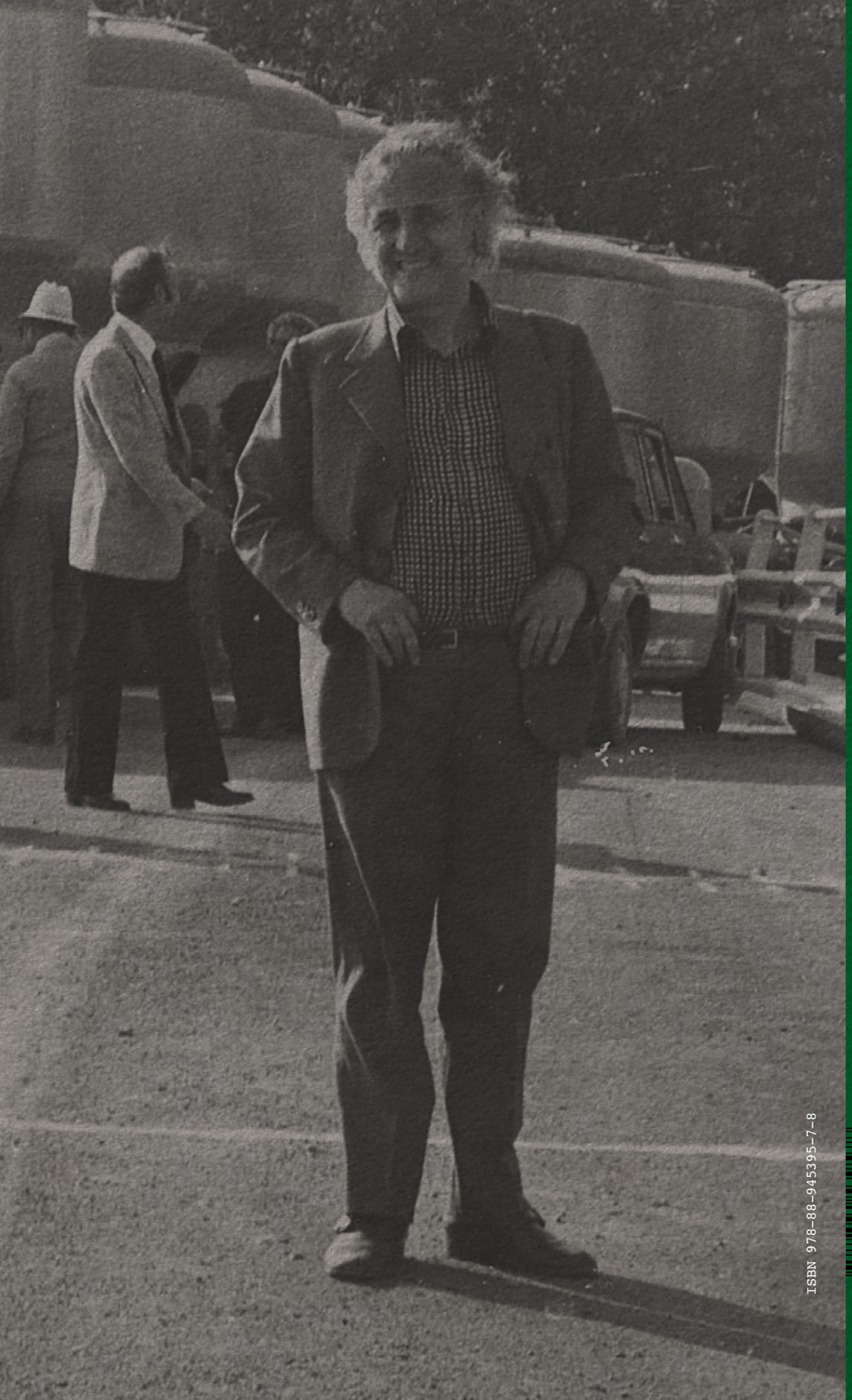


ISBN 978-88-945395-7-8

9 788894 539578

MAXXI

L'archivio Sergio Musmeci nelle collezioni del MAXXI Architettura. L'inventario

Quaderni del Centro Archivi del MAXXI Architettura

GLI INVENTARI

MAXXI

L'archivio Sergio Musmeci nelle collezioni del MAXXI Architettura

INVENTARIO

INVENTARIO

Gli Inventari costituiscono una sezione specifica all'interno della collana dei Quaderni del Centro Archivi e offrono una dettagliata descrizione dei grandi archivi presenti nelle collezioni del MAXXI Architettura, mettendone in luce la ricchezza e la complessità. Gli Inventari rispondono all'idea di offrire uno strumento di lavoro, utile per documentare il percorso compiuto e il parziale e provvisorio punto di arrivo e soprattutto vogliono essere di stimolo per guardare avanti e suggerire nuovi itinerari di studio, perché la ricerca, per definizione, non si esaurisce mai.

Quaderni del Centro Archivi
del MAXXI Architettura
GLI INVENTARI

LEGENDA / TAVOLA DELLE ABBREVIAZIONI

S	Serie
Ss	Sottoserie
UA	Unità archivistica
sUA	Sottounità archivistica
UD	Unità documentaria
⇆	Vedi anche
×	Segnatura originaria
N INV	Numero inventario
[s.d.]	Senza data
[s.l.]	Senza luogo
[n.i.]	Non identificato

MAXXI

L'archivio Sergio Musmeci nelle collezioni del MAXXI Architettura. L'inventario

A cura di
Carla Zhara Buda

Quaderni del Centro Archivi del MAXXI Architettura
GLI INVENTARI

©2022 Fondazione MAXXI – Museo nazionale
delle arti del XXI secolo, Roma

Ordinamento dell'archivio
Carla Zhara Buda
Angela Parente
Claudia Torrini

Testi
Rinaldo Capomolla
Gianluca Capurso
Tullia Fidelbo
Margherita Guccione
Tullia Iori
Paolo Musmeci
Matteo Ocone
Angela Parente
Claudia Torrini
Serena Zuliani

Collaborazione alle attività
di ricerca e di ordinamento
Tullia Fidelbo
Matteo Ocone

Progetto grafico
Etaoin Shrdlu Studio

Ufficio Editoria
Flavia De Sanctis Mangelli (Responsabile)
Chiara Braidotti
Chiara Cottone
Maria Pia Verzillo

Edizioni Fondazione MAXXI

Stampa
CIMER S.n.c., Roma

ISBN
978-88-945395-7-8

Si ringrazia la famiglia Musmeci per aver donato
un patrimonio così prezioso per la ricerca.

Introduzione
Margherita Guccione
00

Il libro mai pubblicato
Tullia Iori
00

Testi per il libro
Sergio Musmeci:
Strutture e architettura
a cura di Tullia Iori
00

Saggio senza titolo,
Sergio Musmeci
00

Colloquio con Sergio
Musmeci a cura
di Manfredi Nicoletti
00

L'archivio di Sergio Musmeci
nelle collezioni del MAXXI
Architettura
Margherita Guccione
00

Lo Studio di Sergio Musmeci
e il suo archivio
Paolo Musmeci
00

(Ri)scoprire Musmeci
Rinaldo Capomolla
00

Organizzazione
e ordinamento
Claudia Torrini
00

Fruizione e valorizzazione
Angela Parente
00

Conservazione e restauro
Serena Zuliani
00

INVENTARIO
00

Avvertenze
00

Regesto dei progetti
attestati in archivio
Tullia Fidelbo, Matteo Ocone
00

MUSMECI
Il fondo
Sergio Musmeci
00

MUSMECI/AP
Attività professionale
00

MUSMECI/FOT
Materiali fotografici
00

FOT/1
Fotografie
FOT/2
Diapositive
FOT/3
Lastre e negativi

MUSMECI/RIC
Attività di ricerca
00

RIC/1
Studi
RIC/2
Scritti

MUSMECI/DID
Attività didattica
e culturale
00

MUSMECI/STA
Materiali a stampa
00

MUSMECI/VAR
Materiali vari
00

Biografia di Sergio Musmeci
Gianluca Capurso
00

Bibliografia
00

Indici
00



Ponte sullo Stretto di Messina. Fotografia del modello
N INV F9492

Il libro mai pubblicato

Tullia Iori
Università di Roma Tor Vergata

Sergio Musmeci scomparve il 5 marzo 1981: solo 8 mesi prima, una Tac aveva evidenziato un tumore al cervello che a quell'epoca non lasciava speranze.
Molti amici vennero avvisati della diagnosi: tra questi Bruno Zevi, da sempre appassionato dell'opera di Sergio, come testimoniano i numerosi articoli su "L'Architettura. Cronache e storia" e sulla rubrica curata per "L'Espresso"[1].
Zevi — ricorda Paolo Musmeci — fu molto colpito e suggerì di realizzare una monografia, per raccogliere il pensiero scientifico e analizzare le opere maggiori del suo ingegnere preferito.
Poco più di un anno prima, a maggio del 1979, forse in occasione della partecipazione di Musmeci a un concorso alla cattedra di "Ponti e strutture speciali" a Cagliari, era stato pubblicato un piccolo volume, oggi introvabile in vendita e custodito da poche biblioteche universitarie, finanziato e con copyright della ditta C.E.S.I.C.A. di Pordenone, che nel 1969 aveva completato la costruzione del Tempio Mariano a Trieste.
Il volume, 256 pagine con testi in italiano e inglese, si apre con una paginetta di introduzione, un cenno biografico e poi, a seguire, schede su progetti e realizzazioni accompagnati da didascalie lunghe: prima tutti i ponti, tenuti ben separati dalle "altre opere" a seguire. In fondo l'elenco delle pubblicazioni firmate da Musmeci o scritte sul suo lavoro e gli elenchi dei professionisti con cui aveva collaborato, più o meno assiduamente.
Non poteva certo essere questo il mezzo con cui lasciare una testimonianza "delle idee che sul mio lavoro ho maturato negli anni, nella speranza che, in un ambito più vasto di interlocutori, esse possano essere verificate e, se valide, svilupparsi ed evolversi"[2].
Così l'idea del libro venne prontamente accolta.
Il 31 agosto 1980, in una lettera conservata in archivio[3], Zevi scrisse al "carissimo Musmeci" in risposta a un plico ricevuto durante le vacanze estive, che conteneva una copia della sintetica pubblicazione del 1979, un testo di 47 pagine dattiloscritte firmato da Sergio e qualche ipotesi sulla struttura del nuovo libro "definitivo".
Dalla bozza di indice si deduce che il volume si sarebbe dovuto intitolare *Sergio Musmeci: Strutture e architettura*. Era prevista

un'introduzione di Zevi e un eventuale saggio iniziale di Luigi Pellegrin (contributo proposto dallo stesso Musmeci, cui Zevi replicò "benissimo" e "nulla osta", auspicando la rapidità dell'autore perché ne avrebbe dovuto tenere conto nel suo testo). Il saggio dattiloscritto firmato da Sergio, definito da Zevi nella lettera "eccellente" ("potrebbe essere pubblicato così com'è senza toccare una virgola") era destinato a introdurre e spiegare le opere. È diviso in otto parti, di cui le prime due (1. Struttura e forma; 2. Il minimo strutturale), di circa 25 pagine, comprendono complesse considerazioni di carattere generale e teorico; gli ultimi sei paragrafi, invece, sono dedicati a progetti e realizzazioni, seguendo l'ordine cronologico con cui le varie ricerche si erano susseguite nella sperimentazione progettuale (3. Volte corrugate; 4. Reti di travi; 5. Sistemi equitensionali; 6. Membrane a compressione uniforme; 7. Il ponte di Messina; 8. Strutture reticolari spaziali).
Zevi consigliò di utilizzare come testo introduttivo solo le prime 25 pagine, lasciando che le altre diventassero commento alle figure, arricchendo le didascalie originarie, definite nella lettera "asettiche". I progetti — tutti, anche quelli non espressamente citati nel testo e di cui andava completata la descrizione — sarebbero stati divisi tra i sei paragrafi, eventualmente aggiungendo una settima parte per le opere che non si riuscivano a incasellare nella scansione, ritenuta forse troppo rigida. Poi Zevi propose di completare il libro con brani scelti, estratti da riviste e libri (ne ricordava almeno dieci che avrebbero arricchito il saggio: "dagli attuali sprechi di materiali alle invarianti"), e soprattutto con un'intervista. Zevi pensava a domande che definiva "scabrose" ("In che si differenzia la tua posizione da quelle di Nervi e di Morandi?" oppure "Parli dell'asimmetria come carattere espressivo fondamentale oggi, e giustamente, ma dove sono queste strutture asimmetriche?", ma anche l'assai meno scabrosa: "Che pensi dei periodi della storia architettonica in cui la struttura non riveste grande importanza — Alto Medioevo — oppure è contraddetta dall'architettura — periodo bizantino?").
Gli estratti e l'intervista sarebbero stati inseriti in diversi punti del libro "recuperandone il carattere intellettuale e filosofico".
È probabile che, nelle intenzioni di Zevi, questi inserti dovessero

aiutare la lettura delle pagine iniziali, dense e cariche di riferimenti che solo una conoscenza già approfondita del pensiero dell'autore poteva far veramente comprendere.
Musmeci evidentemente accettò la proposta di Zevi e furono registrate due interviste, su nastro magnetico poi dattiloscritte, conservate in archivio[4].
La prima è quella condotta il 7 ottobre 1980 da Carlo La Torre, allievo e assistente di Musmeci al corso di "Ponti e grandi strutture" presso la Facoltà di Architettura di Roma. La Torre si occupò di passare in rassegna, in modo ordinato e meticoloso, tutte le opere da presentare nel volume. Solo alcune pagine verso la fine affrontano brevemente temi più generali, come l'impostazione del progetto strutturale, il ruolo della geometria e della proporzione, la didattica. La trascrizione dattiloscritta del colloquio si compone di 47 pagine, con però molte correzioni a mano, cancellature di interi paragrafi, appunti, dubbi, note sul nastro di registrazione che si interrompe: una bozza, dunque, che avrebbe avuto ancora bisogno di revisioni.
A novembre, invece, è Manfredi Nicoletti (1930–2017), con cui Sergio aveva collaborato una decina di anni prima per il progetto di grattacielo elicoidale e che era poi diventato un amico, a registrare una nuova intervista: le domande, nel suo caso, sollecitano Musmeci a spiegare il suo contributo teorico-scientifico alla statica delle strutture ma poi soprattutto, proseguendo in più giornate, lo portano su considerazioni in merito alla forma, la struttura, l'architettura, il presente, il futuro (e solo qualche accenno agli argomenti "scabrosi" raccomandati da Zevi).
Sul testo dattiloscritto, corretto in più bozze presenti in archivio, i due lavorarono fino a quella mattina del 5 marzo, producendo una stesura pulita, finale.
Di queste interviste sono andati purtroppo dispersi i nastri originali. Per chi avesse curiosità di ascoltare la viva voce di Musmeci raccontare i suoi progetti, la sua concezione strutturale e la sua teoria, esiste una precedente intervista concessa a Charles Howard Kahn[5] nel 1977. In questo caso il nastro originale è stato riversato in formato digitale mp3 ed è disponibile liberamente su internet[6].

Il libro progettato con Zevi non fu mai pubblicato. La rapidità della malattia non consentì di completarlo in tempo perché Sergio lo vedesse e, dopo la sua morte, lavorarci era diventato troppo triste.
Nel maggio 1982 La Torre pubblicò un libro di testo universitario dal titolo *Disegno architettonico esecutivo*, per i tipi di "La nuova Italia scientifica": era stato concordato con l'editore prima della diagnosi, a giugno del 1980. Comparve a due nomi, anche se Musmeci era ormai scomparso da più di un anno e aveva avuto modo di discutere con il coautore solo un paio di capitoli: molte opere discusse durante l'intervista sono usate come casi di studio, con dettagli e spiegazioni.
Quasi vent'anni dopo la morte di Sergio, Zevi inserì, nella sua collana "Universale di architettura" per i tipi di "Testo&Immagine", il numero 54 della serie, dal titolo *Sergio Musmeci. Organicità di forme e forze nello spazio*. Finito di stampare a gennaio 1999 (un anno prima della morte di Zevi stesso), fu scritto proprio da Nicoletti che derivò solo in parte il testo da quell'ormai lontana intervista, in occasione della quale, ricorda, "entrambi fingemmo di non capire che si trattava di un testamento"[7].
Ancora oggi quel tascabile è l'unica monografia pubblicata dedicata a Musmeci, fuori catalogo e acquistabile solo usata.
Il testo introduttivo senza titolo firmato da Musmeci e la lunga intervista-testamento di Nicoletti, scritti, letti e corretti più volte, sono rimasti finora inediti.
Quale migliore occasione di questo inventario per pubblicarli? Per questo sono stati trascritti, di seguito: rispetto all'originale sono stati effettuati solo piccoli interventi di editing e interpretazione e corretto qualche errore di battitura individuato comparando le diverse bozze.
Per il loro carattere visionario sono ancora attuali e contengono riflessioni che speriamo favoriscano, come tutto l'inventario, nuove ricerche e nuovi approfondimenti.

1 Si veda, in questo stesso volume, la bibliografia.
2 *Saggio senza titolo*, firmato Sergio Musmeci, dattiloscritto con correzioni manoscritte da bozze precedenti manoscritte, senza data ma agosto 1980, conservato nelle Collezioni del MAXXI Architettura, Archivio Sergio Musmeci, serie "Attività di Ricerca", sottoserie "Scritti", fascicolo RIC/2/26.
3 Lettera di Bruno Zevi a Sergio Musmeci, 31 agosto 1980, RIC/2/26.
4 "Colloquio con Sergio Musmeci a cura di Manfredi Nicoletti", dattiloscritto diviso in tre parti rispettivamente di 16, 15 e 14 pagine; "Musmeci 7/10/1980", Intervista di Sergio, di Carlo La Torre, 7 ottobre 1980, 47 pagine dattiloscritte, RIC/2/26.
5 Charles Howard Kahn, scomparso l'8 aprile 2017 all'età di 95 anni, era coetaneo di Musmeci ed era stato già nel 1957 in Italia con una borsa di studio Fulbright. Poi dal 1959 era diventato professore alla NC State University e dal 1968 alla University of Kansas, dove aveva assunto la carica di primo preside della Scuola di Architettura. Nel 1977 era tornato in Italia durante un secondo periodo di studio finanziato da una borsa Fulbright, e aveva intervistato Riccardo Morandi, Antonio e Mario Nervi, figli maggiori di Pier Luigi Nervi, e Musmeci, indagando con spirito critico sulla scomparsa dell'ingegneria italiana dalla scena internazionale.
6 Il file dell'intervista è conservato sul sito www.ncmodernist.org, archivio aperto e senza scopo di lucro (Nonprofit 501C3 Educational Archive) che promuove la conoscenza dell'architettura modernista, a questi link: https://www.ncmodernist.org/Sergio1.14.77.1.mp3; https://www.ncmodernist.org/Sergio1.14.77.2.mp3 (ultimo accesso: luglio 2022).
7 M. Nicoletti, *Sergio Musmeci. Organicità di forme e forze nello spazio*, 54, Testo&Immagine, Torino 1999, p. 31.

Testi per il libro *Sergio Musmeci: Strutture e architettura*

a cura di Tullia Iori
Università di Roma Tor Vergata

Saggio senza titolo, Sergio Musmeci
Dattiloscritto, con correzioni manoscritte, da bozze precedenti manoscritte, senza data ma agosto 1980,
Fascicolo RIC/2/23, serie “Attività di Ricerca”, sottoserie “Scritti”

1. STRUTTURA E FORMA

La ragione per la quale si pubblicano le immagini che formano questo libro risiede nel desiderio di comunicare a mezzo loro le idee che sul mio lavoro ho maturato negli anni, nella speranza che, in un ambito più vasto di interlocutori, esse possano essere verificate e, se valide, svilupparsi ed evolversi.
Guardando indietro, ai trent’anni trascorsi da quando ho incominciato, credo di poter dire di aver sempre sentito, spesso inconsapevolmente, che un obiettivo che valeva la pena cercare di raggiungere fosse quello di testimoniare, attraverso le forme progettate, quel particolare retroterra culturale di matrice scientifica che la mia storia personale mi aveva dato, così diverso peraltro dalla cultura architettonica corrente.
Se è vero che, a volte, l’originalità può nascere dall’ignoranza, oggi so che difficilmente si può fare qualche cosa di valido senza alcun rapporto con l’ambito culturale nel quale si opera, così come storicamente si è andato caratterizzando. Ciò nonostante e, indipendentemente dalla mia particolare e certo parziale esperienza, credo di poter dire che in un mondo nel quale le idee scientifiche hanno assunto un’importanza decisiva e un ruolo centrale nella determinazione della realtà, è perlomeno anacronistico considerarle estranee alla cultura architettonica; è anzi probabile che l’incapacità di filtrare in essa il pensiero scientifico moderno sia una delle componenti dell’attuale crisi della cultura architettonica.
Una delle ragioni che ostacolano l’incidenza del pensiero scientifico sull’operare architettonico risiede, a mio giudizio, nel frapporsi della tecnologia come termine di mediazione fra scienza e architettura.
Succede che dal punto di vista dell’attuale cultura architettonica la scienza viene confusa con la tecnologia e ciò fa scadere ogni possibile rapporto ad un livello meramente strumentale,

sminuzzandolo in innumerevoli applicazioni episodiche che finiscono con l'oscurare le grandi idee di sintesi nelle quali consiste la scienza.
Forse questa mia profonda convinzione può in parte giustificare una certa mia mancanza di propensione verso soluzioni tecnologicamente complesse. Il mio interesse è sempre andato invece ai modi secondo i quali possono generarsi forme capaci di risolvere da sole i problemi progettuali.
In sostanza la progettazione di una struttura può essere considerata come un esempio di risposta ad un particolare problema tecnico, cioè concreto ed abbastanza complesso da non ammettere una soluzione univoca e banale; si fa fronte a questo tipo di problema prevedendo l'impiego di determinati mezzi operativi e la utilizzazione di materiali strutturali dotati di adeguate caratteristiche meccaniche, ma anche, e questo è l'aspetto più importante del processo di progettazione, ponendo ogni parte in un rapporto coerente ed efficace con il tutto e creando così un ordine che si manifesta in una forma riconoscibile e significante.
Il risultato è tanto più valido quanto più assume importanza il ruolo della forma rispetto alle proprietà specifiche dei materiali impiegati. La forma diviene allora il mezzo con il quale trova soluzione il vero problema della progettazione che è quello di conciliare l'insieme caotico dei dati in un unicum coerente ossia in definitiva in un organismo.
Nello stesso tempo la forma diviene anche la rappresentazione sintetica della raggiunta soluzione.
La forma è quindi insieme fattore risolutivo sul piano tecnico e veicolo di comunicazione sul piano espressivo; le due cose sono talmente connesse che ciò può spiegare perché realmente non si ottiene mai, o quasi mai, l'una senza l'altra.
Tutto questo potrebbe anche apparire, in certa misura, ovvio o comunque non tale da stimolare ulteriori ricerche, se non si richiamasse a questo punto l'attenzione sul fatto che la forma può essere astratta dalla realtà come un'idea autonoma dotata di una sua vitalità.
Noi assistiamo in questi anni ad una progressiva affermazione di questa idea nei campi più svariati; dalla teoria dei sistemi

all'informatica, dalla logica dei calcolatori alla semantica, dalla critica dei fondamenti della scienza a certe teorie estetiche, dalla biologia molecolare alla psicologia. In ognuno di questi campi si è scoperto che la forma delle cose è forse la verità ultima a cui risale ogni possibile spiegazione. Il mondo che ci circonda, appare costruito sulla base di configurazioni ossia di strutturazioni ordinate e riconoscibili, e l'essenza dei fatti e degli oggetti che ci interessano, risulta in ultima analisi nella distinguibilità di tali configurazioni dalla mera casualità.
Queste configurazioni possono risultare identiche in condizioni apparentemente diversissime, e parliamo allora di "modelli".
Esse possiedono poi sempre un certo grado di permanenza in modo da presentarsi al nostro interesse come qualcosa di stabile, ma possiedono pure una certa capacità, attuale o potenziale, di trasformazione in modo da proporre al nostro intelletto una serie di alternative che traggono significato proprio dalla loro contrapposizione. Tutto ciò è così vicino alle radici più profonde della realtà ossia al rapporto dialettico tra soggetto e oggetto, che da qui scaturiscono le stesse idee fondamentali di spazio (permanenza) e di tempo (evoluzione).
In conclusione si può forse paradossalmente affermare che il "contenuto" è apparenza e che la forma è l'unica verità accessibile. Essa appare in ogni caso come la realtà ultima a cui si giunge per astrazione dal particolare all'universale. Alla forma almeno deve essere attribuito un valore in sé, alla stessa stregua con cui lo si attribuisce alla materia e all'energia.
Anzi, dopo aver descritto l'universo in termini di materia e poi di energia, si può dire che ne stiamo ora ottenendo una descrizione nuovissima in termini di pure forme. Gli studi sulle particelle ultime della materia ci conducono a un puro gioco formale di simmetria, gli stati quantici di un atomo sono essenzialmente forme alternative - nelle quali la sostanza degli elettroni si diluisce e si perde come un fantasma - dalle quali realmente dipendono le proprietà degli atomi.
Un moderno calcolatore elettronico a circuiti integrati appare essenzialmente come una sofisticata configurazione di connessioni che da sola è in grado di spiegarne il complesso comportamento.

