

ATLAS UPGRADES

OVERVIEW FASE 1

E PROSPETTIVE PER FASE 2

Mauro Iodice

Pisa, Incontro con I Referee di ATLAS, 20 Marzo 2013

FASE I

- Introduzione
- Fast Tracker (piu' dettagli nel talk di Paola)
- New Small Wheel (piu' dettagli nel talk di Paolo)
- LAr Calo (piu' dettagli nel talk di Francesco)
- Atlas Forward Physics (AFP) (piu' dettagli nel talk di Gabriele)
- RPC upgrades
- Trigger DAQ
- Quadro Riassuntivo

FASE II

- Prospettive – Overview
- Trigger DAQ
- Barrel Muon
- Tile
- Tracker

2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	...	2030
				LS1		Phase 0			LS2		Phase I			LS3		Phase II

“Phase-0” upgrade: consolidation
 $\sqrt{s} = 13\sim 14$ TeV, 25ns bunch spacing
 $L_{\text{inst}} \simeq 1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ($\mu \simeq 27.5$)
 $\int L_{\text{inst}} \simeq 50 \text{ fb}^{-1}$

“Phase-I” upgrades:
 ultimate luminosity
 $L_{\text{inst}} \simeq 2\text{--}3 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ($\mu \simeq 55\text{--}81$)
 $\int L_{\text{inst}} \gtrsim 350 \text{ fb}^{-1}$

“Phase-II” upgrades:
 $L_{\text{inst}} \simeq 5 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ($\mu \simeq 140$) w. leveling
 $\simeq 6\text{--}7 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ($\mu \simeq 192$) no level.
 $\int L_{\text{inst}} \simeq 3000 \text{ fb}^{-1}$

ATLAS has devised a 3 stage upgrade program to optimize the physics reach at each Phase

- New Insertable pixel b-layer (IBL)
- New Al beam pipe
- New pixel services
- New evaporative cooling plant
- Consolidation of detector elements (e.g. calorimeter power supplies)
- Add specific neutron shielding
- Finish installation of EE muon chambers staged in 2003
- Upgrade magnet cryogenics

- New RPC in the Muon Spectrometer to improve geometrical coverage

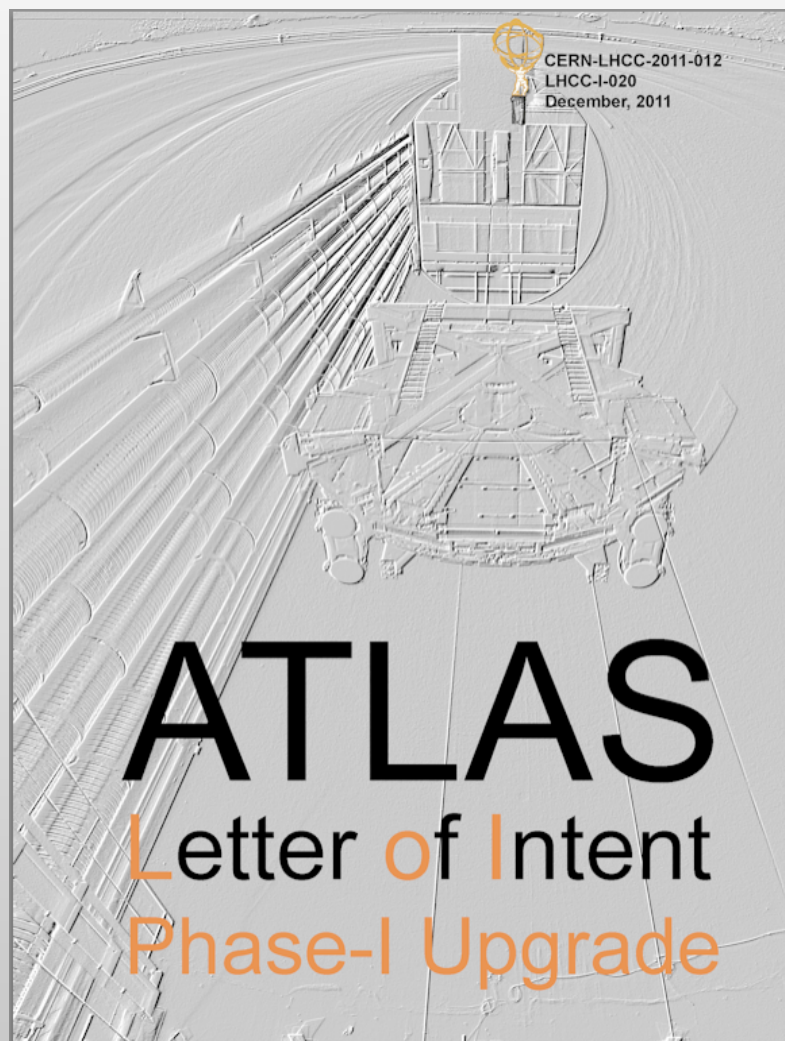
- New Small Wheel (nSW) for the forward muon Spectrometer
- High Precision Calorimeter Trigger at Level-1
- Fast TracKing (FTK) for the Level-2 trigger
- Topological Level-1 trigger processors
- New forward diffractive physics detectors (AFP)

- All new Tracking Detector
- Calorimeter electronics upgrades
- Upgrade part of the muon system
- Possible Level-1 track trigger
- Possible changes to the forward calorimeters

M. Nessi (29 October 2012 RRB)

<https://indico.cern.ch/conferenceOtherViews.py?confId=204539&view=lhcrrb&showDate=all&showSession=1&detailLevel=contribution>

FASE 1



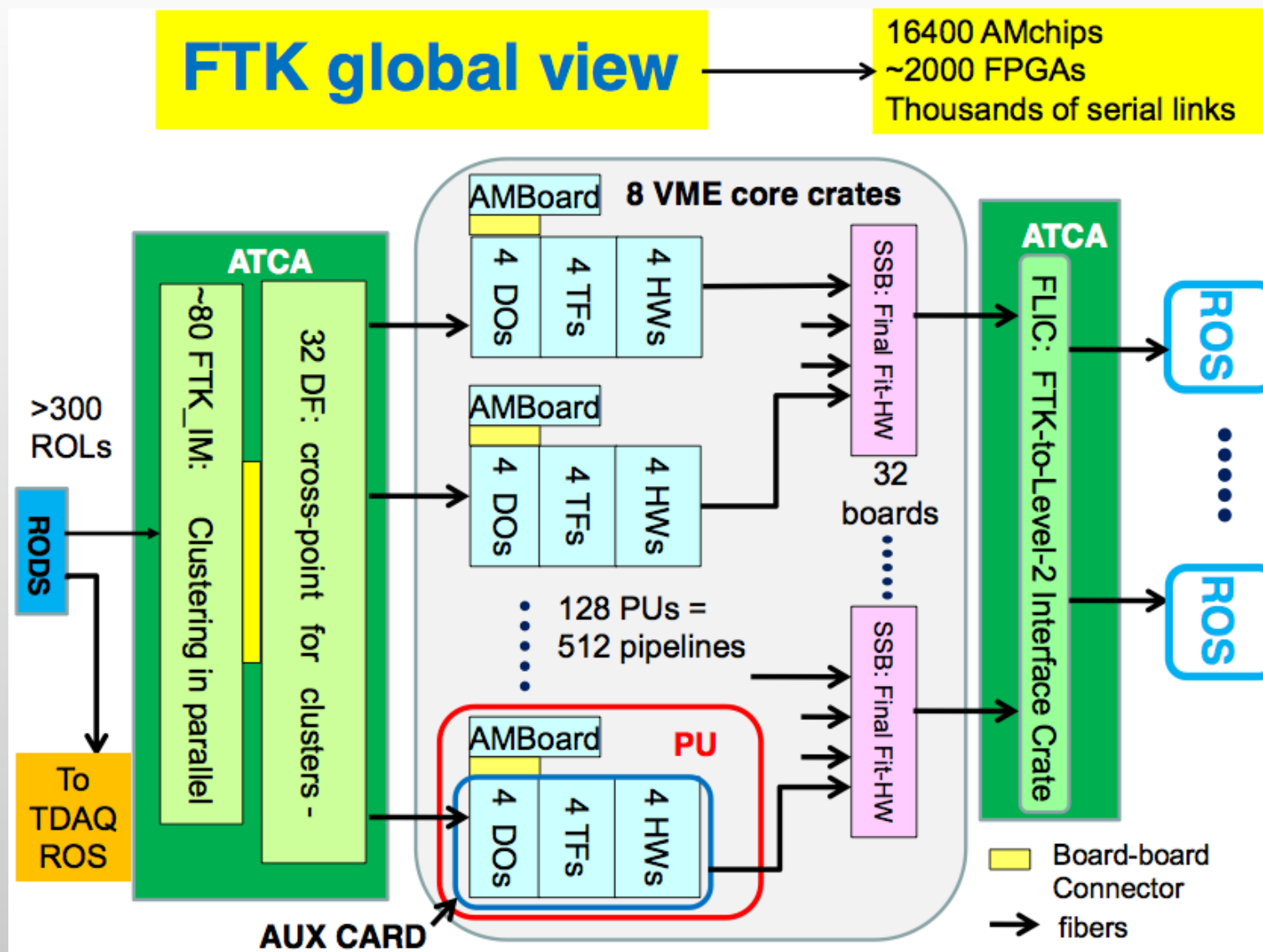
**LHCC-I-020,
December 2011**

- **Fast Tracker (FTK)**

- Global hardware based tracking input to L2 trigger
- Input from Pixel and SCT
- Data in Parallel to Normal read-out
- Provides inputs to L2 in $\sim 25 \mu\text{s}$ with track parameters at $\sim$ offline precision for b tagging, tau ID and lepton isolation

- **Two Phases:**

- Match hits to 10^9 stored patterns: pattern recognition is carried out Associative Memory (AM) which finds track candidates in coarse resolution roads
- Track Fitting



- **AMchip04**

- Piccole dimensioni (14 mm² invece di 100 mm²)
- Contiene 8 kPatterns – Bus paralleli
- consumo di potenza leggermente maggiore del previsto

- **AMchip05 (prossima produzione)**

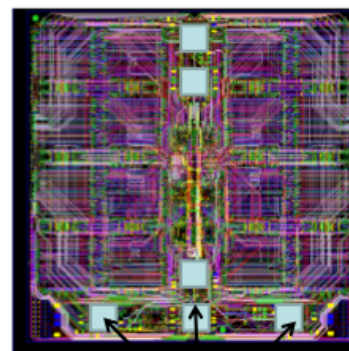
- contiene 64 kPatterns – Bus seriali
- Usa BGA mounting
- Verra' montato su NUOVO LAMB-mezzanine board (disegno di Pisa+Perugia)

in realta' accettabile, ma necessario abbassarlo per aumentare la possibilita' in futuro di fare fase multi-packaging per fase 2

- **AMchip05** piu' costoso del previsto (IP, BGA, multipackaging)

→ Fondi europei IAPP, STREP

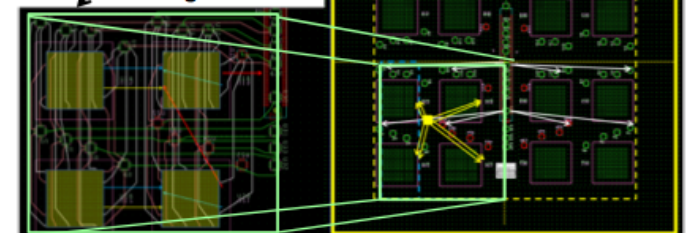
AM System (3) A new LAMB for AM chip05: all buses on serial links



FPGAs on LAMBFTK

Challenging routing

Simplified routing



LAMBSLP reduced size no FPGAs

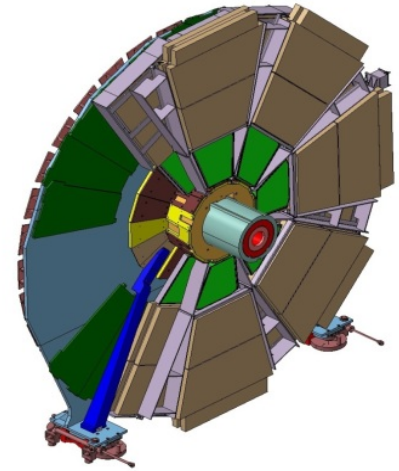
- **Impegni italiani nel progetto**
 - Input Mezanine (FTK_IM/DF receive data – esegue cluster finding)
 - AssociativeMemory Board (Pattern recognition -- 16400 Amchips, ~2000 FPGAs, Thousands of serial links)
- **Manpower**
 - **Sezioni coinvolte:** Mi, Pi, Pv, LNF
 - 15 FTE + 1,5 FTE comandato a Pisa nei prossimi 4 anni per la chiamata IAPP (circa la meta' lavorera' anche per fase 2)
- **Fondi Europei:** IAPP People (approvato per 1.5 Meuro)
STREP (risultato dell'application in Aprile 2013)
- **Richieste finanziarie (kEuro):** 1200
- **TDR in fase di scrittura.** Da presentare in Aprile 2013
- Paola Giannetti e' Deputy Project Leader di FTK in ATLAS

- In furthest forward direction, chamber efficiencies fall with hit rate as luminosity goes well above the design values
- Rate of L1 muon triggers exceeds available bandwidth unless thresholds raised

