

Contribution de l'IPHC à la construction d'un détecteur de l'expérience CMS



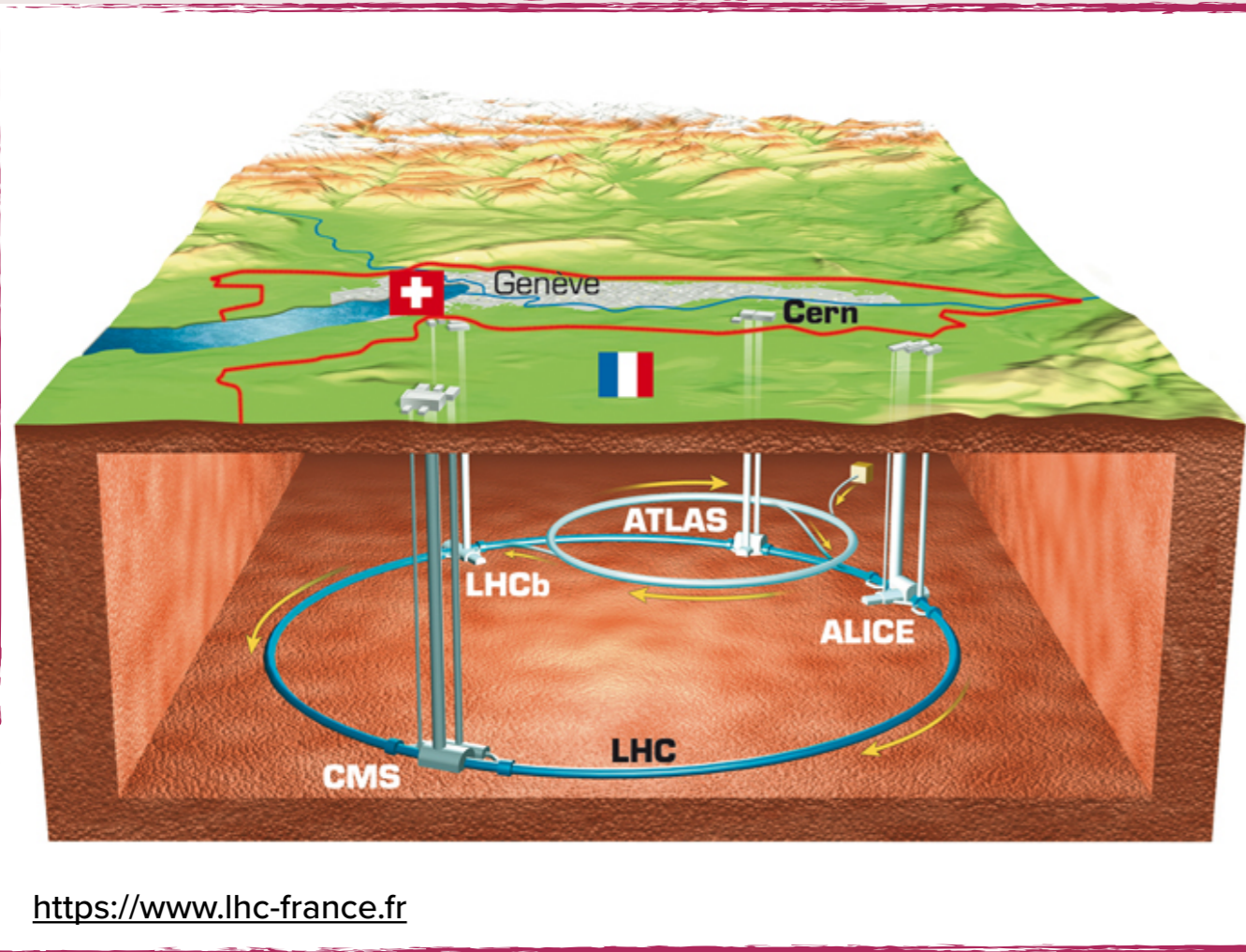
<https://cms.cern/detector>

Rencontre inter-département - mars 2022

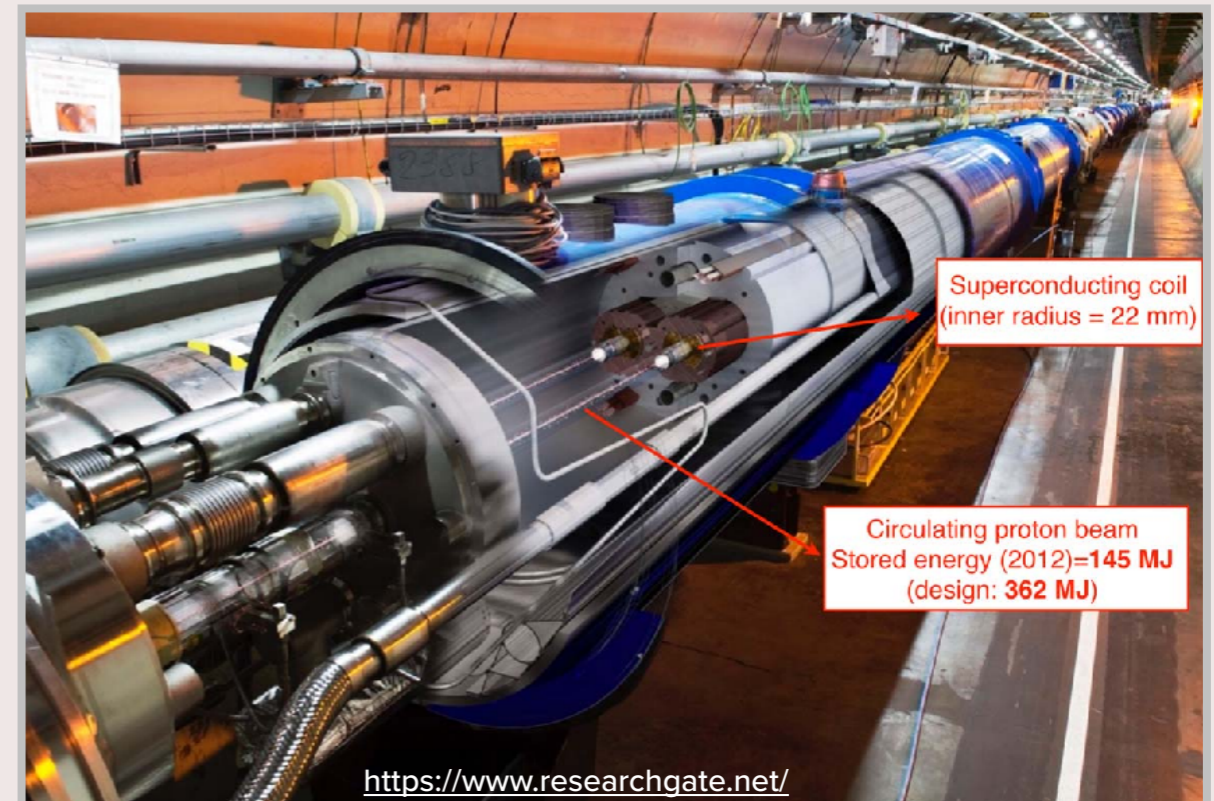


<https://nobel.ihe.ac.be/cms>

Le LHC



- Faisceaux de ~ 2800 paquets de 100 milliards de protons
- Accélérés à plusieurs TeV (Tera électron-volts). Chaque proton a l'énergie d'un moustique en vol, mais tous ensemble c'est l'équivalent d'un TGV à 150 km/h
- Cela correspond une vitesse proche de celle de la lumière
- Un croisement de paquets toutes les 25 ns \rightarrow 40 millions par seconde



Large : tunnel de 9 km de diamètre
Hadron : protons, noyaux de Pb, Xe, ...
Collider : production de collisions frontales

Compact Muon Solenoid

CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

SILICON TRACKERS
Pixel ($100 \times 150 \mu\text{m}$) $\sim 1\text{m}^2 \sim 66\text{M}$ channels
Microstrips ($80 \times 180 \mu\text{m}$) $\sim 200\text{m}^2 \sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

