

# Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien



**Hubert Curien** (1924-2005),  
chercheur en physico-chimie, a été directeur général  
du Centre national de la recherche scientifique (CNRS),  
président du Centre national d'études spatiales (CNES)  
et de l'Agence spatiale européenne.  
Ministre de la Recherche de 1984 à 1986,  
puis de 1988 à 1993, il a œuvré pour la diffusion  
de la culture scientifique et technique en lançant  
notamment la Science en fête.



# Présentation générale de l'IPHC

□ IPHC est une Unité Mixte de Recherche



□ IPHC succède à un des 1ers laboratoires de physique nucléaire en France:

- Fin de la 2<sup>nd</sup> guerre mondiale: Institut de Recherche Nucléaire
  - accélérateur installé par les autorités allemandes pendant la guerre
- 1956: création du Centre de Recherche Nucléaire sur le site de Cronenbourg : regroupement de plusieurs laboratoires:
  - Accélérateurs Cockroft & Van de Graaff (2,3,4 puis 7 MeV)
- 1997: Institut de Recherches Subatomiques
- 2006: IPHC est un des premiers laboratoires pluridisciplinaires, basé sur 3 précédents laboratoires de biologie, physique et chimie



# Pluri-disciplinarité @ IPHC



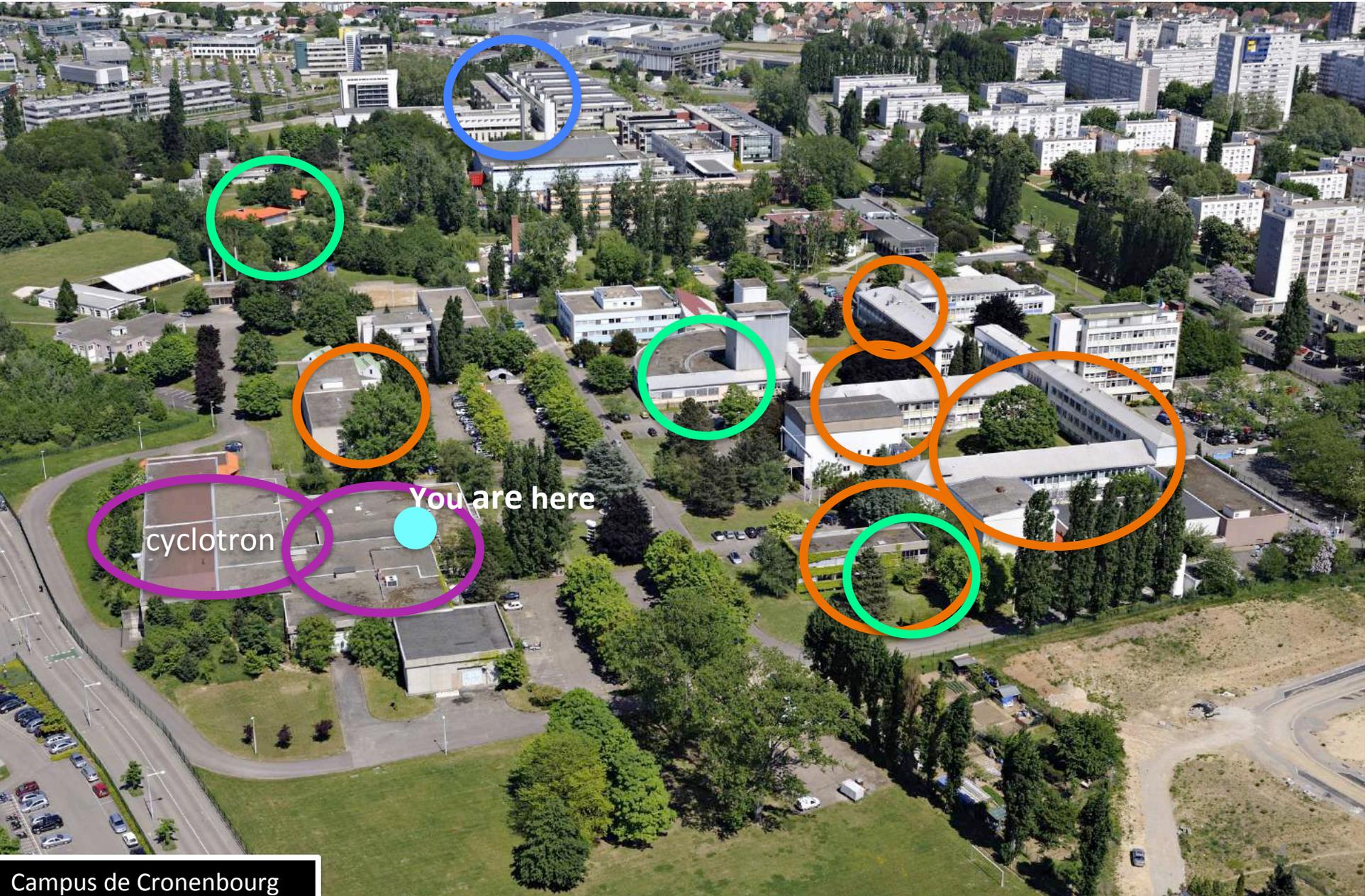
## Chronologie:

- 2012: construction du **cyclotron** CYRCE.
- 2016: 4 départements thématiques:
  - **DRS:** Recherches Subatomique (DRS)
  - **DSA:** Chimie Analytique (DSA)
  - **DEPE:** Ecologie, Physiologie and Ethologie (DEPE)
  - **DRHIM:** Radiobiologie, Hadronthérapie and Imagerie Moléculaire

➔ des projets **inter**disciplinaires transverses sont nés de cette juxtaposition

# IPHC @ campus

DRS DRHIM DEPE DSA

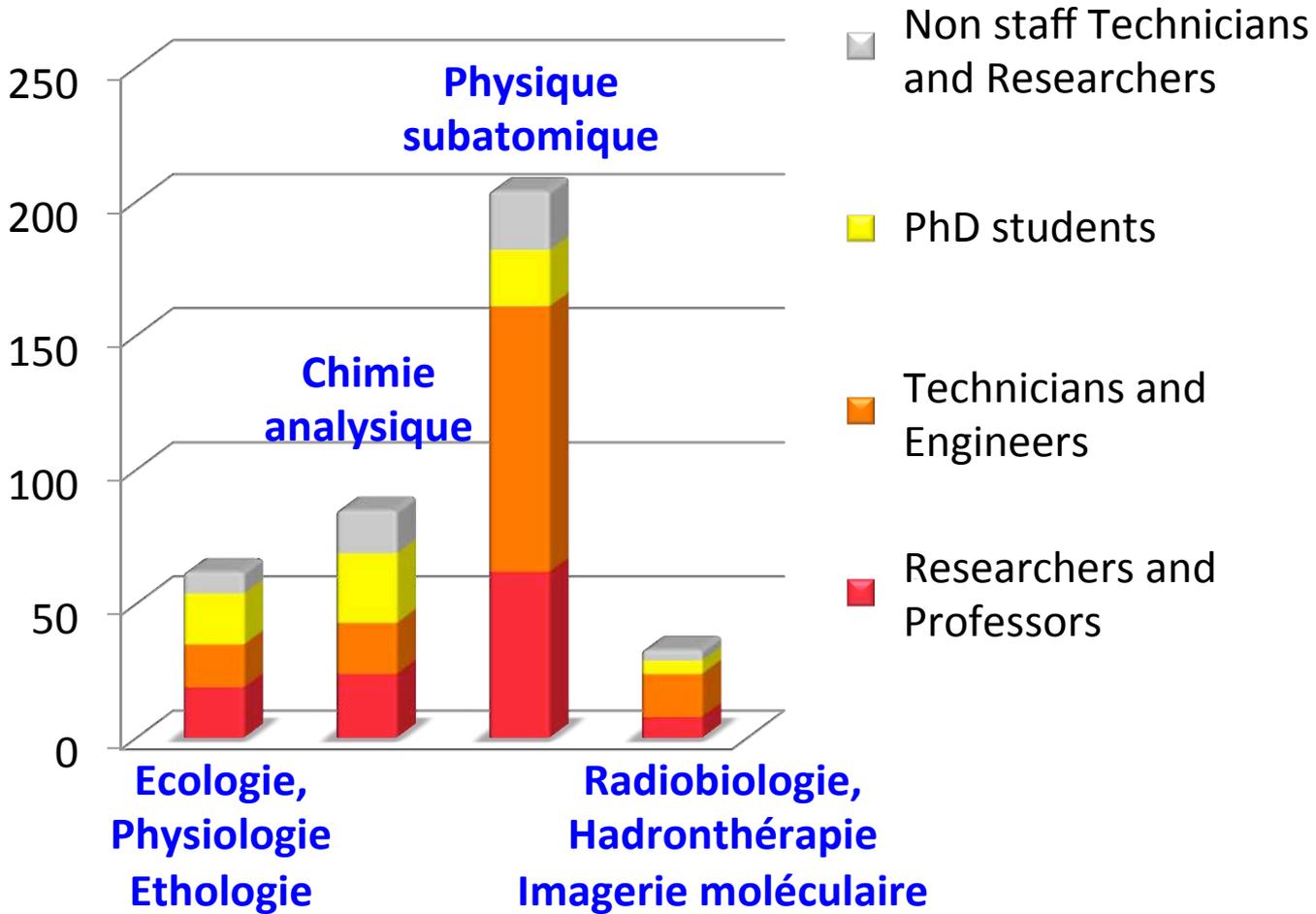


cyclotron

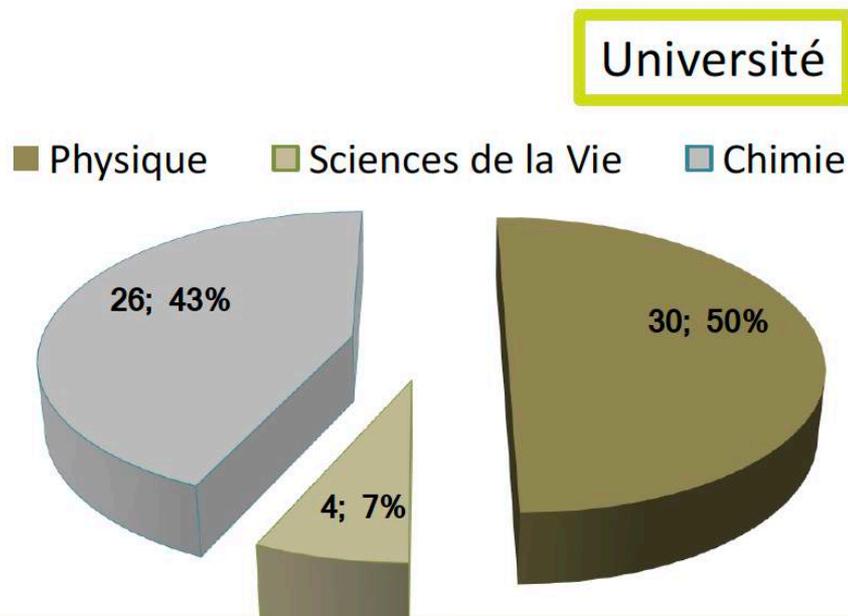
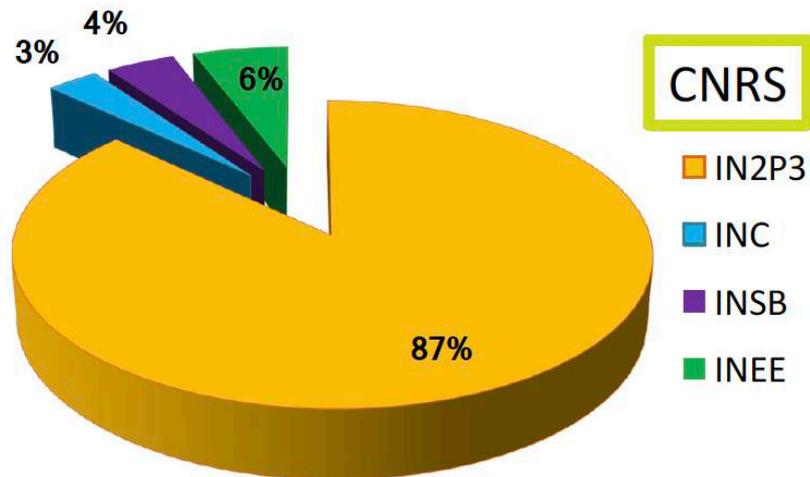
You are here

