

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 2nd 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



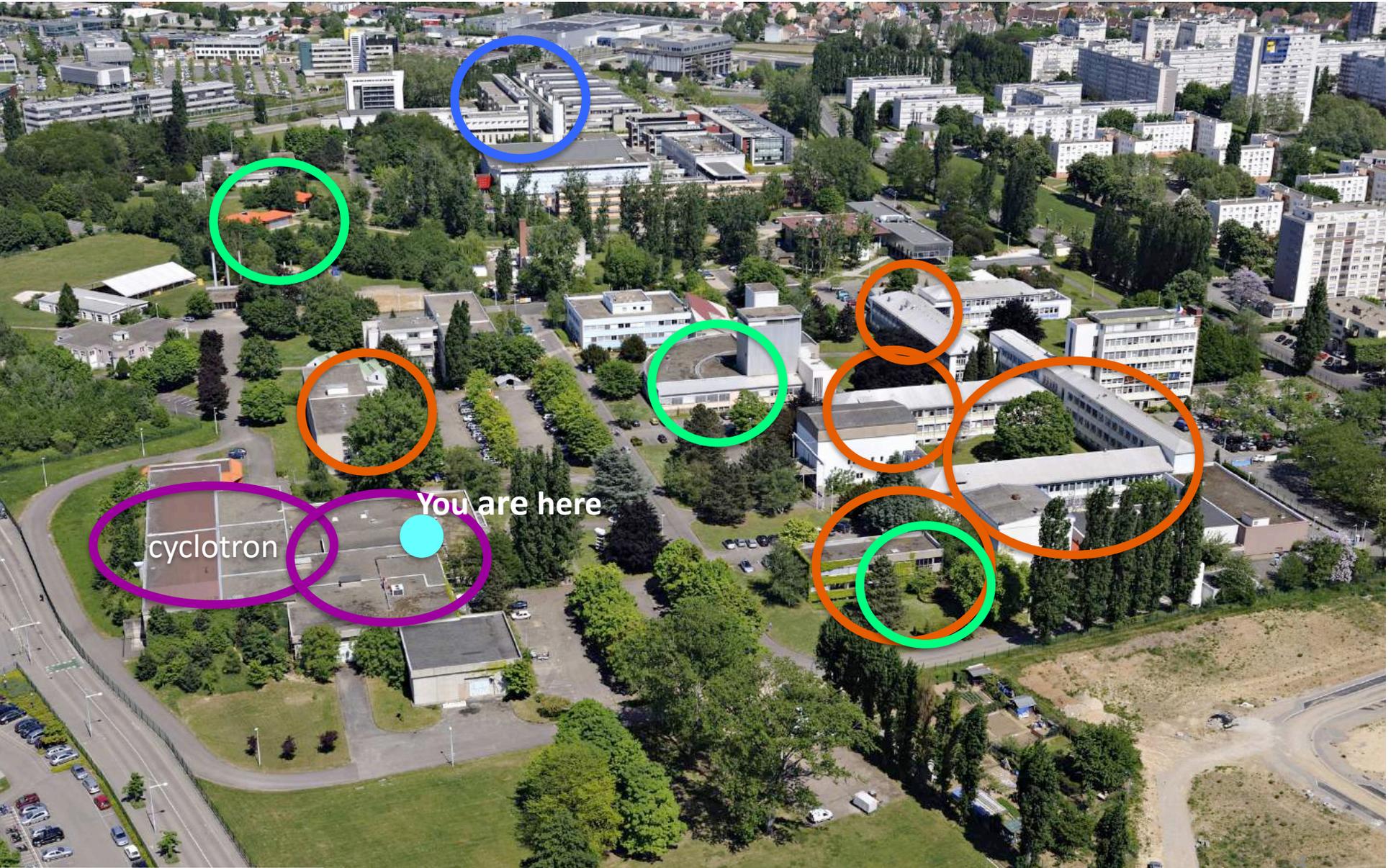
Chronologie:

- 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

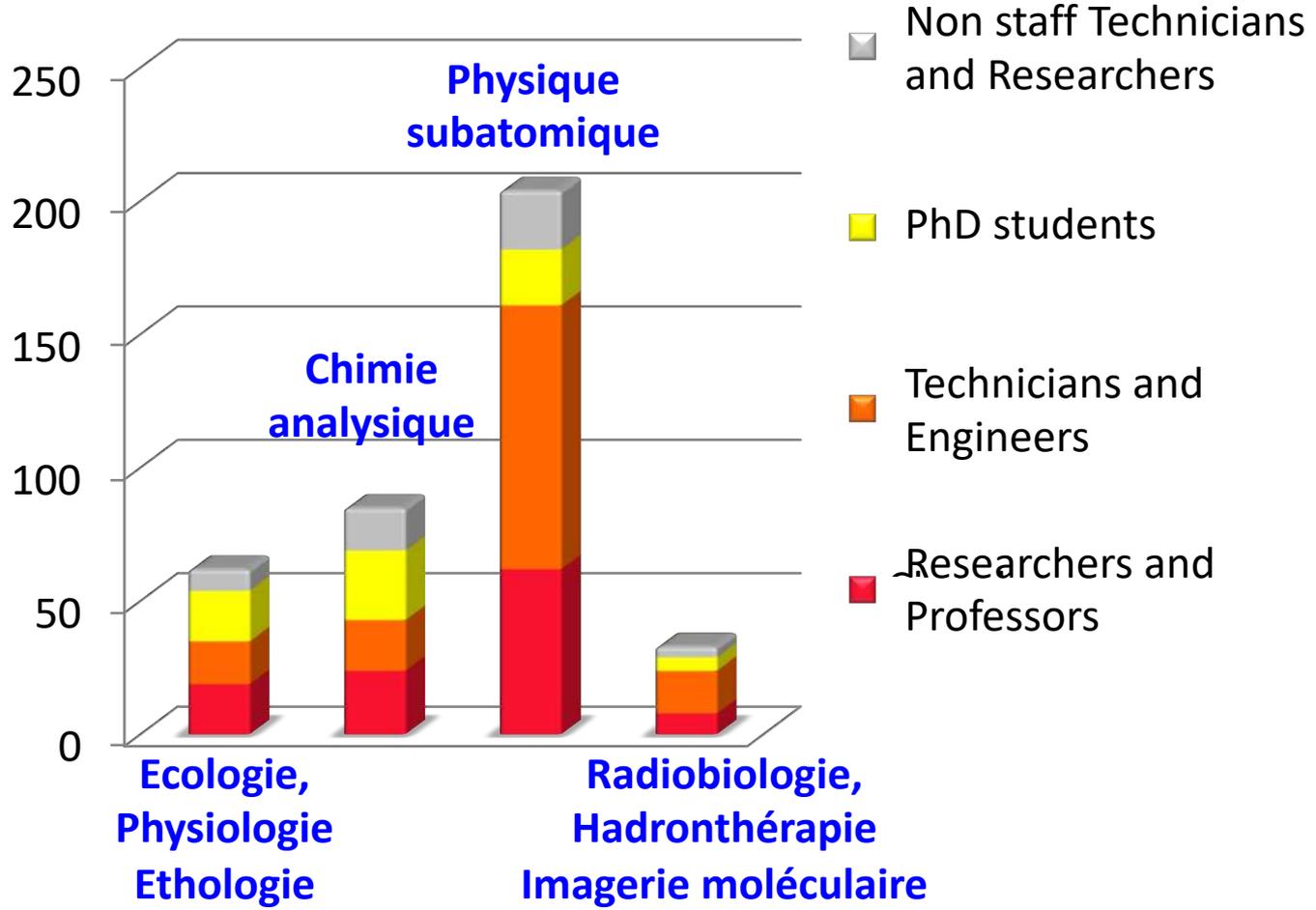


cyclotron

You are here

Ressources humaines

IPHC: 380 personnes (260 permanents)



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

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

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

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. Moliq**

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
 VÉrtebrés 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

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**

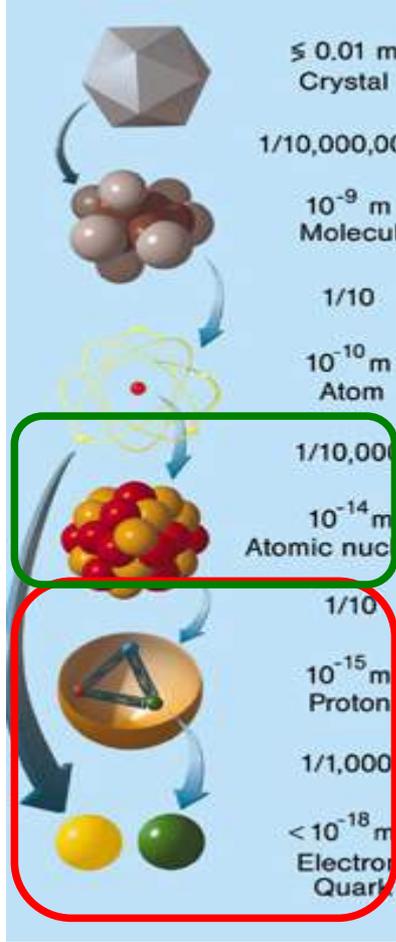
Service de Radioprotection : **D. Oster**

