

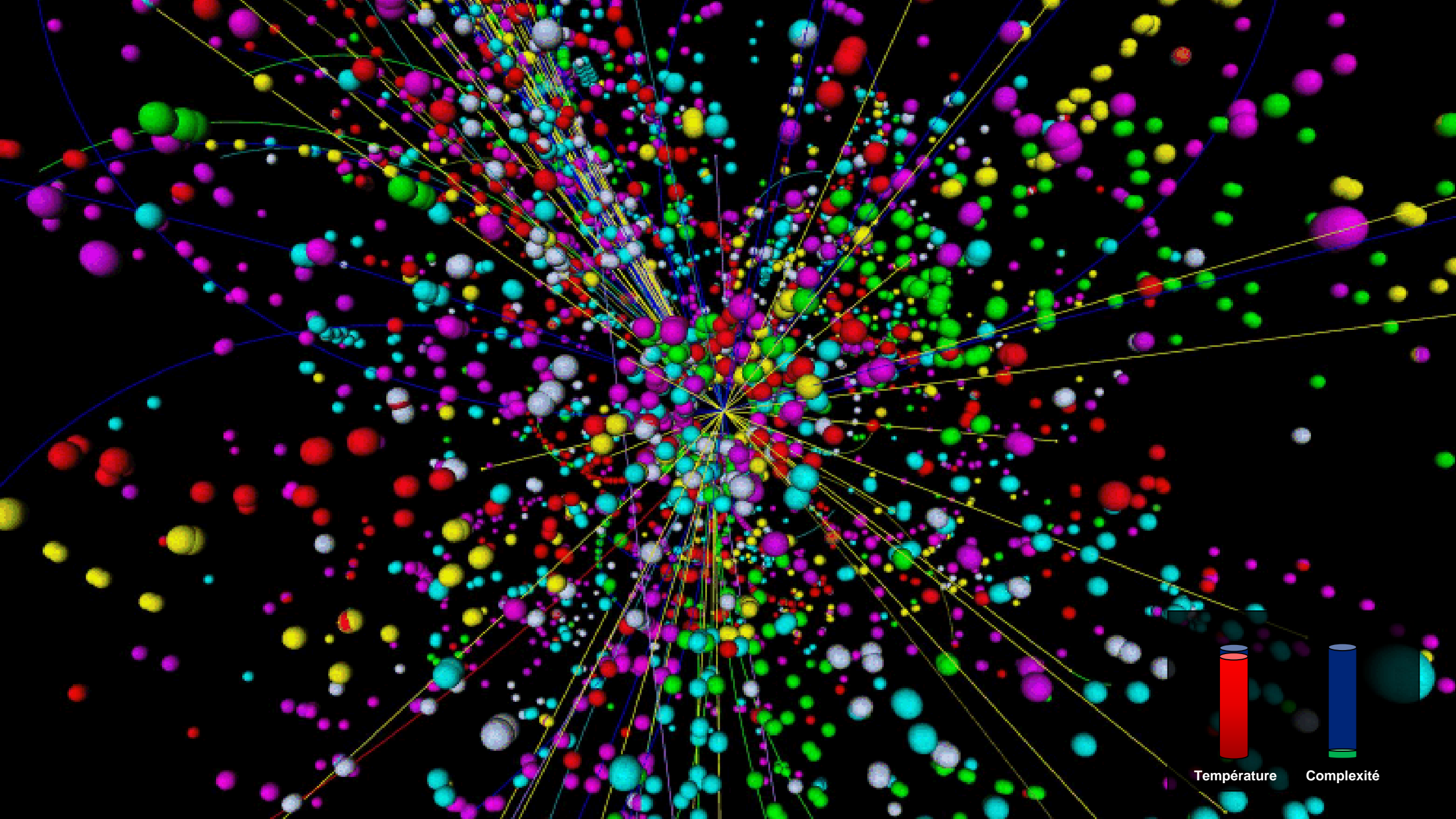
# Une brève histoire du CERN ... et au-delà

Stephan Petit

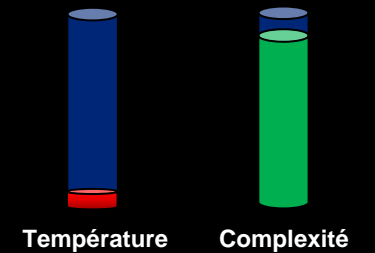
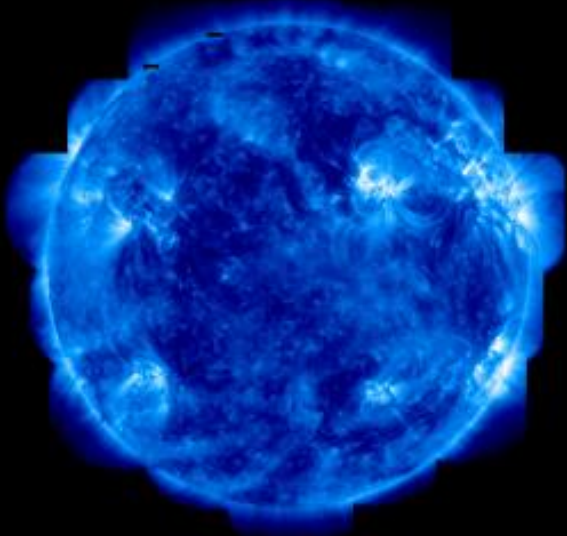
## ULiège @ CERN

05.12.2024

*// y a 14 milliards d'années...*



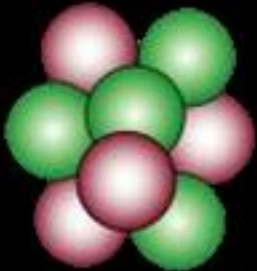
# 14 milliards d'années plus tard...



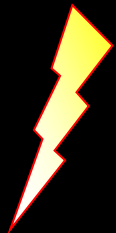
# Des questions fondamentales



Comment l'univers est-il né ?



De quoi la matière est-elle faite ? Particules ?



Phénomènes ? Forces ?

