

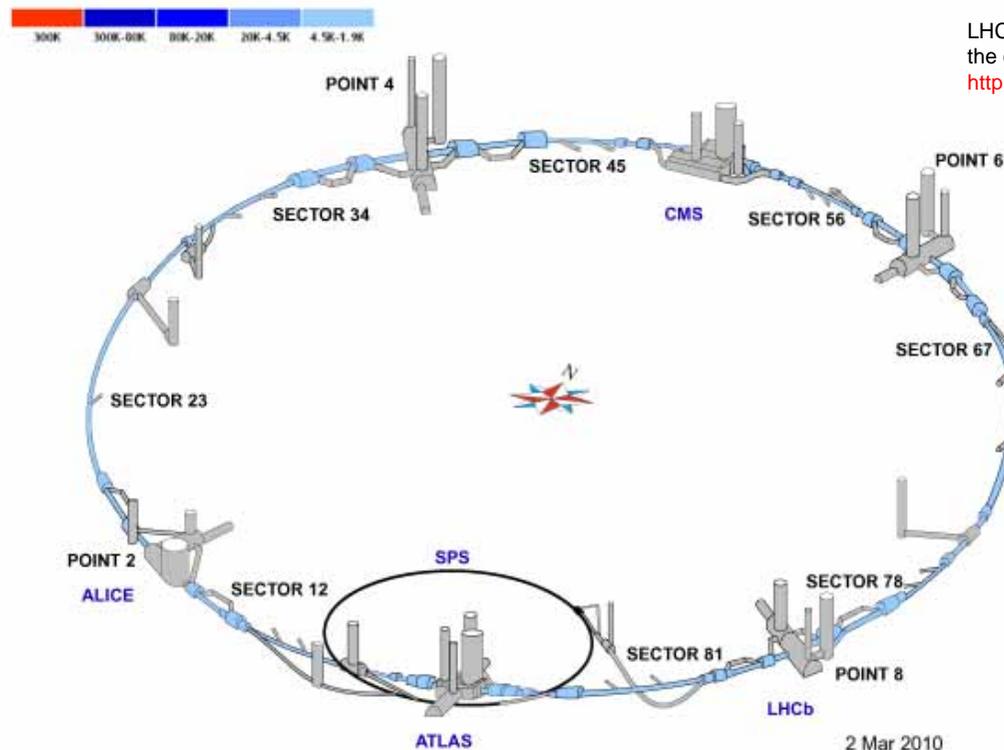


Gli anelli del sapere - INFN x LHC

(e raffronto comparato a pubblicazioni analoghe su LHC)

SCIENCE COMMUNICATION DESIGN
(Genève – Milano – Frascati, aprile 2010)

Oggetto
Complessità
Obiettivi
Limiti
Punti di vista
Scenari futuri





Oggetto / descrizione orientata:
x esperimenti
x nazionalità
x competenze

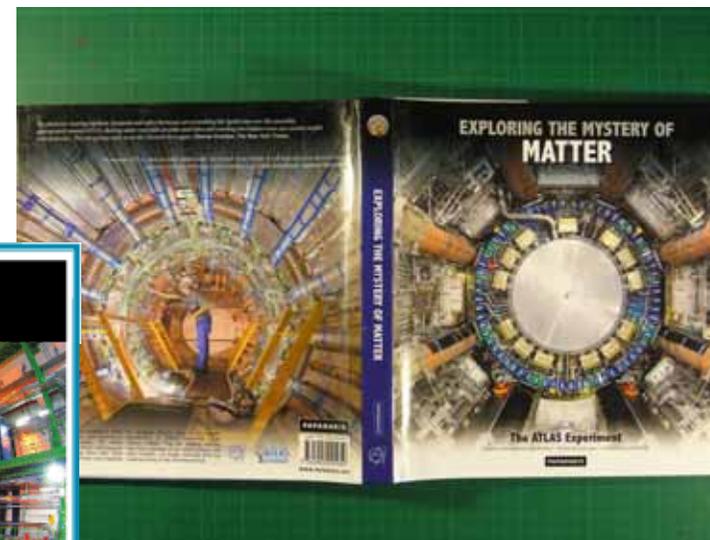
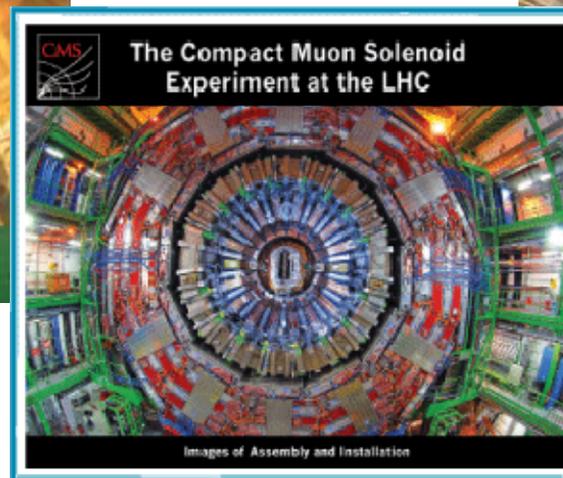
Istogrammi di **collaborazioni scientifiche** per nazionalità

“medagliere” **loghi istituzionali** di collaborazioni scientifiche

Libri ATLAS, ALICE, CMS



Diagrammi di collaborazioni scientifiche per nazionalità
“medaglieri” loghi istituzionali enti scientifici
Libri ATLAS, CMS, ALICE,



<http://cms.web.cern.ch/cms/Media/Publications/PhotoBook/index.html>

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



Genesi di una realizzazione editoriale

Survey fotografico (Costruire 2007.10 *Gli anelli della ricerca*)

ComunicareFisica2007 *Disegno, Immagini, Metafore*

<http://cms.web.cern.ch/cms/Resources/Website/Media/CMSinTheMedia/news/C293%20tecn%20CERN%20Costruire%202007.10%20by%20Federico%20Brunetti%20-%20Politecnico%20di%20Milano.pdf>



http://cms.web.cern.ch/cms/Media/Publications/CMStimes/2006/11_13/index.html

<http://w3s.ts.infn.it/ComunicareFisica/presentazioni/brunetti.pdf>

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC.

Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE - INFN x LHC.

The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN,

INFN - CERN – In.D.A.Co – AbitareSegesta

Ufficio Comunicazione **Presidenza INFN**, Romeo Bassoli; ILO Sandro Centro

Progetto editoriale ***Abitare Segesta*** –

layout e Portfolio fotografico a cura di Federico Brunetti Arch.PhD

Dept. In.D.A.Co (Industrial Design, Arts & Communication) Politecnico di Milano

progetto istituzionale di comunicazione con partner industriali

- Redazione preliminare **contributi scientifici**: testi, apparati iconografici, didascalie, impaginazione

-Ricerca e contributi **sponsors**

-Testi INFN: Roberto Petronzio, Pierluigi Campana, Sandro Centro, Maria Curatolo, Marcella Diemoz, Eugenio Nappi, Marco Paganoni, Lucio Rossi, Walter Scandale, Romeo Bassoli

Format grafico: Modulo quadrato di Fibonacci

(altri acknowledgments e credits riportati a fine presentazione)



La fisica come progetto (“ i tavoli”):

teoria - concept – design

progetto, ragione, bellezza.

Immagine (dal concept iconografico del progetto alla sua formalizzazione finale)

progetto - tecnologia (architettura teoria)

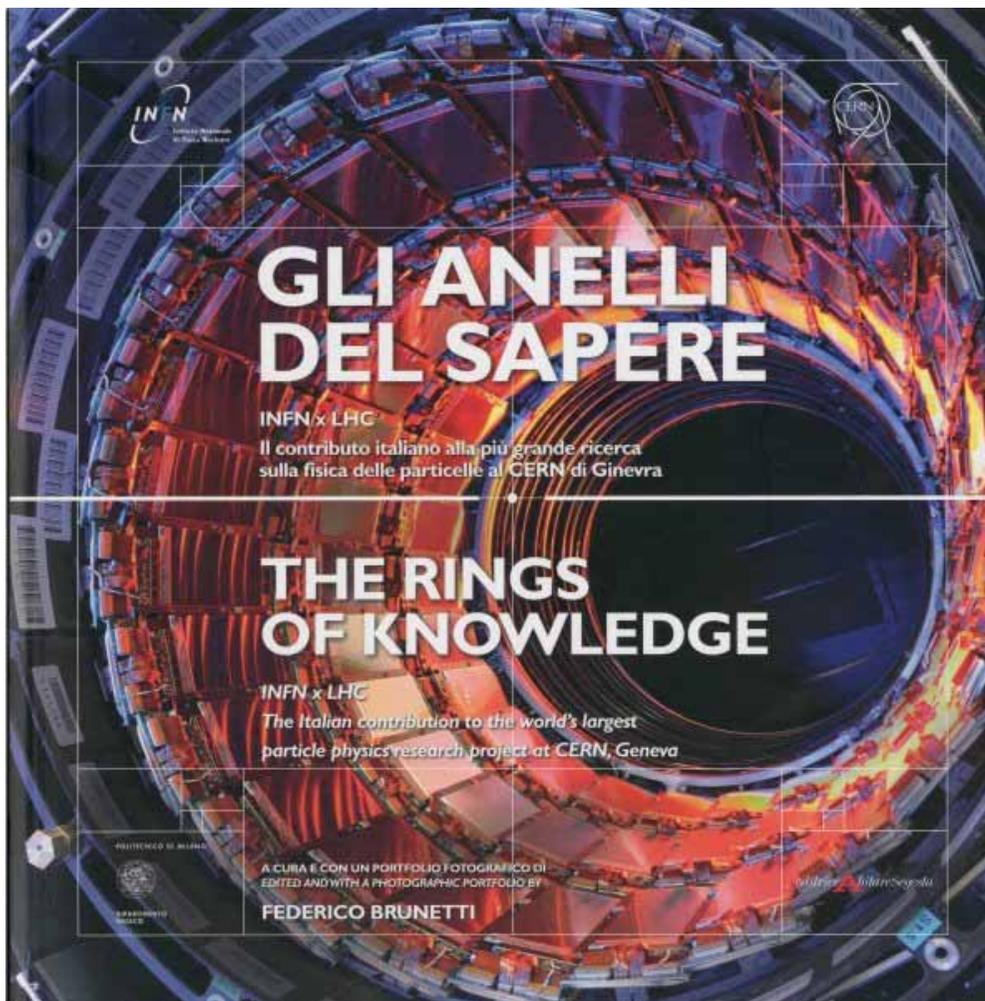
Collaborazioni industriali (partner della comunicazione)



ComunicareFisica 2010

12-16 April 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



Da: **GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC.**
Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

from: **THE RINGS OF KNOWLEDGE - INFN x LHC.**
The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta




**IL CONTRIBUTO
DI INFN PER LHC**

Roberto Patronzio
Presidente INFN

Si sta per cominciare l'era LHC. Quella di esperimenti alla più alta energia mai raggiunta artificialmente ottenuta grazie alle collisioni di protoni, uno dei costituenti fondamentali del nucleo, al Large Hadron Collider di Ginevra. Le attività scientifiche sono talmente importanti da meritare l'appellativo di "era" per quella che si annuncia tra le più fertili campagne di ricerca fondamentale che mai sia stata affrontata.

L'infinitamente grande — l'Universo — con la sua evoluzione — e l'infinitamente piccolo, il mondo dei costituenti più elementari di tutta la materia, verranno studiati con un microscopio potentissimo capace di risolvere distanze dell'ordine di 10⁻¹⁷ centimetri, 100.000 volte più piccole delle distanze tra i costituenti del nucleo. Uno degli enigmi che verranno sfidati è quello della Materia Oscura, il materiale di cui siamo fatti contribuisce solo per una decina di punti percentuali al bilancio di materia dell'Universo, e ancora meno al bilancio energetico più generale che ne governa l'evoluzione. Produrre artificialmente tale nuova forma di materia, della quale sentiamo la presenza solo dall'influenza che esercita sulla materia ordinaria ma di cui non possiamo osservare i contorni al telescopio — materia oscura, appunto — è una delle potenzialità del nuovo acceleratore, associata all'esistenza di nuove simmetrie in natura, dette "super simmetrie".

La massa specifica di questa nuova forma di materia, quella della singola particella, potrebbe derivare da un meccanismo universale che attribuisce massa a tutte le particelle elementari, che siano neutre, come gli elettroni e i quark, o cariche, tale meccanismo è legato all'esistenza del bosone di Higgs. Il Gluon che fluisce da oltre tre miliardi che è stato ripetutamente osservato con il precedente acceleratore Large Electron-Positron (collider), il LEP. Dal quale abbiamo solo ottenuto forti indizi che LHC sia la macchina giusta per scoprirlo. Finiamo la nostra percezione della spazio in cui viviamo potrebbe rivelarsi falsa sotto l'aspetto limite di ingrandimento che LHC rappresenta. Come un filo di lana sembra unidimensionale visto da lontano, ma scopre le sue dimensioni in più guardandolo da vicino, quelle di un piccolo cilindro, così le nostre dimensioni spaziali viste con la risoluzione di LHC potrebbero aumentare.

Tutte queste attese sono rese possibili dalla tecnologia raggiunta e racchiusa in LHC, potente motore di innovazione industriale dalla superconduttività, mai utilizzata prima, in queste proporzioni, ai metodi di elaborazione dei dati futuri, che sempre più stanno promuovendo modelli di calcolo distribuito, a nuovi sensori capaci di misurare intervalli di tempo

infinitesimali, a nuovi cristalli capaci di catturare e misurare con estrema efficienza l'energia delle particelle che li attraversano, che si rivelano utili per la diagnostica medica, a sensori al silicio dalle dimensioni colossali questo per citare solo alcuni esempi dell'alta tecnologia che ha reso possibile LHC. Ultimo punto, ma elemento determinante del successo. A che LHC è una storia di persone, di giovani che hanno cominciato la propria carriera quasi giudicando di averlo ottenuto in un'impresa che solo ora comincerà a ricompensarli dell'impegno speso. E di non più giovani che hanno speso gli ultimi anni della propria carriera per uno strumento che hanno affidato alle nuove generazioni. LHC non ci sarebbe stato senza il contributo italiano, sia per l'impegno finanziario, sia soprattutto per l'apporto continuo di idee al progetto. Dalla sua concezione, che ha visto in Carlo Rubbia uno dei maggiori sostenitori, ai recenti riconoscimenti dell'Accademia italiana attraverso l'attribuzione a Italo Calvino della responsabilità dei due maggiori esperimenti di LHC, i nostri fisici ingegneri e tecnici coordinati dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare hanno rivisto costantemente rispetto e considerazione a tutti i livelli per la loro competenza e il loro entusiasmo.

LHC è già entrato nella storia della scienza con la sua costruzione, ma siamo solo alla prefazione di uno dei capitoli più interessanti.



LABORATORI
SEZIONI
GRUPPI COLLEGATI
CENTRO DI CALCOLO

LABORATORIES
SECTIONS
CORRELATED GROUPS
DATA CENTER

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



SOMMARIO / CONTENTS

Il contributo di INFN per LHC <i>The contribution of INFN to LHC</i> Roberto Petrosino	6
LHC tra scienza e architettura <i>LHC between science and architecture</i> Federico Brunetti	10
La partecipazione dell'Italia al CERN e il suo ritorno industriale <i>Italy's contribution to CERN and its industrial returns</i> Sandro Cento	14
LHC e i media <i>LHC through the media</i> Raimondo Basili	16
La fisica come progetto. Bellezza, rappresentazione, visione <i>Physics as design. Beauty, representation, vision</i> Federico Brunetti	18
Disegno, immagini e metafore nella comunicazione scientifica <i>Drawing, images and metaphors in scientific communication</i> Federico Brunetti	38
Gli esperimenti / The experiments	
■ ATLAS Maria Caratelli	46
■ CMS Flavia Diemar	62
■ ALICE Eugenio Nappi, Maurizio Bala	80
■ LHCb Pierluigi Carniani	98
■ LHC Magneti superconduttori / Superconducting magnets Lucio Foaie	108
L'acceleratore / The accelerator Walter Scandale	116
■ GRID Marco Paganini	128
Contributi industriali / Corporate partners	136



LHC TRA SCIENZA E ARCHITETTURA

Federico Brunetti
Politecnico di Milano, Dipartimento INDACO

Il sito. La copertura vetrata del Building 40 del CERN, che ospita i laboratori degli esperimenti.
A pagina accanto: Foto di costruzione dell'esperimento ATLAS.
In alto: La galleria di stoccaggio del CERN, dove le particelle vengono accelerate.
A pagina accanto: Contributo di un esperimento ATLAS.

Di cosa è fatto il mondo? Di dove viene? Quali leggi lo governano? Sono solo alcune delle domande alle quali cerca di rispondere il CERN (Centro europeo di ricerca nucleare), il più grande laboratorio di fisica del mondo situato ai piedi delle montagne del Jura, al confine tra Svizzera e Francia. Qui gli scienziati studiano i componenti elementari che costituiscono la materia e le forze che li tengono insieme. Fondata nel 1954 da 12 Paesi europei tra cui Italia, il CERN è stato la prima esperienza di joint venture nel vecchio continente nata con lo scopo di promuovere la ricerca della fisica fondamentale in Europa. A quel tempo un piccolo gruppo di ricercatori vide l'opportunità non solo di costruire un grande laboratorio ma anche di unire attraverso la scienza le nazioni restanti dall'esperienza della seconda guerra mondiale. Inizialmente la ricerca era concentrata sulla struttura atomica e nucleare, ma molto presto si orientò verso lo studio delle particelle elementari subatomiche. Oggi il CERN conta 20.500 membri e si avvale della collaborazione di circa 6.000 scienziati di 85 nazionalità.

La costruzione dell'anello fu dichiarata nel 1994 dal Consiglio del CERN e seguì, tra il 1996 e 1998, l'aggiustazione dei quattro principali esperimenti: ALC, ATLAS, CMS e LHC. Sono quattro i punti attrezzati con strumentazioni per raccogliere dati e informazioni sui fenomeni indotti. Tra questi, ATLAS e CMS sono enormi detector collocati in posizione simmetrica sull'anello sotterraneo di LHC, uno in prossimità della sede centrale del CERN, l'altro sul percorso a ridosso del Jura. Anche ATLAS e CMS presentano caratteristiche straordinarie. La caverna che ospita il primo, sia in termini di dimensioni - 55 m di lunghezza, 25 m di larghezza e 40 m di altezza - sia per l'architettura, rappresenta un record mondiale in termini di scavi nella roccia. Per costruirlo, gli ingegneri hanno utilizzato una tecnica mai applicata prima a grande scala: hanno scavato la volta a cuneo di acciaio per consentire con il funzionamento delle apposite catene. Appartenti due pozzi di 60 m, è stata scavata e cementata la volta, per permettere gli scavi della caverna stessa. Successivamente la caverna è stata collegata con la hall sperimentale in superficie attraverso un pozzo profondo circa 80 m, attraverso il quale sono stati calati i materiali per la costruzione del detector: il compatto gnomonometrico (21 m di lunghezza, 16 m di diametro) ma molto più pesante di ATLAS (2.500 t), il detector CMS (Compact Muon Solenoid) e il sistema magnetico che facilita la misurazione del momento delle particelle cariche, in pratica del magnetone più largo mai costruito.

