

Calcolo per esperimenti a LHC: ALICE, ATLAS, CMS, LHCb

Dario Barberis

D. Elia, A. De Salvo, T. Boccali, C. Bozzi



- Evoluzione dei modelli di calcolo
- Storage federations
- Cloud computing
- Multicore jobs
- Risorse 2015-2016
- Risorse opportunistiche
- Uso delle risorse
- Evoluzione delle infrastrutture?

Evoluzione dei modelli di calcolo



- Tutti gli esperimenti hanno rivisto i loro modelli di calcolo fra il Run 1 e il Run 2
 - In realtà questa in molti casi è solo una revisione formale, adattando il modello alla realtà dei fatti e alla pratica delle operazioni dei gruppi di calcolo distribuito nell'ultimo anno del Run 1 (2012)
- Differenze fondamentali fra Run 1 e Run 2:
 - Trigger rate aumentato fra un fattore 2 (dalla fine del Run 1) e un fattore 5 (rispetto ai modelli di calcolo iniziali)
 - Network bandwidth aumentata dappertutto^(*) che permette
 - Trasferimenti diretti di dati fra (quasi) tutti i Tier-2
 - Job con accesso remoto ai files in input
 - Più flessibilità nella gestione dello storage e nell'assegnazione dei job ai siti
 - Minori differenze logiche fra Tier-1 e Tier-2 "buoni"
 - Classificazione ed utilizzo dei siti più in base alla performance che alla categoria WLCG
 - Job "multicore" per utilizzare al meglio le risorse di calcolo delle macchine moderne

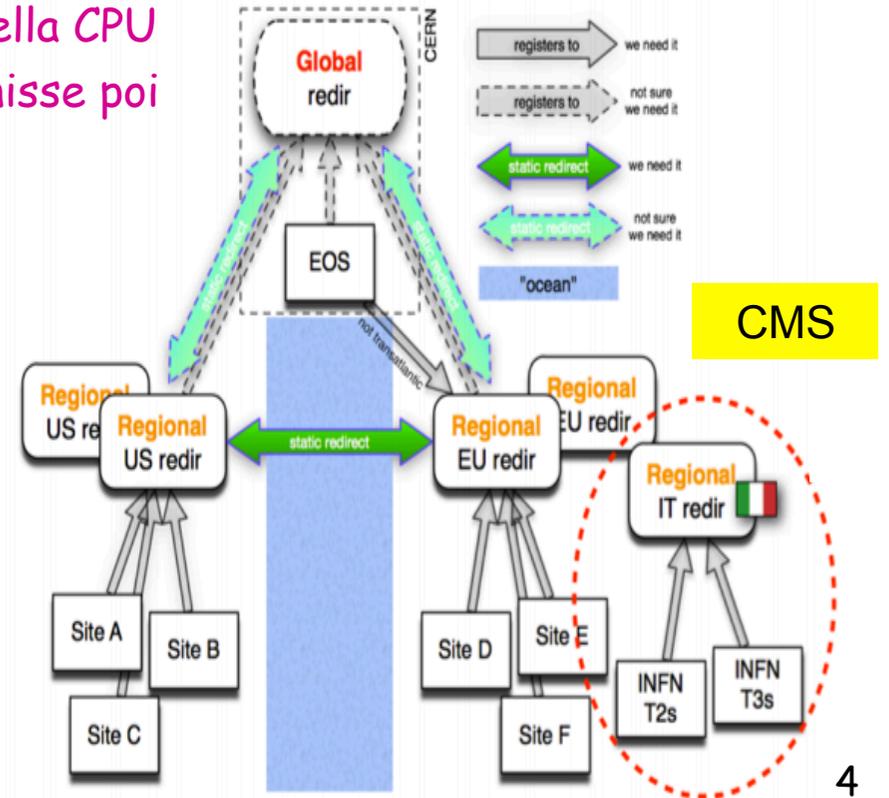
(*) Ma attenzione che il digital divide si sta allargando!

Storage federations



- Le federazioni di storage permettono di accedere direttamente a files in un CE di un altro sito dai WNs del sito dove girano i job
 - La federazione gestisce l'indirizzamento corretto utilizzando i protocolli xrootd o http
 - I files remoti possono poi essere copiati localmente o letti direttamente sulla WAN
 - Opzione utile quando si legge una piccola frazione di ogni evento
 - Si perde sicuramente in efficienza di uso della CPU ma in media meno che se il job fallisse e venisse poi mandato ad un altro sito

