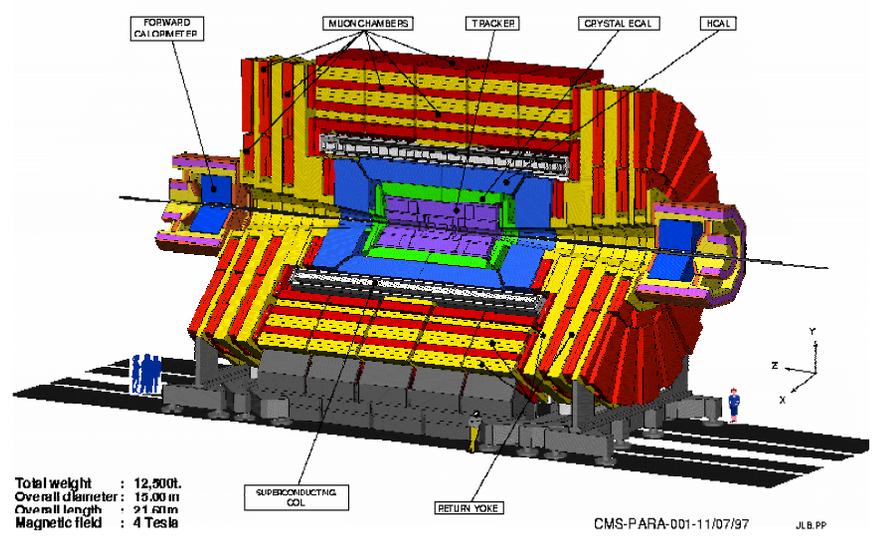
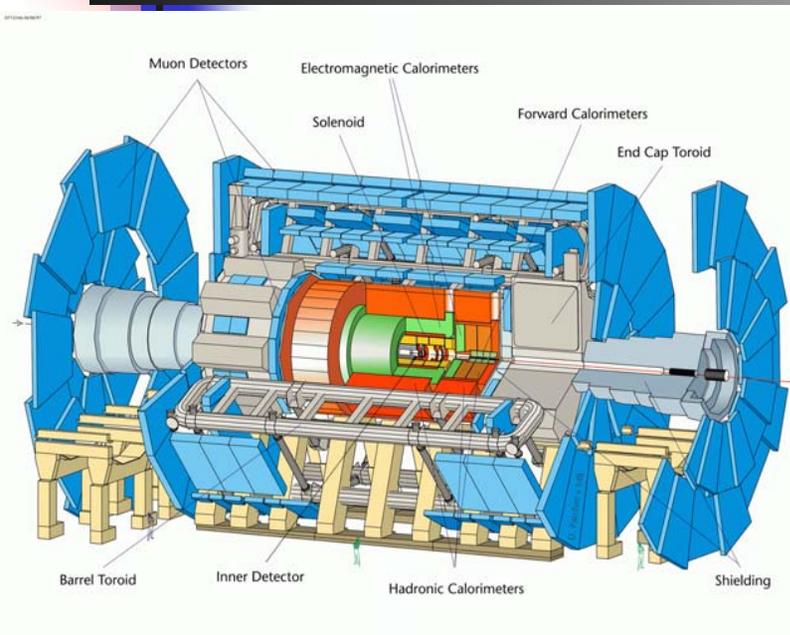


# SM e MSSM Higgs ad LHC



Simone Gennai

INFN Sez. di Pisa & Scuola Normale Superiore

Evelin Meoni

Evelin Meoni, Università' della Calabria

18/10/2004

INFN & Università degli Studi della Calabria

# Sommario

## Higgs Standard Model

- I limiti sulla massa del SM Higgs
- Processi di produzione e decadimento del SM Higgs ad LHC
- Studio dei canali piu' promettenti per la scoperta del SM Higgs ad LHC

## Higgs MSSM

- Processi di produzione e decadimento del MSSM Higgs ad LHC
- Studio dei canali di decadimento principali per MSSM Higgs ad LHC

## Problematiche allo start-up

- Gli studi preliminari sui detector fondamentali per la scoperta del Higgs
- L'impatto dello staging dei detector sulla scoperta del Higgs

# I limiti della massa del SM Higgs

Il Modello Standard non fa alcuna previsione teorica sulla massa del Higgs

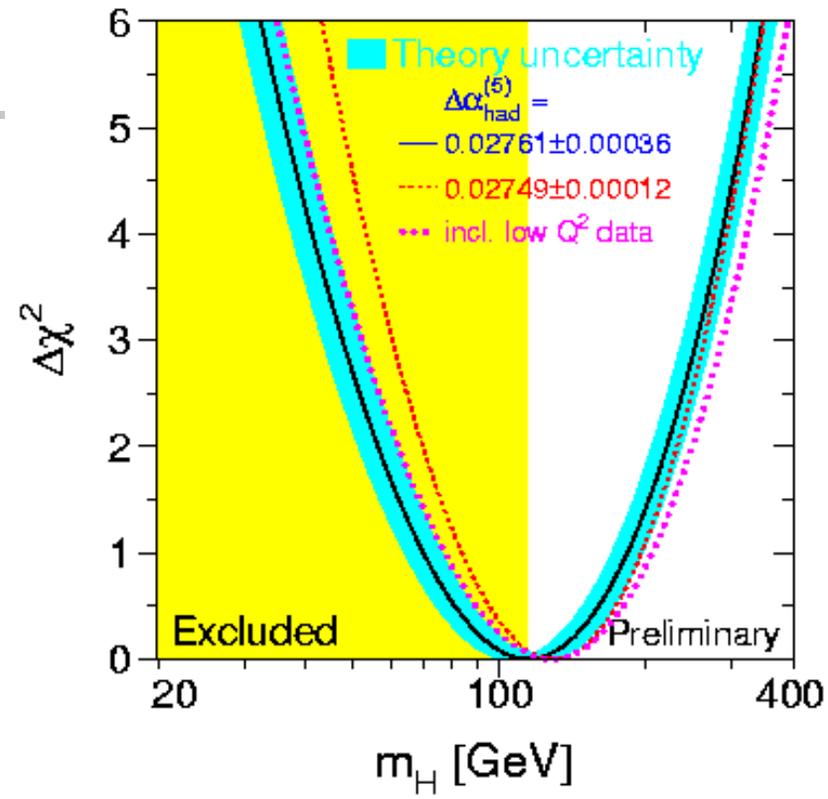
La massa del Higgs non puo' comunque essere  $>1$  TeV (per preservare l'unitarietà)

Da misure sperimentali indirette (misure di precisione sui parametri elettrodeboli a LEP2, Tevatron, SLAC) si ha :

$M_H < 251 \text{ GeV}/c^2$  (95% C.L.)

Da ricerche sperimentali dirette (misura combinata degli esperimenti di LEP2) si ha:

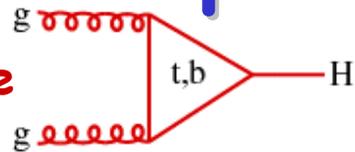
$M_H > 114.4 \text{ GeV}/c^2$  (95% C.L.)



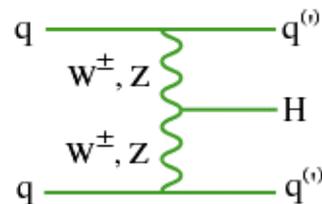
sita' della

# I processi di produzione del SM Higgs

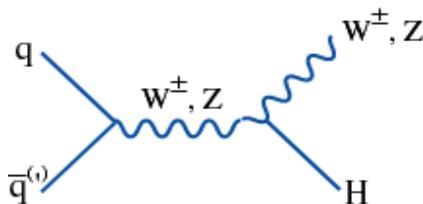
Fusione gluone-gluone



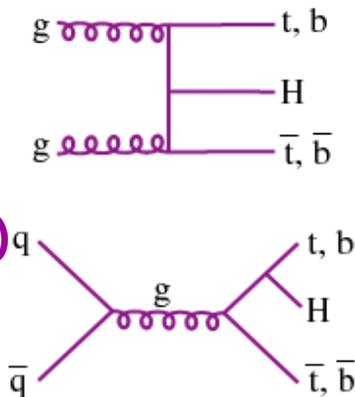
Fusione dei Bosoni Vettori (VBF)



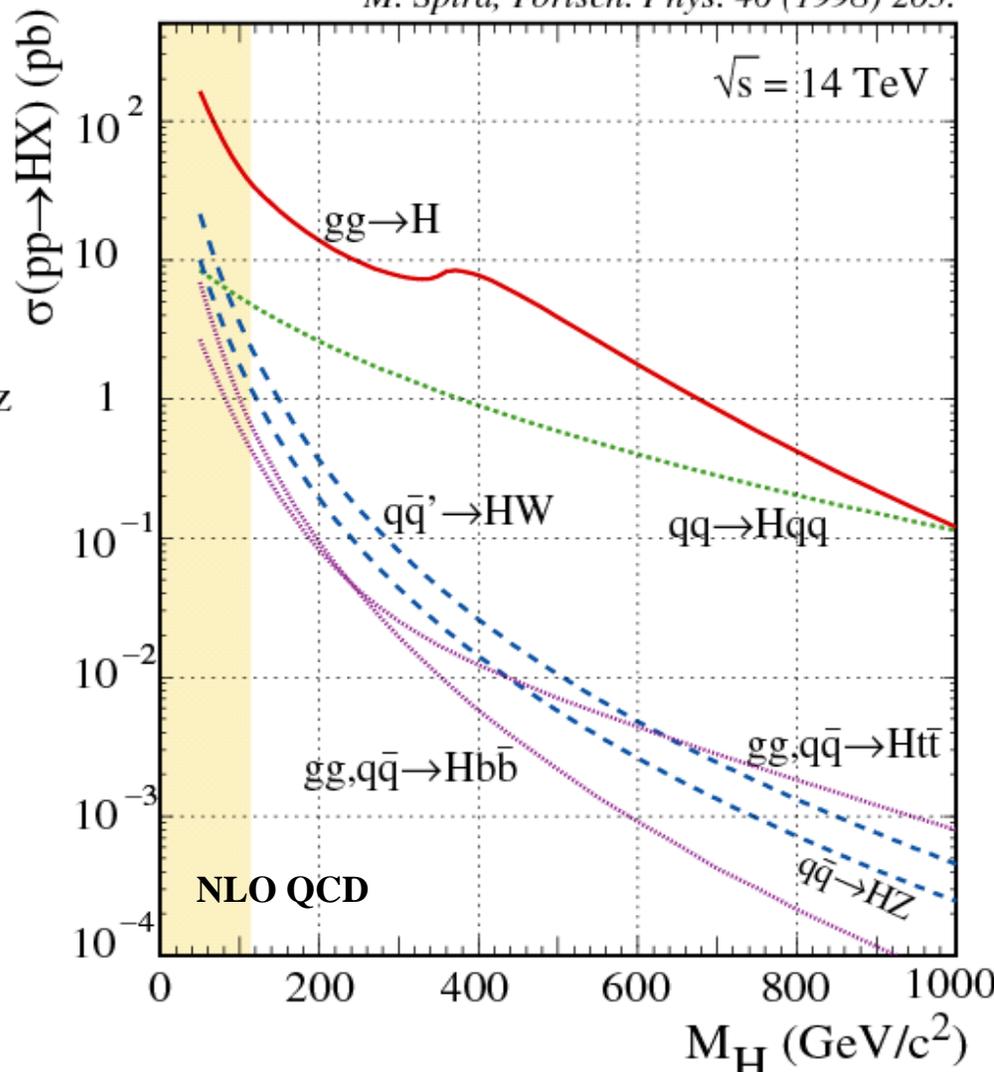
Bremsstrahlung di W / Z



Produzione associata a quark pesanti (t/b)

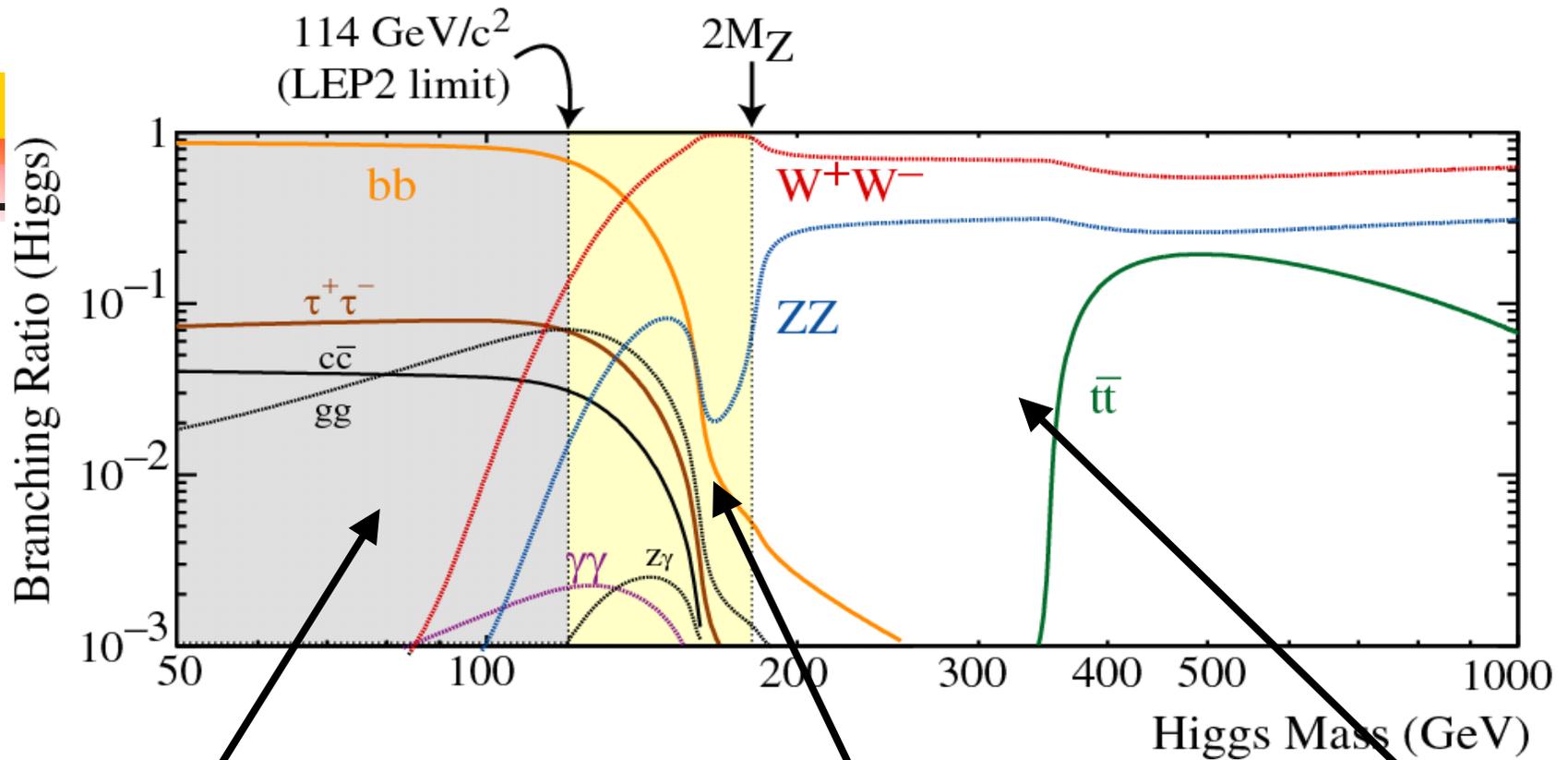


M. Spira, Fortsch. Phys. 46 (1998) 203.



Il processo dominante e' la fusione g-g, per  $M_H < 2M_Z$  il processo VBF costituisce il 20% della sezione d'urto totale

# I processi di decadimento del SM Higgs



Range di basse masse ( $M_H < 130$  GeV)

$H \rightarrow b\bar{b}$  e  $H \rightarrow \gamma\gamma$  (Golden Channel)

Range intermedio  
( $130 < M_H < 2M_Z$ )

$H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$

e  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4 \text{ lep}$

Range di alte masse  
( $M_H > 2M_Z$ )

$H \rightarrow WW \rightarrow l\nu jj$

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \text{ lep}$   
(Golden Channel)

# I canali piu' promettenti

Canali inclusivi ( $gg \rightarrow H$ ):

$$H \rightarrow \gamma\gamma$$

$$H \rightarrow ZZ(*) \rightarrow 4l, ll\nu\nu$$

$$H \rightarrow WW(*) \rightarrow ll\nu\nu, lvjj$$

Canale esclusivo  
(produzione associata):

$$H \rightarrow b\bar{b} \text{ in } ttH, WH$$

Higgs prodotto mediante VBF:

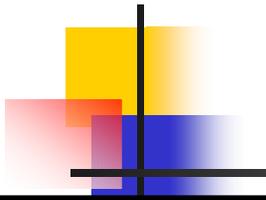
$$qqH \rightarrow \tau\tau \rightarrow lv\nu lv\nu, lv\nu \text{ had-}\tau$$

$$\rightarrow \gamma\gamma$$

$$\rightarrow WW(*) \rightarrow lvlv, lvjj$$

$$\rightarrow ZZ(*) \rightarrow ll\nu\nu, lljj$$

# Qualche osservazione ...



## I Monte Carlo

Aspetti cruciali: conoscenza delle Funzioni di Distribuzione dei Partoni, trattazione della radiazione di QCD, calcolo accurato delle sezioni d'urto (NLO-NNLO)

## La simulazione del detector e i codici di ricostruzione

Sono necessari studi di fisica con la nuova full simulation ed i codici di ricostruzione completa (work in progress!)



