti sulla superficie terrestre, sotto forma di **minerale**, costituito in prevalenza da ossidi, la cui **trasformazione metallurgica** comporta un **processo chimico che si attiva ad alte temperature in presenza di carbone**. Il **contenuto di carbonio** che resta legato al ferro, anche se in quantità ridottissime, **influenza notevolmente** le caratteristiche del metallo, dando luogo a **materiali diversi**, nell’ambito delle **leghe ferro carbonio**: la **ghisa**, l’**acciaio**, il **ferro**. Le caratteristiche di questi metalli comportano diverse modalità di lavorazione per ottenere i **semilavorati** utilizzabili nelle costruzioni: laminazione a caldo e a freddo, trafilatura, colata in stampi, piegatura, fucinatura, imbutitura al tornio, fresatura, perforazione.

**Fino al Medioevo** un ferro ricco di scorie e impurità, affinabile al martello e lavorabile per fucinatura, veniva ottenuto in **forni a temperature abbastanza basse**, usando carbone di legna; la produzione era pertanto legata ai luoghi ricchi di foreste, oltre che di minerale. L’impiego di **energia idraulica per azionare i mantici**, con i quali immettere nel forno l’aria necessaria alla combustione, e per azionare i martelli nel processo di affinamento, costituì anch’esso un fattore determinante per le scelte di localizzazione dei centri di produzione. **Con l’aumento dell’aria immessa nei forni si innalzò la temperatura**, il che permise di arrivare alla fusione del minerale che, in tale stato, si combina con il carbonio del combustibile dando luogo ad un metallo nuovo, la **ghisa**. Mentre il **ferro è resistente a trazione e forgiabile**, la **ghisa è resistente a compressione, dura e fragile** e deve essere formata in stampi. Il tipo di combustibile utilizzato (legna, carbone di legna) limitava le capacità produttive fino a che, nel corso del **XVIII secolo**, si introducono in Inghilterra alcune importanti innovazioni che permettono di aumentare notevolmente il carico di minerale nel forno: l’uso del **carbone coke**, all’inizio del 1700, e le **insufflatrici a vapore** nel 1776. Dalla ghisa così prodotta in notevoli quantità, l’inglese Cort mise a punto, nel 1784, un procedimento (il **puddellaggio**) **per ottenere il ferro per affinamento**. Il materiale così ottenuto non era diverso da quello ottenibile direttamente dal minerale con i più antichi processi di riduzione, ma le **quantità** prodotte erano **molto maggiori**.

Alla **fine del Settecento** dunque l’industria metallurgica si era formata e metteva a disposizione anche delle costruzioni due metalli con caratteristiche diverse: **la ghisa e il ferro dolce o puddellato**. Nel Settecento era già in produzione anche l’**acciaio**, ma i **metodi** erano ancora **artigianali** e non ne permettevano l’impiego nei quantitativi necessari alle costruzioni. La **produzione in quantità industriali dell’acciaio** avrà avvio con la **metà dell’Ottocento**, quando in Inghilterra e in Francia si mettono a punto i relativi **procedimenti per la decarburazione della ghisa**. Nel 1856 Henry **Bessemer** inventa il **convertitore**, che da lui prende il nome, con il quale **la ghisa viene convertita in acciaio**. Nel 1864 un altro procedimento fu messo a punto in Francia da P.M. Martin, utilizzando un forno Siemens, per ottenere l’acciaio0 dalla ghisa mescolata con ferraglie di acciaio” (Torricelli *et al.* 2010, pp. 140-141).

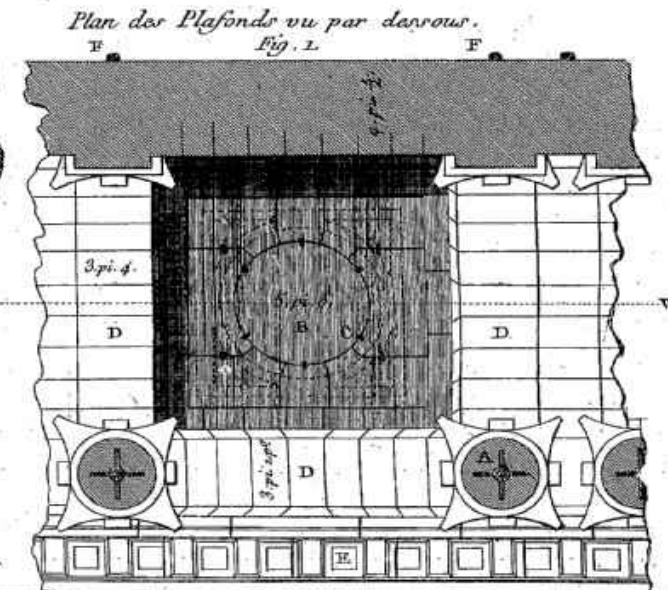
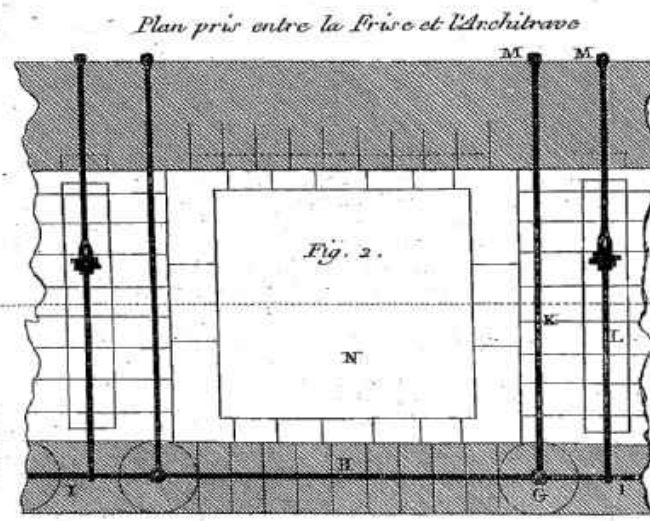
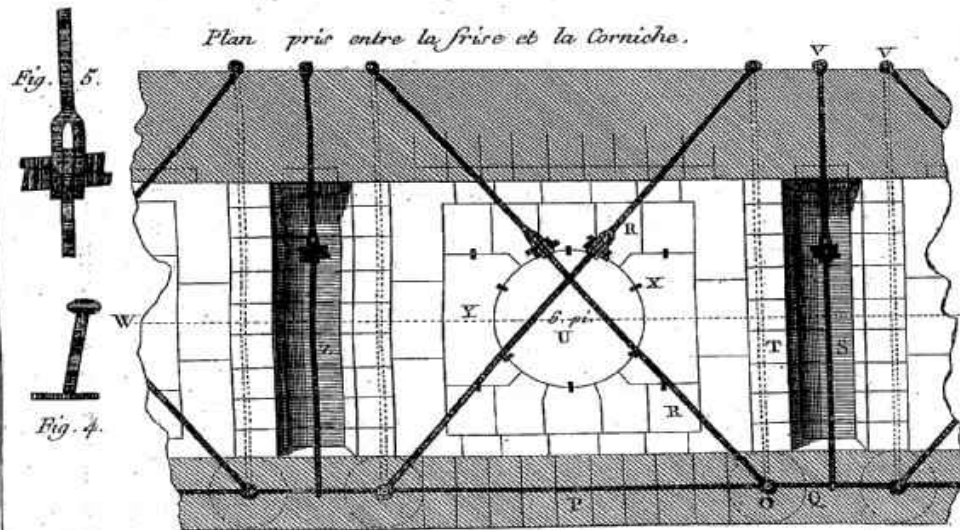
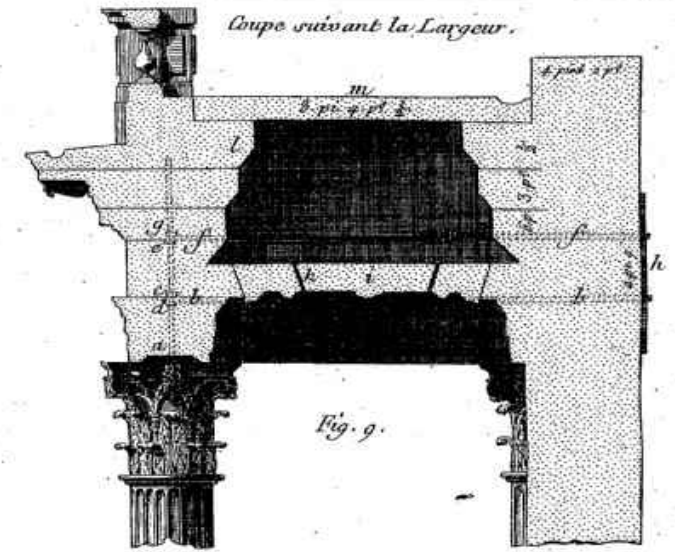
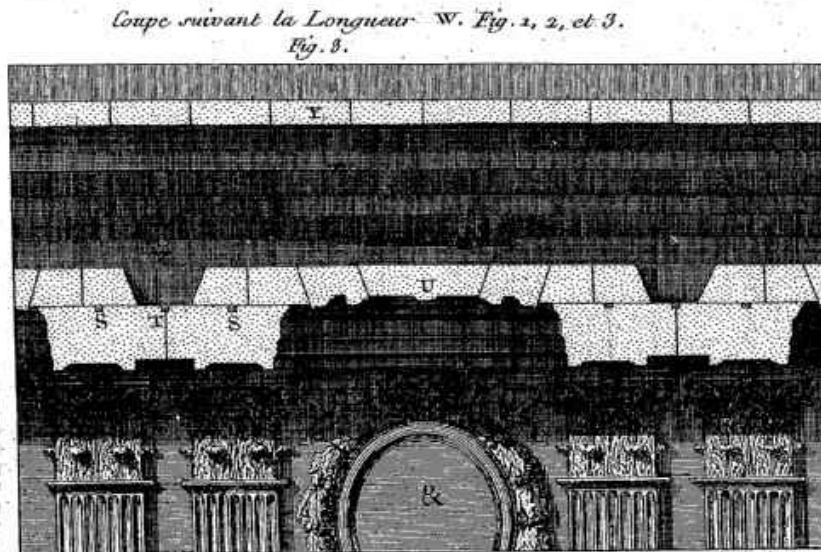
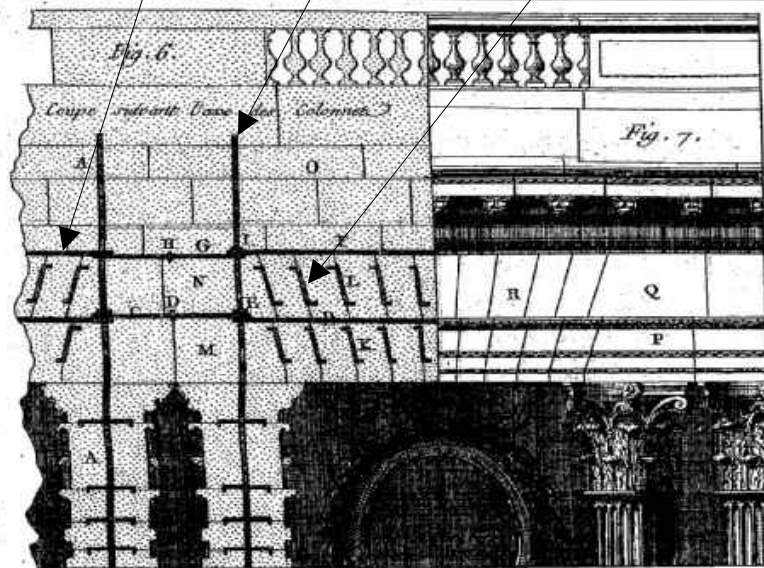
## Ferro e architettura: la pietra armata di Perrault

Nelle piattabande della trabeazione della facciata del Louvre di Claude Perrault (1667-70) **“il ferro fa il suo ingresso ufficiale in architettura**, anche se mascherato, infilando come perle di una collana tutti i conci di pietra dell’architrave, per aiutarli, vera *Pierre armée*, a costruire l’elegantissima, aerea facciata” (L. Quaroni, *Progettare un edificio. Otto lezioni di architettura* [1977], Roma 2001, p. 114).

tiranti      barre      staffe a Z

*Construction des Platebandes et Plafonds du Peristyle du Louvre.*

Pl. XIII, Pag. 276.



Echelle de 1 2 3 4 Toises

## Rivoluzione industriale e costruzioni metalliche

### Primo periodo, o “della ghisa (cast iron)”

Materiale versatile per le forme di ogni tipo ottenibili per fusione e colatura in stampi, economico, resistente per durezza a compressione e ad abrasione, lavorabile con macchine utensili.



**Ponti:** prima vistosa esibizione del ferro

da Giedion 1964 (1941)

87. ABRAMO DARBY, Il primo ponte in ferro, sul fiume Severn, 1775-79.  
*Lunghezza, cento piedi; altezza, quaranta.*

Il ponte di Coakbrookdale in costruzione (acquerello del luglio 1779)



Il ponte ultimato, veduta del 1780



“Un arco a conci come i ponti in pietra, ma realizzati con **telai in ghisa connessi con incastri a tenone e mortasa, code di rondine e cunei**” (Torricelli *et al.* 2010, p. 146). Già in costruzione, il ponte presso l'insediamento minerario di Coalbrookdale, nello Shropshire (**progetto di Thomas Farnolls Pritchard, fusioni di Abraham Darby III**), è oggetto di rappresentazioni che verificano l'impatto del nuovo prodotto industriale. L'esito “pittorresco” contraddice la convinzione che “i ponti solo a stento rientrano nel campo dell'architettura” (Hitchcock 2000 [1958], p. 170).

## PONTI URBANI



**Parigi, Pont des Arts** (1801-05), **primo ponte metallico francese**, in ghisa su piloni lapidei, progetto dell'ing. Delon de Cessart. Ponte pedonale sulla Senna, conduce al Louvre, all'epoca "Palais des Arts". Si ispira all'antica tecnologia romana di ponti lignei come quello di Traiano sul Danubio, raffigurato sulla Colonna Traiana: ideale riferimento per lo Stile Impero. Napoleone (ex ufficiale del Genio) sosteneva lo sviluppo dell'industria siderurgica nazionale, già dagli inizi del secolo oggetto di periodiche **esposizioni industriali** (1801, 1802, 1806), incentivando peraltro gli studi all'**École Polytechnique**, fondata nel 1794.



Avveniristica proposta dello scozzese **Thomas Telford** (1757-1834) di ponte ad arco di unica campata di luce di m 180, composto di radiali elementi in ghisa, come nell'antica tecnica dell'arco a conci lapidei o di mattoni.

**“La possibilità di grandi luci, la maggiore leggerezza e il minore costo dei ponti in ghisa e poi in ferro, rispetto a quelli in pietra, portarono alla diffusione di questa tecnologia, dapprima in Inghilterra, poi in Francia e infine nel resto d'Europa. I ponti in ghisa si fessuravano pericolosamente, non resistevano agli urti e presto destarono qualche perplessità circa la loro capacità di durare nel tempo”** (Torricelli *et al.* 2010, p. 146).

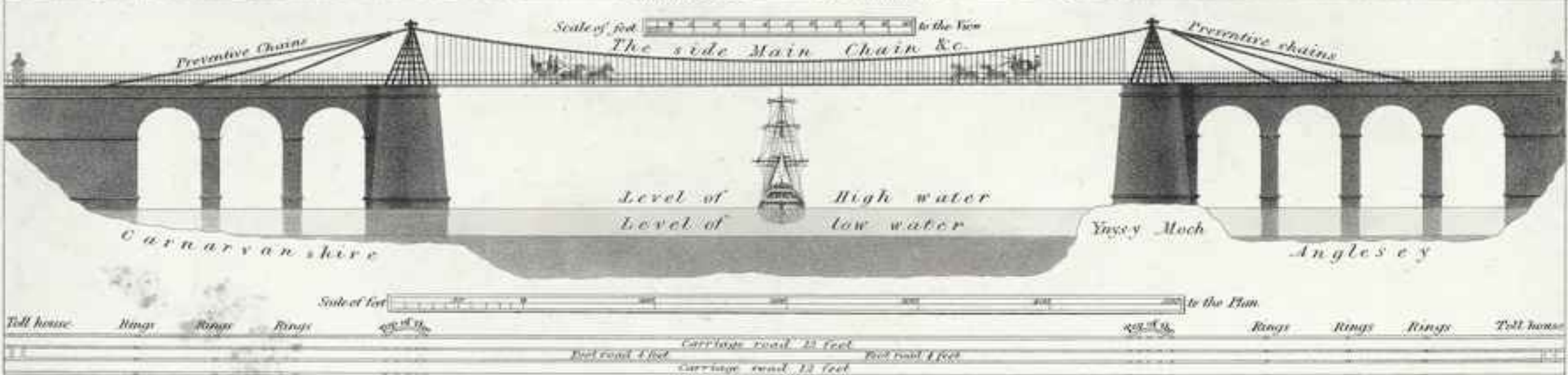


**103. TELFORD, Progetto di ponte in ferro sul Tamigi, Londra, 1801. Acquatinta.**

Di umili origini, lo scalpellino Telford apprese dalla 'scuola' del cantiere a progettare ponti, realizzandone numerosi in pietra e quindi in metallo. È annoverato fra i più celebri architetti e ingegneri inglesi.

I primi **ponti sospesi** su grandi luci portano il piano stradale con catene appese a grossi cavi ad andamento parabolico funicolare. Si adotta il **ferro** per le catene ad anelli e i cavi a trefoli (corde di fili metallici avvolti a spirale).

L'innovativo **Menai Bridge** (1819-26) costruito nel Galles con notevole luce (m 176) dall'ing. **Th. Telford**: carreggiata sospesa su **catene di anelli di ferro battuto** (sistema brevettato negli USA nel 1808).



*Dimensions*

	feet
Span of the bridge from the centre of each tower	560
Elevation... d° from the top of high water	100
Breadth... of each arch	50
D° of the piers of d° at the base	15
D° of d° at the top	40
Height... of iron work on the top of each tower	35

*A Plan & View*  
of a  
**CHAIN-BRIDGE,**  
erecting over the MENAI at  
*Bunger Ferry.*  
**1820.**

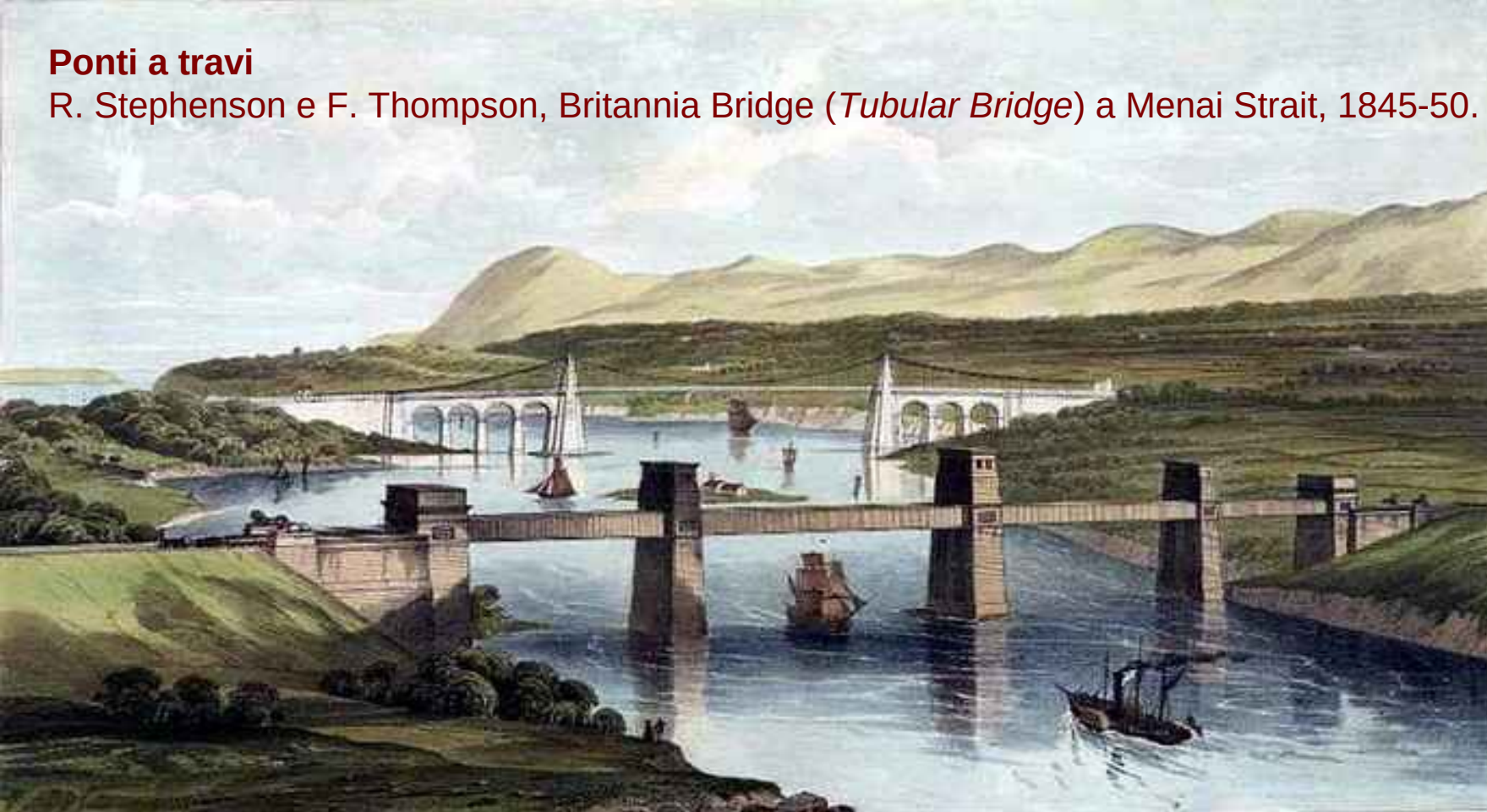
*Dimensions*

	feet
Breadth of the towers at the base	63
D° of d° at the top	39
Height of railing	6
D° of toll houses	9
Depth of channel at high water	48
D° of d° at low water	27

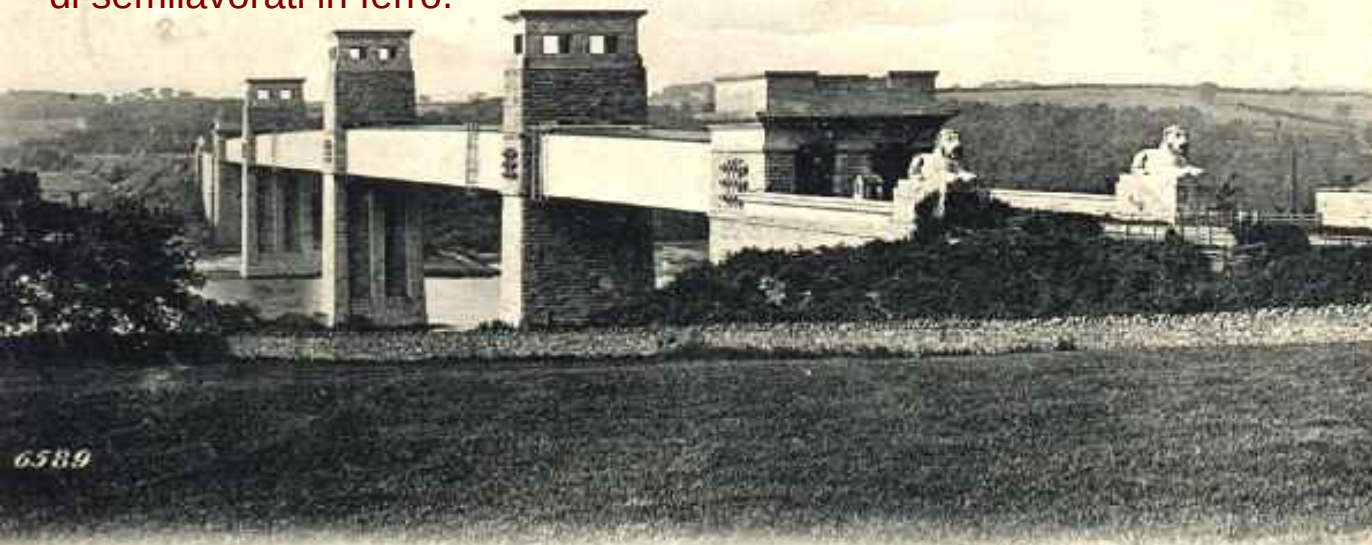
Printed by T. Cadell, Anglesey, 1820.

