



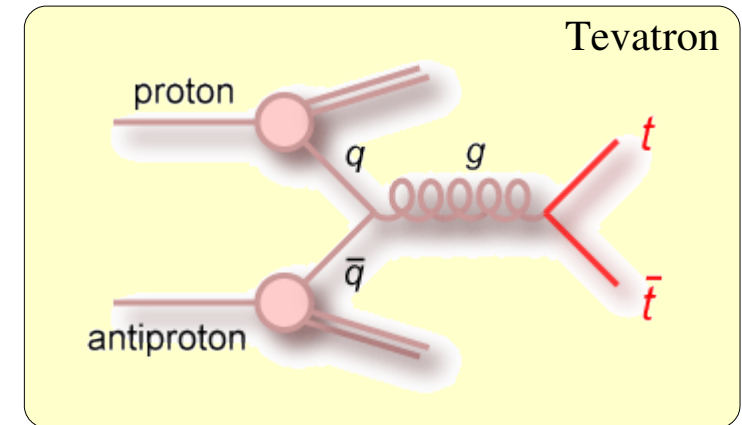
Mesure de la masse du quark top en dilepton

- La physique du quark top au LHC
 - ✓ Les différents canaux de désintégration
- ✓ Différentes méthodes de mesure de la masse dans le canal en dilepton
- La méthode des éléments de matrice
 - La sélection des événements



Pourquoi la physique du quark top?

- c'est le seul quark qui se désintègre avant de s'hadroniser --> on a accès à la masse nue du quark
- masse très grande ~ échelle EWSB (quark top est-il lié à la brisure de cette symétrie?)
- Une mesure précise permet de mettre de contraintes sur la masse du Higgs
- Mesure de précision d'un paramètre fondamental de la physique du MS
- Outil important pour calibrer JES, b-tagging...

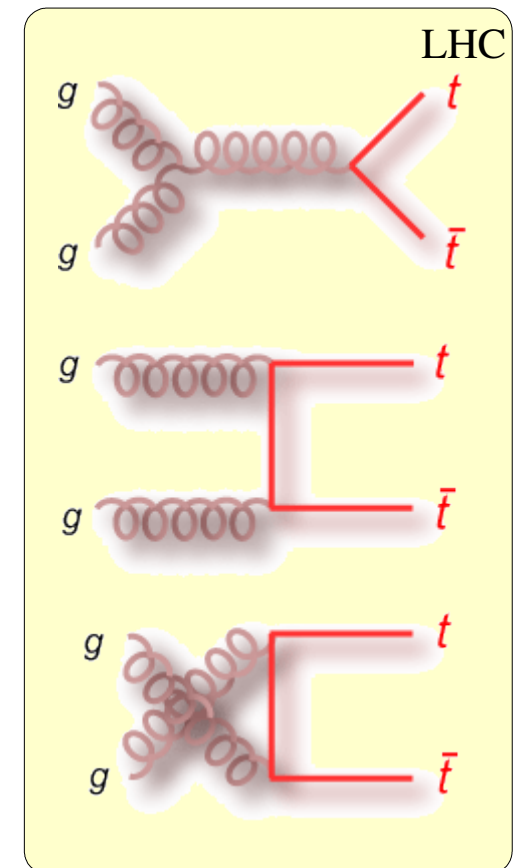


processus de production $t\bar{t}$

@Tevatron: $q\bar{q} \rightarrow t\bar{t} \sim (85\%)$ $g\bar{g} \rightarrow t\bar{t} \sim (10\%)$

@LHC: $g\bar{g} \rightarrow t\bar{t} \sim (90\%)$, $q\bar{q} \rightarrow t\bar{t} \sim (10\%)$

Dans les deux cas, le processus secondaire fait partie de l'erreur systématique





Les canaux utilisés dans les différentes analyses

Canal	Caractéristiques	B.R.	Bkg
All hadronic	6 jets a haut pT	45%	Multi jet production
Lepton+jets	4 jets a haut pT 1 lepton a haut pT Et miss	30%	W+jets Multi jets avec faux leptons
Dilepton	2 jets+2l+2ν Et miss	5%	Z/γ* Z-->ττ W+jets avec faux leptons

τ non considérés

Caractéristiques de ce canal:

- signal très propre --> haut rapport S/B, surtout si on demande 1μ et 1 e (pas de bdf Z/γ*)
- facile à détecter: 2 leptons avec haut Pt et grande MET
- statistique plutôt faible
- impossibilité de reconstruire une masse invariante à cause des deux neutrinos

Top Pair Decay Channels

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



Méthodes pour extraire la masse du top en ce canal

- ✓ Méthode des éléments de matrice
- ✓ Méthode neutrino weighting

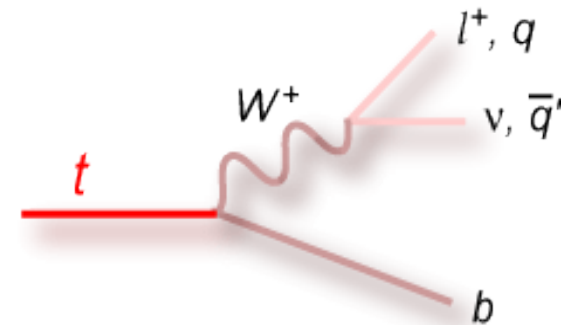
Tevatron 1.0 fb^{-1}

$$\text{ME } m_t = 164.5 \pm 3.9(\text{stat}) \pm 3.9(\text{sys}) \text{ GeV}$$

$$\text{NW } m_t = 171 \pm 5.8(\text{stat}) \pm 5.5(\text{sys}) \text{ GeV}$$

Caractéristiques communes:

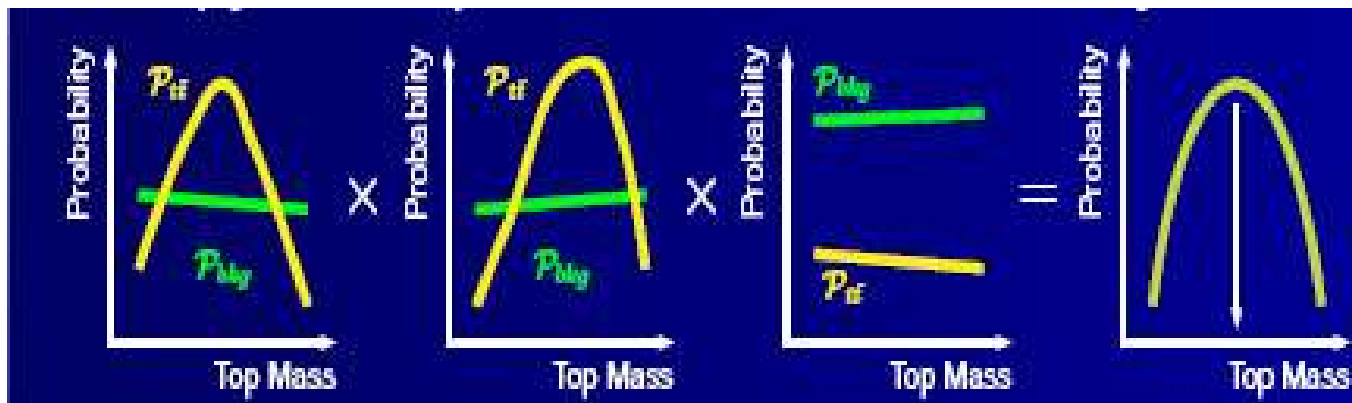
- ✓ mesurer une observable sensible à la masse du top
- ✓ calibrer les fonctions de transfert avec la simulation
- ✓ extraire la masse grâce au likelihood





La méthode des éléments de matrice

- ✓ Cette méthode donne des bons résultats même avec peu de données --> très adaptée pour les premières données Atlas (dans le canal $e\mu$ 160 év à 100 pb^{-1})
 - ✓ Elle ne nécessite pas une parfaite connaissance du MC
 - ✓ Cependant, elle demande beaucoup de CPU
- On calcule une densité de probabilité par événement pour le signal et le bruit de fond en fonction de la masse du top.
 - ✓ on fait une convolution de l'élément de matrice du processus avec les fonctions de résolution du détecteur
 - ✓ on intègre sur les quantités de l'espace des phases non mesurées
 - On multiplie les proba de chaque événement pour extraire la masse la plus probable.