I fondi sono :  $\gamma\gamma$ ,  $\gamma\text{jet}$ ,  $\text{jet-jet}$

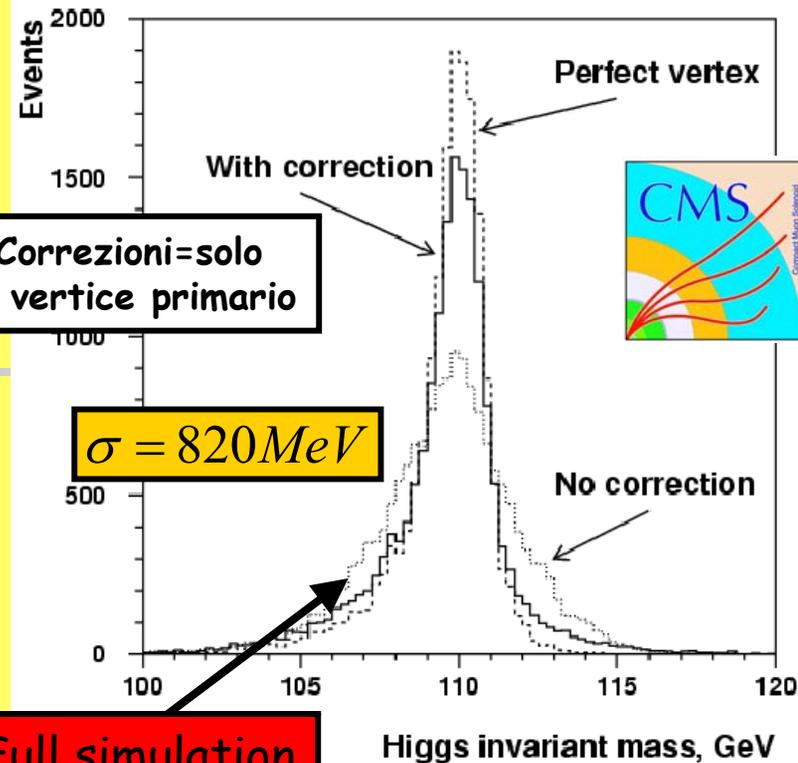
E' necessaria una buona reiezione di fotoni fake

Il **recupero dei fotoni convertiti** e l'**individuazione del vertice primario** migliorano di molto la risoluzione in massa

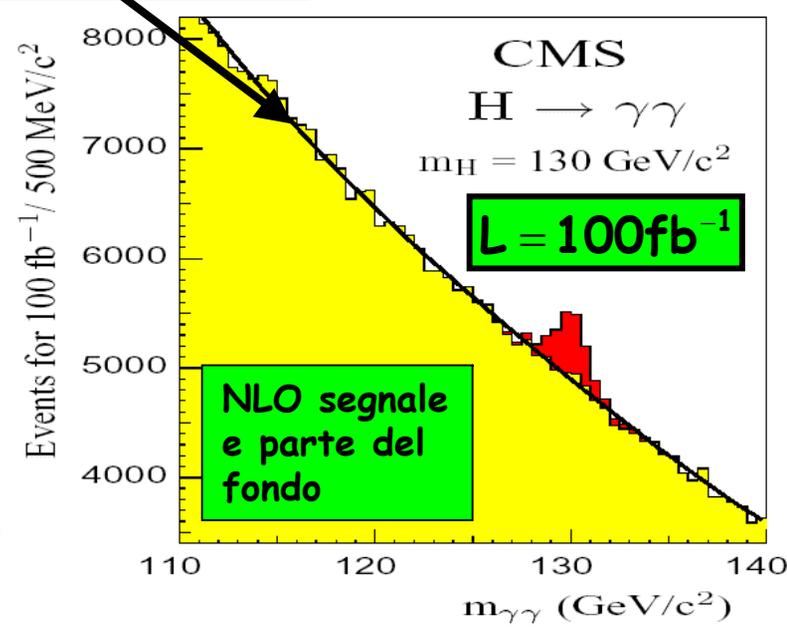
E' il canale che permette la migliore misura della massa dello Higgs. Si puo' ottenere una precisione migliore dell'1% CMS (~1% ATLAS) per masse del bosone tra i 100 e i 150 GeV

E' necessaria una  $L \sim 30-40 \text{ fb}^{-1}$  per una significanza di  $5\sigma$

L'analisi del canale VBF e la produzione associata con un jet migliora la significanza



Full simulation

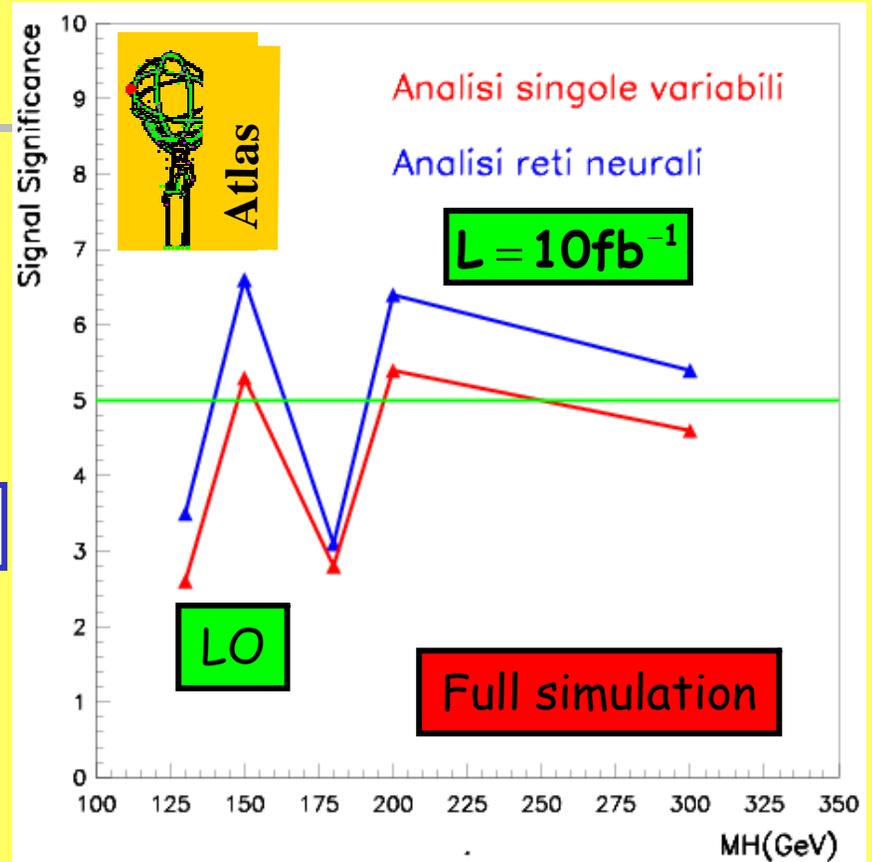


# $H \rightarrow ZZ(*) \rightarrow 4l$

I fondi principali sono :  $ZZ \rightarrow 4l$ ,  $ZZ \rightarrow \tau\tau ll$ ,  $Zb\bar{b} \rightarrow 4l+X$ ,  $t\bar{t} \rightarrow 4l+X$

Analisi con tagli in cascata su singole variabili (masse delle 2 Z e variabili di isolamento)

Rete neurale con le 2  $M_Z$  e  $M_H$



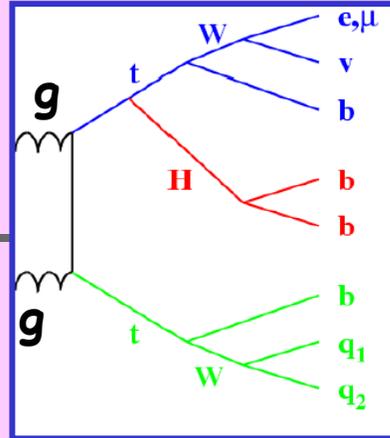
Altri sviluppi :

• 2 Reti neurali (o likelihood): una con le 2  $M_Z$ ,  $P_{T_H}$  e le variabili angolari (solo se l'Higgs ha spin zero e  $CP=+1$ ), l'altra con le variabili di isolamento

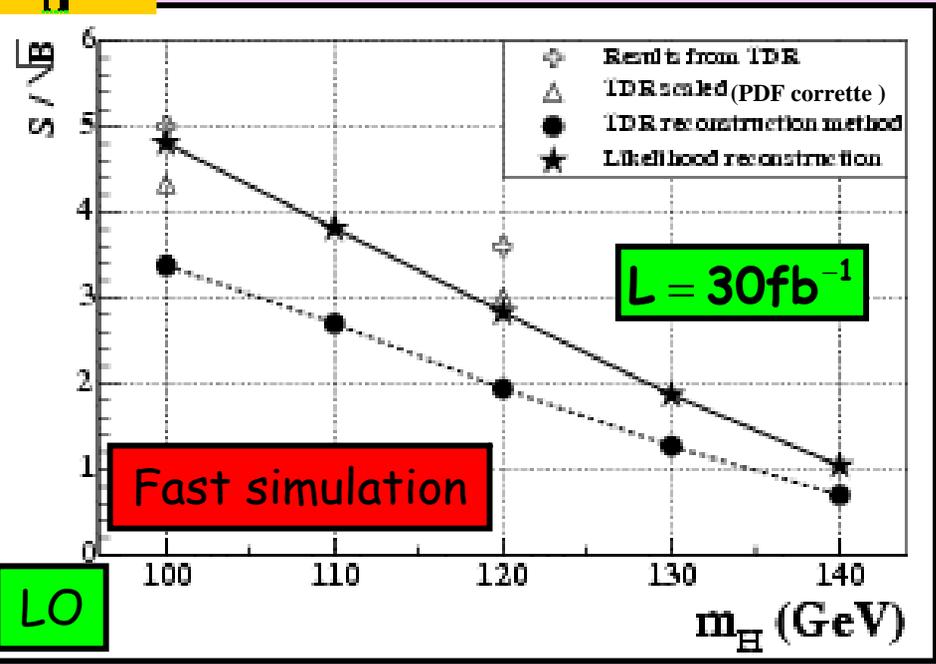
# $H \rightarrow bb$ in $ttH$ (1)



Atlas



I fondi principali sono:  $ttbb$ ,  $tt+jets$

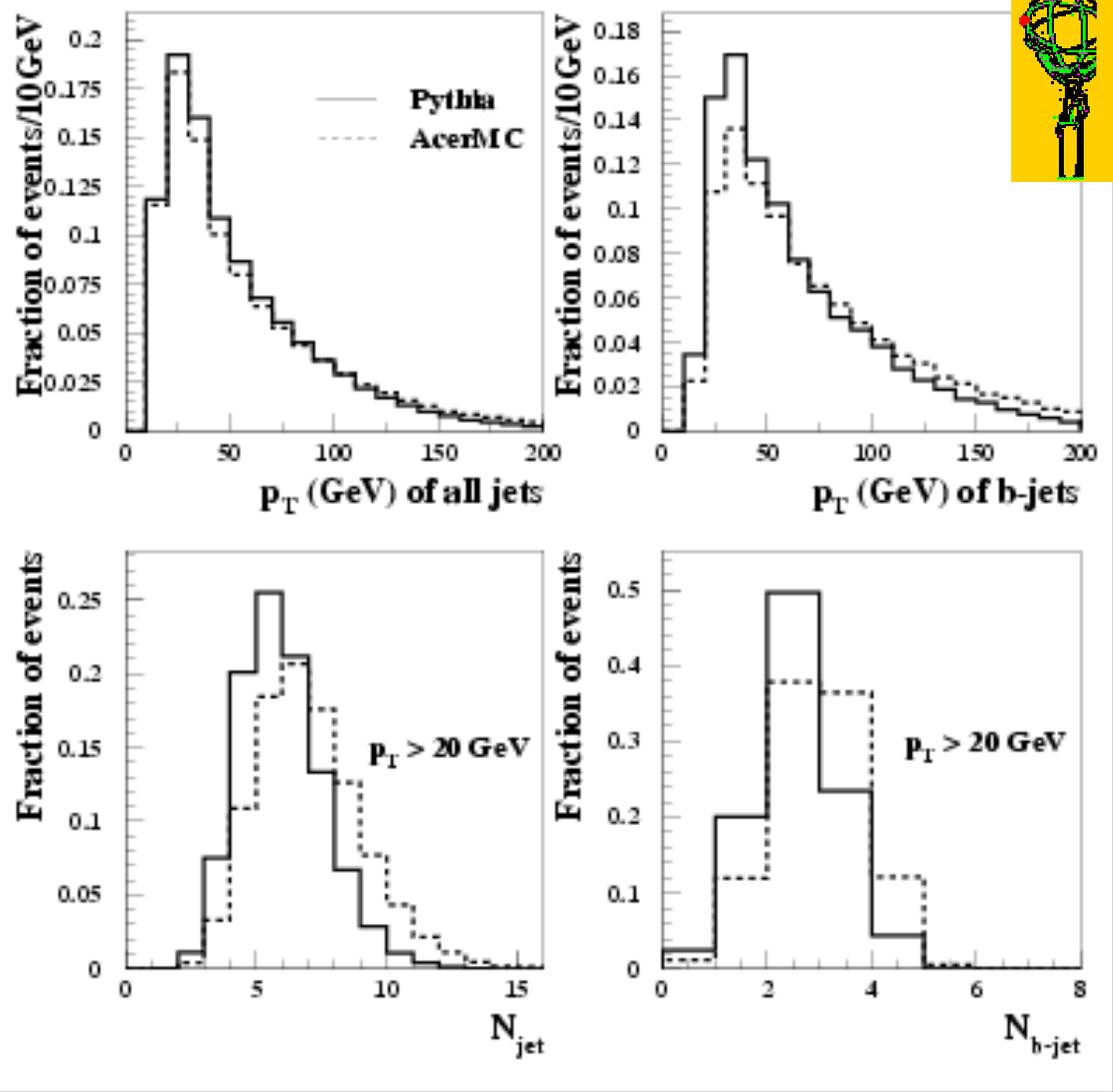


Tagli su singole variabili (come TDR) → Deterioramento medio di ~45% della significanza rispetto al TDR (differenti PDF e **descrizione piu' corretta per il fondo  $ttbb$**  ).

Likelihood (Una per l'accoppiamento dei jet ed un'altra per la rejezione del fondo) → Recupero della significanza dello stesso ordine(43%).

**CMS** presenta risultati migliori di **ATLAS** ma non tiene conto di tutti i fondi ed usa PDF differenti → riscalando i risultati sono compatibili

# Il fondo ttbb: i Monte Carlo(2)



Fondo ttbb generato con:

Pythia (nel TDR)

**AcerMC**

Generatore specifico per i fondi dei processi SM ad LHC



Anche CMS sta effettuando confronti tra generatori differenti:  
Pythia, COMPHEP, Alpgen

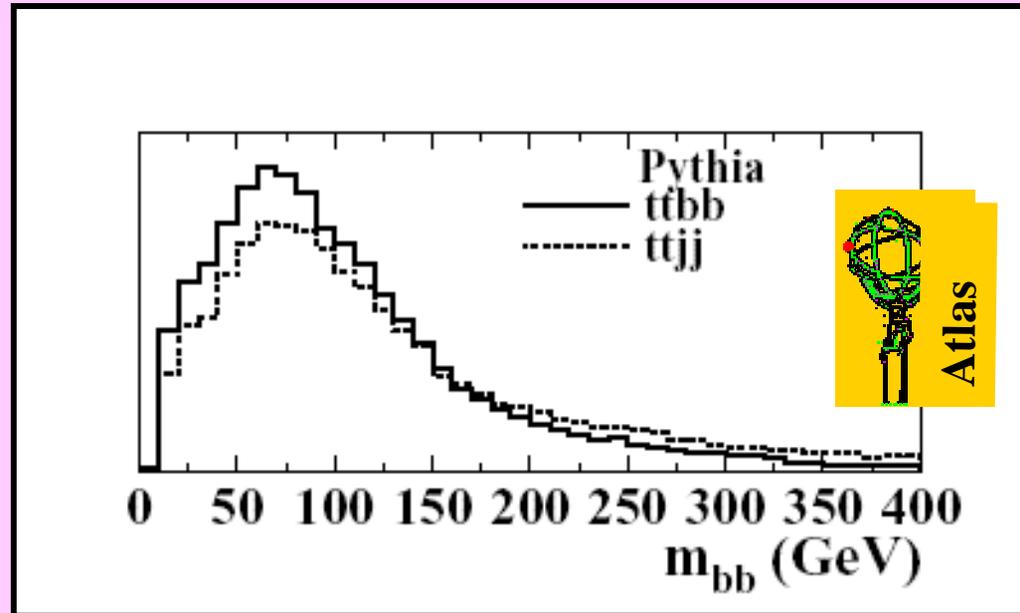
# Il fondo $tt+jets$ (3)

Metodo per determinare forma e livello del bkg dai dati:

Si seleziona un control sample dai dati:

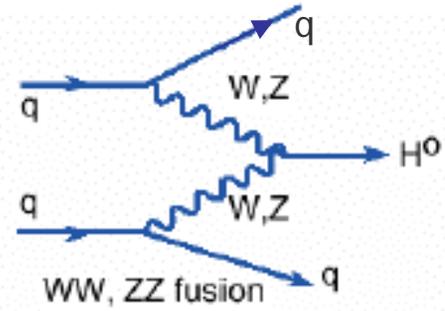
$ttjj \rightarrow l\nu b jjb jj$  e si corregge la forma usando il MC

Il livello si ricava da sidebands della distribuzione  $m_{bb}$

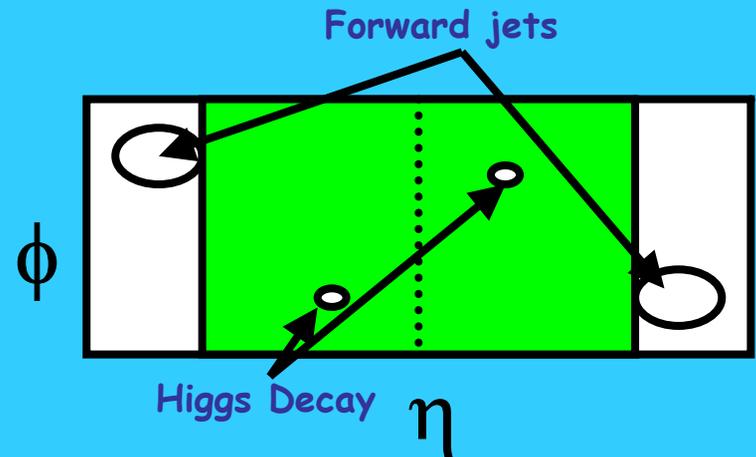


Con tale metodo è attesa un'incertezza sul fondo di  $\sim 10\%$  per  $L=30\text{fb}^{-1}$

