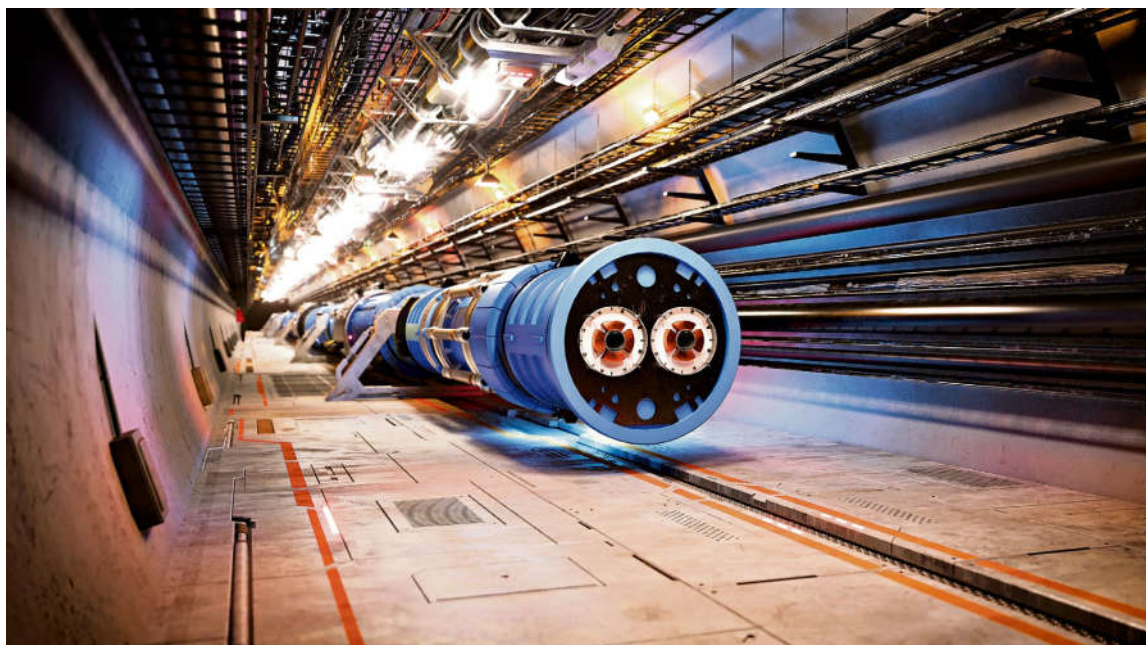


RECHERCHE

Alors que l'organisme européen peau5ne le design de son Futur Collisionneur circulaire de particules, l'Académie chinoise des sciences a détaillé son projet concurrent. Un premier rapport détaillé con5rme la volonté de Pékin de prendre l'Europe de vitesse



Représentation artistique du tunnel pour le FCC-hh (collisionneur proton-proton). (PIXELRISE/CEPC)

Le CERN conservera-t-il sa suprématie?

DENIS DELBECCO
X @e'etsdjeterre

Des décennies que le Vieux-Continent domine la physique des particules. C'est ainsi au CERN que les physiciens ont enfin débusqué – en 2012 dans l'anneau souterrain de 27 km, le plus long du monde – le boson de Higgs, la dernière des particules fondamentales qui résistait à l'expérience. De quoi réaffirmer la suprématie à long terme de l'Europe. Mais la montée en puissance de la science chinoise pourrait rebajr les cartes.

La physique des particules requiert d'immenses instruments pour pousser la matière dans ses infimes retranchements: il faut créer des collisions entre particules lancées à des vitesses toutoyant celle de la lumière. Or, plus une masse est rapide, plus elle est pesante, et plus il faut d'énergie pour poursuivre son accélération.

Les physiciens aspirent donc à une machine aux dimensions inédites. C'est le projet de Futur Collisionneur circulaire (FCC) que porte le CERN: un tunnel de 91 km, qui devra affiner notre connaissance du boson de Higgs et d'autres particules fondamentales, avec l'espoir de répondre aux nombreuses questions en suspens sur l'univers. Un exemple: la science n'observe que 5% de l'énergie de l'univers. De quoi sont faits les 95% qui échappent encore à nos instruments?

Le choix de ce j circonférence ne doit rien au hasard: il permet ra de délivrer in fine une énergie de collision de 100 TeV*, sept fois plus que celle fournie par le Grand Collisionneur de hadrons (LHC) installé dans l'anneau actuel du sous-sol franco-suisse. C'est l'ordre de grandeur réclamé par les physiciens et cela tombe bien: une machine plus grande dans ce j région obligerait à forer sous les massifs jurassien et/ou alpin!

Le coup de semonce allemand L'organisation procéderait en deux étapes. Le nouveau tunnel serait d'abord dédié aux collisions entre électrons et leur antiparticule (positon), avec une énergie maximale de 365 GeV. C'est le FCC-ee, dont la mise en service pourrait se faire vers 2045. Puis, après quinze

années d'exploitation, l'équipement serait remplacé pour accueillir des faisceaux de protons et d'antiprotons – particules 1800 fois plus massives que les électrons – vers 2070. Mais nous en sommes loin: il faut déjà percer le tunnel et y installer le FCC-ee ce qui représente un budget considérable, estimé aujourd'hui à 16 milliards de francs.

