

History of Engineering Storia dell'Ingegneria

Proceedings of the International Conference
Atti del 5° Convegno Nazionale

Naples, 2014 May 19th - 20th

Volume I

Editors

Salvatore D'Agostino
Giulio Fabricatore



First edition - May 2014
Prima edizione - maggio 2014



© 2014 Cuzzolin S.r.l.
Traversa Pietravalle, 4 - 80131 Napoli
Telefono +39 081 5451143
Fax +39 081 7707340
cuzzolineditore@cuzzolin.it
www.cuzzolineditore.com

ISBN 978-88-87479-80-5

All rights reserved
No part of this publication may be reproduced or transmitted
in any form or by any means, including recording or photo-
copying, without permission of the publisher

Tutti i diritti riservati
Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta o
trasmessa in alcuna forma o con alcun mezzo, compresa la regi-
strazione o le fotocopie, senza il permesso dell'editore

Editorial Office / Redazione:
BRUNELLA IAVARONE

Printing / Stampa:
DIACONIA, S. Maria a Vico (CE)

SCIENTIFIC COMMITTEE / COMITATO SCIENTIFICO

VITO CARDONE

Conferenza Presidi Facoltà di Ingegneria

SALVATORE D'AGOSTINO

Università di Napoli Federico II

FRANCESCA ROMANA D'AMBROSIO

Università di Salerno

FELICITA DE NEGRI

già dirigente degli Archivi di Stato

GIULIO FABRICATORE

Università di Napoli Federico II

GIUSEPPE GALASSO

Università di Napoli Federico II

GENNARO IMPROTA

Università di Napoli Federico II

BERNARD MAITTE

Université de Lille

VITTORIO MARCHIS

Politecnico di Torino

LUIGI NICOLAIS

Presidente Consiglio Nazionale Ricerche

AGAMENON OLIVEIRA

Universidad Federal de Rio de Janeiro

PIERO SALATINO

Università di Napoli Federico II

ANDREA SILVESTRI

Politecnico di Milano

ARMANDO ZAMBRANO

Consiglio Nazionale degli Ingegneri

**ORGANIZING COMMITTEE /
COMITATO ORGANIZZATORE**

MICHELE BRIGANTE

Ordine degli Ingegneri - Provincia di Salerno

ALFREDO BUCCARO

Università di Napoli Federico II

GIULIO FABRICATORE

Università di Napoli Federico II

LIA M. PAPA

Università di Napoli Federico II

RAFFAELE PISANO

Université de Lille

LUIGI VINCI

Ordine degli Ingegneri - Provincia di Napoli

**SCIENTIFIC AND ORGANIZING SECRETARIAT /
SEGRETARIA SCIENTIFICA E ORGANIZZATIVA**

CIBeC

*Centro Interdipartimentale di Ingegneria per i
Beni Culturali dell'Università di Napoli Federi-
co II*

e-mail: cibec@unina.it

tel: +39 081 7682101

fax: +39 081 768 2106

c/o Facoltà di Ingegneria

Piazzale V. Tecchio 80

80125 Napoli

SUPPORTING PARTIES / ENTI SOSTENITORI

CIBeC

Università degli Studi di Napoli Federico II

Consiglio Nazionale degli Ingegneri

Ordine degli Ingegneri - Napoli

Ordine degli Ingegneri - Salerno

Automobil Club Napoli

**GRAPHIC ORGANIZATION AND LAYOUT /
ORGANIZZAZIONE GRAFICA E IMPAGINAZIONE**

GIULIO FABRICATORE

Special thanks to / speciali ringraziamenti a

LUCIANA SEPE

GIUSEPPE MIRANDA

for the valuable collaboration /

per la preziosa collaborazione

For the images published publisher remains
available to potential beneficiaries

Per le immagini pubblicate l'editore resta a di-
sposizione degli eventuali aventi diritto



Il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ed i Consigli degli Ordini degli Ingegneri di Napoli e Salerno partecipano, fin dalla prima edizione, alla organizzazione di questo importante evento di grande interesse scientifico e culturale, giunto alla quinta edizione e che quest'anno è "Convegno Internazionale".

Al Comitato Scientifico, al Comitato Organizzatore, ai Relatori, agli Ospiti stranieri ed ai partecipanti ai lavori giungano i nostri saluti, anche a nome di tutti i Colleghi che abbiamo l'onore di rappresentare.

Il presidente del Consiglio Nazionale degli Ingegneri
ing. Armando Zambrano

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Napoli
ing. Luigi Vinci

Il presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Salerno
ing. Michele Brigante

Summary / Sommario

Volume 1

<i>Preface / Prefazione</i>	XVII
SALVATORE D'AGOSTINO	
<i>Invited lectures / Relazioni a invito</i>	
<i>Les arts, les techniques et la fondation de la science moderne. Florence 1300 - 1638</i>	3
BERNARD MAITTE	
<i>The Work concept in the History of Science and Engineering</i>	23
AGAMENON R.E. OLIVEIRA	