# VBF



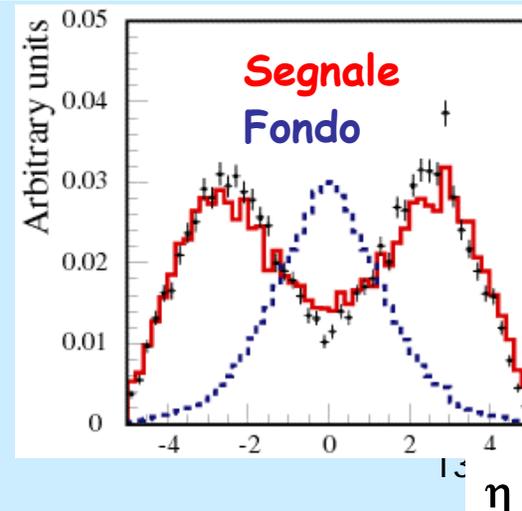
La produzione VBF comporta uno stato finale con segnatura distintiva : i due quark iniziali hanno un piccolo angolo di scattering ne consegue una segnatura ad alti  $\eta$  ed una soppressione dell'attività adronica nella zona centrale dovuta alla mancanza di scambio di colore



## Strategia di analisi tipica per un canale VBF:

- 2 jet ad alto  $p_T$  con grande separazione in  $\eta$
- I prodotti di decadimento del Higgs giacciono fra i 2 jet
- Jet veto nella zona centrale
- Cutoff sulla massa invariante dei 2 jet ( $M_{jj} > 0.6 - 1 \text{ TeV}$ )

rsita' della



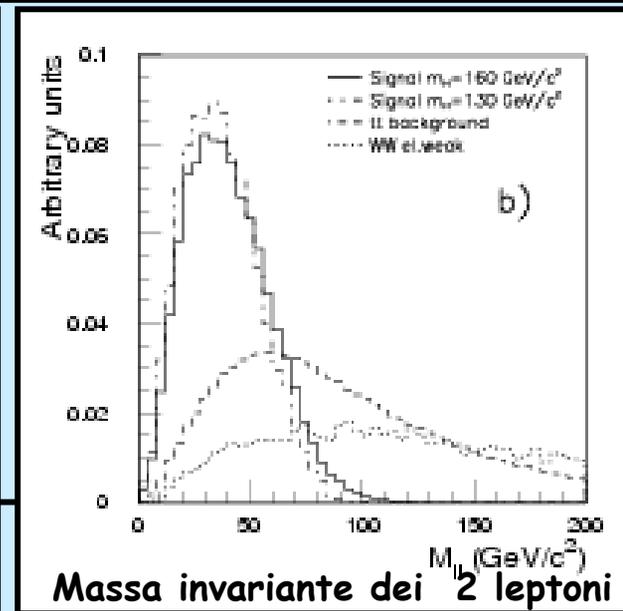
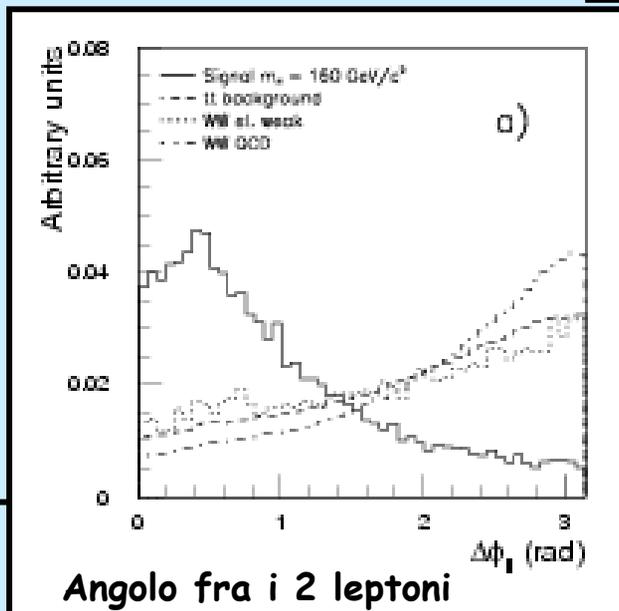
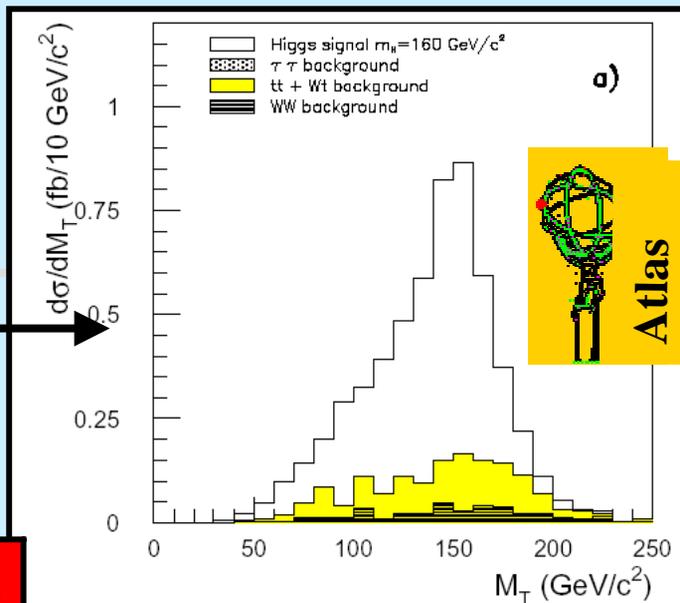
# VBF: $H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow \ell\nu \ell\nu$ (1)

I fondi sono  $tt, tW, WW+jets, Z/\gamma^*+jets$

Si puo' ricostruire solo la massa trasversa dell'Higgs

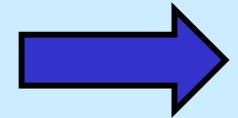
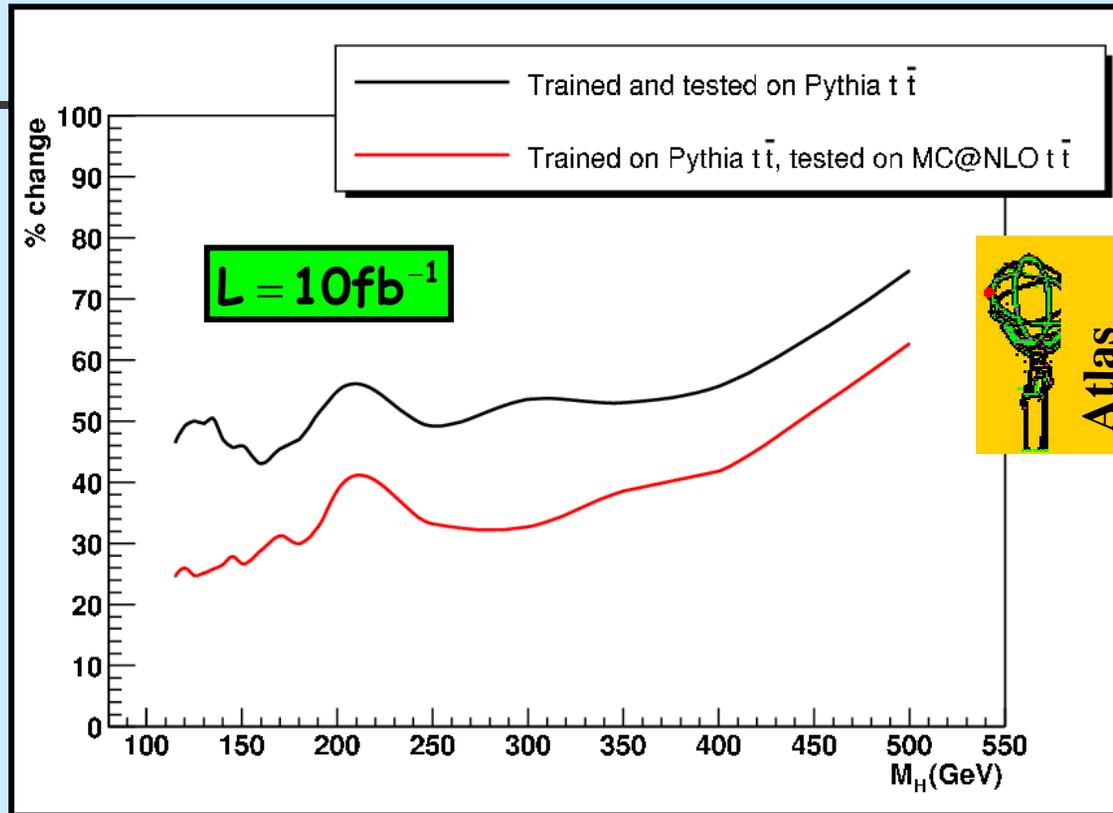
Fast simulation

- Tagli VBF
- b-jet e  $\tau$ -jet veto
- Taglio su  $P_T$  miss
- Tagli sui leptoni



Già ad una  $L=10\text{fb}^{-1}$  si ha una significanza  $>5\sigma$  per  $130 < M_H < 210$  GeV combinando con  $H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow \ell\nu jj$

# VBF: $H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow \ell\nu \ell\nu$ (2)

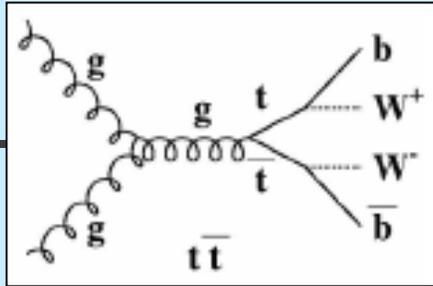


L'utilizzo di tecniche multivariate porta ad un **miglioramento fra il 20% e il 50%** a seconda di  $M_H$  rispetto all'analisi precedente

# Il fondo ttbar: i Monte Carlo(3)



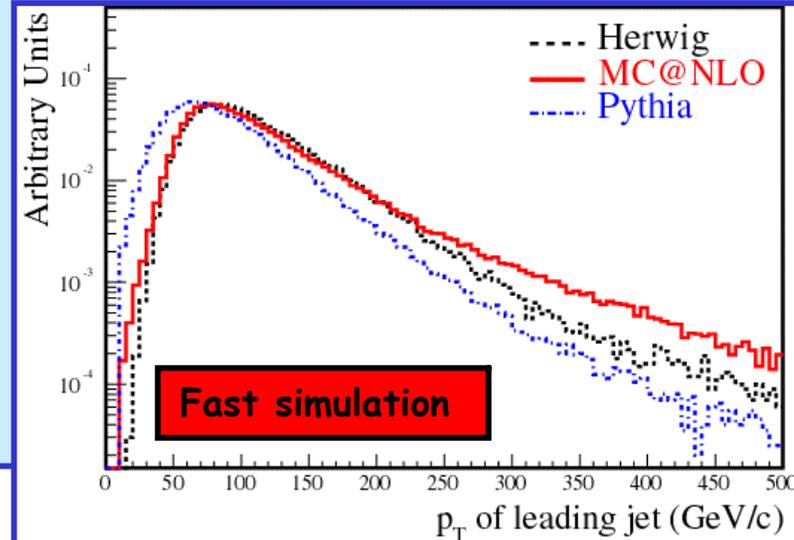
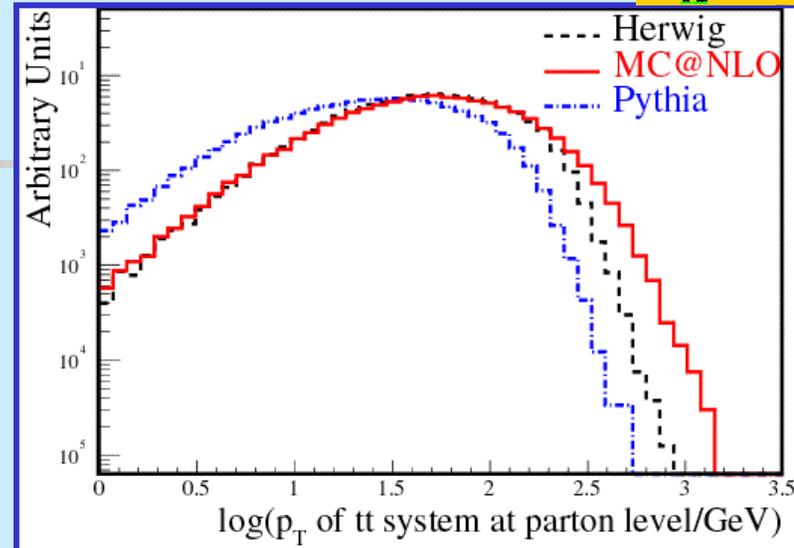
Il fondo principale del canale  $H \rightarrow WW^* e'$  e' costituito da  $tt\bar{t} + 1jet$



Fondo generato con 3 MC :  
Pythia - Herwig - **MC@NLO**

Pythia e Herwig usano il Matrix Element al Leading Order (LO) combinato con un'approssimazione Parton Shower(PS) per gli ordini successivi

**MC@NLO** combina PS con i calcoli al Next To Leading Order (NLO)



Le distribuzioni in  $p_T$  mostrano notevoli differenze, Tuttavia le variazioni della significanza sono contenute (al livello di 10%)

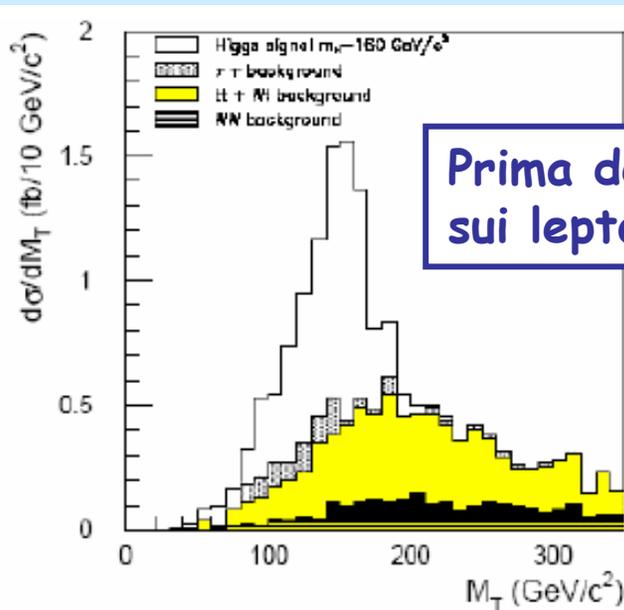
# La normalizzazione del fondo (4)



Bisogna normalizzare i MC direttamente dai dati. 2 idee:

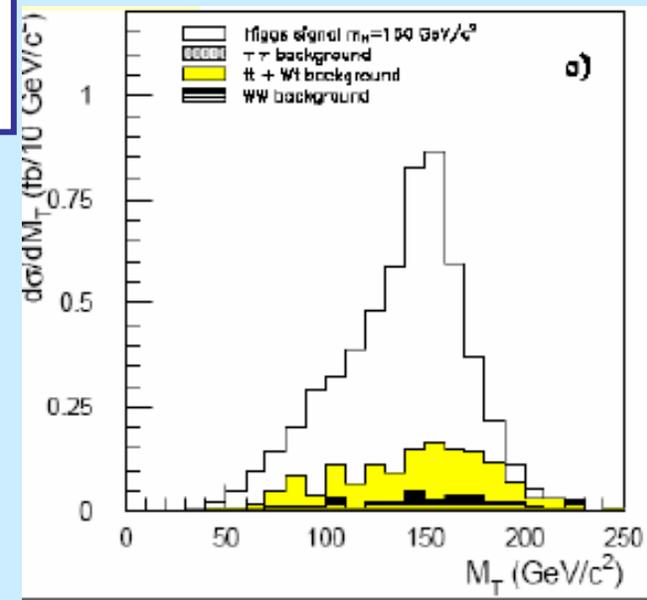
1) Control sample:  $t\bar{t}$  →  $l\nu b$   $j\bar{j}b$

2) Si applicano a segnale e fondi, i tagli precedenti tranne quelli sui leptoni, il livello di bkg si ottiene mediante normalizzazione ad alte masse trasverse, sotto il picco il livello si deduce a partire da un MC che descrive la forma del fondo



