



# CMS

**Fisici: 12.4 FTE**

(incluse le attività di R&D di fase2: sigle RD\_FASE2, AIDA2020, NEOLITE)

G.Barbagli, M. Bruzzi, V.Ciulli, C.Civinini, R.D'Alessandro, E.Focardi, G.Latino, P.Lenzi, M.Meschini, S.Paoletti, S.Pelli, L.Russo (PhD), S.Sciortino, G.Sguazzoni, L.Viliani (PhD).

**personale tecnico:**

M. Brianzi, E. Scarlini

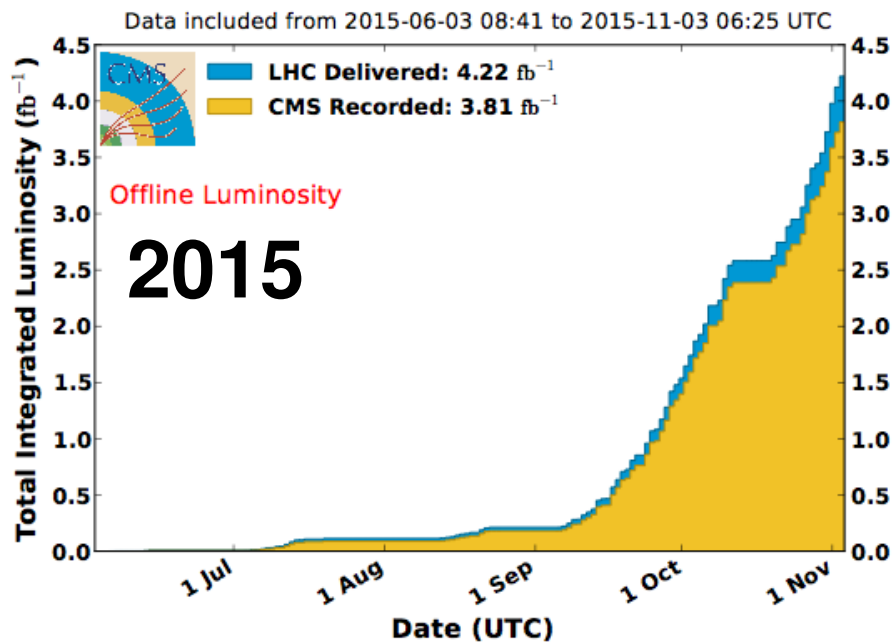
**CdS INFN Gruppo I - 1 Luglio 2016**

**Lorenzo Viliani**

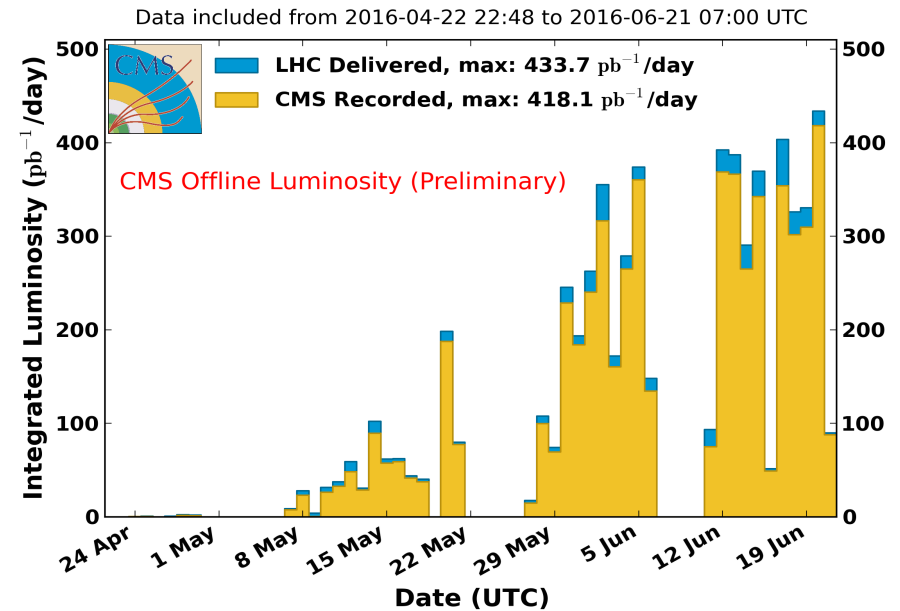
# Situazione di LHC

- $L_{\text{int}}$  già raddoppiata rispetto al 2015
- Recenti fill da record:
  - $L$  istantanea  $\sim 0.9 \cdot 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$
  - più di  $0.5 \text{ fb}^{-1}$
- Previsti  $\sim 150$  giorni di fisica pp
- Attesi  $\sim 25 \text{ fb}^{-1}$  nel 2016

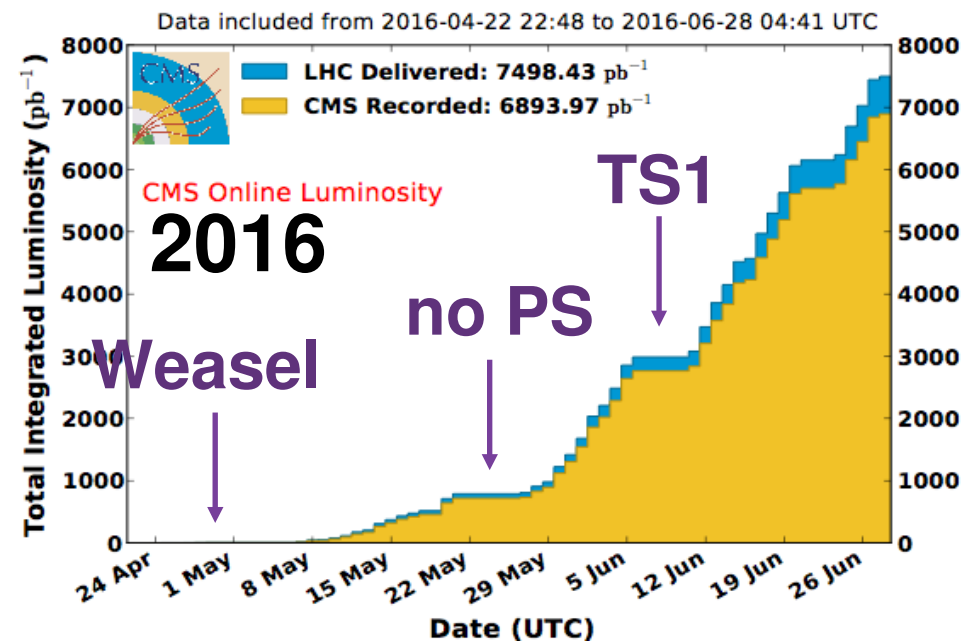
CMS Integrated Luminosity, pp, 2015,  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$



CMS Integrated Luminosity Per Day, pp, 2016,  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$



CMS Integrated Luminosity, pp, 2016,  $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$

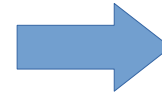


# Situazione magnete: OK!

- Manutenzione straordinaria di inizio anno:
  - completato il lavoro di pulizia del sistema di criogenia
  - (l'analisi del fluido detergente flussato dentro la cold box ha confermato una rilevante contaminazione da BREOX)
- Nuovo PORS (primary oil removal system)
- sostituita una valvola criogenica nel dewar da 6000 L

**B=3.8 T dal 28 aprile**

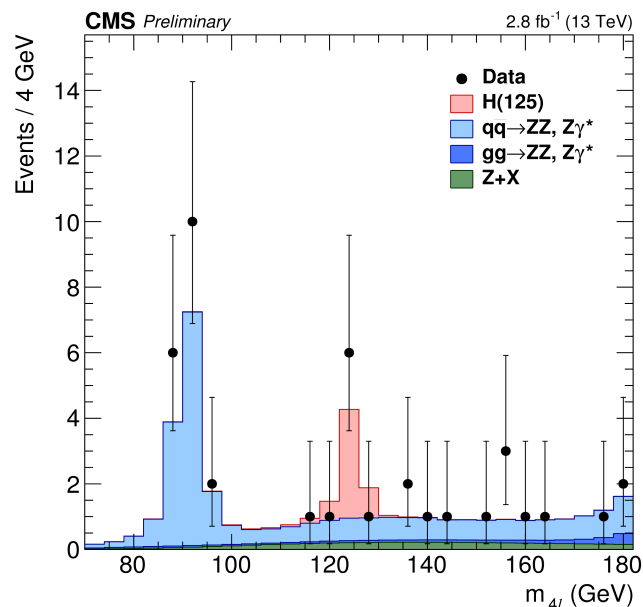
**→ funzionamento molto stabile**



Effetto “faina”: il magnete di CMS è rimasto acceso nonostante il power cut - è stata sufficiente una transizione a 2T per recuperare.

