

# R&D Accélérateurs à l'IN2P3

*Sébastien BOUSSON*

*(CNRS/IN2P3/IPN Orsay)*

*Pour la Communauté Accélérateurs de l'IN2P3*



*Conseil Scientifique de l'IN2P3 – 16/17 Juin 2016*

- **Physique et Technologie des Accélérateurs: un domaine d'application très large**
  - Recherche fondamentale en physique nucléaire et physique des particules
  - Physique du solide / de la matière condensée
  - Science du vivant
  - Energie, Santé, Applications industrielles
  - ...
- **Diversité des domaines d'applications ⇔ diversité des technologies d'accélération mise en œuvre, des spécifications faisceaux et des performances visées**
- La R&D accélérateurs à l'IN2P3 ne se limite pas aux seules applications « cœur dur » de l'IN2P3 mais ce sont les besoins accélérateurs pour la recherche fondamentale en physique nucléaire et physique des particules qui déterminent aujourd'hui les plus gros challenges et donc constitue le moteur de la recherche accélérateur.

**La R&D Accélérateurs est donc “naturellement” concentrée sur:**

- ✓ **L'augmentation de l'énergie**
- ✓ **L'augmentation de l'intensité / luminosité**
- ✓ **Plus grande efficacité**
- ✓ **Plus grande fiabilité**
- ✓ **Transmission des technologies et compétences (application des accélérateurs, enseignement/formation, transfert industriel)**

**=> Tous les enjeux et défis de la recherche accélérateur sont dérivés de ces objectifs**

## 1/ Pour les forts gradients accélérateurs:

- La RF Supra
- Accélération laser-plasma
- Cavités haut gradients en cuivre (CLIC)

## 2 / Pour les fortes intensités / luminosités:

- La R&D sur les sources: sources d'ions, photo-injecteurs, sources compton, ensembles cibles-sources pour la production des RIB
- La modélisation accélérateur / dynamique faisceau
- La RF Supra et technologies associées (coupleurs de puissance, système d'accord à froid, optimisation des cryomodules)
- La R&D sur l'instrumentation faisceaux
- La R&D sur le contrôle faisceau (bas niveau RF)
- La R&D sur la RF de puissance

## 3/ Pour l'augmentation de l'efficacité:

- La RF Supra
- Accélération laser-plasma
- La R&D sur la RF de puissance
- La modélisation accélérateur / dynamique faisceau

## 4 / Pour l'augmentation de la fiabilité:

- La modélisation accélérateur / dynamique faisceau
- La R&D sur le contrôle faisceau (bas niveau RF)
- La R&D sur les sources
- La RF Supra et technologies associées (coupleurs de puissance, système d'accord à froid, optimisation des cryomodules)
- La R&D sur l'instrumentation faisceaux
- La R&D sur la RF de puissance

## Ressources humaines accélérateurs à l'IN2P3 : 320 ETP

- Repartis sur 6 « sites »: Bordeaux, Caen, Grenoble, Nantes, Orsay/Paris, Strasbourg
- Une fraction seulement de ces 320 ETP mène une activité de recherche accélérateur (opération d'accélérateur, construction, ...): cartographie et recensement par Jean-Luc en cours
- CR accélérateur: < 10, mais une grande partie des IR mène aussi une activité de recherche accélérateur (sans y être dédié...)



## Ressources humaines accélérateurs à l'IN2P3 : 320 ETP

- **Accélérateur = objet multidisciplinaire par nature =>**

- diversité des compétences requises: dynamique faisceau, RF, magnétisme, plasmas, sciences de l'ingénieur (mécanique thermique fluide), laser, vide, cryogénie, électronique (analogique et digitale), radioprotection, ...
- notion de taille critique des équipes pour couvrir l'ensemble des compétences requises

- **Certaines compétences sont sous-critiques ou à renforcer**

- dynamique faisceau, magnétisme,...

- **Quelques difficultés à attirer les compétences scientifiques nécessaires hors accélérateurs (donc hors IN2P3)**

- ex: physique du solide pour la recherche SRF

- **Un nombre de doctorant relativement modeste alors que les possibilités et les « beaux sujets » existent.**

**La science des accélérateurs:** discipline très expérimentale et technologique

- ⇒ le développement de techniques ou concepts d'accélération **passé systématiquement par des étapes** importantes et lourdes de préparation, de caractérisation, de test ou de validation de performances
- ⇒ **Le niveau de dotation des laboratoires en équipements spécifiques** pour le développement et tests de composants accélérateurs **est un facteur prédominant** dans sa capacité d'aborder et traiter une problématique scientifique dans ce domaine
- ⇒ **Il est donc éminemment stratégique** de maintenir et développer **un niveau d'équipement important dans les laboratoires de l'IN2P3** malgré les difficultés qu'ils peuvent poser pour le financement de leur installation et de leur opération (et maintenance).
- ⇒ Viser la complémentarité et la synergie entre laboratoires (et organismes) pour le déploiement de ces équipements ou plateformes



