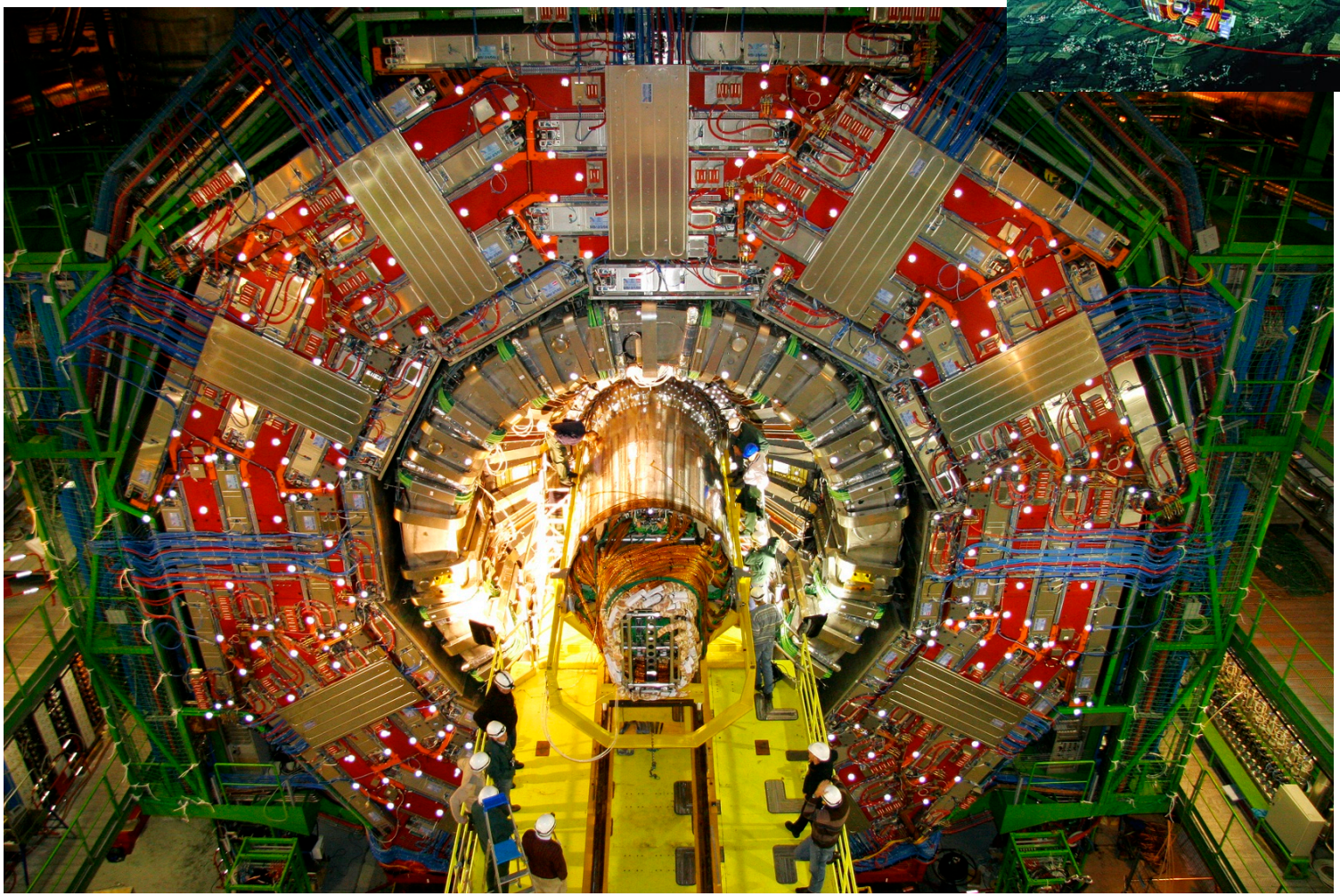
Groupe CMS @IPHC

Et sujet de stage et thèse proposé



Introduction

- Le groupe CMS : physique des hautes énergies auprès du collisionneur proton-proton LHC (Large Hadron Collider).

