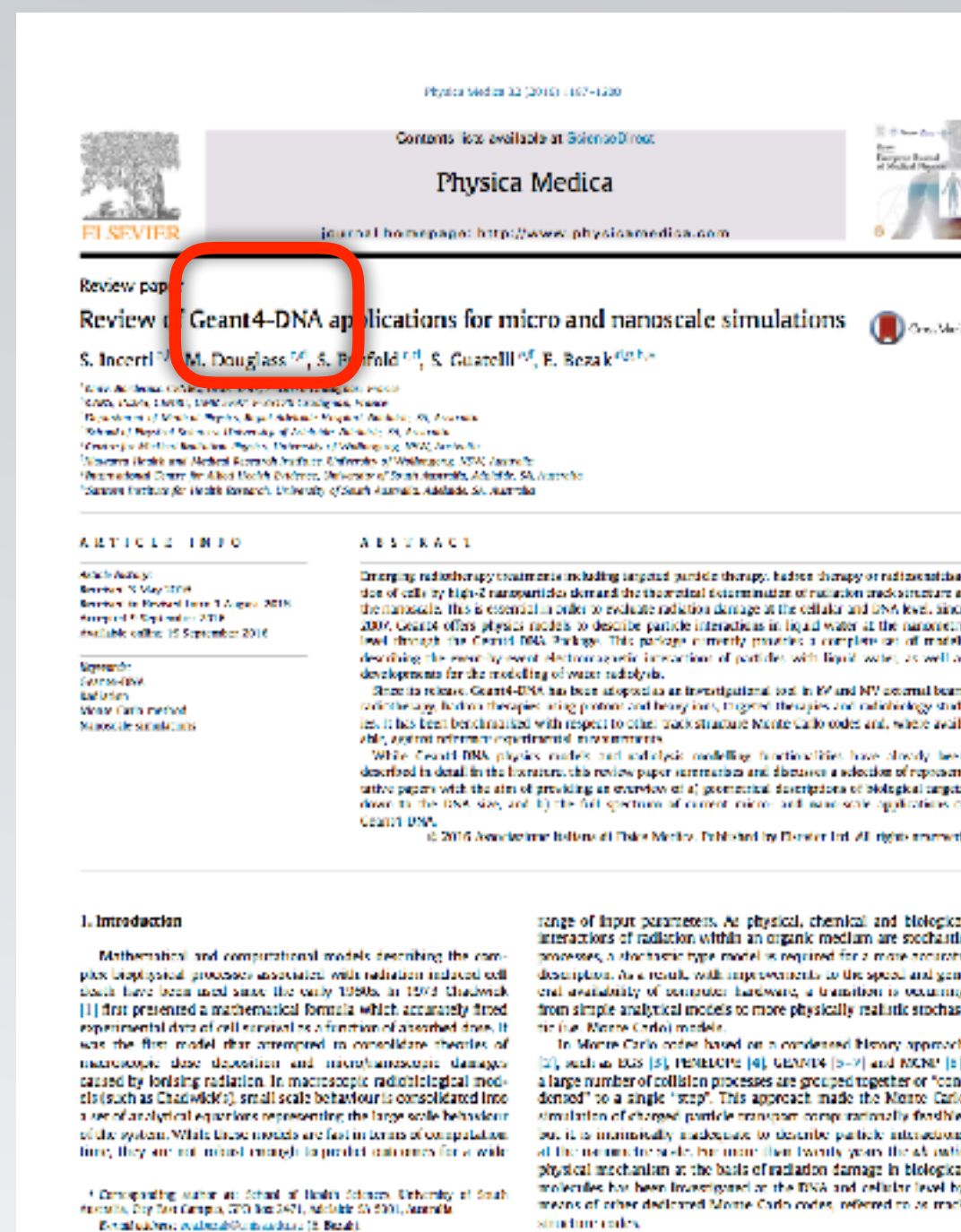
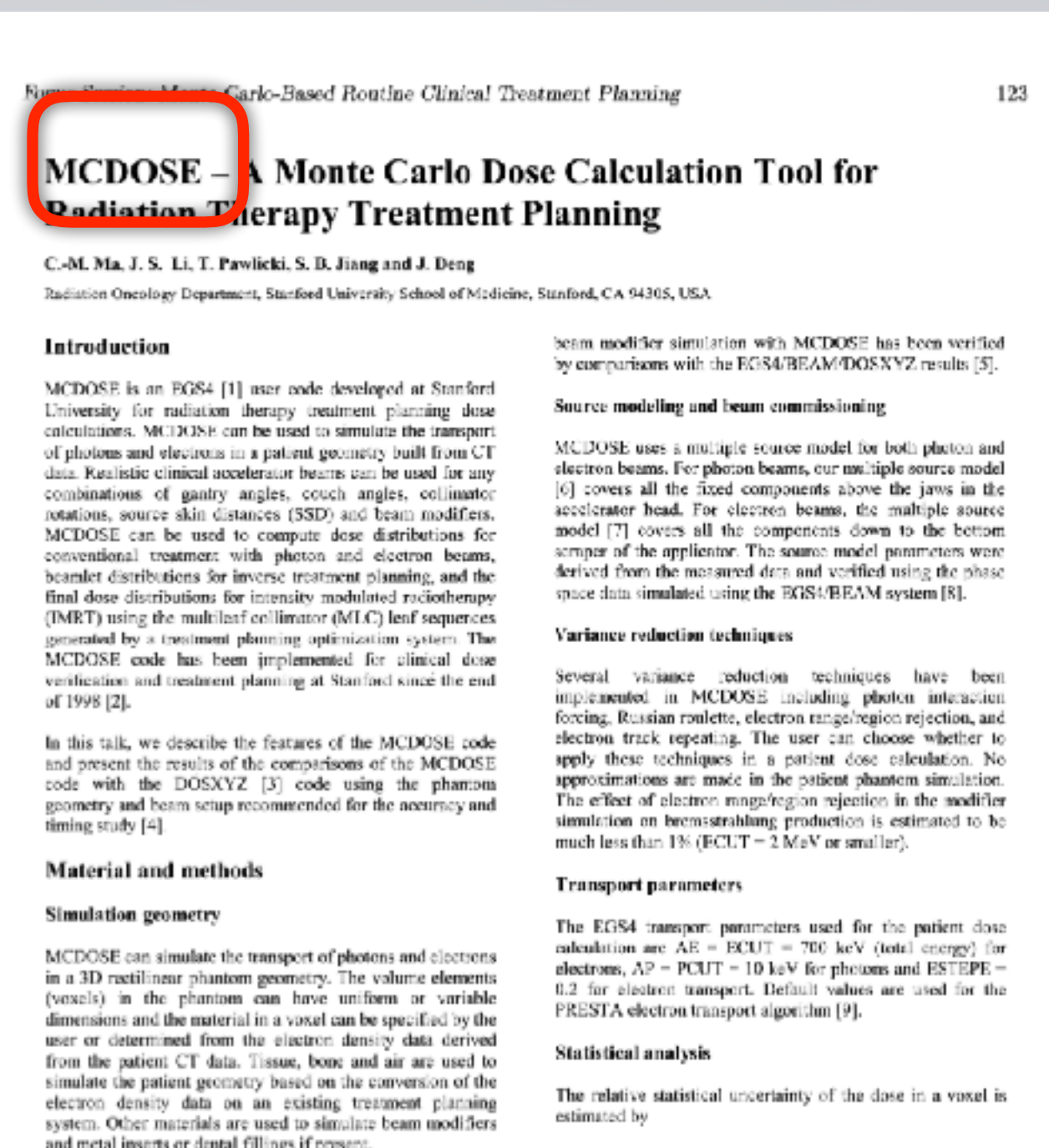