# Questions fondamentales



# Recherche fondamentale



# Comprendre



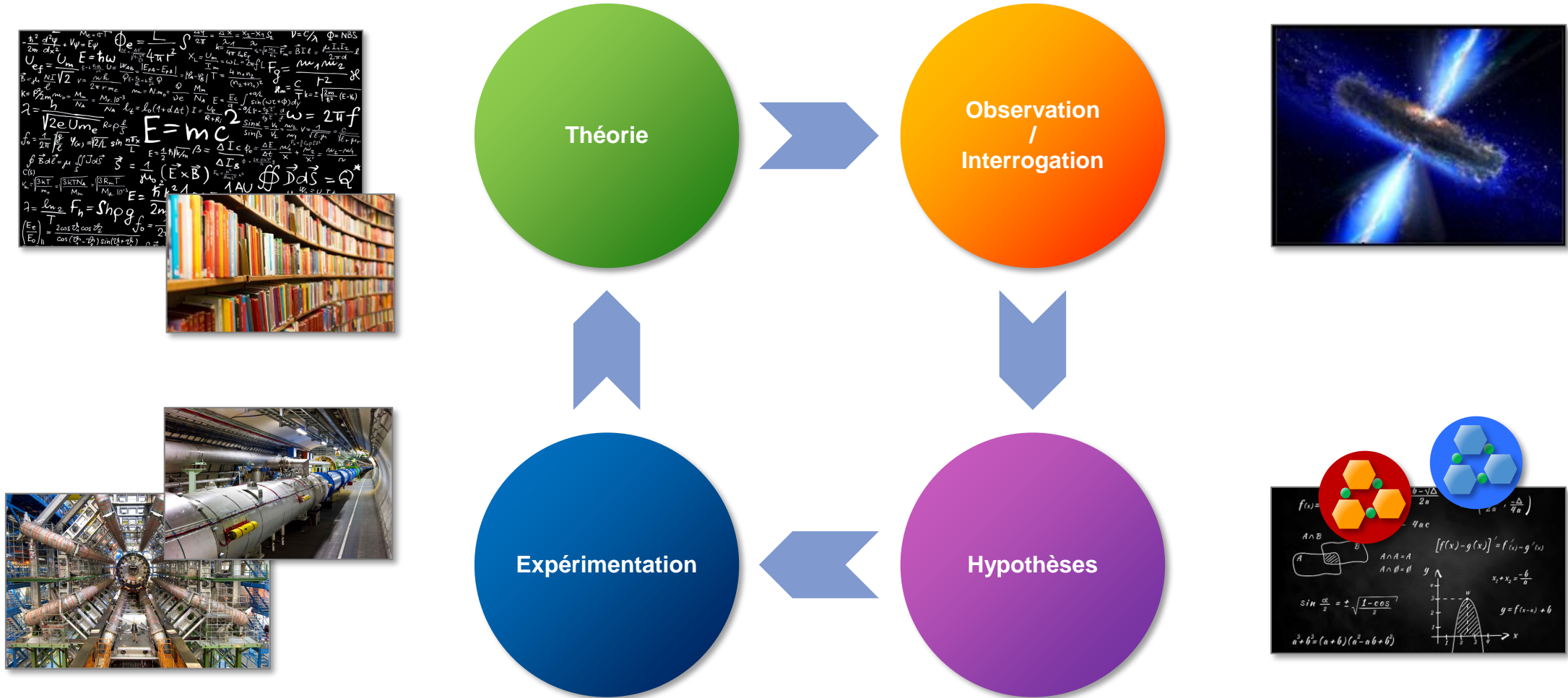
# Recherche fondamentale

## Comment ?

Méthode

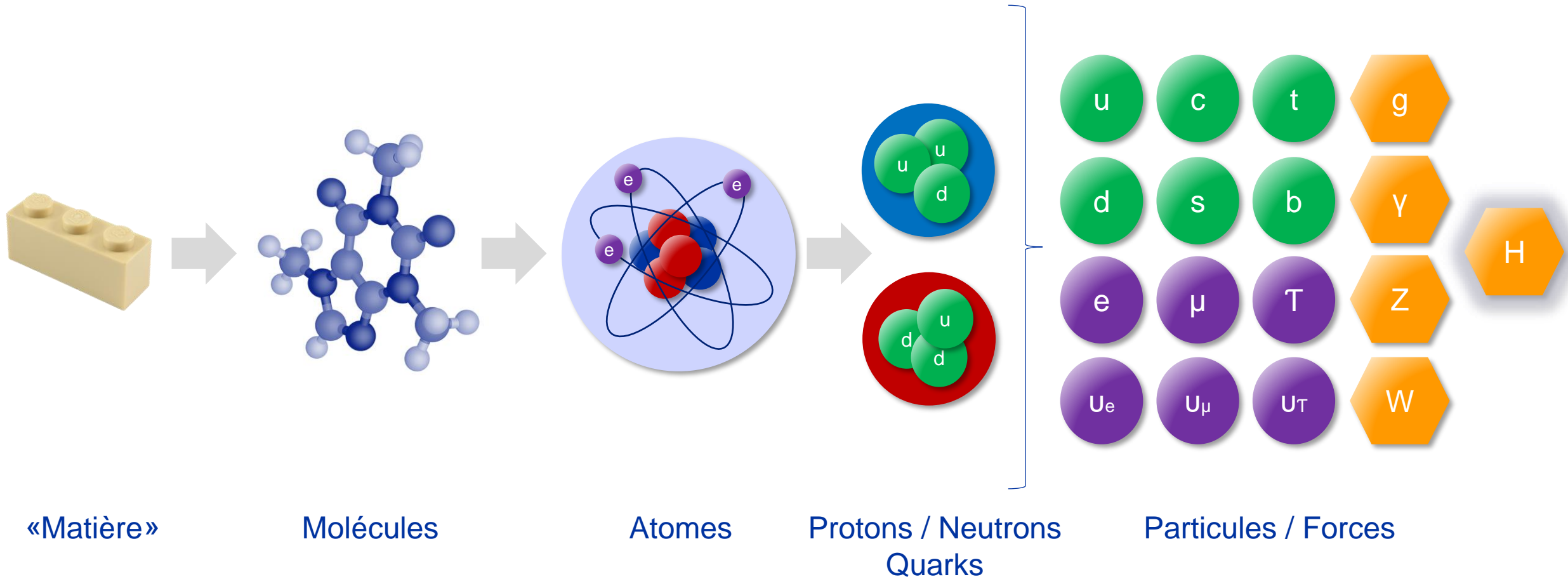
Institution

Outils





# Modèle standard



# Une institution



# Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire



- 1954 - 12 états fondateurs
- Aujourd'hui 24 états membres
- Observateur aux Nations Unies depuis 2012
- Budget: 1,200 milliard CHF
- 17'551 personnes (2023)
  - 2'666 titulaires, 1002 boursiers
  - 13'883 utilisateurs et associés



Recherche fondamentale

Comment ?

(concrètement !)

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + V\psi = E\psi$$

$$U_{ef} = U_m$$

$$E = \hbar\omega$$

$$\Phi_e = \frac{L}{4\pi r^2} \int \frac{\Delta\psi}{2\pi} = \frac{\Delta x}{2\pi} = \frac{x_2 - x_1}{2\pi}$$

$$V = c/\lambda$$

$$\Phi = NBS$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$v_k = \sqrt{\frac{R M_z}{R_z}}$$

$$\vec{F}_m = \vec{B} I l = \frac{\mu_1 I_1 I_2}{2\pi d} l$$

$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L = 2\pi f L$$

$$F_g = \frac{m_1 m_2}{r^2} g$$

$$T = \frac{4 n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2}$$

$$R_m = \frac{C}{T} k = \pm \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0)}$$

$$E = \frac{E_c}{a} \int_{-a/L}^{+a/L} \sin(\omega t + \phi) dy$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{w_2}{w_1}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$

$$E = \frac{1}{2} \hbar \sqrt{k/m}$$

$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_B}$$

$$\phi_e = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$\frac{w_1}{x} + \frac{w_2}{x'} = \frac{w_2 - w_1}{v}$$

$$E_k = \frac{\hbar^2}{8mL^2}$$

$$\oint \vec{J} d\vec{S} = Q^*$$

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

$$1 \text{ pc} = \frac{1 \text{ AU}}{r}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$W_2 = U_e I t$$

$$F_v = \int \frac{F_n}{R}$$

$$M = F d \cos \alpha$$

$$S_{Im}^2 = U_m^2 \left[ \frac{1}{R^2} + \left( \frac{1}{X_c} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \right]$$

$$\lambda^* T = b$$

$$M_e = \sigma T^4$$

$$U = W_{AB} = |E_{PA} - E_{PB}| = |V_A - V_B|$$

$$\Phi_E = \frac{Q_e}{\epsilon_0} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$m = N \cdot m_0 = \frac{Q}{v_e} \frac{M_m}{N_A}$$

$$E = \frac{E_c}{a}$$

$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

$$\frac{d}{dt} \frac{1}{\tan \tau} = \frac{d}{dt} \frac{1}{f}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$E = mc^2$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} (\vec{E} \times \vec{B})$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kT N_A}{M_m}} = \sqrt{\frac{3R_m T}{M_r \cdot 10^{-3}}}$$

$$E = \frac{1}{2} \hbar \sqrt{k/m}$$

$$1 \text{ pc} = \frac{1 \text{ AU}}{r}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$W_2 = U_e I t$$

$$F_v = \int \frac{F_n}{R}$$

$$M = F d \cos \alpha$$

$$S_{Im}^2 = U_m^2 \left[ \frac{1}{R^2} + \left( \frac{1}{X_c} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \right]$$

$$\lambda^* T = b$$

$$\left( \frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \theta_1 \cos \theta_2}{\cos(\theta_1 - \theta_2) \sin(\theta_1 + \theta_2)}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

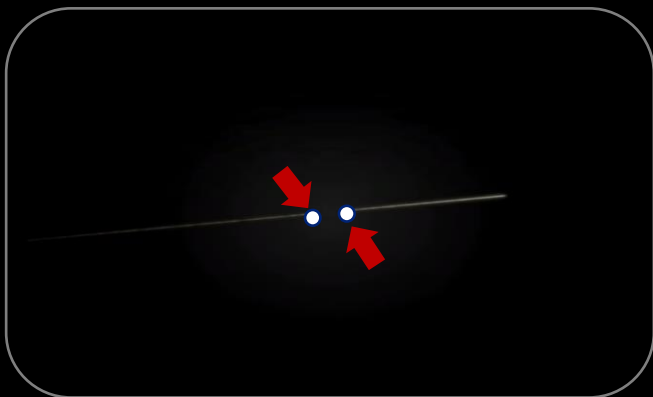
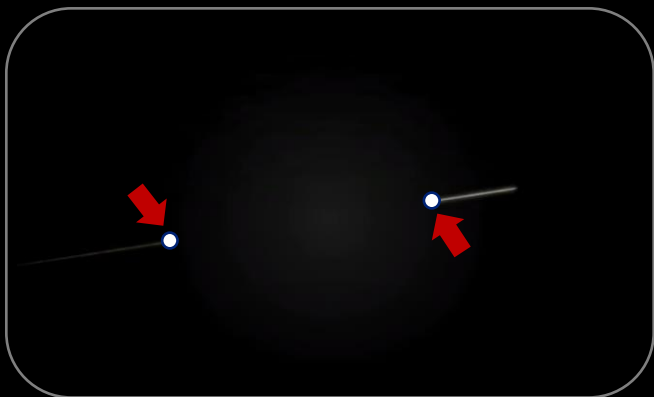
$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$M = F d \cos \alpha$$

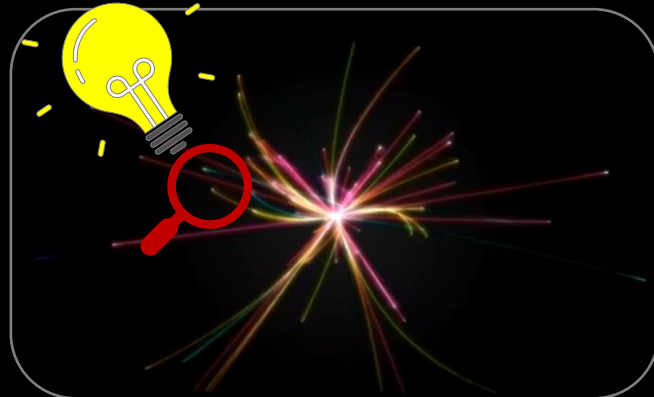
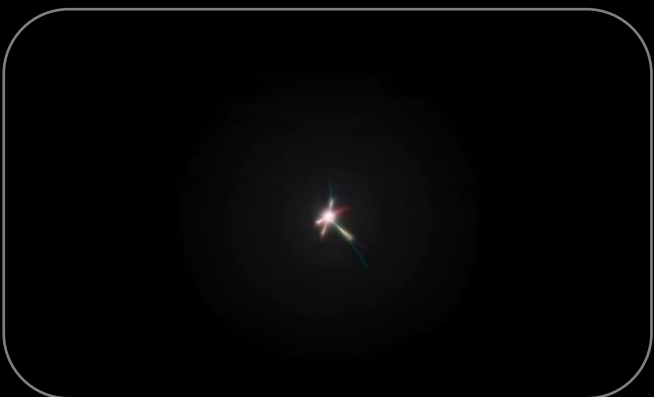
$$S_{Im}^2 = U_m^2 \left[ \frac{1}{R^2} + \left( \frac{1}{X_c} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \right]$$