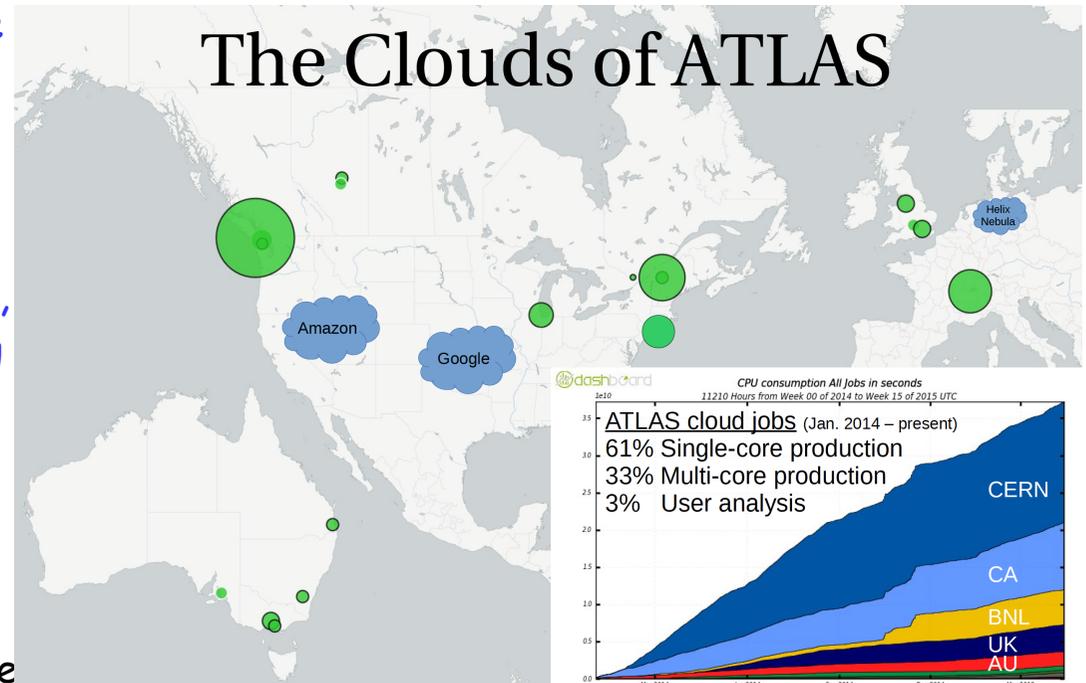
Goal reached ! >96% data covered



Cloud computing



- Il concetto di "cloud" (nel senso moderno, diverso da quello originale usato in WLCG) non potrà mai soppiantare l'infrastruttura Grid
 - La differenza sostanziale è la conoscenza della località dei dati per ottimizzare la sottomissione dei job
 - Anche con una WAN bandwidth maggiore di quella attuale sarà sempre conveniente fare accedere ai job per lo più files locali
- L'interfaccia di tipo cloud invece potrebbe a medio termine sostituire le interfacce Grid (CE) per la sottomissione dei job ai cluster locali o semi-locali (regionali?) purché nella cloud ci sia un'ottima interconnessione
- Cloud invece di siti Grid tradizionali esistono e sono utilizzati dagli esperimenti al LHC, in primis al CERN (cluster centrale e farm HLT/ATLAS), ma anche in vari siti in UK, US, CA, AU
 - Accedono tutte ad uno storage tradizionale Grid con interfaccia SRM e/o xrootd per il momento

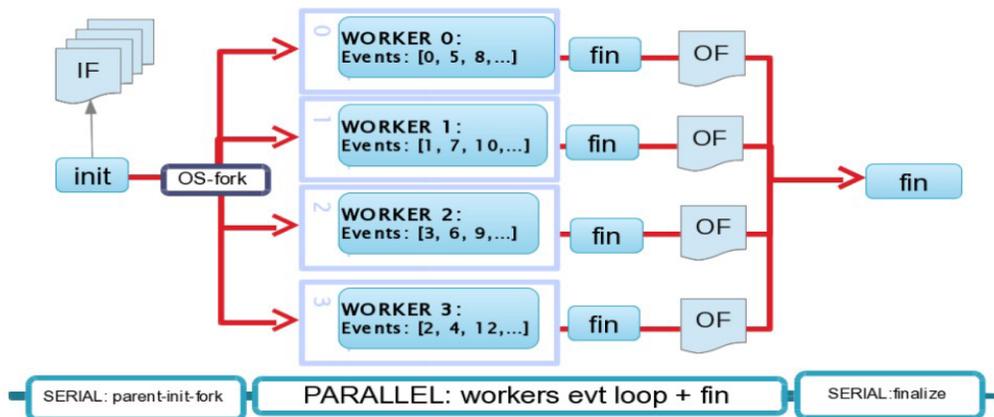


Dario Barbe

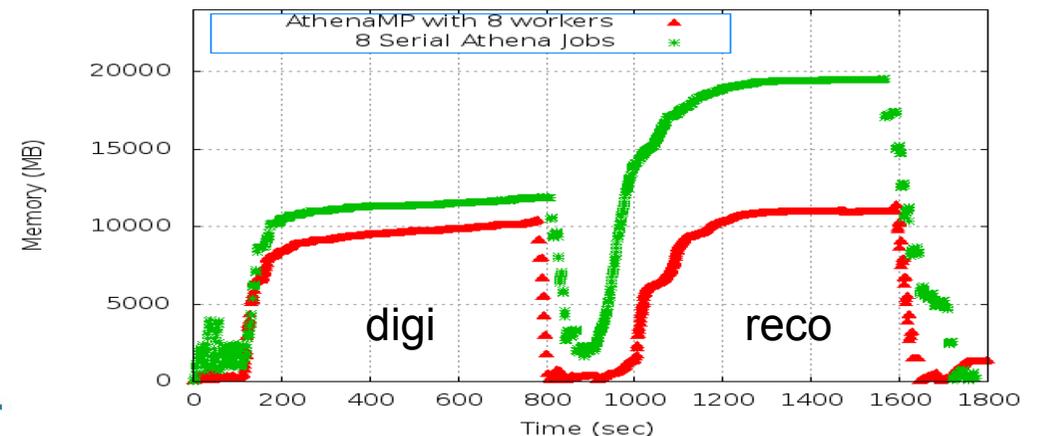
Job multicore

- Evoluzione necessaria per 2 motivi principali:
 - La memoria necessaria per ricostruire eventi con il pile-up previsto per il Run 2 eccede i 2 GB/job che erano stati dati tempo fa come indicazione generale ai siti
 - Le macchine moderne many-cores non potranno avere neanche 2 GB/core ad un costo ragionevole
- Nei job multicore i processi condividono gran parte della memoria (s/w, calibrazioni)