# Les plateformes pour la R&D accélérateurs

Phil (LAL)



Plateforme couplers (LAL)

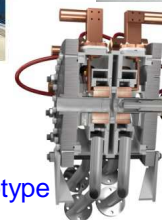


SupraTech (IPNO)

Vacuum furnace  
 ISO 4 clean room  
 Cryogenic test hall  
 Helium pumping system  
 352 MHz RF Source  
 Helium liquefier  
 Cryogenic temperature sensor calibration station  
 Assembly hall  
 Chemical etching lab  
 Cryogenic experimental hall



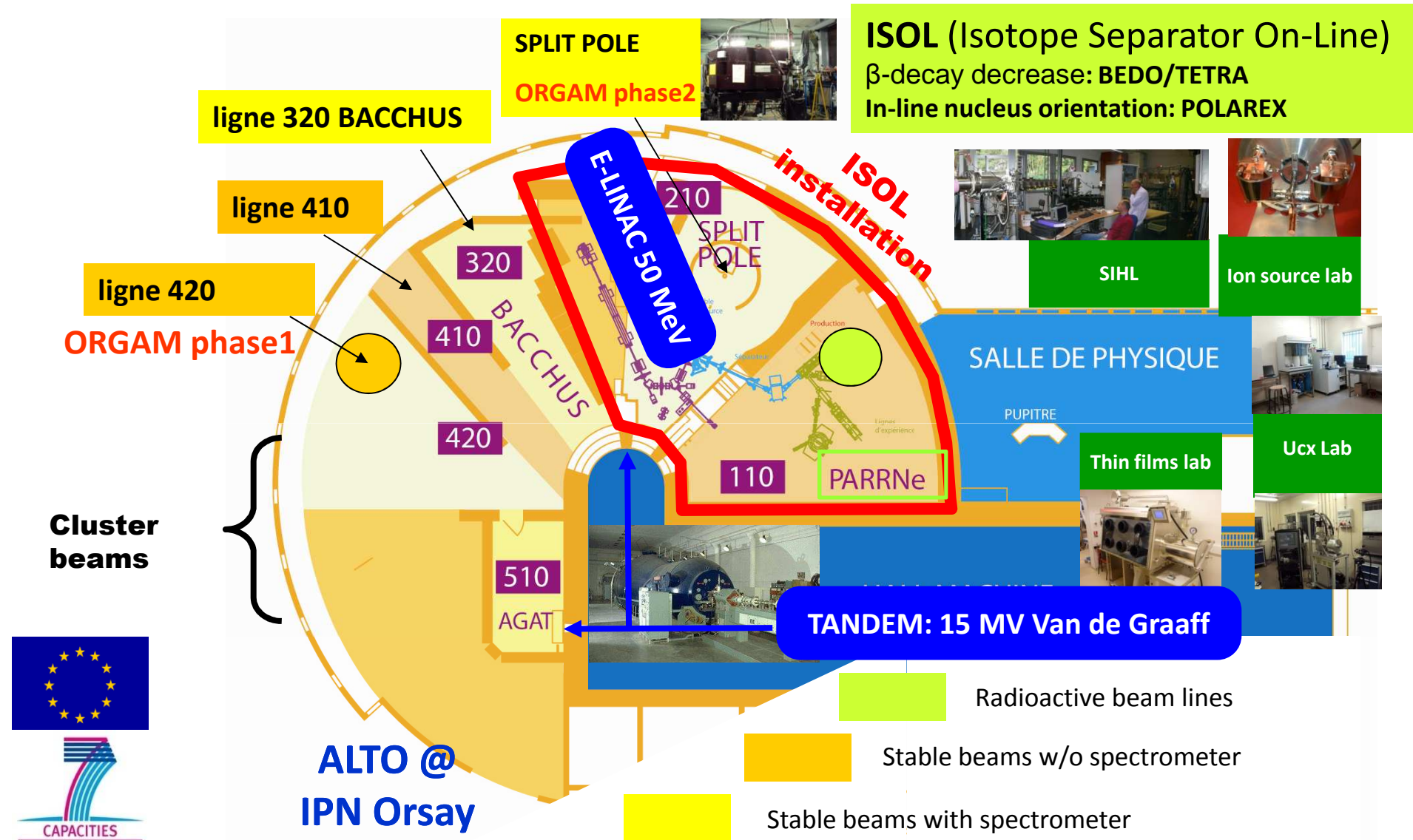
PANAMA (LAL/IPNO/IRFU)



+ infrastructures pour le développement des sorces (LPSC)

60 GHz prototype

# Les plateformes pour la R&D accélérateurs



**A complex facility** with several equipments: 2 accelerators, 2 separators (in-line, off-line), 2 high-res spectrometers, 8 beam lines and an uranium carbide target production laboratory.

