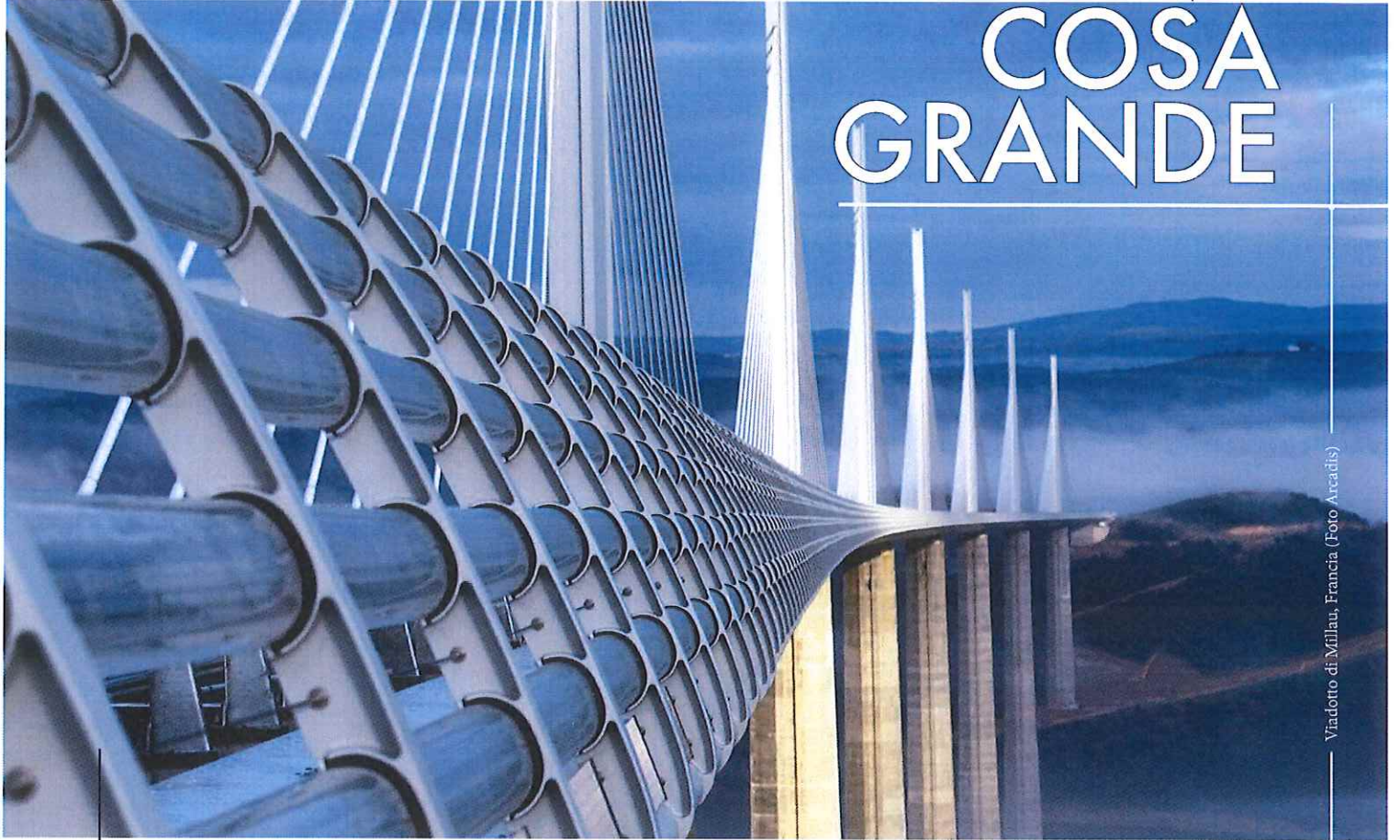


L'UOMO ALL'OPERA
LA GRANDEZZA
DEL COSTRUIRE



COSTRUIRE È UNA COSA GRANDE



Viadotto di Millau, Francia (Foto Arcadis)

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

Costruire è una cosa grande.

Questa è l'idea di fondo che poi si declina in molteplici sfaccettature.

Costruire è un'attività primigenia, determinante nel definire la natura umana. Non siamo gli unici esseri viventi che costruiscono: pensiamo ad esempio alle tele del ragno o ai nidi degli uccelli, o alle meravigliose strutture radiolari dei coralli.

L'ovvia differenza consiste nella **consapevolezza del fare: costruire come frutto di uno sforzo intellettuale, determinato da una consapevole immaginazione.**

Il costruire umano è preceduto dal pensiero: questo è il progetto. **Progettare significa immaginare il futuro, creare quello che prima non c'era, attingendo alla natura delle cose.**

Costruire è innanzitutto avere uno scopo. E condividerlo insieme ad altri. Costruire è anche essere guidati.

Per costruire inoltre occorre ordine.

È necessario seguire l'ordine che già c'è ed è anche necessario fare con ordine. **Costruire è partecipare alla creazione, che è l'opera prima di Dio.**

Ognuno fa un pezzo. Il suo piccolo pezzo. Umilmente. Quotidianamente, ripetitivamente. **Costruire è quindi lavorare.**

