

Cours d'initiation à la physique quantique

Approche expérimentale

Quelques jours avant le début du LHC...



LHC
DéTECTEURS
Dimuons
Méson Upsilon
Diélectrons



**Et pendant ce temps,
les chercheurs cherchent ...**

Le Grand Collisionneur de Hadrons: le LHC

LHC

Détecteurs

Dimuons

Méson Upsilon

Diélectrons





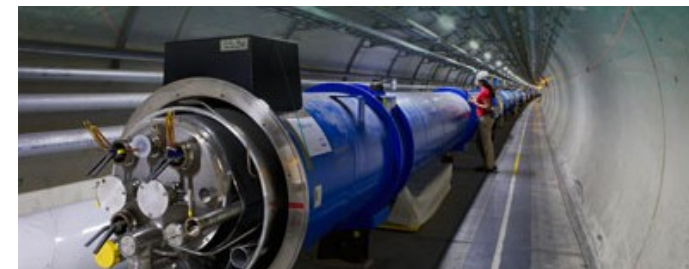
Le LHC : un peu d'histoire

- 12/1994
 - Le Conseil du CERN approuve la construction du Grand collisionneur de hadrons (LHC).
- 11/2000
 - Le LEP s'arrête et va être démantelé pour céder la place au LHC, dans le même tunnel de 27 km
- 06/2002
 - La caverne est prête pour ATLAS
l = 35 m , L=55 m, H = 40 m
- 03/2005
 - Installation du premier dipôle dans le tunnel
- 03/2006
 - Premier rayons cosmiques observés par CMS
- 06/2006
 - Démarrage prévu pour fin 2007 à 0.9TeV et mi 2008 pour 14 TeV

Le LHC : un peu d'histoire

- 09/2006 • Le millième aimant est installé dans le tunnel
- xx/2007 • Les diverses expériences (CMS, ATLAS, ALICE, LHCb) continuent à descendre leurs éléments et à les installer à leur emplacement final.
- 10/2007 • ATLAS est complètement assemblé
- 11/2007 • Tous les aimants du LHC sont interconnectés
- 01/2008 • CMS est entièrement sous terre
- 06/2008 • Le grand démarrage...

<http://lhc-milestones.web.cern.ch/lhc-milestones/>



Le LHC : quelques chiffres

- Deux faisceaux (protons or ions lourds)
- proton-proton à 14 TeV
- Luminosité : $L = 1 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- Collisions à 40 MHz pour chaque IP (point d'interaction)
- 27 km pour 1232 dipoles (8.1 T) à 3 K

LHC

Détecteurs

Dimuons

Méson Upsilon

Diélectrons



Photon physics

Hector

Edgeless det.

