

CERN Paradigma multiscalare

CERN Multiscalar Paradigm

Luigi Mandraccio

ABSTRACT

Ciascuna scala, per quanto presa singolarmente, va considerata all'interno di un sistema di riferimento che è coerente non soltanto in base a una serie di principi quantitativi e convenzionali di partenza, ma ancora di più rispetto a una logica generale composta in presenza della totalità delle scale coinvolte. Multiscalare è, quindi, principio essenziale di qualunque meccanica del progetto. Il contributo – incentrato sulle strutture del Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) a Meyrin – intende indagare la questione delle 'scale' guardando al progetto multiscalare in quanto produttore di una 'unità difficile', composta attraverso una 'struttura' «[...] quale mezzo grazie al quale le cose diventano intelligibili» (Forty, 2004, p. 292). Il CERN, straordinaria macchina ineluttabile, rappresenta un caso paradigmatico sul tema della multiscalarità.

The multiscalar issue is interpreted here as an essential principle of the mechanics of the project. Each scale, even if taken individually, must be considered within a reference system that is coherent not only based on a series of quantitative and conventional starting principles but even more than a general logic composed of the totality of the scales involved. The contribution – focused on the structures of the European Organization for Nuclear Research (CERN) in Meyrin – aims to investigate the issue of 'scales' by looking at the multiscalar project as a creator of a 'difficult unit', composed through a 'structure' «[...] as to how things become intelligible» (Forty, 2012, p. 283). CERN, an extraordinary inescapable machine, represents a paradigmatic case on the issue of the multiscalar project.

KEYWORDS

scienza, complessità, struttura, sistema, laboratorio

science, complexity, structure, system, laboratory

Luigi Mandraccio, Architect, is a PhD Candidate in Architecture at dAD, Polytechnic School, University of Genoa (Italy). His research concerns the themes of science and machine. In particular, he is studying cases of special and extreme structures for scientific research. He has written several essays and articles and has spoken at conferences and seminars. E-mail: luigi.mandraccio@edu.unige.it

L'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare viene indicata con l'acronimo CERN, riferito alla prima denominazione – Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – di questa Istituzione internazionale e intergovernativa votata alla ricerca scientifica, soprattutto nel campo della fisica delle particelle. CERN indica sia l'Organizzazione che anche le relative strutture e laboratori, localizzate vicino a Ginevra e a cavallo del confine tra Svizzera e Francia (Fig. 1). Il CERN nasce e opera sulla base di un'intensa collaborazione internazionale – sono infatti ventitré i Paesi membri a pieno titolo e sessantatré le Nazioni che partecipano alle attività. Qui sono state effettuate alcune tra le scoperte più rilevanti degli ultimi decenni nel campo della Fisica delle particelle elementari, fino alla più recente e importante: il rilevamento del bosone di Higgs nel 2012. Una rete di sei acceleratori e deceleratori di particelle, su cui svetta il Large Hadron Collider (LHC), provvede a garantire risultati assolutamente straordinari.

La rilevanza del CERN risiede anche nel ruolo che è arrivato a occupare nell'immaginario collettivo, quasi come una sorta di 'fenomeno di massa'. Durante gli Open Days¹ del 14-15 settembre 2019 (Fig. 2) circa 75.000 persone lo hanno visitato. Il Laboratorio si occupa d'indagare i meccanismi fondamentali della natura, a partire dall'origine e lo sviluppo del cosmo, su cui è molto forte l'attenzione dell'opinione pubblica. La conoscenza dei fenomeni naturali riguarda l'habitat di tutti noi ma entra anche nella nostra dimensione spirituale e nei diversi rapporti che le civiltà hanno con il 'divino'. La scienza ha parzialmente sostituito le divinità e le religioni nella spiegazione del mondo e dell'umanità stessa, in un processo di secolarizzazione progressiva. Le ricerche scientifiche del Laboratorio incarnano molte di queste implicazioni e, quindi, richiamano l'interesse generale. Inoltre, l'uomo-artefice – in un mondo sempre più dominato da tutto ciò che è artificiale – sembra controllare tutto attraverso gli strumenti della scienza e della tecnologia, la cui influenza è percepita in forte incremento. La volontà di consolidare questo dominio – che viene messo in discussione dal verificarsi di condizioni estreme in cui la natura torna a imporsi come l'arbitro delle nostre sorti – ci spinge al tempo stesso ad affinare il controllo dell'artificiale e a esplorare più a fondo la natura. Il CERN è un mezzo straordinario per entrambi gli scopi.

L'interesse verso il CERN non si limita alla conoscenza delle straordinarie scoperte che compie, ma comprende anche molte altre suggestioni culturali, che lo rendono protagonista di numerosi progetti 'collaterali', come il recente reportage fotografico di Alastair Philip Wiper. Il Programma Arts at CERN², attivo dal 2011, si occupa in modo quasi pionieristico di far collaborare artisti e scienziati, per sperimentare quanto creatività e curiosità siano i principali strumenti del progresso del sapere, non solo scientifico. I risultati sono rilevanti: le molte iniziative testimoniano una relazione particolarmente produttiva e densa di significati. Questo Programma prevede anche dei periodi di permanenza presso il CERN e durante uno di questi soggiorni è stato concepito e realizzato il la-

voro THUTOAH – The Holographic Universe Theory of Art History (Treister, 2020) che unisce, nella forma del video, una raccolta di più di 25.000 immagini tratte dalla storia dell'arte, disposte cronologicamente, con la riproduzione da fuoricampo di interviste realizzate con tre scienziati del CERN – John Ellis, Alessandra Gnechchi e Wolfgang Lerche. L'intento è quello di indagare i principi concettuali dell'olografia su cui è stata costruita la teoria che interpreta il nostro universo come un vasto e complesso ologramma. Come in una sorta di parafrasi, l'artista Suzanne Treister ha immaginato il flusso di immagini artistiche, velocizzato come se fosse in un acceleratore di particelle, diventare rappresentazione della natura olografica della realtà così come è stata ipotizzata.

Il CERN riguarda, quindi, molti temi differenti. Lega natura e artificio e incarna le aspirazioni del pubblico per la conoscenza di entrambe le sfere. Questa capacità di produrre conoscenza sulla natura nasce della sua assenza di macchina, puramente artificiale e straordinariamente complessa. Al di là della passione dimostrata dal pubblico, il presente saggio vuole anzitutto dare testimonianza della logica secondo cui è stabilito e organizzato il lavoro del CERN e offrirne alcuni spunti interpretativi.

Il paradigma | «1. Esempio, modello. [...] 3. Nel linguaggio filosofico, termine usato da Platone per designare le realtà ideali concepite come eterni modelli [...] e da Aristotele per indicare l'argomento, basato su un caso noto, a cui si ricorre per illustrare uno meno noto o del tutto ignoto. Con altro significato il termine è stato recentemente introdotto nella sociologia e nella filosofia della scienza per indicare quel complesso di regole metodologiche, modelli esplicativi, criteri di soluzione di problemi che caratterizza una comunità di scienziati in una fase determinata dell'evoluzione storica della loro disciplina: a mutamenti di paradigma sarebbero in tal senso riconducibili le cosiddette 'rivoluzioni scientifiche'» (Treccani, 2020).

Il caso del CERN viene suggerito qui come modello del progetto multiscalare e della sua complessità. L'esemplarità risiede nel 'complesso di regole metodologiche' che è il processo progettuale, da qualunque prospettiva lo si consideri. 'Progetto' non è solo la documentazione tecnico-progettuale realizzata via via per il CERN nelle sue progressive implementazioni, ma rappresenta anche uno strumento intellettuale per l'architettura concepita come 'arte del costruire', o ancora un vero e proprio nesso tra teoria e prassi (Capozzi and Visconti, 2017). È fondamentale concentrarsi sul sistema dei nessi – in costruzione o già operativi – che esistono in un determinato contesto, per osservare i legami di senso stabiliti tra le parti. Tuttavia, le relazioni esistono a partire da elementi, nel senso illustrato dalla seconda parte della definizione di 'paradigma' omessa poc'anzi: «2. Nella linguistica moderna, l'insieme degli elementi della frase che contraggono tra loro una relazione virtuale di sostituibilità» (Treccani, 2020). Sono contemplati, quindi, perfino i rapporti in absentia³, quando i legami possono richiamare elementi

al di fuori del discorso ma afferenti al medesimo contesto. Il CERN ha una natura di sistema/organismo aperto, dimostrata dalla sua capacità di adattamento e implementazione nel corso dei decenni che rafforza l'idea di una somma di elementi.