Plateforme commune

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

Recherches Subatomiques

Recherches fondamentales

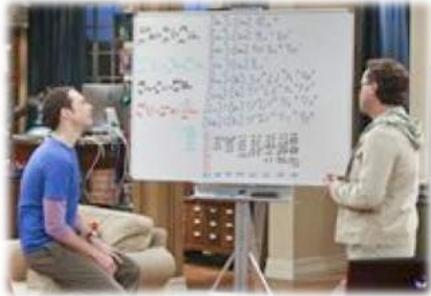


Physique nucléaire

Physique des ions lourds

Physique des particules

THÉORIE



Recherches Subatomiques

Recherches fondamentales

EXPÉRIENCES

Centrales nucléaires



Accélérateurs



Rayonnement cosmique

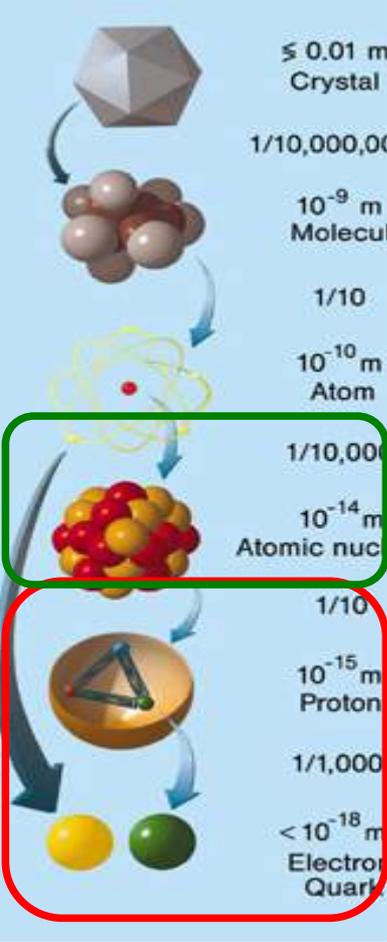


Astroparticules

Physique nucléaire

Physique des ions lourds

Physique des particules

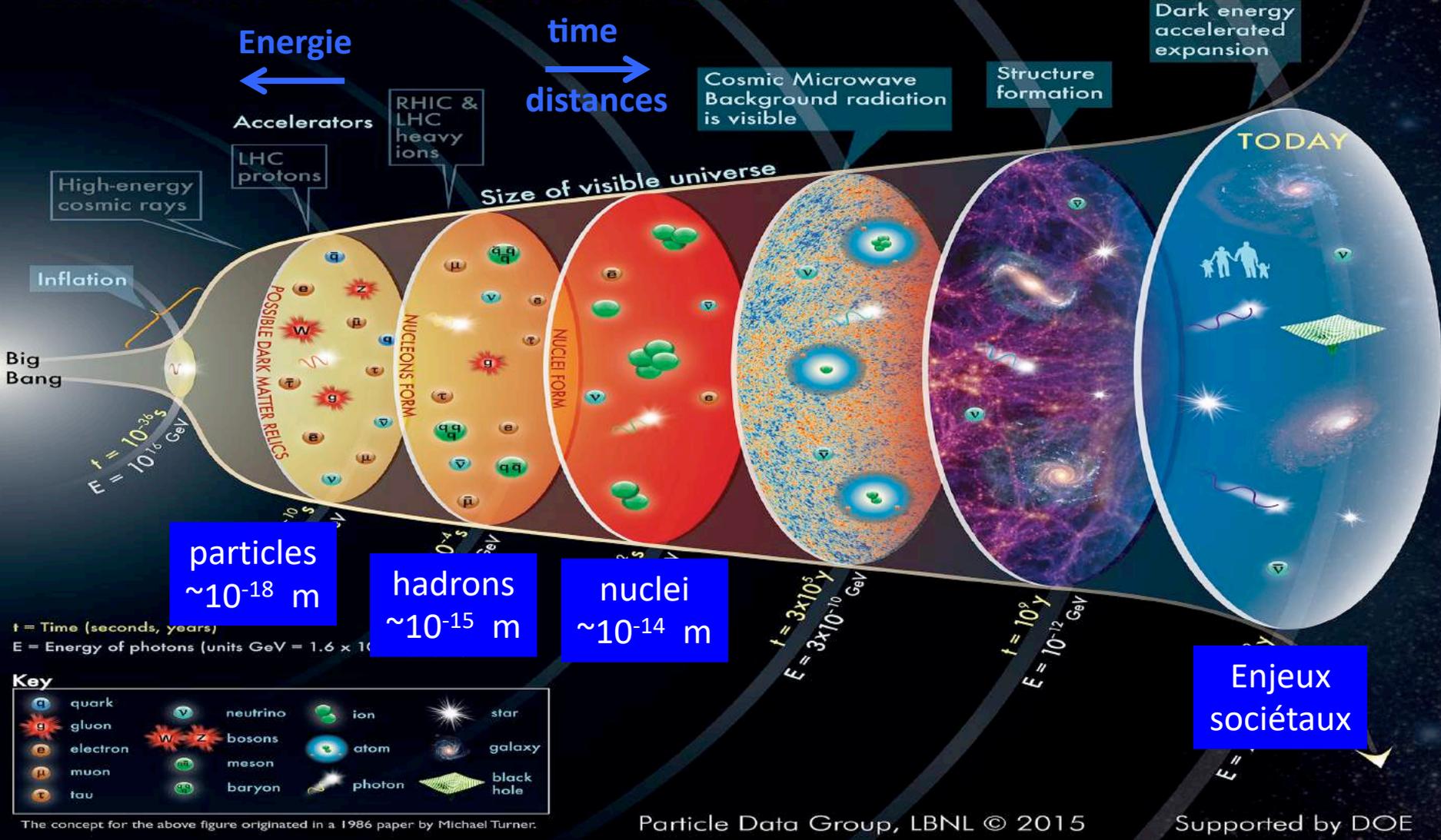


DRS: programmes internationaux

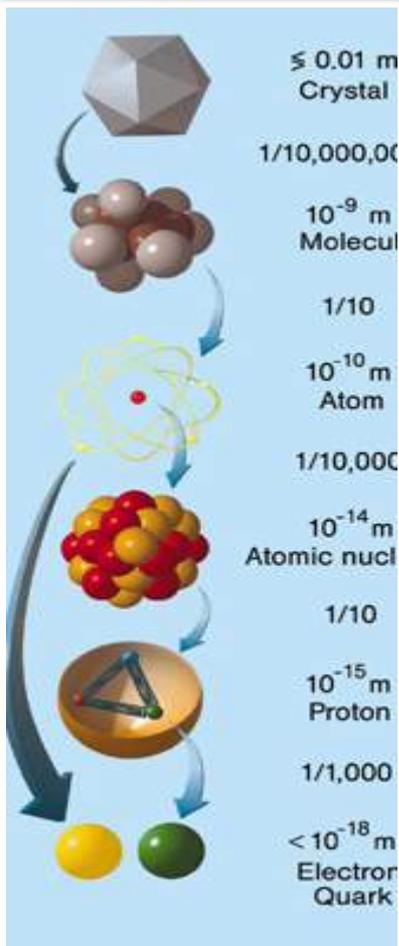


Questionnements scientifiques

HISTORY OF THE UNIVERSE



Recherches Subatomiques



Recherches fondamentales

Applications sociétales



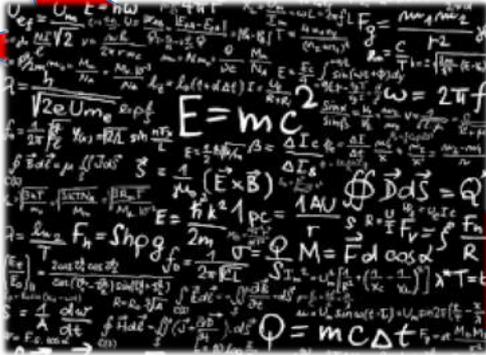
Energie nucléaire

Dosimétrie

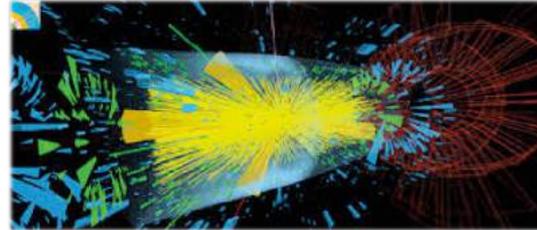
Radiochimie

Diversité des activités de recherche

Théorie



Simulation



Centre de calcul



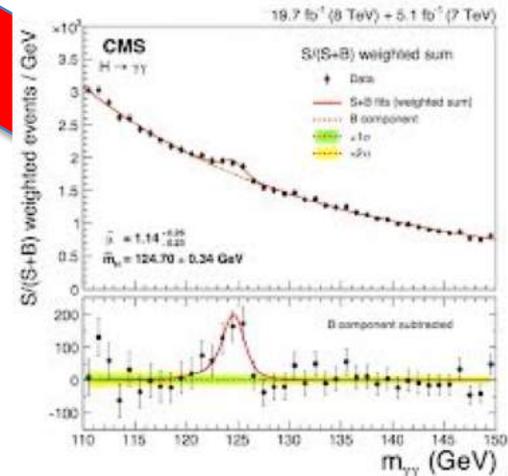
Développements instrumentaux



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

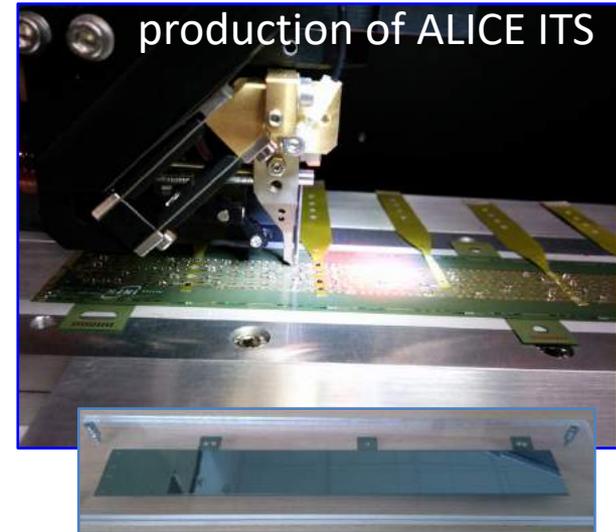
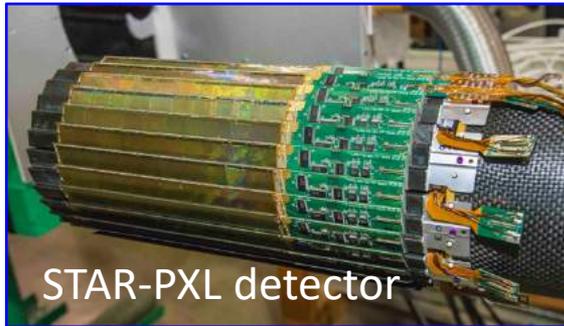


ALICE



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

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

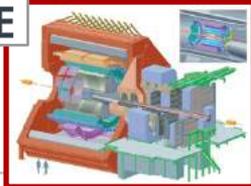
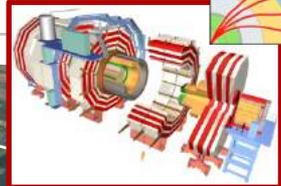
Large Hadron Collider: expériences ALICE & CMS