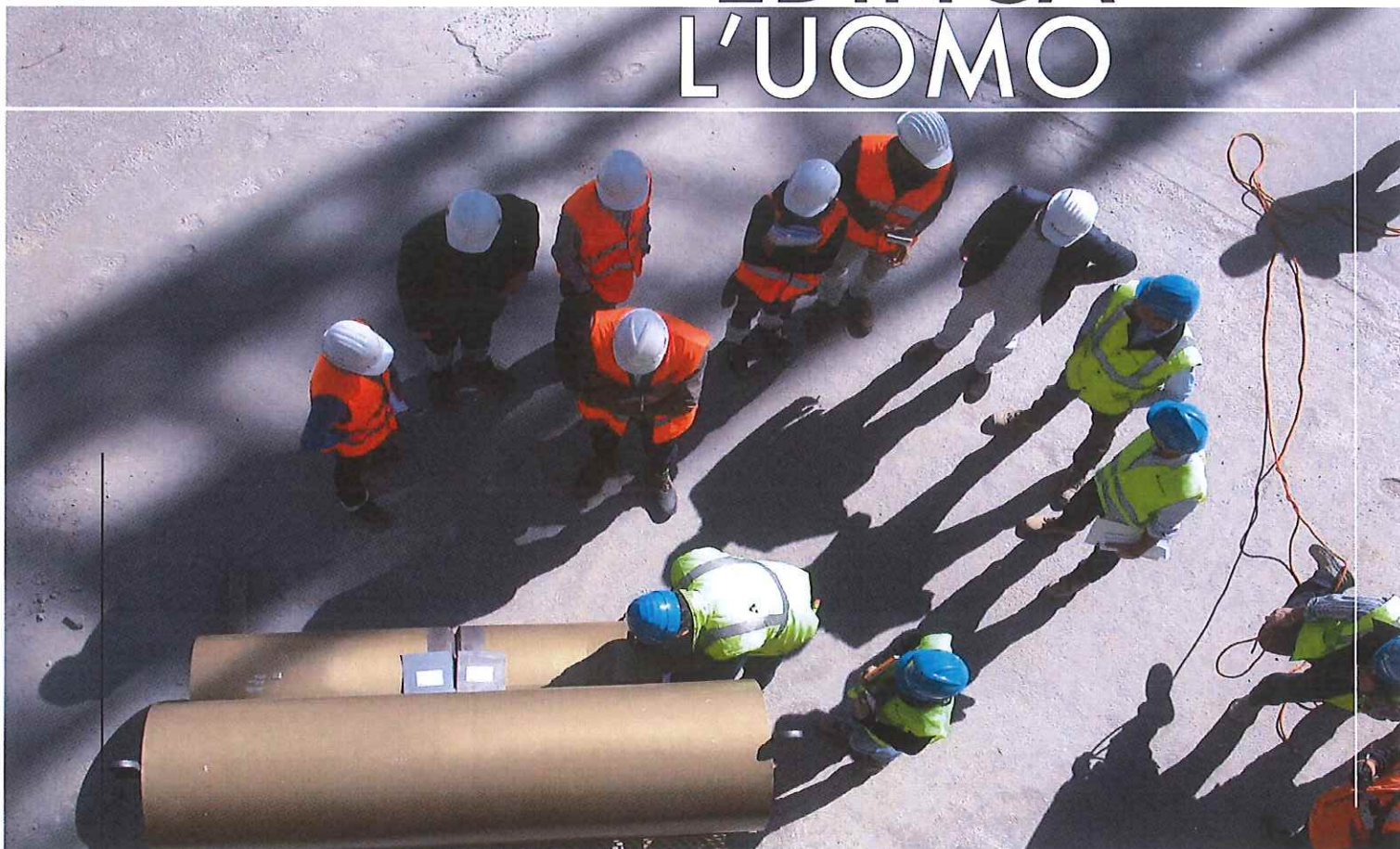
Ogni pezzo, ogni lavoro, è per il tutto. È per il bello. È perché serve. Ed è perché resti. È per qualcosa, ma anche per sé.

Si costruisce qualcosa, ma attraverso quella cosa si costruisce anche se stessi. Il costruire dura una vita, ed è per la propria vita

**L'UOMO COSTRUISCE
E NEL FARLO EDIFICA SE STESSO**

COSTRUIRE EDIFICA L'UOMO

2



L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

"IL COSTRUIRE È, SENZA CONFRONTI, LA PIÙ ANTICA ED IMPORTANTE DELLE ATTIVITÀ UMANE... PER IL FATTO STESSO DI CREARE L'AMBIENTE DELLA NOSTRA CITTÀ, ESERCITA UNA MUTA, MA EFFICACISSIMA, AZIONE EDUCATIVA SU TUTTI".

Pierluigi Nervi,
Costruire Correttamente, 1951

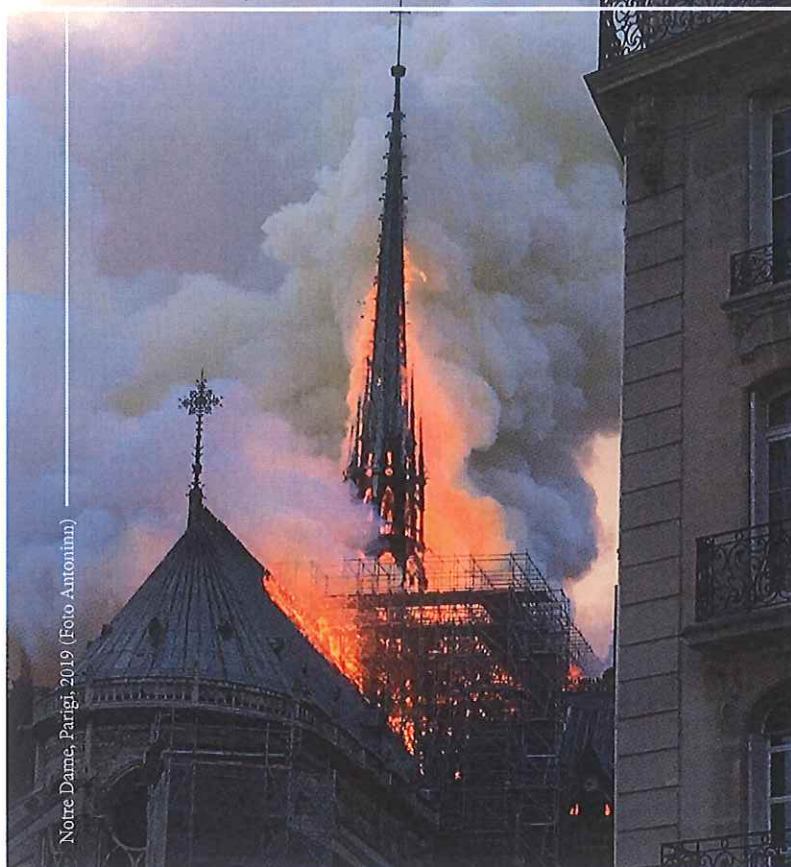
**"YOU START A PROJECT AS A YOUNG PERSON
AND THEN AT THE END
YOU ARE ANOTHER PERSON".**

