

# Visite « Professeurs en Entreprise » au Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

19 Novembre 2014

Nicolas Arnaud ([narnaud@lal.in2p3.fr](mailto:narnaud@lal.in2p3.fr))



Fondation pour la culture  
scientifique et technique

Visite « Professeurs en ~~Entreprise~~ » au  
Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

Laboratoire

19 Novembre 2014

Nicolas Arnaud ([narnaud@lal.in2p3.fr](mailto:narnaud@lal.in2p3.fr))

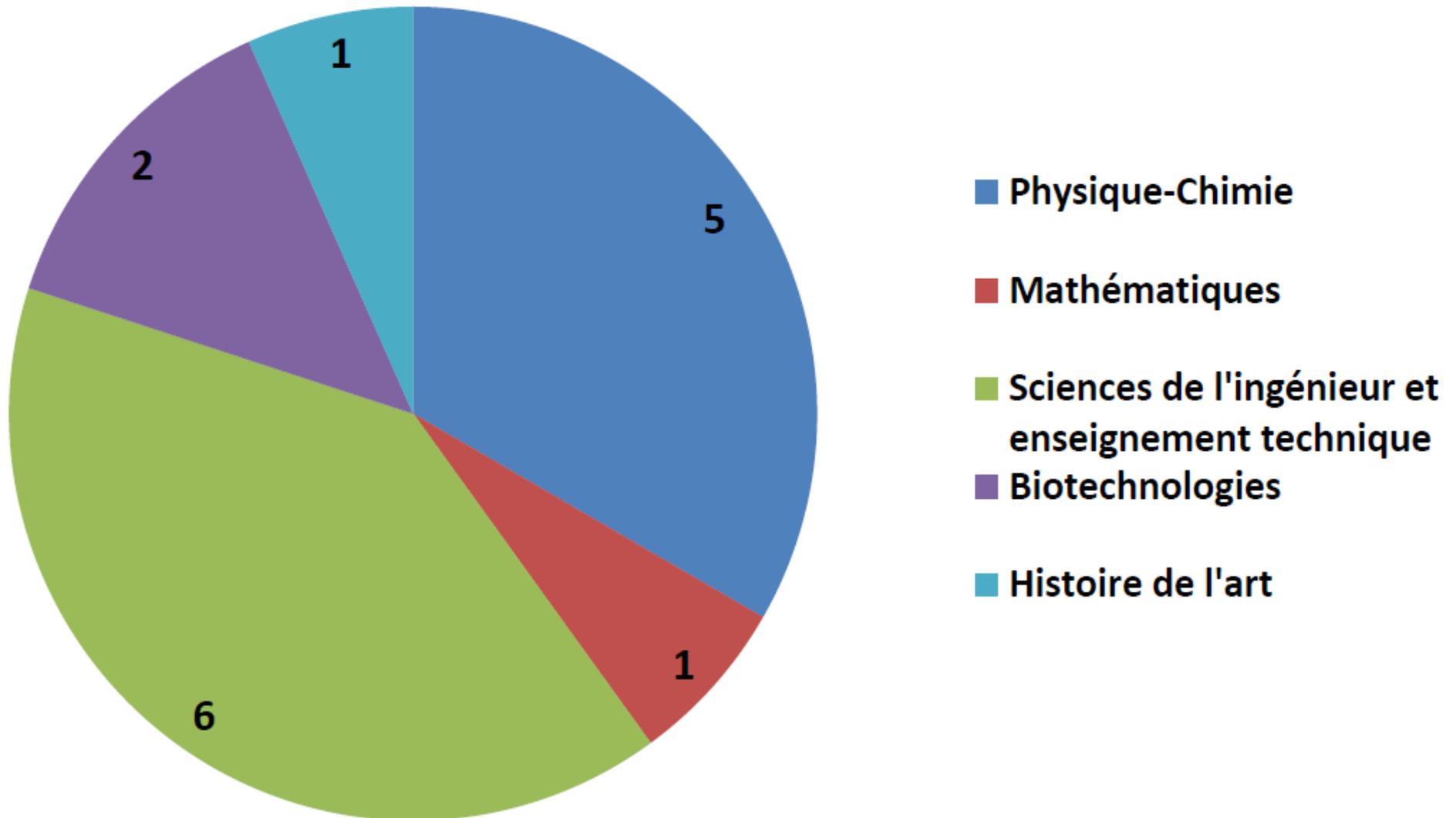


Fondation pour la culture  
scientifique et technique

# **Présentation de l'après-midi**

# Qui êtes-vous ?

Participants à la demi-journée "Professeurs en entreprise" 2014 au LAL



## Demi-journée "Professeurs en entreprise 2014" (fondation C.Genial)

mercredi 19 novembre 2014 de 13:00 à 18:00 (Europe/Paris)  
à LAL ( Salle bleue )

Manage ▾

Documents: [Fiche de présentation du LAL](#)  [Fondation C.Genial](#) 

