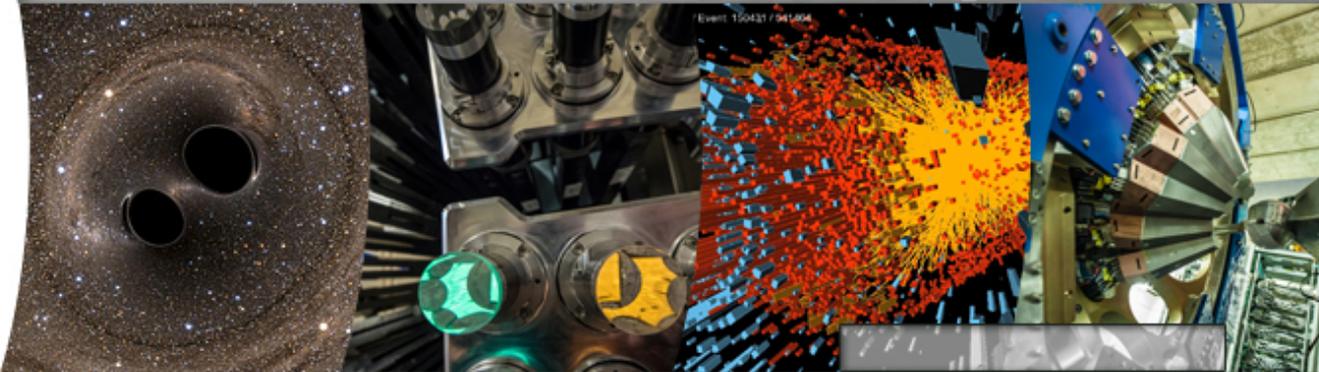


IPN-LAL



60 ans IPN Orsay/LAL



IN2P3



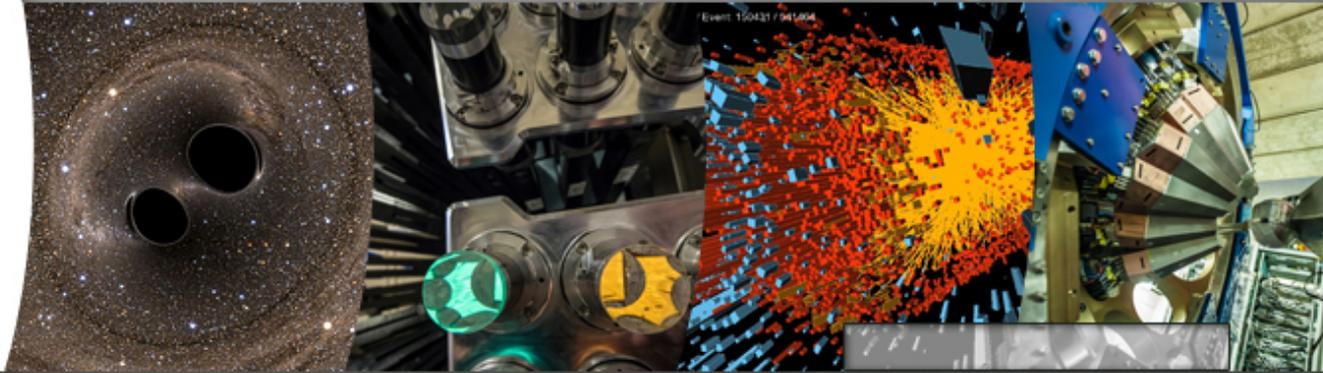
université
PARIS-SACLAY

Faits marquants de
l'Institut de Physique
Nucléaire d'Orsay

2006-2016

60 ans IPN Orsay/LAL

IPN-LAL



IN2P3



Faits m... de
de Physique
Nucléaire d'Orsay

Une revue non exhaustive

2006-2016



Création de l'IPN sous l'impulsion d'Irène Joliot-Curie pour y installer un synchrocyclotron.

Frédéric Joliot-Curie premier directeur.
Volonté affichée de développer la physique nucléaire en France

Prix Nobel de chimie 1935



1957
Synchrocyclotron
(160 MeV)

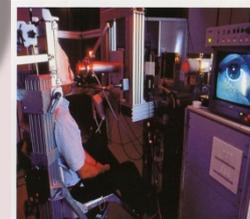
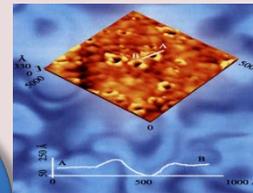


1971
Arrivée du
Tandem
(10 MV)



1980
IPNO fortement
impliqué dans le
démarrage du
GANIL

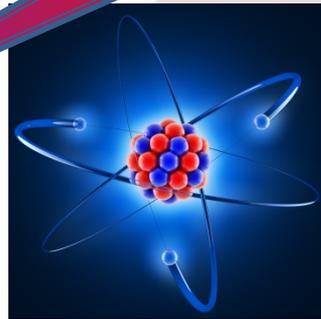
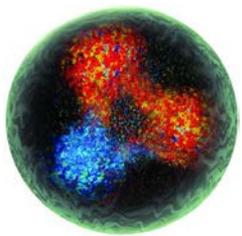
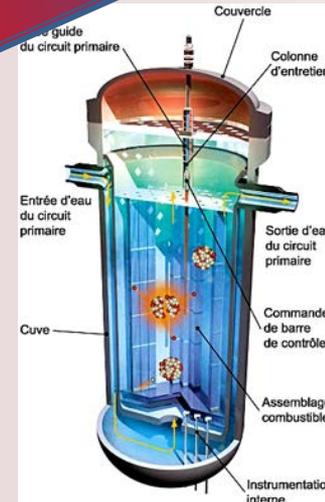
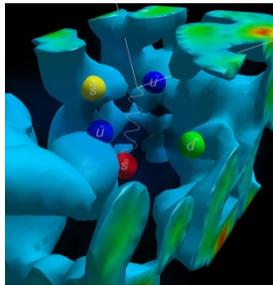
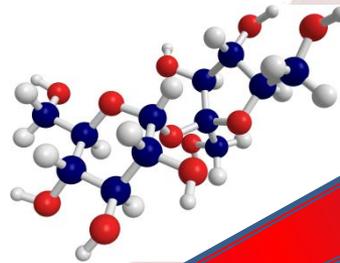
1990
1^{er} mondiale :
accélération
agrégats au
Tandem



Radiothérapie d'un mélanome de l'œil par faisceau de protons
(Centre de protonthérapie d'Orsay, 1991).

2000
Naissance de la
division
accélérateur
SPIRAL 1 (GANIL)
LHC (CERN)

A l'étude de l'infiniment grand...



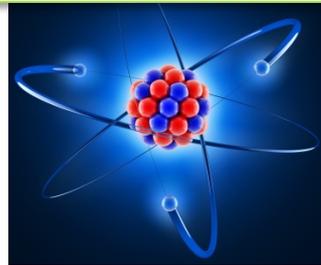
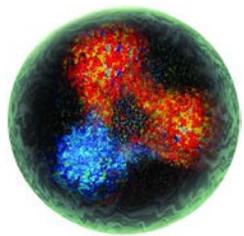
De l'étude de l'infiniment petit ...

A l'étude de l'infiniment grand...

