

Groupe Physique des réacteurs

Bilan 2009-2014

Il manque un sigle !



- **13 permanents :**
 - **A. Bidaud** (MCF), **A. Billebaud** (DR), **N. Capellan** (MCF), **S. Chabod** (CR), **V. Ghetta** (CR), **D. Heuer** (DR), **G. Kessedjian** (MCF), **E. Liatard** (PR), **O. Méplan** (MCF), **E. Merle-Lucotte** (PR), **A. Nuttin** (MCF), **P. Rubiolo** (PR), **C. Sage** (MCF)
- **2 doctorants :**
 - **A. Chebboubi**
 - Direction: H. Faust (ILL), Co-encadrement: G. Kessedjian
 - soutenance prévue en 2015 (Contribution à l'étude de la dynamique de fission auprès du spectromètre de masse Lohengrin de l'ILL - Développement d'un nouveau spectromètre magnétique gazeux dans le cadre du projet FIPPS)
 - **A. Laureau**
 - Co-Direction: P. Rubiolo, E. Merle-Lucotte, D. Heuer
 - soutenance prévue en 2015 (Modélisation multi-physique d'un réacteur à sels fondus en cycle Thorium et à spectre neutronique rapide)
- **1 post-doc :**
 - **M. Aufiero** (postdoc sur RP depuis le 1er avril 2014)
 - Simulation physique des réacteurs, projet MSFR

- 5 permanents :
 - **G.Kessedjian** (MCF) arrivée en 2009
 - **N. Capellan** (MCF) arrivée en 2010
 - **P. Rubiolo** (PR) arrivée en 2011
 - **C. Sage** (MCF) arrivée en 2012
 - **R. Brissot** (PR) départ en 2013
- 5 thèses soutenues :
 - **P. Guillemain** (soutenue en décembre 2009 avec directeur de thèse R. Brissot, encadrant A. Nuttin) – Recherche de la haute conversion en cycle thorium dans les réacteurs CANDU et REP, étude de scénarios symbiotiques (→ [CDI EdF](#))
 - **X. Doligez** (en 2010 avec directeur de thèse D. Heuer et E. Merle-Lucotte) – Influence du retraitement physico-chimique du sel combustible sur le comportement du MSFR et sur le dimensionnement de son unité de retraitement (→ [CR2, IPNO](#))
 - **M. Brovchenko** (en 2013 avec directeur de thèse E. Merle-Lucotte et D. Heuer) – Etudes préliminaires de sûreté du réacteur à sels fondus MSFR (→ [CDI IRSN](#))
 - **F. Martin** (en 2013 avec directeur de thèse O. Serot, co-encadrant G.Kessedjian) – Etude des distributions en masse, charge et énergie cinétique des produits de fission de $^{233}\text{U}(\text{nth},\text{f})$ et du $^{241}\text{Pu}(\text{nth},\text{f})$ mesurées auprès du spectromètre lohengrin (ILL) (→ [MSIS Assistance, groupe AREVA](#))
 - **P. Sabouri** (en 2013 avec directeur de thèse Ivo Kodeli (IJS-Slovenie), co-encadrant A. Bidaud) – Application de la théorie des perturbations à la propagation des incertitudes des données nucléaires par la méthode des probabilités de première collision (→ [rech. d'emploi Canada](#))

Evolution récentes:

- **1 HDR :**
 - **A. Nuttin** (en juin 2012) – Physique des réacteurs à eau lourde ou légère en cycle thorium, étude par simulation des performances de conversion et de sûreté
- **2 post-docs :**
 - **G. Kessedjian**
 - ATER Grenoble INP (2008-2009), données nucléaires (→ MCF INPG au Laboratoire)
 - **C. Sage**
 - ATER Grenoble INP (2010-2012), données nucléaires (→ MCF INPG au Laboratoire)

Gestion des enseignements:

- **A. Bidaud**
 - 2008-2011 responsable Bachelor Nuclear Engineering INPG
 - 2008-2014 Correspondant pédagogique INPG pour l'Institut Franco Chinois de l'Energie Nucléaire (IFCEN)
 - 2008- Co-responsable relations Internationales, Filière Génie Energétique et Nucléaire (GEN) de PHELMA, correspondant European Network on Nuclear Education.
- **G.Kessedjian**
 - 2009-2012 co-responsable de la plateforme de TP Platine (LPSC)
 - Responsable du module Nucléaire de la filière Ingénierie nucléaire (IEN) de E3
- **E. Liatard**
 - Depuis 2007 Responsable de la mention de master ITDD(Ingénierie Nucléaire) Organisée en alternance à l'UJF Valence (M1 + 3 spécialités de M2)
- **E. Merle-Lucotte**
 - Depuis 2006 Responsable de la spécialité de master 2 Energétique Physique de la mention Physique
 - Depuis 2009 Co-responsable de la filière Génie Energétique et Nucléaire de PHELMA et des relations entreprises
 - Depuis 2011 Représentante de la CDEFI au sein du Comité Stratégique de la Filière Nucléaire (CSFN) dans le groupe thématique « Compétences et Formations »
- **A. Rubiolo**
 - Depuis 2012 co-responsable Filière GEN de PHELMA et des relations Internationales de la filière
 - Depuis 2012 Coordinateur d'une collaboration académique sur le nucléaire entre Grenoble INP et des écoles argentines
- **C. Sage**
 - Depuis 2012 responsable de la plateforme de TP d'instrumentation nucléaire Platine (LPSC)

- **Notre rôle académique:**

- Participer aux grands axes de R&D nationaux et internationaux sur les déchets et les systèmes nucléaires du futur
- Savoir éclairer le débat sur les questions d'énergie de façon scientifique et transparente, expertise, analyse

- **Nos recherches:**

- Explorer des voies innovantes pour la production d'énergie et la gestion des déchets
- Faire de la science en amont, acquérir des connaissances fondamentales (modélisation)
- Développer des méthodes expérimentales innovantes basées sur les techniques de la recherche fondamentale (pilotage réacteur, données nucléaires, instrumentation, détection ...)

- **Les enjeux au-delà de nos recherches:**

- Assurer la formation des étudiants qui travailleront dans la discipline
- Garder l'approche académique qui assure la transmission des savoirs associés à cette science (les enseignants universitaires de demain !)

La physique des réacteurs

- **Ce qu'elle est...**

- On parle d'enjeux sociétaux, de pluridisciplinaire... c'est avant tout de la Physique !!
- Physique neutronique (transport de neutrons), physique nucléaire et physique statistique...

→ Coeur de métier de l'IN2P3 ! (et d'aucun autre Institut)

- Associe "d'autres" physiques: matériaux, thermohydraulique, sûreté...
→ multi-physique et multi-échelle

- **Ce qu'elle n'est pas:**

- Ingénierie nucléaire, étude de production d'énergie à l'échelle industrielle,
...

- **Nos thématiques sont axées sur:**

- Gestion des déchets « actuels » : Séparation / Transmutation
→ **recherches sur les ADS**
- Période de transition, retard de l'apparition de la génération IV, besoin d'économie des ressources
→ **investigation des systèmes « actuels » revisités**
- Production d'énergie à long terme, changement de technologie
→ **systèmes de génération IV**

Elles s'appuient sur:

- Développement d'outils de simulation, de modélisation des réacteurs, méthodes numériques
- Etudes de scénarios
- Mesure de données nucléaires, données physico-chimiques
- **D'importantes réalisations techniques du laboratoire** (les GENEPIS, FFFER,...)

Organisation du groupe

Thématiques du groupe

Systemes sous-critiques pilotés par accélérateur: ADS

GUINEVERE
 FREYA
 Validation de monitoring de réactivité

→ Vers un démonstrateur

Réacteurs à combustible solide + Th
 Etudes systèmes
 Scénarios

Réacteurs à sels fondus Th: RSF
 Etudes systèmes
 Scénarios

Données nucléaires pour le cycle combustible

Outils de simulation (MURE, REM...)

Couplage neutron./thermohyd.

