

# Piani di referaggio FASE2

*G. Batignani, A. Lai, M. Pepe, D. Pinci, M. Sozzi,  
T. Spadaro*

# Dopo RDFASE2

Sigla varata a Maggio 2014 come framework comune di R&D per HL-LHC

Obiettivo: R&D finalizzati a stesura TDR, sinergie ATLAS-CMS

	Tetto	Assegnato	Differenza
Tracker	820	1086	-266
Track Trigger	300	293	-7
RPC	206	277	-71
BIS 7/8	50	42.5	7.5
Muoni	155	184.5	-29.5
LAr	103	103	0
Tile	50	83	-33
ECal	150	135	15
Contingenza	352	0	352
<b>Totale</b>	<b>2186</b>	<b>2204</b>	<b>-18</b>

Chiusa nel 2017: TDR in chiusura e sottomessi nei primi mesi del 2018

# La transizione dopo RDFASE2

---

Ma:

R&D non conclusi, triennio 2018-2020 per arrivare a pre-prototipi  
Alcuni progetti su scala di tempi diversa [ad es., TDR fine 2018]

Stime costi per concludere R&D in 2018-2020 da una prima ricognizione:

ATLAS	
Pixel	450
RPC	300
TDAQ	50
LAr	150
Tile	30
FTK	220
<b>Totale</b>	<b>980</b>

CMS	
Inner Tracker	630
Outer Tracker	470
Timing Layer	310*
ECal	25
Muon	260
<b>Totale</b>	<b>1855</b>

\*2018-19

# Approccio alla transizione

---

## **Per garantire stabilità di bilancio, utile stabilire tetti:**

Per la conclusione R&D, per il triennio 2018-2020

Per l'effettiva costruzione, anche al fine di varare i progetti al CTS

Prime valutazioni **ATLAS + CMS: 18 + 24** ME core, ci sembrano sottostimate

## **Occorrono informazioni asap:**

Definizione completa dei progetti

Congelamento money matrix per progetto

Inclusione esaustiva contributi upgrade previsti:

**CORE**

manutenzioni grandi/piccole infrastrutture, consumi running, ecc.

spese dedicate di M&O previste

contingenza

Stima accurata common funds

Stima profilo di spesa

Stima e profilo FTE coinvolti

# Ricognizione per progetto

---

## **Chiarimenti richiesti a metà Giugno su:**

R&D comuni: Tracker, RPC, TrackTrigger

Item specifici **ATLAS**: Pixel, TDAQ, LAr, Tile, RPC, Large- $\eta$   $\mu$ -tagger

Item specifici **CMS**: Tracker, ECal, Timing Layer, Muon

## **Ricognizione in corso, da completarsi per Settembre**

Prime risposte ATLAS/CMS discusse tra i referee il 10 Luglio

Nuovo round per Settembre, analitico delle proposte finanziarie

## **Sunto nelle prossime slides, item per item**

# Item comuni: R&D Pixel RO

---

## Q. Fortemente auspicabile unificare il chip, quali i fattori ostativi?

A1. Proposto a LHCC continuazione sinergia in RD53 per 2-3 anni

A2. Chip RD53a risponde a specifiche CMS, check in autunno

A3. Specifiche diverse CMS vs ATLAS:

- ▶ Trigger, LI < MHz, lat. 12.5  $\mu$ s vs L0 2-4 MHz, lat. 6  $\mu$ s, LI ~600-800 KHz, lat. 15-30  $\mu$ s
- ▶ Geometria, strato interno @ 2.8 cm vs 3.9 cm, flussi CMS/ATLAS ~1.5-1.7  $\rightarrow$  loc. memories
- ▶ Geometria, dimensioni ottimizzate chip 22x16 mm<sup>2</sup> vs 20x20 mm<sup>2</sup>
- ▶ Linee readout, 4 x 0.5-1.0 m x 1.28 Gbps (LP GBT compliant) vs 1 x 5-7 m x 5 Gbps
- ▶ Ottimizzazione e architettura VFE analogico
- ▶ Scala tempi, ATLAS punta a produzione chip finale non oltre metà 2020

