

CHAPITRE 2

LE LABORATOIRE DE L'ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE



Le Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL) est un gros laboratoire de recherche fondamentale centré sur la physique « des deux infinis » : d'un côté l'étude des composants ultimes de la matière, les particules élémentaires ; de l'autre, la cosmologie avec l'histoire, la composition et l'évolution de l'Univers. Comme son nom l'indique, le LAL est depuis sa fondation en 1956 étroitement lié aux accélérateurs de particules, tant sur le plan de la physique qu'au niveau des développements technologiques associés.



Entrée du LAL.

Le LAL est une unité mixte de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et de l'Université Paris-Sud. Les physiciens du laboratoire sont donc soit des chercheurs du CNRS, soit des enseignants-chercheurs. De façon générale, le LAL est très impliqué dans les activités d'enseignement à tous les niveaux – licences, masters, écoles d'ingénieurs – et une dizaine d'étudiants y débutent une thèse chaque année. En plus de la recherche, le LAL s'investit beaucoup dans les activités de vulgarisation qui s'adressent aux scolaires et aux étudiants, à leurs professeurs ainsi qu'au grand public. Deux exemples : la revue *Élémentaire* (<http://elementaire.web.lal.in2p3.fr>) dont le comité de rédaction était formé en majorité de personnels du LAL et le partenariat de longue date

du laboratoire avec l'association Sciences-ACO (<http://www.sciencesaco.fr>) dont la mission principale est de faire visiter l'Anneau de Collisions d'Orsay (ACO), un ancien accélérateur du LAL maintenu en l'état et inscrit à l'inventaire supplémentaire des Monuments Historiques.

Le LAL compte environ 120 chercheurs répartis en une douzaine de groupes. Les équipes les plus nombreuses travaillent sur ATLAS et LHCb, deux expériences du LHC (au CERN en Suisse). Comme toujours, les contributions du LAL vont des développements techniques (design, construction, mise en service et maintenance de détecteurs) aux analyses de physique les plus pointues. Côté cosmologie, l'expérience phare est actuellement le satellite Planck, lancé au printemps 2009 et qui a balayé plusieurs fois l'ensemble du ciel pour mesurer les caractéristiques du rayonnement de fond diffus cosmologique, émis 300 000 ans après le Big Bang lorsque l'Univers est devenu transparent. Après avoir contribué à l'ordinateur de bord du satellite ainsi qu'au détecteur HFI, l'équipe du laboratoire se concentre maintenant sur l'extraction des résultats de physique qui seront publiés dans les prochains mois. Au-delà du CERN et de l'espace, le LAL est présent dans de nombreux grands projets internationaux : les expériences DØ et BaBar aux Etats-Unis ; l'observatoire Pierre Auger en Argentine ; les détecteurs NEMO successifs au laboratoire souterrain de Modane (dans le tunnel du Fréjus) ; l'interféromètre géant Virgo pour la détection directe d'ondes gravitationnelles en Italie ; la recherche de matière noire et d'énergie noire avec LSST ou BAO-radio. Le LAL prépare également le futur avec des développements pour le programme d'amélioration des détecteurs du LHC, le futur collisionneur linéaire, l'expérience JEM-EUSO sur la station spatiale internationale et le projet SuperB d'usine à saveurs de nouvelle génération en Italie.

Si le grand accélérateur linéaire qui a donné son nom au laboratoire a été arrêté fin 2004 puis démantelé, l'engagement du LAL dans le domaine des accélérateurs de particules est toujours resté important. Aujourd'hui, le LAL achève la construction d'un accélérateur d'électrons de 10 MeV, PHIL, dont les activités de R&D permettront le développement des injecteurs de demain. PHIL sera également ouvert à une large communauté d'utilisateurs qui pourront y réaliser des expériences sur faisceau. De plus, le LAL a la responsabilité de la fabrication et du conditionnement des 640 coupleurs du laser à électrons libres de nouvelle génération XFEL qui sera construit à DESY en Allemagne. Ce marché de plusieurs millions d'euros nécessite un partenariat fort entre le laboratoire et des industriels comme Thales. D'autre part, le LAL a lancé

la construction d'une source compacte de rayons X innovante, ThomX, qui fournira des faisceaux dans un bâtiment proche du laboratoire. Cet équipement d'excellence (labellisé EQUIPEX mi-2011) aura de nombreuses applications, du médical à l'étude non-invasive d'œuvres d'art. De par sa taille réduite et son coût relativement modique, ThomX est susceptible d'intéresser de nombreux laboratoires ou industriels dans le monde. Des activités plus fondamentales sont également en cours, comme par exemple la mise au point de faisceaux d'émission record avec la ligne ATF-2 au Japon.