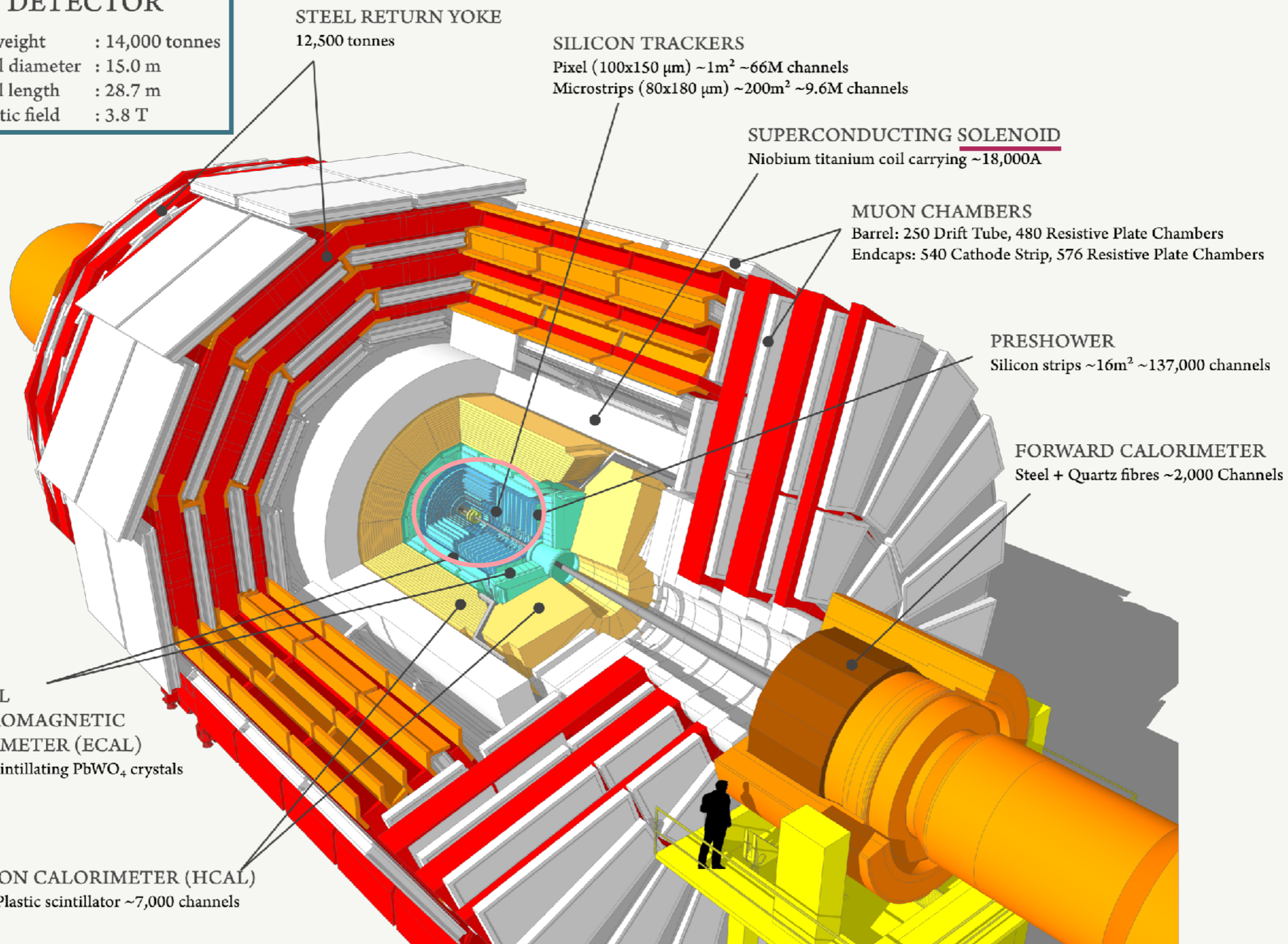
MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 540 Cathode Strip, 576 Resistive Plate Chambers

PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2 \sim 137,000$ channels

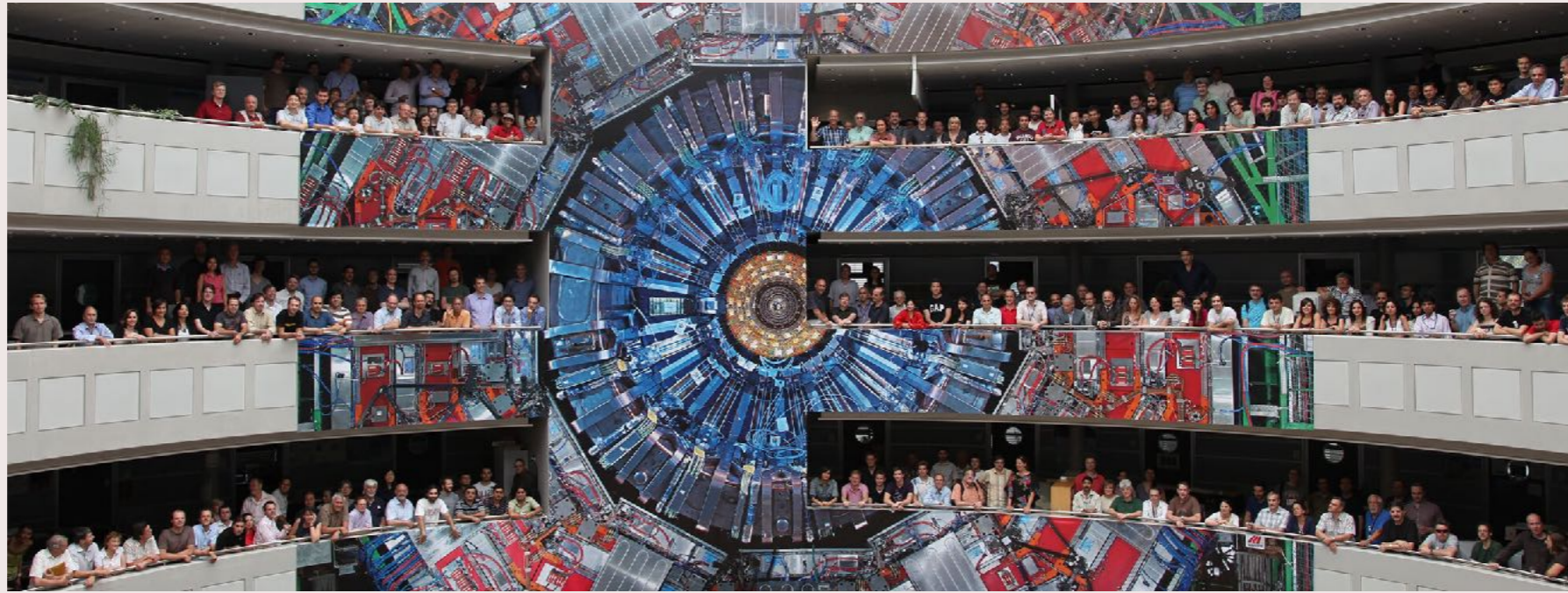
FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

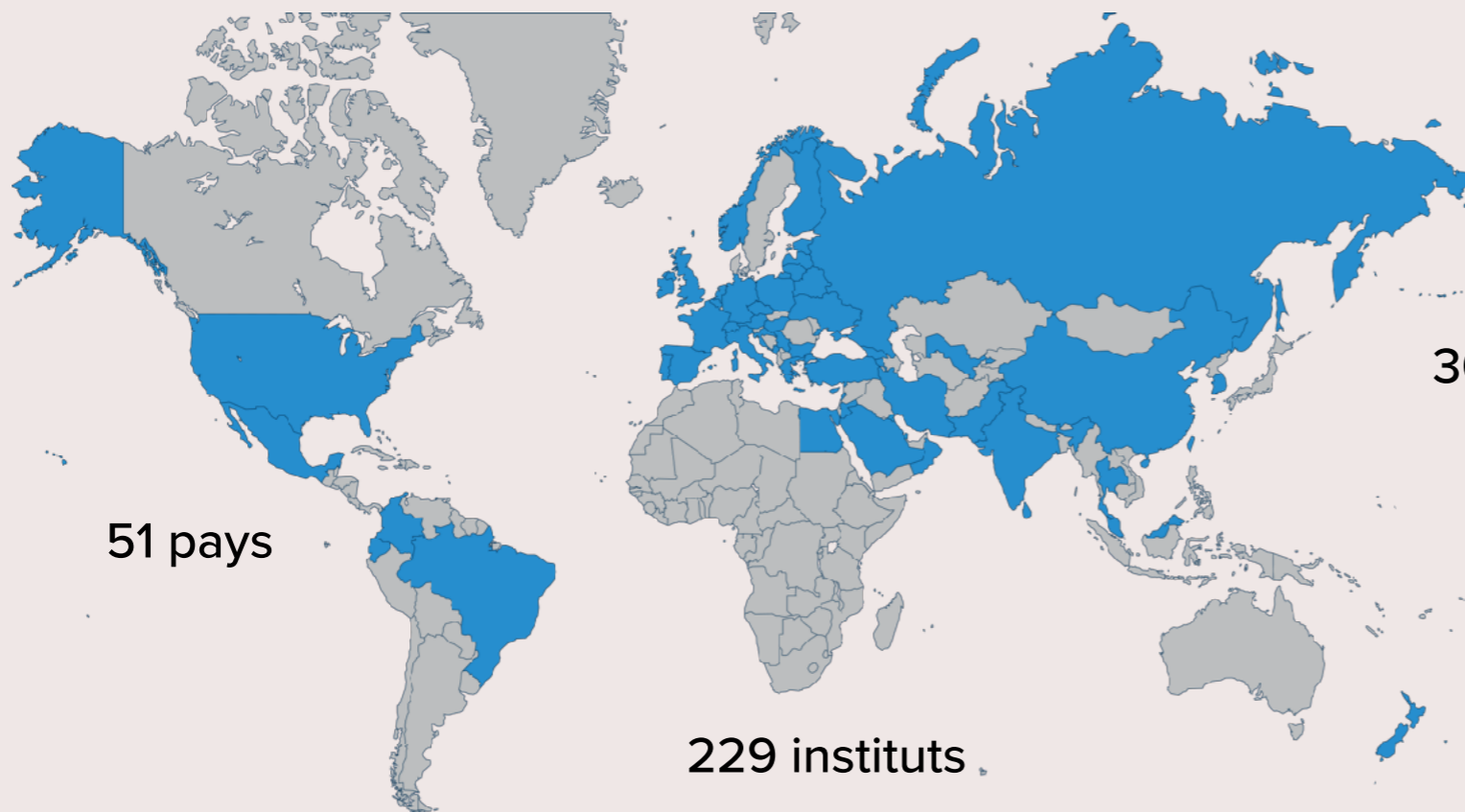
HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels



La collaboration CMS



<https://cms.cern/collaboration>



51 pays

229 instituts

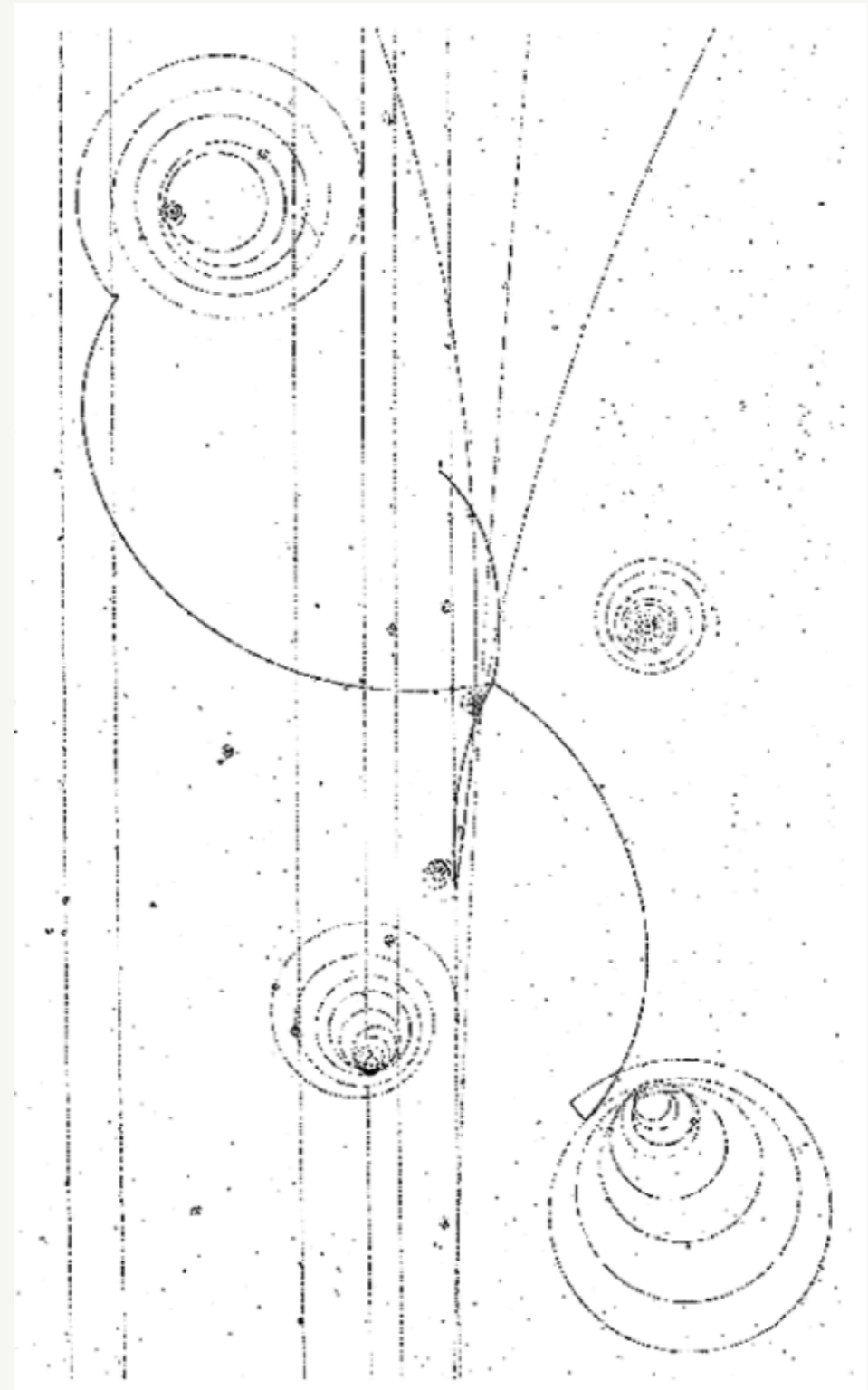
3000 physiciens

dont 12 à l'IPHC !
(+4 doctorants)

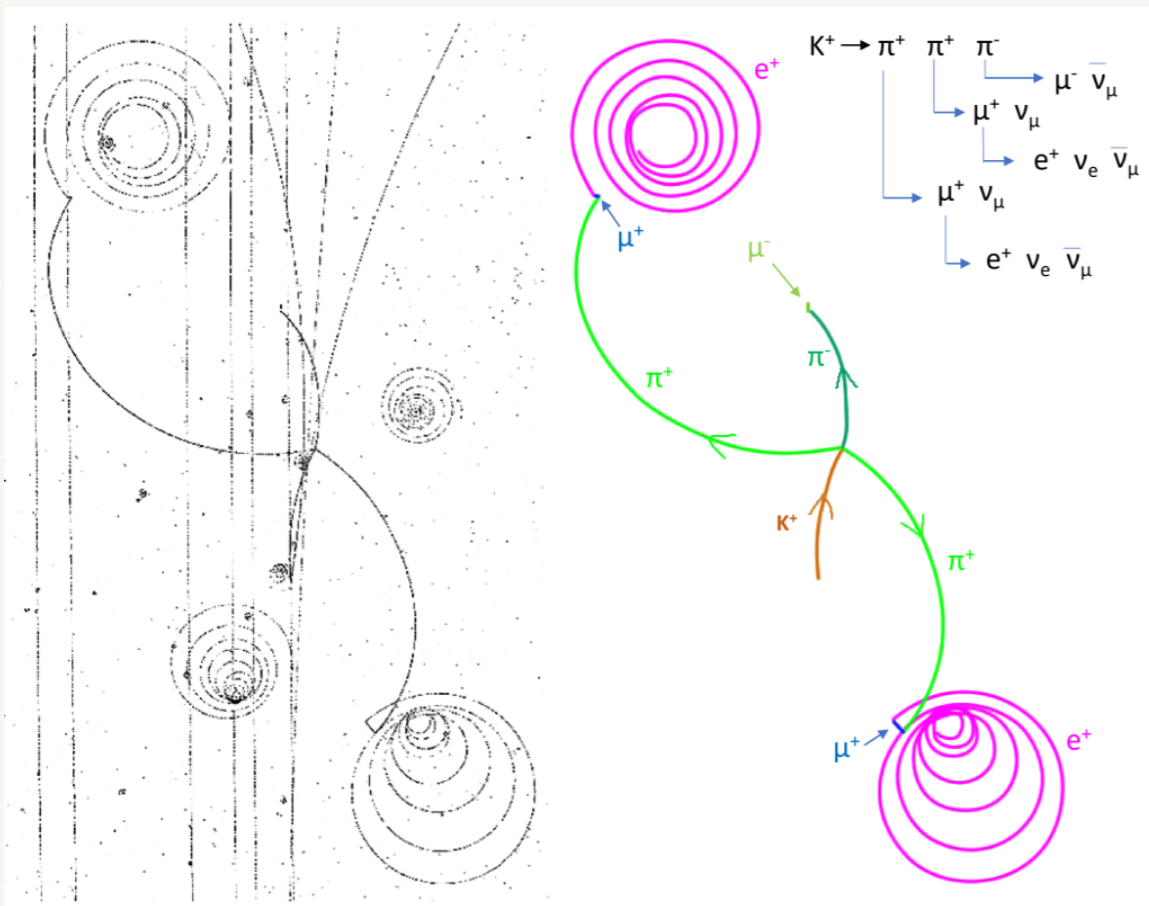
Et beaucoup d'ingénieurs,
techniciens, informaticiens ...

