

# Gruppo 1

Assemblea di Sezione  
10 Luglio 2013

**ATLAS**



## Composizione gruppo

~ 29 FTE

3 dottorandi, 2 laureandi triennali

nell'ultimo anno: 2 laureati magistrali (ora dottorandi), 5 laureati triennali

## Responsabilita' generali di esperimento:

### - Run Coordinator: A. Polini

Appena eletto per 2 anni a partire dal 1 marzo 2014

dovra' gestire tutta la fase di fine shutdown-restart della presa dati

### - Project Leader Forward Detector: M. Bruschi

in carica fino a dicembre 2014

coordinatore di tutti i vari detector di Atlas che si occupano di fisica in avanti

### - Coordinatore Muon Combined Performances: M. Corradi

in carica fino a settembre 2014

il gruppo si occupa del controllo e dell'ottimizzazione della ricostruzione dei muoni in Atlas fornendo le calibrazioni alle analisi di fisica

### - TDAQ system administrator: F. Brasolin

in questo ruolo fino a fine anno, la collaborazione gli ha chiesto di continuare per il 2014



# Attività' sul detector

## - Trigger muoni barrel (RPC)

Responsabile RPC: **D. Boscherini**

presa dati 2012 molto positiva: 97.5% readout attivo, 99.8% data quality OK  
 efficienza di trigger molto vicina all'accettazione geometrica del rivelatore

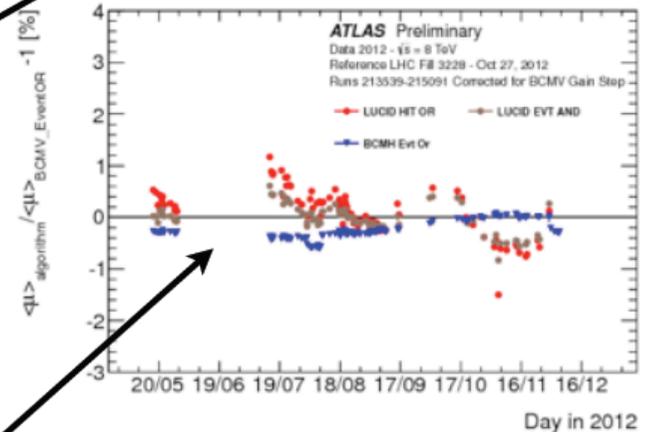
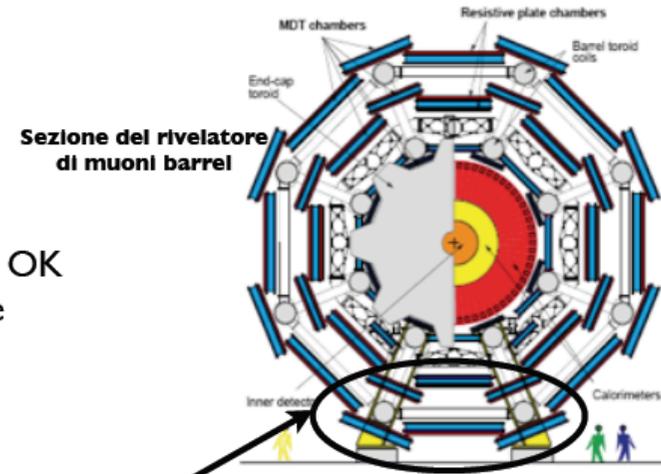
shut down 2013-2014

Manutenzione ordinaria e lavori di consolidamento:

- sistema di gas (riparazione perdite, raddoppio flusso, sostituzione impedenze di ingresso, upgrade sensori di pressione)
- miglioramento grounding del front-end per ridurre noise su alcune camere
- aggiornamento DCS, trigger, Data Quality

Upgrade per aumentare l'accettazione geometrica

- Commissioning delle camere nella zona dei piedi di Atlas (guadagno accettazione ~ 2.8%)
- Realizzazione e commissioning delle camere nella zona degli ascensori (guadagno accettazione ~ 1%)



## - Rivelatori Forward

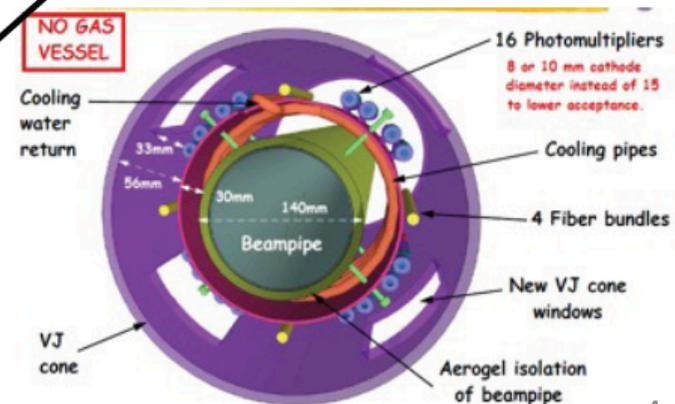
**LUCID** (rivelatore di luminosita')

Responsabile: **B. Giacobbe**

presa dati 2012 molto positiva: luminosita' fornita sia in run pp che HI, stabilita' rispetto all'altro monitor BCM entro 1%

shut down 2013-2014: detector completamente rinnovato per affrontare l'aumento di luminosita' del 2015:

- PMTs da sostituire + fibre usate attivamente
- nuova elettronica vicino al detector (S. Meneghini)
- aggiornamento del sistema di calibrazione (Led +Laser)





## Attività' sul detector (Cont'd)

Scheda ROD



- **IBL** (layer aggiuntivo di pixel per il tracciatore centrale)

E' uno degli upgrade piu' significativi del corrente shutdown.

Bologna impegnata nello sviluppo e costruzione della scheda di Readout (ROD) (A. Gabrielli)

Probabile estensione dell'uso di questa scheda di anche agli altri layer del rivelatore

L'attività' potrebbe quindi estendersi al successivo shutdown di fase I (2018).

### - Upgrades

#### AFP (ATLAS Forward Physics)

in avanzata fase di progettazione

Project Leader: M. Bruschi

Rivelatore posto in prossimità' del fascio per rivelare protoni diffrattivi a 210 m dal punto di interazione (su entrambi i lati)

Bologna ha cominciato una attività' di ricerca e sviluppo su sensori al diamante che forniscono le necessarie alte prestazioni di timing e resistenza alle radiazioni.

L'installazione del rivelatore e' prevista cominciare nello shutdown invernale tra il 2015 e il 2016 e continuare nello shutdown 2018

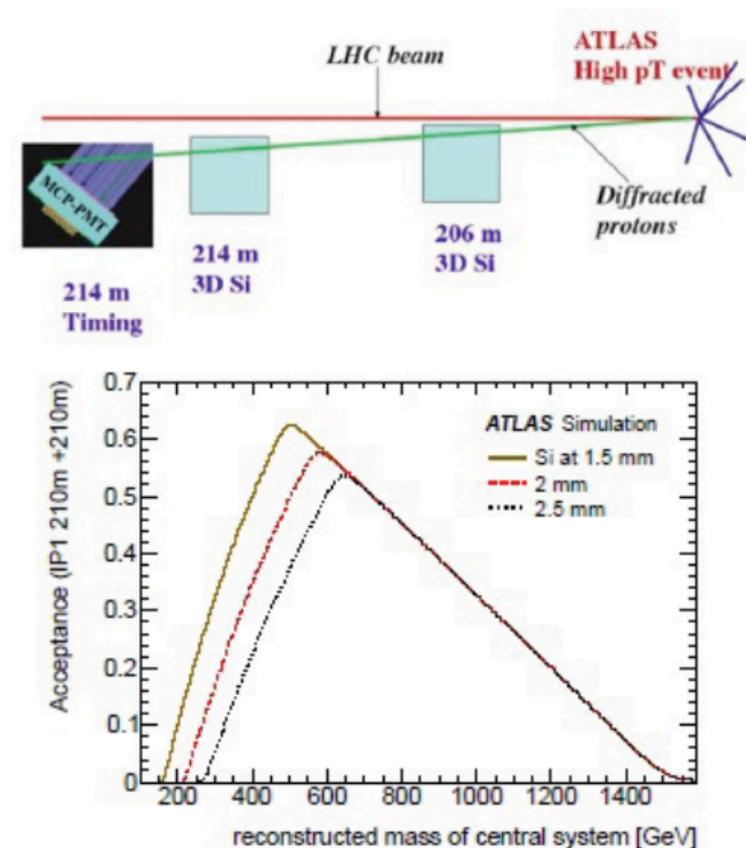
Aprire nuove prospettive di ricerca nelle seguenti aree:

fisica in avanti, produzioni esclusive, QCD, test di EW symmetry breaking, ricerche di nuova fisica.