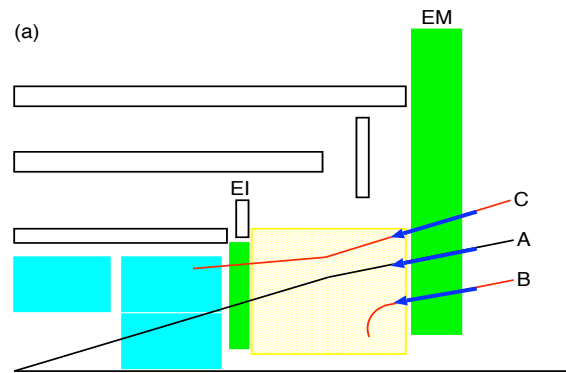
→ Replace muon “small wheels”

- Kill fake muon triggers by requiring high quality ($\sigma_\theta \sim 1\text{mrad}$) IP pointing segments in **New Small Wheels (NSW)**

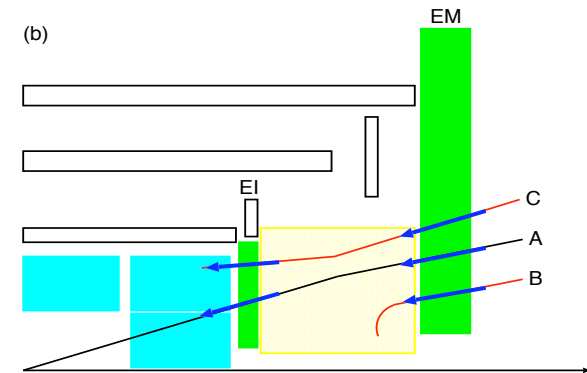
- New precision tracker in NSW that works up to the ultimate luminosity, $5\text{--}7 \times 10^{34}$, with some safety margin
- Precision chambers combine sTGC and micromegas technologies for robustness to Phase-II luminosities



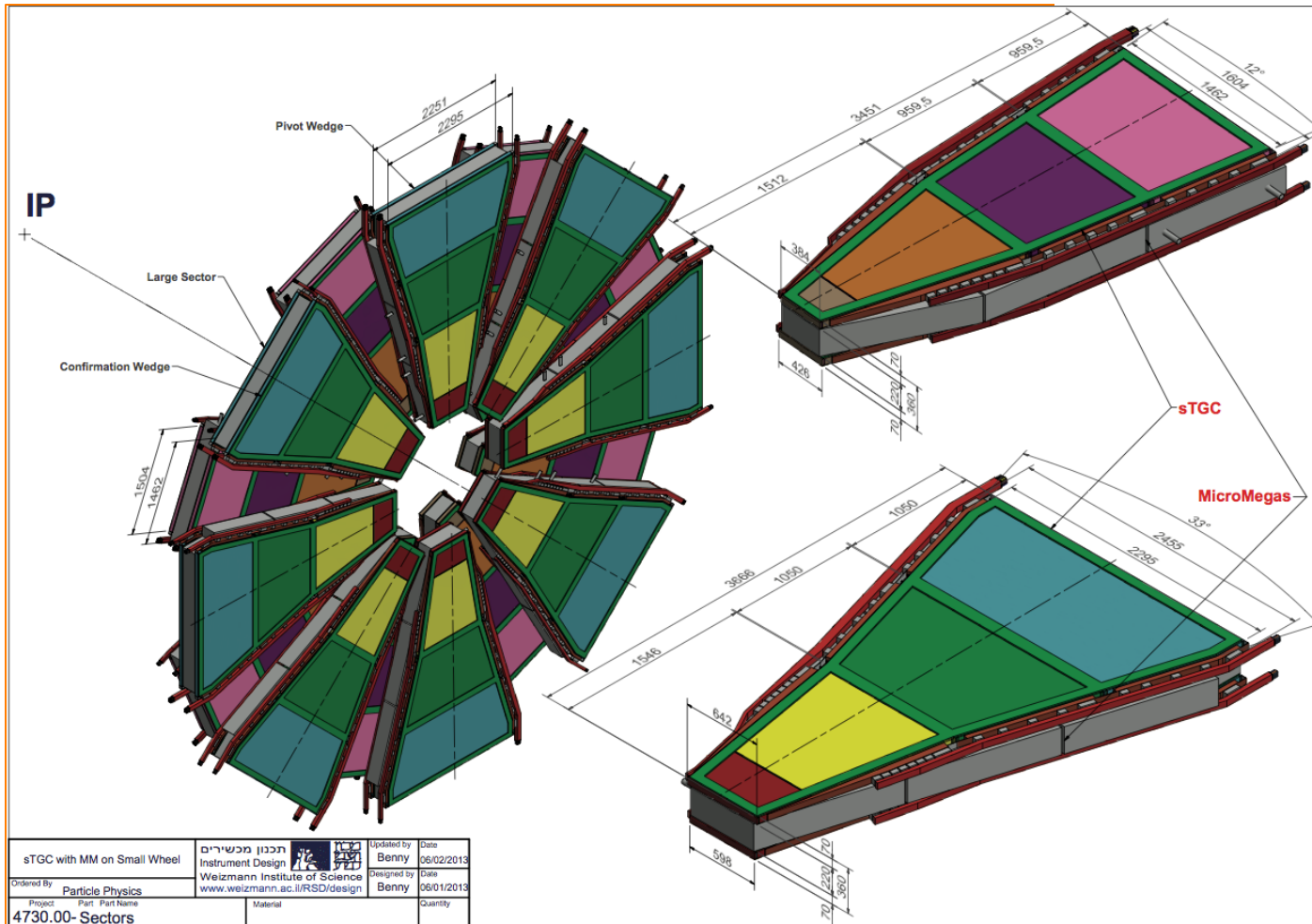
Present L1



Upgrade L1 with NSW

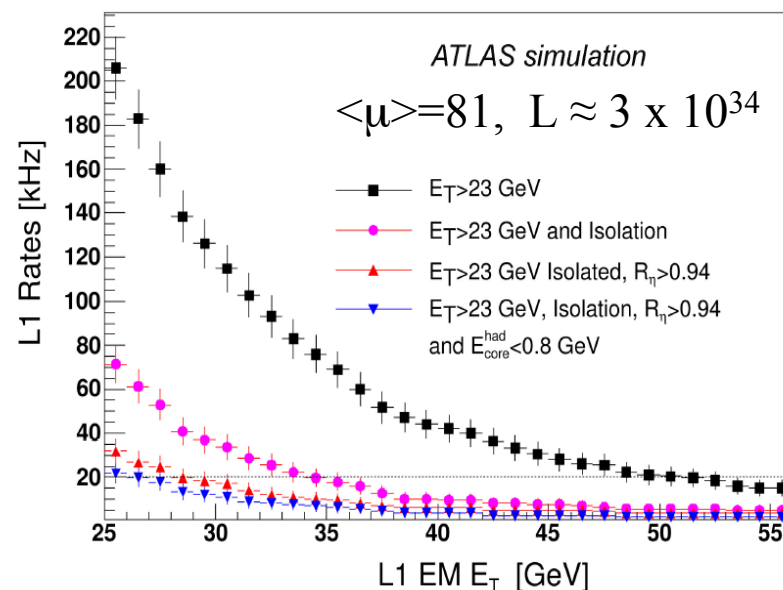
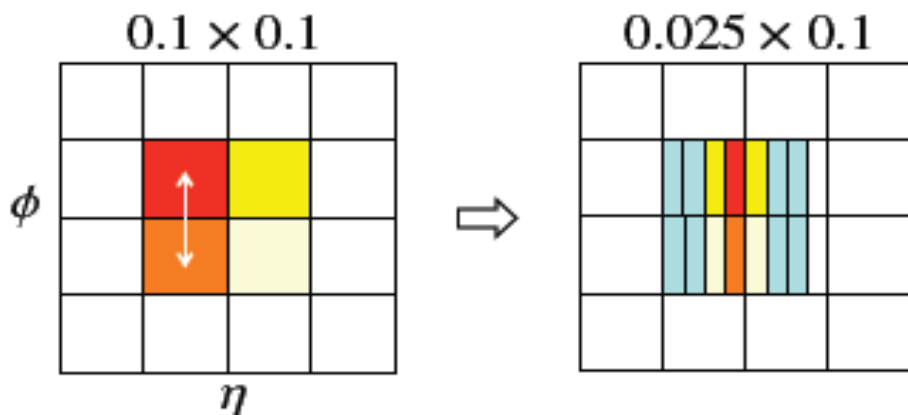


- ▶ 16 Sectors per wheel
 - ▶ 8 large
 - ▶ 8 small
- ▶ 2 multilayers per sector
- ▶ Each multilayer:
 - ▶ 4 sTGC planes
 - ▶ 4 MicroMegas planes

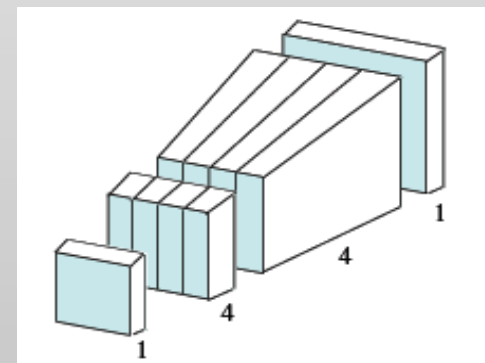


- **Impegni italiani nel progetto**
 - Progettazione e Costruzione camere MicroMegas (incluso R&D e studi di performance)
 - Ottime possibilita' di ottenere in Italia un centro di produzione e assemblaggio di Micromegas
 - Servizi: HV/LV, gas
 - Simulazione
 - Trigger: sTGC Pad coincidence logic (on-detector electronics)
 - Trigger MicroMegas (impegni in corso di definizione)
- **Manpower**
 - **Sezioni coinvolte:** Bo Cs LNF Le Na Pv Rm1 Rm2 Rm3
 - Persone/FTE : 45/15.6
- **Richieste finanziarie (kEuro):** 1440 + circa 150 per tooling
- **TDR in fase di scrittura** (presentazione Maggio 2013)
- NSW Project Leader sara' nominato alla prossima Muon Week (27/03)
 - Paolo Iengo e' nella short-list dei candidati

- Key target (as for New Small Wheel) is to maintain high efficiency for Level-1 triggering on low P_T objects (here electrons and photons)
- Improve Jet, tau, MET trigger
- In the LAr calorimeter this implies **changes to the front-end electronics** to allow greater granularity to be exploited at Level-1
 - finer segmentation in eta
 - depth information

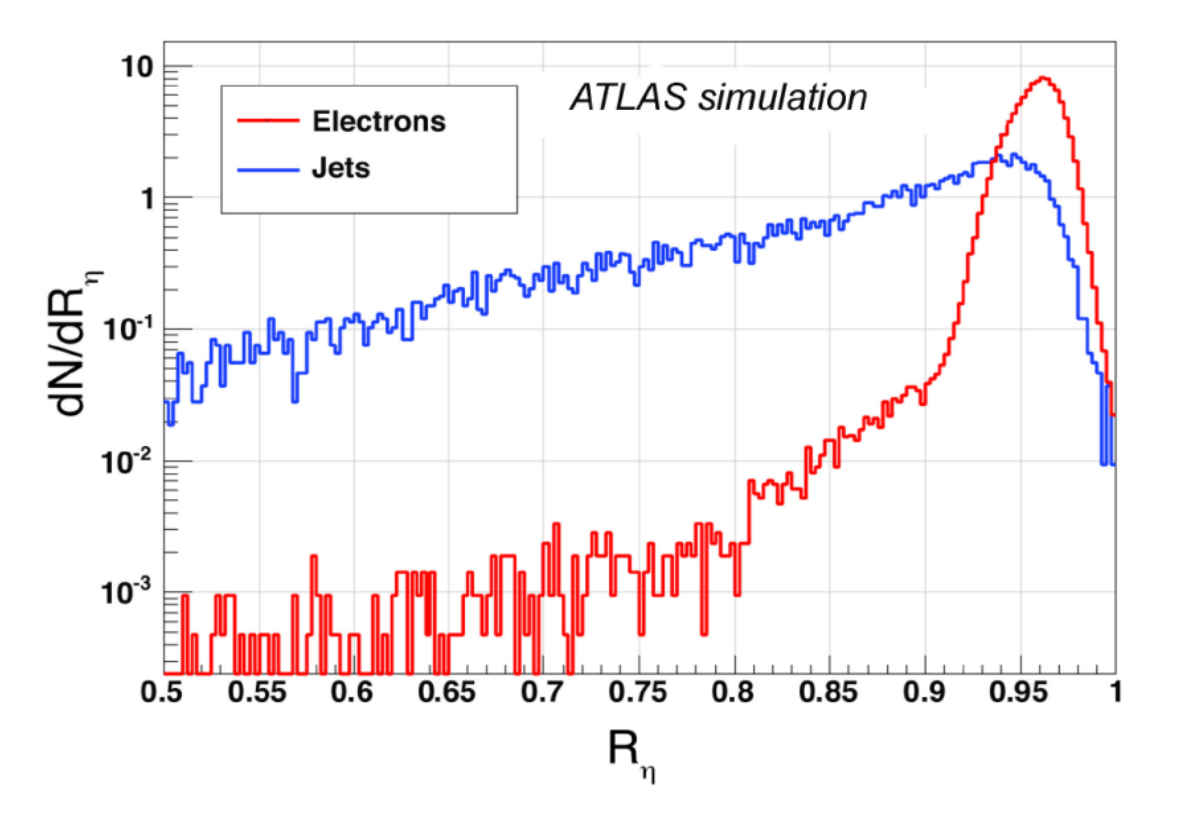


electron rate vs threshold



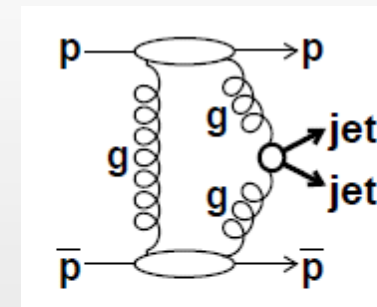
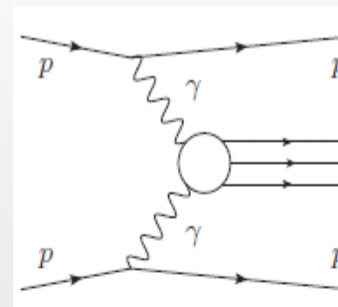
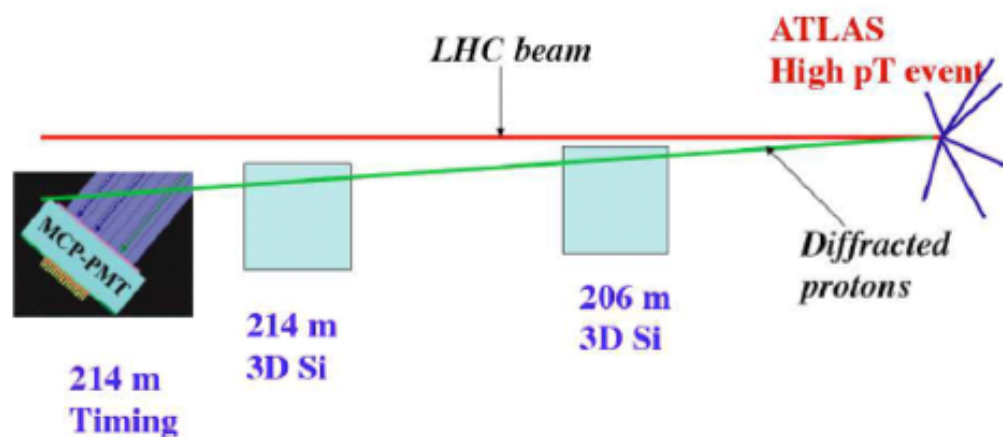
Increase em trigger discrimination power by processing finer granularity LAr data

