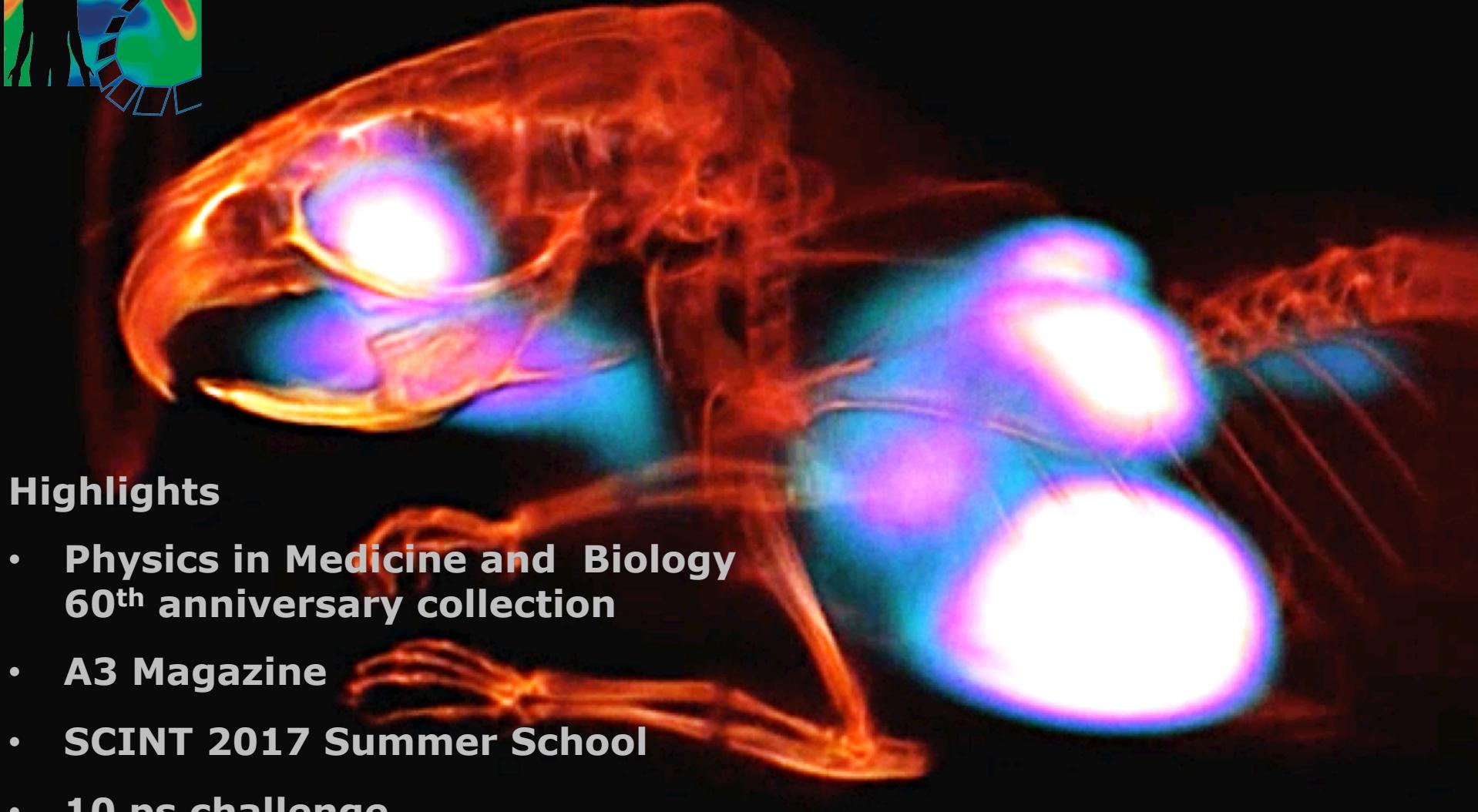


Pôle imagerie



Highlights

- **Physics in Medicine and Biology
60th anniversary collection**
- **A3 Magazine**
- **SCINT 2017 Summer School**
- **10 ps challenge**



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Phys. Med. Biol. 60th anniversary collection



1. J E O'Connor **1957** PMB 1 352
2. Christine M E Matthews **1957** PMB 2 36
3. J R Mallard and M J Myers **1963** PMB 8 165
4. N Veall and B L Mallett **1965** PMB 10 375
5. A M Cormack **1973** PMB 18 195
6. R E Alvarez and A Macovski **1976** PMB 21 733
7. R Birch and M Marshall **1979** PMB 24 505
8. J G Colsher **1980** PMB 25 103
9. W A Edelstein et al **1980** PMB 25 751
10. J Sarvas **1987** PMB 32 11
11. P C Johns and M J Yaffe **1987** PMB 32 675
12. D J Convery and M E Rosenbloom **1992** PMB 37 1359
13. S Webb and A E Nahum **1993** PMB 38 653
14. C X Yu **1995** PMB 40 1435
15. Hideo D Kubo and Bruce C Hill **1996** PMB 41 83
16. Di Yan et al **1997** PMB 42 123
17. Yiping Shao et al **1997** PMB 42 1965
18. A Lomax **1999** PMB 44 185
19. Wilfried Schneider et al **2000** PMB 45 459
20. M Krämer et al **2000** PMB 45 3299
21. P J Keall et al **2001** PMB 46 1
22. S Jan et al **2004** PMB 49 4543
23. B W Raaymakers et al **2009** PMB 54 N229
24. Junguo Bian et al **2010** PMB 55 6575
25. Michel Defrise et al **2012** PMB 57 885

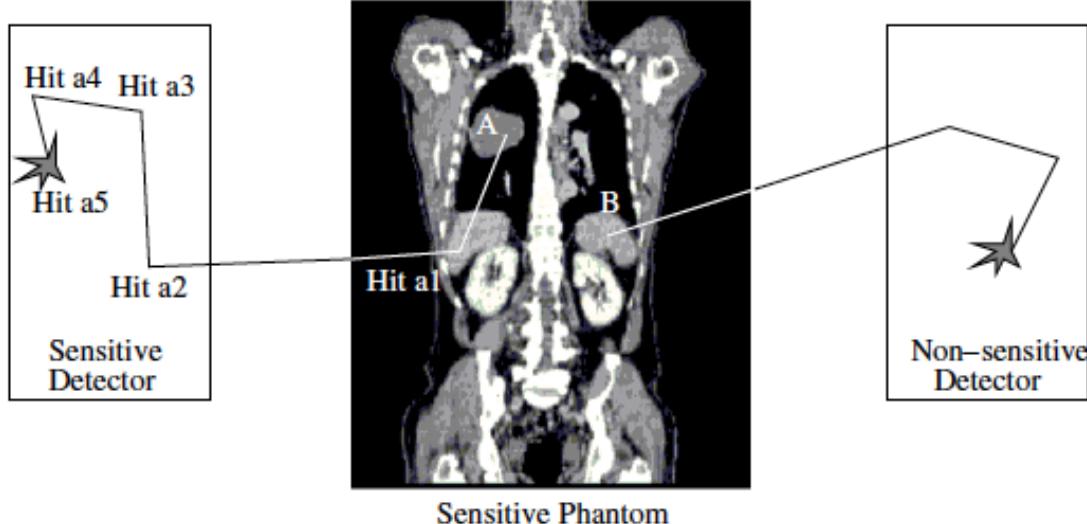


Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix*Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CPPM
CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE



GATE: a simulation toolkit for PET and SPECT

S Jan, G Santin, D Strul, S Staelens, K Assié, D Autret, S Avner, R Barbier, M Bardiès, P M Bloomfield, D Brasse, V Breton, P Bruyndonckx, I Buvat, A F Chatzilooannou, Y Choi, Y H Chung, C Comtat, D Donnarieix, L Ferrer, S J Glick, C J Groiselle, D Guez, P-F Honore, S Kerhoas-Cavata, A S Kirov, V Kohli, M Koole, M Krieguer, D J van der Laan, F Lamare, G Largeron, C Lartizien, D Lazaro, M C Maas, L Maigne, F Mayet, F Melot, C Merheb, E Pennacchio, J Perez, U Pietrzyk, F R Rannou, M Rey, D R Schaart, C R Schmidlein, L Simon, T Y Song, J-M Vieira, D Visvikis, R Van de Walle, E Wieërs and C Morel

2004 *Phys. Med. Biol.* **49** 4543



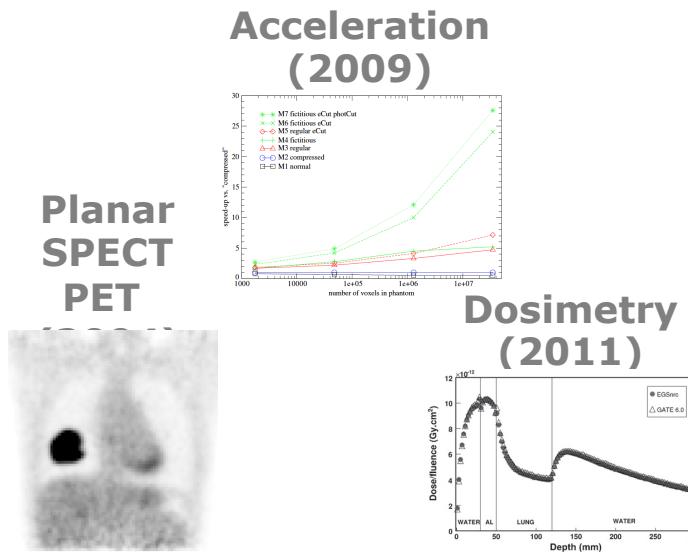
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix*Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

GATE 2004-2014: a constantly-upgraded platform



2004
1st
GATE
public
release

GATE: a simulation toolkit for PET and SPECT

S. Jau¹, G. Santin¹, D. Strudel², S. Stadler³, K. Assadi⁴, D. Antreix⁵, S. Avsar⁶, R. Barber⁷, M. Barilis⁸, P. M. Blomqvist⁹, Y. Boughezale¹⁰, C. Brune¹¹, A. Charron¹², V. H. Chantel¹³, J. Comtat¹⁴, D. Dumortier¹⁵, L. Ferrer¹⁶, C. J. Grischuk¹⁷, D. Guérat¹⁸, P. H. Hansen¹⁹, K. Herkenhoff²⁰, J. H. J. Heijenbroek²¹, J. H. J. Heijenbroek²², J. H. J. Heijenbroek²³, J. H. J. Heijenbroek²⁴, J. H. J. Heijenbroek²⁵, F. Lameire²⁶, G. Largeron²⁷, C. Larivière²⁸, D. Lax²⁹, C. Manz³⁰, I. Mazzoni³¹, J. M. Mazié³², J. M. Mazié³³, J. M. Mazié³⁴, J. M. Mazié³⁵, U. Pietrzik³⁶, F. R. Röder³⁷, M. R. Schmidt³⁸, C. R. Schmidt³⁹, L. Simon⁴⁰, T. Szwarc⁴¹, J.-M. Vaillancourt⁴², B. Van de Walle⁴³, V. Vassilatis⁴⁴, J. W. Verhaegen⁴⁵, J. W. Verhaegen⁴⁶

