Liceul de Informatica ‘Tiberiu Popoviciu’ - Cluj
- 29.10.2015 -

CALCUL AVANSAT PENTRU CERCETARE STIINTIFICA LA CERN

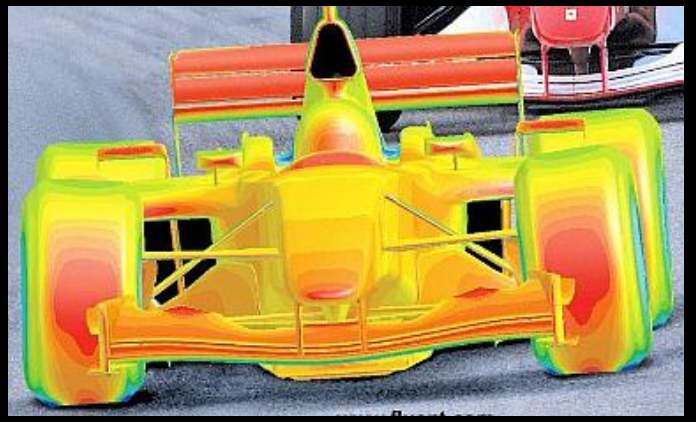
C.M. Visan
IFIN-HH / DFCTI

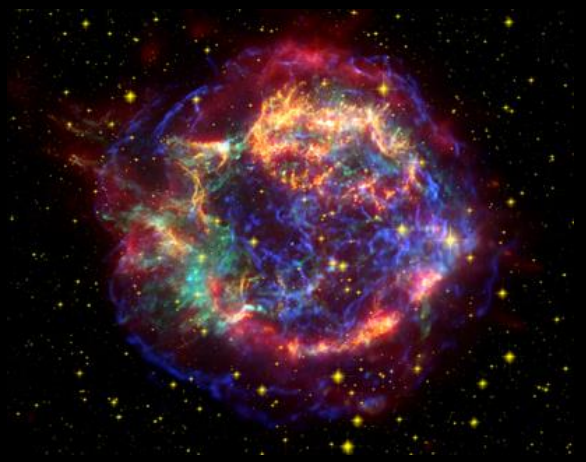
DE CE ESTE NEVOIE DE CALCUL INTENSIV ?

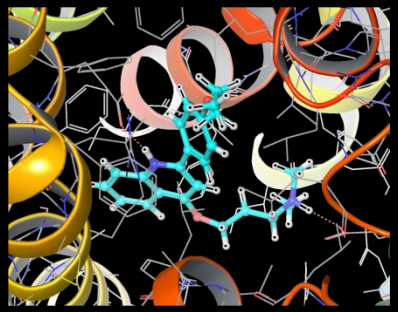
Modelarea si simularea sistemelor complexe

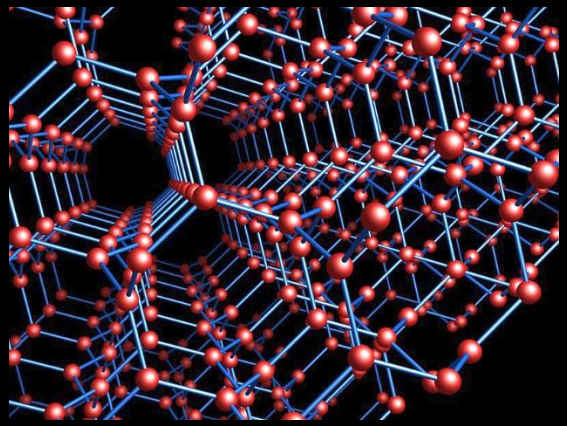
Indispensabil in cercetare si inginerie:

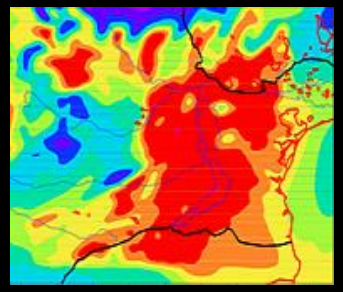
- aerodinamica caroseriilor auto
- bioinformatica (ex. codul genetic)
- materiale noi (ex. nanomateriale)
- proiectarea medicamentelor
- imagistica medicala (ex. RMN)
- analiza imaginilor satelitare
- astronomie si astrofizica
- fizica particulelor elementare (CERN)
- etc.











CALCUL AVANSAT - HPC

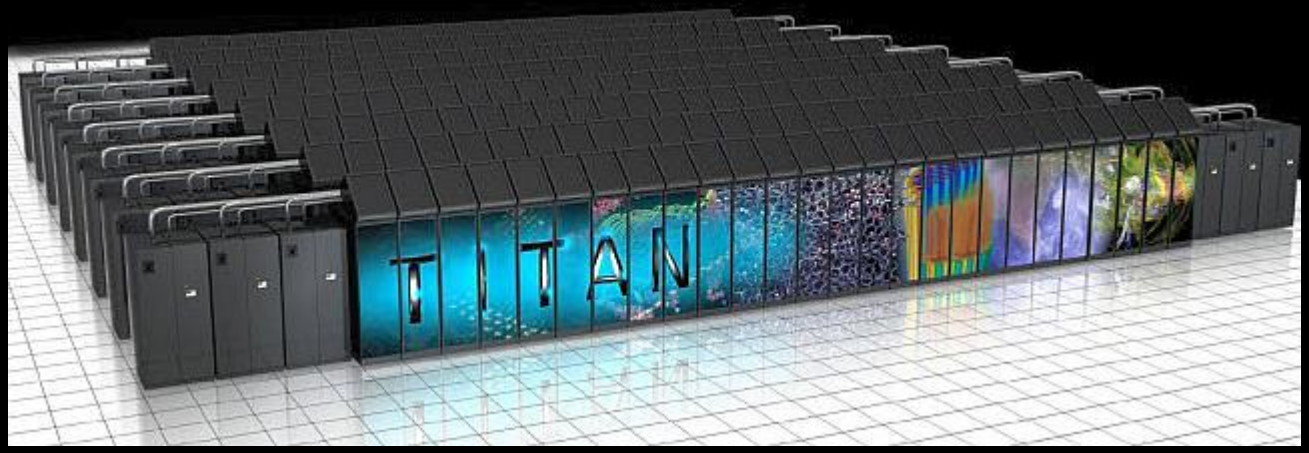
Doua metode de calcul avansat:

- calcul de inalta performanta (*High-Performance Computing,* HPC)
- calcul cu rata mare de procesare a sarcinilor (*High Throughput Computing,* HTC)

HPC = executia eficienta a unor sarcini de calcul intensive care sunt **strans cuplate**

- necesita conexiuni capabile sa partajeze rapid datele intre un numar mare de procesoare implicate in executia unui program.
- utilizeaza supercomputere si clustere de calcul paralel care sunt optimizate pentru maximizarea numarului de operatii pe secunda.
- utilizatorii sunt interesati de viteza de executie a unui program
- performanta se masoara in Flop/s.

Ex.: Titan - Cray XK7, 560.640 nuclee CPU (*cores*), performanta 17.590 TeraFlop/s

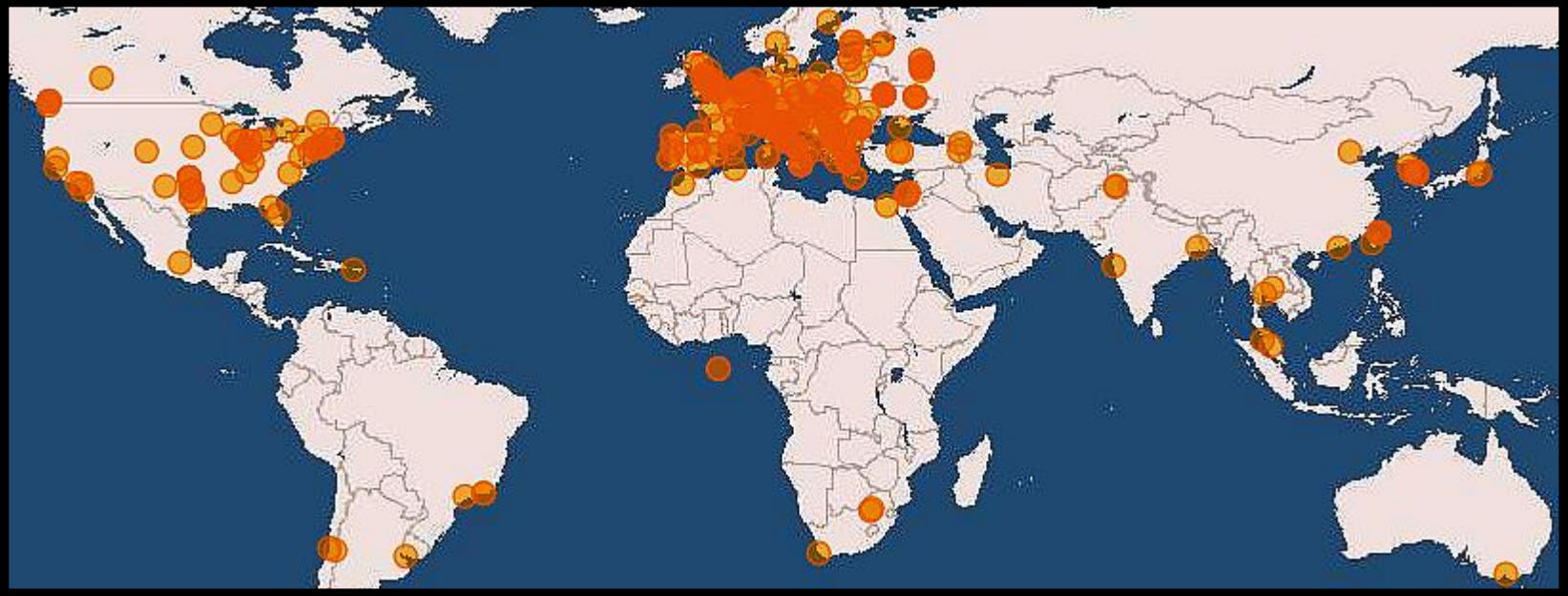


CALCUL AVANSAT - HTC

HTC = executia eficienta a unui numar mare de sarcini de calcul **slab cuplate**

- task-urile pot fi executate pe resurse de calcul eterogene distribuite geografic.
- sunt optimizate pentru a maximiza capacitatea de rulare simultana a cat mai multor task-uri independente.
- utilizatorii sunt interesati de numarul de task-uri executate cu succes intr-un interval relativ mare de timp (luna sau an)

Ex.: **Grid-ul de calcul LHC**, coordonat de CERN, 586.000 cores furnizate de 172 centre de resurse conectate la internet, 2 milioane de task-uri rulate zilnic



CE ESTE UN GRID DE CALCUL ?