$$\lambda^* T = b$$

$$E=mc^2$$

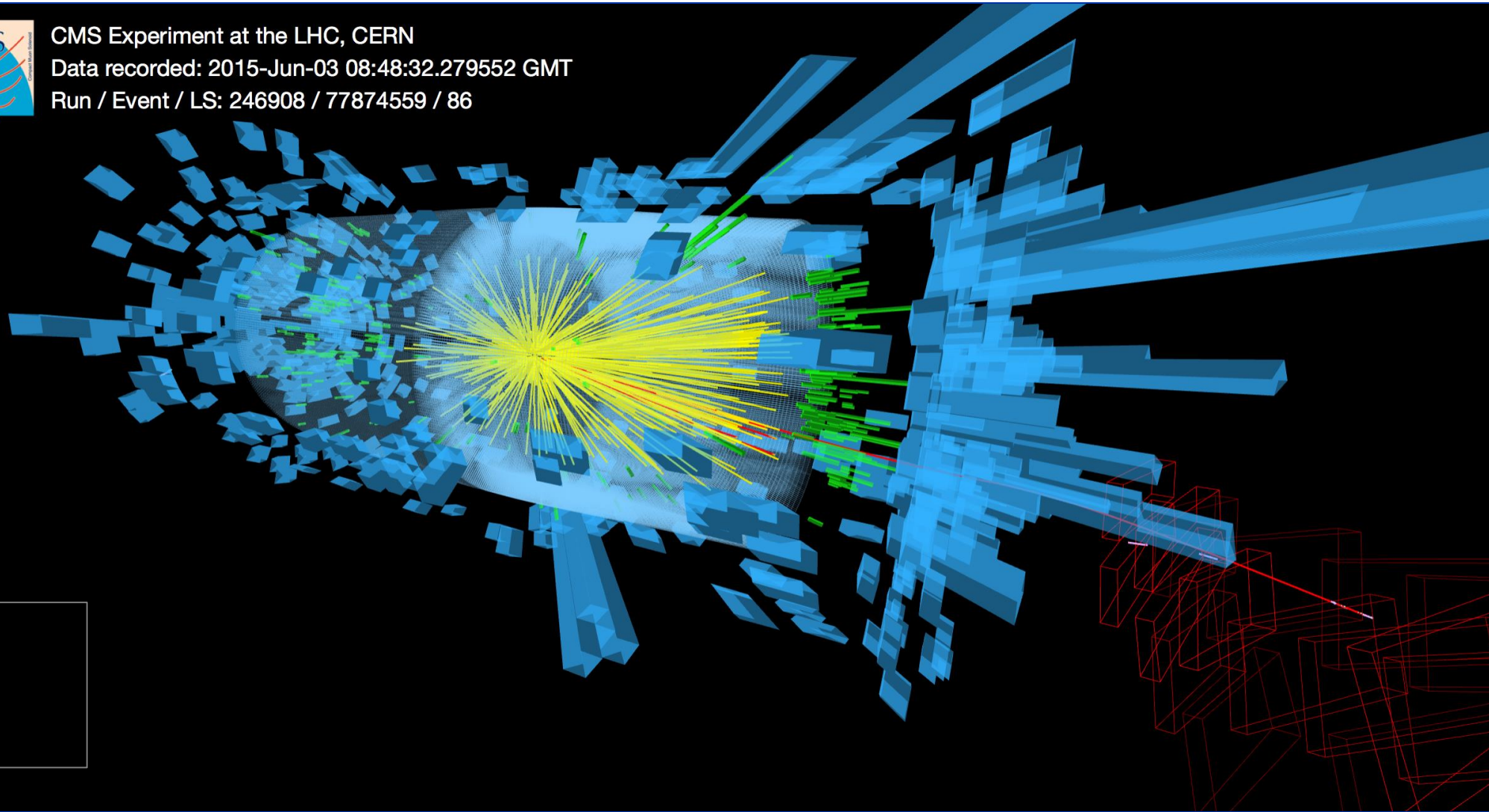


$$E=mc^2$$





CMS Experiment at the LHC, CERN  
Data recorded: 2015-Jun-03 08:48:32.279552 GMT  
Run / Event / LS: 246908 / 77874559 / 86