Méthode des éléments de matrice: la densité de probabilité

$$P(\mathbf{x}; M_t) = f_s P_s(\mathbf{x}; M_t) + (1 - f_s) P_{bkg}(\mathbf{x})$$

$$P_s(\mathbf{x}|M_t) = \frac{1}{\sigma(M_t)} \int d\Phi |M_{t\bar{t}}(q_i, p_i; M_t)|^2 W(p, x) f_{PDF}(q_1) f_{PDF}(q_2)$$

normalisation

phase space

élément de matrice

fonction de transfert

pdf

• espace des phases des quantités non mesurées:

- impulsions des v et énergie des jets

• fonction de transfert: possibilité de reconstruire un objet d'énergie E issu d'un parton d'impulsion p

• p.d.f.: probabilité qu'un proton contienne un parton d'impulsion q_i

• élément de matrice calculé avec le program MadGraph



Méthode des éléments matrice: intégration sur l'espace des phases

Pour utiliser des contraintes cinématiques (intervalle limité des masses des W et top) et pour épargner de temps de calcul pendant l'intégration on exprime les impulsions de v en fonction des variable l , W et t comme dans les eq. qui suivent

$$m_{t1}^2 = (p_1 + W_1)^2$$

$$m_{t2}^2 = (p_2 + W_2)^2$$

$$m_{W_1}^2 = (l_1 + \nu_1)^2$$

$$m_{W_2}^2 = (l_2 + \nu_2)^2$$

$$(p_1 + l_1 + \nu_1 + p_2 + l_2 + \nu_2)_x = p_x^{tt} = 0$$

$$(p_1 + l_1 + \nu_1 + p_2 + l_2 + \nu_2)_y = p_y^{tt} = 0$$

- réécrire sous forme d'une eq. de degré 4 du p_{vX}
- possibilité d'avoir jusqu'à 4 solutions qu'on doit sommer
- calculer le jacobien de la transformation
- intégration sur les masses des W et t en utilisant l'algorithme VEGAS

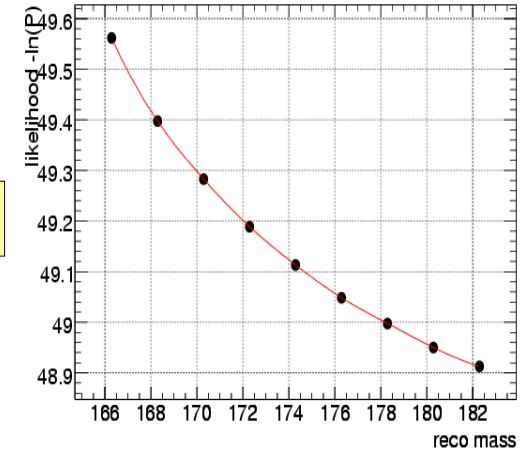
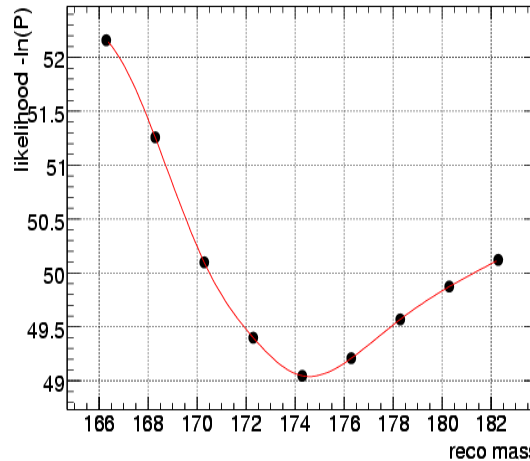


Méthode des éléments de matrice: premiers résultats

- ✓ événements générés par MadGraph (signal pur, pas d'effets de détecteur)
- ✓ coupures standard utilisées (objects $p_T > 20$ GeV), $|\eta| < 2.5$
- ✓ pdf "cteq611" déjà incluses
- ✓ top quark pole masse à 174.3 GeV

- ✓ On suppose connaître l'énergie de jets (intégration et fonctions de transfert pas encore implémentées)
- ✓ Likelihood ($L = -\ln(P_s)$) calculé à des masses différentes
- ✓ ajustement des points avec une Spline
- ✓ somme du likelihood de 30 événements

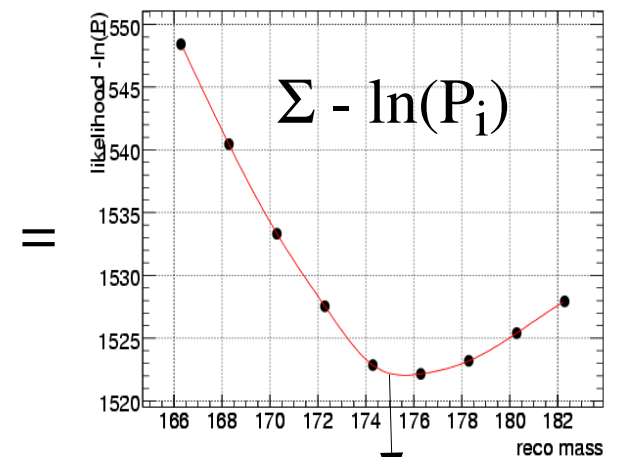
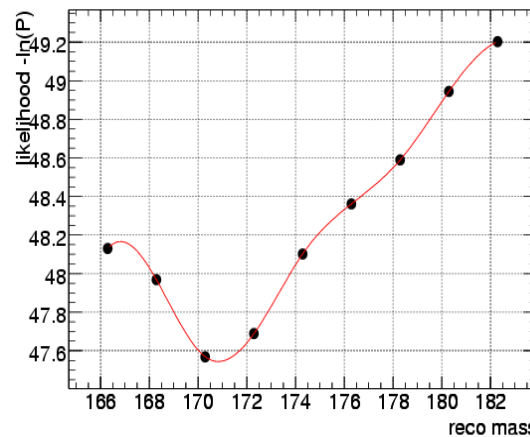
Likelihood pour quelques ev.