## Ponti a travi

R. Stephenson e F. Thompson, Britannia Bridge (*Tubular Bridge*) a Menai Strait, 1845-50.

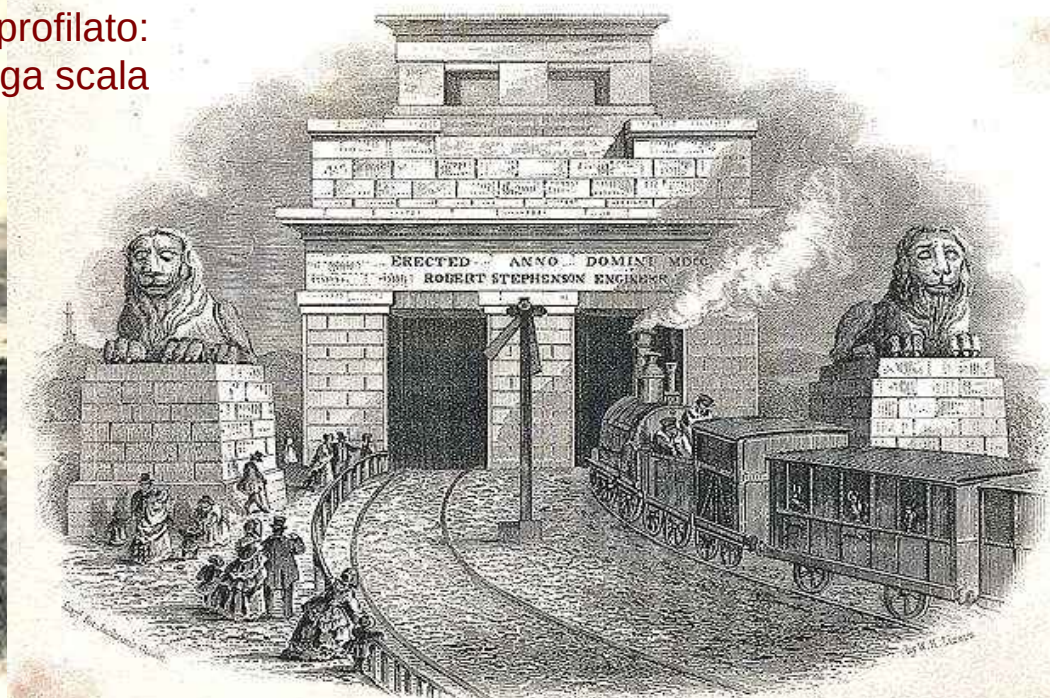


Opera mista in muratura (piloni d'ispirazione egizia) e lamine di ferro profilato: segno del progresso che in pieno Ottocento esibisce una produzione in larga scala di semilavorati in ferro.



Britannia Bridge

Valentine's Series

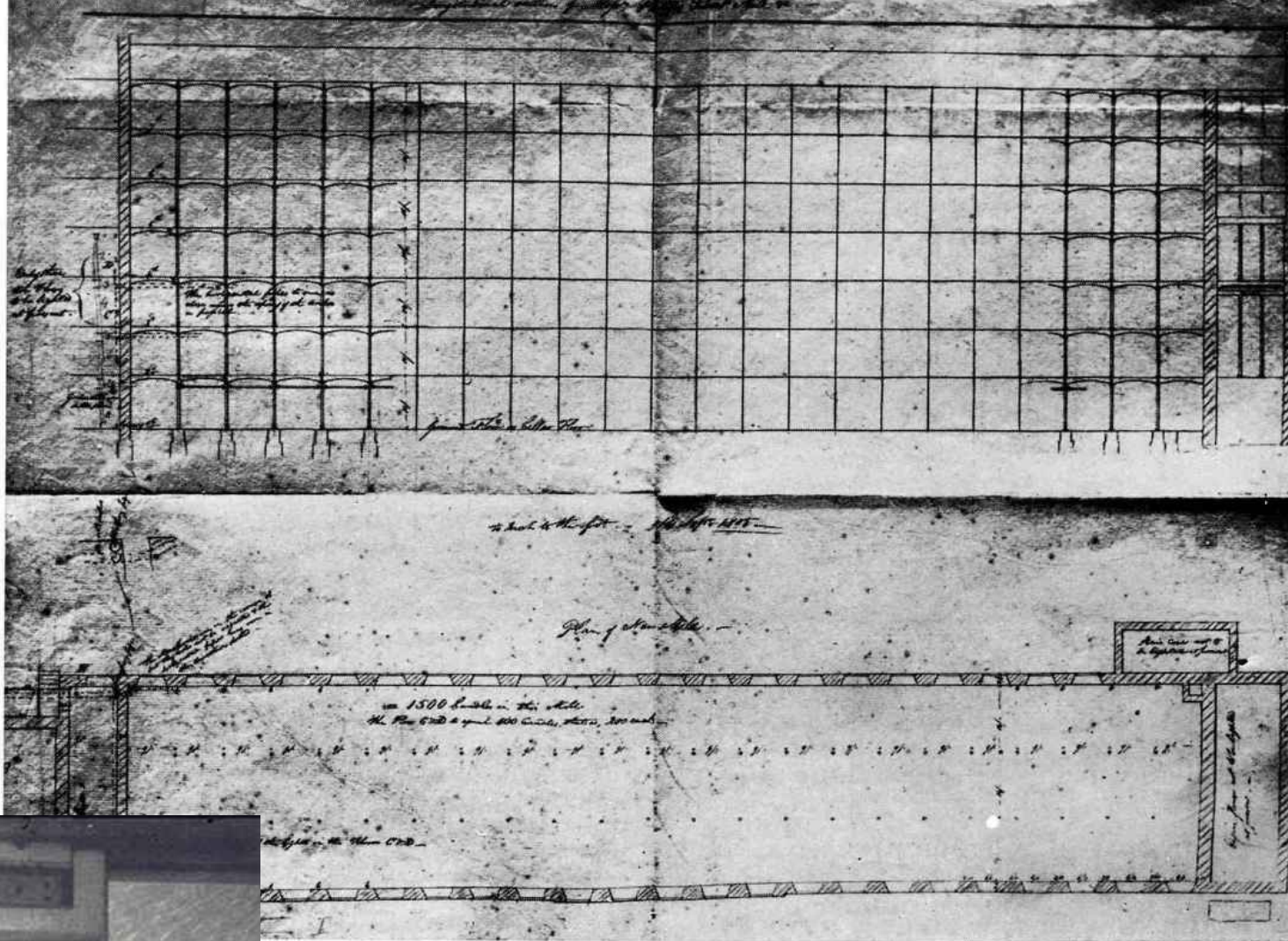


THE BRITANNIA TUBULAR BRIDGE--ENTRANCE FROM THE BANCOR SIDE

## Prime costruzioni industriali con ossatura in ghisa

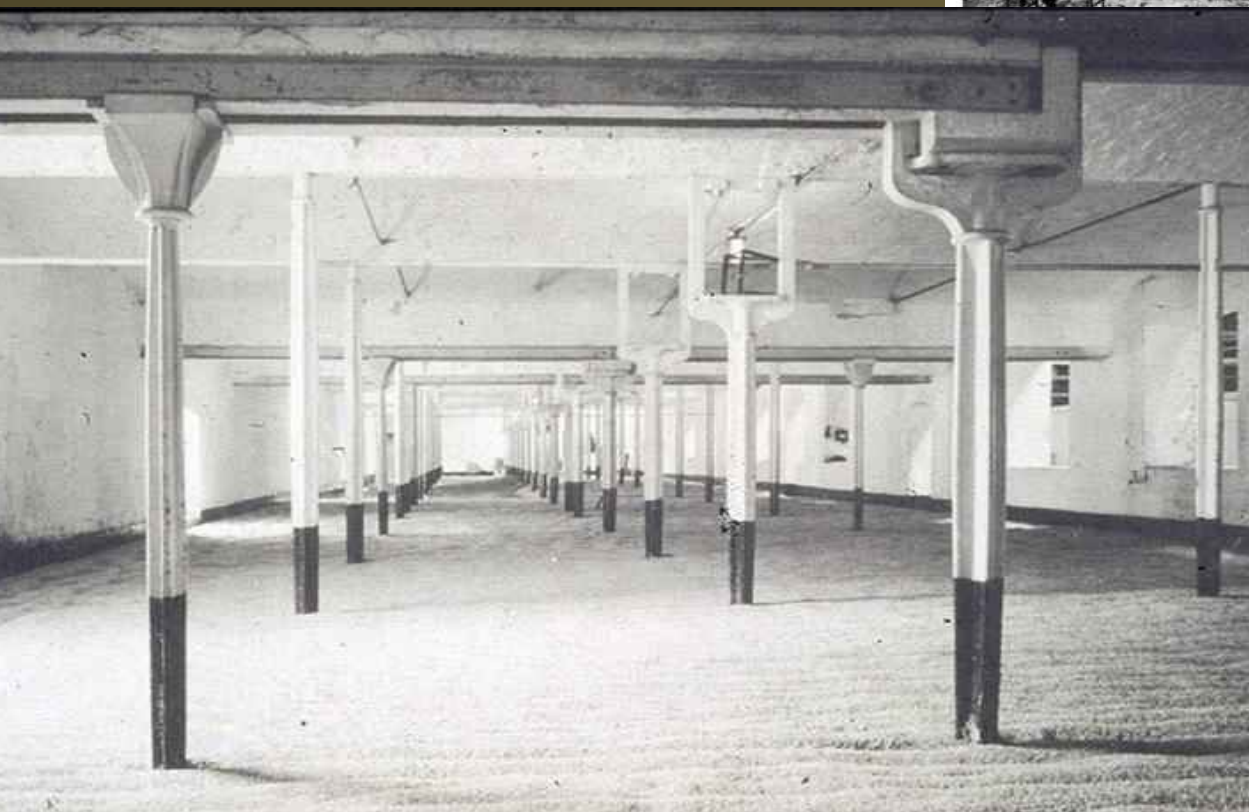
Sistema antincendio, economico e idoneo ad ampliamenti di fabbricati. La **filanda di Salford Mill** (1799-1801), costruzione muraria a sette piani con **ossatura di ferro**, fu “**prototipo dei magazzini** [...]”. L’esperimento di Watt a Salford segna la **prima fase dello sviluppo dell’ossatura di acciaio**, che fece finalmente la sua comparsa a Chicago dopo il 1880”

(Giedion 1964 [1941], p. 184).



**104.** BOULTON e WATT, Disegni esecutivi per il primo stabilimento a sette piani con travi e colonne di ghisa, Salford, Manchester, 1801. *Il primo edificio progettato o costruito con struttura metallica — colonne e travi di ghisa — racchiusa fra le pareti esterne di muratura, come i meccanismi di un orologio nella cassa.*

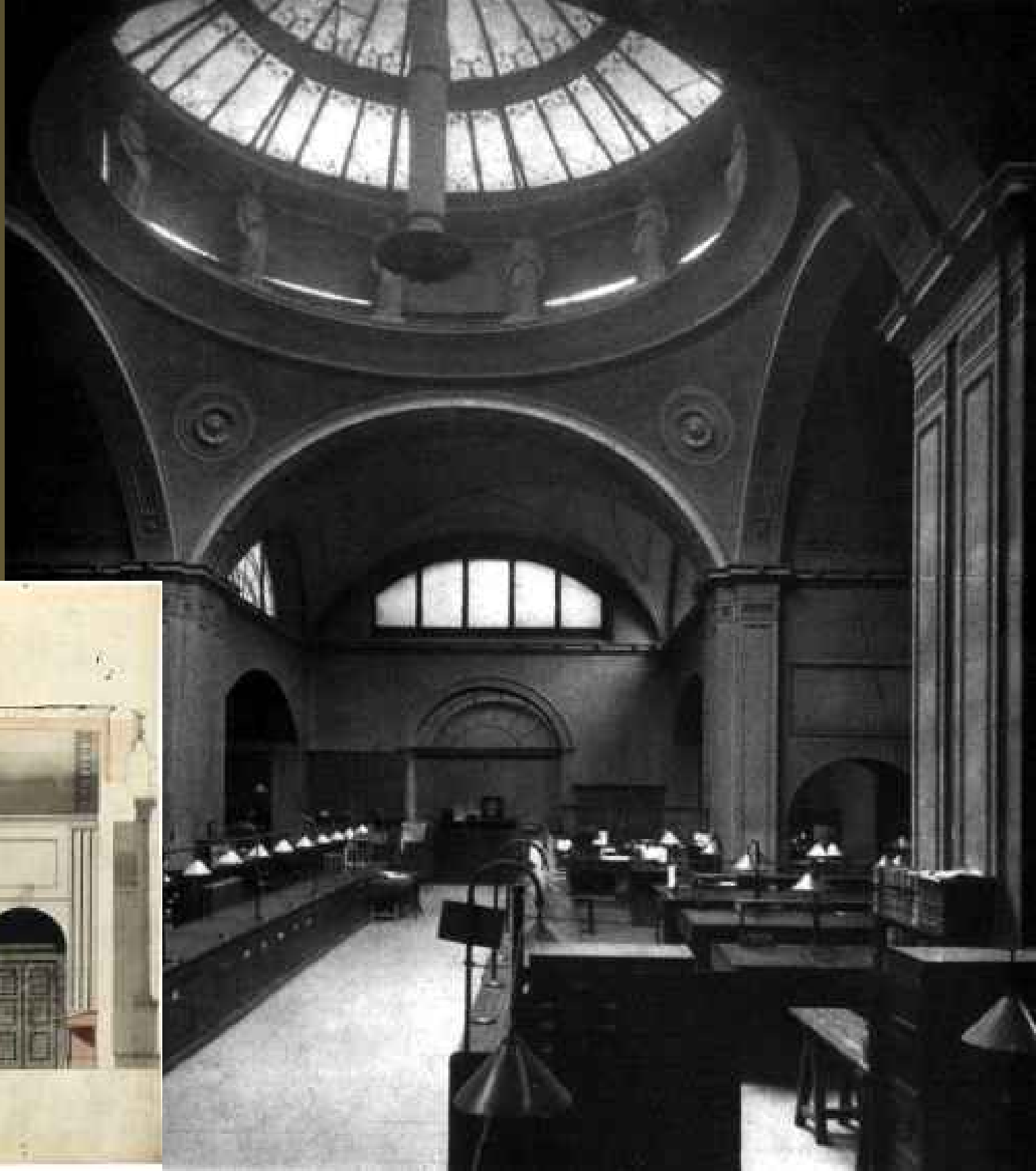
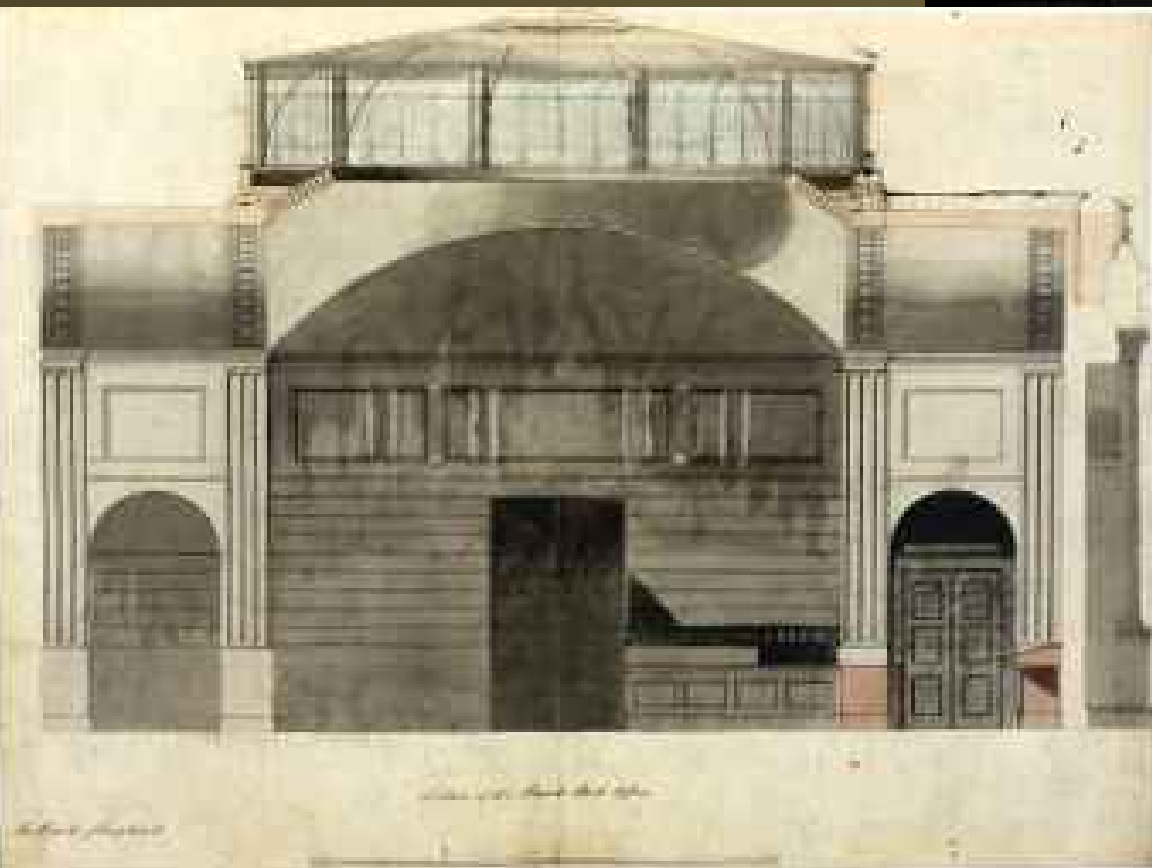
Benyon, Marshall & Bage Flax Mill, filanda nei pressi di Shrewsbury (città mercantile della contea dello Shropshire), opera di Charles Bage, 1796-97 (primo caso noto).

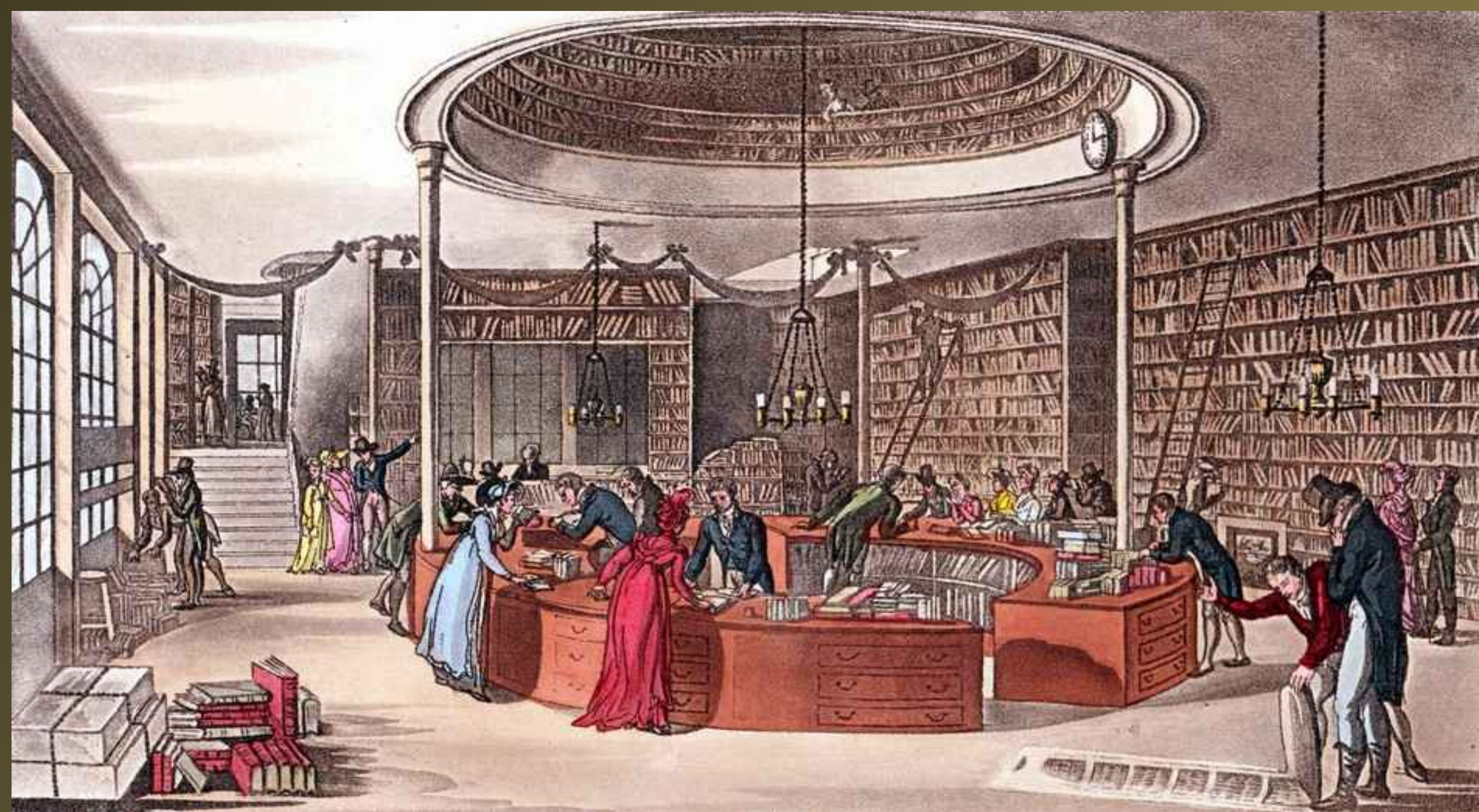


**Il metallo esibito  
in costruzioni di uso non industriale**

**Edifici del terziario  
e commerciali**

John Soane, Bank of England,  
Ufficio titoli, 1792-93;  
occhio (ø 6 m) con lucernario  
in ferro e vetro.





**Temple of the  
Muses**  
Londra, 1794

99. Una delle prime applicazioni di colonne di ghisa, Libreria londinese, 1794. Il «Tempio delle Muse» di Leckington, Finsbury Square. «*La disposizione interna dell'edificio è completamente nuova, ... la sua capacità può essere facilmente valutata dal fatto che la vettura di posta di Weymouth, con quattro cavalli, vi fece un giro dentro... all'inaugurazione. Questo ambiente... è sostenuto da colonne di ferro*». («*Ackerman's Repository of Arts*», 1 aprile 1809; per cortesia di Mrs. Albert C. Koch, Cambridge, Mass.).

da Giedion 1964 (1941)



## Trasparenza per gli spazi della socialità

I *Passages* parigini: prime gallerie commerciali

Fontaine realizzò “la prima galleria” con “volta a botte vetrata” (Frampton 2012 [1982]) e pareti vetrate. **Il commercio si “vetrinizza”** (cfr. V. Codeluppi, *La vetrinizzazione sociale. Il processo di spettacolarizzazione degli individui e della società*, Torino 2007, p. 14).

Parigi, **Passage des Panoramas**, 1799-1800

P.-N.-L. Fontaine, **Galerie d'Orléans**, Palais Royal, 1829-31

“Luogo di ritrovo della società elegante, che non precorre soltanto le grandi gallerie, come la Galleria Vittorio Emanuele a Milano (1865-67), ma anche i saloni di ferro e vetro delle grandi esposizioni. Demolita nel 1935” (Giedion 1964 [1941], p. 171).

