



Présentation du groupe CMS

Anne-Catherine Le Bihan
Eric Conte
pour le groupe CMS

D'après la (future !) présentation de Xavier Coubez au meeting SHARE de mardi 11/10 !

IPHC

Institut Pluridisciplinaire
Hubert CURIEN
STRASBOURG

octobre 2016



IN2P3
Les deux infinis

Plan

1. Le groupe CMS à l'IPHC
2. Implications du groupe dans CMS
3. Les sujets de thèse et de stage

Le groupe CMS à l'IPHC

13 permanents, 3 doctorants

Jeremy Andrea



Pierre Van Hove



Jean-Charles Fontaine



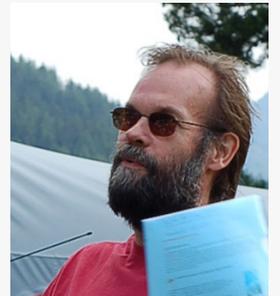
Caroline Collard



Daniel Bloch



Ulrich Goerlach



Eric Chabert



Anne-Catherine Le Bihan



Denis Gelé



Jean-Marie Brom



Eric Conte



Jean-Laurent Agram



Nicolas Tonon



Xavier Coubez



Nicolas Chanon



Marketa Jansova



Le LHC (Large Hadron Collider)

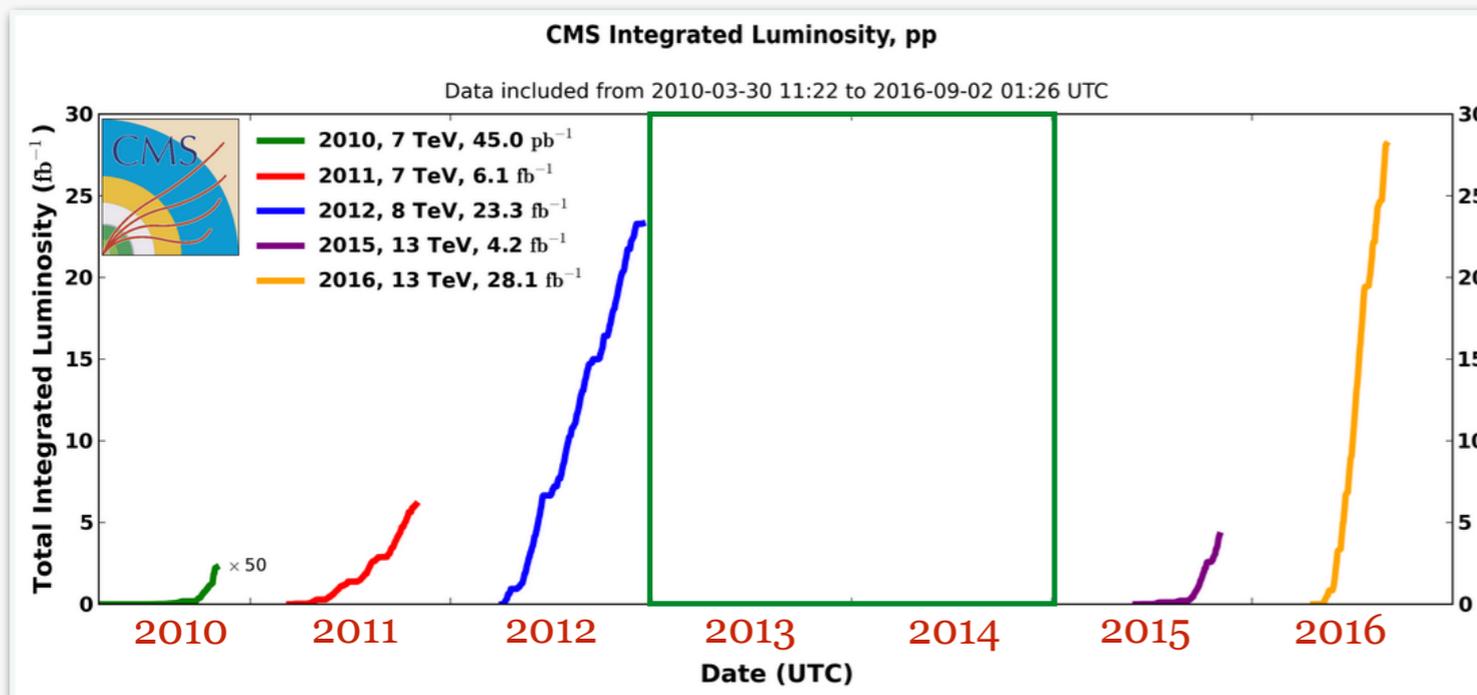
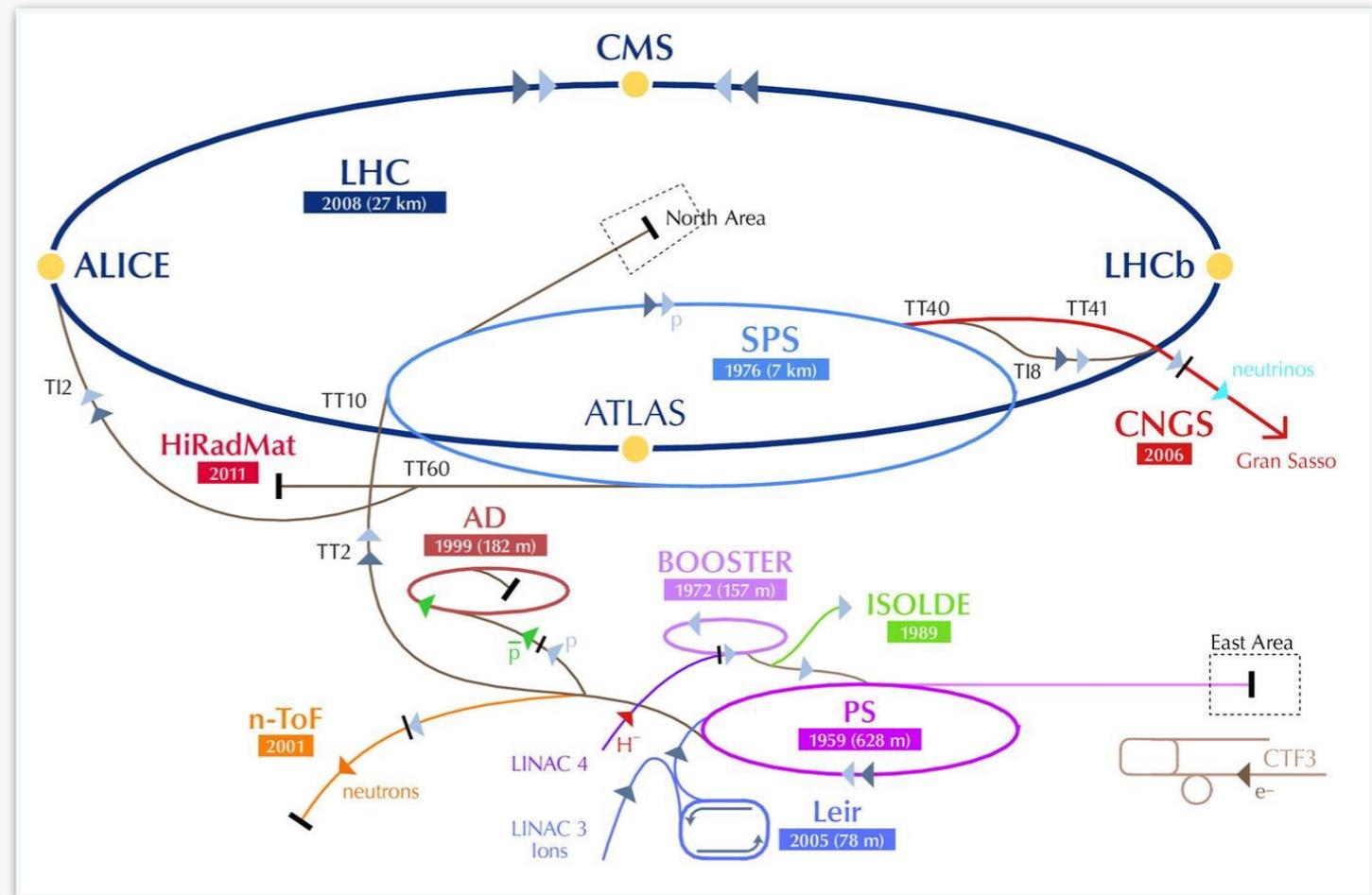
Run I 2009-2012

7 puis 8 TeV

~20 fb⁻¹ (dans CMS)