HISTORY AND SCIENCE OF ENGINEERING STORIA E SCIENZA DELL'INGEGNERIA

<i>Note di Storia dell'ingegneria in Italia</i>	45
SALVATORE D'AGOSTINO	
<i>Energy and engineers at the turn of the XX century</i>	69
DANILO CAPECCHI, GIUSEPPE RUTA	
<i>Breve storia della meccanica applicata alle macchine in Italia</i>	87
MARCO CECCARELLI	
<i>Storia dell'insegnamento dei ponti in Italia</i>	103
ENZO SIVIERO, MARCELLO ARICI, MICHELE FABIO GRANATA, ANDREA TOTARO	
<i>La storia della chimica applicata</i>	119
RICCARDO SERSALE	
<i>Breve excursus storico sui leganti da rocce calcaree</i>	129
FRANCESCO BRANDA	
<i>Storia della propagazione delle onde marine</i>	139
EDOARDO BENASSAI, MERSIA PASSARO	
<i>Spazio e dintorni. Una visione dall'interno</i>	157
MARIO CALAMIA, GIORGIO FRANCESCHETTI	
<i>History of Astronomical Telescopes Engineering from Galileo to forthcoming giant Telescopes</i>	171
FRANCESCO PERROTTA, PIETRO SCHIPANI	

<i>The Theory of Proportions in the History of Architecture and Engineering</i> MARIO COMO	185
<i>Storia dell'automobile a vapore</i> PAOLO FERRARI	199
<i>La cultura del bagno e le tecniche di riscaldamento tra mondo greco e mondo romano</i> GIOVANNA GRECO	211
<i>Verso il concetto di energia: il ruolo della fisiologia animale</i> CLARA FRONTALI	227

SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL EVOLUTION EVOLUZIONE SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

<i>Historical intangible technical culture. A method and a tool to develop future technology</i> FRANCESCO ROSA, EDOARDO ROVIDA, ROBERTO VIGANÒ	243
<i>L'arte nera: una questione di "carattere"</i> GIULIO FABRICATORE	255
<i>I mattoni di Velia: riflessioni e nuove prospettive di studio</i> LUIGI CICALA, LUIGI VECCHIO	283
<i>Ponti romani in Campania: tecniche costruttive e problemi conservativi</i> ALDO AVETA	309
<i>"Un'altra macchina" per sollevare l'acqua: la macchina dei Romani per la pioggia</i> GIANGIACOMO MARTINES, PIER GABRIELE MOLARI	321
<i>Geometria e sapienza costruttiva. Chiese del periodo normanno in Val Demone</i> MARIO MANGANARO, ALESSIO ALTADONNA, SALVATORE LA ROSA	329
<i>I ponti medievali in Campania: note sulle tecniche costruttive</i> CLAUDIA AVETA	341
<i>Tecnologie costruttive degli edifici medioevali in pietra nella Bassa Val Trebbia</i> VALENTINA CINIERI, MATTEO D'ANDREA	355
<i>L'iconografia militare cinquecentesca del ducato sabauda. I taccuini di Gian Maria Olgiati e Francesco Horologi</i> MARIA PAOLA MARABOTTO	367
<i>Ingegneria militare e disegno delle strutture difensive</i> CRISTINA CÀNDITO	379
<i>Archeologia industriale in Calabria. Analisi tipologica e costruttiva degli opifici molitori nella provincia di Cosenza tra il XVIII e il XX secolo</i> BRUNELLA CANONACO	389

<i>Ingegneri – tavolari. Figure e opere nel contesto meridionale</i>	403
LIA MARIA PAPA	
<i>Analisi storica euristica del sistema antisismico Borbonico</i>	413
NICOLA RUGGIERI, RAFFAELE ZINNO	
<i>Il trattato di Giovanni Presta e gli ambienti ipogei per la produzione dell'olio</i>	425
CLAUDIO MAZZANTI	
<i>Il carattere mutevole e interattivo dei materiali nella storia del costruire</i>	439
GIGLIOLA AUSIELLO	
<i>Organizzazione e questioni di sicurezza nel cantiere edilizio pre-industriale</i>	459
RAFFAELE AMORE	
<i>Il recupero di un patrimonio intangibile: la cultura tecnica delle maestranze locali</i>	475
VALENTINA CINIERI, EMANUELE ZAMPERINI	
<i>L'avanguardia nella prefabbricazione delle strutture in cemento armato in Italia</i>	487
VINCENZO DI NASO, FRANCESCO LENSÌ, LAURA GODONE	
<i>Evoluzione storica e normativa della sicurezza antincendio: il ruolo dei pompieri e degli ingegneri</i>	499
ANNA NATALE, MICHELE LA VEGLIA	
<i>La ricerca del confort nelle abitazioni della tradizione siciliana</i>	513
SILVIA PENNISI	
<i>Il contributo della "scuola siciliana" al dibattito sulla "casa popolare" negli anni '30</i>	527
TIZIANA BASIRICÒ, ANDREA COTTONE	
<i>L'architettura delle colonie marine tra tradizione e innovazione</i>	539
SIMONA TALENTI, ANNARITA TEODOSIO	
<i>L'edilizia scolastica nella tradizione costruttiva del Novecento: edifici degli anni '30 a Cosenza</i>	551
ALESSANDRO CAMPOLONGO	
<i>L'edilizia industrializzata negli anni '70 e '80 in Toscana: il caso di studio dell'edilizia residenziale pubblica nell'area fiorentina</i>	563
FRIDA BAZZOCCHI, VINCENZO DI NASO, SARA TICCI	
<i>Establishing a Field: the Foundations of Architectural Engineering in Nineteenth-Century America</i>	575
UIHLEIN MARCI SMITH	
<i>Il calcolo strutturale per i monumenti: la rivista Restauro e l'evoluzione nell'ultimo trentennio del XX secolo</i>	587
MARIA CHIARA RAPALO	
<i>From construction to "machine". Pieces of engineering vs engineering into pieces</i>	597
LUIGI STENDARDO	