# Ressources humaines

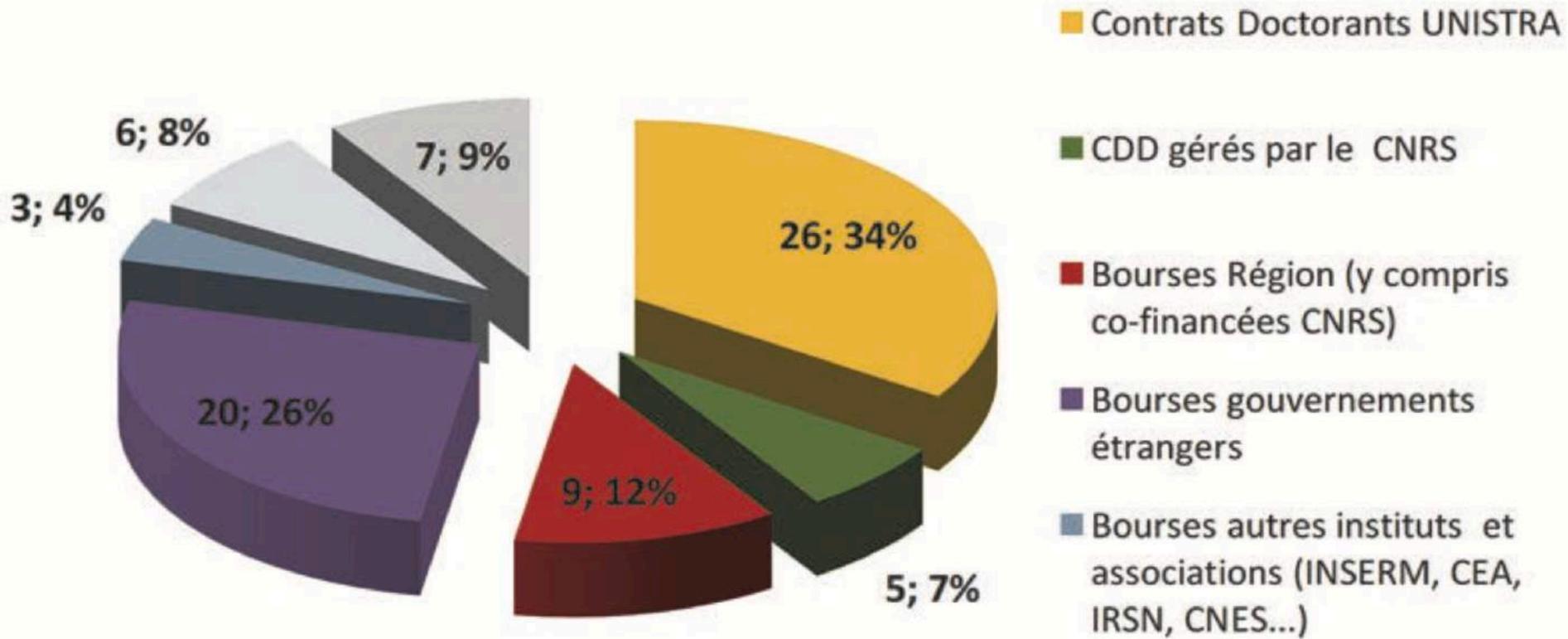
IPHC: 380 personnes (260 permanents)



# IPHC : Répartition du personnel CNRS / Université



# Doctorants



*Origine des financements des 76 doctorants en 2016.*



# Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien UMR 7178

Assistants de prévention :  
**E. Schaeffer (coord)**, **Z. Asfari**, **I. Chery**, **S. Georg**  
 Communication : **N. Busser**  
 Documentation : **B. Gaillard**  
 Qualité : **S. Suzanne-Ochsenbein**  
 Valorisation : **J. Schihin**

**Directeur : R. Barillon**

**Assistante : F. Diemer**

**MiPHC**  
 (Mission pour  
 l'interdisciplinarité à l'IPHC)

## Instances du Laboratoire

Conseil de Laboratoire  
 Conseil Scientifique  
 Cellule de Suivi Technique des Projets  
 Commission Paritaire Locale  
 Commission locale H&S et Conditions de Travail

## Ecologie Physiologie Ethologie

**Responsable : C. Habold**

Administration : **C. Gallone**

*Eq. scientifiques Eq. techniques*

## Recherches Subatomiques

**Responsable : S. Courtin**

Administration : **N. Reinbold**

*Eq. scientifiques Eq. techniques*

## Sciences Analytiques

**Responsable : E. Marchioni**

Administration : **C. Gallone**

*Eq. scientifiques Plateformes*

## Radiobiologie Hadronthérapie

### Imagerie Moléculaire

**Responsable : P. Laquerriere**

Administration : **F. Hamel**

*Eq. scientifiques Plateformes*

Ethologie et  
 Physiologie  
 Evolutive  
**C. Schradin**

Métrologie et  
 Instrument. en  
 Biologie et  
 Environnement :  
**F. Crenner**

Théorie **H. Moliue**

Du big bang aux particules

ALICE **C. Kuhn**  
 Belle II **I. Ripp- Baudot**  
 CMS **D. Bloch**  
 Neutrinos **M. Dracos**  
 PICSEL **M. Winter**

Systèmes de  
 Mesure et  
 d'Acquisition  
**L. Charles**

Micro-  
 électronique  
**C. Hu-Guo**

Spectrométrie de  
 Masse  
 BioOrganique#  
**S. Cianférani**

Analyse  
 inorganique  
**A. Boos**

Radiobiologie  
**G. Noel**

CYRCé  
 Coord. Scientifique:  
**P. Laquerriere**

adaptations  
 Physiologiques A la  
 GRAVité & Santé  
**A. Bergouignan**

Biologie Moléculaire  
**S. Zahn**

Du noyau aux étoiles  
**B. Gall**

Micro-  
 technique  
**M. Imhoff**

Chimie Analytique  
 des Molécules  
 BioActives et  
 Pharmacognosie  
**S. Lordel-Madeleine**

Protéomique  
 IBISA #  
**C. Schaeffer**

Hadronthérapie  
**C. Finck**

Resp. Opérateur:  
**M. Pellicoli**

ADaptation des  
 Animaux et  
 Gestions  
 Environnementales  
**J-Y. Georges**

Spectro. isotopique  
**I. Chery, A.Zahariev**

Energie, environnement  
 et dosimétrie

Instrumentation  
 des  
 Accélérateurs  
**E. Bouquerel**

Reconnaissance et  
 Procédés de  
 Séparation  
 Moléculaire  
**B. Ernst**

Infrastructure  
 protéomique  
 nationale ProFI#  
**C. Carapito**

Imagerie  
 Moléculaire  
**F. Boisson**

(PRECy, AMISSA &  
 animalerie)

Adaptations des  
 VÉrtébrés marins  
 aux Changements  
 environnementaux  
**C. Le Bohec**

Animalerie  
**A. Hranitsky**

Données Nucléaires pour les  
 Réacteurs **P. Dessagne**  
 Radiochimie **M. Del Nero**  
 DeSIs **Z. El Bitar**

RaMsEs\*  
**A. Sellam**

Ingénierie  
 Moléculaire  
 Appliquée à  
 l'Analyse  
**L. Charbonnière**

Station Guyane  
**D. Chevallier**

**Pôle Administratif commun : J. Schihin**

Ressources Humaines : **R. Sommer**

Logistique : **D. Kissenberger**

**Pôle Technique commun : L. Gross**

Service informatique : **J-M. Gallone**

Service Mécanique : **M. Krauth**

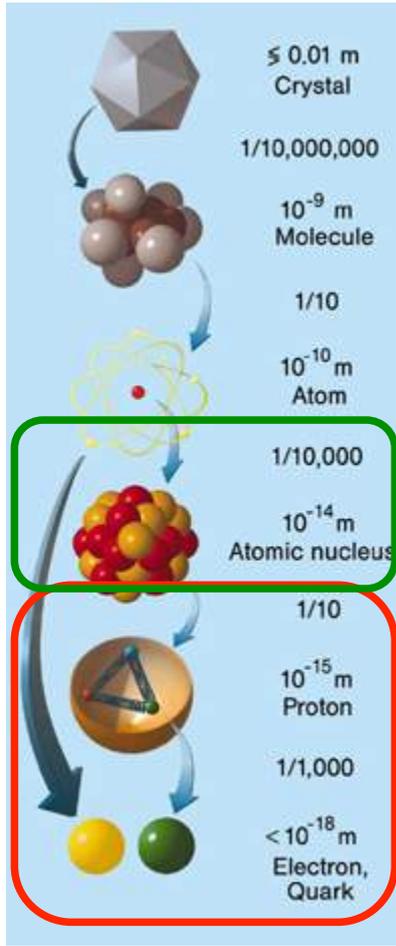
Service de Radioprotection : **D. Oster**