Una tale condizione non costituisce, tuttavia, un'entità frammentaria in cui si verifica mera giustapposizione o dove l'autonomia di una parte vince sul tutto per via di collegamenti troppo labili o impercettibili. Il Laboratorio svizzero nel suo complesso è più della somma delle sue parti poiché esse si sommano secondo un processo che riqualifica i singoli valori espressi dalle componenti. Il CERN è ed ha una struttura, in senso ampio. La linguistica, che Roland Barthes giudicava come la vera scienza della struttura, fornisce una chiave interpretativa molto precisa: «[...] l'affermazione di De Saussure che 'il linguaggio è un sistema di termini interdipendenti in cui il valore di ogni termine risulta unicamente dalla simultanea presenza degli altri' [...] suggerì che lo studio del linguaggio potesse essere intrapreso chiedendosi non cosa le parole significhino, ma solo come esse comunichino il significato. Ciò che rendeva il linguaggio intelligibile non erano i significati connessi a particolari parole, ma il sistema in cui erano usate» (Forty, 2004, p. 300). L'architettura stessa, in ultima analisi, corrisponde perfettamente a uno 'schema intellettuale attraverso cui le cose sono rese intelligibili', pur con molte variabili. «[...] Lo schema può essere individuato attraverso una qualunque tra i vari elementi: i più usuali sono la disposizione delle parti strutturali, le masse o i loro negativi, volumi o spazi, i sistemi di interconnessione o di comunicazione. Nessuno di questi è di per sé una struttura, ma solo un segno che permette la percezione della struttura» (Forty, 2004, p. 292).

Questa, che sia condivisa – ad esempio da Herman Hertzberger (2009) riguardo la questione della flessibilità⁴ – o aversata – tra gli altri da Bernard Tschumi, se 'strutturalismo' significa «[...] to dematerialise architecture into the realm of concepts» (Tschumi, 1996, p. 68) – è un'idea che ha contribuito allo sviluppo del pensiero architettonico e che fornisce una forma di mediazione tra gli aspetti teorici e operativi, considerando che dove trova efficacia questo significato di 'struttura' è sempre possibile applicare anche definizioni più generali, indicate dallo stesso Forty: 'qualsiasi edificio inteso nella sua interezza' e 'il sistema di sostegno di un edificio come elemento distinto dagli altri'. Il CERN, quale fatto fisico determinato da edifici e macchinari, dipende tanto dai suoi singoli componenti quanto dal loro insieme per riuscire a operare e raggiungere i risultati previsti. L'attività che si svolge nel Laboratorio attraverso trasversalmente tutti i molteplici sistemi che lo compongono e produce una corrispondenza tra forze e forme del tutto simile a quella richiamata, in tutt'altro contesto, da Christopher Alexander. Il caso del CERN è straordinariamente significativo proprio rispetto a questo intreccio di relazioni fondamentali, già così connaturate nell'essenza stessa della funzione – la ricerca scientifica – a cui la struttura deve assolvere.



Il progetto scientifico | L'istituzione del CERN fu la conseguenza della consapevolezza europea di doversi dotare di una grande struttura di ricerca nel campo della Fisica e ciò sarebbe stato possibile soltanto unendo gli sforzi dei singoli Paesi. La Convenzione, in pieno spirito post-bellico, stabilisce che «[...] The Organization shall have no concern with work for military requirements, and the results of its experimental and theoretical work shall be published or otherwise made generally available» (CERN, 2020). Essa venne firmata nel 1953 dagli undici Paesi sottoscrittori degli accordi preliminari – Belgio, Danimarca, Francia, Grecia, Italia, Jugoslavia, Norvegia, Olanda, Repubblica Federale di Germania, Svezia, Svizzera – con l'aggiunta del Regno Unito, rendendo operativa dall'anno successivo l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire⁵ che mantenne, tuttavia, la sigla iniziale CERN. Il progetto generale del Laboratorio venne affidato a Lew Kowarski, che per primo aveva avanzato la proposta di un grande acceleratore di particelle.

L'inizio dei lavori per la costruzione del Laboratorio nel sito di Meyrin, vicino Ginevra, risale al 17 maggio 1954. Nei due anni precedenti era stata realizzata la progettazione contemporanea delle prime due grandi macchine per l'accelerazione delle particelle che dovevano diventare operative in successione. La prima, il sincrociclotrone (SC) da 600 MeV, entrò in attività nel 1957, fornendo il materiale per i primi studi del CERN sulla Fisica delle particelle e nucleare. Nel 1964 SC venne destinato esclusi-

sivamente agli esperimenti sulla Fisica nucleare, considerando l'entrata in funzione nel 1959 del sincrotrone a protoni (Proton Synchrotron – PS), capace della potenza record di 28 GeV. Successivamente la sua capacità operativa è stata sensibilmente potenziata aumentando l'intensità del fascio di protoni fino a mille volte quella originale e affiancando nuove strumentazioni, soprattutto quelle realizzate nel corso degli anni Settanta (Fig. 3).

Con questa dotazione di strutture e macchinari sperimentali, il CERN si apprestava a raggiungere i suoi primi grandi traguardi. Nel 1965 il team di fisici guidato da Antonino Zichichi dimostrò sperimentalmente alcune proprietà delle anti-particelle, fino ad allora solo teorizzate. Tuttavia, l'utilizzo di un solo fascio di particelle lanciato contro un bersaglio fisso rappresentava un limite che, sulla scorta di teorie e progetti che si erano formati fin dagli anni Cinquanta, costituiva la sfida successiva per il CERN. Superare quel confine significò pianificare la costruzione di strutture e macchinari che consentissero l'uso del Sincrotrone a Protoni (PS) per generare due distinti fasci di particelle da far circolare in due anelli interconnessi. Il progetto generale dell'ISR – Intersecting Storage Rings (Fig. 4) venne approvato nel 1965 sotto la direzione di Kjell Johnsen, mentre Franco Bonaudi fu responsabile per la costruzione (Fig. 5). Si era ancora distanti dai grandi anelli sotterranei che oggi caratterizzano il CERN, ma questo progetto rappresentò un decisivo balzo in avanti. Il 27 gennaio 1971 venne annunciata

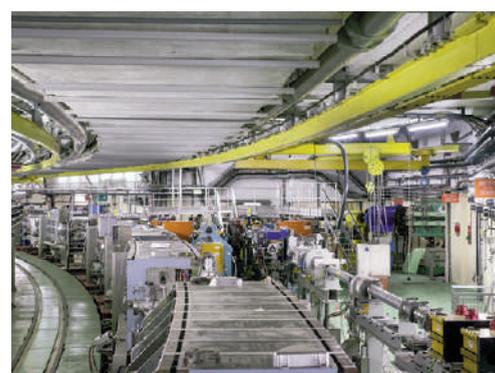


Fig. 1 | Aerial view of the territory occupied by the CERN plants, with the underground LHC layout (credit: J.-L. Caron, 1998, CERN Photos Archive).

Fig. 2 | CERN Open Days, 14-15 September 2019: main entrance to the Esplanade des Particules, Meyrin (credit: CERN Photos Archive).

Fig. 3 | Proton Synchrotron (PS): view of the sequence of the magnets (credit: M. Brice, 2014, CERN Photos Archive).

la registrazione della prima interazione al mondo tra due fasci di protoni in collisione e per i tredici anni successivi l'ISR fornì i dati per sviluppare la conoscenza sul mondo delle particelle come mai prima di allora.⁶

Il passo successivo consiste in un vero e proprio salto di scala. Il Super Proton Synchrotron (SPS) è stato il primo dei giganteschi anelli sotterranei del CERN, con i suoi 7 chilometri di circonferenza a una quota di 40 metri sottoterra, e il primo a travalicare il confine franco-svizzero. Il progetto venne implementato durante la sua costruzione, permettendo di completarlo in soli 4 anni, due in anticipo rispetto al previsto, impiegando più di mille magneti e dotandolo di una potenza di molto superiore a quella preventivata. Il 17 giugno del 1976, l'SPS venne avviato per la prima volta, con la piena operatività per un'energia massima del fascio di 400 GeV. Il Super Proton Synchrotron divenne immediatamente il cuore dei programmi di ricerca del CERN, fornendo i fasci di particelle, di diverse tipologie, per le due aree sperimentali principali e raggiungendo alcune importanti scoperte⁷. L'SPS è operativo ancora oggi e ha raggiunto i 450 GeV di potenza, grazie a un complesso di 1.317 elettromagneti convenzionali⁸, inclusi 744 dipoli necessari alla curvatura della traiettoria delle particelle nell'anello.