- Enable use of more powerful LVL2 /offline-like variables techniques in the L1Calo selection:
 - Use shower shapes algorithms to improve electron identification and rejection against jets and π^0



$$R_\eta = \frac{\sum_{3 \times 2}^\eta E_T}{\sum_{7 \times 2} E_T}$$

- **Impegni italiani nel progetto**
 - Progettazione e produzione dei nuovi baseplane
 - Nuova distribuzione potenza
 - Simulazioni, Studio delle performance
- **Manpower**
 - **Sezioni coinvolte:** Mi
 - Persone/FTE : 7/3
- **Richieste finanziarie (kEuro):** 300 (ridotto rispetto a richieste Settembre → rinuncia a design e produzione Layer Summing Boards)
- **TDR per Settembre 2013**



- **ATLAS Forward Physics (AFP)**

- Tag and measure scattered protons at $\pm 210\text{m}$
- Link to system triggered in central ATLAS
- Radiation-hard edgeless **3D silicon developed in IBL context**
- **10 ps timing detector** for association with high pT primary vertex
- Probe hard diffractive physics and central exclusive production of heavy systems/ particles

- **Each of the two sides of AFP detector consists in:**

- 6+6 tracking stations (angular resolution $\sim 1\text{ }\mu\text{rad}$)
- 1 Timing Station (time resolution $\sim 10\text{ ps} \rightarrow \sim 2\text{ mm}$ on Interaction Vertex)

In breve (maggiori dettagli nella presentazione di Gabriele)

- ▶ IDR e Kick-off meetings di Settembre 2012 – raccomandazione dell'ATLAS Management e Upgrade Coordinator:
 - *Physics case and reach need further consolidation, also based on full simulation of pile-up*
 - *The community and the project organization need to be strengthened*
 - Technical review finale per l'approvazione del CB nella prima meta' del 2014
 - **Approvazione del CB nell'estate 2014, con stesura del TDR nella seconda meta' del 2014**
-
- **Febbraio 2013: Marco Bruschi nominato project leader di AFP**
 - **Azioni intraprese – Formazione dei seguenti Working Groupo - :**
 - ▶ Uso di roman pots combinato ad hamburg beam pipe
 - ▶ Full simulation del rivelatore a 210 m
 - ▶ Hamburg beam pipe e installazione infrastrutture nel LS1
 - ▶ Utilita' delle stazioni a 420 m

scopo dei WG e' di fornire risposte definitive ai commenti/critiche principali ricevuti alle review e fornire una baseline del rivelatore e delle milestones future entro Giugno 2013

In breve (maggiori dettagli nella presentazione di Gabriele)

- Recentemente, i gruppi di Bologna, Lecce e Roma2 hanno mostrato comune interesse ad esplorare le possibilità di sensori al diamante mono e policristallini per ottenere una risoluzione temporale molto spinta (a livello di 10 ps) e per misure di luminosità
- Se l' R&D in corso si concludesse positivamente, sarebbe importante per AFP, in quanto il sistema di timing avrebbe anche l'importante caratteristica di essere resistente alla radiazione rispetto alla presente baseline basata su barre di quarzo lette da MCP-PMT

- Il costo orientativo di questo sistema e' di massimo **200 kEuro** complessivi (il costo e' dominato dal numero dei sensori impiegati) , e l'installazione potrebbe avvenire nello shutdown 2016/2017
- Il piano di spesa di attivita' legata ai sensori al diamante e' in fase di definizione
- Il periodo 2013-2014 prevede attivita' di R&D
- L'attivita' di R&D e' supportata In gruppo 5 per tutto il 2013 con notevole probabilità' che continui per tutto il 2014-15
- La commissione 5 supporta e potrebbe supportare questa attività nei modi da stabilire

- **Impegni italiani nel progetto**
 - AFP detector: sistema di tracking basato su tecnologie IBL: sensori 3D, read-out chip FE-I4
 - AFP R&D su sensori al Diamante → Valutazione di un possibile utilizzo in AFP
- **Manpower**
 - **Sezioni coinvolte:** Bo, Ge, Mi, TN (tracking Silici); Cs (simulazioni);
Le, Bo, RM2 (Timing diamante)
 - Persone/FTE : 14/5
- **Richieste finanziarie (kEuro):** 200 (+ 200 se tecnologia con sensori al diamante venisse approvata)
- **Approvazione del progetto CB inizio 2014**

- The main project for the muon phase-I upgrade is the New Small Wheel, which will cover the region $1.3 < |\eta| < 2.5$ and will address the problem of the large fake rate in the endcap region
- However the NSW does not cover the full big wheel region ($1 < |\eta| < 1.3$)

Larger fake trigger rate @ 25 ns

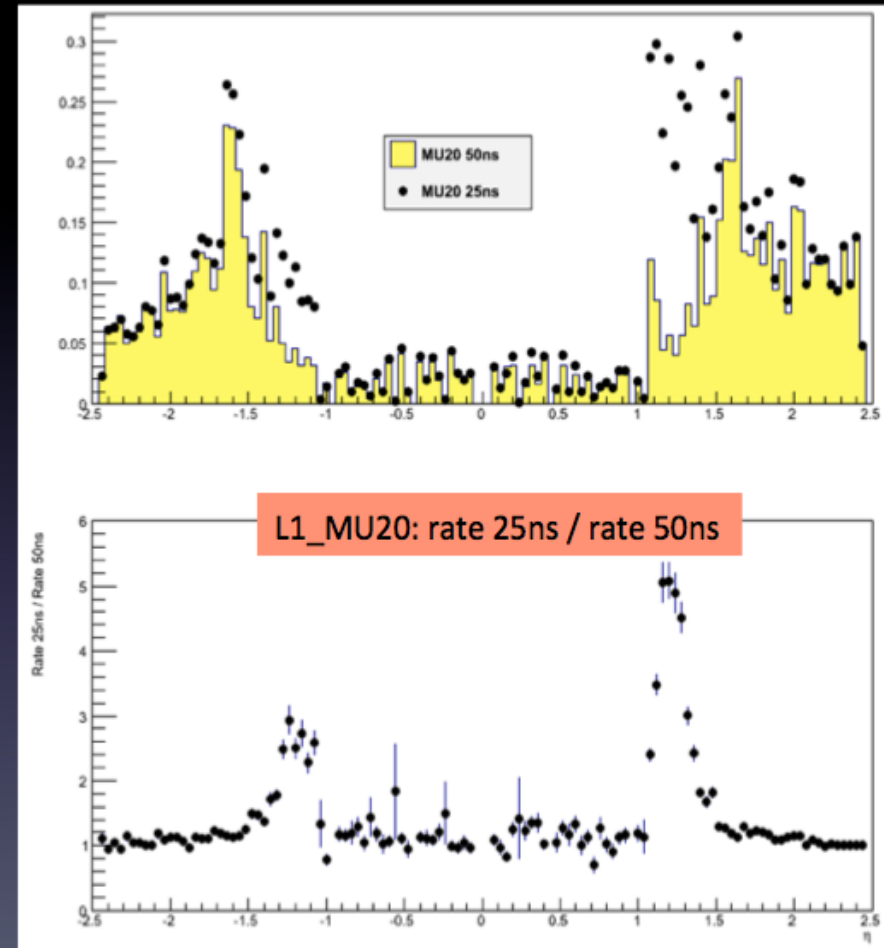
Weakness in $1.0 < |\eta| < 1.3$

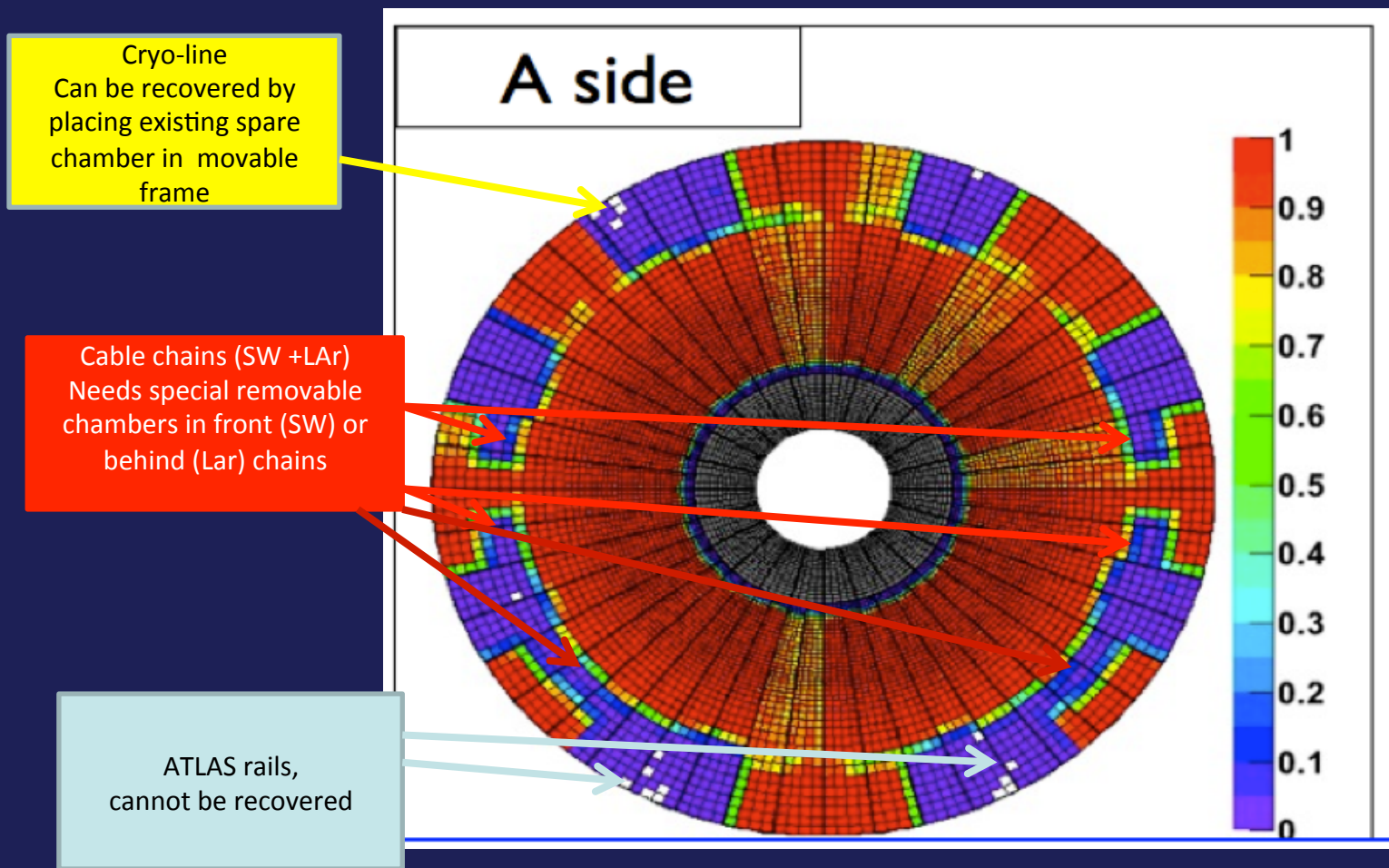
Large contamination with 25ns bunch spacing

