

I SPRACE Physics Analysis Workshop - 2010
16/nov - 19/nov, 2010.
IFT-Unesp

Introdução ao Geant4

Marcia Begalli
marcia.begalli@cern.ch
IF-UERJ



Índice

- *Introdução ao Geant4*
- *Como usar o Geant4*

A pesquisa em Física de Altas Energias (inclua aqui Física Nuclear e Física de Íons Pesados) sempre utilizou muito as técnicas computacionais e os computadores disponíveis.

→ Especialistas em detectores passaram a escrever simulações de seus detectores a fim de compreender melhor seu funcionamento, bem como estudar novas técnicas de detecção, além de ter mais facilidade e eficiência no planejamento e decisão na construção de novos detectores

→ Os experimentos passaram a ter todos os seus detectores simulados

→ A fim de não repetir esforços, esses programas foram unidos pelo CERN em um pacote de software conhecido como Geant3.

- Todos os experimentos do LEP, exceto DELPHI, passaram a usar o Geant3. DELPHI fez sua própria simulação a fim de comparar os resultados com o uso do Geant3, validando posteriormente esse pacote de software para as energias do LEP.
- Paralelamente o Geant3 começa a ser usado em outras áreas, por exemplo Física Médica, aproveitando a programação acurada dos diferentes processos de interação da radiação com a matéria.
- por radiação entende-se todas as partículas sub-atômicas, bem como a radiação eletromagnética (raios gamma, raios-X, luz visível...).
- O Geant3 era escrito em FORTRAN.

A importância do uso de Simulação

Simulação é muito importante em várias áreas bem como nas várias fases de um experimento ou projeto

- *design* do aparato experimental
- avaliação e definição do potencial de *conhecimento sobre Física* proporcionado pelo projeto
- avaliação do *potencial de risco* do projeto
- acesso à *performance esperada* do experimento
- *desenvolvimento, teste e otimização* do setup do experimento, dos softwares de reconstrução de eventos e de análise dos mesmos
- contribuição para a *validação de resultados físicos* bem como para o desenvolvimento ou exclusão de novos modelos

→ Na década de 1990

Dezembro, 1994:
o "CERN Council" aprova a
construção do **LHC**.

A comunidade de Física de Altas Energias
decide mudar para a linguagem de
programação C++



Geant4

Geant4

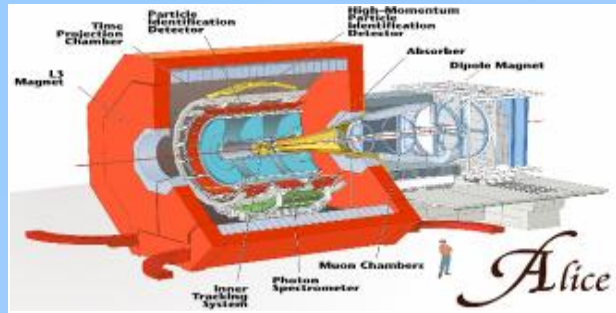
- 1994, é criado o projeto **RD44**, 1994 - 1998.
 - 1st release: Dezembro, 1998.
 - A partir daí, "new releases" 1 ou 2 vezes ao ano (além de alguns "patches").
-
- Quando o RD44 é criado, decide-se escrever o Geant em C++, planejando todo o pacote de simulação a partir das ferramentas do C++ e da programação Orientada a Objeto (OO).
 - Isso otimiza todo o pacote.
 - O Geant não é mais uma "colcha de retalhos".

Geant4

→ Em 1994, quando o Geant4 foi planejado (*designed*) tinha-se em mente os experimentos de Física de Altas Energias.

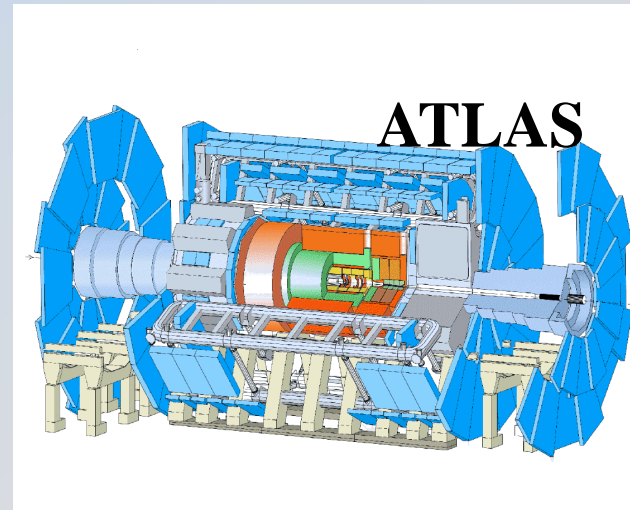
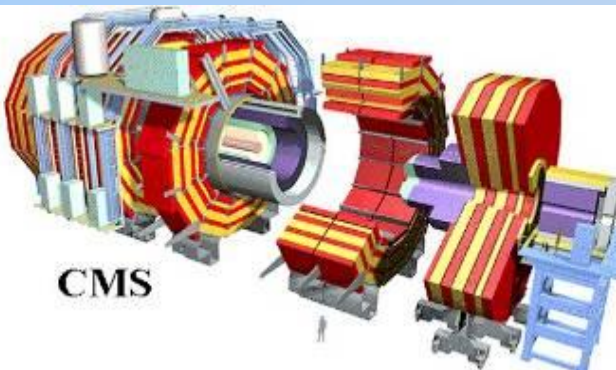
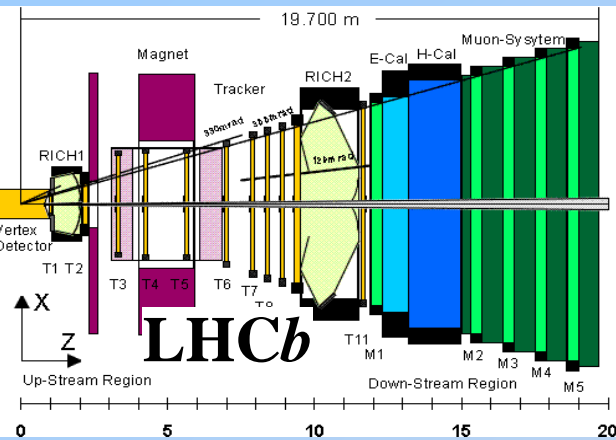
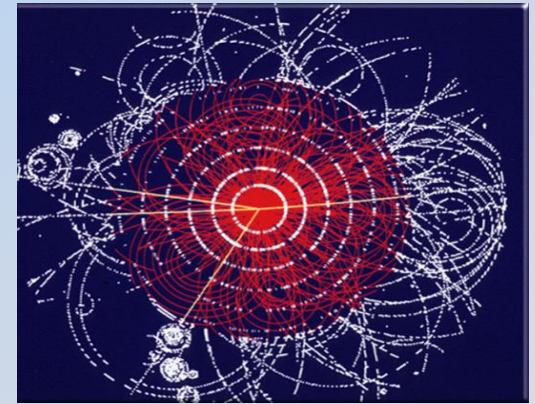
→ Atualmente

**Most cited
“Nuclear Technology”
publication!
>14000 papers
ISI Web of Science (1990-to date)**

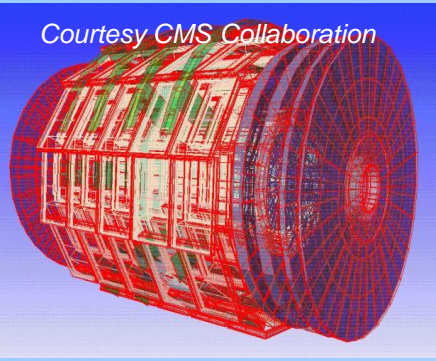


Geant4

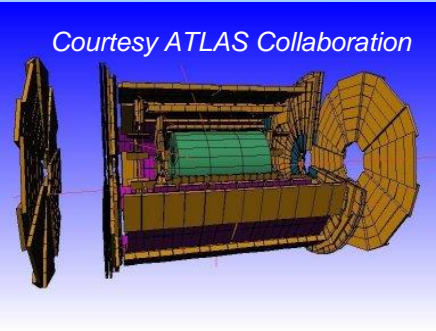
Precisa ser um software de vida longa e estável, já que os experimentos do LHC devem durar ~20 anos.



Courtesy CMS Collaboration



Courtesy ATLAS Collaboration



Geant4

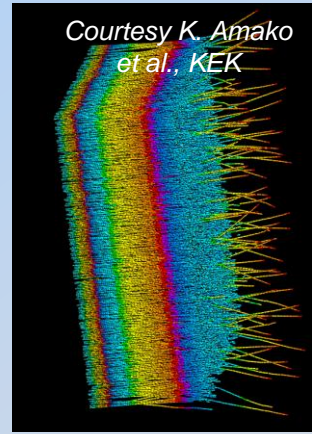
É usado em várias áreas:

- astrofísica e ciências espaciais
- física médica e medicina nuclear
- proteção radiológica
- física de aceleradores
- irradiação de alimentos e controle de pestes
- segurança nacional, etc.

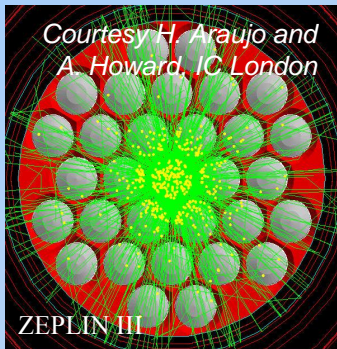
→ *Transferência de Tecnologia para a indústria, hospitais, etc...*

Física do eV ao PeV

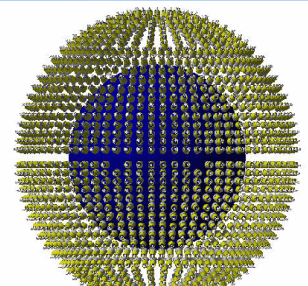
Courtesy K. Amako et al., KEK



Courtesy H. Araujo and A. Howard, IC London

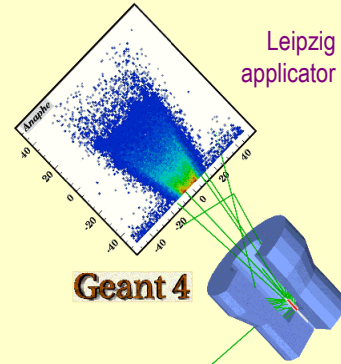


ZEPLIN III



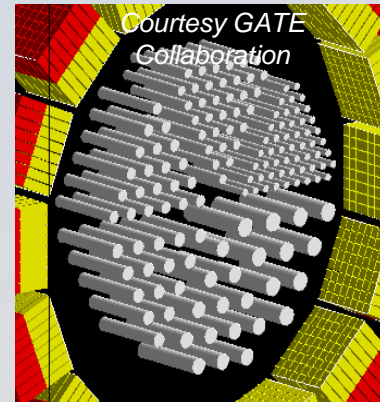
Courtesy Borexino

Leipzig applicator



Geant 4

Courtesy GATE Collaboration



Technology Transfer

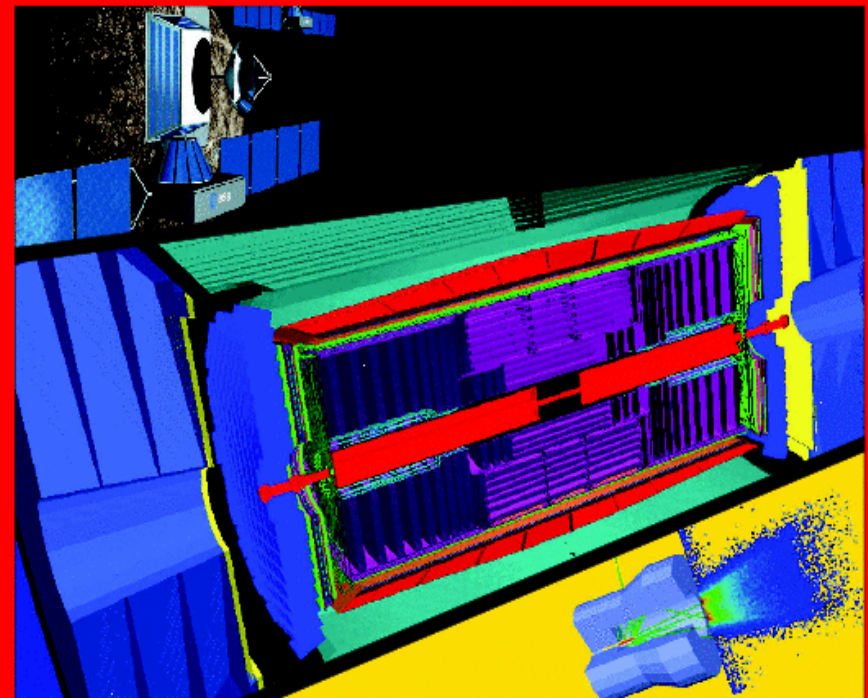
Particle physics software aids space and medicine

“Geant4 is a showcase example of technology transfer from particle physics to other fields such as space and medical science [...]”

CERN Courier, June 2002



VOLUME 42 NUMBER 5 JUNE 2002



Simulation for physics, space and medicine

NEUTRINOS

Sudbury Neutrino Observatory confirms neutrino oscillation p5

TESLA

Electropolishing steers superconducting cavity to new record p10

COSMOPHYSICS

Joint symposium brings CERN, ESA and ESO together p15

Mas o que é o Geant4 ?

Uma caixa de ferramentas - *Toolkit* - para a simulação dos detectores atuais e futuros de Física de Altas Energias, e outras áreas.

Um experimento de produção de gerenciamento de software distribuído (*distributed software*)

Um experimento de aplicação de metodologias rigorosas de engenharia de software e de tecnologia Orientada a Objeto para o ambiente de Física de Altas Energias.



PPARC

Geant4 Collaboration

MoU based

Development, Distribution and User Support of Geant4



Major physics laboratories:

CERN, KEK, SLAC, TRIUMF



European Space Agency:

ESA

National Institutes:

INFN, IN2P3, PPARC




Universities:

Frankfurt Univ., Helsinki Univ., Lebedev Inst., LIP, etc.




21-121 members in the RD44 phase, ~100 currently

Maria Grazia Pia, INFN Genova



É software livre.
Qualquer pessoa
pode fazer o
*download a partir
de seu sítio na
internet.*

Geant4



É cientificamente
globalizado, já que
compartilha seu uso
e funcionalidade
com diversos
campos do
conhecimento

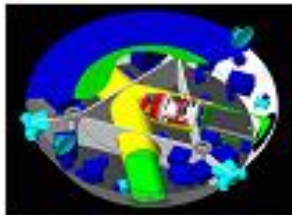
Geant4 is a toolkit for the simulation of the passage of particles through matter. Its areas of application include high energy, nuclear and accelerator physics, as well as studies in medical and space science. The two main reference papers for Geant4 are published in *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 506 (2003) 250-303, and *IEEE Transactions on Nuclear Science* 53 No. 1 (2006) 270-278.

Applications



A [sampling of applications](#), technology transfer and other uses of Geant4

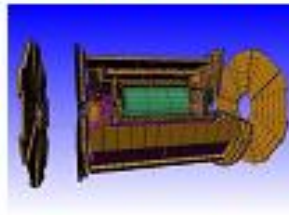
User Support



[Getting started](#), guides and information for users and developers

[click aqui](#)

Results & Publications Collaboration



[Validation of Geant4](#), results from experiments and publications



[Who we are](#): collaborating institutions, [members](#), organization and legal information

News

- 18 December 2009 • Release 9.3 is available from the [download area](#).
- 28 August 2009 • Patch+02 to release 9.2 is available from the [download area](#).

Events

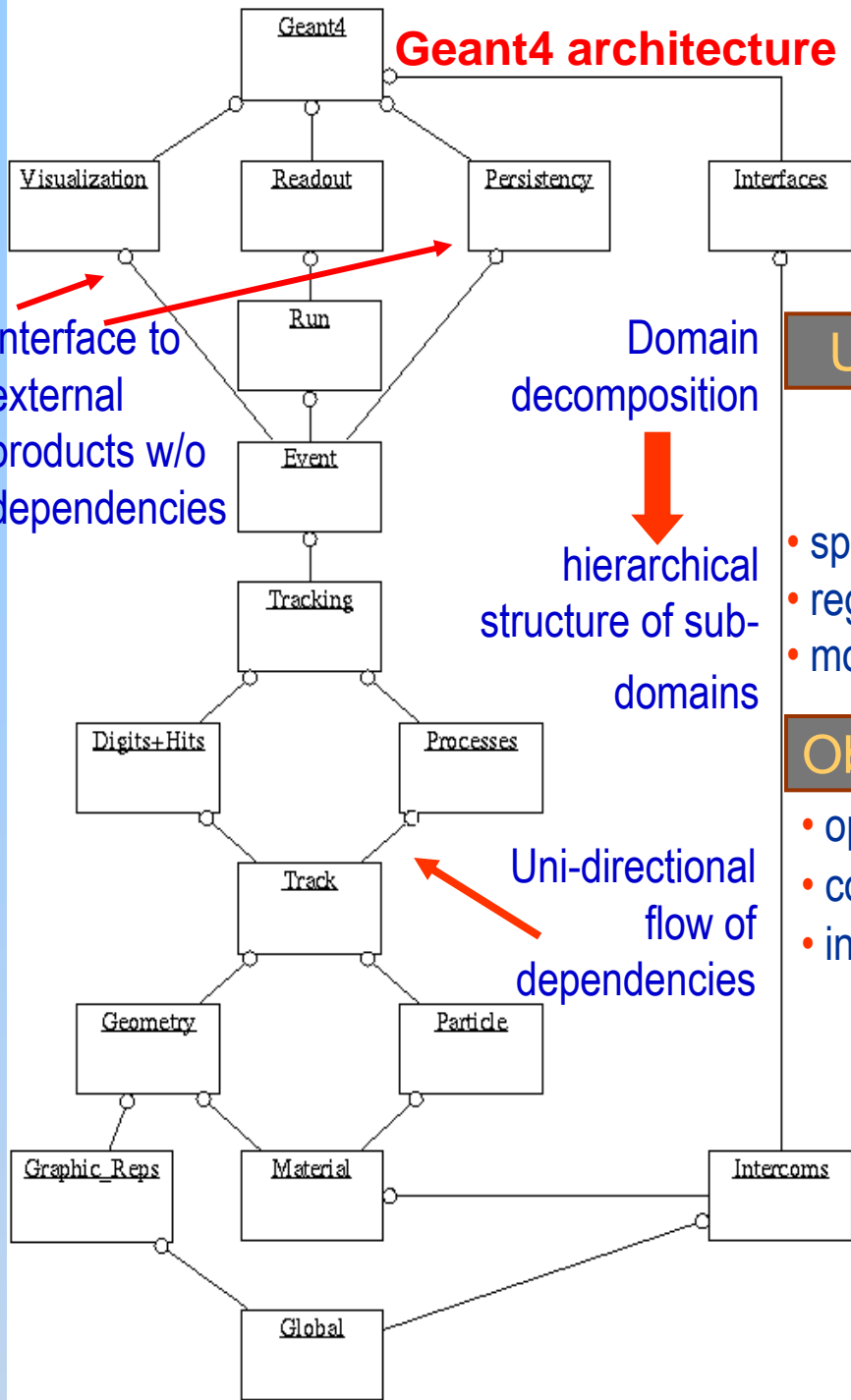
- [Geant4 Users' Tutorial](#), CERN, Geneva (Switzerland), 15-19 February 2010.
- 7th Geant4 Space Users' Workshop, Seattle (USA), 18-20 August 2010.
- 3rd Monte Carlo Conference, MC2010, Hitotsubashi Memorial Hall, Tokyo (Japan), 17-20 October 2010.
- [Past events](#)

Os fundamentos:

O que caracteriza o Geant4: os conceitos fundamentais sobre os quais ele foi construído

Software Engineering

plays a fundamental role in *Geant4*



User Requirements

- formally collected
- systematically updated
- PSS-05 standard

Software Process

- spiral iterative approach
- regular assessments and improvements (SPI process)
- monitored following the ISO 15504 model

Object Oriented methods

- OOAD
- use of CASE tools
- openness to extension and evolution
- contribute to the transparency of physics
- interface to external software without dependencies

Quality Assurance

- commercial tools
- code inspections
- automatic checks of coding guidelines
- testing procedures at unit and integration level
- dedicated testing team

Use of Standards

- de jure and de facto

O kernel

Run and event

possibilita:

múltiplos runs no mesmo job (com diferentes geometrias, materiais, etc...)

múltiplos eventos (trata eventos de pile-up)

mecanismo de empilhamento (trabalha com o trigger, loopers, etc...)

