

Présentation du Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

Février 2012

Nicolas Arnaud (narnaud@lal.in2p3.fr)

- Présentation du **LAL** : un grand laboratoire de recherche publique
- Un **panorama** de nos activités de **communication**
- Une **conférence** sur le **LHC**
- **Présentation** et **visite** de l'**Anneau de Collisions d'Orsay (ACO)**



Présentation générale

- Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL) : <http://www.lal.in2p3.fr>
- 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 en 2004. Le LAL vient d'en construire un plus petit, PHIL, pour la R&D.



Présentation générale

- Le LAL est une **unité mixte de l'IN2P3/CNRS et de l'Université Paris Sud**
- **CNRS** : **C**entre **N**ational de la **R**echerche **S**cientifique
→ Un organisme public de recherche : 32 000 personnes, budget de 3,4 milliards d'€
- **IN2P3** : **I**nstitut **N**ational de **P**hysique **N**ucléaire et de **P**hysique des **P**articules
→ 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

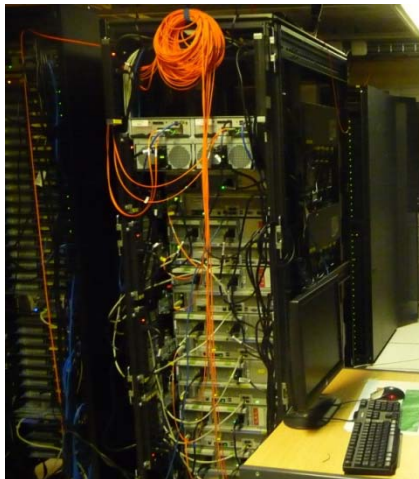
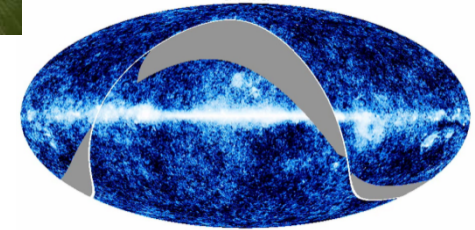


Présentation générale

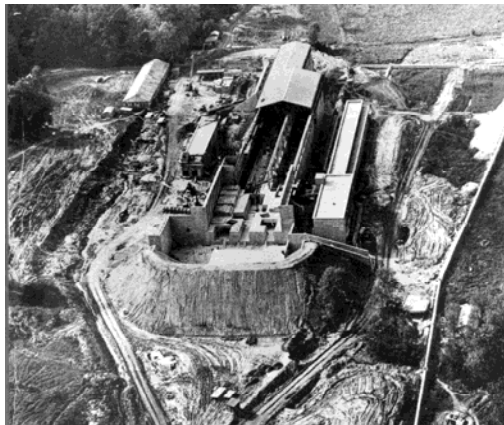
- Le plus grand laboratoire de l'IN2P3/CNRS consacré à la **physique des particules** et à la **cosmologie** :
 - ~120 chercheurs (70% / 30%) répartis en une douzaine de groupes
 - ~230 ingénieurs et techniciens
 - Budget annuel hors salaires : 9 millions d'€
- Implication dans des **expériences sur plusieurs continents** : Europe, Etats-Unis, Argentine, Japon et même... dans l'espace
- **Des services techniques, un département accélérateur**



