

La science du CERN et le FCC

Groupe Savoir & Comprendre CoCERNés

Version 2025-02-10

Le rapport de Noé21¹ présente une argumentation détaillée justifiant l'opposition à la construction du FCC. Ce petit document apporte quelques compléments pour mieux comprendre ce que fait le CERN, ce qu'il veut faire avec le FCC, quelles sont les critiques provenant des physiciens eux-mêmes, et pourquoi la manière de faire de la science au CERN est peu compatible avec une vision démocratique.

1. Que fait le CERN ?

Depuis 1954 le CERN est l'un des principaux centres de recherche en physique des particules. Historiquement la recherche en physique des particules a procédé en produisant des "modèles" qui disent quelles sont les particules qui existent (de quoi l'univers est constitué) et comment elles interagissent.

1. Le modèles atomique

Au début du XXe siècle (1897-1932) on met peu à peu en évidence la notion d'atome. On découvre que le noyau atomique est composé de protons et de neutrons, et que des électrons orbitant autour du noyau forment une sorte de nuage électronique.

Le modèle atomique, associé à la mécanique quantique, explique très bien tous les phénomènes que l'on observe en chimie : en particulier comment les atomes se lient pour former des molécules. Par contre il n'est pas suffisant pour expliquer les phénomènes similaires à la radioactivité que l'on découvre au début du XXe siècle.

2. Le modèle standard

L'analyse de certaines expériences sur la radioactivité et avec de nouveaux types de détecteurs a montré qu'il existe d'autres particules, comme les neutrino et mésons. D'autre part, dès 1905 Einstein introduit l'idée que la lumière, en plus d'être une onde, est elle-même composée de particules (baptisées photons après 1926). De Broglie affirme par la suite que toute particule est également une onde (1924), ce qui est rapidement démontré expérimentalement. Dans les années 1960 le modèle standard prend peu à peu forme avec la prédiction des quarks (constituant des protons, neutrons et mésons) et des bosons W, Z, et finalement la particule de Higgs. Les particules du modèle standard seront découvertes expérimentalement dès les années 1960 et jusqu'en 2012 (voir schéma page 5).

¹ https://www.noe21.org/_files/ugd/ffb10e_c350788b98df4566af0b45e73c6f553f.pdf

La plupart des particules ont été découvertes à l'aide de collisionneurs de particules qui accélèrent des particules (électrons, protons, ions lourds) et les projettent sur des cibles fixes ou sur d'autres particules. Ces machines sont de différents types (linéaires ou circulaires) et fonctionnent à différentes énergies.

À l'heure actuelle toutes les particules prédites par le modèle standard ont été découvertes. De plus les expérimentations n'ont pas montré de problèmes dans le modèle nécessitant l'ajout de nouvelles particules. Certaines particularités du modèle restent néanmoins encore mal comprises.

3. Au-delà du modèle standard

Si le modèle standard semble «bon», il subsiste des questions non résolues en physique et cosmologie : l'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique, la recherche de la matière et de l'énergie noire, l'absence d'antimatière naturelle, etc. On peut aussi se demander pourquoi le modèle standard est tel qu'il est, pourquoi les particules ont telle ou telle masse, pourquoi telles ou telles valeurs sont si proches de 0, etc.

Ces questions ont suscité la création de nouveaux modèles dès la fin des années 1970 et jusqu'à présent. Parmi ceux-ci on trouve la supersymétrie, la théorie des cordes, la gravitation quantique à boucles, les particules massives à faible interaction (WIMP), les axions, etc.

Contrairement à ce qui s'est passé avec le modèle standard, ces modèles ne prédisent pas précisément les caractéristiques, en particulier la masse, des hypothétiques particules à découvrir. Elles ne donnent donc aucune information sur les instruments qu'il faudrait construire pour les détecter. Comme l'écrit le CERN : « Pour la première fois depuis la théorie de Fermi, il y a près d'un siècle, les physiciens des particules voyagent en territoire inconnu. »²

2. Ce que le CERN ne fait pas

Contrairement à ce que son nom indique (Conseil européen pour la recherche nucléaire, alias Centre européen pour la recherche nucléaire), le CERN n'étudie pas l'énergie nucléaire. En particulier, le CERN n'a rien à voir avec les recherches sur la fusion nucléaire qui nous promettent depuis 60 ans que dans 20 ans nous aurons de l'énergie propre et en quantité quasi infinie.

Le CERN participe modestement à la diffusion de la science dans le public ou auprès des organismes d'enseignement. Le budget 2024 du CERN³ fait apparaître des dépenses de 385 000 CHF pour le IdeaSquare et le Science Gateway, spécifiquement liée à ce genre d'activité, sur un total de dépenses de 1 457 000 000 CHF.

² <https://cerncourier.com/a/fcc-the-physics-case/>

³ <https://cds.cern.ch/record/2888205/files/English.pdf>

3. Le FCC

Le FCC est un projet de collisionneur circulaire de 98km de circonférence qui accélèrera et fera collisionner des électrons et des anti-électrons. Le FCC n'a pas pour but d'atteindre des énergies suffisamment élevées pour permettre de découvrir une nouvelle particule mais de déterminer plus précisément les caractéristiques des particules du modèle standard et leurs interactions.

