

Le CERN doit renoncer à son mégaprojet d'accélérateurs



Rapport de Noé21. Version 2, février 2025

Contact: Jean-Bernard Billeter jb.billeter@bluewin.ch

Noé 21, acronyme de Nouvelle orientation Economique pour le 21^è siècle
ONG indépendante reconnue d'intérêt public, spécialisée dans les solutions pour la transition énergétique
Membre de l'Alliance climatique suisse, du Bureau européen de l'environnement et du Climate Action Network Europe
Accrédité à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
Noé21 - Rue des Gares 27- CH1201 Genève - Suisse
T +41 22 329 51 36 – noe21.org – info@noe21.org

Il ne s'agit pas ici de remettre en cause l'existence du Centre Européen de Recherche Nucléaire proprement dit. Sa contribution à la physique des particules est abondante et de première qualité. Des scientifiques et techniciens de toutes origines y collaborent autour d'époustouflantes installations. C'est le plus grand laboratoire de recherche fondamentale au monde.

Ce dont il est question, c'est de l'opportunité, en pleine crise climatique, des **Futurs Collisionneurs Circulaires**, un projet international dont le CERN poursuit activement l'étude. En effet, si les FCC devaient être réalisés, ils nécessiteraient le forage d'un tunnel de 91 km et tripleraient à terme la consommation actuelle d'électricité du CERN, l'amenant à 4 TWh. Soit plus que les 3,1 TWh nécessaires pour faire circuler l'ensemble des transports publics électriques de Suisse (trains, trams, trolleybus, métros, funiculaires, téléphériques, remonte-pente... qui, en contrepartie, transportent plus de 3 millions de passagers par jour).

Inquiétant à l'heure où *"chaque kilowattheure compte"*. Faut-il vraiment sacrifier au toujours plus grand, toujours plus puissant dont les dégâts sont patents et souvent irréversibles?

Avant de nous prononcer, nous avons étudié le projet et tenté, sinon d'en saisir tous les détails, du moins d'en comprendre les tenants et les aboutissants. Par honnêteté, par curiosité, par prudence.

Nous avons publié en automne 2022 une première version de ce rapport qui a attiré l'attention d'associations de défense de l'environnement de Suisse et de France, et alarmé les habitants des communes directement concernées par l'énorme projet en gestation dont ils ne savaient rien.

Entretemps, le CERN et les gouvernements de ses deux États hôtes (la France et la Suisse) ont poursuivi leurs efforts en faveur du projet sans véritablement accepter de débattre des conséquences que sa réalisation entraînerait.

Nous espérons que la mise à jour de ces notes sera utile au débat politique engagé dans la région genevoise et qu'il s'agit de porter au niveau national.

Les clichés des pages 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 28, 33, 34 et 42 sont tirés de documents disponibles sur les sites Web du CERN et du projet FCC.

Sommaire

Le CERN et ses accélérateurs...	4
Choix et Études de conception technique...	6
Cinq ans plus tard, le projet...	6
Le calendrier...	8
... et son contexte...	8
Les études de faisabilité...	9
Le chantier...	12
Volume des matériaux d'excavation...	12
Que faire de ces matériaux ?	13
Émissions de CO ₂ liées à la réalisation de l'ouvrage de génie civil...	14
Émissions liées à la fabrication et à l'installation du 1er collisionneur, le FCC-ee...	16
• Aimants...	16
• Détecteurs...	16
Émissions de gaz fluorés par le FCC-ee...	17
Émissions de CO ₂ liées à la consommation électrique du FCC-ee...	19
Émissions liées au démontage du FCC-ee, à la fabrication et au montage du second collisionneur, le FCC-hh...	21
Émissions de gaz fluorés par le FCC-hh...	22
Émissions de CO ₂ liées à la consommation électrique du FCC-hh...	22
Évaluation de l'impact climatique à l'horizon 2095...	24
Consommation électrique des collisionneurs...	25
Conséquences sur la transition énergétique...	26
Rayonnement et radioactivité du FCC-ee...	27
Rayonnement et radioactivité du FCC-hh...	27
La question de l'eau de refroidissement...	28
Coût du projet...	29
Les percées scientifiques seront-elles au rendez-vous ?	30
• Qu'en pensent les initiateurs du projet ?	30
• Qu'en pensent les collaborateurs du CERN ?	31
• Qu'en pensent les physiciens ne dépendant pas du CERN ?	31
• Qu'en pensent les organismes suisses de la recherche ?	32
• Qu'en pensons-nous ?	32
Applications pratiques des recherches programmées...	32
Retombées technologiques...	32
Évaluation socioéconomique de l'aventure...	33
Acceptabilité...	34
Comment se décide le lancement d'un projet de cette envergure?	37
Escamotage de la question climatique...	38
La communication du CERN sur le FCC...	39
Un exemple de communication créative: les matériaux d'excavation...	40
Réveil de la Communauté de la physique des particules ?	40
Plan B...	41
"Si ce n'est pas nous, c'est la Chine..."	44
Est-il prématuré d'intervenir ?	45
Le point de vue de Noé 21...	45
Références	47

Le CERN et ses accélérateurs...

Né en 1953 d'un accord entre pays européens qui se relevaient de la Deuxième Guerre mondiale, le CERN a pour but d'assurer *"la collaboration entre États européens pour les recherches nucléaires de caractère purement scientifique et fondamental, ainsi que pour d'autres recherches en rapport essentiel avec celles-ci. L'Organisation s'abstient de toute activité à fins militaires et les résultats de ses travaux expérimentaux et théoriques sont publiés ou de toute autre façon rendus généralement accessibles."* (1).

A cette fin, le CERN a construit et mis à disposition des chercheurs une série d'accélérateurs de particules toujours plus grands et plus puissants ainsi que les équipements auxiliaires qui leur sont nécessaires. Ses principales machines sont:

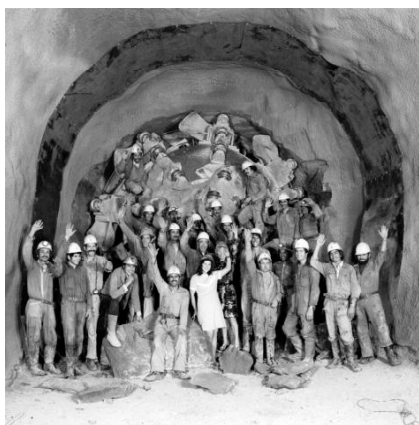
	Accélérateur	Ouvrage	Circonférence
1957	SC Synchrocyclotron (hors service)	Hall	15,7 mètres
1959	PS Proton synchrotron	Galerie couverte	628 mètres
1976	SPS Supersynchrotron à protons	Tunnel	6,9 kilomètre
1989	LEP Large electron-positron collider	Tunnel	27 kilomètres
2000	LEP 2	Même tunnel	27 kilomètres
2008	LHC Large Hadron collider	idem + gros travaux	27 kilomètres
2029	LHC-hl High-luminosity LHC	idem + gros travaux	27 kilomètres



Le Synchrocyclotron, 1957



Galerie couverte du Proton synchrotron, 1959



Tunnel du Supersynchrotron à protons, 1974

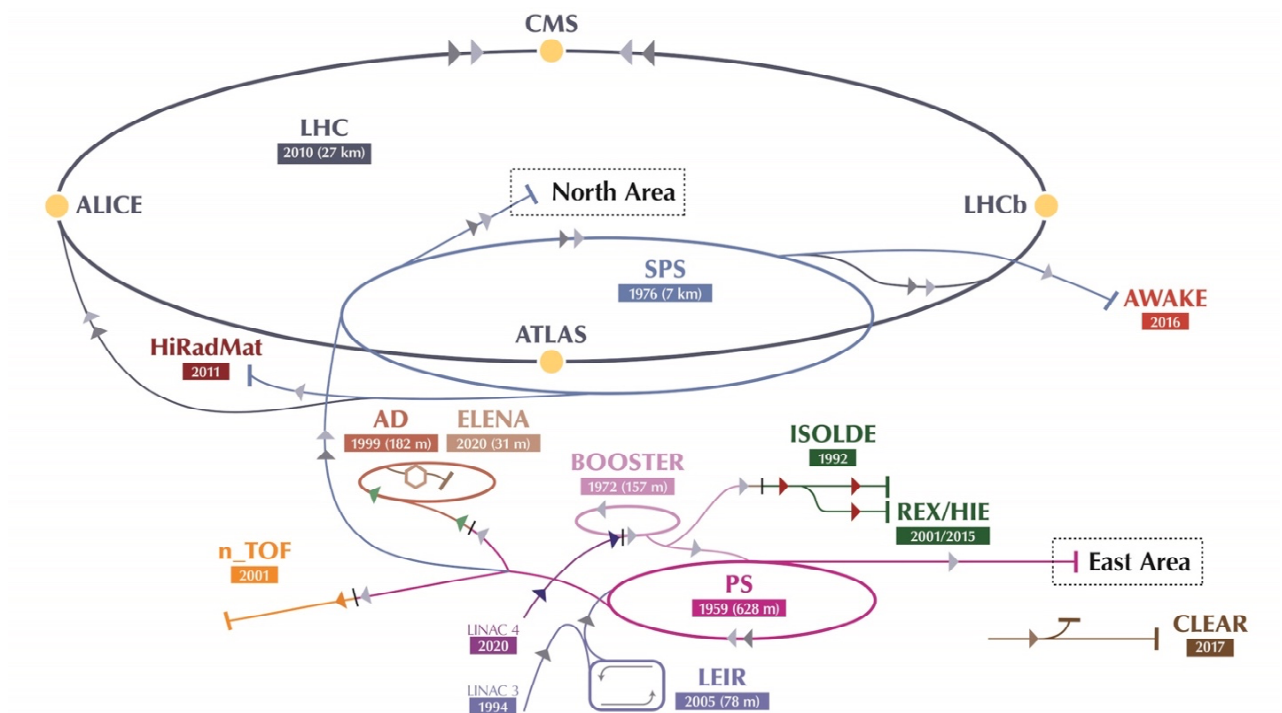


Tracé de l'anneau souterrain du LEP, puis du LHC actuel

À l'exception du synchrocyclotron de 1957, tous ces accélérateurs sont en fonction. Régulièrement remis à niveau, ils sont interconnectés en un puissant complexe qui constitue **la plus grande machine du monde**.

En 2013, le CERN a décidé de renforcer les performances de son accélérateur vedette, LHC (*Large Hadron Collider*). Il a fallu pour cela forer deux nouveaux puits, une galerie et une caverne. Lorsqu'il entrera en service, en 2029, ce LHC – désormais nommé **LHC à haute luminosité (LHC-hl)** – aura nécessité près de CHF deux milliards. Il sera exploité jusqu'en 2041.

Le réseau interconnecté illustré ci-dessus et couronné par le LHC correspond à **l'actuel complexe d'accélérateurs**.



On l'avait déjà constaté il y a 40 ans : *"Le CERN est une usine à construire des accélérateurs. Dès qu'une machine est en construction, les ingénieurs qui en ont fait les études sont à nouveau disponibles pour étudier un nouveau projet d'accélérateur"*. (2)

Le LHC-hl étant en chantier, il fallait **passer à la suite**. Pour mettre en évidence de nouveaux phénomènes, il fallait augmenter la puissance du faisceau de particules amenées à se collisionner. Il existe d'autres manières d'étudier les particules que les accélérateurs-collisionneurs, et, si l'on veut s'en tenir aux accélérateurs, il existe d'autres options que les collisionneurs circulaires. Le choix a cependant porté à nouveau sur un accélérateur-collisionneur circulaire. Dans cette technologie, l'augmentation de la puissance implique une augmentation du diamètre, cela afin de réduire l'inflexion qu'il faut imposer aux faisceaux pour les maintenir sur leur trajectoire.

Choix et Études de conception technique...

En 2013, à l'occasion de sa **Première mise à jour de la Stratégie européenne pour la physique des particules** (3), le groupe de travail chargé de sa rédaction posait comme priorité l'étude d'un **Futur Collisionneur Circulaire FCC**:

"Pour rester à la pointe de la physique des particules, l'Europe doit être en mesure de proposer un ambitieux projet d'accélérateur post-LHC au CERN [...] Le CERN devra entreprendre des études techniques pour des projets d'accélérateurs dans une perspective mondiale, en mettant particulièrement l'accent sur des collisionneurs proton-proton et électron-positon à la frontière des hautes énergies. Ces études techniques devront s'accompagner d'un programme vigoureux de R&D sur les accélérateurs – comportant un volet consacré aux aimants à champ élevé et aux structures accélératrices à gradient élevé – mené en collaboration avec des instituts nationaux, des laboratoires et des universités du monde entier."



La proposition est acceptée par le Conseil du CERN et suivie en 2014 du coup d'envoi officiel du **Futur Collisionneur Circulaire, le FCC**.

Le projet dont nous parlons ici, le FCC, est celui qui viendrait succéder à celui qui est actuellement en cours de mise en service, le LHC-hl.

Ainsi officialisées, les études de conception technique (abordées en fait dès 2010) réunissent plusieurs centaines de chercheurs sous les auspices de l'*European Committee for Future Accelerators* (ECFA).

Cinq ans plus tard, le projet...

En 2019, la synthèse des multiples études techniques initiales est publiée sous forme de quatre épais **Rapports de conception technique du FCC** (*Future Circular Collider Conceptual Design Report vol 1, 2, 3, 4.*) (4), (5), (6), (7)



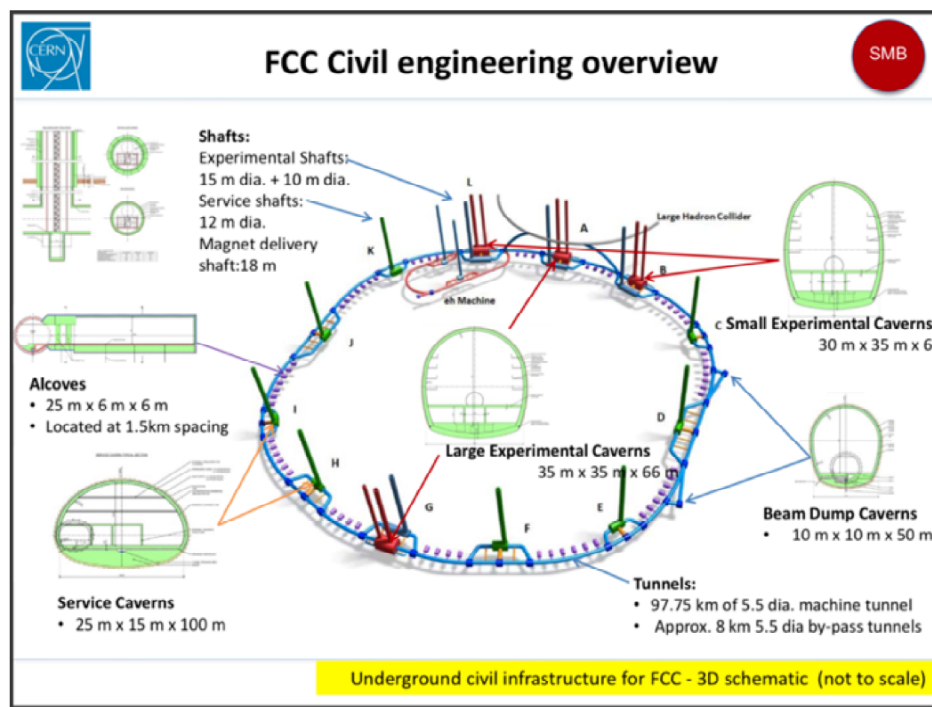
Les principales conclusions de ces rapports sont qu'il faut

- creuser un tunnel trois fois plus grand que celui de l'actuel LHC,
- y installer une première machine, le FCC e-e (aussi nommée *Higgs Factory*),
- laquelle sera démontée une quinzaine d'années plus tard
- pour faire place au FCC h-h
- appelé à fonctionner jusque vers la fin du siècle.

Signalons que **le tunnel et ses dépendances sont d'emblée dimensionnés pour recevoir le second accélérateur, le FCC-hh**, trois fois plus vorace en énergie que le FCC-ee. La raison pour laquelle on n'installe pas directement le FCC-hh est que les techniques nécessaires ne sont pas encore maîtrisées. Le CERN y travaille et fait le pari qu'elles seront validées et industrialisables dans les vingt années à venir.

- *"Le tunnel principal sera l'un des plus longs du monde [...]. Il sera comparable par l'ampleur des travaux au tunnel de base du Gothard (total de 151,84 km, dont deux tunnels de 57 km) en Suisse" (5)*
- *"La structure souterraine prévue pour recevoir le FCC sera probablement le plus grand projet de percement de tunnel du monde lorsqu'on en ouvrira le chantier en 2026" (6)*
- *"... il sera sans doute nécessaire de construire de nouvelles routes, voire des tunnels ou des ponts" (6)*
- *"... on estime que chaque site de surface aura besoin d'une nouvelle route de 5 km" (6)*
- *"La surface de chaque site de surface devrait être comprise entre 6 et 9 hectares" (5)*

Le projet de 2019 avec ses 12 sites de surface et ses 18 puits d'accès:

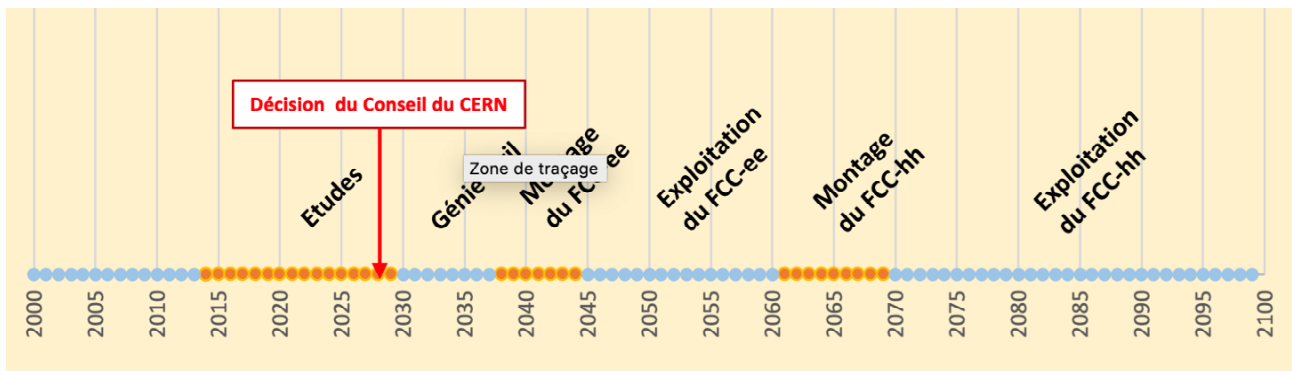


Ce projet de 97 km, 12 sites de surface et 22 puits a été un peu réduit (voir plus bas), mais il montre bien l'état d'esprit et **l'extraordinaire ambition** de ses auteurs. **Faut-il s'en émerveiller ?** A priori, il paraît légitime et souhaitable d'approfondir nos connaissances fondamentales. Cela n'est pas contesté et beaucoup de pays consacrent d'importants moyens à la formation supérieure et à la recherche.

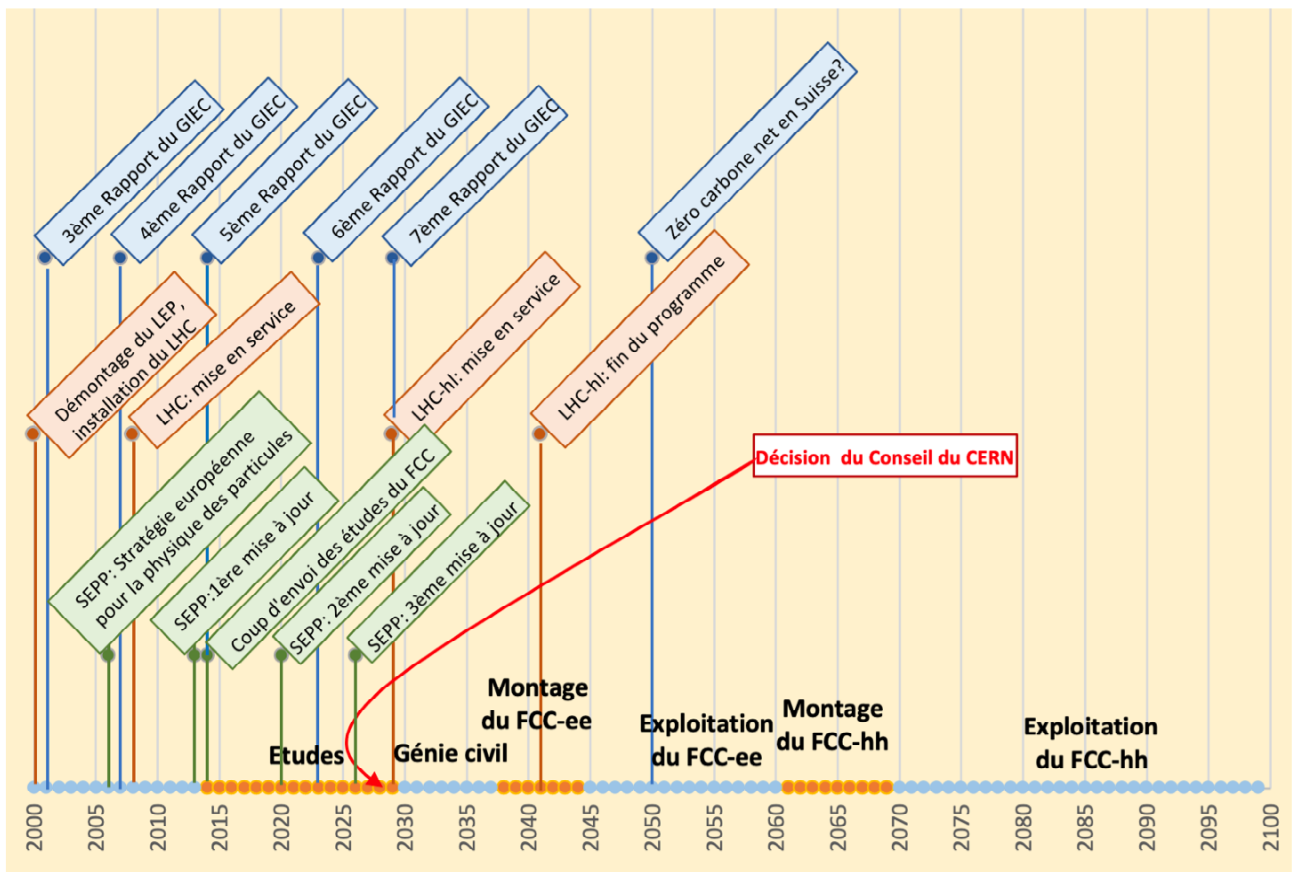
La poursuite du savoir n'implique pas pour autant que tout projet est défendable. On ne peut pas construire n'importe quel laboratoire n'importe où, ni, par exemple, tester n'importe quel produit sur n'importe quel être vivant. Quelles que soit sa finalité, un projet doit être soumis à examen pour en vérifier le bien-fondé, mais aussi pour s'assurer qu'il respecte les engagements internationaux, les lois et les règlements ainsi que les lieux et leurs habitants.

