

Séminaire



Techniques d'estimation des bruits de fond pour les mesures des propriétés du quark top dans le canal dileptonique

Marco CARDACI
IPHC, Strasbourg

France

Marco CARDACI

Plan du séminaire

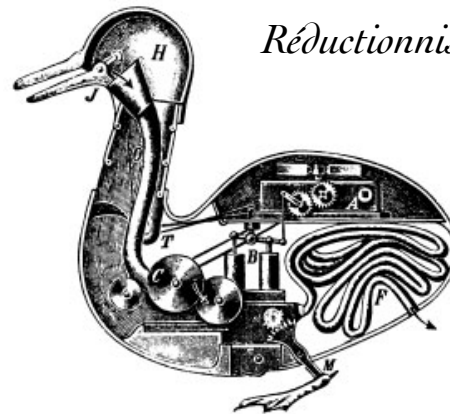
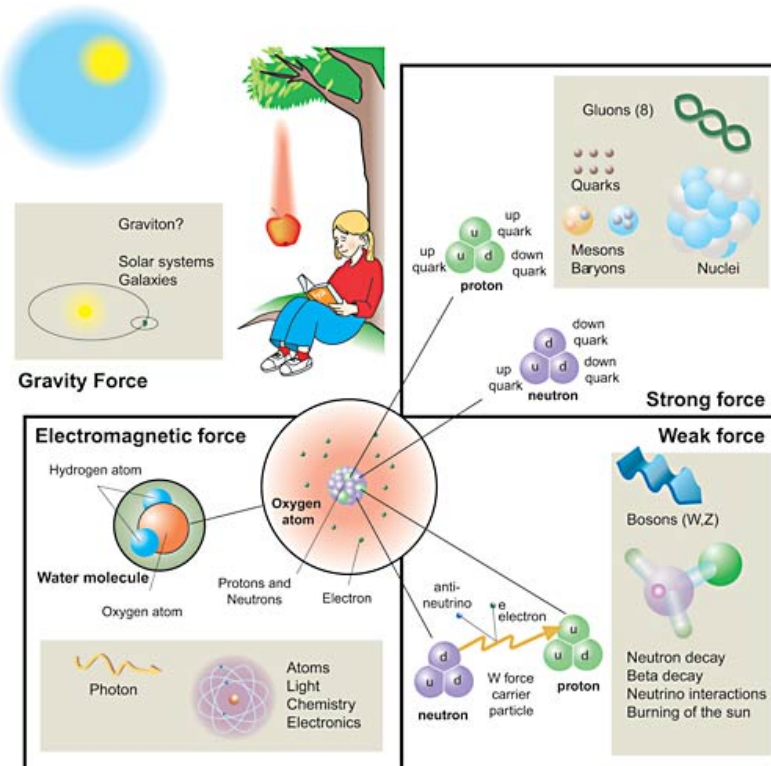
- Introduction
 - Le modèle standard
 - Le Grand collisionneur de hadrons: LHC
 - Le détecteur solénoïde compact à muon: CMS
- La paire de quarks top
 - La production
 - Les différents canaux de désintégration
 - Le canal dileptonique
- La mesure de la section efficace
 - Le comptage
 - Méthode d'estimation du DY hors pic
 - Méthode du taux de faux leptons
 - Méthode de la matrice
 - La mesure
- Les propriétés du quark top
 - Corrélation de spin
 - Asymétrie de charge
 - Polarisation du boson W

Introduction

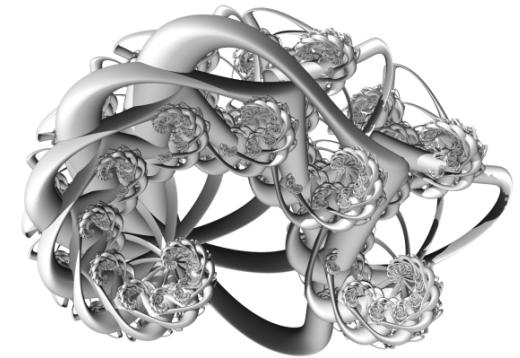
Marco CARDACI

Le modèle standard

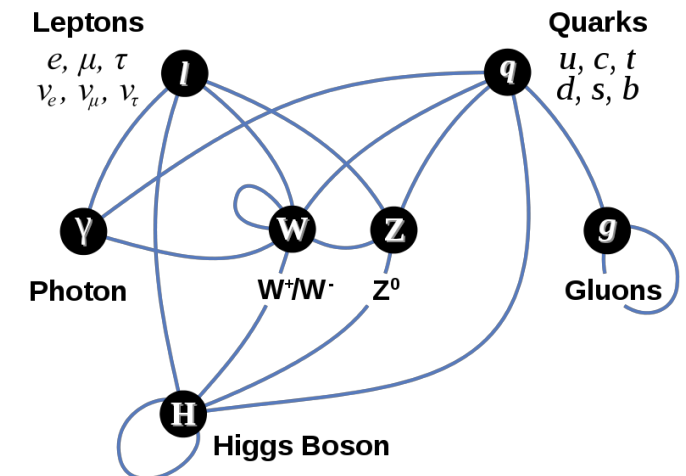
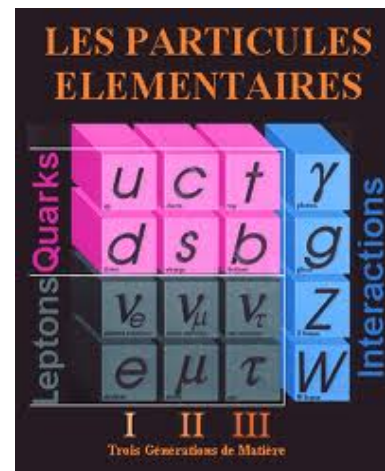
Un modèle qui nous conduira à la compréhension du « TOUT » (?)



Réductionnisme



Holisme



La physique fondamentale



Transistor inventé par de
physiciens



Découverte des
ondes
électromagnétiques



Inventé au CERN pour
mettre en communication les
physiciens



Découverte de
la loi
d'induction



Découverte de
l'électron



Relativité

Les questions irrésolues dans la physique des particules

Quel est la vraie nature de la brisure spontanée de symétrie?

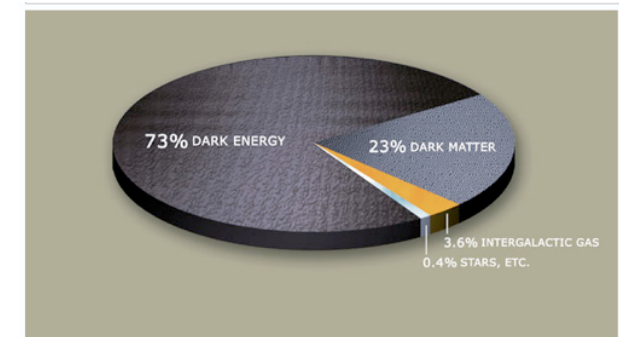
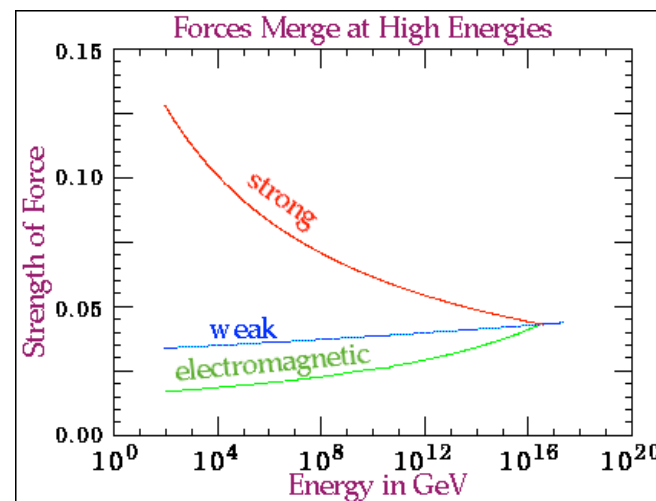
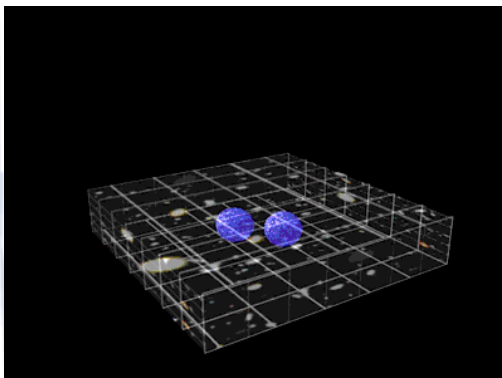
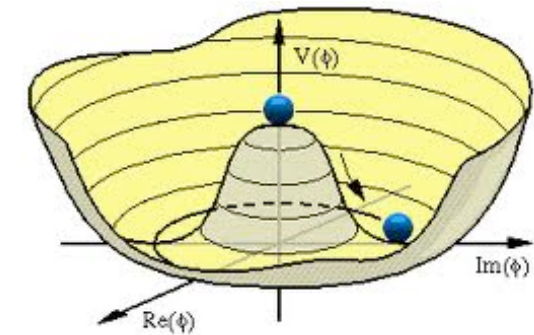
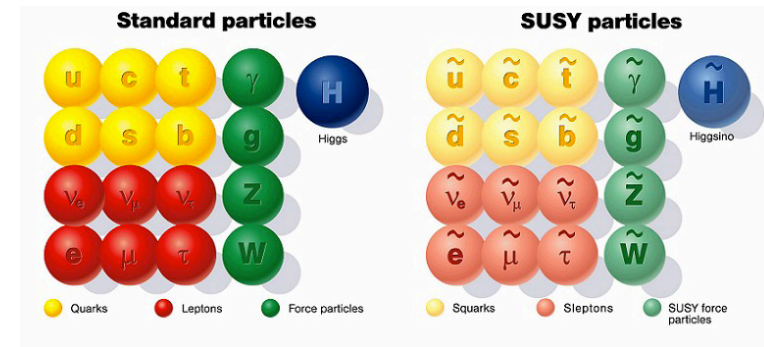
Pourquoi les quarks sont ils rangés par générations?

Pourquoi y a-t-il 6 saveurs de quarks?

Pourquoi il y a plusieurs interactions en nature?

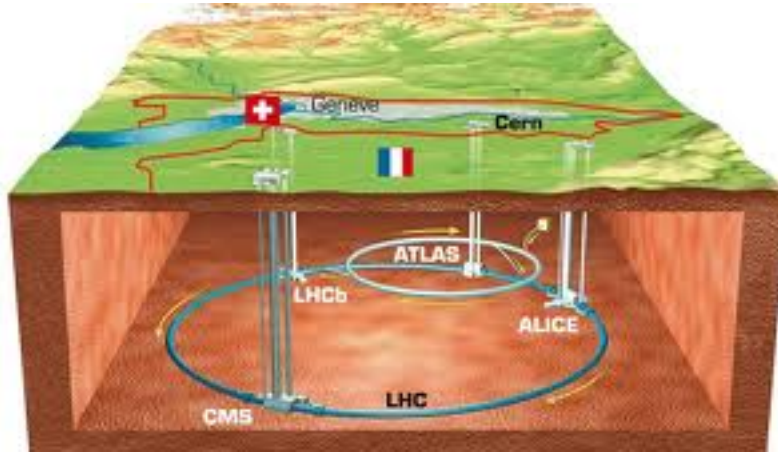
Est-ce que (et comment) on peut unifier la gravitation avec les autres interactions?

Pourquoi l'intensité de la gravitation est si faible par rapport à celle des autres interactions?



Le LHC

Cout de environ 7.5 G€



Nominalement:

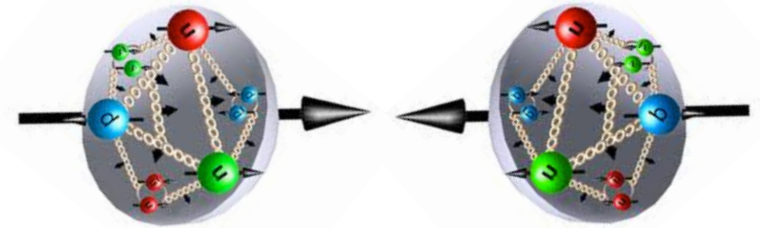
7 TeV / faisceau

25 ns d'espace entre les paquets

(de 10^{11} protons) => 2835 paquets

$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ => $100 \text{ fb}^{-1} / \text{an}$

Collisionneur proton-proton



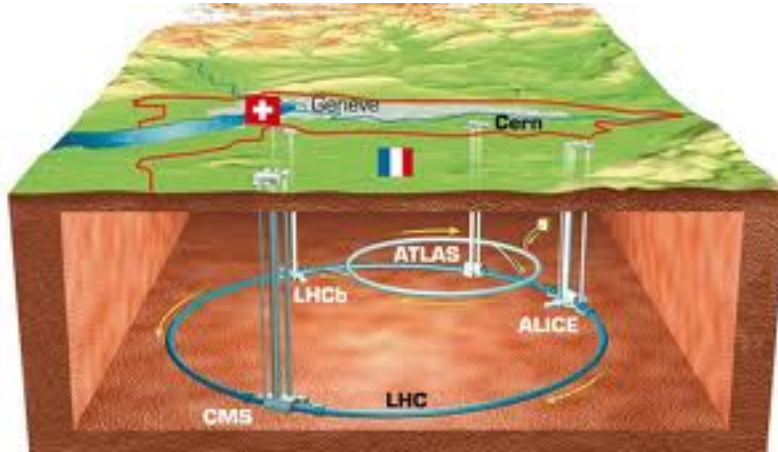
15 m de longueur / dipôle

1232 dipôles / LHC

2 faisceaux séparés,
opérationnelles à 1.9 K

Le LHC

Cout de environ 7.5 G€



Nominalement:

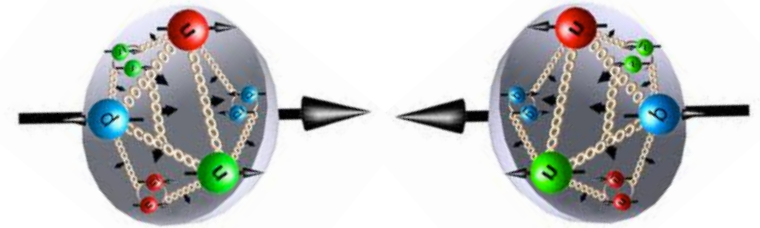
7 TeV / faisceau

25 ns d'espace entre les paquets

(de 10^{11} protons) => 2835 paquets

$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ => $100 \text{ fb}^{-1} / \text{an}$

Collisionneur proton-proton



15 m de longueur / dipôle

1232 dipôles / LHC

2 faisceaux séparés,
opérationnelles à 1.9 K

Le LHC

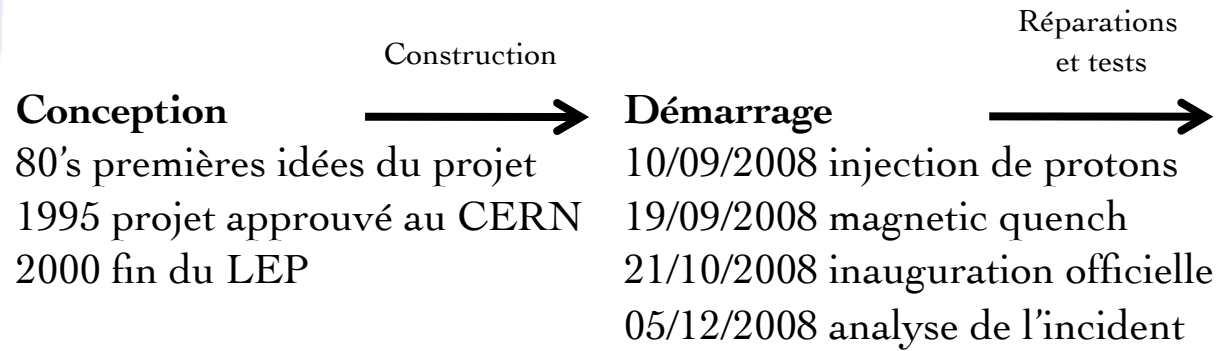
Conception

80's premières idées du projet
1995 projet approuvé au CERN
2000 fin du LEP

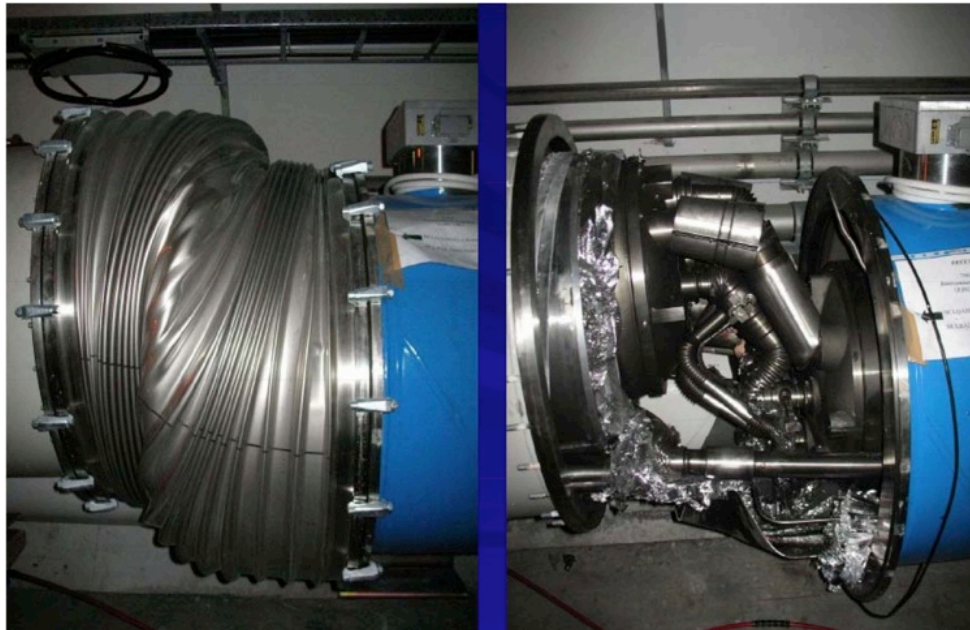
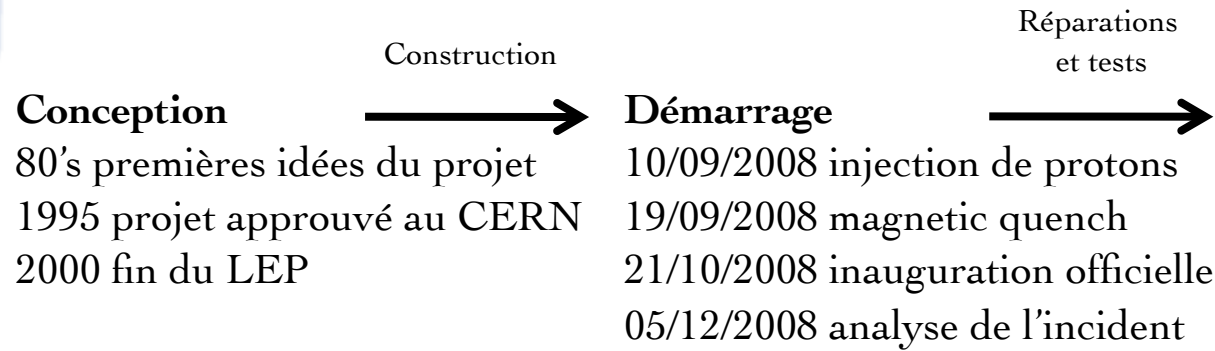
Construction



Le LHC



Le LHC



Le LHC

Conception

80's premières idées du projet
1995 projet approuvé au CERN
2000 fin du LEP

Construction



Démarrage

10/09/2008 injection de protons
19/09/2008 magnetic quench
21/10/2008 inauguration officielle
05/12/2008 analyse de l'incident

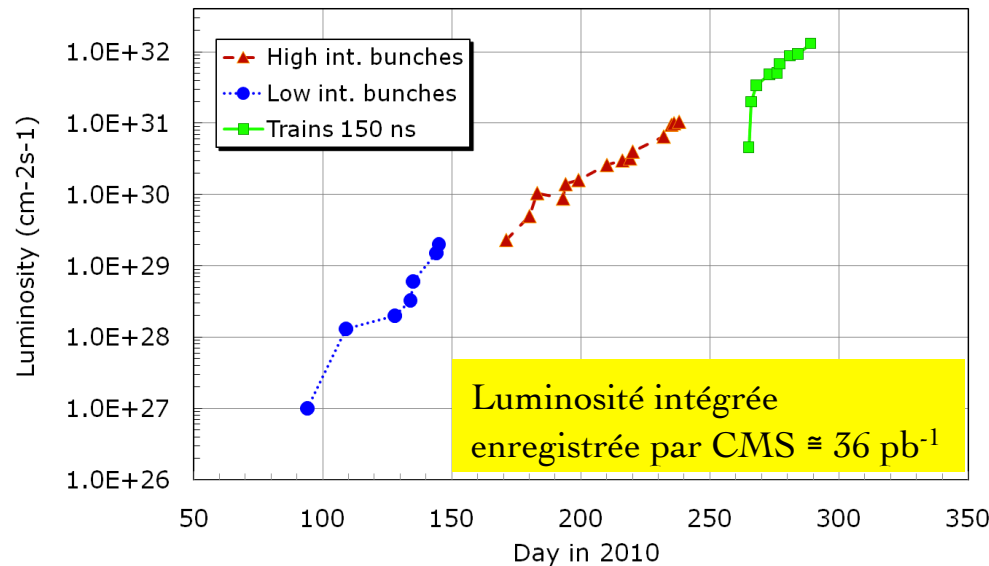
Réparations
et tests



Redémarrage

20/11/2009 injection de protons
23/11/2009 1^{eres} collisions à 900 GeV
30/11/2009 1180 GeV / faisceau
12/2009 1^{eres} collisions à 2260 GeV
30/03/2010 1^{eres} collisions à 7 TeV
04/11/2010 fin de collisions à 7 TeV
08/11/2010 1^{eres} collisions ion lourds
11/03/2011 1^{eres} collisions du 2011

