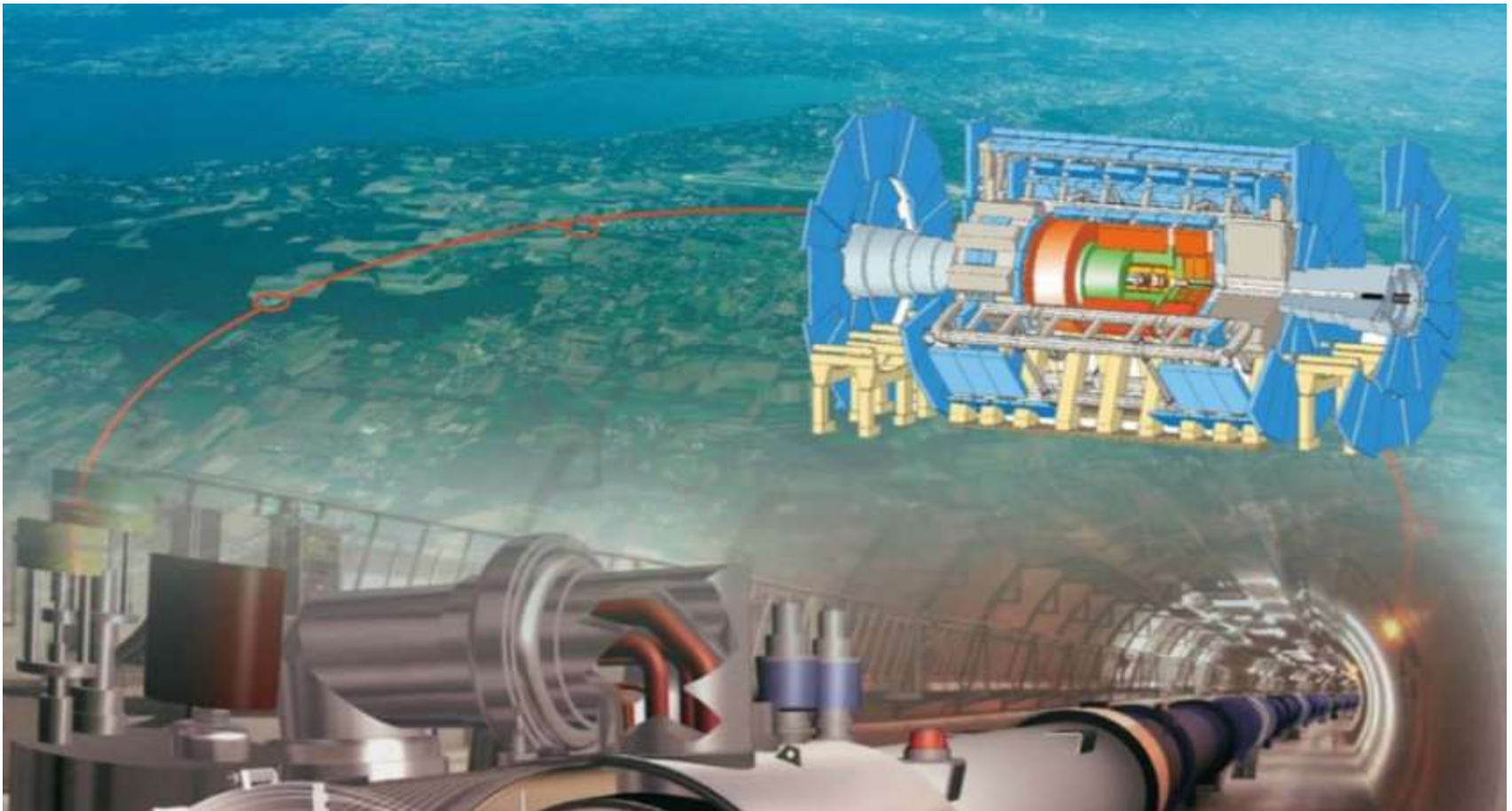


L'Esperimento Atlas al Large Hadron Collider (LHC) e il contributo dell'INFN



Seleziona il contributo cliccando la bandiera

Rivelatori di posizione per muoni:

Camere MDT Barrel
Camere MDT in avanti



Rivelatori di trigger per muoni:

Camere RPC del Barrel
Camere RPC in avanti



Calorimetri elettromagnetici:

Liquid Argon Centrale
Liquid Argon in avanti



Calorimetri in avanti

Power supplies



Solenoid

Analisi dei dati



Trigger/DAQ :

Trigger Centrale Livello 1
Trigger Calorimetro Liv. 1
Trigger Muoni Livello 1
HLT
DAQ



Toroidi in avanti

Monitor di luminosità:

Lucid



Toroide centrale:
Avvolgimenti bobine



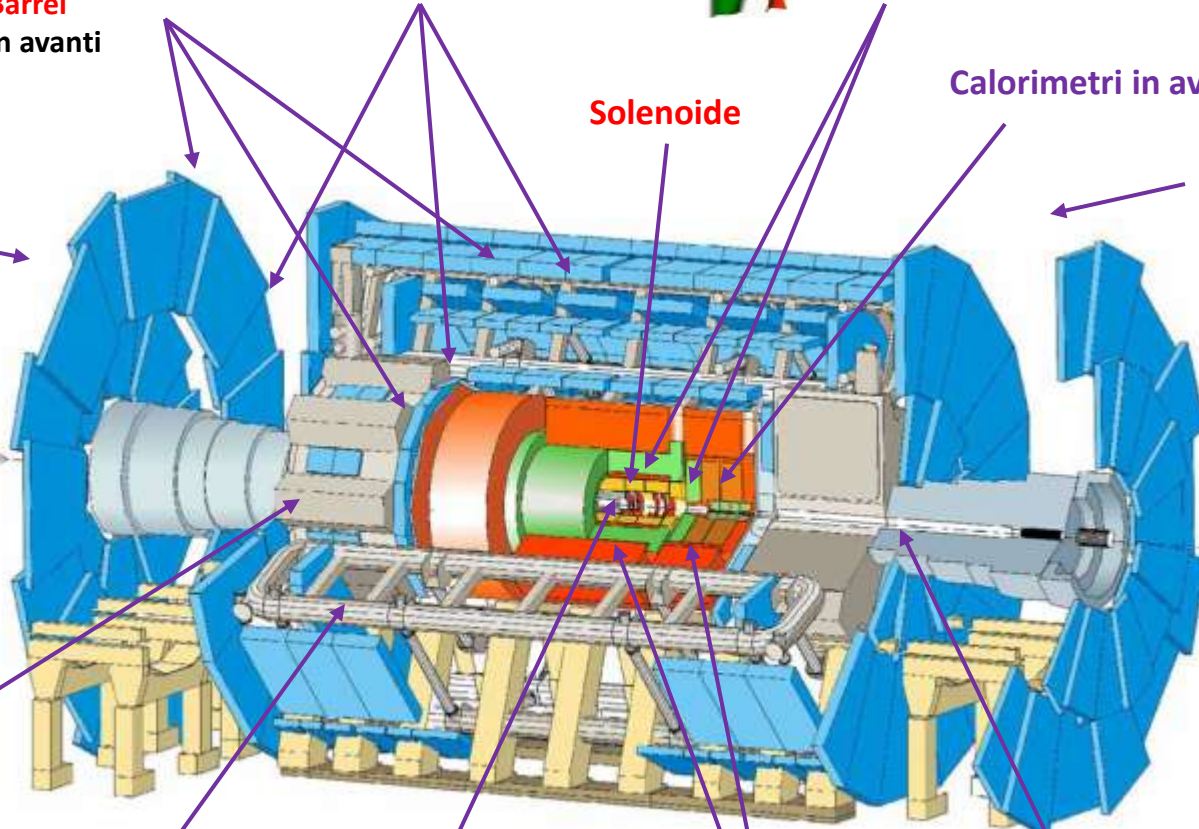
Tracciatore interno:

Pixel
SCT
TRT



Calorimetri adronici:

Tile centrale
End cap



I sottosistemi di Atlas e il contributo INFN

Sottosistemi di Atlas (in rosso quelli con contributo INFN):

Magneti

Solenoidale Centrale

Toroide Centrale

Toroidi in avanti (Endcaps)