| Magnet         | State       | I / A    | Polarity           | 90-04-16 18:58:13 |
|----------------|-------------|----------|--------------------|-------------------|
| ALICE solenoid | FLT_OFF     | 22.08    | negative           |                   |
| ALICE dipole   | FLT_OFF     | 0.00     | negative           |                   |
| ATLAS solenoid | FLT_OFF     | -0.02    | no polarity switch |                   |
| ATLAS toroid   | FLT_OFF     | 0.00     | no polarity switch |                   |
| CMS solenoid   | FOUNE_PROOF | 18164.00 | no polarity switch |                   |
| LHCb dipole    | FLT_OFF     | -0.00    | positive           |                   |

# Highlights delle analisi in CMS



*“Studies of Higgs boson production in the four-lepton final state at  $\sqrt{s}=13$  TeV”*

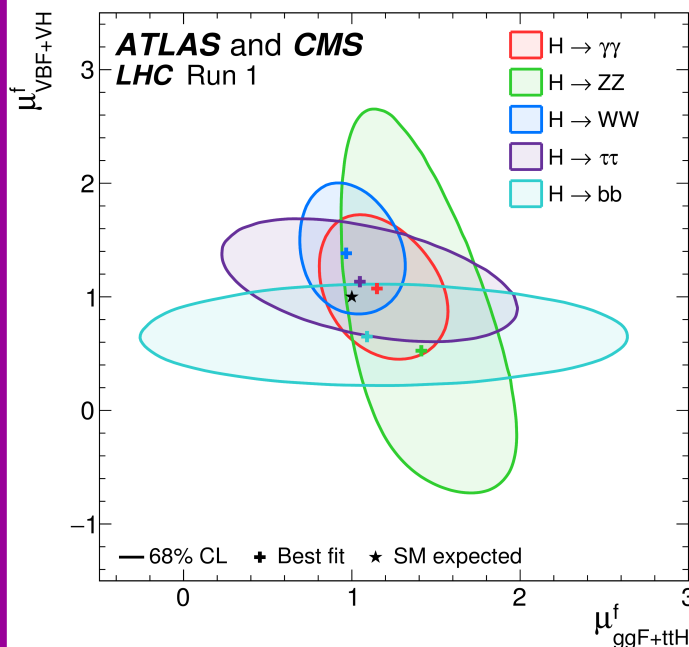
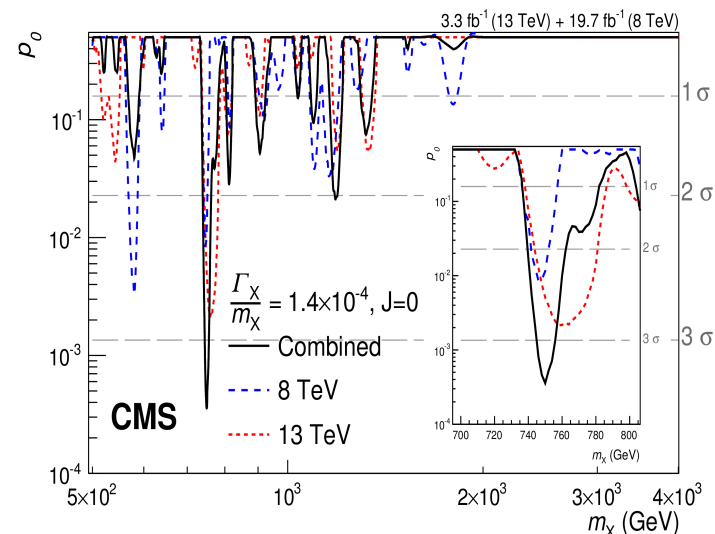
CMS-PAS-HIG-15-004

<https://cds.cern.ch/record/2139978>

*“Search for resonant production of high-mass photon pairs in proton-proton collisions at  $\sqrt{s}=8$  and 13 TeV”*

Sottomesso a PRL

[arXiv:1606.04093](https://arxiv.org/abs/1606.04093)



*“Measurements of the Higgs boson production and decay rates and constraints on its couplings from a combined ATLAS and CMS analysis of the LHC pp collision data at  $\sqrt{s}=7$  and 8 TeV”*

Sottomesso a JHEP

[arXiv:1606.02266](https://arxiv.org/abs/1606.02266)

# Attività del gruppo di Firenze

- **Analisi nel settore H → WW**

- **Studi per l'upgrade del tracciatore** per la "fase2" (HL-LHC):
  - R&D sui sensori pixel
  - R&D sui sistemi di alimentazione per rivelatore pixel e "Outer Tracker"

*sigle "parallele":*

*RD\_FASE2, AIDA2020, NEOLITE*

- **Svariati task di servizio:**

- Manutenzione del sistema di alimentazione del tracciatore
- Studio del rate di HLT per la presa dati
- Calibrazione jet-energy
- Ottimizzazione della tracciatura in presenza di PU ed in funzione del material budget
- Mantenimento e validazione generatori

- **Principali ruoli di responsabilità:**

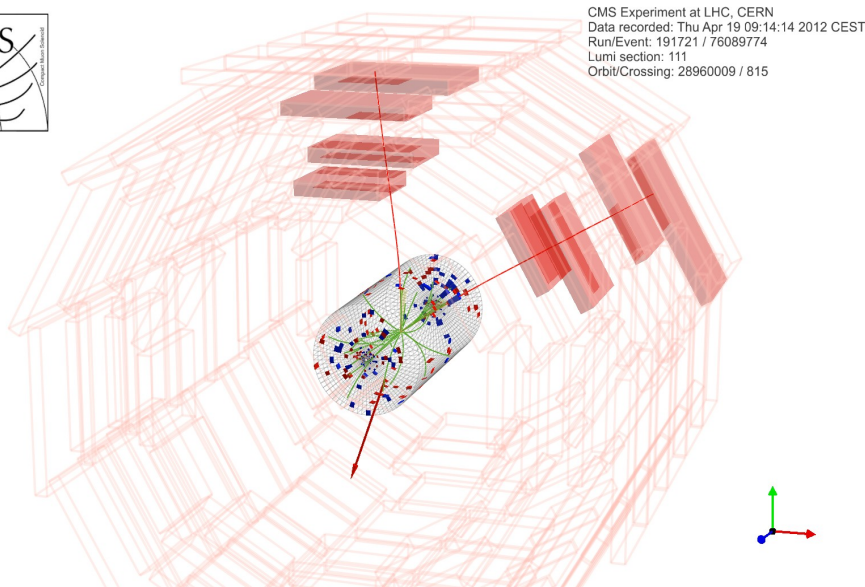
- **G. Sguazzoni** deputy project manager tracker upgrade
- **M. Meschini** coordinamento italiano per R&D sui sensori pixel fase2
- **V. Ciulli** convener Matrix Element and Future Generator group

- **shift, shift, shift ...**

- Computing
- online Detector Quality Monitor
- Shift Leader
- Tracker Offline
- Tracker Detector on Call

# Le analisi a Firenze

- Varie analisi nel canale  $H \rightarrow W^+W^- \rightarrow 2\ell 2\nu$  a 8 e 13 TeV
- **Man-power:** V. Ciulli, G. Latino, P. Lenzi, L. Russo (PhD), L. Viliani (PhD)
- **Possibili misure in  $H \rightarrow WW \rightarrow 2\ell 2\nu$ :**
  - Misure di accoppiamenti fra Higgs e bosoni/fermioni;
  - Misure differenziali (es. Higgs  $p_T$  o altre variabili cinematiche);
  - Ricerche di nuove risonanze ad alta massa;
  - Misure di Higgs self-coupling (es. Ricerca di processi  $HH \rightarrow W^+W^-b\bar{b}$  );
  - Ed altro ancora...