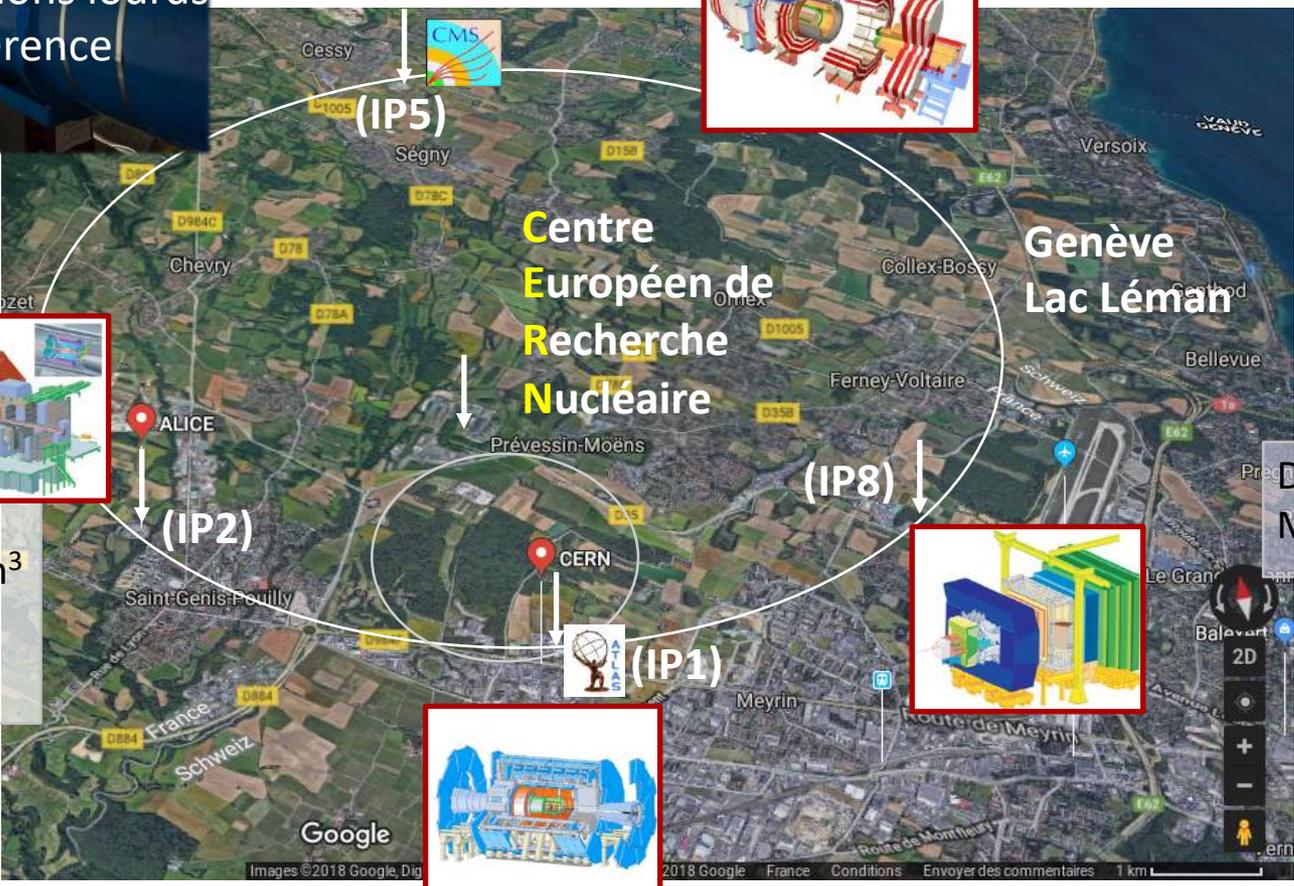
Dim : 15 x 15 x 21 m³
Mass : 12 500 t
Costs : 350 M€



Dim : 10 x 13 x 21 m³
Mass : 5 600 t



Dim : 16 x 16 x 26 m³
Mass : 10 000 t
Costs : 80 M€



Dim : 324 m
Mass : 10 100 t

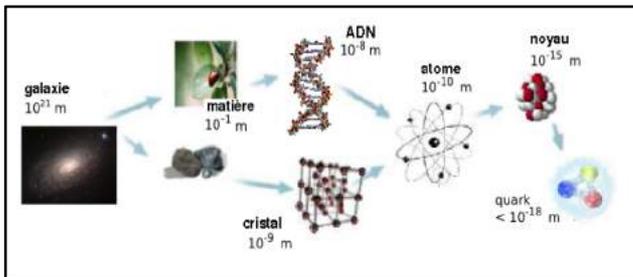
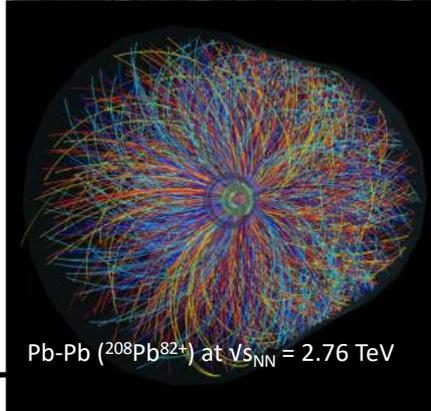
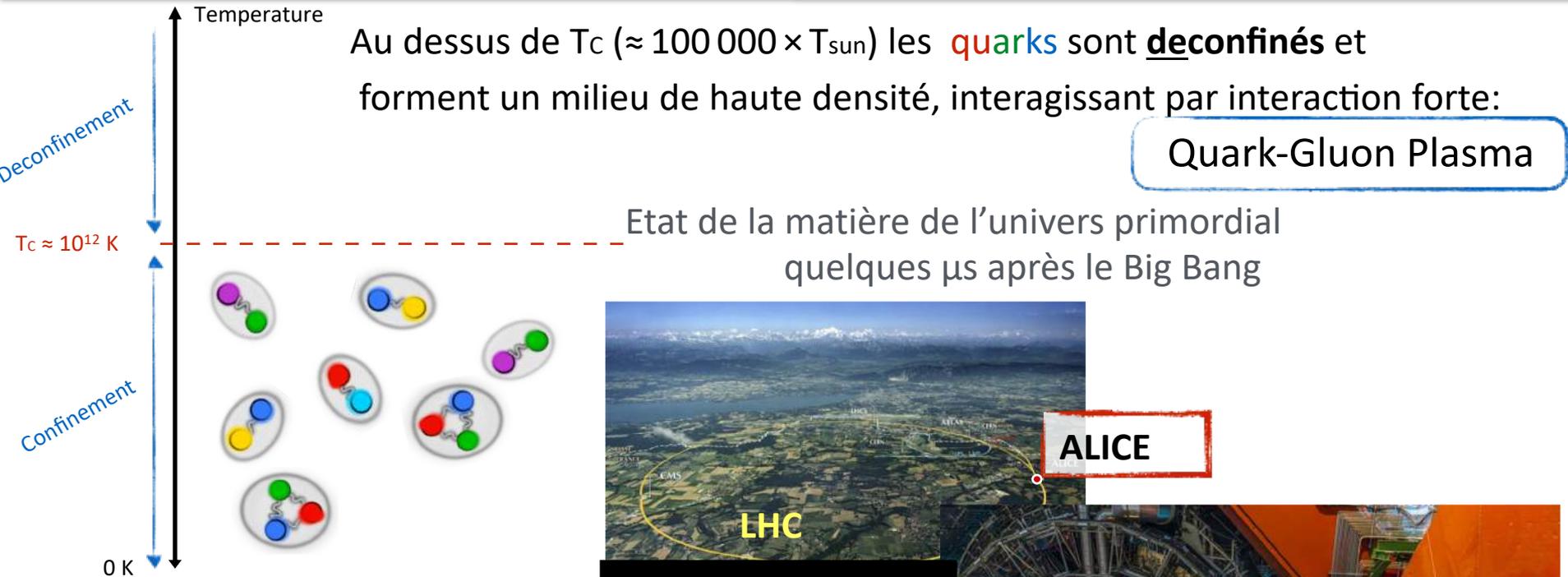


- ALICE = 36 countries, 147 institutes ≈ 2800 participants (1997-2018) / 828 authors (2018)
- CMS = 51 countries, 219 institutes ≈ 6400 participants (1996-2018) / 3170 authors (2018)





ALICE : *programme scientifique*

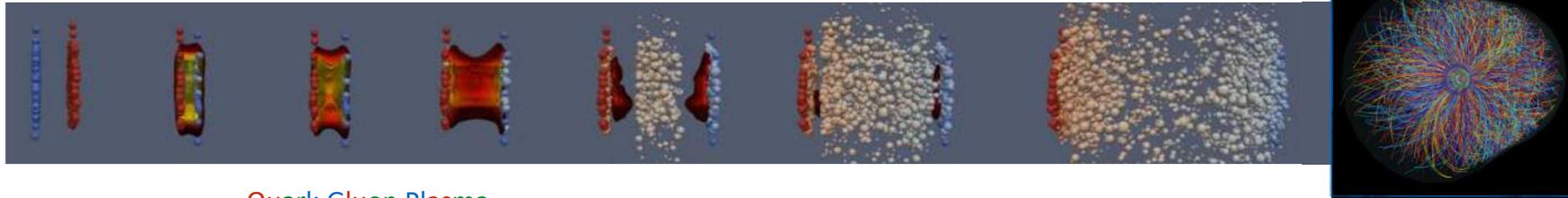


- Comment reproduire cet état de la matière en laboratoire ?
- Comment le caractériser ?



ALICE : de l'instrumentation à la mesure

Simulation d'une collision Pb-Pb,



Quark-Gluon Plasma

Hadrons (particles)

Time (10^{-24} s)

0 0.5 - 1 7

10

20

10¹⁵

Detection

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

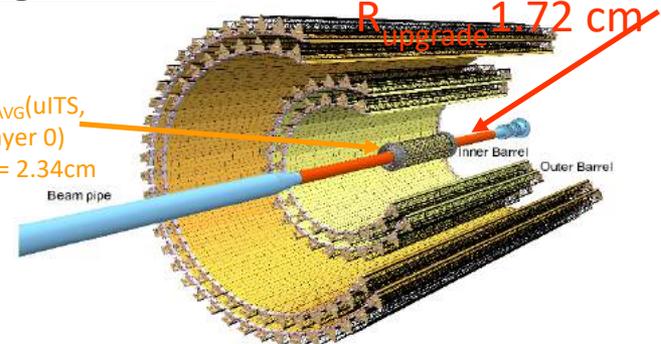
- ☐ IPHC responsable du **tracking** et de la **simulation** de la réponse du détecteur detector
- ☐ **Production** de modules

upgraded ITS

Beam pipe :

$R_{\text{upgrade}} = 1.72$ cm

$R_{\text{AVG}}(\text{uITS, Layer 0}) = 2.34$ cm



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)

