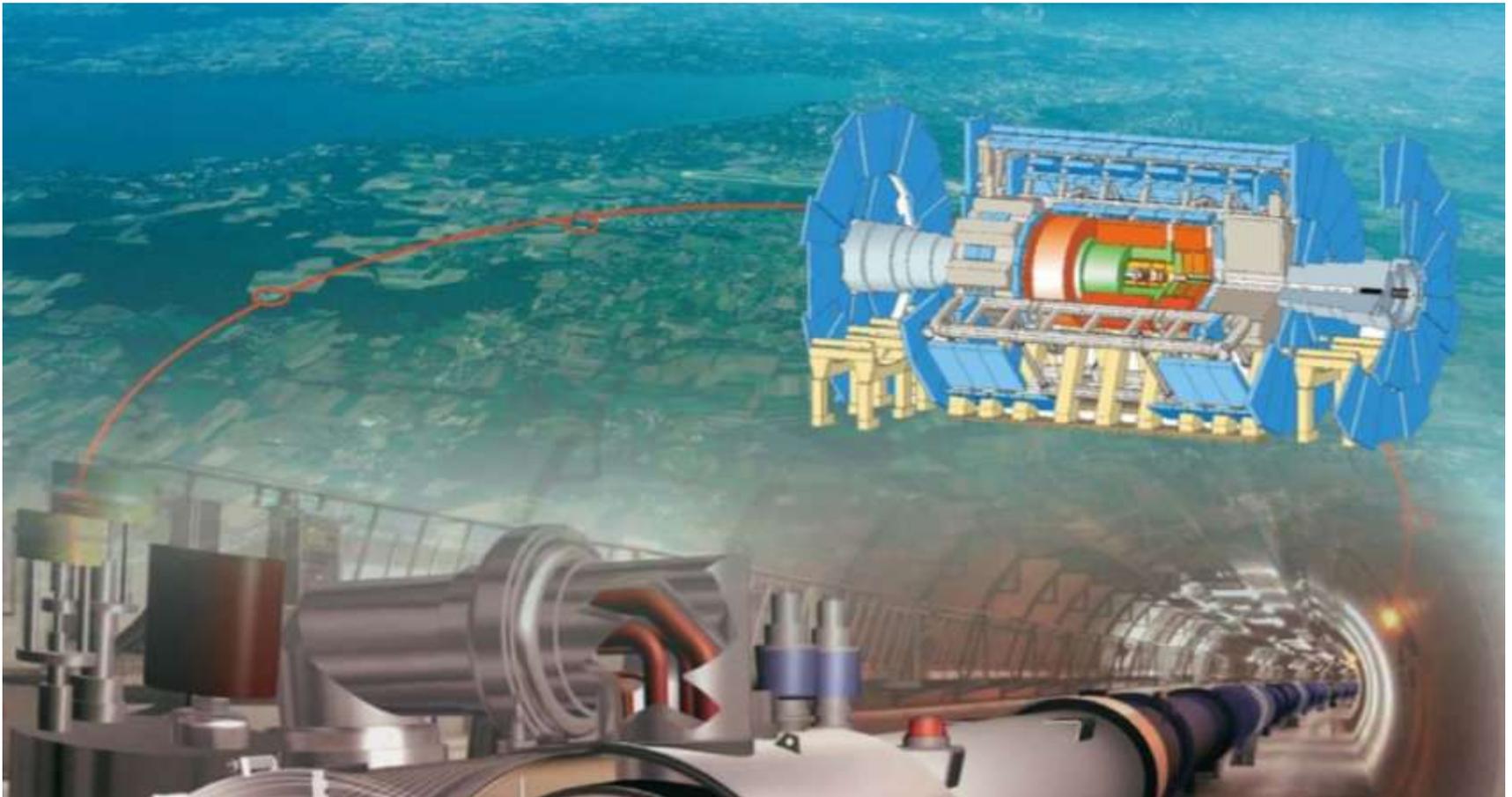


L'Esperimento Atlas al Large Hadron Collider (LHC) e il contributo dell'INFN



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



Solenioide

Trigger/DAQ :

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



Analisi dei dati



Toroidi in avanti

Monitor di luminosità:

Lucid



Toroide centrale:
Avvolgimenti bobine



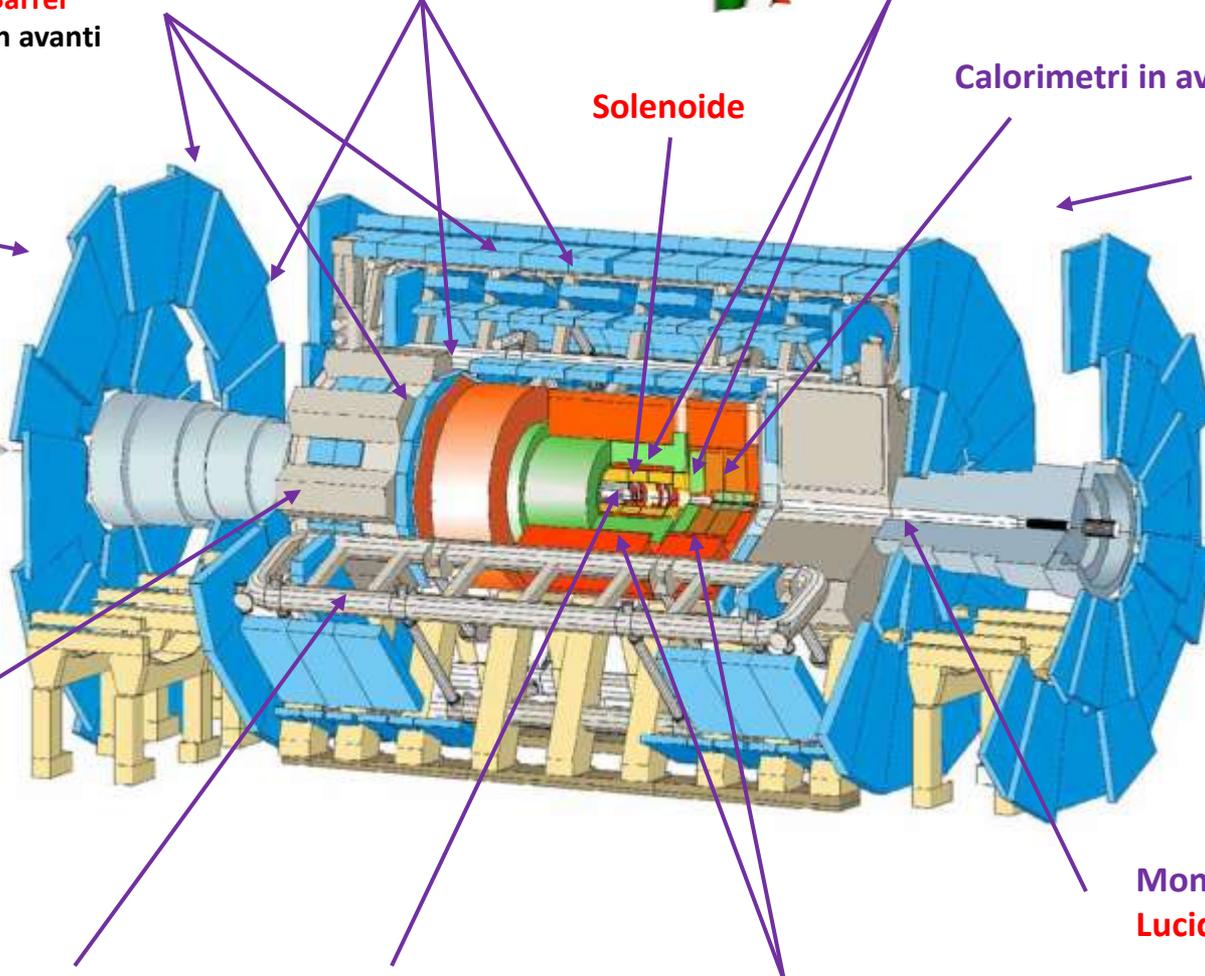
Tracciatore interno:

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

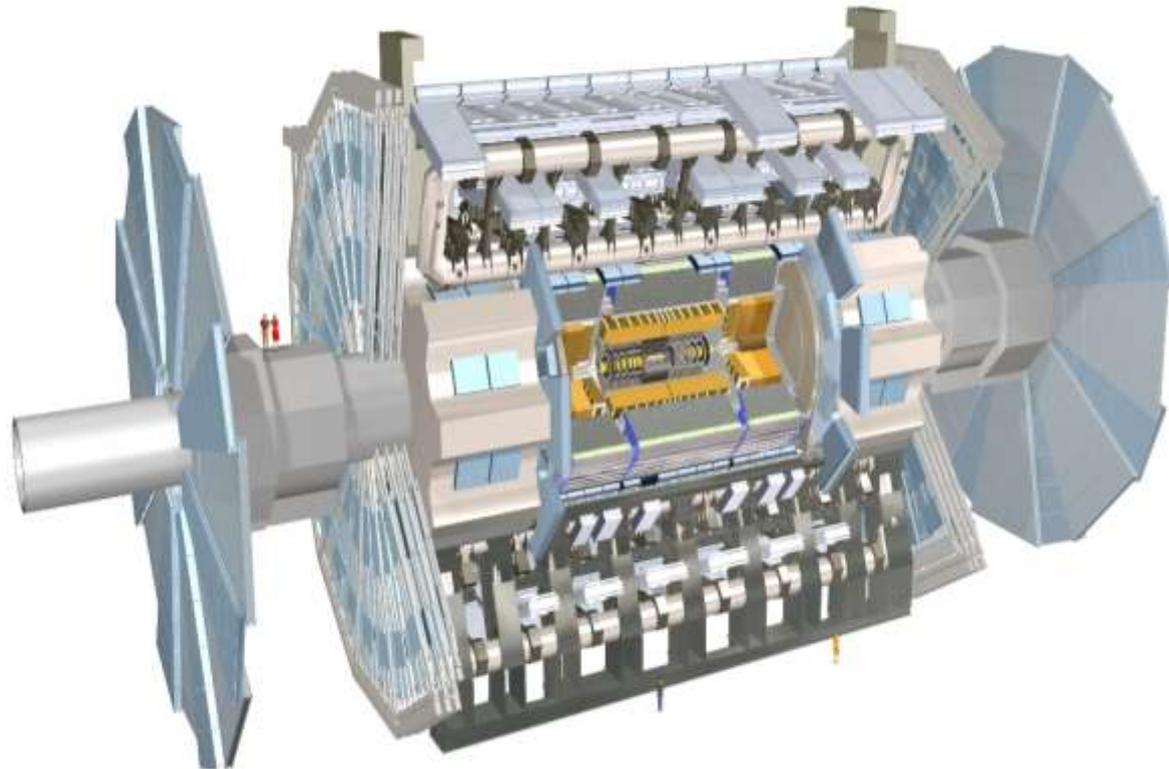
Trigger Centrale di Livello 1

Trigger Calorimetrico di Livello 1

Trigger di muoni di Livello 1

HLT

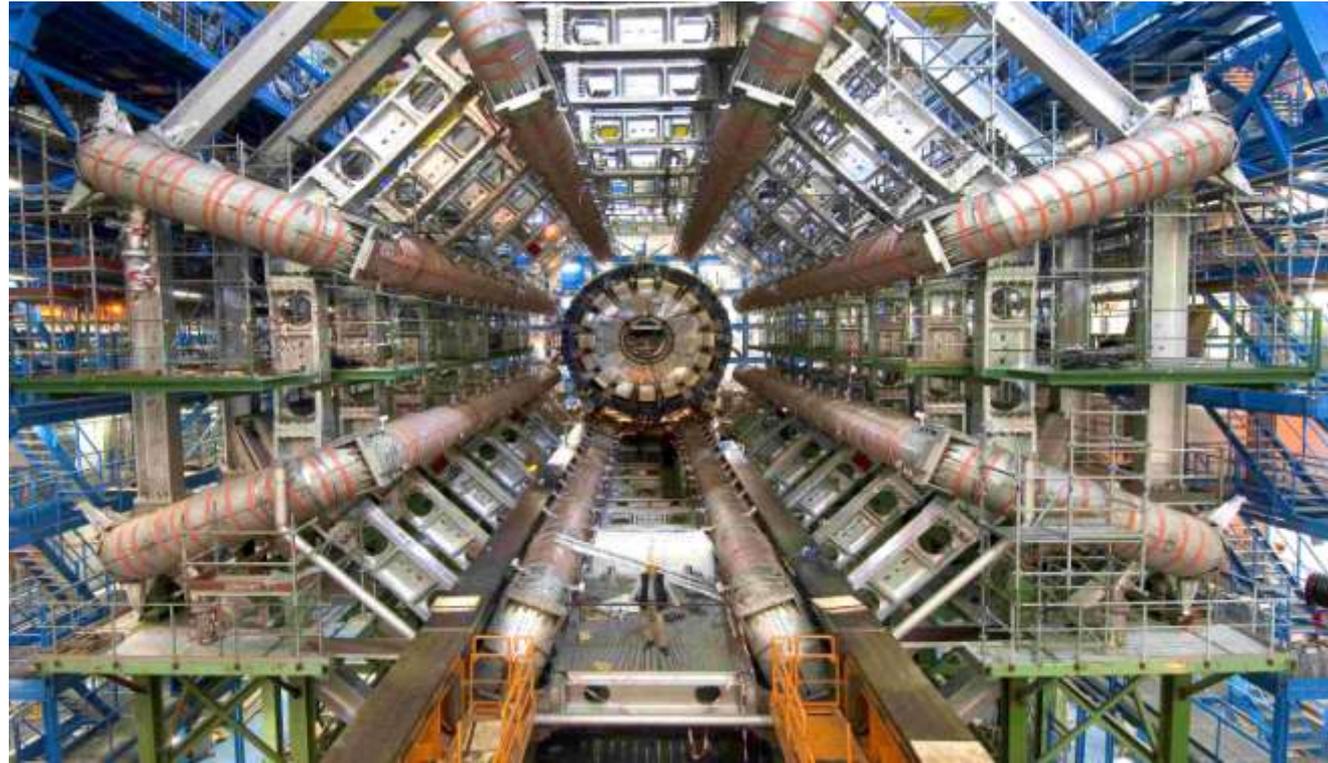
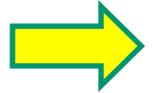
DAQ