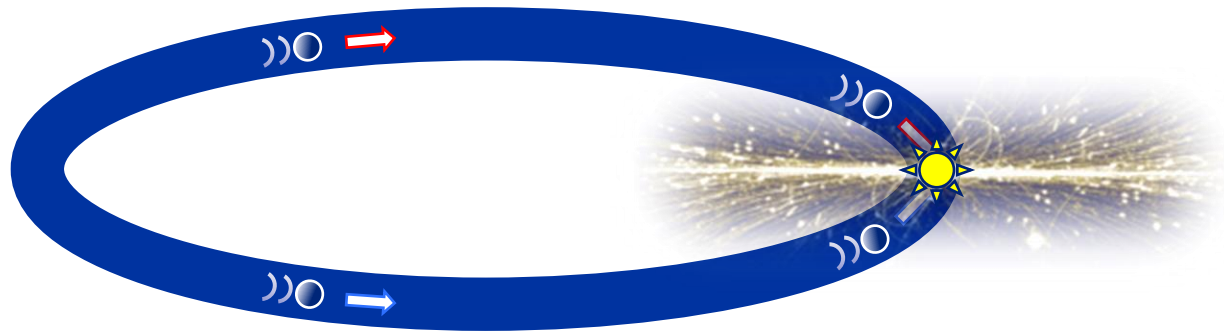


$$E=mc^2$$



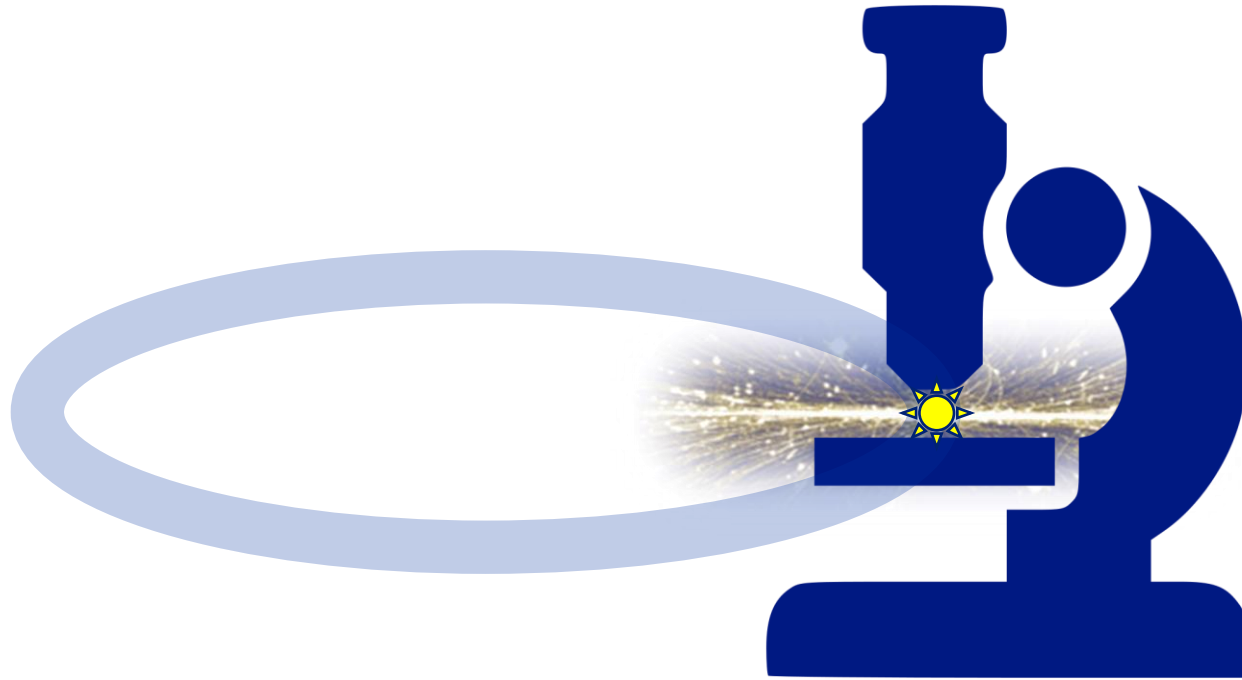


# Outils



## Collisionneurs

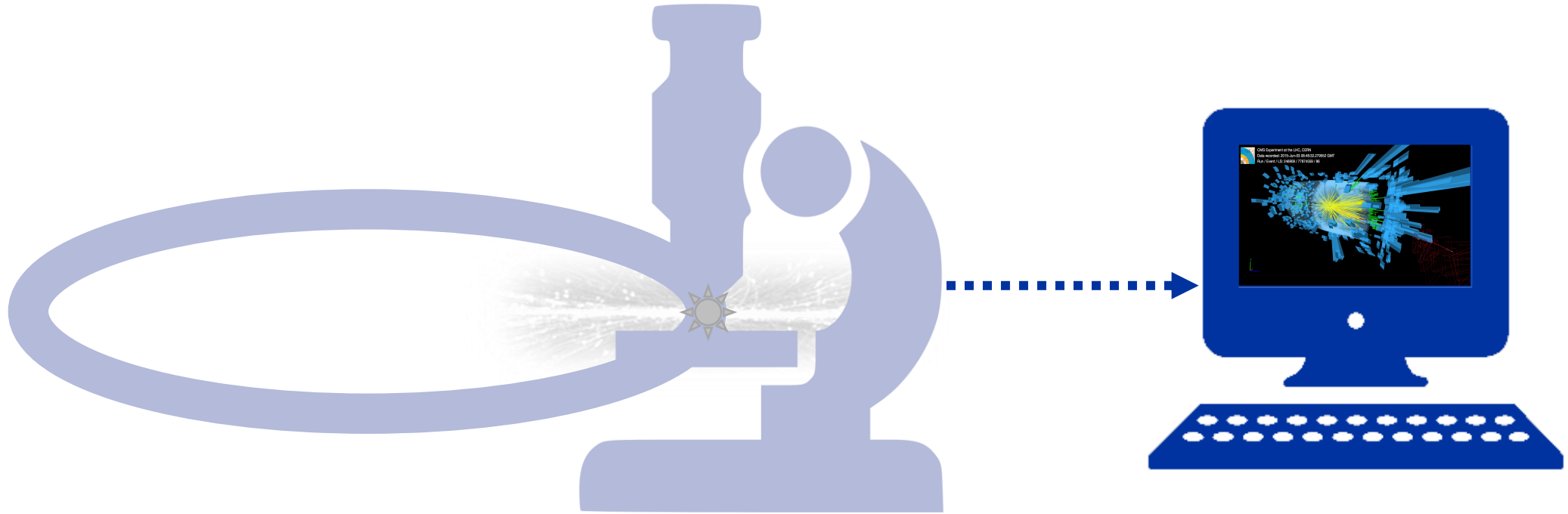
# Outils



Collisionneurs

Détecteurs

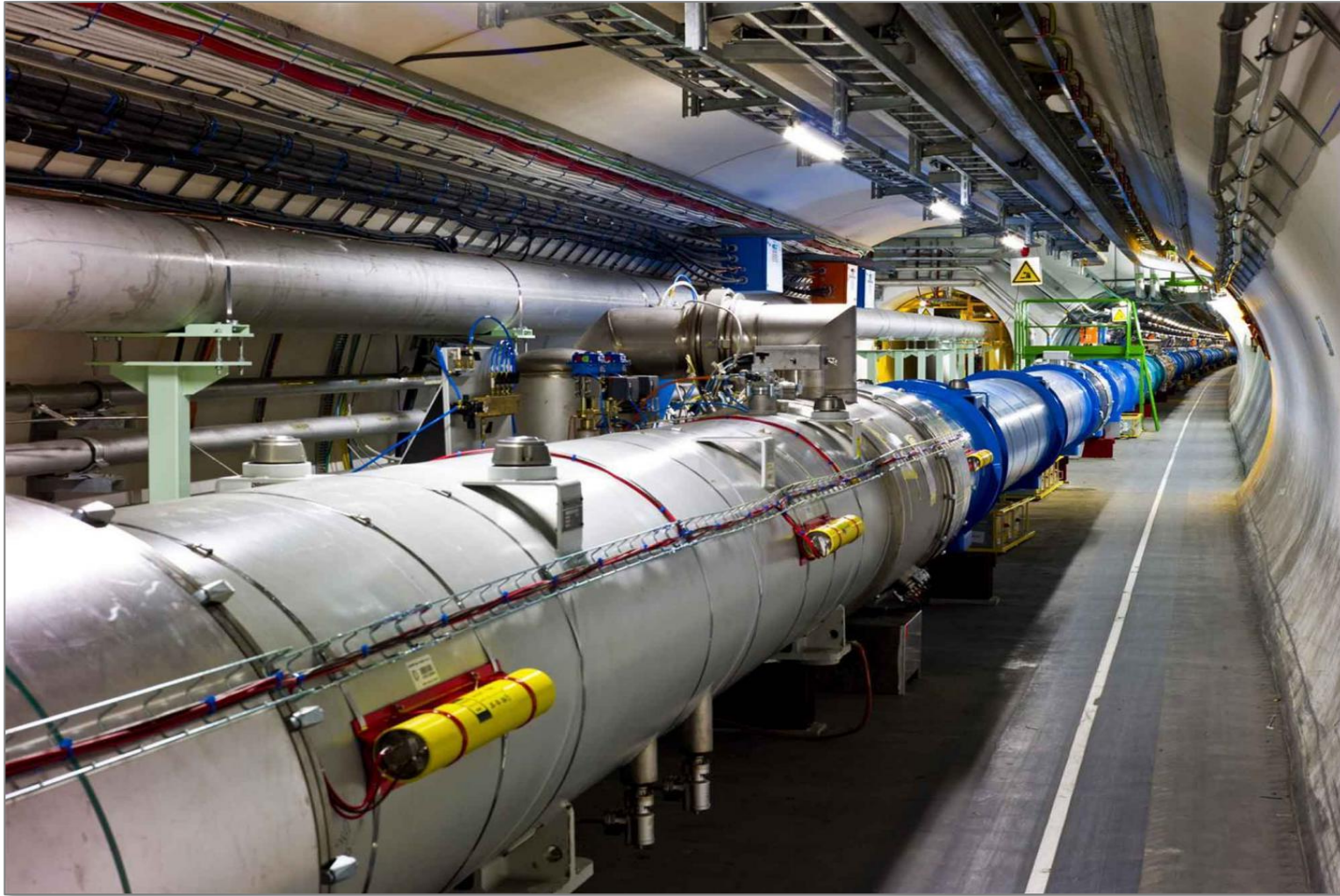
# Outils



**Collisionneurs**

**Détecteurs**

**Informatique**



## Le LHC Large Hadron Collider

**Collisionneurs**

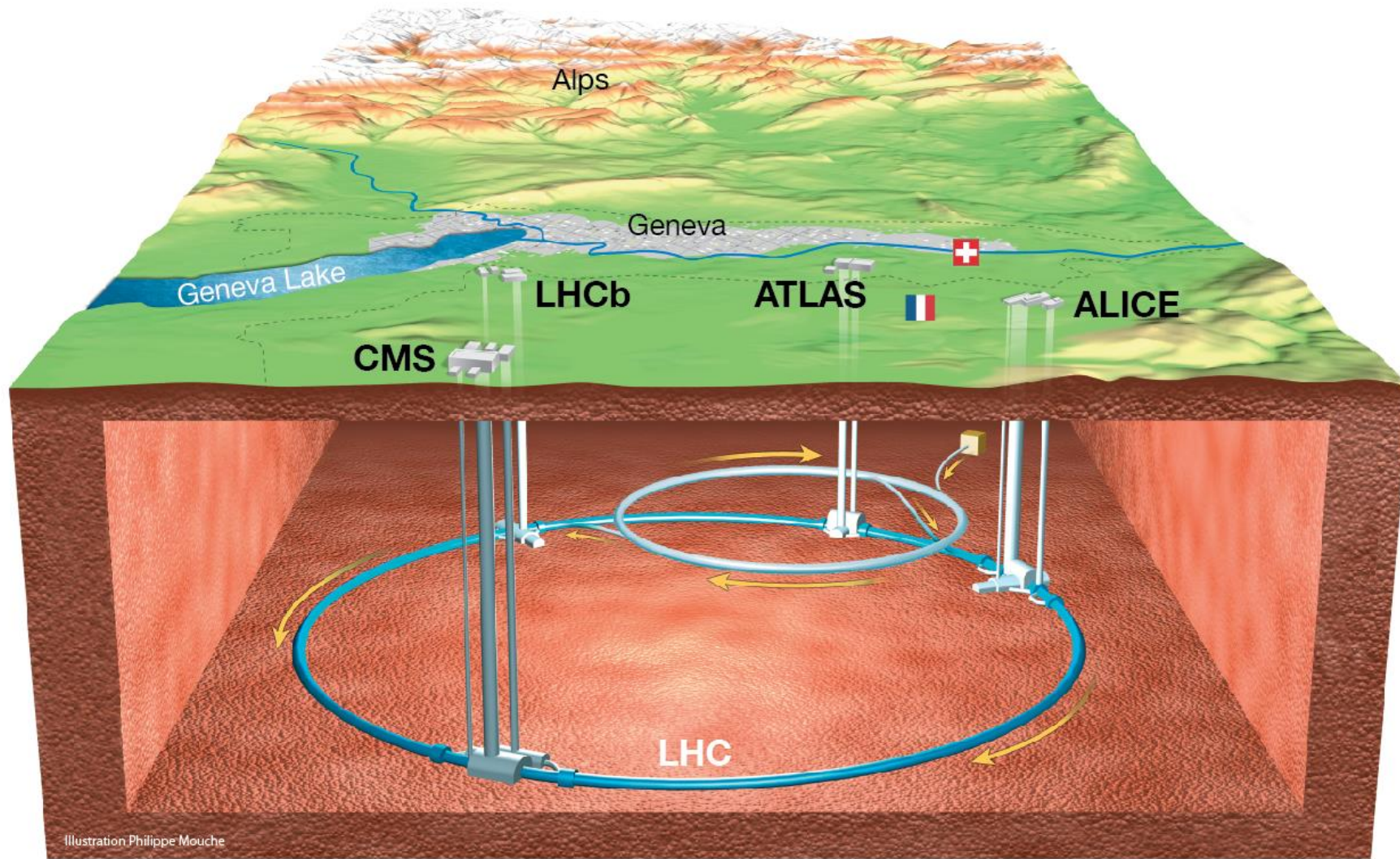
**Détecteurs**

**Informatique**

# En surface



# Sous terre





LHC



Cavités accélératrices



LHC

Guidage magnétique

Collisions



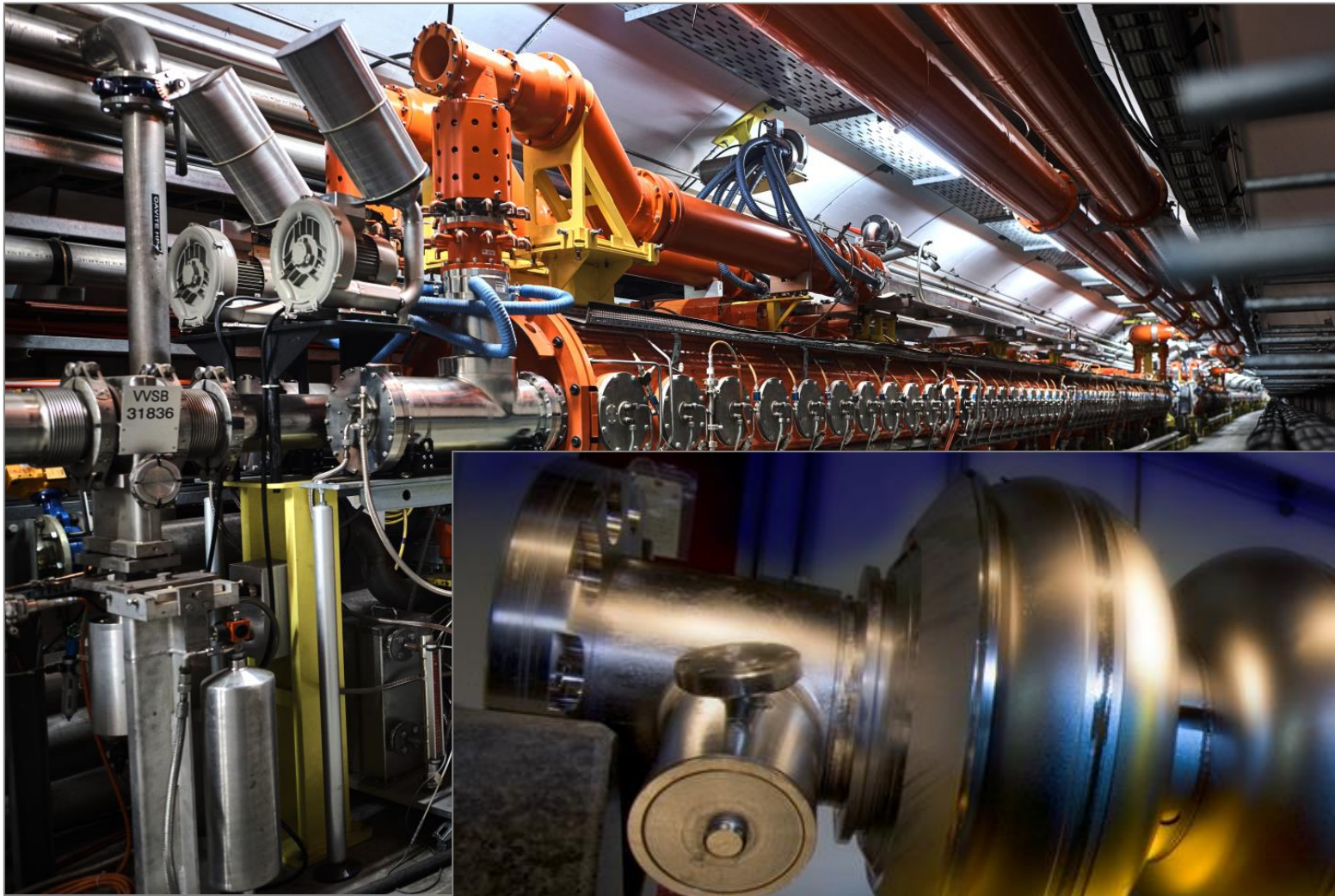
