



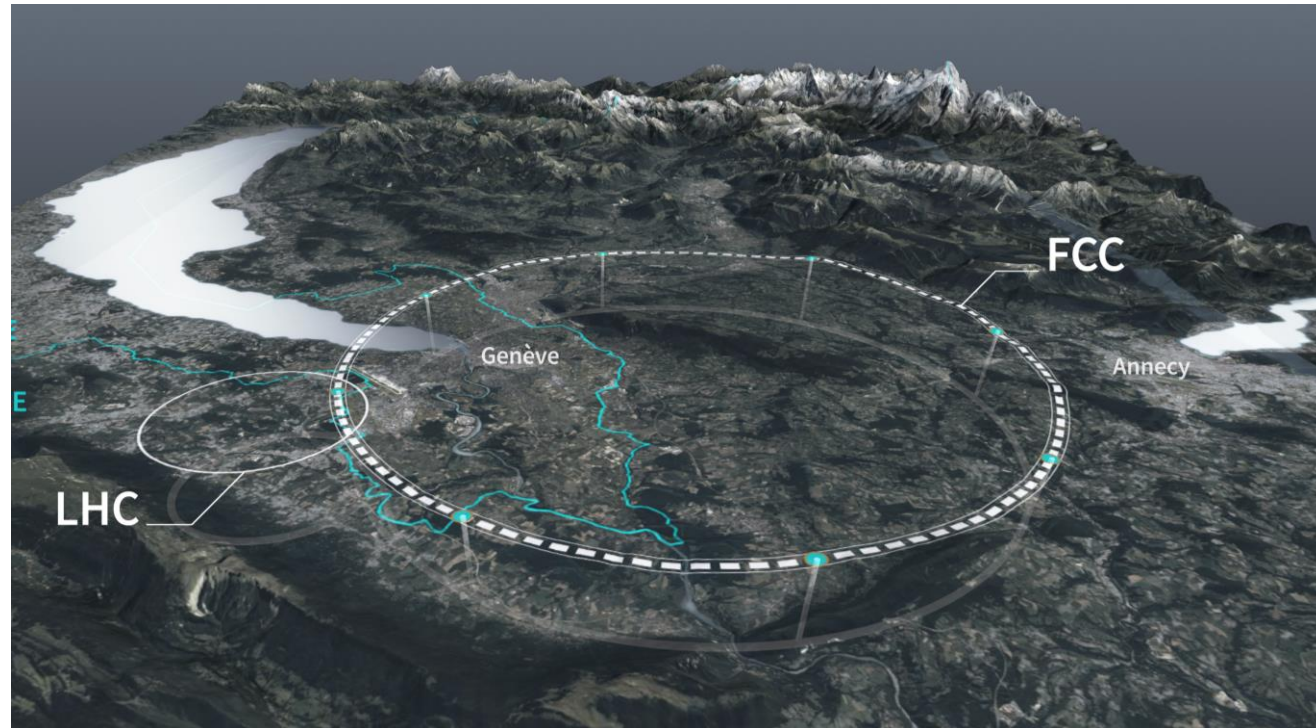
FUTURE CIRCULAR COLLIDER

Étude de faisabilité

Yann Léchevin
CERN, 24 Février 2023

Qu'est ce que l'étude de faisabilité du FCC ?

L'étude porte sur la faisabilité de la construction d'une nouvelle infrastructure de recherche qui accueillerait la prochaine génération de **collisionneurs de particules haute performance de 91 km**. Ce collisionneur prendrait la suite du LHC, une fois que la phase de haute luminosité (HL-LHC) de cette machine sera arrivée à son terme, vers 2040.



L'étude de faisabilité s'inscrit dans la Stratégie Européenne pour la Physique des Particules

- Une **hiérarchisation des ambitions** européennes à long terme de la physique des particules.
- Mise à jour environ **tous les 6 ans**.
- Liée ni à l'Union européenne ni à des pays européens spécifiques.
- Mandatée et **approuvée par le Conseil du CERN** qui réunit les 23 États membres, y compris la France et la Suisse.
- Un processus de consultation de la base de la **communauté internationale de la physique des particules**.

