

Recherche du boson de Higgs chargé dans les désintégrations du top

Nicolas ESTRE
Stéphane PERRIES

IPN Lyon

Brisure spontanée de la symétrie électrofaible

✓ Modèle Standard

1 doublet de champs scalaires

⇒ prédiction d'une particule scalaire neutre : le boson de Higgs H^0

✓ Modèles à 2 doublets de Higgs (2HDM)

2 doublets de champs scalaires

⇒ prédiction de 5 bosons de Higgs :

➤ 3 neutres : h^0, H^0, A^0

➤ 1 paire de chargés : H^\pm

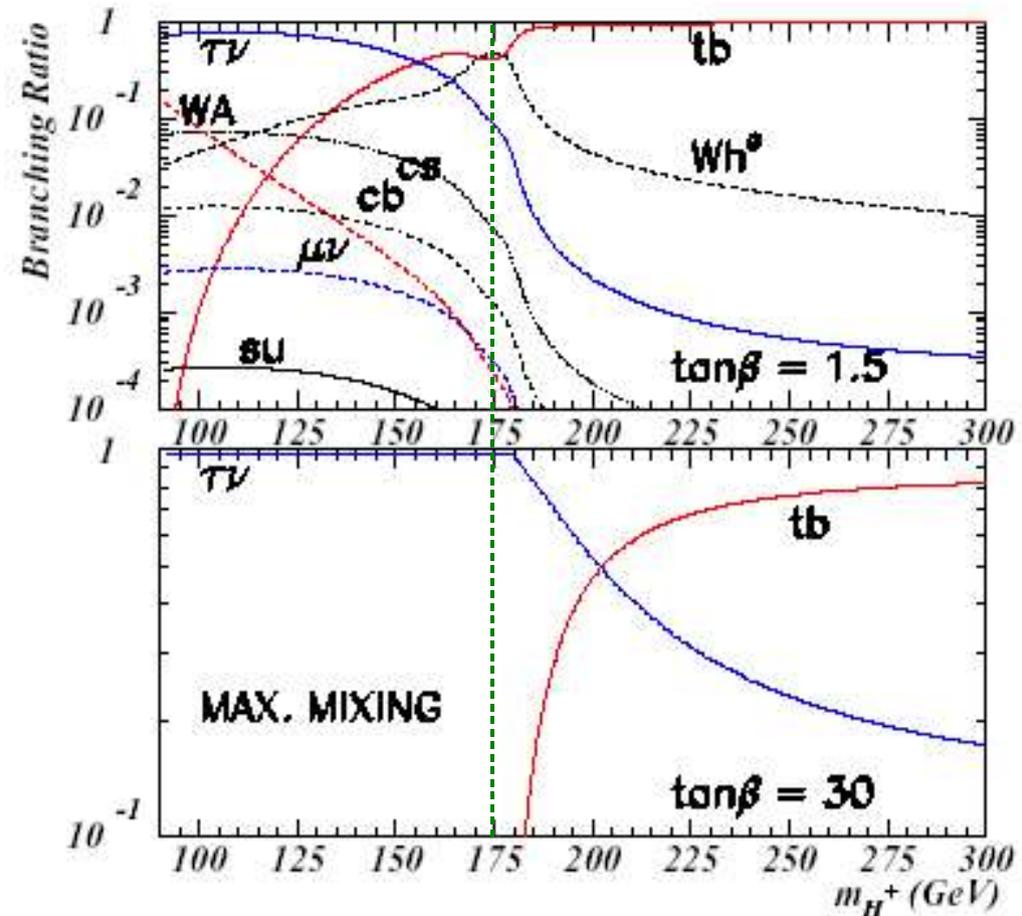
Observation d'un boson de Higgs chargé

⇒ Secteur de Higgs étendu

Higgs chargé dans le MSSM

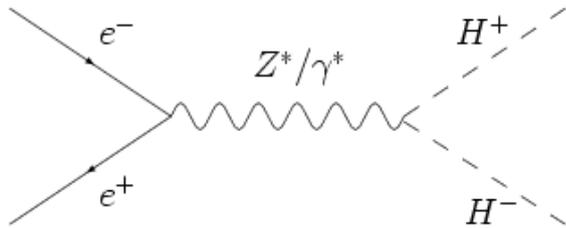
- ✓ Hypothèse : $M(\text{SUSY}) > M(H^\pm)$
- ✓ A l'ordre de l'arbre, 2 paramètres, définissent les masses et les couplages du secteur de Higgs : $M(A)$ et $\tan(\beta)$
 - ◆ Masse

$$M(H^\pm)^2 = M(W^\pm)^2 + M(A)^2$$
 - ◆ Si $M_{H^\pm} < M_{\text{top}}$
 $\text{BR}(H^\pm \rightarrow \tau\nu)$ dominant
 - ◆ Si $M_{H^\pm} > M_{\text{top}}$
 $\text{BR}(H^\pm \rightarrow tb)$ dominant



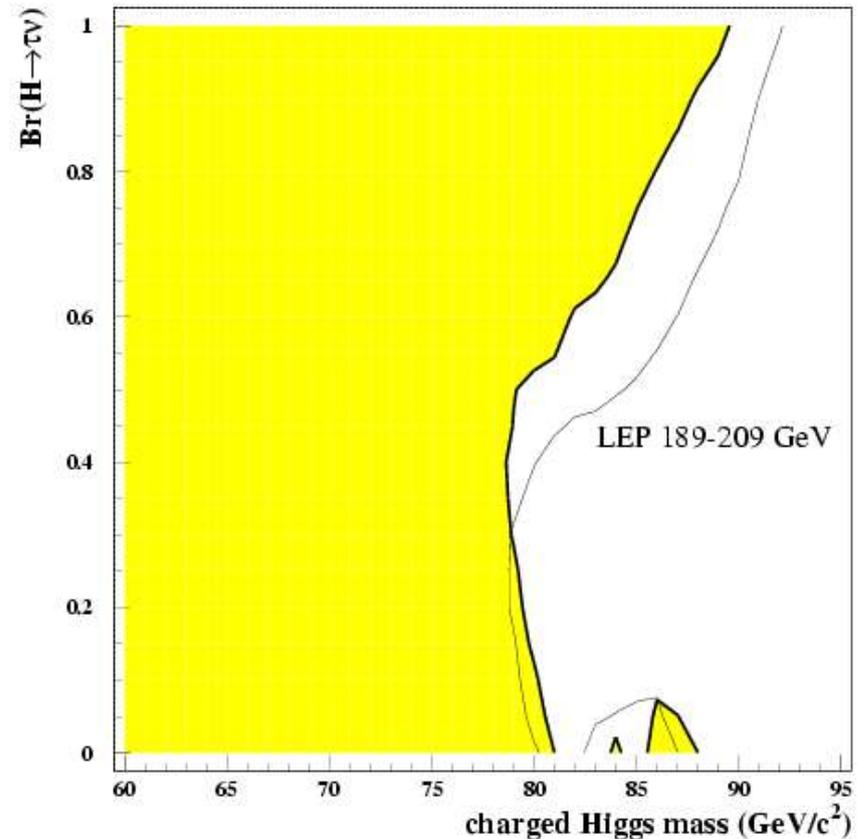
K. Assamagan, hep-ph/0203121

Résultats LEP



seule contrainte :

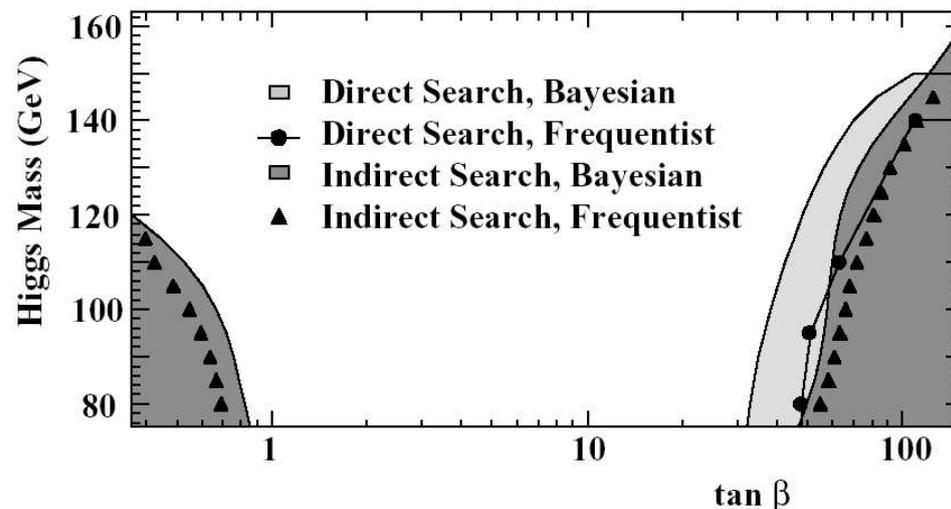
$$\text{BR}(H^+ \rightarrow \tau\nu) + \text{BR}(H^+ \rightarrow cs) = 1$$



Résultats combinés ADLO :
 $M(H^\pm) > 78.6 \text{ GeV}$ (indépendant du modèle)

Résultats Tevatron

- ✓ CDF et D0 run I
- ✓ Si $M(H^\pm) < M_{\text{top}}$
 - ◆ $p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$, avec $t \rightarrow H^+ b$
 - ◆ Recherche indirecte : chute du taux de $t\bar{t} \rightarrow W^+ W^- b\bar{b}$ par rapport aux prédictions du modèle standard.
 - ◆ Recherche directe : identification des désintégrations $H^+ \rightarrow \tau \nu, \tau \rightarrow \text{hadr}$
- ✓ Si $M(H^\pm) > M_{\text{top}}$ impossible