Excl. dileptons

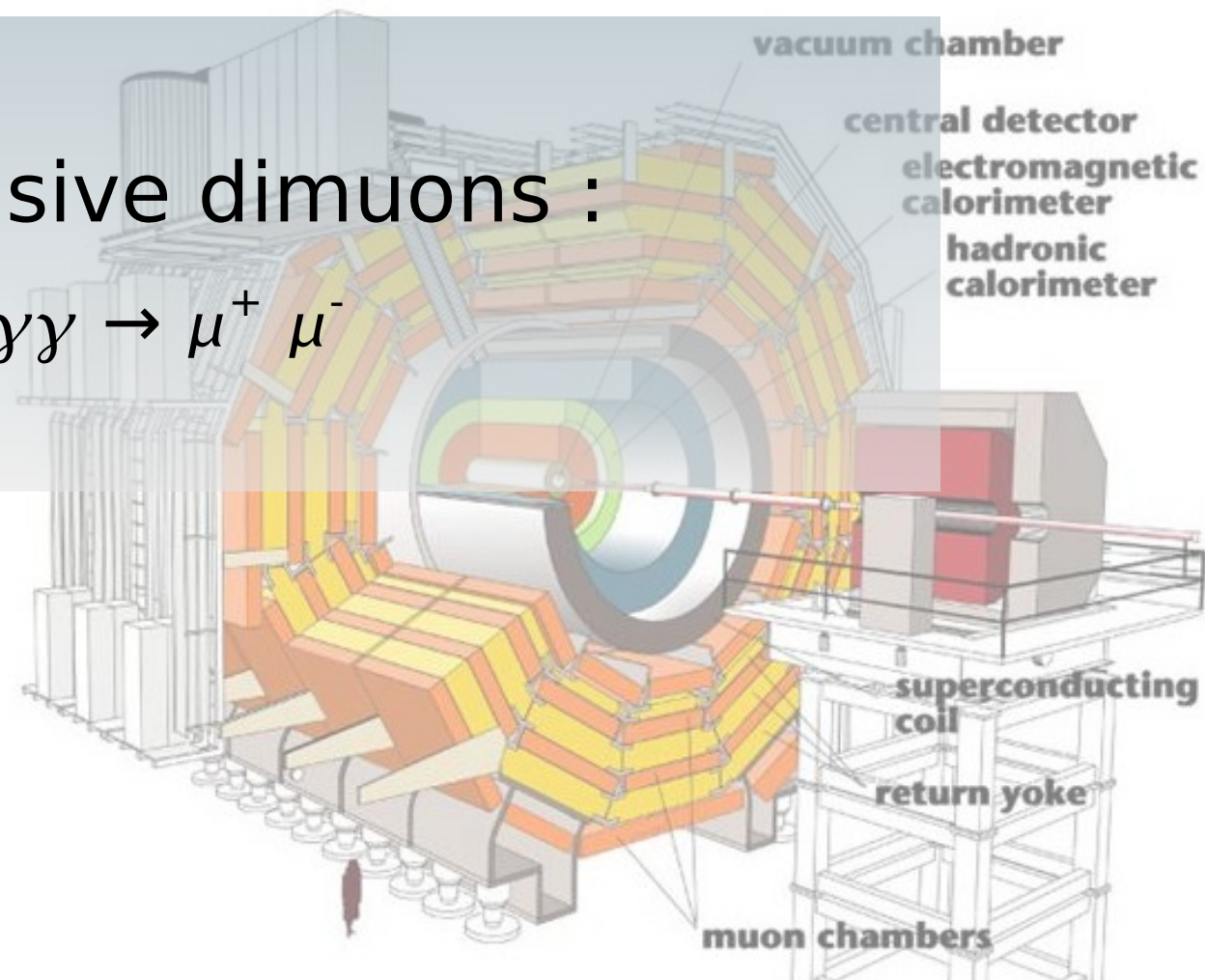
- dimuons

- dielectrons

- upsilon

Exclusive dimuons :

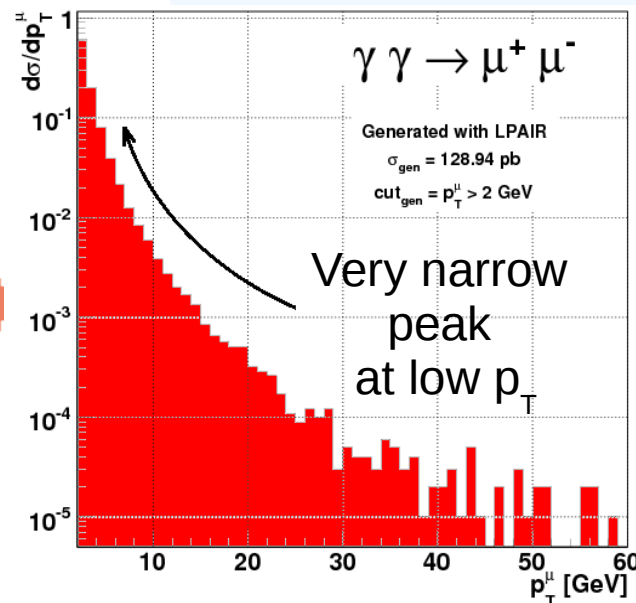
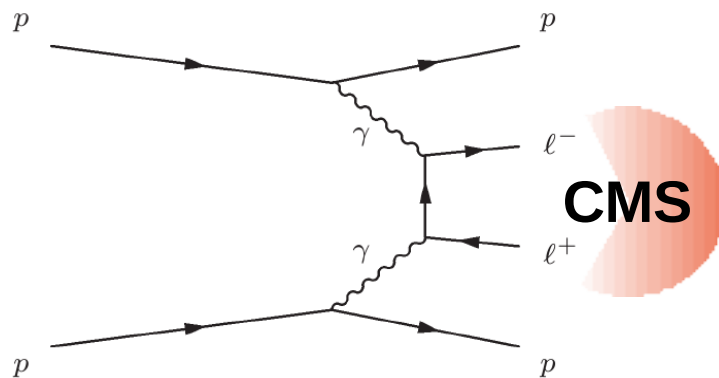
$$\gamma\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-$$