! découverte du boson de Higgs

Arrêt technique 2013-2015



Run II 2015-2018

13 TeV

luminosité ~ 10³⁴ cm⁻².s⁻¹

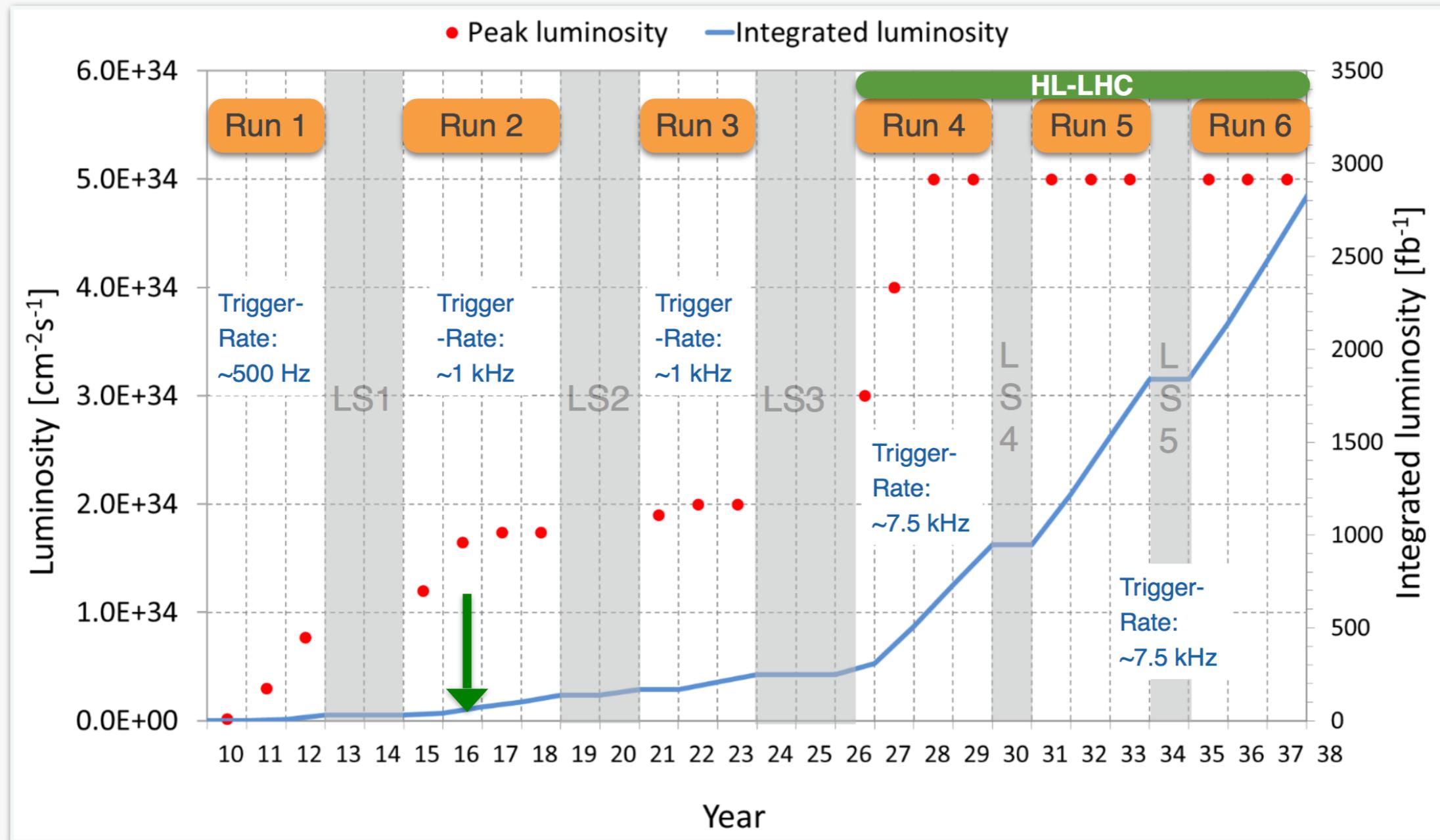
empilement ~20-40

~40 fb⁻¹ en 2016

>100 fb⁻¹ attendus au Run II

$$L = (N1 \times N2 \times n_{\text{paquets}} \times f) / \sigma^*$$

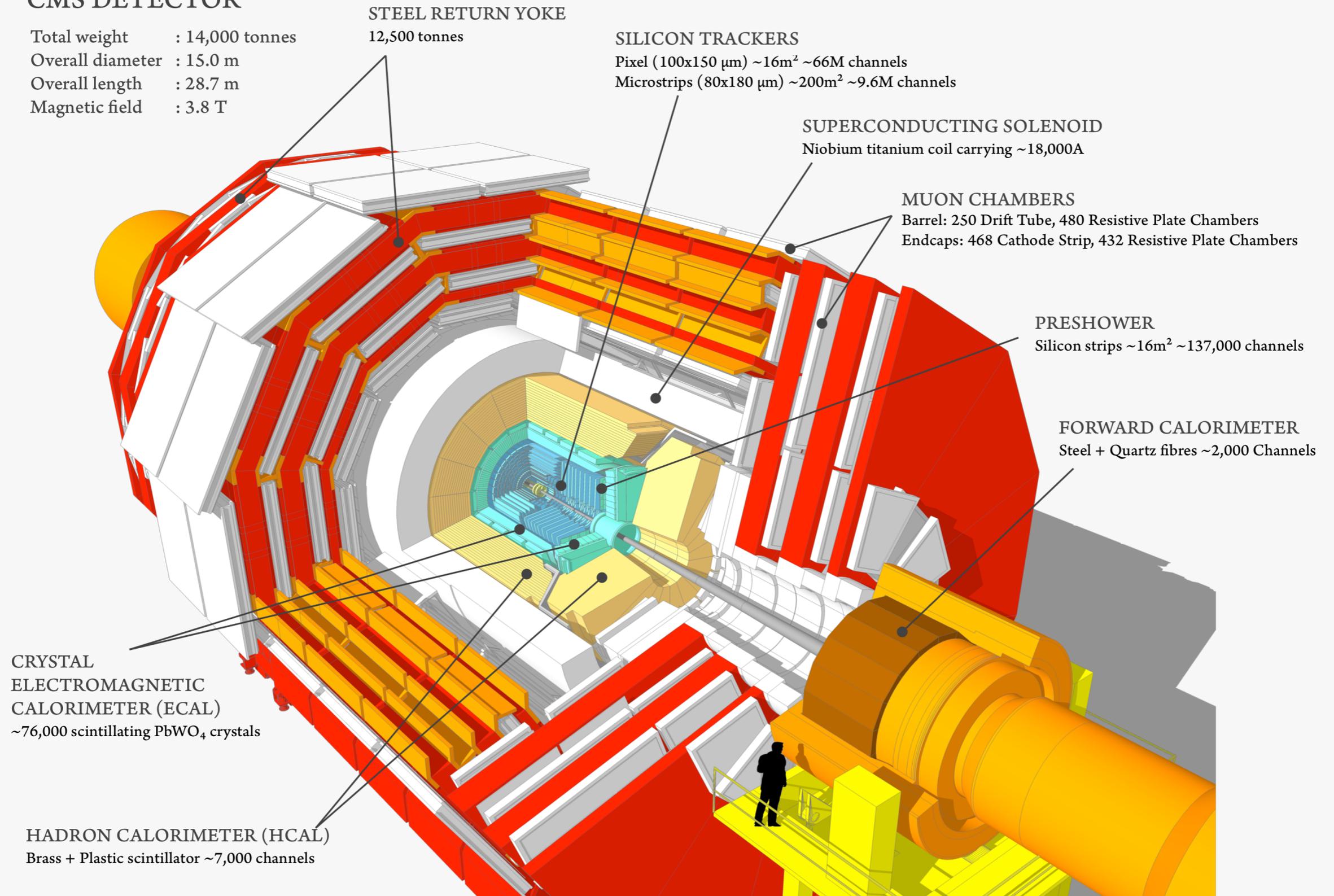
La physique au LHC n'en est qu'à ses débuts !



L'expérience CMS (Compact Muon Solenoid)

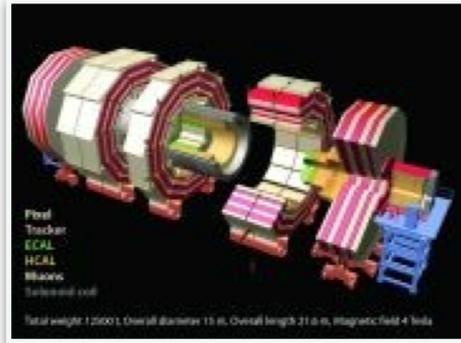
CMS DETECTOR

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

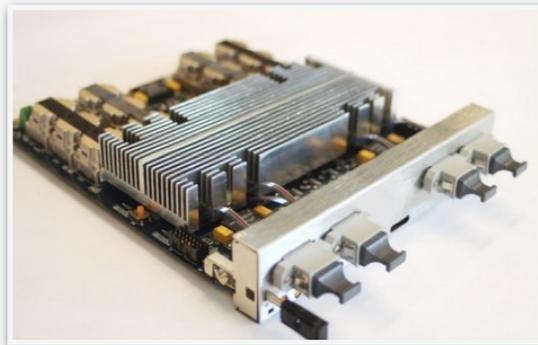


Systeme de déclenchement

Stratégie dans CMS



L1 ↓ 40 MHz



hardware

HLT ↓ 100 kHz



software

↓ 1 kHz

STOCKAGE

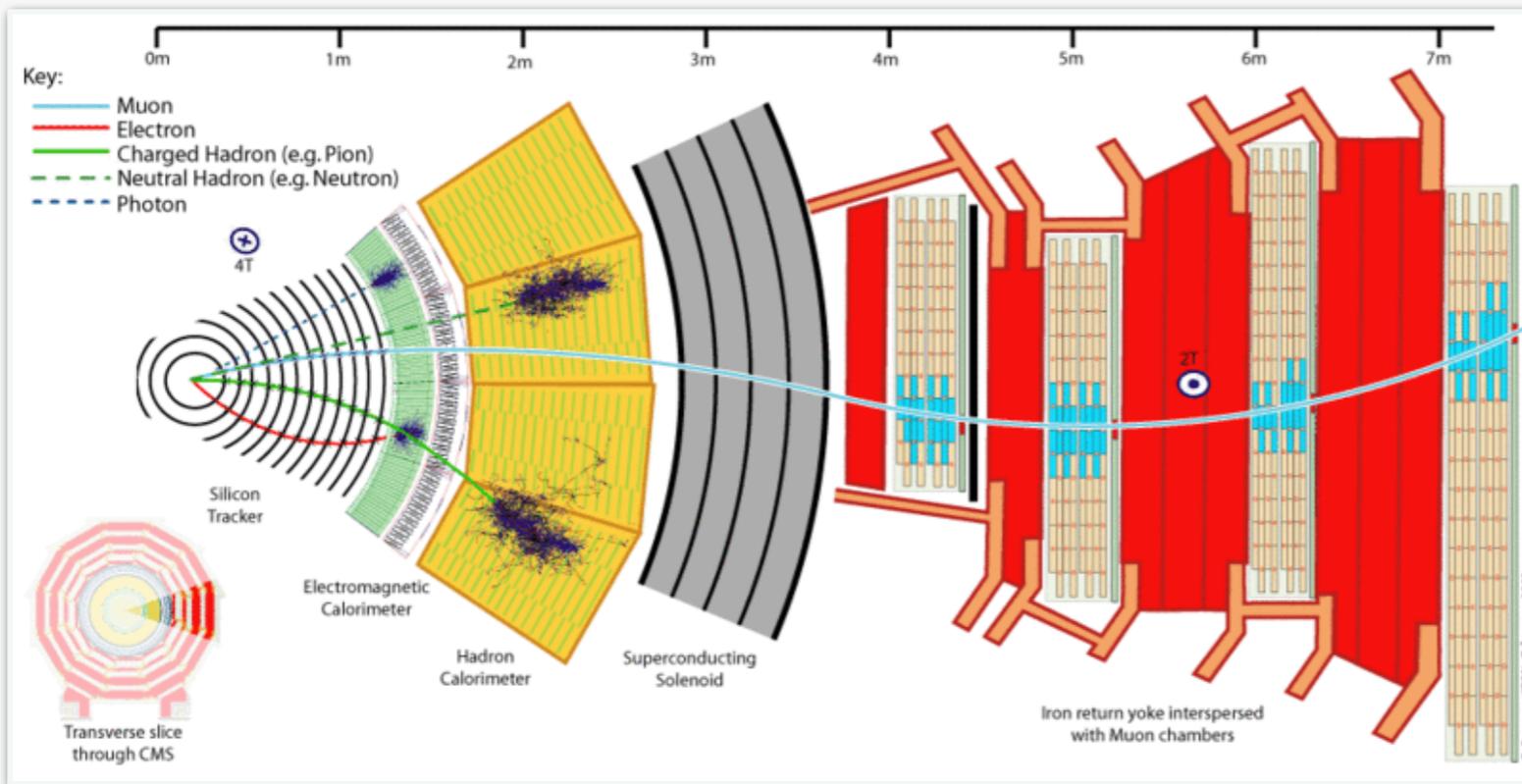
Algorithmes tournant en parallèle

Succession d'étapes

- production
- filtre

*Responsabilité b-tagging
X. Coubez, ...*

Détection, reconstruction des particules

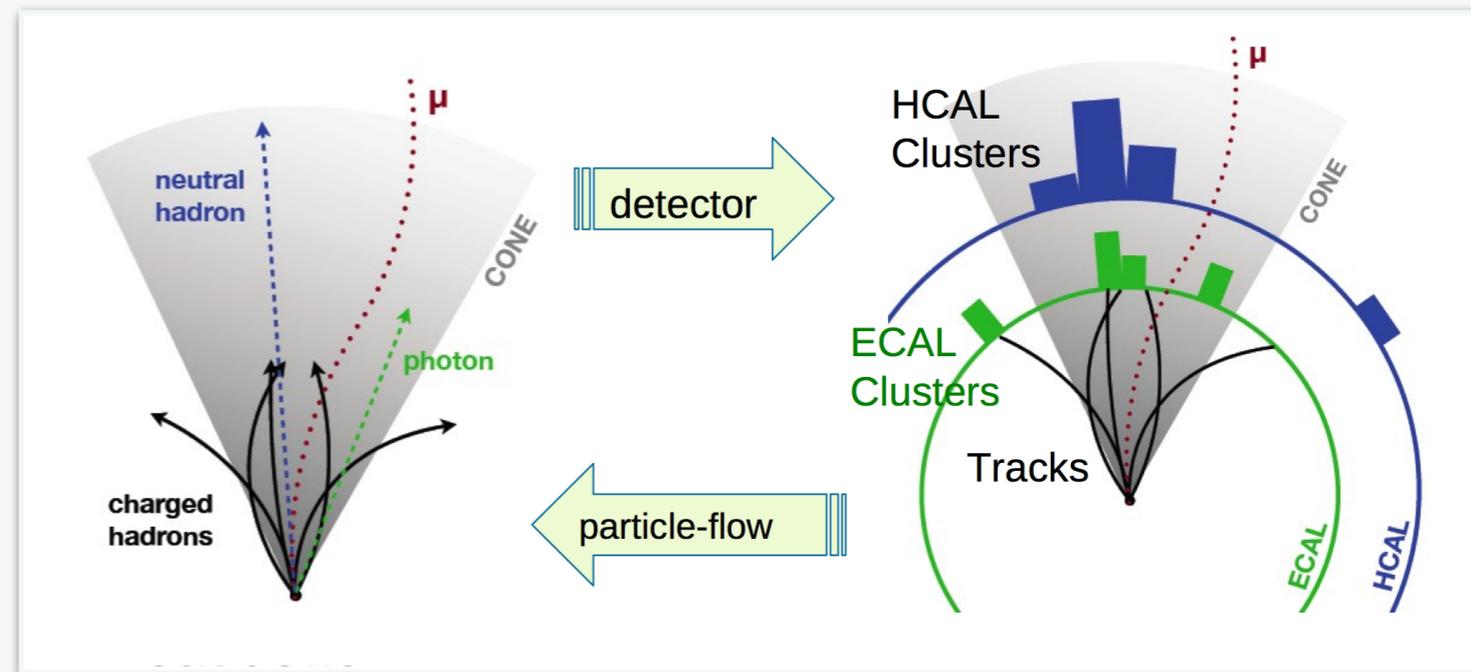


Définitions:

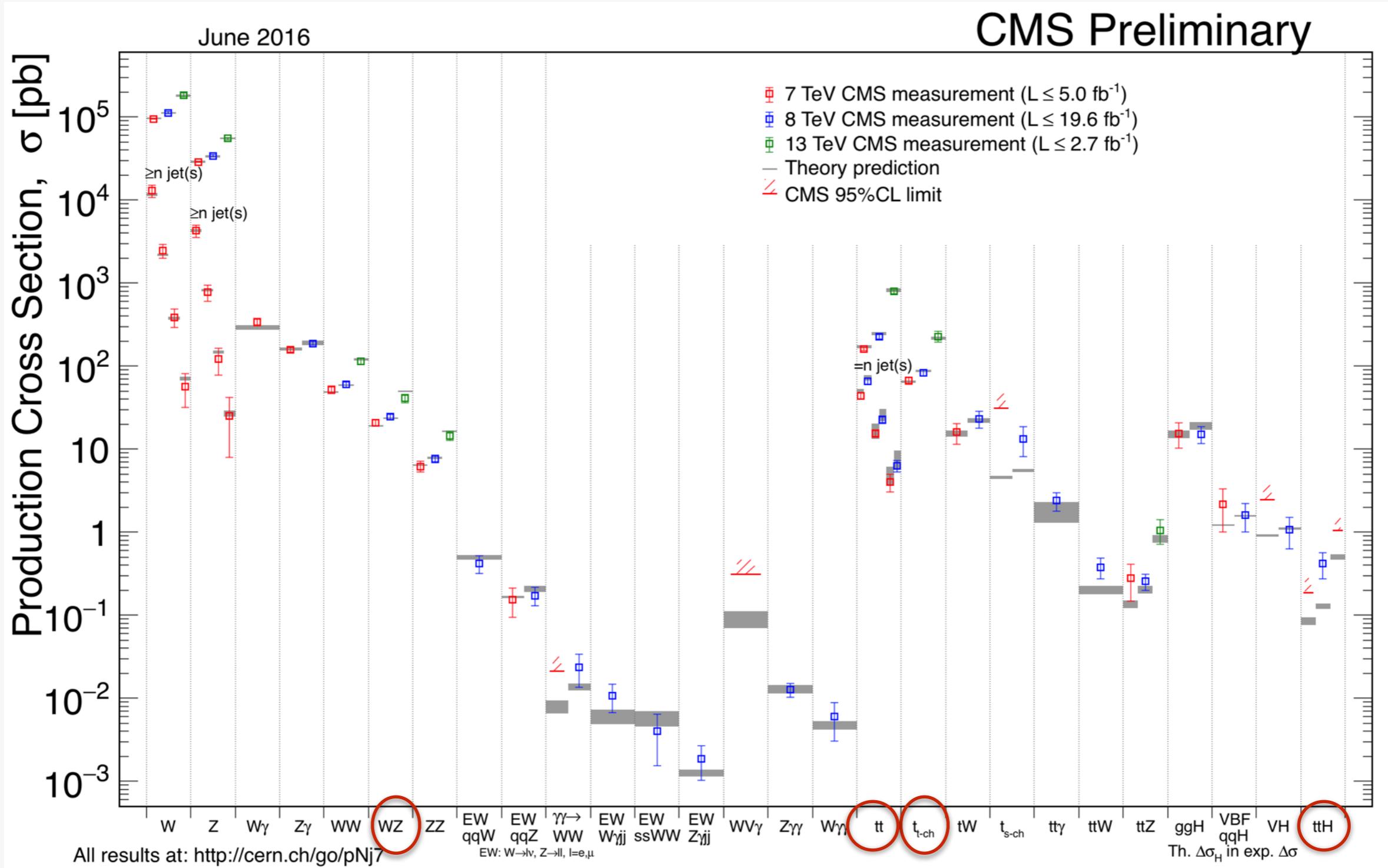
- impulsion transverse p_T
- énergie tranverse manquante E_T^{miss}
- pseudorapidité η
- jets