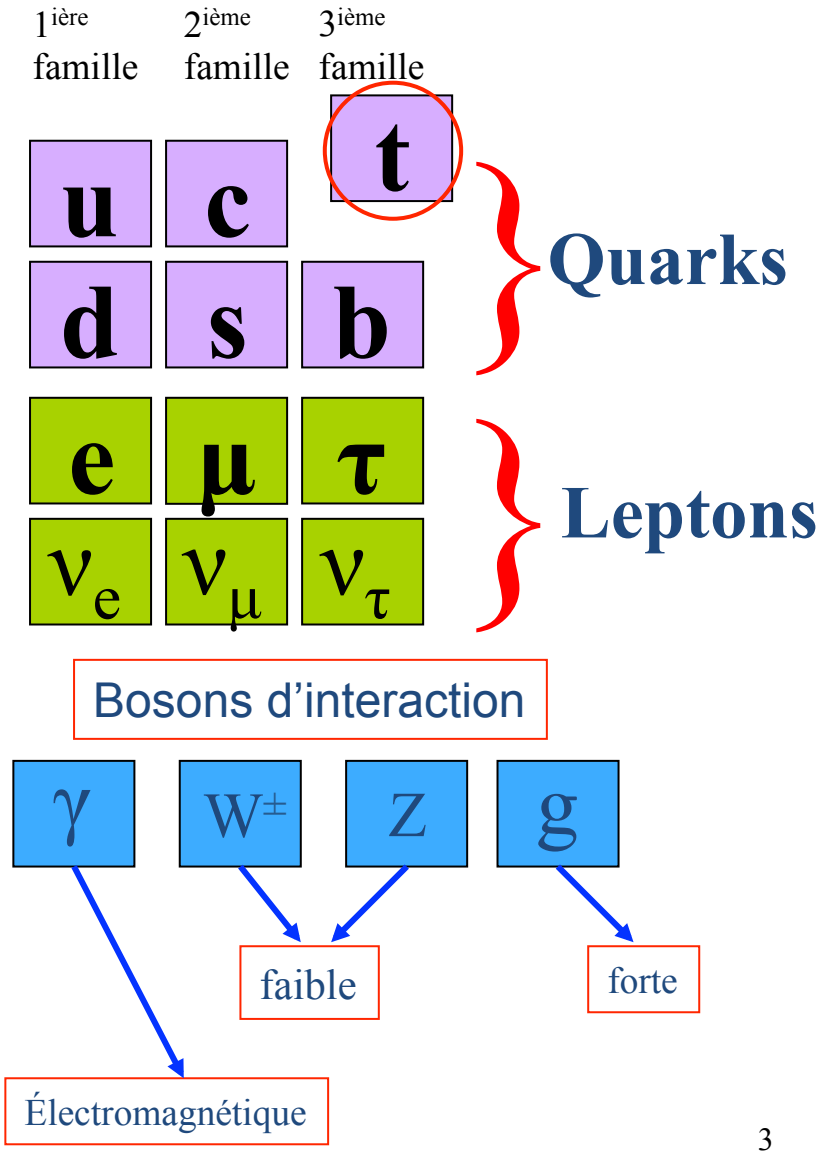
- Présentation du groupe CMS à Strasbourg et de ses activités : détecteur et sa calibration, algorithmes de reconstruction et analyses de physique.

- Sujet de stage, se prolongeant en thèse : recherche du boson de Higgs en production associée au quark top

Le Modèle Standard de la physique des particules

- Le Modèle Standard de la physique des particules élémentaires : interactions entre fermions (spin 1/2) et bosons (spin 1).
- Trois « familles » de fermions: deux quarks et deux leptons par famille.
- Interactions décrites par des bosons de jauge.
- Masse des bosons d'interaction => mécanisme de brisure spontanée de symétrie en présence d'un champ scalaire complexe → **boson de Higgs**.
- MS a de multiples problèmes : ajustement fin des paramètres du modèle (Higgs), expliquer la hiérarchie de masse, existence d'une 4ième famille, masse des neutrinos, gravitation etc…etc…

Le LHC devrait apporter quelques réponses !



La physique de CMS

- tester le Modèle Standard de la physique des particules à des énergies inégalées.
- 2010-2011 (E_{cm}= 7 TeV) : importance des mesures de précision.