O Geant4 tem somente limites de produção. Nenhum corte é feito no tracking:

todas as partículas são propagadas até o final
o usuário pode definir cortes em energia, TOF, etc...

Tracking

TOTALMENTE separado dos processos físicos (todos os processos podem ser tratados através da mesma interface abstrata)

Independente do tipo de partícula

Processos de Nova Física podem ser adicionados ao *toolkit* sem afetar o *tracking*

Geometria

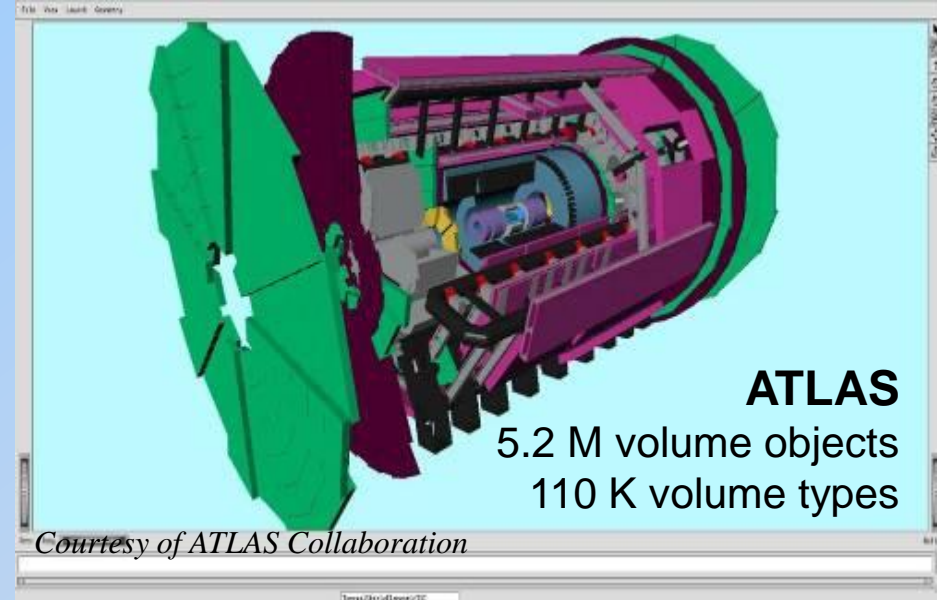
É possível ter uma descrição detalhada do detector.

Três camadas conceituais:

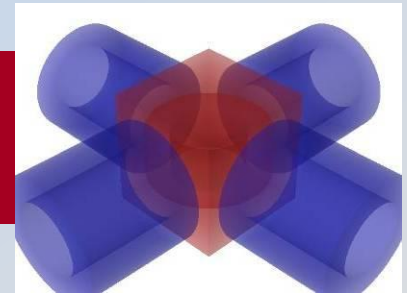
Solid: forma, tamanho

LogicalVolume: material, sensibilidade, volumes filhas, etc.

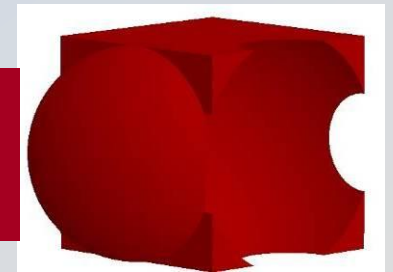
PhysicalVolume: posição, rotação



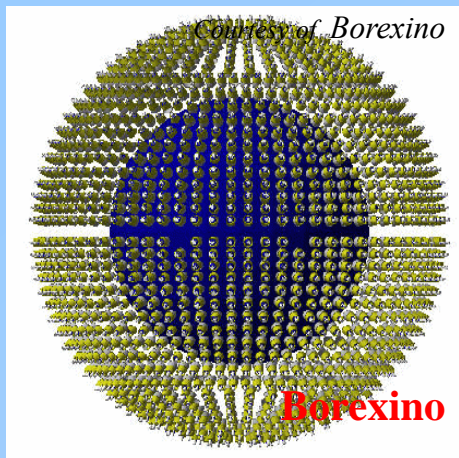
Sólidos
transparentes



Operações
Booleanas

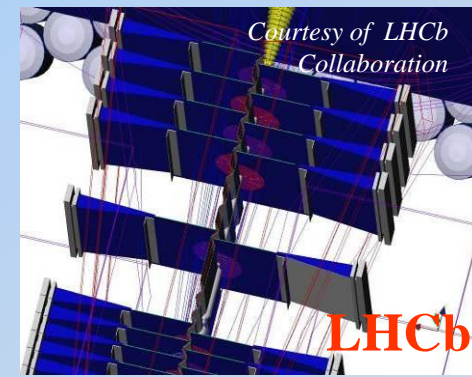


exemplos



Sólidos

Múltiplas representações -
mesma interface abstrata



CSG (Constructed Solid Geometries)
sólidos simples

STEP

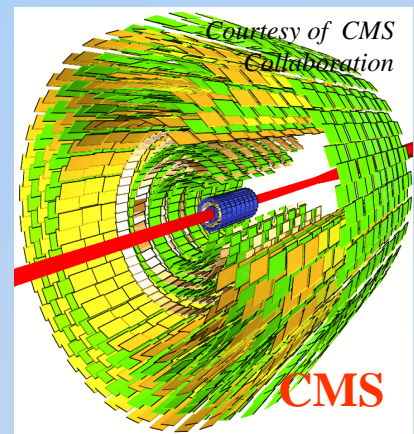
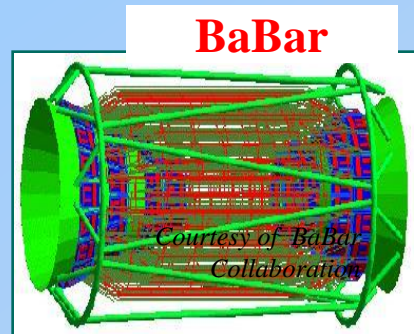
www.steptools.com/library/standard/step_1.html

políedros, esferas, cilindros, cones,
toróides, etc.

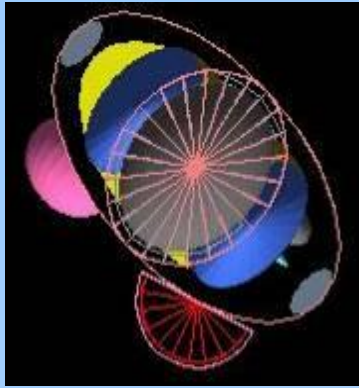
BREPS (Boundary REPresented Solids)*
volumes definidos pelos limites de
superfícies

CAD ou AUTOCAD

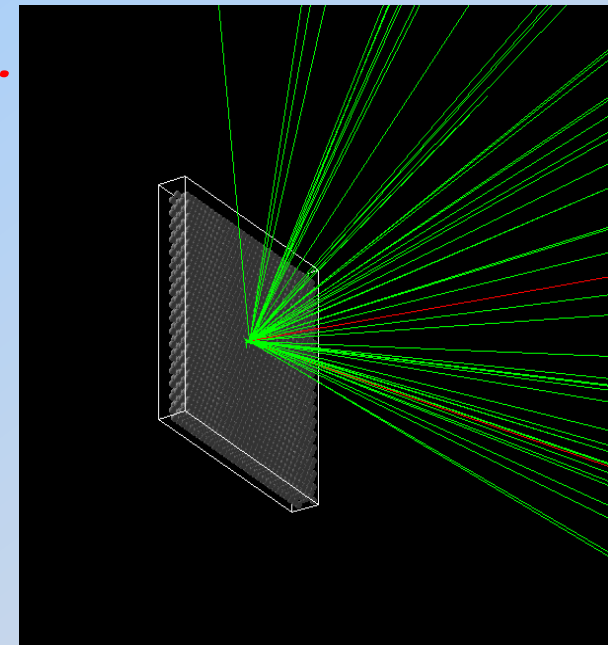
É possível fazer operações com sólidos
(adição, subtração)



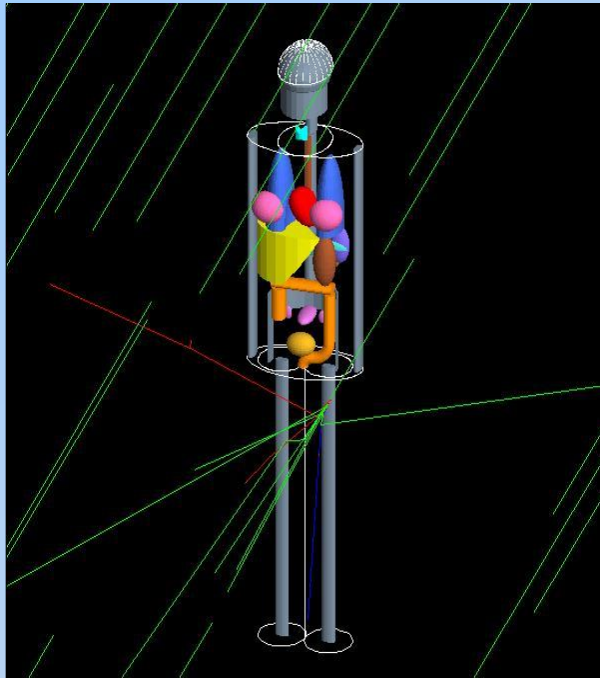
Seu detector não precisa ser complexo...



Busto-analítico

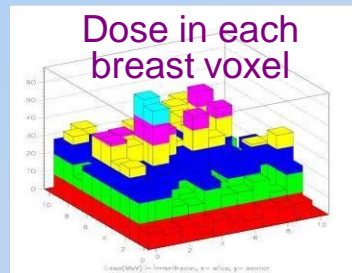


geometrias simples

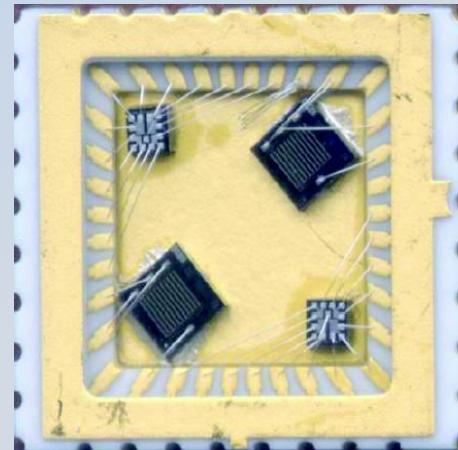


Geant4 - fantomas antropomórficos

Busto- voxel

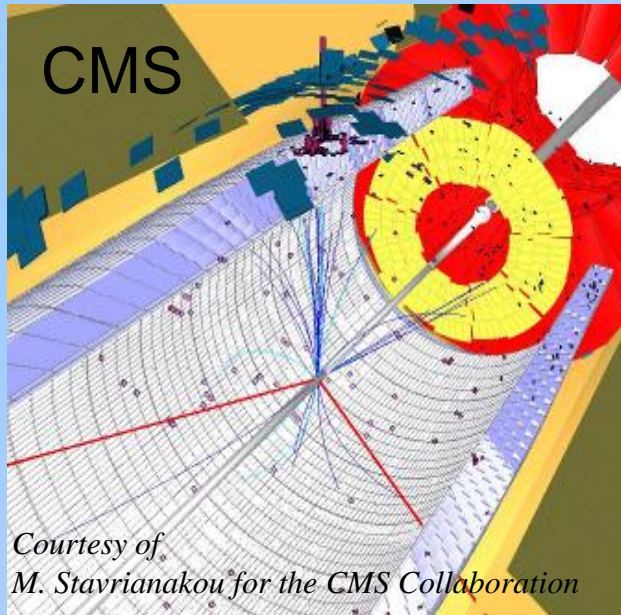


Componentes em pequena escala



Geant 4

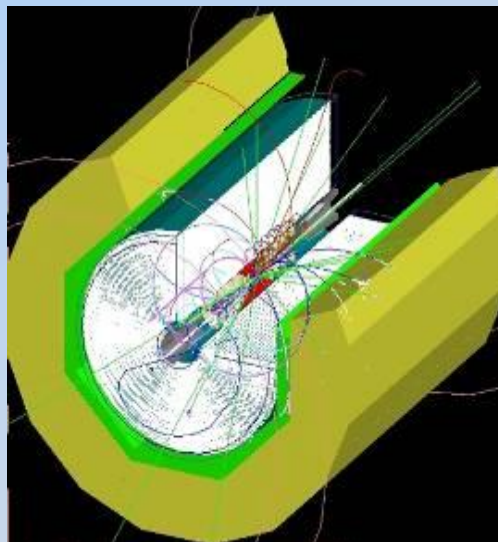
Campos Elétricos e Magnéticos



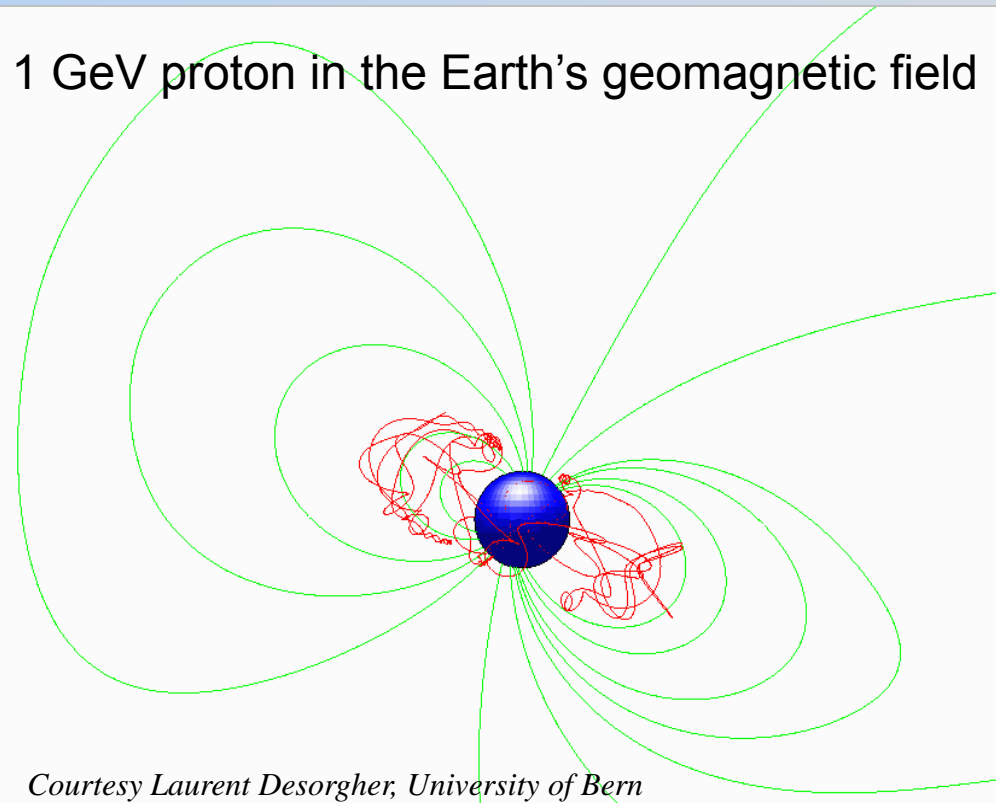
Campo gerado no Geant4 ~ 2 vezes mais rápido que no FORTRAN/GEANT3

MOKKA

Linear
Collider
Detector



1 GeV proton in the Earth's geomagnetic field



Processos Físicos

Interface abstrata para os processos físicos

- Tracking é independente da Física

- Tratamento uniforme de todos os processos hadrônicos e eletromagnéticos

Distinção entre processos e modelos

- Vários modelos podem ser oferecidos para o mesmo processo físico (complementariedade/alternativa)

Transparência

- O cálculo das seções de choque é independente da maneira como elas são acessadas (arquivos de dados, fórmulas analíticas, etc...)

- Os cálculos do estado final são independentes do tracking

Uso explícito de unidades dentro do código

Todo o sistema é aberto, o usuário pode criar e/ou usar os modelos de sua preferência.

