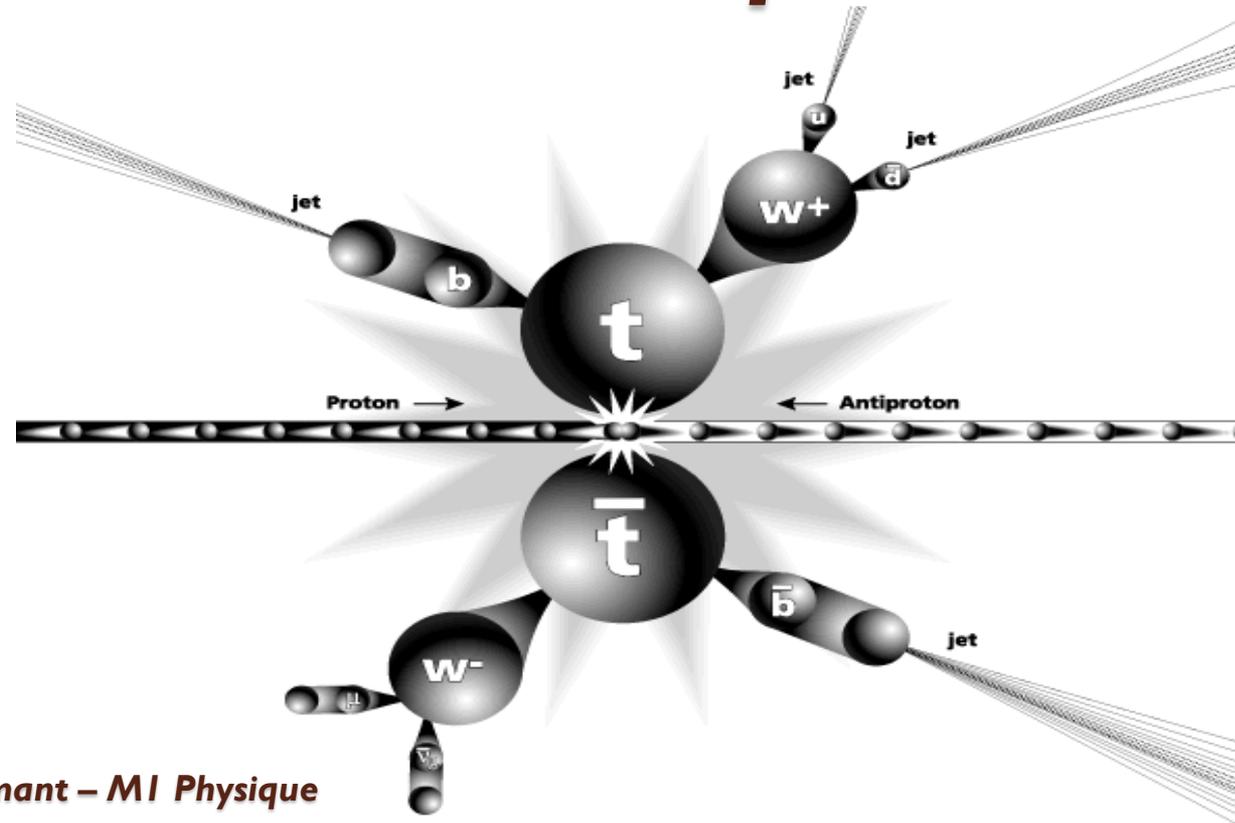


Etude de la corrélation de spin entre quarks top et anti-top

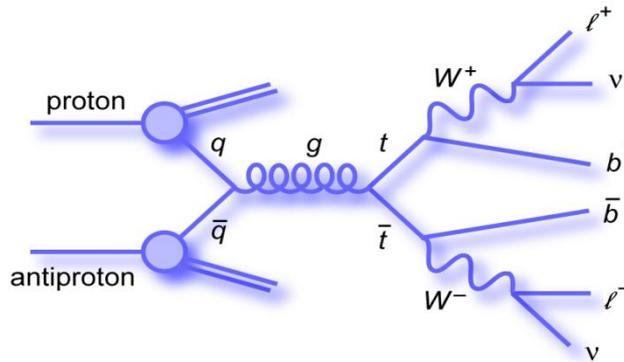


Prédictions théoriques

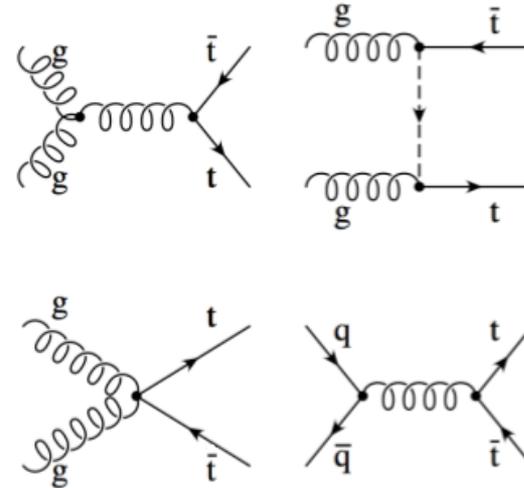
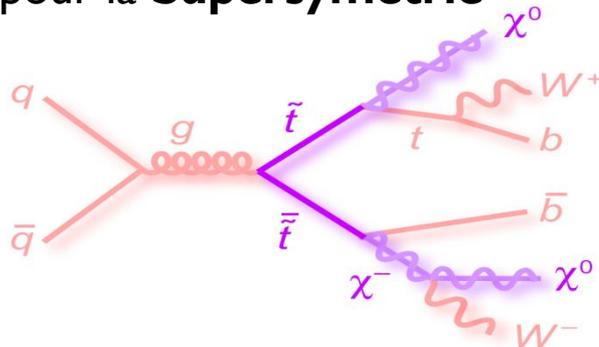
- Différents modes de production $t \bar{t}$ issus des collisions p-p au LHC :

Exemples de diagramme de Feynman :

- pour le **Modèle Standard**



- pour la **Supersymétrie**