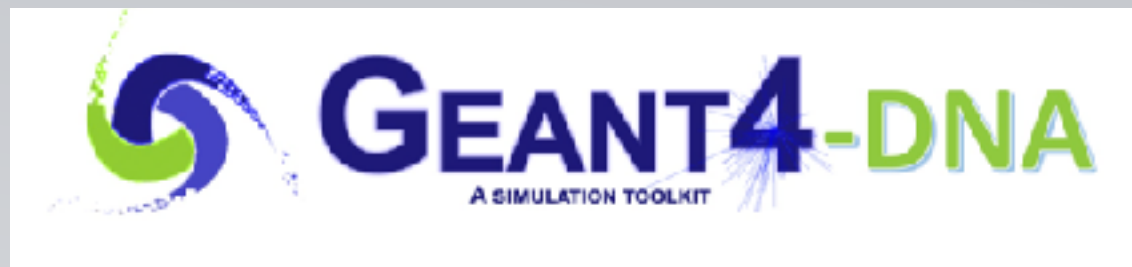
Metody Monte Carlo w fizyce medycznej

08.11.2023 - zajęcia nr 5

Czym modelować?



Monte Carlo frameworks



Code	Radiation	Energy	Medium	References
CPA100	e^-	>10 eV e^-	Water (l)	Terrissol and Beaudré (1990)
DELTA	e^-	10 eV to 10 keV e^-	Water (v)	Zaider et al. (1983)
EPOTRAN	e^-, e^+	7.4 eV to 10 keV	Water (v,l)	Champion et al. (2012)
ETRACK	e^-, H^+, He^{2+}	10 eV to 10 keV e^-	Water (v)	Ito (1987)
KURBUC	e^- H, He, C ^{a,b}	>10 eV e^- , 1 keV to 300 MeV H, 1 keV to 8 MeV He, 1 keV u^{-1} to 10 MeV u^{-1} C	e^- : water (v,l) Ions: water (v)	See Table 11
MC4	e^- , ions	>10 eV e^- , H, He >0.3 keV u^{-1}	Water (v,l)	Emfietzoglou et al. (2006)
MOCA-14	Ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v)	Wilson and Paretzke (1981)
MOCA-8	e^-	10 eV to 100 keV e^-	Water (v)	Paretzke (1987)
NOREC	e^-	>10 eV e^-	Water (v,l)	Semenenko et al. (2003)
NOTRE DAME	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l)	Pimblott and LaVerne (2002) , Pimblott et al. (1996)
OREC	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l)	Hamm et al. (1985)
PARTRAC	e^- , photons H and He ^a , heavier ions	>10 eV e^- , 1 keV to 1 GeV H and He, >1 MeV u^{-1} to 1 GeV u^{-1} heavier ions	Water (v,l)	Dingfelder et al. (1998) , Friedland et al. (2011)
PITS04	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (l)	Wilson et al. (2004)
PITS99	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l), ice, C	Wilson and Nikjoo (1999)
PROTON	H^+	0.3–1.5 MeV H	Water (v)	Zaider et al. (1983)
SHERBROOKE	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l)	Cobut et al. (1998)
STBRGEN	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l)	Chatterjee and Holley (1993)
TILDA	Ions	Medium to high nonrelativistic velocity	Water (v)	Champion et al. (2005)
TRACEL	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l)	Tomita et al. (1997)
TRION	e^- , ions	>10 eV e^- , >0.3 keV u^{-1} ions	Water (v,l)	Lappa et al. (1993)

^aThe code simulates all ion charge states.

^bFull-slowing-down simulations.

Praca domowa

Czasopismo	Nazwa kodu	Język programowania	Zastosowania
Physics in Medicine & Biology (4,174)	Geant4, FLUKA, MCNPX	C++ i Fortran	radioterapia (protony)
Computational Neuroscience (1,453)	MCell	C, C++, Phyton	neurobiologia
Technology in Cancer Research & Treatment (2,876)	MCAUTO, Geant4, TOPAS	C++	radioterapia (protony)
Journal of Biomedical Optics (2,379)	MCLTmx	C++	radiobiologia
Radiation Physics and Chemistry (2,779)	Geant4	C++	hadronoterapia
Journal of Nuclear Science and Technology (1,126)	FLUKA, PHITS, Geant	Fortran i C++	dozymetria neutronowa
Medical physics (4,506)	GATE	C++	obrazowanie