Jusque-là, les responsables du projet affichaient un bel optimisme. Mais en début d'année, le rendu d'un rapport d'étape de l'étude de faisabilité technique et financière du FCC a fait grincer quelques dents. Après Berne et Paris, qui ont réclamé que le CERN revole sa copie, Berlin a provoqué une véritable secousse, a rmant que le projet est «inabordable» et que «l'Allemagne n'est pas en mesure de fournir le financement prévu». Or ce pays est le premier contributeur au budget du CERN, lequel doit couvrir la majeure partie du coût du FCC. L'Allemagne semble exiger un gros ort financier des pays hôtes, la France et la Suisse avant d'accepter de signer son chèque.

La Chine fourbit ses armes

Un autre nuage est venu depuis assombrir l'horizon européen. La Chine, a publié le 3 juin le rapport de design technique du CEPC, un collisionneur circulaire de 100 km, très proche du FCC-ee. Le document table sur un coût trois fois moindre que ce dernier. Si raisonnable que la Chine pourrait tromper la suprématie européenne sans financements extérieurs.

«Nous sommes dans le bon timing, serjoui Jie Gao, del'Institut de physique des hautes énergies (Académie chinoise des sciences), premier auteur du rapport. Nous rédigeons une proposition qui sera soumise au gouvernement, afin que le CEPC soit inscrit au 15e plan quinquennal (2026-2030)». Le premier coup de pioche pourrait alors être donné dès 2027, avant la prise de décision européenne. «Nous visons une mise en service en 2035». Ce serait dix ans avant le FCC!

S'il est encore teinté d'incertitudes et moins sûr que celui du CERN, le dossier chinois est techniquement solide. D'ailleurs, l'Académie chinoise des sciences sest adjoint les services de physiciens de laboratoires internationaux pres-

tigeux pour s'en assurer. Seuls les Américains manquent à l'appel, compte tenu du contexte géopolitique tendu entre les deux pays.

Des scientifi ques du CERN adoubent le projet chinois

Plus étonnant encore, la longue liste des contributeurs du rapport chinois contient des noms de scientifiques du CERN, al' image del'Allemand Frank Zimmermann. Au sein del'organisation, l'évocation des collaborations provoque des sourires gênés. «Le nombre de contributeurs de notre organisation à ce rapport est faible en regard de ses 2500 collaborateurs et 15 000 usagers, évacue Michael Benedikt, qui dirige l'étude de faisabilité du FCC. A un stade si précoce, ces rapports reposent en partie sur des débats qui se déroulent lors de conférences scientifiques ouvertes. Il n'est pas surprenant de voir ces liens internationaux, je dirais même que c'est positif». Au CERN toujours, Patrick Janot voit cela comme une bonne nouvelle: «Le fait de disposer d'une seconde étude, indépendante, sur une machine similaire — conçue ailleurs et par d'autres personnes — confirme la robustesse de nos estimations. Notre intention est bien de construire le FCC indépendamment de tout autre projet.» «Ce sera aux Etats membres et aux partenaires de décider comment avancer, renchérit Michael Benedikt. Ce j e décision stratégique et politique sera prise une fois que l'on connaîtra la décision de la Chine.» Si la faisabilité technique du FCC ne fait guère de doute, qu'en est-il de celle du CEPC? «Je ne suis pas convaincu qu'il sera facile de mener un projet si ambitieux en aussi peu de temps, d'autant que leur site n'a pas été choisi», répond Michael Benedikt. Ce n'est qu'une fois celui-ci connu que l'on peut a ner la géologie du sous-sol, ce que nous allons entamer dans quelques mois pour le FCC afin de fixer sa profondeur exacte.»

Pour Jean-Claude Brient, du Laboratoire français Leprince-Ringuet (École polytechnique) dont il a été le directeur, qui a signé la revue technique du projet chinois, la Chine possède le savoir-faire nécessaire. «Il s'agit énormément progressé. On croise depuis longtemps des étudiants et postdocs chinois dans les cantines

du CERN, du laboratoire américain de Brookhaven et de beaucoup d'autres. La Chine a compris comment rattraper son retard scientifique.» C'est en abreuvant ses futures élites aux meilleures sources internationales que l'Empire du Milieu fait désormais la course en tête en cryptographie quantique et qu'il se développe au pas de charge dans le nucléaire, les énergies renouvelables, le spatial, etc. «Les réunions à propos du CEPC mobilisent des centaines de jeunes physiciens, étudiants, de postdocs. Il y a un dynamisme considérable autour du projet. C'est impressionnant.»

Le budget du CEPC chinois est-il réaliste?