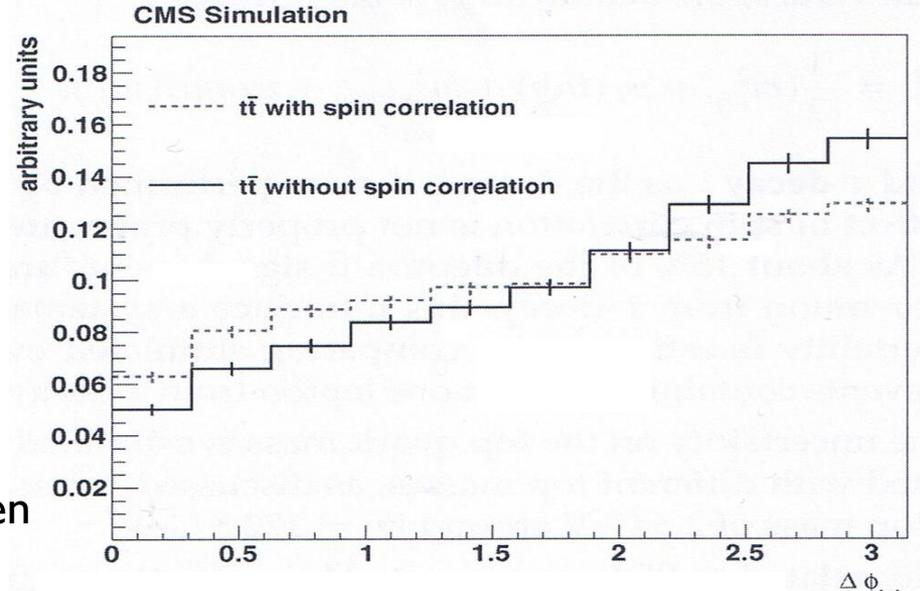


Signatures :

- 2 jets hadroniques (quarks bottom)
- $W_{+/-}$ → (10%) 2 leptons + 2 neutrinos
- (45%) 1 lepton + 1 neutrino + 1 jet hadronique
- (45%) 2 jets hadroniques

Résultats attendus

- La différence angulaire des deux leptons est sensible à la corrélation de spin des deux quarks top.
- Le Modèle Standard prédit une corrélation entre quarks top et anti-top tandis que SUSY ne prédit rien