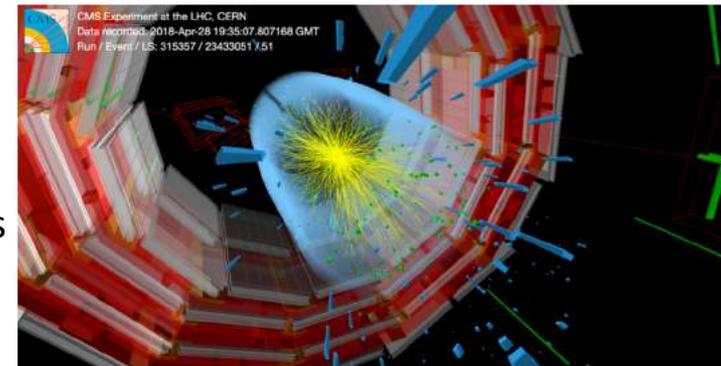
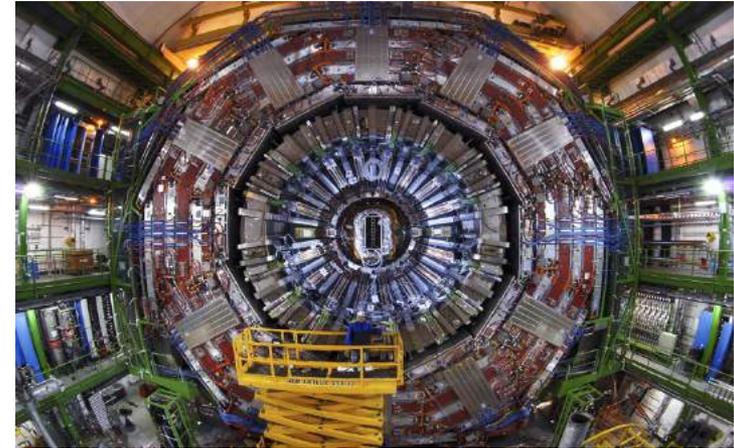
- « une caméra 3D à 130 millions de pixels enregistrés 40 millions de fois par seconde »
- 21 m de long, 15 m de haut, 14000 t
- permet de détecter tout type de particule élémentaire connue, où à découvrir

→ 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

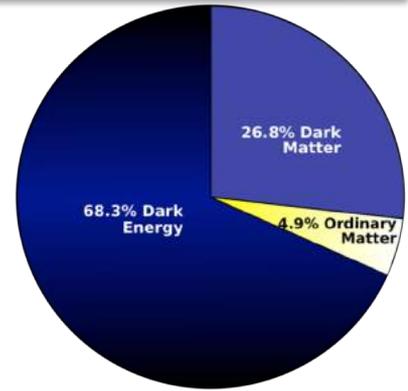
- 40 pays, 200 instituts, 4000 chercheurs, ingénieurs et doctorants
- dont à l'IPHC : 12 chercheurs, 4 doctorants, 6 ingénieurs impliqués



CMS: *programme scientifique*

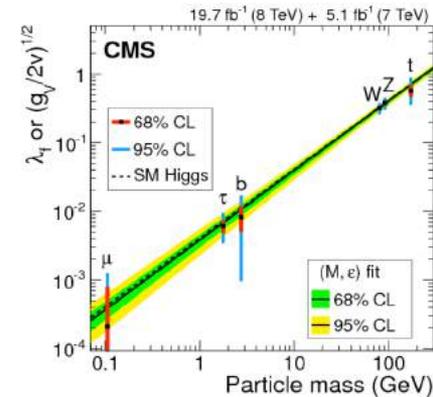
□ résoudre des énigmes actuelles de la physique :

- 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 ?



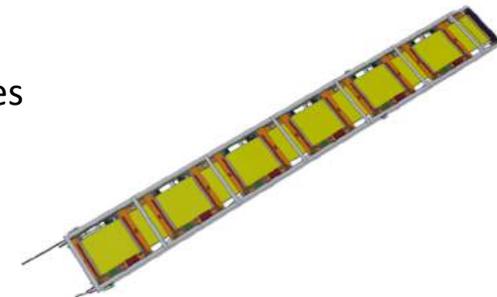
□ la recherche à l'IPHC:

- 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 (Cyrce)



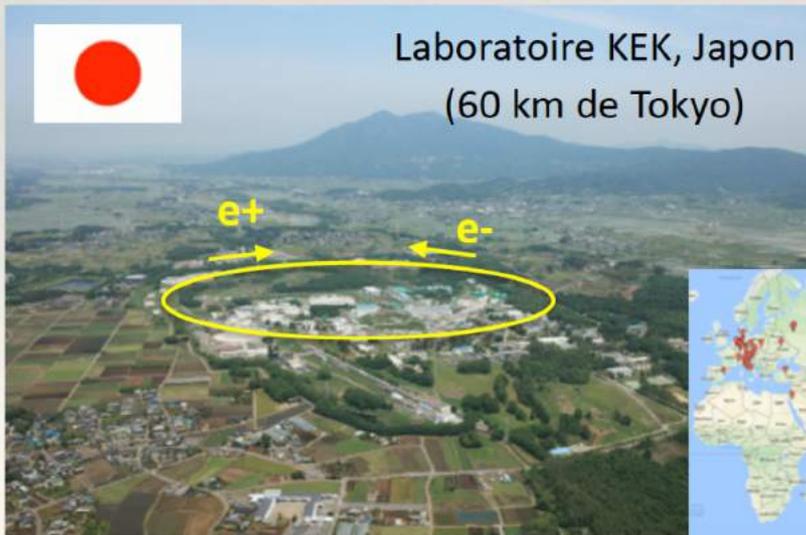
L'expérience Belle II au collisionneur SuperKEKB

- ❖ 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**.



Laboratoire KEK, Japon
(60 km de Tokyo)



Le groupe à l'IPHC
contact : 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 ?

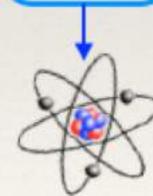
❖ Peut-on unifier les quarks et les leptons ?

- ❖ **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 :

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

	masse charge spin	$\approx 2.3 \text{ MeV}/c^2$ 2/3 1/2 u up	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 c charm	$\approx 173.07 \text{ GeV}/c^2$ 2/3 1/2 t top
QUARKS		$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 d down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 b bottom
		$0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 e électron	$105.7 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 μ muon	$1.777 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 τ tau
LEPTONS		$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 ν_e neutrino électronique	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 ν_μ neutrino muonique	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 ν_τ 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

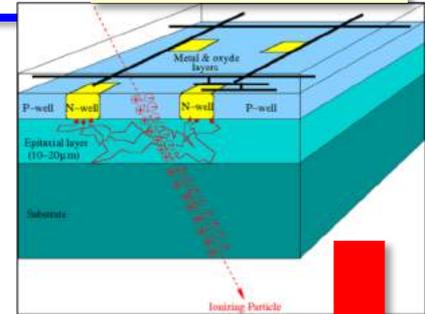
Exploiter les données pour la physique

optimisation

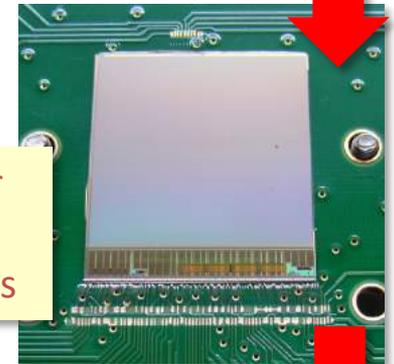
Tests et validations

2014: Détecteur interne de STAR $\sim 3 \times 10^8$ pixels
1^{er} détecteur au monde dans cette technologie

Capteur CMOS
4 pixels



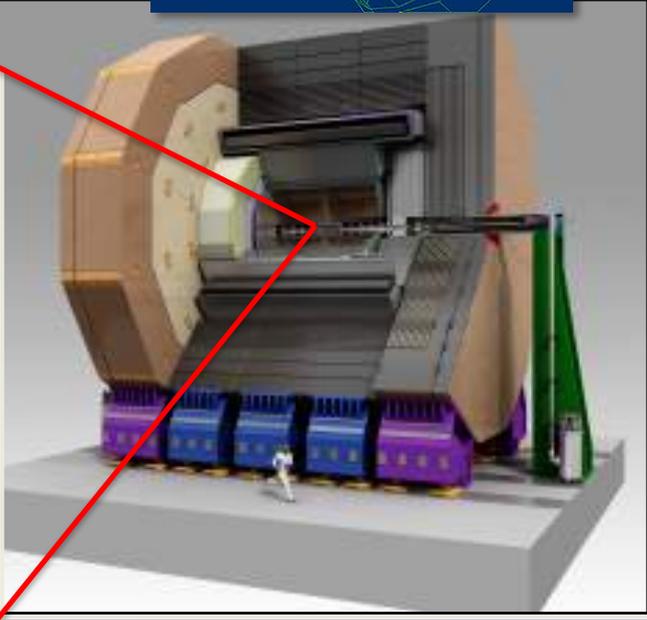
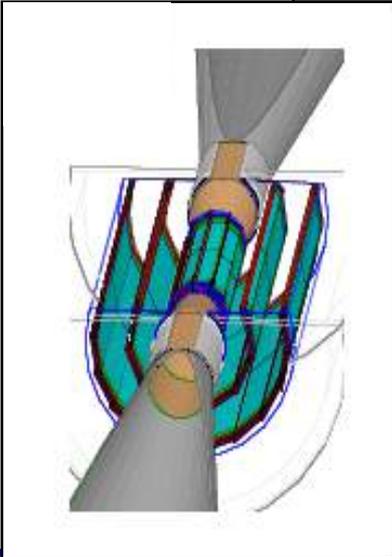
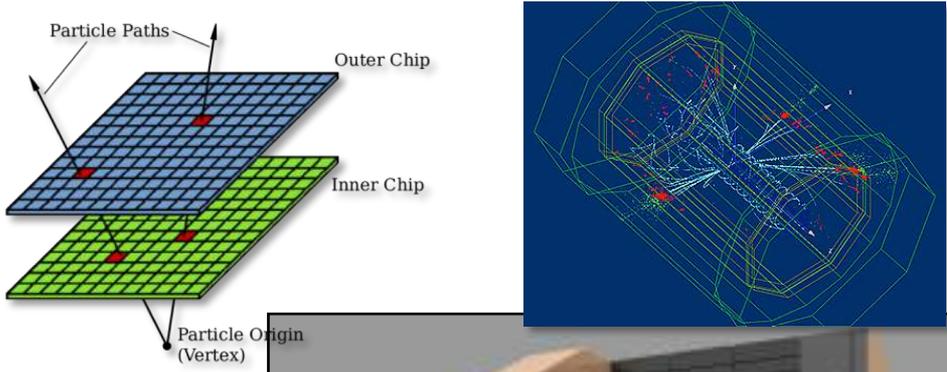
1 Capteur
 $\sim 4 \text{ cm}^2$
 $\sim 10^6$ pixels



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. β^+)