**Plateforme commune**

Grille/Cloud : **C. Carapito, J. Pansanel, Y. Patois**

# Recherches Subatomiques

## Recherches fondamentales

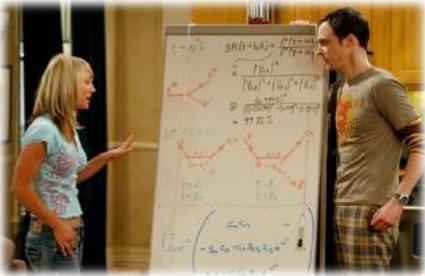


Physique nucléaire

Physique des ions lourds

Physique des particules

## THÉORIE



# Recherches Subatomiques

Recherches fondamentales

EXPÉRIENCES

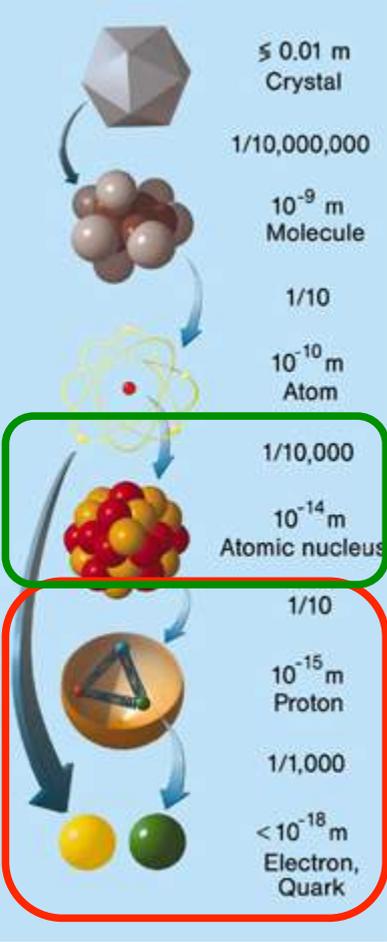
Centrales nucléaires



Accélérateurs



Rayonnement cosmique

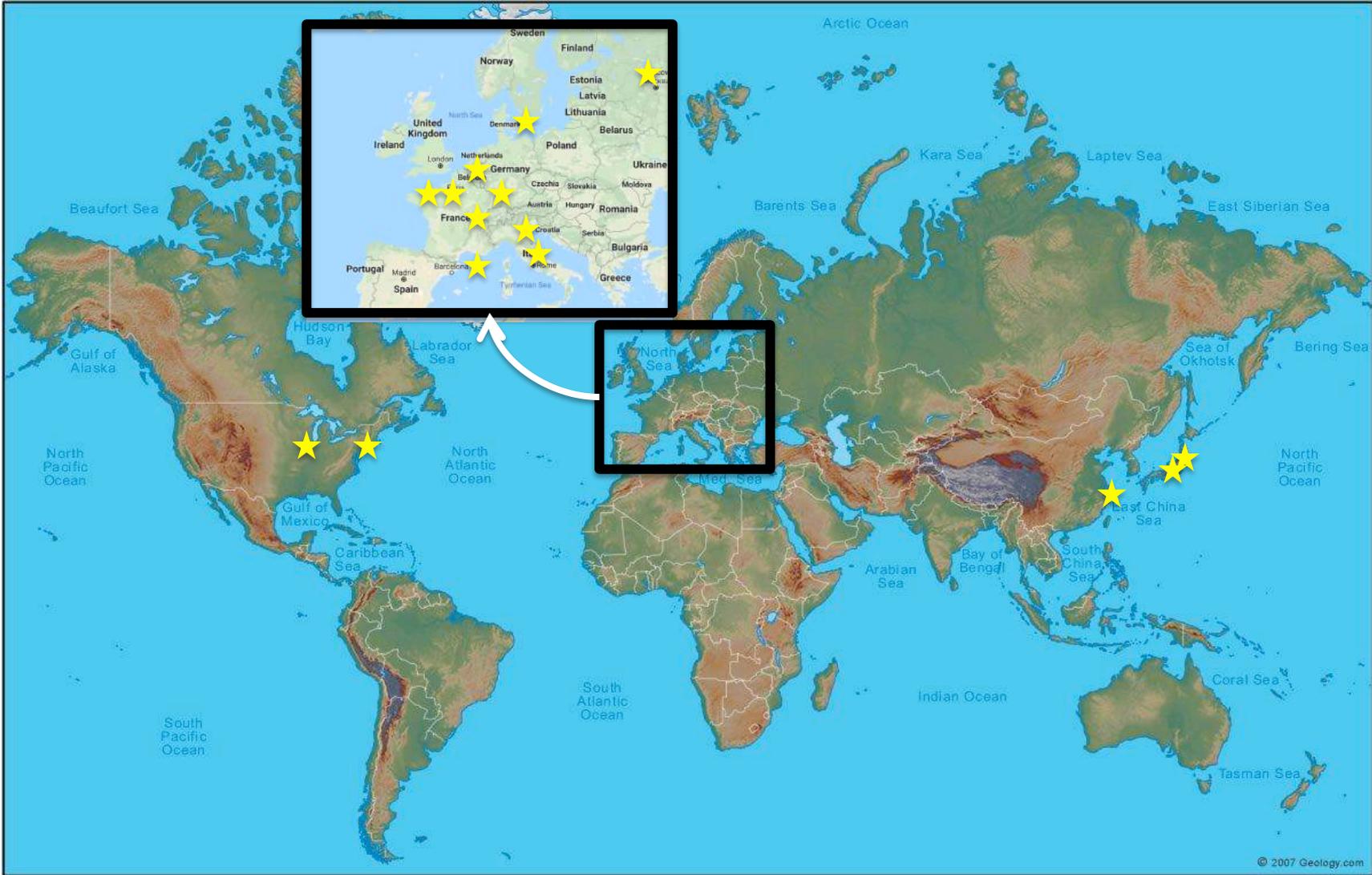


Physique nucléaire

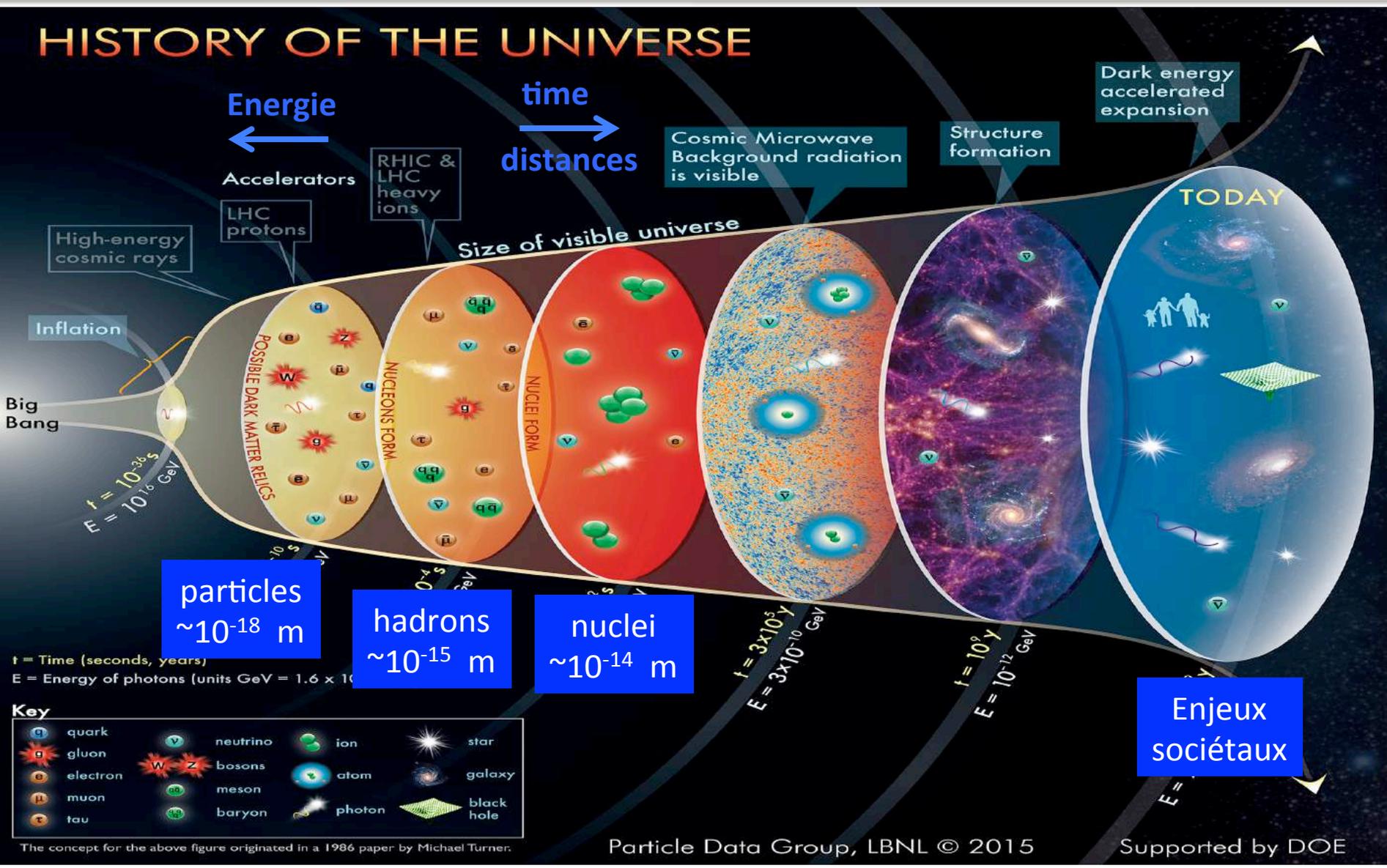
Physique des ions lourds

Physique des particules

# DRS: programmes internationaux



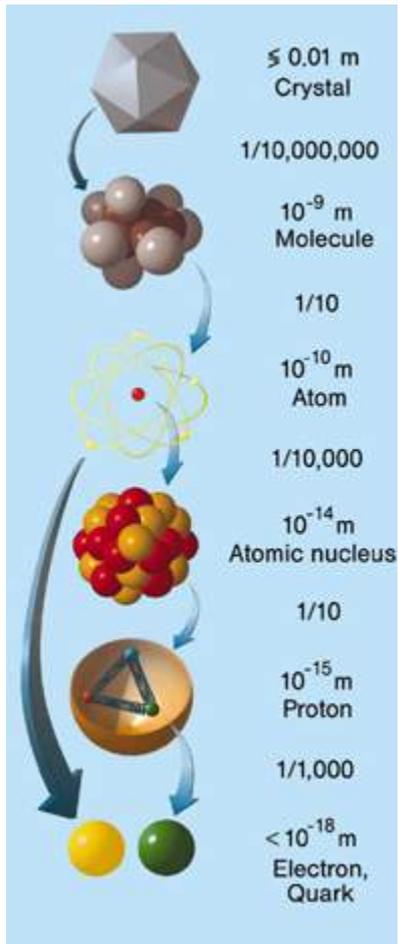
# Questionnements scientifiques



# Recherches Subatomiques

Recherches fondamentales

Applications sociétales



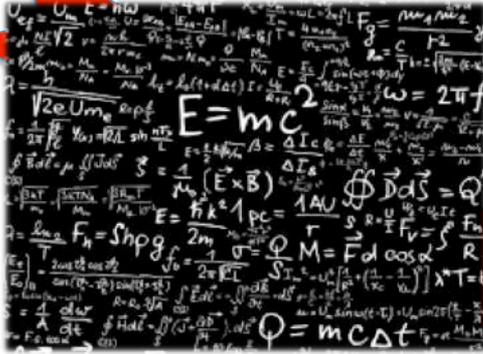
Energie nucléaire

Dosimétrie

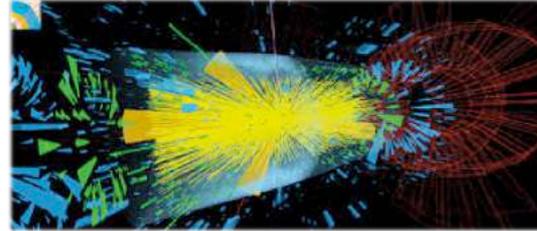
Radiochimie

# Diversité des activités de recherche

## Théorie



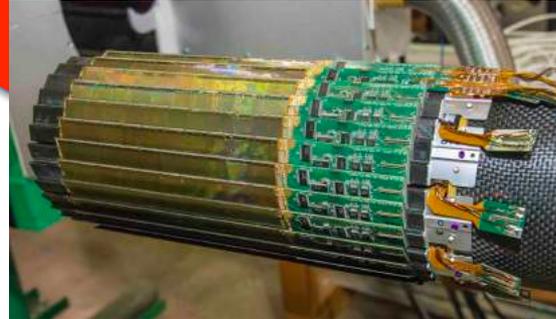
## Simulation



## Centre de calcul



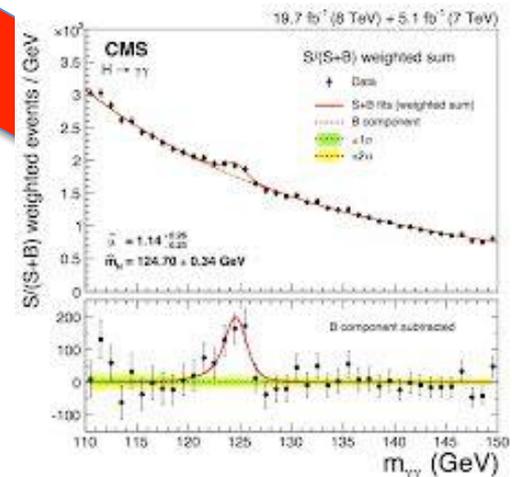
## Développements instrumentaux



## Cyclotron



## Analyse de données



## Ressources techniques:

- Mécanique
- Microélectronique
- Microtechnique
- ...

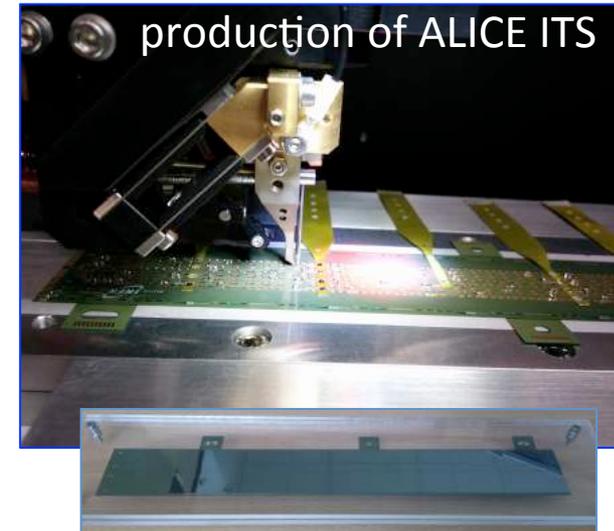
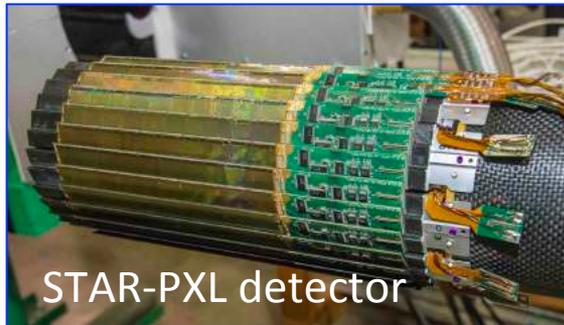
# 1-Physique des particules et des ions lourds

- ALICE: physique des ions lourds
- Belle II: physique des saveurs (@9 GeV)
- CMS: physique des particules: très haute énergie (@13 TeV)
- Neutrinos: propriétés des neutrinos et neutrinos astrophysiques
- PICSEL: développement de détecteurs CMOS (vertex → ILC)
- Théorie: potentiel scalaire, supergravité



	1ÈRE GÉNÉRATION	2ÈME GÉNÉRATION	3ÈME GÉNÉRATION		
masse →	≈2.3 MeV/c <sup>2</sup>	≈1.275 GeV/c <sup>2</sup>	≈173.07 GeV/c <sup>2</sup>	0	≈126 GeV/c <sup>2</sup>
charge →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluon	<b>H</b> boson de Higgs
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>γ</b> photon	
<b>QUARKS</b>					
	0.511 MeV/c <sup>2</sup>	105.7 MeV/c <sup>2</sup>	1.777 GeV/c <sup>2</sup>	91.2 GeV/c <sup>2</sup>	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>e</b> électron	<b>μ</b> muon	<b>τ</b> tau	<b>Z</b> boson Z	
<b>LEPTONS</b>					
	<2.2 eV/c <sup>2</sup>	<0.17 MeV/c <sup>2</sup>	<15.5 MeV/c <sup>2</sup>	80.4 GeV/c <sup>2</sup>	
	0	0	0	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	<b>ν<sub>e</sub></b> neutrino électronique	<b>ν<sub>μ</sub></b> neutrino muonique	<b>ν<sub>τ</sub></b> neutrino tauique	<b>W<sup>±</sup></b> bosons W <sup>±</sup>	
					<b>BOSONS DE JAUGE</b>

# 1-Physique des particules et des ions lourds



De la conception à la construction de détecteurs qui sont par la suite intégrés dans des expériences internationales

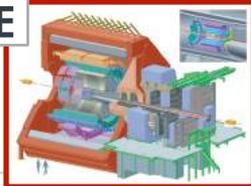
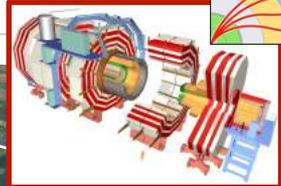
# Large Hadron Collider: expériences ALICE & CMS