Reconstruction des particules:

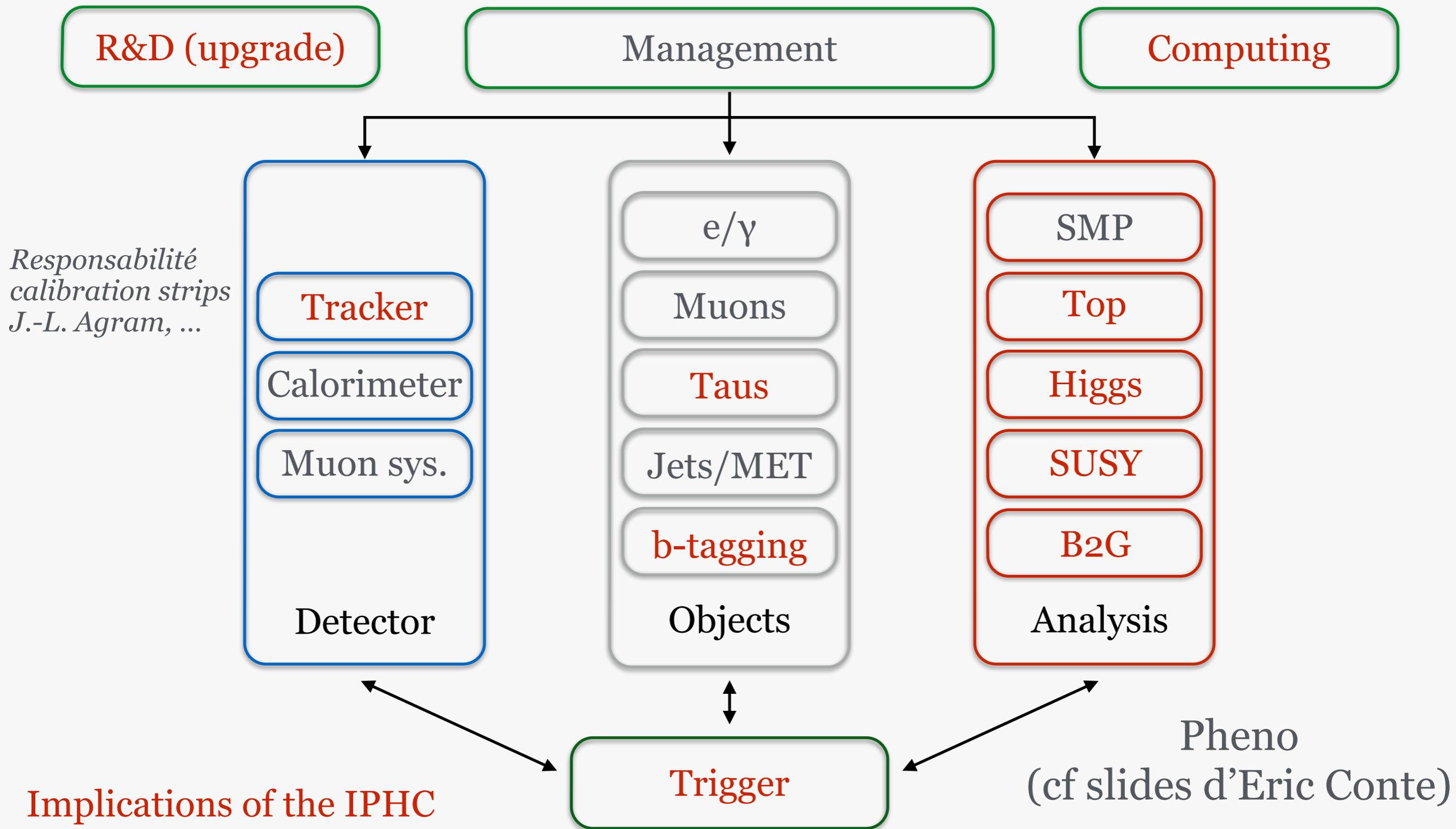
- trajectographie
- calorimétrie
- flux de particules



Comparaison mesures expérimentales / théorie Modèle Standard

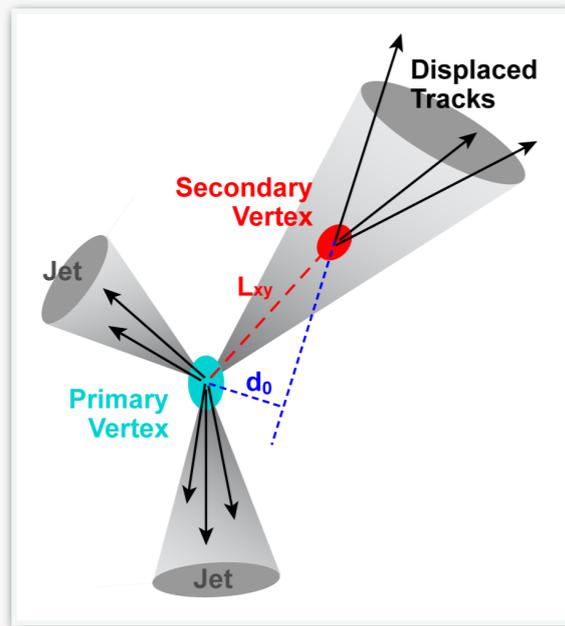


Organigram of CMS and interplay between groups



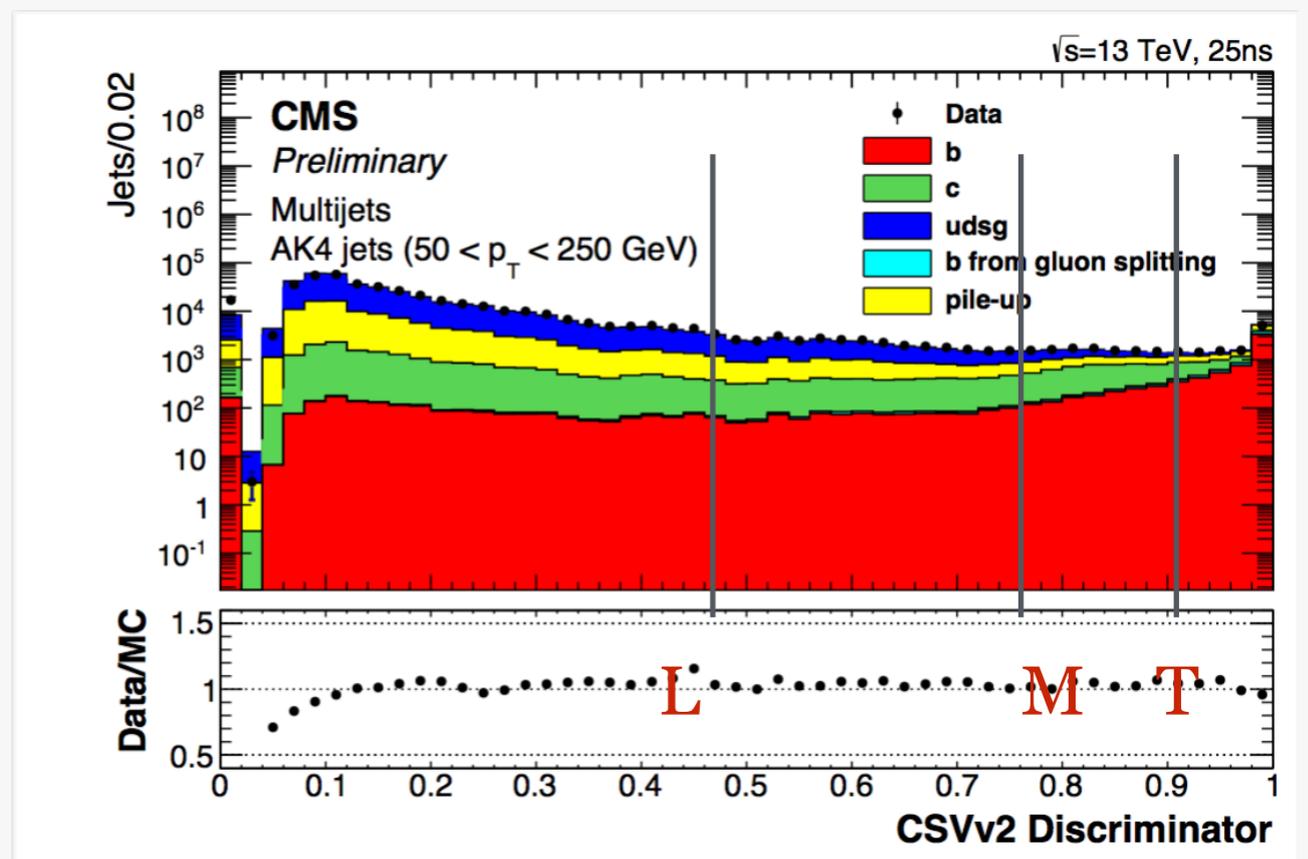
Objets

Le *b*-tagging



- Propriétés des jets contenant des hadrons *b*:
- masse élevée (5 GeV)
 - long temps de vie (1.5 ps)
 - grand $\gamma c\tau$ (qq mm)
 - grand nombre de particules chargées par désintégration
 - *désintégration possible en lepton ($b \rightarrow \mu X$ 20%)*

Méthode d'identification :
utilisation d'une méthode multi-variée (réseaux de neurones) qui combine traces (paramètre d'impact) et vertex (distance de vol, ...)

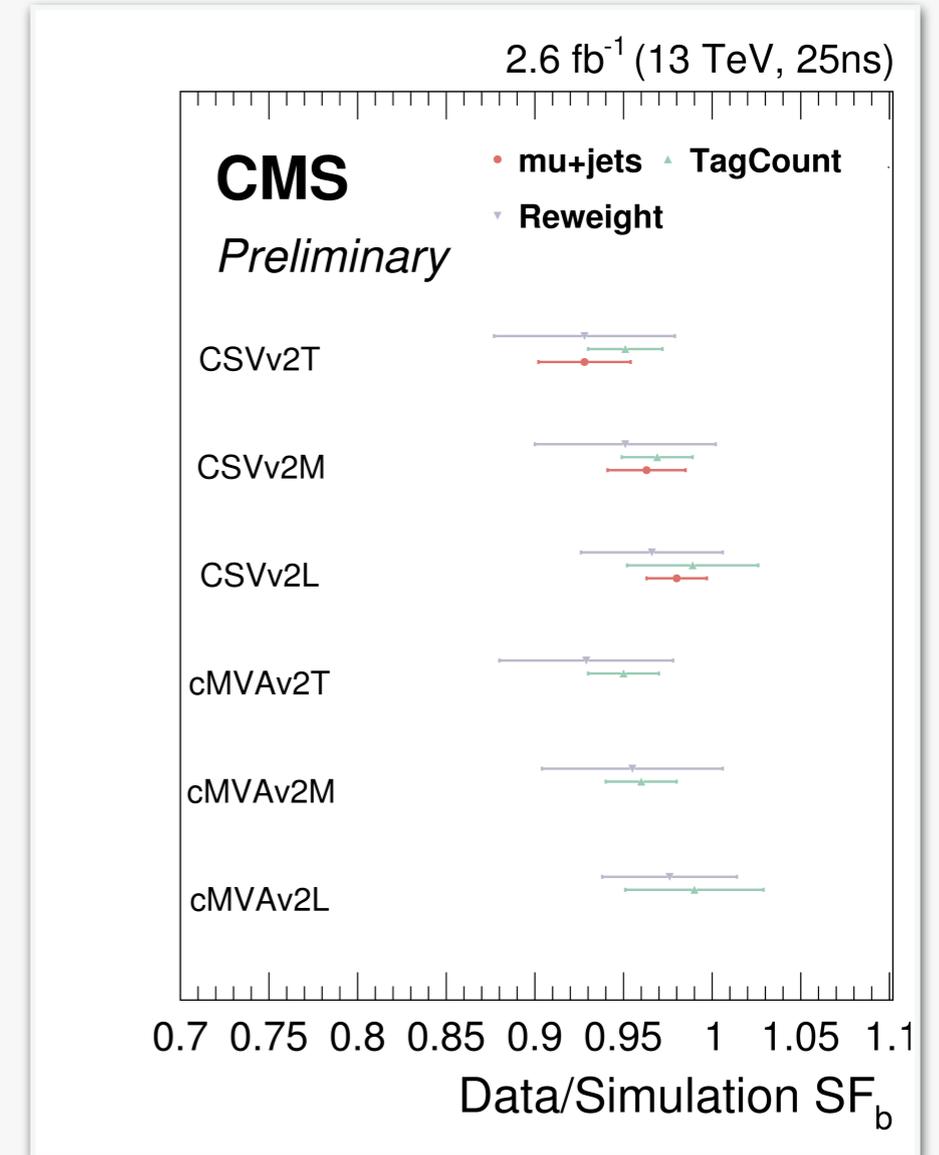
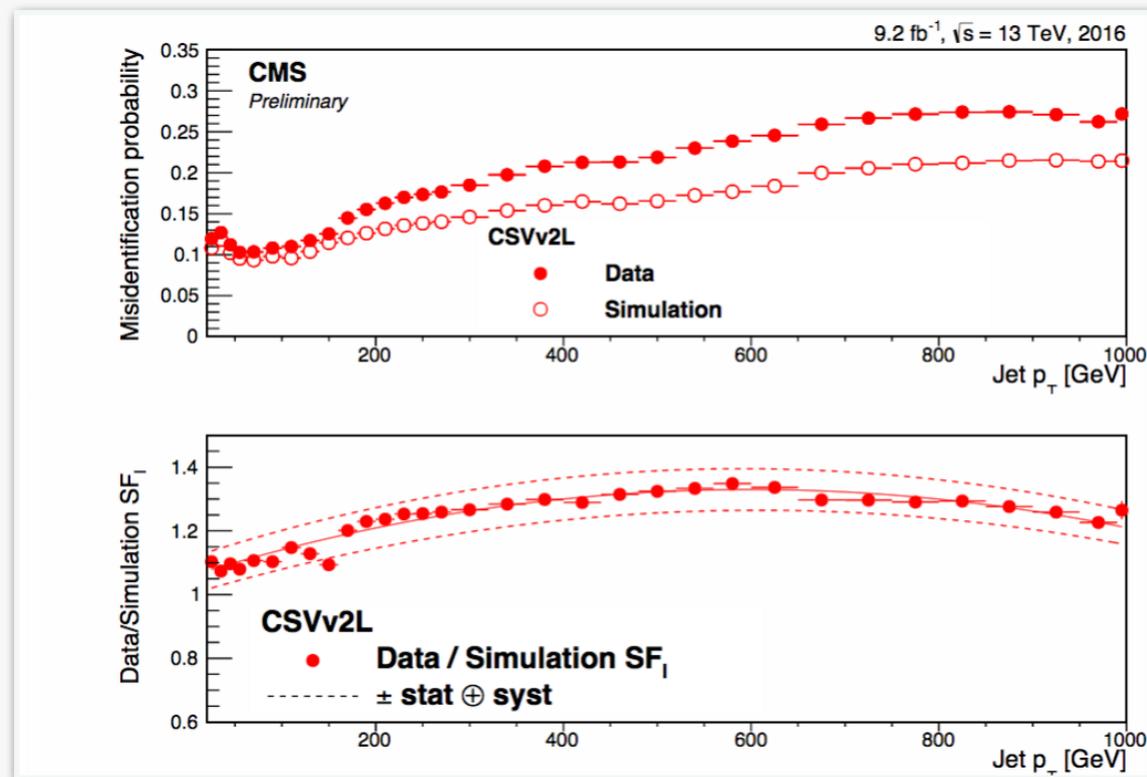