Energia di collisione

Attualmente è allo studio l'ottimizzazione delle masse delle particelle (protoni) che sono formulate negli anni Sessanta da Peter Higgs) e della materia oscura presente nell'Universo, che ne rappresenta circa il 90%. La grandezza e la complessità dell'operazione si concretizzano nella realizzazione del Large Hadron Collider (LHC), il più grande acceleratore del mondo un anello di 27 km di circonferenza costruito 100m sotto terra. Il contributo europeo e la determinazione italiana dell'INFN consistono nel progettare e realizzare la parte di LHC che ospita i due esperimenti ATLAS e CMS. ATLAS è un detector di particelle che misura l'energia per generare collisioni subatomiche che permettono di distinguere la struttura LHC è così vasto che se si trovasse all'interno del tunnel che lo ospita non se ne riesce ad apprezzare la curvatura si percepisce solo una lunghissima serie di elementi magnetici e di luci che si perdono in lontananza nel buio. Ogni aspetto di LHC è straordinario e raggiunge i limiti che la tecnologia permette ai giorni nostri. È definito Large per le straordinarie dimensioni, Hadron perché accelera fino a un'energia di 7 TeV (elettroni Volt) particelle elementari (in particolare protoni), Collider perché queste particelle formano due fasci che percorrono l'acceleratore in direzioni opposte e collidono in punti determinati, dove sono installate le apparecchiature di rilevazione. In termini assoluti, 7 TeV è l'energia necessaria a una zanzara per muoversi LHC, invece questa energia è uno spazio di un milione di milioni di volte più piccolo di una zanzara. Per raggiungere le condizioni operative, i magneti di LHC

forniscono un'energia di circa 350 MJ, equivalente a quella di un treno di 400 t che corre a 200 km/h di velocità di protoni si sarà viaggiato attraverso 3000 metri sopraconduttori mantenuti a una temperatura di 2 gradi Kelvin. LHC è per ora il punto più freddo dell'Universo.

La costruzione dell'anello fu dichiarata nel 1994 dal Consiglio del CERN e seguì, tra il 1996 e 1998, l'aggiustazione dei quattro principali esperimenti: ALC, ATLAS, CMS e LHC. Sono quattro i punti attrezzati con strumentazioni per raccogliere dati e informazioni sui fenomeni indotti. Tra questi, ATLAS e CMS sono enormi detector collocati in posizione simmetrica sull'anello sotterraneo di LHC, uno in prossimità della sede centrale del CERN, l'altro sul percorso a ridosso del Jura.

Anche ATLAS e CMS presentano caratteristiche straordinarie. La caverna che ospita il primo, sia in termini di dimensioni - 55 m di lunghezza, 25 m di larghezza e 40 m di altezza - sia per l'architettura, rappresenta un record mondiale in termini di scavi nella roccia. Per costruirlo, gli ingegneri hanno utilizzato una tecnica mai applicata prima a grande scala: hanno scavato la volta a cuneo di acciaio per consentire con il funzionamento delle apposite catene. Appartenti due pozzi di 60 m, è stata scavata e cementata la volta, per permettere gli scavi della caverna stessa. Successivamente la caverna è stata collegata con la hall sperimentale in superficie attraverso un pozzo profondo circa 80 m, attraverso il quale sono stati calati i materiali per la costruzione del detector: il compatto gnomonometrico (21 m di lunghezza, 16 m di diametro) ma molto più pesante di ATLAS (2.500 t), il detector CMS (Compact Muon Solenoid) e il sistema magnetico che facilita la misurazione del momento delle particelle cariche, in pratica del magnetone più largo mai costruito.

Teoria e pratica

Dal punto di vista del processo progettuale e delle relative modalità esecutive vanno sottolineati alcuni fattori emblematici, per cui le dotate caudice di valutazione per un ambito disciplinare così profondo ed eterogeneo per competenze. Particolarmente significativo dal punto di vista dello sviluppo della concezione e della progettazione è l'irrinunciabile relazione tra la base teorica della ricerca fisica (formalizzata nel linguaggio astratto, logico-matematico), il conseguente sviluppo progettuale dell'esperimento nella configurazione morfologica dell'impianto e nella sua realizzazione e infine, la procedura di raccolta, interpretazione e formalizzazione dei dati che ne saranno ottenuti. Il processo di ricerca scientifica prende infatti le mosse dalle formulazioni teoriche rappresentate

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

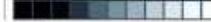
a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO INDACO

editrice **A**bitare Segesta



Il libro come un'impresa
 Questo libro può essere inteso come un'impresa che si origina dall'incontro di due visioni di due saggi e due estetiche che irrimediabilmente si sono intrecciate. L'accoglienza che gli scienziati ci hanno offerta permettendoci di stabilire quello che riteniamo essere un rapporto univoco con il mondo. Un universo spirituale di qualità metodologica di interazioni disciplinari di strutture progettuali connesse da un tacito sentimento di bellezza. Partendo da una diversa formazione – di architetto e studioso delle dimensioni iconografiche del progetto – ho avuto presente da subito e con immediatezza l'importanza epocale di tale ambito di ricerca. Ho compreso progressivamente l'interesse di una sperimentazione che, per quanto ancora in fase di costruzione, mi è apparsa come la messa in opera di un'immensa, irripetibile progetto.

Per questo motivo, grazie anche alla presentazione dell'editore e del Dipartimento INDACO del Politecnico di Milano a cui aderisco per l'attività di ricerca e che ha voluto il ruolo di partner scientifico sin dalle fasi preliminari della pubblicazione, dal novembre 2006 ho iniziato i sopralluoghi e le riprese fotografiche alle ultime fasi di costruzione degli esperimenti.

Il primo esito di tale lavoro è stato un articolo pubblicato nell'ottobre 2007 sulla rivista "Cosmos", intitolato "Uso della ricerca. Lo scienziato e l'architetto". La guida esperta e appassionata di chi ci ha accompagnato in questo viaggio felicemente nei mondi più segreti delle installazioni destinate agli esperimenti, ma di fatto nel mondo della metodologia della collaborazione scientifica di LHC, ha dichiarato un universo che altrimenti non è difficile da immaginare. Si potrebbe affermare che si sia trattato di una specie di "Grand Tour" non alla ricerca delle vestigia del passato, ma alla scoperta dei futuri scenari di conoscenza e della metodologia della scienza. La verità la traccia più ricomente che ha guidato lo sguardo e i pensieri, fin dai primi passi in questo campo specifico della ricerca scientifica e parallela mente nello sviluppo di questo impegno editoriale, è stato il sentimento della Bellezza. Un'intelligenza del tipo umano trova nella ricerca della Bellezza una forma essenziale di significato e un'attività dall'interesse pervasivo. Questa, infatti, intuizione positiva, può esprimersi, permettendo il ventaglio di molti piccoli interdisciplinari, anche a partire da interrogare caratterizzazioni di prassi.

La funzione iconologica del bello è quella di ridurre l'attacco che si opera nel Diletto e il male. (G. Santoni)

Il piacere chiave che la bellezza dipende dalla natura di quanto e dalla educazione verso particolari tipi di bellezza, non si pensa, prova, e così via. Ma la bellezza interviene secondo questi punti. (F. Brunetti)

La Bellezza è intrinseca al metodo scientifico e all'essenziale eleganza delle modalità del pensiero astratto e sperimentale. Bellezza ricercata e non portata nelle forme e dinamiche essenziali che reggono gli equilibri e l'esistenza stessa della Natura. Di questa Natura lo scienziato vuol essere scopritore, consapevole di essere egli stesso irriducibile parte intelligente.

Se la natura si rivela e si fa un'immagine di grande semplicità e bellezza – a forme in cui natura e la produzione industriale – non possiamo ignorare il piacere che ne nasce, e che rende la scienza un'attività della Natura. (Brunetti)

La bellezza è ciò a cui la natura sempre risponde e noi non possiamo più profugare e negare. (G. Santoni)

La Bellezza è ricercata nella creatività progettuale dell'architettura, come percorso, essenzialmente fondato in un fine ideale che procede tra astrazione e verifica, in una ricerca di ordine compositivo con cui il soggetto opera e risponde alle necessità del male, proponendo estetiche come risposta di un ordine interiore e rimasta, come profeta di una nuova Natura.

La dicotomia che ha pervaso la moderna concezione del rapporto tra scienza ed arte il più profondamente rivisitata nelle esperienze più consapevoli della contemporaneità che ricoprono ad esempio nelle recenti ricerche sulle neuroscienze sulle dinamiche della creatività, la aderenza e affinità che gli sono state intuite nelle figure mitologiche della classicità.

La presente pubblicazione, che ha preso origine dalla evidente e ragionevole bellezza presente negli esperimenti della fisica, è dunque un indice di un intreccio di esperienze e capacità, intelligenti e interattive che governano le teorie e le pratiche delle discipline scientifiche. Si tratta di un progetto editoriale che ha raccolto e sviluppato sinergie progressive attorno a un impegnativo risultato comune: cioè l'obiettivo di rappresentare il compimento della costruzione di un'unità opera collettiva il lavoro dell'INFN per LHC.

Gli scienziati non abbandonano delle idee di un campo nuovo, ma della ricerca condiziona di migliaia di uomini, i quali riflettono tutto sulle stesse posizioni e allora nessuno il suo piccolo contributo alle grandi strutture della conoscenza che viene edificata di continuo. (Brunetti)



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO INDACO

editrice **AbitareSegesta**



PHYSICS AS DESIGN
BEAUTY, REPRESENTATION, VISION

Federico Brunetti
Politecnico di Milano, INDACO Department

A record of the work left behind

This book can be read as a record of the work left by the encounter of two visions, two perspectives, two aesthetic sensibilities that intersected in unexpected ways. A new world was revealed to us by scientific going in the sciences in that which was considered a geometric construction site. There is an experimental world of high technological quality, interdisciplinary interaction, and a design approach defined by a tacit sense of beauty.

Though I come from a different background, an architectural scholar of the project's iconographic dimension, I quickly grasped the epoch-making significance of this field of research. I came to see the significance of an experiment that, though still under construction, struck me as the creation of an enormous design like no other: in November 2006, I began surveys and photographic shots of the last phases of the experiment's construction with the support of the publisher and the INDACO Department of the Politecnico di Milano, a scientific partner since the earliest stages of the book project, on which I rely.

An early result of this work was an article published in October 2007 in the magazine *Contrasto* titled "L'arredo della ricerca". The enthusiastic, expert guidance of those who accompanied us on this journey, both physically through the underground means of installations for the experiments, and actually through I.I.C.'s world of the methodology and scientific collaboration, revealed a universe that would have otherwise been very difficult to imagine. We could call it a kind of *Grand Tour*. Rather than seeking the meaning of the past, our discovery was of future realms of knowledge and scientific method.

It must be said that the sense of beauty was truly the greatest constant that guided our gains and thoughts, from the first steps in the specific field of scientific research until the parallel development of this publishing project. In the pursuit of Beauty, the intelligence of the human gaze finds an essential form of meaning and a persuasive point of attraction. This innate positive intuition can grow to form new interdisciplinary encounters ever arising from the most diverse starting points.

The essential function of the beautiful is to bridge the chasm between the ideal and the real. It is dialogue.

It is quite clear that beauty does depend on each culture and upbringing, for certain kinds of beauty pictures, diagrams, poetry and so on. But the fundamental beauty measured these personal factors. (Paul A.H. Hirst)

Beauty is inherent to the scientific method and to the essential objectives of abstract, experimental research

of thought beauty is sought and discussed in the essential forms and dynamics that govern the balances of Nature and its very solutions'. Scientists seek to discover this Nature, aware that they themselves are an irrevocable intelligent part of it.

If nature looks to mathematical forms of great simplicity and beauty - is form that we see has previously encountered - we cannot help thinking that they are true and they must possess features of Nature. (Giovanni Venturi)

(...) beauty is that in which the human mind regards at its deepest and most profound. (Ludwig Wittgenstein)

Beauty is sought in the design creativity of architecture, as a path, founded essentially on a creative process that proceeds moving between abstraction and perfection. The path is taken in the pursuit of a composite order with which the subject observes and responds to the needs of reality, offering aesthetic styles as a reflection of a re-created, interior order, producing a new Nature! The dictionary that provided the modern conception of the relationship between science and art has already been radically reconstituted by intelligent contemporary research, such as recent studies in neuroscience on the dynamics of creativity, rediscovering the activities that had long ago been included in the mythological figures of association.

This book originates from the evident, rational beauty seen in the experiments of Physics. As such, it is a record of the joining of experiences, skills, types of intelligence and interactions that govern the theories and practices of scientific disciplines. This book comes out of an editorial process that has brought together and developed growing synergies around a difficult, common goal, that of representing the completion of the construction of a unique collective project: INFN's work on LHC.

Scientists are not dependent on the ideas of a single man, but on the combined wisdom of thousands of men, all thinking of the same problem and each doing his little bit to add to the great structure of knowledge which is gradually being erected. (Ernest Rutherford)

Survey drawings and design drawings

In architecture, a text, both definition of representation requires a distinction between two different drafting techniques: that of the "survey" and that of "design". In other words: in the case of the "survey" drawing, these techniques render a descriptive mark of the concrete, visible world of things, buildings and existing places; whereas in "design" drawings, they prefigure interpretative solutions of the forms of things and places that have not yet been made. They



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO INDACO

editrice **Abitare** Segesta



ATLAS EXPERIMENT
<http://atlas.ch>

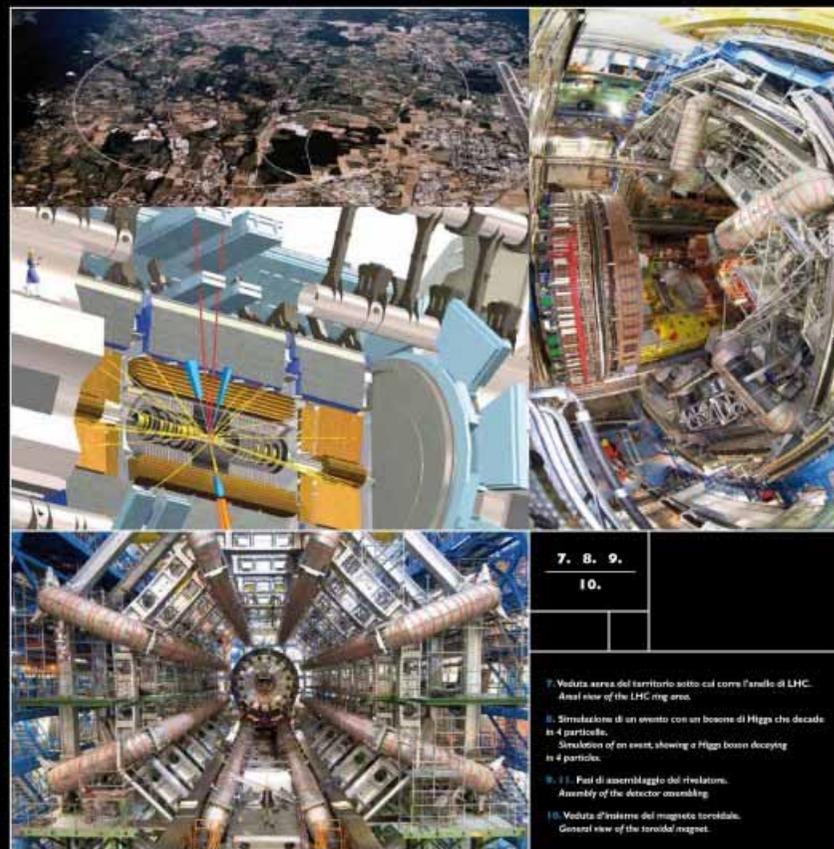
Maria Curatolo
Responsabile dei gruppi
italiani di ATLAS

ATLAS

1. Prospettiva obliqua del rivelatore ATLAS. Get away of ATLAS detector.
2. Ingrandimento prospettico del tracciatore interno. Perspective enlarged view of the inner tracker.
3. Veduta frontale del rivelatore. Frontal view of the detector.
4. Discesa nella caverna sperimentale del primo elemento del magnete toroidale. The first barrel element of the toroid magnet is lowered into the cavern.
5. Visualizzazione grafica del primo evento di fascio registrato in ATLAS. Schema of the first beam event seen in ATLAS.
6. Veduta frontale del calorimetro ATLAS. View of the ATLAS calorimeter.

■ ATLAS è uno dei due grandi esperimenti con finalità generali presso il Large Hadron Collider (LHC), l'acceleratore di protoni del CERN. L'attuale teoria delle particelle elementari, chiamata Modello Standard, pur descritto con grande successo molti dei processi di fisica fondamentale, lascia aperte alcune questioni basilari, come il meccanismo per il quale le particelle acquistano massa e l'esistenza di "Dark Matter" e "Dark Energy". L'esperimento ATLAS è stato progettato e costruito per poter dare una risposta alle questioni di fisica fondamentale che rimangono irrisolte nell'attuale teoria e per scoprire nuovi fenomeni. Come tutti i moderni rivelatori con finalità generali presso le macchine acceleratrici, ATLAS è costituito da strati concentrici di sotto-rivelatori che, a partire dalla "cavendole" in cui si stagliano i fasci, permettono la rivelazione e la misura delle tracce (tracciatore interno), la misura dell'energia di elettroni e fotoni (calorimetro elettromagnetico) e degli adroni (calorimetro adronico), e la rivelazione e la misura dei muoni (capaci di attraversare il calorimetro senza interagire e di arrivare a lasciare una traccia in un tracciatore esterno (spettrometro per muoni) insieme, un componente fondamentale, degli apparati è il campo magnetico nel quale le particelle cariche vengono curvate. Le particelle cariche che attraversano un campo magnetico assumono una traiettoria curva e dalla curvatura si può risalire all'impulso delle particelle. ATLAS è caratterizzato da un enorme sistema magnetico toroidale che circonda nel barile centrale di tutto barile a perconduttori lunghi ben 25 m e larghi circa 5 m, sistemati con simmetria circolare attorno alle linee dei fasci. Essi, debitamente al loro inalterato stato a forma di cilindri, si è completamente costruito il campo magnetico toroidale. Una importante caratteristica di questo magnete è di poter essere usato per la misura di precisione dei muoni anche senza l'aiuto del tracciatore interno. L'energia di fermi che elimina il limite dovuto allo scattering multiple e il campo toroidale, sempre perpendicolare alla traiettoria per ogni punto angolare della traccia con il fascio, consentono una rivelazione di momento estrema. Altri due magneti toroidali per muoni in ATLAS il campo magnetico nelle regioni trasversali. Per la misura dell'impulso delle particelle cariche nel tracciatore interno è utilizzato un solo modo che fornisce un campo di intensità di 2 T. ATLAS ha sviluppato un calorimetro elettromagnetico a campionamento ad Argon liquido e piombo di nuova concezione, con una geometria a "bamboccini" che consente una buona uniformità di rivelazione e ha capacità di localizzazione spaziale.