¹ Service Hospitalier Frédéric Joliot, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France
² LPME, Sainte-Justine Hospital, University of Montreal, 3175 Côte Sainte-Catherine, H3T 1C5, Montréal, Québec, Canada
³ INSEEM (ENSIIE), 10 rue des Grésillons, 91014 Evry Cedex 2, France
⁴ INSERM U904, Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁵ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁶ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁷ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁸ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁰ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹¹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹² Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹³ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁴ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁵ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁶ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁷ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁸ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
¹⁹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁰ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²¹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²² Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²³ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁴ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁵ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁶ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁷ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁸ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
²⁹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁰ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³¹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³² Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³³ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁴ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁵ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁶ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁷ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁸ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
³⁹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴⁰ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴¹ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴² Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴³ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴⁴ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴⁵ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France
⁴⁶ Institut Curie, 26 Rue d'Ulm, 75248 Paris Cedex 05, France

EduGATE – basic examples for educative purpose using the GATE simulation platform

Uwe Pätzsch^{1,2,*}, Abdelsamie Zakharin^{3,2}, Markus Auer^{1,2}, Sophie Seearpf^{1,2}, Didier Benoit³, Michaela Götz^{1,2}

¹Institute of Neurosciences and Medicine (INM), Research Center Jülich, Germany
²Department of Radiology, University Hospital Freiburg, University of Freiburg, Germany
³HZDR – Research Resource Ecology, Site Leipzig, Germany

¹Department of Nuclear Medicine, University Hospital Freiburg, Germany
²Department of Molecular and Medical Pharmacology at Camarillo Ranch Medical Center, Camarillo, USA

Received 3 April 2012; accepted 20 July 2012

Abstract
EduGATE is a collection of basic examples to introduce medical imaging students to the basics of medical imaging devices. It is based on the GATE platform, which has been developed for the simulation of medical imaging devices including SPECT, PET and ultrasound. The examples are designed as simple tasks, which can be solved by the user, for the sake of simplicity. The examples include the basic principles of emission tomography, different types of source, detection device, and acquisition parameters. The EduGATE is also used to demonstrate the basic principles of ultrasound. In addition, the physics of medical imaging by means of collection of data from a phantom is demonstrated. The examples are organized in projects based on ROOT, a framework for data processing. The user interface to define a configuration is also included.

EduGATE – einfache klinische Beispiele zur Anbildung basierend auf der GATE-Simulationsplattform

Zusammenfassung
EduGATE ist eine Sammlung einfacher klinischer Beispiele für Studenten der Strahlentherapie und -diagnostik. Sie basiert auf der GATE-Simulationsplattform und die die Felder der Strahlendiagnostik abdeckt. Die Beispiele sind als einfache Aufgaben gestaltet, die von dem Benutzer gelöst werden können, um die Komplexität zu begrenzen. Die Beispiele umfassen die Grundprinzipien der Emissions tomographie, verschiedene Arten von Quellen, Detektoren und Erhebungswinkel. EduGATE ist auch für die Demonstration der physikalischen Prinzipien des Ultraschalls eingesetzt. Zusätzlich wird die Physik der Medizinischen Bildgebung durch die Erhebung von Daten aus einem Phantom demonstriert. Die Beispiele sind in Projekten basierend auf ROOT, einer Plattform für die Verarbeitung in einer Reihe von Dateien (Montage, Projektionsdaten, etc.) organisiert. Ein Benutzerschnittstelle zur Konfiguration der Anwendung ist ebenfalls enthalten.

Keywords: Monte Carlo Simulation, GATE, PET, SPECT, Education, Imaging

^{*}Correspondence to: Prof. Dr. Uwe Pätzsch, Institute of Neurosciences and Medicine (INM), Research Center Jülich, Germany, 52435 Jülich, Tel.: +49 2461 61-0, Fax: +49 2461 61-2070, E-mail: upaetzsch@inm.juelich.de

Schlagwörter: Monte-Carlo-Simulation, GATE, PET, SPECT, Bildgebung, Ausbildung

19 releases

2011
GATE V6

2014
GATE V7

2017
GATE V8

GPU (2014)



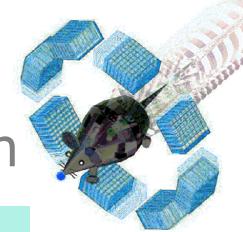
G4 DNA processes (2014)



Journées du GDR MI2P2, 6-7 déc. 2014, Caen (Aix-Marseille université)



Who is developing GATE ?



The OpenGATE collaboration: an evolving collaboration



IMNC/IN2P3 (Orsay) **Albertine Dubois (GATE engineer)**

CEA-SHFJ (Orsay) Claude Comtat, Sébastien Jan (technical coordinator)

LaTIM U1101 INSERM (Brest) Dimitris Visvikis

U892 INSERM (Nantes) Ludovic Ferrer

UMR 1037 INSERM (Toulouse) Manuel Bardès

LPC/IN2P3 (Clermont-Ferrand) Lydia Maigne

CREATIS (Lyon) David Sarrut

CPPM/IN2P3 (Marseille) Christian Morel

IPHC/INSERM (Strasbourg) Ziad El Bitar

Subatech/IN2P3 (Nantes) Jean-Pierre Cussonneau



BIOSIM (Athens) George Loudos

FZJ (Juelich) **Uwe Pietrzyk (spokesman)**

DUT (Delft) Dennis Schaat

MOCAMMED (Vienna) Dietmar Georg

MedAustron (Wiener Neustadt) Loïc Grévillot

MSKCC (New York) Assen Kirov

UC (Davis) Emilie Roncali

Sogang Univ (Seoul) Yong Choi



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen





Association des anciens et amis du CNRS

<https://www.a3cnrs.org/>

Dossier : l'imagerie médicale

Imagerie moléculaire : *l'érosion des frontières* / David Brasse

Rayons X : des premiers clichés radiographiques au scanner spectral / Christian Morel

Tomographie par émission de positons (TEP) / David W. Townsend

Simulation Monte Carlo en imagerie médicale / Sébastien Jan

Imagerie vibrationnelle des systèmes vivants / Hervé Rigneault

Multimodalité et imagerie médicale / Luc Bidaut

Systèmes hybrides TEP/IRM / Claude Comtat

Enjeux Européens de la R&D en imagerie médicale / Paul Lecoq

NeuroSpin, voir le cerveau penser / Fabrice Bonardi



Magazine des Anciens et Amis du CNRS



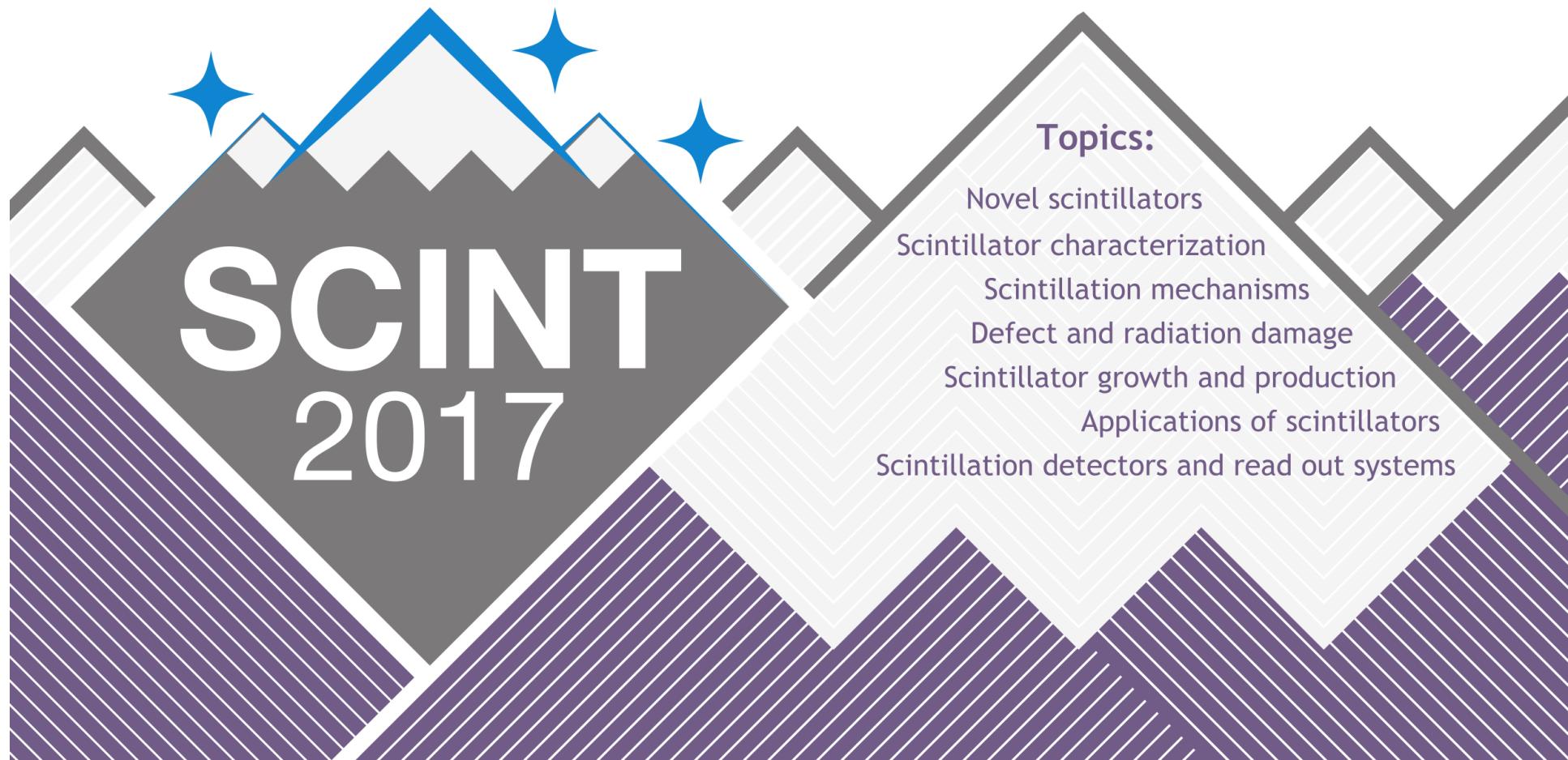
N° 69- HIVER 2016/2017

Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix*Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM



SCINT 2017 Summer School, Chamonix, Sep 14-17 2017



The GDR MI2B has allocated two tuition grants to:

- Carlotta Trigila (IMNC)
- Mattia Fontana (IPNL)

One full day on Monte Carlo simulation for scintillation detectors mastered by:

- Mathieu Dupont (CPPM)
- Albertine Dubois (IMNC)



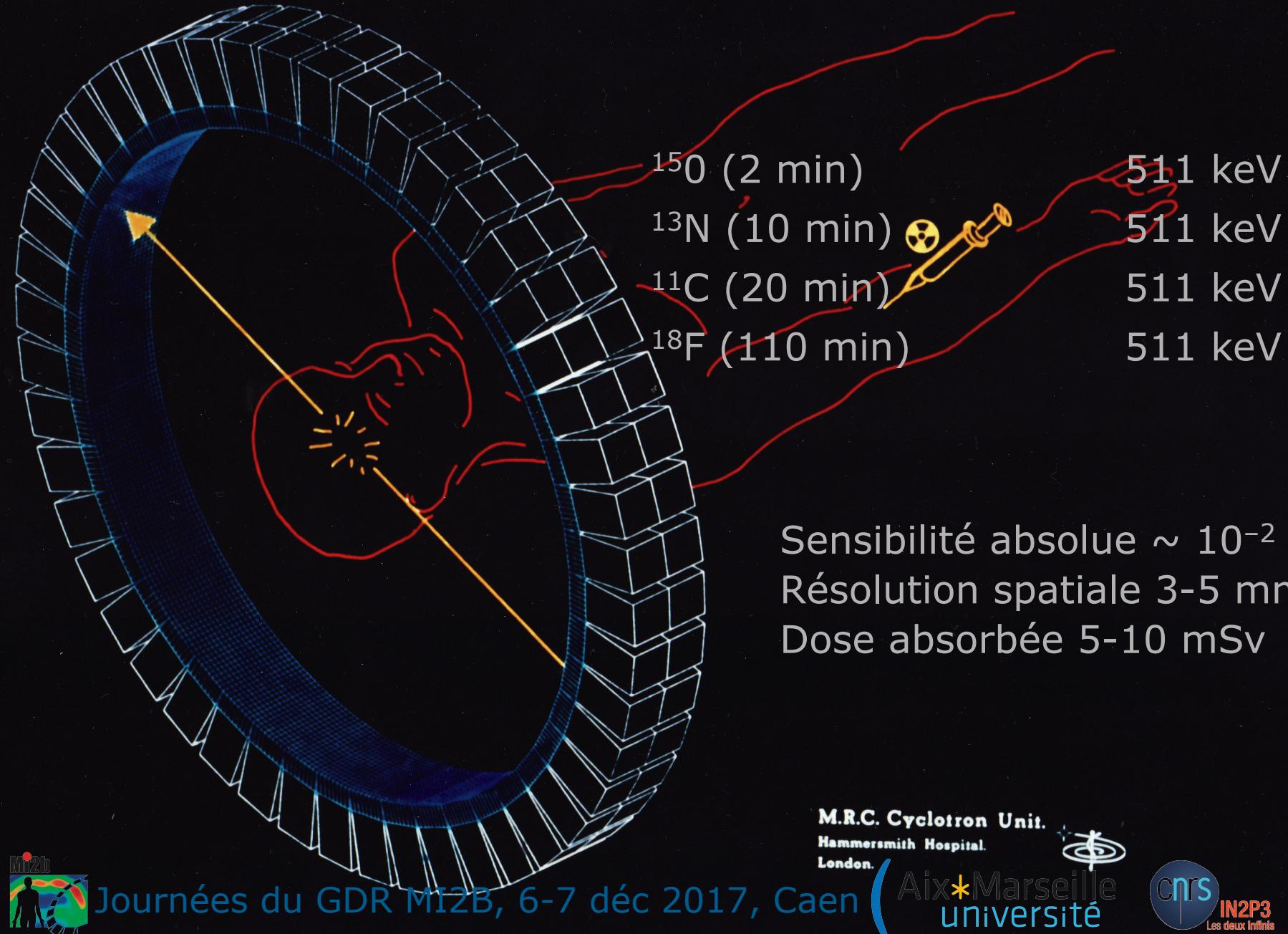
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix*Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Tomographie par émission de positons (TEP)

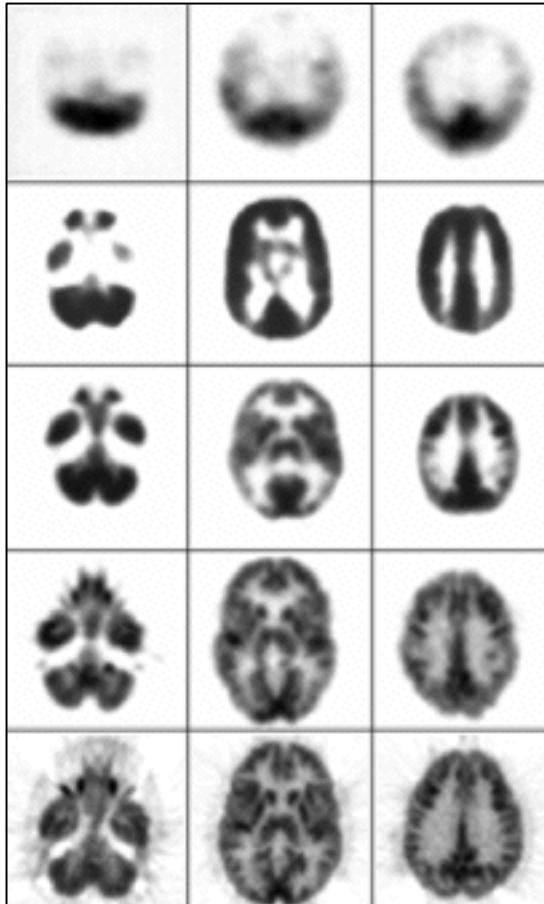


Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

M.R.C. Cyclotron Unit.
Hammersmith Hospital.
London.



Progrès continus en instrumentation



PET III 1975

ECAT II 1977

NeuroECAT 1978

ECAT 931 1985

ECAT EXACT HR+ 1995

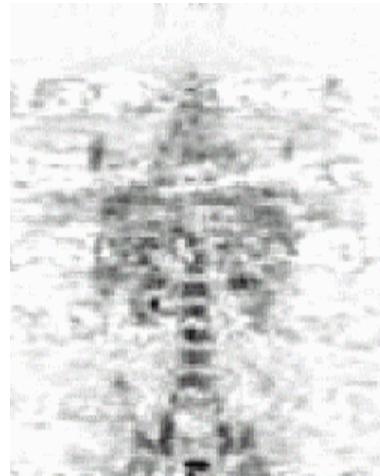


Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen



Progrès techniques en TEP

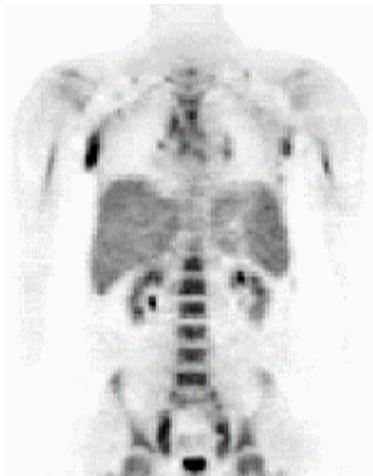
	BGO	LSO	GSO
Densité [g/cm ³]	7.13	7.4	6.7
Z effectif	74	66	61
Decay [ns]	300	35-45	30-60
ph/MeV	8200	28000	10000
% NaI(Tl)	15	75	25



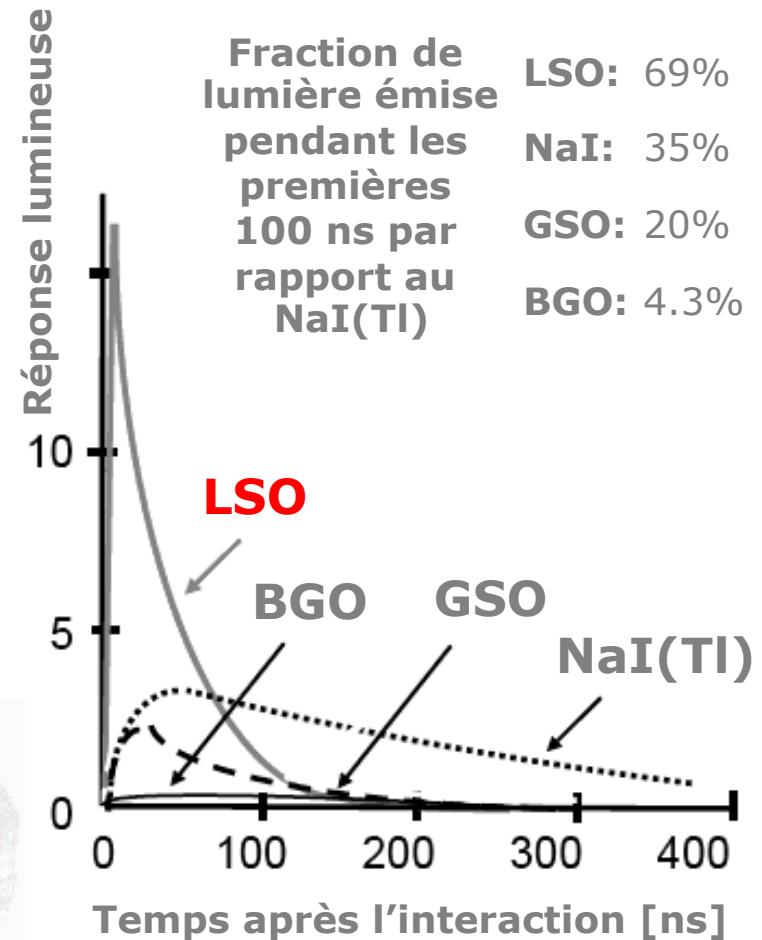
3DRP



FORE+OSEM



FORE+AWOSEM



- ✓ DéTECTEURS
- ✓ Corrections de données
- ✓ Reconstruction d'images

Courtesy: DW Townsend, UPMC



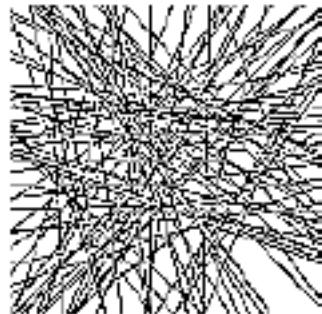
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