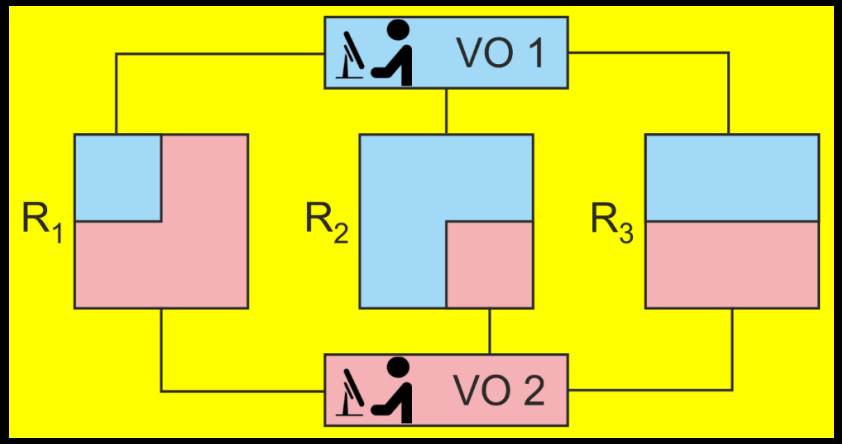
Calculul grid este o varianta de HTC care a aparut la sfarsitul anilor ’90 prin inglobarea unor tehnici de calcul distribuit deja existente.

Astazi este una dintre cele mai utilizate tehnologii de calcul in stiinta si inginerie, si a constituit fundamentul care a stat la baza lansarii tehnologiei cloud computing de catre furnizorii de servicii de calcul.

Grid de calcul = un sistem de servicii care asigura, prin intermediul Internetului, accesul securizat al utilizatorilor la o infrastructura distribuita de calcul si stocare de date si partajarea dinamica a resurselor acesteia

Infrastructura grid = un sistem distribuit geografic de resurse hardware si software neomogene care actioneaza coordonat pentru furnizarea serviciilor grid**.**

Organizatie virtuala (*Virtual Organization* - VO) = o comunitate dinamica de utilizatori sau institutii care beneficiaza de reguli identice de partajare a resurselor grid (de ex. pentru realizarea unor obiective comune).



BENEFICIILE UTILIZATORULUI GRID

Autentificare unica (*single sign-on*) pentru acces la resurse multiple (pe timp limitat)

Accesarea transparenta a resurselor. Utilizatorul nu are nevoie sa stie unde sunt resursele; grid-ul descopera automat resurse disponibile pentru rularea aplicatiilor si ii ofera sursele de date cele mai convenabile (de ex. ca viteza de accesare)

Resurse (practic) **nelimitate**. Activitatea utilizatorului nu mai este limitata de capacitatile de calcul, prelucrare si/sau de stocare de date ale unui singur sistem

Acces la servicii software. Nu mai este necesara instalarea de software de aplicatie pe masina proprie a utilizatorului, acesta putandu-le rula de pe un dispozitiv mobil

Fiabilitate. Ansamblul sistemului continua sa furnizeze servicii chiar daca o parte din componente (resurse) cedeaza.

Confidentialitate. Transferurile de date sunt securizate prin criptare

Inlesnirea activitatii de colaborare. Utilizatorii se pot conecta usor intr-o retea colaborativa fara sa necesite parole de acces (folosesc certificate digitale).

ACCELERATORUL LHC

Cel mai important grid de calcul este cel dezvoltat pentru stocarea si prelucrarea datelor de la acceleratorul Large Hadron Collider (LHC) de la CERN