Les succès du laboratoire reposent en premier lieu sur des services techniques et administratifs de grande qualité, regroupant au total 200 ingénieurs et techniciens. Les services électronique, mécanique, informatique et études et réalisations d'accélérateurs développent, réalisent, installent et maintiennent des éléments essentiels des expériences dans lesquelles le LAL est engagé, à la fois localement et dans les plus grands laboratoires du monde. Les services du personnel, financier, missions ou encore infrastructure et logistique, gèrent le personnel du laboratoire et permettent la réalisation dans les meilleures conditions de tous les projets du LAL.

L'histoire du LAL est très riche, comme l'ont montré les festivités à l'occasion du cinquantenaire du laboratoire en 2006. Construit sous l'impulsion du professeur Yves Rocard du laboratoire de physique de l'Ecole Normale Supérieure autour d'un grand accélérateur linéaire à la pointe des technologies de l'époque, le LAL a obtenu ses premiers succès dès le début des années 1960. Citons en particulier l'observation des premières collisions électron-positron en 1963 dans l'anneau AdA – construit au laboratoire INFN de Frascati (Rome) et transporté à Orsay pour bénéficier de l'injecteur du LAL – et le démarrage de l'Anneau de Collisions d'Orsay (ACO) en 1965. Après avoir permis des mesures très importantes en physique des particules, ACO puis Super-ACO verront les débuts de l'utilisation du rayonnement synchrotron dans de nombreuses expériences de physique (science des matériaux, observation de réactions chimiques, etc.). Le Laboratoire pour l'Utilisation du Rayonnement Electromagnétique naîtra ainsi du LAL en 1973 et en deviendra indépendant en 1985. Aujourd'hui, le LURE est devenu le synchrotron SOLEIL sur le plateau de Saclay, une source de lumière de troisième génération extrêmement performante.

Jusqu'au début des années 1970, le LAL a réalisé des expériences locales sur des anneaux de collisions alimentés par le grand accélérateur linéaire dont l'énergie maximale était de 2,3 GeV. La série s'est close avec le détecteur DM-2

sur le collisionneur DCI (« Dispositif de Collisions dans l'Igloo »). En parallèle se sont développées des collaborations sur des expériences extérieures, en premier lieu au CERN. Ainsi, le LAL a activement participé à l'expérience Gargamelle sous l'impulsion de son directeur, André Lagarrigue. Plus d'un million de clichés d'événements furent réalisés dans cette chambre à bulles ; quelques-uns permirent en 1973 la découverte des « courants neutres », une prédiction essentielle du Modèle Standard électrofaible. Le partenariat avec le CERN s'est intensifié dans les années 1980-1990 avec la découverte des bosons W et Z (expérience UA2 sur le collisionneur proton-antiproton Sp \bar{p} S) suivie des mesures précises de leurs caractéristiques et de leurs propriétés (expériences ALEPH et DELPHI sur le collisionneur électron-positron au LEP). Aujourd'hui, l'engagement du LAL envers le CERN est illustré par son implication dans les expériences ATLAS et LHCb sur le LHC.

L'histoire du LAL est donc une grande aventure ponctuée de nombreuses réussites sur les plans scientifique, technique, et humain. Bien loin de se reposer sur son passé, le laboratoire est pleinement impliqué dans les grands défis actuels : recherche de nouvelle physique au-delà du Modèle Standard, compréhension des lois qui gouvernent l'Univers et études de ses caractéristiques, applications sociétales issues de recherches fondamentales, etc. Il se prépare ainsi un futur prometteur, riche de découvertes et d'avancées scientifiques, fondamentales comme appliquées.



Le photoinjecteur PHIL.