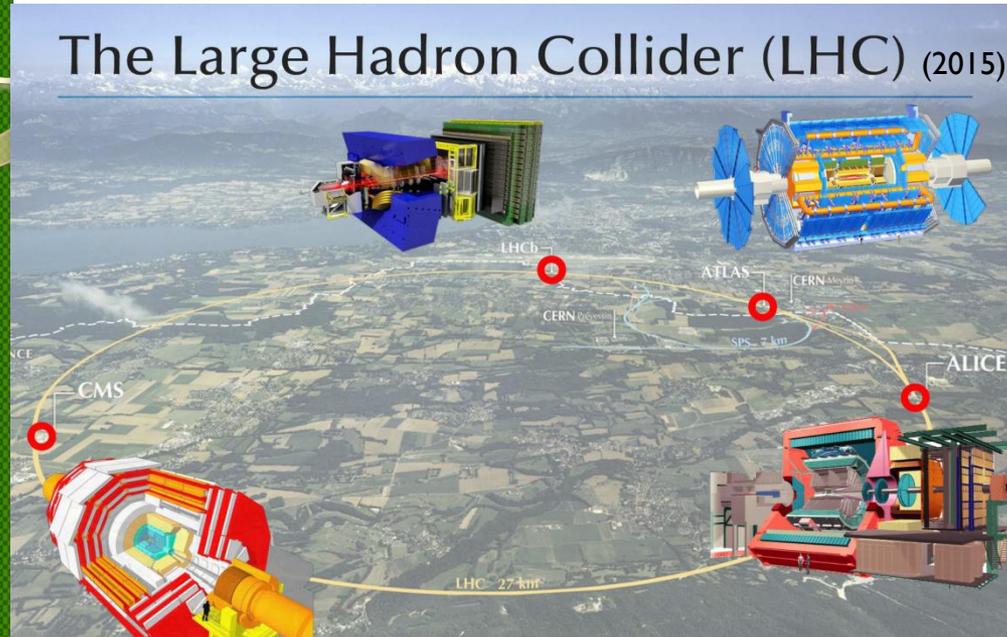


Distributions simulées de $\Delta\Phi$ avec et sans corrélation de spin

Quelles implications ?

- Signes manifestes d'une **nouvelle physique**, car le MS n'explique pas la matière noire, l'interaction gravitationnelle, la masse des neutrinos, la convergence des constantes de couplage...

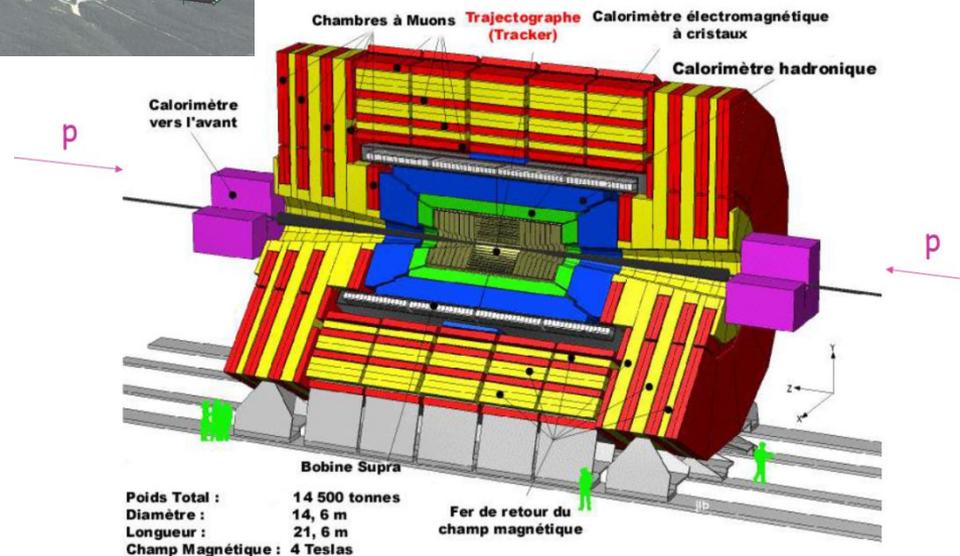
Cadre expérimental



- Double faisceau de protons croisé accéléré à 7 TeV (14 TeV)
- Dans chaque salve : 3000 paquets de 100 milliards de protons
- Champ magnétique de 8.3 Tesla
- Fréquence de 40MHz

Détecteur CMS → (Compact Muons Solenoid)

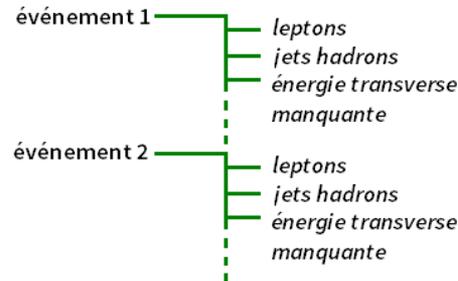
- Vérifier le MS / recherche de NP
- Découverte du Boson de Higgs
- Collisions d'ions lourds



