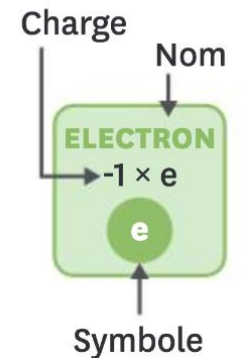


POURQUOI

un nouveau collisionneur de particules ?

Le Modèle Standard de la physique des particules

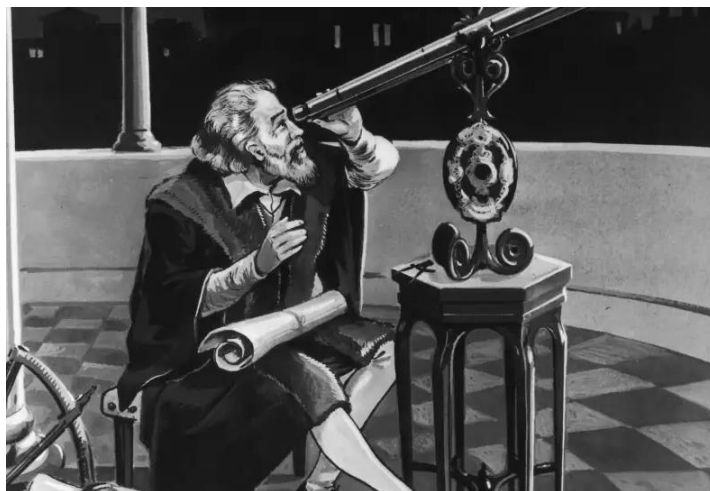
- À l'heure actuelle, ce modèle est notre meilleure compréhension des constituants de la nature et des règles qui sont à l'origine des conditions stables qui ont permis l'évolution de l'Univers.



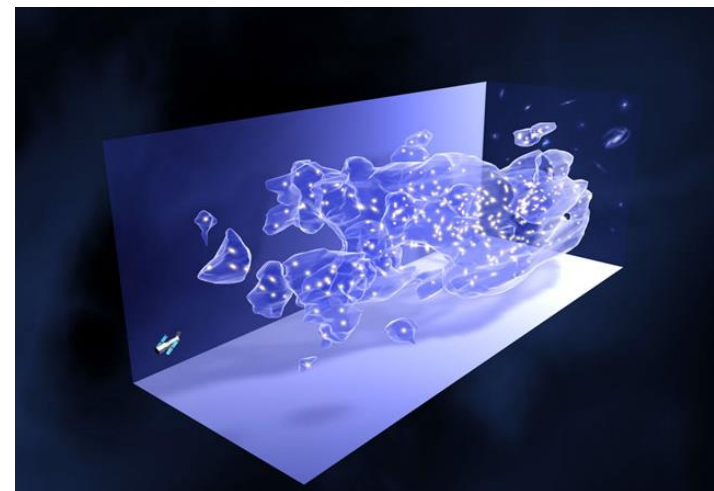
Cependant, nous savons que le modèle est incomplet !



- **La compréhension du boson de Higgs** joue un rôle spécifique dans l'exploration. Ces **recherches approfondies ne sont pas accessibles au LHC (de la découverte à l'exploration)**.

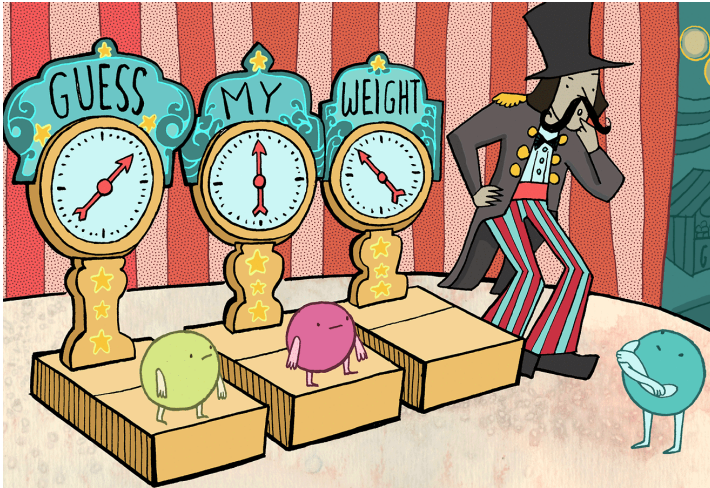


- Même **d'infimes écarts par rapport aux prédictions théoriques** sur l'interaction du boson de Higgs avec les autres particules et lui-même peuvent **conduire à l'établissement de nouveaux fondements théoriques**.

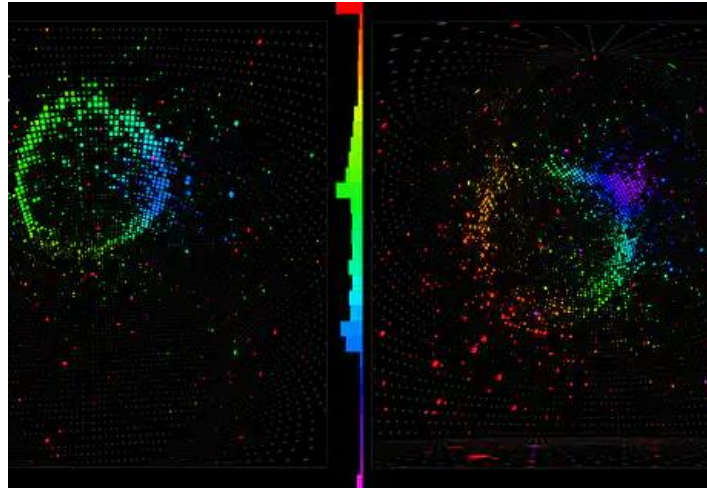


- Le concept de **matière noire** est établi, mais sa véritable nature **demeure énigmatique**.

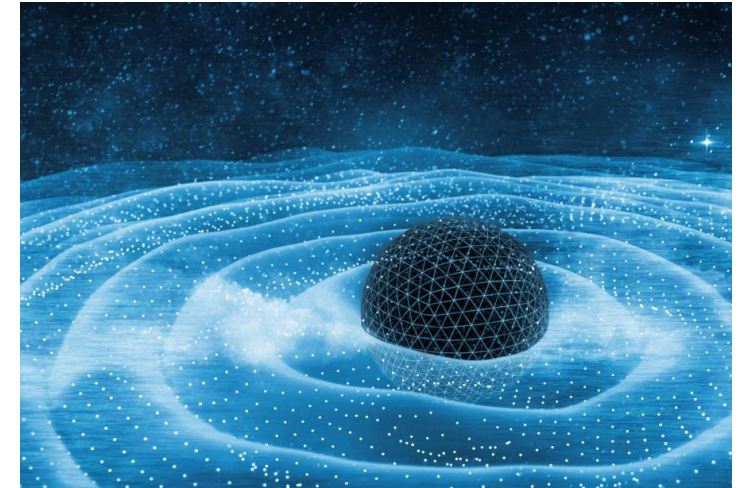
Cependant, nous savons que le modèle est incomplet !



- Nous avons appris que les **neutrinos** sont des particules qui **ont une masse, même si** le Modèle Standard leur **avait prédit une masse nulle.**

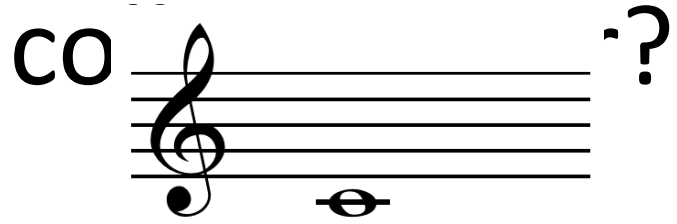


- Nous savons qu'il existe une **asymétrie entre la matière et l'antimatière**, mais il **n'existe aucune explication** concernant sa nature et son origine.

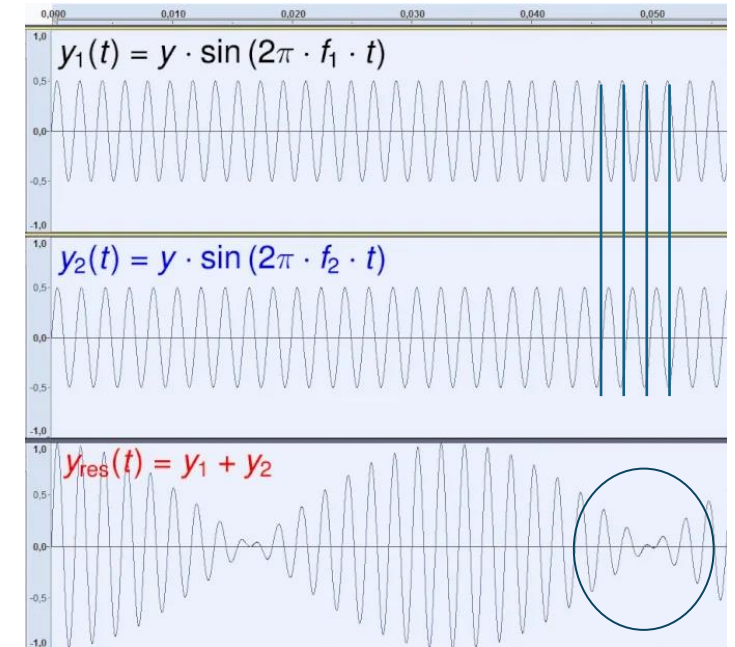
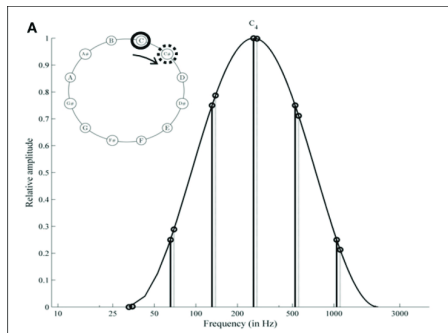


- Il n'existe **aucune théorie quantique de la gravité** qui soit **cohérente.**

Que peut-on faire avec un nouveau



$$f(n) = \left(\frac{12\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^{n-49} \times 440 \text{ Hz}$$



- Faire des prédictions exactes selon le modèle standard

- Mesurer avec haute précision ce qui était prédit sous conditions contrôlées

Chercher des déviations entre les mesures et les prédictions

Le FCC – un instrument de précision avec des touches en plus!



100 keV



- Les instruments de mesure en forme des détecteurs à nouvelles technologies



100 TeV

- Les réglages extrêmement fins du collisionneur électron-positon (FCC-ee, arXiv:1909.12245)

Les “touches en plus” du collisionneur de hadrons (FCC-hh) pour atteindre des énergies aujourd’hui non accessibles

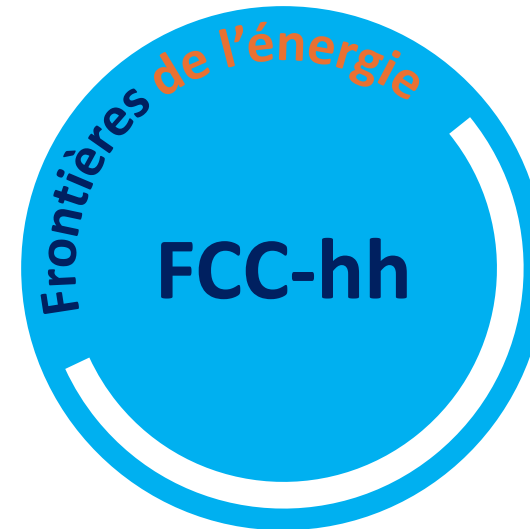
Le programme de FCC intégré comporte deux phases

- Phase 1 – FCC-ee :

- Collisionneur électron-positon à haute luminosité.
- **Pour étudier les phénomènes observés qui mettent en évidence les incohérences et les lacunes** de notre compréhension actuelle.
- Permet de prédire les plus infimes écarts dans les processus physiques par rapport aux prédictions du Modèle Standard.

- Phase 2 – FCC-hh :

- **Collisionneur proton-proton de la plus haute énergie**
- **Remplace le FCC-ee au sein de la même infrastructure.**
- Permet **d'explorer directement** les voies de recherche identifiées au cours de la première phase, en vue d'observer de nouveaux processus physiques.
- Permet la **validation expérimentale** d'un **modèle de « réalité » amélioré ou nouveau.**



Lancement et principe de l'étude de concept Futur Collisionneur Circulaire

Lancement de l'étude le 7 février 2014



Communiqué de Presse du CERN :

Reprise médiatique, p.ex. : Tribune de Genève



European Organization for Nuclear Research
Organisation européenne pour la recherche nucléaire

07.02.2014

Le CERN prépare son avenir à long terme

Genève, le 7 février 2014. La physique des particules travaille sur le temps long. Le LHC a été imaginé dans les années 1980 pour ne démarrer que 25 ans plus tard. Cet accélérateur unique au monde n'est qu'au début de son activité et il est prévu pour fonctionner durant les 20 prochaines années. Pour en exploiter tout le potentiel, le futur proche consiste à préparer dès à présent un important projet de mise à niveau pour augmenter la luminosité du LHC, alors même que le LHC est encore en phase de consolidation pour un redémarrage en 2015. Baptisé HL-LHC (High Luminosity LHC), ce programme est la toute première priorité du CERN et permettra d'augmenter le nombre de collisions accumulées dans les expériences d'un facteur 10 à partir de 2024.