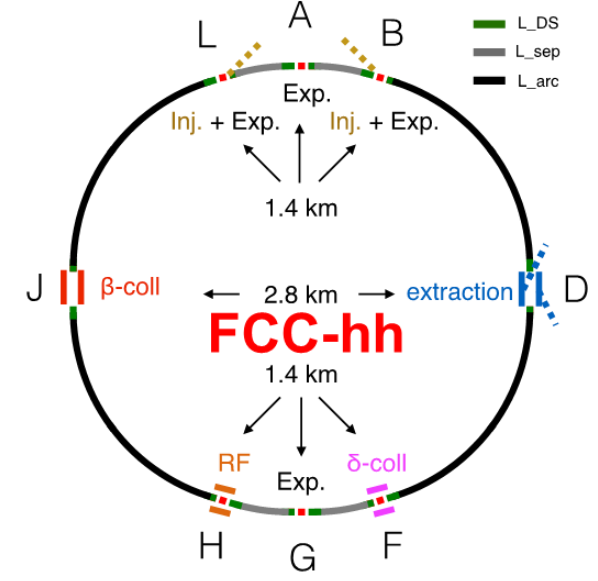
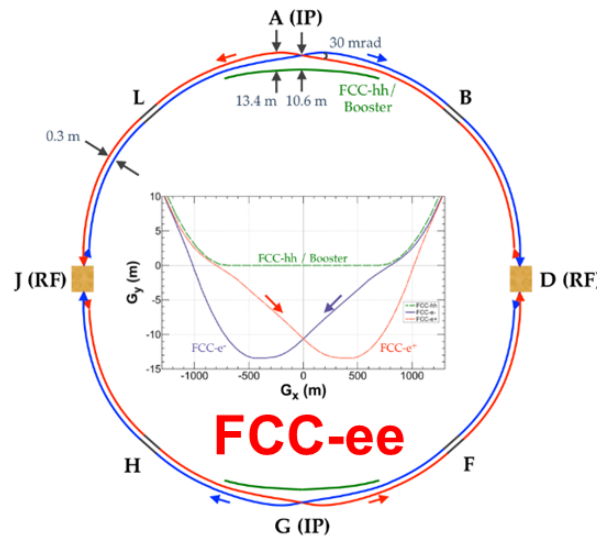
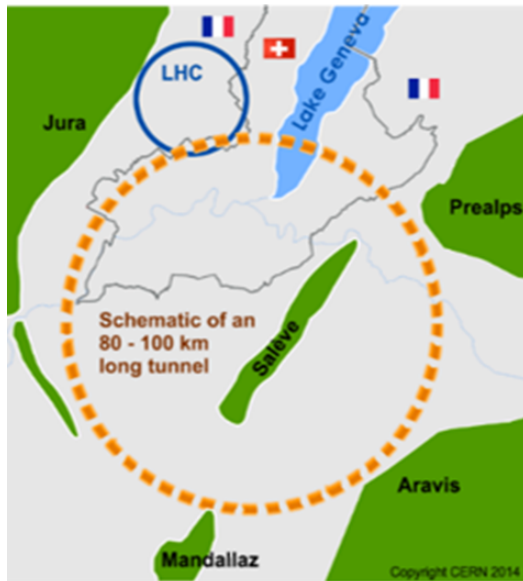


- « [L]'Europe, avec ses partenaires internationaux, devra **étudier la faisabilité technique et financière d'un futur collisionneur de hadrons d'une énergie d'au moins 100 TeV dans le centre de masse au CERN, avec, comme première phase éventuelle, la construction d'une usine à Higgs et de production électrofaible sous la forme d'une machine électron-positon.**

Le programme du FCC s'inspire des programmes LEP – LHC du CERN et comporte deux phases:

Phase 1 : Construction et operation de l'infrastructure et FCC-ee
collisionneur electron - positon
usine à Higgs

Phase 2 : FCC-hh
collisionneur proton - proton
frontière des hautes énergies



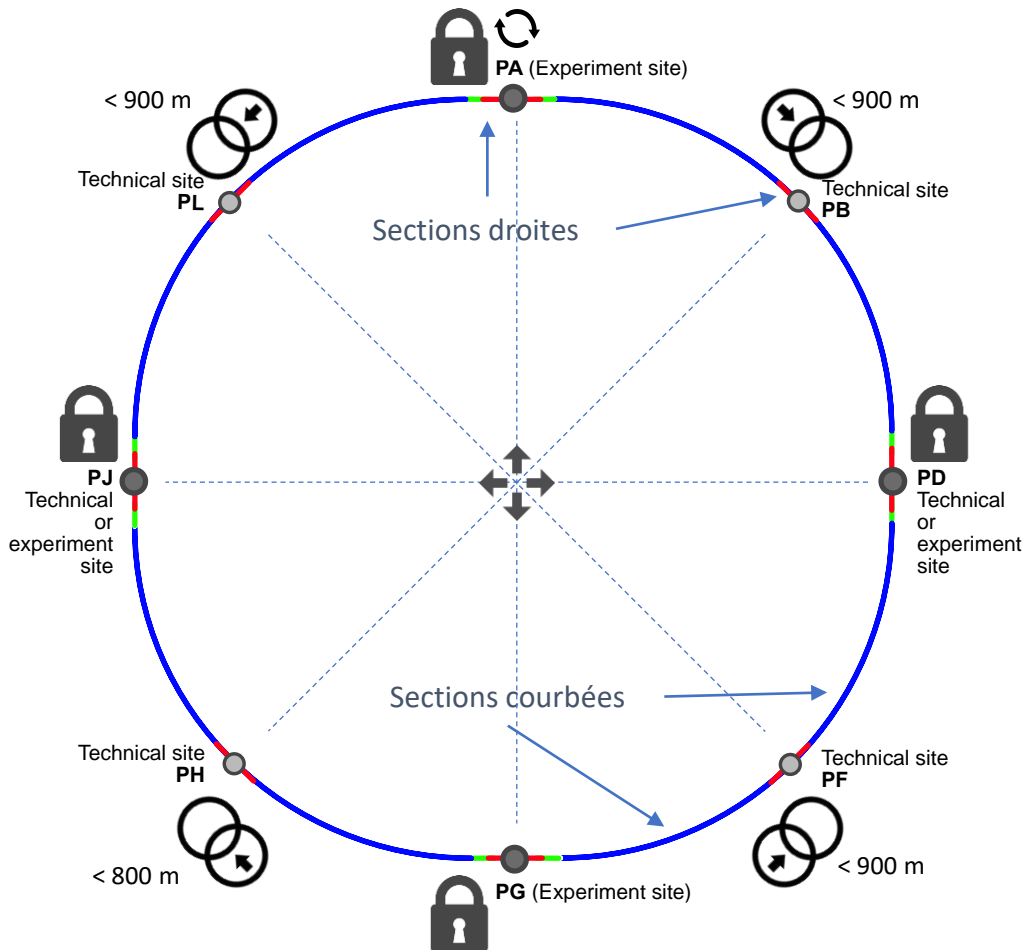
2020 - 2040

2045 - 2060

2065 - 2090

Infrastructures techniques et de génie civil communes, réutilisation de l'infrastructure existante du CERN