$BR(t \rightarrow H^+ b) > 0.36$
exclu à 95% CL
dans la région $0.3 < \tan(\beta) < 150$

D0 Collaboration, PRL 88 (15), 151803

Modes de production au LHC

✓ Si $M(H^\pm) < M_{\text{top}} - M_{\text{bottom}}$

$$pp \rightarrow t\bar{t}, t \rightarrow H^+ b$$

$$\sigma(t\bar{t}) = 492 \text{ pb (LO)}$$

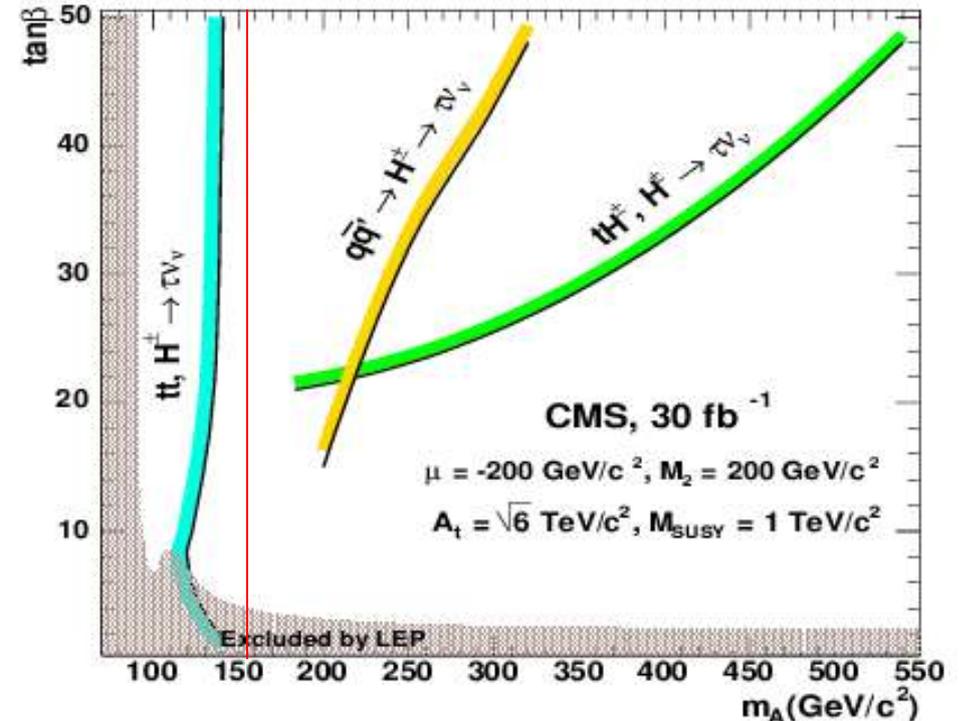
✓ Si $M(H^\pm) > M_{\text{top}} - M_{\text{bottom}}$

◆ $gb \rightarrow t H^-$ ou $gg \rightarrow t H^- \bar{b}$

avec $H^\pm \rightarrow \tau \nu$

$\sigma \sim 10 \text{ pb}$ pour $M_H = 200 \text{ GeV}$

◆ $q\bar{q} \rightarrow H^\pm \rightarrow \tau \nu$



S. Abulin et al., CMS Note 2003/033

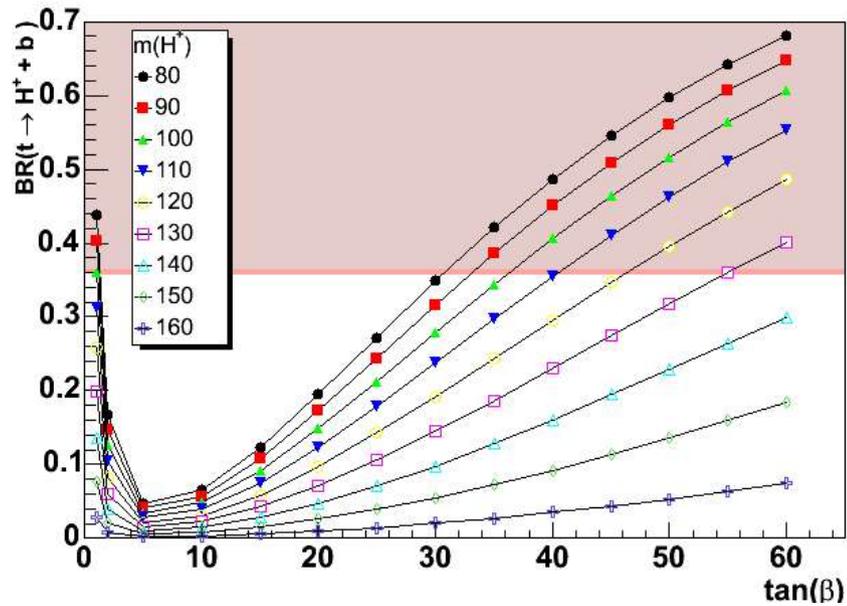
H[±] léger

✓ Modèle Standard :

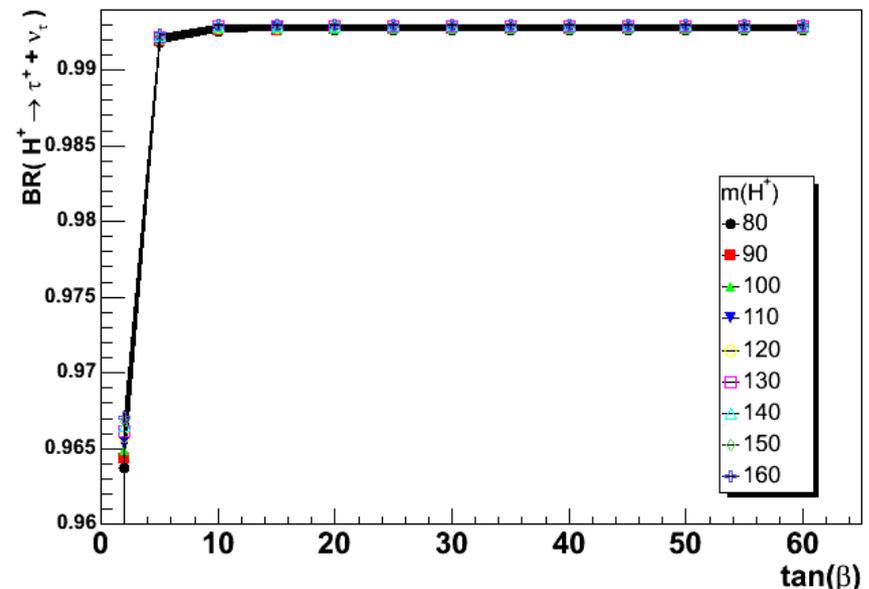
$$\text{BR}(t \rightarrow W^+ b) \simeq 1$$

✓ MSSM :

$$\text{Si } M(H^\pm) < M_{\text{top}} - M_{\text{bottom}} \Rightarrow \text{BR}(t \rightarrow W^+ b) + \text{BR}(t \rightarrow H^+ b) = 1$$

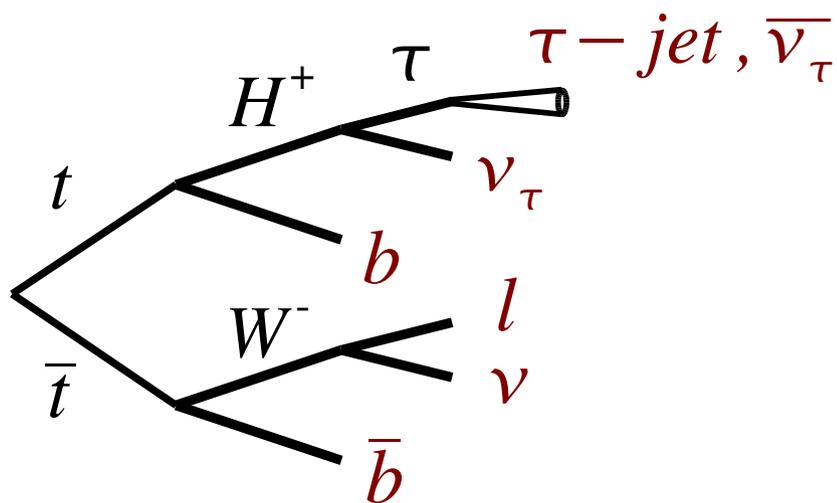


$$\text{BR}(t \rightarrow H^+ b) \propto m_t^2 \cot^2 \beta + m_b^2 \tan^2 \beta$$



$$\text{BR}(H^+ \rightarrow \tau \nu) \propto m_\tau^2 \tan^2 \beta$$

Canal leptonique



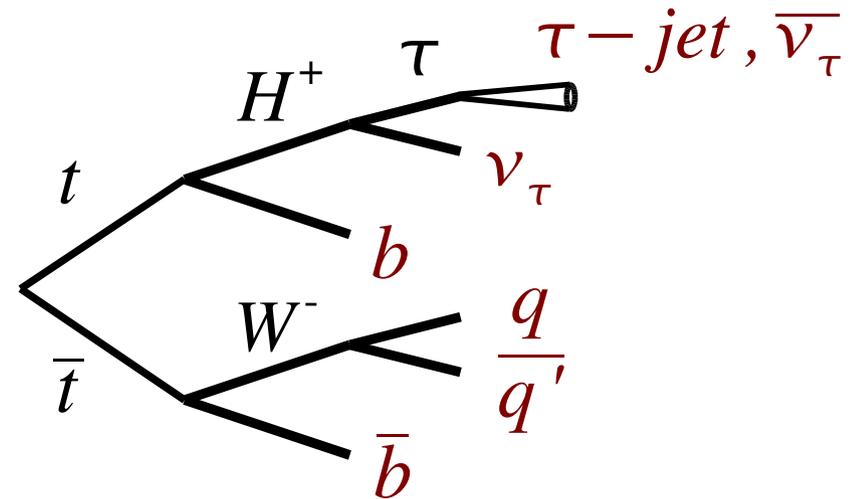
- État final :
2 b-jets, 1 τ -jet, 1 lepton isolé, ETM
- Déclenchement sur le lepton isolé
- multiples ν : Pas de reconstruction de la masse du higgs avec E_T