Bien que le programme du LHC soit déjà planifié pour les deux décennies à venir, le temps est venu de regarder encore plus loin et le CERN lance une étude exploratoire pour la réalisation sur le long terme d'un futur collisionneur circulaire de nouvelle génération, d'une taille de 80 à 100 kilomètres de circonférence. Digne successeur du LHC dont les collisions atteindront 14 TeV, un tel accélérateur de particules permettrait de repousser les frontières de nos connaissances dans le domaine de la physique des particules. Baptisé FCC (Futur Collisionneur Circulaire), ce programme mettra en particulier l'accent sur l'étude d'un collisionneur de hadrons du type LHC, pouvant atteindre une énergie sans précédent de l'ordre de 100 TeV.

L'étude du FCC constitue un effort mondial de la communauté de la physique des particules et fait suite à la publication en mai 2013 de la « Stratégie Européenne pour la Physique des Particules », qui recommande l'étude de faisabilité de projets fondamentaux pour le futur du CERN. L'étude du FCC sera organisée au travers d'un programme de 5 ans dont le début sera marqué par une réunion internationale à l'Université de Genève du 12 au 15 février.

L'étude du FCC rejoint ainsi celle déjà engagée depuis plusieurs années du CLIC (Collisionneur Linéaire Compact), qui constitue une autre option pour un futur accélérateur. CLIC examine les potentiels pour un collisionneur linéaire basé sur une technologie d'accélération novatrice.

« Nous savons encore peu de choses sur le boson de Higgs, nous sommes en quête de la matière noire et de la supersymétrie... Seuls les prochains résultats du LHC seront en mesure de nous indiquer les pistes de recherches à suivre dans l'avenir, et le type d'accélérateur le plus adapté pour répondre aux nouvelles questions qui nous seront posées », indique Sergio Bertolucci, Directeur de la Recherche et de l'Informatique au CERN.

« Nous devons planter aujourd'hui les graines qui nous donneront les technologies de demain, afin d'être prêts à prendre des décisions d'ici à quelques années », explique Frédéric Bordry, Directeur des accélérateurs et de la technologie du CERN.

1. Le CERN, Organisation européenne pour la Recherche nucléaire, est le plus éminent laboratoire de recherche en physique des particules du monde. Il a son siège à Genève. Ses États membres actuels sont les suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Israël, Italie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Suède et Suisse. La Roumanie a le statut de candidat à l'adhésion. La Serbie est État membre associé en phase préalable à l'adhésion. Les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, l'Inde, le Japon, la Turquie, la Commission européenne et l'UNESCO ont le statut d'observateurs.

Service de presse du CERN
CH-1211 Genève 23
Tél. +41 22 767 21 41 / +41 22 767 41 01 Fax +41 22 785 02 47
e-mail: press.office@cern.ch http://www.cern.ch/Press



European Organization for Nuclear Research
Organisation européenne pour la recherche nucléaire

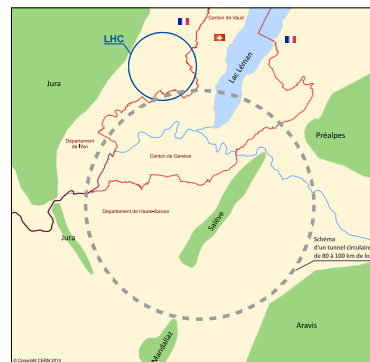
L'objectif pour les deux études est d'examiner la faisabilité des différentes machines possibles et d'évaluer les coûts et de produire ainsi un rapport d'études conceptuelles pour le FCC et de préciser celui du CLIC à l'horizon de 2018/2019, date où la Stratégie Européenne sera mise à jour.

Pour plus d'informations :

- A propos de la Stratégie Européenne de Physique des Particules : <http://home.web.cern.ch/it/about/updates/2013/05/cern-council-updates-european-strategy-particle-physics>
- A propos de HL-LHC : <http://hlumi.web.cern.ch/hlumi/LHC/index.html>
- A propos du FCC : <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confid=262344>
- A propos de CLIC : <http://clic-study.org>

Contacts :

Bureau de presse du CERN
press.office@cern.ch
+41 (0)22 767 34 32
+41 (0)22 767 21 41



Service de presse du CERN
CH-1211 Genève 23
Tél. +41 22 767 21 41 / +41 22 767 41 01 Fax +41 22 785 02 47
e-mail: press.office@cern.ch http://www.cern.ch/Press

Le CERN compte construire un anneau

Une centaine de chercheurs du monde entier se réuniront de mercredi à samedi, à Genève, pour lancer un projet ambitieux

Le Grand Collisionneur de hadrons (LHC), long de 27 km, n'a pas encore révélé tous ses secrets. Pourtant le CERN planche déjà sur son successeur, comme la *Tribune de Genève* l'a révélé le 16 février. Baptisé Futur Collisionneur circulaire (FCC), celui-ci serait constitué d'un anneau d'une centaine de kilomètres de circonférence sous la Suisse et la France. L'étude exploratoire sera lancée la semaine prochaine.

Une centaine de chercheurs venus du monde entier se réuniront de mercredi à samedi à l'Université de Genève afin de lancer ce programme prévu sur cinq ans, comme l'ont indiqué hier le *Tages-Anzeiger* et le *Bund*. Dans un communiqué, l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) souligne que le LHC a été imaginé dans les années 80 pour ne démarrer que vingt-cinq ans plus tard. Il est donc temps de songer à son successeur: d'une



taille de 80 à 100 kilomètres de circonférence, le FCC pourrait atteindre une énergie sans précédent de 100 téraélectronvolts (TeV), contre 14 TeV pour le LHC.

Cette étude rejoint celle enga-

gée depuis plusieurs années d'un collisionneur linéaire compact, un accélérateur rectiligne de 80 km qui pourrait aussi passer sous la Suisse et la France. Les Etats-Unis ou le Japon sont toutefois égale-

L'étude de concept 2014-2018

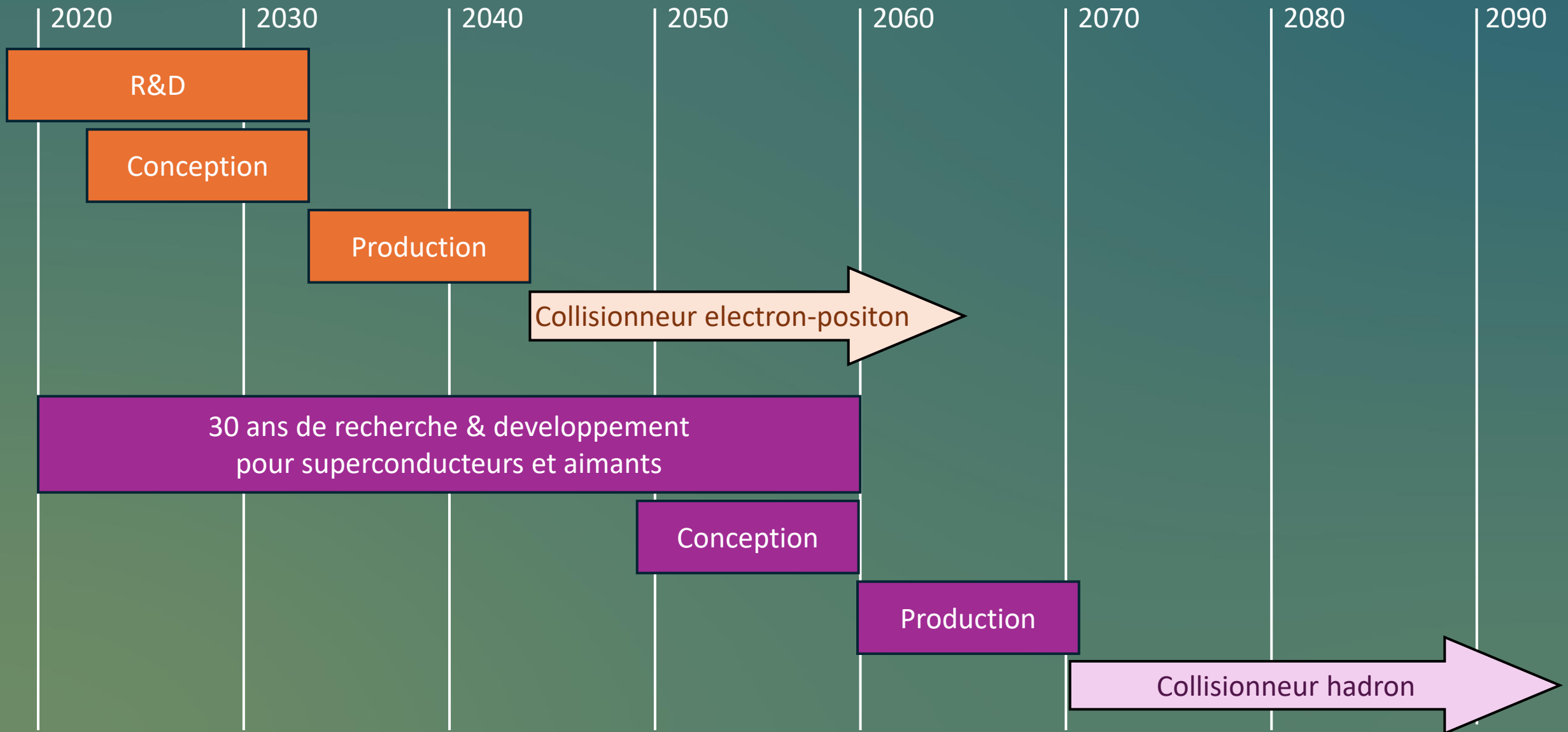
- Développer et valider un programme de recherche scientifique
- Analyser les options et écarter les options non réalistes
- Concevoir un concept de base
- Vérifier la faisabilité principale
- Identifier les écarts et identifier les priorités pour la recherche et le développement technique



Pour en savoir +



Un programme long-terme pour la recherche scientifique



Une présence continue



2 LE PAYS GESSIEN
Jeudi 13 avril 2017

Le dossier de la semaine

Le CERN déjà tourné vers 2050

Nous sommes en 2050. Le CERN vient d'inaugurer son nouvel accélérateur de particules. Un projet d'envergure imaginé dès les années 2010.

DOSSIER RÉALISÉ PAR KEVIN PINTO

AIN

En cette chaude journée de printemps 2050, le monde a les yeux tournés vers l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire. Aujourd'hui, le CERN inaugure son accélérateur de particules, qui ouvre la porte à de nouvelles découvertes majeures.

prendre, en 2020, lors d'une grande réunion des stratégies européennes. Mais rien n'est encore arrêté. » Première hypothèse : le projet CLIC, Collisionneur linéaire compact. « Une première version l'envisage sur 11 km, centré sur Préveessin, parallèle au Jura. Mais on peut l'étendre jusqu'à 50 km, entre Fort l'Écluse et Nyon. »

2 Un accélérateur circulaire de 100 km

lisionneur circulaire), l'énergie sept fois supérieure à celle du LHC de 2017. « passerait sous le lac Léman, derrière le Salève et une partie en Haute-Savoie. »

3 L'an 2040 en ligne de mire

Si, en 2020, une première direction a donc été désignée pour l'un de ces deux projets, il a fallu attendre 20



CERN
OPENDAYS



► Explore the future with us
► Explorez le futur avec nous



Le principe de développement d'un scénario équilibré



Nous privilégions la **transparence et le dialogue** avec les parties prenantes **pour comprendre leurs besoins, leurs craintes** et **pour optimiser le FCC.**

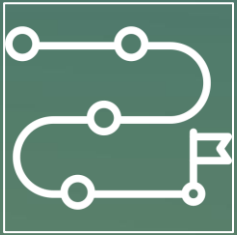
→ Cela demande comme base un **scénario concret et localisé**

L'étude de faisabilité

L'étude de faisabilité 2019-2025



Evaluer les **conditions de réalisation**.



Vérifier que la stratégie pensée en amont est **techniquement faisable et économiquement viable**.



Fournir des éléments à la communauté scientifique pour pouvoir **prendre une décision éclairée**.