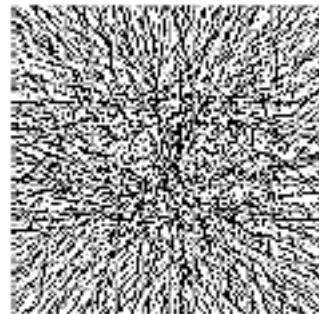
cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

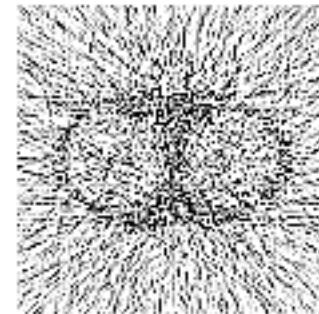
Reconstruction tomographique et statistique de comptage



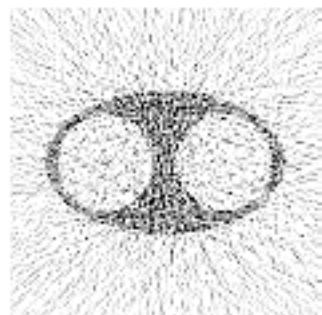
10^2



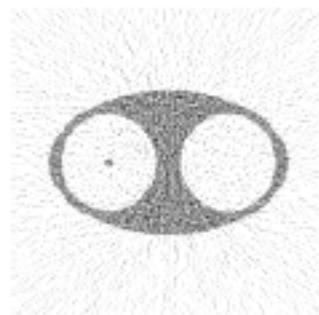
10^3



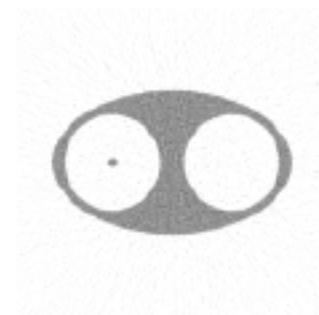
10^4



10^5



10^6



10^7

Courtesy: C. Comtat, CEA-SHFJ



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

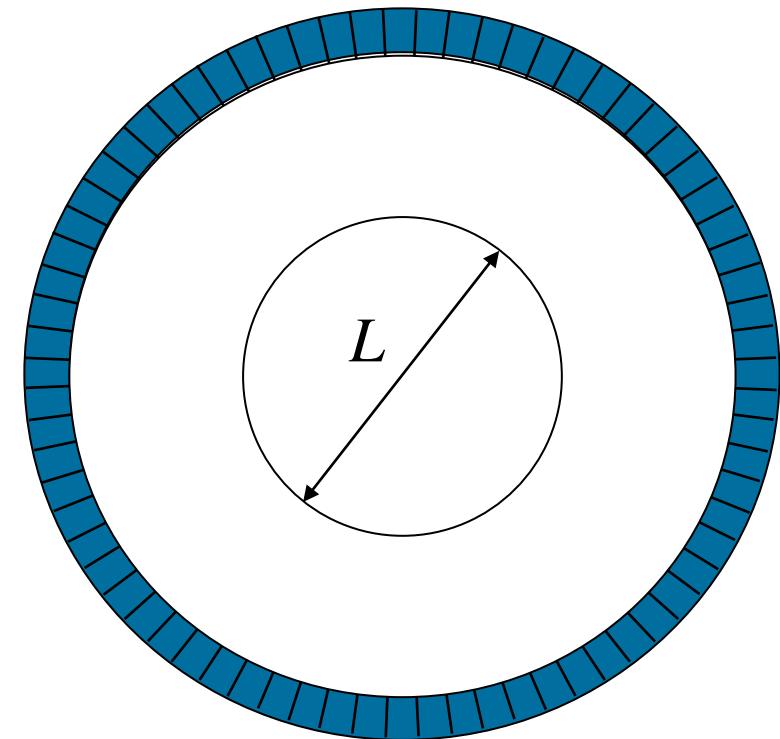
cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Rapport signal/bruit et statistique de comptage

$$\frac{A}{\Delta A} = \sqrt{N_{\beta^+}} \Rightarrow N_{\beta^+} = \left(\frac{A}{\Delta A} \right)^2$$

$$N_{Tot} = \left(\frac{L}{d} \right)^3 \times \left(\frac{A}{\Delta A} \right)^2 \times \left(\frac{L}{d} \right)$$



L'amélioration de la résolution spatiale par un facteur 2 implique d'augmenter la statistique de comptage par un facteur 16 pour obtenir le même rapport signal/bruit dans les voxels de l'image reconstruite.



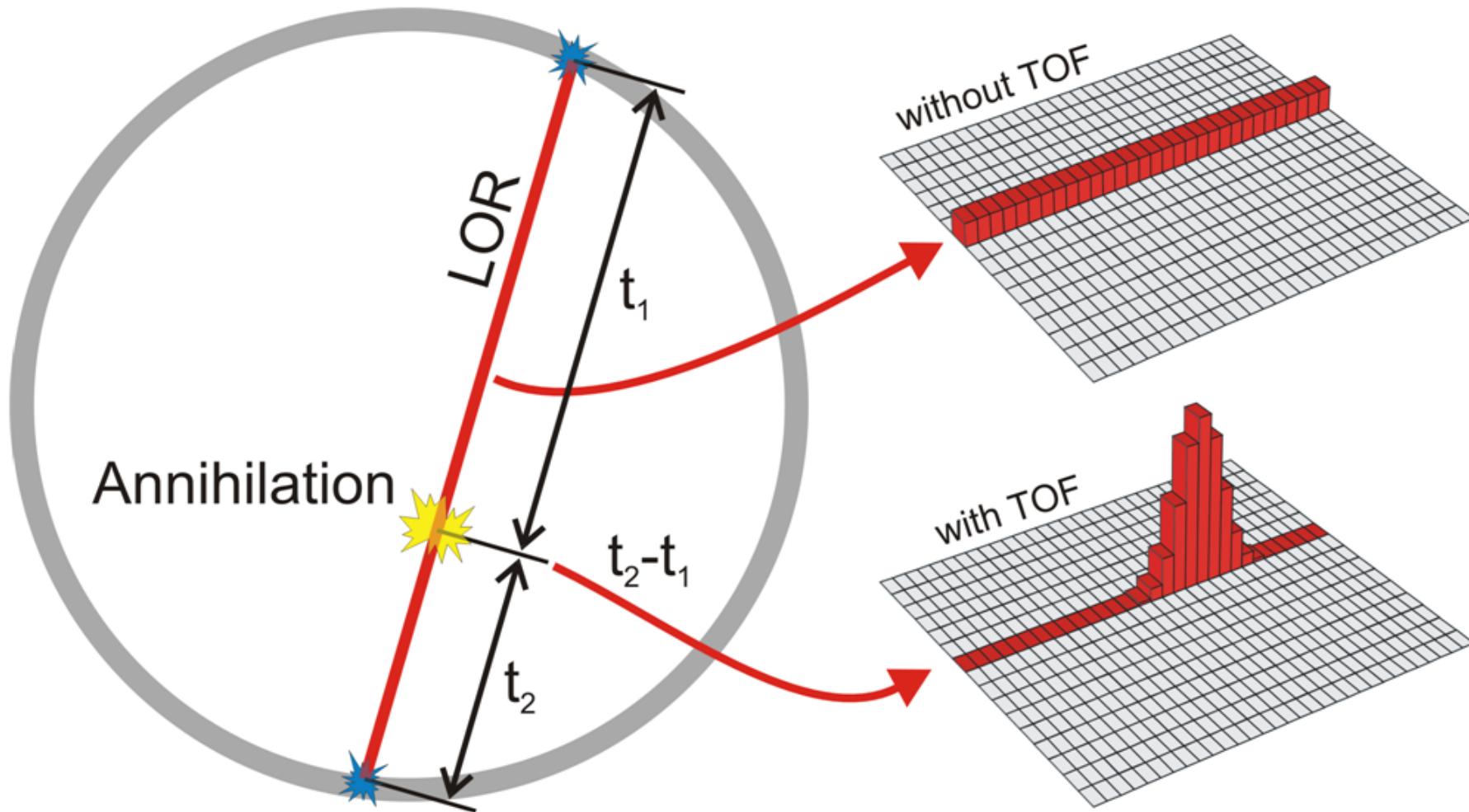
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Rapport signal/bruit et statistique de comptage



