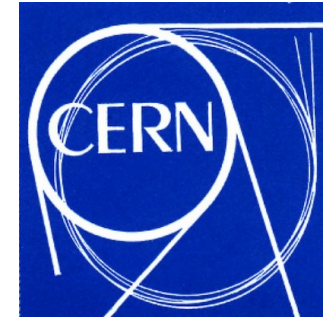


I r f u

cea

saclay



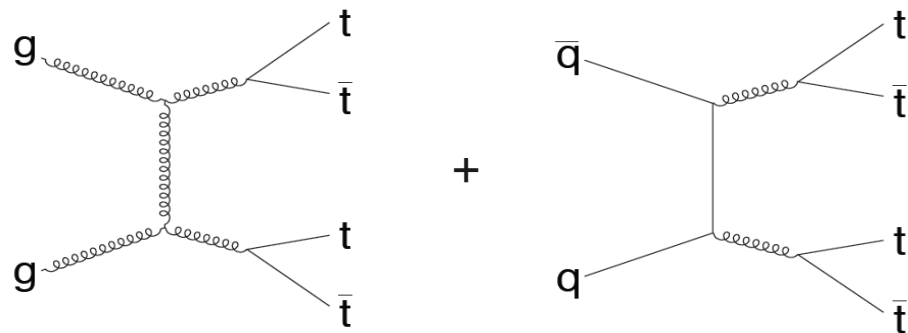
# Les événements à 4 tops au LHC

- arXiv:1005.1229 [hep-ph] (Les Houches, p.137-144)
- article en préparation

*Étude effectuée au niveau générateur*



# La production à 4 tops dans le Modèle Standard



88.6 %

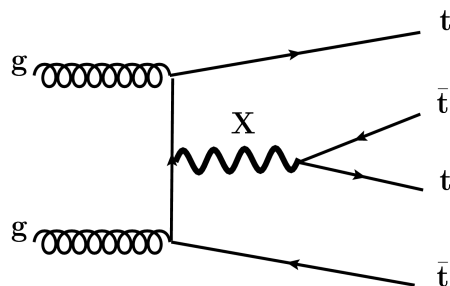
Section efficace à 14 TeV  $\sim 7.5$  fb

(à 7 TeV  $\sigma \sim 0.2$  fb)

➡ L'état final à 4 tops est très sensible à la nouvelle physique, en particulier les modèles où les résonances/nouvelles particules ont une préférence pour le quark top.

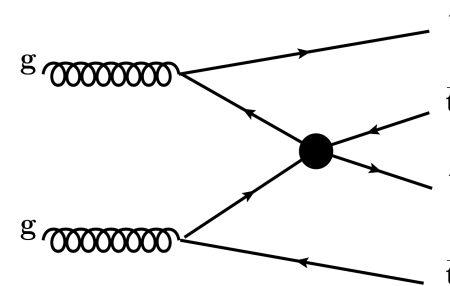
Si la nouvelle particule X est légère :

→ **résonance**



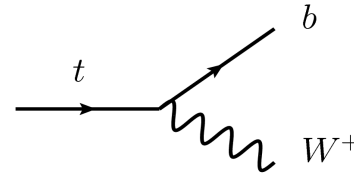
Si X est trop lourde

→ **interaction effective**

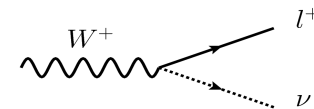


## Aparté : le quark top

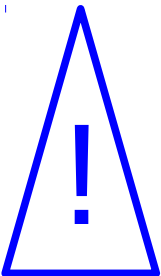
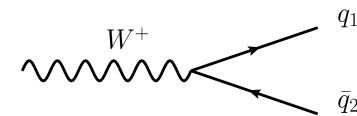
Le top se désintègre en  $b+W$  dans  $>99\%$  des cas :



Le W se désintègre en lepton+neutrino dans  $\sim 3 \times 11\%$  des cas :



Le W se désintègre en quark+antiquark dans  $67\%$  des cas :

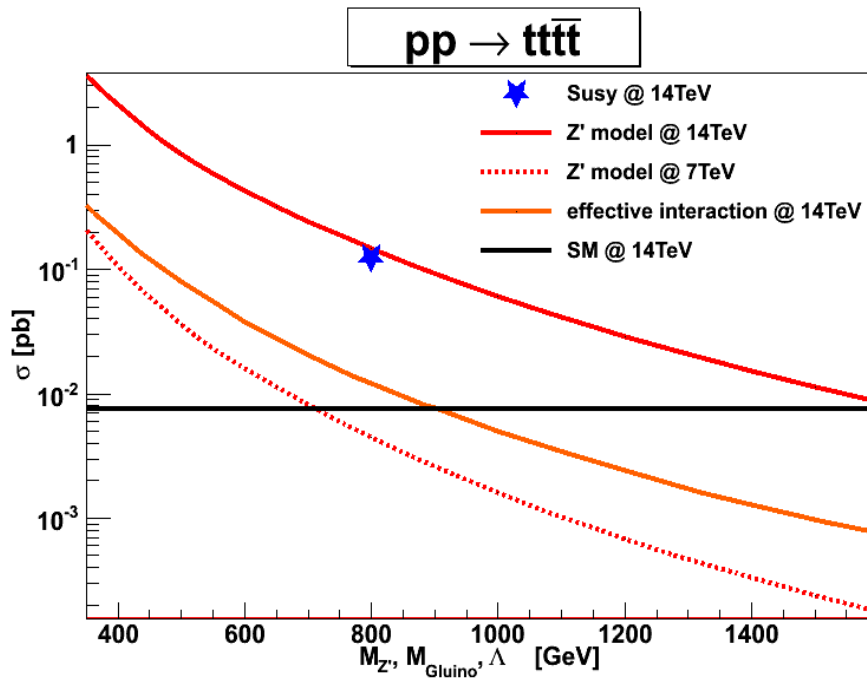


Il existe des erreurs de mal reconstruire la charge dans le détecteur:

→ pour les électrons : 1 sur 100

→ pour les muons : 1 pour 1000

# Les différents modèles :



- Le modèle avec résonance  $Z'$
- L'interaction effective
- Le Modèle Supersymétrique

On travaille ici à 14 TeV  
( 7 TeV peu prometteur )

Bruit de fond	$\sigma$ [fb]	$\sigma \cdot \text{BR}(\ell\pm\ell\pm)$ [fb]
t-t-tbar-tbar	7.5	0.3
t-tbar W+W- + jets	121	5.1
t-tbar W $\pm$ + jets	595	18.4
W+W-W $\pm$ + jets	603	18.7
W $\pm$ W $\pm$ + jets	340	15.5
t-tbar + jets	1,2.10 <sup>6</sup>	600

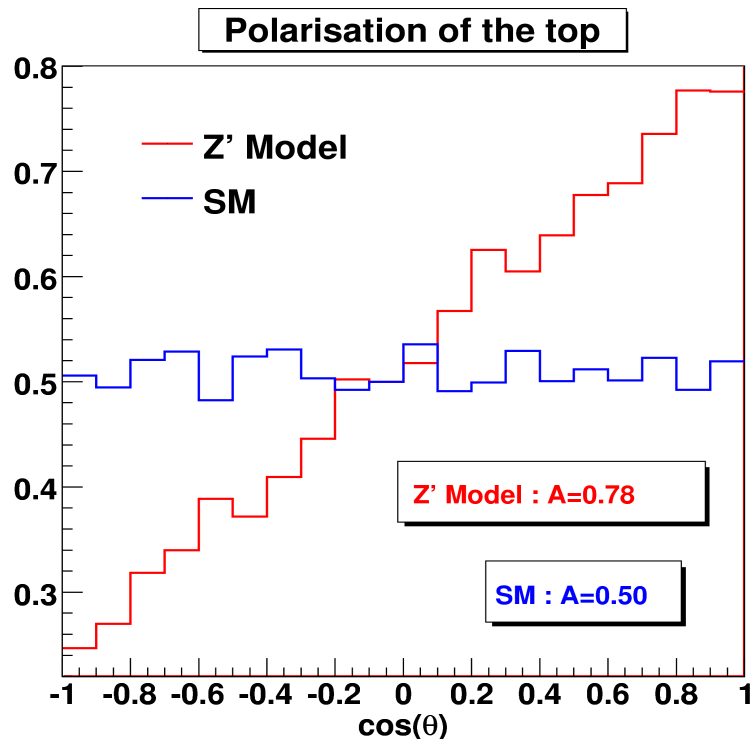
On travaille ici avec 2 leptons de même signe dans l'état final

$\rightarrow$  réduit t-tbar d'un facteur  $2 \cdot 10^3$  !!

## Etude de la polarisation :

- La production de 4 tops dans le MS est dominée par les processus QCD invariants par parité → on attend autant de tops droits/gauches
- Dans les modèles de type "top composite", la nouvelle physique couple préférentiellement au quark top droit → la distribution angulaire des leptons provenant du top/antitop nous permet d'analyser la polarisation des tops.

$$\frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{d \cos \theta_{l^+}} = F_R + F_L = \frac{A}{2}(1 + \cos \theta_{l^+}) + \frac{1-A}{2}(1 - \cos \theta_{l^+}) = (A - \frac{1}{2}) \cos \theta_{l^+} + \frac{1}{2}$$

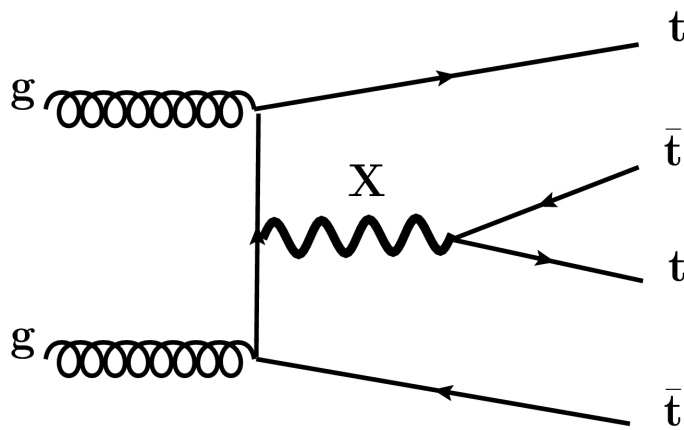


La section efficace différentielle de production des tops nous donne :

- $A \sim 0.78$  dans la **nouvelle physique** ayant une préférence pour le quark top droit
- $A \sim 0.5$  for the SM.

**Variable discriminante**

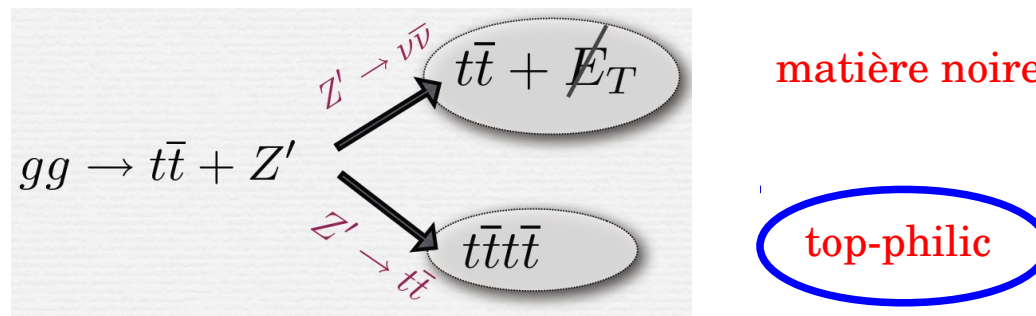
Premier modèle :  
le modèle avec  
résonance  $Z'$