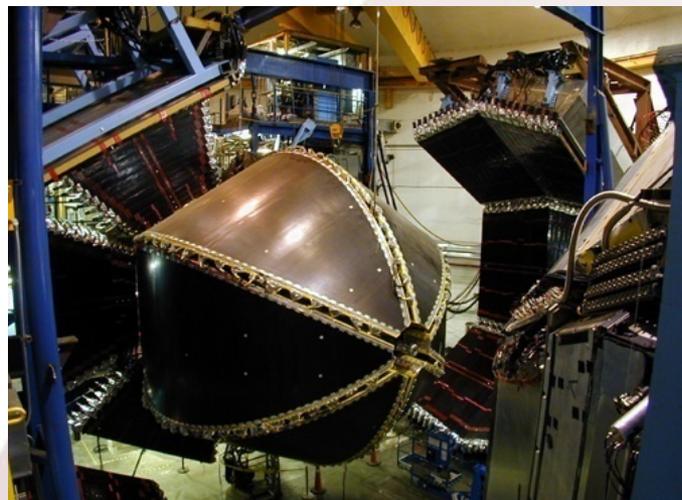
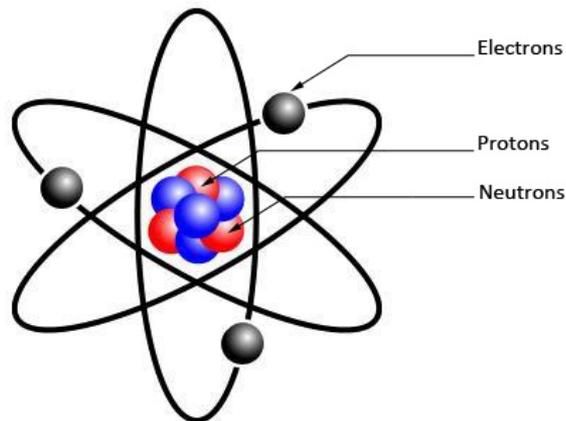


Plus de 200 publications scientifiques par an.
Plus de 180 présentations en conférences.
Des collaborations avec les USA, la Russie, le Japon, la Chine...

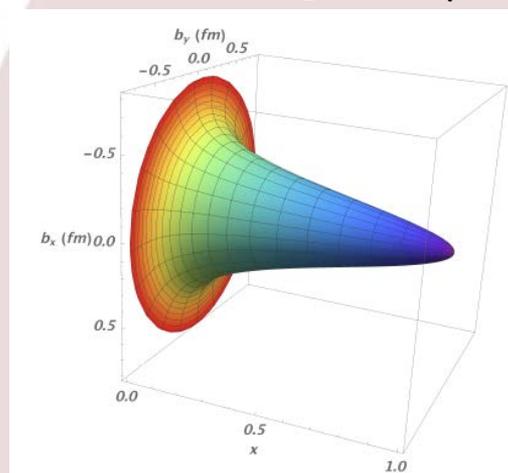
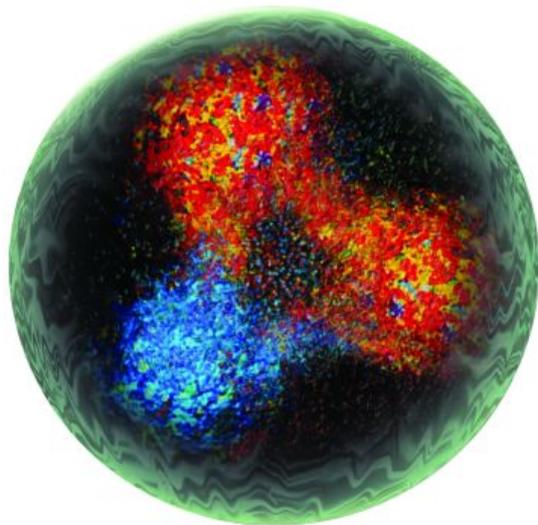
Actuellement 41 doctorants et 20 soutenances de thèse sur l'année écoulée.
Participations aux formations universitaires du L1 au M2.



De l'étude de l'infiniment petit ...



CLAS @ Jlab (USA)

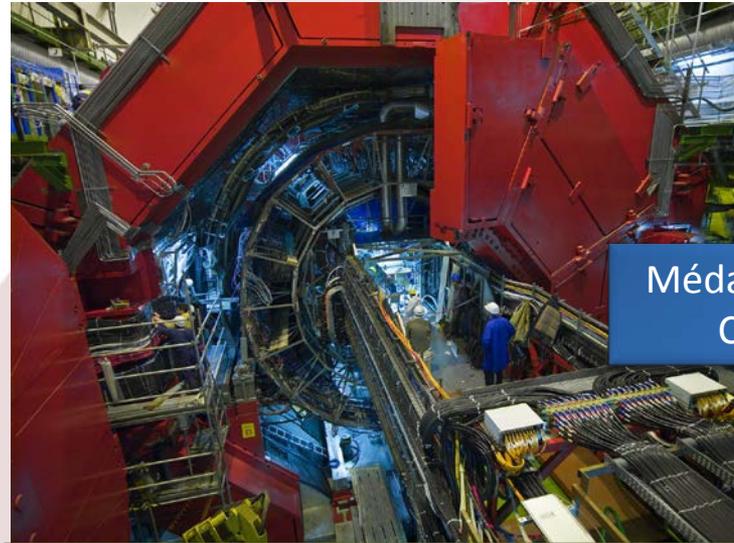
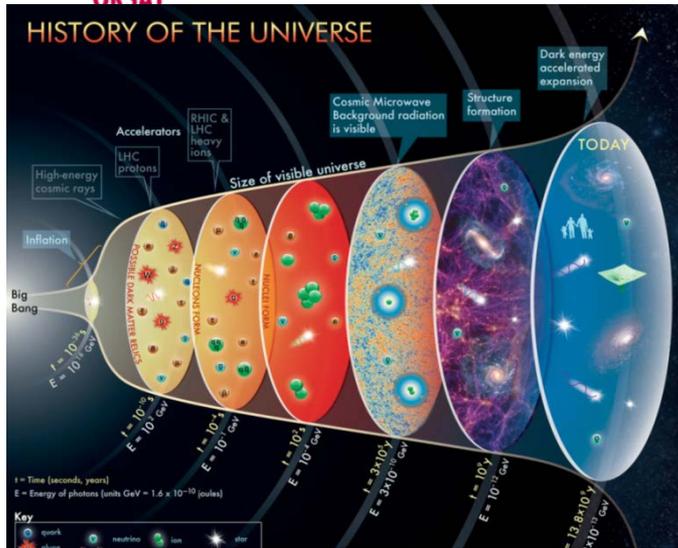


Tomographie du proton !
"impulsion (longitudinale) -
position (transverse)"

... et aussi recherche de
photons lourds (financement
SESAME)

Expériences HADES et PANDA
(Allemagne)

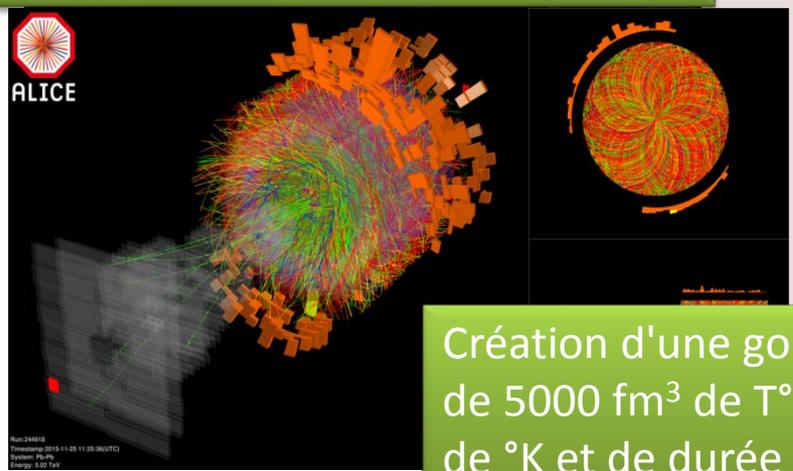
Compréhensions de l'infiniment petit... mais un peu plus dense et chaud !