Consistent with late arrival proton hypothesis

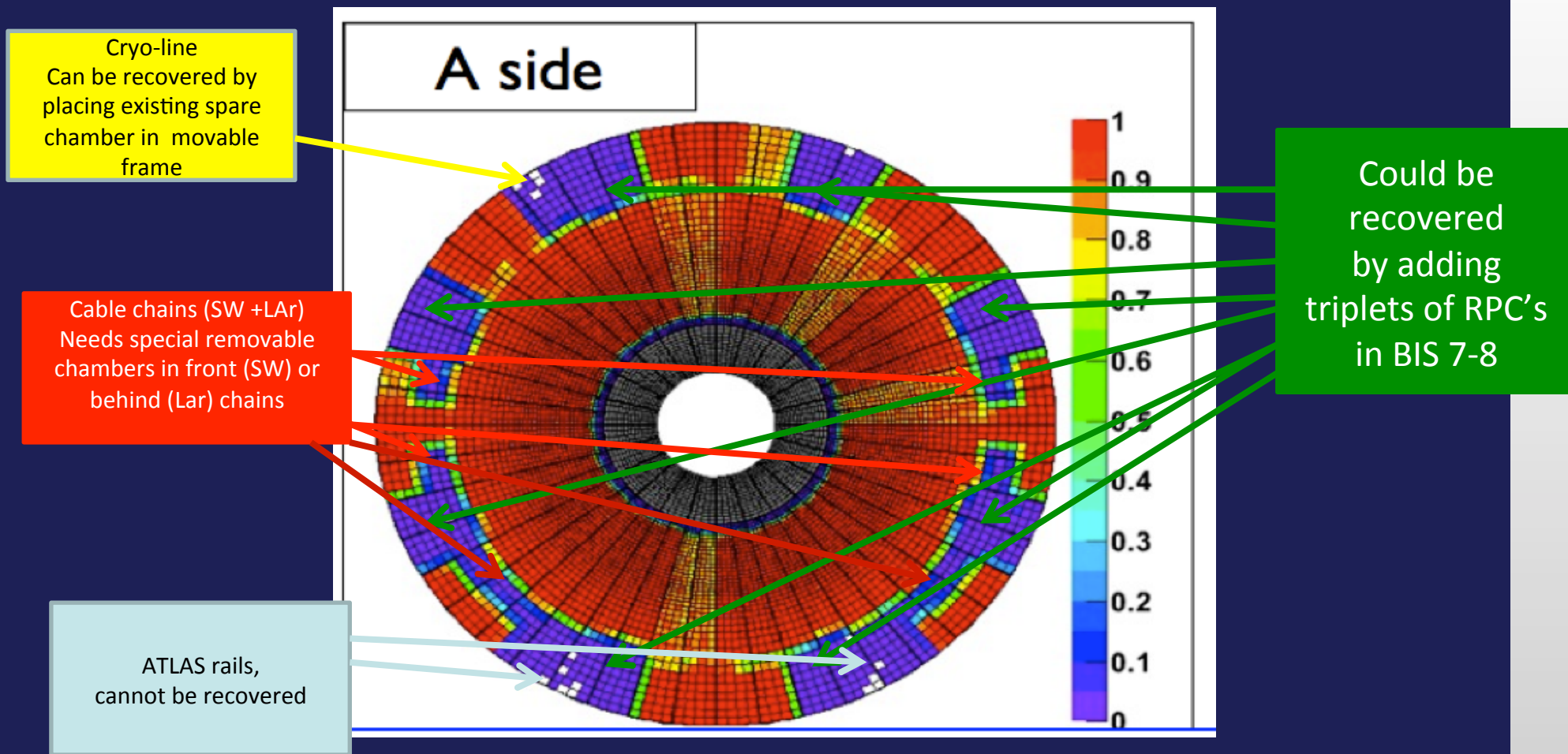
Poor coverage in barrel-endcap transition region, not reached by NSW

-> add a trigger detector





Unavoidable NON coverage about 20-25 % of the blue area



Unavoidable NON coverage about 20-25 % of the blue area

Cover as much as possible this regions (before LHC runs at 40MHz?)

- Alla fine del 2012 le simulazioni di trigger nell'endcap suggeriscono la necessita` di upgrade di trigger nella regione $1.0 < |\eta| < 1.3$, una zona appena oltre la copertura della Small Wheel
- La soluzione di gran lunga piu` semplice e` di aggiungere camere alle estremita` barrel (non nell'endcap!)
- La proposta e` stata dibattuta in una riunione dedicata chiamata dal muon management il 14 gennaio scorso ed e` vista come un progetto importante e necessario
- La prossima settimana sara` messa in approvazione dal muon IB
- Dopodiche' verra` presentato ad ATLAS per l'endorsement
- Riteniamo che una parte della spesa possa essere sostenuta sui MOF
- Il resto andra` ripartito tra INFN e possibili nuovi partners con cui siamo in contatto

- COSTRUZIONE 16 camere RPC (8 side A + 8 side C) nella regione delle BIS 7-8
Copertura area totale $\sim 30 \text{ m}^2/\text{layer}$ -- 3 layers per camera per coincidenze 2/3
(richiesto dal trigger group)
- Breakdown del progetto
 - Progetto, costruzione RPC
 - local coincidence logic for triggering
 - readout for second coordinate and timing
- Manpower
 - **Sezioni coinvolte:** BO, Le, RM1, RM2
 - Stanno valutando adesione al progetto: U. Michigan, MPI
 - Persone/FTE : 22/8
- Richieste finanziarie (kEuro): 127kE per 10k ch di front-end
121kE per i 16 rivelatori (volumi di gas + pannelli di strip + supporti meccanici)
→ TOT: 248 (trigger+readout ancora da valutare)
- il progetto e' ancora da approvare

- Design review report

Summary

- Impressive amount of work was presented. Many thanks for the initiatives, the work already done, and for the presentations!
 - Will help ATLAS benefit from early high luminosity of LHC
- ⇒ Go-ahead as soon as possible with the Pre-Phase1 items
- ⇒ Proceed to TDR for all the others
- ⇒ Work for TDR, including simulation, will need prioritizing
- ⇒ Re-enforce close contact with physics, FTK, NSW, LAr, Tile
- ⇒ Designers, keep Phase2 in mind. Phase2 planners, talk to designers
- ⇒ ATLAS: prepare to defend some of the design decisions with quantitative physics arguments in the TDR (e.g. single lepton vs. multi-object vs. topological triggers), in view of the LHCC
- More details will be in the written report which is being prepared for the EB.

Reviewers:

Pauly, Morettini,
Farthouat, Etzion,
Tokushuku, Nisati,
Rajagopalan, Levinson,
von der Schmitt

- Prior to Phase 1, i.e. deployment in LS1
 - nMCM, CMX, Topological Trigger, CTP
 - “Evolution” of Data Flow & Trigger Selection Software  GE, LE, RM1, PV
 - FTK demonstrator (barrel)  LNF, MI, PI, PV
- For Phase 1, i.e. deployment in LS2
 - L1 Calorimeter (jFEX and eFEX) (*)
 - L1 Muon (to accommodate new small wheel)
 - Pad logic for NSW trigger  BO, NA, RM1, RM2, RM3
 - Barrel electrical-optical conversion  RM1, RM2, NA
 - MuCTPi
 - FTK  LNF, MI, PI, PV
 - Trigger selection software  GE, LE
 - ROS (inc. ROBIN), RoIB, DAQ Networks, Online Software

7

(*) Feature Extractor per e, tau, jets che implementeranno algoritmi attualmente usati a L2

- Current interface board
 - In USA15: 64 Sector Logic boards (SL) + 64 Interface Boards (IB)
 - SL/IB connection with VME dedicated 48-bit backplane bus
 - The IB sends SL trigger signals to MuCTPi via copper cables
 - 32-bit @ 40 MHz (LVDS signals)
 - Max two trigger candidates are sent per each BC
- New interface board
 - Optical output to the new MuCTPi
 - 6.4 Gb/s optical link on the IB (standard 10 GbE SFP+)
 - 64-bit @ 40 MHz with 8b/10b encoding
 - one FPGA to handle and serialize data coming from SL
 - TTC clock has to be provided to the new IB (from backplane)
 - 4 BCs additional Level-1 latency
 - Possible new features (additional trigger candidate, ...)

 **RM1, RM2, NA**

8

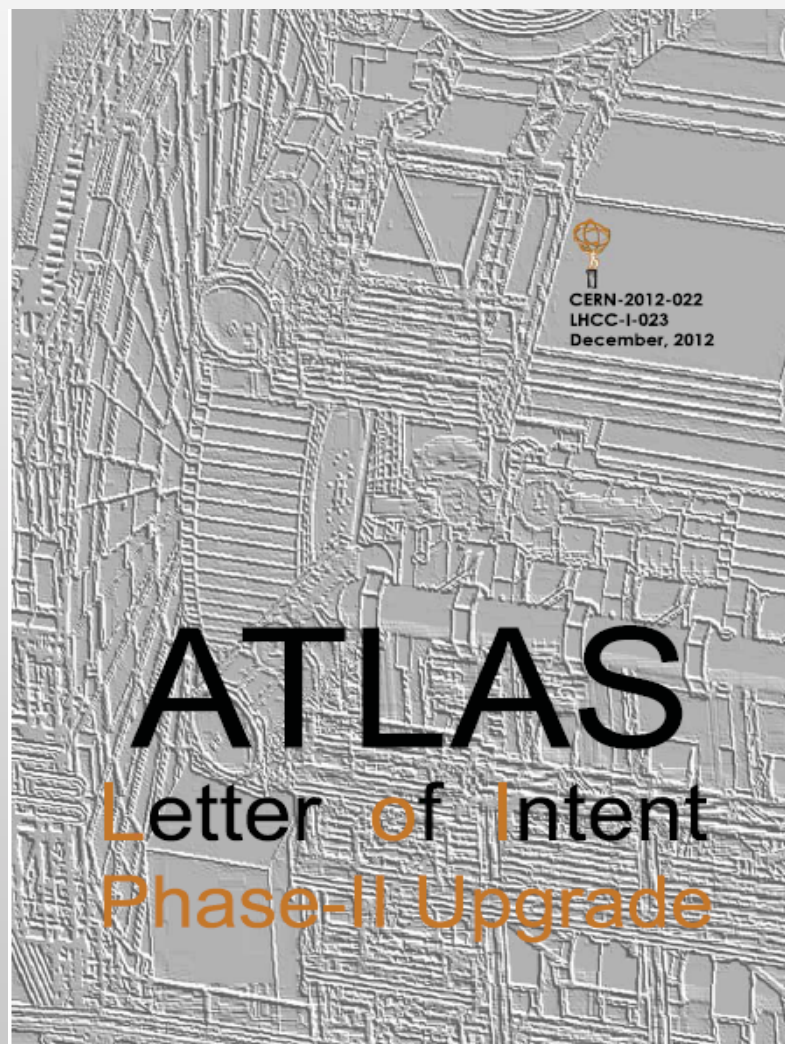
- Level 1 Muon Barrel Trigger e' **responsabilita' dei gruppi italiani.**
- **COSTO delle nuove interfaccia MuCTPi : ~1.5 kEuro/Board → 100 kEuro**

- Evoluzione data-flow (Pavia)
 - cambiamenti principali dell'architettura in corso per Fase 0
 - Da L2 e EF separati a una sola farm omogenea
 - Comporta cambiamenti significativi nell'HLT: reimplementazione dello steering e adattamento algoritmi
 - Possibili modifiche/adattamenti per fase 1
 - Dipendentemente dall'HW che si avrà a disposizione: trend tecnologico nelle architetture multi-core, utilizzo di GPU, ecc
 - Nuove possibili richieste da parte HLT. Per esempio: L4, data scouting, deferred processing
- Ridefinizione Menu e Algoritmi (Lecce, Genova)
 - Menu studies, Trigger strategies, dedicated trigger algorithms
- Integrazione nuovi detector negli algoritmi HLT e nella simulazione
 - FTK (LNF, Pisa, Pavia)
 - IBL
- Lavori di aggiornamento del sw ROD crate DAQ
 - Applicazione che gira su SBC e gestisce la presa dati nei crate VME (ATCA in futuro)

- **Impegni italiani nel progetto**
 - In gran parte attività' legate a NSW (L1 muon PAD logic) e FTK
 - Interfaccia MuCTPi L1-Muon Barrel
 - Evoluzione Data Flow & Trigger Selection Software
- **Manpower**
 - **Sezioni coinvolte:** Bo, Ge, Le, LNF, Mi, Na, Pv, Pi, Rm1, Rm2
 - **FTE :** L1Muon **7.8**; HLT **0.7**; DAQ **3.7**; FTK **7.7**
- **Richieste finanziarie (kEuro):** 100 per interfaccia MuCTPi L1 Barrel Muon
- **TDR per Settembre 2013**
- Andrea Negri e' coordinatore del "data-flow evolution"
(accorpamento delle farm di L2, EB e EF)