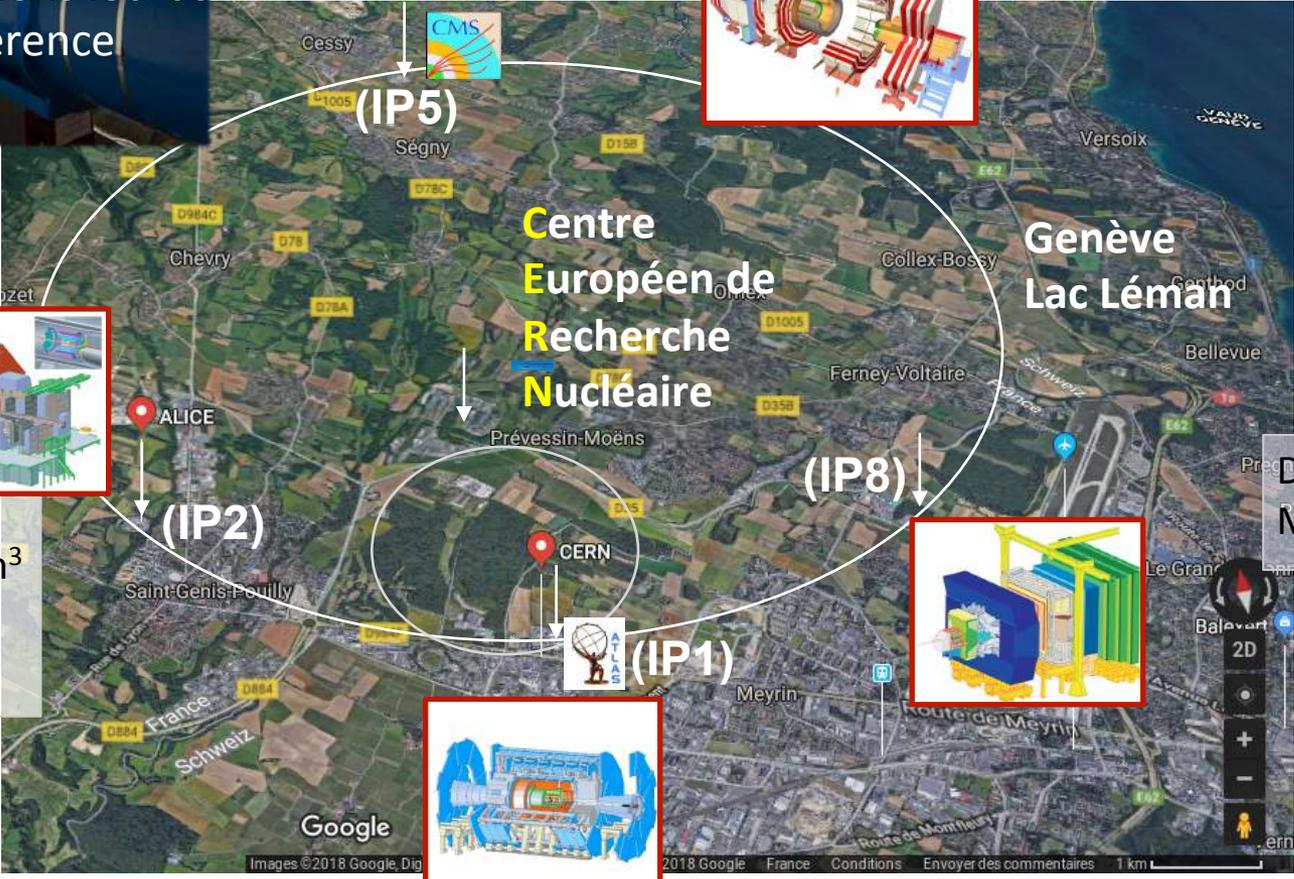
Dim : 15 x 15 x 21 m<sup>3</sup>  
Mass : 12 500 t  
Costs : 350 M€



Dim : 10 x 13 x 21 m<sup>3</sup>  
Mass : 5 600 t



Dim : 16 x 16 x 26 m<sup>3</sup>  
Mass : 10 000 t  
Costs : 80 M€



Dim : 324 m  
Mass : 10 100 t

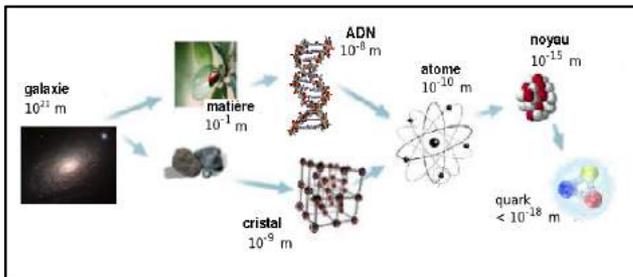
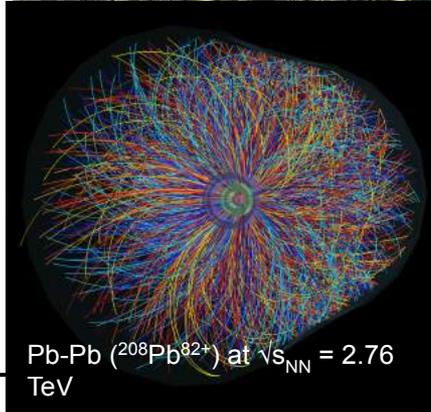


- ALICE = 36 countries, 147 institutes ≈ 2800 participants (1997-2018) / 828 authors (2018)
- CMS = 51 countries, 219 institutes ≈ 6400 participants (1996-2018) / 3170 authors (2018)





# ALICE : *programme scientifique*

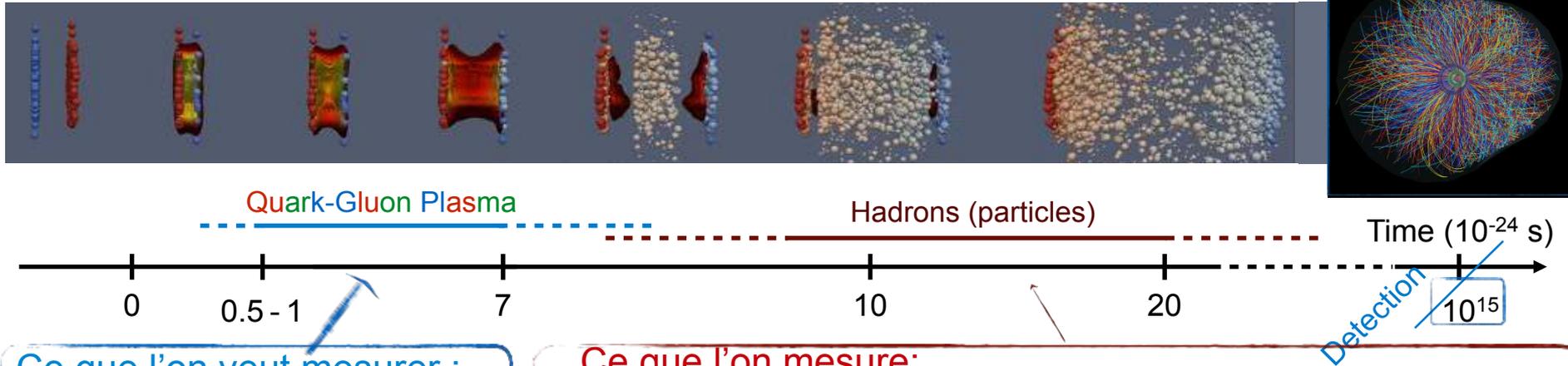


- Comment reproduire cet état de la matière en laboratoire ?
- Comment le caractériser ?



# ALICE : de l'instrumentation à la mesure

Simulation d'une collision Pb-Pb,



Ce que l'on veut mesurer :

- Quark-Gluon Plasma
- Temps de vie  $\sim 10^{-23}$  s

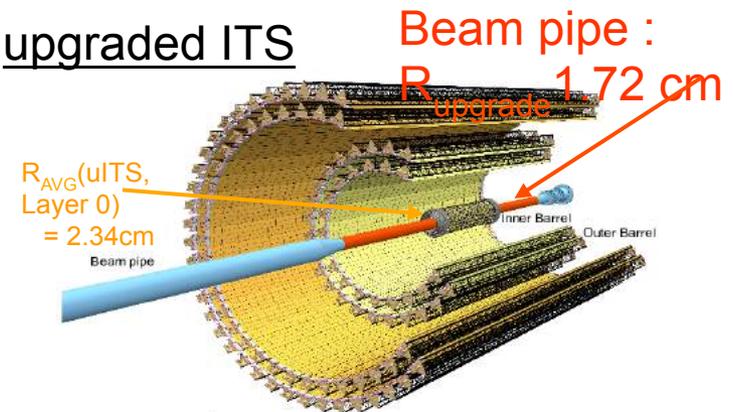
Ce que l'on mesure:

- informations résiduelles portés par les quarks dans les hadrons
- mesures indirectes

## Activités upgrade

- IPHC responsable du **tracking** et de la **simulation** de la réponse du détecteur detector
- **Production** de modules

## upgraded ITS



# L'expérience CMS

## □ auprès du collisionneur LHC du CERN

- 27 km de circonférence
- collisions proton-proton à 13 TeV
- énergie la plus élevée au monde

## □ CMS (Compact Muon Solenoid)

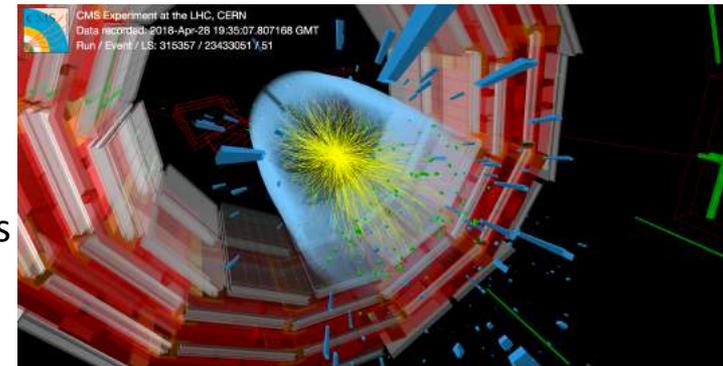
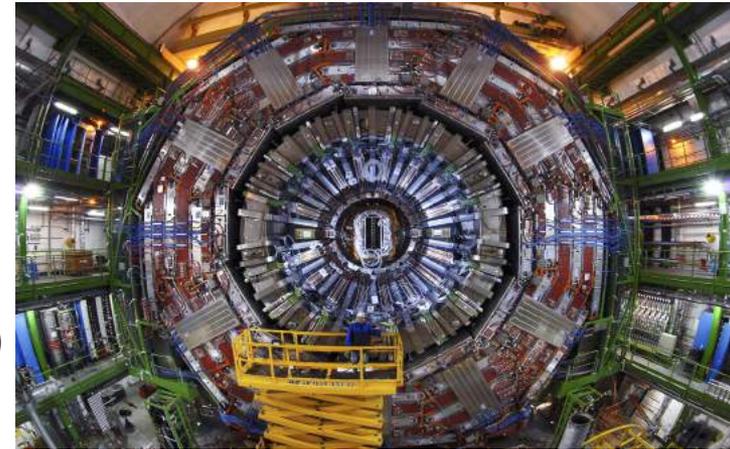
- « une caméra 3D à 130 millions de pixels enregistrés 40 millions de fois par seconde »
- 21 m de long, 15 m de haut, 14000 t
- permet de détecter tout type de particule élémentaire connue, ou à découvrir

→ découverte du boson de Higgs en 2012

→ prix Nobel pour ses inventeurs), à l'origine de la masse de toutes les particules élémentaires

## □ une collaboration internationale

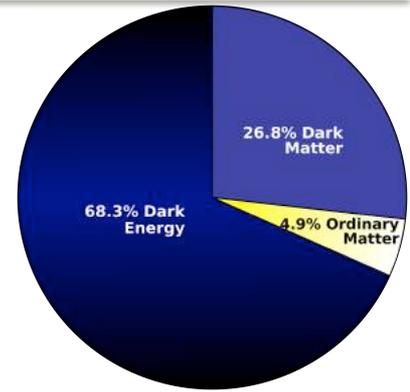
- 40 pays, 200 instituts, 4000 chercheurs, ingénieurs et doctorants
- dont à l'IPHC : 13 chercheurs, 4 doctorants, 6 ingénieurs impliqués



# CMS: *programme scientifique*

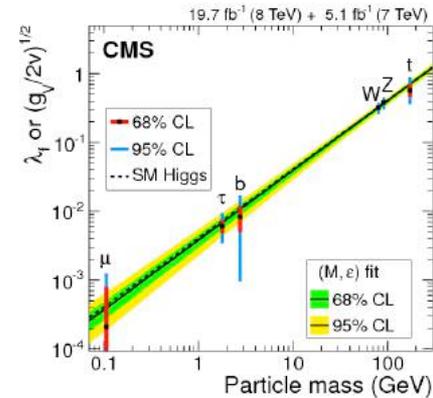
## ❑ résoudre des énigmes actuelles de la physique :

- le boson de Higgs observé est-il bien celui prédit par le Modèle Standard ?
- peut-on unifier toutes les interactions ? en existe-t-il d'autres ?
- quelle est l'origine de la matière noire ? (75% de la masse de l'univers connu)
- pourquoi l'antimatière a-t-elle disparue au tout début de l'univers ?