Il sistema di magneti di ATLAS

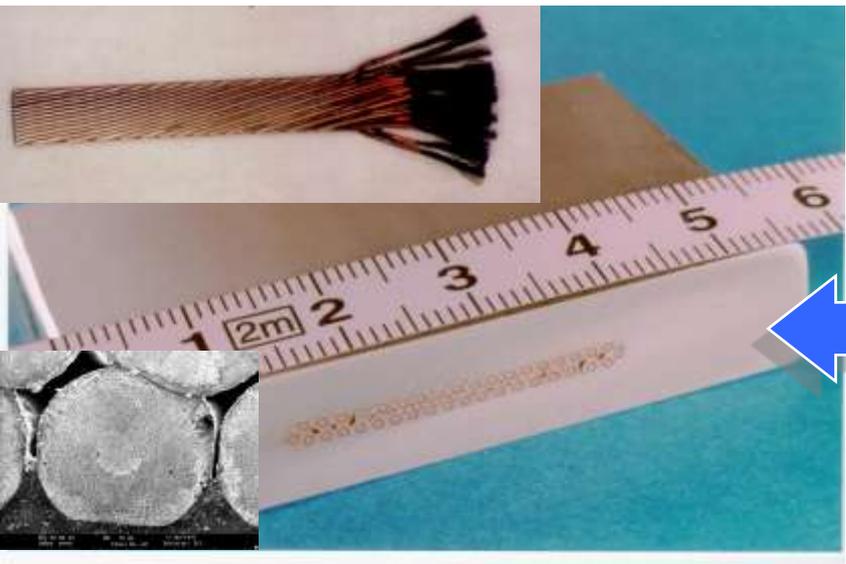


- 1 Toroide centrale (BT) + 2 Toroidi End Cap (ECT) + 1 Solenoide Centrale
- Il Toroide Centrale e' , per le sue dimensioni, il piu' grande magnete superconduttore al mondo attualmente in funzione
- 25 m (lunghezza) x 20 m (diametro); 8200 m³ (volume)
- 165 tons / 91 km di cavo superconduttore
- 695 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

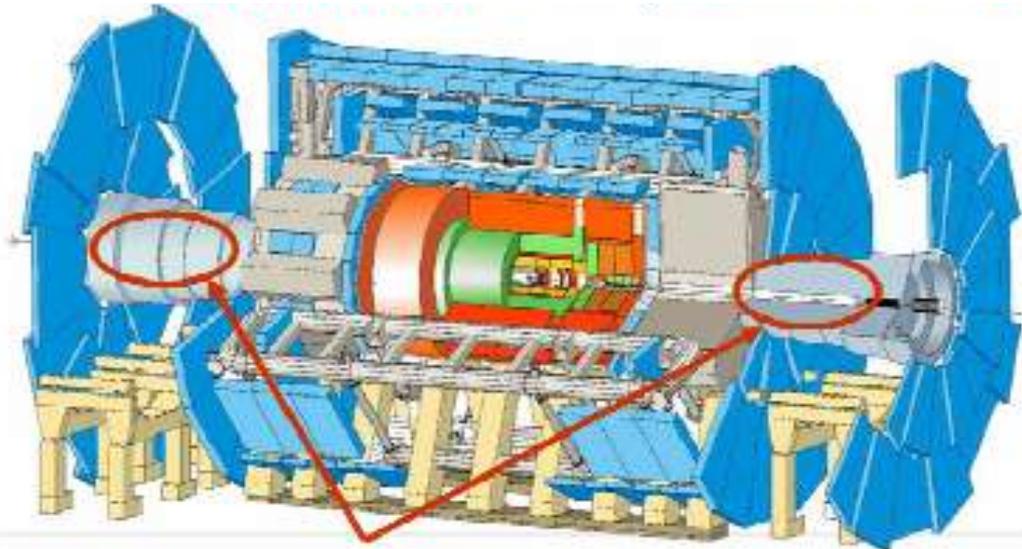
Ditte Italiane coinvolte



[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

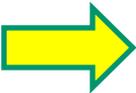
e' progettato per misurare la luminosita' di LHC fino a valori di $L = 4 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

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



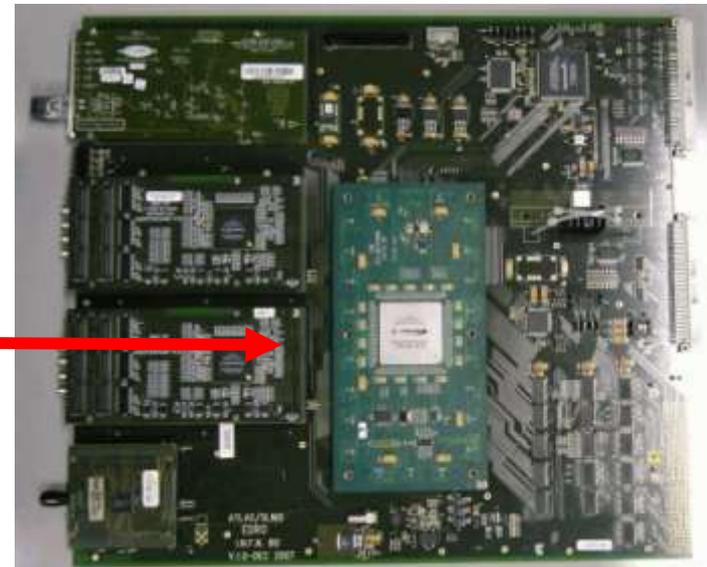
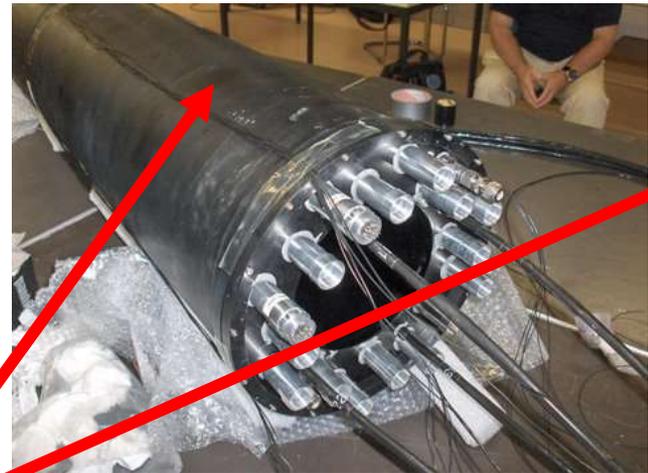
Il contributo INFN a LUCID

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.