- 2012 (E_{cm} = 8 TeV) : découverte du boson de Higgs => importance du quark top et impact sur la recherche de nouvelle physique.

- 2013-2014: arrêt du LHC
- ≥ 2015 : (E_{cm} = 13 TeV) rechercher la nouvelle physique : supersymétrie, dimensions supplémentaires, nouveaux bosons, 4ième famille, leptoquarks, …

- 2020-2030 : (E_{cm} = 14 TeV, haute luminosité) mesures de précision sur le Higgs, phénomènes rares et nouvelle physique

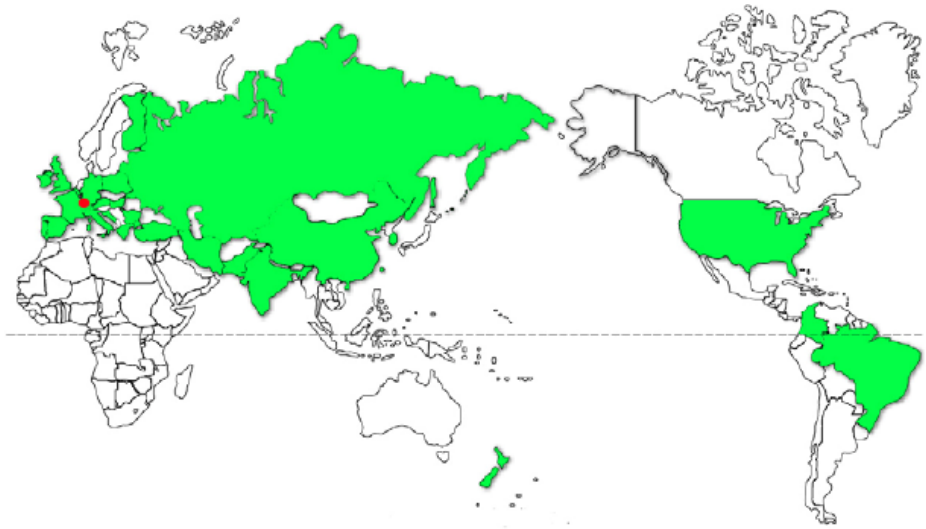
Collaboration internationale

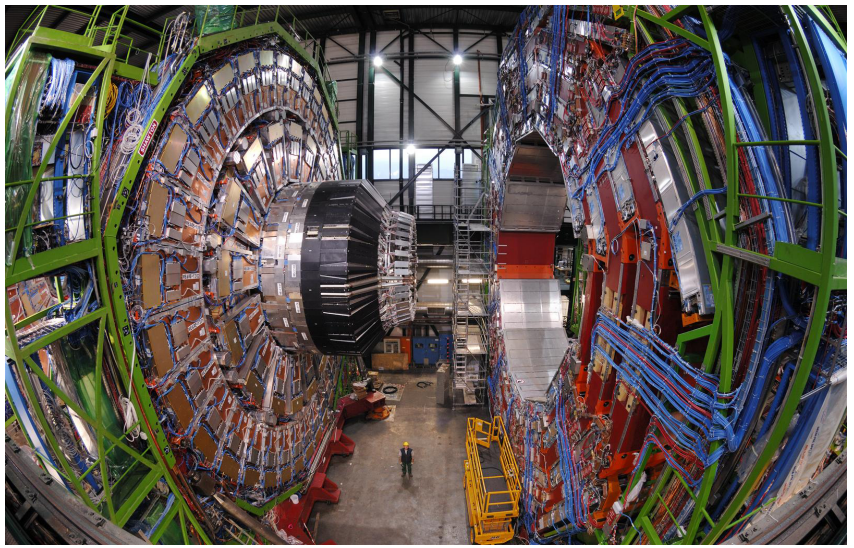
La collaboration CMS :

38 Pays

183 Instituts

3000 scientifiques (permanents + étudiants) et ingénieurs.