Luminometro

LUCID

Tracciatore interno

Pixel

SCT

TRT Centrale & Endcaps

Calorimetri

Tile Centrale & Endcaps

LArg Centrale & Endcaps

Spettrometro per muoni

Camere MDT Centrali & Endcaps

Trigger&DAQ system

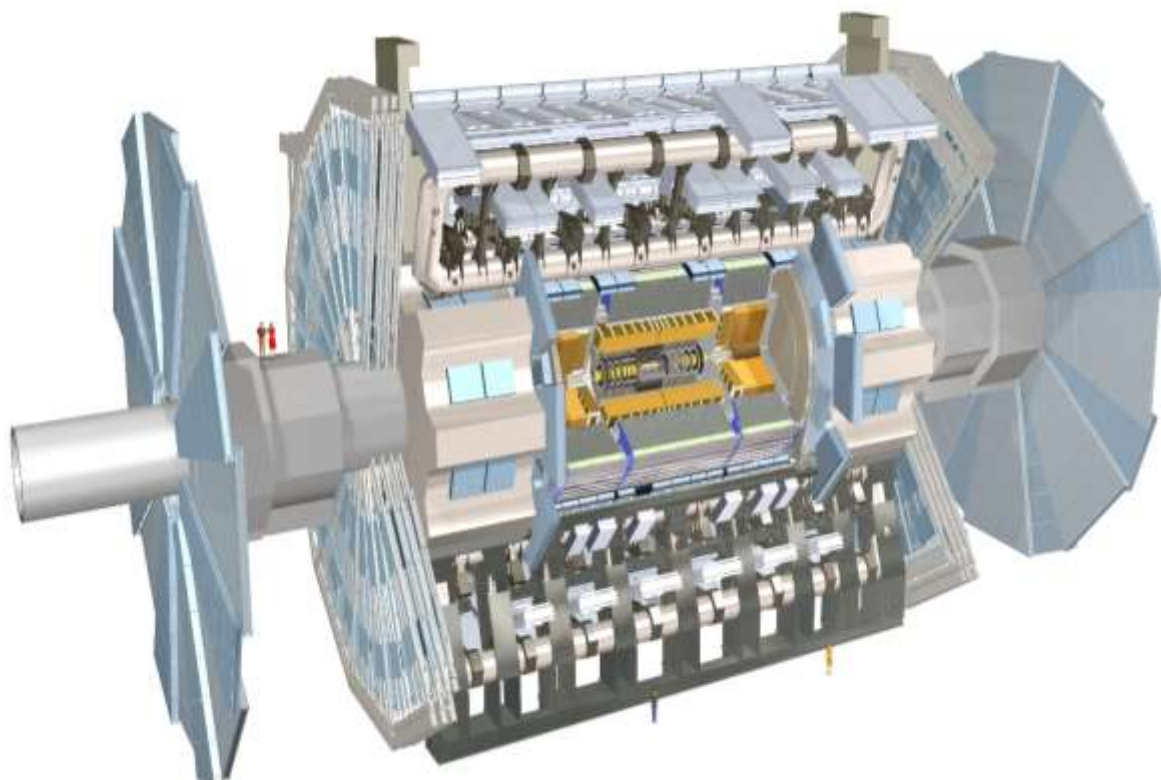
Trigger Centrale di Livello 1

Trigger Calorimetrico di Livello 1

Trigger di muoni di Livello 1

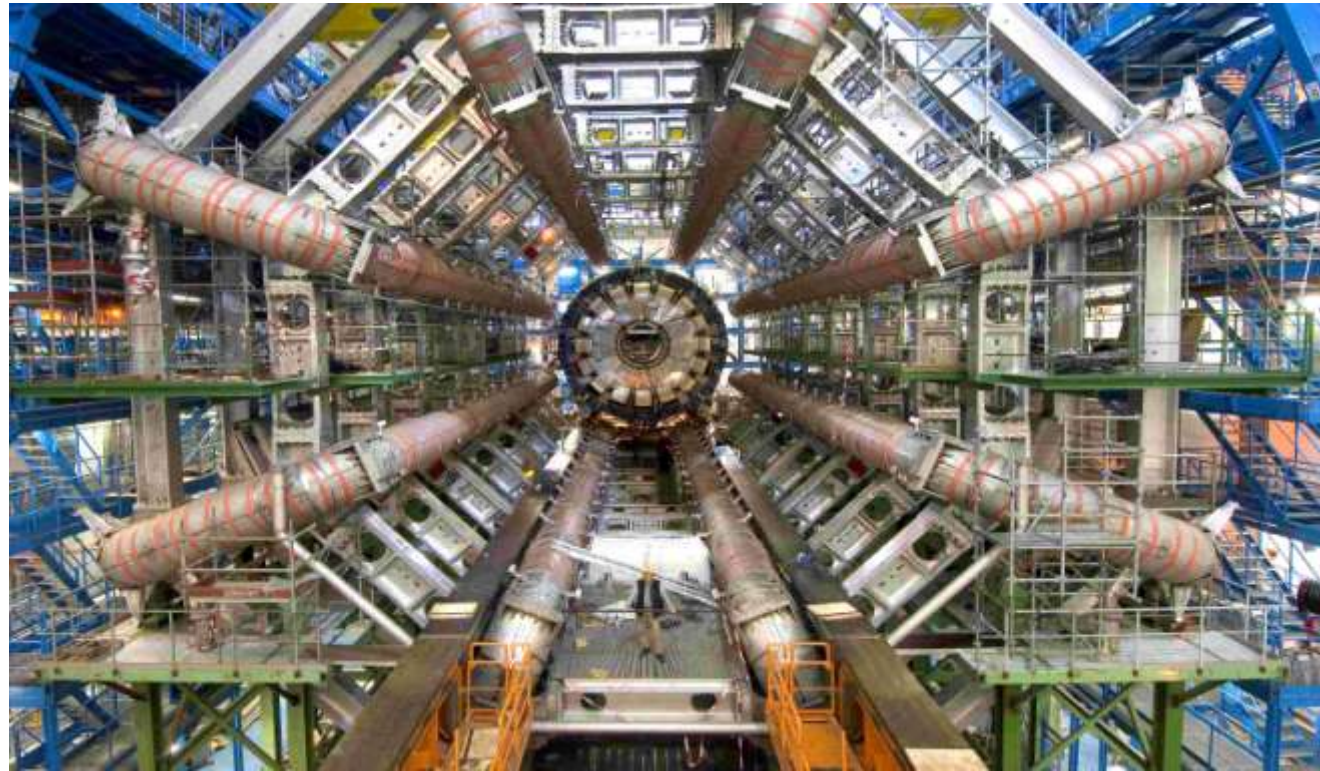
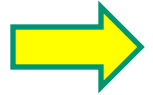
HLT

DAQ



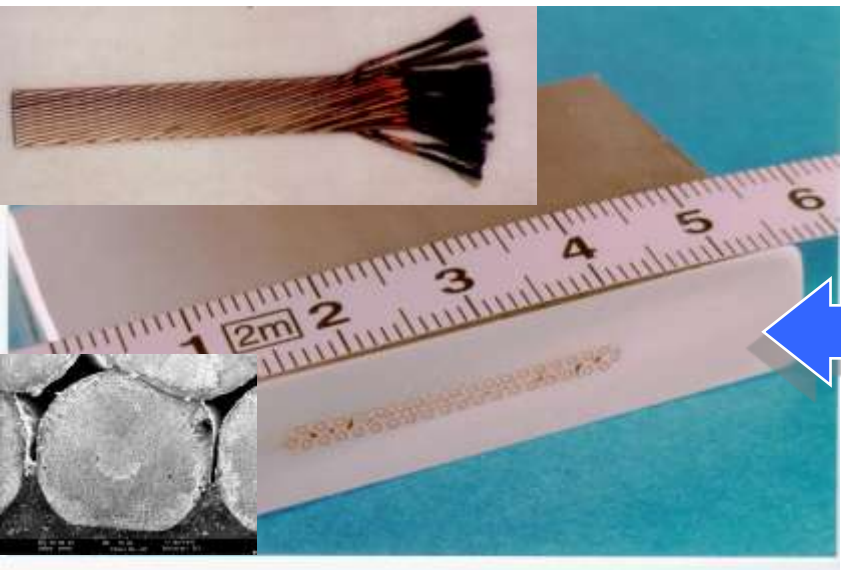


- 1 Toroide centrale (BT) + 2 Toroidi End Cap (ECT) + 1 Solenoide Centrale
- Il Toroide Centrale e' , per le sue dimensioni, il piu' grande magnete superconduttore al mondo attualmente in funzione
- 25 m (lunghezza) x 20 m (diametro); 8200 m³ (volume)
- 165 tons / 91 km di cavo superconduttore
- 695 tons di massa fredda a 4.8 K, raffreddata per conduzione
- valore di picco del campo di 4.1 T sul superconduttore, a corrente di operazione di 20.500 A (BT+ECT)
- energia immagazzinata pari a 1.55 GJ



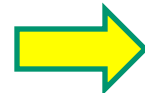


Oltre all'importante contributo in fase di progetto, l' INFN (Milano-LASA) ha finanziato ed e' stato responsabile della fornitura di alcuni dei piu' impegnativi – e difficili- componenti del sistema di magneti di ATLAS. Due esempi sono mostrati qui sotto:



Meta' del cavo superconduttore "Rutherford" a NbTi per i toroidi centrale ed EndCap e' stato costruito da Europa Metalli, Fornaci di Barga (ora Luvata), in collaborazione con ETH Zürich .