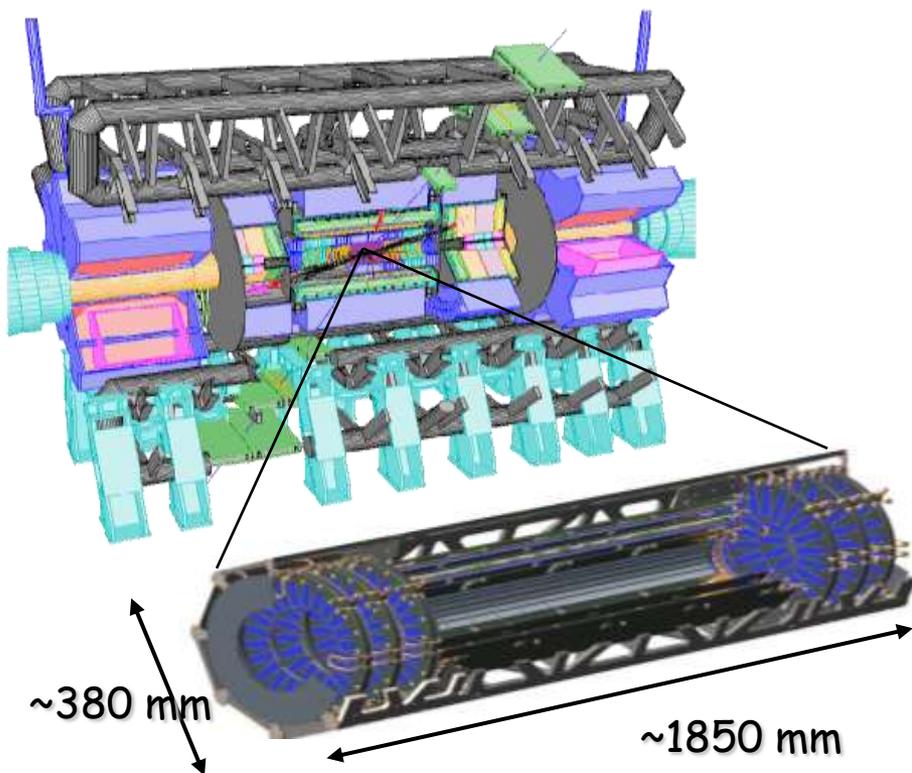
Responsabilita' INFN in:

- 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**)



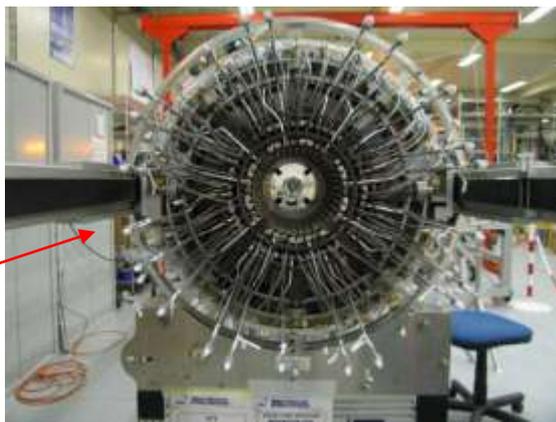
Torna all'esperimento

Il rivelatore a Pixel di Atlas

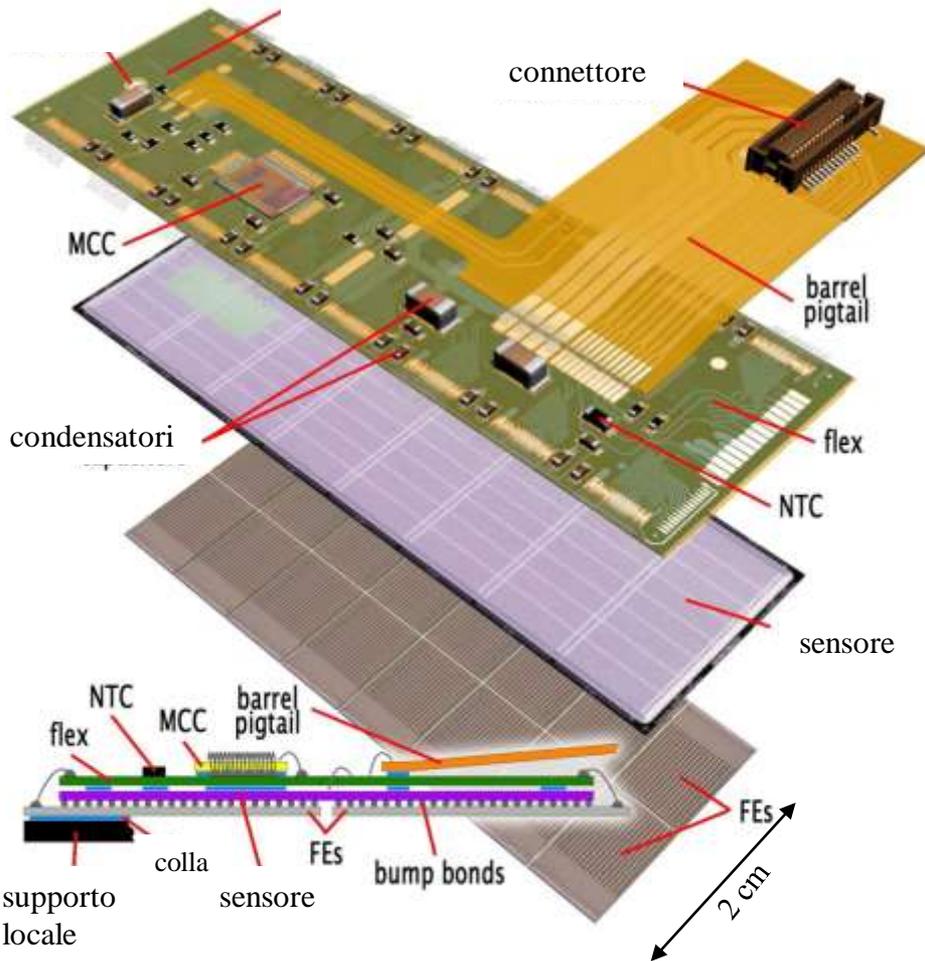


- Il rivelatore a Pixel e' il "rivelatore di vertice" dell'esperienza Atlas.
- E' costituito da tre strati centrali concentrici (il piu' interno, detto B-layer, a $R=5.1$ cm dalla zona di interazione) e sei dischi, che coprono, con **tre punti di misura precisi**, la regione fino a $|\eta| = 2.5$.
- 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 ($\text{NIEL} > 10^{15} \text{ 1 MeV n}_{\text{eq}}/\text{cm}^2$)