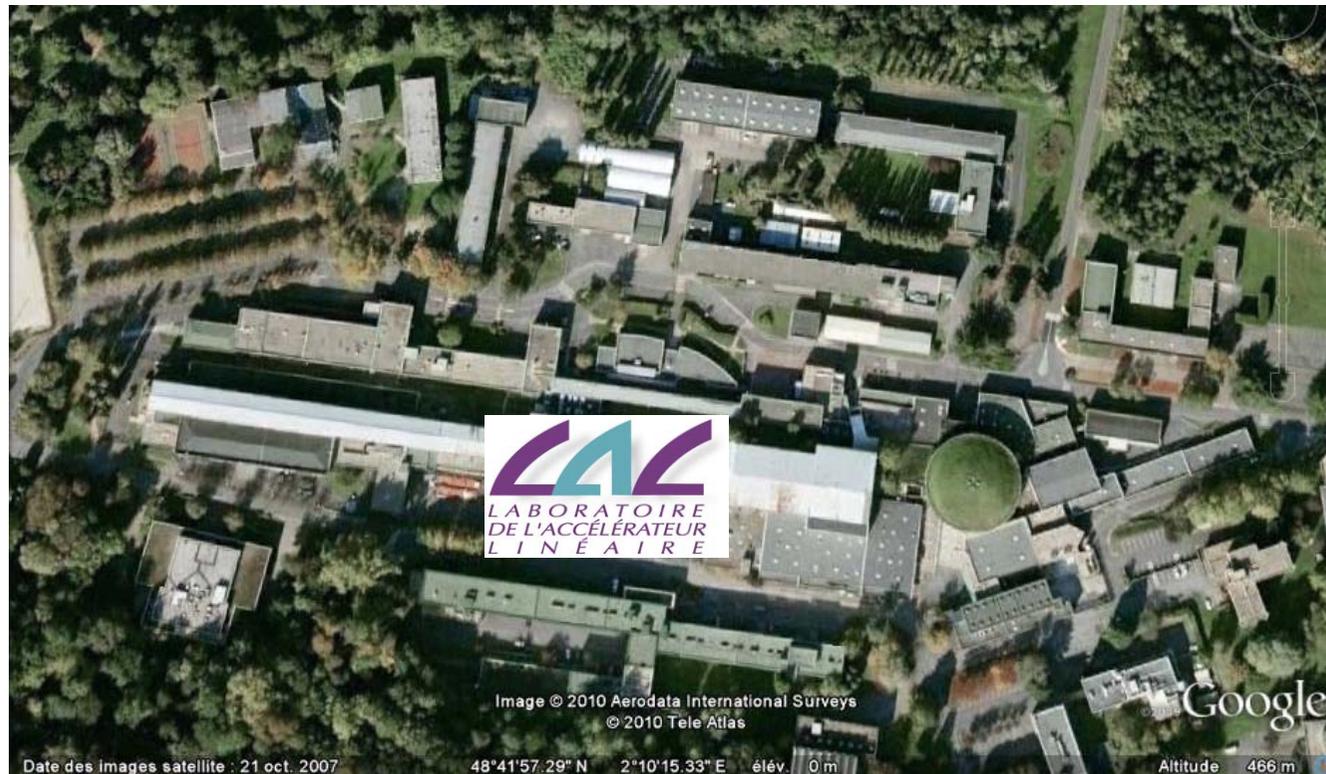
### mercredi 19 novembre 2014

- |               |   |   |
|---------------|---|---|
| 13:45 - 14:00 | Accueil 15'   | ▾ |
| 14:00 - 14:15 | Présentation du programme de l'après-midi 15'   | ▾ |
| 14:15 - 14:45 | Présentation du LAL et de ses activités (recherche fondamentale + développements techniques associés) 30'   | ▾ |
|               | Documents: <a href="#">Si le LHC était centré sur le LAL</a>   |   |
| 14:45 - 15:00 | Les métiers de la recherche 15'   | ▾ |
|               | Documents: <a href="#">Experts en la matière -- regards sur le CERN</a>   <a href="#">Présentation des métiers du LAL</a>  |   |
| 15:05 - 15:15 | Pause   |   |
| 15:15 - 16:30 | Visites   | ▾ |
| 15:15         | <b>Visite de la salle informatique Virtual Data 30'</b><br>Intervenant: Mrs. Valérie Givaudan (LAL)<br>Documents: <a href="#">Virtual Data</a>   | ▾ |
| 15:45         | <b>Visite de Sciences ACO 45'</b> ( Sciences ACO ( Batiment 201 ) )<br>Intervenant(s): Mr. Pierre Dhez (Sciences ACO), Mr. Roland Jolivot (Sciences ACO)<br>Documents: <a href="#">Informations sur le musée Sciences ACO</a>    | ▾ |
| 16:30 - 16:45 | Pause   |   |
| 16:45 - 17:15 | Activités pédagogiques proposées par le LAL et le CNRS/IN2P3 30'  | ▾ |
|               | Documents: <a href="#">Ressources pédagogiques et de vulgarisation</a>  <a href="#">Transparents</a>    |   |
| 17:15 - 17:30 | Présentation de la mallette COSMIX 15'  | ▾ |
|               | Documents: <a href="#">COSMIX</a>    |   |
| 17:30 - 17:45 | Conclusions et bilan de la demi-journée 15'   | ▾ |

# **Présentation du Laboratoire**

# Présentation générale

- Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL) : <http://www.lal.in2p3.fr>  
 [@LALOrsay](https://twitter.com/LALOrsay)
- Situé sur le campus de l'Université Paris Sud entre Orsay et Bures sur Yvette
- **Nom historique** : le grand accélérateur linéaire a cessé ses activités fin 2003.  
Des accélérateurs plus petits sont en fonctionnement ou en construction : PHIL, ThomX



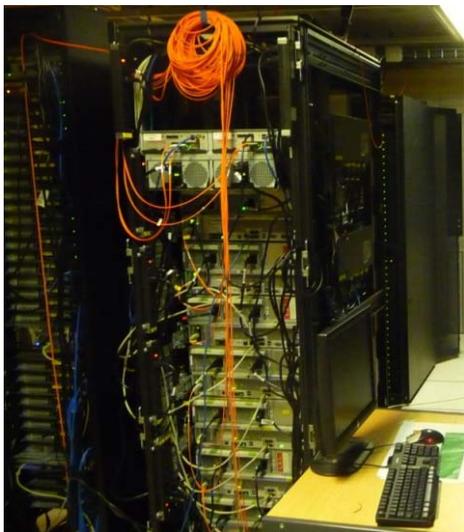
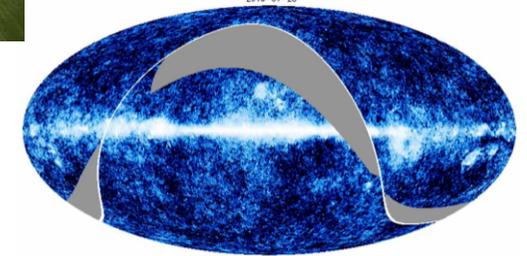
# Présentation générale

- Le LAL est une **unité mixte de l'IN2P3/CNRS et de l'Université Paris Sud**
- **CNRS** : Centre National de la Recherche Scientifique  
→ Un organisme public de recherche : 32 000 personnes, budget de 3,4 milliards d'€
- **IN2P3** : Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules  
→ Un des dix instituts [structures regroupant plusieurs disciplines proches] du CNRS  
→ L'un des deux instituts nationaux ; créé en 1971
- **Unité mixte** : le LAL rassemble des **chercheurs CNRS** et des **enseignants-chercheurs** qui dépendent de l'Université Paris Sud et enseignent sur le campus

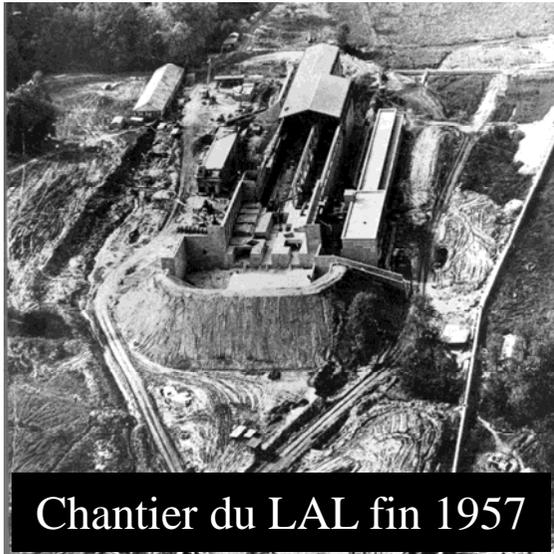


# Présentation générale

- Le plus grand laboratoire de l'IN2P3/CNRS consacré à la **physique des particules** et à la **cosmologie** :
  - ~120 chercheurs (70% / 30%) répartis en une douzaine de groupes
  - ~190 ingénieurs et techniciens
  - Budget annuel hors salaires : 9 millions d'€
- Implication dans des **expériences sur plusieurs continents** : Europe, Etats-Unis, Argentine, Japon et même... dans l'espace
- **Des services techniques**, un **département accélérateur**



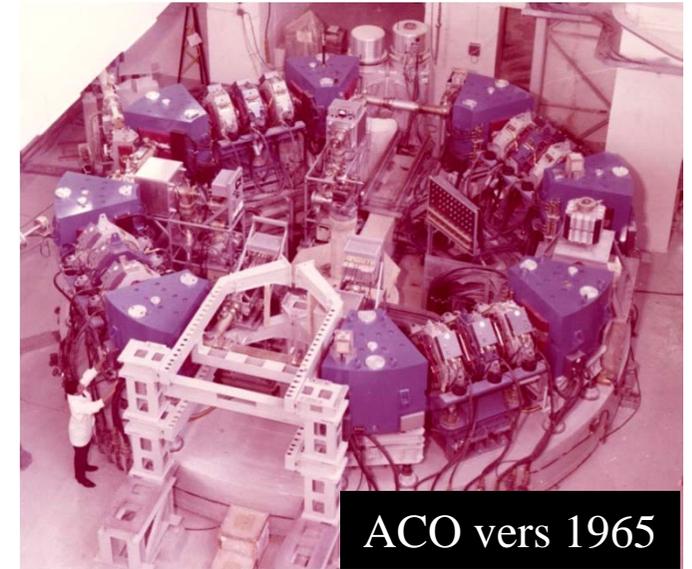
# 1956 – 2013 : survol de l'histoire du LAL



