



# GATE – Software pro metodu Monte Carlo na bázi GEANTu

Jiří Trnka<sup>1</sup>, Jiří Terš<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Oddělení radiační ochrany Všeobecné fakultní nemocnice v Praze

<sup>2</sup>Radioizotopové pracoviště IKEM




# Co je to GATE?

- Software pro preklinické a klinické Monte Carlo simulace v transmisní a emisní tomografii a radiační terapii
- Podporuje i dozimetrii a tzv. optické zobrazování (viditelné spektrum)
- Jde v podstatě o „překladač“ macro scriptů (textových dokumentů) do C++ využívající jádro GEANTu (CERN)
- Na míru dělaný medicínským aplikacím – jazyk macro scriptů již do jisté míry předpokládá, jak vypadá například PET a z jakých částí se skládá
- Nevyžaduje přímou znalost programovacího jazyka
- Umožňuje čerpat z volnosti GEANTu – volba fyziky, interakcí, materiálů...



# www.opengatecollaboration.org



**GATE**  
Simulations of Preclinical and Clinical Scans in Emission Tomography, Transmission Tomography and Radiation Therapy

Home Download Documentation Mailing List Collaborative Wiki Training Publications Meetings Opportunities Awards About GATE

### User login

Username: \*

Password: \*

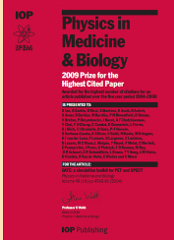
Remember me

[Request new password](#)

### New user

[Create new account](#)

### Prize for the highest cited paper



PMB citations prize




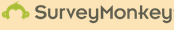

### Forewords

GATE is an advanced opensource software developed by the international OpenGATE collaboration and dedicated to numerical simulations in medical imaging and radiotherapy. It currently supports simulations of Emission Tomography (Positron Emission Tomography - PET and Single Photon Emission Computed Tomography - SPECT), Computed Tomography (CT), Optical Imaging (Bioluminescence and Fluorescence) and Radiotherapy experiments. Using an easy-to-learn macro mechanism to configurate simple or highly sophisticated experimental settings, GATE now plays a key role in the design of new medical imaging devices, in the optimization of acquisition protocols and in the development and assessment of image reconstruction algorithms and correction techniques. It can also be used for dose calculation in radiotherapy experiments.

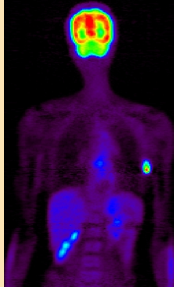
If you are interested in contributing to GATE, here are a few tips regarding what you can do to be part of this collaborative effort:

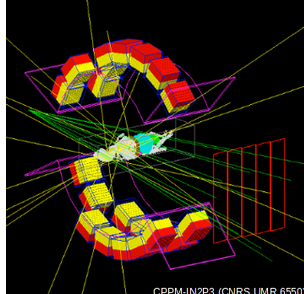
- Reply to the mailing list
- Contribute to the documentation: ask for a login/password and then modify the documentation on the wiki
- Report bugs  
GATE project is now publicly available on GitHub. So, any people identified as a GATE contributor on GitHub can create, assign and close an issue
- Add/modify the source code or fix bugs
  - Start by copying the GATE public repository from GitHub  
`git clone https://github.com/OpenGATE/Gate.git`
  - Create a specific branch on your repository copy and commit your modifications in that branch
  - Create your own copy (fork) of GATE public repository inside your GitHub account so as to be able to push your branch onto this copy
  - Once your code is ok,
    1. Create a pull-request from your Gate repository to the official Gate repository
    2. Provide an example that tests your new feature
    3. If you implemented a new feature, have the associated documentation ready
    4. Inform these three people from the collaboration (S. Jan, D.Sarrut and A. Dubois) who will then get in touch with you to integrate your changes in the official repository (once merged, pull-requests and corresponding source code changes can be visualized using GitWeb).
- Interested in a long term participation? Why not join the collaboration? Read some documentation about the collaboration and contact us

### Shortcuts

-  [Subscribe to GATE-users mailing-list](#)
-  [Request account on GATE collaborative wiki](#)
-  [Access to GATE project on GitHub](#)
-  [GATE users survey](#)
-  [Download](#)

### GATE: sample results





CPPM-IN2P3 (CNRS UMR 6550)



# Výhody GATE

- GATE je zdarma a bez registrace k dispozici ke stažení na <http://www.opengatecollaboration.org/>
- Určený pro medicínské aplikace = jednodušší tvorba geometrie, detektorů atd.
- Podpora výpočtů na grafických jádrech (nVidia CUDA)
- Volnost volby fyziky (GEANT) a simulovaných interakcí
- Možnost nestacionární geometrie – v simulacích funguje čas
- Tzv. digitizer modul pro simulaci elektroniky detektorů
- Možnost výstupu v ROOTu