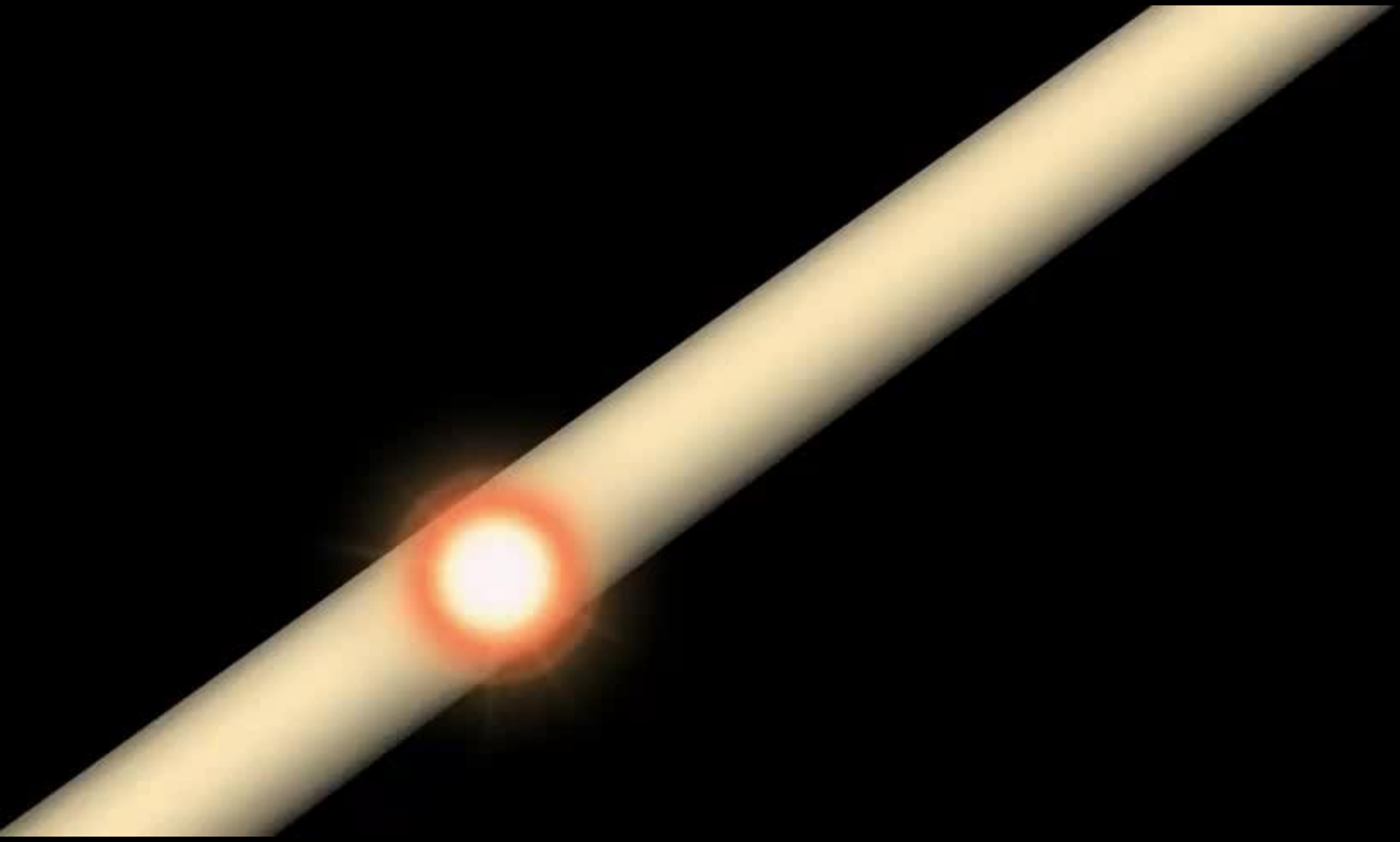
LHC se afla situat intr-un tunel subteran cu 27 km circumferinta.
Este cel mai mare instrument stiintific creat vreodata de om.
Pentru a reproduce conditiile existente la ~10^{-12} secunde de la Big Bang, fascicule de protoni se ciocnesc la energii foarte mari, in 4 puncte unde sunt situati detectori de particule.

Detectorii culeg date pentru 4 experimente majore: ALICE, ATLAS, CMS, LHCb; la 3 dintre ele participa si cercetatorii romani.

Se spera ca experimentele sa raspunda la intrebari fundamentale:

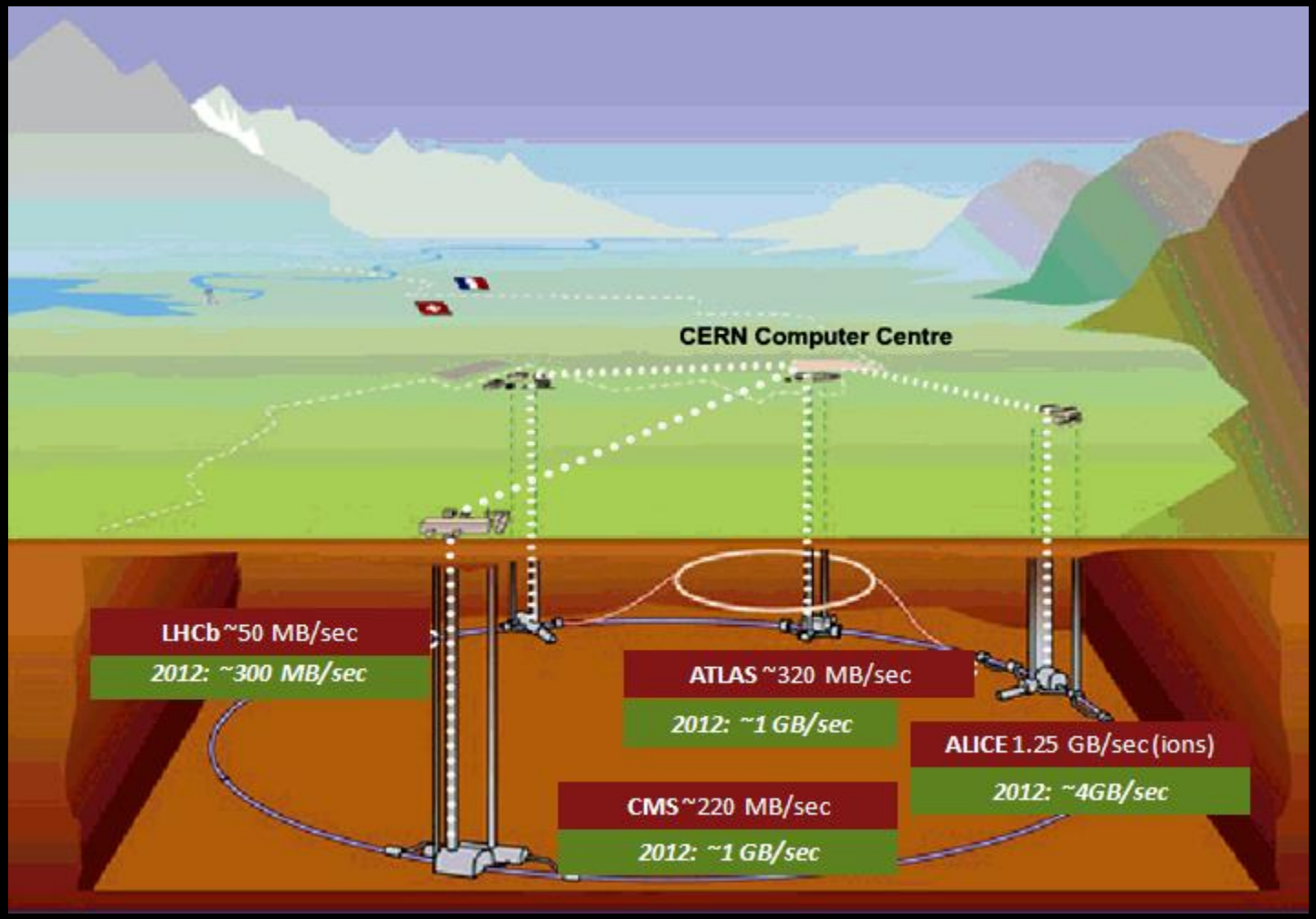
- De ce au particulele masa / mase diferite
- Ce compune 95% din Univers? (25% *materie intunecata*? 70% *energie intunecata*?)
- De ce (aparent) nu exista antimaterie in Univers? (simetria ar impune 50%)
- Cum arata material in prima secunda dupa Big Bang?

