

**CERN:
70 ans**

CMS: 15 ans après le démarrage

SUISSE
FRANCE

CMS

LHCb

ATLAS

CERN Meyrin

CERN Prévessin

SPS 7 km

ALICE

Large Hadron Collider

LHC 27 km



1971 – ISR@CERN
Premières collisions p-p
50-62 GeV – 100 000 collisions/seconde

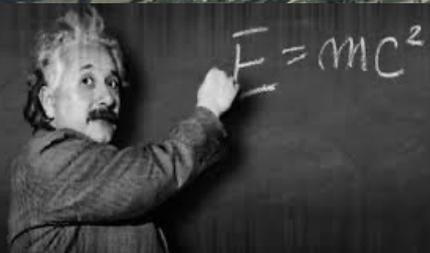
LHC@CERN

Runs	Energie [TeV]	Collisions/sec	Années
1	7-8	800 millions	2010-2012
2	13	2 milliards	2015-2018
3	13.6	2 milliards	2022-2026
4	14	5 milliards	2030-2033
5	14	7.5 milliards	2035-...

A la recherche de particules massives et rares
Ex: une collision sur 2 milliards produit un boson de Higgs

LHC 27 km

Energie et statistique



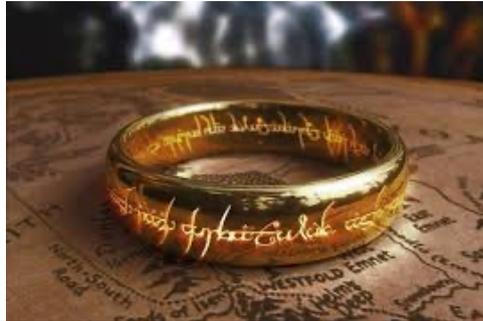


Recenser/catégoriser

Interactions

Physique des particules

Modèle standard



$$\mathcal{L}_{\text{SM}} = \mathcal{L}_{\text{gauge}}(g', g, g_s; A_\mu, W_\mu, G_\mu) + \mathcal{L}_{\text{fermion}}(\psi_q, \psi_l; A_\mu, W_\mu, G_\mu) + \mathcal{L}_{\text{Higgs}}(\lambda, m_H, \phi) + \mathcal{L}_{\text{Yukawa}}(y_{ij}; \psi_q, \psi_l, \phi)$$

Matière:
12 "types" de particules

Masses:
Via 1 particule

Interactions:
Via 3 médiateurs

Paramètres:
19 à mesurer

Physique des particules

Modèle standard



$$\mathcal{L}_{\text{SM}} = \mathcal{L}_{\text{gauge}}(g', g, g_s; A_\mu, W_\mu, G_\mu) + \mathcal{L}_{\text{fermion}}(\psi_q, \psi_l; A_\mu, W_\mu, G_\mu) + \mathcal{L}_{\text{Higgs}}(\lambda, m_H, \phi) + \mathcal{L}_{\text{Yukawa}}(y_{ij}; \psi_q, \psi_l, \phi)$$

Matière:
12 "types" de particules

Masses:
Via 1 particule

Interactions:
Via 3 médiateurs

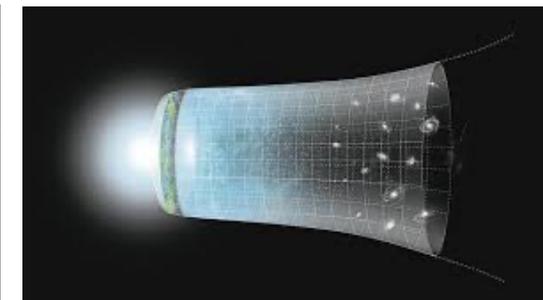
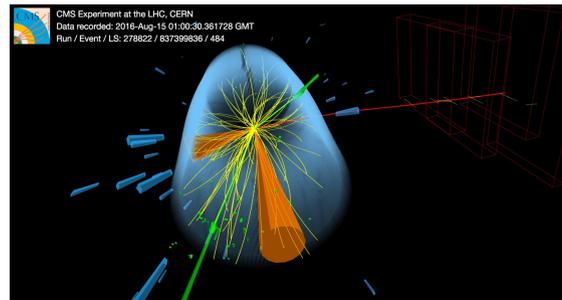
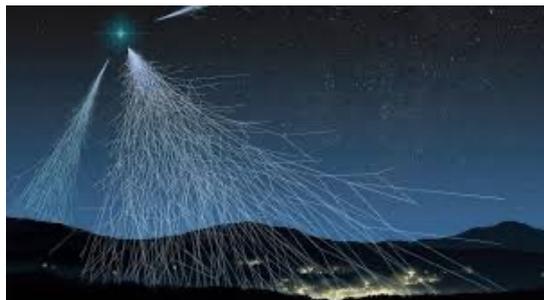
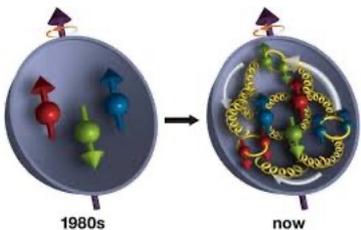
Paramètres:
19 à mesurer

Proton

Rayonnement

Collisionneurs

Univers: $t=10^{-10}$ s



Physique des particules

Modèle standard



$$\mathcal{L}_{\text{SM}} = \mathcal{L}_{\text{gauge}}(g', g, g_s; A_\mu, W_\mu, G_\mu) + \mathcal{L}_{\text{fermion}}(\psi_q, \psi_l; A_\mu, W_\mu, G_\mu) + \mathcal{L}_{\text{Higgs}}(\lambda, m_H, \phi) + \mathcal{L}_{\text{Yukawa}}(y_{ij}; \psi_q, \psi_l, \phi)$$

Matière:
12 "types" de particules

Masses:
Via 1 particule

Interactions:
Via 3 médiateurs

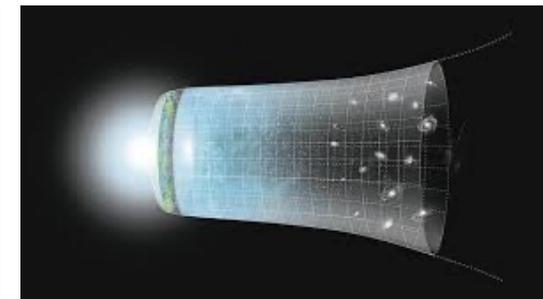
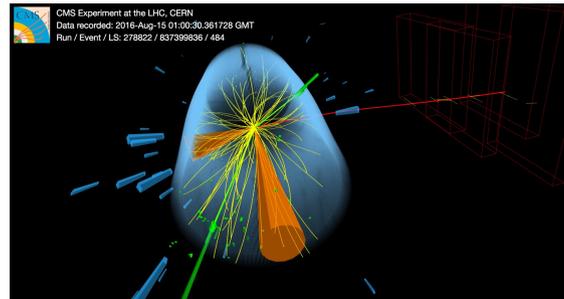
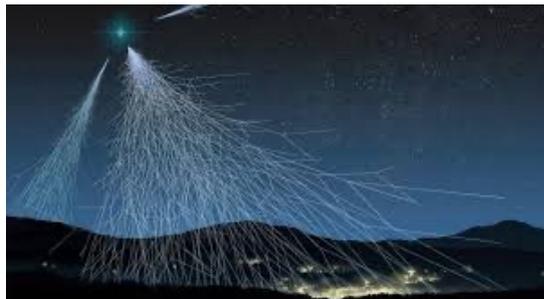
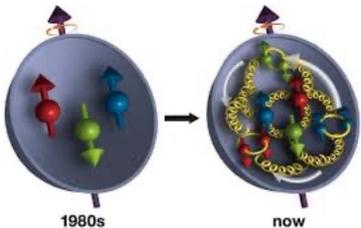
Paramètres:
19 à mesurer