- ✓ Étudié en simulation rapide
R. Kinnunen et al., CMS TN 94/233
S. Banerjee et al., CMS Note 2000/039
- ✓ Expérience de comptage
 $BR(H^\pm \rightarrow \tau\nu) \sim 1$
 $BR(W^\pm \rightarrow \tau\nu) \sim 0.1$
Existence du $H^\pm \Leftrightarrow$ excès de τ par rapport aux prédictions du MS

Canal hadronique

✓ État final :
2 b-jets, 1 τ -jet, 2 jets légers, ETM

✓ Tous les ν viennent du H :
reconstruction de la **masse transverse du Higgs avec ETM**.
(principal intérêt de ce canal)



➤ Coupure sur la masse transverse pour distinguer signal et BDF

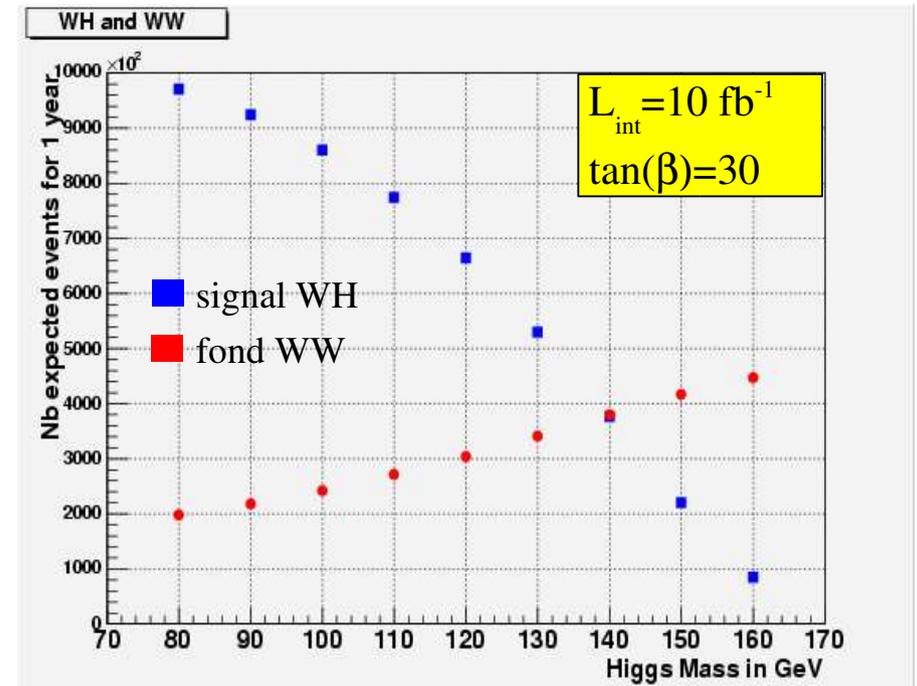
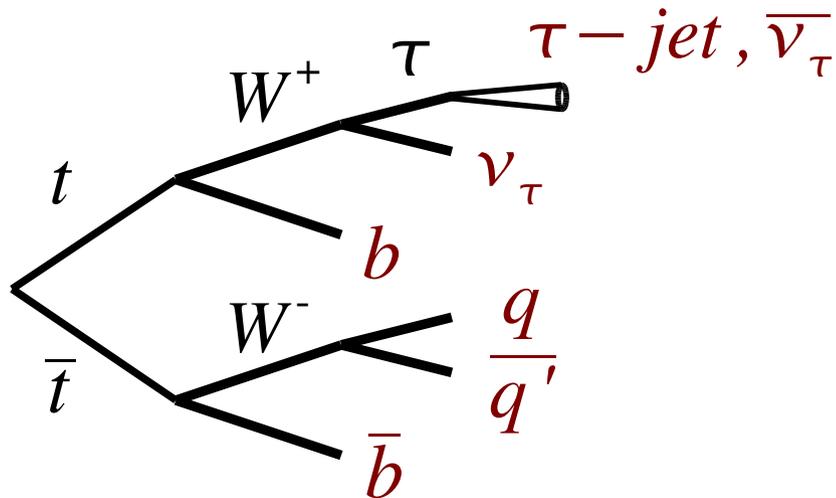
➤ Extraction de la masse du Higgs

✓ Déclenchement moins efficace ... mais plus grande section-efficace :

$$\text{BR}(W \rightarrow l\nu) \sim 21\%$$

$$\text{BR}(W \rightarrow qq') \sim 65\%$$

Bruit de fond irréductible



État final de même topologie :
2 b-jets, 1 τ -jet, 2 jets légers, ETM

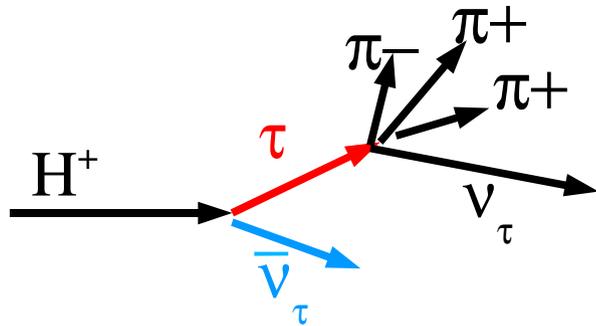
- ✓ $\text{BR}(t \rightarrow W^+b) = 1 - \text{BR}(t \rightarrow H^+b)$
- ✓ plus grand $\text{BR}(t \rightarrow W^+b)$ compensé par plus petit $\text{BR}(W^+ \rightarrow \tau\nu)$
- ✓ rapport S/B décroissant avec $M(H)$

Bruits de fond réductible

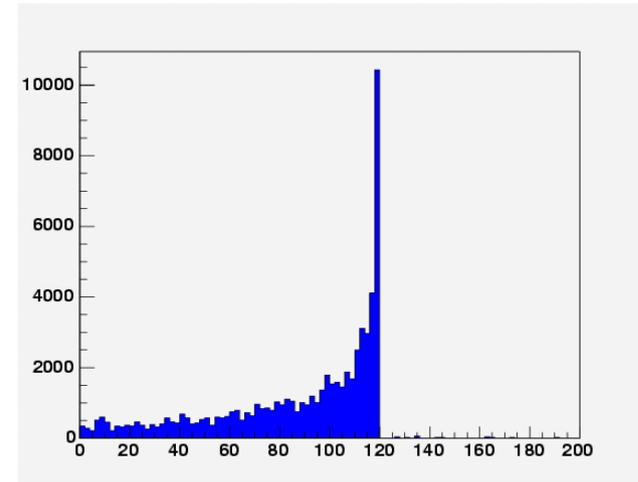
- jets QCD, $\sigma=55.2 \cdot 10^9$ pb
- W+jet, $\sigma=15.9 \cdot 10^4$ pb
- Z+jet, $\sigma=48.2 \cdot 10^3$ pb
- WW, ZZ and WZ, $\sigma=24.4 \cdot 10^3$ pb
- Pour comparaison : $\sigma_{tt}=492$ pb (LO)
- A inclure dans le futur

Masse transverse au niveau générateur

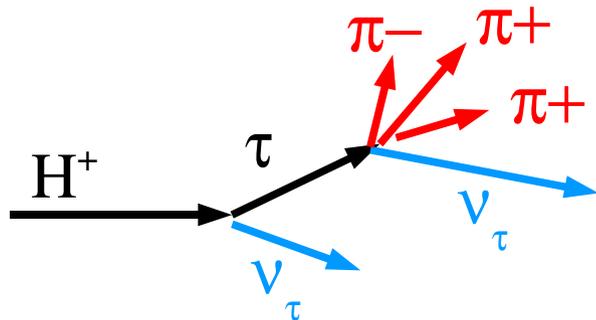
masse transverse exacte



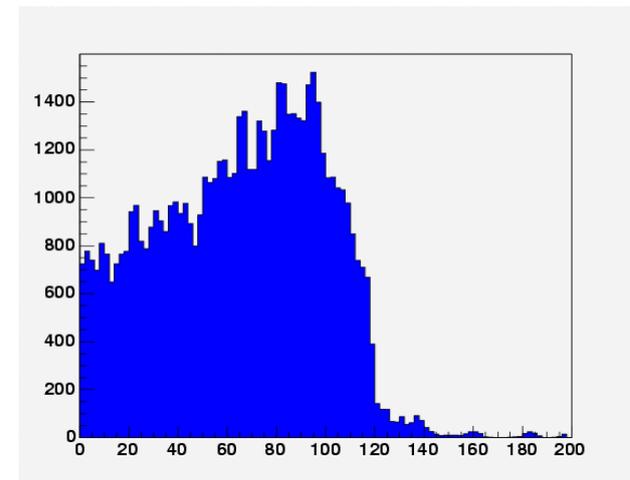
$$m_T(H) = \sqrt{2 * \underline{E_T(\tau)} * \underline{E_T(\bar{\nu}_\tau)} * (1 - \cos(\Delta\phi))}$$