ACCELERARE, CIOCNIRE, DETECTIE LA LHC



ACHIZITIA DE DATE

150 de milioane de senzori ai detectorilor furnizeaza date de 40 de milioane de ori / sec.
Datele primare se filtreaza si se selecteaza pentru a studia anumite probleme fizice ->
Centrul de Calcul CERN inregistreaza datele si face reconstructia initiala a ciocnirilor



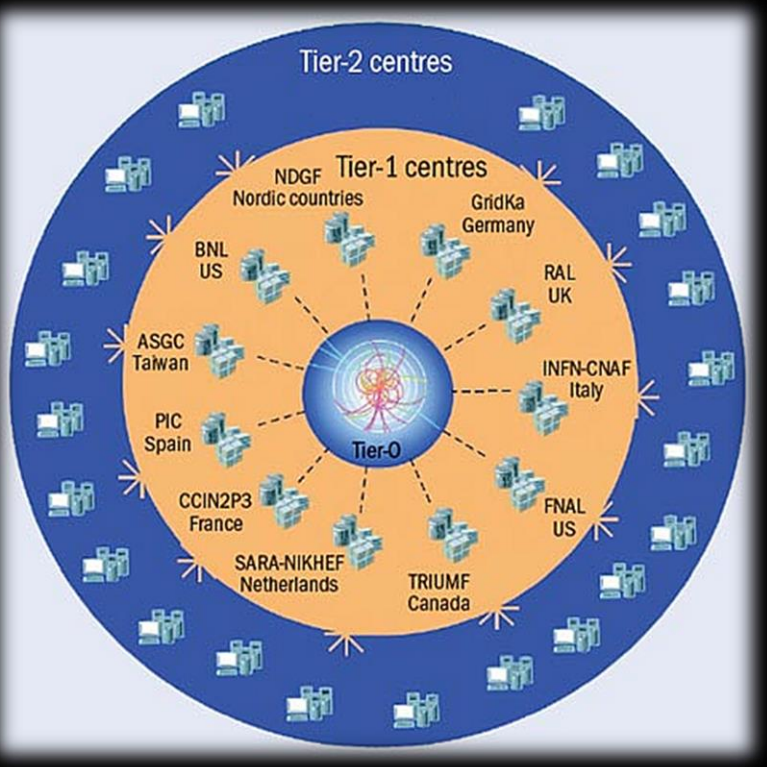
GRIDUL DE CALCUL LHC (LCG)

Achizitia informatiei de interes din cele 40 de millioane de ciocniri de particule (evenimente) pe secunda desfasurate in centrul celor 4 detectori conduce la acumularea anuala a 30 PetaBytes de date. Centrul de calcul CERN nu este suficient pt. procesarea lor.

Solutia: o infrastructura grid, coordonata de CERN, care sa furnizeze resursele de stocare, procesare si analiza a datelor necesare experimentelor ->
Grid-ul LHC. + Colaborarea Worldwide LHC Computing Grid (WLCG).

Structura ierarhica:
2 centre Tier-0 (CERN + Budapesta),
13 centre Tier-1,
>150 centre Tier-2

Centrele Tier-0 distribuie date catre Tier-1.
Tier-1: stocare permanenta, reprocesare, analiza
Tier-2: simulari si analiza pt. utilizatori.