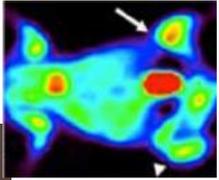
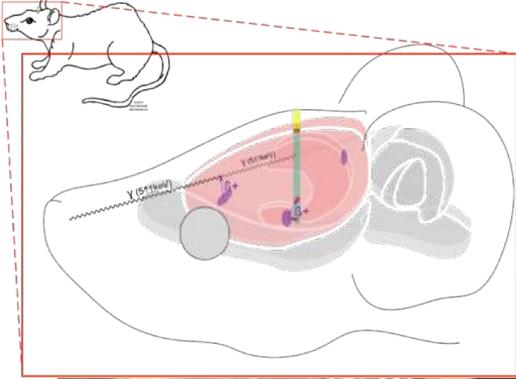
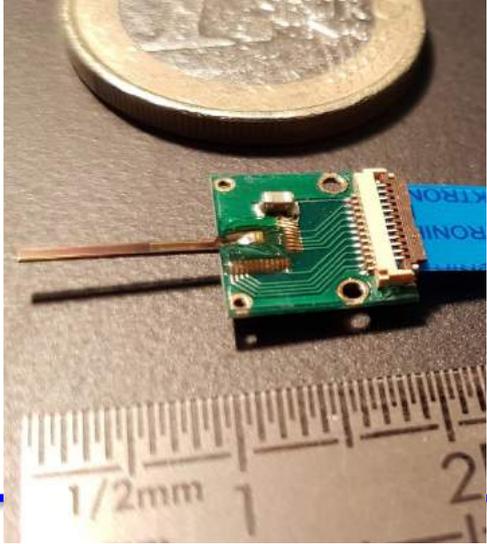
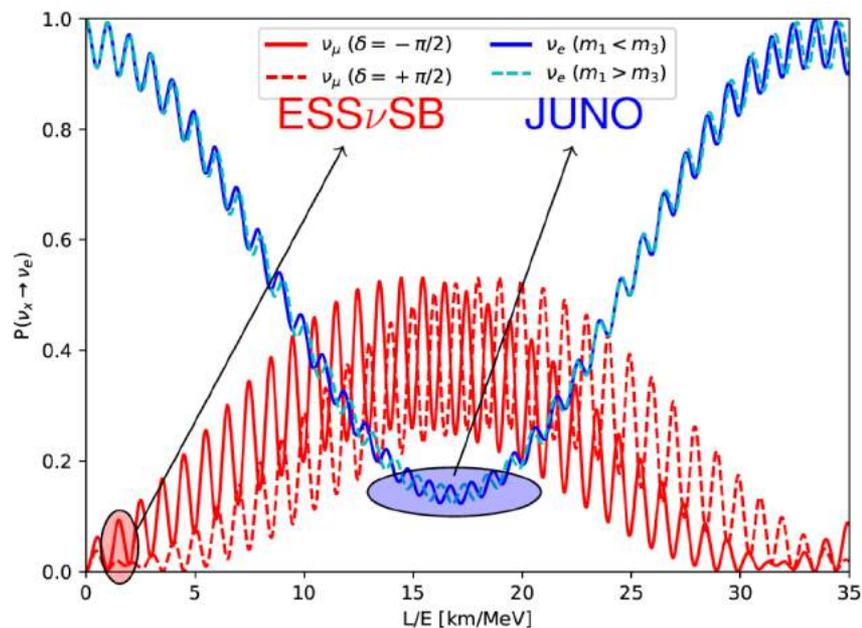


Image
obtenue
par μ PET



Physique des neutrinos



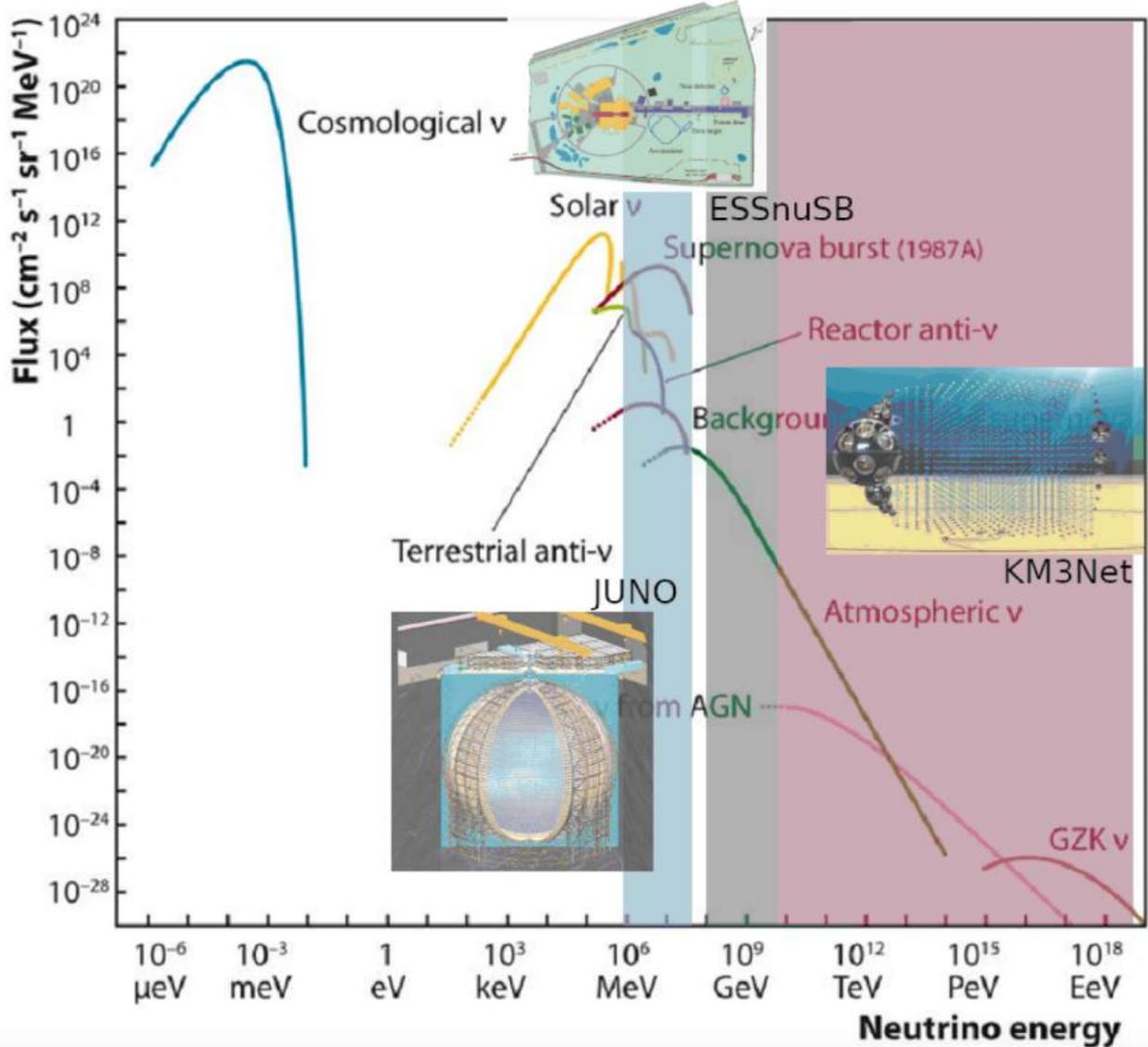
ESSνSB

- But : mesurer δ (violation CP)
 - ▶ ν et $\bar{\nu}$ oscillent pareil ?
- $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ et $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$
 - ▶ @ 2^{ème} max. d'apparition
⇒ effet plus large
- démarrage ~2035, en Suède

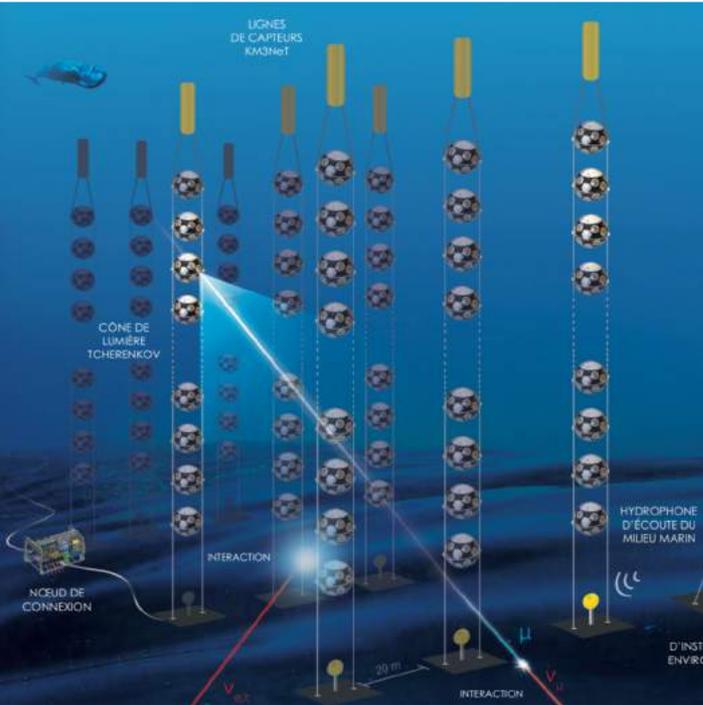
JUNO

- But : mesurer ordre de masses
 - ▶ $m_1 \stackrel{?}{<} m_3$
- $\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e$
 - ▶ 1^{ère} mesure des 2 fréq.
- démarrage fin 2021, en Chine