Un détecteur pour quoi ?

Et pourquoi si grand ?!



<https://www.cloudylabs.fr/wp/decays-of-particles/>



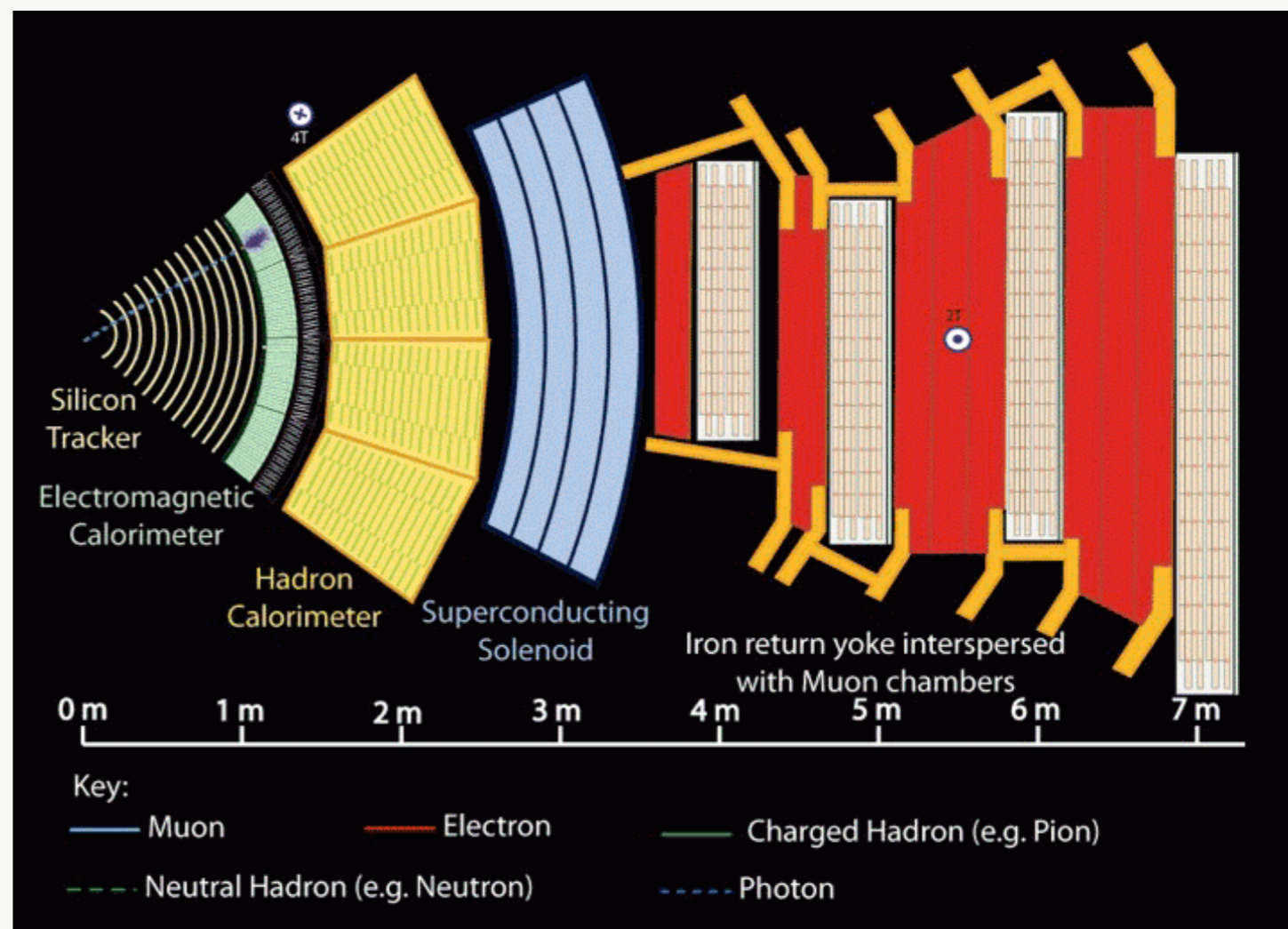
- Etudier le résultat des collisions
- Détecter et mesurer les particules stables produites
- Identifier les types de particules, leur charge
- Mesurer leur énergie, leur direction

Cliché de la « 2m Bubble Chamber » (1964-76)

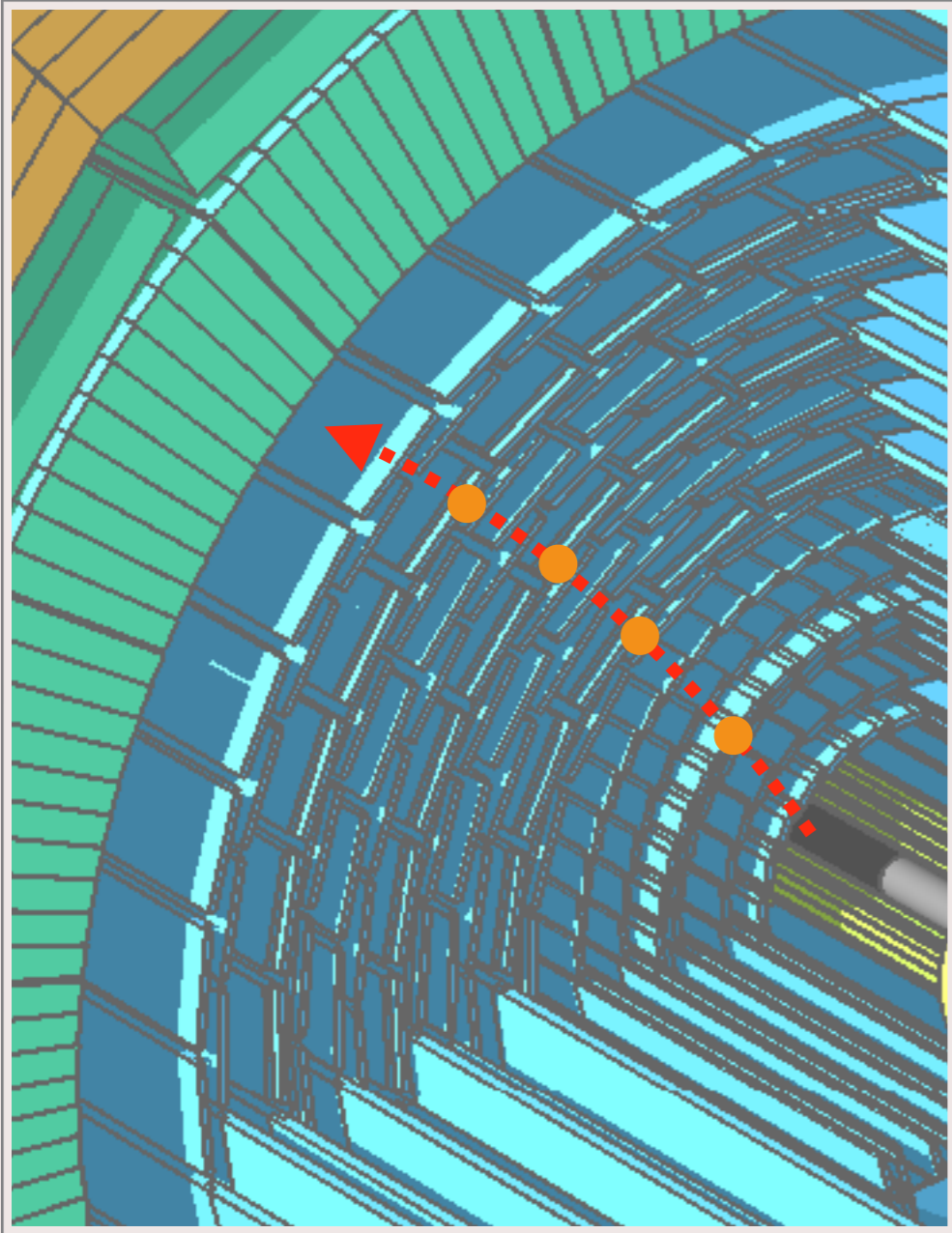
Faisceau de Kaons de l'ordre de 10 GeV

Identification et mesure des particules dans CMS :