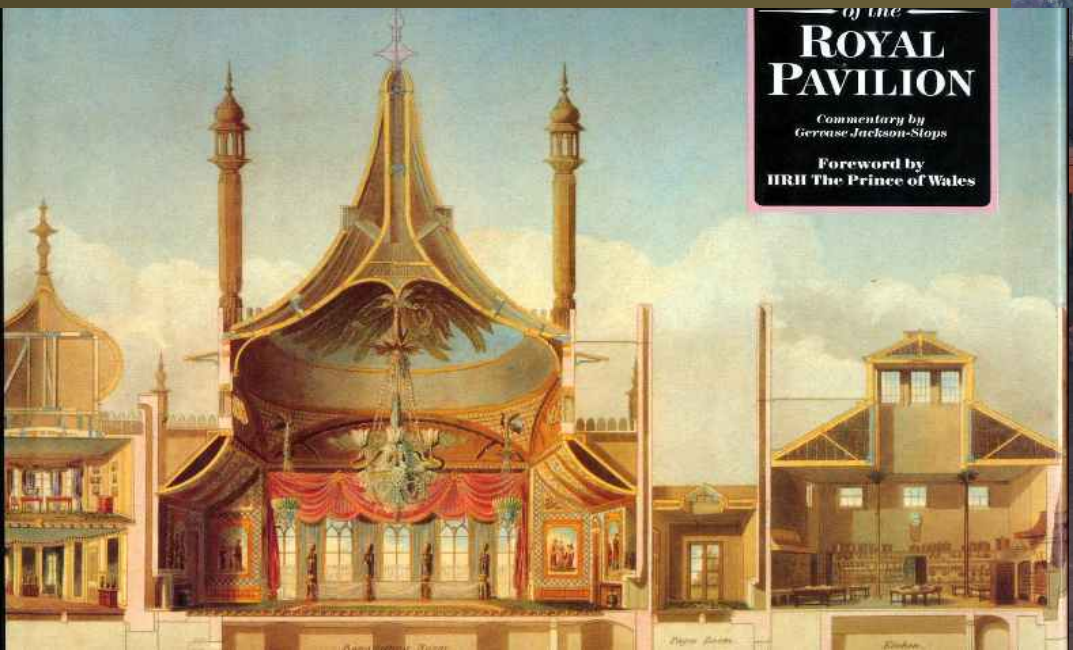




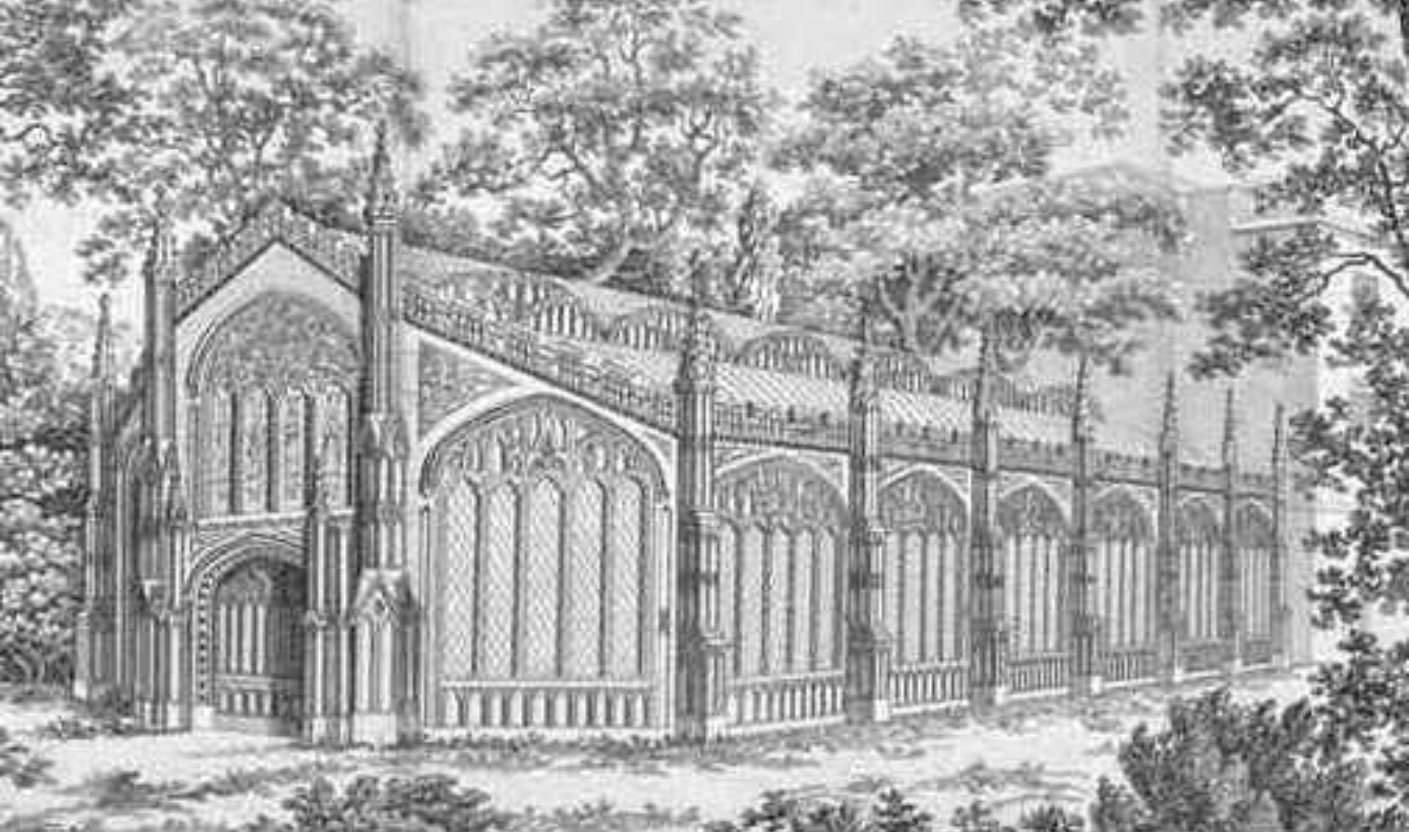




**Padiglione Reale di Brighton**, ampliato da John Nash (1815-22) con largo impiego di **ghisa**: in particolare, per le armature delle esotiche cupole a bulbo, e, nella grande cucina, per le colonne a forma di esili palme e altri elementi.



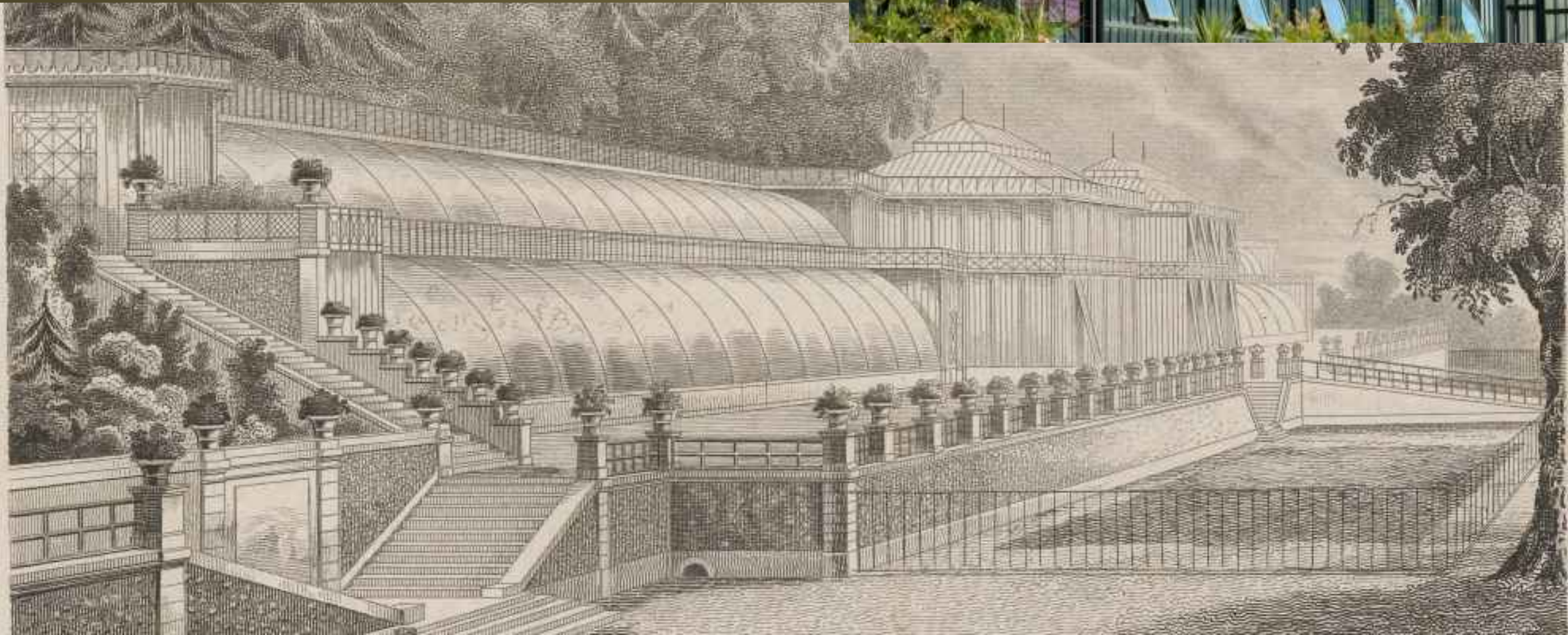
**Edifici privati rappresentativi**

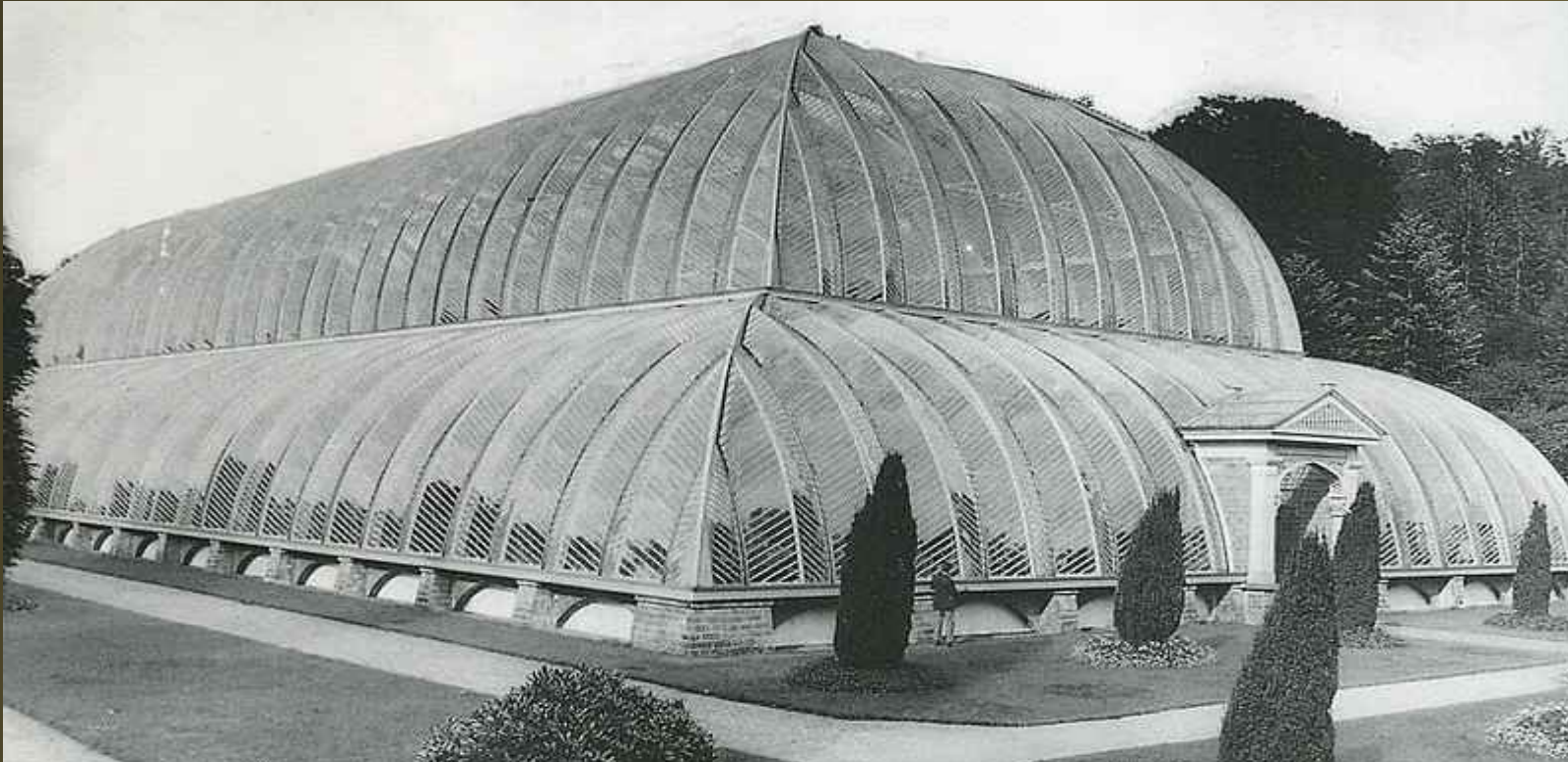


Thomas Hopper, *winter garden* (1811-12)  
presso la Carlton House del Principe di  
Galles a Londra: straordinario padiglione  
neogotico in ghisa e vetro.

**Architetture trasparenti per  
parchi e giardini**

L'interesse per la diafana architettura gotica si traduce nel primo Ottocento con l'impiego di ferro e vetro in estese cortine trasparenti di sistemi intelaiati, quali i **jardins d'hiver** (*winter gardens*, giardini d'inverno): simili per principi costruttivi alle serre, ma più grandi e aperti al pubblico. Precoce esempio è a Parigi la cosiddetta **Serra Messicana nel Jardin des Plantes**, di **Charles Rohault de Fleury** (1834-36). La **vetrata**, da diaframma di ridotte aperture, assume grazie ai progressi dell'industria vetraria estesa e primaria **funzione architettonica**, integrandosi alla gabbia metallica. “I percorsi delle sollecitazioni meccaniche si materializzano nella geometria della struttura”, il che fa delle serre l'“archetipo” della moderna “cortina a telaio metallico con tamponamenti trasparenti” o **curtain wall** (Torricelli *et al.* 2010, pp. 142, 162).





## La serra e l'involucro unitario

**Great Conservatory**, 1836-40 (demolita nel 1920), Chatsworth House, Edensor, Derbyshire; involucro in legno e vetro.

Il giardiniere capo di Chatsworth, **Joseph Paxton** (1803-65), futuro progettista del Crystal Palace di Londra, sperimentò un sistema di prefabbricazione, e brevettò la soluzione a **ridge and furrow** ("sporgenze e solchi"), colmi e compluvi alterni di superfici vetrate inclinate. Questa serra fu **la più grande costruzione inglese in vetro prima del Crystal Palace**: m 84,4x37,5x20,4.

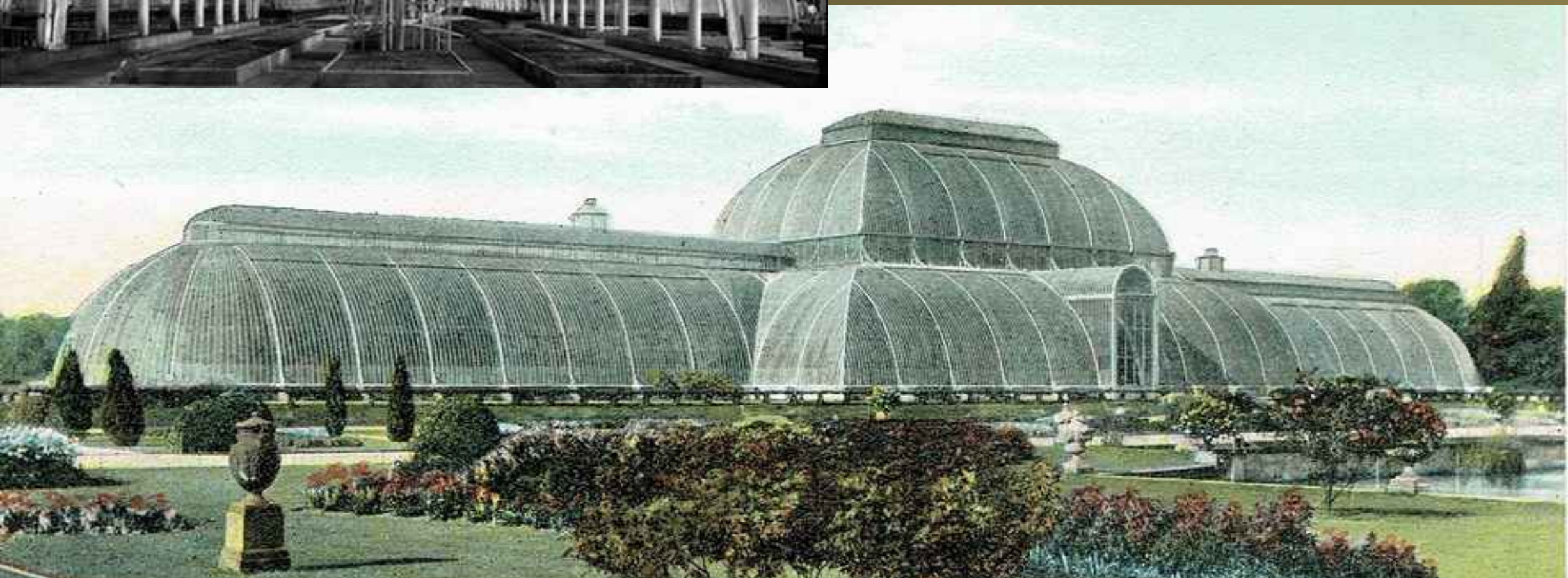


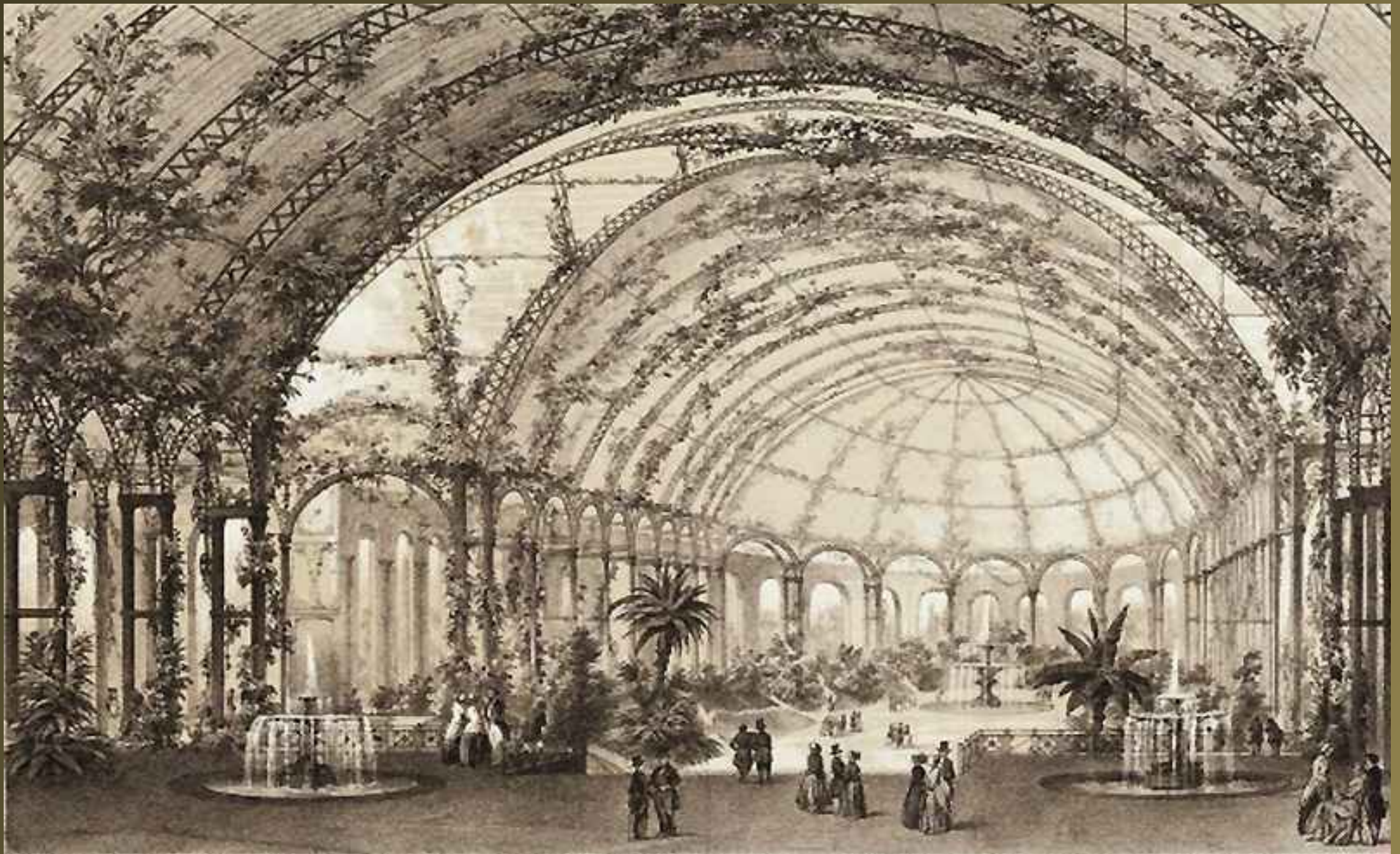


**Palm House**, 1844-48, Royal Botanic Gardens, Kew (Kew Gardens), Richmond, Greater London, progetto di **Richard Turner** (1798-1881) della struttura in ferro forgiato prodotta dalla Hammersmith Ironworks di Dublino; lunghezza: m 110,5.

Riprese da un recente brevetto per costruzioni navali, le costole in ferro battuto furono impiegate per la prima volta in senso architettonico in questa grande serra.

“Inizialmente le strutture delle serre erano in legno; sul ferro si formava la ruggine che, non solo degradava le strutture, ma anche, cadendo, danneggiava le piante sottostanti. Nella seconda metà dell'Ottocento tuttavia il metallo sostituì del tutto il legno” (Torricelli *et al.* 2010, p. 162).





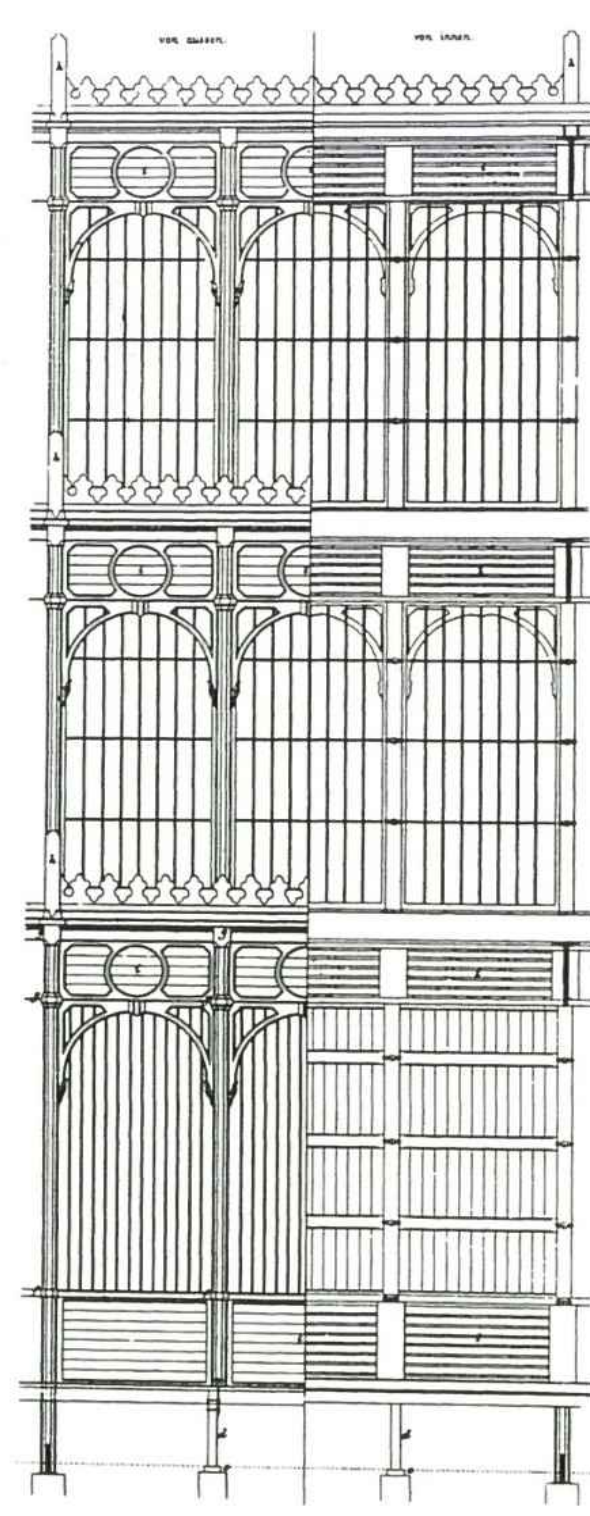
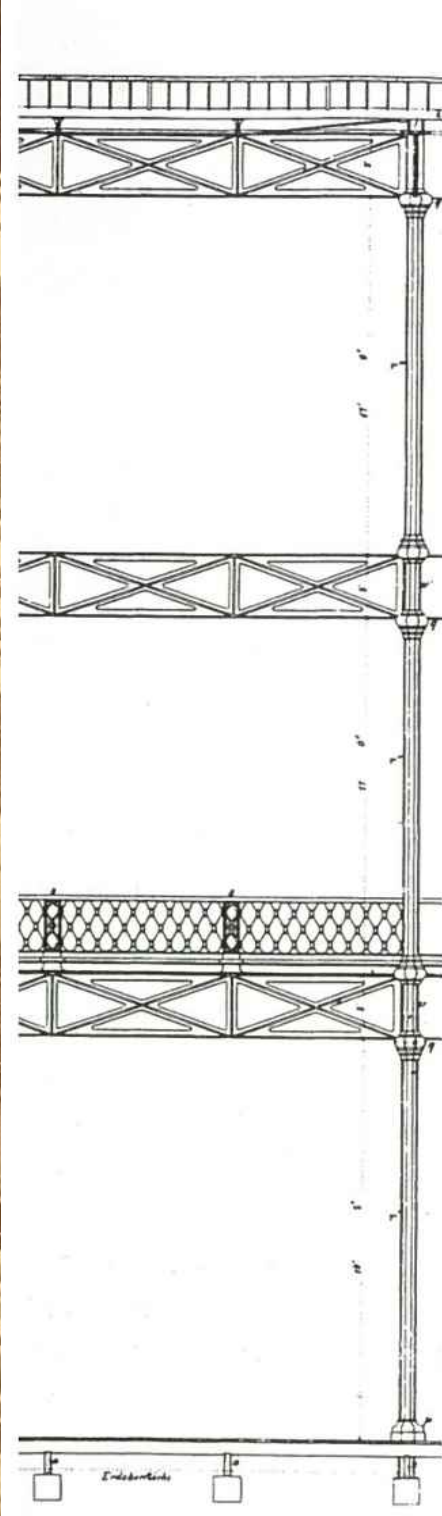
## Spazi pubblici

Notevole spazio pubblico è il parigino **Jardin d'Hiver** agli **Champs-Élysées** (1847), grande 300x180x60 piedi, dotato di caffè, sala da ballo e sala di lettura. L'autore, **Hector Horeau**, di lì a poco vincerà il concorso internazionale per il Crystal Palace di Londra con un progetto monumentalistico, sostituito poi dal progetto del costruttore di serre Paxton.