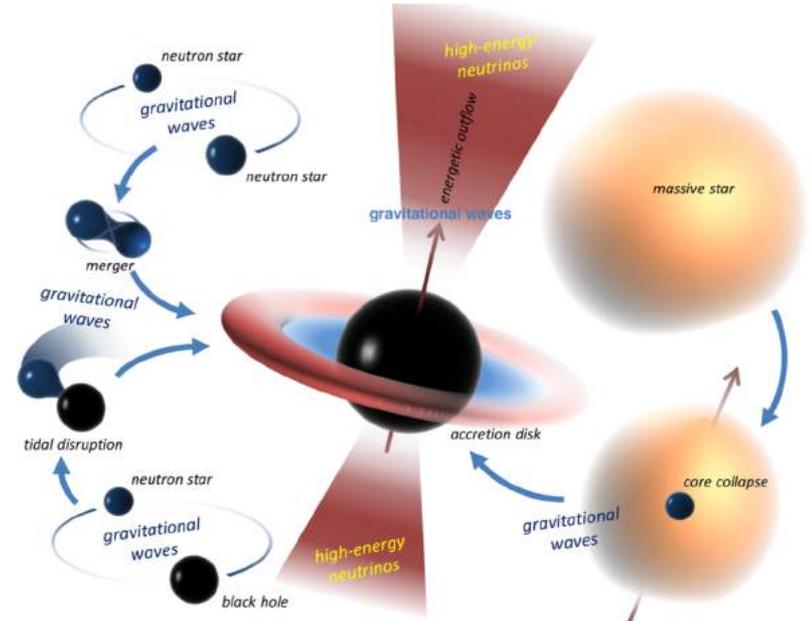
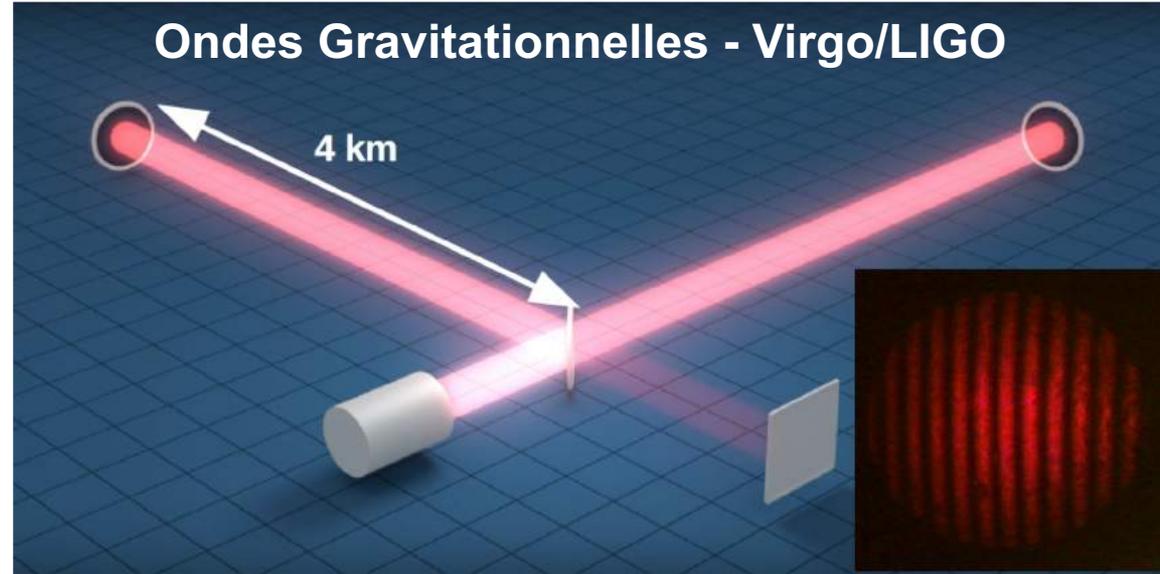
Physique des neutrinos



Astronomie multi-messagers



Télescopes à Neutrinos KM3NeT



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 :

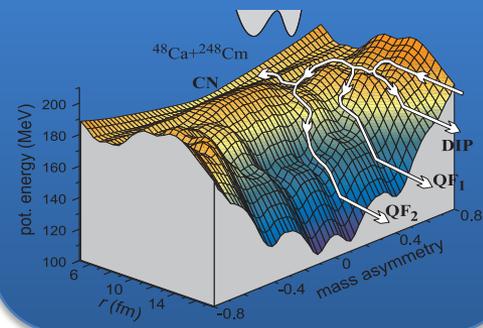
B. Decanditiis (2^e ann.), K. Kessaci (1^e ann.)

3 Ingénieurs et assistants ingénieur :

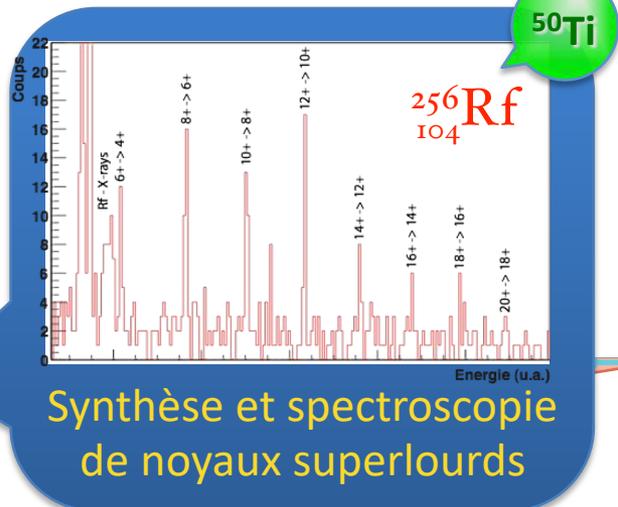
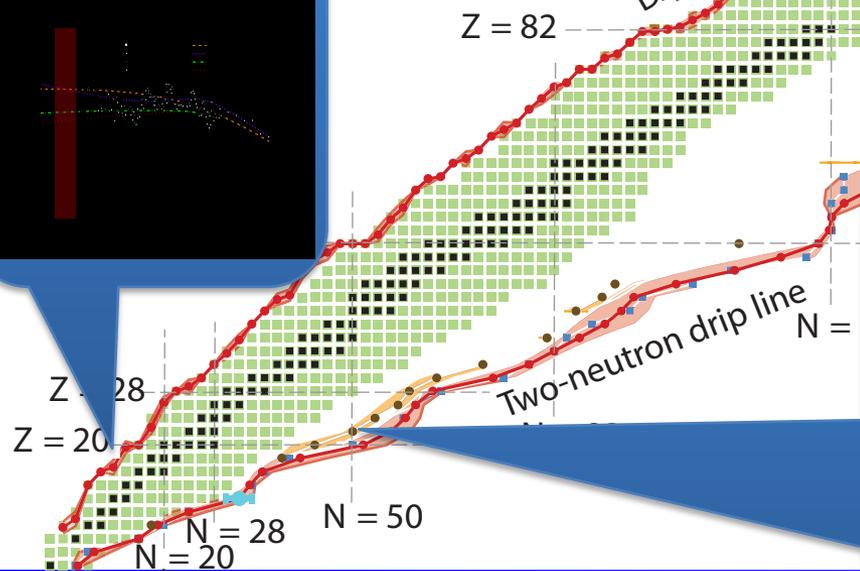
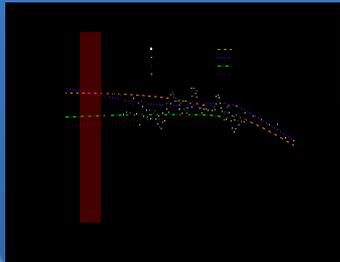
F. Didierjean (IR2), M. Filliger (AI), M.H. Sigward (IE2)

Structure nucléaire aux limites

Dynamique de réaction

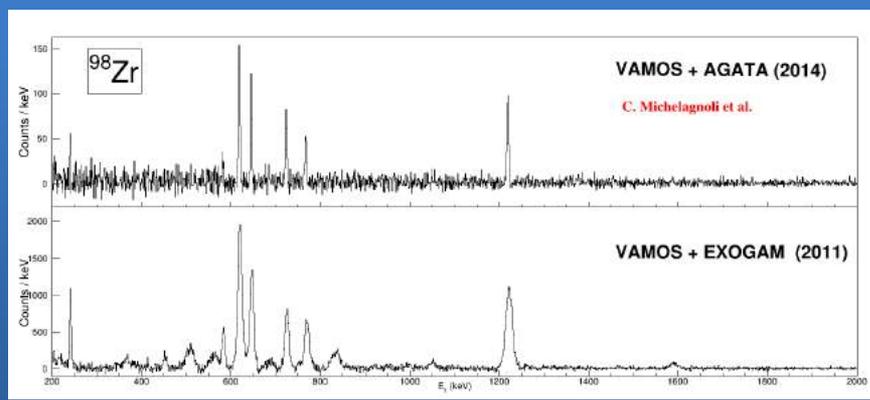


Réactions d'intérêt astrophysique



Synthèse et spectroscopie de noyaux superlourds

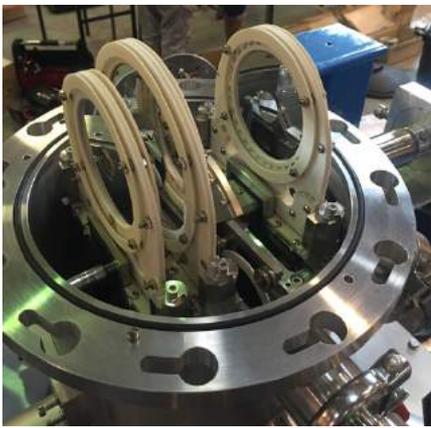
Noyaux riches en neutrons autour de ⁷⁸Ni



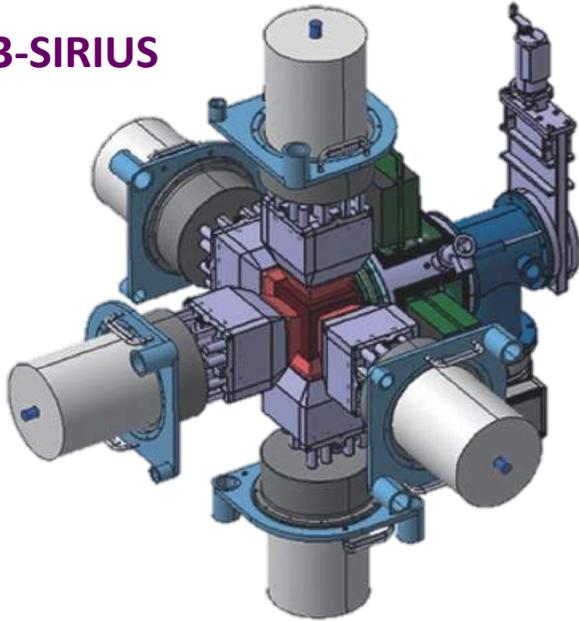
Erlor J. et al. Nature 486(2012)509-512

Développement d'instrumentation de pointe

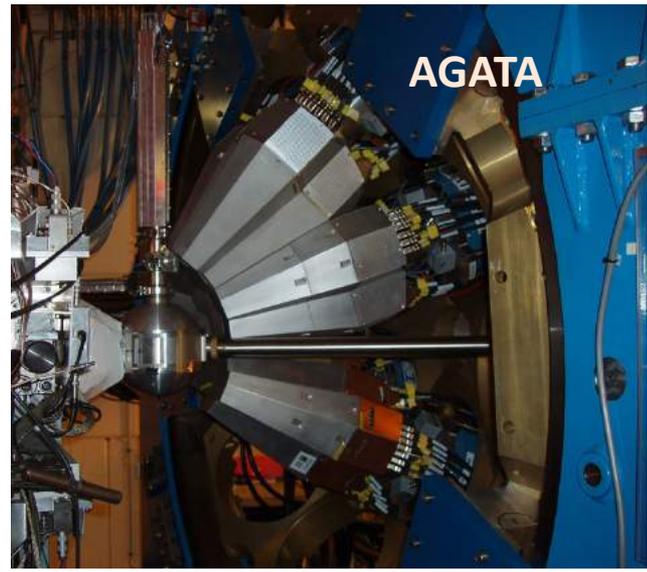
STELLA



S3-SIRIUS



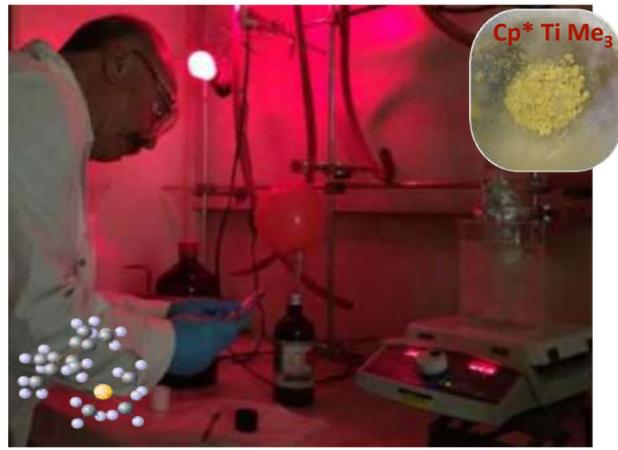
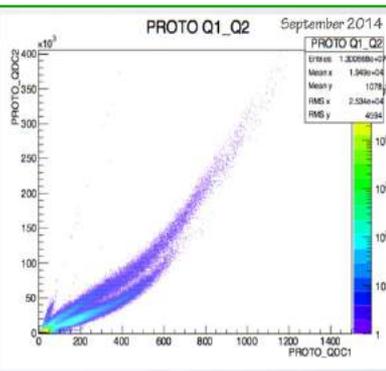
AGATA