Pour affiner son projet et pour obtenir le feu vert des pays membres dont, en particulier, les pays hôtes, le CERN a lancé en 2021 une série d'**études de faisabilité** qui doivent être rendues au printemps 2025. L'ensemble du projet devrait se dérouler ainsi:

Le calendrier...



... et son contexte...



Les études de faisabilité...

Ces études (en cours et dont le budget dépasse 100 millions CHF) seront rendues en 2025. Elles ont pour principaux objectifs :

- 1. L'optimisation de la localisation et la configuration de l'anneau de l'accélérateur et de l'infrastructure correspondante, et démonstration de la faisabilité géologique, technique, environnementale et administrative du tunnel et des zones de surface*
- 2. La réalisation, avec les États hôtes, de toutes les procédures administratives préparatoires requises pour l'approbation du projet, en vue d'identifier et d'éliminer d'éventuels obstacles*
- 3. L'optimisation de la conception des collisionneurs et de leurs chaînes d'injection, appuyée par des programmes de R&D (recherche et développement) ciblés afin de développer les technologies clés requises*
- 4. Le développement et documentation des principaux composants de l'infrastructure technique*
- 5. L'élaboration d'un mode de fonctionnement durable pour les collisionneurs et les expériences sur le plan des besoins en ressources humaines et financières, des aspects environnementaux et de l'efficacité énergétique*
- 6. L'établissement d'une estimation de coûts consolidée, ainsi que des modèles financiers et organisationnels pour la conception technique, la construction et l'exploitation du projet*
- 7. L'identification de ressources substantielles extérieures au budget du CERN pour la mise en œuvre de la première phase d'un éventuel projet futur*
- 8. La consolidation des arguments scientifiques et des conceptions des détecteurs pour les deux collisionneurs. (8)*

Les rubriques 3, 4, 5, 8 sont d'ordre technique (ingénierie, physique) et, dans un premier ne nous concernent pas. En revanche, les rubriques 1, 2, 6, 7 portent sur l'aménagement du territoire, la protection de l'environnement (terre, eau, air, biodiversité), l'approvisionnement en électricité, les besoins en eau, le montage financier et la gouvernance d'un projet d'ampleur mondiale. La population est ici directement concernée. Or, bien que le projet ait été initié il y a plus de dix ans, presque personne dans la région et les deux pays hôtes (France, Suisse) n'est au courant de ce qui se prépare, ou alors en a mesuré l'impact sur leur vie (durée, ampleur, conséquences du chantier) et, plus généralement, sur le climat et la transition énergétique.

Remarquons que nulle part dans la liste ci-dessus n'apparaît le mot climat. Il n'est pas, comme on pourrait le croire, tacitement inclus dans les questions environnementales, lesquelles, dans les textes du CERN, ne concernent que la région genevoise. Alors que, on le sait, les gaz à effet de serre se dissipent dans toute l'atmosphère.

Les études de faisabilité doivent être rendues en 2025. Des **rapports de mi-parcours** (non accessibles au public) ont été remis à la fin 2023 aux deux pays hôtes, la Suisse et la France. Ces rapports concernent le projet tel qu'il est envisagé aujourd'hui. Il a été ramené de 97 à 91 km de circonférence, et de 12 aux 8 sites de surface A, B, D, F, G, H, J, L (voir l'illustration ci-dessous). En mars 2024, après en avoir pris connaissance, les deux pays ont renouvelé leur soutien au projet, non sans en relever certains aspects problématiques tels que les libertés que le CERN s'octroie. Nous remercions la personne inconnue qui nous a fait parvenir ces documents dont nous présenteront quelques exemples en cours de textes sous forme d'encadrés:

Remarques du Comité d'experts suisses: *"Il a été noté que la méthodologie utilisée pour préparer le Rapport de mi-parcours du FCC consistait à établir des scénarios de faisabilité fondés sur des hypothèses qui n'ont pas été vérifiées par les autorités locales. Par conséquent, les hypothèses erronées et le caractère potentiellement irréalisable de certains scénarios ont été découverts {...} lorsque les États d'accueil ont examiné le rapport de mi-parcours..."*

Remarque du Comité interministériel français: *"Ne pas avancer de décisions nécessitant un accord impliquant la France sans validation préalable par celle-ci"*

Le projet actuel: et ses 8 sites de surface A, B, D, F, G, H, J, L

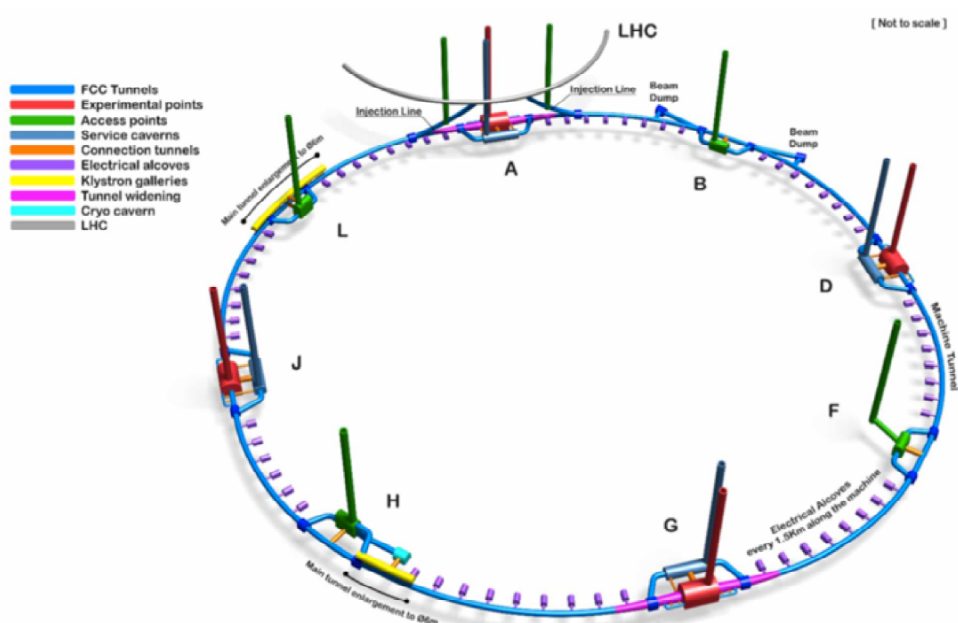
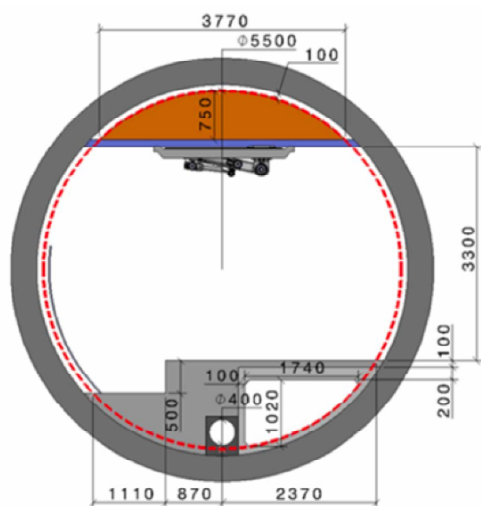
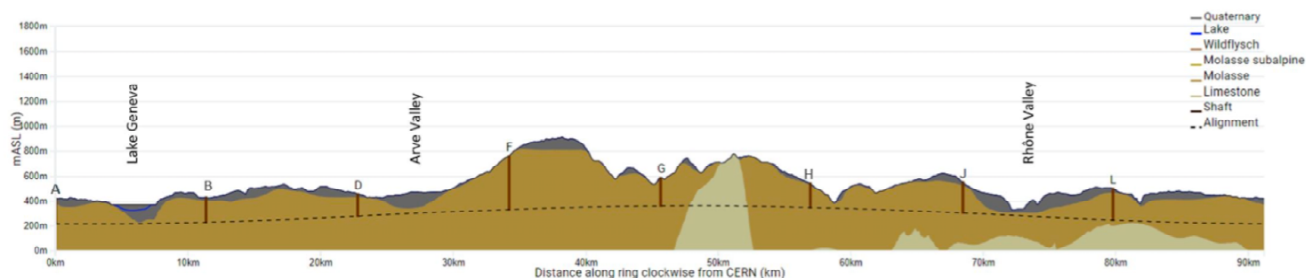


Figure 2: FCC schematic diagram. (Angel Navascues Comago, CERN).

Selon la topographie, il se trouvera à quelques dizaines ou quelques centaines de mètres sous terre. Moyenne: 240 mètres.



Diamètre de forage: 6,5 m

Diamètre intérieur du tunnel: 5,5 m.

La machine et ses annexes occupent les 91 km de l'anneau. Comme celui-ci n'a pas d'entrée/sortie en surface, les 4 à 6 tunneliers chargés du forage doivent être descendus puis remontés par les puits, tout comme les éléments des accélérateurs, ainsi que ceux des détecteurs, ces énormes installations qui occupent les cavernes A, D, G et J, grandes comme des immeubles, du schéma ci-dessus.

Integration of FCC-ee machine elements (regular arc)

Machine tunnel 5.5m in diameter

Smoke/He extraction

Cable trays:
Fibre optic
LV distribution
Control cables

Demineralized water

Leaky feed

Warm He recovery

He

Demineralized water felling

Electrical HV power transmission

Booster ring

Cable tray:
MV distribution

Chilled water

Firefighting/Row water

Alignment space occupation

Compressed air

Fresh air diffused

Collider ring

Fresh air duct

Drain

Main cross section as for FCC-hh
Main ring below of booster ring
Main ring and booster ring 1.3 m distant

Collider Center

500 200 200 200

INTERACTION POINT

EXPERIMENT GAVERN

TUNNEL WIDENING SECTION 1

TUNNEL WIDENING SECTION 2

TUNNEL WIDENING SECTION 3

TUNNEL WIDENING SECTION 4

MACHINE TUNNEL

17.8 15.3 10.9 6.5 5.5



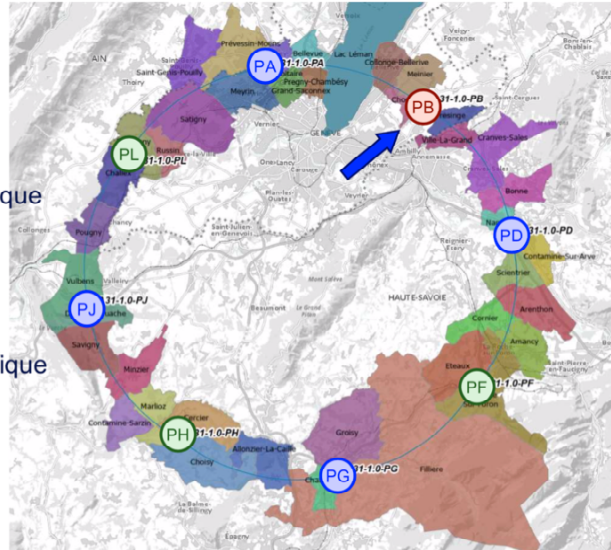
Les grandes cavernes du FCC auraient les dimensions encore plus généreuses de 66 m X 35 m X 25 m, et de 101 m X 25 m X 15 m.

Le chantier...

Le chantier du tunnel et de ses annexes souterraines durerait environ huit ans. Son ouverture est prévue pour 2030. Il solliciterait entre 4 et 6 tunneliers. Les travaux seraient conduits simultanément à partir des 8 sites de surfaces, lesquels ne seraient éloignés les uns des autres que de 12 km. C'est donc toute la région qui serait impactée par le va-et-vient des semi-remorques et des convois exceptionnels.

1. **PA – Ferney Voltaire** (FR, 01) – site scientifique
2. **PB – Choulex** (CH) – site technique
3. **PD – Nangy** (FR, 74) – site scientifique
4. **PF – Etaux/La Roche-sur-Foron** (FR, 74) – site technique
5. **PG – Charvonnex/Groisy** (FR, 74) - site scientifique
6. **PH – Cercier/Marlioz** (FR, 74) – site technique, RF
7. **PJ – Vulbens/Dingy en Vuache** (FR, 74) – site scientifique
8. **PL – Challex** (FR, 01) – site technique, booster RF

- 1 site en Suisse
- 7 sites en France

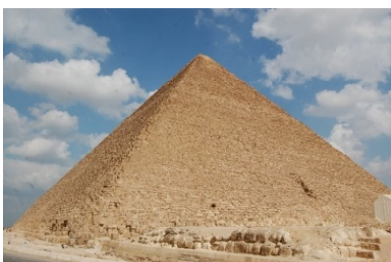


Il coïnciderait avec plusieurs autres gros chantiers régionaux qui vont déjà compliquer la vie des habitants :

- Extension souterraine de la gare: 2030-2038
- L'éventuel métro Jura - Salève
- L'éventuelle autoroute A412 Thonon-Machilly

Volume des matériaux d'excavation...

Les volumes à excaver seraient de l'ordre de 6,3 millions de m³.. La roche extraite est essentiellement de la molasse. A 2,2 tonnes par mètre cube, cela représente 13,8 millions de tonnes à évacuer. Une fois extraite, la roche occupe un volume supérieur d'environ 20% à la roche en place (phénomène de foisonnement bien connu des jardiniers qui creusent un trou puis le rebouchent). Le volume à évacuer serait donc de **7,5 millions de m³**, soit trois pyramides de Khéops.



Que faire de ces matériaux ?

A Genève, les déchets "habituels" de chantiers s'élèvent actuellement à quelque 2,2 millions m³ par an. Une partie est recyclée, une partie sert à combler les gravières, mais 1 million m³ doit être évacué hors du canton, en Suisse et en France. A raison de 10 m³ par semi-remorque, ce million de m³ représente 100'000 allers-retours qui participent à l'engorgement des routes et à la dégradation de la qualité de vie de la région. La question de la saturation des points de décharge en France, en Suisse et dans les pays voisins se fait de plus en plus lancinante et les distances parcourues pour y arriver de plus en plus absurdes.

=> **C'est dans ce contexte que le CERN lance son projet de FCC qui aggraverait massivement la situation.**

Conscient du holà qu'une telle quantité de déchets provoquerait, le CERN a lancé en 2021 le concours d'idées *"Mining the future"* devant apporter des *"solutions durables pour la réutilisation de molasse et autres matériaux d'excavation"*.

L'idée – relevant de l'écologie industrielle – est de ne pas considérer ces gravats comme des déchets mais comme une ressource. Le hic: il faut trouver en quoi les transformer, comment s'y prendre, à quel coût, et pour quels utilisateurs solvables. Et il faut le trouver rapidement parce que *"le potentiel de réutilisation des matériaux d'excavation est l'un des facteurs qui contribueront à l'acceptabilité et au rapport coût-efficacité du projet FCC."*

Lors de la publication des résultats du concours à l'automne 2022, le CERN a un peu audacieusement déclaré que *"Grâce au concours Mining the Future, les idées ne manquent pas pour réutiliser durablement les matériaux d'excavation produits lors de la construction d'un nouveau tunnel au CERN"*.

Le résultat n'a cependant pas été à la hauteur des attentes. Le projet lauréat *"Molasse is the new ore"* ne propose qu'une méthode automatisée d'identification des matériaux excavés. Cela en facilitera certes le tri sur les convoyeurs, mais ne résout pas le problème.

Où en est-on en 2024?

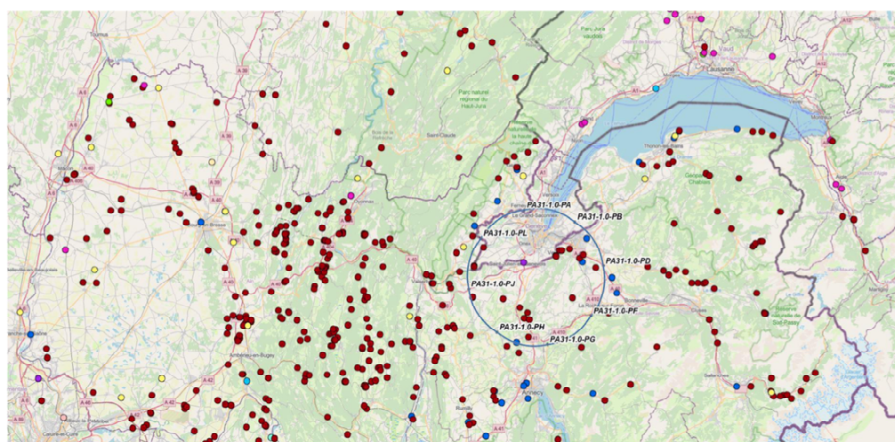
Le CERN poursuit plusieurs pistes d'utilisation des produits de broyage des matériaux d'excavation: le bâtiment, le remodelage des paysages et la production de substrats agricoles ou forestier par **fertilisation du broyat**. (9)

Des travaux de fertilisation ont été entrepris en collaboration avec plusieurs instituts d'enseignement supérieur. Le projet s'appelle Open Sky: un hectare consacré aux essais à ciel ouvert près du CERN. Les premiers résultats sont attendus pour juin 2025.



Comme il est peu probable que ces différentes pistes permettent de recycler plus qu'une modeste partie de la molasse excavée, le CERN étudie en parallèle la manière de s'en débarrasser dans la nature des deux pays hôtes:

Regional opportunities



The collected data will be used to:

- build a **preliminary cost analysis** for the excavation material reuse and disposal.
- develop **scenarios for a LCA study** for the potential construction of railroad connections.

Remarque du Comité suisse d'experts: *"On ne sait toujours pas comment de tels volumes de déblais seront gérés en termes de transports et de stockage intermédiaire"*

Remarques du Comité suisse d'experts: *"La Suisse attend du CERN qu'il assume l'entière responsabilité du projet et qu'il s'abstienne de considérer la nécessité d'une collaboration renforcée et inclusive avec les États hôtes comme une occasion de renoncer à certaines responsabilités liées au projet. Par exemple, le creusement du tunnel est étroitement lié à la stratégie logistique d'extraction des matériaux d'excavation, y compris l'établissement de zones de dépôt et les dispositions en matière de transport. (...) ces deux aspects relèvent de la compétence du CERN, la responsabilité de l'un d'entre eux ne peut pas être déléguée aux États hôtes."*

Émissions de CO₂ liées à la réalisation de l'ouvrage de génie civil...

En 2022, en l'absence de chiffres fournis par le CERN, nous nous sommes livrés au calcul suivant (retouché ici pour tenir compte du raccourcissement du tunnel):

Une première évaluation des émissions de CO₂ liées à la réalisation du tunnel ainsi que des puits, galeries, cavernes et alcôves y attenantes doit au minimum prendre en compte les émissions provenant des activités suivantes:

1. Excavation (tunnelier, abatage à l'explosif, etc.)
2. Évacuation des débris d'excavation (7,5 mios m³ soit 16,5 mios de tonnes) aux portes du chantier
3. Évacuation de ces matériaux vers leur dépôt final ou vers leurs points de valorisation
4. Production du béton
5. Production de l'acier de ferrailage
6. Mise en œuvre du béton
7. Exploitation du chantier (éclairage, ventilation, traitement des eaux...)