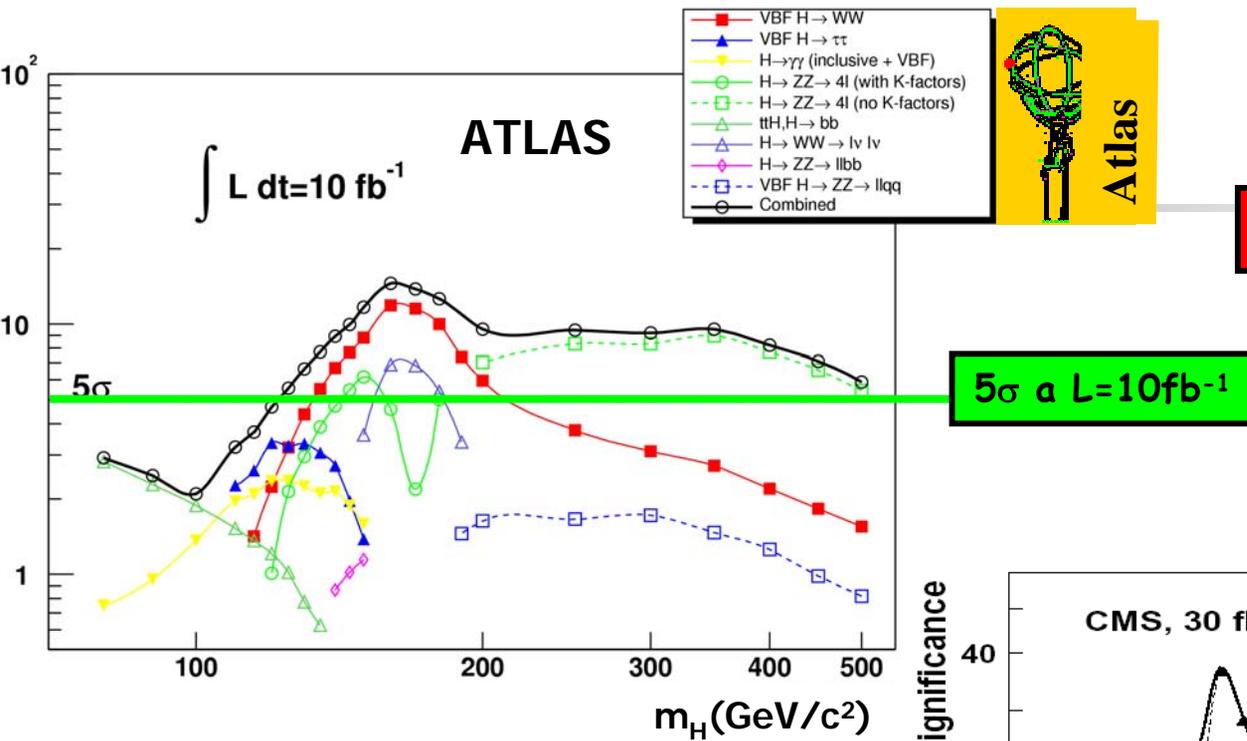
Dopo dei tagli sui leptoni

Fast simulation



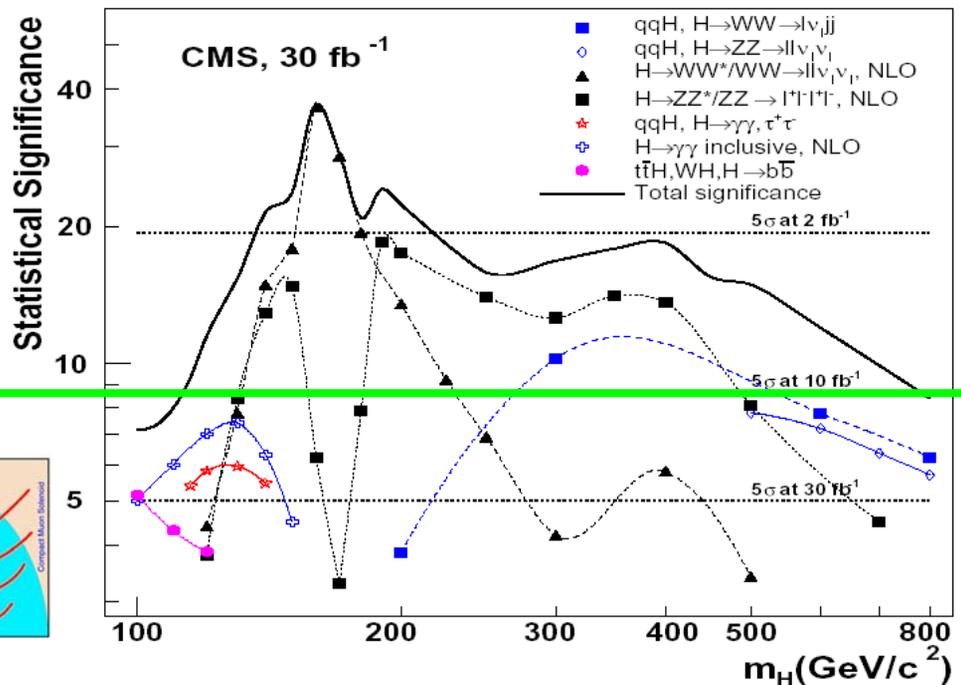
Ad una luminosità integrata di  $10\text{fb}^{-1}$  si puo' ottenere una incertezza statistica sulla normalizzazione del fondo di circa il 10%

# Il potenziale di scoperta



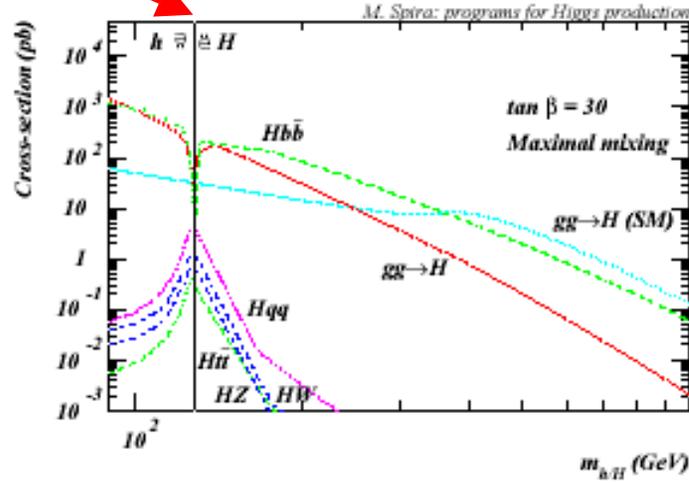
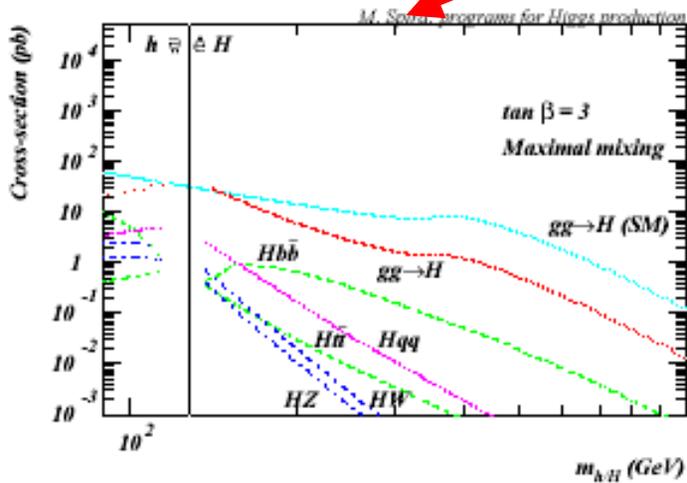
Fast simulation

**5 $\sigma$  a  $L=10\text{fb}^{-1}$**



# Produzione degli MSSM Higgs ( $h^0, H^0, A, H^\pm$ )

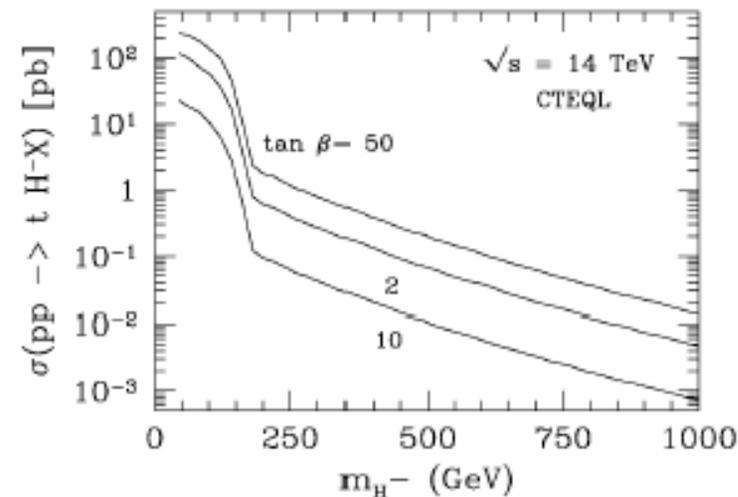
## Produzione h e H



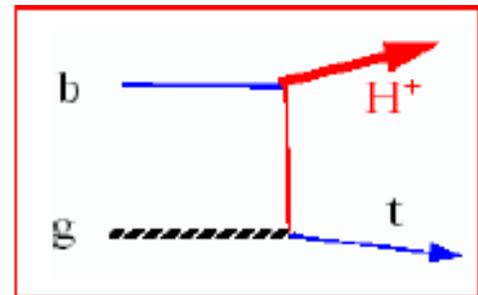
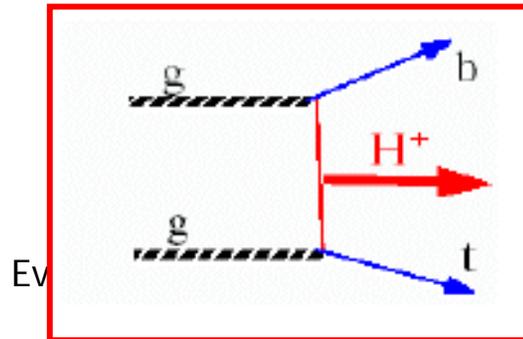
Per bassi  $\tan \beta$   
domina  $gg \rightarrow h/H$   
Per alti  $\tan \beta$   
 $h/Hbb$  e' importante  
La VBF e' bassa  
per alti  $\tan \beta$

Analogo a  $h/H$   
A pero' non si  
accoppia con  $W/Z \rightarrow$   
Non e' possibile la  
produzione VBF

## Produzione $H^\pm$



I principali meccanismi di produzione sono:  
 $gg, qq \rightarrow tbH^\pm$  e  $gb \rightarrow H^\pm$



# I canali di decadimento piu' promettenti

$h \rightarrow \gamma\gamma$  (inclusivo, Wh, tth e VBF)

$h \rightarrow bb$  (Wh e tth)

$bbh \rightarrow bb\mu\mu$

$h \rightarrow \tau\tau$  (VBF)

$h \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

$H/A \rightarrow \tau\tau \rightarrow l\nu l\nu, l\nu + \text{jet}, \text{jet-jet}$   
(inclusivo o in bbH)

$H/A \rightarrow \mu\mu$  (inclusivo o in bbH)

$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

$A \rightarrow Zh$  con  $h \rightarrow bb$

$H/A \rightarrow \tilde{\chi}_i^0 \tilde{\chi}_i^0, \tilde{\chi}_i^\pm \tilde{\chi}_i^\pm$

(se le particelle supersimm. sono accessibili)

$H^\pm \rightarrow tb$

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

$H^\pm \rightarrow Wh$  (piccoli  $\tan\beta$ )

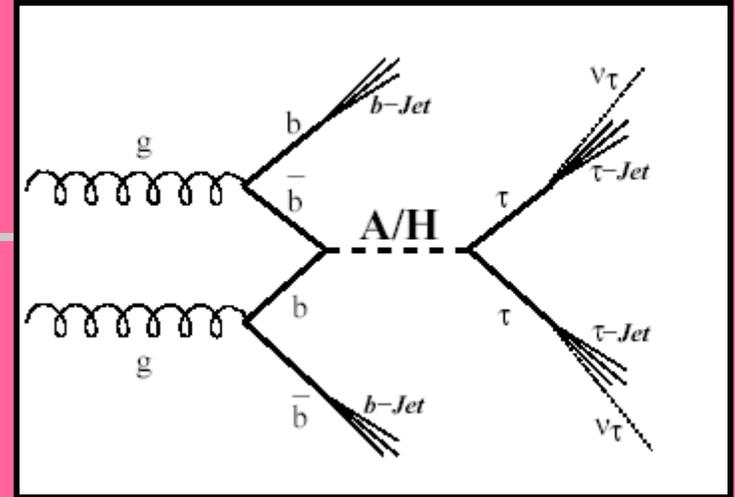
$H^\pm \rightarrow \tilde{\chi}_i^\pm \tilde{\chi}_i^0$  (se le particelle supersimm. sono accessibili)

# $H/A \rightarrow \tau\tau$

Stati finali:

$lvv+lvv, lvv+had, had+had$

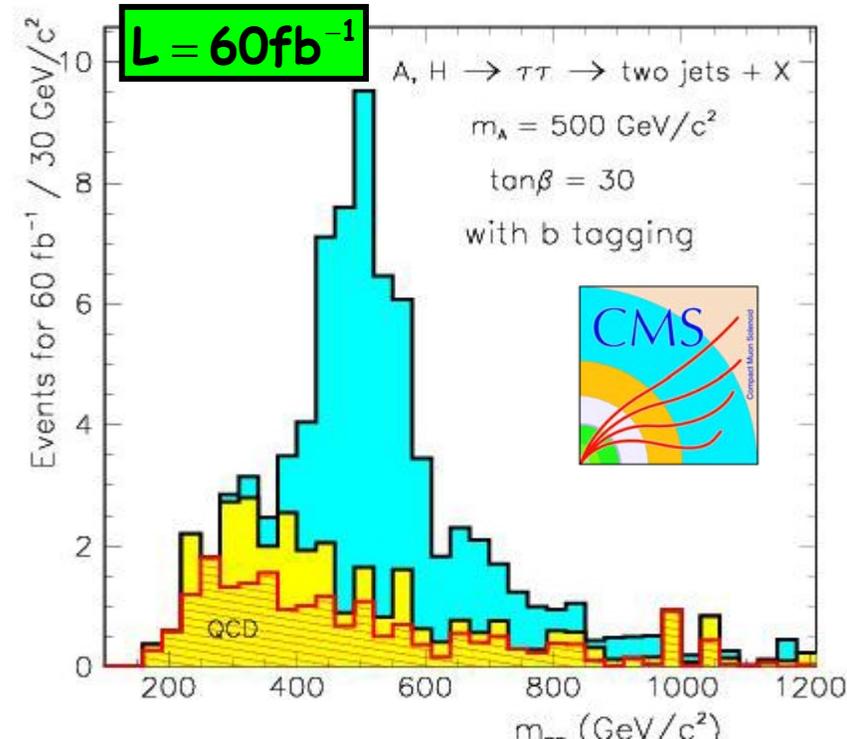
Fondi principali per had+had:  
 $W+jet, tt, Z+jet, QCD jet$



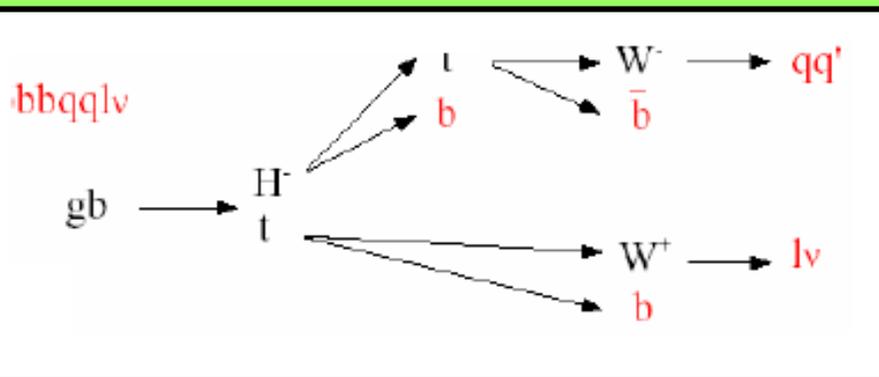
Studi approfonditi sulle strategie di trigger per rigettare la QCD: combinazione calorimetria+ tracker

(Full Simulation)

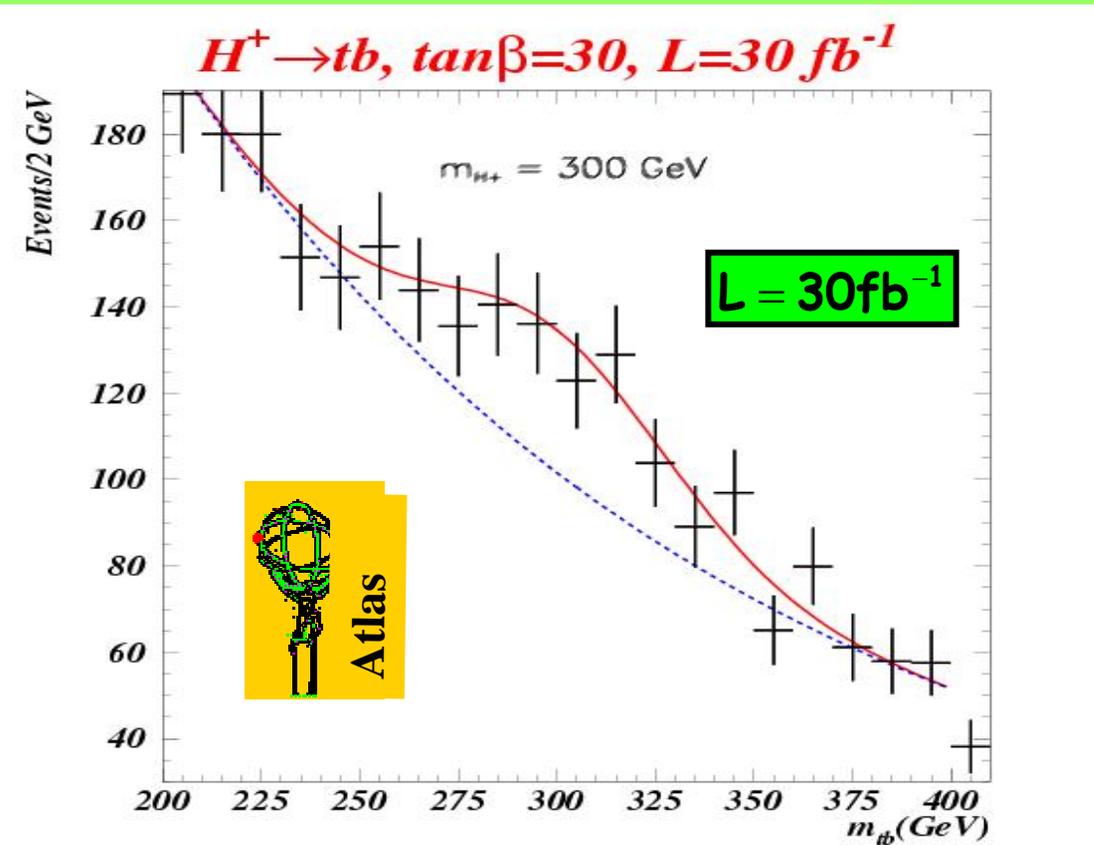
Selezione: 2 τ-jet taggati ben separati angularmente ed 1 b-jet taggato