Física Eletromagnética *perda de energia*

- elétrons e pósitrons
- raios γ , raios-X e fótons ópticos
- múons
- hádrons carregados
- íons

Comparável ao Geant3 já na 1a. release (1998)

Extensões foram facilitadas pelo uso de tecnologia OO

- extensões específicas para altas energias

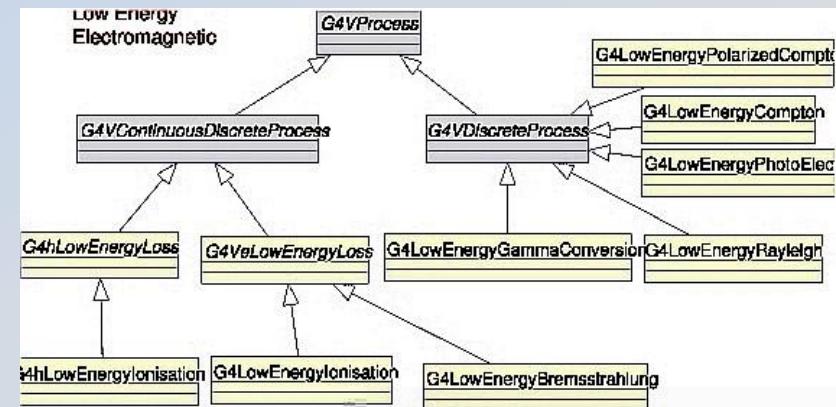
necessárias para LHC, raios cósmicos

- extensões para baixas energias

fundamental para física espacial, física médica, experimentos de matéria escura e de neutrinos

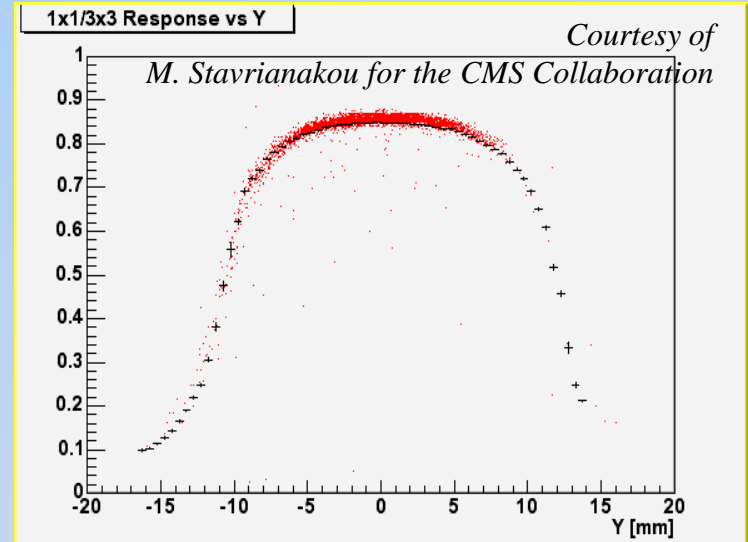
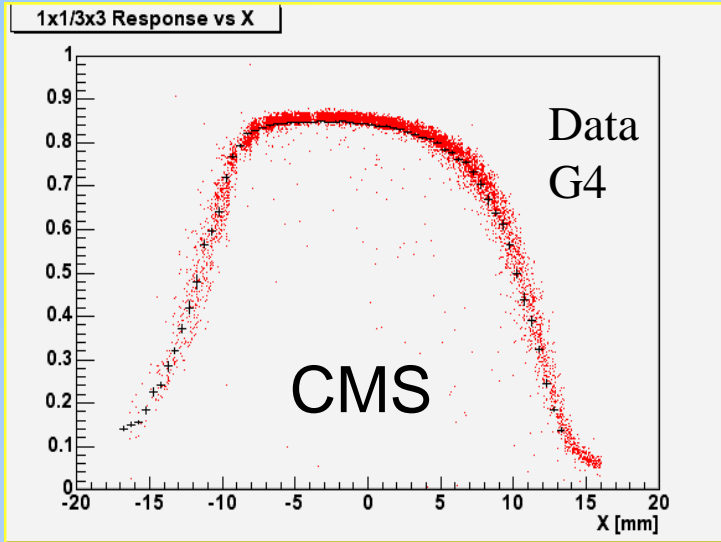
- modelos alternativos para o mesmo processo

- Multiple scattering
- Bremsstrahlung
- Ionisation
- Annihilation
- Photoelectric effect
- Compton scattering
- Rayleigh effect
- γ conversion
- e^+e^- pair production
- Synchrotron radiation
- Transition radiation
- Cherenkov
- Refraction
- Reflection
- Absorption
- Scintillation
- Fluorescence
- Auger



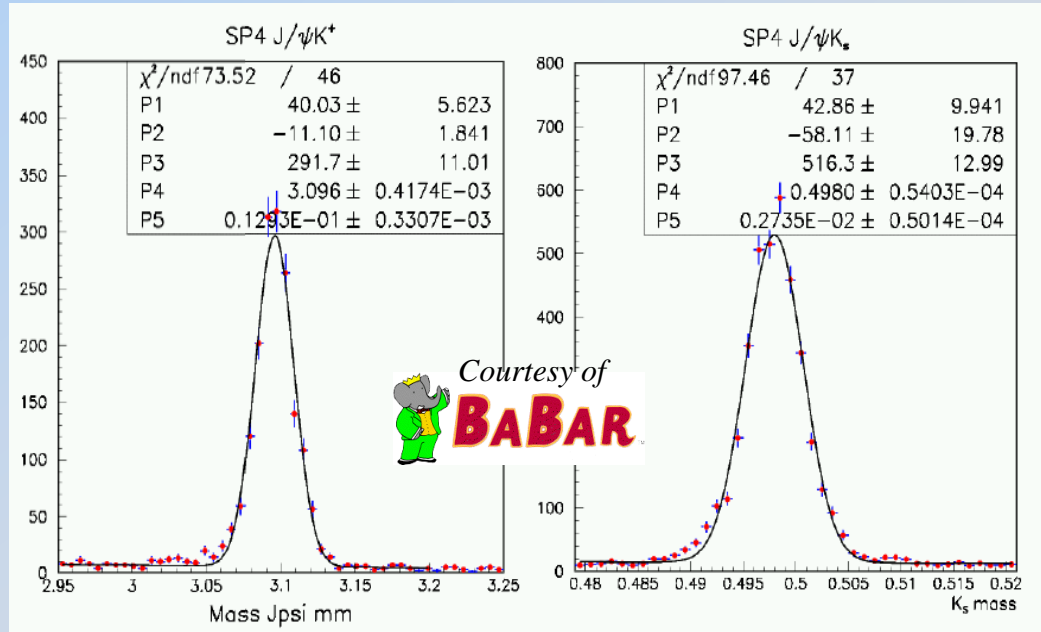
Calorimetry

Single crystal containment: $E_{1 \times 1} / E_{3 \times 3}$ versus position

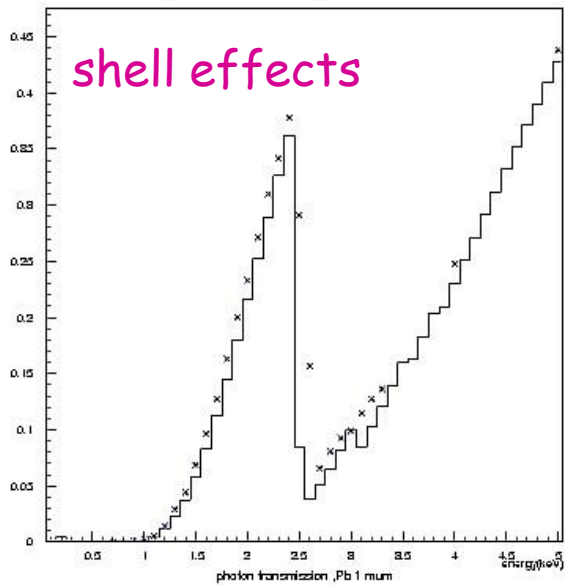


Tracking

Geant4
Standard
Electromagnetic
Physics



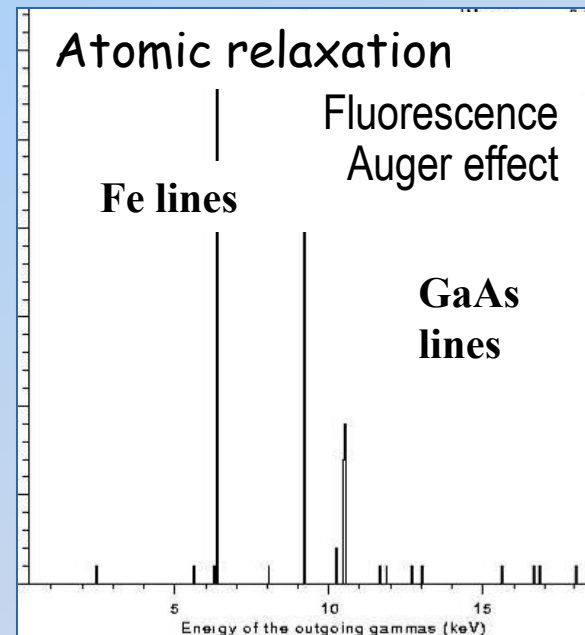
photon transmission , Pb 1 m micrometer



e, γ a partir de 250 eV
EGS, ITS - 1 keV
Geant3 - 10 keV

Implementados:

- ① EPDL97, EEDL and EADL evaluated data libraries
- ② Penelope analytical models



Hadron and ion ==> modelos baseados em Ziegler e ICRU data e parametrizações

Barkas effect (charge dependence) modelos para negative hadrons

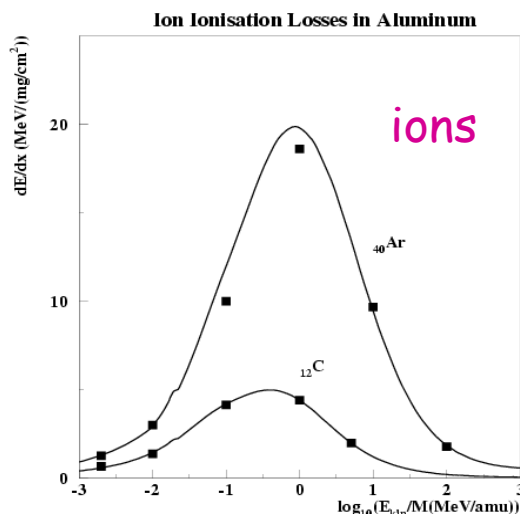
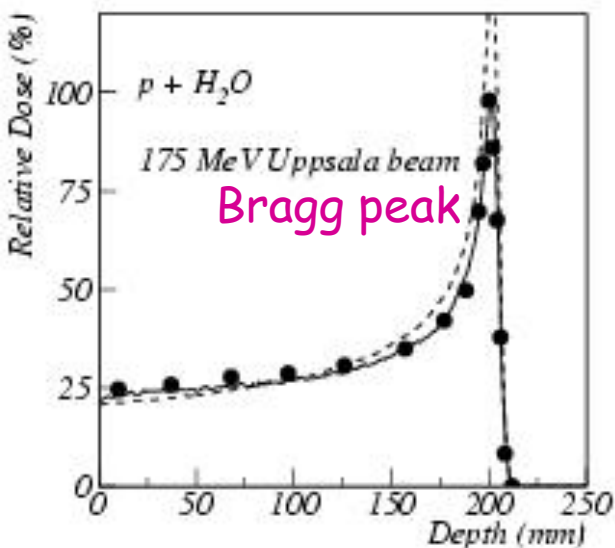
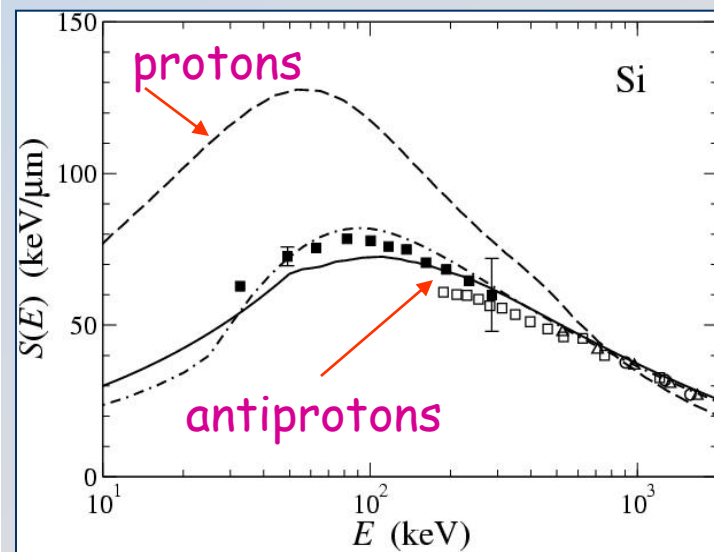


Figure 9: Ion electronic stopping power in aluminum. Points - the best fit on the data from Ref.[12], solid line - GEANT4 parametrization. The accuracy of the data is about 5 %.



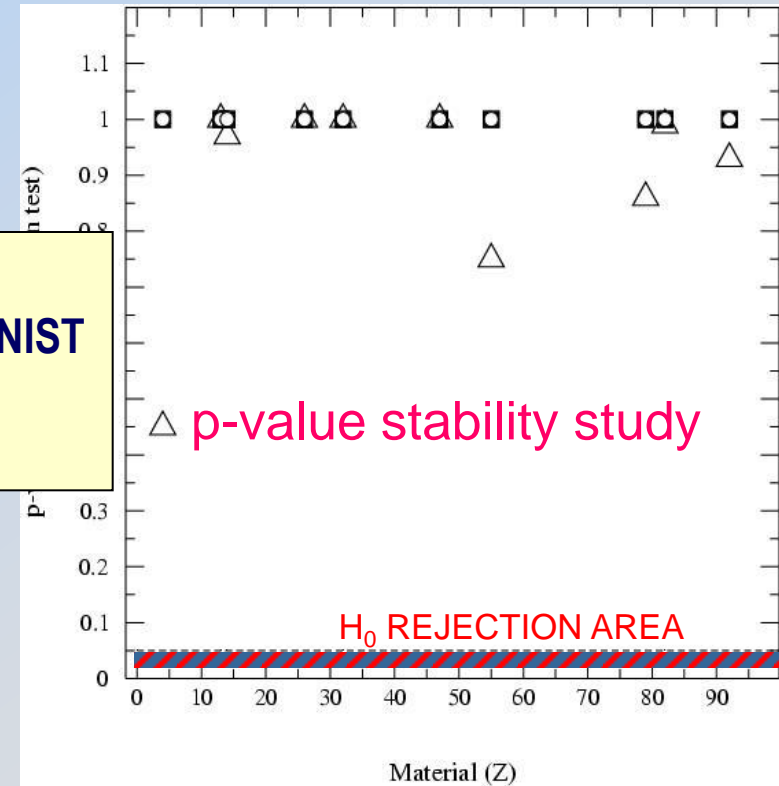
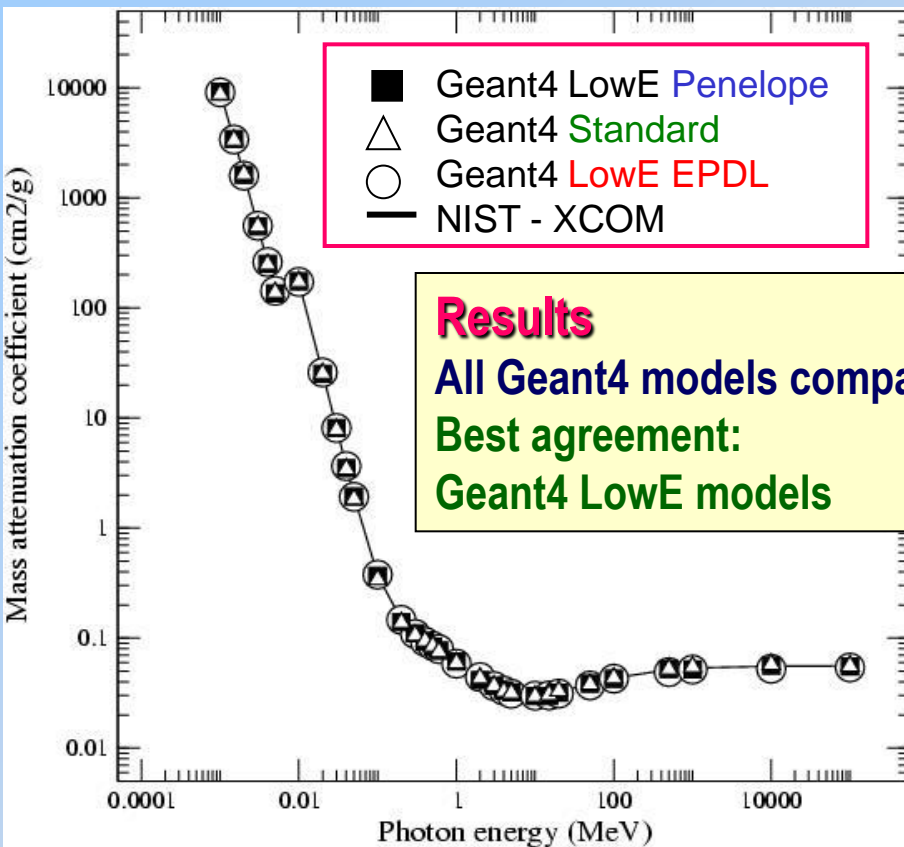
“Comparison of Geant4 electromagnetic physics models against the NIST reference data”

IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. 52 (4), pp. 910-918, 2005

Geant4 - modelos físicos utilizados são muito precisos

comparação com os dados do NIST, com a acurácia do NIST (LowE)

Mass attenuation coefficient in Fe

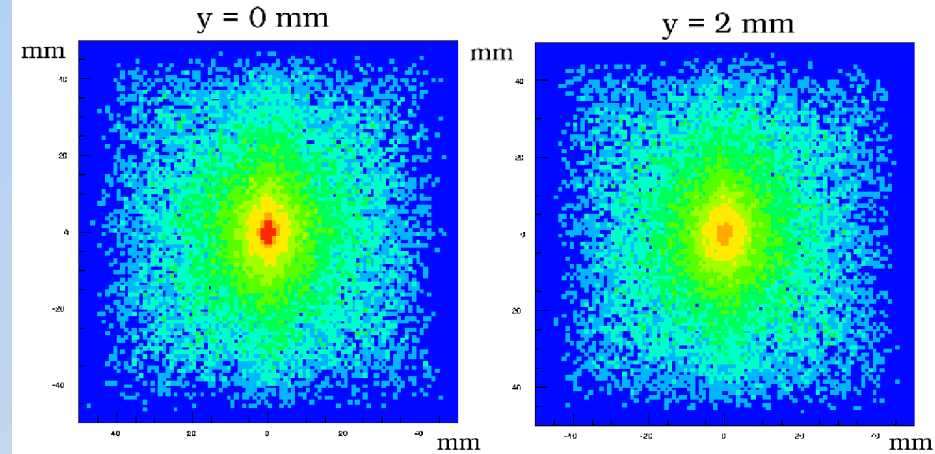
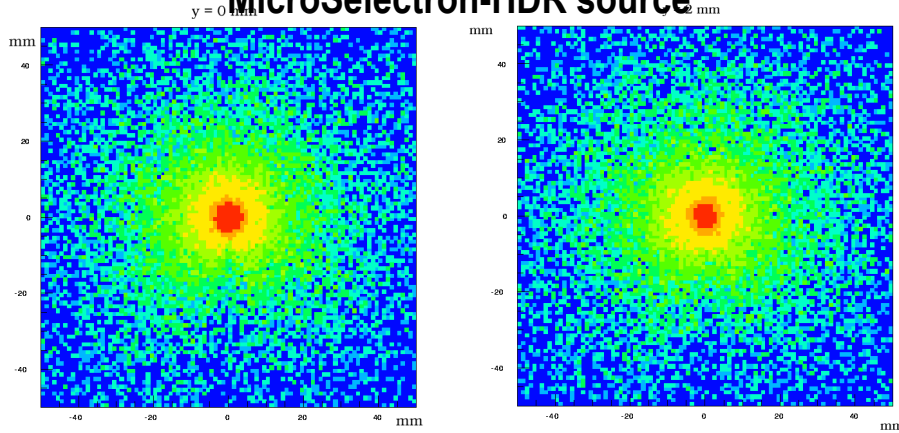