Chantier du LAL fin 1957



ADA au LAL en 1962 :  
premier collisionneur  $e^+e^-$



ACO vers 1965



DCI (Dispositif de Collisions  
dans l'Igloo), années 1970



Le site du LAL en 1981

ACO aujourd'hui : un musée  
& un monument historique



# Le LAL en chiffres

## Laboratoire fondé en 1956

49 Chercheurs CNRS  
11 Enseignants-Chercheurs  
**124 Chercheurs**  
32 Thésards  
20 Post-doctorants  
12 Chercheurs émérites

### Personnel

57 Ingénieurs de Recherche  
26 Ingénieurs d'Études  
65 Techniciens  
35 Assistants Ingénieurs  
43 CDD  
**350 Agents**  
226 ITA  
200 Formations suivies par an

18 000 m<sup>2</sup> de surface au total,  
7 000 m<sup>2</sup> de halls, ateliers et salles blanches,  
3 plateformes technologiques

Auditorium de 250 places      Photoinjecteur à 6 MeV

3 000 Factures  
traitées par an

**Moyens** Budget annuel 7,5 M€

Chiffre d'affaire magasins : 240 k€      Soutien de base du CNRS 1,5 M€  
Marchés industriels 15 M€

2 700 processeurs informatiques, 600 TB de stockage

Une bibliothèque riche de 12 500 titres : 7 000 livres,  
3 500 rapports, 2 000 thèses

50 Séminaires organisés

160 Publications  
160 Interventions en conférence

## Une année de recherche au LAL

2 000 Missions en France et à l'étranger

10 Thèses et 2 HDR

5 Conférences, écoles ou journées thématiques

1 Département Accélérateur

14 Groupes de physique

1 Pôle interlaboratoires  
de microélectronique

### Organisation

30 Projets scientifiques

1 Service administratif

5 Services techniques

200 Scolaires et visiteurs accueillis

Sciences ACO

70 Stages de Licence et Master par an

### Transmission du savoir

1 Salle dédiée à l'enseignement informatique

40 Agents impliqués dans l'enseignement

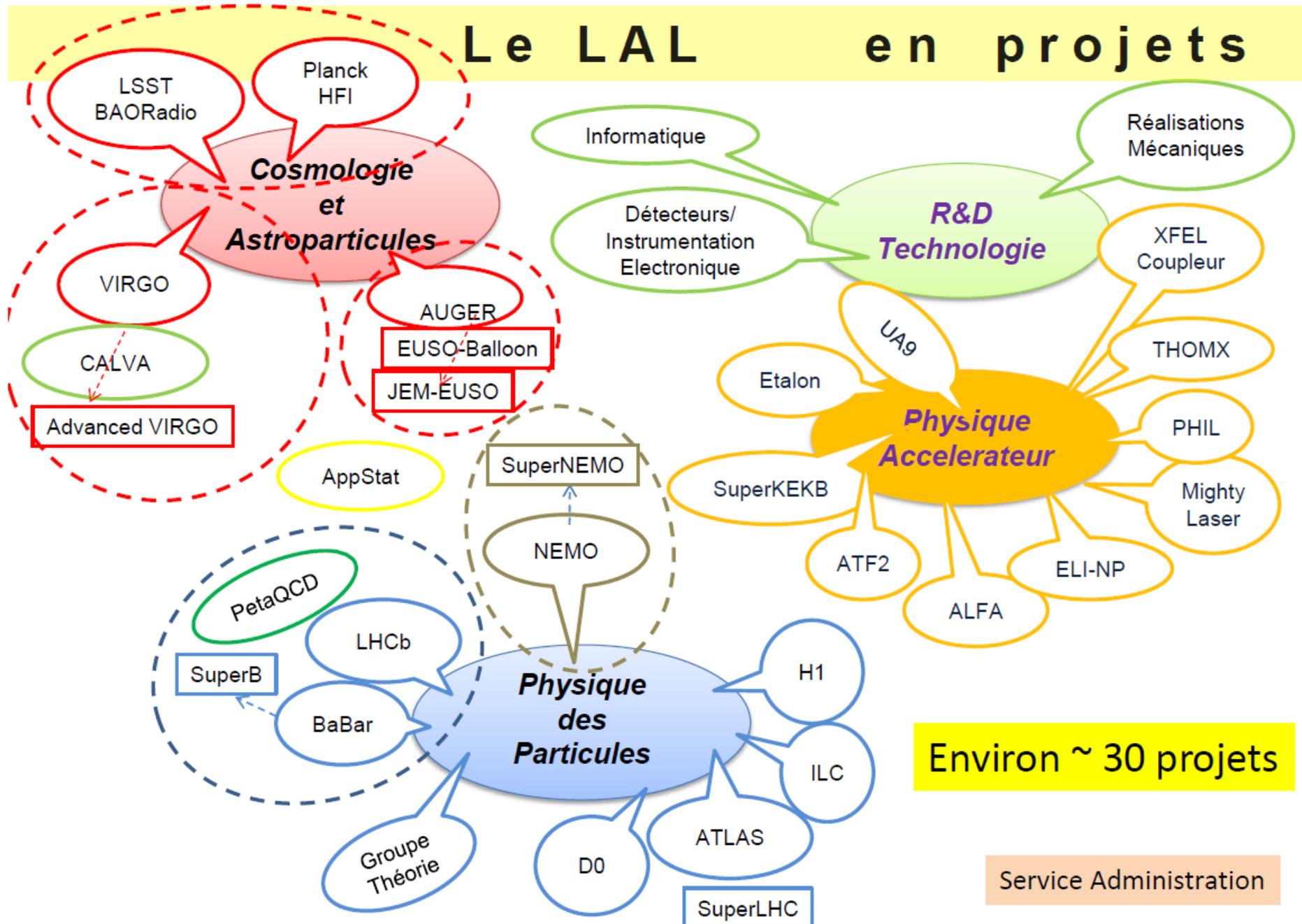
Revue Élémentaire - Passeport pour les deux infinis