Développer les **éléments pour un plan de réalisation** en cas de décision de poursuivre

Une collaboration mondiale



140

Instituts

33

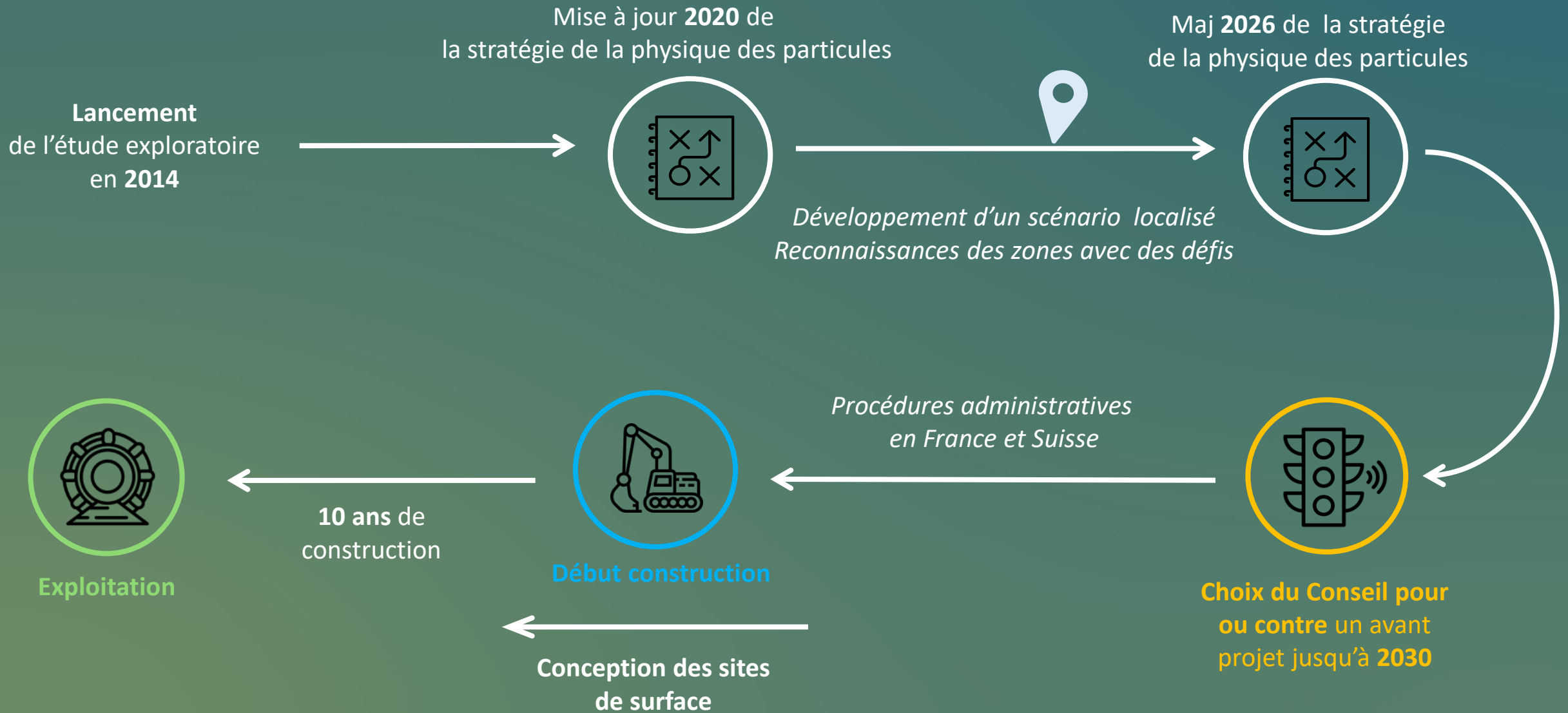
Pays

Horizon 2020



Leaflet | © OpenStreetMap contributors | © OpenStreetMap contributors

Où en sommes-nous ?



Pourquoi dans notre région
(et pas ailleurs) ?

Ici, pas à pas on va plus loin

Le CERN a une longue histoire de réussite dans **l'amélioration de ses performances de recherche** en tirant pleinement parti de son infrastructure actuelle tout en développant la suivante.

Ce travail repose sur une **collaboration internationale**, s'appuyant sur le consensus et les **compétences** de la **communauté scientifique mondiale**.



Diamètres des accélérateurs :

PSB: 50 m

PS: 200 m

ISR: 300 m

SPS: 2'200 m

LEP/LHC: 8'600 m

FCC: 29'000 m

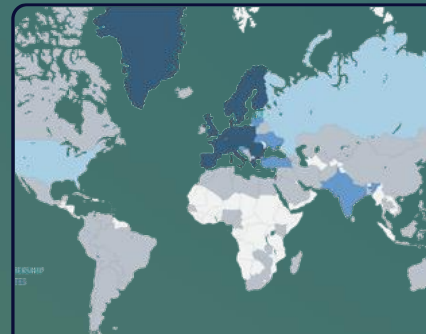
Les atouts durables du CERN bâtis à travers des décennies



Cadre légal pour
recherche pacifique



Infrastructures existantes
+ espaces pour personnel



Plateforme de coopération
internationale existante



Liberté de recherche
garantie



Connectivité avec le
monde entier



Point d'échange
Internet neutre



Relations de confiance
avec les autorités



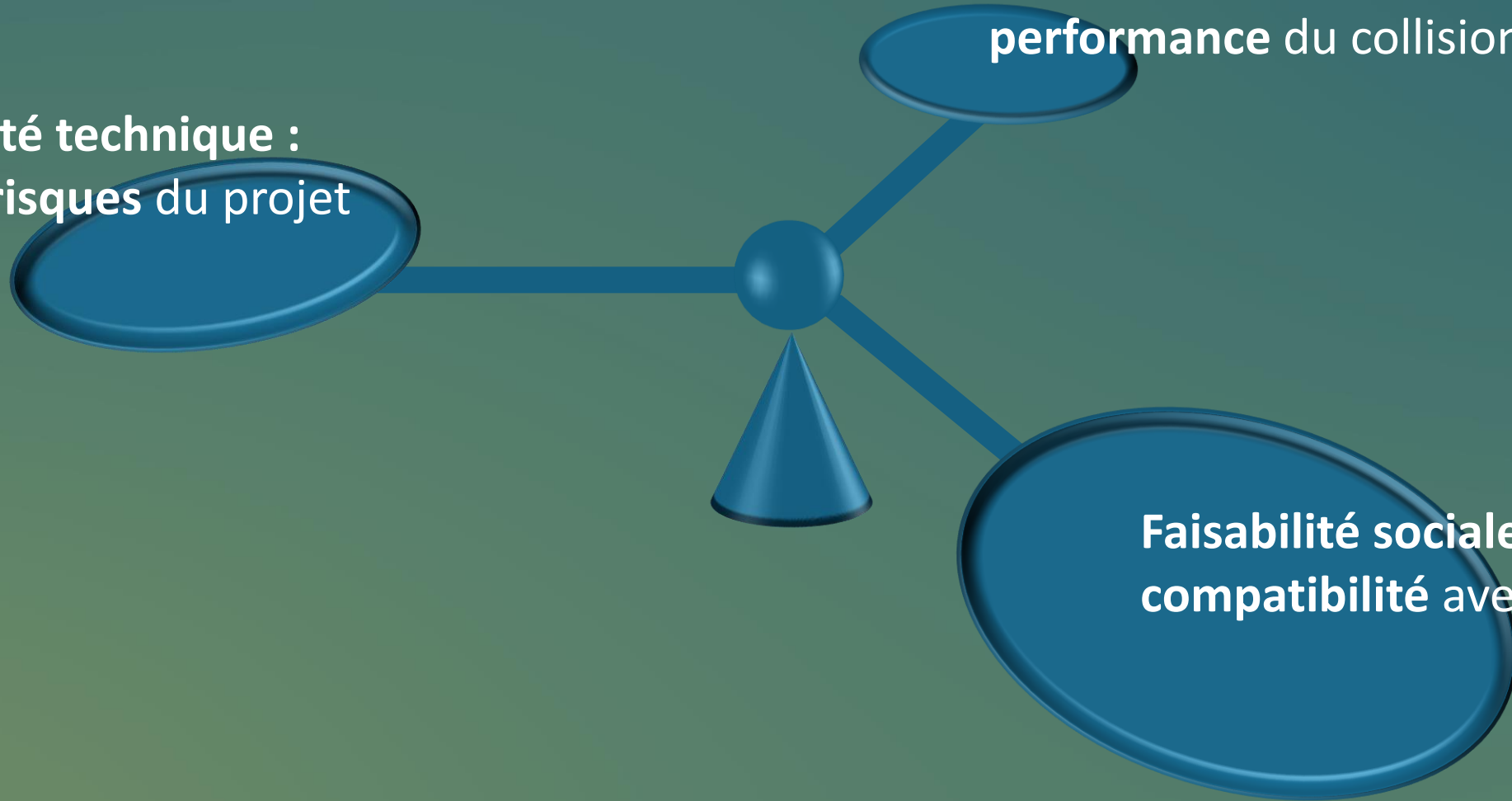
Energie écologique et
ressources accessibles

Trouver un équilibre entre 3 enjeux

Faisabilité technique :
coût et risques du projet

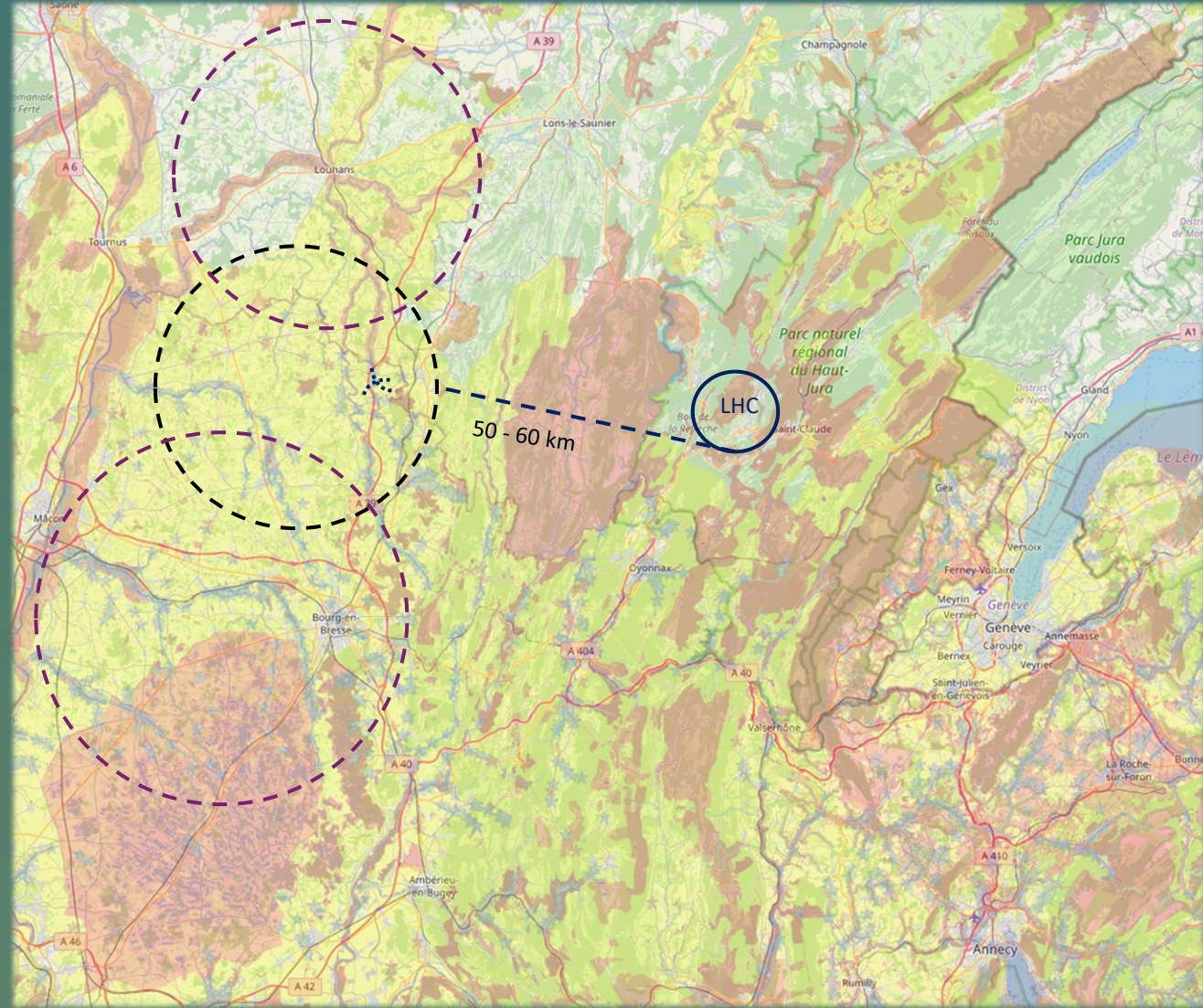
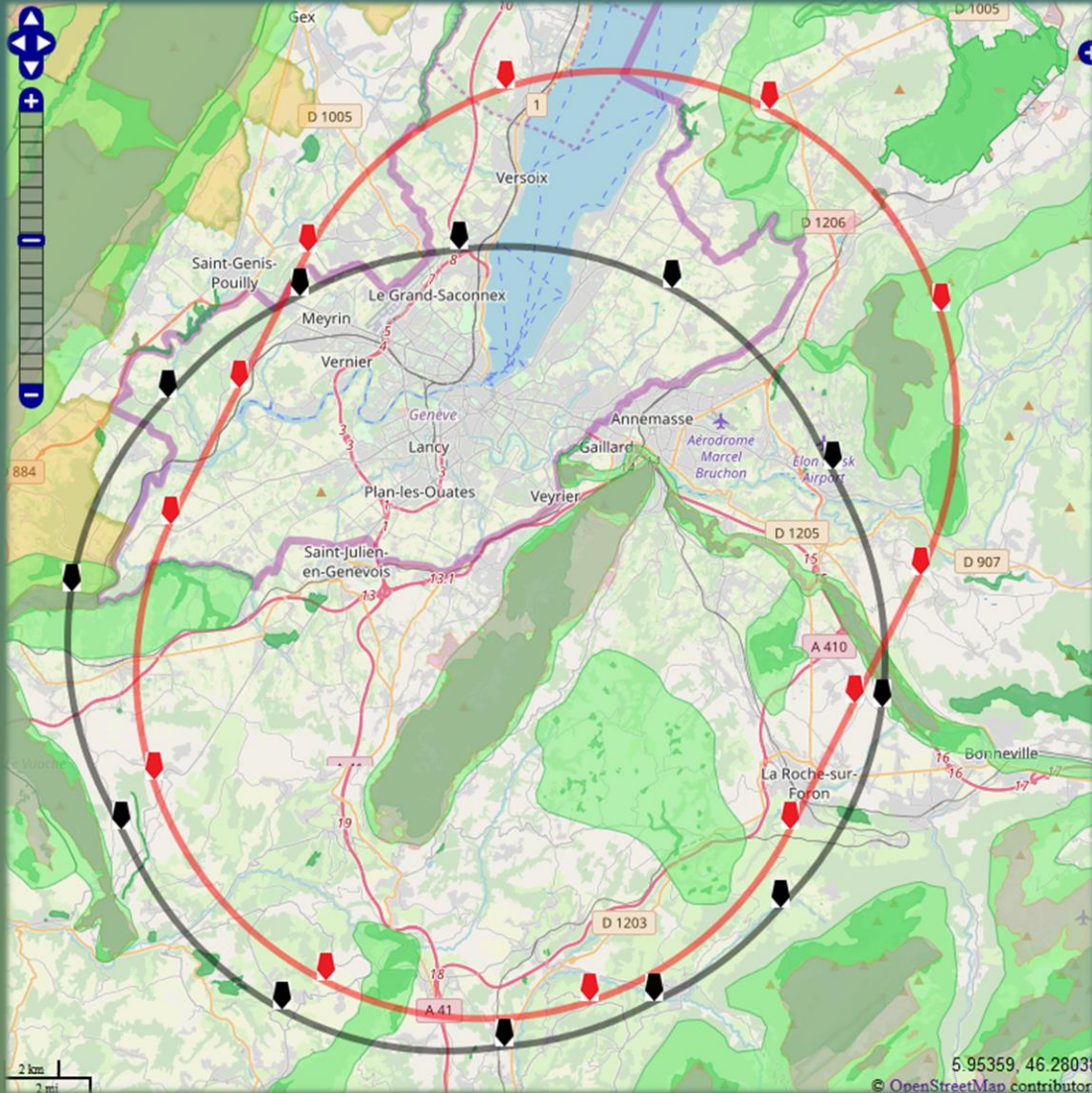
Excellence scientifique :
performance du collisionneur