# $H^\pm \rightarrow tb$

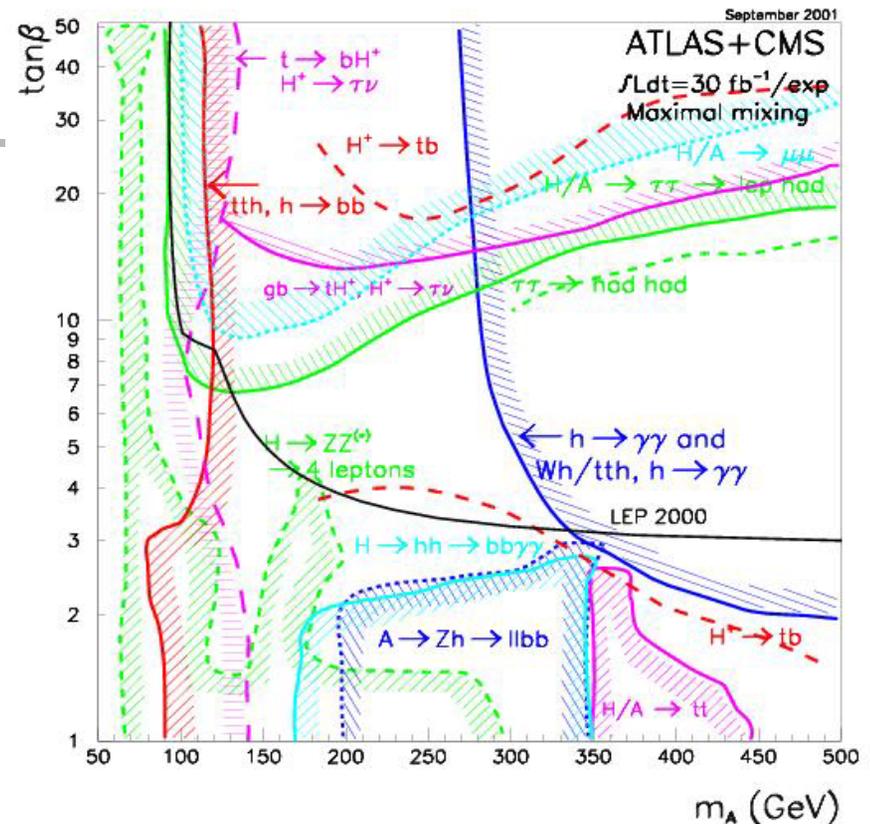
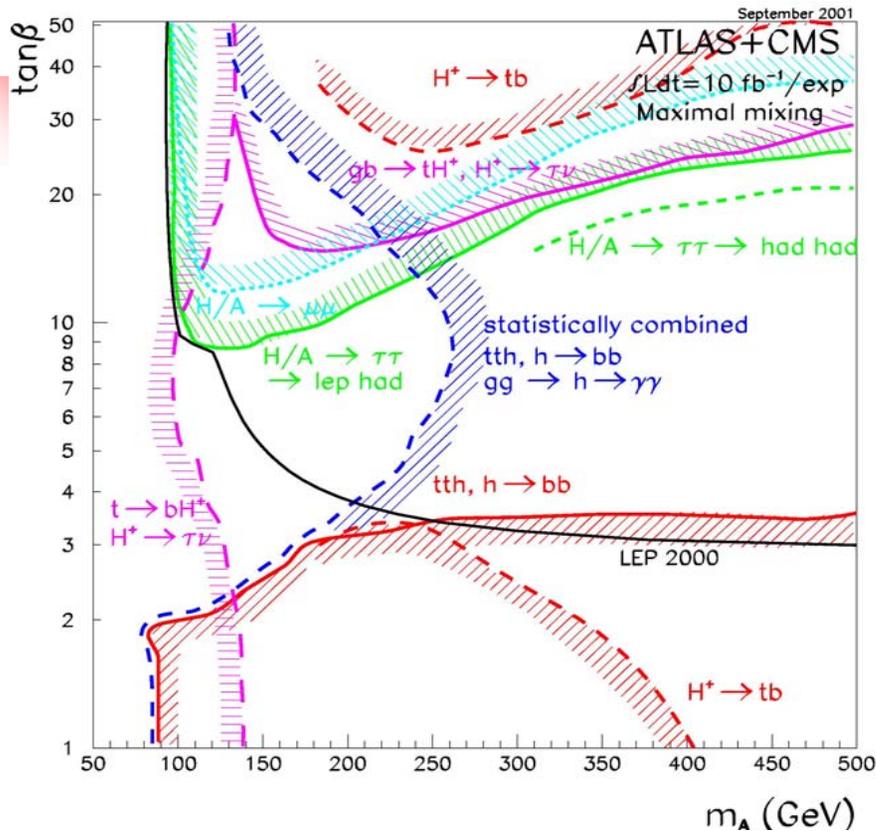


I fondi principali sono:  $t\bar{t}b$ ,  $t\bar{t}q$



- Il trigger e' fornito dal decadimento semileptonico del t
- 3 jet b e 2 jet no b
- Ricostruzione dei W
- Ricostruzione dei 2 t

# Il piano ( $m_A - \tan\beta$ ) a $5\sigma$



Già a  $L=10\text{fb}^{-1}$  gran parte del piano  $5\sigma$  è coperta. A  $L=30\text{fb}^{-1}$  la copertura è totale. Regione più difficile per valori medi di  $\tan\beta$  e  $M_A$ , per una larga parte di piano solo  $h$  rivelabile

# Il primo periodo di data taking

Calibrazioni e controlli	Campione	Eventi su nastro a $L=10\text{fb}^{-1}$
Performance ID (Scala dell'impulso, calibrazione intermodulo, E/p)	$Z \rightarrow ee$	$10^7$
	$Z \rightarrow \mu\mu$	$10^7$
Performance calorimetro ECAL (Scala di energia dell' ECAL, E/p)	$Z \rightarrow ee$	$10^7$
	$W \rightarrow e\nu$	$10^8$
Performance calorimetro HCAL (Scale di energia dei jet)	$W \rightarrow jj$ ( $t \bar{t} \rightarrow Wb \ Wb \rightarrow l\nu \ jj \ b$ )	$10^6$
Performance spettrometro (Scala di momento dei $\mu$ )	$Z \rightarrow \mu\mu$	$10^7$
	$W \rightarrow \mu\nu$	$10^8$
Altri item: separazione e/jet e $\gamma$ /jet, $\tau$ -tag ,b-tag ,calibrazione $E_T$ mancante, MC tuning ecc		

# Un esempio : $H \rightarrow \gamma\gamma$



Per poter osservare il picco di segnale sul fondo è necessaria una risoluzione in massa dell' 1%

E' necessario che il termine costante della risoluzione in energia del calorimetro EM sia  $C_{TOT} < 0.7\%$

$$C_{TOT} = C_L \oplus C_{LR}$$

dove  $C_L = 0.5\%$  è legato alla risoluzione dei singoli moduli (misura di testbeam)

$C_{LR}$  è legato alla risoluzione su lungo range (variazioni da modulo a modulo, differenti materiali a monte)

Per correggere le disuniformità su larga scala si calibra il calorimetro EM con eventi  $Z \rightarrow ee$ . In modo tale che  $C_{LR} < 0.4\%$  (necessari 250e per regione)

Nell' ipotesi PESSIMISTICA di disuniformità dei singoli moduli e mancata calibrazione, si ha :  $C_L = 1.3\%$  e  $C_{LR} = 1.5\%$  ovvero  $C_{TOT} = 2\%$

Si ha una degradazione della significanza per  $H \rightarrow \gamma\gamma$  di  $\sim 25\%$  per  $m_H = 115 \text{ GeV}$ , ovvero è necessaria un aumento di luminosità integrata di  $\sim 50\%$

# Impatto dello staging dei detector sul Higgs

Parte del detector mancante	Impatto principale durante il primo run su	Effetto
Uno dei 3 pixel layer, non quello b (ID)	$ttH \rightarrow ttbb$	~8% di perdita in significanza
Gap scintillators (Calorimetro EM)	$H \rightarrow 4e$	~8% di perdita in significanza
MDT EES/EEL (Spettrometro)	$A/H \rightarrow 2\mu$	~5% di perdita in significanza per $M_H \sim 300\text{GeV}$



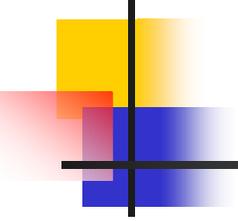
Atlas

Per compensare tali effetti sarà necessario un **aumento della luminosità integrata di circa 10-15%**

Evelin Meoni, Università della

# Conclusioni

- Con  $10 \text{ fb}^{-1}$  integrati (ATLAS + CMS) si puo' pensare di scoprire un **SM Higgs nel range di massa tra  $\sim 115$  e  $\sim 700 \text{ GeV}$** 
  - A patto che gli apparati siano calibrati e allineati
- LHC sarà in grado di esplorare il settore degli Higgs del MSSM per una **regione molto ampia nello piano  $M_A - \tan\beta$**  già nel primo anno di presa dati
- La scoperta dell'Higgs deve essere "robusta" rispetto alle **sistematiche indotte dalla conoscenza dei fondi** (fondamentali: analisi con MC "realistici", tuning degli MC dai dati)
- L'utilizzo di **tecniche multivariate** (Likelihood e Reti Neurali) migliora il potenziale di scoperta rispetto ad analisi con tagli su singole variabili
- ATLAS e CMS stanno cominciando a valutare **l'impatto delle calibrazioni iniziali e dello "staging" del rivelatore** sulle scoperta dell'Higgs



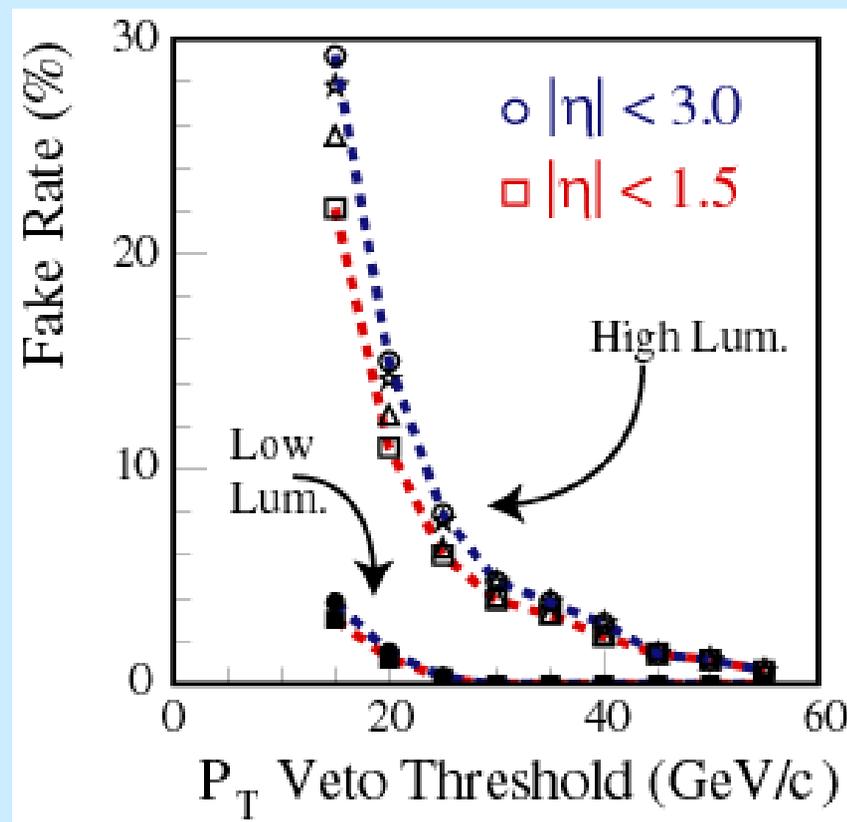
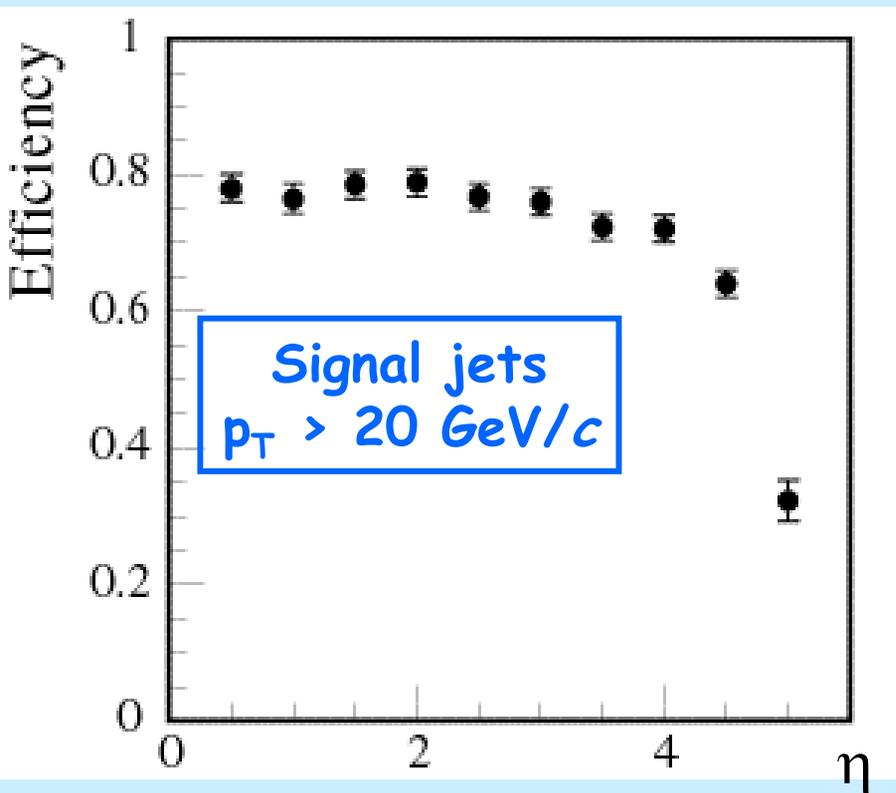
---

# DISCUSSIONE

# VBF: le performance del detector



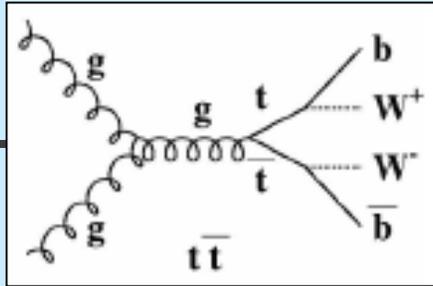
E' fondamentale ai fini dello studio dei canali di decadimento attraverso VBF una buona efficienza di ricostruzione dei jets ed una buona reiezione da jet di pile-up nella zona centrale e nelle zone forward



# Il fondo ttbar: i Monte Carlo(3)



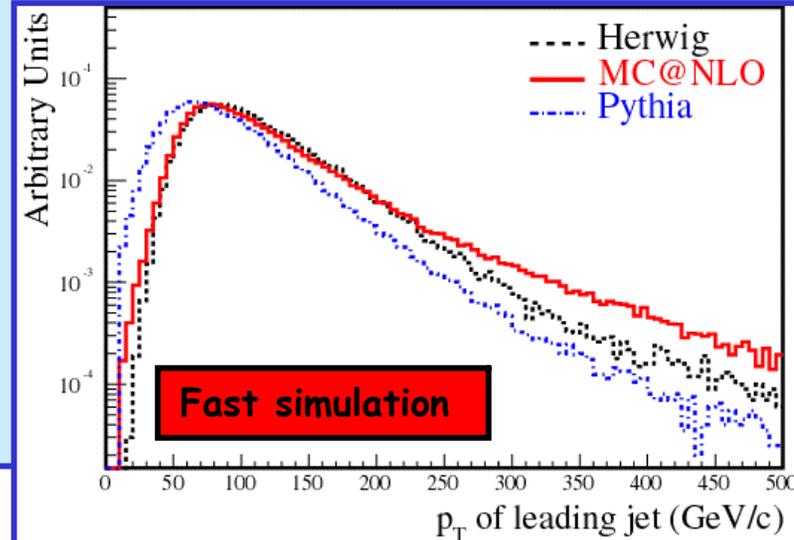
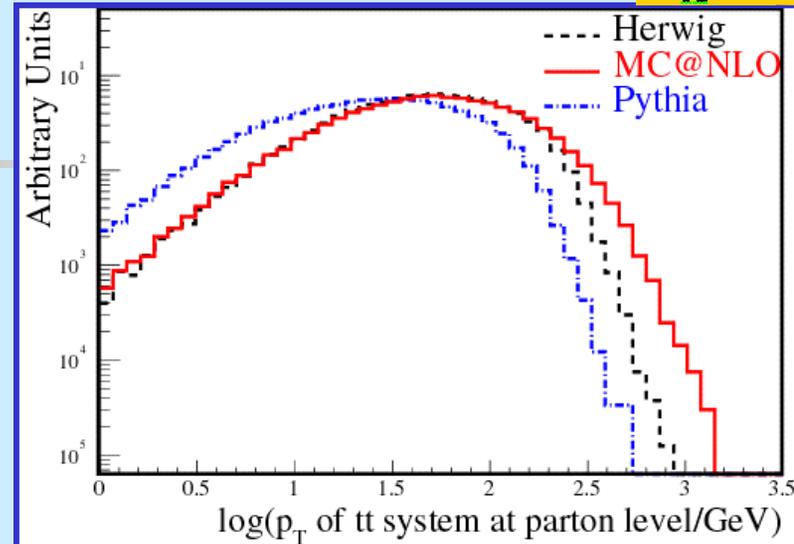
Il fondo principale del canale  $H \rightarrow WW^* e'$  è costituito da  $tt\bar{t} + 1\text{jet}$



Fondo generato con 3 MC :  
Pythia - Herwig - **MC@NLO**

Pythia e Herwig usano il Matrix Element al Leading Order (LO) combinato con un'approssimazione Parton Shower(PS) per gli ordini successivi

**MC@NLO** combina PS con i calcoli al Next To Leading Order (NLO)

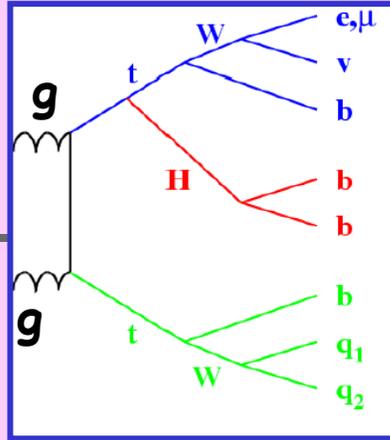


Le distribuzioni in  $p_T$  mostrano notevoli differenze, Tuttavia le variazioni della significanza sono contenute (al livello di 10%)