- **Vantaggi:**
  - Branching ratio  $H \rightarrow WW$  elevato rispetto ad altri canali;
  - Buon rapporto segnale/fondo
- **Svantaggi:**
  - Neutrini  $\rightarrow$  impossibile ricostruire il picco di massa

# Analisi a 8 TeV

- “Search for Higgs boson off-shell production in proton-proton collisions at 7 and 8 TeV and derivation of constraints on its total decay width”
- *arXiv:1605.02329*, sottomesso a JHEP (500° articolo di CMS!)
- **Risultato:** limite sulla larghezza di decadimento:  $\Gamma_H < 13 \text{ MeV @95\%CL}$

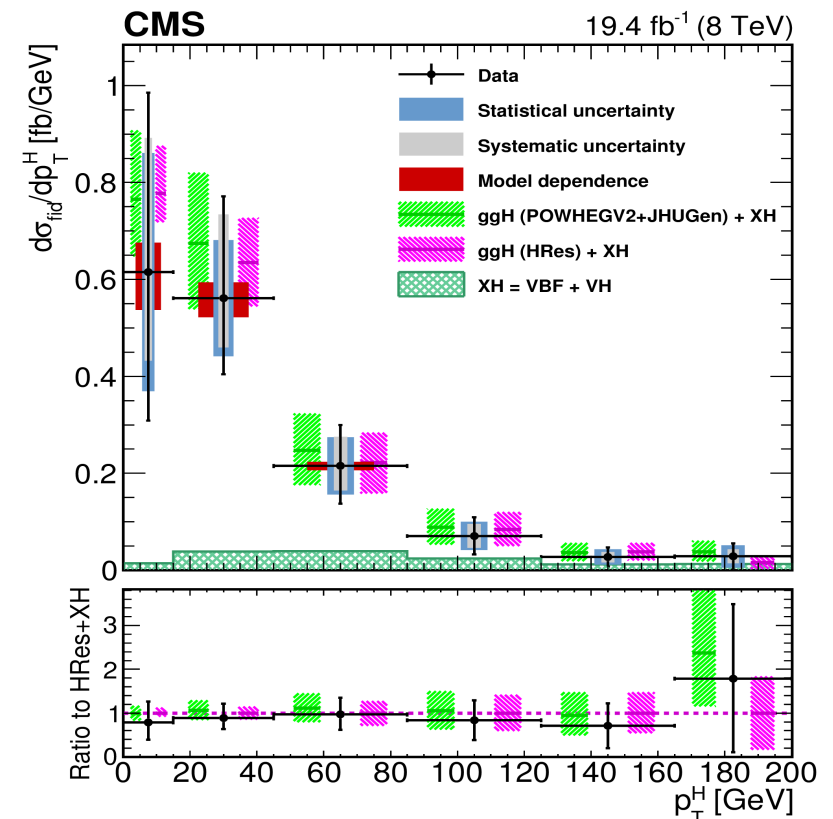
- **Analisi completamente fiorentina:** “Measurement of the transverse momentum spectrum of the Higgs boson produced in pp collisions at  $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$  using  $H$  to  $WW$  decays”
- *arXiv:1606.01522*, sottomesso a JHEP

$$\vec{p}_T^H = \vec{p}_T^{\ell\ell} + \vec{p}_T^{\text{miss}}$$

- **Spettro in  $p_T^H$**  misurato in una regione fiduciale e corretto per gli effetti del rivelatore con una procedura di unfolding.

$$\sigma_{\text{fid}} = 39 \pm 8 \text{ (stat)} \pm 9 \text{ (syst) fb}$$

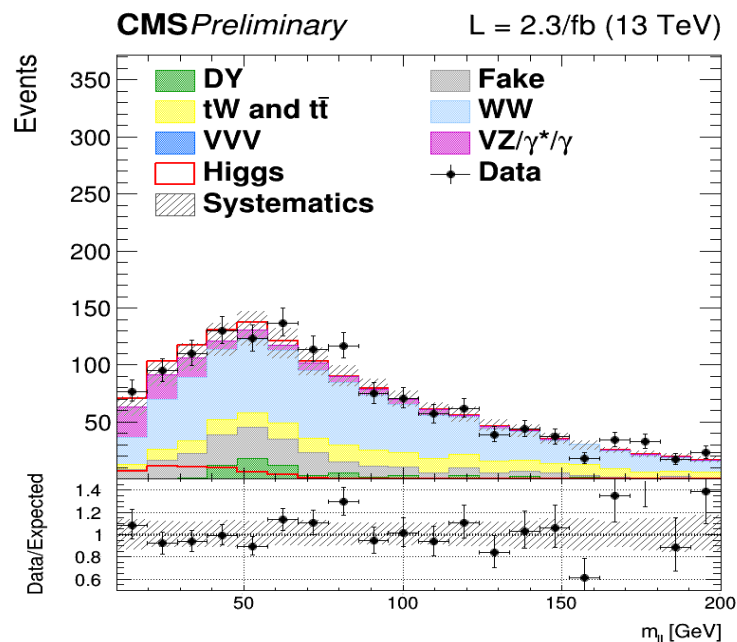
$$\sigma_{\text{theory}} = 48 \pm 8 \text{ fb}$$



# Analisi a 13 TeV

- “First results on Higgs to WW at  $\sqrt{s}=13$  TeV”
- <http://cds.cern.ch/record/2161793?ln=en>
- Analisi di “ri-scoperta” del bosone di Higgs con  $2.3 \text{ fb}^{-1}$  di dati raccolti nel 2015
- Significanza per bosone di Higgs a 125 GeV =  $0.7\sigma$  ( $2.0\sigma$  attese)

## Massa invariante dei 2 leptoni nella categoria 0-jet



- **Altra analisi fiorentina:** “Search for high mass Higgs to WW with fully leptonic decays using 2015 data”
- Ricerca di risonanze di alta massa (200GeV – 1 TeV) che decadono in  $W^+W^- \rightarrow 2\ell 2\nu$
- In fase di approvazione da parte di CMS (analisi ancora blind)

# Sigle per l'upgrade del tracciatore per HL-LHC

**RD\_FASE2:**

**2.65 FTE**

Sigla “contenitore” aperta nel 2014 per far confluire le richieste per l' R&D di ATLAS e CMS per HL-LHC: **rivelatori a pixel innovativi, studi sul track-trigger con l'uso di memorie associative**

solo consumi: “vietate” richieste di missioni e metabolismi

**AIDA2020**

**0.10 FTE**

Progetto Europeo. H2020-INFRAIA-2014-2015

**AIDA=Advanced European Infrastructures for Detectors at Accelerators**  
<http://aida2020.web.cern.ch>

**W.P.7: caratterizzazione di sensori, studio sotto radiazione ed in test beam**

**HTEAM**

**0 FTE**

(in chiusura)

Bando MIUR 2013: Trigger, Elettronica Avanzata e Metodi innovativi per misure di precisione nel settore dell' Higgs ad LHC  
**studio della selezione L1 per canali di fisica ad alta precisione**

**NEW NEOLITE**

**0.7 FTE**

**Nuove tecnologie elettroniche di alimentazione in ambiente ostile**

Progetto di ricerca e sviluppo cofinanziato dalla Regione Toscana (Bando R.T. POR FESR RSI 2014-2020). CAEN (capofila), AGE SCIENTIFIC S.R.L., DESYS S.R.L., INFN-FI, UNIFI, UNIPI

**Sviluppo di alimentatori capaci di lavorare in ambiente ostile (campo magnetico, radiazioni) di interesse per la fisica medica e per HL-LHC.**  
(Budget complessivo per INFN ed UNIFI: 188 keuro ciascuno. (compreso cofinanziamento del 45% di R.T.).

**Percentuali - FTE in queste sigle riconosciute a tutti gli effetti come partecipazione a CMS**

# R&D sui sensori pixel per HL-LHC

**Scopo: identificare i sensori più adatti per il tracciatore interno a pixel.**

## Produzione di sensori di test:

- progetto parzialmente in comune con ATLAS → varie opzioni, geometrie e pitch, compatibilità con i chip di r/o di ATLAS (FEI4), CMS (PSI64dig) e RD53A.

