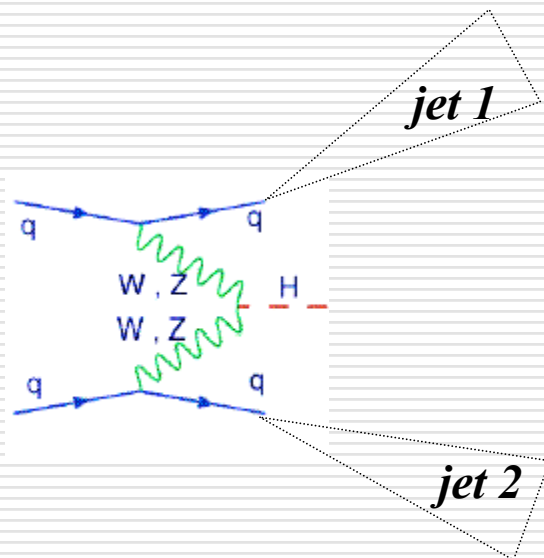


Le Higgs VBF



Varouchas Dimitris

*sous la direction de
David Rousseau*

Plan

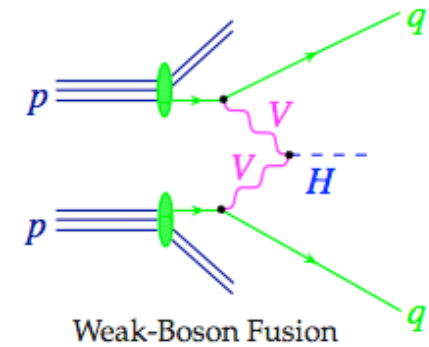
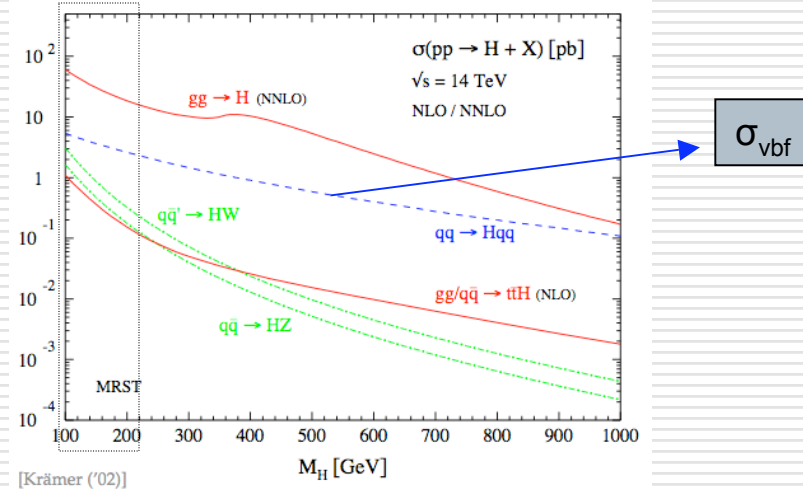
A. VBF Higgs, introduction à la topologie -
Caractéristiques génériques

B. CSC groupe VBF Higgs to Tau Tau et ma
contribution:

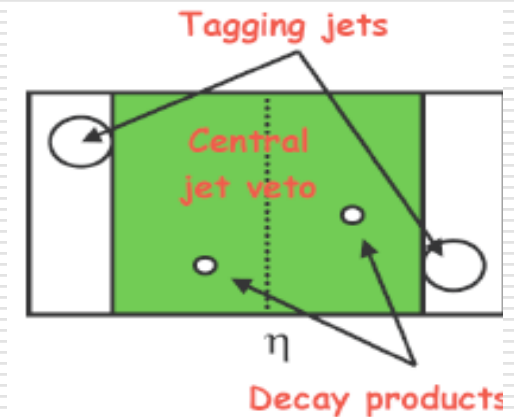
- Event Selection - CutFlow
- Etude de Jet Veto

Topologie de VBF

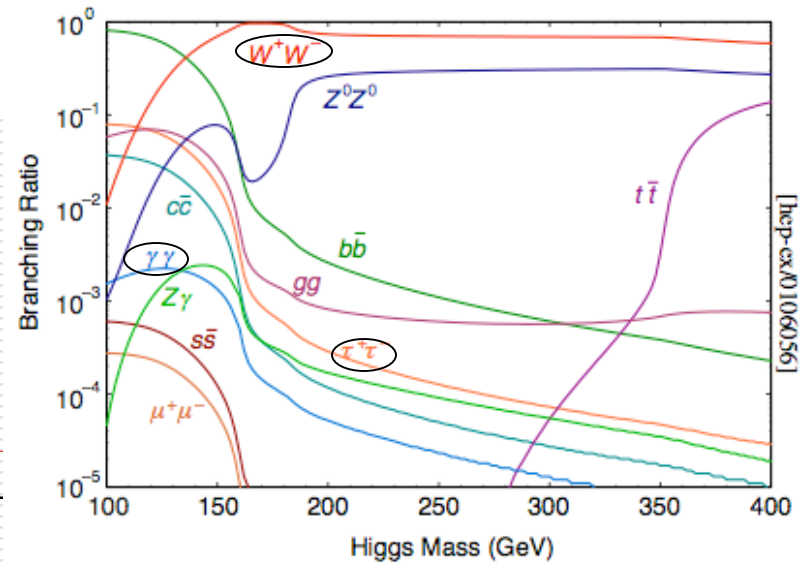
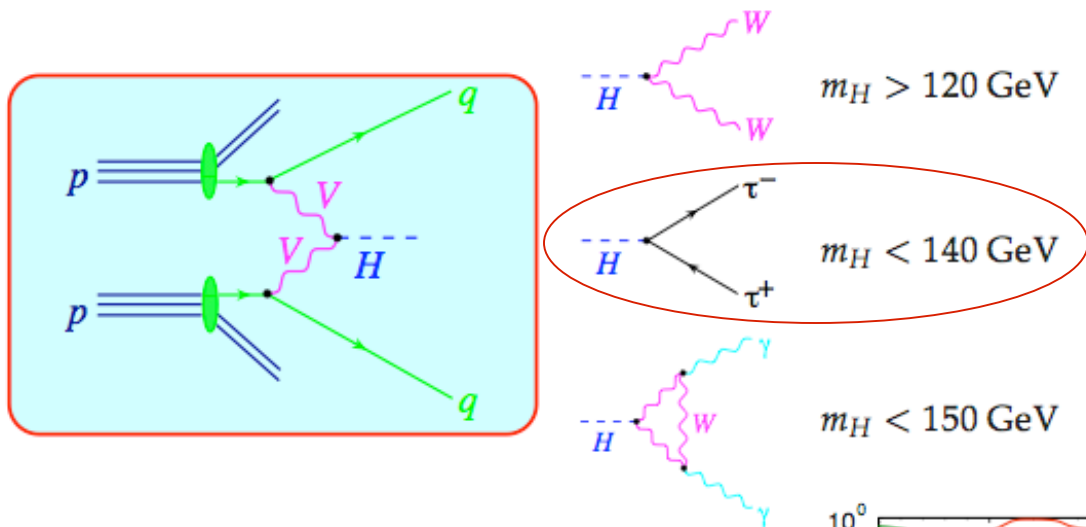
- VBF ou WBF se rapporte au mode de production du boson de Higgs dans le cadre du M.S.
- 2^{ème} plus grande section efficace après gg fusion



- Caractéristiques plus importantes
 - 2 jets vers l'avant (**forward jets**)
 - Pas d'activité centrale des jets (**central jet veto** peut être appliqué pour supprimer le bruit de fond)