# La machine la plus complexe



# Le vide le plus poussé



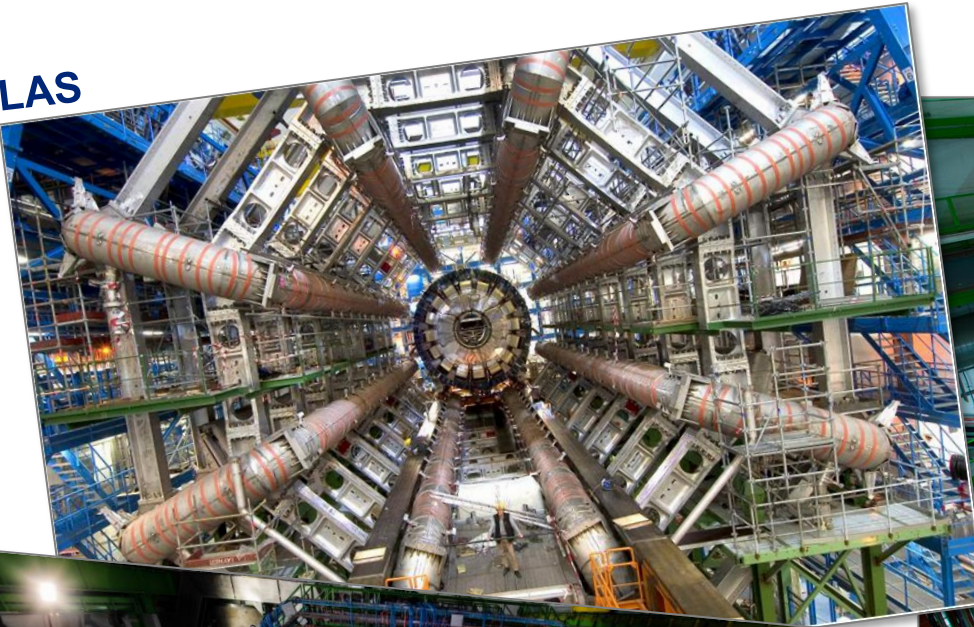
# Les températures les plus basses



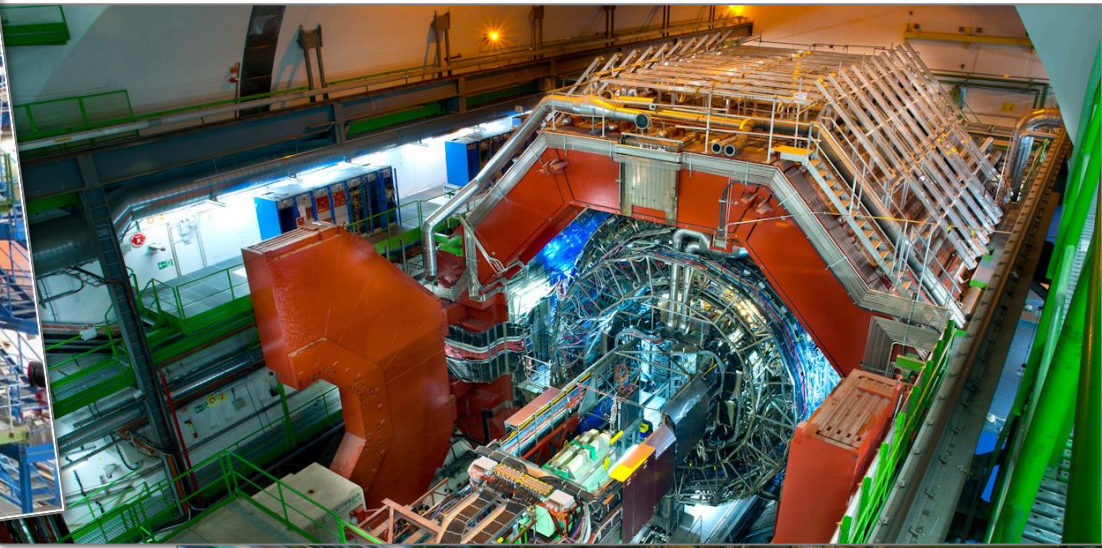
## Cavités accéléatrices



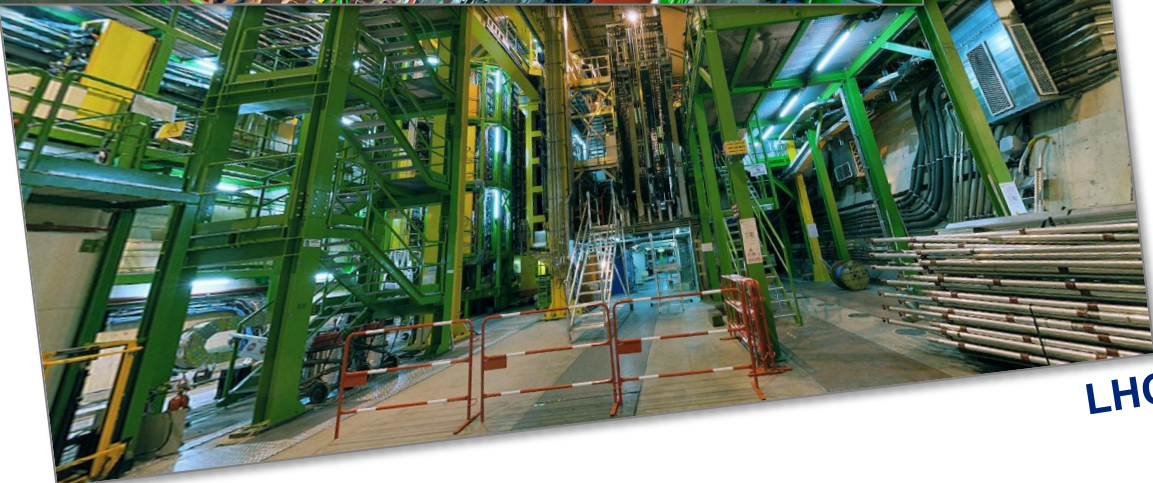
ATLAS



ALICE



CMS



LHCb

Collisionneurs

Détecteurs

Informatique

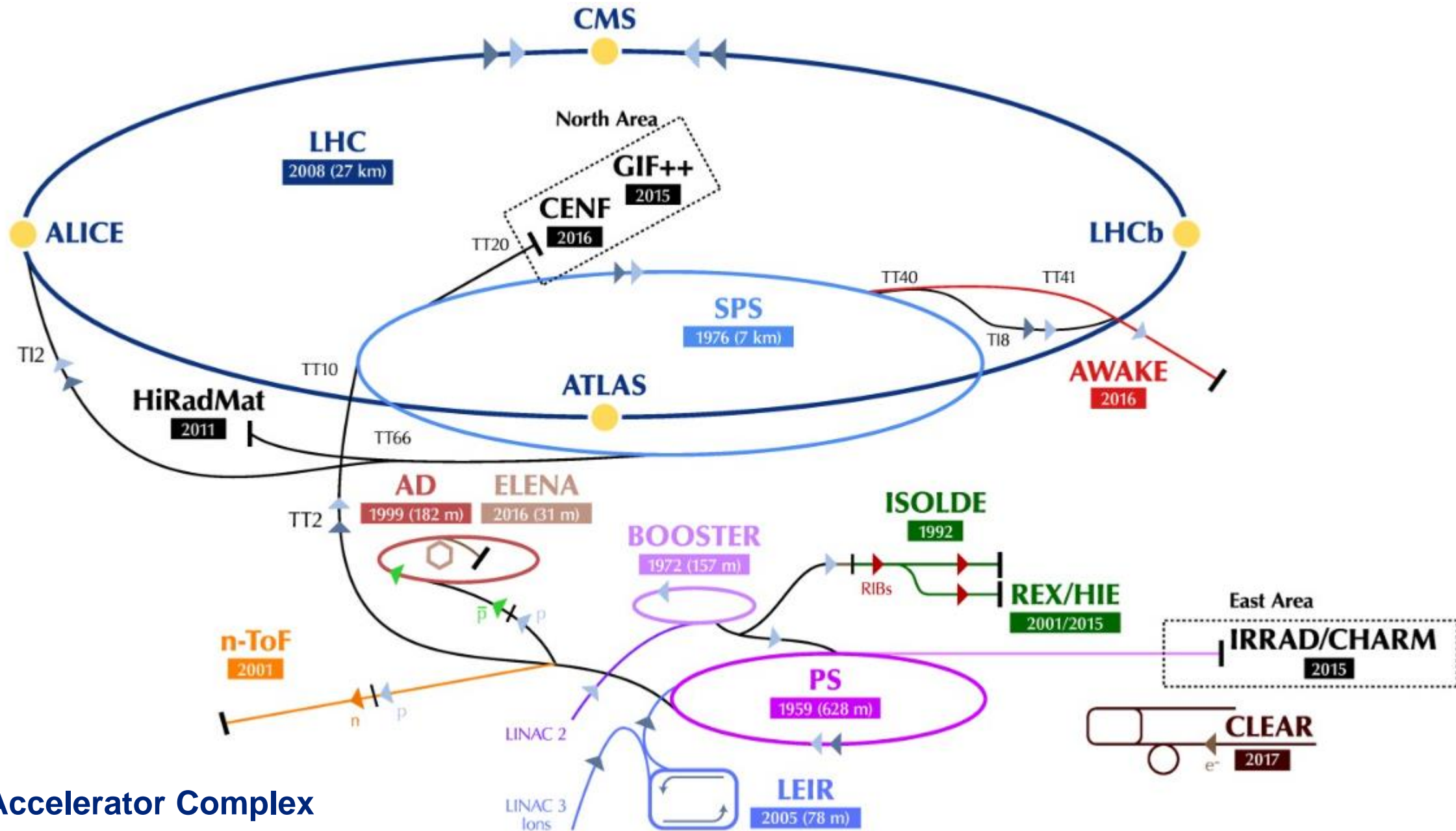
# Centre de Calcul



Collisionneurs

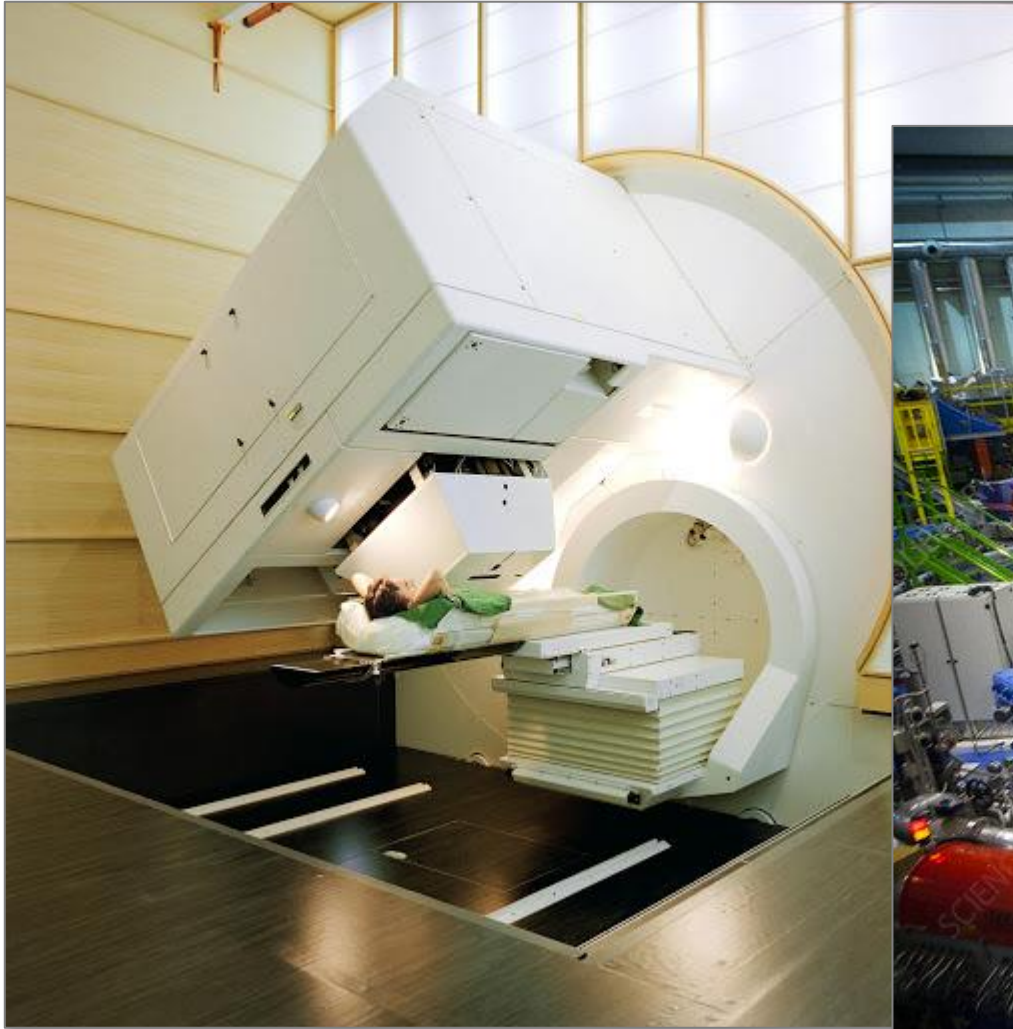
Détecteurs

Informatique

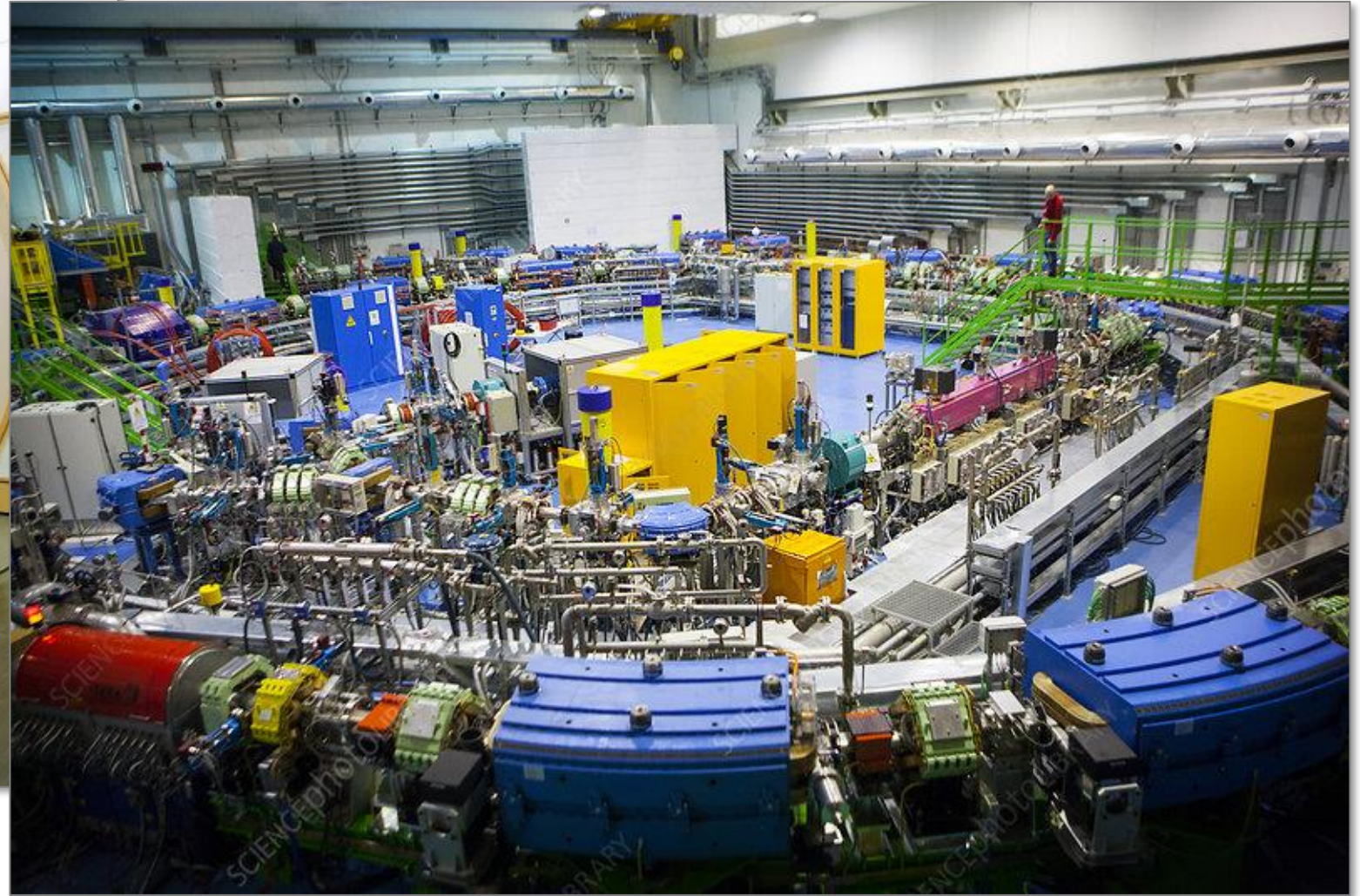


## CERN Accelerator Complex





**Hadronthérapie**



Innover

WWW





# Education



ARTS  
- AT -  
CERN



## Répartition des utilisateurs du CERN selon le pays de l'institut dont ils dépendent, au 31 décembre 2023

Diversité géographique et culturelle  
Des utilisateurs de 110 nationalités différentes  
~ 23.7 % de femmes

### 24 États membres (7 467)

Allemagne 1 296 – Autriche 86 – Belgique 129 – Bulgarie 46  
Danemark 47 – Espagne 413 – Estonie 29 – Finlande 88  
France 842 Grèce 112 – Hongrie 80 – Israël 74 – Italie 1 609  
Norvège 77 Pays-Bas 167 – Pologne 322 – Portugal 105  
Roumanie 113 Royaume-Uni 950 – Serbie 38 – Slovaquie 67  
Suède 106 Suisse 419 – Tchéquie 252

