



# Nuove Tecnologie: Trigger, Computing & Software

**Massmimo Caccia, Luca Lista**  
Uni. Insubria & INFN Milano, INFN, Napoli

---

# Agenda del 12 Aprile

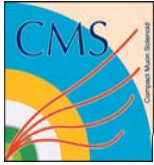


Tecniche di trigger di primo livello ad LHC	Francesca Pastore
Trigger di alto livello ad LHC	Simone Gennai
Esperienza sul calcolo di CDF	Gabriele Compostella
Il modello di calcolo di Atlas	Alessandro De Salvo
Il modello di calcolo di CMS	Daniele Bonacorsi
Infrastrutture di calcolo su GRID in Italia	Vincenzo Miccio
Tecnologie software per l'analisi off-line	Leonardo Carminati

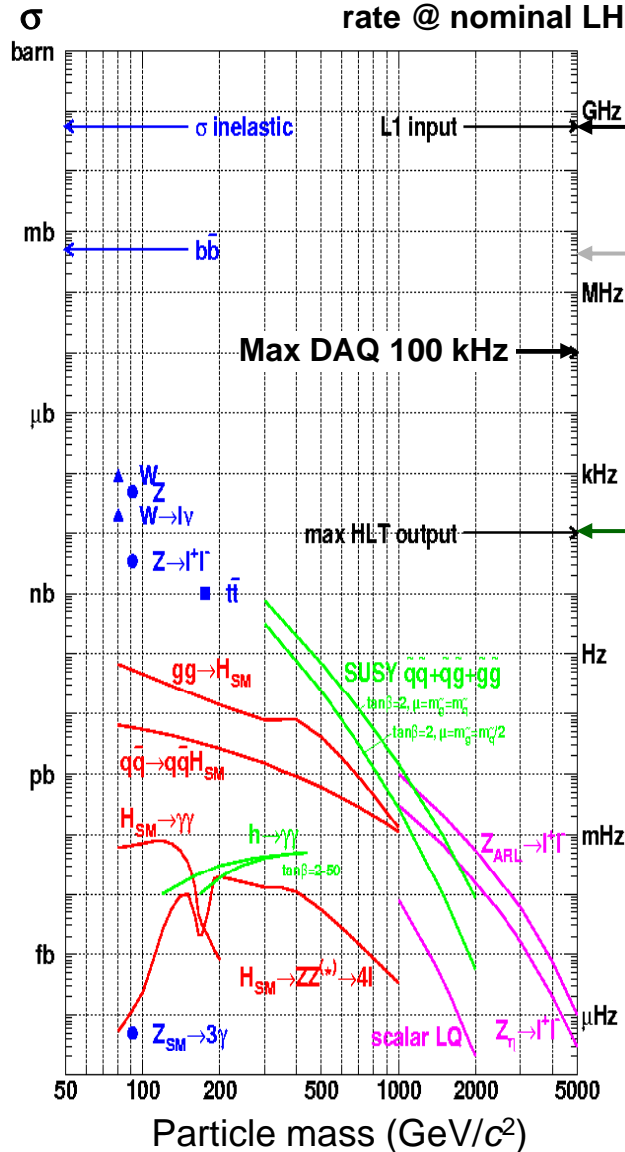


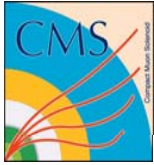
# Trigger di L1 & HLT ad LHC





# LHC Event Rates

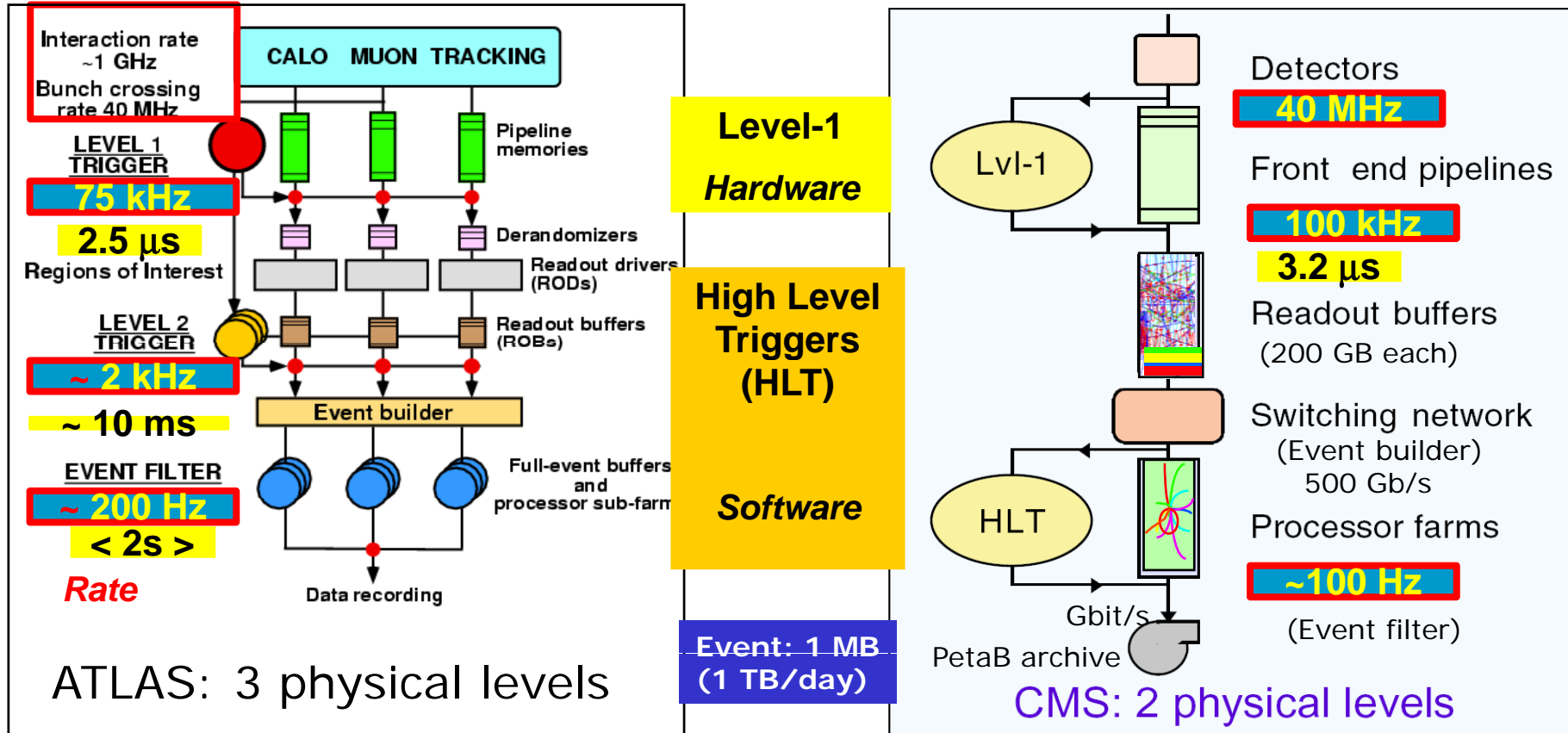




# Atlas/CMS: Trigger overview



- Different division of resources for processors and bandwidths



Region of interest: 2/event

HLT partial event reconstruction



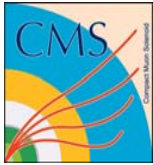
# L1 Trigger Table (Atlas)