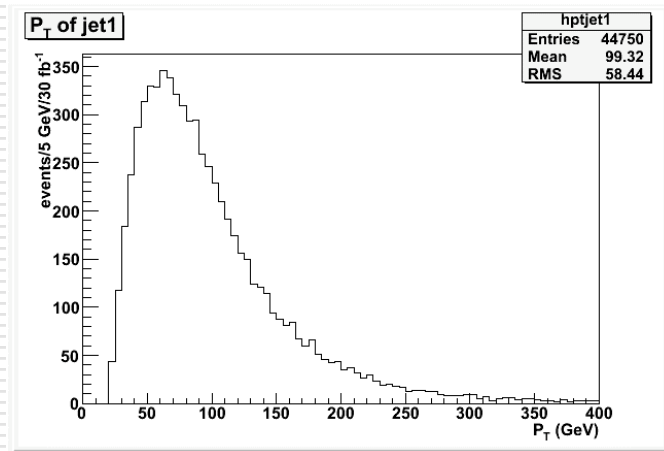
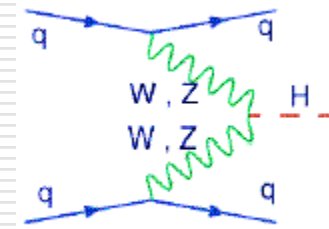


Vector Boson Fusion

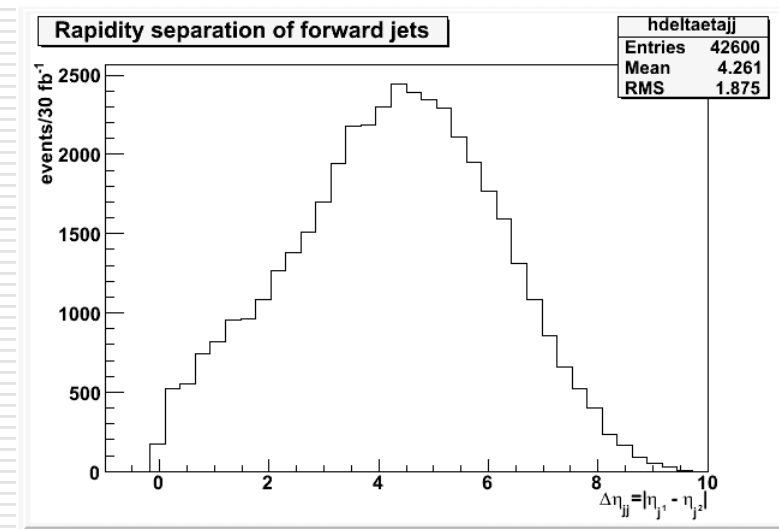
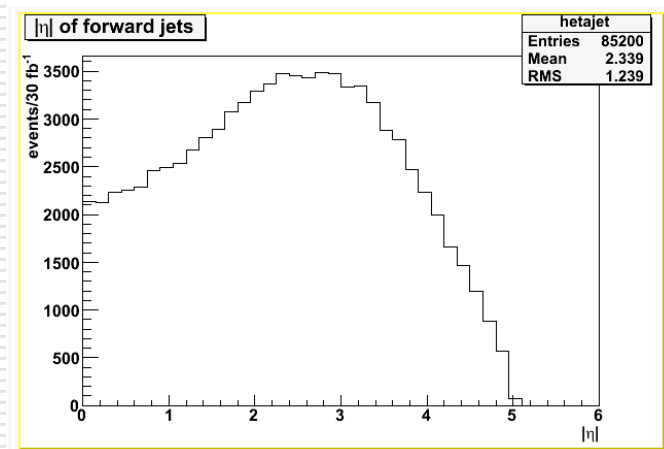


Caractéristiques

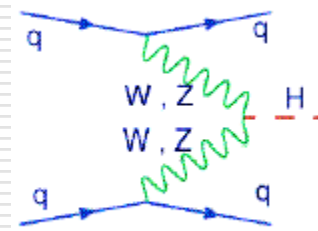
Vector Boson Fusion



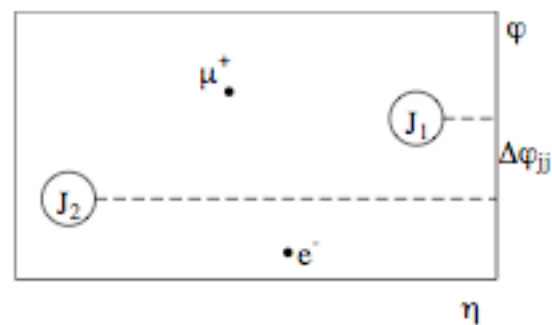
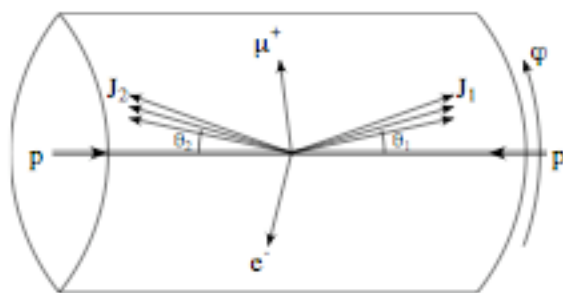
- Les quarks diffusés donnent 2 jets vers l'avant
- Produits de désintégration de Higgs dans le détecteur «central»
- Rapidity Gap entre les 2 jets, le Higgs est entre ces 2 jets



Signature VBF

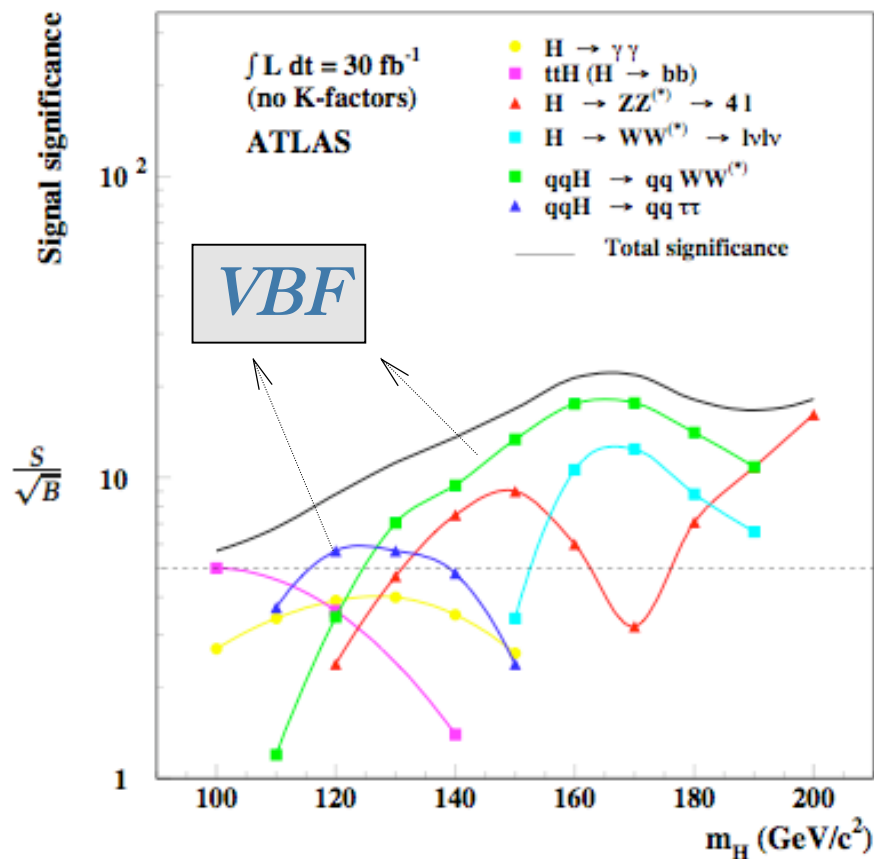


- Un exemple ou $H \rightarrow \tau^+ \tau^- \rightarrow e^- \mu^+ + (MET)$



- Jets énergétiques vers l'avant
 - Large **séparation en η** et large **masse invariante** des deux forward jets (tagging jets)
 - Les **produits de désintégration de Higgs entre** les tagging jets
 - Dans la région centrale, faible radiation de gluon en raison de **colorless W/Z échange**
- (**central jet veto**: pas d'extra jets avec $p_T > 20$ GeV et $|\eta| < 3.2$)

Potentiel de découverte de Higgs



Hep-ph/0402254v1 Asai et al. (2004)

- VBF Signal Significance élevée
- Toutefois, les K-factors augmentent d'un facteur ~ 2 la section efficace de $gg \rightarrow H$ (pour $H \rightarrow \gamma\gamma, ZZ, WW$)