Per la calorimetria adronica, la scelta è caduta su un calorimetro a lastre di scintillatore alternate ad un assorbitore. Per il tracciatore interno è stata scelta una soluzione a pioni di silicio (all'interno rivelatori a pixel, poi a strip), con numero di canali estremamente elevato (80 x 106 canali per il rivelatore a pixel di ATLAS), per permettere la misura di precisione di carica e impulso delle particelle cariche e misurare i vertici secondari dovuti ai decadimenti di particelle a vita media lunga, come sparsi. Il tracciatore interno di ATLAS contiene inoltre un rivelatore a gas, il Transition Radiation Tracker (TRT), che ha anche capacità di identificazione degli elettroni. La presenza in LHC di un altro esperimento con finalità generali CMS, è fondamentale infatti, qualora risultati di Nuova Fisica siano scoperti da uno dei due esperimenti la conferma da parte dell'altro sarà fondamentale per stabilire la correttezza del risultato. LHC e gli esperimenti ATLAS e CMS possono fornire risposte a questi fondamentali sulle leggi e i costituenti della natura ed esplorare una nuova frontiera di energia, alla ricerca di fenomeni inaspettati di Nuova Fisica. Questa straordinaria impresa nel campo della ricerca fondamentale ha comportato anche una straordinaria impresa nel campo della ricerca applicativa e tecnologica, dando un forte stimolo all'industria più avanzata. Numerose tecnologie sono state portate al limite con un intenso lavoro di ricerca e sviluppo (ingegneri e specialisti dei rivelatori e di meccanica di precisione, elettronica, sistemi di raffreddamento, sistemi di acquisizione e trasmissione dati, computing ecc.). INFN partecipa all'esperimento ATLAS con un gruppo di circa 200 ricercatori, fortemente coinvolti e motivati che ha dato un contributo molto rilevante sia nella progettazione dei rivelatori che nell'attuazione di responsabilità per la costruzione di essi e ha condiviso l'industrializzazione nelle fasi di progetto e di realizzazione. Il 10 settembre 2008 LHC ha iniziato a funzionare con i primi fasci circolari nella accelerazione. ATLAS ha osservato i primi eventi prodotti dalle interazioni dei fasci. Dopo un breve periodo di prove, con i fasci è iniziato (un po' anticipatamente rispetto al previsto a causa di un incidente tecnico) il periodo di "shut down", per preparare l'accelerazione al run ad alta energia. Con le prime collisioni dei fasci del 2009 ha inizio l'esplorazione della nuova frontiera di energia che permetterà una comprensione più approfondita della natura e delle sue leggi e potrà portare alla scoperta di nuovi fenomeni fondamentali.



7. 8. 9.
10.

7. Veduta aerea del territorio sotto al corso l'anello di LHC. Aerial view of the LHC ring area.
8. Simulazione di un evento con un bosone di Higgs che decade in 4 particelle. Simulation of an event, showing a Higgs boson decaying in 4 particles.
9. 1.1. Piani di assemblaggio dei rivelatori. Assembly of the detector assembly.
10. Veduta d'insieme del magnete toroidale. General view of the toroidal magnet.

By courtesy of CERN

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **Abitare** Segesta



POLITECNICO DI MILANO FEDERICO BRUNETTI



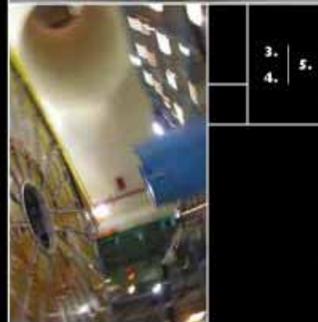
1.	
2.	

1. Il lavoro sul ponteggio durante il montaggio del rivelatore.
Working on the scaffolding to assemble the detector.

2. Vista laterale dell'esperimento.
Side view of the experiment.

3. Il pozzo per la discesa del materiale nella camera di ATLAS.
The shaft used for lowering the elements in the ATLAS cavern.

4. Veduta dal basso del pozzo di ATLAS.
Bottom-up view of the ATLAS shaft.



51

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta




Marcella D'Amico
Responsabile dei gruppi italiani
di CMS



■ L'esperimento CMS (Compact Muon Solenoid) è installato in uno dei quattro punti di collisione dell'acceleratore LHC. L'obiettivo scientifico di questo apparato sperimentale è principalmente quello della scoperta e dello studio delle proprietà del bosone di Higgs, il tassello mancante del Modello Standard su cui il problema della massa delle particelle elementari rimarrebbe insoluto. L'eventuale scoperta del bosone di Higgs potrebbe aprire un intero campo di sperimentazione, quello relativo alle particelle supersimmetriche. Una simmetria di carattere più generale rispetto a quella che presiede al Modello Standard è infatti necessaria qualora si voglia spiegare il valore finito della massa del bosone di Higgs, stesso. Le particelle che ne avrebbero origine potrebbero condurre alla soluzione di un'ulteriore problema, quello della Materia Oscura che popola l'Universo ma non è mai stata osservata in modo diretto nonostante la sua abbondanza.

L'insieme di rivelatori di particelle che costituisce CMS è stato pensato, disegnato e realizzato per avere la certezza di poter osservare fenomeni nuovi, previsti dalla teoria e non. Ciò implica efficienza e precisione nella rivelazione di fotoni, elettroni, muoni, leptoni (tau, jet) originati da quark b ed energia mancante (in caso della presenza di particelle nuove elusive). L'apparato nel suo complesso è il più simmetrico possibile ed arriva a coprire in angolo fino a circa 180° dalla linea dei fasci. Si è puntato ad ottenere una risoluzione eccellente nella misura della massa invariante ($\sim 1\%$) di muoni, elettroni e fotoni fino a masse di qualche centinaio di GeV, questo per mettere in evidenza un eventuale picco di massa dovuto ad un possibile segnale su un fondo continuo spesso ineludibile.

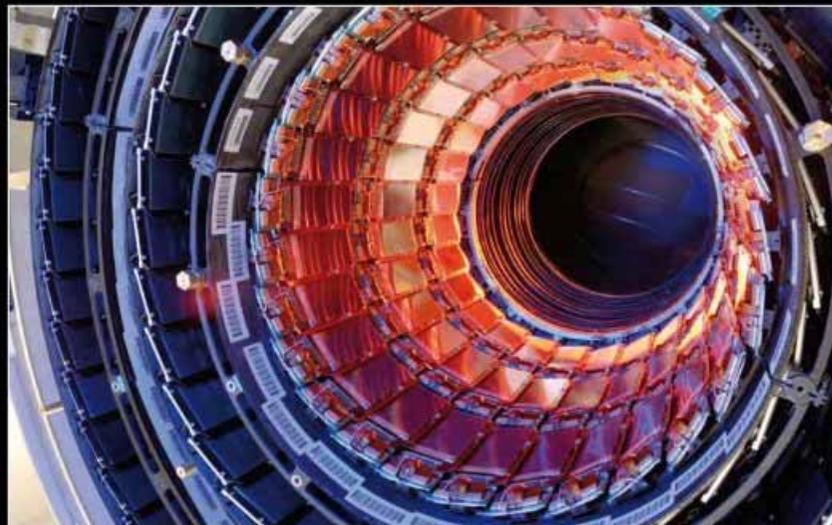
Alla limitabile massima luminosità dell'acceleratore le condizioni di lavoro saranno estreme in quanto a frequenza di ripetizione delle macchine (1 impulso ogni 25 ns), molteplicità di particelle (~ 1000 per collisione/impulso), livelli di radiazione (10^7 Gy e 10^9 volte) al raggio dei rivelatori più interni in 10 anni di funzionamento, rapporto tra eventi di interesse e fondo dovuto a interazioni adroniche (10^{10} per una particella di Higgs con massa leggera). Questo ha imposto ai rivelatori di CMS un intero programma di ricerca e sviluppo per la progettazione, sviluppo di rivelatori molto grandi (40 x 10^4 canali), veloci (tempi di risposta dell'ordine della frequenza di impulso dei fasci), resistenti alle radiazioni e di sistemi di acquisizione dati e trigger veloci e al contempo efficienti in grado di ridurre il numero di eventi al secondo da 10^7 a 10^4 , il che, data la dimensione degli eventi stessi, costituisce

oggi il limite fisico di scrittura su disco.

CMS ha una classica struttura a "scatola cinese" richiesta dalla sperimentazione ai collisioni: i organi rivelatori, che hanno funzioni specifiche differenti, sono immersi in un campo magnetico necessario alla misura dell'impulso delle particelle cariche. Se pure compatto, le sue dimensioni sono notevoli rispetto agli esperimenti della generazione precedente: 15 m di diametro per 22 m di lunghezza e un peso pari a 14.500 t. Partendo dalla zona di interazione dei fasci, impulso, carica delle particelle cariche e vertici secondari generati dal decadimento di particelle a lunga vita media (ad esempio quark b) vengono misurati tramite una camera centrale tracciatrice, l'energia e la posizione di elettroni e fotoni viene misurata tramite un calorimetro elettromagnetico (disegnato per essere strumentazione passiva), l'energia e la posizione degli adroni e dei jet viene ricostruita con il calorimetro adronico; i calibrimetri nel loro insieme determinano anche l'energia trasversa mancante. Identificazioni e la misura dell'impulso dei muoni, le particelle di decano per osservare il bosone di Higgs, viene realizzata con lo spettrometro per muoni nella parte più esterna dell'apparato.

Il sistema magnetico del nome a CMS. Si tratta di un solo magnete solenoide. Il sistema del quale il sistema tracciatore e i calorimetri sono immersi in un campo di 4 T su un raggio di 12 m, le camere per muoni inserite nel ferro di ritorno permettono la misura dell'impulso in un campo di circa 2 T su un braccio di 3 m. La precisione richiesta nella misura dell'impulso dai muoni viene ottenuta combinando informazioni delle camere interne con quella del tracciatore centrale.

Per CMS è stato realizzato il più grande magnete superconduttore al mondo. Cinque bobine del diametro di 4 m e lunghe 2,5 m collegate tra loro e percorse da una corrente 1-20 kA lavorano alla temperatura dell'elio liquido ($T = -269^\circ\text{C}$) per realizzare il campo di 4 T. Per quanto riguarda i problemi tecnologici di più complessa realizzazione sono stati la realizzazione e l'avvolgimento del cavo conduttivo LINFN ha dato un contributo importante alla progettazione e alla realizzazione del sistema. Si sono svolte esclusivamente in Italia grazie alla collaborazione con Ansaldo Superconduttori, sia la delicatissima operazione di avvolgimento del cavo che compone le bobine, sia la realizzazione dei circuiti refrigeranti che lo ospitano. CMS ha un sistema di rivelazione per i muoni basato su stazioni a più strati multipli che integrano piani di Resistive Plate Chambers (RPC) con rivelatori



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



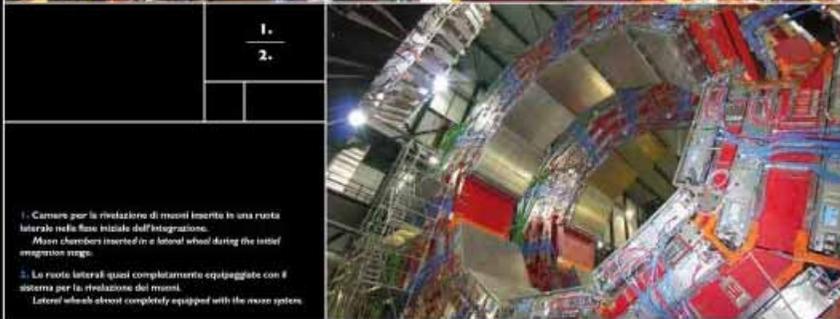
DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



FORNITORE: UNIVERSITÀ DI PAVIA

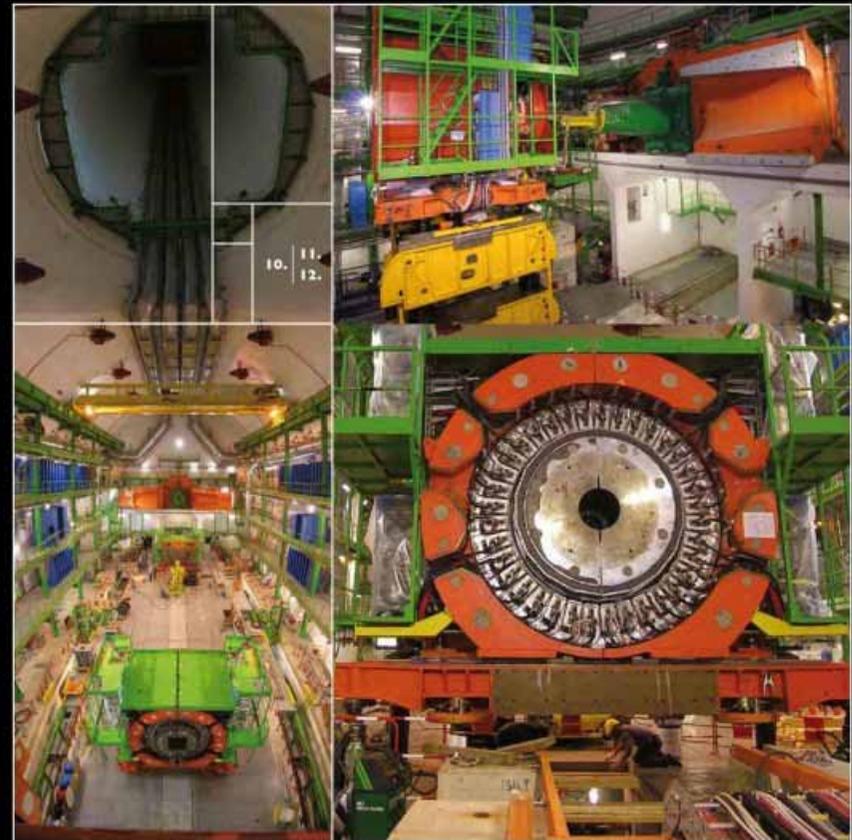
67



1.
2.

1. Camere per la rivelazione di muoni inserite in una ruota laterale nella fase iniziale dell'integrazione.
Muon chambers inserted in a lateral wheel during the initial integration stage.

2. La ruota laterale quasi completamente equipaggiata con il sistema per la rivelazione dei muoni.
Lateral wheel almost completely equipped with the muon system.



10.
11.
12.

71

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



Eugenio Nappi
INFN Bari

Maurizio Basile
Università di Bologna
INFN Bologna

ALICE

confiniti all'interno dei nuclei, si muoveranno liberamente entro una sfera di fuoco caratterizzata da temperature oltre 100.000 volte maggiori di quella del nucleo del sole (15 milioni di gradi) e una densità di energia superiore oltre 20 volte a quella della materia ordinaria, ma raggiante finora in nessun esperimento di fisica delle alte energie. In un intervallo temporale incredibilmente effimero, pari a quello che la luce impiega ad attraversare un nucleo atomico, questa sfera di fuoco, dopo essersi rapidamente espansa, si raffredderà producendo diverse decine di migliaia di particelle. Le proprietà di queste particelle, studiate mediante l'apparato sperimentale di ALICE, permetteranno di ottenere un'immagine incontrovertibile dell'evoluzione della materia nucleare a partire dal momento in cui è avvenuta la collisione.

I rivelatori di ALICE sono disposti secondo due distinte configurazioni geometriche. Nella prima, detta "centrale", i diversi strati di sensori sono radialmente al punto di interazione, sono racchiusi in un magnete di raggio superiore a 5 m, capaci di fornire un campo di 0,5 Tesla, necessario a curvare la traiettoria delle particelle cariche per permettere la misura del loro momento. Nella seconda configurazione, detta "in avanti", i rivelatori, allineati lungo la direzione del tunnel di LHC, costituiranno lo spettrometro dei nuclei, particelle elementari simili agli elettroni non soggette alle forze trasmesse da gluoni e quark capaci di fornire infatti le informazioni dell'evoluzione della collisione nucleare anche dopo aver attraversato il plasma di quark e gluoni.

INFN ha finanziato circa il 30% del costo dell'apparato e con i suoi 170 ricercatori, provenienti dalle Sezioni di Bari, Bologna, Cagliari, Catania, Padova, Roma, Torino, Trieste, Laboratori Nazionali di Frascati e Legnaro e i gruppi collegati di Alessandria e Salerno, rappresenta l'istituzione scientifica con il più alto numero di partecipanti all'esperimento ALICE.

I gruppi italiani sono responsabili a livello internazionale di tre rivelatori centrali - il tracciatore di silicio e due sistemi d'identificazione di particelle - e dei calorimetri a zero gradi. Il tracciatore di silicio permette di ricostruire le traiettorie seguite dalle particelle con precisioni di un decimo di millimetro in presenza di elevata densità di quark, che nelle regioni immediatamente vicine al vertice dell'interazione raggiungono anche le centinaia di particelle per centimetro quadrato. Il primo sistema di identificazione è in grado di misurare il tempo impiegato dalla particella per percorrere una determinata traiettoria (tempo di volo) con una

precisione di qualche centesimo di miliardesimo di secondo. La rivelazione di una debole luce prodotta da una particella che si muove all'interno di materiali densi e trasparenti a velocità superiore a quella che impiega la luce per attraversare lo stesso materiale è alla base, invece, del funzionamento del secondo sistema di identificazione, permettendo di misurare la velocità della particella con una precisione di dieci parti su un milione.

La selezione degli eventi di maggior interesse sarà effettuata con dispositivi elettronici posti nelle immediate vicinanze della linea dei fasci che misurano l'energia dei frammenti nucleari che non hanno interagito nella collisione, da cui il nome di calorimetri a zero gradi. Il contributo italiano è stato inoltre determinante nella realizzazione dello spettrometro dei nuclei e del calorimetro elettromagnetico centrale.

Le informazioni sulle collisioni acquisite con i rivelatori dell'apparato ALICE saranno analizzate con l'aiuto del "calcolo distribuito", un concetto innovativo basato sullo scambio dei dati con tecnologie simili a Internet, attraverso migliaia di PC, appartenenti ai vari istituti di ricerca coinvolti nell'esperimento, organizzati in una griglia di dimensioni planetarie.

L'esperimento ALICE, raccogliendo le aspettative della comunità internazionale di fisici interessati alla sperimentazione con fasci di nuclei pesanti relativistici, sarà certamente il futuro protagonista della fisica sperimentale nucleare delle alte energie.

■ Nel 1965, con la scoperta della radiazione che permea l'Universo ad una temperatura di pochi gradi sopra lo zero assoluto fu inserito il primo tassello della teoria cosmologica che la rivide: l'origine di ogni cosa affondare esplosione, nota con il nome di Big Bang, avvenuta all'incirca 15 miliardi d'anni fa. Nel primissimo istante di vita, l'Universo appariva come una miscela di materia primordiale di altissima densità (quasi infinita) e temperatura (migliaia di miliardi di gradi) formata da quark e gluoni, i costituenti elementari dei protoni e dei neutroni. Nella successiva espansione e raffreddamento di questa bolla incandescente, denominata plasma di quark e gluoni, si è andata via via formando la materia stabile che compone l'Universo attuale.