Santiago Calatrava

**"NACQUE IL TUO NOME DA CIÒ CHE FISSAVI:
SE NEL 2018 ABBIAMO MESSO AL CENTRO LA PERSONA,
L'UOMO CHE CERCA LA FELICITÀ E FA ESPERIENZA DI ESSA,
L'ANNO PROSSIMO ANDREMO ULTERIORMENTE
AL FONDO PER SCOPRIRE DA DOVE PUÒ NASCERE IL VOLTO,
LA FISIONOMIA DELLA PERSONA".**

Emilia Guarnieri
nel presentare il titolo del Meeting di Rimini 2019

IL PUNTO DI PARTENZA LE VERE DOMANDE



Notre Dame, Parigi, 2019 (Foto Antonini)



Ponte Morandi, Genova, 2019 (Foto Alessio Sbarbaro)

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

Le **domande** che nascono spontanee di fronte ad un'opera distrutta sono quasi le stesse che nascono di fronte ad un'opera ancora da costruire.

Sono domande, temi, questioni che nascono solo dall'interesse (dal latino inter-esse, essere in mezzo, partecipare).

«IL MONDO [COSTRUITO], COSÌ COME SI PRESENTA, È ACCETTABILE PER L'UOMO?»

Mette a disposizione lo spazio per la massima dignità umana? Può svilupparsi in modo tale che valga la pena viverci? Queste sono questioni di estremo interesse. Possono essere facilmente accettate e altrettanto facilmente rifiutate, come di fatto è avvenuto.»

(L. Mies Van Der Rohe, Gli scritti e le parole, 1938-1945)

Ma allora, quali sono i criteri per pensare e realizzare?

Per costruire?

Come si rende grande un'opera, degna, ben fatta?

Che cosa rende un'opera vera?

«HAEC AUTEM ITA FIERI DEBENT, UT HABEATUR RATIO FIRMITATIS, UTILITATIS, VENUSTATIS»

«In tutte queste cose che si hanno da fare devi avere per scopo la solidità, l'utilità, e la bellezza»

(Vitruvio, De Architectura, 15 a.C.)

Firmitas: che l'opera stia in piedi, sia solida e duri nel tempo.

Utilitas: che l'opera abbia uno scopo, serva a qualcosa.

Venustas: che l'opera esprima la perfezione della bellezza, nella forma e persino nel movimento.

GLI ESORDI DEL COSTRUIRE

4

Regno Unito, Stonehenge (2100 a.C.)

COSTRUIRE SEGUE LA VITA



Cipro, Choirokoitia: tra i primi villaggi in pietra, abitato dal VII al IV millennio a.C.

L'UOMO SI CIMENTA CON LE PRIME COSTRUZIONI, SCAVANDO RIFUGI NELLA ROCCIA E UTILIZZANDO MATERIALI REPERIBILI IN NATURA

come legno, paglia e fango, a partire dal Paleolitico Superiore (XI millennio a.C.).

COSTRUIRE PER CREARE UN LUOGO

La costruzione delle prime case e villaggi nasce per l'esigenza di dare stabilità, di creare un luogo (scoperta di agricoltura e allevamento). Costruire segue la vita.

Successivamente si introduce l'uso della **pietra**, con i notevoli esempi dei triliti di Stonehenge e delle piramidi egizie del III sec. a.C., e di materiali artificiali come il **laterizio**.

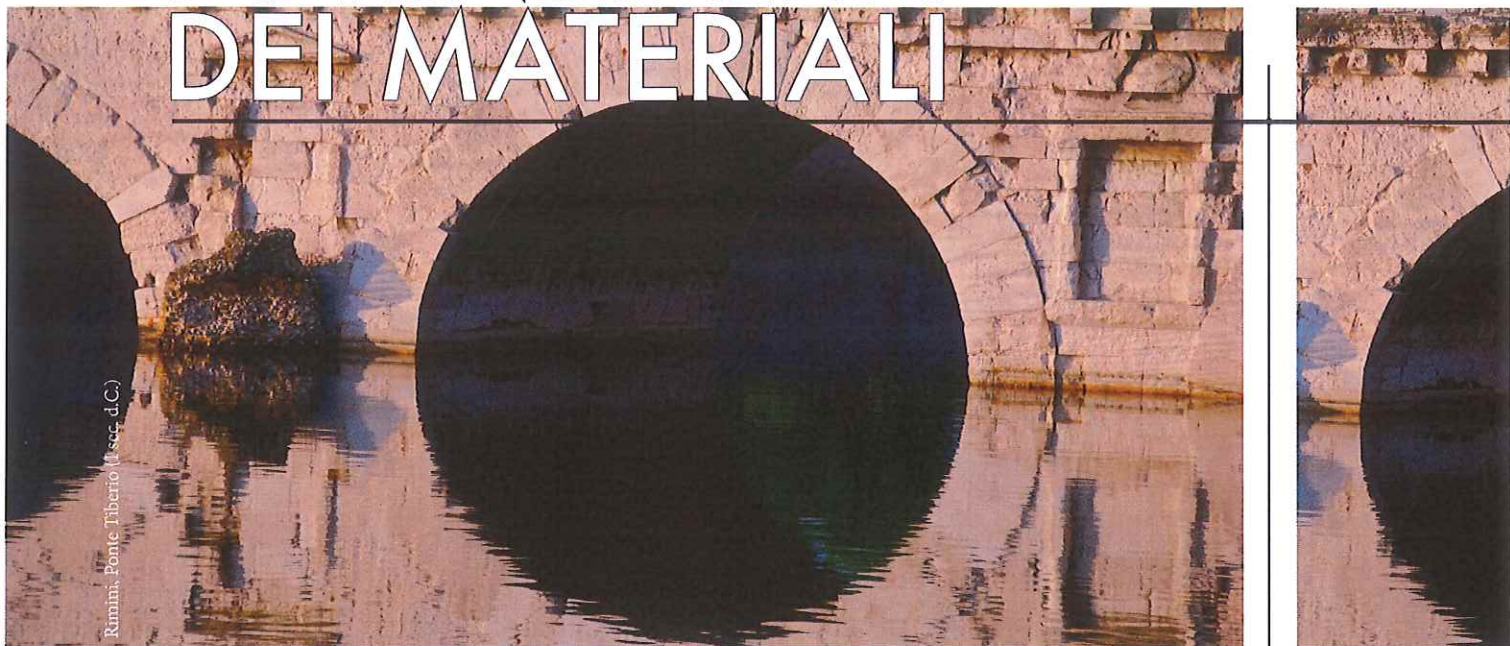
Per l'importanza delle costruzioni realizzate, soprattutto in ambito religioso e funerario, gli egizi devono non solo **sviluppare ingegnosi metodi costruttivi**, ma anche **inventare una unità di misura delle lunghezze efficace e univoca**, che trovano nel cubito reale, la lunghezza dell'avambraccio del faraone, pari a 523 mm, suddiviso in palmi e dita.

