

# Festival des Deux Infinis

## Visite du Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

Octobre 2011

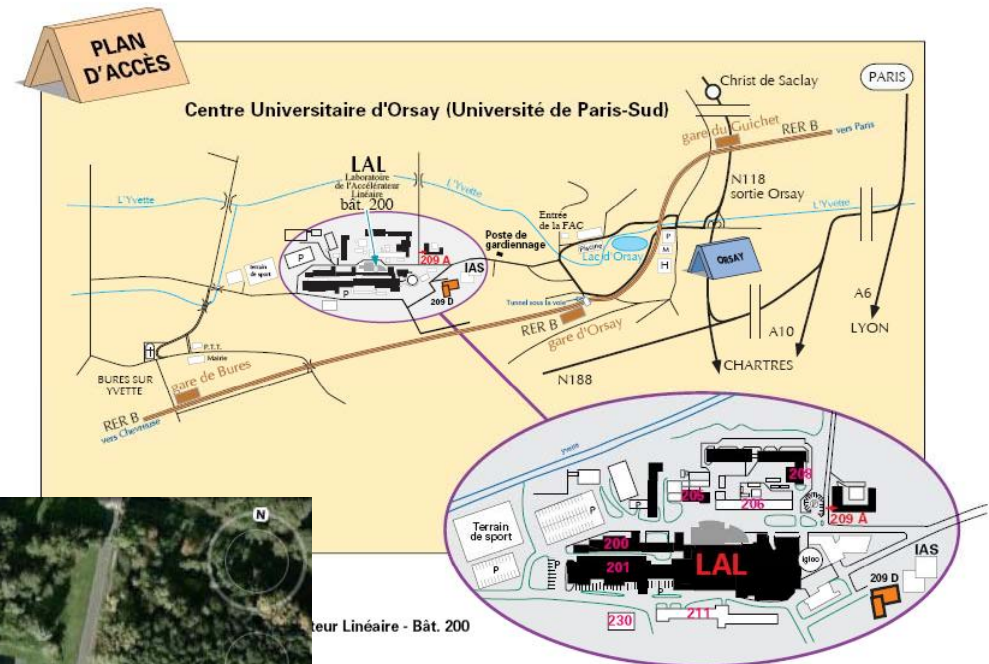
Nicolas Arnaud ([narnaud@lal.in2p3.fr](mailto:narnaud@lal.in2p3.fr))

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



# Présentation générale

- Le LAL est situé sur le campus de **l'Université Paris Sud** (Paris XI), entre Orsay et Bures sur Yvette
- Site web : <http://www.lal.in2p3.fr/>



- Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire : **LAL**

- **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

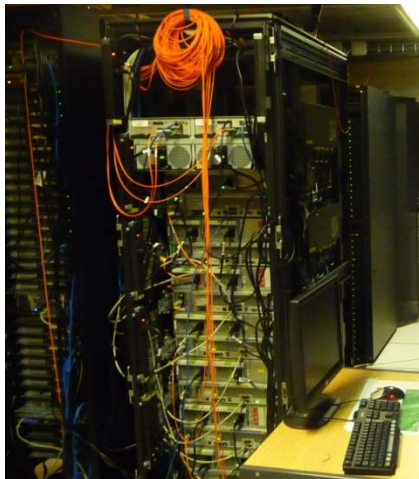
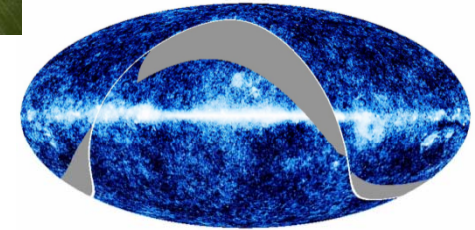


# Présentation générale

- 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
  - ~200 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
- **Six services techniques**, beaucoup d'activités **R&D sur accélérateurs**