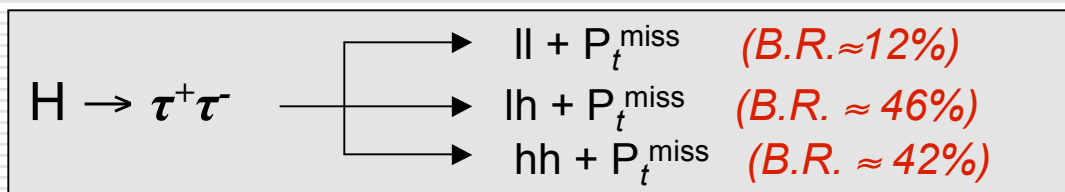
CSC groupe: VBF, $H \rightarrow \tau\tau$

- Bonn
- BNL
- Copenhagen
- Freiburg
- MPI Munich
- LAL**
- Pisa
- Tokyo
- Toronto
- Wisconsin
- ITEP, Moscow

• Higgs léger ($110 \text{ GeV} < \text{masse} < 140 \text{ GeV}$)

Higgs Branching Ratios (ATLAS note, G.Unal and al.)	
$M_H(\text{GeV})$	$H \rightarrow \tau^+\tau^-$
110	7.5 %
120	6.8 %
130	5.3 %

VBF $H \rightarrow \tau^+\tau^-$
 La seule possibilité au LHC de mesurer le couplage du boson de Higgs aux taus



- Une étude complète et améliorée en utilisant FullSim (par rapport l'étude de FastSim dans la note officielle)
- Utilisation de plusieurs générateurs:
 - AlpGen , Pythia, Herwig, MC@NLO

Activités du groupe

- BaseLine event Selection / Trigger
 - Etude des différentes coupures & amélioration des efficacités
 - Particle-id (en particulier pour les taus)
 - *Analysis CutFlow*
- *Etude des jets*
 - Jet Veto / Track Veto / Cluster Veto
 - Jet tagging efficiency
 - Pile-up effect
- Etude de MET (Pile-up)
- Estimation de bruit de fond
 - W/Z + jets
 - Top
 - QCD jets
 - Normalisation du bruit de fond sur les données
- Sensitivité du signal
- Systématiques

Bruit de Fond

- $Z \rightarrow \tau^+ \tau^- + N \text{ jets}$
 - $Z \rightarrow e^+ e^- + N \text{ jets}$
 - $Z \rightarrow \mu^+ \mu^- + N \text{ jets}$
 - $W \rightarrow e \nu + N \text{ jets}$
 - $W \rightarrow \mu \nu + N \text{ jets}$
 - $W \rightarrow \tau \nu + N \text{ jets}$
 - WW production
 - t - tbar production
- AlpGen
- MC@NLO
-

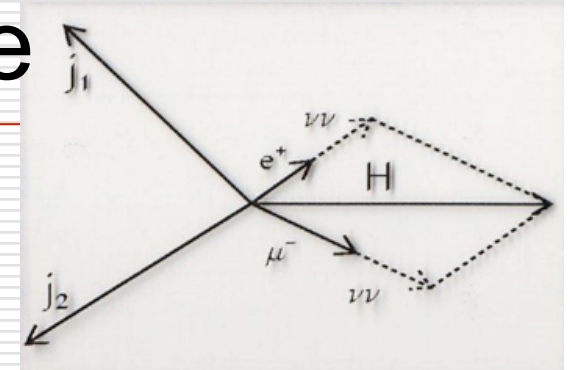
$Z \rightarrow \tau^+ \tau^- + N \text{ jets}$: *Le processus dominant*

Reconstruction de la masse

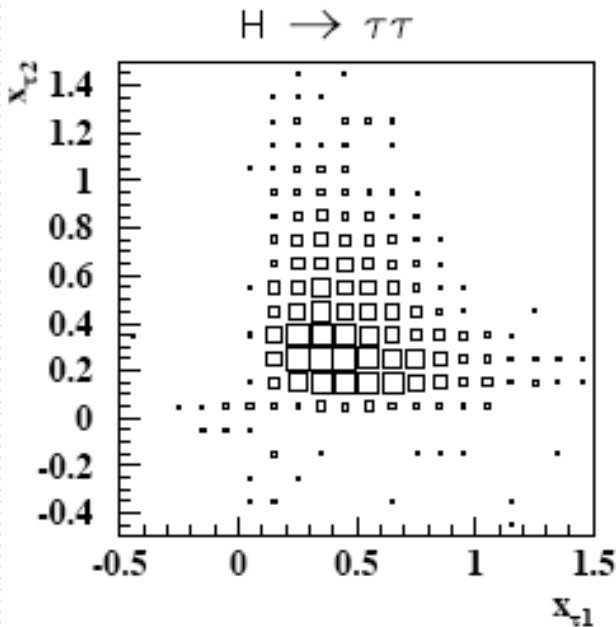
□ Approximation Colinéaire

- x_τ = Fraction d'impulsion transférée au produits de désintégration du tau

$$\vec{p}_\tau = \frac{\vec{p}_l}{x_\tau}$$



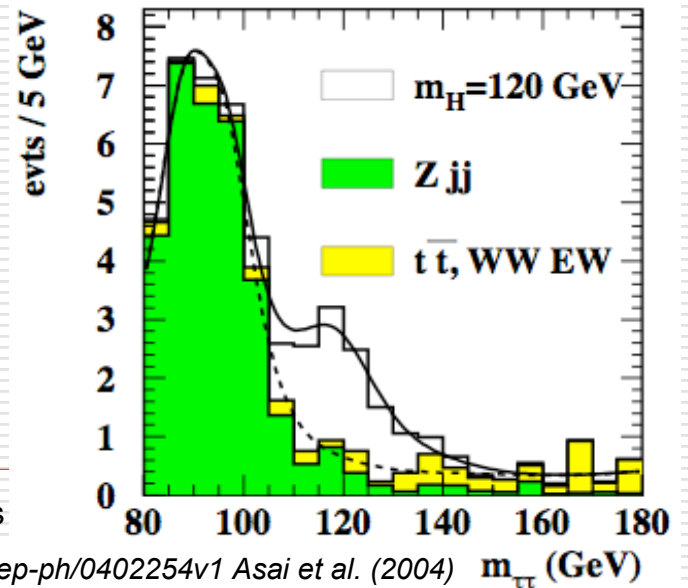
- Hypothèse que les produits de désintégration du tau sont colinéaire à la direction du tau
- Acceptable car tau est d'impulsion suffisante
- En utilisant $\vec{p}_{T,\tau_1} + \vec{p}_{T,\tau_2} = \vec{p}_{T,e} + \vec{p}_{T,\mu} + \vec{p}_{T,miss}$, les x_τ sont déduits



$$M_{\tau\tau} \approx \frac{m_{ll}}{\sqrt{x_{\tau_1} x_{\tau_2}}}$$

• L'approximation ne marche pas quand les produits sont back-to-back !

Varouchas Dimitris - LAL - VBF Higgs



Hep-ph/0402254v1 Asai et al. (2004) $m_{\tau\tau}$ (GeV)

Sélection des événements

<i>CUTS</i>	<i>ll - case</i>	<i>lh - case</i>	<i>hh - case</i>
<i>Trigger</i>	«e25i» or «mu20i» $e_{p_T} > 25 \text{ GeV}$	$\mu_{p_T} > 20 \text{ GeV}$	«tau35i+MET40» $\tau_{p_T} > 35 \text{ GeV}$
<i>Dilepton</i>	$\#e + \#\mu = 2$	$\#e + \#\mu = 1$	----
<i>Tight jet</i>	$\#\text{jets} > 1$ (leading jet $p_T > 40 \text{ GeV}$)		
<i>Tight tau</i>	----	$\#\text{hadro.tau} = 1$	$\#\text{hadro.tau} = 2$
<i>Missing p_T</i>	$\text{MET} > 40 \text{ GeV}$	$\text{MET} > 30 \text{ GeV}$	$\text{MET} > 40 \text{ GeV}$
<i>Collinear Approximation</i>	$0 < x_l < 0.75$, $\cos(\Delta\phi) > -0.9$	$0 < x_l < 0.75$, $0 < x_h < 1$ $\cos(\Delta\phi) > -0.9$	$0 < x_h < 1$ $\cos(\Delta\phi) > -0.9$
<i>M_T</i>	$M_T < 30 \text{ GeV}$	----	
<i>Forward Jet</i>	$\eta_{\text{jet1}} \cdot \eta_{\text{jet2}} < 0$		
<i>Centrality</i>	H decay products lie between two VBF forward jets in eta		
<i>Jet Separation</i>	$\Delta\eta_{jj} > 4.4$		
<i>Di-Jet mass</i>	$M_{jj} > 700 \text{ GeV}$		
<i>Central Jet Veto</i>	If 3th jet with $p_T > 20 \text{ GeV}$, in $ \eta < 3.2$		