### 2 États membres associés en phase préalable à l'adhésion (40)

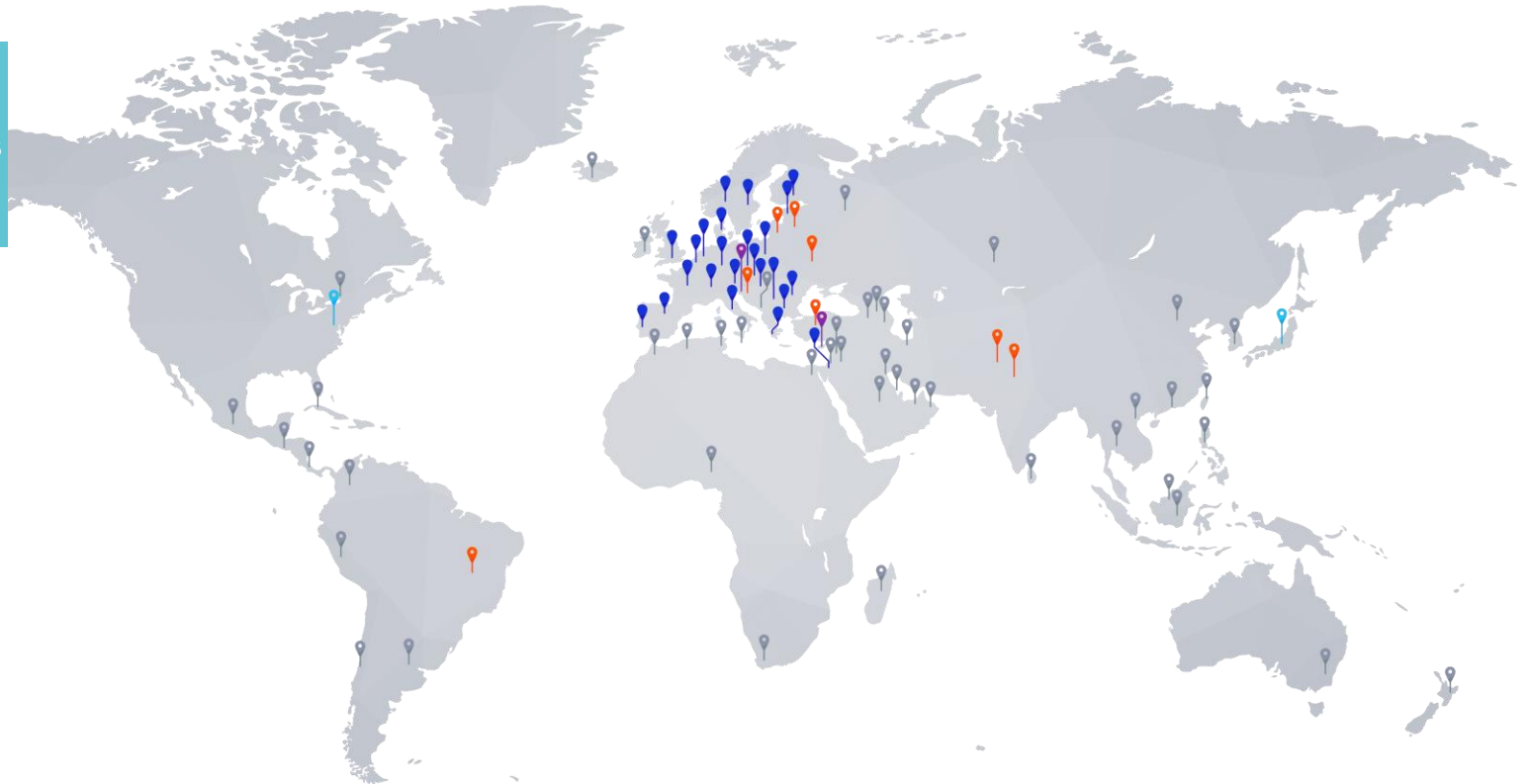
Chypre 14 – Slovaquie 26

### 8 États membres associés (541)

Brésil 135 – Croatie 37 – Inde 145 – Lettonie 21 – Lituanie 17  
Pakistan 30 – Türkiye 129 – Ukraine 27

### 2 Observateurs (2 226)

États-Unis d'Amérique 2 007 – Japon 219



### Accords de coopération (1 596)

Afrique du Sud 61 – Algérie 2 – Arabie saoudite 6 – Argentine 16 – Arménie 16 – Australie 26 – Azerbaïdjan 3  
Bahreïn 3 – Canada 206 – Chili 45 – Colombie 24 – Costa Rica 3 – Cuba 3 – Égypte 24 – Émirats arabes unis 10  
Équateur 4 – Géorgie 34 – Hong Kong 15 – Islande 3 – Indonésie 7 – Iran 14 – Irlande 4 – JINR 293 – Jordanie 3  
Kazakhstan 3 – Koweït 2 – Liban 7 – Madagascar 1 – Malaisie 4 – Malte 1 – Maroc 18 – Mexique 56 – Monténégro 3  
Nouvelle Zélande 2 – Nigéria 2 – Oman 1 – Palestine 1 – Pérou 3 – Philippines 1 – République de Corée 168  
République populaire de Chine 414 – Sri Lanka 10 – Taïwan 52 – Thaïlande 17 – Tunisie 4 – Vietnam 1