Une infrastructure de recherche (FCC RI)



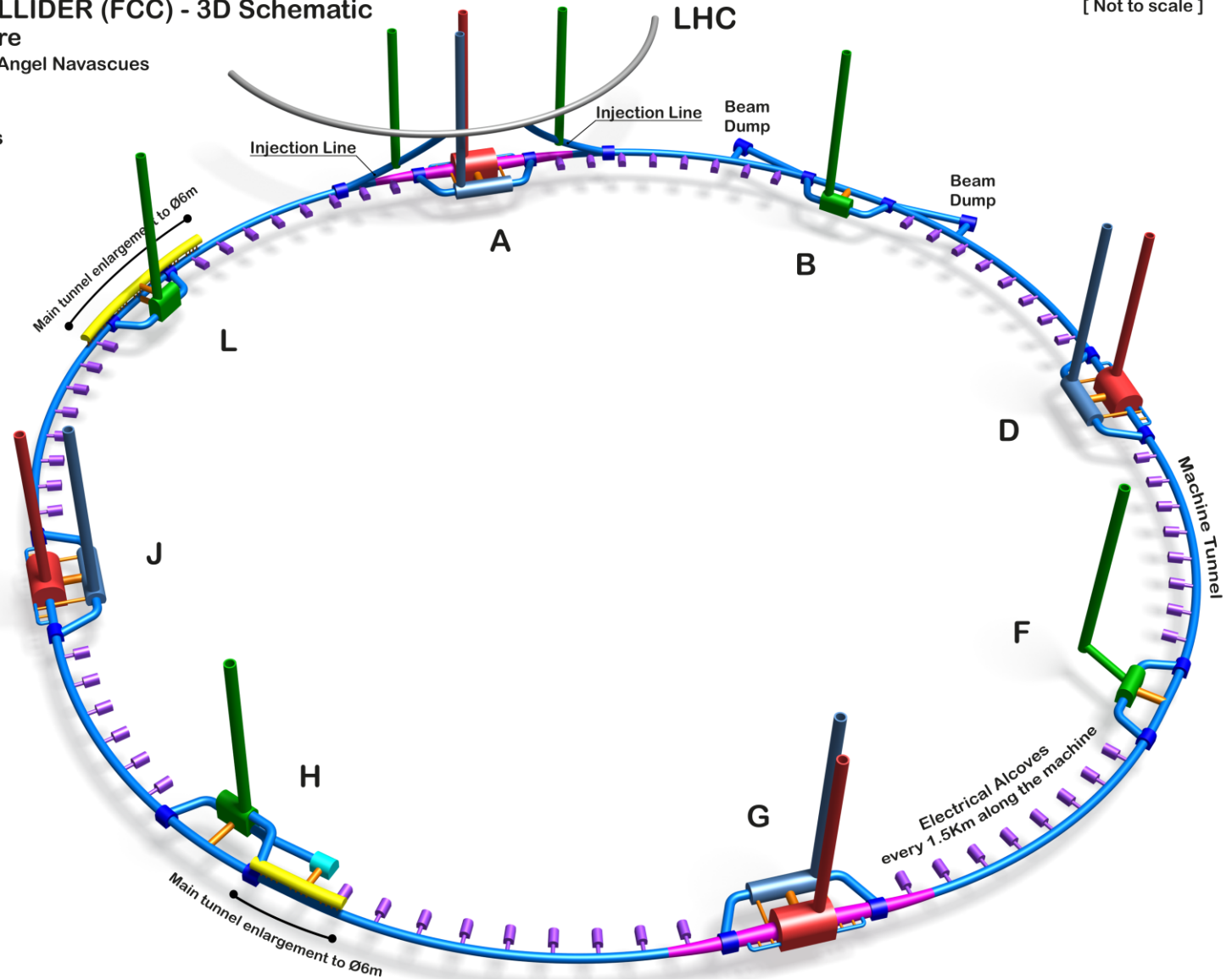
- **Les faisceaux de particules circulent dans des sens opposés et se croisent en 2 ou 4 endroits** afin d'observer les interactions entre les particules.
- **L'infrastructure reliera le complexe existant d'accélérateurs du CERN** qui servira à préparer les faisceaux et à les injecter.
- **Les 8 sites en surface servent à :**
 - construire les tunnels et les cavernes ;
 - préparer et installer les équipements dans le collisionneur de particules
 - préparer et installer les détecteurs des expériences
 - fournir des ressources à la machine (électricité, eau de refroidissement, air frais, systèmes cryogéniques, communications de données).