Dosimetria
brachiterapia
endocavitária

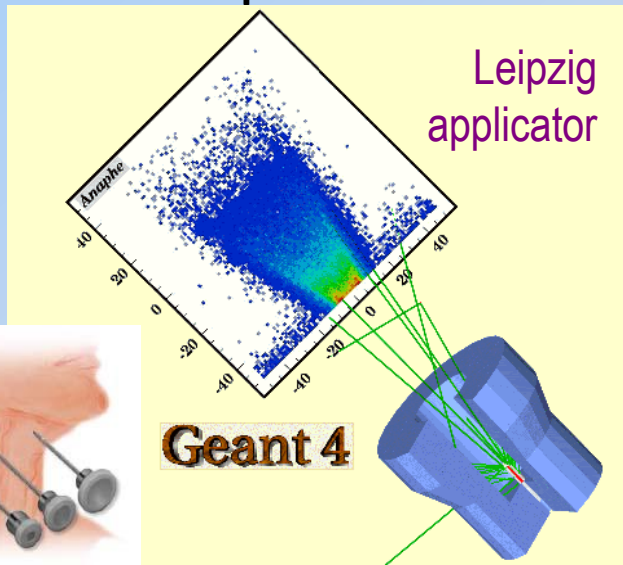


Dosimetria
brachiterapia
intersticial

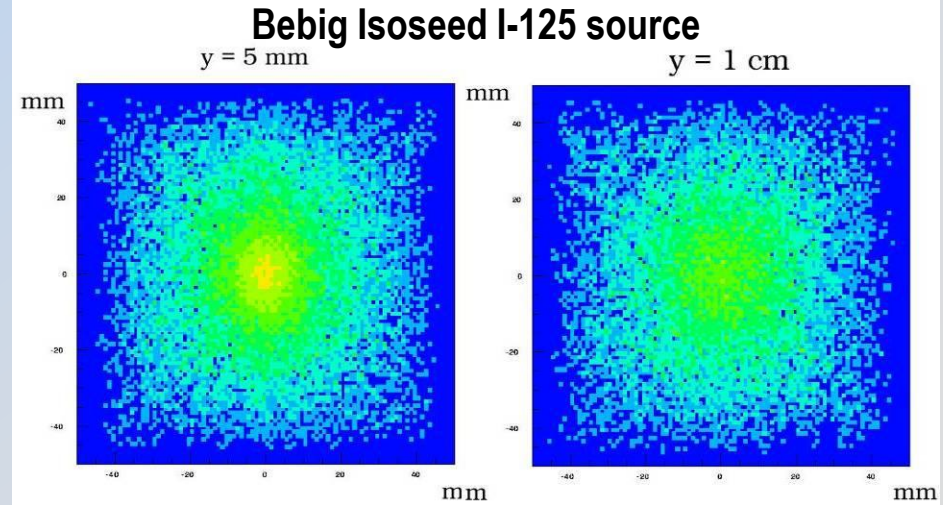
MicroSelectron-HDR source



Dosimetria brachiterapia
superficial



Geant 4



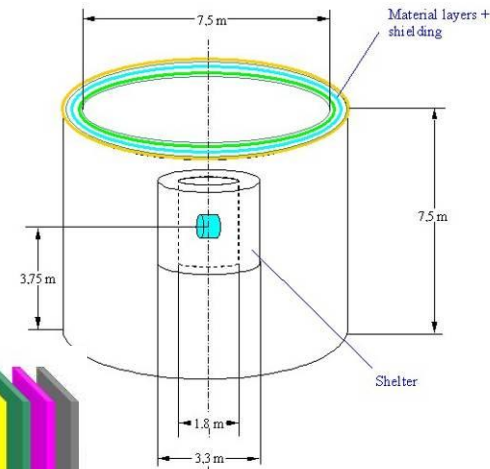
Dosimetria em missões interplanetárias



Aurora Programme



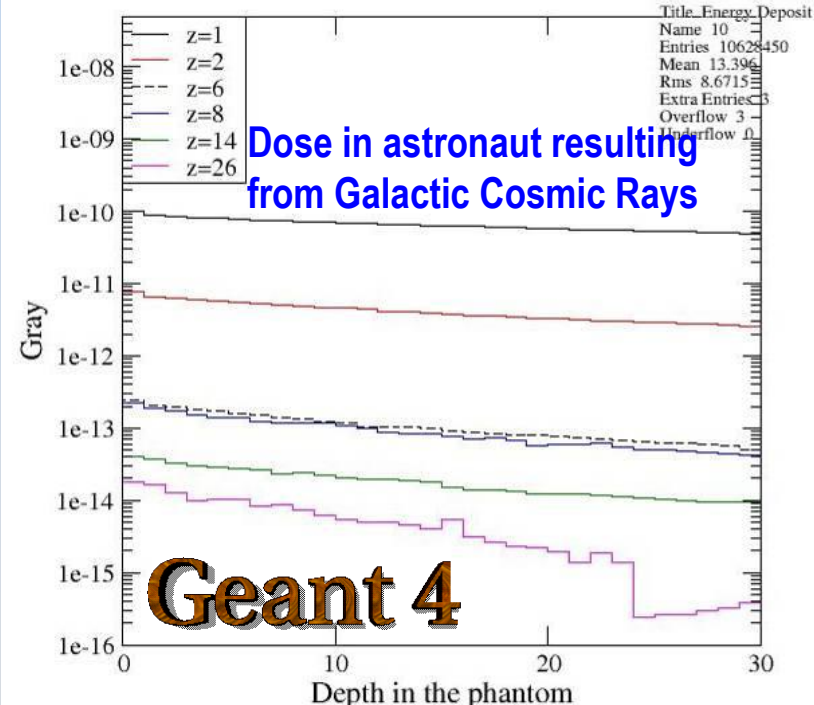
Courtesy of ESA



Courtesy of Alenia Spazio
vehicle concept

Dose in the phantom

GCR - EM Physics - 10 cm polyethylene



Dose in astronaut resulting from Galactic Cosmic Rays



Cosmic rays,
jovian electrons

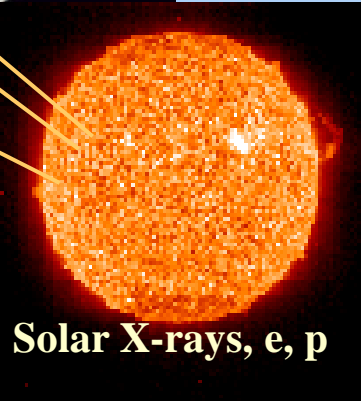
Explorações do Sistema Solar

Estudo da composição química dos planetas,
asteróides, luas, levando ao entendimento da
formação do sistema solar

XRF, fluorescência de raios-X: o fluxo
solar de raios-X é suficiente, para que a
parte interna dos planetas emita XRF

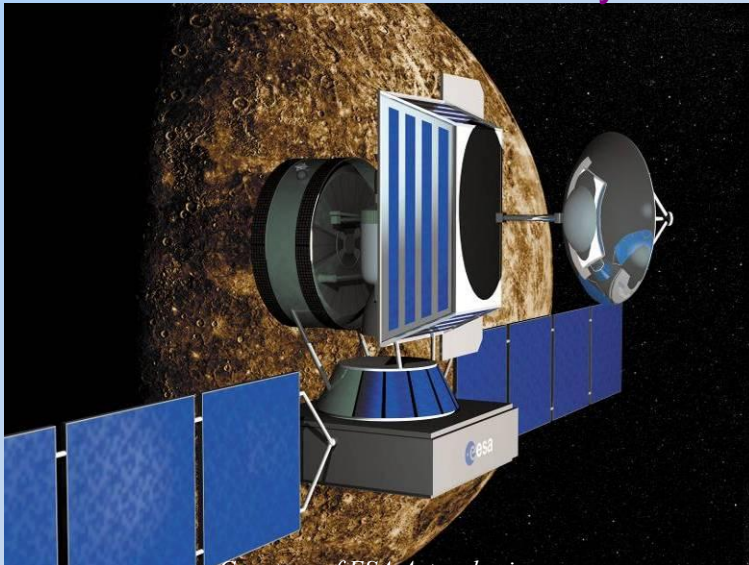
PIXE: significante somente quando excede
XRF

Courtesy SOHO EIT

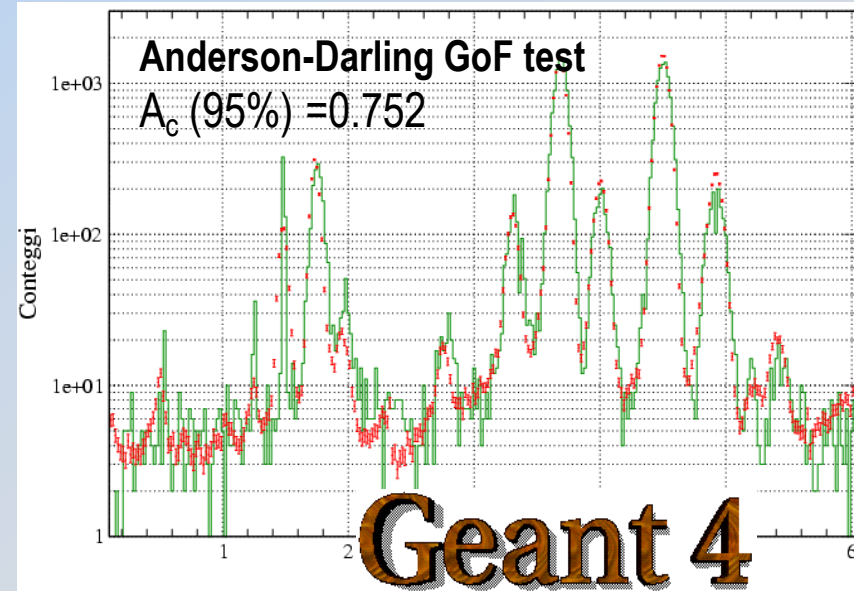


Solar X-rays, e, p

BepiColombo
ESA cornerstone mission to Mercury

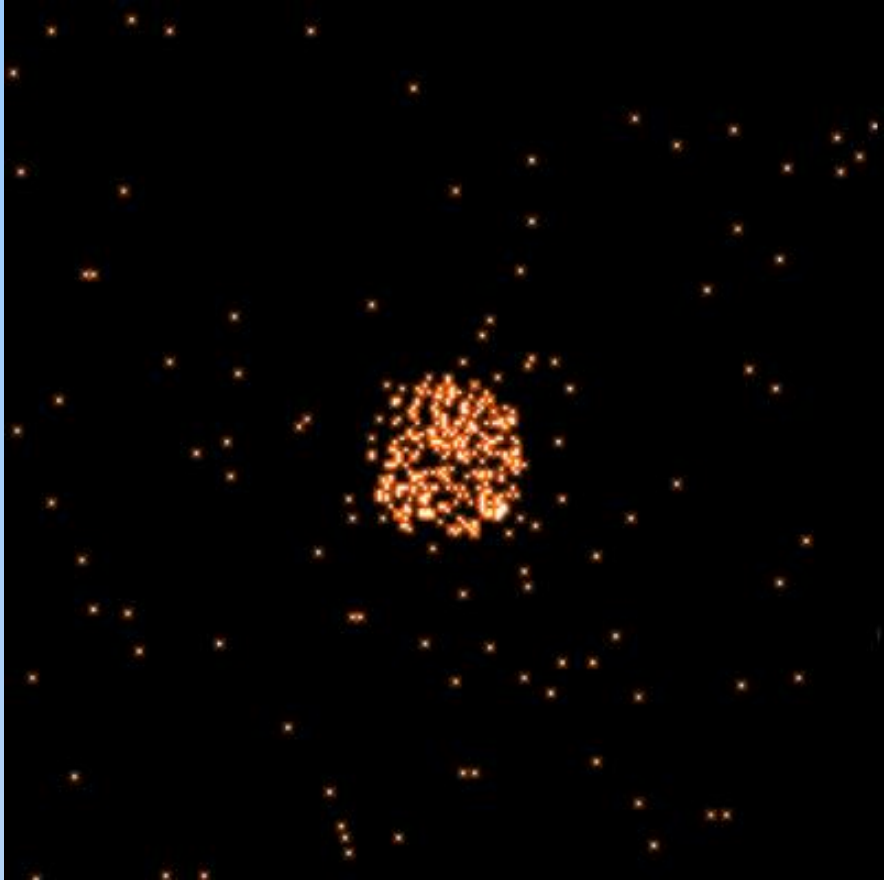


Courtesy of ESA Astrophysics



Fluorescence spectrum from Hawaiian basalt:
experimental data and simulation

Marte visto pelo Chandra em raios-X. Crédito: NASA/CXC/MPE/K.Dennerl et al.



Os raios-X provenientes do Sol colidem com os átomos de oxigênio, expulsam os seus elétrons das camadas eletrônicas mais internas, excitando assim os átomos para níveis de energia mais elevados. Estes átomos, de forma quase imediata, regressam ao seu estado de energia prévio, podendo emitir raios-X por fluorescência, com uma energia característica do átomo envolvido no processo (oxigênio, neste caso).

<http://www.portaldoastronomo.org/noticia.php?id=120>

DEFENCE



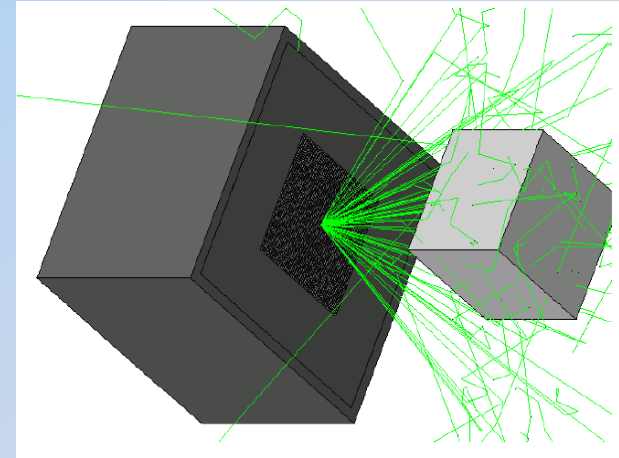
DÉFENSE

Detection of Landmines using Radiation Based Techniques

Geant4 User's Workshop, SLAC 2002 02 21

Dr Anthony A. Faust
Threat Detection Group

Defence Research Establishment Suffield

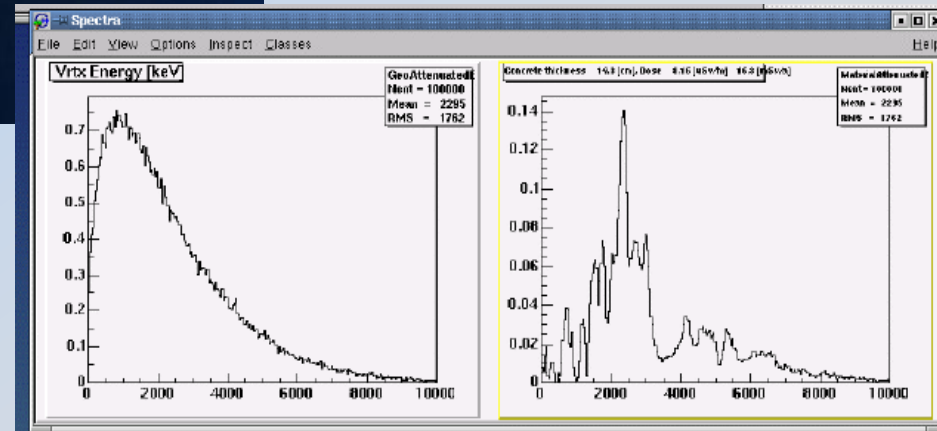


Defence R&D
Canada

R et D pour la défense
Canada

X-ray Backscatter Imaging

- Exploit Z dependent differences in Compton/Photoelectric cross-sections
- $Z_{\text{eff}}^{\text{mine}} \sim 8$ and $Z_{\text{eff}}^{\text{soil}} \sim 14$



Used Low Energy packages

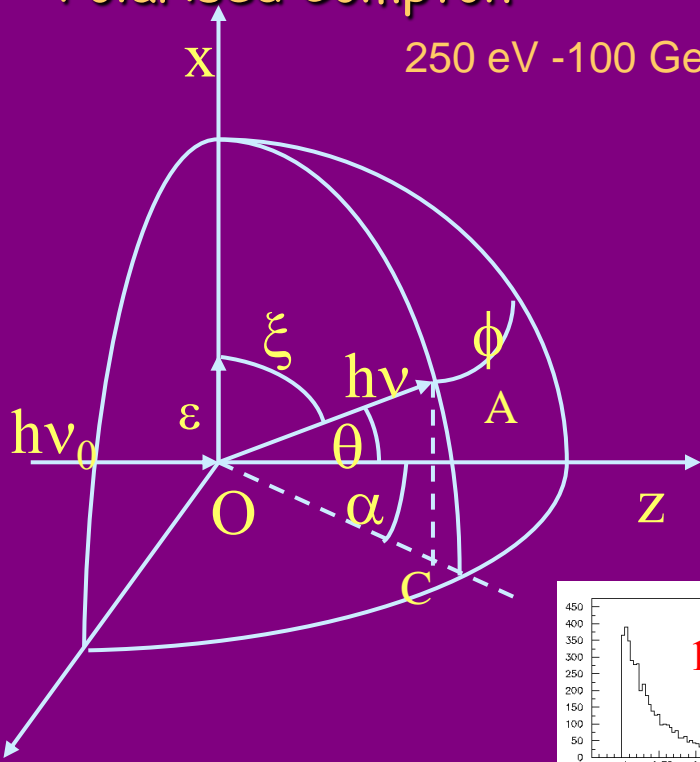
Polarização

Cross section

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{2} r_0^2 \frac{h\nu^2}{h\nu_0^2} \left[\frac{h\nu_0}{h\nu} + \frac{h\nu}{h\nu_0} - 2 \sin^2 \theta \cos^2 \phi \right]$$

Low Energy Polarised Compton

250 eV - 100 GeV



Integrating over ϕ

- Sample θ
- θ - Energy Relation \Rightarrow Energy
- Sample of ϕ from $P(\phi) = a (b - c \cos^2 \phi)$ distribution

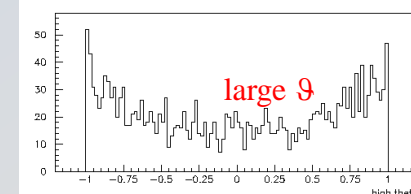
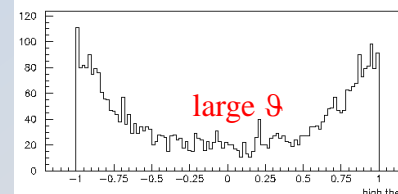
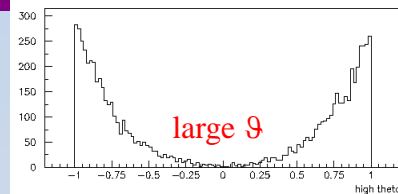
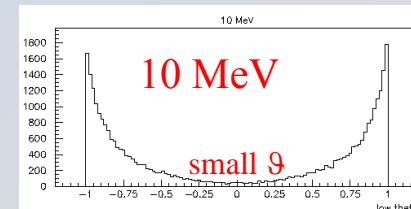
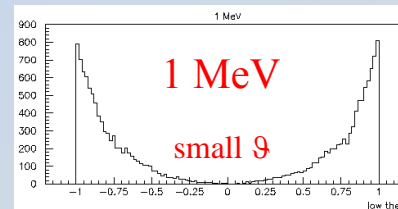
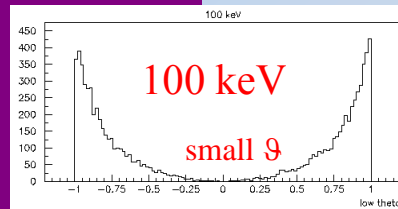
Sample Methods

$$\cos \xi = \sin \theta \cos \phi \Rightarrow \sin \xi = \sqrt{1 - \sin^2 \theta \cos^2 \phi} = N$$

Scattered Photon Polarization

$$\overline{\varepsilon_{\perp}} = \frac{1}{N} (\cos \theta \hat{j} - \sin \theta \sin \phi \hat{k}) \sin \beta$$

$$\overline{\varepsilon_{\parallel}} = \left(N \hat{i} - \frac{1}{N} \sin^2 \theta \sin \phi \cos \phi \hat{j} - \frac{1}{N} \sin \theta \cos \theta \cos \phi \hat{k} \right) \cos \beta$$