## Tre batch di produzione al momento:

- Standard planar 6"
  - Produzione completata nel Dicembre 2014 → realizzati 31 moduli → substrato sottile 100  $\mu\text{m}$  !
- 3D “Single Side”:
  - in produzione da Ott 2015, completata in marzo 2016 → due wafer presso Selex per il Bump Bonding
- Planar “Active Edge”
  - layout complesso, ultimato, pronto per la produzione

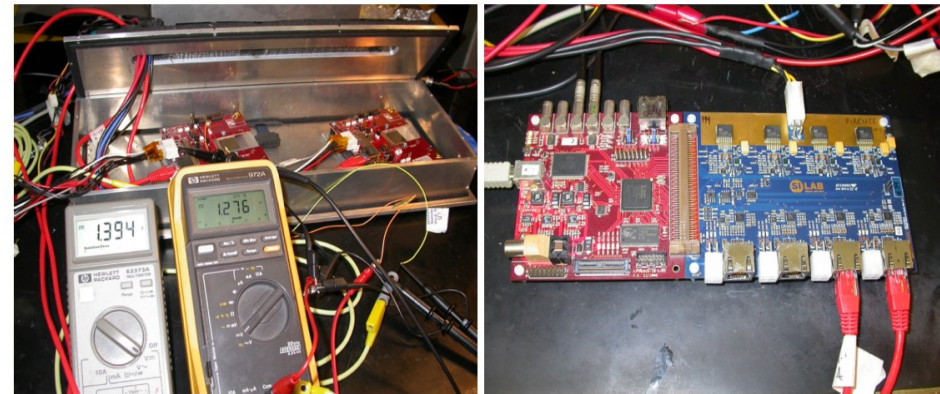
Previsti ulteriori due batch: 3D e planar AE alla fine del 2016.

## Test su fascio

- Programma vario di test su fascio, sia a FNAL che al CERN.
- Test effettuati in collaborazione coi colleghi di Mi-Bicocca e FNAL
- due test già effettuati a FNAL con p da 120GeV (dic 2015 e mag. 2016) su moduli planari del primo batch, alcuni dopo irraggiamento @ Los Alamos (LANSCE 800MeV proton beam)
- ulteriori test previsti nel 2016 (già uno a luglio al CERN, con irraggiamento al PS-IRRAD)
- altri 3-4 test previsti nel 2017

# Studio del sistema di alimentazione pixel

- Alimentazione in serie individuata come soluzione più promettente per:
  - ridurre material budget (=cavi)
  - apportare l'elevata densità di potenza richiesta (fino a  $1 \text{ W/cm}^2$  nei layer interni, totale 8-16 kW su circa  $4 \text{ m}^2$ )
- R&D in collaborazione con ATLAS:
  - sistema basato sul circuito Shunt-LDO (attualmente implementato nel chip FEI4 di ATLAS-IBL “inner barrel layer”)
  - una versione futura (65nm) dello shunt-LDO sarà implementata nel chip RD53 per i pixel HL-LHC di ATLAS/CMS



Firenze al momento ha l'unica catena funzionante con più moduli in serie realizzata in CMS.

**G. Sguazzoni convener per il serial power in CMS**

Studio del back-end (power supplies) in collaborazione con CAEN tramite il progetto NEOLITE

**backup**

# Richieste per il 2017

- **N.B.: le richieste vanno ancora discusse all'interno di CMS Italia**

- → **possibili cabiamenti**

- **CMS**

- 174 k€ missioni, 26 k€ consumi
- richiesta tecnici: 8 mesi Brianzi (80%) e 8 mesi Scarlini (80%)
- richiesta servizi: 2 mesi-uomo servizio di elettronica
- attività in clean room di sezione

- (poichè RD\_FASE2 prevede solo consumi, nella richiesta di missioni per CMS sono considerati anche 3 test beam nel 2017 dedicati alle attività di upgrade)

- **RD\_FASE2**

- 30 k€ (sensori pixel e serial powering)

Wafer FE-I4 per serial Power R&D single and quad modules

USB-Pix3 FE-I4 DAQ board

RD53 readout boards

New prototype ROC wafers

Raw wafers and processing costs,  
UBM, dicing.

Quad Module flex and pcb

Serial power test RD53/FE-I4

prototype readout cards

raw wafers and processing

12 FI

4 FI

4

10

# Microsaldatrice

---

- L'attività di R&D sul sistema dei pixel ed i futuri impegni di costruzione richiedono l'acquisto di una nuova microsaldatrice (il modello che abbiamo non è più mantenuto).
- Costo stimato: O(150 keuro).
  - Possibile sharing dell'acquisto tra sezione e contributo CSN1 per CMS?
- Altri centri italiani di CMS nella nostra stessa situazione
  - quest'anno potremmo non avere la priorità per il finanziamento in CSN1.

# Analisi future

---

- Dopo qualche inconveniente LHC procede bene!!
- Ci aspettiamo **~10 /fb entro ICHEP** (conferenza ad inizio Agosto)
  - Sufficienti per ottenere circa la stessa significanza del Run I
- **~25 /fb entro fine 2016!!**
- **L'era delle misure di precisione sull'Higgs ad LHC sta iniziando**
  - Firenze parteciperà attivamente nelle misure future nel canale  $H \rightarrow WW$ , specialmente sulle misure differenziali
    - Confronto accurato con le predizioni teoriche
    - Ricerca indiretta di nuova fisica

# Situazione di LHC

previsti ~150 giorni di fisica  
p-p  
→ attesi ~ 20-25 fb<sup>-1</sup>  
bunch crossing a 25 ns

| Phase                                                           | Days                           |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Initial Commissioning                                           | 28                             |
| Scrubbing: 4 days initially and then as required during ramp-up | 7                              |
| <b>Proton physics 25 ns</b>                                     | <b>152</b>                     |
| Special physics runs (high beta*; VdM)                          | 8                              |
| Machine development                                             | 22                             |
| Technical stops                                                 | 15                             |
| Technical stop recovery                                         | 6                              |
| Ion setup/proton-lead run                                       | 4 + 24                         |
| <b>Total</b>                                                    | <b>266 days<br/>(38 weeks)</b> |

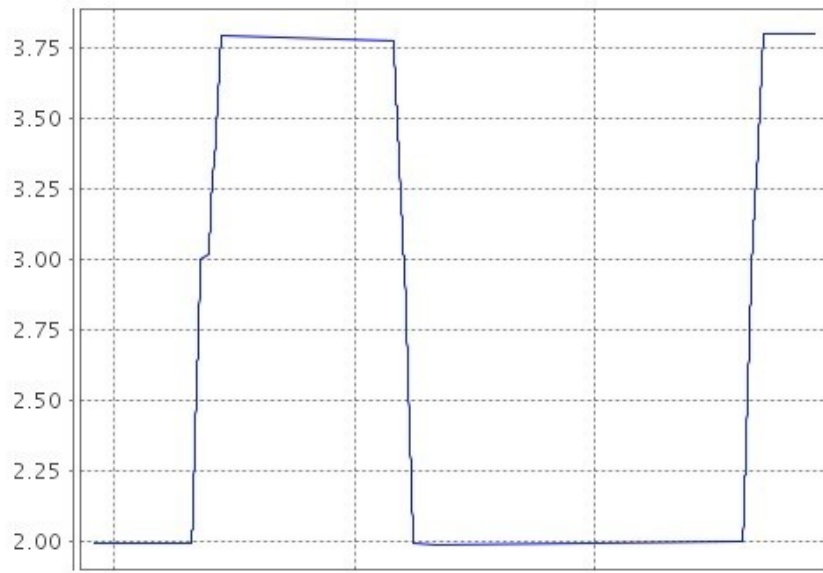


<https://lhc-commissioning.web.cern.ch/lhc-commissioning/performance/2016-performance.htm>

[https://espace.cern.ch/be-dep/BEDepartmentalDocuments/BE/LHC\\_Schedule\\_2016.pdf](https://espace.cern.ch/be-dep/BEDepartmentalDocuments/BE/LHC_Schedule_2016.pdf)