- Collisions de protons de plusieurs TeV
- Plus de matière pour arrêter les particules
- Champ magnétique + fort pour les dévier



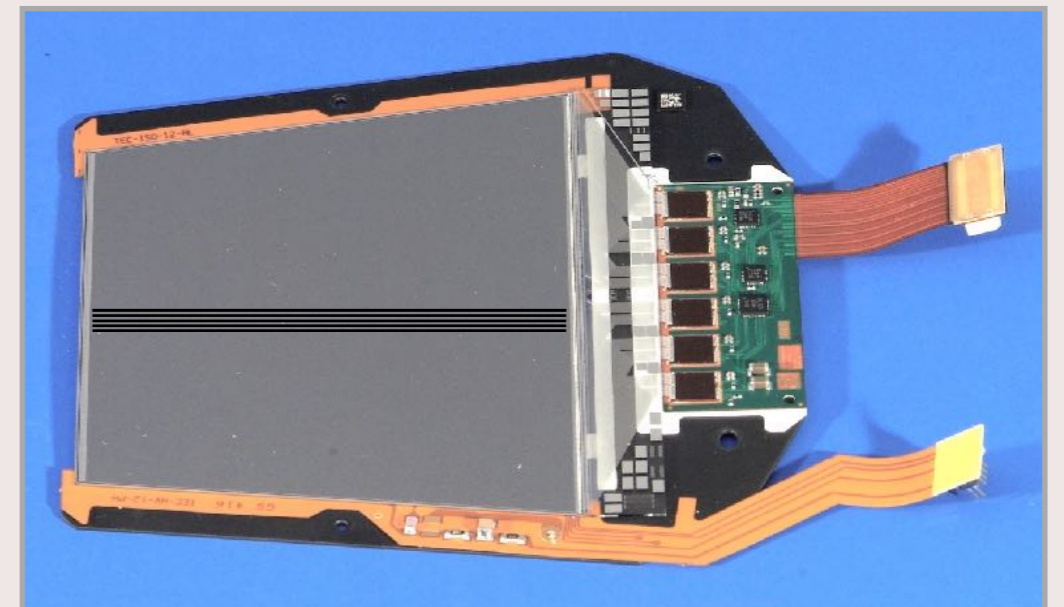
Trajectographe



- Mesurer les positions des passages de particules
- Mesurer la courbure de la trajectoire qui nous permet de déduire la vitesse de la particule
- Pour une mesure précise il nous faut :
 - un champ magnétique fort
 - des positions précises

$$m \cdot v_{\perp} = q \cdot R \cdot B$$

Capteur en silicium à piste :



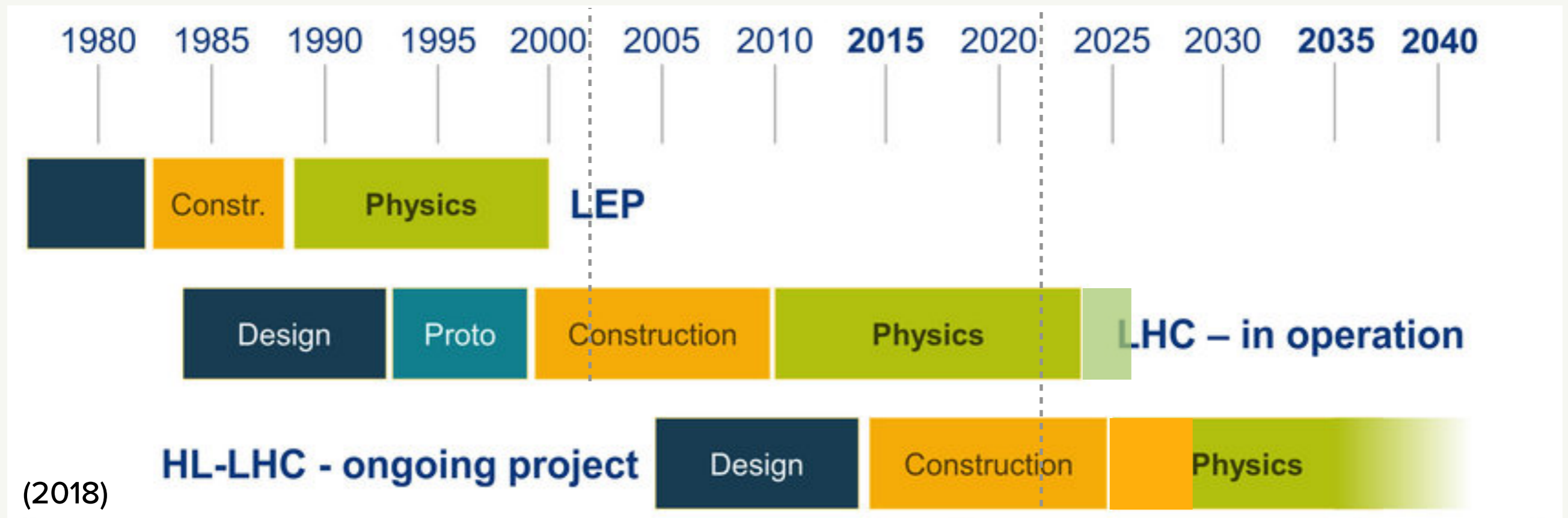
Espacement des pistes : $\sim 100\mu\text{m}$

Résolution : $20\text{-}40\mu\text{m}$

**Que s'est-il
passé en
20 ans ?**

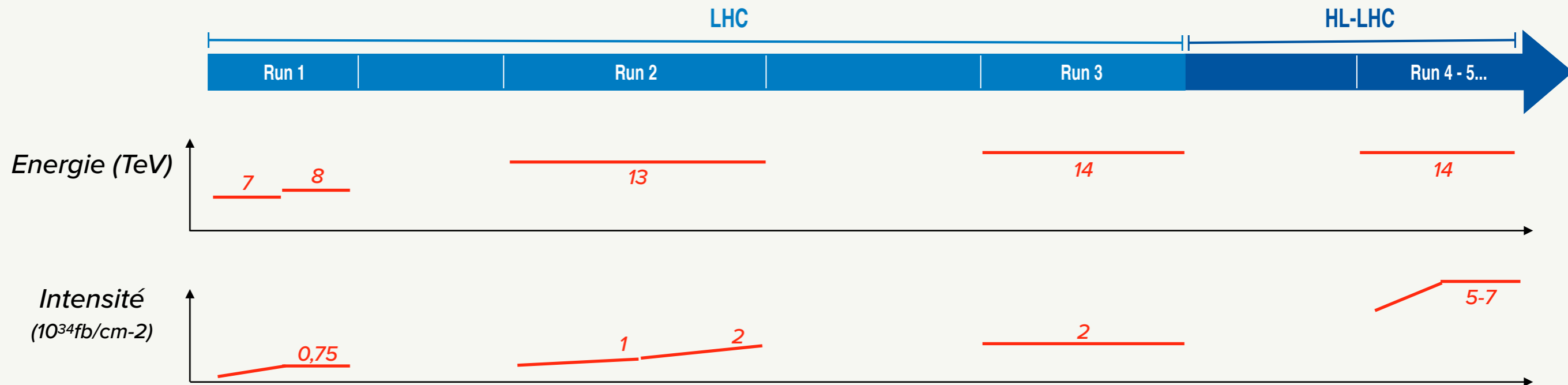


Les accélérateurs du CERN :



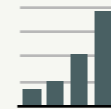
[researchgate.net](https://www.researchgate.net)

L'évolution des performances :