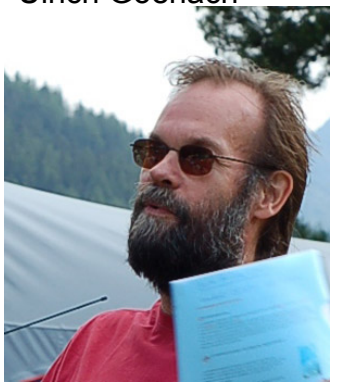
L'équipe CMS en septembre 2013

Caroline Collard

Daniel Bloch

Pierre Van Hove

Ulrich Goerlach

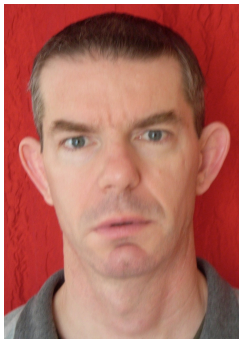


Kirill Skovpen

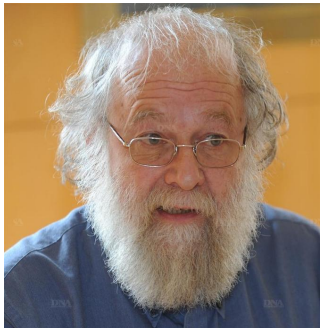
Denis Gelé

Christophe Goetzmann

Jean-Charles Fontaine



Jean-Marie Brom



Camille Beluffi

Jeremy Andrea

Eric Chabert

Eric Conte

Benjamin Fuks

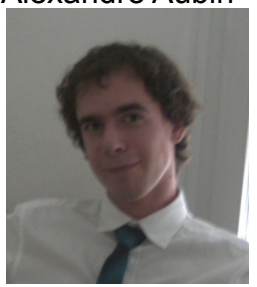
Anne-Catherine Lebihan

Michael Buttignol

Laurent Gross

Jean-Laurent Agram

Alexandre Aubin



Activités du groupe : détecteur et calibration

- Eric Conte, Christophe Goetzmann, Jérémy Andrea :
  - Alignement du trajectographe : détermination précise de la position des modules de détection, alignement. Permet d'améliorer la résolution de la trajectoire des particules chargées.

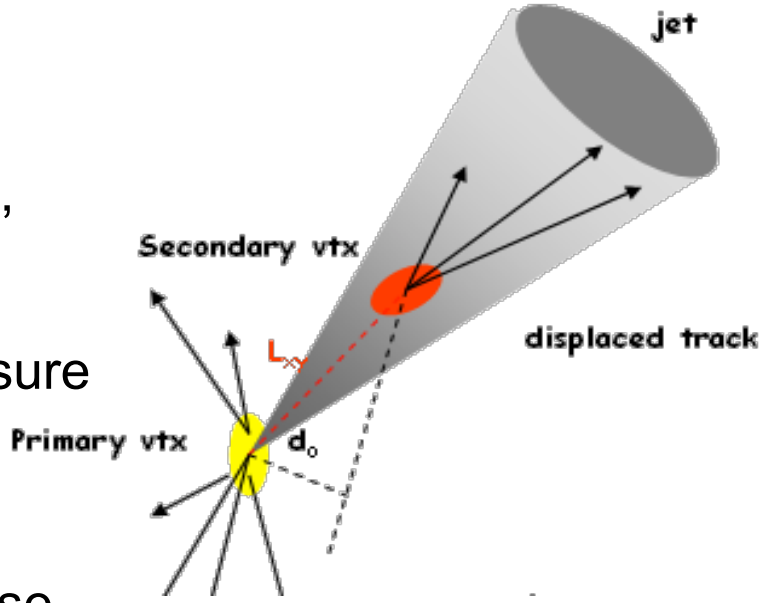
- Jean-Laurent Agram, Jean-Charles Fontaine, Michaël Buttignol :
  - Mesure de l'évolution des performances du trajectographe en fonction de la dose de radiation reçue. Permet une optimisation des conditions de fonctionnement (température) pour diminuer les dommages dus aux radiations.

- Jean-Marie Brom :
  - Développement d'un détecteur au diamant pour la très haute luminosité (grande résistance aux radiations).