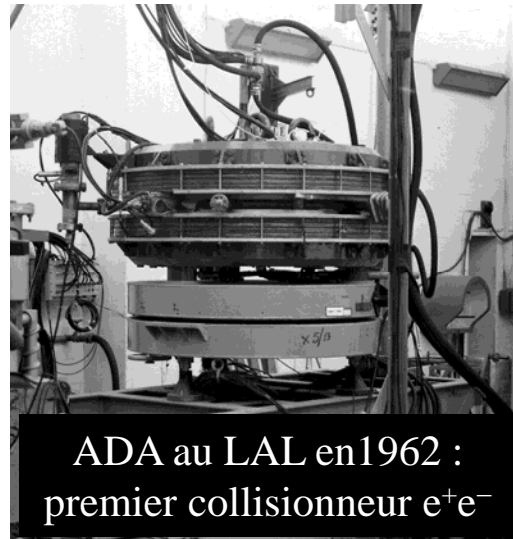
Planck scanning
2010-01-28



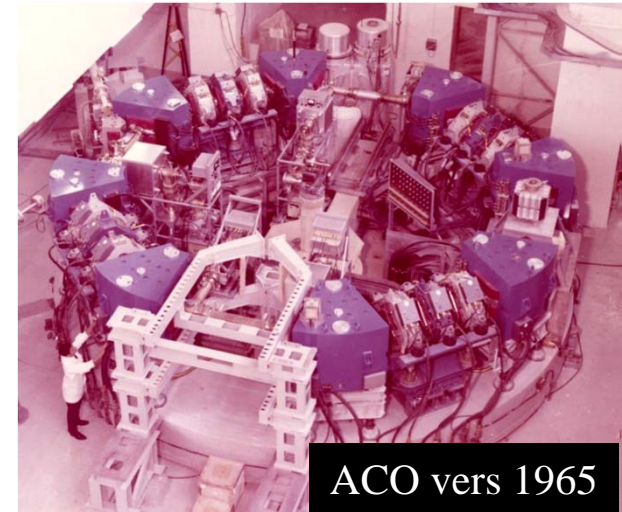
1956 – 2010 : survol de l'histoire du LAL



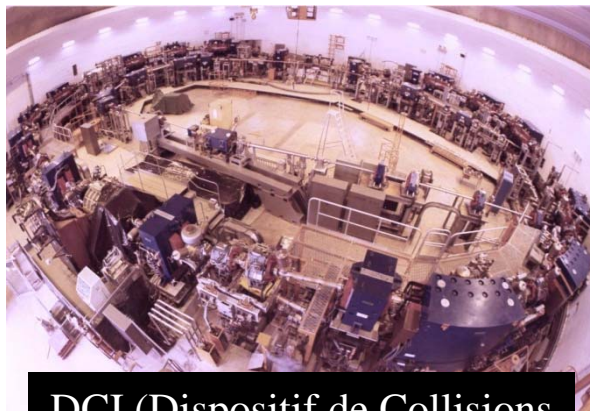
Chantier du LAL fin 1957



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

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

Personnel
57 Ingénieurs de Recherche
26 Ingénieurs d'Études
65 Techniciens
35 Assistants Ingénieurs
43 CDD

350 Agents
200 Formations suivies par an

Moyens
18 000 m² de surface au total,
7 000 m² de halls, ateliers et salles blanches,
3 plateformes technologiques
Auditorium de 250 places
Photoinjecteur à 6 MeV
3 000 Factures traitées par an
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
70 Stages de Licence et Master par an
Sciences ACO

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

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.

Composants élémentaires de la matière

Les interactions fondamentales

Il existe des PARTICULES ASSOCIÉES aux interactions fondamentales permettant leur propagation.

	1 ^{re} famille	2 ^e famille	3 ^e famille
LEPTONS	e Electron 160 fois plus léger que le proton	μ Muon 200 fois plus lourd que l'électron	τ Tau 1700 fois plus lourd que l'électron
	ν_e Neutrino électronique 1000 fois plus léger que l'électron	ν_μ Neutrino muonique 100 fois plus lourd que le neutrino électronique	ν_τ Neutrino tauique 1700 fois plus lourd que le neutrino électronique
QUARKS	u Up 160 fois plus léger que le proton	c Charme 12 fois plus lourd que le quark up	t Top 170 fois plus lourd que le quark up
	d Down 160 fois plus léger que le proton	s Strange 160 fois plus lourd que le quark up	b Bottom 4 fois plus lourd que le quark up

Gravitation
Attraction universelle, pesanteur, galaxies.
GRAVITON?

Interaction faible
Désintégrations radioactives.
 Z^0, W^+, W^-

Interaction électromagnétique
Électricité, magnétisme, couleur de l'atome et du cristal, chimie.
PHOTON

Interaction forte
Collisions des protons et des neutrons.
GLUON

ATOME
10⁻¹⁰ m

NOYAU ATOMIQUE
10⁻¹⁴ m

PROTON
10⁻¹⁶ m

NEUTRON

CRISTAL
10⁻⁸ m

OBJET
1 m

TERRE
10⁷ m

UNIVERS

APPLIQUÉE

À chaque particule correspond une antiparticule de même masse opposée que.
Les quarks interagissent à une échelle inférieure au niveau de la couleur de conservation.

Le LAL est un laboratoire de physique des particules qui étudie les constituants de la matière et les forces qui les gouvernent.