## Q. Quale contributo è atteso dall'INFN su questo item?

A. Grazie a CHIPIX65, INFN ha 2/3 parte analogica e 1/3 digitale in RD53a, 30% building blocks

# Item comuni: R&D Pixel RO, commento

---

**Si dimostra item fondamentale del contributo INFN all'upgrade**

**Al fine di ottimizzare costi e manpower, auspichiamo:**

**1. Di non abbandonare lo scenario di soluzione unica, almeno fino a congelamento finale specifiche [es. flessibilità attuale su trigger]**

**2. Di perseguire soluzioni uniche ATLAS/CMS su quanti più item sia ragionevole (building blocks, design, protezione SEU)**

# Item comuni: R&D RPC

---

## Q. Summary specifiche **ATLAS** e **CMS**

- ▶ Efficienza  $>97\%$  per gap vs  $>90\%$
- ▶ Space resolution  $7-8\text{ mm}$  vs  $<1\text{ cm}$ , time resol.  $<1\text{ ns}$  ( $<0.5\text{ ns}$  per uso ottimale TOF) vs  $\sim 1\text{ ns}$
- ▶ Rad hard  $<10\text{ krad}$  vs  $1-2\text{ C/cm}^2$ , rate capability  $<600\text{ Hz/cm}^2$  vs  $2\text{ kHz/cm}^2$

## Q. Scelte operate **ATLAS** e **R&D residui [300 kE prototipi inclusi]:**

Geometria elettrodo/gap a spessori ridotti come in BIS7/8 → test ageing nuovi attacchi gas

Resistività  $\sim$  come attuale,  $3 \times 10^{10}\ \Omega\text{cm}$ , grazie a nuovo FEE

Nuovo FEE, maggiore amplificazione e S/N, chip in BIS7/8 Ampl.&Discr. + TDC commerciale

validazione per rad hard e performance in rumore e.m.

nuovo design e simulazione a elementi finiti per strip di lettura

completare disegno chip inclusivo TDC

Materiale elettrodi rivisto con nuovo produttore usato in BIS7/8, ma R&D “vetri fenolici”

Possibile ban R134a → R&D gas refrigeranti

## Q. Scelte operate **CMS** e **R&D residui [58 kE 2018-19, prototipi inclusi]:**

Scelta tecnologica iRPC per Fase2 → test ageing + prototipo full size con FEE definitivo

Possibile ban R134a → R&D gas refrigeranti

# Item comuni: R&D RPC

---

## Q. Prototipi richiesti **ATLAS** fino a 2020:

- ▶ 1 tripletto 100x50 cm<sup>2</sup> per riferimento
- ▶ 1 tripletto 100x50 cm<sup>2</sup> per ageing
- ▶ 1 tripletti di dimensioni finali, circa 2m<sup>2</sup>, per riferimento ageing
- ▶ 1 tripletto di dimensioni finali per integrazione TDAQ
- ▶ 1 tripletto di dimensioni finali per test elettronica di front-end, meccanica e gas
- ▶ 3 tripletti di circa 2m<sup>2</sup> per ageing
- ▶ 3 tripletti 100x50 cm<sup>2</sup>, per studi di gas
- ▶ 1 tripletto di tipo BIS7 (prototipo finale BIS78)
- ▶ 1 tripletto di tipo BIS7 (modulo-0 BIS78)

## Q. Prototipi richiesti **CMS** fino a 2020:

- ▶ 2 prototipi dimensioni finali

## Q. Timescale progetti

- ▶ **ATLAS**: disegno definitivo 2020 → Modulo Zero 2021 → produzione 2—2.5 anni
- ▶ **CMS**: disegno definitivo fine 2017 → Modulo Zero Q4 2018, validato 2019 → produzione 2-3 anni