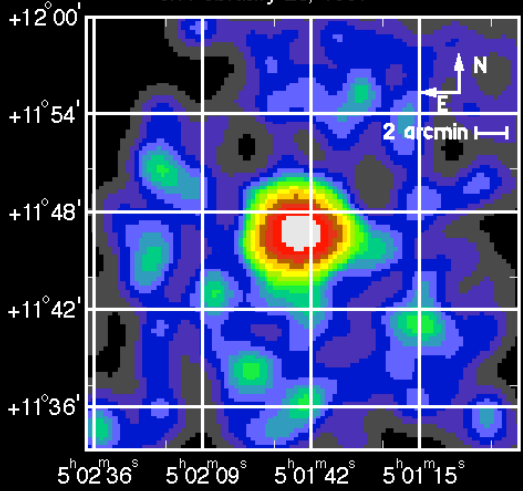


θ angulo polar
 ϕ angulo azimuthal
 ε vetor de polarization

Astrofísica γ

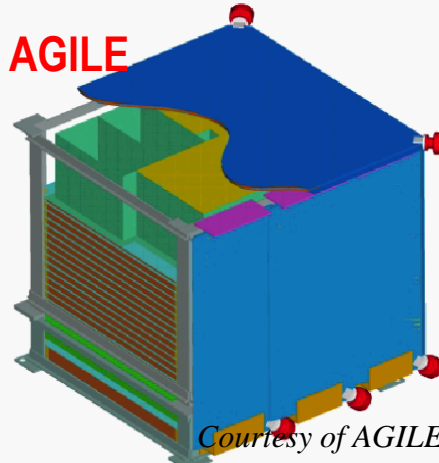
γ -ray bursts

BeppoSAX Observation of Gamma-Ray Burst
on February 28, 1997

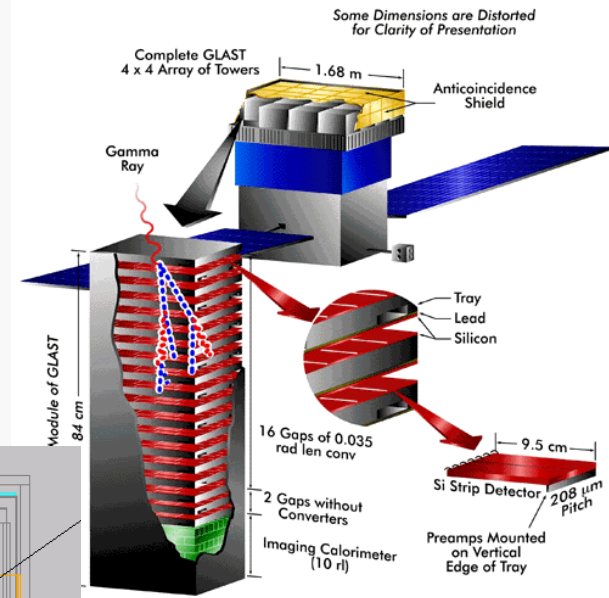
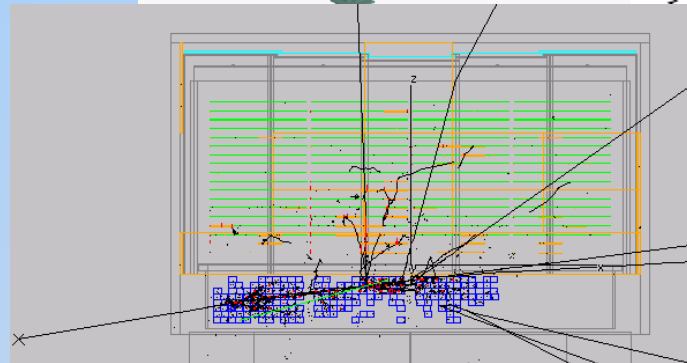


Courtesy of Fabrizio Fiore and the BeppoSAX Team

AGILE



Courtesy of AGILE

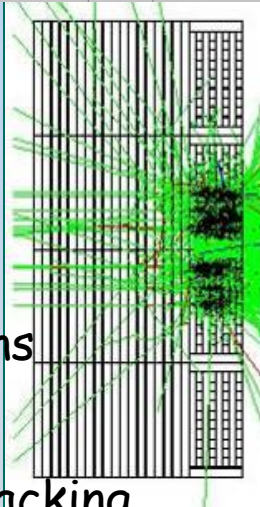
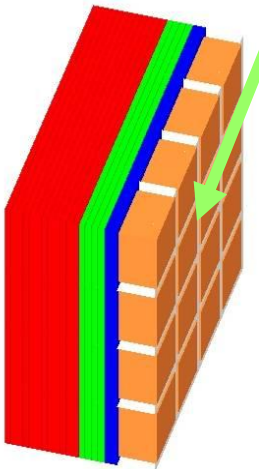


GLAST

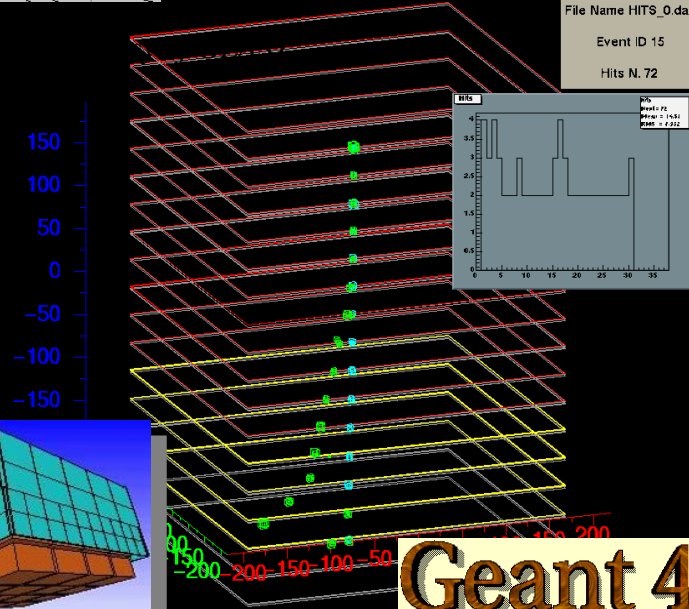
GLAST Hits Display

Telescópio típico:
Tracker
Calorimeter
Anticoincidence

- γ conversion
- electron interactions
- multiple scattering
- d-ray production
- charged particle tracking



- Previous
- View XZ
- View YZ
- Zoom
- Unzoom
- New Center
- Reset 3D
- Marker +
- Marker -
- Save as Gif
- View X3D



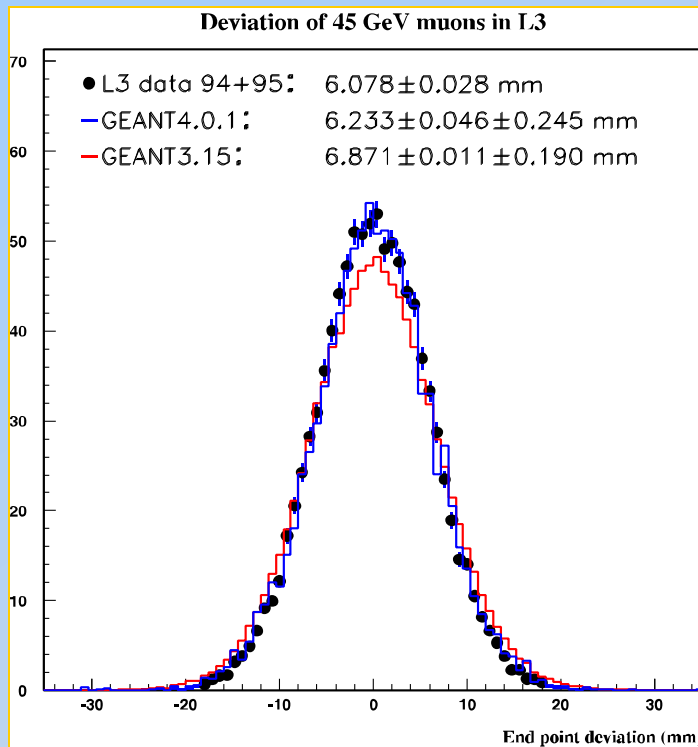
Geant 4

Múons

1 keV a 10 PeV de energia

Simulação de raios cósmicos ultra-energéticos

Extensões para altas energias baseadas em modelos teóricos



- Muon energy loss
- Muon radiation processes
- Photon conversion to muon pair
- Positron annihilation to muon pair
- Positron annihilation into hadrons

Courtesy P. Arce, CMS Note 2000/16

Fótons Ópticos

Produção de fótons ópticos em detectores de física de altas energias é devida, em sua maioria, ao efeito Cherenkov e à cintilação

Processos no Geant4:

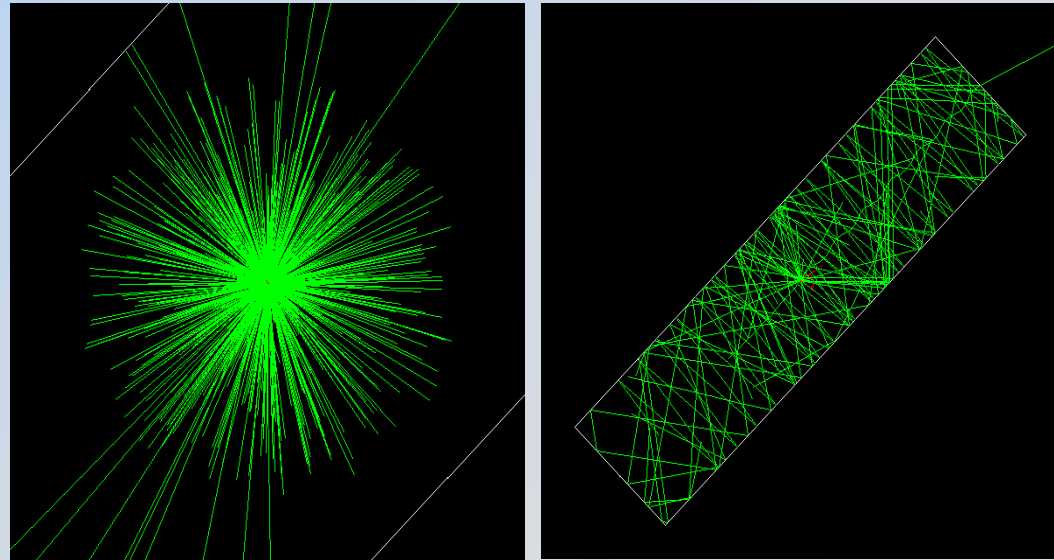
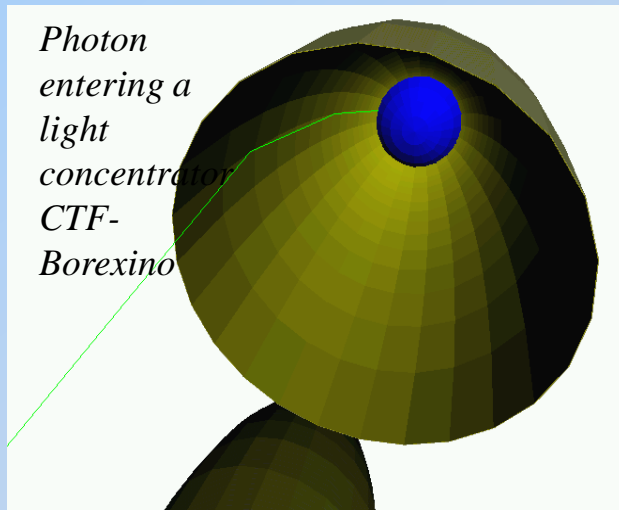
absorção *in-flight*

espalhamento Rayleigh

interação com o meio e com as bordas (reflexão,

refração)

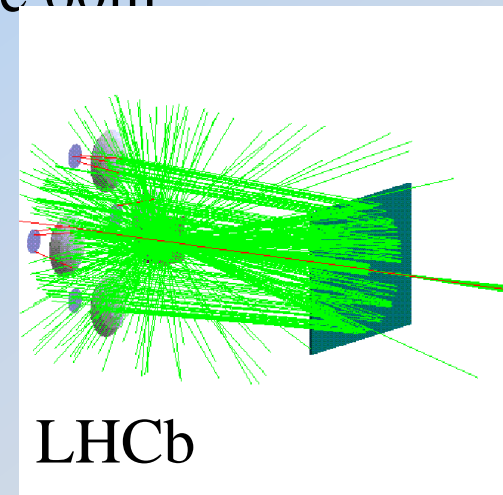
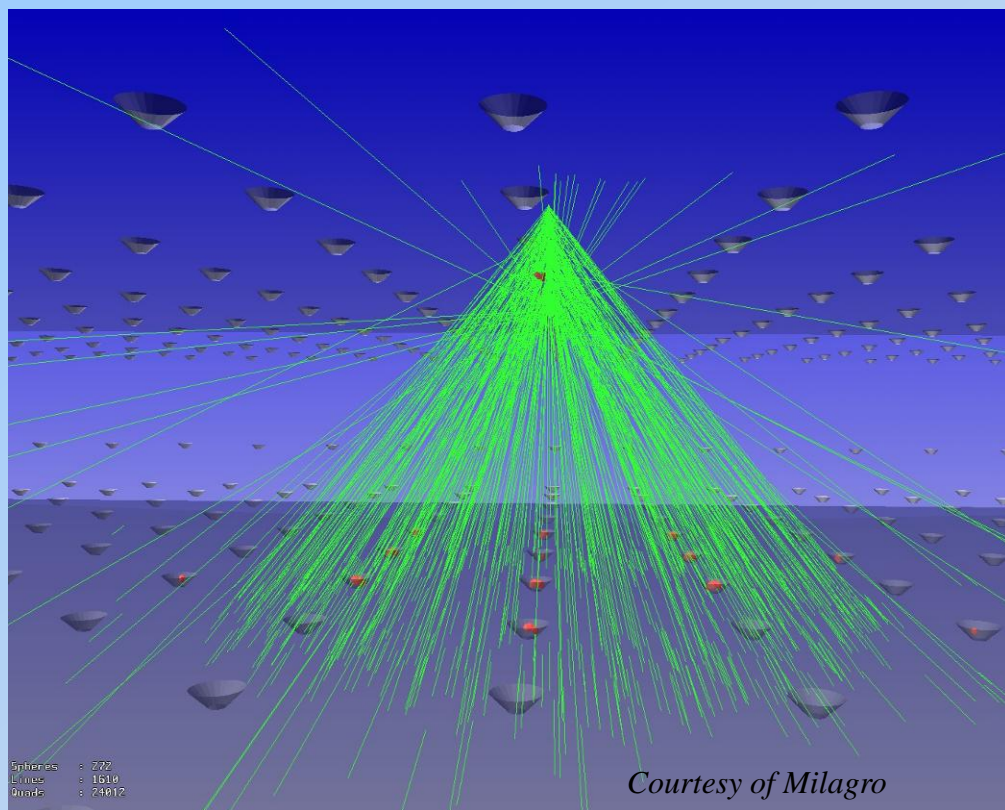
Geant4 Optical Processes : Scintillating Cells and WLS Fibers



Courtesy of J. Mc Cormick (SLAC)

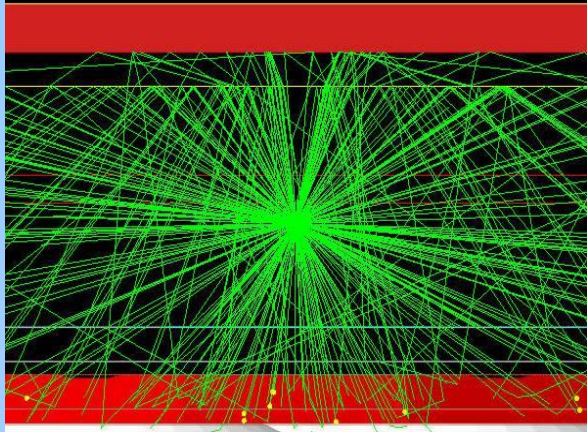
Cherenkov

Milagro é um *Water-Cherenkov detector* localizado próximo a Los Alamos, NM, cobrindo uma área de 60m x 80m x 8m



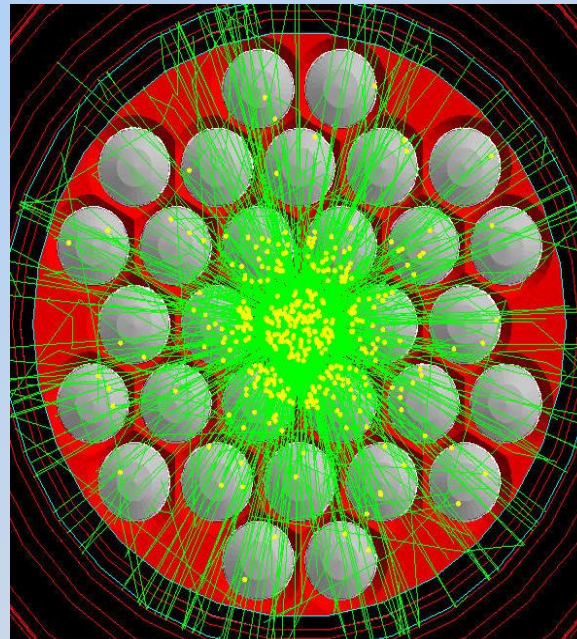
Aerogel Thickness	Yield Per Event	Cherenkov Angle mrad
4 cm DATA	6.3 ± 0.7	247.1+-5.0
MC	7.4 ± 0.8	246.8+-3.1
8 cm DATA	9.4 ± 1.0	245.4+-4.8
MC	10.1 ± 1.1	243.7+-3.0