Traitement des données

Pour des collisions de 14 Tev, le LHC dispose d'une luminosité de 2,26 fb-1 et d'une section efficace de production de paire $t\bar{t}$ à 832 pb. D'une part les données expérimentales et d'autre part la simulation (bruit + événements $t\bar{t}$) sont traitées de la manière suivante :

- Génération d'un fichier ROOT pour chaque événement (i.e. chaque collision proton-proton)



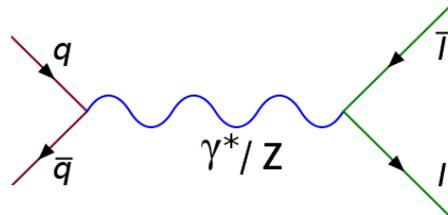
- Lecture du fichier et extraction du contenu.
- **Sélection** rigoureuse sur les données afin de choisir uniquement les événements qui nous intéressent ($t\bar{t}$)
- **Affichage** de tous les résultats
- **Analyse** des données

Sélection d'événements

- Choix du canal di-lepton (di-électron, di-muon, électron-muon) + 2 jets :
Bruit de fond hadronique difficile à rejeter sur les autres canaux
- Choix de deux leptons de signes opposés

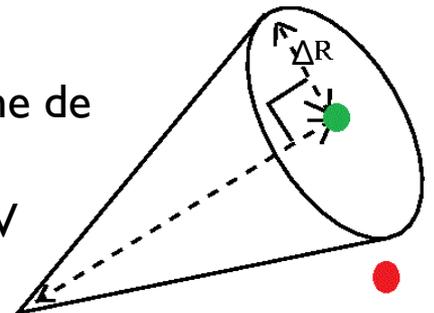
Problème : La signature dileptonique n'est pas exclusive au signal $t\bar{t}$