D. Bloch, C. Collard, J. Andrea, X. Coubez

Le b -tagging

Forte implication et expertise de l'IPHC

- développement pour le déclenchement
- validation des observables d'entrées
- calibration d'un des discriminant
- mesure de performances
- préparation des upgrades

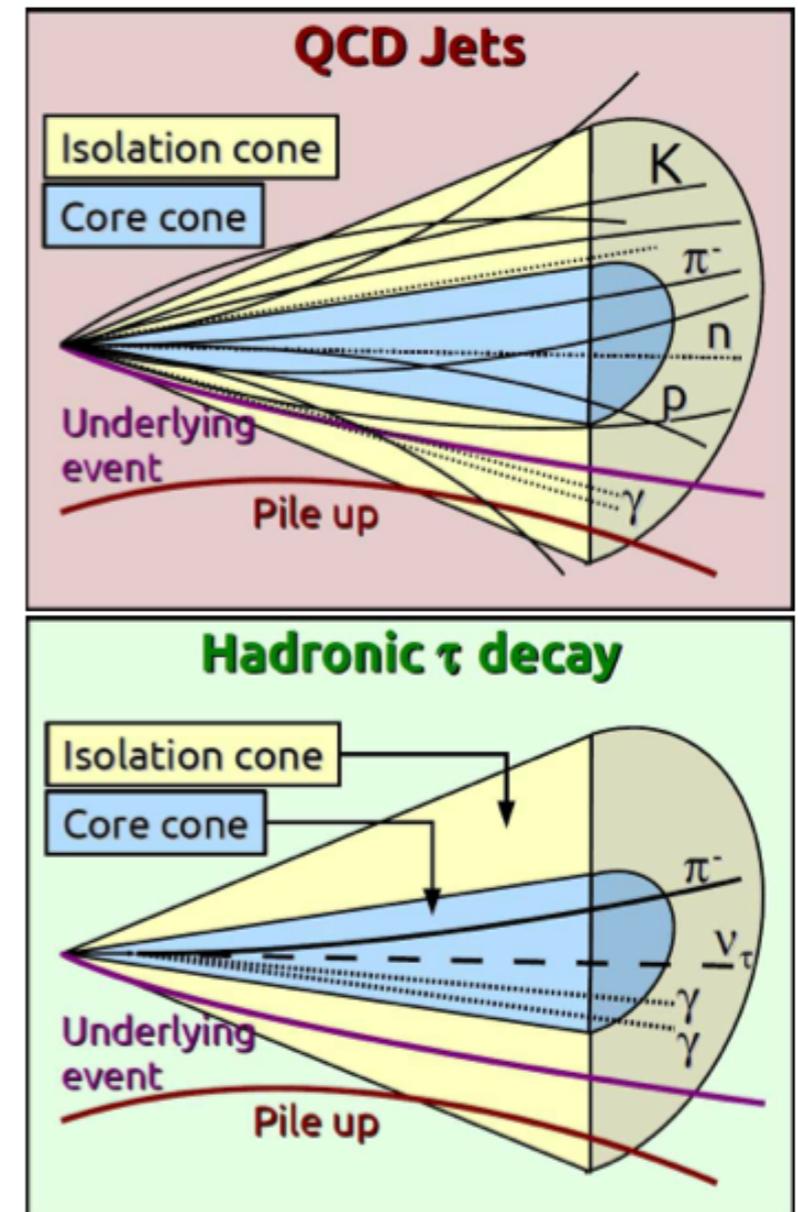


D. Bloch, C. Collard, J. Andrea, X. Coubez

Taus

Introduction

Decay mode	Meson resonance	\mathcal{B} [%]
$\tau^- \rightarrow e^- \bar{\nu}_e \nu_\tau$		17.8
$\tau^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu}_\mu \nu_\tau$		17.4
$\tau^- \rightarrow h^- \nu_\tau$		11.5
$\tau^- \rightarrow h^- \pi^0 \nu_\tau$	$\rho(770)$	26.0
$\tau^- \rightarrow h^- \pi^0 \pi^0 \nu_\tau$	$a_1(1260)$	9.5
$\tau^- \rightarrow h^- h^+ h^- \nu_\tau$	$a_1(1260)$	9.8
$\tau^- \rightarrow h^- h^+ h^- \pi^0 \nu_\tau$		4.8
Other modes with hadrons		3.2
All modes containing hadrons		64.8



Signature expérimentale : jet collimé.

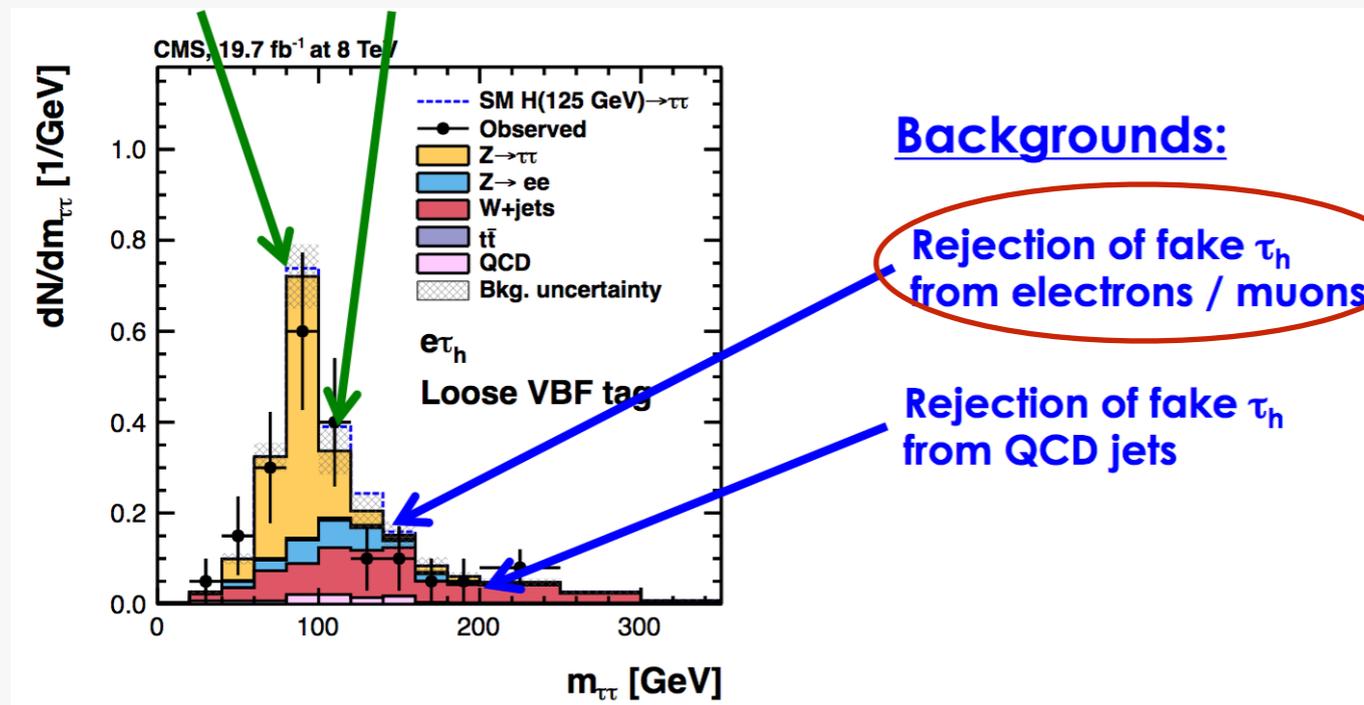
Faible multiplicité (< 3 pions chargés et <2 pions neutres)

Reconstruction des résonances intermédiaires

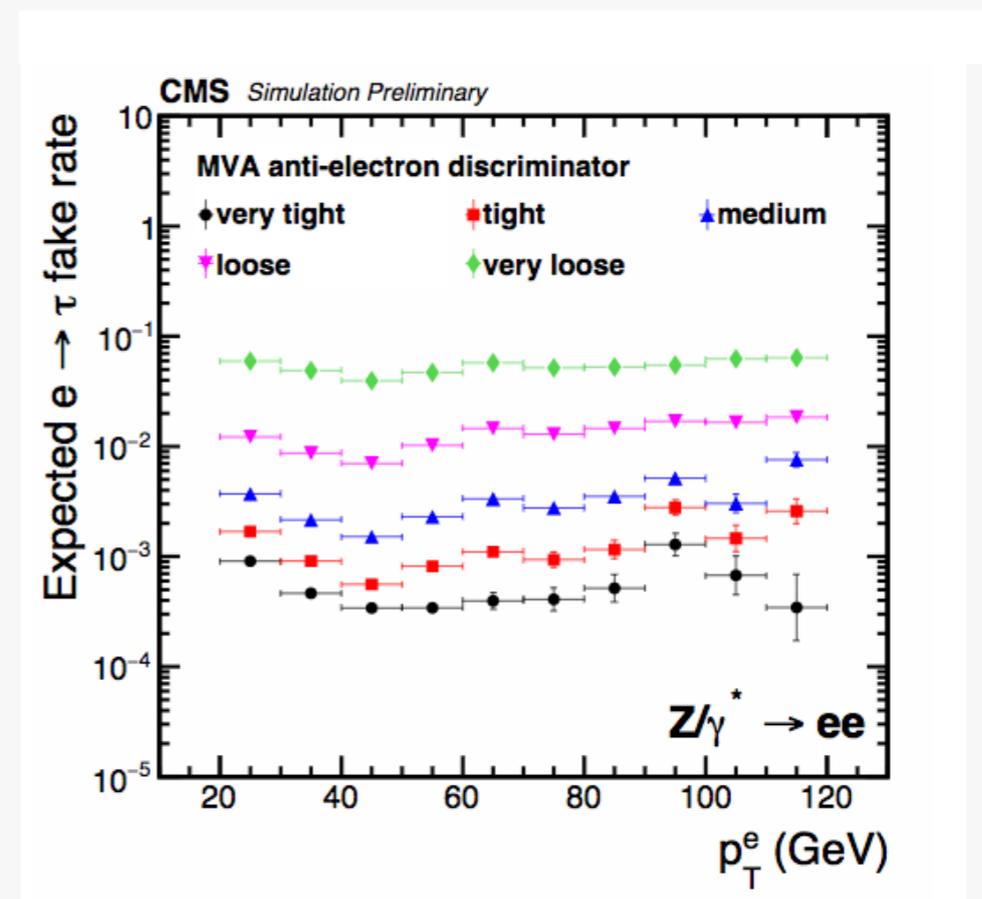
Reconstruction des photons issus des pi0s

Taus

Séparation tau/électron : Méthode multivariée



Performances

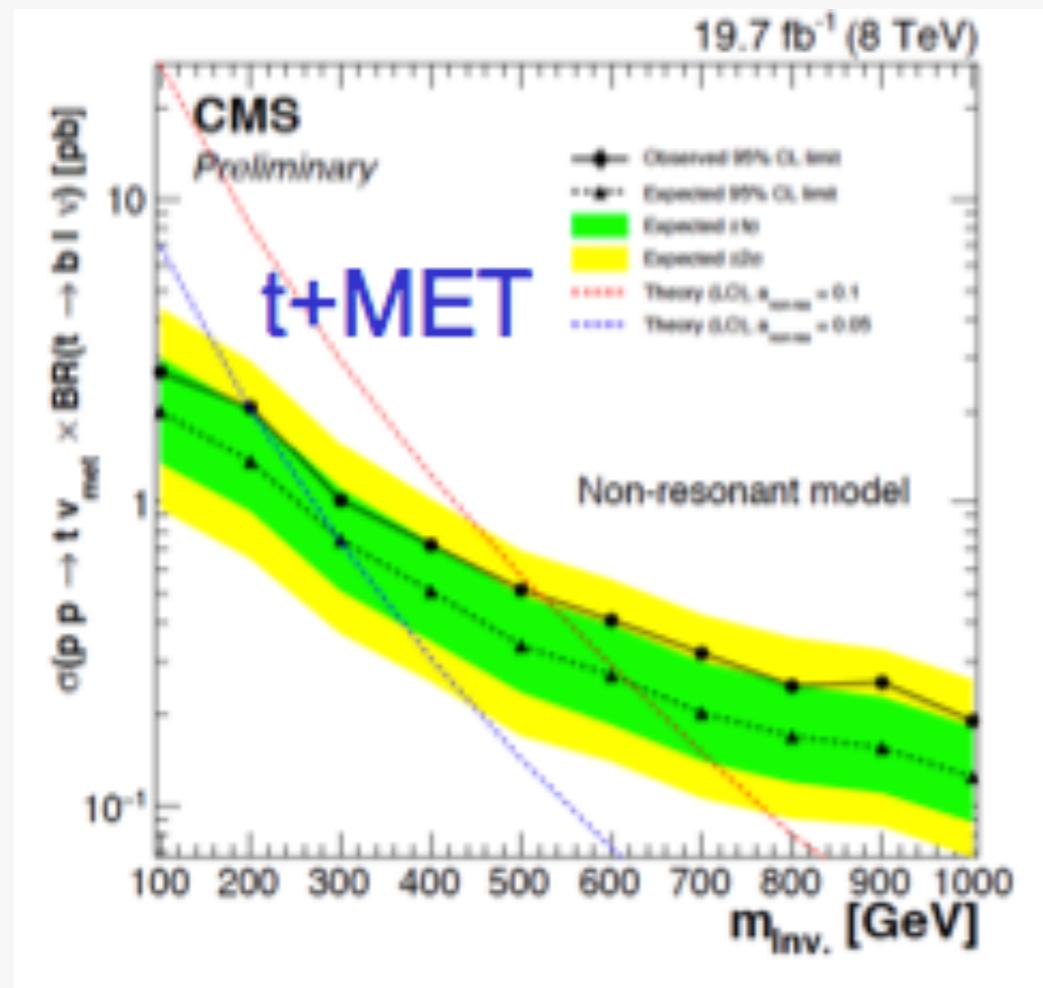


A.-C. Le Bihan

Analyses

Mesures de précision dans le secteur du quark top

Recherche de monotop...