Strutture espositive e spazi per il commercio  
**Crystal Palace, Londra, 1851**

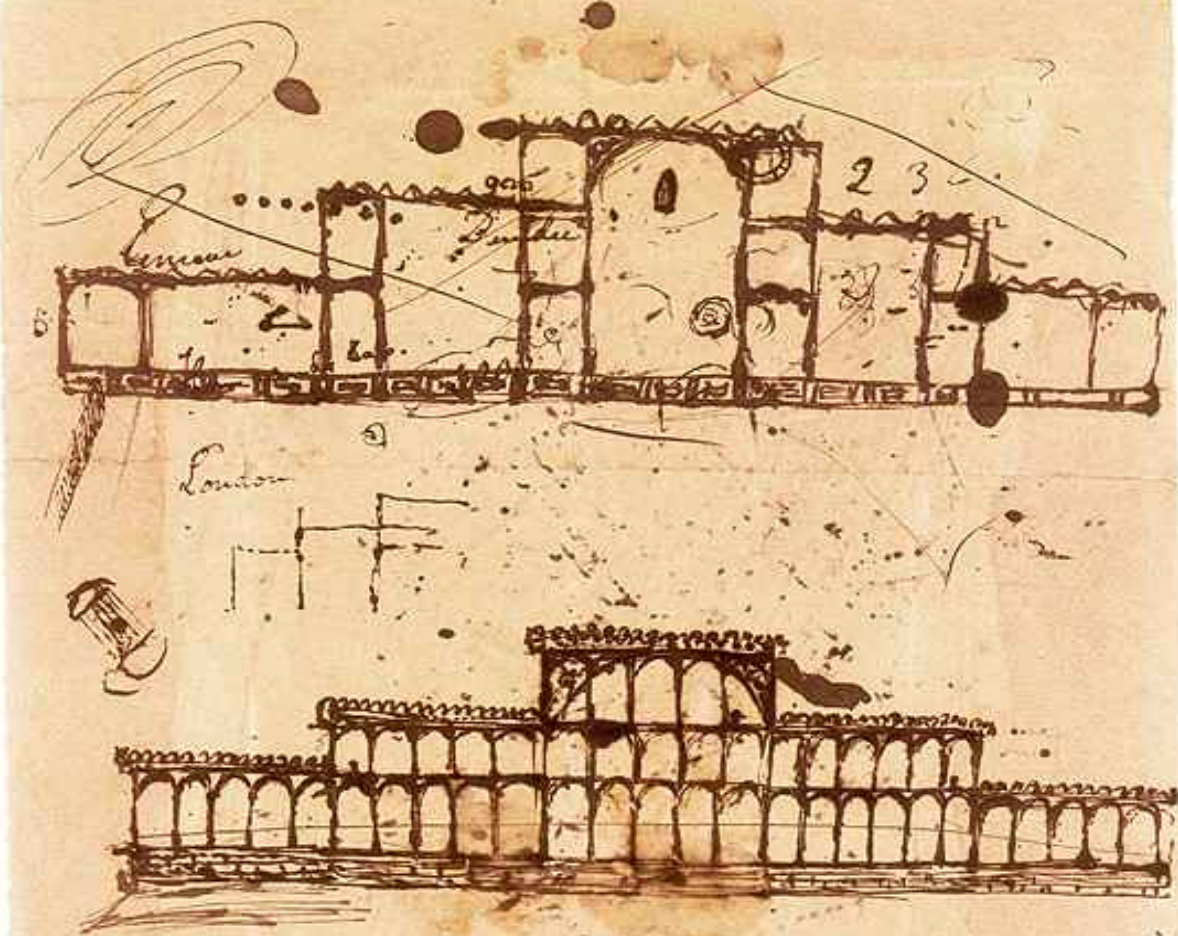
Nuovo fenomeno sono i “palazzi di cristallo”:  
prototipo, il **Crystal Palace** ideato da  
Joseph **Paxton** per la **Great Exhibition del  
1851** in Hyde Park a **Londra**.





**Struttura mista** in “ferro malleabile”, ghisa (3300 colonne e travi a traliccio), vetro in lastre d'inedita grandezza (cm 30x120), legno (montanti, copertura, archi del transetto). Attuò i moderni principi dell'**architettura industrializzata** (unificazione, standardizzazione, prefabbricazione, agile posa in opera e smontaggio).





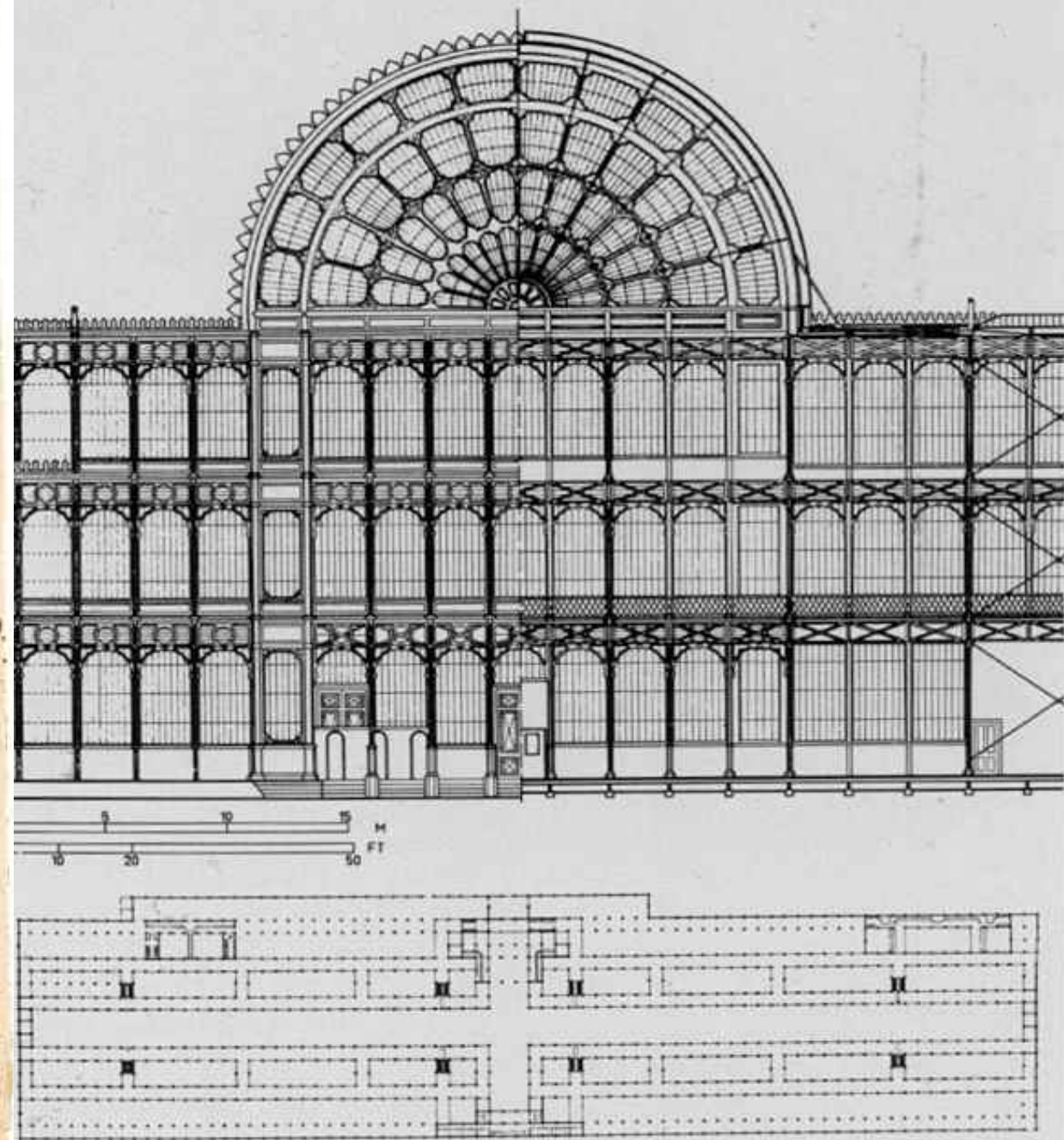
Manchester, Buxton, Matlock, and Midlands Junction Railway. 13

No. MEMORANDUM *Under the Railway Station*  
 o'clock Train. day, the 15 day of July 1851

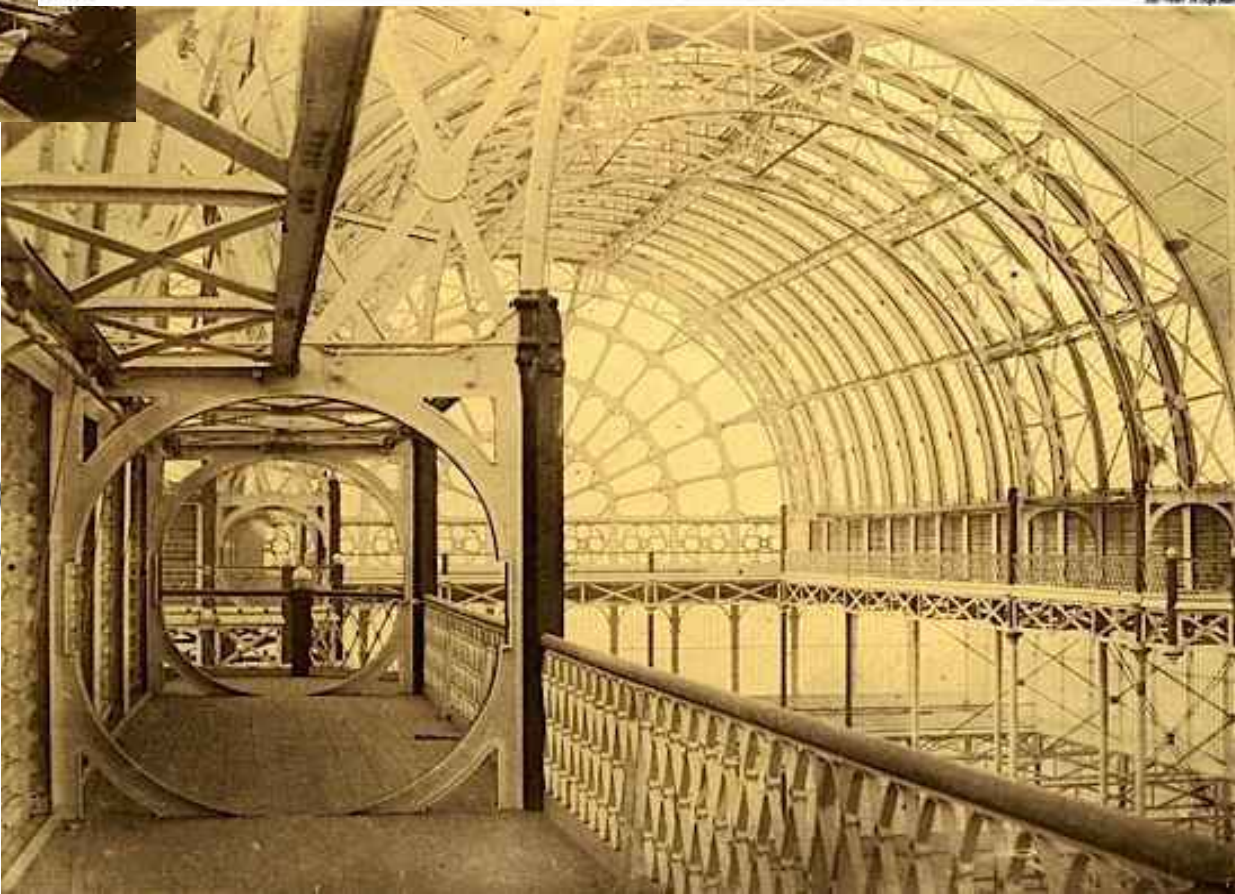
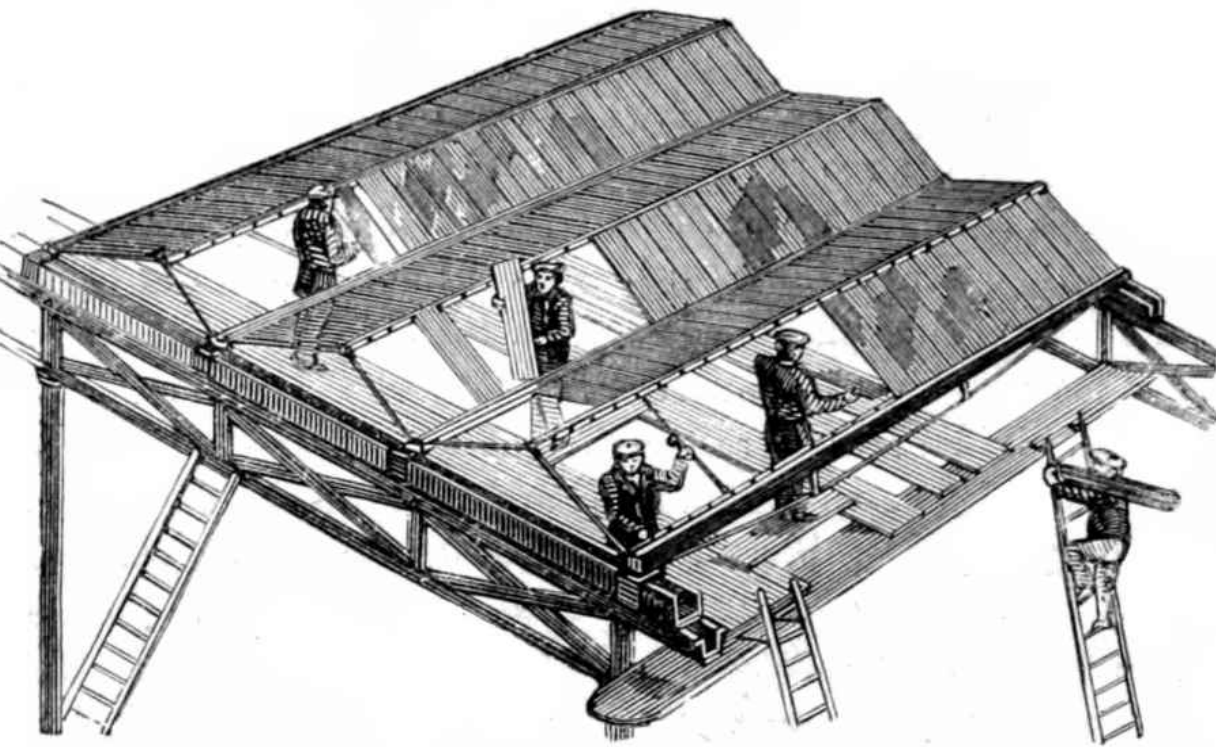
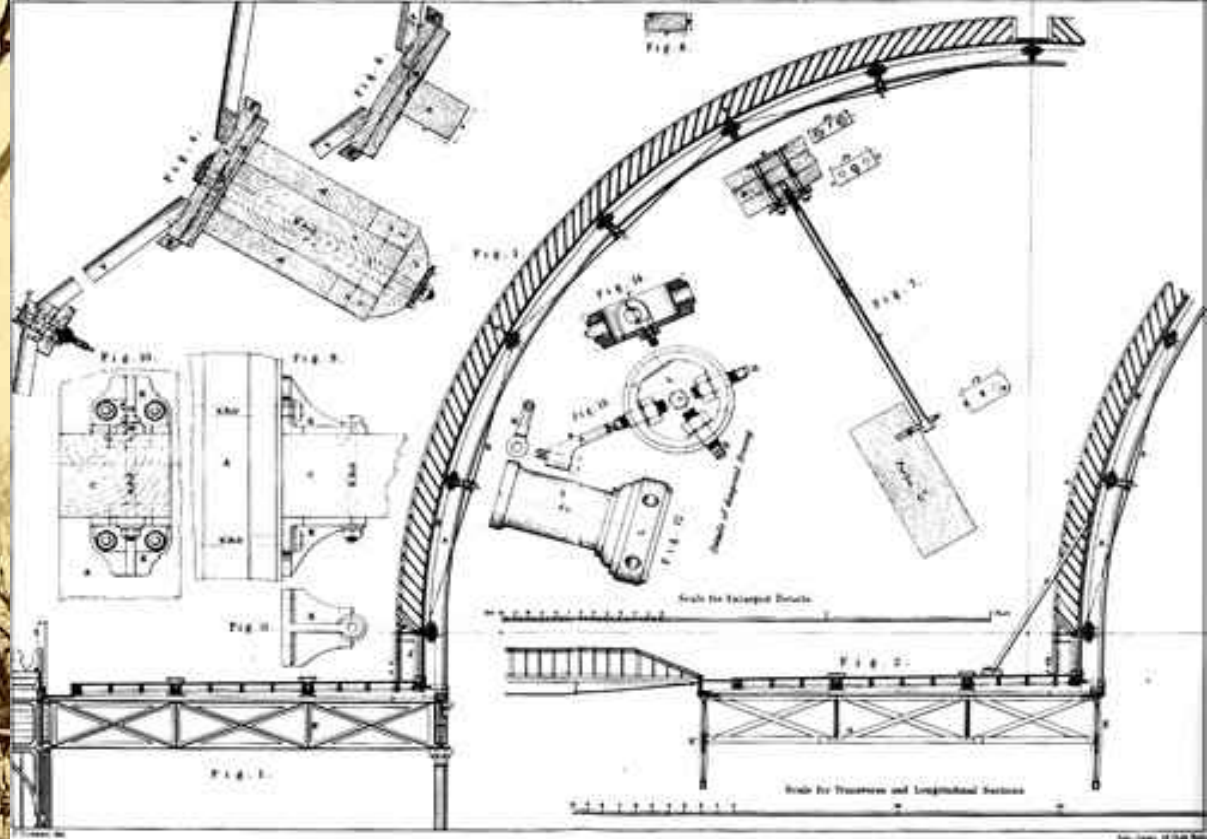
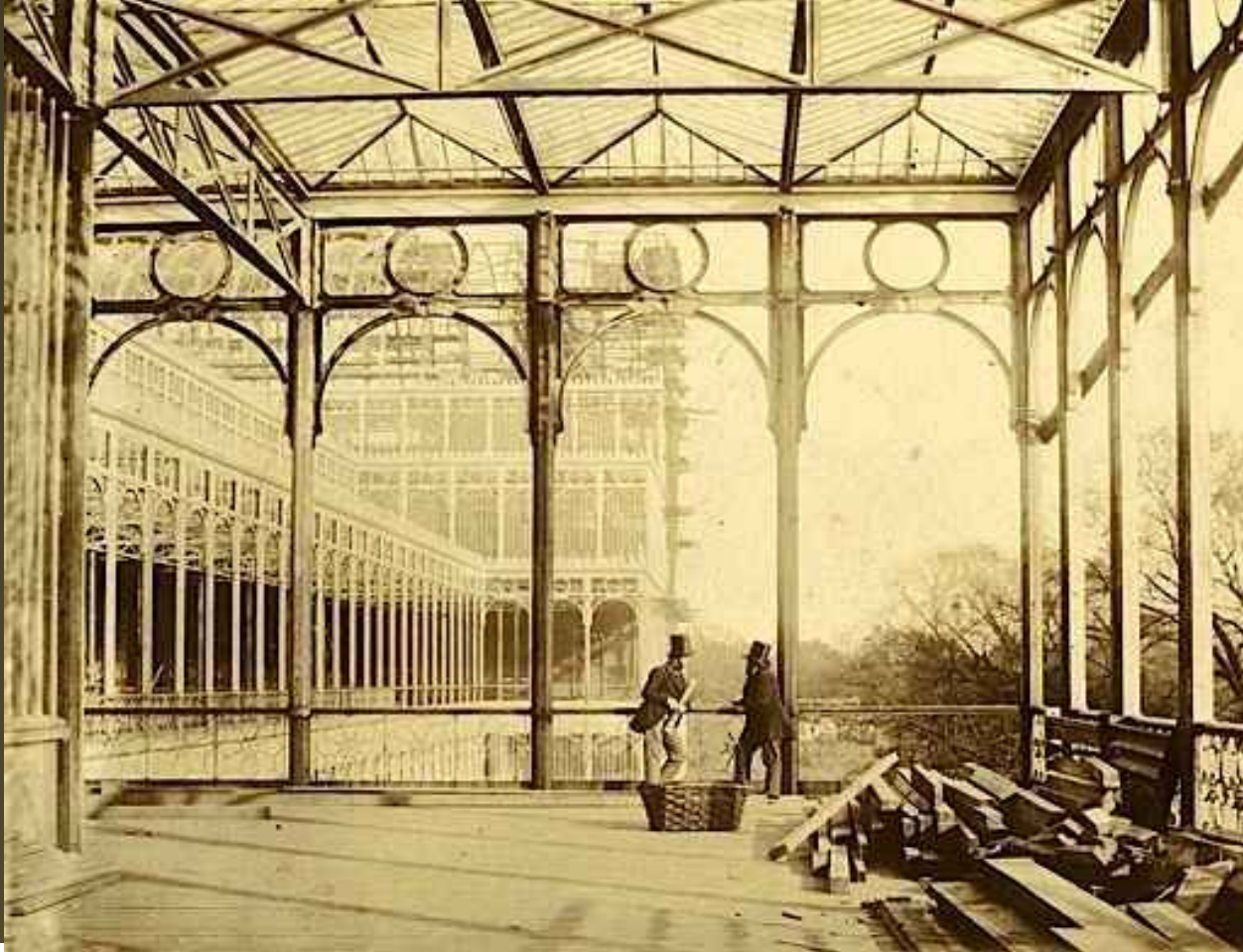
**Immediate.**

**TELEGRAPHIC DISPATCH**

*From Mr. Pittman to Mr. Paxton Matlock  
 Please inform your agent to say that  
 the existing plan has been approved by the  
 Royal Commission*



Due schizzi di Paxton (1850) dell'idea progettuale approvata dalla Royal Commission, poi elaborata tecnicamente dall'ing. William Cubitt, ed eseguita dall'impresa di costruzioni civili e ferroviarie Fox, Henderson & Co.: a riprova del fatto che la **“tecnologia della costruzione metallica**, dalle origini ad oggi, ha sempre richiesto **un lavoro interdisciplinare per lo sviluppo del progetto sotto il profilo architettonico, strutturale, industriale”** (Torricelli *et al.* 2010, p. 148).  
 A destra, la variante eseguita del transetto centrale.





Il “transetto” fu aggiunto in corso d’opera per inglobare sotto una luminosa volta a botte dei grandi olmi presenti nel parco, con superbo effetto spaziale e scenografico.

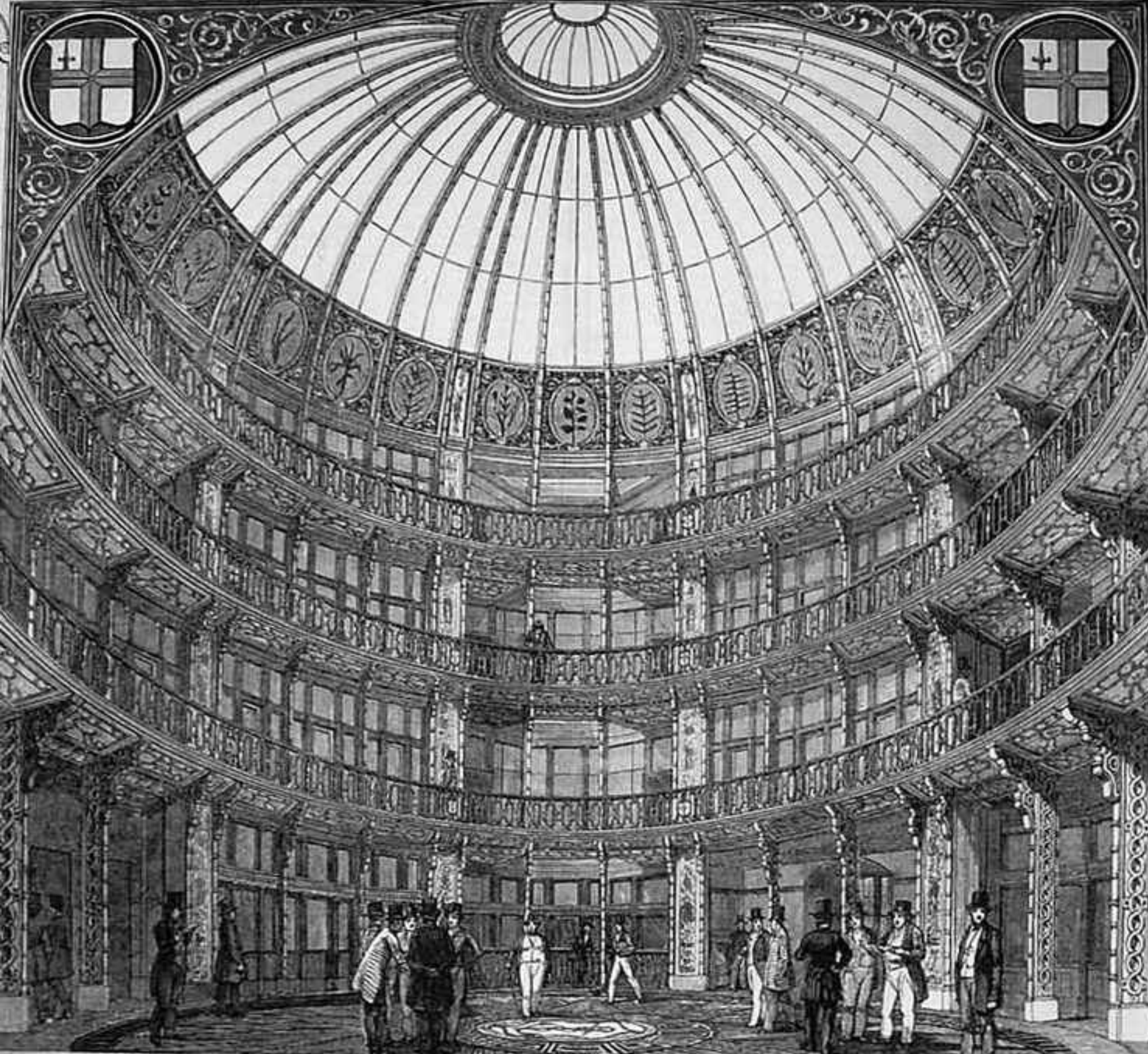
Sopra, veduta e particolare della copertura vetrata col sistema brevettato da Paxton *ridge and farrow*.