Salle de Musée

# Enseignement & étudiants

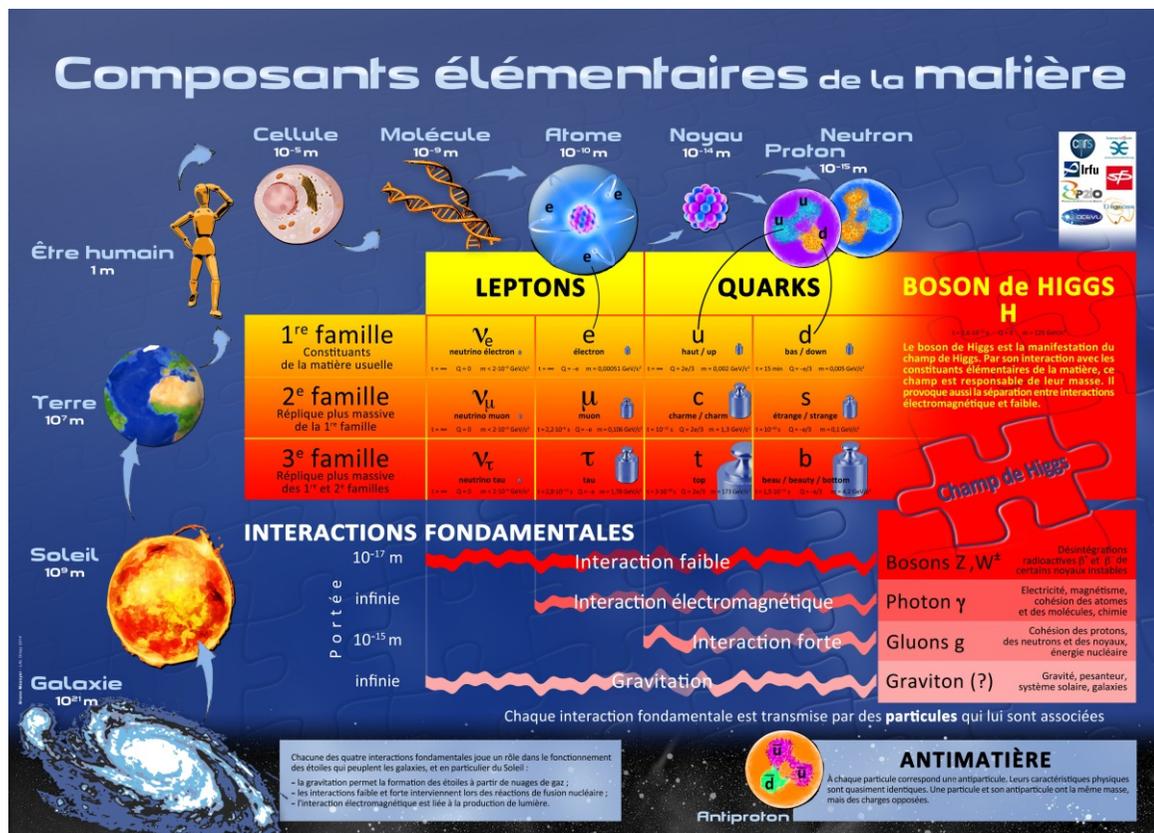
- Démarrage de ~10 thèses en moyenne chaque année  
→ ~30 étudiants de thèse au laboratoire
- ~190 mois de stage / an
  - Majoritairement (mais pas seulement) à partir du niveau L3  
→ L3, M1, M2, grandes écoles
  - De plus en plus de stagiaires étrangers (UE et hors UE)
- Stages d'une semaine « en entreprise » : 3<sup>ème</sup> et lycée
- Candidatures spontanées bienvenues : [comm@lal.in2p3.fr](mailto:comm@lal.in2p3.fr)
  - Envoyer CV + lettre de motivation : personnalisés et sans (trop de) fautes ...
- Enseignement à tous les niveaux universitaires (L, M, D) et dans les grandes écoles
- Responsabilités d'administration et de filières
- Installations technologiques ↔ plateformes pédagogiques
- Liens structurants avec plusieurs pays : Grèce et Europe de l'Est

# Les projets au LAL



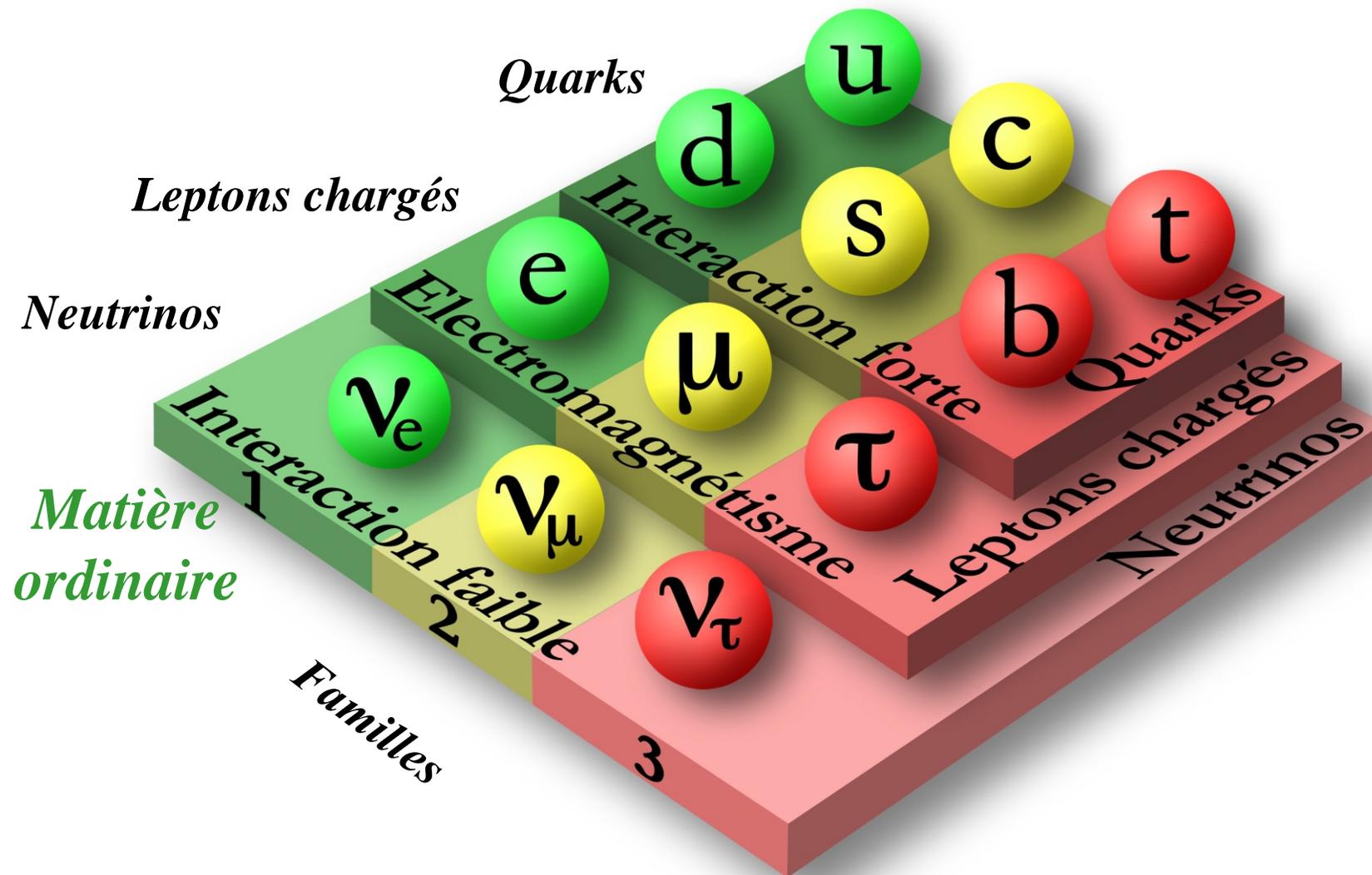
# Le domaine de recherche du LAL

- Au LAL, on étudie les **constituants de la matière** : les **particules élémentaires**
  - Combien sont-elles ?
  - Quelles sont leurs propriétés ?
  - Quelles sont les forces qui les gouvernent ?
- Ce monde, « **l'infiniment petit** », a des liens étroits avec celui de « **l'infiniment grand** », c'est-à-dire l'étude de l'Univers.
- Au LAL des groupes s'intéressent également à la composition de l'Univers et à son histoire, du Big-bang jusqu'à nos jours.
- On observe aussi des particules en provenance de l'espace !
- Ces études demandent d'importantes ressources techniques & informatiques.