Ce type de calculs a déjà fait l'objet de publications et de normes dans plusieurs pays. En 2022, le CERN, lui, ne s'était pas exprimé sur la question. Le fait que le cahier des charges des études de faisabilité (5) n'en parlait pas et que nulle part n'y figurait le mot "climat" suggère que le CERN ne fournirait ce chiffre essentiel que si les autorités des pays membres l'exigeaient. Nous verrons plus bas qu'il a depuis lors publié de premiers calculs sur les émissions de CO₂.

De notre côté nous avons tenté une estimation en nous inspirant du travail de Julia Sauer: "*Ökologische Betrachtungen zur Nachhaltigkeit von Tunnelbauwerken der Verkehrsinfrastruktur*" (10). La méthode consiste à inventorier le volume des différents matériaux mis en œuvre ainsi que la consommation des différents vecteurs énergétiques, les multiplier par leurs facteurs respectifs d'émission de CO₂ puis additionner le tout. Le travail de Julia Sauer prend pour exemple la construction en cours du **tunnel ferroviaire de base du Brenner** entre l'Italie et l'Autriche. Ses calculs débouchent (entre autres) sur deux chiffres:

- a) un facteur d'émission par mètre de tunnel: **30 teqCO₂ / m**
- b) un facteur d'émission par m³ d'excavation: **0,16 teqCO₂ / m³** teqCO₂: équiv. en tonnes de CO₂

Appliqués à l'ouvrage du FCC, ces facteurs donnent deux valeurs assez différentes:

- a) 91'000 m · 30 teqCO₂/m = **2'730'000 teqCO₂**
- b) 7'500'000 m³ · 0,16 teqCO₂/m³ = **1'200'000 teqCO₂**

Les similitudes entre l'ouvrage du Brenner et celui du FCC sont suffisantes pour se référer à ces résultats. Remarquons toutefois:

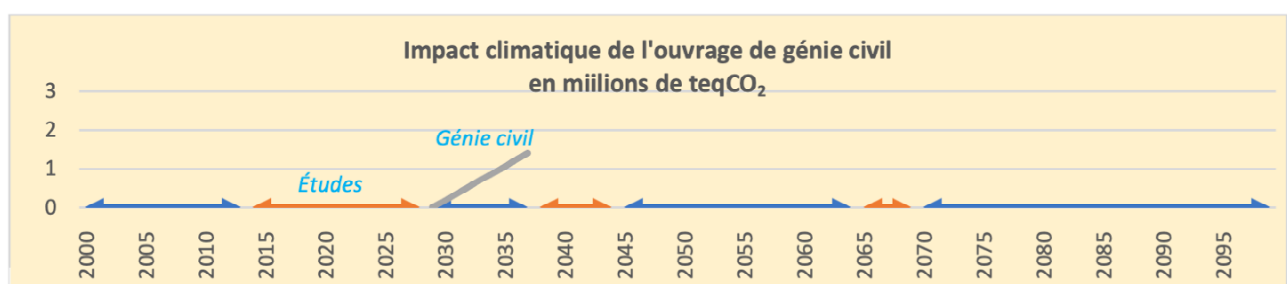
- La section du tunnel du FCC est moindre que celle d'un tunnel ferroviaire. Il faudrait donc réduire le chiffre a).
- Les débris d'excavation du Brenner sont évacués par les portails, alors que les 20 millions de tonnes des débris u FCC devraient être remontés par les puits, ce qui demande considérablement plus d'énergie.
- Le FCC compte plusieurs énormes cavernes, une douzaine de puits et son tunnel s'élargit en plusieurs endroits.

Pour fixer les idées, nous poursuivrons notre réflexion avec le **chiffre prudent de 1'400'000 teqCO₂**:

Dans leur article intitulé "*The carbon footprint of proposed e+e- Higgs factories*" (11), Patrick Janot et Alain Blondel, tous deux physiciens au CERN, proposent un chiffre très inférieur: 250'000 à 300'000 teqCO₂. Ils se réfèrent pourtant à la méthode de R. Rodriguez et F. Perez (12) qui, lorsque nous l'appliquons, nous conduit au résultat très différent de 1'125'000 teqCO₂.

Janot et Blondel confortent leur estimation en citant le chiffre de 221'000 teqCO₂ avancé par huit physicien·nes dans "*Climate impacts of particle physics*" (13). Sans explications, les auteurs ramènent le volume des excavations de 9 (chiffre du CERN l'année de publication de l'article) à 7 mios de m³ et précisent que leur chiffre (237'000 teqCO₂) ne tient compte que du CO₂ imputé au ciment employé par l'ouvrage. Se référant à l'étude de Rodriguez, ils estiment sans calcul que, si l'on tenait compte des autres facteurs impliqués (fer, carburant, électricité), les émissions de CO₂ liées à l'ouvrage seraient de l'ordre de 0,5 à 1 mio tonnes. Une étude plus récente issue d'un grand bureau d'ingénieurs (14) conclut après avoir dressé une liste plus détaillée des matériaux employés que la réalisation de l'ouvrage émettrait 1'170'800 teqCO₂. A quoi les auteurs ajoutent qu'en suivant "*des stratégies d'optimisation*" consistant essentiellement en l'usage de matériaux recyclés et un allègement des structures, il est envisageable de réduire ce chiffre de moitié! Voilà qui serait providentiel! Dans l'attente de précisions, nous nous en tenons à notre chiffre.

=> Émissions de CO₂ liées à la réalisation de l'ouvrage de génie civil (chantier, forage, bétonnage) : 1'400'000 teqCO₂



Graphique 1

teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO₂

Émissions liées à la fabrication et à l'installation du 1er collisionneur, le FCC-ee...

Le "*Conceptual Design Report Volume 2*" (5) classe ainsi les éléments du système technique FCC-ee:

Machine proprement dite:

- | | |
|---|--|
| <i>1. Main magnet system</i> | <i>6. Halo collimators</i> |
| <i>2. Vacuum system and electron cloud mitigation</i> | <i>7. Machine protection</i> |
| <i>3. Radiofrequency system</i> | <i>8. Controls requirements and concepts</i> |
| <i>4. Beam transfer systems</i> | <i>9. Detectors</i> |
| <i>5. Combined polarimeter and spectrometer</i> | |

A cela s'ajoutent les infrastructures techniques en grande partie extérieures:

- | | |
|---|---|
| <i>10. Piped utilities</i> | <i>15. Equipment transport and handling</i> |
| <i>11. Heating, ventilation, air conditioning</i> | <i>16. Personnel transport</i> |
| <i>12. Electricity distribution</i> | <i>17. Geodesy, survey and alignment</i> |
| <i>13. Emergency power</i> | <i>18. Communication, computing and data services</i> |
| <i>14. Cryogenic system</i> | <i>19. Safety and access management systems</i> |

Impossible, sur la base des informations disponibles, de calculer l'empreinte CO₂ de la fabrication et du montage de cet équipement. Risquons toutefois quelques estimations à la louche pour discerner les ordres de grandeur.

• Aimants...

Il est prévu (2) d'équiper le FCC-ee entre autres de

- **2'900 aimants dipôles de courbure** (qui forcent les particules à suivre une trajectoire circulaire plutôt que de filer tout droit) contenant chacun 5'000 kg de fer (ou acier) et 440 kg d'aluminium, et longs d'environ 25 m),
- **2'900 aimants quadripôles** de focalisation (maintenant le faisceau de particules bien groupé) contenant chacun 4'400 kg de fer (ou acier) et 820 kg de cuivre, et longs d'environ 3 m)

Bout à bout, ces aimants occupent $(2'900 \cdot 25) + (2'900 \cdot 3) = \sim 84$ km, soit l'essentiel du tunnel.

Poids total des aimants: **~31'000 tonnes** décomposables en 27'260 t de fer, 1'334 t d'aluminium et 2'378 t de cuivre.

En prenant pour facteur d'émission respectif de ces 3 matériaux 2,4, 0,5, et 7,1 teqCO₂/t (15), on obtient le plancher suivant (plancher parce que ces aimants comprennent encore d'autres matériaux):

$$\Rightarrow \text{Équivalent CO}_2: (27'600 \cdot 2,4)_{\text{acier}} + (1'334 \cdot 0,5)_{\text{alu}} + (2'378 \cdot 7,1)_{\text{cuivre}} : \quad \sim 80'000 \text{ teqCO}_2$$

• Détecteurs...

Les études préparant le choix des 2 ou 4 détecteurs du FCC-ee sont en cours. Pour se faire une idée de l'importance de ces installations:

Taille des 2 ou 4 cavernes qui les abriteront: 66 mètres x 35 mètres x 35 mètres.

Pour ce qui concerne leur poids, prenons comme repères les 4 détecteurs de l'actuel LHC:

Atlas: 7'000 tonnes, CMS: 14'000 tonnes, Alice: 10'000 tonnes, LHCb: 5'600 tonnes, représentent un total de 36'600 tonnes sans les équipements auxiliaires (la Tour Eiffel pèse 7'000 tonnes).

Poids total supposé des détecteurs du FCC-ee: 35'000 tonnes.

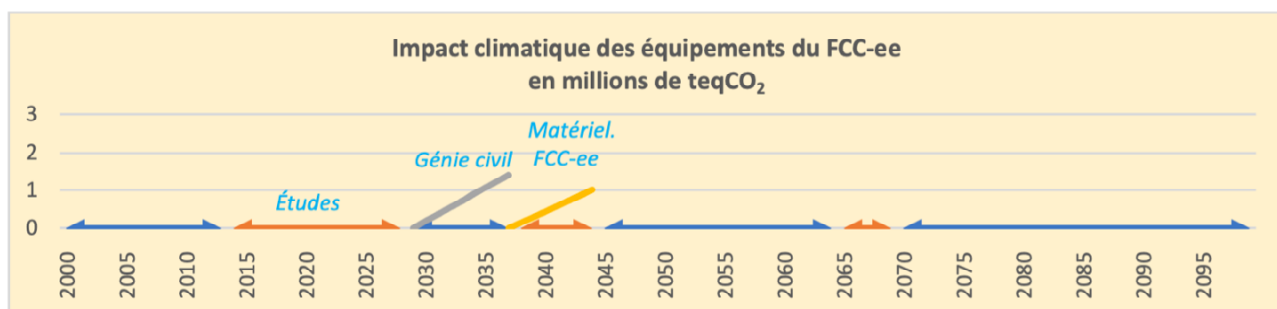
Leurs matériaux sont beaucoup plus variés que de ceux des aimants. Attribuons leur un facteur d'émission de teqCO₂ de 5.

$$\text{Équivalent CO}_2: 35'000 \cdot 5 = 175'000 \text{ teqCO}_2$$

Nous aurions donc ensemble (aimants plus détecteurs) 31'000 + 35'000 = 66'000 tonnes d'équipement aux matériaux desquels on peut imputer des émissions de 80'000 + 175'000 = 255'000 teqCO₂. A cela s'ajoutent 5 années de chantier de montage de l'équipement. Estimation: **500'000 teqCO₂**.

Émissions de CO₂ liées à la construction et au montage de ces équipements du FCC-ee supérieures à 255'000 + 500'000 = **755'000 t eq CO₂** Comme le FCC-ee comprend bien d'autres éléments, nous arrondissons prudemment ce chiffre:

=> **Émissions liées à la construction et à l'installation des équipements du FCC-ee: 1'000'000 teqCO₂**



Graphique 2

teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO₂

Émissions de gaz fluorés par le FCC-ee

L'actuel LHC du CERN utilise déjà d'importantes quantités de gaz à effet de serre fluorés regroupés sous le nom de F-gaz. Environ 90% des émissions de ces gaz proviennent des **"expériences"**, c'est-à-dire des 4 énormes détecteurs logés dans les cavernes. Les expériences *"ont recours à une large gamme de mélanges de gaz pour la détection de particules et le refroidissement des détecteurs, notamment des gaz fluorés, qui ont un potentiel de réchauffement climatique élevé et représentent environ 78% des émissions directes de l'Organisation."* (16)

La **cryogénie** (grand froid) est nécessaire à la **supraconductivité** des aimants de guidage du FCC-hh et des cavités d'accélération du FCC-ee et du FCC-hh, ainsi qu'à la **climatisation** et à l'**isolation** des systèmes d'alimentation électrique. (Nous suggérons aux lecteurs curieux de mieux comprendre ces termes de les rechercher sur le Web en leur joignant la requête CERN) Les gaz qu'on y utilise doivent – comme ceux de climatisation des voitures – être régulièrement changés, ce qui ne va pas sans pertes (émissions).

L'actuel accélérateur, le LHC, est **"le plus imposant système cryogénique du monde et représente l'un des endroits les plus froids de la Terre. La température de fonctionnement des principaux aimants du LHC, 1,9K (-271,3°C) est inférieure à celle de l'espace intersidéral, 2,7K (-270,5°C). [...]** Le système [...] nécessite 40'000 joints de tuyauterie étanches, une alimentation électrique de 40 MW - soit dix fois la puissance nécessaire à une locomotive – et 120 tonnes d'hélium pour maintenir les aimants à 1,9 K."

(17) C'est impressionnant et, dans le contexte du dérèglement climatique, effrayant. On sait que les gaz fluorés ont un effet de serre plusieurs centaines ou milliers de fois supérieur à celui du CO₂ et qu'ils sont également délétères pour la couche d'ozone.

En 2022, les installations du CERN ont dissipé quelque 185'000 teqCO₂ de gaz fluorés. (teqCO₂: tonnes équivalent CO₂) (16). *"Les gaz responsables d'environ 80% des émissions directes de GES du CERN sont les hydrocarbures perfluorés (PFC), les hydrofluorocarbures (HFC) et l'hexafluorure de soufre (SF6) employés en détection des particules ainsi que les HFC et PFC employés dans le refroidissement des détecteurs. Pour se faire une idée de l'enjeu, notons que les émissions de PFC (l'un des gaz fluoré) sont du même ordre de grandeur que celles de toute la Suisse et ne baissent que d'environ 30% lorsque le LHC est au repos."* (18)

On peut s'étonner que le CERN soit autorisé à utiliser et, inévitablement, à laisser s'échapper de telles quantités de gaz fluorés lorsqu'on sait les efforts entrepris aux niveaux nationaux et international pour en prévenir l'emploi (Convention de Vienne,

Protocole de Montréal). Le CERN peut se le permettre parce que les restrictions ne s'appliquent pas aux grandes expériences scientifiques.



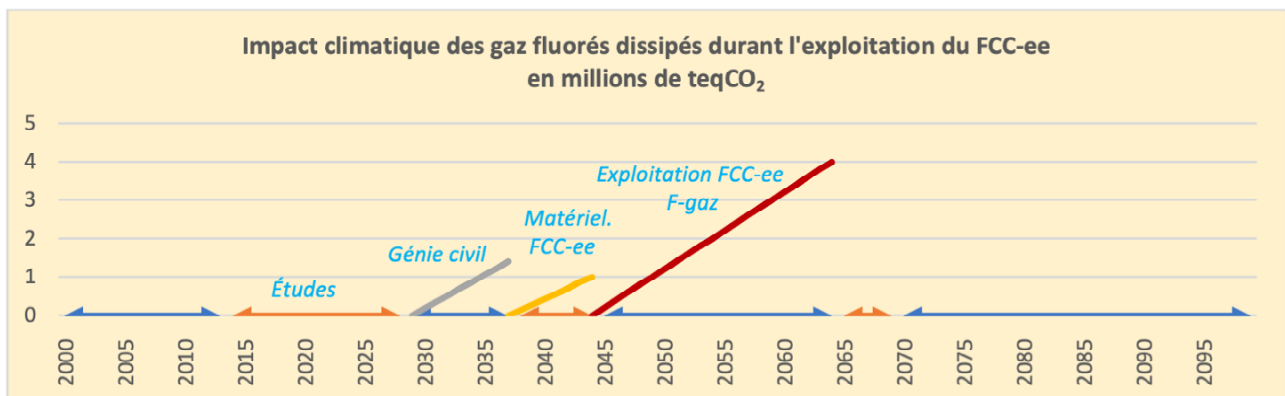
Two large helium tanks for the High-Luminosity LHC were installed at Point 1 in June. (Image: CERN)



L'un des 8 groupes de compresseurs de réfrigération utilisés par l'actuel LHC (Image: CERN)

Il est difficile d'estimer l'importance des émissions qu'auraient le FCC-ee (qui, à l'inverse de l'actuel LHC et du futur FCC-hh, utiliserait des aimants non supraconducteurs, donc moins nocifs à cet égard). Les techniques de prévention des fuites auront certainement progressé. Mais, quels que soient les efforts et les progrès, l'ajout au complexe existant d'installations de la taille du FCC-ee se traduirait par une augmentation nette des émissions de gaz à effet de serre. Risquons le chiffre de 200'000 teqCO₂ en nous appuyant sur les émissions actuelles du LHC qui sont, comme nous l'avons vu ci-dessus, de 185'000 teqCO₂.

=> Émissions annuelles de GES liées aux fuites de F gaz du FCC-ee: 200'000 tonnes teqCO₂/an



Graphique 3

teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO₂

Émissions de CO₂ liées à la consommation électrique du FCC-ee

Avec l'entrée en service du FCC-ee, la consommation annuelle moyenne du CERN passerait de 1'400 GWh à 1'900 GWh (5). Nous verrons plus bas ce que ces chiffres représentent. Le principal fournisseur du CERN, EDF, *"utilise de l'électricité à faible émission de carbone, d'origine principalement nucléaire."*

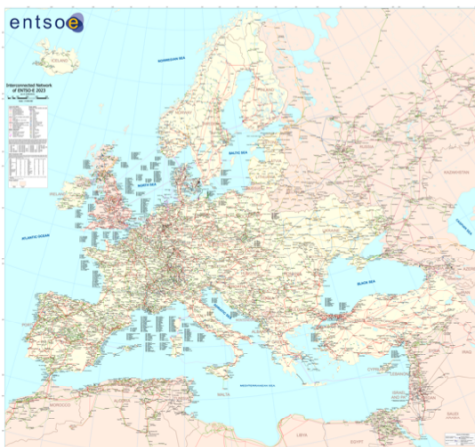
Le terme *faible émission* reflète le fait que le courant français est à 75% d'origine nucléaire et que son **facteur d'émission** ne serait que de 0,1. Ce qui veut dire que la production du MWh électrique en France n'émettrait que 0,1 t_{eq}CO₂, à comparer avec le chiffre de 1 t_{eq}CO₂ qu'atteignent les centrales à charbon.

Si l'on croit ce chiffre (qui ne comprend pas le démantèlement des centrales, la construction des cavernes d'enfouissement, le conditionnement des déchets, le transport en cavernes et leur suivi sur plus de 100'000 ans), les émissions imputables à la consommation d'électricité du CERN/FCC-ee (c. à d. de l'ensemble du CERN lorsqu'il disposerait du FCC-ee) s'élèveraient à 190'000 t_{eq}CO₂ par an.

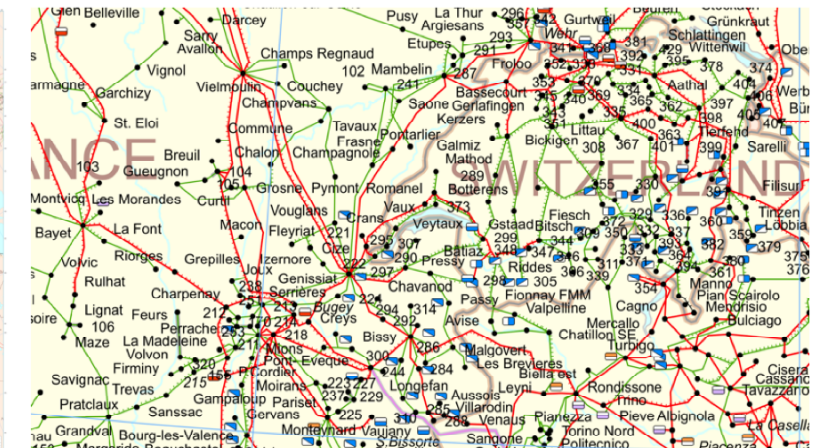
(1 MWh → 0,1 t; 1 GWh → 100 t; 1 TWh 100'000 t; 1,9 TWh → 190'000 t)

Or deux éléments laissent penser que ce chiffre sera en réalité largement supérieur:

1) Sur le plan électrique, le CERN n'est pas un îlot. Il est raccordé au et dépend du réseau européen.