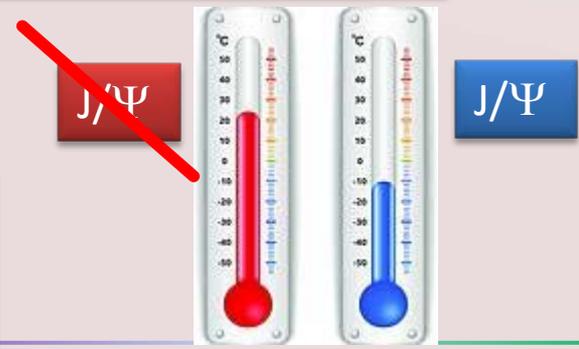
Médaille de bronze CNRS 2015

ALICE @ LHC (CERN) – premières collisions pp en 2009 – PbPb en 2010

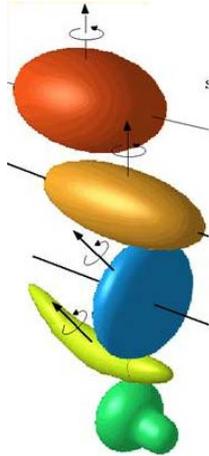
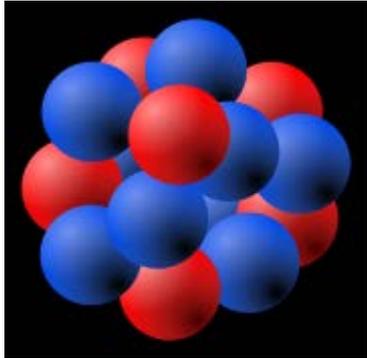
Plasma de quarks et de gluons !



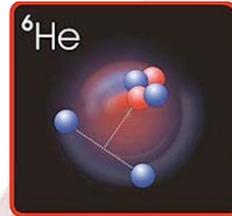
Création d'une gouttelette plasma de 5000 fm^3 de $T^\circ \sim 4000$ milliards de $^\circ\text{K}$ et de durée de vie de 10^{-22}s !



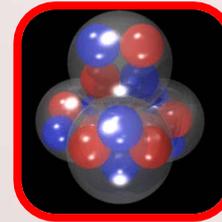
Le noyau dans tous ses états...



Formes



Halos

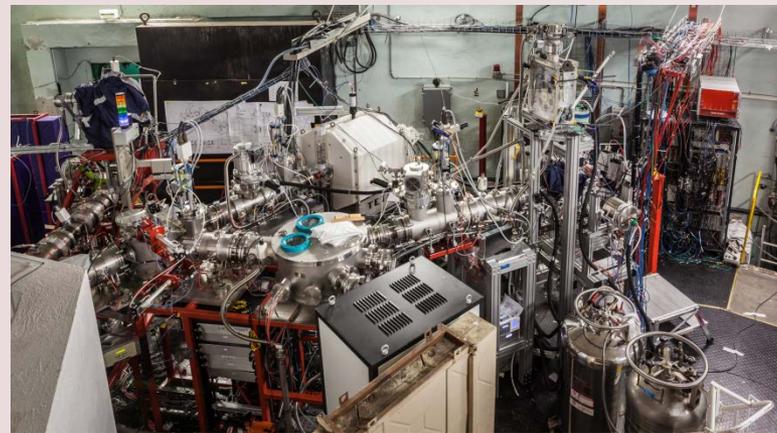


Clusters



Grand Prix Félix
Robin de la SFP
2015

Prix Flerov 2010



Première mise en évidence
d'une coexistence de forme
dans la région du Ni-78

2016

Inauguration

Mise en service BEDO et TETRA

2013

Feu vert de l'ASN

2012



Construction des lignes
basse énergie + source laser

2009

2008

Première extraction du
faisceau d'électrons

2006



7ème programme cadre européen (FP 7)
- Accès transnational (TNA)

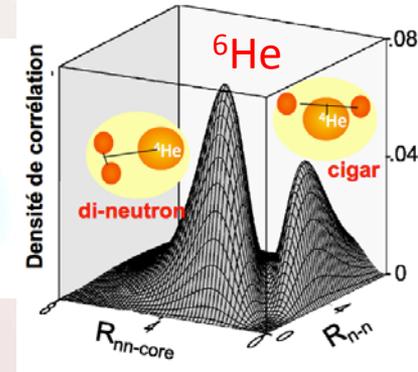
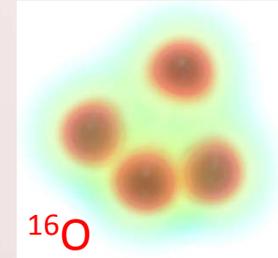
En 2015 :

3800 h de faisceau pour la physique dont
600h de faisceau radioactif
250 utilisateurs extérieurs
30 pays impliqués

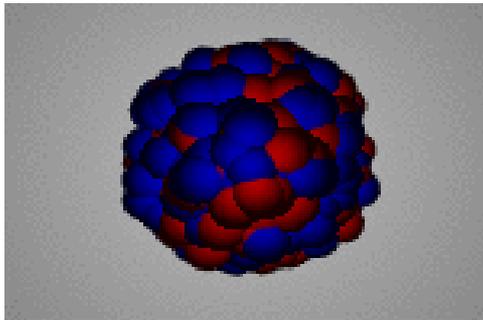
Première installation ISOL basée sur la photo-fission
fonctionnant dans le monde !

Propriétés des noyaux exotiques

Comment s'organisent les nucléons dans le noyau ?
En couples ou en quartets ?
 des paires neutron-neutron, proton-proton, neutron-proton ?
 des particules alphas ?