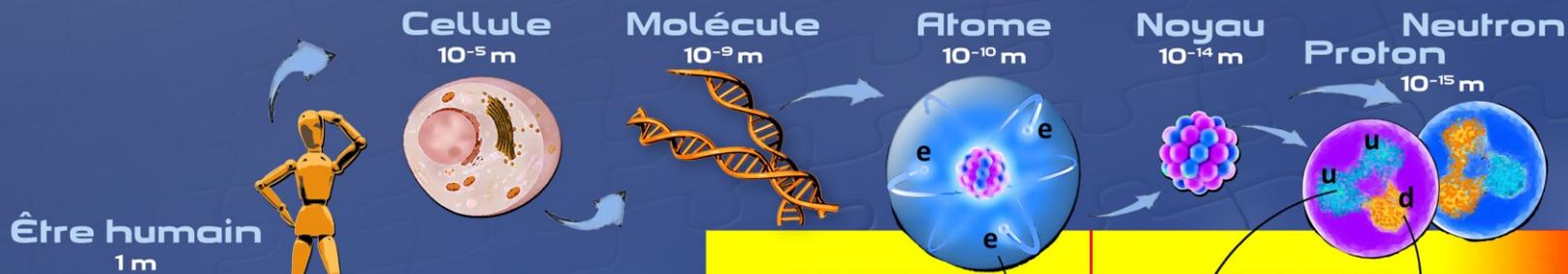
# Les particules élémentaires

- 12 particules élémentaires (des « fermions ») réparties en 3 familles



- A chaque particule de **matière** est associée une particule d'**antimatière**

# Composants élémentaires de la matière



	LEPTONS		QUARKS		BOSON de HIGGS H
<b>1<sup>re</sup> famille</b> Constituants de la matière usuelle	$\nu_e$ neutrino électron	$e$ électron	$u$ haut / up	$d$ bas / down	$t = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ s} - Q = 0 - m = 125 \text{ GeV}/c^2$ Le boson de Higgs est la manifestation du champ de Higgs. Par son interaction avec les constituants élémentaires de la matière, ce champ est responsable de leur masse. Il provoque aussi la séparation entre interactions électromagnétique et faible.
<b>2<sup>e</sup> famille</b> Réplique plus massive de la 1 <sup>re</sup> famille	$\nu_\mu$ neutrino muon	$\mu$ muon	$c$ charme / charm	$s$ étrange / strange	
<b>3<sup>e</sup> famille</b> Réplique plus massive des 1 <sup>re</sup> et 2 <sup>e</sup> familles	$\nu_\tau$ neutrino tau	$\tau$ tau	$t$ top	$b$ beau / beauty / bottom	

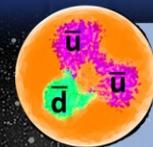
## INTERACTIONS FONDAMENTALES

Portée	Interaction	Particules associées	Effets
$10^{-17} \text{ m}$	Interaction faible	Bosons $Z, W^\pm$	Désintégrations radioactives $\beta^+$ et $\beta^-$ de certains noyaux instables
infinie	Interaction électromagnétique	Photon $\gamma$	Electricité, magnétisme, cohésion des atomes et des molécules, chimie
$10^{-15} \text{ m}$	Interaction forte	Gluons $g$	Cohésion des protons, des neutrons et des noyaux, énergie nucléaire
infinie	Gravitation	Graviton (?)	Gravité, pesanteur, système solaire, galaxies

Chaque interaction fondamentale est transmise par des **particules** qui lui sont associées

Chacune des quatre interactions fondamentales joue un rôle dans le fonctionnement des étoiles qui peuplent les galaxies, et en particulier du Soleil :

- la gravitation permet la formation des étoiles à partir de nuages de gaz ;
- les interactions faible et forte interviennent lors des réactions de fusion nucléaire ;
- l'interaction électromagnétique est liée à la production de lumière.



Antiproton

## ANTIMATIÈRE

À chaque particule correspond une antiparticule. Leurs caractéristiques physiques sont quasiment identiques. Une particule et son antiparticule ont la même masse, mais des charges opposées.

# Métiers

# Les métiers du LAL

- Le LAL est un **gros laboratoire** à l'échelle du CNRS : **~ 350 personnes**  
→ **Grande diversité des métiers**
- Le LAL est un **laboratoire constructeur**  
→ **De très nombreux métiers techniques dans des domaines très divers**
- En particulier : **électronique & instrumentation, mécanique, informatique, technologie & physique des accélérateurs**
- **Plusieurs catégories de personnel**
  - **Chercheurs** (CNRS ou universitaires)
  - **Ingénieurs**
  - **Techniciens**
  - **Administratifs**

} **Personnel ITA**
- **Plusieurs statuts**
  - **Stagiaires**
  - **Etudiants en thèse** (« thésards »)
  - **Contrats à durée déterminée** : postdoctorats, etc.
  - **Fonctionnaires**
- **Recrutements sur concours**, **internes** ou **externes**

# Les métiers du LAL

- Le LAL est un **gros laboratoire** à l'échelle du CNRS : **~ 350 personnes**  
→ **Grande diversité des métiers**
- Le LAL est un **laboratoire constructeur**  
→ **De très nombreux métiers techniques dans des domaines très divers**
- En particulier : **électronique & instrumentation, mécanique, informatique, technologie & physique des accélérateurs**
- **Plusieurs catégories de personnel**
  - **Chercheurs** (CNRS ou universitaires)
  - **Ingénieurs**
  - **Techniciens**
  - **Administratifs**

Personnel ITA
- **Plusieurs statuts**
  - **Stagiaires**
    - **Etudiants en thèse** (« thésards »)
    - **Contrats à durée déterminée** : postdoctorats, etc.
    - **Fonctionnaires**
- **Recrutements sur concours, internes ou externes**