Il segreto del codice genetico è stato svelato costruendo un modello spaziale della molecola di DNA, le cui proprietà strutturali spiegano da sole le sue funzioni mentre l'energia in gioco è trascurabile e inessenziale; del resto fu in buona parte la certezza che ciò che essi cercavano non fosse altro che una forma, a guidare Crick e Watson verso la loro scoperta.
I fenomeni nei quali consiste la vita dell'universo non sono in definitiva che evolversi di configurazioni, ossia trasmissione e trasformazione di forme; in altre parole "informazione". Noi possiamo percepire l'universo in quanto parte di questa informazione ci è accessibile e d'altra parte la creatività umana è descrivibile come capacità di elaborare e produrre informazione.
Benché la creatività sia un fatto primario nel senso che non può essere analizzata in termini più elementari, e per questo resta irriducibilmente misteriosa, niente vieta che si cerchi di approfondire i rapporti fra la forma, considerata come risultato estrinseco dell'atto creativo, e il contesto di dati condizionanti e di obiettivi programmatici che ne rappresentano l'occasione e la giustificazione ed anche, in definitiva, l'unica chiave interpretativa a livello razionale.
Dopo queste considerazioni di portata assai generale, possiamo ora scendere al campo particolare dell'architettura per passare subito dopo al caso ancora più specifico dell'invenzione delle forme strutturali.
Fare dell'architettura, in accordo con quanto si è detto, consiste nel sintetizzare una "forma architettonica" a conclusione di un sistema coerente di scelte tendente a organizzarsi come risposta a un contesto di istanze funzionali e di aspirazioni espressive. Forma che coincide con lo "spazio architettonico" in quanto realtà percepibile e capace perciò di trasmettere un messaggio, di stimolare una partecipazione emozionale, e di suscitare giudizi di valore e ipotesi interpretative.
Analizzare i modi secondo i quali lo spazio architettonico riflette e interpreta i dati tecnici e culturali da cui trae origine, significherebbe studiare tutte le vie, o almeno le più importanti di esse, con le quali le idee architettoniche nascono, si sviluppano, interagiscono e infine si organizzarono in sistemi, si manifestano e si trasmettono, trasformandosi e generandone di nuove.

Compito che attende alla critica operativa dell'architettura della quale solo recentemente si è riconosciuto il valore interpretativo basato appunto sulla considerazione dello spazio architettonico in termini di configurazioni articolate e significanti perché rapportate a codici linguistici determinati e conoscibili.
Compito vastissimo e di enorme interesse poiché dal suo corretto adempimento, potrà aversi in buona parte la soluzione dell'attuale crisi dell'architettura, la quale se dipende da un lato dall'incapacità di controllare i fattori tecnici e le implicazioni socio-economiche, dipende anche, più sostanzialmente, dalla carenza di fonti culturali in linea con le correnti di pensiero più attuali e vitali.
Sullo sfondo di questa vasta e complessa problematica il discorso sull'invenzione delle forme strutturali può essere considerato come una esemplificazione. Si tratta di un caso particolare che forse può consentire un approfondimento in senso razionale, maggiore che in altri casi, anche perché si può pensare a un'estensione del campo dell'analisi sufficiente a coinvolgere in esso i contributi scientifici della scienza delle costruzioni.
Due sono tipicamente i contesti che possono motivare una forma strutturale: quello costruttivo e quello statico.
Per il primo la struttura è il risultato di un complesso coordinato di soluzioni tecnologiche e di azioni costruttive con le quali l'immaginazione creativa risponde al problema di porre in opera il materiale strutturale; l'interesse è rivolto verso l'organizzazione del lavoro umano concepito come un sistema coerente di atti rivolti a modificare la realtà. Questa chiave interpretativa non è solo attinente ai fatti strutturali ma può essere estesa a molti aspetti tecnici dell'architettura.
Il contesto dei problemi statici si presenta invece come motivazione specifica della creazione di forme strutturali. Mentre poi la componente costruttiva resta necessariamente legata al grado di evoluzione della tecnologia, la componente statica non è sostanzialmente vincolata da aspetti contingenti poiché attinge a un sistema di concetti che sono assoluti e universali. Fatto questo che spiega la leggibilità della componente statica in architettura al di fuori di riferimenti storici e di interpretazioni culturali particolari. Da un ambito culturale ad un altro può

variare la profondità e la qualità della comprensione dei fatti, la capacità o l'intenzione di padroneggiarli, infine l'incidenza della partecipazione umana in termini di impegno tecnico e di volontà espressiva ma le leggi della statica rappresentano in ogni caso un riferimento inalterabile che supera le distanze di tempo e di cultura.
Se si ripercorre tutta la storia dell'architettura rileggendola dal punto di vista della componente statica, se ne trae l'impressione di un'unica grande esperienza nella quale l'umanità si è impegnata attraverso i secoli, a volte consapevolmente e più spesso inconsapevolmente, nella creazione di forme capaci di esaltare le possibilità struttive della materia seguendo un'antica e profonda vocazione umana. L'intelletto e l'immaginazione hanno cercato per migliaia di anni di attingere forme limiti sempre più raffinate secondo le quali vincere nello spazio il peso inerte della materia. Si è passati dal menhir al dolmen, e al tempio architravato, dall'arco alla volta, alle cupole e ai sistemi di volte, dalle capriate ai telai, e ai reticoli spaziali, alle volte sottili, alle cupole geodetiche, alle tensostrutture.
Ad ogni progresso della capacità di dominare equilibri sempre più complessi, il tema statico si è riproposto come stimolo di nuove forme e dunque come occasione di architettura. I contributi della problematica statica dell'architettura sono stati certo molto diversi in epoche e luoghi diversi, ma forse nessun'altra motivazione ha agito in modo così esteso e durevole poiché ha avuto origine nell'interno stesso dell'operare architettonico.
Tanto che nel passato gli elementi linguistici più importanti e tipici dell'architettura hanno quasi sempre avuto una matrice statica.
Oggi il peso relativo della componente statica si è alquanto ridotto a causa dell'ampliarsi degli interessi materiali, sociali, culturali che possono motivare l'architettura. Ha influito in questo senso la tendenza a ricercare elementi linguistici di facile acquisizione, di impiego immediato ma anche di rapido consumo perché scarsamente radicati nell'operare architettonico.
All'indubbio vantaggio di un enorme arricchimento del campo dell'esperienza architettonica, ha fatto riscontro una perdita di chiarezza sul piano linguistico, una certa gratuità di molte

scelte progettuali e, spesso, una minore accessibilità critica dei significati.
La chiave interpretativa deducibile dall'eventuale componente statica, può apparire, in questo contesto, ingenua e insufficiente e, come risultato, le spinte formali che possono essere prodotte dai problemi di progettazione statica tendono a esaurirsi nell'ambito della tecnica e cioè in fatti privi di un significato comunicabile, senza una forma che possa trasmettersi come "informazione" valida o almeno voluta e controllata.
Un'altra causa della minore fecondità che i riferimenti all'invenzione statica dimostrano oggi per l'architettura, risiede paradossalmente nello stesso progresso tecnologico e nel miglioramento che si è ottenuto nelle qualità di resistenza meccanica dei materiali. Questi richiedono, meno di un tempo, che siano compensate le loro deficienze e valorizzate le loro proprietà mediante la forma stessa della struttura e quindi impegnano assai meno di un tempo l'intelligenza e l'immaginazione nei problemi statici.
È più facile progettare e costruire un organismo statico qualsiasi ed è così più difficile che progettare e costruire un organismo statico mobiliti l'inventività e la sensibilità dell'architetto e provochi in lui un interesse e un'emozione comunicabili.
Questa situazione è però intrinsecamente instabile e il moltiplicarsi delle occasioni deve prima o poi portare ad un suo superamento. Vi sono molte tensioni culturali che agiscono nel senso di rinnovare gli attuali rapporti tra tecnica e architettura.
Anzitutto i temi che si propongono tendono ad ampliare la scala degli interventi e comportano di nuovo impegni statici fino a ieri sconosciuti; i grandi ponti, le grandi coperture, le complesse infrastrutture comunitarie, le megastrutture a scala urbana riporteranno i problemi statici verso i limiti delle possibilità dei materiali e stimoleranno un nuovo interesse verso la progettazione strutturale avanzata.
Vi è poi la tendenza sempre più estesa verso l'impostazione interdisciplinare dei problemi e, più generalmente, verso processi di sintesi tra le "due culture" — quella classica e quella scientifica — a richiedere l'acquisizione reale della scienza delle costruzioni nell'area della cultura architettonica.

È questo il punto nodale attraverso il quale deve necessariamente passare ogni serio tentativo di costruire una vera e propria teoria della progettazione strutturale.
La semplice intuizione così come l'esperienza pratica di tipo qualitativo sono insufficienti per questo compito; è necessario acquisire una serie di metodologie scientifiche utilizzabili come strumenti attivi per la progettazione.
La principale difficoltà da superare sta nel modo con cui la scienza delle costruzioni è stata finora posta di fronte ai problemi della progettazione.
In accordo con una sorta di neutralità ideologica nei riguardi del risultato architettonico e di agnosticismo critico verso gli aspetti concreti della prassi costruttiva che non fossero la mera sicurezza statica, la scienza delle costruzioni non è stata quasi mai impiegata per ottenere giudizi di valore o per istituire almeno un'indagine comparativa sulle tipologie strutturali.
I suoi metodi non sono mai stati orientati verso l'individuazione di nuove tipologie che fossero in accordo con nuovi e determinati scopi programmatici. Si è piuttosto cercato di accettare tutte le possibili tipologie strutturali, per qualunque ragione proposte, considerandole come dati, in sé indiscutibili, da porre a base di un'operazione di calcolo dalla quale trarre un verdetto di stabilità e null'altro.
Le ragioni di questa situazione possono essere ricondotte essenzialmente a due. La prima è di natura storica: la scienza delle costruzioni si è formata nei secoli XVIII e XIX come applicazione tecnica della fisica matematica dell'epoca ed è allora che ha ricevuto la sistemazione con la quale ancora oggi si presenta. Questo ha avuto i suoi enormi vantaggi ma inevitabilmente ha comportato l'acquisizione di un atteggiamento positivista per il quale la natura è una realtà obiettiva che l'uomo non crea ma analizza. E così una struttura è analogamente qualcosa di dato, non importa se dalla stessa natura o da un architetto le cui motivazioni possono essere ignorate come estranee all'analisi strutturale, e di fronte alla quale ci si pone in modo distaccato e obiettivo non per modificarla ma solo per verificarla; né questa verifica riguarda la rispondenza della forma strutturale al contesto di esigenze, anche soltanto

tecniche, ma certo molteplici, alle quali essa dovrebbe aderire, limitata com'è a stabilire il grado di sicurezza statica.
L'altra ragione che ha impedito finora alla scienza delle costruzioni di esplicare una funzione culturalmente valida nella determinazione delle forme strutturali è poi l'eccesso di specializzazione, che, anche qui come in tanti altri campi, ha finito con l'impedire quell'ampiezza di visioni e quell'abitudine a misurare le proprie idee in un più vasto ambito culturale, senza di che viene a scadere ogni creatività ed ogni possibilità di valutazione critica.
L'atteggiamento specialistico tende ad affrontare la complessità dei singoli problemi mettendo a punto metodi risolutivi capaci di tenere conto di ogni possibile difficoltà che i vari casi particolari possono presentare - e questo è certamente un contributo importante e anzi indispensabile come base teorica - ma è solo grazie ad una graduale opera di astrazione di idee generali correlate ad un sistema concettuale più vasto, che è possibile offrire all'immaginazione un campo abbastanza ricco perché possa esprimersi con sufficiente libertà.
Un'altra conseguenza negativa della specializzazione, almeno per quanto riguarda la capacità della scienza delle costruzioni di porsi in un rapporto dialettico e fecondo con gli altri aspetti della progettazione strutturale, può essere sicuramente riscontrato nell'impersonalità che assumono, oltre un certo livello di specializzazione, le comunicazioni scientifiche, gli articoli e libri tecnici. In essi non si parla mai delle motivazioni, dei pensieri e delle reali intenzioni di chi scrive ma si fanno delle affermazioni accuratamente poste al riparo di ogni possibile dibattito critico, grazie proprio al loro rigore ma anche ad una precisa delimitazione della loro portata, col vantaggio della chiarezza ma con lo svantaggio di escludere molto spesso ogni fecondo confronto di idee e lo stimolo di nuovi interessi.
Senza il superamento di questa situazione la scienza delle costruzioni non potrà aiutare l'architettura a ritrovare la strada attraverso la quale era usa accedere in passato a quella grande riserva di ispirazioni formali che è costituita dalla problematica strutturale.
Il distacco dell'architettura da questa sua classica e primogenita

fonte è oggi quasi completo, proprio come è quasi completa l'incomunicabilità fra l'architetto e lo specialista di strutture.
Ci si può chiedere a questo punto che prospettive vi siano sull'evoluzione di questa situazione.
Per il punto di vista pessimistico vi è il fondato timore che l'"uomo tecnologico" smarrisca sempre più il significato dei propri atti e produca oggetti sempre più privi di senso.
Tenendo conto delle considerazioni generali già fatte, simili opinioni appaiono però decisamente semplicistiche perché prevedono la stabilità di situazioni in realtà instabili o, al più, la loro banale estrapolazione in luogo dell'evoluzione, e sono in ogni caso poco utili o costruttive.
Più giustificato è pensare che la consapevolezza delle attuali difficoltà e la tendenza a ricercare motivazioni razionali alla creazione di nuove forme, finiscano con il consentire alla scienza delle costruzioni di contribuire a produrre l'architettura in modo più diretto e attivo.
Inoltre il calcolo elettronico rende sempre più semplice ottenere la verifica statica di strutture già progettate e ciò sgombra il campo dai problemi veramente analitici e libera gli strutturisti dal lavoro di routine meno interessante e stimolante.
Va tramontando così il tempo degli ingegneri "calcolatori" ai quali si chiedeva solo di applicare regole e regolamenti e che se desideravano soddisfazioni intellettuali non pensavano certo di trovarle nel loro lavoro.
Oggi si riconosce la sostanziale unità della cultura e il suo necessario collegamento con la vita attiva e fra i risultati finali vi sarà inevitabilmente l'inserimento della scienza delle costruzioni in una più vasta cultura architettonica della quale essa, rinnovata più che nei mezzi, nei fini, rappresenterà uno dei più incisivi momenti scientifici.
Del resto la corsa verso la specializzazione si sta arrestando un po' dovunque come conseguenza del graduale abbassarsi dei tempi nei quali si producono trasformazioni capaci di annullare e ridurre l'utilità di particolari tecniche.
Ogni volta che questi tempi scendono sotto la durata media di una vita professionale attiva, entra in crisi un particolare settore di specializzazioni perché ciò richiede un grande sforzo di

adeguamento e di iniziativa. Quando dopo un periodo transitorio più o meno lungo la crisi è superata, si costata, a conclusione del processo, un netto guadagno sia nelle possibilità di integrazione fra i diversi contributi anche esterni sia nel grado di partecipazione da parte dei singoli, sia infine nel livello culturale; quel particolare settore si amplia e passa da una funzione passiva e strumentale ad una di traenza e orientamento per un ambito sempre più esteso di attività.
Una evoluzione in questo senso del settore della scienza delle costruzioni può essere stimolata, nelle prospettive a medio termine, dallo stesso attuale vuoto di motivazioni a supporto dell'architettura, il quale sta richiedendo, in modo sempre più pressante, una revisione della critica estetica tradizionale e sta stimolando lo sviluppo della critica operativa sulla quale possono elettivamente innestarsi i contributi di una cultura scientifica di tipo cibernetico, ossia, appunto, operativo, che abbia cioè la vocazione non tanto di registrare la realtà, quanto di produrla.
La consapevolezza degli effetti sempre crescenti che l'operare tecnico sta avendo sull'ambiente umano, richiede come alternativa all'alienazione e all'insicurezza, il controllo razionale degli interventi inteso, non come restrizione, ma come fattore di potenziamento dell'immaginazione creativa.
È ragionevole attendersi che la scienza delle costruzioni, in una sua età matura, assuma le responsabilità che le competono nella determinazione e nella valutazione delle forme in architettura.
In conclusione alle forme delle cose siamo portati ad attribuire un significato autonomo da qualsiasi riferimento alla loro sostanza materiale. Del resto tutta l'evoluzione del pensiero scientifico porta a riconoscere che i significati riguardano le strutture delle relazioni tra gli oggetti piuttosto che gli oggetti in sé. I temi di natura strutturale in senso proprio, cioè quelli nei quali i fatti statici e costruttivi vengono assunti come motivazione dell'architettura, sono quelli nei quali appare più evidente l'idea di forma come modello o configurazione, che trascendendo il semplice fatto geometrico, diviene organizzazione di eventi nello spazio. Questo non è allora solo misure ma il campo dove si esplicita il pensiero che ha organizzato quel complesso di forze, distanze, nodi, tensioni come qualcosa di unitario, che

escludendo ogni accidentalità visiva, trova nel suo interno il proprio significato.
Per fare architettura, per mezzo delle strutture, bisogna perciò essere ben convinti di queste due semplici verità: che la forma di un oggetto può essere strettamente legata alla concreta realtà della sua funzione e che l'uomo ha la facoltà di riconoscere un senso all'oggetto, effettuandone una lettura che non è solo visuale, poiché l'atto di percezione raggiunge la mente e si risolve in una cognizione del fatto tecnico e spaziale che è rappresentato nell'oggetto.
La natura di questa cognizione non è analitica, anche se può essere completata da una consapevolezza a livello razionale in dipendenza del grado di preparazione e del tipo di cultura, ma è essenzialmente simile ad un'impressione sintetica. Non riguarda tanto la comprensione del ruolo svolto dalle varie parti sia pure viste nella loro interazione e integrazione nel tutto, quanto una specie di sentimento di adesione al modo con cui questa integrazione si intuisce ottenuta. Non è cioè solo osservare e magari capire da fuori, ma sentirsi coinvolti in un processo nel quale l'oggetto viene usato, al di là della sua utilità materiale specifica, come qualcosa che tocca la sfera dell'intelletto, in un modo che può naturalmente essere più o meno approfondito e più o meno valido, ma che può anche suscitare o arricchire interessi, attivare l'immaginazione, o anche muovere un'emozione.
Da tempo sono convinto che una struttura può essere progettata in modo da dare attraverso la sua stessa forma, una informazione completa sulla propria funzione, e d'altra parte non conosco altro modo per caricare una forma strutturale di un potenziale di comunicazione.
Quando si inizia la progettazione di una struttura, c'è un modo molto semplice di valutare che possibilità si prospettano di ottenere questa potenzialità espressiva dalla sua forma perché la probabilità di avere successo dipende in modo critico dall'importanza che si attribuisce al ruolo che la forma stessa dovrà assumere sul piano tecnico per contribuire alla soluzione del problema statico. Progettare una struttura significa assolvere un compito statico immaginando nello spazio un sistema di forze

che interagiscono in un gioco sapiente, o per lo meno non banale, di equilibri, che il materiale strutturale concretizza e rende reali ed eventualmente percepibili; ora sul piano tecnico il compito statico risulterà assolto in modo tanto più soddisfacente quanto più elevato è il rendimento che si consegue nell'impiego del materiale e questo si ottiene sfruttandone al meglio la capacità resistente, e, più in generale, le qualità struttive, ma anche, e questo è il punto più interessante, avvicinandosi ad uno schema di insieme per l'intera struttura, che minimizzi l'impegno statico permettendo che le forze fluiscano in ogni parte nel modo più naturale. Va subito detto che non esiste, in un caso concreto, una forma limite che deve essere scoperta; esiste una categoria concettuale di forme possibili, che potremo definire forme organiche strutturali, nell'ambito della quale si esplica in modo più o meno consapevole ed eventualmente con risultati più o meno validi, la creatività di chi progetta, spaziando in ogni caso, fra i due estremi della ricerca critica e della invenzione pura.
Bisogna comprendere che la scelta dello schema statico, ossia in definitiva della forma della struttura, è uno dei mezzi che si hanno a disposizione per assolvere il compito di contrastare nello spazio il peso della materia e le altre forze attive sulla struttura, proprio come le qualità meccaniche del materiale strutturale, i mezzi per la sua posa in opera e le procedure per verificare gli sforzi e le deformazioni. Generalmente parlando è anche il mezzo più potente e decisivo ed è certamente quello al quale è essenzialmente connessa la possibilità che la struttura espliciti la sua stessa natura.
Naturalmente fra le idee qui espresse e la loro concreta applicazione passa la differenza che sempre separa le intenzioni dalle azioni. Mi auguro comunque che le immagini che illustrano questo volume possano almeno essere considerate dei tentativi di creare quelle che abbiamo definito forme strutturali organiche.

