

# Présentation du LAL (Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire)

2015

[comm@lal.in2p3.fr](mailto:comm@lal.in2p3.fr)



**IN2P3**  
Les deux infinis

Merci à :

- Ronic Chiche



Comprendre le monde,  
construire l'avenir®

# Présentation générale

- **L**aboratoire de l'**A**ccélérateur **L**inéaire (**LAL**) : <http://www.lal.in2p3.fr>
  - Fondé en **1956**
- Situé sur le campus de **l'Université Paris-Sud** entre Orsay et Bures sur Yvette
- **Nom historique** : le grand accélérateur linéaire du LAL a cessé ses activités fin 2003  
Des accélérateurs plus petits sont en fonctionnement ou en construction : PHIL,  
ThomX



[@LALOrsay](https://twitter.com/LALOrsay)



# 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 très grand organisme public de recherche :  
~30 000 personnes, budget de 3,3 milliards d'€
- **IN2P3** : Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules  
→ Dix instituts (structures regroupant plusieurs disciplines proches) au CNRS  
→ L'IN2P3, créé en 1971, est l'un des deux instituts **nationaux** du CNRS
- **Unité mixte** : le LAL rassemble des **chercheurs CNRS** et des **enseignants-chercheurs** qui dépendent de l'Université Paris-Sud et enseignent sur le campus



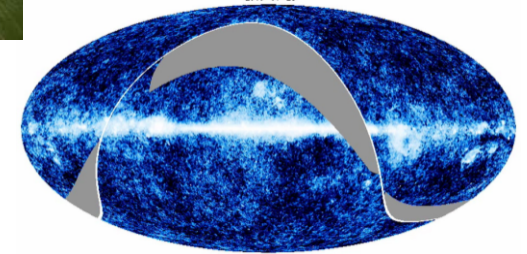
# Présentation générale

- Le plus grand laboratoire de l'IN2P3/CNRS consacré à la **physique des particules** et à la **cosmologie** :

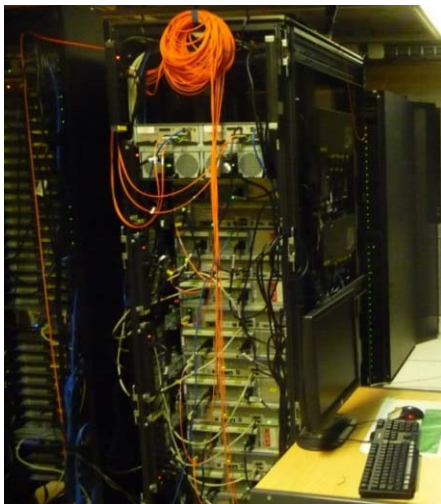
- ~120 chercheurs (70% / 30%) répartis en une douzaine de groupes
- ~180 ingénieurs et techniciens
- Budget annuel hors salaires : 9 millions d'€



- Implication dans des **expériences sur plusieurs continents** : Europe, Etats-Unis, Argentine, Japon et même... dans l'espace