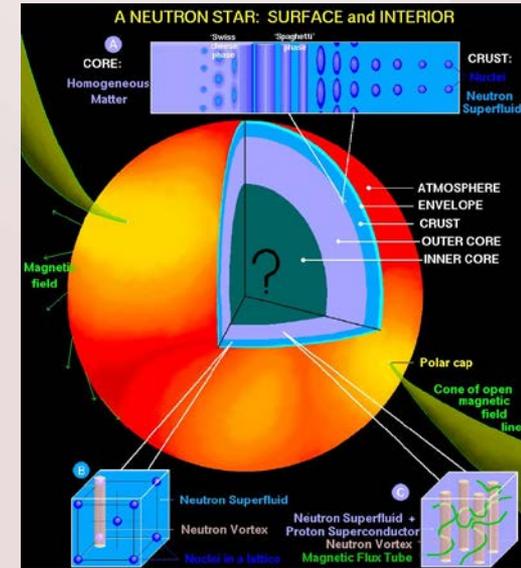
Etudier la respiration des noyaux exotiques pour comprendre les étoiles à neutrons



Résonance Géante Monopolaire



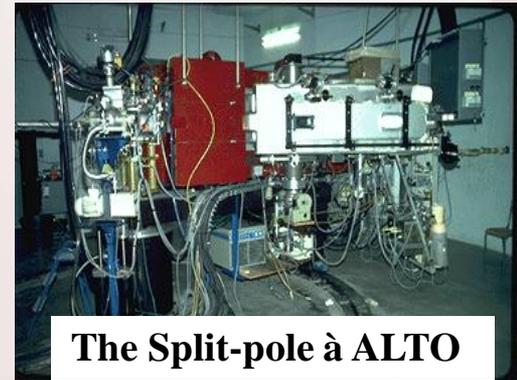
Détecteur MAYA au GANIL



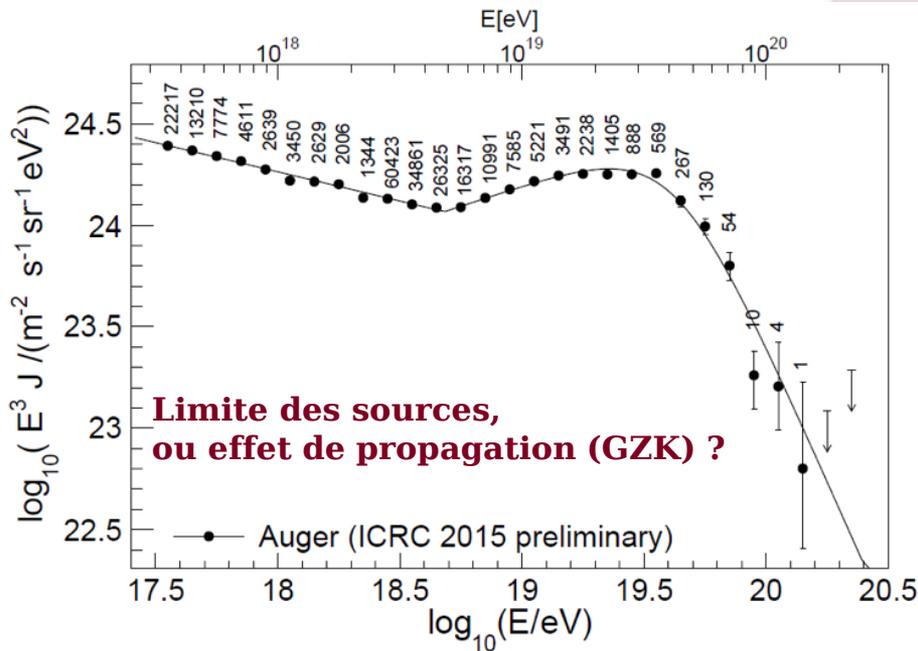
Etudes expérimentales auprès d'accélérateurs de particules:

- Production des éléments **plus lourds que le fer** dans les **étoiles géantes**
- Destruction du fluor (^{18}F) dans les **novæ**
- Production du lithium (^6Li et ^7Li) pendant le **Big-Bang**
- Production des éléments **plus lourds que le carbone** dans les **étoiles massives**

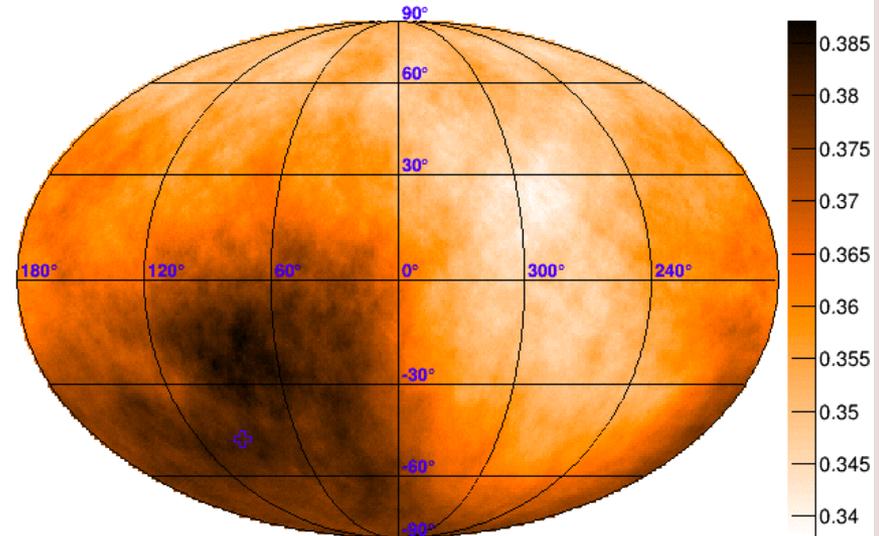
2012: **Couplage** détecteurs **silicium-spectromètre** magnétique
Split-Pole à Orsay → **Ouvre de nouvelles perspectives en**
astrophysique nucléaire expérimentale



- Quelles sont les sources des rayons cosmiques au delà de 10^{18} eV ?
- Quelle est la composition ? Y a t-il une fraction de protons ?
- Comment évoluent les processus hadroniques à ces énergies ?
- **Avancées majeures grâce à AUGER !**
- Spectre sur 3 décades en énergie : Extinction du flux au-delà de 5×10^{19} à 20σ :