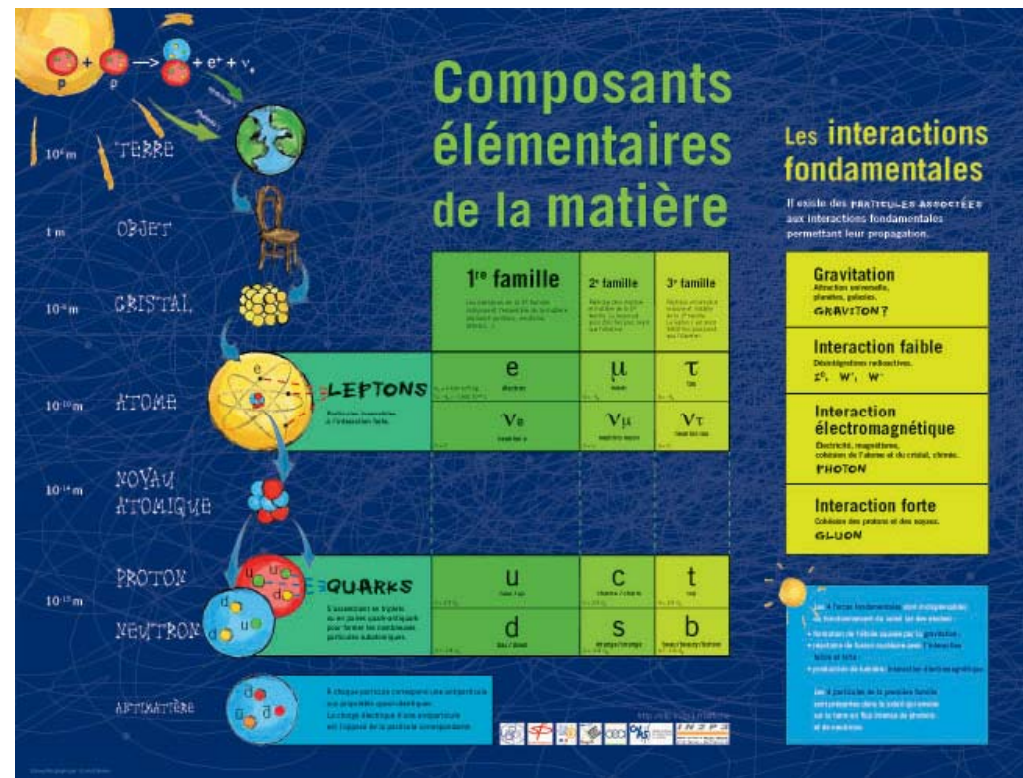


Planck scanning  
2010-01-28



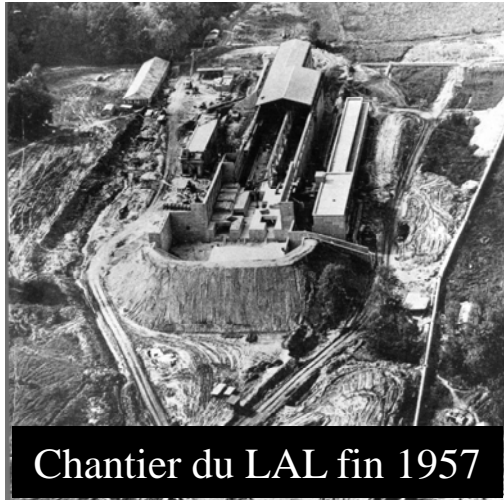
# Le domaine de recherche du LAL

- 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.