Schematic View of ATLAS AthenaMP



Memory Profile of ATLAS MC Reconstruction



- ATLAS utilizza già quasi il 50% delle CPU in modo multicore (x8) e chiede a tutti i siti di dedicare la maggior parte delle risorse a code multicore
- Problema per il setup dei siti: rendere più dinamica l'allocazione dei WN fra singlecore e multicore jobs
 - In prospettiva: 1 job/box che usa tutti i cores a disposizione

Migliorie del software

- Tutti gli esperimenti hanno utilizzato il tempo di LS1 per implementare sostanziali migliorie a:
 - Software di simulazione, ricostruzione e analisi
 - Modello dei dati, streaming ecc.
 - Distribuzione dei dati per l'analisi
 - Numero di copie dei dataset derivati dipende dalla popolarità
- Lo scopo iniziale era di limitare l'incremento di risorse necessarie durante Run 2 ("flat budget") ma così facendo si sono introdotti molti altri miglioramenti
- L'infrastruttura dei siti deve evolversi di pari passo con l'evoluzione dell'hardware e delle applicazioni che ci girano sopra
 - Un job single-core di analisi di ATLAS può leggere fino a 40 MB/s di dati
 - Attenzione quindi alla bandwidth e performance della LAN oltre che della WAN in caso di accesso remoto ai dati

Utilizzo della LAN

- Le nuove versioni di ROOT e i recenti upgrade del software degli esperimenti hanno aumentato l'efficienza dei job di analisi
 - Ottimizzazione del modello di accesso ai dati
 - Direct access (xrootd/httpd)
 - Ottimizzazione di ROOT (ROOT 6)
 - Ottimizzazione del workflow delle analisi
 - ad esempio il Derivation Framework / Analysis Model di ATLAS
 - La maggior parte delle analisi:
 - Processeranno una grande mole di dati
 - Utilizzeranno meno tempo di CPU
 - Un singolo job di analisi sui dataset derivati di ATLAS può utilizzare fino a 40MB/s (vs. 4 MB/s nel Run-1 con gli AOD)
- La maggiore efficienza del software si riflette in un utilizzo più massiccio della LAN nei siti
 - Assumendo job single-core e un utilizzo per l'analisi pari al 50%, una singola macchina con 32 cores potrebbe girare in linea teorica almeno 16 job di analisi, raggiungendo un throughput > 600 MB/s di picco
 - Questo nuovo scenario significa che è necessario pensare ad un upgrade della LAN dei siti, per connettere anche i WN con schede a 10 Gbps, oltre agli storage che già sono praticamente ovunque già connessi a 10 Gbps
 - Questa nuova configurazione potrebbe consentire anche ai Tier-2 di utilizzare gli accordi quadro del CNAF, pur nel caso di sistemi "Blade", i quali tipicamente hanno connettività nativa a 10 Gbps

Risorse approvate (flat budget?)



ALICE

		2015	2015	2016	2016
		ALICE	CRSG	ALICE	CRSG
CPU (kHS06)	T0	175	175	215	215
	T1	120	120	160	157
	T2	200	200	240	237
Disk (PB)	T0	14.5	14.5	16.7	16.7
	T1	17.8	17.8	21.0	21.0
	T2	22.7	22.7	26.1	26.1
Tape (PB)	T0	16.2	16.2	21.6	21.6
	T1	10.2	10.2	15.6	15.6

► Requests unchanged since October 2014

ATLAS

		2015	2015	2016	2016
		ATLAS	CRSG	ATLAS	CRSG
CPU (kHS06)	T0	205	205	257	257
	T1	462	450	520	520
	T2	530	520	566	566
Disk (PB)	T0	14	14	17	17
	T1	39	37	47	47
	T2	55	52	72	72
Tape (PB)	T0	33	33	42	42
	T1	65	65	116	116

► Revision to requirements for 2015 and beyond

LHCb

		2015	2015	2016	2016
		LHCb	CRSG	LHCb	CRSG
CPU (kHS06)	T0	36	36	51	51
	T1	118	118	156	156
	T2	66	66	88	88
	HLT+Yandex	20	20	20	20
Disk (PB)	T0	5.5	5.5	7.6	7.6
	T1	11.7	11.7	13.5	13.5
	T2	1.9	1.9	4.0	4.0
Tape (PB)	T0	11.2	11.2	20.6	20.6
	T1	23.7	23.7	42.1	42.1

► Requests unchanged since October 2014

CMS

		2015	2015	2016	2016
		CMS	CRSG	CMS	CRSG
CPU (kHS06)	T0	271	271	317	317
	T1	300	300	400	400
	T2	500	500	700	700
Disk (PB)	T0	15	15	16	16
	T1	27	26	35	33
	T2	31	29	40	38
Tape (PB)	T0	35	35	44	44
	T1	74	74	100	100

► Requests unchanged since October 2014

► Will take advantage of doubled HLT capacity in Run 2

Risorse opportunistiche

- "Opportunistiche" sono le risorse che non fanno parte dei pledges della funding agencies ma sono comunque disponibili ad un esperimento a costi limitati:
 - Supercomputers (HPCs) in Europa e America che offrono gratuitamente cicli di CPU altrimenti inutilizzata
 - Cloud accademiche di vario tipo
 - ...@home (volunteer computing)
 - Offerte di ISPs quali Google, Amazon, Yahoo, Яндекс
- Nessuna di queste risorse è veramente gratuita perché bisogna prima far funzionare le interfacce per sostituire le funzionalità di CE, SE, autenticazione, CVMFS, Frontier
 - Ma una volta fatto questo interfacciamento, si può trarre parecchio beneficio
 - Risorse utilizzate in pratica solo per processi lunghi (generazione e simulazione)
 - Rischio di perdere eventi prodotti se la risorsa viene reclamata dal proprietario
 - Meglio mandare job brevi e recuperare subito i files di output
 - In ogni caso l'esistenza di queste risorse è benefica per gli esperimenti ma non può essere contata fra le risorse per cui si chiedono pledges alle funding agencies!
- Anche le risorse di CPU dei Tier-3 sulla Grid vanno considerate come risorse opportunistiche
 - CPU disponibile per la produzione quando non usata dagli utenti locali