Il potenziamento degli apparati strumentali è passato anche per novità apparentemente più contenute, ma in realtà sostanziali. L'invenzione nel 1968 da parte di Georges Charpak della Multiwire Proportional Chamber⁹, grazie

al collegamento a un computer, permise di raggiungere velocità e precisione nelle rilevazioni senza precedenti. Inoltre, dal 1976 nelle sale di controllo sarebbe stato introdotto un nuovo sistema basato sul touch screen messo a punto da Frank Beck e Bent Stumpe tra il 1972 e il 1973, per poi diventare la base per tutta l'elettronica di consumo contemporanea. Il 4 aprile 1981, all'interno dell'ISR, avvenne la prima collisione protone-antiprotone al mondo. Da quell'esperienza nacque l'idea di convertire l'SPS in un collisore protoni-antiprotoni. Vennero avviati gli esperimenti denominati UA1 (Fig. 6) e UA2 alla ricerca della collisione che permettesse l'osservazione dei bosoni W e Z in cui risiede la conoscenza del fenomeno dell'interazione debole tra le particelle. Il 30 aprile 1983, nell'ambito dell'esperimento UA1, venne osservata indirettamente la prima particella, Z0. Carlo Rubbia e Simon van der Meer nel 1984 vennero insigniti del Premio Nobel per questa scoperta: van der Meer era stato l'ideatore della tecnica del raffreddamento stocastico, mentre Rubbia aveva pianificato la conversione dell'SPS e coordinato l'intero programma UA1. Una nuova classe di esperimenti prese il via nel 1986 con l'obiettivo di studiare i legami atomici dei quark e confermare o meno le teorie sulle condizioni dell'universo nei momenti successivi al Big Bang, attraverso l'accelerazione di ioni pesanti – nuclei molto ricchi di neutroni e protoni – all'interno dell'SPS.

Il futuro del CERN era stato già pianificato da tempo e l'8 febbraio 1988 il tunnel per il Large Electron-Positron Collider (LEP) venne completato in tutti i suoi 27 chilometri di sviluppo. Fu la più grande opera di costruzione in Europa prima del tunnel sotto alla Manica. Il LEP è tutt'oggi il più grande acceleratore per elettroni-positroni mai costruito, con i suoi 5.176 magneti e 128 cavità di accelerazione, con una potenza iniziale di 100 GeV, poi aumentati fino a un massimo di 209 GeV. Nel 2000 venne abbandonato come da programma, per lasciare posto all'interno del medesimo tunnel al Large Hadron Collider (LHC). Fin dal 1997 si era iniziato a lavorare agli esperimenti che si sarebbero appoggiati al nuovo macchinario principale, tra cui ATLAS, operativo in parte già nel 2006: esso si compone dei più grandi magneti superconduttori mai realizzati, con prestazioni eccezionali. Tutti i nuovi esperimenti furono pronti per quando, il 10 settembre 2008, l'LHC venne avviato con obiettivi ambiziosissimi, quasi tutti coronati da successi; tra i molti, i progressi nella conoscenza dell'antimateria e l'osservazione del bosone di Higgs. I lavori attualmente in corso prepareranno nuovi tunnel per la prossima generazione dell'acceleratore, l'LH-LHC – High-Luminosity Large Hadron Collider (Fig. 7).

L'altro lato del progetto | Il CERN è un prodotto di pura funzione che non nasce su altre basi se non quelle della scienza e dei programmi scientifici che letteralmente animano le sue attrezzature. La funzionalità ottimale è l'unico parametro 'volontario' messo in campo nella progettazione e nella realizzazione di questo Centro. Tuttavia, l'analisi del Laboratorio non può limitarsi alla considerazione di quelle che

erano le volontà originali e i loro effetti, ma deve giudicare il prodotto in sé, nella sua completezza e secondo parametri che possono anche differire da quelli iniziali. Così accade per l'architettura e il proprio specifico punto di vista. Il CERN è un prodotto collettivo. Le singole scoperte sono il risultato del lavoro di chi segue la pianificazione e lo sviluppo dei programmi di ricerca, ma anche di chi ne ha formulato le idee di base. Il CERN è poi uno spazio abitato e il luogo al centro della vita quotidiana di migliaia di persone – da chi lavora nella filiera a chi si interessa della conduzione di tutte le strutture, gli edifici, gli ambienti e le attrezzature. Questi 'abitanti' sono animati sì da un dovere professionale, ma perlopiù vivono il proprio lavoro con un'autentica passione, stabilendo un rapporto particolarmente intenso con questo habitat così particolare.

Il CERN è un oggetto complessivo. Il Laboratorio, letto e percepito come un intero, incarna un'entità chiara, operativa e di successo. Le parti che lo compongono aumentano di numero e diminuiscono in dimensione man mano che si avvicina lo sguardo: al livello a cui ci si ferma su un componente semplice o aggregato corrisponde un certo grado di approfondimento e di comprensione, che in qualche misura tiene anche conto di ciò che non viene toccato direttamente ma che comunque contribuisce a definire l'identità complessiva. La variabile del punto di vista si esprime attraverso il parametro della 'scala' declinato secondo due approcci principali: quantitativo e qualitativo. In senso quantitativo le scale costituiscono uno straordinario strumento di controllo e di organizzazione dei possibili punti di vista, secondo standard normativi che ci consentono il confronto grazie a una metrica condivisa impiegata sia nella ricerca che nel progetto. È un'interfaccia tecnica, un sistema convenzionale fatto di balzi dimensionali progressivi: 1:20, 1:100, 1:500, 1:10.000 e così via.

Queste specifiche categorie di rispondenza tra una determinata rappresentazione tecnica e il mondo reale si possono esprimere anche in una serie di indicazioni di tipo qualitativo e sintetico, incentrate sul comunicare prima di tutto gli ordini di grandezza in gioco e i valori che emergono da ciascuno. Le due principali – quelle che rivestono maggiore interesse in questa sede – sono la scala territoriale e la scala architettonica.

La scala territoriale è quella delle viste aeree e satellitari, in cui si realizza un inquadramento generale e complessivo e si apprezzano le relazioni che si intrecciano tra tutti gli elementi naturali e antropici (Fig. 8). 'Territorio' è un tema sia geografico che politico, ma esprime chiaramente anche un'unità di analisi (Miraglia, 2016) proprio in forza della capacità di rappresentazione delle interazioni uomo-natura e società-ambiente in tutta la loro intensità, pur da una prospettiva in cui si concentrano numerosi fattori contemporaneamente. Al termine 'territorio' si affianca quello di 'paesaggio', secondo una chiave di lettura ampia e aperta: «[...] Landscape's traditional terrain is the extended horizontal surface; more recently, it has been extended to topographic surfaces that are folded, warped, bent or striated. This has an

obvious attraction to architects today, where surface has become a primary instrument in design. [...] landscape surfaces are always differentiated by their material and performative characteristics» (Gausa et alii, 2008, p. 382). Il campo si è poi ulteriormente allargato, con una tendenza talvolta all'ibridazione dei due concetti – Landscape as Territory (Sanjuán, 2019) – descrivendo efficacemente un ambito di ricerca ancora molto dibattuto.

Al di là dell'approccio con cui si affronta il tema, la base di partenza non può che essere il contesto specifico d'interesse. La Svizzera sta attraversando una fase di transizione dei suoi caratteri territoriali (Price, 2015) e la zona di Ginevra non ne è esclusa. Quest'area sud-occidentale del territorio svizzero è incentrata sull'insediamento ginevrino e sui suoi sobborghi (Lancy, Vernier, Meyrin, Le Grand-Saconnex, Pregny-Chambésy, Collex-Bossy e ancora, ma in Francia, Ornex, Versoignes, Ségny, Prévessin-Moëns e così via) a cui si aggiungono una serie di infrastrutture, sia automobilistiche che aeroportuali, e ancora le strutture del CERN (Fig. 9). Queste sono costituite, essenzialmente, da una lunga serie di insediamenti assimilabili al tipo industriale (Fig. 10). Tutti gli elementi elencati finora sono distribuiti tra campi coltivati, prati e boschi che dominano completamente il paesaggio. In questo contesto ricchissimo di tracce, pur di origine e impatto molto diverso, i segni della presenza del CERN sono minimi, quasi impercettibili, se si escludono i due siti principali di Meyrin (Fig. 11) e Prévessin che spiccano solo per estensione.