# Nevýhody GATE

- Nutnost kompilace ze zdrojových kódů
- Silně závislý na použitých verzích veškerého softwaru, ovladačů a samotného OS – je třeba použít pouze verze, na kterých je funkčnost ověřena = možnost GATE nainstalovat a používat závisí spíše na softwaru než hardwaru
- Poměrně špatná dokumentace – ucelená kompletní dokumentace celého softwaru prakticky neexistuje
- Akceleraci výpočtu na grafické kartě lze použít jen pro některé úlohy a s určitými omezeními
- Zatím stále nepodporuje formát DICOM (pouze ASCII, Interfile, Analyze, MetaImage)



# Jak GATE nainstalovat?

- GATE je možné používat ve 2 módech:
- **vGATE** = virtuální instalace GATE pro Virtual Box obsahující OS Ubuntu, GATE, GEANT, ROOT, GCC a ImageJ – ready to GO
- **standardní instalace GATE** = kompilace ze zdrojových kódů
  - Prakticky použitelné jen pro Linux-based OS



# Fyzika v GATE

- Podpora všech modelů obsažených v dané verzi GEANTu
- Lze zapnout/vypnout jednotlivé interakce a vybírat jejich modely (Standard/Livermore/Penelope...)
- Nutno stáhnout patřičné Data Files z webu GEANTu:  
<http://geant4.web.cern.ch/geant4/support/download.shtml>
- V GEANTu několik desítek modelů fyziky – každý zpravidla vhodný pro jiný účel (energie eV-TeV, druhy částic fotony/neutrony/protony/mezony...)
- Pro běžné medicínské aplikace stačí používat defaultní modely – jiné volby jsou zajímavé například pro simulace poškození DNA nebo u hadronových svazků



# Jak funguje v GATE čas?

- Simulace samotné probíhají bez časové proměnné, ale je možné jednoduše vytvořit řetězec simulací, které se liší polohou detektoru/zdroje etc.
- Tj. uživatel simuluje časovou proměnnou změnami geometrie
- K dispozici několik definovaných pohybů včetně základního posunu a rotace
- Na konci makra se definuje počáteční a koncový čas + tzv „timeslice“
- Radionuklidy se během simulace mohou rozpadat