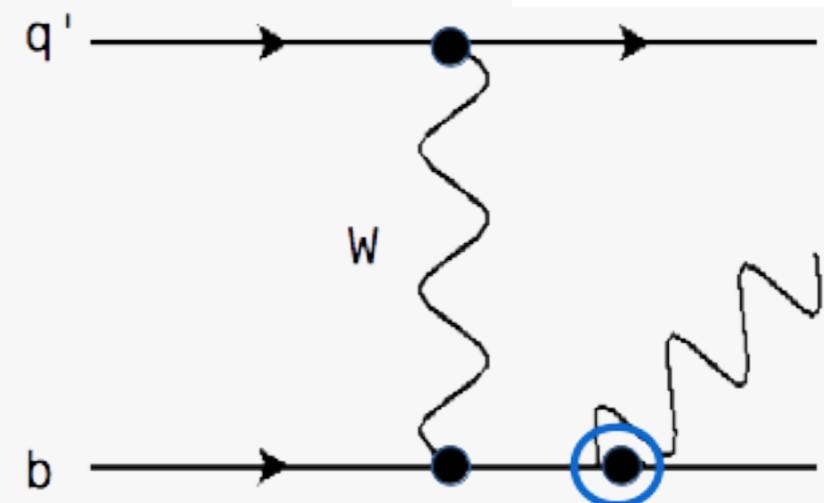
J. Andrea, J.-L. Agram, M. Buttignol...

Recherche de tZq...

Processus **prédit** par le Modèle Standard (MS)

Pas encore observé

Sensible à de la **nouvelle physique**



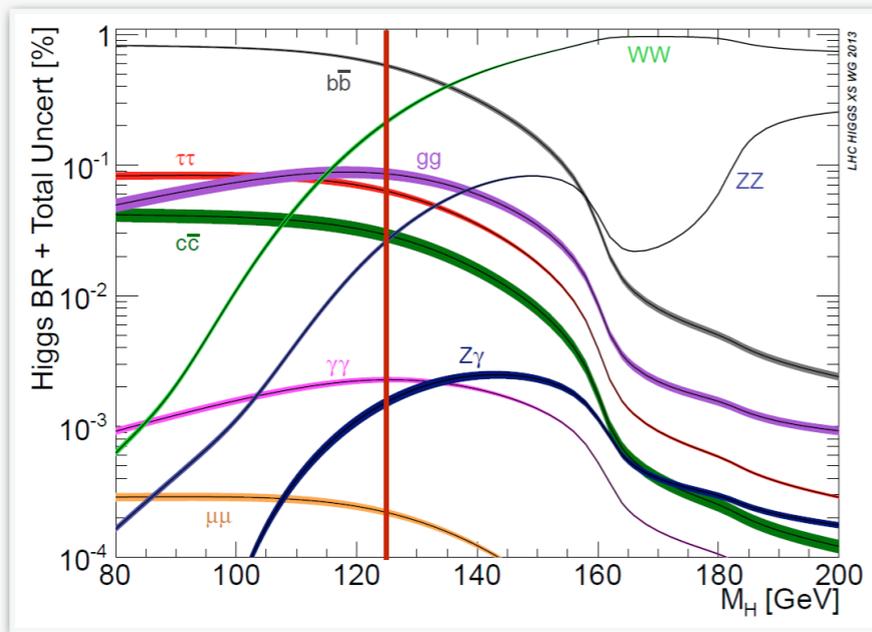
Recherche de tHq

*J. Andrea, N. Chanon,
E. Conte, N. Tonon...*

Etude du couplage du boson de Higgs au quark top

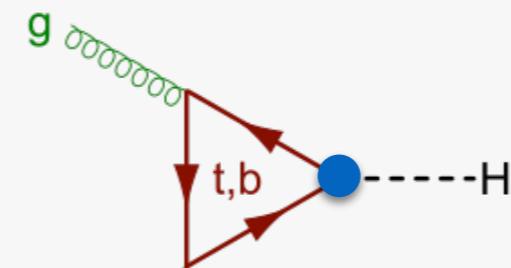
Désintégrations du Higgs (125 GeV)

bb : 58%
 WW^* : 22%
 $\tau\tau$: 6.3%
 ZZ^* : 2.7%



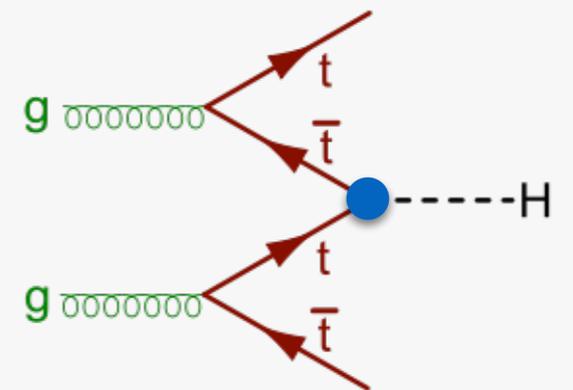
Le boson de Higgs ne se désintègre pas en quarks top !

Le couplage top-Higgs



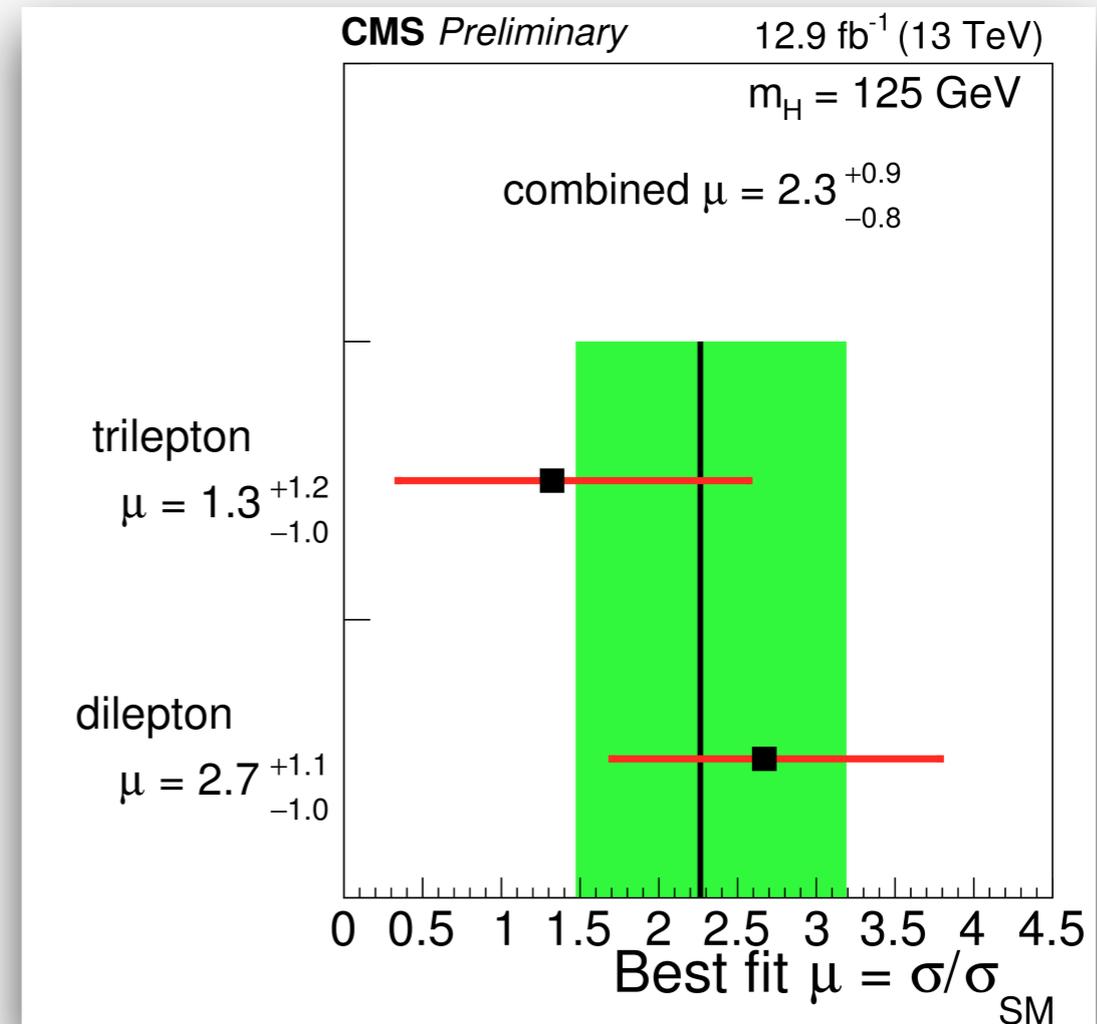
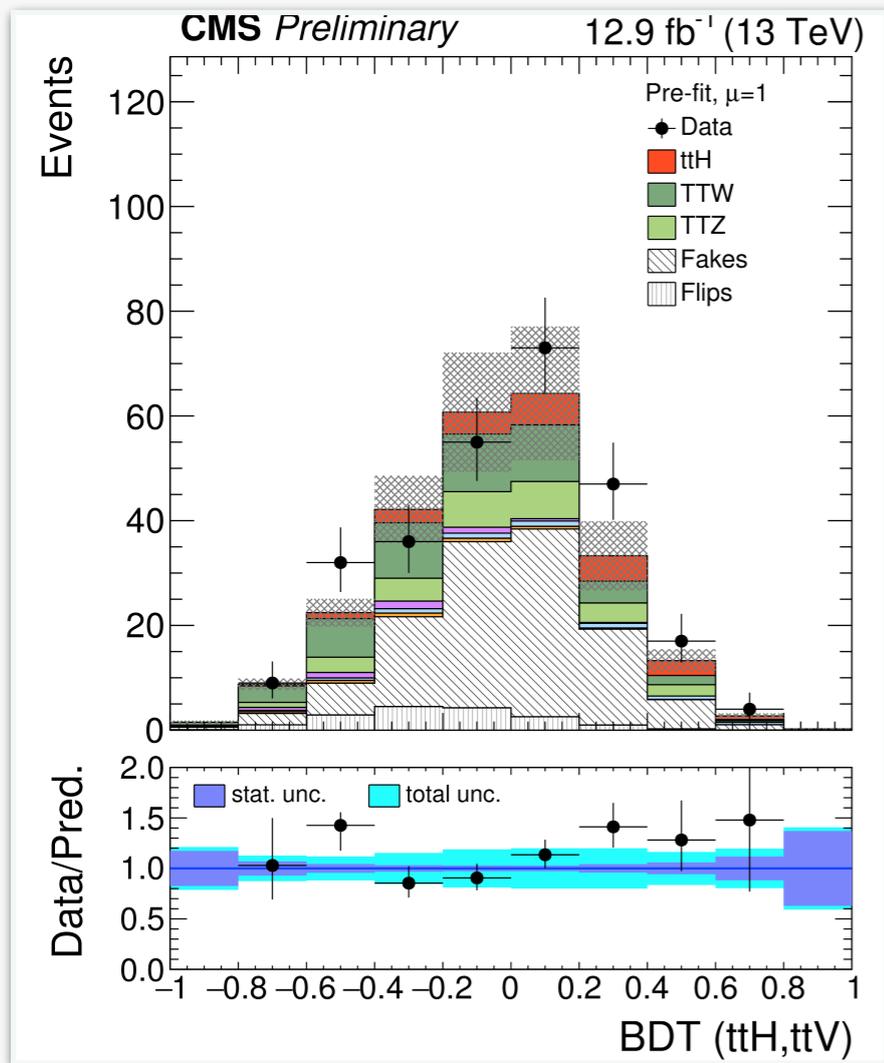
mesure indirecte du couplage