<i>Linee di un'evoluzione storica recente delle filosofie di gestione della produzione industriale</i>	609
ANDREA VILLA	
<i>La sostenibilità in edilizia: le prime scelte programmatiche, le innovazioni tecnologiche, gli orientamenti della ricerca</i>	619
ANDREA GENOVA, GIOVANNI FATTA,	
<i>Il contributo dell'ingegneria al risanamento dell'umidità nel patrimonio monumentale: il caso di un affresco di Spinello Aretino nel Palazzo Pubblico di Siena</i>	629
AMANDA PIEZZO	
<i>Dentro e fuori la prefabbricazione leggera. Prassi costruttiva e sperimentazione nell'edilizia per la scuola</i>	643
RENATO MORGANTI, ALESSANDRA TOSONE, DANILO DI DONATO	

ORIGINS AND TRAINING OF ENGINEERS ORIGINI E FORMAZIONE DELL'INGEGNERE

<i>Exempla dell'architettura europea del Settecento nella Biblioteca della Scuola Politecnica di Napoli: i disegni del Sito sabauda di Venaria Reale</i>	657
ALFREDO BUCCARO	
<i>Le Dottrine, l'Antico, il Vero e il Fine. Le 'Istituzioni d'architettura civile' di Carletti e l'applicazione del metodo matematico di Wolff nella cultura tecnica del Settecento napoletano</i>	667
MARIA GABRIELLA PEZONE	
<i>Mutamenti disciplinari della "scienza del fabbricare" agli albori del Politecnico di Torino</i>	681
FEDERICA STELLA	
<i>Opere ed Ingegneri dagli anni dell'Unità d'Italia</i>	695
GENNARO FRESA, GIOVANNI FRESA	
<i>Torino 1884. "In giro per l'Esposizione": il viaggio d'istruzione degli allievi ingegneri della Regia Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri di Bologna</i>	717
ANNALISA DAMERI, ILARIA FIORE	
<i>Giovanni Curioni e la didattica della Scienza delle costruzioni alla Scuola d'applicazione per gli Ingegneri di Torino</i>	729
MARGHERITA BONGIOVANNI, FEDERICA STELLA	
<i>La luce della conoscenza: i viaggi e le visite tecniche dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (1897-1905)</i>	741
FABRIZIO TRISOGLIO	

<i>I «Cahiers Techniques de l'Architecture d'Aujourd'hui» e il dibattito sulla tecnica in Francia negli anni '30</i>	755
ANGELO BERTOLAZZI	
<i>Il ruolo dell'ingegneria strutturale nell'esperienza della palazzina romana degli anni '50</i>	769
ROBERTA LUCENTE	
<i>Ingegneria Gestionale: dalle esperienze pionieristiche ai giorni nostri</i>	781
ROBERTO CERCHIONE, EMILIO ESPOSITO, MARIO RAFFA	

LUIGI STENDARDO

*From construction to “machine”
Pieces of engineering vs engineering into pieces*

*Partes ipsius architecturae sunt tres,
aedificatio, gnomonice, machinatio.
Vitruvio, De Architectura, 1, 3, 1*

Abstract

The relationship between construction and machine is an interesting point of view to look at contemporary architectural and civil engineering works. These are nowadays hybrids of construction and machine, which is meant as a set of mechanical and electronic devices devoted to the monitoring of safety, climate control, energy saving, automation, information and communications technology.

The mechanical and electronic equipment is nowadays inescapable, though it is likely to be considered not only a necessary condition but also a sufficient one.

The relationship between the formal and technical issues of the construction and the technological aspects of the mechanization is dealt, starting from some meaningful moments through the theory and history of architecture: the relationship between aedificatio and machinatio in Vitruvius' treatise; Le Corbusier's *machine à habiter*; the mechanization era and hi-tech architecture.

Nowadays the real or mystified constructive virtuosity and the mechanical and technological hypertrophy seem to be the main features of a research trend in architecture and civil engineering, and they turn into an exhibitionism that appears to be based on the concepts of fitness and smartness.

When architecture shifts from construction to machine, its formal essence, by which it is capable to dialogue inside a complex relational system, fades, whereas its vulnerability towards obsolescence and its possibilities to become debris increase. Obsolescence is the closer and the more threatening, the more technologically innovative is the machine.