UPGRADE	Responsabile	Sezioni Coinvolte	People /FTE	Progetto	COSTO TOTALE (KEuro) (1E=1.2CHF)	RICHIESTE Settembre 2012 (KEuro)	ASSEGNAZIONI (kEuro)		Eventuale AGGIORNAMENTO RICHIESTE (kEuro)	STATO DEL PROGETTO
							2013	Approvazione tetto di spesa		
Fast TracKer (FTK)	Paola Giannetti (Pi)	Mi, Pi, Pv, LNF	15 FTE +1.5 FTE IAPP	Progettazione sviluppo e costruzione di un trigger basato sulla ricostruzione ultra-veloce di tracce prodotte da particelle cariche	3000	1200 (2012 - 2017) 260 (2013)	52 (di cui 21 s.j.) +200 s.j. per AMCHIP	1200		TDR da presentare in Aprile 2013
New Small Wheel (NSW)	Paolo Iengo (Na)	Bo Cs LNF Le Na Pv Rm1 Rm2 Rm3	43/15.6	Progettazione, sviluppo e costruzione di nuove camere nella zona in avanti per la ricostruzione di muoni e trigger associativo	9580+830 = 10410	1440 (2013 - 2018)	67.5		La richiesta originaria include il Trigger NON include tooling (~150 kEuro)	TDR da presentare Maggio 2013
Atlas Forward Physics (AFP)	Marco Bruschi (Bo)	Bo, Ge, Mi, TN (tracking Silici); Bo, Le, RM2 (Diamanti);	14/5	Progettazione, sviluppo e costruzione di un tracciatore a silicio nella zona estremamente vicina ai fasci	2250	190 (2013 - 2018) 55 (2013)	20		200 + 200 per Diamanti	Approvazione CB 2014 --> TDR 2014
LAr Calorimeter Upgrade (LAR)	Francesco Tartarelli (Mi)	Mi	7/3	Potenziamento dell'elettronica di lettura del calorimetro ad Argon liquido	6670	500 (2013 - 2018)	5		300 (rinunciano a design e produzione Layer Summing Boards)	TDR da presentare in Settembre 2013
Trigger and DAQ (TDAQ)	Andrea Negri (Pv)	Bo, Ge, Le, LNF, Mi, Na, Pv, Pi, Rm1, Rm2	19.9 FTE (overlap with other projects)	Gran parte: FTK, NSW, MuCTPI, Data flow e HLT	7314	Rientrano in FTK, NSW			100 per Interfaccia ottico SectorLogic-MuCTPI	TDR da presentare in Settembre 2013
RPC - FASE 1	Davide Boscherini (Bo)	Bo, Le, Rm1, Rm2	22/8	Copertura regione di transizione Barrel-Endcap					121 detector + 127 (per 10k ch f.e.). + trigger under evaluation	In approvazione al Muon IB Marzo 2013

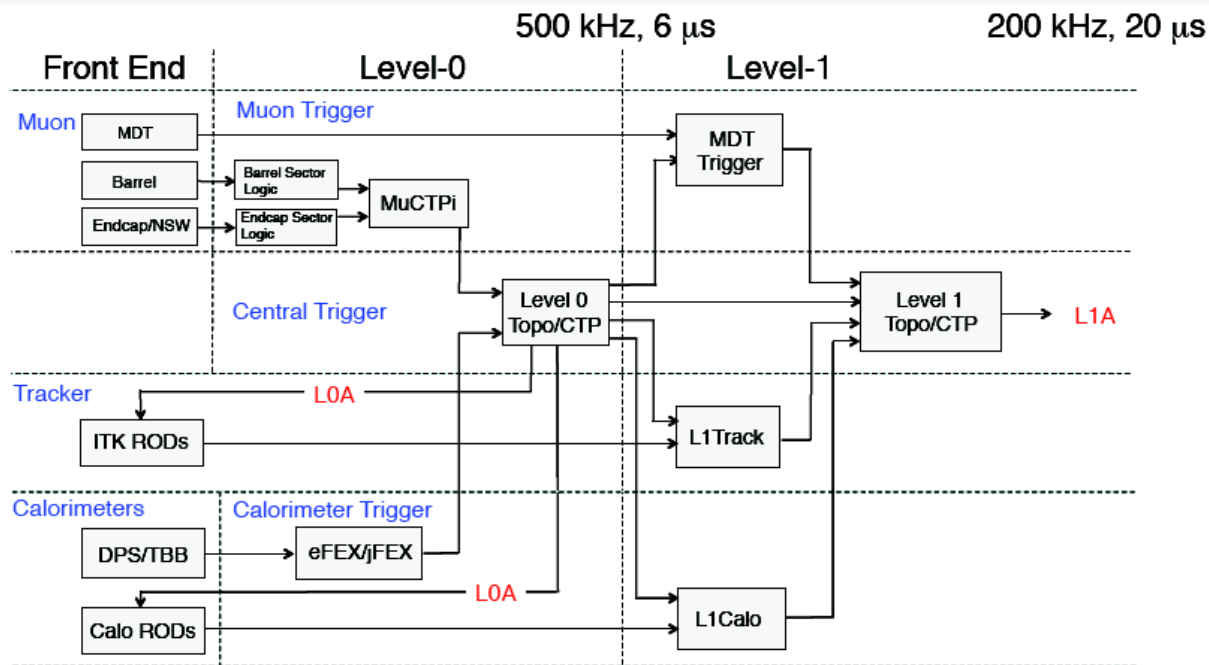
FASE 2



Al momento per ATLAS
ITALIA si parla di
**ESPRESSIONI DI
INTERESSE**

**LHCC-I-023,
December 2012**

- Split L1/L0
 - Phase I L1 becomes Phase II L0
 - @L1: tracking, full granularity calorimeter, improved muon pT resolution
- New detector readout
 - Detectors are evaluating a common RO architecture based on GBTs and possibly a common ROD
 - More functionality moved to the counting room
- Storage @10 kHz
- Replace ID with all silicon system
- Use MDT for trigger purpose
- Significant sw redesign



- Maintain Trigger acceptance, particularly for single leptons in higher rate and higher pile-up environment

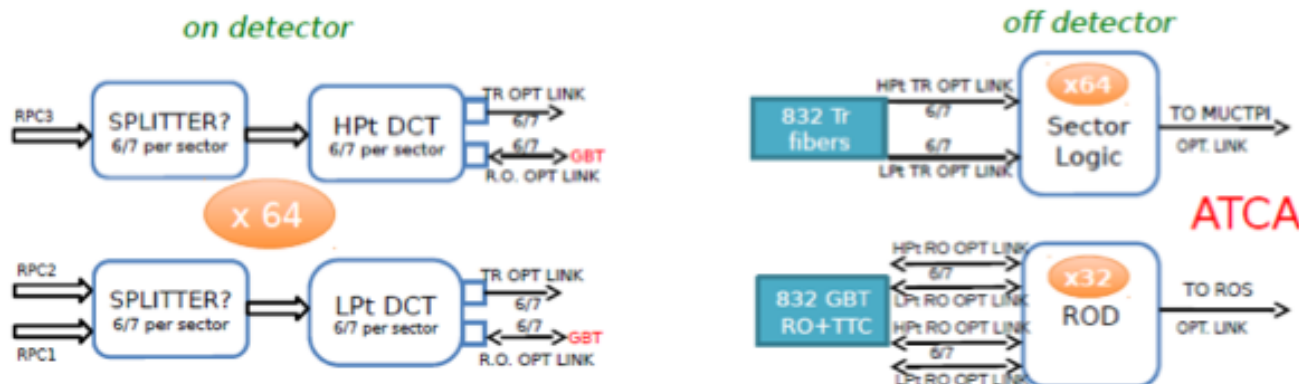
New L1 adds: tracking information; Full granularity Calorimeter information; Improved muon pT resolution

- Simulation studies show that including a track trigger complements muon and em triggers
 - Improves muon p_T-resolution
 - Improves EM identification by E/p matching to a track

- L'attuale sistema non può sostenere un rate > 100 kHz
 - Necessaria una completa riprogettazione
- Si tende a non modificare il cablaggio esistente sulle camere
 - Operazione complessa e difficoltà di accesso
- **La PAD box sarà sostituita da una Data Collector and Transmitter (DCT) box** la cui funzione è
 - ricevere i dati di una torre
 - sincronizzarli al clock della macchina
 - farne una riduzione parziale
 - inviarli alla Sector Logic e ROD con le relative informazioni di timing
- La Splitter Box potrà essere mantenuta o eliminata
 - Dipende dalla possibilità di adattamento degli attuali cablaggi al nuovo schema

- Cambiamenti più significativi:
 - Esecuzione algoritmo di trigger non più on-detector ma off-detector
 - Eliminazione connessione on detector tra la parte Low- p_T e High- p_T
- Dati di trigger e readout inviati separatamente per Low- p_T e High- p_T con due connessioni per torre
 - Lettura @200 kHz
 - RO: non più via Sector Logic e ROD, ma connessione diretta da DCT a ROD.
 - Si passerà dal VME allo standard ATCA
- Gruppi italiani coinvolti: **RM1, RM2, NA, BO**
 - Altri gruppi verranno presto contattati
- Costo stimato (LoI): 6.3 MCHF

Upgraded system



18

- Upgrade front-end electronics to accommodate changes in TDAQ architecture
- Improve the p_T -resolution for L0/L1
 - Implement new system to improve p_T -resolution using MDT information and/or improving spatial resolution of the RPC
 - In the forward region use MDT information and install new TGC in the inner ring of the big wheel (option)

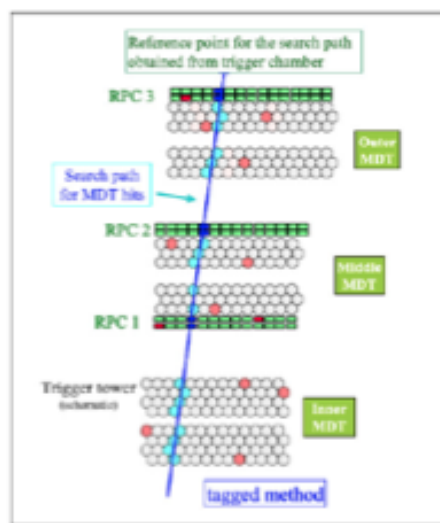


Figure 5.4: The "RoI seeded" method. The RoI information for a high- p_T track from an adjacent trigger chamber (here the outer chamber RPC3) is used as a search road for MDT hits of the candidate track. Track segments of several MDT chambers can be combined to give a precise p_T estimate for the candidate track.

Use precision MDT information to improve p_T resolution of RPC ROI objects (seeded option)

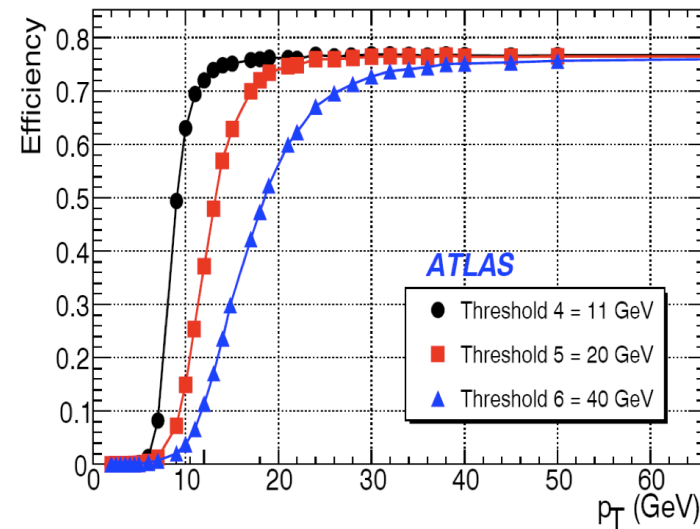
unseeded option requires $\sim x100$ more fibres

Improved spatial resolution using charge sharing in RPC strips is also being investigated

In Lol for phase-II upgrade

At a p_T of 10, 20 and 40 GeV sagittas are 48, 24 and 12 mm, respectively
The current RPC spatial resolution is ~ 7 mm. For the HL-LHC an improved resolution could be used to increase the trigger selectivity

Need higher spatial resolution
in order to sharpen the thresholds



Goal: improve spatial resolution at L1 from 7mm to 3mm or better

Using the current RPC chambers, reading out the signals in a more sophisticated way, it will be possible to improve the spatial resolution by a factor 2-3

Not all the info provided by FEE are currently exploited: the ASD works in updated mode i.e. the output is on as long as the input signal is above threshold, therefore it is proportional to the charge

Measuring the signal duration using a TDC with appropriate time resolution -> the centroid of the charge distribution could be used as an estimator of the particle position (already demonstrated in test beams: *NIM A344 105–109, 1994* e *arXiv:1210.6696*)

Profiting of the replacement of the trigger electronics for phase II, it will be possible to modify the logic in the trigger boxes

A R&D project has been started to evaluate the potential of this method in detail (RM2)

Institutes involved: RM1 + RM2 (+ BO under discussion)

Cost under evaluation

Precise timing info at L1

Goal: provide a timing info at L1 with $<1\text{ns}$ resolution

R&D initiated at LE

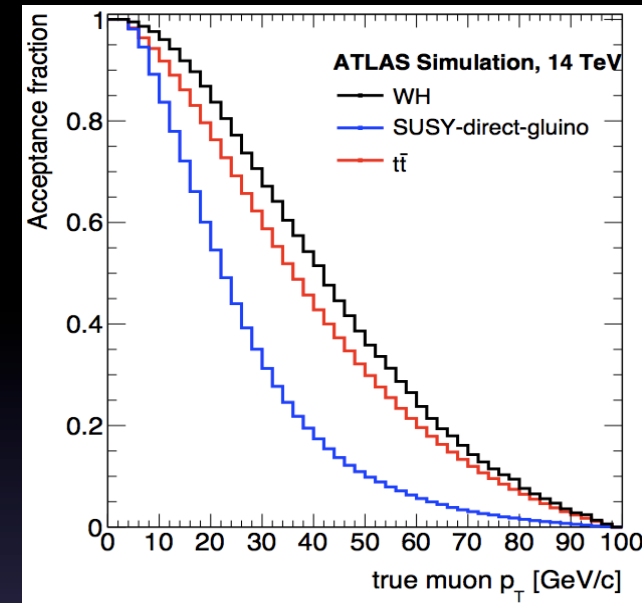
Test of on-detector FPGA-based electronics implementing the current standalone offline monitoring algorithm to be used at L1

Main advantages:

- spatial and time resolution available real-time (virtual pad)
- reduce non-prompt hit and track multiplicity before L1
- possible mean-timer implementation reading strips from both sides