mesure directe du couplage



D. Bloch, N. Chanon, A.-C. Le Bihan, X. Coubez, ...

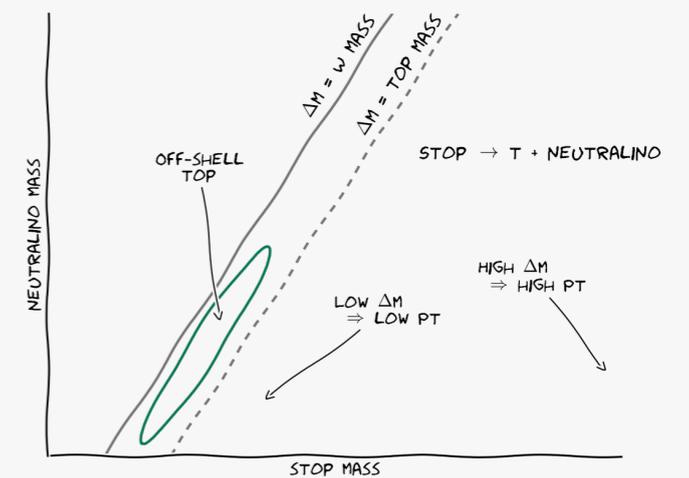
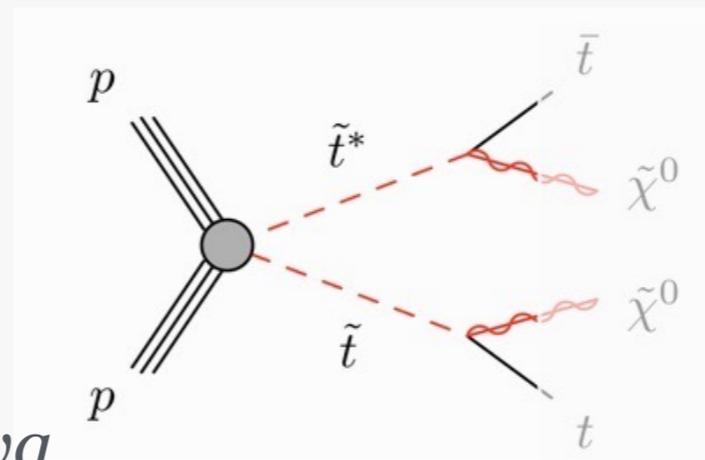
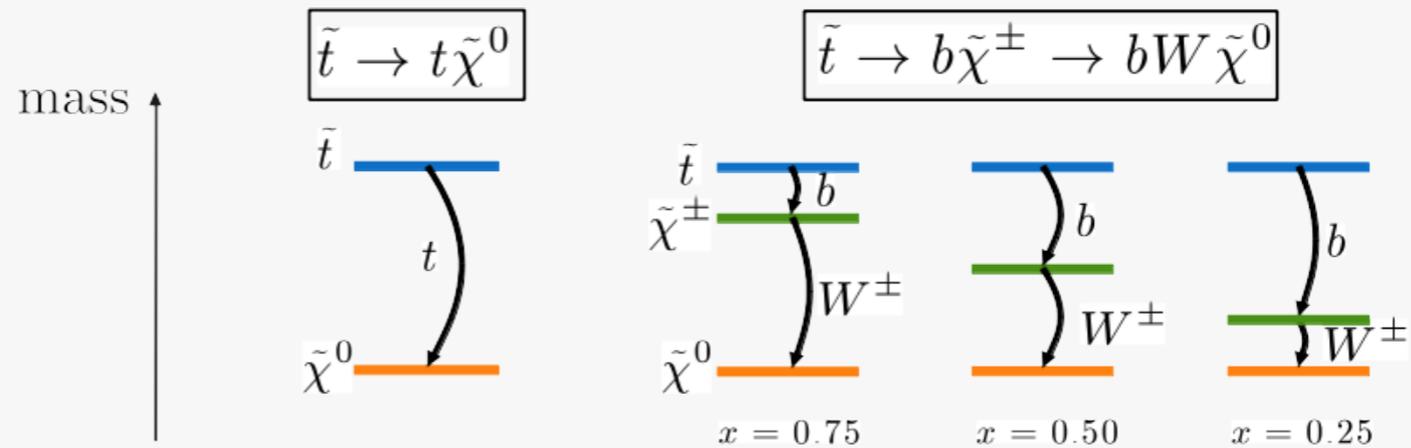
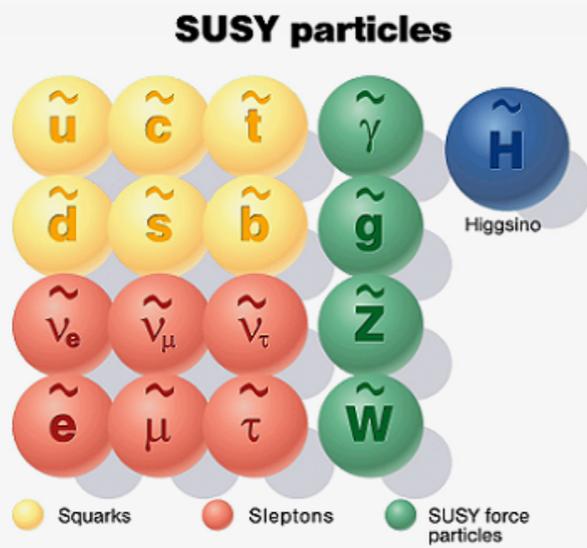
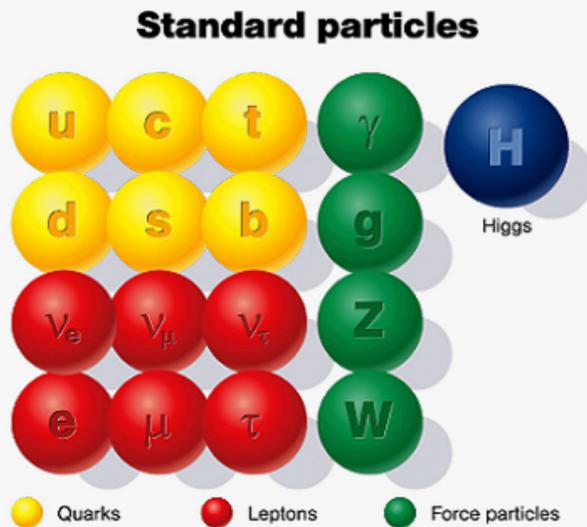
Etude du couplage du boson de Higgs au quark top



*Ajout d'éléments de matrice dans le BDT :
gain de 10% en performance !*

D. Bloch, N. Chanon, A.-C. Le Bihan, X. Coubez, ...

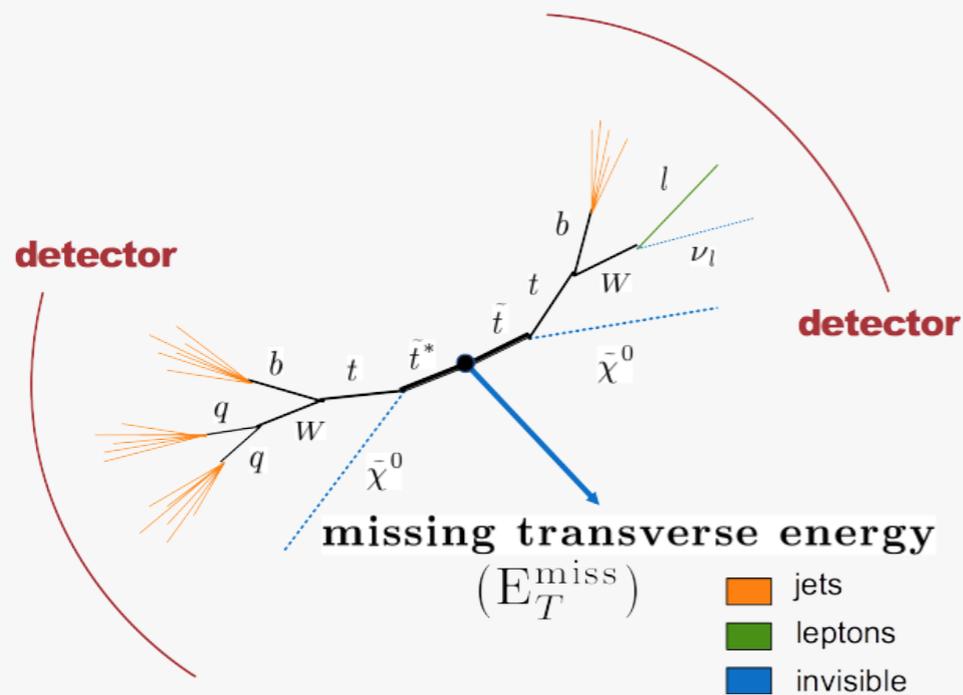
Recherche de nouvelle physique (SUSY)



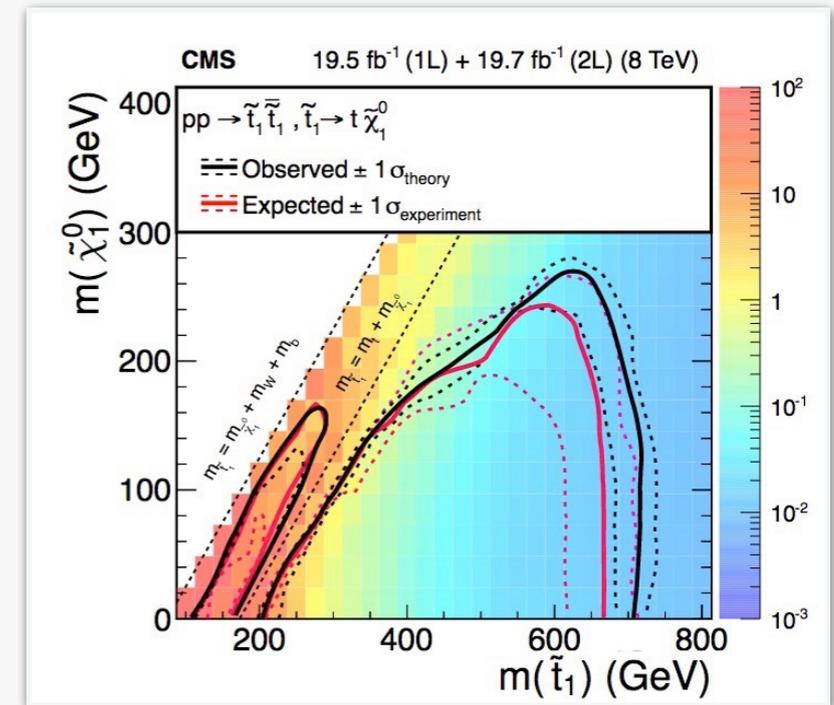
E. Chabert, C. Collard, M. Jansova

Recherche de nouvelle physique (SUSY)

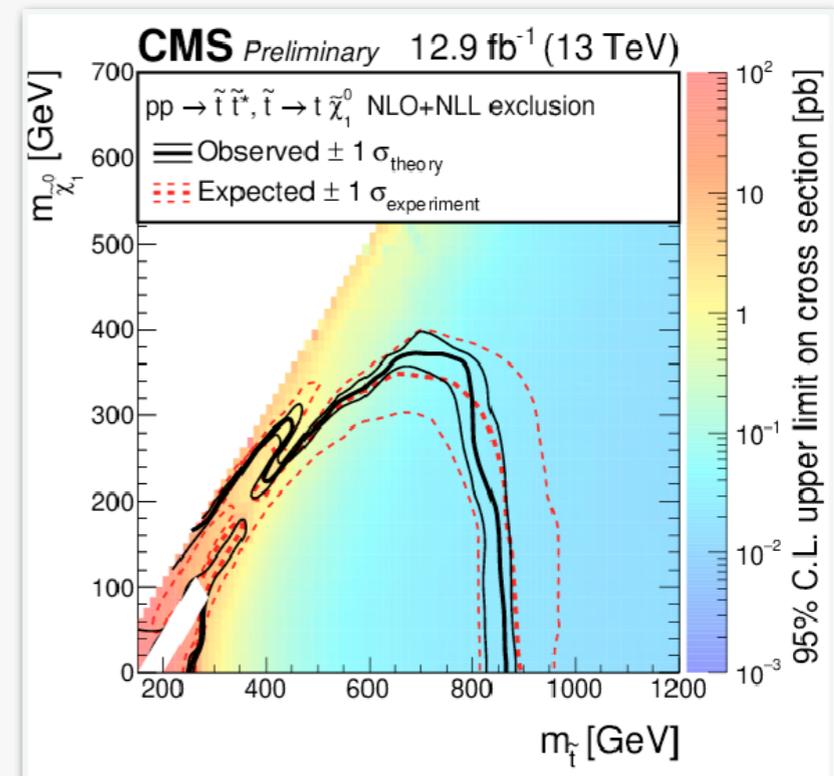
Signature expérimentale :



Run I



Run II



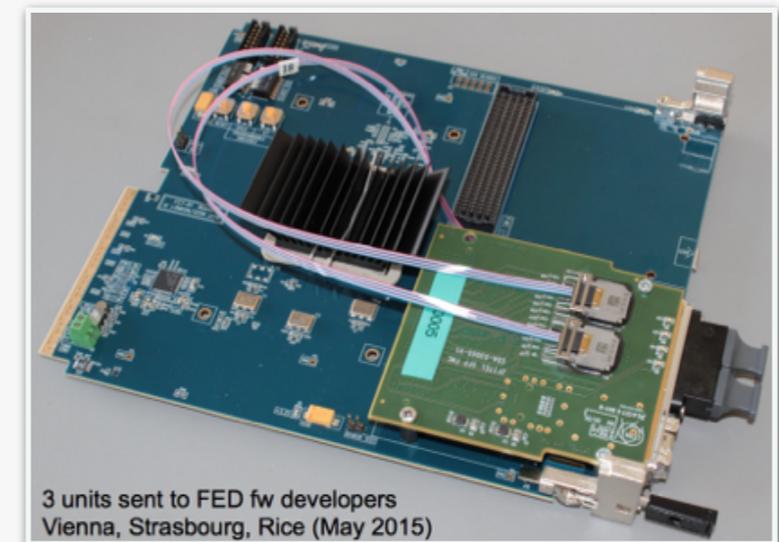
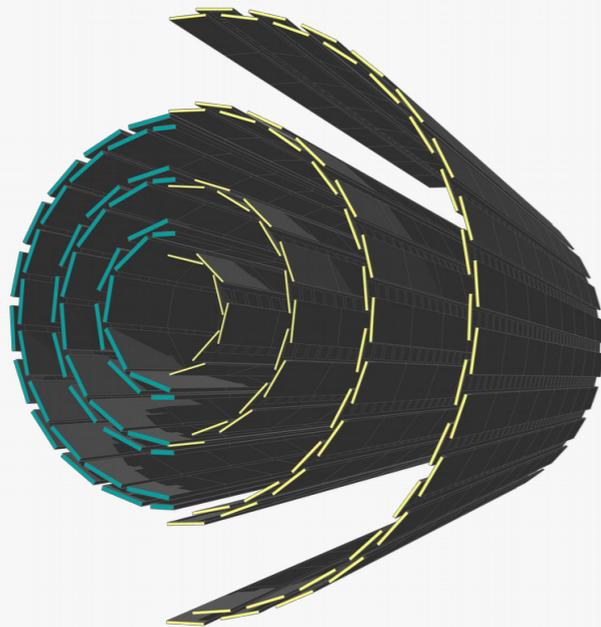
E. Chabert, C. Collard, M. Jansova

Upgrades

La phase I (→ 2017)