FUTURE CIRCULAR COLLIDER (FCC) - 3D Schematic Underground Infrastructure

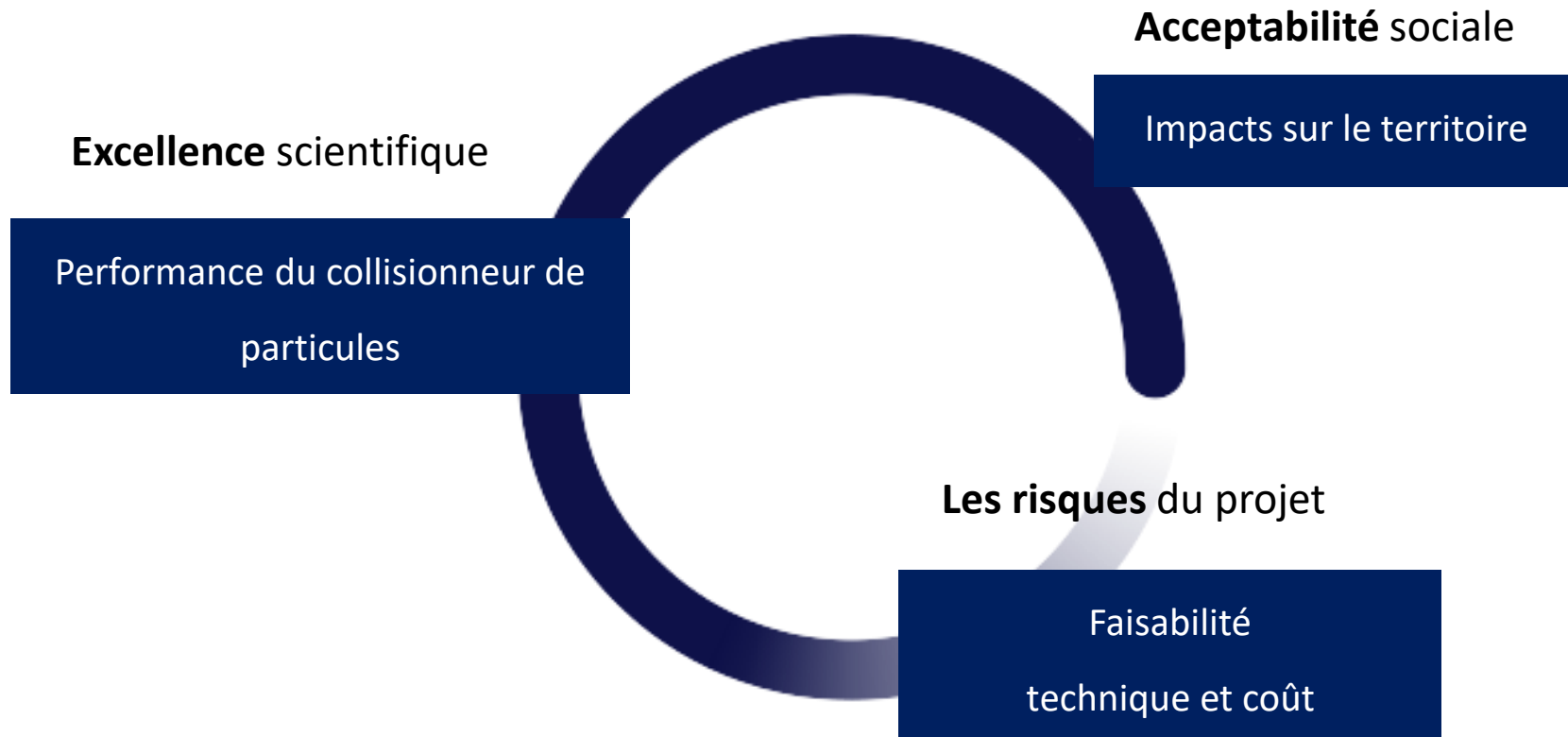
John Osborne - William Bromiley - Angel Navascues

[Not to scale]

- █ FCC Tunnels
- █ Experimental points
- █ Access points
- █ Service caverns
- █ Connection tunnels
- █ Electrical alcoves
- █ Klystron galleries
- █ Tunnel widening
- █ Cryo cavern
- █ LHC