- Selezione su uno o pochi oggetti fisici di chiara segnatura
  - Le soglie possono dipendere dalle condizioni di luminosità

Trigger	Threshold (GeV or GeV/c)	Rate (kHz)	Cumulative Rate (kHz)
inclusive isolated electron/photon	34	6.5	6.5
di-electron/di-photon	19	3.3	9.4
inclusive isolated muon	20	6.2	15.6
di-muons	5	1.7	17.3
single $\tau$ -jet trigger	101	5.3	22.6
di- $\tau$ -jets	67	3.6	25.0
1-jet, 3-jets, 4-jets	250, 110, 95	3.0	26.7
jet * $E_T^{miss}$	113 * 70	4.5	30.4
electron * $\tau$ -jet	25 * 52	1.3	31.7
muon * $\tau$ -jet	15 * 40	0.8	32.5
minimum bias (calibration)		1.0	33.5
TOTAL	High luminosity trigger table		33.5

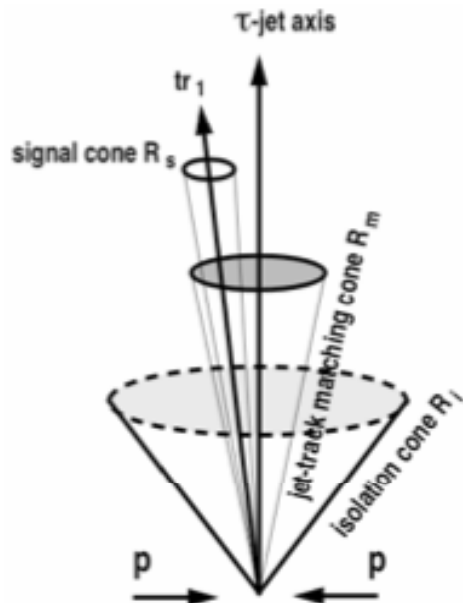
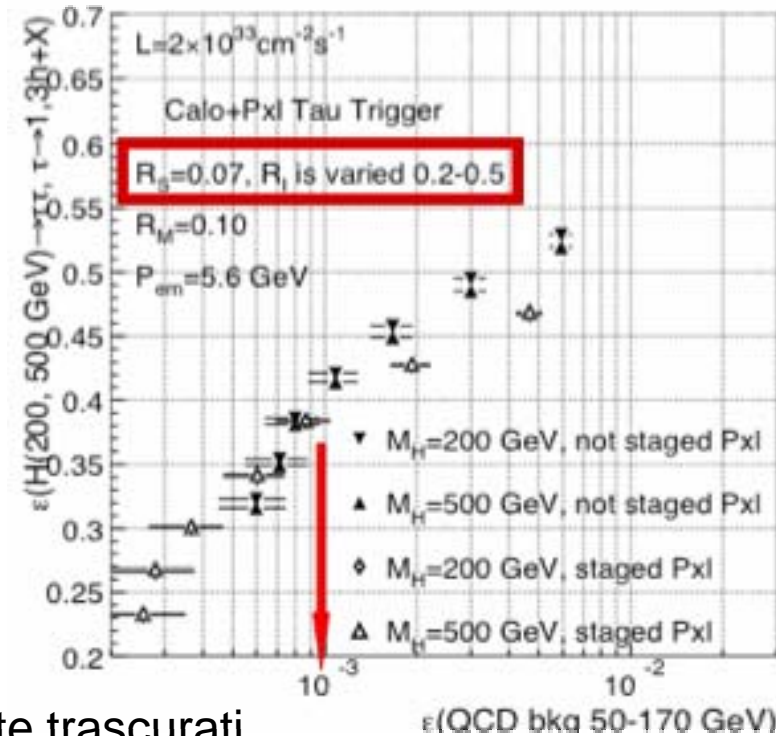
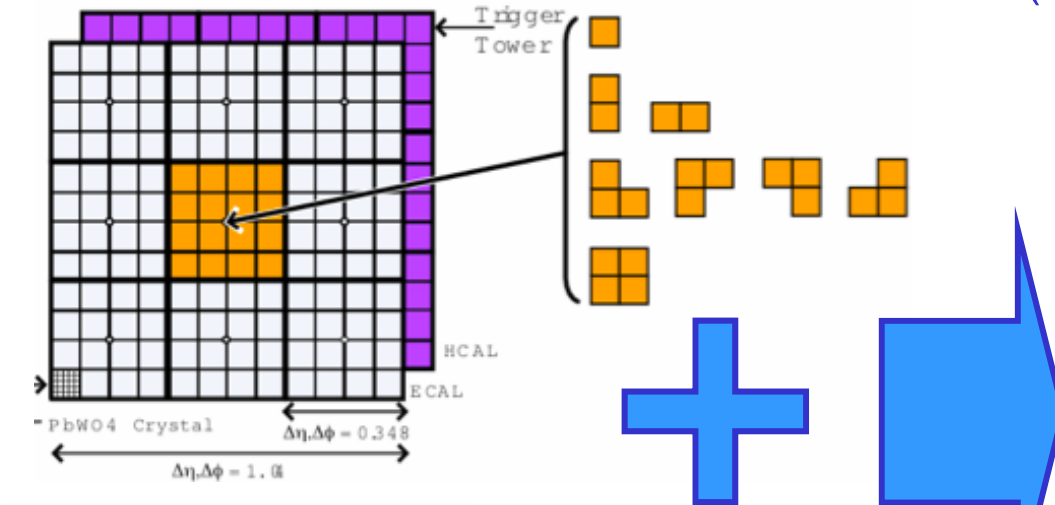
- Selezione raffinata in HLT con la ricostruzione tipo “off-line”



# Trigger del Tau a CMS ( $H^+ \rightarrow \tau\nu, \dots$ )



## Pattern calorimetrici (L1)



Isolamento (HLT):  
ricostruzione "regionale"  
e parziale delle tracce

Alcuni aspetti inizialmente trascurati  
potrebbero essere molto importanti

Es.: decodifica delle informazioni del  
tracker solo a livello regionale?