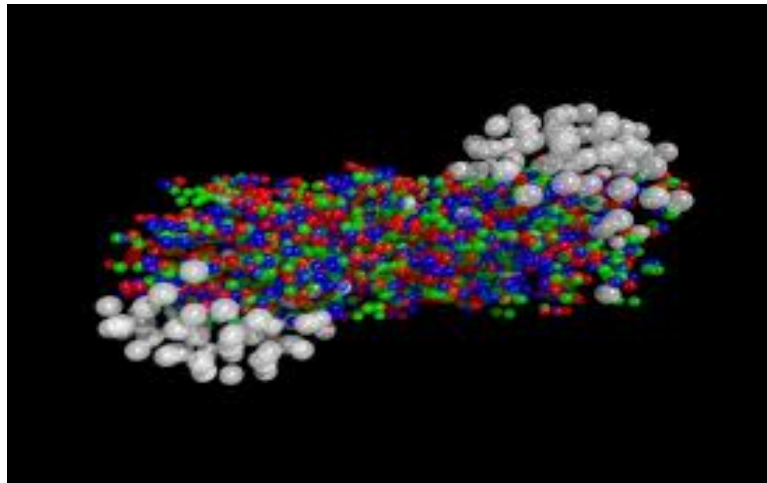
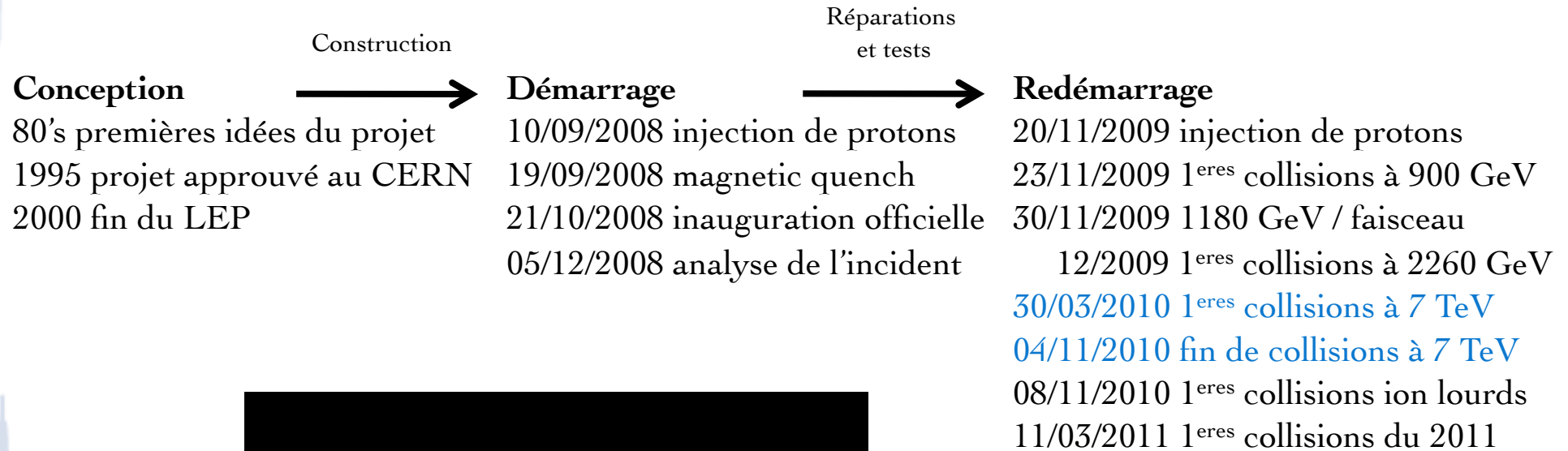
LHC run 2010



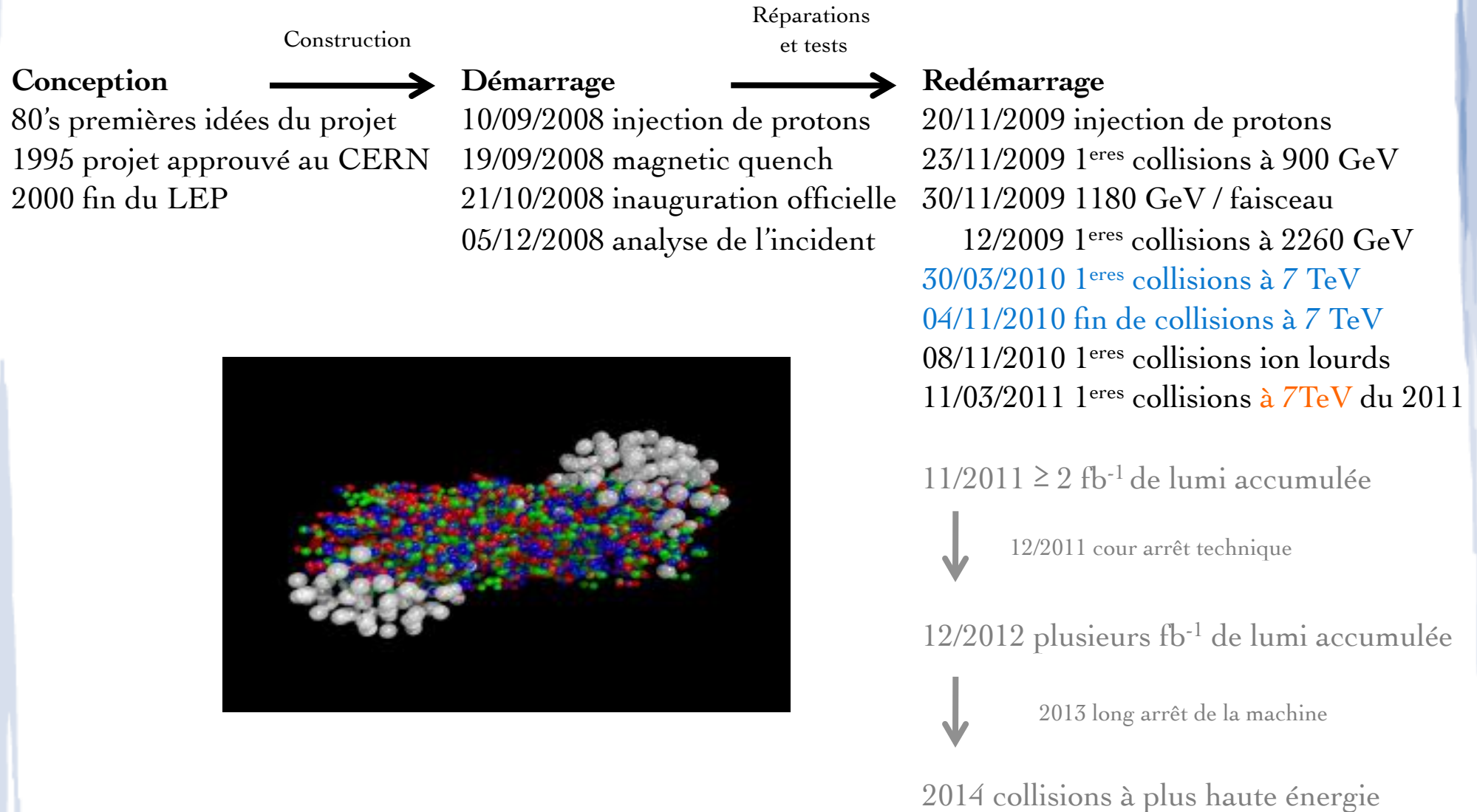
Pic de luminosité instantanée = $6,3 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
368 paquets / faisceau, 348 collisions de paquets

Marco CARDACI

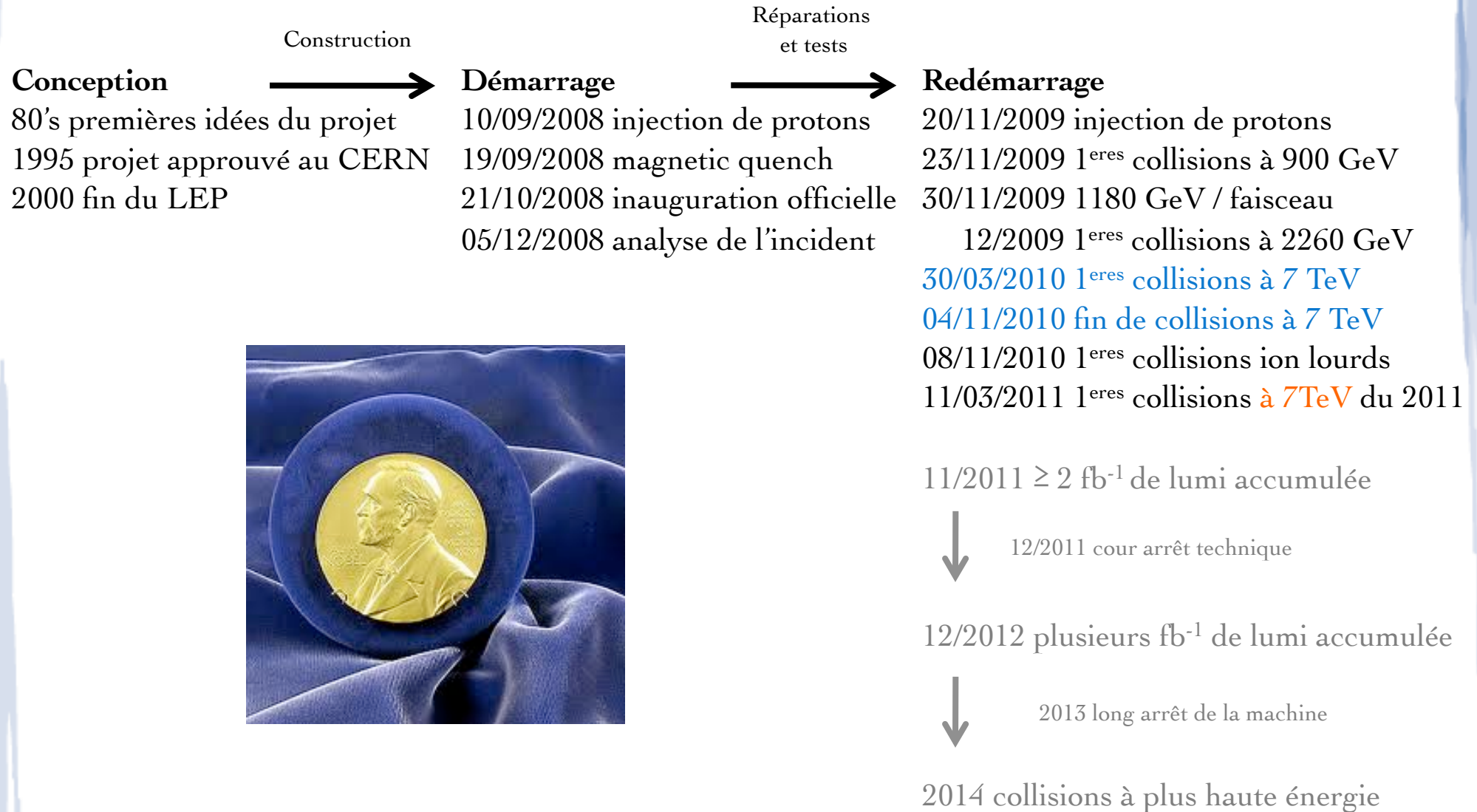
Le LHC



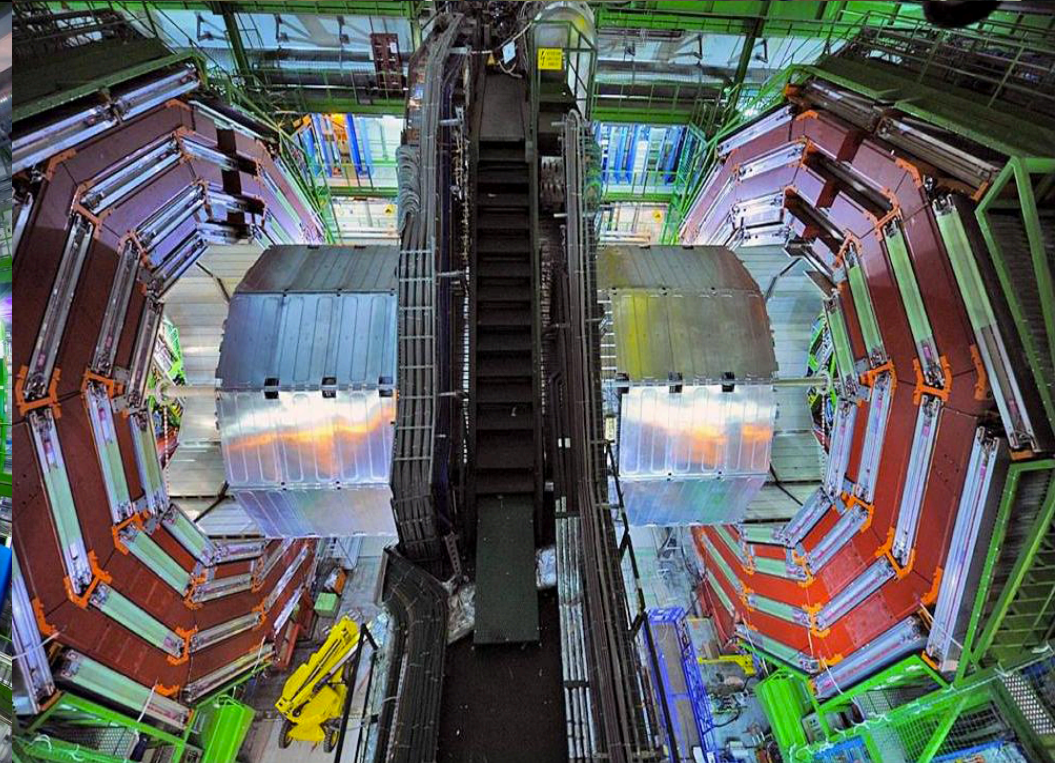
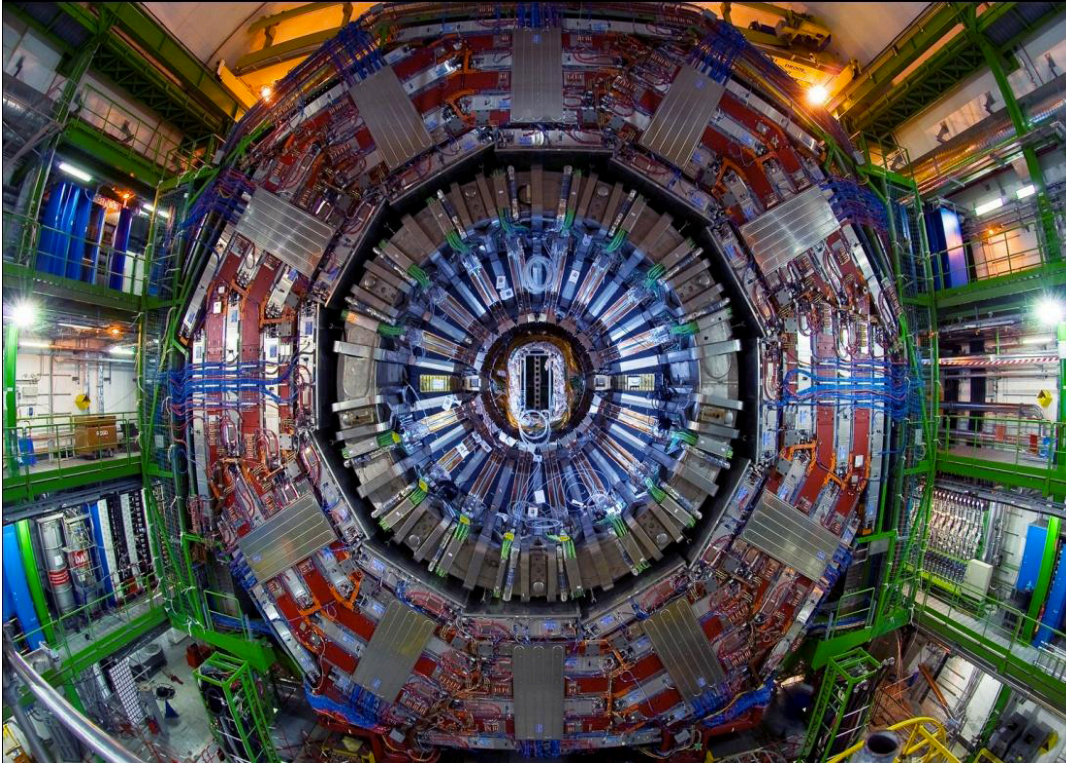
Le LHC



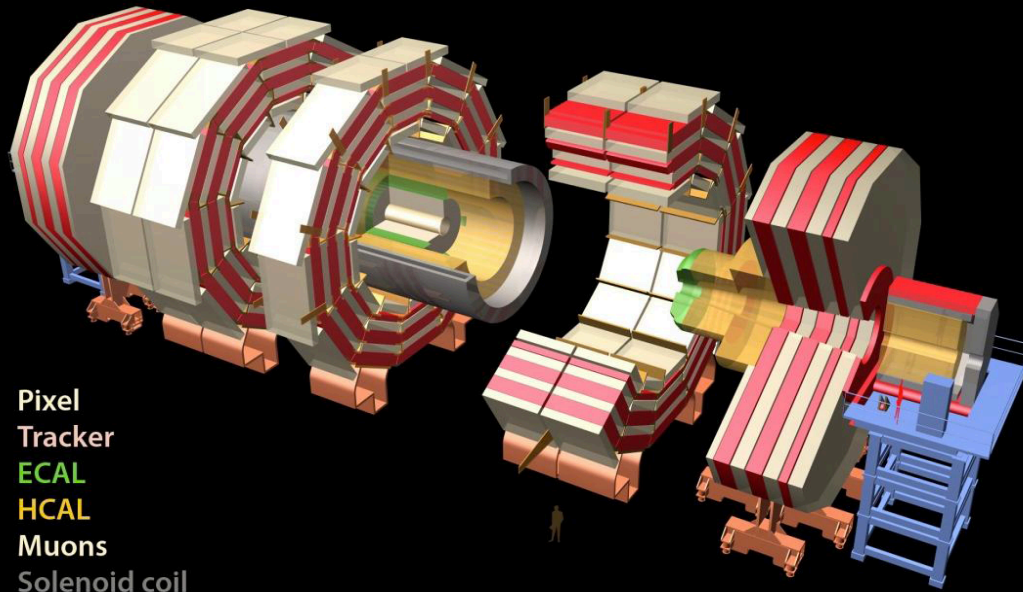
Le LHC



La Collaboration CMS



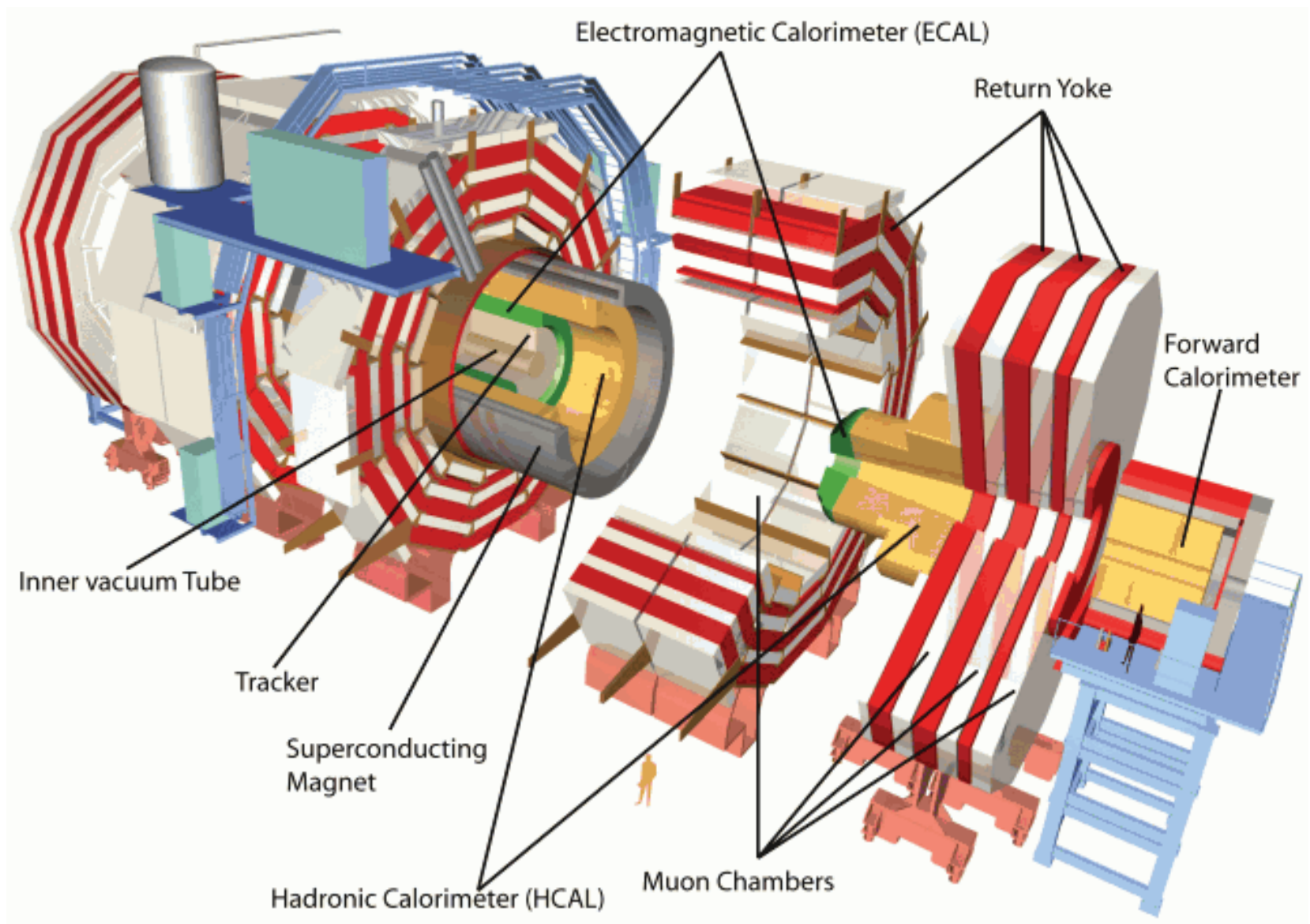
La Collaboration CMS



3170 scientifiques et ingénieurs (en incluent
~ 800 étudiants) - 169 instituts - 39 pays