- Cut Flow, BaseLine Analysis (simplifié) suivi par tous les membres du groupe
- Les valeurs des coupures sont encore discutées
- Permet d'être sur que tous travaillent dans le même cadre («acceptance challenge»)

Sample & Software

□ Samples

- Production officielle, **signal**: **Herwig VBF** $H_{120\text{GeV}} \rightarrow \tau\tau \rightarrow lh$ (50000 ev)
dataset: trig1_misal1_mc12_V1.005334.HerwigVBFH120tautaulh.recon.AOD.v12000601
- Production officielle, **bruit de fond**: **AlpGen** $Z \rightarrow \text{tautau} + (2,3,4,5)\text{jets}$ **VBF Filter** (256.000 ev)
dataset:
trig1_misal1_mc12.008162.AlpGenJimmyZtautauNp<i>VBFCut.recon.AOD.v12000601

VBF Filter :

- $N(\text{tau}) > 1$, $Pt > 10\text{GeV}$, $|\eta| < 2.7$
- $N(\text{truth jet}) > 1$, $Pt > 15\text{GeV}$, $|\eta| < 5.0$
1er jet: $Pt > 20\text{GeV}$
- at least one couple of jj : $M_{jj} > 300\text{GeV}$, $|\Delta\eta_{jj}| > 2$
- Not necessarily $\eta_{j2} \cdot \eta_{j1} < 0$

$i=2,3,4,5$

**VBF
signature**

□ Software

- Tous les jobs exécutés en utilisant la **grille** via **GANGA**
- **EventView** package **HiggsToTauTau**
 - «Overlap Removal» entre les jets et les électrons (principalement)
 - Preselection des particules des Particle Containers
 - Analysis with Athena Aware Ntuple

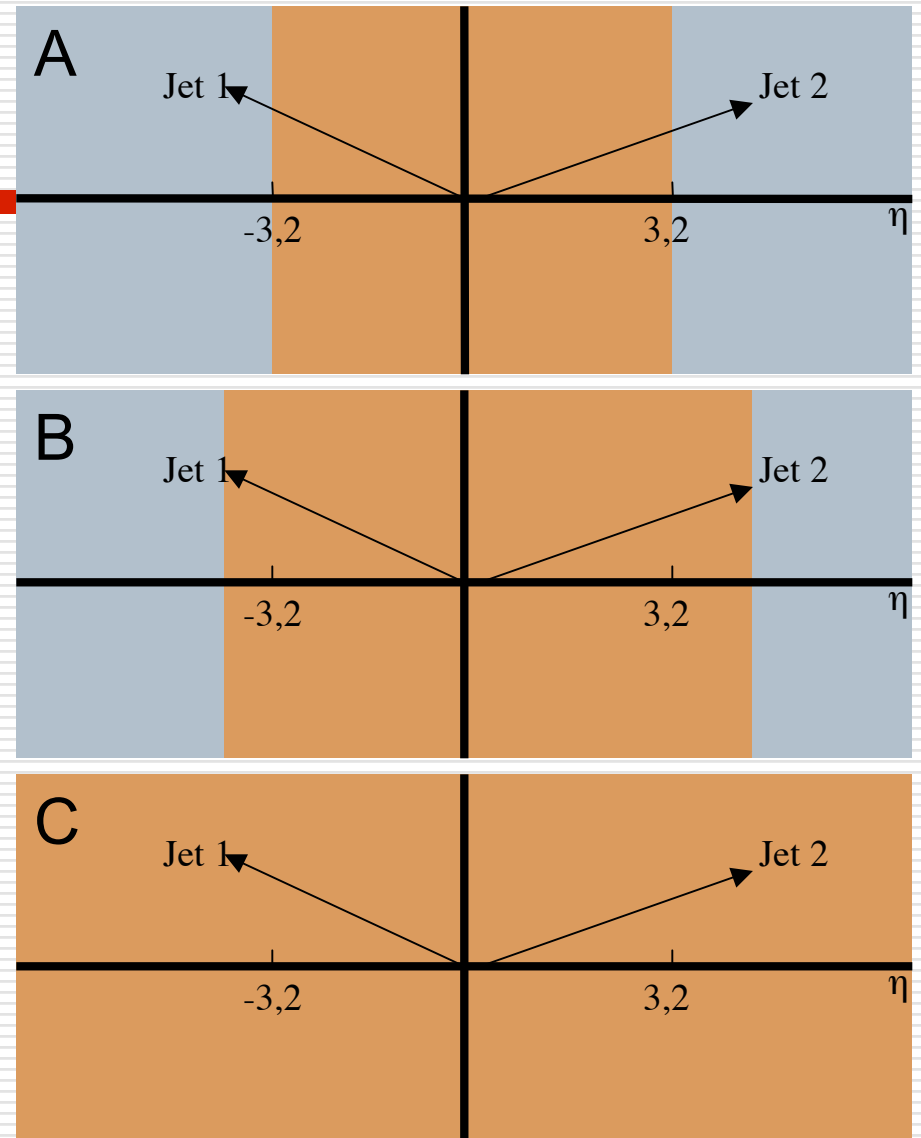
```
Tree->Draw("FastSim0.jet1Pt:FullSim0.jet1Pt>>name_of_histo", "FastSim0.deltaEtajj>3.8") ;
```

Sélections des évènements ⇒ Cut Flow

Cut	DataSet 5334 Herwig VBFH120tautaulh			DataSet 8162 AlpGen Ztautau+2,3,4,5jets		
	Total Events	Total Efficiency (%)	Rel. Efficiency (%)	Total Events	Total Efficiency (%)	Rel. Efficiency (%)
None	49950			255750		
a) Trigger & at least one lepton	16424	32,88 ± 0,21	32,88 ± 0,21	81061	31,69 ± 0,14	31,69 ± 0,14
b) Di - lepton Veto	14553	29,14 ± 0,20	88,6 ± 0,2	73570	28,77 ± 0,14	90,8 ± 0,2
c) Hadronic Tau	2091	4,19 ± 0,09	14,4 ± 0,3	7175	2,805 ± 0,036	9,8 ± 0,1
d) N Jets	1514	3,03 ± 0,08	72,4 ± 1,0	6361	2,487 ± 0,031	88,7 ± 1,1
e) MET Cut	1020	2,04 ± 0,06	67,4 ± 1,2	4008	1,567 ± 0,024	63,0 ± 1,4
f) Collinear Approximation	639	1,28 ± 0,05	62,6 ± 1,5	2323	0,908 ± 0,019	58,0 ± 1,9
g) Transverse Mass	498	1,00 ± 0,04	77,9 ± 1,6	1940	0,759 ± 0,017	83,5 ± 1,7
h) Opposite Hemi	408	0,82 ± 0,04	81,9 ± 1,7	1039	0,406 ± 0,013	53,6 ± 2,6
i) Centrality	374	0,75 ± 0,04	91,7 ± 1,4	528	0,206 ± 0,010	50,8 ± 3,4
j) Tagging jet separation	227	0,45 ± 0,03	60,7 ± 2,5	95	0,037 ± 0,005	18,0 ± 3,7
k) Mjj cut	202	0,40 ± 0,03	89,0 ± 2,1	58	0,023 ± 0,004	61,1 ± 9,6
l) Jet Veto	170	0,34 ± 0,03	84,2 ± 2,6	25	0,010 ± 0,003	43,1 ± 8,3