Le réseau électrique unifié européen

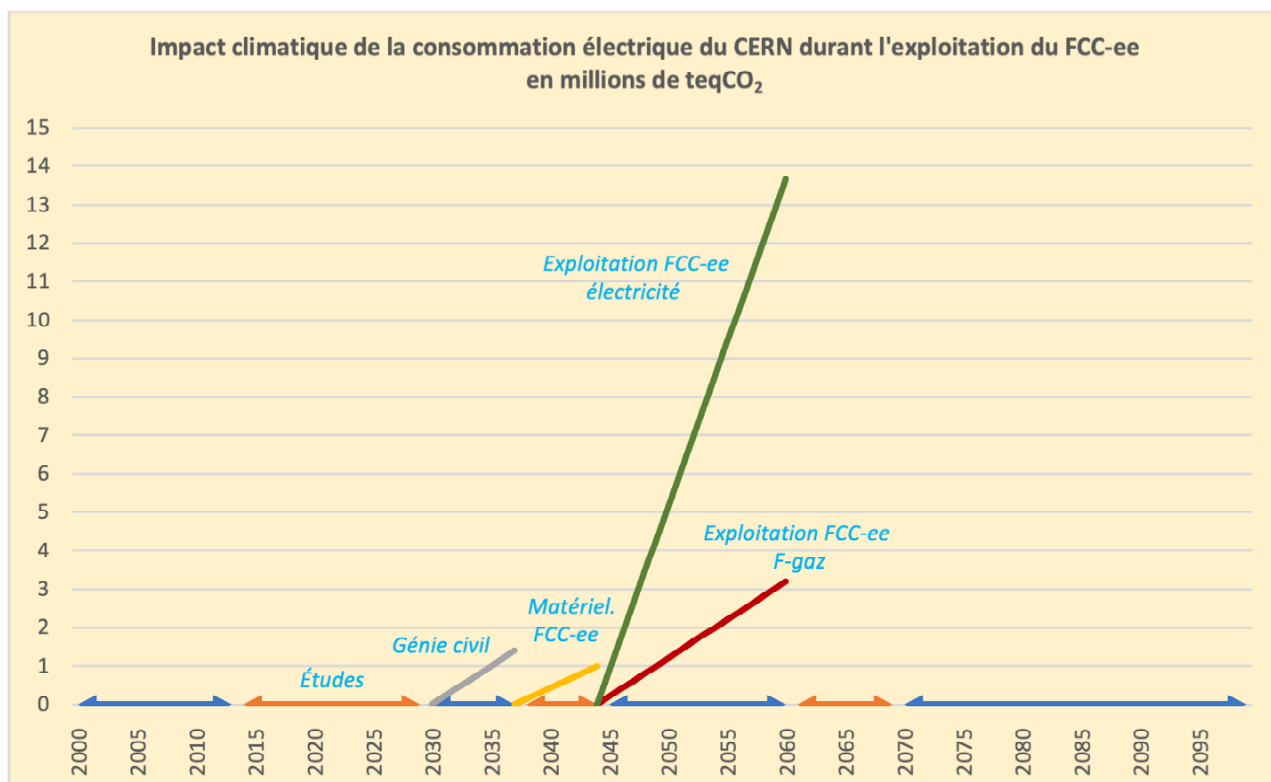


L'électricité consommée par un utilisateur en un point et à un moment donné résulte d'échanges bidirectionnels sans cesse rééquilibrés entre producteurs nationaux. Donc si l'on peut dire que le facteur d'émission de la production française est de 0,1 (et que la production française est à cette aune très propre), cette production est intégrée au marché commun européen. Il serait donc plus approprié d'utiliser un facteur d'émission correspondant au mix européen.

Le facteur d'émission moyen du courant européen est de **0,45 t_{eq}CO₂ par MWh** électrique. Ce qui donnerait:

=> **Émissions de CO₂ liées à la consommation électrique du CERN-FCC-ee: 855'000 t_{eq}CO₂/an**

2) Ce facteur de 0,45 est à son tour trop faible. En effet, il s'applique à l'usager standard, c'est-à-dire qui n'a pas d'influence sensible sur le marché. Mais lorsque le CERN soustrait au réseau interconnecté européen l'énorme courant dont il a besoin, les fournisseurs d'électricité – qui doivent répondre à la demande d'autres clients – réenclenchent les centrales d'appoint, dont les centrales fossiles.



Graphique 4

teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO₂

Il est néanmoins possible que le bilan carbone de l'électricité s'améliore progressivement avec l'augmentation de la part d'électricité renouvelable. Souhaitons-le! Cependant: la production d'électricité renouvelable requiert à son tour l'édification d'installations (éoliennes, photovoltaïque, etc.) et de réseaux de distribution, ouvrages dont on ne peut ignorer l'impact carbone. C'est en particulier et lourdement le cas pour les nouvelles centrales nucléaires dont la France prévoit de s'équiper pour assurer sa transition énergétique. Et à toujours miser et investir dans de nouvelles infrastructures et technologies, on écrase ce qui serait **le premier outil de lutte contre la réchauffement climatique: la sobriété**.

On ne saurait non plus se dédouaner – comme l'a fait le chef de projet du FCC lors d'un entretien avec Noé21 – en affirmant qu'il n'y a pas de problème puisque nos pays se sont engagés à ne plus consommer que de l'électricité non carbonée dès la moitié du siècle, soit peu après l'entrée en service du FCC-ee! Il est vrai que si, aujourd'hui déjà, l'énergie était propre sur l'ensemble de son cycle de production et de consommation, le pan climatique des critiques au FCC serait redimensionné et les F-gaz prendraient le devant. Mais nous n'en sommes pas là. Pour mémoire: les ministres de l'énergie du *Forum pentalatéral de l'énergie* (Belgique, Pays-Bas, Luxembourg, Allemagne, France, Autriche et Suisse) ont déclaré en décembre 2023 vouloir "*s'efforcer*" de décarboner leur réseau électrique interconnecté à l'horizon 2035 (20). Mais leur déclaration, purement formelle, **ne parle ni de sobriété, ni de la nécessité d'éviter les méga-projets** qui ne servent qu'une partie marginale de la population tout en ajoutant lourdement aux émissions de gaz à effet de serre.

On pourrait invoquer le Graal de la mythologie technophile, à savoir l'exploitation industrielle de la fusion nucléaire. En attendant son avènement, nous nous tiendrons à ce que nous voyons: la moyenne européenne est de 0,45 teqCO₂ le MWh Si le CERN juge ce facteur d'émission erroné, à lui de nous en présenter l'évolution de 2030 à 2100, en intégrant la succession des "difficultés" que devront affronter nos infrastructures en raison du réchauffement (dont, non loin du CERN, l'arrêt forcé de centrales nucléaires en raison du réchauffement du Rhône).

Émissions liées au démontage du FCC-ee, à la fabrication et au montage du second collisionneur, le FCC-hh...

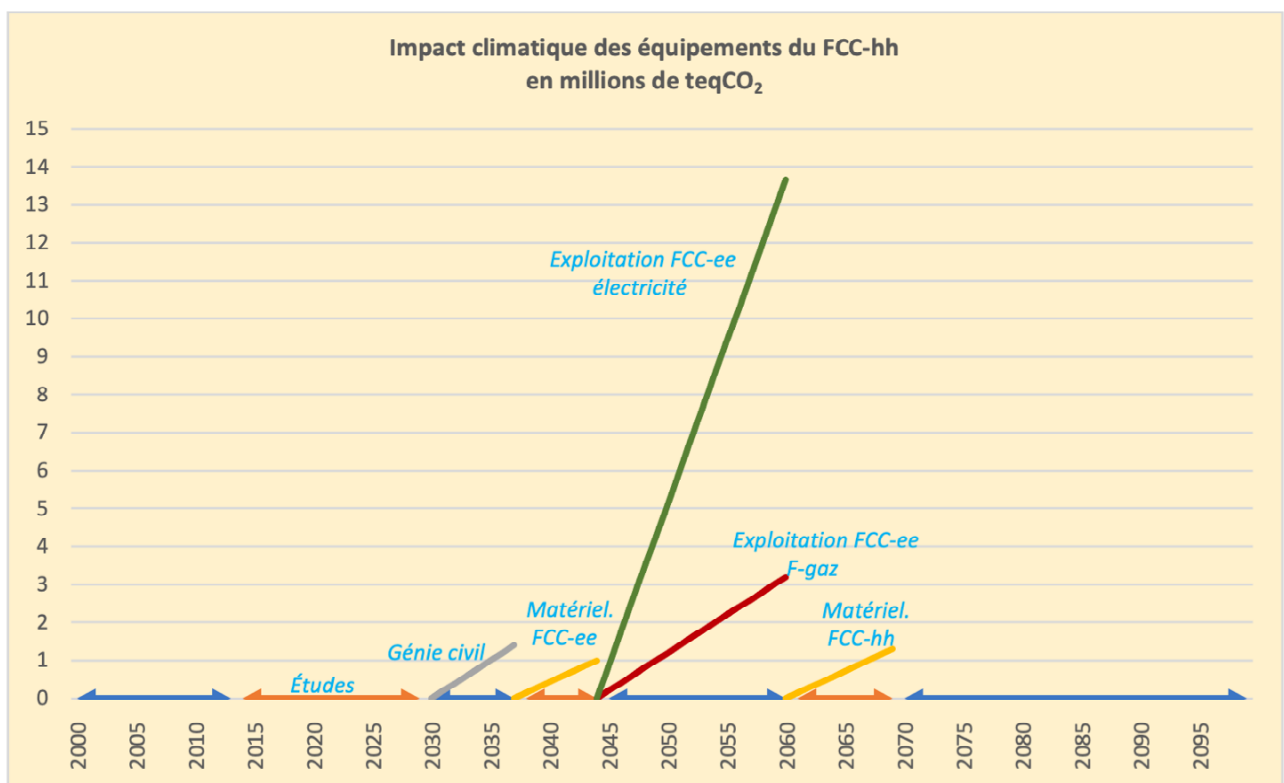
Lorsque le programme de recherche du FCC-ee sera bouclé à l'horizon 2060, l'accélérateur-collisionneur sera démonté et remplacé par le FCC-hh. Une partie de l'infrastructure ayant servi au FCC-ee pourra être maintenue. Plus puissant, plus volumineux, le FCC-hh utilisera des aimants supraconducteurs devant être maintenus à 1,9 K (soit -271°C).

Pour risquer une première évaluation des émissions liées à la fabrication du second accélérateur, on dispose d'un chiffre, celui de la *masse froide*, somme du matériel maintenu près du zéro absolu: 230'000 tonnes (6). A quoi on peut ajouter 10% pour les cryostats. D'où il ressort qu'un accélérateur-collisionneur de cette taille pèse ~ 250'000 tonnes, sans compter ses annexes.

Prenons donc pour estimation que le FCC-hh et ses annexes immédiates pèsent 300'000 tonnes. Le facteur d'émission moyen de cette machine est vraisemblablement supérieur à 2 teqCO₂ / t, ce qui donne pour sa construction quelque 600'000 teqCO₂. Le FCC-hh nécessitera aussi de nouveaux détecteurs. Le modèle actuellement à l'étude aurait un diamètre de 20 m et serait long de 50 m. A combien s'élèvent les émissions de CO₂ liées à leur construction et leur montage? Proposons 200'000 teqCO₂.

A cela s'ajoutent 5 années de démontage du FCC-ee et de montage du nouvel équipement. Estimation: 500'000 teqCO₂.

=> **Émissions de CO₂ liées à la construction et au montage des équipements du FCC-hh** **1'300'000 tonnes CO₂**



Graphique 5

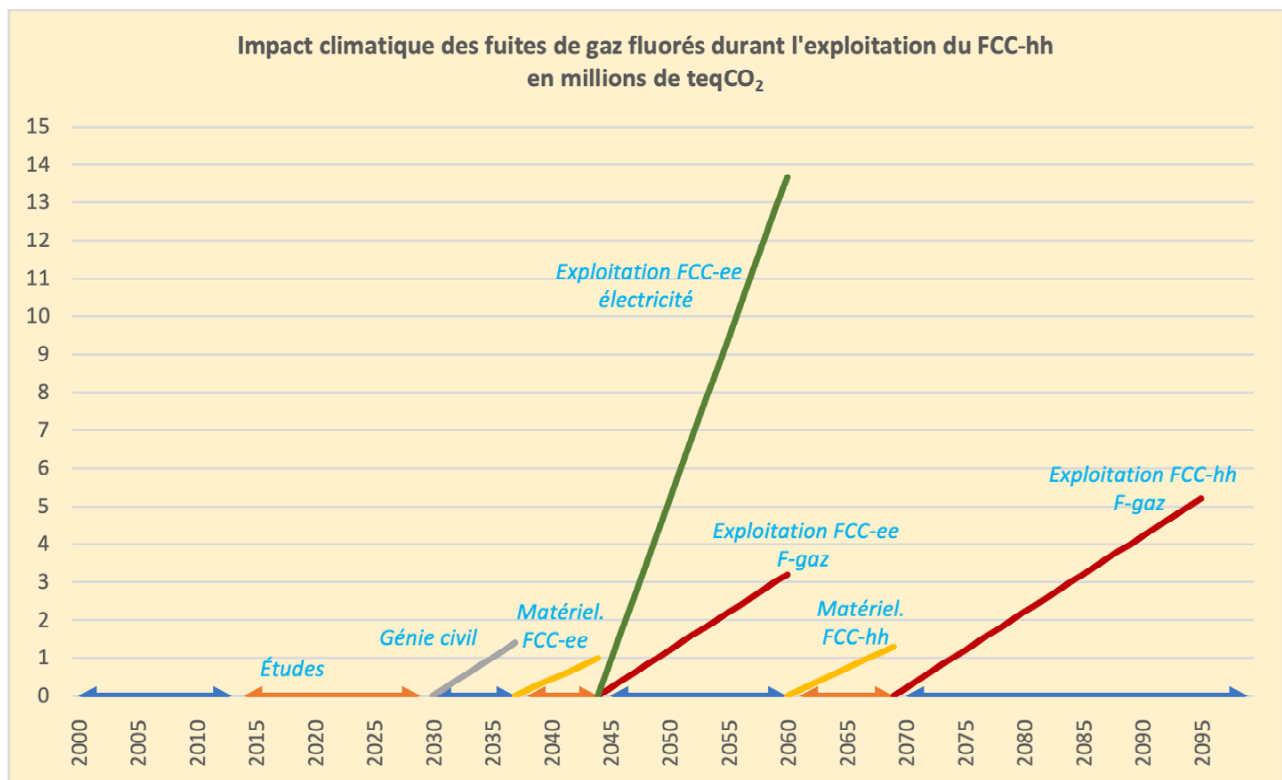
teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO₂

Émissions de gaz fluorés par le FCC-hh...

Nous avons mentionné plus haut qu'environ 90% des émissions de ces gaz proviennent des "expériences", c'est à dire des énormes détecteurs logés dans les cavernes. Il y en aura quatre dans le FCC-hh comme dans l'actuel LHC. Les besoins en cryogénie de l'ensemble des aimants supraconducteurs seront environ trois fois supérieurs à ceux du LHC vu que la circonférence du tunnel sera triplée.

Faut-il compter sur une réduction des pertes des gaz à effet de serre par rapport au FCC-ee? Au CERN de le démontrer. Pour poser prudemment les idées, reprenons les chiffres du FCC-ee:

=> **Émissions de teqCO_2 liées aux fuites de F gaz du FCC-hh:** **200'000 teqCO_2 / an**



Graphique 6

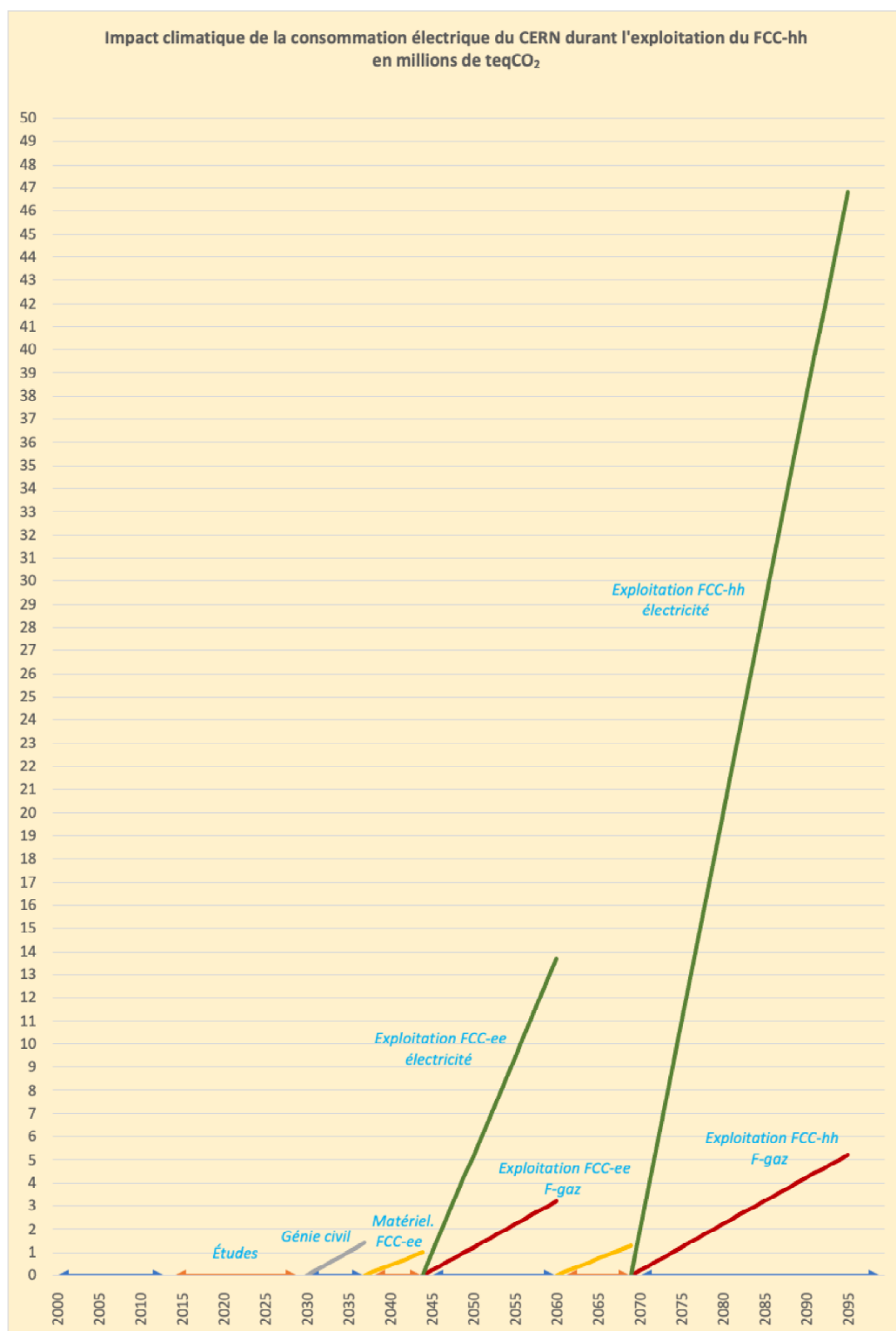
teqCO_2 : équivalent en tonnes de CO_2

Émissions de CO_2 liées à la consommation électrique du FCC-hh...

Selon l'évaluations du rapport de conception technique, en s'équipant du FCC-hh, le CERN triplerait sa consommation actuelle de courant, passant à 4 TWh. Avec le facteur d'émission d 0,45 teqCO_2 par MWh, ou 450 teqCO_2 par GWh introduit plus haut, cela donne

=> **Émissions de CO_2 liées à la consommation électrique du CERN-FCC-hh:** **1'800'000 teqCO_2 / an**

Pour inclure ces émissions dans notre graphique et maintenir le graphique dans une page, nous devons en réduire l'échelle.

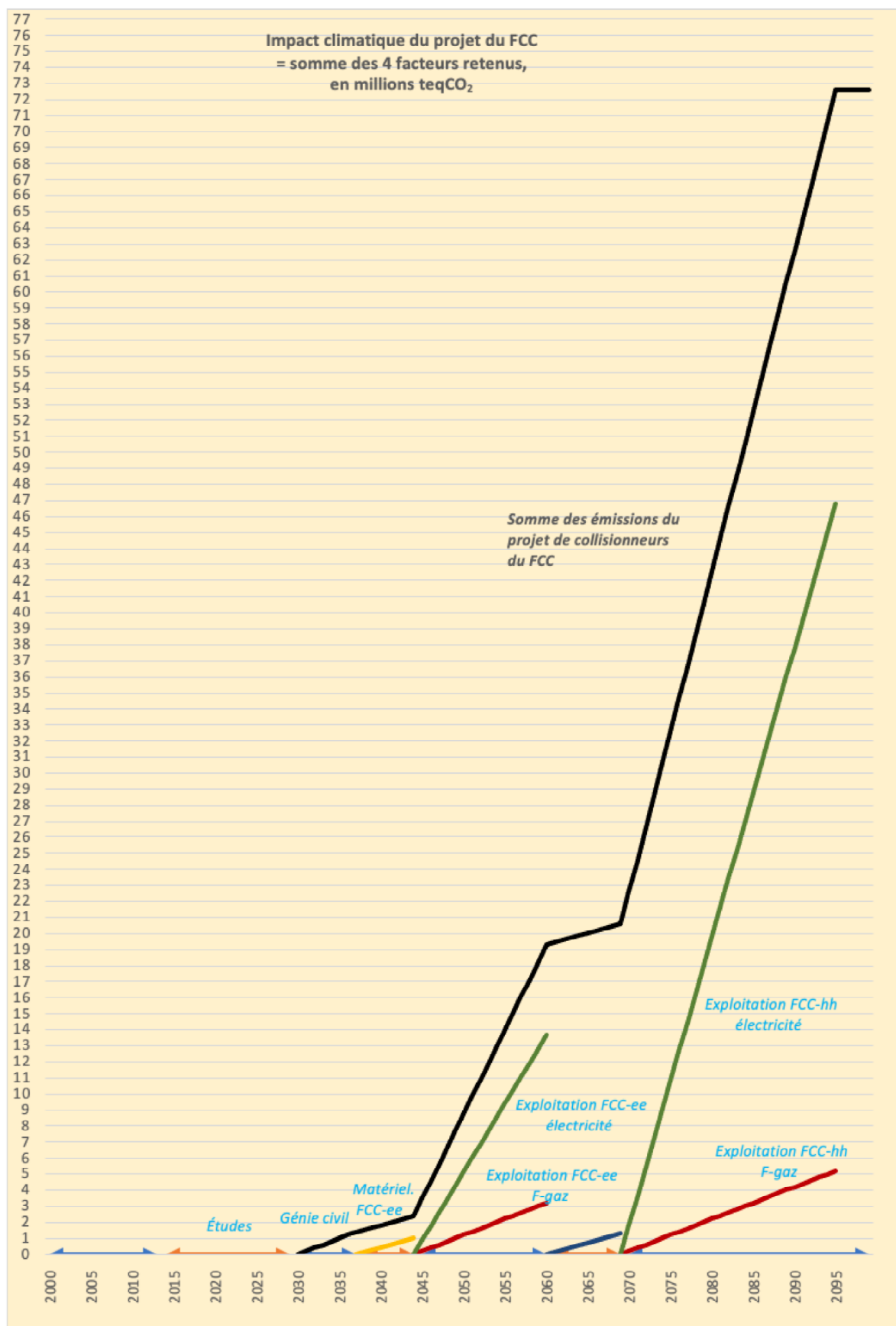


Graphique 7

teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO₂

Pour la **somme des gaz à effet de serre** produits par les travaux de génie civil, le matériel, les F-gaz, et l'impact carbone de la consommation électrique, voir en page suivante. Vu la lente décomposition des gaz à effet de serre, on peut, en première approximation, considérer que les quatre sources d'émissions prises en compte dans ce graphique s'additionnent: Nous devons une fois de plus réduire l'échelle.