# Campo magnetico e livello dewar durante incidente “faina”

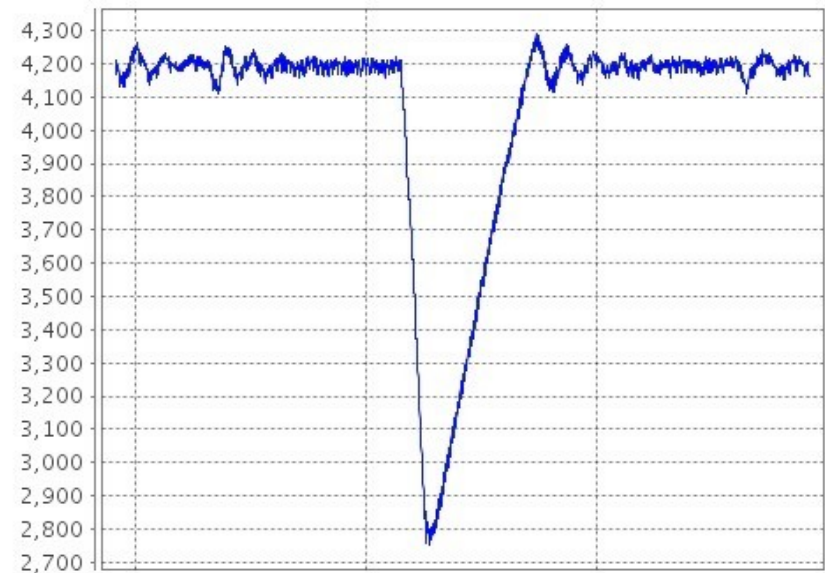
**BField ( T )**



2016.04.27 22:00:00 - 2016.04.30 22:00:00 (UTC)

Export: [JSON](#) | [CSV](#)

**Dewar LHe level ( liters )**



2016.04.27 22:00:00 - 2016.04.30 22:00:00 (UTC)

Export: [JSON](#) | [CSV](#)

# L'upgrade di CMS per HL-LHC

## Technical Proposal Upgrade CMS per HL-LHC

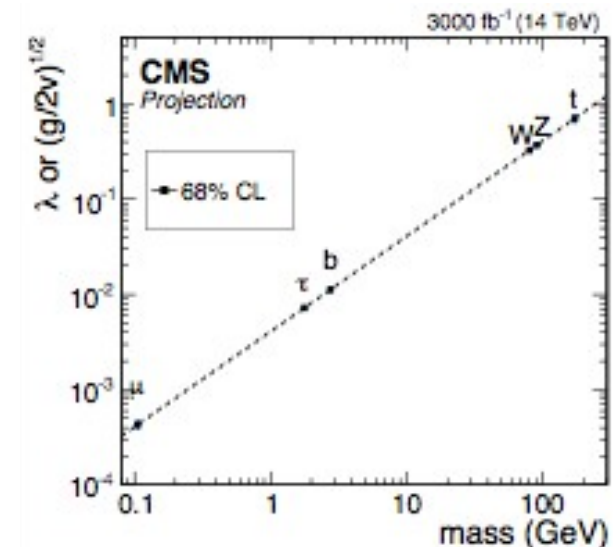
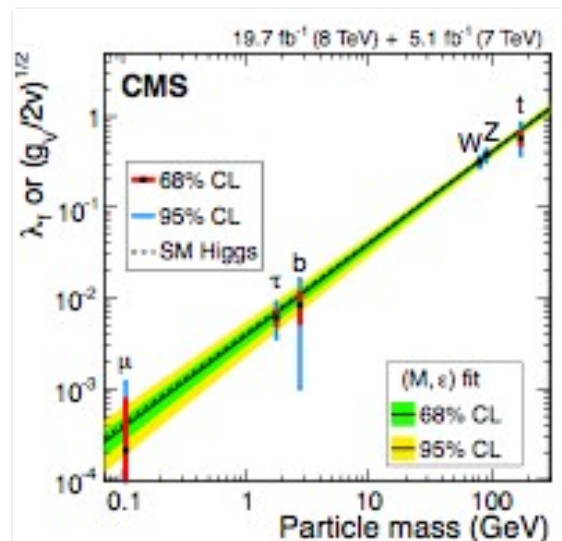
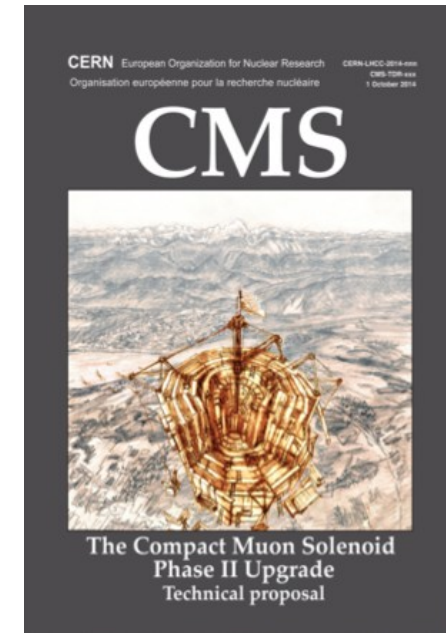
CERN-LHCC-2015-010 LHCC-P-008 CMS-TDR-15-02

**June 2015** <https://cds.cern.ch/record/2020886>

### Programma:

$\int L = 3000 \text{ fb}^{-1}$  Collisioni p-p @14TeV

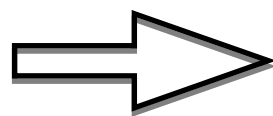
- Studio di alta precisione delle proprietà del bosone di Higgs.
- Ricerca diretta di nuove particelle alla scala del TeV.
- Esplorare le proprietà delle nuove particelle scoperte durante il Run2 ! :-)



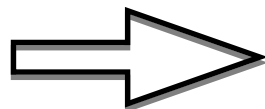
# CMS @ HL-LHC

Danneggiamento da radiazione

L1 rate  $\sim 750$  kHz  
 $\langle \text{PU} \rangle \sim 140 - 200$



nuovo tracker, endcap calo



necessità di track-trigger L1

## New Endcap Calorimeter

- Radiation Tolerant
- High Granularity
- 3D capability

## Barrel Calorimeter

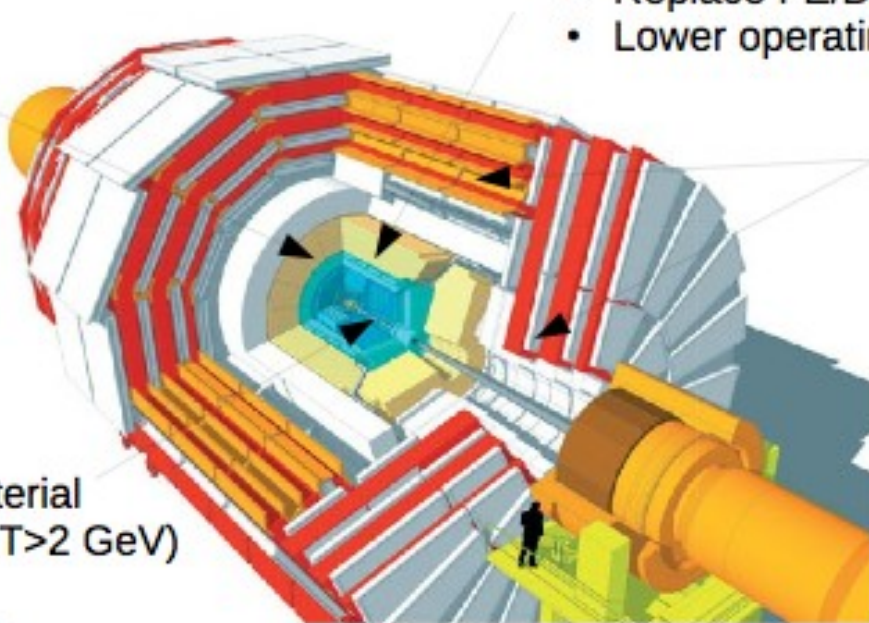
- Replace FE/BE electronics
- Lower operating temperature (8°)