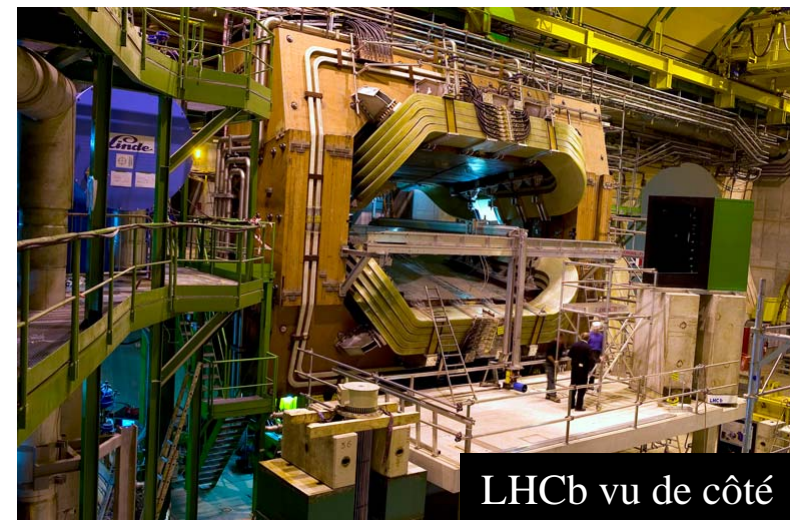
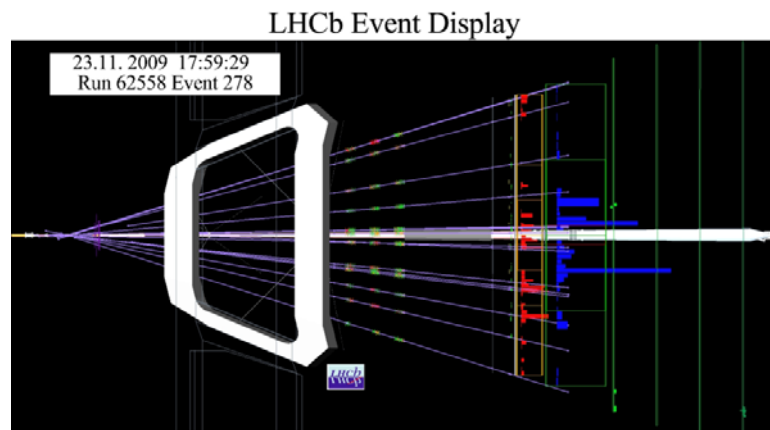
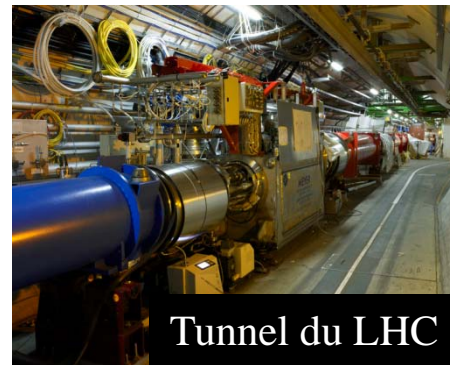
Le LAL est un laboratoire de physique des particules qui étudie les constituants de la matière et les forces qui les gouvernent.

Le LAL est un laboratoire de physique des particules qui étudie les constituants de la matière et les forces qui les gouvernent.