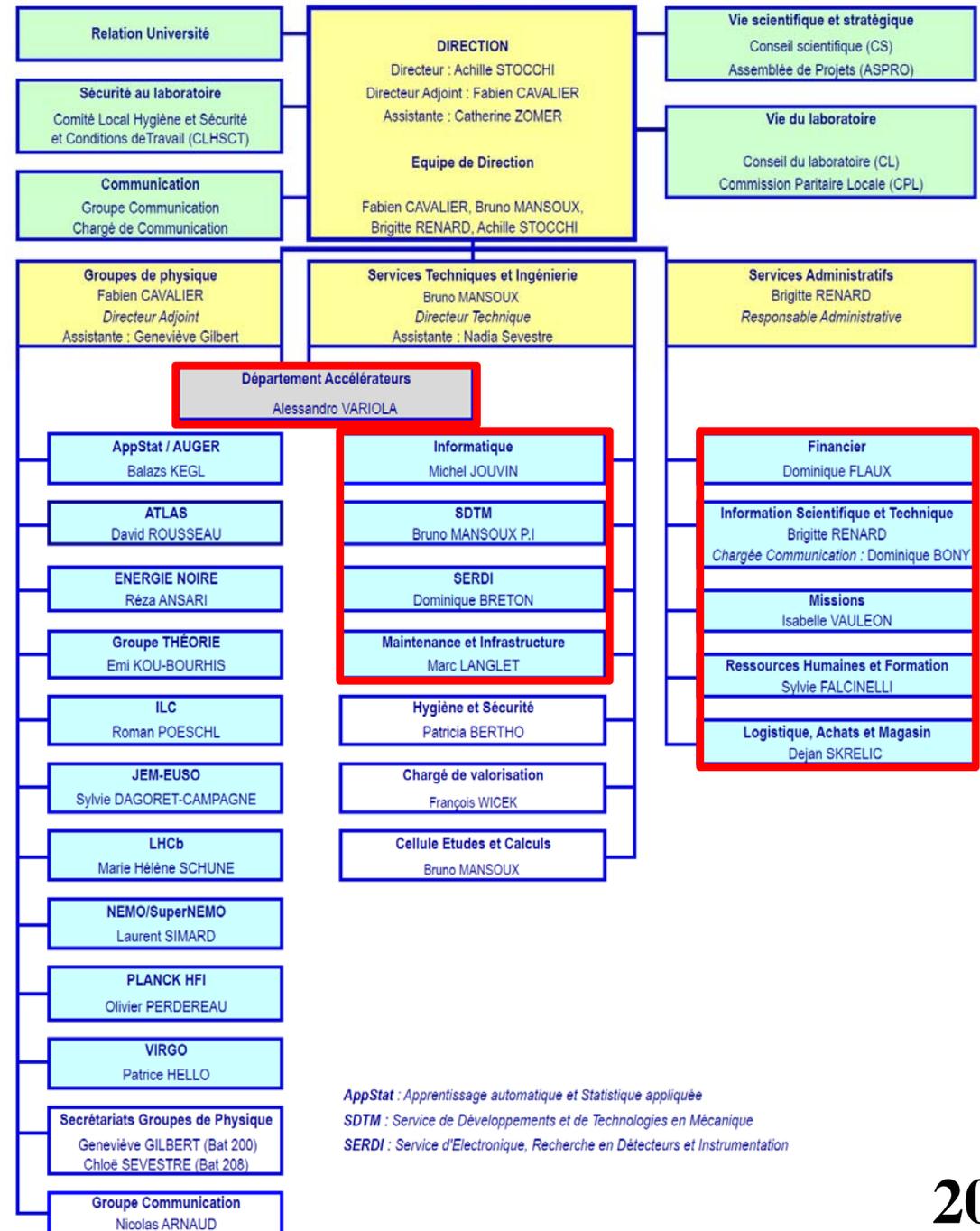
## Les stages

- Un bon moyen de **découvrir un labo**
- **Propositions sur les sites web**
- **Candidatures spontanées bienvenues**

# Les services techniques & administratifs du LAL

LABORATOIRE DE L'ACCELERATEUR LINEAIRE

organigramme Novembre 2013



AppStat : Apprentissage automatique et Statistique appliquée

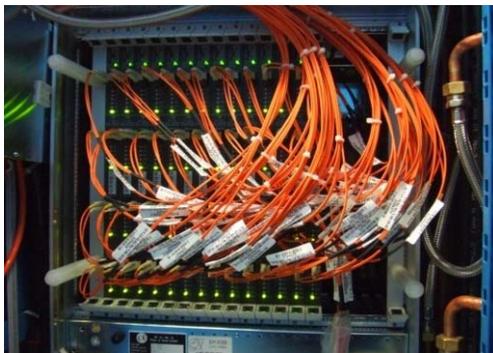
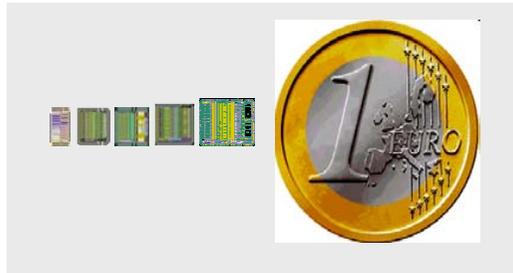
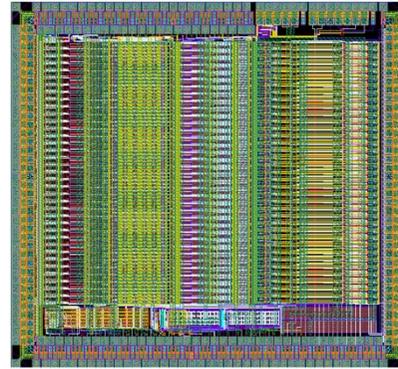
SDTM : Service de Développements et de Technologies en Mécanique

SERDI : Service d'Electronique, Recherche en Détecteurs et Instrumentation

- **4 Services techniques**
  - Electronique et instrumentation
  - Informatique
  - Maintenance et infrastructure
  - Mécanique
- **1 Département accélérateur**
  - Transverse aux services
- **Des plateformes mutualisées**
  - Virtual Data, GRIF
  - Projets PHIL et CALVA
  - Atelier de mécanique ; magasin
- **5 Services administratifs**
  - Financier
  - Information scientifique et technique
  - Logistique, achat et magasin
  - Missions
  - Ressources humaines et formation

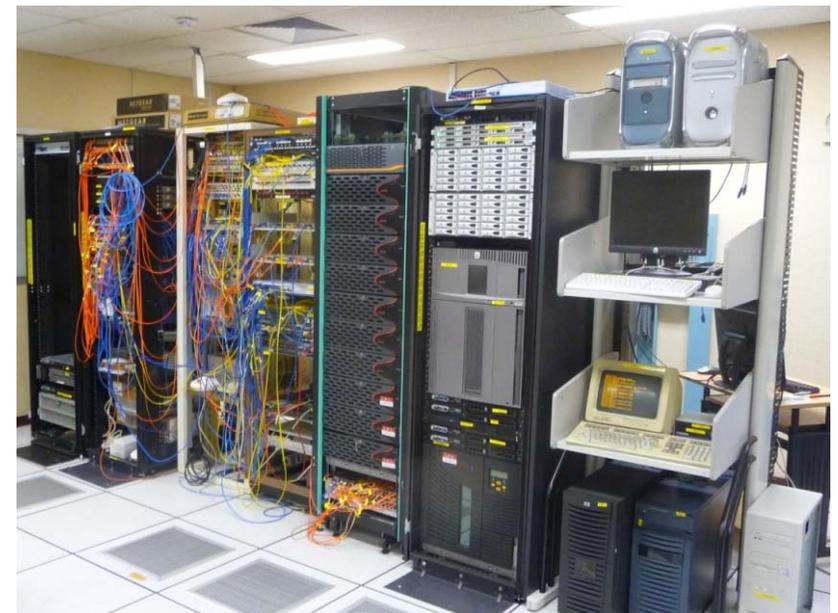
# L'électronique au LAL

- Conception de **circuits intégrés**
- Conception de **cartes d'électroniques**
- **Cablage**
- **Tests**
- Production en **grande série réalisée par des industriels**
- **Installation sur les sites d'expérience**
- **Validation, maintenance, réparations**