Proton

Rayonnement

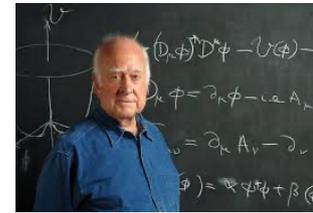
Collisionneurs

Univers: $t=10^{-10}$ s



Objectifs scientifiques

$M(\text{electron}) = 511 \text{ KeV} = 0.000000511 \text{ GeV}$
 $M(\text{top}) = 171.2 \text{ GeV}$
 $M(W) = 80.3 \text{ GeV}$



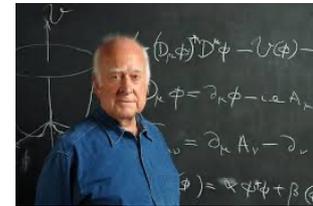
Mécanisme de
Higgs (1964)



Par quel mécanisme, les particules
acquièrent-elles une **masse** ?

Objectifs scientifiques

$M(\text{electron}) = 511 \text{ KeV} = 0.000000511 \text{ GeV}$
 $M(\text{top}) = 171.2 \text{ GeV}$
 $M(W) = 80.3 \text{ GeV}$



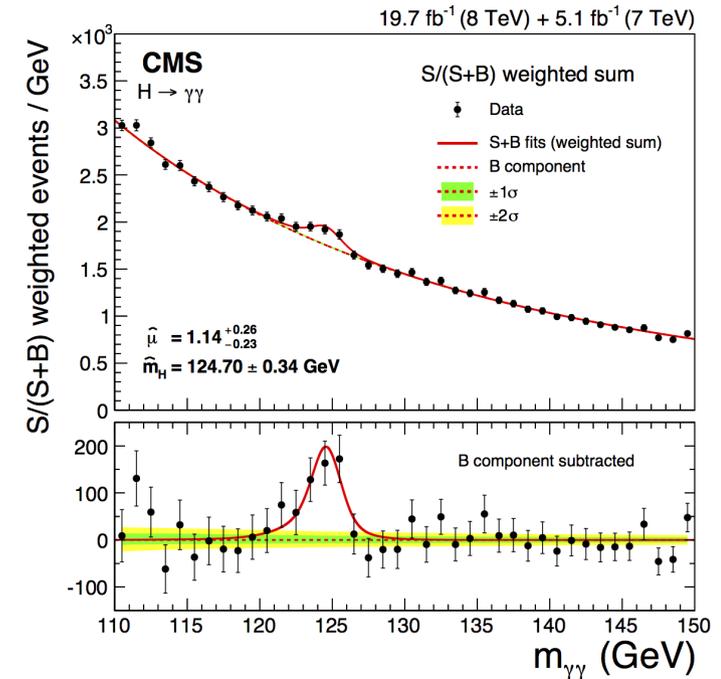
Mécanisme de
Higgs (1964)



Par quel mécanisme, les particules acquièrent-elles une **masse** ?

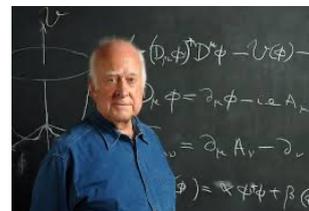
Découverte du boson de Higgs en 2012

- Mesure de ces propriétés
- Étude des modes de production et desintégration



Objectifs scientifiques

$M(\text{electron}) = 511 \text{ KeV} = 0.000000511 \text{ GeV}$
 $M(\text{top}) = 171.2 \text{ GeV}$
 $M(W) = 80.3 \text{ GeV}$



Mécanisme de Higgs (1964)



Par quel mécanisme, les particules acquièrent-elles une **masse** ?

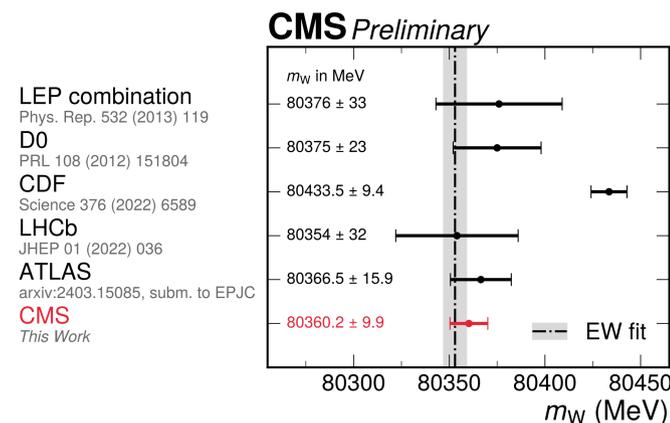
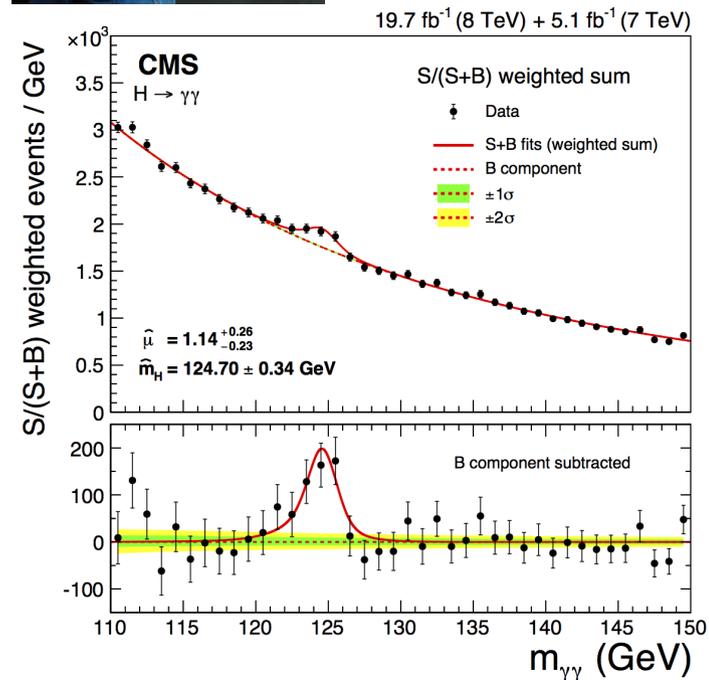
Découverte du boson de Higgs en 2012

- Mesure de ces propriétés
- Étude des modes de production et desintégration



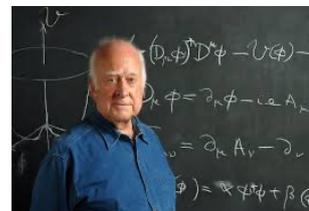
Notre modèle de la physique des particules est-il **correct** ?