2. IL MINIMO STRUTTURALE

Se è vero che una forma strutturale può esprimere la sua realtà di evento tecnico ed architettonico, solo nella misura nella quale si pone come fattore risolutivo del problema statico, è evidente che

ciò che allora interessa è capire attraverso quali vie la forma può dare risultati in ordine all'utilizzazione strutturale della materia.
Se immaginiamo di modificare con continuità la forma di una struttura partendo da una data configurazione iniziale, la quantità minima di materiale strutturale richiesta per sostenere i carichi e le forze in atto subirà una variazione; che questa variazione sia quantizzata con un calcolo più o meno esatto o che sia solo valutata o intuita, è in ogni caso essa che ci consente di considerare la modifica della forma come un aumento o una diminuzione della sua qualità.
In altri termini il minimo volume di materiale strutturale ci consente di istituire un confronto fra tutte le possibili forme che riusciamo a immaginare, fornendo ogni volta un giudizio di valore. Ciò risponde alla nostra esigenza di razionalità e al bisogno di dare un obiettivo e quindi un senso alle nostre capacità tecniche e inventive e di padroneggiare con esse le forze in atto nello spazio ordinandole secondo un disegno conoscibile e controllabile; nello stesso tempo corrisponde a una tendenza di fondo, che appare operante, anche se in modo discontinuo, attraverso tutta la storia dell'architettura, nell'ambito della quale la nascita e lo sviluppo delle forme strutturali atte a contrastare nello spazio il peso della materia, si configura come una delle grandi avventure della mente umana.
E non si pensi che l'avvento delle conoscenze scientifiche e della meccanica delle costruzioni, abbia concluso ed esaurito questa illustre storia.
Abbiamo metodi di calcolo che possono avere qualsiasi grado di sofisticazione desiderabile, per calcolare strutture già progettate, ma manca una teoria delle forme strutturali che aiuti a progettarle. Anzi, l'abbiamo già accennato, uno degli aspetti più insoddisfacenti dell'uso attuale della scienza delle costruzioni dipende proprio dalla sua esclusiva vocazione a verificare soltanto il grado di sicurezza di una costruzione che sia definita, non importa come, in ogni sua parte, mentre non gli si richiede quasi nulla che possa aiutare nella fase di scelta progettuale.
Ma una struttura ben progettata non deve soltanto verificare un criterio di sicurezza ma deve anche soddisfare almeno altri due tipi di condizioni: deve essere economica e deve essere coerente

con un programma funzionale ed espressivo ossia con un programma architettonico. E se la sicurezza è indispensabile, l'economicità e la qualità architettonica sono gli obiettivi più importanti dell'atto di progettare. Si tratta di ampliare il significato del lavoro dello strutturista, superando i limiti del semplice servizio tecnico, fino alla riappropriazione del progetto come di una responsabilità indivisibile.
Anche lo strumento matematico dovrà allora essere usato in modo cibernetico cioè per controllare il processo di sintesi delle forme; non per verificare oggetti già assegnati ma per consentire ed aiutare le scelte progettuali spingendole in profondità e rendendole consapevoli e motivate. Di più, dovrà costituire a monte di ogni progettazione particolare, un sistema di concetti configurato con una vera e propria teoria generale delle forme strutturali.
Ho tentato di dare qualche contributo in questa direzione sviluppando una teoria del minimo strutturale fino alle equazioni che reggono la strutturazione dello spazio nel caso limite nel quale siano conosciute le forze esterne da sostenere. La loro applicazione non è però agevole se non in casi molto semplici e i problemi concreti si presentano per giunta in modo meno schematizzabile.
Ciononostante sapere che c'è una direzione nella quale muoversi è un incitamento ed un aiuto nello sforzo di sintetizzare forme ottimali come risultato di un metodo che tenda a dare un senso all'atto creativo.

3. VOLTE CORRUGATE

Nel 1954 ho collaborato con l'architetto Vitellozzi alla costruzione del Centro di Atletica leggera di Formia, progettando fra l'altro le strutture di copertura della palestra. Si trattava di una semplice soletta sottile piegata autoportante su una luce di 20 m alle estremità della quale poggiava su due grandi telai reticolari.
In cantiere il disegno dei ferri disposti in modo da seguire le variazioni degli sforzi apparve particolarmente bello. Il getto del calcestruzzo avrebbe in seguito nascosto quel disegno così significativo e questa circostanza mi fece comprendere che la

forma della volta non seguiva abbastanza l'andamento naturale delle forze interne per poterlo esprimere visibilmente. Per questo quando mi si presentò l'occasione di progettare altre coperture cercai di piegare le solette in modo da far variare l'ampiezza del corrugamento in sintonia con la variazione naturale degli sforzi prodotti dalla distribuzione dei carichi e dei vincoli. In questo modo l'armatura principale correva dritta e costante lungo gli spigoli tesi perché tutta la carica espressiva era passata alla forma corrugata della struttura. In altre parole il risultato delle determinazioni quantitative prodotte dalla progettazione era trasferito da quantità invisibili a quantità evidenti nella forma, e in questo si accresceva decisamente il grado di esplicitazione della natura della struttura. Un primo esempio e forse il più significativo di questo modo di dare forma visibile ai momenti flettenti è la copertura dello stabilimento Raffo a Pietrasanta (1956).
Oltre a dosare l'ampiezza del corrugamento in accordo con la variazione degli sforzi flettenti, si è introdotta in quella occasione l'idea di mantenere rettilinei e continui gli spigoli tesi in modo da costituire una specie di riferimento rigido che contribuisce a rendere più chiara la percezione della forma.
Lo schema di insieme era quello di una trave appoggiata con sbalzi di differente ampiezza alle due estremità, ma si sviluppava nello spazio tridimensionale, carattere questo che ho poi sempre considerato essenziale perché corrisponde a un enorme arricchimento di possibilità tecniche e architettoniche.
Nel cinema a Montecchio di Vicenza (1957) e nella palestra di Frosinone (1958) lo schema di insieme è invece più semplice e cioè quello di una struttura semplicemente appoggiata su luce costante nel caso della palestra e variabile nel caso del cinema.
Una struttura simile fu anche realizzata in quegli anni a Roma, per la scuola allievi della Guardia di Finanza. La Cappella dei Ferrovieri a Vicenza è un altro esempio di questo tipo di struttura; il progetto che non venne poi realizzato è del 1958 e nasce da uno schema di insieme riconducibile ad un telaio a tre cerniere.
Nel 1959 ho potuto realizzare una struttura corrugata e completata da un sovrastante solaio orizzontale, per il ristorante dello Stadio Olimpico del Nuoto a Roma. In questa struttura lo

schema che è quello di una struttura appoggiata con sbalzi di estremità è articolato dalla necessità di far confluire le linee di tensione verso gli appoggi puntiformi rappresentati dai pilastri. Credo che appaia chiaro come in tutte queste realizzazioni il risultato dipenda in modo decisivo dallo schema di insieme; quando questo è troppo semplice e simmetrico la forma risulta evidentemente meno espressiva e crea uno spazio meno significativo. Per questo penso che l'esempio più interessante è forse l'ultimo in ordine di tempo: le strutture delle passerelle e delle coperture del foyer del Teatro Regio a Torino, che l'architetto Mollino mi ha dato modo di realizzare nel 1966. Il costruttore ha trovato così efficiente il tipo strutturale, nonostante le evidenti difficoltà costruttive, da proporre la sua adozione anche per la copertura della galleria che unisce il Teatro al preesistente edificio settecentesco di Benedetto Alfieri.
Come nel caso del Ristorante dello Stadio Olimpico del Nuoto a Roma, le strutture corrugate di Torino sono completate da una soletta orizzontale sovrastante per formare i piani di calpestio. Le linee di spigolo si compongono nello spazio collegando i punti di appoggio (non vi sono pilastri se non sul perimetro e si utilizzano come appoggi la struttura perimetrale della sala e quella degli scaloni) in una rete individuata dalle direzioni preferenziali secondo le quali si incanalano naturalmente gli sforzi. Il disegno che ne nasce è continuamente modificato dalla variabile disposizione dei vincoli e traduce in un fatto visuale la complessità degli schemi statici.

4. RETI DI TRAVI

Dopo pochi anni dalle prime esperienze con le strutture corrugate ho avuto la possibilità di tentare per altre vie la sintesi di forme strutturali. Nel 1960 lo studio Calini-Montuori mi chiamò a collaborare al progetto del Centro Atomico di Bombay, che prevedeva fra l'altro la costruzione di un grande Auditorium per 1600 posti coperto da una struttura a forma di piramide esagonale ribassata. Questa struttura è costituita da una maglia triangolare di nervature ed è completata da un sistema di travi-parete perimetrali sostenute da soli 4 pilastroni.

Il comportamento statico è notevolmente complesso e può essere così descritto: ciascuna falda è un graticcio piano di travi poggiate sugli spigoli, dove le reazioni di appoggio si scompongono in un sistema di sforzi normali che fluiscono verso il perimetro. Il forte ribassamento della struttura e la deformabilità dei vincoli sul perimetro, consentono solo in parte questo comportamento a cupola piramidale, che così coesiste con un comportamento puramente flessionale a piastra esagonale nervata.
Introducendo alcune schematizzazioni ero riuscito a valutare la ripartizione fra i due comportamenti, e quindi non ritenevo necessario effettuare calcoli più completi e più lunghi. Ciò nonostante mi venne richiesto dai consulenti dell'Atomic Energy Commission indiana, un calcolo esauriente che tenesse conto di tutte le caratteristiche della struttura. L'impostazione di questo calcolo mi richiese molto lavoro e mi portò verso un sistema risolutivo di 122 equazioni lineari simultanee. A quell'epoca non erano facilmente disponibili mezzi di calcolo paragonabili agli attuali e alla fine si preferì ripiegare sulla sperimentazione di modelli in scala: uno con sei pilastri e uno con quattro pilastri, come avevo previsto nel progetto. Fu questa la soluzione che venne realizzata poiché le prove sui modelli confermarono le mie previsioni iniziali. Nessun progetto mi ha mai più richiesto uno sviluppo di calcolo così pesante da essere lontanamente paragonabile a quello che affrontai, in fondo inutilmente, per l'Auditorium di Bombay.
Quell'esperienza è servita per chiarirmi il ruolo della intuizione nella progettazione strutturale e nella preparazione degli stessi schemi di calcolo o modelli matematici. In quello stesso anno ho realizzato, questa volta con grande facilità, la chiesa del Villaggio del Sole a Vicenza.
Tutta la pianta della chiesa era tracciata secondo un sistema di spirali equiangolari (o spirali logaritmiche), che qualche anno prima avevo pensato per il progetto di massima del Palazzetto dello Sport di Roma, poi realizzato in altro modo da Vitellozzi e Nervi. Queste spirali formano sempre lo stesso angolo con i raggi provenienti dal centro e hanno la notevole proprietà di non modificarsi per effetto di un processo di ingrandimento o di

impiccolimento; in un certo senso non hanno una dimensione controllabile in una scala. Mi sembrava perciò interessante sostituire come base del disegno un reticolo formato da spirali di questo tipo al classico reticolo cartesiano.
Ho introdotto tre famiglie di spirali in modo da ottenere una rete a maglie triangolari il più possibile vicine alla forma equilatera e seguendo queste ho disegnato i muri che sostengono la copertura e le nervature che la costituiscono.
Queste formano così una rete di travi che si va addensando verso il centro. Seguendo una di esse si sale di quota di una stessa quantità ad ogni nodo e da ciò consegue la forma della copertura che è quella di una superficie di rivoluzione con una linea direttrice logaritmica. La sezione delle travi ha dimensioni che diminuiscono proporzionalmente alla distanza dal centro e ciò è in buon accordo con la graduale riduzione degli sforzi di flessione che caratterizzano la parte perimetrale della struttura, protesa a sbalzo oltre l'appoggio sui muri, a mano a mano che ci si avvicina alla cuspide centrale dove invece prevale un comportamento a membrana caratterizzato da sforzi normali di compressione.
Questa aderenza alla natura ed entità degli sforzi da parte del disegno di una rete di travi, sia come disposizione degli elementi che come dimensionamento delle sezioni resistenti, è stata ricercata sistematicamente in altre realizzazioni anche molto diverse fra loro. Un esempio di rete di travi pressoinflesse si trova nel progetto per il Palazzo del Lavoro a Torino, presentato, sempre nel 1960, al Concorso nazionale insieme a Mollino e Bordogna, in tre diverse varianti. Un altro è la copertura della Sala Conferenze della Biblioteca Nazionale di Roma (1961); la struttura è nascosta dal controsoffitto ma ad esso si è voluto dare un disegno che ripete quello della rete di travi.
Anche il deposito Italtubi di Roma del 1963 è un esempio di struttura in acciaio con travi incrociate a sezione reticolare variabile, sostenute in questo caso da stralli ancorati in cima a tre piloni anch'essi a sezione variabile, studiata in modo da sopportare validamente il carico di punta e la pressoflessione.
È dell'anno seguente il progetto della Centrale Enel di Sassari. Qui la rete delle travi in acciaio si articola sulla superficie della

copertura insieme ai tiranti e ai puntoni, situati sia sopra che sotto di essa, creando un sistema tridimensionale unitario che visualizza la logica secondo la quale i carichi vengono riportati sulle strutture di sostegno.
Questi esempi mostrano come l'impegno statico proposto dalla flessione possa essere affrontato calibrando le sezioni resistenti e, ancora meglio, disponendo le travi secondo una particolare rete che ne esalti le possibilità di collaborazione nello spazio ed eventualmente ne arricchisca la funzione statica con un comportamento caratterizzato anche da sforzi normali. Cio è ben evidente nella copertura proposta per una piscina-tipo nel 1973 dove la rete di travi, ottenuta accostando elementi prefabbricati in cemento armato, si sviluppava in modo da convogliare i carichi verso gli appoggi nel modo che appariva più naturale e sfruttava nello stesso tempo l'inerzia delle grandi sezioni ad arco di cerchio degli elementi di sostegno per creare al centro della copertura un comportamento a cupola nervata capace di alleggerire notevolmente la flessione.

5. SISTEMI EQUITENSIONALI

La tendenza a integrare più elementi in un sistema unitario minimizzando l'impegno strutturale dell'insieme porta, quasi inevitabilmente, a ricercare la ripartizione uniforme del compito statico. Appare allora naturale giungere alla determinazione della forma della struttura traendola proprio dalla condizione di eguaglianza delle tensioni. Se una rete di travi o di archi o di cavi tesi è formata da elementi equivalenti, aventi la stessa sezione resistente è naturale cercare di ottenere che lo sforzo sia identico in tutti e pari al massimo consentito dalla sezione. Questo principio di intrinseca economicità si traduce in una forma di organizzazione strutturale fortemente espressiva proprio perché efficiente. E, al solito, questa possibilità di esprimere, in modo sintetico, l'avvenimento statico nello spazio, mi sembra l'aspetto più interessante. Le prime volte che ho provato a disegnare un sistema di archi equicompressi è stato nel 1955, studiando le coperture per il cinema "Araldo" a Roma, che però non venne più costruito. Gli archi collegavano nelle varie direzioni i punti sul

perimetro dove erano previsti gli elementi di sostegno, incrociandosi in un unico sistema collaborante. I nodi di incrocio erano stati ridotti al minimo con opportune calibrature dei rapporti geometrici che caratterizzano la posizione dei sostegni e bisognava determinarne le quote altimetriche. Con ciò l'intera forma sarebbe stata definita e si sarebbe potuta calcolare la spinta dei vari archi. A questo punto è stato invece ribaltato il procedimento: si è stabilito un valore identico per tutte le spinte e si sono ricavate le quote dei nodi come conseguenza di questa condizione. Gli archi più lunghi assunsero un andamento molto particolare con un'inversione di curvature verso gli appoggi grazie alla quale riuscivano, prima di giungervi, ad appoggiarsi agli archi più corti da essi incrociati. Ne risultava una forma di insieme, per l'intera copertura, assai più interessante e significativa di quella di una volta tradizionale.
Benché molto diversa dalla copertura del cinema Araldo, nasce dallo stesso principio di equitensionalità anche la struttura di cavi tesi che progettai 10 anni dopo per il Palazzo dello Sport di Firenze. Qui la compressione è sostituita dalla trazione e il cemento armato dall'acciaio dei cavi; inoltre la forma della rete di cavi è stata ricavata da una condizione di eguaglianza delle tensioni e non delle sole componenti orizzontali. Questa condizione produce, insieme alla disposizione dei vincoli, l'intera forma della struttura. La forma può essere ottenuta sperimentalmente costruendo un modello formato da elastici. Poiché questi sono inoltre allungabili sotto sforzo, è facile ottenere che tutti siano egualmente tesi; nei nodi della rete di elastici si debbono appendere pesi proporzionali al peso che dovrà gravare su ognuno nella copertura reale e si ottiene allora la forma cercata.
Modelli del genere possono servire in fase di progetto di massima per studiare la forma di strutture sia tese che compresse poiché la forma non cambia se si inverte il segno di tutte le forze.
Come una collana appesa può essere il modello, rovesciato, di un arco, così un sistema di fili può essere il modello di un sistema di archi incrociati. Sostituendo i fili con elastici si ottengono modelli nei quali la tensione dei singoli elementi è misurata dall'allungamento degli elastici ed è quindi facile giungere a reti

equitese o, se il modello è pensato rovesciato, equicompresse. Spesso poi è sufficiente immaginare il modello, senza realizzarlo, per ottenere egualmente un valido aiuto all'intuizione progettuale, la quale del resto equivale in ogni caso ad un processo di immaginazione analogo.
Nel 1969, ho potuto progettare una piccola chiesa a Sarteano, presso Chianciano, nella quale la copertura è costituita da un sistema di cavi tesi disposti radialmente a partire da un elemento verticale, il campanile, al quale sono ancorati in punti posti a quote variabili seguendo una curva ad elica.
Poiché i cavi sostengono un carico che aumenta linearmente in conseguenza del loro graduale reciproco allontanamento, la linea funicolare secondo la quale debbono disporsi è una curva particolare facilmente ottenibile con il calcolo. In questo caso i cavi non si incrociano a costituire una rete ed è quindi impossibile ottenere che la tensione sia costante lungo il loro sviluppo. Le componenti orizzontali sono state però progettate eguali per tutti i cavi e quindi questi hanno le stesse forme. Quelli più corti cioè sono identici ad un primo tratto di quelli più lunghi.
La messa in tensione è avvenuta gradualmente, a mezzo di martinetti, a mano a mano che si formava la solettina di copertura per spruzzamento di cemento su una rete metallica di armatura. Finita la presa della solettina (6 cm di spessore) si è aggiunta una sovratensione nei cavi avente lo scopo di precomprimerla, in modo da porla in grado di svolgere una funzione di collegamento e di assorbimento degli sforzi secondari dovuti a condizioni di carico non uniformi.
L'aspetto più caratteristico della chiesa di Sarteano è dato dalla forma delle pareti perimetrali in cemento armato, disegnato in modo da assorbire facilmente le spinte orizzontali originate dalla tensostruttura di copertura.
Progetti con soluzioni radicali caratterizzate da reti di elementi egualmente compressi sono quello per il ponte in Calabria del 1964 (premiato dall'Istituto Nazionale di Architettura in occasione di un concorso per un'idea architettonica) e quello, analogo, per il ponte sul Niger studiato nel 1977 per un appalto-concorso. In questi casi la rete degli elementi si dispone nello spazio in modo uniforme, senza cioè addensamenti o rarefazioni, ed essa tende

quindi a seguire certe superfici minimali delle quali avremo modo di occuparci parlando delle membrane a compressione uniforme.

6. MEMBRANE A COMPRESSIONE UNIFORME

Le strutture a membrana in cemento armato sono certamente state le più significative esemplificazioni delle meravigliose possibilità di questo materiale. Iniziate negli anni '30 esse non hanno però avuto fortuna a causa delle difficoltà costruttive poste dalla necessità di preparare casseforme a doppia curvatura. Del resto un altro limite era dato, a mio giudizio, dall'abitudine di assumere forme geometriche semplici come sfere, cilindri o coni che però spesso si rivelano non semplici nel comportamento statico, il quale era dato per scontato che dovesse essere qualcosa di complesso e difficile da intuire e che dovesse essere calcolato con un processo matematico complicato. Se invece nelle equazioni si introducono le tensioni come quantità note e si cerca di ottenere la forma come l'incognita da ricercare, le cose possono essere spesso più facili e in ogni caso si ottiene un'utilizzazione più razionale del materiale e insieme, cosa molto importante, forme più espressive della sua natura e dell'equilibrio statico in atto nello spazio.
Lo schema statico dei ponti studiati per l'Autostrada del Sole è ancora uno schema piano, dove però sono aboliti pilastri o montanti verticali grazie all'adozione di un sistema di archi, i minori dei quali poggiano sui più grandi con un particolare equilibrio di spinte. I momenti flettenti residui, dovuti essenzialmente ai carichi mobili, sono denunciati dallo spessore delle sezioni, e sono decisi dall'introduzione di cerniere (momenti nulli) in punti opportunamente scelti.
Nel ponte sull'Astico (1956) la forma nasce da un equilibrio di spinte ma anche dall'esigenza di dare ad ogni parte la necessaria stabilità nei riguardi del carico di punta. Va osservato che quest'ultimo fatto deve essere considerato un aspetto, tutto sommato, secondario dell'equilibrio. Per questa ragione credo di poter dire che in questo progetto la coincidenza fra i caratteri visuali e l'importanza del loro ruolo nella composizione strutturale è relativa. Il progetto ha comunque riscosso un certo

successo (XI Triennale di Milano ed EXPO di Bruxelles del 1958) ed è stato un punto di partenza per ulteriori sviluppi.
Nel 1959 preparando l'appalto concorso per il ponte sul Tevere a Tor di Quinto, si arrivò per la prima volta a proporre sostegni, la forma dei quali conseguisse da un regime statico di uniforme compressione. Ciò comportava una forma sviluppata nello spazio secondo una superficie a doppia curvatura (con segni opposti come in una sella). Questa forma è identica a quella secondo la quale si dispone un film liquido, per esempio di soluzione saponata, e dipende dalla forma dei bordi. Nel ponte di Tor di Quinto i bordi a contatto con le fondazioni e con impalcato avevano il disegno più semplice e più utile nei riguardi dell'esigenza di sostenere i carichi, trasmettendo contemporaneamente spinte capaci di precomprimere l'impalcato. I bordi laterali liberi furono invece studiati in modo da non avere disturbi flessionali importanti ossia come archi sghembi nello spazio posti in carico dalla compressione della membrana. Nel modello teso i bordi sono rappresentabili da fili privi di rigidezza flessionale. Nella struttura reale non erano presenti elementi di bordo particolari per cui tutta la zona dei bordi sarebbe stata caratterizzata da disturbi flessionali anche se contenuti.
Alla fine degli anni '60 si è riusciti a costruire per la prima volta una membrana in cemento armato a compressione uniforme quale elemento di sostegno di un ponte: il viadotto sul Basento a Potenza. Si tratta di un'unica struttura di 280 m di lunghezza. In questo caso lo spessore, di 30 cm, è stato incrementato sui bordi in modo da ottenere gli opportuni irrigidimenti che raccogliendo la compressione della membrana si comportavano come archi sghembi nello spazio.
La compressione della membrana non è uniforme; in senso trasversale è circa il 10% di quella in senso longitudinale e ciò è stato fatto per proporzionare la larghezza della volta al ponte che è un oggetto a sviluppo essenzialmente longitudinale. La forma della volta è stata determinata con il calcolo e controllata con modelli formati con pellicole di soluzione saponata, di gomma fortemente tesa e infine in metacrilato e in calcestruzzo. Il modello in calcestruzzo è stato preparato all'ISMES (Istituto

sperimentale modelli e strutture) in scala 1:10 per due campate e sottoposto a prove elastiche e infine a rottura.
Nel caso del ponte di Potenza mi sembra che si possa dire che la forma abbia raggiunto un buon equilibrio tra contenuto statico e carica espressiva; ogni aspetto visibile appare con un'importanza proporzionata al suo ruolo nella composizione strutturale.
Tutta l'architettura del ponte è basata sulla fiducia che l'equilibrio statico possa essere intuito in modo sintetico quando risulta esplicitato nella forma sensibile.
È previsto che la volta del ponte possa essere attrezzata come passaggio pedonale mentre l'area sottostante dovrebbe essere sistemata a parco.
Nel 1979 è stato progettato un ponte per un concorso bandito dal Comune di Bolzano. Si trattava di un ponte urbano da costruire sul fiume Talvera. La membrana a compressione uniforme, percorribile pedonalmente, avrebbe dovuto essere prefabbricata in elementi da assemblare in opera.
Nel complesso è un tentativo di integrare ancora più la composizione strutturale con l'architettura dell'insieme, cercando di conseguire un massimo di organicità e di aderenza con la natura.
Sempre su questa linea, ma più semplici dal punto di vista della forma, sono i ponti a Marina di Massa (1973), il viadotto di Shiraz in Iran (1975) e il ponte semisommerso per il parco di Fogliano (1975). Quest'ultimo, studiato in occasione di un concorso nazionale per la sistemazione del parco e del lago (2° premio) è una struttura lunga 600 m poggiata sul fondo a 2 m di profondità dalla quale si sarebbe potuto esaminare la vita subacquea attraverso aperture vetrate.