# L'informatique au LAL

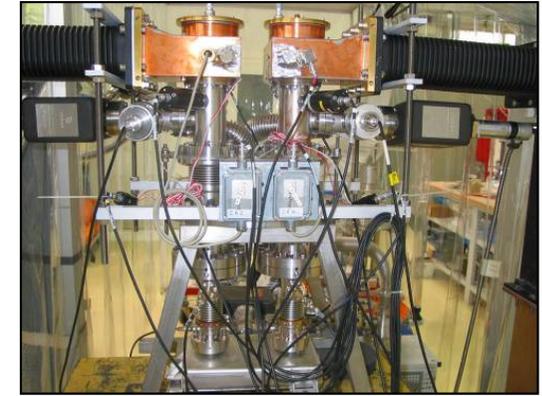
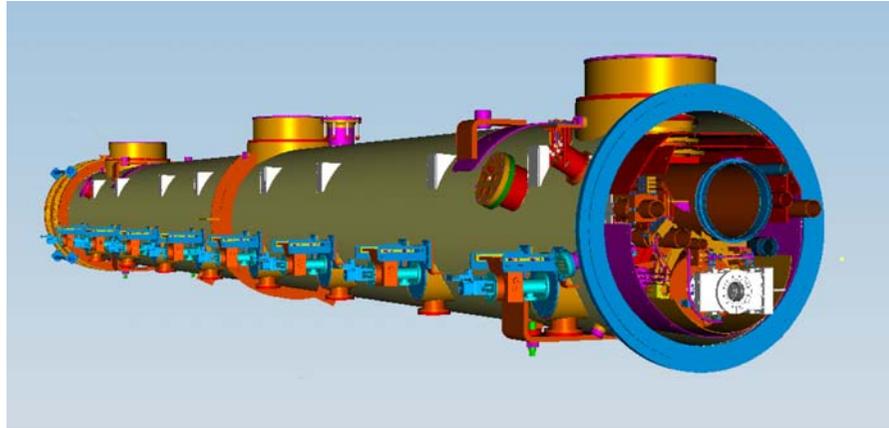
- **Fonctionnement, maintenance et évolutions des infrastructures**
  - Stations de travail, portables, imprimantes, etc.
  - Réseaux (ethernet, wi-fi), infrastructure de vidéo-conférence
  - Ferme de calcul
    - GRIF : un nœud de la grille EGEE
- **Développement de programmes et d'outils pour les expériences de physique**
  - Informatique temps réel
    - Acquisition de données, contrôle-commande, monitoring
  - Visualisation de données
    - vues 3D de collisions dans des détecteurs
  - Calcul
  - Bases de données
  - Conception de logiciels
  - Outils collaboratifs
    - Par exemple pour la grille de calcul
- **Transmission des connaissances**
  - Enseignement, formations, séminaires



# La mécanique au LAL

- **Conception**

- Études
- Calculs
- Ingénierie



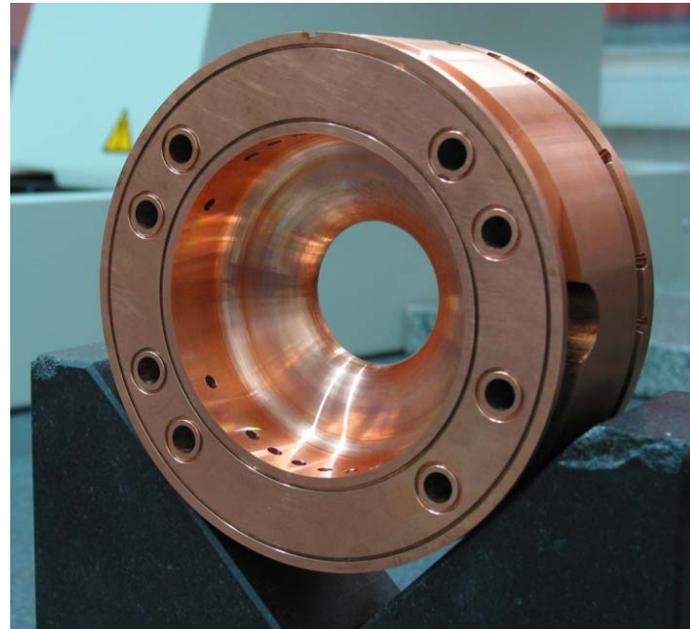
- **Réalisation**

- Assemblage
- Montage



- **Evaluation**

- Qualification
- Tests, essais
- Contrôles



- **Techniques du vide**

- **Chaudronnerie**

- Soudage
- Brasage



# Activités accélérateur au LAL

- **Développements technologiques novateurs**

- **Conception** d'instruments

→ **THOMX** : <http://www.lal.in2p3.fr/ThomX>

- **Participation au fonctionnement** d'accélérateurs existants

- **Simulations informatiques**

→ évolution des faisceaux de particules, bruits de fond parasites, etc.

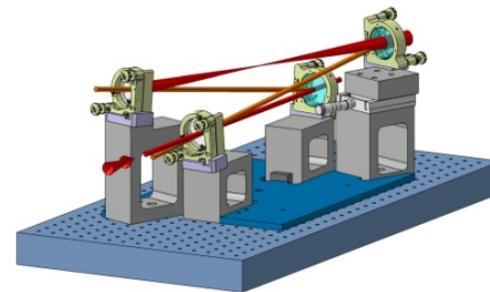
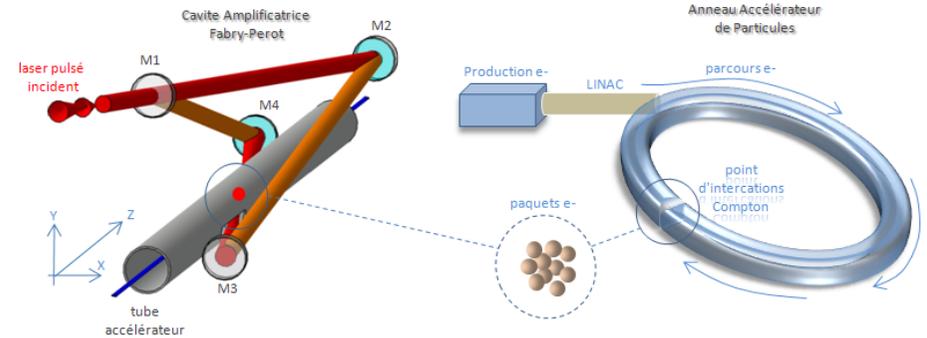
- **Activités de recherche-développement**

- **Contrats avec des industriels**

→ **XFEL** : <http://www.xfel.eu>

- Grand éventail de projets allant de la **physique fondamentale** à la **physique appliquée**

⇒ **Coordination** des activités de physiciens et de tous les services techniques



# Chercheur

- Recrutement à **bac + 8**
  - Licence + Master 1 ou CPGE + Grande Ecole
  - Master 2 spécialisé (par exemple **NPAC** à Orsay)
  - Thèse de doctorat de 3 ans
- **Concours national annuel pour le CNRS** – 307 recrutements en 2013
- **Concours locaux pour des postes universitaires**
- Nécessité de faire **un ou plusieurs postdoctorats entre la thèse et l'embauche**
- En général **de très nombreux candidats** (français et étrangers) **par poste**
- Deux grades principaux
  - **Chargé de recherche** / maître de conférence
  - **Directeur de recherche** / professeur
- Avancement
  - A l'ancienneté (un peu au mérite !?) à l'intérieur d'un grade
  - Concours interne pour changer de grade
- Site dédié du CNRS : <http://www.cnrs.fr/fr/travailler/chercheur.htm>

# ITAs

- Métiers classés en « **Branches d'Activités Professionnelles** » (BAP) :



## LES MISSIONS DES INGÉNIEURS, TECHNICIENS ET ADMINISTRATIFS

Le monde de la recherche n'est pas seulement constitué de chercheurs. Du préparateur de laboratoire au responsable administratif en passant par l'ingénieur de recherche en conception d'instruments scientifiques, toute une équipe participe aux projets à différents niveaux de la chaîne. Tous ces métiers sont regroupés en branches d'activités professionnelles (BAP) et appartiennent aux corps des ingénieurs ou techniciens accompagnant les chercheurs dans leurs activités de recherche.