*Effettuata intensa attivita' di R&D per ottenere :
alta densita' di corrente critica ,
buon contatto meccanico/elettrico tra cavo
superconduttore e matrice di alluminio ,
giunzione del cavo a bassa resistenza .*



La parte piu' importante del toroide centrale, cioe' le sue 16 bobine, sono state costruite da Ansaldo (ASG), Genova.

Un enorme sforzo e' stato necessario per garantire la qualita' e l'omogeneita' dell'avvolgimento e il processo di impregnazione , con tolleranze geometriche di +/- 6 mm su una lunghezza di 25m





Contributi INFN ai magneti di Atlas attraverso l'industria Italiana

| Item | Ditte Italiane Coinvolte | % della fornitura totale finanziato e fornito da INFN | Valore economico IVA esclusa |
|--|--------------------------|---|------------------------------|
| Costruzione del prototipo di bobina, B0 | ASG, EZ, EM | 65% | 1.7 M€ |
| Costruzione delle 16 bobine di BT, incluso tooling | ASG | 100% | 8.0 M€ |
| Manifattura del conduttore di BT + ECT | EM | 25% | 2.4 M€ |
| Manifattura dello schermo termico di BT | EZ | 100% | 1.6 M€ |
| Sistema di protezione elettrica di BT, ECT, CS | MI, PE, SE | 88% | 0.3 M€ |
| | | TOTALE | 14.00 M€ |

| | | | |
|-----|---|-------------------------|---|
| ASG | Ansaldo Superconduttori SpA, Genova, Italia | www.as-g.it | Magneti, Criostati, Sistemi di vuoto, Ciclotroni, Cavità' RF |
| EM | Europa Metalli, ora Luvata Fornaci di Barga, Italia | www.luvata.com | Superconduttori |
| EZ | Ettore Zanon, Schio, Italia | www.zanon.com | Componenti per Oil Gas e Chimici, Convenzionali ed Energia Nucleare, Istituti di Ricerca, Vuoto e Ultra Vuoto |
| MI | Microelettrica Scientifica, Rozzano (MI), Italia | www.microelettrica.com | Contatti, Resistori, Relays di Protezione, Trazione |
| PE | Peirs, now Power Equipments, Settimo To. (TO), Italia | www.powerequipments.com | Equipaggiamenti di Potenza elettrica |
| SE | SECOM, Sesto S. Giovanni (MI), Italia | www.secompower.it | Equipaggiamenti e Componenti di Potenza elettrica |

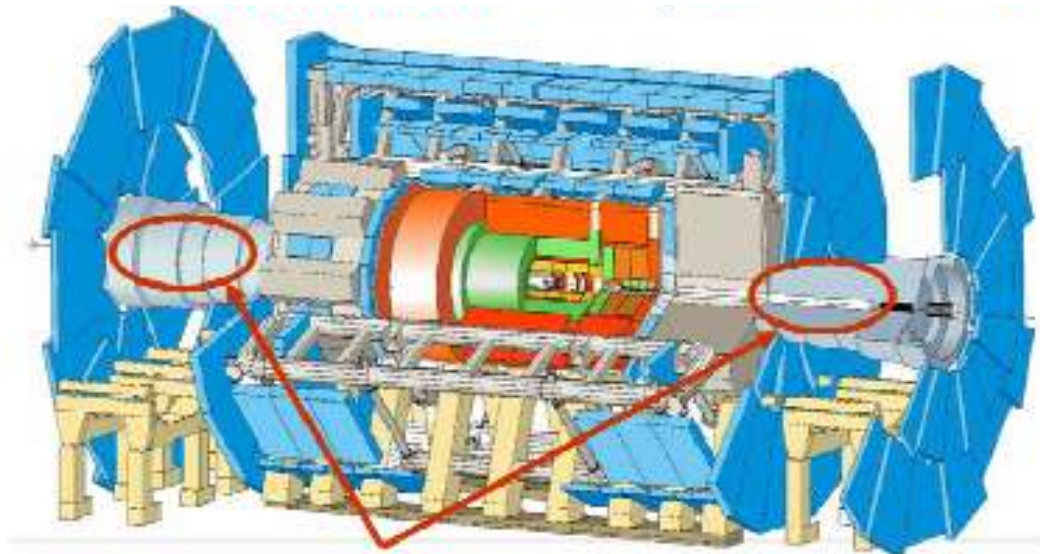
Ditte Italiane coinvolte



[Torna all'esperienza](#)

Il rivelatore LUCID

LUCID : **LU**minosity **C**herenkov **I**ntegrating **D**etector



Posizione dei 2 moduli di LUCID in Atlas

Il rivelatore LUCID

e' costituito di due moduli posti a 17 m dal punto di interazione

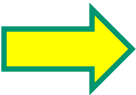
e' progettato per misurare la luminosita' di LHC fino a valori di $L = 4 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

e' sensibile alle particelle cariche puntanti provenienti dalle collisioni primarie pp

LUCID → Sistema di rivelatori Cherenkov a gas per ottenere:

- Misura e monitoraggio della luminosita' relativa integrata nel tempo e per Bunch Crossing
- Trigger delle interazioni pp durante la fase di bassa luminosita'

Una volta calibrato LUCID fornira' una misura della luminosita' assoluta



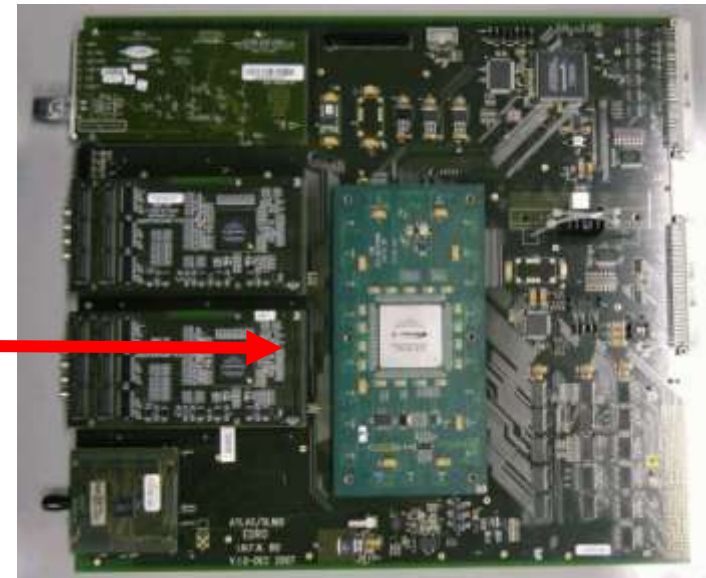
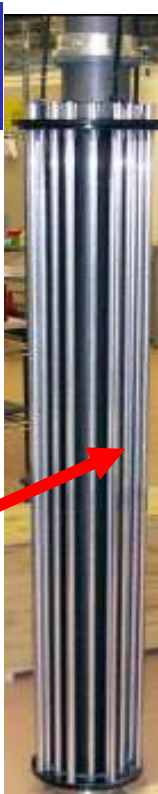
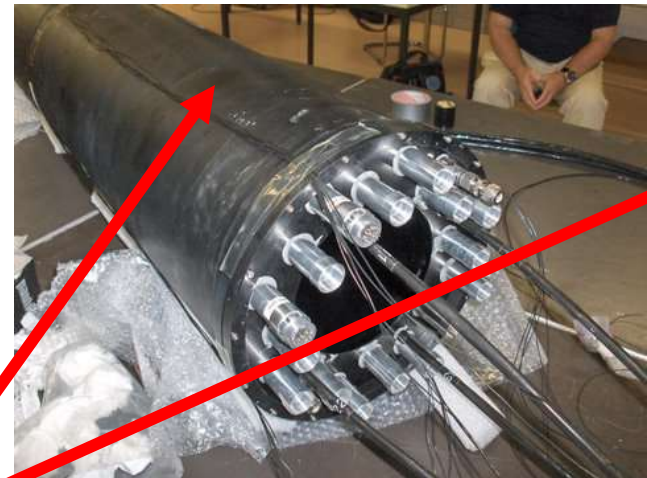
Il contributo INFN a LUCID

L' INFN (Bologna) ha dato un contributo rilevante alla realizzazione di LUCID in tutte le fasi del progetto :

R&D sul rivelatore, progettazione, costruzione e messa in funzione.