Exclusive dimuons

muon p_T

$$pp(\gamma\gamma \rightarrow \mu^+\mu^-)pp$$



Total cross section (LPAIR):

1.47×10^8 fb – no cut

74.7×10^3 fb – $p_T > 2.5$ GeV: elastic case: the protons remain intact

76.2×10^3 fb – $p_T > 2.5$ GeV: inelastic case: one proton dissociates

Large cross section

Very well known: QED

Very clean final state (if pile-up neglected: $L < 10^{33}$ cm⁻² s⁻¹)

Exclusive pair of muons

(Almost) no proton remnant in CMS

Photon physics

Hector

Edgeless det.

Excl. dileptons

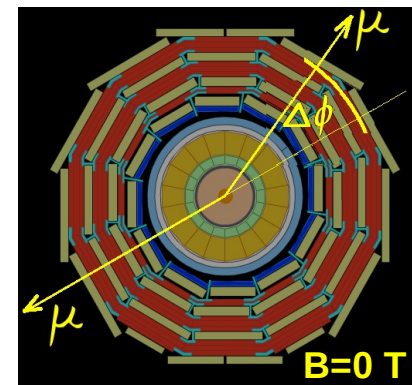
- dimuons

- dielectrons

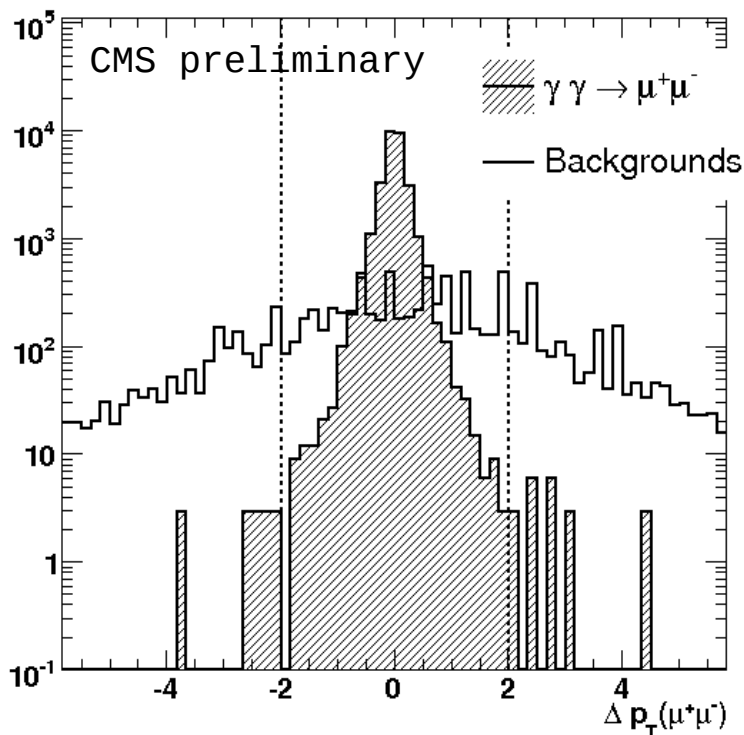
- upsilon

Exclusive dimuons

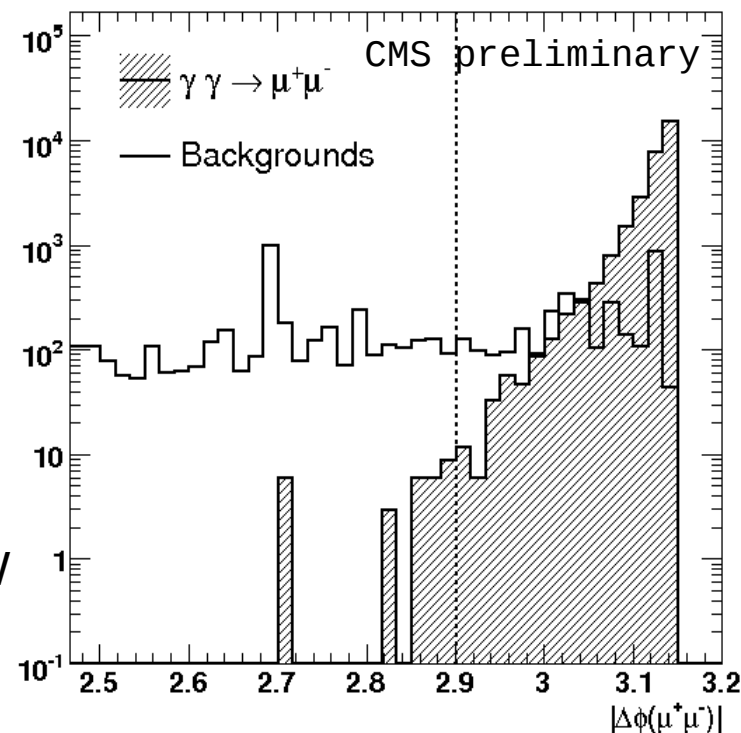
- Trigger (online selection) :
 - $p_T > 3$ GeV (default CMS di-muon trigger)
 - Central pseudorapidity ($|\eta| < 2.5$)
- Analysis (offline selection) :



Photon physics
Hector
Edgeless det.
Excl. dileptons
- dimuons
- dielectrons
- upsilon



CMSSW
1_6_0



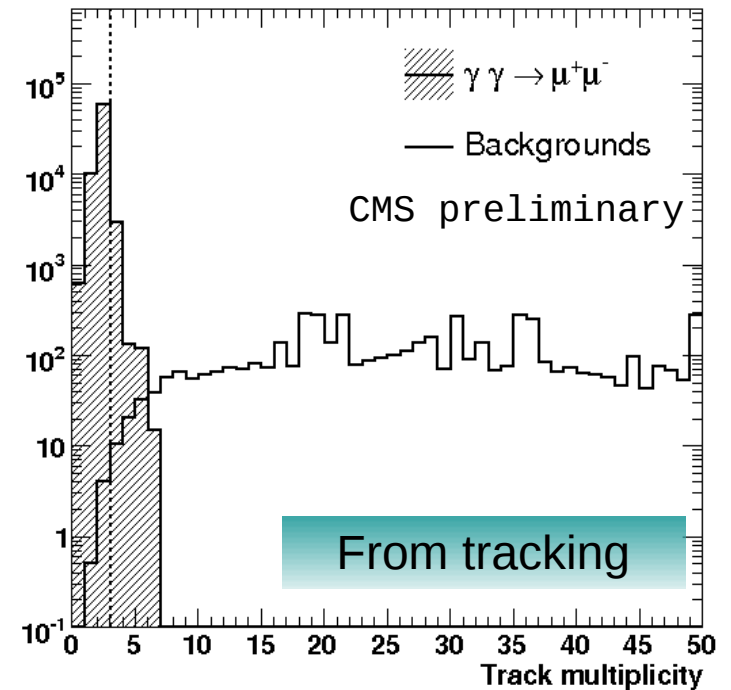
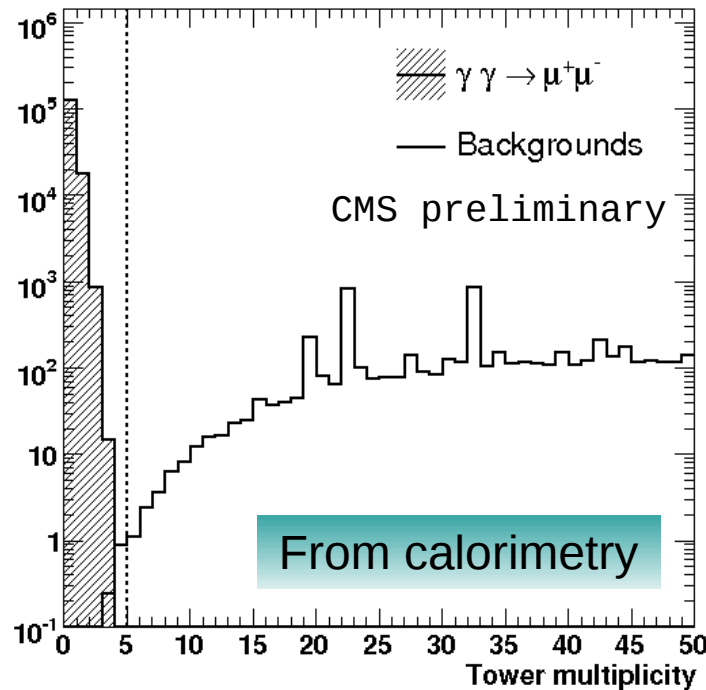
Balance in transverse momentum