- **Des services techniques**, un **département accélérateur**



Informatique



Electronique

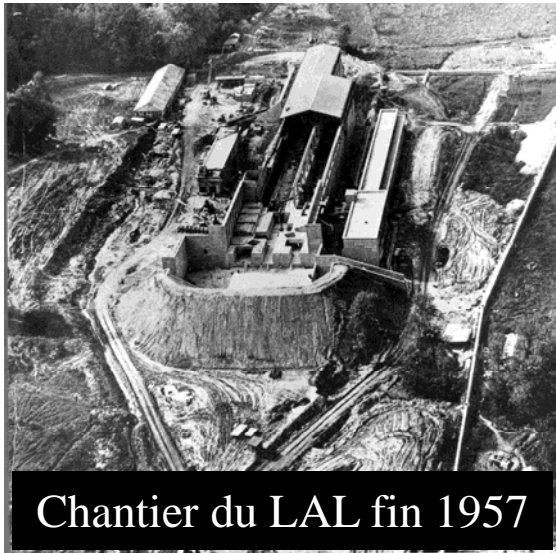


Mécanique

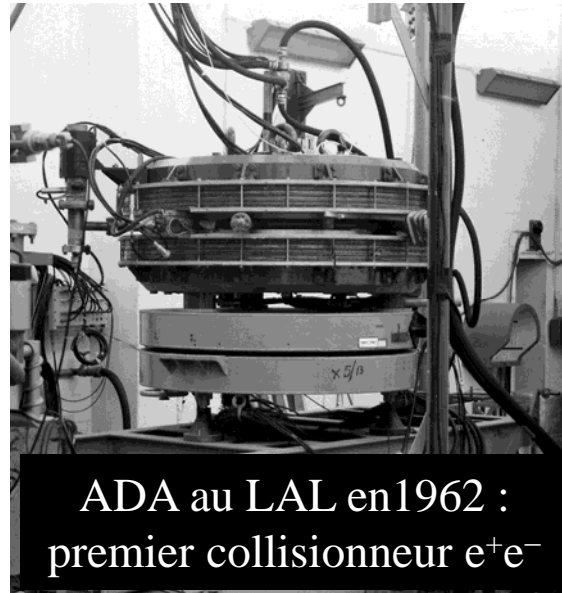


Accélérateur

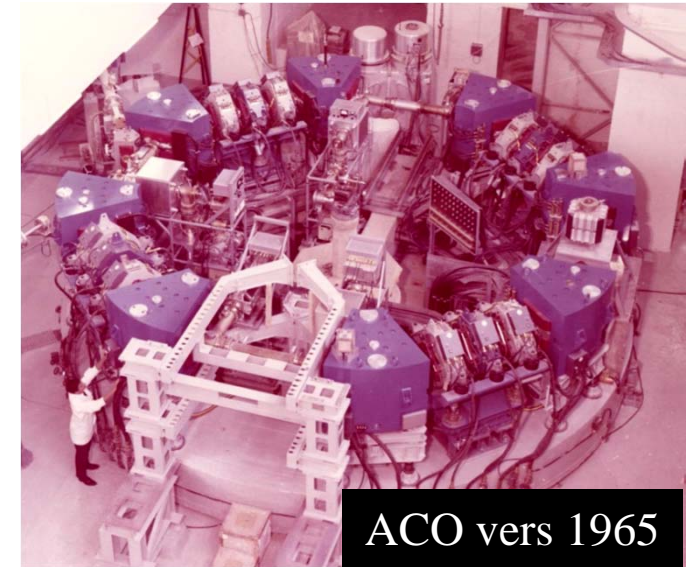
# 1956 – 2015 : survol de l'histoire du LAL



Chantier du LAL fin 1957



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



ACO vers 1965

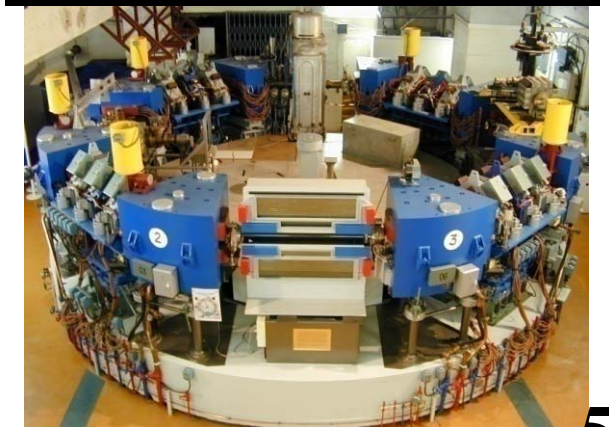


DCI (Dispositif de Collisions  
dans l'Igloo), années 1970



Le site du LAL en 1981

ACO aujourd'hui : un musée  
& un monument historique



# L'histoire du LAL

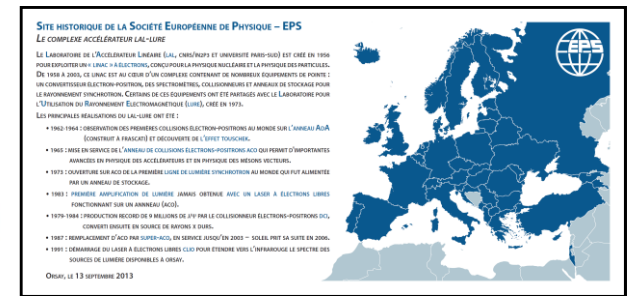
## SITE HISTORIQUE DE LA SOCIÉTÉ EUROPÉENNE DE PHYSIQUE – EPS

### LE COMPLEXE ACCÉLÉRATEUR LAL-LURE

LE LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE (LAL, CNRS/IN2P3 ET UNIVERSITÉ PARIS-SUD) EST CRÉÉ EN 1956 POUR EXPLOITER UN « LINAC » À ÉLECTRONS, CONÇU POUR LA PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET LA PHYSIQUE DES PARTICULES. DE 1958 À 2003, CE LINAC EST AU CŒUR D'UN COMPLEXE CONTENANT DE NOMBREUX ÉQUIPEMENTS DE POINTE : UN CONVERTISSEUR ÉLECTRON-POSITRON, DES SPECTROMÈTRES, COLLISIONNEURS ET ANNEAUX DE STOCKAGE POUR LE RAYONNEMENT SYNCHROTRON. CERTAINS DE CES ÉQUIPEMENTS ONT ÉTÉ PARTAGÉS AVEC LE LABORATOIRE POUR L'UTILISATION DU RAYONNEMENT ELECTROMAGNÉTIQUE (LURE), CRÉÉ EN 1973.