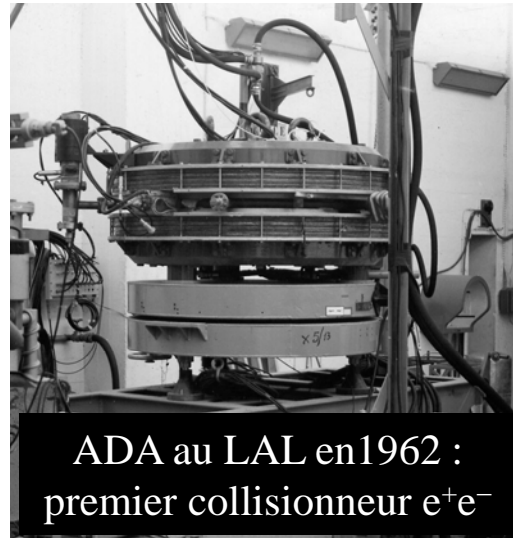


<http://quarks.lal.in2p3.fr/afficheComposants/index.html>

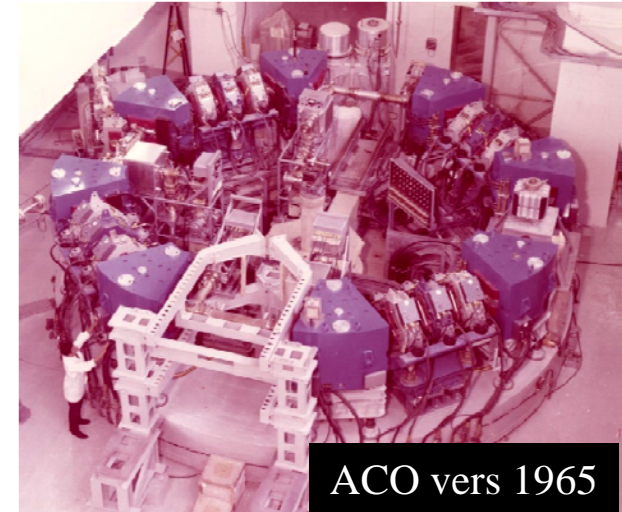
# 1956 – 2010 : survol de l'histoire du LAL



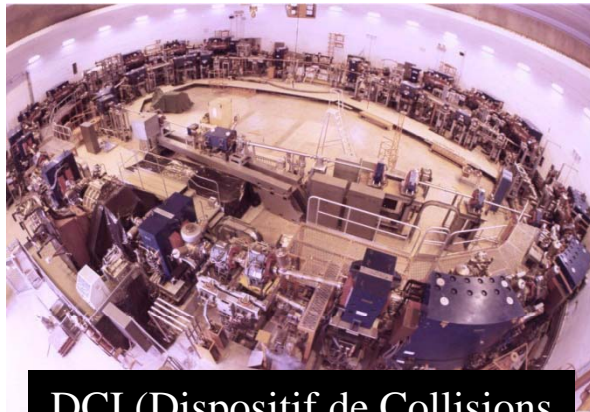
Chantier du LAL fin 1957



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 & 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>

# La revue Élémentaire

- **Revue de vulgarisation** (2003-2010)  
format A4,  $\geq 64$  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 2 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 2<sup>nd</sup> life**, etc.

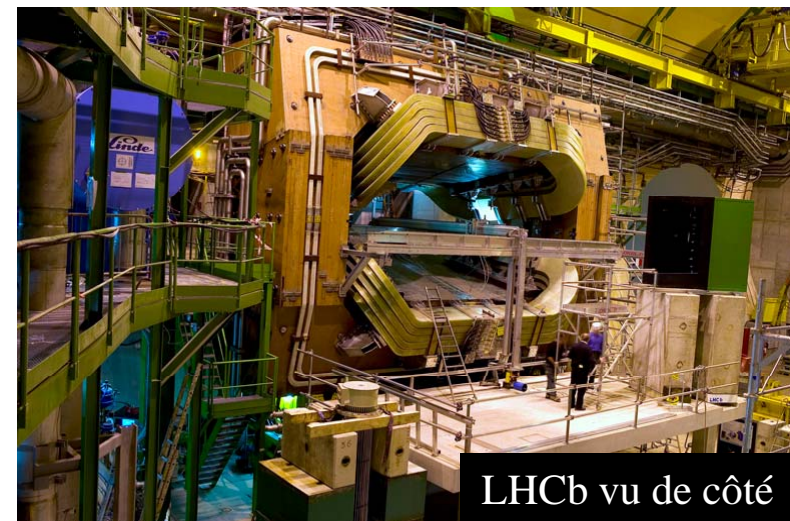
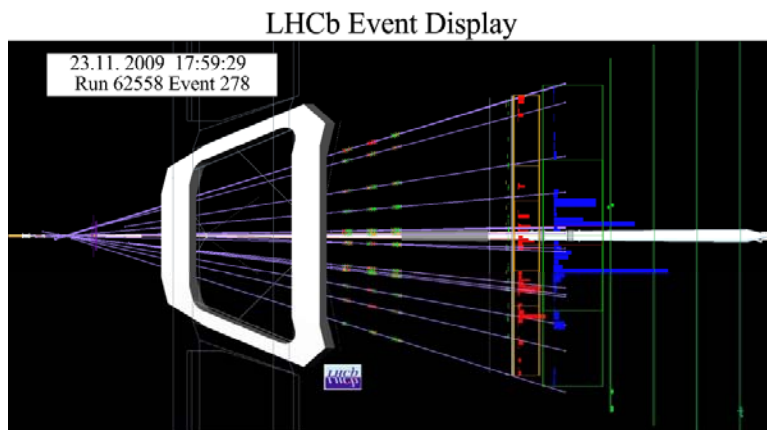