Etudes sûreté

Scénarios éco

Boucle à sels fondus FFER
 Sels fondus en circulation forcée
 Bullage

Mesures données
 Analyse statistique (covariance)
 Propagation des incertitudes

Systemes sous-critiques pilotés par accélérateur: ADS

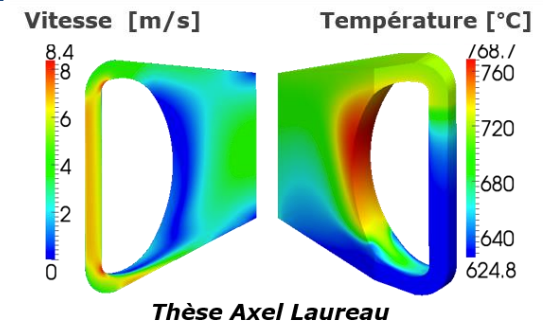
- **Réalisation de l'installation GUINEVERE (2006-2010)**
 - Mise en place du projet à l'IN2P3
 - Réalisation de l'accélérateur GENEPI-3C couplé au réacteur VENUS (projet EUROTRANS-FP6, avec SCK-CEN, CEA): contribution majeure du laboratoire
 - Commissioning et mise en œuvre de l'installation
 - Maquette d'ADS rapide puissance nulle pour étude sur le monitoring de la réactivité
- **Exécution du projet FREYA (2011-2016, FP7)**
 - Programme experimental dédié aux ADS (suite GUINEVERE)
 - Fin de la campagne de mesures du WP1 (coord. CNRS): 2012-2014
 - Analyses en cours
 - Premiers résultats en cours de publication, et présentés aux conférences

Réacteurs à combustible solide + Th + scénarios

- **Etude des performances de conversion des réacteurs à eau lourde ou légère en cycle thorium :**
 - Evaluation et compréhension des capacités de régénération du CANDU en cycle thorium
 - Mise en évidence de la nécessité d'une forte sous-modération du REP à puissance réduite
- Mise au point des principes du **couplage neutronique thermo-hydraulique** pour les études de sûreté à venir de cœurs complets en 3D
- **Etudes de scénarios / Prospectives**
 - Contribution développement d'un code simplifié de calcul de scénarios (CLASS, composante de l'outil MURE)
 - Collaboration physiciens (IN2P3)
 - + économistes (PACTE/EDDEN@Grenoble)
 - + Géologues
 - réalisation de scénarios interdisciplinaires

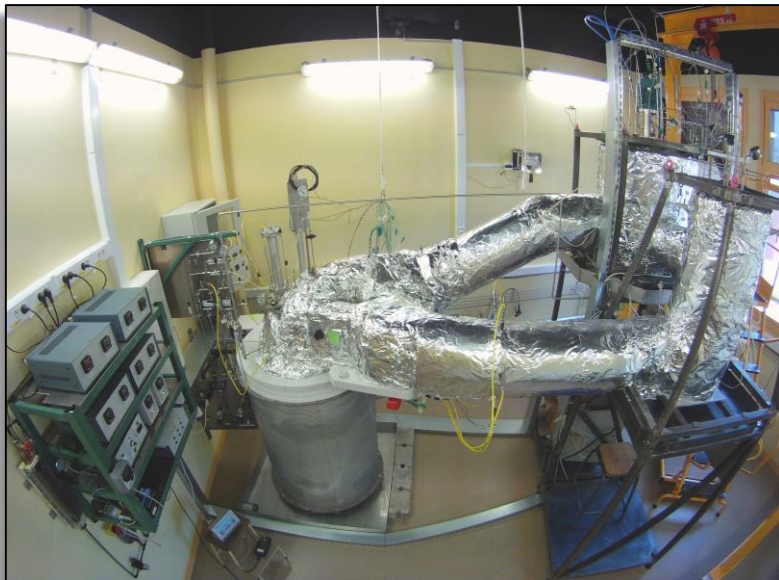
Réacteurs à sels fondus + Th: MSFR

- Réalisation d'une **expertise scientifique sur les RSF** pour le GPR (Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires) de l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) concernant une évaluation des systèmes nucléaires de 4ème génération – (2012-2013)
- **Projet européen "EVOL"** (Evaluation and Viability Of Liquid fuel fast reactor) – FP7 (2011-2013) : coopération Euratom/Rosatom – Optimisation du design du MSFR, validation des outils neutroniques de simulation, études préliminaires de sûreté du concept
- **Projet CLEF** (Combustible Liquide pour une Énergie Future) de l'Université Grenoble-Alpes structurant les activités de recherche grenobloises autour du réacteur à combustible liquide au thorium (2013-2015). Objectifs : contribuer à la modélisation et la simulation numérique du réacteur, les études des matériaux et de la chimie du sel combustible et les études de sûreté et de radioprotection.