Il Laboratorio non costituisce un landmark nel territorio, né dalle viste aeree e neppure dalla prospettiva di un osservatore che esplori normalmente il paesaggio. Quelle che si osservano in superficie sono una serie di aree circoscritte con all'interno dei capannoni, depositi vari ed edifici per uffici. L'inserimento nel paesaggio avviene in maniera dolce e armoniosa, forse per la reciproca indifferenza che sembrano dimostrarsi il CERN e il suo contesto, come una condizione di coabitazione non casuale ma piuttosto consueta e ben assimilata. Tutti questi 'episodi' nel territorio peri-urbano e agricolo tra la Svizzera e la Francia sono il fondamentale supporto per le attività sotterranee del Laboratorio, traccia mastodontica ma invisibile del CERN. Congiungendo idealmente le presenze in superficie si ricostruiscono facilmente i tracciati sotterranei che si sviluppano per decine e decine di chilometri.

Alla scala territoriale, quindi, il CERN non appare, se non in ricostruzioni diagrammatiche e in rappresentazioni tecniche che spingono il piano di sezione ideale nelle profondità della terra. Fatto questo, si percepisce quanto invece il CERN incarni alcuni aspetti fondamentali del concetto di landmark e costituisca, per certi versi, una vera e propria 'matrice' territoriale. Infatti, proiettando in superficie le strutture sotterranee si ottiene la genesi formale dell'insediamento del territorio con le varie strutture di supporto, che è anche e soprattutto genesi funzionale – così come accade per tutto il Laboratorio.

Se la scala territoriale è fondamentale per comprenderne l'impatto non solo simbolico, ma



Figg. 4, 5 | The Intersecting Storage Rings (ISR): construction of the main base; laying of a magnet module (credits: CERN Photos Archive, 1969).

soprattutto concreto, una discesa di scala consentite di comprendere meglio la consistenza del Laboratorio come ultima emanazione di un campionario pressoché infinito di elementi. Infatti, l'equilibrio d'insieme nasce dalle relazioni minute che si osservano meglio nella verifica diretta, a tu per tu, delle varie scale delle strutture. Attraversare e misurare, rispetto alla 'scala' umana, gli spazi esterni e interni del CERN è fondamentale per comprendere appieno la meccanica di questo sistema complesso.

Il CERN è nato da bisogni precisi, specifici nella loro genesi scientifica. Christopher Alexander, nell'ambito dello studio delle matrici della complessità, ha sollevato la necessità di «[...] estendere il concetto di 'bisogno'. Questo concetto presenta molti difetti: esso può facilmente essere non oggettivo, non fornisce indicazioni sul genere di forma che soddisfa un bisogno e, peggio di tutto, è troppo ristretto. [...] Sostituirò quindi il concetto di 'bisogno' con quello di 'forza'. Una forza è un'invenzione. È una forza motrice inventata che riassume qualche tendenza ricorrente e inesorabile in natura» (Alexander, 1976, pp. 119, 120). Le forze di Alexander sono ricondotte a una serie di sistemi: umano, meccanico, termodinamico, sociale; inoltre «[...] le forze generano la forma. Nel caso di certi semplici sistemi naturali, questo vale alla lettera. Nel caso di sistemi complessi fatti dall'uomo, è soltanto una metafora» (Alexander, 1976, p. 121).

Il CERN, nella sua relazione con il paesaggio e nella conformazione che assume via via scendendo di scala, incarna entrambi i poli del ragionamento di Alexander: unendo il 'naturale' dei fenomeni che riproduce e indaga, e l'artificiale degli apparati strumentali e delle strutture che servono a questi scopi. Ne risulta un unico atto formale: il sistema ad anello replica-

to in più esemplari di dimensioni crescenti. La complessità connaturata in questa situazione comporta la necessità di ricorrere all'approccio 'relazionale' indicato da Alexander. Così viene definito un metodo aperto a un campo vasto di fattori e condizionamenti, senza compromessi sintetici improntati alla semplificazione per sottrazione. Così come si può collocare al crocevia del ragionamento di Alexander su 'naturale' e 'artificiale', il CERN può anche rappresentare, nell'insieme di tutti i livelli, la logica e il principio delle relazioni come origine di un ordine rinnovato (Kalb, 2014).

L'interpretazione del CERN come 'spazio abitato' fa parte di questo campo allargato di relazioni. Il tema è perfettamente inquadrabile alla scala architettonica, secondo prospettive in evoluzione sul concetto di 'abitare' (Dottorini, 2017) che ne ampliano il significato ben oltre i confini della domesticità. La presenza delle persone all'interno degli spazi del CERN - 'abitati', tuttavia, anzitutto da macchine straordinarie - è un fattore che incrementa ulteriormente la complessità del sistema in termini di comprensione e di organizzazione. Lo spazio creato dai macchinari è inconsueto e peculiare, ma non meno contraddistinto da valori e significati rilevanti anche in ambito architettonico.

Riflessioni conclusive | Quotidianamente il CERN va alla ricerca della 'unità difficile' sia delle teorie e dei pensieri che della gestione di strutture e di attrezzature uniche al mondo (Fig. 12). Allo stesso tempo, il CERN va costantemente alla ricerca della 'unità difficile' intesa come una teoria complessiva, che spieghi il funzionamento del nostro mondo, che ancora ci sfugge per la maggior parte. «[...] C'è una situazione paradossale al centro della nostra conoscenza del mondo fisico. Il Novecento ci

ha lasciato [...] la relatività generale e la meccanica quantistica. Sulla prima sono cresciute la cosmologia, l'astrofisica, lo studio delle onde gravitazionali, dei buchi neri e molto altro. La seconda è diventata la base della fisica atomica, della fisica nucleare, della fisica delle particelle elementari, della fisica della materia condensata e molto altro. Due teorie prodighe di doni e fondamentali per la tecnologia odierna, che hanno cambiato il nostro modo di vivere. Eppure le due teorie non possono essere entrambe giuste, almeno nella loro forma attuale, perché si contraddicono l'un l'altra. [...] Il paradosso è che entrambe le teorie funzionano terribilmente bene» (Rovelli, 2014, pp. 47, 48).

Robert Venturi ha espresso la sua interpretazione della complessità in un libro che ha ancora oggi un impatto straordinario sull'architettura (Costanzo, 2016). In particolare ha affrontato il problema della molteplicità dei livelli e delle scale coinvolti (Fig. 13) sottolineando che «[...] un'architettura valida stimola molti poli di interesse e molti livelli di significato: il suo spazio ed i suoi elementi sono leggibili e fruibili contemporaneamente in molti modi allo stesso tempo. Ma un'architettura basata sulla complessità e sulla contraddizione richiede un impegno speciale verso l'insieme: la sua reale validità deve essere nella sua totalità, o nelle sue implicazioni di totalità. Essa deve perseguire la difficile unità dell'inclusione piuttosto che la facile unità dell'esclusione» (Venturi, 2005, p. 16). La molteplicità che contraddistingue le strutture del CERN comporta contemporaneamente contraddizioni e complessità, in una ricerca che non si limita alla lettura data da Venturi, ma che attraversa gran parte del pensiero architettonico (Bachman, 2008).

Sono stati presentati alcuni ragionamenti che possono fare del CERN un caso paradig-

matico nelle considerazioni sulle implicazioni e i metodi di un progetto 'pluri' o 'multi' scalare. Il tentativo di governare la complessità della condizione stabilita dal CERN a livello paesaggistico non potrebbe essere interpretato con un approccio tradizionale ai territori peri-urbani, per quanto eventualmente improntato alle più evolute pratiche internazionali (Allegrì, 2015), ma richiederebbe piuttosto una visione simile a quella dell'infrastructural urbanism (Allen, 1999) per poter controllare tutti gli elementi in gioco – il CERN, non a caso, potrebbe anche essere assimilato a un'infrastruttura, per quanto le sue relazioni con il paesaggio non avvengano nel modo più convenzionale per questo genere di tema. Inoltre, le strutture del CERN alla scala architettonica appaiono come degli oggetti per lo più estranei alla più consueta pratica disciplinare, stabilendo la necessità di focalizzare l'attenzione su una serie di temi specifici che, tuttavia, trovano un significato nuovo e speciale solo all'interno di un quadro d'insieme che non prescinda da legami e rapporti trasversali tra le parti. Entrambi questi tentativi, a due scale qualitativamente significative, si svolgono attraverso 'progetti' che il punto di vista dell'architettura legge in termini più ampi, soprattutto come riflessione sul senso che questo strumento assume rispetto alle questioni della teoria e della pratica.