Nel concludere il libro IX del *De Architectura* (30-20 a.C.), Vitruvio anticipa il tema del volume successivo, che conclude il trattato, e osserva che: «*restat nunc de machinationibus et de earum principiis ratiocinari. Itaque de his, ut corpus emendatum architecturae perficiatur, insequenti volumine incipiam scribere*» (Vitruvio, 9, 8, 15). Perché l'esposizione del *corpus* disciplinare dell'architettura sia esauriente e senza

pecche, occorre infatti trattare della meccanica, per integrare l'*aedificatio*, l'arte del costruire propriamente detta, oggetto dei primi sette libri, con la *machinatio*, così come appena fatto nel libro IX con la *gnomonice*, l'arte di costruire meridiane ovvero di misurare il tempo, e nel volume precedente con la trattazione delle questioni relative alle acque. Queste ultime, non incluse nella tripartizione della disciplina enunciata nel libro I (1, 3, 1), hanno sollevato perplessità e dispute circa l'organicità del libro VIII rispetto all'opera complessiva, anche sulla base dell'eterogeneità formale del testo (cfr. Ferri, 1960, p. 274; Gros, 1997, pp. XLVII-XLVIII; Romano, 1997a, p. 1101). La relazione, che qui interessa, tra arte del costruire e meccanica viene riaffermata nel *De Architectura* in discontinuità con quanto si era verificato in passato, laddove le due discipline erano state oggetto di trattazioni separate da parte degli autori – segnatamente di età ellenistica – che costituiscono le principali fonti di Vitruvio, a testimonianza di una prima divaricazione di una più antica unità di competenze dell'architetto e dell'ingegnere che l'autore latino vuole riunificare (cfr. Ferrari, 1985; Romano, 1997b, p. 1293).

La costruzione e la macchina, «*continens e materia coniunctio maximas ad onerum motus habens virtutes*» (Vitruvio, 10, 1, 1), mostrano evidentemente un certo grado di complementarietà proprio in quanto quest'ultima – che nella sua essenza primaria è assemblaggio di pezzi principalmente lignei e pertanto provvisoria, smontabile e modificabile – è necessaria alla prima. Diverso è il caso delle macchine che hanno altre finalità e campi di applicazione che non hanno un nesso diretto con l'architettura: l'agricoltura, il governo delle acque, la navigazione, i trasporti, la guerra. Anche nel primo caso, però, la macchina resta un mezzo per realizzare la costruzione, che è il fine, e non si confonde con essa, tanto che nel *De Architectura* la trattazione del tema della *machinatio* non solo è separata dal voluminoso corpo dei primi sette libri dedicati all'*aedificatio*, ma appare condotta secondo un registro stilistico più secco e tecnico, che ha fatto pensare che anche il libro X, come già ipotizzato per l'VIII, possa avere avuto origine da un trattato autonomo, poi inserito nell'opera (cfr. Romano, 1997b, p. 1294). La marginalità dell'ultimo volume sembra peraltro confermata dal fatto che esso non venga affatto preso in considerazione nel compendio di Cezio Faventino (III sec. d.C.), per poi essere nuovamente apprezzato solo nel Rinascimento (cfr. Romano, 1997b, p. 1297).

Per diverse ragioni, l'ideazione, la progettazione e la costruzione di macchine di ogni tipo, costituiranno, nel corso della storia e in particolare a partire dall'età dell'Umanesimo, l'oggetto di ben note trattazioni da parte di architetti-ingegneri – basti pensare a Francesco di Giorgio o a Leonardo – che qui non è il caso di ripercorrere, ricordando tuttavia come costruzione e macchina restano sempre sostanzialmente distinte e aderenti al loro ruolo nel rapporto tra fini e mezzi. Vale solo la pena di osservare che la macchina, al di là della sua utilità, rappresentava sicuramente un modello della precisione e della perfezione armonica del cosmo, del meccanico ordine cele-



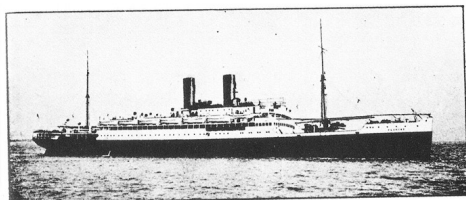
Fig. 1 - La macchina.
I “gigli” di Nola, giugno 2010.
[Foto di S. Antoniadis]



Fig. 2 - L'architettura.
Cosimo Fanzago et al., Guglia di San
Gennaro, Napoli 1636-1660

ste, aspetto peraltro già presente in Vitruvio, che sottolinea che: «*omnis autem est machinatio rerum natura procreata ac praeceptrice et magistra mundi versatione instituta. Namque animadvertamus primum et aspiciamus continentem solis lunae quinque etiam stellarum naturam, quae ni machinata versarentur, non habuissemus interdum lucem nec fructuum maturitates*» (10, 1, 4).

Una singolare interruzione del rapporto di reciproca autonomia tra costruzione architettonica e macchina si verifica nel XVII secolo, quando macchine *sui generis*, le inutili, effimere, popolari macchine da festa, di legno e cartapesta, rinunciano al movimento per nobilitarsi e cristallizzarsi in straordinari, lapidei e durevoli *Gesamtkunstwerke* di architettura urbana e scultura. È il caso delle guglie napoletane, di San Gennaro, di San Domenico, dell’Immacolata, che si ispirano alle macchine da festa tuttora vive nella tradizione popolare, come testimoniano i “gigli” di Nola, tralicci lignei alti circa venticinque metri e pesanti altrettanti quintali, portati a spalla dalla “paranza”, una squadra di più di cento uomini che si avvicinano continuamente sotto l’enorme carico, in occasione della festa di san Paolino. Se qui è la macchina che aspira a sublimarsi in forma di architettura, assisteremo – a valle del prorompente sviluppo dell’industria meccanica al principio del XX secolo – al fe-

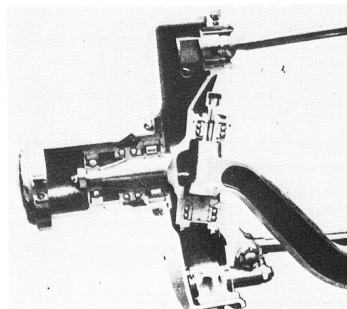


Piroscalo Flandre. Compagnie Transatlantique

OCCHI CHE NON VEDONO...