Évaluation de l'impact climatique à l'horizon 2095...



Graphique 8

teqCO₂ : équivalent en tonnes de CO

"En 2022, la Suisse a rejeté dans l'atmosphère une quantité de gaz à effet de serre correspondant à 41,6 millions de t d'équivalents-CO₂ (sans inclure le transport aérien et maritime international), soit 5 t d'équivalents-CO₂ par habitant (dont 4 t de CO₂ par habitant)." (21)

Les 72 mios de teqCO₂ qu'émettrait le projet FCC sur 66 ans (2030 - 2095) correspondent à une émission moyenne de 72 millions teqCO₂ / 66 ans = 1,1 million teqCO₂ / an.

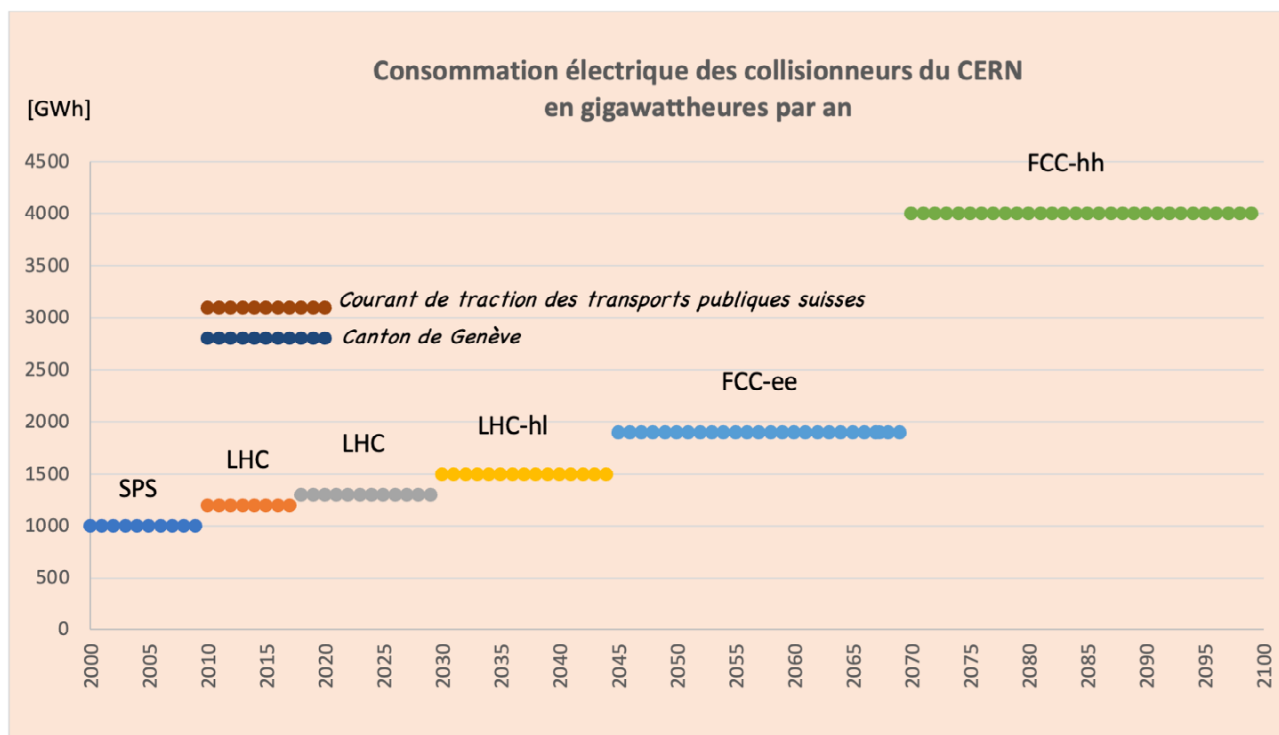
Cela correspond aux émissions de gaz à effet de serre de 1,1 million / 5 = **220'000 habitants** de la Suisse!

En l'absence de données officiellement validées par le CERN, les chiffres stupéfiants que nos prudentes évaluations font apparaître doivent permettre d'ouvrir la discussion.

Il appartient cependant au CERN de calculer l'équivalent CO₂ des émissions liées à ses projet de FCC-ee et FCC-hh. C'est à lui de fournir les chiffres permettant la comparaison avec les efforts entrepris ailleurs pour réduire notre empreinte carbone. On comprend mal que les CHF 100 mios alloués aux études de faisabilité de ce mégaprojet n'aient pas encore permis d'éclairer le public sur ces chiffres.

Consommation électrique des collisionneurs

- => Avec le FCC-ee, le CERN consommerait **1'900 GWh / an**
- => Avec le FCC-hh, le CERN consommerait **4'000 GWh / an**



Les chiffres de consommation du CERN sont moyennés sur la période d'exploitation du principal accélérateur du moment, arrêts techniques compris. Cela explique leur allure en plateaux.

La consommation de 4'000 GWh du FCC-hh correspond à celle d'une ville suisse de 700'000 habitants, toutes activités confondues; et à une ville de 1 ou 2 millions d'habitants dans un pays moins énergivore.

Elle dépasserait nettement celle du courant de traction du réseau des transports publics électriques suisses, tous types de véhicules confondus (trains, trams, trolleybus,...), qui transportent plusieurs millions de personnes et milliers de tonnes de marchandise chaque jour.

L'extravagante consommation des accélérateurs n'a pas échappé aux chercheurs, ne serait-ce qu'en raison de son coût. La contradiction entre la montée programmée de la consommation et les politiques d'économie d'énergie prônées par les gouvernements, a occasionnellement provoqué des remarques. Lors d'un symposium sur la *Stratégie européenne de la physique des particules*, un orateur concluait

"Les accélérateurs en deviennent ainsi de plein droit un sujet de discussion publique." (22)

De son côté, Jorgen D'Hondt, du Comité européen sur les futurs accélérateurs, constatait pour ce qui concerne le FCC que

"L'éléphant dans la pièce. c'est la consommation d'électricité" (23)

Par ailleurs, le CERN exploite aujourd'hui déjà **le plus grand réseau de calcul au monde, le WLCG**, la *Grille de calcul mondiale pour le LHC* regroupant 1,4 million de cœurs de processeurs et 1,5 exaoctets de stockage, mobilisant plus de 170 sites répartis dans 42 pays. Aujourd'hui, le CERN fournit environ 20% des ressources de la Grille. Il ne s'impute pas la consommation électrique du 80% restant qui pourtant mouline pour interpréter les données des expériences réalisées avec ses équipements. Avec le FCC, les ressources informatiques nécessaires seraient de 5 à 10 fois supérieures. Étant donné l'évolution du matériel informatique, difficile de savoir dans quelle proportion la consommation de la Grille s'en trouvera augmentée.

Conséquences sur la transition énergétique

La transition énergétique a pour objectifs de **renoncer aux énergies fossiles**, principalement en raison de leurs émissions de gaz à effet de serre. Pour y parvenir, les pays doivent assurer leur approvisionnement en énergies propres, c'est-à-dire essentiellement en électricité renouvelable. À terme, l'électricité actuellement produite par des centrales thermiques (majorité du courant mondial) devra être remplacée par de nouvelles installations propres. Ainsi, la demande en électricité ne fera qu'augmenter, même à train de vie constant.

Le but de la transition est d'atteindre un **équilibre décent** entre les besoins de la société et sa capacités de production d'énergie propre peu dommageable. Cela implique que nous fassions un premier effort de **réduction du gaspillage** stupéfiant de matière et d'énergie auquel nous nous sommes habitués. On peut chiffrer par 10, 20 ou 30% les économies réalisables par la majorité des habitants d'Europe dans l'un, l'autre ou tous les secteurs de consommation que sont l'alimentations, les transports, l'habillement, le mobilier, les produits de nettoyage, etc., sans que cela ne se traduise par une baisse perceptible de leur qualité de vie.

Au-delà de cette réduction de bon sens, il est évident que nous n'atteindrons pas l'équilibre souhaité si nous ne faisons en sus un effort général de **sobriété**. Quelle que soit notre attitude sur la question, **il est clair qu'il convient d'éviter le lancement de nouveaux projets titanesques qui ne contribuent en rien à nous préserver du pire climatique mais au aggraver la situation**. L'arrivée de méga-consommateurs tels que le FCC-ee et le FCC-hh sur le marché en pleine restructuration de l'électricité ne fera que retarder la fermeture de centrales thermiques. Obnubilé par ses préoccupations corporatistes, le CERN décide tout simplement de retarder la transition énergétique. Comme il a tout de même conscience du caractère problématique de cette décision, il compte sur quelques sophismes pour expliquer que, au contraire, comme il aura besoin de beaucoup d'électricité et que cette électricité va devoir être essentiellement renouvelable, il va beaucoup investir dans le renouvelable, ce qui fera de lui l'un des grands acteurs et pionniers de la transitions.

Rayonnement et radioactivité du FCC-ee...

En bien des endroits du CERN, le personnel risque d'être exposé à des radiations ionisantes. En témoigne le port généralisé de dosimètres.



Ces radiations proviennent de plusieurs sources:

- 1) des faisceaux de particules de l'accélérateur,
- 2) des particules émises lors des collisions,
- 3) des interactions des particules avec la matière environnante (équipements, roche, eau, air),
- 4) des doses provenant de la libération d'eau et d'air activés,
- 5) des déchets radioactifs régulièrement extraits des installations souterraines, ou évacués lors du démontage d'installations,
- 6) de l'utilisation de sources et d'appareils émettant des rayons X.

	Déchets de très faible activité	Déchets de moyenne et faible activité
Déchets résultant du chantier	0	0
Déchets d'exploitation		
Injecteurs	< 250 m ³ /an	< 10 m ³ /an
Collisionneur	< 1450 m ³ /an	< 70 m ³ /an

Source (5)

Rayonnement et radioactivité du FCC-hh...

	Déchets de très faible activité	Déchets de moyenne et faible activité
Déchets résultant du chantier	5000 m ³	200 m ³ (conversion du SPS en injecteur)
	300 m ³	900 m ³ (conversion du LHC en injecteur)
Déchets d'exploitation		
Injecteurs (y c. LHC)	650 m ³ /an	30 m ³ /an
Collisionneurs	< 1450 m ³ /an	70 m ³ /an

Source (6)

Pour situer ces chiffres (qui ne comprennent pas l'ensemble des matières irradiées), rappelons que la capacité actuelle de réception, traitement et évacuation des déchets radioactifs du CERN est d'environ 400 m³ par an. Or le FCC-ee en produira 1700 m³ par an, le FCC-hh 2100 m³ par an. A quoi il faut ajouter les 6400 m³ de déchets du chantier de démantèlement du FCC-ee lorsque ce dernier cédera la place au FCC-hh (6). Quant au démantèlement du FCC-hh, il n'est pour l'instant mentionné nulle part.

Remarque du Comité interministériel français: *"Développer les aspects liés aux problématiques de radioprotection et de sûreté nucléaire, qui ne sont pas directement abordés dans le document de mi-parcours"*

La question de l'eau de refroidissement...

"La plupart de l'énergie électrique consommée par cette infrastructure de recherche [le FCC] sera transformée en chaleur" (24)

Pour dissiper cette chaleur, la solution actuelle et celle qui prévaudra probablement dans les futures installations est d'y faire circuler de l'eau froide, beaucoup d'eau froide:

"Le CERN utilise une quantité d'eau considérable pour refroidir son complexe d'accélérateurs. Parallèlement, il rejette de l'eau dans les rivières avoisinantes. Il s'agit souvent de petits cours d'eau, qui sont donc sensibles à la qualité de l'eau reçue.

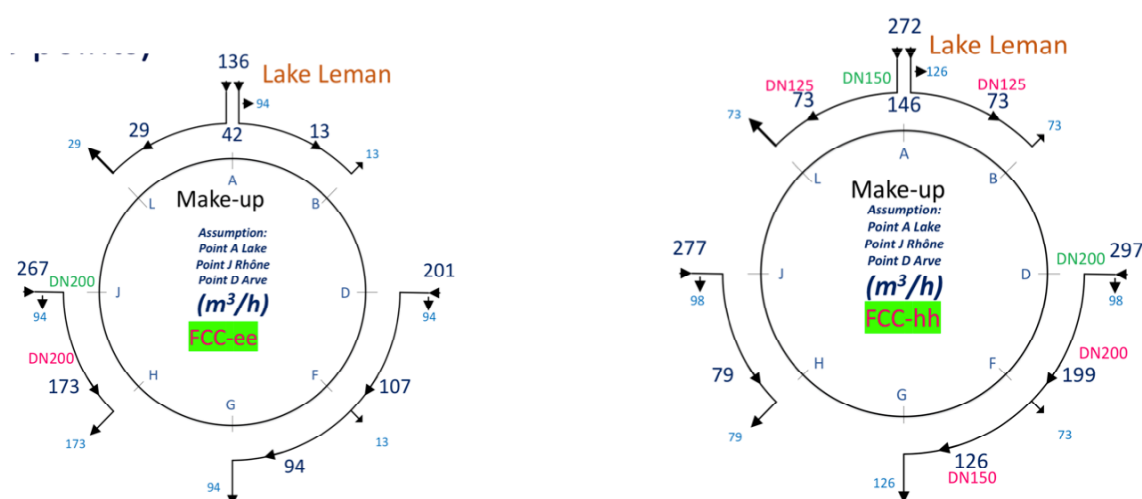
En 2018 [...], le CERN a utilisé 3,5 millions de m³ d'eau, ce qui correspond à environ 1'400 piscines olympiques. Cette eau provient en grande partie du lac Léman. Cette année-là, le CERN a rejeté 5,1 millions de m³ d'eau dans les rivières et les stations de traitement des eaux usées ; ce chiffre comprend les eaux d'infiltration pompées dans les tunnels et celles de ruissellement pluvial. Il s'agit là de quantités colossales, aussi le CERN accorde-t-il une très grande importance à une gestion responsable de l'eau." (25)

"L'eau utilisée au CERN est fournie principalement par les Services industriels de Genève (SIG). L'eau brute est pompée dans le lac Léman (en Suisse), transformée en eau potable [...] puis acheminée au CERN." (26)

Le CERN a lancé plusieurs chantiers pour réduire cette consommation et s'est engagé dans son *Rapport sur l'environnement 2021 - 2022* (16) à ne pas l'augmenter de plus de 5% d'ici la fin 2025 malgré la mise en service de son nouveau centre de calcul. En 2029, à l'entrée en fonction du LHC-hl (mise à niveau du LHC) va vraisemblablement relancer le niveau de consommation.

Mais qu'en serait-il si le FCC-ee puis son successeur, le FCC-hh devaient être construits? Les études en cours (27) penchent pour un pompage d'eau en trois points: le Léman, le Rhône, et l'Arve. Les points A, B, D, F, G, H, I, J, K à l'intérieur des cercles ci-dessous correspondent aux sites techniques et scientifiques souterrains et aux sites de surface correspondants.

- On voit que pour le FCC-ee (gauche), 136 m³/h pourraient être prélevés dans le lac et partagés entre les sites A (Ferney-Voltaire), L (Challex) et B (Choulex/Presinge); 267 m³/h pourraient être prélevés dans le Rhône et partagés entre les site H (Cercier/Marlioz) et J (Vulbens/Dingy en Vuache); 201 m³/h pourraient être prélevés dans l'Arve et partagés entre les sites PD (Nangy), PF (Etaux/La Roche sur Foron) et PG (Cercier/Marlioz)
- Pour le FCC-hh (droite), les trois volumes de pompage passeraient respectivement à 272, 267 et 297 m³/h



L'eau chauffée par les installations serait refroidie par des groupes de 2, 6 ou 8 tours de refroidissement du type illustré ci-contre (groupe de 4 tours) d'où elle retournerait refroidir les installations (réduite de la part rejetée ou évaporée dans le panache).



Ainsi, le CERN consomme actuellement quelque 3 à 3,5 millions de m³ d'eau (potable) par an, soit environ 5% des 58 millions de m³ distribuée par les SIG sur le canton. Et il reste confiant dans les marges d'optimisation que l'avenir et la recherche lui réservent:

"Une nouvelle évaluation a montré que les besoins en eau maximum pendant l'exploitation du FCC-ee à l'énergie la plus élevée (350 GeV) peuvent être ramenés à moins de 3 millions de m³ par an, soit environ les besoins en eau actuels du LHC." (28)

Quant au FCC-hh, nous ne disposons pas de prévisions sur ses besoins en eau.

Remarque du Comité interministériel français: *"Faire des projections sur l'évolution des débit du Rhône et de l'Arve pour les prochaines décennies en prenant en compte la récurrence de périodes de sécheresse et la fonte des glaciers et décrire les prélèvements dans le Rhône et l'Arve afin de vérifier que le prélèvement pour le FCC reste marginal."*

Coût du projet...

La physicienne Sabine Hossenfelder n'y va pas par quatre chemins:

"Le coût de construction prévu pour les deux étapes est d'environ 20 milliards d'euros. Cela n'inclut par les coûts de fonctionnement, qui s'élèvent probablement à environ 1 milliard de dollars par an [...] Je pense que les physiciens des particules doivent se réveiller. Ils semblent croire qu'ils ont droit à des dizaines de milliards de dollars en échange de rien de particulier alors que le monde bascule vers l'enfer." (29)

Les chiffres découlant des études de conception techniques et de nos prudentes estimations des frais d'exploitation sont un peu différents. Le montage financier du projet fait partie des études de faisabilité en cours qui seront connues dans l'année 2025 et serviront de base à la décision de construire ou non, en 2027 ou 2028.

Estimation du coût du FCC-ee, en 2018			Milliards CHF
Génie civil	5,4		
Infrastructure technique	2,0	Total:	10,5
Collisionneur et ses injecteurs	3,1		
+ option "tt working point"			1,1
Coût d'exploitation sur 15 ans*)**)			20

*) Basée sur le précédent du LHC: *"Les coûts du LHC pendant l'exploitation (coûts directs et indirects représentent environ 80% du budget annuel du CERN pour les opérations, la maintenance, les arrêts techniques, les réparations et les travaux de consolidation, en personnel et en matériel (pour la machine, les injecteurs, l'information et les équipements)"*. Le budget actuel du CERN est d'environ CHF 1,3 milliard par année.

**) Mise à jour de 2024: selon le Ministère allemand de la formation et de la recherche, (BMBF), le coût d'exploitation du FCC-ee serait supérieur à CHF 1,3 milliards par an (30). Nous reprenons ce chiffre.

Estimation du coût du FCC-hh, en 2018			
Génie civil	0,6		
Infrastructure technique	2,8	Total:	17
Collisionneur et ses injecteurs	13,6		
Coût d'exploitation sur 25 ans *)			35
FCC-ee et FCC-hh		Gd total	84

*) Si le FCC-ee a été préalablement construit

Les dépenses sont réparties entre les 23 pays membres et d'autres partenaires internationaux. Les pays hôtes (Suisse et France) seront probablement invitées à consentir un effort particulier. On peut s'attendre à des surprises étant donné que le projet repose sur des avancées technologiques non confirmées. Rappelons que la construction du LHC, initialement budgétée à CHF 2,6 milliards, en a coûté 10.