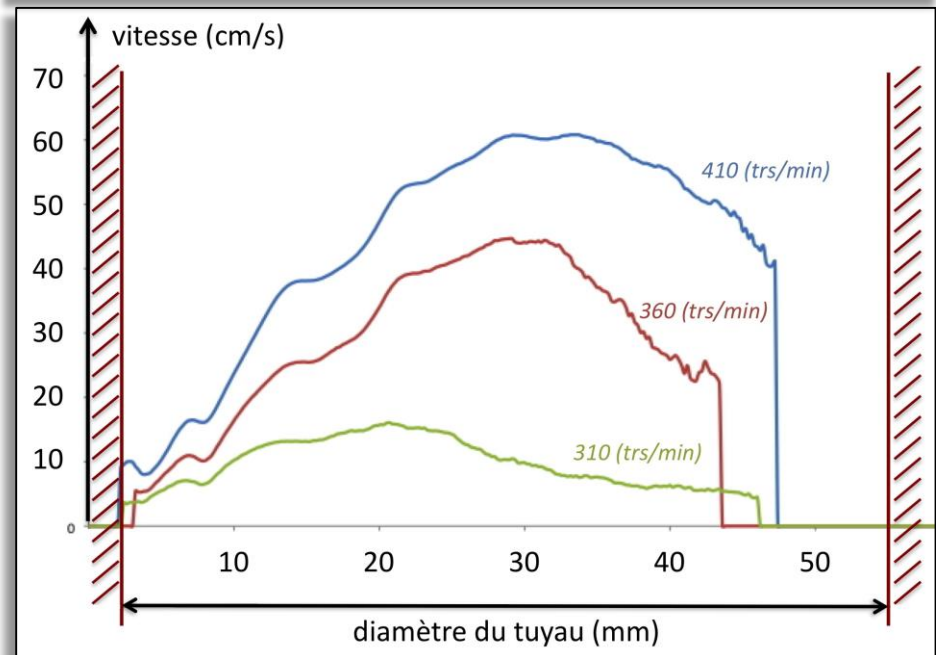


Boucle à sels fondus: projet FFER

- Développement du projet FFER (Forced Fluoride Flow for Experimental Research)
 - construction d'une boucle de fluorure fondu pour étudier le procédé de bullage appliqué au contexte du MSF et développement de méthodes et instrumentations associées
- 1^{er} test de circulation 27 Juillet 2014
- Début de la campagne d'essais: **novembre 2014**



Profils de vitesses mesurés par ultrason T sel = 570°C



Données nucléaires pour le cycle du combustible

- Programme de mesures sur les **rendements de fission auprès de l'ILL** initié depuis 2010
- En 2012, Couplage d'un **spectromètre magnétique gazeux** au spectro. Lohengrin de l'ILL – Développement de faisceaux isobariques – Projet soutenu dans le projet européen Chanda (FP7)
- Co-organisation avec l'ILL d'un workshop pour le développement du projet **FIPPS** « Workshop on Gas Filled Magnets for Nuclear Fission and Fission Product Spectroscopy » ILL Grenoble – LPSC Grenoble – CEA Cadarache – CEA Saclay, Grenoble, May 20-22 , 2014
- **Etude de sensibilités depuis les données nucléaires jusqu'au cycle du combustible**
 - Méthodes déterministes et stochastiques: avancée majeure sur calcul des sensibilités de tous paramètres réacteurs (dont cinétique β_{eff} ...) à toutes les données avec l'outil SERPENT
- **Propagation d'incertitudes**: études de sensibilité « déterministes » utilisant des matrices covariances

Groupe Physique des réacteurs

Projets 2015-2016



Groupe Physique des Réacteurs: A. Billebaud

Equipe Modélisation Analyse Prospective: P. Rubiolo

- *Développement d'outils multi-physiques multi-échelles pour la physique des réacteurs*
- *Études de systèmes nucléaires et scénarios associés*
- *Prospective sur le nucléaire du futur intégrant des aspects économiques*

Equipe Expériences pour les Réacteurs: G. Kessedjian

- *Données nucléaires en lien avec les cycles du combustible*
- *Expériences en réacteur*
- *Fluides à moyennes et hautes températures*

Equipe Système MSFR: E. Merle-Lucotte

- *Etudes physiques pour la conception et le design*
- *Méthodologie de l'analyse de sûreté des réacteurs à combustible liquide*
- *Développement du concept de réacteur MSFR*