Faisabilité sociale :
compatibilité avec le territoire

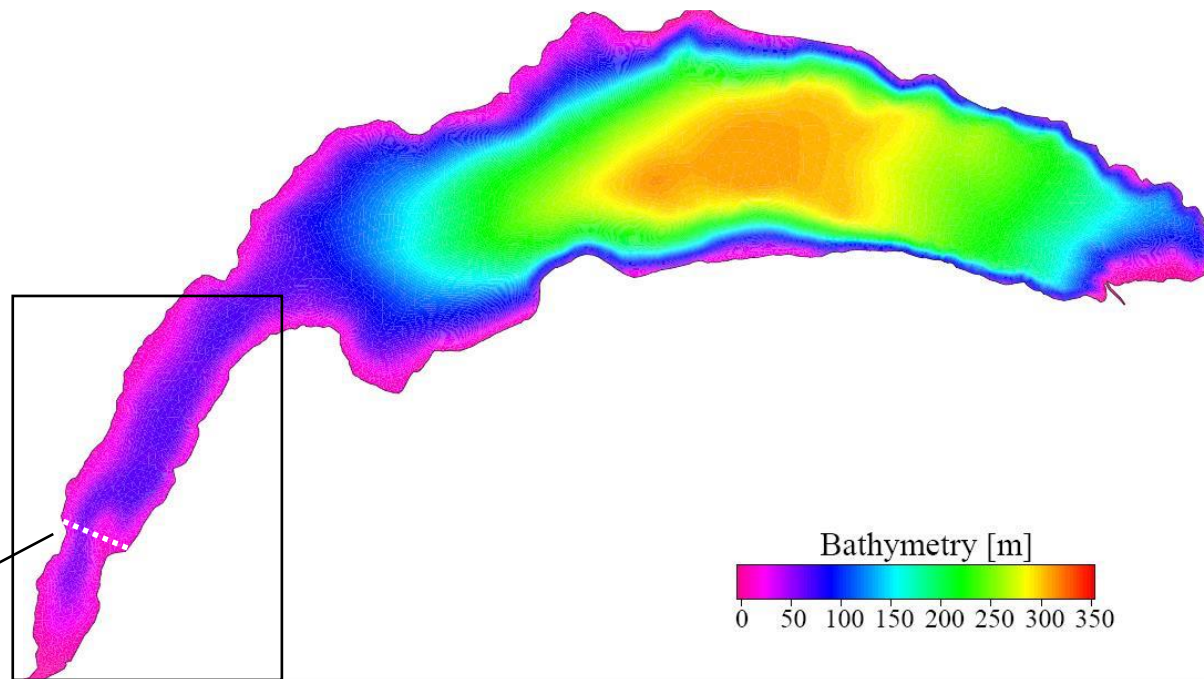


Développement itératif vers le tracé de référence

Des hypothèses écartées

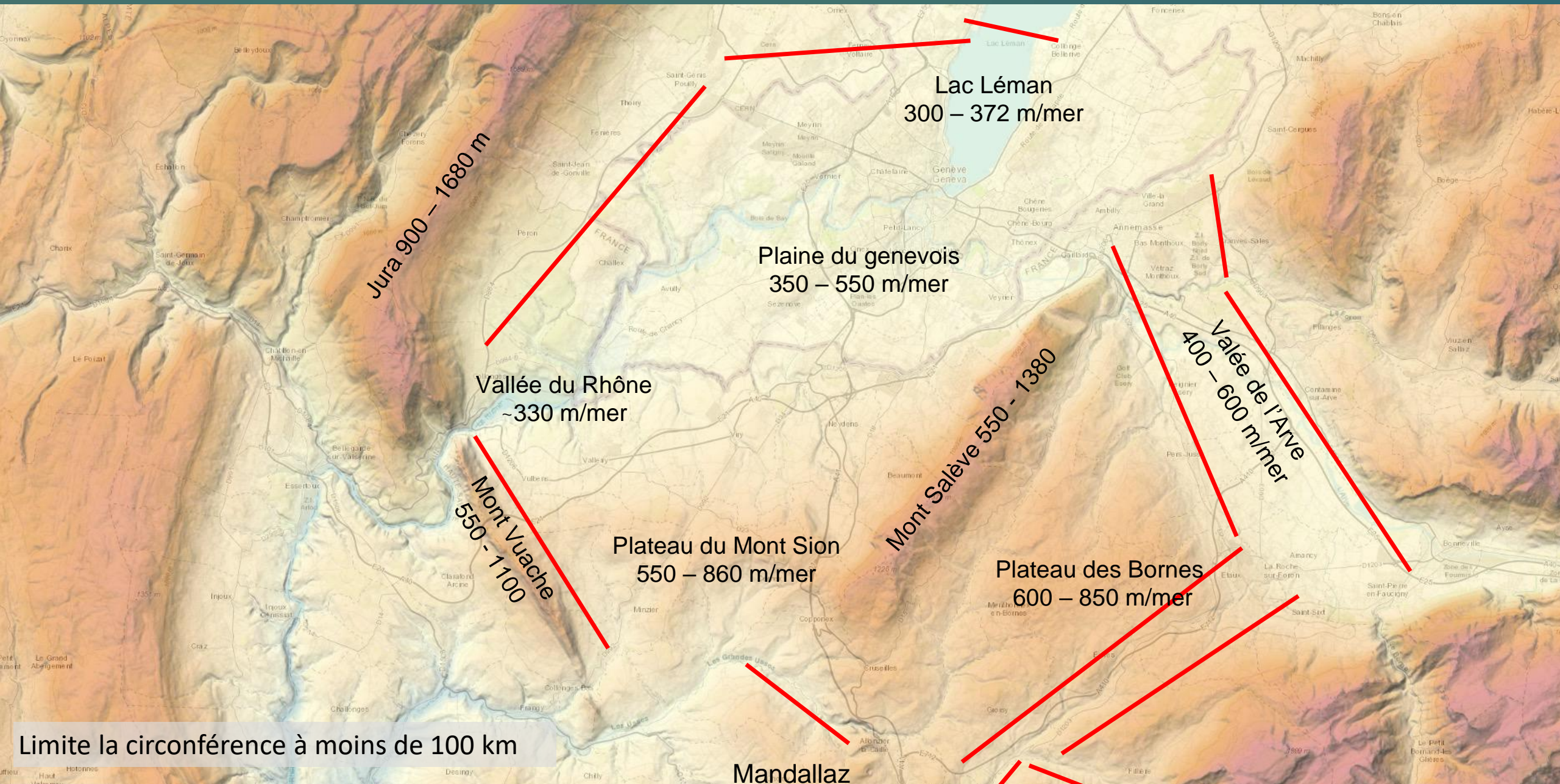


Profondeur du lac



- La profondeur du lac Léman est de plus de 50 m au delà du niveau Versoix - Corsier.
- Pour éviter que le tunnel ne soit trop profond sur tout le tracé, il est nécessaire de rester en dessous 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.

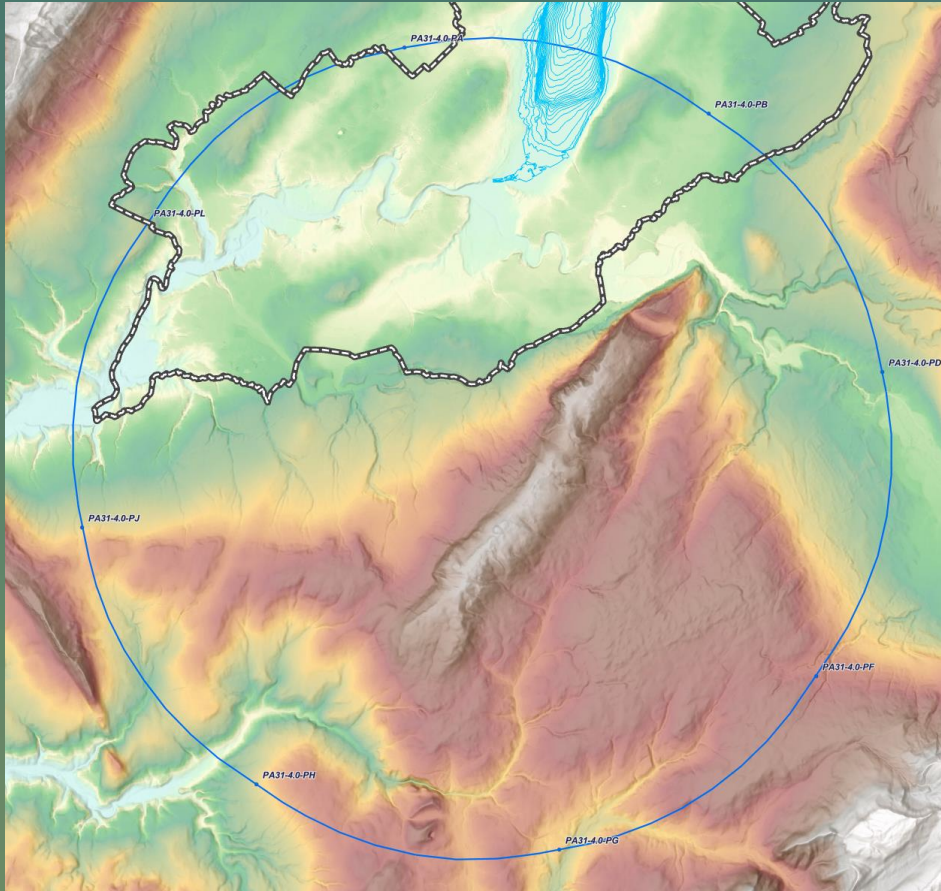
Situation topographique et géologique



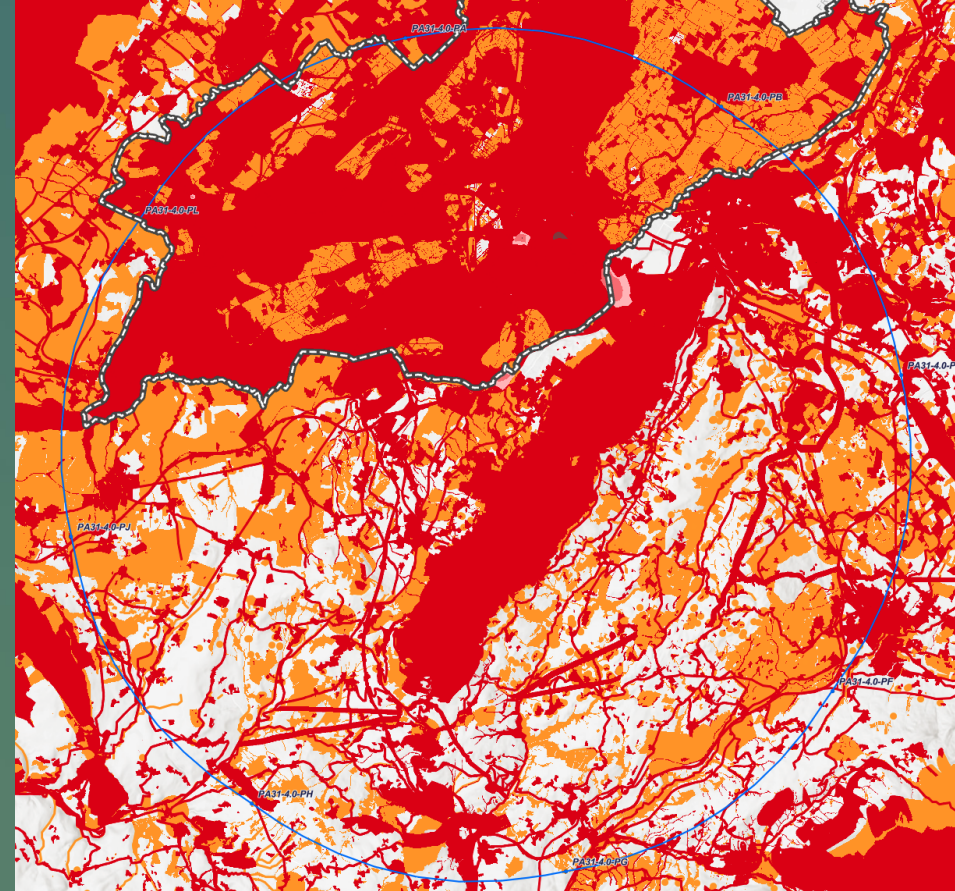
Limite la circonférence à moins de 100 km