**Bonne visite !**



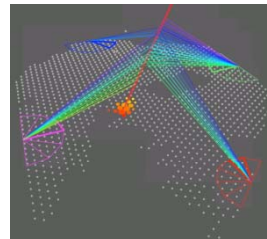
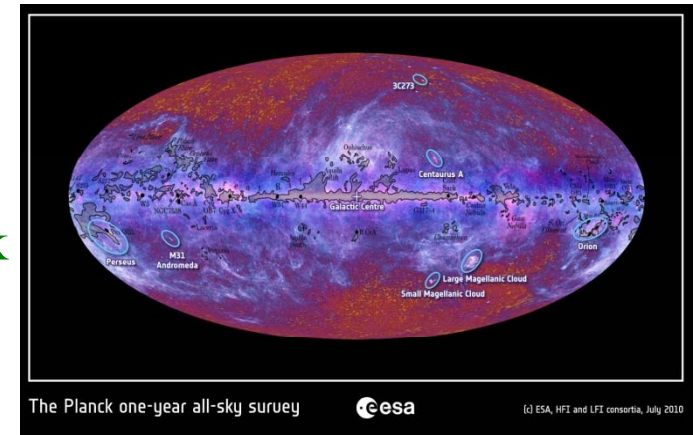
# Physique expérimentale au LAL

- **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**

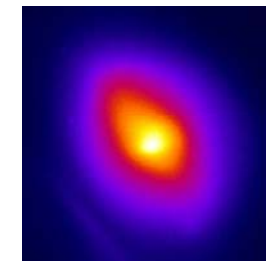
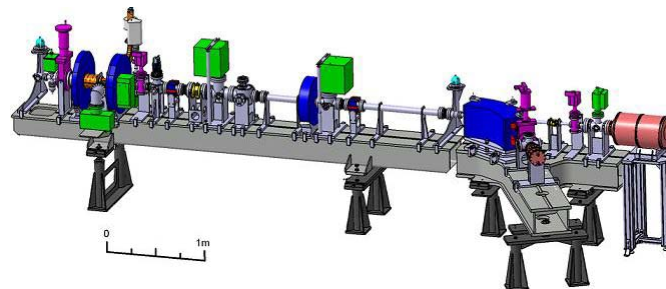


# Autres projets

- 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

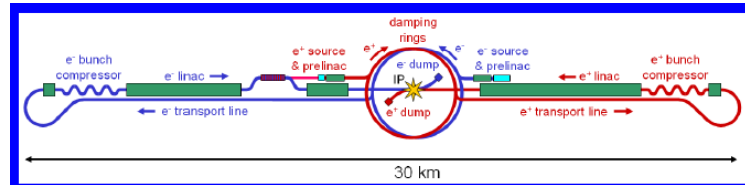


- Etude du neutrino électronique par les détecteurs successifs **NEMO**
- Recherche directe des ondes gravitationnelles par l'interféromètre **Virgo**
- Accélérateurs : **XFEL** en Allemagne, **PHIL** au LAL, **ATF/ATF2** au Japon