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

XI MILLENNIO A.C.

III MILLENNIO A.C.

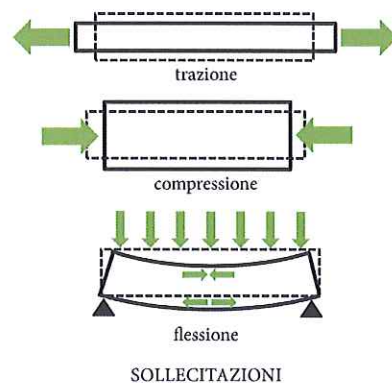
SCOPRIRE LE POTENZIALITÀ DEI MATERIALI



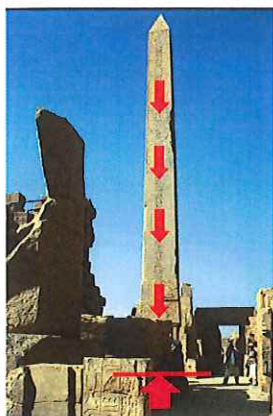
FORMA E MATERIALE: NASCE IL PROGETTO

Il ferro era già stato ottenuto nel IV millennio a.C. facendo riscaldare rocce meteoritiche contenenti minerali di ferro, ma solo intorno al 1200 a.C. inizia l'Età del Ferro. Tale materiale viene utilizzato per realizzare utensili, gioielli e armi perché è un **materiale molto malleabile, ma non adatto per reggere i carichi delle strutture**, perché ricco di scorie e poco resistente.

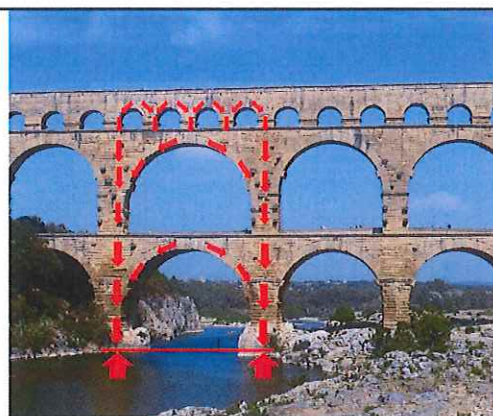
Nel IV sec. a.C. in Grecia in alcuni forni si riescono a raggiungere i 1200°C, temperatura a cui il ferro, combinato con un'elevata quantità di carbonio (circa 4%), dà vita alla ghisa, **materiale ben resistente a compressione, ma non altrettanto a trazione e fragile**. Tale materiale verrà poi utilizzato per le costruzioni molti secoli più tardi.



L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE



Obelisco di Karnak (XV sec. a.C.)



Francia, Pont du Gard (I sec. a.C.)

L'uso di **murature di mattoni** si diffonde in maniera estesa solamente in epoca romana, associato all'utilizzo sistematico dell'arco, già introdotto dagli Etruschi che non ne avevano colto però le potenzialità. Nella stessa epoca si assiste anche ad un massiccio utilizzo del **legno** per la costruzione di edifici e dei tetti delle basiliche (IV-V sec. d.C.), delle **malte** e dell'**opus caementitium**.

SFRUTTANDO LA GEOMETRIA DELL'ARCO, I ROMANI RIESCONO A OTTIMIZZARE L'USO DELLA PIETRA, MATERIALE CHE LAVORA BENE A COMPRESSIONE, MA NON A TRAZIONE

II MILLENNIO A.C.

I SECOLO A.C.

I ROMANI E L'OPUS CAEMENTICIUM

L'UOMO PLASMA IL MATERIALE

Le grandi opere nascono come risposta alle esigenze della vita pubblica e militare, sfidando l'uomo a una continua ricerca della miglior soluzione nel rispetto dei vincoli dei materiali che ha a disposizione. L'arco, ad esempio, è la forma che meglio sfrutta le caratteristiche meccaniche dei materiali lapidei, permettendo di coprire luci molto maggiori di quelle ottenibili con le architravi greche.