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



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

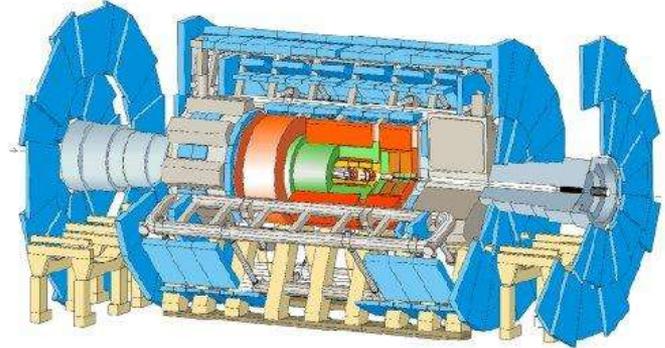
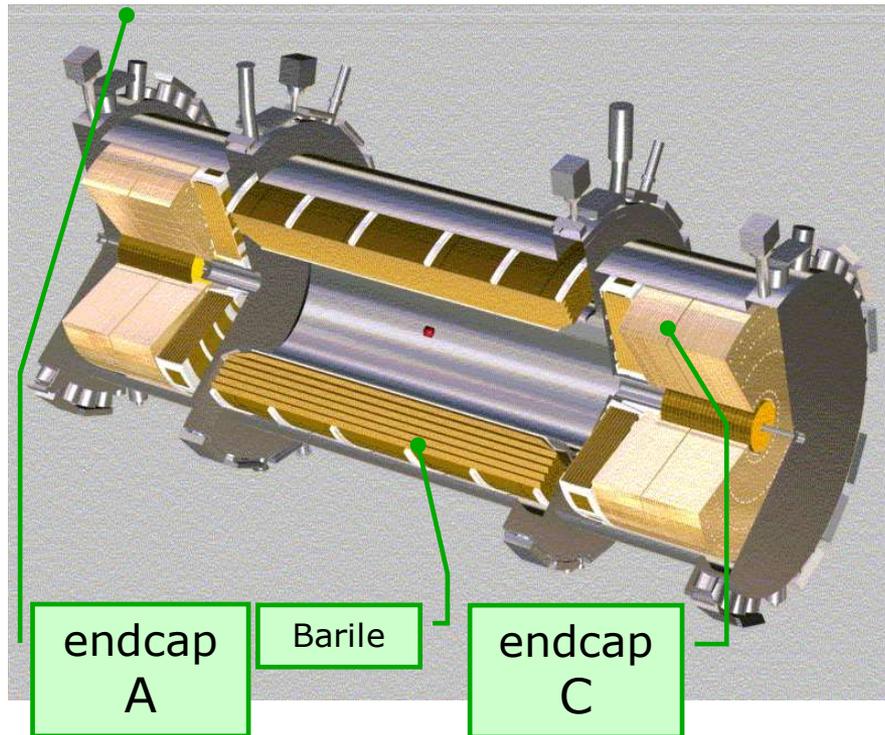
I principali contributi riguardano

- ✓ **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

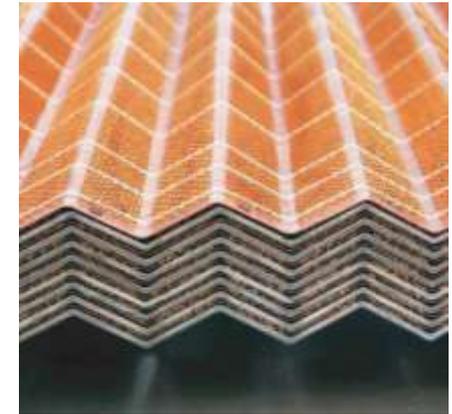
[Torna all’esperimento](#)