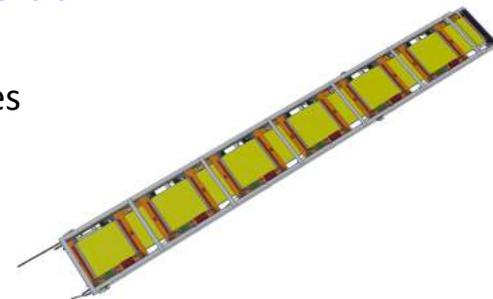
## ❑ la recherche à l'IPHC:

- mesurer précisément les paramètres du Modèle Standard:
  - couplages du boson Z, couplages du quark top, couplages du boson de Higgs, recherche de processus rares liés au quark top et au boson de Higgs
- interpréter des déviations éventuelles en terme de nouvelle physique
- rechercher directement de nouvelles particules et une nouvelle physique (supersymétrie par exemple)



## ❑ préparer la construction du nouveau détecteur de traces de CMS au laboratoire

- mécanique de support, intégration des modules silicium, lecture des modules silicium et des pixels, tests en faisceau (Cyracé)



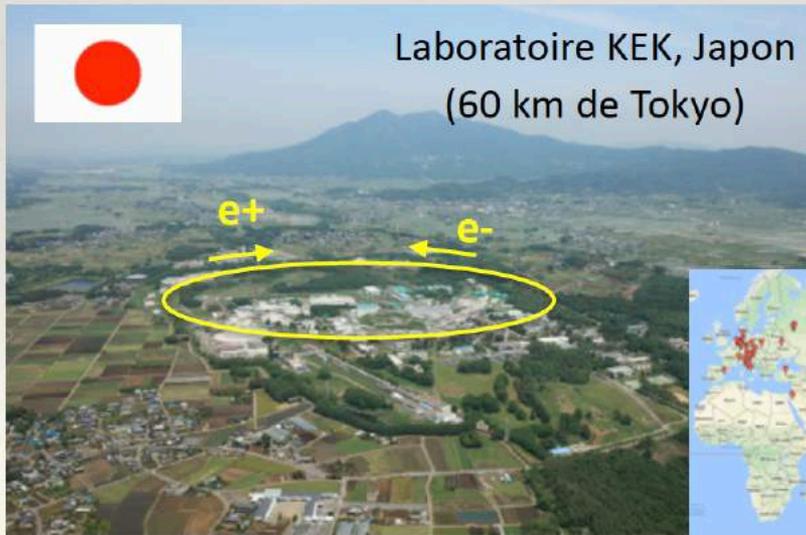
# L'expérience Belle II au collisionneur SuperKEKB

- ❖ SuperKEKB est le collisionneur le plus intense au monde : **40× le record mondial**.
- ❖ Pour la première fois : collisions de faisceaux de section **nano-métrique**.
- ❖ Fonctionnement : **2018 - 2025**.



## ➤ Recherches à la frontières de l'intensité :

- ❖ Intensité ➔ incertitude **statistique** la plus faible possible.
- ❖ Doit être associée à une faible incertitude **systématique** :
  - ❖ Excellente **précision de mesure**.
  - ❖ Excellent **précision théorique**.



Le groupe à l'IPHC  
contact : [ripp@in2p3.fr](mailto:ripp@in2p3.fr)

chercheurs



postdoctorants



doctorants



- ❖ Activités principales :
  - ❖ Analyse de physique.
  - ❖ Prise de données au Japon.

# Belle II: *programme scientifique*

- Belle II veut découvrir des **manifestations quantiques de nouvelles particules** au-delà du Modèle Standard de la physique des particules.

## Pourquoi l'anti-matière a disparu de l'univers ?

- Violation de la **symétrie fondamentale CP** observée dans les quarks : nécessaire mais pas assez grande.
  - existe-t-il une autre source de violation de CP ?
- Minimum de **3 familles** de quarks nécessaires.
  - y en a-t-il plus de 3 ?

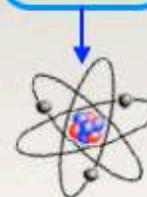
## Peut-on unifier les quarks et les leptons ?

- Changement de saveur** :  $q_u \leftrightarrow q_d W^+$  à comparer à  $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$ .
  - pourquoi cette différence ?
- Anomalies mesurées récemment dans les leptons :
  - **signe d'une physique nouvelle ?**

→ En analysant les collisions  $e^+e^-$  délivrées par SuperKEKB :

- $55 \times 10^9$  de paires  $b$  anti- $b$
- $65 \times 10^9$  de paires  $c$  anti- $c$
- $45 \times 10^9$  de paires  $\tau^+ \tau^-$

	masse: $\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ charge: $2/3$ spin: $1/2$ <b>u</b> up	masse: $\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ charge: $2/3$ spin: $1/2$ <b>c</b> charm	masse: $\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ charge: $2/3$ spin: $1/2$ <b>t</b> top
<b>QUARKS</b>	masse: $\approx 4.6 \text{ MeV}/c^2$ charge: $-1/3$ spin: $1/2$ <b>d</b> down	masse: $\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ charge: $-1/3$ spin: $1/2$ <b>s</b> strange	masse: $\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ charge: $-1/3$ spin: $1/2$ <b>b</b> bottom
	masse: $0.511 \text{ MeV}/c^2$ charge: $-1$ spin: $1/2$ <b>e</b> électron	masse: $105.7 \text{ MeV}/c^2$ charge: $-1$ spin: $1/2$ <b><math>\mu</math></b> muon	masse: $1.777 \text{ GeV}/c^2$ charge: $-1$ spin: $1/2$ <b><math>\tau</math></b> tau
<b>LEPTONS</b>	masse: $< 2.2 \text{ eV}/c^2$ charge: $0$ spin: $1/2$ <b><math>\nu_e</math></b> neutrino électronique	masse: $< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ charge: $0$ spin: $1/2$ <b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonique	masse: $< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ charge: $0$ spin: $1/2$ <b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino tauique



# Groupe PICSEL

*“New directions in science are launched by new tools much more often than by new concepts”. (Freeman Dyson)*

## □ Activités de recherche

- But: concevoir, construire et exploiter des détecteurs à pixels CMOS à la fois fin, précis, suffisamment radio-résistants et rapides
  - Pour la **physique subatomique** (mesure de position des particules chargées)
  - Pour d’autres **applications sociétales** (imagerie, dosimétrie, monitoring, télescope, etc.)

## □ Groupe PICSEL

3 physiciens

12 ingénieurs en micro-électronique

Conception

6 ingénieurs de test

Établir un cahier des charges

Proposer une application

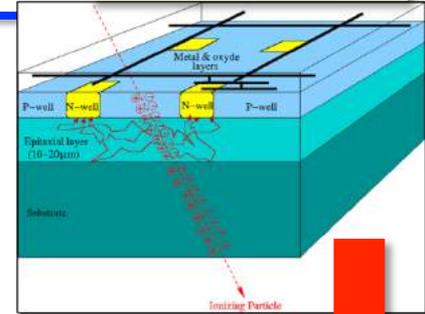
Exploiter les données pour la physique

optimisation

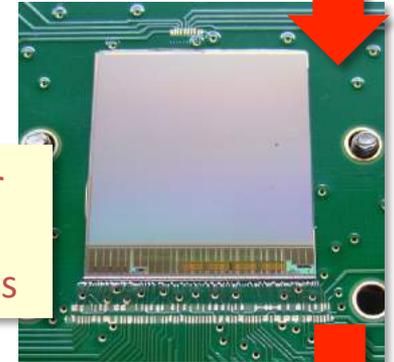
Tests et validations

2014: Détecteur interne de STAR  $\sim 3 \times 10^8$  pixels  
1<sup>er</sup> détecteur au monde dans cette technologie

Capteur CMOS  
4 pixels



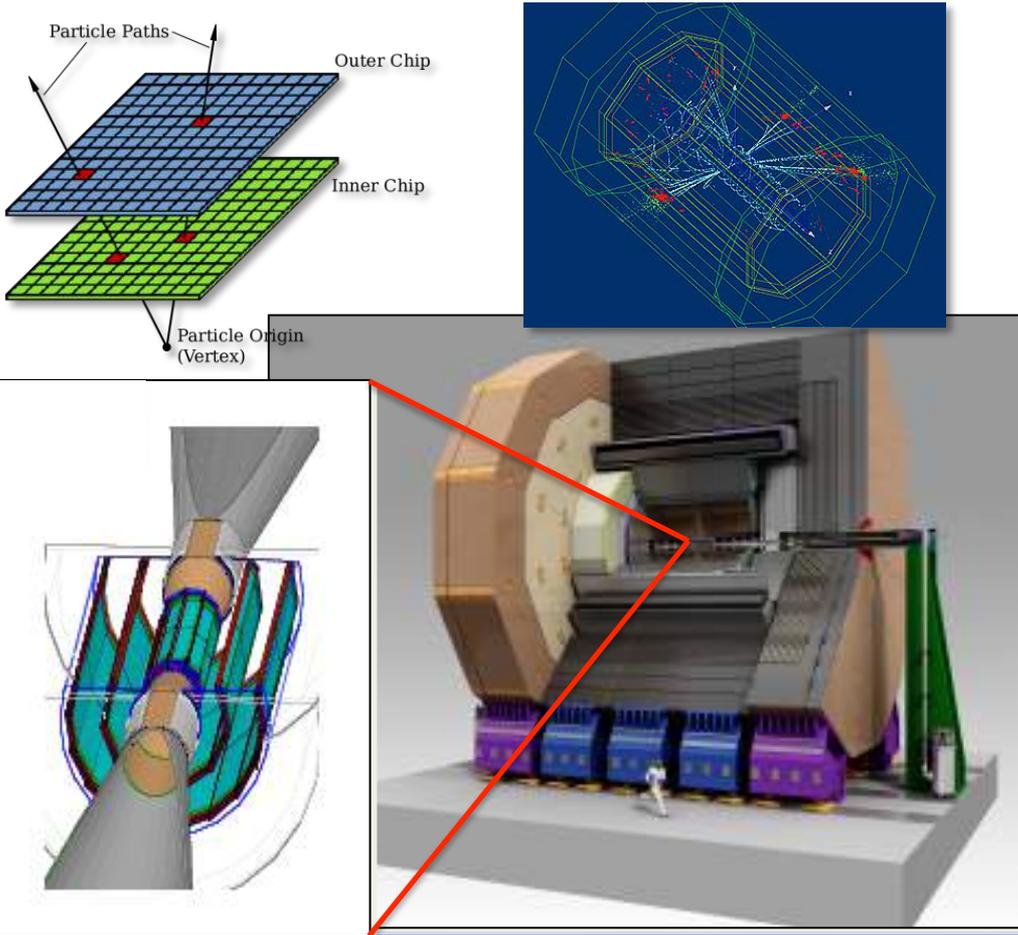
1 Capteur  
 $\sim 4 \text{ cm}^2$   
 $\sim 10^6$  pixels



# Groupe PICSEL: *exemples d'applications*

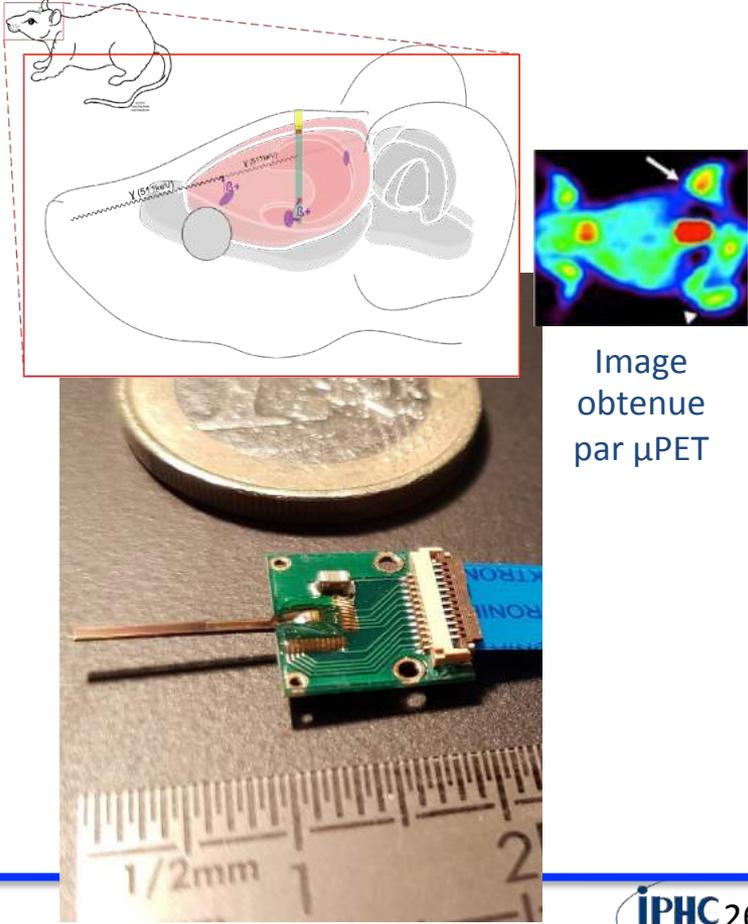
## Physique des particules

Détecteur de vertex pour le futur Collisionneur  
Linéaire International (ILC)  
(reconstruire la position de la collision)