prompt scintillation

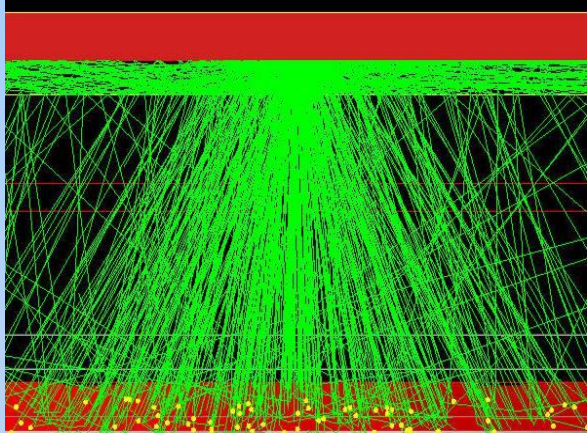


ZEPLIN III
Dark Matter Detector

sinal na PMT



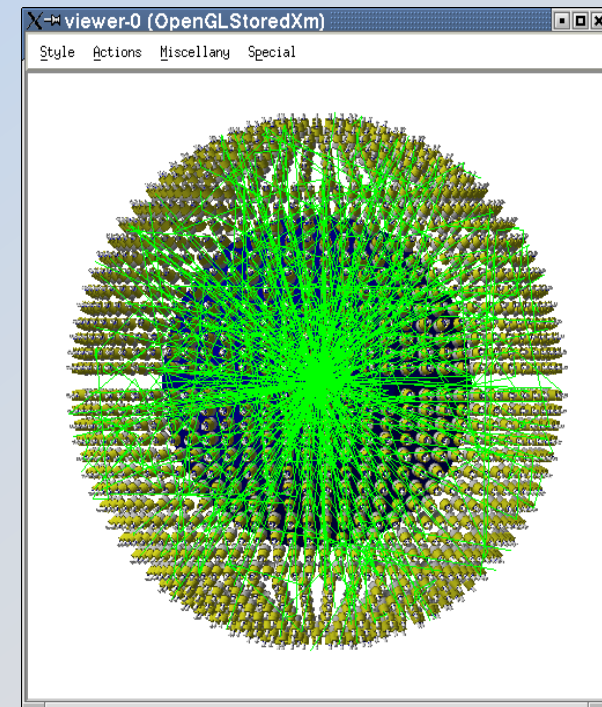
termoluminescense



*Courtesy of H, Araujo, Imperial
College London*

Cintiladores

GEANT4 Scintillation
Event in BOREXINO

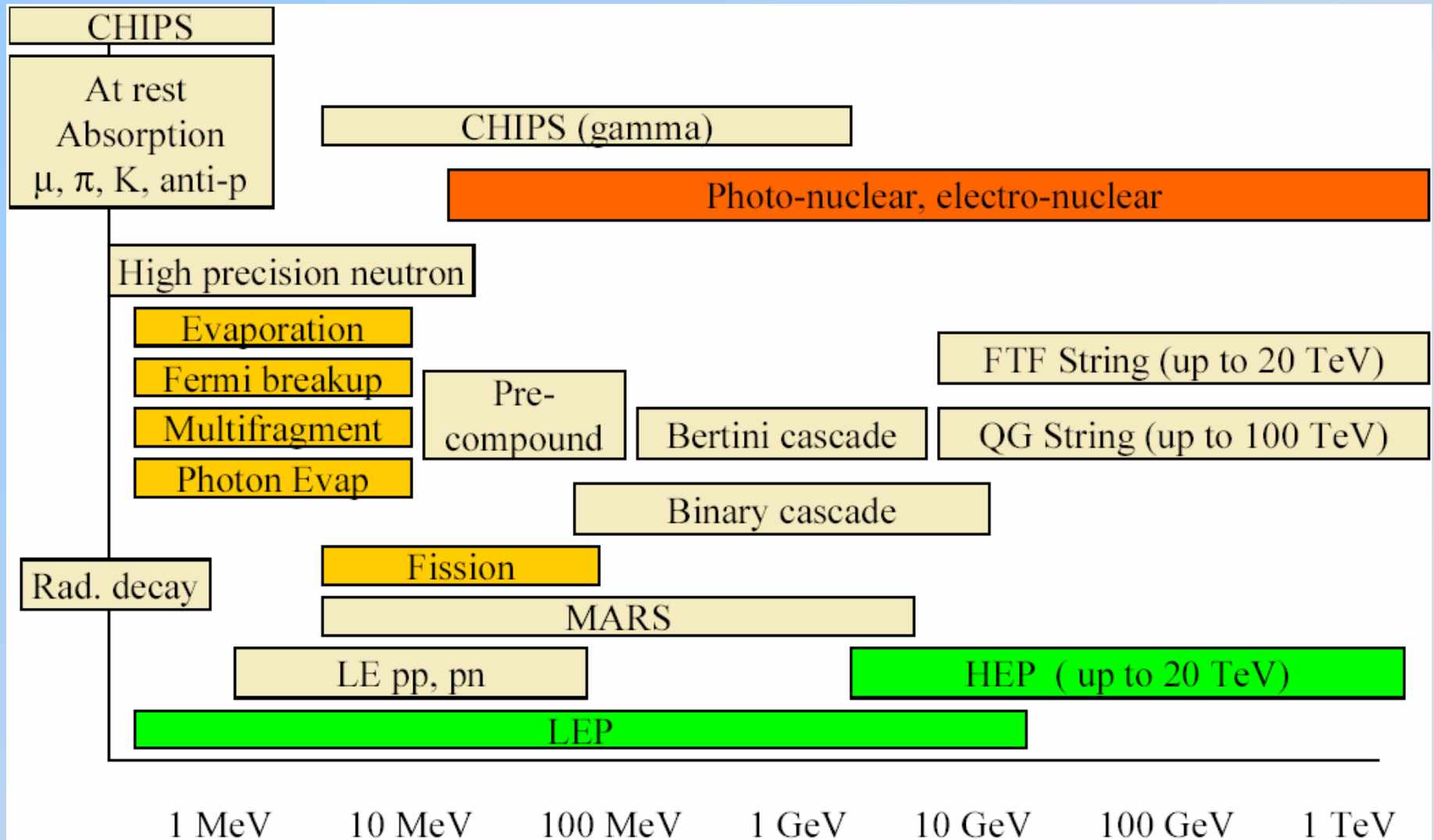


Courtesy of Borexino

Física Hadrônica

- *approach* completamente diferente do utilizado no Geant3.
próprio, transparente
não usa interfaces com pacotes externos (como feito antes)
separação total entre os dados e seu uso em algoritmos
- *Cross section data sets*
transparentes e intercambiáveis
- Cálculos do estado final (*final state calculation*)
modelos separados por partícula, energia, material
- Ampla variedade de modelos
é o kit de simulação mais completo do mercado
possui modelos alternativos e complementares
data-driven models, modelos teóricos e parametrizados

Hadronic model inventory



Modelos hadrônicos parametrizados e *data-driven hadronic models*

Baseados em dados experimentais

Alguns modelos são originários do GHEISHA

redesenhados para tecnologia OO

parametrizações físicas foram refinadas

Novas parametrizações

pp, elastic differential cross section

nN, total cross section

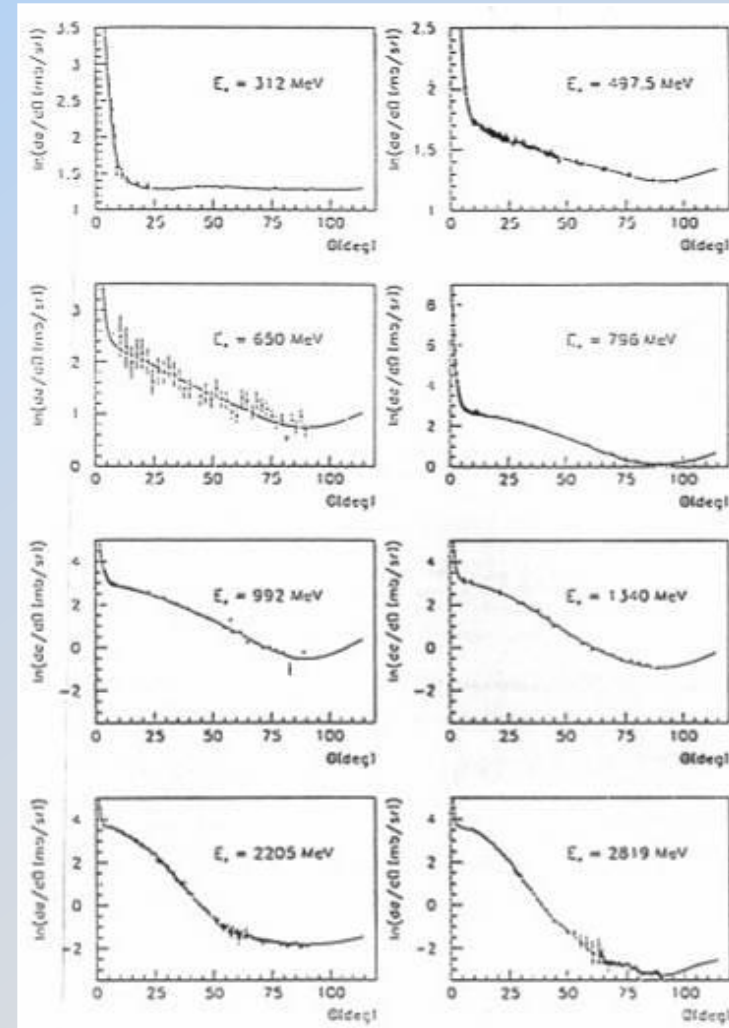
pN, total cross section

np, elastic differential cross section

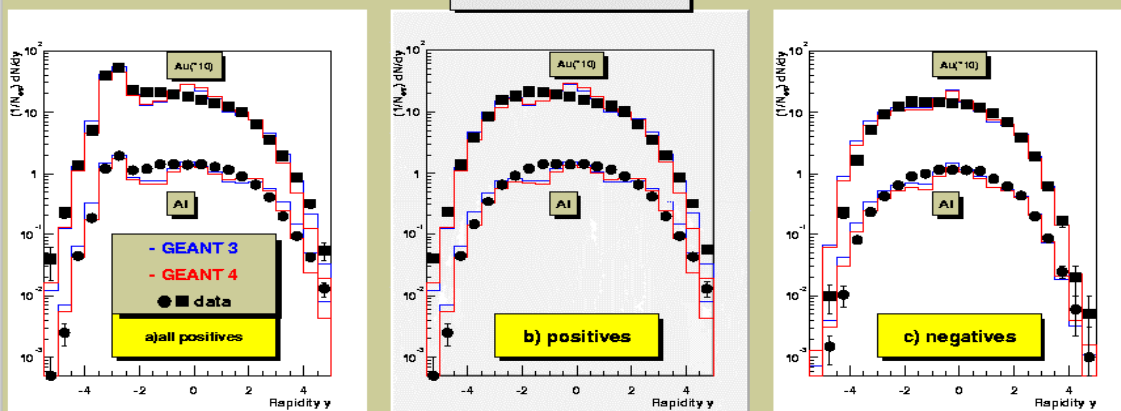
π N, total cross section

π N, coherent elastic scattering

Espalhamento elástico, p-hidrogênio



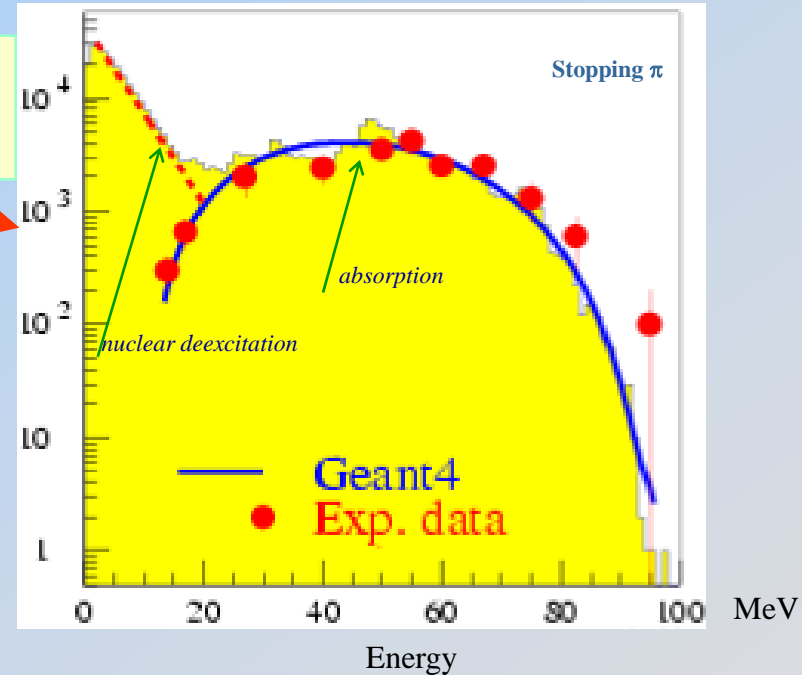
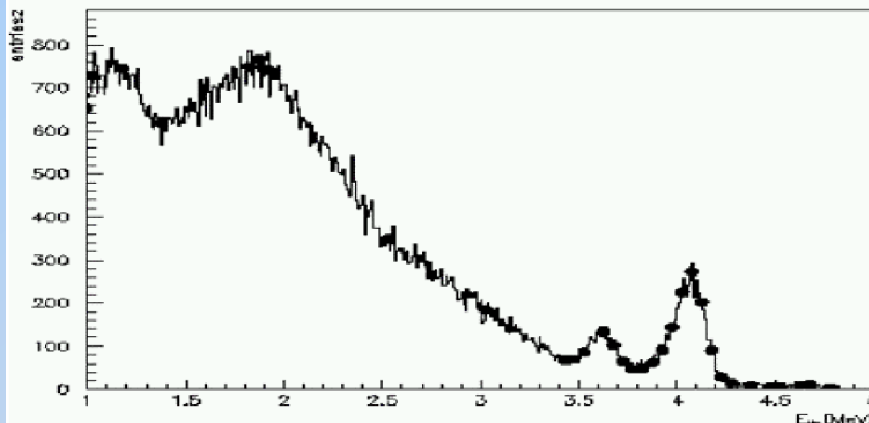
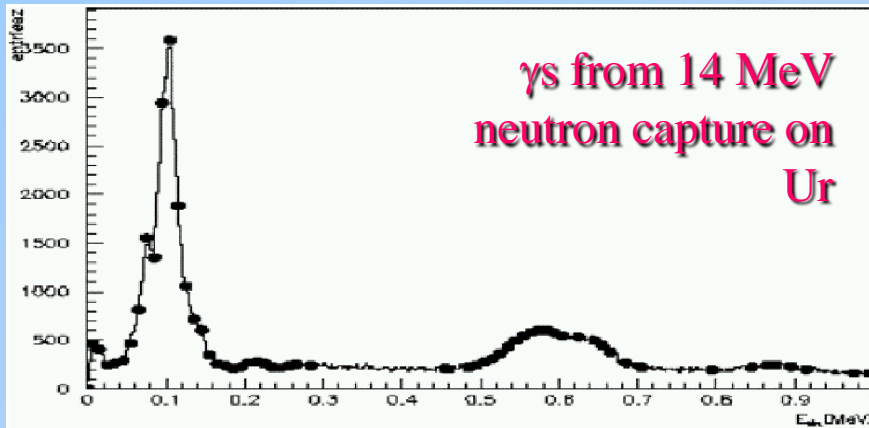
$(\pi^+, K^+)A$ at 250 GeV/c



Modelos hadrônicos parametrizados e *data-driven hadronic models*

Modelos completamente novos, tais como:

stopping particles: π^- , K^-
(relevant for μ/π PID detectors)



neutrons

All worldwide existing databases used in neutron transport
Brond, CENDL, EFF, ENDFB, JEF, JENDL, MENDL etc.

Modelos Teóricos

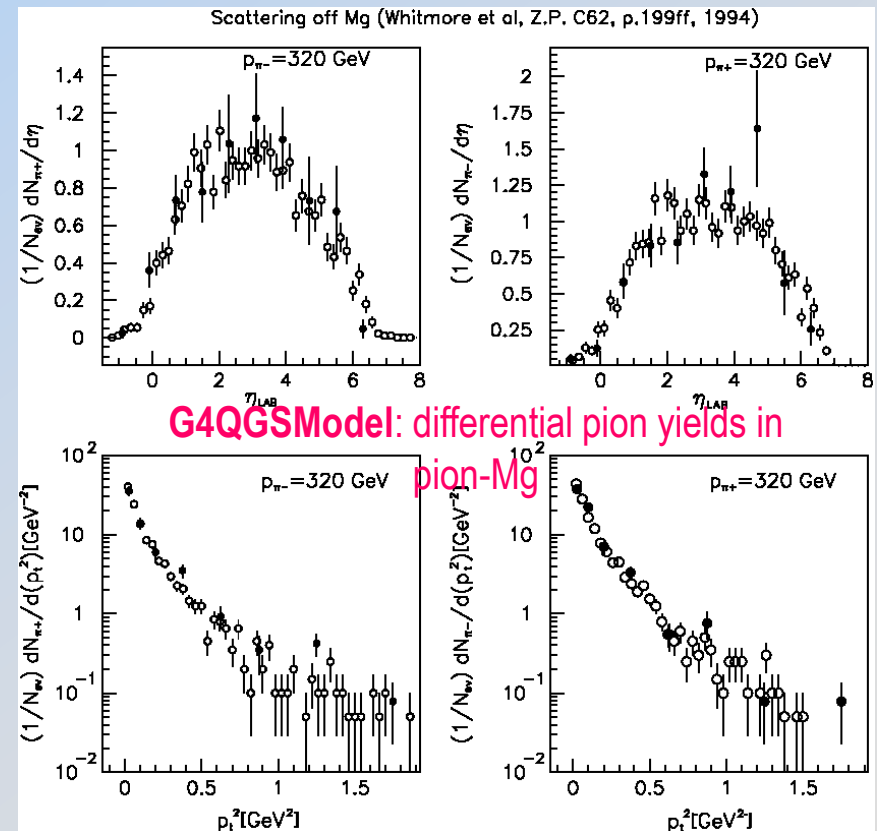
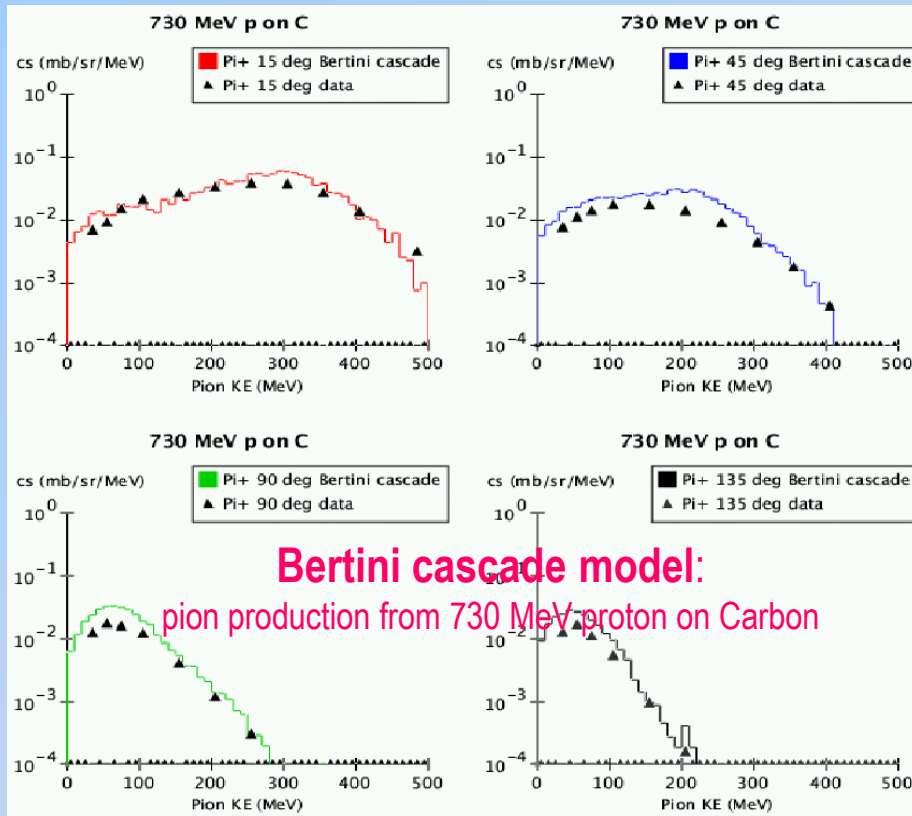
modelos complementares e alternativos