Il CERN, considerato contemporaneamente in tutte le scale, è la perfetta dimostrazione che «[...] l'unità difficile, da raggiungere attraverso il processo inclusivo e non l'unità facile, ottenuta attraverso il processo esclusivo» (Venturi, 2005, p. 106) costituisce l'obiettivo principale del progetto come strumento generale di governo delle problematiche e delle soluzioni. Il progetto multiscalare di successo si misura, così, con la sua capacità di produrre risultati efficaci quanto un acronimo, quale sintesi sostanziale e formale. CERN è un perfetto acronimo in tutti i sensi.

The European Organization for Nuclear Research is indicated by the acronym CERN, referring to the first name – Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – of this international and intergovernmental Institution devoted to scientific research, especially in the field of particle physics. CERN indicates both the Organization and also its structures and laboratories, located near Geneva and straddling the border between Switzerland and France (Fig. 1). CERN operates based on intense international collaboration – twenty-three full member Countries and sixty-three other Nations participate in the activities. Here were made some of the most relevant discoveries of the last decades in the field of elementary particle physics, up to the most recent and essential: the detection of the Higgs boson in 2012. A network of six particle accelerators and decelerators, on which it stands the Large Hadron Collider (LHC), ensures such extraordinary results.

CERN's relevance also lies in the role it has gained in the collective imagination, almost as a mass culture phenomenon. During the Open

Days¹ of 14-15 September 2019 (Fig. 2), about 75,000 people visited it. The Laboratory deals with investigating the fundamental mechanisms of nature, starting from the origin and development of the cosmos, on which public attention is extreme. The knowledge of natural phenomena concerns the habitat of all of us, but it also enters our spiritual dimension and the different relationships that civilizations have with the 'divine'. Science has partially replaced divinities and religions in the explanation of the world and humanity itself, in the process of progressive secularization. The Laboratory's scientific research embodies many of these themes and, therefore, gets the general interest. Furthermore, the man-artifex – in a world increasingly dominated by all that is artificial – seems to control everything through the tools of science and technology, which are increasing their influence in collective perception. The desire to consolidate this domain – which is challenged by the occurrence of extreme conditions in which nature returns to impose itself as the arbiter of our destiny – pushes us at the same time to refine the control of the artificial and to explore more deeply the nature. CERN is an excellent tool for both purposes.

The interest in CERN is not limited to the knowledge of the extraordinary discoveries he makes, but also includes many other cultural links, which make him the protagonist of numerous 'collateral' projects, such as the recent photographic reportage by Alastair Philip Wiper. The Arts at CERN Program², established in 2011, deals in an almost pioneering way with collaborating artists and scientists, to experience how much creativity and curiosity are the main tools of the progress of knowledge, not only scientific. The results are relevant: the many initiatives prove a particularly productive and meaningful relationship. This program also offers periods of residence at CERN for artists who can work within its facilities. THUTOAH – The Holographic Universe Theory of Art History (Treister, 2020) was made during one of these stays. It combines a collection of more than 25,000 images taken from the history of art, arranged chronologically, and the reproduction of the audio recording of interviews with three CERN scientists – John Ellis, Alessandra Gnechi, and Wolfgang Lerche. The aim is to investigate the principles of holography underlying the theory that interprets our universe as a vast and complex hologram. As in a sort of paraphrase, the artist Suzanne Treister imagined the flow of artistic images, speeded up as if it were an accelerator of particles, to become a representation of the hypothesis on the holographic nature of reality.

Therefore, CERN covers many different topics. It binds nature and artifice and embodies the aspirations of the public for the knowledge of both spheres. This ability to produce knowledge about life comes from its essence of machine purely artificial and extraordinarily complex. Beyond the passion shown by the public, this essay wants first of all to bear witness to the planning and organizational logic of CERN and to offer some interpretative ideas.

Paradigm | «1. Esempio, modello. [...] 3. Nel

linguaggio filosofico, termine usato da Platone per designare le realtà ideali concepite come eterni modelli [...] e da Aristotele per indicare l'argomento, basato su un caso noto, a cui si ricorre per illustrare uno meno noto o del tutto ignoto. Con altro significato il termine è stato recentemente introdotto nella sociologia e nella filosofia della scienza per indicare quel complesso di regole metodologiche, modelli esplicativi, criteri di soluzione di problemi che caratterizza una comunità di scienziati in una fase determinata dell'evoluzione storica della loro disciplina: a mutamenti di paradigma sarebbero in tal senso riconducibili le cosiddette 'rivoluzioni scientifiche'» (Treccani, 2020).

The CERN case-study is suggested here as a model of the multiscalar project and its complexity. Its exemplary lies in the 'complex of methodological rules' which is the design process, from any perspective you consider it. 'Project' is not only technical documentation, but also represents an intellectual tool for architecture conceived as the 'art of building', or even a real link between theory and practice (Capozzi and Visconti, 2017). Even, it is essential to focus on the system of connections – in development or already operational – that exist in a context, to observe the sense ties established between the parties. However, relationships exist starting from elements, in a sense expressed by the second part of the definition of 'paradigm': «2. Nella linguistica moderna, l'insieme degli elementi della frase che contraggono tra loro una relazione virtuale di sostituibilità» (Treccani, 2020). Therefore, even relationships in absentia³ are foreseen, when the links can recall elements outside the discourse but on the same context. CERN has an open system/organism nature, demonstrated by its ability to adapt and implement over the decades, which reinforces the idea of a sum of elements.

However, such a condition does not constitute a fragmented entity in which mere juxtaposition occurs or where the autonomy of one part wins due to too weak links. The whole Laboratory is more than the sum of its parts because their ties re-qualifies the values expressed by each component. CERN is a struc-

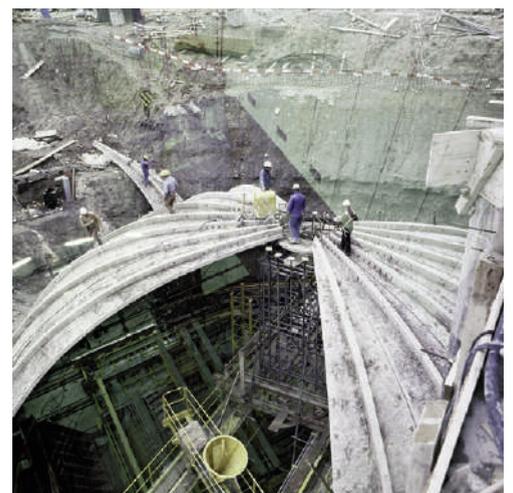


Fig. 6 | The Super Proton Synchrotron (SPS): construction of the dome for the central part of the UA1 experiment (credit: CERN Photos Archive, 1980).



Fig. 7 | Tunnel work for the future High Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC), 16 August 2019 (credit: M. Brice, CERN Photos Archive).

ture and also has a structure, in a broad sense. Linguistics, which Roland Barthes regarded as the pure science of structure, provides an exact interpretation: «[...] Saussure's proposition, that 'language is a system of interdependent terms in which the value of each term results solely from the simultaneous presence of the others' [...] suggested that the study of language could be approached by asking not what words meant, only how they carried meaning. What made language intelligible was not meanings attached to particular words, but the system within which they were used» (Forty, 2012, p. 283). Architecture itself can be understood as an 'intellectual scheme through which things are made intelligible', albeit with many variables. «[...] The schema may be identified through any one of a variety of elements: the most usual are the arrangement of tectonics parts; the masses – or their negative, volumes or 'spaces'; system of interconnection or of communication. None of these are themselves a 'structure', only signs that give cause for the perception of 'structure'» (Forty, 2012, p. 276).