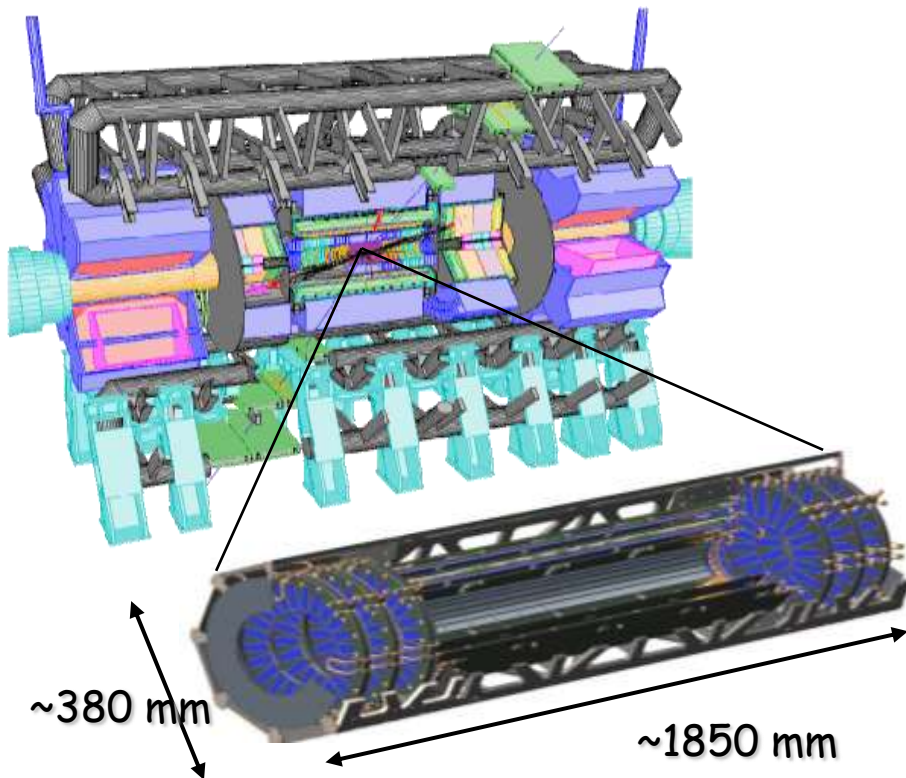
Responsabilita' INFN in:

- Leadership del progetto
- R&D sul rivelatore e studi al test beam
- Meccanica (**Euromec S.r.l. – Modena**)
- Trigger e data acquisition
- Calibrazione del rivelatore e messa in funzione
- Elettronica (**Telma engineering + Seven elettronica S.r.l. - Bologna**)



Torna all'esperimento

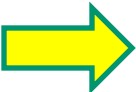
Il rivelatore a Pixel di Atlas



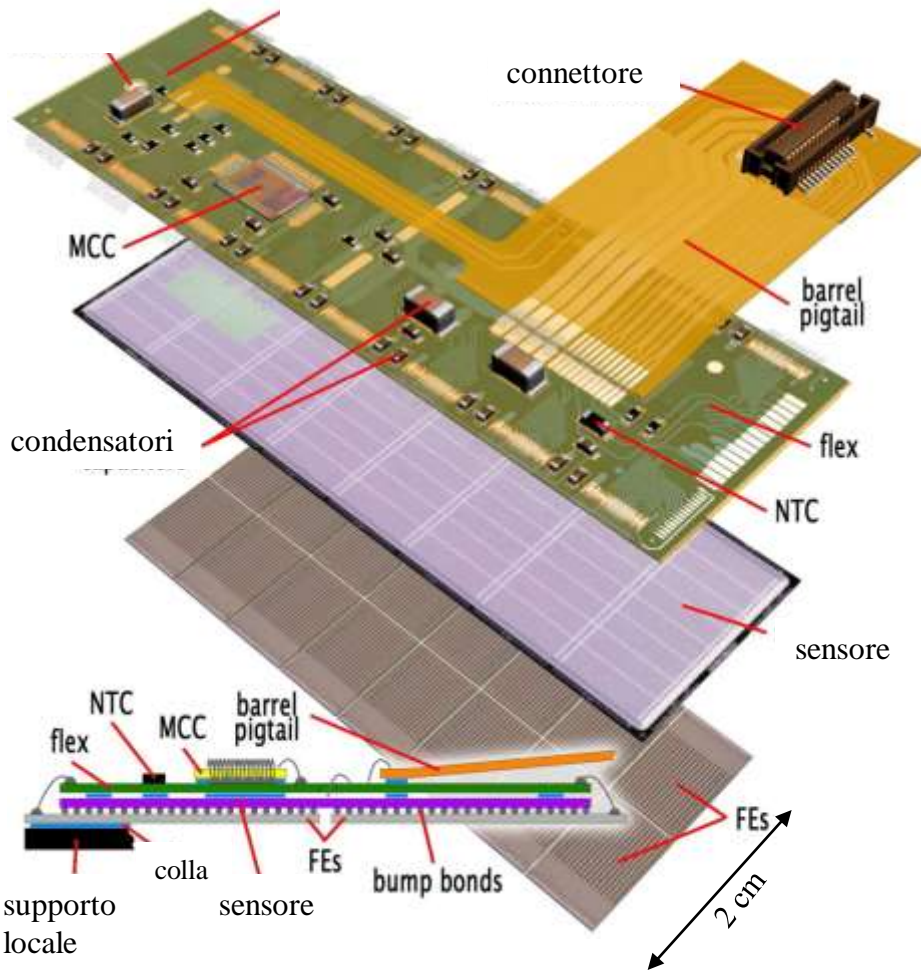
I due strati esterni del rivelatore a Pixel centrale, con i servizi elettrici e di raffreddamento



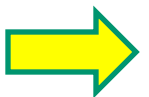
- Il rivelatore a Pixel e' il "rivelatore di vertice" dell'esperimento Atlas.
- E' costituito da tre strati centrali concentrici (il piu' interno, detto B-layer, a $R=5.1$ cm dalla zona di interazione) e sei dischi, che coprono, con **tre punti di misura precisi**, la regione fino a $|\eta| = 2.5$.
- Vi sono 1456 moduli centrali e 288 moduli "in avanti" (forward), per un totale di **80 milioni di canali** e un' area sensibile di 1.7 m^2 .
- Un sistema di raffreddamento evaporativo (C_3F_8) mantiene i moduli a temperatura inferiore a 0°C , all'interno di un capo magnetico solenoidale di 2T.
- E' richiesta alta resistenza alla radiazione ($\text{NIEL} > 10^{15} \text{ 1 MeV n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$)



Il modulo di rivelatore a Pixel



- Un modulo è **l'unità elementare** di rivelatore.
- Ogni modulo è costituito da **un sensore di silicio**, letto da **16 front-end (FE) chips**, connessi mediante bump bonding (utilizzando SnPb, alla IZM di Berlino o Indio, alla SELEX di Roma).
- La digitalizzazione dei dati e' effettuata localmente dall'elettronica di FE. L'informazione da e verso i FE, passa attraverso un **chip di controllo del modulo (MCC)**, che inoltre effettua la funzione di "event building".
- Fibre ottiche per il trasferimento di dati connettono il rivelatore alle sale di controllo.
- La struttura meccanica in fibra di carbonio, lunga 7m, mantiene il **posizionamento relativo dei moduli entro 10 μ m**