Balance in acoplanarity



Exclusive dimuons

- Analysis: (continued)
 - **Exclusivity conditions:** only 2 muons are expected



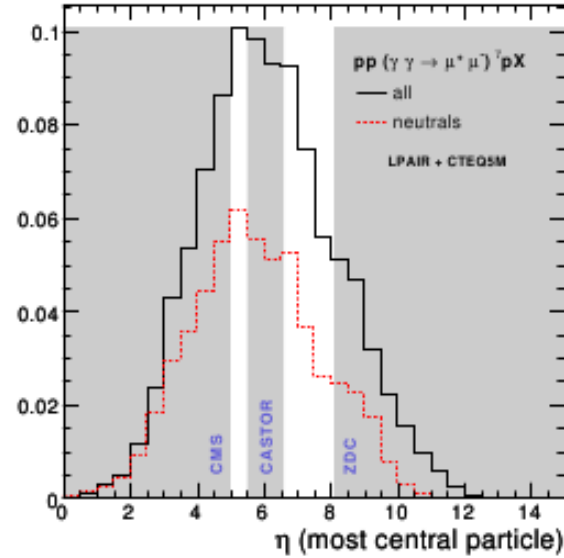
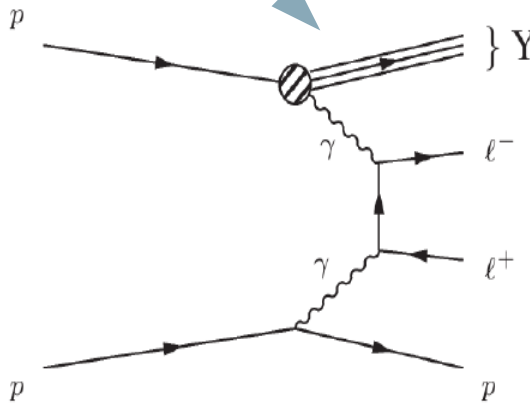
Reducible background events include:

- Drell-Yann processes
- W pairs
- Heavy quark decays

Photon physics
Hector
Edgeless det.
Excl. dileptons
- dimuons
- dielectrons
- upsilon

Dissociative backgrounds

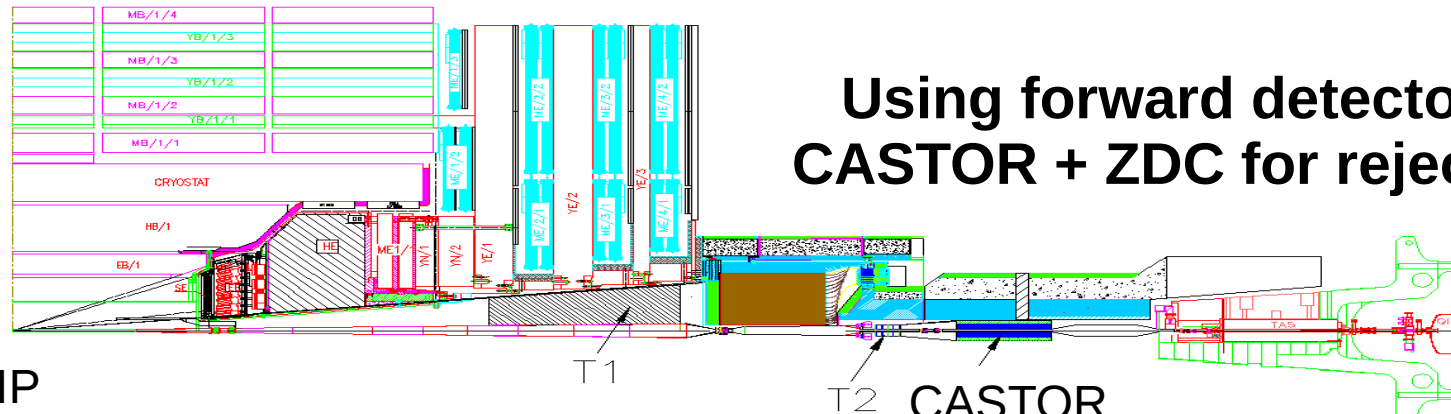
At least one of the two interacting proton dissociates