## Application sociétale

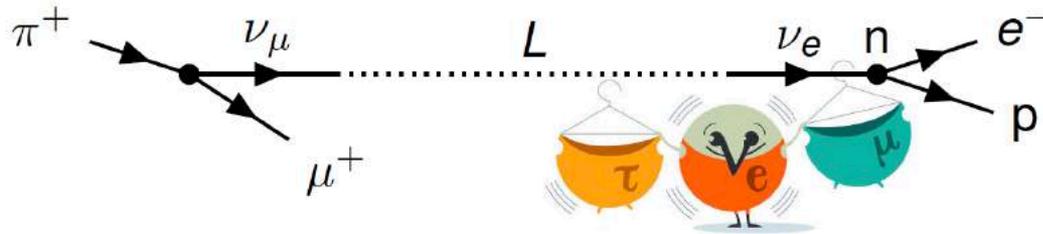
Sonde intra-cranienne pour la recherche  
médicale  
(détection de traceurs injectés e.g.  $\beta^+$ )



# Physique des neutrinos

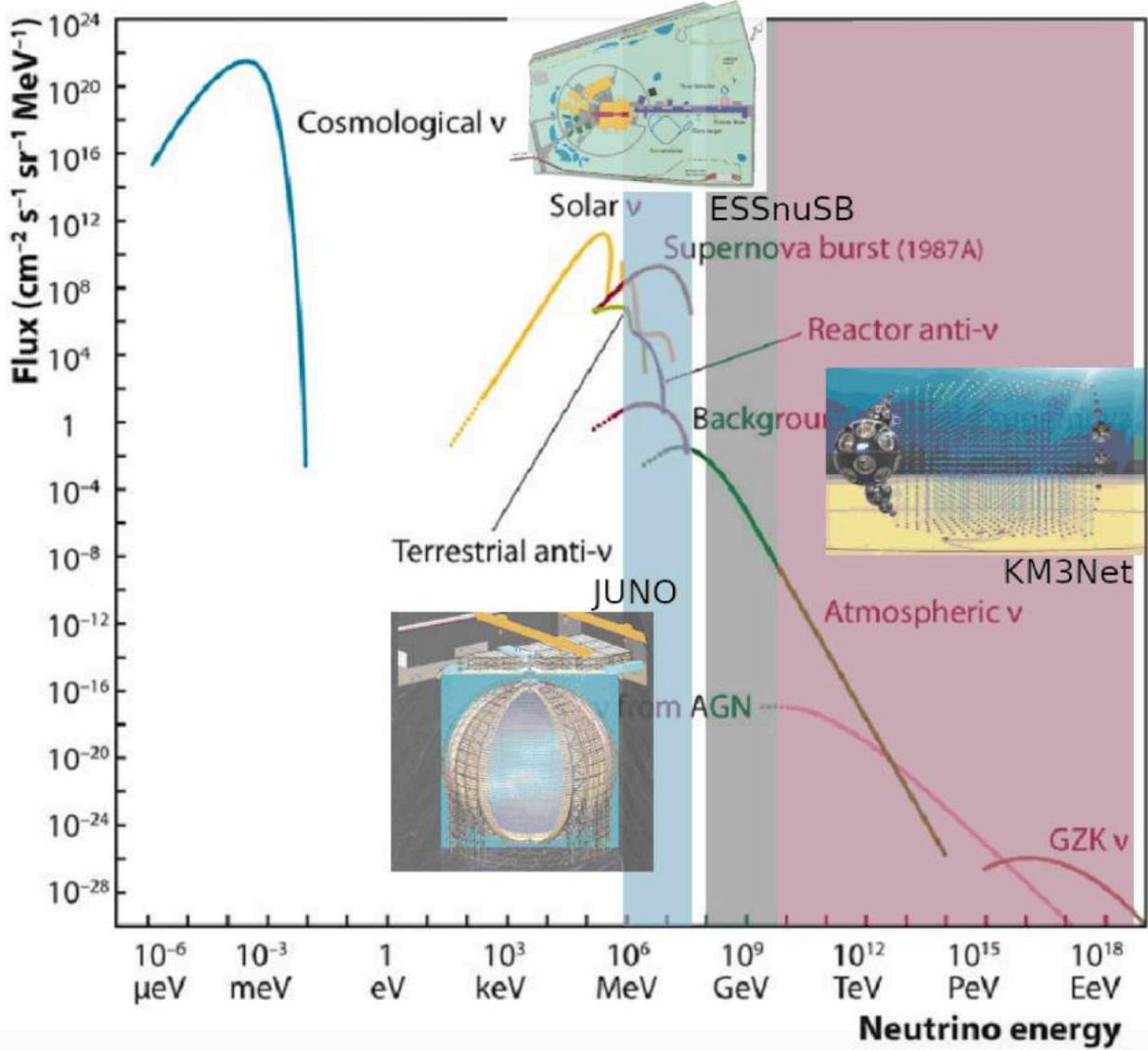
## Oscillation de Neutrinos

- oscillation de  $\nu \Rightarrow \nu$  est massif  $\Rightarrow$  Au delà du Modèle Standard!
  - ▶ découvert par SK (1998) & SNO(2002)  $\rightarrow$   2015
- états propre de masse  $\neq$  états propre d'interaction ( $\{\nu_e, \nu_\mu, \nu_\tau\}$ )
  - ▶ dépends de la distance de la source et de l'énergie
  - ▶ dépends des angles de mélange et masse des neutrinos



- Questions ouvertes en physique des neutrinos:
  - ▶ Juste 3 types de  $\nu$ ?
  - ▶ Quel est la masse des  $\nu$ ?
  - ▶  $m_\nu$  a même origine que  $m_e$  ou  $\nu$  est particule de Majorana?
  - ▶ **Ordre des masses des  $\nu$ ? ( $\nu_e$  est le plus léger?)**
  - ▶ **Brisure symétrie CP?**
    - ★ origine de asymétrie matière/antimatière de l'Univers?
- **Astronomie avec Neutrinos!**

# Physique des neutrinos



# 2- Physique nucléaire

---

- ❑ Noyaux exotiques: AGATA (SPIRAL2, SPES).
- ❑ Noyaux superlourds: MIVOC beams (SHE factory, PARIS II, ...).
- ❑ Nucleosynthèse stellaire: STELLA (ALTO, Andromede, ...).
- ❑ Théorie à basse énergie: modèle en couche et calculs *ab initio*, support aux expériences (SuperNEMO, GBAR, SPIRAL2, FAIR, ...).

# DNE: Du Noyau aux Etoiles

## 6 chercheurs :

C. Beck (DR), D. Curien (DR), G. Duchêne (DR), M. Heine (CR),  
C. Schmitt (CR), L. Stuttgé (DR)

## 4 enseignants chercheurs :

S. Courtin (PR), M. Moukaddam (McF), O. Dorvaux (PR), B. Gall (PR)

## 1 CDD chercheur :

K. Rezynkina (PhD)

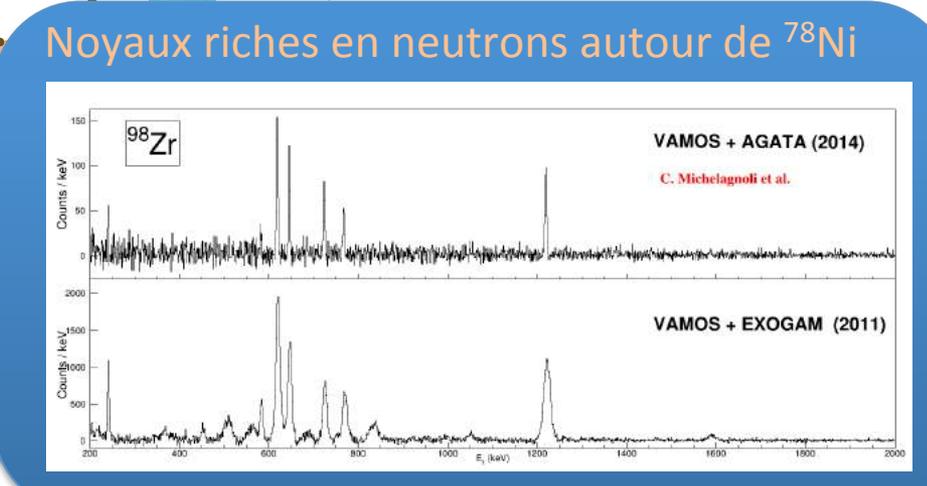
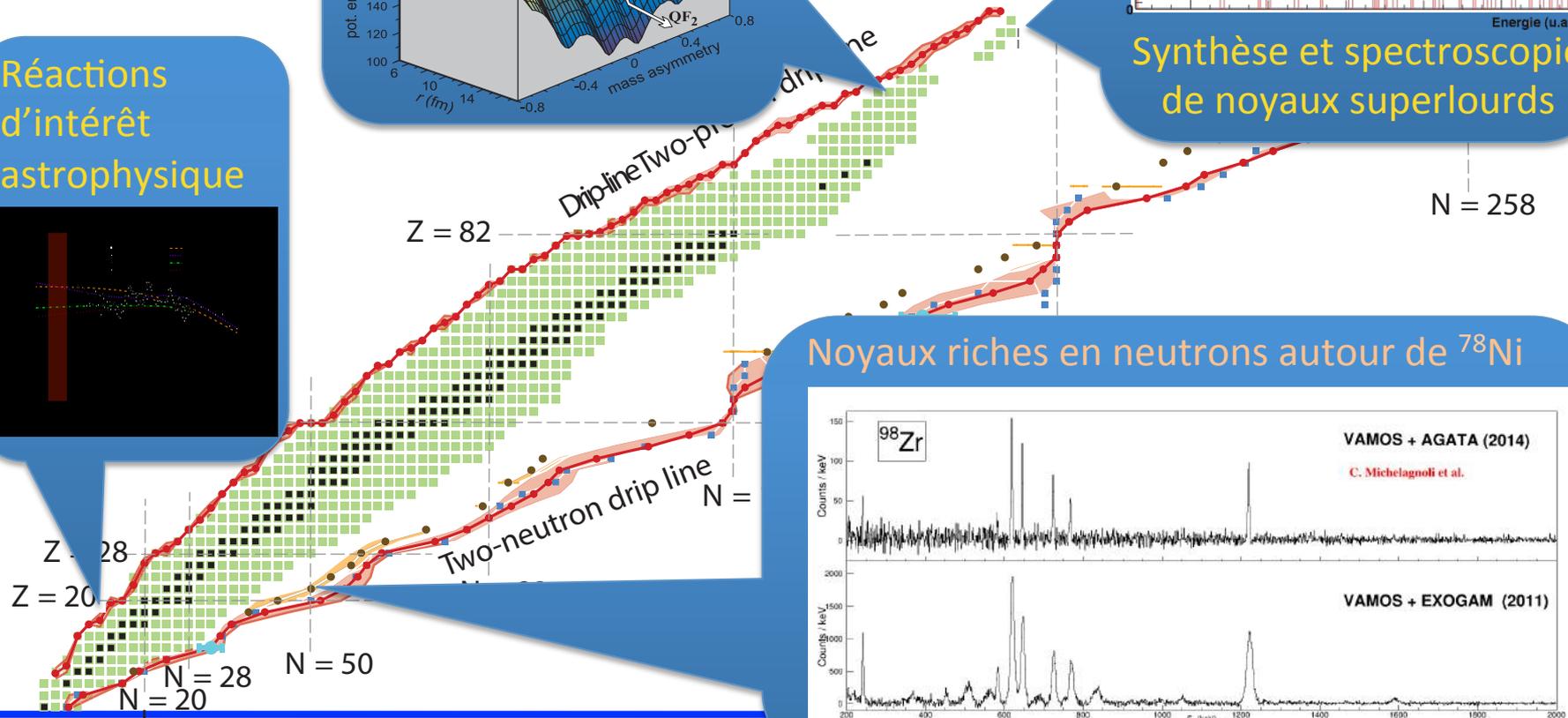
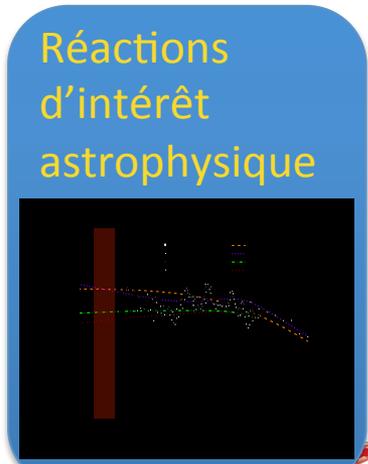
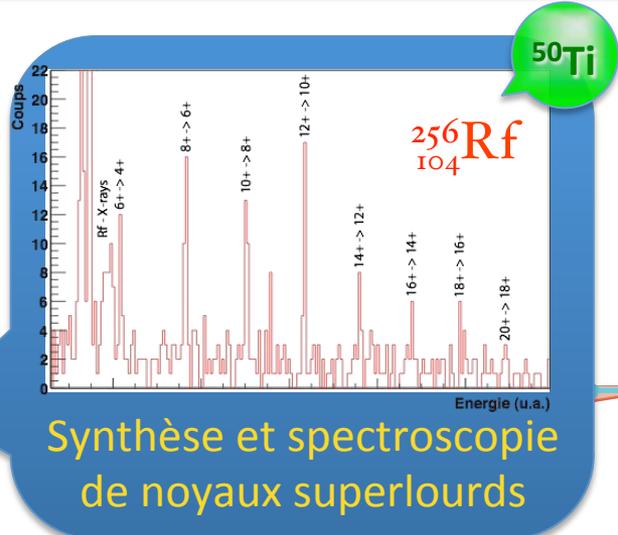
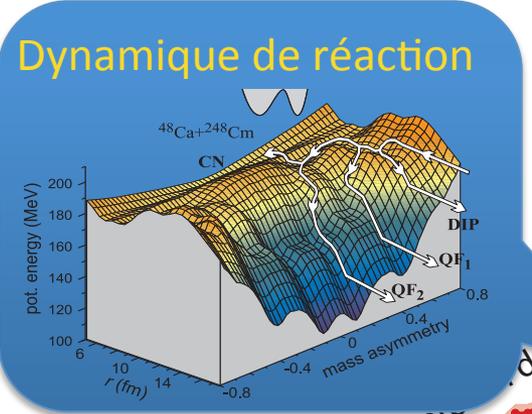
## 2 doctorants :