modelos de *Evaporation Phase*

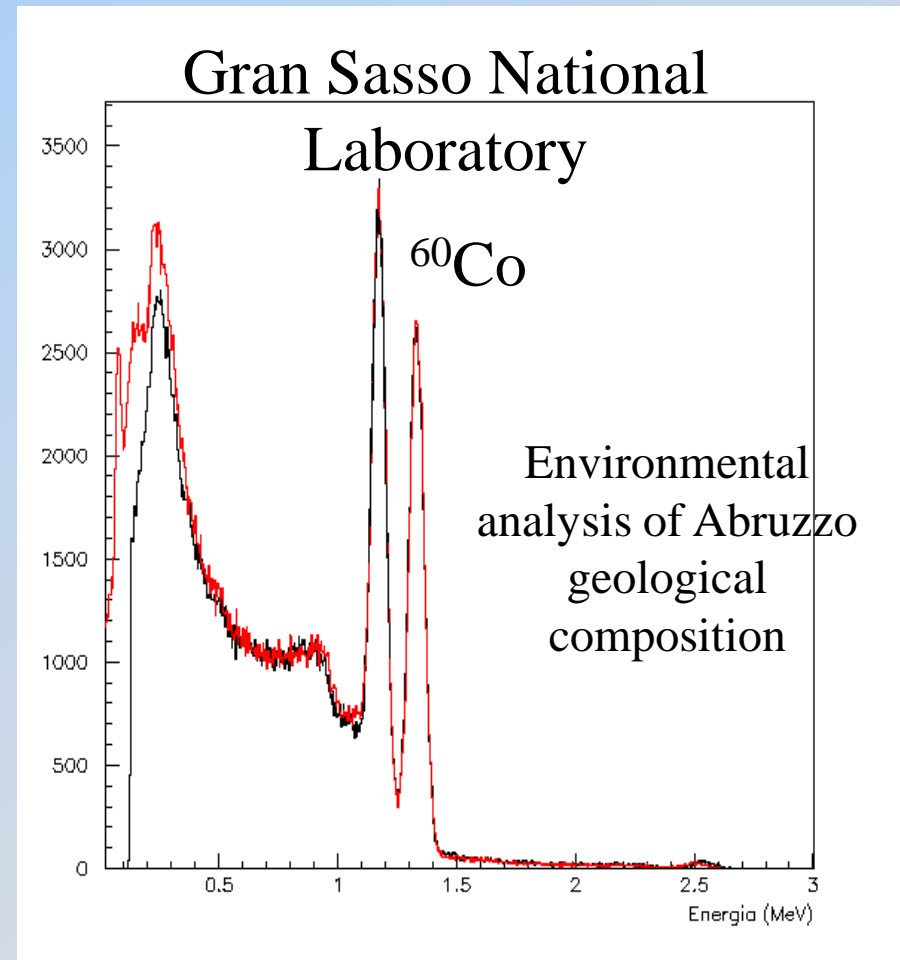
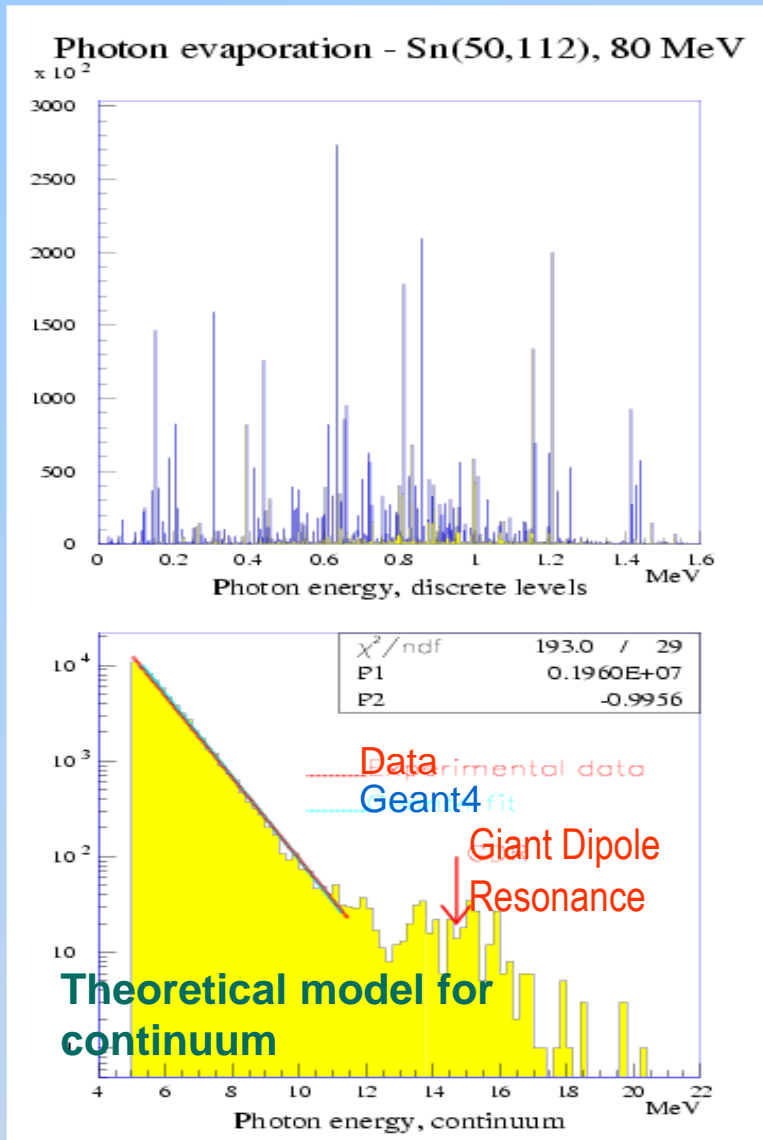
intervalo de baixa energia $O(100 \text{ MeV})$: *pre-equilibrium*

intervalo de energia intermediária $O(100 \text{ MeV})$ a $O(5 \text{ GeV})$: *intra-nuclear transport*

Intervalo de alta energia: *hadronic generator* régime



É possível misturar modelos teórico/parametrizado



Outras componentes

Materiais

elementos, isótopos, compostos, fórmulas químicas

Partículas

todos os dados do PDG

e mais, para uso específico do Geant4, tais como íons (ou mesmo o geantino)

Hits & Digi

Para descrever a resposta do detector

Primary event generation

Existem alguns tools de uso geral, por exemplo **GeneralParticleSource**

...e mais

Simulação Rápida (*Fast Simulation*)

É possível usar *full simulation* e *fast simulation* na mesma simulação.

A parametrização produz diretamente a resposta do detector, do conhecimento que se tem da partícula e das propriedades do volume
hits, digis, reconstructed-like objects (*tracks, clusters etc.*)

Flexibilidade

É possível ativar *fast /full simulation* por detector
por exemplo: *full simulation for inner detectors / fast simulation for calorimeters*

ativar *fast /full simulation* por região geométrica
por exemplo: *fast simulation in central areas + full simulation near cracks*

ativar *fast /full simulation* por tipo de partícula
por exemplo: *in e.m. calorimeter, e/g parameterisation + full simulation of hadrons*

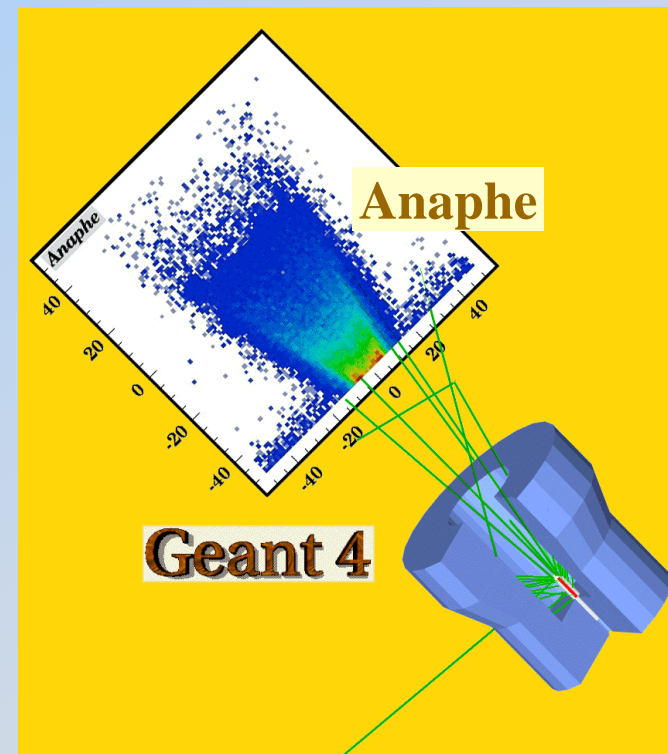
usar *fast/full simulation* em geometrias paralelas
por exemplo: *inner e outer tracking detectors* tratados separadamente na *full simulation*, mas em conjunto na *fast simulation*

Interface para “external tools”

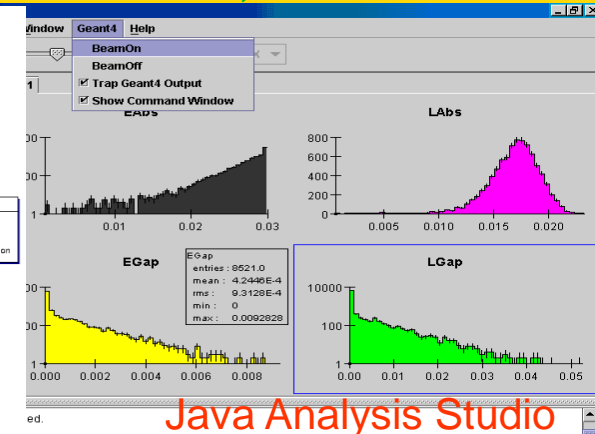
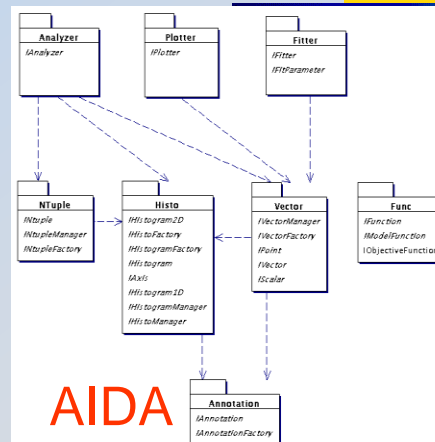
Através de interfaces abstratas
sem dependencias
minimiza os acoplamentos com componentes

“Similar approach”

- Visualisation
- (G)UI
- Analysis



O usuário é completamente
livre para escolher qual
sistema ele/ela prefere, para
cada componente.



AIDA

Java Analysis Studio

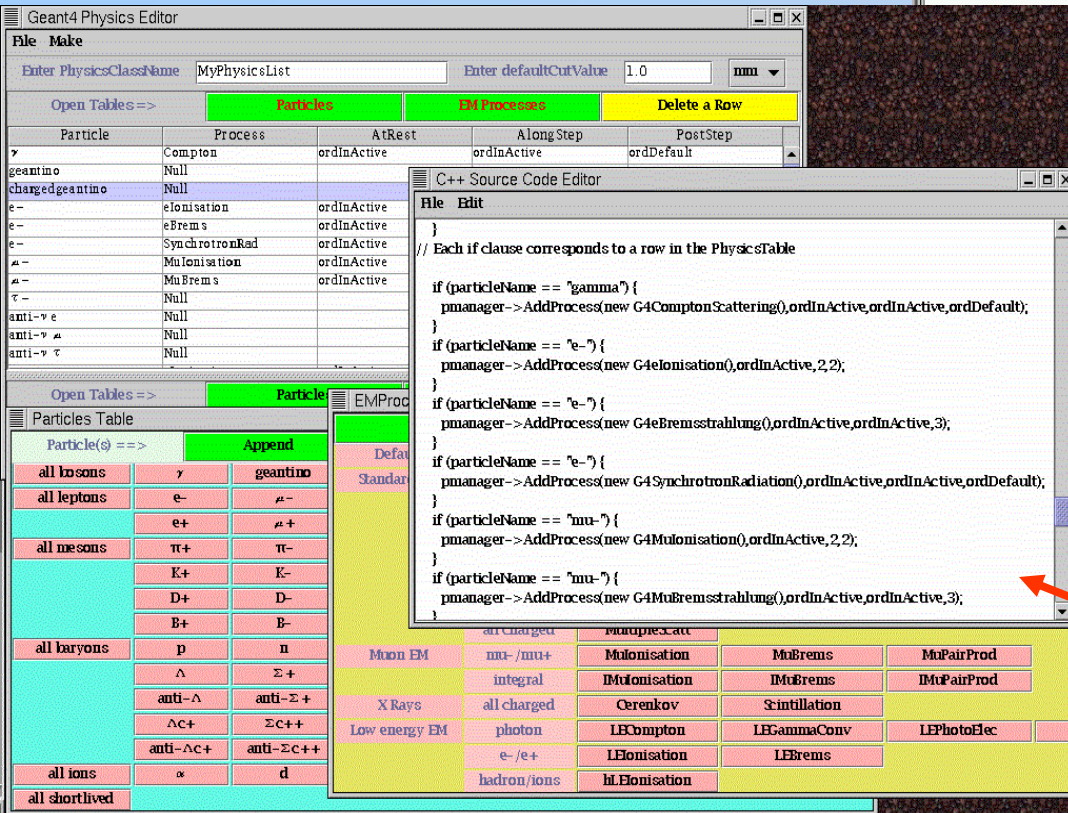
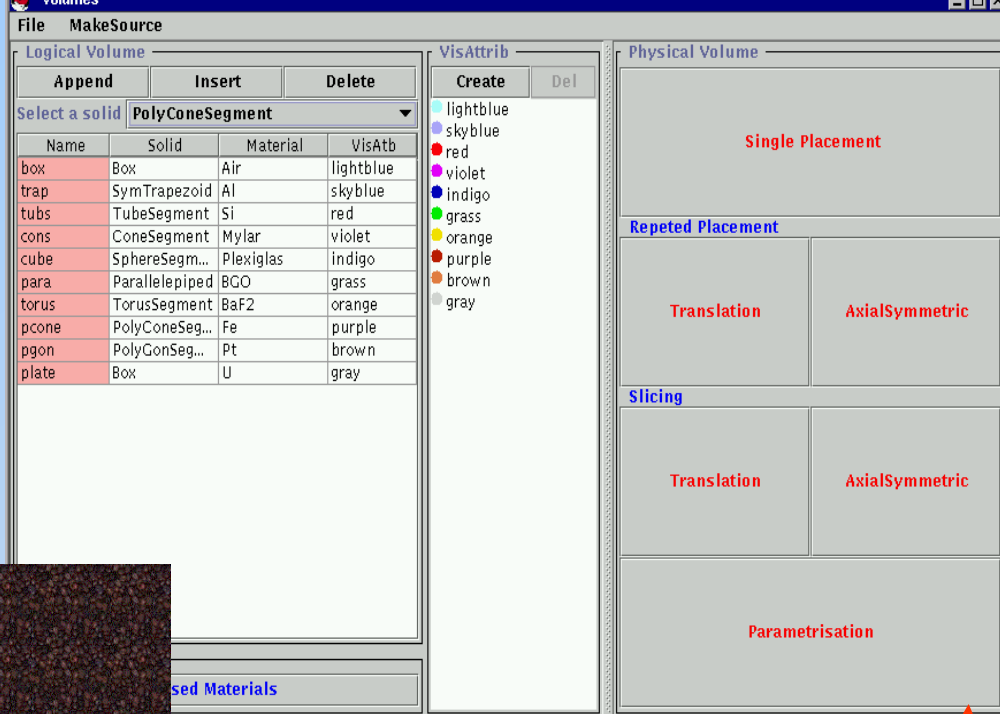
User Interface

Várias implementações

Linha de comando (batch ou terminal)

GUIs :

X11/Motif, GAG, MOMO, OPACS, Java



Geração automática do código para a geometria e para a física usando o GUI

- GGE (Geant4 Geometry Editor)

GPE (Geant4 Physics Editor)

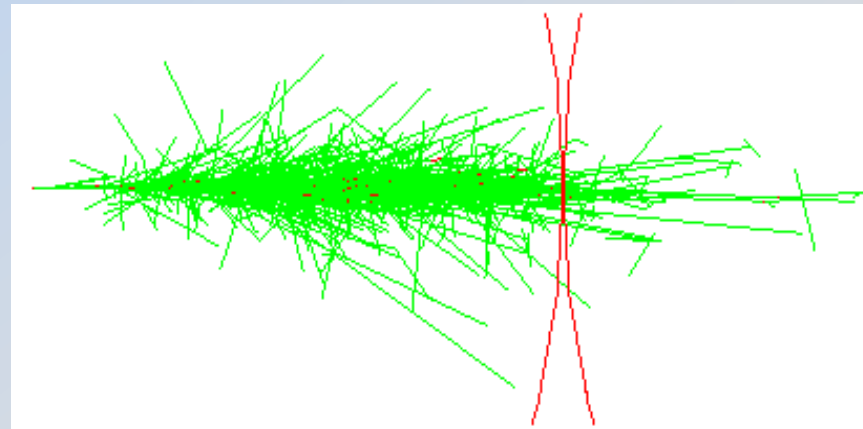
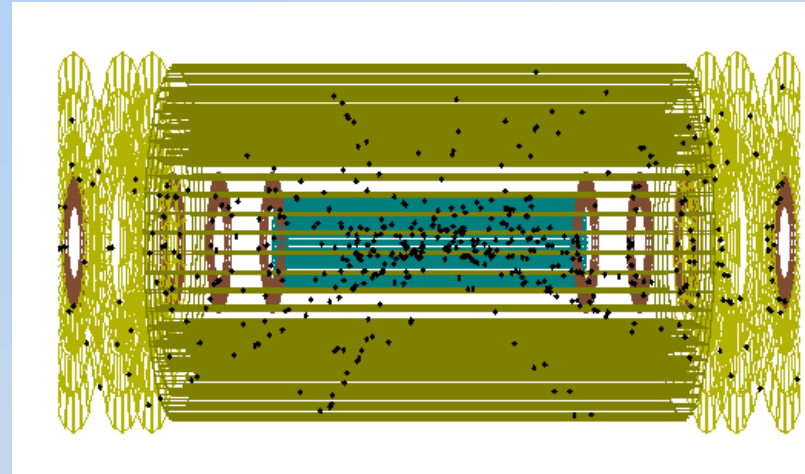
Visualização

Controla vários tipos de visualização:

- geometria do detector
- trajetória das partículas
- hits nos detectores

Vários drivers

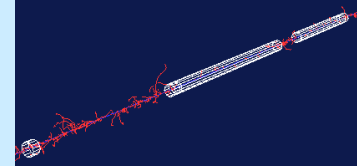
- OpenGL
- OpenInventor
- X11
- Postscript
- DAWN
- OPACS
- HepRep
- VRML...



