

Alex C. MUELLER
Directeur Adjoint Scientifique



IN2P3

Institut national de **physique nucléaire**
et de **physique des particules**

Eléments de la stratégie de l'IN2P3
en matière de

Nucléaire-Energie, Nucléaire-Santé et R&D Accélérateurs

➤ Origine:

- la loi de 1991 sur les déchets
- la volonté de "pionniers" d'en profiter et de structurer la communauté académique autour de l'IN2P3 comme complément du CEA
(Schapira - Loiseaux - Doubre- Flocard - Haas)
- L'existence d'installations et de compétences
(Tandem Orsay, GSI, n-TOF....., R&D Accélérateurs)

➤ Programmes visibles et correctement financés pour la communauté académique

- GEDEON, PACE, GEDEPEON, PACEN
- financements CNRS + partenaires (CEA, AREVA, EDF, ANDRA, IRSN, BRGM)
- aujourd'hui "NEEDS" (Nucléaire, Energie, Environnement, Déchets et Société)

- **Les trois grandes axes aujourd'hui**
 - Etudes de Systèmes et de Scénarii
 - Physique expérimentale des réacteurs - données nucléaires
 - Physico-chimie pour le nucléaire et radiochimie

- **Une démarche scientifique complémentaire**
 - Recherche de type fondamental et générique pour l'avance des connaissances (seule source in fine d'innovation) et développement d'expertise de haut niveau
 - Etudes spécifiques et appliquées pour systèmes définis

- **Une communauté d'équipes de laboratoires IN2P3 travaillant en réseau et en synergie**
 - exemple **GUINEVERE** (coordination et accélérateur **LPSC**, instrumentation faisceau et détection réacteur **LPC Caen** et **IPHC**, aimant déviation **IPN Orsay**)

➤ Systèmes et Scenarii

- cadre général pour le développement des autres axes
- déploiement de réacteurs innovants
- exploration de nouvelles stratégies:
 - cycle thorium** et **transmutation** des actinides mineurs
- nouvelles méthodes de simulation (pour tout type de réacteur)
- une orientation vers d'avantage des aspects sureté (e.g. prédictions fiables du codes réacteurs lors de transitoires)
- un renforcement des compétences en thermo-hydraulique une inclusion des aspects technico—socio—économiques.
- Les principaux systèmes innovants alternatifs pour l'IN2P3:
 - Réacteurs à sels fondus** (MSFR - Molten Salt Fast Reactor)
 - Systèmes sous-critiques** (ADS - Accelerator Driven System)
 - Réacteurs innovants à eau** (incluant le cycle du thorium).

- **Physique expérimentale des réacteurs - données nucléaires**
 - **Données nucléaires = briques élémentaires**
 - **Constitution des bibliothèques input pour modélisation**
 - **Aller-retour entre besoin en modélisation et mesures**
 - **Prise en compte des incertitudes**
 - **Le choix des mesures**
 - (compromis entre besoins, e.g. NEA high priority list, et faisabilité expérimentale)
 - **Stratégie de collaboration entre expérimentateurs, théoriciens, physiciens des réacteurs et évaluateurs**
 - **Questions majeures**
 - actinides produits dans le cycle
 - la production de poisons neutroniques
 - propriétés de décroissance des noyaux "dimensionnant"
 - pilotage et mesures de criticité (ADS et "conventionnels")

- **Physico-chimie pour le nucléaire et radiochimie**
 - **Omniprésent dans les cycle**
 - extraction minière et purification
 - fabrication du combustible
 - tenue des composants à l'irradiation
 - chimie séparative du combustible usée
 - stockage et transfert dans la géosphère
 - **Principales questions**
 - propriétés spécifiques des actinides (éléments 5f)
 - radiolyse
 - distinction entre effets chimiques et physiques
 - développement de méthodes analytiques dans le domaine des ultra-traces et la pyrochimie
 - **Problématique de la "Chimie Chaude" en milieu académique**
 - Importance du maintien du savoir faire
 - (5 labos IN2P3 + 4 labos INC)