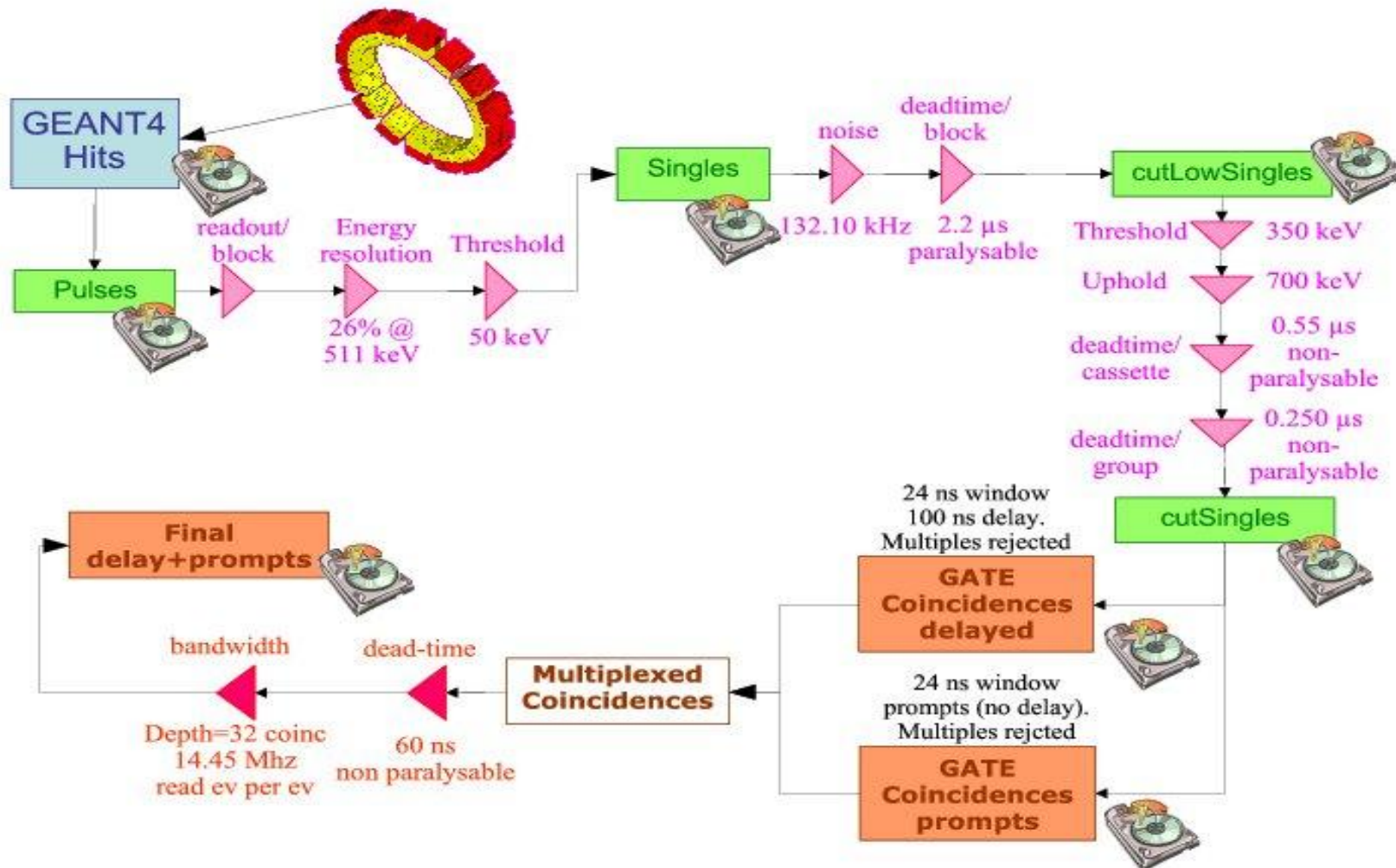




# Digitizer

- Modul, který se stará o určitý preprocessing dat – z jednotlivých zaznamenaných interakcí (hitů) je schopen namodelovat reálnou odezvu detektoru
- Adder = sloučení hitů v jednotlivých detektorech do reálných impulsů
- Readout = vyhodnocení polohy interakce (simulace bloku PMT)
- Energy Blurring = simulace energetické rozlišovací schopnosti (rozmazání)
- Crosstalk = simulace rušivé odezvy sousedních detektorů
- Thresholder/Upholder = prahování detekovaných impulsů, možnost nastavení oken
- Time blurring = rozmazání času detekce
- Modelování náhodného šumu
- Modelování elektroniky (sample rate, buffer, pile-up, dead time...)
- Conincidence sorter (nastavení zpracování koincidencí)

# Digitizer – ukázkové schéma



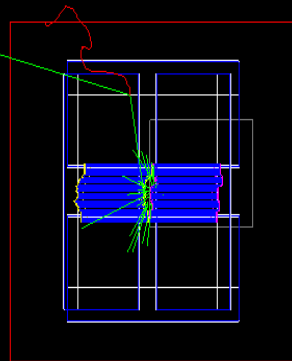


# Aplikace-radiační terapie

**Simulace IMRT terapie  
(metoda step and shoot)**

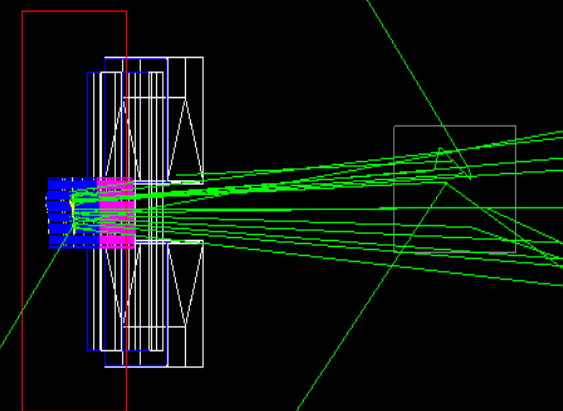
```
zakarumit@zakarumit-M50Vc: ~/Desktop/Gate/gatev7.1install/examples/example_Radiothera
mylinac_MLC_Leaf1_Left_Leaf_Kill_Plane
mylinac_MLC_Leaf1_Left_rounded_part
mylinac_MLC_Leaf1_Left_trp_inf
mylinac_MLC_Leaf1_Left_trp_sup
mylinac_MLC_Leaf2_Right
mylinac_MLC_Leaf2_Right_Leaf_Kill_Plane
mylinac_MLC_Leaf2_Right_rounded_part
mylinac_MLC_Leaf2_Right_trp_inf
mylinac_MLC_Leaf2_Right_trp_sup
patient
DefaultRegionForTheWorld

### === G4UAtomicDeexcitation::InitialiseForNewRun()
### === PIXE model for hadrons: Empirical 1
### === PIXE model for e+: Livermore 1
WARNING: 100 events have been kept for refreshing and/or reviewing.
"/vis/reviewKeptEvents" to review them.
WARNING: G4VisManager::EndOfRun: Automatic event keeping was suspended.
The number of events in the run exceeded the maximum, 100, that may be
kept by the vis manager.
The number of events kept by the vis manager can be changed with
"/vis/scene/endOfEventAction [accumulate|refresh] <N>", where N
is the maximum number you wish to allow. N < 0 means "unlimited".
```