Comment expliquer ce gouffre financier entre les budgets de deux machines? Une partie de la réponse jaillit à la lecture du rapport chinois: le document de 1000 pages indique que – c'est l'usage en Chine – les dépenses de main-d'œuvre ne sont pas incluses! Le document conçoit aussi que des experts internationaux ont suggéré de porter la provision pour contingences de 8% à 20% de l'investissement, proposition non retenue: «pour répondre aux exigences de la Commission du développement et de la réforme». Un coup de goume de 500 millions de francs sur l'addition finale...

«Une sous-estimation des coûts est-elle un moyen d'afficher un budget plus présentable, s'interroge Frank Zimmermann. Je pense qu'il y a un volet politique. Le montant affiché ne représenterait-il qu'une partie du total, parce que le tunnel serait payé par un gouvernement local? Ce total de 4,5 milliards de francs interroge.» Pour Michael Benedikt, «le chi rage du CEPC ne repose pas sur des données objectives comme les nôtres, il a été imposé en haut lieu. Depuis douze ans les chinois travaillent sur les CEPC, beaucoup de choses ont évolué mais l'addition est toujours là même!»

De Pékin, Jie Gao s'en défend. «Notre coût de construction repose sur la consultation de trois entreprises de génie civil pour trois sites éventuels, qui ont donné des estimations proches, dans une fourchette de 20% environ.» Et la non prise en compte de la main-d'œuvre? «Ce n'est pas mon

aire. Ce budget est le maximum que pourra exiger la société choisie pour construire le tunnel.» La modestie de ce j e facture serait liée à des coûts de génie civil, des composants et des matériaux nettement moins élevés en Chine qu'ailleurs. «Si nous avions obtenu un prix équivalent à celui du FCC, cela aurait défié le sens commun!»

Une autre raison du grand écart financier se trouve dans la performance de la machine elle-même. Si le CEPC est un peu plus long et de plus grand diamètre que le FCC, il disposera, à ce stade, d'outils moins puissants qui limiteront sa luminosité, la capacité à produire un grand nombre de collisions en un temps donné. De même, l'instrument esquissé ne pourra abriter que deux expériences simultanées, contre quatre pour le FCC.

«La Chine a compris comment ra, raper son retard scientifique. Ils ont énormément progressé»

JEAN-CLAUDE BRIENT, ANCIEN DIRECTEUR DU LABORATOIRE LEPRINCE-RINGUET

Reste un sujet épineux: la physique a-t-elle vraiment besoin de deux instruments si ressemblants? «Bonne question, admet Frank Zimmermann. La réponse n'est pas simple. Quand les Américains ont entrepris de construire le SSC — un anneau de 87 km — le CERN n'a pas renoncé au LHC et tant mieux puisque le SSC a été vite arrêté. Pour moi, l'Europe ne doit pas renoncer au FCC. D'autant que la concurrence risquerait d'aler plus de partenaires vers le CERN.» C'est ce que laisse penser la signature fin mai d'un accord entre la Maison-Blanche et le CERN qui réaffirme l'intention américaine de participer à la construction (et à l'utilisation) du FCC. «Des représentants américains ont évoqué un ordre de grandeur de 1 à 3 milliards de francs.»

Pour Jean-Claude Brient, l'Europe doit mettre les bouchées doubles pour rresser son calendrier. «On voit mal, hélas, comment elle pourrait gagner plus de quelques mois.» «Nous avons déjà avancé de trois ans la mise en service du FCC», répond Michael Benedikt. Pourrait-elle l'être de quelques années supplémentaires?

Ce sera très difficile car le CERN mène en parallèle un autre chantier qui mobilise cerveaux et budgets, la transformation du LHC en LHC-HL – plus lumineux que son prédécesseur. Pourrait-on raccourcir son exploitation (15 ans) et ainsi libérer des fonds pour accélérer la construction du FCC? «C'était un sujet tabou jusque-là, mais ce ne l'est plus, explique Jean-Claude Brient. Certains commencent à en parler au sein du Comité européen pour les accélérateurs futur (ECFA).» Le physicien espère que l'Europe pourra clarifier son plan de financement, comme l'Allemagne l'a demandé. «Le LHC a été porté à 95% par l'Europe et les contributeurs du CERN. Cela semble compliqué de procéder de la même manière pour le FCC. S'il faut envisager un financement planétaire, il faudra en passer par des négociations diplomatiques qui sont compliquées. C'est cela qui a empêché le projet d'accélérateur japonais ILC soit approuvé. Tokyo n'a jamais réussi à mener des discussions concrètes, chiffrées, avec l'Europe et les Etats-Unis.»

«Toute la communauté internationale s'accorde sur la nécessité de construire un instrument géant. Peu importe qu'il soit linéaire ou circulaire et peu importe où il se trouvera, résumé, philosophe, Jie Gao. La physique a besoin d'un moins une nouvelle machine. Elle sera ouverte à une très large collaboration internationale: comme cela a toujours été le cas dans ce domaine. Bien sûr chacun espère être le premier, mais ce j e concurrence est très saine. Elle nous stimule pour notre objectif commun au service de l'humanité.»

* L'électron-volt correspond à l'énergie acquise par un électron accéléré par un potentiel électrique d'un volt.