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

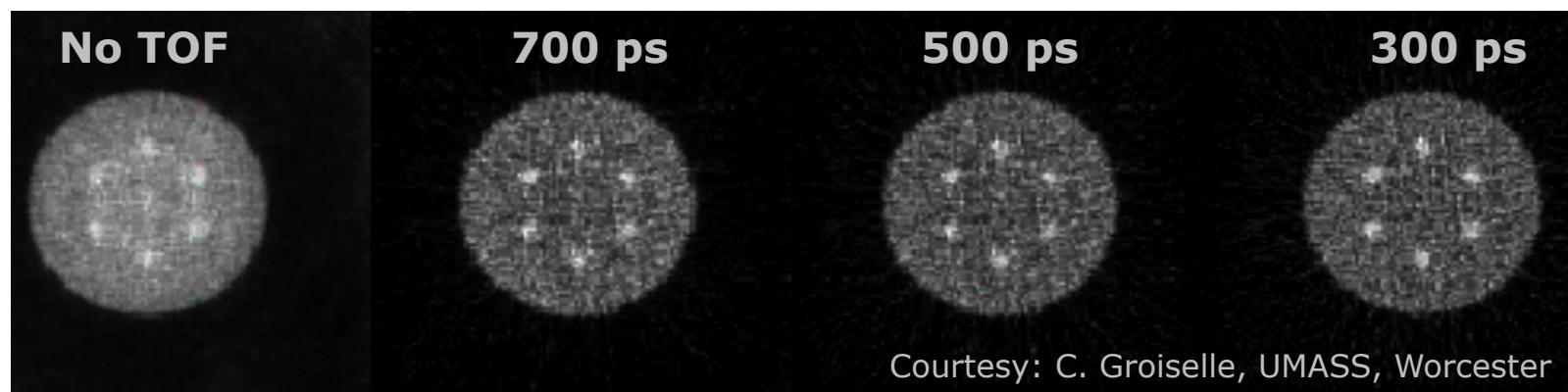
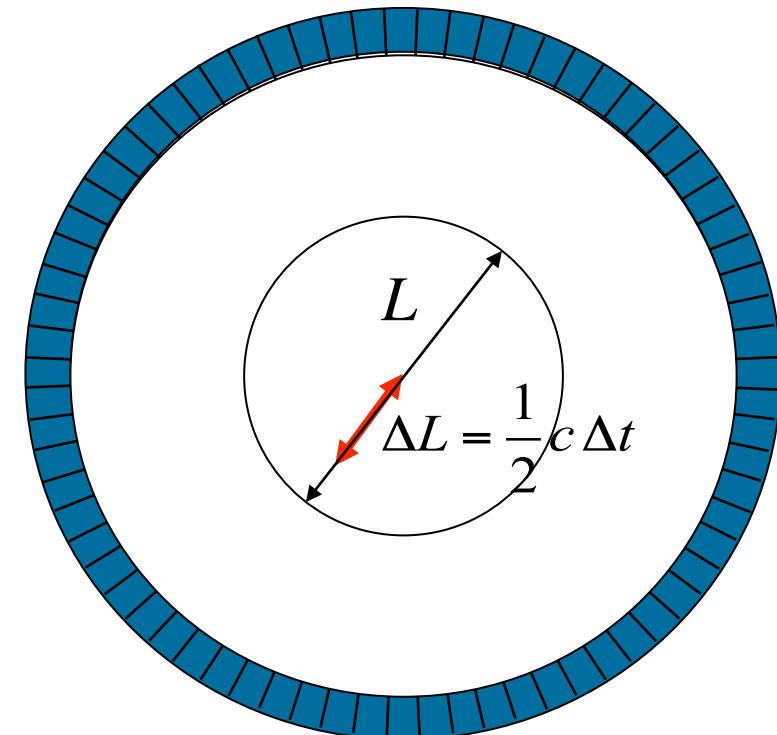
TEP à temps-de-vol et amélioration du rapport signal/bruit

$$N_{Tot} = \left(\frac{L}{d} \right)^3 \times \left(\frac{A}{\Delta A} \right)^2 \times \left(\frac{L}{d} \right)$$

$$N_{ToF} = \left(\frac{L}{d} \right)^3 \times \left(\frac{A}{\Delta A} \right)^2 \times \left(\frac{\Delta L}{d} \right)$$

Facteur de réduction de variance

$$f = \frac{L}{\Delta L} = \frac{2L}{c\Delta t}$$



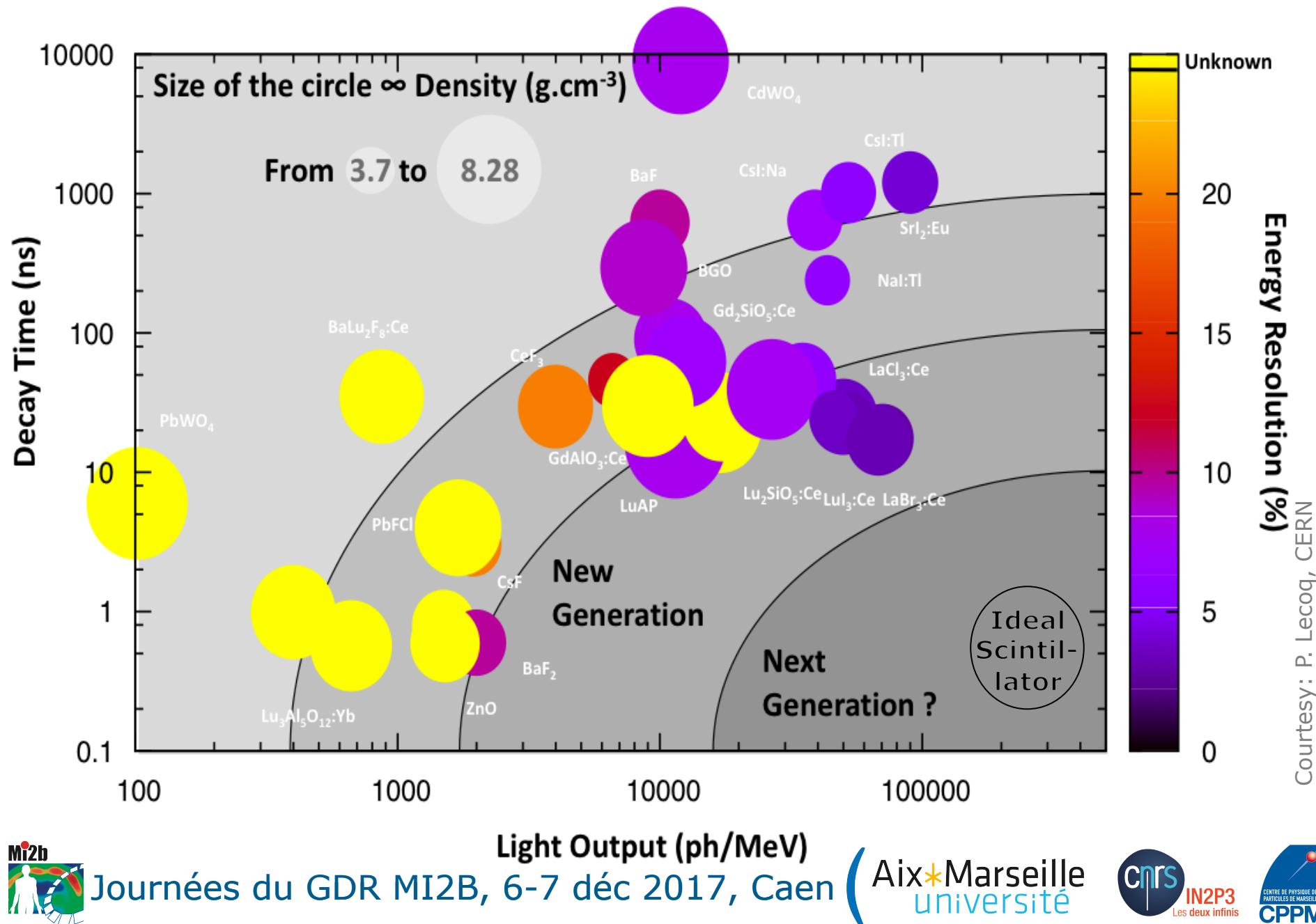
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Classification of scintillators



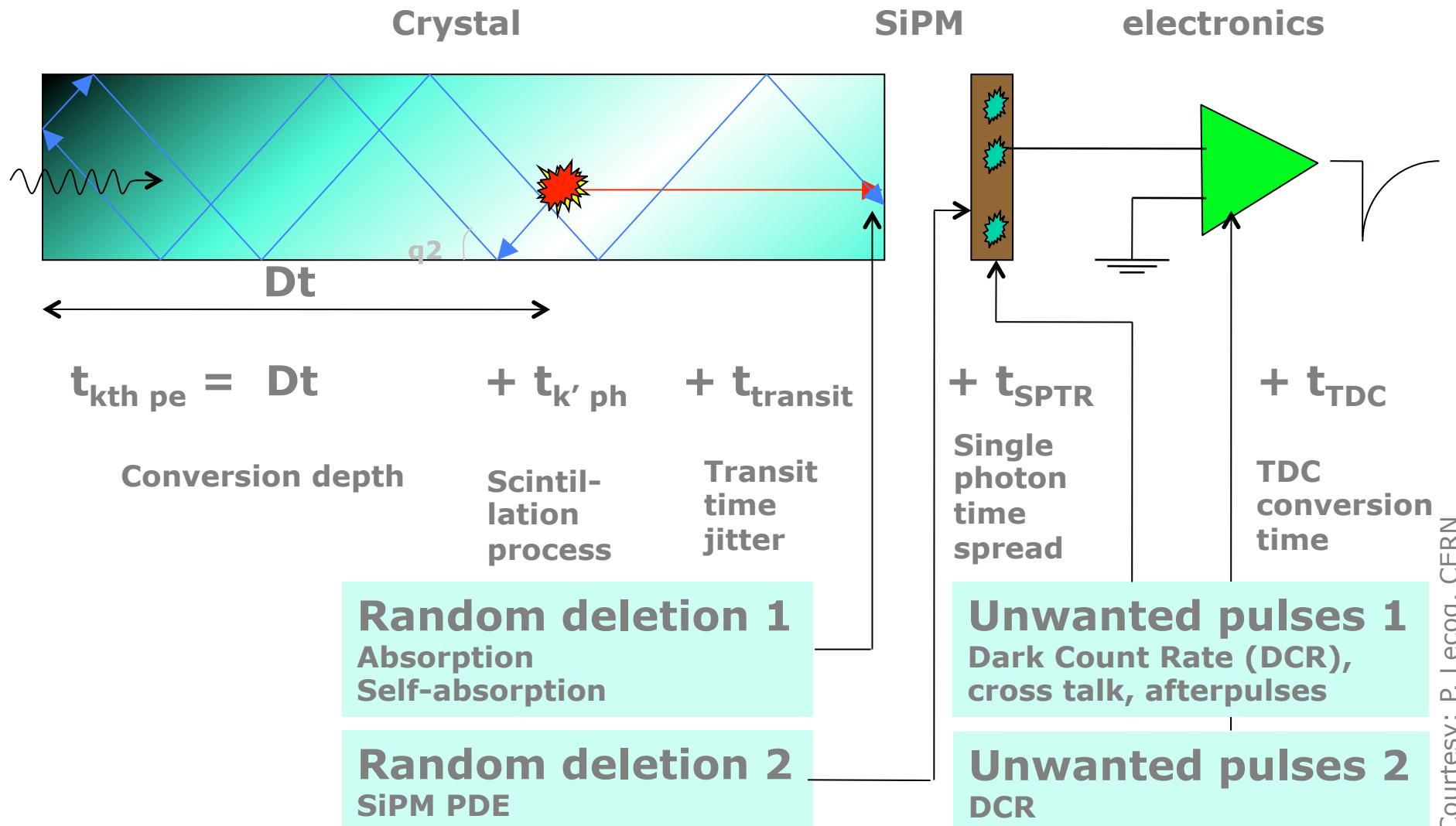
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