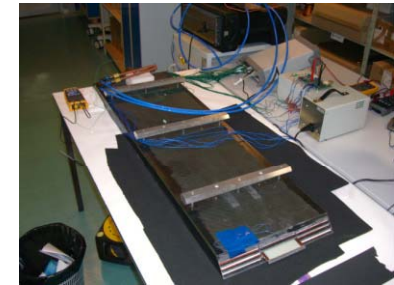
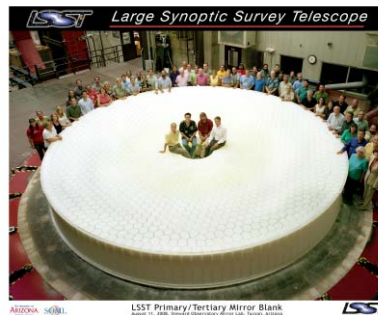
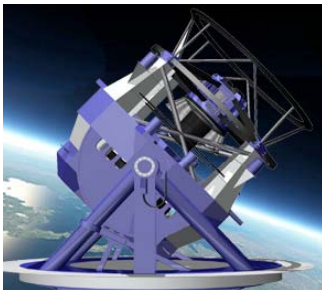


# Implications dans les projets du futur

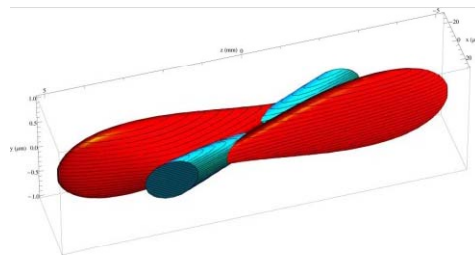
- Prochaine génération de collisionneurs électrons – positrons de haute énergie  
→ Projets **ILC** et **Clic**



- 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.

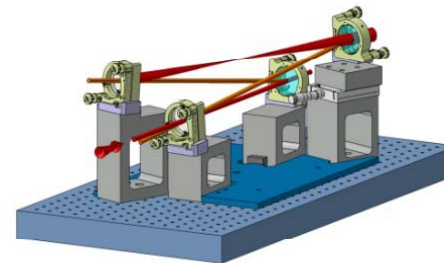
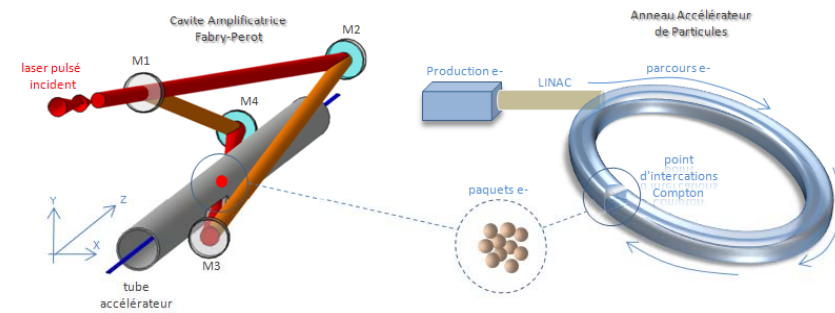
- **Activités de recherche-développement**