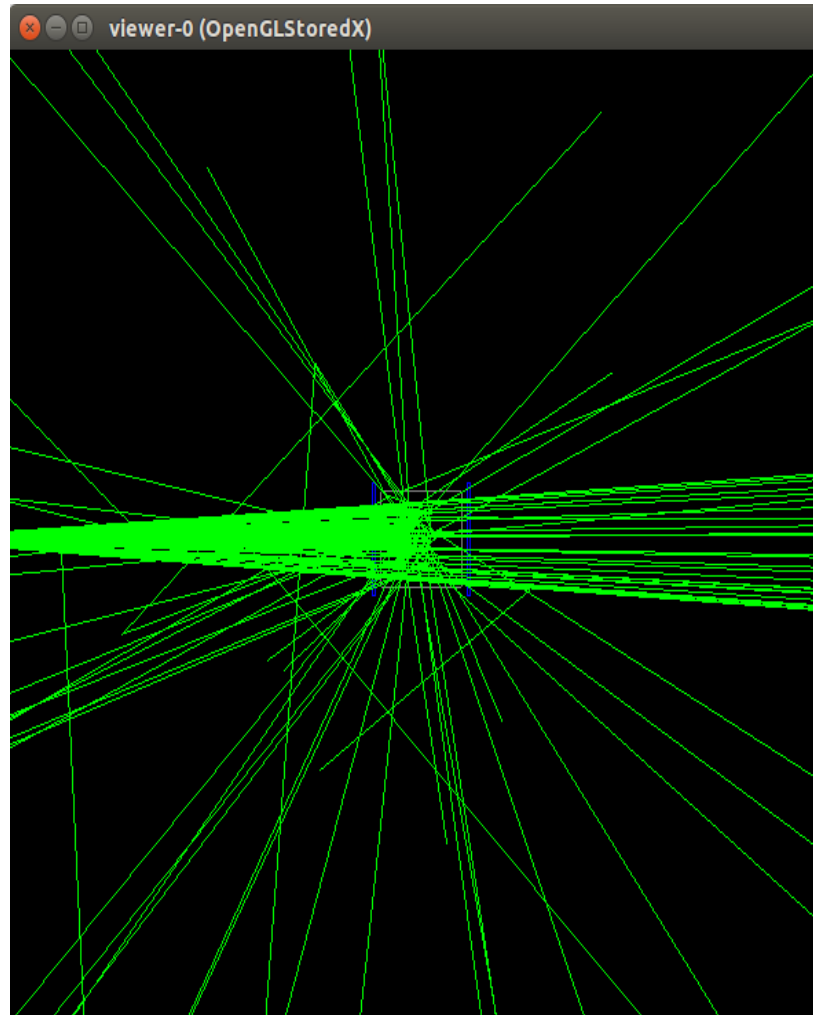
```
zakarumit@zakarumit-M50Vc: ~/Desktop/Gate/gatev7.1install/examples/example_Radiothera
mylinac_MLC_Leaf1_Left_Leaf_Kill_Plane
mylinac_MLC_Leaf1_Left_rounded_part
mylinac_MLC_Leaf1_Left_trp_inf
mylinac_MLC_Leaf1_Left_trp_sup
mylinac_MLC_Leaf2_Right
mylinac_MLC_Leaf2_Right_Leaf_Kill_Plane
mylinac_MLC_Leaf2_Right_rounded_part
mylinac_MLC_Leaf2_Right_trp_inf
mylinac_MLC_Leaf2_Right_trp_sup
patient
DefaultRegionForTheWorld

### === G4UAtomicDeexcitation::InitialiseForNewRun()
### === PIXE model for hadrons: Empirical 1
### === PIXE model for e+: Livermore 1
WARNING: 100 events have been kept for refreshing and/or reviewing.
"/vis/reviewKeptEvents" to review them.
WARNING: G4VisManager::EndOfRun: Automatic event keeping was suspended.
The number of events in the run exceeded the maximum, 100, that may be
kept by the vis manager.
The number of events kept by the vis manager can be changed with
"/vis/scene/endOfEventAction [accumulate|refresh] <N>", where N
is the maximum number you wish to allow. N < 0 means "unlimited".
```