June 2014

Transition-metal and organocatalysis in radical product synthesis

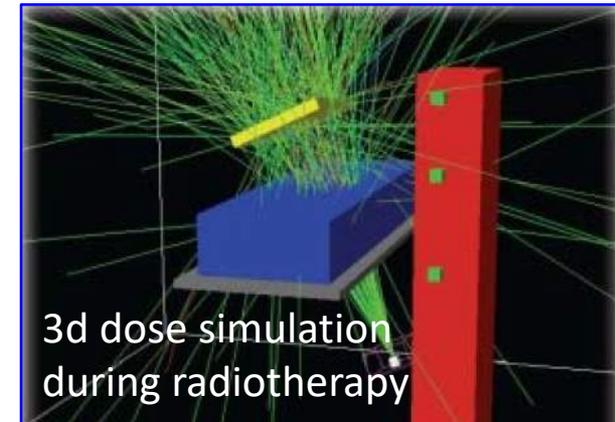
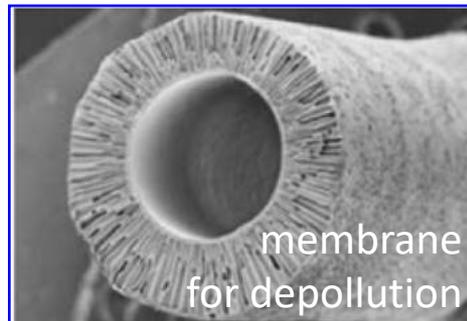
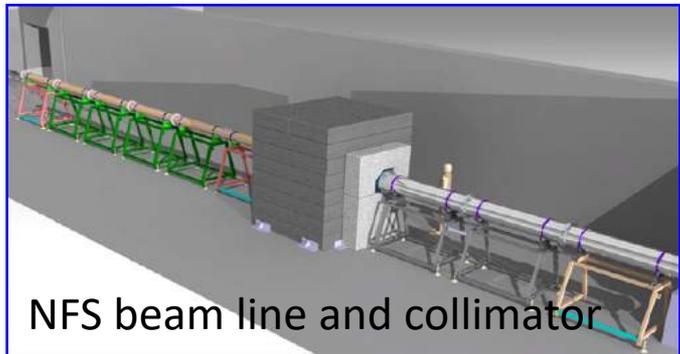
and they discriminate !!!



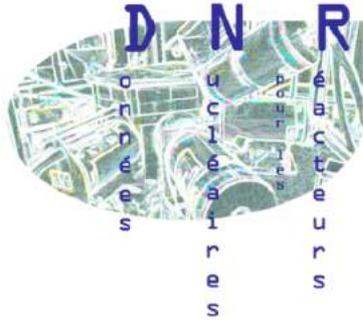
$Cp^*Ti(CH_3)_3$

3- Applications aux défis sociétaux

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



Données Nucléaires pour les Réacteurs

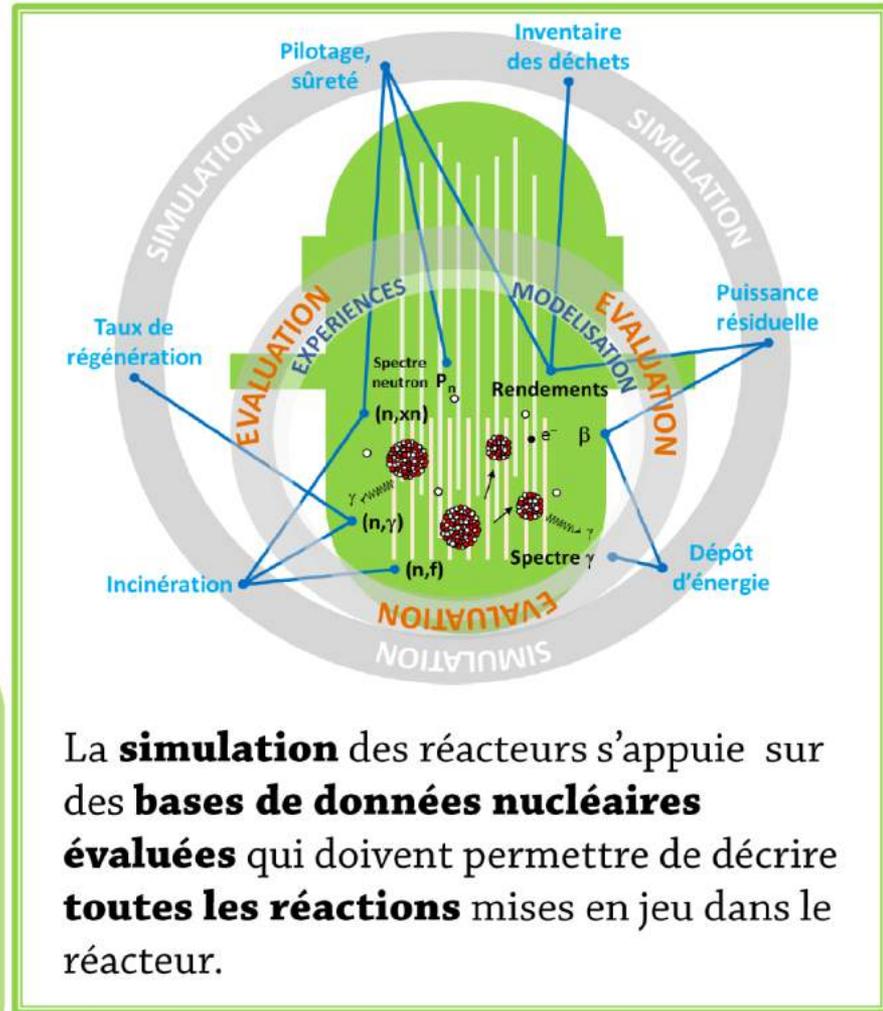


Philippe Dessagne,
Greg Henning,
Maëlle Kerveno,
Eliot Party, PhD

Contexte :

recherches sur le développement
de **l'énergie nucléaire du futur**
– sûre, propre, pérenne –

L'équipe DNR mène un **projet expérimental** pour l'étude de la **diffusion inélastique du neutron**, en vue d'améliorer les bases de **données nucléaires évaluées**.



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, ²³²Th,
^{233,235,238}U, ⁵⁷Fe

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

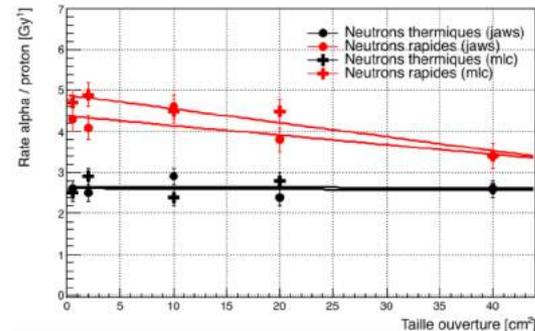
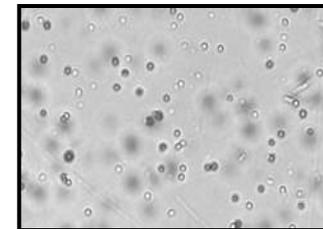
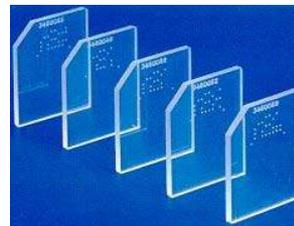
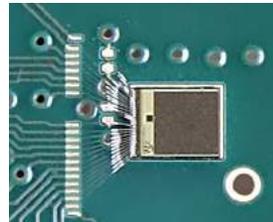
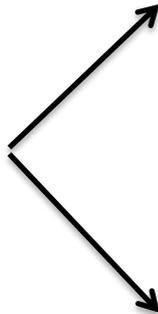
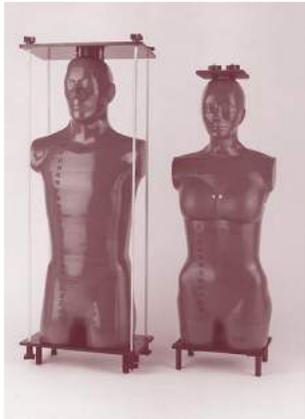
Différentielles et intégrales



Données Evaluées



- Nouveaux systèmes de dosimétrie neutrons
 - Instrumentation et Simulation



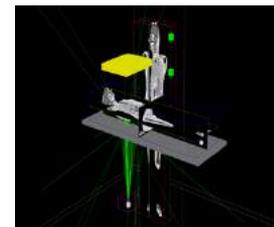
Mesures de neutrons secondaires avec le détecteur AlphaRad et des détecteurs solides de traces nucléaires

- Développement d'outil de calcul de dose :

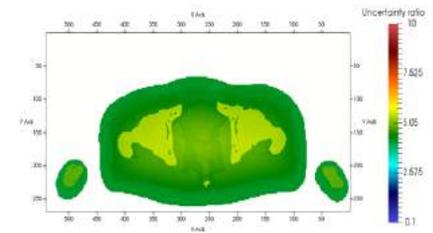
⇒ Par méthodes Monte Carlo (Geant4, Gate, MCNP)

⇒ Pour la radiologie interventionnelle.

⇒ Pour la médecine nucléaire.