# Item comuni: R&D RPC, commento

---

**Specifiche non incompatibili, size e scale dei tempi molto differenti**

- ▶ Sinergia parziale: OK elettrodi, rate capability

**ATLAS, priorità a validazione soluzione FEE**

**CMS, priorità a validazione setup scelto**

**Alcuni R&D di raffinamento forse non perseguibili dato un envelope stretto**

# Item comuni: Track Trigger

---

## **Q. Come si esplicita la sinergia tra ATLAS e CMS**

A1. Lo sviluppo di AM08 è sinergico

A2.  $P_T$  layers facilitano pattern recognition in CMS. L'approccio baseline di CMS è in full-FPGA

## **Commento:**

- ▶ Risorse anche esigue per una soluzione considerata di backup come FTK con AM in CMS ci sembrano non opportune

# Item specifici ATLAS: Pixel

---

## TDR atteso 15/12/2017

- ▶ Contributo INFN stimato in 5.5 MCHF:
  - ▶ costruzione un EC Pixel-based moduli esclusi, ~2.0 MCHF [altro EC da UK]
  - ▶ costruzione moduli Pixel 3D/CMOS per Pixel inner outermost layer ~3.0 MCHF [costruzione USA]
  - ▶ contributi comuni a meccanica e elettronica ~0.5 MCHF

## Commenti:

- ▶ Dispiace l'assegnazione ad altri dell'inner tracker, basato su sensori 3D italiani
- ▶ Cifra per infrastrutture proposte rilevante, O(1 ME) vs un costo CORE di 2 ME
  - ▶ laboratorio compositi (GE)
  - ▶ 2-3 sedi di produzione
  - ▶ 1 sede di integrazione
- ▶ **Auspicabile avere una stima accurata in termini di appalto all'esterno, ove ragionevole**
- ▶ Auspicabile ottimizzazione complessiva del sistema di produzione, tenendo conto di personale disponibile, expertise, infrastrutture esistenti, trasporti, ecc.
- ▶ TDR con scelta sensori e RO chip aperta impone un sensibile aumento dei costi di R&D

# Item specifici ATLAS: TDAQ

---

## **TDR atteso Fine 2017**

- ▶ Contributo INFN focused su L0 m barrel, stimato in 0.58 MCHF core
  - ▶ R&D 2018-2020: circa 50 kE L0 sector logics, prototipi DCT basati su FPGA Xilinx Kintex-7

## **Commenti:**

- ▶ Nei 3 anni 2018-20, l'anagrafica appare minore del previsto
- ▶ **TDR con scelte troppo vaste in vs off-detector electronics, granularità, ecc., potrebbe comportare troppa variabilità**
- ▶ **Auspichiamo che si fornisca una stima accurata e parametrica dei costi delle diverse opzioni**

# Item specifici ATLAS: LAr

---

## **LAr TDR atteso entro fine Settembre 2017**

- ▶ Contributo INFN focused su FE Power distribution + HEC LVPS, stimato in 1.42 MCHF core
  - ▶ Share del 38% sull'item considerato
  - ▶ R&D 2018-2020: circa 150 kE + 17 kE infrastrutturale

## **Commenti:**

- ▶ Gruppo adeguato per il task proposto
- ▶ TDR con scelte probabilmente ancora aperte per
  - ▶ Scelta ADC
  - ▶ Setup per LVPS (in or out detector)
- ▶ **Auspicato uno studio su un canale di fisica benchmark per chiarire effetto dei failures**

# Item specifici ATLAS: Tile

---

## **Tile upgrade, contributi INFN:**

- ▶ Sostituzione PMT celle più esposte con modello ultima generazione
- ▶ Nuova PMT box, dividers, meccanica
  - ▶ INFN core 425 kCHF
  - ▶ R&D 2018-2020: circa 34 kE + contributo infrastrutturale sistema calibrazione PMT via LASER