Same final state !

Inelastic events are irreducible backgrounds

The proton remnant could remain unseen by CMS !



**Using forward detectors
CASTOR + ZDC for rejection**

IP

T1

T2

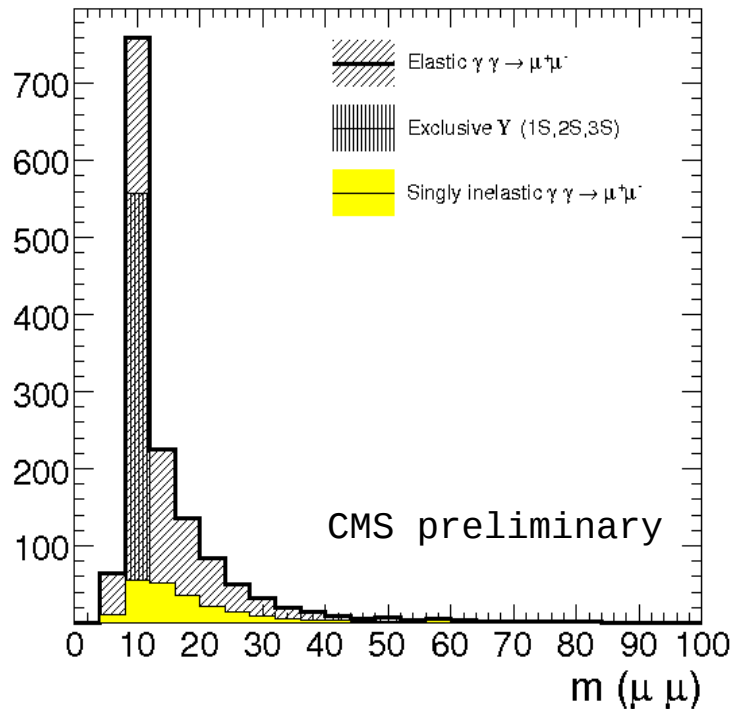
CASTOR
@ 16 m

ZDC
@ 140 m
11



Exclusive dimuons

JJ Hollar, S Oryn, X Rouby
CMS PAS DIF-07-001



Overall selection

- * p_T and $\Delta\phi$ balance
- * calorimetric and tracking exclusivities

« *inelastic* » = one proton dissociates
« *with veto* » = dissociation product seen by one of the forward detectors

$$N_{elastic}(\gamma\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 709 \pm 27(stat)$$

$$N_{inelastic}(\gamma\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 636 \pm 25(stat) \pm 121(model)$$

$$N_{inelastic}^{w/veto}(\gamma\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-) = 223 \pm 15(stat) \pm 42(model)$$