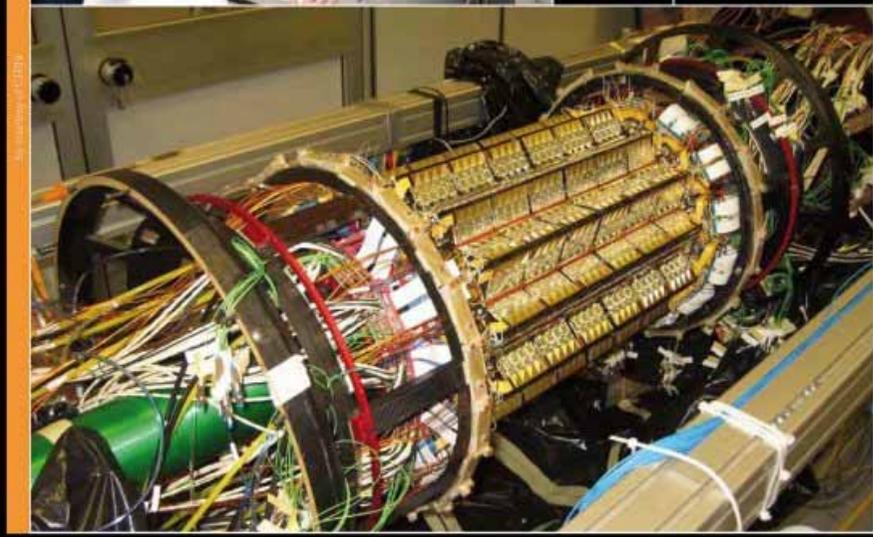
Nel corso del 2010, con l'entrata in funzione del Large Hadron Collider (LHC) del CERN, si potrà ricreare in laboratorio attraverso gli urti frontali di nuclei pesanti di piombo accelerati sino a raggiungere velocità prossime a quella della luce, il plasma primordiale di quark e gluoni. Le proprietà di questo peculiare stato della materia nucleare saranno indagate dall'esperimento ALICE, dall'azionario di A Large Ion Collider Experiment e non casualmente, con lo stesso nome del famoso personaggio della finta di Lewis Carroll. In tal modo, gli interrogativi più profondi legati all'esistenza stessa dell'Universo troveranno finalmente una risposta.

Alle energie di LHC, la maggior parte del 20% nucleoni che compongono i nuclei di piombo si sovrapporranno tra loro e i quark e i gluoni, non più



1. Operatrice al lavoro sulla macchina che esegue le microscadature e ultrasuoni sui componenti del tracciatore a silicio.
Operator performing ultra-sonic micro-loads on components of the silicon tracker.

2. Dettaglio di uno dei piani del tracciatore a silicio, con i cavi elettrici per le atmosfere (bianchi), le fibre ottiche per la trasmissione dei dati al sistema di acquisizione (verde), i tubi per il raffreddamento dell'elettronica di lettura (gialli).
Detailed view of one layer of the silicon tracker. One can distinguish power supply cables (white), data transmission optical fibres (green) and the cooling pipes (yellow) of the read-out electronics.



1.
2.

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

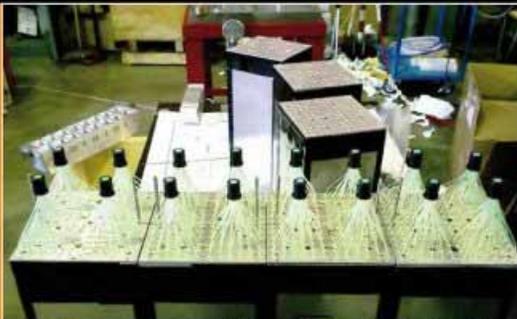
a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO INDACO

editrice **A**bitare Segesta



1. Moduli del calorimetro elettromagnetico centrale, composti da strati alternati di piombo e scintillatori.
Module of the central electromagnetic calorimeter, consisting of interspersed layers of lead and scintillators.

6. Il calorimetro a zero gradi, costituito da lastre di lega di tungsteno disposte in modo da formare un parallelepipedo.
The zero-degree calorimeter, consisting of tungsten alloy plates assembled to form a parallelepiped.

7. Coppia di calorimetri a zero gradi installati all'interno del tunnel LHC.
Pair of zero-degree calorimeters installed in the LHC tunnel.



5. 6.
7.



8. Veduta laterale della caverna in cui è alloggiato l'esperimento ALICE.
Side view of the cavern which houses the ALICE experiment.

7. Scorcio del tunnel e della linea di fascio di LHC dalla caverna di ALICE.
A glimpse of the LHC tunnel and beam line from the ALICE cavern.

6. Veduta panoramica dell'apparato sperimentale.
General view of the experimental layout.

10. Dettaglio del rivelatore per l'identificazione delle particelle ad alta energia.
Detail of the detector for identification of high-energy particles.

9.
10.

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta




Pierluigi Campana
INFN - Laboratori Nazionali
di Frascati



■ Cercare un ago in un pagliaio. Forse questo è il motto popolare che meglio potrebbe descrivere le finalità scientifiche e le difficoltà sperimentali di LHCb, uno degli apparati che stanno per incominciare a prendere dati alla macchina LHC.

A differenza dei fratelli maggiori ATLAS, CMS e ALICE, che presentano una simmetria cilindrica (ovvero rivelatori disposti a raggiera rispetto al tubo a vuoto nel quale fluiscono le particelle che si scontrano nel punto di interazione (IP)) LHCb ha la caratteristica di essere completamente asimmetrico.

Infatti i rivelatori di cui è composto sono tutti collocati su un lato rispetto all'IP, così mentre gli altri esperimenti sono principalmente interessati ad osservare e rivelare ciò che accade nella regione centrale, ossia in una zona che si situa a grande angolo rispetto alla direzione del fascio LHCb studierà i processi in avanti.

Quali i motivi di una tale scelta, che come vedremo in seguito complica notevolmente la vita di fisica ingegneri e tecnici che si hanno lavorato e che dovranno analizzare i dati? Perché LHCb è inteso a studiare una particolare classe di fenomeni che riguardano i quark b (detto anche quark beauty), e tale quark viene prodotto in grandissime quantità proprio nella regione in avanti, come risultato dell'una delle IP di due protoni.

Finché si viene prodotti molti di più che negli altri esperimenti, LHCb si è ritagliata una specializzazione per lo studio dei fenomeni legati ai quark di questo tipo.

Lo vantaggio di questo tipo di configurazione è legato alla considerazione che anche moltissime particelle meno interessanti vengono prodotte nello stesso tipo di scontro per ogni evento nel quale c'è un quark b potenzialmente interessante (e questo per meglio il significato di quanto esprimevo) ce ne sono almeno altri 100.000 che devono essere scartati, per non riempire dischi e nastri inutilmente.

A ciò va aggiunto che, anche tra gli eventi che hanno un quark b (e regione anch'esse dette che oggi eventi i quark b si presentano sempre a coppie, e che gli oggetti che vengono studiati si chiamano mesoni) non tutti presentano lo stesso interesse anzi la maggior parte devono essere scartati. Conseguentemente, il rivelatore è stato progettato per adempire a questo difficile compito.

Prima di esaminare le scelte fatte per adeguare il rivelatore a tale esigenza possiamo ci rassegni quali sono le questioni di fisica fondamentale alle quali l'apparato LHCb intende rispondere.

La stranezza asimmetria presente nell'Universo tra materia e antimateria è un mistero ad oggi insoluto. E perché in natura non si trova traccia di antimateria è certamente di difficile spiegazione, visto che nella formazione dell'Universo le leggi fisiche a noi note tendono a trattare in modo democratico particelle e antiparticelle.

Negli anni Sessanta fu tuttavia identificato un meccanismo che tendeva a differenziare, seppure in misura molto piccola, materia e antimateria: la violazione di CP nelle interazioni deboli.

Tali osservazioni sono strettamente confermate negli anni Novanta, proprio nello studio dei decadimenti dei quark b in apparati sperimentali a Stanford (USA) e a Gappone.

LHCb si ripropone di migliorare e ampliare tali misure. Rimane tuttavia il problema teorico per il quale tali fenomeni, da soli, non riescono a giustificare una così massiccia assenza di antimateria nell'Universo (almeno entro i limiti sperimentali della nostra attuale conoscenza). Le misure di LHCb potrebbero determinare una più ampia e dettagliata risoluzione del problema.

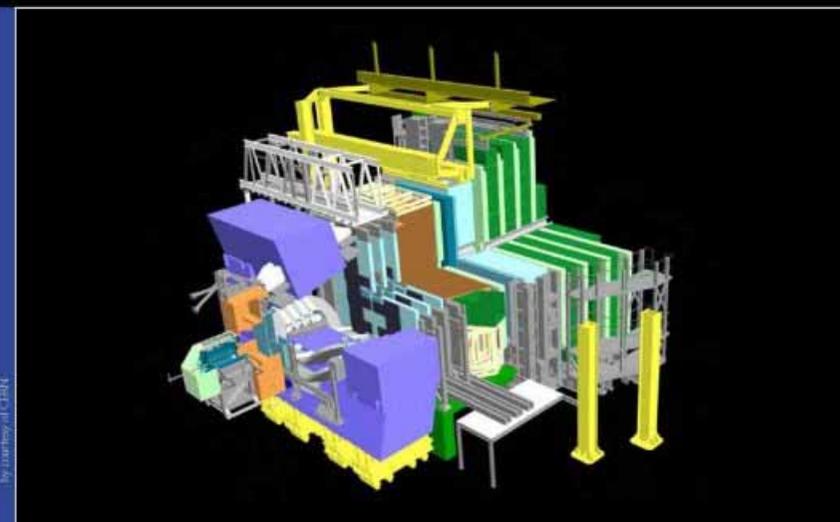
C'è tuttavia un aspetto più intrigante relativo alle misure che LHCb può effettuare e che lo distingue dai "colossi" ATLAS e CMS: quello di poter scoprire Nuova Fisica in una maniera alternativa. Con il termine Nuova Fisica si intende qualcosa che va oltre le attuali conoscenze, che vengono raggruppate sotto il nome di Standard Model.

Vi sono numerosi indizi che fanno ritenere che lo Standard Model della Fisica delle Particelle sia solo una buona approssimazione di uno schema più generale.

ATLAS e CMS, per come sono concepiti, hanno fornito e fornire di rappresentazione gli strumenti tecnologicamente più avanzati per poter scoprire le predette del bosone di Higgs, della Materia Oscura e delle particelle supersimmetriche, di cui ampia illustrazione è data in questo libro.

Tale tecnica di scoperta potrebbe essere, da noi, moltiplicata quella della forza bruta, si fanno collidere i protoni all'energia massima possibile (14 TeV) e si studiano i prodotti di decadimento. Tanto più alta è l'energia, tanto più sofisticata è il rivelatore, tanto più probabile è identificare nuovi stati della materia. Lo studio degli ultimi cinquant'anni in Fisica delle Particelle ci insegna che questa è una tecnica vincente (se si hanno a disposizione le ingenti risorse economiche necessarie).

LHCb percorre una traiettoria più sottile. La teoria prevede che la presenza di nuove particelle (o nuova fisica) si manifesta anche in maniera più sottile, quindi lo specifico decadimento (in particolare quelli rari) può indicare un valore sperimentale.



1. Veduta assometrica d'insieme dell'esperimento LHCb. General axonometric scheme of the LHCb experiment.
- 2.
3. Dettaglio del rivelatore di vertici (VELO). Detail of the vertex detector (VELO).

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



Lucio Rossi
CERN Technology Department
Department of Fisica
dell'Università degli Studi di Milano

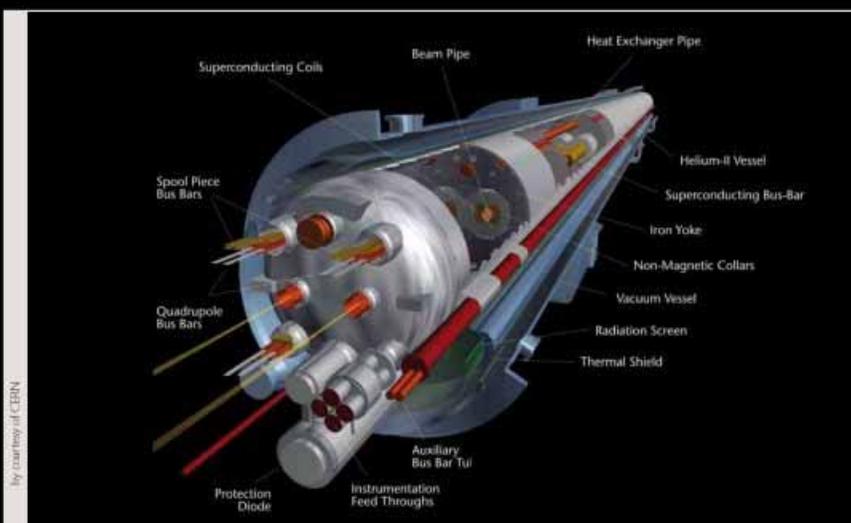
LHC
MAGNETI
SUPERCONDUTTORI

■ Nel tunnel di LHC si snoda una teoria di 27 km di magneti fili e lamiere sono la spina dorsale dell'acceleratore, i dipoli e quadrupoli superconduttori. La superconduttività viene da lontano: quasi cento anni fa, nel 1911, in un laboratorio danese H. K. Onnes, l'ovra passò una corrente elettrica senza resistenza in un frammento di mercurio. I magneti LHC sono i propositi di quel frammento di mercurio: circa 2000 km di cavo superconduttore portano ben 11.000 A di corrente senza alcuna resistenza né dissipazione energetica. Per farli diventare superconduttori questi magneti devono essere raffreddati a temperature bassissime: 1,9 K (Kelvin), sopra lo zero assoluto termico, ovvero -271 °C. Solo un gas liquefatto molto speciale, l'elio superfluido, può spingersi in questo superfluido: un fluido che nel suo nome - superfluido - rivela il profondo legame fisico con la superconduttività. La corrente passa così senza resistenza, senza scaldarsi né dissipare energia e genera dei campi magnetici potentissimi e piegano le particelle che, corrono velocissime alla velocità della luce e che avendo aumentato di massa di 7000 volte dall'inizio dell'accelerazione sono diventate rigidissime da piegare. Per questo occorre il campo magnetico dei superconduttori: tecnologia normale, tipiche degli elettromagneti, avrebbero richiesto 100 km di tunnel e un consumo elettrico per ricavare l'energia necessaria che per ora è stata dissipata e rigettata nell'ambiente. Con i superconduttori ci bastano 27 km e un consumo di energia per tenere freddi i magneti 20 volte inferiore, circa 30 MW.

Un superconduttore è una lega di nichel titanio immersa nel rame purissimo. Un filo superconduttore di 1 cm di diametro, come i fili di casa nostra, contiene 6000 filamenti sottilissimi (6 µm) di nichel-titanio, tutti rigorosamente impacchettati ed equi spaziosi con un ordine e una posizione che fa meraviglia, pensando che un filo è lungo circa 10 km. Tutti i fili superconduttori di LHC, messi in filo coprono la distanza Terra-Luna. I cavi superconduttori sono ottenuti trasportando 28-36 fili in una parrina larga e sottile che, una volta isolata con fili nastri di poliammide, costituisce la base degli avvolgimenti.

Gli avvolgimenti a semicerchio vengono accoppiati per formare la bobina a sezione circolare, la cui struttura ricorda l'arco romano, struttura ideale per resistere alle pressioni elevate a cui viene sottoposta il campo magnetico di quasi 10 T, ovvero 200.000 volte il campo magnetico terrestre, generano pressioni fortissime, equivalenti a oltre 500 atm al centro della bobina che quindi deve essere

sostenuta. La struttura di acciaio autentico (specie le leghe che non si magnetizza nemmeno alle forze e alle temperature in gioco) forma uno stretto collare che contrasta le forze contribuendo in modo decisivo alla precisione del campo magnetico. Le particelle, infatti circolano nel nostro anello 11.000 volte al secondo e fanno mezzo miliardo di giri prima di aver esaurito la loro funzione: ogni piccolo errore verrebbe sommato, tante volte e costituirebbe un difetto non sostenibile. Perciò i magneti devono essere molto precisi e in più ognuno porta alle estremità dei piccoli magneti correttori che compensano gli inevitabili piccoli difetti sistemati. I magneti devono poi essere contenuti in una camera che racchiude il prototipo liquido di raffreddamento, l'elio superfluido. Il cilindro di contenimento è formato da un tubo (due strati di acciaio) con lamiere bombate che ne racchiudono le estremità, tutti in acciaio autentico. Dalle estremità, escono solo i cavi superconduttori per connetterli ai magneti successivi. I tubi di servizio criogenico e il tubo in ultra alto vuoto in cui circolano i fasci di particelle. Le saldature che formano questo snello cilindro lungo 15 m con 65 m di diametro, sono lunghe oltre 60 km e devono essere perfettamente stagiate altrimenti l'elio superfluido, rimbombando sottogio ai suoi nomi, si muove in ogni lesura miscelando rimbombi inutilizzabili. Il tutto. Grandi presse, con robot di saldatura guidati da saldatori operanti su computer a distanza hanno permesso di ottenere la qualità voluta su tutti 11232 dipoli i magneti superconduttori principali che riempiono il tunnel per oltre 2/3 di lunghezza. I magneti dipoli i più grandi e visibili, guidano i fasci e li tengono in orbita, l'energia massima delle particelle. Il parametro principale dell'acceleratore, dipende da loro: dalla loro lunghezza e dal campo magnetico che riescono a produrre. A causa della loro lunghezza i dipoli sono gli unici magneti a essere curvati sul suo guscio la curvatura del tunnel. Altri magneti hanno una funzione essenziale: 400 quadrupoli principali, ciascuno lungo circa 7 metri, tengono stretto il fascio, per evitare che diverga e si perda contro le pareti del tubo a vuoto in cui il fascio è contenuto; gli oltre 100 quadrupoli speciali, che servono a moltiplicare i fasci vicino ai punti d'intersezione, sono anch'essi lunghi tra i 6 e i 10 m. L'elio superfluido racchiuso nel cilindro di contenimento si vaporizzerebbe in un "fascio" se il cilindro non fosse ben isolato termicamente. Infatti la temperatura ambiente di 20 °C è per l'elio superfluido come i 6000 °C della corona solare per l'acciaio: una temperatura caldissima, insostenibile. Per questo il magnete è racchiuso nel suo criostato, costi-



by courtesy of CERN



3. Spaccato prospettico del magnete dipolare lungo 15 m. Perspective section of the 15 m long superconducting dipole.
4. Magneti dipolari e relativi criostati in attesa dell'assemblaggio. The superconducting dipoles and the respective cryostats before to be assembled.