7. IL PONTE DI MESSINA

Nel 1969 l'ANAS e le Ferrovie dello Stato bandirono un Concorso Internazionale di Idee per l'Attraversamento dello Stretto di Messina. Furono presentati 143 progetti. Il mio progetto, affiancato da uno studio urbanistico preparato da un gruppo diretto dal Prof. Quaroni, conseguì il 1° premio insieme ad altri 5 progetti di differenti caratteristiche.

Il mio progetto prevedeva un'unica luce di 3000 m (due volte e mezzo la massima campata oggi esistente) e una tipologia strutturale non convenzionale. Si trattava di una tensostruttura stabilizzata in senso verticale e anche orizzontale da cavi pretesi disposti sotto l'impalcato, che era privo di particolare rigidezza flessionale e con sezione leggera ed aerodinamica. I cavi portanti, 2 da 1,30 m di diametro, erano a loro volta sostenuti in 2 punti distanti 2000 m da stralli che riportavano il carico alla cima di antenne di acciaio speciale, alte 600 m. Tutte queste misure conseguivano da una ricerca sull'ottimizzazione dell'impiego del materiale: in totale 280.000 tonn. di acciaio con una spesa di circa 300 miliardi di lire del 1969.
In principio la proposta di un'unica luce sollevò molte perplessità ma negli anni successivi, dopo una serie di congressi e discussioni, credo di poter dire che essa è ormai divenuta la più accreditata presso tutti coloro che hanno approfondito il problema. In particolare il Gruppo Ponte Messina dopo 10 anni dal concorso si è orientato sulla luce unica, anche se presentando un progetto di tipo convenzionale. Nel ponte da me proposto la deformabilità sotto i carichi mobili è assai inferiore a quella di un ponte tradizionale, elemento questo fondamentale per il traffico ferroviario.
Personalmente ritengo che il forte aumento della luce non può non comportare l'adozione di soluzioni in parte inedite. Per un ponte così grande molte scelte sono in buona parte obbligate, ma anche per questo, si è portati verso forme più espressive dell'avvenimento statico nello spazio.
Il comporsi delle linee curve dei cavi, il loro gioco nello spazio tridimensionale, conferiscono al ponte una carica espressiva della sua verità strutturale certo superiore a quella degli attuali ponti sospesi.

8. STRUTTURE RETICOLARI SPAZIALI

Questo tipo strutturale presenta un significato molto diverso da quello delle strutture finora esaminate. Nel loro caso è la sola matrice geometrica che rimane la protagonista dell'avvenimento spaziale. I singoli elementi non si distinguono per il loro ruolo

statico ma solo come parti di una composizione geometrica nell'ambito della quale ognuno si trova in una posizione completamente equivalente a quella di ogni altro. Questo fatto comporta l'attribuzione di maggiore importanza ai rapporti fra le parti piuttosto che alle parti stesse, e agli spazi vuoti piuttosto che agli elementi materiali veri e propri.
A mio avviso è però necessario che il rigore della matrice geometrica venga conservato fino alle ultime determinazioni della forma di ognuno degli elementi costituenti la struttura, ricavando il massimo di coerenza e di semplicità come condizioni di leggibilità e di chiarezza. Questa ricerca comporta la determinazione della forma del poliedro di nodo caratteristico di ogni possibile maglia spaziale e l'adozione di forme prismatiche o antiprismatiche per le aste con sezioni di estremità identiche alle facce del poliedro di nodo, che così rimane completamente nascosto, mentre nel nodo le intersezioni delle aste avvengono nel modo più diretto senza bisogno di elementi di raccordo estranei alla geometria dell'insieme.
Anzi a questo punto non vi è alcun bisogno di elementi di nodo. La struttura può essere ottenuta assemblando le aste o meglio ancora elementi formati da parti di diverse aste: per esempio triangoli ogni lato dei quali rappresenta una parte di una diversa asta.
Un primo progetto di questo tipo venne studiato per una chiesa a Roma, non realizzata, e prevedeva l'uso di triangoli ottenuti stampando lamiera sottile in acciaio inox.
Un secondo progetto, pure in acciaio, fu studiato per la copertura di un impianto sportivo da realizzare a Vallo di Diano nell'Italia meridionale (1974).
Nel 1978 lo studio di queste strutture venne esteso a tutte le più importanti maglie spaziali dotate di una certa regolarità, pensando alla loro realizzazione in calcestruzzo e particolarmente in calcestruzzo impregnato con resine artificiali, secondo i brevetti dell'Italcementi. L'anno dopo strutture sperimentali di questo tipo vennero realizzate in occasione della "Settimana dell'Architettura" a Roma. Alcune di esse furono portate in autunno a Bologna durante il SAIE 1979. Il numero di coordinazione, ossia il numero di nodi collegati direttamente con

uno qualsiasi, nel caso di maglie complete, era nei vari casi 12 oppure 8, 6 o 4. In questi ultimi due casi diviene essenziale la rigidezza flessionale delle aste e del loro collegamento reciproco nei nodi. Le aste sono cave e questi vuoti comunicano fra loro attraverso i nodi che, come si è detto, materialmente non esistono, consentendo getti in opera di completamento e anche il passaggio di cavetti da precompressione. Dal punto di vista geometrico le superfici visibili di tutte queste strutture possono essere considerate “antipoliedri” ossia poliedri nei quali intorno ad ogni vertice si raccolgono facce poligonali in numero maggiore di quello che corrisponde al caso di un piano tappezzato da poligoni. Quando il numero è minore si hanno i ben noti poliedri convessi: per esempio il tetraedro che ha 3 triangoli intorno ad ogni vertice, l’ottaedro che ne ha 4, e l’icosaedro che ne ha 5. Con 6 triangoli si ha il piano e con 7 si ha il primo degli antipoliedri nei quali, allontanandosi da un vertice, si ha una crescita di facce triangolari che tende ad una legge esponenziale. Nelle strutture spaziali questo fatto è tenuto sotto controllo dal continuo rinchiudersi su se stesse delle maglie, che conferiscono all’insieme un elevato grado di connettività che aumenta con l’estendersi della struttura.
Riassumendo si tratta di un argomento che certo merita ulteriori approfondimenti. Comunque mi sembra essenziale comprendere che la capacità di esprimere fatti geometrici puri, offrendo una lettura dello spazio tridimensionale di un carattere inusitato e stimolante, è strettamente connessa all’assoluta coerenza delle forme con la matrice geometrica, in essa comprendendo le aste come oggetti estesi e non come semplici segmenti privi di spessore.
A questo punto le strutture spaziali possono divenire un mezzo per testimoniare lo spazio astratto concepito come l’insieme di tutte le relazioni di corpi semplici coesistenti. È spazio astratto perché depurato da ogni altra connotazione non propriamente geometrica. Per questo gli elementi componenti non sono solo identici ma sono anche identicamente correlati fra loro e non sono caricati da contenuti ulteriori, compresi quelli riguardanti gli equilibri statici che infatti non sono tradotti in alcun aspetto direttamente leggibile. Ogni parte della struttura appare solo

come una presenza geometrica e ciò vale sia per gli elementi materiali che per gli intervalli vuoti tra essi, cosa che conferisce a tali strutture una particolare suggestione.
Anche qui appare particolarmente inadeguato il tipo di cultura che normalmente possiedono l’architetto e l’ingegnere, perché queste strutture esprimono una cognizione dello spazio che richiede un tipo di cultura scientifica per ora quasi completamente assente almeno ad un livello sufficiente a produrre atti creativi. Il mio augurio è che le nuove generazioni possano scambiarsi meglio le loro idee e possano sintetizzarle in sistemi vitali, capaci di far evolvere il mondo nella direzione giusta nell’interesse materiale e intellettuale di tutti.

Colloquio con Sergio Musmeci a cura di Manfredi Nicoletti
novembre 1980, dattiloscritto diviso in tre parti rispettivamente di 16, 15 e 14 pagine
Fascicolo RIC/2/26, serie “Attività di Ricerca”, sottoserie “Scritti”

1.
M.N. Potresti incominciare col parlarci dei tuoi contributi fondamentali alla scienza delle costruzioni. E devi farlo senza modestia, perché tu hai dato un apporto importante che hai il dovere di far capire, soprattutto ai giovani.

S.M. Tutto è cominciato molti anni fa, quando lavoravo da Nervi; in seguito ad alcune considerazioni, a poco a poco ho cominciato a capire alcuni fatti e a modificare la mia “vis” scientifica. Ho analizzato, in primo luogo, le equazioni cardinali alla statica, nelle quali si riassume tutto ciò che sappiamo della statica. Tali equazioni dicono che la risultante delle forze esterne a un sistema in equilibrio è zero e che il loro momento, rispetto a qualsiasi polo, è anch’esso zero. Queste equazioni vengono normalmente presentate nei testi di meccanica razionale come un caso particolare delle equazioni cardinali alla dinamica, nell’ipotesi di moto assente, cioè di corpi fermi. Quindi, come tali, sarebbero un caso particolare del portato dell’esperienza. Tuttavia, se si analizza tutta la questione, ci si accorge che le equazioni cardinali alla statica sono in realtà delle necessità logiche e non un portato dell’esperienza. Sono una conseguenza inevitabile delle definizioni poste a base della teoria: se si definiscono le forze in un certo modo, si ottengono, automaticamente, delle conseguenze che sono innanzitutto “logiche”, prima che sperimentali. Questo si può dimostrare.

M.N. Qual è l’importanza di tutto ciò?

S.M. È un’importanza enorme di carattere gnoseologico. Riguarda cioè tutto il significato della nostra conoscenza. Dimostrare il fondamento logico delle equazioni cardinali alla statica significa avere una conoscenza razionale di una realtà il cui significato non è il portato di un’esperienza (del tipo

“l’universo è fatto così, ma poteva essere fatto diversamente”) ma la conseguenza necessaria alle definizioni di base che noi abbiamo introdotto.
Per chiarire meglio posso fare un esempio. Consideriamo un sistema formato da un numero minimo di punti, diciamo due soli. Due punti soli possono stare tra loro a una certa distanza, oppure a un’altra, e questo introduce un solo tipo di misurazione e una sola quantità possibile, come descrizione del fenomeno. Se invece introduco due forze, una che agisce sul punto A e una sul punto B, non mi sorprenderà il fatto che queste due forze non possano essere “qualsiasi” ma debbano essere legate tra loro. Analogamente, se il sistema è formato da 3 punti, le possibili distanze sono tre, ed ogni forza, su di essi applicata, avrà tre componenti. Poiché le misure che è possibile fare con il sistema di 2 o 3 punti non sono infinite, le definizioni che introduco devono coprire esattamente, senza margini, le possibilità sperimentali che mi aspetto. La corrispondenza biunivoca tra la quantità di grandezze possibili e indipendenti che si introducono per descrivere un fenomeno e le possibilità di manifestarsi di questo fenomeno, devono coincidere. Le condizioni di coincidenza sono le equazioni cardinali alla statica. Sono le condizioni aggiuntive a limitare le infinite possibilità che si danno con queste forze, e le limitano in modo da poter coprire esattamente la realtà destinata ad essere descritta. Tuttavia, in questo quadro, esiste un’altra realtà che normalmente non viene rilevata. I due punti da cui siamo partiti sono caratterizzati dall’avere una certa distanza. Nelle equazioni cardinali alla statica, se si fa trasferire una forza lungo la sua retta d’azione, non cambia nulla. Tutto questo è vero solo ai fini di una schematizzazione matematica per la verifica delle equazioni cardinali. Ma, in tal modo, trasformo il sistema di forze in un altro sistema di forze: in una struttura diversa. Infatti, se le due forze stanno a una certa distanza, io posso introdurre una struttura con una certa quantità di materia. Se le due forze sono più vicine o più lontane, la quantità di materia richiesta è diversa. Questo è essenziale. Questo “più”, di cui non viene tenuto conto con la semplice introduzione delle cosiddette equazioni cardinali, io lo chiamo l’azione statica. E’ una quantità importante ai fini della

determinazione delle soluzioni strutturali. L'azione statica non è altro che il prodotto della forza per la lunghezza lungo la quale viene trasferita da un punto a un altro.

M.N. Con il concetto di "azione statica" tu dunque introduci la materia e la geometria.

S.M. In un certo senso sì, perché l'azione statica è proporzionale alla quantità di materia che viene richiesta per fare una struttura che occupa una certa regione dello spazio. L'azione statica, inoltre, introduce anche un'idea di invariante.

M.N. Sarebbe questo il minimo strutturale?

S.M. Il minimo strutturale è una cosa un po' diversa. Infatti, partendo dal concetto di azione statica, tutte le strutture vengono distinte decisamente in due grandi categorie:
(a) le strutture che possono essere realizzate con materiale solo compresso, o solo teso, e per le quali qualunque soluzione strutturale è equivalente perché questa quantità è una invariante;
(b) le strutture che hanno necessariamente e contemporaneamente materia compressa e materia tesa. In questo caso l'invariante è la differenza fra le due. Pertanto io posso ridurre la quantità totale di materia, impegnata nella struttura, agendo o sull'una o sull'altra, poiché la differenza di esse rimane sempre costante.
È solo quest'ultimo tipo di struttura, quindi, che solleva il grosso problema del minimo strutturale, trovare cioè la forma a cui corrisponde il minimo della materia compressa e il minimo della materia tesa. Può sorprendere il fatto che fino ad oggi nessuno abbia mai sollevato questioni di questo genere, visto che in tutta la tecnica il motivo dominante è sempre quello del rendimento e della riduzione dei mezzi in funzione di un certo scopo. Invece, nel campo della progettazione strutturale, tutto questo è stato sempre assente. Anche di fronte ai temi più semplici, come per esempio quello di una forza concentrata al centro di una luce, il normale progettista di strutture non ha ancora una risposta univoca. Il che può sembrare perfino ridicolo a un esperto di

un'altra disciplina. Sarebbe come se qualcuno dicesse: "Abbiamo studiato la termodinamica, l'abbiamo approfondita tutta, però non sappiamo dire qual è il migliore rendimento di una macchina per un determinato sistema". In tutta la tecnica si parla sempre di rendimento: la tecnica, anzi, è appunto il modo di utilizzare razionalmente i mezzi a disposizione. Ebbene, nel campo della progettazione strutturale, tutto questo è assente.

M.N. Buckminster Fuller non ha fatto dei lavori in questo senso?

S.M. Non in questo senso. Gli unici che lo hanno fatto sono alcuni inglesi (es. W. Hemp, J. Foulkes e altri). Tuttavia il loro contributo è rimasto sul piano teorico, come del resto anche il mio.

M.N. Fermo restando il concetto di minimo strutturale, esiste una soluzione univoca per un determinato problema?

S.M. Sì, è logico. Se io ti dico: "Portami dieci tonnellate al centro di una luce di dieci metri", tu non puoi sperare di portarle con un grammo di materia: ci sarà un "minimo" di materia necessaria. Questo minimo esiste, si può calcolare, ed è un punto di riferimento fondamentale.

M.N. Ma di materia espressa come?

S.M. Espressa in peso o in volume, naturalmente avendo prima prefissato qual è la tensione massima che puoi assegnare a questa materia, perché se raddoppi la tensione è chiaro che ne occorre la metà. Ma questo è un fatto banale. A me interessa la forma, e la forma alla fine è sempre la stessa, anche se cambiano gli spessori. Si può anche fare l'ipotesi che il peso proprio di questa materia sia trascurabile; oppure se ne può tener conto, ma allora il problema si complica. A me invece interessa semplificarlo, per vederne alcune caratteristiche tipiche. E lo semplifico in questo senso: immagino che questa materia sia molto resistente in confronto alle forze da reggere, per cui tutti gli spessori diventano, al limite, tenui. In tal modo, tra l'altro, non

vi sono sovrapposizioni importanti agli elementi strutturali, tali che possano alterare le valutazioni.
A me interessa la struttura limite, quando la resistenza della materia tende all'infinito e gli sforzi interni tendono a zero. Allora si ha una forma-limite che non dipende altro che dal sistema di forze esterne, il quale deve essere assegnato sia come entità di forze, sia come punti di applicazione.

M.N. Per esempio, per quanto riguarda un ponte, come imposti il problema?

S.M. Questo, naturalmente, essendo un problema reale, si complica, perché non puoi sapere quant'è il peso proprio del ponte finché non l'hai disegnato, specialmente se è un ponte in cemento armato. Però il problema può essere benissimo generalizzato, introducendo fra le altre variabili il peso proprio della struttura. Un'altra variabile che si può introdurre è questa: le forze esterne non sono tutte assegnate, ma alcune dipendono dalle scelte che a mano a mano si faranno. In una successiva fase, ho scoperto che quella che ho chiamato "azione statica" è una quantità scalare, misurabile cioè con un numero, espresso in tonnellate/metro, la quale non è che un caso particolare di un'entità molto più generale che ha la natura di un tensore, che ho chiamato tensore di azione statica. Data la condizione di equilibrio, questo tensore è simmetrico e quindi ha 6 componenti e non 9. Un tensore è una quantità caratterizzata da problemi di orientamento nello spazio; risulta cioè da una interazione fra la realtà fisica e le caratteristiche geometriche dello spazio tridimensionale. Un esempio di tensore è dato dalle tensioni interne della materia: se io considero un cubetto di materia all'interno di una struttura, ho evidentemente tre orientamenti diversi su ognuno dei quali agiscono delle forze; queste forze hanno una componente perpendicolare alla superficie su cui agiscono e due componenti tangenziali. Questo, per ognuna di queste tre direzioni, fa 9 quantità che, come ho già detto, per ragioni di simmetria si riducono a 6, perché lo sforzo di scorrimento sul piano yx, per esempio, deve essere uguale allo sforzo di scorrimento sul piano perpendicolare zy, in quanto,

altrimenti, il nostro cubetto sarebbe soggetto ad una rotazione. Il tensore è una quantità molto più ricca di possibilità di un vettore. Quest'ultimo introduce il concetto di orientamento nello spazio e ha 3 componenti. Se tuttavia un vettore si sposta passando da un punto all'altro, subisce una variazione che può essere rappresentata da un'altra serie di componenti. Questa rappresentazione più complessa della realtà è data dal tensore. Pertanto lo stato tensionale interno alla materia, cioè la distribuzione dei suoi sforzi interni, è rappresentabile in modo completo solo con i tensori. Osservazione importante: le sei componenti di un tensore non sono indipendenti tra di loro. Per dare un'altra descrizione del tensore, immaginiamo che, in questa stanza, in ogni punto, sia definita la densità dell'aria. Questa quantità è uno scalare, è un numero, non è orientata. Immaginiamo adesso che io agiti l'aria. In un determinato punto vi sarà una certa velocità che, essendo un qualcosa di orientato, è un vettore, non rappresentabile con un solo numero ma con tre. Naturalmente questi tre numeri possono essere tre componenti secondo tre direzioni; ma se io cambio il sistema dì riferimento, e cioè se invece di usare xyz uso altri tre assi, le nuove componenti sono legate a quelle del precedente sistema di riferimento da certe leggi di trasformazione ben note e tipiche dei vettori. Perciò è una terna di numeri, anzi è tutte le possibilità di terne numeriche con le quali lo si può rappresentare rispetto a tutti i possibili sistemi di riferimento. Ogni componente di un vettore non ha un significato assoluto, ma solo relativo alla scelta del riferimento. Il campo di velocità dell'aria in una stanza è dunque un campo vettoriale. Ma questa velocità può cambiare da un punto a un altro. Se io mi sposto dal punto A al vicino punto B, trovo una velocità diversa. La variazione, essendo variazione di un vettore, è più ricca di possibilità ancora del vettore stesso, perché deve comportare per ognuna delle componenti del vettore una variazione della componente stessa, ma in più anche variazioni delle altre due componenti. Lo stesso avviene se mi sposto nelle altre due direzioni. La variabilità locale di una velocità è dunque qualcosa di più ricco della velocità stessa, come la velocità è più ricca della densità. Ecco che è stato introdotto il concetto del tensore a due componenti. Chiamiamo

una componente di questo tensore Txy, che significa “variazione della componente nella direzione x per effetto di uno spostamento nella direzione y”. Esiste anche un Txx (“variazione della componente secondo x se mi sposto nella direzione x”): se io sto in questo punto di questa stanza e mi sposto nella direzione x, posso scoprire che la velocità aumenta proprio nella direzione x, mentre se mi sposto nella direzione y può variare sia la componente secondo x, sia la componente secondo y, sia la componente secondo z. Quindi ho una quantità di numeri maggiore, così come un vettore è più ricco di possibilità di uno scalare, un tensore del second’ordine ha una possibilità di ricchezza di manifestazioni più ricca di un vettore. Non a caso, le tensioni interne alla materia sono dei tensori del second’ordine. Nessuno può quindi dire di conoscere abbastanza bene la scienza della costruzione se non ha capito bene tale fatto. Che cosa ho fatto in questo campo? Ho scoperto che il tensore di azione statica è, anch’esso, un’invariante. Praticamente ho scoperto questo: assegnato un sistema di forze nello spazio, qualunque struttura tu proponi per reggerlo è un modo diverso di distribuire nello spazio un certo tensore di azione statica con diverse densità. In pratica, le tensioni interne alla materia della struttura non sono altro che la densità con cui è distribuito nello spazio questo tensore di azione statica totale, determinato dalle forze esterne e dalla loro posizione nello spazio. Una delle ragioni per cui fino ad oggi questo è stato mantenuto un po’ nell’ombra è che nelle equazioni cardinali alla statica non cambia nulla se io faccio scorrere le forze lungo la loro retta d’azione, sebbene, così facendo si passi da un sistema equilibrato a un altro sistema equilibrato, ma che richiede un altro tipo di struttura. In un certo senso, le equazioni cardinali alla statica possono essere presentate in maniera molto elegante dicendo semplicemente questo: il tensore di azione statica è uniforme e simmetrico. Uniforme vuol dire che non dipende dal punto rispetto al quale lo si calcola (cfr. prima equazione cardinale della statica). Simmetrico vuol dire che sono soddisfatte le equazioni dei momenti: sia che si calcoli la componente xy, sia che si calcoli la componente yx, il risultato è lo stesso (cfr. seconda equazione cardinale della statica); il fatto che siano uguali queste due

componenti vuol dire che i momenti sono in equilibrio.