LES PRINCIPALES RÉALISATIONS DU LAL-LURE ONT ÉTÉ :

- 1962-1964 : OBSERVATION DES PREMIÈRES COLLISIONS ÉLECTRON-POSITRONS AU MONDE SUR L'ANNEAU ADA (CONSTRUIT À FRASCATI) ET DÉCOUVERTE DE L'EFFET TOUSCHEK.
- 1965 : MISE EN SERVICE DE L'ANNEAU DE COLLISIONS ÉLECTRONS-POSITRONS ACO QUI PERMET D'IMPORTANTES AVANCÉES EN PHYSIQUE DES ACCÉLÉRATEURS ET EN PHYSIQUE DES MÉSONS VECTEURS.
- 1973 : OUVERTURE SUR ACO DE LA PREMIÈRE LIGNE DE LUMIÈRE SYNCHROTRON AU MONDE QUI FUT ALIMENTÉE PAR UN ANNEAU DE STOCKAGE.
- 1983 : PREMIÈRE AMPLIFICATION DE LUMIÈRE JAMAIS OBTENUE AVEC UN LASER À ÉLECTRONS LIBRES FONCTIONNANT SUR UN ANNEAU (ACO).
- 1979-1984 : PRODUCTION RECORD DE 9 MILLIONS DE  $J/\psi$  PAR LE COLLISIONNEUR ÉLECTRONS-POSITRONS DCI, CONVERTI ENSUITE EN SOURCE DE RAYONS X DURS.
- 1987 : REMPLACEMENT D'ACO PAR SUPER-ACO, EN SERVICE JUSQU'EN 2003 – SOLEIL PRIT SA SUITE EN 2006.
- 1991 : DÉMARRAGE DU LASER À ÉLECTRONS LIBRES CLIO POUR ÉTENDRE VERS L'INFRAROUGE LE SPECTRE DES SOURCES DE LUMIÈRE DISPONIBLES À ORSAY.



# Organisation du LAL (1)

## Les tutelles :

Unité Mixte de Recherche (UMR)

- CNRS / IN2P3 + Délégation en région (Budgets, Postes, Orientation scientifique)
- Université / Département « Physique des 2 infinis » (Locaux, Postes, Budgets)

## Les financements :

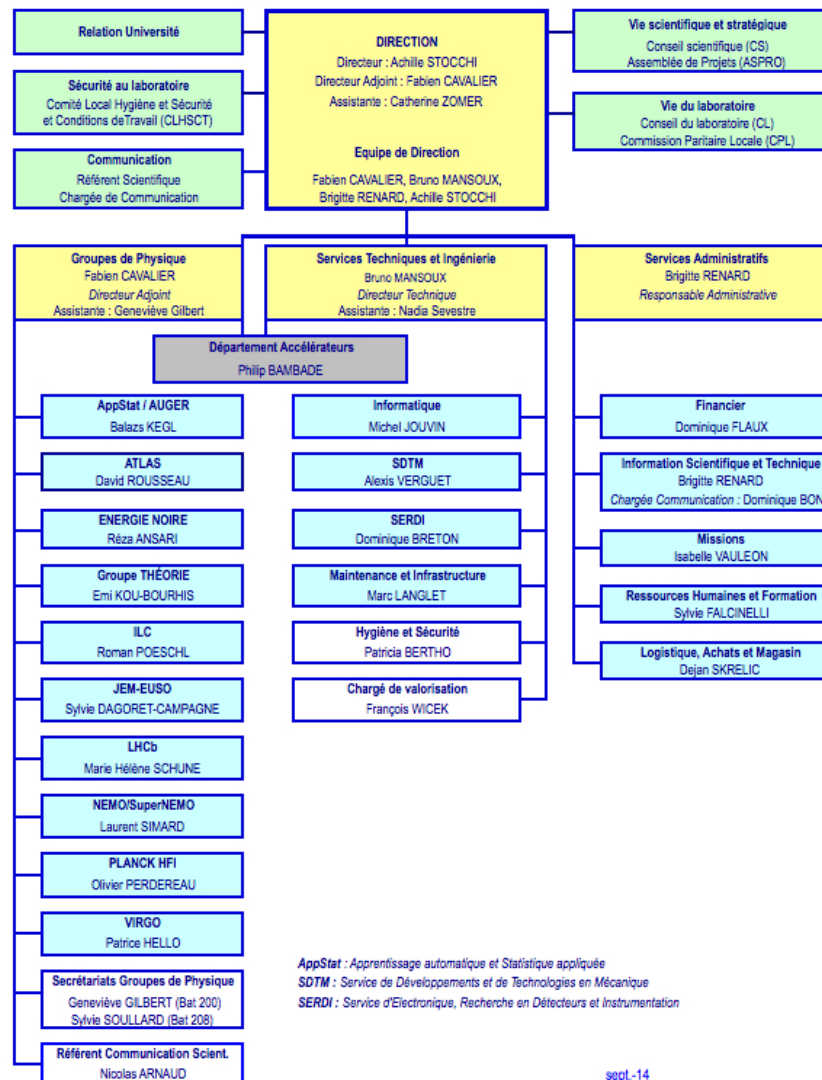
- CNRS / IN2P3
- ANR, FCS
- Equipex, Labex, Idex
- Europe, Regions
- ...