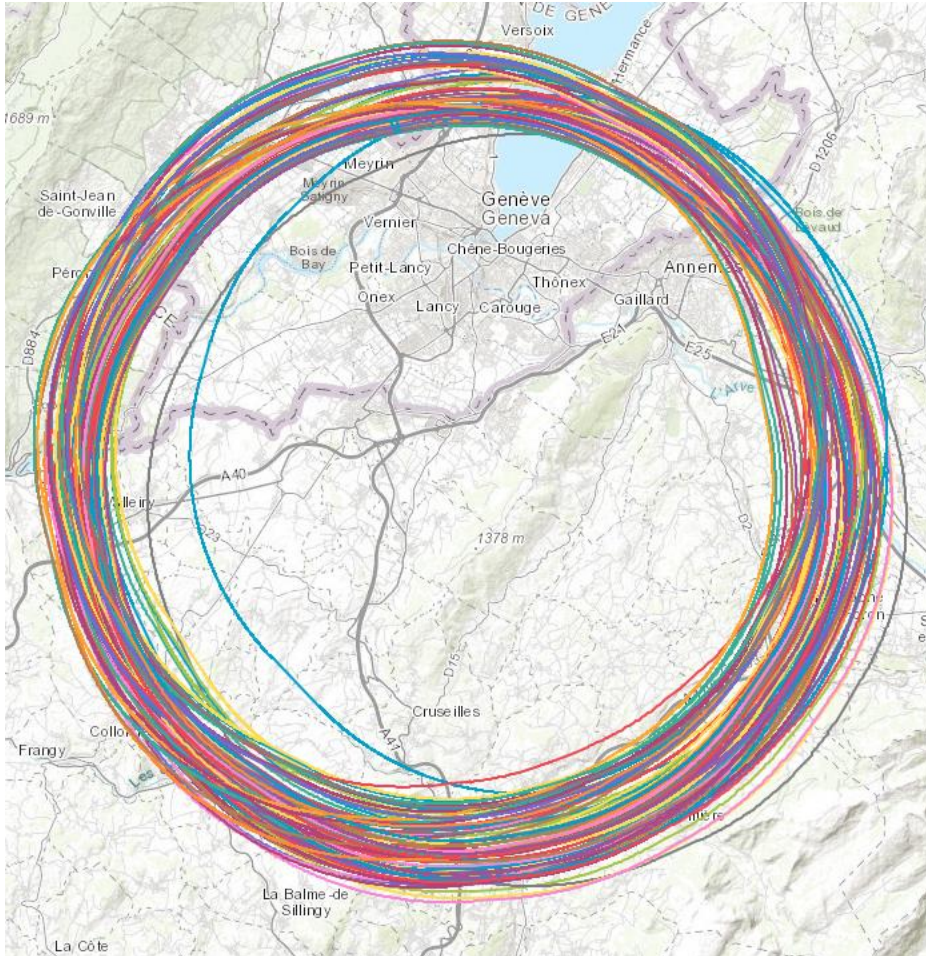


Conception du FCC: L'équilibre des enjeux



Nous appliquons le modèle ERC « éviter – réduire – compenser » pour développer un scénario de projet réalisable. **Le déficit est que la nature finale des équipements restera à définir dans les années qui précéderont l'installation** afin de pouvoir profiter des avancées technologiques.

Les scénarios d'emplacement du FCC



Les études de faisabilité nécessitent une hypothèse de travail basée sur un emplacement concret.

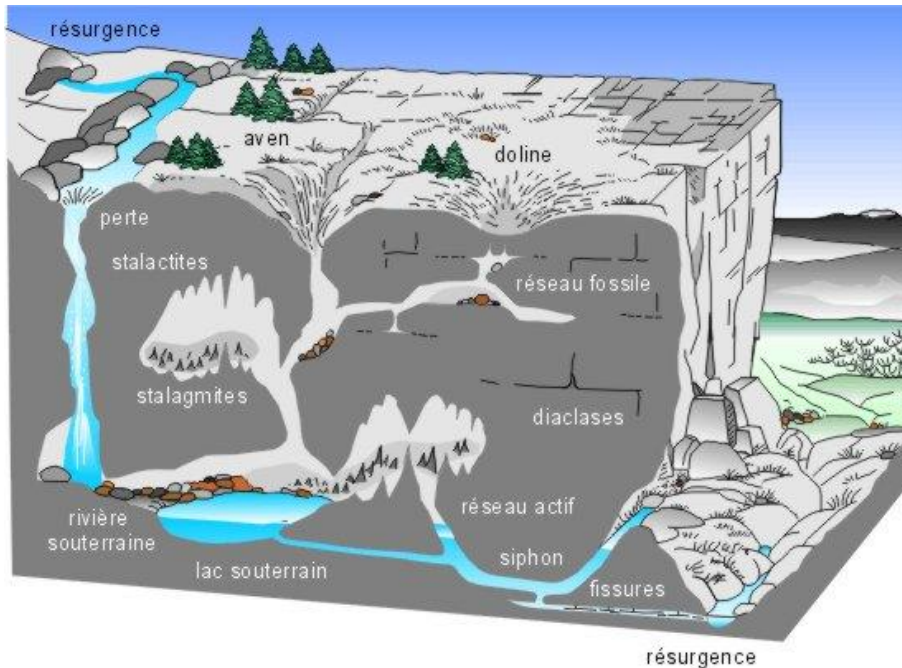
Environ **100 scénarios** ont été examinés entre 2014 et 2021 en appliquant une analyse multicritère.

Le groupe d'experts a recommandé en juin 2021 de **poursuivre les études sur la base du scénario PA31-1.0** conformément aux critères suivants :

- **La performance scientifique (anneau de 91 km de longueur satisfait les besoins des deux phases FCC-ee et FCC-hh)**
- **Les impacts territoriaux plus faibles que les autres scénarios**
- **La compatibilité avec les contraintes en sous sol**