Powtórzenie

Terminal

Ubuntu

Gate

```
gate@vgate: ~  
  
#####      #####      ##      #####  
#####      #####      #      #####      #####  
## ## ## ##      ## ##      #####      #####  
###      ## ##      #####      #####  
####      ##      #####      #####      ##2.1  
  
*** gate @ vgate ***  
  
Welcome in vGate version 2.1.  
This is a complete Ubuntu 12.04 LTS machine that includes all GATE related  
programs and environments. Try to type 'Gate' or 'root'.  
If you want help or information about GATE and this virtual machine,  
just launch the web browser Google Chrome.  
  
gate@vgate:~$ Gate
```

```
gate@vgate: ~  
just launch the web browser Google Chrome.  
  
gate@vgate:~$ Gate  
[G4]  
[G4] *****  
[G4] Geant4 version Name: geant4-09-05-patch-01 (20-March-2012)  
[G4] Copyright : Geant4 Collaboration  
[G4] Reference : NIM A 506 (2003), 250-303  
[G4] WWW : http://cern.ch/geant4  
[G4] *****  
[G4]  
[Core-0] Initialization of geometry  
[Core-0] Initialization of physics  
[Core-0] Initialization of actors  
[Core-0]  
[Core-0] *****  
[Core-0] GATE version name: gate_v6.2  
[Core-0] Copyright : OpenGATE Collaboration  
[Core-0] Reference : Phys. Med. Biol. 49 (2004) 4543-4561  
[Core-0] Reference : Phys. Med. Biol. 56 (2011) 881-901  
[Core-0] WWW : http://www.opengatecollaboration.org  
[Core-0] *****  
[Core-0]  
Idle>
```

Z jakich katalogów składa się Wasza symulacja?

`data`: baza materiałów wykorzystywanych w ymulacji

`mac`: wszystkie makra do wykonania w Gate, w tym makro główne

`output`: pliki, w których zapisane są wyniki symulacji

Zapuszczanie symulacji

wywoływanie makra odbywa się zawsze z katalogu, do którego ścieżka dosępu zdefiniowana jest w makrze głównym:

z terminala: `Gate moj.mac`

z Gate: `Idle>/control/execute moj.mac`

z innego makra: `/control/execute moj.mac`

Jak rozpoznać główne makro?

/vis/disable

#/control/execute mac/visu.mac

/gate/geometry/setMaterialDatabase ../../
GateMaterials.db

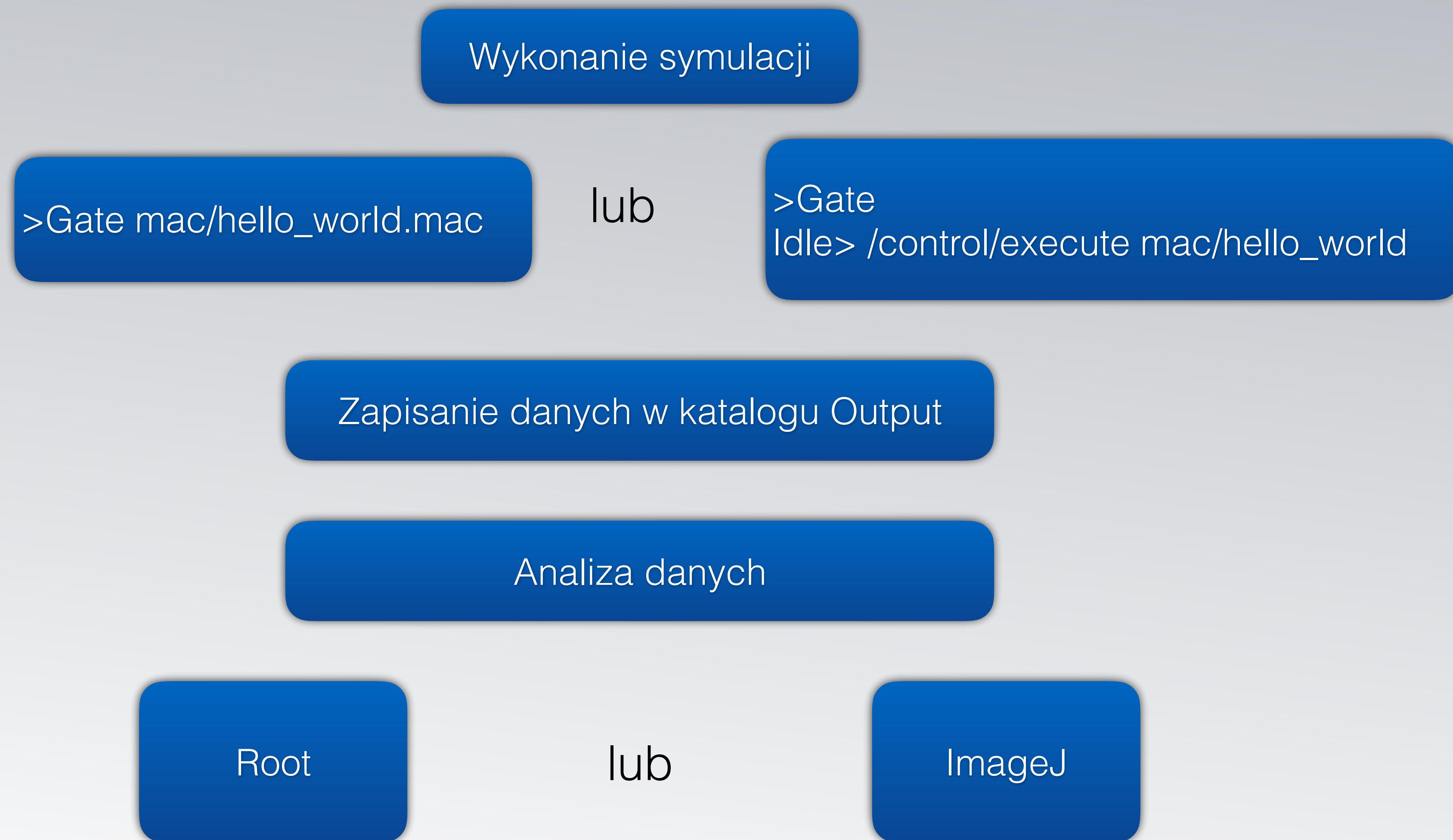
W O R L D

/gate/world/geometry/setXLength 150. cm
/gate/world/geometry/setYLength 150. cm
/gate/world/geometry/setZLength 150. cm

/control/execute mac/camera.mac

ciąg dalszy nastąpi...