B. Decanditiis (2<sup>e</sup> ann.), K. Kessaci (1<sup>e</sup> ann.)

## 3 Ingénieurs et assistants ingénieur :

F. Didierjean (IR2), M. Filliger (AI), M.H. Sigward (IE2)

# Structure nucléaire aux limites



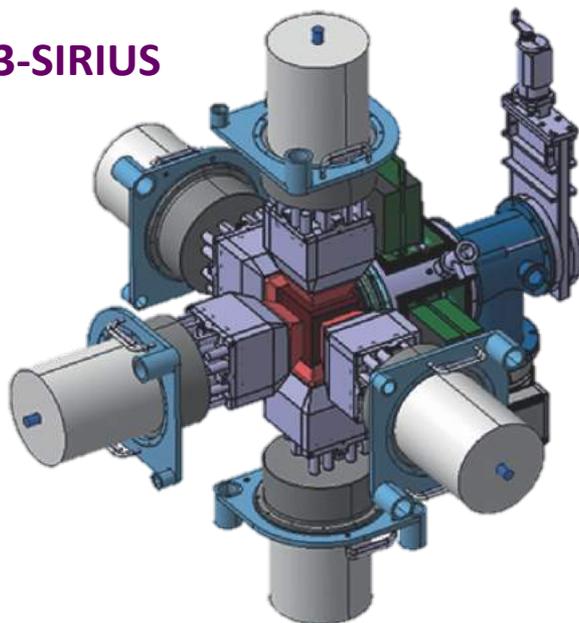
Erlor J. et al. Nature 486(2012)509-512

# Développement d'instrumentation de pointe

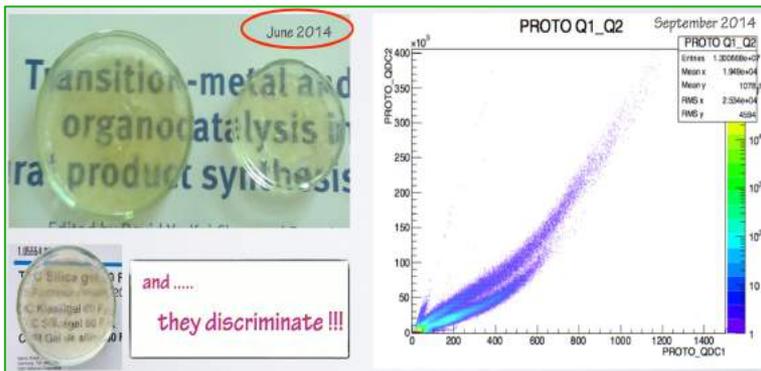
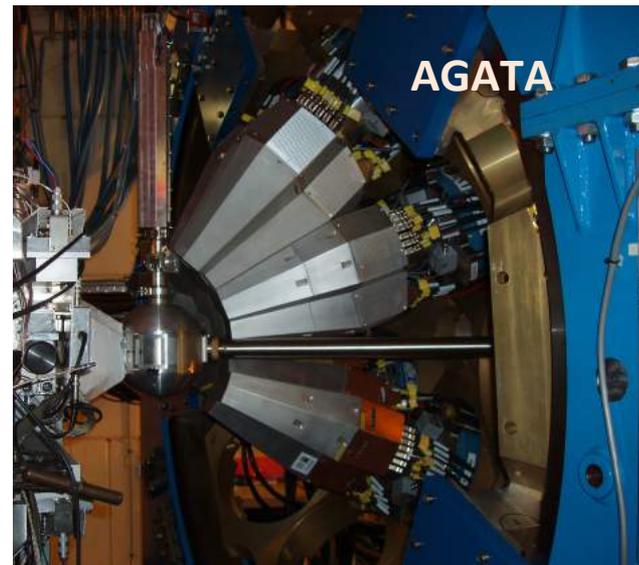
STELLA



S3-SIRIUS



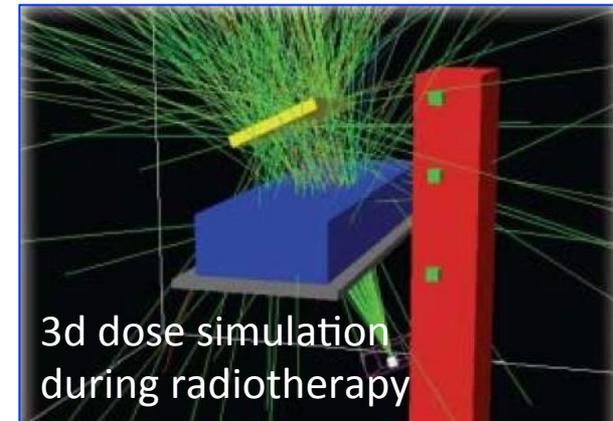
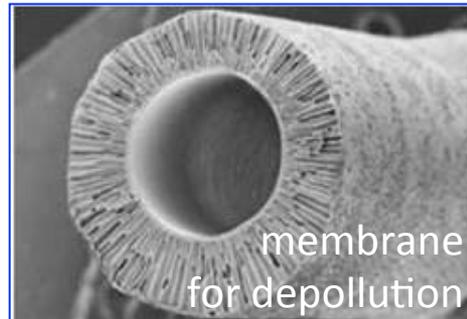
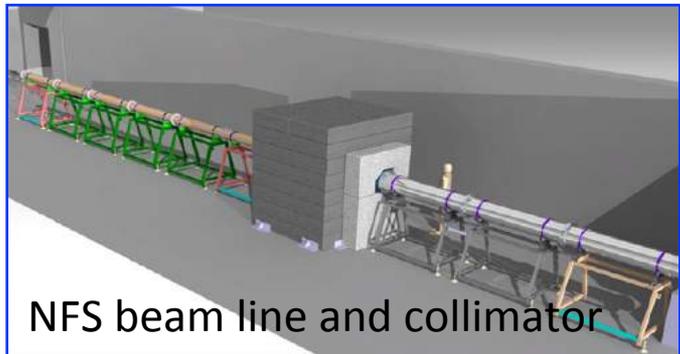
AGATA



Cp\*Ti(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

# 3- Applications aux défis sociétaux

- ❑ **DNE:** données nucléaires pour les réacteurs
- ❑ **DESI:** dosimétrie and micro-dosimétrie, metrologie des rayonnements et simulation.
- ❑ **Radiochimie:** a spéciation chimique et les modifications chimiques induites par les rayonnements).





# Données Nucléaires pour les Réacteurs

5 HPGe Planar,  
1 HPGe seg  
(110°,150°)  
1 FC  
Actinides  
samples  
 $\Delta E_n = 10 \text{ keV}$  @  
 $E_n = 1 \text{ MeV}$

**GRAPhEME @ FP16/30 m**



Neutron Time of flight facility

**GELINA@EC-JRC(Geel)**

natZr, nat,182,183,184,186W,  $^{232}\text{Th}$ ,  
 $^{233,235,238}\text{U}$ ,  $^{57}\text{Fe}$

**Pulsed white neutron beam**

**10 meV - 20 MeV**

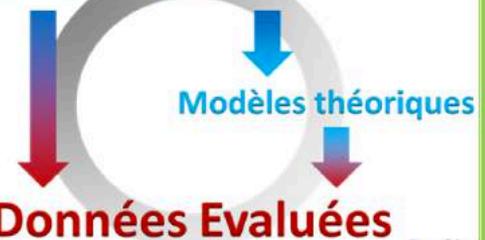
**Multi-users facility**

**10 m to 400 m**

- **Programme expérimental** collaboration avec **EC-JRC-Geel (Belgique), IFIN-HH Bucarest (Roumanie)**  
Développement instrumental, prise et analyse de données, simulations
- **Interprétation théorique** collaboration avec **CEA/DAM/Bruyères le Chatel (& AIEA, LANL (US))**
- **Vers l'évaluation** collaboration avec **CEA/DEN/Cadarache**

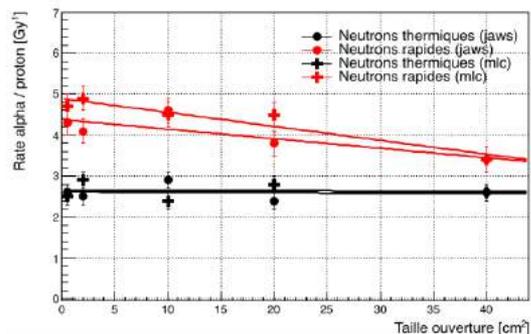
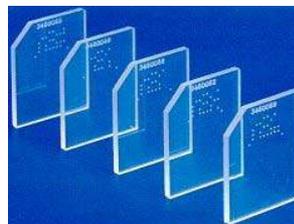
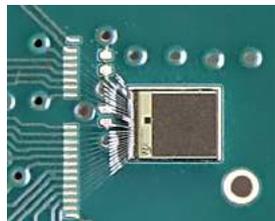
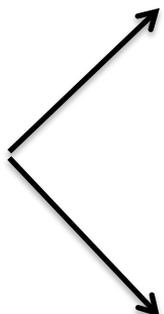
**Données expérimentales**

Différentielles et intégrales

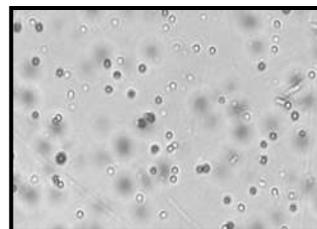


# DosimetriE, Simulation et Instrumentation

- Nouveaux systèmes de dosimétrie neutrons
  - Instrumentation et Simulation

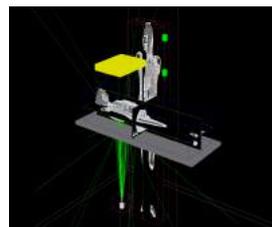


Mesures de neutrons secondaires avec le détecteur AlphaRad et des détecteurs solides de traces nucléaires

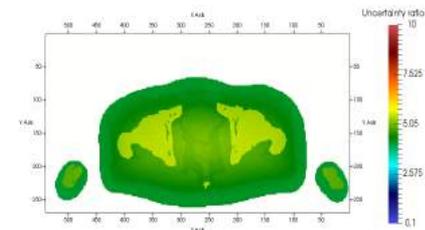


- Développement d'outil de calcul de dose :

- ⇒ Par méthodes Monte Carlo (Geant4, Gate, MCNP)
- ⇒ Pour la radiologie interventionnelle.
- ⇒ Pour la médecine nucléaire.

