

LES PROCHAINS COLLISIONNEURS

Même si les premières découvertes du LHC sont toutes récentes, les scientifiques réfléchissent déjà aux collisionneurs de prochaine génération pour la physique des particules, lesquels pourraient entrer en service dans une ou deux décennies, voire bien plus tard.



Prototypes
d'aimants pour la
focalisation des
faisceaux de l'ILC

Ces aimants sont conçus pour guider et comprimer les faisceaux de l'ILC. Pour obtenir la luminosité escomptée, il faudra comprimer plus de 10 milliards d'électrons et de positrons dans des faisceaux d'environ 5 nanomètres de hauteur sur 500 nanomètres de largeur, tout en les pilotant avec soin pour qu'ils entrent en collision, le tout à une cadence élevée.

La taille d'un collisionneur dépend de plusieurs facteurs : le type de particules accélérées, l'énergie des faisceaux et la luminosité (c'est-à-dire le taux de collisions). Et elle est choisie au final en tenant compte de deux contraintes principales : le financement alloué au projet et les technologies disponibles pour le réaliser lorsqu'il est approuvé.

Le rayon d'un collisionneur *circulaire* (comme le LHC) est un com-

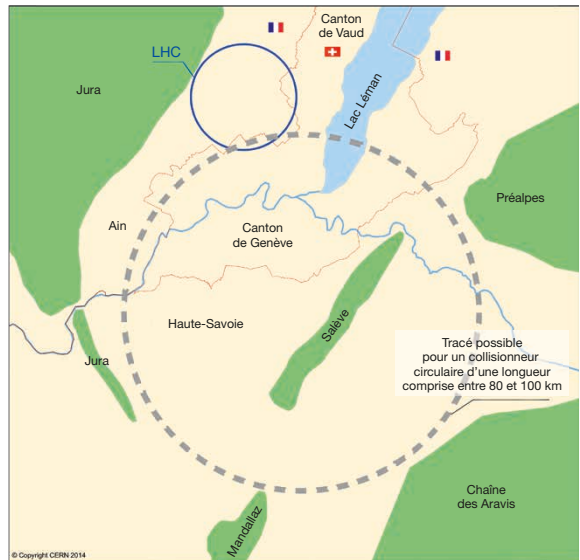
promis entre la nécessité de contrôler les pertes par rayonnement synchrotron (d'autant plus élevées que la particule accélérée est énergétique et légère) et son encombrement. Son énergie dépend également de l'intensité du champ magnétique fourni par les aimants dipolaires qui courbent les trajectoires des particules. Lesquelles sont forcément des protons, puisqu'elles doivent être stables et massives. Revers de la médaille : les protons sont des particules composites et leurs collisions sont beaucoup plus complexes que celles entre particules élémentaires, par exemple électron-positron.

Un collisionneur *linéaire* (comme l'ILC et CLIC, réunis aujourd'hui dans un projet commun, la collaboration « Collisionneur Linéaire », LC) n'a pas de problème avec le rayonnement synchrotron : il peut donc utiliser des électrons pour réaliser des mesures de précision. Par contre, il n'a pas la possibilité d'accélérer ces particules tour après tour dans un anneau de stockage circulaire. Les cavités accélératrices doivent alors être mises bout à bout : malgré l'amélioration significative de leurs performances, l'accélérateur pour-

rait faire au final plusieurs dizaines de kilomètres de long. De plus, les paquets de particules produits puis accélérés sont perdus après un seul croisement alors qu'ils peuvent tourner des heures durant dans un collisionneur circulaire. Ainsi, pour être compétitif sur le plan de la quantité de données accumulées, un collisionneur linéaire doit comprimer les faisceaux à un niveau record pour que suffisamment de collisions simultanées se produisent lors du croisement de deux paquets.

À toutes ces considérations technologiques viennent s'ajouter des contraintes politiques et économiques. Lors de la construction d'un nouvel accélérateur, il est d'usage que le pays hôte prenne en charge une part importante du financement du projet, en particulier les infrastructures. La difficulté de rassembler au même endroit ressources financières et technologiques se voit bien au niveau des deux projets actuels de « futur collisionneur circulaire » (FCC) : l'un autour du CERN, l'autre en Chine. Le CERN a prouvé qu'il savait construire ce type de machine mais son projet phare est, encore pour de nombreuses années, le LHC. A contrario, la Chine a l'ambition de se doter d'infrastructures de recherche de pointe, mais elle n'a pas l'expérience de collisionneurs géants de haute énergie. Quant au LC, le Japon a manifesté son intérêt pour accueillir une telle installation. Mais il réserve sa réponse dans l'attente des prochains résultats du LHC et a demandé une évaluation précise des coûts de construction, de fonctionnement et enfin de démantèlement de l'accélérateur.

Les chercheurs envisagent aussi d'autres approches, complémentaires, pour mettre en évidence des phénomènes nouveaux : augmenter la luminosité d'un accélérateur plutôt que l'énergie des collisions, afin d'accumuler une quantité importante de données et d'être ainsi sensible à de petites déviations par rapport au Modèle Standard ; se spécialiser sur une désintégration a priori extrêmement rare, mais qui pourrait être plus fréquente en présence de nouvelle physique ; ou encore étudier plus en détail les propriétés des particules déjà connues, comme le quark top ou les neutrinos. Laquelle de ces approches fournira-t-elle les premières informations sur la physique au-delà du Modèle Standard ? Les paris sont ouverts !



Implantation possible pour le projet de collisionneur circulaire FCC

En pointillés : tracé possible pour le projet de futur collisionneur circulaire (FCC) qui devrait faire environ 80 km de circonférence, contre 27 km actuellement pour le LHC (trait continu). L'anneau évite les principaux massifs montagneux de la région mais passe sous le lac Léman.