- **Activité devenue importante (2/3 des labos IN2P3)**
 - **animée et fédérée par le GDR MI2B**
 - **excellente synergie entre les laboratoires**
 - **exemple de "vraie interdisciplinarité naturelle", notamment au plan local**
 - **visible et reconnue à l'extérieur (financements!)**
 - **veut et doit se baser sur notre savoir faire "cœur de métier"**
 - **belle et politiquement utile démonstration du "spin-off" PNHE**
 - **une (toute petite) tentation temporaire "que le physicien veut faire la biologie à la place du biologiste où de la médecine à la place du médecin" a été combattue avec succès**
 - **application principale "lutte contre le cancer", mais ouvert à toute autre application**
 - **Aujourd'hui structuré en quatre "pôles": imagerie, radiobiologie, thérapie et radionucléides**

➤ IMAGERIE

- nouvelles méthodes pour recherche clinique et préclinique, puis diagnostique et suivi de thérapie
- atouts IN2P3:
 - instrumentation, électronique simulation modélisation
 - approche intégrée (R&D amont jusqu'au patient)
 - approche multi-modale et multi-échelle
- sous-thématiques: imagerie moléculaire, peropératoire, chimique

➤ RADIOBIOLOGIE

- développer (la partie physique) des méthodes, outils, modèles, simulations pour la radiobiologie dans le but de la compréhension des mécanismes élémentaires en jeu
- mesures expérimentales grâce aux accélérateurs à l'IN2P3
- optimisation des systèmes d'acquisitions pour des masses de données

➤ THERAPIE

- but principal = amélioration de l'efficacité des radiothérapies
- contrôle faisceau et meilleure dosimétrie par détecteurs innovants et nouvelles méthodes (temps réel)
- Nouveaux types de faisceaux et nouvelles sources (eg ThomX)
- mesure des sections efficaces impliqués

➤ RADIONUCLEIDE

- Thème émergent autour de plateformes accélérateurs (ARRONAX Nantes, CYRCE IPHC, Tandem IPNO)
- Recherche prospective de radiomarqueurs
- techniques de productions (cibles, automatisation...)
- radioisotopes pour imagerie phénotypique, de l'hypoxie, de cardiaque TEP ainsi que des aspects théranostiques.
- curiethérapie vectorisée

- R&D fortement influencé par "le client"
 - besoins "fondamentaux" des physiciens PNHE
 - machines de recherche pour d'autres communautés (e.g. XFEL, ESS)
 - applications "sociétales"
n.b.: distinction quelque peu "floue" avec le point précédent
- Les 4 grands thèmes de R&D
 - pousser la frontière énergie
 - pousser la frontière intensité / luminosité
 - pousser vers des "fiabilités" extrêmes
 - faire des accélérateurs moins chers et plus compacts
- L'importance de la collaboration Européenne
 - e.g. EURISOL, CARE, EURISOL, EUROTRANS, EUROTeV, EUROFEL, MAX, EUCARD, TIARA

- Et puis, les équipes de l'IN2P3 sont très impliquées dans différents grands projets de constructions où ils "valorisent" leurs acquis R&D
 - SPIRAL2 linac supra fort courant (bcp de laboratoires avec contribution majeure IPNO et LPSC)
 - XFEL coupleurs, "maquette ILC" (LAL)
 - FAIR linac fort courant (IPNO, CENBG)
 - ESS linac supra fort courant (IPNO)
 - CERN-Extra LINAC 4 et upgrade PS (IPNO, LAL, LPSC)
 - Thom X (LAL)
 - ELI-NP (LAL)
 - Injecteur MYRRHA (IPNO, LPSC)

- **Sujets majeurs de R&D à l'IN2P3**
 - **cavités supraconductrices et cyro-modules
plateforme supra-tech à l'IPNO**
 - **photo-injecteurs RF, sources de positrons, ions et ions radioactifs
plateforme PHIL au LAL, sources ECR au LPSC, ALTO à l'IPNO**
 - **Physique et technologie machine autour du point de collision
Stabilisations LAPP, expériences du LAL sur ATF**
 - **schémas de collision 'en crabe
LPSC, LAL**
 - **Interactions faisceau - laser
Mighty-Laser LAL**
 - **accélération laser-plasma
expériences GALOP du LLR, expériences CENBG)**
 - **"fault-tolerant" linacs (Design de MYRRHA de l'IPNO)**