Il calorimetro elettromagnetico a LAr di Atlas



EMB: $|\eta| < 1.48$

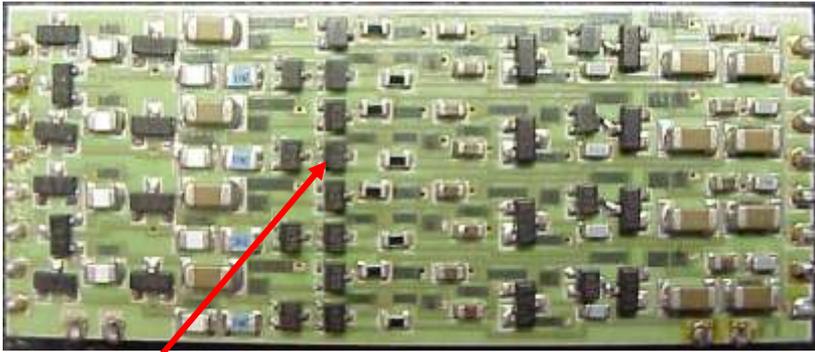
EMEC:
 $1.4 < |\eta| < 3.2$



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



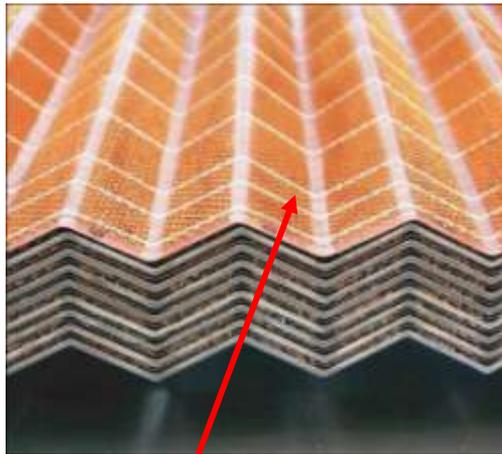
Contributo INFN al calorimetro a LAr



Preamplificatori a 4 canali a tecnologia ibrida



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



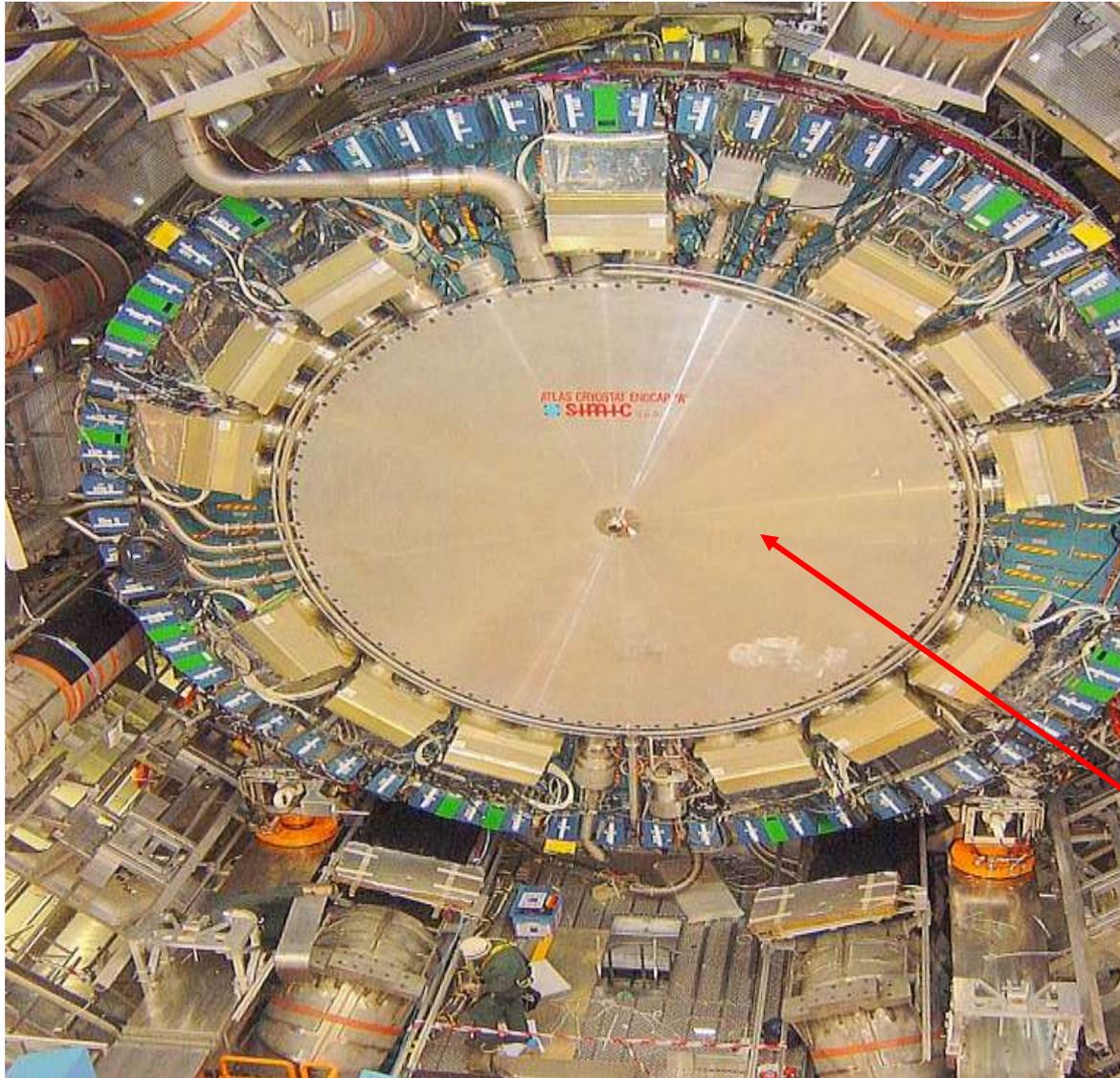
**Assorbitori in Pb /elettrodi
in Cu kapton a forma di
“fisarmonica” (accordion)**

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



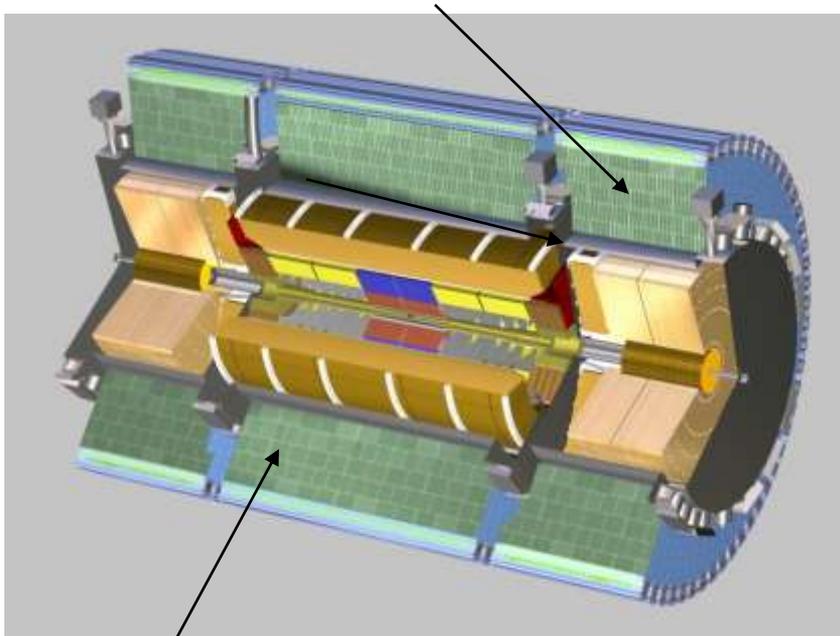
I criostati delle EndCap A e C di ATLAS sono stati costruiti dalla ditta **SIMIC (Italia)**

Criostato End Cap

[Torna all'esperimento](#)

Il calorimetro adronico a Tile di Atlas

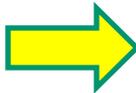
Estensione del barile a Tile



Barile a Tile



Barile a Tile montato



Contributo INFN (Pisa) al calorimetro a TILE di Atlas

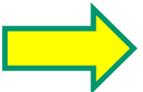
- Il 25% del barile a TILE è stato costruito in Italia: 320 moduli, ciascuno 1.2 tons (Galli Morelli, Lucca)
- Tutte le fibre del calorimetro a TILE (700000 fibre) sono state qualificate e montate in fascetti in ITALIA (Pol Hi Tech, Carsoli (AQ))