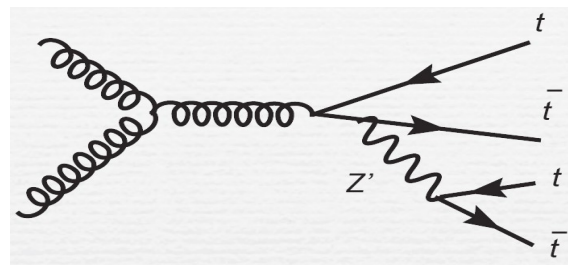
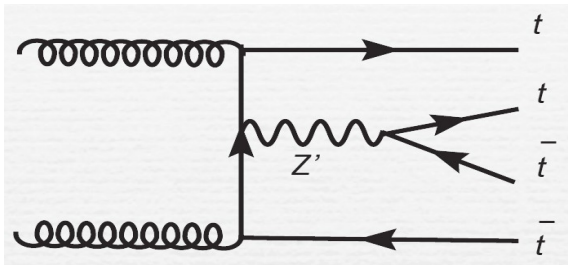
# Les événements à 4 tops du modèle top-philic (et dark matter-philic) arXiv:0912.0004v2 [hep-ph]

★ Le  $Z'$  a un couplage très faible aux fermions légers et très important aux états massifs du MS comme les quarks top (et la matière noire)

→ pas de résonances t-tbar observables mais :



★ Je présente ici uniquement le top-philic  $Z'$  :



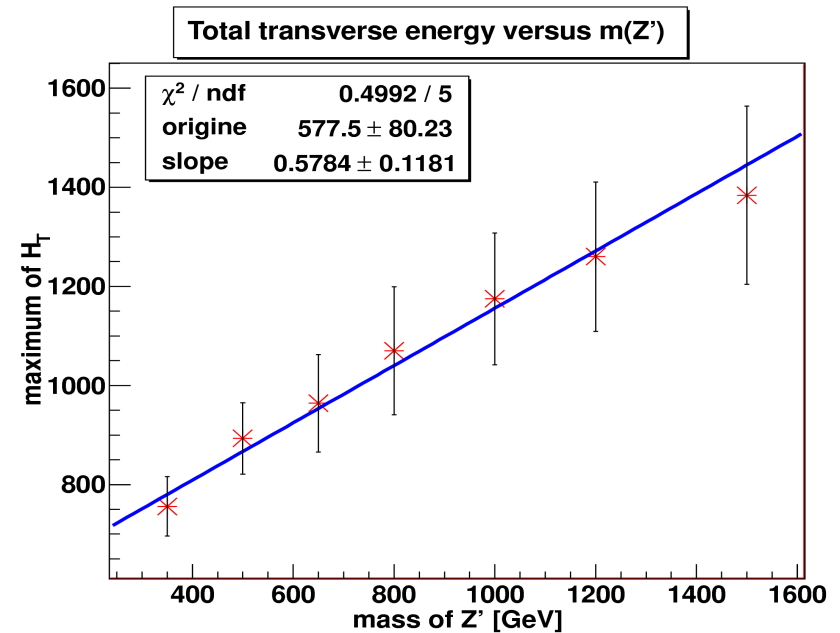
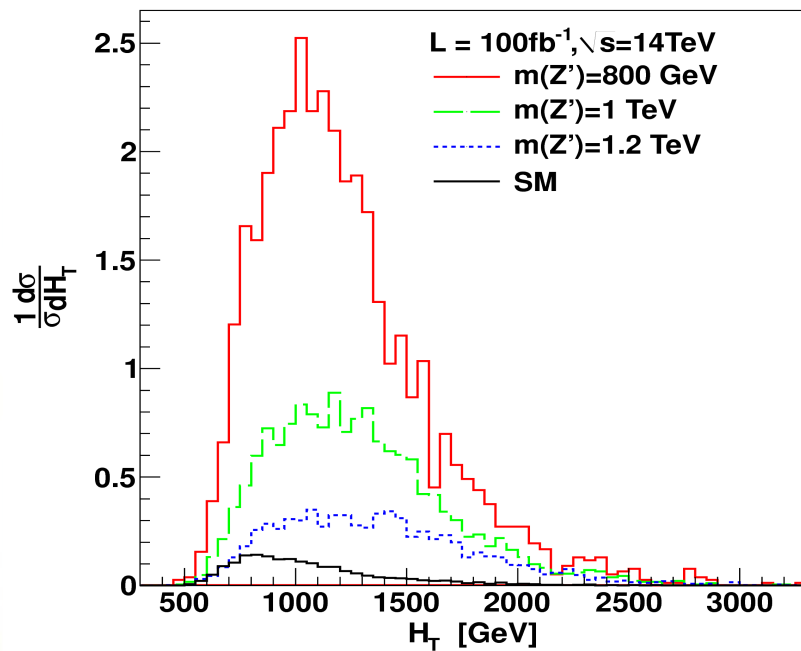
On choisit ici :

$$g_{Z'}^{top} = 3$$

$$g_{Z'}^{light\ quark} = 10^{-3}$$

# Etude de l'énergie transverse totale

L'énergie transverse totale est définie comme :  $H_T = \sum_{q,l,E_{miss}} |\vec{p}_T|$