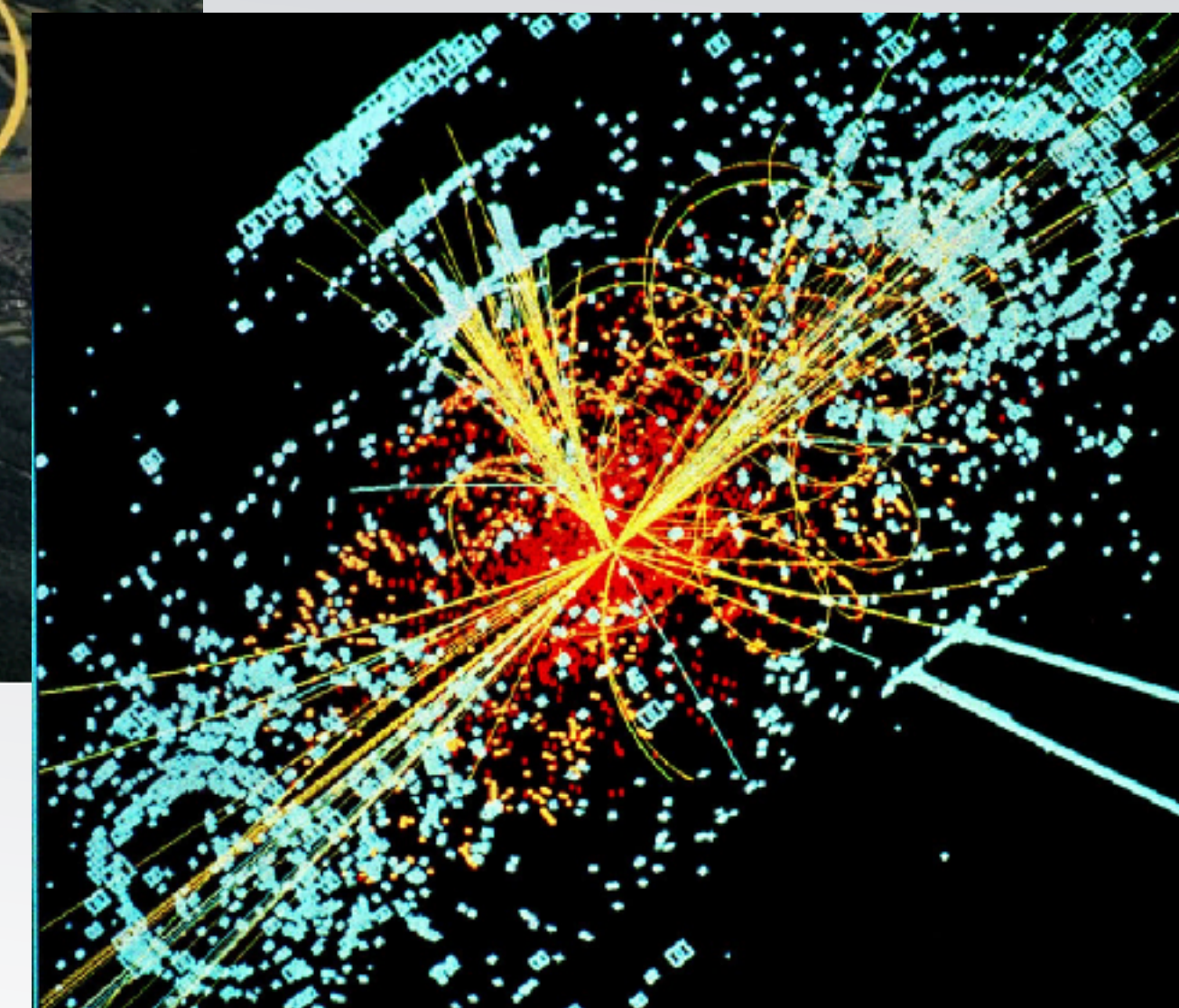
Struktura symulacji



Geant4 dla fizyki wysokich energii

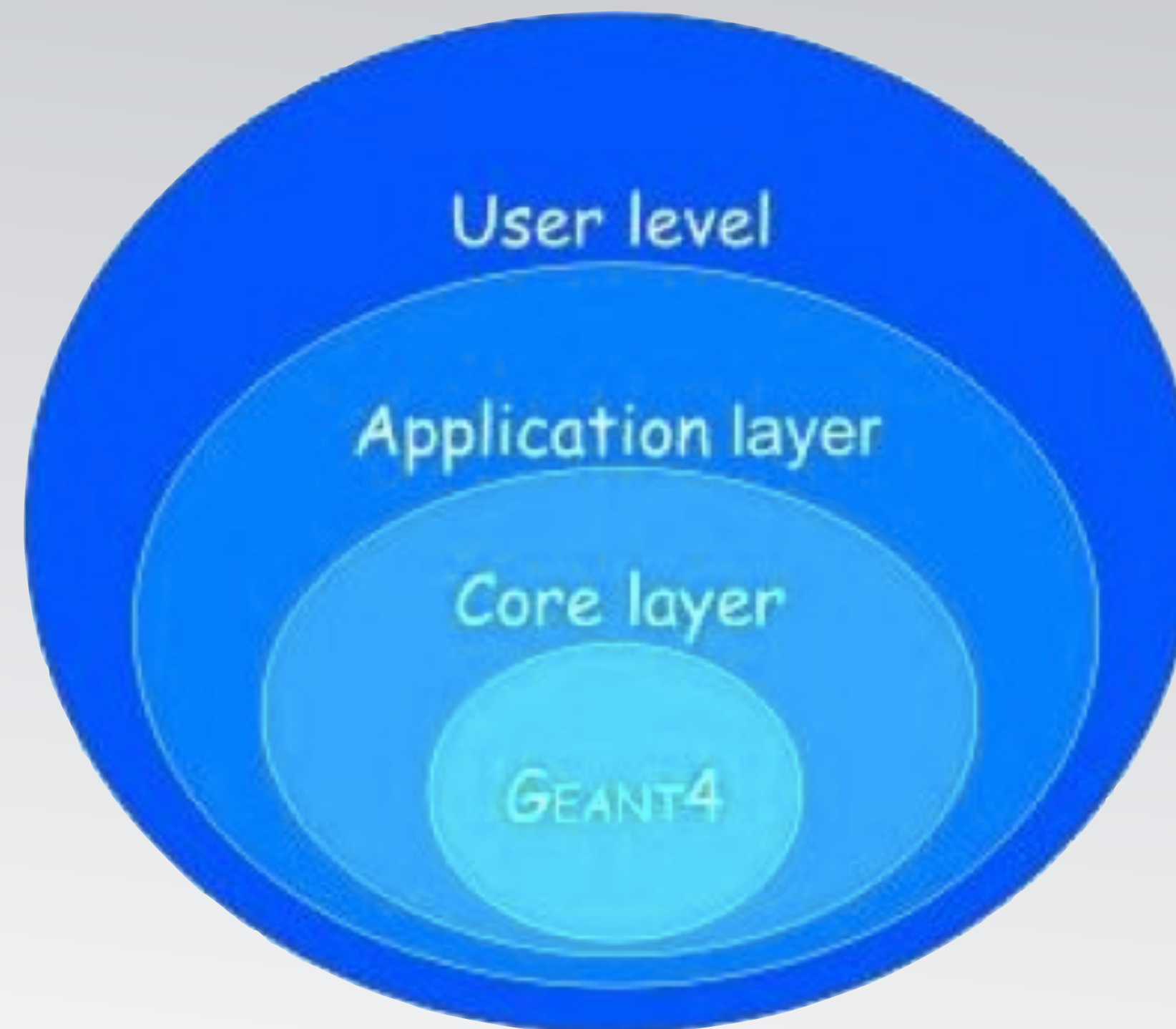


GATE	Geant4	Year
9.2	11.0	2022
9.1	10.7	2021
9.0	10.6	2020
8.2	10.5	2019
8.1	10.4	2018
8.0	10.3	2017
7.2	10.2	2016

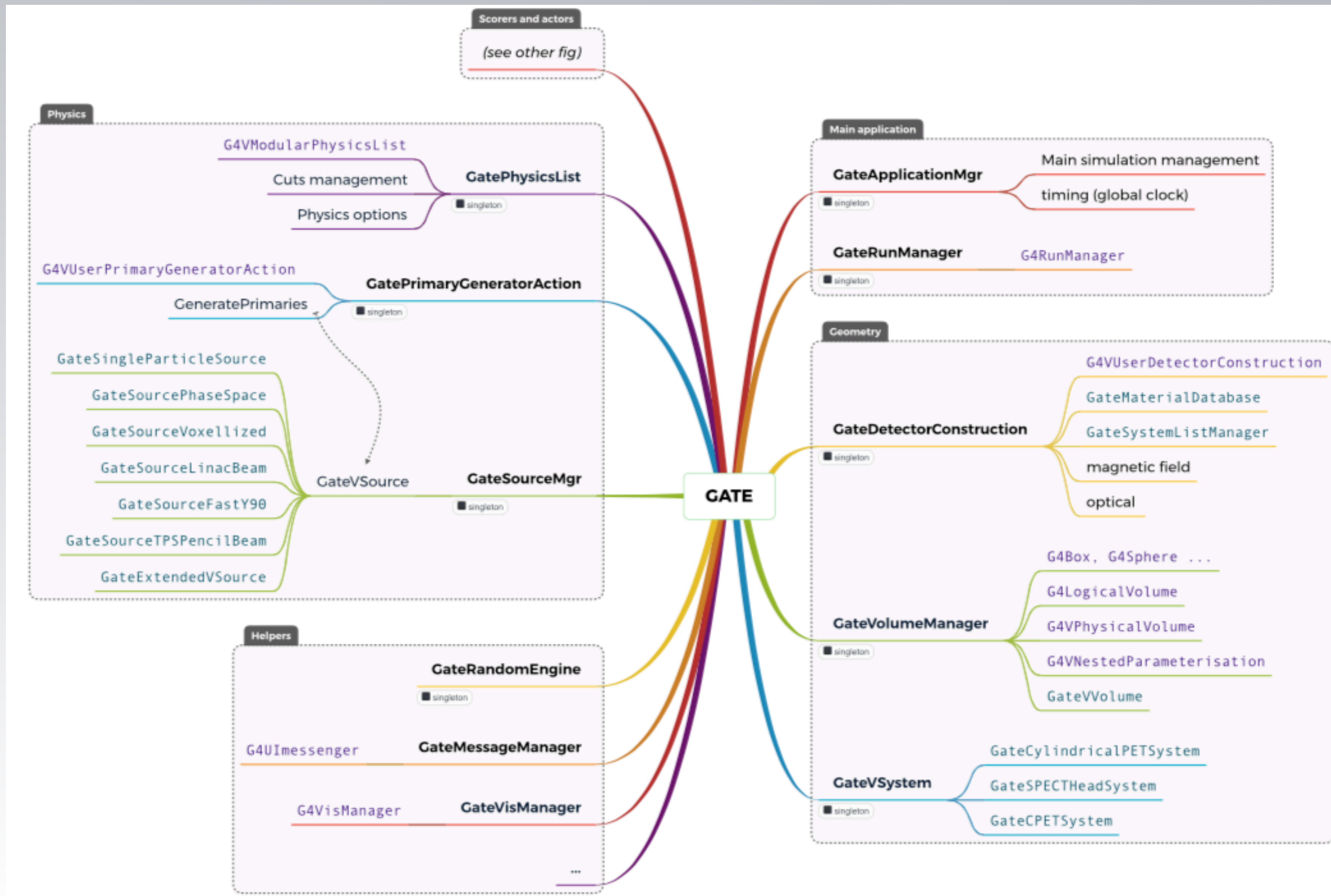


GATE vs GEANT4

GATE (Geant4 Application for Emission Tomography)



Architektura GATE



Repozytorium GATE

Pliki źródłowe (C++): 600 klas, 3200 plików i 780000 linii kodu

geometry:

zawiera klasy związane z definicją objętości, kształtem, materiałem, położeniem itp., w tym zarządzaniem wokselowanymi objętościami;

physics:

zawiera klasy związane z listami fizyki, zarządzaniem cięciami i wszystkimi rodzajami źródeł cząstek (takich jak źródło wokselowe lub źródło dedykowane do skanowania wiązką ołówkową w hadronoterapii);

digits_hits:

zawiera klasy związane ze wszystkimi metodami zliczania, w tym wszystkimi aktorami i zarządzaniem procesem digitalizacji detektorów (np. sortowanie koincydencji dla systemów PET);