Rate finale < 3 Hz

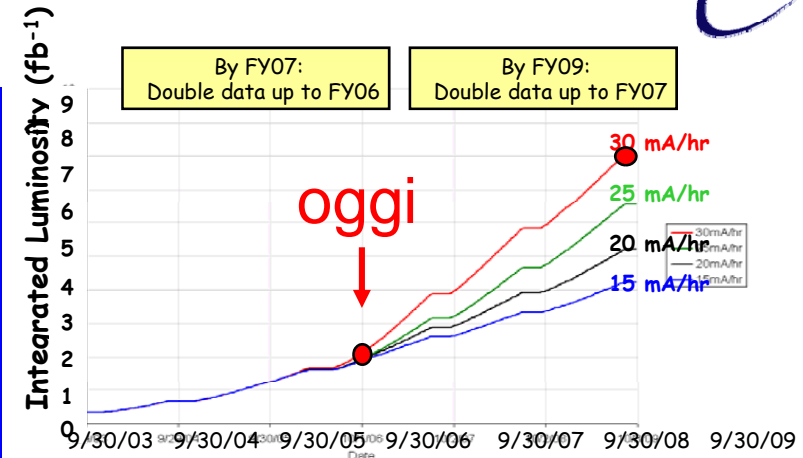
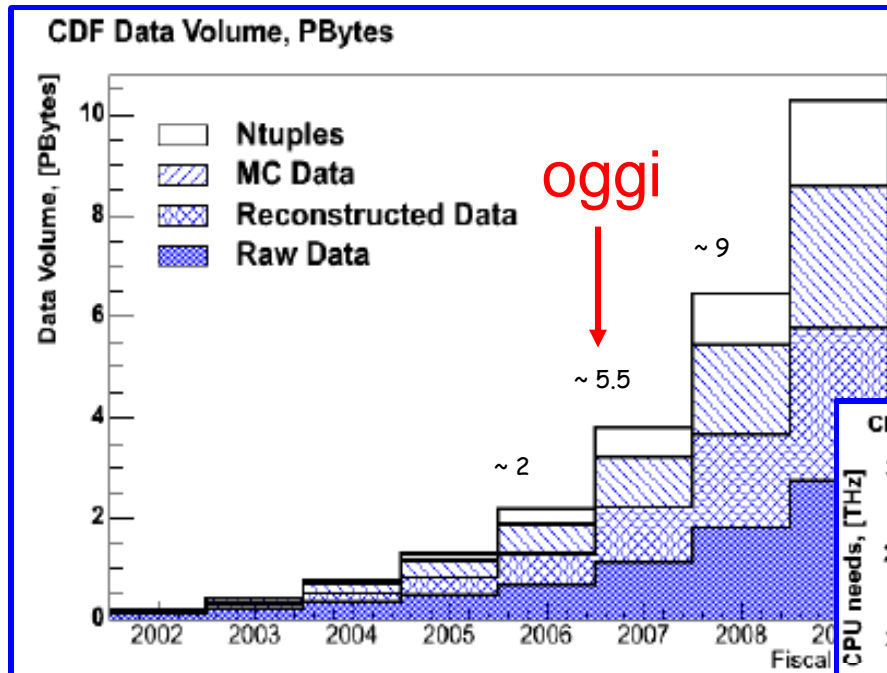


# Modelli di calcolo: CDF, Atlas, CMS

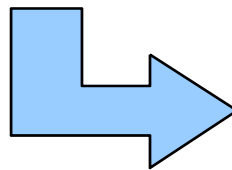




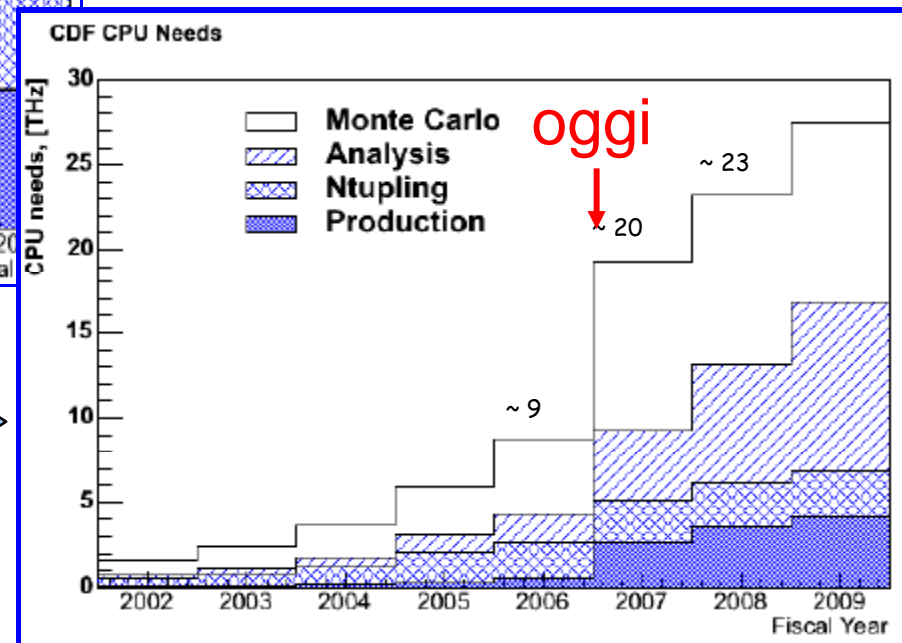
# Volume di dati di CDF



Collected Data  
 ( $2fb^{-1} \approx 3.9 \times 10^9 events$ )