Mandallaz

Contraintes géologiques et topographiques



Contraintes territoriales et environnementales identifiées en dialogue avec les services français et suisse

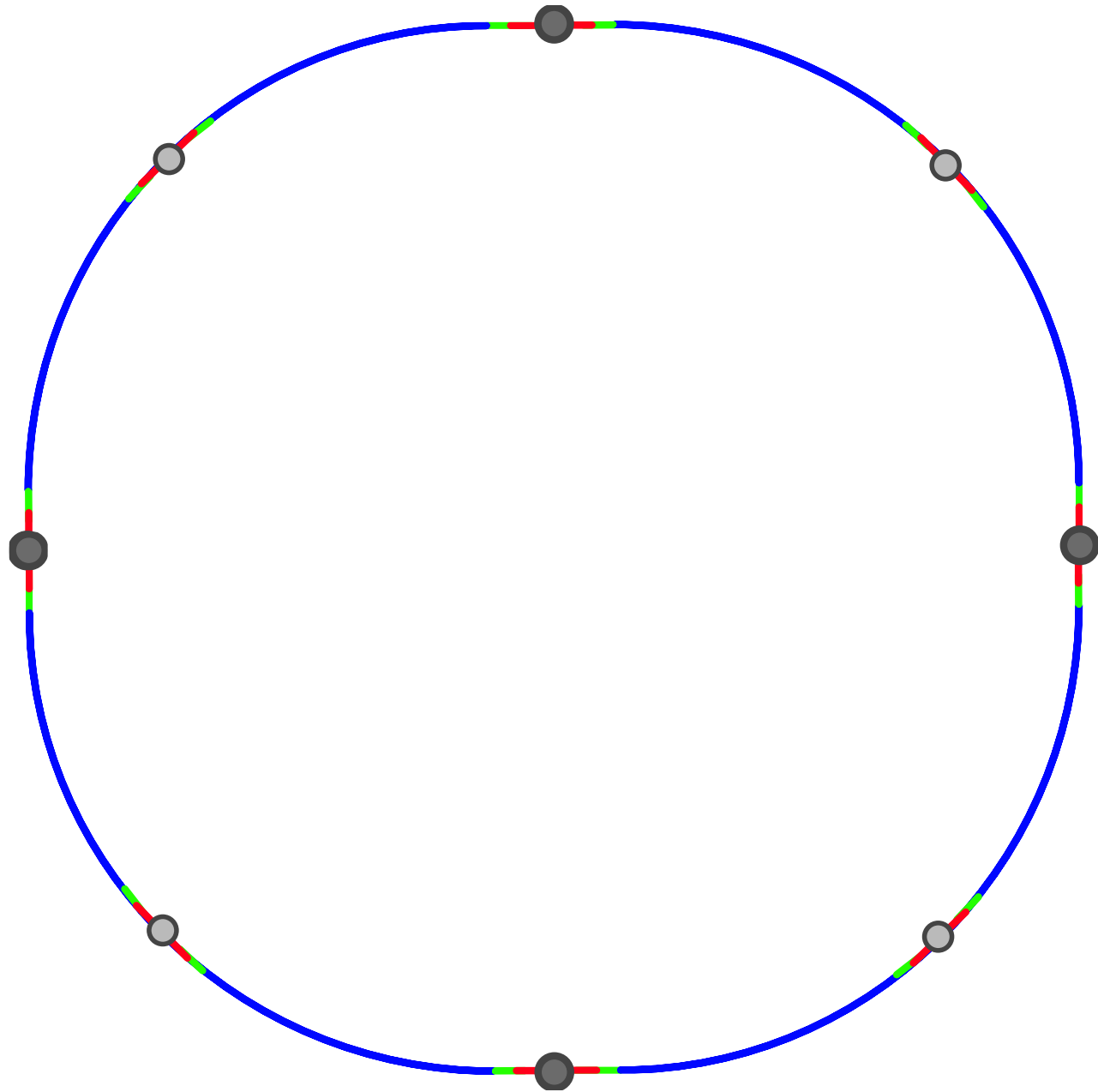


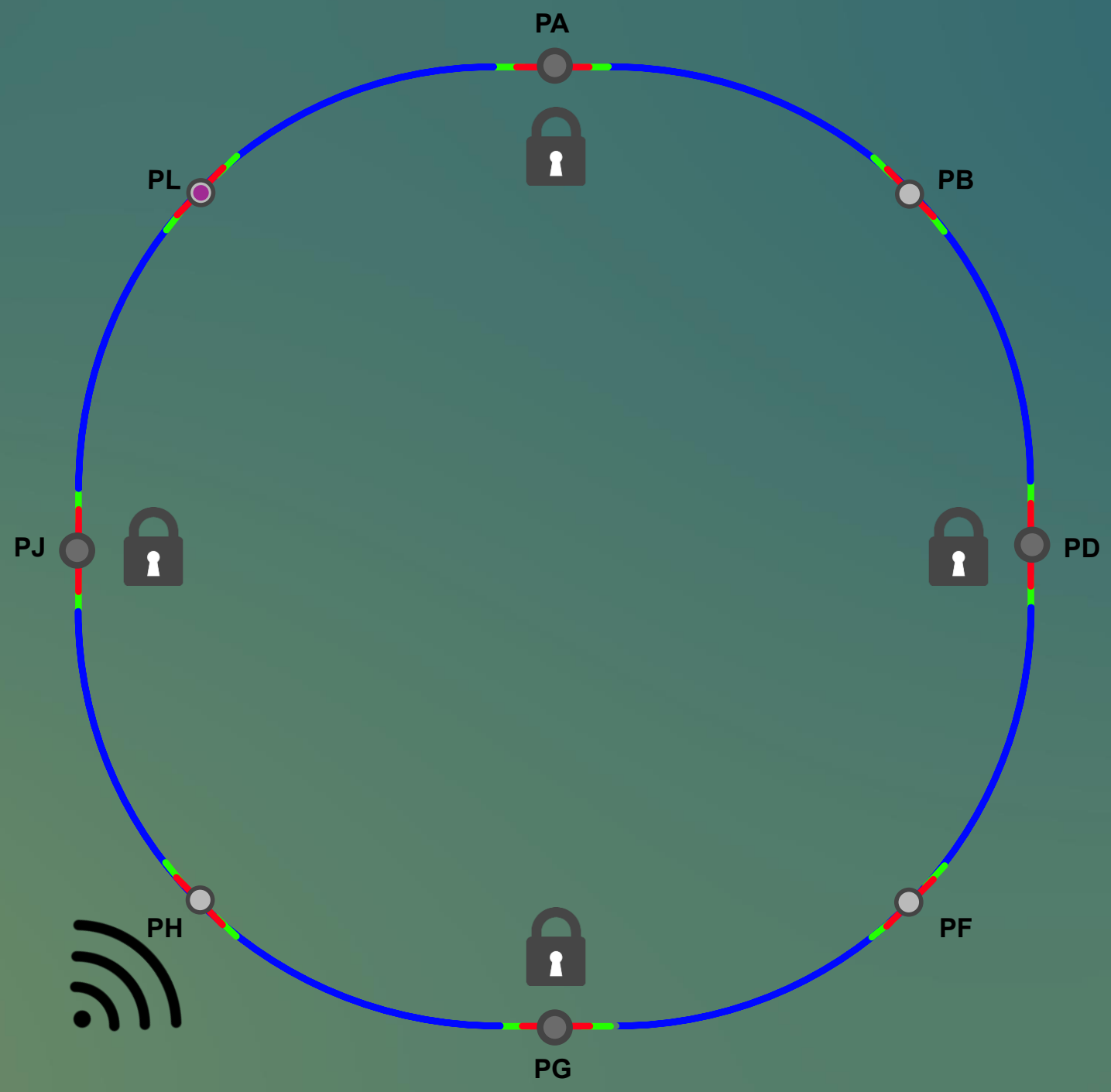
100 scénarios ont été examinés

Processus d'optimisation itératif a mené au scénario de référence PA31 de 91 km.

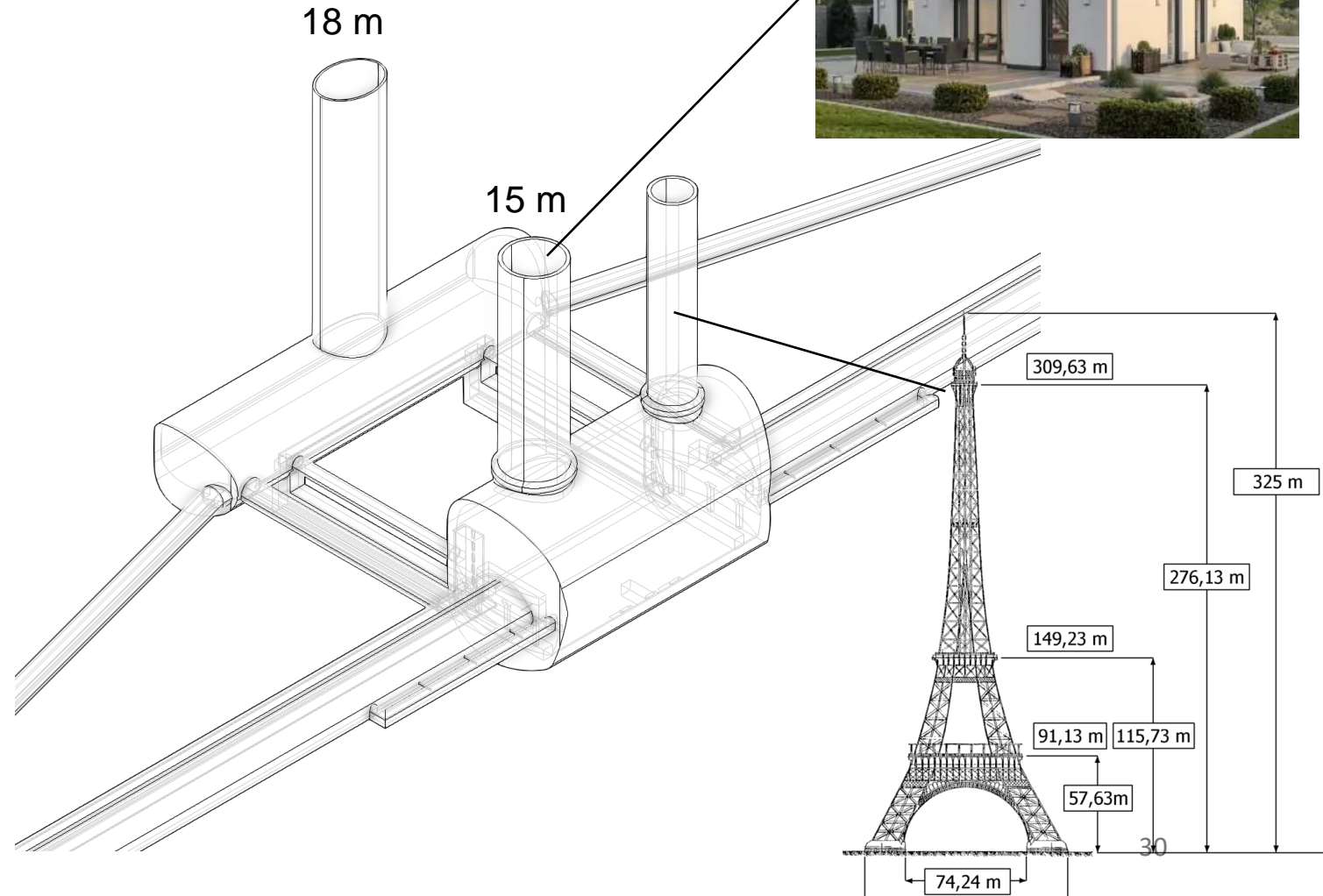
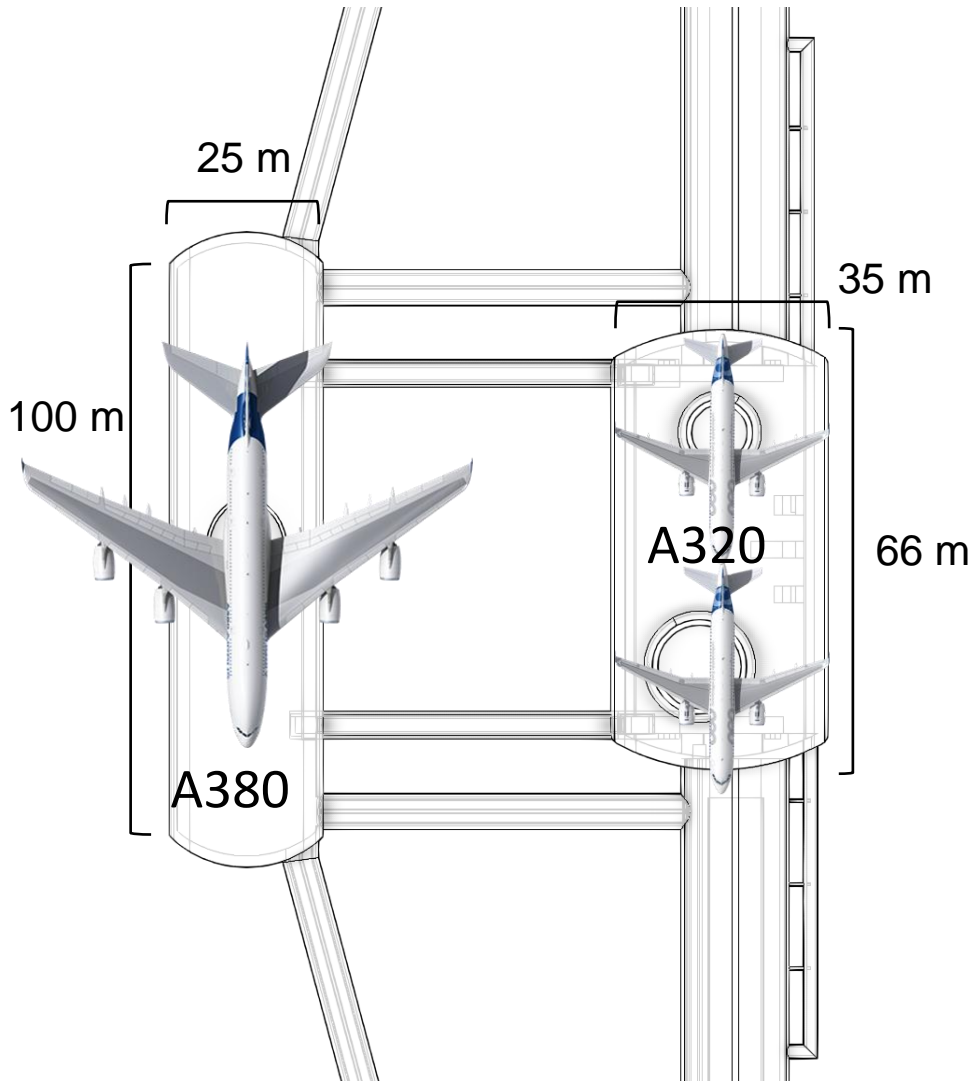
- Bonne performance scientifique (anneau de 91 km satisfait les besoins des deux collisionneurs)
- Meilleure compatibilité territoriale que les autres scénarios
- Compatibilité avec les contraintes en sous-sol sera vérifié entre 2024 et 2025