Les contraintes à prendre en considération

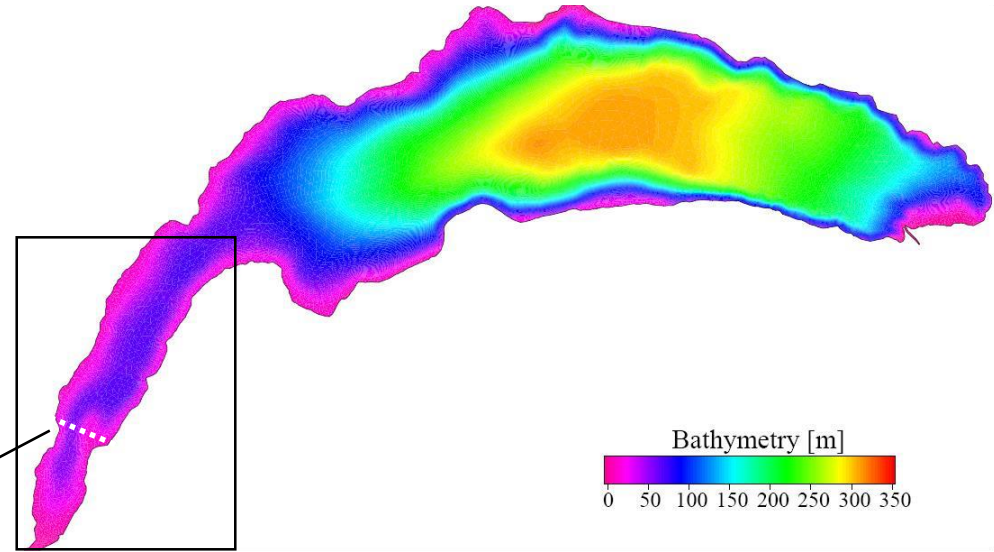
Les sous-sols



- Calcaires et karst à éviter à cause des instabilités, des débits (> 100 l/sec) et des pressions (> 8.5 bar) d'eau trop élevés.
- Éviter les zones où les forages sont interdits, les nappes d'eau, le percement des nappes d'eau superposées.

Les contraintes à prendre en considération

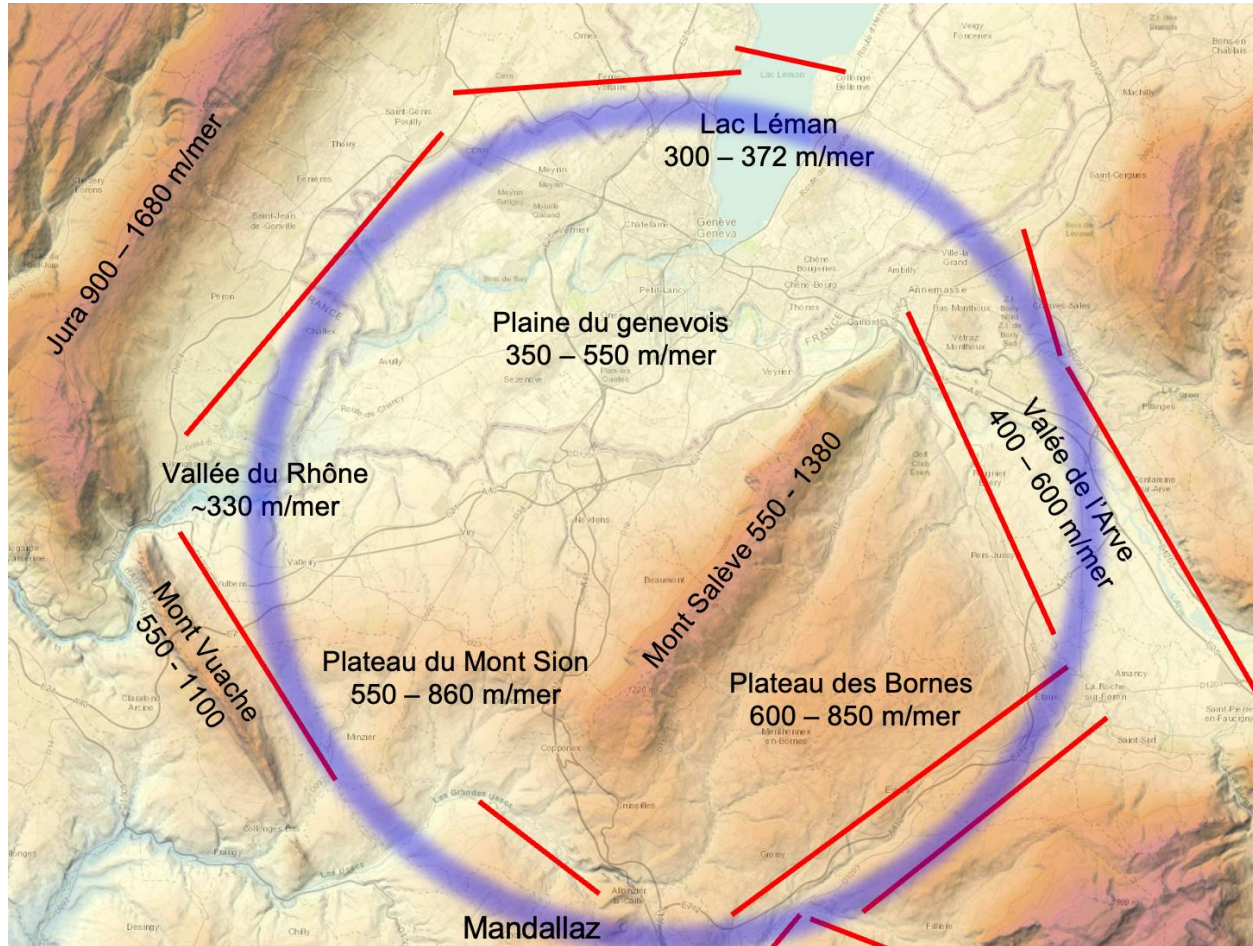
La profondeur du lac Léman



- La profondeur du lac Léman est de plus de 50 m au delà de la ligne Versoix - Corsier.
- Pour éviter que le tunnel ne soit trop profond sur tout le tracé, il est nécessaire de rester au sud de cette ligne.
- Il est préférable de traverser le lac là où il est étroit pour éviter les zones d'instabilité et minimiser les risques liés à la présence d'eau.