- Eric Chabert, Laurent Gross (+ 5 ingénieurs) :
  - Amélioration du trajectographe pour la (très) haute luminosité.
    Responsabilité de l'électronique de lecture pour le système d'acquisition du nouveau détecteur à Pixel (installation fin 2016)
    et du futur trajectographe au silicium (vers 2022)

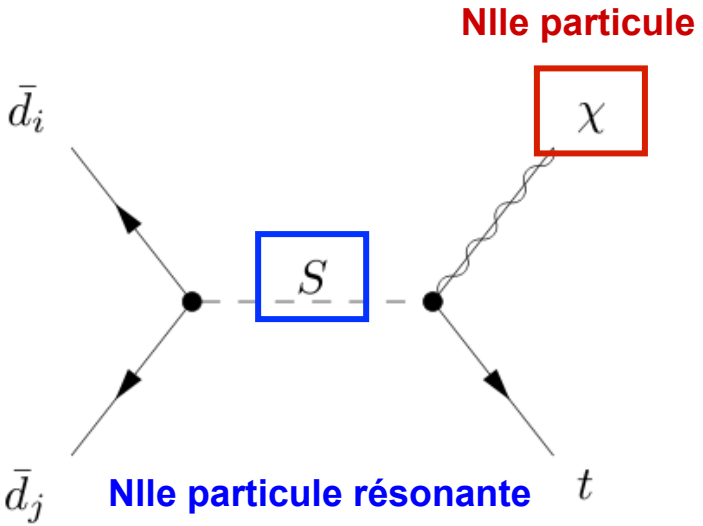
Activités du groupe : identification des jets de quark b

- Jeremy Andrea, Daniel Bloch, Camille Beluffi : calibration d'un des algorithmes d'identification
- Caroline Collard, Alexandre Aubin : comparaison entre données et simulation, validation des algorithmes
- DB, Pierre Van Hove, Kirill Skovpen : mesure des performances avec les données
- Anne-Catherine Le Bihan, Eric Chabert : améliorations du déclenchement de la prise de données avec les jets b
- Important pour la physique du top, les études du Higgs et pour la recherche de nouvelle physique : plus de 60 publications déjà !



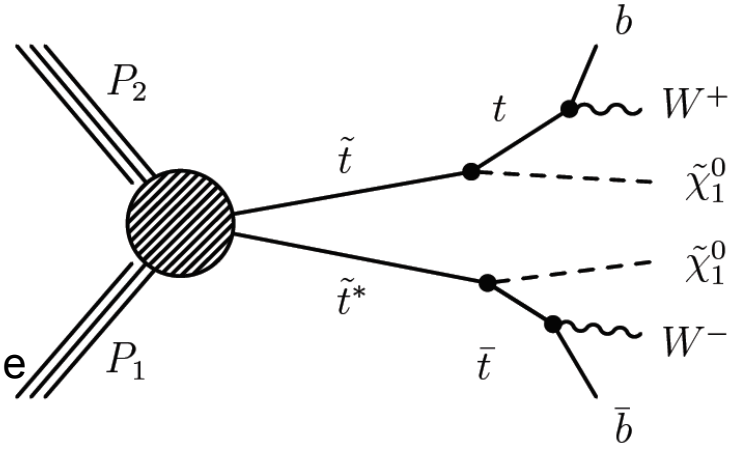
Activités du groupe : analyses de physique

- Recherche de nouvelle physique :
  Jean-Laurent Agram, Adam Alloul, Jeremy Andrea, Alexandre Aubin, Lorenzo Basso, DB, Michael Buttignol, Caroline Collard, Eric Chabert, Eric Conte, Benjamin Fuks, Ulrich Goerlach, Christophe Goetzmann, Anne-Catherine Le Bihan, Kirill Skovpen



- Analyses phénoménologiques :
  - étude de Modèles « au-delà du MS » et de leurs signatures. Détermination de leurs potentiels de découverte au LHC.
  - Développement d'outils théoriques et d'analyse Monte-Carlo (Feynrules, MadGraph, MadAnalysis)
  - Forte collaboration expérience-théorie.