J. Paxton, Crystal Palace, Londra, 1851

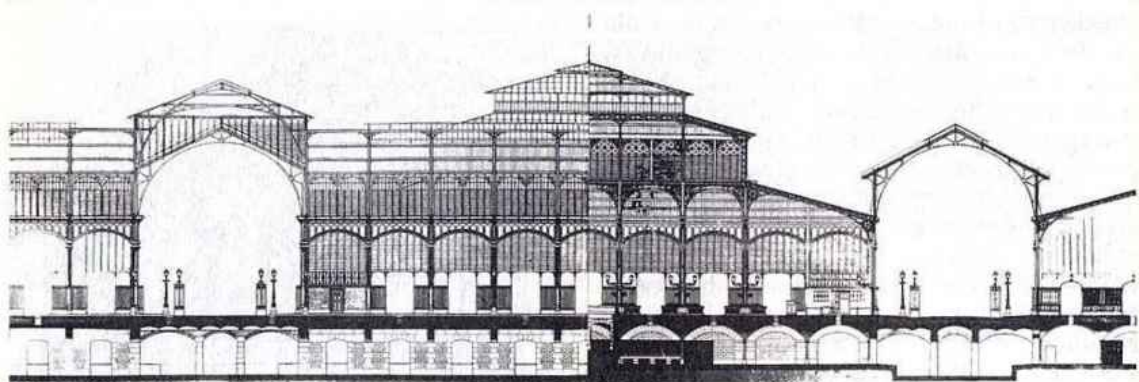


Owen Jones, Negozio Osler, Oxford Street 45, Londra, 1858-60.



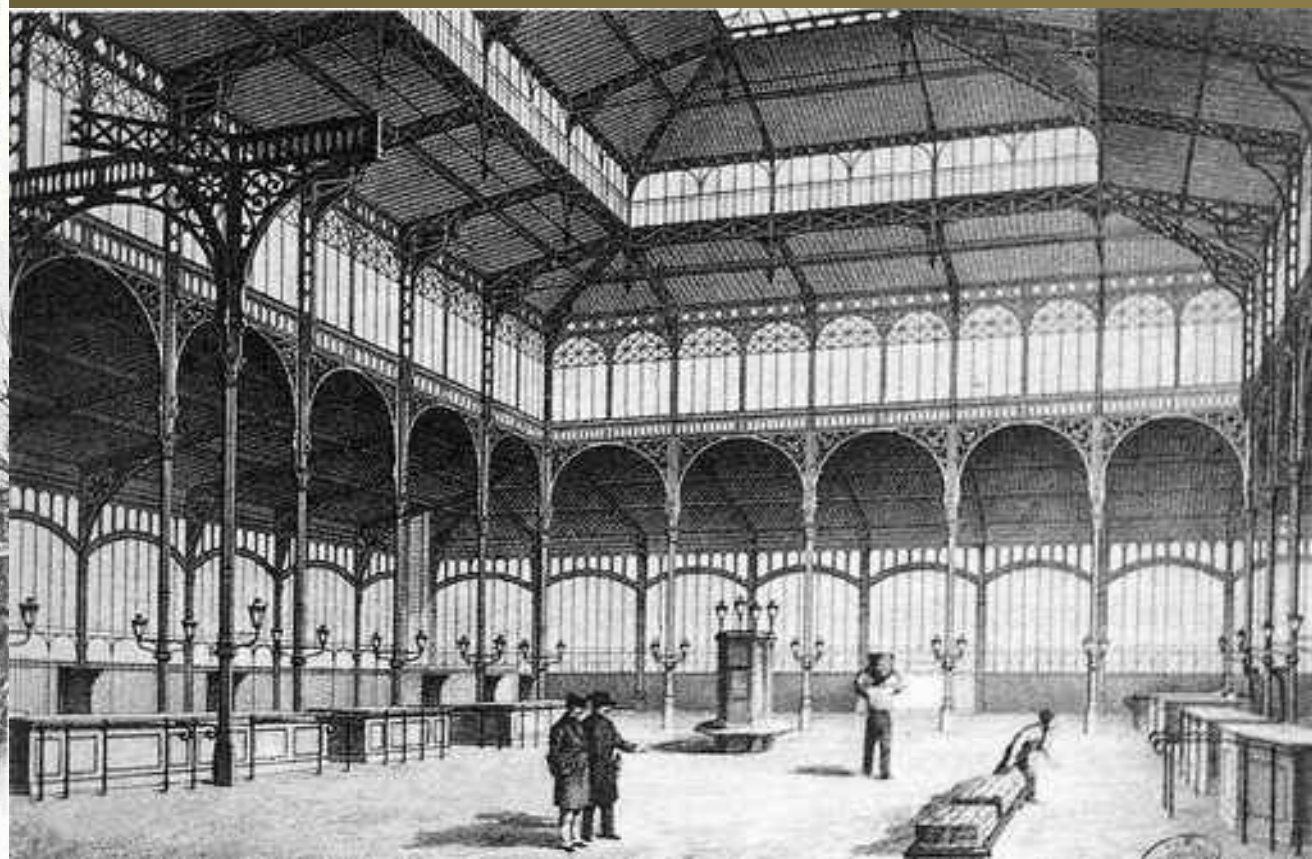
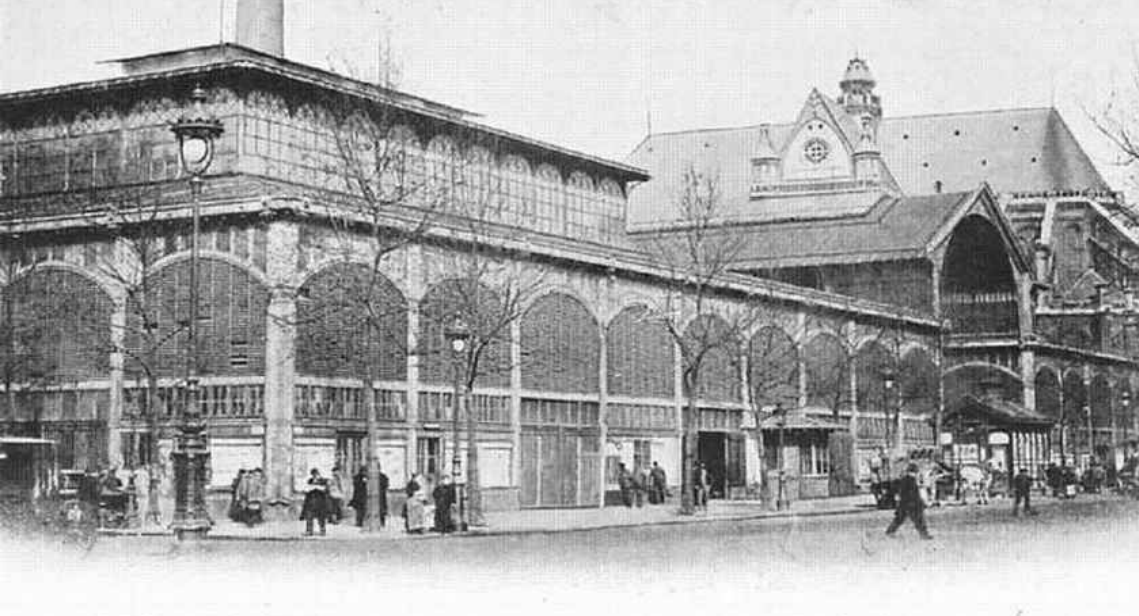
La rotonda della **Coal** [carbone] **Exchange di Londra** (1846-49; complesso demolito nel 1962). La rotonda fu concepita dall'architetto James B. Bunning come un'enorme voliera in ghisa, racchiusa in un complesso in muratura.

# Mercati generali Le Halles centrales di Parigi, 1854-70



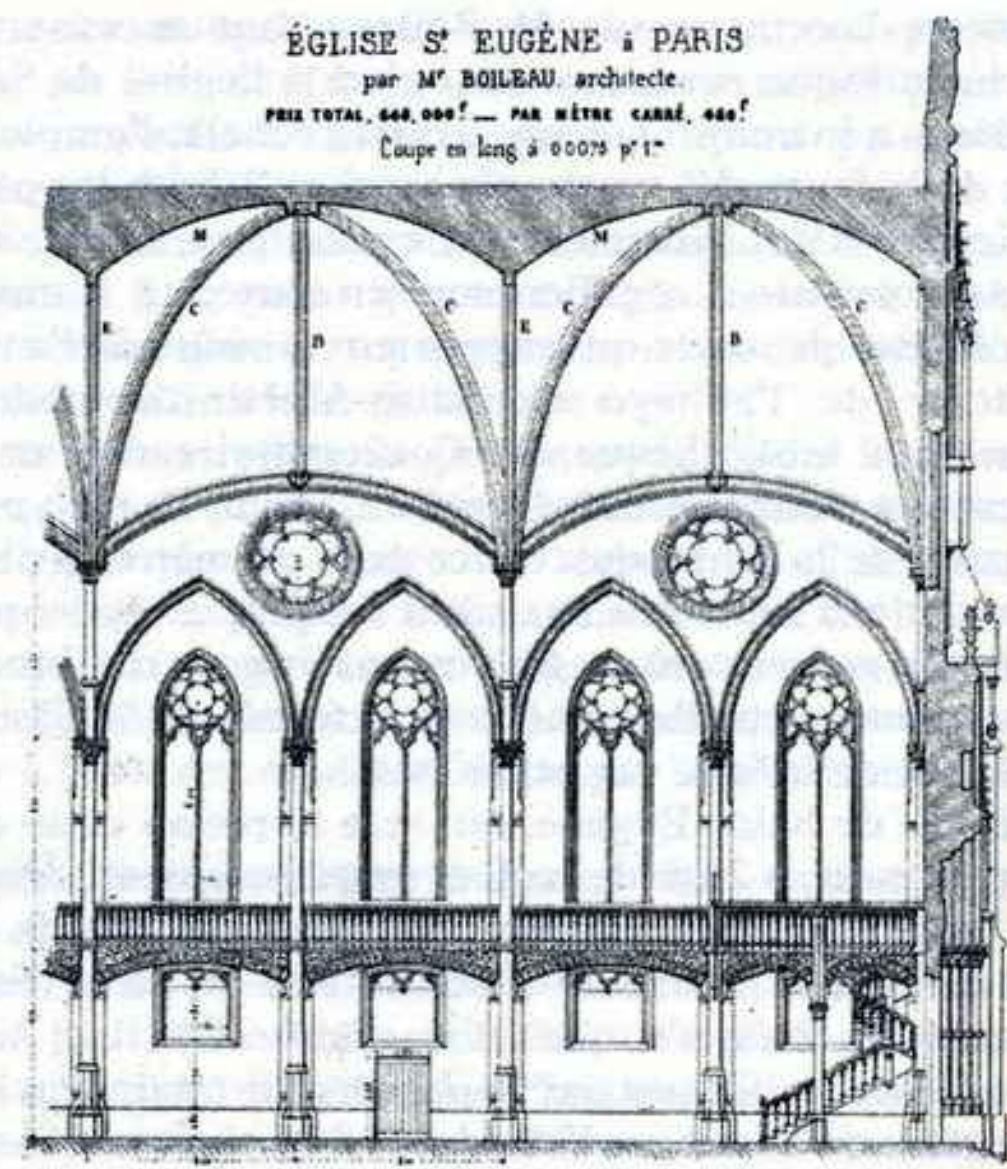
Victor Baltard. Sezione delle Halles Centrales di Parigi (1852-59).

Victor Baltard progetta (1852) un **complesso espandibile a padiglioni metallici** (demolito nel 1973). Il vasto spazio, unitario nel Crystal Palace, qui è organizzato in spazi distinti.

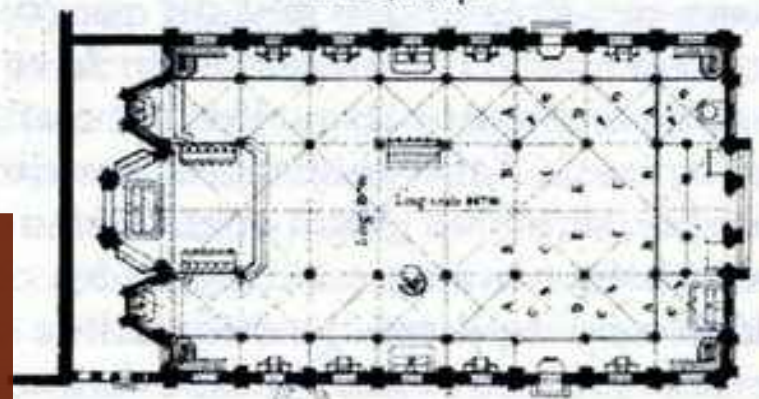


## Edifici sacri

Louis-Auguste Boileau (1812-96) St Eugène  
a Parigi (1854-55)



Plan à 0,0025 p<sup>r</sup> 1<sup>er</sup>



Primo caso di struttura interna ecclesiale in metallo (ghisa e ferro). Viollet-le-Duc giudicò una “menzogna architettonica” che pilastri, costoloni e nervature metallici imitassero la pietra. Ma per Boileau il metallo abbatté costi e tempi di realizzazione, consente economia di struttura (inutili i contrafforti esterni) e di spazi: originale, sintetica versione 'moderna' di Gotico.






**MIDLAND COUNTIES RAILWAY.**

**T**HE Public are informed, that this RAILWAY, from NOTTINGHAM and DERBY to LOUGHBOROUGH, LEICESTER, and the intermediate Stations, will be OPENED for the Conveyance of Passengers, Parcels, Gentlemen's Carriages, Horses, and Van loads, on TUESDAY the 6th of May.

**HOURS OF DEPARTURE.**

<p><i>From Nottingham &amp; Derby to Leicester.</i></p> <p>Eight o'clock Morning.</p> <p>Half-past 11 Morning.</p> <p>Quarter to 5 Afternoon.</p> <p>Quarter to 8 Evening.</p> <p><b>ON SUNDAYS.</b></p> <p>Eight o'clock Morning.</p> <p>Half-past 7 Evening.</p>	<p><i>From Leicester to Nottingham and Derby.</i></p> <p>*** Half past 7 Morning.</p> <p>** Eleven o'clock Morning.</p> <p>* Three o'clock Afternoon.</p> <p>Half-past 7 Evening.</p> <p><b>ON SUNDAYS.</b></p> <p>Half-past 7 Morning.</p> <p>Seven o'clock Evening.</p>
--	---

On the opening of the North Midland Railway, the



**NORTH MIDLAND RAILWAY**

**OPENING OF THE LINE—ARRIVAL AND DEPARTURE OF TRAINS.**

**T**HE Public is respectfully informed that the Trains of this Company, and those of the London and Birmingham, and Birmingham and Derby Junction Lines, in connection with them, will start and arrive according to the several Tables below, until further notice

**BETWEEN DERBY AND SHEFFIELD.**

Departure from Sheffield.		Arrival at Derby	
H.	M.	H.	M.
5	30 a.m.	7	45 a.m.
9	15 "	11	30 "
12	0 noon.	2	15 p.m.
2	0 p.m.	4	15 "
6	0 "	8	10 "

**SUNDAY TRAINS.**

La struttura a tre navate coperte da tettoie su capriate in ghisa della **Trijunct Station di Derby, a Londra**, realizzata da Francis Thompson e da Robert Stephenson (1839-41), ingegnere famoso come costruttore di locomotive, figlio del celebre creatore della prima locomotiva della storia.

Stazioni, palazzi di cristallo, gallerie varie dell'era industriale attuano, col ferro e il vetro, la profetica visione tardosettecentesca di Boullée della copertura di immensi spazi.

**Stazioni ferroviarie**



## L'“epoca della ghisa” negli USA

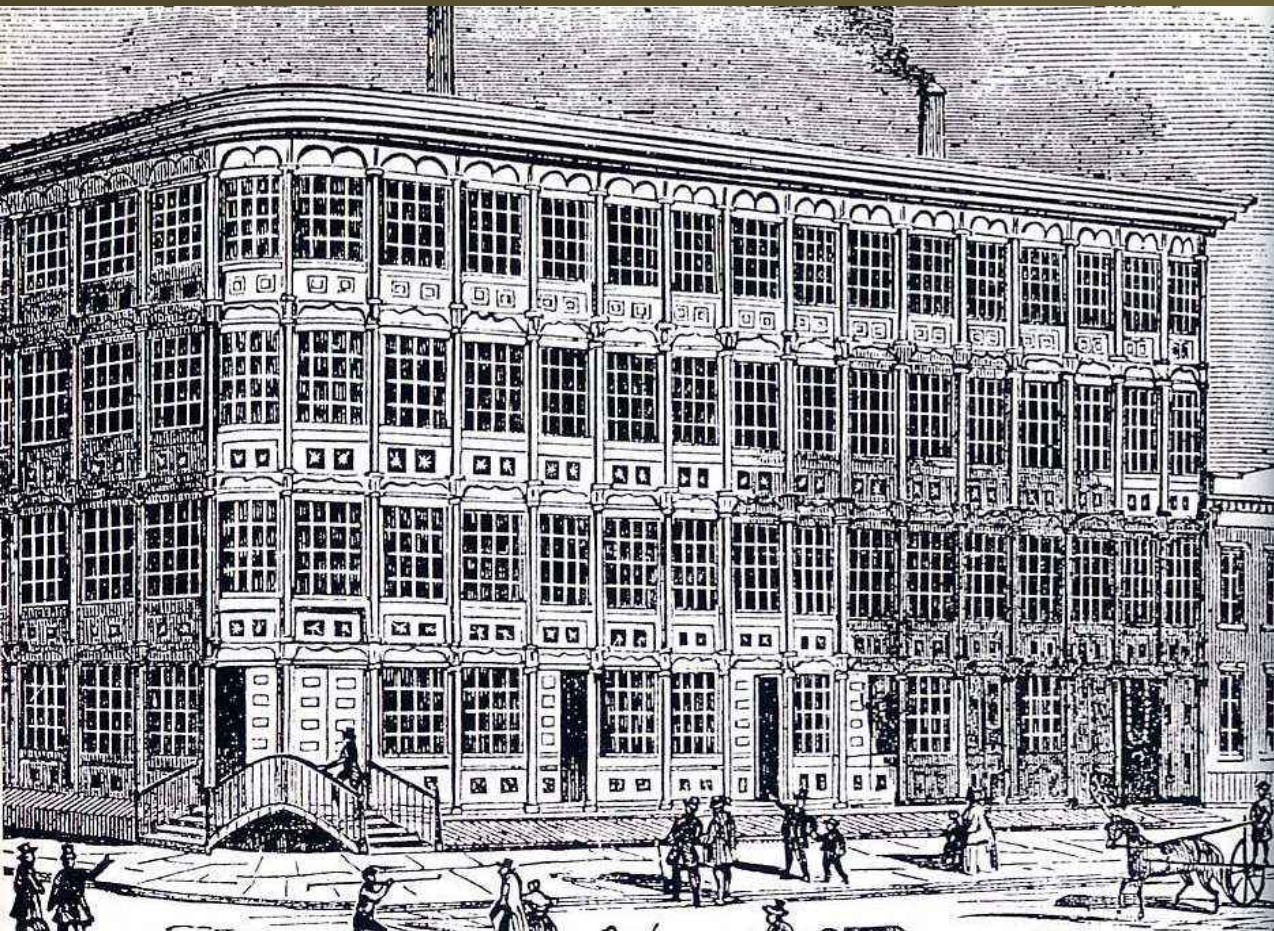
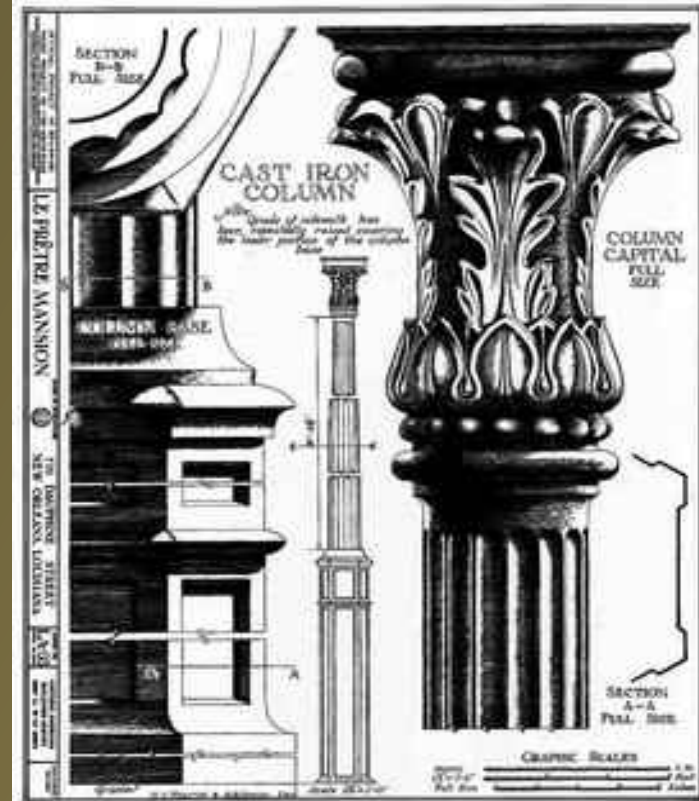
*Remember that time is money*  
(Benjamin Franklin, *Advice to a young tradesman*, 1748)

La ghisa trova largo impiego negli **USA** nell'**Ottocento** negli **edifici produttivi e commerciali** (a New York, a Boston, a St. Louis). Le **facciate a elementi componibili prefabbricati** (sistema economico e antincendio) incrementano notevolmente il rapporto fra superfici vetrate e superfici totali di facciata.

A destra, dettagli architettonici di Le Pretre Mansion, costruita intorno al 1838 a New Orleans dall'omonimo mercante francese.

In basso a sinistra, la fabbrica realizzata a New York nel 1848 con simili elementi prefabbricati in ghisa e ferro da **James Bogardus**.

A destra, costruzioni ottocentesche in ghisa nel quartiere newyorkese di Soho.



**Il principio dell'economia**





Sopra, a sin., edificio ai nn. 254-256 di Canal Street a **New York**, costruzione metallica del 1856-57 attribuita a **Bogardus**, cui si deve il Kitchen, Montross & Wilcox Store al n. 85 di Leonard Street (1861; a destra).  
Lo "**stile a candela**" neorinascimentale deriva principalmente dalle veneziane Procuratie Vecchie (a lato).