For an integrated luminosity $L=100 \text{ pb}^{-1}$, without pile-up

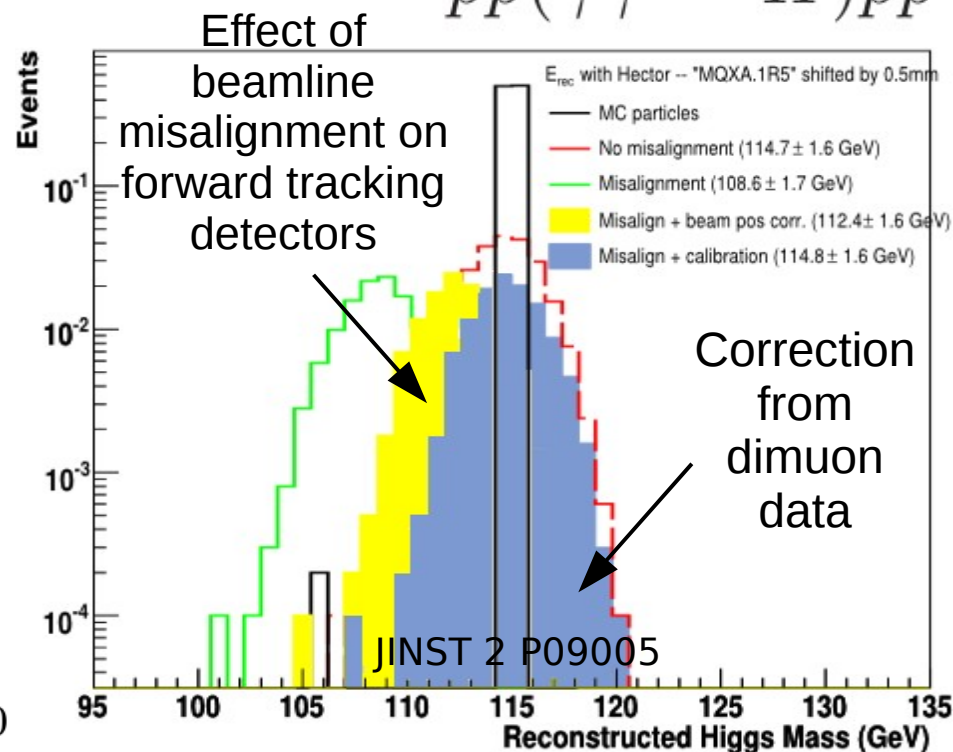
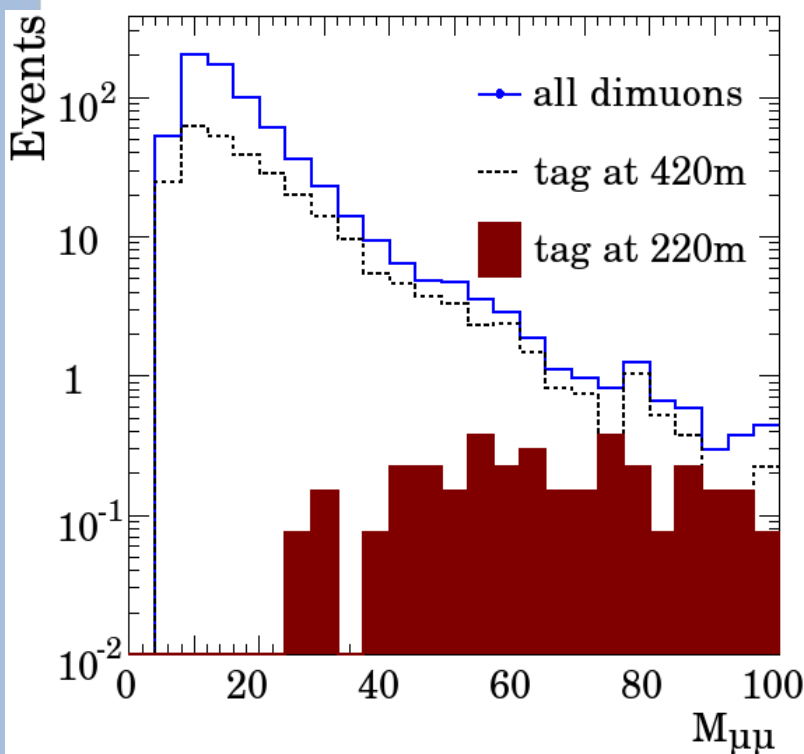


Exclusive dimuons

• Applications

- Luminosity normalization: offline calibration of lumi monitors **-4%**
 - Reducible background: small
 - Irreducible background: manageable
- Forward detector calibration+ alignment

$$pp(\gamma\gamma \rightarrow H)pp$$



Photon physics

Hector

Edgeless det.

Excl. dileptons

- dimuons

- dielectrons

- upsilon