This idea, if shared – for example by Herman Hertzberger (2009) regarding the question of flexibility⁴ – or opposed – among others by Bernard Tschumi, if 'structuralism' means «[...] to dematerialise architecture into the realm of concepts» (Tschumi, 1996, p. 68) – represents an essential contribution to the development of architectural thought. Moreover, it provides an inclusive medium between theoretical and operational discourse, since where this meaning of 'structure' can be applied it is always possible to use also more general definitions, indicated by Forty himself: 'any building in its entirety' and 'the system of support of a building

as that distinct element from the whole'. To achieve the desired results, each part of CERN is as crucial as its operations as a whole. The activity that takes place in the Laboratory crosses all its systems transversely, creating a perfect correspondence between forces and forms – similar to that discussed in another context by Christopher Alexander. The CERN case is significant precisely because of this intertwining of fundamental relationships, so innate in the very essence of the function – scientific research – that the structure must fulfil.

The scientific project | The birth of CERN stemmed from the European awareness of having to create a large research structure in the field of Physics and that it would only be possible by combining efforts. The Convention, in full post-war spirit, states that «[...] The Organization shall have no concern with work for military requirements, and the results of its experimental and theoretical work shall be published or otherwise made generally available» (CERN, 2020). It was signed in 1953 by the eleven Countries who joined the preliminary agreements – Belgium, Denmark, France, Greece, Italy, Yugoslavia, Norway, Holland, the Federal Republic of Germany, Sweden, Switzerland – with the addition of the United Kingdom. The Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire⁵ became operational from the following year, however maintaining the original acronym CERN. The general design of the laboratory was entrusted to Lew Kowarski, who first had put forward the proposal for a large particle accelerator.

The construction of the Laboratory began in Meyrin, near Geneva, on May 17, 1954. The design, carried out simultaneously, of the first

two large particle acceleration machines, had been carried out in the previous two years, having to become operational in close succession. The 600 MeV Synchrocyclotron (SC) came into operation in 1957, providing the material for CERN's first studies on particle and nuclear physics. In 1964 SC was dedicated exclusively to experiments on nuclear physics, given the start in 1959 of the Proton Synchrotron (PS), capable of the power of 28 GeV. Its operational capacity was then significantly enhanced by increasing the intensity of the proton beam up to a thousand times the original so that it could support other instruments, especially those made during the 1970s (Fig. 3).

Thanks to this exceptional endowment of facilities and machinery for experiments, CERN achieved its first great goals. In 1965 the team led by Antonino Zichichi experimentally demonstrated some anti-particle properties, hitherto only theorized. However, the launch of a single particles beam against a fixed target represented a limit which – based on 1950s theories and projects – represented the next challenge for CERN. The construction of structures and machinery foresaw the use of PS to generate two distinct particles beams within two interconnected rings. The general project of the ISR – Intersecting Storage Rings (Fig. 4) was approved in 1965 under the direction of Kjell Johnsen, while Franco Bonaudi was responsible for the construction (Fig. 5). It was still far from the large underground rings that today characterize CERN, but this project represented a decisive leap forward. On January 27, 1971, the registration of the first interaction in the world between two colliding beams of protons was announced, and for the following thirteen years the ISR provided the data to develop knowledge on the world of particles.⁶

The next step consists in a real change of scale. Super Proton Synchrotron (SPS) was the first of CERN's gigantic underground rings, with its 7 kilometres in circumference 40 meters underground, and was also the first to cross the Franco-Swiss border. The project was implemented during its construction, allowing its completion in just four years, two earlier than expected, using more than a thousand magnets and providing it with much higher power than expected. On June 17, 1976, the SPS started for the first time, with full operation for a maximum beam energy of 400 GeV. SPS immediately became the heart of CERN's research programs, providing particle beams, of different types, for the two main experimental areas and reaching some important discoveries⁷. SPS is still operational today and has reached 450 GeV of power, thanks to a complex of 1,317 conventional electromagnets⁸, including 744 dipoles necessary for the curvature of the trajectory of the particles in the ring.

Certain enhancement of the equipment also concerned limited but substantial innovations. The invention in 1968 by Georges Charpak of the Multiwire Proportional Chamber⁹, thanks to the connection to a computer, allowed to achieve unprecedented speed and precision in detections. Besides, a new touch-screen system developed by Frank Beck and Bent Stumpe between 1972 and 1973 would

be introduced in control rooms from 1976, becoming the basis for all contemporary consumer electronics. On April 4, 1981, the world's first proton-antiproton collision took place within ISR. From that experience came the idea of converting SPS into a proton-antiproton collider. Quite soon the experiments called UA1 (Fig. 6) and UA2 were launched in search of the collision that allowed the observation of the W and Z bosons, a key discovery for the knowledge of the phenomenon of weak interaction between the particles. On April 30, 1983, as part of the UA1 experiment, the first particle, Z0, was observed indirectly. Carlo Rubbia and Simon van der Meer in 1984 were awarded the Nobel Prize for this discovery; van der Meer had been the creator of the stochastic cooling technique, while Rubbia not only planned the conversion of SPS but was the Coordinator of the entire UA1 program. A new class of experiments kicked off in 1986 intending to study the atomic bonds of quarks and whether or not to confirm theories on the conditions of the universe in the moments following the Big Bang, through the acceleration of heavy ions – very rich nuclei of neutrons and protons – within SPS.

The future of CERN is always planned well in advance. On February 8, 1988, the tunnel for the Large Electron-Positron Collider (LEP) was completed: 27 kilometres in circumference, and it was the largest work in Europe before the tunnel under the English Channel. LEP is still the largest electron-positron accelerator ever built, with its 5,176 magnets and 128 acceleration cavities, characterized by an initial power of 100 GeV, then increased up to a maximum of 209 GeV. In 2000 it was abandoned, as scheduled, to make way for the Large Hadron Collider (LHC) inside the same tunnel. The preparation of the experiments that rely on this machine had already started in 1997. ATLAS, partly operational since 2006, is one of these experiments: it presented the largest superconducting magnets ever made, with exceptional performance. All new experiments were ready for September 10, 2008, when LHC was launched with ambitious goals, almost all of which were successful. Among many, the progress in the knowledge of antimatter and the observation of the Higgs boson. Preparation of new tunnels is currently underway for the next generation of the accelerator, the LH-LHC – High-Luminosity Large Hadron Collider (Fig. 7).

The other side of the project | CERN is a product of pure function that comes from the foundations of science and scientific programs that animate its equipment. Functionality is the only 'voluntary' parameter implemented in the design and construction of this Centre. However, the analysis of the Laboratory cannot be limited to the consideration of what were the original wishes and their effects but must judge the product itself, in its completeness and according to parameters that may also differ from the initial ones. So, it is with architecture and its specific point of view. CERN is a collective outcome. Each discovery is the result of the work of those who follow the planning and de-

velopment of research programs, in addition to the fundamental contribution of those who formulated the basic ideas. CERN is also an inhabited space: it is the place at the centre of the daily life of thousands of people – from those who work in the supply chain to those interested in the management of all structures, buildings, environments and equipment. These 'inhabitants' are animated not only by a professional duty but mostly live their work with an authentic passion, establishing a particularly intense relationship with this particular habitat.

CERN is an overall item. The Laboratory, read and perceived as a whole, embodies a bright, operational and successful entity. The parts that compose it increase in number and decrease in size as the gaze approaches. So, on the level at which you stop, on a pure component or aggregate system, there corresponds a certain degree of depth and understanding. Even what is not touched directly is also considered to some extent, because it nevertheless contributes to defining the overall identity. The point of view, as a variable, is expressed through the 'scale' parameter declined according to two main approaches: quantitative and qualitative. In a quantitative sense, scales are an extraordinary tool for controlling and organizing possible points of view, according to regulatory standards that allow us to compare, thanks to a shared metric used both in research and in the project. It is a technical interface, a conventional system made of progressive dimensional leaps: 1:20, 1:100, 1:500, 1:10,000 and so on.

Scales, as definitions of correspondence between a given technical representation and the real world, can also be expressed in a series of qualitative and synthetic indications, focused on communicating first of all the orders of magnitude involved and the values that emerge from each. The two main ones – those who are of most significant interest here – are the territorial and architectural scales.