+

+

+...+

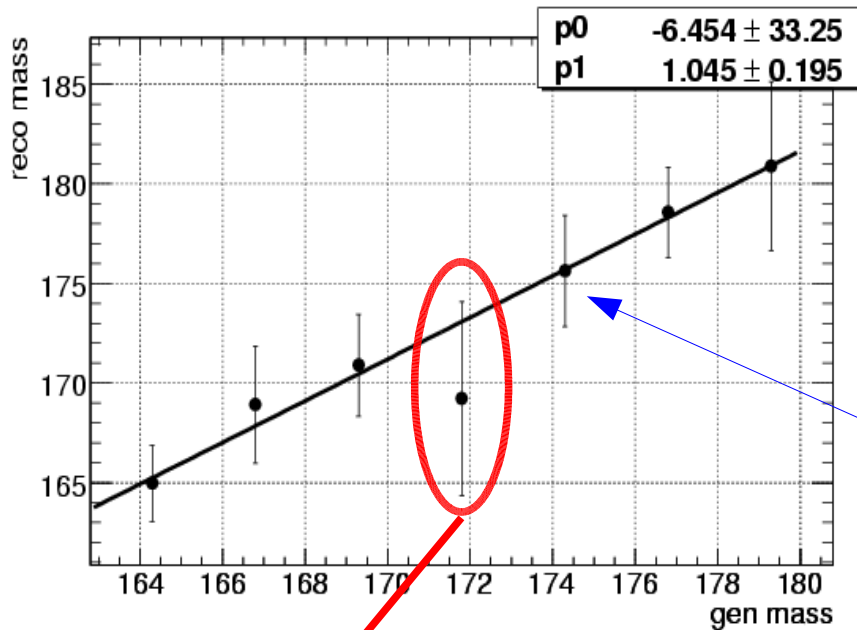


La masse reconstruite est le minimum du fit

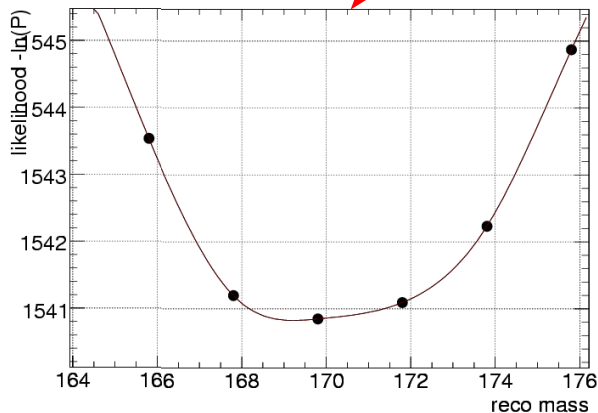


Méthode des éléments de matrice: premiers résultats

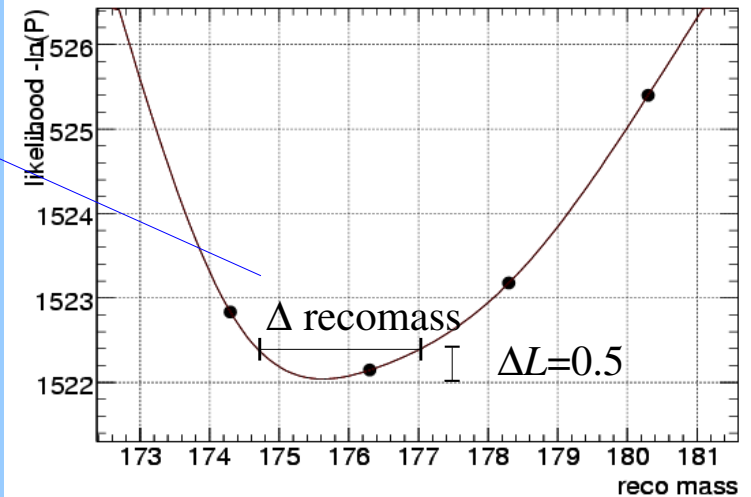
Premier test de la fiabilité (et stabilité) de notre analyse:
masse reconstruite en fonction de masse générée



- on observe une bonne linéarité (sauf le point avec une masse générée de 171.8 GeV)
- la pente est 1.045 ± 0.195 très encourageant...



Pour un fit plus précis on devrait augmenter le nombre des masses pour lesquelles on calcule le likelihood.

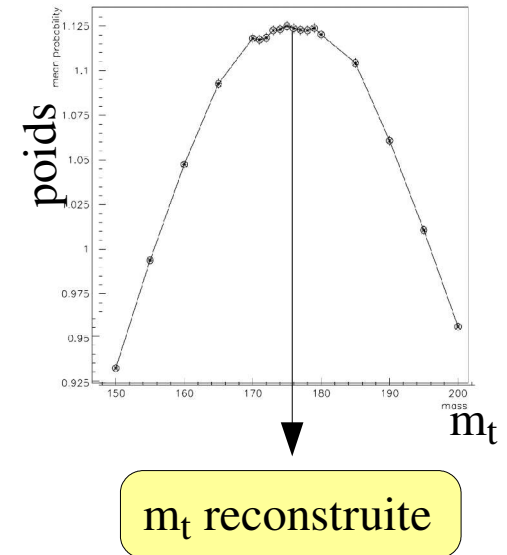


Erreurs extraites, pour l'instant, du likelihood (à 0.5 du minimum)



Neutrino weighting

- On obtient le même système de 6 équations basées sur des lois de conservation cinématiques
- Pour chaque solution donnée par ces équations on calcule leur poids en utilisant de distributions MC ($\cos\theta_t^*$, E_ν , $E_{\nu\text{bar}}$)
- On garde la solution avec le poids le plus grand
- Pour chaque valeur de m_t on calcule le poids moyen sur tous les événements
- La m_t reconstruite correspond au poids moyen le plus grand



Forte dépendance du MC mais quantité mineure de CPU demandée
--> méthode optimale quand le MC sera bien testé



La sélection des événements

Samples utilisés pour signal et bruit de fond

Générés et reconstruits avec rel 12.0.6

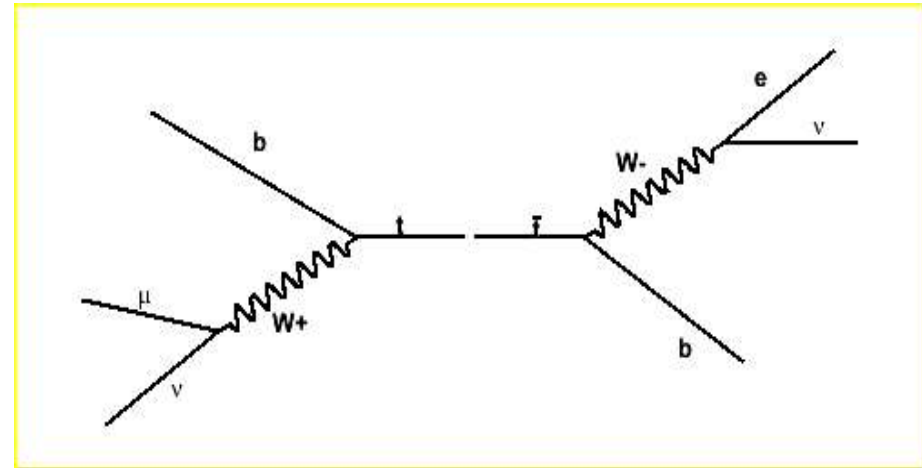
✓ $t\bar{t}$ signal DSN 5200

✓ $t\bar{t} \rightarrow l + \text{jet}$ bdf: DSN 5200

✓ $W^+W^- \rightarrow ll$ bdf: DSN 5922... 5929

Générés avec rel 11 et reconstruits avec 12

✓ $Z \rightarrow \tau\tau$ bdf: DNS 5146



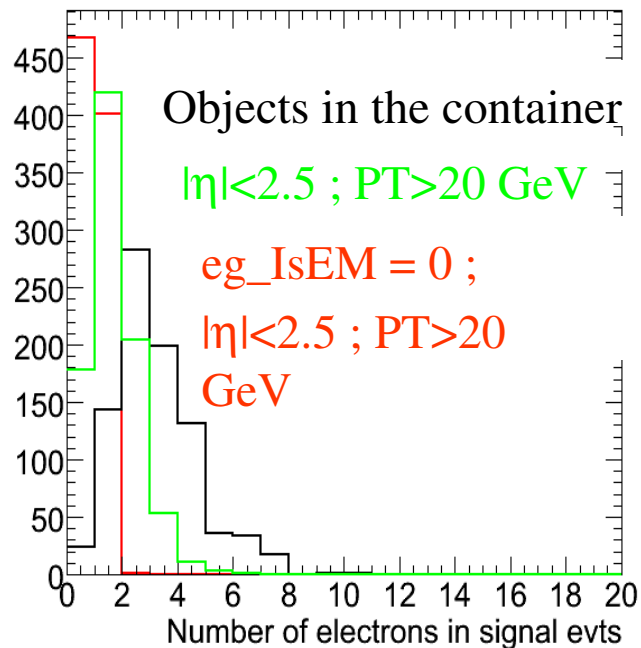
La base de notre sélection est:
1 électron, 1 muon, ≥ 2 jets
Énergie transverse élevée