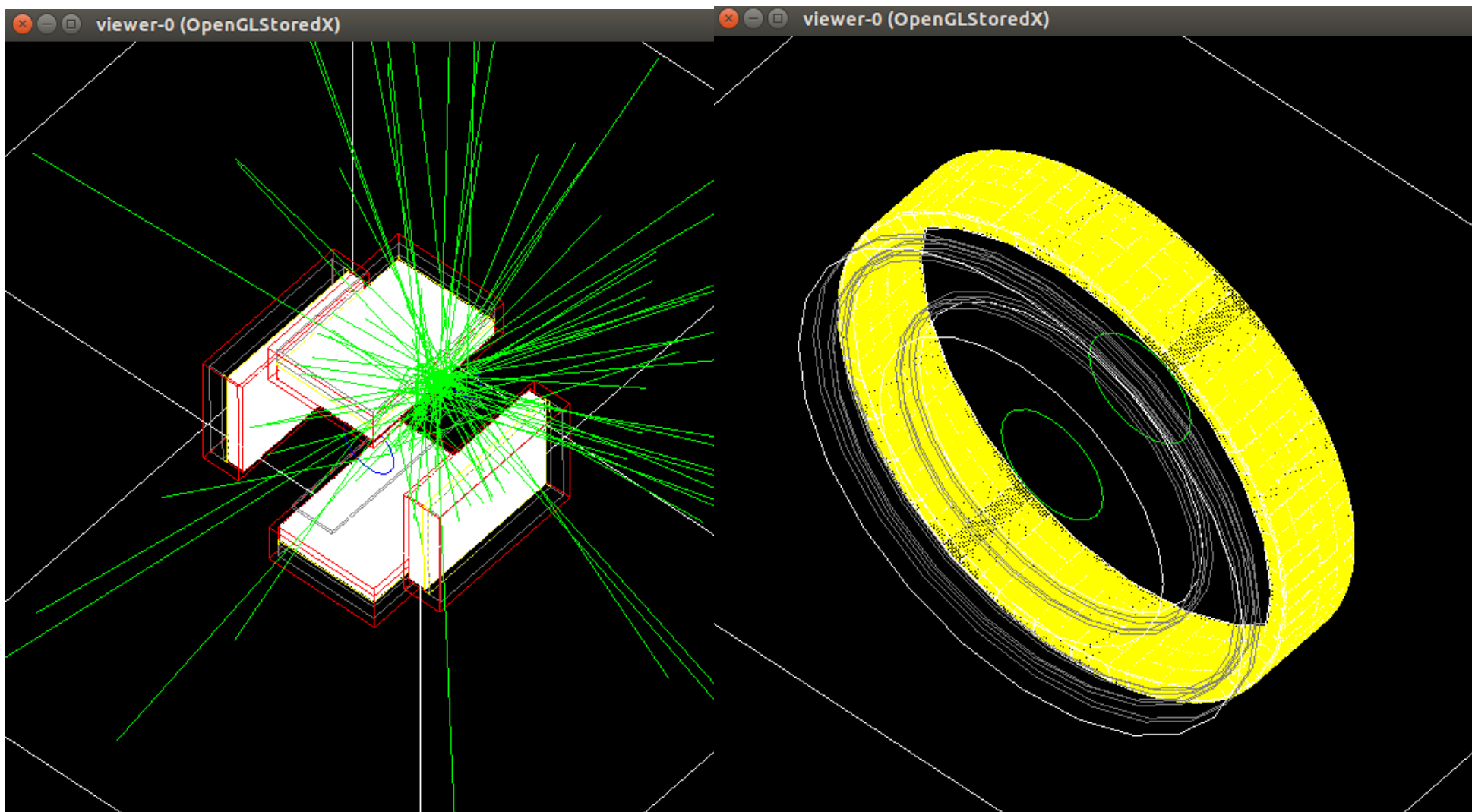
# Aplikace-rentgenová diagnostika



Voxelový fantom s rentgenkou a detektory...



# Aplikace-nukleární medicína





# Aplikace – klinická dozimetrie

- Na základě hybridního zobrazování
  - SPECT/CT
  - PET/CT
- CT → voxel fantom pacienta
- SPECT nebo PET → voxel fantom zdroje
- Využití
  - Diagnostika
  - Radionuklidová terapie

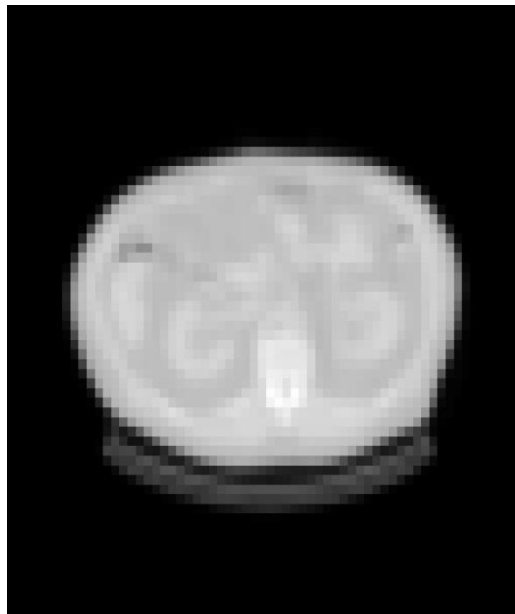


# Dozimetrie SPECT

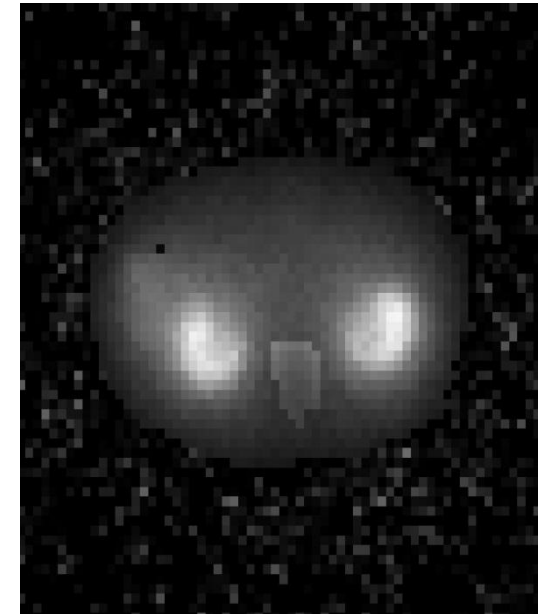
Voxel fantom – zdroj



Voxel fantom – model



Dávková distribuce





# Dozimetrie – výstupy

- Výstupem je dávka v cGy pro daný počet nasimulovaných částic
- Pro absolutní dozimetrii je třeba znát objemovou koncentraci aktivity ve voxelu
- SPECT – nutná kalibrace pomocí vodního fantomu se známou aktivitou
- PET – automaticky kalibrován v kBq/ml kvůli určování hodnot SUV