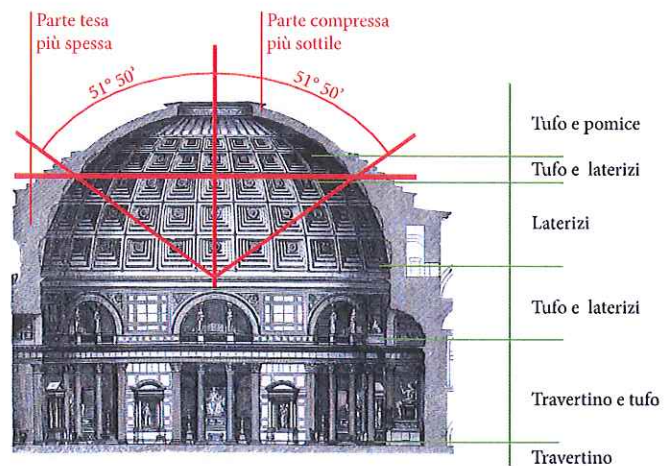
Roma, Pantheon (II sec. d.C.)

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

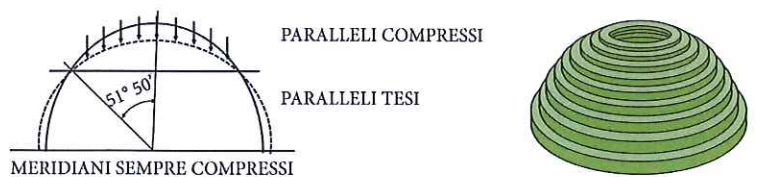
I romani iniziano ad utilizzare l'opus caementicium, avente come legante la calce viva, ottenuta bruciando pietre calcaree, successivamente immerse in acqua, per ottenere la calce idrata o calce spenta. La polvere così prodotta viene miscelata con cenere e pezzi di mattoni, piastrelle e tufo.

I romani hanno anche scoperto che, se si sostituisce alla calce idrata la cenere vulcanica presente nei pressi del Vesuvio, chiamata pozzolana (*pulvis puteolanum*), **la miscela ottenuta indurisce anche sott'acqua, potendosi così utilizzare per la costruzione di strutture sommerse**, quali fondazioni di pile di ponti. Questo materiale, che è anche il segreto della durabilità delle loro costruzioni, non è più stato utilizzato dopo la scomparsa dell'Impero Romano.

Il calcestruzzo odierno è una miscela di aggregati (inerti quali sabbia e ghiaia) e cemento (legante) che, a contatto con l'acqua, dapprima diventa una pasta morbida ma poi indurisce, fino a diventare solida e molto più resistente del laterizio, assumendo una forma qualsiasi.



USO DEI MATERIALI SECONDO PESO PROPRIO E CARATTERISTICHE MECCANICHE

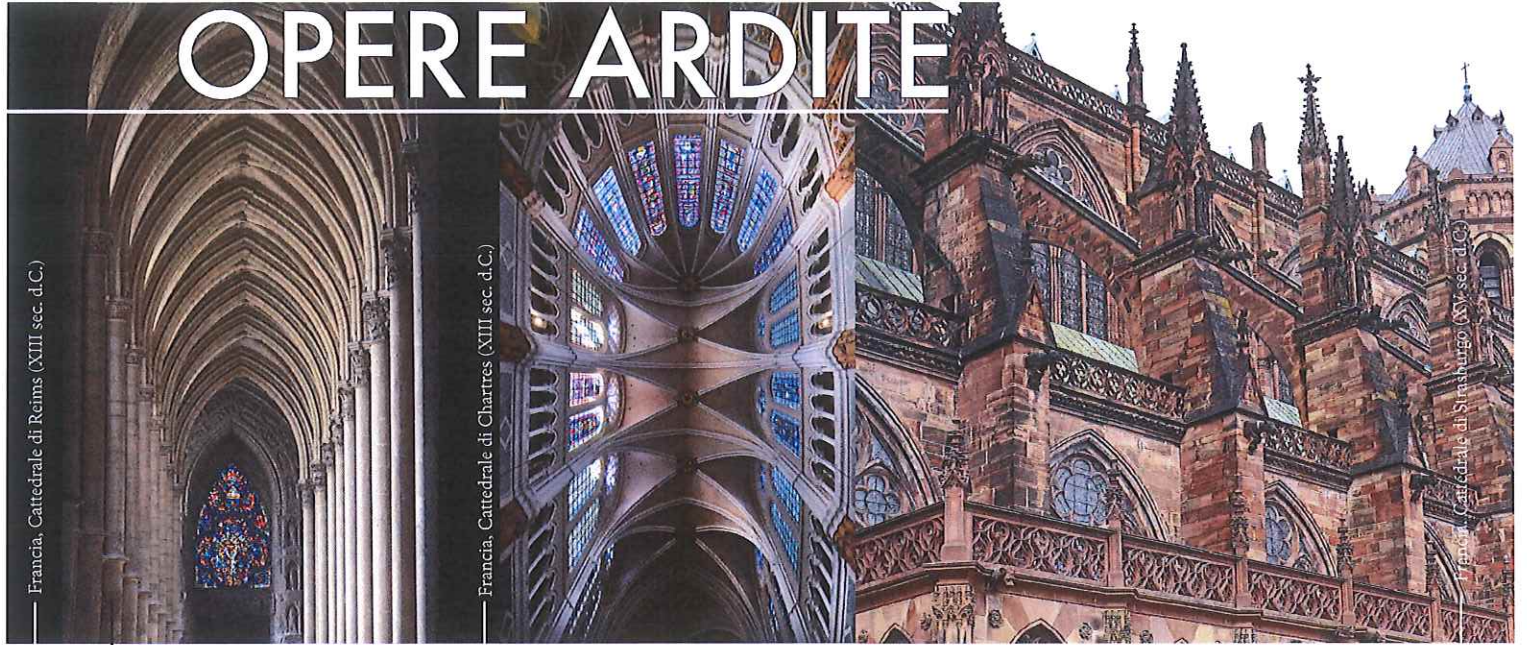


Un esempio eclatante di utilizzo dell'opus caementicium associato alla forma a cupola è il Pantheon, con i suoi 43 m di diametro interno. Ogni anello chiuso, essendo incomprimibile, non può cadere all'interno del precedente. Non esiste quindi, come nell'arco, il concio in chiave.

I SECOLO D.C.