M.N. Qual è il rapporto tra questa base scientifica e la tua maniera di progettare?

S.M. Questi contributi di carattere scientifico e concettuale hanno un’azione indiretta sulla capacità progettuale. Ci si rende conto che, quando si progetta una struttura, non si fa altro che distribuire nello spazio questa azione statica. Si può fare in tanti modi, solo che alcuni sono migliori di altri. Migliori ovviamente in base ai criteri che si scelgono. Per esempio, un criterio potrebbe essere che lo sviluppo totale degli elementi strutturali deve essere minimo; un altro, che la zona di spazio occupata dalla struttura non deve uscire da un certo limite. A questo proposito è molto interessante osservare che, dato un sistema di forze da reggere con una struttura, esiste una regione dello spazio nella quale si viene a situare “la struttura di minimo”: tutto quello che è fuori non serve. E poi vi sono altre conseguenze. Per esempio: la variazione di volume subita da una struttura a uniforme resistenza, per effetto di un sistema di forze esterne, dipende solo da queste forze esterne. Quindi può essere calcolata una volta per tutte, comunque sia fatta la struttura.

M.N. Quali sono le conseguenze pratiche?

S.M. Ci sono tante conseguenze di questi miei teoremi, anche secondarie, se vogliamo, ma che contribuiscono a costruire una concezione del comportamento delle strutture, moderna, diversa da quella di Nervi o di Morandi e di altri. Senza con ciò voler togliere apprezzamento a queste persone. Secondo me sia Nervi che Morandi hanno sempre operato come progettisti dell’Ottocento, perché non avevano altri mezzi. Ad esempio: quando non è possibile ottenere tutto il materiale compresso o tutto il materiale teso bisogna introdurre nel problema delle equazioni particolari la cui incognita è la “forma” della struttura e i cui termini noti sono le forze esterne e la tensione massima che intendo adottare. Queste equazioni servono per decidere in che direzione bisogna tracciare le linee strutturali. Così facendo, infatti, si ottiene il minimo. Si tratta di equazioni differenziali

abbastanza complesse che hanno un altro termine noto o conoscibile: la quantità minima di materiale necessario a reggere quel sistema di forze. Infatti, tale quantità è un'invariante. Facciamo un esempio. Ecco un disegno delle forze qualunque da reggere con un arco. Quant'è la quantità di materiale richiesta da questa struttura? Siccome non dipende dalla struttura, è un'invariante, immagino di sostituire l'arco con una serie di pilastri e con una trave. La trave, in quanto tale, ha tanta compressione quanta trazione, e in più può avere una certa compressione per reggere alcune determinate spinte. Questa è una struttura "balorda" rispetto all'arco che è tutto compresso. Ma il materiale richiesto da quest'arco è uguale alla differenza tra tutta la materia compressa e quella tesa della struttura con trave e pilastri. Tale differenza è infatti un'invariante.

M.N. Allora la quantità di materia che è necessaria al tuo ponte di Messina sarebbe uguale se il ponte fosse fatto con metodi tradizionali?

S.M. Non proprio, per varie ragioni. Una delle ragioni è che lo schema statico più efficiente è quello che è "tutto teso" o "tutto compresso". Se invece si introduce un po' di trazione "abusiva", bisogna introdurre altrettanta compressione per compensarla. Quindi vi è uno svantaggio. In più, nel caso dei ponti sospesi, c'è un altro fatto: le sezioni delle catenarie sono costanti, mentre lo sforzo non è costante, perciò il materiale non è sfruttato al 100%. Bisogna allora introdurre dei fattori di rendimento per l'utilizzazione della materia. Per esempio, io ho fatto un ponte che ha una catenaria centrale con ribassamento 1/12. È quindi molto tesa e le potenzialità tensionali della materia sono molto ben sfruttate. Alle sue estremità partono degli elementi a strallo che possono essere sfruttati al 100%, in quanto, in essi, la sezione è dimensionata in rapporto alla tensione che è uniforme; mentre in un normale ponte sospeso a una catenaria, la tensione va diminuendo man mano che ci si allontana dagli appoggi e la curvatura aumenta (oppure bisogna tenere la curvatura bassa, con conseguente perdita di efficienza dell'intero sistema). Nel mio Ponte di Messina, inoltre, ho utilizzato un sistema più rigido

perché le funi dritte sono più rigide delle catenarie e anche più efficienti per quanto riguarda la stabilità della parte centrale, perché si aprono passando da una distanza di 30 metri ad una di 120 metri. Nel complesso, quindi, ho progettato una struttura ad alto rendimento.

M.N. Come definisci il rendimento di una struttura?

S.M. Lo definisco come il rapporto tra la quantità di materia impegnata da questa struttura e quella minima indispensabile, che viene determinata proprio dalle teorie del minimo strutturale e che è il punto di riferimento senza il quale non si può parlare di rendimento. Si può anche generalizzare il discorso. Supponiamo di dover usare una materia che pesa tot a m^3. Nasce, allora, il discorso molto interessante delle dimensioni-limite. In un campo di gravità come quello della terra non si può fare un ponte grande quanto ti pare. C'è una dimensione limite, che fu esplorata all'inizio persino da Navier e che dovrebbe far parte integrante di qualsiasi teoria delle strutture.

M.N. Questa è una cosa che si vede molto chiaramente in natura e che aveva anche espresso Galileo. Ogni tipo di struttura ha un suo limite. E Galileo diceva che se gli uomini fossero alti, per esempio, quindici metri, avrebbero avuto ovviamente una struttura completamente diversa.

S.M. Mi sono divertito quand'ero ancora studente a determinare la forma dell'arco limite: cioè un arco che porta solo se stesso, a uniforme resistenza, sfruttando ogni cm^3 della materia, ha una certa sagoma la cui equazione è $y = \log \cos x$, a parte, naturalmente, le costanti moltiplicative che tengono conto della resistenza del materiale. Questa curva è caratterizzata da alcune proprietà geometriche molto interessanti. In particolare questa: partendo dalla chiave, l'angolo che la linea d'asse mediana forma con l'orizzontale risulta proporzionale all'ascissa cioè alla distanza dell'asse verticale. Esiste una distanza in cui quest'angolo risulta di 90°: questo determina la luce limite. Da quel punto in poi, l'arco va in direzione quasi verticale, come se

fosse una colonna a uniforme resistenza: è una classica forma esponenziale che, quando sta verso la cima, piega e diventa il semi-arco che va ad incontrare l'altro semi-arco. Allora si dimostra che la distanza fra questi due piloni è la distanza asintotica. Siccome una componente orizzontale c'è sempre, questa si allontana sempre avvicinandosi ad un asintoto. La distanza tra i due asintoti è la luce limite per quel materiale. Risulta semplicemente: $\pi\sigma/\gamma$, essendo σ la resistenza del materiale e γ il peso specifico. Come vedi è un campo affascinante.

M.N. Qual è la luce limite di un arco in calcestruzzo non armato?

S.M. Prendiamo un calcestruzzo normale, o quasi, che abbia per esempio una resistenza utile di 400 Kg/cm^2 e che abbia un peso specifico di 2500 Kg/m^3. Se si calcola il rapporto fra la resistenza e il peso specifico, la luce limite risulta di 1600 m. Naturalmente occorre fare un arco molto rialzato.

M.N. Trovo che questo tuo concetto di limite è la cosa che più si avvicina a come opera la natura: ad esempio gli alberi.

S.M. Ma questo l'hanno già detto in molti a cominciare da [D'Arcy] Thompson. Anche Thompson, tuttavia, ha fatto delle considerazioni di tipo qualitativo. In realtà, una teoria delle forme-limite non è stata mai fatta prima di adesso. Io, senza presunzione, penso di aver innestato un processo che potrebbe costituire un contributo interessante per lo sviluppo di forme veramente moderne, cioè in linea con il pensiero scientifico attuale. In fondo, se ci pensi bene, il ponte di Potenza sorprende per questo: perché non è una forma di adesso, ma è una forma un po' extrapolata, il risultato di una concezione che generalizza quello che è stato fatto nei secoli. In definitiva, tutto lo sviluppo delle forme strutturali è stato basato per secoli sull'intuizione umana e sul dominio di forme che, bene o male, sono sempre piane. Anche se, per esempio, nelle cattedrali gotiche nei punti nodali tutto viene rimesso in gioco e si ricompone, però i singoli elementi sono concepibili come elementi piani. Non c'era mai stata una struttura in cui lo spazio entrasse in ogni punto,

producendo in ogni punto una curvatura, una tensione continua. La volta di Potenza, secondo me, è una specie di generalizzazione, nello spazio tridimensionale, di un concetto che per secoli è rimasto piano, tant'è vero che non è definibile né come arco né come altro. Io la chiamo volta a compressione uniforme. In realtà è un oggetto tridimensionale, il primo degli oggetti tridimensionali creato veramente, nel senso che non è un insieme di sistemi piani accostati. Prendiamo ancora, per esempio, la Basilica di Massenzio, che costituisce un fatto spaziale interessantissimo. Se la si analizza, si vede che si tratta di archi piani che in certe zone si compongono. E così via. Trovo che solamente una concezione strutturale che sfrutti tutte le possibilità dello spazio tridimensionale vero, punto per punto, attraverso un continuo comporsi di forze e di tensioni, possa essere considerata una struttura moderna. In questo senso, sono strutture moderne le tensostrutture, per le quali tuttavia osservo che i progettisti sono stati quasi "costretti" a fare in quel modo, non hanno avuto scelta. Un sistema di cavi non può avere una forma qualunque, ma ti costringe a una certa forma, che poi magari è dominata fino ad un certo punto. Per esempio è difficile che si trovi una tensostruttura con una vera aderenza a una forma resistente. Ciò nonostante, la forma generale è stata demandata agli equilibri statici, in una maniera abbastanza perentoria.

M.N. Nel ponte strallato è così.

S.M. Sì, ma il ponte strallato, se vogliamo, non è una struttura spaziale, ma sostanzialmente bidimensionale. Tuttavia, mentre nei ponti strallati, nelle tensostrutture il progettista è quasi "costretto" a fare le cose bene, non si può permettere di fare una forma come gli pare. Invece, per il ponte di Potenza, io potevo fare quello che volevo, perché usavo un materiale, come il calcestruzzo, che può avere qualunque forma, e che infatti fino ad oggi è stato usato, come tale, facendo travi, facendo archi, facendo strutture tradizionali che in fondo l'umanità usava da secoli. Mi riferisco anche a Nervi, grandissimo progettista di strutture; il suo grande merito è quello di aver trovato un modo di mettere in opera questo materiale con prefabbricazioni

strutturali molto sofisticate, molto raffinate; però le forme sono neoclassiche. Il Palazzo dello Sport di Roma in fondo è una cupola, da questo punto di vista forse inferiore a quella di Costantinopoli, perché quest'ultima era il risultato di un'audacia strutturale, in parte comandata forse dall'ignoranza, ma che ha prodotto comunque un equilibrio di spinte meravigliose.
Parliamo un momento anche di Morandi. Morandi è un grandissimo progettista di strutture; il suo grande punto di forza è la chiarezza dell'espressione, dovuta proprio alla semplicità dei sistemi statici. Quindi le sue opere hanno una leggibilità immediata, sottolineata da alcuni nodi di attacco o da cerniere che rappresentano dei riferimenti per le intuizioni di chi osserva. Io, invece, sono più portato a forme complesse, che non vengono capite, ma intuite e che, secondo me, sono le vere forme moderne, perché utilizzano una conoscenza di tipo scientifico, in cui giocano in maniera decisiva altri mezzi logici e concettuali che sono tipici del nostro tempo e che, fino ad oggi, non hanno mai trovato sfogo nella progettazione delle strutture. Le strutture veramente moderne non si devono poter confondere con quelle non nuove. Per esempio, la copertura del cinema Araldo, che feci molti anni fa, ha una forma che a un certo punto "torna indietro". Ciò poteva sembrare assurdo, perché è una forma moderna, una forma che segue un'idea che una volta non esisteva. Un tempo c'era l'idea della volta, come fatto unico, ma il fatto che queste spinte potessero eventualmente essere diverse da un punto all'altro, in funzione di una organizzazione di tipo ottimale del materiale, è un concetto moderno che un tempo non esisteva. Si capisce che un concetto moderno porta a forme moderne. Quando feci quella struttura, del resto, ero molto giovane e non mi rendevo conto di tutte queste cose.
Non vorrei che le mie considerazioni venissero fraintese per una forma di presunzione: sono semplicemente il risultato di una applicazione integrale di certe conoscenze di tipo scientifico alla determinazione delle forme.
È una scelta volontaria che io ho fatto da sempre, con le conseguenze che tu vedi e che fanno in modo che queste mie strutture si situino in una posizione del tutto a sé, anche

rispetto alle più belle e certamente superiori realizzazioni di Nervi e di Morandi.

M.N. Superiori da che punto di vista?

S.M. Il ponte di Maracaibo di Morandi è una cosa enorme, importantissima; il ponte di Potenza è una proposta carina in cui l'interesse sta più nella proposta stessa che nel risultato. E la proposta è quella di tentare una via veramente moderna per la progettazione strutturale. Per "moderna" intendo che una persona che la vede possa dire: "Sì, questo è il risultato di un sistema di conoscenze caratteristico del XX secolo". Si può descrivere il ponte di Potenza come un sistema che passa gradualmente da una superficie bidimensionale a delle linee di bordo, a superfici tridimensionali e, finalmente, a dei punti, che sono quelli dove l'impalcato poggia sulle fondazioni. Quindi c'è la gerarchia "punto-linea-superficie". Il punto deve avere un equilibrio statico che, secondo me, deve essere possibile integrare con un atto intuitivo della mente.

M.N. Quindi tu ti poni in una situazione a parte rispetto a Nervi e a Morandi.

S.M. In un certo senso sì. È vero che debbo molto a loro, perché mi hanno fatto capire per primi come le forme delle strutture possano e debbano essere in accordo con gli equilibri statici, che occorre sapere dominare. In realtà ciò che si progetta non è la forma della struttura, ma l'equilibrio statico della struttura, dal quale la forma discende. Ricordo che per anni ero rimasto in bilico su questo concetto: siccome l'equilibrio è un fatto di forze e momenti, non vedevo come la geometria potesse poi intervenire. Invece la geometria interviene perché queste forze contano in quanto stanno in una certa posizione nello spazio. Il fatto strutturale è un unico fenomeno in cui forze e geometria intervengono insieme in modo inestricabile. Nelle equazioni cardinali alla statica, infatti, intervengono le forze ma anche le lunghezze, le dimensioni geometriche in modo inestricabile. Per cui, per esempio, questa serie di figurine [si

riferisce probabilmente al disegno pubblicato a pag. 130 del suo libro *La Statica e le strutture*, Cremonese, Roma 1971 o ad un disegno analogo presente in archivio], vicino alle quali è scritta la quantità di materiale richiesta, dovrebbe colpire come un pugno nello stomaco qualsiasi ingegnere, qualsiasi professore di scienza delle costruzioni: invece non succede! Questo mi dimostra come il tipo di preparazione e di cultura di questi professori di scienza delle costruzioni sia veramente troppo specialistico.

M.N. Queste figure che cosa mostrano?

S.M. Sono tutte soluzioni alternative di uno stesso problema statico, consistente nel portare una forza al centro di una luce. Il numeretto che sta a destra rappresenta la quantità di materiale richiesto, V è il volume. Certe semplificazioni che si vedono qui sono necessarie per mettere in evidenza certe proprietà, certe leggi. Tutta la scienza ha proseguito così, a partire da Galileo in poi. Che cosa ha fatto Galileo? Ha scelto di affrontare i problemi più semplici con il rigore più grande. Ed è un insegnamento che non deve essere mai dimenticato perché è alla base di tutta la scienza moderna.

M.N. Tutto ciò evidentemente può anche applicarsi al campo dell'architettura.

S.M. In un certo senso sì. Non so se hai letto il mio articolo sui rapporti tra pensiero scientifico e l'architettura (cfr. "Parametro", 80, 1979). Tali rapporti esistono ed hanno radici profonde ma, secondo me, sono più potenziali e possibili che in atto. Tant'è vero che tutte le considerazioni che abbiamo fatto sin qui sulle forme strutturali dimostrano che il portato culturale che sta alla base delle scelte, anche dei migliori progettisti di strutture, è dato da idee ottocentesche, se non ancora più antiche. Per esempio, dovrebbe sorprendere l'idea che un progettista di strutture della statura di Nervi, o di Morandi, operi per intuizione, cioè con tecniche che sono le stesse degli uomini del Rinascimento, mentre i calcoli gli servono semplicemente per verificare che tutto vada bene (praticamente, per verificare se la

sezione è sufficiente: se non basta si aumenta un po', se è eccessiva si diminuisce!). Quand'è, invece, che uno schema statico d'insieme si può dire moderno, cioè del XX secolo? Questa è la domanda fondamentale. Il Ponte di Potenza, secondo me, è una struttura moderna, e non certo perché l'abbia fatto io, mentre non mi sento di considerare nello stesso modo moderno il Palazzo dello Sport di Roma o anche qualsiasi ponte costruito fino ad oggi.

M.N. E Maillart?

S.M. Maillart ha dato un contributo importante, che però è rimasto bidimensionale. L'idea statica di concentrare la resistenza a flessione nell'impalcato, per esempio proteggendo l'arco della flessione, è un espediente costruttivo che si manifesta fino ad un certo punto nella realtà. Cioè, si vede quest'arco sottile e si pensa che sia tutto dovuto al fatto che l'impalcato è molto resistente. In realtà, il marchingegno che protegge l'arco dalla flessione è abbastanza nascosto. Questo è un discorso che si potrebbe generalizzare a tante altre cose (per esempio, a quella che io chiamo la "mistery action" di certi giocattoli: non si sa come avviene, è una cosa segreta). Invece io penso che una struttura debba denunciarsi tutta e ogni parte che si vede deve essere della stessa importanza visiva del fenomeno fisico che rappresenta. Per esempio, i miei ponti iniziali, come quello sull'Astico, avevano il difetto che la forma delle volte era comandata dall'esigenza di irrigidirla, che è un fatto importante ma non importantissimo. Assumerlo a protagonista della forma può sembrare eccessivo. C'è un certo squilibrio, in quel ponte, fra il significato delle parti e i ruoli che rappresentano. Questa è una questione di equilibrio compositivo che soltanto con la maturità si può acquisire. È vero, tuttavia, che qualche volta questi fatti possono introdurre sensazioni di qualche cosa di "acerbo", non sempre sgradevole. In un certo senso, un fatto in sé secondario portato invece avanti può produrre un effetto d'urto che può avere anche un suo ruolo. Un'eccessiva dose di scientificità, peraltro, potrebbe nuocere anch'essa alla comprensione del totale.

M.N. Però penso che se tu togli a quello che fai la scientificità, ne togli la sostanza. Vorrei ora che tu mi ridefinissi l'invariante.

S.M. Vi sono due definizioni: una più facile e una più complicata. La più facile è quella scalare, scoperta per prima; la seconda è quella tensoriale. Parliamo della prima: evidentemente il concetto da cui nasce è che il compito statico che si sviluppa dentro a una struttura può essere analizzato come la somma di tanti piccoli contributi, ognuno dei quali è il prodotto di una forza e di una distanza lungo la quale viene trasferita. Questa quantità è proporzionata alla quantità di materiale richiesta per esplicare questo compito. È chiaro che ci vuole più materiale per portare una forza maggiore, ma anche più materiale per portarla su una lunghezza maggiore. Questo concetto sarebbe fine a se stesso se non si inserisse in una teoria più generale, di cui il punto principale è che la somma di queste quantità non dipende dalla forma della struttura ma solo dalle forze esterne. Se ad esempio esse determinano in totale un'azione statica di 400 mila Kg/m, posso fare mille strutture diverse, ma tutte quante avranno un'azione statica di 400 mila Kg/m, diversamente distribuita nello spazio e soprattutto diversamente qualificata in questo senso: 400 mila Kg/m possono essere 400 mila Kg/m in trazione oppure possono essere 800 mila Kg/m in compressione e 400 mila Kg/m in trazione. Quello che conta è la somma algebrica. Allora si potrebbe concludere: conviene usare un solo tipo di sollecitazione, ad esempio la sola compressione. Ma questo non è sempre possibile. Tipico è il caso di una forza concentrata al centro di una luce. Trazione e compressione debbono necessariamente coesistere e, come si intuisce, in questo caso le due sollecitazioni si equivalgono. A questo punto nasce il vero problema di progettazione strutturale. Questo è il concetto di azione statica scalare.
Il concetto di azione statica tensoriale è più complesso in quanto, in luogo dello sforzo calcolato numericamente si introduce quello tensoriale, cioè con il suo orientamento nello spazio. Tuttavia la legge di "conservazione" vale anche in questo caso. Esistono delle direzioni principali nella struttura; esiste una certa regione dello spazio che comprende tutti i punti di applicazione delle

forze esterne e nella quale deve esistere la struttura di minimo, a rendimento ottimale. Io ho individuato alcune di queste forme tipiche ed elementari, come ad esempio quelle che ho definito l'"occhio" e la "foglia": la prima riferita al carico concentrato al centro di una luce, la seconda al carico uniformemente distribuito.

2.
M.N. Ritorniamo sulla questione delle forme e del rendimento ottimale.

S.M. Le forme con rendimento ottimale vanno prese "cum grano salis", proprio in quanto esse rappresentano casi limite e semplificazioni forse eccessive. Come spesso avviene nella ricerca scientifica, alla quale io in qualche modo mi ricollego, si cerca di semplificare il quadro togliendo di mezzo elementi accessori, non significativi: rimane uno schema, logicamente molto più chiaro e semplificato, dal quale si possono dedurre "ispirazioni", o comunque idee guida, per andare avanti. Il punto della situazione, da parte mia, è attualmente questo: l'impostazione teorica è completa, sia pure nei limiti delle semplificazioni cui abbiamo accennato; il discorso dell'uso e dell'applicazione è però ancora aperto per varie ragioni. Una di esse è la mancanza di temi adeguati: la professione offre raramente occasioni utili per applicare impostazioni di questo tipo. Un'altra ragione risiede in effettive complicazioni di carattere matematico, che attualmente penso di poter superare con mezzi adatti, ma che finora non ho avuto modo e tempo di applicare. L'ideale sarebbe scrivere un libro sulle nuove forme strutturali che provengono da considerazioni di minimo. Successivamente, questo concetto di minimo potrebbe essere generalizzato, immettendovi concetti accessori a complemento e a completamento di quanto già detto. Con questo, si intravede un procedimento razionale di produzione di forme ottimali; procedimento razionale che, tuttavia secondo me, deve essere anche preso come base concettuale per scelte, in parte, invece affidate all'intuizione, oppure in parte condizionate da altri fattori che non possono essere altrettanto bene tradotti in termini

razionali. Tutto ciò peraltro è tipico dell'architettura. La mia ambizione sarebbe quella di proporre forme per le quali non esistono ancora delle denominazioni, proprio in quanto nuove.