- Mesures** de précisions
- Découverte/études de processus rares
- Test de validité à haute énergie



Objectifs scientifiques

$M(\text{electron}) = 511 \text{ KeV} = 0.000000511 \text{ GeV}$
 $M(\text{top}) = 171.2 \text{ GeV}$
 $M(W) = 80.3 \text{ GeV}$



Mécanisme de Higgs (1964)



Par quel mécanisme, les particules acquièrent-elles une **masse** ?

Découverte du boson de Higgs en 2012

- Mesure de ces propriétés
- Étude des modes de production et desintégration



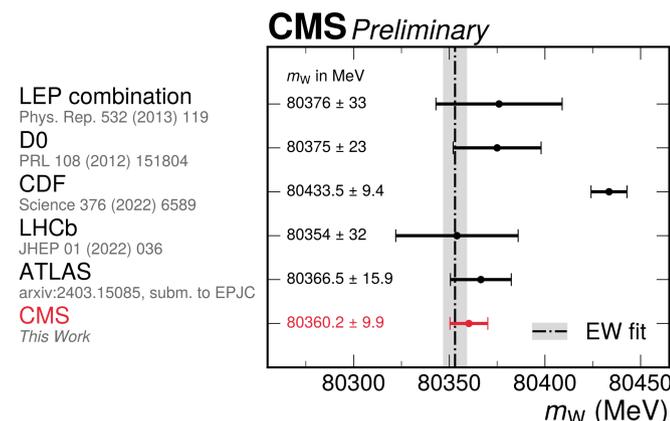
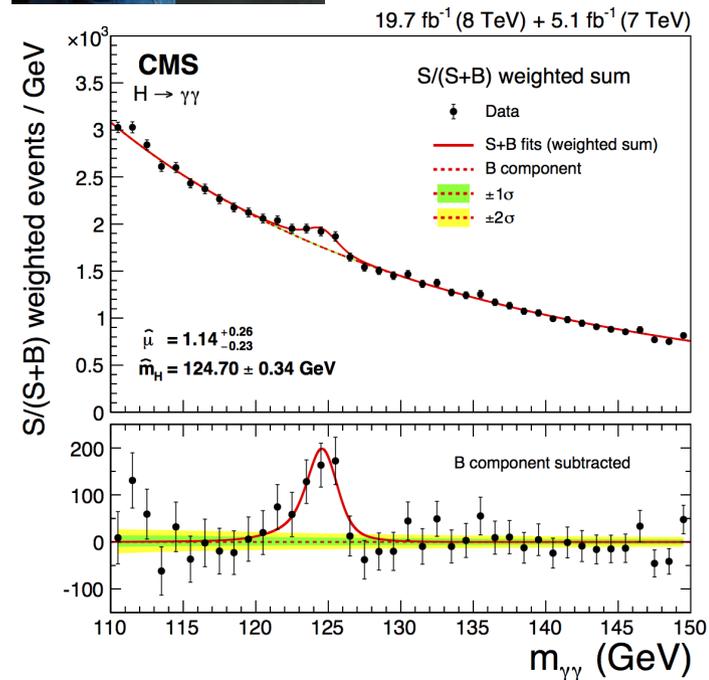
Notre modèle de la physique des particules est-il **correct** ?

- Mesures** de précisions
- Découverte/études de processus rares
- Test de validité à haute énergie

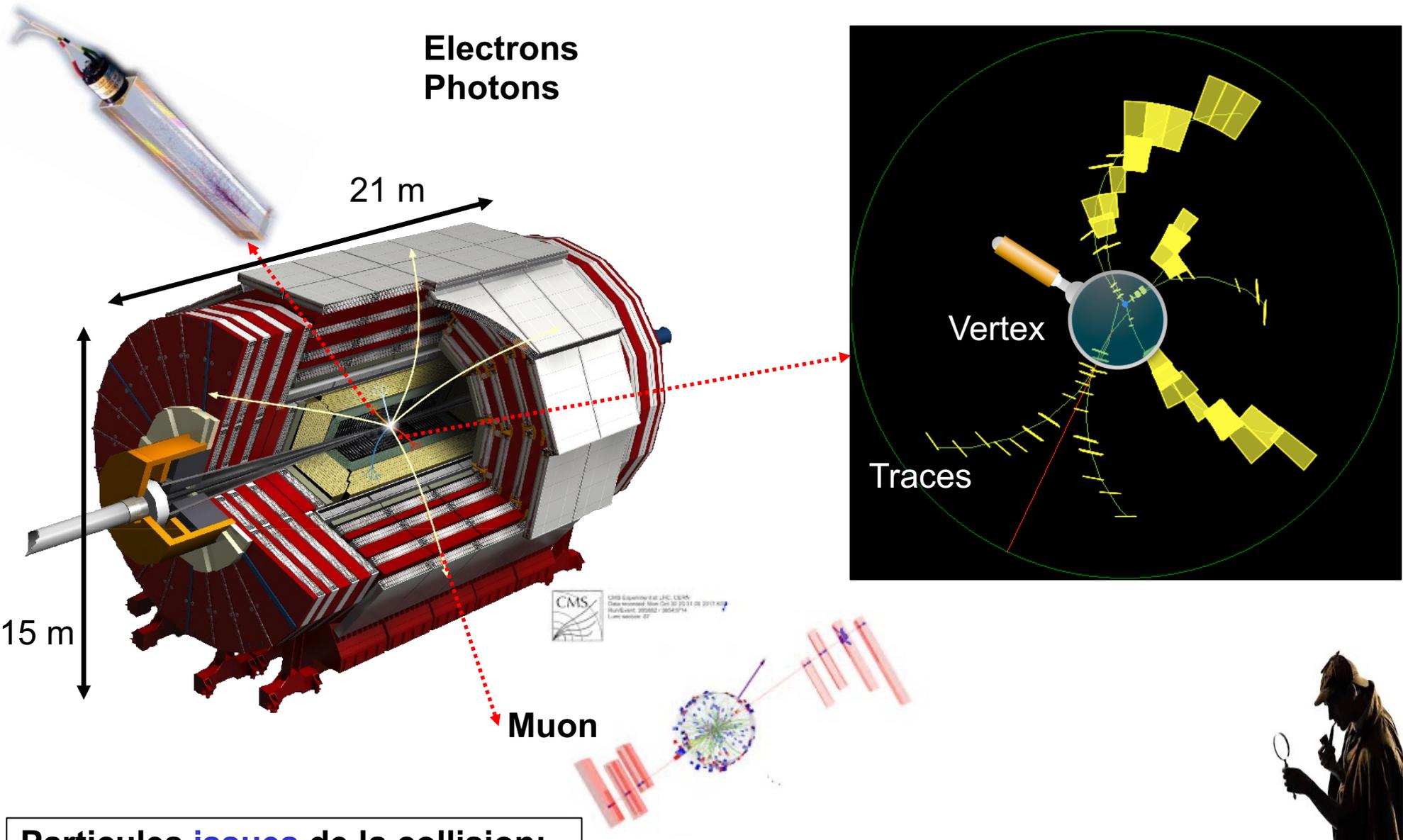


Notre modèle est-il **complet** ?