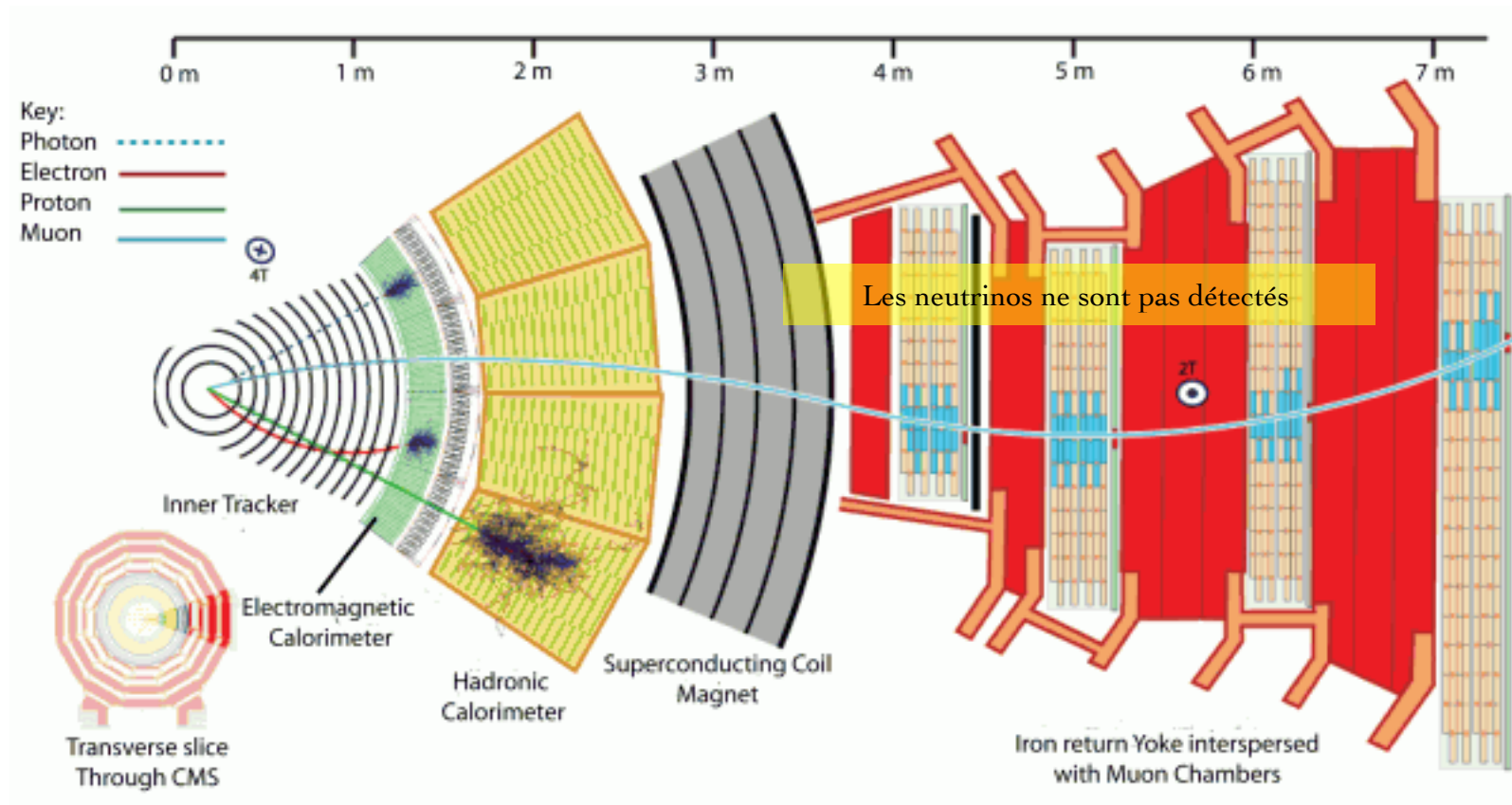


Le détecteur CMS



Marco CARDACI

Le détecteur CMS



$$I_{\text{rel}} = \Sigma(p_T^{\text{Trk}} + E_T^{\text{ECAL}} + E_T^{\text{HCAL}}) / p_T^{\text{cand}}$$

somme (qui exclu le candidat)
dans un cônes $\Delta R = 0.3$ autour du candidat

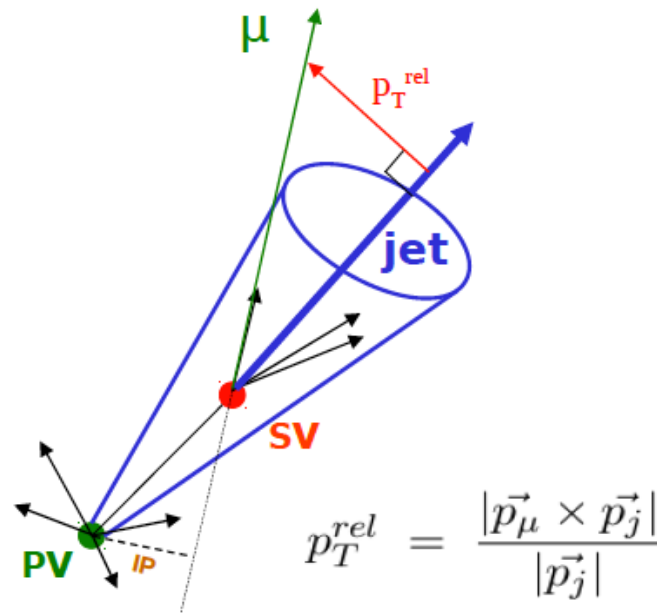
“Tagging” du b

Les quarks b ont une longue durée de vie $\sim ps$, $c\tau \sim 500 \mu m \Rightarrow$ présence d'un vertex secondaire

Algorithmes de tagging du b

basés sur le:

- 1) paramètre d'impact (i.e. IP des traces du SV),
- 2) vertex secondaire (i.e. multiplicité de traces du SV) où
- 3) lepton (IP, p_T^{rel} du μ)



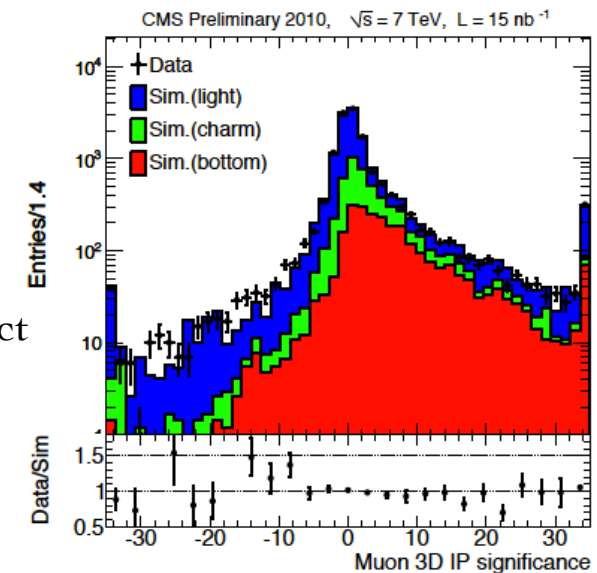
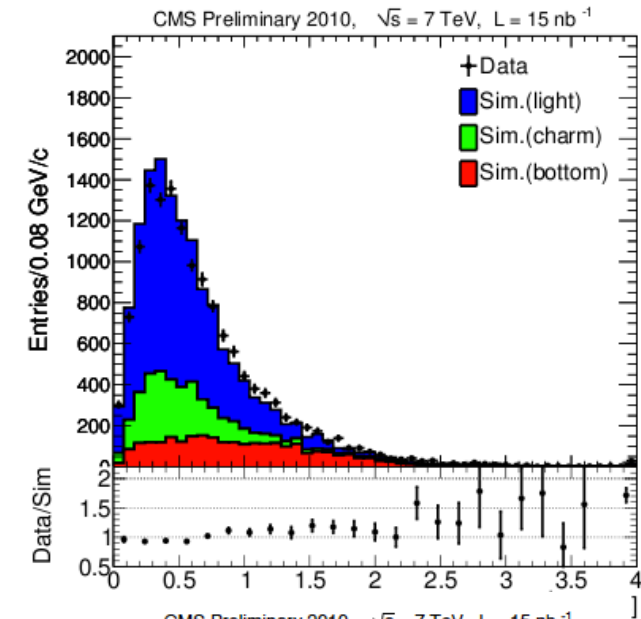
Taggeurs muon
(type 3)

par p_T^{rel}

par signifiante
du paramètre d'impact

Marco CARDACI

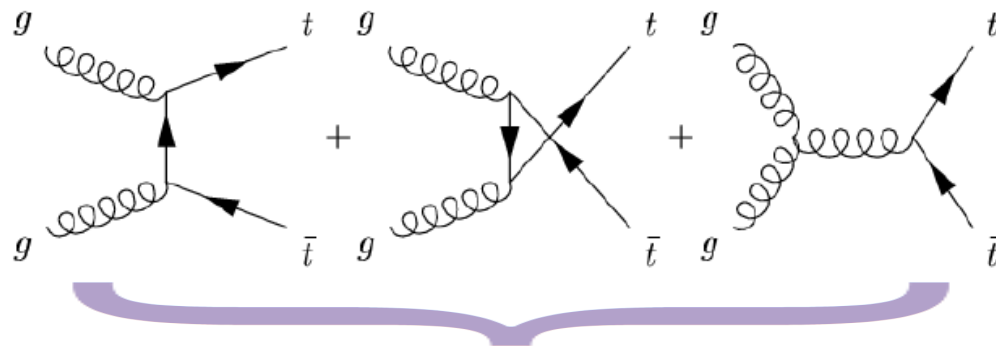
Discriminateurs



La paire de quarks top

Production de paires de quarks top

Au LHC le mécanisme principal est la fusion de gluons!



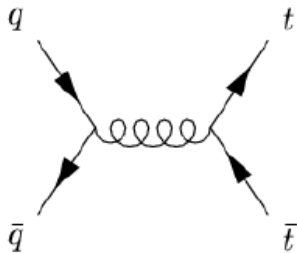
~ 85%

au LHC

~ 15%

au Tevatron

... différemment que au Tevatron, où l'annihilation de paires quark-antiquark est dominante!



~ 15%

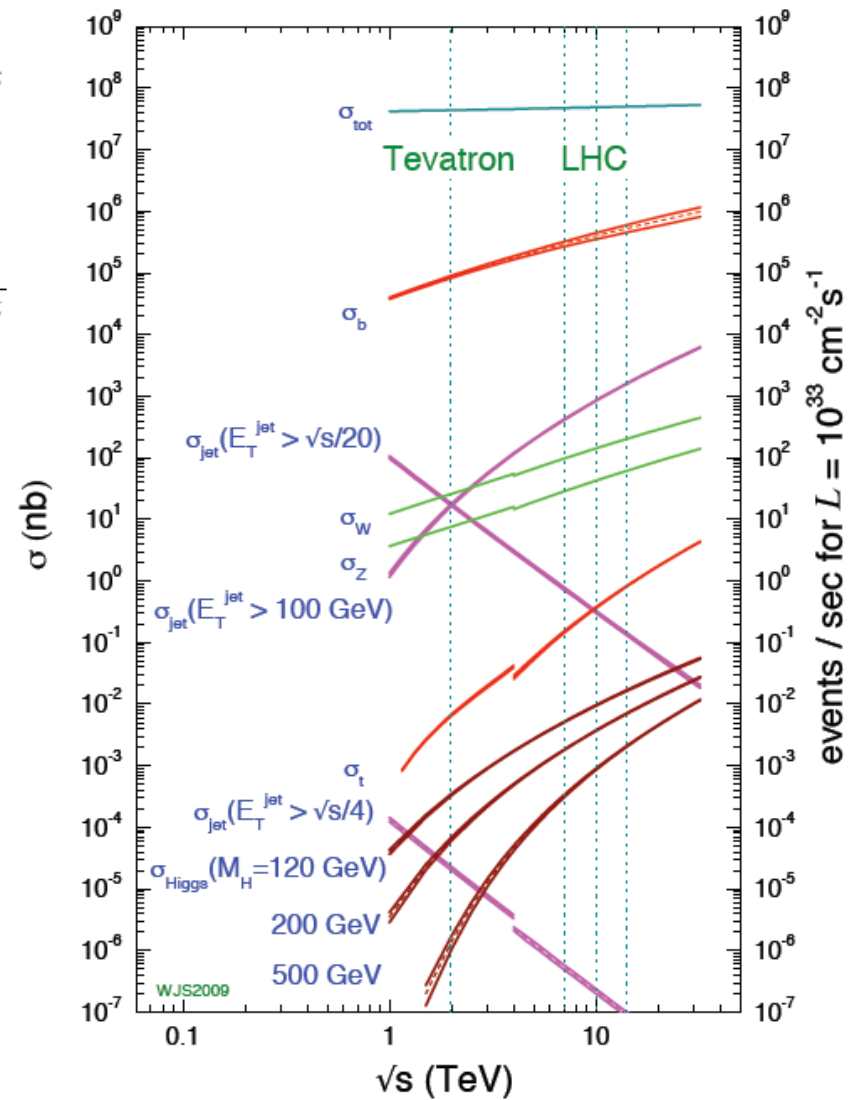
au LHC

~ 85%

au Tevatron

$$\sigma = 158 \pm 23 \text{ pb @ NLO (MCFM)}$$

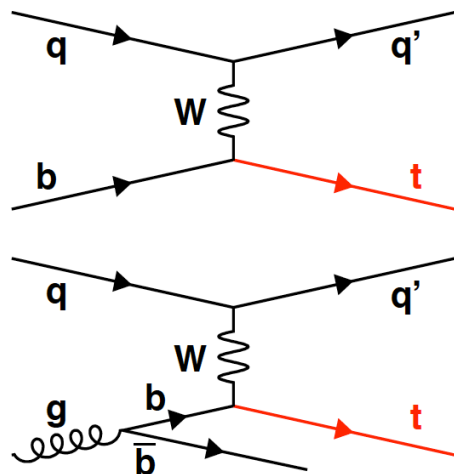
proton - (anti)proton cross sections



Le top célibataire

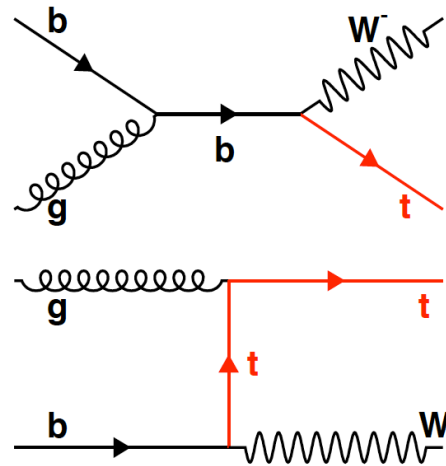
La production électrofaible du top célibataire est aussi possible

Trois modes de production sont possibles:



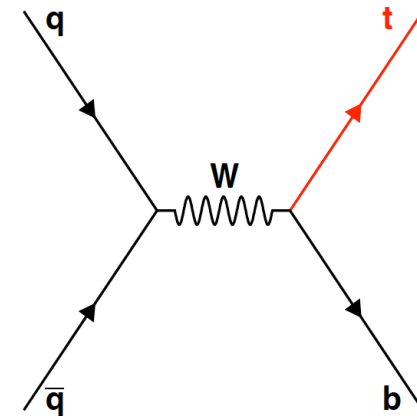
canal t

$\sim 63 \text{ pb}$



t W associés

$\sim 11 \text{ pb}$

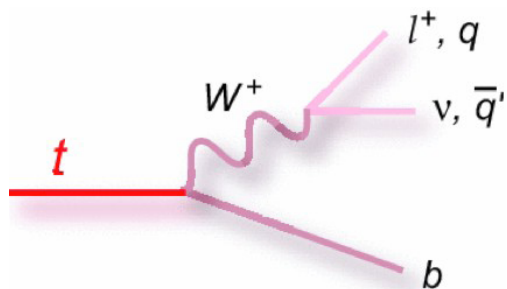


canal s

$\sim 5 \text{ pb}$

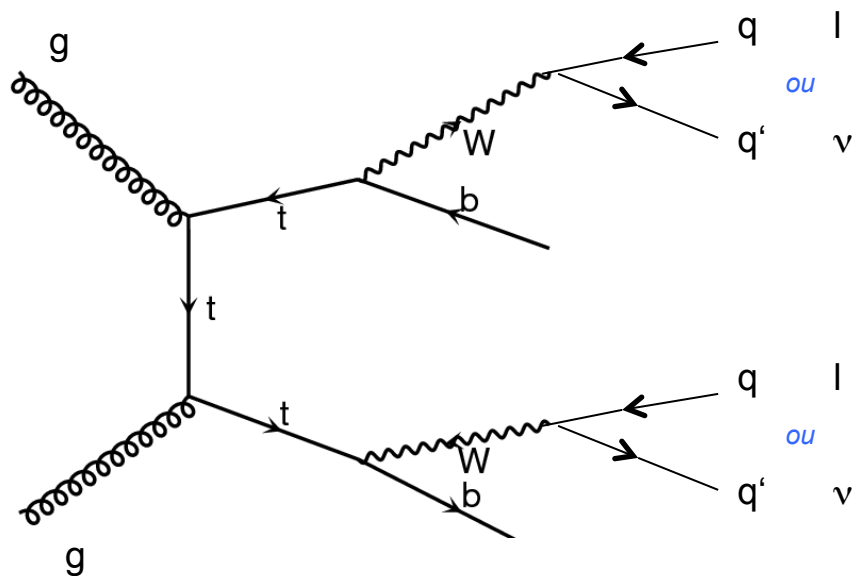
$\sigma = 79 \text{ pb} \pm 3 \text{ pb}$ contre la $\sigma = 158 \pm 23 \text{ pb}$ de paires de quarks

Canaux de désintégration de paires de quarks top



La matrice CKM favorise la désintégration du quark top en quark beau ($|V_{tb}| \approx 1$)

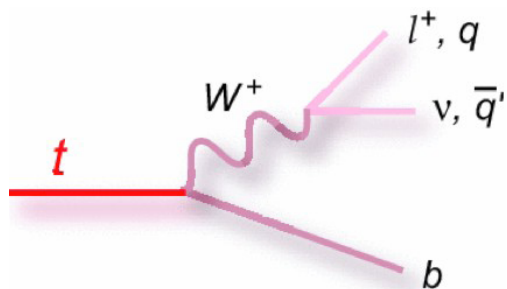
$t \rightarrow Wb$ environ 100% des fois