A mi-parcours des études de faisabilité, les États hôtes constatent que ces calculs laissent place à bien des incertitudes:

Remarque du Comité interministériel français: "... les faiblesses actuelles des analyses de risques et aléas tant techniques que financiers et les angles morts associés ne permettent aujourd'hui ni une estimation exhaustive des postes ni un chiffrage fin des coûts et des marges pour aléas. Il reste en particulier nécessaire concernant le coût de prendre en compte le chiffrage des détecteurs et du coût futur de fonctionnement de l'installation."

Quel que soit le prestige dont jouit le CERN, la question du coût s'avère très délicate. Lors d'une rencontre de chercheurs allemands en 2024, un représentant du ministère de la recherche a quelque peu dégrisé les participants en déclarant *"Dans la situation économique actuelle, l'Allemagne n'est pas à même de fournir les moyens prévus"*, comme on le voit sur la diapositive ci-dessous.

 Federal Ministry of Education and Research

Future of CERN = FCC?

"The cost estimates in the feasibility study are subject to a large number of uncertainties, the effects of which are still largely unknown. The financing plan is extremely vague and requires a high level of commitment from external partners, which is neither assured nor even in prospect at the present time.

Under the current economic conditions, Germany is not in a position to provide the planned funding. In view of all these points, the FCC has to be considered as not affordable.

Hence, CERN has to diversify its efforts and prepare for different scenarios including one without the FCC-ee."

BMBF Statement in CERN Council Meeting 02/2024

Bonn, 23.05.2024

On notera toutefois que la formulation laisse place à une autre stratégie: sauter l'étape FCC-ee pour passer directement au FCC-hh. Cette option est également inacceptable, comme expliqué plus dans la section "Plan B".

Les percées scientifiques seront-elles au rendez-vous ?

• Qu'en pensent les initiateurs du projet ?

Le FCC devrait essentiellement permettre...

- de pousser l'étude du boson de Higgs;
- d'éventuellement trouver de nouvelles particules ou de nouveaux phénomènes liés à la matière noire;
- d'effectuer des mesures beaucoup plus précises, ce qui, avec les nouvelles méthodes de calcul, permettra de dégager une quantité sur-proportionnelle d'informations.

Les initiateurs ne sont toutefois pas certains de trouver ce qu'ils cherchent – ni même de savoir ce qu'ils cherchent – dans la plage des énergies que leur ouvrira le FCC: *"Après avoir répondu à la question 'Où se cache donc le Higgs?' grâce au LHC, les physiciens des particules affrontent une question encore plus difficile: 'C'est quoi, la prochaine chose à chercher; et où la trouver ?'"* (6)

Ils comptent en partie sur la découverte de *"choses inconnues de nature inconnue"* ("unknown unknowns"). Autrement dit, la théorie ne propose rien, allons-y quand même!

Mais il remarquent aussi que, d'après le modèle théorique actuel, il n'y a rien d'intéressant à trouver à ce niveau d'énergie. Là-dessus, il y a unanimité. C'est la première fois que l'on construit une de ces machines sans aucune idée de ce qu'elle devrait permettre de découvrir: *"... aucuns conseils théoriques clairs sur le tour que cette exploration pourrait prendre, ce qui est une première depuis la théorie de Fermi (1933)".*

• Qu'en pensent les collaborateurs du CERN ?

Il est difficile de le savoir. Le service de communication du CERN est constant dans son enthousiasme et ne mentionne aucun débat au sein de l'organisation. Certaines équipes de chercheurs ayant étudié d'autres projets que le FCC continuent de les défendre lors de diverses conférences sur la physique des particules.

• Qu'en pensent les physiciens ne dépendant pas du CERN ?

L'unanimité ne règne pas parmi les professionnels. Les principales objections: sont les suivantes:

- l'argent est essentiellement dépensé en génie civil et en équipements; il s'agit plus d'un projet d'ingénieurs que de physiciens.
- pour les percées scientifiques, on verra...

La physicienne Sabine Hossenfelder s'est exprimée courageusement sur la question dans les articles et vidéo ci-dessous. Elle y critique en particulier les promesses sensationnelles dont le CERN avait déjà abusé avec le LHC:

"The Uncertain Future of Particle Physics /Ten years in, the Large Hadron Collider has failed to deliver the exciting discoveries that scientists promised"

New York Times (31)

"The World Doesn't Need a New Gigantic Particle Collider"

Scientific American (32)

"Particle Physicists Continue Empty Promises"

youtube.com (33)

"No one in physics dares say so, but the race to invent new particles is pointless"

The Guardian (34)

Dans la vidéo mentionnée deux lignes plus haute (33), elle insiste:

"Selon Fabiola Gianotti (la directrice du CERN), nous avons besoin du FCC parce que la découverte de particules de matière noire mènerait à une nouvelle théorie plus complète du fonctionnement de l'Univers. [...] Il est vrai que la découverte de particules noires, si elles existent, conduirait à une théorie plus complète du fonctionnement de l'univers, mais il n'y a aucune raison de penser que le FCC y contribuerait.

A vrai dire, je trouve pénible que les physiciens du CERN tentent encore d'induire le public en erreur sur les perspectives de leurs expériences. Permettez-moi de vous rappeler qu'ils vous ont également affirmé que le LHC (l'actuel accélérateur de 27 km de circonférence) trouverait de la matière noire. Ce qui n'a pas été le cas, et il n'était d'ailleurs jamais probable que cela se produise.

La première fois qu'ils ont fait cela, j'étais prête à croire qu'ils étaient eux-mêmes peu au clair sur la question. Mais maintenant, je ne peux plus accepter cette excuse. A ce stade, il s'agit d'une désinformation délibérée."

D'autres spécialistes renommés partagent son scepticisme:

Adrien Chao: *"Ten years after the Higgs, physicists face the nightmare of finding nothing else"*

Science (35)

D'autres pensent que le FCC n'est pas la meilleure option:

Chandrashekhar Joshi: *"These gargantuan and costly machines are not the only options"*

Scientific American (36)

Tom Hartsfield: *"Please, don't build another Large Hadron Collider. A next-generation LHC++ could cost \$100 billion.*

bigthink.com (37)

Carlo Rubbia, ancien directeur du CERN, Prix Nobel de physique, juge la taille, le coût et le calendrier du FCC irréalistes et propose une autre option, le collisionneur de muons . (38)

• Qu'en pensent les organismes suisses de la recherche?

Les premiers organismes concernés sont:

- Le SEFRI, Secrétariat d'États à la formation, la recherche et l'innovation, en charge du dossier du CERN pour la Suisse.
- L'EPF de Zurich, par la voix de son recteur Günther Dissertori
- Le PSI, Paul Scherrer Institut, à Villigen
- L'EPF de Lausanne, Laboratoire de physique des accélérateurs de particules
- L'Université de Genève
- CHART (Swiss Accelerator Research and Technology) créé en 2016; réunit le CERN, le PSI, l'EPFZ, l'EPFL et l'UNIGE

Ils semblent tous rangés derrière le projet. Si ce n'est pas le cas, rien ne le trahit. Là aussi, la communication officielle, constante dans son enthousiasme, ne mentionne aucun débat (et passe le climat sous silence).

• Qu'en pensons-nous?

Dans la version précédente de ce texte, nous répondions ainsi *"La question des résultats escomptés dépasse nos compétences. Il apparaît cependant qu'elle n'a pas été clarifiée à satisfaction alors que le projet est poursuivi avec vigueur. D'où le sentiment que le CERN pratique la stratégie du fait accompli."*

Depuis lors, à lire les échanges entre physiciens sur la question, à les écouter sur youtube, ou à discuter "hors les murs" avec d'anciens collaborateurs CERN, on ne peut échapper au sentiment que le dossier scientifique du FCC est survenu.

Applications pratiques des recherches programmées...

Aucune n'est connue ni même anticipée à ce jour.

Retombées technologiques...

La construction et l'exploitation des accélérateurs du CERN a fait progresser plusieurs technologies. Les plus citées sont:

- La cryogénie: nécessaire à la supraconductivité (aimants supraconducteurs, radiofrequency cryomodules...)
- L'ultravide: les particules circulent dans des cavités au vide comparable à celui de l'espace interplanétaire; le vide sert également d'isolant thermique en cryogénie
- Les aimants supraconducteurs: l'actuel LHC en utilise plus de mille d'une quinzaine de mètres et pesant 35 tonnes
- L'informatique: énorme grille de calcul mondiale; Tim Berners-Lee a eu l'idée du Web alors qu'il travaillait au CERN.

Mais tout projet technoscientifique de budget comparable générerait des retombées technologiques du même ordre. Et surtout: les retombées ne sont pas la cible

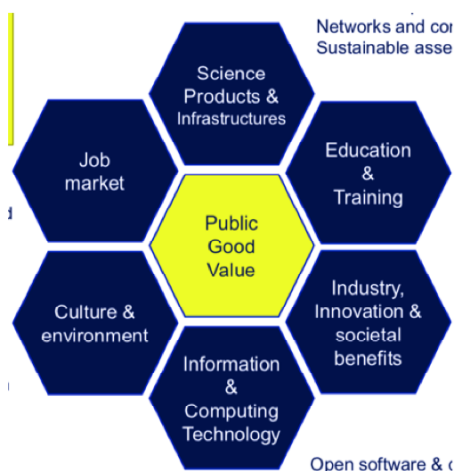
".... tous ces bénéfices sont certes très importants [...] mais ils n'en restent pas moins secondaires pour justifier le financement de la physique des particules: l'argument scientifique doit être prééminent." Christopher Llewellyn Smith, directeur du CERN 1994-98.

Évaluation socioéconomique de l'aventure...

Personne n'attend du CERN qu'il finance son fonctionnement. Il ne vend pratiquement rien et suit une politique de mise à disposition gratuite et générale du résultat de ses travaux. Son financement est assuré essentiellement par les contributions des États Membres. Mais la continuité du financement public d'activités dont la population et une majorité d'élu-e-s ne se font qu'une idée très vague est plus précaire que celui d'infrastructures publiques dont la nécessité est flagrante, comme un hôpital ou un réseau ferroviaire. C'est une des raisons pour lesquelles le CERN met régulièrement en avant l'utilité socioéconomique de ses activités

De plus, la loi française et la Communauté européenne demandent aux porteurs de projets d'investissement financés par l'Etat ou la Communauté d'en présenter préalablement une évaluation socioéconomique.

Le CERN a confié ce travail à des économistes qui schématisent ainsi les différents aspects socioéconomiques du FCC-ee (39):



Chacun de ces aspects se décompose à son tour en de nombreux postes qui font l'objet de calculs complexes (40) dont on précise qu'ils ne sont pas aboutis, en particulier parce que **les éléments suivants n'y sont pas encore intégrés:**

1. coût du carbone (potentiel de réchauffement global)
2. pertes de terrains
3. pertes de forêts
4. pertes de biodiversité.

Ce n'est pas rien! Il s'agit là des éléments qui, avec le retard imposé à la transition énergétique, sont au cœur de nos objections!

Ces omissions majeures n'empêchent pas les auteurs de conclure que chaque € investi dans le projet rapportera € 1,66 (moyenne entre € 1,44 pour le scénario pessimiste et € 1,87 pour le scénario optimiste).

A quoi ils ajoutent qu' *"une analyse socio-économique plus poussée [...] pourrait mettre à jour d'autres impacts positifs."* Il est inacceptable qu'on répertorie tous les aspects positifs imaginables pour en tirer un résultat précis à la deuxième décimale largement diffusé dans la communication grand public **tout en remettant à plus tard la prise en compte des externalités négatives.**

La question de savoir si un projet va être socialement profitable ou non est légitime. Mais à qui ou à quoi? Les évaluations socioéconomiques du FCC privilégient *la valeur ajoutée* et *l'emploi* au point d'en oublier le monde. Le monde sur lequel nos pieds s'appuient, le monde qui nous entoure, avec ses terres, ses eaux, son atmosphère, sa végétation, sa faune. Le seul à pouvoir nous assurer, à nous autres être humains, les conditions d'une vie décente. Du moins tant que nous n'en aurons pas irrémédiablement sapé les équilibres fondamentaux.

Que penser, par exemple, des chiffres ci-dessous sur la valeur en francs des avantages environnementaux de trois postes du projet de FCC: la valorisation des matériaux d'excavation, la production d'énergie renouvelable et la réutilisation des calories dissipées par les installations? (rubrique *Value of environmental benefits* du tableau suivant (39).

Results of the Cost/Benefit Analysis		
Benefit	Total undiscounted [MChf]	Total discounted [MChf]
Value of scientific production	7 885	4 768
Training benefits	10 817	4 106
Industry benefits	10 474	6 907
... for suppliers	9 806	6 497
... for ICT spin-offs	668	410
Value of data and ICT benefits	16 085	10 441
... from the development of a digital information platform	4 434	2 808
... from the development of a web collaborative service	5 274	3 129
... from the development of a detector simulation software	6 378	4 504
Value of cultural benefits	4 981	3 224
... for onsite visitors	4 206	2 760
... for online visitors	774	464
Value of environmental benefits	3 601	2 204
... from the reuse of excavated materials	517	393
... from renewable energy production	2 628	1 545
... from the reuse of waste heat	455	266
Value of residual assets	6 938	3 401
Total quantified benefit estimates	-	35 050
Total costs (CAPEX + OPEX)	32 425	21 169
Net present value (total benefits - total costs)	-	13 881

<https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10653395>

NOTE: figures are mid-point estimates

Ce tableau suggère que le simple fait de creuser le sol cinq années durant puis de réussir à revendre les matériaux d'excavation après les avoir charriés on ne sait où est un bénéfice environnemental à porter au crédit du FCC !

Il est tout aussi hallucinant de prétendre que les GWh d'énergie renouvelable réservés au seul usage du FCC-ee représentent pour l'ensemble de la société un avantage environnemental par rapport au statu quo, avantage chiffré à quelques milliards de francs!.

Remarques de la Confédération suisse, remarque mars 2024: *"Dans l'ensemble, l'analyse des avantages socio-économiques semble actuellement trop optimiste (...)*

Plusieurs postes semblent surévalués, comme la valeur culturelle des visites sur le site (4'206 MCHF) (...) ou "les avantages environnementaux liés à la réutilisation des matériaux d'excavation et au renforcement des capacités en matière d'énergie renouvelable."

Remarque du Comité interministériel français: *"L'identification de bénéfices territoriaux (...) devra être complétée (...) en comparant le scénario du FCC avec l'absence de projet ou un projet privé comparable (NB: le territoire est riche et densifié, la population a souvent le sentiment que les grands projet sont une contrainte pour le territoire)."*

Remarquons aussi que, en ne s'intéressant qu'au FCC-ee, les calculs laissent de côté l'étape principale du projet, le FCC-hh. Les États Membres du CERN vont ils se satisfaire de cet examen partiel alors que, comme le rappelle le Cern Courier de mars 2024, le FCC-ee n'a été initialement vu que comme une éventuelle première étape. (41)

Acceptabilité...

Le premier fait est que chantier bouleverserait la vie des régions avoisinant les huit sites de surface. Comme ces derniers ne sont éloignés que de 11 km l'un de l'autre, c'est l'ensemble de la Haute-Savoie, de l'Ain et de Genève qui seraient touchés par le va-et-vient des milliers d'ouvriers du gros-œuvre durant sept ans puis par ceux qui installeraient la machine de 91 km et ses équipements auxiliaires en les descendant par les puits, ce qui prendrait cinq ans.

Plusieurs associations locales (<https://co-cernes.com/> et <https://co-cernes.ch/>) ont organisé des présentations-débats dans les communes où le CERN projette d'installer ses chantiers de forage et ses futurs sites de surface. Elles ont chaque fois fait salle pleine. Le public a toujours écouté avec beaucoup d'attention les présentations historiques-et techniques permettant de comprendre le pourquoi et le comment du projet, puis quels en seraient les impacts, et enfin quels étaient les moyens citoyens de se faire entendre. La première réaction lors des périodes de questions-réponses a généralement été la stupeur, l'incompréhension qu'un projet de cet ampleur soit à l'étude depuis dix ans sans que ni l'Etat, ni le CERN n'aient songé à consulter la population

concernée. Certaines personnes ont défendu le projet au nom surtout de la Science et de l'emploi, mais l'opinion dominante peut se résumer ainsi:

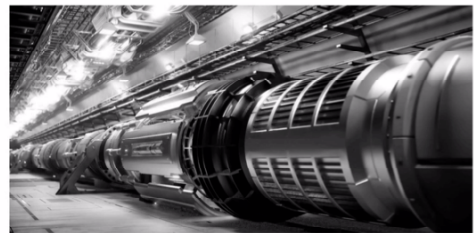
Nous n'avons aucune envie

ni des sept années du chantier de génie civil,
ni des cinq années d'installation des équipements,
ni des sites de surface soustraits à la nature ou à l'agriculture,
ni des aménagements routiers et ferroviaires envisagés,
ni du charriage de millions de tonnes de produits d'excavation,
ni de l'augmentation du prix des logements
ni de conseils sur la manière d'organiser notre avenir.



M.J.C. de Reignier le 27.02.2024 ©Camille Content

Futur collisionneur circulaire : ce gigantesque chantier du CERN qui inquiète en Haute-Savoie



Séance d'information Le projet du CERN? «Un grand délire!»



Date: 09.02.2024
Tribune de Genève

En préambule à cette rencontre avec la population, les organisateurs ont détaillé le projet d'accélérateur de particules géant et ses implications.

A l'appel des associations de défense du climat, Choulex a fait salle comble mercredi soir. Le public a dit ses inquiétudes.

dû refuser du monde!

Objectif de cette séance publique? Informer la population sur le Futur collisionneur circulaire (FCC). Cet outil de recherche hors norme nécessiterait par exemple le creusement d'un tunnel de plus de 90 km de circonférence dans le sous-sol du Grand Genève (lire notre édition du 6 février).

tonnes de CO₂ de millions de mètres cubes de matériaux excavés. Les déblais du chantier sont évalués à deux fois les trois pyramides du site égyptien de Gizeh! Pablo Venturini, membre de SeymazVie, évoque plus spécifiquement le site en surface, projeté sur 5 hectares dans la région de Choulex, entre le hameau de l'Ave-

Projet pharaonique La construction d'un tunnel de 91 km suscite d'énormes craintes

À l'heure de l'urgence climatique, le collisionneur de particules mené par nombreuses questions. Quels sont les enjeux de ce dossier hors norme, alors que l'étude de faisabilité avance?

Xavier Lafargue

Assurément, c'est un mastodonte! Imaginer un tunnel creusé à 200 mètres de profondeur en moyenne, formant une boucle d'environ 91 km de circonférence agrémentée de 13 profonds puits avec 8 sites en surface. Encrenant le Salève, il passerait sous le lac et les campagnes de la Rive gauche, flirtant avec Annecy pour revenir à Meyrin!

Ce projet, c'est le FCC pour le futur collisionneur circulaire. Son rôle? Chercher à dépasser la technologie actuelle, à succéder à ses «petits» prédécesseurs, le LEP et le LHC (voir notre édition du 6 février).

ment en termes d'urgence climatique et de consommation d'énergie? Chef de l'étude de faisabilité du FCC, le Dr Michael dijk nous répond.

Quel est le calendrier à venir et a-t-on une idée de la date de mise en fonction du FCC, si le projet se concrétise? Nous sommes à mi-par-



The Future Circular Collider would occupy a 91 kilometre tunnel (artist's impression).

CERN SUPERCOLLIDER IN QUESTION AS TOP FUNDERS CRITICIZE COST

Germany has raised doubts about the affordability of the Large Hadron Collider's planned successor.

<https://www.lemessager.fr/> mars 2024

Cercier : les riverains et associations inquiets sur les futurs travaux du CERN

Le CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) prévoit de construire un accélérateur de particules d'une circonférence de 91 kilomètres qui passera sous le canton de Genève, le pays de Gex et la Haute-Savoie à une profondeur moyenne de 200 mètres sous terre.



Le CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) prévoit de construire un accélérateur de particules d'une circonférence de 91 kilomètres qui passera sous le canton de Genève, le pays de Gex et la Haute-Savoie à une profondeur moyenne de 200 mètres sous terre. Huit sites, quatre sites



Le Dauphiné Libéré
Lundi 14 octobre 2024

Actu locale Chéran - /

Marlioz

Le futur collisionneur du Cern suscite des inquiétudes

Près de 300 personnes étaient massées dans la salle des fêtes de Marlioz vendredi 11 octobre afin d'assister à une réunion organisée par le collectif CO-CERN. "Information" était le maître mot de la soirée puisque depuis le début de son action, ce collectif déplore le manque d'explications sur un projet qui mijote depuis 2011 et qui pourrait être validé en 2027 : le futur collisionneur du Cern.

La réunion de vendredi sur le futur collisionneur du Cern, a vu s'exprimer Chantal Domenge (Fred 74), Jean-Bernard Billeter (Noé 21), Jean-Pierre Burnet (Arcass), Elisabeth Charriot (Acpart), Nicolas Jean Priezaz (Usses et Merveilles), Jérémie Courlet (maire de Minier). Ils ont expliqué, avec

Brigitte Pépin Donat, directrice de recherche au CNRS, a fustigé ce projet. Photo Le DL/SC.

gea ce projet, estimant que « La recherche, ce n'est pas ça ».