Les contraintes à prendre en considération

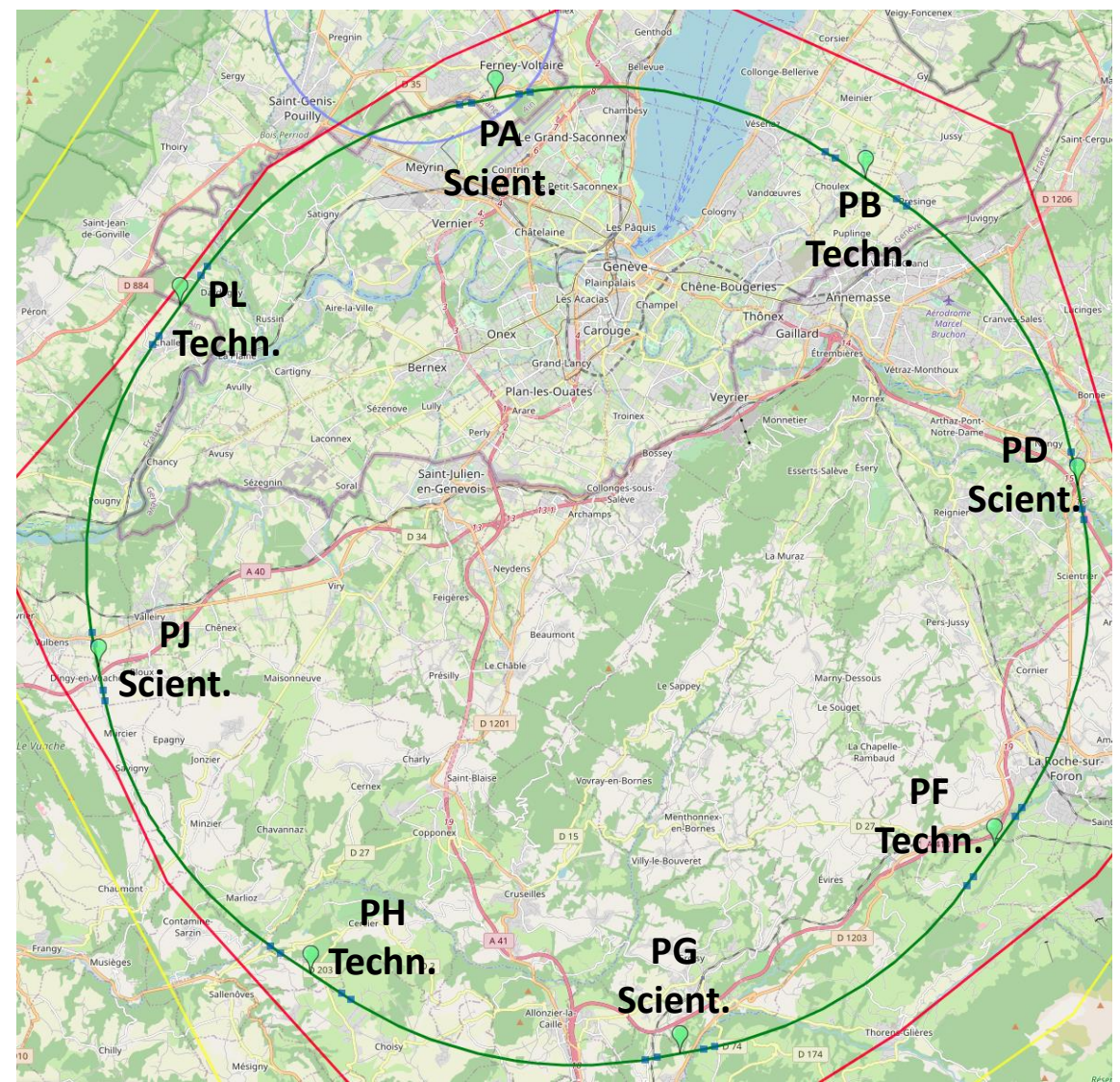
La topographie et la géologie



- La situation topographique limite la circonférence à une centaine de kilomètres

Le scénario PA31-1.0 en détails

- 1. PA – Ferney Voltaire (FR) site scientifique
- 2. PB – Présinge/Choulex (CH) site technique
- 3. PD – Nangy (FR) technique (P1), scientifique (P2)
- 4. PF – Etaux (FR) site technique
- 5. PG – Charvonnex/Groisy (FR) site scientifique
- 6. PH – Cercier (FR) site technique
- 7. PJ – Vulbens/Dingy en Vuache (FR) technique (P1), scientifique (P2)
- 8. PL – Challex (FR) site technique



Mesures dans notre région jusqu'à 2025

- À ce stade nous avons besoin de recueillir et de compiler des données de nature, géographique, géologique et environnementale au-delà des ce qui est disponible dans des bases de données.



1 **La biodiversité des milieux** afin que les accès au tunnel de l'installation soient les moins intrusifs et pénalisants pour les espaces de faune et flore présents. Il s'agit également d'étudier la création de zones protégées ou renaturalisées autour des sites de surface.