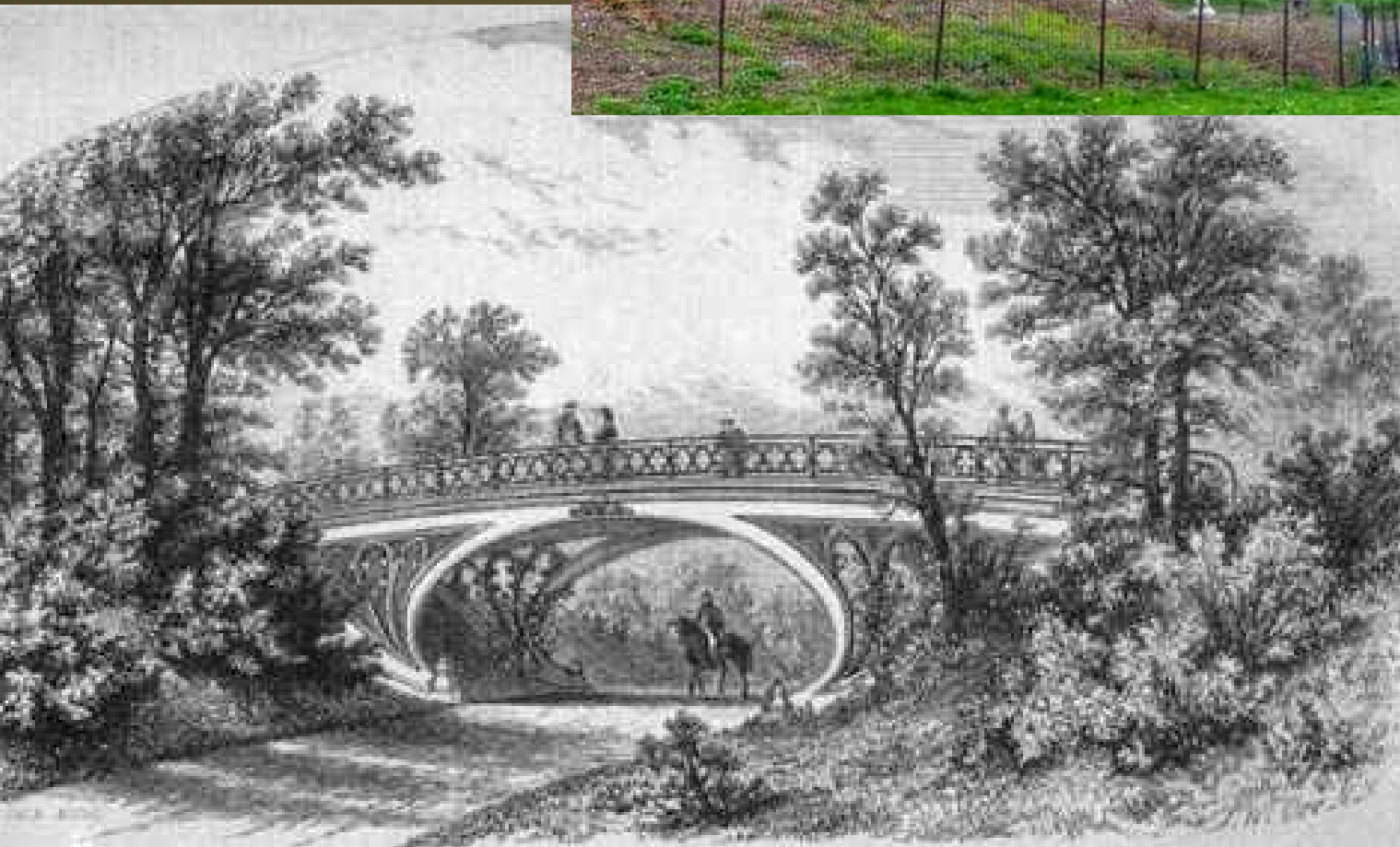
## Il Riverfront a St. Louis (1850-80)



“Queste costruzioni spingono la semplificazione della facciata tanto avanti, che le colonne e le travi diventano poco più di traverse in una grande finestrata estesa a tutta la facciata della casa. Per questa soluzione di facciata [...] il **Gantt Building** (1877) [...] merita di essere conosciuto come uno dei più pregevoli di tutta l'epoca” (Giedion 1964 [1941], pp. 194-195).

## Ghisa e arredo urbano

Il Central Park di New York, ideato e curato dal paesaggista F.L. Olmsted e dall'architetto inglese Calvert Vaux, inaugurato nel 1857, conserva artistici ponti in ghisa.



### **Gothic Bridge**

Calvert Vaux (1824-95)

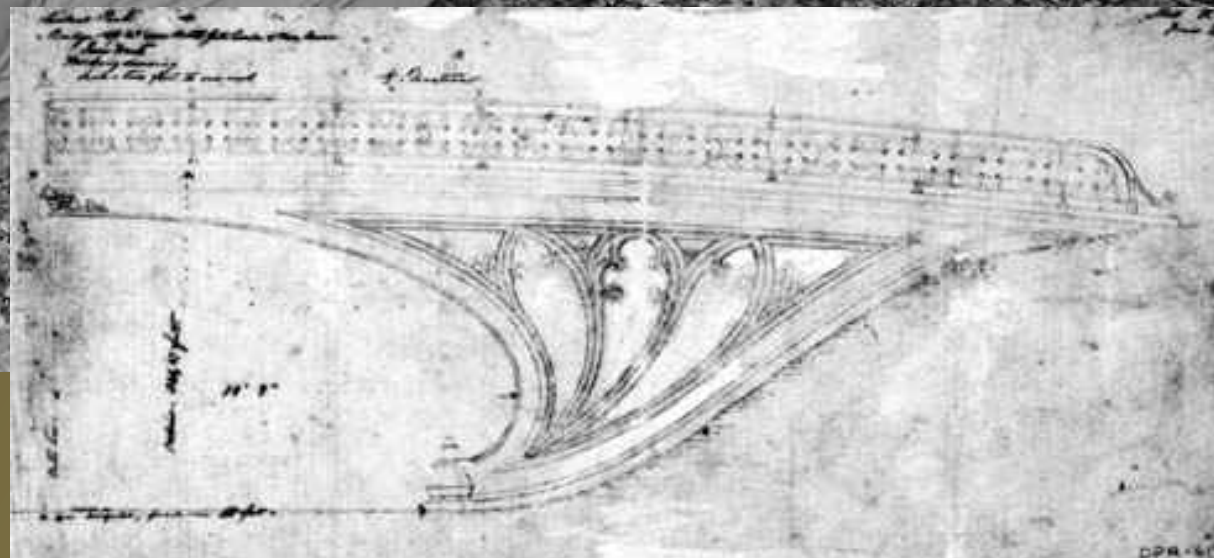
progetto del 1863

New York, Central Park

ponte n. 28

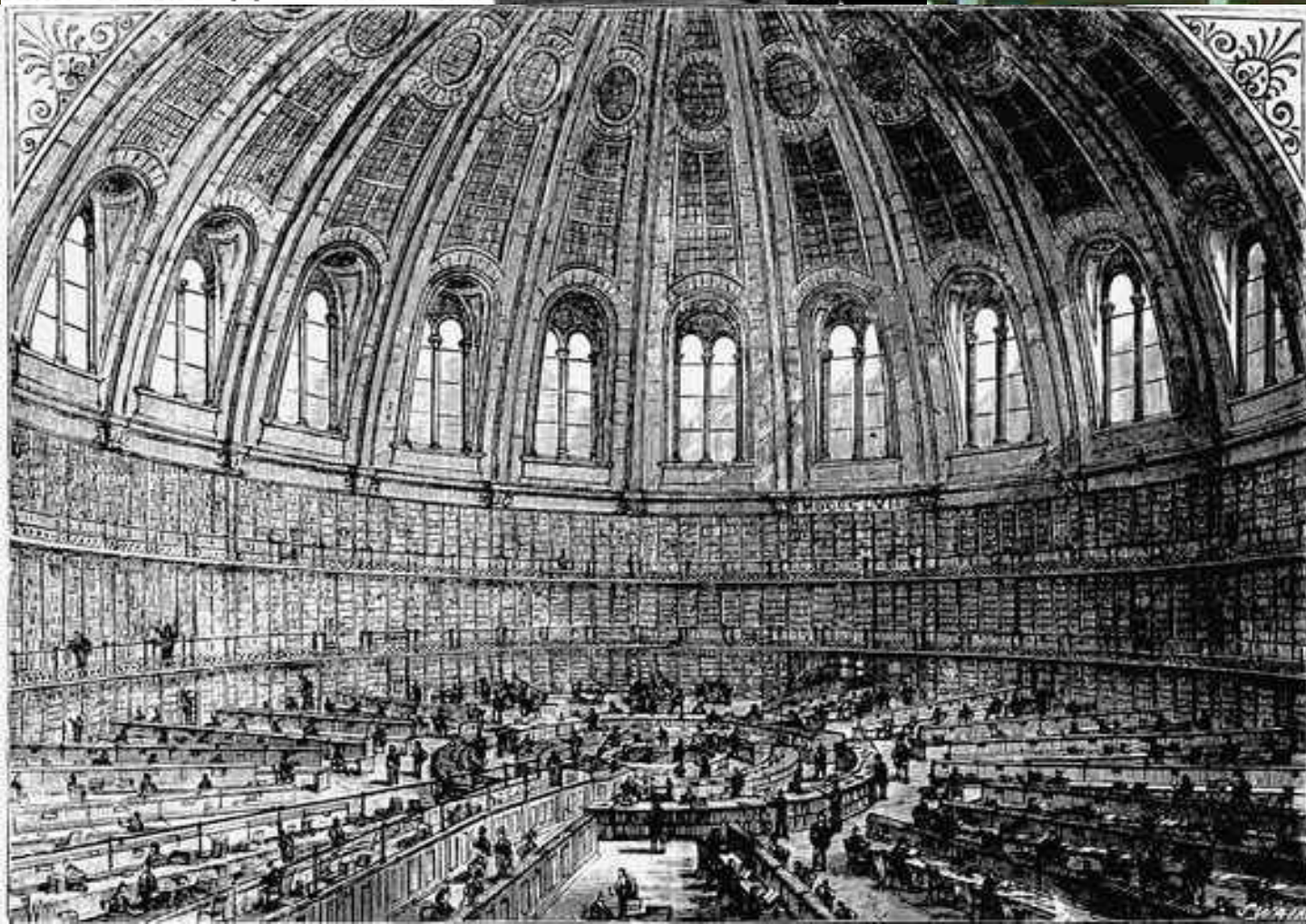
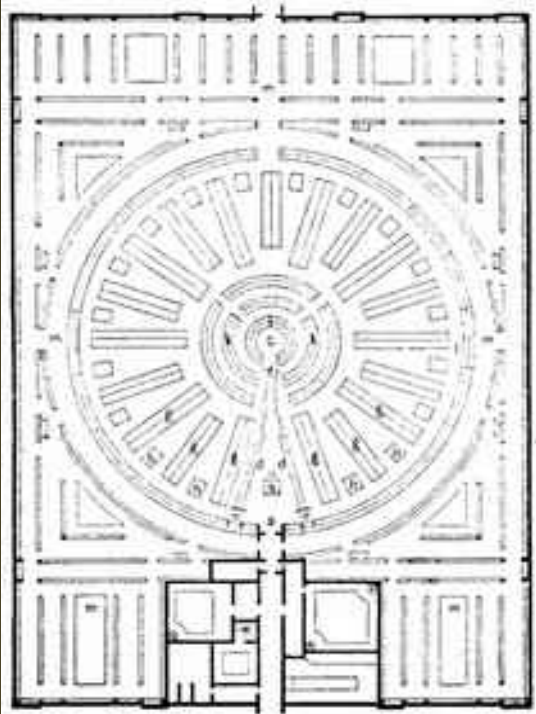
Scheda:

<http://www.echonyc.com/~parks/books/bridges26.html>



**“Pittoresca”** scioltezza di linee  
prefigurante l'avvento *fin de siècle*  
dell'Art Nouveau

Particolare della struttura di ghisa realizzata dalla Cornell  
Ironworks nel 1864



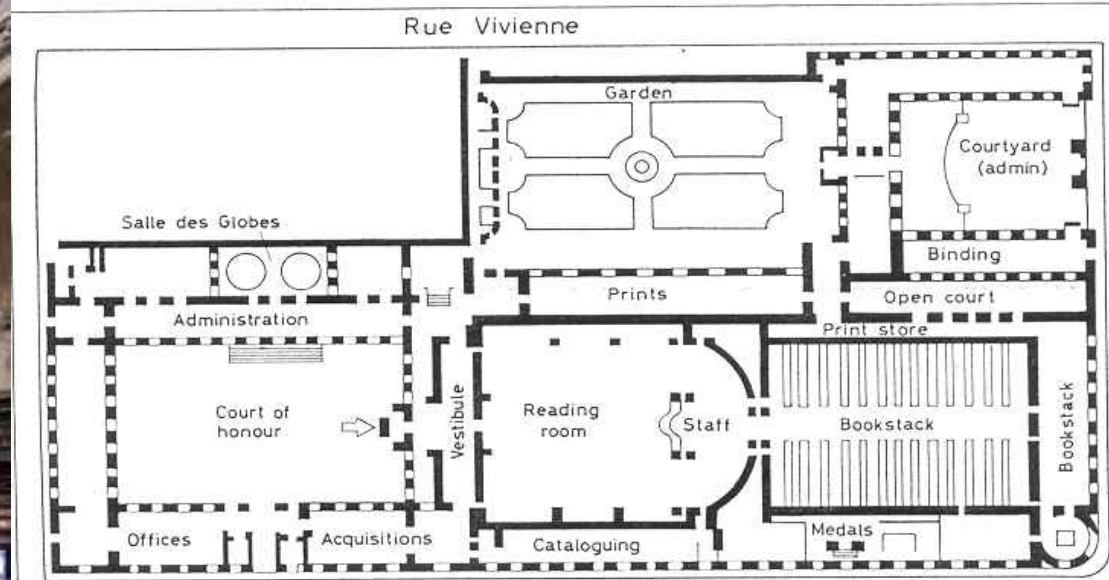
## Secondo periodo, o del ferro forgiato

Sidney Smirke, **Reading Room**  
del British Museum di Londra, 1854-57.  
Cupola di m 30,50 di diametro con  
elementi in ghisa. Il ferro è usato negli  
scaffali su tre ordini alla circonferenza  
della sala, e nei depositi.

**Spazi culturali**



Henri Labrouste, **Biblioteca Imperiale (poi Nazionale)**, **Parigi**, 1859-68. Sala di lettura (volte su sostegni in ghisa) e depositi (ferro) di funzionalistico aspetto moderno.





Andrea Pizzala, Galleria De Cristoforis a Milano, 1831



**Gallerie pubbliche italiane**  
**Milano, Galleria Vittorio Emanuele II**  
arch. G. Mengoni, 1865-77, costruita dalla società  
inglese City of Milan Improvement Company



Napoli, Galleria Umberto I, ing. E. Rocco, 1885-92



Londra, Crystal Palace, 1851



Parigi, **Palais de l'Industrie**, Esposizione Universale del **1855**, arch. Jean-Marie Victor Viel, ingg. Alexis Barrault e Georges Bridel. Galleria di 48 m di luce.

**Fra ingegneria, architettura e industria: costruzioni espositive**

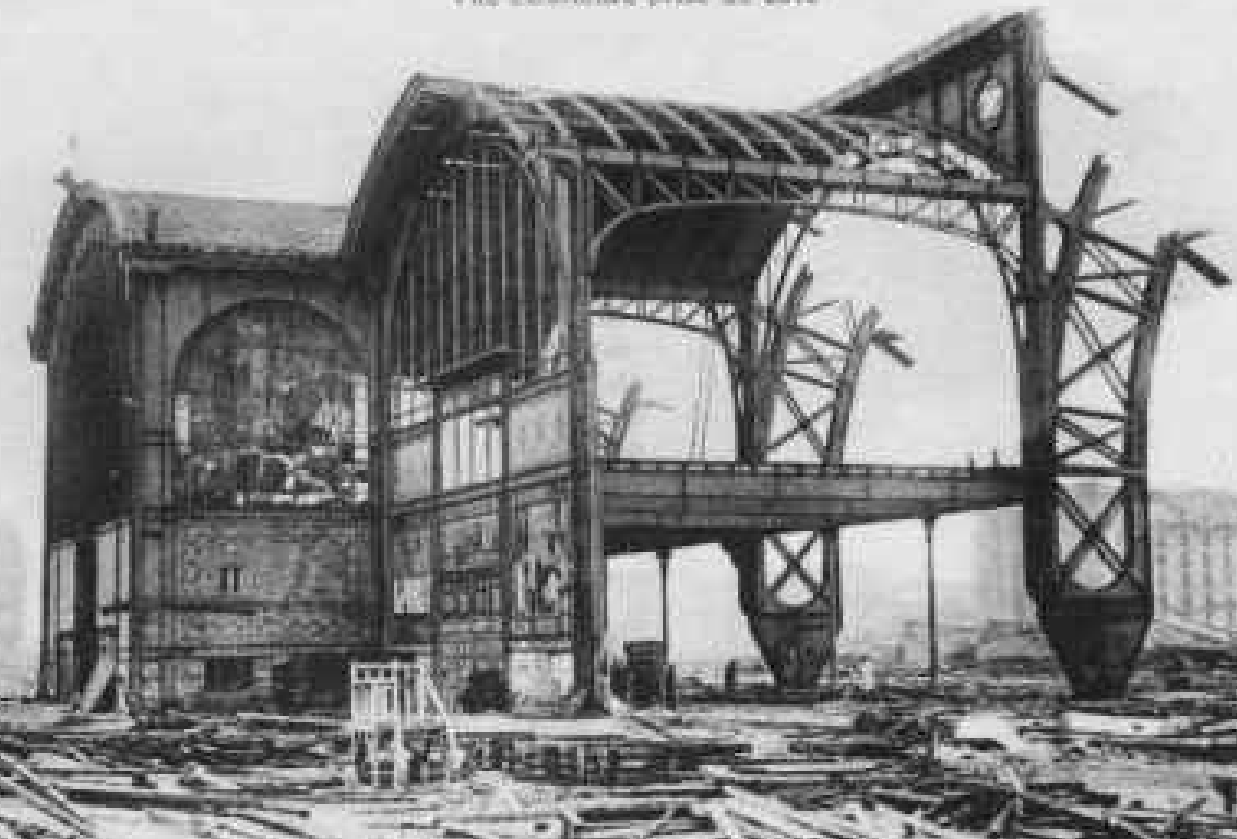


Parigi, **Galerie des Machines**, Expo 1889



Le dernier souvenir de la Galerie des Machines (Première partie abattue en Février 1910)

Vue extérieure prise de côté



L'immensa struttura ad archi a tre cerniere della *Galerie o Palais des Machines* fu progettata dall'architetto Ferdinand Dutert, coadiuvato dagli ingegneri Contamin, Pierron, Charton, Eiffel.



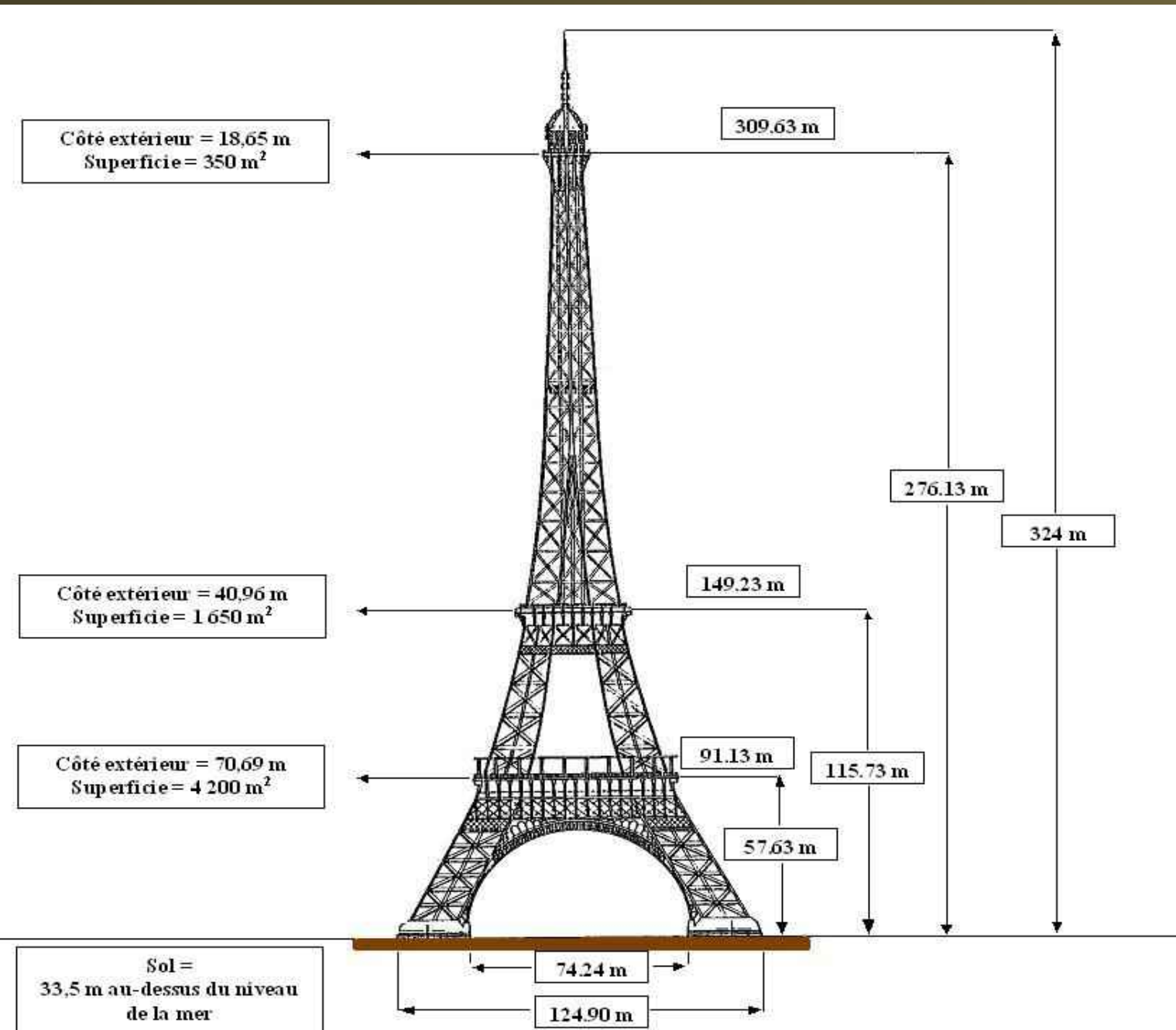
174 PARIS. — La Galerie des Machines et la Grande Rue.

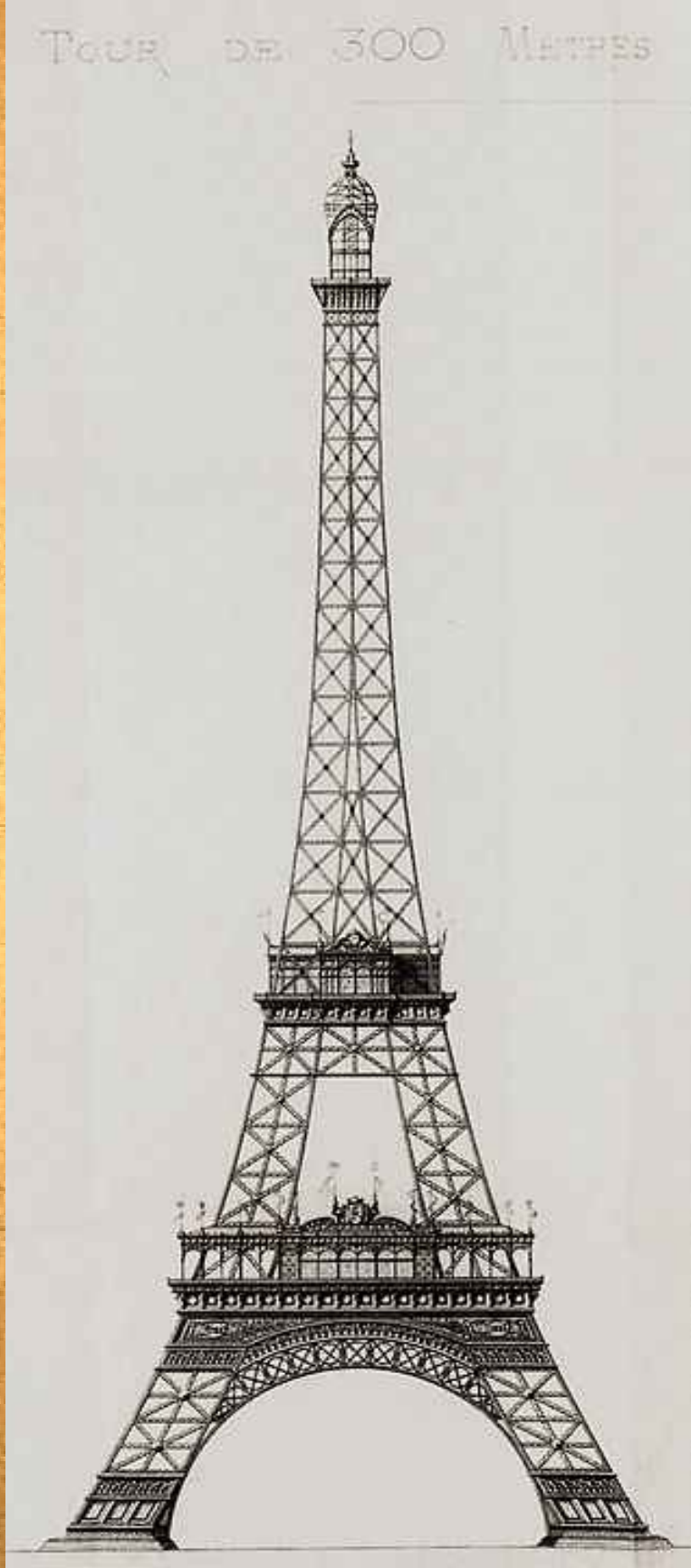
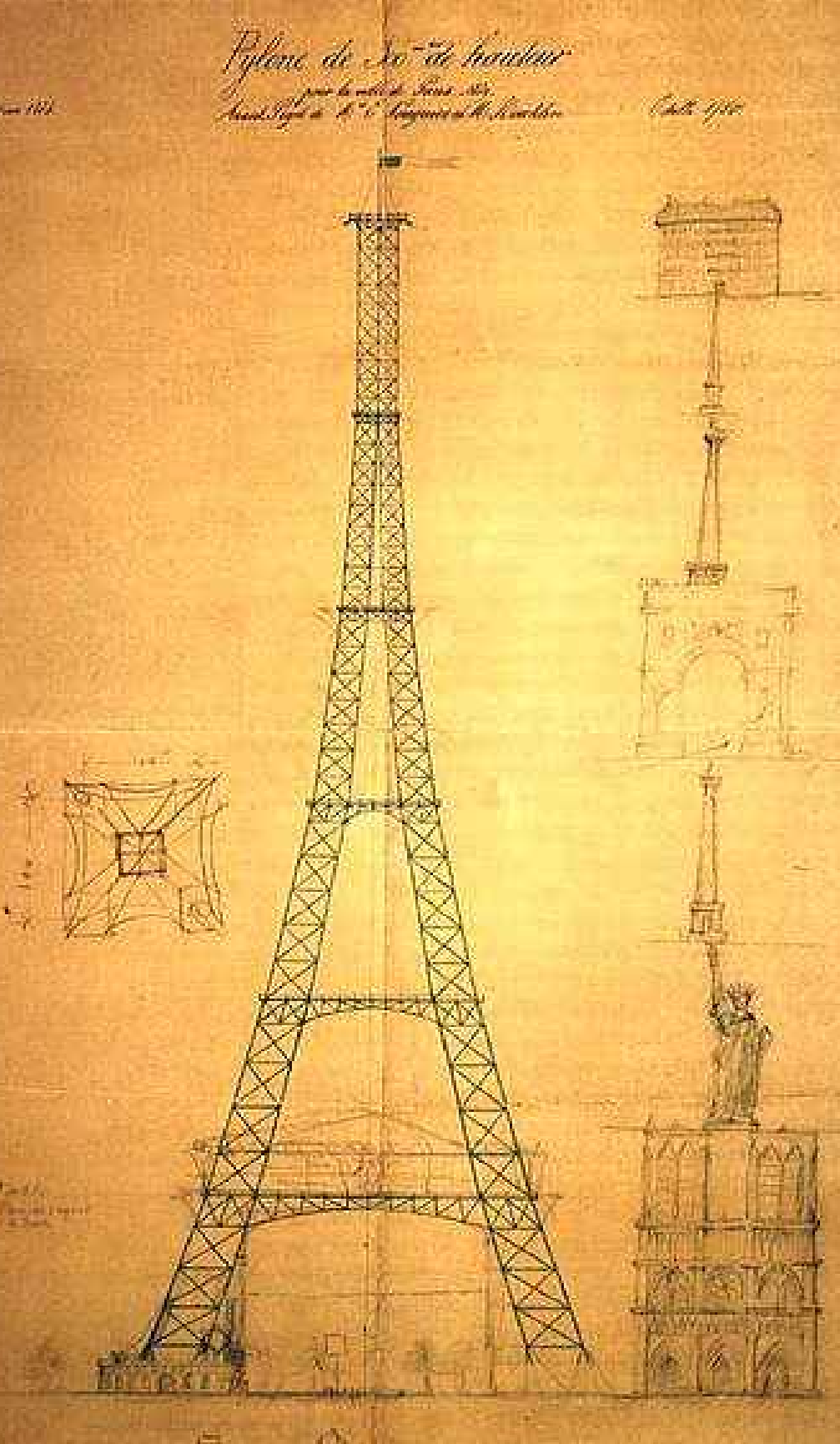


La lezione delle serre: “Nel gotico, le pareti si intrecciavano ai soffitti – nei padiglioni di ferro come [...] quello delle macchine di Parigi, **il soffitto si trasforma nelle pareti, senza soluzione di continuità**” (A.G. Meyer, *Eisenbauten*, Esslingen 1907, cit. in Benjamin 2002, p. 170).