- **Contrats avec des industriels**

→ **XFEL** : <http://www.xfel.eu/>

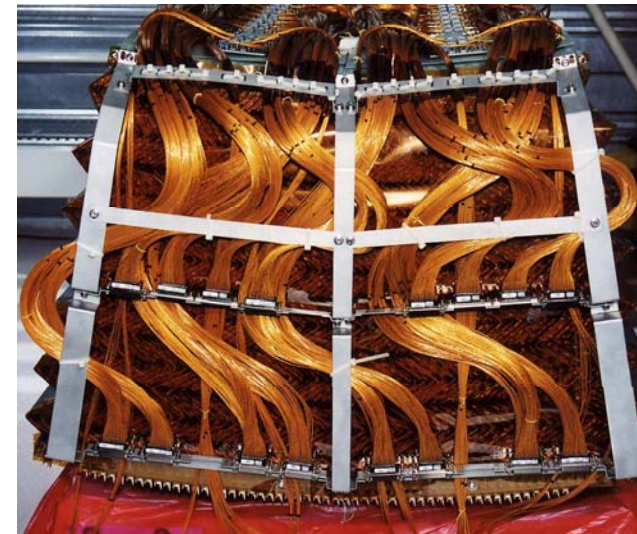
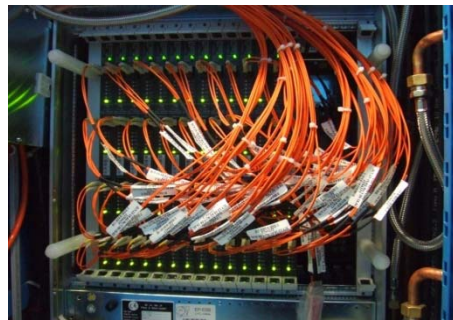
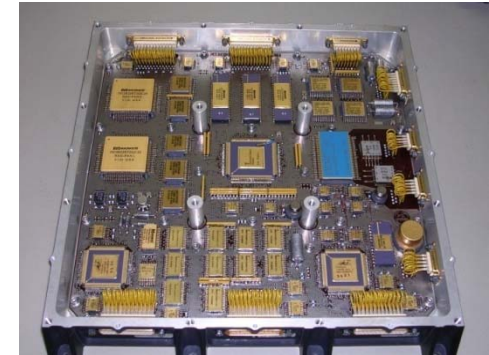
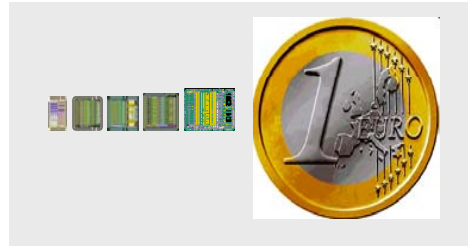
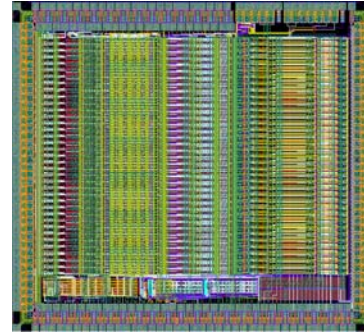
- Grand éventail de projets allant de la **physique fondamentale** à la **physique appliquée**