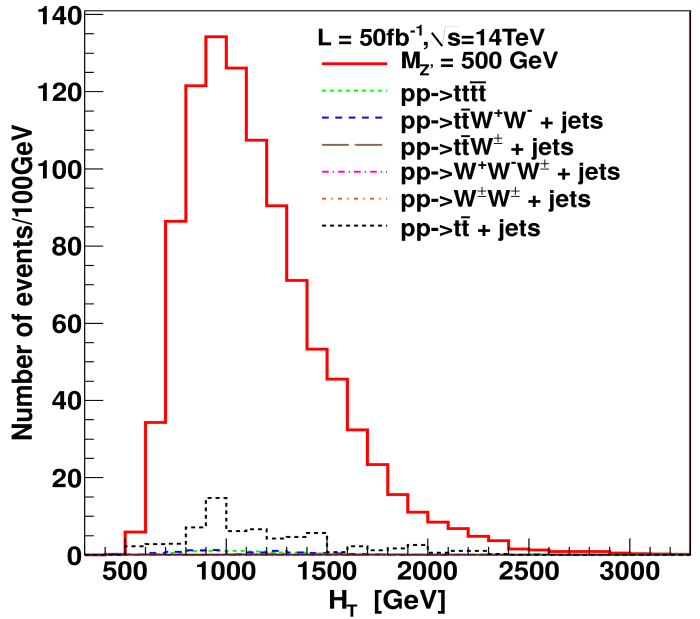


- pas besoin de reconstruire les tops
- variable discriminante

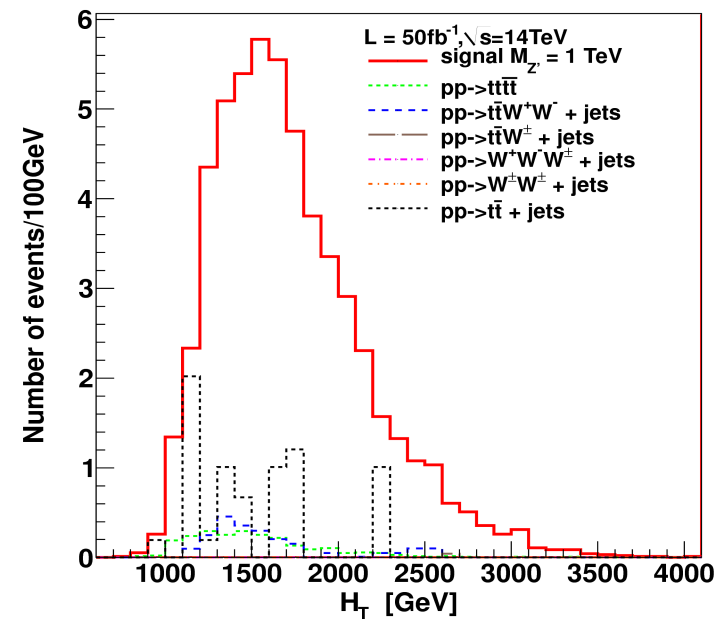


# Résultats

$$M_{T\text{ tot}} = \sum_{q,l,E_{\text{miss}}} m_i^2 + p_{iT}^2$$



$nb(\text{jets}) \geq 6$   
 $nb(\text{b-jets}) \geq 3$   
 $\sqrt{\min(\Delta R_{jb}) + \min(\Delta R_{lb})} < 2.9$

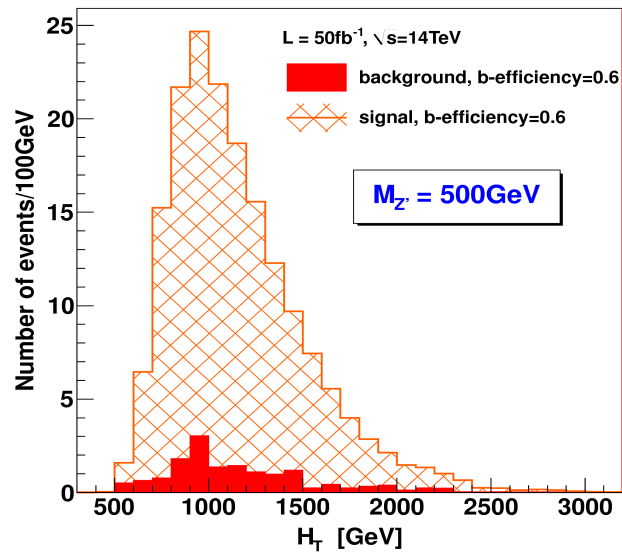


$M_{T\text{ tot}} > 80\text{GeV}$   
 $P_T(1^{\text{st}} \text{ b-jet}) > 60\text{GeV}$  et  $P_T(2^{\text{nd}} \text{ b-jet}) > 40\text{GeV}$

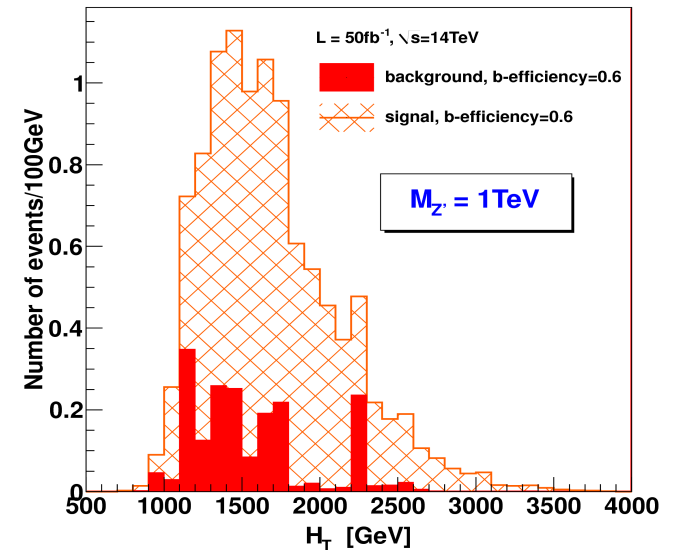
$M_{T\text{ tot}} > 190\text{GeV}$   
 $P_T(1^{\text{st}} \text{ b-jet}) > 120\text{GeV}$  et  $P_T(2^{\text{nd}} \text{ b-jet}) > 70\text{GeV}$

M(Z')	signal	bruit	S/B	significance	Luminosité de découverte
500 GeV	990	86	11.6	107	0.11
1 TeV	55	12	4.6	15.9	4.9

# Résultats avec une efficacité de b-tagging de 60%



$nb(\text{jets}) \geq 6$   
 $nb(\text{b-jets}) \geq 3$   
 $\sqrt{\min(\Delta R_{jb}) + \min(\Delta R_{lb})} < 2.9$