- Recherches** de nouvelles particules
- Recherches** de nouvelles interactions



L'expérience



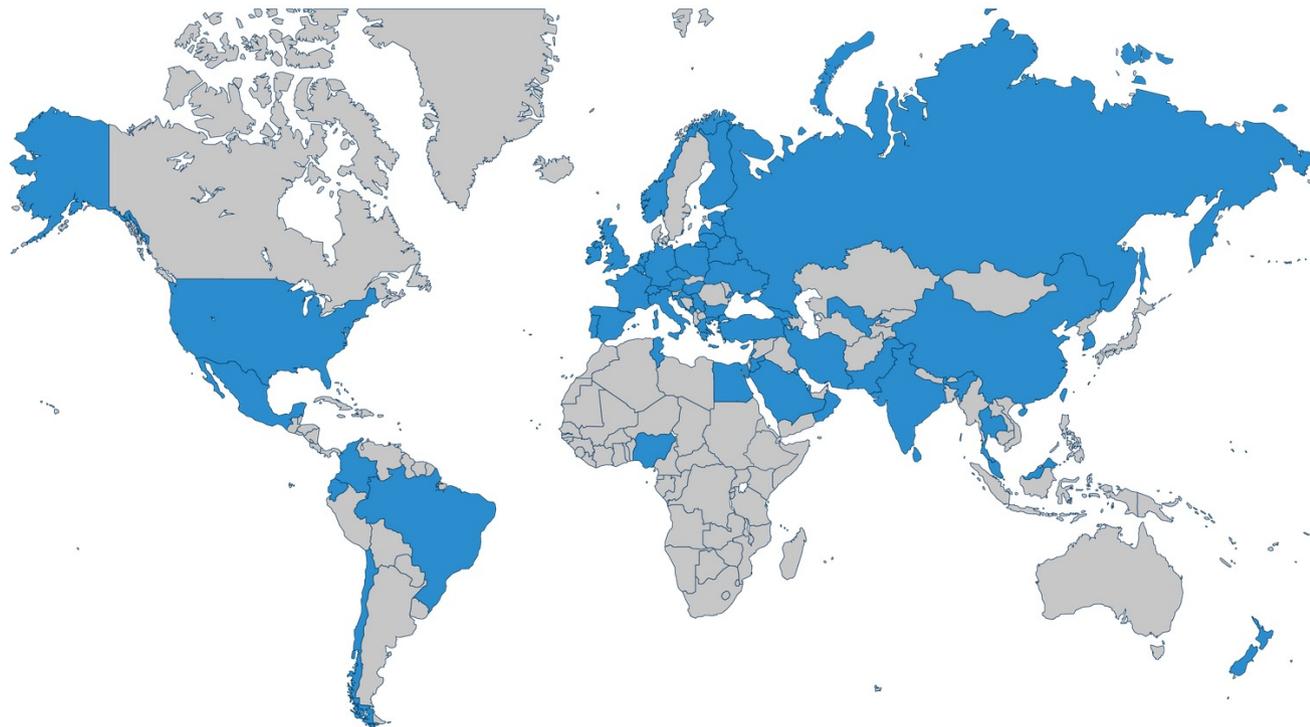
Particules issues de la collision:

- identification
- cinématiques

Qu'est-ce qui s'est produit ?

Présence de particules massives instables ?

CMS: une collaboration internationale



2166

PHD PHYSICISTS
(1769 MEN, 397 WOMEN)

1228

PHYSICS DOCTORAL
STUDENTS
(919 MEN, 309 WOMEN)

1102

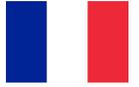
ENGINEERS
(951 MEN, 151 WOMEN)

1388

UNDERGRADUATES
(995 MEN, 393 WOMEN)



CMS en France / à l'IPHC



Laboratoires

- Lyon (IP2I)
- Paris/Saclay (LLR, CEA)
- Strasbourg (IPHC)

Communauté de ~ 70 physicien.ne.s

CMS en France / à l'IPHC



Laboratoires

- Lyon (IP2I)
- Paris/Saclay (LLR, CEA)
- Strasbourg (IPHC)

Communauté de ~ 70 physicien.ne.s

Doctorants



Post-docs



Soutien technique

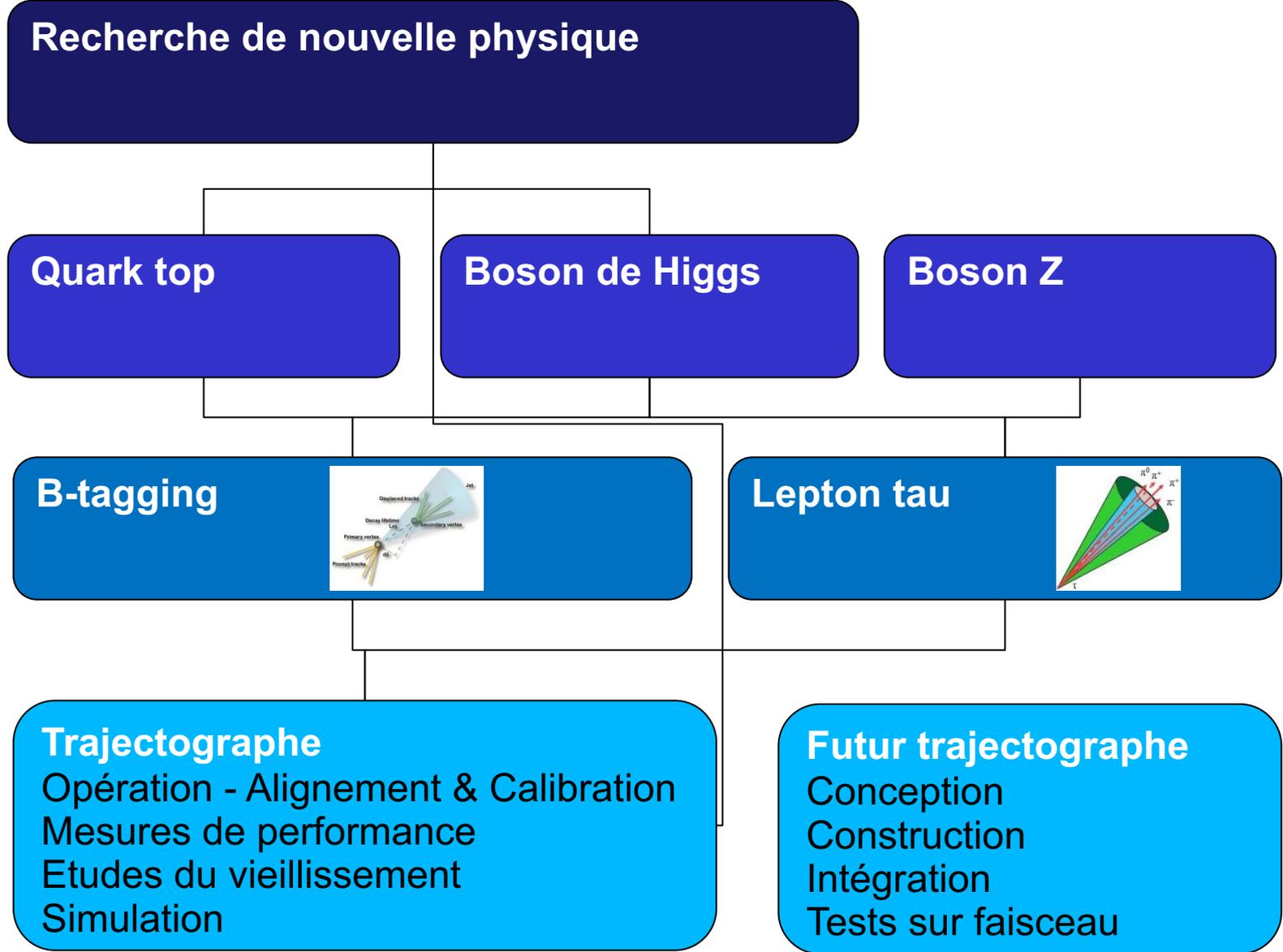
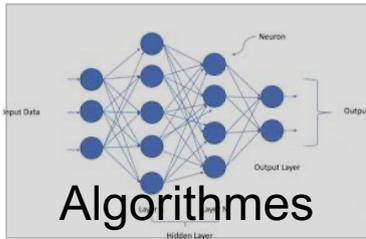
- SMA – DAQ/Intégration
- STM – Mécanique
- STI/SCIGNE – Grille
- CYRCé – test/faisceau - irradiation