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **Abitare** Segesta



Walter Scandale
CERN - Engineering
Department

LHC
L'ACCELERATORE

114

Il tunnel di collisione per adroni Large Hadron Collider (LHC) è in corso di messa a punto al CERN di Ginevra assieme a quattro apparati sperimentali (CPb, ATLAS, ALICE e LHCb) destinati allo studio delle reazioni che si produrranno nei quattro punti di incontro previsti. L'acceleratore costituito da due anelli intrecciati è installato all'interno dello stesso tunnel circolare lungo 27 km e precedentemente utilizzato per il LEP (Large Electron Positron collider), che ha smesso di funzionare nel novembre del 2000 dopo un decennio di importanti scoperte. I parametri di funzionamento di LHC prevedono un'energia di collisione di 14 TeV ed una luminosità di $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Si tratta di valori largamente superiori a quanto mai realizzato finora (energia 6,7 volte superiore a quella del Mm in operazione al Fermilab di Chicago e la luminosità 20 volte superiore a quella del BR del CERN, ormai inattivo dal 1979). Richieste così eccezionali, che superano di un ordine di grandezza qualunque precedente risultato portino a concepire soluzioni tecnologiche spinte al limite delle attuali conoscenze. Per contenere i costi i cicloni sono forati nel tunnel occorrendo 1232 dipoli ed oltre 400 quadri poli che occupano una lunghezza totale di 24,5 km ed hanno una massa complessiva di oltre 40.000 t. Al momento delle collisioni, il campo magnetico dipolare supera gli 8 T, pertanto i dipoli ed i quadrupoli sono magneti superconduttori raffreddati da elio superfluido alla temperatura di 1,9 K, con

bobine di Niobio-Titanio a due strati e cavità superconduttrici con densità di corrente di circa 2500 A/mm² ed una corrente di picco di circa 11 kA. Per ridurre i costi, l'apertura delle bobine è di soli 36 mm di diametro e la struttura meccanica contiene anzitutto entrambi i canali magnetici che costituiscono i due anelli intrecciati di LHC. In condizioni operative, la forza elettromagnetica esercitata dalle bobine sulla struttura di contenimento di un dipolo lungo 15 m è di circa 10⁷ t, in un ambiente così ostile i conduttori tendono a deformarsi e nel campo magnetico appaiono distorsioni non trascurabili il cui valore relativo è di alcune parti in 10⁵. Anche la forza elettromagnetica tra fasci collidenti e, a bassa energia, le correnti persistenti nei superconduttori producono forze non trascurabili il cui effetto è quello di rendere qualche ed instabile il orbitale dei protoni. Per studiare questi effetti sono stati sviluppati sofisticati strumenti di analisi e di simulazione numerica, e per mitigarne gli effetti sono stati messi in opera accurati sistemi di controllo di qualità dei componenti critici come i cavi superconduttori, le bobine ed i circuiti di contenimento e sono stati installati nella circonferenza di LHC sistemi di correzione basati su famiglie di correnti magnetici in grado di bilanciare gli effetti negativi delle componenti non trascurabili del campo magnetico principale. In un anello di collisione, la sezione di produzione di un evento è correlata all'incasso del quadrato della massa prodotta. Quanto più elevata è



A. Basso. Mappa con il tracciato del tunnel di LHC. Basso. Map showing the course of the LHC tunnel.

A. Basso. Diagramma del flusso magnetico nella sezione di un dipolo superconduttore di LHC. Following page: Plot of magnetic flux in a cross-section of a superconducting dipole of LHC.

124



11.
12.

11, 12. Installazione dei magneti speciali. Placing of special magnets.

13, 14. La sala di controllo dell'esperimento, dotata di schermi speciali. The control room of the experiment, equipped with special screens.

14. Linea di alta tensione per l'alimentazione dell'esperimento. High voltage distribution line devoted to feed the LHC experiment.



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



Marco Pagnoni
Università Milano Bicocca
INFN Milano

GRID

Mappe dei nodi di primo livello del sistema Grid. Sviluppato dal CERN per trattare i dati di LHC, il sistema suddivide la potenza di elaborazione tra centri di calcolo sparsi in tutto il mondo (Infografica INFN - CERN).

Mappe of the primary nodes of the Grid system. It has been developed by CERN to manage LHC data and other various data centers all over the world to share the processing power (Infografica by INFN - CERN).

La scoperta di nuovi sensori di Fisica al Large Hadron Collider (LHC) richiede l'analisi delle enormi mole di dati raccolta dai rivelatori ed il loro confronto accurato con le simulazioni teoriche. Ogni anno circa 15 Petabyte di nuovi dati, corrispondenti a 20 milioni di CD, verranno analizzati da circa 7000 scienziati provenienti da 500 istituti di ricerca e università in tutto il mondo. I dati dovranno essere gestiti accuratamente e resi disponibili in modo efficiente per l'intero periodo di LHC, più di 15 anni. La complessa struttura dei dati, la quantità di risorse di calcolo necessaria per archivarli ed analizzarli e la distribuzione geografica degli scienziati su tutto il pianeta hanno costituito per la comunità di Fisica delle Particelle una sfida difficile. Le esigenze di calcolo sono cresciute di quasi un fattore mille rispetto agli acceleratori della generazione precedente. Qualunque soluzione adottata deve essere abbastanza flessibile per assicurare un servizio affidabile su un lungo periodo, permettendo allo stesso tempo migrazioni a nuove tecnologie più convenienti e integrando nuove risorse e servizi.

È stato INFN a lanciare nel 1999 la prima proposta di adottare Computing Grid, un modello destinato per l'archiviazione e l'analisi dei dati, come la tecnologia in grado di risolvere la complessa sfida posta dalle esigenze di calcolo di LHC. A partire dal lancio del primo progetto italiano destinato alla realizzazione di una infrastruttura Grid di calcolo (<http://grid.it>), i ricercatori dell'INFN sono stati i pionieri nelle attività di ricerca e sviluppo per Grid, definendo, implementando ed applicando ai vari contesti il paradigma del Grid Computing. Attualmente INFN è uno dei partner più attivi nel progetto WCGC (Worldwide LHC Computing Grid, <http://lhcwg.com>), il cui scopo è di realizzare e mantenere un'infrastruttura per l'archiviazione e l'analisi dei dati per tutta la comunità di fisici di LHC. I dati provenienti dai rivelatori di LHC verranno distribuiti secondo un modello gerarchico costituito da diversi livelli (Tier). Dopo il processamento iniziale e l'archiviazione al CERN, che costituisce il Tier-0 di WCGC, i dati verranno inviati al Tier-1. 12 centri di calcolo sparsi in tutto il mondo, dotati di grande spazio per l'archiviazione, connessioni a larga banda e operatori continui, l'analisi dei dati da parte dei singoli utenti e dei gruppi di Fisica verrà effettuata nel contesto di Tier-2, centri di calcolo di media dimensione gestiti direttamente dagli esperimenti e nei Tier-3, cluster locali di calcolo nelle Università o anche singoli PC. L'impiego dell'INFN è chiaramente visibile nei suoi centri Tier-1 e Tier-2. Il Tier-1 italiano

si trova al CNAF (Bologna), mentre i Tier-2 sono situati a Bari, Catania, Legnano (Pavia), Napoli, Pisa, Roma e Torino.

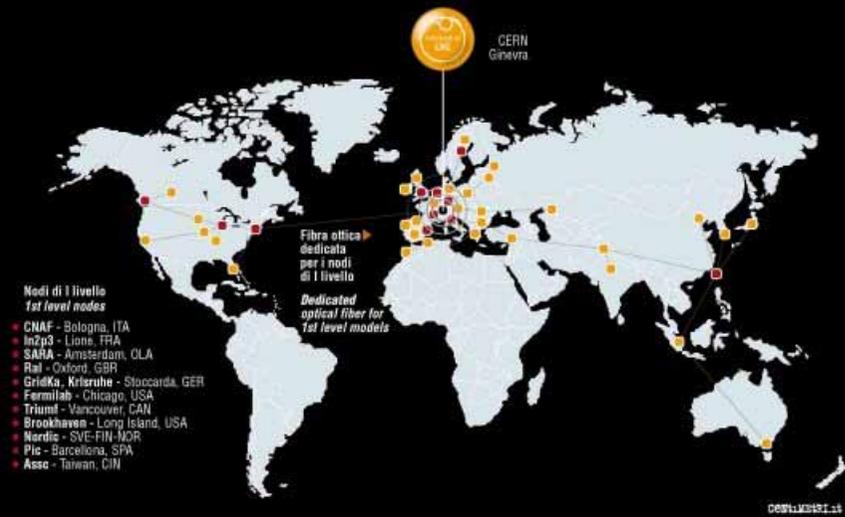
Nei cinque anni scorsi la comunità della Fisica delle Particelle ha affrontato e risolto sfide importanti per l'infrastruttura distribuita di Grid, come la messa in opera di una rete di fibra ottica a banda larga (10-100 Gb/s), la realizzazione di strumenti affidabili per la gestione e la protezione dei dati, il sistema di accounting per il bilanciamento neluso delle risorse ed il sistema di monitoring per verificare gli stessi limiti nell'uso delle risorse di gruppo in ogni sito Grid. Gli utenti sono raggruppati secondo il paradigma di Grid in Organizzazioni Virtuali (VO) che si partizionano gli elementi di computing e storage in un ambiente scalabile e dinamico. Un grande sforzo è stato dedicato all'integrazione dei modelli di calcolo degli esperimenti nell'ambiente dinamico di Grid e alla portabilità del software di esperimento a combinazioni hardware-software eterogenee. Un ruolo chiave hanno avuto lo sviluppo e la distribuzione del middleware, il software a multi livelli che garantisce un accesso democratico a Grid, ricorrendo agli utenti finali la complessità dell'infrastruttura. Le attività di sviluppo sulla gestione delle risorse a livello middleware hanno incluso aspetti molto rilevanti come data discovery, indexing, job scheduling e monitoring.

INFN ha avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo e nella distribuzione del middleware (il <http://lhcwg.com>) sull'infrastruttura Grid di produzione. Questa attività si è inquadrata nel progetto EGEE (Enabling Grids for E-science, <http://www.egi.eu>), finanziato dalla Commissione Europea negli anni del VI e del VII Programma Quadro, per un totale di 6 anni. EGEE ha visto crescere la comunità di riferimento con nuovi partner e nuove collaborazioni. Ora rappresenta i principali progetti Grid in Europa, garantendo un'infrastruttura Grid di produzione ad accesso aperto, libero, e non profit, con un supporto della ricerca europea. EGEE attualmente include scienziati ed ingegneri da 50 Paesi e fornisce a 100000 utenti un accesso continuo a 80000 CPU in 300 siti. L'INFN è un partner strategico di EGEE, grazie alle sue attività nello area di Informazione, Disseminazione, Outreach, Supporto agli utenti e alle applicazioni, Management delle operazioni, Sviluppo e Integrazione del middleware.

Per mantenere l'attenzione primaria sullo sviluppo di un'infrastruttura di calcolo per la Fisica delle Particelle, fin dall'inizio il progetto Grid dell'INFN

è stato aperto ad altre discipline scientifiche come Biomedicina e Genomica, Astronomia, Geofisica, Chimica, Computazionale, ed applicazioni industriali. L'infrastruttura che ne è nata è ben consolidata ed utilizzata ed ha un buon livello di integrazione con le altre infrastrutture nazionali Grid nel mondo intero. Di fatto rappresenta un esempio di collaborazione fruttuosa tra fisici, ingegneri del software, professionisti del computing, ricercatori ed imprenditori. L'INFN ha un ruolo importante in diversi progetti finanziati dalla Comunità Europea, con lo scopo di espandere le funzionalità di

Grid ed il suo utilizzo geografico e in termini di discipline scientifiche. Lo scopo ultimo di queste iniziative è di creare un network per la e-Science, dando nuovi strumenti alle collaborazioni esistenti e contribuendo a crearne altre. Attualmente il middleware e l'infrastruttura di Grid sono pronti per le operazioni di LHC. La scala e la complessità dell'accesso e dell'analisi dei dati costituirà un grande passo in avanti, mentre l'interazione con gli esperimenti e le migliaia di fisici sparsi in tutto il mondo, e le migliaia di fisici pronti a nuovi miglioramenti e contributi all'apertura di nuovi orizzonti.



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO INDACO

editrice **Abitare** Segesta



1, 3, 4 - Vedute della server farm che ospita la rete di calcolo del CERN.
Same views of the server farm housing the computing network of CERN.

Marcia Paganoni
Brescia University of Milan
INFN Milan

GRID

■ **Discussing New Physics scenarios of the Large Hadron Collider (LHC)** requires the analysis of massive amounts of events gathered by the LHC detectors and detailed comparison with computing intensive theoretical simulations. Annually about 15 Petabytes of new data enough to fill 20 million CDs, will be accessed and analyzed by about 7000 scientists in some 500 Research Institutes and Universities around the world. All data needs to be carefully managed and readily accessible over the 15 years lifetime of the LHC. The complexity of the data, the amount of computing resources needed to store and analyze them and the worldwide geographical distribution of the scientists has posed the High Energy Physics community a significant challenge to be addressed. Compared with previous occasions the scale of the computing requirements has increased by almost a factor thousand. Any solution needs to be flexible enough to guarantee a reliable service over a long period, while migrating in a smooth way to new, more cost effective, technologies and integrating new resources and services.

INFN has uniquely proposed in 1999 to adopt the Computing Grid, a novel globally distributed model for data storage and analysis, as the technology capable of fulfilling the challenging LHC computing requirements. Since the launch of the first Italian project aimed specifically at building a Grid infrastructure (<http://grid.inf.it>), INFN researchers have pioneered the Grid research and development activities, by defining, implementing and applying the Grid paradigm. Presently INFN is one of the most active partners in the WLCG project (Worldwide LHC Computing Grid, <http://wlcg.cern.ch>), whose mission is to build and maintain a data storage and analysis infrastructure for the entire High Energy Physics community that will use the LHC. The data from the LHC experiments will be distributed according to a hierarchical tiered model. After initial processing and archiving at CERN, the Tier-0 center of WLCG, the data will be provided to the Tier-1s, 12 high performance computer centres distributed around the world with massive storage, high bandwidth connectivity and round-the-clock operation. The analysis of data by single cases and groups of physicists will then be performed at more than hundred Tier-2s, medium size collaboration computing centres, and at Tier-3s, local clusters at University Departments or even individual PCs. INFN's commitment is clearly expressed by the contribution of its Tier1 and Tier2 centers. Italy's Tier-1 is located at CNAF, in Bologna, while the current Tier-2 centers are located in Bari, Catania, Legnaro (Padova), Naples, Pisa, Rome and Turin.

In the past few years the High Energy Physics community has addressed and solved relevant challenges related to the Grid distributed infrastructure, like the provision of a very high bandwidth optical network (10-100 Gbps), the implementation of reliable tools for managing and monitoring data, the accounting system for a fair share in the use of the resources and the monitoring system to control in real time the Grid performance. In order to grant the same rights to use the group's resources at any Grid



GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



ComunicareFisica 2010

12-16 April 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN

A cura di / Edited by

Federico Brunetti

Coordinamento editoriale / Publishing coordinator

Antonella Pinetto

Progetto grafico e Impaginazione/ Graphic design and Layout by

Laboratorio srl, Milano

Coordinamento redazionale / Editing coordinator

Duccio Biasi

Traduzioni / Translations

Mark Kanief (per / for INFN)

Miriam Hurley

Fotografie / Photographs

Il comitato iconografico del volume è gentilmente messo a disposizione dell'Editore dall'Archivio del CERN di Ginevra e dal curatore Federico Brunetti.

Si ringraziano in particolare i fotografi di seguito citati: All the pictures and drawings of this publication are by courtesy of CERN Archives, Geneva, and the book editor, Federico Brunetti.

Special thanks to the following photographers:

Maximilien Brice, Laurent Guiraud, Patrice Lekeu, Claudia Marcelloni, Peter Rakosy, Antonio Saba

L'Editore assicura di aver fatto il possibile per rintracciare gli autori di tutte le fotografie, e rimane a disposizione in qualsiasi momento di eventuali avverti dritta non menzionati.

The Publisher has made all efforts to contact the authors of photographs in this book, and is available at any time for questions regarding any rights that may not have been credited.

Copertina / Cover

Foto di / Photo by

Maximilien Brice (by courtesy of CERN)

© 2009 Editrice Abitare Segesta spa, Milano

Tutti i diritti riservati / All rights reserved

Finito di stampare / End of printing

Luglio / July 2009

ISBN 978-88-86116-93-0

Stampa / Print

Errestamp, Orio al Serio (Bergamo)

Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico o altro senza l'autorizzazione scritta dell'Editore.

No part of this publication may be reproduced in any form or by any means, electronic or mechanical, without permission in writing from publisher.

Ringraziamenti / Acknowledgements

INFN

Umberto Dosselli, Fernando Ferroni, Romeo Bassoli per i numerosi scambi di idee che hanno favorito e diretto lo start up di questo libro for the many conversations that helped get the book off the ground and find its direction.

Gli scienziati autori degli articoli sugli esperimenti, per la collaborazione alla stesura e revisione delle sezioni ATLAS, CMS, ALICE, LHCb, LHC acceleratore, GRID The scientists who wrote articles about the experiments for their help in shaping and writing the sections on ATLAS, CMS, ALICE, LHCb, LHC accelerator, GRID.

Guido Tonelli (INFN Fisa), portavoce / spokesperson CMS

Andrea Vacihi (INFN Trieste), Franco L. Fabbri (INFN Lab. Frascati) curatori del convegno "Comunicare Fisica 2007", Trieste / organizers of the "Comunicare Fisica 2007" conference in Trieste.

Silvia Morelli (INFN Torino)

per la collaborazione scientifica nella redazione dell'articolo "Gli anelli della ricerca, tra scienza ed architettura", pubblicato in forma estesa sulla rivista "Costruire", n. 293, ottobre 2007, primo report da cui si è sviluppato l'idea originale di questo progetto editoriale.

for her scientific consulting for the article "Gli anelli della ricerca, tra scienza ed architettura", published in full in Costruire, n. 293, October 2007, from which the idea for the publication originally developed.