- Recherche dans les données du LHC :
  - Dans le secteur du quark top :
    top – antitop + MET (thèse A. Aubin),
    top + MET (thèse M. Buttignol), top+Z
  - Production de particules supersymétriques à longue durée de vie (thèse Ch. Goetzmann).
  - Production du Higgs : sujet de thèse 2014



Cours en anglais
Etudiants européens

Concerne directement
les thématiques
du master PSA

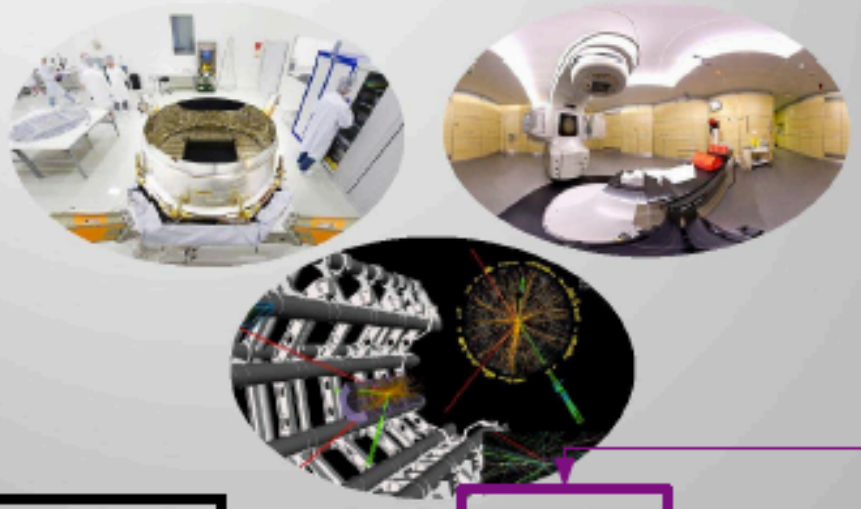
ESIPAP European School of Instrumentation
Particle and Astroparticle Physics

Cours des détecteurs
Techniques instrumentales
Informatiques
Travaux Pratiques au CERN

TWO MODULES ON PARTICLE & ASTROPARTICLE DETECTORS

ESIPAP 2014

20 January to 28 March



Intensive programme for Master students (ECTS awarded) & PhD

Application from 1st July to 18th October 2013 on the website

3 ECTS
A la place des TIPP

4 semaines de formation
96 h de cours/TD
32 h de TP par module.

Information : ESI - ESIPAP
Centre Universitaire de Formation et de Recherche
Bâtiment le Salève - 155, rue Ada Byron
Archamps Technopôle
F-74166 Saint-Julien-en-Genevois Cedex

Contact
Phone: +33 (0)4 50 31 50 10
esipap@esi-archamps.eu
www.cern.ch/esipap

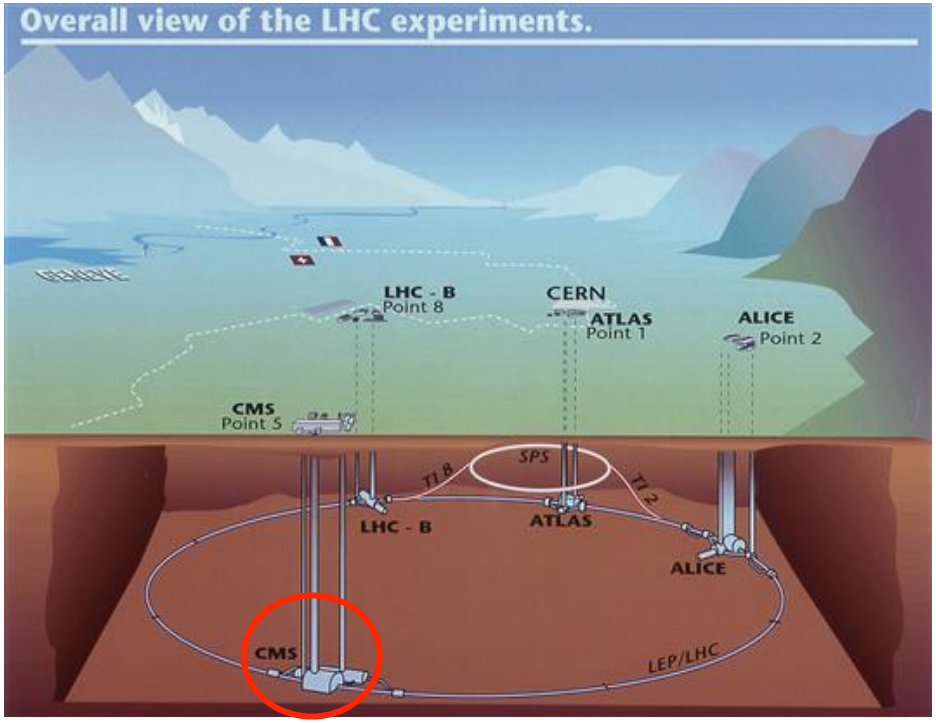
Contact :
Eric.Chabert@cern.ch
Tel : 03 88 10 66 31