<http://quarks.lal.in2p3.fr/afficheComposants/index.html>

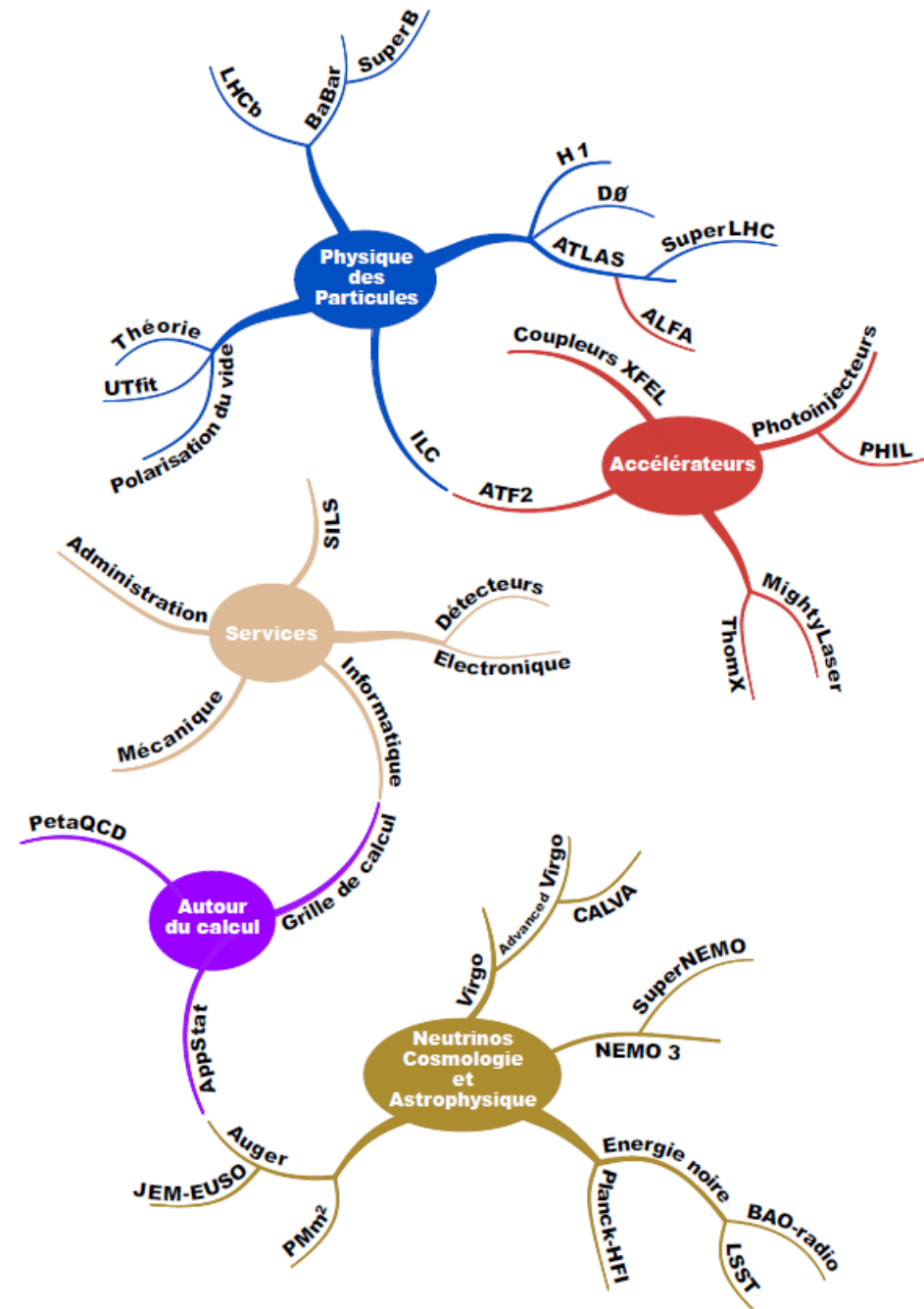
Physique expérimentale au LAL

- **Projet phare** : le « **grand collisionneur à hadrons** » (LHC) du CERN
 - **~50% des physiciens du LAL impliqués dans deux expériences, ATLAS et LHCb**
 - **Importantes contributions techniques pour les détecteurs et l'accélérateur**