**I
I PIROSCAFI**

*Fig. 3 - Occhi che non vedono ...
I. I piroscafi
[Le Corbusier, 1923, p. 65]*



FRENO ANTERIORE DELAGE

Questa precisione, questa pulizia d'esecuzione assicurano un nuovo sentimento della meccanica. Fida sentiva così: la trabeazione del Partenone lo testimonia. Allo stesso modo gli egizi quando levigavano le Piramidi. Erano i tempi in cui Euclide e Pitagora dettavano la linea di condotta ai loro contemporanei.

OCCHI CHE NON VEDONO...

**III
LE AUTOMOBILI**

*Fig. 4 - Occhi che non vedono ...
III. Le automobili
[Le Corbusier, 1923, p. 101]*

no meno secondo il quale sarà l'architettura a assumere la macchina come modello concettuale, e non già il meccanismo come modello costruttivo.

È tanto nota, quanto equivocata, l'ammirazione di Le Corbusier per le macchine, per la loro forma che deriva da un ordine perfetto, intrinseco alla loro essenza. Nel Manifesto dell'*Esprit Nouveau* si legge: «Nessuno nega oggi l'estetica espressa dalle creazioni dell'industria moderna. Sempre più le costruzioni, le macchine vengono realizzate con proporzioni, giochi di volumi e materiali tali che molte di esse sono vere e proprie opere d'arte, perché implicano il numero, cioè un ordine. Ora l'élite che costruisce il mondo dell'industria e degli affari e vive in questa atmosfera virile in cui si creano opere indiscutibilmente belle, certo immagina di essere molto lontana da ogni tipo di attività estetica. A torto; gli uomini che la compongono sono tra i più attivi creatori dell'estetica contemporanea» (Le Corbusier, 1923, p. 69). La macchina è salutata e celebrata per due aspetti fondamentali, che concorrono alla liberazione e all'innalzamento dello spirito: affranca l'uomo dalla fatica e costituisce il paradigma per una visione del mondo nella quale l'astrazione razionale si sostituisce alla mimesi della natura. Sono gli artisti, più che gli «ingegneri anonimi, mec-

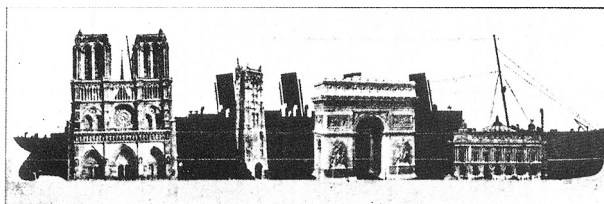


Fig. 6 - Il piroscafo Aquitania e i monumenti di Parigi. Collage. [Le Corbusier, 1923, p. 65]

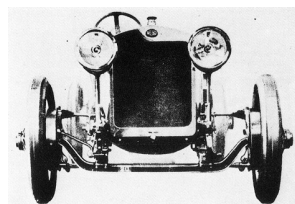


Fig. 6 - Delage, 1921. [Le Corbusier, 1923, p. 105]

canici al lavoro tra la forgia e il grasso di officina [che] hanno concepito e costruito cose formidabili come i piroscafi» (Le Corbusier, 1923, p. 70), a esserne affascinati: «Paul, poeta bohémien, scopre la macchina! l'uomo si è levato come un gigante: ha forgiato un attrezzo. Non lavora più con le mani. È il suo spirito che comanda. Ha delegato alla macchina il lavoro delle sue mani pesanti e impacciate. Il suo intelletto affrancato lavora in libertà [...]. La macchina trasforma i sogni in realtà. L'uomo ha trovato chi far lavorare per lui in tutta calma, impeccabilità e serenità» (Le Corbusier, 1925, p. 146). Ma l'entusiasmo dell'uomo trabocca quando vede «finalmente la bellezza della macchina» (Le Corbusier, 1925, p. 146), la sua perfezione, la sua chiarezza.

La macchina è finalmente modello concreto del pensiero che astrae la natura in forme pure, in solidi platonici: «in natura non esiste nulla, obiettivamente per quanto ci è dato di vedere di più vicino alla vera perfezione quanto la più umile delle macchine (la luna non è rotonda; il tronco dell'albero non è dritto; solo qualche volta l'acqua è liscia come specchio; l'arcobaleno è un segmento; gli esseri viventi, tranne qualche eccezione, non si inscrivono nei tracciati unitari della geometria, ecc.). Se diciamo con certezza: la natura è geometrica, non è perché l'abbiamo visto; è per noi cosa riconosciuta invero è cosa decisa da noi conformemente al nostro sistema. E si tratta d'altronde di una conclusione di ordine soggettivo [...]. Ma invece del ciottolo di calcare o dell'arancia di forma non regolare, ci troviamo davanti alla macchina tutta splendente di dischi, sfere, cilindri di acciaio levigato, il più levigato possibile quale non l'abbiamo mai visto fino a oggi; di acciaio tagliato con una precisione teorica e un'esattezza che la natura non ci aveva mai fatto vedere» (Le Corbusier, 1925, p. 150). La macchina è dunque astanza concreta del pensiero astratto, è una sorta di paradiso terrestre nel quale si inverte un mondo iperuranio, un dispositivo per osservare, conoscere, innalzare lo spirito. Di nuovo la macchina serve a costruire l'architettura, che è «pura creazione dello spirito» (Le Corbusier, 1923, p. 161). «Una casa è una macchina da abitare [...]. Una poltrona è una macchina per sedersi [...]. Le brocche sono macchine per lavarsi» (Le Corbusier, 1923, p. 73), ma evidentemente la *machine à habiter* non ha nulla a che fare né con il meccanismo né con l'utilità pratica della macchina e Le Corbusier, che da progettista non indulgerà mai alla