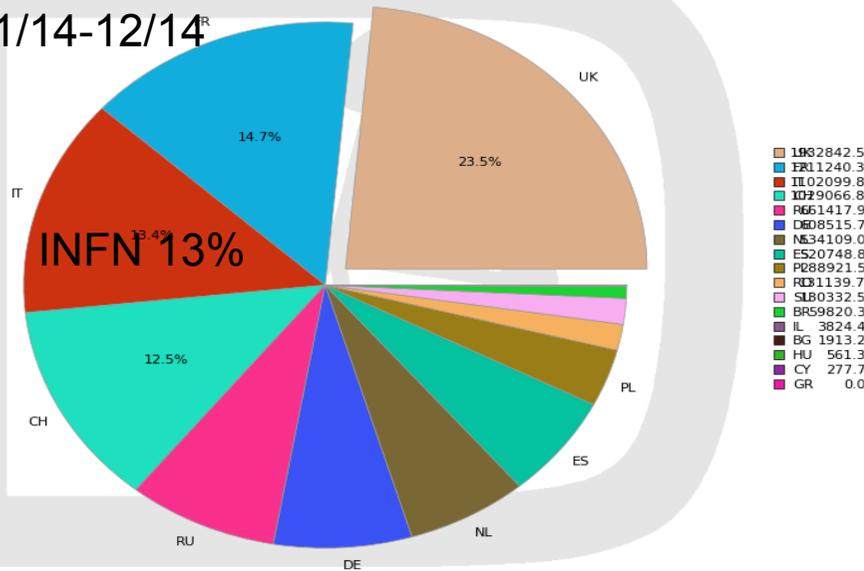


Uso delle CPU (LHCb)



CPU days used by Country

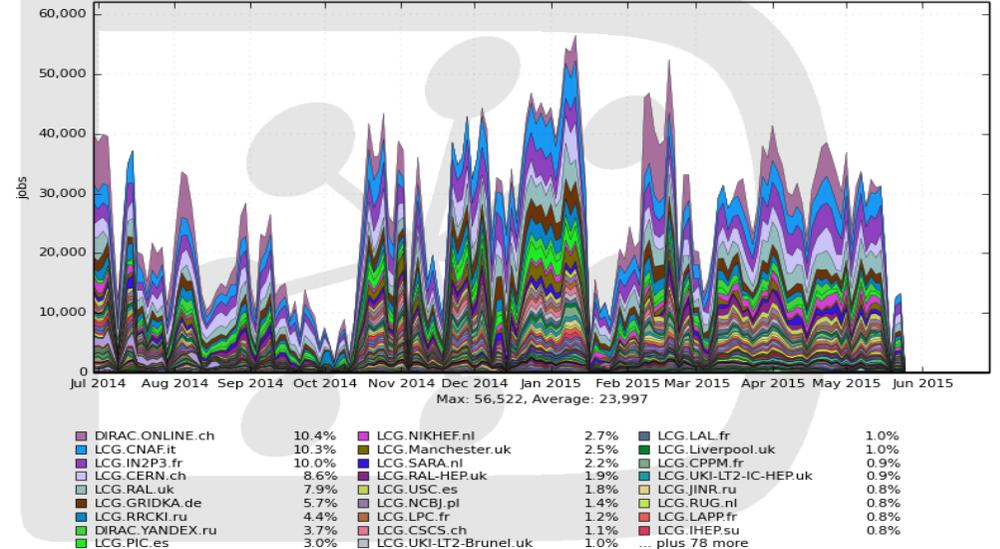
LHCb
12 Weeks from Week 00 of 2014 to Week 52 of 2014
01/14-12/14



Generated on 2015-01-28 11:25:38 UTC

Running jobs by Site

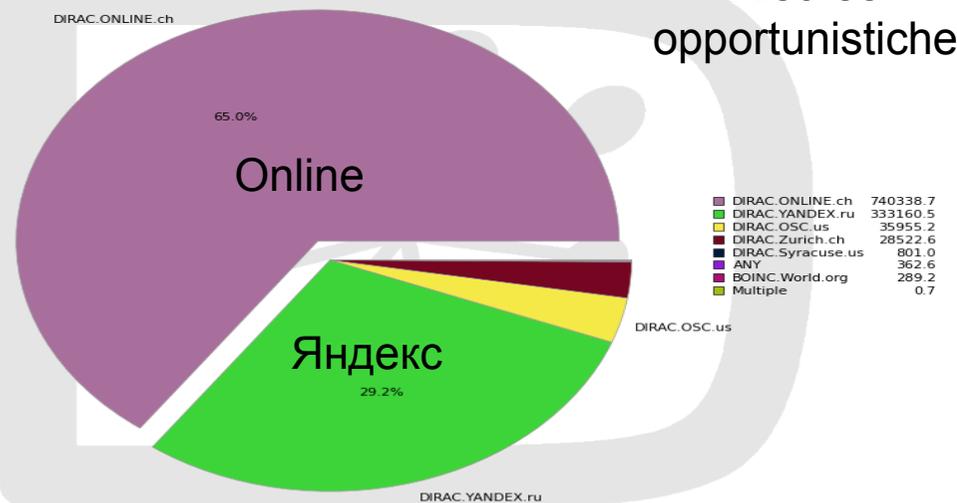
52 Weeks from Week 26 of 2014 to Week 26 of 2015