→ Principal facteur de bruit : Processus **Drell-Yan**

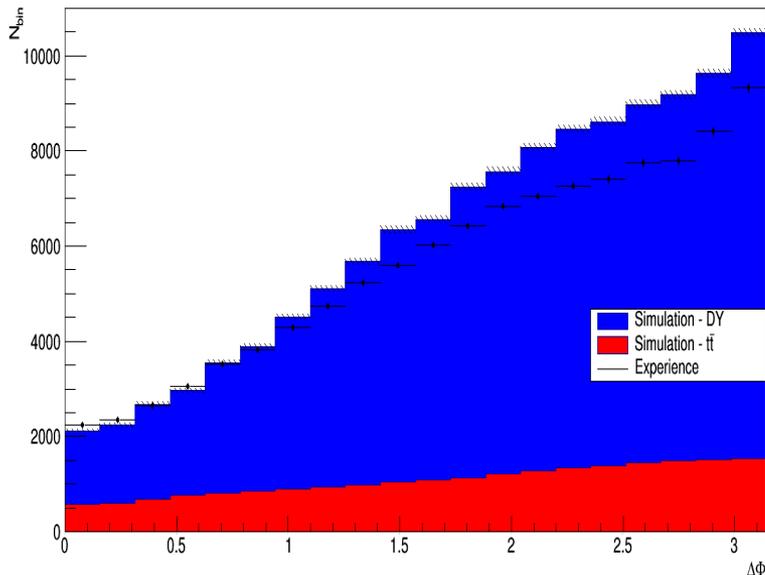


Masse du boson Z : 91,2 MeV

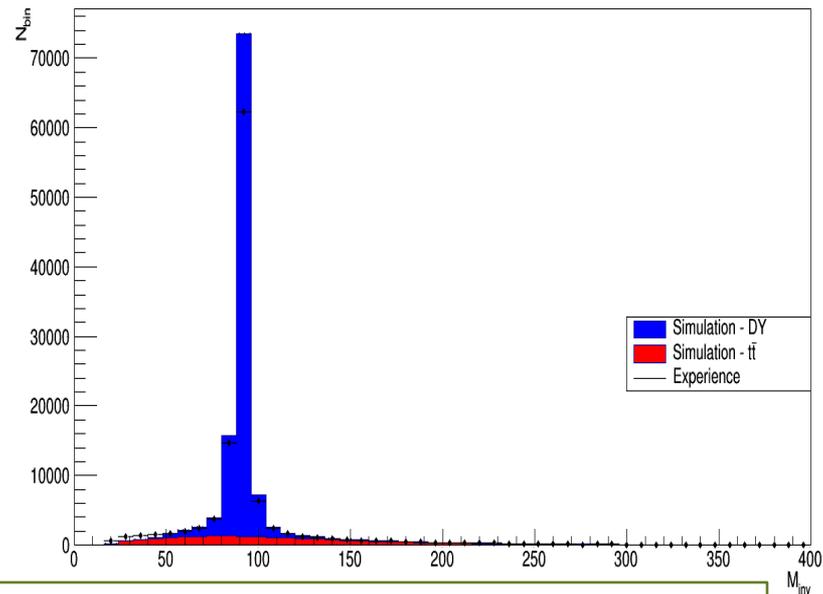
- Coupure sur la masse invariante : $M_{inv} > 20 \text{ GeV}$ & $M_{inv} \notin [76; 106] \text{ GeV}$
- Coupure sur les petites impulsions : $P_{lep} > 20 \text{ GeV}$, $P_{jet} > 30 \text{ GeV}$
- Coupure sur la pseudo-rapidité : (Globalement) $\eta < 2.5$
- Isolement des différentes particules par exclusion d'un cône de
(Globalement) $\Delta R > 0.2$ avec $\Delta R = \sqrt{\Delta\phi^2 + \Delta\eta^2}$
- Coupure sur l'énergie transverse manquante : $E_t > 40 \text{ GeV}$
- Identification des jets hadroniques : $B \text{ Tagging} > 0.460$



Différence de l'angle entre les deux leptons

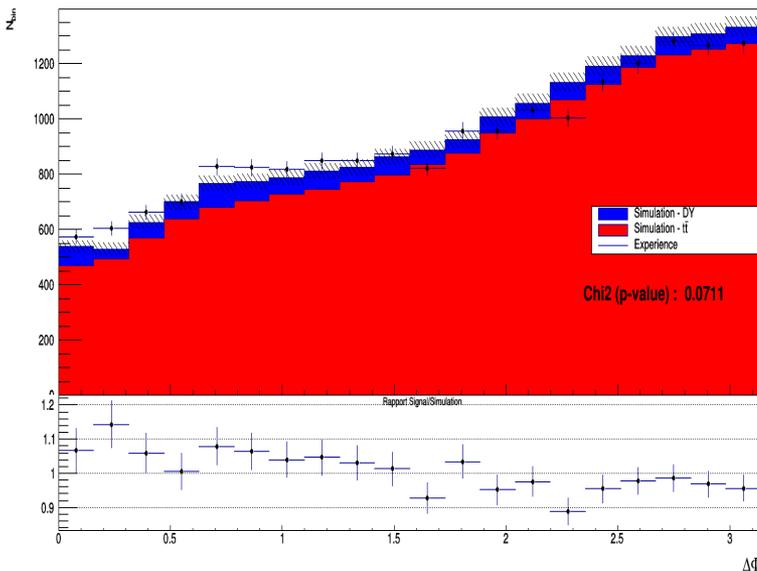


Masse invariante di-lepton

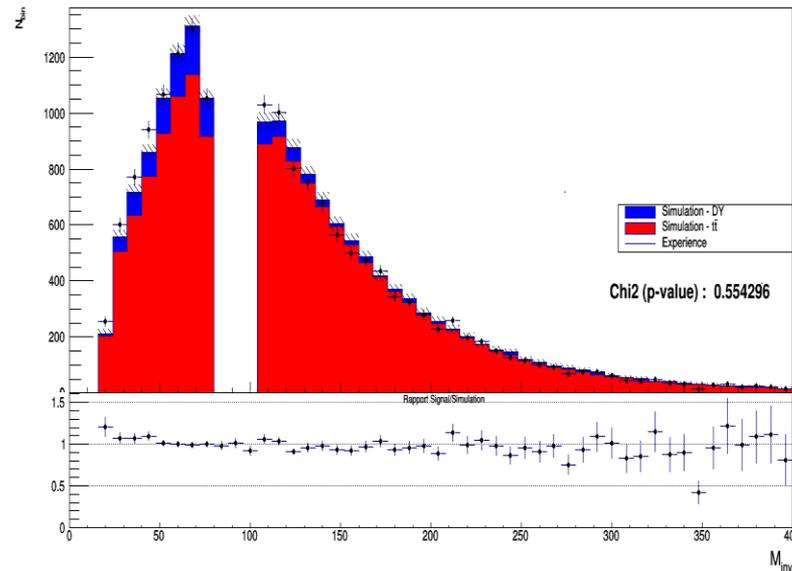


Résultats après sélection sans coupure sur l'énergie transverse manquante ni sur la masse invariante autour de 91 GeV