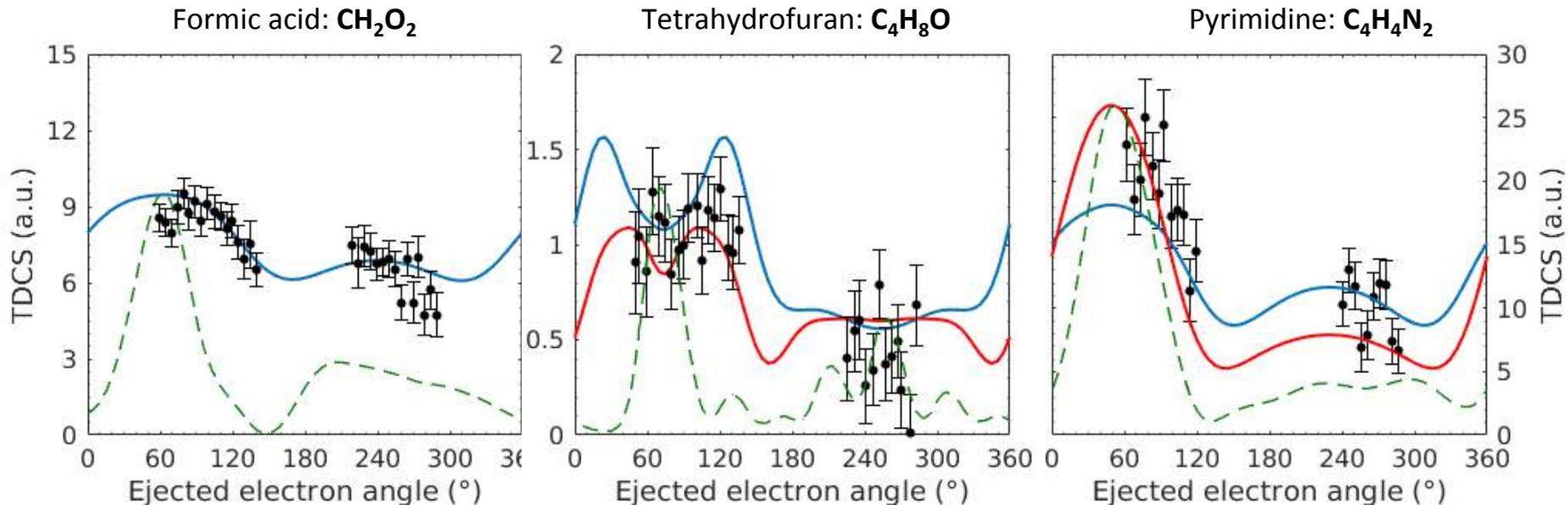


Visualisation de l'intervention



Carte de dose déposée calculée avec Gate.

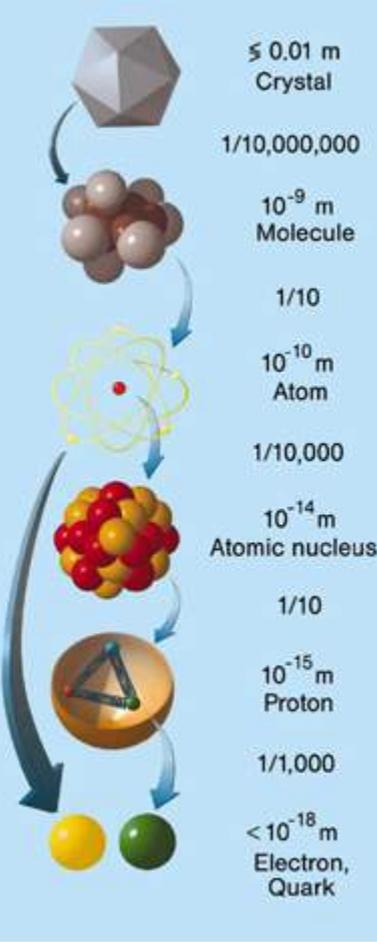
- Calcul de sections efficaces pour les applications en dosimétrie et microdosimétrie:



Sections efficaces triplement différentielles pour différents types de molécules.

- Collaboration avec différentes partenaires médicales et industrielles:
  - ⇒ Centre de Lutte contre le cancer Paul Strauss
  - ⇒ Centre de ressources technologiques: Aerial, Illkirch
  - ⇒ Entreprise ALARA et FiberMetrix.

# Recherches Subatomiques



## Recherches fondamentales

Physique nucléaire

Physique des ions lourds

Physique des particules

## Applications sociétales

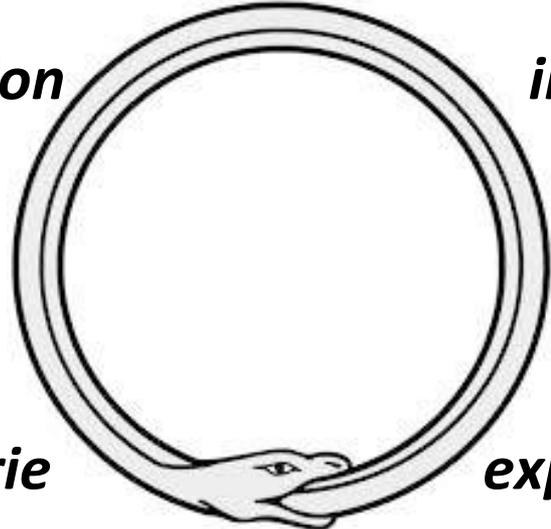
Energie nucléaire

Dosimétrie

Radiochimie

*simulation*

*instrumentation*



*théorie*

*expérience*

# L'IPHC et l'enseignement

## @UNISTRA

- ❑ **L3 Pro TNRP**: Techniques Nucléaires et RadioProtection
- ❑ **M2 PSA**: Physique Subatomique et Astroparticules
- ❑ **M2 PRIDI**: Physique des Rayonnements, Instrumentation, Detecteurs et Imagerie

## @International

- ❑ European Summer School
- ❑ European School of Instrumentation for Particle and Astroparticles
- ❑ Ecole d'été France Excellence (chine)
- ❑ ...

## Programme d'excellence:

- ❑ Plateformes EX2
- ❑ EUR QMAT



*Participations à de nombreux programmes doctoraux (écoles, etc ..)*

**esipap...**

**European Summer School 2017**



Universität  
Wesco-diamond  
Deutsch-Französische  
Hochschule  
"Radiochemistry & Nuclear Instrumentation  
(Low Level Radioactivity)"  
Strasbourg, France, August 21-25, 2017



# Master PSA @ Strasbourg

UNIVERSITY OF STRASBOURG

## MASTER OF SCIENCE SUBATOMIC AND ASTROPARTICLE PHYSICS

2<sup>nd</sup> year of master programme in Physics



Prepare for PhD studies at world-class facilities, like:

- LHC collider at CERN in Switzerland,
- SPIRAL at GANIL in France,
- the large telescope HESS in South-Africa,
- the Fermi satellite...

Particles

Nuclei

Cosmology

Astroparticle



Follows lectures on  
• Quantum Field Theory  
• Radiation Interactions  
Learns proactively  
The Master thesis (

**Conditions for applications:** successful Master 1 in physics or equivalent.

**Contacts:** Prof. Jérôme BAUDOT (baudot@in2p3.fr)

Student with high academic achievements can apply for a grant of excellence.



master-psy.u-strasbg.fr



Hosted by IPHC

□ Host laboratory: IPHC / DRS

□ Content:

- Common and chosen lectures,
- Project in Physics: 1 month,
- Stage de recherche: 4 months,
- Both theoretical and experimental points of view.

□ After the Master:

- PhD thesis (possible grants).
- Industry: nuclear power, Big Data, nuclear metrology, simulation, ...

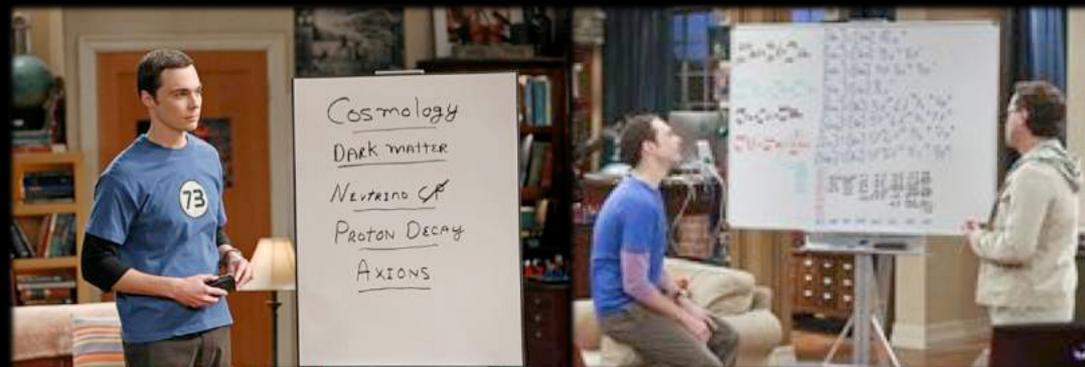
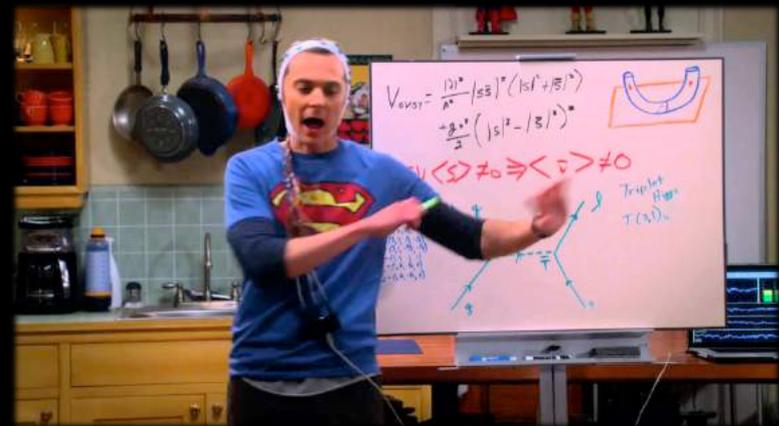
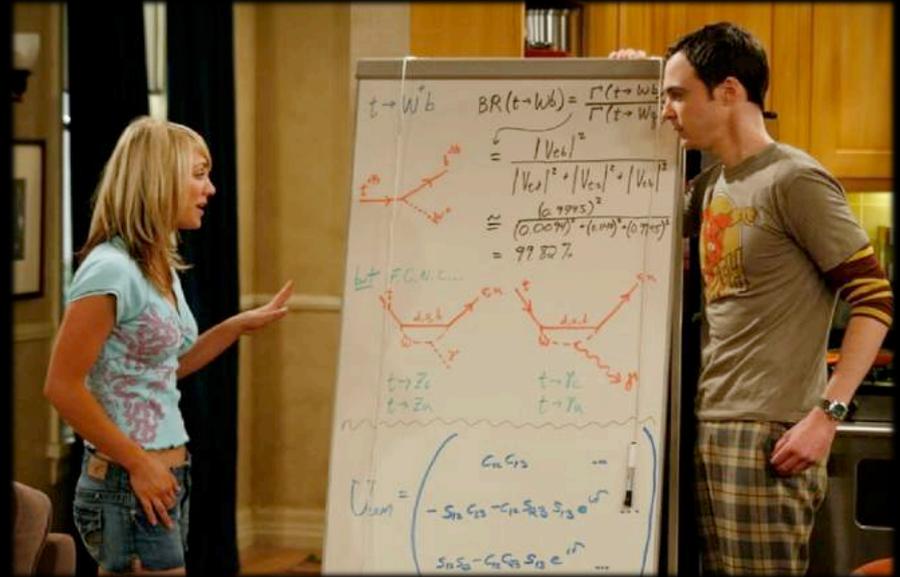
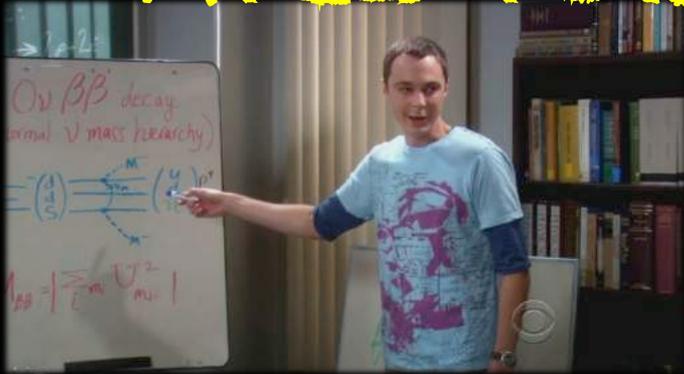
**Faculty of physics & engineering**  
3 rue de l'Université  
67000 Strasbourg  
France



Physique  
et  
Ingénierie



# Avez-vous des questions ?



**Des recherches**  
au coeur des défis du XXI<sup>ème</sup> siècle

**Eclairer** des questions liant science et société

**Appliquer & transmettre** nos recherches