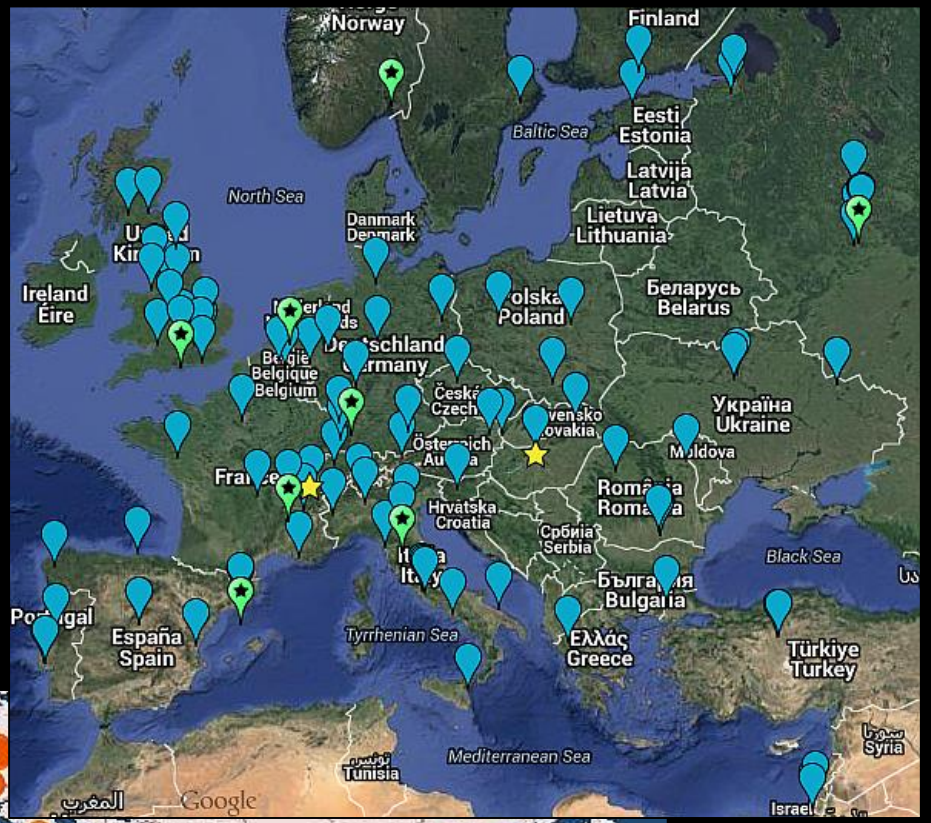
TRANSFER DE DATE IN LCG

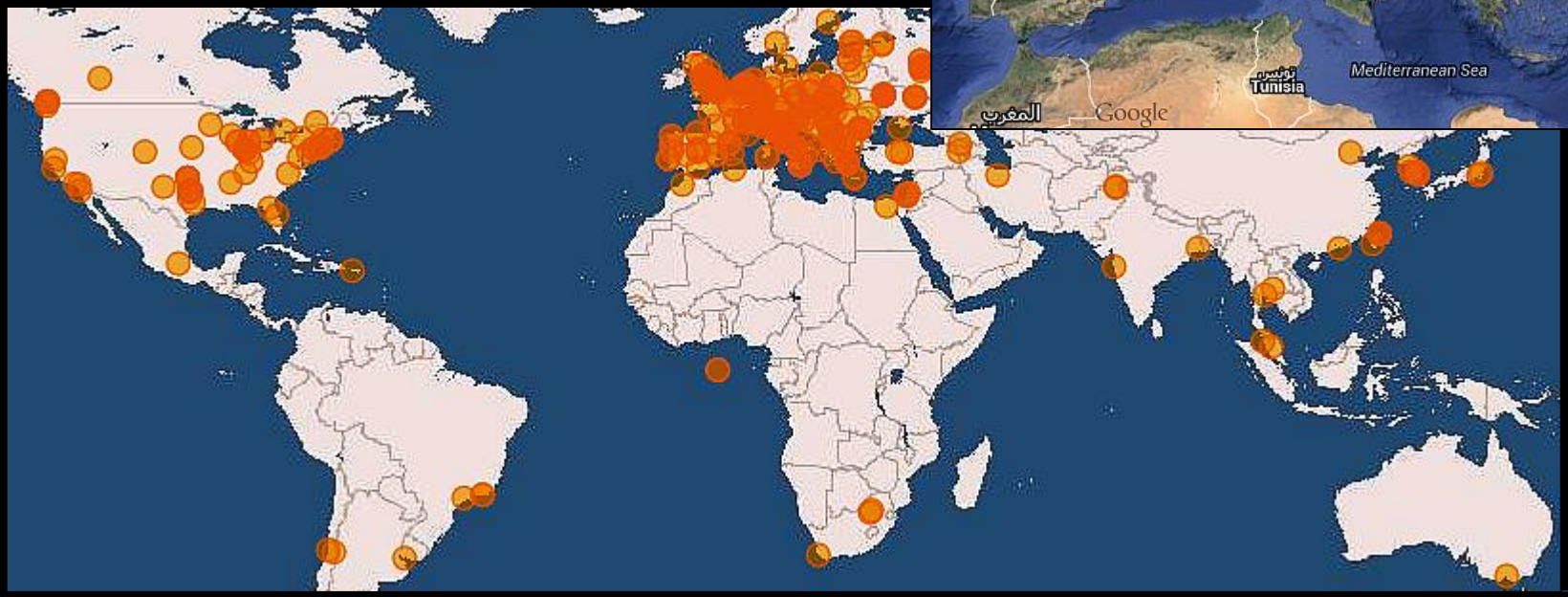
2 centre Tier-0 (CERN + o extensie la Budapesta),
13 centre Tier-1, cu stocarede date pe banda magnetica
>150 centre Tier-2

Centrele Tier-0 distribuie date catre Tier-1.
Tier-1: stocare permanenta, reprocesare, analiza
Tier-2: simulari si analiza pt. utilizatori.