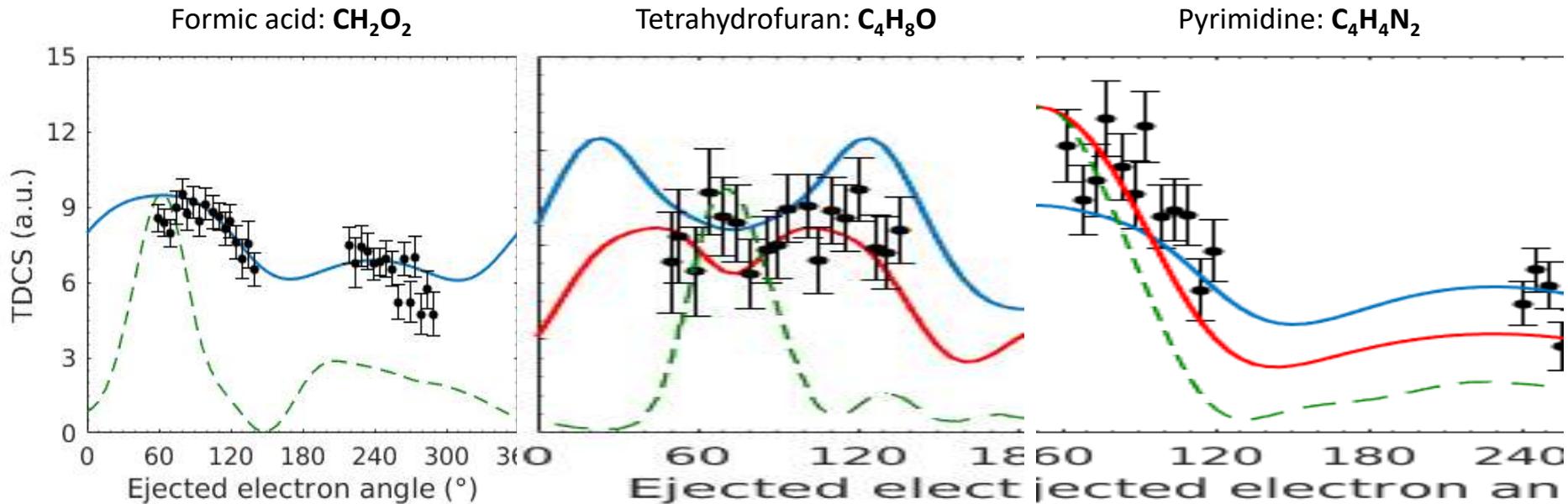


Visualisation de l'intervention



Carte de dose déposée calculée avec Gate.

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

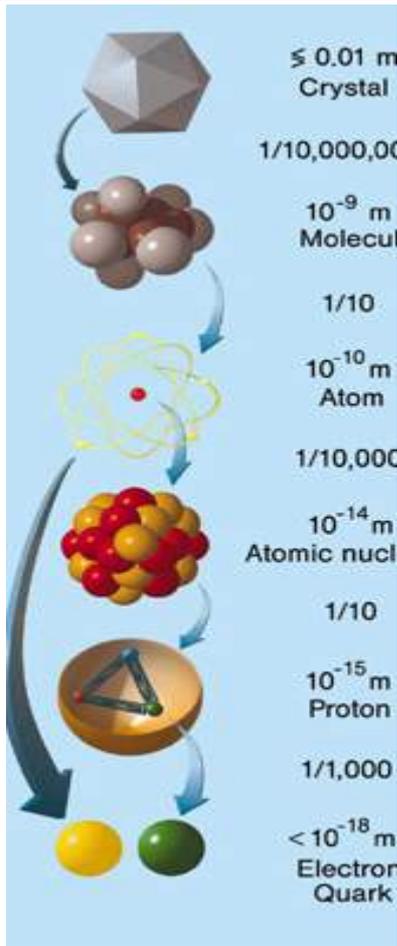


Sections efficaces triplement différentielles pour différents types de molécules.

- Collaboration avec différents 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

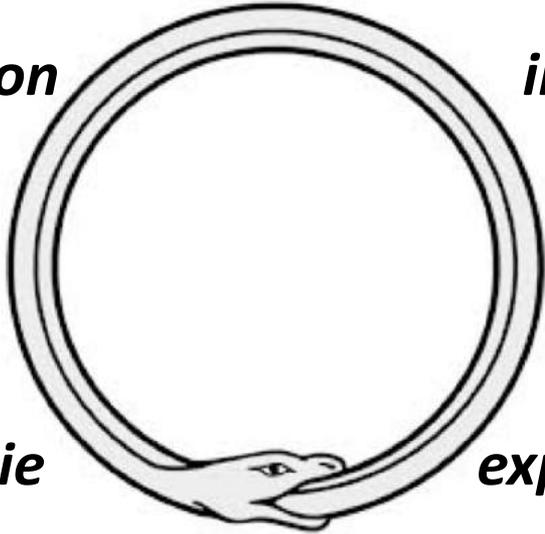
Energie nucléaire

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



Université
sophia-diamonds
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

2nd year of master programme in Physics

Particles

Nuclei

Cosmology

Astroparticle

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...

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-psa.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.

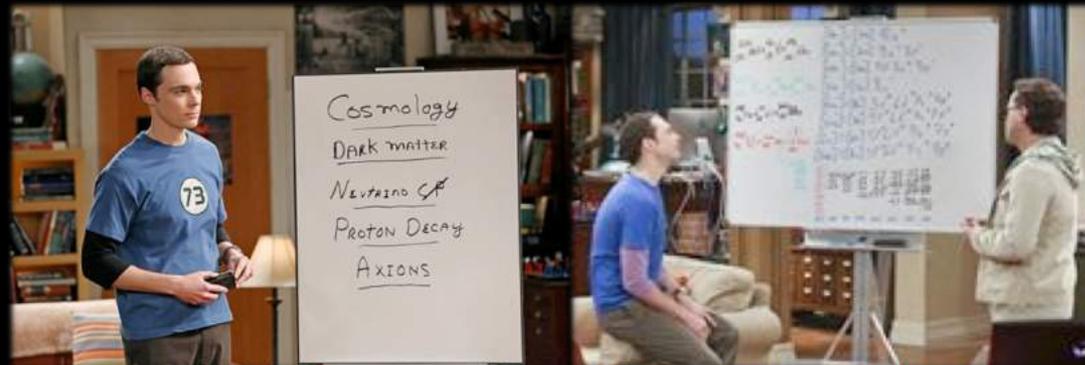
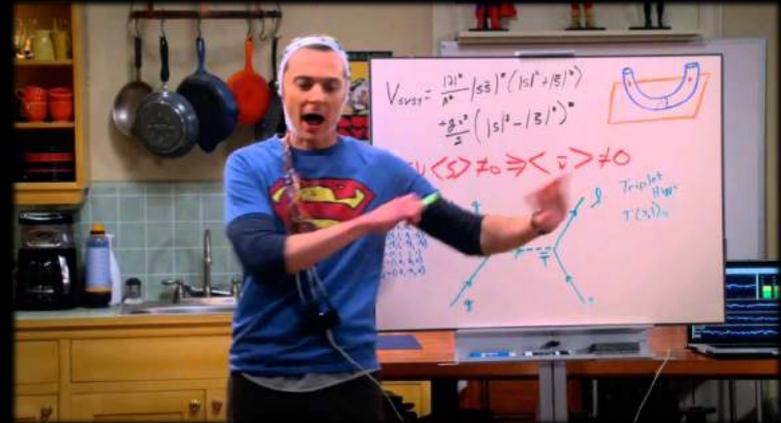
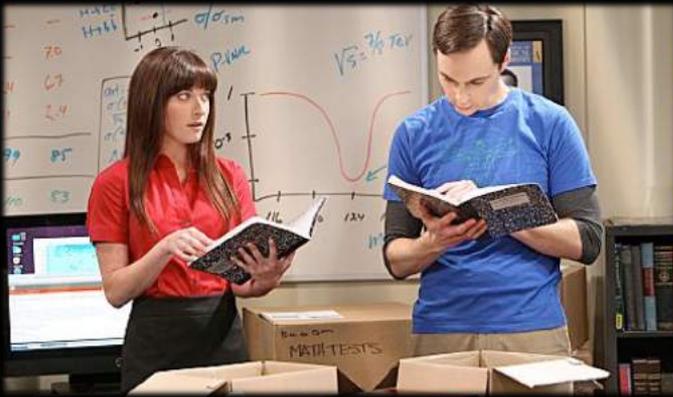
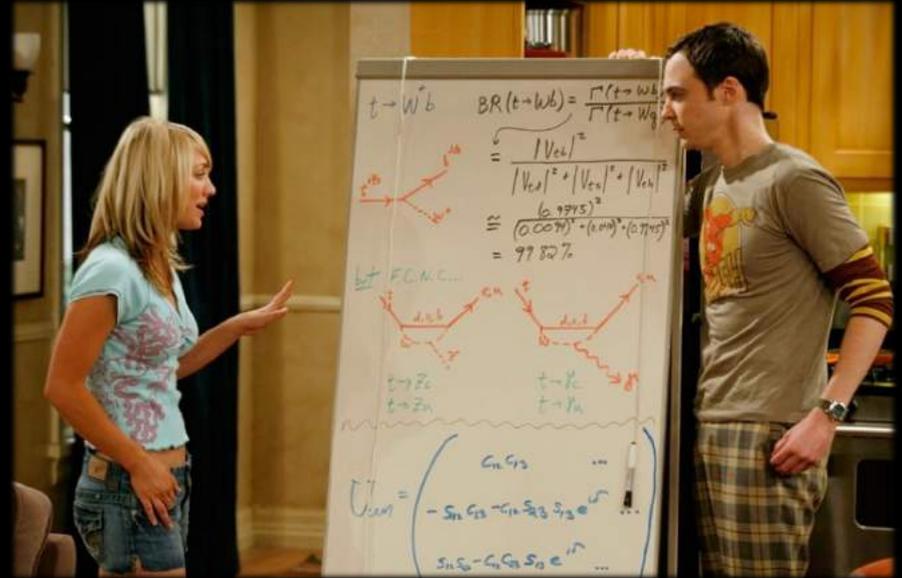
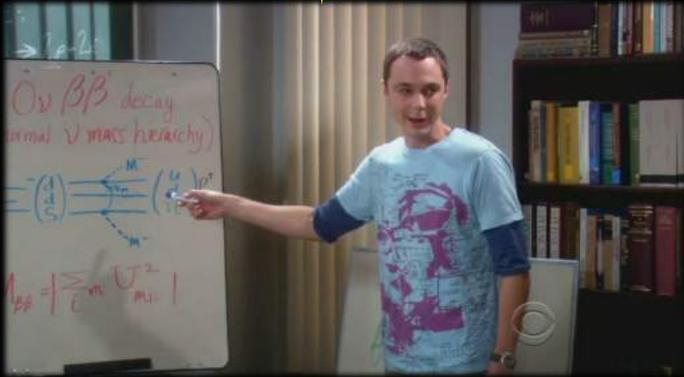
□ After the Master:

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

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



Avez-vous des questions ?



Des recherches
au coeur des défis du XXI^{ème} siècle

Eclairer des questions liant science et société

Appliquer & transmettre nos recherches