Equatorial Coordinates - 60° smoothing



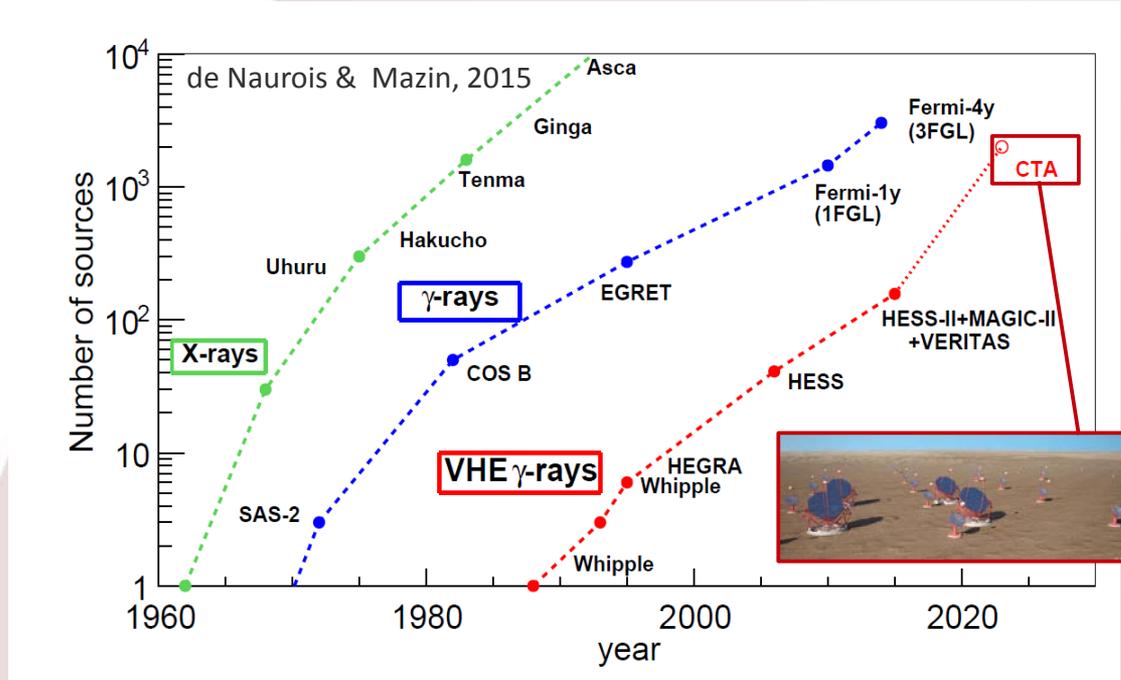
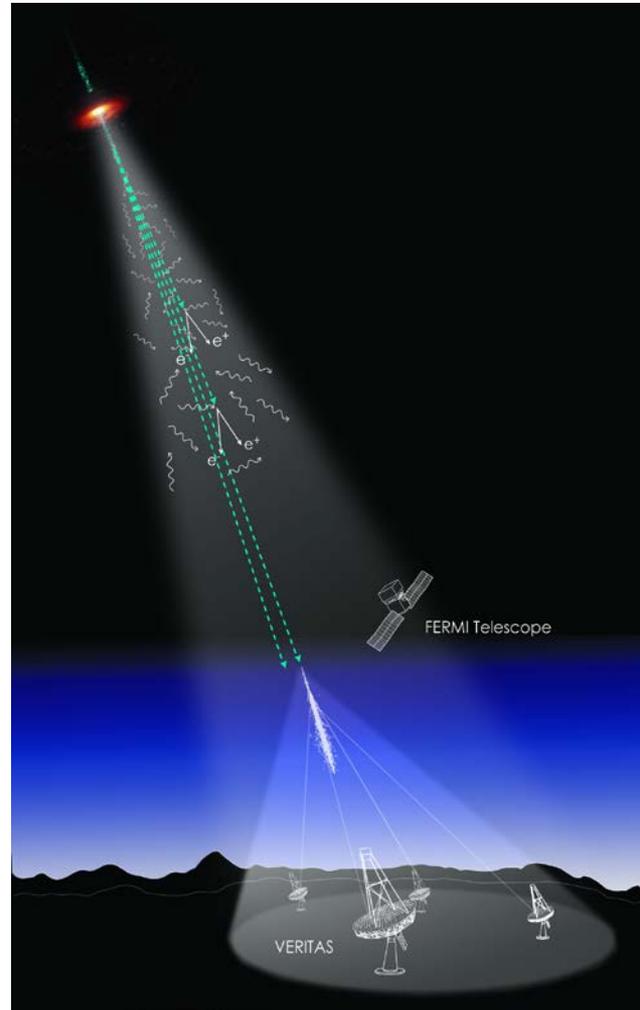
Carte jointe AUGER-TA (2008-2014)
→ dipôle aujourd'hui proche de 5σ ...

AugerPrime : un scintillateur par cuve pour accéder à la composition des gerbes

Traceur neutre des accélérateurs cosmiques

~ 200 sources en $\gamma > 100$ GeV à ce jour

Nébuleuses à vent de pulsar, reste de supernovae, pulsars, binaires, superbulles, galaxies radio, blazars



Accélération, processus radiatifs, propagation ?

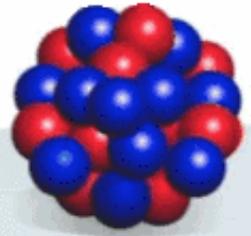
Énergie maximale et luminosité ?

Nouvelle physique au TeV, aux échelles GUT et de Planck ?

Des quarks aux étoiles : différentes théories adaptées aux différentes échelles

quarks et hadrons
nucléons et noyaux

Dégrés de liberté

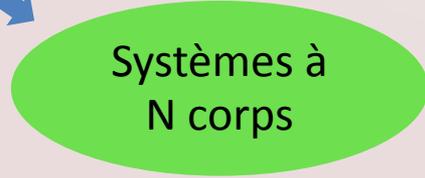


QCD perturbative
QCD non-relativiste

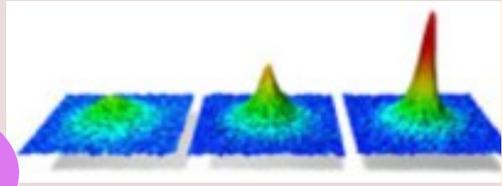
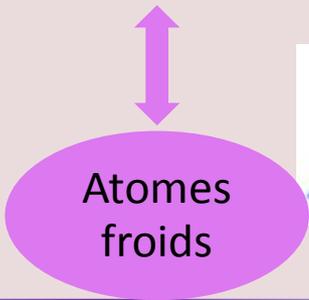
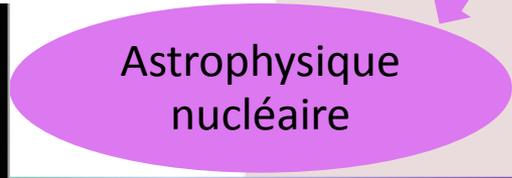
Théorie de perturbation chirale
Unitarité et analyticité