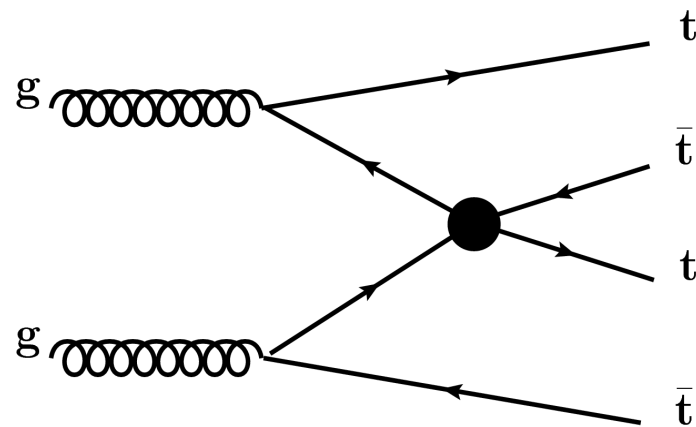


$M_{T_{\text{tot}}} > 80 \text{ GeV}$   
 $P_T(1^{\text{st}} \text{ b-jet}) > 60 \text{ GeV}$  et  $P_T(2^{\text{nd}} \text{ b-jet}) > 40 \text{ GeV}$

$M_{T_{\text{tot}}} > 190 \text{ GeV}$   
 $P_T(1^{\text{st}} \text{ b-jet}) > 120 \text{ GeV}$  et  $P_T(2^{\text{nd}} \text{ b-jet}) > 70 \text{ GeV}$

M(Z')	signal	bruit	S/B	significance	Luminosité de découverte
500 GeV	55	12	4.6	15.9	4.9
1 TeV	9	2	4.5	6.3	31.9

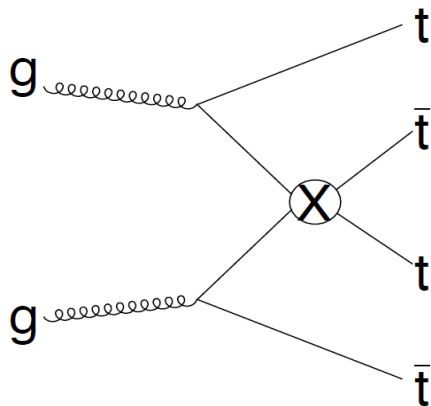
# Deuxième modèle : l'interaction effective



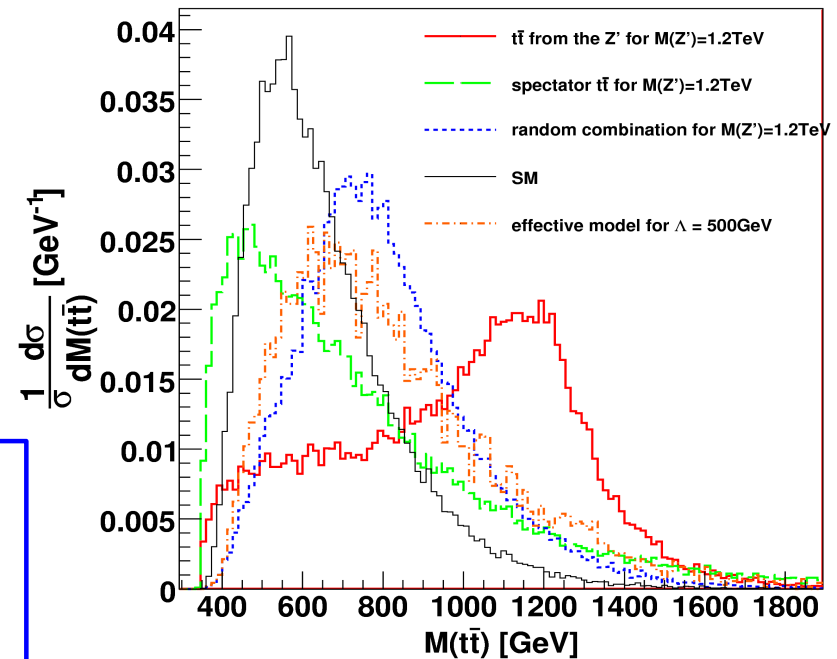
# L'interaction effective

★ Dans une approche de théorie effective, après avoir intégré sur toutes les résonances lourdes,

nous avons des opérateurs de dimension supérieure tels que  $\frac{1}{\Lambda^2} (\bar{t}_R \gamma^\mu t_R) (\bar{t}_R \gamma_\mu t_R)$



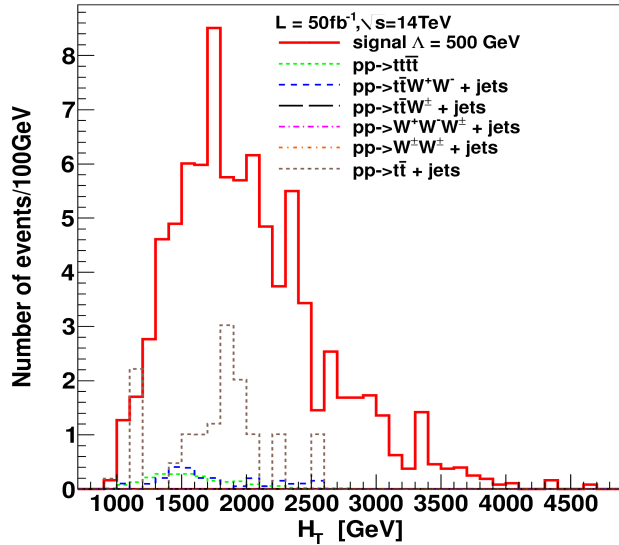
**distribution of  $M(t\bar{t})$**



Absence de résonance :

- l'interaction effective est plus difficile a discriminer du bruit de fond
- maximum toujours au même endroit