## **Commenti:**

- ▶ Gruppo adeguato per il task proposto

# Item specifici ATLAS: Large- $\eta$ muon tagger

---

**Citato nel TDR muoni in review LHCC a Settembre**

## **Goal di estendere la muon-ID in $2.7 < |\eta| < 4$**

- ▶ R&D tutto 2018, decisione scelta tecnologica entro 2018, TDR nel 2019
  - ▶ Stime approssimative core ~700 kCHF su ~3500 kCHF, share del 20%
  - ▶ R&D in 2019-2020 per finalizzazione, modulo zero 2021
  - ▶ Manpower 2018-19-20: ~2.5, ~2.5, ~4.5 FTE
- ▶ Tecnologia MM resistive a small pads (R&D in CSN5)

## **Commenti:**

- ▶ Item con tempistica post-RDFASE2, molto preliminare
- ▶ Validazione progetto con benchmark di fisica necessaria
- ▶ Possibile interferenza in questa fase con nSW?
- ▶ **Item ci sembra preliminare, possibile procrastinare finanziamento**

# Item specifici CMS: Pixel

---

## **TDR a LHCC il 1 Luglio, revisione Upgrade Cost Group 15/8/2017**

- ▶ Core Tracker 15 MCHF, share del 13.2%
  - ▶ 10 MCHF outer tracker su 89 MCHF, da proposta draft:
    - ▶ ~30% Pixel Strip modules (tilted)
    - ▶ ~18% Track trigger
    - ▶ ~38% Power system
  - ▶ 5 MCHF Pixel su 23 MCHF, da proposta draft:
    - ▶ 40% Inner modules with 3D sensors
    - ▶ 34% Inner modules with planar sensors
    - ▶ 50% Common costs (ROC submission)
    - ▶ Full barrel mechanics
    - ▶ 24% Pixel power system

## **R&D residuo 2018-2020 stimato in:**

- ▶ Outer tracker: 470 kE
- ▶ Inner tracker: 630 kE

# Item specifici CMS: Pixel

---

## Domande e commenti referee su richieste R&D

- ▶ Chiarire incertezze su costi dopo convenzione rivista con FBK
- ▶ **Chiarire step necessari per decisione scelta tecnologica:**
  - ▶ Quanto davvero definita è la scelta dei 3D? Cosa osta in questo senso?
- ▶ **Ottimizzare richieste per acquisto wafer**
  - ▶ Quale spessore attivo ultimo si punta e quanto è necessario questo improvement
  - ▶ Quale grado di sinergia con ATLAS in questo senso
- ▶ **Definire asap money matrix finale progetto tracker**
  - ▶ Al momento su base best effort
- ▶ **Definire con offerte tutte le richieste per infrastrutture**

# Item specifici CMS: Muoni

---

## TDR a LHCC il 12 Settembre, revisione Upgrade Cost Group 15/10/2017

- ▶ Core Muoni 4.5 MCHF, share del 18.5%
  - ▶ 2.3 MCHF su upgrade DT, share del 50% , R&D proposto per 2018-20 per xx kE
  - ▶ 1.75 MCHF su GE2I & ME0 (GEM fase2) share del 20.3%, R&D proposto per 2018-20 per xx kE
  - ▶ 0.3 MCHF su RPC, share del 13%, R&D proposto per 2018-2020 per 34 kE

## Domande/commenti referee

- ▶ **Chiarire in modo dettagliato la dinamica di approvazione di ME0 in CMS**
  - ▶ Capiamo che requisiti sono soddisfatti dalla soluzione GEM proposta, a parte ageing e discharge prob
  - ▶ Dubbi sull'efficienza di plateau mostrata non al 100%
- ▶ Le due tecnologie in studio per GE2I (GEM e  $\mu$ RWell) sembrano in grado di garantire le performance richieste
  - ▶ **Chiarire i vantaggi economici della scelta  $\mu$ RWell;**
  - ▶ **Chiarire utilità di 2 "Emi-Moduli 0" con le due differenti tecnologie**
  - ▶ Chiarire utilità del dimostratore finale: Modulo 0?