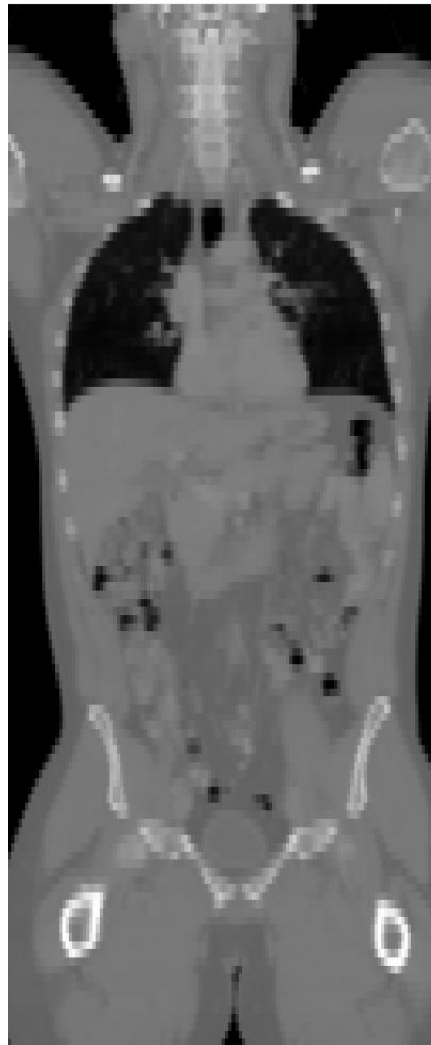


# Dozimetrie PET

Voxel fantom zdroj



Voxel fantom model



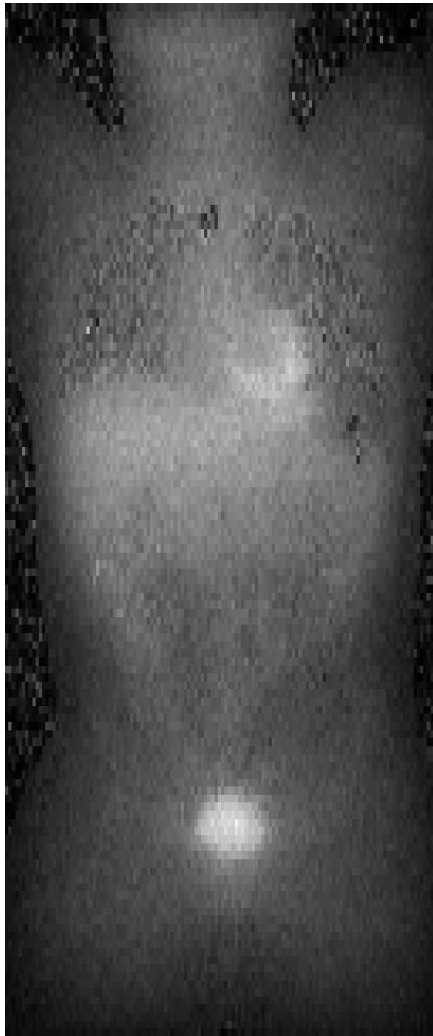
Dávka





# Dozimetrie PET

Dávka od  $\gamma$  511 keV



Dávka od pozitronů



Dávka celkově





# Segmentace CT

0	200	Air