## Extrait du guide du candidat 2011 du CNRS

- **De nombreux corps**
  - Cf. transparents suivants
  - Recrutements à des niveaux de compétence et de rémunération très différents
- **Plus de 300 recrutements en 2012** – nombre en baisse chaque année ...
- **Recrutement direct** par les laboratoires pour des postes en CDD
- Site dédié au CNRS : <http://www.cnrs.fr/fr/travailler/it.htm>

# Ingénieurs

## INGÉNIEURS DE RECHERCHE (IR)

Le corps des ingénieurs de recherche est classé dans la catégorie A de la fonction publique et comporte trois grades :

- I Ingénieur de recherche de deuxième classe (IR2) ;
- I Ingénieur de recherche de première classe (IR1) ;
- I Ingénieur de recherche hors classe (IRHC).

Les ingénieurs de recherche du CNRS participent à la mise en œuvre des activités de recherche, de valorisation et de diffusion de l'information scientifique et technique. Ils orientent et coordonnent les diverses activités techniques et administratives qui concourent à la réalisation d'un programme de recherche. Ils peuvent être chargés de toutes les études et missions spéciales ou générales. À ce titre, ils peuvent se voir confier des

### POUR L'ACCÈS AU CORPS DES INGÉNIEURS DE RECHERCHE (IR)

- I Doctorat d'État ;
- I Doctorat prévu à l'article L.612-7 du Code de l'éducation ;
- I Professeur agrégé des lycées ;
- I Docteur ingénieur ;
- I Docteur de troisième cycle ;
- I Diplôme d'ingénieur, délivré par une école nationale supérieure ou par une université ;
- I Diplôme d'ingénieur de grandes écoles de l'État ou des établissements assimilés, dont la liste est

**Bac + 5 à Bac + 8**

## INGÉNIEURS D'ÉTUDES (IE)

Le corps des ingénieurs d'études est classé dans la catégorie A de la fonction publique et comporte trois grades :

- I Ingénieur d'études de deuxième classe (IE2) ;
- I Ingénieur d'études de première classe (IE1) ;
- I Ingénieur d'études hors classe (IEHC).

Les ingénieurs d'études concourent à l'élaboration, à la mise au point et au développement des techniques scientifiques nouvelles ainsi qu'à l'amélioration de leurs résultats. Ils ont une mission générale de valorisation des résultats de la recherche et de diffusion de l'information scientifique et technique.

### POUR L'ACCÈS AU CORPS DES INGÉNIEURS D'ÉTUDES (IE)

- I Titres d'ingénieur reconnus par l'État autres que ceux exigés pour l'accès au corps des IR ;
- I Diplôme d'études approfondies ;
- I Diplôme d'études supérieures spécialisées ;
- I Maîtrise ;
- I Licence ;
- I Diplôme d'un institut d'études politiques ;
- I Diplôme de l'Institut national de langues et civilisations orientales ;
- I Diplôme de l'École pratique des hautes études ;

**Bac + 3 à Bac + 5**

## ASSISTANTS INGÉNIEURS (AI)

Le corps des assistants ingénieurs est classé dans la catégorie A de la fonction publique et comporte un grade unique. Les assistants ingénieurs sont chargés de veiller à la préparation et au contrôle de l'exécution de toutes les opérations techniques réalisées dans les unités de recherche et services de recherche. Ils peuvent être chargés d'études spécifiques, de mise au point ou d'adaptation de techniques nouvelles. Ils ont une mission générale de valorisation des résultats de la recherche et de diffusion de l'information scientifique et technique. Ils peuvent, en outre, se voir confier des missions de coopération internationale, d'enseignement ou d'administration de la recherche. Ils peuvent participer à l'encadrement des personnels techniques et administratifs de l'unité de recherche ou du service auquel ils sont affectés (Article 93 du décret n° 83-1260 du 30 décembre 1983 modifié).

### POUR L'ACCÈS AU CORPS DES ASSISTANTS INGÉNIEURS (AI)

- I Diplôme universitaire de technologie ;
- I Brevet de technicien supérieur ;
- I Diplôme d'études universitaires scientifiques et technologiques ;
- I Diplôme de niveau III.

**Bac + 2 à Bac + 3**

# Techniciens

## TECHNICIENS DE LA RECHERCHE (T)

Le corps des techniciens de la recherche est classé dans la catégorie B de la fonction publique et comporte trois grades :

- I Technicien de la recherche de classe normale (TCN);
- I Technicien de la recherche de classe supérieure (TCS);
- I Technicien de la recherche de classe exceptionnelle (TCE).

Les techniciens de la recherche mettent en œuvre l'ensemble des techniques exigées pour la réalisation des programmes d'activité qui sont entrepris au sein des unités de recherche ou de service où ils sont affectés. Ils peuvent participer à la mise au point et à l'adaptation de techniques nouvelles. Ils ont une mission générale de valorisation des résultats de la recherche et de diffusion de l'information scientifique et technique. Ils peuvent, en outre, se voir confier des missions de coopération internationale, d'enseignement ou d'administration de la recherche. Les recrutements par voie de concours

## POUR L'ACCÈS AU CORPS DES TECHNICIENS DE LA RECHERCHE (T)

- I Diplôme d'études universitaires générales;
- I Baccalauréat;
- I Brevet supérieur;
- I Diplôme de biologiste, chimiste, physicien, psychotechnicien, statisticien ou conducteur radio-électricien délivré par une école technique spécialisée ou un institut universitaire;
- I Diplôme d'État d'assistant ou d'assistante de service social ou d'infirmier;
- I Diplôme de niveau IV.

Niveau ~bac

## ADJOINTS TECHNIQUES DE LA RECHERCHE (AJT)

Le corps des adjoints techniques de la recherche est classé dans la catégorie C de la fonction publique et comporte quatre grades :

- I Adjoint technique de deuxième classe (AJT2);
- I Adjoint technique de première classe (AJT1);
- I Adjoint technique principal de deuxième classe (AJTP2);
- I Adjoint technique principal de première classe (AJTP1).

Les membres du corps des adjoints techniques de la recherche concourent à l'accomplissement des missions des unités de recherche et des services des établissements où ils exercent.

Les adjoints techniques de deuxième classe et de première classe sont chargés des tâches d'exécution et de service intérieur.

Les adjoints techniques principaux de deuxième classe et de première classe sont chargés des tâches d'exécution qualifiées.

Les recrutements par voie de concours externes s'effectuent exclusivement dans le grade d'adjoint technique principal de deuxième classe (Article 120

## POUR L'ACCÈS AU CORPS DES ADJOINTS TECHNIQUES DE LA RECHERCHE (AJT)

- I Brevet d'études professionnelles (BEP);
- I Diplôme de niveau V.

Niveau ~BEP