M.N. Queste "forme che ancora non hanno nome" sono, sì, sempre basate sul concetto di minimo, però mi sembra possano essere definite soltanto per casi molto teorici.

S.M. Appunto per questo il discorso andrebbe completato con considerazioni di altro genere, in modo da poterlo integrare con input più complessi.

M.N. Come collegheresti, per esempio, questo tuo concetto con il pensiero, molto spesso espresso da Nervi, secondo il quale, nel futuro, ci saranno soluzioni univoche per certe categorie di problemi?

S.M. A questo non ho mai creduto, a meno che non si tratti di problemi molto elementari. Non appena, infatti, il problema diventa un po' complesso, dipende dal progettista decidere quali sono i fattori che contano, quelli, cioè, di cui bisogna tener conto nella sintesi della forma. In sostanza, io parlo di uno spostamento in profondità degli elementi su cui esercitare scelte, con la conseguenza che i risultati dipendono molto dalle valutazioni che il progettista fa all'inizio in modo però cosciente, consapevole, responsabile. Troppo spesso in un'architettura si compiono scelte basate su fatti che non hanno una rilevanza paragonabile al tema al quale si riferiscono. Mi spiego: se devo fare un ponte importante, non mi sento autorizzato a basare le mie scelte su fatti o soltanto formali o, comunque, di secondaria importanza rispetto al tema.

M.N. Ma un ponte può anche avere funzioni che non sono soltanto quelle di far transitare il traffico da un punto ad un altro, bensì, per esempio, anche funzioni urbanistiche e così via. Abbiamo dei ponti, soprattutto all'inizio del '900, che venivano concepiti addirittura come piazze, come luoghi di incontro; anche il Ponte Vecchio di Firenze o quello di Rialto sono molto

più che una passarella per far transitare la gente frettolosamente da un posto all'altro.

S.M. Certo. Ma proprio questi sono gli esempi che dimostrano come sia necessaria una certa proporzione fra le scelte progettuali e le motivazioni che devono essere all'altezza della forma. Invece oggi si tende a scegliere una o l'altra forma, senza un criterio che rapporti le scelte progettuali all'importanza delle loro conseguenze. Nessuno di noi è autorizzato a fare delle scelte immotivate o quasi. È una questione morale, di responsabilità etica.

M.N. Responsabilità verso chi?

S.M. Verso la società, che ha commissionato l'opera. Mi sembra veramente condannabile l'atteggiamento del progettista che si mette davanti ad un problema considerandolo un'occasione per mettersi in mostra, oppure per raccontare se stesso. Entro certi limiti un tale atteggiamento potrebbe anche essere giustificabile specialmente se si tratta di un grande architetto: ma chi può decidere da sé di essere un grande architetto? Secondo me è necessario un certo controllo di quello che si fa e una verifica della proporzione tra l'impegno che si richiede per la costruzione dell'opera e i risultati che si ottengono.

M.N. Ritorniamo di nuovo al discorso del minimo. È una questione che si dilata dal campo strutturale per invadere altri campi; ad esempio anche l'etica. Esiste cioè un "minimo" per una qualsiasi espressione?

S.M. Sì, tuttavia più si amplia il campo, più è difficile dare una definizione rigorosa. Trovo utile partire dal caso limite, in cui questa definizione rigorosa può essere data, perché è un punto di riferimento, un fatto educativo. È chiaro tuttavia che, nei casi concreti, la complicazione del problema è tale che si giustificano anche delle "variazioni intorno al tema", purché queste variazioni non siano banali e siano commisurate come significato, come

importanza, come capacità espressiva, a tutto il resto.

M.N. Ma quando per esempio Le Corbusier parlava di rigore ("la rigueur") secondo te questo esisteva effettivamente, oppure era una speranza, oppure era semplicemente un rigore applicato ad un certo metodo, che poteva essere anche discutibile? Voglio dire: quando tu parli di minimo strutturale, puoi parlare di assoluti oggettivi, incontestabili? La struttura "a foglia" per un carico uniformemente ripartito su una trave appoggiata agli estremi è la soluzione oggettiva assoluta?

S.M. Sì, è così. L'unica domanda che ci si può porre, calandosi nella realtà, è: "vale la pena di adottare questa soluzione oggettiva, caso limite?". Forse, infatti, per realizzare questa "foglia" è necessario fare delle semplificazioni e forse affrontare costi maggiori. In ogni caso, la soluzione "foglia" rappresenta sempre un punto di riferimento. L'esempio che porto spesso è quello del ciclo Carnot per i motori termici perché è il ciclo che rappresenta il massimo rendimento, però non c'è nessun motore che lavora così.
La scienza e la tecnica sono sempre piene di casi limite a cui ci si avvicina senza toccarli mai, per ragioni contingenti che complicano la situazione. Però, conoscere i casi limite, secondo me, è un dato culturale ineliminabile nel nostro secolo: non si può, cioè, operare nell'ignoranza assoluta di quelli che sarebbero i casi limite, se non scadendo in una situazione ottocentesca. Il problema è complicato dal fatto che difficilmente si può agire in maniera utile in un contesto che non ha recepito certe idee; esiste il problema della comprensibilità. Da questo punto di vista, nutro tuttavia una certa fiducia nella capacità che hanno certe forme di farsi capire, al di là di una comprensione strettamente razionale.

M.N. Certo, ma sembra forse impossibile che l'uomo della strada, anche se colto in altri campi, come la letteratura o la musica, possa capire il ponte di Potenza.

S.M. In realtà, ho l'impressione che le persone più semplici

capiscano meglio perché non hanno una sovrastruttura culturale.

M.N. Questo caso limite di minimo, può essere in un certo senso paragonabile all'utopia?

S.M. Secondo me, per capire bene il significato di questo bisogna rifarsi un po' a tutta la storia dell'architettura, la quale è stata definita da Carlo Mollino come "un'illustre guerra contro il peso della materia". Praticamente tutta la storia dell'architettura, per chi la va a rileggere bene, salvo dei periodi eccezionali di eclisse, può essere rappresentata come una lotta continua dell'intelletto umano contro il peso della materia. Dai templi egiziani a quelli greci c'è un alleggerimento nell'impiego della materia che poi riprende in seguito con la struttura gotica e così via. Si potrebbe addirittura riscrivere la storia dell'architettura in termini di "guadagno rispetto al peso strutturale". Questo aspetto mi sembra sia stato sempre sottovalutato, mentre è uno dei leit-motiv del progresso costruttivo.

M.N. Questo tuttavia forse potrebbe essere vero soltanto per le architetture dove il tema strutturale prevale.

S.M. Ma nel passato tutte le architetture importanti erano caratterizzate dal tema strutturale: non si poteva fare una cattedrale con le luci maggiori di quindici metri, se non la si prendeva come un tema strutturale.

M.N. Anche il Partenone?

S.M. Anche il Partenone, perché l'interasse tra le colonne e la struttura stessa della copertura era tutto un fatto strutturale, che poi veniva in qualche maniera nascosto dalla decorazione; però se si va a calibrare l'interasse tra le colonne, le loro proporzioni, i cassettonati con cui erano coperti questi templi, si vede che la tematica strutturale è sempre presente.

M.N. Nel tuo interessantissimo studio sul tempio di Luxor [si riferisce a un calcolo condotto sull'opera di cui non è stata

reperita alcuna pubblicazione ma solo cenni in altri documenti conservati in archivio], dimostrasti che l'appesantimento in cima era utile per la ripartizione dei carichi e per la stabilità dell'architrave.

S.M. È così. Anticamente queste cognizioni erano talmente connaturate con l'arte del costruire che non ci si faceva nemmeno più caso. Nei secoli, poi, ne sono rimasti soltanto gli aspetti più superficiali, ma il nocciolo costruttivo che materializzava di sé tutta l'architettura di allora, l'abbiamo trascurato, perché per noi oggi sono problemi tecnicamente di facile solvibilità. Con questo, non voglio dire che tutto quello che è successo in architettura abbia una matrice strutturale, ma certamente le realizzazioni di questo tipo sono molto più numerose di quanto non si creda. Penso che se dovesse rinascere un architetto del passato, a cominciare da Ictino in poi, probabilmente in un'intervista ci parlerebbe molto più dei suoi problemi di carattere costruttivo o statico che della scelta nella scanalatura delle colonne!

M.N. Come mai invece, nel mondo moderno è avvenuta questa rottura?

S.M. La rottura nasce da due fatti. Il primo, il più importante, è di natura culturale. L'architetto ha visto dilatare gli argomenti del proprio interesse: dall'urbanistica all'ecologia alle mode artistiche di provenienza esterna all'architettura. L'architettura ormai non è più autonoma ma riflette una serie di produzioni del gusto che si manifestano in pittura, in scultura, ecc.
Non ci sarebbe niente di male in tutto ciò, se l'architettura riuscisse a mantenere una sua autonomia e se recepisse contemporaneamente i portati di un tipo di cultura diversa da quella umanistica (e che qualcuno può anche chiamare vetero-umanistica).
Per esempio, noi viviamo in un mondo dove la scienza (beninteso, la scienza, non la tecnica) ha un'importante traente enorme, ma questo non si riflette in nessun modo nell'architettura, dove si producono anzi, di tanto in tanto,

rigurgiti di conservatorismo e anche di reazione più o meno inconscia verso il mondo moderno. È chiaro che il mondo moderno ha i suoi difetti, però nel complesso, il giudizio su di esso deve essere positivo, perché l'umanità oggi vive molto meglio di cent'anni fa. A me sembrerebbe allora giusto che i portati della scienza moderna venissero recepiti dall'architettura in termini di adeguamento a un mondo moderno, in cui le idee sono diverse da quelle di cent'anni fa.
Sono anche diversi, peraltro, i procedimenti per arrivare a certi risultati. In qualsiasi campo che non sia l'architettura, il procedimento con cui si arriva a determinate soluzioni è "moderno", cioè abbastanza avanzato dal punto di vista della complicazione concettuale. Invece, nel campo dell'architettura - e anche dell'architettura strutturale - i procedimenti sono ancora quelli dell'Ottocento: intuizione e poco più, dopo di che si instaura un processo di verifica di forme ormai già scelte, forme che però non possono essere molto diverse da quelle concepibili dall'architetto di un secolo fa, con l'unica differenza della disponibilità di mezzi d'opera e di materiali migliori (ma sono differenze di tipo quantitativo che non alterano il significato della situazione). Penso, invece, che un vero progresso nella scelta progettuale dovrebbe quasi automaticamente comportare l'introduzione di forme nuove, talmente nuove da richiedere nomi nuovi. In questo senso, direi "malgrado i progettisti", certi materiali hanno imposto per loro stessa natura delle forme inedite, come nel caso già citato delle tensostrutture.

M.N. Questo è già accaduto, ovviamente, nel passato.

S.M. Certamente. Ad esempio ricavare una forma di una superficie capace di lavorare a compressione uniforme in tutte le direzioni è un tema matematico antecedente al disegno della forma, ma che contribuisce, insieme ad altri fattori, alla creazione della forma stessa. Potrei ricordare quello che accadde quando fu inventato l'arco: non esistevano neppure le superfici a compressione uniforme, cioè le volte, che sono una generalizzazione tridimensionale dell'arco.

M.N. Ma si tratta di una estrapolazione di una forma bidimensionale. Tu, oggi, lavori in un modo assai diverso, nella terza dimensione.

S.M. Il passaggio tra le due e le tre dimensioni è fondamentale. Per questo, quando si fa dell'architettura strutturale, è molto importante invadere tutto lo spazio tridimensionale, per sfruttarne le possibilità, che sono enormemente maggiori di quelle che si hanno con limiti a due dimensioni. Basta pensare, analogamente, al passaggio da una a due dimensioni; a una dimensione c'è il pilastro, a due dimensioni c'è l'arco, a tre dimensioni c'è la volta. Però, attenzione: di volte ne sono esistite tante, nell'architettura, ma sempre concepite come un insieme di archi più o meno collaboranti, quindi questa ipoteca delle due dimensioni rimaneva; si può passare alla terza dimensione solo avendo la concezione di continuo e di effetto differenziale locale che continuamente si modifica da punto a punto.

M.N. Il concetto di continuo e quello di effetto differenziale locale si trovano in natura?

S.M. Fino ad un certo punto: in natura difficilmente ci si trova di fronte a temi statici importanti e impegnativi. Anche il più grande animale o le più grandi piante non hanno mai raggiunto limiti tali da richiedere un'ottimizzazione della forma, anche perché si tratta di oggetti chiamati a sostenere più di un sistema di forze esterne, e questo complica il problema. Un'ulteriore complicazione nasce dalla constatazione che il fatto statico deve necessariamente coesistere con altri fatti come, per esempio, la mobilità nel caso degli animali o la necessità di assorbire linfe vitali nel caso delle piante. Il tema strutturale è un tema specificatamente umano.

M.N. In natura, poi, vi è il problema della crescita che impone delle condizioni di forma. Invece le nostre strutture non crescono, ma vengono costruite; in altri termini se potessero essere create istantaneamente non sarebbero differenti dalla loro forma finale.

S.M. Un momento: anche noi abbiamo temi che possono essere paragonati a quelli biologici. Per citare un caso, possiamo essere chiamati a progettare una struttura capace di resistere non a una, ma a più condizioni di carico. Eventualmente anche infinite, con diverse probabilità di manifestarsi. Per esempio, una struttura può essere chiamata a reggere un treno che passa, più il vento, più un effetto sismico: ognuno di questi fatti ha un'importanza relativa rispetto agli altri, però esiste e, naturalmente, dovrebbe contribuire alla forma. Va da sé che la scelta di una condizione di carico tipica e prevalente facilita il progettista, nel senso che la forma da lui prodotta, poiché corrisponde a una ben precisa condizione di carico, ha un grado di espressività, di comunicazione visiva che altrimenti non potrebbe avere. Una struttura, per esempio, capace di resistere a "qualsiasi" condizione di carico esterno, finisce per non avere una forma riconoscibile, come un discorso che dovesse esprimere troppe cose in una sola volta! In architettura il rapporto con forme naturali viene a mancare quasi completamente, proprio perché le forme naturali devono essere capaci di affrontare diverse condizioni, in diversi momenti, sia per effetto della crescita, sia per effetto delle cause esterne che ne producono le sollecitazioni. Un albero sotto l'azione del vento è soggetto a un complesso di sollecitazioni difficilmente riconducibile a un solo fatto rigorosamente descrivibile. Tuttavia ritengo, proprio come metodo scientifico, che è necessario sempre prima semplificare e poi, semmai, complicare il quadro.

M.N. E questo che c'entra con l'albero?

S.M. C'entra nel senso che, se io voglio studiare un albero, non devo partire subito dalla sua complicazione totale, bensì devo semplificare. E questo ce l'ha insegnato Galileo, e da allora è diventato il motivo dominante di qualsiasi ricerca scientifica: partire dalle cose più semplici con il rigore più grande. Questa è stata la grande superiorità di Galileo su tutti i suoi contemporanei. Ed è talmente importante, quest'idea apparentemente semplicissima, che da questa soltanto è nata la scienza moderna.

M.N. Ma nella natura esiste un qualche cosa che sia paragonabile al ponte di Potenza?

S.M. Non credo perché non esistono in natura organismi la cui funzione sia quella di trasmettere delle tensioni da un punto all'altro. Piuttosto, un aspetto che vorrei sottolineare è quello dell'equilibrio tra le caratteristiche formali e le conseguenze e funzioni che queste permettono di esplicare all'oggetto. Ci vuole un certo equilibrio tra questi due aspetti. Per esempio la volta di Potenza mi sembra molto denunciata, molto leggibile nello spazio, e lo è logicamente perché svolge una funzione importante; c'è quindi una certa proporzione tra quello che si vede e quello che la volta fa. Si tratta, peraltro, di un equilibrio che ho raggiunto negli anni.
Da questo punto di vista, uno dei miei primi ponti, quello sull'Astico, presso Vicenza, aveva un aspetto che è stato molto apprezzato (tanto che è andato alla Triennale di Milano, all'Expo di Bruxelles ecc.); però, rivedendolo adesso a distanza di anni, debbo dire che il suo successo è dipeso anche dal fatto che l'uomo della strada non è abituato a valutare con finezza certi aspetti delle forme strutturali; non si accorge, per esempio, che uno degli aspetti più visibili è dovuto all'esigenza di garantire le volte dall'instabilità per carico di punta, fattore importante ma secondario rispetto alla composizione strutturale. Naturalmente tutto ciò non è assolutamente negativo: anche chi fa un discorso può essere portato a sottolineare un aspetto che in sé potrebbe essere secondario; e questo introduce un fattore di valutazione che tende a mettere in evidenza un lato della questione che forse, in sé, non era importantissimo ma che poi lo diventa automaticamente.

M.N. Ma esaltare un aspetto secondario che cosa significa? Per esempio, quando Morandi esalta i giunti, i nodi, questi non sono aspetti secondari.

S.M. No, infatti, quelli fanno parte del suo linguaggio, sono dei nodi su cui egli richiama l'attenzione per facilitare una lettura: questi nodi non sono mai messi a caso, ma sono per esempio

l'attacco del tirante principale sulla trave e quindi, come tali, sono sempre importanti. Si potrebbe dire che quello di Morandi è un discorso fatto per elementi discontinui, finiti, numerabili: trave principale, mensola, cerniera, tirante, antenna... Io ho invece una maggiore tendenza a volgermi verso forme continue, non numerabili. Matematicamente parlando, si tratta del passaggio dal discontinuo al continuo, cioè da una struttura definibile in elementi individuali a una struttura definibile come un continuum, sia che si tratti di una superficie, sia che si tratti di un reticolato, che prefigura un comportamento diffuso e continuo.

M.N. Infatti è significativo che anche nelle strutture reticolari tu hai eliminato il nodo, per ricreare la continuità. E Nervi?

S.M. Nervi è in una posizione molto particolare. I suoi lavori, infatti, sono riconoscibili di primo "acchitto", talmente sono caratterizzati, e ciò è dovuto a una sua forma di rifiuto dell'architettura moderna. Le forme di Nervi sono "soltanto sue". Se prendiamo il Padiglione dell'Automobile a Torino vediamo che si tratta di una struttura che nel suo complesso è classica (volta a botte), alla quale sono state anche tolte le principali possibilità di collaborazione tra gli elementi, che quindi, come tali, rimangono giustapposti. Questo, naturalmente, egli lo fa in parte per formazione (ricordiamo che si era laureato nel 1913) ma, in parte, per il desiderio di rendere più chiaro, leggibile quello che aveva fatto: e non c'è niente di più chiaro di un sistema di archi affiancati. Questa semplificazione dello schema statico da parte di Nervi è compensata ampiamente dal procedimento costruttivo, che poi rimane denunciato nello spazio e che rappresenta il suo principale contributo all'architettura strutturale. Resta comunque tipica di Nervi un'impostazione d'insieme molto classica, che poi passa di colpo al dettaglio costruttivo, connesso alla prefabbricazione strutturale, che non è mai pesante e quindi accentua maggiormente lo iato fra l'impostazione d'insieme e il modo di realizzarla. In quelle poche volte in cui Nervi ha usato elementi prefabbricati pesanti, come per esempio nel Palazzo del Lavoro, si evidenzia la collaborazione di altri progettisti, cosa che, certamente, ha

prodotto risultati non tipici della sua architettura.

M.N. Avevamo cominciato a parlare di un tema che ci preoccupa entrambi, cioè della ventata di architettura post-modernista. Evidentemente quanto sta accadendo sottintende un problema vero e cioè che anche l'architettura funzionalista è diventata un'accademia. L'architettura moderna è anti-stilistica per definizione, mentre si è fatto uno stilema di tante forme dell'architettura funzionalista. Ci deve essere, giustamente, una reazione a tutto questo. Tuttavia, la reazione finora è consistita nell'adottare "altri" stilemi, tratti magari da un passato un po' più remoto. Evidentemente non è questa la soluzione. Nel tuo articolo [su] "L'industria italiana del cemento" hai diviso l'architettura in tre categorie: nella prima, l'impegno strutturale è prevalente; nella seconda, l'impegno strutturale non è per nulla prevalente, anche se importante; nella terza, l'impegno strutturale è quasi nullo. Mi sembra che tu avessi fatto a proposito l'esempio di Scarpa, capace di realizzare cose in sostanza assai facili da tenersi in piedi ma esaltando proprio il particolare, il dettaglio, concentrando la sua attenzione nel modo di incastrarsi degli elementi e facendo un discorso di una forza comunicativa e psicologica notevolissima. Allora, quando noi dobbiamo costruire una casetta di due piani, magari in mattoni, magari utilizzando dei solaietti leggeri prefabbricati, che forma gli diamo?

S.M. Innanzi tutto, c'è da dire che "costruire una casetta" non è forse necessariamente un tema di "architettura", nel senso completo della parola. In primo luogo, un'edilizia corretta può benissimo valere un'architettura presuntuosa e ingiustificata; in secondo luogo, riferirsi a stilemi oppure a paradigmi presi dal passato è un modo di fare su cui non desidero qui esprimere particolari opinioni, ma che mi sembra comunque poco adeguato ai nostri tempi, tempi che hanno invece proprio un grande bisogno di rinnovamento e di nuove idee, più aderenti ad una cultura veramente moderna e che quindi, come tale, recepisca i contributi di una visione del mondo che non è quella dell'Ottocento, e nemmeno quella dei primi anni del Novecento. Su questo argomento grava l'equivoco - che già altre volte ho

denunciato - tra contributo del pensiero scientifico da un lato e, invece, contributo della tecnica dall'altro. Comprendo facilmente che un architetto che ha una cultura di tipo umanistico, non sia in grado di reperire nulla nel mondo moderno, specialmente dal versante scientifico, e che quindi tenda a regredire verso l'adozione più o meno ironica, o più o meno chiara, di forme ormai obsolete. Il fatto che dietro a certi atteggiamenti ci sia una carica culturale notevole (in genere, infatti, è una tendenza portata avanti da persone che hanno letto e studiato a lungo), in parte riscatta o può riscattare tutto ciò, ma con limiti ben precisi. Per esempio, non credo che si possa fare, oggi, un discorso al livello dei tempi, dotato di significato, se non utilizzando un sistema di linguaggio abbastanza complesso da contenere elementi espressivi capaci di dare a questo linguaggio stesso una certa ricchezza di potenzialità. Nego che si possa fare dell'architettura moderna semplicemente mettendoci un portale simmetrico, dentro cui ci sono talmente pochi elementi significativi che il discorso diventa una vuota chiacchiera. L'equilibrio tra la complessità del linguaggio e i significati è un'acquisizione della semantica che non può essere misconosciuta. Non esiste un architetto così bravo da convincermi che ha realizzato una struttura importante, semplicemente perché ci ha messo due colonne, un architrave semicircolare e sopra un timpano diviso in settori.