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



# 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**





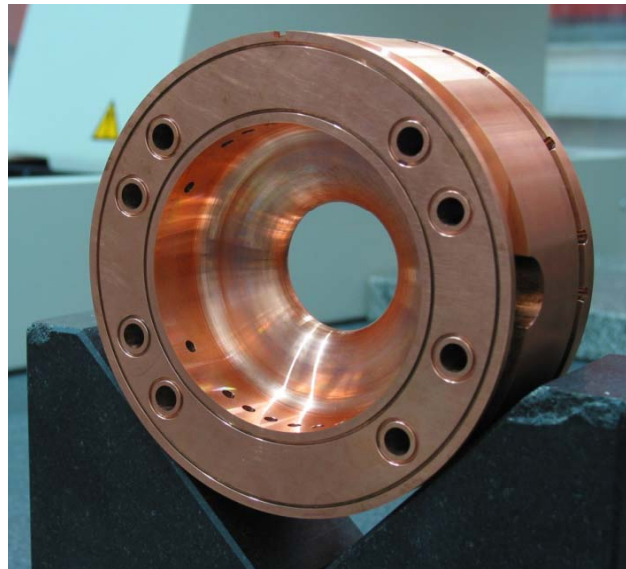
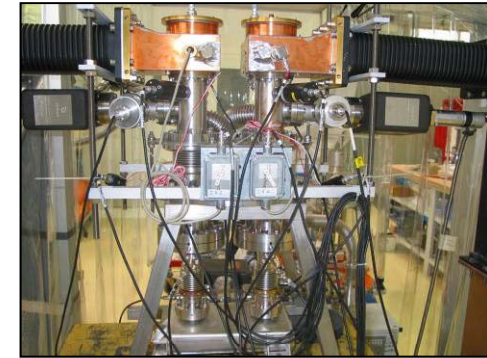
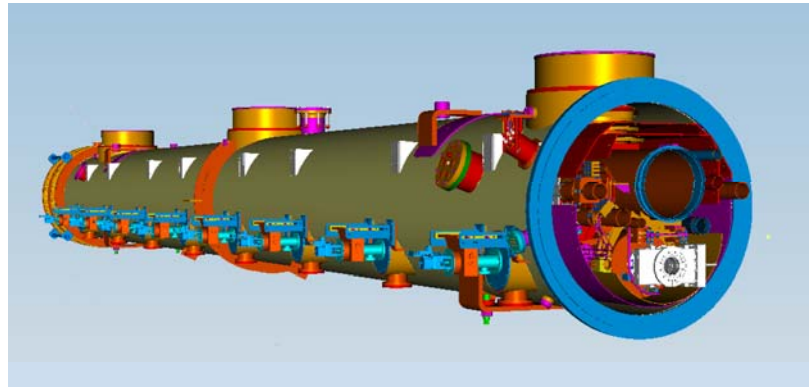
# L'informatique au LAL

- **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



# Les services techniques & administratifs du LAL

- **5 Services techniques**

- Electronique
- Informatique
- Infrastructure, logistique et sécurité
- Développements et technologies en mécanique
- Études et réalisations accélérateurs

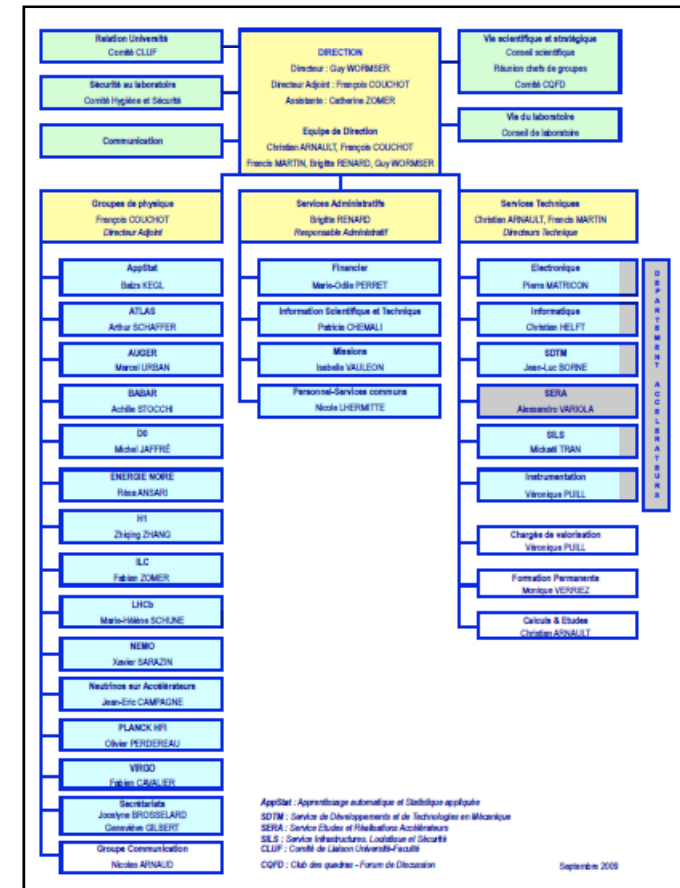
+ 1 département accélérateur transverse aux services

- **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



# 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.**