Generated on 2015-05-24 12:52:13 UTC

CPU days used by Site

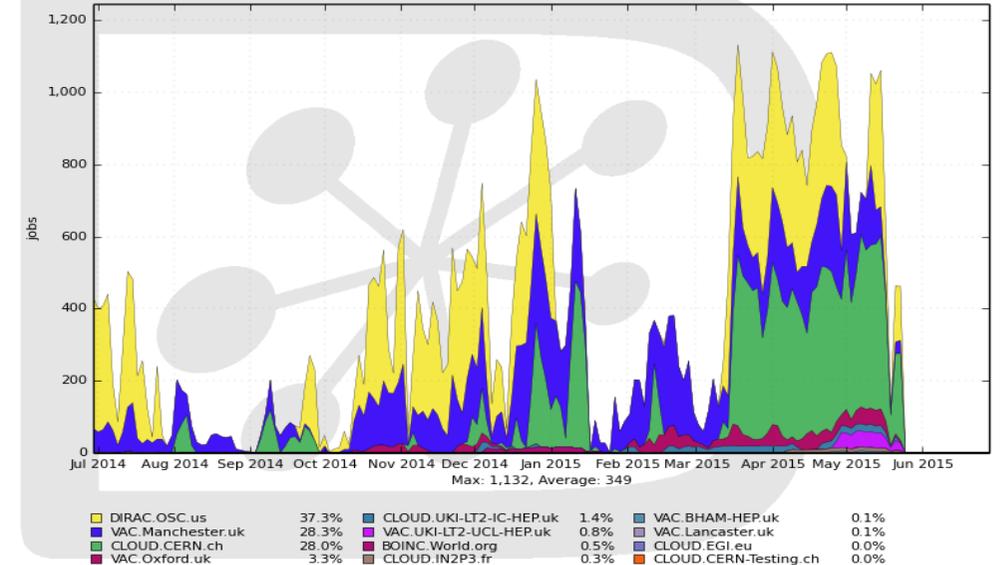
52 Weeks from Week 00 of 2014 to Week 52 of 2014



Generated on 2015-01-28 11:16:03 UTC

Running jobs by Site

52 Weeks from Week 26 of 2014 to Week 26 of 2015



Generated on 2015-05-24 13:00:26 UTC



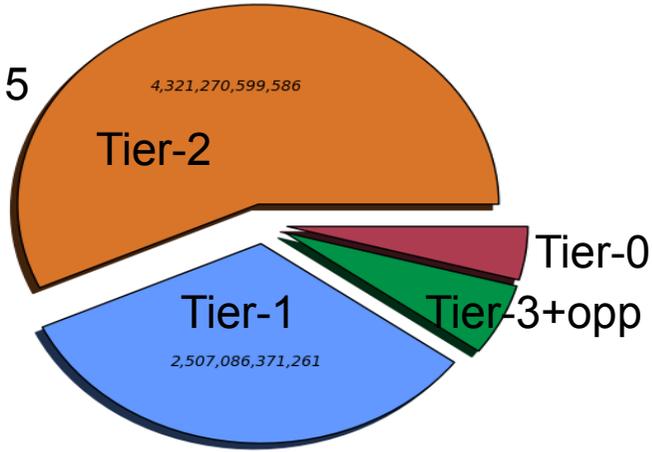
Uso delle CPU (ATLAS)



dashboard

Wall Clock consumption All Jobs in seconds (Sum: 7,598,070,401,953)
2 - 56.87%

ATLAS
05/13-04/15

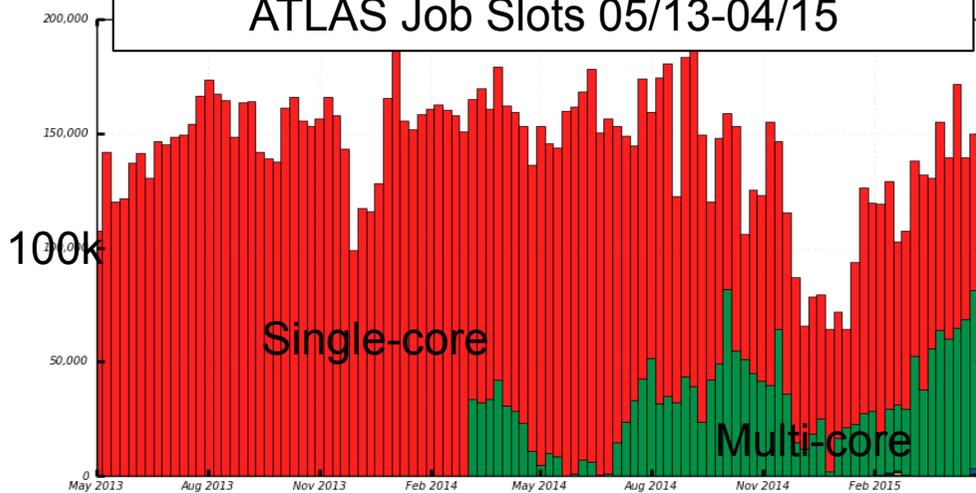


<http://cern.ch/go/Wk6N>

2 - 56.87% (4,321,270,599,586) 1 - 33.00% (2,507,086,371,261) 3 - 5.81% (441,085,013,944) 0 - 4.33% (328,628,417,162)