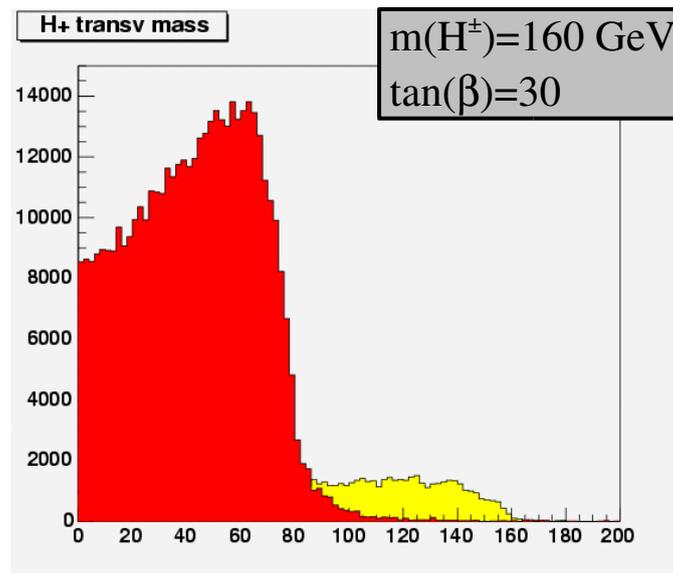
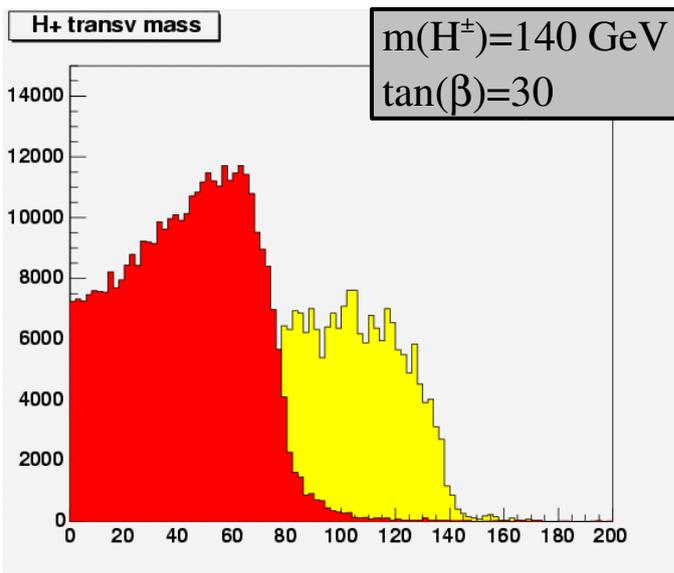
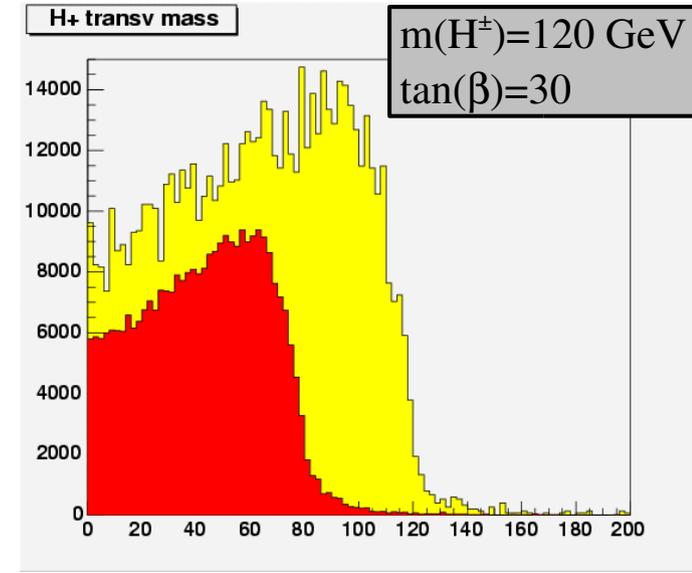
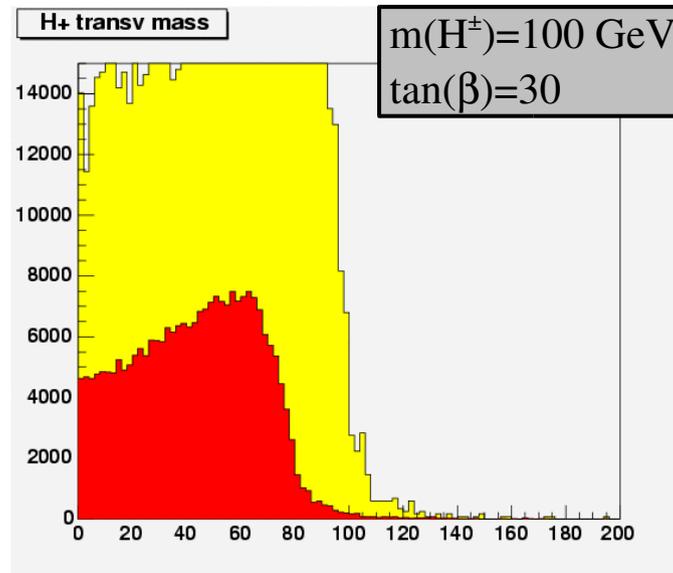
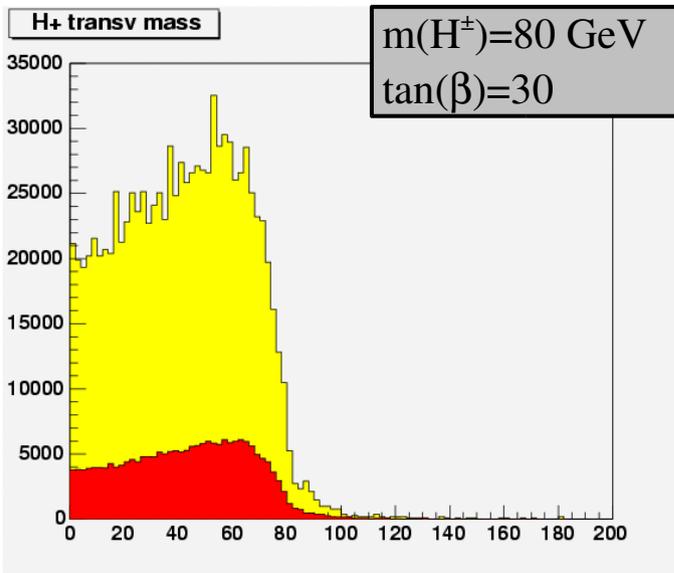
masse transverse calculée avec ETM et le τ -jet



$$m_T(H) = \sqrt{2 * \underline{E_T(\tau\text{-jet})} * \underline{E_T^{miss}} * (1 - \cos(\Delta\phi))}$$



Masses transverse WH et WW



Masse transverse avec
ETM au niveau pythia

■ signal WH
■ fond WW

Déclenchement

Pour un état final avec 4 jets, 1 jet de τ et ETM, les déclenchements les plus efficaces sont :

✓ τ -jet et ETM

L1 : 1 τ -jet, $E_T > 86\text{GeV}$

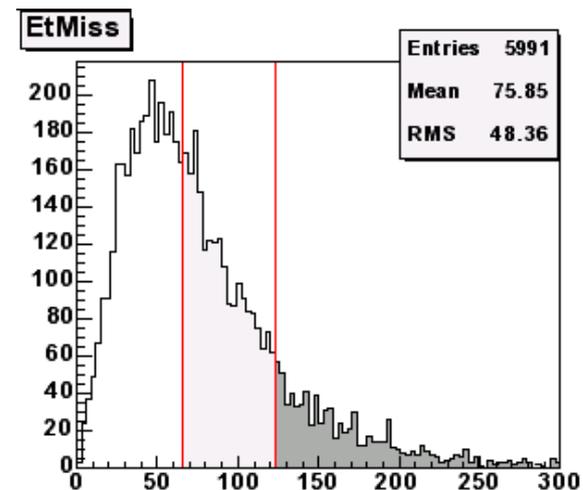
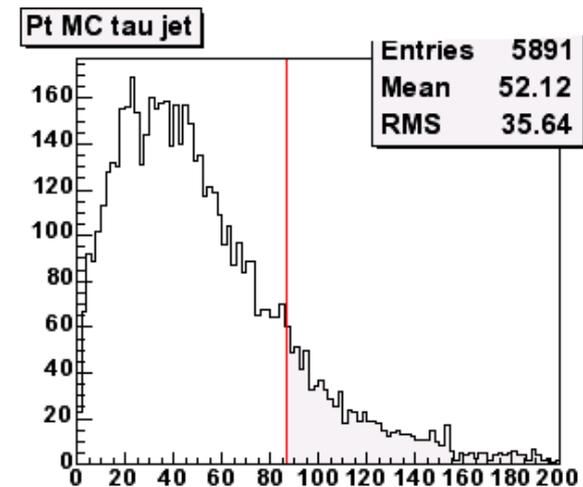
HLT : ETM $> 65\text{GeV}$