Quels financements ?

ciser que, sur le site internet de Marlioz, une page est dédiée à ce projet. Une autre question a été posée : « Est-il vrai que le Cern a fait des promesses à certaines communes autour d'eux afin de sensibiliser toute la population ». Une pétition circule (www.clistar-go.org/p/le-cern-peut-il-tout-se-permettre).

■ Sébastien Cusin



Comment se décide le lancement d'un projet de cette envergure?

La **Convention** de 1953 à l'origine du CERN confie à la jeune organisation la construction de "*un ou plusieurs accélérateurs*" (1)

Depuis lors, lorsque le CERN a terminé un nouvel accélérateur, il s'attaque au suivant.

Le CERN ne travaille pas en vase clos, il collabore avec des dizaines d'universités et de laboratoires d'Europe, puis du monde entier. C'est en échange avec les milieux de la physique des particules qu'il définit le profil du prochain accélérateur.

Tous les cinq ans, le **Conseil du CERN** nomme un **Groupe sur la stratégie européenne (ESG)** et le charge de lui soumettre une mise à jour de la **Stratégie européenne pour la physique des particules**. L'étude du FCC a été lancée pour répondre à la mise à jour de 2013. (42)

L'ESG est assisté par le **Groupe préparatoire sur la physique (PPG)**, qui suscite et collecte les propositions scientifiques de toutes les parties prenantes de la stratégie (centaines d'universités et de laboratoires).

Un **Secrétariat stratégique** assiste les deux groupes, rédige la mise à jour de la stratégie et la soumet au **Conseil**. La mise à jour actuelle a été acceptée en 2020.

Tout repose ensuite sur cette **Stratégie européenne** qui constitue "*la pierre angulaire du processus décisionnel à long terme de notre champ d'étude*", ou, comme le précise le directeur du projet du FCC Michael Benedikt, "*sert d'objectif et fournit la légitimation de nos efforts*". (43) (44) (45)

Fort de ce rapport, le Conseil du CERN déclare avoir reçu pour mission de satisfaire ces desideratas et se met au travail: "*En réponse aux recommandations de la Stratégie européenne, l'étude du Future Collisionneur Circulaire a été lancée*". (5)

Les résultats de l'étude sont ensuite **discutés par les États Membres** sur la base d'informations essentiellement fournies par le CERN.

Puis le projet est soumis au **vote du Conseil du CERN** composé essentiellement des représentants des pays membres (deux par pays membre, dont en général un-e physicien-ne et un-e diplomate, ou alors deux physicien-ne-s).

Or une grosse majorité de la centaine de personnes directement impliquées dans la structure décisionnelle décrite ci-dessus (**ESG, PPG, secrétariat stratégique, Conseil**) dépendant du CERN ou y ont travaillé.

=> D'où cette observation: **le mandant et le mandataire sont ici les mêmes personnes. Il y a parfait entre-soi décisionnel.**

Il n'y a rien d'audacieux à constater cet état de fait. Voici quarante ans, peu avant le début des travaux de l'actuel tunnel de 27 km, les *Éditions d'en bas* (Lausanne) publiaient un ouvrage collectif intitulé "*La Quadrature du CERN*". Le long extrait suivant n'a rien perdu de sa pertinence:

"L'Organisation est dirigée par un Conseil. Celui-ci se réunit quelques fois dans l'année. En principe, c'est lui qui "détermine la ligne de conduite de l'Organisation en matière scientifique, technique et administrative" et exerce le contrôle principal sur son fonctionnement. Ce conseil est constitué de représentants des gouvernements. Pour chaque pays, il y a deux représentants, un représentant du Ministère des affaires étrangères [...] et un représentant du Ministère de la recherche [...]. En ce qui concerne le représentant du Ministère des affaires étrangères, on constate que ce fonctionnaire est en général chargé de suivre plusieurs organisations internationales et de nombreuses conférences en divers lieux du globe, qu'il est par nature incompétent en physique des particules. Le fonctionnaire qui représente son gouvernement pour la recherche est en général un chercheur qui a été associé au CERN pour des recherches antérieures et qui a ainsi avec lui des liens qui vont l'inciter à promouvoir le CERN auprès de son gouvernement plutôt qu'à représenter les intérêts des citoyens de celui-ci et contrôler objectivement le CERN.

Il faut bien remarquer que les représentants des gouvernements sont des représentants désignés par l'exécutif et non pas des responsables politiques. Les gouvernements n'ont pas prévu de leur donner le temps et les moyens nécessaires pour assurer une véritable direction de l'organisation. Ils débattent à partir de documents préparés pour eux entre autres par l'administration du

CERN et ils n'ont guère la possibilité de contrôler l'exactitude effective ou l'opportunité de ce qui est contenu dans ces rapports. Or le pouvoir du Conseil est énorme. Le point 4 de l'article II [de la Convention pour l'Établissement d'une Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire] lui permet en effet de définir "tout programme supplémentaire d'activités" par un vote aux deux tiers, même si ce programme n'a rien à voir avec la physique des particules.

Les parlementaires nationaux ayant voté le cadre institutionnel initial n'interviennent pratiquement plus dans la gestion du CERN d'autant plus que les questions touchant les organisations internationales apparaissent comme trop spécialisées et à réserver aux experts." (2)

L'observation d'un cadre du CERN datant de quinze ans, va dans le même sens.

"Si les délégués (des États Membres) reçoivent de leurs ministères des instructions quant à la ligne à suivre, le Conseil du CERN garde l'autorité de négocier et prendre les décisions dans l'intérêt de l'organisation, largement sans consultation permanente avec les gouvernements." (46)

On est aujourd'hui dans la même situation. Alors qu'approche l'heure de la décision, les pays hôtes donnent des signes d'irritation face au CERN qui tend parfois à les cantonner dans le rôle de facilitateurs:

Comité interministériel français: *"Transmettre les documents issus de l'étude FCC directement au Comité tripartite CERN-FRANCE-SUISSE au même titre que cela est fait pour les membres du Conseil du CERN..."*

Comité interministériel français: *"Certaines hypothèses de l'étude de faisabilité invoquent l'évolution de la politique gouvernementale française (en matière énergétique, en matière d'infrastructure de mobilité, par exemple). Cela pose plusieurs questions:*

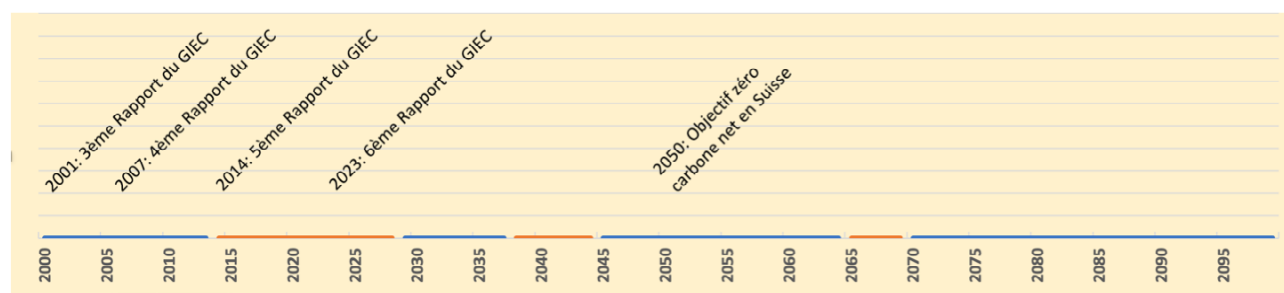
(...)

– Si de telles affirmations sont portées à la connaissance de militants politiques, le CERN ne risque-t-il pas d'ouvrir des débats politiques qui sont internes à la France?"

Escamotage de la question climatique...

En harmonie avec l'évolution des principes de bonne gouvernance, le CERN publie depuis 2017 des rapports environnementaux assez fouillés reprenant certains éléments d'une norme internationale reconnue, la *Global Reporting Initiative* (GRI) (47), (48), (16). On y voit que l'organisation pèse déjà très lourdement sur le climat et on y lit qu'elle s'engage à réduire ses émissions d'ici la fin 2025.

Ce qui n'y figure pas, c'est que, au-delà de cette date, l'organisation se propose de lancer un projet de collisionneurs (les FCC) qui tripleraient sa consommation d'électricité et augmenteraient ses émissions de gaz fluorés. On peut s'étonner que des scientifiques de haut niveau – à qui la gravité de la crise climatique n'aura pas échappé – se moquent des avertissements puis des cris d'alarme de leurs collègues du GIEC (Groupement intergouvernemental d'étude du climat).



Difficile de croire qu'il s'agisse d'une négligence ou d'un malentendu. Nulle part, dans les centaines de publications à disposition des curieux sur les sites Web du CERN, la question n'est frontalement débattue. Il y est parfois fait mention dans quelque préambule convenu n'engageant personne, pour ne plus réapparaître dans le corps du texte. Une autre stratégie – car c'est bien de cela qu'il s'agit – est d'organiser des séminaires sur la durabilité dans la physique des particules. On y parle de la manière de réduire la voracité énergétique et les émissions des futures installations, préoccupations qui figurent de toute manière au cahier des charges des techniciens, ne serait-ce que pour réduire l'insensée facture d'électricité des machines prévues. Mais jamais il n'est question de renoncer à un projet en raison de son empreinte carbone.

La communication du CERN sur le FCC...

L'un des volets des études de faisabilité (livrables fin 2025) porte sur **La Communication et le Travail public**:

"Pour assurer un avenir brillant au CERN et à la physique des hautes énergies en Europe, il s'avère essentiel de faire comprendre aux gouvernements et au grand public, par une communication convaincante, efficace et simple, l'importance de la mission scientifique du CERN, de la recherche motivée par la curiosité et du développement de la connaissance considérée comme une fin en soi, ainsi que des perspectives qu'ouvrirait dans ce contexte un collisionneur post-LHC." (49)

A cette fin, le CERN a adopté une **stratégie de communication** présentée dans un document de 37 pages trouvé naguère sur le web mais n'y figurant plus (50). Le public ciblé est large:

*"The global high-energy experimental particle physics community.
The global theoretical physics community.
Other science communities in fields related to the study and beyond.
French and Swiss authorities and notified bodies.
French and Swiss local communities.
Science & technology decision makers, funding agencies and opinion leaders.*

*Media representatives.
Citizens in CERN Member States and Associate Member States.
Citizens and voters in selected CERN Non-Member States.
Educators and educational/academic institutions.
Students in higher education.
Industry executives and collaborator."*

La stratégie précise que, dans ces groupes, il s'agit de distinguer entre supporters, sceptiques et critiques/opposants. Les supporters sont encouragés à répandre la bonne parole, tandis qu'on explique aux **sceptiques** qu'ils sont mal informés ("*with an FCC related information deficit*"). Quant aux **critiques/opposants**, on évitera de traiter pro-activement avec eux, par souci d'efficacité et pour maintenir un ton positif. Les critiques/opposants au projet ont pu observer que le CERN restait attaché à cette politique. Il a systématiquement décliné d'envoyer des intervenants scientifiques à leurs présentations publiques.

L'une des consignes données par ce document fait sourire : "*Positionner le FCC parmi le grand nombre des priorités perçues comme urgentes par le monde actuel. (Covid, changement climatique, inégalités économiques, accès à l'eau potable, soins médicaux, migration...)*"

Il est cocasse d'ajouter le FCC à la liste des calamités qui nous assaillent! Remarquons que dans ces 37 pages, **c'est l'unique passage où le mot "climat" apparaît**. Le terme *durable (sustainable)*, lui, est généreusement employé dans les *formules à diffuser (key messages)*, sans que l'on saisisse sa pertinence dans ce contexte:

*"La paix durable naît de la collaboration" "LA SCIENCE POUR UNE ÈRE NOUVELLE: globale, collaborative, durable"
La collaboration FCC est engagée dans la poursuite du développement durable et vise de toutes ses forces à proposer une infrastructure de recherche authentiquement 'verte' "*

Cette rhétorique n'a pas l'air de convaincre le Comité interministériel français qui insiste:

Comité interministériel français: *"Consacrer un volet de l'étude au développement durable et inclure une réflexion sur l'adaptation technique au changement climatique"*

Un exemple de communication créative: les matériaux d'excavation...

Gros casse-tête pour le projet de FCC: l'évacuation de 8 à 9 millions de m³ de molasse issus forage du tunnel et de ses annexes. Du point de vue environnemental et des nuisances imposées à la région, **c'est une bombe**. Le CERN a donc ouvert en 2020 un concours international d'idées *"Mining the Future"* en collaboration avec une haute école autrichienne, la Montanuniversität...

"...avec un défi bien clair: identifier des solutions crédibles de réutilisation innovante et de gestion durable des importantes quantités de molasse extraites lors de la construction de la nouvelle infrastructure du FCC" (51)

Le défi est de taille, l'objectif ambitieux: *"Le concours "Mining the Future" [...] entend encourager les technologies permettant d'intégrer ces matériaux dans la future économie circulaire."* (52)

Voilà les montagnes de molasse associées à une souhaitable mais évasive économie circulaire alors que les résultats du concours n'étaient pas encore connus. Le concours nous aiderait même à atteindre nos objectifs climatiques:

"En maintenant ainsi dans le circuit les matériaux excavés, les modèles d'économie circulaire dégagent une voie vers nos objectifs climatiques collectifs, la réduction des gaz à effet de serre liés à l'extraction, le traitement, la fabrication et l'enfouissement de ressources naturelles." (51)

Ainsi désamorcée et réhabilitée, la bombe environnementale peut être intégrée aux *"suggested narratives"* et à la *"story factory"* qu'on développe autour du projet. La Stratégie suggère en effet d'étayer par la mise en avant d'initiatives telles que *Mining the Future* la priorité que le FCC accorderait à la durabilité:

"Donner à comprendre que le FCC place la priorité sur la durabilité en parlant de ses initiatives telles que Mining the Future" (50)

Réveil de la Communauté de la physique des particules ?

Dans l'article *"Climate impacts of particle physics"* (53), huit chercheurs et chercheuses en physique des particules abordent la question de l'impact général de leur discipline sur le climat:

"Les activités en cours et les activités futures de la physique des particules doivent être repensées dans le contexte de la crise climatique, pour la raison morale qu'il nous incombe de transmettre une planète habitable aux générations futures, comme pour une raison plus pratique: vu leur échelle, les projets et activités de la physique des particules vont être examinés de près sous l'angle de leur impact climatique"

Ils remarquent que, professionnellement, l'empreinte carbone des chercheurs de leur discipline est très supérieure à celle du citoyen lambda alors qu'il leur est impossible de préciser en quoi la société profitera de leurs travaux. Ils s'inquiètent particulièrement des quatre domaines suivants:

- La construction des très grandes installations expérimentales
- La conception et l'exploitation des détecteurs, lesquels utilisent des gaz à effet de serre très virulents
- L'énorme puissance de calcul nécessaire à l'exploitation des résultats
- Le mode de travail des chercheurs incluant de nombreux vols intercontinentaux.

Ils conseillent d'être transparents sur les chiffres, de faire des efforts dans tous les secteurs et de bien communiquer ces efforts. Fort bien. **Mais jamais n'est évoquée la possibilité de renoncer à de nouveaux mégaprojets eu égard à la crise climatique!**

Ce discours est dominant dans le milieu: on y reconnaît l'existence du problème mais on évite de mentionner la décision qui s'impose: ne pas aggraver la situation, **ne pas construire l'accélérateur de réchauffement que seraient les FCC.**

Même attitude dans la *"Mise à jour 2020 de la Stratégie européenne pour la physique des particules"* qui demande au CERN de faire du FCC l'une de ses initiatives prioritaires:

« [L]'impact environnemental des activités de physique des particules devra continuer d'être étudié de près, et d'être limité autant que possible. Un plan détaillé visant à limiter le plus possible l'impact environnemental et à économiser et réutiliser l'énergie devra faire partie du processus d'approbation de tout projet important ». (54)

Ici, *"autant que possible"* et *"le plus possible"* laissent au CERN champ libre au forage d'un tunnel de 91 km, à l'emploi massif de fluides frigorigènes fluorés et au triplement de sa consommation d'électricité, toutes choses dont l'impact sur le climat est patent.

Même attitude dans une présentation du Laboratoire de physique des accélérateurs de particules de l'EPFL (55). Elle débute par le constat flanqué d'un vœu pieux...

"Le changement climatique donne lieu à des réflexions critiques sur les énergies non renouvelables et sur la consommation irresponsable d'énergie et de ressources. Nos recherches doivent contribuer à la solution du problème et non pas en faire partie."

... puis passe aux différentes manières d'optimiser le rendement des accélérateurs sans remettre en cause les mégaprojets actuels. Elle conclut par un message optimiste qui – aucun exemple ne venant l'étayer – relève du mantra ou du tour de passe-passe:

"Notre communauté peut contribuer à la solution du problème global de l'énergie par des spin-off, nos programmes de R&D (recherche et développement) et par le réseautage international."

Même attitude dans un entretien publié par le quotidien Le Temps (56). A la question *"En pleine crise climatique, peut-on encore lancer des projets [...] comme le Futur Collisionneur circulaire du CERN?"*, la brillante physicienne Astrid Eichhorn, connue pour ses actions en faveur du climat (Wikipedia) semble incapable de franchir le pas. On y lit successivement, dans l'ordre:

1. *"... tout un chacun doit réduire son empreinte carbone..."*
2. *"... la position de chercheur nous confère une responsabilité particulière."*
3. *"Renoncer à certains projets en raison de leur impact environnemental aurait des répercussions négatives sur la qualité des résultats scientifiques: je ne pense pas que ça soit souhaitable."*
4. *"Des mesures peuvent être prises individuellement par les scientifiques: réduire leurs déplacements en avion..."*
5. *"Une organisation comme le CERN pourrait quant à elle devenir une plateforme de réflexion sur la durabilité en physique des particules."*

Plan B...

En 2023, la directrice du CERN, Fabiola Gianotti, déclarait (citée dans 57) *"Feed-back extrêmement positif jusqu'à maintenant [...] Aucune situation de blocage identifiée à ce jour"*

Il n'est pourtant pas exclu que le projet du FCC soit victime de l'un des potentiels blocages (*showstoppers*) identifiés de longue date tels que le coût, les matériaux d'excavation, la dureté foncière, la facture d'électricité, les habitants, la crise climatique, l'intérêt modéré de la population pour la recherche scientifique, ou encore une crise internationale...

Voici quelques signes avant-coureurs de cette éventualité:

- Dans leurs remarques de mi-parcours, les interlocuteurs suisses du CERN revenaient sur un sujet lancinant:

Remarque du Comité suisse d'experts: *"Les matériaux d'excavation ont été identifiés comme étant d'une importance critique, présentant un potentiel de risque majeur pour le projet FCC"*

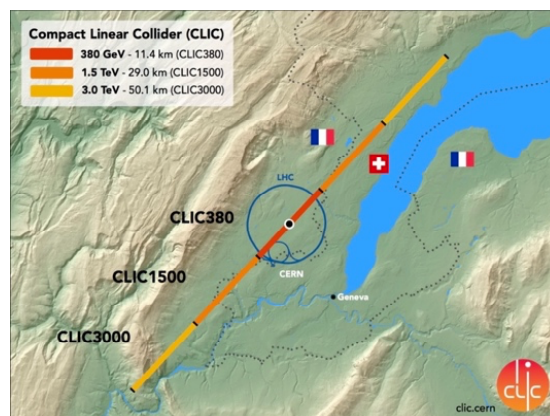
- En juin 2024, le ministère allemand de la recherche faisait savoir que l'Allemagne ne pourrait sans doute pas participer au financement du FCC au delà de sa contribution au budget annuel CERN. (30)

- En septembre 2024, Karl Jakobs, secrétaire de la prochaine mise à jour de la *Stratégie européenne pour la physique des particules*, document fondamental pour la décision de 2028, déclarait au Courrier du CERN *"Il est important pour cette mise à jour de la stratégie que nous parlions des alternatives au projet de base"*
- Dans une récente présentation (57), deux hauts responsables du projet FCC illustrent clairement leur position:



Quelles sont ces alternatives dont certains nient l'existence mais dont une organisation de la taille du CERN ne peut pas faire l'économie? Les plus souvent mentionnées sont les suivantes:

- Sauter l'étape FCC-ee, accélérer le développement des aimants supraconducteurs puis construire directement le FCC-hh.
- Lancer directement le FCC-hh avec des aimants non supraconducteurs.
- Le projet CLIC (Compact Linear Collider, ci-dessous)
- Le collisionneur de muons.
- Équiper le LHC de la technologie ERL (Energy Recovery Linac).



- Accélérer les particules par laser dans du plasma (wakefield)

Que se passerait-il si le projet de FCC devait être abandonné? Les États Membres qui auraient recalé le FCC pourraient être tentés d'accorder au CERN un des projets B moins démesuré comme prix de consolation. Ce serait une **énorme erreur**, une de celles dont l'histoire regorge!