Estimated CPU needs

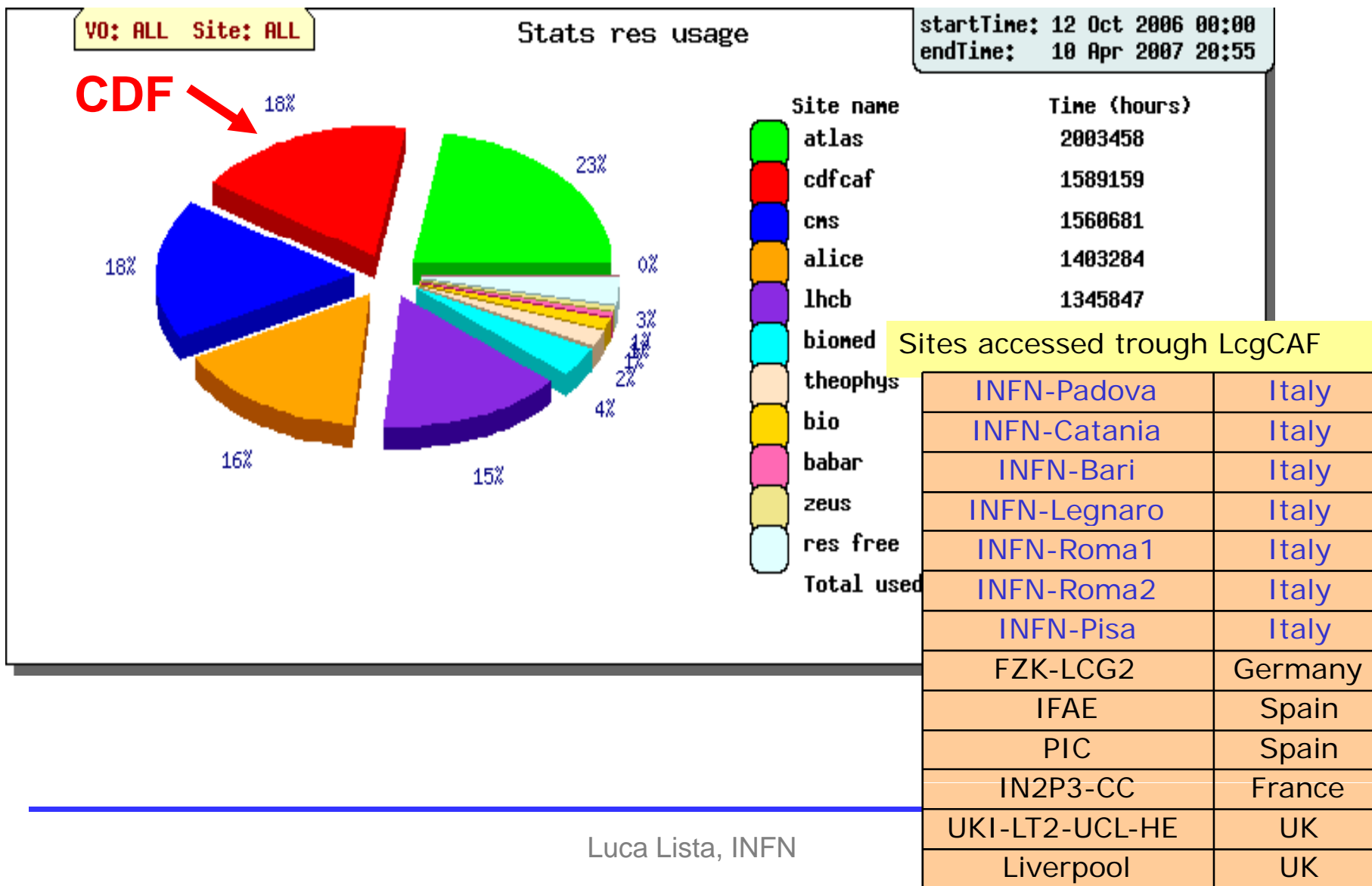


# Evoluzione del calcolo di CDF



- Modello di calcolo inizialmente pensato per un ambiente centralizzato (FNAL)
- Successivamente evoluto verso un modello distribuito (compreso CNAF)
- Uso di GRID integrato nel sistema in corso d'opera
- Superati autonomamente da CDF una serie di limiti di GRID dovuti alla fase di sviluppo
  - Es.: protezione da job falliti (“pilot job”)

# CDF Usage of LCG resources



# Uso di GRID ad LHC



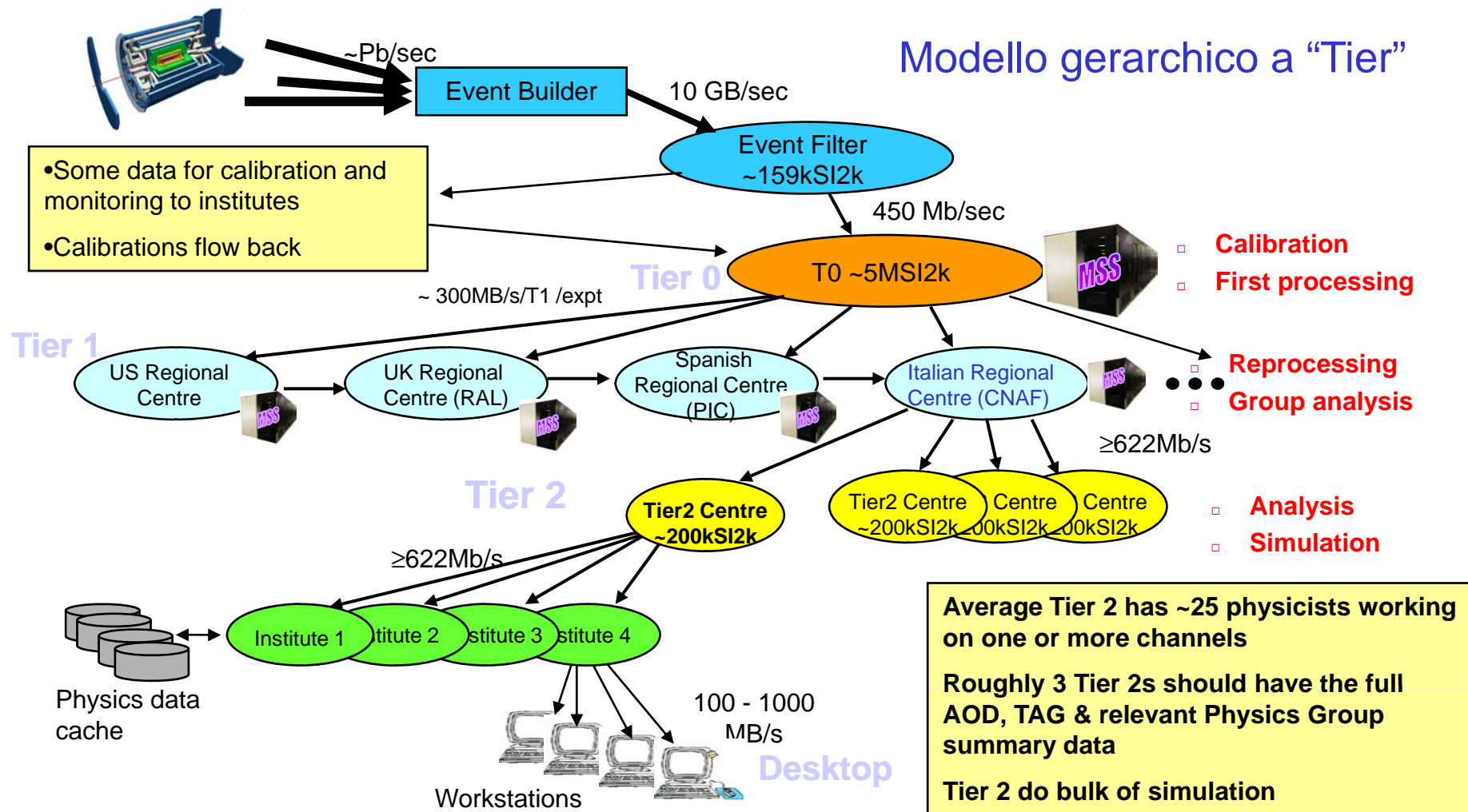
- CDF **può** usare la GRID
    - approfittando delle risorse quando non sono usate da LHC
  - LHC **DEVE** usare la GRID
    - Modello di calcolo disegnato come distribuito sin dall'inizio
- La tecnologia GRID non può fallire!