# Item specifici CMS: ECAL barrel

---

## TDR a LHCC il 12/9/2017, revisione Upgrade Cost Group 15/12/2017

- ▶ Core ECAL 1.6--1.9 MCHF, share del 16.5%
  - ▶ VFE (ADC e Data Transmission Units) 0.7--1.0 MCHF
  - ▶ HV cables 0.3 MCHF
  - ▶ Meccanica (Enforceur) 0.4 MCHF, manpower 0.2 MCHF (?)

**Goal: sostenere condizioni di HL-LHC e portare  $\gamma$  time reso a 25-30 ps**

### Commenti/domande:

- ▶ Test beam passati con rumore  $O(70ps)$ , chiarire rumore con nuovo setup
  - ▶ Test beam di Giugno e test beam in autunno
- ▶ Chiarire step per validazione TIA chip
- ▶ ADC con opzione 65 nm è ora baseline? Quale revisione dei costi è in corso con ditta S3?
- ▶ Running a basse temperature, **effettuare ottimizzazione costi/benefici**
  - ▶ Da quanto capiamo l'opzione è duplice: 6-9° vs 9-14° (cheaper, più semplice)
  - ▶ 6° vs 9° → +21% dark current → +10% noise
- ▶ **Chiarire costi includendo item noti e mancanti (es.: update sistema HV)**

# Item specifici CMS: Timing layer

---

**Goal: high-efficiency MIP timing a 30 ps per  $|\eta| < 0.3$  e  $PT > 0.7$  GeV**

**Documento a LHCC/UCG Sett. 2017, TDR a LHCC a metà 2018**

- ▶ Core Timing Layer Barrel ~1.8 MCHF, ~1/4 dei moduli, share del 22% (costo tot. ~8 MCHF)
- ▶ Core Timing Layer Endcap ~0.8 MCHF, share del ~13% (costo tot. ~6 MCHF)

**Necessario R&D per finalizzare TDR e EDR pari a**

- ▶ **BTL ~ 150 kE** nel 2018-2019 (2020?)
- ▶ **ETL ~ 160 kE** nel 2018-2019 (2020?)

**Stato attuale:**

- ▶ Barrel: decisione LYSO + SiPM + TOFPET2 ASIC, unica qualificata per fronteggiare timeline
- ▶ Endcap: proposta Ultra-fast Si detectors (EU funding, CSNV), custom RO Chip

# Item specifici CMS: Timing layer - commenti

---

## Timing shiftato (~1 anno) ai progetti in RDFASE2, per matchare deadlines:

- ▶ Simulazioni su diversi canali di fisica per benchmark progetto

### Per Barrel:

- ▶ **Definire/ottimizzare asap granularità RO**: validare time resol. su intera superficie sensibile
- ▶ Lavorare in vista ottimizzazione dei costi: validare cristalli alternativi a LYSO (garnets)

### Per Endcap:

- ▶ **Dimostrare necessità a valle di uso completo dell'informazione dal futuro calorimetro HGCal**
- ▶ Definire step necessari validazione UFSD per sensori modulari a grande area
- ▶ Definire step necessari validazione RO Chip, con ottimizzazione canali di lettura
- ▶ Definire sistema di cooling, operare ottimizzazione complessiva

## Scala dei tempi stretta e posteriore agli altri item di RDFASE2:

- ▶ **Alcune incertezze devono essere chiarite per prevedere un finanziamento R&D sostanziale**
  - ▶ Necessarie informazioni aggiornate per referaggio Settembre
  - ▶ Prima di tutto dai test beam, ma anche da studi concettuali e simulazioni

# Sulle nuove sigle FASE2\_ATLAS/CMS

---

## **Varo delle sigle, motivazioni tecniche:**

1. avere un accounting agile di richieste e impegni
2. seguire profilo temporale di spesa, per intercettare extra-costi o avanzi
3. definire gli FTE impegnati