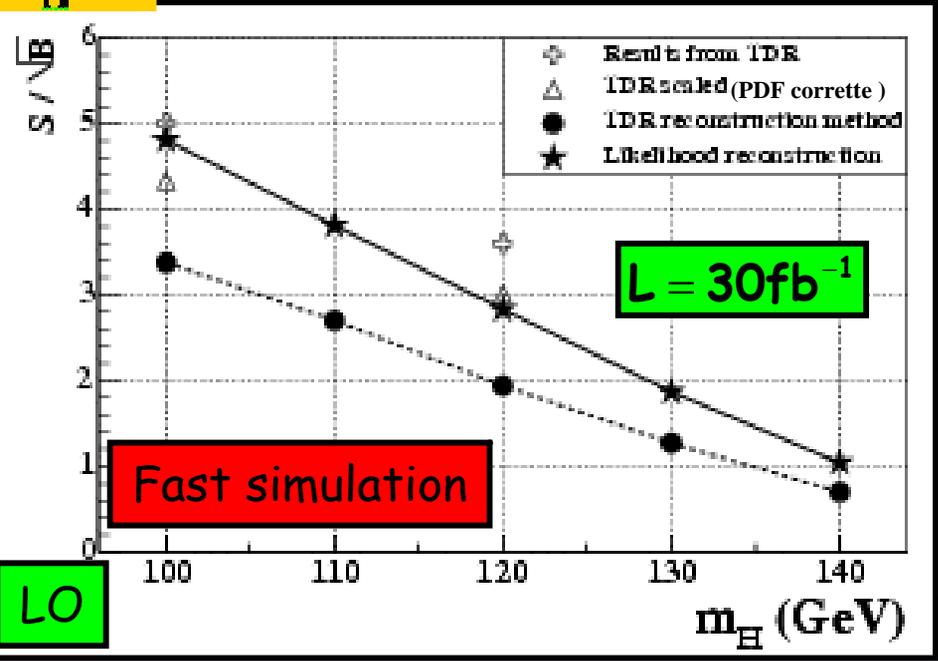
# $H \rightarrow bb$ in $ttH$ (1)



Atlas



I fondi principali sono:  $ttbb$ ,  $tt+jets$



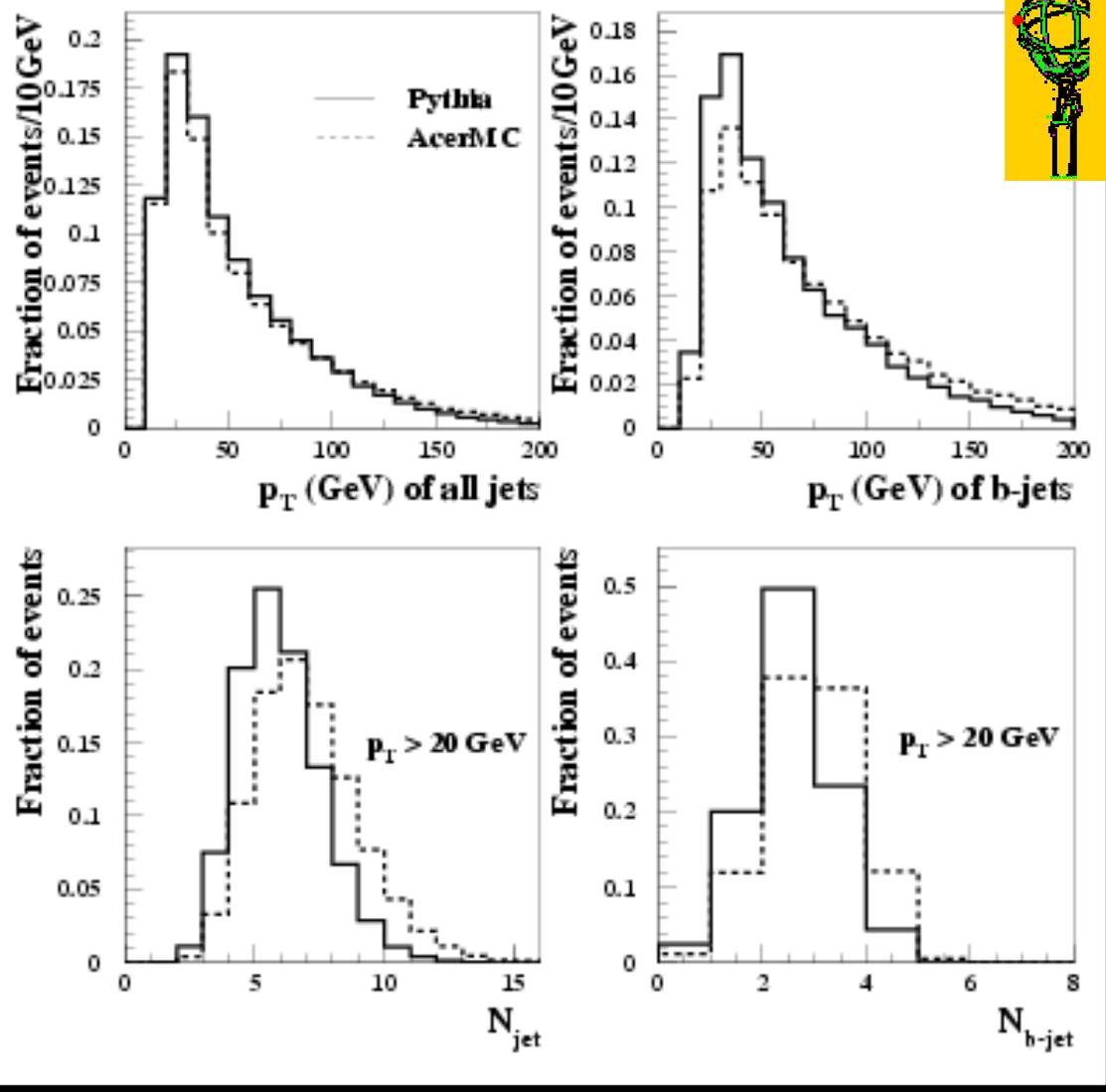
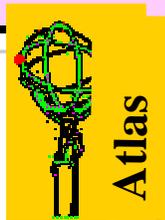
Tagli su singole variabili (come TDR) → Deterioramento medio di ~45% della significanza rispetto al TDR (differenti PDF e **descrizione piu' corretta per il fondo  $ttbb$** ).

Likelihood (Una per l'accoppiamento dei jet ed un'altra per la rejezione del fondo) → Recupero della significanza dello stesso ordine(43%).

**CMS** presenta risultati migliori di **ATLAS** ma non tiene conto di tutti i fondi ed usa PDF differenti → riscalando i risultati sono compatibili



# Il fondo ttbb: i Monte Carlo(2)



Fondo ttbb generato con:

Pythia (nel TDR)

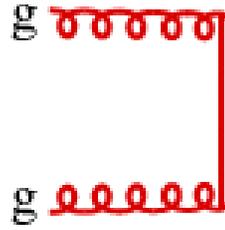
**AcerMC**

Generatore specifico per i fondi dei processi SM ad LHC



Anche CMS sta effettuando confronti tra generatori differenti:  
Pythia, COMPHE, Alpgen

# $H \rightarrow \tau\tau$ con un jet associato

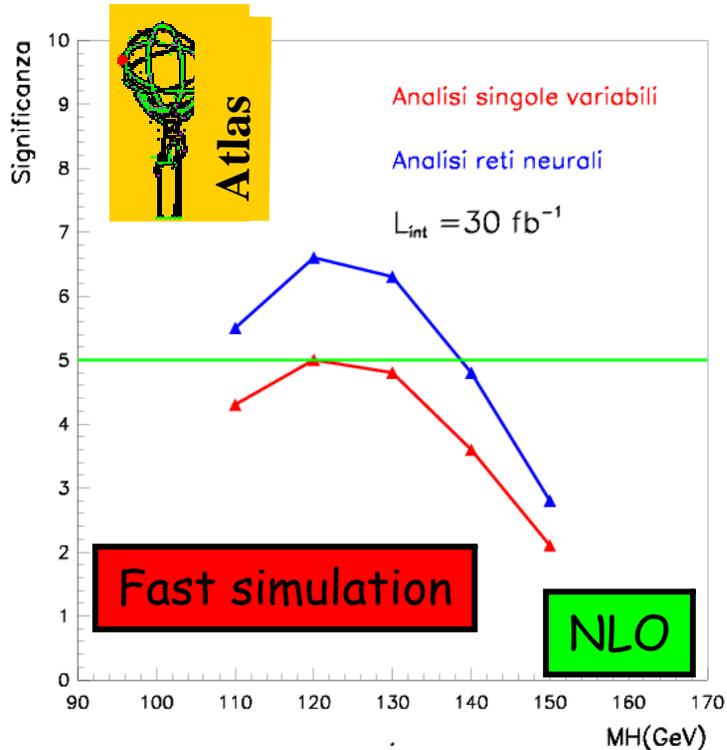


$H + 1$  jet ad alto  $p_T$  emesso dal gluone o dal top

Con  $H \rightarrow \tau\tau \rightarrow l\nu\nu l\nu\nu$

Se Higgs e' prodotto con alto  $p_T \rightarrow$  Higgs e jet back to back

I fondi principali sono :  $t\bar{t} + X - Z/\gamma^* + X$



Analisi piu' facile rispetto al canale VBF: richieste meno stringenti sul jet tag nella regione forward - Tagli piu' stringenti invece sul veto di jet centrali e sul  $p_T$  dei jet

Il  $p_T$  del Higgs è una delle variabili discriminanti

# Tabella riassuntiva

Canale	Fondo principale	S/B	Sistematiche sul fondo per $5\sigma$	Tecniche proposte e commenti
H- $\rightarrow\gamma\gamma$	Irreduc. $\gamma\gamma$ Riducibile $\gamma j$	2-3%	0.4%	Side-bands stat Err $\sim 0.5\%$ per 30-100 fb $^{-1}$
ttH H- $\rightarrow bb$	ttjj	30%	6%	Mass side-bands Anti b-tagged ttjj ev. (in studio)
H- $\rightarrow ZZ^* \rightarrow 4 lep$	ZZ- $\rightarrow 4l$ e $\tau\tau ll$ Riducib. tt, Zbb	300-600%	60%	Mass side-bands Stat Err $< 30\%$ 30fb $^{-1}$
H- $\rightarrow WW^* \rightarrow ll\nu\nu$	WW*, tW	30-50%	6%	Non c'e' picco di massa (da studiare)
VBF channels In general	QCD/EW	Studio di forward jet e veto sui jet centrali		EW ZZ e WW leptónico (da studiare)
VFB H- $\rightarrow WW$	tt, WW, Wt	50-200%	10%	Studi su Z,W,WW e tt + jet con variabili discriminanti (in studio)
VBF H- $\rightarrow\tau\tau$	Zjj, $\tau\tau$	50-400%	10%	Calibrazione di Et mancante (da studiare)
MSSM (bb)H/A- $\rightarrow\tau\tau$	Z- $\rightarrow\tau\tau$ , Wj	25% tgb=15 MA=300	5%	Mass side-bands Stat Err $\sim 5\%$ 30fb $^{-1}$
MSSM (bb)H/A - $\rightarrow\mu\mu$	Z/ $\gamma^*$ - $\rightarrow\mu\mu$	12% tgb=15 MA=150	$\sim 2\%$	Mass side-bands Stat Err $\sim 2\%$ 30fb $^{-1}$

# Impatto dello staging dei detector sul Higgs

Parte del detector mancante	Impatto principale durante il primo run su	Effetto
Uno dei 3 pixel layer, non quello b (ID)	$ttH \rightarrow ttbb$	~8% di perdita in significanza
Gap scintillators (Calorimetro EM)	$H \rightarrow 4e$	~8% di perdita in significanza
MDT EES/EEL (Spettrometro)	$A/H \rightarrow 2\mu$	~5% di perdita in significanza per $M_H \sim 300\text{GeV}$

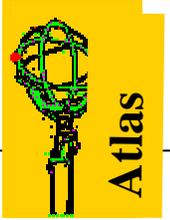


Atlas

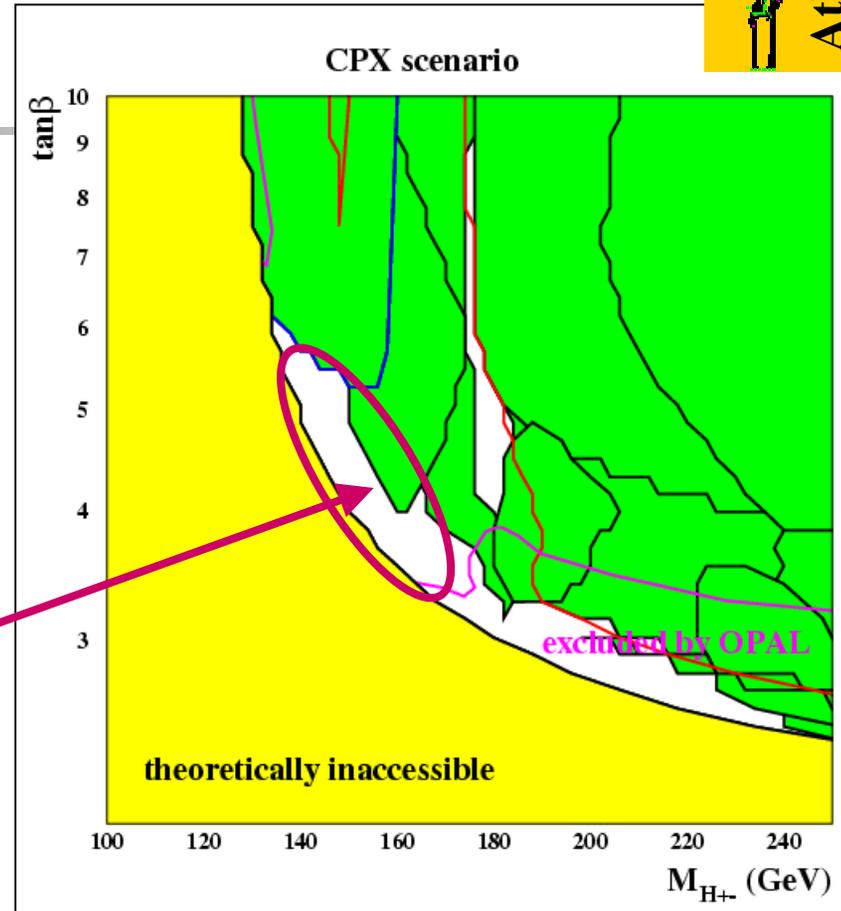
Per compensare tali effetti sarà necessario un **aumento della luminosità integrata di circa 10-15%**

Evelin Meoni, Università della

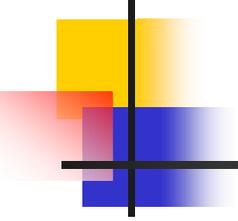
# CP SUSY Higgs



- Nuovo scenario con **violazione** degli accoppiamenti di CP particolarmente complesso suggerito dai teorici (Carena et al)
- Un  $H_1$  molto leggero potrebbe essere sfuggito alle ricerche del LEP
- La maggior parte dello spazio dei parametri e' coperto dalle ricerche esistenti
- Alcuni **buchi** sono presenti per **basse  $M_{H_1}$**  : sotto studio (potrebbero essere richieste togologie specifiche come  $H^+ \rightarrow WH_1$ )



M.Schumacher

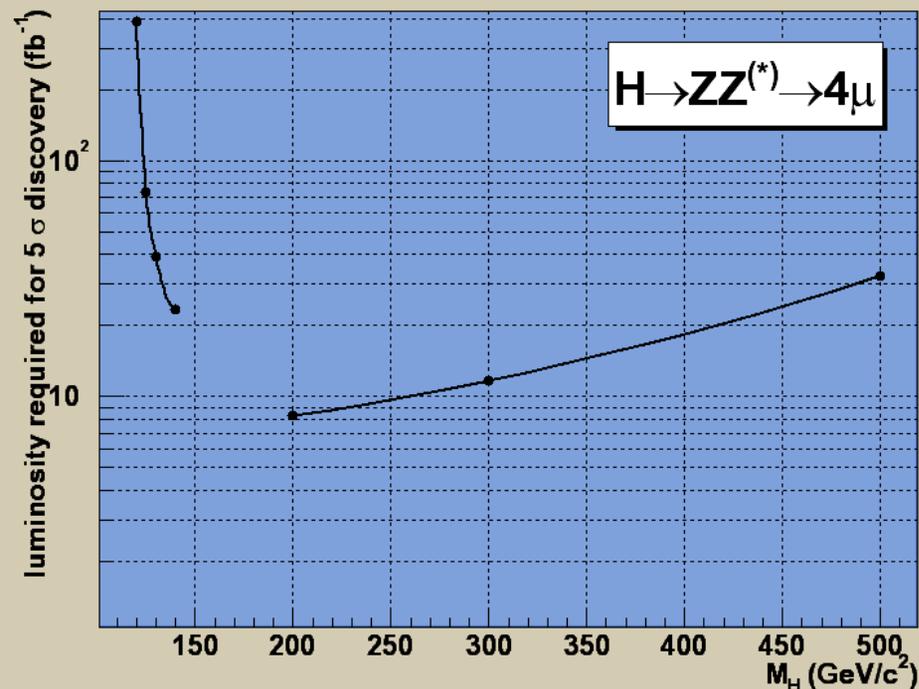


---

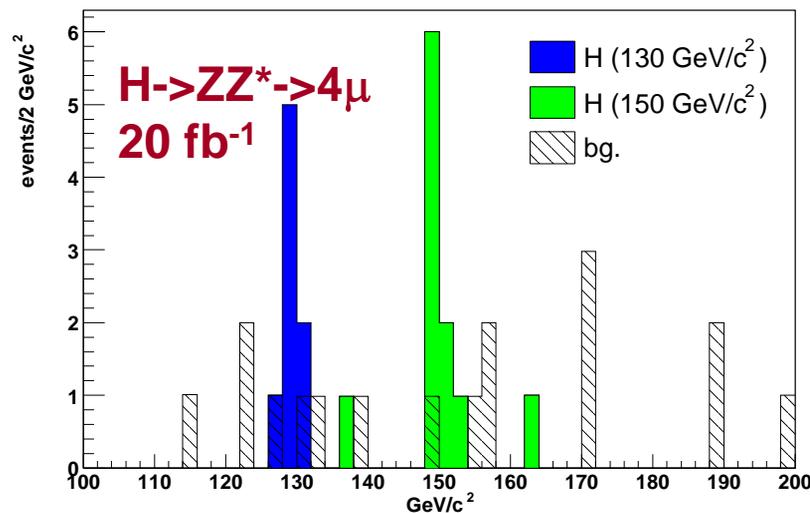
# RISERVA

---

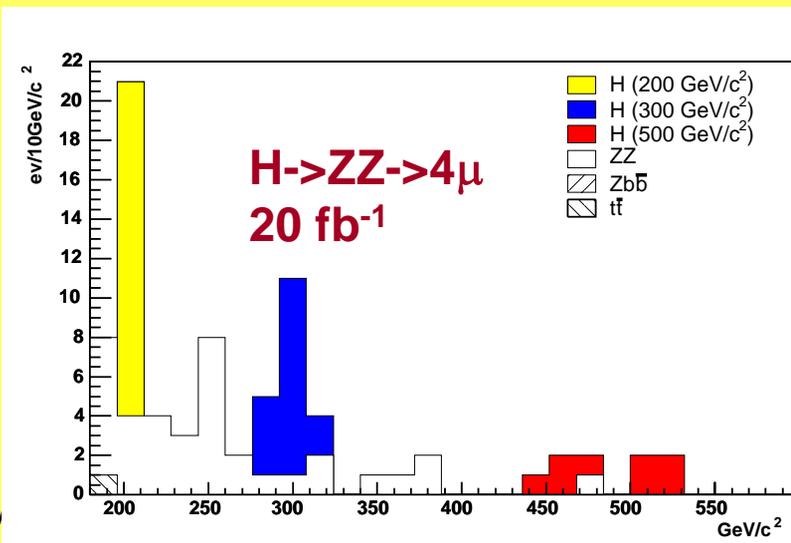
# $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4\mu$