## Muon system

- Replace DT/CSC FE/BE electronics
- Complete RPC coverage in region  $1.5 < \eta < 2.4$
- Muon tagging with GEMs for  $2.4 < \eta < 3.0$

## New Tracker

- Radiation tolerant – less material
- 40 MHz selective readout ( $\text{PT} > 2$  GeV) for track trigger
- Extend to coverage of  $\eta \sim 3.8$



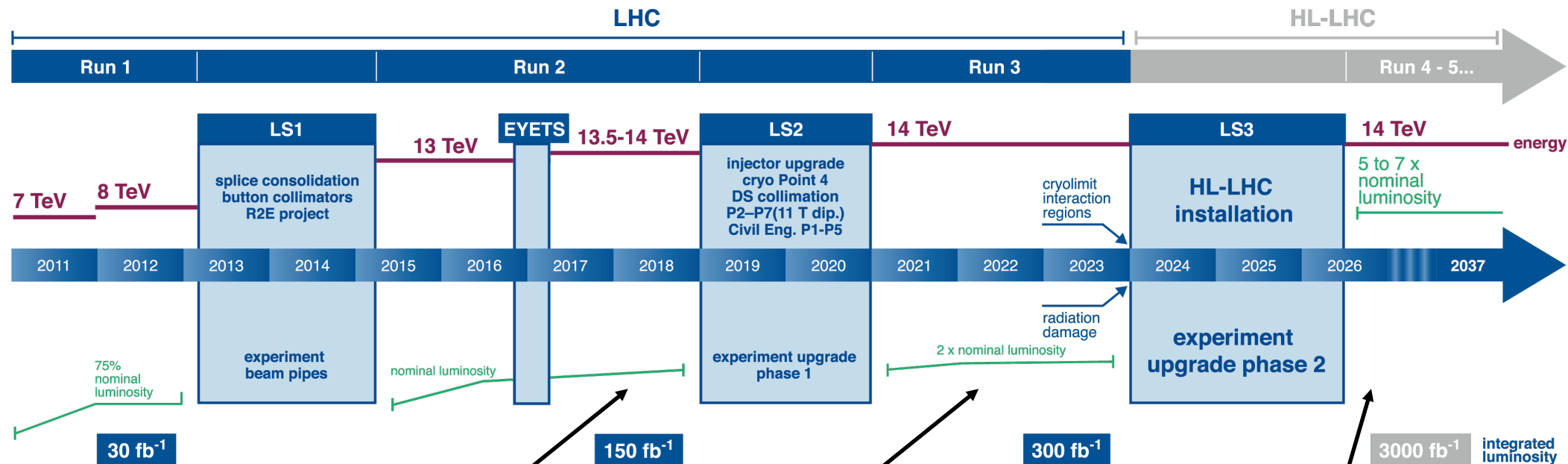
(Current L1: 4  $\mu\text{s}$  latency, 100 kHz output)

## Trigger/HLT/DAQ

- L1 Track Trigger
- L1 Trigger: 12.5  $\mu\text{s}$  latency, 750 kHz output
- HLT output of 7.5 kHz

# L'evoluzione di LHC

## LHC / HL-LHC Plan



1.E34 Hz/cm2  
Bx=25ns  
PU~25-30

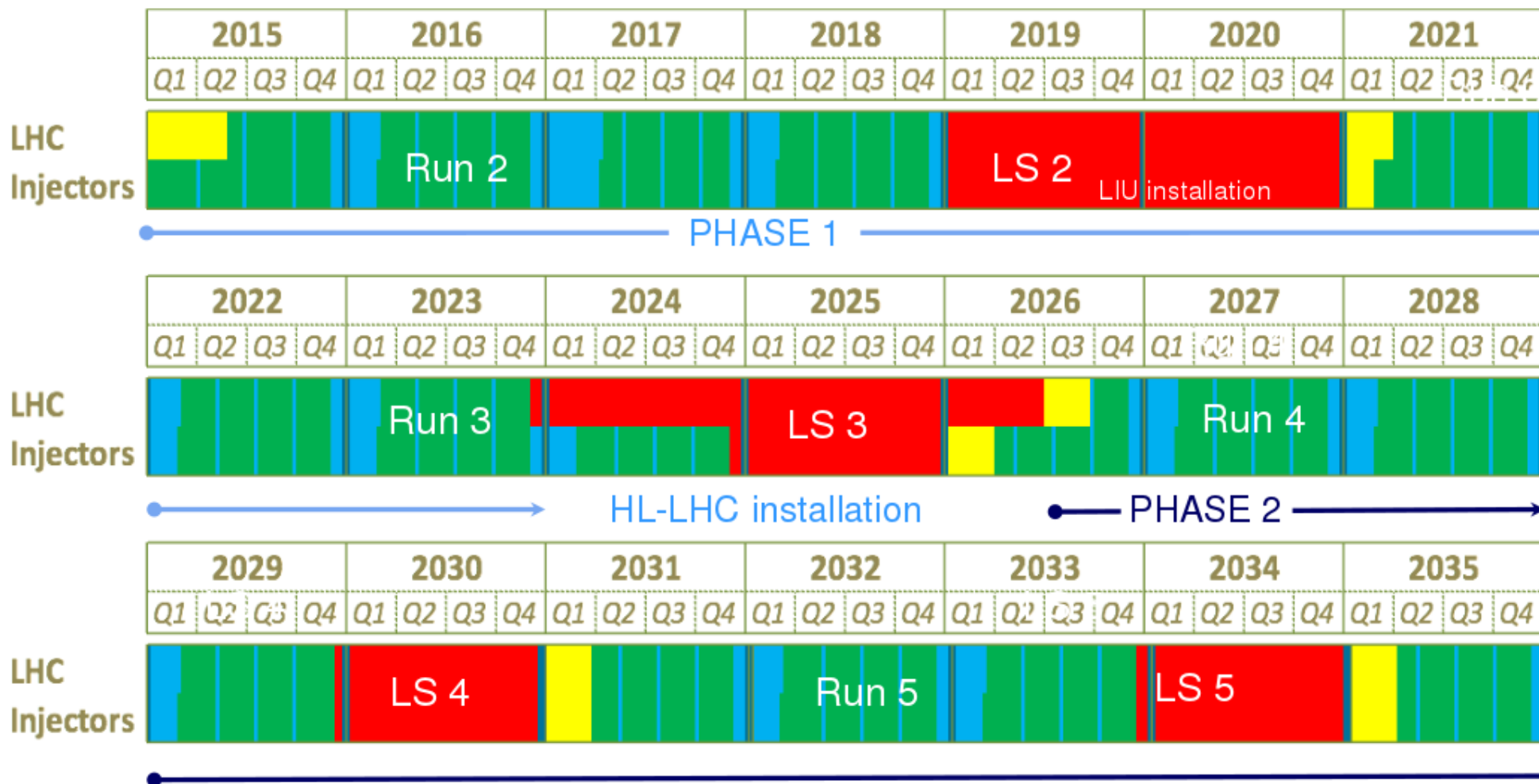
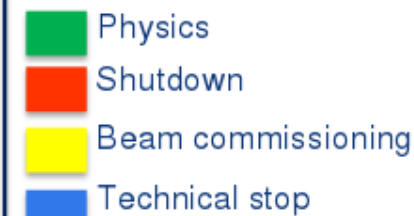
2.E34 Hz/cm2  
Bx=25ns  
PU~50