HLT : isolation τ -jet et $P_T^{lt} > 20\text{GeV}$

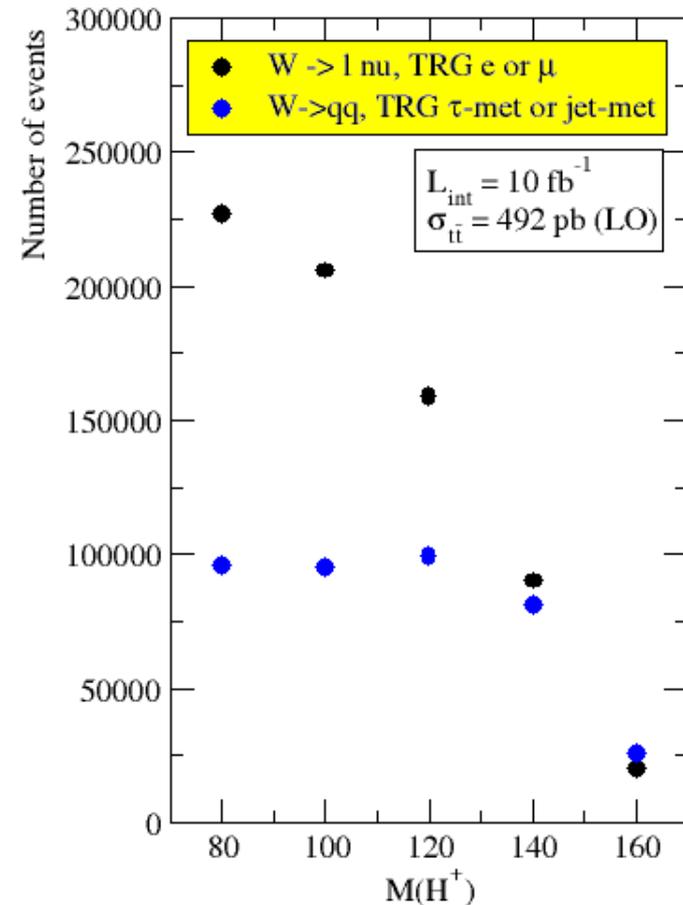
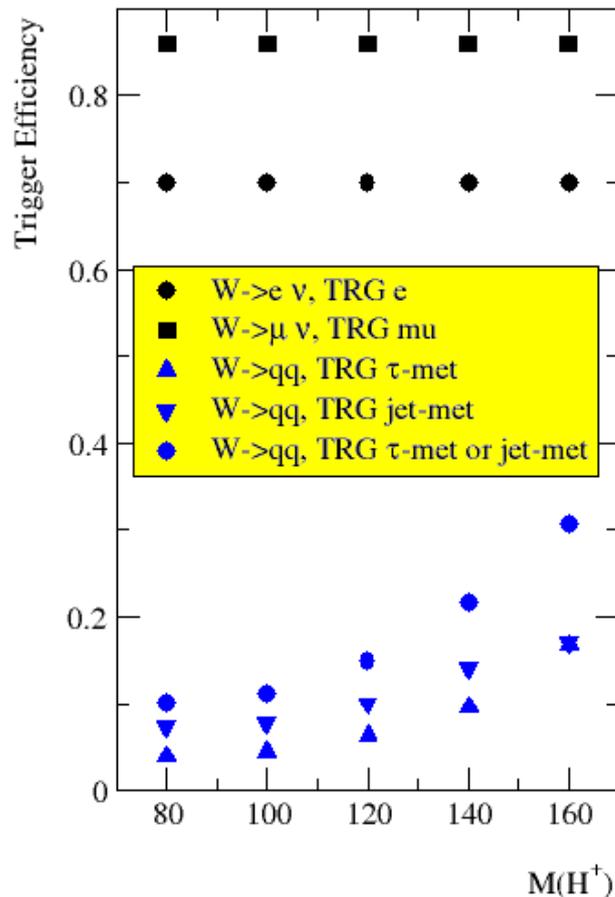
✓ Jet et ETM

HLT : $E_T(\text{jet}) > 180\text{ GeV}$

et ETM $> 123\text{ GeV}$



Efficacité du déclenchement au niveau générateur

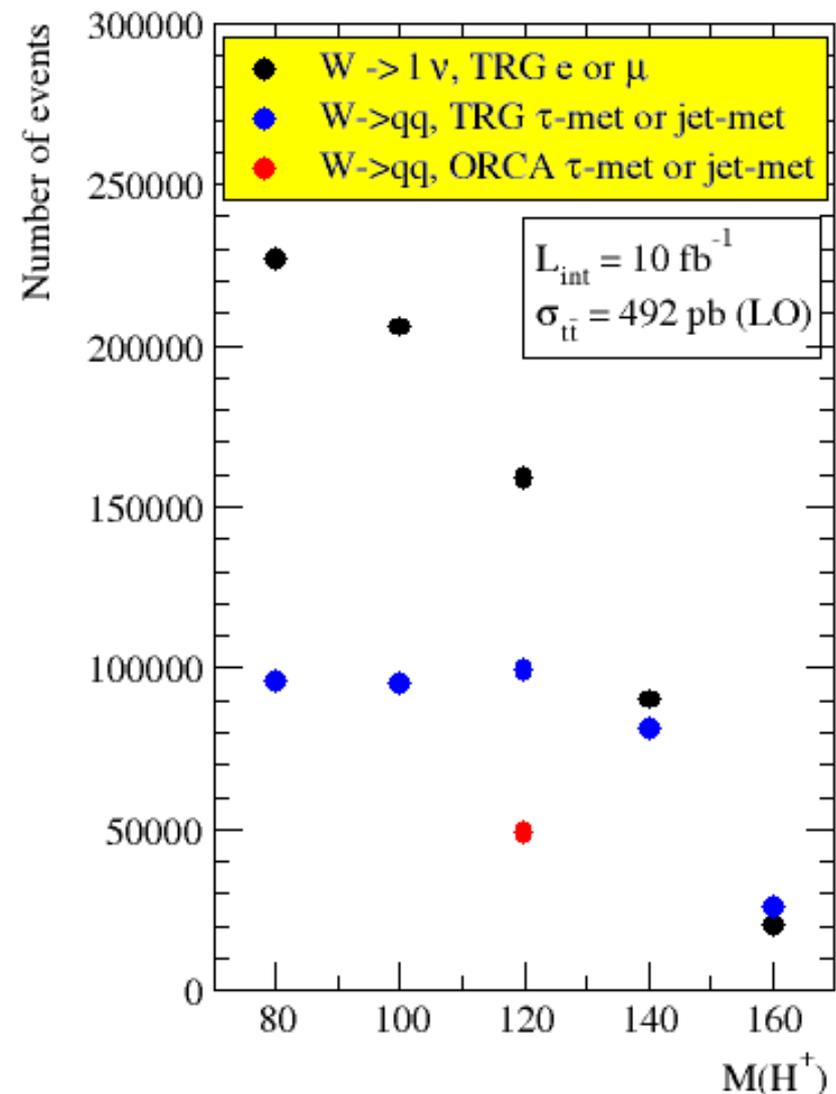
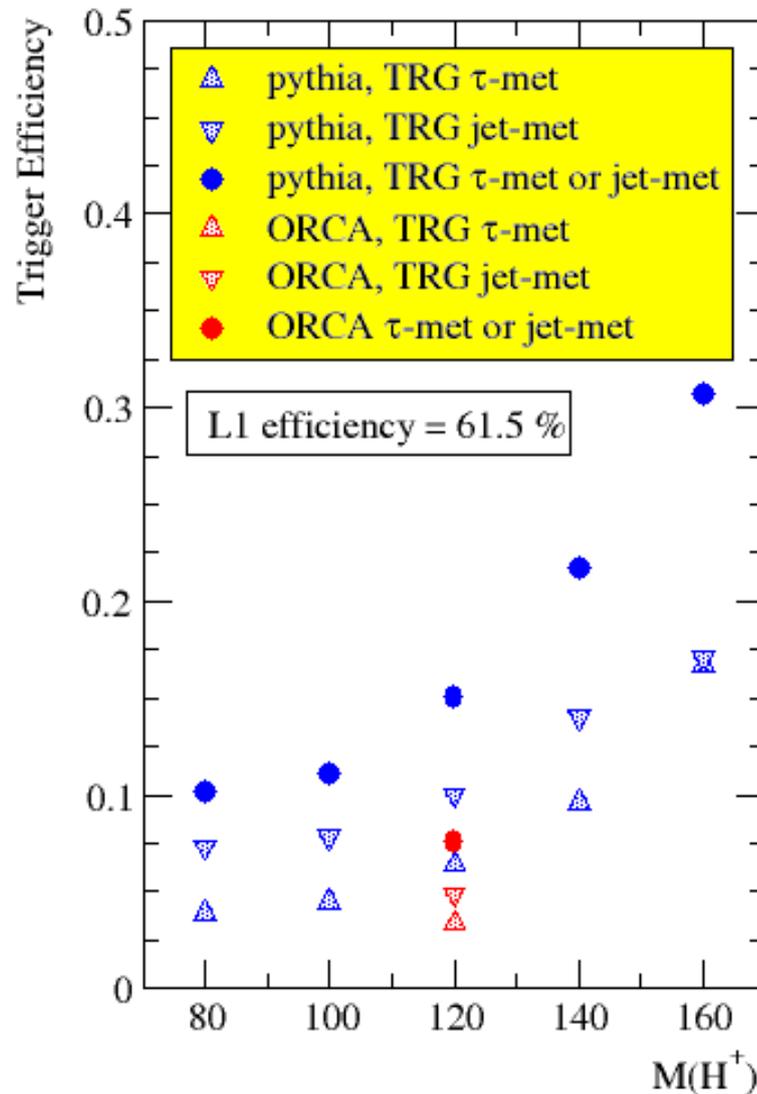


La plus faible efficacité de déclenchement d'un signal avec $W \rightarrow qq$ par rapport à un signal avec $W \rightarrow l \nu$ est partiellement réduite par l'augmentation de section efficace

Production des données

- CMKIN (pythia+tauola)
- CMSIM133
- ORCA_7_6_1
- 50000 événements de signal WH
- 58000 événements de bruit de fond WW
- $M(H^\pm)=120$ GeV
- Pas d'empilement

Efficacité du déclenchement avec ORCA



Stratégie de reconstruction

- ✓ Déclenchement L1 : L1GlobalTrigger (ORCA)
- ✓ Déclenchement HLT : coupures appliquées sur les objets reconstruits par ORCA (pas encore le package HLT)
- ✓ Sélection : 5 jets avec au moins 1 τ -jet et 2 b-jets
- ✓ Reconstruction des masses invariantes du W et du tbar
- ✓ Coupure sur la topologie dos à dos des événements tt
- ✓ reconstruction $m_T(H^\pm)$