**Une très large fraction des ETP accélérateurs IN2P3 est actuellement consacrée à la construction de machines:**

**- Nationales, européennes, internationales:**

- SPIRAL-2 (linac, DESIR, NFS)
- XFEL
- ESS
- FAIR
- ELI-NP

**- Locales:**

- ThomX
- Andromède
- PRAE

**Il ne faut toutefois pas systématiquement opposer R&D et Construction**

- **Dans la très grande majorité des cas**, les accélérateurs sont construits sur une conception à la limite de l'état de l'art => quasi systématiquement, une phase de prototypage/R&D est nécessaire et donc source d'avancée technologique
- Les **projets de construction** de machines sont donc indirectement **sources de financement de R&D accélérateurs mais aussi des plateformes !**
- Toutefois, **aucune R&D accélérateurs « amont » ne peut bénéficier d'un tel schéma de financement** puisqu'une construction se base malgré tout toujours sur un concept éprouvé (ce sont les performances qui sont poussées aux limites)

**La dynamique faisceau ou la modélisation accélérateur au sens large est une discipline vitale pour la R&D accélérateurs car elle permet d'étudier:**

- La réalisation de hautes luminosités pour les collisionneurs circulaires et linéaires
- L'augmentation de l'énergie des collisionneurs de hadrons, dans un nouveau régime où le rayonnement synchrotron et l'amortissement devient significatif
- La génération, le stockage et le transport de faisceaux de faible émittance
- La production et l'accélération avec des pertes limitées, des faisceaux d'ions de haute intensité pour les accélérateurs linéaires.
- La réalisation d'une fiabilité sans précédent dans l'opération d'accélérateurs linéaires de protons, particulièrement pour les applications de l'énergie nucléaire
- La validation des schémas d'interaction laser-faisceau appliqués à l'accélération plasma, la production de positrons et la génération de rayonnement X
- Le développement de systèmes innovant pour l'accélération rapide de particules instables.

## Les défis à relever pour une modélisation précise de la dynamique du faisceau sont en particulier:

- la prise en compte des phénomènes suivants :
  - l'interaction avec le gaz résiduel,
  - l'interaction avec les interfaces solides,
  - la dynamique des plasmas des sources d'ions, l'optique du faisceau en présence d'éléments électromagnétiques d'ordres élevés (hexapôles, octupôles)
- la maîtrise de la formation du halo et des pertes du faisceau pour la maintenance des futurs accélérateurs de puissance,
- les stratégies limitant les conséquences d'éventuelles défaillances des organes accélérateurs,
- le rayonnement synchrotron à haute énergie,
- les effets non linéaires du champ de charge d'espace,
- l'interaction faisceau-faisceau dans les collisionneurs.

## Les grands axes de la stratégie pour les accélérateurs:

- ✓ **Soutenir et développer les programmes de R&D**
  - En particulier, les programmes très en amont (nouveaux concepts d'accélération, développement des compétences en modélisation)
  - Selon un principe de réalité (économique): se concentrer sur les thèmes stratégiques, et /ou sur les axes de développement déjà forts
- ✓ **Contribuer fortement aux programmes de R&D Européens** couvrant la physique et technologie des accélérateurs: au-delà de l'apport financier, ils incitent et permettent la nécessaire collaboration avec les équipes accélérateurs européennes.
- ✓ **Développer et soutenir les plateformes de développement accélérateurs** : absolument indispensable pour mener des programmes de R&D ambitieux mais aussi pour se positionner sur la construction de machines dans les collaborations internationales
- ✓ **Participer au développement et à la construction d'accélérateurs de classe mondiale**, en prenant en charge des lots/tâches majeures et visibles

## Les grands axes de la stratégie pour les accélérateurs:

- ✓ **Proposer des accélérateurs performants et innovants pour les applications pluridisciplinaires**
- ✓ **Développer des partenariats avec les grands laboratoires mondiaux en matière d'accélérateurs (CERN, DESY, JLAB et les pays « émergeant » dans le domaine des accélérateurs**
- ✓ **Développer le transfert de technologie vers l'industrie: au-delà des expertises des partenaires industriels sur les phases de réalisations, c'est aussi une condition indispensable pour ne pas consacrer trop de personnels IN2P3 aux phases de construction (rendre possible l'externalisation)**
- ✓ **Contribuer à la formation et l'enseignement sur la physique et la technologie des accélérateurs**