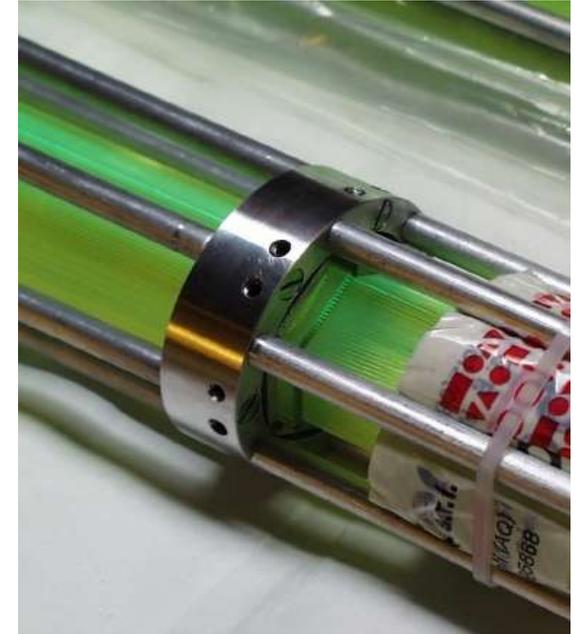
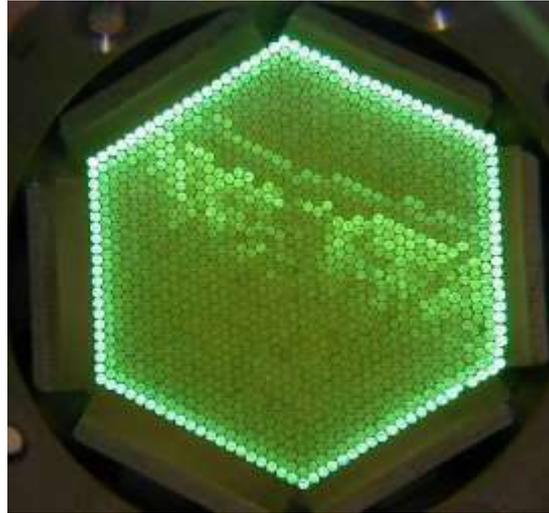
Un sotto-modulo durante l'assemblaggio



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



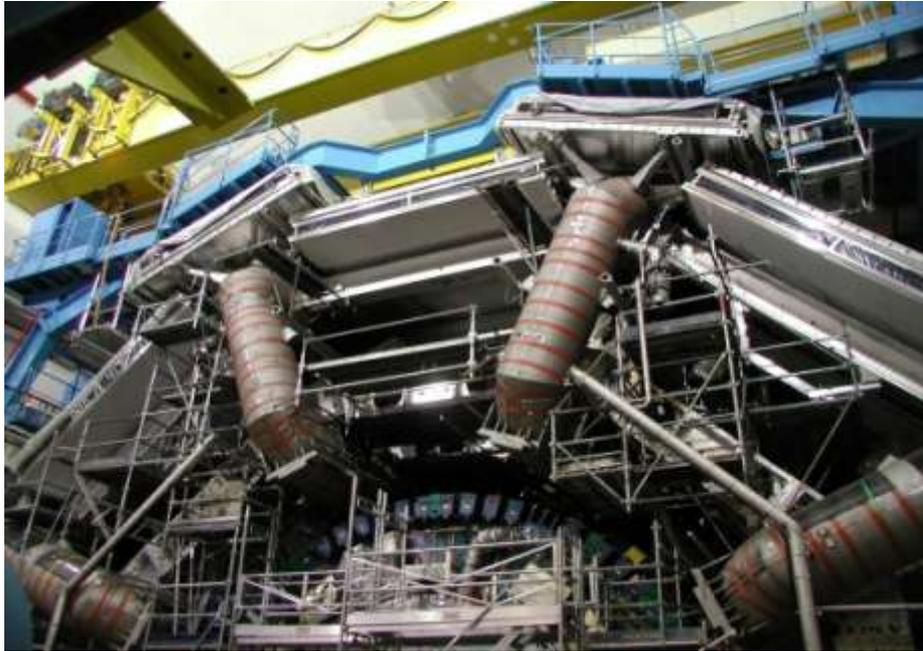
PolHiTech, (Carsoli, AQ)



Fibre in “fascetti” (bundles)
montate nel calorimetro

[Torna all'esperimento](#)

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)



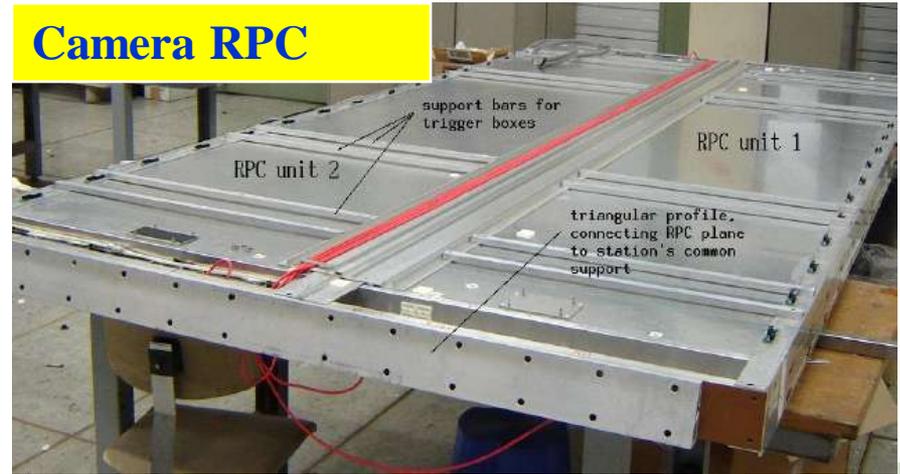
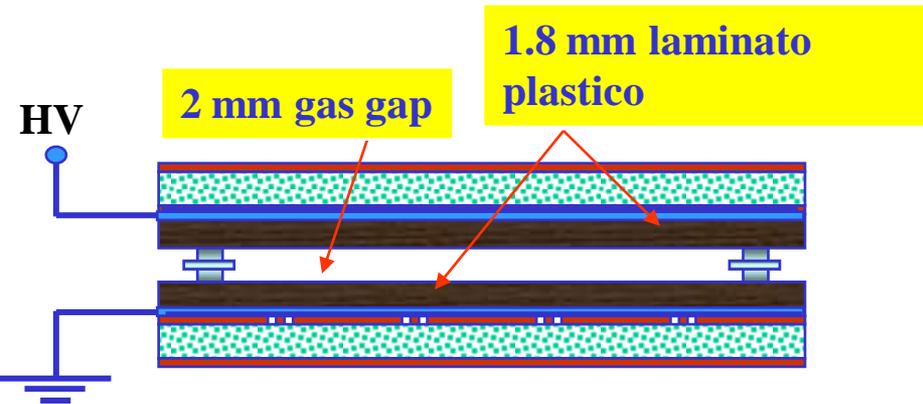
Precisione delle camere MDT

- 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.