Rq: Tous les plots qui suivent sont normalisés à 100 pb^{-1} de données



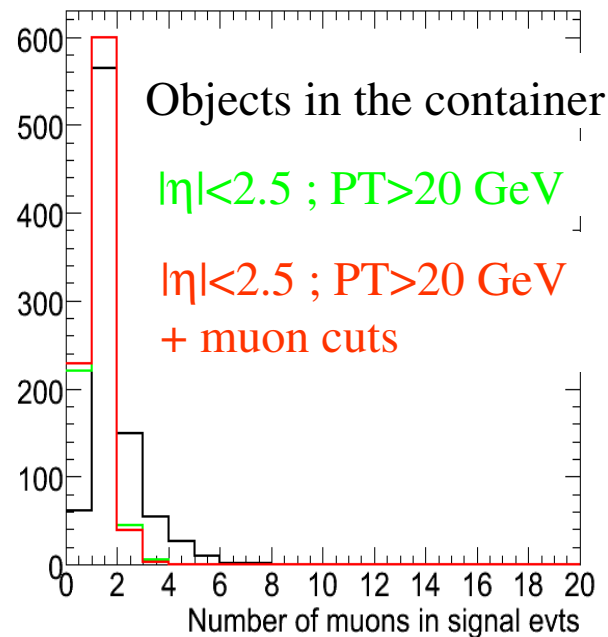
Sélection des événements

Électrons



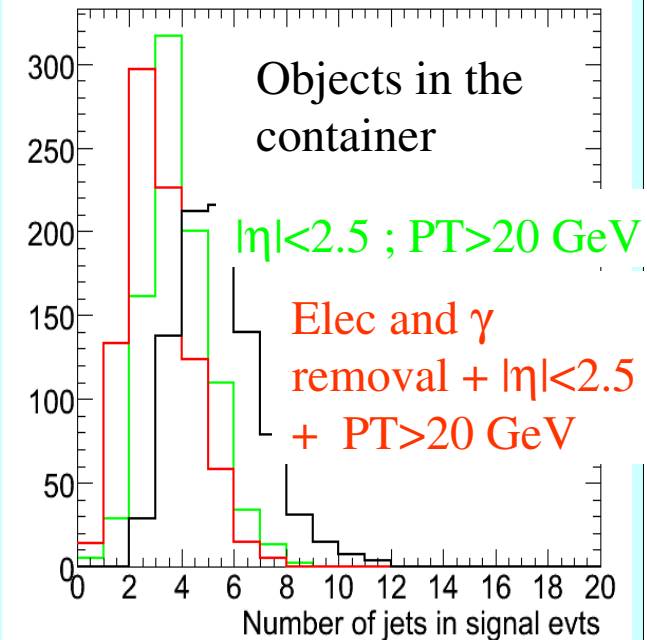
✓author==AuthorEgamma
✓isEm==0

Muons



✓IsCombinedMuon
✓MatchChi2OverDoF < 30
✓FitChi2OverDoF < 30

Jets

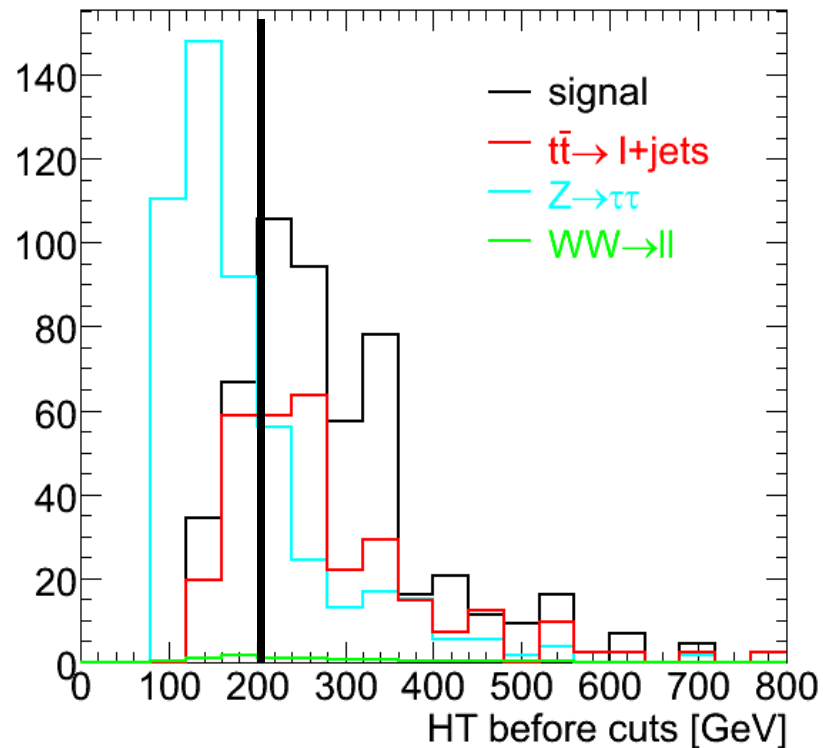


Matching entre jets et élec+ γ containers. Si un jet match un e^- ou un γ et $isEm==0$ --> le jet ne sera pas utilisé



Coupure HT

- ✓ Première sélection: 1 e , 1 μ , jets ≥ 2 , charges opposées pour les leptons
- ✓ $HT = \Sigma P_T$ (2 leptons + 2 leading jets)
- ✓ HT : Somme scalaire, représente la quantité d'énergie de l'événement



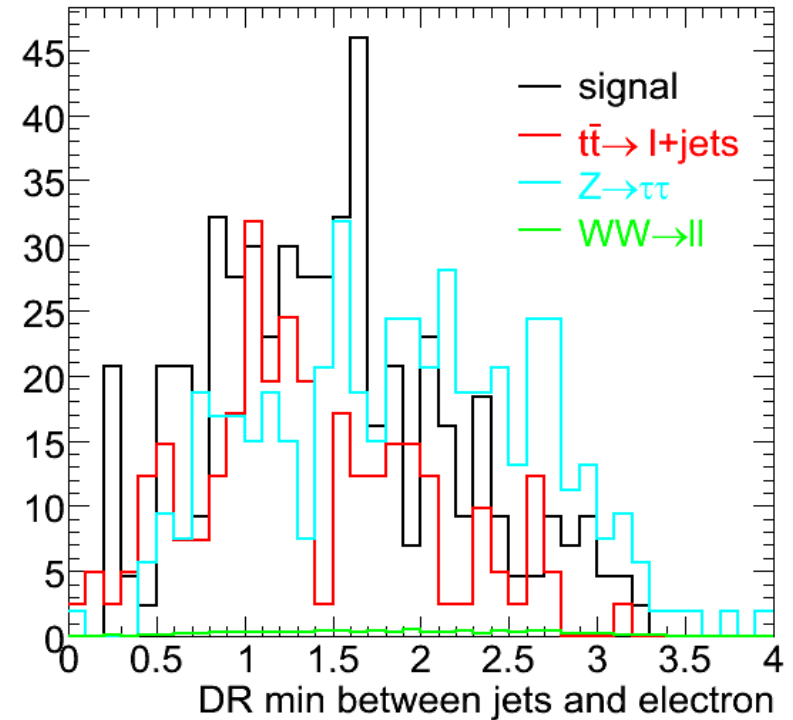
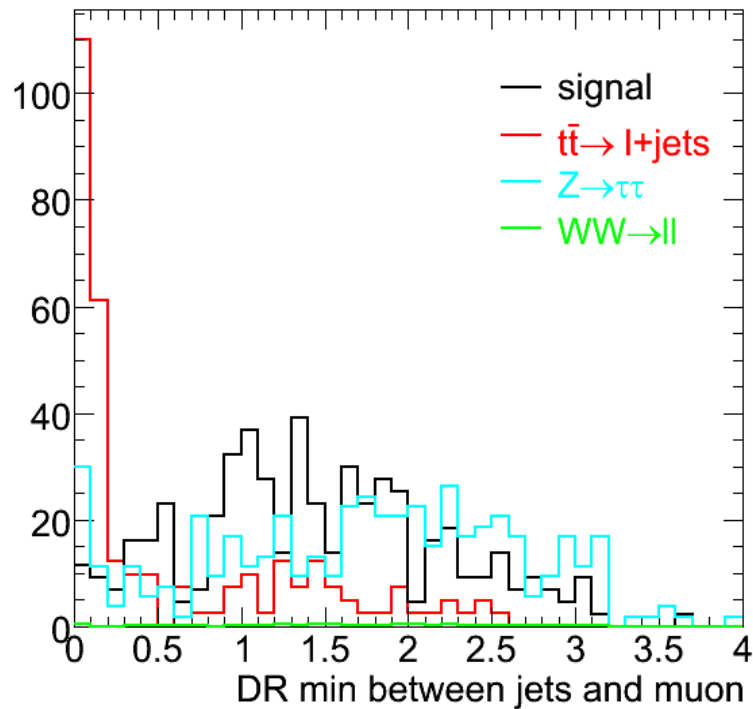
Cut : $HT > 210$ GeV