5-7.E34 Hz/cm2  
(init~20E34 Hz/cm2)  
Bx=25ns  
PU~140-200

<http://hilumilhc.web.cern.ch/about/hl-lhc-project>

# LHC roadmap: according to MTP 2016-2020

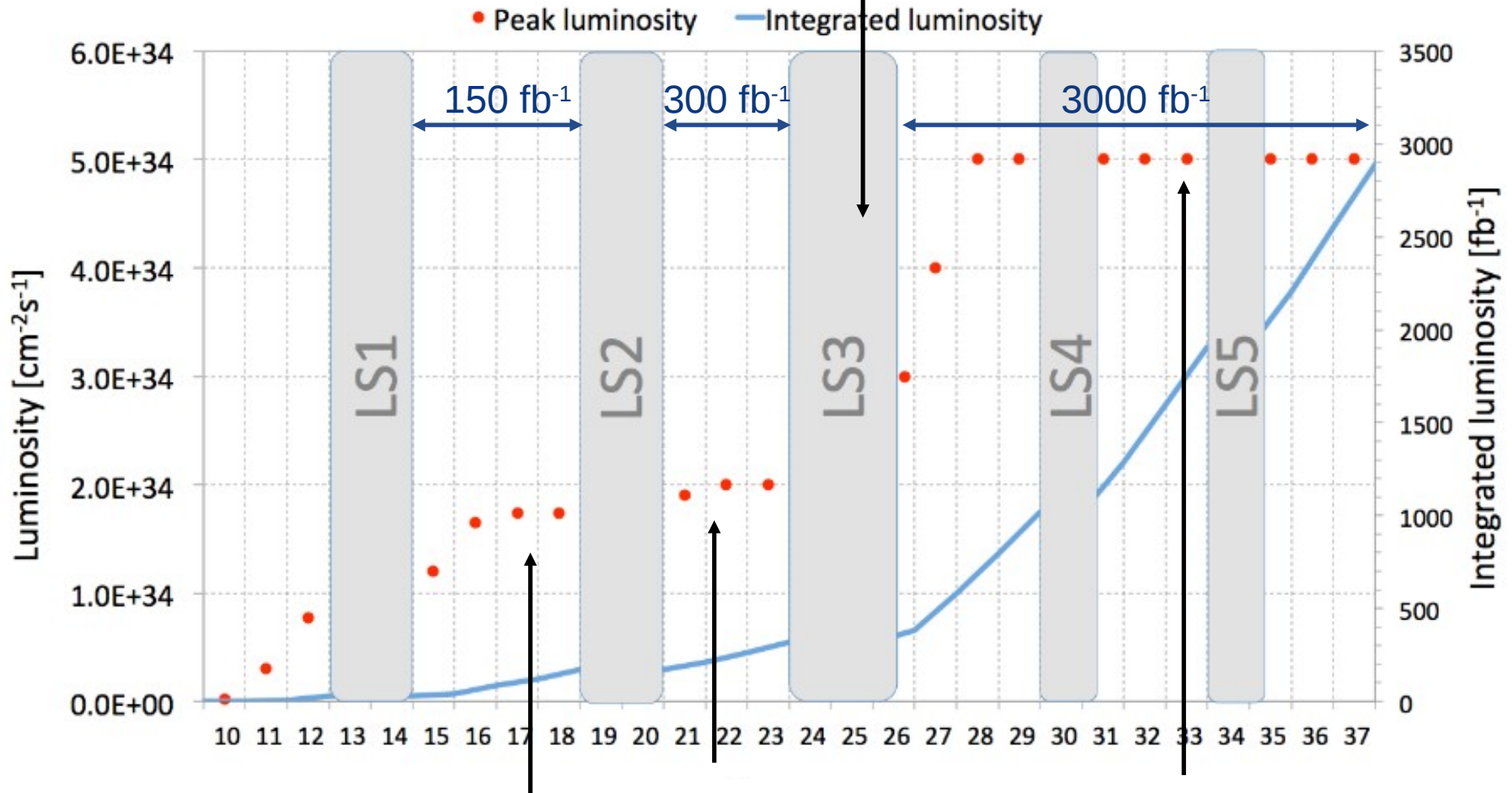
LS2 starting in 2019 => 24 months + 3 months BC  
 LS3 LHC: starting in 2024 => 30 months + 3 months BC  
 Injectors: in 2025 => 13 months + 3 months BC



# L'evoluzione di LHC

HL-LHC

*new low- $\beta$  triplets*



1.E34 Hz/cm2  
Bx=25ns  
PU~25-30

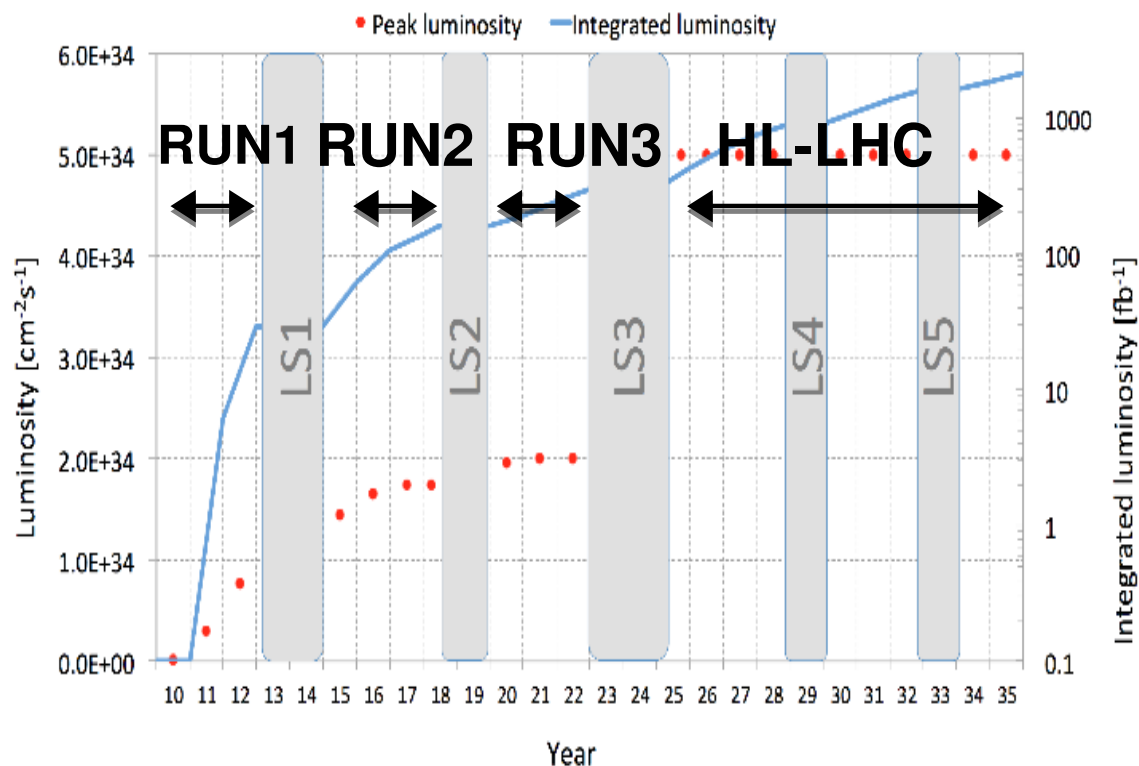
2.E34 Hz/cm2  
Bx=25ns  
PU~50

5.E34 Hz/cm2  
(init~2E35 Hz/cm2)  
Bx=25ns  
PU~140-200

# HL-LHC

## RD\_FASE2

Sigla contenitore delle richieste per l'R&D sui detector di HL-LHC congiunto ATLAS e CMS



A Firenze:

## R&D sul nuovo tracciatore centrale di CMS:

- Simulazione della geometria e tracciatura
- R&D e sviluppo del pixel detector
- **new** studio del sistema di alimentazione del pixel detector

**AIDA-2020**

progetto europeo

## Implementazione del tracciatore nel trigger L1:

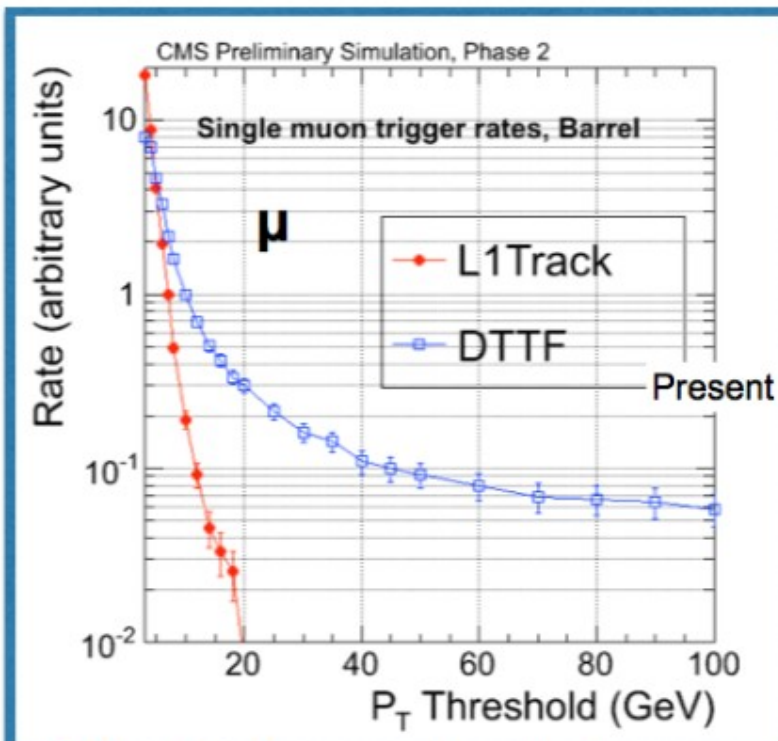
- studi di fisica
- utilizzo di memorie associative