#### NSW (upgrade di fase I, shutdown 2018)

progetto per la sostituzione delle small wheels endcap dello spettrometro per muoni per la fase di alta luminosità'

Bologna partecipa alle attività' di upgrade del trigger di livello I





## Attività' di analisi

### Dibosons e Higgs

- Sezione d'urto totale ZZ  $\rightarrow 4l$   $\sqrt{s}=7\text{TeV}$  (dati 2011) PRL(2012)108, JHEP03(2013)128  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  (dati 2012) presentata alle conferenze invernali ATLAS-CONF-2013-020
- Ricerca dell'Higgs nel canale WW\* con i dati 2012 a  $\sqrt{s}=8\text{TeV}$  in corso

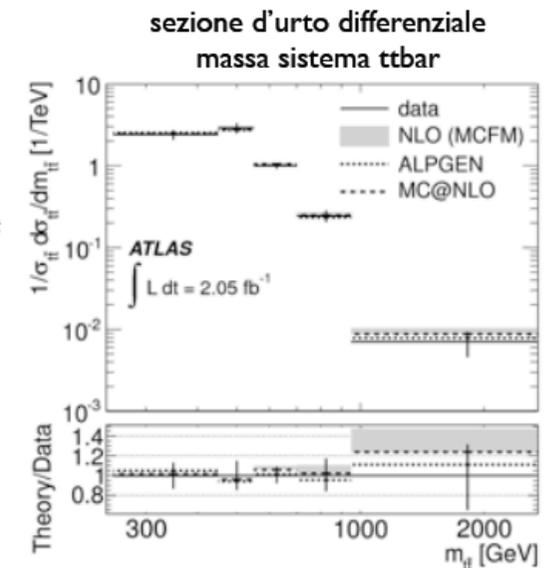
### top

- Sezione d'urto differenziale per la produzione di coppie ttbar: pubblicata la prima parte di dati raccolti nel 2011 ( $\sim 2\text{fb}^{-1}$ ), analisi della statistica completa del 2011 ( $\sim 5\text{fb}^{-1}$ ) in corso di pubblicazione.

L. Bellagamba convener del gruppo di fisica sulla sezione d'urto differenziale .

M. Negri convener del gruppo di fisica sulla sezione d'urto differenziale boosted.

Diverse persone del gruppo sono membri di Editorial Board della collaborazione



## Produzione scientifica

Numero di pubblicazioni 260

Numero di Note per conferenze 497

Numero di presentazioni a conferenze dall'inizio dell'anno  $\sim 379$  12 (Bologna nell'ultimo anno)

## Richieste ai servizi (2014)

- RPC: 6 m.u. (2 tecnici meccanici) per interventi sulle camere in caverna  
2 m.u. (progettazione meccanica) per progettazione CAD camere ascensori
- IBL: 9 m.u. (2 elettronici) sviluppo firmware e supporto hardware  
4 m.u. (2 meccanici) supporto meccanico per commissioning
- LUCID: 8 m.u. (1 elettronico) progettazione e test nuova scheda ROD  
1 m.u. (progettazione meccanica) progettazione LUCID  
2 m.u. (2 tecnici meccanici) costruzione LUCID  
3 m.u. (1 STG) installazione LUCID al CERN
- calcolo: 8 m.u. (calcolo) system administrator farm TDAQ di Atlas

Servizio	m.u.	Periodo
Elettronica	17 m.u.	Gen-Dic
STG	3 m.u.	Lug-Set
officina mecc.	12 m.u.	Feb-Ott
Calcolo e reti	8 m.u.	Gen-Dic
Progett. mecc.	3 m.u.	Gen-Giu

**CMS**

# Componenti e FTE gruppo CMS per 2014

## Personale Ricercatore INFN

Abbiendi Giovanni	Ricercatore	100
Benvenuti Alberto	Associato Senior	----
Cavallo Francesca Romana	Ricercatore	100
Dallavalle Gaetano Marco	Dirigente di Ricerca	100
Fabbri Fabrizio	Primo Ricercatore	100
Giacomelli Paolo	Primo Ricercatore	100
Marcellini Stefano	Primo Ricercatore	100
Masetti Gianni	Art. 23	100
Montanari Alessandro	Primo Ricercatore	40
Odorici Fabrizio	Primo Ricercatore	30
Perrotta Andrea	Ricercatore	100

## Personale strutturato Università

Bonacorsi Daniele	Ricercatore	100
Braibant Sylvie	Ricercatore	100
Capiluppi Paolo	Prof. Ordinario	100
Campanini Renato	Prof. Associato	100
Castro Andrea	Prof. Associato	80
Cuffiani Marco	Prof. Associato	100
Fanfani Alessandra	Ricercatore	100
Navarria Francesco Luigi	Associato Senior	----
Rossi Antonio Maria	Associato Senior	----
Rovelli Tiziano	Ricercatore	90
Siroli Gian Piero	Ricercatore	100

## Personale Tecnologo INFN

D'Antone Ignazio	Dirigente Tecnologo	20
Grandi Claudio	Dirigente Tecnologo	90
Travaglini Riccardo	Tecnologo	50

## Personale Tecnico INFN

Baldanza Casimiro		50
Cafaro Vittorio		100
Giacomelli Roberto	Coll. Tecn. E.R.	10
Giordano Vincenzo		100
Paolucci Andrea	Operatore Tecn.	25
Torromeo Giovanni		80

## Assegnisti, Dottorandi

Fasanella Daniele	Assegnista	100
Guiducci Luigi	Assegnista	100
Codispoti Giuseppe	Assegnista	100
Primavera Federica	Dottoranda 3° anno	50
Tosi Nicolò	Dottorando 2° anno	100
(Brigliadori Luca	Assegnista non associab. INFN)	80

**Totale: 21.9 FTE**

Il personale tecnologo e tecnico non è conteggiato negli FTE dalla CSN 1

Richieste di finanziamento per il 2014 simili a quelle del 2013

# Responsabilità ufficiali del gruppo di Bologna

## Detector e Run:

**DT Project Manager:** L1 M.Dallavalle  
**DT Technical Coord.:** L2 A.Benvenuti  
**DT Run Coord.:** L2 G.Masetti  
**DT Dep. Upgr. Coord.:** L2 L.Guiducci  
**DT local Trig.:** L3 G.Codispoti  
**DT PVSS:** L3 D.Fasanella

## Detector Performance:

**Det. Phys. Group coord.:** L2 F.Cavallo  
**DT Trigger perf.:** L3 S.Marcellini

## CMS Computing:

**Dep. Comp. coord:** L1 D.Bonacorsi  
(Sara` Chairman del Program Committee di CHEP13)

**Comp. evolution &  
Upgr. Coord.:** L2 C.Grandi

## Trigger:

**TSG-STORM convener:** L2 A.Perrotta

## Fisica:

**Muon POG coord:** L2 G.Abbiendi  
**Future Analyses conv.:** L3 P.Giacomelli

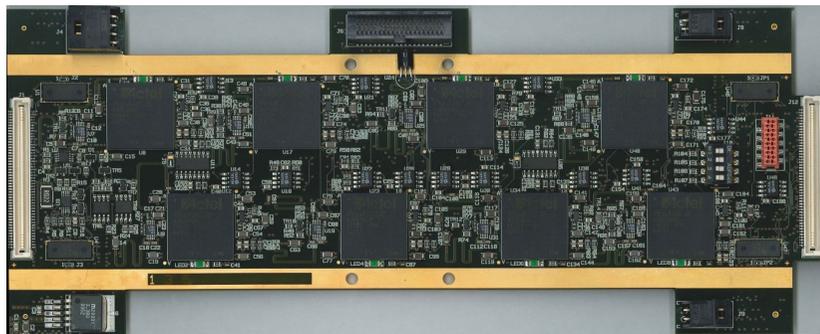
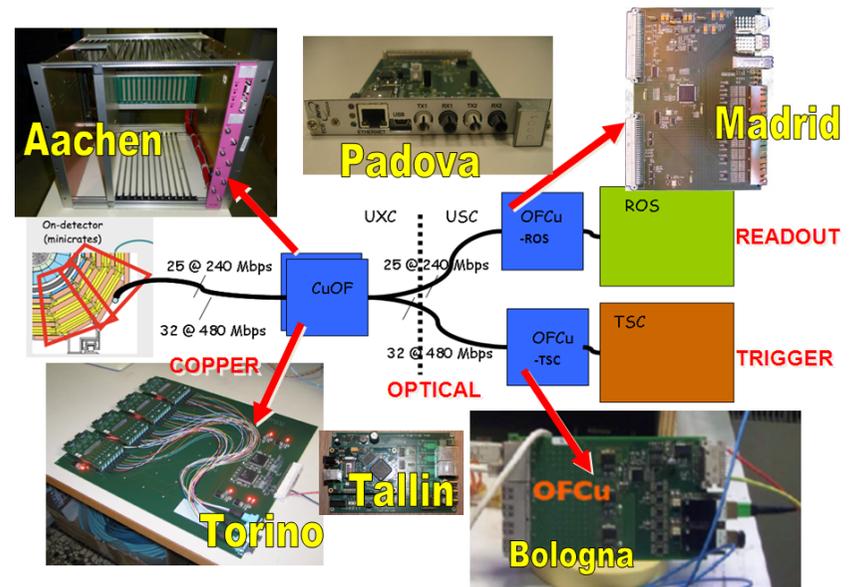
## Publication committee:

**Top group Editor:** L2 A.Castro

# Detector aperto per il Long Shutdown, in piena fase di manutenzione e upgrade

## Progetto di ricollocazione del Sector Collector Crate delle DT (coinvolto il gruppo di Bologna):

- Goal: garantire un più facile accesso a importanti schede di elettronica durante la fase di presa dati e permettere futuri upgrade del trigger di muoni
- Il progetto procede regolarmente.
- Schede finali sono in fase di produzione.
- Prevista installazione del primo crate in Ottobre 2013.



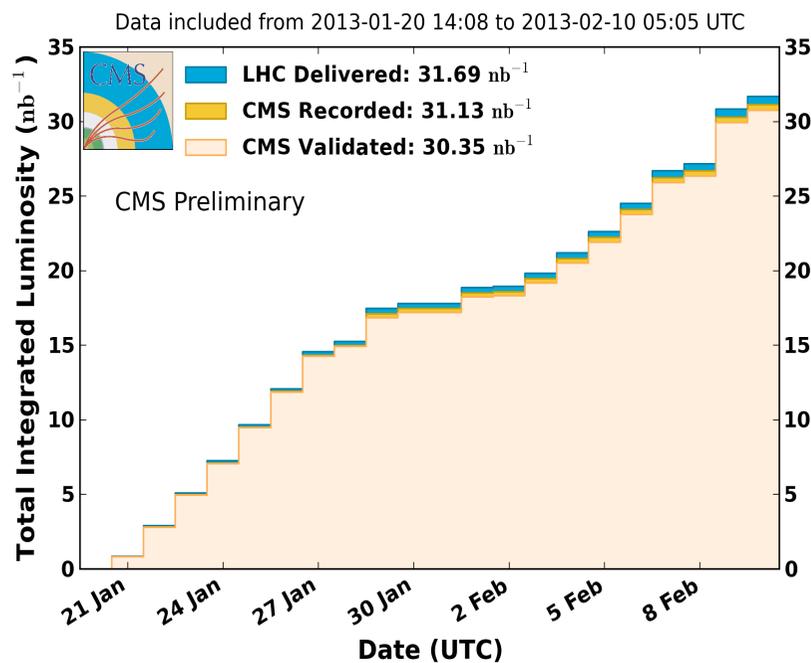
## Nuova scheda di local trigger (TRB $\theta$ ):

- Goal: aumentare il numero di schede spare.
- Prime schede portate al CERN. È previsto il completamento della produzione per la fine di Luglio.

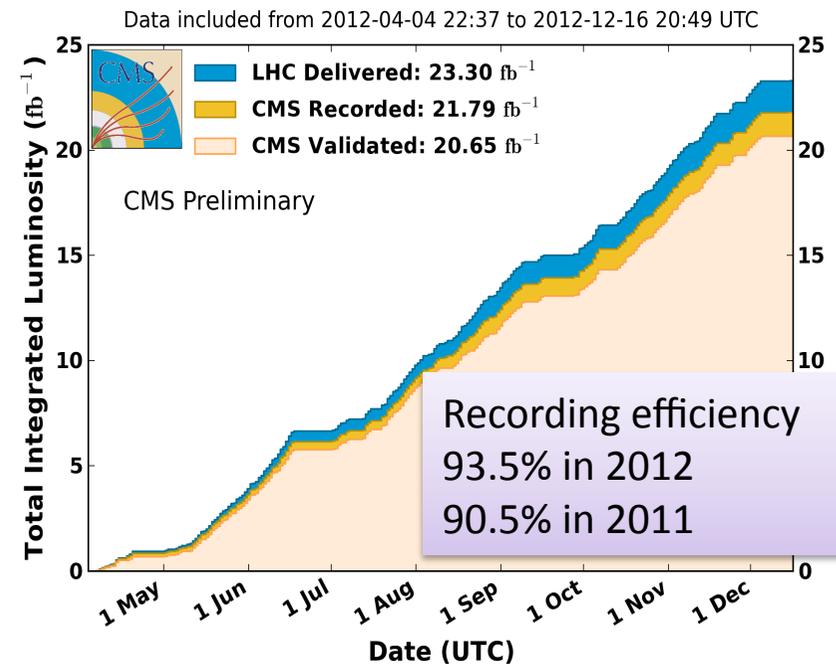
# CMS data certified for analysis

- Current figures for 2013 & 2012 runs
  - pPb 2013: certification efficiency (w.r.t recorded): 97.5%
  - pp 2013: certification efficiency (w.r.t recorded): 98.5%
  - pp 2012: certification efficiency (w.r.t. delivered): 89%\*