Arrêt technique étendu → remplacement du détecteur à pixel

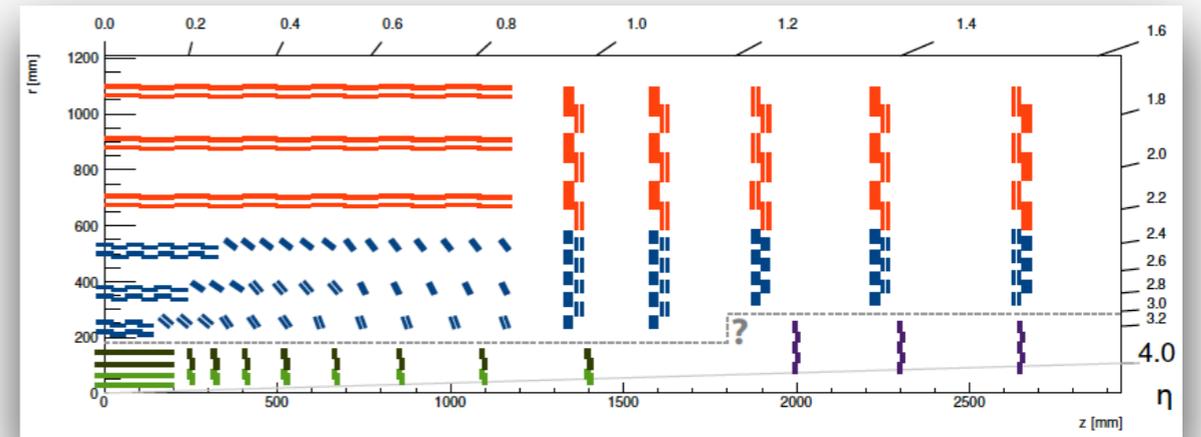
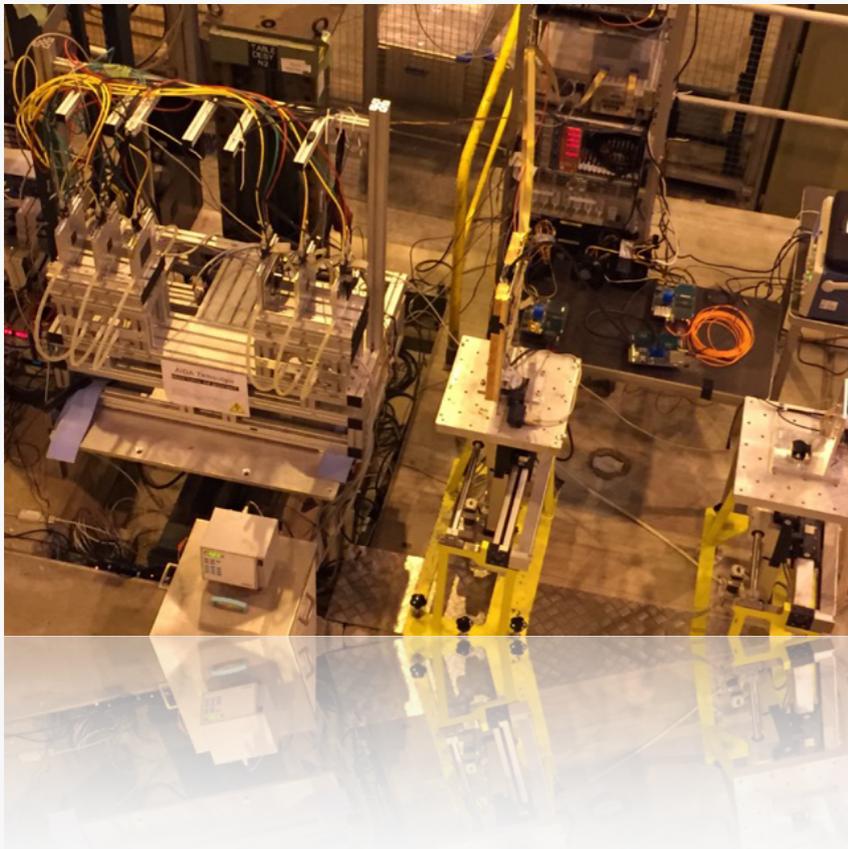
- passage de 3 à 4 couches (mais 2x moins de matière)
- plus rapide
- meilleure résolution
- **nouvelle acquisition de données (DAQ) cartes μ TCA (IPHC)**



La phase II (→ 2024)

Remplacement de tout le trajectographe

- couverture angulaire étendue
- déclenchement dès le niveau 1 (PT modules)
- adapté à 200 collisions simultanées
- résistant aux radiations



Responsabilité de l'IPHC dans l'électronique d'acquisition du futur trajectographe / faisceaux tests pour les prototypes de modules Si

Sujet de stages / thèses :

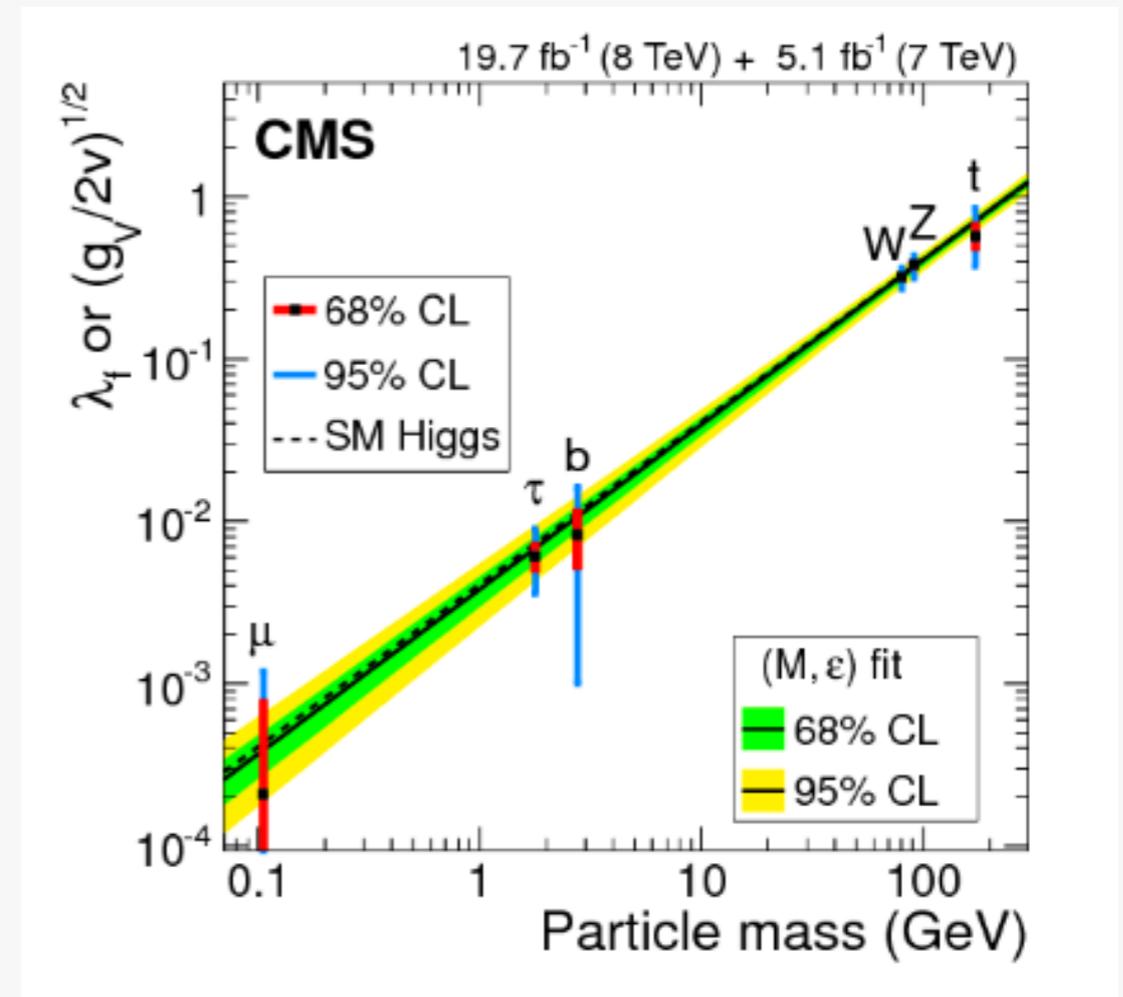
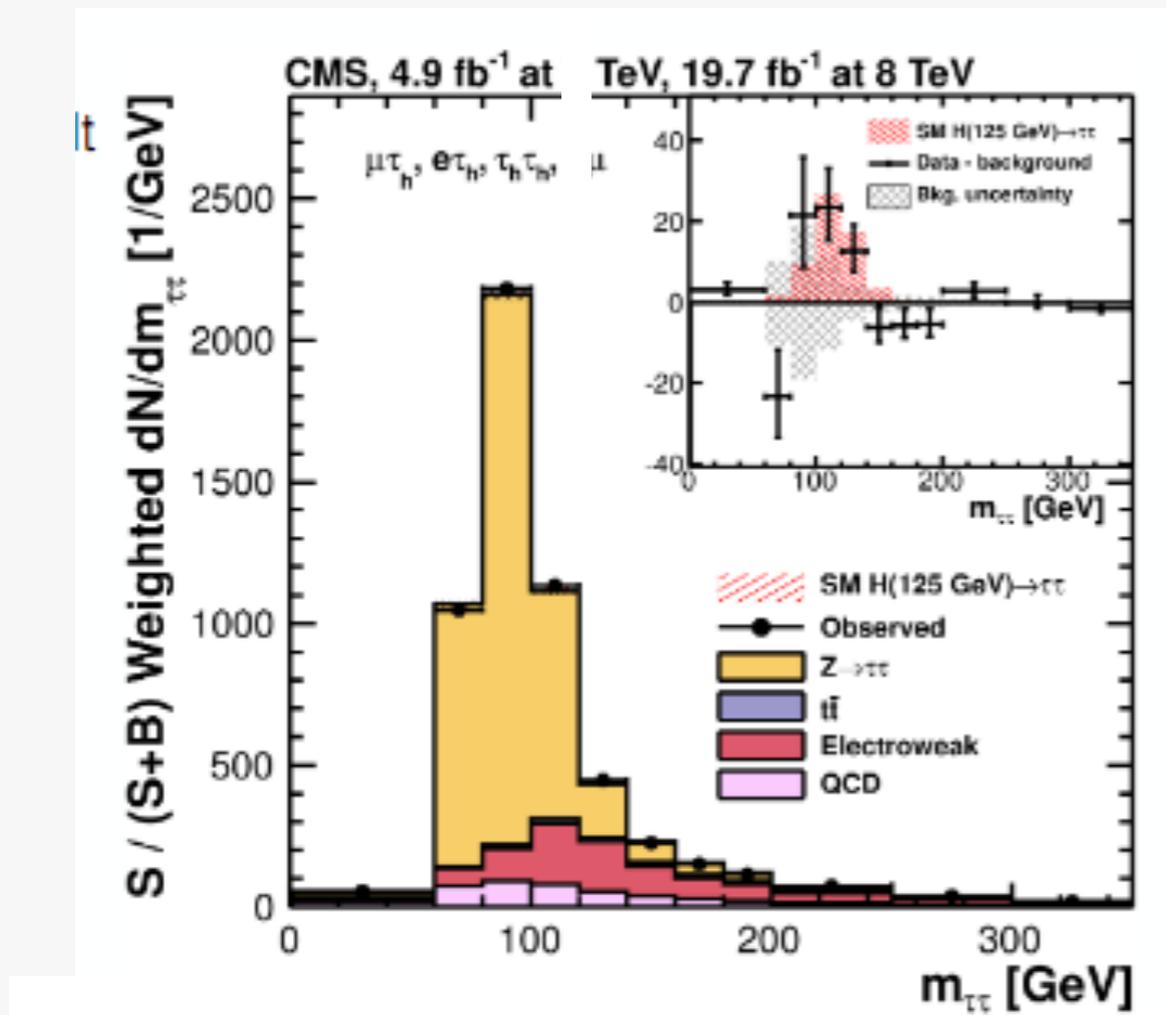
Mesure de l'état CP du boson de Higgs dans l'état final $\tau\tau$

Production résonnante d'un quark top et d'un boson de Higgs
(cf slides d'Eric Conte)

Mesure de l'état CP du boson de Higgs dans l'état final $\tau\tau$

Etat actuel de la caractérisation du processus $H \rightarrow \tau\tau$

$H \rightarrow \tau\tau$ mis en évidence au Run I, grâce à la combinaison avec ATLAS !



Plusieurs modes de production du boson de Higgs...
 Plusieurs canaux de désintégration du lepton tau (avec présence de neutrinos...)
 Seul façon d'étudier le couplage aux leptons !

Mesure de l'état CP du boson de Higgs dans l'état final $\tau\tau$

Intérêt de la mesure CP dans le canal $\tau\tau$

Violation de CP, nécessaire afin d'expliquer l'asymétrie baryons/anti-baryons dans l'Univers !

Le Modèle Standard (SM) ne prévoit pas de violation de CP en ce qui concerne la production ou la désintégration du boson de Higgs.