Enseignants/Chercheurs

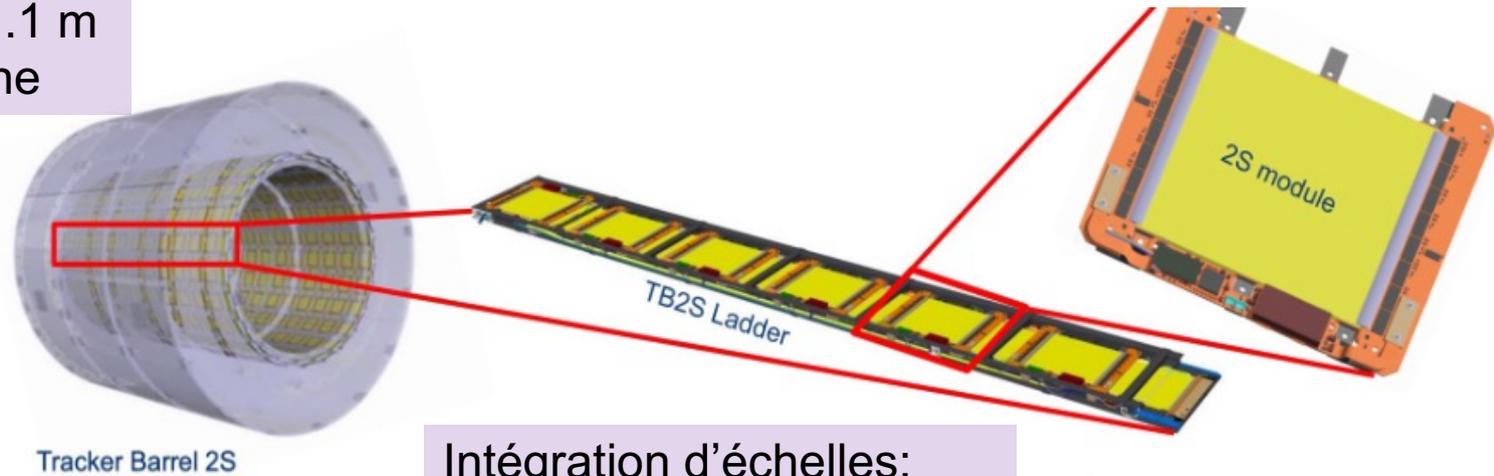


Activités scientifiques - CMS@IPHC

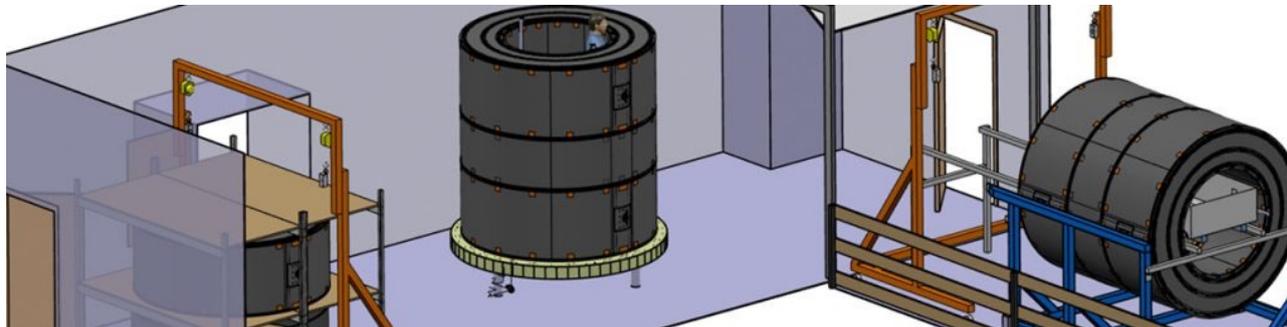


Instrumentation: trajectographe

L = 2.4 m – r = 1.1 m
Fibres de carbone

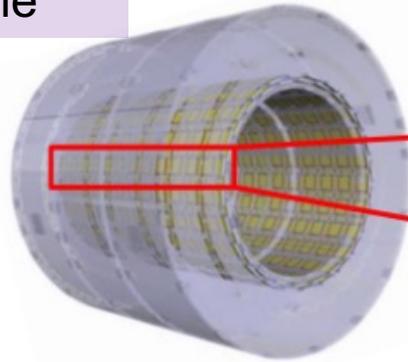


- Intégration d'échelles:
- 410 échelles
 - 12 modules / échelle



Instrumentation: trajectographe

L = 2.4 m – r = 1.1 m
Fibres de carbone

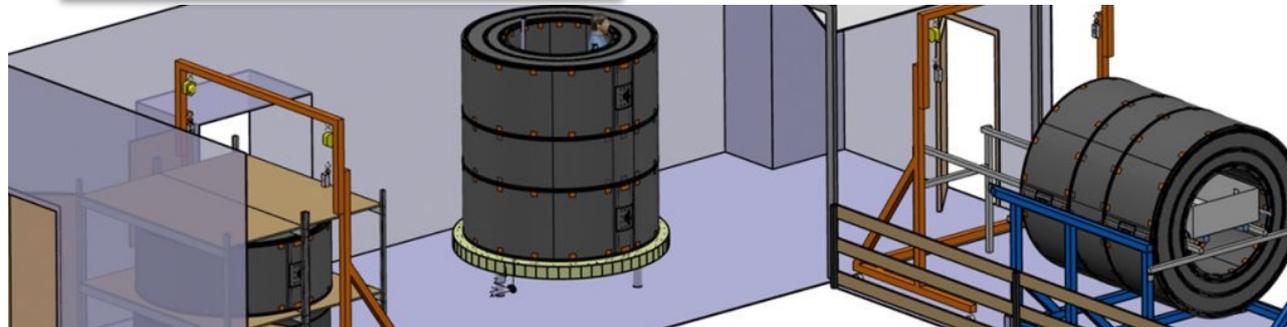
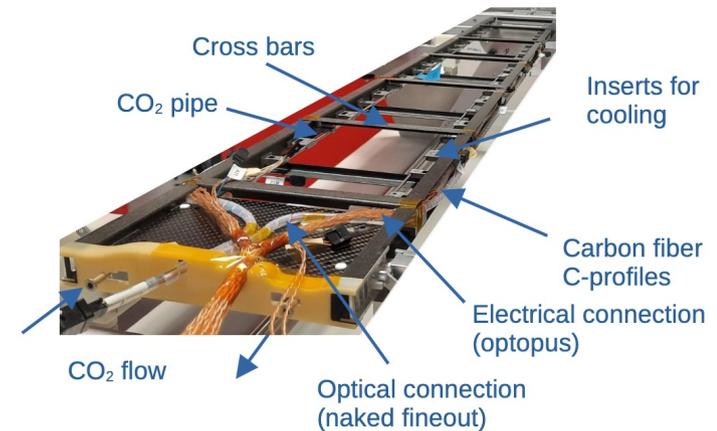