$t\bar{t}$ --> l+jet ne peut pas être rejeté en utilisant HT. Pour cela on utilisera l'isolation des leptons



Coupure sur l'isolation des leptons

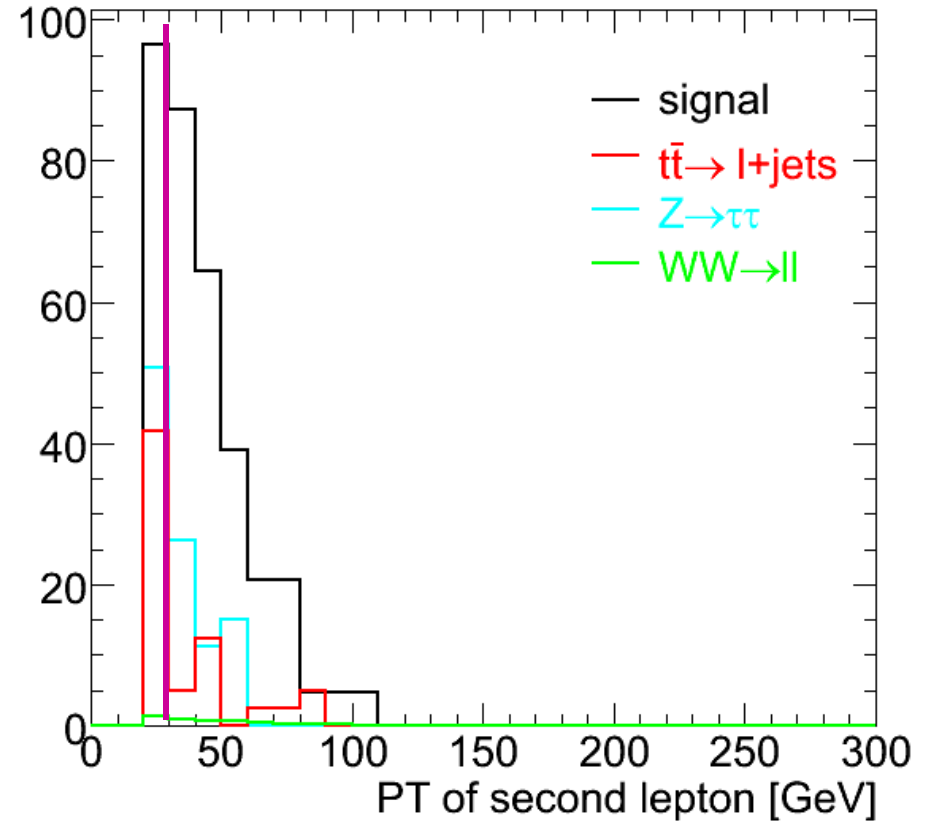
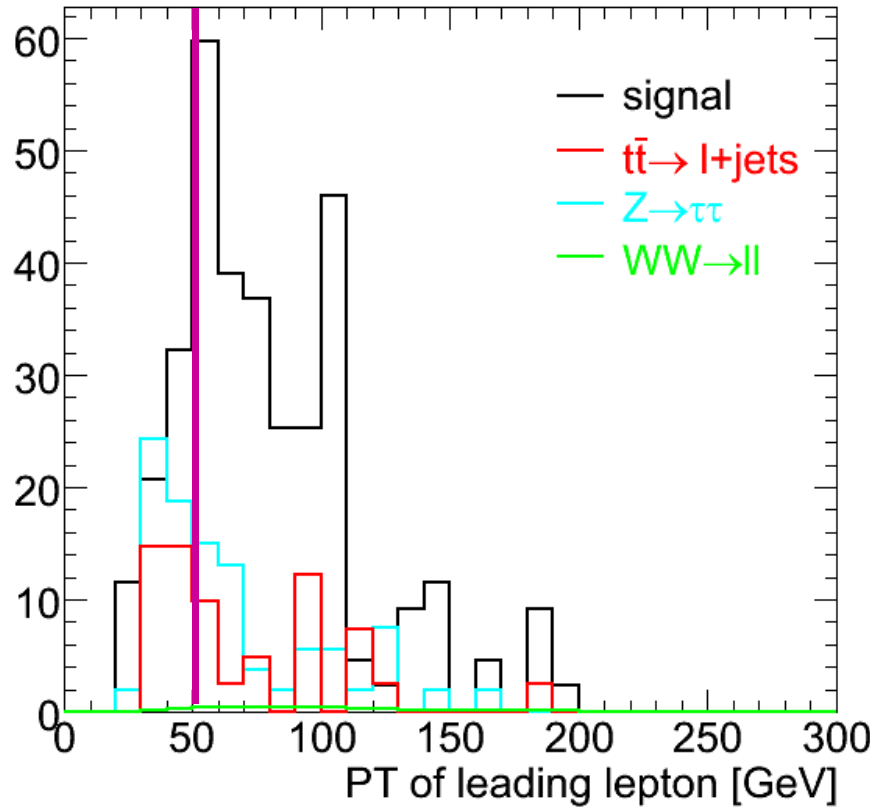
Distance (en η et ϕ) minimale entre électron et muon sélectionnés et les jets