WLCG

172 centre de resurse in 42 de tari
(dintre care 7 in Romania)
586.000 cores - capacitate de procesare
350 PB - capacitate de stocare pe disc
260 PB – capacitate de stocare pe banda
2 milioane de job-uri rulate zilnic
30 PB date noi stocate/analizate anual
7.000 de utilizatori



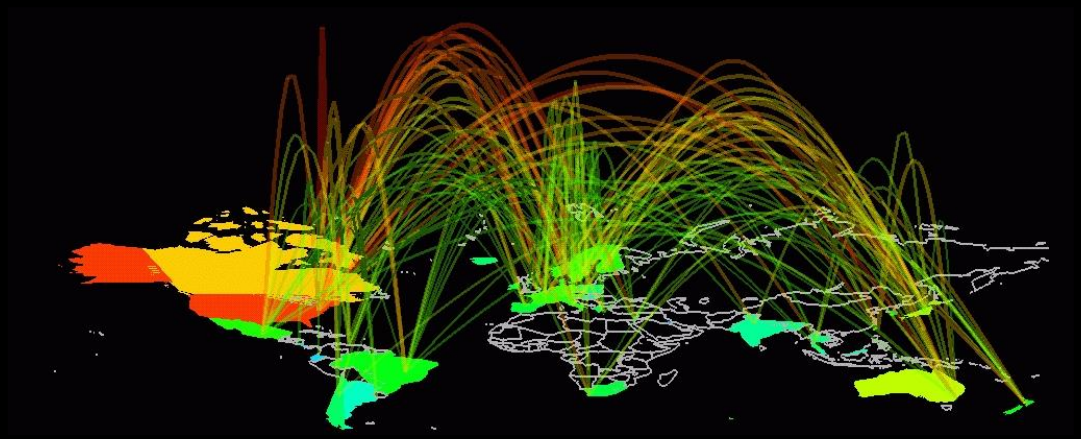


Ca numar de core ar fi pe locul 2 in TOP500

PARTICIPAREA ROMANIEI LA COLABORAREA WLCG

WLCG A CONTRIBUIT LA REZULTATE PREMIATE NOBEL 2013

Descoperirea particulei de tip Higgs "*has only been possible because of the extraordinary achievements of the experiments, infrastructure, and the grid computing*"
(Rolf Heuer, director CERN, 4.07.2012)



FEDERATIA RO-LCG

Ca centru Tier-2, RO-LCG are sarcinile:

- ❖ furnizeaza capacitati de stocare pe disc si putere de calcul pentru simulari numerice si analiza de date necesara pt. 3 experimente (Alice, Atlas, LHCb);
- ❖ mentine disponibilitatea resurselor si serviciilor grid conform service level agreement (SLA) convenit in Memorandumul de Intelegere WLCG (disponibilitate minima anuala de 95%, conectivitate minima de 10 Gbps cu reteaua europeana GEANT pt. educatie si cercetare)

Resursele RO-LCG:

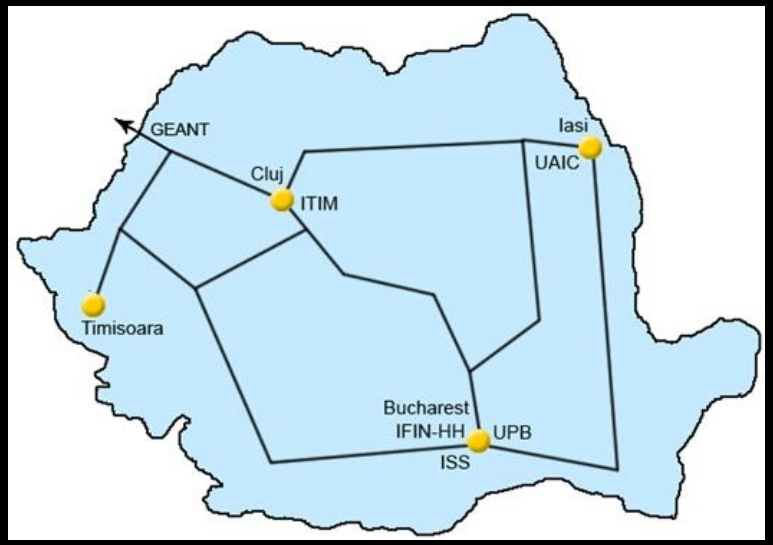
7 centre grid; ~7500 cores; ~3 PetaBytes capacitate stocare