Domenico Dattola (INFN Torino)

Chiara Meoni, ATLAS (INFN Milano)

CERN

James Gilles, Head of CERN Communication group

Renilde Vanden Broeck, Sophie Tesaut, CERN press officers

Martina Strini Bianchi, CERN Knowledge and Technology Transfer group

Carlo Wyss, former Accelerator director (retired)

Mario Nuzzi, ATLAS Technical coordinator, PH Department

Walter Scandalo, Engineering Department

Lucio Rossi, Magnet Group leader, TE Department, e come responsabile della Task Force LHC Open Days 2008

Magnet Group leader, TE Department, and Leader of the LHC Open Days 2008 Task Force

Carren D'Elia, per la gentile assistenza in occasione della visita a LHC / for her kind support on our visit to LHC

Politecnico di Milano

Giulio Bullo, Magnifico Rettore del Politecnico di Milano / Rector of Politecnico di Milano

Arturo Dall'Acqua, Direttore del Dipartimento INDACO (Industrial Design, Arts, Communications) / Director of the INDACO Department

Giulio Ceppi, Dipartimento INDACO / INDACO Department

Antonio Longoni, Dipartimento di Elettronica e Informazione (INFN) / Department of Electronic and Information (INFN)

Giovanni Lucchi, Elisabetta Rosina, Dipartimento BEST / BEST Department

Silvia Bergna, Area Ricerca e Servizi Documentali / Research and Information Services Area

Si ringraziano inoltre / Special thanks to

Charles Klöber, Presidente del Consiglio di Fondazione dell'ISR, già Segretario di Stato della Confederazione Svizzera per l'Educazione e la Ricerca / President of the ISR Foundation Council, former Swiss State Secretary for Education and Research

Ilstituto di Scienze e Lettere di Venezia, Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti

Silvano Pirovano, Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano

Aldo De Paoli, Università di Parma

Paola Piola, storica dell'arte / art historian

Lufranco Belloni, Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Fisica / Physics Department

Maurizio Faselli, Chiara Marazzoni, direttore e caporedattore della rivista "Costruire" / editor and managing editor of the magazine Costruire

Monica Scotti, segretaria dirazionale Editrice Abitare Segesta / directoral assistant of Editrice Abitare Segesta

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO INDACO

editrice **A**bitare Segesta



ComunicareFisica 2010

12-16 April 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN

Info:

http://www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/langswitch_lang/it/

http://www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/langswitch_lang/en/

www.glianellidelsapere.info

www.theringsofknowledge.info

<http://www.istitutosvizzero.it/eventi/altre-attivita-isr>

federico.brunetti@polimi.it

GLI ANELLI DEL SAPERE - INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE- INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

a cura di Arch. PhD. Federico Brunetti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **A**bitare Segesta



ComunicareFisica 2010

12-16 April 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



2009: registrazione dominio web www.glianellidelsapere.info / www.theringsofknowledge.info



Istituto Svizzero di Roma collaborazione per la comunicazione eventi presentazioni
(ISTITUTO VENETO DI SCIENZE LETTERE ED ARTI convegno “arte – scienza”; C. Kleiber Venezia 2007)

2010 Presentazioni:

Milano Politecnico, 2010.01.21;

Roma Palazzo delle Esposizioni **“Astri e particelle”**, 2010.01.27;

Ginevra CERN Foyer Passperdus, 2010.03.09;

Strumenti: inviti, mostra, slide show HD

*With visual technical support of **Epson Italia***

“Aplimat”, Breslavia (composizione/morfologia; comparazione/tipologia; sequenza/spazio-tempo)

“Scientificamente” Centro Culturale Polivalente Cattolica –

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



editrice **AbitareSegesta**

è lieta di invitarla alla presentazione del volume

GLI ANELLI DEL SAPERE

INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE

INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

Milano, giovedì 21 gennaio, ore 12,30 - 13,30 e 18,30 - 20,00

Facoltà di Architettura e Società, Politecnico di Milano, Aula 4°, Atrio Ingresso, via Bonardi 3

Saranno presenti:

12,30 - 13,30 Federico Brunetti, curatore e fotografo / Dip. In.D.A.Co, Politecnico di Milano
Giuseppe Battistoni, Direttore della Sezione INFN di Milano
Gianluca Alimonti, INFN, Sezione di Milano
Antonella Minetto, Coordinatore editoriale Abitare Segesta / RCS Mediagroup
Giulio Ceppi, Politecnico di Milano, Facoltà di Design, Dip. In.D.A.Co X

18,30 - 20,00 Federico Brunetti, curatore e fotografo / Dip. In.D.A.Co, Politecnico di Milano
Lucio Rossi, CERN, (Magnet Group Leader TE Department)
Paola Campadelli, Preside della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università degli Studi di Milano
Chiara Meroni, INFN, Sezione di Milano
Arturo Dell'Acqua, Direttore Dip. In.D.A.Co
Antonella Minetto, Coordinatore editoriale Abitare Segesta / RCS Mediagroup
Silvano Petrosino, docente Semilogia U.C.S.C.

Concluderà:

Giulio Ballo, Rettore del Politecnico

Coordinamento INFN: Romeo Bassoli, Ufficio Stampa Presidenza

con il Patrocinio di ISF (Istituto Svizzero di Roma)
EURENIS Associazione per la promozione e lo Sviluppo della Cultura e del Lavoro Scientifico
Con il supporto tecnico visivo di EPSON Italia

Info:

www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/langswitch_lang/it/
www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/langswitch_lang/en/
www.gliannellidelsapere.info
www.theringsofknowledge.info
federico.brunetti@polimi.it



POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
In.D.A.Co



POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
In.D.A.Co

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept In.D.A.Co
Science communication design

editrice **AbitareSegesta**



Con il supporto tecnico visivo di EPSON Italia



editrice **AbitareSegesta**

è lieta di invitarla alla presentazione del volume

GLI ANELLI DEL SAPERE

INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE

INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

Roma, mercoledì 27 gennaio 2010, ore 18.00 - 19.30

Libreria e Caffetteria Book&tea;
PALAZZO DELLE ESPOSIZIONI,
Ingresso via Milano 15/17

Nel contesto delle attività della mostra

Apert e partecipa. La punta dell'Universo (27 ottobre 2009 - 14 febbraio 2010)

Realizzata dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Istituto Nazionale di Astronomia e l'Agenzia Spaziale Italiana, con la direzione scientifica di Roberto Battiston, (libreria 06 49913341 - caffetteria 06 49943320)

Saranno presenti:

Federico Brunetti curatore e fotografo, Dip. In.D.A.Co, Politecnico di Milano
Prof. Fernando Ferroni (INFN - Università Roma La Sapienza)

Introduce:

Vincenzo Napolitano (INFN Ufficio Stampa Presidenza)

Coordinamento INFN

Romeo Bassoli Ufficio Stampa Presidenza

con il Patrocinio di ISIR (Istituto Svizzero di Roma)

con il supporto tecnico navio di EPSON Italia

URL:

www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/ang/switch_lang/it/

www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/ang/switch_lang/en/

www.abitare.it/segesta/

www.theringsofknowledge.info

federico.brunetti@polimi.it



editrice **AbitareSegesta**

book launch:

GLI ANELLI DEL SAPERE

INFN x LHC. Il contributo italiano alla più grande ricerca sulla fisica delle particelle al CERN di Ginevra

THE RINGS OF KNOWLEDGE

INFN x LHC. The Italian contribution to the world's largest particle physics research project at CERN, Geneva

C.E.R.N., Ginevra, CERN library 'literature in focus'

Route de Meyrin 365 - 1211 Ginevra 23
CERN Main Building, 1st floor "Pas Perdis"
9.03.2010 h. 4.00 PM - 5.30 PM

Y

Federico Brunetti Dip. In.D.A.Co. Politecnico di Milano Arch. Prof. Ph.D. editor and photographer
Antonella Minetto, publishing coordinator Abitare Segesta - RCS Mediagroup

Sergio Bertolucci, CERN Director of Research and Computing (invited)

Fabiola Gianotti, CERN spokesperson of ATLAS

Mario Nesi, CERN (ATLAS Technical coordinator, PH dept)

Lucio Rossi, CERN Magnet Group leader (E department)

Walter Scandala, spokesperson of LHC, CERN INF department

Prof. Guido Tonelli, CERN, INFN, Università di Pisa - spokesperson of CMS

Carlo Wyss, (former Accelerator director, retired)

Prof. Fernando Ferroni (INFN - Università Roma La Sapienza)

Sono stati invitati gli scienziati INFN autori dei testi del volume:

Marcella Diemmoz, responsabile nazionale esperimento CMS

Maria Curatolo, responsabile nazionale esperimento ATLAS

Eugenio Nappi, Maurizio Biade esperimento ALICE

Pierluigi Campana, esperimento LHCb

Marco Paganoni, GRID

Sandro Centon INFN - EO

Federico Ferrini

Scientific Councilor Permanent Mission of Italy

James Gillies, Head of CERN Communication group

Reinold Vanden Broeck, Sophie Tesauri, Paola Catapano, Fabienne Marcastal, CERN communication group

Romeo Bassoli, Coordinamento Ufficio Comunicazione INFN

Claudio Farnisello, Head of Knowledge & Technology Transfer

Martina Giampietre, Communication Officer, Knowledge & Technology Transfer

Marielena Stravelli-Bianchi, CERN Knowledge and Technology Transfer group

Beatrice A. Bressan, MSc, Ph.D. TOREX Outreach Coordinator, Science Writer

In collaborazione con biblioteca di fisica CERN

Jens Vigev, CERN library 'literature in focus'

Christine Sutton - CERN Courier

Tullio Basaglia, CERN Scientific Information Service (IS-S)

Library Section leader Bat. 3-1-036,

phone: +41-22-7679911 or 7672444, fax: +41-22-7672860

CERN Bookshop-Bat. 52, 1-052

In collaboration with ISIR (Istituto Svizzero di Roma)

With visual technical support of EPSON Italia

Y Reception a cura Permanent Mission of Italy

URL:

www.abitare.it/

http://www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/ang/switch_lang/it/

http://www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/ang/switch_lang/en/

www.abitare.it/segesta/

www.theringsofknowledge.info

federico.brunetti@polimi.it

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept In.D.A.Co
Science communication design

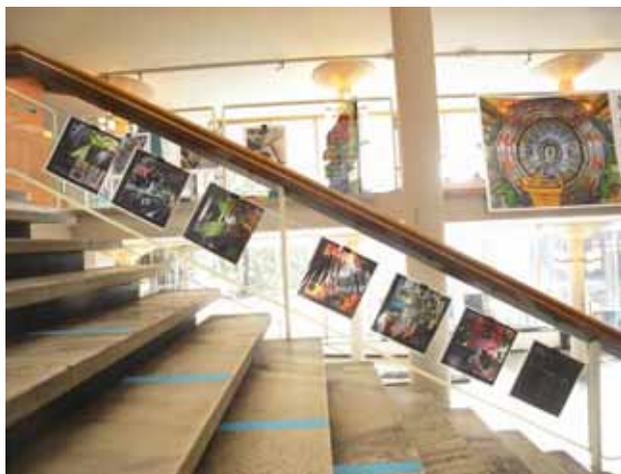
editrice **AbitareSegesta**



C.E.R.N. Genève, CERN library
'Literature in focus'
CERN Main Building, "Pas Perdus"



Con il supporto tecnico visivo di EPSON Italia



POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design



9th International Conference

APLIMAT 2010

Faculty of Mechanical Engineering - Slovak University of Technology in Bratislava

Section: Title of section



9th International Conference

APLIMAT 2010

Faculty of Mechanical Engineering - Slovak University of Technology in Bratislava

Section: Title of section



Section: new Mathematics and Art

BRUNETTI Federico, Dipartimento In.D.A.Co, Politecnico di Milano, Milano ITALY (I).

**DRAWING A CONCEPT FOR SCIENCE COMMUNICATION DESIGN.
FIBONACCI SEQUENCE AS A MORPHOLOGICAL TIPOGRAPHIC GRID.
"THE RINGS OF KNOWLEDGE - I.N.F.N. for L.H.C." AT C.E.R.N.
(ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE for LARGE HADRON COLLIDER -
EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH).**

Abstract. For the graphic concept of a science institutional and divulgation book, the editor chose a mathematical sequence to lead the reader's sight into a visual travel through the page, in a geometrical game as a metaphor of symmetry, asymmetry as abstract rotations. A symbolic form to represent and introduce the open possibilities of new science frontiers.

Key words. communication design, Fibonacci square, graphic concept, geometric drawing, composition, symmetry, sequence, rotation, symbolic form.

Mathematics Subject Classification: <http://www.ams.org/msc/>
Primary 00A66 Mathematics and visual arts, visualization;
Secondary 11B39 Fibonacci and Lucas numbers and polynomials and generalizations

R8 First Section

„Focus“:

Present ideas propose multi-disciplinary efforts to be researched or developed in the action-research programs. Established in a multidisciplinary teams in order to run synergic relationships between the different kinds of disciplinary knowledges, talents, cognitive styles, intellectual faculties, research and industrial interests.

DRAWING A CONCEPT FOR SCIENCE COMMUNICATION DESIGN.

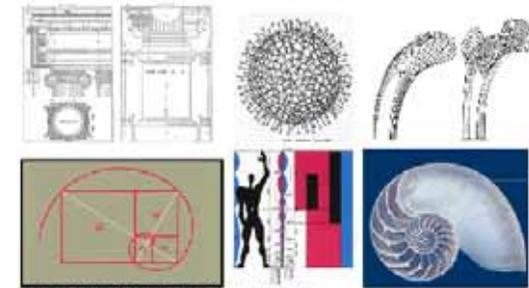
FIBONACCI SEQUENCE AS A MORPHOLOGICAL TIPOGRAPHIC GRID.

composizione/morfologia
simmetria/tipologia
sequenza/spazio-tempo

1.1 - Composition - Morphology

"Composition is the organization of the whole out of its parts—the conception of single elements, the interrelating of these elements, and the relating of them to the total form."—The purpose of composition is to express particular concepts and experiences, and it is successful only when these are fully communicated to the observer" (Composition in: Encyclopedia Britannica)

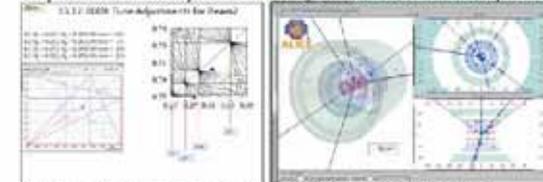
Morphology, or the dimensional qualities related to form that define the structure as a geometric configuration, statically and steadily relevant that place its global shape in its context.



Andres Palladio, *I Quattro libri dell'Architettura* 1570
D'Arcy Wentworth Thompson, *On Growth and Form*, 1942
Le Corbusier *Le Modulor* 1948

1.1.1 - Composition - Morphology

Comparison with scientific representation modality from the first results of LHC experiments



Left: Operating the LHC with Beams (on behalf of the LHC team) December 18, 2009
Right: First Physics at the LHC seen through the eyes of ALICE

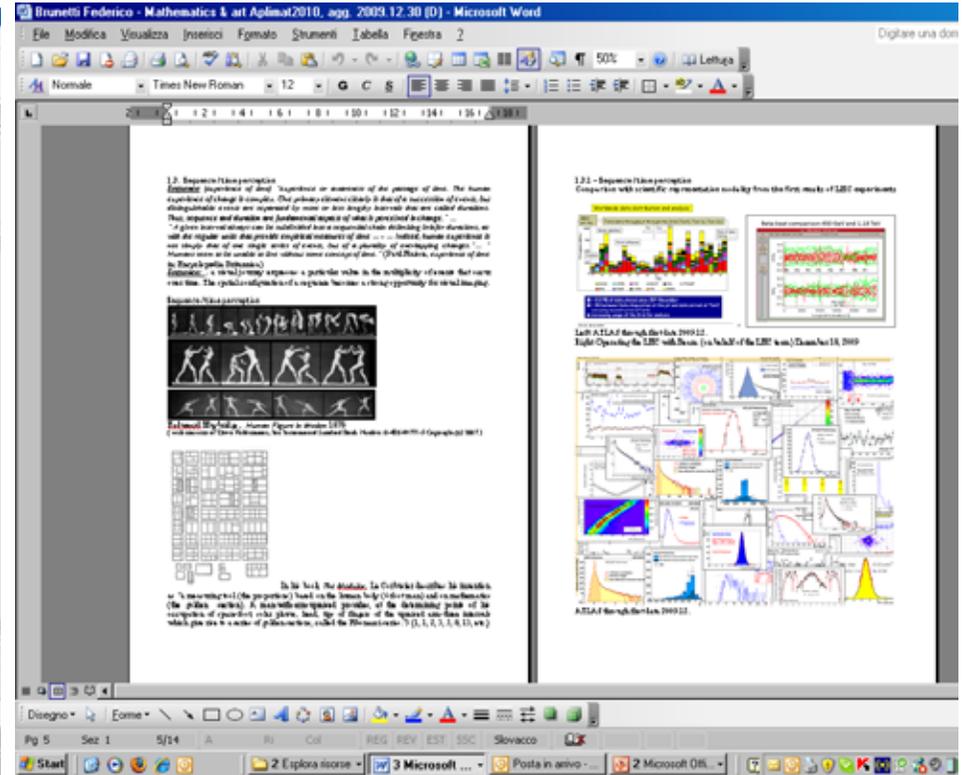
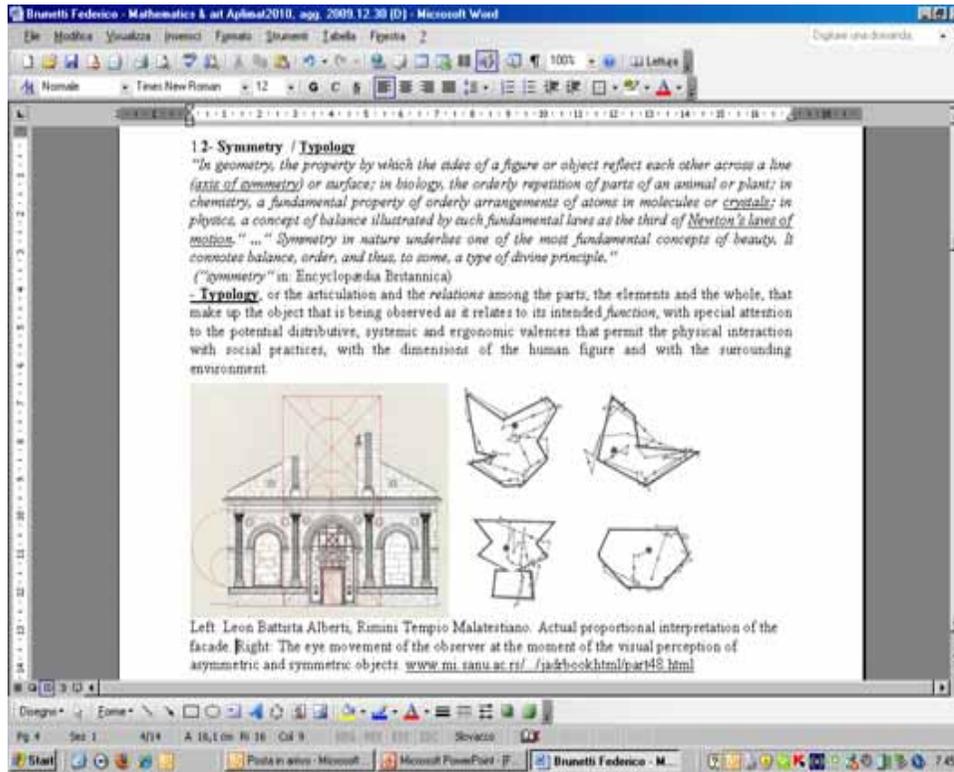
POLITECNICO DI MILANO