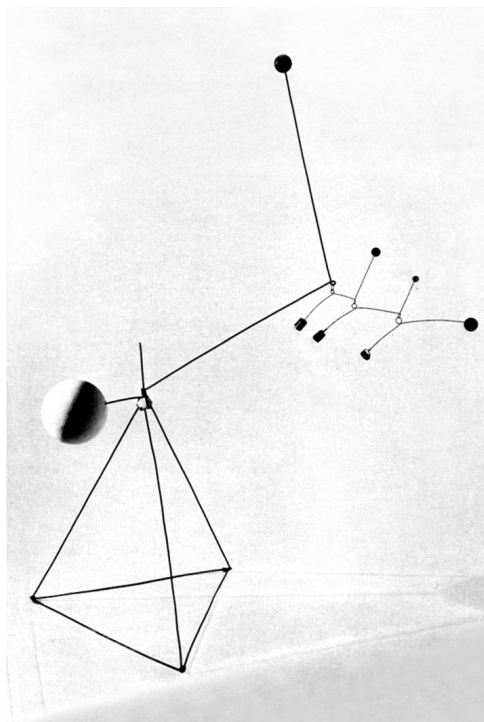


Fig. 7 - A. Calder, *Small feathers*, 1931

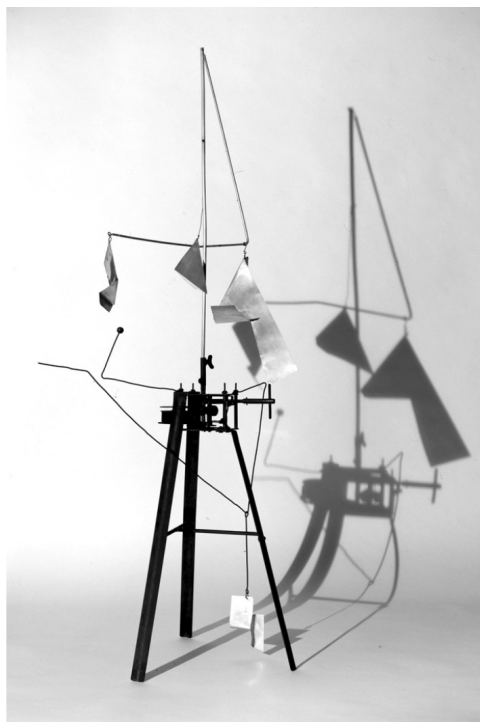


Fig. 8 - B. Munari, *Macchina inutile*, 1940-53

mimesi né tanto meno alla retorica della macchina, descriverà la Villa Savoye come una *machine à émouvoir*. «La lezione della macchina consiste nella pura relazione di causa ed effetto. Purezza, economia, applicazione tutta volta al conseguimento della sapienza» (Le Corbusier, 1925, p. 151), non già alla movimentazione dei carichi. Del resto l'architetto era consapevole delle possibili derive dell'entusiasmo tecnicistico e metteva in guardia contro gli «errori: esagerazioni, sconfinamenti, disarmonie. L'arte non sa che farsene di essere assimilata a una macchina (errore del costruttivismo). Ma i nostri occhi restano incantati dalle forme pure. I mezzi dell'arte (il cui fine è l'emozione costante, umana, eterna), sono affrancati e illuminati di chiarezza».

Solo in quanto pura forma, le macchine, svincolate dalla loro ragione pratica, diventano terreno di sperimentazione per l'arte: negli stessi anni Alexander Calder si dedica alla ricerca che porterà alla creazione dei *mobiles* e, poco dopo, Bruno Munari comincerà a realizzare le *macchine inutili*.

La macchina attraversa il secolo pervasivamente e costituisce non solo l'asse portante della produzione industriale, dell'economia, dei rapporti sociali, delle trasformazioni della città e del paesaggio, ma anche la base concettuale dei paradigmi

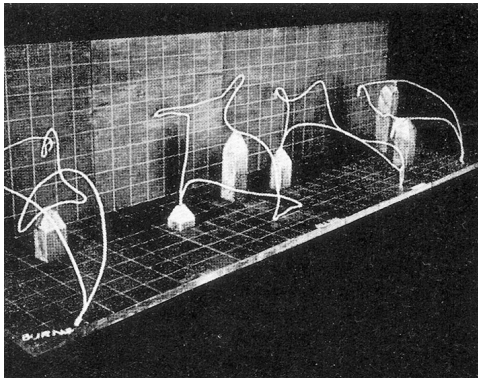


Fig. 9 - F.B. Gilbreth, *Movimento trasferito in plastici di filo di ferro*, 1912