M.N. Come si è visto a Venezia... [si riferisce alla 1ª mostra internazionale di architettura alla Biennale di Venezia, dal titolo "La presenza del passato", diretta da Paolo Portoghesi, e svoltasi dal 27 luglio al 20 ottobre 1980, poco prima dell'intervista]

S.M. Appunto. Io non posso comunicarti un messaggio interessante usando tre parole ("m'illumino d'immenso" può essere citato, ma non è architettura). La complessità del linguaggio e la complessità delle idee che si vogliono esprimere stanno in un rapporto che non può essere forzato oltre certi limiti. Se recepisco un messaggio da un'architettura, o da qualsiasi altra direzione, mi aspetto che questo abbia un certo interesse e, quindi, automaticamente, una certa complessità e

anche una carica di novità. Se ti voglio trasmettere un messaggio, o ti ripeto a memoria i primi versi della Divina Commedia (che tu già conosci), oppure debbo dirti qualcosa di nuovo, almeno in parte; e se non ho niente da dirti, è meglio che stia zitto. Con questo non voglio assolutamente sminuire i tentativi fatti da Portoghesi o da altri per costruire qualche cosa alla quale essi credono: sono io che, a un certo punto, mi scuso di non capire.

M.N. Tu come vedi il "presente" dell'architettura?

S.M. Lo vedo basato su idee e concetti che con l'architettura hanno poco a che fare.

M.N. Qual è, allora, il presente che tu auspichi?

S.M. Io, come vedi, sono in una posizione un po' particolare, perché la mia cultura architettonica tutto sommato non è un granché, il mio punto di forza è nel mio lavoro, e poi, per una serie di ragioni personali, sono andato verso l'architettura strutturale. Capisco che si tratta di un punto di vista molto particolare, ma mi meraviglia che, nelle discussioni delle correnti cui accennavamo, non viene mai considerato questo aspetto, che pure esiste e ha da dire la sua, soprattutto in un momento in cui mancano riferimenti di altro genere.

M.N. Che cosa pensi del Centre Pompidou? [il Centre Pompidou era stato aperto nel 1977 ed era al centro della discussione architettonica]

S.M. Il Centre Pompidou è una macchina complessa, molto interessante come elemento di rottura di una situazione stagnante, in un certo senso diametralmente opposta all'attuale tendenza di ritorno al passato. Una critica che si può muovere al Centre Pompidou è sul divario che c'è tra ciò che si vede e ciò che è.

M.N. Che cosa pensi, allora, di tutte quelle architetture che esaltano l'elemento tecnologico?

S.M. Quando si fa un prefabbricato e, a un certo punto, si decide di far vedere i giunti, in maniera che "si capisca" che si tratta di un prefabbricato, in fondo si sceglie un aspetto del discorso abbastanza secondario. Sarebbe come se, nello scrivere un libro, si desse tutta l'importanza alla punteggiatura, mettendo qua e là un punto o un punto e virgola: ma un vero discorso architettonico non può essere fatto di "punti"! Tornando al Centre Pompidou, credo che esso sia la più vera dimostrazione della separazione, oramai abbastanza incolmabile, perlomeno in alcuni settori dell'operare architettonico, fra il contenuto e la forma. Le travi del Centre Pompidou sono travi ottocentesche, rivestite di acciaio inossidabile e quindi scenografiche. La trave reticolare è un segno tecnologico, ma un segno vecchio, posto ad arte.

M.N. Però anche la Chapelle de Ronchamp è, in fondo, una scenografia.

S.M. Ma quella è una scenografia e basta, mentre questa vorrebbe essere una struttura moderna: c'è un inganno, probabilmente non voluto, ma c'è.

M.N. Ricordo che una volta Nervi mi disse allibito che, incontrando Le Corbusier a Chandigar, gli rivolse una critica riferita al Palazzo del Parlamento e Le Corbusier gli rispose: "Io farei queste forme anche con la merda delle vacche", volendo dire che a lui interessava più il discorso psicologico e spaziale che la correttezza di quello strutturale. A me sembra che effettivamente nella Chapelle de Ronchamp il discorso della suggestione superi qualsiasi altro. Forse, allora, può essere anche al di là della correttezza strutturale.

S.M. Io sono d'accordo che la correttezza strutturale può essere sacrificata tutte le volte che ne valga la pena. Ma se si sceglie un partito strutturale, allora bisogna esservi coerenti, non si può "far finta", come Piano e Rogers. Nessuno ti obbliga a denunciare le travi reticolari alte due metri ma, se lo fai, devono essere travi "moderne", che aiutano la gente a capire in che

secolo vive. Se non lo fai, allora è meglio rinunciare, nascondere queste travi e scegliere un partito architettonico diverso. L'architettura moderna dà all'architetto infinite più possibilità di una volta per esprimersi, al di là di quello che era il contenuto strutturale. Ripeto: se tu, per esprimerti, scegli un contenuto strutturale devi essere coerente, non puoi prendere in giro la gente; altrimenti, finisce che tu agisci su milioni di persone (quanti sono stati i visitatori del Centre Pompidou), iniettando loro un "virus" strano, che stravolge il significato della struttura nel contesto architettonico, proprio mentre questa struttura viene proposta in maniera prepotente.

M.N. Secondo te, quando non c'è un vincolo strutturale prevalente, come si sceglie una forma in architettura?

S. M. Ci sono altri vincoli, forse ancora più importanti, per esempio il carattere psicologico oppure funzionale. Pensa per esempio a qualsiasi opera di Wright. Egli fa una villa nella quale si riflette tutto il paesaggio intorno: non c'è nulla nell'intorno che non abbia contribuito a produrre quella forma, e questo lo senti, quando stai li, anche se sono passati cinquant'anni. Quello è il segno dell'architettura. E questo segno manca quando l'architettura è basata sulla calligrafia o sulla ripetizione di fatti astratti dalla vita.

M.N. Uno dei temi dell'architettura post modernista è questo: io non devo soltanto riflettere il paesaggio delle forme esterne ma anche "il paesaggio della storia".

S.M. Certo, l'ambiente è fatto anche di storia. Però la storia bisogna conoscerla bene, interpretarla, filtrarla attraverso la propria cultura per esprimerla di nuovo in una forma che deve essere, per lo meno, abbastanza complessa e completa da corrispondere al tema: non puoi dire di aver recepito l'architettura del passato semplicemente perché hai fatto un portale ad arco.

M.N. Anzi, è forse molto più coerente con la storia del passato

"non" fare il portale ad arco, perché probabilmente quel portale ad arco rappresentava una rivoluzione rispetto al sistema trilitico.
S.M. Quello che dici è giusto, però stiamo attenti a non cadere nell'antico equivoco secondo cui l'architettura sarebbe una forma d'arte.

M.N. E non è una forma d'arte?

S.M. Anche, ma non solo. Se fosse vero quello che dicevi tu, fra 100 o 200 anni l'architettura potrebbe non mutare, mentre ci sarà un'evoluzione di carattere non soltanto tecnico, ma anche, direi, formale, in quanto le nuove forme dovranno aderire di più alla visione del mondo e dello spazio-tempo, che non può più essere quella dell'Ottocento.
La cultura moderna (e mi riferisco specialmente alla cultura scientifica) ha completamente rivoluzionato le idee di spazio e di tempo. In questo senso, molti architetti di valore hanno dato un contributo parallelo, anche se forse incompleto per mancanza di informazione culturale, dato che l'architetto in genere non ha una preparazione di tipo filosofico-scientifico. È chiaro comunque che, prima o poi, la visione del mondo, dello spazio e del tempo, non potrà non influenzare anche l'architettura. Io credo che l'architettura da qui a 200 anni sarà caratterizzata da una comprensione del continuum spazio-temporale che oggi non abbiamo. Non l'abbiamo noi architetti, però esiste, e già opera in tanti campi, per esempio nella fisica.

3.
M.N. Come vedi il futuro di qui a 10, 20 o 30 anni? Più in particolare: come vedi le strutture, nel futuro? E che cosa farà l'umanità per questi problemi?

S.M. Anzi tutto, è assai probabile che verranno introdotti nuovi materiali, e ciò comporterà conseguenze notevoli. Le conseguenze più importanti, tuttavia, io me le aspetto da una maturazione del concetto di struttura: partendo dal concetto che ne abbiamo adesso (e che, a mio avviso, è un concetto ottocentesco, per molti versi, proprio in quanto l'invenzione è basata sull'intuizione,

come avveniva cento o più anni fa), si dovrebbe giungere, invece, ad un uso più razionale dei mezzi matematici, intesi, in senso lato, come "tecnica della mente". In questa direzione, spingono alcuni fatti di natura culturale, ma anche alcuni di natura pratica; ad esempio, l'introduzione delle tensostrutture, che costringono il progettista ad assumere un atteggiamento diverso nei riguardi dell'uso del materiale. La tensostruttura, infatti, non è una struttura qualsiasi, ma ha ben precise esigenze, dovute al fatto che si tratta di una struttura "al limite della stabilità"; essa, quindi, richiede al progettista una conoscenza più approfondita degli stati tensionali. In passato, si progettavano le strutture, come dicevo, basandosi sull'intuizione e, solo successivamente, si procedeva ai calcoli, i cui risultati potevano essere in parte anche imprevisti (il che costituisce, direi, una contraddizione notevole); oggi, invece, penso che si debba arrivare a progettare strutture attraverso varie fasi, delle quali già la prima rappresenti un dominio, da parte della mente umana, di quella che può essere la "vita" strutturale. Il successivo sviluppo del calcolo deve servire semplicemente a perfezionare quest'approccio iniziale, il quale, in un'ipotesi ottimale dovrebbe essere non soltanto l'atto di un'intuizione "vecchio stile", ma anche il prodotto di una comprensione più approfondita del comportamento della struttura. Intendo "più approfondita" in senso moderno, cioè con l'introduzione di concetti nuovi, nei quali, ad esempio, la tridimensionalità della struttura, gli equilibri statici, il fatto che certe forze possono essere immaginate nello spazio con concezioni completamente nuove (nelle quali dovrebbero rientrare appunto il calcolo tensoriale, il concetto di minimo ecc.), trovino larga applicazione. Dovremmo, cioè, arrivare a produrre una teoria delle strutture che sia la base della progettazione. Fino ad oggi, invece, siamo sempre rimasti ancorati a visioni, diciamo, "minimali": cercare il "minimo indispensabile" per fare in modo che le nostre strutture non siano completamente sballate, ma spesse volte accontentandoci di trovare degli aggiustamenti finali entro certi campi. Se, per esempio, una struttura non deve superare i 100 Kg/cmq, rimane ammesso che le tensioni vadano, magari, da –100 a +100, avendo un valore medio dell'ordine di 20 o 30!

Ciò significa, evidentemente, fare un uso sbagliato del materiale. Una "bella struttura" dovrebbe essere una struttura che, una volta fissato il massimo delle tensioni, poniamo a 100 kg/cmq, abbia un valore medio di lavoro dell'ordine di non oltre 50 Kg [/cmq] mettendo in conto tutto: solo allora si potrà dire di aver fatto una struttura che si è avvicinata ad un uso ottimale del materiale. Questo è, del resto, l'atteggiamento che dovrebbe avere qualsiasi tecnico di fronte a qualsiasi problema di tecnica, ed è quello che succede in effetti in tutti i campi, salvo, appunto, quello della progettazione strutturale. Io ho sempre considerato "ridicolo" il fatto che un ingegnere possa non sapere qual è la forma della struttura che minimizza l'impiego del materiale, in un determinato caso anche molto semplice!

M.N. Sul problema del minimo certamente ritorneremo perché è un tema centrale a tutto il tuo "corpus" scientifico. Ora però vorrei chiederti: nel futuro, non ci sarà sempre il divario - o, meglio, il dilemma - che c'è adesso tra il fare le forme economicamente più semplici da realizzare in cantiere e le forme economicamente più efficienti secondo una certa concezione? In altri termini: le strutture "numerabili", alla Morandi per intenderci, probabilmente si prestano a una fabbricazione fuori opera da assemblare successivamente, il che porta senza dubbio ad una certa economia di cantiere. Del resto, su questi concetti si è fondata anche tutta l'opera di Nervi, che era essenzialmente un'ingegneria di cantiere. Viceversa, il ponte di Potenza è concettualmente l'opposto. Che cosa accade, dunque, in quest'ultimo caso, dei problemi di fattibilità economica?

S.M. Vanno risolti contemporaneamente. Io non trovo che ci sia contraddizione tra una forma ed il fatto che si possa prefabbricare la forma stessa. Si possono prefabbricare travi diritte, ma anche forme curve. Anche il ponte di Potenza sarebbe stato in parte prefabbricabile, se l'impresa mi avesse seguito; ma occorreva del tempo e in quel caso ne avevamo poco. È anche una questione di mentalità; si sa che il progettista non può influire su tutto quanto il processo. Non si possono cambiare le cose con una sola opera: occorre un intero sistema di opere.

M.N. Non c'è dubbio. Ma, per esempio, sarebbe possibile eseguire economicamente casseforme per elementi svergolati, a curvatura complessa?

S.M. Certo: lo si è già fatto. Pensa, per esempio, ai lavori di [Wilhelm Johannes] Silberkuhl, quelle volte per coperture industriali che hanno sezioni a paraboloide iperbolico. Non dico che si tratti di una prefabbricazione molto semplice, ma occorre dividere la complessità del lavoro fra i vari aspetti che hanno rilevanza. Attualmente noi spendiamo tutto per fare certe cose e non spendiamo niente per farne altre. La forma è, appunto, uno degli elementi che vengono più trascurati; se io potessi dedicare il 50% della fatica necessaria per prefabbricare a fare delle forme efficienti, potrei forse arrivare ad un buon risultato anche se di compromesso. Trovo invece illogico spendere "tutto" in una sola direzione e nulla per ottimizzare la forma in quanto elemento che risponde ad una funzione ben precisa. Nel caso del ponte di Potenza l'operazione di prefabbricazione sarebbe stata giustificata solo nell'ipotesi che tutto il processo avesse poi dovuto essere ripetuto molte volte. In generale, invece, questi ponti, per il fatto stesso che sono delle grandi opere, non si prestano ad una replica sistematica. Non sarebbe il caso di prevedere una tecnologia per costruire in serie 50 "ponti di Potenza".

M.N. Il che, fra l'altro, ne farebbe anche scadere il significato semantico. C'è anche il fatto che un'opera come la tua, così densa di significati complessi, ha anche proprio esigenze linguistiche molto particolari.

S.M. Ma sono molto particolari "al campo dei ponti". Appena si esce dal campo dei ponti, nessuno si meraviglia che un'opera di architettura venga fatta una volta sola!

M.N. Certo. Si potrebbe fare, per esempio, con questo sistema, delle sezioni di coperture prefabbricate da ripetere migliaia di volte, e questo aprirebbe un campo affascinante.

S.M. Attualmente io sto collaborando con l'ingegnere tedesco Silberkuhl appunto per lanciare un nuovo tipo di copertura a volta, però con sezioni diverse da quelle fatte finora. Sono delle sezioni che ricordano un uccello con le ali aperte, studiate in modo da poter essere costruite una sull'altra. Silberkuhl si occupa ormai da 30 anni di queste cose e credo sia un argomento importante, anche se poi, dal punto di vista architettonico, ha i suoi limiti.

M.N. Non credo, del resto, che ci si debba tanto spaventare di elementi ripetuti: in fondo viviamo in un'epoca di cui la riproducibilità dell'opera è un dato caratteristico. Ma torniamo alle tue aspettative per il futuro. Hai parlato finora dell'introduzione di nuovi materiali e di un ulteriore approfondimento del problema "forma della struttura".

S.M. Ma quest'ultimo forse, più che una previsione, è un auspicio. C'è anche il rischio, infatti, che, viceversa, si vada sempre più verso la ripetizione di forme elementari e meno espressive (parlo sempre del campo strutturale).

M.N. Direi che questo è un po' lo scotto che la nostra epoca paga per i miglioramenti di vita sociale estesi alle grandi masse: questa nostra civiltà indubbiamente fa vivere molto meglio gli uomini, in genere, di quanto non fosse 50 o 100 anni fa; però questo si paga con il fatto, appunto, che molte cose sono banalizzate: c'è un'entropia di certi valori che, per il fatto stesso di essere estesi, si degradano di significato. Il passaggio da una cultura elitaria ad una cultura di massa comporta questo. Può darsi che sia proprio questo il momento della cultura elitaria in quanto cultura-guida.

S.M. Io penso che, nel nostro campo, abbiamo un vantaggio, quello d'aver messo da parte una certa "riserva", per lo meno nell'architettura strutturale: quelle forme moderne che ancora non sono uscite fuori, forme che siano il risultato di un approccio scientifico - a livello culturale- che fino ad oggi non c'è stato. Abbiamo cioè tutto un retroterra ancora da esplorare: sono tutte

possibilità che forse in altri campi non ci sono.

M.N. Recentemente abbiamo anche parlato delle fibre di vetro, che ti sono state proposte e che costituiscono anche esse un campo affascinante. Come si pone il problema? Ricordo che nel 1955 questa questione delle fibre di vetro che avrebbero potuto sostituire l'acciaio nelle strutture in cemento armato, mi venne accennata da Douglas Haskell, allora direttore di "Architectural Forum". È emozionante sentirne ora da te una conferma.

S.M. In fondo, nel campo delle strutture, noi usiamo pochissimi materiali: il calcestruzzo di cemento nelle sue varie versioni; l'acciaio, sia per le armature che come tale, a sé stante, e poco d'altro. Invece, non c'è campo della tecnica dove i materiali disponibili non siano ben più numerosi, a partire dalla costruzione dei più piccoli motorini elettrici fino ad arrivare alla *space-suit*. Ora è chiaro che anche in questo campo la tecnologia edilizia deve ampliare le sue possibilità. Purtroppo, nel nostro campo, esiste una specie di pigrizia mentale ("Non si è mai fatto, non si sa che succede..."). Ma bisogna provare: per esempio, il ponte di Messina potrebbe benissimo essere fatto con questi nuovi materiali (è chiaro, non di colpo, ma per gradi). Bisogna cominciare col fare degli esperimenti.

M.N. Quali sono, in pratica, le proprietà delle fibre di vetro?

S.M. Esse hanno, innanzi tutto, una resistenza alla trazione notevole, paragonabile a quella dei migliori acciai, con un peso specifico, però, infinitamente minore.

M.N. Vi si potrebbero fare addirittura dei ponti strallati?

S.M. Sì. Queste fibre sono composti di policarbonati, cioè dei polimeri ottenuti partendo da carbonati.

M.N. Diciamo però che tutte quante le strutture che sono resistenti soltanto a trazione, hanno un certo grado di sicurezza perché, in fondo, resistono anche ad altre sollecitazioni. Anche le

fibre di vetro hanno questa caratteristica?

S.M. Certo. Hanno tuttavia anch'esse dei limiti, come tutti i materiali. Uno è dato dalla temperatura: arrivati, per esempio, a 300°C, le caratteristiche meccaniche vengono perdute.

M.N. E agli effetti anti-sismici?

S.M. Agli effetti anti-sismici, tutti questi materiali ad altissima elasticità e resistenza non hanno problema; come, del resto, non li ha l'acciaio ad alto limite, essendo un materiale capace di accumulare una quantità di energia per metro cubo enorme prima di presentare fenomeni di snervamento. Il materiale meno adatto per le zone sismiche, in realtà, è proprio la pietra, perché non assorbe energia per niente e ha limiti di rottura — specialmente a trazione — molto bassi. Potranno, in futuro, penso, essere introdotti utilmente per questi scopi nuovi materiali, sempre della classe dei polimeri.

M.N. La visione del futuro che tu auspichi corrisponde, naturalmente, anche a quello che tu desidereresti diventasse la scuola, l'insegnamento di architettura: mi sembra sia assurdo dividere l'insegnamento delle strutture dall'insegnamento dell'architettura.

S.M. Sì, anche se bisogna ammettere che ci si trova qui di fronte a difficoltà oggettive: non è facile trovare una persona in grado di studiare bene le strutture, con tutta la meccanica necessaria, e insieme anche l'architettura. La soluzione, allora, potrebbe forse essere in una certa maggiore comprensione fra architetti veri e propri e architetti di strutture.

M.N. È chiaro che un progettista onnisciente non può esistere, ma occorre una capacità di immettersi in problemi multidisciplinari, sapendo porre le giuste domande alle persone giuste.

S.M. Certo. È necessario che ognuno abbia per lo meno una

visione di quelle che sono le problematiche più importanti, perché è difficile che tu possa porre “correttamente” una domanda a uno specialista “assoluto” e che egli possa risponderti a tono. Penso che se riusciamo a mettere insieme un certo tipo di progettisti “di tipo nuovo”, facciamo un’opera anche valida dal punto di vista umano: non dobbiamo avere da un lato “robot” e dall’altro “artistoidi”, che credono magari di dominare la realtà con la loro fantasia più o meno incontrollata.

M.N. Mi pare quindi evidente che, per te, una figura ideale di uomo e una configurazione ideale di scuola coincidono.

S.M. Sì, non solo, ma anche sono convinto che nel campo dell’architettura dovremmo cercare di creare un nuovo tipo di progettista “completo”, il che non vuol dire certamente un “Pico della Mirandola”, ma una persona che abbia un’idea sufficientemente completa della problematica che gli sta di fronte, anche senza saper entrare nei dettagli (i dettagli, del resto, non sono mai quelli che contano).

M.N. Di te si potrebbe dire appunto che sei una persona dai molteplici interessi e, poi, profondo in un campo specifico. Ma i molteplici interessi, per te, mi sembra siano stati fondamentali proprio per approfondire questo campo specifico.

S.M. Può darsi. Io penso che qualunque persona ha bisogno di far vivere le proprie idee in un campo abbastanza vasto da poter dare loro “ossigeno”. Inoltre, i campi che ampliano il suo orizzonte possono essere, entro certi limiti, “qualsiasi”: non è necessario che ogni progettista conosca, per esempio, l’astronomia, come nel mio caso, ma allora dovrà avere una buona cultura in qualche altro campo, diciamo la musica, e che da questo sia affascinato. Certo, ci sono anche interessi specifici che hanno un più diretto rapporto con il proprio lavoro, e che sarebbe bene ciascuno potesse approfondire. Sono convinto, per esempio, che un architetto completo non può non conoscere i principi fondamentali della strutturistica, quali sono le leggi della statica e dell’iperstatica e quali sono i metodi per approfondire

un campo di questo genere; tutto ciò è necessario, almeno, se vogliamo un ruolo importante per la componente strutturale nello sviluppo dell’architettura moderna. So benissimo che attualmente, invece, tutto ciò non è accettato dalla maggioranza degli architetti, ma credo che tale misconoscimento sia una conseguenza della loro ignoranza (e con questo chiedo scusa a tutti!).

M.N. Quello che manca è forse anche la capacità, da parte della scuola, di dare un entusiasmo, un interesse per questi problemi. La scuola insegna una serie di formule spaventose, ma non parla mai, per esempio, della bellezza del calcolo differenziale o di certe forme strutturali.