Les infrastructures souterraines



Ferney-Voltaire

PA31-4.0-PA

PA31-4.0-PB

Presinge

Challex

PA31-4.0-PL

PA31-4.0-PD

Nangy

Dingy-en-Vuache/Vulbens

PA31-4.0-PJ

Eteaux

PA31-4.0-PF

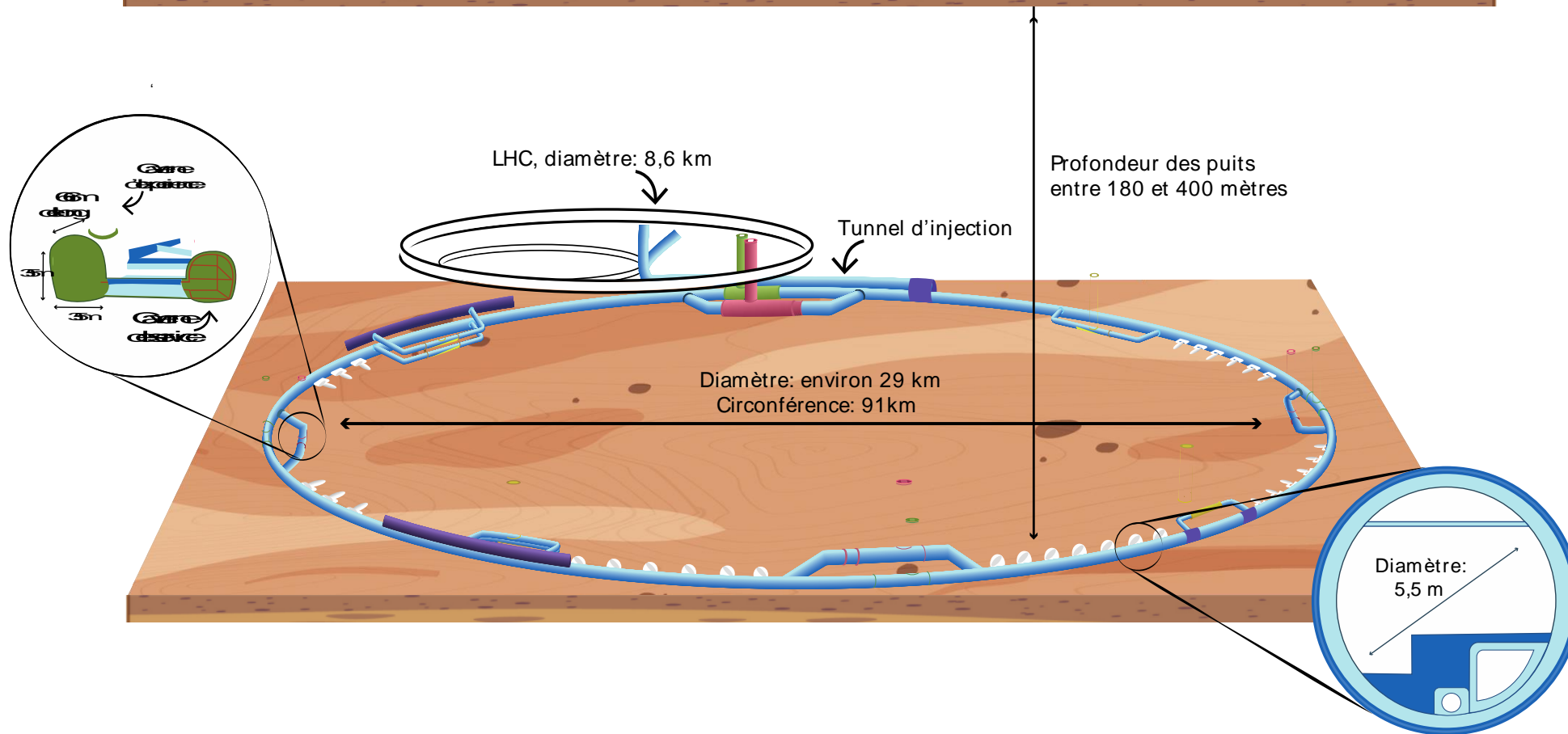
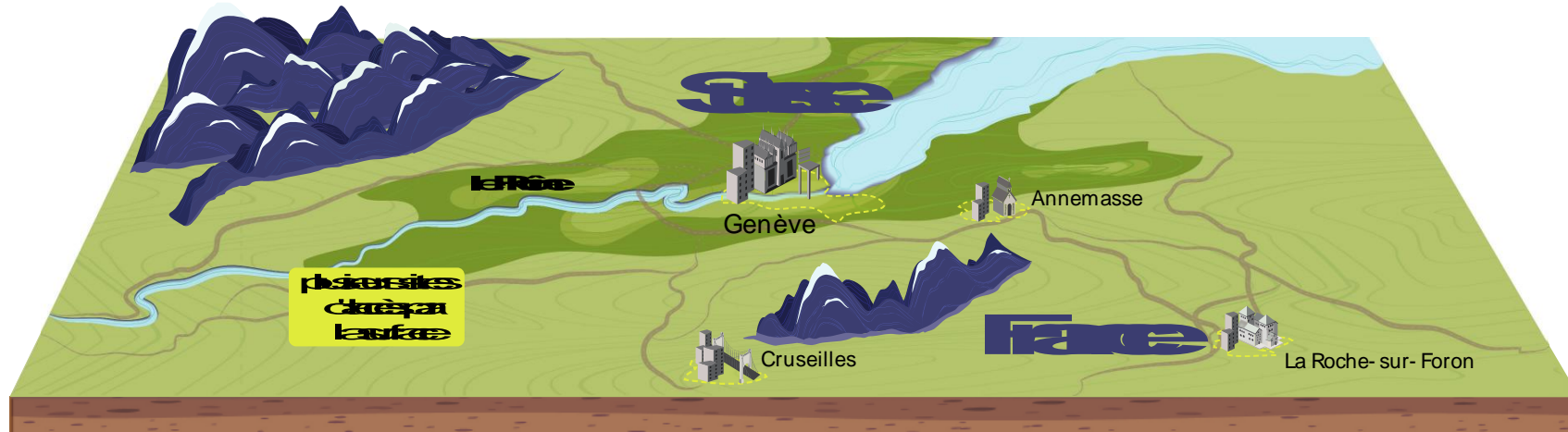
Cercier/Marlioz

PA31-4.0-PH

PA31-4.0-PG

Charvonnex/Groisy



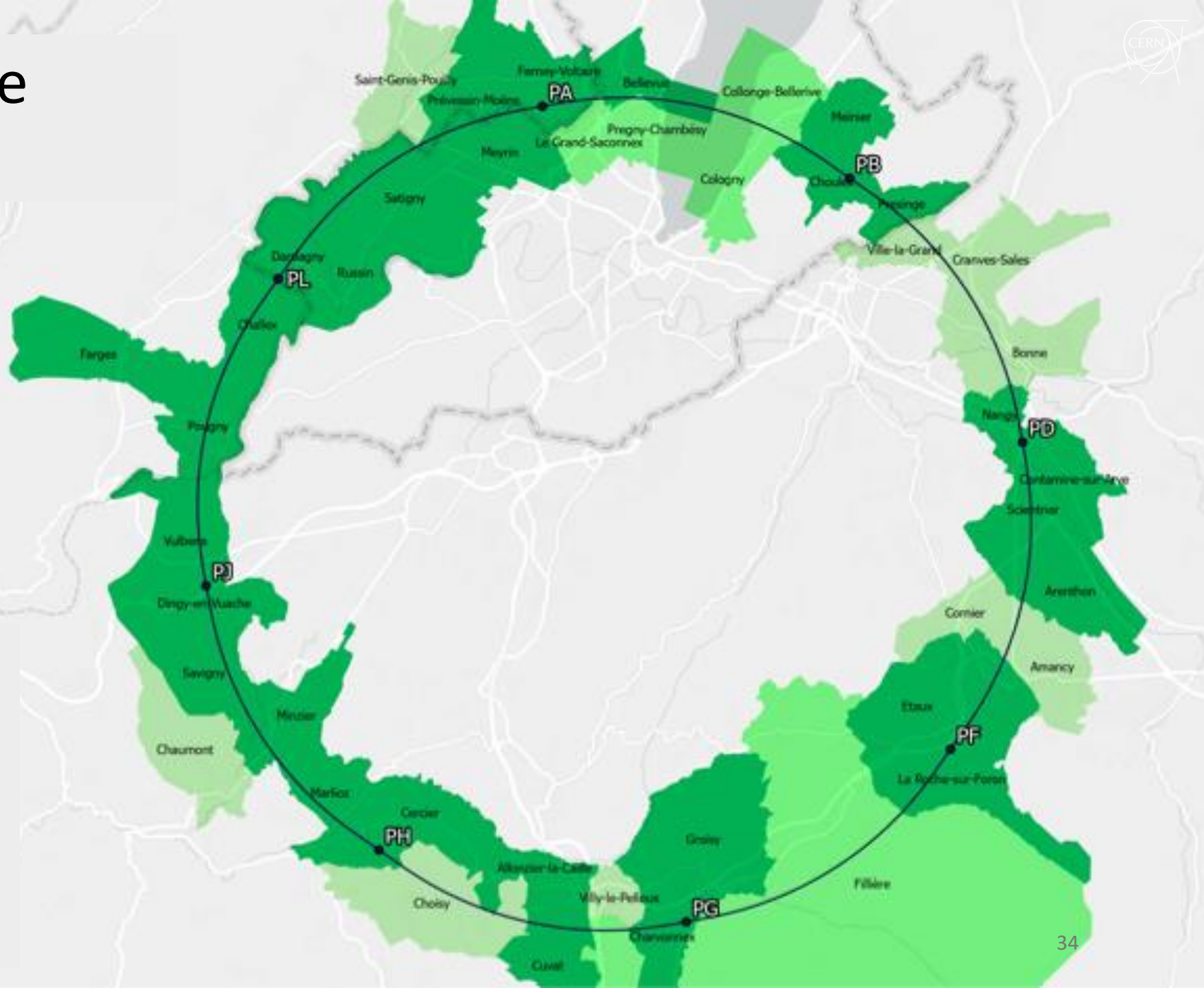


Dialogue territorial

Avancement dans le dialogue territorial

Régulières réunions de travail avec les communes.