IMPORTANT : L'accès à cette école n'est pas restreinte qu'aux étudiants souhaitant faire une thèse en instrumentation

Image credit: CERN

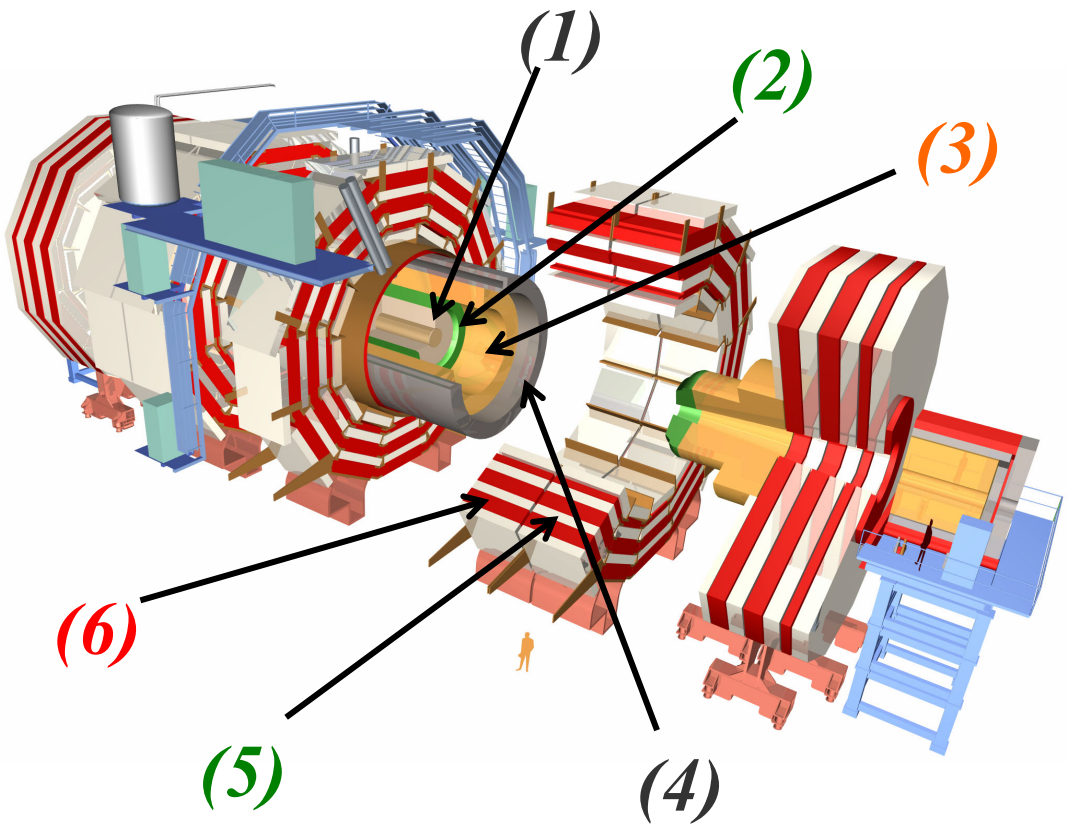
Le LHC

- Collisionneur proton-proton (ion-ion) situé au CERN près de Genève dans l'ancien tunnel du LEP (27 km de circonférence).
- Dans son mode de fonctionnement nominal,
  - Faisceaux de protons seront accélérés jusqu'à une énergie de 7 TeV (14 TeV disponibles dans le centre de masse),
  - Croisement de faisceaux toutes les 25 ns,
  - Luminosité : 10^{32} puis 10^{34} $cm^{-2}s^{-1}$.
- Démarrage le 10 septembre 2008.
- Prise de données 2010-2012 : collisions à 7 et 8 TeV dans le centre de masse => découverte d'un nouveau boson qui ressemble au boson de Higgs ! Mais aussi beaucoup d'autres mesures!
- Plan pour 2013-14 : arrêt technique d'1.5 an, préparation des collisions à 14 TeV, **redémarrage en 2015.**