Higgs Mass



Per  $H \rightarrow 4\mu$  si ottiene una significanza  $\sim 5\sigma$  gia' a  $L=10\text{fb}^{-1}$  per 130 GeV



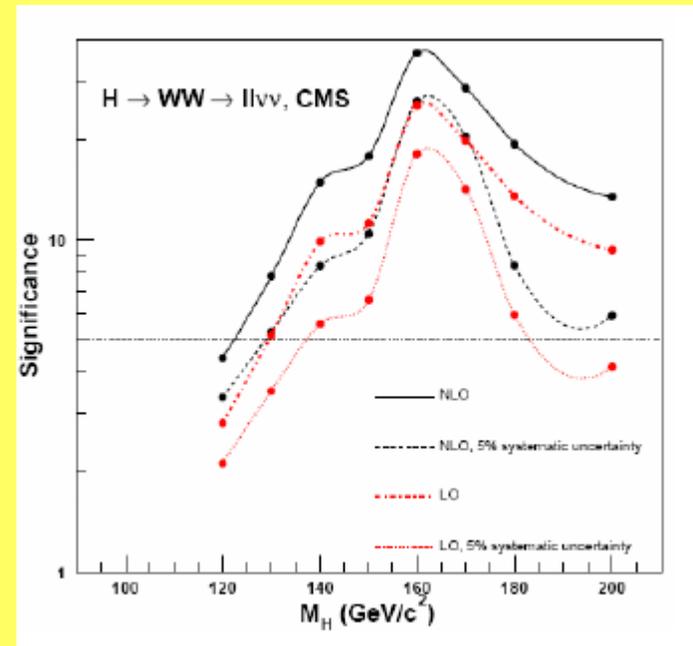
$$H \rightarrow WW^{(*)} \rightarrow \ell\ell \nu\nu$$



I fondi principali sono  $WW^*$  e  $tW$

### Strategia dell'analisi (tagli su singole variabili)

- Ricostruzione di leptoni isolati con tagli in  $p_T$
  - ET mancante
  - Correlazioni fra i leptoni (variabili angolari,  $p_T$  massimo)
- Veto sui jet centrali



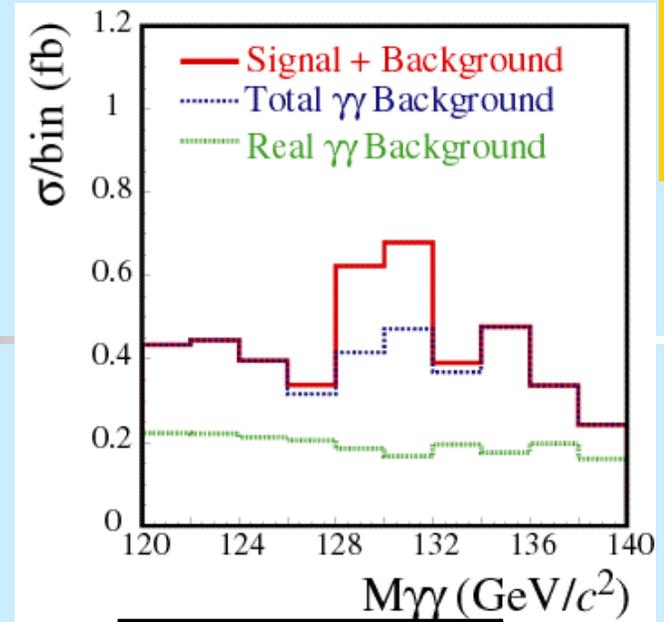
# H $\rightarrow$ $\gamma\gamma$ VBF



Atlas

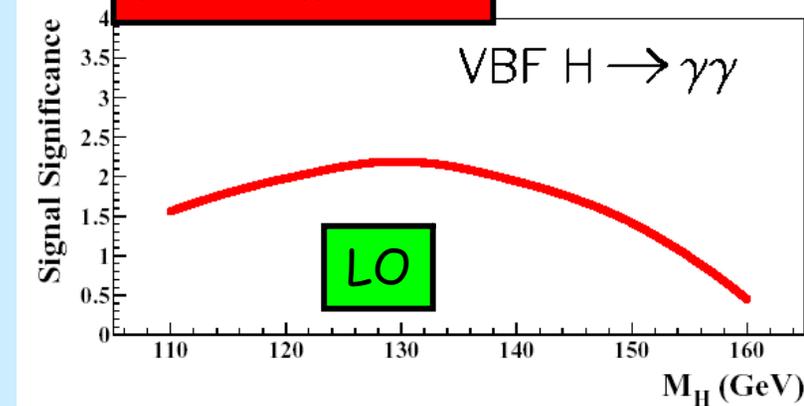
## Strategia dell'analisi (tagli su singole variabili)

- identificazione di fotoni isolati e tagli in  $p_T$  ed  $\eta$
- tagli tipici su un canale VBF



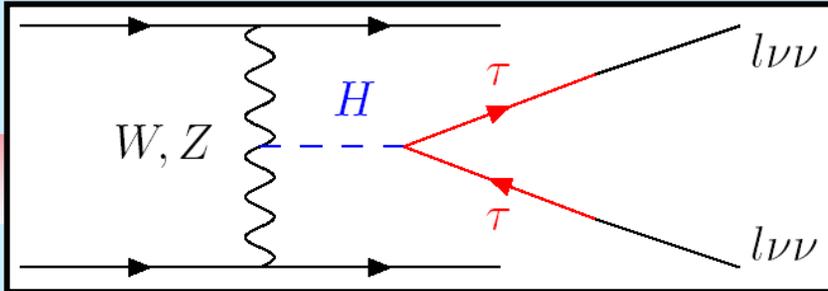
Fast simulation

Si ha una significanza di  $\sim 2\sigma$  per  $L=30\text{fb}^{-1}$

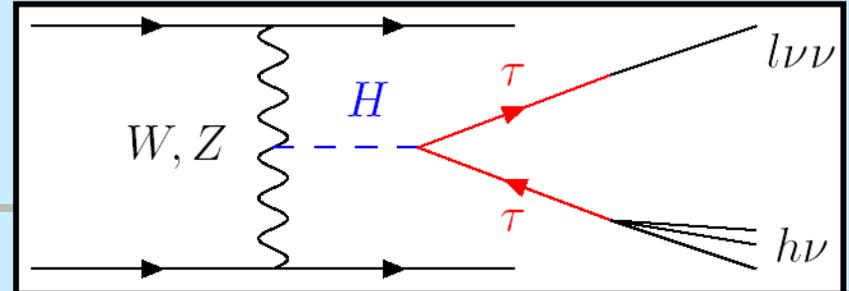


Si ha  $S/\sqrt{B} \approx 6$  (inclusivo)  $S/\sqrt{B} \approx 7.5$  (combinando i vari canali)

# VBF: $H \rightarrow \tau\tau$

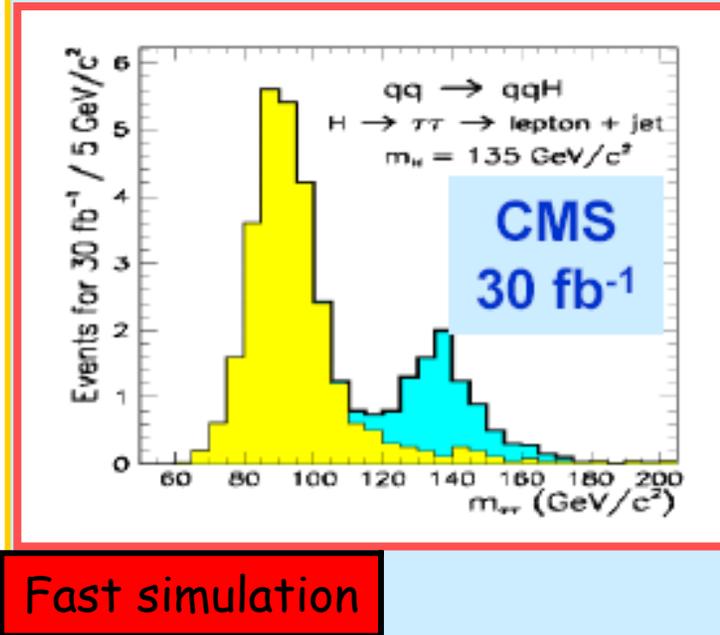
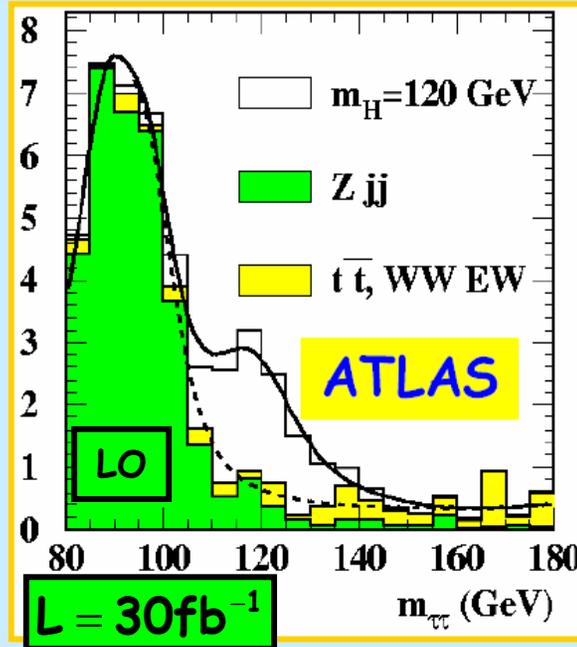
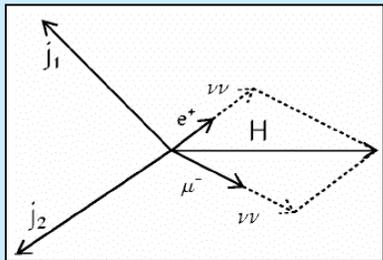


I fondi sono **Z/γ+jet**, tt+jet, WW+jet



I fondi sono Z/γ+jet , tt , W+jet

- Ricostruzione del tau: approssimazione di collinearita' fra leptone e neutrino

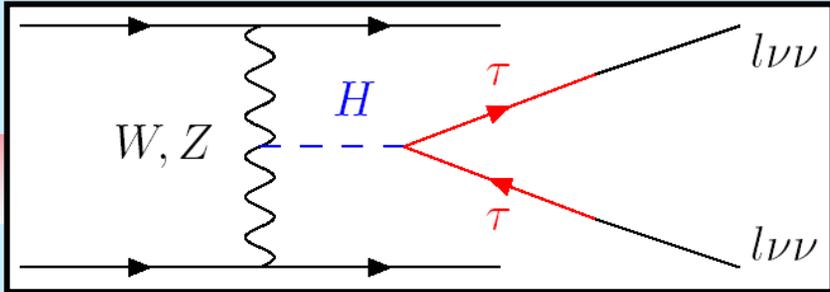


- Ricostruzione del Higgs:

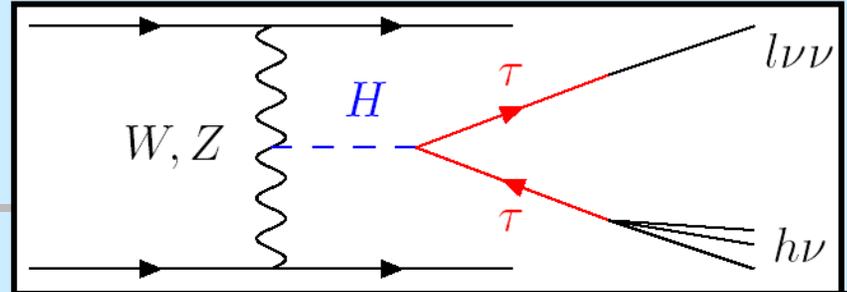
$$m_{\tau\tau} = m_{ll} / \sqrt{x_{\tau 1} x_{\tau 2}}$$

Combinando i vari canali ( $H \rightarrow \tau\tau$ ) si ottiene una significanza  $\sim 5\sigma$  a  $L=30\text{fb}^{-1}$  nel range 115-140 GeV

# VBF: $H \rightarrow \tau\tau$ (1)

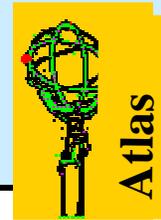
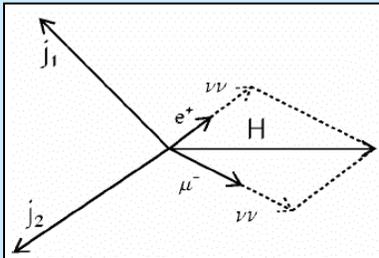


I fondi sono **Z/γ+jet**, tt+jet, WW+jet



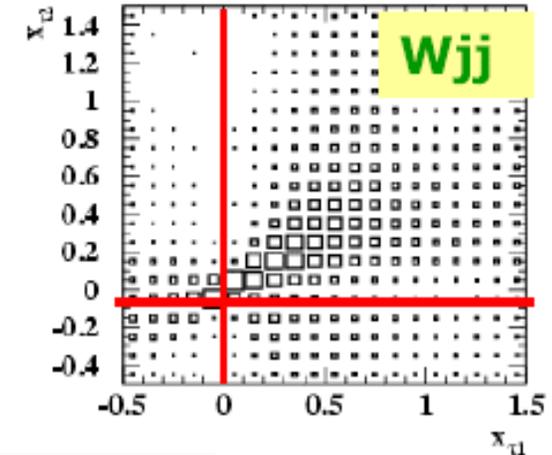
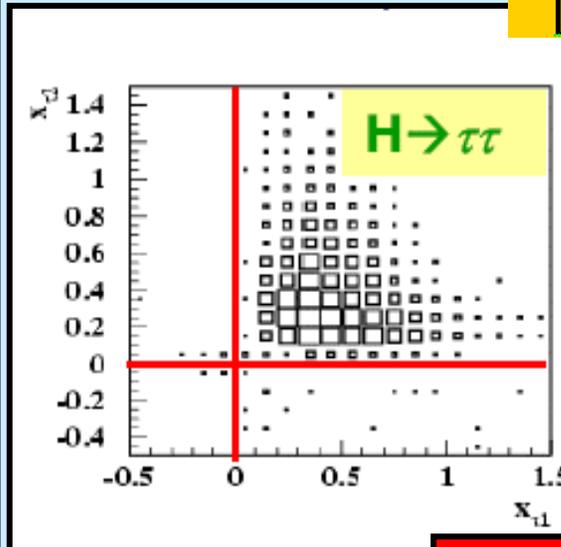
I fondi sono Z/γ+jet , tt , W+jet

• Ricostruzione del tau :  
 approssimazione di collinearita'  
 fra leptone e neutrino



• Ricostruzione del Higgs:

$$m_{\tau\tau} = m_{ll} / \sqrt{x_{\tau 1} x_{\tau 2}}$$



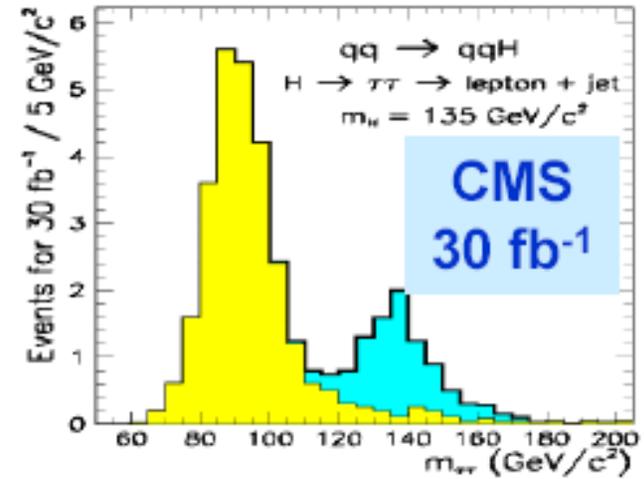
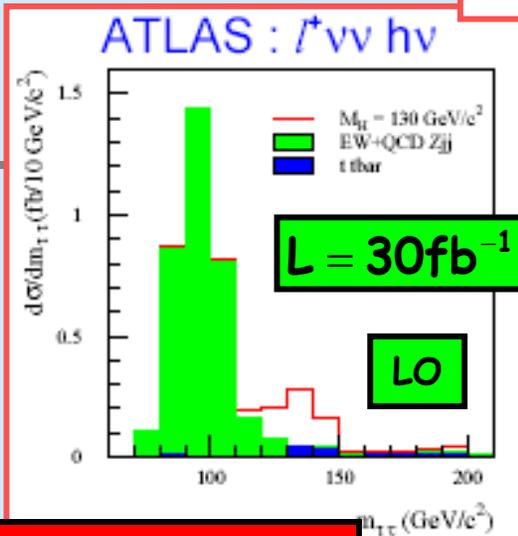
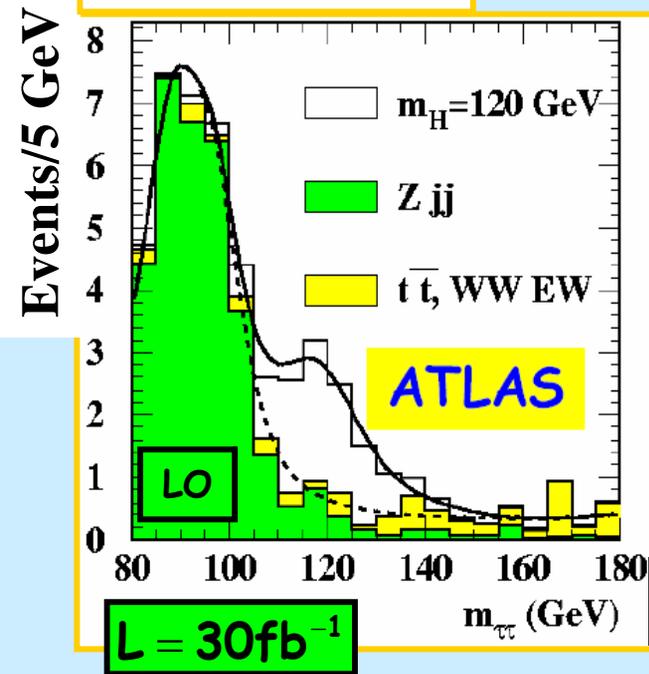
Eventi Monte Carlo  
 Calabria