dash

ATLAS Job Slots 05/13-04/15



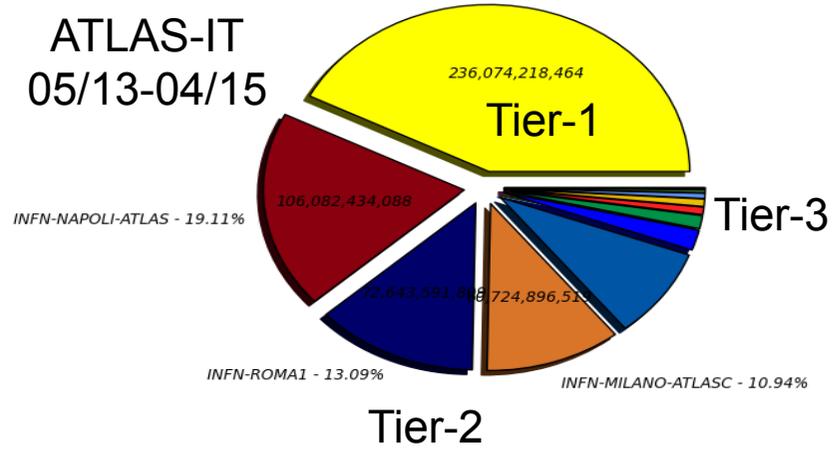
1 264 144
8 12 160
6 96
16 48
4 120

Maximum: 189,454 , Minimum: 0.00 , Average: 140,836 , Current: 87,782

dashboard

Wall Clock consumption All Jobs in seconds (Sum: 555,126,488,706)
INFN-T1 - 42.53%

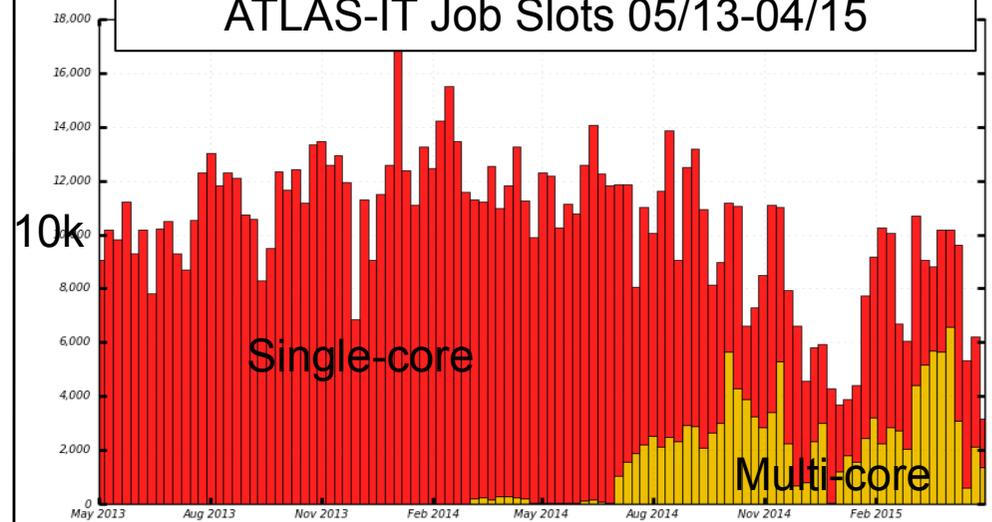
ATLAS-IT
05/13-04/15



INFN-T1 - 42.53% (236,074,218,464)
INFN-ROMA1 - 13.09% (72,643,591,888)
INFN-FRASCATI - 8.74% (46,516,913,320)
INFN-GENOVA - 1.26% (6,983,400,993)
INFN-COSENZA - 0.71% (3,931,916,994)
INFN-PAVIA - 0.32% (1,772,675,320)
INFN-TRIESTE - 0.00% (15.00)
INFN-NAPOLI-ATLAS - 19.11% (106,082,434,088)
INFN-MILANO-ATLASC - 10.94% (60,724,896,519)
INFN-ROMA3 - 1.97% (10,918,300,362)
INFN-BOLOGNA-T3 - 0.71% (3,966,562,756)
INFN-LECCE - 0.49% (2,704,578,586)
INFN-ROMA2 - 0.15% (806,999,480)

dash

ATLAS-IT Job Slots 05/13-04/15



1 8

Maximum: 16,930 , Minimum: 0.00 , Average: 10,189 , Current: 3,156



Uso delle CPU (CMS)

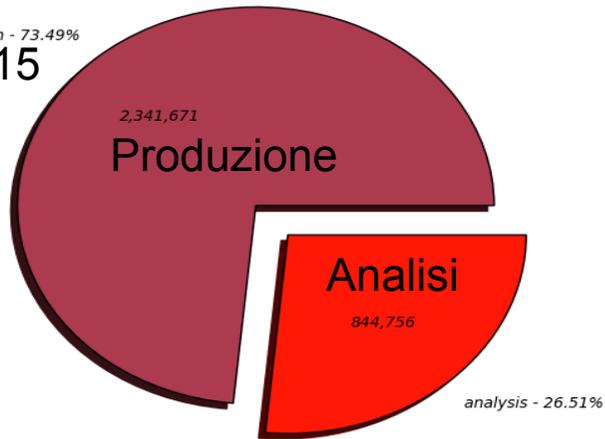


dashboard

Submitted jobs (Sum: 3,186,427)