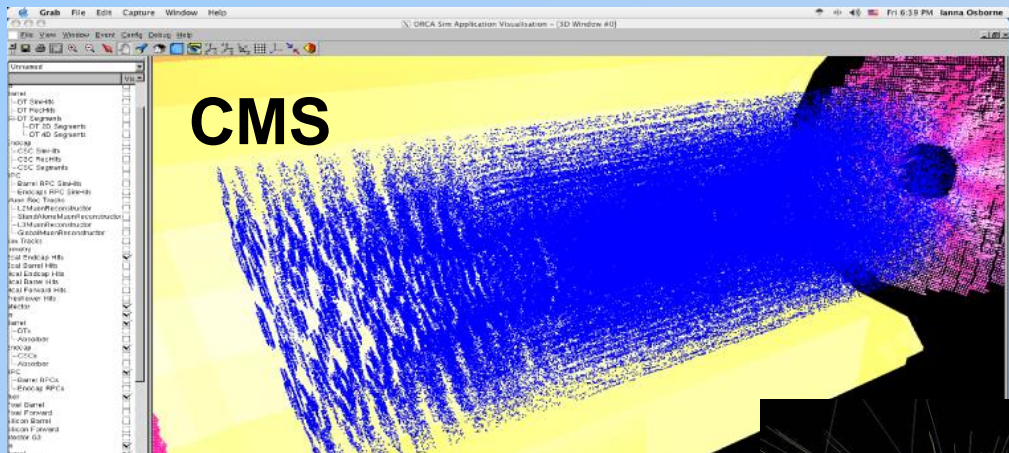
Heavy ion beams

O Geant4 no limite...

NIRS N. Kanematsu, M. Komori - Nagoya K. Niwa, T. Toshito, T. Nakamura, T. Ban, N. Naganawa, S. Takahashi - Uchu-ken M. Ozaki - Kobe S. Aoki - Aichi Y. Kodama - Naruto H. Yoshida - Ritsumei S. Tanaka - SLAC M. Asai, T. Koi - Tokyo N. Kokubu - Gunma K. Yusa - Toho H. Shibuya, R. Ogawa, A. Shibazaki, T. Fukushima - KEK K. Amako, K. Murakami, T. Sasaki



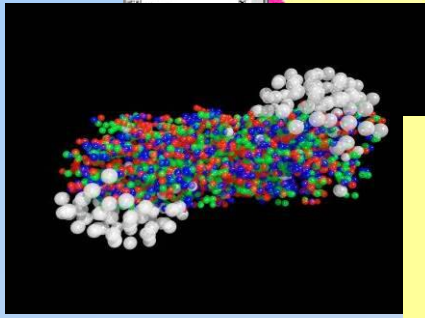
Medical ion beam



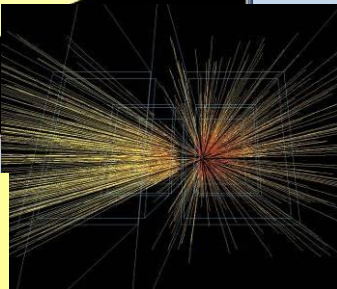
Geant4 simulation

Beam Track Reconstruction
135 MeV/u ¹²C beam

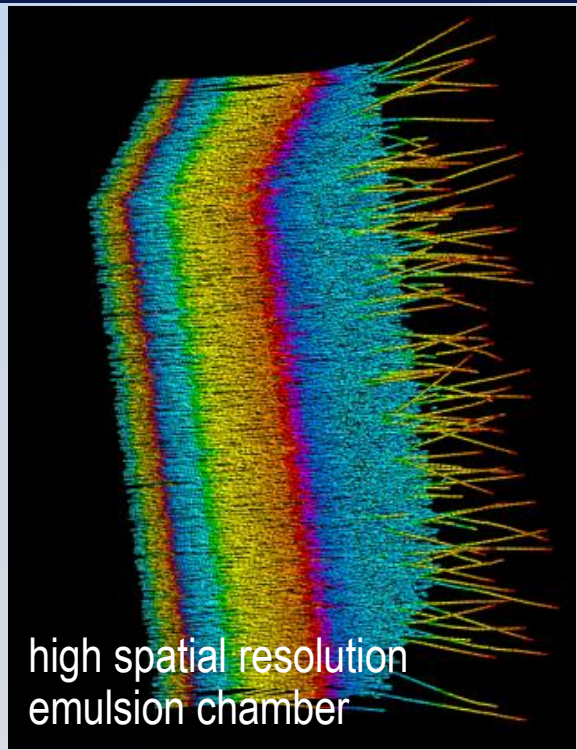
Cylinders : 14
Cubes : 6226
Lines : 51678



Events with > 50000 particles/event in detector acceptance



~ 180 minutes to simulate 1 event with 55K generator tracks

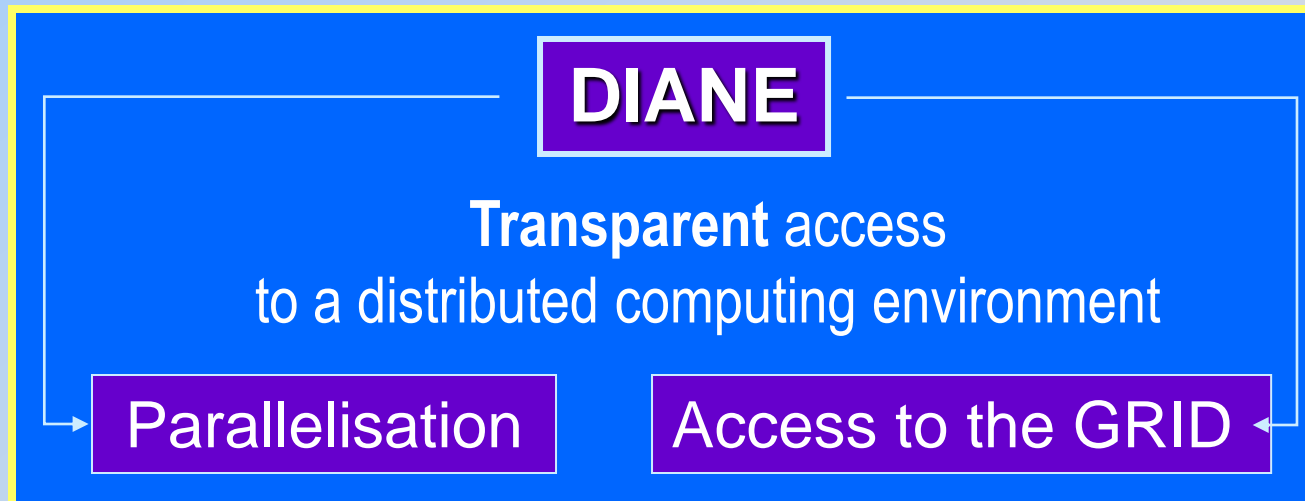


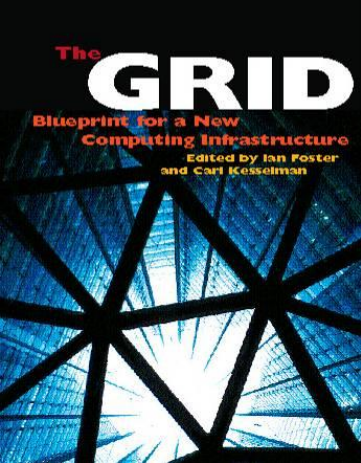
high spatial resolution emulsion chamber

Para rodar o Geant4 tem-se Duas opções:

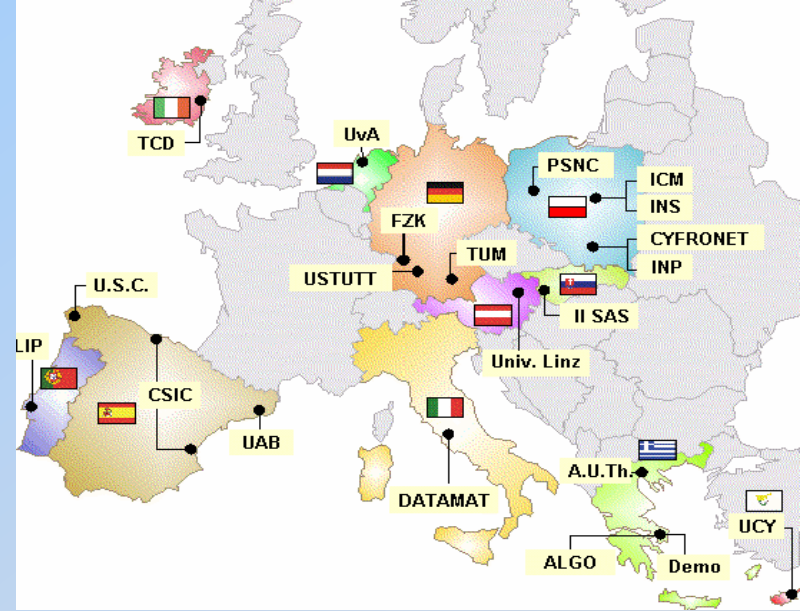
Local: computing farm ou PC (ou mesmo o notebook)

Distribuída geograficamente: **GRID**

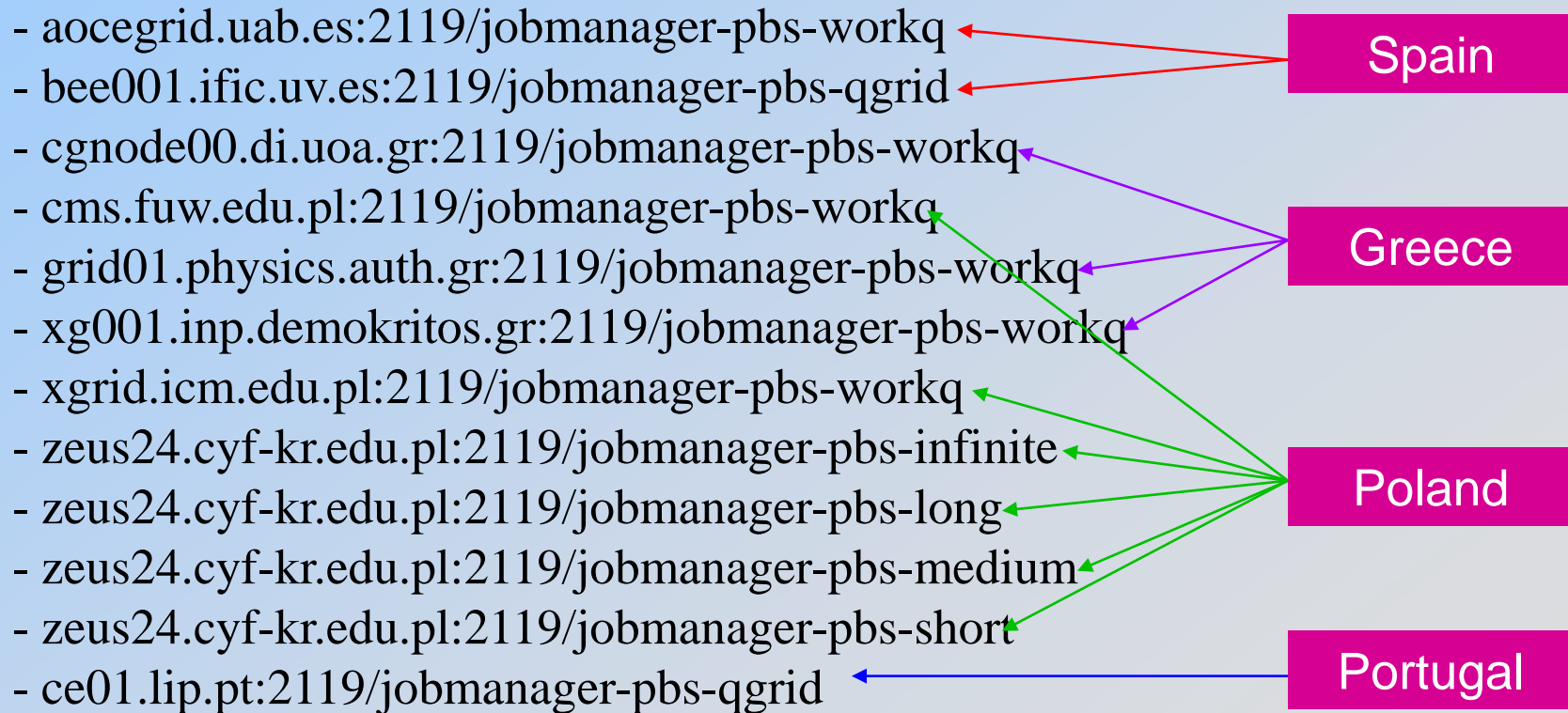




Traceback from a run on **CrossGrid** testbed



Current #Grid setup (computing elements):
5000 events, 2 workers, 10 tasks (500 events each)



O kit fornecido pelo Geant4

Código

~1M linhas de código
crescendo continuamente
faz-se o download a partir da
internet.
é público.

Documentação

5 manuais
que podem ser obtidos via internet

Exemplos

distribuídos junto com o código
várias aplicações, completas,
simplificadas e setups
experimentais da vida real

Plataformas

Linux, SUN, Windows, (MacOS)

Software comercial

nenhum é necessário
mas pode ser *interfaced*, se desejado

Software livre

CVS
gmake, g++
CLHEP

Visualização, (G)UI

OpenGL, X11, OpenInventor, DAWN,
VRML...
OPACS, GAG, MOMO...

O Geant4 é um experimento, e como tal está sempre apresentando novos projetos, idéias, design, etc...

Existem projetos para conectar o Geant4 a novos visualizadores, novos softwares, existe o G4Py (?) para rodar Geant4 a partir de Python interfaces

e muitos outros...

Sub-grupo de "persistence" dentro da colaboração Geant4
→ desenvolve interface com o ROOT, GDML, entre outros

http://www.geant4.org/geant4/collaboration/working_groups/persistence/index.shtml



Geant 4 DNA



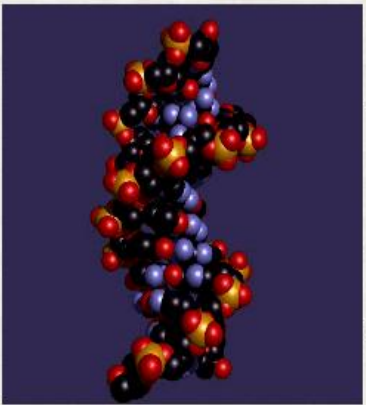
S. Chauvie et al., **Geant4 physics processes for microdosimetry simulation**, IEEE TNS vol. 54, no. 6, Dec. 2007

- [Home](#)
- [Requirements](#)
- [Documents](#)
- [Talks](#)
- [Papers](#)
- [Meetings](#)
- [Team](#)

- [Geant4](#)
- [Geant4-INFN](#)
- [Geant4 LowE Physics](#)

- [Useful links](#)

Simulation of Interactions of Radiation with Biological Systems at the Cellular and DNA Level

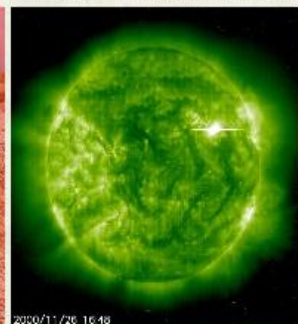


Estimating cancer risk for human exposures to space radiation is a challenge which involves a wide range of knowledge in physics, chemistry, biology and medicine.

Traditionally, the biological effects of radiation are analysed in top-bottom order, i.e. evaluation of the absorbed macroscopic radiation dose at a given location in the biological tissue is translated to the degree of danger it presents, and dose limits are consequently set that are considered to be acceptable.

A novel approach, based on the new-generation object-oriented **Geant4** Monte Carlo Toolkit, proceeds in a reverse order, from bottom to top, by analysing the nano-scale effects of energetic particles at the cellular and DNA molecule level.

This project is sponsored by the European Space Agency (**ESA**) and is pursued by a multidisciplinary European team of biologists, physicians, physicists, space scientists and software engineers.



Pictures courtesy of ESA

A further step forward



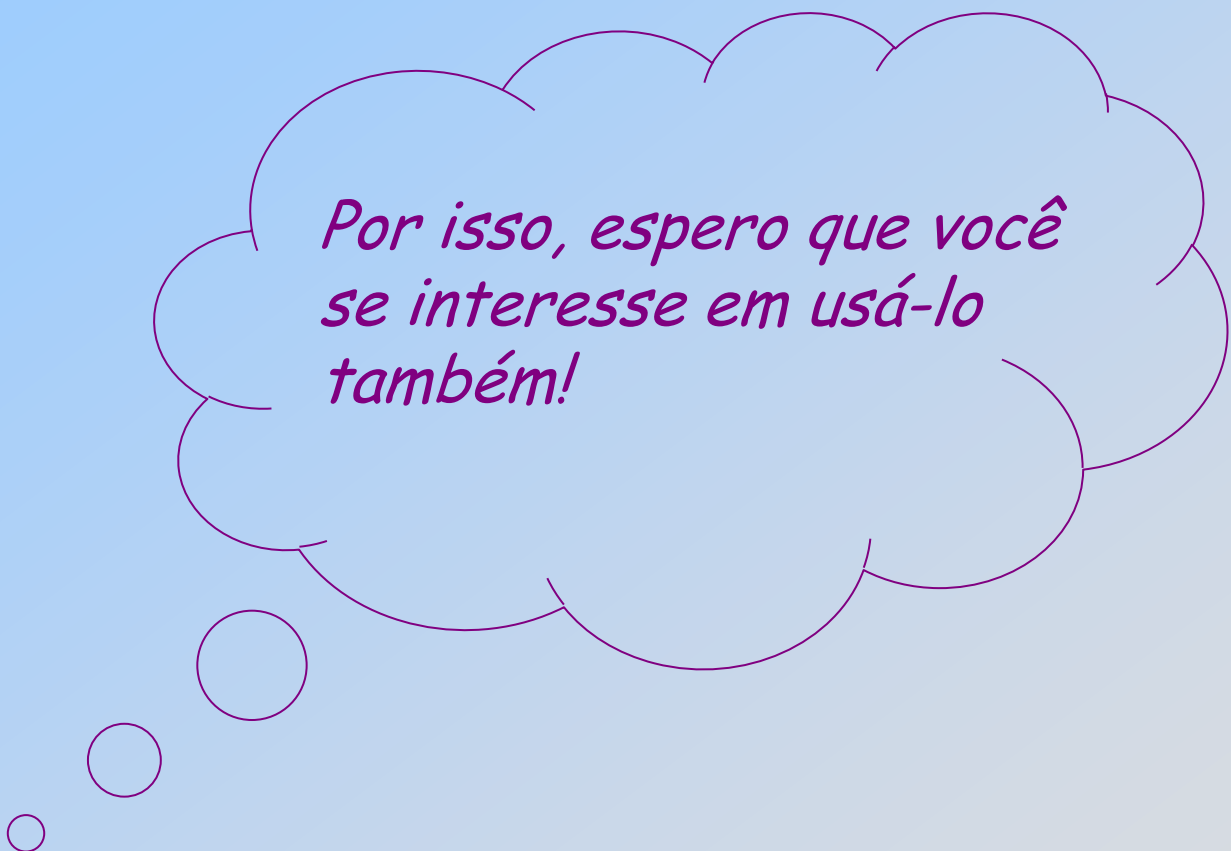
Nano5

**New architectural
design for novel
experimental domains**

R&D on
simulation methods, technology and architectural design
for new experimental domains

Conclusão

- o Geant4 é um *toolkit* que permite simular detectores e meios onde partículas podem interagir.
- rico em processos físicos
- adaptável às constantes mudanças computacionais
- escrito em C++ e tecnologia OO
- segue regras estritas de engenharia de software
- transparente em todos seus processos
- é um experimento, mantido por uma colaboração internacional, atualizado 1-2 vezes ao ano
- é utilizado em inúmeras áreas, física de altas energias, ciências espaciais, física médica.
- é um dos principais tópicos em transferência de tecnologia do CERN para a sociedade.



*Por isso, espero que você
se interesse em usá-lo
também!*