**PRIN H-TEAM**

(aspetti di fisica del trigger Lv1 del tracciatore)

# Il track trigger L1

Il tracciatore permette di guadagnare selettività sugli oggetti primari ( $\mu$ ,  $e$ ,  $\tau$ ,  $\gamma$ , missing  $E_t$ ). Già al L1.

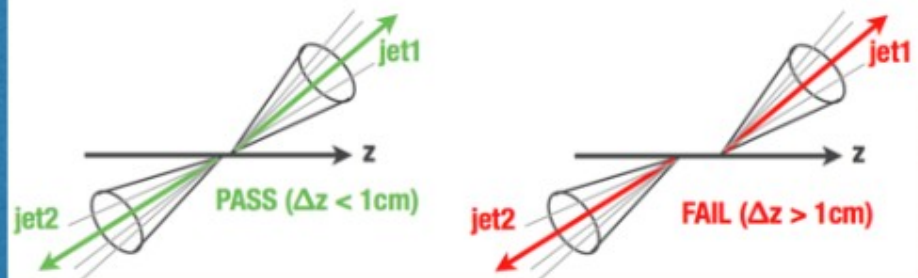


Risoluzione  $p_t \rightarrow$  trigger threshold inferiore.

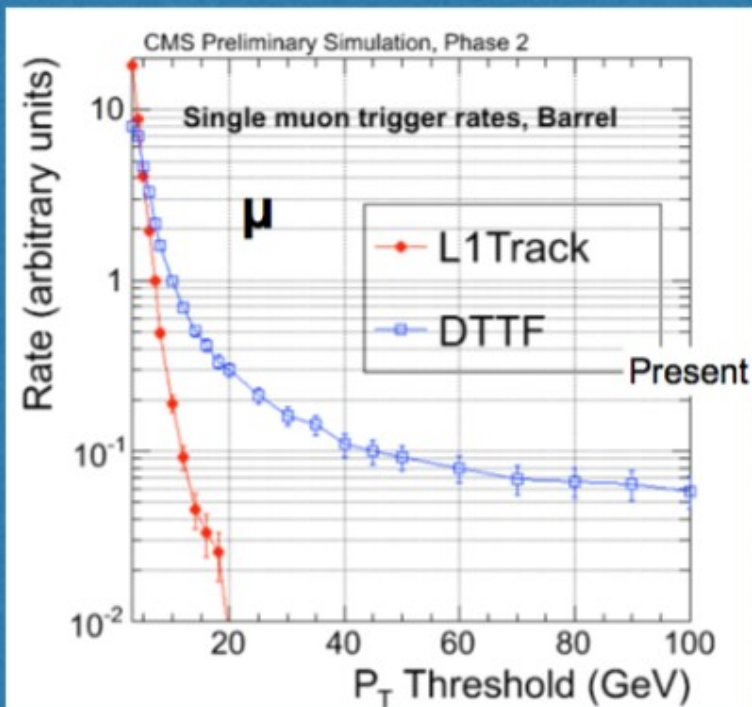
distinzione  $\gamma$  vs  $e$

misura isolamento di  $\gamma, \mu, e$

misura **missing  $E_t$**   $\rightarrow$   
associazione jet-vertice in  
condizioni di alto pile up

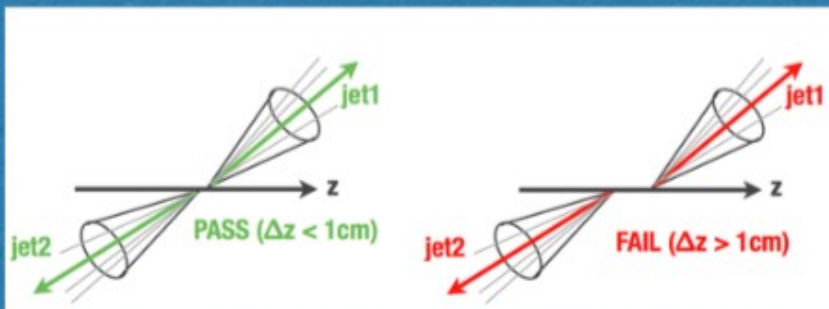


# L1 Track Trigger



Threshold-pt  
 $\gamma$  vs  $e$   
isol  $\gamma$ ,  $e$ ,  $\mu$

Et with PU



Necessario per guadagnare  
selettività sugli oggetti primari a L1

a Firenze:

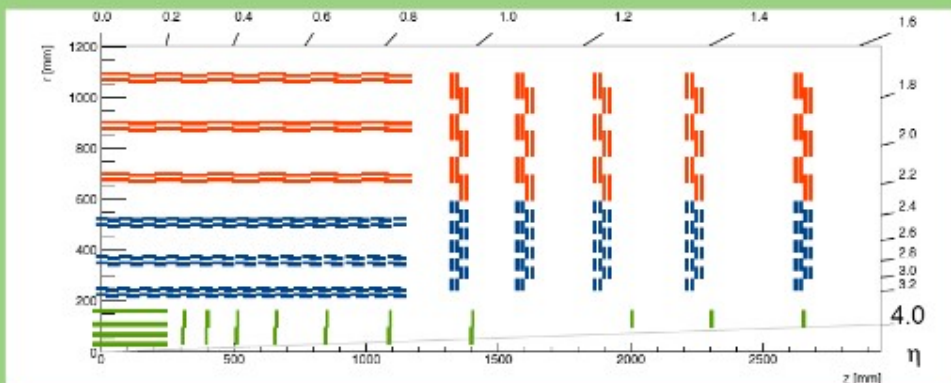
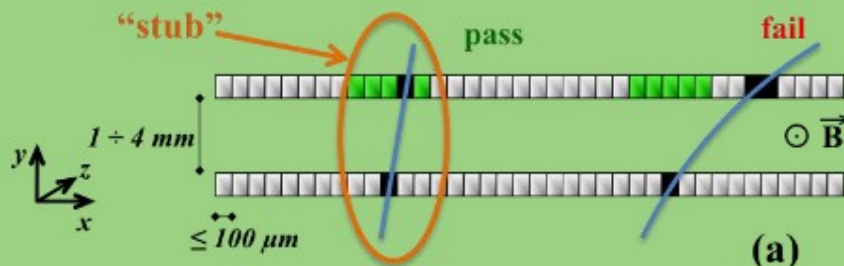
simulazioni per ottimizzare  
algoritmi di pattern-recognition e  
track-finding in funzione delle  
scelte sul track-trigger (esempio:  
ottimizzazione banche dati AM)

Studio dei canali di fisica quali  
 $H \rightarrow VV$  e della loro selezione a L1

# L1 Track Trigger: come

Condizioni al contorno: collision rate 40MHz, L1 latency richiesta  $\sim 10\mu\text{s}$ , L1 accept rate  $< 1\text{MHz}$ , HLT rate  $< 10\text{kHz}$

1) Limitazione bw detector/backend: dati ridotti sul rivelatore imponendo soglia in pt  $\sim 2\text{GeV}/c$



2) Pattern recognition e tracking. Tre approcci:



memorie associative (AM) per PR + FPGA per tracking

- FPGA based reco da coppie di stubs (tracklets)
- Time Multiplexed Triggers: ciascun BX esaminato isolatamente da un singolo processore  $\rightarrow$  switching network