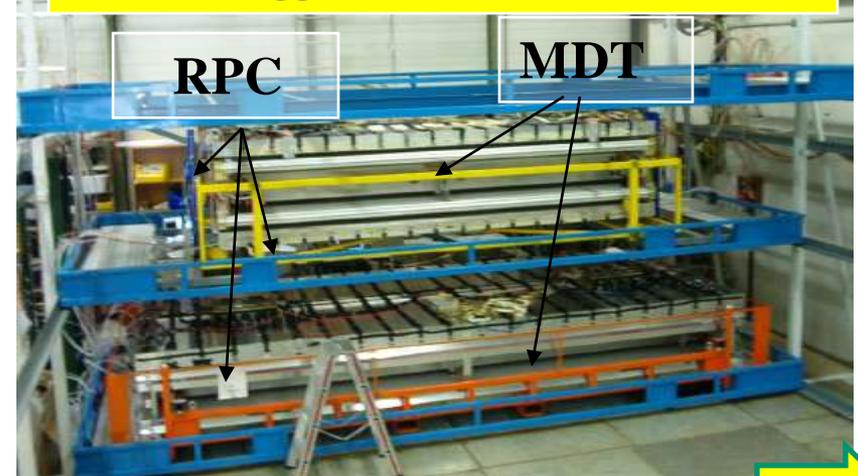
Camere RPC di trigger per muoni di Atlas

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

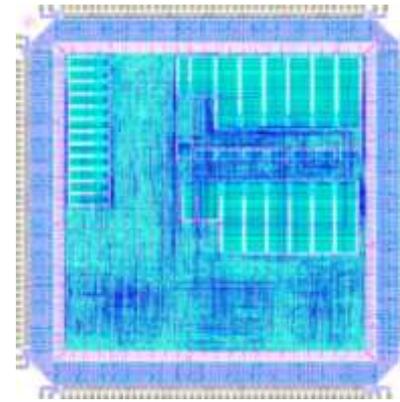
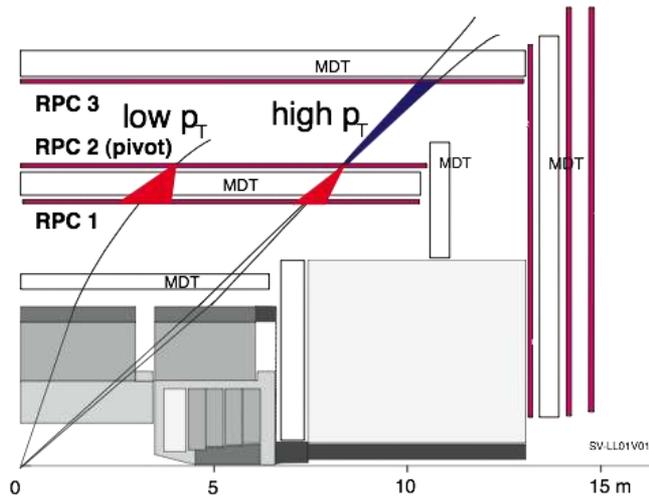
Zener

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

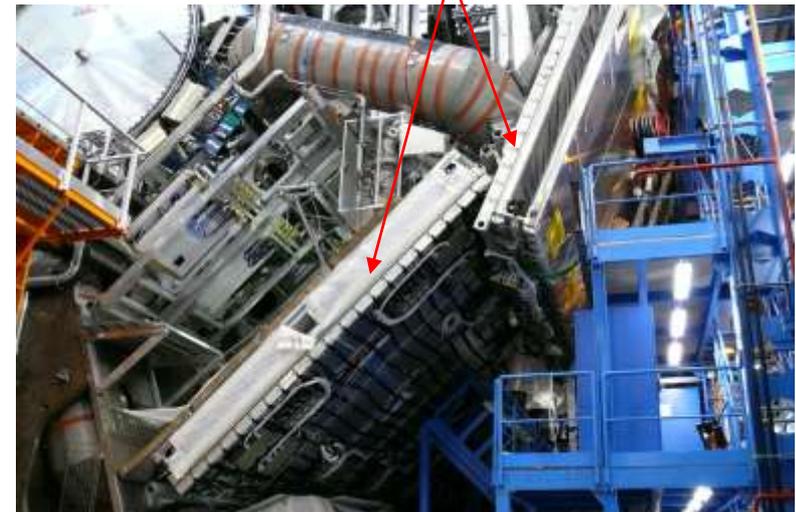


ASIC per l'implementazione dell'algoritmo di trigger (25mm², 0.18um UMC 6-metal, 1.2 million gates)

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

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

- 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.



Trigger di Livello-1 di Muoni nel Barrel di Atlas

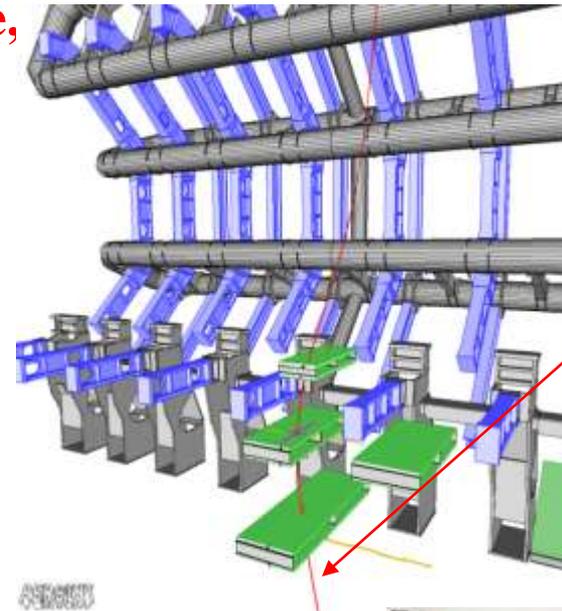
**100% contributo INFN nella concezione, progettazione, produzione, sviluppo software e mantenimento del sistema.
(Roma1, Napoli, Bologna)**

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.

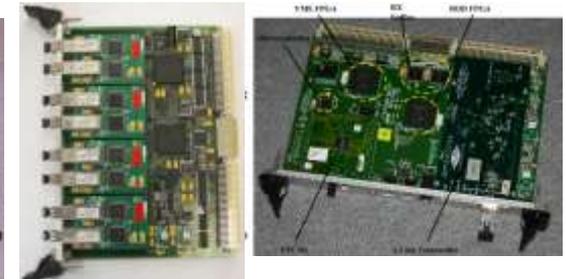
Links ottici ed elettronica "off-detector" progettata e prodotta dall' INFN .



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.