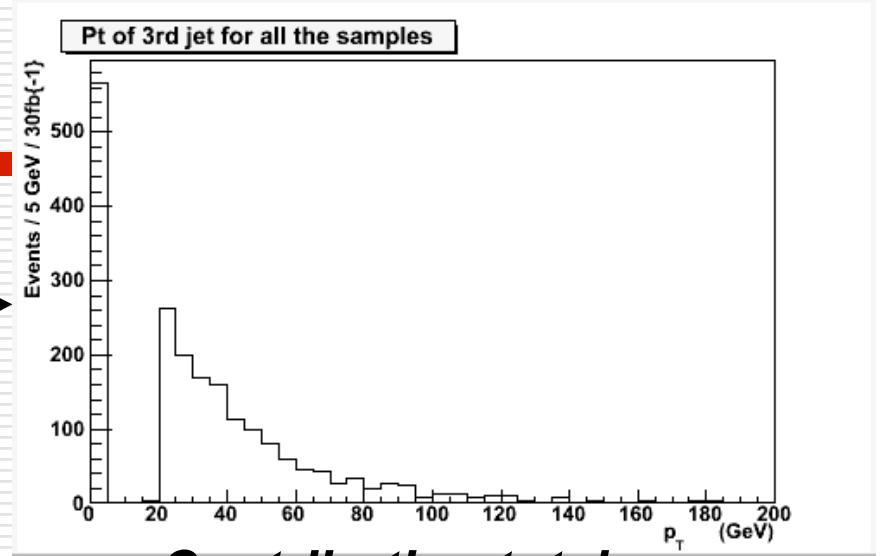
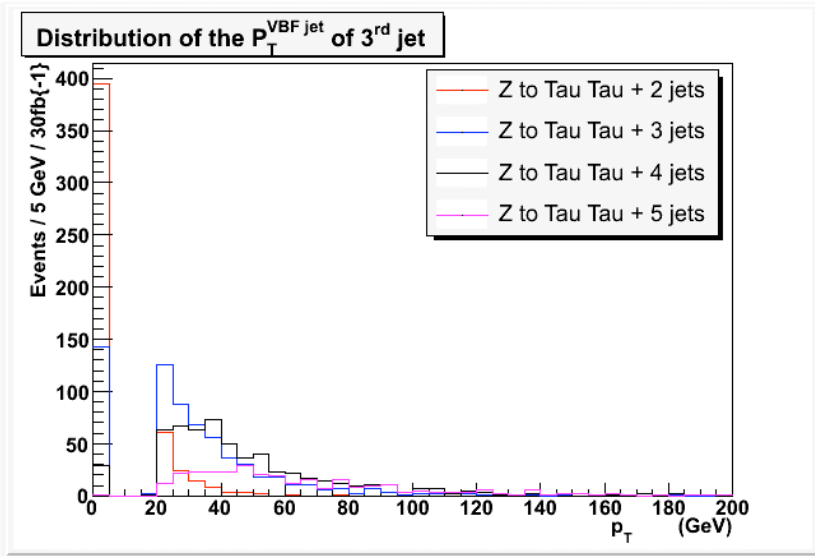
Etude de Jet Veto

- Coupure de Jet Veto :
 - **A)** Veto l'événement si il y a 3^{ème} jet avec $p_T > 20$ GeV en $|\eta| < 3.2$ (Event Selection BaseLine proposal+ hep-ph/0402254v1 Asai et al.)
- Est-ce la seule façon de choisir le jet veto? **Non, 2 autres possibilités ont été étudiées**
 - **B)** Veto l'événement si $P_{T^{3rd\ jet}} > 20\text{GeV}$ et si $\eta_{jet1} < \eta^{3rd\ jet} < \eta_{jet2}$
 - **C)** Veto l'événement si $P_{T^{3rd\ jet}} > 20\text{GeV}$ sans contrainte en η
- Est-ce qu'on peut optimiser la coupure en changeant la valeur de 20 GeV?



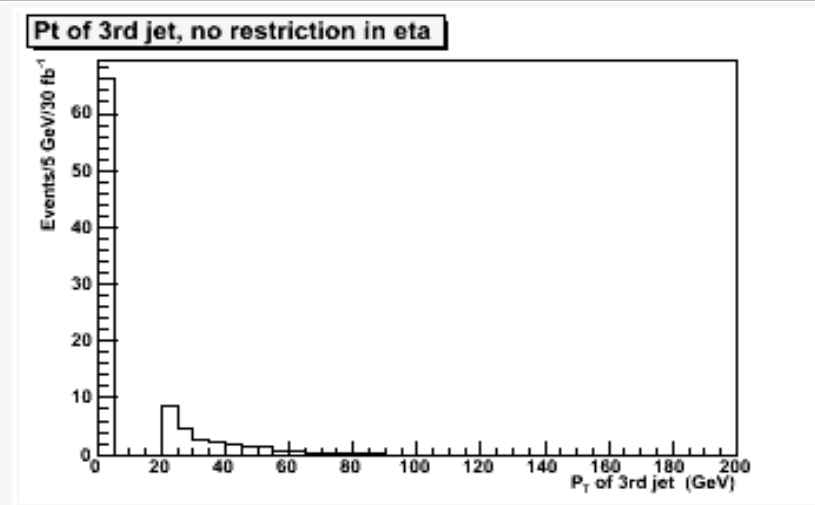
P_T du 3^{ème} jet

B:



Contribution totale

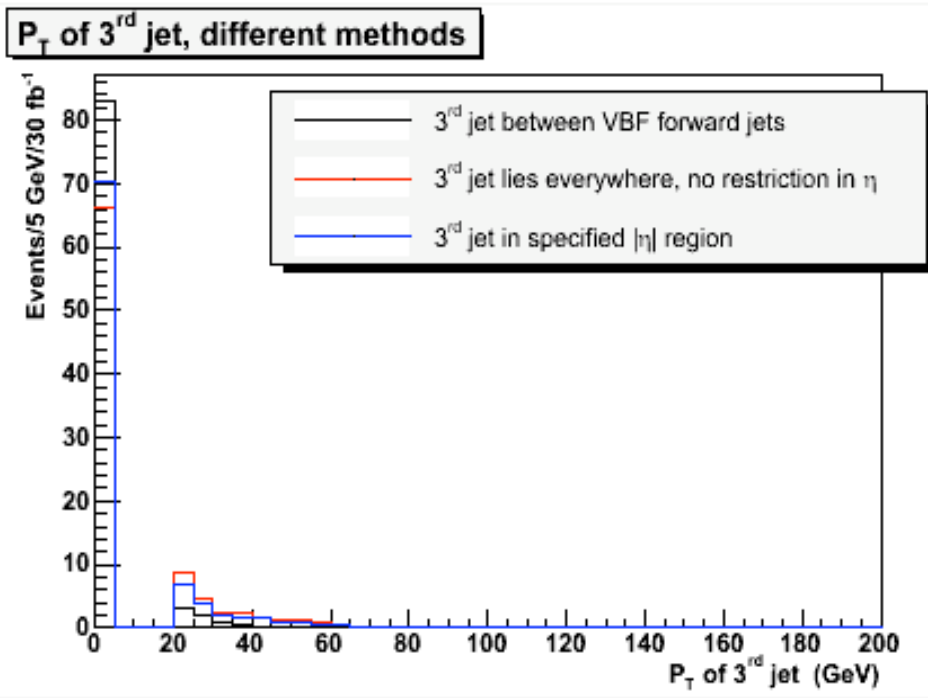
S:



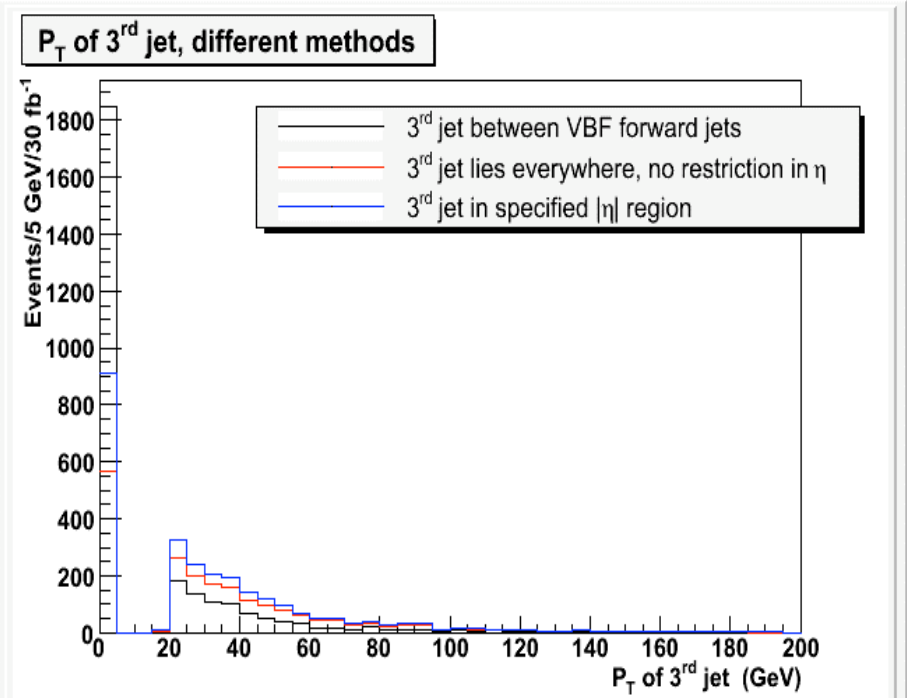
Les événements où il n'y a que 2 jets contribuent au premier bin

Différentes méthodes de choisir le jet veto

Signal



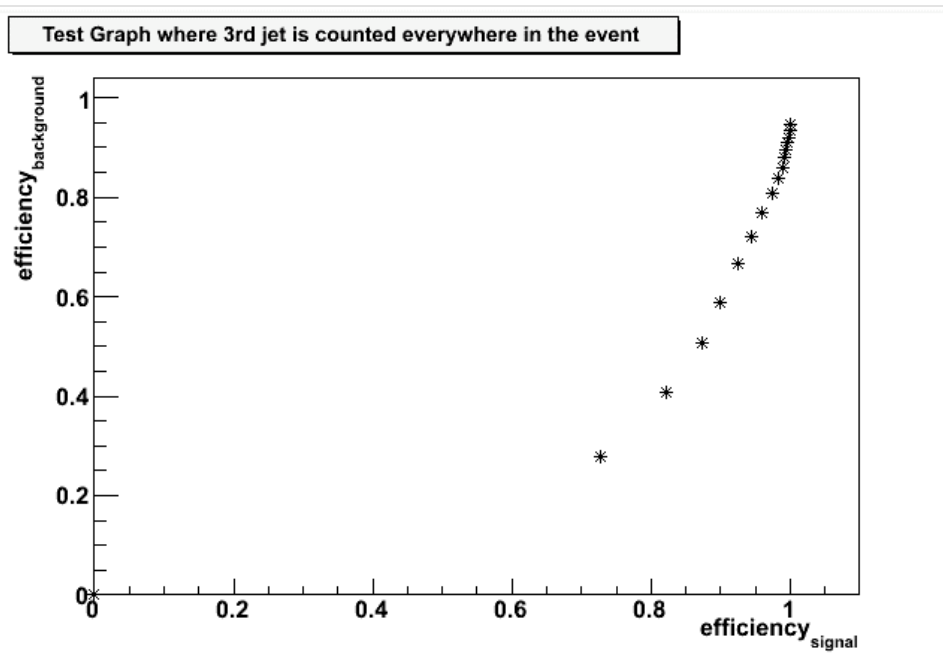
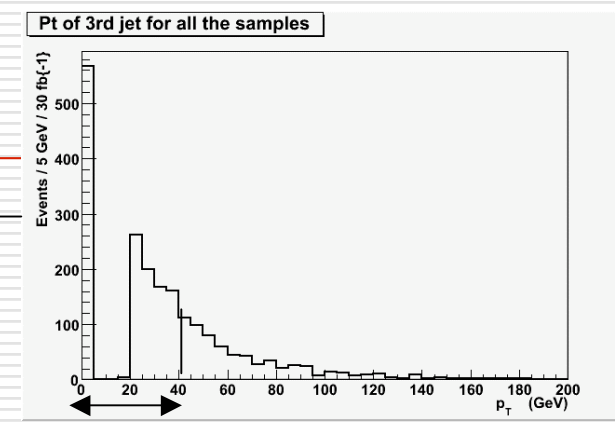
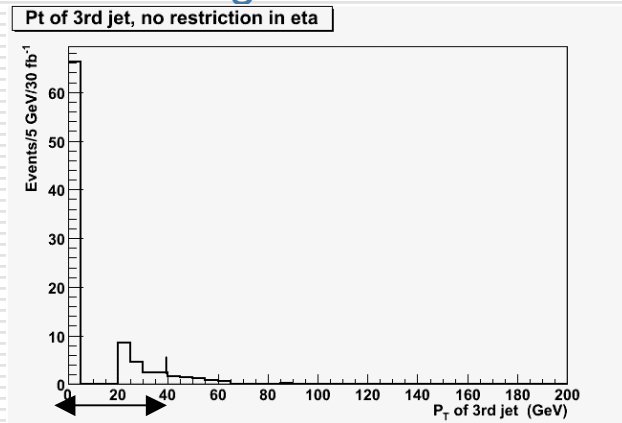
Bruit de fond