CMS Integrated Luminosity, pPb, 2013,  $\sqrt{s} = 5.02$  TeV/nucleon



CMS Integrated Luminosity, pp, 2012,  $\sqrt{s} = 8$  TeV

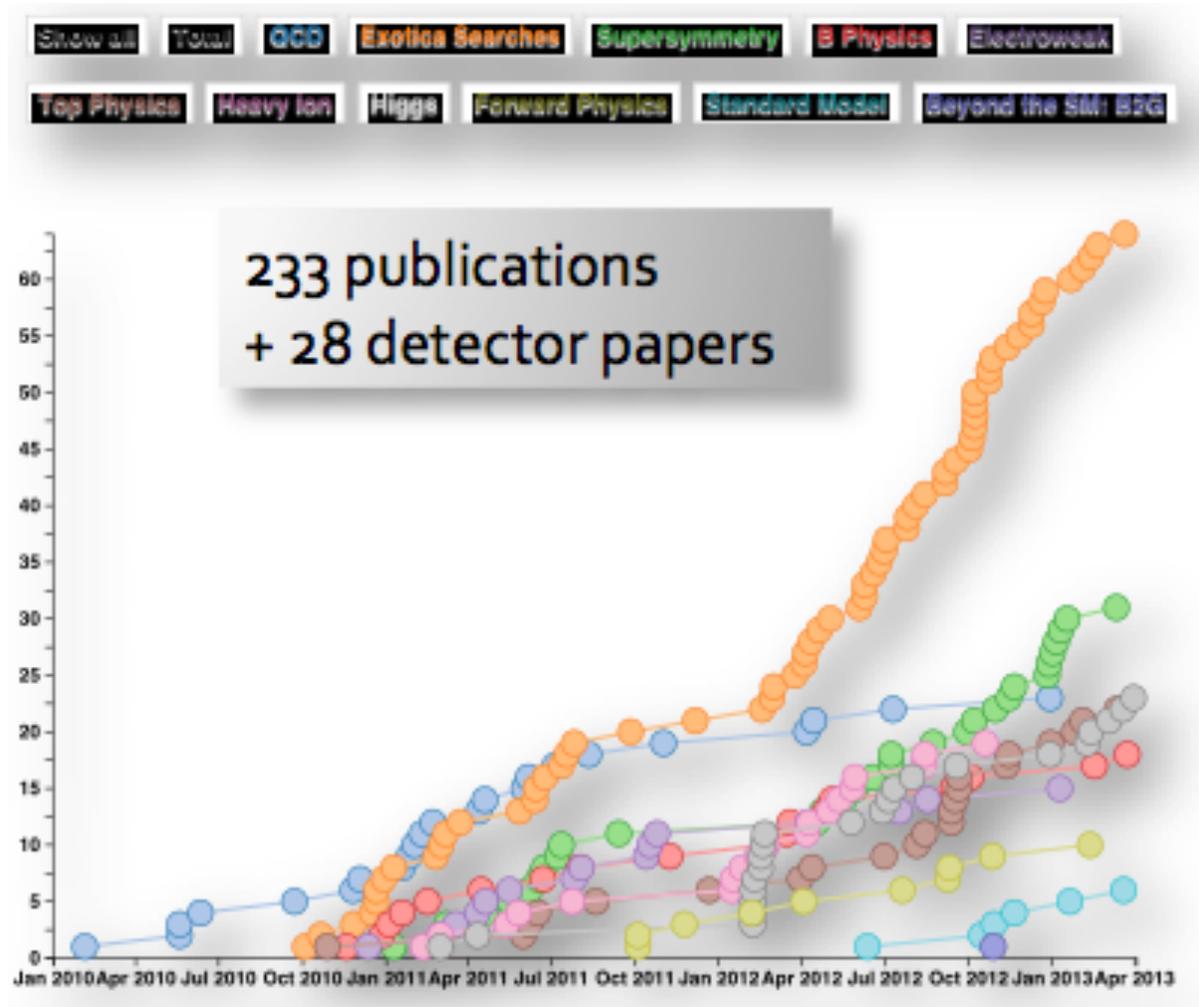


\* Roughly 1 fb<sup>-1</sup> was lost as a result of several down periods induced by external (non-CMS) interventions

## Attività di analisi dati a Bologna

- Top-antitop e single-top nel canale completamente adronico (misura precisa della massa)
- Higgs Standard ( $H \rightarrow 4$  leptoni carichi)
- Higgs SuSy neutro ( $H_{\text{MSSM}} \rightarrow 2 \mu$ )
- Produzione di stranezza, charm e beauty in funzione della molteplicità carica
- Studi di fisica per l'upgrade di CMS (muoni nella regione in avanti)

# Stato dell'analisi in CMS



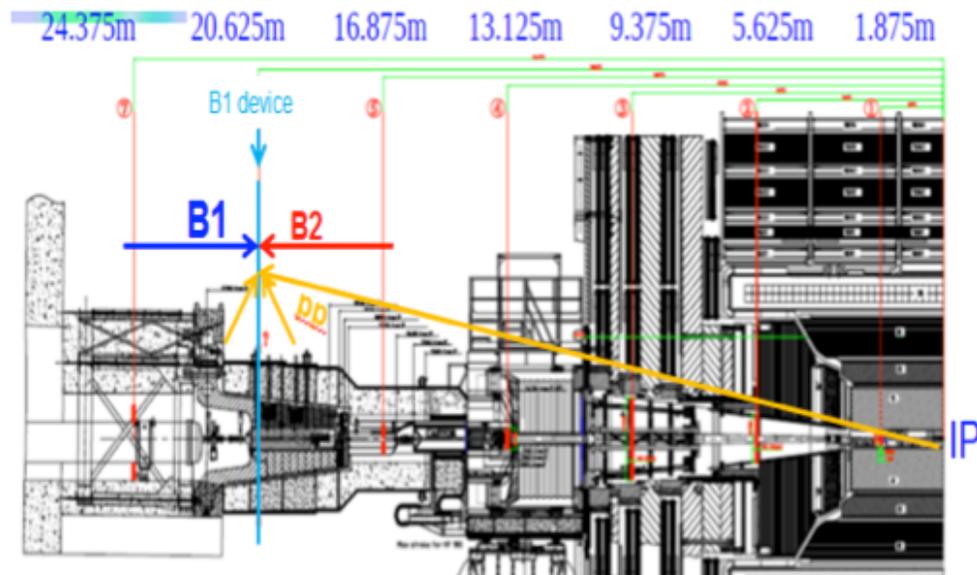
# Siamo entrati in un nuovo progetto

Parteciperemo alla realizzazione del nuovo Beam Halo Monitor (BHM), da installare al pozzo entro la fine del 2014, contribuendo ai seguenti tasks:

1. Sviluppo del firmware (FPGA) di frontend e backend del detector
2. Progetto e costruzione di una scheda elettronica per la calibrazione del sistema.
3. Realizzazione della meccanica di supporto dei rivelatori (cristalli quarzo + PMT)
4. Test beam dei prototipi completi

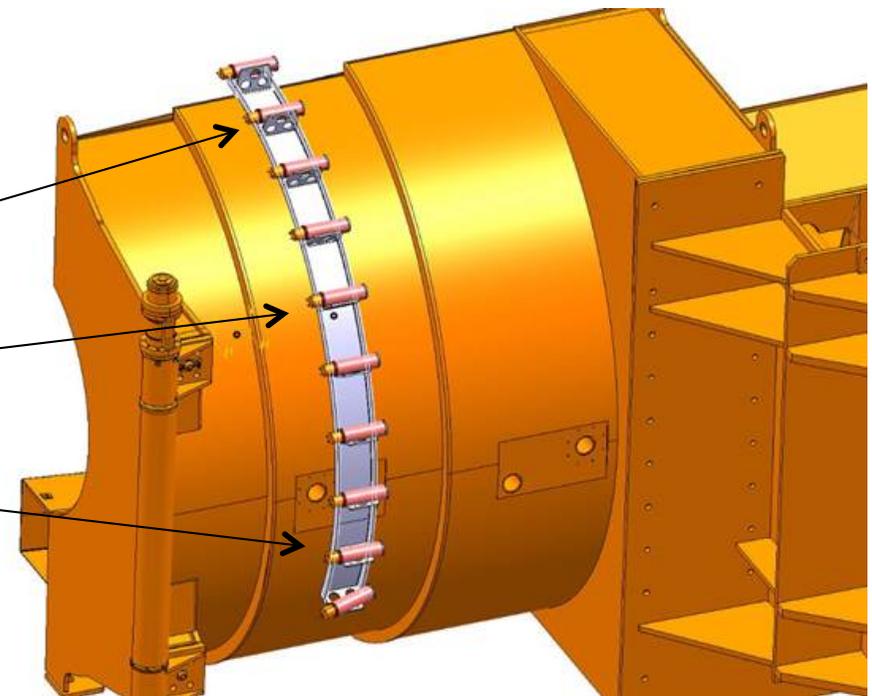
BHM fa parte di BRIL (Beam Radiation Instrumentation and Luminosity), un nuovo subdetector di CMS che raccoglie in un unico progetto gli apparati che misurano la Luminosità e i monitor della radiazione prodotta dai fasci.

# Beam Halo Monitor location



Quarzi letti da PMT  
(luce Cherenkov)

Si sfruttano la direzionalità e il timing per discriminare le particelle dell'alone da quelle provenienti dalla zona di interazione dei fasci



# Richieste ai servizi di sezione per CMS

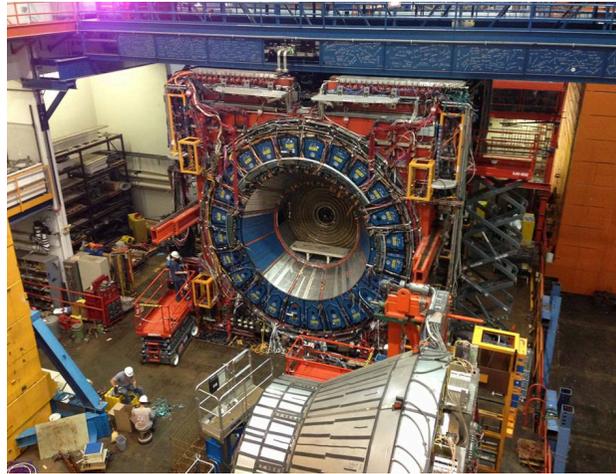
Servizio	FTE	Periodo
Elettronica	30 m.u.	Gen-Dic
Servizio Tecnico Generale	12 m.u.	Gen-Dic
Officina Meccanica	12 m.u.	Gen-Dic
Progettazione meccanica	2 m.u.	Gen-Dic
Calcolo e reti	8 m.u.	Gen-Dic

**CDF**



# Goodbye CDF

ciao  
😊  
ciao



courtesy of M. Mussini



## Attività di analisi del gruppo CDF Bologna

### - Misura di $m_t$ e $\sigma_{tt}$ nel canale all-hadronic:

E' in corso il completamento l'analisi del top nel canale " all hadronic " con l'intero campione dati raccolto da CDF. Cio' comporta il raddoppio della statistica, dai  $5 \text{ fb}^{-1}$  fino ad ora analizzati a  $9 \text{ fb}^{-1}$ .