Parmi les phénomènes que souhaitent observer les promoteurs du FCC on trouve:

- L'interaction du boson de Higgs avec lui même (création de paires de bosons de Higgs)
- La décomposition du Higgs en un électron et un anti-électron
- Les paires de quark top anti-top
- Les paires de quark bottom anti-bottom

Le FCC sera un instrument visant la précision. Les électrons et anti-électrons étant des particules élémentaires (contrairement aux protons accélérés dans le LHC) on devrait avoir des événements plus "simples" qui seront plus faciles à mesurer précisément. Certains espèrent que l'on détectera de petites anomalies dans les mesures qui pourraient être le signe de l'existence d'une nouvelle physique au delà du modèle standard.

Les premières expériences au FCC devrait avoir lieu en 2045.

4. Critique scientifique du FCC

Des chercheuses et chercheurs en physique des particules doutent fortement de l'utilité du FCC

- Il n'y a pas d'argument solide permettant d'affirmer que le FCC va aider à résoudre les grands problèmes physiques et cosmologiques tels que l'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique, la recherche de la matière et de l'énergie noire, etc. En particulier, ces théories ne prédisent pas l'existence de particules aux énergies que le FCC va explorer.
- Le FCC va essentiellement servir à mesurer de manière plus précise ce que l'on connaît déjà et il ne sera fonctionnel qu'après 2040. Dans ces conditions il va être difficile de motiver de jeunes chercheurs et chercheuses à s'engager dans la voie de la physique des particules.
- (voir également le document de Noe21, chapitre 8)

Pour certains physiciens et physiciennes d'autres voies semblent plus prometteuses

- Les USA ont renoncé il y a longtemps à leur super-collisionneur et prévoient désormais la construction d'un collisionneur de muons. Le Japon explore aussi une autre voie.

- B. Mansoulié, qui a lui-même participé à la découverte du boson de Higgs, pense qu'il est temps d'arrêter de faire « plus de la même chose » et qu'il vaut mieux explorer d'autres voies de recherche⁴.

5. Une manière peu démocratique de faire de la science

L'existence et le financement du CERN reflète une conception de la recherche scientifique souvent nommée Big Science, qui date de la fin de la seconde guerre mondiale. Dans cette approche les scientifiques sont financés par des agences gouvernementales dirigées par des fonctionnaires et des experts. Il n'y a aucune participation du public car il est considéré comme incompetent en science. Les sujets de recherche sont déterminés par les scientifiques et des experts nommés par les gouvernements. Cette conception pose plusieurs problèmes :

Utilisabilité presque nulle

La recherche est orientée quasi exclusivement vers des objectifs de compréhension fondamentale. Si la recherche fondamentale est en soi une bonne chose, dans la conception Big Science, elle se déroule entre super spécialistes, de manière complètement déconnectée du reste de la société, de ses attentes et de ses besoins.

Les applications ou retombées concrètes des travaux du CERN utiles à tout le monde sont très peu nombreuses et indirectes. Pour l'instant la connaissance du modèle standard de la physique des particules n'a aucun intérêt pratique. Les retombées pratiques du CERN découlent uniquement des technologies développées pour construire et gérer les accélérateurs (aimants supraconducteurs, contrôle de faisceaux de particules, cryogénie, détecteurs de toutes sortes, réseaux informatiques, systèmes d'information (Web)). Notons que les applications les plus directement imaginables de la physique de particules sont plutôt dangereuses : armes à faisceaux de particules, usage de l'antimatière comme détonateur de bombes atomiques, « incinérateurs » de déchets radioactifs alibis pour le développement de l'énergie de fission non rentable)

Sujets importants négligés

Une institution comme le CERN mobilise des moyens considérables pour la seule recherche en physique des particules (budget annuel d'environ 1.5miaCHF + 1mia par année pendant 15 ans pour la construction du FCC). Depuis la création du CERN aucune décision démocratique n'a été prise pour continuer d'allouer ces moyens à la physique des particules plutôt qu'à d'autres sujets importants et négligés.

Dans le moment d'urgence écologique et sociale actuelle (dérèglement climatique, extinction massive d'espèces, accroissement des inégalités, instabilités politiques, ...) il semble évident que le travail des scientifiques devrait aussi aider à comprendre et résoudre ces problèmes. Plus généralement, on ne voit pas en quoi la physique des

⁴ Mansoulié, Bruno (2021) *Physique en crises – Des multivers aux fake news*. L'Harmattan.

particules va satisfaire les besoins fondamentaux de l'humanité. Dans ce contexte le CERN, et surtout la population, devrait commencer à réfléchir à sa reconversion.

Manque d'implication et de soutien des populations

Lorsqu'il faut accepter de nouveaux financements (FCC) ou de nouvelles nuisances (chantier énorme) il n'est pas étonnant que la population soit peu enthousiaste car elle n'a jamais vraiment été impliquée dans l'aventure du CERN.

En temps de crise (climatique, écologique, géopolitique) le narratif des scientifiques et des politiciens ("on fait des choses formidables au CERN", "des savants de tous les pays collaborent") et le prestige (Prix Nobel, centre mondial de la science, etc.) ne suffisent plus à convaincre de l'intérêt du CERN.