The territorial scale includes aerial and satellite views, in which a general and overall framework is created and from which the intertwined relationships between all the natural and anthropic elements emerge (Fig. 8). 'Territory' is both a geographical and political theme. Still, it also clearly expresses a unit of analysis (Miraglia, 2016) precisely for its ability to represent human-nature and society-environment interactions in all their intensity, albeit from a perspective in which numerous factors are concentrated simultaneously. 'Territory' is flanked by 'landscape', according to a broad and open interpretation: «[...] Landscape's traditional terrain is the extended horizontal surface; more recently, it has been extended to topographic surfaces that are folded, warped, bent or striated. This has an obvious attraction to architects today, where surface has become a primary instrument in design. [...] landscape surfaces are always differentiated by their material and performative characteristics» (Gausa et alii, 2008, p. 382). The field then expanded further, with a tendency sometimes to hybridize the two concepts – Landscape as Territory (Sanjuán, 2019) – which effectively describes a research area that is still much debated.

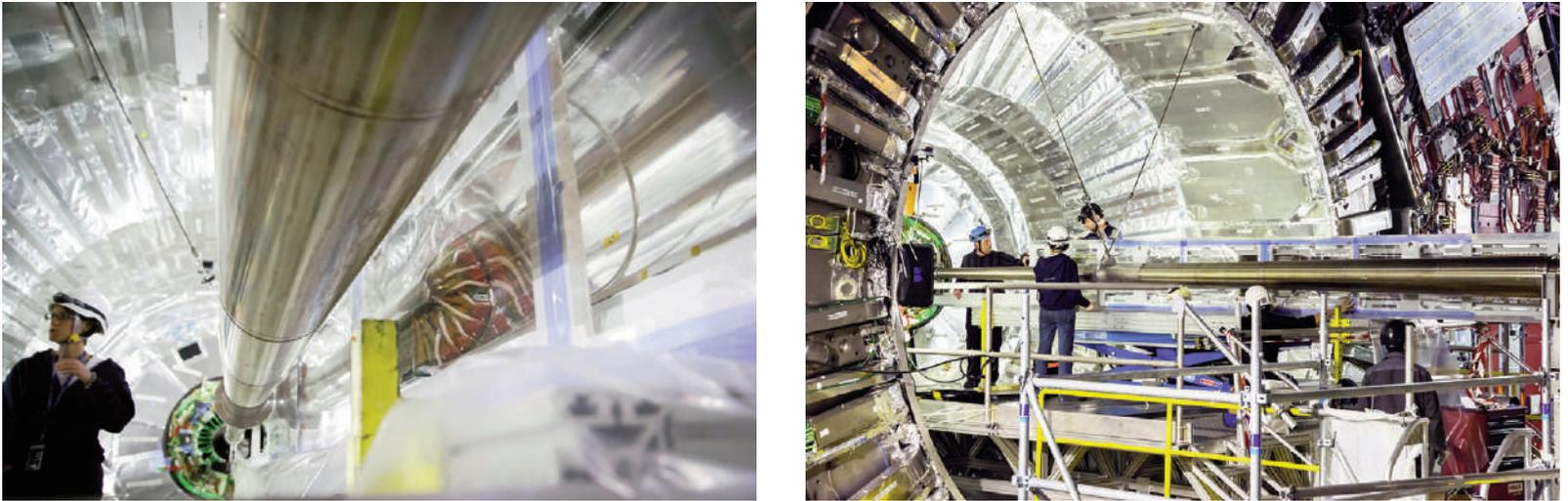


Fig. 8 | Aerial view of the territory occupied by the CERN plants, with underground tunnel tracks, June 1986 (credit: J.-L. Caron, CERN Photos Archive).

Fig. 9 | Aerial view of the CERN site of Meyrin, 8 April 2020 (credit: M. Struik, CERN Photos Archive).

Fig. 10 | Aerial view of the buildings on the ALICE experiment site, LHC Point 2, 2 October 2019 (credit: Y. Kharlov, CERN Photos Archive).

Fig. 11 | Opening ceremony on the 'Esplanade des Particules' and view of the 'Globe of Science and Innovation', designed by Studio Bürgi (credit: CERN Photos Archive, 2018).



Figg. 12, 13 | The Compact Muon Solenoid (CSM): detail of the innermost section of a component; central section (credits: N. Caraban Gonzalez, 2014, CERN Photos Archive).

Beyond the approach on the topic, the starting point can only be the specific context of interest. Switzerland is going through a transition phase of its territorial characteristics (Price, 2015) and the Geneva area is not excluded. This south-western area of Swiss territory is centred on the Geneva settlement and its suburbs (Lancy, Vernier, Meyrin, Le Grand-Saconnex, Pregny-Chambésy, Collex-Bossy and more, but in France, Ornex, Versoignes, Ségny, Préveissin-Moëns and so on) to which are added a series of infrastructures, both automotive and airport, and also the CERN's structures (Fig. 9). These essentially consist of a long series of settlements similar to the industrial type (Fig. 10). All these presences are distributed among cultivated fields, meadows and woods, which completely dominate the landscape. In this wealth of traces, although of very different origin and impact, the signs of the presence of CERN are minimal, almost invisible, excluding the two main sites of Meyrin (Fig. 11) and Preveissin which stand out only by extension.

The Laboratory does not establish a landmark in the area, neither from the aerial views nor from the perspective of an observer who normally explores the landscape. What can be observed on the surface are a series of fenced areas with sheds, various deposits and office buildings inside. The insertion into the landscape takes place gently and harmoniously, perhaps due to the mutual indifference that CERN and its context seem to demonstrate each other, as a condition of cohabitation that is not casual, but rather usual and well assimilated. All these 'episodes' in the peri-urban and agricultural territory between Switzerland and France are the fundamental support for the underground activities of the Laboratory, a mammoth but invisible trace of CERN. By ideally joining the surface presence, the underground tracks are easily reconstructed.

At the territorial scale, therefore, CERN does not appear, except in diagrammatic reconstructions and in technical representations that push the ideal section plane into the depths of the earth. Once this is done, we perceive how instead CERN embodies some fundamental aspects of the concept of landmark

and constitutes, in some ways, a real territorial 'matrix'. In fact, by projecting the underground structures to the surface, the formal genesis of the installation of the various support structures in the territory is obtained. It is also and above all, functional genesis – as it happens throughout the Laboratory.

If the territorial scale is fundamental to understand the impact of CERN on the landscape, not only in symbolic but above all concrete terms, a descent of scale allows to understand better the consistency of the Laboratory as a product of an almost infinite sample of elements. The overall balance arises from complicated relationships that are best observed in the direct, face-to-face verification of the various scales of the structures. Crossing and measuring the external and internal spaces of CERN concerning the human 'scale' is fundamental to understand the mechanics of this complex system fully.

CERN was born from specific needs with a scientific genesis. Christopher Alexander, while studying the matrices of complexity, raised the need for «[...] estendere il concetto di 'bisogno'». Questo concetto presenta molti difetti: esso può facilmente essere non oggettivo, non fornisce indicazioni sul genere di forma che soddisfa un bisogno e, peggio di tutto, è troppo ristretto. [...] Sostituirò quindi il concetto di 'bisogno' con quello di 'forza'. Una forza è un'invenzione. È una forza motrice inventata che riassume qualche tendenza ricorrente e inesorabile in natura» (Alexander, 1976, pp. 119, 120). Alexander's forces are traced back to several systems – human, mechanical, thermodynamic, social – and they «[...] generano la forma. Nel caso di certi semplici sistemi naturali, questo vale alla lettera. Nel caso di sistemi complessi fatti dall'uomo, è soltanto una metafora» (Alexander, 1976, p. 121).

CERN embodies, in the relationship with the landscape and the consistency of its structures at all scales, both references used by Alexander: on the one hand the natural systems are both the source and the object of his experiments, on the other all this it is carried out through complex and artificial systems. These two aspects produce a single formal

act: the ring system replicated in several specimens of increasing size. The complexity inherent in this situation entails the need to resort to the 'relational' approach indicated by Alexander. This defines a method open to a vast field of factors and conditions, without synthetic compromises based on simplification by subtraction. Just as it can be placed at the crossroads of Alexander's 'natural' and 'artificial' reasoning, CERN can also represent, at any scale taken into consideration, the logic and principle of relationships as the origin of a renewed order (Kalb, 2014).

The interpretation of CERN as 'inhabited space' is part of this enlarged field of relationships. The theme is perfectly framed on the architectural scale, according to evolving perspectives on the concept of 'living' (Dottorini, 2017) which broaden its meaning far beyond the boundaries of domesticity. The presence of people inside CERN spaces – 'inhabited', however, first of all, by extraordinary machines – is a factor that further increases the complexity of the system in terms of understanding and organization. The space created by the machinery is unusual and peculiar, but no less characterized by relevant values and meanings also in architecture.