- Studio dell'invarianza al variare dell'energia nel centro di massa della sezione d'urto in impulso trasverso, a molteplicità fissa, della componente soffice in eventi minimum bias  
stato di avanzamento: in corso

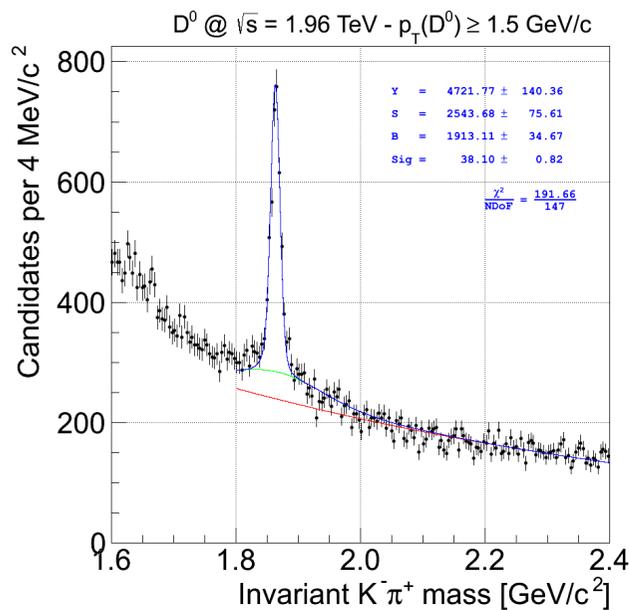
- Studio della produzione di mesoni “charmati”  $D^{0,+}$  in eventi di min bias



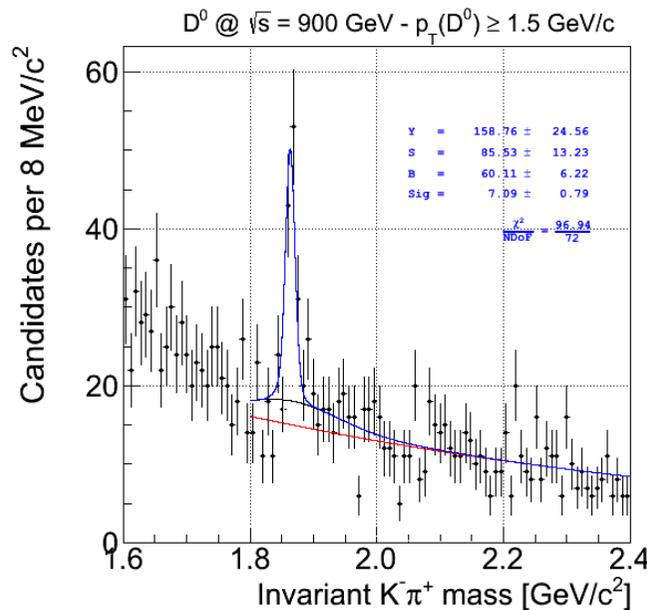
- $D^0$  mesons cross sections at  $\sqrt{s}$  of 1960 : in fase di completamento
- Measurement of the production yield of  $D^0$  at  $\sqrt{s}$  of 1960 : tuttora in corso
- Measurement of the production yield of  $D^+$  at  $\sqrt{s}$  of 1960 : tuttora in corso

Risultati preliminari presentati a Beauty 2013

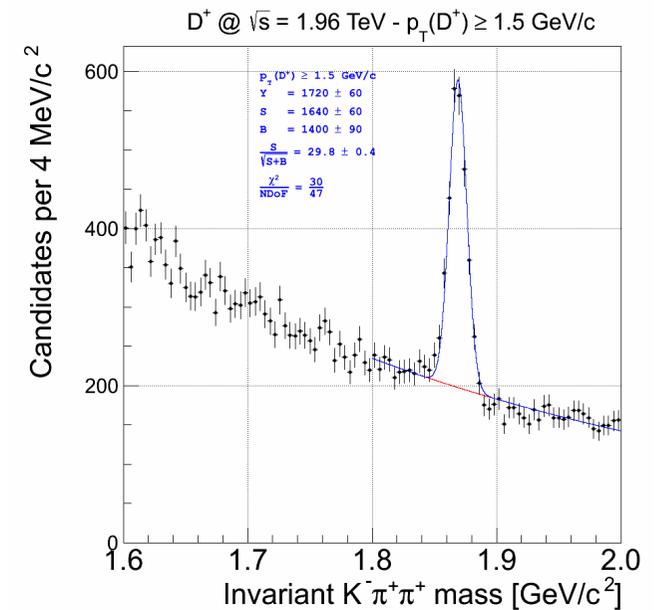
## $D^{0,+}$ mesons yield



( Manuel Mussini )



( Elena Gramellini )



( Luigi Marchese )

- $D^0$  cross section @ 1960 and 900 GeV
- $D^+$  cross section @ 1960



## CDF Bologna: Composizione del gruppo 2014 ( F.T.E. )

Luca Brigliadori	0
Andrea Castro (PA)	0.2
Milena Deninno (Associato Senior)	0.4
Paolo Mazzanti (Associato Senior > 70)	0
Manuel Mussini (Assegno di ricerca)	0.3
Franco Semeria (1o Tec INFN)	0.1
<b>Stefano Zucchelli (RU, resp. locale)</b>	<b>0.3</b>



**Totale: 1.3 F.T.E.**

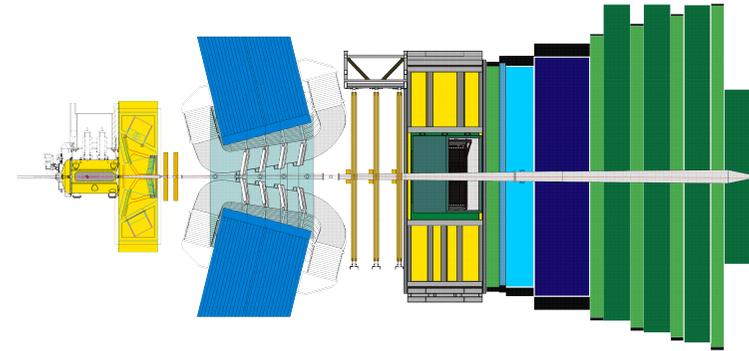
+ un laureando ( Luigi Marchese )

**Richieste finanziamenti 2014:** saranno quelle necessarie al completamento delle analisi in corso.

**Richieste ai Servizi di Sezione:** nessuna.

**LHCb**

# LHCb Bologna



- Ricercatori INFN
  - Umberto Marconi 100%
  - Vincenzo Vagnoni 100%
  - Giovanni Valenti 100%
- UniBo
  - Angelo Carbone 100%
  - Domenico Galli 100%
  - Stefano Zucchelli 20%
  - Milena Deninno 10%
- Assegnisti, dottorandi, associati
  - Niccolo' Moggi 70%
  - Manuel Mussini 70%
  - Maria Zangoli 100%
  - [Stefano Perazzini assegnista al CNAF]
- Tecnologi INFN
  - Ignazio D'Antone 10%
- Tecnici INFN
  - Giulio Avoni 10%
  - Gabriele Balbi 20%
  - Daniela Bortolotti 40%
  - Ignazio Lax 50%
  - Gianluca Peco 60%
- Responsabilità ufficiali
  - Angelo Carbone L1
    - convener del Physics Working Group *Charmless B decays* e membro del Physics Planning Group
  - Stefano Perazzini L1
    - LHCb Stripping Coordinator
  - Vincenzo Vagnoni L1
    - LHCb National Computing Board
  - Vincenzo Vagnoni
    - Responsabile Nazionale LHCb computing

# Attività di fisica LHCb Bologna

- Coinvolgimento primario in
  - Misura della violazione di CP nei decadimenti  $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$  e  $D^0 \rightarrow K^+K^-$
  - Misura della violazione di CP e dei branching ratio nei decadimenti  $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ ,  $B^0 \rightarrow K^+\pi^-$ ,  $B_s \rightarrow K^-\pi^+$ ,  $B_s \rightarrow K^+K^-$ ,  $\Lambda_b \rightarrow p\pi^-$ ,  $\Lambda_b \rightarrow pK^-$
  - Determinazione dell'angolo  $\gamma$  da decadimenti con diagrammi a loop
  - Misura dell'asimmetria di produzione dei mesoni  $D^0$ ,  $B^0$  e  $B_s$
- Totale pubblicazioni esperimento
  - 127 paper e 110 conference report
- Talk a conferenze e workshop
  - 10 da Bologna
    - CKM2012, DISCRETE2012, DIS2013, IFAE2013, ...