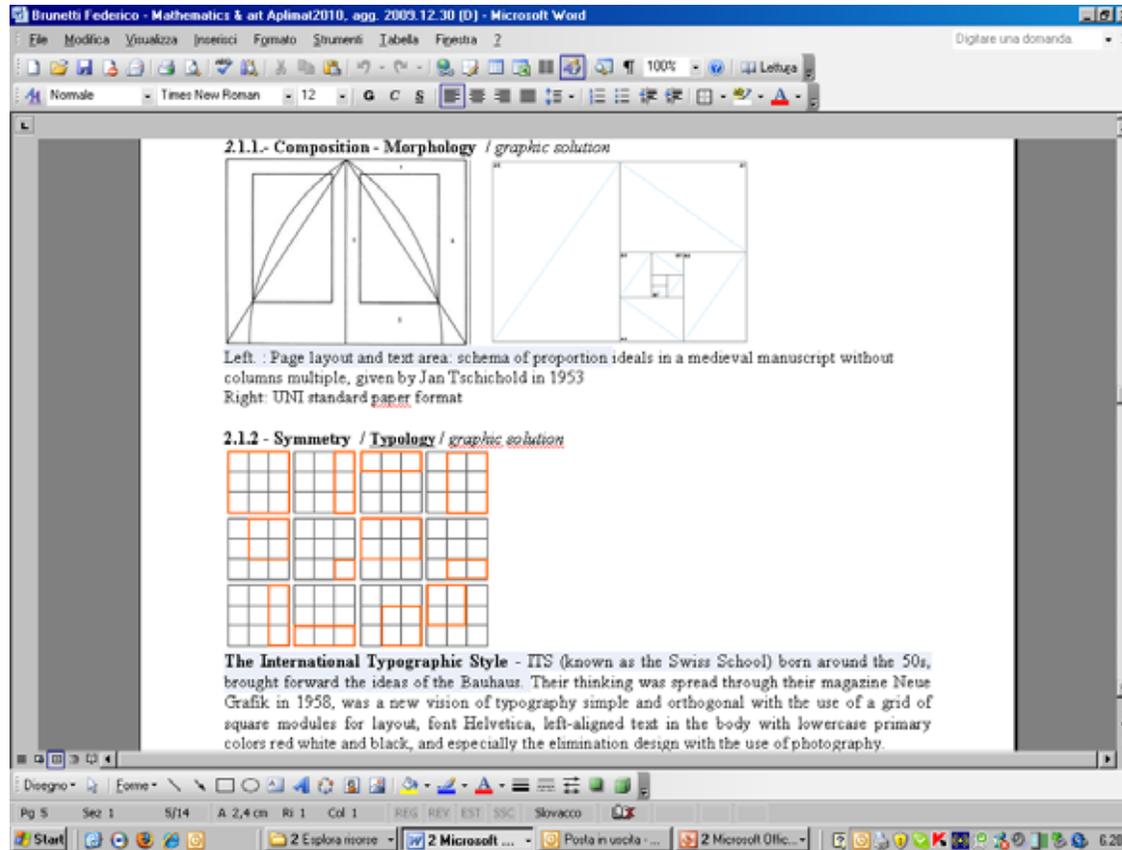


DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept In.D.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



2.1.1. Composition - Morphology / graphic solution

Left: Page layout and text area: schema of proportion ideals in a medieval manuscript without columns multiple, given by Jan Tschichold in 1953
Right: UNI standard paper format

2.1.2. Symmetry / Typology / graphic solution

The International Typographic Style - ITS (known as the Swiss School) born around the 50s, brought forward the ideas of the Bauhaus. Their thinking was spread through their magazine *Neue Grafik* in 1958, was a new vision of typography simple and orthogonal with the use of a grid of square modules for layout, font Helvetica, left-aligned text in the body with lowercase primary colors red white and black, and especially the elimination design with the use of photography.

4.1 Final studies and editing solution



Left: Total Tool_Milano_Buenos Aires_Tokyo; first studies for layout: Cern | INFN 2008
Right: Fibonacci square, first composition studies (FB 2008)

4.2 The Fibonacci square as a mathematical format



Fibonacci. Geometric composition of the sequence of Fibonacci number form 1 to 21;
Preliminary studies in symmetry for typographic grid (F. Brunetti 2008, with *Laboratorio*, Milano)

Without going into further detail, we would say that Leonardo Fibonacci's (Pisa, 1170-1250) studies on numerical sequences, unequivocally coherent in mathematical terms and full of evidence in nature (particularly his studies on the composition of the square), struck us as the perfect "format" for a physics book. We faithfully developed a sequence of modules that formed the structure of the graphic layout. Starting from a single small square, the layout expands by progressive additions until it composes a larger square, from which, of course, it can begin again to develop or wrap around itself. This layout can be rotated in all directions and can be conceived both positively and negatively. The juxtaposed pages generate a high degree of compositional variability, allowing for repetitions, simple symmetries and even rotations combined with translations and asymmetries. This lets us take a great variety of paths of visual interpretation following different hierarchical systems, while maintaining the logical-formal sequence of images. The book's composition is revealed to readers through a sophisticated logical-formal exercise that includes the space of the pages and the time (temporal sequence) in which the different experiments take place. Here follows a selection from the pages of the book.

www.sciendar.eu/network/presentazioni/BRUNETTI-talkAPLIMAT2010.pdf





Comunicare Fisica 2010

12-16 Aprile 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



Centro Culturale Polivalente
Cattolica "Scientificamente"

Dialoghi di Scienza 2010

venerdì 5 marzo
Lucia Vitano
L'Europa, il CERN e il Modello Standard
A caccia di particelle
sulle montagne
e nei laboratori
di fisica nucleare

venerdì 12 marzo
Federica G. Panacciuoli
Elogio della (dis)diversità
Nella fisica nucleare
e nella cultura

venerdì 19 marzo
Federica Brusetti
L'arte di sapere
e la cultura
della fisica nucleare

venerdì 26 marzo
Giorgio Ricci
Bellezze nel nuovo
mondo dell'RNA
Nella cultura
e nella fisica

SCIENTIFICAMENTE

Catolice, Pace Della Repubblica 21
Centro Culturale Polivalente
ore 21
INVISSO LIBRO

© 2010 Editrice Abitare Segesta. Tutti i diritti sono riservati. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla casa editrice.

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

editrice **Abitare** Segesta



segnalazioni e recensioni : (agg.2010.03);
www.infn.it/lhcitalia; www.Frascatiscienza.it: Abitare, www.ilsussidiario.it/scienza; Newton,
<http://cdsweb.cern.ch> . AL architetti lombardi: Materia; Cern Courier; Università studi Milano

CERN Document Server

Bulletin

La pubblicazione

Lavorare in Rete - 100 anni del sapere - The Rings of Knowledge - The LHC - INFN



A fascinating chronicle...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

The publication of this book...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

Lavorare in Rete - The LHC - INFN

The book's publication...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

The book's publication...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

The book's publication...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

The book's publication...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

The book's publication...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...

The book's publication...
 The rings of knowledge...
 The rings of knowledge...



Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

Home | Ultimo dalla ricerca - LHC - Anelli da record

OSSEVATORIO ARGOMENTI

14 dell'efficienza energetica degli edifici che, per la maggior parte, è data, ma solo in pochi casi, è ancora attuale. Il Gruppo sottolinea la necessità di un Piano Casa di riferimento che definirei quale sia l'immagine da porre (l'obiettivo di una ristrutturazione delle parti in "acciaio" a parità della spesa) di "materiali di rinnovazione".

Progetto di tema che rinvoca dal settore sono previsti 5 diversi stadi. Il Gruppo nazionale di progetto per il governo del territorio e la legge quadro in materia di valorizzazione della qualità urbanistica e ambientale. Il Gruppo di lavoro urbano delle "città" di lavoro per gli anni organici (urban, archi, accordi pubblici privati).

Alleanza degli attori pubblici (ministeri, enti, associazioni urbanistica - enti).

Gruppo: tariffe minime e capitolati predefiniti

Nell'ambito del processo di redazione del "Piano Casa di riferimento" - la cui pubblicazione è prevista a fine 2010 - il Gruppo ha svolto un'indagine su cui della progettazione e della progettazione, i risultati di quegli architetto italiani.

IL "COSTO" è un valore reale, 2.400.000 - 2.600.000 - 2.800.000 - 3.000.000 - 3.200.000 - 3.400.000 - 3.600.000 - 3.800.000 - 4.000.000 - 4.200.000 - 4.400.000 - 4.600.000 - 4.800.000 - 5.000.000 - 5.200.000 - 5.400.000 - 5.600.000 - 5.800.000 - 6.000.000 - 6.200.000 - 6.400.000 - 6.600.000 - 6.800.000 - 7.000.000 - 7.200.000 - 7.400.000 - 7.600.000 - 7.800.000 - 8.000.000 - 8.200.000 - 8.400.000 - 8.600.000 - 8.800.000 - 9.000.000 - 9.200.000 - 9.400.000 - 9.600.000 - 9.800.000 - 10.000.000.

IL "COSTO" è un valore reale, 2.400.000 - 2.600.000 - 2.800.000 - 3.000.000 - 3.200.000 - 3.400.000 - 3.600.000 - 3.800.000 - 4.000.000 - 4.200.000 - 4.400.000 - 4.600.000 - 4.800.000 - 5.000.000 - 5.200.000 - 5.400.000 - 5.600.000 - 5.800.000 - 6.000.000 - 6.200.000 - 6.400.000 - 6.600.000 - 6.800.000 - 7.000.000 - 7.200.000 - 7.400.000 - 7.600.000 - 7.800.000 - 8.000.000 - 8.200.000 - 8.400.000 - 8.600.000 - 8.800.000 - 9.000.000 - 9.200.000 - 9.400.000 - 9.600.000 - 9.800.000 - 10.000.000.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.

Il Gruppo propone alle istituzioni pubbliche e private di avviare un dialogo con il Gruppo per il ruolo guida del Gruppo. Inoltre, che una volta definita, la relazione con il Gruppo, il Gruppo si riserva il diritto di accettare o rifiutare le proposte del Gruppo.



Gli anelli del sapere - INFN x LHC
 (e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
 Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
 Science communication design



➤ Direzioni di ricerca aperte:

- immagini e dati / dati e immagini
“ci bastano i dati”/ “ci aggradano le immagini” (Battistoni)
“capisco meglio quando vedo”(Tonelli)

(laboratorio visual design 3D Indaco)

-Metafore (esperienza)

-Bellezza



Altre pubblicazioni (agg.2010.03 CERN Library):

-Gian Francesco Giudice, *A Zeptospace odyssey. A journey into the physics of the LHC*,
Oxford University Press 2010

Fisico teorico; presupposti ricerca teorica e sperimentale che conducono e si sviluppano in LHC.

-Lyndon Evans, AA.VV. *The Large Hadron Collider: a marvel of technology*, EPFL press , Lousanne 2009
La costruzione della macchina.

-Don Lincoln *The Quantum frontier: the Large Hadron Collider*, The John Hopkins University press, Baltimore 2009
Illustrazioni analogiche per esemplificare concetti quantistici.



POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



H (human - theoretical) factor

T (technological - commissioning) factor

I (Image - representation) factor

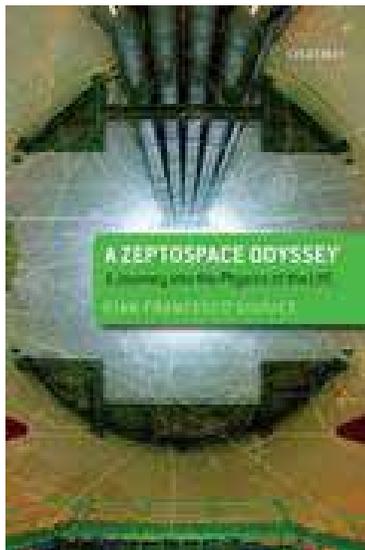
Federico Brunetti (edited by)

www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/langswitch_lang/it/

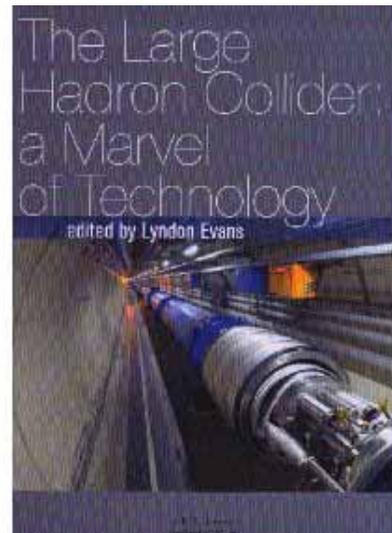
www.abitare.it/highlights/gli-anelli-del-sapere/langswitch_lang/en/

www.glianellidelsapere.info

www.theringsofknowledge.info

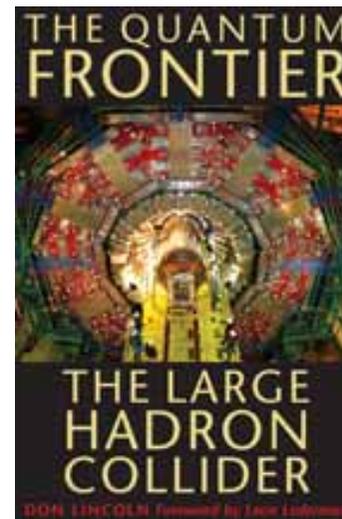


Gian Francesco Giudice
*A Zeptospace Odyssey:
A Journey into the Physics of the LHC*

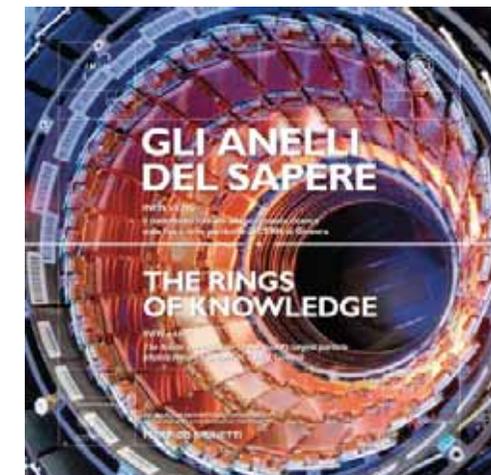


Edited by Lyndon Evans
*The Large Hadron Collider
A Marvel of Technology*
[Fundamental Sciences](http://www.epflpress.com)

[EPFL-Press](http://www.epflpress.com)



Don Lincoln
The Quantum Frontier. The Large Hadron Collider
foreword by Leon Lederman



POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



Gian Francesco Giudice,

***A Zeptospace odyssey. A journey into the physics of the LHC,* Oxford University Press 2010**

<http://www.oup.com/us/catalog/general/subject/Physics/NuclearParticleAstrophysics/?view=usa&ci=9780199581917>

1. Prologue;
- I: A MATTER OF PARTICLES;
2. Dissecting Matter;
3. Forces of Nature;
4. Sublime Marvel;
- II: THE STARSHIP OF ZEPTOSPACE;
5. Stairway to Heaven;
6. The Lord of the Rings;
7. Telescopes Aimed at Zeptospace;
- III: MISSIONS IN ZEPTOSPACE;
8. Breaking Symmetries;
9. Dealing with Naturalness;
10. Supersymmetry;
11. From Extra Dimensions to New Forces;
12. Exploring the Universe with a Microscope;
13. Epilogue



ComunicareFisica 2010

12-16 April 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



Edited by Lyndon Evans

The Large Hadron Collider A Marvel of Technology

Fundamental Sciences EPFL-Press

<http://www.amazon.com/Large-Hadron-Collider-Lyndon-vans/dp/143980401X>

Book contributors: Lyndon Evans, John Ellis, Jean-Luc Baldy, Luz Anastasia Lopez-Hernandez, John A. Osborne, Anders Unnervik, Lucio Rossi, Ezio Todesco, Pierre Strubin, Cristoforo Benvenuti, Philippe Lebrun, Laurent Tavian, Volker Mertens, Brennan Goddard, Trevor Linnecar, Tejinder Virdee, Peter Jenni, Tatsuya Nakada, Jürgen Schukraft, Chris Fabjan, Les Robertson, John Harvey, and Pere Mato.

The Large Hadron Collider: An Introduction

- The Fundamental Physics Behind the LHC
- The Construction of the LHC
- Civil Engineering Highlights --
- Lessons in Big Science Management and Contracting
- The Technology of the LHC
- Superconducting Magnets
- The LHC and its Vacuum Technology
- The Cryogenics Challenge of the LHC
- Moving the Beam into and out of the LHC
- Capturing, Accelerating and Holding the Beam --

The LHC Experiments - Particle Detection at the LHC: An Introduction - The Compact Muon Spectrometer - ATLAS - The LHC Experiment - ALICE - LHC Data Analysis and the Grid

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



ComunicareFisica 2010

12-16 April 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



Don Lincoln, foreword by Leon Lederman,
The Quantum Frontier: The Large Hadron Collider
Johns Hopkins University Press. Hardback ISBN 9780801891441,

<http://www.thequantumfrontier.com/index.htm>

<http://jhupbooks.press.jhu.edu/ecom/MasterServlet/GetItemDetailsHandler?iN=9780801891441&qty=1&viewMode=3&loggedIN=false>

Chapters:

1. The Standard Model of particle physics, which details our current understanding of the universe
2. Some of the mysteries the LHC was built to study
3. How accelerators work and some of the trivia of the LHC (how big, how fast, how many, etc.)
4. How particle detectors work and some of the details of the many detectors at the LHC (CMS, ATLAS, Alice, LHCb, to name a few.)
5. The future of particle physics, LHC upgrades, follow-on accelerators and how the LHC links with cosmology mysteries.