Possible violation de CP dans la désintégration du boson de Higgs via une composante CP-impair du couplage de Yukawa au lepton tau :

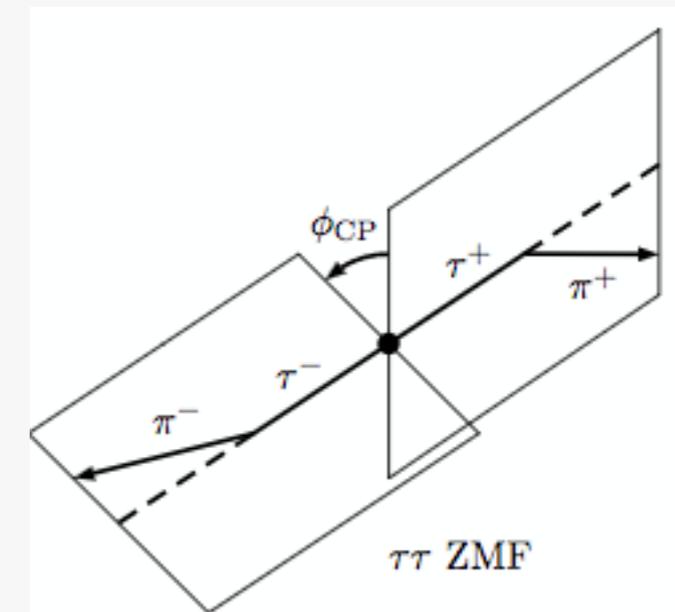
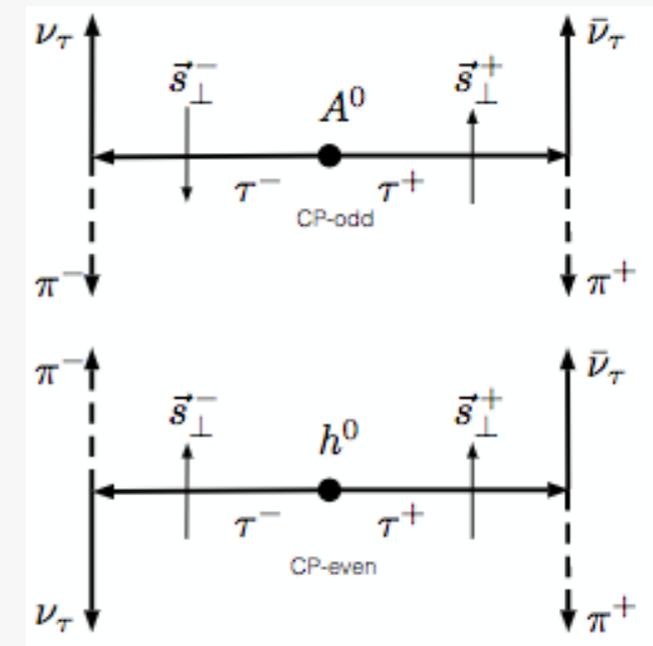
$$\mathcal{L}_{h\tau\tau} = -\frac{m_\tau}{v} \kappa_\tau (\underbrace{\cos \phi_\tau \bar{\tau}\tau}_{\text{CP-even}} + \underbrace{\sin \phi_\tau \bar{\tau}i\gamma_5\tau}_{\text{CP-odd}}) h$$

$$\begin{aligned} \text{SM : } \phi_\tau &= 0 \\ \text{CP - odd : } \phi_\tau &= \pi/2 \end{aligned}$$

Contribution CP-impair au couplage de Yukawa visible via les corrélations de spin transverses.

Etudier les distributions angulaires des produits de désintégration du tau dans le référentiel au repos du boson de Higgs.

Mais présence de neutrinos : difficulté de reconstruire l'impulsion des taus et le référentiel au repos du boson de Higgs.



...

Mesure de l'état CP du boson de Higgs dans l'état final $\tau\tau$

Intérêt de la mesure CP dans le canal $\tau\tau$

Méthodes sans reconstruction du référentiel au repos du boson de Higgs possibles !

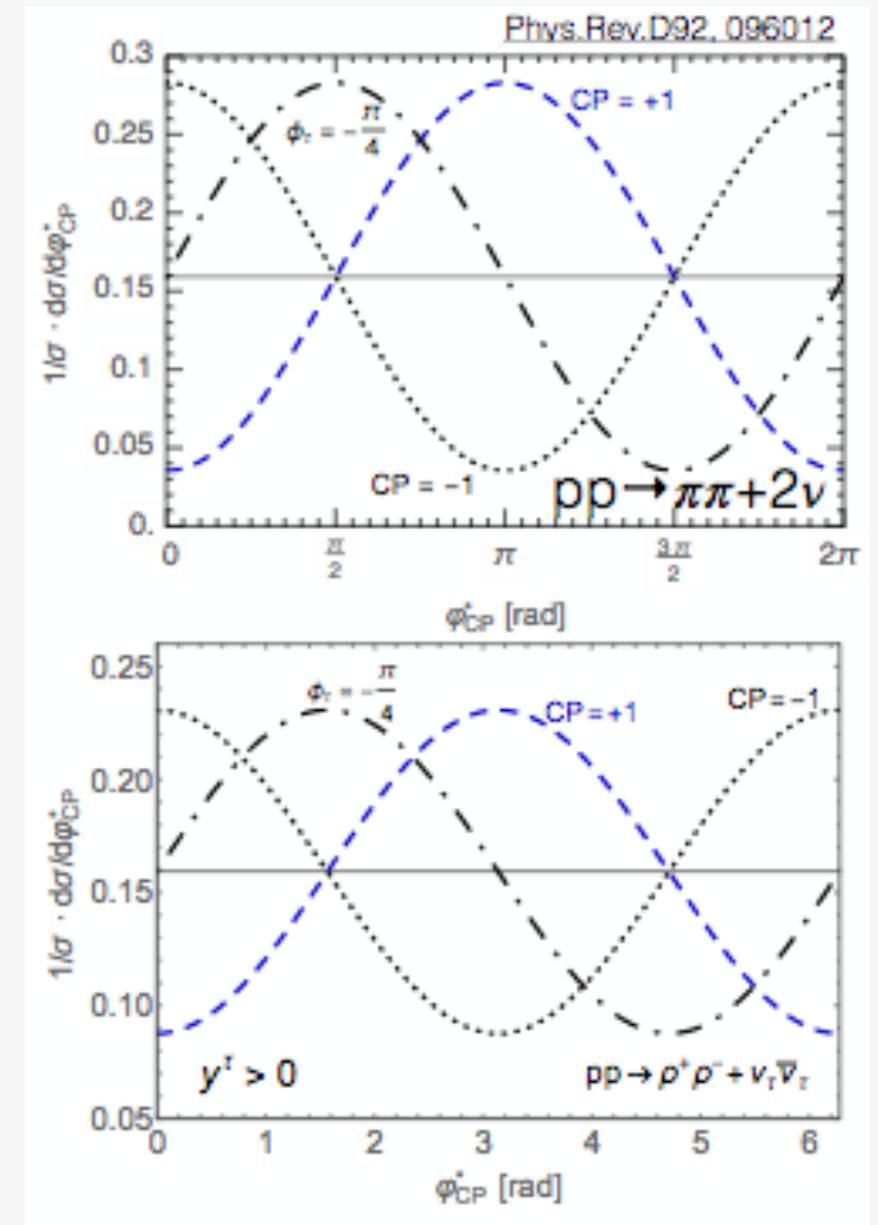
Définition d'une observable $\phi(\text{CP})$: Phys.Rev.D92.096012.

Méthode du paramètre d'impact : [Phys.Lett.B727(2013)488–495]

Méthode "rho" : [Phys.Lett.B579(2004)157–164]

plan défini par la trace et le π^0
différence d'énergie π^+ , π^0 sensible à la polarisation transverse

Berge et al. [Phys.Rev.D92, 096012, EPJC(2014)74:3164, Phys.Lett.B727(2013)488–495]
Primulando et al. [Phys.Rev.D88,076009]
Desch et al. [Phys.Lett.B579(2004)157–164]
Was et al. [Phys.Lett.B543(2002)227-234, arxiv:1608.02609]



Mesure de l'état CP du boson de Higgs dans l'état final $\tau\tau$

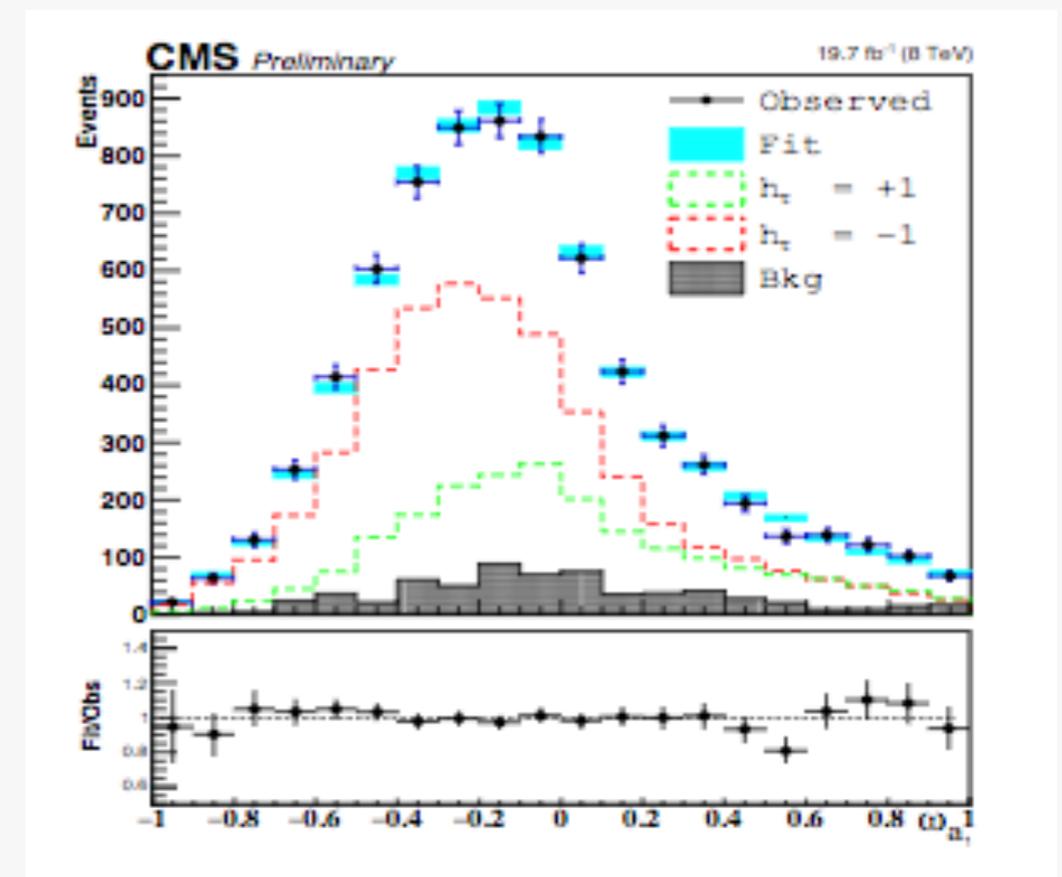
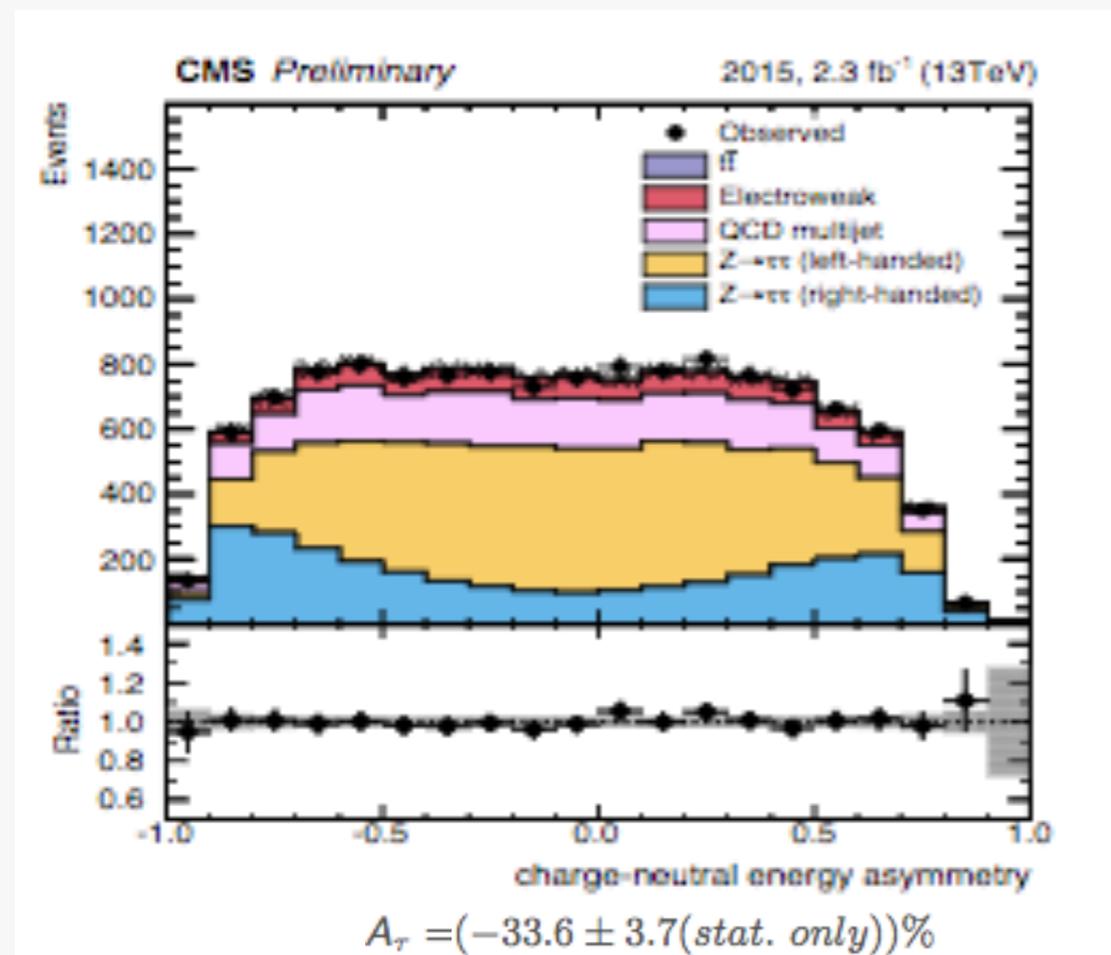
Mesure de la polarisation du τ dans des événements $Z \rightarrow \tau\tau$

$$A_\tau = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-}$$

N_+/N_- : nombre de taus avec hélicité $+1/-1$

$\tau \rightarrow \rho \nu$

$\tau \rightarrow a_1 \nu$



CMS detector performance note 09/2016 : <https://cds.cern.ch/record/2216986>

Mesure de l'état CP du boson de Higgs dans l'état final $\tau\tau$

Travail de stage et de thèse..

Mettre en place les outils pour caractériser l'hélicité des taus.

S'inclure dans la stratégie globale de l'expérience CMS.

Optimiser la stratégie d'analyse pour être sensible à une composante pseudo-scalaire.

Evaluer la luminosité nécessaire afin d'observer ou exclure une composante pseudo-scalaire.

...

Conclusion

Venez discuter avec nous !
Couloirs des bâtiments 21 et 22 et notamment les bureaux 106 et 217 !