CMS-IT
10/14-04/15
production - 73.49%

Tier-1



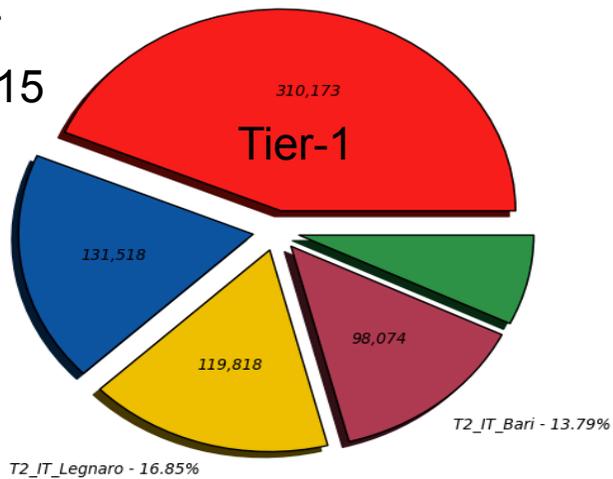
production - 73.49% (2,341,671) analysis - 26.51% (844,756)

dashboard

days: CPU consumption All Jobs (Sum: 710,968)
T1_IT_CNAF - 43.63%

CMS-IT
10/14-04/15

T2_IT_Pisa - 18.50%



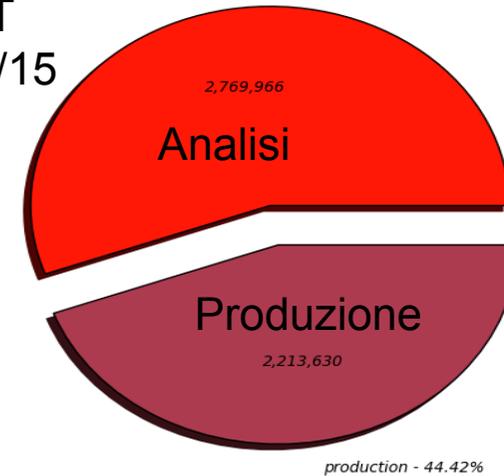
T1_IT_CNAF - 43.63% (310,173) T2_IT_Pisa - 18.50% (131,518) T2_IT_Legnaro - 16.85% (119,818)
T2_IT_Bari - 13.79% (98,075) T2_IT_Rome - 7.23% (51,383)