- **Equipex** : projets financés par le grand emprunt => ThomX
- **Labex** : Instrument du programme Investissement d'avenir (47 milliards d'euros) => P2IO
- **Idex** : Pôles pluridisciplinaires nationaux => Campus Paris-Saclay

## L'enseignement :

- Masters
- Magisters
- Ecoles d'ingénieur

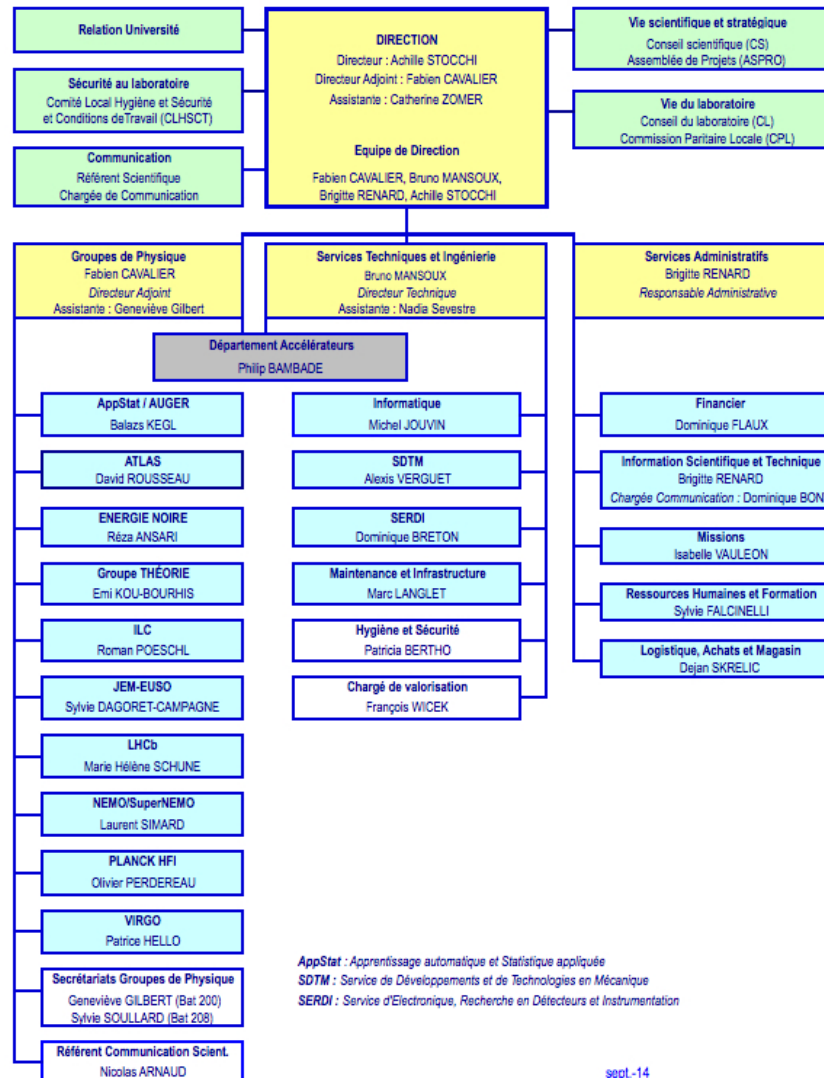
### LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE



# Organisation du LAL (2)

298 Agents au LAL (10/2014)

## LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE



116 Chercheurs dont :  
 11 Enseignants,  
 14 Emérites,  
**32 Doctorants**,  
 1 Post-Doc  
 et 10 CDD.

182 ITA dont :  
 165 IT,  
 4 ITRF et  
 12 CDD

ITA : Ingénieurs / Techniciens  
 et Administratifs

Certains ingénieurs ont aussi  
 une thèse en physique ou en  
 électronique.



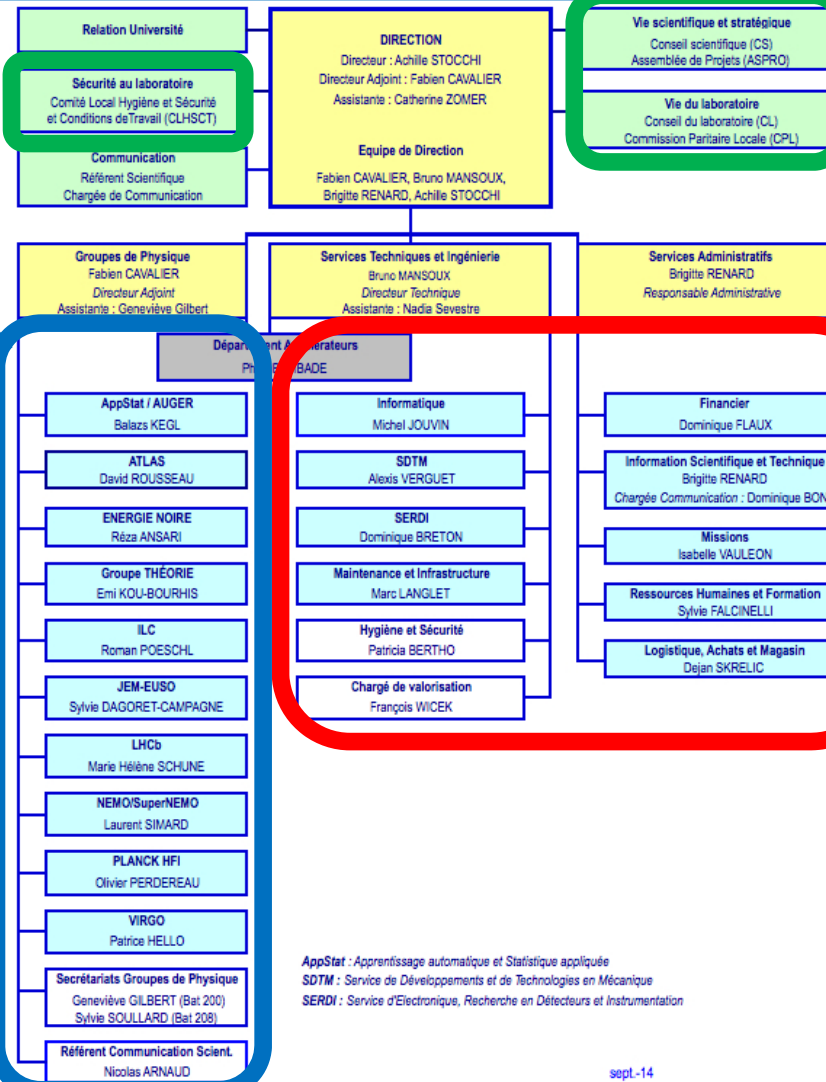
# Organisation du LAL (3)