S.M. Questo è verissimo. Ricordo che, quand’ero giovane, per via della guerra, ho dovuto aspettare un anno prima di entrare all’Università e, in quell’anno, ho studiato un po’ “alla Rousseau”: mi sono procurato dei libri - magari a caso - di matematica e altro, e li ho letti traendone un succo mio personale senza limiti di tempo e di disciplina; ti assicuro che è stata un’esperienza formativa notevole. Trovo che in Italia la matematica non è capita quasi da nessuno, mentre rappresenta una componente fondamentale della comprensione dell’universo. Einstein ha scritto delle pagine illuminanti su questo argomento, e precisamente nel libro “Il significato della relatività”, in cui appunto ci fa capire come in realtà tutta la scienza non sia altro che il risultato di ciò che abbiamo in comune noi uomini, come fatto mentale: ognuno di noi ha una sua mentalità, che differisce (diciamo per fortuna) da quella degli altri; però (e sempre per fortuna) abbiamo anche alcuni elementi in comune, che costituiscono il terreno sul quale possiamo incontrarci: e questa è la scienza.
È stato Galileo a iniziare il discorso, portato poi avanti da tanti altri, che vanno da Newton a Maxwell a Einstein a Heisenberg: la scienza rappresenta un metalinguaggio in comune sul quale ognuno può incontrare gli altri ad un livello di approfondimento e di contatto con la natura inimmaginabile in altre epoche. Il fatto che la nostra mente sia in grado di aderire, attraverso le sue

capacità logiche più elevate, alla realtà fisica, è una delle sue più grandi ricchezze, la quale, fra l'altro, rende possibile l'accumulo della conoscenza, cioè il progresso: e talmente lo rende possibile, da farci arrivare a sperare che, in un'epoca forse nemmeno tanto lontana, da questa nostra mente possa nascere un'altra mente, "figlia", molto più capace di approfondire la realtà fisica. La realtà fisica non è "tutta" la realtà, d'accordo, ma ne rappresenta un versante importante: quello, cioè, sul quale tutti si possono incontrare.

M.N. Forse la ragione per cui esiste questo contatto profondo tra i prodotti dell'intelletto umano e la natura sta nel fatto che anche la natura ha la sua "intelligenza", simile, per certi aspetti, a quella umana.

S.M. Questo è forse un modo un po' figurato e poetico di rappresentare le cose; però, più o meno, è così. Tutta la storia della scienza, insomma, non è che la storia di un progressivo avvicinamento, a tappe sempre più forzate, a una realtà fisica, che ci appare oggi forse molto diversa da quella che potevano immaginare i nostri padri ma che rappresenta attualmente quanto di meglio possiamo estrarre dal contatto tra la nostra mente e la natura; contatto che non è casuale, né disprezzabile in quanto tale, ma che anzi rappresenta uno dei contributi più importanti della condizione umana.

M.N. Ora che abbiamo accennato alla pluralità dei tuoi interessi, potremmo forse parlare brevemente della tua maniera di lavorare.

S.M. Credo che la mia maniera di lavorare consista essenzialmente in questo: 1) cercare di capire il tema e i suoi aspetti più rilevanti; 2) cercare di tradurre questi fatti in forme. Ho sempre pensato che il mio lavoro consiste nel trovare delle forme: forme che, in sé, siano risolutive di problemi. Credo d'aver scoperto, infatti, da tempo che la forma rappresenta uno dei contributi più importanti che la materia può dare alla soluzione di problemi, sia "suoi" che "nostri". La forma di una goccia è una

risposta ben precisa a un sistema di problemi. Lo stesso dicasi di qualsiasi altro fenomeno, sia naturale che tecnico: ho citato la forma di una goccia ma potrei parlare allo stesso modo di una stella in rotazione oppure della forma di una galassia soggetta ad un campo magnetico o, anche, di forme inventate dall'uomo. In un'epoca come la nostra, in cui la conoscenza della natura ha raggiunto certi livelli, la scelta delle forme migliori come risposta a problemi tecnici deve avvenire secondo linee analoghe a quelle che segue la natura. Ci sono stati artisti, come ad esempio [Andreas] Feininger, che hanno cercato di indagare questi rapporti tra la funzione e la forma: secondo me si tratta di un lavoro importantissimo, parallelo a quello degli scienziati. Arrivare a una comprensione profonda delle forme, delle loro ragioni, rappresenta a mio parere una delle prime e più importanti attività dell'intelletto umano quando sta indagando sul perché delle cose.

M.N. Quali sono gli aspetti o i concetti più pregnanti della scienza nei confronti dell'architettura? Qual è l'influsso più significativo della scienza moderna sull'architettura?

S.M. Io direi che attualmente la situazione è tale per cui quest'influenza della scienza sull'architettura è scarsa e insufficiente, quindi parliamo più che altro di quel che "dovrebbe" essere. Secondo me quest'influenza dovrebbe portare a un modo di porsi di fronte ai problemi che è tipico della scienza e che è in parte mutuato, o mutuabile, dalla natura. Si tratta di questo: un atteggiamento di tipo razionale-cibernetico che, cioè, partendo da alcune idee di tipo razionale, cerchi di costruire un processo di "iniezione", diciamo così, di forme sull'architettura; forme che dovrebbero essere riconoscibili come tali (cioè come moderne), proprio perché caratterizzate da contenuti relazionati alle conquiste della scienza attuale. Per "scienza attuale" intendo dire dall'Ottocento in poi, ma in parte anche da prima: se vogliamo, infatti, la rivoluzione scientifica iniziata da Galileo ha poi avuto, tutto sommato, scarsi effetti sulle forme architettoniche, mentre sarebbe stato logico il contrario. Si può dire, comunque, che la scienza moderna porta con sé un

carico di idee importanti, che sarebbe interessante vedere riflesse in qualche modo nelle forme architettoniche. Tali forme dovrebbero essere riconoscibili dalle altre proprio perché incodificabili secondo i vecchi paradigmi. Concetti come “volta”, “arco”, “trave”, “travata” dovrebbero essere tutti quanti superati da altre cose, al limite con altri nomi; tra questi nomi qualcuno già comincia a nascere, come per esempio “membrana”, ma siamo solo agli inizi. In genere, ci troviamo di fronte a forme quasi obbligatorie, cioè che la materia richiede in maniera così pressante che non si può evitare di progettarle; e questa è una conseguenza dell’uso di sistemi strutturali in sè non completamente stabili. La necessità di rendere stabili certe strutture costringe il progettista a scegliere certe forme piuttosto che altre, le quali generalmente non rientrano in quelle usate dall’architettura fino a qualche decennio fa, ma rappresentano l’alba di nuove possibilità. In questo campo, mi sembrano per esempio particolarmente significative le strutture di Frei Otto. In genere, la tensostruttura “non può” avere una forma qualunque, e questo è un vantaggio, perché obbliga il progettista a seguirla secondo linee di pensiero cui normalmente non è abituato e alle quali è costretto invece qui ad aderire. Questa è dunque secondo me una delle strade per la quale l’architettura moderna potrà incamminarsi verso nuovi obiettivi.

M.N. Sarebbe possibile specificare le conquiste della scienza moderna che sono particolarmente significative per l’architettura?

S.M. Sì, però ad un livello di idee molto generale. Lo spazio geometrico nel quale operava l’architetto greco (e che in fondo è rimasto lo stesso anche per l’architetto rinascimentale) è uno spazio ormai antico; la concezione dello spazio che possiamo avere noi oggi (come di un campo di forze con proprietà geometriche completamente nuove e con rapporti col contenuto fisico un tempo inimmaginabili) è in fondo una sorta di sintesi tra lo spazio geometrico dei Greci e lo spazio fisico di Galileo e Newton. L’unità che si è raggiunta dovrebbe dunque essere espressa in forme che in qualche modo rappresentino questa conquistata sintesi, la traducano in maniera percepibile. Allora

soltanto si potrà dire di lavorare in uno spazio moderno, dove le forze, gli equilibri statici, siano talmente legati allo spazio stesso da coincidere con questo, da divenirne connotazioni inscindibili dalle proprietà fondamentali. Naturalmente, si tratta soltanto di un programma, non so quanto comprensibile sino in fondo, anche perché mancano ancora, adesso, sufficienti citazioni e riferimenti. Posso soltanto modestamente ricordare ancora il ponte di Potenza, come esempio di una superficie continua che invade lo spazio con delle proprietà fisiche, non diversamente da quanto avviene per un campo elettrico in una certa regione dello spazio. Credo che esprimere tutto ciò significhi fare opera di aggiornamento culturale a livello scientifico e anche, in parte, filosofico. Ogni epoca dovrebbe avere un suo spazio tipico in cui operare; nella nostra, l’architettura dovrebbe essere fatta innanzitutto di tensioni, di forze, di equilibri, non di uno spazio astratto dove predomina il fatto geometrico e non il fenomeno fisico. È un programma ambizioso ma che, gradualmente, potrebbe essere realizzato. L’importante - ripeto - è che alla base di tutto ciò ci sia un tipo di cultura che abbia recepito i contenuti significativi della scienza moderna.

M.N. In che senso tu dici che la scienza moderna tende alla sintesi?

S.M. La scienza tende alla sintesi (al contrario di ciò che fa la tecnica, la quale invece analizza e suddivide) nel senso di riportare idee apparentemente molto lontane a una sola idea centrale capace di spiegare tutto. Potrei fare degli esempi, a partire da Galileo in poi: in fondo Galileo spiega il movimento dei corpi con una legge sola; Newton, poi, spiega addirittura il moto dei pianeti con le stesse leggi con cui spiega la caduta dei gravi sulla superficie terrestre. Mentre, quindi, l’uomo della strada può credere che la scienza tenda a una complicazione sempre maggiore, in realtà essa tende alla sintesi. L’ideale del fisico è quello di avere una legge sola con la quale spiegare l’universo.

M.N. E questo come si rapporta all’architettura delle strutture e all’architettura in genere?

S.M. Vi si può rapportare nel senso che, secondo me, un'architettura tanto più vale quanto più le idee che esprime sono universali, cioè hanno una portata ampia. Se tu fai una serie di colonne e sopra ci metti delle trabeazioni, compi un'operazione elementare in cui i vari elementi sono giustapposti; una forma continua, invece, una forma organica, è moderna proprio perché rappresenta la soluzione, in un'unica struttura di forze e di equilibri, di un complesso molto più ampio di fatti. Secondo me l'intelletto umano ha proprio bisogno di questo: di vedere il molteplice risolto nel singolo, la complessità risolta da un'unica idea centrale, molto potente. Forse il mio è un punto di vista parziale. Ammetto, certo, che esistano altre cose, oltre la scienza, però il mio interesse va verso quelle formulazioni che siano capaci di sintetizzare in un'idea centrale una congerie molto vasta di fenomeni. Ad esempio, trovo che la concezione dello spazio e del tempo che possiamo avere oggi è così "più avanti" rispetto a quella degli antichi che veramente dovrebbe interessare tutti ed essere presa alla base di scelte e di impostazioni in moltissimi campi; primo fra tutti - ritorniamo sempre a questo – l'architettura strutturale.

M.N. Naturalmente vi possono essere campi ove questa scientificità reale non è sempre realizzabile. (Infatti, mentre in un ponte ci si può avvicinare ad un grado di scientificità ed esattezza notevoli, ci sono altri problemi dell'architettura che entrano nel campo dell'opinabile...).

S.M. Sì, questo lo capisco benissimo, niente è obbligatorio, però l'architettura è un po' come un discorso: quando uno fa un discorso, può proporsi di comunicare agli altri certi concetti ben precisi, oppure può anche decidere di fare un discorso a ruota libera, in cui esprime soltanto se stesso; e questo avviene anche in architettura, naturalmente, ed è perfettamente legittimo. Una singola persona può essere maggiormente interessata all'uno o all'altro di questi aspetti, o esclusivamente a uno dei due. Per quanto mi riguarda, sono abbastanza modesto da non credere di poter dare dei contributi basati soltanto sulla mia personalità: sento il bisogno di fare un discorso che abbia un senso preciso,

cioè con un assunto, una partenza, uno sviluppo e una conclusione.

M.N. Tutto ciò deve aver ovviamente comportato una notevole dose di rischio. Sbaglio se dico che nelle tue strutture si coglie veramente il gusto del rischio?

S.M. Credo che qualunque strutturista che si rispetti capisca che deve rischiare: se non rischia, infatti, vuol dire che sta imitando, oppure ripetendo. Se vuole invadere un campo nuovo, deve necessariamente affrontare l'ignoto. Credo che i miei inizi siano stati tutti dovuti all'incoscienza della gioventù. Per esempio, dovevo fare la copertura di un cinema e ho fatto una struttura ad archi incrociati, con sagome non tradizionali, e avanti di questo passo. Quando si trattò della palestra di Formia, ricordo benissimo che Nervi disse: "No, così non si può fare, non si regge". Io partii (era quello il mio viaggio di nozze) e quando tornai trovai che i disegni non erano stati consegnati all'impresa; io, però, conoscevo già abbastanza il comportamento delle strutture per non tener conto dell'opinione di Nervi, sia pure autorevole: i disegni vennero mandati e vennero eseguiti. Se fu incoscienza o coraggio non lo so; comunque, secondo me, ogni strutturista deve avere una dose di coraggio non indifferente. Chi ce l'ha in sommo grado è Morandi: l'ho visto lavorare e ho potuto constatare che egli spinge le cose fino al limite della sua capacità di dominio sulla materia e che solo allora, quando ha raggiunto questo limite, si ferma.

M.N. Ma questo è possibile dirlo di qualsiasi architettura.

S.M. No, io sto parlando degli aspetti tecnici, di quelli che coinvolgono responsabilità ben precise: l'architettura rischia soltanto di fare una brutta figura, una brutta architettura, ma non qualcosa che gli caschi sulla testa! Invece, noi strutturisti abbiamo continuamente rischiato, ma "veramente"! Potrei citarti il caso della copertura della Sala Conferenze della Biblioteca Nazionale, in cui, per una forma di trascuratezza da parte mia, i ferri furono messi in modo tale che si verificarono inconvenienti e

dovemmo provvedere a rimediare: il rischio c'è sempre. Posso ricordare, ancora, il ponte di Potenza, che adesso è costruito e ha resistito all'ultimo terribile sisma brillantemente, ma che, quando ne fu fatto il modello all'ISMES, ci costò non poche nottate di preoccupazione, perché il comportamento della struttura non era ancora completamente conosciuto; in più, alcuni problemi geometrici ci condizionavano e avevano portato, senza che me ne fossi accorto, a una riduzione notevole della sezione in mezzeria con conseguenti troppo forti sollecitazioni; tutto ciò ha comportato scelte e decisioni impegnative e non sempre facili. Ad esempio, la struttura inizialmente prevedeva dei giunti di dilatazione in corrispondenza delle pile, senonché le prove sul modello dimostravano che c'era un passaggio di forze dalla volta all'impalcato difficilmente controllabile che, probabilmente, al vero sarebbe stato accettabile ma che sul modello, date le dimensioni, non veniva. Bisognava allora decidere se tagliare o no l'impalcato in corrispondenza delle mezzerie, per evitare che le forze passassero; alla fine, decisi di tagliare: e feci bene.

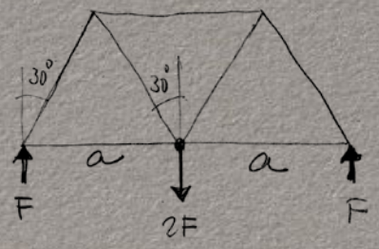
M.N. Che cosa ti sentiresti di dire ad un giovane architetto strutturista, o ad un architetto in genere, che si mettesse adesso ad affrontare la professione?

S.M. Quella di fare lo strutturista è una scelta che io ho compiuto quasi obbligatoriamente, perché la mia storia personale mi ha portato a formarmi una cultura di tipo scientifico (la mia passione per l'astronomia, per la fisica, in parte per la filosofia naturale); la scelta, poi, si è convalidata col fatto d'aver collaborato con Nervi e con Morandi all'inizio della mia carriera; infine, probabilmente, ha avuto importanza, in questo senso, anche una certa mia tendenza a giustificare qualsiasi atto con una motivazione razionale; chissà, forse una forma di timidezza intellettuale.
Tutto, insomma, mi ha convogliato fin dall'inizio verso l'attività dello strutturista. Da qui nasce tutta la mia tendenza a una teoretica basata sulla produzione di forme a partire da condizioni statiche ben precise; forme che io mi aspetto sempre siano nuove, imparagonabili a quelle precedentemente già adottate. A

un giovane raccomanderei di analizzare a fondo le possibilità tecnico-architettoniche di qualunque forma, di tutte le forme che gli possono venire in testa, per poter fare poi in questo campo una scelta e poter operare con un linguaggio veramente moderno. Naturalmente, alla base di tutto questo è necessario uno studio della scienza delle costruzioni, completo ed approfondito, che, però, sia orientato in modo cibernetico, cioè in modo tale da aiutare la creazione di forme nuove. Nei settori più nuovi della scienza applicata all'ingegneria, l'atteggiamento cibernetico è quasi ovvio, perché si tratta di settori avvicinati in epoca recente, quando, cioè, la mentalità era già diversa; la strutturistica, invece, data dall'Ottocento, se non da prima, e la scienza ottocentesca si pone per definizione davanti alla natura come a qualcosa di "dato": la natura è data e tu la devi indagare, non creare. La struttura, al contrario, è creata dal progettista, proprio come una teoria di fisica moderna viene creata dal fisico. Quello che mi auguro è che venga sviluppato questo genere di creatività.

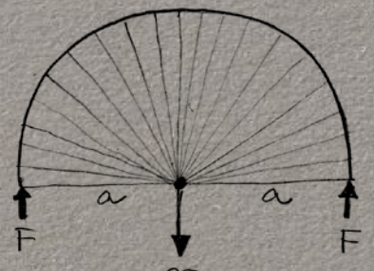


Viadotto sul fiume Basento, Potenza
N INV F19014

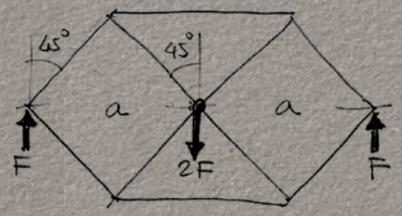


Impegno strutturale $I = 2Fa\,s$

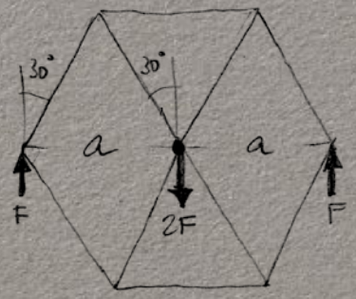
$s = 2\sqrt{3} \cong 3{,}4641$



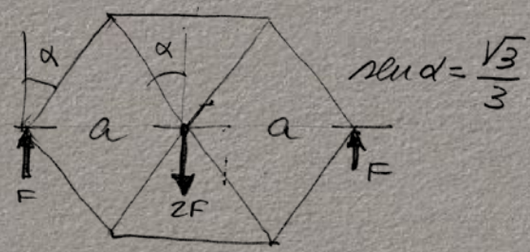
$s = \pi \cong 3{,}1416$



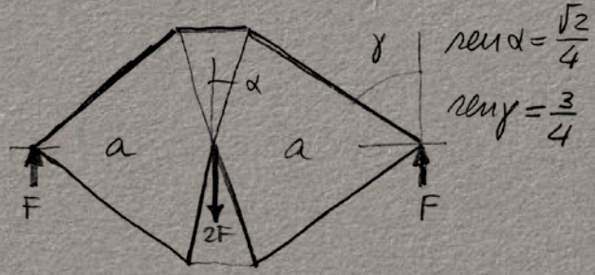
$s = 3$



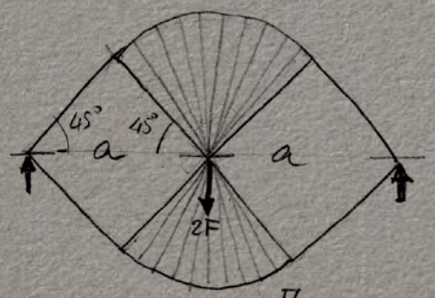
$s = \frac{5}{3}\sqrt{3} \cong 2{,}8867$



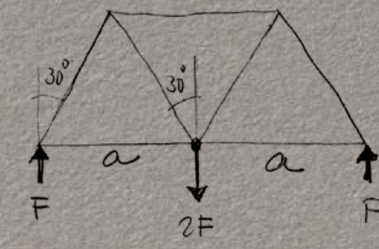
$s = 2\sqrt{2} \cong 2{,}8284$



$s = \sqrt{7} \cong 2{,}6458$

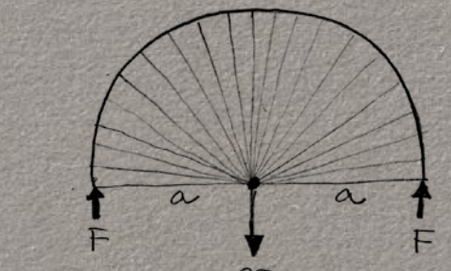


$s = 1 + \frac{\pi}{2} \cong 2{,}5708$

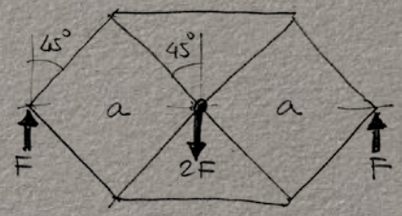


Impegno strutturale $I = 2Fa\,s$

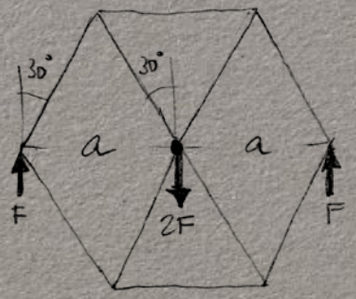
$s = 2\sqrt{3} \cong 3{,}4641$



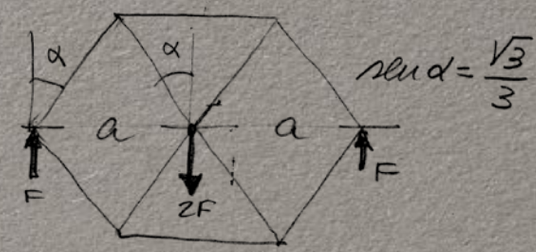
$s = \pi \cong 3{,}1416$



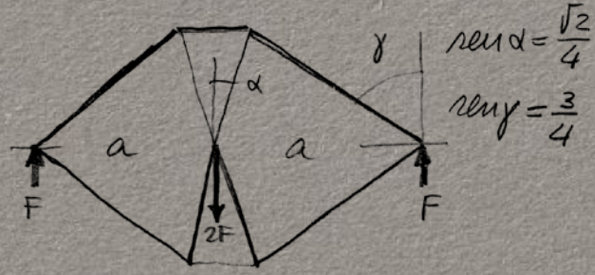
$s = 3$



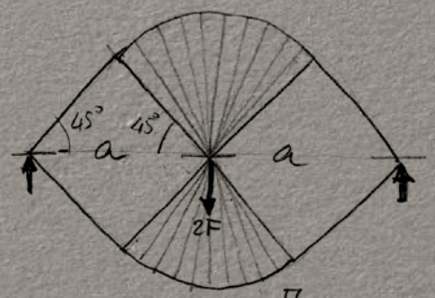
$s = \frac{5}{3}\sqrt{3} \cong 2{,}8867$



$s = 2\sqrt{2} \cong 2{,}8284$



$s = \sqrt{7} \cong 2{,}6458$



$s = 1 + \frac{\pi}{2} \cong 2{,}5708$