# Les missions du CERN

ÉDUCATION  
& FORMATION



TECHNOLOGIE  
& INNOVATION



RECHERCHE



COLLABORATION

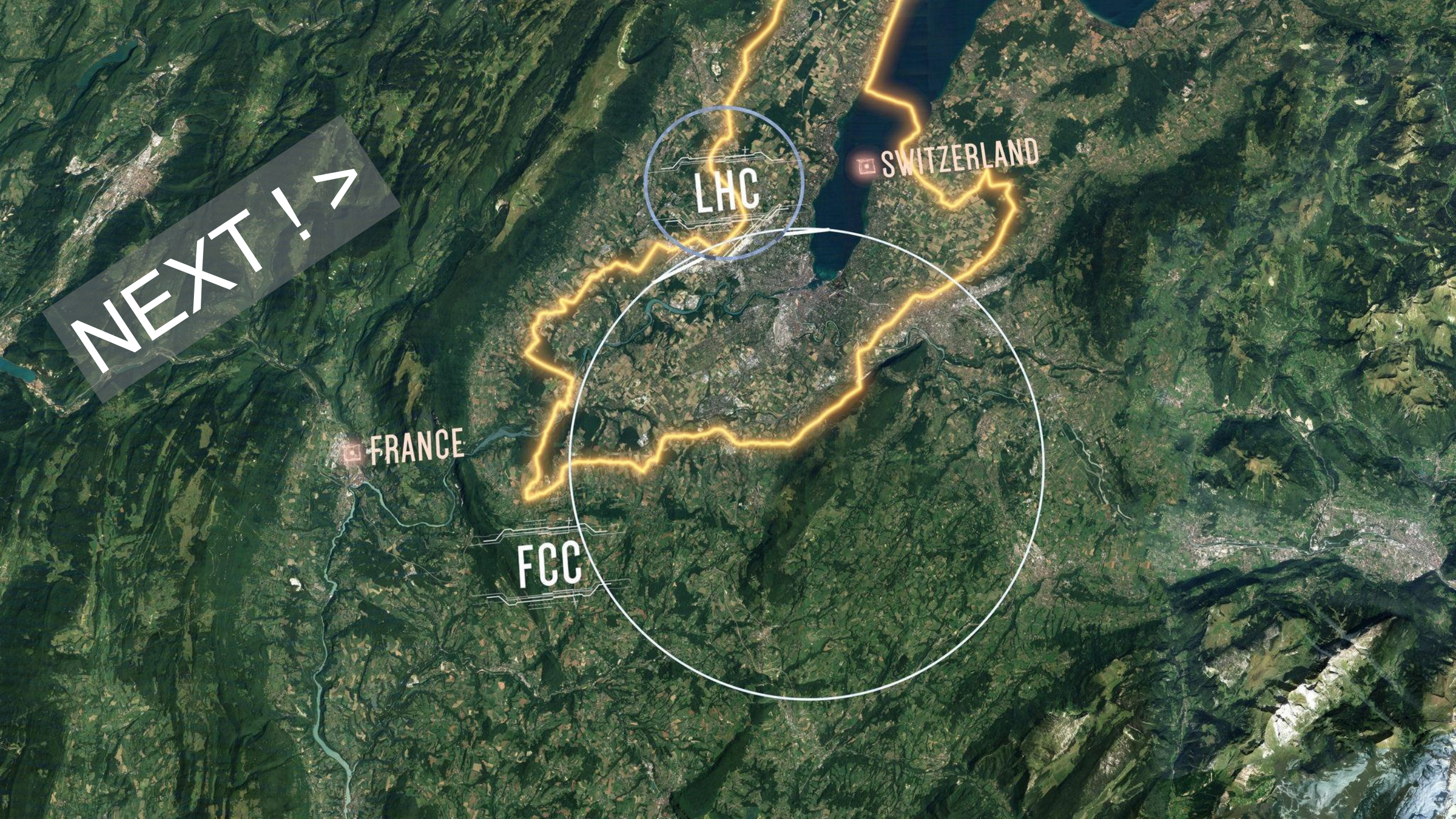
NEXT! →

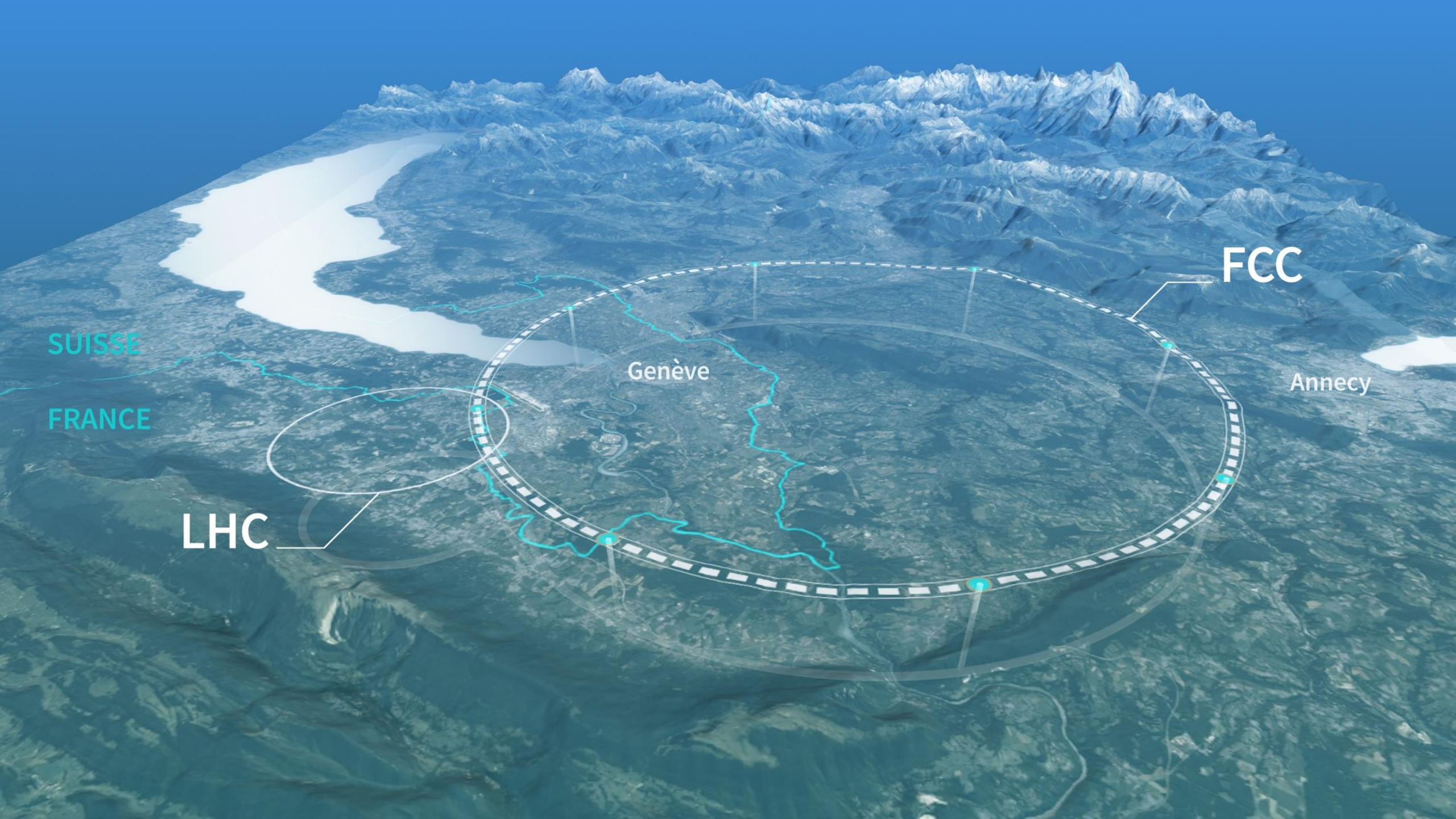
LHC

SWITZERLAND

FRANCE

FCC





SUISSE

FRANCE

LHC

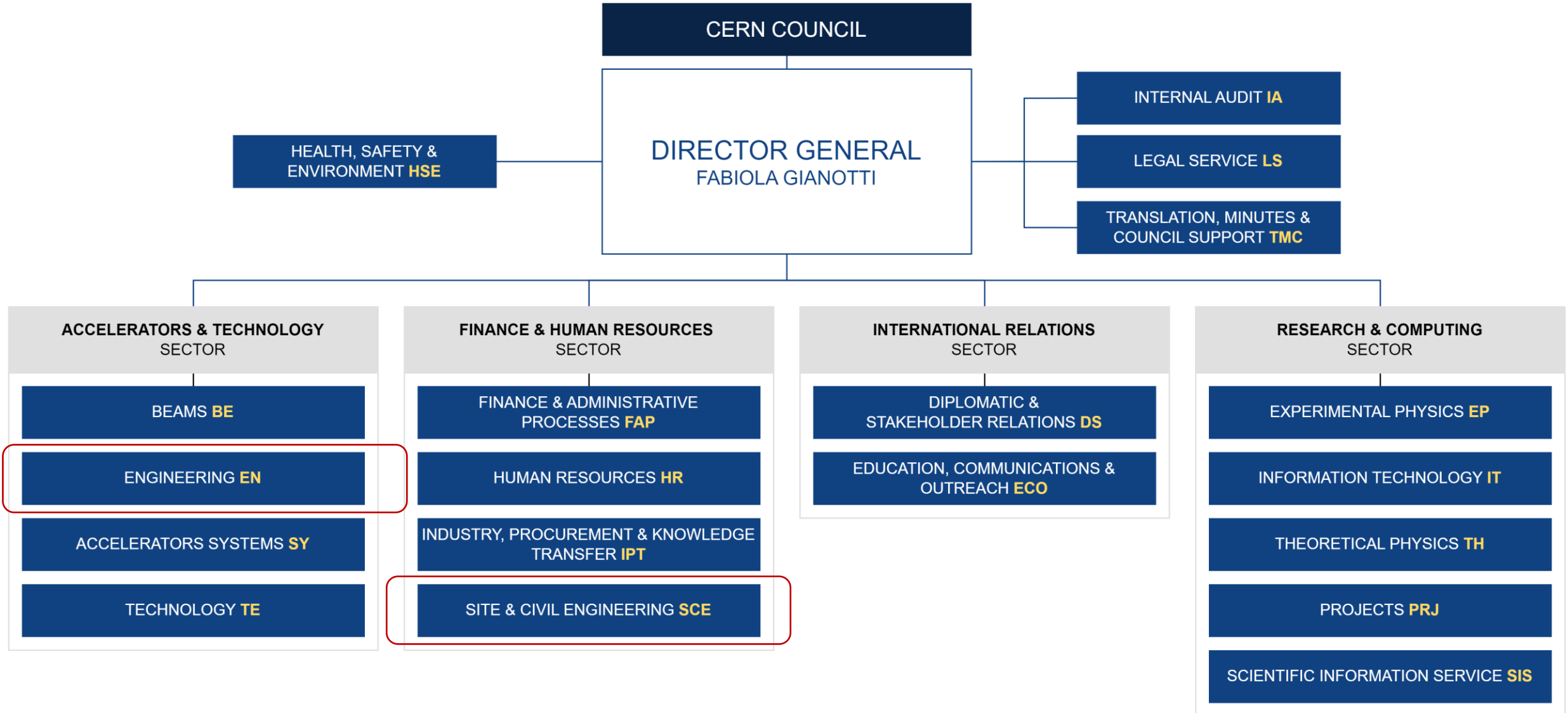
Genève

FCC

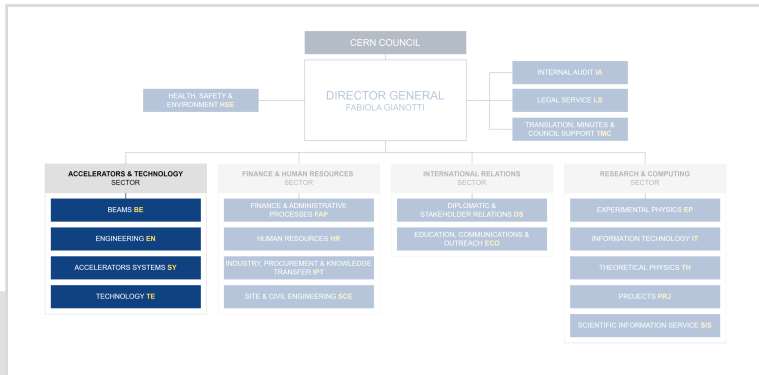
Annecy



# Une institution



# Une institution



## ACCELERATORS & TECHNOLOGY SECTOR

### BEAMS **BE**

Accelerators & Beams Physic ABP  
 Administration, Safety & Resources ASR  
 Controls Electronics & Mechatronics CEM  
 Controls Software & Services CSM  
 Industrial Controls Systems ICS  
 Operation OP  
 Experimental Areas EA  
 Geodetic Metrology GM

### ENGINEERING **EN**

Access & Alarms AA  
**Accelerator Coordination & Engineering ACE**  
 Accelerators, Quality and Safety Support AQS  
 Configuration & Layouts CL  
 Coordination, Consignation & Support COS  
 Integration INT  
 Operational Safety Advisor OSA  
 Organisation, Scheduling & Support OSS  
 Cooling & Ventilation CV  
 Electrical Engineering EL  
 Handling Engineering HE  
 Information Management IM  
**Mechanical & Materials Engineering MME**  
 Planning, Administration & Safety PAS

### ACCELERATORS SYSTEMS **SY**

Accelerator Beam Transfer ABT  
 Administration and Resources AR  
 Beam Instrumentation BI  
 Electrical Power Converters EPC  
 Radio Frequency RF  
 Sources, Targets and Interactions STI

### TECHNOLOGY **TE**

Cryogenics CRG  
**Machine Protection & Electrical Integrity MPE**  
**Magnets, Superconductors & Cryostats MSC**  
 Resources, Apprentices & Safety RAS  
 Vacuum, Surfaces & Coatings VSC

Merci pour votre attention !

Plus @

<http://home.cern>

<http://visit.cern>

<http://careers.cern>

email: [stephan.petit@cern.ch](mailto:stephan.petit@cern.ch)



# Univers de particules

- Exposition permanente
- Du lundi au samedi de 8h30 à 17h30
- Gratuit | Sans réservation

▶ [visit.cern](https://visit.cern)



## Visites guidées

- Visites individuelles ou en groupe
- Du lundi au samedi, toute l'année
- Gratuit | Réservation obligatoire (9 mois avant)

▶ [visit.cern](https://visit.cern)



# Passeport Big Bang

- Balade à vélo
- 10 étapes au dessus du LHC
- Gratuit | Libre d'accès toute l'année

► [cern.ch/passeport-big-bang](https://cern.ch/passeport-big-bang)



# Portail de la science

- Ouverture fin 2023
- Centre d'éducation, de formation et de sensibilisation
- Expositions, labos éducatifs, auditorium, shop, restaurant
- Tout public dès 5 ans | Du mardi au dimanche
- Gratuit | Réservation obligatoire pour les groupes

▶ [sciencegateway.cern](https://sciencegateway.cern)