RPC trigger stations in the inner layer

Expected peak luminosity in Phase-II is $\sim 7 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
In order to maintain good efficiency
for leptons from decay of electroweak bosons,
aiming to keep the trigger threshold
for isolated leptons at $\sim 20 \text{ GeV}$



An inner RPC layer was already considered years ago in the original proposal

Complementary to MDT L1 trigger whose electronics cannot be replaced in some of the inner chambers

Provide redundancy and increase the lever arm of the RPC trigger for facing the high luminosity running

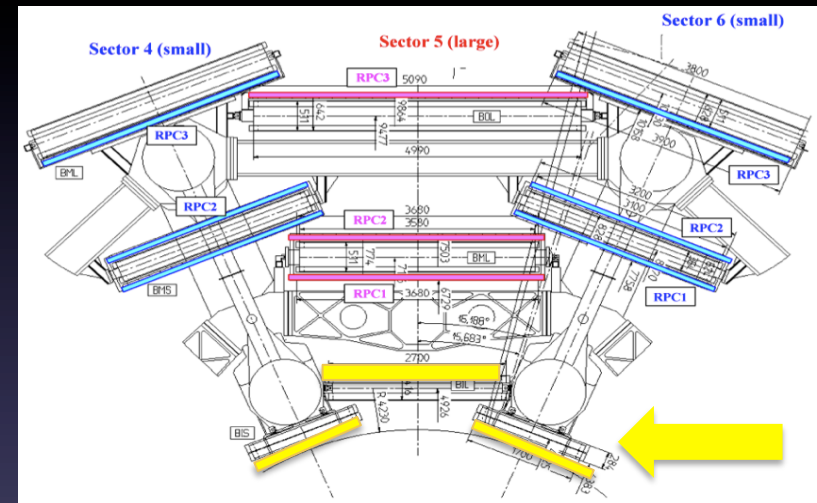
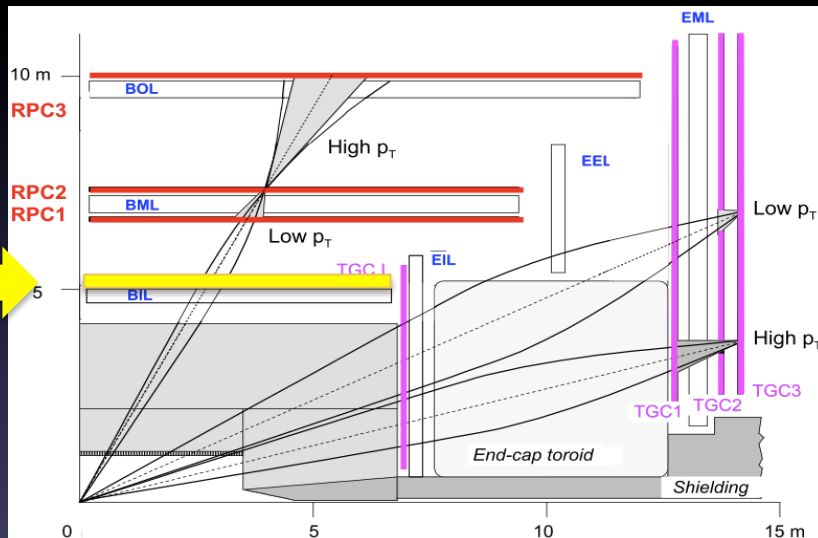
Completion of the installation of the RPC inner layer

RPC trigger stations in the inner layer

Challenging project due to the limited space available

Same problem as for the chambers in the transition region

Surface to cover: $\sim 500 \text{ m}^2$ (with two layers)



Interest from institutes: BO, RM1, RM2

Qualification task (waiting for approval) for a PhD student from BO to study the impact on the trigger of:

- RPC chambers in the transition region
- inner RPC layer
- L1 MDT trigger

L'interesse di FTK per fase II e' molteplice:

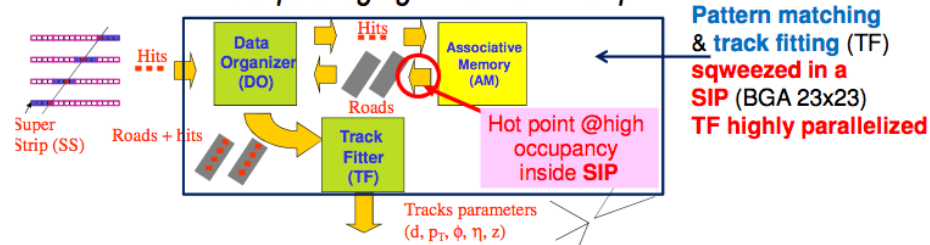
- basato sullo sviluppo di un dispositivo nuovo che include in un solo package il chip di AM e l'FPGA del Track Fitter
- Inoltre e' anche possibile il passaggio ad ATCA in sostituzione del VME.

Questo potrebbe avere applicazione in:

- (1) tracciatore di livello 1 ad Atlas
- (2) upgrade di FTK a livello 2.

Oltre a questo, anche CMS pensa di usare lo stesso chip per il loro tracciatore di livello 1 → Possibile sinergia

New Ideas for the future - FTK could become smaller and smaller
Multi-packaging FPGA & Amchip – mini FTK



- (1) We have a very interesting **quotation** for **FPGA bare dies** to be packaged with AMchips
- (2) **IMEC** support for feasibility studies
- (3) **FTK SIP** (System In Package) becomes a real possibility – **large impact** on **AM bank sizes**

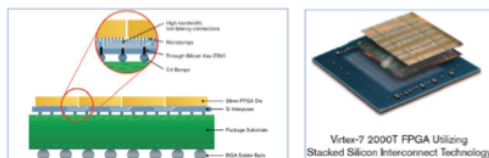


Fig. 1.1.7 Left and right - example of silicon interposer approach for Xilinx Virtex-7 FPGA. This approach will constitute the basis for the innovations that the NEURONS project will develop as described in the text.

FTK miniaturization for long latency applications
 Few *future LAMBs* could *cover the whole detector* if used for *long latency applications (simulation-offline)*

Goal: build a **Lamb** that can **fit in a PC** or can be accessed by a **PC**.

FP7 IAPP - STREP PROGRAM
 Coordinated by *University of Pisa* and *INFN-Pisa*

What about this size ?



STREP (coordinator INFN) would add for FTK in Phase II:
University of Heidelberg on **3D AM chip** (applied also to its funding agency)
UCL (London) for AMchip use in L1 tracking
CMS Pisa-University of Florence for use in L1 tracking
IMEC for **flip chip multi-packaging** and AMchip submissions to TSMC
MICROTEST - **test setup** for AMchip massive production tests

Strong technical support

Prevista per Tilecal la completa sostituzione del read-out con elettronica rad-hard (100 krad su 10 anni)

In particolare la sostituzione dei partitori del PMT con partitori attivi con gli ultimi 2-3 stadi a transistor per un controllo dinamico del guadagno. Prototipi esistono e possono essere già testati nei vari laboratori.

A Pisa e' possibile sfruttare le competenze presenti nel gruppo su elettronica e messa in opera di test benches.

A Pisa sono stati già caratterizzati 1250 su 10000 PMT di Tilecal e la PMT-box puo' essere aggiornata e riutilizzata per i test di PMT con i nuovi partitori



- 2013-2014 test in laboratorio (Pisa) dei nuovi partitori;
- 2015 installazione su 1/8 degli scintillatori di gap/crack;
- 2016 test beam di validazione dell'intera elettronica di FE in un drawer/dimostratore;
- 2018 installazione della nuova elettronica su tutti gli scintillatori di gap/crack;
- 2019 inizio costruzione della nuova elettronica di FE (inclusi i nuovi partitori) per tutto il calorimetro;
- 2022 installazione e messa in opera della nuova elettronica su tutto il calorimetro.

- Main LAr plans for Phase II is
 - Change all FE boards & ROD boards
- Can use L1 trigger of phase I as L0 trigger of phase II
- The main architectural difference between the existing readout system and the planned upgrade is the switch from an (analog) on-detector Level-1 pipeline to a “free-running” design in which signals from all calorimeter cells are digitized at 40 MHz and sent off-detector.

- Continue involvement with **power distribution architecture** and with **new front-end** (for the current calo FE we have realized the preamps):
 - Powering distribution: power architecture with main converters and point-of-load converters (POL) close to the front-end
 - New Front-End: analog preamplification and shaping stages will be integrated in a single ASIC: Liquid Argon Preamp and Shaper (LAPAS)
 - Implementation of a wide dynamic range single ended preamp followed by low power differential shaping stages with multiple gains
 - SiGe technology (IBM, IHP)

- Replace current Inner Detector with all-Silicon system
 - Improved granularity
 - Improved radiation hardness
 - Reduced material
 - Extended forward coverage

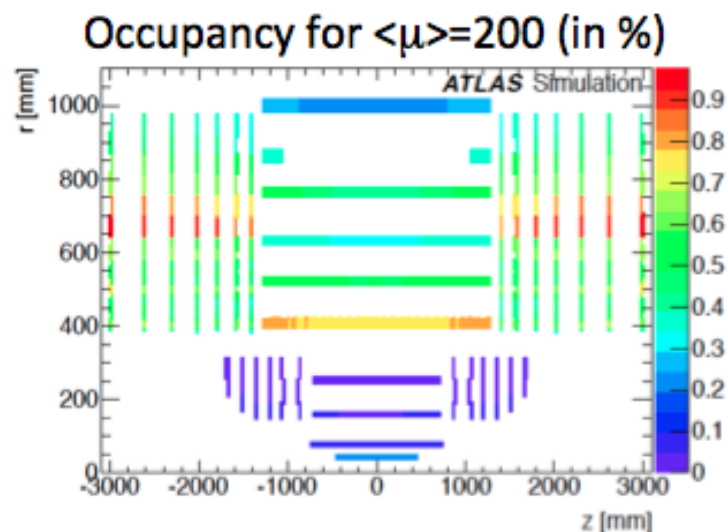


Figure 6.7: Channel occupancies (in percent) with 200 pile-up events.

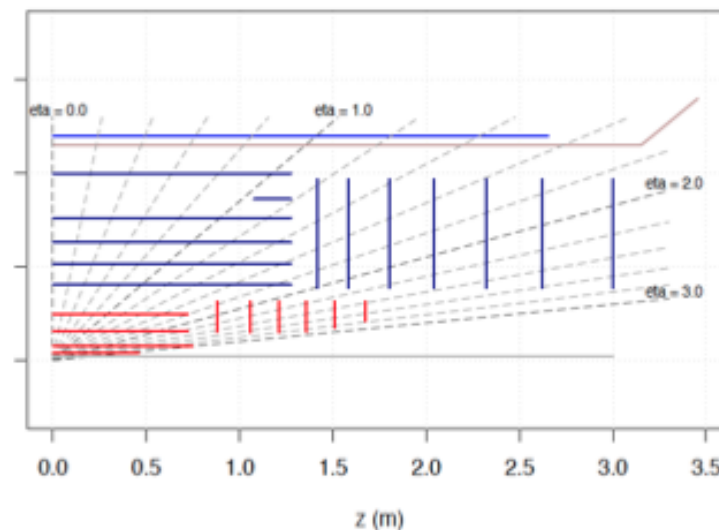


Figure 6.1: The baseline layout of the replacement tracker showing the active areas of silicon detectors arranged on cylinders and disks.

Baseline layout of the new ATLAS inner tracker for HL-LHC

Aim to have at least 14 silicon hits everywhere (robust tracking)

Verso Phase-2



- ✓ In Fase-2 il tracker sarà l'upgrade più importante. I gruppi italiani sono relativamente pochi per adesso: è necessario individuare e concentrarsi sui nostri punti di forza, cercando anche di creare opportunità per l'inserimento di altri gruppi che vogliano collaborare in futuro.
- ✓ Per l'R&D verso Fase-2 i punti a cui dare enfasi sono possibili sinergie con CMS o altri esperimenti (bump-bonding, elettronica di FE, sensori...) e coinvolgimento di industrie (Selex, FBK, etc).
 - Alcuni di questi aspetti potrebbero essere sfruttati per FIRB, Prin, progetti europei sia per reperire fondi che manpower.

Interessi italiani – Sensori



- ✓ Gruppi (Ge/Ud/Trento) interessati a sviluppare e testare sensori 3D per i futuri pixel, anche tenute conto le implicazioni dell' elettronica di read-out a 65nm e una minor pixel size.
- ✓ Con **FBK** nuove soluzioni per processi piu' semplici rispetto a IBL sono state gia' studiate e riprenderanno appena il passaggio da 4" a 6" wafer sara' completato. Alcuni punti di interesse :
 - Processo single sided favorito per sensori sottili
 - epitaxial wafer
 - Tecnologia e design da ottimizzare per dosi fino a 2×10^{16} neq/cm²
 - Pixel piu' piccoli, con elettrodi piu' sottili e inter-distanza ridotta,
 - Bordo piu' sottile (o attivo)
 - Riduzione dello spessore, con moltiplicazione di carica
- ✓ Altre tecnologie di interesse (Ge), per esempio HV-CMOS (<https://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=154&sessionId=22&resId=0&materialId=slides&confId=158040>)
- ✓ I gruppi di **Le/Bo/Rm2** sono interessati a portare avanti un attivita' di R&D sui sensori a diamanti, finalizzata principalmente ai rivelatori di timing per AFP in cui e' richiesta una risoluzione temporale di 20-30 ps. La tecnologia al diamante, e' gia' oggi sicuramente interessante e competitiva per piccoli volumi (BCM,DBM), per grandi aree e' ancora da dimostrare anche in considerazione dei costi/resa dei sensori.