En effet, **avant** de paver la voie à un nouveau projet, il s'agit de préciser les **lignes rouges** que ses émissions de gaz à effet de serre, sa consommation d'électricité, et son impact territorial ne sauraient franchir. Ces limites auraient dû être fixées dès le lancement des études de conception technique en 2014. Que ce soit pour le FCC ou pour un projet B, il s'agit d'être rigoureux, de renoncer au **subterfuge** qui consiste à déclarer que les projets sont "d'utilité publique" ou "d'importance nationale" afin de les soustraire aux règlements, aux procédures et possibilités d'opposition citoyenne. C'est pourtant ce que le Canton de Genève a choisi de faire:



Genève, le 9 décembre 2020

Le Conseil d'Etat

6370-2020

Département fédéral de l'économie, de
la formation et de la recherche (DEFR)
Monsieur Guy PARMELIN
Conseiller fédéral
Palais fédéral Est
3003 Berne

Concerne : développements territoriaux du CERN

Monsieur le Conseiller fédéral,

L'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (CERN) est implantée dans le canton de Genève depuis 65 ans.

Le plus grand centre de recherche au monde en physique fondamentale situé à la fois en France et en Suisse a permis des découvertes importantes ces dernières années. Comme vous le savez, le recours à de nouvelles infrastructures est nécessaire afin d'anticiper l'obsolescence du Large Hadron Collider (LHC) d'ici 2040.

La perspective d'accueillir le "Future Circular Collider" (FCC), d'une emprise quatre fois supérieure à l'installation actuelle, requiert d'examiner à nouveau les conditions des développements territoriaux du CERN, notamment pour les terrains identifiés dans le contrat de superficie de 1998 signé avec l'Etat hôte.

Ceux-ci sont grevés d'une non constructibilité en raison du caractère agricole et inscrits en surfaces d'assolement (SDA). Le canton a pu, avec l'aide de la Mission Suisse, accompagner le CERN dans une planification décennale de ses besoins en identifiant des principes d'optimisation et de rationalisation du sol. Ce schéma directeur en cours de finalisation prévoit des besoins à hauteur de 5 hectares pour la partie Suisse.

Dès 2030, la construction possible du FCC pourrait multiplier cette emprise par 10 sur des terrains privés actuellement situés en zone agricole et pour lesquels des contraintes environnementales existent.

Ce cumul des besoins présente un fort impact pour le canton compte tenu du quota de surfaces d'assolement d'une part et de la recherche du souci de préserver la zone agricole. De plus, la spécificité de cet ambitieux projet impose une anticipation et un accompagnement à la hauteur des enjeux pour notre territoire. Le déclassement des futurs terrains nécessaires au développement du CERN devra pouvoir se faire selon un calendrier contraint avec un portage fort au sein de l'Etat hôte et en employant des processus innovants.

- 2 -

Afin de permettre à l'organisation internationale d'envisager une croissance attendue, l'élaboration d'un plan sectoriel centré sur les développements du CERN permettrait d'ancrer cette stratégie au niveau fédéral, de faciliter la coordination et serait en outre de nature à diminuer les procédures de recours.

C'est pour cette raison que le canton propose de recourir à cet outil qui offrirait un cadre de référence adapté pour répondre aux besoins de développement du CERN, et pour accompagner les procédures d'aménagement du territoire et d'autorisations de construire. Dans cette perspective, l'office de l'urbanisme du canton de Genève serait le répondant technique pour l'élaboration du plan sectoriel.

En cas d'accord de votre part, nous travaillerons dès 2021 à la mise en place de cette stratégie, en associant le CERN et les offices fédéraux.

Nous vous prions de croire, Monsieur le Conseiller fédéral, à l'assurance de notre haute considération.

AU NOM DU CONSEIL D'ÉTAT

La chancelière :

Michèle Righetti

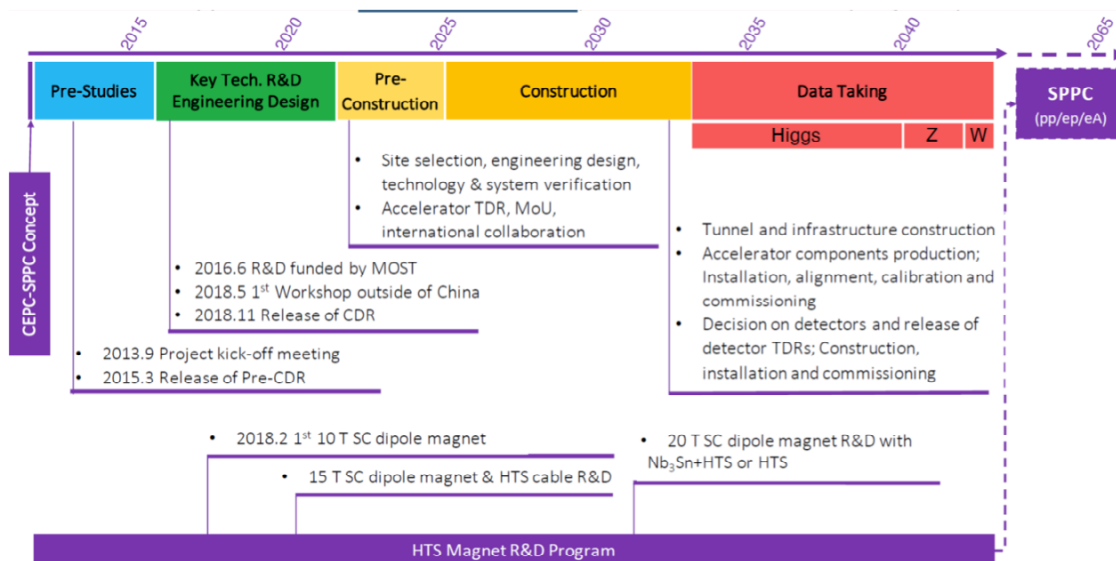
La présidente :

Annie Emery-Torracinta

Copie à : Mme Simonetta Sommaruga, conseillère fédérale chargée du département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

"Si ce n'est pas nous, c'est la Chine..."

Lors des discussions publiques sur le FCC, on entend inmanquablement l'argument suivant: *"Si ce n'est pas nous qui construisons cette machine, ce sera les Chinois"*. Argument qui fait souvent mouche. Ce n'est pas ici le lieu de démêler ce qui relève de la combativité européenne ou de la méfiance face au régime chinois. Qu'il suffise de préciser que la République populaire de Chine a un projet équivalent au FCC, le CEPC (*Circular Electron Positron Collider*), et n'a jamais indiqué qu'elle y renoncerait si l'Europe faisait le sien! Au contraire, elle a récemment publié le rapport de conception technique de la machine (58; 59 pour un compte rendu plus succinct). La décision de poursuivre ou non sera prise en 2025 par l'Assemblée nationale populaires qui débattrà du 15ème plan quinquennal (2026-2030) dont le projet dépend. Son calendrier est similaire mais un peu en avance sur celui du FCC-ee:



"Si la Chine parvient à construire ce collisionneur qui est l'équivalent de notre FCC, si elle parvient à le réaliser avant nous, l'Europe perdra son leadership non seulement en physique des particules, mais aussi en regard de toutes les technologies qui vont avec." déclarait Fabiola Gianotti, directrice du CERN, dans une récente interview (60).

Mme Gianotti force-t-elle le trait pour défendre les FCC? La Chine va-t-elle, comme annoncé, ouvrir son chantier en 2027? Allez savoir! Quoi qu'il en soit, il est embarrassant et douloureux de voir le CERN – qui rappelle volontiers sa mission historique d'unir les chercheurs par delà les frontières – jouer sa partie en termes de *soft power* géopolitique. "Soft" parce que, rappelons-le, on n'a encore identifié aucune perspective d'application pratique de ces recherches.

N'appartient-il pas avant tout à la fameuse *Communauté mondiale de la physique des particules*, alias *Communauté mondiale de la physique des hautes énergies* de s'entendre sur l'essentiel: **ne pas accélérer le réchauffement climatique?**

Cette Communauté – qui est à la fois une communauté épistémique et une corporation défendant bec et ongles ses intérêts – regroupe quelque 40'000 personnes de tous les pays. On se connaît, on collabore. Ainsi, le nom de plusieurs instituts chinois figure dans les études de conception technique du FCC, de même de celui de nombreux instituts ou centres de recherche européens apparaît dans les études de conception techniques du projet chinois.

Alors? Si ces scientifiques cosmopolites d'un niveau de formation sans pareil, ne retrouvent pas leurs esprits, ne prennent pas enfin au sérieux leurs responsabilités climatiques, sur qui compter? User, comme ils le font, d'arguments égoïstes pour se soustraire à l'effort collectif est indigne.

Est-il prématuré d'intervenir ?

Le CERN affirme ne pas encore avoir choisi entre les différents projets de collisionneurs post-LHC à l'étude. Cela lui permet, et aux autorités par extension, de ne pas répondre aux inquiétudes des associations et de la population. Cependant, au vu de l'écart entre les moyens engagés pour le FCC et les autres projets envisagés, au vu du nombre de publications, du nombre d'accords de collaboration, de conférences, de séminaires, de pages web, etc., difficile de ne pas voir que le FCC est le grand favori.

Une autre raison invoquée pour déclinier la discussion sur les impacts du projet est qu'il faut attendre la remise des études de faisabilité, c'est-à-dire 2025. Mais plus on attend, plus il sera difficile d'arrêter le projet et, comme nous l'avons signalé plus haut, les chiffres déjà connus suffisent à le disqualifier. Ainsi:

- Le projet FCC n'est pas vraiment discuté par les élus.
- Le CERN a associé plus de 170 laboratoires à ses études et, le jour de la décision, y aura investi largement plus que les 100 millions consacrés aux actuelles études de faisabilité.
- Les milieux intéressés bétonnent leur travail de relations publiques afin que, à l'heure du choix, la décision de construire semble aller de soi et celle d'y renoncer impensable. Ainsi, plus on tardera à réévaluer le projet à la lumière de ses impacts, plus il sera difficile de l'arrêter.

C'est donc **aujourd'hui** qu'il faut examiner lucidement la question.

Les tenants du projet, eux, préféreraient ne pas hâter les choses:

"Un défi particulier sera d'éviter l'emballement médiatique, en particulier dans la région genevoise, avec des raccourcis ou des simplifications laissant à penser que les États Membres auraient pris la décision de financer et de construire le FCC (ou tout autre projet alternatif, le collisionneur linéaire CLIC par exemple)." (61)

Le point de vue de Noé 21...

A Genève, on sait depuis des décennies que **le CERN est vorace en énergie**. Sa consommation annuelle d'électricité s'élève à 1'250 GWh, soit près de la moitié de celle du canton, 2'700 GWh tous secteurs confondus (CERN non compris).

Or, comme le courant vient de France, ce chiffre n'entre pas dans le débat genevois sur l'énergie. Et comme le CERN est une organisation internationale au bénéfice des immunités et privilèges habituels, le canton n'intervient pas dans ses affaires. Ajoutons que le CERN fait la fierté des habitants de la région et, au niveau international, apparaît comme une institution d'exception. Ainsi, bien que l'on sache depuis des années que le CERN est vorace en énergie, **le silence reste de mise**.

La reconnaissance bien tardive de la réalité du **dérèglement climatique**, avec ses épisodes météo hallucinants et la suffocation programmée de millions de personnes force ne nous permet plus de fermer les yeux. Mais que faire?

L'une des mesures qui s'imposent est d'**économiser l'énergie pour parvenir le plus rapidement possible à fermer les centrales fossiles**. La chose se révèle difficile. Une petite part de la population s'y efforce et adapte ses habitudes de consommation; une autre modifie quelques gestes quotidiens; une autre encore s'en moque ou se réfugie dans le déni.

C'est **dans ce contexte** que le CERN annonce son intention de construire un accélérateur long d'environ 100 km, **triplant à terme sa consommation d'électricité qui passera à 4 TWh par année**. Stupéfaction! Pour comparaison:

Les transports publics électriques de toute la Suisse (chemins de fer, trams, trolleybus, etc.) consomment **3 TWh de courant de traction par année**. Ils transportent plusieurs millions de personnes et 200'000 tonnes de marchandises par jour et leur utilité n'est pas en cause. De son côté, le CERN et ses FCC consommeraient un tiers d'électricité de plus qu'eux pour les besoins de quelque milliers de scientifiques qui considèrent leur discipline comme une course de vitesse dont toute la Science dépend et toute

la société profite. Il n'en est rien. Oui, la recherche scientifique doit se poursuivre. Mais, à supposer qu'on n'ait pas confirmé l'existence du boson de Higgs en 2012, et que cela ne sera le cas que dans vingt ans. En quoi la vie des gens en serait-elle changée?

Se pose inévitablement la question de l'à-propos d'un projet aussi démesuré dans le contexte du dérèglement climatique.

Soucieux de bien saisir les tenants et les aboutissants du projet, nous l'avons étudié sous divers angles et constaté que **les points suivants suffisaient à le disqualifier**:

1. Sa pharaonique consommation électrique

Au nom de quoi le CERN s'approprierait-il une telle part d'une électricité dont il s'agit d'économiser chaque kWh ?

2. Son impact climatique

Au nom de quoi le CERN s'estime-t-il dispensé de tenir compte de la question climatique ?

3. L'impact du chantier sur la région

Au nom de quoi le CERN se donne-t-il le droit d'imposer douze ans de travaux, une soixantaine de km de routes à construire, une centaines d'hectares pour les sites de surface et les zones d'entreposage de la molasse, trois pyramides de Khéops de débris à évacuer, les norias de poids lourds à des habitant qui n'en veulent pas?

Notre conclusion est que, dans le contexte actuel, les FCCs sont indéfendables et que le projet aurait dû être abandonné dès la remise des études de conception technique.

Le projet est incompatible avec nos politiques climatiques, il tourne au ridicule tous nos efforts d'économies d'énergie et décourage les gens de bonne volonté.

Nous demandons au CERN de renoncer de lui-même à ce "projet de trop" ainsi qu'à tout autre projet démesuré.

Nous demandons également au Conseil fédéral de prendre ses responsabilités...

... en faisant rapidement savoir que ses représentants au Conseil du CERN voteront contre la réalisation du FCC;

... en prenant contact avec les autres États Membres pour les encourager à faire de même;

... en engageant avec eux des discussions visant à plafonner la consommation d'énergie du CERN.

Références

1. *Convention pour l'Établissement d'une Organisation européenne pour la Recherche nucléaire*, 1971
2. *La Quadrature du CERN*, J.Grinevald, A. Gsponer, L. Hanouz, P. Lehmann, Editions d'en-bas, 1984
3. *Première mise à jour de la Stratégie européenne pour la physique des particules*, 2013
4. *FCC Physics Opportunities*, Conceptual Design Report, vol 1, 2019
5. *FCC-ee: The Lepton Collider*, Conceptual Design Report, vol 2, 2019
6. *FCC-hh: The Hadron Collider*, Conceptual Design Report, vol 3, 2019
7. *HE-LHC: The High-Energy Large Hadron Collider*, Conceptual Design Report, vol 4, 2019
8. *Étude de faisabilité du futur collisionneur circulaire : principaux résultats à fournir et grandes étapes*, 2021
9. *FCC Open Sky Laboratory*, FCCWeek, 2024
10. *Ökologische Betrachtungen zur Nachhaltigkeit von Tunnelbauwerken der Verkehrsinfrastruktur*, Julia Sauer, thèse de doctorat, Technische Universität München, 2016
11. *The carbon footprint of proposed $e+e-$ Higgs factories*, P. Janot , A. Blondel , Eur. Phys. J. Plus 137:1122, 2022
12. *Carbon foot print evaluation in tunneling construction using conventional methods*, R. Rodriguez, F. Perez, Tunnelling and Underground Space Technology 108 103704, 2021
13. *Climate impacts of particle physics*, K. Bloom , V. Boisvert, arXiv:2203.12389v2 [physics.soc-ph] 23 Aug 2022
14. *FCC – Carbon budget study*, Dr. Dasaraden Mauree, 2024
15. *Informationsblatt CO2-Faktoren*, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (D), 2021
16. *Rapport sur l'environnement 2021 - 2022*, CERN, 2023
17. <https://home.cern/fr/science/grands-froids-et-performances-les-systemes-cryogeniques-du-cern>
18. *Environmental sustainability in basic research A perspective from HECAP+,,* Sustainable HECAP+ Initiative, 2023
- 19.
20. *Penta-Ministers-Statement*, décembre 2023
21. Office fédéral de l'environnement
22. *Energy efficiency – a new frontier*, Courrier du CERN, 16 May 2019
23. *Particle physicists hash out long-term strategy for Europe*, Physics Today 73, 9, 26 (2020)
24. *FCC Feasibility Study Status*, 7th FCC Physics Workshop, Annecy, Micahel Benedikt, Frank Zimmermann, 2024
25. <https://home.cern/fr/news/news/cern/environmental-awareness-cerns-water-management-give-and-take>
26. <https://hse.cern/fr/content/protection-de-leau>
27. *Cooling of the FCC-ee and FCC-hh*, G. Peon, I. Martin, 2024
28. <https://home.cern/fr/science/accelerators/future-circular-collider#:~:text=Eau,en%20eau%20actuels%20du%20LHC.>
29. <https://www.youtube.com/watch?v=5s60XH6NZIM>
30. *Current view to FC @ CERN Future Collider*, CERN Community Event, Eckart Lilienthal, BMBF, 2024
31. *The Uncertain Future of Particle Physics / Ten years in, the Large Hadron Collider has failed to deliver the exciting discoveries that scientists promised*, Sabine Hossenfelder, New York Times, 23 janvier 2019
32. *The World Doesn't Need a New Gigantic Particle Collider*, Sabine Hossenfelder, Scientific American, juin 2020
33. *Particle Physicists Continue Empty Promises*, Sabine Hossenfelder, <https://www.youtube.com/watch?v=9qqEU1Q-gYE>
34. *No one in physics dares say so...*, Sabine Hossenfelder The Guardian, 26 septembre 2022
35. " *Ten years after the Higgs, physicists face the nightmare of finding nothing else*, Adrian Cho, Science, 13 juin 2022
36. *New Ways to Smash Particles*, Chandrashekbar Joshi, Scientific American, juillet 2021

37. *Please, don't build another Large Hadron Collider*, Tom Hartsfield, <https://bigthink.com/hard-science/large-hadron-collider-economics/>
38. *Proposals for Higgs beyond LHC*, Carlo Rubia, <https://home.cern/news/news/cern/relive-50th-anniversary-hadron-colliders-cern> , slide #25
39. *Results of the socio-economic impact study*, J. Gutleber (CERN), L. Alix (CNRS) et al., FCC-Week 2024
40. *Socio-economic impacts of the lepton collider-based research infrastructure*, Giffoni, Francesco, Colnot, Louis et al., 2024
41. *Machine matters*, Matthew Chalmers ,*CERNcourier*, 27 March 2024
42. *The European Strategy for Particle Physics Update 2013*, in *Accelerating science and innovation Societal benefits of European research in particle physics*, James Gillies et al., CERN-Brochure-2013-004-Eng
43. <https://cds.cern.ch/record/2721370/files/CERN-ESU-015-2020%20Update%20European%20Strategy.pdf>
44. <https://www.swisstopo.admin.ch/fr/swisstopo/manifestations.detail.event.html/swisstopo-internet/events2022/colloquium-21-22/20220128.html>
45. <https://europeanstrategy.cern/european-strategy-for-particle-physics>
46. *Managing the Laboratory and Large Projects*, Philippe Lebrun et Thomas Taylor, chap 11. de *Technology meets research : 60 years of CERN technology : selected highlights*.
47. *Rapport sur l'environnement 2017 - 2018*, CERN, 2023
- 48.. *Rapport sur l'environnement 2019 - 2020*, CERN, 2023
49. *Objectifs principaux du CERN pour la période 2021-2025*, <https://home.cern/sites/default/files/2022-01/Objectifs%20principaux%20du%20CERN.pdf>
50. FCC Communications Strategy, Deliverable Report, <https://zenodo.org/record/5747574#.YrHrHC0yKfU> Lien rompu
51. <https://acceleratingnews.eu/index.php/news/issue-38/future-circular-collider-fcc/innovation-management-excavated-materials-fcc>
52. <http://miningthefuture.web.cern.ch>
53. *Climate impacts of particle physic*", K. Bloom, V. Boisvert et al., Proceedings of the US Community Study on the Future of Particle Physics (Snowmass 2021), arXiv:2203.12389v2 [physics.soc-ph]
54. *Mise à jour 2020 de la Stratégie européenne pour la physique des particules*, <https://cds.cern.ch/record/2721370>
55. *Energy Efficiency of Accelerator driven Research Infrastructures*, Mike Seidel, Workshop Sustainable HEP, 2021, CERN
56. *La durabilité doit devenir une valeur centrale de toute la recherche*, entretien avec Astrid Eichorn, Le Temps, 26 juin 2024
57. *7th FCC Physics Workshop*, M. Benedikt, F. Zimmermann, Annecy, 29 January 2024
58. *CEPC Technical Design Report*, Jie Gao@ihep.ac.cn, <https://doi.org/10.1007/s41605-024-00463-y>
59. *China could start building world's biggest particle collider in 2027*, nature, 20 juin 2024
60. *Sans le collisionneur géant, l'Europe pourrait perdre son leadership*, entretien avec Fabiola Gianotti, Le Temps, 11 mai 2024
61. *Éléments de langage*, <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/Sandbox/GhislainROYSandboxfrench>