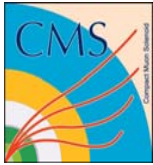


# The ATLAS Computing Model

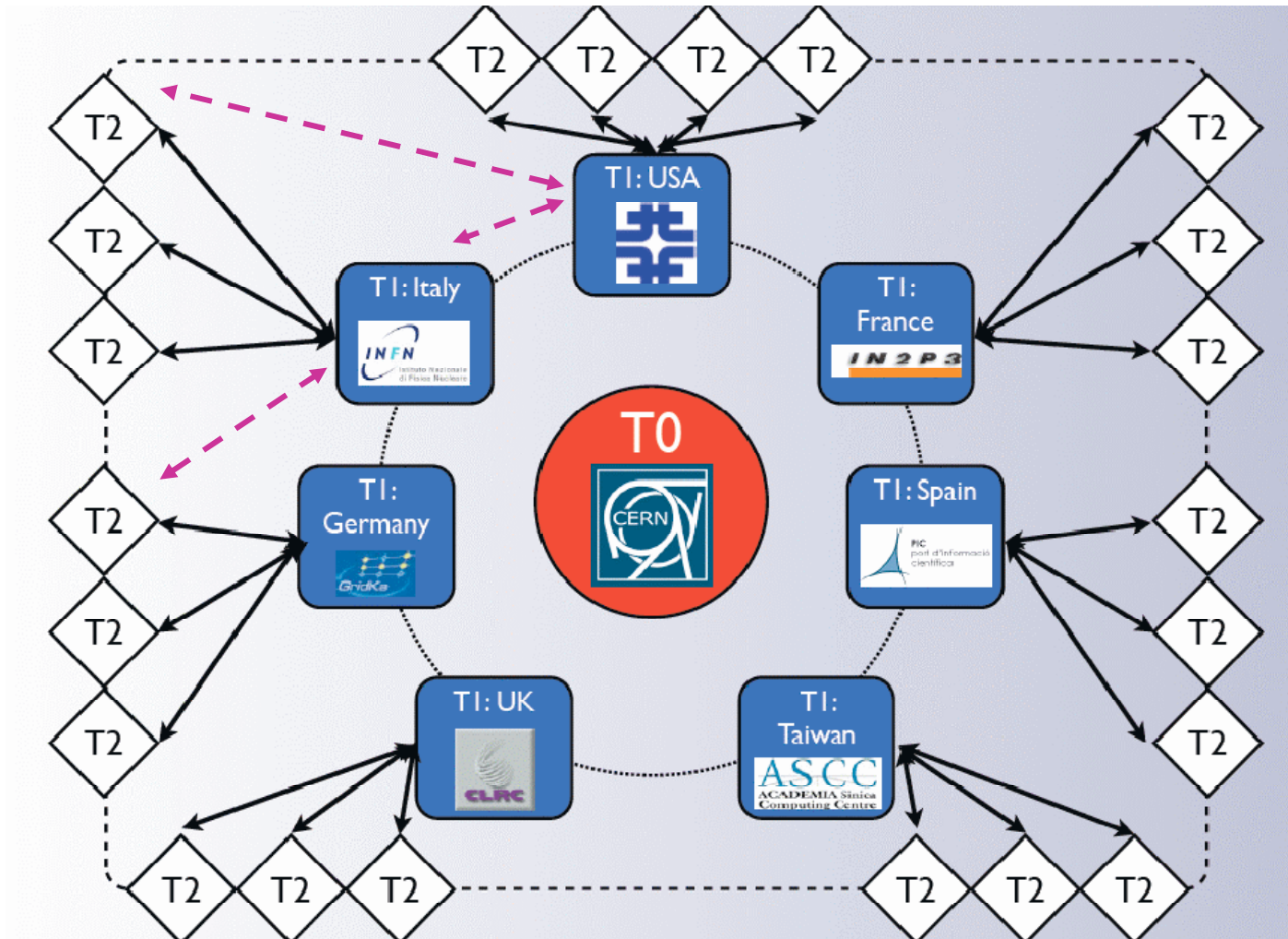


Modello gerarchico a "Tier"





# CMS Computing model



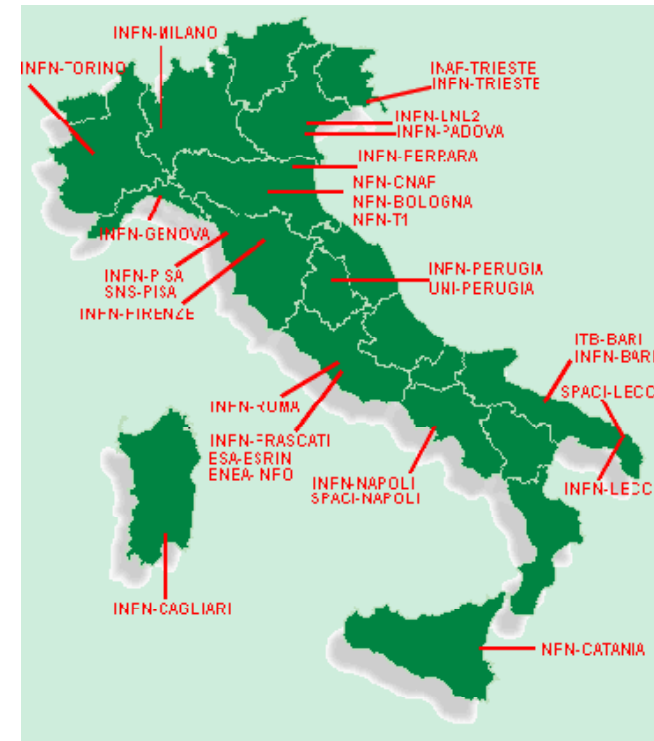
Il *problema della gerarchia* è stato superato nel modello di calcolo di LHC...