# Résultats



$$nb(\text{jets}) \geq 6$$

$$M_{T_{\text{tot}}} > 210 \text{ GeV}$$

$$nb(\text{b-jets}) \geq 3$$

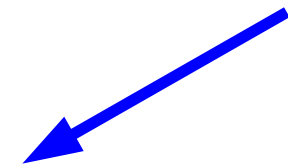
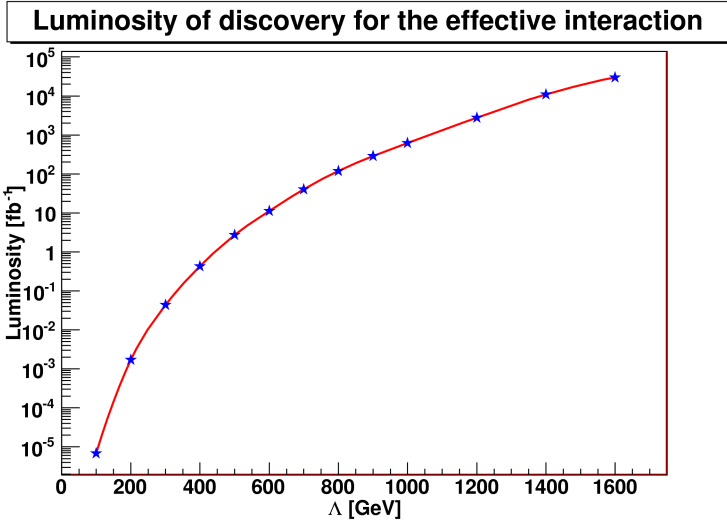
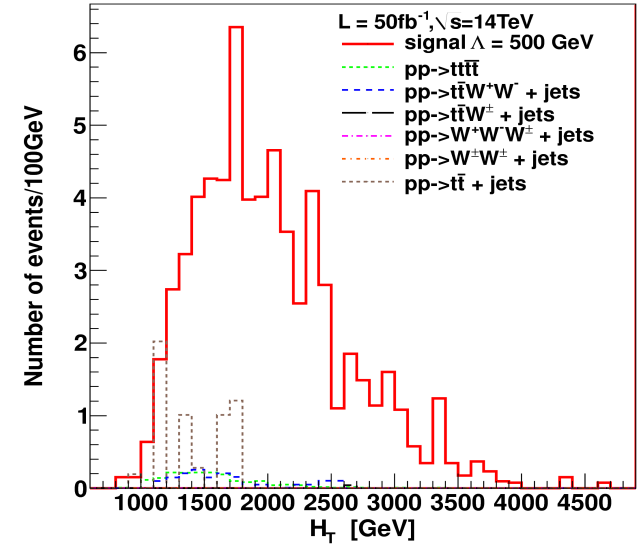


+

$$P_{T(\text{b-jet1})} > 120 \text{ GeV}$$

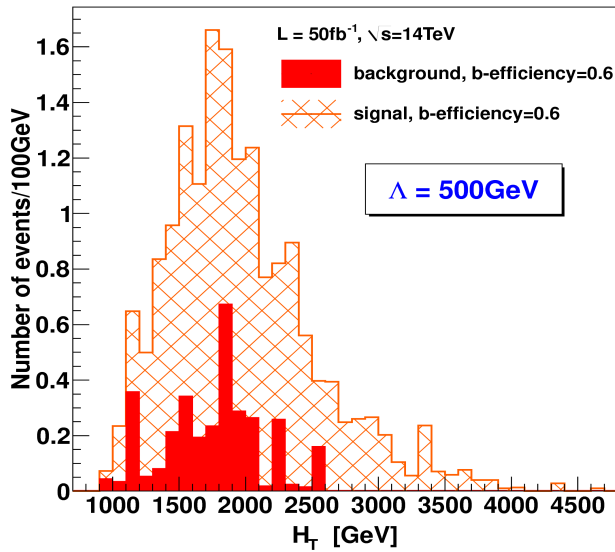
$$P_{T(\text{b-jet2})} > 70 \text{ GeV}$$

$$\sqrt{\min(\Delta R_{jb}) + \min(\Delta R_{lb})} < 2.6$$



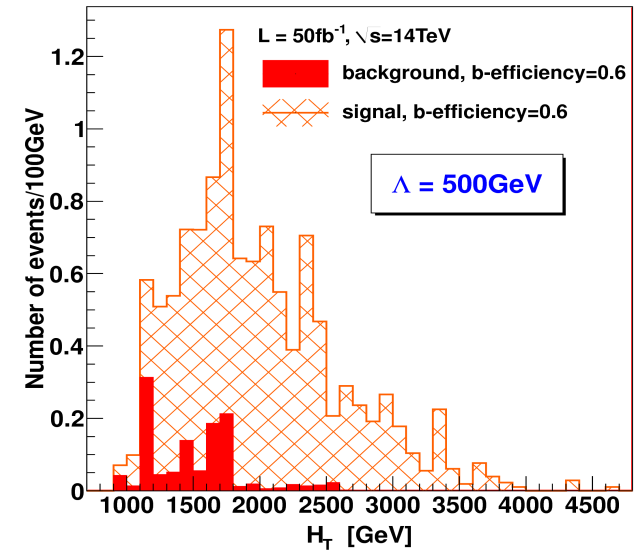
Luminosité de découverte  
en fonction du cutoff  $\Lambda$

# Résultats avec une efficacité de $b$ -tagging de 60%



$nb(\text{jets}) \geq 6$   
 $M_{T_{\text{tot}}} > 210 \text{ GeV}$   
 $nb(\text{b-jets}) \geq 3$

$\longleftrightarrow$   
 +  
 $P_T(\text{b-jet1}) > 120 \text{ GeV}$   
 $P_T(\text{b-jet2}) > 70 \text{ GeV}$   
 $\sqrt{\min(\Delta R_{jb}) + \min(\Delta R_{lb})} < 2.6$