## Les projets scientifiques :

- Physique des particules (LHC / ATLAS => Boson de Higgs)
- Cosmologie (PLANCK => CMB)
- Astroparticules (VIRGO => Ondes gravitationnelles)
- Physique des accélérateurs (THOMX => Source X)
- Théorie / Statistiques (en interaction avec les expériences)

## Les instances :

- Conseil Hygiène & Sécurité (incendies, sources X, lasers, amiante, ...)
- Conseil Scientifique
- Conseil du laboratoire
- CPL



## Services techniques & administratifs :

- Département Accélérateurs
- Informatique
- Mécanique
- Electronique
- Logistique
- Financier
- Missions
- Achats
- Formations

AppStat : Apprentissage automatique et Statistique appliquée  
 SDTM : Service de Développements et de Technologies en Mécanique  
 SERDI : Service d'Electronique, Recherche en Défecteurs et Instrumentation

# Le LAL en chiffres

## Laboratoire fondé en 1956

47 Chercheurs CNRS

11 Enseignants-Chercheurs

**118 Chercheurs**

32 Thésards

13 Chercheurs émérites

15 Post-doctorants

## Personnel

50 Ingénieurs de Recherche

**300 Agents**

26 Ingénieurs d'Études

66 Techniciens

**182 ITA**

200 Formations  
suivies par an

29 Assistants Ingénieurs

11 CDD

16 000 m<sup>2</sup> de surface au total,  
6 000 m<sup>2</sup> de halls, ateliers et salles blanches,  
3 plateformes technologiques

Auditorium de 250 places

Photoinjecteur à 6 MeV

2 000 Commandes

## Moyens

Budget annuel 8,5 M€

et 3 100 Factures traitées par an

Chiffre d'affaire magasins : 200 k€

Soutien de base du CNRS 1,4 M€

Marchés industriels 1,4 M€

4 000 processeurs informatiques, 1 PB de stockage

Une bibliothèque riche d'environ 12 000 titres : 8 200 ouvrages,  
2 100 thèses et habilitations, 1 500 rapports

35 Séminaires organisés

150 Interventions en conférence

280 Publications

## Une année de recherche au LAL

1 700 Missions en France et à l'étranger

1,1 M€ d'indemnités de déplacement par an

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

4 Services techniques

1 salle informatique mutualisée "Virtual Data"