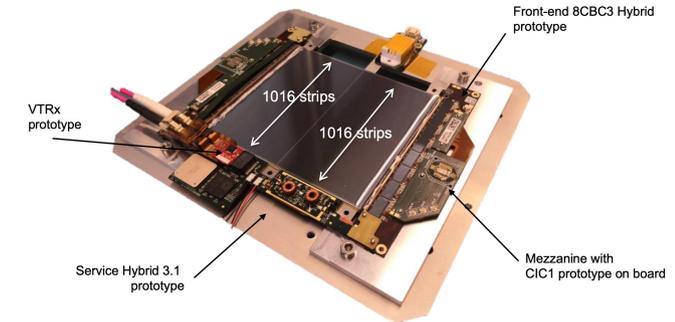


Tracker Barrel 2S



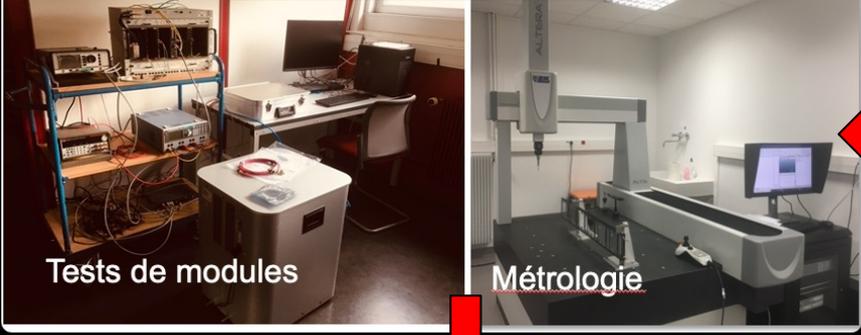
Intégration d'échelles:

- 410 échelles
- 12 modules / échelle



Intégration

Reception test



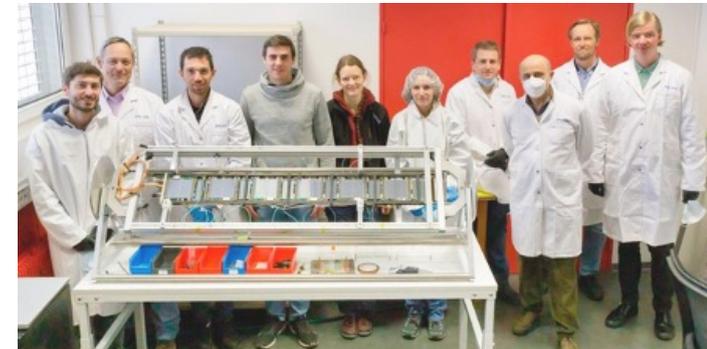
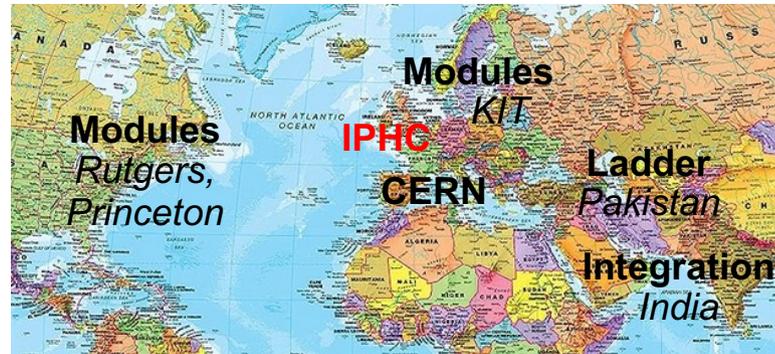
Stockage



Batiment 30



Intégration



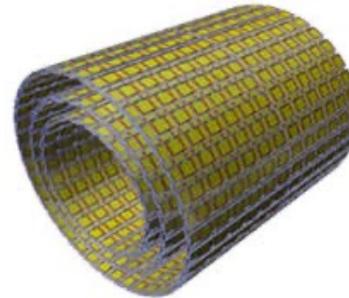
Test d'échelles



Transport



Insertion@CERN



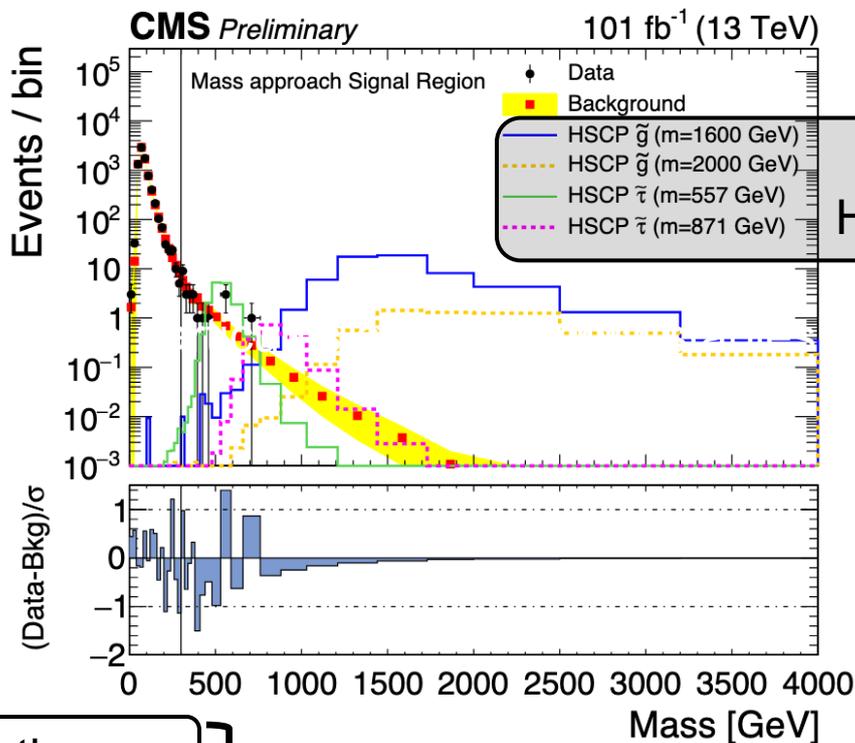
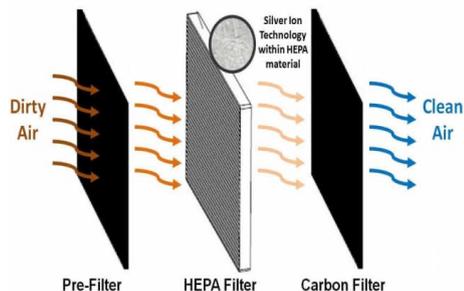