Il contributo italiano al rivelatore a Pixel

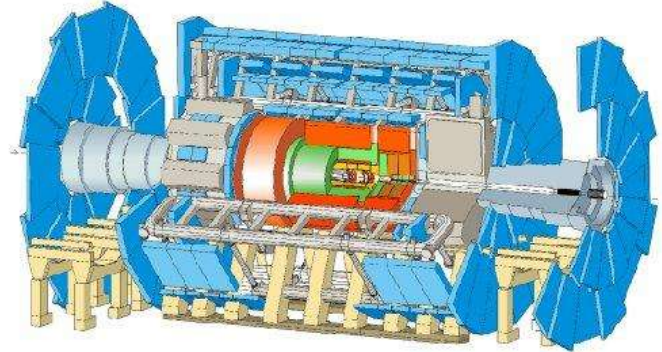
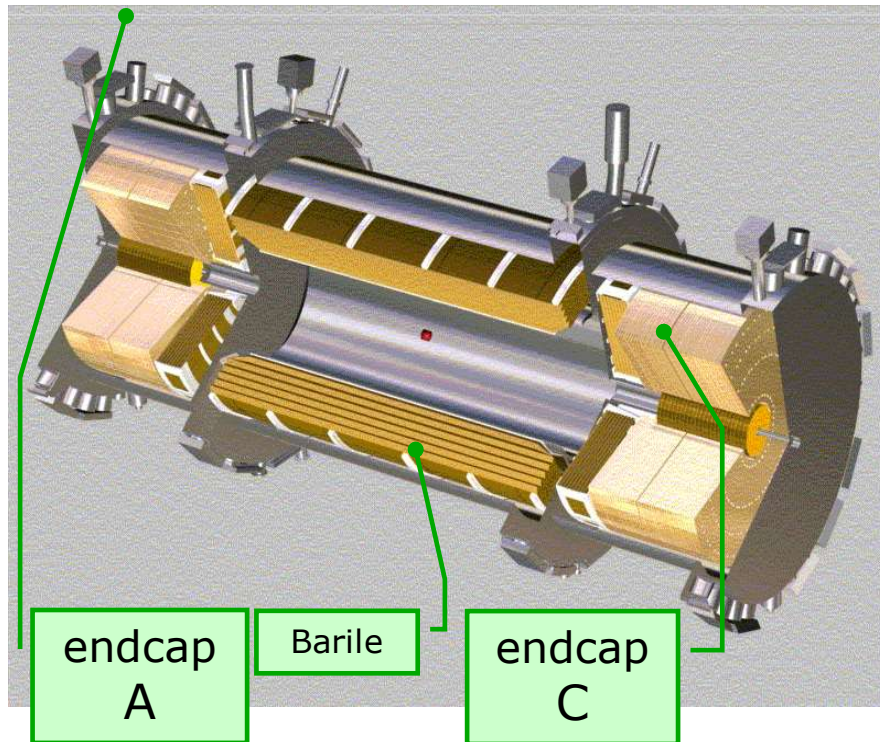
I principali contributi riguardano

- ✓ **Sviluppo del chip di controllo del modulo (MCC)**
- ✓ **Ottimizzazione della tecnica di “bumping” con Indio introducendo capacita’ di ri-lavorazione insieme alla ditta SELEX (partner industriale)**
- ✓ **Assemblaggio e qualifica dei supporti locali insieme alla ditta Plyform**
- ✓ **Progettazione e qualifica del sistema di alimentazione dei moduli (SGS per i regolatori di tensione)**
- ✓ **Qualifica dei sensori**
- ✓ **Montaggio e qualifica di circa’ meta’ dei moduli**

Il contributo INFN (Genova, Milano, Udine) a questo rivelatore e’ superiore al 30% del totale

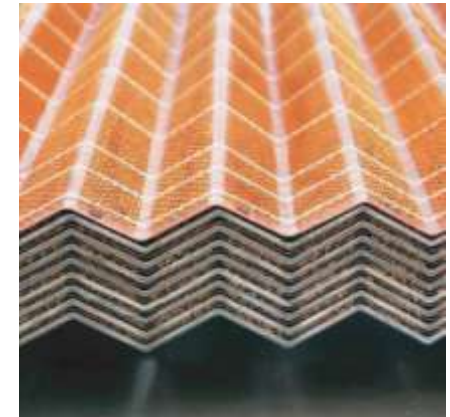
[Torna all’esperimento](#)

Il calorimetro elettromagnetico a LAr di Atlas



EMB: $|\eta| < 1.48$

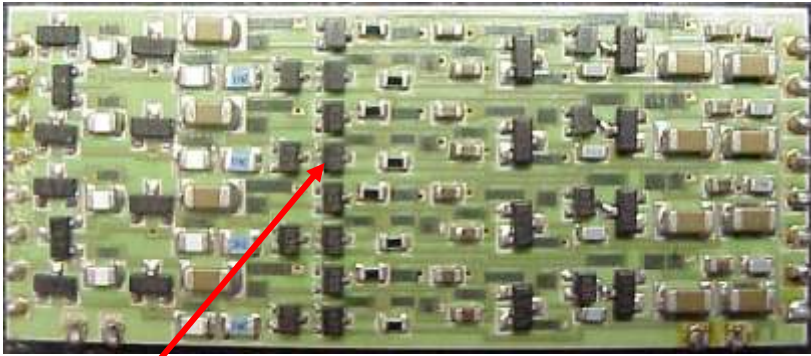
EMEC:
 $1.4 < |\eta| < 3.2$



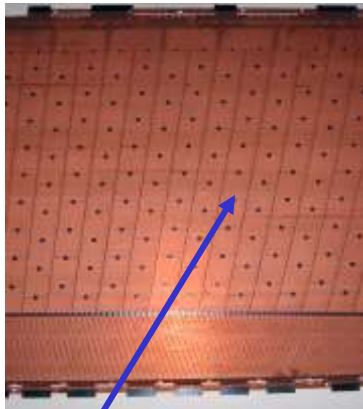
Il calorimetro elettromagnetico di Atlas è un calorimetro a campionamento ad Argon liquido con geometria a fisarmonica (accordion), che garantisce completa copertura azimutale. E' composto da un sottorivelatore centrale e due End-Caps, che assicurano una copertura fino a pseudorapidità $|\eta|=3.2$ ¹²



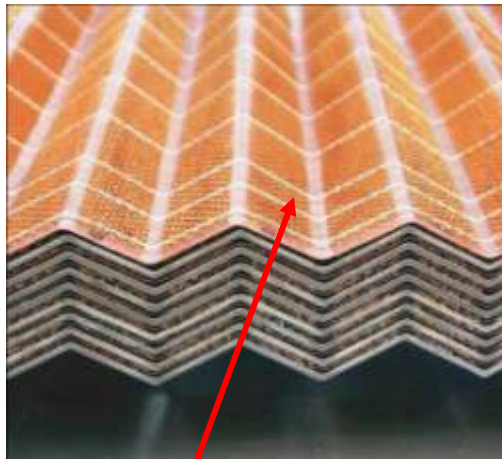
Contributo INFN al calorimetro a LAr



Preamplificatori a 4 canali a tecnologia ibrida



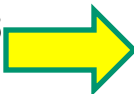
**Elettrodo di lettura
piatto in Cu-kapton
(dettaglio)**