Reconstruction des Jets

- Ecal+Hcal jet finder (ouverture de cône 0.5)
- Reconstruction des traces dans les jets (DAF)
- Association jets+traces
- Étiquetage des jets de b :
vertex b-tag ou track counting b-tag

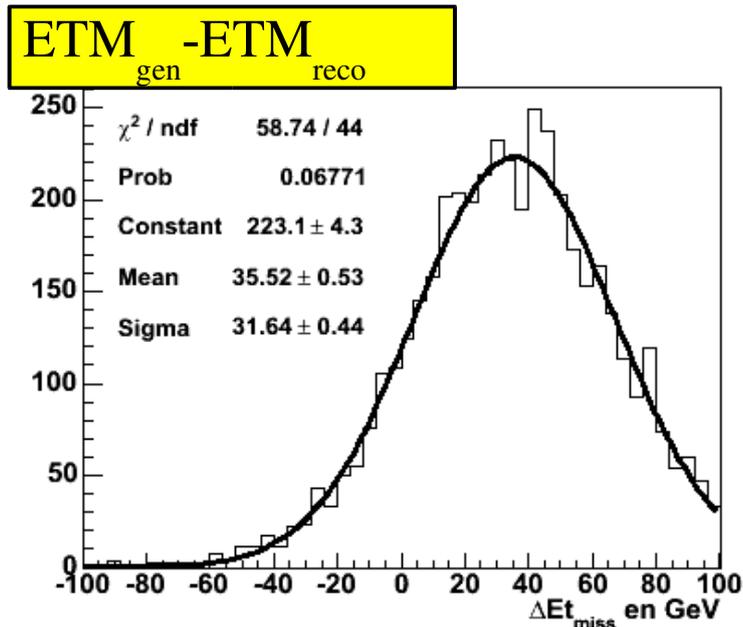
efficacité b-jet = 67%

pureté b-jet = 80%

Énergie transverse manquante

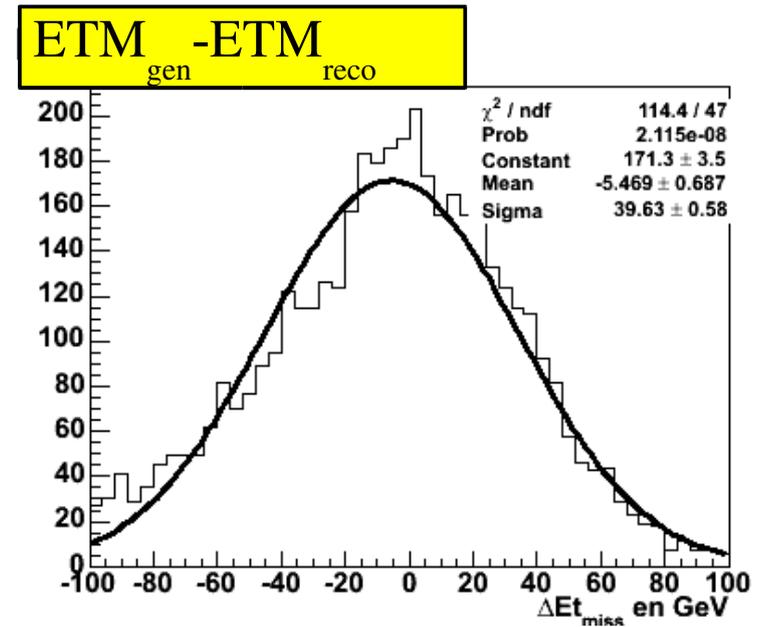
Calorimètre uniquement

$$ETM_{reco} = - \sum_{towers} E_T^{\vec{tower}}$$

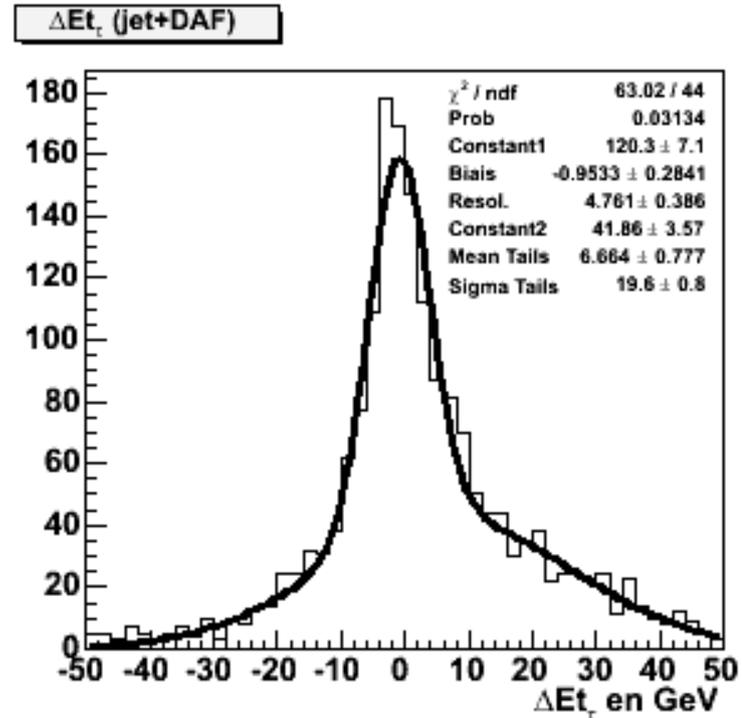
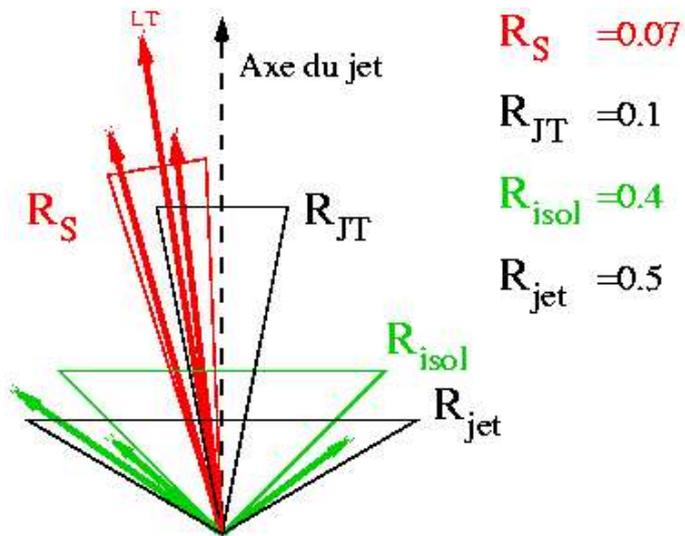


Calorimètre + Traces

$$ETM_{reco} = - \sum_{jets} E_T^{\vec{jets}} - \sum_{towers \neq jets} E_T^{\vec{tower}}$$



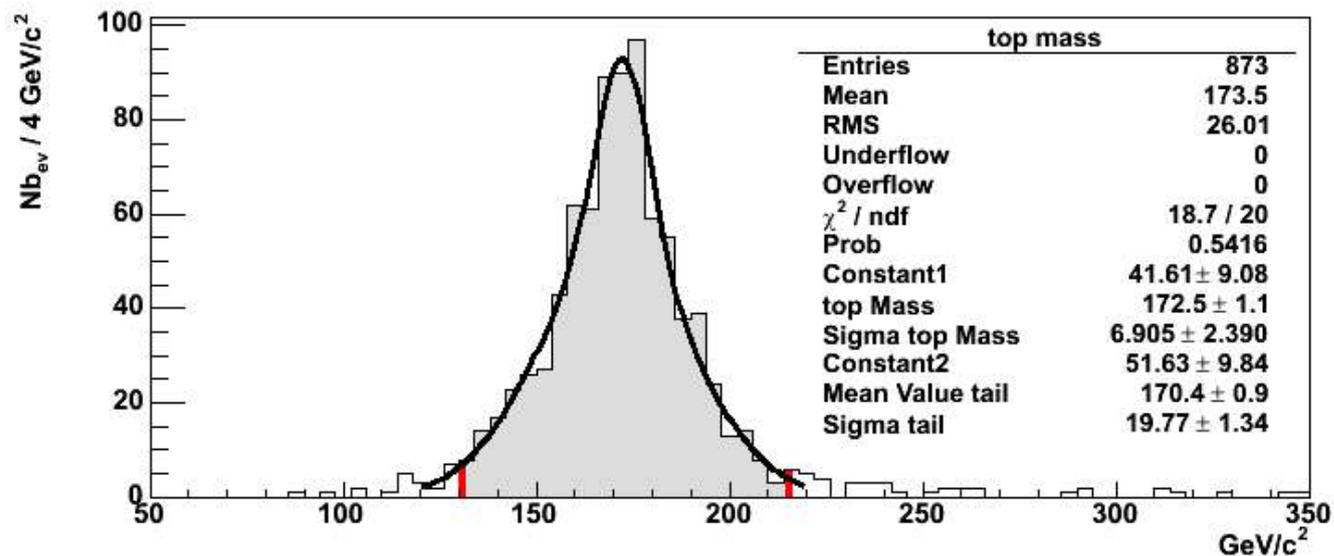
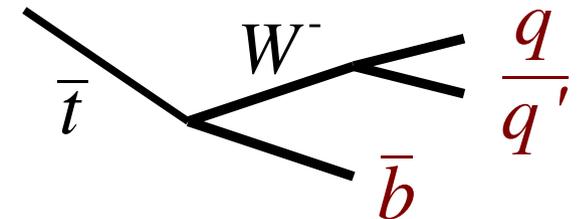
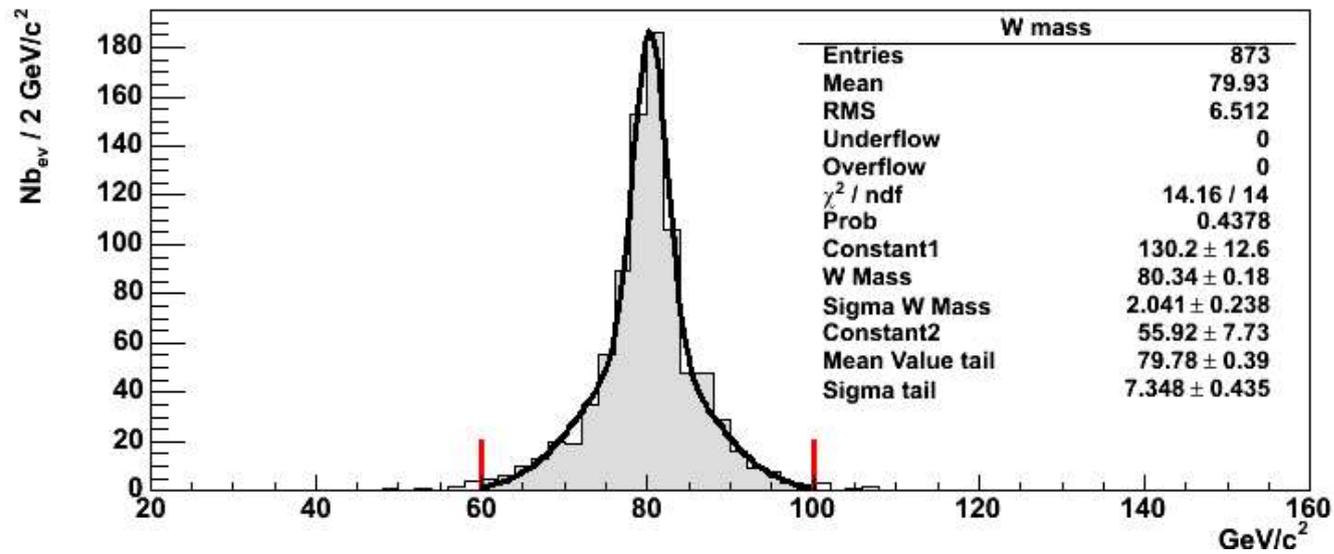
Jets de τ