“La Galerie des machines [...] venne abbattuta nel 1910 «per sadismo artistico»” (ivi, p. 169).

La **Tour Eiffel**, eretta a Parigi in occasione dell'Esposizione Universale del 1889. Per la costruzione a elementi reticolari chiodati furono impiegate **7300 tonnellate di ferro forgiato**. Dopo molte polemiche per l'impatto ambientale ed estetico, si conservò quella che era stata ideata come manifesto della moderna equazione fra la tecnologia più avanzata delle costruzioni e la bellezza delle linee strutturali. Struttura non del tutto pura, dati i quattro archi alla base e i decori ornamentali del primo e secondo livello (v. foto d'epoca), che poi vennero rimossi.





A sinistra, il “**Pilone** di 300 metri d'altezza” ideato nel **1884** da **Émile Nougier** e **Maurice Koechlin**, ingegneri dell'impresa **Eiffel Constructions Métalliques**. A destra, la “**Tour**” elaborata sulla base della scarna idea precedente dal capo ingegnere della società Eiffel, **Stephen Sauvestre**. La costruzione “subito assume valore emblematico delle ricerche degli ingegneri intorno al telaio di ferro come soluzione per strutture di grande altezza” (G. Fanelli - R. Gargiani, *Storia dell'architettura contemporanea*, Roma-Bari 1998, p. 7).



## Stazioni ferroviarie

A parte casi come quello 'funzionalista' di Birmingham, gli esterni delle stazioni 'nascondono' il prosaico tecnologismo interno con esterni Beaux-Arts.

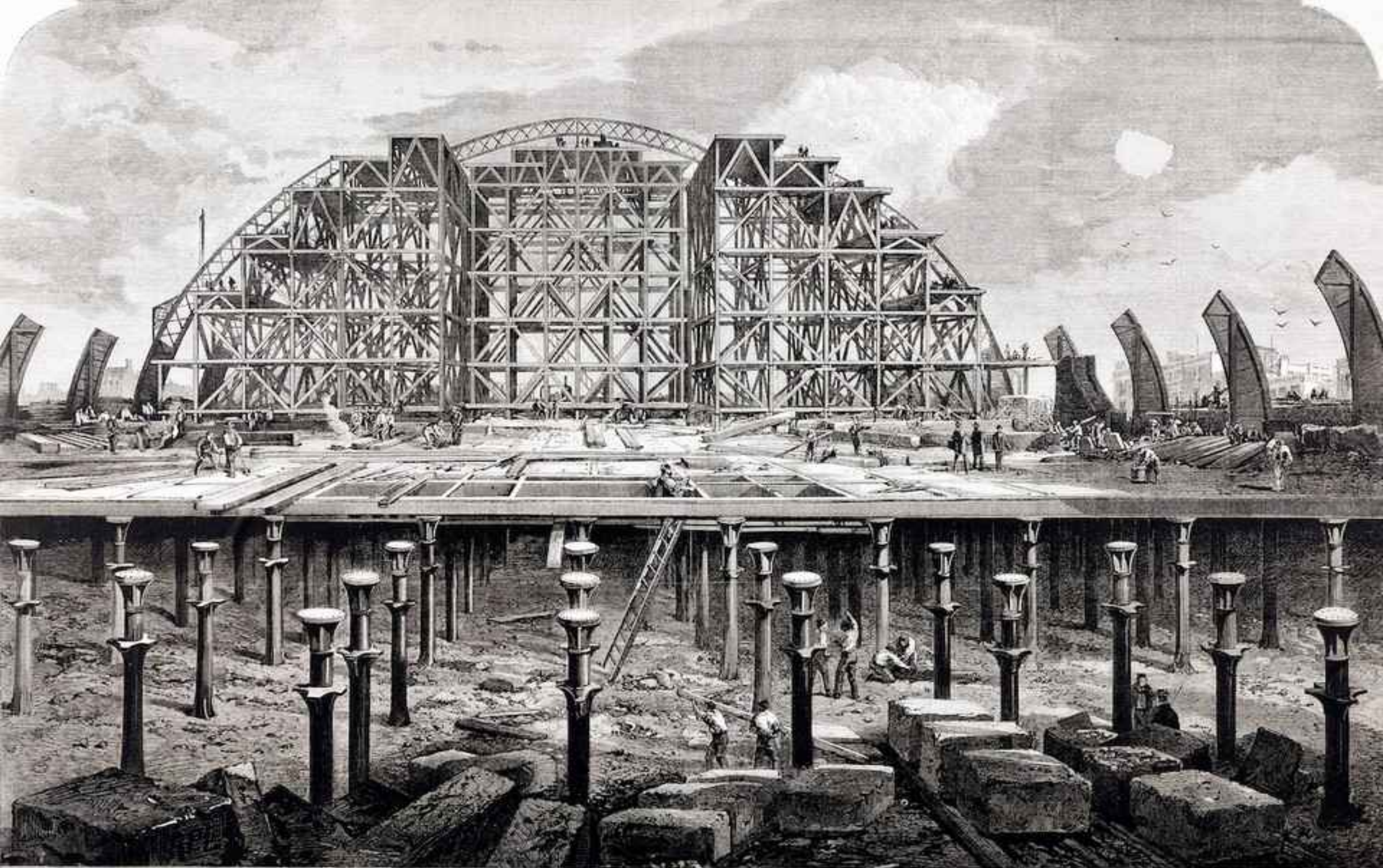


New Street Station  
c.1885



**Birmingham, Stazione ferroviaria di New Street**, progettata da A. E. Coowper della ditta Fox, Henderson & Co., entrata in uso nel 1852 circa, inaugurata nel 1854. **La copertura in ferro e vetro (lunga m 256, larga m 65) fu all'epoca la più grande del mondo.**

**Londra, Stazione St Pancras**, progetto tecnico dell'ing. William Henry Barlow (1865). Galleria di testa lunga m 207, larga 72, alta 30 m.



TOR WOOD AT THE SITE OF THE HIGHWAY RAILWAY BRICKEN, KENTON ROAD.

La struttura in acciaio della stazione di St Pancras a Londra in costruzione



New York, **Pennsylvania Station**, progettata da McKim, Mead, e White, completata nel 1910, demolita nel 1964.



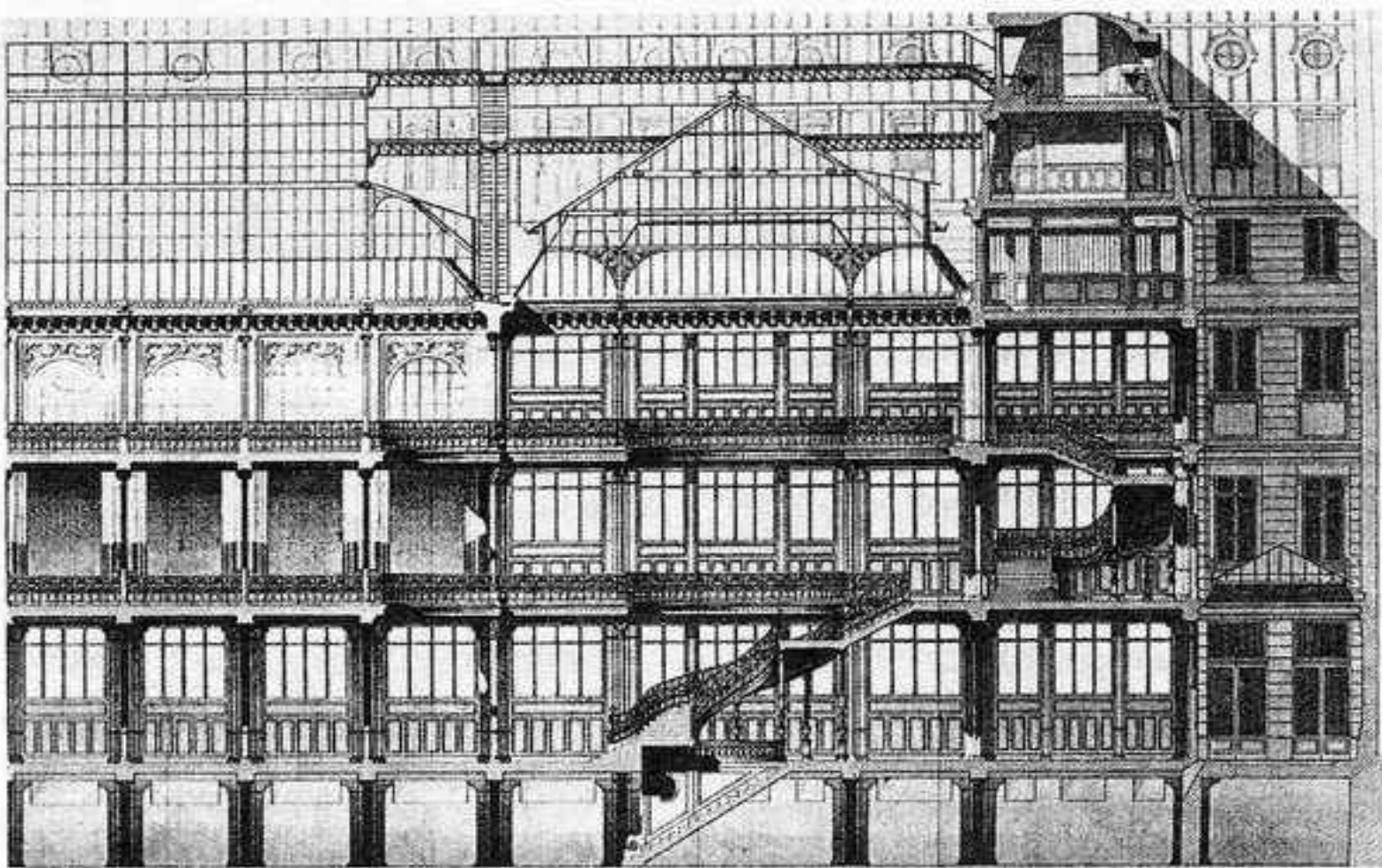
Roma, Terme di Caracalla  
Ricostruzione grafica



## Edifici commerciali



Due edifici a Liverpool antesignani del futuro *curtain wall*: Oriel Chambers, 1864, e 16 Cook Street, 1866, di Peter Ellis. La struttura generale è a **scheletro metallico** ma i montanti esterni sono in pietra.



Il nuovo principio generatore della spazialità ostensiva dei grandi magazzini d'invenzione francese (esemplati sui modelli dei "Palazzi di Cristallo" fieristici): immensi santuari della merce per l'infinità dei prodotti offerti. La tipica luminosità pervasiva ha origine nel **Bon Marché di Boileau, consulente Eiffel** (1869-79).

76. Parigi: sezione lungo il vuoto centrale dei grandi magazzini «Bon Marché», nel progetto di L. Boileau, 1876 [PSS].



**Esporre, vedere, acquistare**

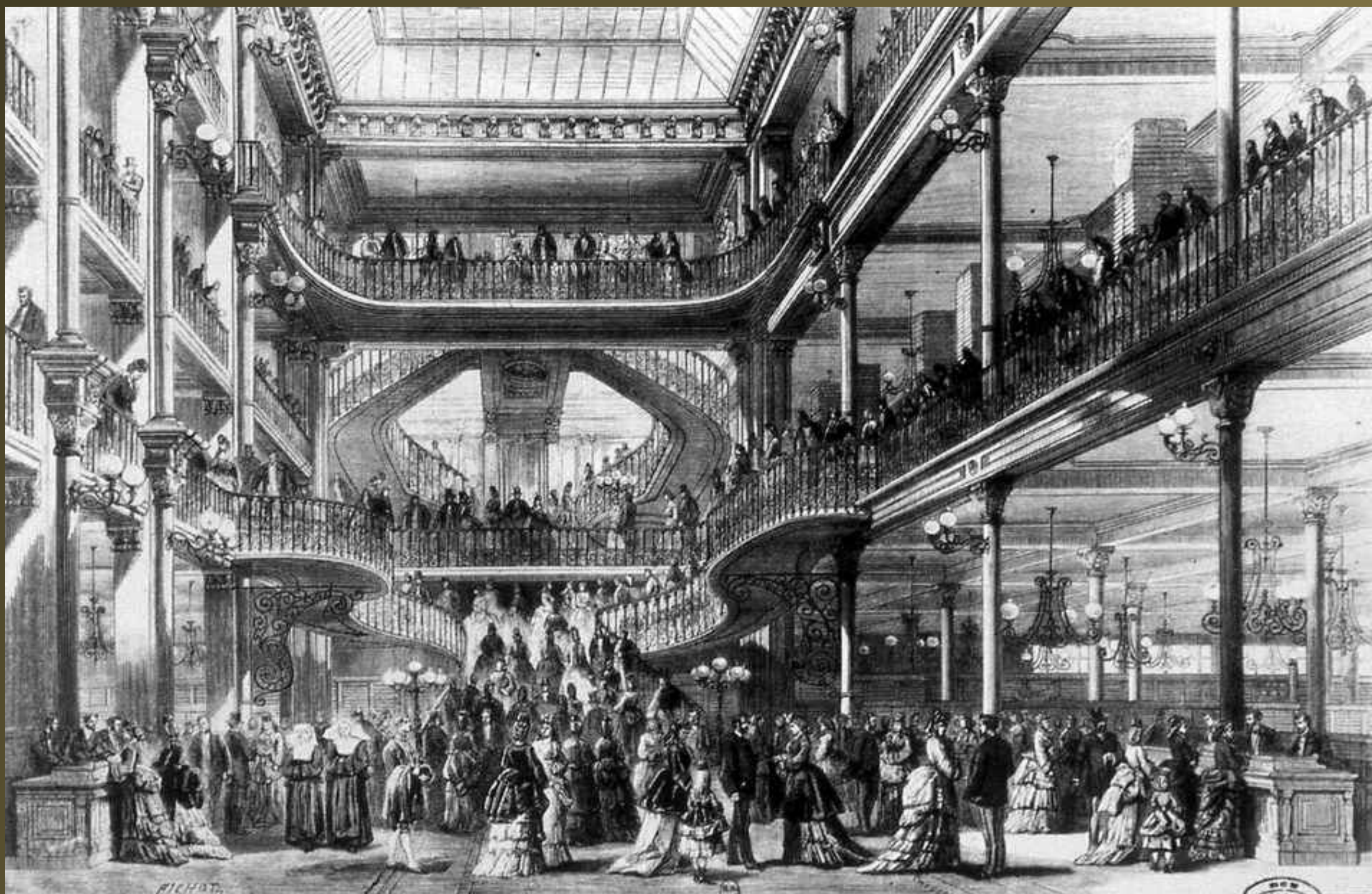


Illustrazione d'epoca del parigino **Bon Marché** (1869-72), ampliato nel 1872-77 da Louis-Charles Boileau e Gustave Eiffel, dotandolo di una **completa copertura in vetro**.



## Parigi, Magasins Printemps

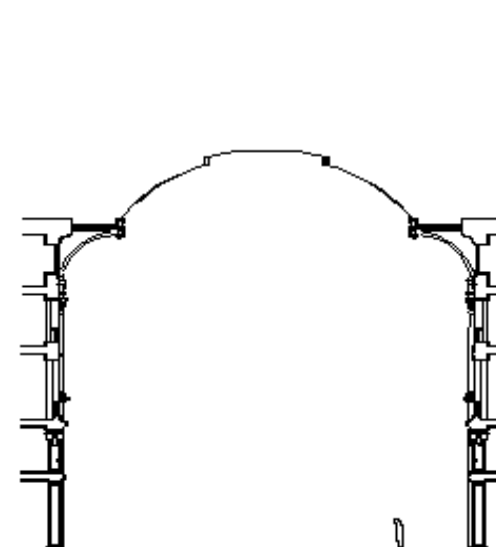
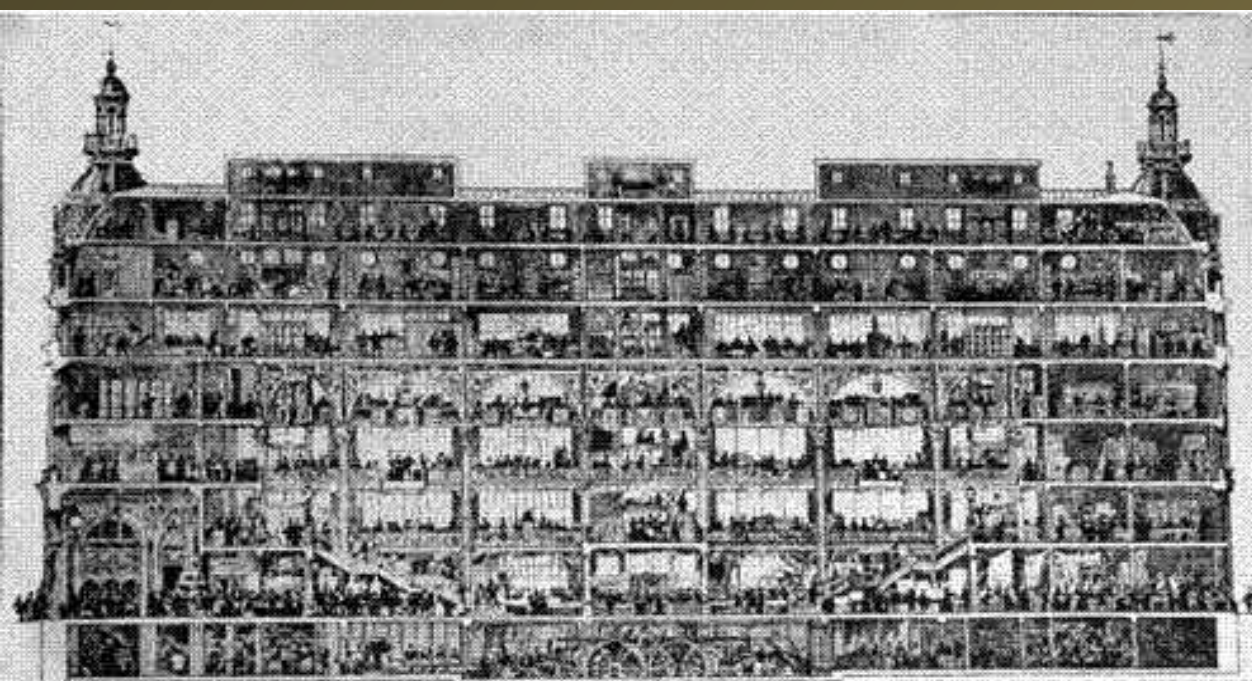
Fondati nel 1865 sul Boulevard Haussmann. Edificio ricostruito dopo un incendio nel 1881 da Paul Sédille, inaugurato nel **1883**. Lo spettacolo consumistico trova nel ferro e nel vetro dei **vasti lucernari** l'ideale versatilità strutturale e scenografica.



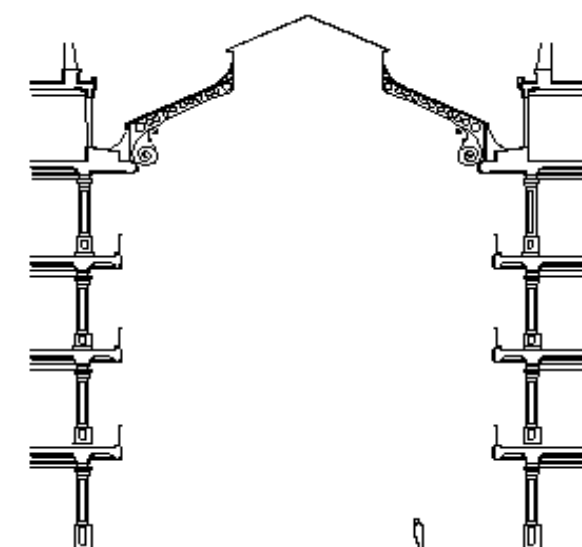
4171. PARIS - Boulevard Haussmann



Sala cupolata in vetro dei Magasins Printemps, ricostruiti nel 1907-10 da René Binet dopo una grave crisi dell'azienda.  
Sotto: Sezione dell'edificio precedente.

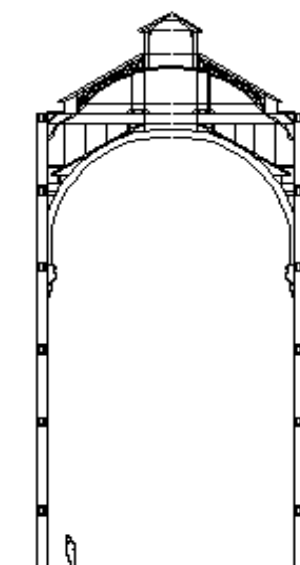


Le Louvre - Hall des soieries (A. Armand, 1855)

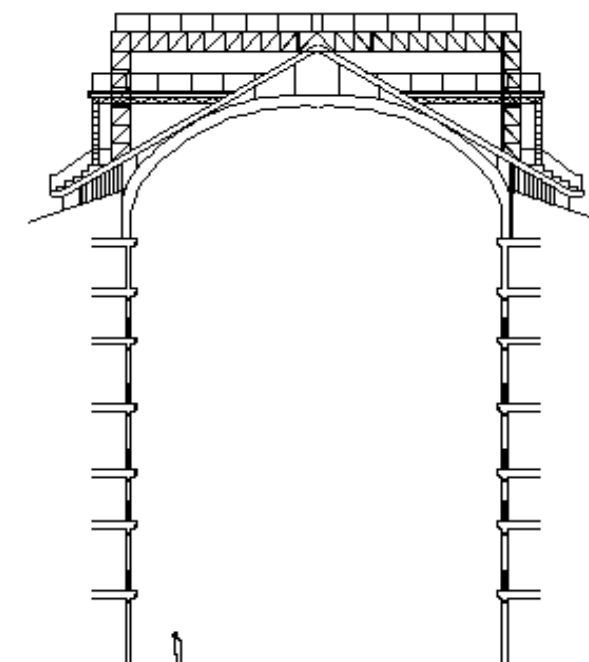


À la Belle Jardinière (H. Blondel, 1867)

0 5 10 15 20 25 mts.