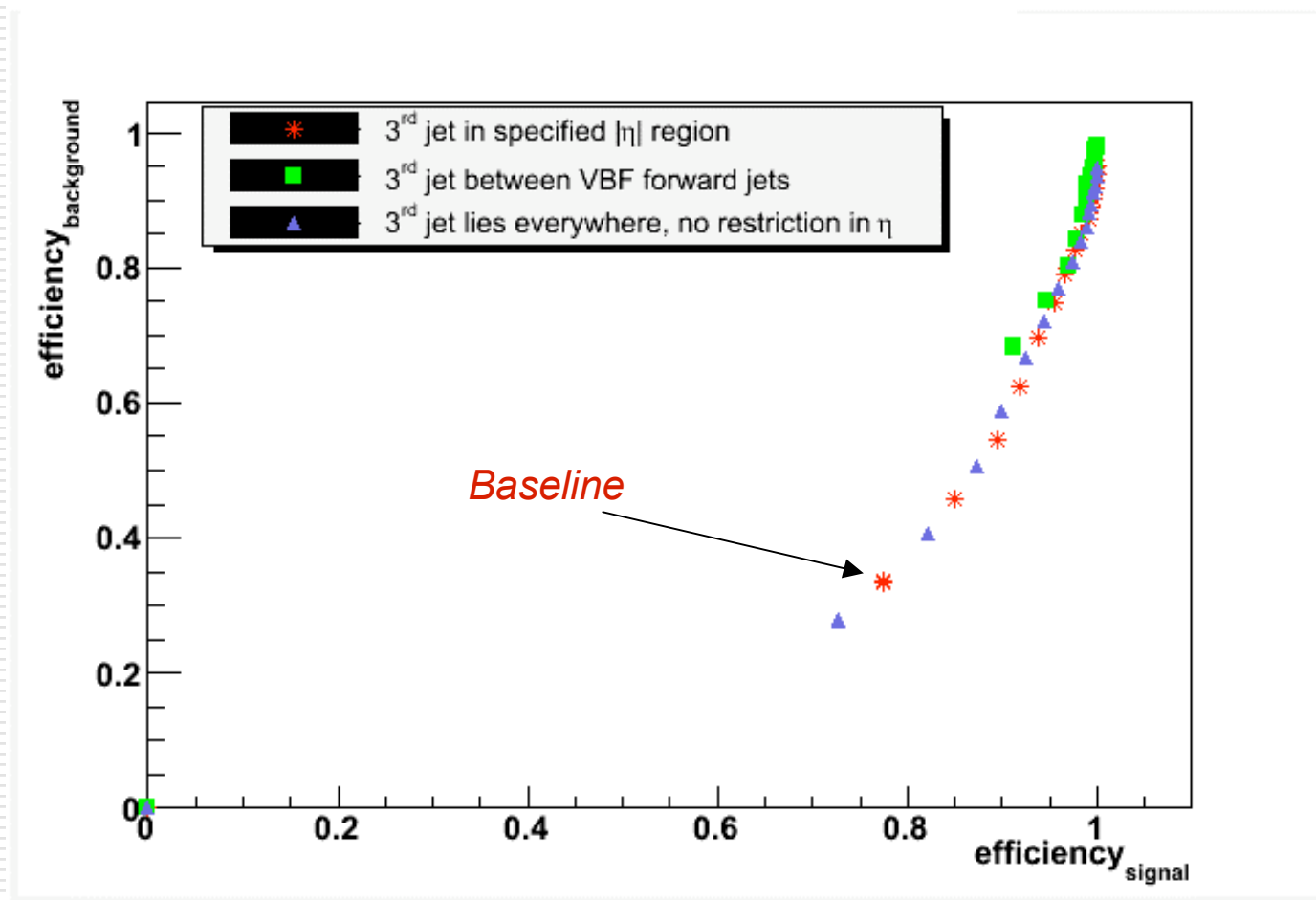
Performance d'efficacité S V_s B

Signal

Bruit du fond



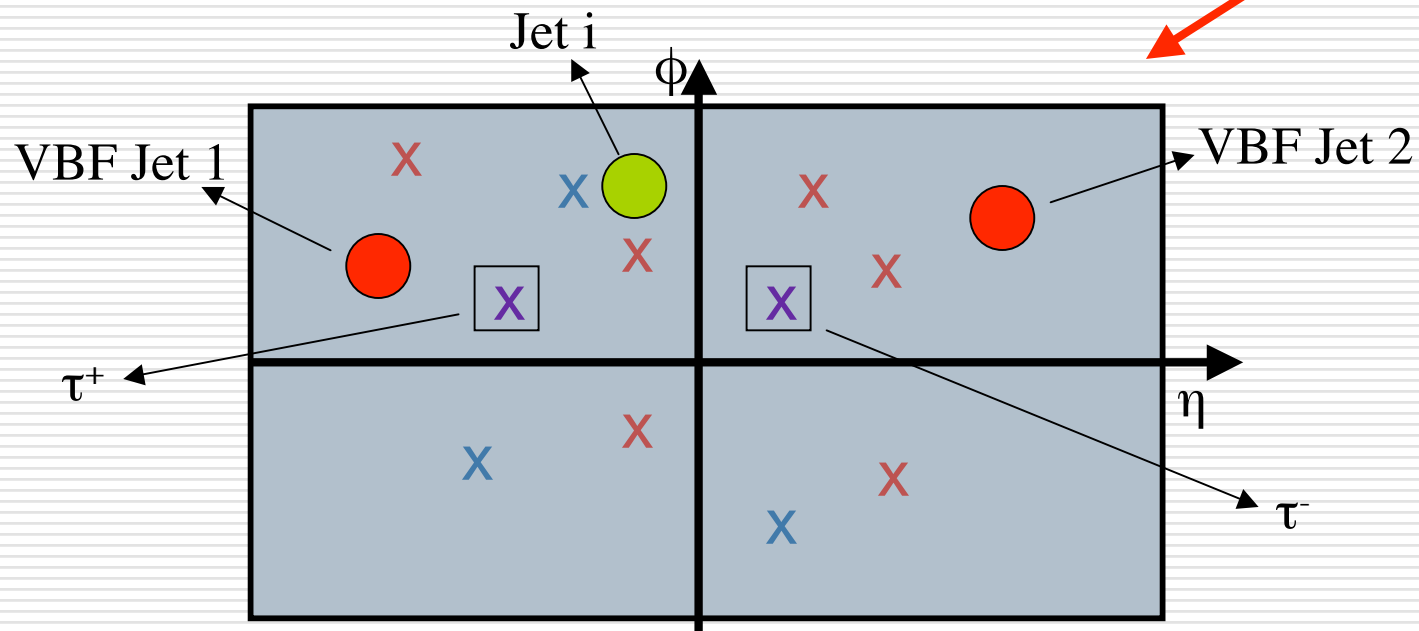
Meilleure méthode?



- Méthode proposé et méthode sans contraintes en eta, identique
- Méthode ou le 3em jet se trouve entre les 2 forward jets présente plus mauvaise performance

Prochaines étapes dans mon étude

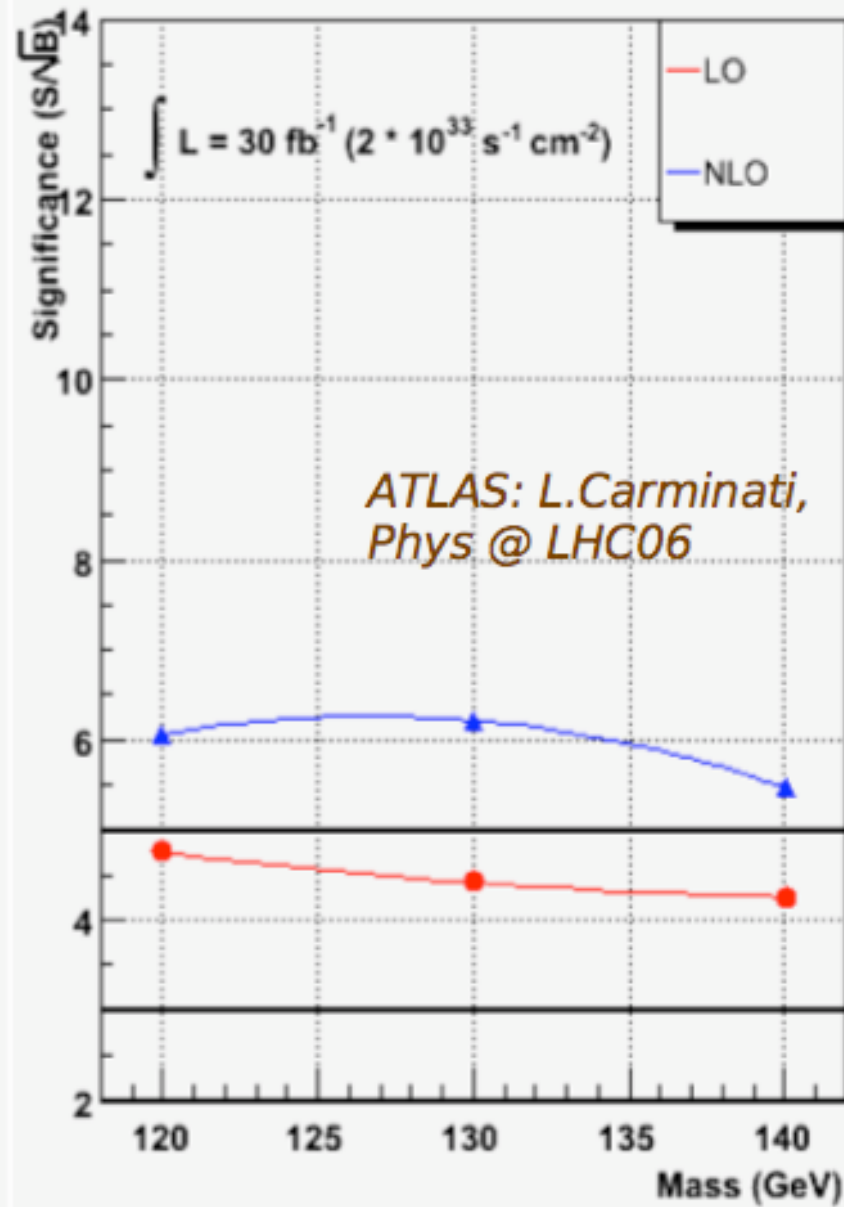
- ❑ Optimiser l'étude de jet veto en utilisant tous les processus du bruit de fond
- ❑ Etudier la possibilité de diminuer le seuil du jet veto
- ❑ Utiliser événements avec «pile-up»
- ❑ Passer à l'étude d'une approche plus sophistiquée pour le jet veto: **Cluster Veto**



Conclusions

- VBF Higgs, un processus très important pour un Higgs léger
- Les caractéristiques de la signature «facilitent» la suppression du bruit de fond
- Une étude crédible et précise est en cours par CSC groupe pour compléter les résultats dérivés d'une seule note en 2004 (*hep-ph/0402254 S.Asai et al.*)
- *Reste beaucoup de travail*
 - Utiliser plus de MC donnés (pile-up, tous les processus du bruit de fond, etc.)
 - Optimiser les coupures
 - Jet/Cluster Veto & Forward Jet study
 - Etude de MET
 -