Théorie de champ effectif nucléaire - Méthodes *ab-initio*



Methodes de champ moyen et au-delà



Médaille d'argent du CNRS 2016



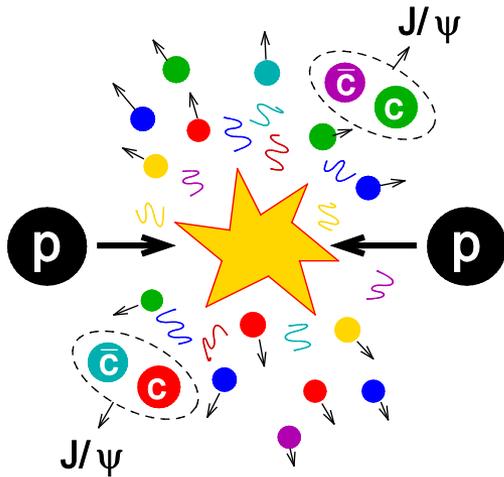
Prix Langevin de la SFP 2015



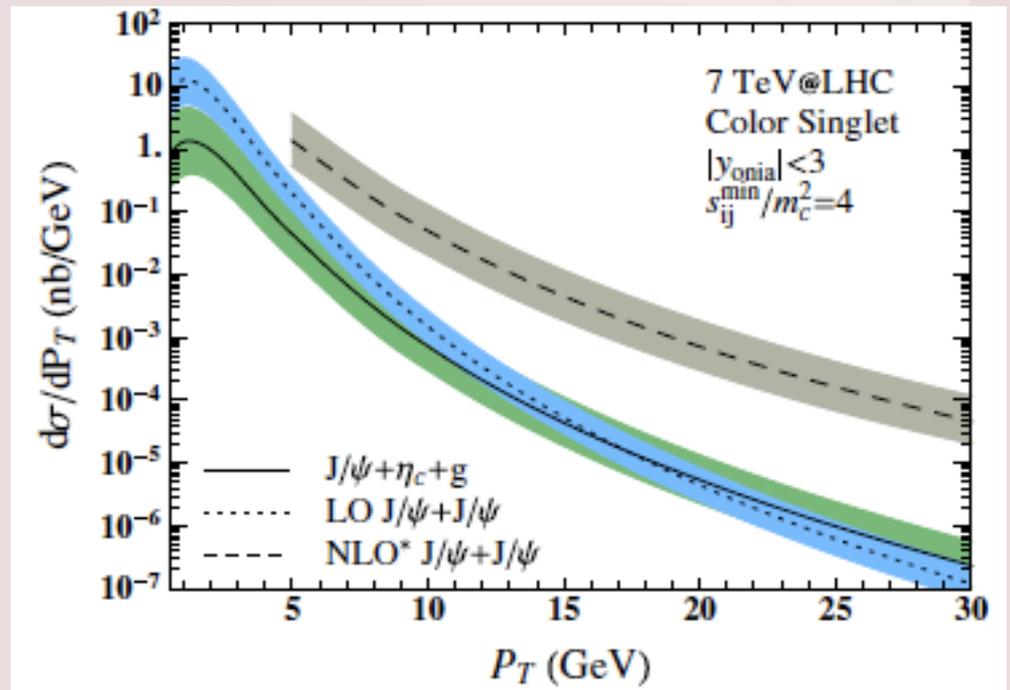
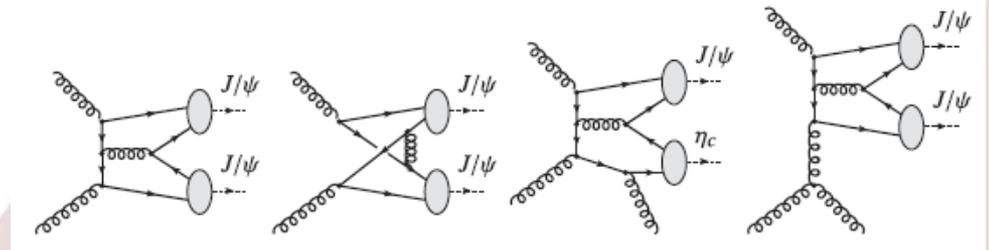
Prix Thibaut 2014



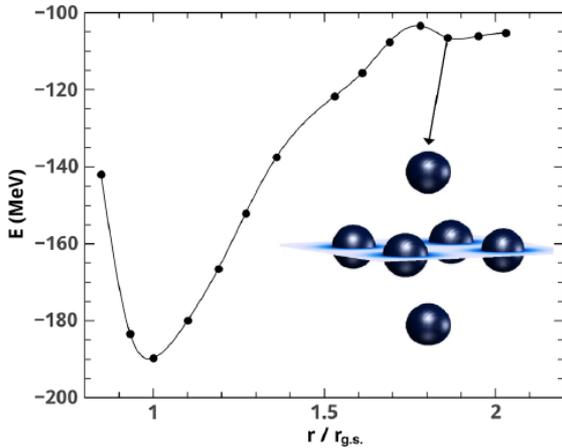
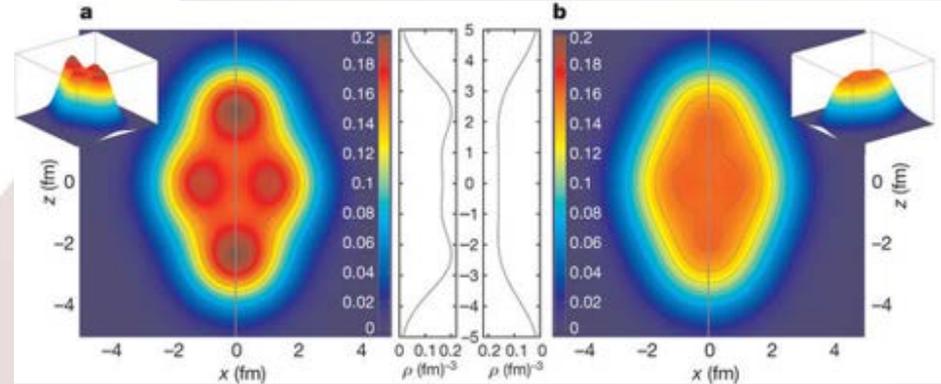
Exemple de QCD perturbative à des hautes énergies :
production de $J/\psi + \eta_c$ et de $J/\psi + J/\psi$ au LHC



- La production de $J/\psi + \eta_c$ n'est pas aussi fortement supprimée qu'on ne le pensait
- Des corrections d'ordre supérieur en α_s sont importantes dans la production de $J/\psi + J/\psi$

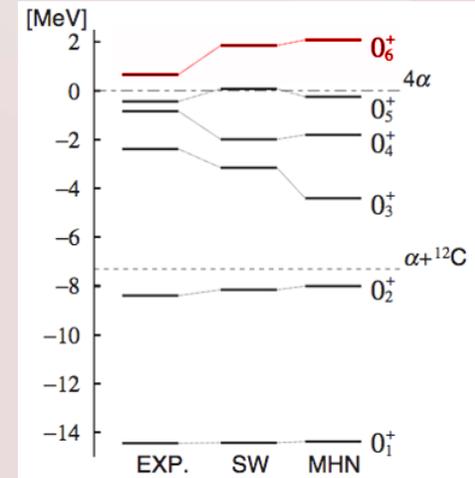


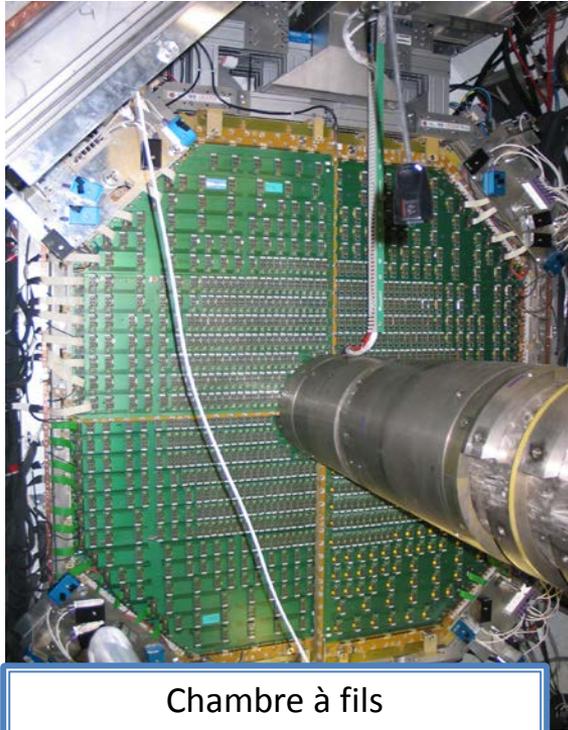
Certains noyaux (ici : ^{20}Ne) peuvent présenter des structures de clusters α ($2p+2n$)



Cet effet est plus prononcé quand on augmente le rayon des noyaux (ici : $^{24}\text{Mg} \rightarrow 6\alpha$)

On peut expliquer certains états excités (ici : 6^e état $J^P=0^+$ dans ^{16}O) comme des condensats de Bose-Einstein de particules α