IV SECOLO D.C.

MATERIALI E FORME PER CREARE OPERE ARDITE



Francia, Cattedrale di Reims (XIII sec. d.C.)

Francia, Cattedrale di Chartres (XIII sec. d.C.)

Francia, Cattedrale di Strasburgo (XV sec. d.C.)

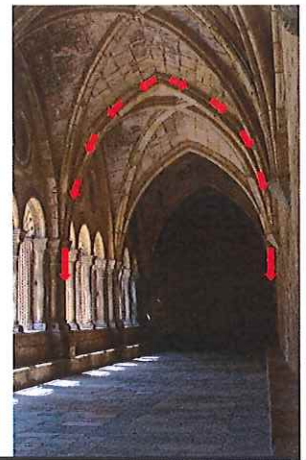
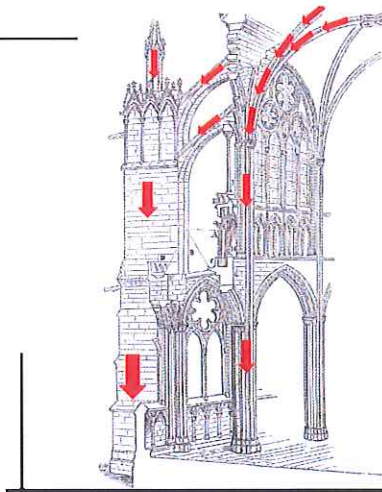
IN EPOCA MEDIEVALE L'INNOVAZIONE NELLE ARCHITETTURE SI TROVA NEL TENTATIVO DI ALLEGGERIRE LE COSTRUZIONI, RENDENDOLE SEMPRE PIÙ SNELLE E SLANCIATE, SFRUTTANDO AL MASSIMO LE CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA PIETRA

Spagna, Tarragona, Monastero di Santa Maria Poblet (XII-XIV sec. d.C.)

Le tipologie strutturali di tutte le costruzioni antecedenti al XVIII secolo d.C. sono conseguenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali lapidei. L'architettura è dominata da muri e colonne (templi), archi e cupole (ponti, basiliche), travi di piccolissima luce: forme strutturali a cui sono associati quasi esclusivamente sforzi di compressione.

Nel Medioevo le strutture si alleggeriscono, la materia è posizionata solo dove serve.

Si introducono così gli archi a sesto acuto, sia semplice, sia formante una crociera, sostenuti da fasci di pilastri intervallati da vuoti, vetrate o esili murature, e dagli archi rampanti innestati sui contrafforti insieme ai pinnacoli, a sostegno delle spinte laterali della copertura.



Italia, Paestum (VII sec. a.C. - IX sec. d.C.)



Spagna, Ponte di Alcántara (II sec. d.C.)



Città del Vaticano, San Pietro (XVI sec. d.C.)

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

V SECOLO D.C.

XVI SECOLO D.C.

TRA IL POPOLO SI DISTINGUONO I MAGISTRI

8



Italia, Modena, Duomo (XII-XIII sec. d.C.)



Italia, Firenze, Santa Maria della Fiore (XIII-XV sec. d.C.)

IL POPOLO INTERO PARTECIPA ALLA COSTRUZIONE DELLE CATTEDRALI

Scalpellini, muratori, pittori, vetrai, carpentieri, taglialegna, manovali, fabbri, scultori, suddivisi nelle categorie di maestri, garzoni e manovali.

Gli scalpellini tagliano le pietre grezze, accatastate dai trasportatori, nelle forme e misure stabilite, che i muratori posizionano per erigere i muri; i carpentieri realizzano con il legno fornito dai taglialegna le impalcature per le strutture in elevazione e le coperture; i fabbri preparano gli attrezzi per ogni artigiano; i vetrai fondono la silice, per preparare le lastre di vetro colorate che avrebbero poi assemblato in vetrate; scultori e pittori si adoperano per raccontare ai fedeli la storia della salvezza.

Coloro che non possono offrire il proprio contributo in manodopera, partecipano con generose offerte.

PER DIRIGERE LAVORI E LAVORATORI EMERGE LA FIGURA DELL'ARCHITETTO, **MAGISTER**, CHE SI OCCUPA DELLA PROGETTAZIONE, DELL'ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE, DEL COORDINAMENTO DEI LAVORATORI, DELLE RELAZIONI CON IL COMMITTENTE, **RIFERIMENTO UNIVOCO PER OPERE UNICHE.**

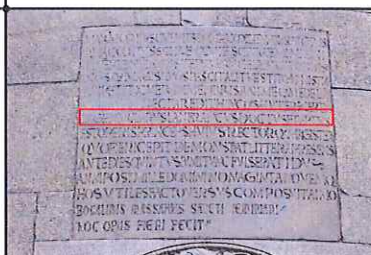
LANFRANCO

XII sec. d.C.

Architetto del duomo di Modena

Si occupa dell'ideazione dell'opera, della direzione e dell'organizzazione dei lavori. Sostituisce le volte di copertura con tetto su archi trasversi, scansisce le navatelle con pareti traforate di bifore; utilizza il modulo geometrico vitruviano.

"Famoso per ingegno, preparato e competente direttore dei lavori, reggitore e maestro".



FILIPPO BRUNELLESCHI

1377-1446

Scultore e architetto

Nel 1420 inizia la costruzione della cupola del duomo di Firenze, completata nel 1434: Brunelleschi dirige il cantiere in prima persona, **seguito per la prima volta un progetto dettagliato.**

La cupola autoportante già in fase costruttiva ha permesso di poter fare a meno di opere provvisorie quali centine.