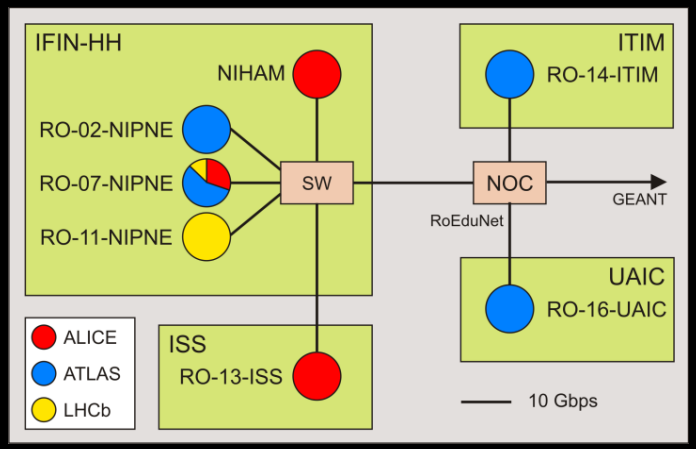
TOPOLOGIA RO-LCG

Federatia Romana **RO-LCG** este coordonata de DFCTI/IFIN-HH

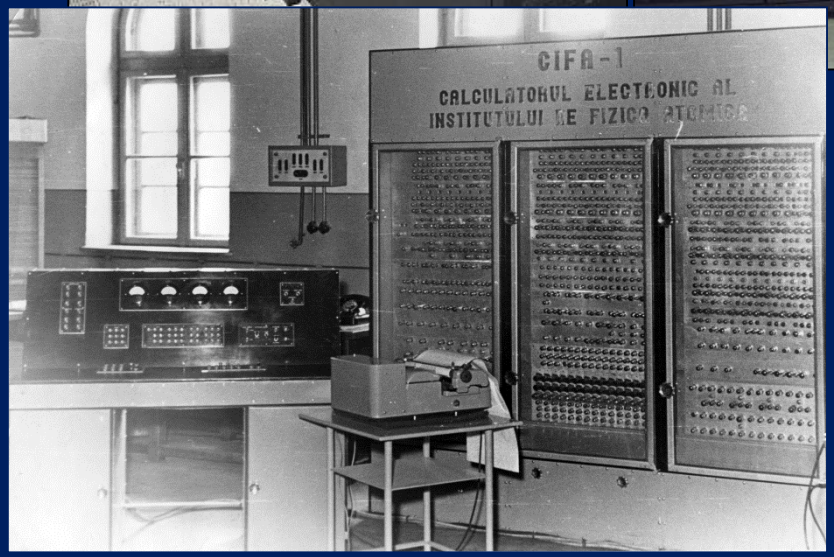
Site-uri (centre de resurse) grid:

- IFIN-HH:
  - NIHAM (alice)
  - RO-02-NIPNE (atlas)
  - RO-07-NIPNE (alice, atlas, lhcb)
  - RO-11-NIPNE (lhcb)
- ISS = Institutul de Stiinte Spatiale:
  - RO-13-ISS (alice)
- ITIM = INCD pentru Tehnologii Izotopice si Moleculare din Cluj-Napoca:
  - RO-14-ITIM (atlas)
- UAIC = Universitatea 'Alexandru Ioan Cuza' din Iasi
  - RO-16-UAIC (atlas)





INFRASTRUCTURA DE CALCUL @ DFCTI

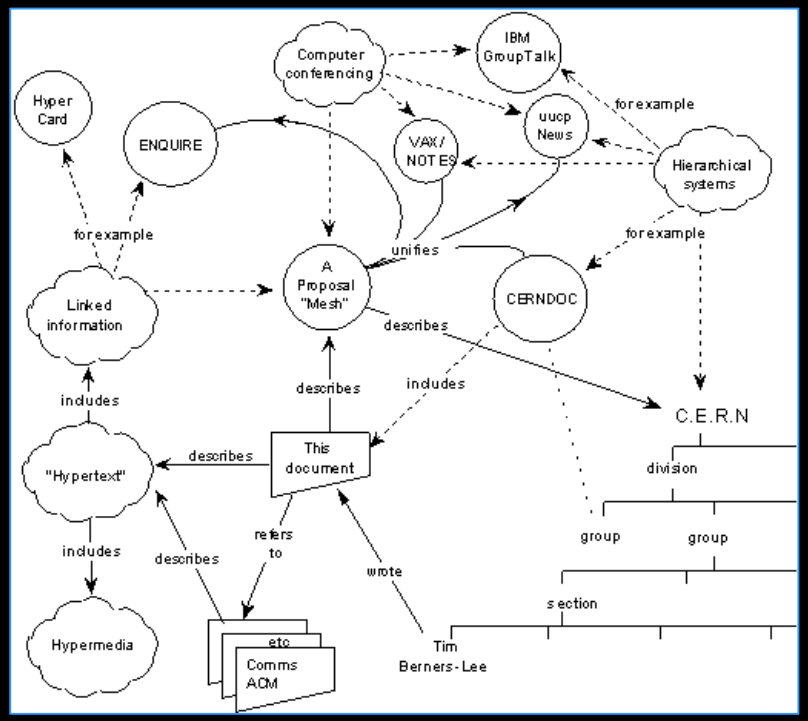


<- 1956
50 Flop/s

INTERMEZZO: CUM A APARUT WORLD WIDE WEB

Acumularea, prelucrarea si partajarea in retea catre un numar mare de colaboratori din intreaga lume a datelor legate de experimentele derulate la CERN a facut necesara crearea unui sistem electronic de gestiune a informatiilor usor de accesat si actualizat.

In martie 1989 Tim Berners Lee propune sa dezvolte un sistem distribuit de management al informatiilor despre acceleratori si experimente, pentru laborator (“*Information Management: A Proposal*”). Initial il numeste “Mesh”. **In 1990 va deveni WWW**.



Primul server web este propriul calculator NeXT

"This machine is a server. DO NOT POWER DOWN!!"

CONCLUZII

- In 60 de ani de existenta CERN a furnizat rezultate de top pentru cercetarea de fizica, in domeniile acceleratorilor, experimentelor si al tehnologiei grid.
- Conform planurilor de dezvoltare, seria de rezultate de calitate va continua in urmatorii 20 de ani de explorare a fizicii noi de la LHC. Viitorul accelerator va avea 100 km circumferinta.
- In paralel, vor continua sa creasca cerintele privind suportul computational al experimentelor de la LHC, atat privind scalabilitatea cat si complexitatea
- CERN este si va continua sa fie atat un beneficiar cat si un producator de tehnologii noi
- Exista toate premisele necesare pentru ca RO-LCG sa contribuie in continuare cu rezultate de exceptie la activitatea gridului LHC, in cadrul colaborarii WLCG. Participarea tinerilor la colaborarea WLCG le ofera acestora acces la rezultatele recente ale cercetarii din domeniul IT de varf si oportunitatea participarii la dezvoltarea acestui domeniu. Deexemplu: lucrari de licenta la centrul de calcul CERN

VA MULTUMESC PENTRU
ATENTIE !