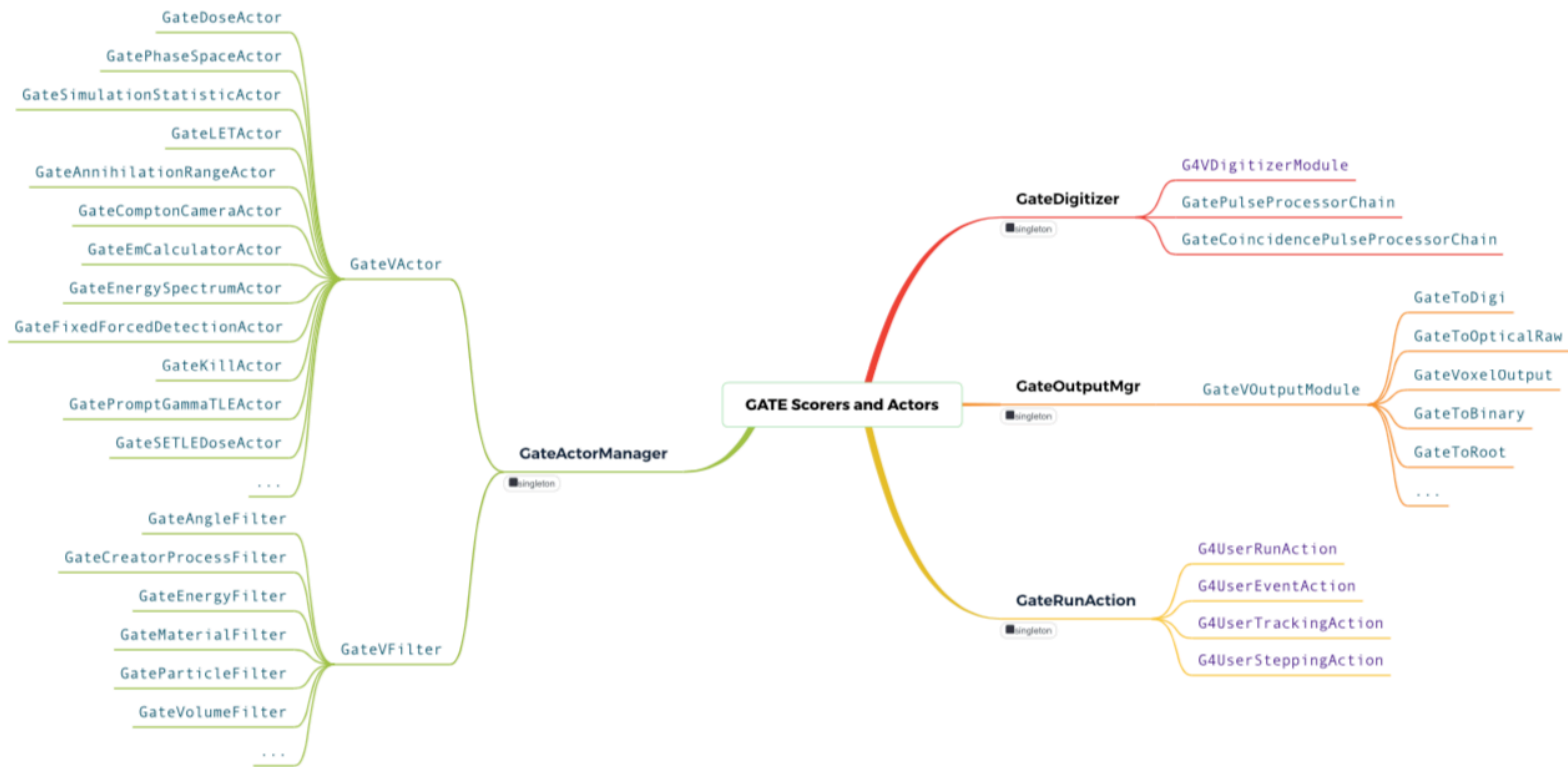
general:

zawiera ogólne narzędzia i klasy służące do zarządzania pełną symulacją;

externals:

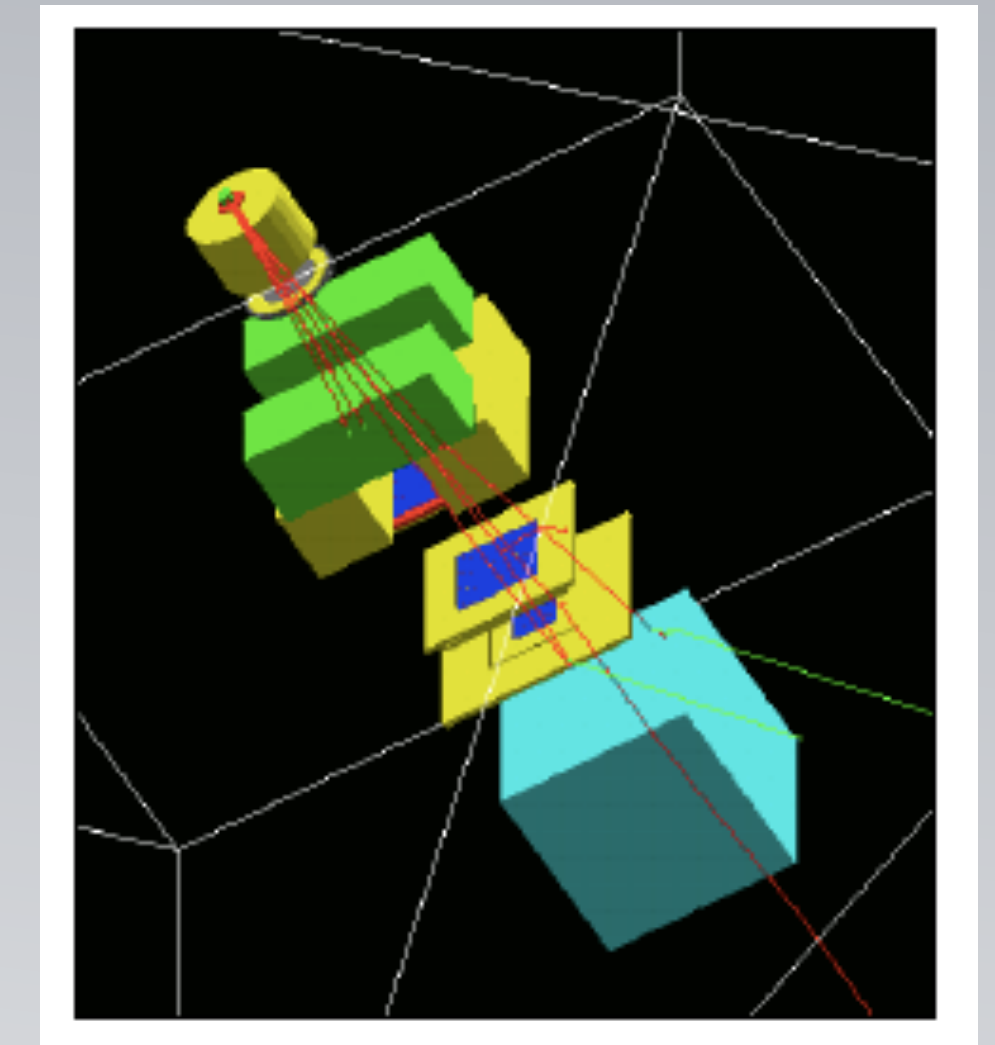
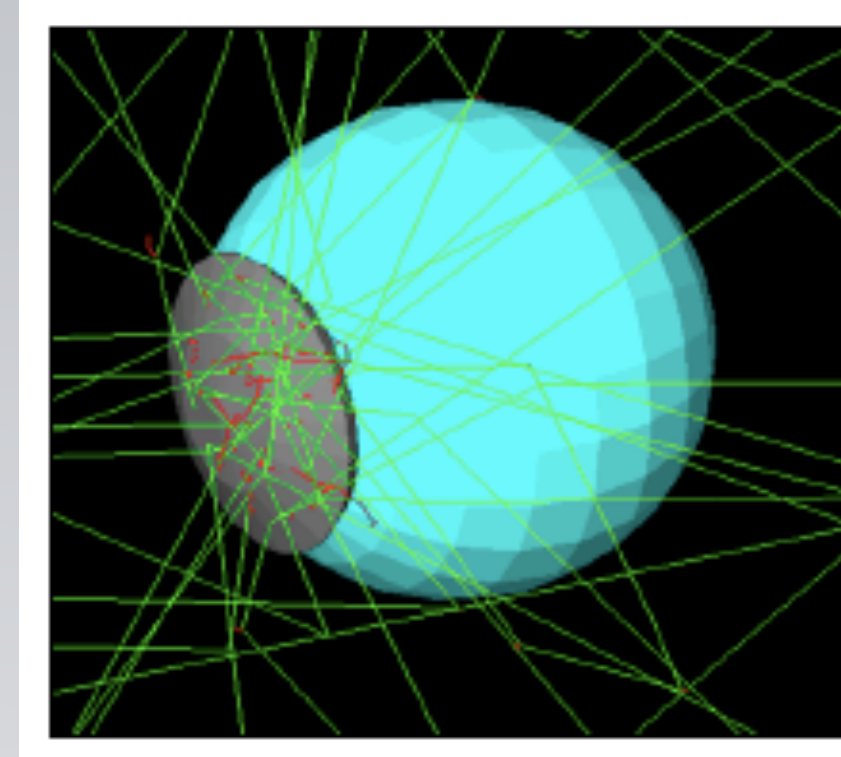
zawiera zewnętrzne kody (open source) opracowane przez inne organizacje.

Aktorzy GATE



Zalety GATE

- zaimplementowane modele fizyczne i detektory;
- geometria (nawet ta najbardziej skomplikowana);
- wizualizacja 3D;
- wsparcie techniczne;
- nie wymaga umiejętności programowania w C++



France



- ❑ U892 Inserm, Nantes
- ❑ U1101 Inserm, Brest
- ❑ IMNC CNRS, Orsay
- ❑ LPC CNRS, Clermont Ferrand
- ❑ IPHC CNRS, Strasbourg
- ❑ UMR5515 CNRS, CREATIS, Lyon
- ❑ CPPM CNRS, Marseille
- ❑ Subatech CNRS, Nantes
- ❑ SHFJ CEA, Orsay