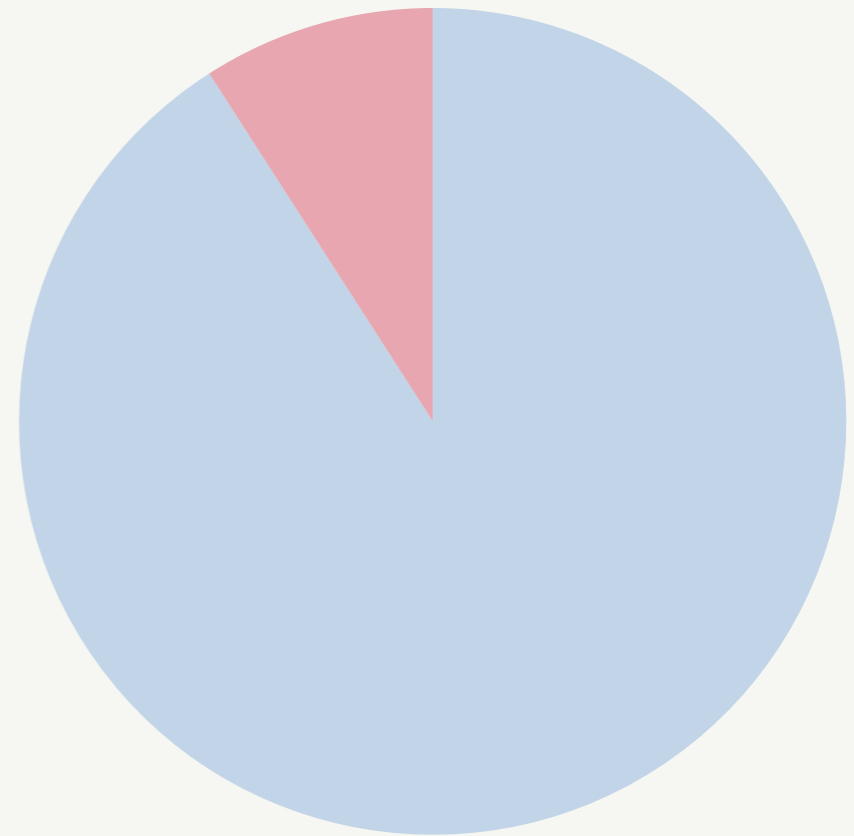


La mise à jour des détecteurs car :

- ▶ Multiplicité + importante de particules à détecter
- ▶ Taux de données plus important
- ▶ Dégradation des performances avec l'irradiation



La part de l'IPHC



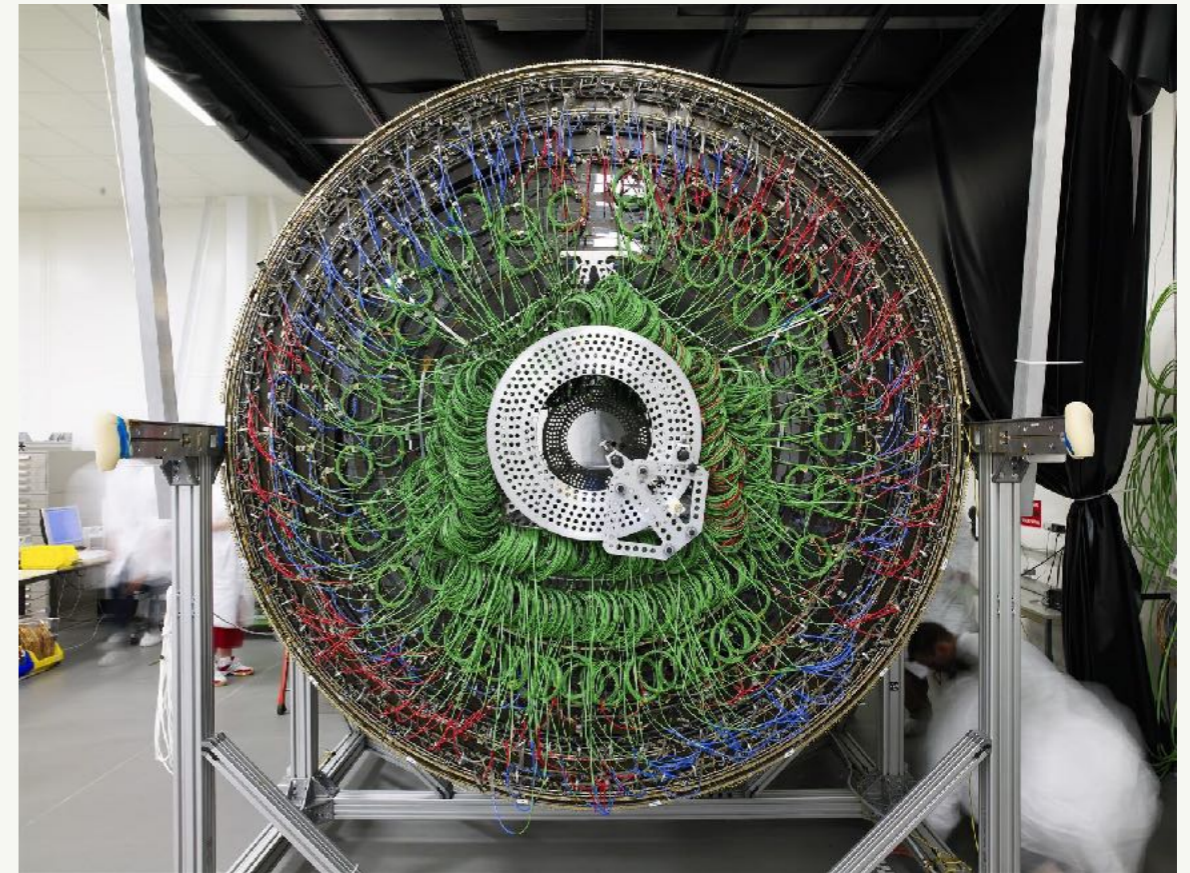


Grue construction métallique - Eitech

Le trajectographe actuel (partie externe)



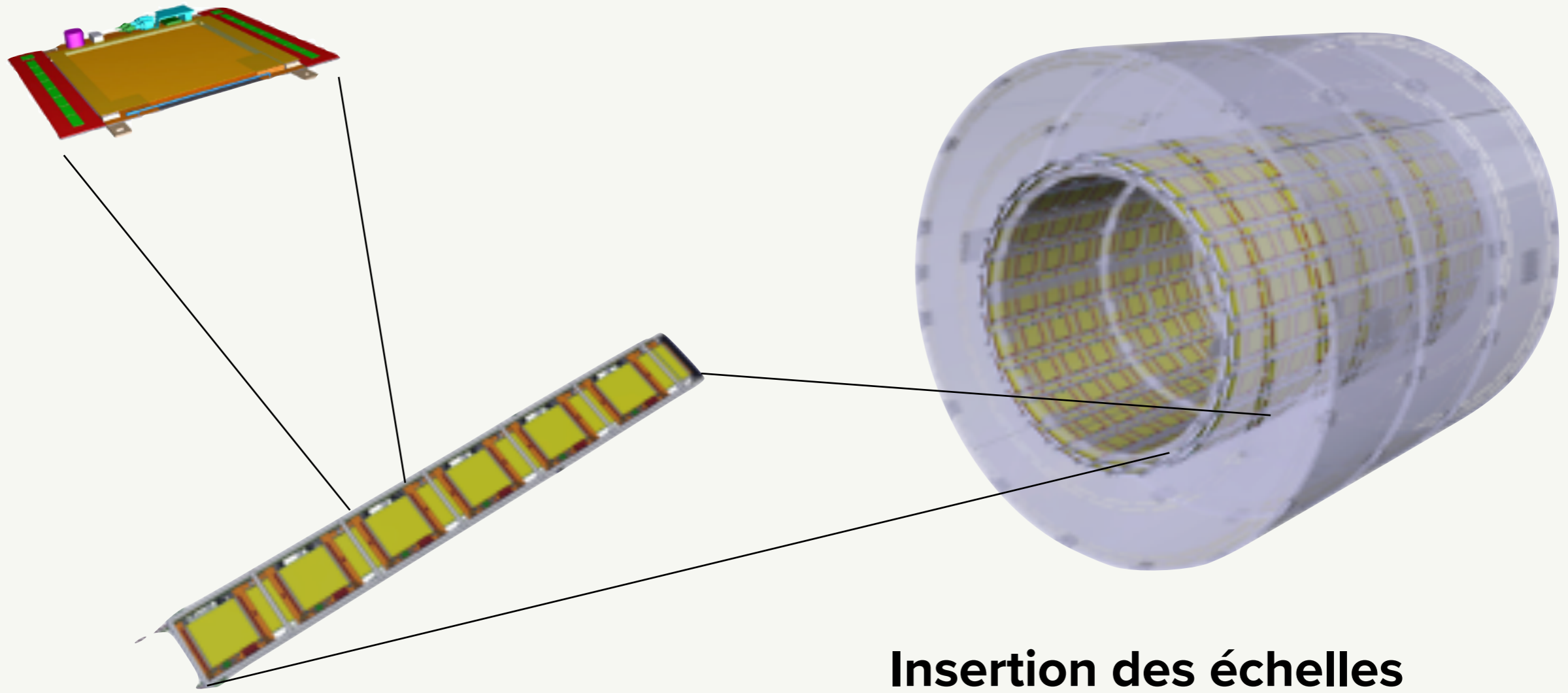
Structure nue



Structure complète

Connectique des circuits de refroidissement, fibres optiques, câbles électriques

Construction de la roue (2022-23) À l'IPHC



Assemblage des échelles (2023-2025)