- Jet de Jet :
Jet fin avec une ou trois traces chargées
 $P_T^{\text{lt}} > 20 \tau \text{ GeV}$

efficacité τ -jet = 56%
 pureté τ -jet = 91%

Masse transverse du W et du top



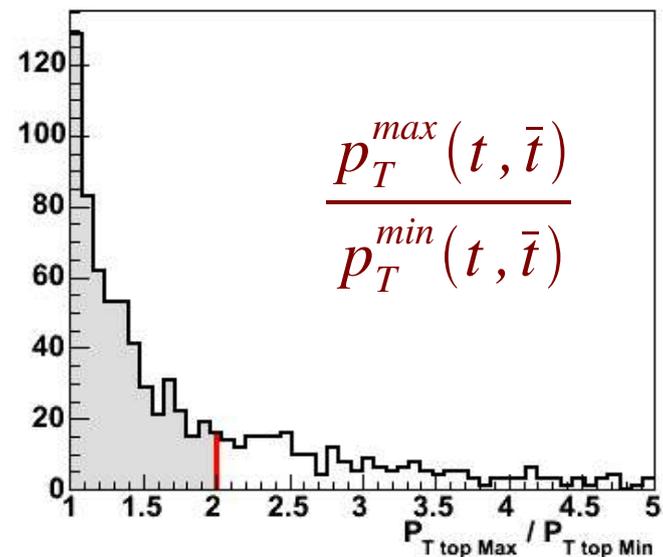
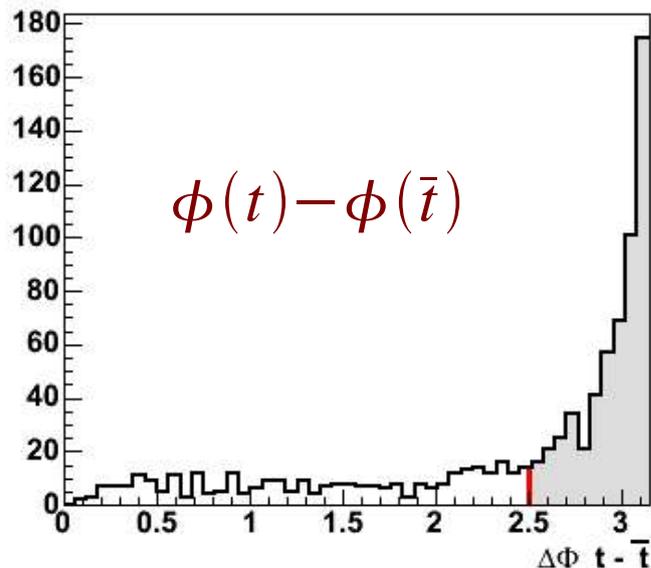
Topologie dos-à-dos

La paire t-tbar est émise dos-à-dos dans le plan transverse :

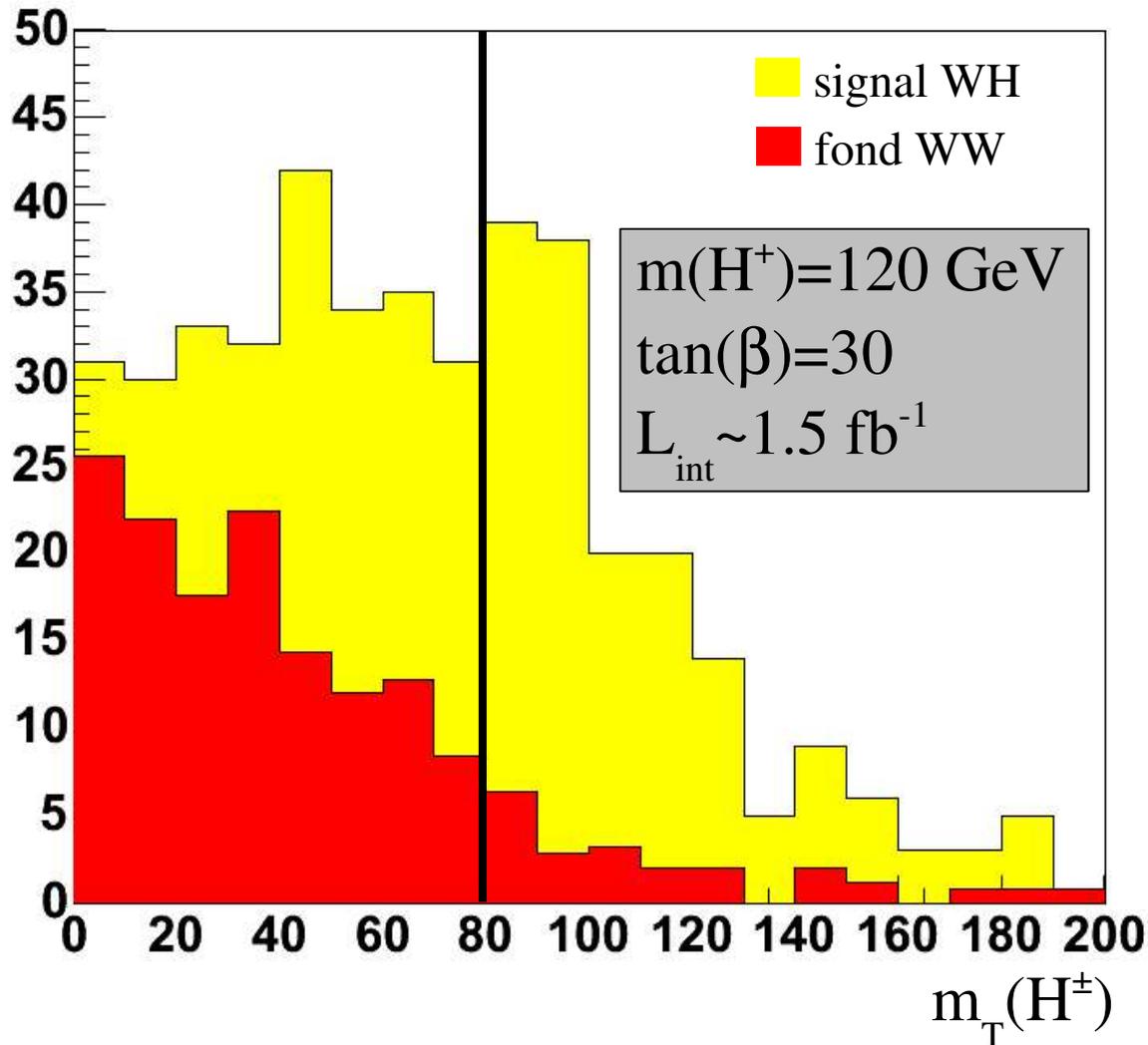
$$\begin{cases} \phi(t) - \phi(\bar{t}) = \pi \\ p_T(t) = p_T(\bar{t}) \end{cases}$$

\bar{t} reconstruit avec 2 jets légers et un jet de b

t reconstruit avec un jet de τ , ETM et un jet de b



Reconstruction de la masse transverse



Résultats préliminaires

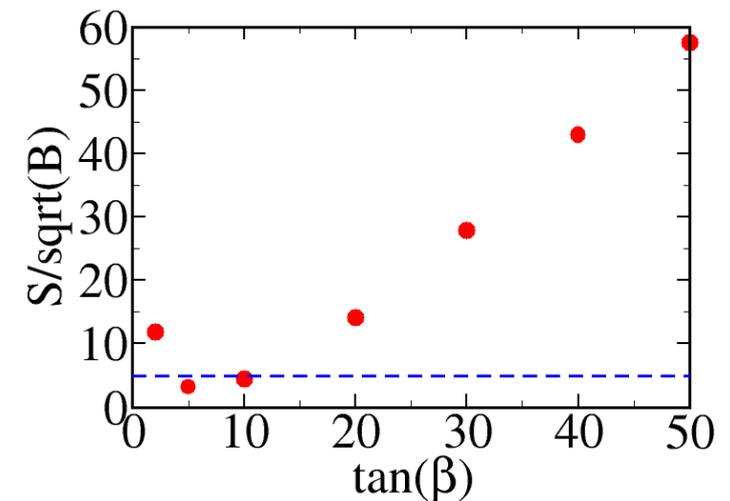
coupure à $80 \text{ GeV} \Rightarrow \frac{S}{\sqrt{B}} \simeq 30$