On ne garde que les événements pour lesquels on a $\Delta R_{min} > 0.4$



PT des leptons après coupure sur HT et isolation



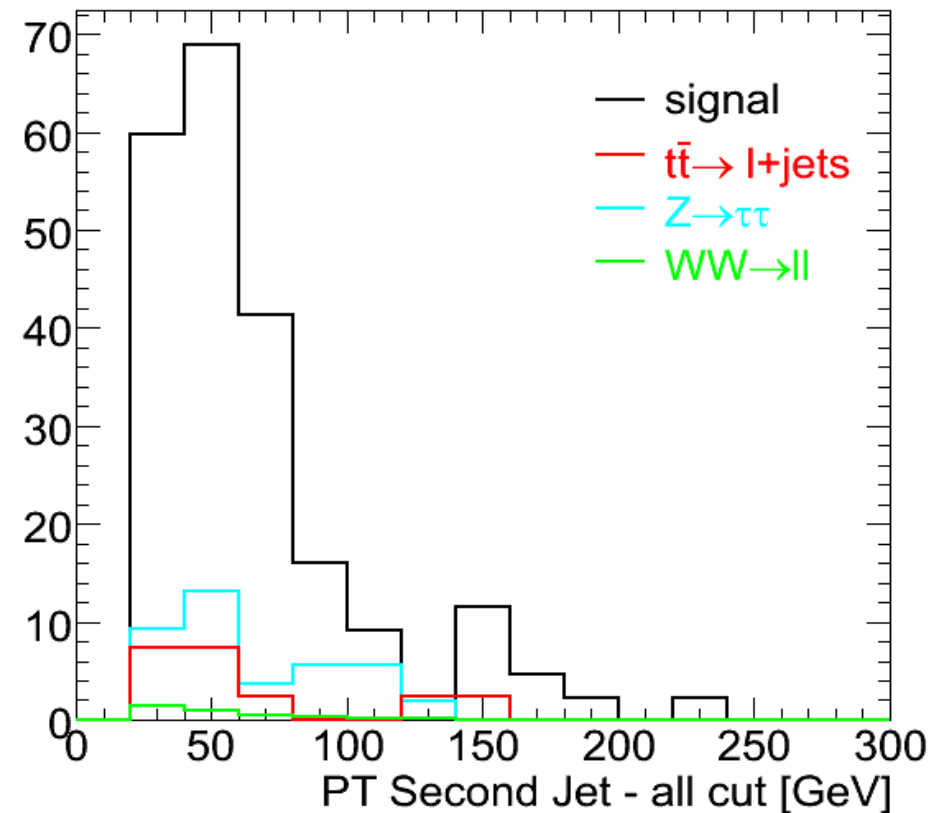
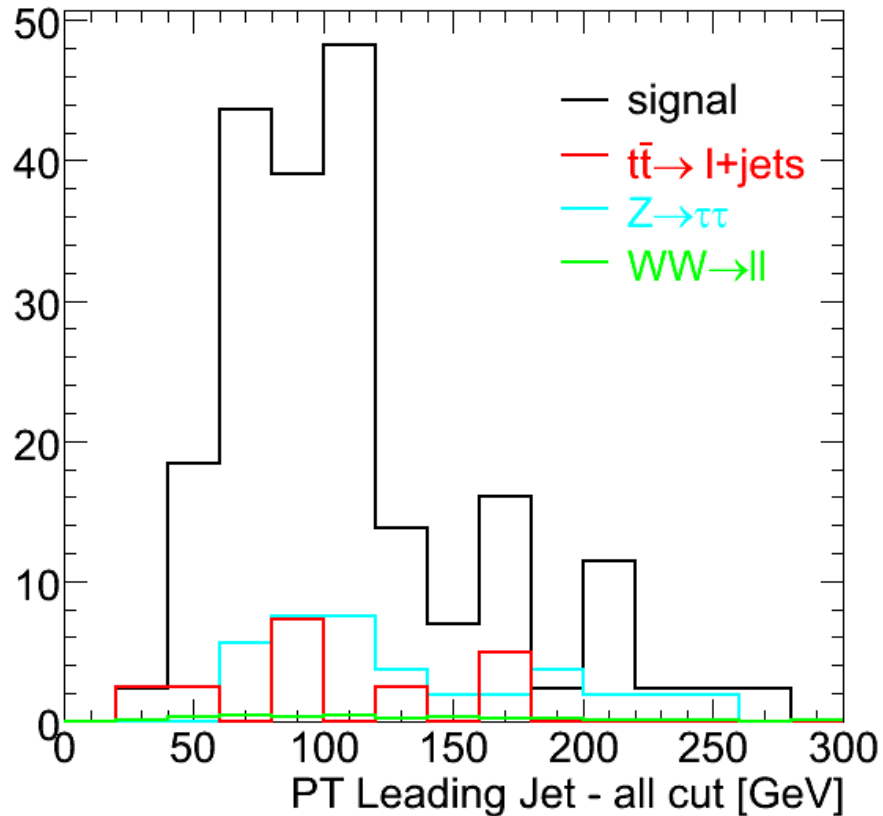
Coupure sur les leptons :

PT > 50 GeV pour le leading lepton

PT > 30 GeV pour le second lepton



PT des jets après coupures sur HT et leptons



Après avoir implémenté les coupures sur leptons et HT, toute coupure supplémentaire sur les jets n'améliore pas le rapport S/B



Efficacité et S/B après les différentes coupures

Release 12	signal efficiency	S/B ttbar bkg	S/B Z $\tau\tau$	S/B WW ll	Total S/B
1 e, 1 μ , jets ≥ 2 , opp.charge	$\epsilon = 26.0 \%$	1.7	1.0	59.2	0.6
Lepton isolation	$\epsilon = 22.6 \%$	4.1	1.0	57.8	0.8
PT lepton cut	$\epsilon = 12.5 \%$	8.5	4.2	57.6	2.7
HT	$\epsilon = 10.6 \%$	10.8	5.4	62.8	3.4



Conclusions et “to do list” 1

La physique du top est un domaine d'étude fondamental

- ✓ contraintes sur la masse de l'Higgs
- ✓ avec les premières données, un excellent outil de calibration de JES et b-tagging

Le canal en dileptons présente un signal très propre mais une statistique plutôt faible

Deux méthodes pour reconstruire la masse en ce canal

- ✓ Neutrino weighting: sera la méthode dominante quand on aura une bonne connaissance du MC
- ✓ Élément de matrice: elle demande beaucoup de CPU mais ne nécessite pas une parfaite connaissance du MC



Conclusions et “to do list” 2

Pour ce qui concerne notre analyse:

- Sélection des événements

- ✓ Athena 12.0.6 utilisée
- ✓ $S/B=3.4$ (1.5 avec rel 11 à cause d'une moins bonne identification des électrons)
- ✓ $\epsilon=10.6\%$

- Méthode des élément de matrice pour la reconstruction de la masse:

- ✓ en utilisant des données du signal et sans effets du détecteur, notre analyse donne des bonnes valeurs pour la masse reconstruite
- ✓ quand on varie la “pole mass” du quark top on observe une bonne linéarité avec une pente de 1

- A faire:

- ✓ intégration sur l'énergie des jets
- ✓ implémentation de la fonction de transfert et JES qui seront les sources principales de l'erreur systematique





Efficacité et S/B après les différentes coupures

Release 12	signal efficiency	S/B ttbar bkg	S/B Z $\tau\tau$	S/B WW ll	Total S/B
1 e, 1 μ , jets ≥ 2 , opp.charge	$\epsilon = 26.0 \%$	1.7	1.0	59.2	0.6
Lepton isolation	$\epsilon = 22.6 \%$	4.1	1.0	57.8	0.8
PT lepton cut	$\epsilon = 12.5 \%$	8.5	4.2	57.6	2.7
HT	$\epsilon = 10.6 \%$	10.8	5.4	62.8	3.4