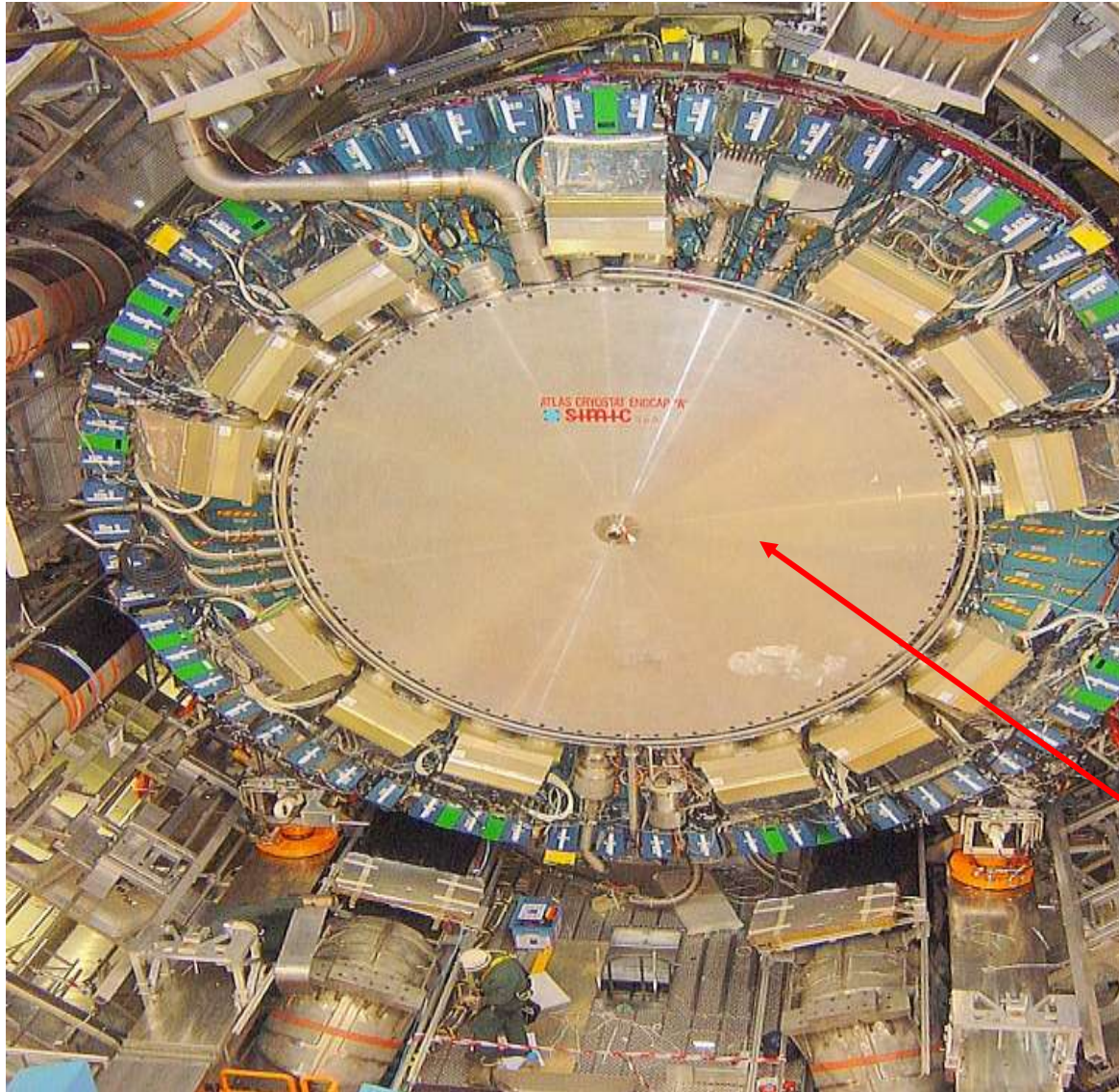
**Assorbitori in Pb /elettrodi
in Cu kapton a forma di
“fisarmonica” (accordion)**

L' INFN (Milano) ha collaborato alla fase di R&D, alla progettazione, costruzione e messa in funzione del calorimetro di Atlas ad Argon liquido. I contributi principali sono stati (in collaborazione con altri istituti) :

- **Attività di R&D , costruzione e test degli elettrodi di lettura in Kapton**
- **Costruzione del 50% dei preamplificatori (~ 190 K canali)**
- **Progettazione e costruzione dei servizi per l'elettronica di Front End delle End Caps.**
- **Sistema di controllo e monitoraggio software del sistema di HV**



Contributo al calorimetro a LAr di Atlas attraverso l'industria italiana



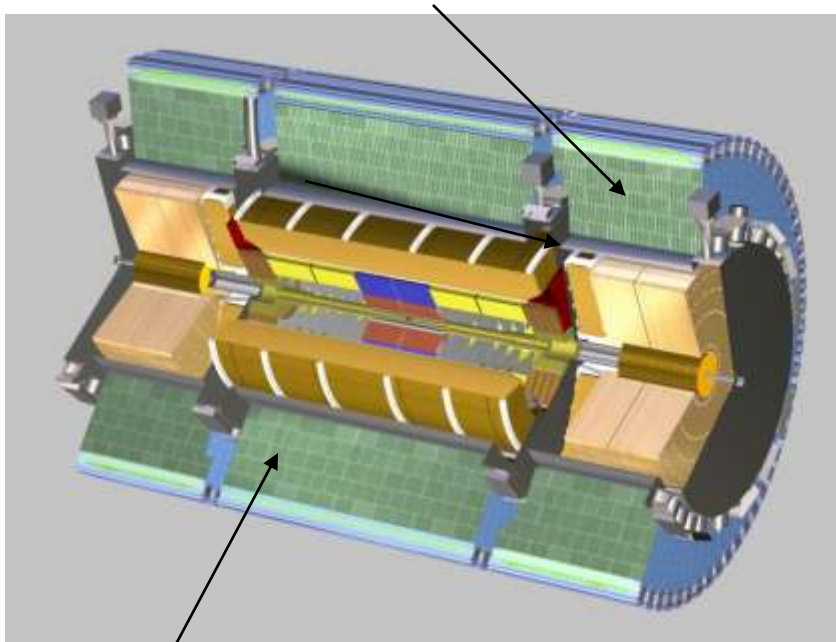
I criostati delle EndCap A e C di ATLAS sono stati costruiti dalla ditta **SIMIC (Italia)**

Criostato End Cap

[Torna all'esperimento](#)

Il calorimetro adronico a Tile di Atlas

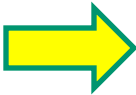
Estensione del barile a Tile



Barile a Tile



Barile a Tile montato



Contributo INFN (Pisa) al calorimetro a TILE di Atlas

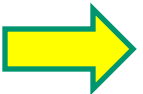
- Il 25% del barile a TILE è stato costruito in Italia: 320 moduli, ciascuno 1.2 tons (Galli Morelli, Lucca)
- Tutte le fibre del calorimetro a TILE (700000 fibre) sono state qualificate e montate in fascetti in ITALIA (Pol Hi Tech, Carsoli (AQ))



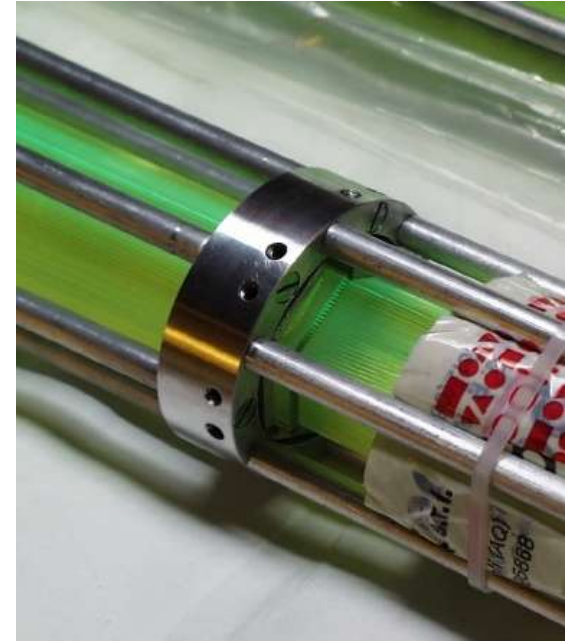
Un sotto-modulo durante l'assemblaggio



Assemblaggio dei moduli (18 sotto-moduli),
Il barile a TILE e' costituito da 64 moduli



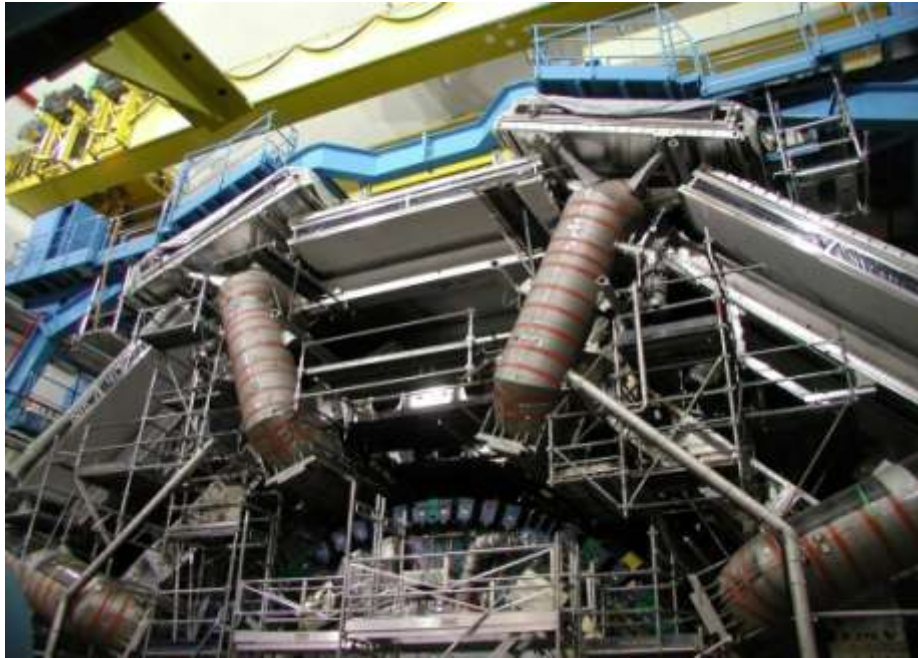
PolHiTech, (Carsoli, AQ)



Fibre in “fascetti” (bundles)
montate nel calorimetro

[Torna all'esperienza](#)

Camere di precisione di Atlas nello Spettrometro per Muoni Centrale (Barrel)



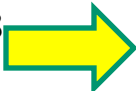
624 camere a deriva, dette MDT (Monitored Drift Tube).