Interessi italiani – Ibridizzazione

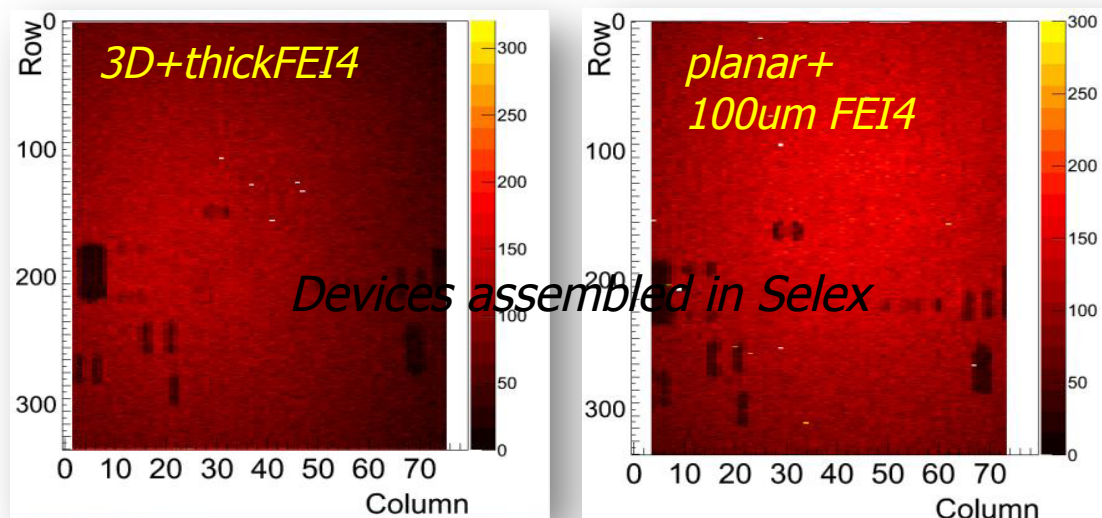


✓ Bump bonding (Ge/Mi):

- IBL insegna quanto sia cruciale avere piu' vendors per un'attivita' critica e mantenere contatti diretti con l'azienda. Sara' ancora piu' vero per Fase-II.
- Selex ha dimostrato di essere competitiva anche su grandi aree e chip sottili (100 um). *G Alimonti et al 2013 JINST 8 P01024*
- Da capire il loro interesse per continuare / upgradare la tecnologia a un prezzo competitivo. Necessario contributo di CMS.

✓ Assemblaggi (Ge/Mi/Ud):

- Tenere attiva la camera pulita per assemblaggi, wirebonding e' cruciale perche' costituisce un punto di forza rispetto a altre sedi.
- Possibile qualifica di moduli in tutti i loro aspetti.



Interessi italiani – Elettronica



- ✓ Interesse (Ge/Mi) nell'architettura di read-out, con particolare attenzione al Trigger L1 che verra' sviluppato a livello di tracker.
 - In questo modo possiamo sfruttare le competenze in b-tagging e tracking a L2 e avere un ruolo sul layout del rivelatore e sull'architettura di readout.
 - Interazioni con FTK (o quello che diventera' in fase-II) possono anche essere immaginate.
- ✓ Interesse anche per il read-out off-detector (Bo/Ge/Ud)
 - Bologna sta valutando se contribuire alla possibile estensione al layer-2 dei pixel della ROD di IBL, questa attivita' e' di interesse anche come palestra per i possibili upgrade futuri
 - Continuazione dell'impegno sul software online di acquisizione dati.
 - In generale ci sembra possa essere un'attivita' interessante per altri gruppi italiani TDAQ.
- ✓ Circuiti flex per servizi (Ge/Mi).
 - Acquisita discreta esperienza di progettazione e QA sia con module flex che, soprattutto con stave flex, interessanti come flex sottili nella tecnologia Al/Cu.

- Trigger DAQ
 - Nuova architettura di trigger, Nuovo detector readout, Importante ridisegno del software
- L1 Muon Barrel (Rm1, Rm2, Na, Bo)
 - completa riprogettazione:
 - Sostituzione PAD box con Data Collector and Transmitter (DCT)
 - Algoritmi di trigger non piu' on-detector ma off-detector
 - passaggio da da VME a ACTA
- RPC Risoluzione Spaziale (Rm1, Rm2, Bo?)
 - Miglioramento risoluzione spaziale con misura ToT (migliora Selettivita' del Trigger)
- RPC Precise Timing at L1
 - Implementare algoritmi di offline monitoring per Timing ad alta risoluzione su FPGA
- RPC Stazioni nello strato interno (Bo, Rm1, Rm2)
 - Complementa MDT-L1 dove e' impossibile cambiare elettronica su MDT
 - ridondanza e maggior braccio di leva
 - In aggiunta alle BIS7-8 completa lo strato interno
- Trigger MDT a Livello 1 (possibili interesse di Rm3, ...)

- FTK per fase 2
 - Per tracciatore di Livello 1
 - basato su sviluppo dispositivo che include in un solo package AMchip e FPGA del fitter
- TileCal (Pi)
 - sostituzione partitori del PMT con partitori attivi con controllo dinamico del guadagno
- LAr (Mi)
 - Distribuzione di potenza
 - Nuovo front-end: ASIC che integra PreAmp e Shaper (LAPAS)

- TRACKER (Bo, Ge, Le, Mi, Rm2, Tn, Ud)

Upgrade piu' importante in ATLAS.

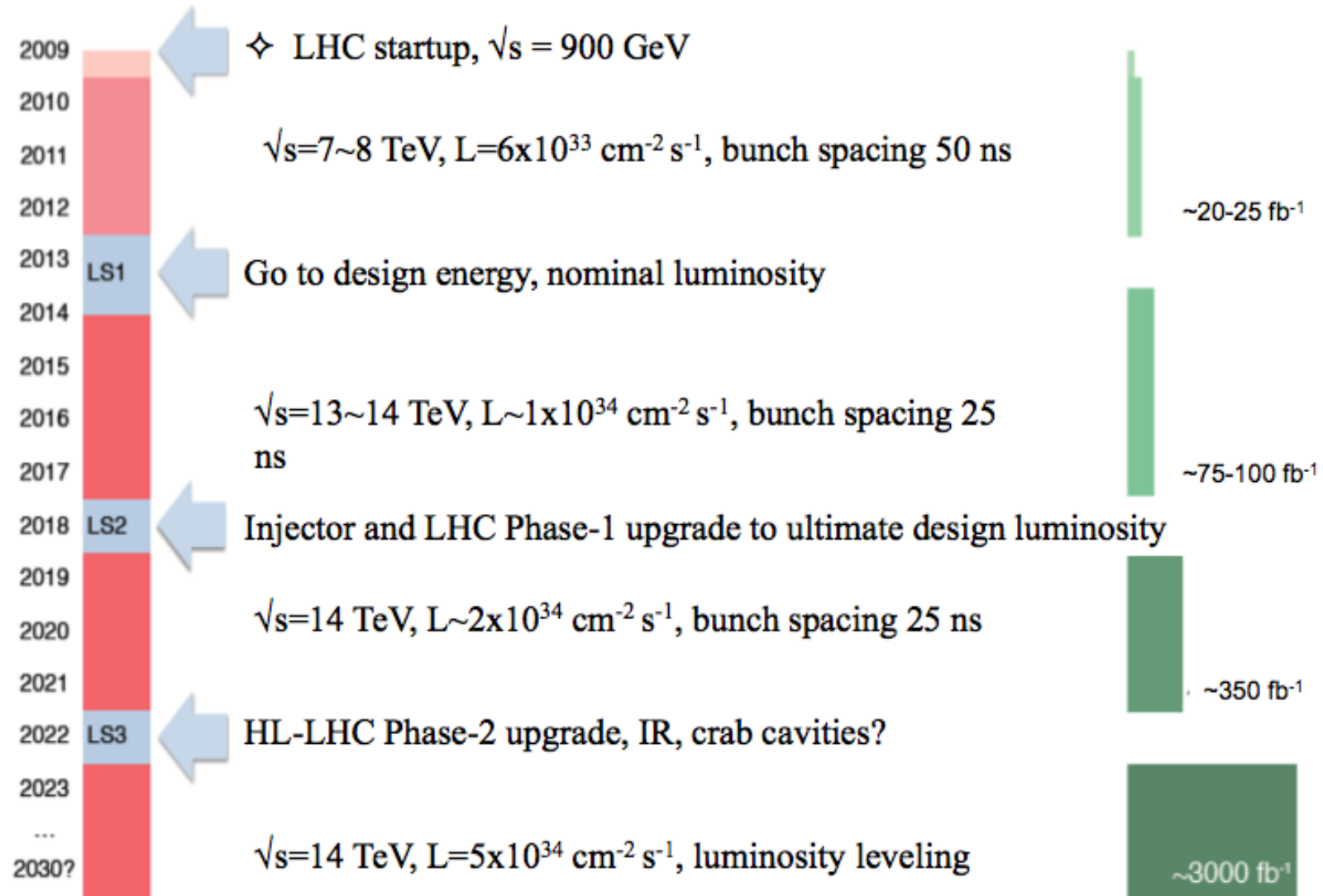
Interessi Italiani su tecniche per bump-bonding, elettronica FE, sensori,...

(in possibile sinergia con CMS)

- Sviluppo/test Sensori 3D (Ge, Ud, Tn)
- Industrializzazione (Selex, FBK, ...)
- Sensori a Diamante (Le, Bo, Rm2)
- Bump-bonding e assemblaggi (Ge, Mi, Ud)
- Architettura di read-out e trigger L1 (Bo, Ge, Mi, Ud) (possibile Interazione con FTK)

BACKUP

The LHC Timeline



Cost

- Total CORE cost: 230.334MCHF
 - +45.013MCHF of possible additions
- Common fund is currently: 16.28MCHF
 - this is expected to increase as a fraction of the total cost as common items across the project are identified

<i>Item</i>	CORE cost (MCHF)	Possible additions	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
New Inner detector	131.500	26.000	2.400	5.600	35.660	32.460	29.160	15.360	10.860	0.000
LAr Calorimeter upgrades	32.124	15.096	0.547	3.170	1.015	2.003	4.517	14.379	6.494	0.000
Tile Calorimeter upgrades	7.483	2.517	0.000	0.000	0.000	1.122	1.629	4.070	0.602	0.060
Muon spectrometer upgrades	19.632	0.500	0.100	0.275	0.675	3.791	5.041	6.750	2.800	0.200
Trigger and DAQ upgrades	23.315	0.900	0.000	0.075	0.315	1.565	2.085	9.805	4.350	5.120
Common Fund	16.280	0.000	0.000	0.100	0.400	0.600	2.850	4.100	4.880	3.350
Total (MCHF)	230.334	45.013	3.047	9.220	38.065	41.541	45.282	54.464	29.986	8.730

Table 10.18: CORE Cost table

Details at: <https://edms.cern.ch/document/1258343/1>

UPGRADE DI FASE 1 -- COSTI

<i>Item</i>	Core cost (MCHF)	Possible additions	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
New muon small wheels	9.20	0.14	0.00	0.63	1.75	2.54	2.95	1.28	0.04
New LAr calorimeter electronics	7.98	0.00	0.19	0.78	0.13	0.94	4.06	1.88	0.00
New Tile calorimeter upgrade	0.38	0.00	0.00	0.03	0.03	0.14	0.14	0.03	0.00
Fast TracKer	3.59	0.00	0.51	0.96	0.63	0.8	0.34	0.26	0.00
Trigger and DAQ upgrade	8,78	3.21	0.33	1.36	0.62	0.44	0.98	1.35	3.70
Forward physics	2.70	0.00	0.33	1.04	0.88	0.10	0.35	0.00	0.00
Total (MCHF)	32.62	3.35	1.37	4.80	4.03	5.05	8.83	4.81	3.73

Table 11.1. CORE Cost table

MILESTONES UPGRADE PHASE-I

Upgrade: Phase-1 projects

#	Project	Letter of Intent presented and approved by LHCC	Initial Design Review	Kick-off meeting	CB approval	TDR due	LHCC Session	I-MOU needed	MOU-due for signature (RRB)
1	FTK	21-Mar-12	2-Dec-10	3-Dec-10	24-Jun-11	30-Apr-13	11-Jun-13	yes	15-Oct-13
2	nSW	21-Mar-12	29-Aug-12	31-Aug-12	5-Oct-12	31-May-13	11-Jun-13	not clear	15-Oct-13
3	LAr	21-Mar-12	9-Jan-13	11-Jan-13	8-Feb-13	15-Sep-13	24-Sep-13	not clear	15-Oct-13
4	TDAQ	21-Mar-12	21-Jan-13	23-Jan-13	8-Feb-13	15-Sep-13	24-Sep-13	not clear	15-Oct-13
5	AFP	21-Mar-12	17-Sep-12	19-Sep-12	2014	2014	2014	yes	14-Oct-14

Upgrade: Phase-1 projects

#	Project	Letter of Intent presented and approved by LHCC	Initial Design Review	Kick-off meeting	CB approval	TDR due	LHCC Session	I-MOU needed	MOU-due for signature (RRB)
1	FTK	21-Mar-12	2-Dec-10	3-Dec-10	24-Jun-11	30-Apr-13	11-Jun-13	yes	15-Oct-13
2	nSW	21-Mar-12	29-Aug-12	31-Aug-12	5-Oct-12	31-May-13	11-Jun-13	not clear	15-Oct-13
3	LAr	21-Mar-12	9-Jan-13	11-Jan-13	8-Feb-13	15-Sep-13	24-Sep-13	not clear	15-Oct-13
4	TDAQ	21-Mar-12	21-Jan-13	23-Jan-13	8-Feb-13	15-Sep-13	24-Sep-13	not clear	15-Oct-13
5	AFP	21-Mar-12	17-Sep-12	19-Sep-12	2014	2014	2014	yes	14-Oct-14