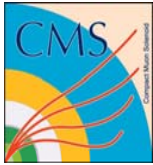
# Infrastruttura GRID oggi in Italia



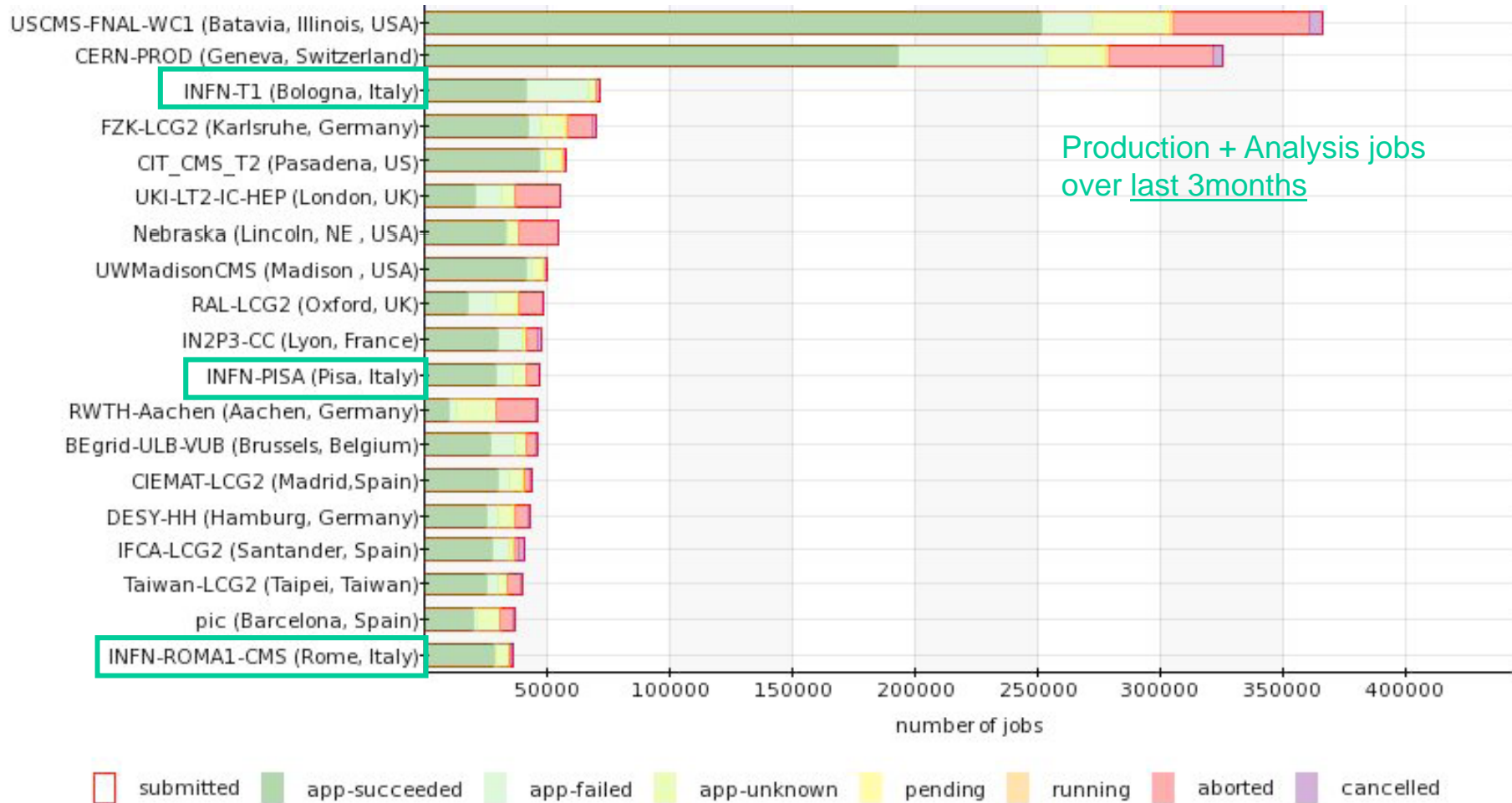
- più di 40 centri di ricerca coinvolti
- le risorse sono raggiungibili attraverso servizi specifici per ciascuna VO
- la maggior parte di essi (~30) sono coinvolti anche a livello internazionale (EGEE/LCG)
- gli altri sono accessibili attraverso servizi di grid su scala nazionale