The detection chain



Courtesy: P. Lecoq, CERN



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

The detection chain

From the time of detection $t_{d,i}$ of n optical photons

$$T_d = \{t_{d,1}, t_{d,2}, \dots, t_{d,n}\}$$

- provides the Fisher information $I_{T_d}(\Theta)$ of the gamma ray interaction time Θ
- defines the Cramér-Rao lower bound by minimizing the variance of the time estimator Ξ

$$\text{Var}(\Xi) \geq 1 / I_{T_d}(\Theta)$$

Random deletion 2
SiPM PDE

Unwanted pulses 2
DCR

Courtesy:



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

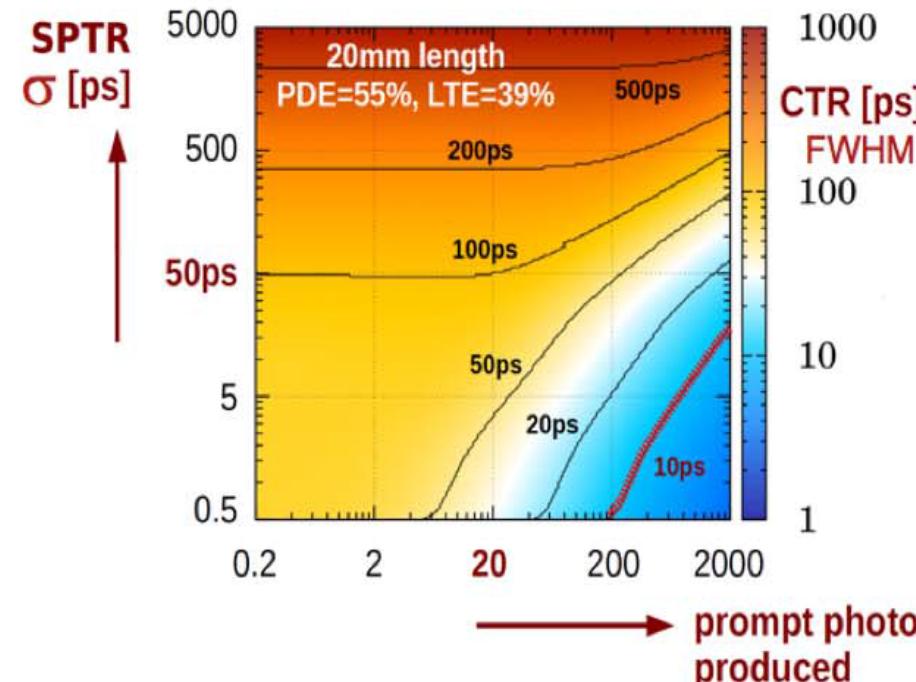
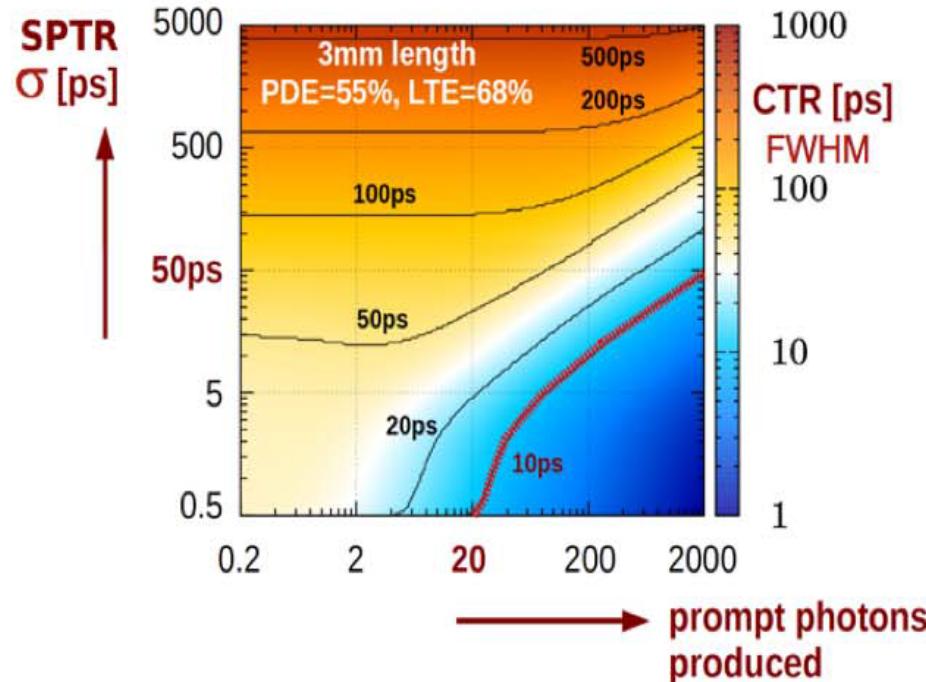
Prompt photons to boost the timing resolution

$$CRT \propto \sqrt{\frac{\tau_r \tau_d}{N_{pe}}} \xrightarrow{\tau_r \div 10} \sqrt{\tau_r}$$

Length 3mm

Length 20mm

Parameters for LSO: Ce, Ca and Hamamatsu S10931-050P MPPC



Courtesy: S. Gundacker, CERN

Cramér–Rao lower bound calculations for $2 \times 2 \times 3 \text{ mm}^3$ and $2 \times 2 \times 2 \times 20 \text{ mm}^3$ LSO:Ce,Ca scintillator with a SiPM having a PDE of 55%, as a function of the number of additional prompt photons generated



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

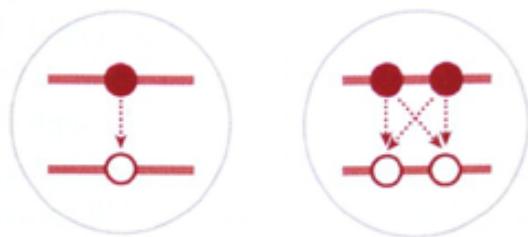
Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Possible sources of prompt photons (< 1 ns)

Excitons/bi-exciton
stable at 300 K
(e.g. CdSe CQwells)



Ce³⁺ Activator: 5d-4f
Ca²⁺ & Mg²⁺ co-doping
 $T_r \sim 20 \text{ ps}$ $T_d < 16 \text{ ns}$

Hot intraband
luminescence
0.1 - 10 ps
(e.g. PbWO₄,
CaWO₄)

Cross luminescence
<1 ns (e.g. BaF₂)
< 300 nm
low light yield

$$\frac{1}{\tau} = \frac{4e^2}{3\hbar c^3} \omega_{21}^3 |\vec{r}_{21}|^2$$

High donor band
semiconductors
< 1 ns (e.g. ZnO)
*quenched at room
temperature*

Cerenkov emission
 $\tau \sim 5-10 \text{ ps}$

Courtesy: P. Lecoq, CERN



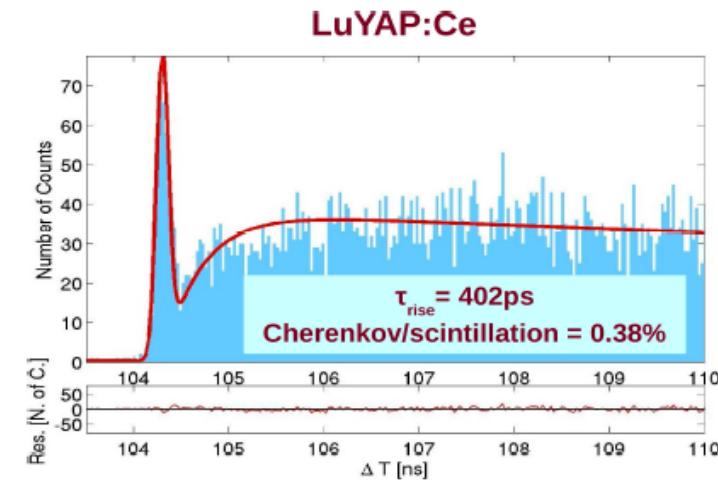
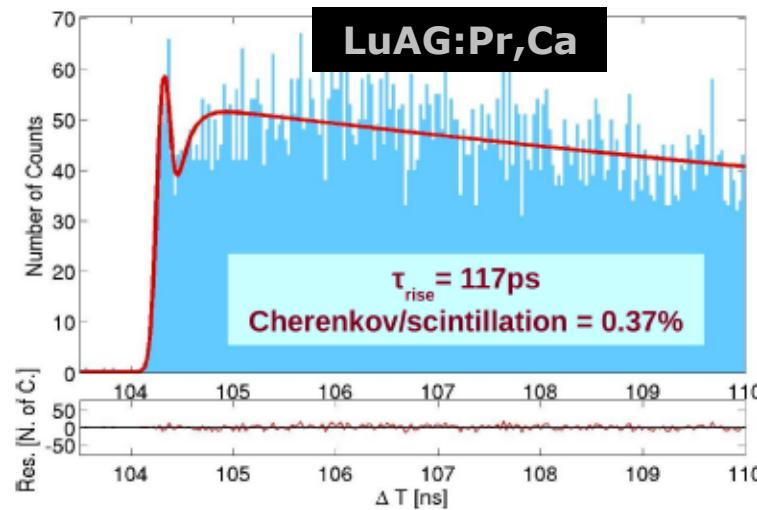
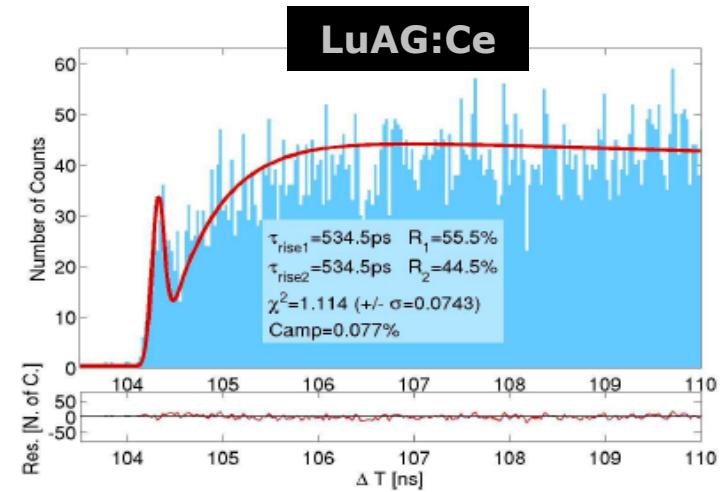
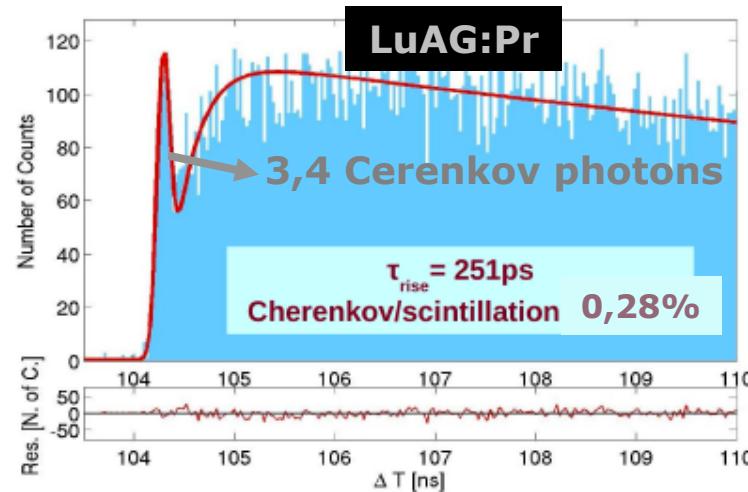
Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Cerenkov contribution