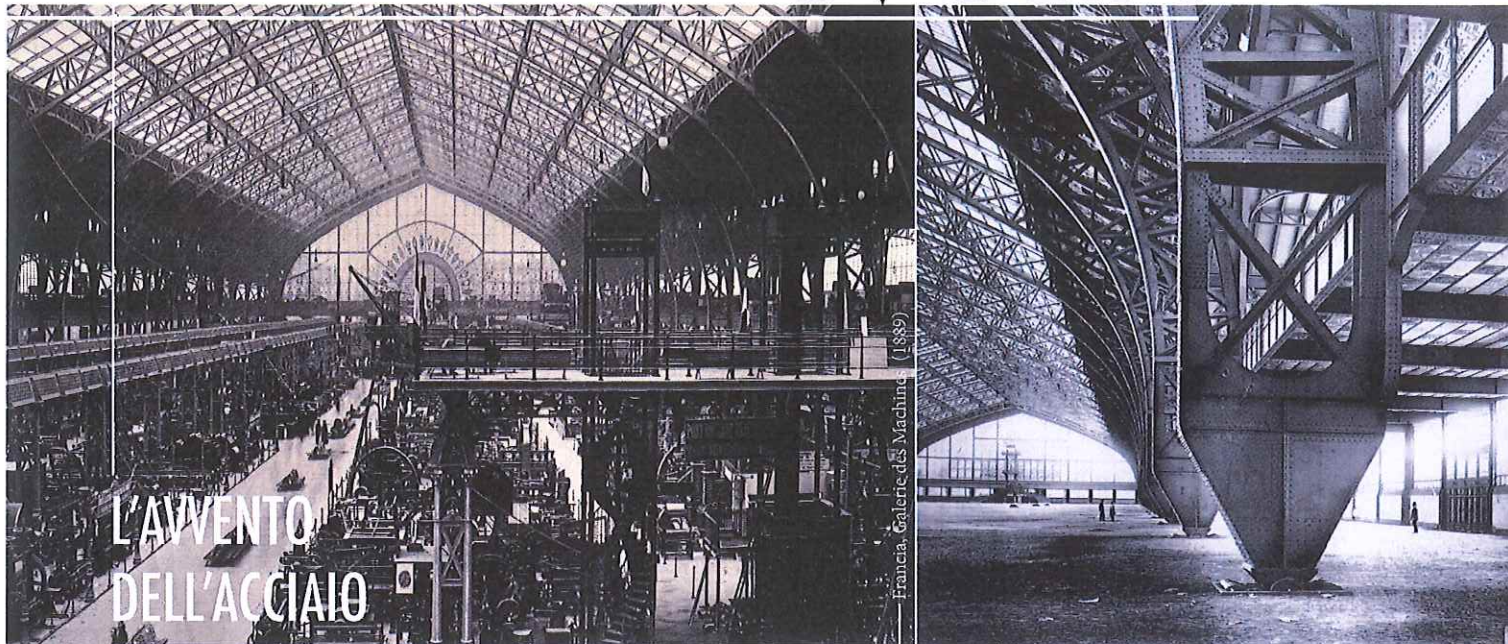
L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

V SECOLO D.C.

XVI SECOLO D.C.

UNA DUPLICE SVOLTA

9



L'AVVENTO
DELL'ACCIAIO

Francia. Galerie des Machines (1889)

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE

Verso la fine del '600 l'introduzione dei forni a ciclo continuo permette di incrementare la produzione del ferro. All'inizio del '700, per rispondere alla mancanza del combustibile allora utilizzato, il carbone di legna, ed agli scarsi risultati ottenuti con il carbon fossile, si introduce il cosiddetto Carbon Coke, ottenuto mediante un processo di distillazione distruttiva del carbon fossile, permettendo una riduzione dei costi di produzione del ferro. **Si diffonde così un più esteso utilizzo della ghisa**, con cui è possibile riprodurre all'infinito elementi tutti uguali, ma che ha una resistenza a compressione cinque volte maggiore di quella a trazione, sollecitazione sotto cui inoltre risulta fragile a causa delle numerose impurità.

Il primo ponte in ghisa risale al 1779 e ispira negli anni successivi molti ingegneri, grazie anche allo sviluppo delle ferrovie.

Dal 1784, viene introdotto sul mercato il ferro puddellato, in cui le impurità della ghisa vengono eliminate.

Nel 1847 avviene il crollo del ponte ferroviario in ghisa sul fiume Dee a Chester.

La svolta si ha a partire dal 1855, con il convertitore di Bessemer per affinare la ghisa su larga scala, trasformandola in **acciaio**, che **presenta un comportamento elasto-plastico con uguale resistenza a trazione e compressione**. Non è quindi fragile come la ghisa. L'acciaio consente anche la realizzazione, a partire dal 1880, dei primi grattacieli.

LE PRIME FORMULAZIONI TEORICHE

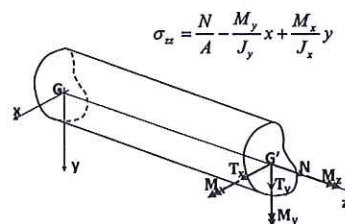
L'inizio dell'800 vede anche la nascita della teoria lineare dell'elasticità dei solidi continui tridimensionali (Cauchy), che trova la sua applicazione alle strutture grazie al contributo di De Saint Venant.

ADHÉMAR-JEAN-CLAUDE BARRÉ DE SAINT VENANT

1797-1886

Matematico e ingegnere francese

Nel 1855 sviluppa la teoria della trave, con la quale è possibile descrivere lo spostamento e lo stato di tensione e deformazione in ogni punto di un solido elastico di forma cilindrica, soggetto a carichi alle estremità e privo di carichi superficiali. **La sua teoria è ancora studiata in tutto il mondo.**