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



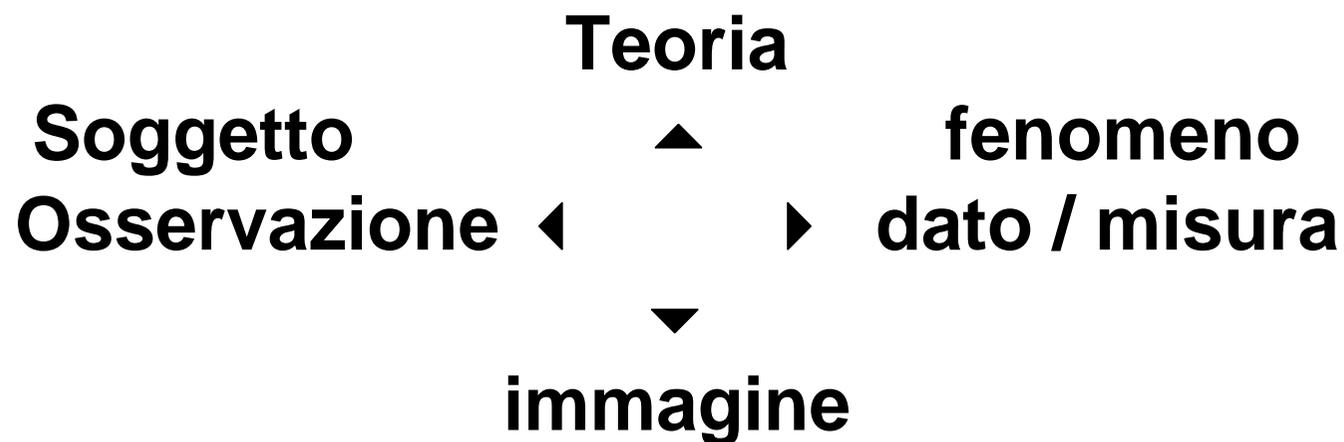
- "Donne alla guida della più grande macchina costruita dall'Uomo"

a cura di Elisabetta Durante, con Paola Catapano e Manuela Cirilli (CERN), Roberta Antolini (INFN)
foto di Mike Struik

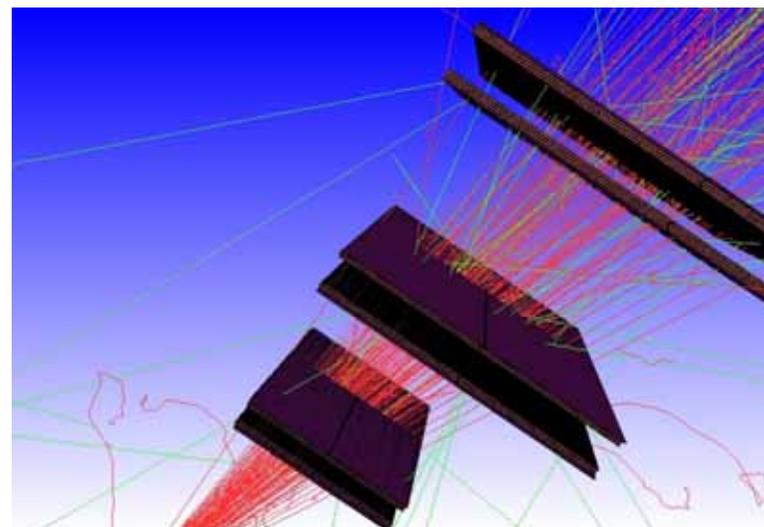
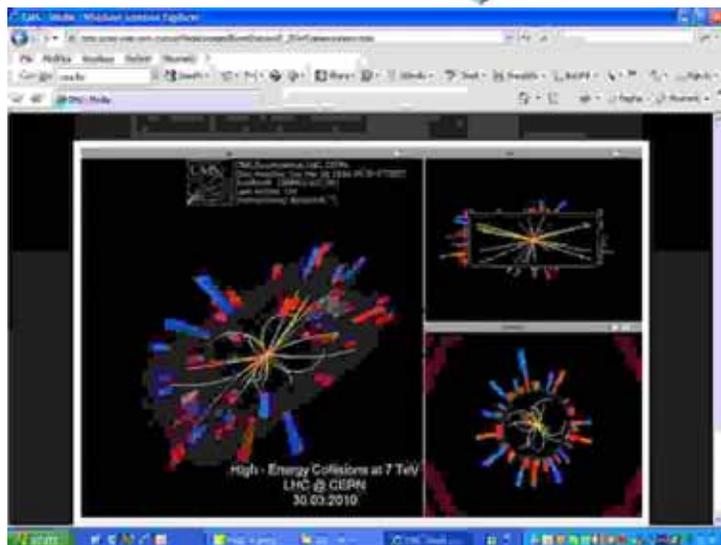
<http://www.ba.infn.it/donne-lhc/pages/01.php>

Un esempio di lettura "sociologica" del CERN

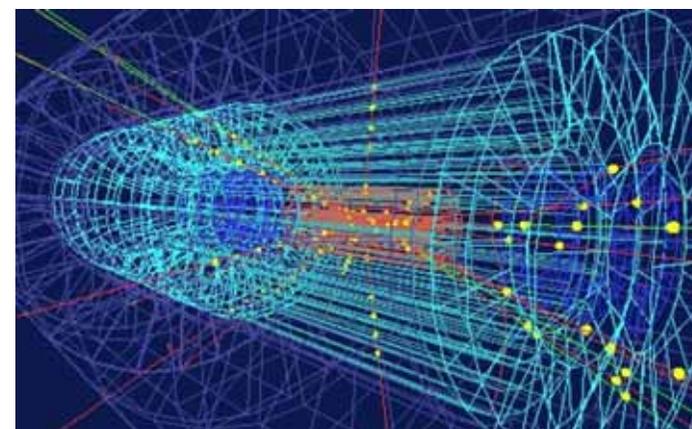
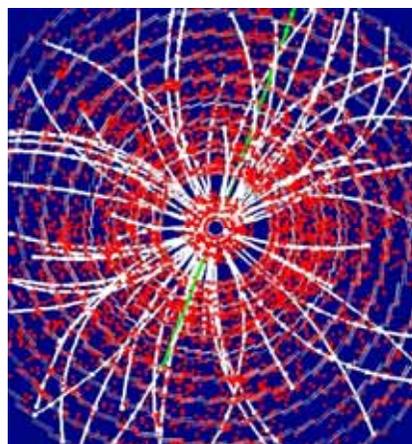
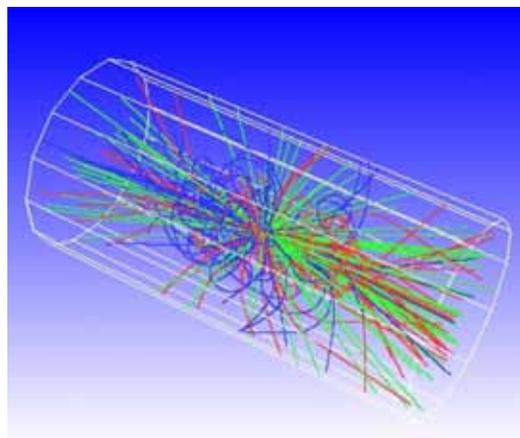




'rappresentazione e **conformazione**'. L. Sacchi, voce **Disegno** nell'Enciclopedia **Italiana**, Appendice 2000, (pp. 515-523)



<http://iguana.web.cern.ch/iguana> *Nuove figurazioni degli eventi nello spazio/tempo*



POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

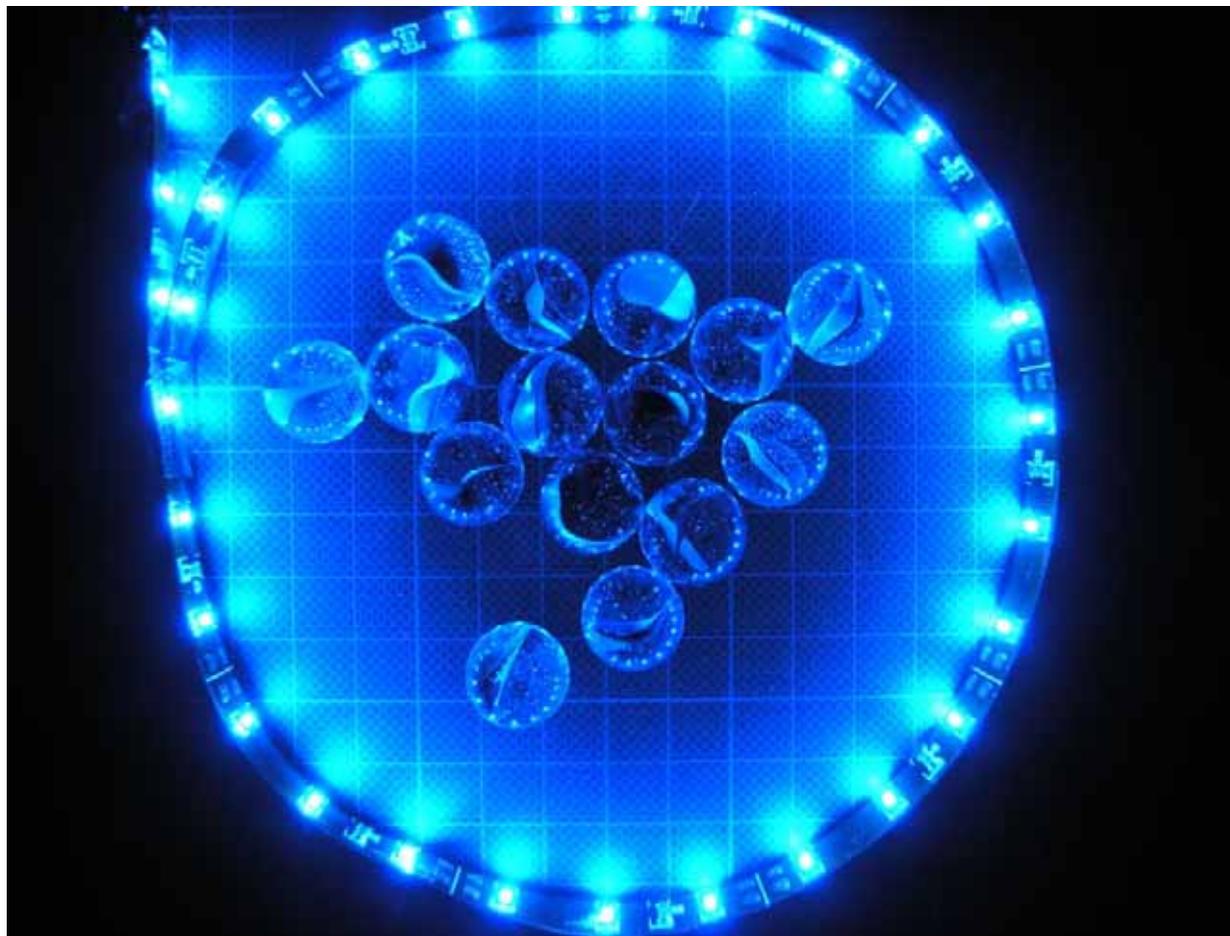
Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta





Ad una possibile nuova immagine sul mondo delle particelle grazie ad LHC





ComunicareFisica 2010

12-16 Aprile 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



Aknowlegments

INFN:

Umberto Dosselli, Fernando Ferroni, con Romeo Bassoli, per i numerosi scambi di idee che hanno favorito e diretto lo start-up di questo libro;
Gli (scienziati) autori degli articoli presenti nel portfolio dei rispettivi esperimenti, per la collaborazione alla stesura e revisione delle specifiche sezioni;

Outreach of: ATLAS, CMS, ALICE, LHCb, LHC, GRID

Guido Tonelli (INFN Pisa) spokesperson CMS.

Andrea Vacchi (INFN Trieste), Franco L. Fabbri (INFN Lab. Frascati) curatori del convegno ComunicareFisica2007, Trieste.

Silvia Maselli (INFN Torino) per collaborazione scientifica nella redazione dell'articolo "*Gli anelli della ricerca, tra scienza ed architettura*", pubblicato sulla rivista Costruire. Questo primo report ha permesso la nascita e lo sviluppo dell'idea originale di questo progetto editoriale.

Domenico Dattola (INFN Torino)

Chiara Meroni, ATLAS, (INFN-Milano)

Mark Kanieff traduttore INFN

CERN

James Gillies, Head of CERN Communication group

Renilde Vanden Broeck and Sophie Tesauri, CERN press officers

Marilena Streit-Bianchi, CERN Knowledge and Technology Transfer group

Carlo Wyss (former Accelerator director, retired)

Marzio Nessi (ATLAS Technical coordinator, PH dept.)

Walter Scandale (Engineering dept)

Lucio Rossi (Magnet Group leader, TE department),

even as Leader of Task Force LHC Open Days 2008;

and Carmen Dell'Erba for her kind support on our visit at LHC

Politecnico di Milano

Giulio Ballio, Magnifico Rettore del Politecnico di Milano.

Arturo Dell'Acqua, Direttore del Dipartimento In.D.A.Co (Industrial Design, Arts, Communication)

Per i preziosi suggerimenti nel corso dei lavori preparatori:

Giulio Ceppi, Dipartimento In.D.A.Co

Antonio Longoni, Dipartimento di Elettronica e Informazione (- INFN)

Giovanni Lechi, Dipartimento BEST

Elisabetta Rosina, Dipartimento BEST

Silvia Bergna, Area Ricerca e Servizi Documentali

ALTRI

Charles Kleiber, Confederazione Svizzera, Segreteria di Stato per l'educazione e la Ricerca SER - *Swiss Confederation, SER State Secretariat for Education and Research*

Istituto Scienze e lettere di Venezia, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti

(Convegno: *Le due culture: problemi condivisi. Cinquant'anni dopo Charles P. Snow - The two Cultures: Shared Problems. Fifty years after Charles P. Snow - Venezia ottobre 2007*)

Silvano Petrosino (Università Cattolica del SC Milano)

Aldo De Poli (Università di Parma),

Paola Mola (storica dell'arte)

Lanfranco Belloni (Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Fisica)

Abitare Segesta (RCS Mediagroup)

rivista Costruire: Maurizio Favalli, Chiara Maranzana, Silvia Torelli, e Monica Scotti

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



ComunicareFisica 2010

12-16 Aprile 2010

Laboratori Nazionali di Frascati of INFN



Presentazione Milano Politecnico:

Giuseppe Battistoni, *Direttore della Sezione INFN di Milano*
Gianluca Alimonti, *INFN, Sezione di Milano*
Antonella Minetto, *Coordinatore editoriale Abitare Segesta / RCS Mediagroup*
Giulio Ceppi, *Politecnico di Milano, Facoltà di Design, Dip. In.D.A.Co*
Lucio Rossi, *C.E.R.N. (Magnet Group Leader, TE Department)*
Paola Campadelli, *Preside della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell' Università degli Studi di Milano*
Chiara Meroni, *INFN, Sezione di Milano*
Arturo Dell'Acqua, *Direttore Dip. In.D.A.Co*
Silvano Petrosino, *docente Semiologia U.C.S.C.*
Giulio Ballio, *Rettore del Politecnico*

Presentazione Roma:

Prof. Fernando Ferroni (*INFN - Università Roma La Sapienza*)
Vincenzo Napolano (*INFN Ufficio Stampa Presidenza*)

Presentazione Ginevra CERN:

Sergio Bertolucci, *CERN Director of Research and Computing (invited)*
Fabiola Gianotti *CERN spokesperson of ATLAS*
Marzio Nessi *CERN (ATLAS Technical coordinator, PH dept.)*
Lucio Rossi *CERN Magnet Group leader, TE department,*
Walter Scandale *spokesperson of UA9, CERN EN department'*
Prof. Guido Tonelli *CERN, INFN, Università di Pisa - spokesperson of CMS*
Carlo Wyss (*former Accelerator director, retired*)
Prof. Fernando Ferroni (*INFN - Università Roma La Sapienza*)
gli scienziati INFN autori dei testi del volume:
Marcella Diemoz *responsabile nazionale esperimento CMS*
Maria Curatolo *responsabile nazionale esperimento ATLAS*
Eugenio Nappi, *Maurizio Basile esperimento ALICE*
Pierluigi Campana *esperimento LHCb*
Marco Paganoni *GRID*
Sandro Centro *INFN - ILO*
Federico Ferrini *Scientific Councillor Permanent Mission of Italy Permanent Mission of Italy*
James Gillies, *Head of CERN Communication group*
Renilde Vanden Broeck, Sophie Tesauri, Paola Catapano Fabienne Marcastel, *CERN communication group*
Romeo Bassoli, *Coordinamento: Ufficio Comunicazione INFN*
Claudio Parrinello *Head of Knowledge & Technology Transfer*
Marina Giampietro *Communication Officer Knowledge & Technology Transfer*
Marilena Streit-Bianchi *CERN Knowledge and Technology Transfer group*
Beatrice A. Bressan *MSC, Ph.D. TOTEM Outreach Coordinator, Science Writer*
in collaborazione con biblioteca di fisica CERN
Jens Vigen, *CERN library 'literature in focus'*
Christine Sutton - *CERN Courier*
Tullio Basaglia *CERN Scientific Information Service (GS-SI)*
Library Section leader CERN Bookshop
ISR (Istituto Svizzero di Roma)
With visual technical support of **EPSON Italia**

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta



References

- Baroni Daniele, Vitta Maurizio, *Storia del design grafico*, edizioni Longanesi & C., Milano, 2004
- Castellani, Elena. (2000). *Simmetria e natura*. Roma, Bari: Laterza
- Baroni Daniele, Vitta Maurizio, *Storia del design grafico*, edizioni Longanesi & C., Milano, 2004
- Castellani, Elena. (2000). *Simmetria e natura*. Roma, Bari: Laterza.
- Castellani, Elena. (2002). "Symmetry, quantum mechanics and beyond". *Foundations of Science*, **7**, 181-96
- Genette Gérard, *Seuils*, 1987 (*Soglie. I dintorni del testo*, Torino: Einaudi, 1989)
- Kanizsa, Gaetano *Grammatica del vedere : saggi su percezione e gestalt* / Gaetano Kanizsa. - Bologna: Il mulino, 1995. - 363 p. : ill. ; 22 cm . - (Collezione di testi e di studi. Psicologia).
- Gibson, James Jerome, *The ecological approach to visual perception* - London 1986. -
- Gombrich, Ernst Hans., *The Sense of Order*, Phaidon Press, Oxford-1979
- Gombrich, , J. Hochberg, M. Black *Arte percezione e realtà: [come pensiamo le immagini]* Torino : Einaudi, 1992
- Gregory, Richard Langton *Occhio e cervello : la psicologia del vedere* - Nuova ed.. - Milano 1991
- Landow George P., *Hypertext. The convergence of contemporary critical theory and technology*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 1992, trad. it. *Iper testo. Il futuro della scrittura*, Bologna, Baskerville, 1993.
- Mainzer, K. *Symmetries of nature*. Berlin: (1996). Walter de Gruyter.
- McLuhan Marshall, *The Gutenberg galaxy: Making of typographic man*, Toronto, Toronto Nunberg
- Montù Aldo, *Fi = 1.61803398875... Appunti e annotazioni su Natura e geometria: progressione aurea e forme pentagonali*, Melocchi, Milano 1970.
- Geoffrey (ed.), *The future of the book*, Berkeley, University of California Press, 1996.
- Steiner Albe, *Il mestiere di grafico*, Einaudi, 1978
- Vignelli Massimo, *The Vignelli canon*, vignelli.com, 2008
- Tschichold Jan, *La forma del libro* Introduzione di Robert Bringhurst, edizione italiana a cura di

Author:

Federico Brunetti Dott. Arch. PhD. Politecnico di Milano
Dipartimento In.D.A.Co (Industrial Design, Arts, Communication)
federico.brunetti@polimi.it

POLITECNICO DI MILANO



DIPARTIMENTO
INDACO

Gli anelli del sapere - INFN x LHC
(e raffronto comparato pubblicazioni analoghe su LHC)
Federico Brunetti Politecnico di Milano, Dept InD.A.Co
Science communication design

editrice **A**bitareSegesta