Sessions d'information et d'échange publiques sont en train d'être organisés avec les communes.



Des caractéristiques clefs du FCC

Besoin d'électricité



**Pour le FCC-ee : en moyenne 1.3 TWh/an.
Consommation totale du CERN : environ 1.9 TWh/an.**

- Exploitation sur la moitié de l'année.
- Adaptabilité à la disponibilité du réseau.
- Aucune concurrence sur la disponibilité.
- Contribue au renforcement de la stabilité du réseau.

1.3 TWh par an correspond à ...

La consommation d'un seul centre de calcul de « China Telecom » à Hohhot sur 100 ha de terrain.



1/4 d'une production industrielle chimique à Ludwigshafen (DE) qui consomme 5.3 TWh par an.



Empreinte de l'énergie consommé : 40 000 tonnes / an

Soit à l'empreinte carbone d'un clip très connue, vue 8.4 milliards de fois sur Youtube.



Empreinte carbone du génie civil

- Analyse en cours.
- Processus d'optimisation pris en compte.

Rendez-vous fin 2024 pour la publication de l'étude sur ce sujet.



Besoin en eau



Consommation d'eau du CERN (2022) : 3.2 millions de m³.
Pour le FCC, pas de nouvelle installation nécessaire.
Consommation sera moins de 3.1 millions m³ par an.
Le FCC n'utilisera pas d'eau des nappes phréatiques.

En comparaison :
Chaque année 544 millions de m³ d'eau s'évaporent naturellement du lac Léman.

Valorisation de la chaleur résiduelle



- Un moyen efficace pour réduire l'empreinte carbone et les besoins en eau.
- Améliore la compétitivité économique pour la région, grâce à un prix attractif.
- Un système similaire est en place à Ferney-Voltaire.

Potentiels :

Hôpitaux, sites de production de fromage, écoles,
bâtiments publics, aéroport ...

KR4453/DG

CONVENTION

entre

l'Organisation européenne
pour la recherche nucléaire (CERN),

la République française

et

la Communauté d'agglomération du Pays de Gex
(CAPG)

relative à la récupération de chaleur provenant
des installations du CERN

Besoin foncier

Reduction lors du développement du scénario de référence :

De 12 sites à **8 sites**

De 100 ha à **40 ha**

-60%

Réutilisation des sites existants.

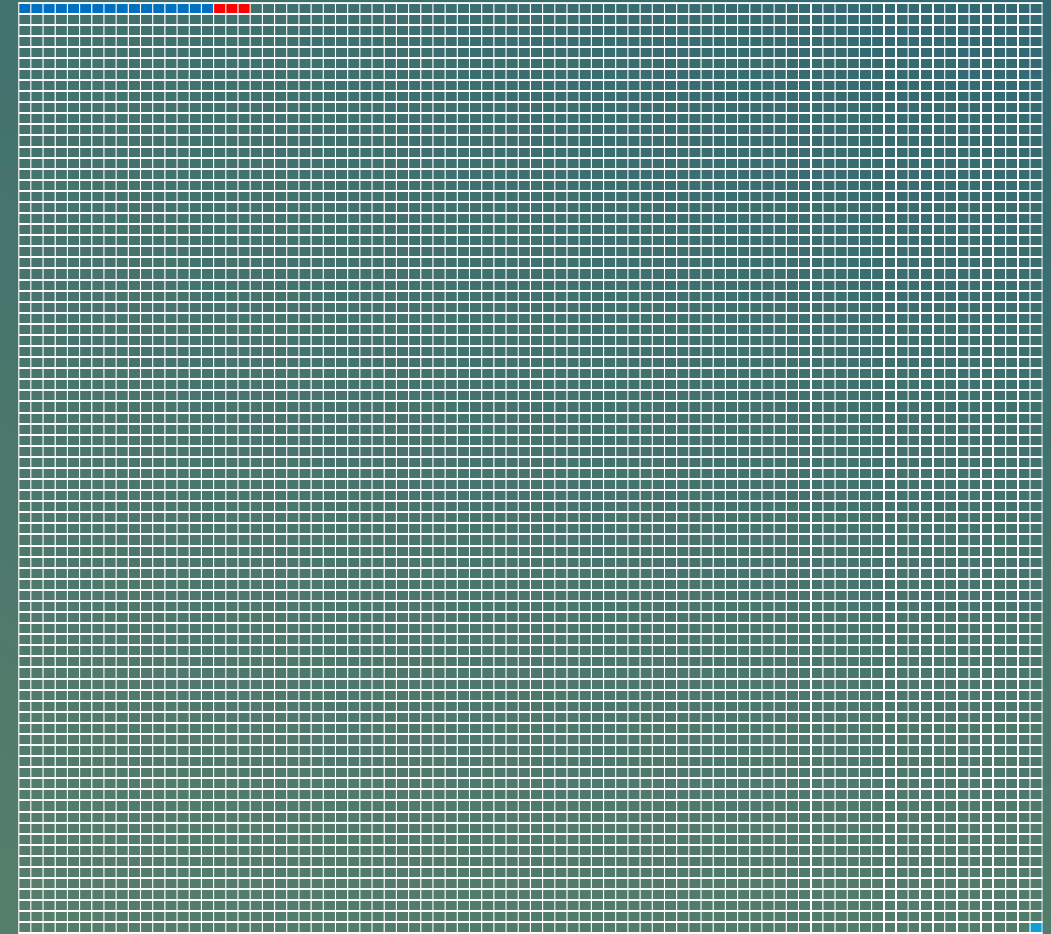
Projets de **renaturalisation** sont en développement.



4 ha par an limité à 10 ans de construction

Artificialisation du sol sur 1 an

- **France:** 24'000 ha / an soit 66 ha / jour
- **Suisse:** 4'745 ha / an soit 13 ha / jour



Besoin annuel du FCC



Besoin foncier



Artificialisation du sol sur 1 an

- **France:** 24'000 ha / an soit 66 ha / jour
- **Suisse:** 4'745 ha / an soit 13 ha / jour

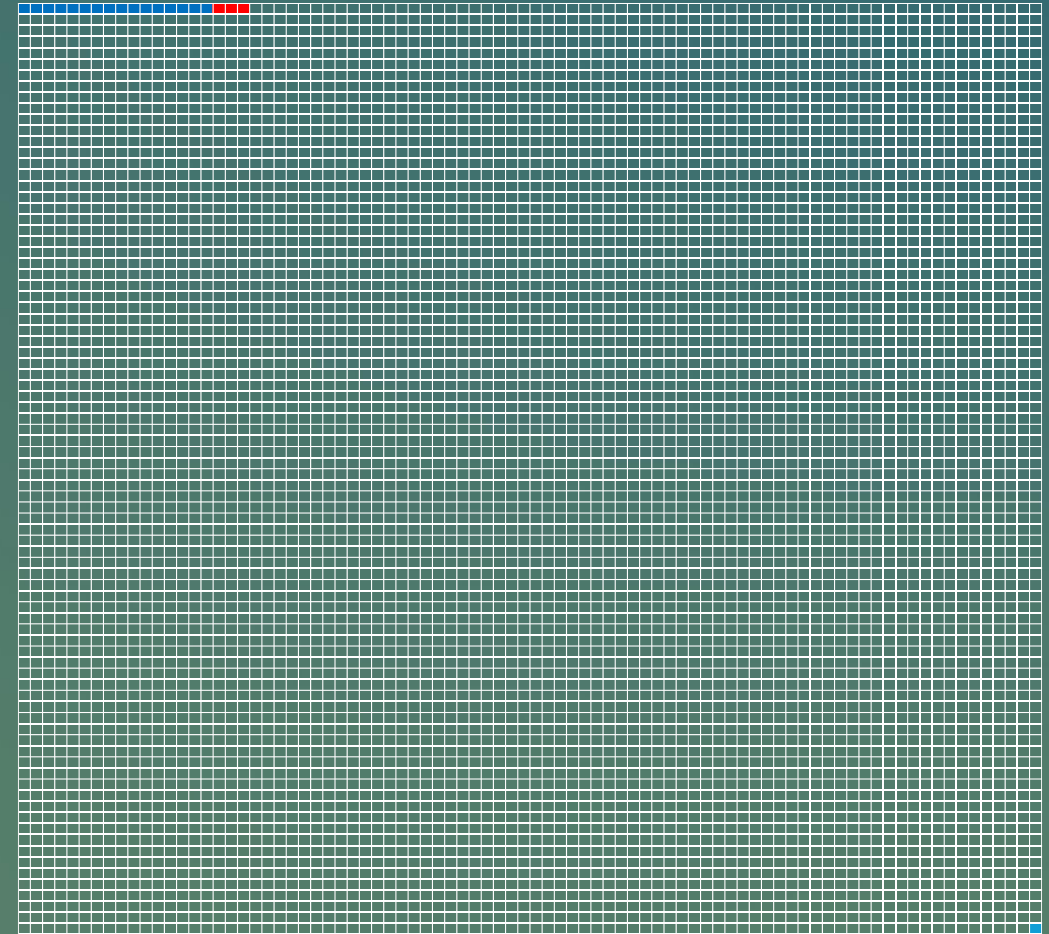
Reduction lors du développement
du scénario de référence :

De 12 sites à 8 sites
De 100 ha à 40 ha | **-60%**

Besoin de 4 ha par an limité à 10 ans de.

Réutilisation des sites existants.

Projets de **renaturalisation** sont en
développement.



Besoin annuel du FCC

Quantité des matériaux excavés



- Valorisable directement
- Valorisable indirectement
- Invalorisable



Volonté de valorisation (14,3 Mt)

Mise en dépôt (2,1 Mt)

Exemples de valorisation :

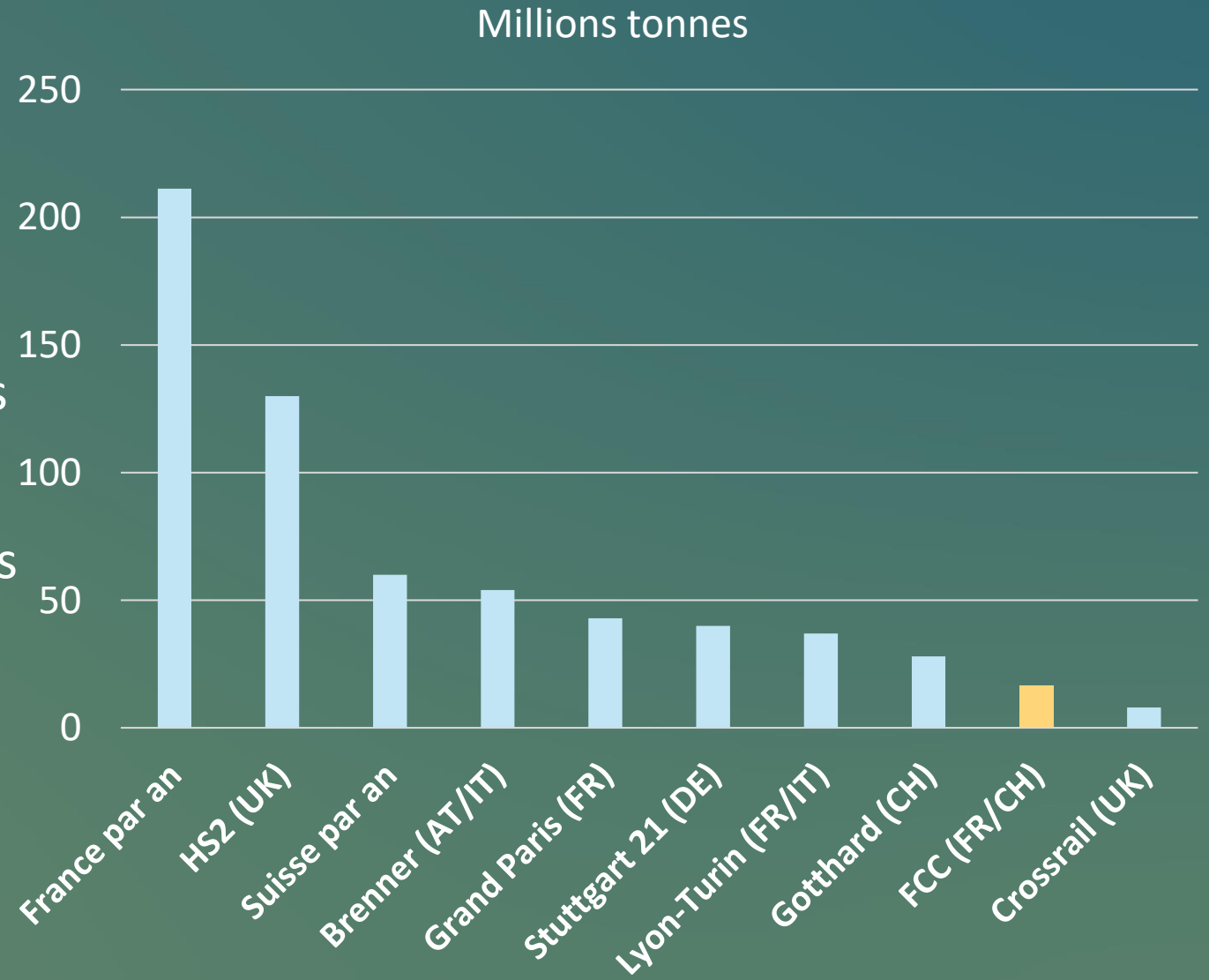
- Production de béton et ciment
- Matériaux de construction
- Agriculture, sylviculture
- Remblayage des carrières
- Renaturalisation des carrières et friches

Quantité des matériaux excavés par année

3.5 millions tonnes de matériaux excavés à gérer par an :

FCC en FR : Représente 1.9 % des déblais français sur 1 an

FCC en CH : Représente 0.9 % des déblais Suisse sur un an



Transport des matériaux excavés depuis des sites



Les sites avec des tunneliers seront à proximité des infrastructures de transport.