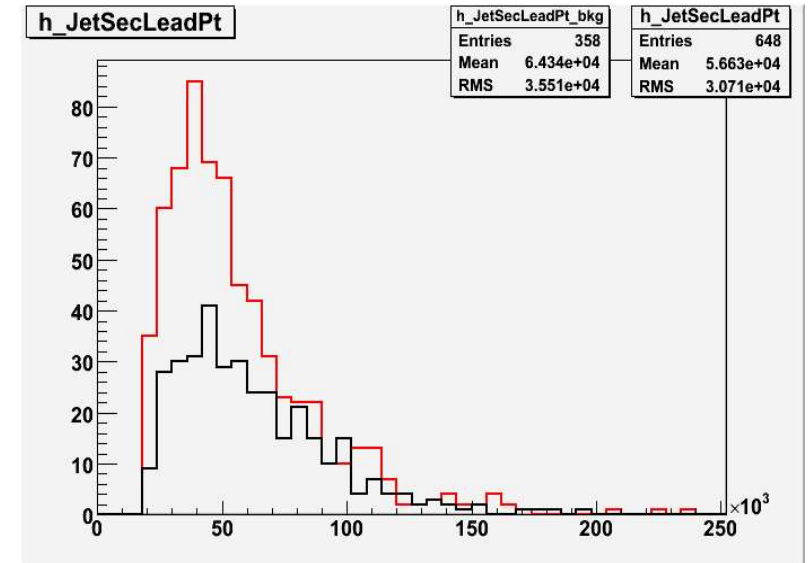
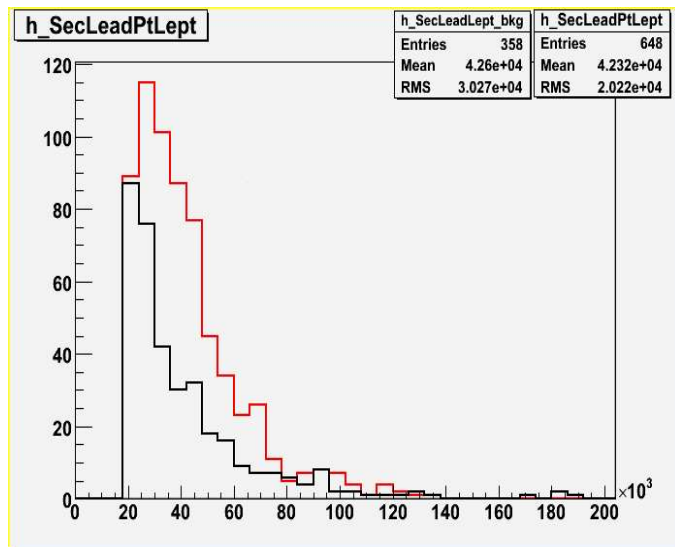
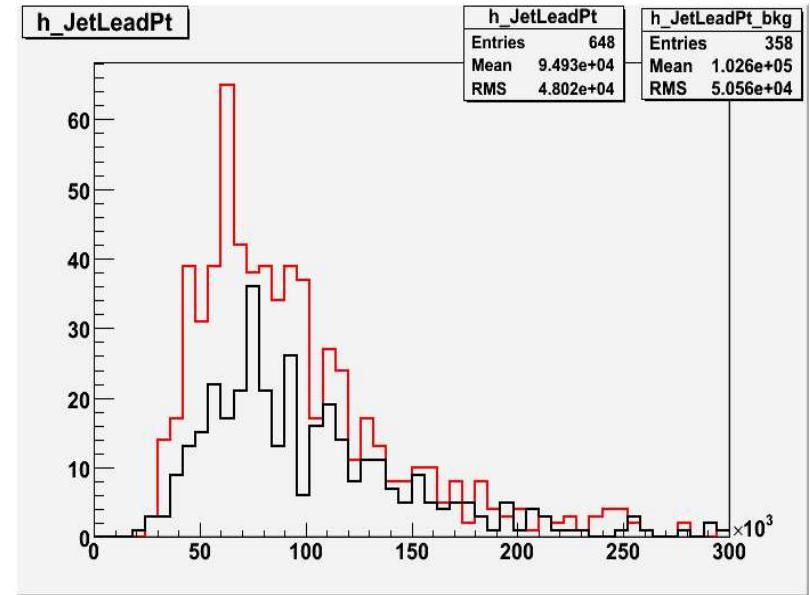
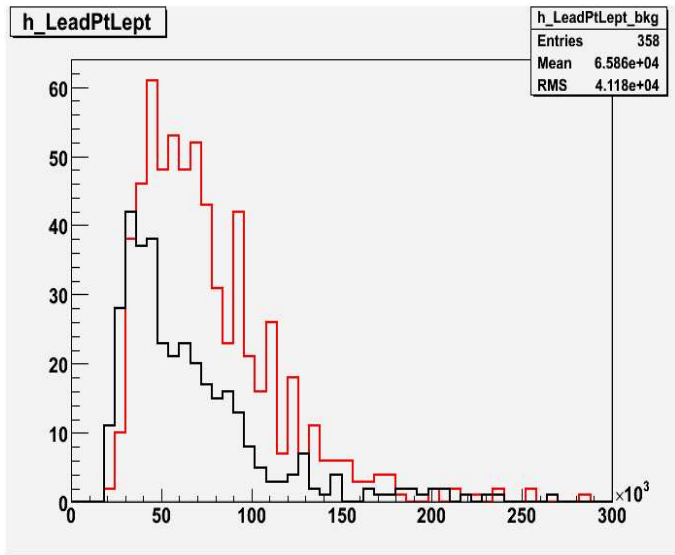
Moins de faux électrons dans la rel. 12 => mineur bdf tt-->l+jet

Rapport S/B amélioré dans la rel 12

Release 11	signal efficiency	S/B ttbar bkg	S/B Z $\tau\tau$	S/B WW ll	Total S/B
1 e, 1 μ , jets ≥ 2 , opp.charge	$\epsilon = 30.0 \%$	0.28	0.6	65	0.2
Lepton isolation and PT cut	$\epsilon = 13.7 \%$	2.5	3.5	72	1.4
HT	$\epsilon = 11.8 \%$	2.4	4.2	80	1.5



Selection sur leading lepton et leading jet

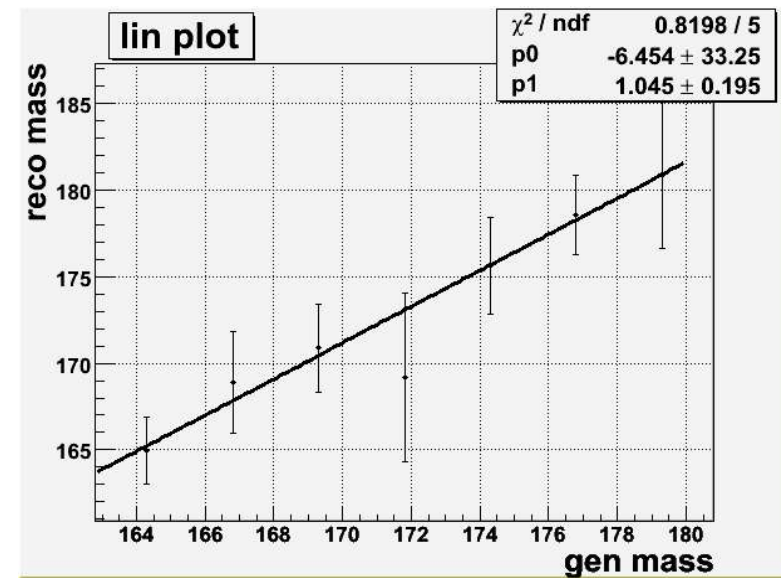
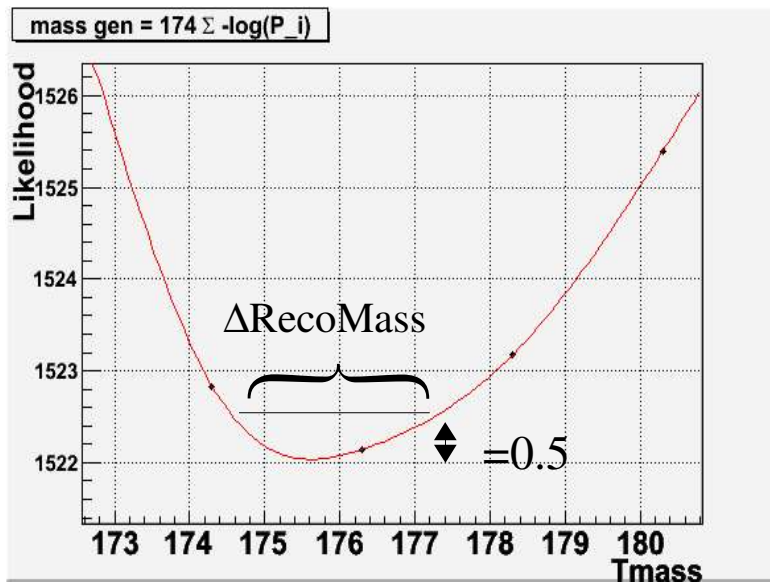




Methode de la matrice: premiers resultats

Test de la chaine d'analyse:

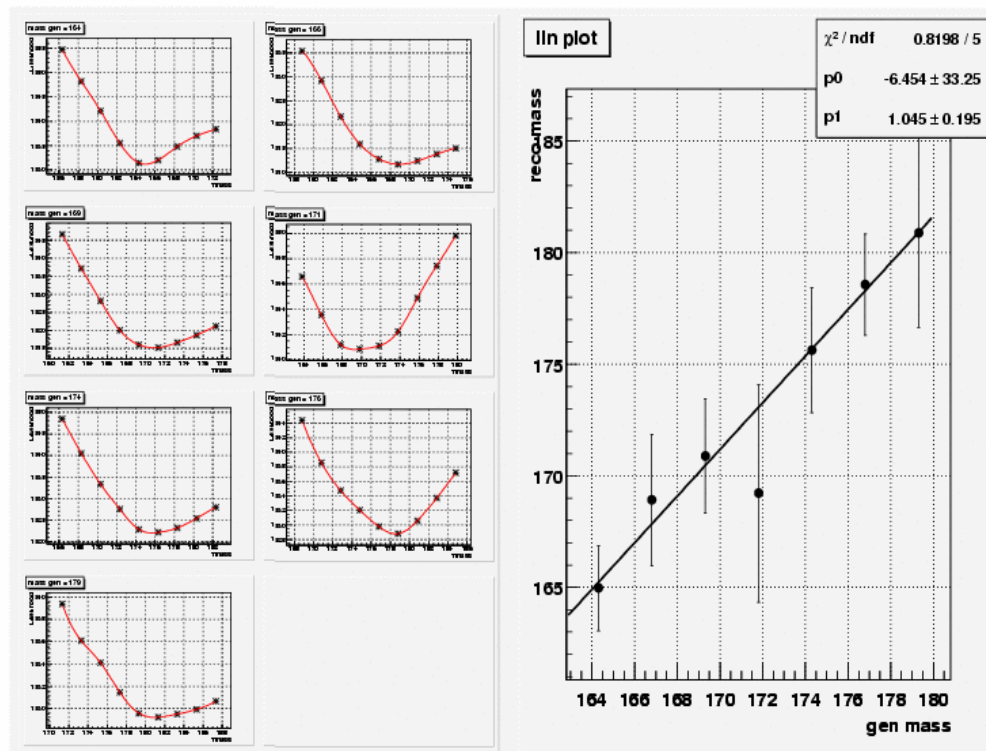
- la valeur minimale de l'interpolation de nosa points est notre masse reconstruite
- masse genereee Vs. masse reconstruite
- erreur sur le likelihood





Methode de la matrice: premiers resultats

plot likelihood et linearity plot

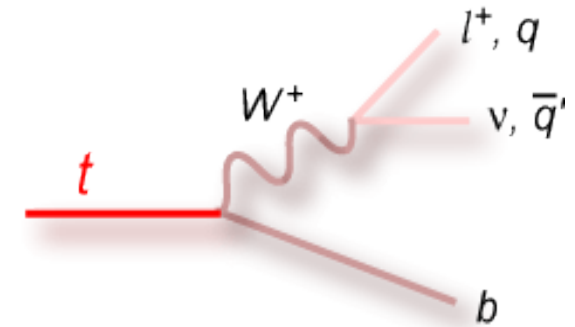




Methodes pour extraire la masse du top en ce canal

Caracteristiques communes:

- ✓ mesurer une observable sensible a la masse du top
- ✓ lier aux partons les objets que l'on observe
- ✓ calibrer les fonctions de transfert avec la simulation
- ✓ extraire la masse grace au likelihood



• templates methodes --> neutrino weighting

- On obtient un set de 6 equations basees sur des lois de conservation cinematiques
- Ces equations donnent plus qu'une solution: on calcule leur poids en utilisant de distributions MC (cosk, En, Enbar)
- On garde la solution avec le poids le plus grand
- Pour chaque valeur de m_t on calcule le poids moyen sur tous les evenements
- La m_t reconstruite corresponde au poids moyen le plus grand

Tevatron

ME $m_t = 164.5 \pm 3.9(stat) \pm 3.9(sys) GeV$

NW $m_t = 171 \pm 5.8(stat) \pm 5.5(sys) GeV$

LHC prevision?????



differences entre selection avec v11 et v12 (J. Biteau, S. Trincaz)

release	B.R		first sel	lept pT	lept DR	HT	charge
rel 11	4.43	e cut	29.96	16.3	13.66	11.8	-
		S/B ttbar	0.28	-	2.48	2.37	-
		S/B Z->tt	0.62	-	3.48	4.2	-
		S/B WW->ll	65	-	72	80	-
		S/B tot	0.19	-	1.42	1.49	-
rel 12 avec poids		e cut	25.98	13.9	12.64	10.69	10.57
		S/B ttbar	1.02	2.07	9.39	12.48	10.8
		S/B Z->tt	1	3.91	4.22	5.43	5.37
		S/B WW->ll	58.51	56.12	57.81	63.07	62.84
		S/B tot	0.5	1.32	2.77	3.57	3.39

 Bruit de fond dominant

 Rapport S/B global



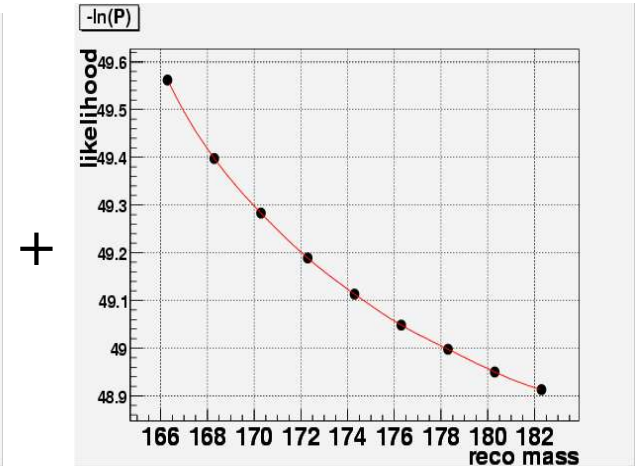
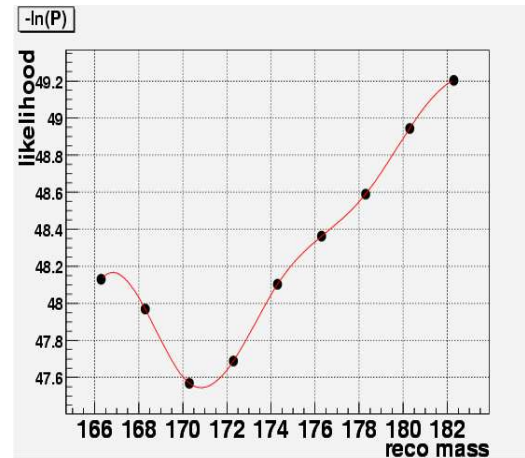
useful figures or images

$$P(\mathbf{x}|M_t) = P_s(\mathbf{x}|M_t)p_s(M_t) + \sum_i P_{bi}(\mathbf{x})p_{bi}$$



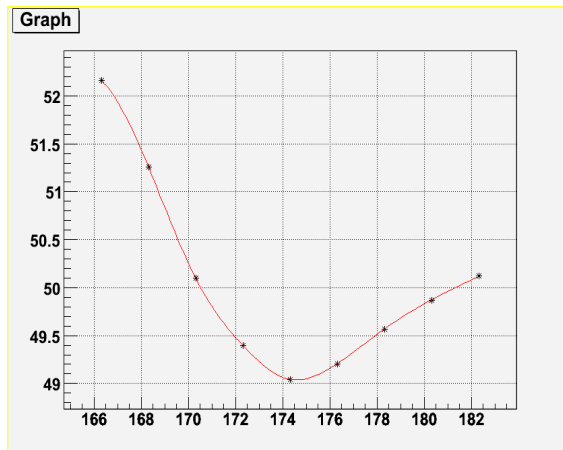
La methode de la matrice: premiers resultats

- ✓ Evenements generes par MadGraph (que du signal, pas d'effets du detecteur)
- ✓ “Pole mass” du quark top a 174.3 GeV pour les evenements generes
- ✓ On fait le plot du likelihood: $L = -\ln P$ en fonction de M_t (chaque 2 GeV)

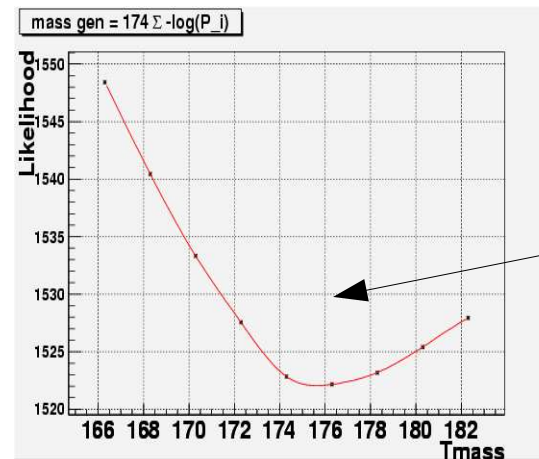


+

+ ... +



=



somme du $-\ln(P)$ de 30 evenements