Extension aux autres $\tan(\beta)$:

A $M(H)$ fixée,

Le rapport $N_{\text{WH}}/N_{\text{WW}}$ ne dépend

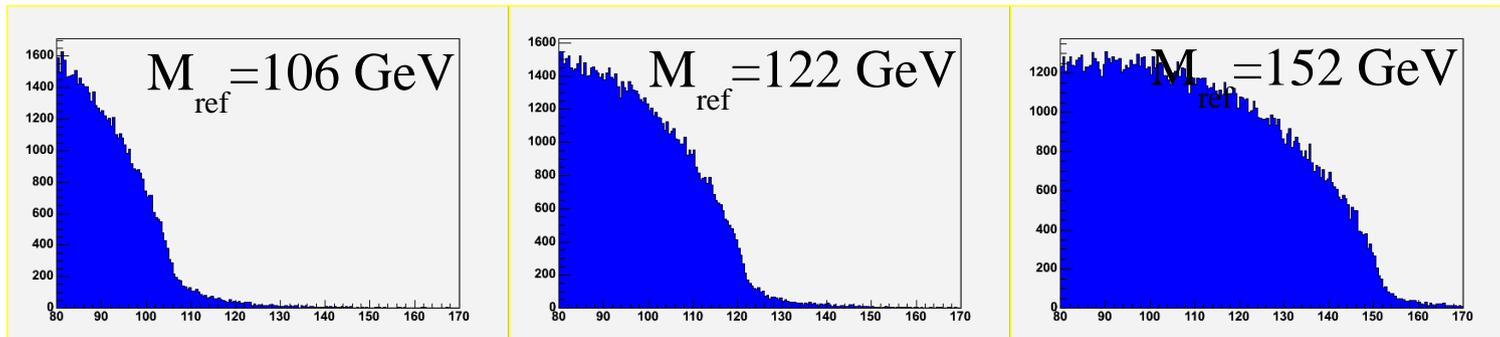
que de $\text{BR}(t \rightarrow H^+b)$ donc de $\tan(\beta)$



Extraction de la masse : méthode

Mise en place d'une méthode de maximum de vraisemblance pour extraire $M(H^\pm)$ de M_T

- ✓ Génération de masses transverses MC de référence en incluant les résolutions obtenues pour ETM et τ -jet.



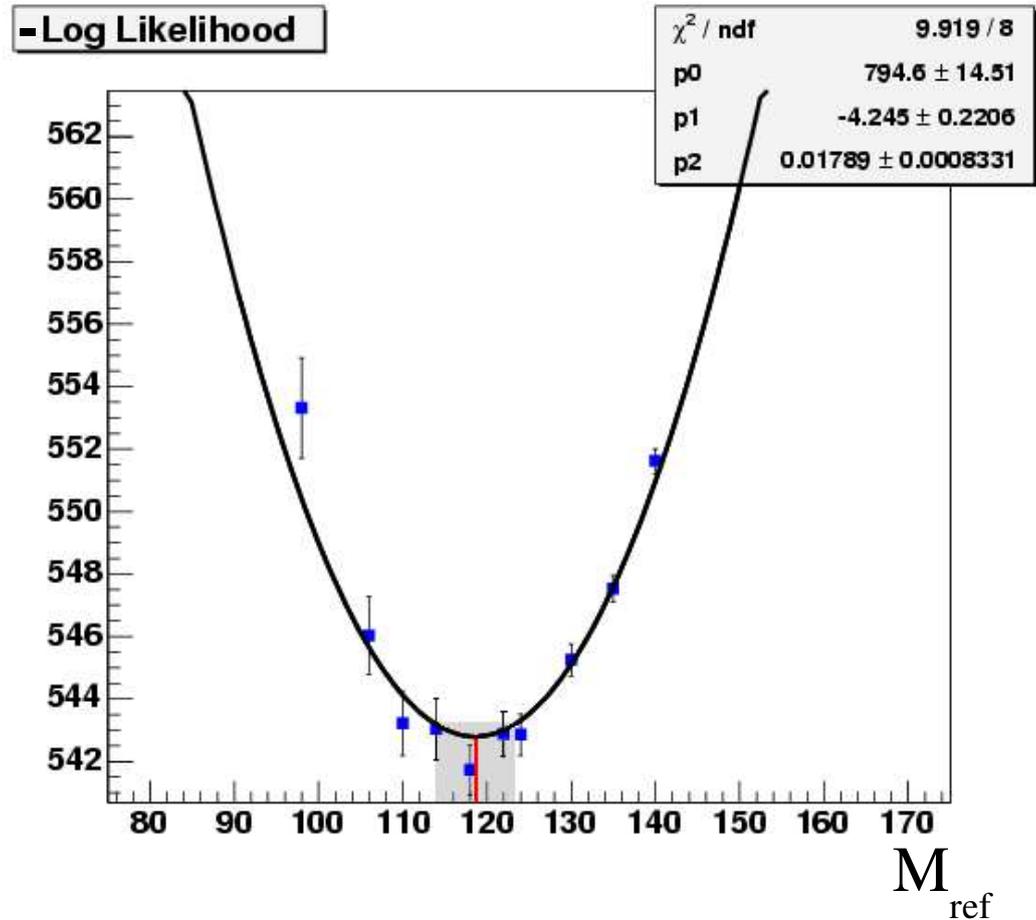
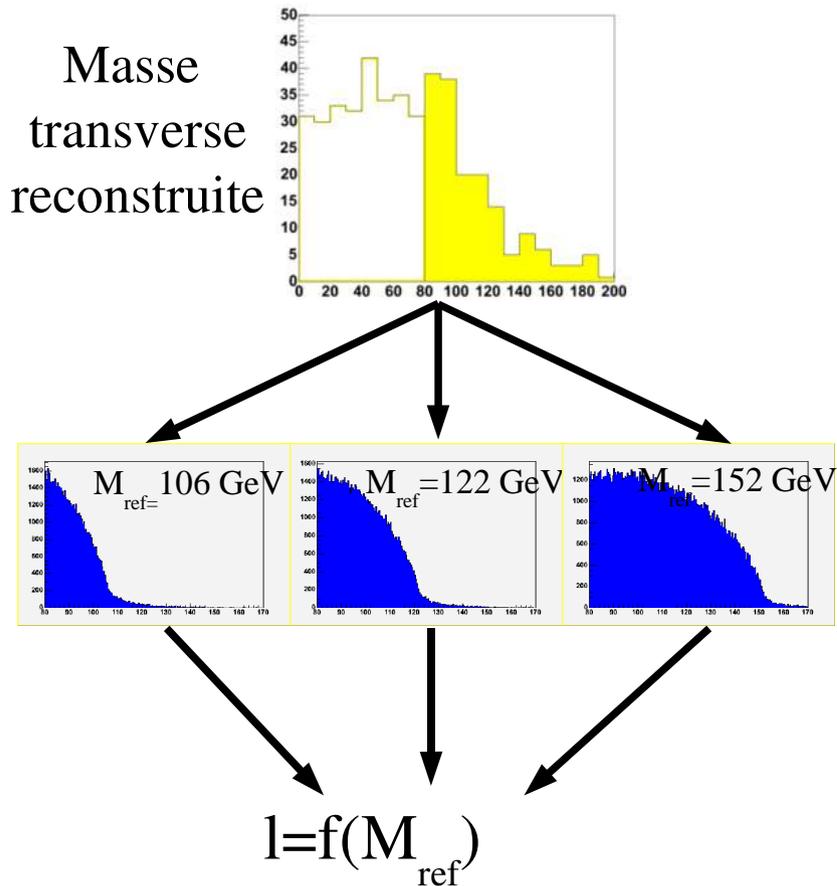
- ✓ Pour chaque événement reconstruit, on calcule :

- ◆ la masse transverse m_T .
- ◆ $P(m_T, M_{ref})$, la probabilité d'obtenir cette masse transverse m_T dans chaque distribution de référence M_{ref}

- ✓ on définit $l = \sum_i \ln P(m_T, M_{ref})$ qui mesure l'adéquation entre la masse de référence et les événements reconstruits.

Extraction de la masse : Test

- ✓ Validation de la méthode
- ✓ Pas de bruits de fond



$M(H^+) = 119 \pm 4 \text{ GeV}$

Vers le TDR de physique...

- ✓ inclusion de l'empilement
- ✓ Inclusion des bruits de fond réductibles
- ✓ Extension de l'étude à d'autres masses de Higgs
- ✓ Étude la complémentarité des canaux $W \rightarrow \text{leptons}$ et $W \rightarrow qq'$

Conclusion

- ✓ Première étude de reconstruction d'événements WH^\pm avec $W \rightarrow qq$ dans CMS.
- ✓ La simulation complète montre que
 - Le déclenchement est possible via τ jet-ETM et jet-ETM.
 - Le signal peut être extrait du bruit de fond irréductible
 - Il est possible d'extraire la masse du higgs à partir de la distribution en masse transverse
- ✓ Intéressant dès les faibles luminosités intégrées

⇒ démarrage du LHC