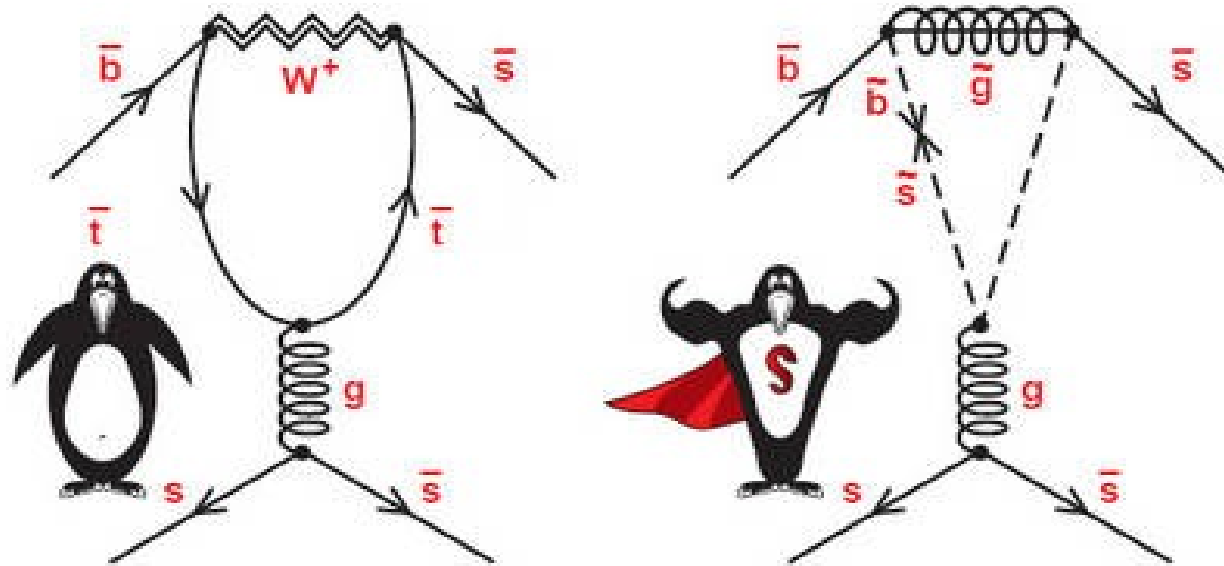


( $lumi = 50 \text{ fb}^{-1}$ )

$\Lambda = 500 \text{ GeV}$	signal	bruit	S/B	significance	Luminosité de découverte
b-tagging = 1	69	8	8.6	24.4	2.1
b-tagging = 0.6	10	1	10.0	10.0	12.5

→ Moins prometteur que le  $Z'$  résonant

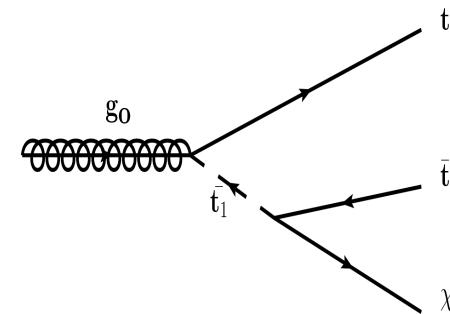
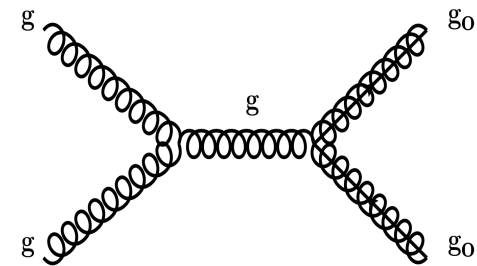
# Troisième modèle : événements à 4 tops venant de la supersymétrie



# Le modèle supersymétrique

particules	Masse [GeV]
gluino	800
neutralinos	150
charginos	160
sleptons	1 000
stop gauche	400
stop droit	680
sbottom gauche et droit	580
squarks de 1° et 2° génération	1 000

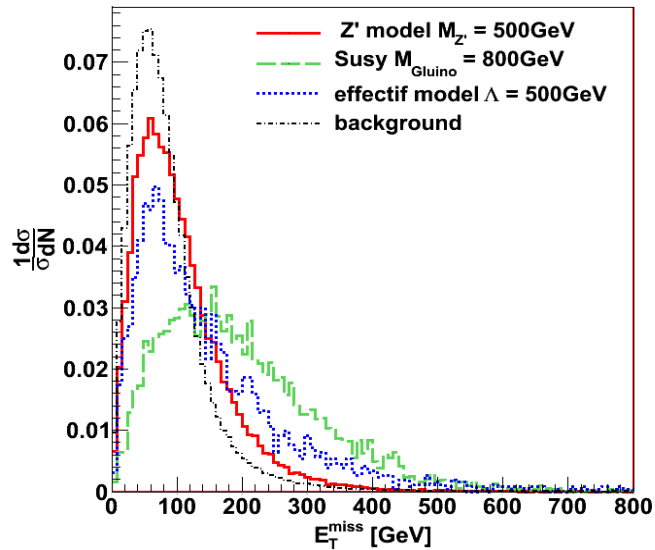
On considère la production de 2 gluinos qui se désintègrent en  $t\bar{t}\chi$  :