Courtesy: P. Lecoq, CERN



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

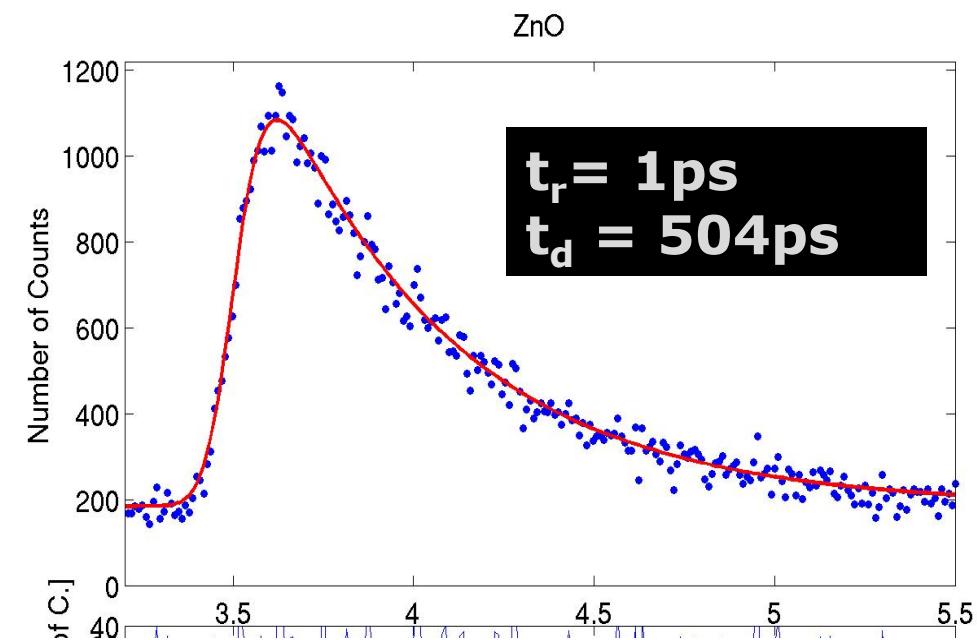
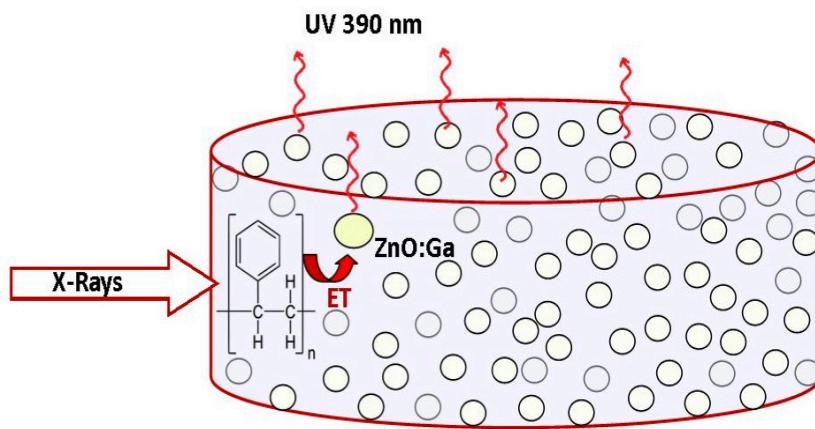
cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

ZnO:Ga polystyrene composite scintillator

Highly luminescent ZnO:Ga nanocrystals 80-100 nm

- Prepared by a photochemical method
- 4000 pe/511 keV in powder (same as LSO)
- Embedded in a polystyrene sheet 10% weight



Courtesy: R. Martinez Turtos, CERN



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

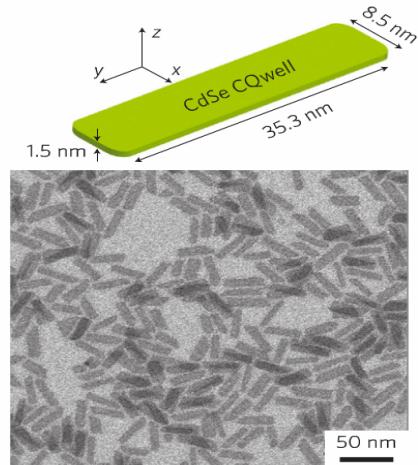
Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

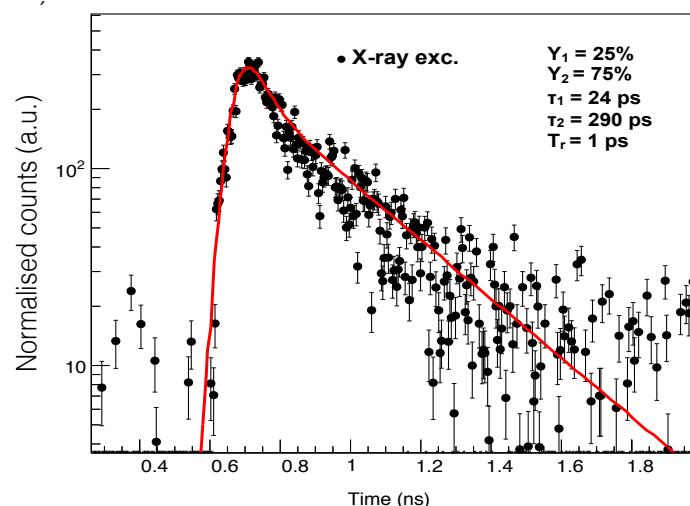
CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Quantum confined systems

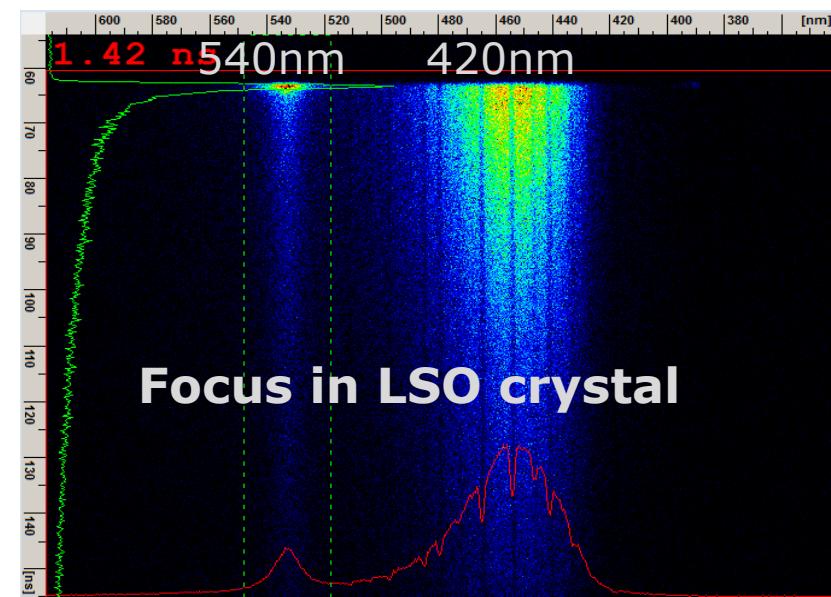
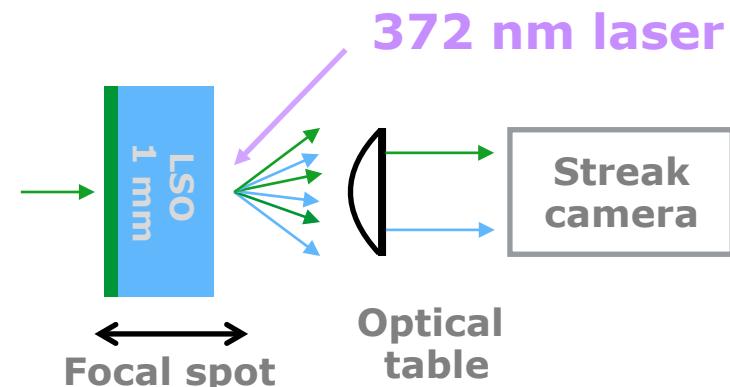
Colloidal CdSe nano-sheets (CQwells)
J. Grim, ITT, Italy