Différence de l'angle entre les deux leptons

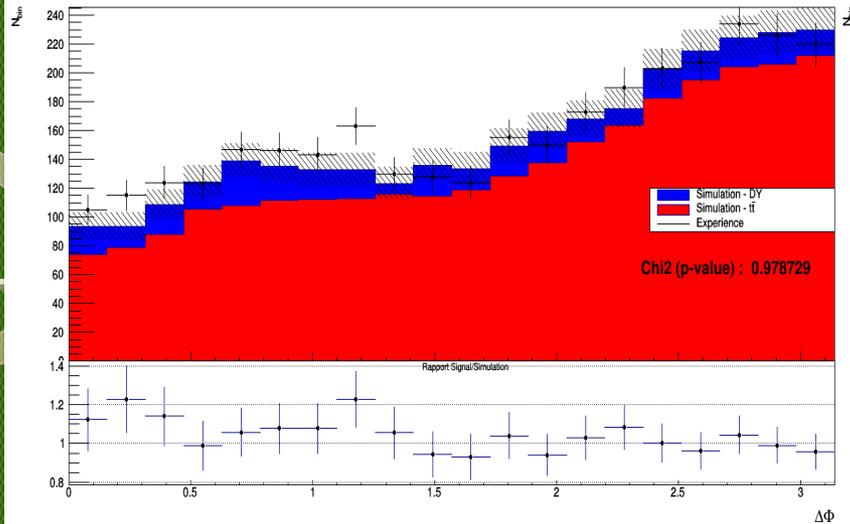


Masse invariante di-lepton

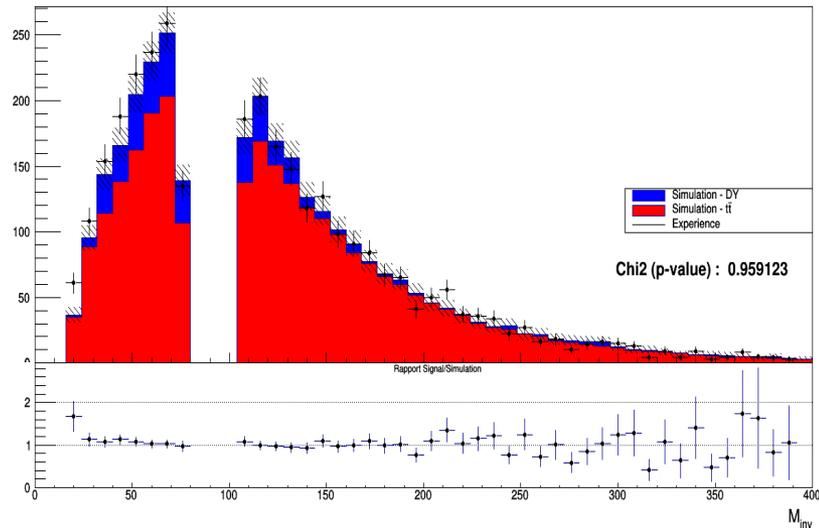


Résultats après sélection avec toutes coupures

Difference de l'angle entre les deux electrons pour le canal Electron-Electron

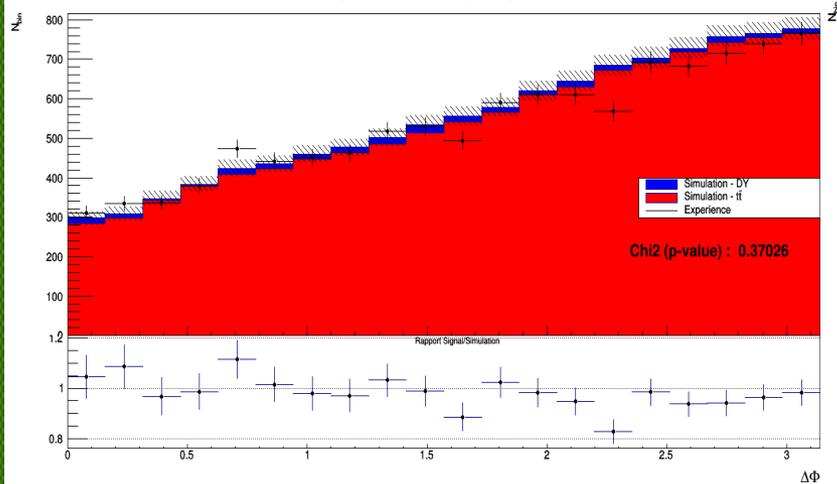


Masse invariante electron anti-electron pour le canal Electron-Electron