Fig. 10 - Ch. Chaplin, *Tempi moderni*, 1936 (fotogramma)

del pensiero, della ricerca scientifica, dell'arte, permeando la politica, la filosofia, la letteratura, l'arte, il cinema, l'architettura. Il dibattito è ricco e variegato: laddove Le Corbusier esulta per la l'affrancamento dalla fatica fisica, Charlie Chaplin evidenzia il dramma dell'alienazione dell'operaio nella catena di montaggio. Fisici, medici, psicologi, industriali, artisti studiano le forme del movimento. Nell'ambito dell'ampia letteratura che si sviluppa sull'era della meccanizzazione, nel campo dell'ingegneria e dell'architettura, costituiscono pietre miliari i lavori di Siegfried Giedion (1940) prima e di Reyner Banham (1960 e 1969) poi; l'organicismo funzionalista si spinge fino a affermare il primato assoluto, sulla forma della costruzione, della tecnologia meccanica, cui si associerà quella energetica, anche in virtù del paradigma ecologista alimentato dalla crisi petrolifera al principio degli anni Settanta.

Il monito di Le Corbusier è ormai lontano e l'architettura si fa macchina che ostenta innovazione e potenza, mostro (in senso etimologico) costruito per *épater le bourgeois*, così come aveva stupito la forza della locomotiva ricordata in quegli anni



Fig. 11 - R. Piano e R. Rogers, *Centre Pompidou*, Parigi 1971-1977



Fig. 12 - S. Calatrava, *Città delle arti e delle scienze*, Valencia 1991-2000



Fig. 13 - Boulevard Padova, marzo 2014. [Foto di L. Siviero]



Fig. 14 - 14. La costruzione e la macchina Padova, marzo 2014. [Foto di L. Siviero]

da Francesco Guccini (1972). Macchina navale arenata nella città di pietra, l'architettura diventa manifesto della retorica *hi-tech*.

Il virtuosismo costruttivo, reale o spesso mistificato, e l'ipertrofia meccanica e tecnologica, come caratteri prevalenti di una linea di ricerca dell'ingegneria civile e dell'architettura, si traducono in un esibizionismo che sembra fondato sui concetti di *fitness* e *smartness*, e trasformano l'opera d'arte in un fenomeno da esposizione universale, quando non da fiera di paese. Congegnare dispositivi per garantire sicurezza e prestazioni, coniugare economia, controllo ambientale e risparmio energetico, ottimizzare costi e benefici, rispettare protocolli e normative sembrano essere diventati condizioni sufficienti e non già appena necessarie per la costruzione dell'architettura e delle opere civili, obiettivi e non requisiti.

In questa direzione l'opera di architettura o di ingegneria civile, diventa sempre meno costruzione e sempre più macchina, congegno. Questo sembra essere un passaggio che evolve verso dispositivi sempre più raffinati, meno meccanici e più elettronici, sempre più *smart*, come si usa dire oggi, nei quali tuttavia l'*hardware* ha ancora, e continuerà a avere, un peso estremamente rilevante. Il *trend* così delineato

si ripercuote in mutamenti negli assetti accademici e nello statuto stesso della disciplina, nella quale l'ingegneria civile, che in origine ne costituiva il nucleo fondativo e quantitativamente più esteso, occupa una posizione sempre più esigua, quando non marginale.

Le costruzioni, le architetture, i pezzi di ingegneria, descrivono il cammino della civiltà – e talvolta della barbarie – ne costituiscono un fondamentale strato di storia materiale e, a volte, ne rappresentano eventi singolari, collocandosi così nella memoria e nell'immaginario collettivo. Sono materiali della letteratura, dell'arte, del cinema, che li rielaborano in forme diverse, ma sono soprattutto forma dello spazio fisico, delle città e dei paesaggi in cui viviamo. Le macchine riescono a essere tutto questo solo quando hanno una forma, che costituisce, per dirla con gli ingegneri, una riserva di resistenza a valle dell'obsolescenza, loro ineluttabile destino. Una fondamentale differenza tra l'architettura e la macchina è che la prima non è soggetta a obsolescenza: anche quando non può più svolgere la sua funzione, anche quando è offesa dal tempo e dall'incuria, anche quando è mutilata e smembrata, anche quando è una rovina, resta un'architettura, una forma capace di generare spazi, altre forme, paesaggi, un frammento capace di stabilire relazioni con il contesto.

Quando una macchina è obsoleta, quando è rotta, quando è in pezzi, essa diventa un rottame, uno scarto che, nella migliore delle ipotesi, può essere riciclato o, in casi singolari quando ne valga la pena, essere esibito in un museo come cimelio. Un acquedotto romano che non porti più acqua, continua a essere forma del paesaggio; un sofisticato oleodotto contemporaneo, tecnologicamente avanzato, fortemente specializzato in quanto dispositivo, sembra avere poche *chances* di svolgere in futuro un ruolo altrettanto significativo.