Au Printemps (P. Sédille, 1882)

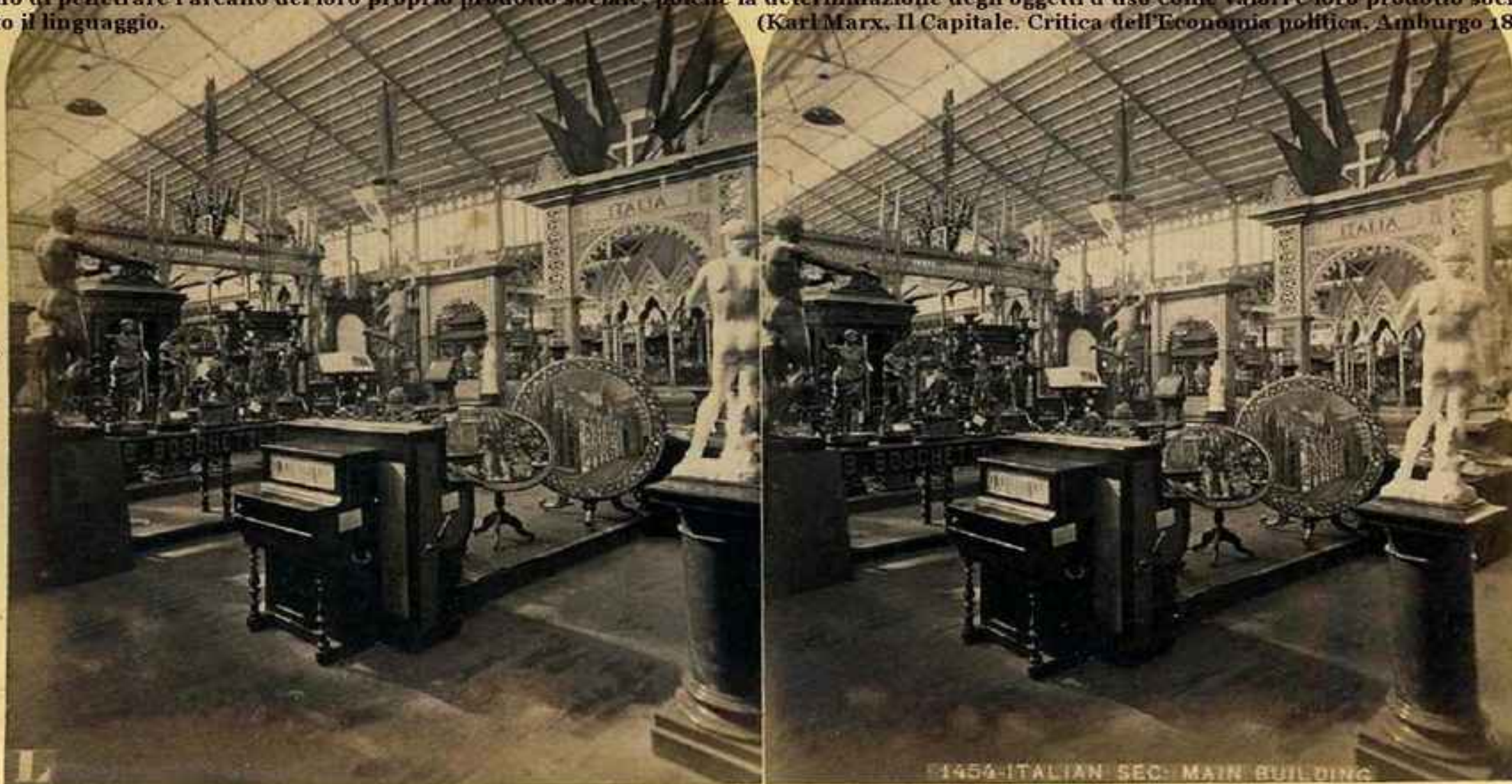


La Samaritaine - magasin n° 2 (F. Jourdain, 1907)

Sezioni di gallerie centrali di grandi magazzini di Parigi realizzati fra secondo Ottocento e inizi Novecento: alte navate di **'cattedrali'** della moderna **'religione'** laica del **consumismo**.

A prima vista, una MERCE sembra una cosa triviale, ovvia. Dalla sua analisi, risulta che è una cosa imbrogliatissima, PIENA DI SOTTIGLIEZZA METAFISICA E DI CAPRICCI TEOLOGICI.... P. es. quando se ne fa un tavolo, la forma del legno viene trasformata. ... Ma appena si presenta come merce, il tavolo si trasforma in una cosa sensibilmente sovrasensibile. Non solo sta coi piedi per terra, ma, di fronte a tutte le altre merci, si mette a testa in giù, e sgomitola dalla sua testa di legno dei grilli molto più mirabili che se cominciasse spontaneamente a ballare. Dunque, il CARATTERE MISTICO DELLA MERCE non sorge dal suo valore d'uso. E nemmeno sorge dal contenuto delle determinazioni di valore. ... il valore trasforma ogni prodotto di lavoro in UN GEROGLIFICO SOCIALE. In seguito, gli uomini cercano di decifrare il senso del geroglifico, cercano di penetrare l'arcano del loro proprio prodotto sociale; poiché la determinazione degli oggetti d'uso come valori è loro prodotto sociale quanto il linguaggio.

(Karl Marx, Il Capitale. Critica dell'Economia politica, Amburgo 1867)



Centennial Photographic Co. Philadelphia

International Exhibition, 1876.

Filadelfia, Esposizione internazionale del Centenario, 1876, sezione italiana

Rispetto all'evidenza di un "carattere mistico della merce", l'Ottocento borghese, eclettico e industriale, scopre nel ferro e nel vetro le stesse potenzialità della "struttura diafana" della cattedrale gotica. Analoga in entrambi i casi l'esigenza di visione, dalle cui distinte risoluzioni architettoniche derivano analoghi effetti psicologici, pur in tanta diversità di ideologie e liturgie.

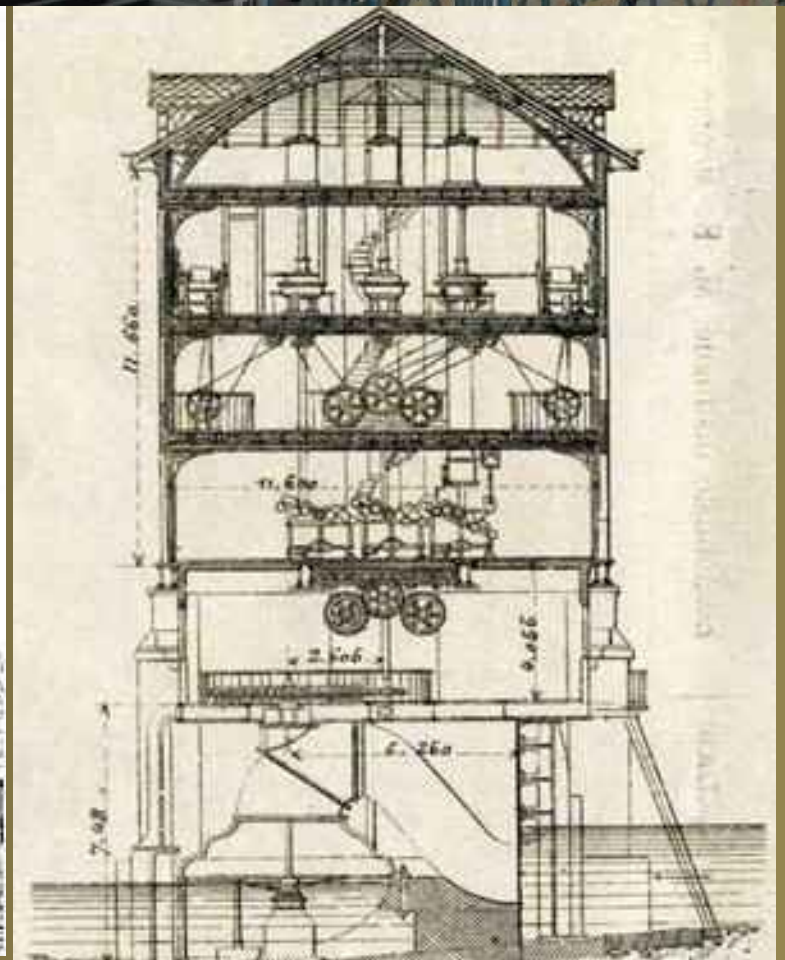
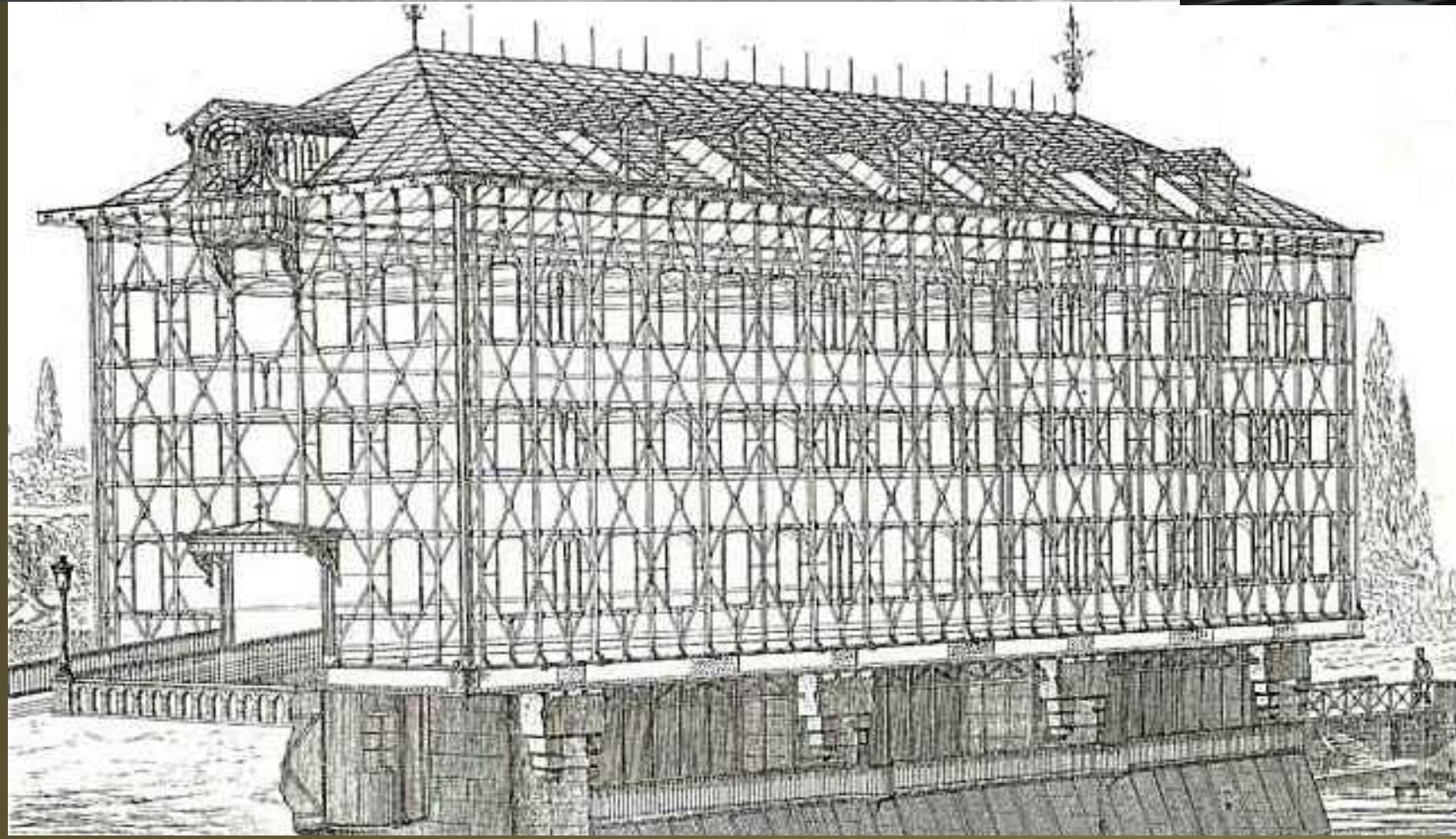
## Terzo periodo L'età dell'acciaio

1855: l'inglese Henry Bessemer inventa un processo di **produzione dell'acciaio a larga scala industriale**.

Si adottano **putrelle in acciaio a doppio T** in costruzioni industriali. In Francia, il **Moulin Menier** (1871-73, arch. Jules Saulnier) a Noisel-sur-Marne, principale industria cioccolatiera del mondo, è la **prima costruzione a scheletro a vista in profilati metallici**. Viollet le Duc la ritenne esemplare costruzione moderna.



“L’edificio [...] è costruito su quattro travi cave in ferro di sezione quadrata; ed è **la prima costruzione in cui lo scheletro in ferro è messo in condizioni di reggere l’intero peso**. Questo scheletro appare sulla superficie delle pareti esterne; le quali, costruite in mattoni vuoti, servono di semplice riempimento. I rinforzi diagonali in ferro mostrano chiaramente che Saulnier si ispirò in parte ai [vecchi] sistemi in uso nelle costruzioni in legno” (Giedion 1964 [1941], p. 195).

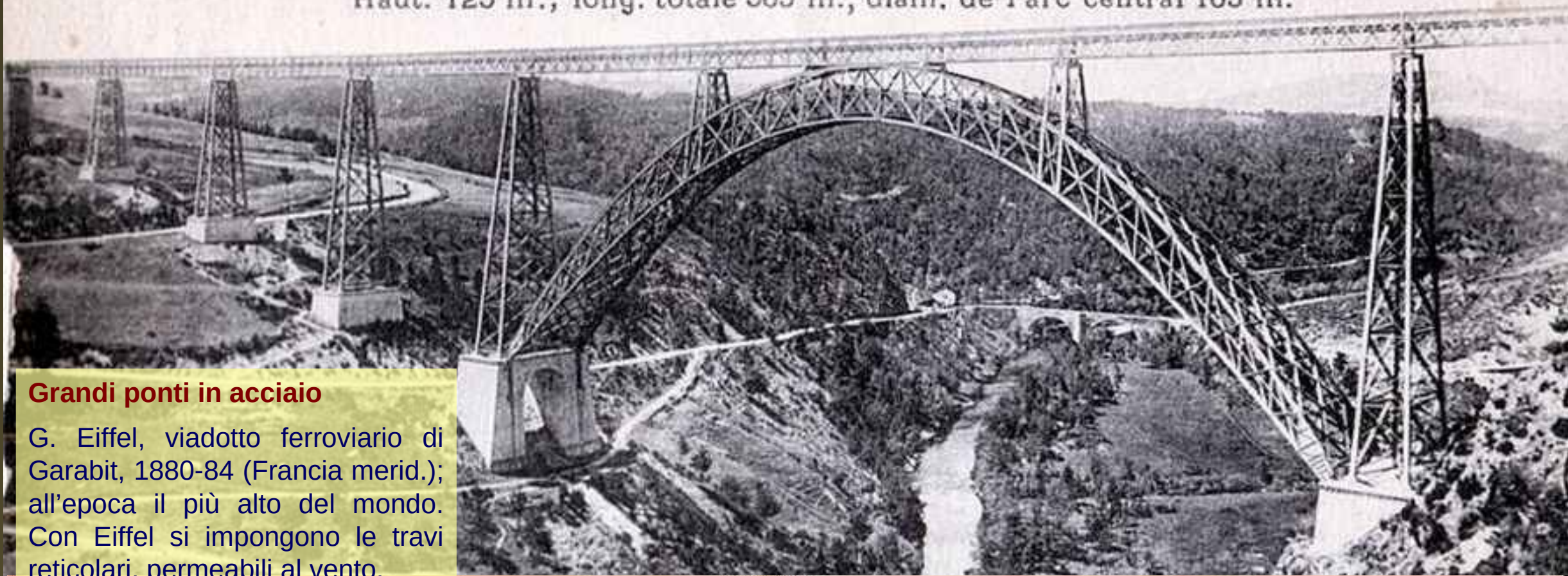






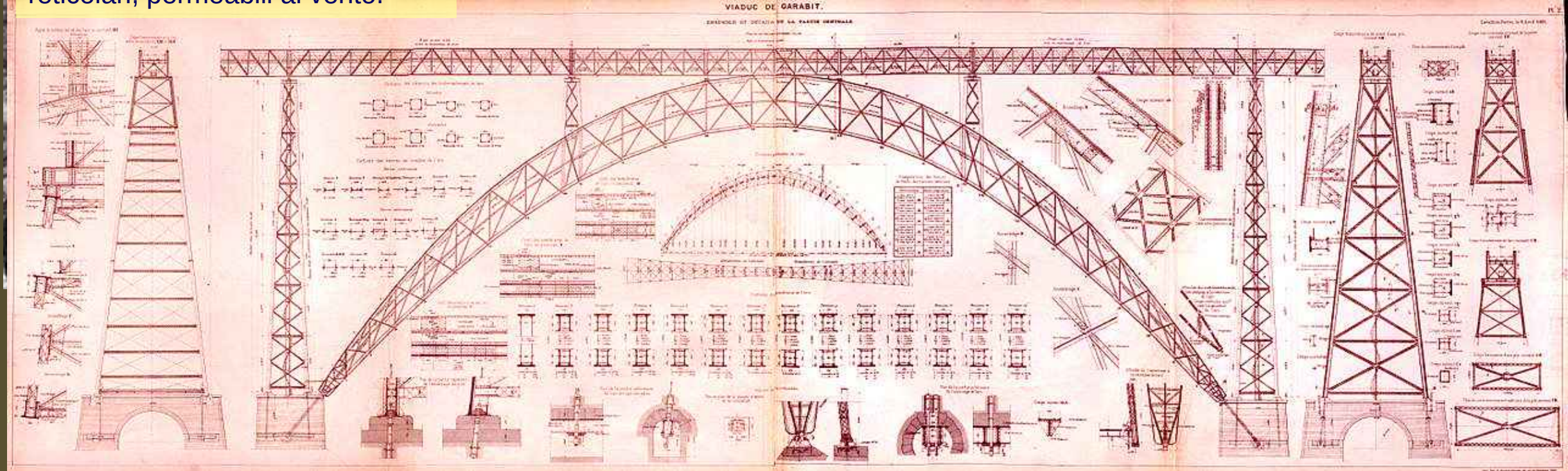
Prima della fabbrica francese di cioccolato, in Inghilterra (Kent) il **Boat Store** del Naval Dockyard di Sheerness (1856-60; progetto del colonnello Godfrey Greene), a struttura mista di pilastri a doppio T in ghisa e travi in ferro dolce, fu una **precoce costruzione a scheletro metallico** che “anticipava sia la sezione tipo che il metodo di montaggio delle moderne costruzioni a struttura d'acciaio” (Frampton 2012 [1982], cap. 3).

541. GARABIT (Cantal) — Le viaduc et la vallée de la Truyère  
Haut. 125 m., long. totale 565 m., diam. de l'arc central 165 m.



### Grandi ponti in acciaio

G. Eiffel, viadotto ferroviario di Garabit, 1880-84 (Francia merid.); all'epoca il più alto del mondo. Con Eiffel si impongono le travi reticolari, permeabili al vento.

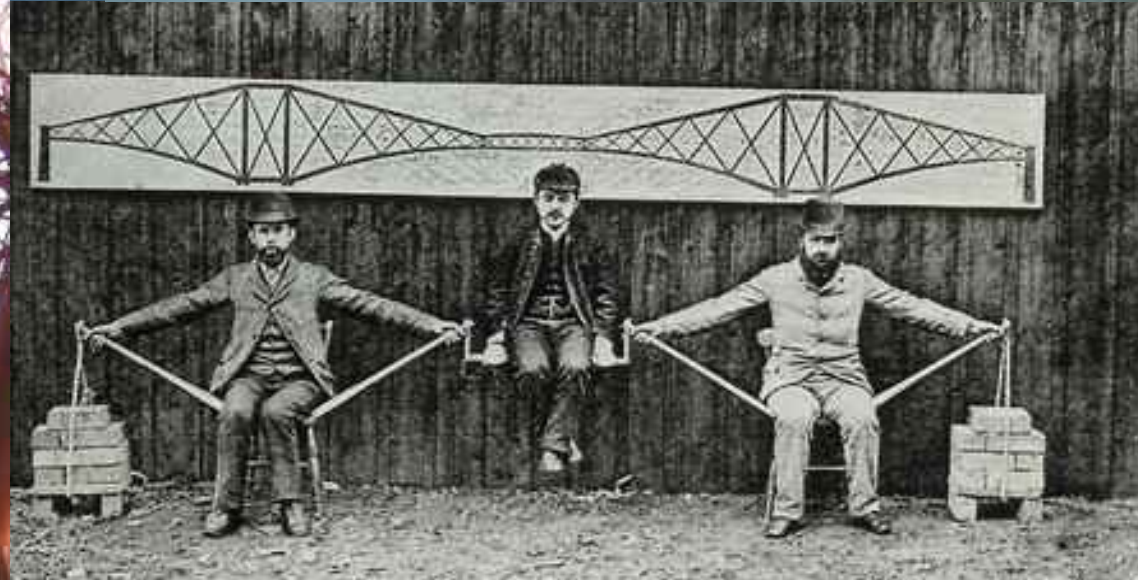


## Forth Rail Bridge presso Edimburgo, 1883-90

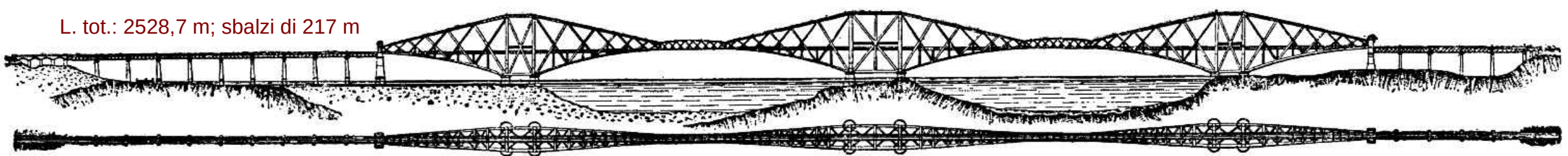
Progetto: ingegneri John Fowler e Benjamin Baker



Il viadotto ferroviario fu la più grande struttura (tubolare) in acciaio del Regno Unito: fino al 1917 il **maggior ponte a sbalzo (cantilever bridge) del mondo**. Furono impiegati 6,5 milioni di **rivetti** (chiodi per collegamenti fissi di lamiera). Come la Tour Eiffel, coniugò tecnica ed estetica in enorme dimensione.



L. tot.: 2528,7 m; sbalzi di 217 m



## BIBLIOGRAFIA

Peter **Perlyn** - Charles **Fowler jr**, *The Crystal Palace: its Architectural History and Constructive Marvels*, London, James Gilbert, 1851.

<https://archive.org/details/crystalpalaceits00berl> ; [https://en.wikisource.org/wiki/The\\_Crystal\\_Palace](https://en.wikisource.org/wiki/The_Crystal_Palace)

Walter **Benjamin**, *I "passages" di Parigi* [1927-40], a cura di R. Tiedermann, Torino, Einaudi, 2002.

Sigfried **Giedion**, *Spazio, tempo e architettura. Lo sviluppo di una nuova tradizione*, Milano, Hoepli, 1964<sup>2</sup> (ed. orig.: Cambridge, Mass., 1941), parte III, *Lo sviluppo delle nuove forze*, pp. 155-280.

Henry-Russell **Hitchcock**, *L'architettura dell'Ottocento e del Novecento*, Milano, Edizioni di Comunità, 2000 (ed. orig.: Londra 1958): cap. VII, *L'uso del ferro e del vetro nell'architettura: 1790-1855*, pp. 165-184; cap. XIV, *Il sorgere dell'architettura commerciale in Inghilterra e in America*, pp. 322-348.

Norman **Davey**, *Storia del materiale da costruzione*, Milano, Il Saggiatore, 1965 (ed. orig.: Londra 1961).

Kenneth **Frampton**, *Storia dell'architettura moderna*, Bologna, Zanichelli, 2012 (rist. 2008<sup>4</sup>; I ed. 1982), cap. 3, *Le trasformazioni tecniche: l'ingegneria strutturale 1775-1939*, pp. 22-36, in part. pp. 22-31.

Georg **Kohlmaier** - Barna von **Sartory**, *Houses of Glass. A Nineteenth-Century Building Type*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1986 (ed. orig.: Monaco di Baviera 1981).

Romano **Jodice** - Giulio **Roisecco** - Valter **Vannelli**, *L'architettura del ferro. La Francia 1715-1914*, Roma, Bulzoni Editore, 1973.

R. **Jodice**, *L'architettura del ferro. Gli Stati Uniti*, vol 1 (1776-1876), Roma, Bulzoni, 1988.

G. **Roisecco**, vol. 2 (1876-1893), ivi 1982; vol. 3 (1893-1914), ivi 1980.

Maria Chiara **Torricelli** - Romano **Del Nord** - Paolo **Felli**, *Materiali e tecnologie dell'architettura*, Roma-Bari, Laterza, 2010.

Joël **Sakarovitch**, *Architettura e struttura fra tradizione e scienza della costruzione*, in *Storia della Scienza*, Roma, Treccani, 2012, cap. XXXVIII.

[http://www.treccani.it/enciclopedia/l-eta-dei-lumi-matematica-architettura-e-struttura-fra-tradizione-e-scienza-della-costruzione\\_\(Storia-della-Scienza\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/l-eta-dei-lumi-matematica-architettura-e-struttura-fra-tradizione-e-scienza-della-costruzione_(Storia-della-Scienza)/)