dashboard

Submitted jobs (Sum: 4,983,596)
analysis - 55.58%

CMS-IT
10/14-04/15

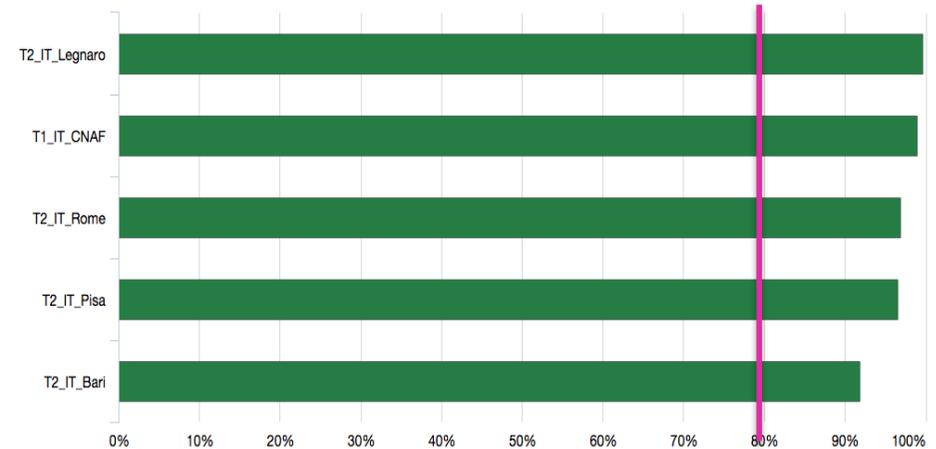
Tier-2



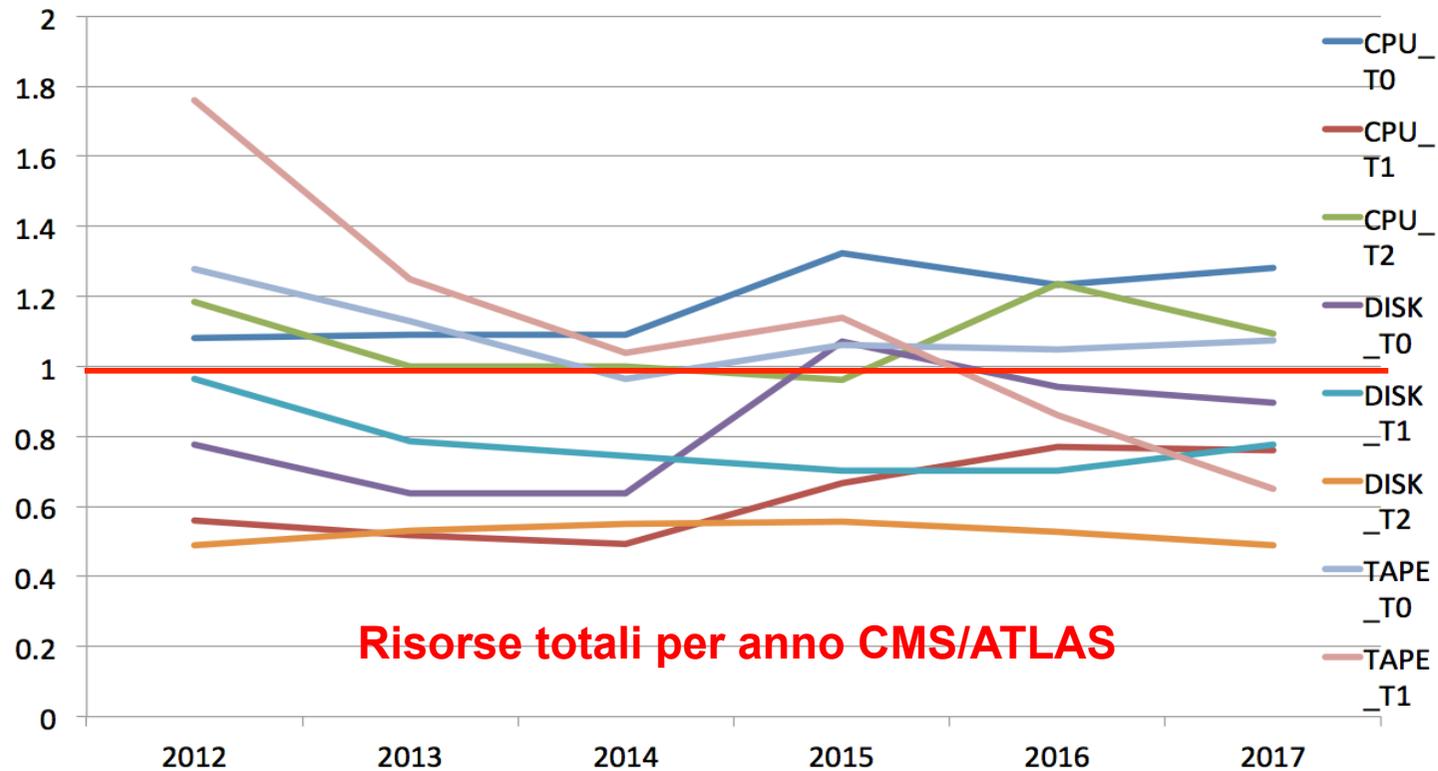
analysis - 55.58% (2,769,966) production - 44.42% (2,213,630)

Algorithm for calculating the Site and Service Availability

CMS-IT
10/14-04/15
Site Availability using CMS_CRITICAL_FULL
From 2014/10 to 2015/05



Risorse CMS/ATLAS



- I modelli di calcolo e le performance del software differivano in passato più che ora
 - Quindi le differenze fra le richieste di ATLAS e CMS si vanno riducendo
- Rimangono le differenze legate a:
 - Capacità finanziarie delle funding agencies dei due esperimenti
 - Distribuzione di risorse fra Tier-1 e Tier-2
 - E anche le prospettive di accesso a risorse opportunistiche

Evoluzione del calcolo per LHC



- Gli esperimenti tendono a prendere sempre più dati aumentando trigger rate e dimensione degli eventi
- L'utilizzo delle CPU diventa sempre meno caro (anche grazie alle risorse opportunistiche) rispetto alla storage dei dati
 - L'utilizzo dinamico dei nastri come proposto da alcuni in ATLAS non risolve questo problema ma lo complica!
 - Quest'idea durerà poco per cui non ne parlo in pubblico
- D'altra parte la bandwidth disponibile (WAN e LAN) aumenta considerevolmente permettendo di usare le risorse in modo più flessibile che in passato
- Il middleware Grid invecchia rapidamente e va sempre adattato ai nuovi server e processori
- Le interfacce di tipo "cloud" invece sono sempre aggiornate e hanno le funzionalità necessarie
 - Sembra probabile che a medio termine (qualche anno) avremo cloud regionali invece che siti singoli, il che ridurrebbe la complessità del layer "di esperimento" del middleware
- A questo punto non è difficile immaginare un'unica cloud INFN (per esperimento o anche globale) distribuita su tutti i siti esistenti
 - Con workload management e data management gestiti internamente

Cloud \neq Grid

- Teri mattina tutti hanno parlato di installazioni di interfacce di tipo cloud limitate ad un sito o un piccolo gruppo di siti geograficamente contigui
 - Se ogni sito installa una cloud locale invece di servizi Grid abbiamo forse guadagnato in termini di sostenibilità dei servizi ma non di utilizzo dei siti
- Il vantaggio sostanziale del modello cloud è nella delocalizzazione dei dati e dei job
 - Ma la cloud stessa deve saper organizzare il workload in modo da associare i job ai dati in modo efficiente
 - Se manca questo aspetto ci vuole una banda passante infinita fra tutti i siti
 - Altrimenti noi (esperimenti) dobbiamo continuare a fare il lavoro di matching delle CPU disponibili con i dataset in input ad ogni task e mandare i job al sito "giusto" per eseguire il task
- Quale progetto (chi) sviluppa questo tipo di servizi?
 - Senza di loro non vedo come poter utilizzare un'infrastruttura di cloud distribuita geograficamente in modo efficiente
- Oppure passiamo tutti subito ad ARC-CE che fa tutto quello di cui abbiamo bisogno

Conclusioni



- I modelli di calcolo degli esperimenti a LHC tendono a convergere
 - Esperienze derivate dal Run 1
 - Entrata in campo del "cloud computing"
- L'insieme delle tecniche di virtualizzazione e delle storage federations aprono nuovi scenari
 - Flessibilità nel job management
 - Riduzione delle copie di dati su disco compensata dall'accesso remoto
- Più a lungo termine, possibilità di creare una cloud nazionale
 - Visibile dall'esterno come se fosse un centro di calcolo tradizionale con farm di CPU e storage
- Essenziale per qualsiasi evoluzione è la performance di WAN e LAN
 - Evitiamo il digital divide!