Nell'oscillazione dell'architettura da costruzione a macchina, diminuisce progressivamente la sua essenza di forma in grado di dialogare in un sistema complesso di relazioni e aumentano la sua vulnerabilità rispetto all'obsolescenza e le sue probabilità di diventare un rottame. E l'obsolescenza è tanto più vicina e minacciosa, quanto più tecnologicamente avanzata è la macchina. Lo dimostrano chiaramente i nostri dispositivi informatici quotidiani, sempre più *smart* e sempre meno longevi, per i quali (ma non solo per essi) la follia del nostro sistema socio-economico fondato sul consumo ha concepito una programmazione dell'obsolescenza (cfr. Latouche, 2012); nessun dispositivo è più riparabile; non esistono più i pezzi di ricambio; la produzione di rifiuti speciali aumenta esponenzialmente, in spregio alla tanto sbandierata attenzione per l'ambiente. E intanto, *smart* è ai primi posti tra le parole chiave *must* dei programmi di ricerca nazionali o internazionali in linea con gli obiettivi Horizon 2020.

I pezzi di ingegneria, segni dell'innovazione, del progresso, delle conquiste dell'uomo, che non hanno una riserva di resistenza formale che li faccia sopravvivere all'obsolescenza della loro componente tecnologica, finiscono in pezzi.

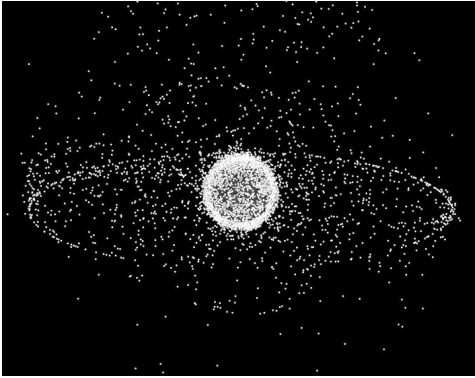


Fig. 15 - Orbital debris.
Object population in the geosynchronous region (around 35,785 km altitude).
<http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photogallery/beehives.html#leo>



Fig. 16 - Orbital debris. Recovered object.
Main tank of a Delta 2 launch vehicle which landed in Texas, on 22.01.1997.
<http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/reentry/recovered.html>

L'immagine inquietante dell'ingegneria in pezzi che ci viene dalle rappresentazioni sbalorditive della massa di rottami che orbita intorno alla Terra – la cosiddetta spazzatura spaziale che ha indotto la NASA a istituire uno specifico programma di ricerca (NASA Orbital Debris Program Office - <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/index.html>) – ci spinge a chiederci se davvero l'ingegneria è destinata a regalarci infinitesimi momenti di gloria a fronte di una infinita e eterna accumulazione di rottami.

Bibliografia

- Banham, R. (1960). *Theory and Design in the First Machine Age*, The Architectural Press, London; trad. it., (1970), *Architettura della prima età della macchina*, Calderini, Bologna.
- Banham, R. (1969). *The architecture of the well-tempered environment*, The Architectural Press, London; trad. it., (1978), *Ambiente e tecnica nell'architettura moderna*, a cura di Morabito, G., Laterza, Roma-Bari.
- Ferri, S. (1960). Note a Vitruvio, (1960). *Architettura (dai libri I-VII)*, In aedibus Palombi, Roma.
- Ferrari, G.A. (1985). *Macchina e artificio*, in Vegetti, M. (1985), (a cura di). *Introduzione alle culture antiche*, vol. 2. *Il sapere degli antichi*, Boringhieri, Torino, pp. 163-180.
- Giedion, S. (1940). *Mechanization takes command*, Oxford University Press, Oxford; trad. it., (1967), *L'era della meccanizzazione*, Feltrinelli, Milano.
- Gros, P. (1997). *Vitruvio e il suo tempo*, in Vitruvio, (1997). *Op. cit.*, pp. IX-LXXXVII.
- Guccini, F. (1972). *La locomotiva*, in Id., *Radici*, EMI Italiana, Milano
- Latouche, S. (2012). *Bon pour la casse. Les déraisons de l'obsolescence programmée*, Les liens qui libèrent, Paris; trad. it., (2013), *Usa e getta. Le follie dell'obsolescenza programmata*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Le Corbusier, (1923). *Vers une architecture*, Crès, Paris; trad. it., (1984), *Verso una architettura*, a cura di Cerri, P. e Nicolin, P., Longanesi, Milano.
- Le Corbusier, (1925). *La leçon de la machine*, in Id., *L'art décoratif d'aujourd'hui*, Crès, Paris, pp. 105-115; trad. it., (1972), *La lezione della macchina*, in Id., *Arte decorativa e design*, a cura di Gresleri, G., traduzione di Cocever, M. e Mazzoccoli Rettmeyer, N., Laterza, Roma-Bari, pp. 107-116; ora (2003) in Id., *Scritti*, a cura di Tamborrino, R., Einaudi, Torino, pp. 145-151.
- Romano, E. (1997a). Introduzione al *Libro ottavo*, in Vitruvio, (1997). *Op. cit.*, pp. 1101-1105.
- Romano, E. (1997b). Introduzione al *Libro decimo*, in Vitruvio, (1997). *Op. cit.*, pp. 1293-1297.
- Vitruvius, (30-20 a.C.). *De Architectura*; trad. it., Vitruvio, (1997). *De Architectura*, a cura di Gros, P., traduzione e commento di Corso, A. e Romano, E., Einaudi, Torino.

Altri riferimenti

NASA Orbital Debris Program Office
<http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/index.html>

JAXA Japan Aerospace Exploration Agency
http://www.jaxa.jp/index_e.html