Au moins la moitié des 368 échelles à l'IPHC

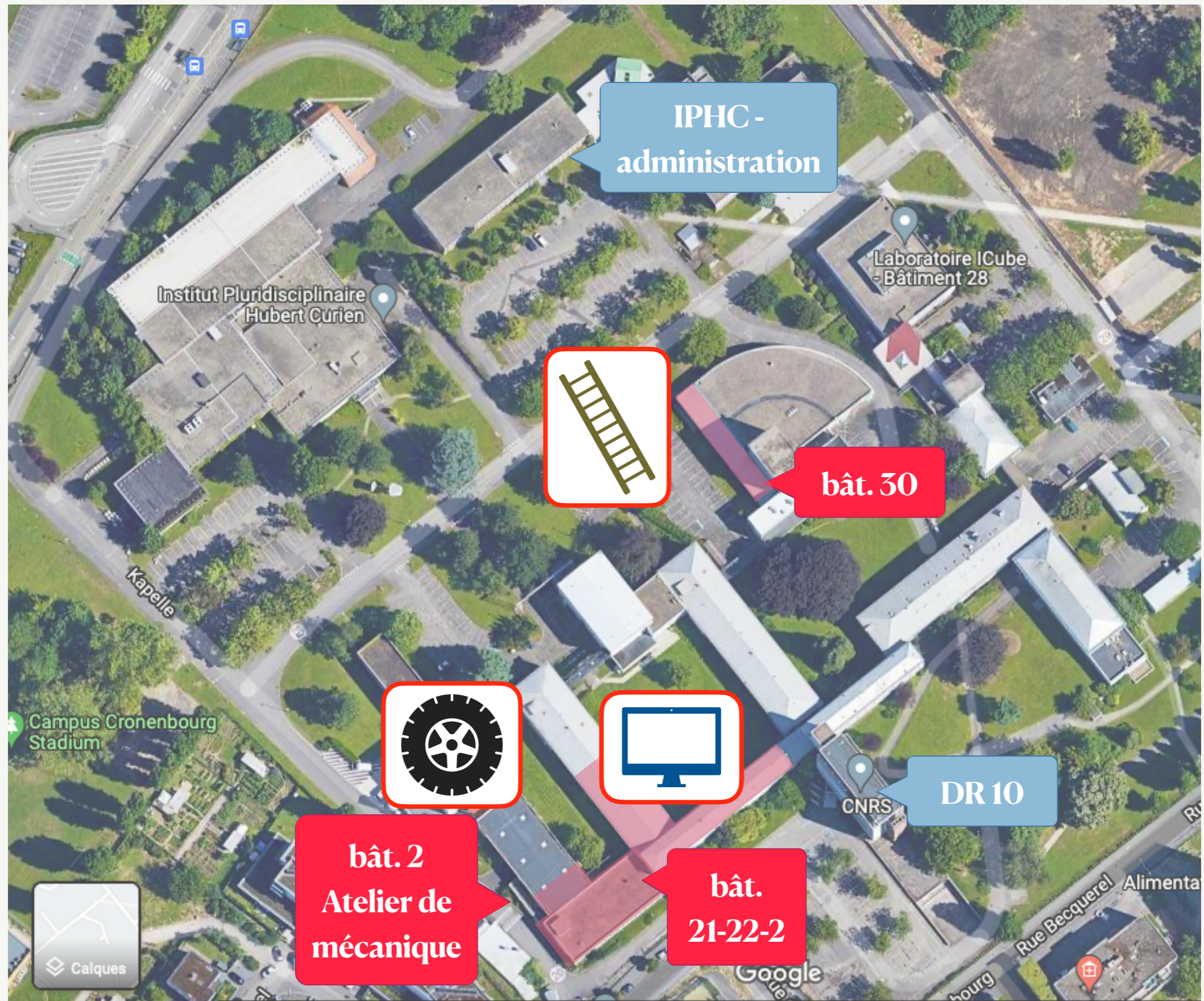
Insertion des échelles (2024-26)

Au CERN mais par l'IPHC

Autres activités :

- Développement de DAQ
- Tests sur faisceau / irradiation

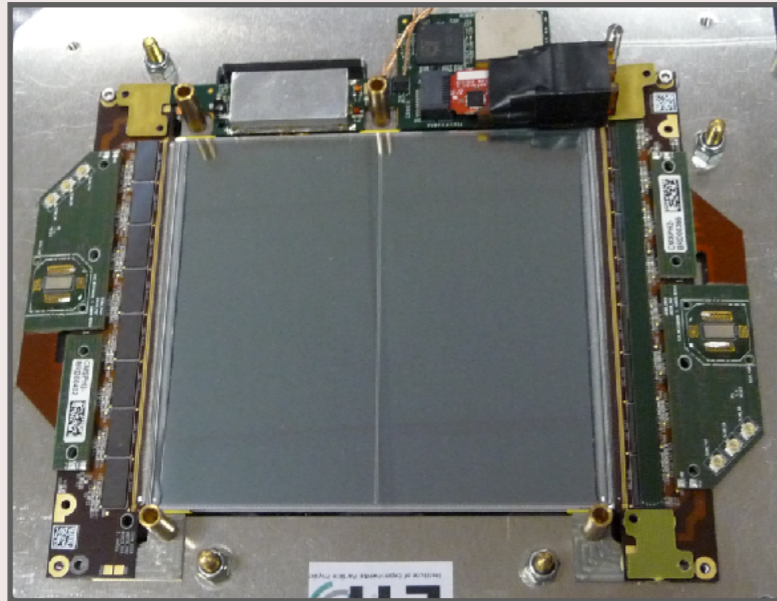
Où ça se passe ?



L'assemblage des échelles

Modules :

(USA,
Allemagne)



- Capteurs en silicium
- Electronique de lecture et alimentation électrique
- Un support mécanique

Echelles :

(Pakistan)

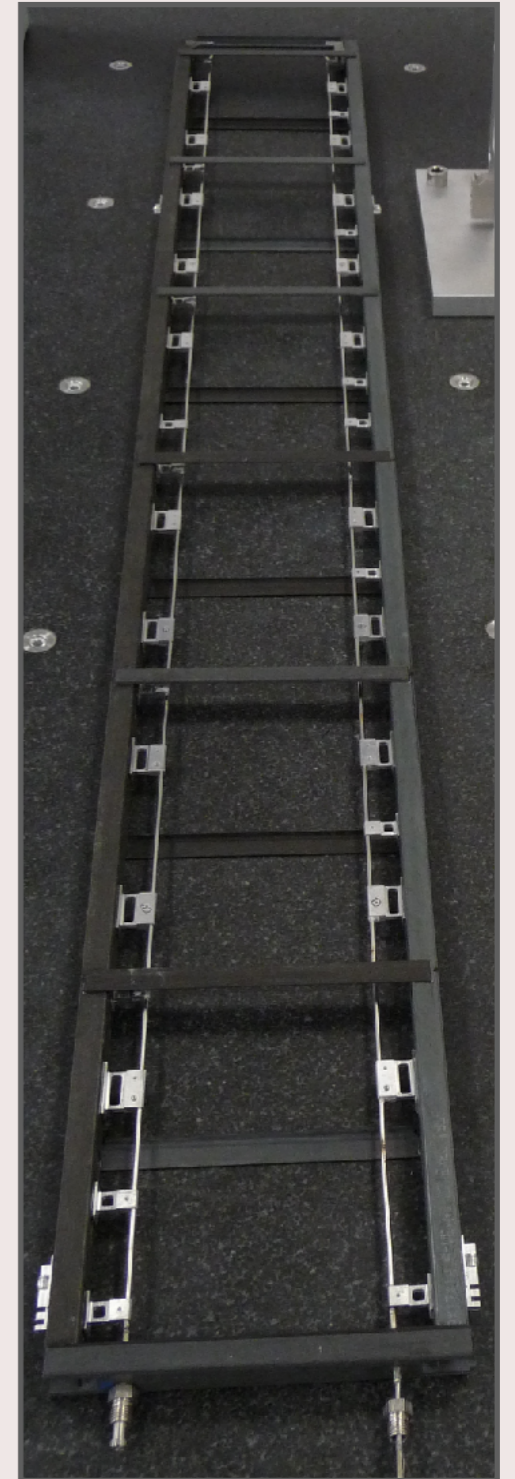
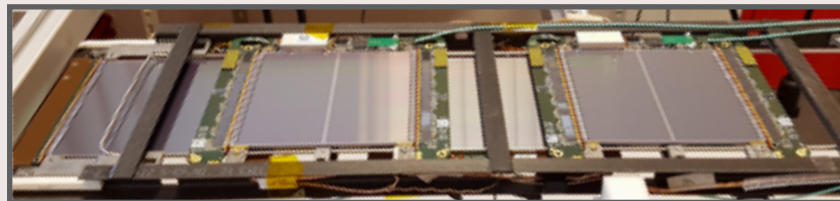
- Cadres en fibre de carbone
- Circuit de refroidissement