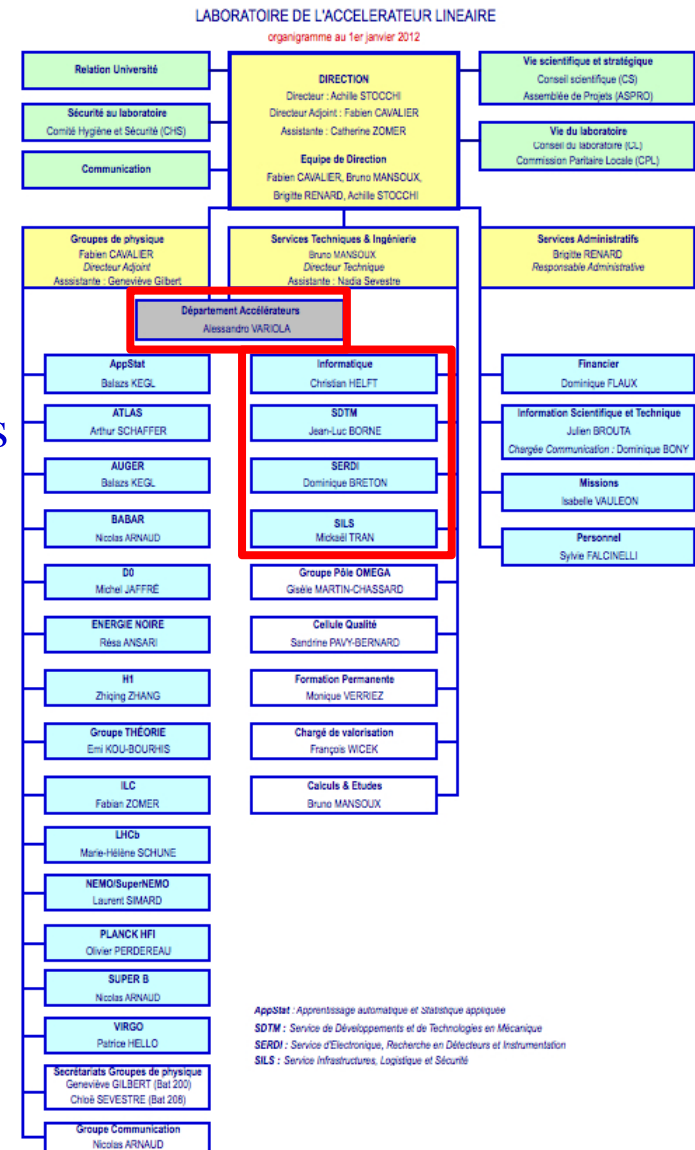
Les Projets du LAL

- Pour plus d'information :
comm@lal.in2p3.fr
- Site web :
<http://www.lal.in2p3.fr>



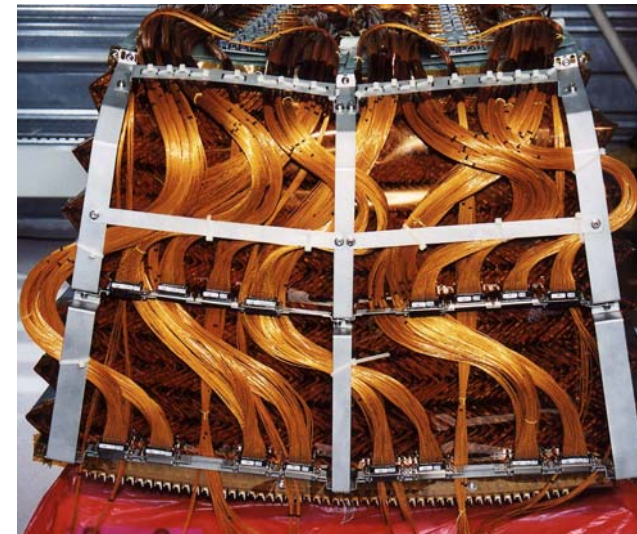
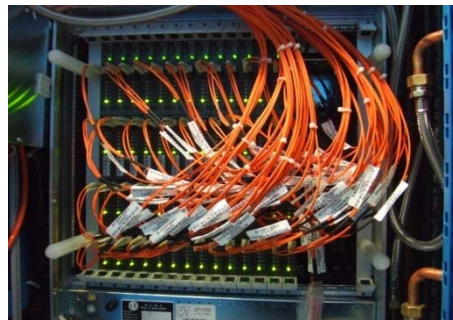
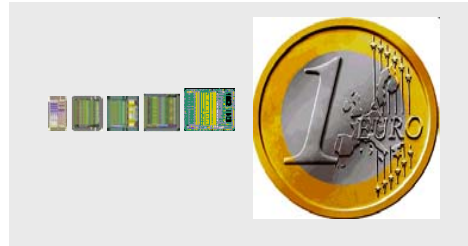
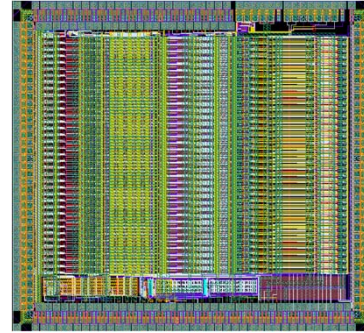
Les services techniques & administratifs du LAL