Modes de désintégration

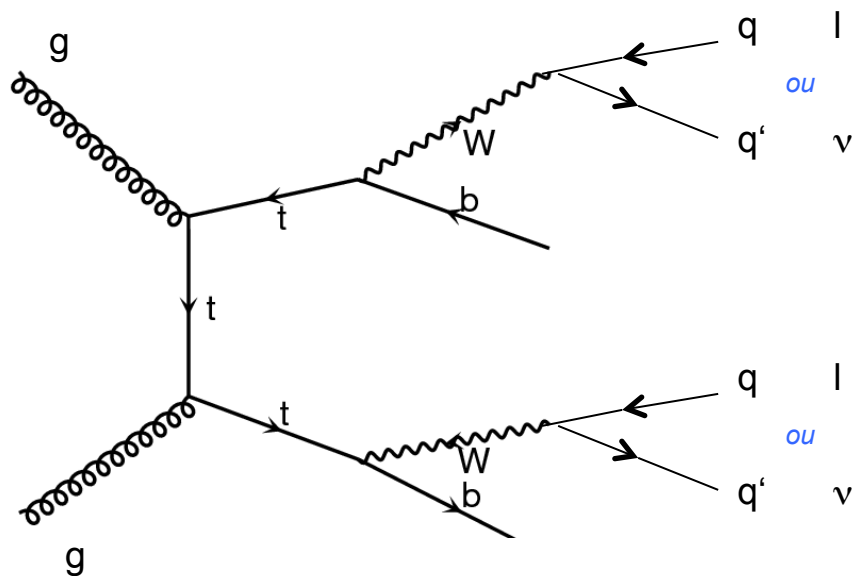
$\bar{c}s$	$\bar{u}d$	electron+jets	muon+jets	tau+jets	all-hadronic	
τ^-	μ^-	$e\tau$	$\mu\tau$	$\tau\tau$		tau+jets
e^-	μ^-	$e\mu$	$\mu\mu$	$\mu\tau$		muon+jets
e^-	μ^-	ee	$e\mu$	$e\tau$	electron+jets	
W decay	e^+	μ^+	τ^+	$u\bar{d}$	$c\bar{s}$	

Canaux de désintégration de paires de quarks top



La matrice CKM favorise la désintégration du quark top en quark beau ($|V_{tb}| \approx 1$)

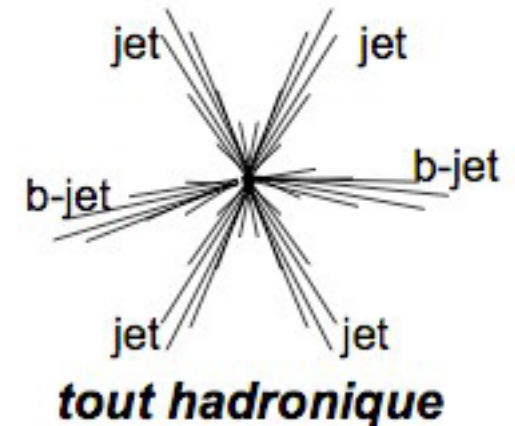
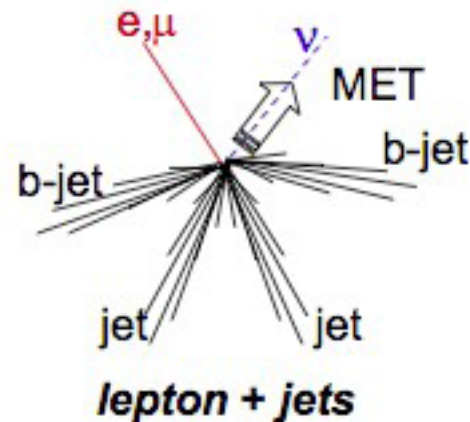
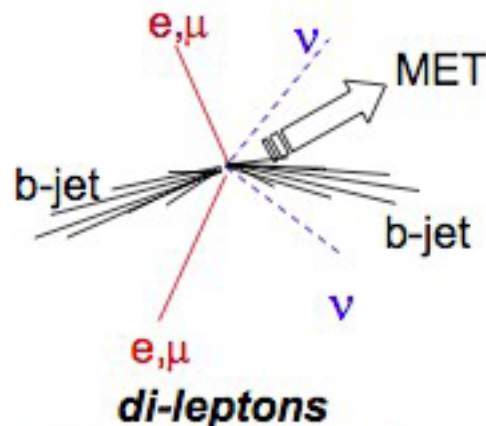
$t \rightarrow Wb$ environ 100% des fois



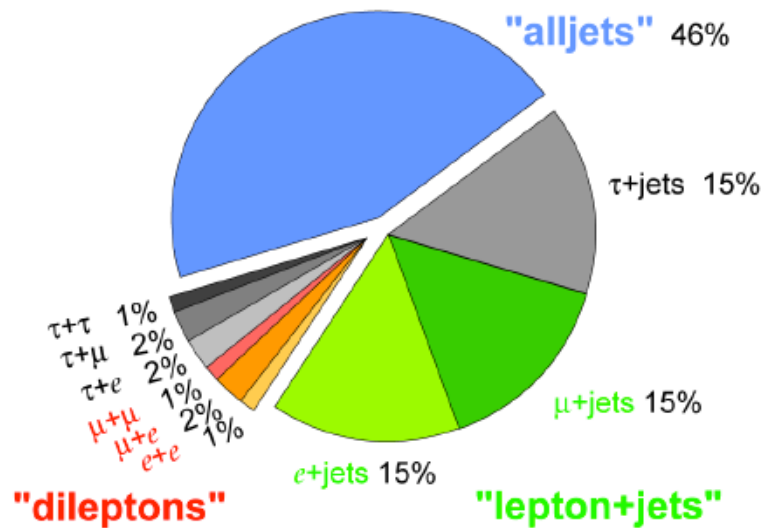
Modes de désintégration

W^-		$\bar{c}s$	lepton + jets	tau + jets	all hadronic
		$\bar{u}d$			
W^+		τ^-	$\tau e / \tau \mu$	$\tau \tau$	tau + jets
		μ^-	dilepton	$\mu e / \mu \tau$	lepton + jets
		e^-			
			e^+	μ^+	τ^+

Topologies



Top Pair Branching Fractions

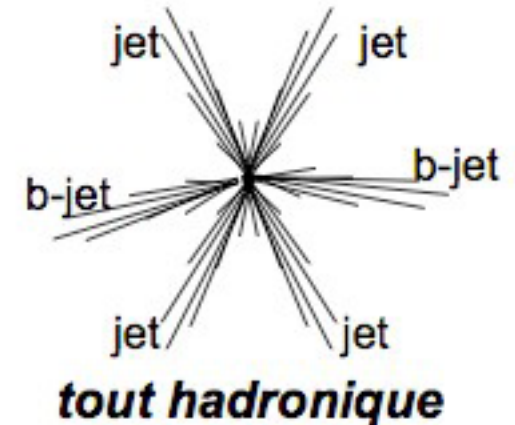
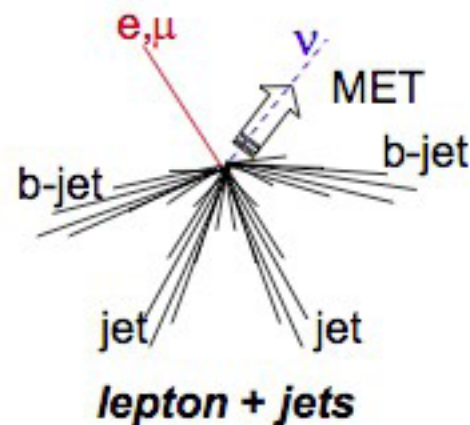
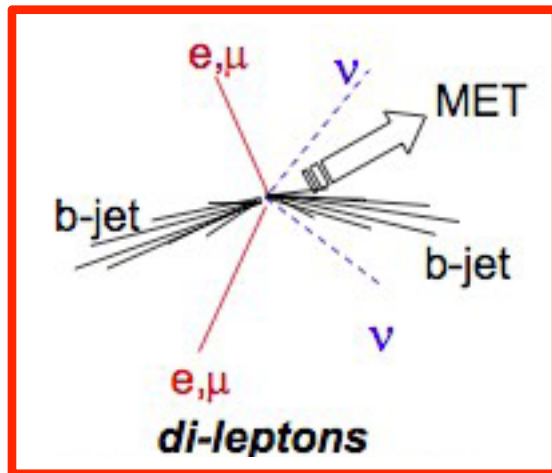


tout hadronique = 6 jets dont 4 légers => noyés par le bruit fond QCD

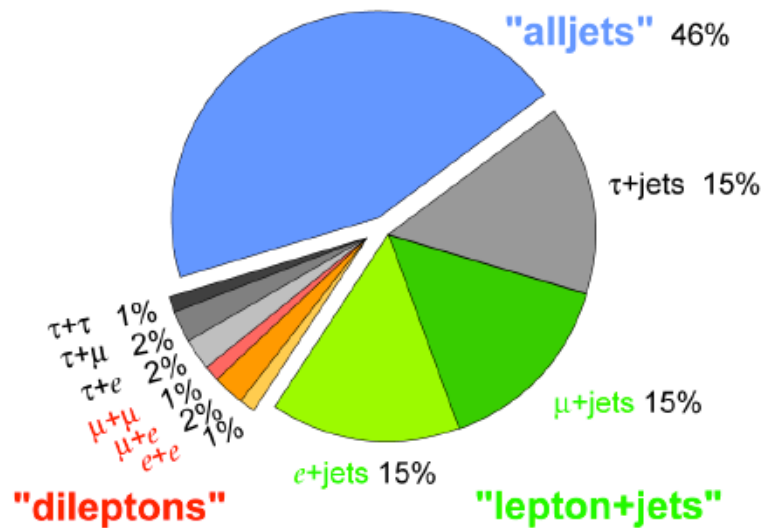
lepton+jets = un lepton isolé, énergie transverse manquante (MET), 4 jets dont 2 légers => bruits de fond principal W+jets

dileptonique = deux leptons isolés, MET, 2 jets b => bruits fond principal Z+jets

Topologies



Top Pair Branching Fractions

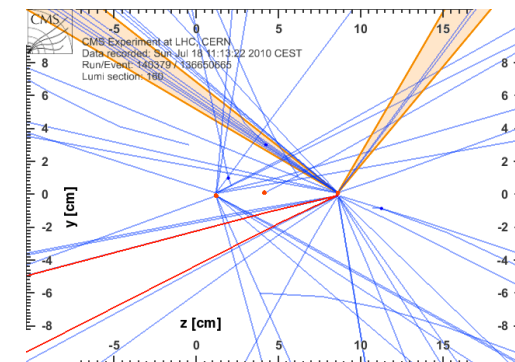
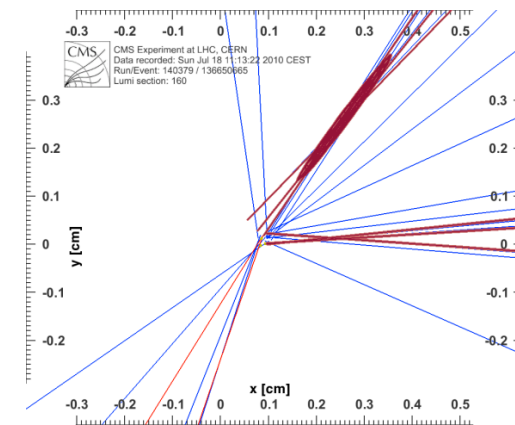
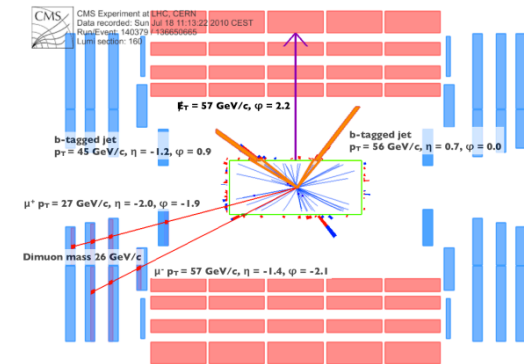
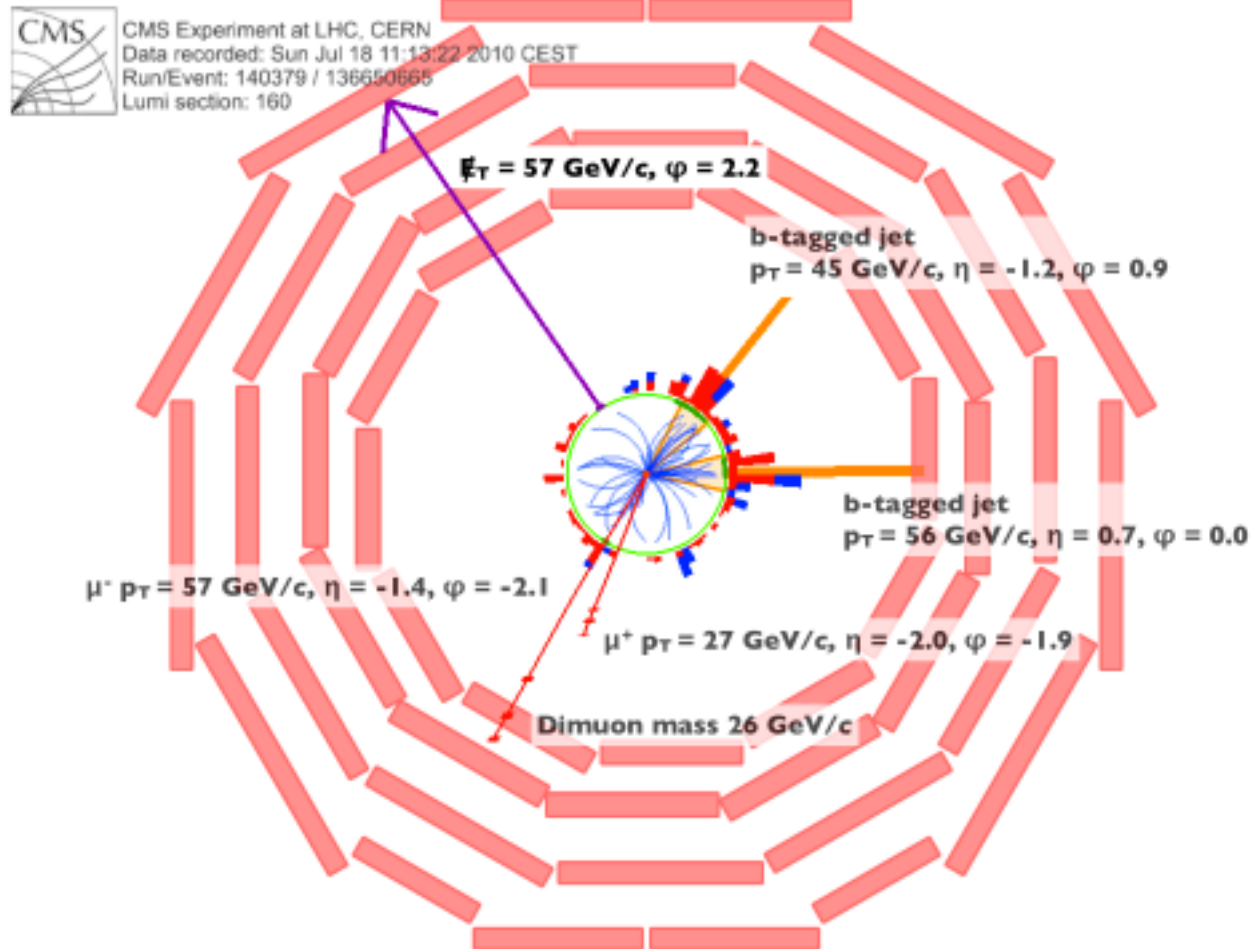


tout hadronique = 6 jets dont 4 légers => noyés par le bruit fond QCD

lepton+jets = un lepton isolé, énergie transverse manquante (MET), 4 jets dont 2 légers => bruits de fond principal W+jets

dileptonique = deux leptons isolés, MET, 2 jets b => bruits fond principal Z+jets

Exemple d'événement dileptonique



Marco CARDACI

La mesure de la section efficace

Comptage

La mesure de la section efficace est une “simple” expérience de comptage



Signal (S) que l'on voudrais être capable d'observer directement

Section efficace mesurée

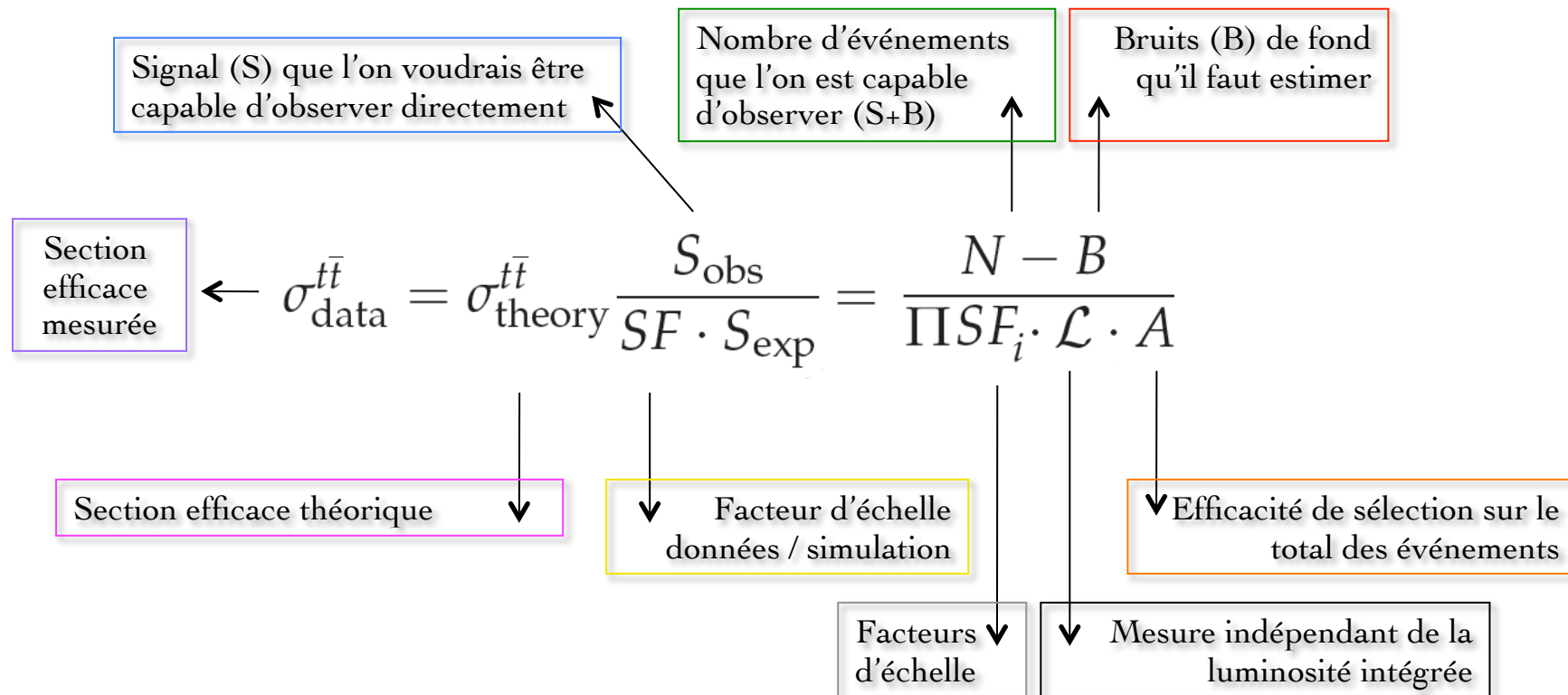
$$\leftarrow \sigma_{\text{data}}^{t\bar{t}} = \sigma_{\text{theory}}^{t\bar{t}} \frac{S_{\text{obs}}}{SF \cdot S_{\text{exp}}}$$

Section efficace théorique

Facteur d'échelle
données / simulation

Comptage

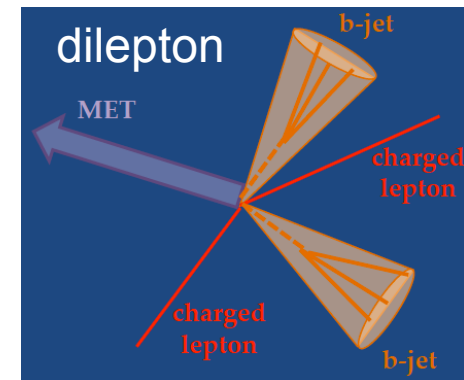
La mesure de la section efficace est une "simple" expérience de comptage



Sélection du signal

Signal

2 leptons isolés
Énergie transverse manquante
≥ 2 jets



- Système de déclenchement: un électron (muon) avec $p_T > 15$ (9) GeV/c

- **Electron et muon**

- $p_T > 20$ GeV/c et $|\eta| < 2.5$
- $I^{\text{rel}} < 0.15$ dans un cône $\Delta R = 0.3$
- Deux de charge opposée

$$\eta = -\ln \left[\tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \right]$$

$$\Delta R = \sqrt{\Delta\phi^2 + \Delta\eta^2}$$

- Veto sur le pic du Z pour ee et $\mu\mu$

- $|M_{\parallel} - M_Z| \geq 15$ GeV/c² et $M_{\parallel} > 12$ GeV/c²

$$M^2 = (E_1 + E_2)^2 - \|\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2\|^2$$

- **Jets: Anti- k_T avec $\Delta R = 0.5$**

- au moins deux
- $p_T > 30$ GeV/c et $|\eta| < 2.5$
- corrigés pour avoir uniformité en η et réponse absolu en p_T

≥ 2 jets

SSVHEM (TCHEL)

= 1 jet

~ 70% tt

≥ 2 jets avec ≥ 1 b-tag

~ 25% tt

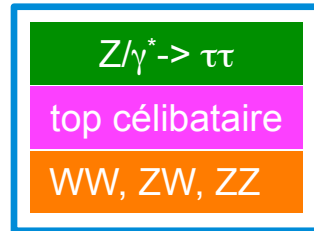
- **Neutrinos => énergie transverse manquante**