Recherche de particules chargées méta-stables

Recherche **générique** qui couvre plusieurs hypothèses/modèles théoriques

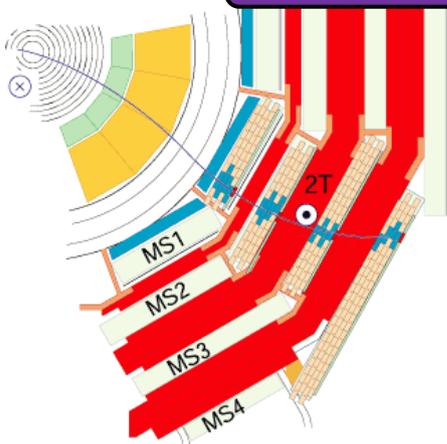
Signature expérimentale: **trace isolée**, **énergétique** à un fort signal d'**ionisation**

Sélection des données



Signaux
Hypothétiques

Reconstruction



Ionisation

Courbure

Masse

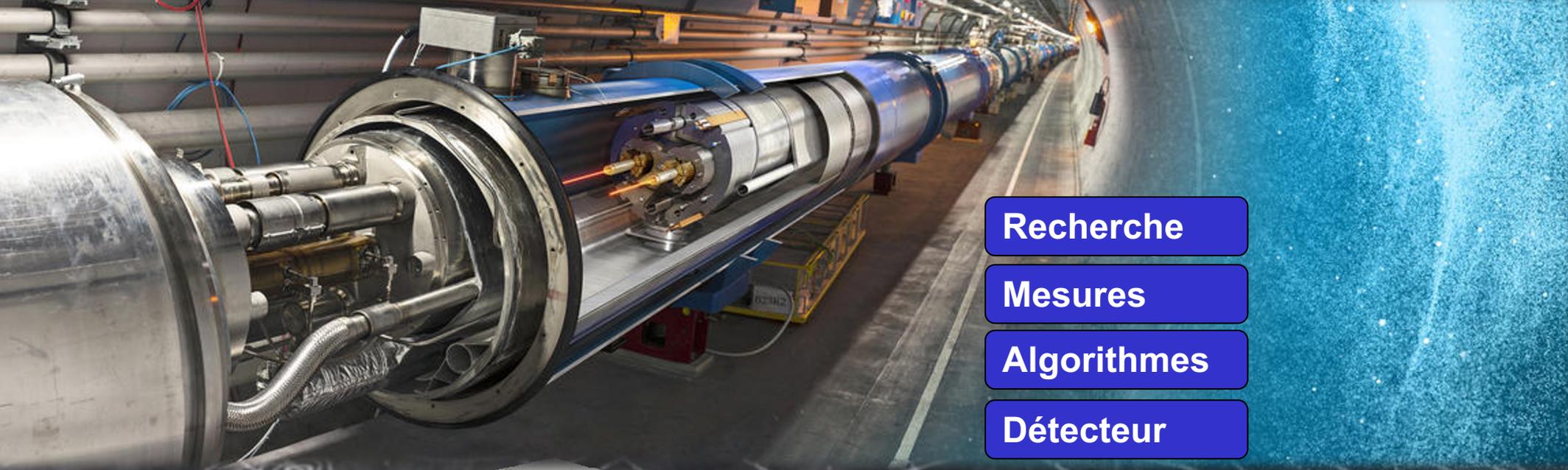
Test d'hypothèse

Pas de découverte ...