Europe

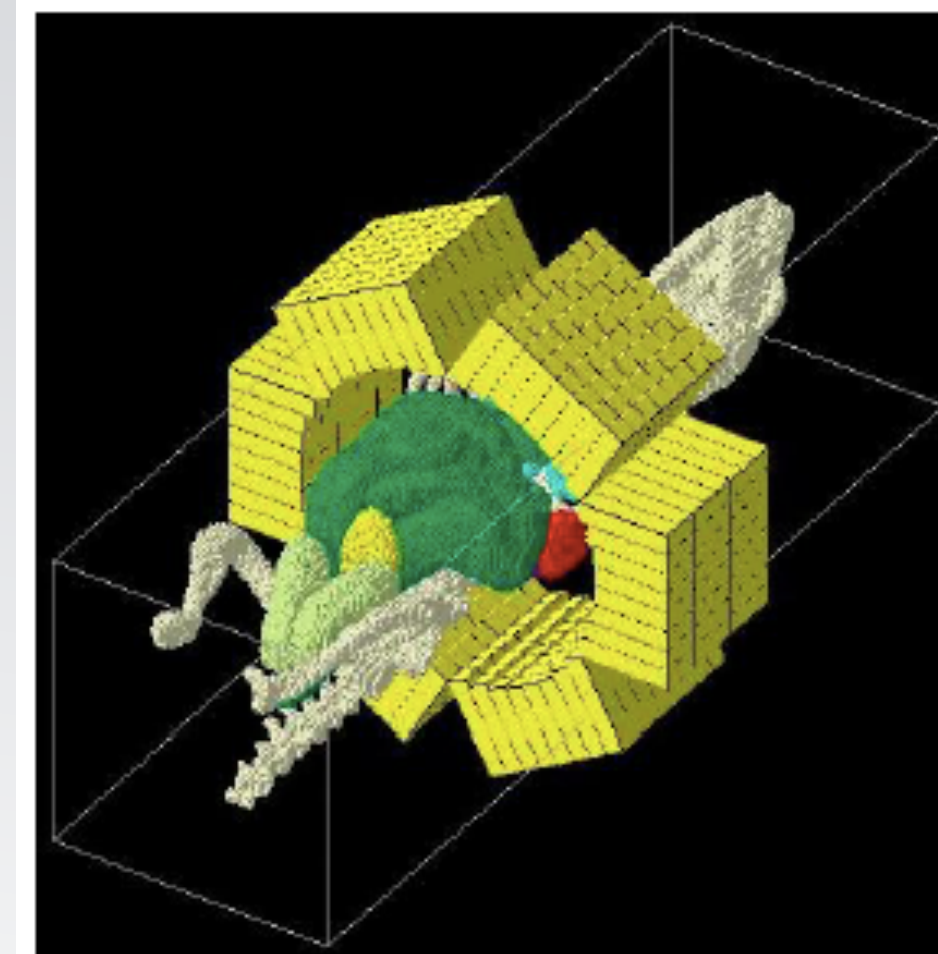


- ❑ Delft University of Technology, Delft, The Netherlands
- ❑ Forschungszentrum Juelich, Germany
- ❑ National Technical University of Athens, Greece

Rest of the world



- ❑ Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, New York, USA
- ❑ University of California, Los Angeles, USA
- ❑ University of Santiago of Chile, Chile
- ❑ Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, South Korea



```
# CRYSTAL
/block/daughters/name crystal
/block/daughters/insert box
/crystal/geometry/setXLength 30 mm
/crystal/geometry/setYLength 4.4 mm
/crystal/geometry/setZLength 4.4 mm
/crystal/setMaterial BGO

# REPEAT CRYSTAL INSIDE BLOCK
/crystal/repeaters/insert cubicArray
/crystal/cubicArray/setRepeatNumberX 1
/crystal/cubicArray/setRepeatNumberY 8
/crystal/cubicArray/setRepeatNumberZ 8
/crystal/cubicArray/setRepeatVector 0. 4.5 4.5 mm

# REPEAT BLOCK INSIDE RING
/block/placement/setTranslation 125. 0. 0. mm
/block/repeaters/insert ring
/block/ring/setRepeatNumber 18
```


Zastosowanie GATE

INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING
Phys. Med. Biol. **49** (2004) 4543–4561
PII: S0031-9155(04)80763-2

PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY

GATE: a simulation toolkit for PET and SPECT

S Jan¹, G Santin^{2,24}, D Strul^{2,25}, S Staelens³, K Assié⁴, D Autret⁵, S Avner⁶, R Barbier⁷, M Bardiès⁵, P M Bloomfield⁸, D Brasse⁶, V Breton⁹, P Bruyndonckx¹⁰, I Buvat⁴, A F Chatziioannou¹¹, Y Choi¹², Y H Chung¹², C Comtat¹, D Donnarieix^{9,13}, L Ferrer⁵, S J Glick¹⁴, C J Groiselle¹⁴, D Guez¹⁵, P-F Honore¹⁵, S Kerhoas-Cavata¹⁵, A S Kirov¹⁶, V Kohli¹¹, M Koole³, M Krieguer¹⁰, D J van der Laan¹⁷, F Lamare¹⁸, G Largeron⁷, C Lartizien¹⁹, D Lazaro⁹, M C Maas¹⁷, L Maigne⁹, F Mayet²⁰, F Melot²⁰, C Merheb¹⁵, E Pennacchio⁷, J Perez²¹, U Pietrzyk²¹, F R Rannou^{11,22}, M Rey², D R Schaart¹⁷, C R Schmidtlein¹⁶, L Simon^{2,26}, T Y Song¹², J-M Vieira², D Visvikis⁸, R Van de Walle³, E Wieërs^{10,23} and C Morel²

OBRAZOWANIE (2004)

IOP PUBLISHING
Phys. Med. Biol. **56** (2011) 881–901
doi:10.1088/0031-9155/56/4/001

PHYSICS IN MEDICINE AND BIOLOGY

GATE V6: a major enhancement of the GATE simulation platform enabling modelling of CT and radiotherapy

S Jan¹, D Benoit², E Becheva¹, T Carlier^{3,4}, F Cassol⁵, P Descourt⁶, T Frisson⁷, L Grevillot⁷, L Guigues⁷, L Maigne⁸, C Morel⁵, Y Perrot⁸, N Rehfeld², D Sarrut⁷, D R Schaart⁹, S Stute², U Pietrzyk¹⁰, D Visvikis⁶, N Zahra⁷ and I Buvat²

RADIOTERAPIA (2011)

 CrossMark
click for updates

A review of the use and potential of the GATE Monte Carlo simulation code for radiation therapy and dosimetry applications

David Sarrut⁹
Université de Lyon, CREATIS, CNRS UMR5220, Inserm U1044, INSA-Lyon, Université Lyon 1, Centre Léon Bérard, France

Manuel Bardiès
Inserm, UMR1037 CRCT, F-31000 Toulouse, France and Université Toulouse III-Paul Sabatier, UMR1037 CRCT, F-31000 Toulouse, France

Nicolas Bousson
INSERM, UMR 1101, LaTIM, CHU Morvan, 29609 Brest, France

Nicolas Freud
Université de Lyon, CREATIS, CNRS UMR5220, Inserm U1044, INSA-Lyon, Université Lyon 1, Centre Léon Bérard, 69608 Lyon, France

Sébastien Jan
CEA/DSV/IBEM/SHFJ, Group 91401, France

Jean-Michel Létang
Université de Lyon, CREATIS, CNRS UMR5220, Inserm U1044, INSA-Lyon, Université Lyon 1, Centre Léon Bérard, 69608 Lyon, France

George Loudos
Department of Medical Instruments Technology, Technological Educational Institute of Athens, Athens 12219, Greece

Lydia Maigne
UMR 5533 CNRS/IN2P3, Université Blaise Pascal, 63171 Aubière, France

Sara Mercatelli and Thibault Mauxion
Inserm, UMR1037 CRCT, F-31000 Toulouse, France and Université Toulouse III-Paul Sabatier, UMR1037 CRCT, F-31000 Toulouse, France

Panagiotis Papadimitroulas
Department of Biomedical Engineering, Technological Educational Institute of Athens, 12210, Athens, Greece

DOZYMETRIA (2014)

GATE