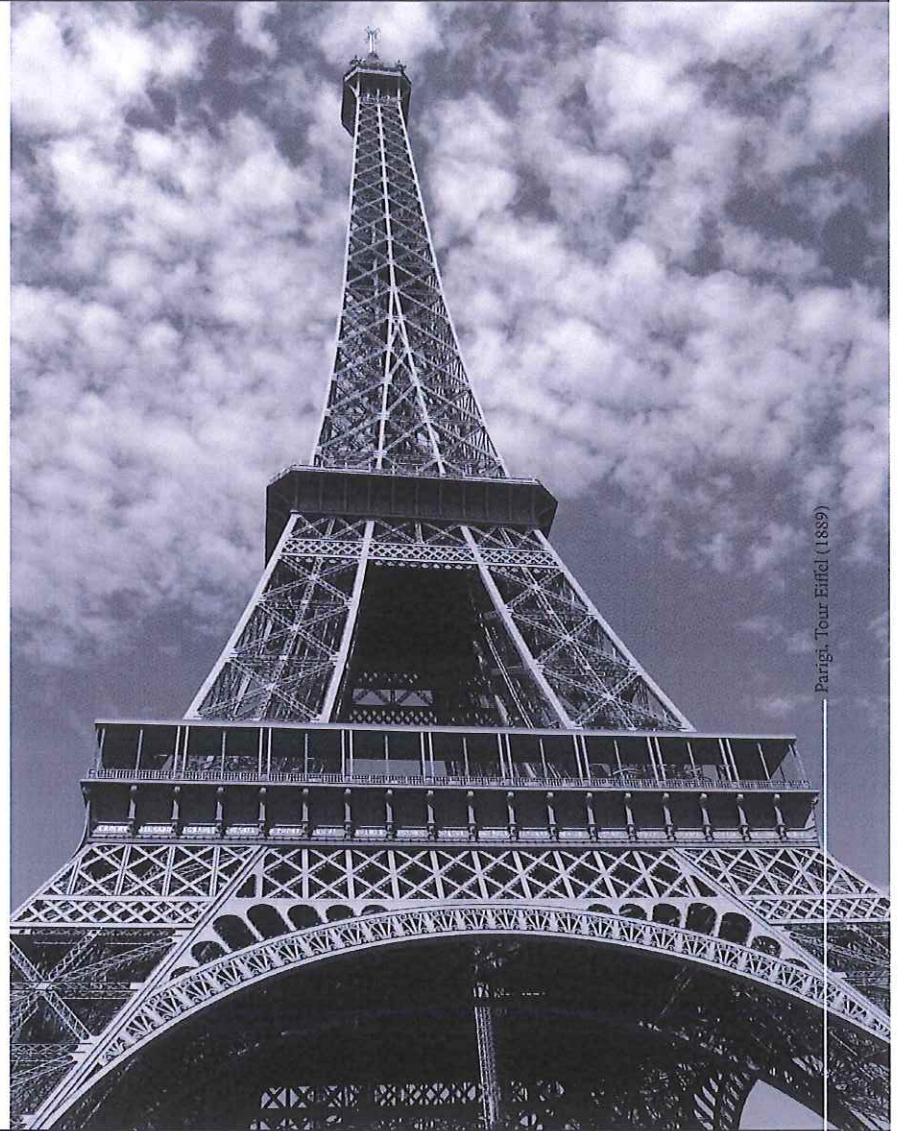
$$\sigma_x = \frac{N}{A} - \frac{M_y}{J_y}x + \frac{M_x}{J_x}y$$

XVII SECOLO D.C.

XIX SECOLO D.C.

IL MAGO DEL FERRO GUSTAVE EIFFEL

10



Parigi, Tour Eiffel (1889)

Dopogli studi in chimica, Gustave Eiffel (1832-1923) inizia ad occuparsi di strutture in ferro: il grande sviluppo delle ferrovie necessita la costruzione di viadotti. Nel 1867 fonda la sua impresa che si occupa principalmente dello studio e della realizzazione di opere in ferro e ghisa, tra cui ponti stradali e ferroviari e grandi magazzini. Nel maggio del 1886 vince la gara per la realizzazione di una torre per la celebrazione del centenario della rivoluzione francese.

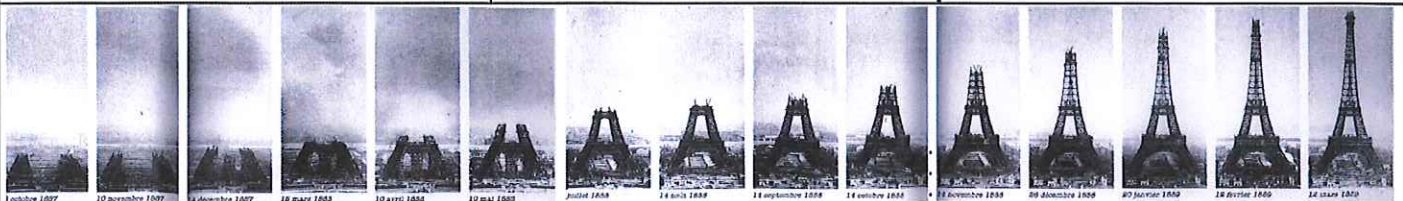
PROGETTA UNA TORRE DI OLTRE 300 M.

L'OPERA, DA REALIZZARE IN SOLI DUE ANNI, VIENE A COSTARE 8 MILIONI DI FRANCHI IN GRAN PARTE A CARICO DI EIFFEL.

La torre viene realizzata con elementi prefabbricati in ghisa (alla base, dove si scarica il peso della torre sulle fondazioni in pietra e cemento) e in ferro puddellato, assemblati insieme mediante rivetti. Per poter recuperare l'investimento, Eiffel installa degli ascensori mossi con pistoni idraulici, tutt'ora in funzione, che permettono di recuperare in due anni l'intero costo di costruzione, consentendo l'accesso a due milioni di visitatori.

La torre sarebbe dovuta rimanere in piedi solo per un ventennio, ma viene salvata dalla sua utilità in campo scientifico (misurazioni meteorologiche, esperimenti di telegrafia, esperienze come quella del pendolo di Foucault, fino a essere utilizzata durante la guerra per comunicare con le navi da guerra e i dirigibili). Di Eiffel è anche la struttura interna della statua della libertà.

L'UOMO ALL'OPERA: LA GRANDEZZA DEL COSTRUIRE



1832

1923