- **4 Services techniques**
 - Electronique et instrumentation
 - Informatique
 - Infrastructure, logistique et sécurité
 - Développements et technologies en mécanique
- **1 Département accélérateur** transverse aux services
- **Des plateformes utilisées par d'autres laboratoires**
 - Pôle de micro-électronique
 - Projets PHIL et CALVA
 - Grille de calcul GRIF
 - Atelier de mécanique ; magasin
- **5 Services administratifs**
 - Accueil et courrier
 - Financier
 - Missions
 - Personnel
 - Information scientifique et technique



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**



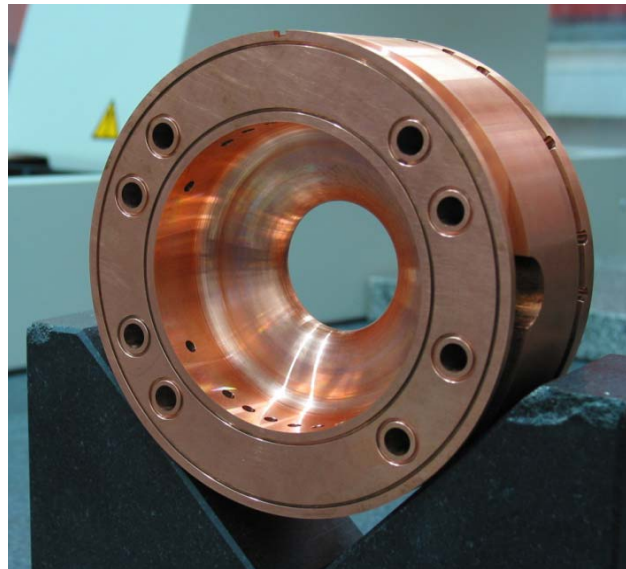
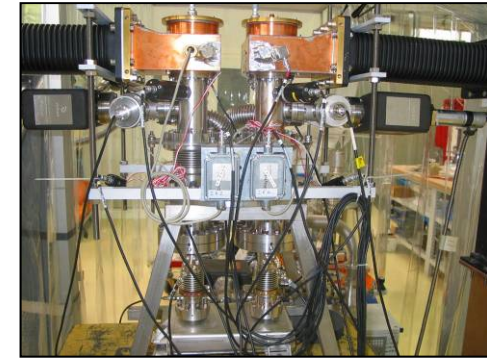
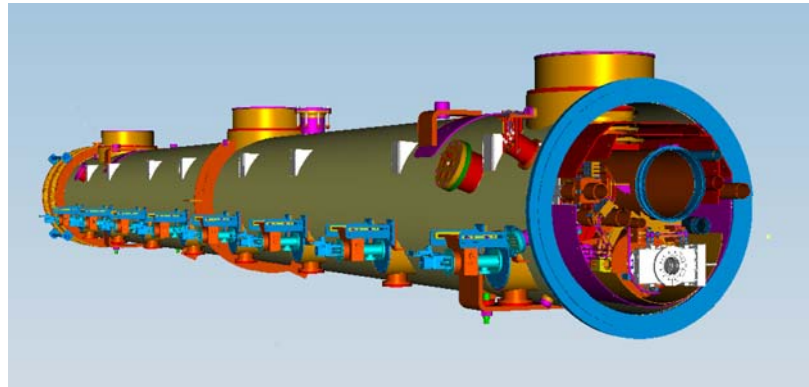
L'informatique au LAL

- **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



Le LAL & la communication

- **Visites grand public** et de **scolaires** sur demande
<http://indico2.lal.in2p3.fr/indico/categoryDisplay.py?categId=123>
- Participation chaque année aux **Masterclasses** du **CERN**
<http://www.physicsmasterclasses.org/index.php?cat=country&page=fr>
- La revue de vulgarisation « **Élémentaire** »
<http://elementaire.web.lal.in2p3.fr>
- Le « **Passeport pour les 2 Infinis** »
<http://www.passeport2i.fr>
- **Sciences-ACO**
<http://www.sciencesaco.fr>
- L'**affiche des composants élémentaires** de la matière
<http://quarks.lal.in2p3.fr/afficheComposants/index.html>

Bonne visite !