Modélisation Analyse Prospective

- Couplage études physique / études économiques aval du cycle (CLASS/POLES)
- Etude de réacteurs sous-modérés (SIRIUS)
- Modélisation multi-physique pour le MSFR (NEEDS, CLEF)
- Modélisation des expériences thermo-hydrauliques avec un sel fondu (WP3 SAMOFAR)
- Prospective sur le nucléaire du futur (OPTICYCLE): simulation de la gestion du combustible aux échelles nationale, européenne et internationale, couplée aux aspects économiques

Expériences pour les Réacteurs

- **FIPPS**: collaboration autour de l'ILL dans le but de développer un nouvel instrument dédié à la mesure des particules promptes (n ; γ) et à la spectroscopie des noyaux exotiques de très courtes durées de vie.
 - Complémentaire au spectromètre Lohengrin (TOF 1-2 μ s)
 - Projet d'expériences utilisant des n_{th} , neutrons rapides et des réactions induites par particules chargées
- Projet **MYRTE** déposé dans H2020: WP5 dédié à des expériences affinant l'approche de design et licensing du futur réacteur MYRRHA, projet SCK-CEN
 - Aspects instrumentation, effets de réactivité, situations accidentelles, réponses à des questions de sûreté
- **VENUS-EXPRESS**:
Etude de faisabilité d'un programme de mesures de données intégrales dans des flux de neutrons thermiques, épithermiques et rapides sur VENUS-F

Programme en soutien aux codes de criticité IRSN

Projet scientifique

Expériences pour les Réacteurs

Système MSFR

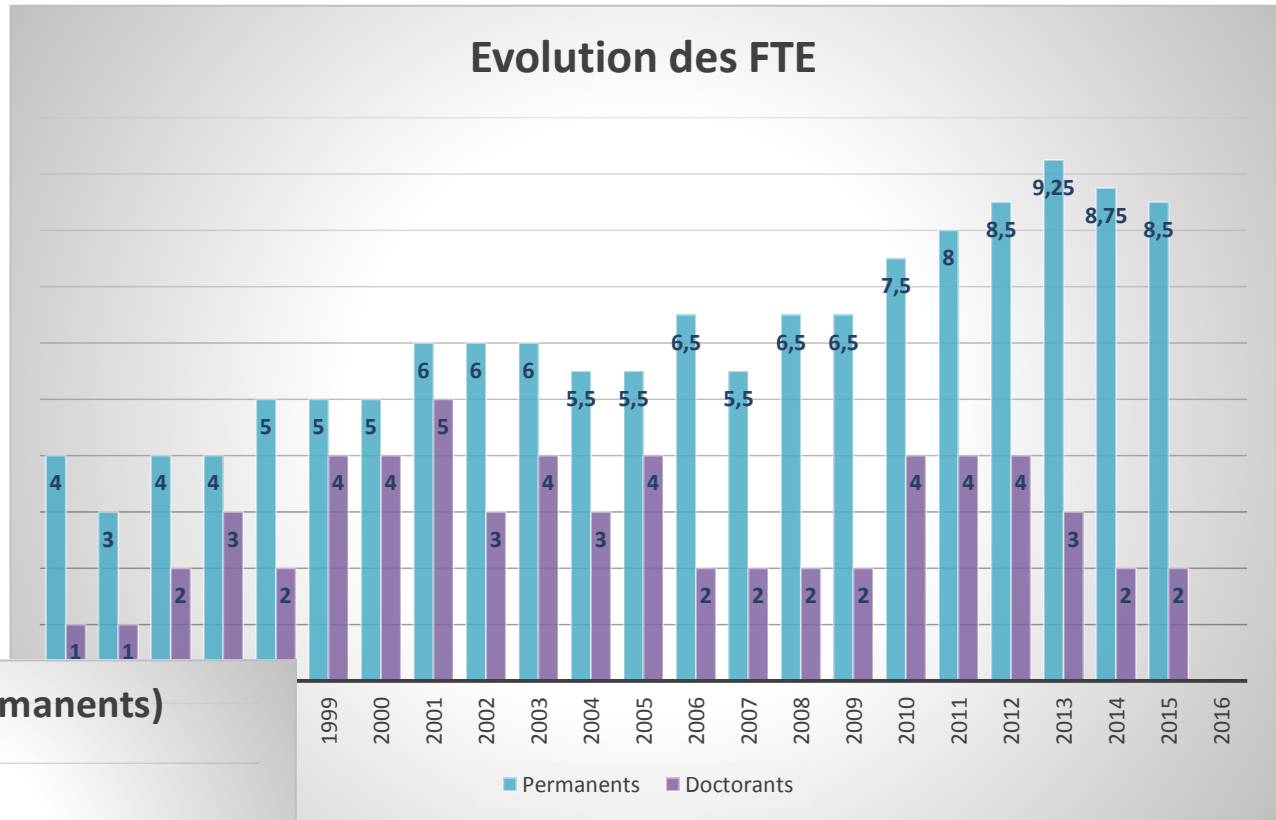
- Projet SAMOFAR (Safety Assessment of the Molten salt Fast reactor) – 3 Meuros - soumis à H2020 en 09/2014 – **participation au WP1 (*Integral safety approach and system integration*)** – CNRS / AREVA / IRSN / EDF / POLIMI/POLITO/TU-Delft) **et WP3 (*Experimental proof of i) shut-down concept and ii) natural circulation dynamics for internally heated molten salt*)**