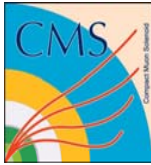




# Uso di GRID da parte di LHC





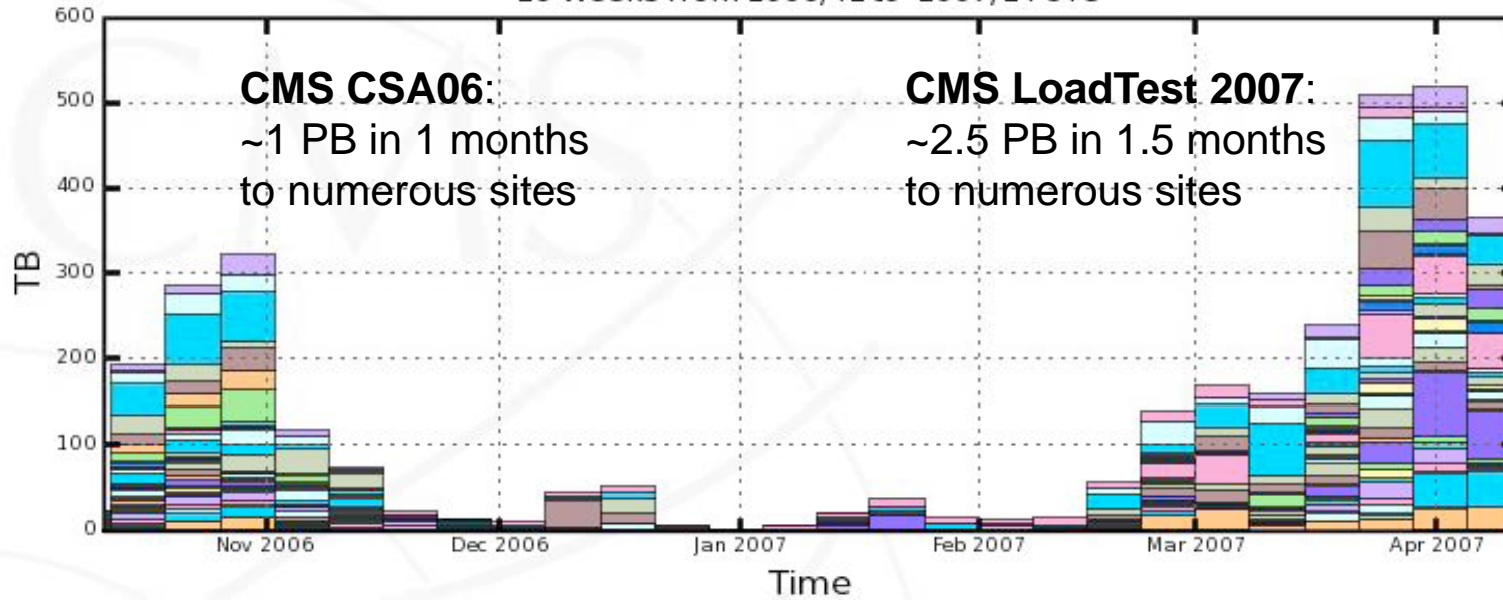


# Trasferimento dati 2006/2007



## CMS PhEDEx - Transfer Volume

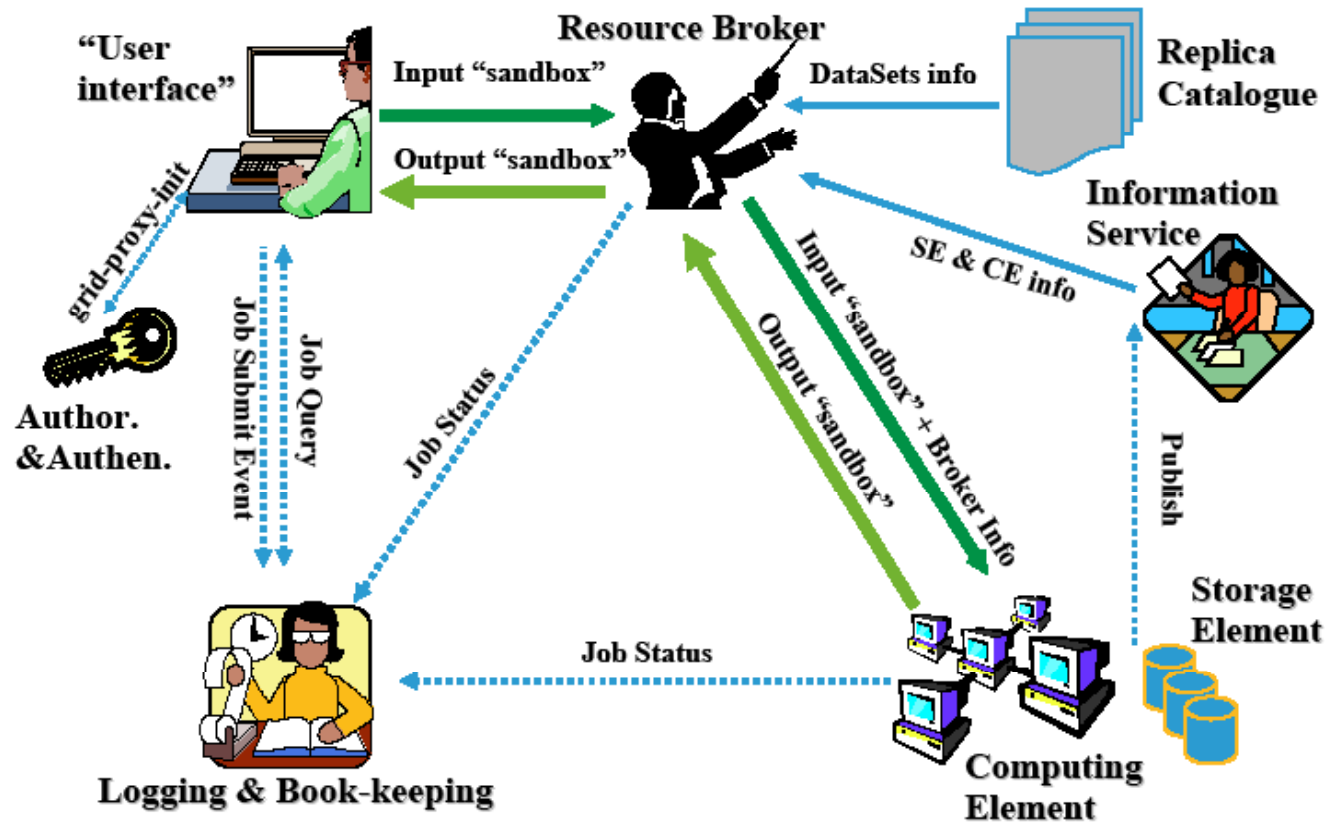
26 Weeks from 2006/41 to 2007/14 UTC



- |                      |                     |                   |                    |                  |
|----------------------|---------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| T1_ASGC_Buffer       | T1_CERN_Buffer      | T1_CNAF_Buffer    | T1_FNAL_Buffer     | T1_FZK_Buffer    |
| T1_IN2P3_Buffer      | T1_PIC_Buffer       | T1_PIC_Disk       | T1_RAL_Buffer      | T2_Bari_Buffer   |
| T2_Beijing_Buffer    | T2_Belgium_IHHE     | T2_Belgium_UCL    | T2_Budapest_Buffer | T2_CSCS_Buffer   |
| T2_Caltech_Buffer    | T2_DESY_Buffer      | T2_Estonia_Buffer | T2_Florida_Buffer  | T2_GRIF_DAPNIA   |
| T2_GRIF_LAL          | T2_GRIF_LLR         | T2_GRIF_LPNHE     | T2_HEPGRID_UERJ    | T2_IHEP_Disk     |
| T2_IHEP_Buffer       | T2_JINR_Buffer      | T2_KNU_Buffer     | T2_Legnaro_Buffer  | T2_London_Brunel |
| T2_London_IC_HEP     | T2_London_RHUL      | T2_MIT_Buffer     | T2_Nebraska_Buffer | T2_Pisa_Buffer   |
| T2_Purdue_Buffer     | T2_RWTH_Buffer      | T2_Rome_Buffer    | T2_SINP_Buffer     | T2_SPRACE_Buffer |
| T2_SouthGrid_Bristol | T2_SouthGrid_RALPPD | T2_Spain_CIEMAT   | T2_Spain_IFCA      | ... plus 9 more  |

Maximum: 518.37 TB, Minimum: 1.92 TB, Average 127.26 TB, Current: 365.22 TB

# La vita di un Job su GRID



- Chi si avvicina per la prima volta all'analisi in LHC può aver bisogno di un **iniziazione**
  - per quanto esistano layer software intermedi...



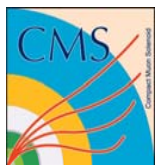
# Modelli di Analisi



# Punti chiave di un modello di analisi



- Modello di calcolo **centralizzato o distribuito**
- **Formato ed accessibilità dai dati**
  - Possibilità di aggiungere nuovi contenuti ai dati dell'evento ("User Data")
  - Accessibilità interattiva (via ROOT)
- **Frameworks di analisi vs analisi ROOT-based privata**
  - **portabilità e condivisione del codice di analisi e uso di tools comuni**



# Formati dati: 'Data Tiers'



➤ Data tiers/volumes for 2008 as input parameters for the model\*



## ❑ RAW

- ❖ Triggered evts recorded by DAQ
- ☑ ~1.5 MB/evt @ ~150 Hz; ~ 4.5 PB/yr
  - 2 copies: 1 at T0 and 1 spread over T1s

## ❑ RECO

- ❖ Reconstructed objects with their associated hits
  - Detailed output of the detector reco: track candidates, hits, cells for calib
- ☑ ~250 kB/evt; ~ 2.1 PB/yr (incl. reprocessing)
  - 1 copy spread over T1s (together with associated RAW)

## ❑ AOD (Analysis Object Data)

- ❖ Main analysis format: objects + minimal hit info
  - Summary of the reco evt for common analyses: particles id, jets, ...
- ☑ ~50 kB/evt; ~ 2.6 PB/yr
  - Whole set copied to each T1, large fraction copied to T2

## ❑ TAG

- ❖ Fast selection info
  - Relevant info for fast evt selection in AOD
- ☑ ~1-10 kB/ev

Plus MC in ~ N:1 ratio with data

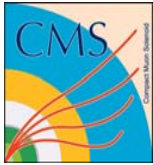
[\*] safety factors included (poor understanding of the detector, compression, ...)



# L'esperienza di BaBar



- E' stata la prima esperienza reale di un esperimento che funziona in "factory mode"
  - Primo modello di calcolo (CM1):
    - Difficoltà ad accedere ai dati "Reco" oltre agli "AOD"
      - (... Objectivity a parte ...)
    - Uso sub-ottimale di risorse di CPU e disco impegnate in produzione di dati in formati specifiche per l'analisi ("ntuple")
    - Scarsa connessione tra codici di analisi e ricostruzione
      - difficoltà a trasportare codice di analisi come tool comune
  - Computing Model II (CM2, 2003)
    - Migliore integrazione tra Reco e AOD (mini/micro)
    - 'Skim' di analisi prodotti in modo centralizzato e poi distribuiti
      - Uso ottimizzato delle risorse
    - Aggiunta agli AOD di "User Data"
    - Accesso interattivo ai dati
- } Usati limitatamente in BaBar, ma con grosse potenzialità ...