La revue Élémentaire

- **Revue de vulgarisation** (2003-2010)
format A4, ≥ 64 pages, en couleur
- **Cible** : grand public avec une formation scientifique niveau secondaire
- **Fil rouge** : le LHC
- **De nombreux sujets abordés** :
 - Grandes questions scientifiques
 - Articles théoriques
 - Perspectives historiques
 - Développements technologiques
 - Retombées
- **8 numéros publiés**
→ 1 thème central pour chaque numéro
- Tous disponibles sur le site de la revue



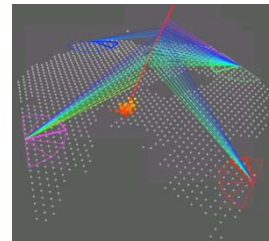
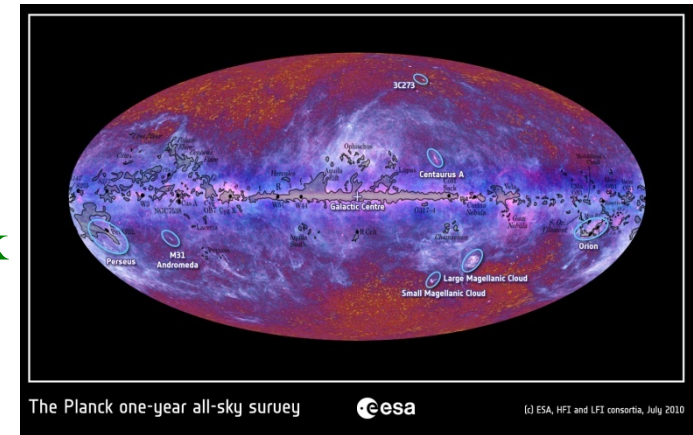
Le Passeport pour les deux infinis

- Un livre **réversible** de 192 pages couleur (Dunod)
 - Côté **pile** : **vers l'infiniment petit**
 - Côté **face** : **vers l'infiniment grand**
- **Courts articles** (2 pages)
 - **Principales notions du domaine**
 - **Description des grandes expériences actuelles** (Planck, LHC, etc.)
 - Quelques fiches plus appliquées + un **glossaire** fourni pour conclure chaque partie
- **Plus de cinquante contributeurs** du CNRS, du CEA et de l'Université
- **Comité de rédaction de sept chercheurs et ingénieurs**
- **Livre disponible gratuitement pour les enseignants du secondaire et du supérieur**
→ **Site web** : <http://www.passeport2i.fr>
- **Fiches pédagogiques** élaborées par des professeurs à partir d'articles du livre
- **Rencontres** avec des enseignants et le grand public
- **DVD** en projet
- **Forum, tutorat, salle virtuelle sur 2nd life**, etc.

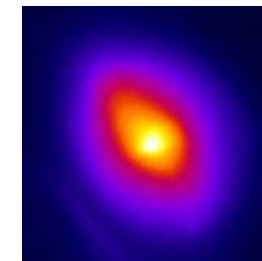
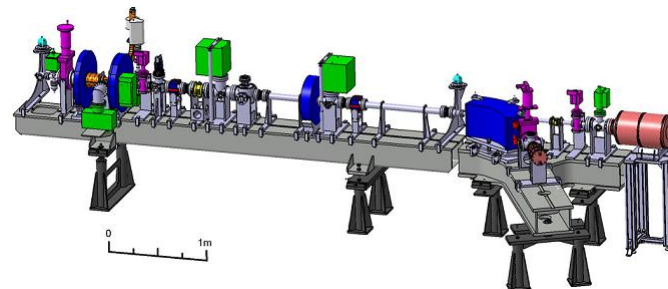


Autres projets

- Première incursion dans le spatial : le satellite **Planck**
→ Premiers résultats : <http://www.planck2011.fr/>
- Expériences sur accélérateurs : **BaBar**, **DØ**, **H1**
- Observatoire **Auger** pour les rayons cosmiques de très haute énergie

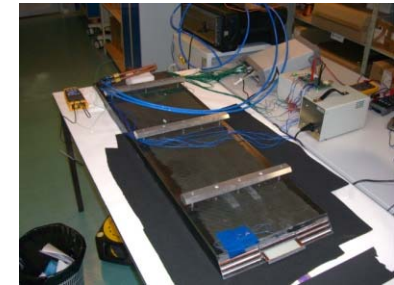
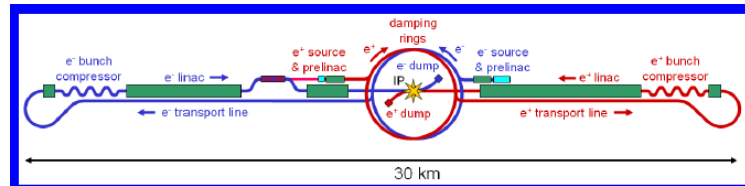