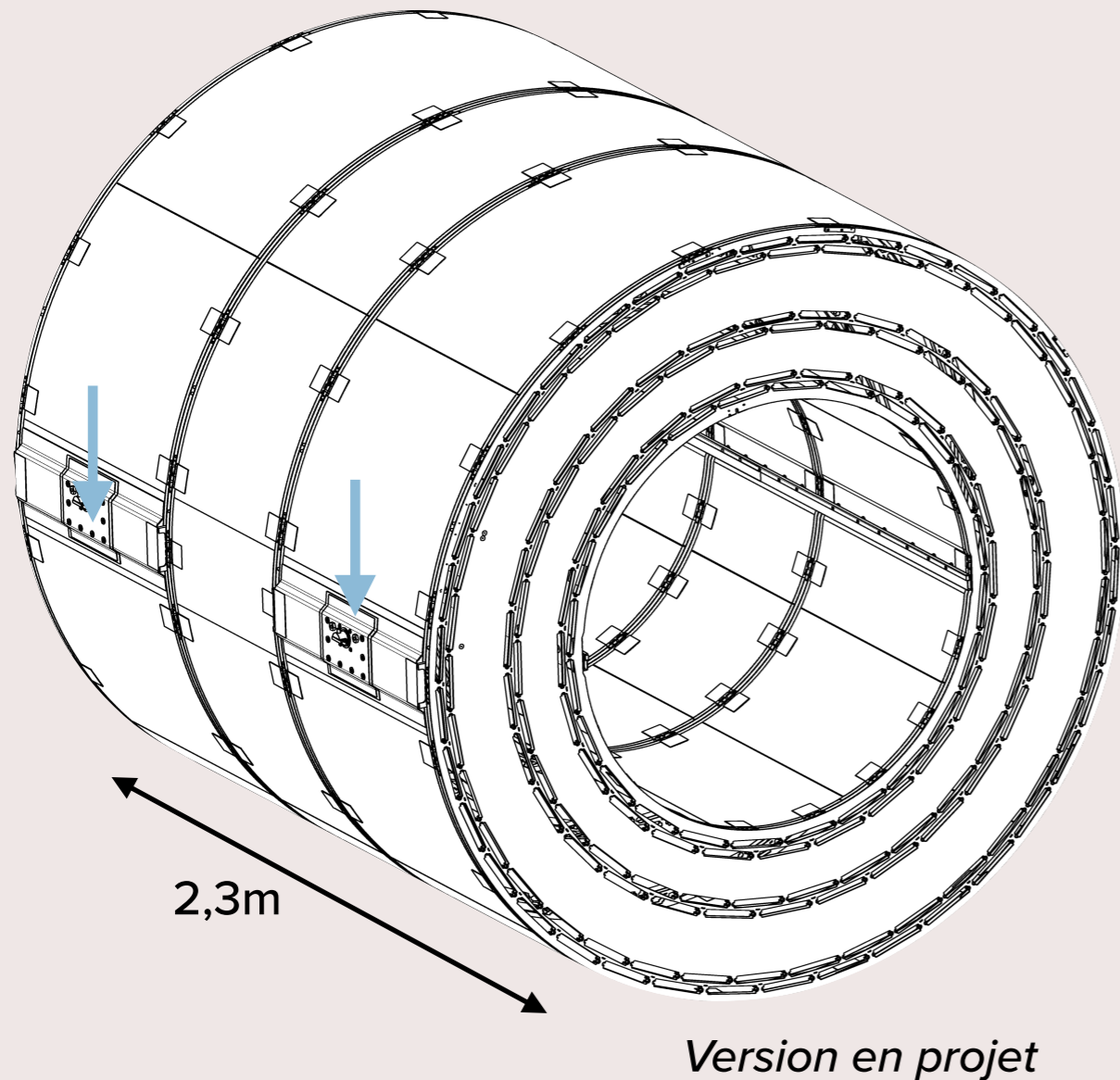
Assemblage :

(Strasbourg, Inde)

- Tests à la réception (conformabilité géométrique, fonctionnabilité)
- Montage
- Tests à température ambiante et à froid



La roue



- Des disques et cylindres en fibre de carbone
- Des connecteurs en alu
- Des pieds de soutien

Une construction à la verticale :
(version actuelle)

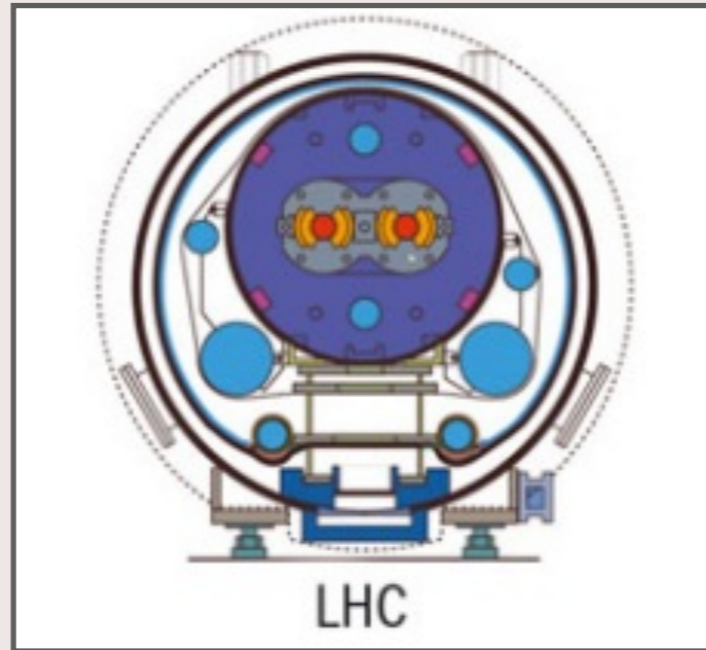


Fabrication à l'IPHC :

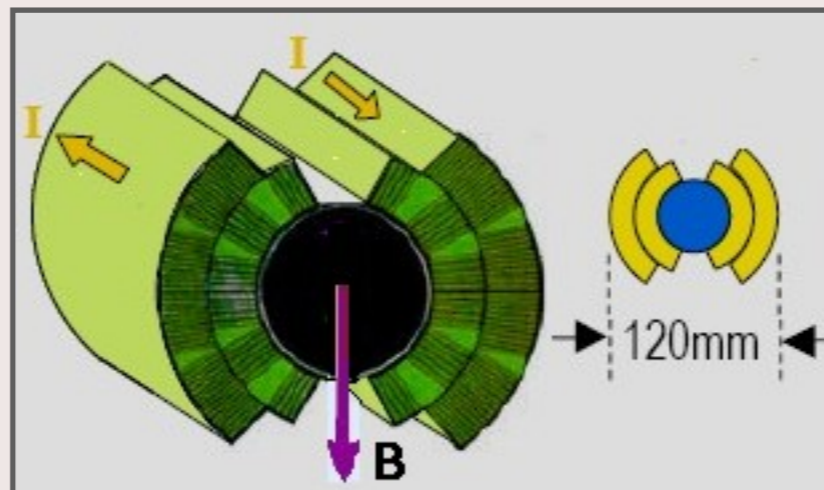
- Pieds de soutien
- Collage des disques et éléments de connection
- Assemblage de l'ensemble

Implication du service mécanique

Back-up



Le Large Hadron Collider



Alignement