Système MSFR

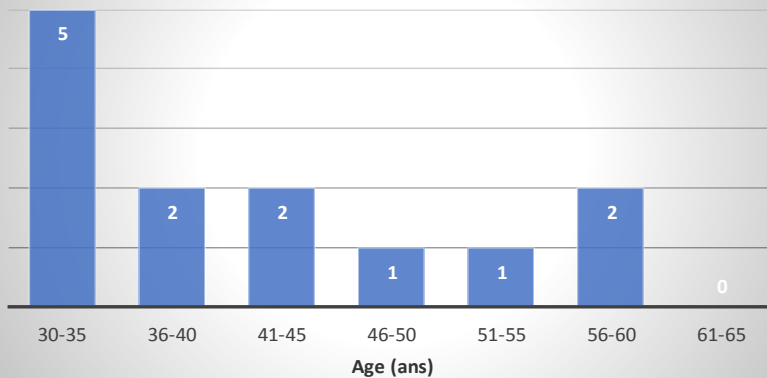
- Développement d'un simulateur de principes physique de base du réacteur
- NEEDS – projet fédérateur Systèmes Nucléaires : **projet Sûreté-MSFR** - Études de sûreté et validation numérique du concept MSFR – collaboration avec l'IRSN, AREVA et le LEPMI
- Participation au **forum international Génération 4** : comité de pilotage du système Réacteurs à sels fondus, interaction avec les groupes transverses « Risk and Safety » et « Proliferation and Physical Protection »

Evolution du groupe (FTE estimés)

Evolution des FTE



Pyramide des âges (permanents)



Auto analyse du groupe

- **Forces:**
 - Diversité des thèmes et compétences (reconnues), d'où grande adaptabilité à l'évolution des recherches
 - Nombreuses collaborations extérieures (France et étranger)
 - Constant renfort des universités et notamment INPG
 - Assez attractif pour les étudiants
- **Opportunités:**
 - Pas de grandes échéances internationales ou grands projets collaboratif (comme en physique des hautes énergie par exemple): opportunités à créer
 - Soutien de Université Grenoble Alpes
 - Cadres collaboratifs avec universités et programmes cadres CNRS, émargement aux projets « fission » d'EURATOM
- **Points faibles:**
 - Petits effectifs par thématique
 - Financement (et co-financement) des thèses instable
 - Beaucoup d'enseignants chercheurs, parfois manque de disponibilité pour conjuguer recherche et montage de projets
- **Risques:**
 - Financement principal est hors IN2P3 implique recherche annuelle de crédits
 - Rangs B MCF ont peu de perspectives d'avancement

- **Le groupe:**

- Dans la thématique « énergie nucléaire » à l'IN2P3 le groupe du LPSC est le plus ancien, nombreux, et diversifié, et couvre la plupart des thématiques
- Grande richesse de sujets de recherche à développer mais choix en interne d'adapter nos priorités à nos forces et réorganisation en conséquence
- Bon taux de réussite pour le financement des projets mais les sources diminuent
- Compétences et expertises reconnues

- **Avenir:**

- Lié à celui de la thématique au sein de l'IN2P3 mais selon nous elle reste dans nos missions académiques, et au cœur des métiers de l'IN2P3
- **Priorité:** financement de thèses à mettre en adéquation avec nos besoins: 5 sujets à venir dont les financements restent à trouver