Area totale coperta: 3122 m²

191,904 tubi, letti ognuno come canale elettronico individuale.

Contributo INFN :

- **MDT-BML (Barrel Middle Large):** 94 camere (26688 canali, 494 m²) (Laboratori Nazionali di Frascati),
- **MDT-BIL (Barrel Inner Large):** 116 camere (30480 canali, 272 m²) (Cosenza, Pavia, Roma I, Roma Tre)



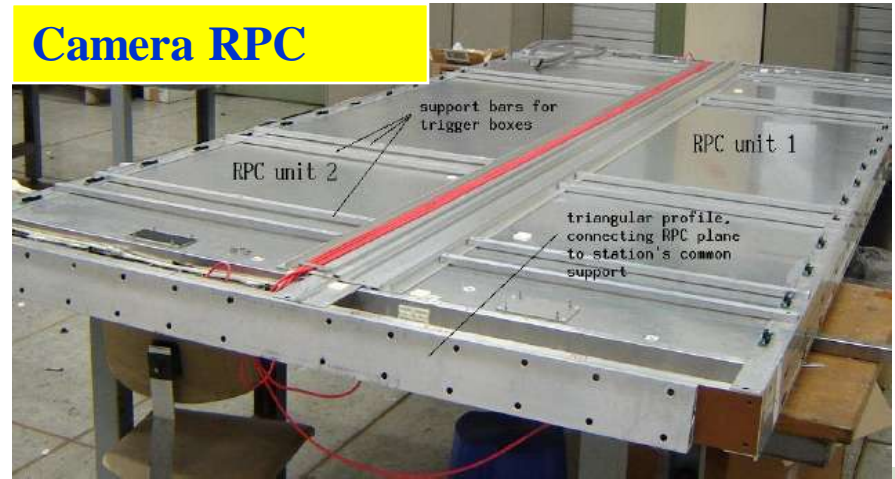
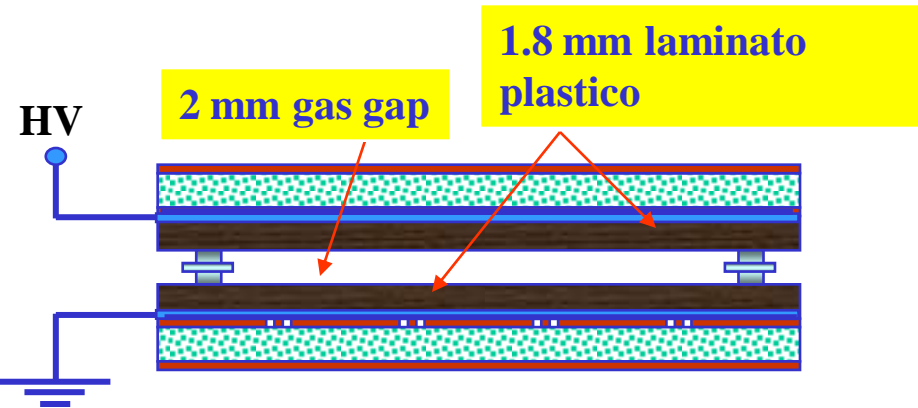
Precisione delle camere MDT

- Risoluzione sulla sagitta : $50 \mu\text{m}$ (sui 2800 m^3 del volume centrale)
- Da questa richiesta estremamente impegnativa , conseguono stringenti condizioni nella costruzione e nell'allineamento delle camere MDT:
 - ➔ Precisione meccanica nell'assemblaggio delle camere MDT $< 20 \mu\text{m}$
 - Verificata mediante Tomografia a Raggi X.
 - ➔ Risoluzione globale del singolo tubo $< 80 \mu\text{m}$
 - Ottenuta durante misure al test beam .
 - ➔ Movimenti relativi delle camere monitorati con un sistema di allineamento ottico con precisione $< 40 \mu\text{m}$ (più di 5000 raggi di allineamento in Atlas) .
 - Ottenuta durante misure al test beam.

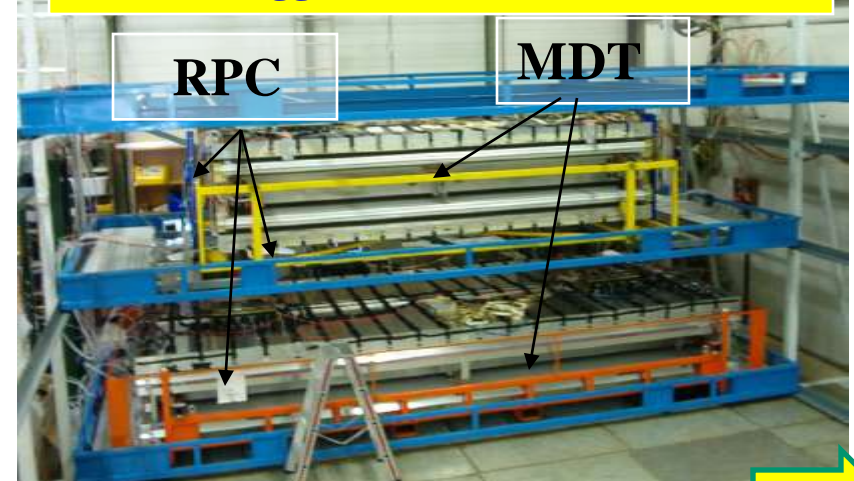
Camere RPC di trigger per muoni di Atlas

Le camere RPC sono usate come trigger di muoni nello spettrometro centrale.
Risoluzione spazio-temporale di $\sim 1 \text{ cm} \times 1 \text{ ns}$

Ciascuna unità e' composta da due strati di RPC



Stazioni MDT/RPC nella struttura di test con Raggi Cosmici



Un RPC è un rivelatore a gas a elettrodi piani paralleli che lavora in “avalanche mode”:

- *Campo elettrico nella gap: $\sim 5 \text{ kV/mm}$*
- *Resistività del laminato plastico: $\sim 1-4 \times 10^{10} \Omega \text{ cm}$*
- *Passo delle strisce di lettura: 26-34mm*
- *Miscela di gas:*
 $C_2H_2F_4 / C_4H_{10} / SF_6 = 94.7\% / 5\% / 0.3\%$



Contributo INFN al rivelatore di trigger centrale di Atlas

Il rivelatore di trigger a RPC della zona centrale di Atlas è un sistema modulare of 1116 unità (3650 m² di superficie totale, 370.000 canali)

Gran parte di esso e' stato prodotto industrialmente con alto grado di sinergia tra industria e istituti di ricerca. Molte industrie coinvolte in Italia:

Zener (IT) Circuiti stampati per elettronica di Front End (FE) e Back End (BE)

MicroTel (IT) Assemblaggio delle schede di FE e BE

Panpla (IT) Laminati plastici resistivi

General Tecnica (IT) Costruzione dei volumi di gas

General Tecnica (IT) Produzione dei pannelli di strisce

Alcan (IT) Estrusione dei profili di Alluminio

**Il contributo INFN al rivelatore RPC è stato > 90%
(Bologna, Lecce, Napoli, Roma 2)**

Produzione RPC e Quality Assurance

Lastre di laminato
plastico resistivo

Panpla

General

Volumi di
gas

Tecnica

Protvino

Pannelli di
supporto

Strutture
di supporto

Alcan +
Protvino

Profili
laterali

Assemblaggio
Camere RPC

INFN-Le

QA

INFN-Bo

INFN-Le

CERN/
Protvino

INFN-Na

INFN-Rm2

General
Tecnica

Pannelli
di strisce

INFN-Na

Foratura

INFN-Rm2

Equipaggiamento
strisce di FE

GIGA /
TriQuint

Circuiti
Elettronici
ad GaAs

Assemblaggio
delle schede

MicroTel

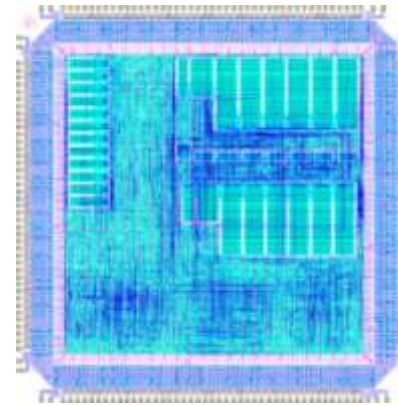
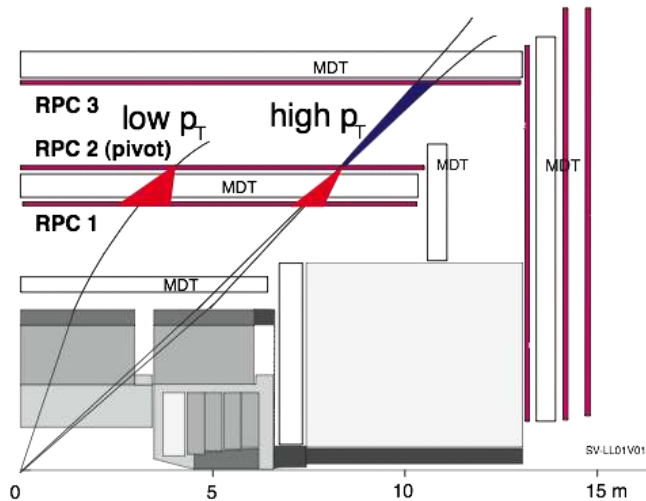
Zener