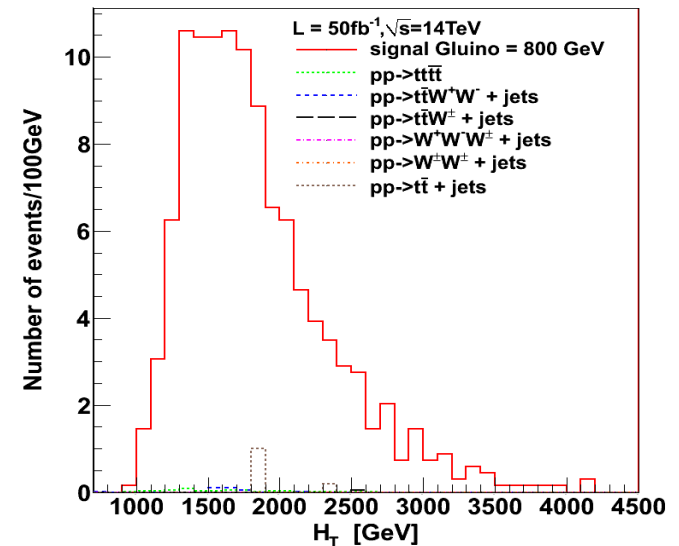
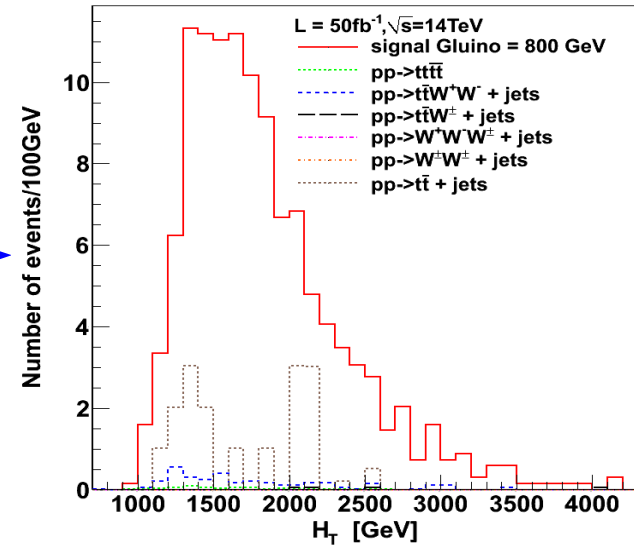
# Résultats :

Dû à l'état final à 4 tops + 2 neutralinos lourds nous avons ici une très grande énergie manquante :

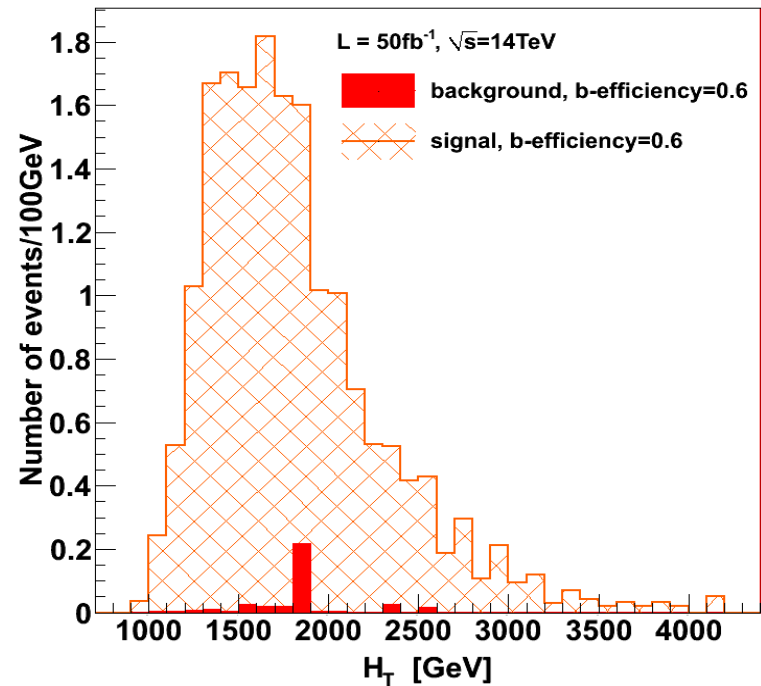


$\text{nb(jets)} \geq 7$   
 $M_{T_{\text{tot}}} > 150\text{GeV}$   
 $E_{\text{miss}} > 200\text{GeV}$   
 $\sqrt{\min(\Delta R^2_{jb}) + \min(\Delta R^2_{lb})} < 2.9$

+  $\text{nb(b-jets)} \geq 3$



## Résultats avec une efficacité de b-tagging de 60% :



M(Z')	signal	bruit	S/B	significance	Luminosité de découverte
efficacite de b-tagging = 1	113	2	56.5	79.9	0.2
efficacite de b-tagging = 0.6	18	~0.4	45.0	28.5	1.5

(lumi = 50 fb<sup>-1</sup>)

# Étude des données d'ATLAS

- Aujourd'hui 40pb-1 de collision proton-proton à 7TeV
- Pas d'événements t-t-tbar-tbar de nouvelle physique
  - ➔ Concentration sur la compréhension du bruit de fond et l'algorithme d'identification des électrons

## Recherche d'événements

- ◆ Afin de rechercher des événements de nouvelle physique on regarde les données avec (entre autre) les coupures principales suivantes :
  - 2 leptons isolés de même signe avec  $Pt(\text{lepton1}) > 20\text{GeV}$  et  $Pt(\text{lepton2}) > 10\text{GeV}$
  - les leptons doivent être dans le détecteur ( $|\eta| < 2.5$ )
  - le vertex primaire reconstruit avec au moins 5 traces
  - des jets avec  $Pt > 10\text{ GeV}$
- ◆ Or les événements trouvés sont surtout des Z avec une erreur de reconstruction sur la charge d'un des leptons.
  - en moyenne 1 électron sur 100 et 1 muon sur 1000
- ➡ importance du signe de la charge des leptons => étude future sur la misidentification du signe la charge de l'électron

## Conclusion et Perspectives

- Le modèle avec résonance permet de couper plus facilement le bruit de fond que l'interaction effective et l'étude de la variable  $H_T$  permet de remonter à la masse du  $Z'$  sans avoir à reconstruire les tops
- Le modèle supersymétrique permet de ne pas utiliser la coupure sur le nombre de b-jets grâce à l'énergie transverse manquante
- Une étude a également été faite sur l'état final à 1 lepton mais donne des résultats moins probants
- Une reconstruction de l'état final des différents modèles est en cours
- Pour les gluinos il reste à inclure le cas avec 3 tops dans l'état final du au stop donnant un bottom plus un neutrino lourd
- Simulation et reconstruction dans ATLAS a 14TeV
- Étude des données a 7TeV : compréhension du bruit de fond, travail sur l'identification des évènements avec 2 leptons de même signe

***Merci  
de  
votre  
attention***