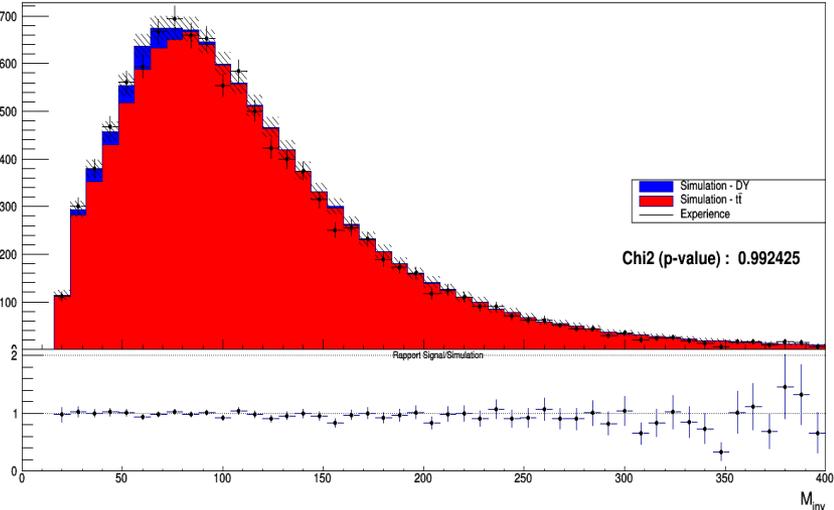


Résultats pour le canal di-électron après sélection avec toutes coupures

Difference de l'angle entre les deux leptons pour le canal Electron-Muon



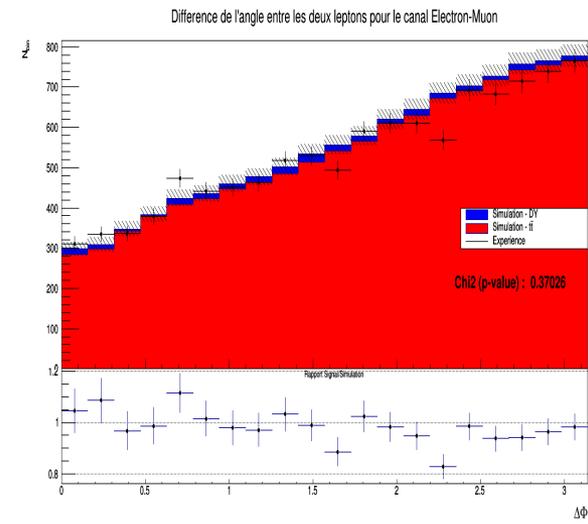
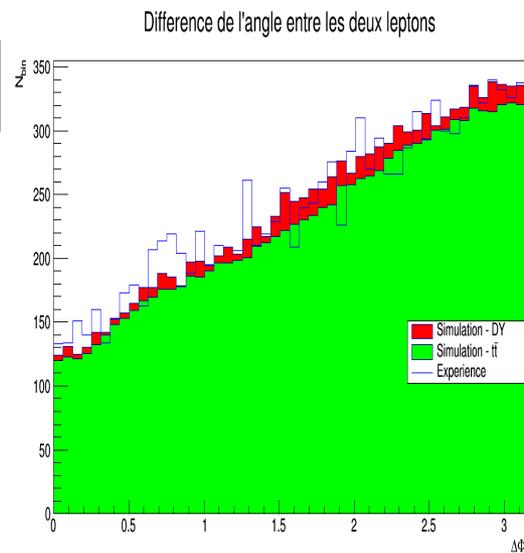
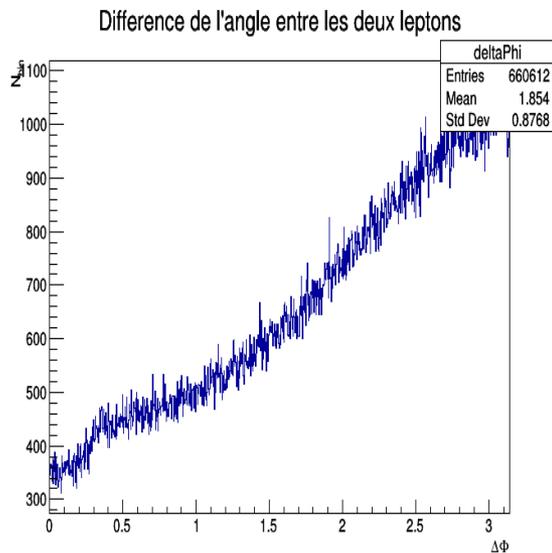
Masse invariante electron Electron-Muon pour le canal Electron-Muon