FTK: approved at March 2012 CB; vertical slice tested parasitically in 2012-2013 run; simulation for TDR (physics case) on critical path

Muon New Small Wheels: approved at Oct 2012 CB; now following up on milestones, e.g. full size Micromegas ($2 \times 1 \text{ m}^2$), sTGC trigger demonstrator, etc. → TDR in May

LAr (higher-granularity readout for trigger): IDR and kick-off in January; approved by EB → for endorsement at Friday CB

TDAQ (LVL1, HLT/DAQ, trigger/online software, etc.): IDR and kick-off in January; approved by EB → for endorsement at Friday CB

AFP: IDR and kick-off in Sept 2012 → following up on milestones (e.g. project organization, consolidation of physics case) → CB approval in 2014

Consolidating a (coherent) physics case for above projects is one of most crucial/urgent aspects in view of TDRs; presently hampered by severe lack of effort, in all of software developments, validation, performance/physics studies, as well as by computing resources → more involvement also from the upgrade community is needed

→ efforts being organized to increase synergies with Physics/CP groups

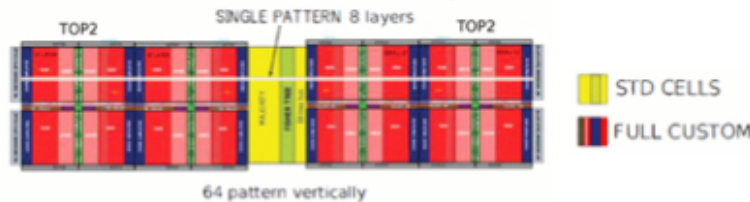
maggiori dettagli nella presentazione di Paola

AM System

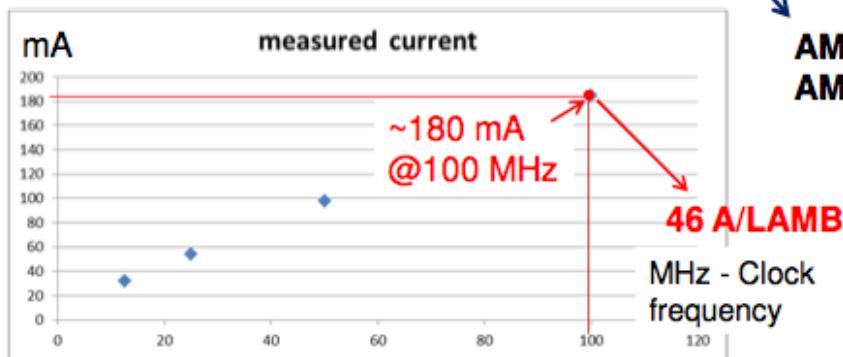
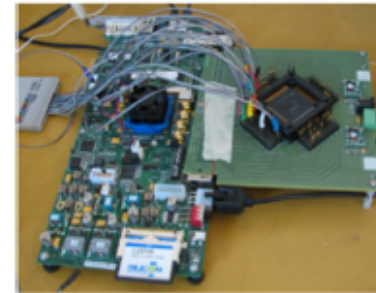
DOI:10.1109/ANIMMA.2011.6172856

(1) AM chip04: TMSC 65 nm with Variable Resolution

- custom cell to reduce pattern size: 8k patterns in 14 mm².



- Yield > 80% - tests successful
- 64kpatt power consumption lower than AMchip03 (180 nm)
- but slightly higher than desired.
- For AMchip05 core down from 1.2 v to 1.0 v to reduce further the power.



AMchip03 (5 kpatt): 1 A → 1,8 W

AMchip05 (64 kpatt): 1,45 A → 1,7 W
expected 1,6 W

Extremely good result but
we would like to have
current/LAMB < 40 A

Progetto Laser II

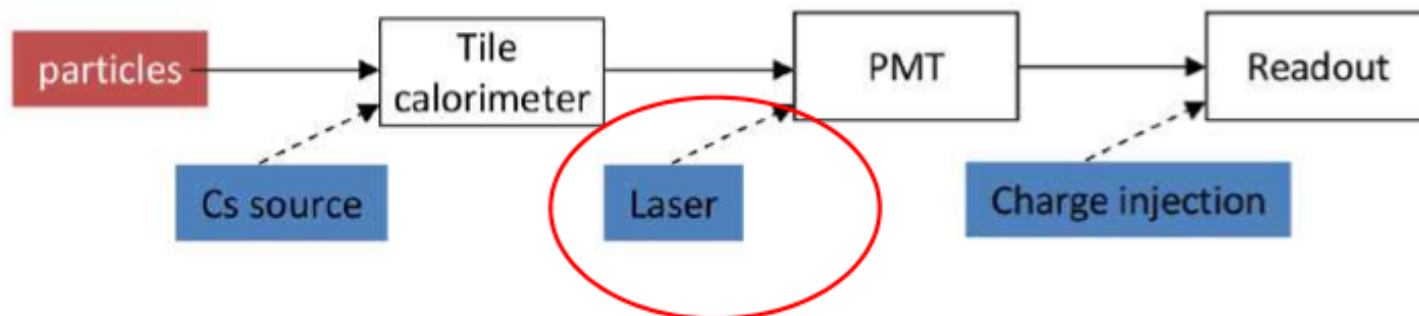
IL PROGETTO LASER II PER IL CALORIMETRO TILECAL DI ATLAS

- Migliorie rispetto al sistema esistente:

- Nuova elettronica di controllo per essere compatibili con il nuovo protocollo di comunicazione con LHC e con la nuova distribuzione dei segnali di controllo del rivelatore Clermont-Ferrand
- Nuovo disegno del sistema di monitoring (splitter, mixer, filtri e fotodiodi) della trasmissione e distribuzione della luce laser dalla sorgente ai singoli drawers (fino a 48 canali di read-out) Pisa
Clermont-Ferrand
- **Nuovo disegno dell'ottica di rinvio ed espansione del fasci laser nella "optical box" collocata in superficie a valle del laser.** Pisa
Coimbra
- **F. Scuri** coordina il programma di test dei nuovi elementi via via disponibili nella replica del sistema laser completo allestito nel buiding 175 e del programma dei test di stabilità a lungo termine (dead-line Aprile 2014, installazione completata del nuovo sistema Laser II) CERN
Pisa
Clermont-Ferrand
Coimbra

Progetto Laser II

TILECAL CALIBRATION SYSTEM



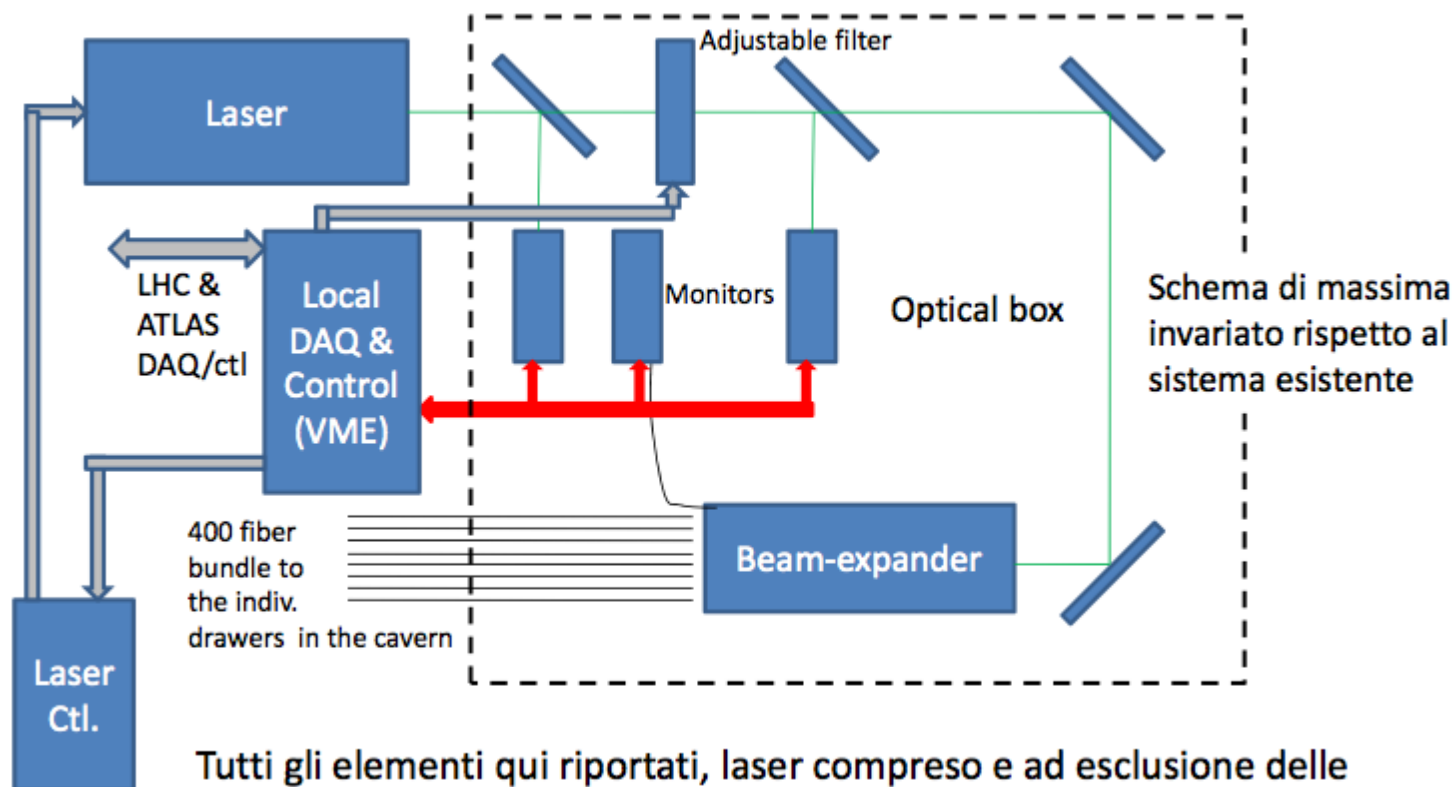
Three calibration systems:

- Cesium: Keep cell response at EM scale *Taken monthly*
- Laser: Monitor PMT gain and timing of individual channels
times/week + Empty bunch crossings (1Hz)
- Charge Injection: Monitor electronics stability, ADC to pC 3
times/week

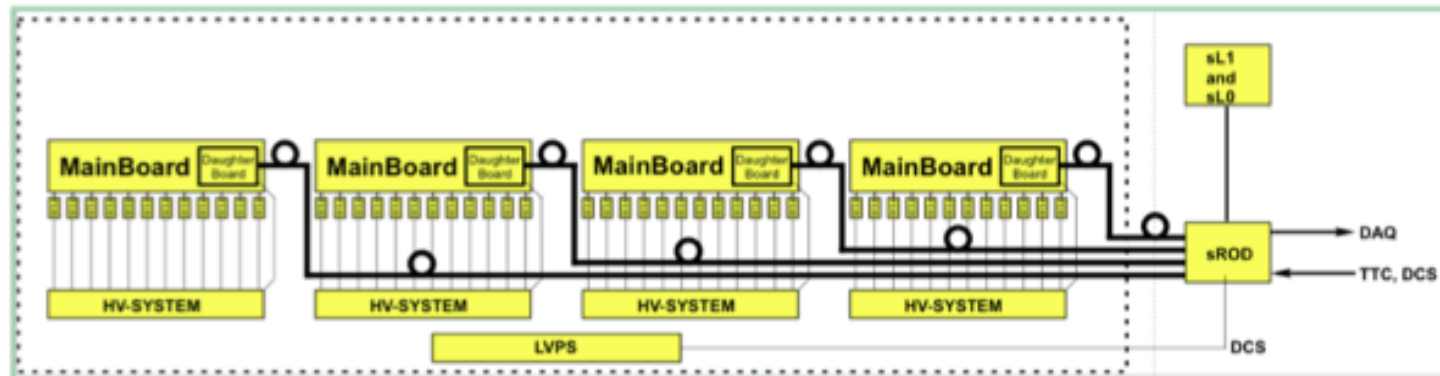
Calibration strategy: Use the laser to tune channels that drift more than a few % in between monthly Cs runs

Progetto Laser II

Gli elementi principali del sistema di calibrazione laser



Tutti gli elementi qui riportati, laser compreso e ad esclusione delle 400 fibre, verranno cambiati/aggiornati nella versione LASER II



- Replace and upgrade readout system to meet new TDAQ architecture with full digital readout
- Front-End boards – three alternative designs under development
 - Final FE choice based on testbeam tests ~ 2014-2016
 - Improved robustness: cells are readout independently by 2 PMTs
- Power supplies
 - Voltage dividers capable of compensating for non-linear response due to high current flow
 - Upgrade LV supplies using low noise DC-DC converters with radiation hard point-of-load regulation being developed by CERN
- Install first demonstrator in the pit in Spring 2014

Central trigger	0.957	
CTP	0.111	
Topology	0.401	
MuCTPI	0.445	
Level-1 calorimeter	3.540	
Digital system	1.493	
Preprocessor	0.500	
CP/JEP	1.547	
Level-1 muon	0.593	
End-cap	0.500	
Barrel	0.093	
DAQ/HLT	3.687	
Dataflow	3.140	(network e readout)
HLT processing	0.547	(macchine HLT)
Total	8.777	