100 mm CdSe film deposition



LSO plate 1 mm thick
+ CdSe nanoplate film
100 mm thick



Courtesy: R. Martinez Turtos, CERN



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

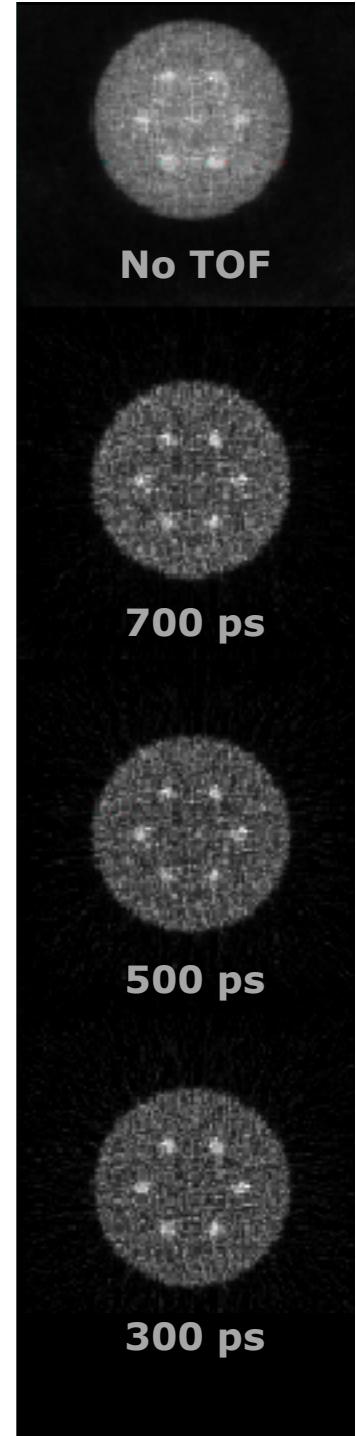
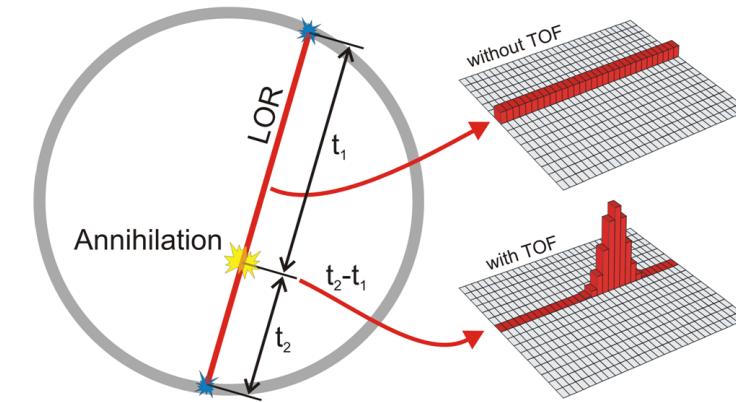
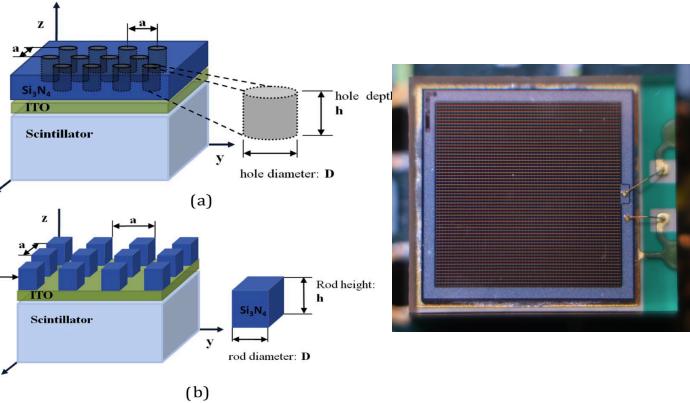
Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Timing rapide à scintillation : la route vers le TEP temps-de-vol sans reconstruction

P Lecoq et al. Nucl. Instrum. Meth. A 718 (2013) 569



4D total absorption Time
Imaging CALorimeter

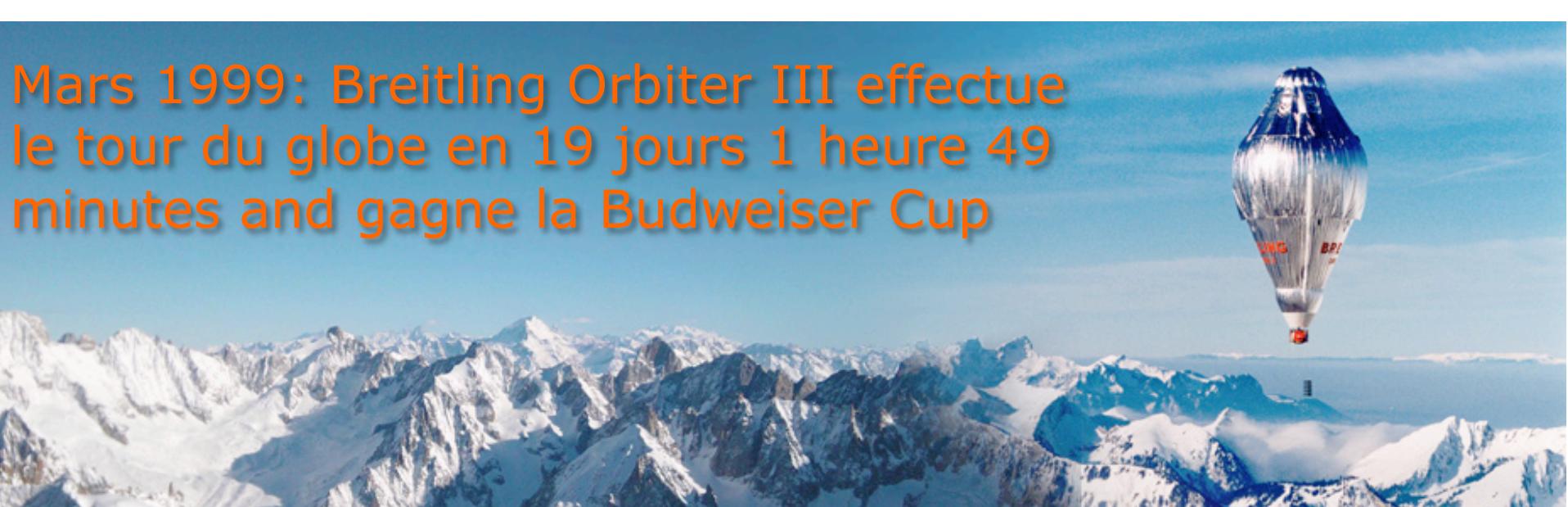


FAST ADVANCED SCINTILLATION TIMING (2014-2018): <http://www.cern.ch/FAST-COST>



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen (Aix-Marseille université)

1992: La FAI lance un défi pour le premier tour en ballon de la Terre



This is a clear-cut case to shed light on TOF-PET with CRT < 10 ps FWHM and raise a challenge on reconstructionless positron tomography



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

10 ps TOF-PET challenge: the conditions to be met

- ❖ Identify the critical parameters

- ✓ Light production
- ✓ Light transport
- ✓ Photodetection
- ✓ Readout electronics

- ❖ For each of the critical parameters

- ✓ Make sure that no physics barrier will compromise the goal
- ✓ Identify enabling technologies to reach the objective
- ✓ Organize a vigorous, ambitious and coordinated effort to push the limits and transform the myth into a reality

Courtesy: P. Lecoq, CERN



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

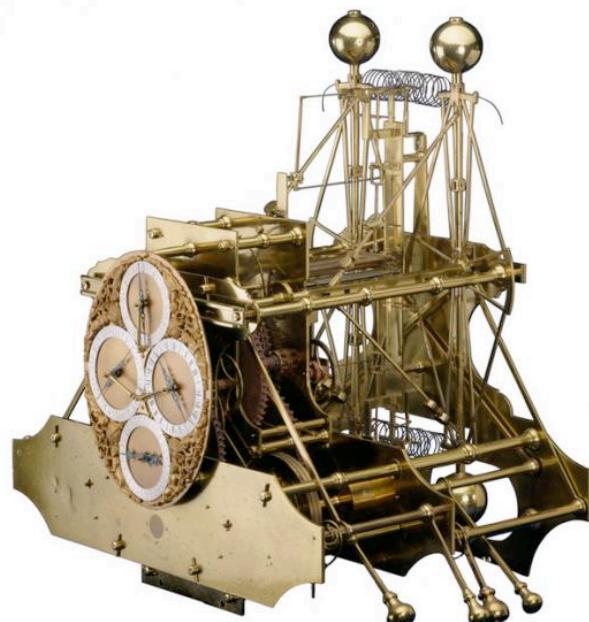
CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

Longitude Act

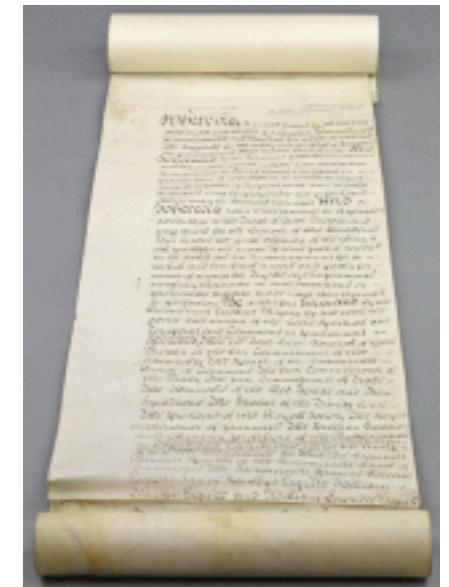
Le **Longitude Act** a été édicté par le parlement du Royaume Uni en juillet 1714 suite au naufrage du HMS Association, qui revenait du siège de Toulon, sur les récifs de Gilstone Ledges la nuit du 22 octobre 1707, causant la mort de mille quatre cents à plus de deux mille hommes.

Le Longitude Act fonde le **Bureau des longitudes** et offre un prix pour quiconque trouvera une méthode simple et pratique pour déterminer précisément la longitude d'un bateau.

John Harrison's H1 Marine Chronometer



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen



Longitude rewards:

- ✓ £10,000 < 1°
(= 110 km à l'équateur)
- ✓ £15,000 < 40'
- ✓ £20,000 < 0,5°

John Harrison a reçu £10,000 (~1.33 million £ en 2016) en 1765 pour le développement du chronomètre de marine

Aix*Marseille
université

cnsr
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM



successfully
place a
spacecraft on
the moon's
surface



travel
500
meters



transmit high-
definition video
and images back
to Earth



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnrs
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM

XPRIZE is an innovation engine A facilitator of exponential change A catalyst for the benefit of humanity



We believe in the power of competition. That it's part of our DNA. Of humanity itself. That tapping into that indomitable spirit of competition brings about breakthroughs and solutions that once seemed unimaginable. Impossible.

We believe that you get what you incentivize. And that without a target, you will miss it every time. Rather than throw money at a problem, we incentivize the solution and challenge the world to solve it.

We believe that challenges must be audacious, but achievable, tied to objective, measurable goals. And understandable by all.

We believe that solutions can come from anyone, anywhere and that some of the greatest minds of our time remain untapped, ready to be engaged by a world that is in desperate need of help. Solutions. Change. And radical breakthroughs for the benefit of humanity. Call us crazy, but we believe.

<https://www.xprize.org/>



Journées du GDR MI2B, 6-7 déc 2017, Caen

Aix Marseille
université

cnsr
IN2P3
Les deux infinis

CENTRE DE PHYSIQUE DES
PARTICULES DE MARSEILLE
CPPM