2 **Les caractéristiques des localités** aux alentours lesquelles des accès au tunnel pourraient être envisagés, afin de préserver la vie communautaire, l'identité architecturale et l'activité économique.



3 **La nature des strates géologiques** car le percement de haute précision du tunnel circulaire demande une connaissance fine de leurs épaisseurs, de leur stabilité et de la présence éventuelle de failles. La composition des couches sera également étudiée afin d'anticiper une réutilisation durable des matériaux excavés.

Activités prévues



- **Techniques classiques de mesures** avec des relevés métriques et altimétriques, des photographies, des inventaires de la faune et de la flore, des analyses de l'eau, de l'air, du trafic routier ainsi que de la pollution sonore et lumineuse existante.

Forages exploratoires de petite taille et de courte durée lorsque des données précises devront être relevées sur la stabilité des sols, dans des zones qui représentent des défis particuliers pour l'ouvrage souterrain.



Techniques acoustiques de cartographie du sous-sol au moyen de camions-vibreurs et équipement similaire. Elles permettent d'obtenir une image des couches géologiques sans nécessiter de forages.

Identification des opportunités et synergies Optimiser les emplacements des sites en surface, identifier des opportunités et synergies en vue de créer des retombes pour tous.



Quelles synergies et opportunités avec les territoires ?

> Intégration du projet avec des scénarios d'aménagement

Projet de routes et transport publique (intégration des accès)

Projet de construction (chauffage en utilisant la chaleur fatale, p. ex. Ferney Voltaire)

Co-construction avec des industries et entreprises locales

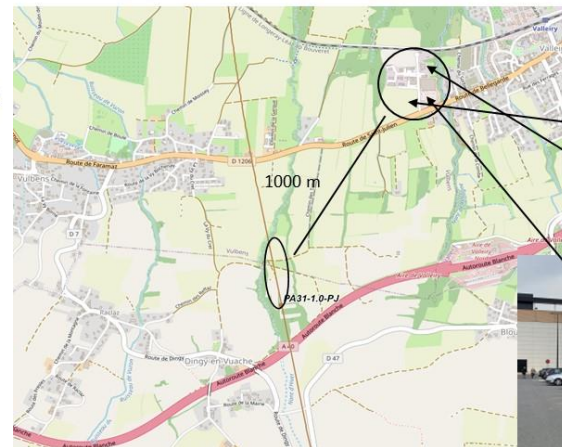
Renforcement des réseaux (distribution électricité, internet, etc.)

Un réseau de chaleur innovant
Projet retenu pour l'aide aux nouvelles technologies émergentes

ADENE
Agence de l'Environnement
et de la Matière de l'Énergie

Réseau d'échanges thermiques

- Utilisation de l'énergie selon sa valeur qualitative
- Réduction de la densité énergétique
- Réduction des émissions de CO2



Le Conseil départemental de la Haute-Savoie investit pour ses collégiens

Construction du collège du Vuache

Montant de l'opération : 29 M€
Financement 100% Département
Date prévisionnelle d'achèvement des travaux : mai 2023




Le calendrier de l'étude de faisabilité

Activités d'ici à 2026

Accompagnement
par les services des Pays Hôtes

Dialogue
avec les
acteurs
locaux
et les
parties
prenantes
dans
les
deux
Pays
Hôtes

- 2021  Sélection d'un l'emplacement privilégié pour l'étude
- 2022  Conception de l'optique du collisionneur
Documentation des exigences de l'infrastructure technique
- 2023  Analyse de l'état initial de l'environnement
 Bilan intermédiaire (emplacement vérifié)
- 2024  Explorations des zones avec des défis de génie civil
- 2025  Mise au point du rapport de faisabilité
- 2026  Contribution pour la prochaine mise à jour de la stratégie européenne pour la physique des particules

Le calendrier du projet FCC

Début de la **construction**



*Production
d'éléments*



Installation



Exploitation vers 2045

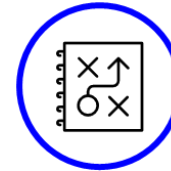
Procédures administratives
dans les deux États hôtes

Approbation du Conseil pour
un projet avant **2030**



*Conception
technique*

Recommandation de la mise à jour **2027**
de la **stratégie** européenne pour la
physique des particules



Rapport d'évaluation de
la **faisabilité** en **2025**



*Reconnaitances des zones avec des défis en **2024-2025***

*Validation territoriale d'un scénario d'étude en **2023***

Rapports préliminaires
de **conception** en **2018**



Lancement
de l'étude de conception
du FCC en **2014**

La mise à jour **2020** de
la physique des particules



la **stratégie** européenne pour
recommande une étude de faisabilité

L'étude de faisabilité se fait dans le cadre d'une coopération internationale

regroupant un nombre croissant d'universités et de centres de recherche du monde entier.

> Le FCC sera ouvert aux **instituts scientifiques d'excellence académique** et aux **entreprises de haute technologie** spécialisées dans des domaines pertinents.

> Cette coopération vise à faire **progresser la recherche en physique des particules**, **développer de nouvelles technologies** et **attirer des innovateurs et des entrepreneurs** travaillant au profit de la science et de la société.





Merci pour votre attention

<https://cernbox.cern.ch/s/NgQoMtbaXPKMNvD>