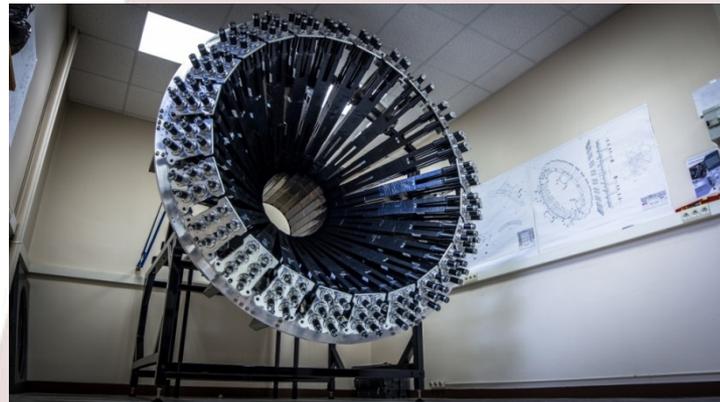




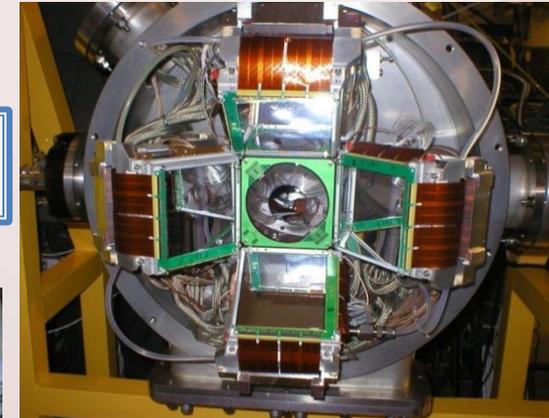
Chambre à fils
Expérience ALICE @ LHC (CERN)



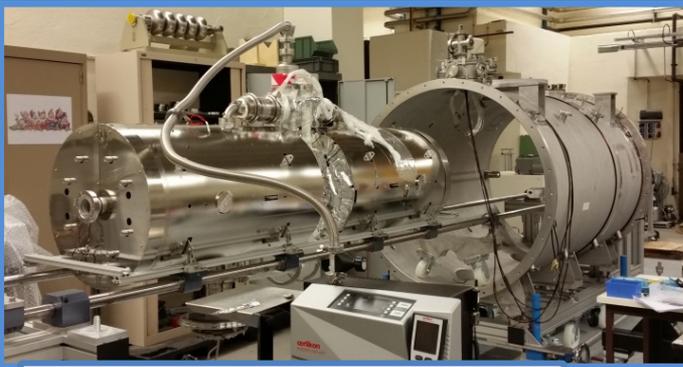
GRIF-IPNO plus gros contributeur TIER2 en France pour le calcul pour l'expérience ALICE



Détecteur central de neutrons
Expérience CLAS12 @ Jlab (USA)



Détecteur MUST2



Prototype de cryomodule de l'European Spallation Source (Suède)



Cryomodules de SPIRAL2 (GANIL)



Salle blanche Supratech



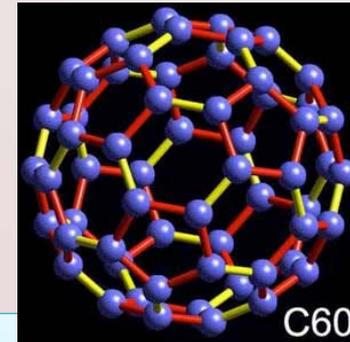
Cristal du CNRS 2008



Prix Jean-Louis Laclare 2009



Cristal du CNRS 2015



Analyse par spectrométrie de masse de nano-domaines et nano-objets présents sur une surface.

Application :

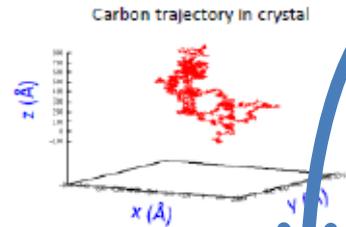
- Analyse de surfaces, implantation de nanoparticules, composition chimique de nano-volumes (1000 nm^3)
- Recherche fondamentale
- Etude de bactéries
- Astrochimie et astrophysique nucléaire

Premières expériences
prévues cette année !

Optimisation des matrices cimentaires pour la gestion des déchets métalliques (ANDRA, CEA, NEEDS)

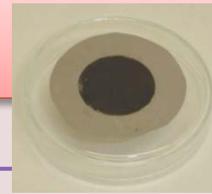


Diffusion de ^{14}C dans les gaines de combustible (EDF, AREVA, NEEDS)



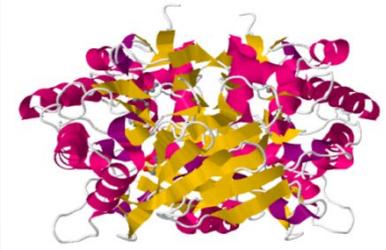
Traitement du combustible usé : Utilisation de solvants non aqueux (sels fondus haute température et Liquides ioniques) (projet européen SACSESS, NEEDS)

Fabrication de cibles pour la détermination de données nucléaires (NEEDS)

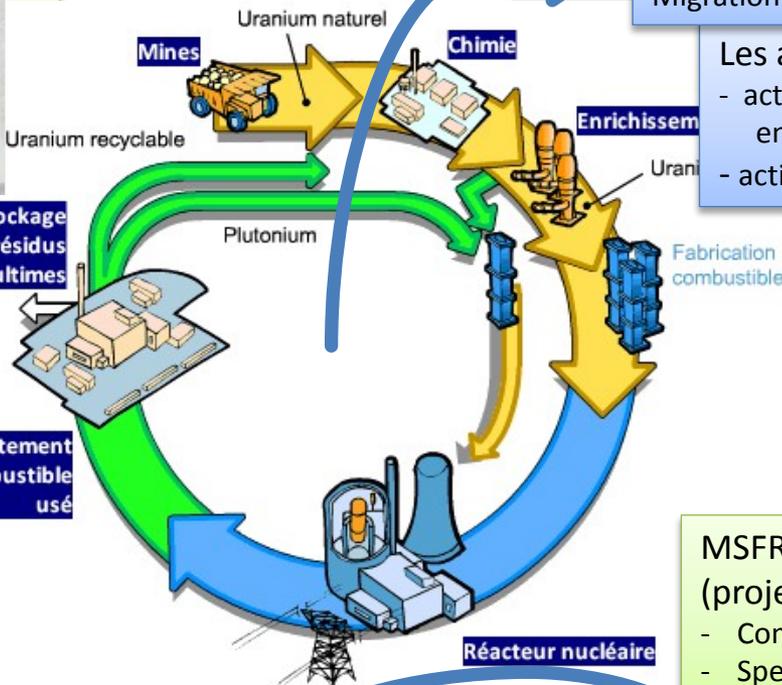
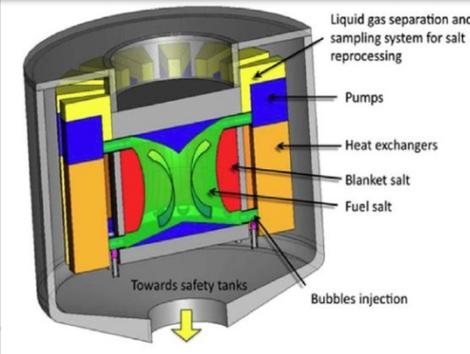