- Etude du neutrino électronique par les détecteurs successifs **NEMO**
- Recherche directe des ondes gravitationnelles par l'interféromètre **Virgo**
- Accélérateurs : **XFEL** en Allemagne, **PHIL** au LAL, **ATF/ATF2** au Japon

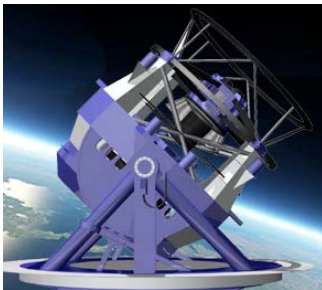


Implications dans les projets du futur

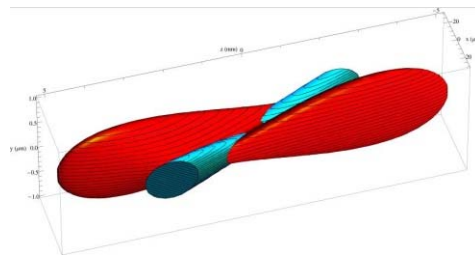
- Prochaine génération de collisionneurs électrons – positrons de haute énergie
→ Projets **ILC** et **Clic**



- Futur télescope **LSST**



- Projet de collisionneur électrons – positrons à plus basse énergie :
la « super usine à mésons B » **SuperB**



- etc.

⇒ Les projets sont aujourd'hui si complexes et si vastes qu'il faut les préparer des années à l'avance. L'enjeu est de démontrer leur faisabilité pour un coût raisonnable.

Activités accélérateur au LAL

- **Développements technologiques novateurs**

- **Conception** d'instruments

→ **THOMX** : <http://sera.lal.in2p3.fr/thomx/>

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

- **Simulations informatiques**

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

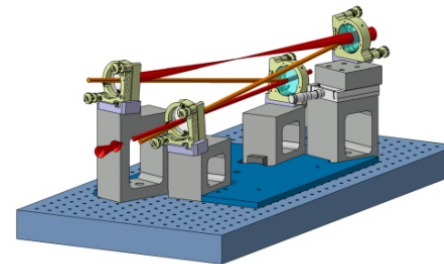
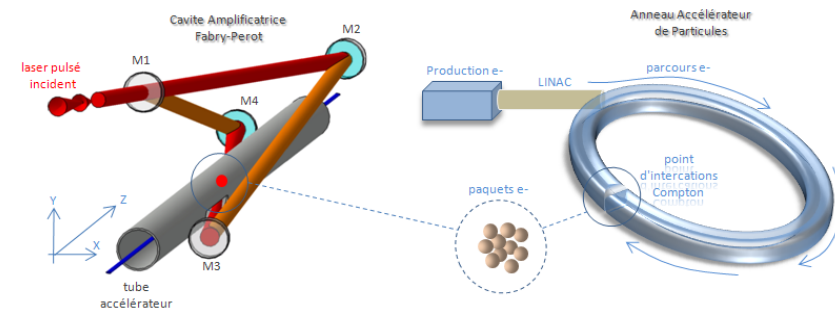
- **Activités de recherche-développement**

- **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



Un exemple d'expérience

- **Collisions à haute énergie entre particules** (électrons ou protons par exemple).
- **L'énergie libérée lors d'une collision sert à créer de nouvelles particules** ($E = Mc^2$) qui sont observées dans de gros détecteurs.
- Les **traces** qu'elles laissent (interactions avec les éléments du détecteur) sont **converties en signaux électriques, récupérées par de l'électronique, traitées par des ordinateurs puis enregistrées** si elles sont intéressantes.
- Ces données sont ensuite **interprétées par les physiciens** pour comprendre les phénomènes qui ont eu lieu lors des collisions. On teste ainsi la qualité des prédictions théoriques en les comparant aux résultats expérimentaux.
- **Il existe d'autres types d'expériences au LAL.**