- $p_T^{\text{MET}} > 30$ (50) GeV pour ee & $\mu\mu$, pour ≥ 2 jets (=1 jet)
- $M_T^{e,\mu} + M_T^{\mu} > 130$ GeV/c² (no cut) pour $e\mu$, pour ≥ 2 jets (=1 jet)

$$M_T^{e,\mu} = \sqrt{2p_T^{e,\mu} E_T [1 - \cos(\phi_{\vec{E}_T} - \phi_{e,\mu})]} / c$$

Problématique expérimentale

Bruits de fond



Estimation des bruits de fond

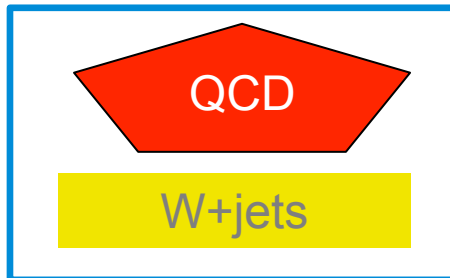
Estimés à partir du MC



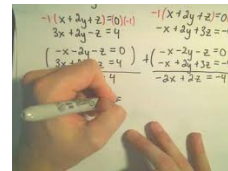
Echantillon sélectionné



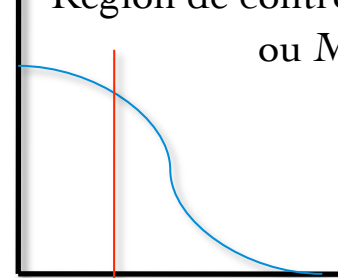
Signal



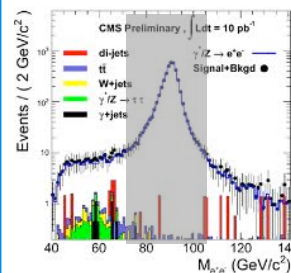
- Faux leptons
- Matrice



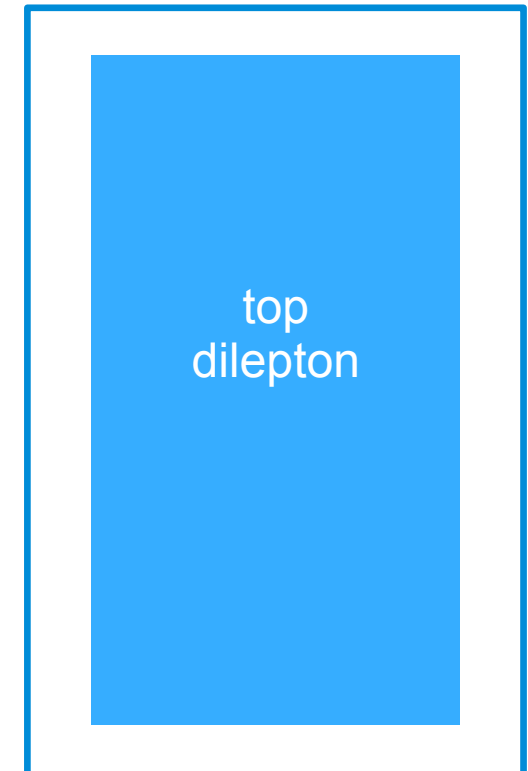
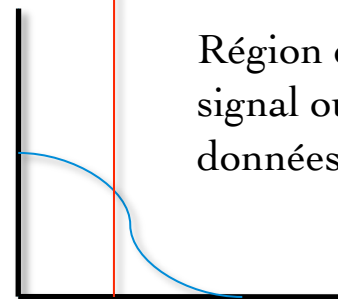
Région de contrôle
ou MC



Hors/dans pic

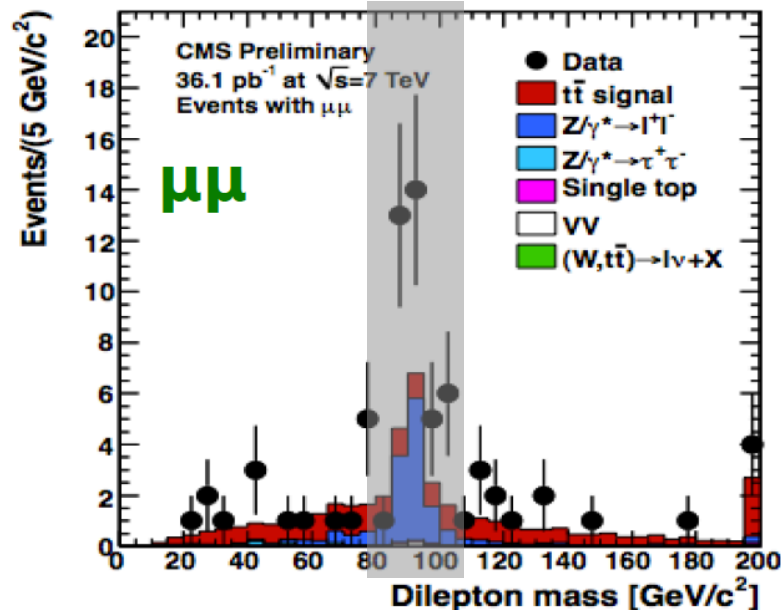


Région de
signal ou
données



Marco CARDACI

Région du pic = [76, 106] GeV



Sample	$N_{\text{jet}} = 1$	$N_{\text{jet}} \geq 2$
e^+e^- : $\cancel{E}_T > 50$ GeV in $N_{\text{jet}} = 1$, $\cancel{E}_T > 30$ GeV in $N_{\text{jet}} \geq 2$		
Simulated	0.1 ± 0.1	1.7 ± 0.3 STAT
$R_{\text{out/in}}$	0.13 ± 0.13	0.14 ± 0.03
Estimate from data	0.2 ± 0.3	3.0 ± 1.8 STAT + SYST
$\mu^+\mu^-$: $\cancel{E}_T > 50$ GeV in $N_{\text{jet}} = 1$, $\cancel{E}_T > 30$ GeV in $N_{\text{jet}} \geq 2$		
Simulated	1.4 ± 0.3	3.3 ± 0.5
$R_{\text{out/in}}$	1.1 ± 0.3	0.22 ± 0.03
Estimate from data	5.2 ± 3.4	7.4 ± 4.1
e^+e^- : with b-tagging, $\cancel{E}_T > 30$ GeV		
Simulated	0.16 ± 0.07	0.6 ± 0.2
$R_{\text{out/in}}$	0.08 ± 0.04	0.14 ± 0.05
Estimate from data	0.6 ± 0.5	0.7 ± 0.7
$\mu^+\mu^-$: with b-tagging, $\cancel{E}_T > 30$ GeV		
Simulated	0.8 ± 0.2	1.3 ± 0.3
$R_{\text{out/in}}$	0.27 ± 0.08	0.23 ± 0.05
Estimate from data	2.9 ± 1.9	2.6 ± 1.8

Estimation hors-pic du DY

Données $\approx 2 \times \text{MC} \Rightarrow$ estimation à partir des données, nécessaire!

$$R_{\text{out/in}} = N_{\text{Z}/\gamma^* \text{ MC}}^{\text{out}} / N_{\text{Z}/\gamma^* \text{ MC}}^{\text{in}}$$

$$N_{\text{Z}/\gamma^* \text{ D}}^{\text{out}} = R_{\text{out/in}} N_{\text{Z}/\gamma^* \text{ D}}^{\text{in}} = R_{\text{out/in}} (N_{\mu\mu}^{\text{in}} - k_{\mu\mu} N_{e\mu}^{\text{in}})$$

Contribution totale (DY et non-DY) de $\mu\mu$ dans le pic

Partie non-DY

$$k_{\mu\mu} = (N_{\text{in}}^{\mu\mu, \text{loose}} / N_{\text{in}}^{ee, \text{loose}})^{1/2} \quad \text{Facteur de correction différences identification e et } \mu$$

Incertitude statistique: 20%

Incertitude systématiques (estimés avec MC):

- MET $\Rightarrow$ mesure $p_T^l \Rightarrow$ augmentation $R_{\text{out/in}} \Rightarrow \leq 50(20)\% \mu\mu(ee)$
- Calibration échelle d'énergie $\Rightarrow 15\% ee$
- Jets supplémentaires (pile-up) $\Rightarrow$ masse inv. plus étendue $\Rightarrow 15\%$
- TOTAL = 50%

Méthodes alternatives:

- Soustraction non-DY utilisant le MC
- Fit à basse MET (RC) $\mu\mu$ et $e\mu$ pour obtenir la forme du DY et non-DY $\Rightarrow$ fit dans RS

Marco CARDACI

34

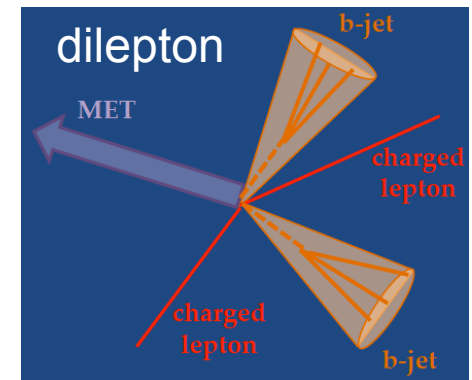
Estimés $\approx 2 \div 3 \times$ Simulés



Problématique expérimentale

Signal

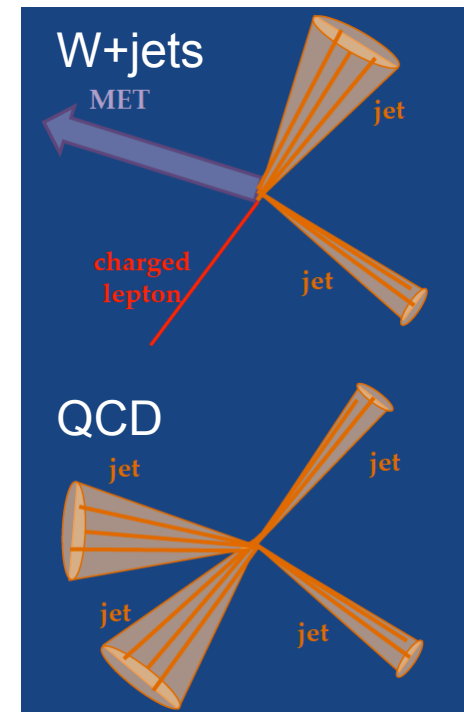
2 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 2 jets



Processus
physiques
distingués

1 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 1 jets

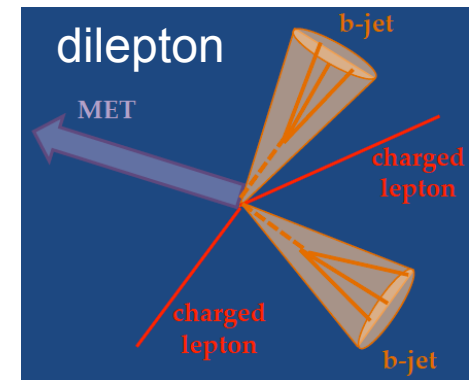
≥ 2 jets



Problématique expérimentale

Signal

2 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 2 jets



Processus physiques distingués

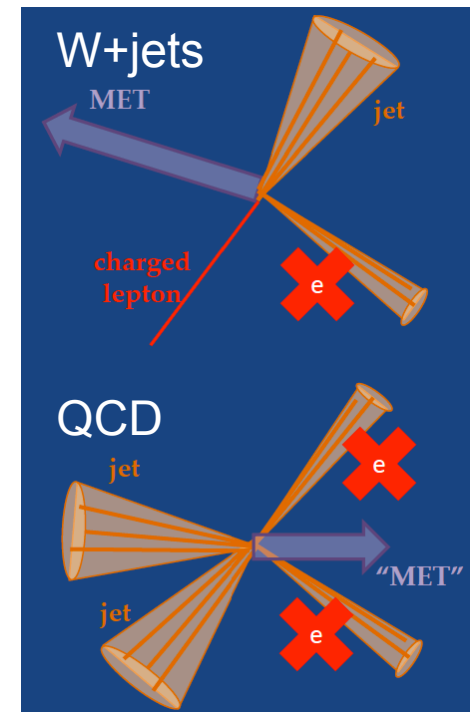


..qui peuvent être
reconstruits et
sélectionnés
comme signal

1 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 1 jet

2 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 1 jet

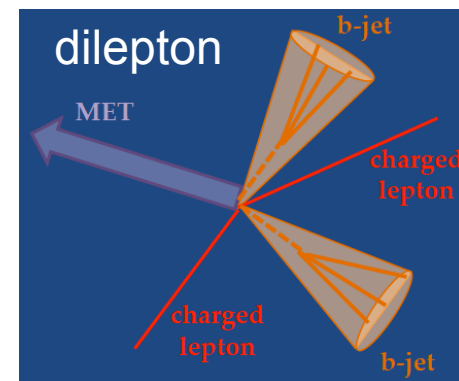
≥ 2 jets



Problématique expérimentale

Signal

2 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 2 jets



Pour les électrons et les muons

- Désintégration semileptonique d'un hadron de saveur lourde dans le jet

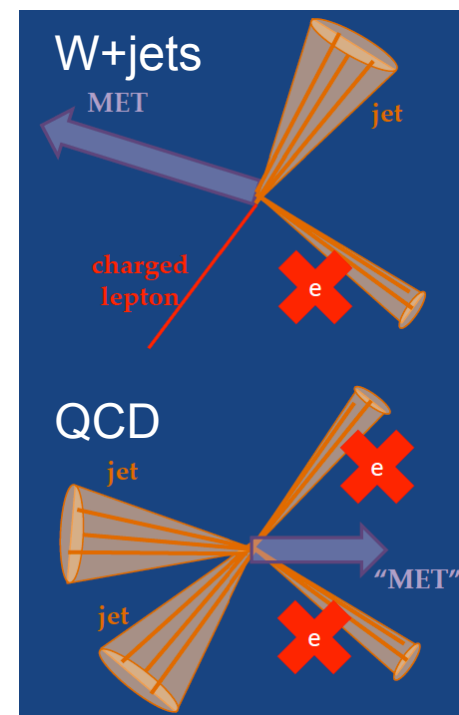
Pour les électrons

- Jet léger avec un π^0 superposé à une trace
- Conversion de photons

1 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 1 jet

2 leptons isolés
Énergie transverse manquante
 ≥ 1 jet

≥ 2 jets

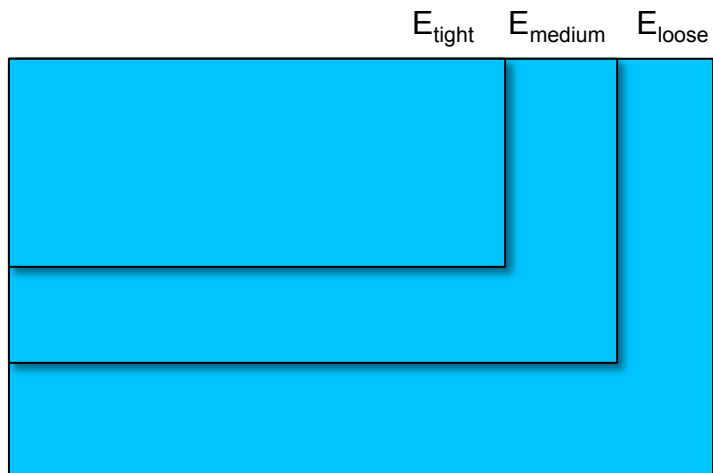


Méthode de la matrice

Critères	$I^{\text{rel}} \text{ Lepton } 1$	$I^{\text{rel}} \text{ Lepton } 2$
Iso tight	< 0.15	< 0.15
Iso medium	< 0.15	$\longleftrightarrow < 0.5$
Iso loose	< 0.5	< 0.5

Région de signal

Régions de contrôle

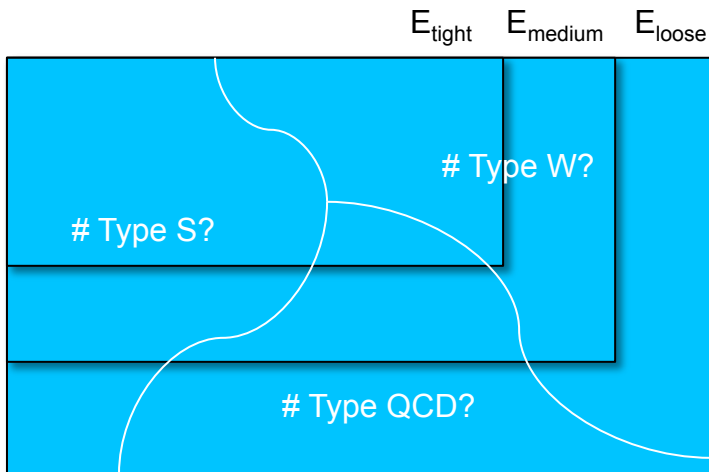


Méthode de la matrice

Critères	$I^{\text{rel}} \text{ Lepton 1}$	$I^{\text{rel}} \text{ Lepton 2}$
Iso tight	< 0.15	< 0.15
Iso medium	< 0.15	$\longleftrightarrow < 0.5$
Iso loose	< 0.5	< 0.5

Région de signal

Régions de contrôle



Type	Lepton 1 isolé	Lepton 2 isolé
S	Vrai	Vrai
W	Vrai	$\longleftrightarrow$ Faux
QCD	Faux	Faux

Type Signal: Signal, top célibataire, Z+jets, WW, ZZ, WZ avec $W \rightarrow l\nu$, $Z \rightarrow ll$,
ou $l = e/\mu$, $\tau \rightarrow e/\mu \nu \nu$

Type W+jets: ttbar semi-leptonique, W+jets avec $W \rightarrow l\nu$

Type QCD: QCD multi-jet, ttbar hadronique

$$\begin{aligned} N^t &= N_S^t + N_W^t + N_{QCD}^t, \\ N^m &= N_S^m + N_W^m + N_{QCD}^m, \\ N^l &= N_S^l + N_W^l + N_{QCD}^l. \end{aligned}$$



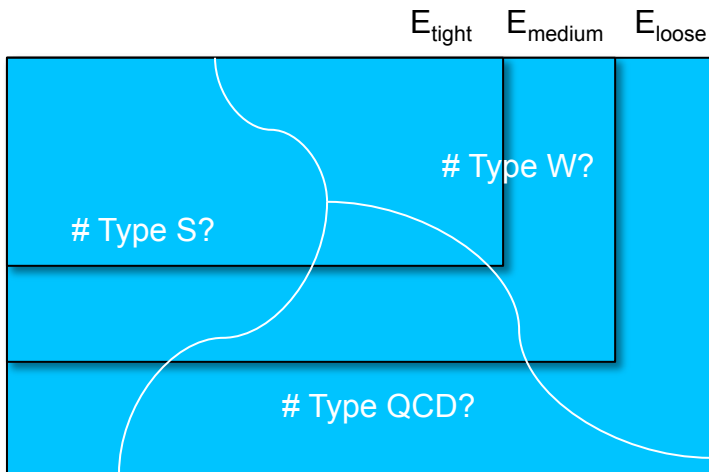
$$\begin{aligned} N^t &= \epsilon_S^{l \rightarrow t} N_S^l + \epsilon_W^{l \rightarrow t} N_W^l + \epsilon_{QCD}^{l \rightarrow t} N_{QCD}^l, \\ N^m &= \epsilon_S^{l \rightarrow m} N_S^l + \epsilon_W^{l \rightarrow m} N_W^l + \epsilon_{QCD}^{l \rightarrow m} N_{QCD}^l, \\ N^l &= N_S^l + N_W^l + N_{QCD}^l. \end{aligned}$$

Méthode de la matrice

Critères	$I^{rel} \text{ Lepton 1}$	$I^{rel} \text{ Lepton 2}$
Iso tight	< 0.15	< 0.15
Iso medium	< 0.15	$\longleftrightarrow < 0.5$
Iso loose	< 0.5	< 0.5

Région de signal

Régions de contrôle



Type	Lepton 1 isolé	Lepton 2 isolé
S	Vrai	Vrai
W	Vrai	$\longleftrightarrow$ Faux
QCD	Faux	Faux

Type Signal: Signal, top célibataire, Z+jets, WW, ZZ, WZ avec $W \rightarrow l\nu$, $Z \rightarrow ll$, ou $l = e/\mu$, $\tau \rightarrow e/\mu \nu \nu$

Type W+jets: ttbar semi-leptonique, W+jets avec $W \rightarrow l\nu$

Type QCD: QCD multi-jet, ttbar hadronique

$$\begin{aligned} N^t &= N_S^t + N_W^t + N_{QCD}^t, \\ N^m &= N_S^m + N_W^m + N_{QCD}^m, \\ N^l &= N_S^l + N_W^l + N_{QCD}^l. \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} N^t &= \epsilon_S^{l \rightarrow t} N_S^l + \epsilon_W^{l \rightarrow t} N_W^l + \epsilon_{QCD}^{l \rightarrow t} N_{QCD}^l, \\ N^m &= \epsilon_S^{l \rightarrow m} N_S^l + \epsilon_W^{l \rightarrow m} N_W^l + \epsilon_{QCD}^{l \rightarrow m} N_{QCD}^l, \\ N^l &= N_S^l + N_W^l + N_{QCD}^l. \end{aligned}$$