## Premio Conversi

Il premio “Marcello Conversi” per la miglior tesi di Dottorato 2012 è stato assegnato a Stefano Perazzini per una tesi dal titolo "**Measurement of branching fractions and CP violation for charmless charged two-body B decays at LHCb**”



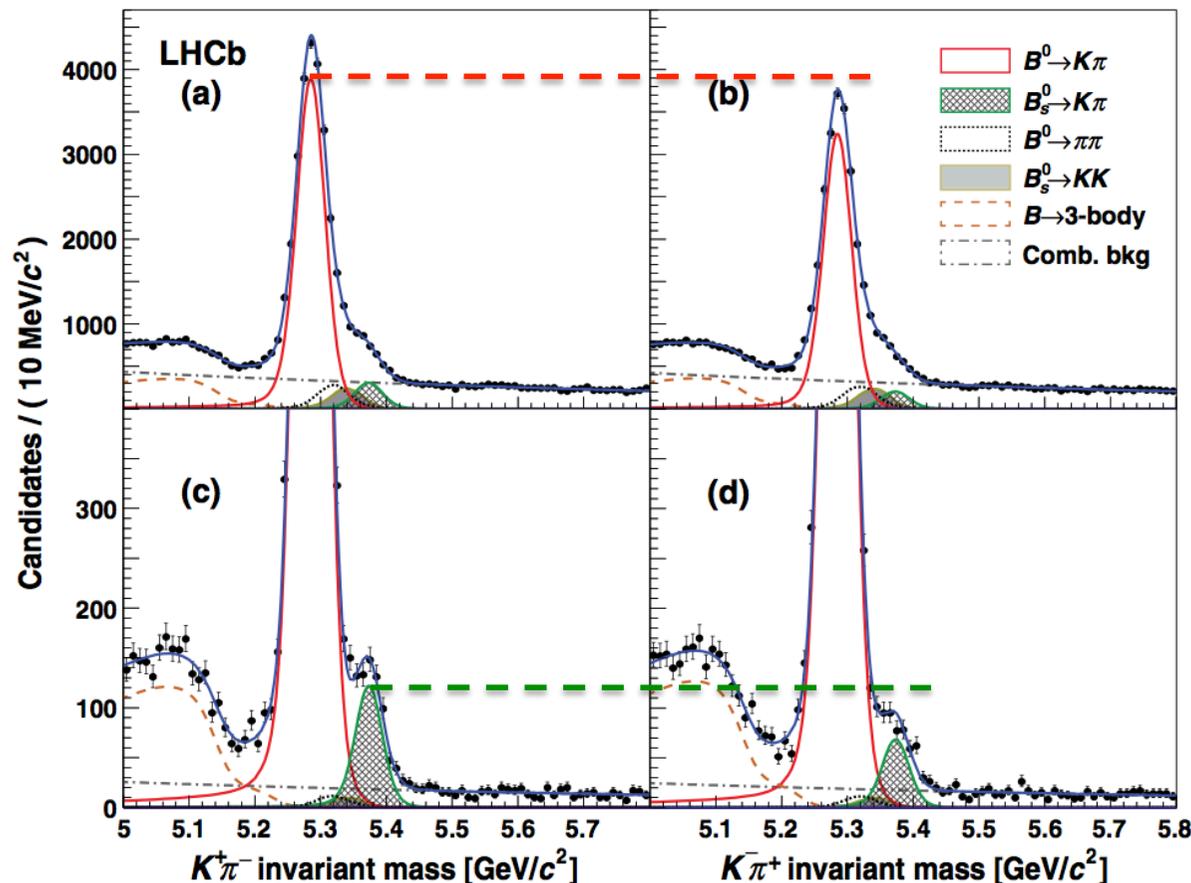
# Prima osservazione della violazione di CP nei decadimenti del mesone $B_s$

PRL 110, 221601 (2013)

PHYSICAL REVIEW LETTERS

week ending  
31 MAY 2013

First Observation of  $CP$  Violation in the Decays of  $B_s^0$  Mesons



- Lavoro fatto interamente a Bologna
- Selezionato come “Physics Synopsis” dall’American Physical Society

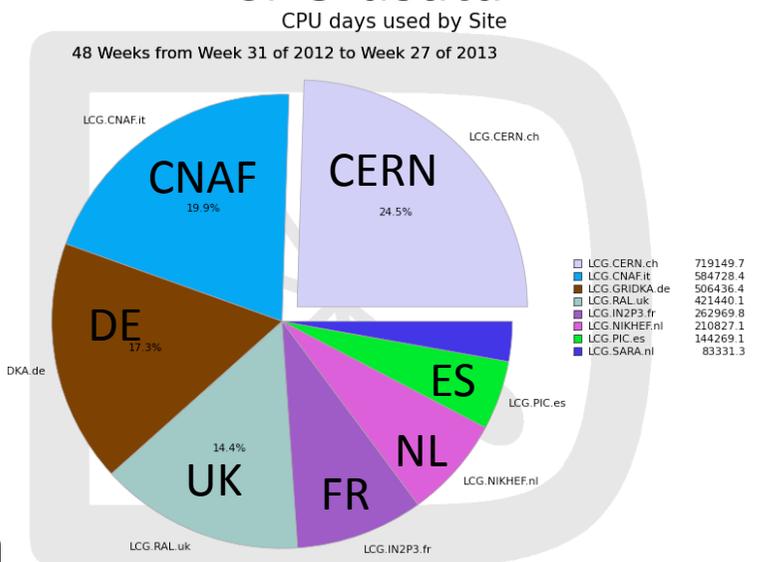


- CERN press release
- INFN press release
- Risultato ripreso da molti quotidiani italiani ed esteri

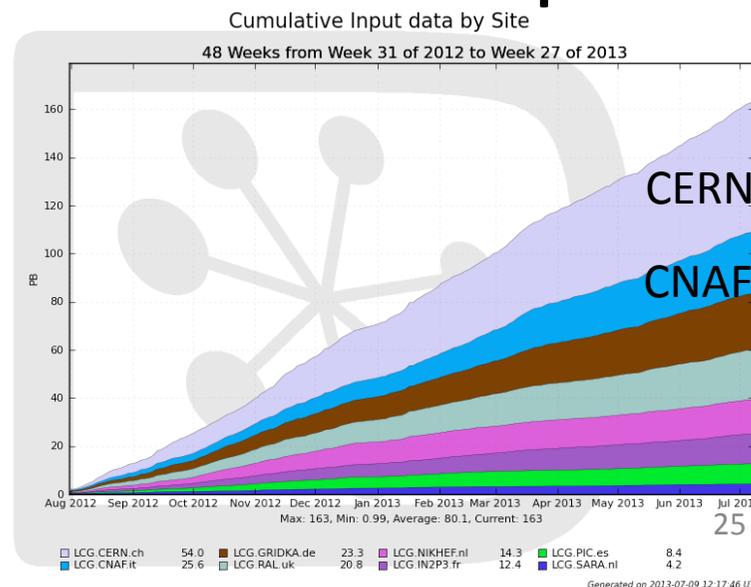
# Calcolo LHCb al Tier-1 CNAF

- Ottime prestazioni del Tier-1 per LHCb durante gli ultimi 12 mesi
  - Miglior sito (dopo il CERN) in termini di CPU power (20% del totale dei Tier-1+CERN) e dati in input processati (26 PB su 160 PB del totale dei Tier-1+CERN)
- Circa 3000 slot CPU costantemente in uso al CNAF, con 1700 TB di spazio disco e 2000 TB di nastro
- Sotto tutti i punti di vista (efficienza CPU, Disco, Tape) il CNAF è risultato Tier-1 più affidabile ed efficiente di tutta l'infrastruttura di calcolo distribuito di LHCb