Back-up Slides



Tau branching ratios

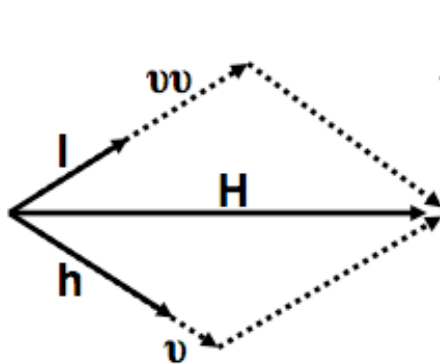
τ^- DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level	p (MeV/c)
Modes with one charged particle			
particle ⁻ ≥ 0 neutrals $\geq 0 K^0 \nu_\tau$ ("1-prong")	(85.35 \pm 0.07) %	S=1.1	–
particle ⁻ ≥ 0 neutrals $\geq 0 K_L^0 \nu_\tau$	(84.72 \pm 0.07) %	S=1.1	–
$\mu^- \bar{\nu}_\mu \nu_\tau$	[g] (17.36 \pm 0.06) %		885
$\mu^- \bar{\nu}_\mu \nu_\tau \gamma$	[e] (3.6 \pm 0.4) $\times 10^{-3}$		885
$e^- \bar{\nu}_e \nu_\tau$	[g] (17.84 \pm 0.06) %		888
$e^- \bar{\nu}_e \nu_\tau \gamma$	[e] (1.75 \pm 0.18) %		888
$h^- \geq 0 K_L^0 \nu_\tau$	(12.30 \pm 0.11) %	S=1.4	883
$h^- \nu_\tau$	(11.75 \pm 0.11) %	S=1.4	883
$\pi^- \nu_\tau$	[g] (11.06 \pm 0.11) %	S=1.4	883
$K^- \nu_\tau$	[g] (6.86 \pm 0.23) $\times 10^{-3}$		820
$h^- \geq 1$ neutrals ν_τ	(36.92 \pm 0.14) %	S=1.1	–
$h^- \pi^0 \nu_\tau$	(25.87 \pm 0.13) %	S=1.1	878
$\pi^- \pi^0 \nu_\tau$	[g] (25.42 \pm 0.14) %	S=1.1	878
$\pi^- \pi^0 \text{non-}\rho(770) \nu_\tau$	(3.0 \pm 3.2) $\times 10^{-3}$		878
$K^- \pi^0 \nu_\tau$	[g] (4.50 \pm 0.30) $\times 10^{-3}$		814
$h^- \geq 2 \pi^0 \nu_\tau$	(10.77 \pm 0.15) %	S=1.1	–

Approximation Colinéaire

Use the collinear approximation to reconstruct the Higgs mass

- A good approximation when the parent particle is heavily boosted
- Assume that the tau decay products are collinear to the tau direction
- Note: approximation breaks down when the decay daughters are back-to-back

$$p_{T,\tau_l} + p_{T,\tau_h} = p_{T,l} + p_{T,h} + p_{T,miss}$$



$$\vec{p}_\tau = \frac{\vec{p}_l}{x_\tau}$$

Fraction of the tau momentum carried by the visible daughter

$$x_{\tau_h} = \frac{p_{x,h}p_{y,l} - p_{y,h}p_{x,l}}{p_{x,h}p_{y,l} + p_{x,miss}p_{y,l} - p_{y,h}p_{x,l} - p_{y,miss}p_{x,l}}$$

$$x_{\tau_l} = \frac{p_{x,h}p_{y,l} - p_{y,h}p_{x,l}}{p_{x,h}p_{y,l} - p_{x,miss}p_{y,h} - p_{y,h}p_{x,l} + p_{y,miss}p_{x,h}}$$

$$M_{\tau\tau} \approx \frac{M_{lh}}{\sqrt{x_{\tau_l} x_{\tau_h}}}$$

Transverse Mass of the system trigger lepton- P_T^{miss}

$$E_T^{\ell\ell} = \sqrt{(P_T^{\ell\ell})^2 + m_{\ell\ell}^2},$$

$$E_T^{\nu\nu} = \sqrt{(P_T^{\text{miss}})^2 + m_{\ell\ell}^2}.$$

Using these transverse energies the transverse mass of the lepton- P_T^{miss} system can be calculated as

$$M_T = \sqrt{(E_T^{\ell\ell} + E_T^{\nu\nu})^2 - (\mathbf{p}_T^{\ell\ell} + \mathbf{p}_T^{\text{miss}})^2}.$$

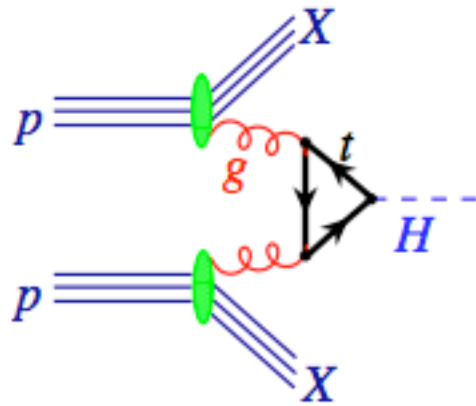
This cut kills the $W+n$ jets and $t\bar{t}$ background.

H to tau tau (signal)	Z to tau tau + 2 jets	Z to tau tau + 3 jets	Z to tau tau + 4 jets	Z to tau tau + 5 jets
0.145 pb	2.5	2.01	1.11	0.592

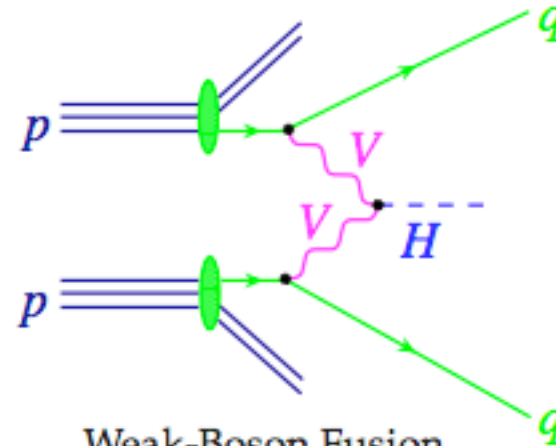
Cross Sections

Norm 30 fb-1	signal	backgr
None	4350	170190
a) Trigger & at least one lepton	1430	53733
b) Di - lepton Veto	1267	48853
c) Hadronic Tau	182	4768
d) N Jets	132	4207
e) MET Cut	89	2608
f) Collinear Approximation	56	1510
g) Transverse Mass	43	1258
h) Opposite Hemi	36	688
i) Centrality	33	349
j) Tagging jet separation	20	65
k) Mjj cut	18	39
l) Jet Veto	15	19

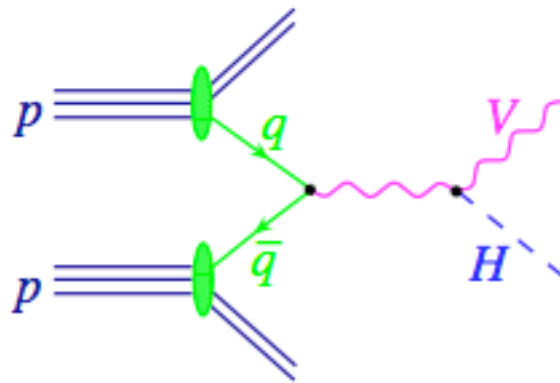
Higgs Production Modes at Hadron Colliders



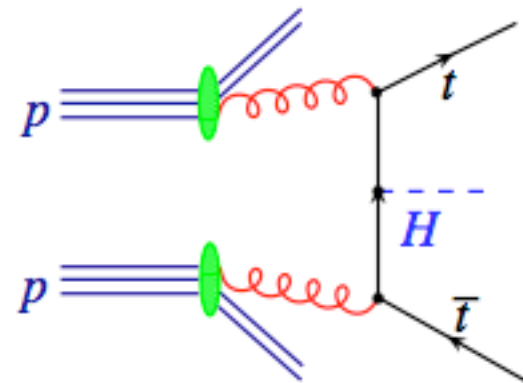
Gluon fusion



Weak-Boson Fusion



Higgs Strahlung



$t\bar{t}H$