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

$$P(A \cap B) = P(A)P(B)$$

$$\begin{aligned} \epsilon_S^{l \rightarrow t} &= P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1 \text{ et } l^v_{2 \rightarrow} t^v_2) = P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1) P(l^v_{2 \rightarrow} t^v_2) = \epsilon_s^2 \\ \epsilon_W^{l \rightarrow t} &= P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1 \text{ et } l^f_{2 \rightarrow} t^f_2) = P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1) P(l^f_{2 \rightarrow} t^f_2) = \epsilon_s \epsilon_f \\ \epsilon_S^{l \rightarrow m} &= P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1 \text{ ou } l^v_{2 \rightarrow} t^v_2) = P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1) + P(l^v_{2 \rightarrow} t^v_2) \\ &\quad - P(l^v_{1 \rightarrow} t^v_1) P(l^v_{2 \rightarrow} t^v_2) = 2 \epsilon_s - \epsilon_s^2 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} \epsilon_s = f(\#jets, \eta^l, p_T^l) \\ \epsilon_{fake} = g(\#jets, \eta^l, p_T^l) \end{cases}$$

Statistique encore faible pour le faire en 2D



Estimation avec taux de faux leptons

FR (taux de faux leptons) =
= # leptons tight / # leptons loose =
= $f(\eta^l, p_T^l)$

tight $\Leftrightarrow$ sélection standard

loose $\Leftrightarrow$ 1) $I_{\text{rel}} < 0.4$ / loose ID (ee/ $\mu\mu$)
2) $I_{\text{rel}} < 1.0$

ID = forme et matching du cluster

moyennés

$\pm$ (la plus large incertitude)

$$N_{nn}^{\text{QCD}} = \sum_{i,j} \frac{FR_i FR_j}{(1 - FR_i)(1 - FR_j)} N_{nn}^{ij}$$

i = binning

j = saveur du lepton

n = ℓ numérateur

$\bar{n}$ = ℓ non numérateur

$$N_{nn}^{Wj, \text{raw}} = \sum_{i,j} \frac{FR_j}{(1 - FR_j)} N_{nn}^{ij}$$

$$N_{nn}^{Wj} = N_{nn}^{Wj, \text{raw}} - 2N_{nn}^{\text{QCD}} - \Delta_{\text{signal}}$$

$$\Delta_{\text{signal}} = N_{nn} \cdot SR_{\ell\ell}$$

$$SR_{ee} = \frac{1}{N_{nn}^{\text{Zee}}} \sum_{i,j} \frac{FR_j}{(1 - FR_j)} N_{nn}^{ij, \text{Zee}}$$

RC loose
(dominée par QCD)

FR

Région de signal

Selection	$N_{\text{jet}} = 1$	$N_{\text{jet}} \geq 2$
e^+e^- : $E_T > 50$ GeV in $N_{\text{jet}} = 1$, $E_T > 30$ GeV in $N_{\text{jet}} \geq 2$		
Simulated	1.0 ± 0.3	0.6 ± 0.1
Estimate in data	0.3 ± 0.3	1.1 ± 1.4
$\mu^+\mu^-$: $E_T > 50$ GeV in $N_{\text{jet}} = 1$, $E_T > 30$ GeV in $N_{\text{jet}} \geq 2$		
Simulated	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1
Estimate in data	0.1 ± 0.3	0.6 ± 1.1
$e^\pm\mu^\mp$:		
Simulated	1.0 ± 0.3	1.6 ± 0.3
Estimate in data	1.3 ± 0.8	1.4 ± 1.6
e^+e^- : with b tagging, $E_T > 30$ GeV		
Simulated	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1
Estimate in data	0.3 ± 0.5	0.9 ± 1.2
$\mu^+\mu^-$: with b tagging, $E_T > 30$ GeV		
Simulated	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.1
Estimate in data	0.1 ± 0.3	0.3 ± 0.8
$e^\pm\mu^\mp$: with b tagging		
Simulated	0.3 ± 0.1	1.0 ± 0.1
Estimate in data	1.3 ± 1.1	0.5 ± 1.1

STAT

STAT + SYST

Contamination
leptons des W/Z
non profondément
virtuelles

Incertitude systématiques:

- Spectre d'impulsion RC $\leftrightarrow$ RS $\Rightarrow$ 60(25)% $\mu(e)$
- Composition de saveurs RC $\leftrightarrow$ RS $\Rightarrow$ 20%
- Sélection de trigger RC $\leftrightarrow$ RS $\Rightarrow$ 20%
- Contribution du signal EFB $\Rightarrow$ 20%
- TOTAL $FR^e \approx 50\% \Rightarrow 50(100)\%$ W+jets(QCD)
- TOTAL $FR^\mu \approx 75\% \Rightarrow 75(100)\%$ W+jets(QCD)

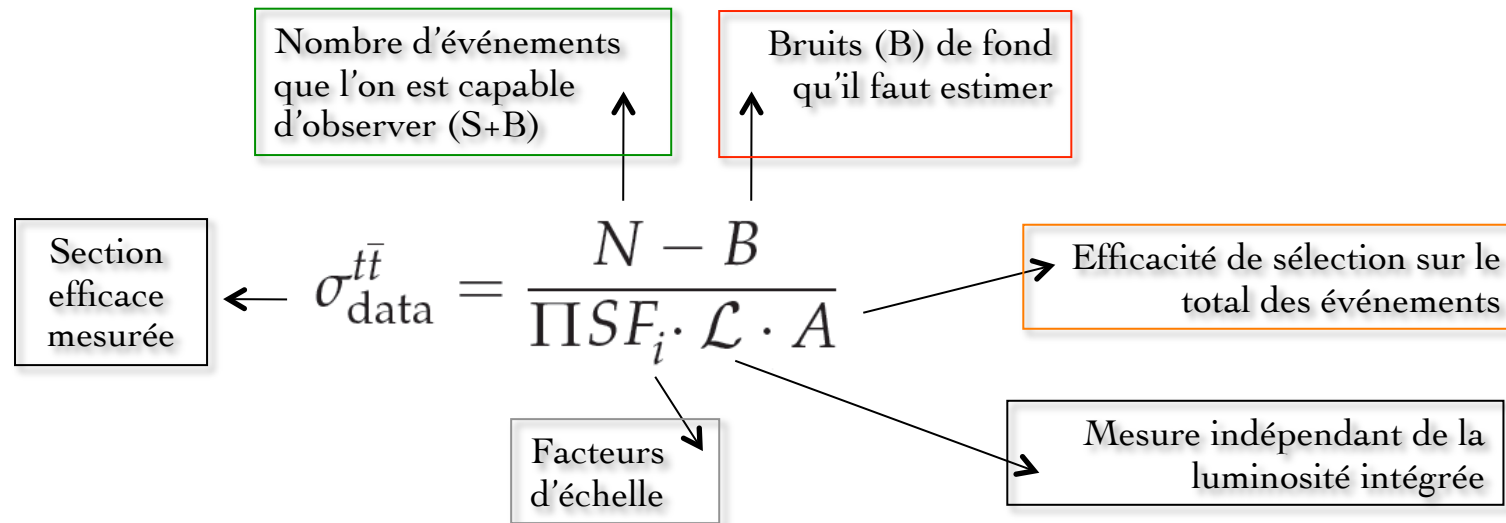
STAT $\geq$ SYST

Δ_{signal} mesuré $\approx$ # estimés

Marco CARDACI

41

Systématiques et facteurs d'échelle



% relative au # signal sélectionnés

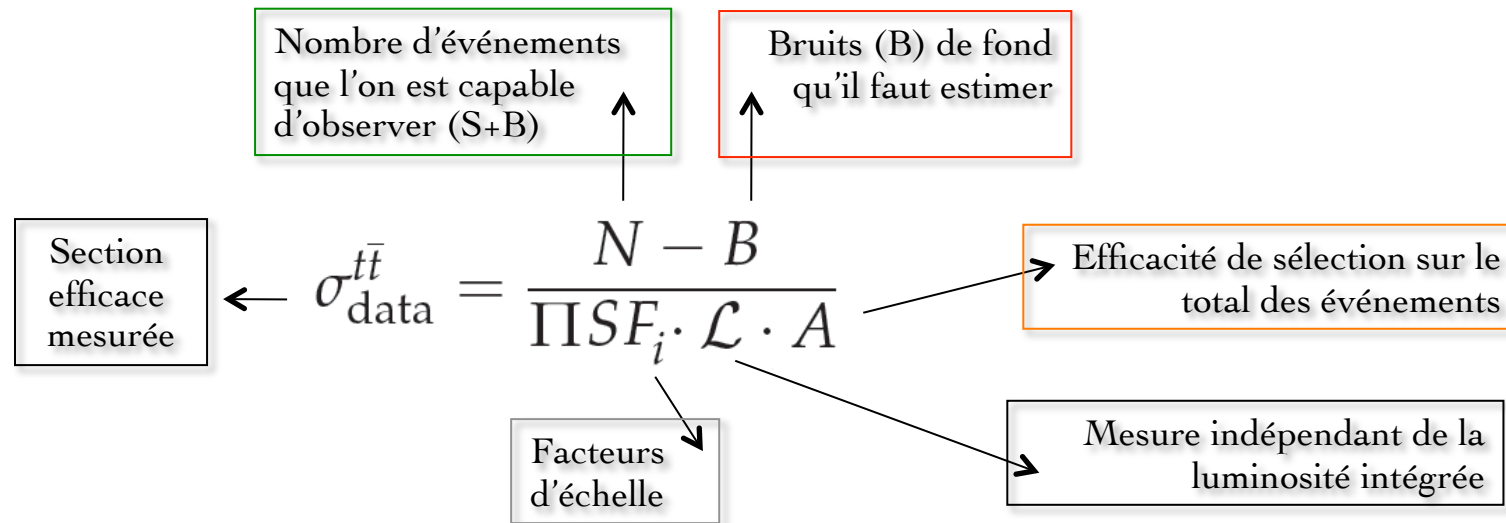
Source	$N_{jet} = 1$		$N_{jet} \geq 2$	
	$e^+e^- + \mu^+\mu^-$	$e^\pm\mu^\mp$	$e^+e^- + \mu^+\mu^-$	$e^\pm\mu^\mp$
Lepton selection	1.91/1.30	1.11	1.91/1.30	1.11
Energy scale	-3.0	-5.5	3.8	2.8
Lepton selection model	4.0	4.0	4.0	4.0
Branching ratio	1.7	1.7	1.7	1.7
Decay model	2.0	2.0	2.0	2.0
Event Q^2 scale	8.2	10	-2.3	-1.7
Top-quark mass	-2.9	-1.0	2.6	1.5
Jet and E_T model	-3.0	-1.0	3.2	0.4
Shower model	1.0	3.3	-0.7	-0.7
Pileup	-2.0	-2.0	0.8	0.8
Subtotal (before tags)	11.2/11.1	13.1	8.0/7.9	6.2
b tagging (≥ 1 b tag)			5.0	5.0
Subtotal with tags			9.5/9.4	8.0
Luminosity	4	4	4	4

SF	ee	$\mu\mu$	$e\mu$	Pile-up, Luminosité, ϵ^l
≥ 2 jets	0.883	0.926	0.906	
= 1 jet	0.843	0.884	0.886	

Méthode de Van der Meer => 4%

Systématiques liées aux estimations
 Section efficace => 30% conservative
 Luminosité => 4%
 Sélection (sources comme pour le S) => 10%
 b-tag => top célibataire (10%), DY-> $\tau\tau$ (25%)

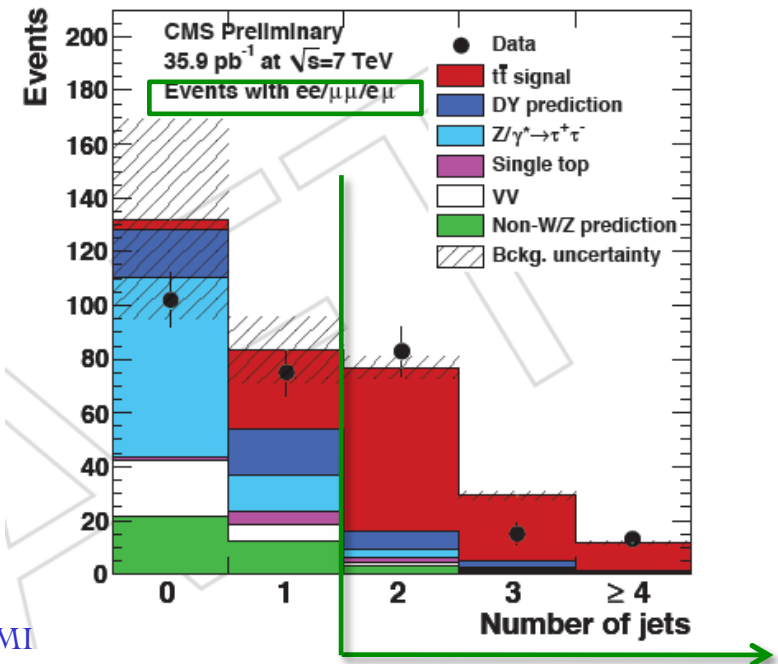
Section efficace



Final state	e^+e^-	$\mu^+\mu^-$	$e^\pm\mu^\mp$
At least two jets, no b-tagging requirement			
Events in data	23	28	60
All backgrounds	5.5 ± 2.3	9.5 ± 4.3	6.7 ± 2.0
Total acceptance, %	0.259 ± 0.021	0.324 ± 0.025	0.928 ± 0.057
Cross section, pb	$189 \pm 52 \pm 29 \pm 8$	$159 \pm 45 \pm 39 \pm 6$	$160 \pm 23 \pm 12 \pm 6$
At least two jets, at least one b-jet			
Events in data	15	24	51
All backgrounds	2.3 ± 1.4	3.8 ± 2.0	3.0 ± 1.4
Total acceptance, %	0.236 ± 0.022	0.303 ± 0.028	0.857 ± 0.068
Cross section, pb	$150 \pm 46 \pm 22 \pm 6$	$186 \pm 45 \pm 25 \pm 7$	$156 \pm 23 \pm 13 \pm 6$
One jet, no b-tagging requirement			
Events in data	8	10	18
All backgrounds	2.1 ± 0.7	7.1 ± 4.3	4.9 ± 1.5
Total acceptance, %	0.058 ± 0.007	0.074 ± 0.008	0.183 ± 0.024
Cross section, pb	$282 \pm 135 \pm 45 \pm 11$	$107 \pm 119 \pm 163 \pm 4$	$200 \pm 65 \pm 35 \pm 8$

STAT + SYST + LUMI

Marco CARDACI



Section efficace combinée

Sections efficaces

Méthode
BLUE

Incertitudes
systématiques et
statistiques

Section efficace
combinée

Corrélations incertitudes statistiques:

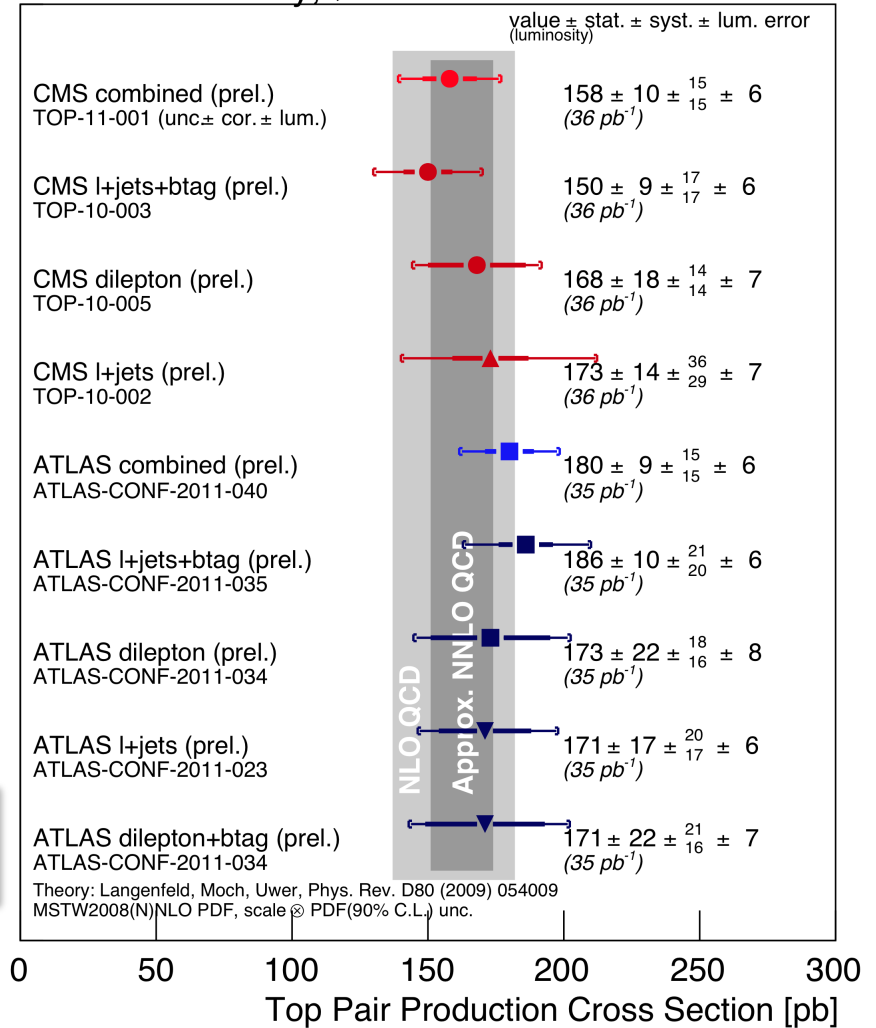
- Toy MC pour évaluer corrélation $N_{\text{jets}} \geq 1$ avec $\leftrightarrow$ sans b-tag
- Pas corrélation $N_{\text{jets}} = 1$

Corrélation incertitudes systématiques:

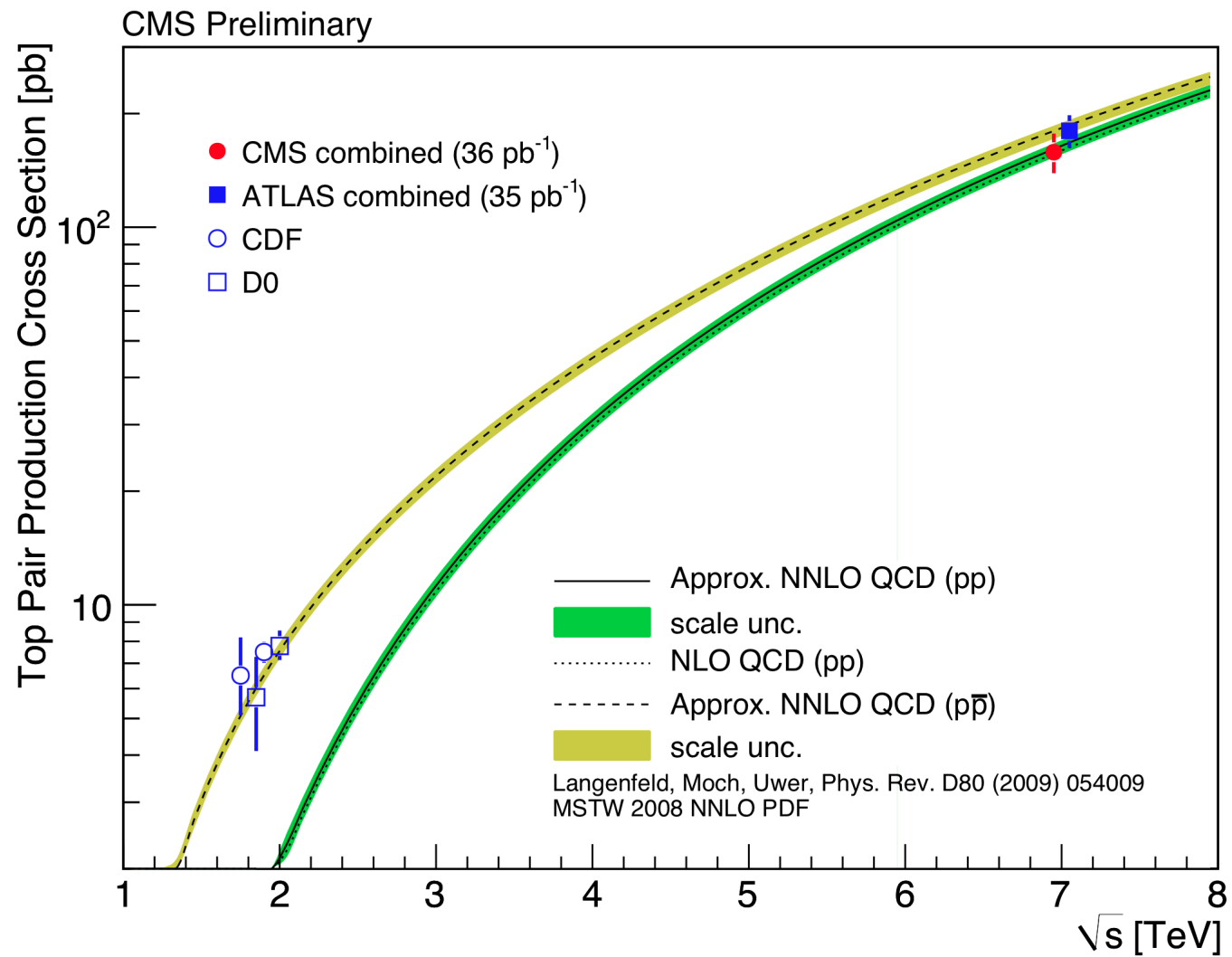
- Pas corrélation entre DY ee et $\mu\mu$
- Pas corrélation entre estimation faux leptons entre ee et $\mu\mu$
- 100% corrélation entre ee et $e\mu$ & $\mu\mu$ et $e\mu$
- 83% corrélation entre SF^{ee} et $SF^{e\mu}$ & 56% entre $SF^{\mu\mu}$ et $SF^{e\mu}$
- 100% corrélés toutes les autres systématiques

$$168 \pm 18(\text{stat}) \pm 14(\text{syst}) \pm 7(\text{lum}) \text{ pb}$$

CMS Preliminary, $\sqrt{s}=7 \text{ TeV}$



Comparaison avec le Tevatron

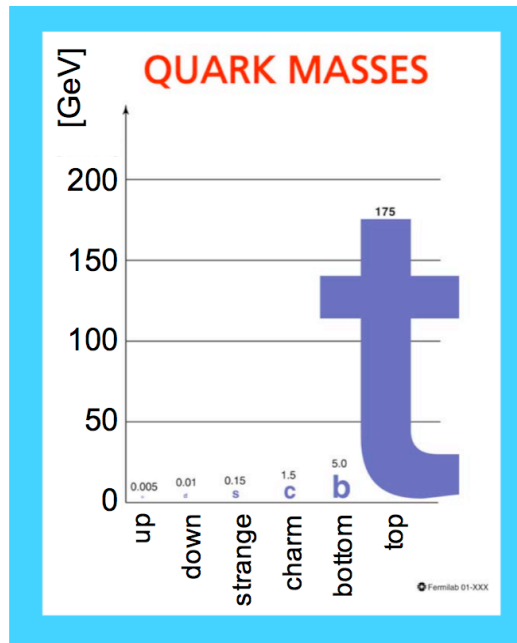


La physique du quark top

La physique du quark top

(introduction un peu phénoménologique et surtout non exhaustive)