Résultats pour le canal électron-muon après sélection sans coupure sur la masse invariante autour de 91 GeV

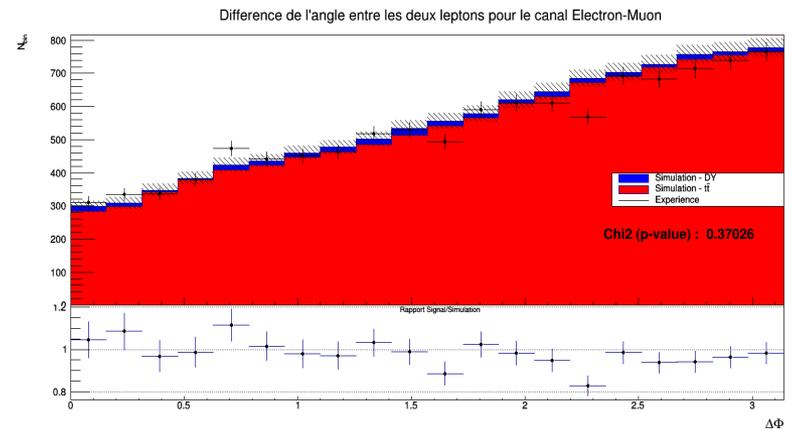
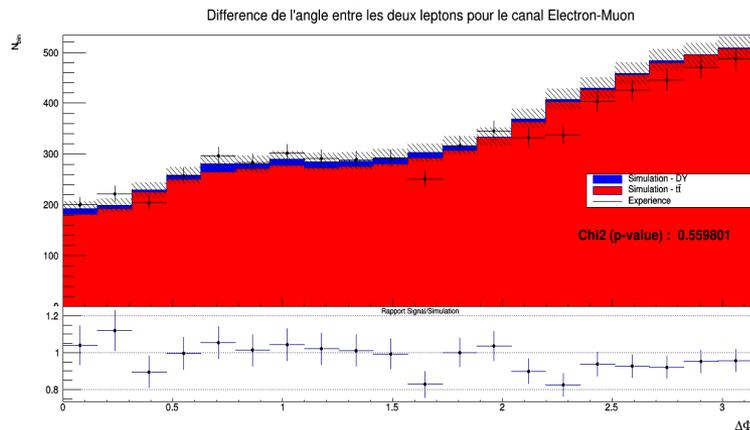
Affichage des résultats

- Utilisation d'histogrammes
- Contribution de chaque fraction de la simulation et superposition avec les valeurs expérimentales
- Erreurs Statistiques
- Binning limitant les fluctuations statistiques
- Ajout du rapport Signal/Simulation et Chi^2 entre signal et simulation
- Macro root automatisant la manipulation des données



Analyse

- Accord Monté-Carlos : les simulateurs reconstruisent correctement la réponse du détecteur à partir du Modèle Standard
- Canal électron-muon mieux filtré en bruit (Drell-Yan très peu présent)
- Affinement de la sélection pour une maîtrise et un meilleur contrôle du bruit
- Les fluctuations statistiques empêchent de se prononcer sur une quelconque déviation des résultats par rapport à la théorie
- Corrélation observée entre la masse invariante et $\Delta\Phi$: apparition d'un plateau lors de la coupure sur masse invariante centrée sur 91 GeV



- Singularité déjà observée à 8 TeV mais qui n'a pas été clairement expliquée.

Discussion

- Prendre en compte également les erreurs du simulateur/détecteur
- Prendre en compte les autres sources de bruits moins conséquentes :
 - Production simple d'un quark top
 - Autres sources de production de paire top / anti top
- Avoir plus de données pour atténuer les fluctuations statistiques
- Réparer le LHC=

Conclusion

- Pas de constat possible d'une déviation du Modèle Standard comme on le souhaiterai, mais un phénomène intéressant mis en évidence.
- Approfondissement des connaissances de Root et de la programmation en C++
- Aborder la physique des particules d'un point de vue de différent.
- Découverte de plein de nouvelles choses dans ce domaine passionnant