600 Scolaires et visiteurs accueillis

Le musée Sciences ACO

80 Stages de Licence et Master par an

## Transmission du savoir

1 Salle dédiée à l'enseignement informatique

Plus de 40 Agents impliqués dans l'enseignement

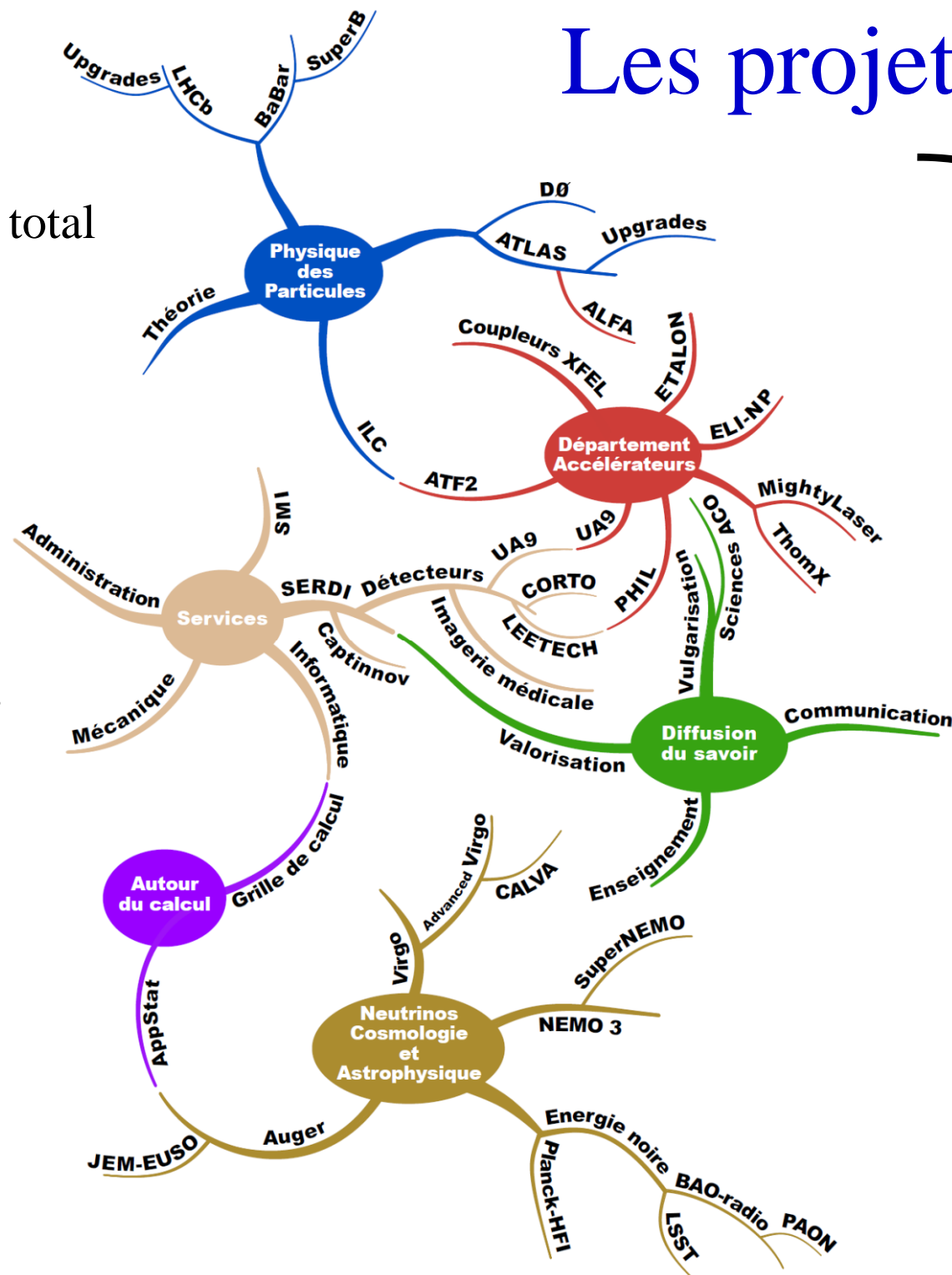
Revue Élémentaire

Salle de Musée

Passport pour les deux infinis

# Les projets au LAL

- Une trentaine au total
- Collaborations internationales
- Projets locaux
- Développements technologiques, activités R&D
- Contrats industriels, valorisation
- Diffusion du savoir