L'utilisation des convoyeurs vers les axes de transport (autoroutes et train) évite les passages de camions en ville.

Réutilisation locale des matériaux excavés selon possibilité technique.



Les retombés sociaux et économique

Les coûts

- L'étude inclut un **modèle de financement durable**.
- Le CERN est financé par des contributions annuelles des états.
- Les investissements pour le FCC ne sont pas en **compétition avec d'autres fonds prévus** comme la protection du climat, la recherche médicale, recherche et développement en Europe.
- Les financements seront portés par une **communauté internationale** sur un horizon temps étendu.

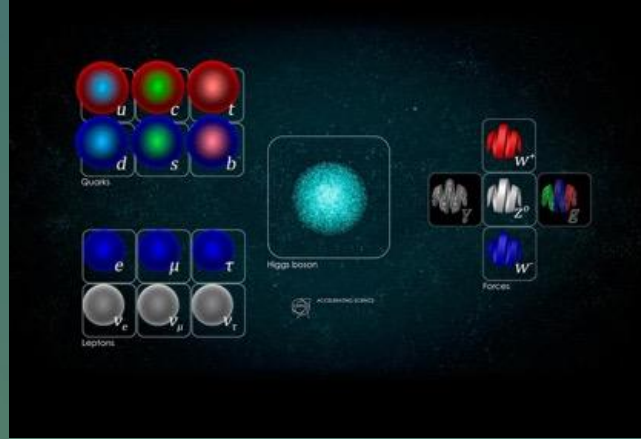


Coût par année et contribuable : le prix d'un billet de transport public.

Retombées socio-économiques



Valeur de la formation



Valeur des produits scientifiques



Applications à l'industrie



Logiciels et systèmes libres



Tourisme et biens culturels



Valeur en tant que bien public



Pour en savoir +

La valeur ajoutée d'un projet de technologie



- 1 euro investi dans un projet du CERN génère ...



+2 euro pour des contrats avec intensité technologique moyenne



+3 euro pour des contrats avec haute intensité technologique

Cela contribue un **investissement durable** avec **retour garanti pour la société** à long terme.



Exemple de création de valeur pour la société

Applications
A Novartis Company

- **Entreprise de haute technologie à Saint-Genis Pouilly,**
- **créée en 2002 en exploitant un brevet du CERN**
- **par un physicien du CERN.**
- **AAA, rachetée par Novartis France**
en 2018 pour 3.9 milliards USD.
- 163 employées en 2020.
- Chiffre d'affaires de 100 millions d'euro/an/

**Transforming patients' lives by leading
innovation in nuclear medicine**

Le valeur du tourisme scientifique

Le CERN accueille + de 150'000 visiteurs par an.
Avec le Portail de la Science, la capacité est désormais de **300'000 personnes par an.**

Le New York Times rapporte que Genève est classée **n°10** parmi les **meilleures destinations** touristiques, en partie grâce au CERN.

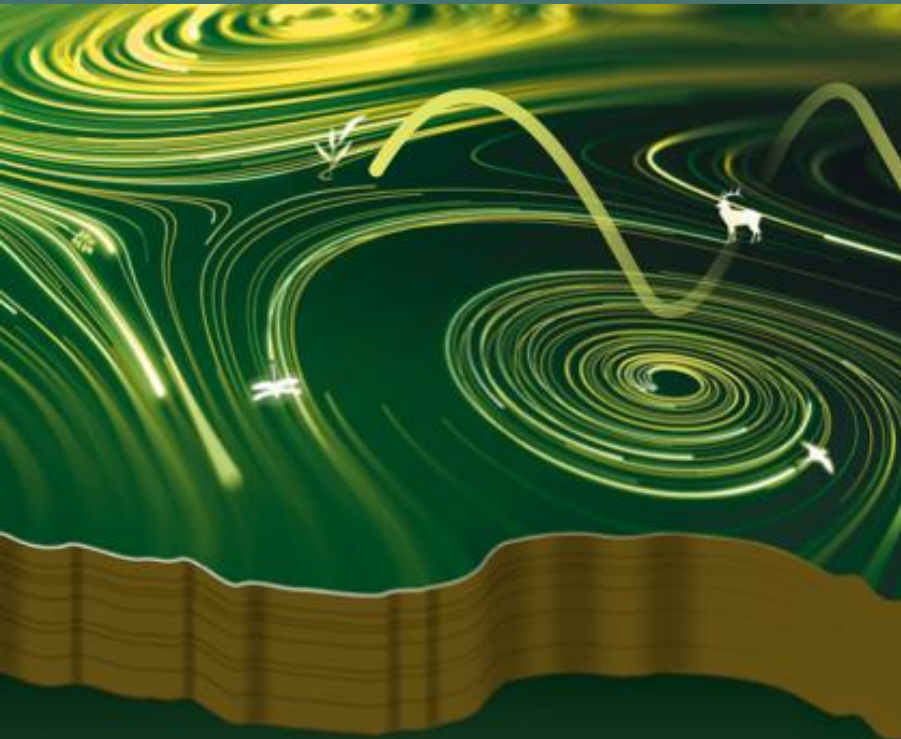
Avec le FCC : la valeur pour l'économie régionale suite aux dépenses des visiteurs est estimé à **4 milliards d'euro.**





Et maintenant?

Suivre les études sur le web : fcc-faisabilite.eu



CAMPAGNE DE MESURE DANS NOTRE RÉGION

Le CERN, Laboratoire européen pour la physique des particules, effectuera dès 2023 des relevés dans le canton de Genève ainsi que dans les départements de l'Aln et de la Haute-Savoie afin d'étudier l'environnement et les sous-sols de notre région. Découvrez pourquoi et comment.

Étude d'une nouvelle génération d'accélérateur circulaire souterrain à l'horizon 2040



FUTUR COLLISIONNEUR CIRCULAIRE
Campagne de mesure

Privilégier le dialogue



Photo : Lise Benoit-Capel / DL

Les élus des communes de Pougny, Farges et Saint-Jean-de-Gonville se sont réunis pour une première rencontre avec l'équipe de l'étude de faisabilité du FCC.

Le CERN souhaite que la conduite de cette étude repose sur un dialogue permanent avec les collectivités territoriales, les associations, les habitants et l'ensemble des acteurs locaux des territoires traversés.

- Posez vos questions
- Informez-vous
- Suivez nos réunions et le calendrier des études

QUI?

QUOI?

OÙ?

POURQUOI?

COMMENT?

QUAND?

Pourquoi?

Quelle est l'utilité de la recherche au CERN ?



Pourquoi le besoin d'un nouveau collisionneur de particules ?



Campagne de mesure sur le terrain jusqu'en 2025



Cartographier l'état de l'environnement



**Identifier des opportunités et synergies.
Optimiser les emplacements des sites.**



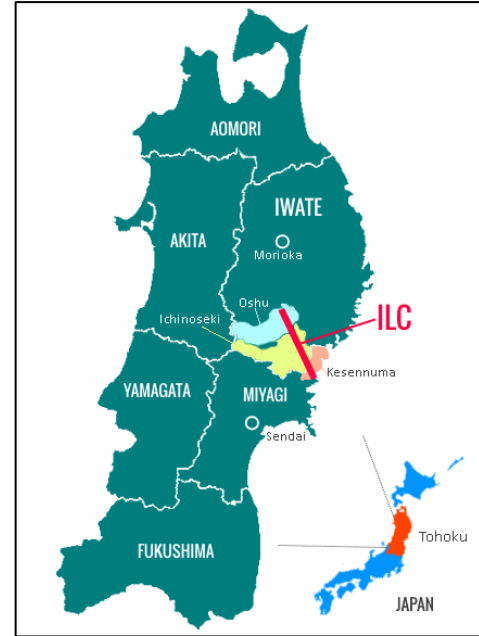
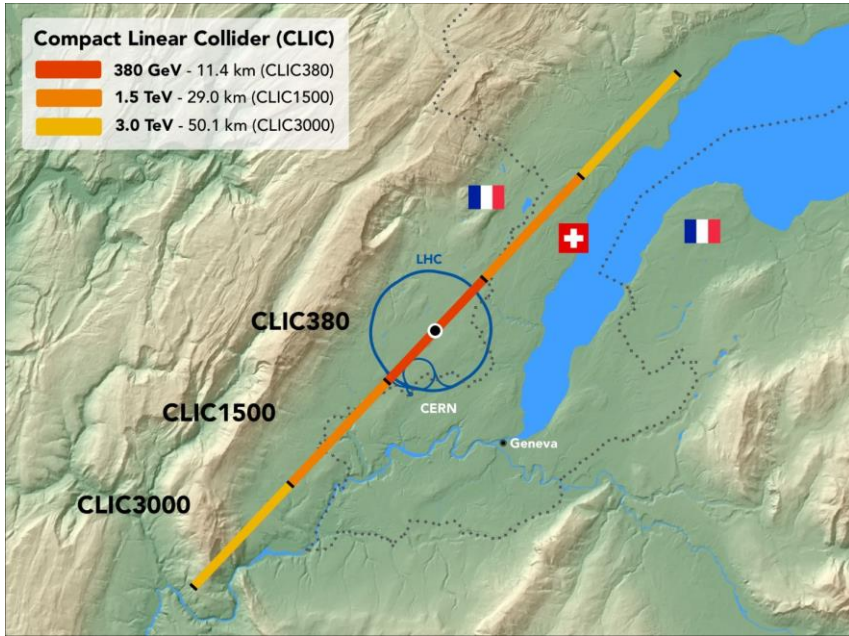
Techniques acoustiques de cartographie du sous-sol



Forages exploratoires de petite taille et de courte durée.

Merci!
Avez-vous des questions?

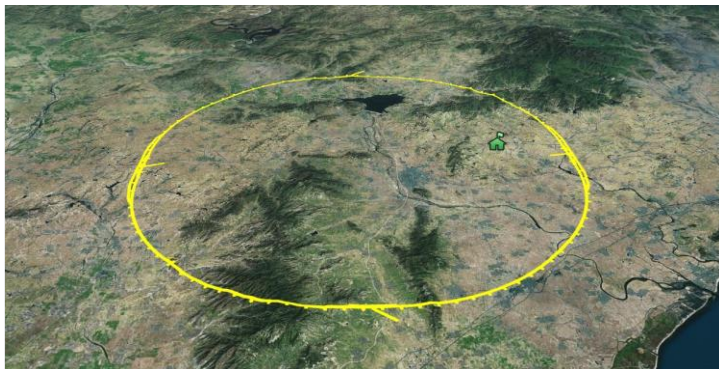
FCC : la seule étude en cours dans le monde?



Le International Linear Collider (ILC), Japon

Le Compact Linear Collider (CLIC)

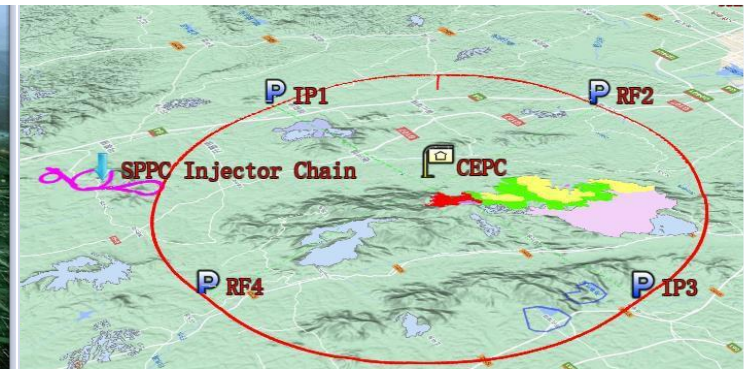
Le Circular electron positron Collider (CepC) en Chine et ses potentiels sites :



Qinhuangdao



Huzhou



Changsha

Moscow (Russie) – 21 km

- Arrêté avant installation à la fin des années 1990



Waxahachie, Texas (USA) – 87.1 km

- Le projet enthousiasmait l'État du Texas et sa population, mais a été abandonné en 1993. Porté par l'administration des Etats-Unis, sans réelle adhésion de la communauté scientifique mondiale, ni des financeurs étrangers.