4 expériences différentes analysent les collisions produites par le LHC:
• Alice, étude des états denses,
• LHCb différences entre matière et anti-matière,
• ATLAS, CMS, : détecteurs généralistes.

Le détecteur CMS en 2 mots

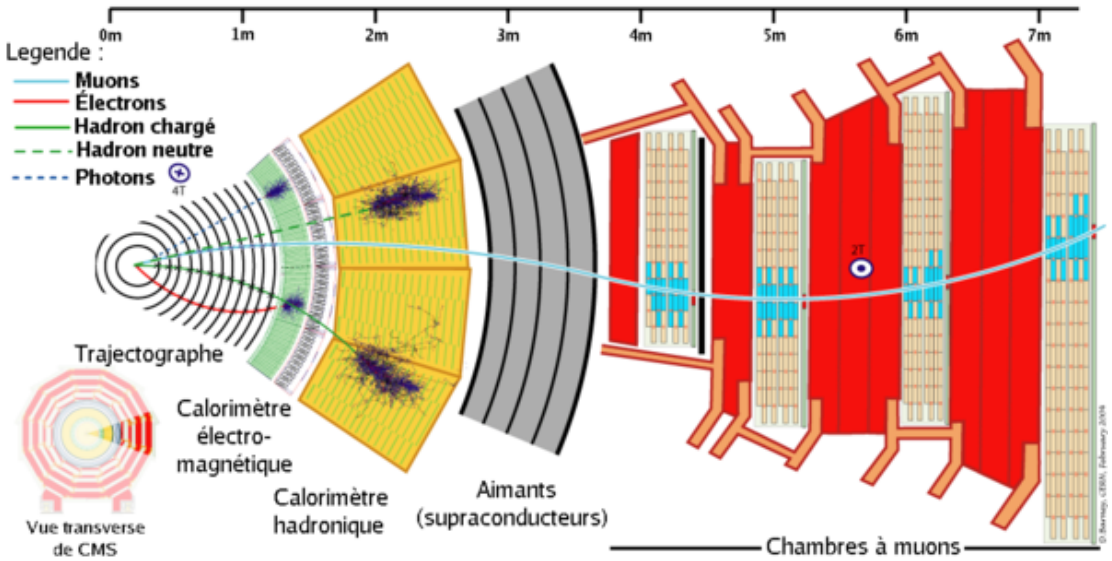


- De forme cylindrique centré sur l'axe du faisceau. Dimensions : diamètre de 15 m, longueur de 22 mètres (12500 tonnes).
- Composé d'une partie centrale et de deux bouchons.
- *(1)* Trajectographe au silicium.
- *(2)* Calorimètre électromagnétique (ECAL) au tungstate de plomb.
- *(3)* Calorimètre hadronique (HCAL) : plaques de cuivre et scintillateurs plastiques.
- *(4)* Solénoïde supraconducteur : 4 T.
- *(5)* Chambres à muons.
- *(6)* Structure de soutien et de retour des boucles de champ.

La reconstruction

Reconstruction de différents types d'objets:

- Traces de particules chargées,
- Les jets de particules à partir de l'information calorimétrique,
- Les photons à partir de l'information calorimétrique (ECAL)
- Leptons:
  - Muons, combinaison des informations du trajectographe et des chambres à muons
  - Electrons, combinaison des informations du trajectographe et du calorimètre e.m.



Les objets physiques plus complexes:

- Identification des jets issus de l'hadronisation de quark b,
- L'énergie transverse manquante (neutrinos, WIMP…),
- Identification des leptons τ,
- Flux de particules.