→ contraintes sur les modèles théoriques

2016: masse(stau) > 360 GeV

2024: masse(stau) > 730 GeV

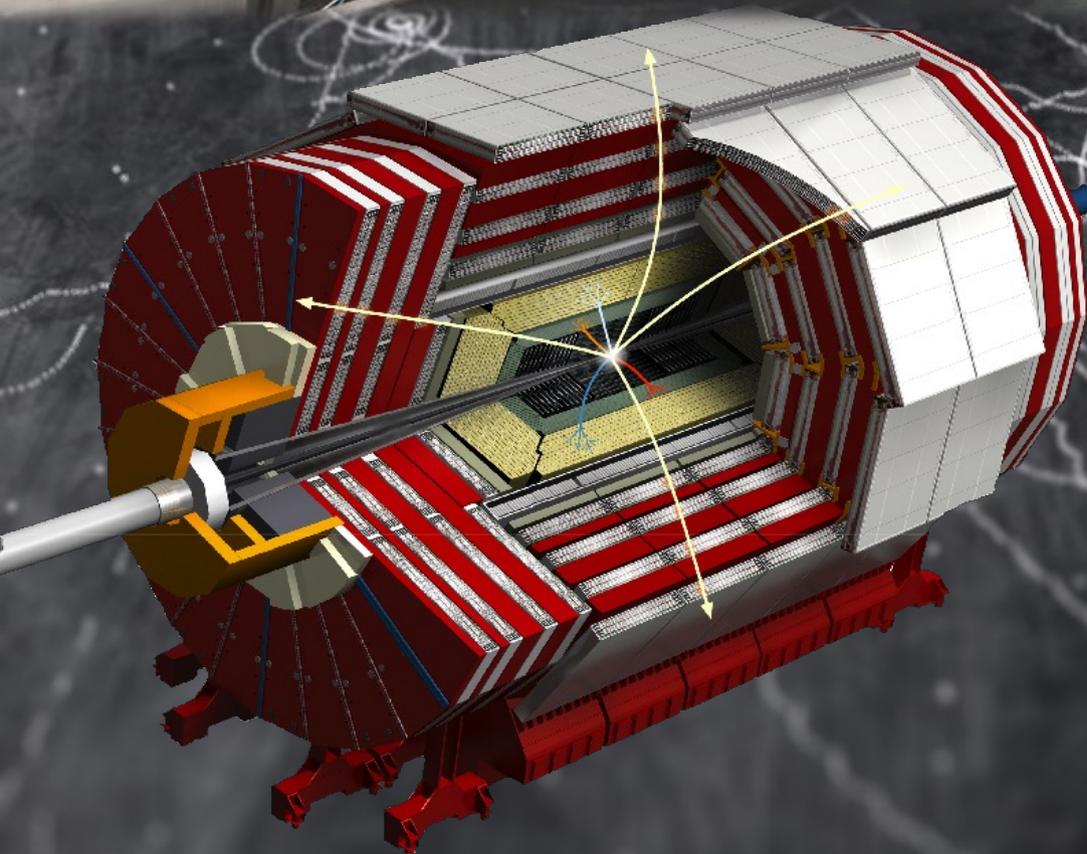


Recherche

Mesures

Algorithmes

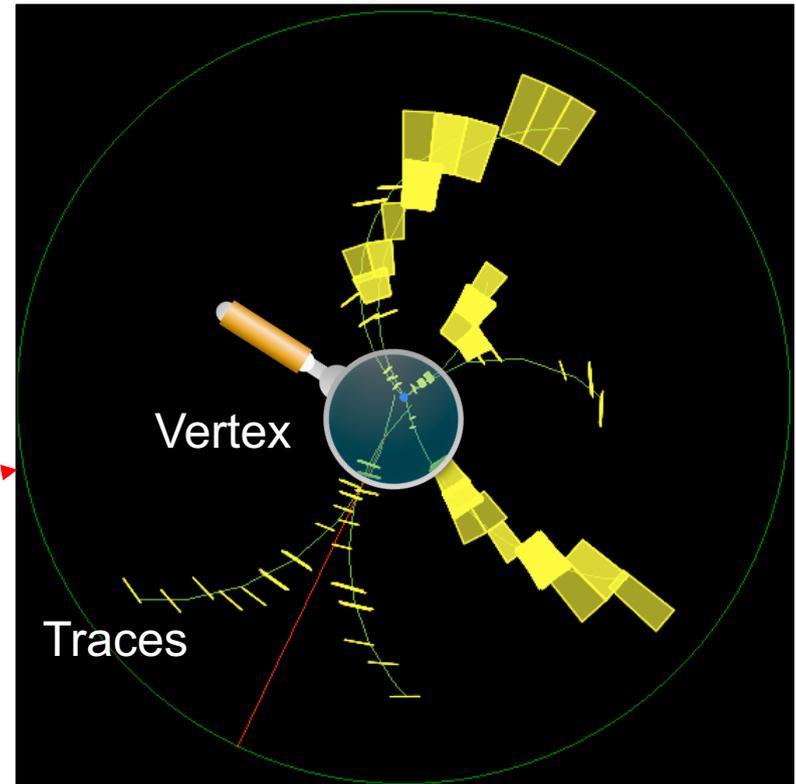
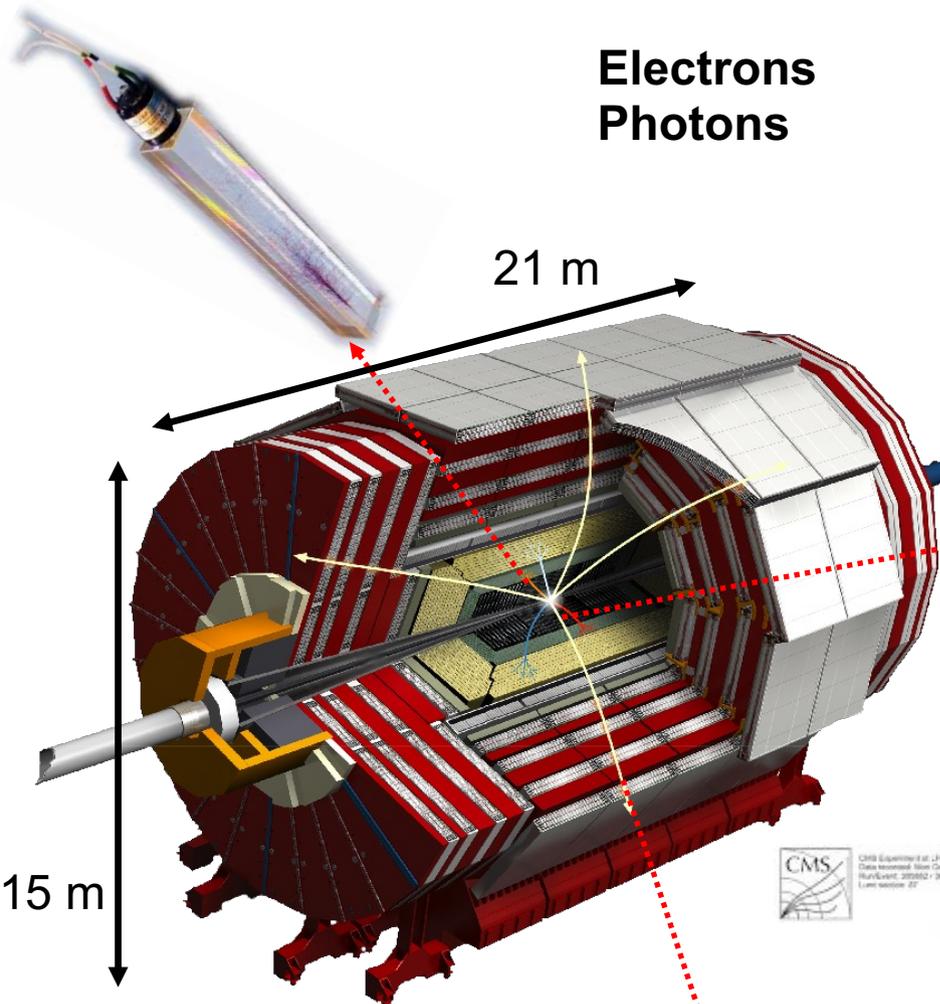
Détecteur



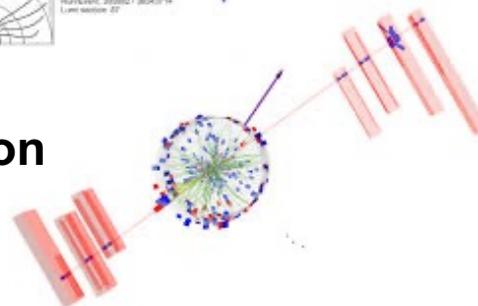
Futur:

- Données du run 3 à analyser
- Détecteur à construire/opérer/exploiter
- Nouveaux processus accessibles
- Nouvelles idées à tester

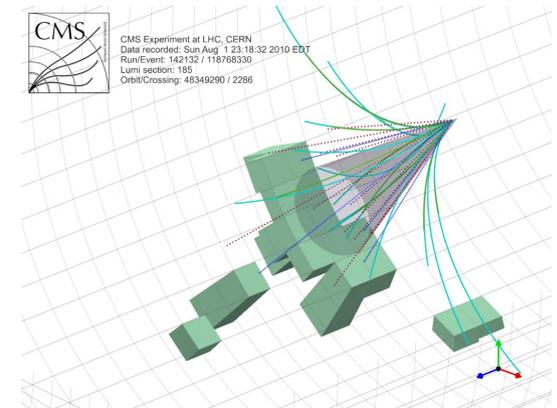
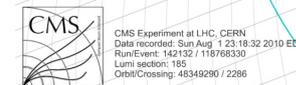
L'expérience



Muon



Jets



Particules issues de la collisions:

- identification
- cinématiques

Qu'est-ce qui s'est produit ?
Particule lourde, massive, instable ?