200	500	Lung
500	1200	Water
1200	4095	RibBone

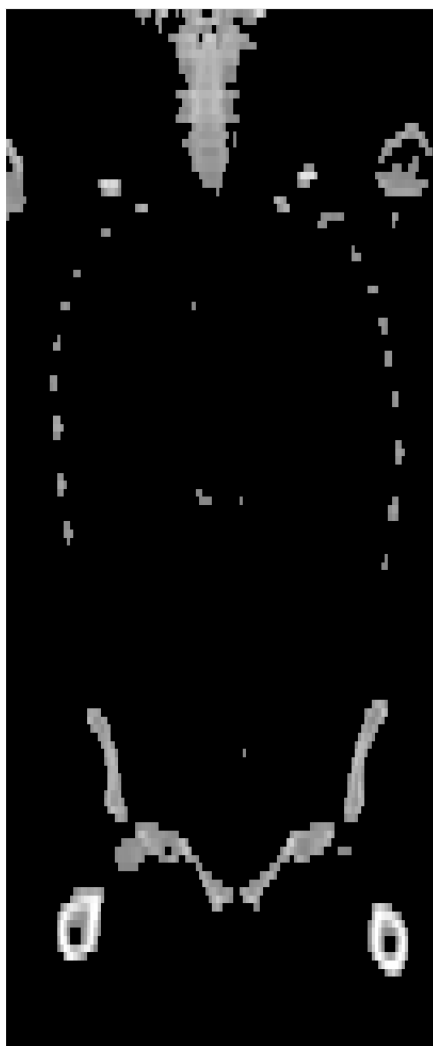
Hounsfieldovy  
jednotky

Názvy dle  
materiálové  
databáze GATE

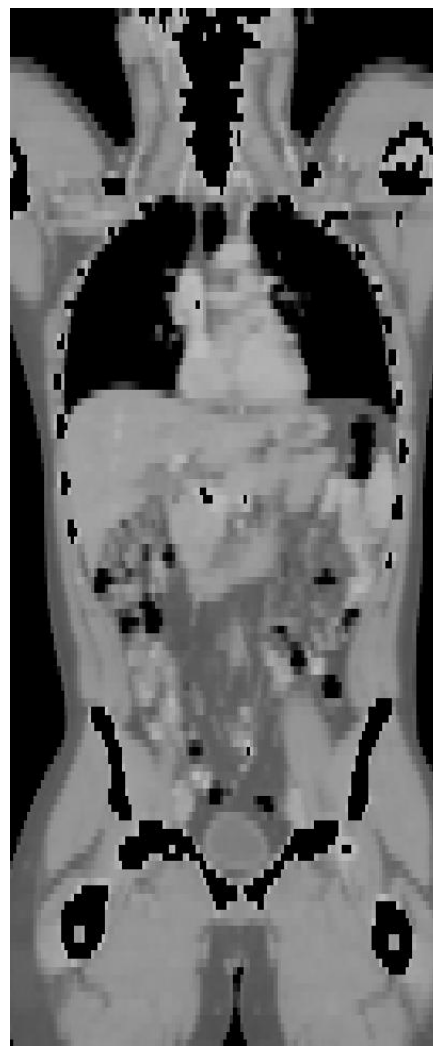


# Dozimetrie PET – segmentace CT

Kosti



Měkké tkáně