Conclusions | Every day CERN goes in search of the 'difficult unity' of both theories and thoughts and of the management of structures and equipment unique in the world (Fig. 12). At the same time, CERN is constantly looking for the 'difficult unity' understood as an overall theory, which explains the functioning of our world, which still eludes us for the most part. «[...] C'è una situazione paradossale al centro della nostra conoscenza del mondo fisico. Il Novecento ci ha lasciato [...] la relatività generale e la meccanica quantistica. Sulla prima sono cresciute la cosmologia, l'astrofisica, lo studio delle onde gravitazionali, dei buchi neri e molto altro. La seconda è diventata la base della fisica atomica, della fisica nucleare, della fisica delle particelle elementari, della fisica della materia condensata e molto altro. Due teorie prodighe di doni e fondamentali per la tecnologia odierna, che hanno cambiato il nostro modo di vivere.

Eppure le due teorie non possono essere entrambe giuste, almeno nella loro forma attuale, perché si contraddicono l'un l'altra. [...] Il paradosso è che entrambe le teorie funzionano terribilmente bene» (Rovelli, 2014, pp. 47, 48).

Robert Venturi expressed his interpretation of complexity in a book that still has an extraordinary impact on architecture (Costanzo, 2016). In particular, he addressed the problem of the multiplicity of levels and scales involved with this theme (Fig. 13) emphasizing that «[...] A valid architecture evokes many levels of meaning and combinations of focus: its space and its elements become readable and workable in several ways at once. But an architecture of complexity and contradiction has a special obligation toward the whole: its truth must be in its totality or its implications of totality. It must embody the difficult unity of inclusion rather than the easy unity of exclusion» (Venturi, 1992, p. 16). The multiplicity that distinguishes the structures of CERN presents contradictions and complexities, in a sense that

is not limited to the reading given by Venturi, but that runs through much of contemporary architectural thought (Bachman, 2008).

The reasoning presented here hypothesizes CERN as a paradigmatic case for the theory and methods of a 'multi-scalar' project. The attempt to manage the complexity of the condition of CERN at the territorial scale could not be interpreted with a traditional approach to peri-urban territories, although eventually based on the most advanced international practices (Allegrì, 2015). Rather, it requires a vision similar to that of infrastructural urbanism (Allen, 1999) in order to be able to control all the elements involved – CERN, not surprisingly, could also be assimilated to an infrastructure, as far as its relations with the landscape are concerned in a non-conventional way. Furthermore, CERN structures at the architectural scale appear as objects mostly extraneous to the most usual disciplinary practice, and therefore require to be addressed starting from some specific themes. This operation gives it a

new and special meaning, especially within an overall framework that naturally enhances the ties and transversal relationships between the parties. Attempts to investigate these two qualitatively significant scales take place through 'projects' which the point of view of architecture reads above all in the sense of an instrument halfway between theory and practice.

CERN, considered simultaneously on all scales, is the perfect demonstration that «[...] the difficult unity through inclusion rather than the easy unity through exclusion» (Venturi, 1992, p. 88) is the main goal of the project as a general tool for managing problems and solutions. The successful multiscale project is thus measured by its ability to produce results as effective as an acronym, as a substantial and formal synthesis. CERN is a perfect acronym in every respect.

Notes

1) Full reports and data can be viewed on the website opendays.cern [Accessed 1st March 2020].

2) Full information can be found on the website arts.cern [Accessed 25 April 2020].

3) The term 'paradigmatic' was introduced into modern linguistics by Louis Hjelmslev, replacing 'associative' by Ferdinand de Saussure and 'memorial' by Henri Frei.

4) «[...] What we are looking for is a way of thinking and acting that can lead to a different 'mechanism' (in linguistic terms you would say a paradigm) which is less fixed, less static, and which is therefore better equipped to meet the challenge that twentieth century society in all its complexity puts to the architect. [...] Structuralism has shown how effective this process is in language, and my persistent reference to this is because it thus indicates a direction for architecture. Even though architecture is still so often conceived as a system of communication, it is not merely a language, although there are a number of analogies» (Hertzberger, 2009, p. 148).

5) Officially known worldwide as the European Organization for Nuclear Research.

6) Among the many and essential results, it was within this project that Simon van der Meer's idea of producing very intense beams was demonstrated through a process called 'stochastic cooling'.

7) The SPS participated in research programs on the internal structure of protons, the prevalence of matter over antimatter, the condition of concern in the first moments after the Big Bang and finally the discovery of exotic genres of matter.

8) These are magnets whose operation takes place at room temperature.

9) It is a container filled with gas with a high number of sensor-cables arranged in parallel and connected to independent amplifiers.

References

Alexander, C. (1976), "Da un insieme di forze a una forma", in Los, S. (ed.), *L'organizzazione della complessità*, Il Saggiatore, Milano, pp. 117-138.

Allegrì, D. (2015), "Piattaforma peri-urbana strategica – Modelli e tecnologie per la valorizzazione di paesaggi complessi | Strategic peri-urban platform models and technologies for the improvement of complex landscapes", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 93-101. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-17505 [Accessed 25 April 2020].

Allen, S. (1999), *Points + Lines – Diagrams and Projects for the City*, Princeton Architectural Press, New York.

Bachman, L. R. (2008), "Architecture and the Four Encounters with Complexity", in *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 4, issue 1, pp. 15-30.

Capozzi, R. and Visconti, F. (2017), "Il progetto di architettura come nesso tra teoria e prassi | The architectural project as a link between theory and practice", in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13, pp. 100-108. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-19741 [Accessed 30 March 2020].

CERN (2020), *Our History*. [Online] Available at: home.cern/about/who-we-are/our-history [Accessed 30 March 2020].

Costanzo, D. (2016), "Learning from Venturi – Complexity and Contradiction at 50", in *Architectural Research Quarterly*, vol. 20, issue 4, pp. 293-296.

Dottorini, D. (2017), "Lo spazio del reale: l'abitare, il movimento, l'inappropriabile", in *Cinergie – Il Cinema e le altre Arti*, n. 10, pp. 72-79. [Online] Available at: doi.org/10.6092/issn.2280-9481/6821 [Accessed 25 April 2020].

Forty, A. (2004), *Parole e edifici – Un vocabolario per l'architettura moderna* [en. ed. *Words and Buildings – A vocabulary of modern architecture*, 2012], Pendragon, Bologna.

Gausa, M., Guallart, V., Müller, W., Soriano, F., Porras, F. and Morales, J. (2008), *The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture – City, technology, society in the information age*, Actar, Barcellona.

Hertzberger, H. (2009), *Lessons for students in architecture*, 010 Publishers, Rotterdam.

Kalb, J. (2014), "Life in Design: Christopher Alexander and the Nature of Order", in *International Journal of Architectural Research*, vol. 8, issue 2, pp. 94-98. [Online] Available at: archnet.org/publications/9769 [Accessed 25 April 2020].

Miraglia, M. (2016), "El territorio como unidad de análisis en la historia Ambiental y la geografía histórica | The territory as unit of analysis in Environmental History and Historical Geography", in *Expedições | Teoria da História e Historiografia*, vol. 7, n. 2, pp. 40-55. [Online] Available at: www.revista.ueg.br/index.php/revista_gether/article/view/5722 [Accessed 25 April 2020].

Price, B., Kienast, F., Seidl, I., Ginzler, C., Verburg, P. H. and Bolliger, J. (2015), "Future landscape of Switzerland – Risk areas for urbanisation and land abandonment", in *Applied Geography*, vol. 57, pp. 32-41. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.12.009 [Accessed 25 April 2020].

Rovelli, C. (2014), *Sette brevi lezioni di fisica*, Adelphi, Milano.

Sanjuán, C. O. (2019), *Landscape as Territory*, Actar, Barcellona.

Treccani (2020), *Paradigma*. [Online] Available at: www.treccani.it/vocabolario/paradigma [Accessed 30 March 2020].

Treister, S. (2020), "THUTOAH – The Holographic Universe Theory Of Art History", in *Artnodes*, n. 25, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.7238/a.v0i25.3323 [Accessed 12 March 2020].

Tschumi, B. (1996), *Architecture and Disjunction*, MIT Press, Cambridge (MA).

Venturi, R. (2005), *Complessità e contraddizioni nell'architettura* [or. ed. *Complexity and Contradiction in Architecture*, 1992], Edizioni Dedalo, Bari.