## **Per valutare l'envelope, andrebbero incluse tutte le spese di FASE2:**

1. pre-prototipi
2. core
3. manutenzione, “piccole” strumentazioni e infrastrutture

## **Ogni richiesta andrebbe taggata univocamente per ogni sotto-progetto**

**A valle di ogni preventivo, ogni RL dovrebbe fornirci 2 tabelle distinte:  
una per ATLAS/CMS e una per FASE2**

# Tags per le spese di FASE2

---

ATLAS	
Item	Tag
Pixel	PIX
Muon	Mu
TDAQ	TDAQ
LAr	LAr
Tile	Tile
FTK	FTK
Common Fund	CF

CMS	
Item	Tag
Inner Tracker	IT
Outer Tracker	OT
Timing Layer	TL
Ecal (barrel)	ECal
Muon	Mu
TrackTrigger FPGA	TT
Common Fund	CF

# Sommario ATLAS

---

ATLAS			
Item	R&D 2018-20 [kE]	Core INFN* [kCHF]	Commento
Pixel	450	5500	EC + sensori, infrastrutture e processi da ottimizzare
Mu	~300 (RPC)	4220 RPC + 900 PS (+700 large- $\eta$ )	R&D RPC ottimizzabile, large- $\eta$ prematuro
TDAQ	50	~550	TDR con incertezze
LAr	150	1423	Chiarire setup LVPS
Tile	30	425	OK
FTK	220	2325 (PRM + AMChip)	R&D PRM forse ottimizzabile
<b>Totale</b>	<b>980</b>	<b>16043</b>	

\*Si riferisce allo scoping document, determinazione già cambiata, ancora in corso

# Sommario CMS

---

CMS			
Item	R&D 2018-20 [kE]	Core INFN* [kCHF]	Commento
Inn.Track.	630	5000	Item principe, cura costi FBK, validazione 3D, infrastrutture
Out.Track.	470	10000	Money matrix, infrastrutture
Timing Layer	310*	1800 (Barrel) + 800 (Endcap)	Incertezze da chiarire, tempistica peculiare
ECal	25	1600-1900	Includere HV update, ottimizzare temp
Muon	260	4500	Ottimizzare R&D, chiarire ME0, scelta tecnologica ME2I
<b>Totale</b>	<b>1855</b>	<b>24000</b>	

\*Si riferisce allo scoping document, determinazione ancora in corso

# Conclusioni

---

**Costo proposto per R&D in 2018-20 comparabile con intera RDFASE2**

**Necessario stabilire tetti in CSNI per i) transizione e ii) envelope FASE2**

**Envelope ii) devono considerare i costi complessivi:**

costi per pre-prototipi

spese di running/manutenzione infrastrutture

piccole infrastrutture a carico CSNI

contributi CORE

contingenza

stima attendibile common funds

calcolo

**Tabelle di FTE pluriennali da congelarsi per Settembre, in esse:**

vanno distinti FTE dipendenti/associati vs tempi determinati

vanno evidenziati i contributi tecnologici e tecnici

**Money matrix per funding agency andrebbero congelate al più presto**

# Processo approvazione

## Phase II Upgrades Approval Process

- **Document** detailing the process prepared in consultation with DRC and the experiments (CERN-LHCC-2015-007)
  - **Step1:** Approval of preliminary design for the complete set of Phase-II upgrades
    - Concluded in September 2015 → presented to Oct 2015 RRB
    - Including scoping options
    - Reasonable matching of cost to funding availability
  - **Step2:** Approval of baseline design, cost and schedule
    - TDRs submission foreseen between end 2016 and end 2017
    - Regular monitoring of LHCC and UCG
  - **Step3:** Approval for construction
    - After **Engineering Design Review** or equivalent

>2018 NOW DONE

CERN-RRB-2017-055

Apr 24, 2017

F.Forti - LHCC Report

2