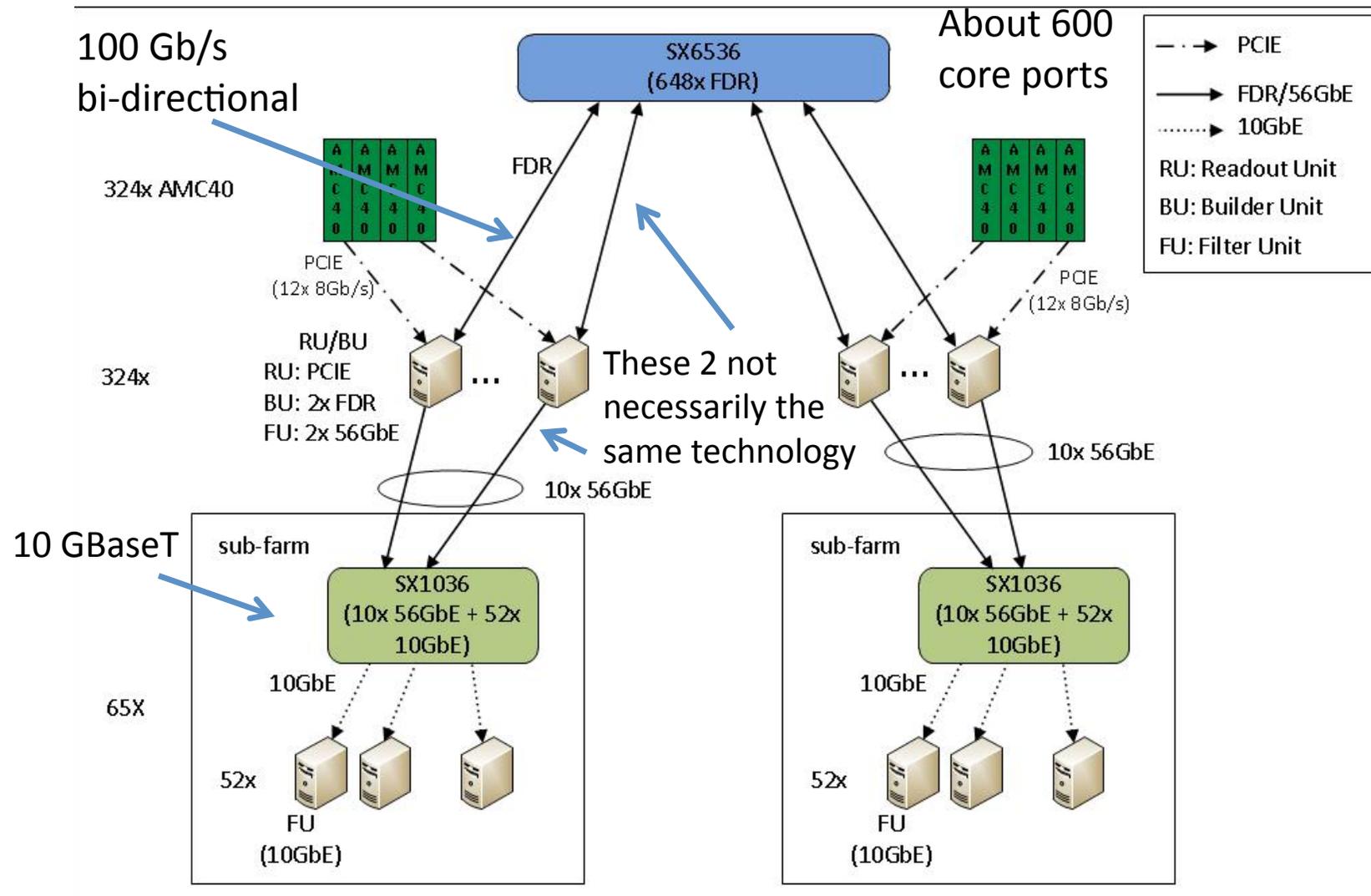
## CPU usata



## Dati letti in input

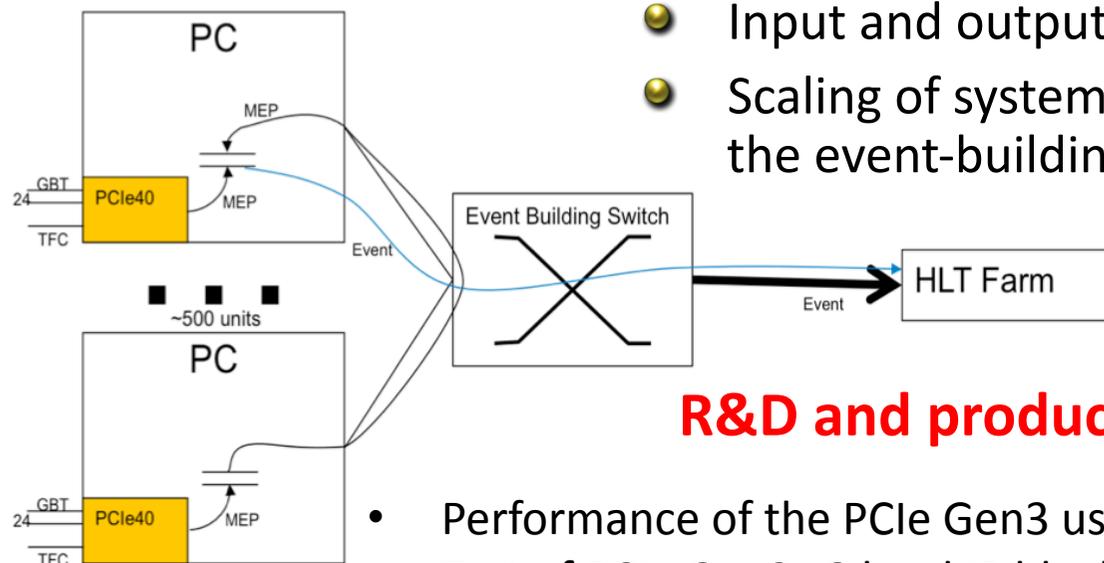


# Nuovo coinvolgimento nell'upgrade: uniform event-builder network



# Key points of uniform event-builder

- Data injection into the event builder server by means of PCIe readout boards
- Technology independence of event-building network
- Minimize number of core-ports
- Maximize percentage of cost-effective switch-ports and low-cost interconnects (copper, direct-attach, short-range optics)



## R&D and production by INFN Bologna

- Performance of the PCIe Gen3 using commercially available adapter board
- Test of PCIe Gen3 x8 hard IP blocks
- Device PCIe driver test and development
- **In 2014 design and tests, and in 2015-2017 final construction of about 200 PCIe readout boards for the LHCb upgrade**

# Richieste ai servizi di sezione per LHCb

Servizio	FTE	Periodo
Elettronica	12 m.u.	Gen-Dic
Calcolo e reti	12 m.u.	Gen-Dic

# Coda analisi dati ZEUS



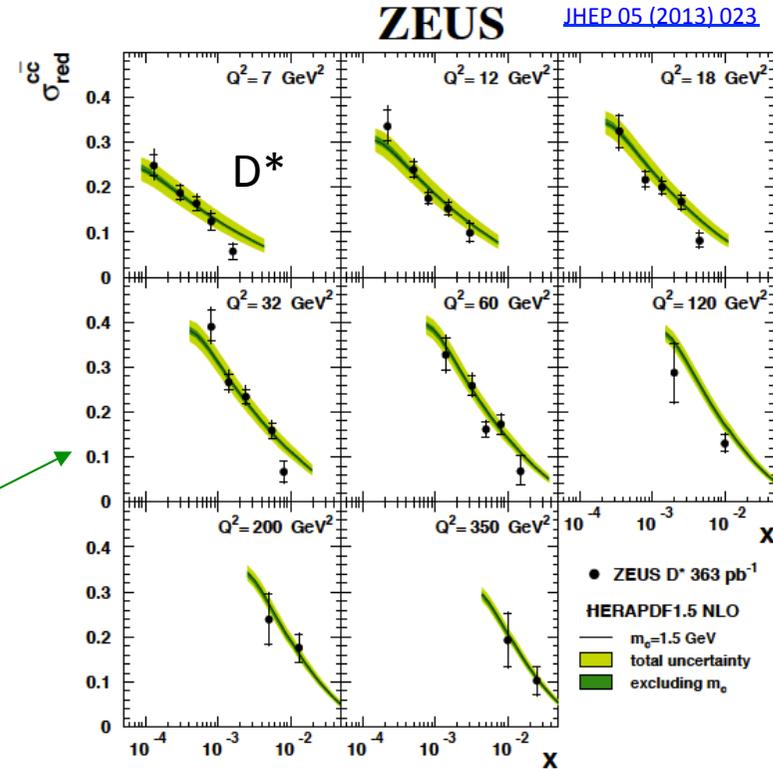
# ZEUS

- Presa dati completata nel 2007
- Il gruppo di Bologna ha continuato l'attivita' di analisi dei dati, in particolare nell'ultimo anno sulla produzione di charm in DIS:

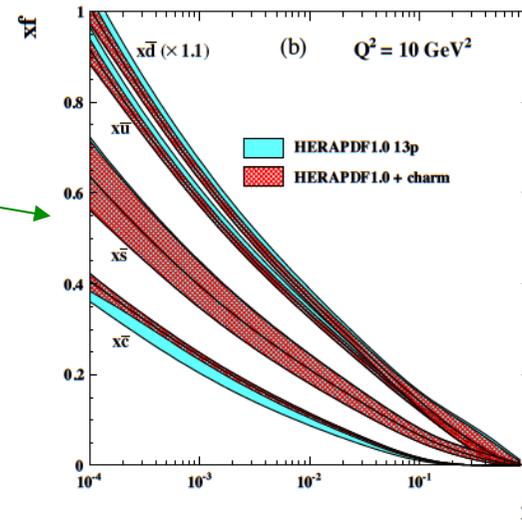
- Misure finali di produzione di charm in DIS : usando D\* e D+ (in preparazione: vertici secondari)

- Combinazione con H1 e analisi QCD [non include ancora i nuovi risultati] :
  - > test modelli di produzione dei quark pesanti
  - > riduzione incertezza sulle densita' partoniche
  - > misura della massa del quark c

$$m_c(m_c) = 1.26 \pm 0.05_{\text{exp}} \pm 0.03_{\text{mod}} \pm 0.02_{\text{param}} \pm 0.02_{\alpha_s} \text{ GeV}$$



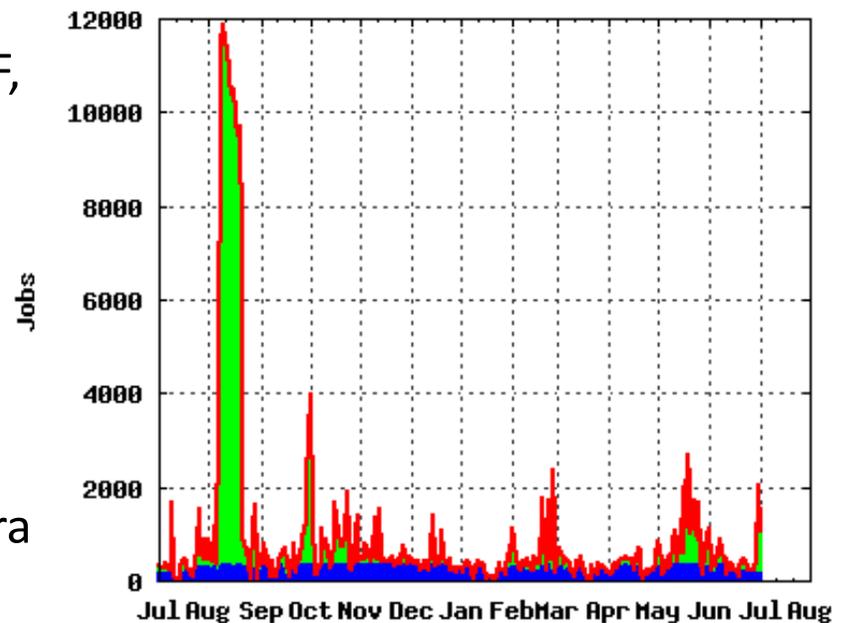
[Eur. Phys. J. C73 \(2013\) 2311](#) H1 and ZEUS



# **Tier-3 ATLAS, CMS, LHCb e PRIN calcolo LHC**

# Tier-3 / PRIN STOA-LHC

- Farm Tier-3 di Bologna
  - Cofinanziata dall'Università
  - Ospitata nei locali del Tier-1 al CNAF, attiva dal 2011
  - Gestita dai servizi di calcolo di sezione
  - Condivisa da ATLAS, CMS, LHCb e altri gruppi anche universitari
  - Accesso locale e sito ufficiale Grid IGI/EGI
  - Ottimo esempio di collaborazione fra servizi di sezione, esperimenti e CNAF



- PRIN STOA-LHC (febbraio 2013)

“Sviluppo di tecnologie per l'ottimizzazione dell'accesso ai dati di LHC, trasferibili ad altri domini scientifici, mediante l'approccio del grid e del cloud computing”

- Attività legate all'utilizzo del Tier-3 con modalità innovative
  - Co-gestione col Tier-1, virtualizzazione e confine “dinamico”
  - Processamento multicore, Cloud Computing, Storage Federations

# Conferenza Beauty 2013

# BEAUTY 2013

14<sup>th</sup> International Conference on B-Physics at Hadron Machines

- 8-12 Aprile 2013
- Organizzata dalla Sezione e dal Dipartimento presso l'aula Prodi di San Giovanni in Monte
- 100 partecipanti, 60 talk, 11 poster
- Gran successo
  - molto apprezzate anche la bellezza della struttura, del centro storico e (last but not least) **la gentilezza e la preparazione della nostra segreteria!**
- <http://beauty2013.bo.infn.it/>



**BEAUTY 2013**  
14<sup>th</sup> International Conference on B-Physics at Hadron Machines

**Bologna, Italy**  
Complesso di  
**San Giovanni in Monte**  
**8-12 April 2013**

**Local Organising Committee**  
Graziano Bruni  
Paolo Capiluppi  
Angelo Carbone  
Umberto Marconi  
Gian Paolo Vacca  
Vincenzo Vagnoni (Chair)  
Antonio Zoccoli

**International Advisory Committee**  
Daniel Denegri, Saclay  
Paula Eerola, Helsinki  
Samim Erhan, UCLA  
Hal Evans, Indiana  
Robert Fleischer (Co-chair), Nikhef and Vrije Universiteit Amsterdam  
Fernando Ferroni, La Sapienza, Roma  
Michael Gronau, Technion, Haifa  
Jørn Dines Hansen, Copenhagen  
Neville Harnew (Co-chair), Oxford  
Gudrun Hiller, Dortmund  
Kay Kinoshita, Cincinnati  
Silvia Masciocchi, GSI  
Sandro Palestini, CERN  
Kevin Pitts, Illinois  
Jonathan Rosner, Chicago  
Maria Smizanska, Lancaster  
Sheldon Stone, Syracuse  
Ulrich Uwer, Heidelberg  
Guy Wilkinson, Oxford

**Information and Registration**  
<http://beauty2013.bo.infn.it>

# In uscita nel numero di Luglio del CERN Courier (preview)

CERN Courier July/August 2013

Conference

## Beauty in Bologna

The historic centre of Bologna provided an appropriately attractive setting for Beauty 2013, the latest conference on B physics.

Some 100 physicists, including experts from all around the world, converged on Bologna on 8–12 April for the 14th International Conference on B Physics at Hadron Machines (Beauty 2013). Hosted by the Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) and by the local physics department, the meeting took place in the prestigious Giorgio Prodi lecture hall, at the heart of a magnificent complex in the city centre.

The Beauty conference series aims to review results in the field of heavy-flavour physics and address the physics potential of existing and upcoming B-physics experiments. The major goal of this research at the high-precision frontier is to perform stringent tests of the flavour structure of the Standard Model and search for new physics, where strongly suppressed, “rare” decays and the phenomenon of CP violation – i.e. the non-invariance of weak interactions under combined charge-conjugation (C) and parity (P) transformations – play central roles. New particles may manifest themselves in the corresponding observables through their contributions to loop processes and may lead to flavour-changing neutral currents that are forbidden at tree level in the Standard Model. These studies

are complementary to research at the high-energy frontier conducted by the general-purpose experiments ATLAS and CMS at the LHC, which aim to produce and detect new particles directly.

During the past decade  $e^+e^-$  B factories have been the main pioneers in the field of B physics, complemented by the CDF and  $D\bar{0}$  experiments at the Tevatron, which made giant leaps in the exploration of decays of the  $B_s^0$  meson ( $p\bar{x}$ ). Exploiting the highly successful operation of the LHC, the experimental field of quark-flavour physics is being advanced by the purpose-built LHCb experiment, as well as ATLAS and CMS. In the coming years, a new  $e^+e^-$  machine will join the B-physics programme, following the upgrade of the KEKB collider in Japan and the Belle detector

**The experimental field of quark-flavour physics is being advanced by the purpose-built LHCb experiment, as well as by ATLAS and CMS.**

there. This field of research will therefore continue to be lively for many years, with the exciting perspective of reaching the ultimate precision in various key measurements.

The participants at Beauty 2013 were treated to reports on a variety of impressive new results. CP violation has recently been established by LHCb in the  $B_s^0$  system with a significance exceeding  $5\sigma$  by means of the  $\Delta$

**The End**