Synergies

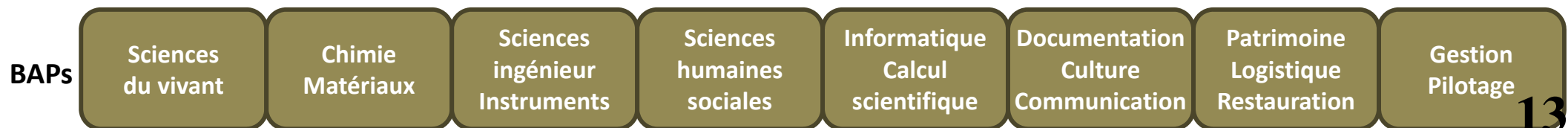
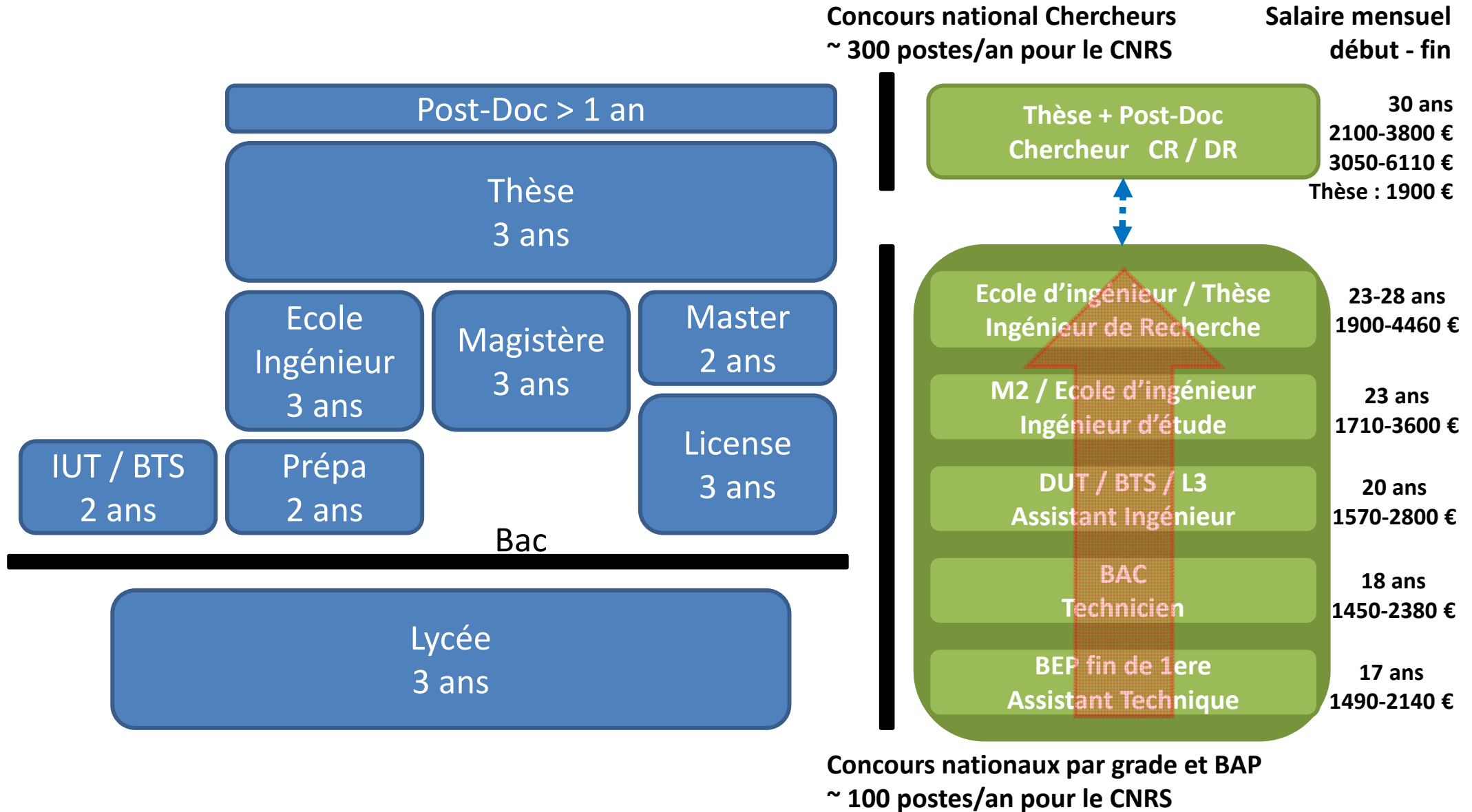
Transmission,  
acquisition de  
connaissances

Vision sur le  
long terme

# 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 :
- Enseignement à tous les niveaux universitaires (L, M, D) et dans les grandes écoles
  - Plus de 40 agents du laboratoire impliqués
- Responsabilités d'administration et de filières
- Installations technologiques ↔ plateformes pédagogiques
- Liens structurants avec plusieurs pays : Grèce et Europe de l'Est

# Cursus pour les métiers de la recherche



# 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 ?

+ **accélérateurs de particules**

- Ce monde, « **l'infiniment petit** », a des liens étroits avec celui de « **l'infiniment grand** », c'est-à-dire l'étude de l'Univers.

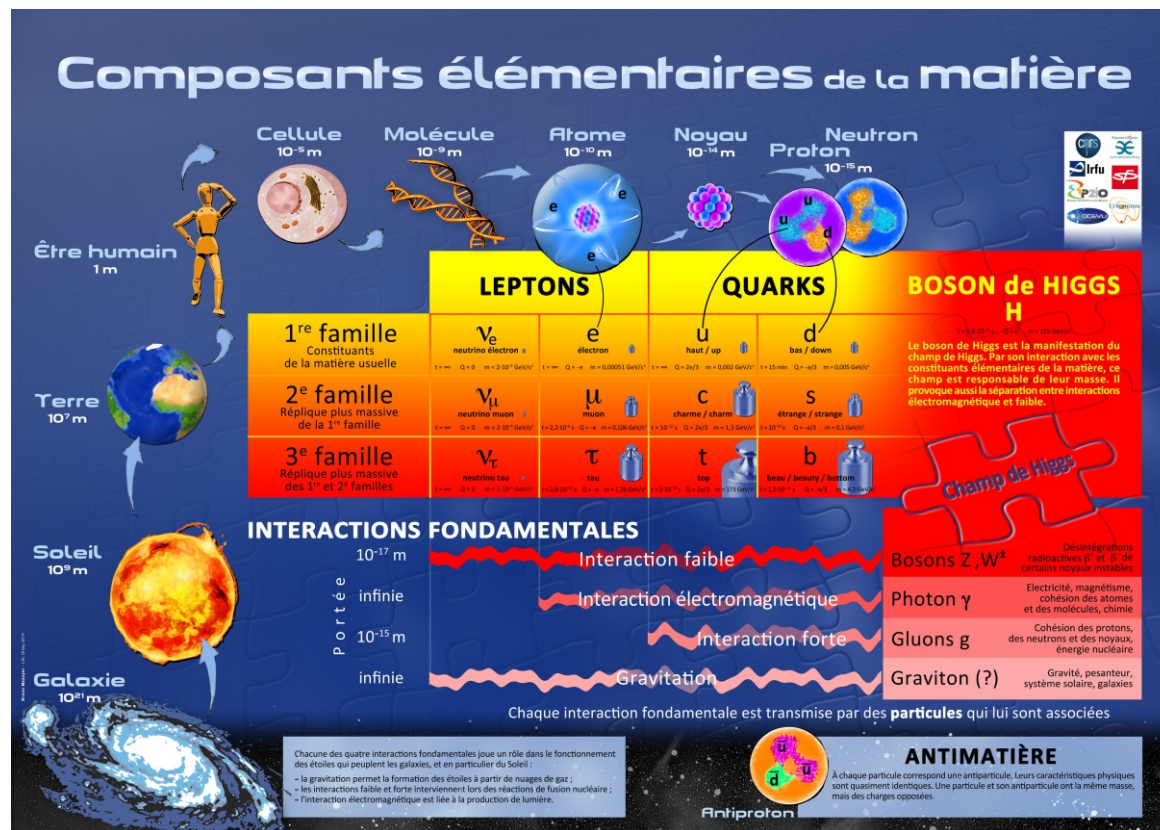
- Au LAL des groupes s'intéressent également à la composition de l'Univers et à son histoire, du Big-bang jusqu'à nos jours.