Les actinides dans l'environnement (NEEDS)
Migration de U dans l'environnement

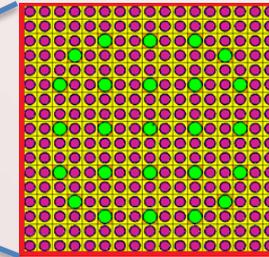
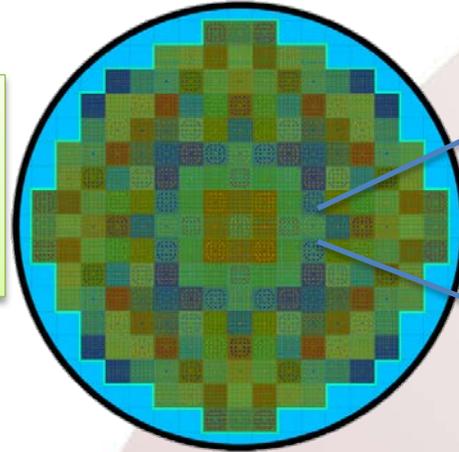
Les actinides en milieu biologique
- action de U et Np sur l'activité enzymatique d'une protéine (calmoduline)
- action des molécules décorporantes



MSFR: Réacteur Thorium Gen IV (projets européens EVOL, SAMOFAR)
- Combustible liquide sels fondus $\text{LiF-ThF}_4\text{-UF}_4$
- Spectre rapide



La modélisation des réacteurs et les scénarios associés



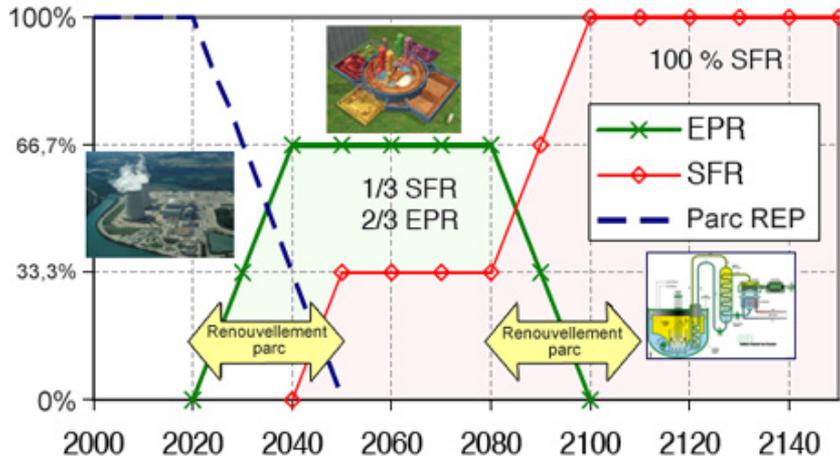
~ 209
assemblages



12.6 mm

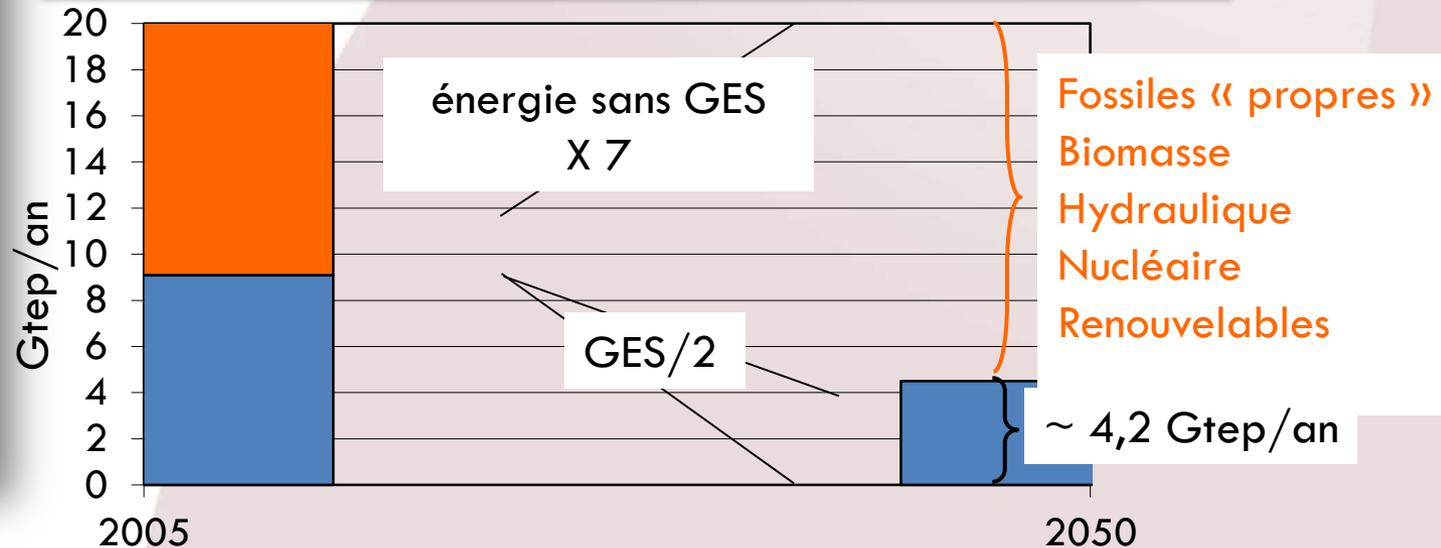
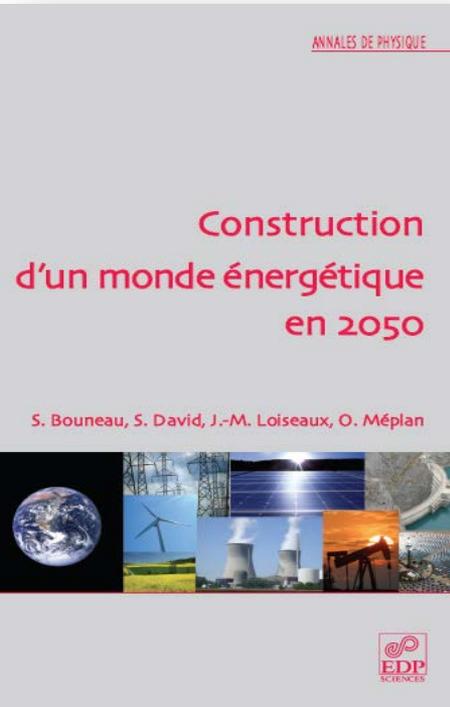
~ 264 crayons

- Les objectifs des simulations de réacteurs sont :
- Etudier les transitoires accidentels
 - Quantifier et prédire les quantités de matières à la sortie du réacteur (déchets)
 - Quantifier et prédire les quantités de ressources consommées



Quel mix énergétique satisfait les contraintes :

- Démographique (9 milliards d'habitants)
- Énergétique (20 Gtep consommées par an)
- Climatique (Emission des GES /2 d'ici 2050)
- En fixant les clefs d'inégalités (4/2/1)



Fort de 300 chercheurs, ingénieurs et techniciens, l'Institut de Physique Nucléaire est un des acteurs majeurs de notre discipline !

L'excellence des recherches menées ces 10 (60 !) dernières années, aussi bien fondamentales qu'appliquées et la qualité des réalisations technologiques sont reconnues aussi bien sur le plan national qu'international.

Les recherches menées par notre institut sont encore appelées à se développer grâce à une plus grande synergie de nos laboratoires de la vallée.

Rendez-vous dans 10 ans...