Circuiti stampati
per FE + BE

Torna all'esperimento

Trigger di Livello-1 di Muoni nel Barrel di Atlas

Concetto del trigger di Muoni nel Barrel

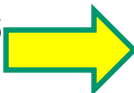
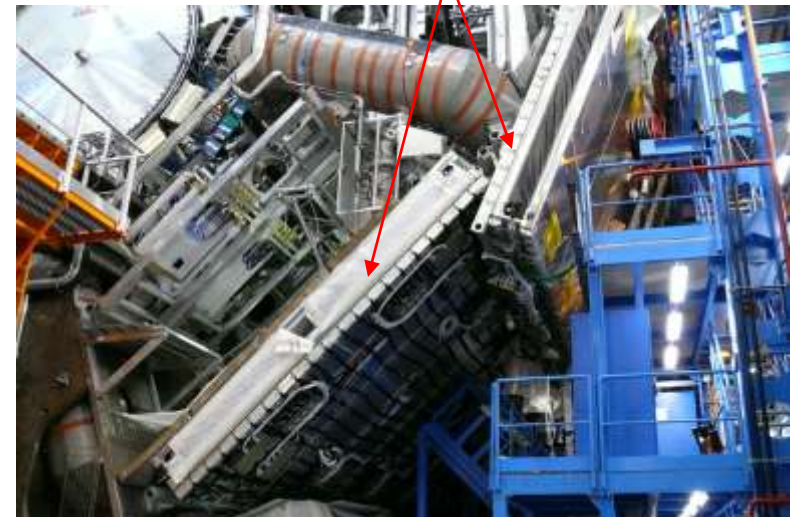


ASIC per l'implementazione dell'algoritmo di trigger (25mm², 0.18um UMC 6-metal, 1.2 million gates)

Selezione veloce di muoni di alto momento trasverso mediante elettronica appositamente progettata .

- Capacita' di selezione del trigger di 1/100000 collisioni p-p
- 300 camere RPC equipaggiate con processori di trigger ed elettronica di lettura.
- 350,000 canali di lettura, selezione di trigger sul rivelatore e lettura dei dati effettuata da 800 processori PAD, 830 Splitters, 3200 circuiti processori .
- 400 fibre (1Gb/s) trasportano i dati e l'informazione di trigger in sala conteggio.
- 128 schede di lettura e di trigger appositamente progettate per l'interfacciamento con il trigger centrale di Atlas e il sistema di Data Acquisition.

Camere RPC nel Barrel istallate con la loro elettronica di trigger e di lettura



Trigger di Livello-1 di Muoni nel Barrel di Atlas

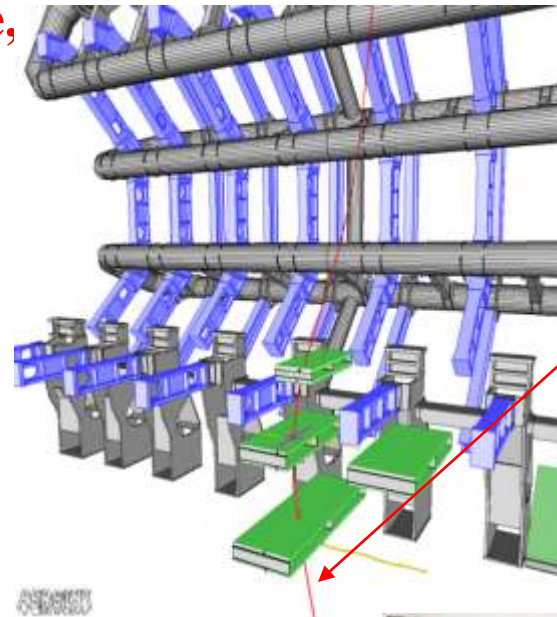
**100% contributo INFN nella concezione, progettazione, produzione, sviluppo software e mantenimento del sistema.
(Roma1, Napoli, Bologna)**

Forte partecipazione dell'industria italiana (CAEN, Viareggio) per l'ingegnerizzazione e la produzione delle unità di processamento.

Progetto INFN del processore ASIC a 192 canali (25 mm², 0.18 micron CMOS, resistente alla radiazione:

- 2 ns di risoluzione temporale nella lettura dei dati,
- 60 ns di tempo di processamento dell'algoritmo di trigger,
- allineamento temporale sui dati dai 4 piani di rivelatori,
- Soppressione degli zeri nella costruzione degli eventi.
- Tre soglie in Pt programmabili.

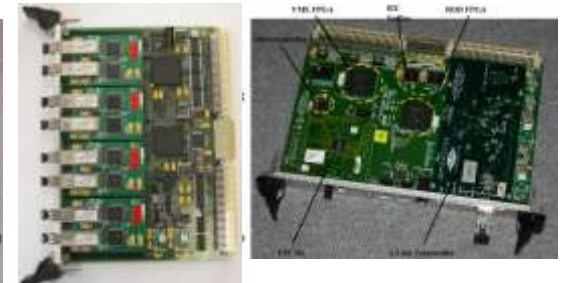
Links ottici ed elettronica "off-detector" progettata e prodotta dall' INFN .



Primo Muone da raggi cosmici in Atlas con magnete acceso, triggerato dal sistema di Livello1 (Nov.2006)



Unità di processamento "on-detector" (INFN-Roma1-CAEN)



Moduli ("off-detector") di Trigger e ROD (Readout-Driver) (INFN-Roma1 e INFN-Napoli)

[Torna all'esperimento](#)

Sistemi di alimentazione HV/LV dello spettrometro per Muoni di Atlas

1168 camere MDT , 674 stazioni RPC , 3588 unità TGC e 32 camere CSC

▪ MDT

- 2300 canali HV, 200 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”
- 570 canali LV, 140 distributori LV “rad-hard” e “B-tol”

▪ RPC e trigger di Livello 1

- 280 canali HV , 48 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”
- 560 canali LV, 48 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”
- 820 canali LV (per Livello 1) , 104 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”

▪ TGC

- 3600 canali HV, 130 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”
- 360 canali LV, 175 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”

▪ CSC

- 128 canali HV, 12 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”
- 32 canali LV, 6 distributori HV “rad-hard” e “B-tol”



Sistemi di alimentazione HV/LV dello spettrometro per Muoni di Atlas

- Tutti i distributori delle alimentazioni dello spettrometro per Muoni di Atlas sono certificati per lavorare in ambiente ostile. Il campo magnetico B può arrivare a 0.2 T, e la tolleranza alla radiazione è sufficiente per il fondo aspettato a LHC con un fattore 20 di sicurezza.
- L'attività di R&D necessaria è stata effettuata, in un periodo di parecchi anni, principalmente dall'industria CAEN S.p.A. con un forte contributo dell'INFN. Il CERN ha fornito uno strumento fondamentale, testando vari componenti sotto radiazione e creando un database dei risultati.
- L'INFN ha fornito come contributo ad Atlas tutto il sistema di alimentazioni degli RPC e del trigger di Livello 1, e il 60% di quello delle camere MDT.
- La CAEN ha fornito i sistemi di alimentazione per tutti i rivelatori dei Muoni, a parte le alimentazioni LV per le camere in avanti denominate CSC.
- L'INFN e la CAEN continueranno la collaborazione anche per gli impegnativi "upgrade" per SLHC, ove la radiazione sarà 10 volte maggiore.