→ **Cosmologie**

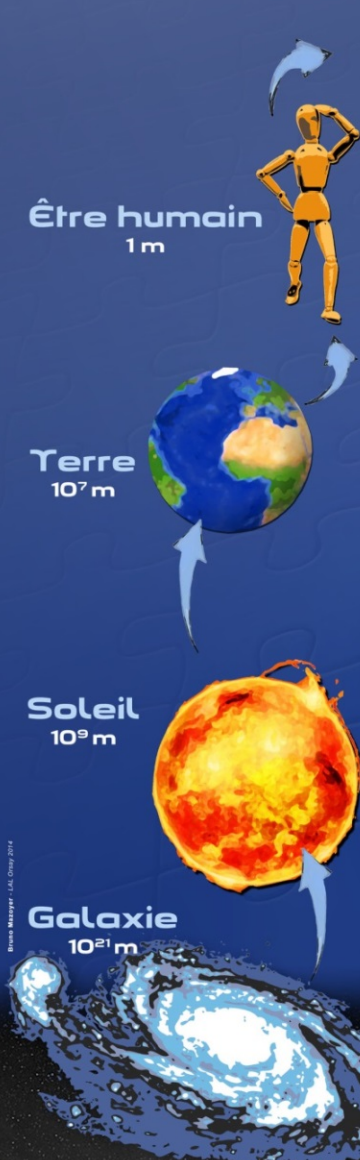
- On observe aussi des particules en provenance de l'espace

→ **Astroparticules**

- Ces études demandent d'importantes ressources techniques & informatiques



## 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 $t = \infty$ $Q = 0$ $m < 2 \cdot 10^{-9}$ GeV/c <sup>2</sup>	$e$ électron $t = \infty$ $Q = -e$ $m = 0,00051$ GeV/c <sup>2</sup>	$u$ haut / up $t = \infty$ $Q = 2e/3$ $m = 0,002$ GeV/c <sup>2</sup>	$d$ bas / down $t = 15$ min $Q = -e/3$ $m = 0,005$ GeV/c <sup>2</sup>	$H$ $t = 1,6 \cdot 10^{-12}$ s $Q = 0$ $m = 125$ GeV/c <sup>2</sup>
<b>2<sup>e</sup> famille</b> Réplique plus massive de la 1 <sup>re</sup> famille	$\nu_\mu$ neutrino muon $t = \infty$ $Q = 0$ $m < 2 \cdot 10^{-8}$ GeV/c <sup>2</sup>	$\mu$ muon $t = 2,2 \cdot 10^{-6}$ s $Q = -e$ $m = 0,106$ GeV/c <sup>2</sup>	$c$ charme / charm $t = 10^{-12}$ s $Q = 2e/3$ $m = 1,3$ GeV/c <sup>2</sup>	$s$ étrange / strange $t = 10^{-10}$ s $Q = -e/3$ $m = 0,1$ GeV/c <sup>2</sup>	<p>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.</p>
<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 $t = \infty$ $Q = 0$ $m < 2 \cdot 10^{-7}$ GeV/c <sup>2</sup>	$\tau$ tau $t = 2,9 \cdot 10^{-13}$ s $Q = -e$ $m = 1,78$ GeV/c <sup>2</sup>	$t$ top $t = 3 \cdot 10^{-25}$ s $Q = 2e/3$ $m = 173$ GeV/c <sup>2</sup>	$b$ beau / beauty / bottom $t = 1,5 \cdot 10^{-12}$ s $Q = -e/3$ $m = 4,2$ GeV/c <sup>2</sup>	

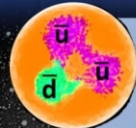
### INTERACTIONS FONDAMENTALES

Portée	Interaction	Particules associées
10 <sup>-17</sup> m	Interaction faible	Bosons Z, W <sup>±</sup>
infinie	Interaction électromagnétique	Photon $\gamma$
10 <sup>-15</sup> m	Interaction forte	Gluons g
infinie	Gravitation	Graviton (?)

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.