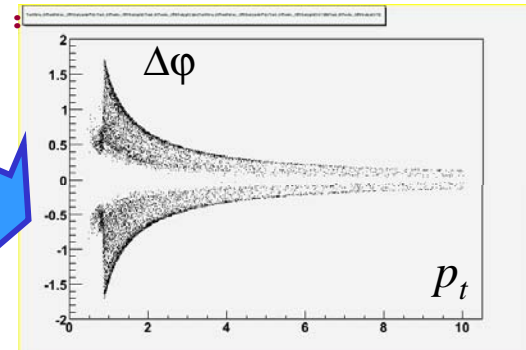
# Il modello di analisi di CMS



“CMS ha raccolto appieno l'esperienza di BaBar e CDF”

- Tutti i formati, dai RAW data agli AOD e anche i dati definiti dall'utente sono accessibili sia in batch (framework) che in interattivo (ROOT).
- L 'Event Data Model' può essere usato come formato finale di analisi: niente “ntuple”!

```
> gSystem->Load("libFWCoreFWLite")  
> AutoLibraryLoader::enable()  
> TFile f("reco.root")  
> Events.Draw("tracks.phi() -  
tracks.outerPhi() :  
tracks.pt()",  
"tracks.pt() < 10")
```

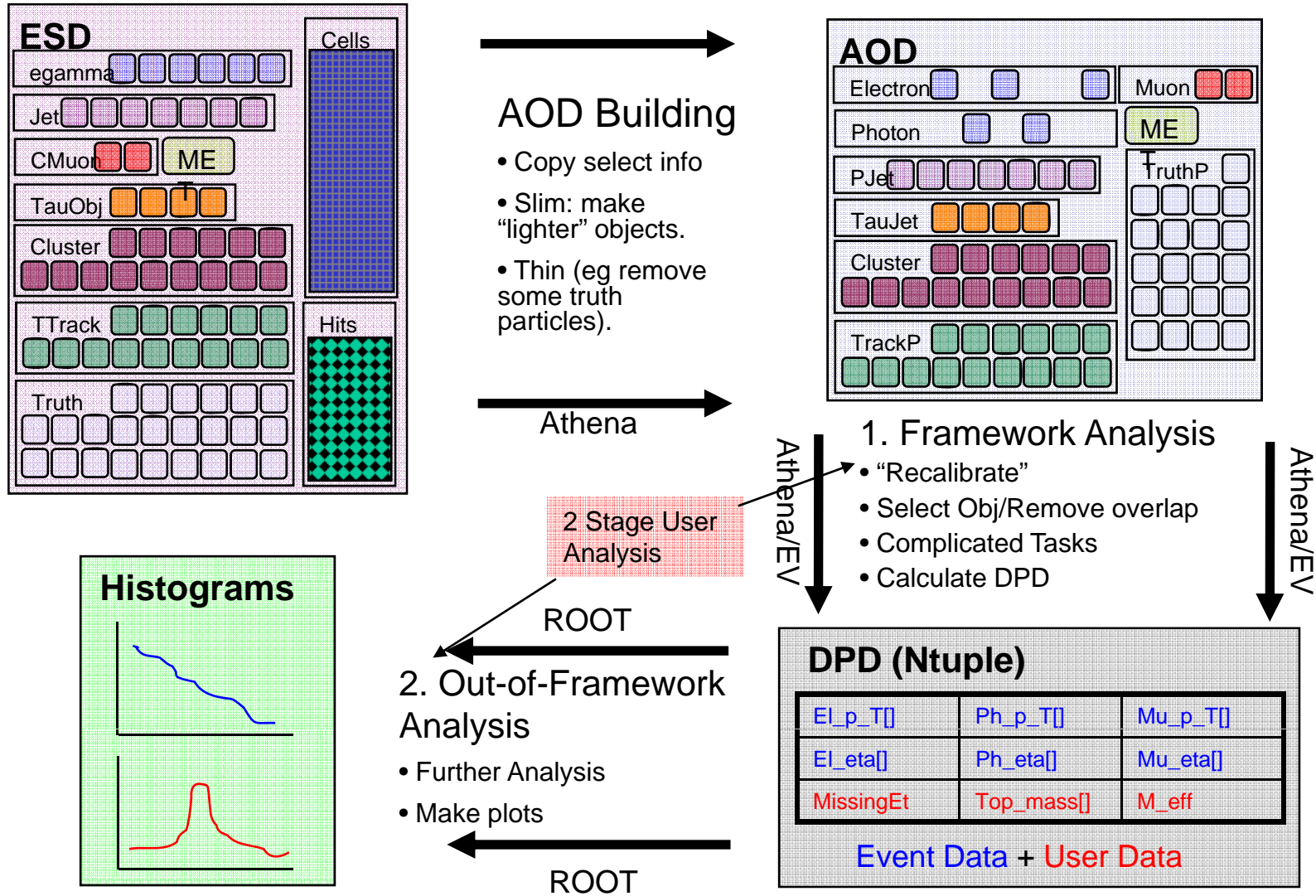


- Interfacce uniformi agli oggetti ricostruiti ovunque (reco/aod) : dovunque si definisce `pt()` (non `getPt()`) per accedervi
  - L'uniformità permette di scrivere algoritmi generici (selettori, filtri...) validi per oggetti diversi via templates in modo molto semplice.
- Un modello a **Candidati Particella** rende omogenei una serie di strumenti di alto livello (analisi combinatoriale, constrained fit, etc.)





# Il modello di analisi di Atlas







# Prossime evoluzioni in Atlas



- Nel modello di analisi attuale AOD non sono leggibili da ROOT
  - ATLAS ha scelto un modello per sostenere la schema evolution basato sulla separazione Transient & Persistent difficile da esportare in ROOT
  - D0 ha già evidenziato limiti di questo approccio per l'analisi
- Possibilità di leggere gli AOD da ROOT: accesso alle classi transienti a partire da quelle persistenti.
- I vantaggi sono evidenti:
  - No ntuple centralizzate: l'AOD è già ROOT readable (CM è al sicuro).
  - L'utente può usare direttamente ROOT senza usare il framework...
  - Oppure usare il framework e avere molti benefici:
    - Costruire DPD più semplici e usare un set di tool comuni
  - Modello di analisi elegante dove input/output sono unificati simile a CMS e BaBar mantenendo la schema evolution:
    - ESD→Athena→AOD
    - AOD→Athena→DPD
    - AOD or DPD→ROOT→Plots
    - DPD→Athena→DPD

# Conclusioni



- La complessità degli esperimenti LHC si riscontra anche in trigger, computing e software
- Il modello di calcolo di LHC dipende criticamente dal funzionamento di GRID
  - Ed in Italia è fondamentale il ruolo del Tier1 al CNAF
  - CDF ci ha mostrato che si può usare GRID (e il CNAF) efficacemente per fare analisi
- Il software è in continua evoluzione, con rapide ri-ingegnerizzazioni e sostituzioni di parti fondamentali
  - CMS 2005-2006: Framework, Event Data Model, Data Management
  - ATLAS: → Importanti evoluzioni nel modello AOD
- L'integrazione di tutti i componenti è un aspetto fondamentale per scoprire rapidamente problemi
  - I Data/Service Challenge sono test importanti dell'intera catena