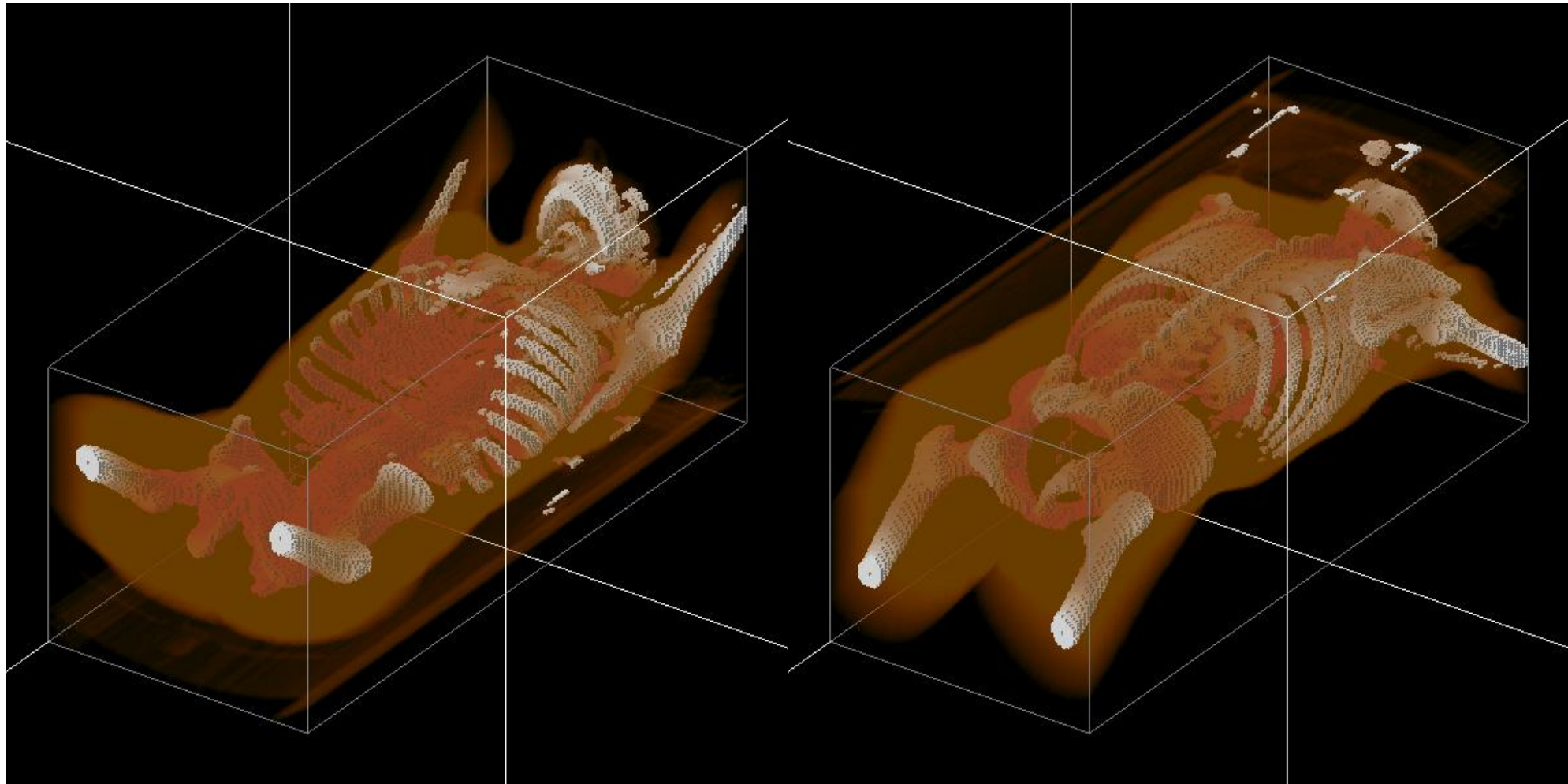


Plíce



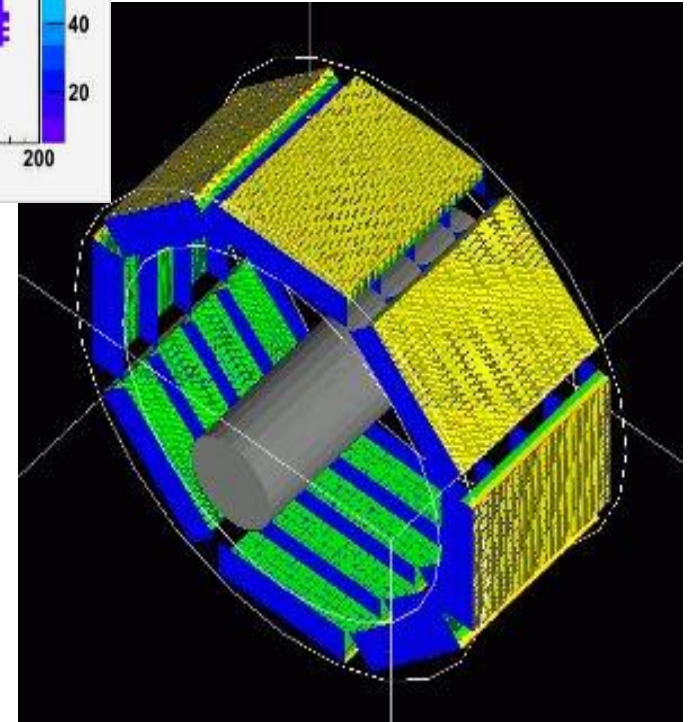
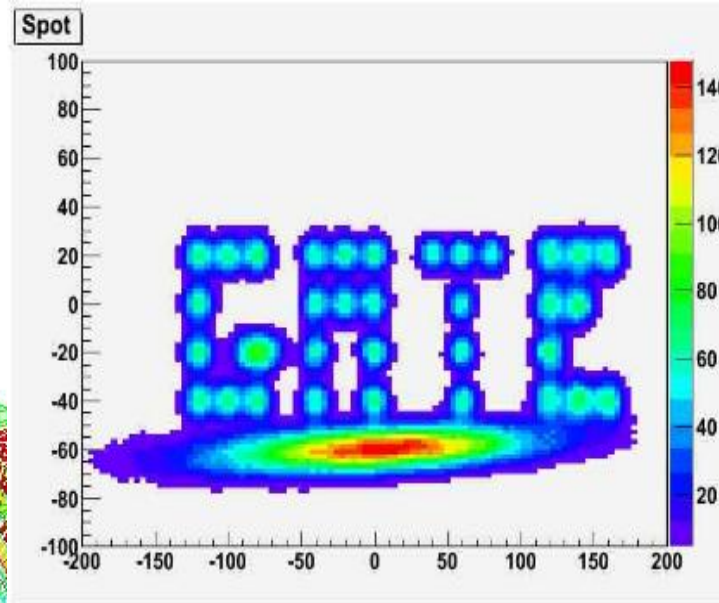
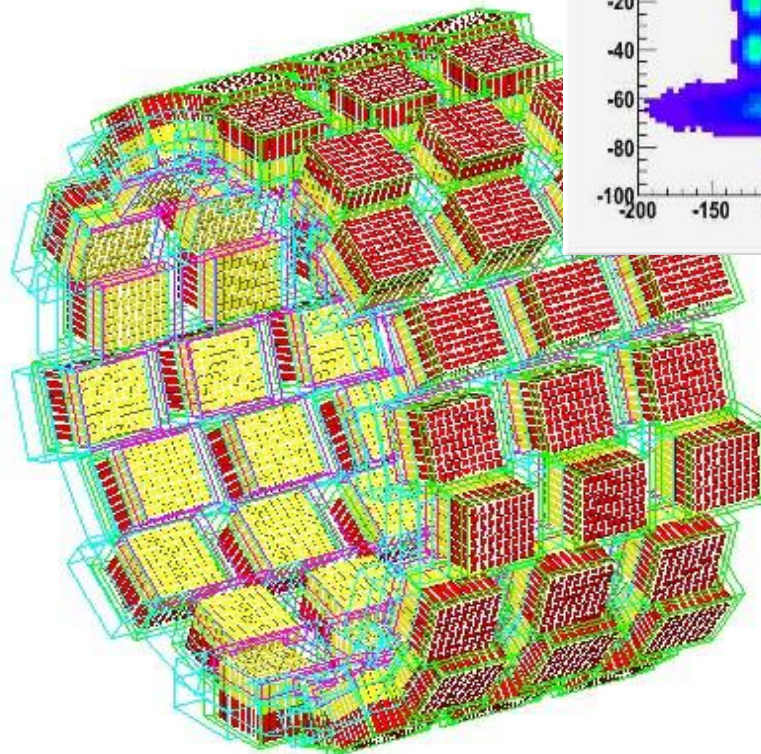


# Vizualizace voxel fantomu





# Další ukázky z webu projektu





# Další ukázky z webu projektu