La physique du quark top



Une mass exceptionnellement large $\sim 173 \text{ GeV}/c^2$

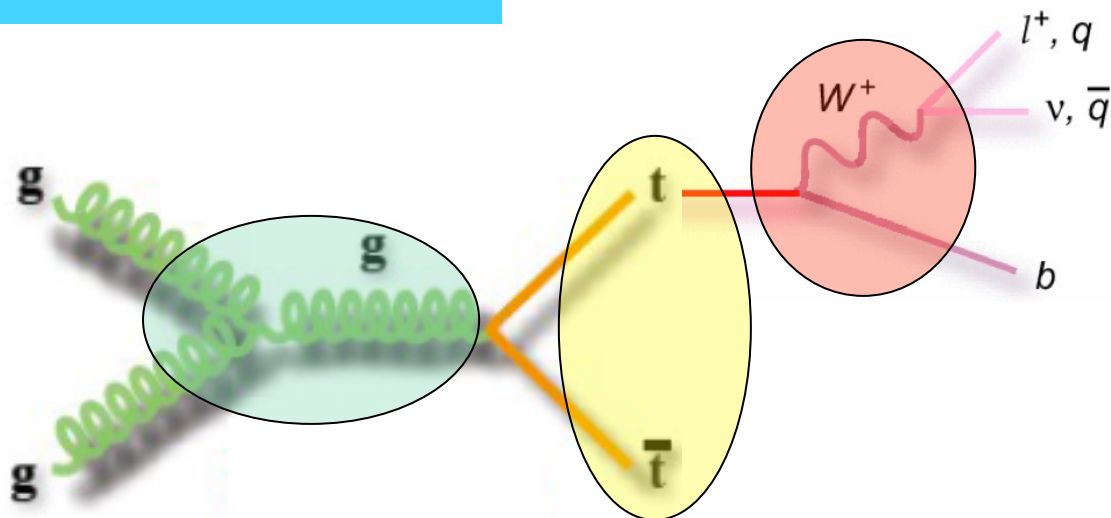
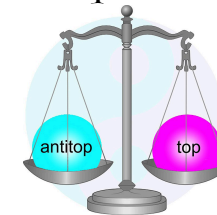
($\sim$ la mass du $^{197}\text{Au} \Leftrightarrow 118 \text{ n}, 79 \text{ p}, 79 \text{ e}^-$)

=> rôle privilège dans brisure de symétrie dans le secteur électrofaible

Une durée de vie exceptionnellement courte $\sim 5 \times 10^{-25} \text{ s} \ll \Lambda_{\text{QCD}}^{-1}$

=> désintégration avant hadronisation => accès au quark libre => mesure direct de la masse => test CPT

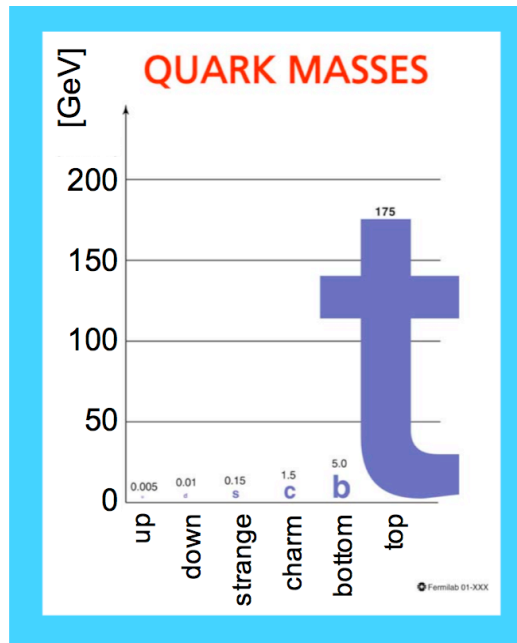
Fort couplage au boson de Higgs $\lambda_t \sim 1$



Section efficace
Résonances

Corrélation de spin
Asymétrie de charge
Différence de masse
Hélicité du boson W

La physique du quark top



Une mass exceptionnellement large $\sim 173 \text{ GeV}/c^2$

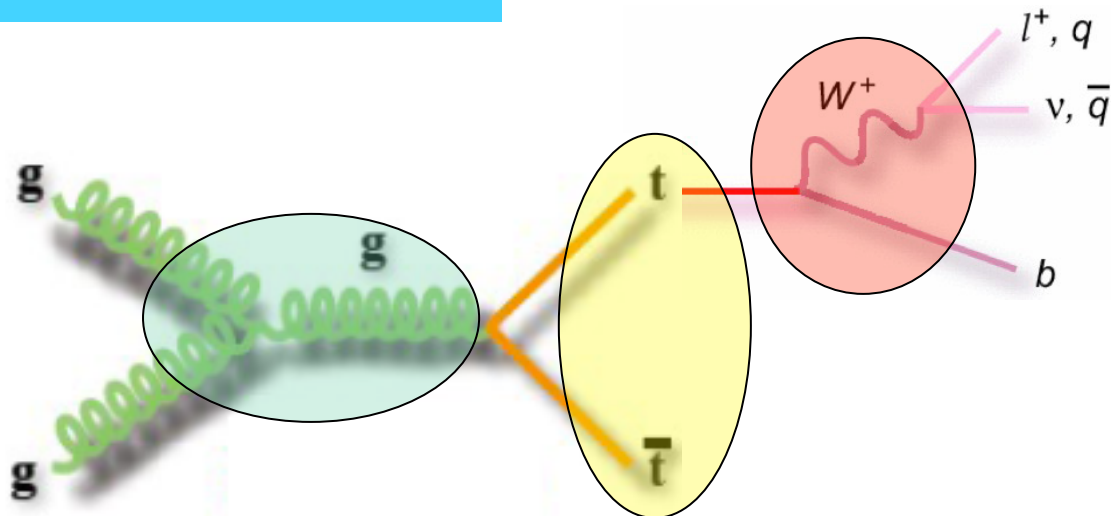
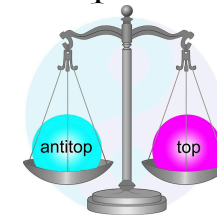
($\sim$ la mass du $^{197}\text{Au} \Leftrightarrow 118 \text{ n}, 79 \text{ p}, 79 \text{ e}^-$)

=> rôle privilège dans brisure de symétrie dans le secteur électrofaible

Une durée de vie exceptionnellement courte $\sim 5 \times 10^{-25} \text{ s} \ll \Lambda_{\text{QCD}}^{-1}$

=> désintégration avant hadronisation => accès au quark libre => mesure direct de la masse => test CPT

Fort couplage au boson de Higgs $\lambda_t \sim 1$



Section efficace

Résonances

Corrélation de spin

Asymétrie de charge

Différence de masse

Hélicité du boson W

Boson de Higgs chargé

MSSM

$$m_{H^\pm} < m_t - m_b$$



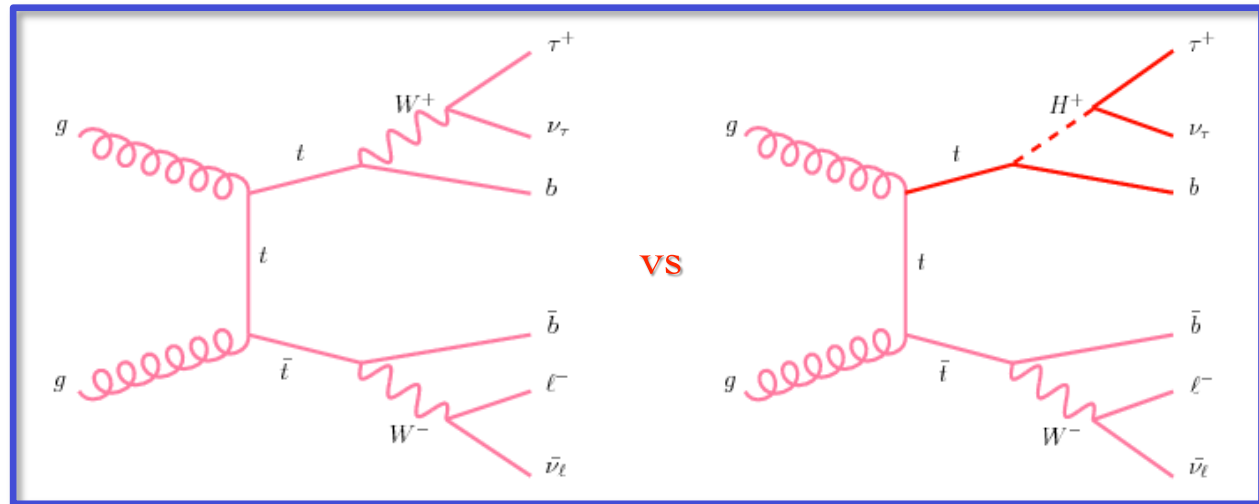
$$t \rightarrow H^\pm b$$

$$\tan \beta > 3$$

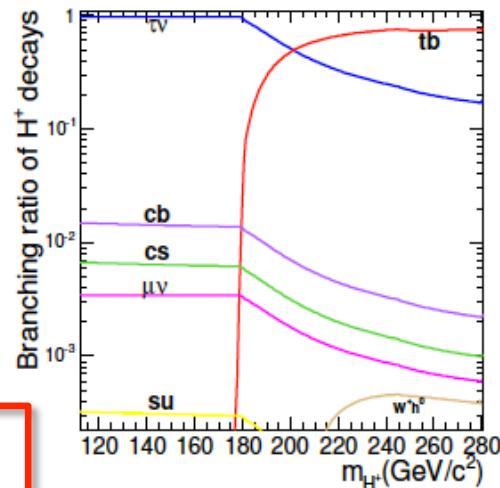


$$\text{BR}(H^\pm \rightarrow \tau^\pm \nu) > 90\%$$

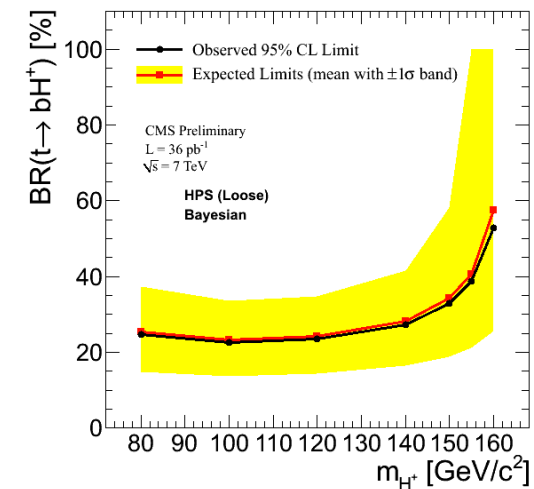
$$t\bar{t} \rightarrow WbHb \rightarrow bl\nu b\tau\nu \text{ avec } \tau \text{ leptonique}$$



$$\tan \beta = 20$$



$$t\bar{t} \rightarrow WbHb \rightarrow bl\nu b\tau\nu \text{ avec } \tau \text{ hadronique}$$



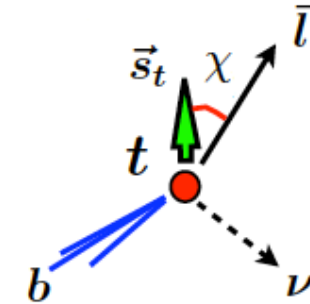
$$\text{BR}(H^\pm \rightarrow \tau^\pm \nu) = 1$$

Marco CARDACI

Corrélation de spin

Production: Z' , G , Techni- η , bosons vecteur Topcolor
 Désintégration: $H^\pm$

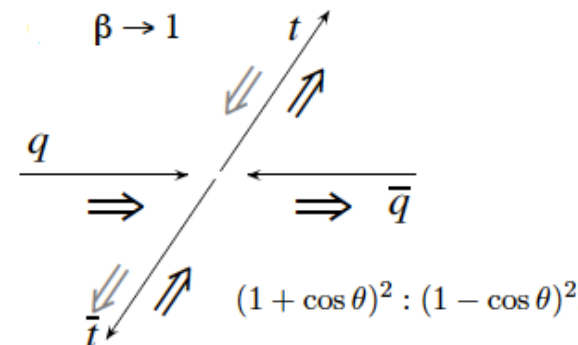
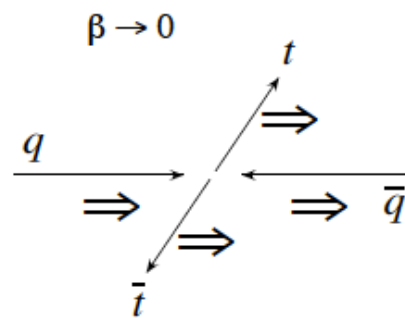
$$\frac{1}{\Gamma_T} \frac{d\Gamma}{d\cos\chi_i} = (1 + \alpha_i \cos\chi_i)/2 \quad \alpha_i = \begin{cases} +1.0 & l^+ \text{ or } \bar{d}\text{-quark} \\ -0.31 & \bar{\nu} \text{ or } u\text{-quark} \\ -0.41 & b\text{-quark} \end{cases}$$



$$\frac{1}{\sigma_T} \frac{d^2\sigma}{d\cos\chi_i d\cos\bar{\chi}_i} = \frac{1}{4} (1 + C_{t\bar{t}} \alpha_i \bar{\alpha}_i \cos\chi_i \cos\bar{\chi}_i)$$

$$C_{t\bar{t}} \equiv \frac{\sigma_{\uparrow\uparrow} + \sigma_{\downarrow\downarrow} - \sigma_{\uparrow\downarrow} - \sigma_{\downarrow\uparrow}}{\sigma_{\uparrow\uparrow} + \sigma_{\downarrow\downarrow} + \sigma_{\uparrow\downarrow} + \sigma_{\downarrow\uparrow}}$$

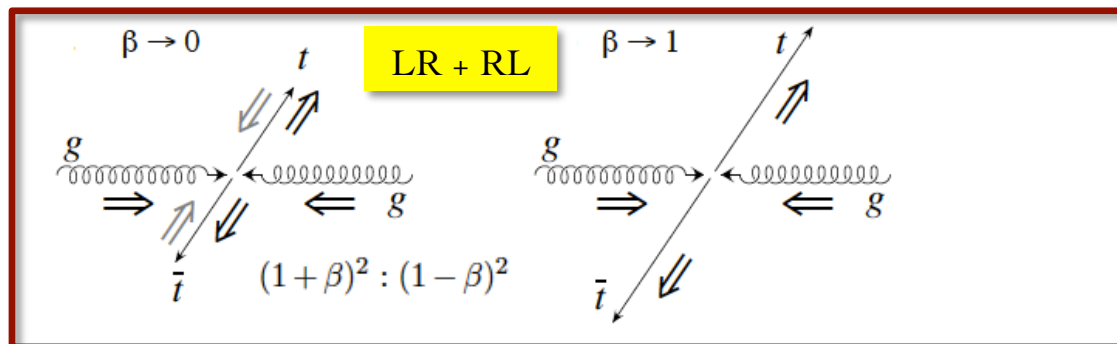
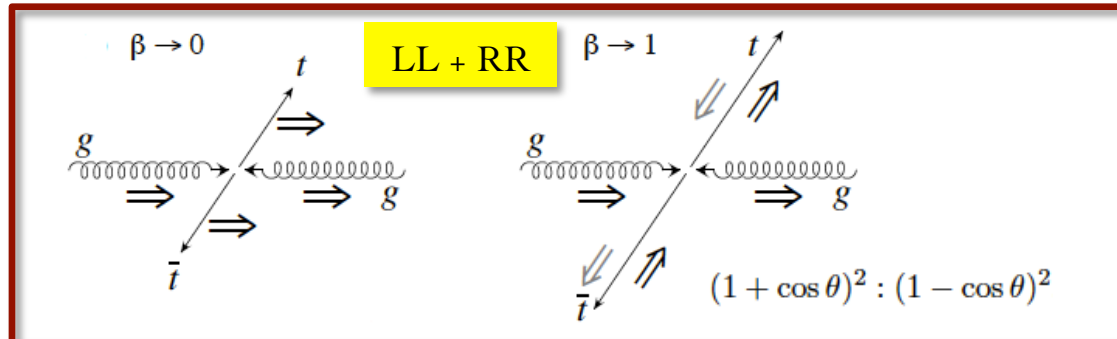
~ 15%



~ 85%

Corrélation de spin

@ 14 TeV



	$\beta\gamma s_\theta < 1$	$\beta\gamma s_\theta > 1$	all
gg Like	55%	10%	65%
gg Unlike	20%	15%	35%
Total	75%	25%	100%

Bas β : les boost ne détériore pas la corrélation

➡ Les gluons de la même élicité dominent le mécanisme de production

$$\beta \leq 0.5 \quad \text{or} \quad m_{t\bar{t}} \leq 400 \text{ GeV}$$

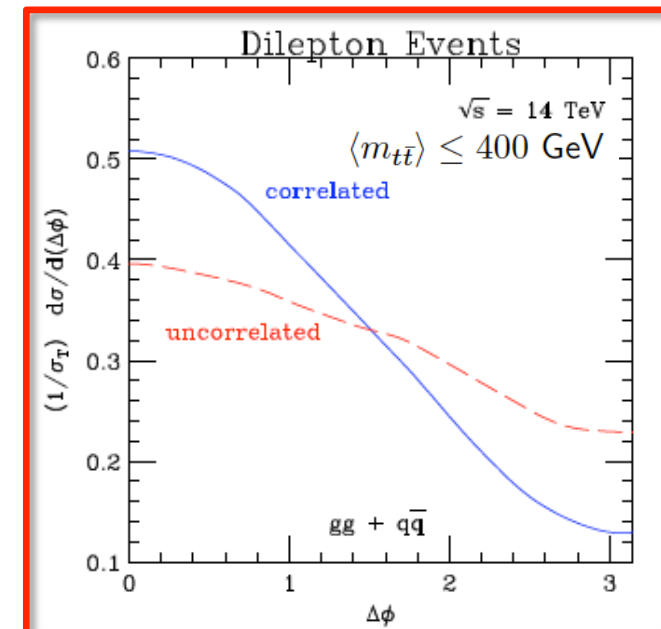
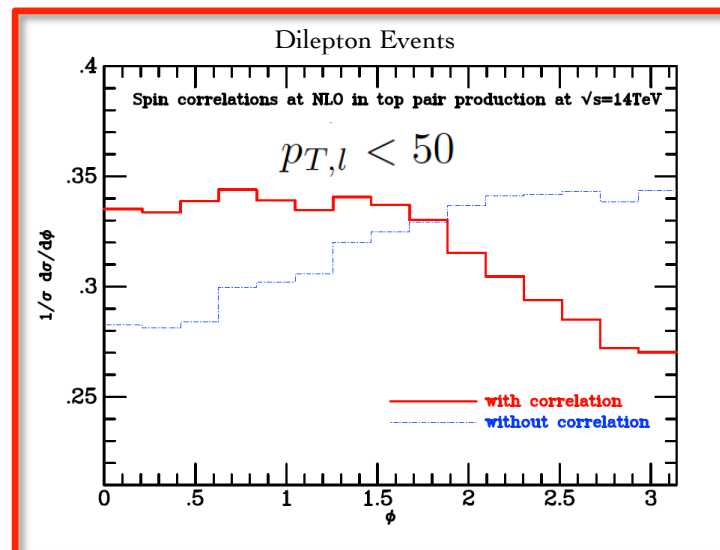
$$p_T^l > 20 \text{ GeV and } |\eta_l| < 3$$

$$p_{T,l} > 20 \text{ GeV}$$

$$p_{T,bjet} > 25 \text{ GeV}$$

$$p_{T,miss} > 40 \text{ GeV}$$

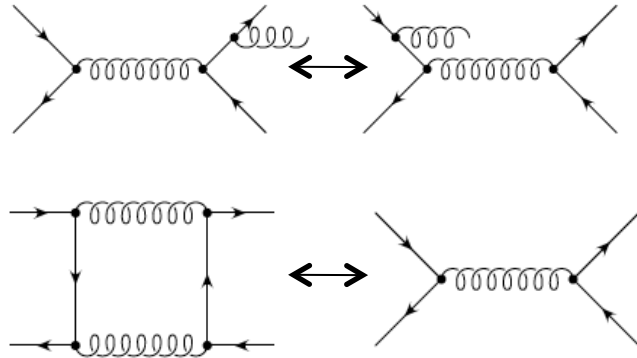
$$\eta_l, \eta_{bjet} < 2.5$$



$$\mathcal{O}(\alpha_s^3)$$

Asymétrie de charge

Interférence état initial/final:



+

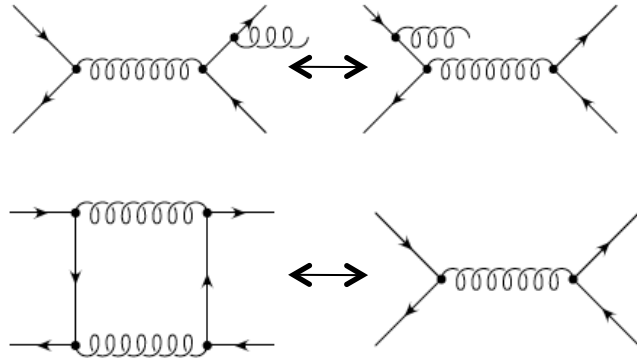
Interférence des amplitudes qui contribuent à:

$$gq \rightarrow t\bar{t}q \quad g\bar{q} \rightarrow t\bar{t}\bar{q}$$

$$\mathcal{O}(\alpha_s^3)$$

Asymétrie de charge

Interférence état initial/final:



Au Tevatron

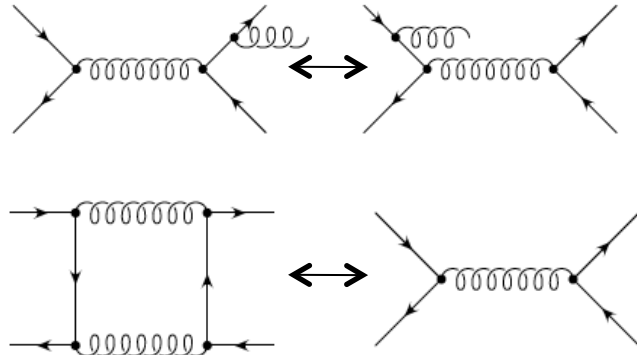
Asymétrie de charge avant-arrière

car top(antitop) produit de préférence dans la direction d'arrivée de proton(antiproton)

$$\mathcal{O}(\alpha_s^3)$$

Asymétrie de charge

Interférence état initial/final:



Au Tevatron

Asymétrie de charge avant-arrière

car top(antitop) produit de préférence dans la direction d'arrivée de proton(antiproton)

Inconvénients au LHC

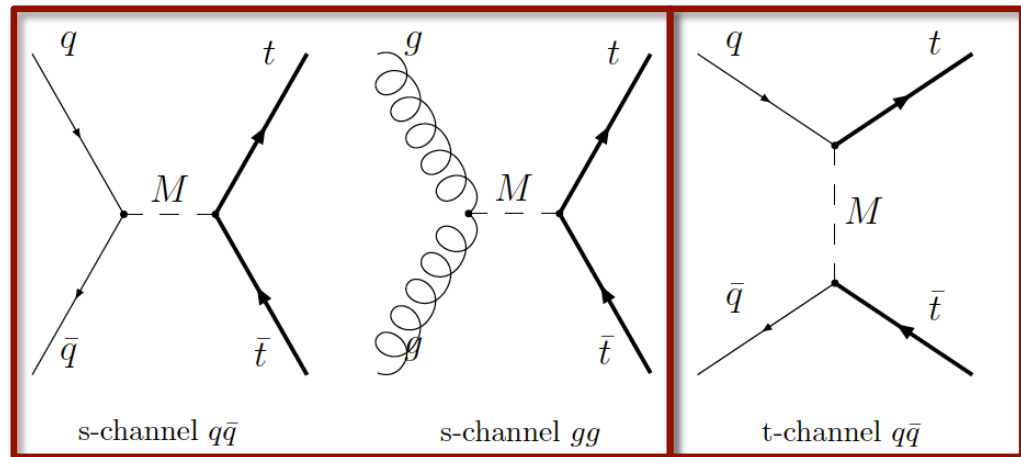
- 1) État initial pp: symétrique
- 2) Fusion de gluons: symétrique par rapport à la charge

Solutions

- 1) Regarder l'asymétrie de $|\eta_t| - |\eta_{\bar{t}}|$
- 2) Sélectionner grande $m_{t\bar{t}}$ pour réduire la fusion de gluons, au même temps pour s'affranchir à la masse de boson médiateur de nouvelle physique

Z_H' , W' , triplet & sextet scalaires

Axigluon de le octet de couloir

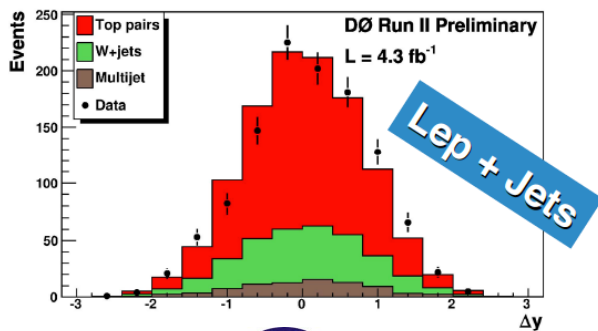


Grande masses pour éviter contrainte dijet

Grande violation de saveur (supprimée entre jets légers et q_L 's) pour éviter contrainte dijet



Asymétrie de charge

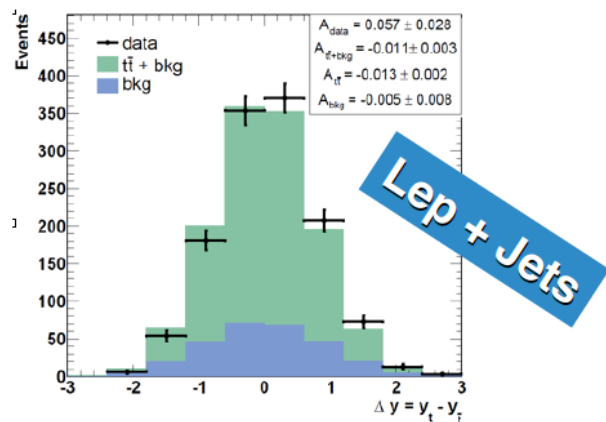


$$A_{FB}^{SM} = 1 \pm 1.5 \%$$

$$A_{FB}^{D0} = 8 \pm 4 \%$$

2 σ

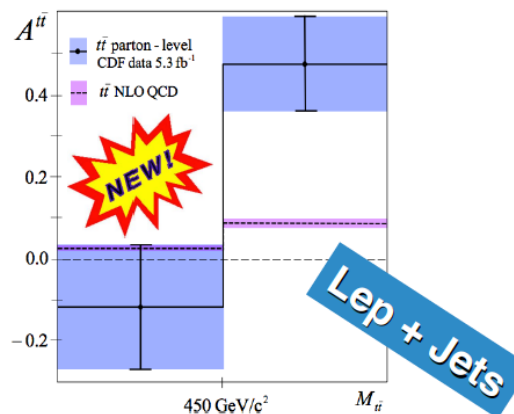
Plots de Moriond EFB 2011



$$A_{FB}^{SM} = 5.0 \pm 1.5 \%$$

$$A_{FB}^{D0} = 15 \pm 5 \%$$

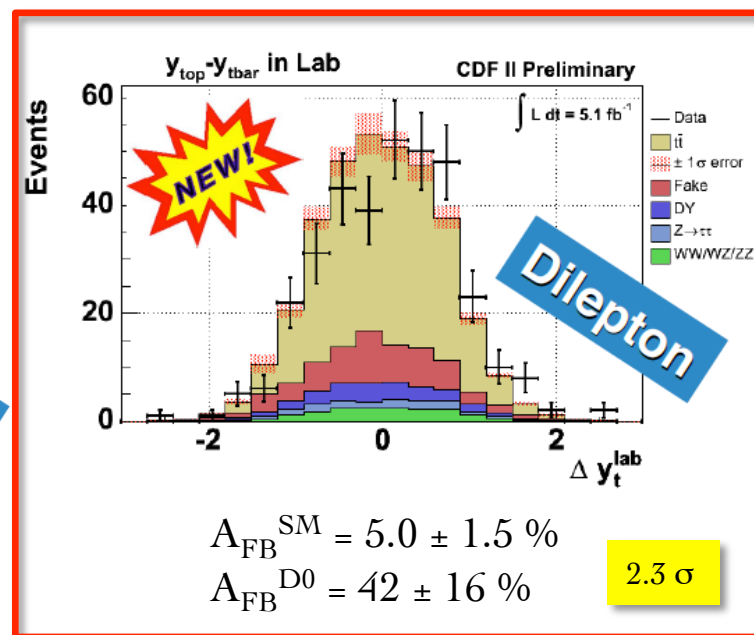
2 σ



$$A_{FB}^{SM} = 8.8 \pm 1.3 \%$$

$$A_{FB}^{D0} = 48 \pm 11 \%$$

3 σ



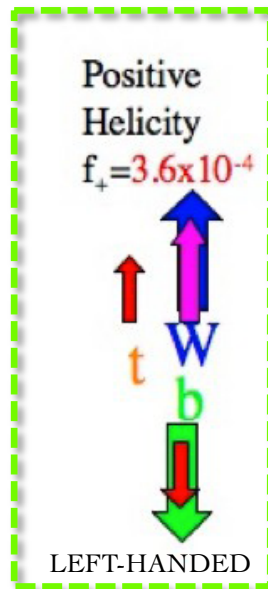
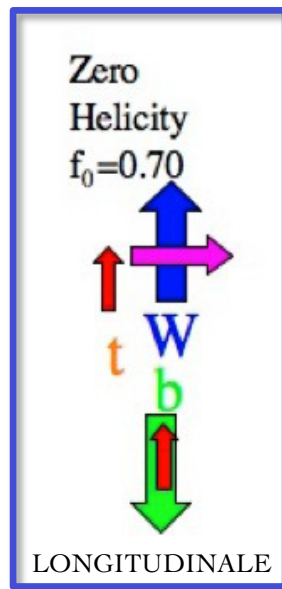
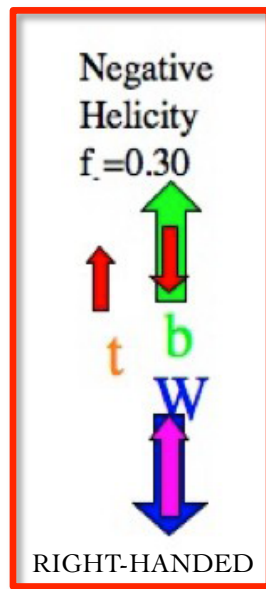
$$A_{FB}^{SM} = 5.0 \pm 1.5 \%$$

$$A_{FB}^{D0} = 42 \pm 16 \%$$

2.3 σ

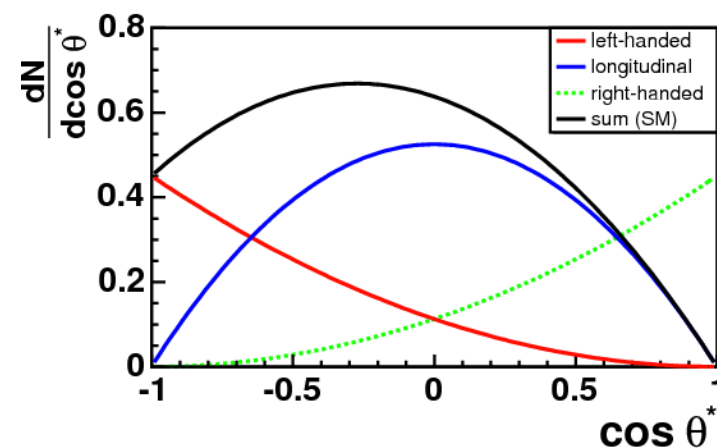
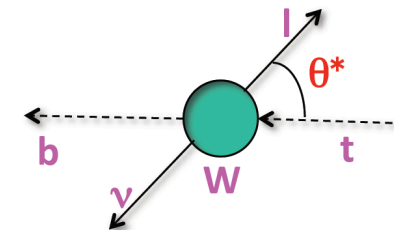
V - A

Polarisation du boson W



$$M_t > M_W$$

$$\times (m_b/m_t)^2$$

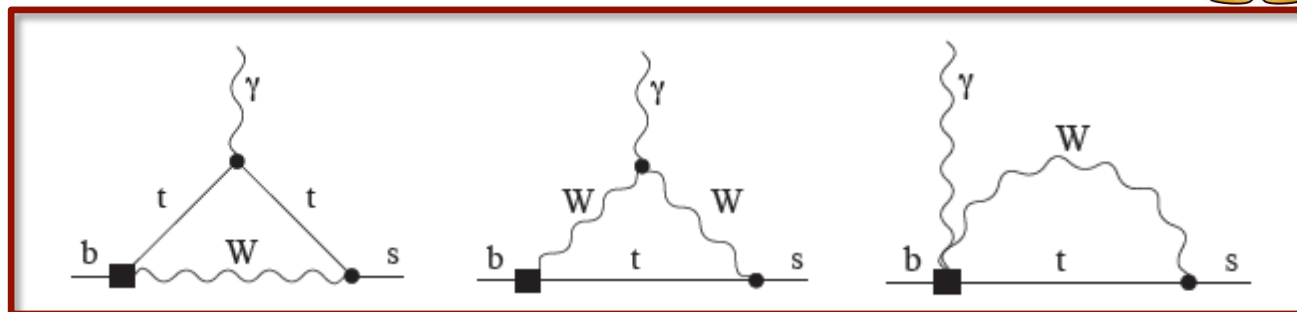
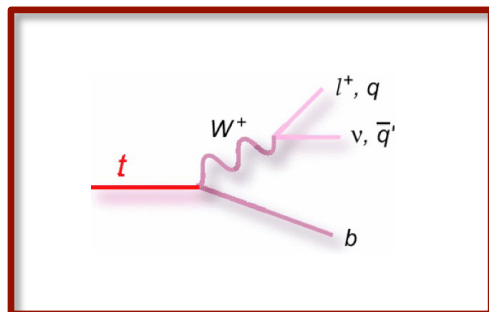


(V - A) et (V + A)

Observation directe

$b \rightarrow sy$

Observation indirecte



Marco CARDACI

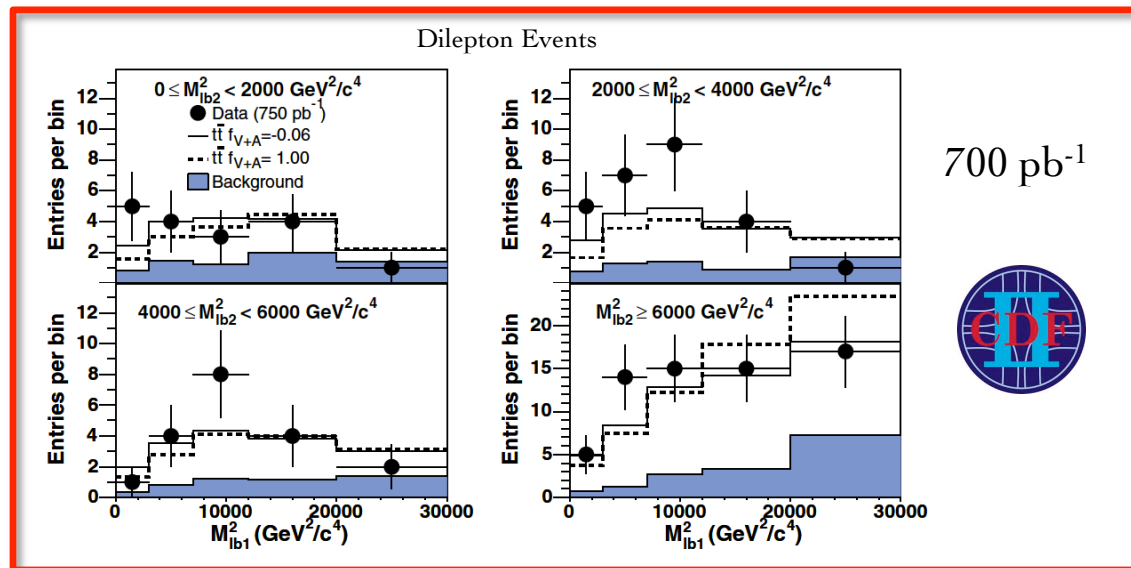
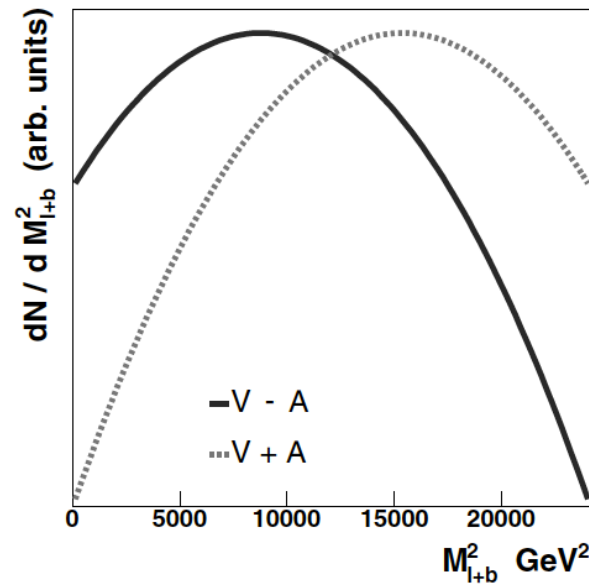
Polarisation du boson W

Test des couplages anomaux tWb

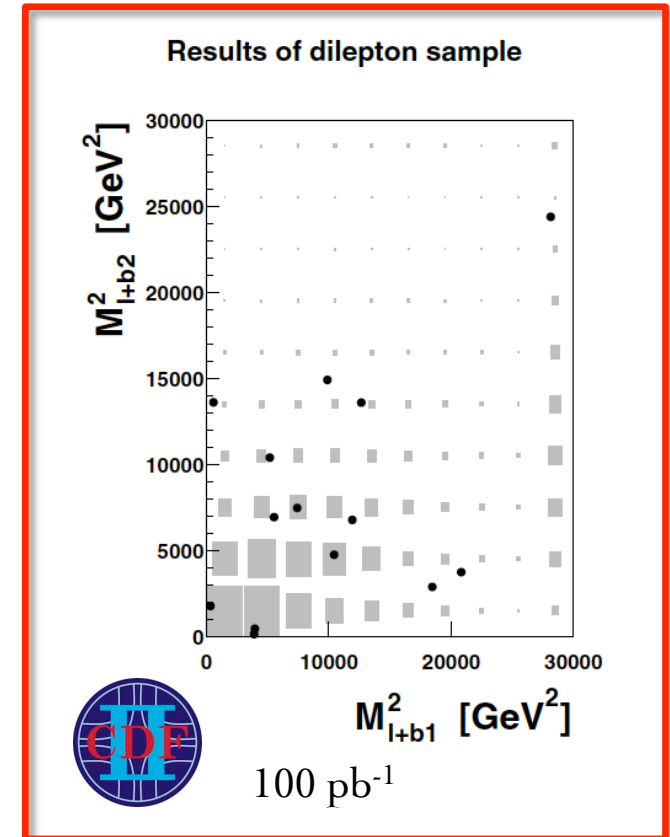
$$M_{lb}^2 = \frac{1}{2}(M_t^2 - M_W^2)(1 + \cos \theta^*)$$

Avantages:

- Pas besoin des infos sur les systèmes du top et du W
- Pas besoin de connaître la MET



700 pb⁻¹



Marco CARDACI

Conclusions

La faisabilité d'utiliser un seul canal (le top-antitop en dilepton) au LHC pour mesurer plusieurs propriétés du quark top, a été démontrée

Les mesures proposées (section efficace, corrélation de spin, asymétrie de charge et polarisation du boson W) couvrent un spectre de nouvelle physique considérable

La mesure de la section efficace a été déjà réalisée en s'appuyant sur des techniques d'estimation des bruits de fond à partir des données

Parmi les mesures proposées, celle de l'asymétrie de charge apparaîtrait la plus intéressante en vue des nouvelles confirmations de déviation du modèle standard qui vient du Tevatron

Toutes les mesures seront réalisées avec l'aide de techniques d'estimation de bruits de fond

Dans cette ligne de développement apparaîtrait naturelle d'investiguer l'existence d'un boson de Higgs chargé dans le canal top dileptonique