Fast simulation

# VBF: $H \rightarrow \tau\tau$ (2)

$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \ell \nu\nu \ell \nu\nu$

$H \rightarrow \tau\tau \rightarrow \ell \nu\nu \text{ had}\nu$



Fast simulation

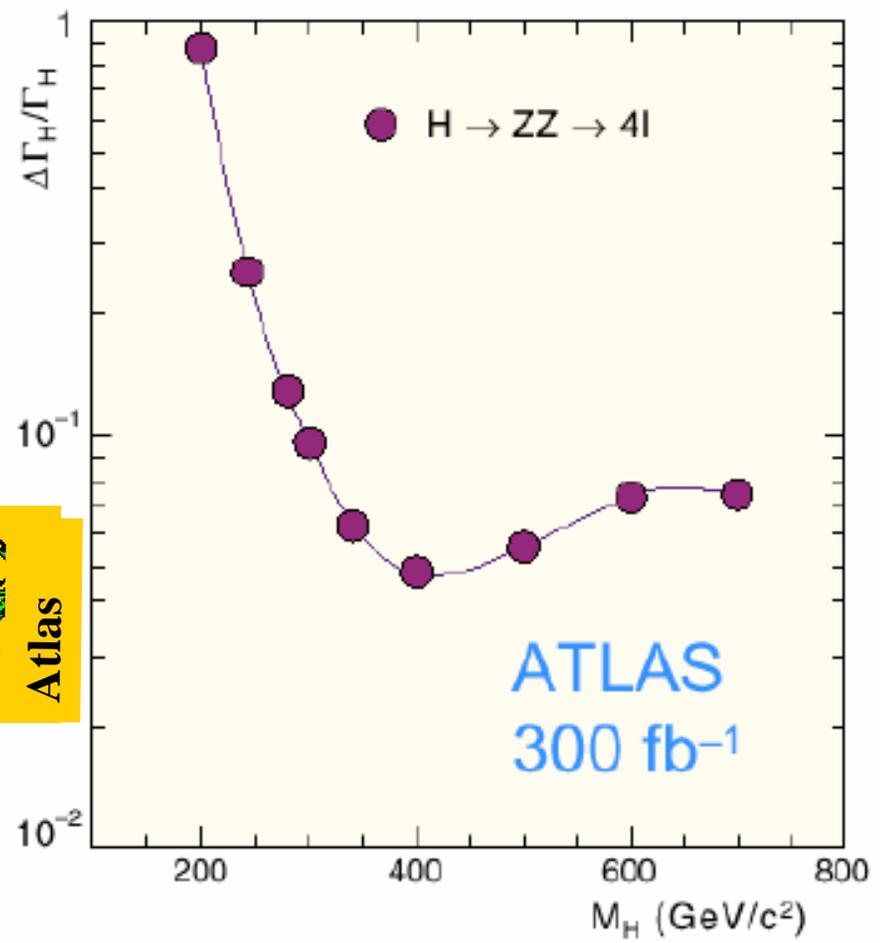
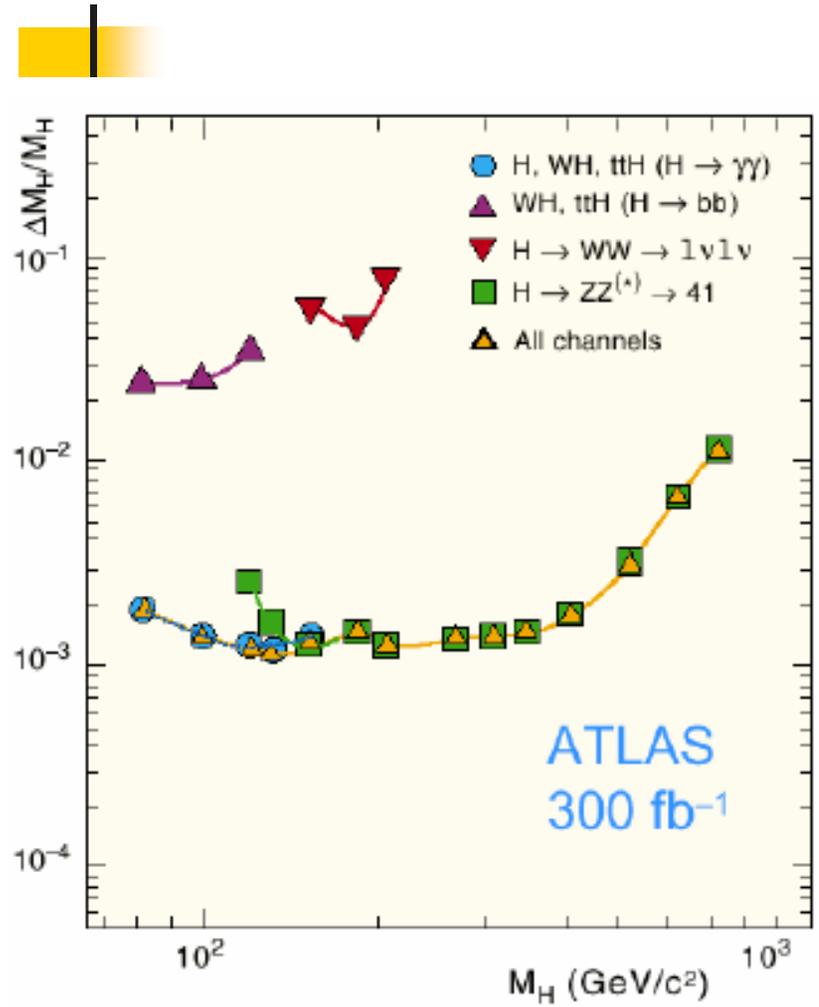
Combinando i vari canali ( $H \rightarrow \tau\tau$ ) si ottiene una significanza  $\sim 5\sigma$  a  $L=30 \text{ fb}^{-1}$  nel range 115-140 GeV

## Le sistematiche sul fondo per $H \rightarrow \tau\tau$

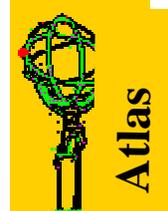
Importante la conoscenza di  $Z \rightarrow \tau\tau$ : per  $M_H < 125$  GeV si usa il picco  $Z \rightarrow \tau\tau$ , per  $M_H > 125$  GeV si usano le sidebands ma contano le code di  $Z \rightarrow \tau\tau$  (fondamentale la risoluzione in  $E_T$  mancante)

Si stima una incertezza dopo la normalizzazione dell'ordine del 10%

# Le proprietà del Higgs (1)

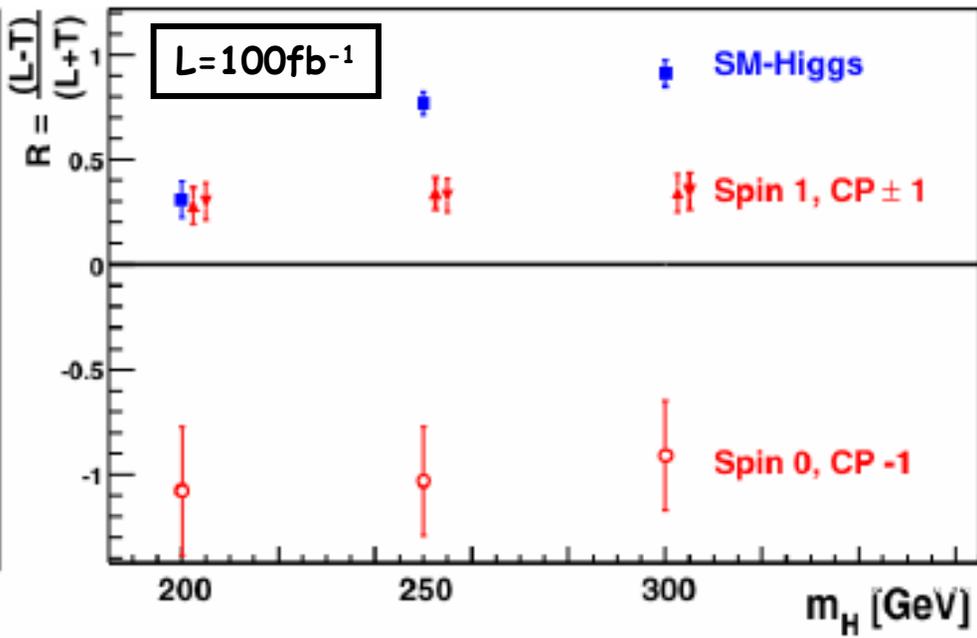
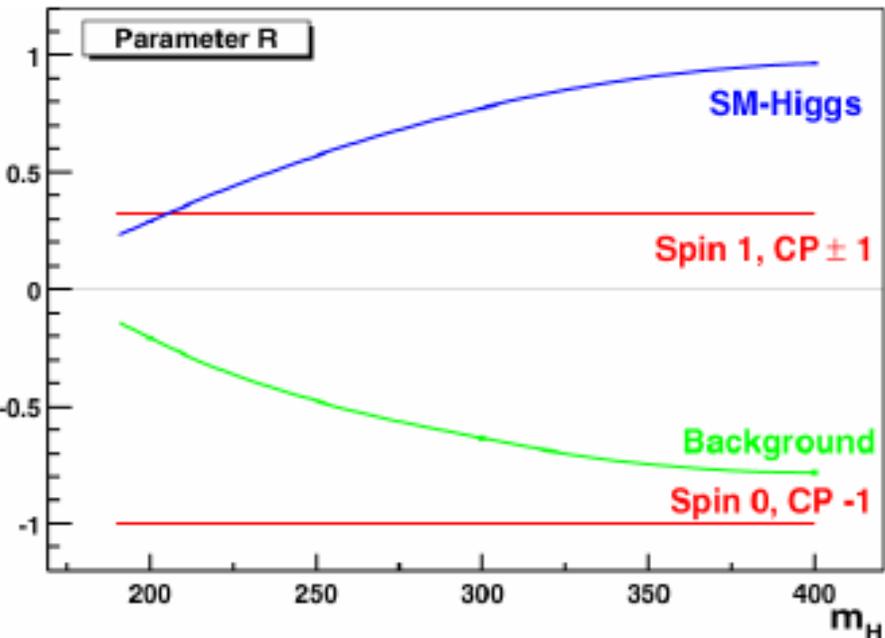
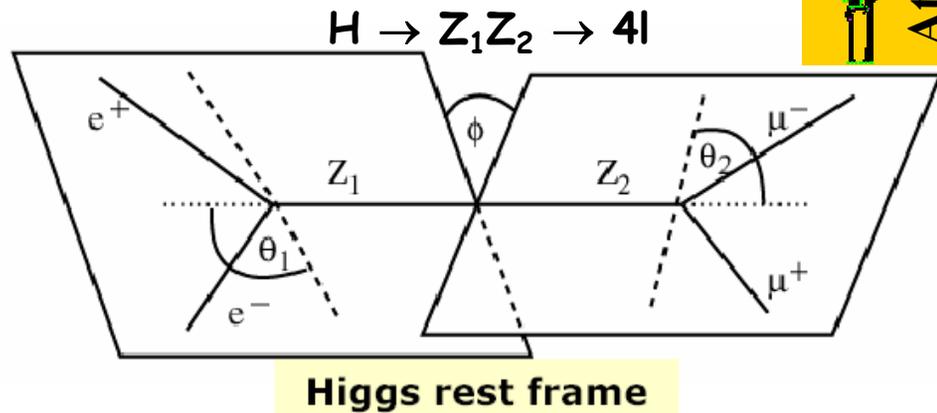


# Le proprietà del Higgs (2)



Il MS prevede un Higgs con  
Spin=0 e CP=+1

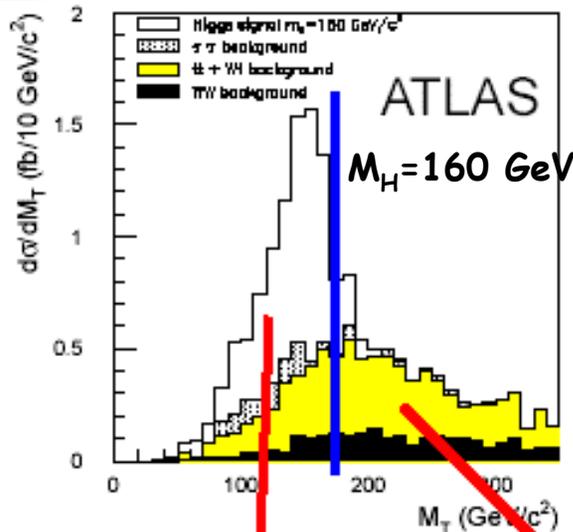
Variabili discriminanti sono  $\phi$  e  $\vartheta$



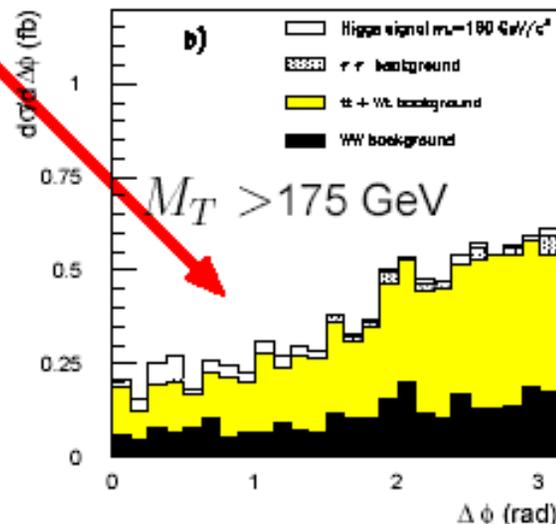
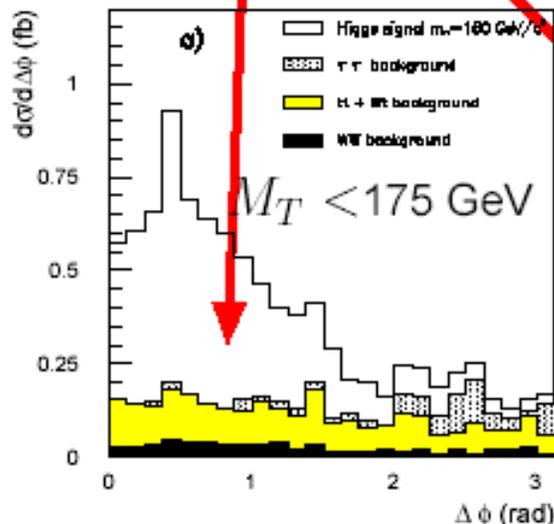
Per  $M_H > 250$  GeV si distingue fra Spin 0-1 e CP pari-dispari  
Per  $M_H < 250$  GeV si distingue solo fra un SM higgs e S=0, CP=-1

# Le proprietà del Higgs (3)

Il MS prevede un Higgs Spin=0 e CP=+1



E' possibile testare l'ipotesi di spin zero da eventi VBF  $H \rightarrow WW \rightarrow l\nu l\nu$ :  
 Se l' Higgs ha spin zero i 2 leptoni tendono ad essere emessi nella stessa direzione, una buona variabile è l'angolo di separazione nel piano trasverso  $\Delta\phi$



# Le proprietà del Higgs (4)



Likelihood fit per determinare l'accuratezza delle costanti di accoppiamento relative

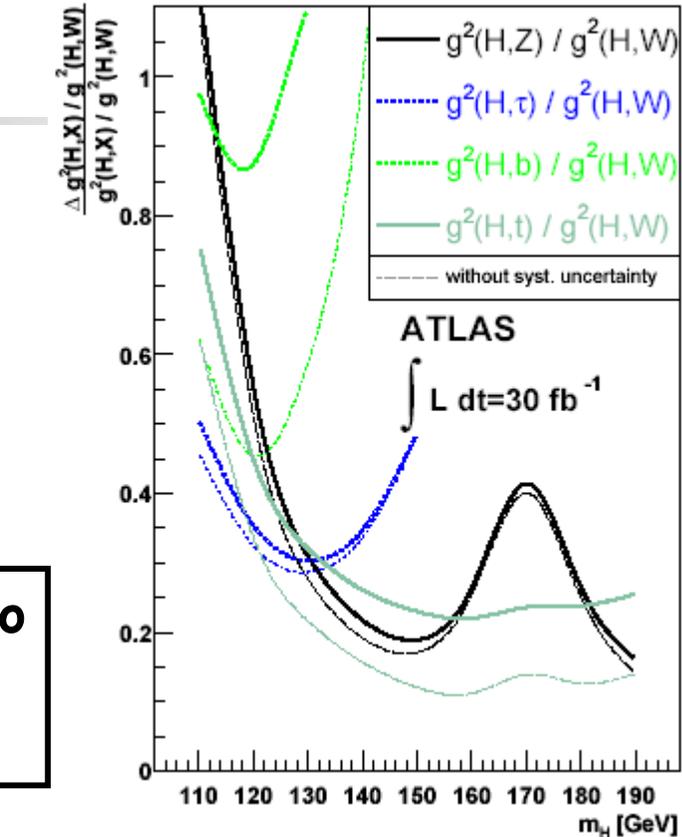
Si assume che:

- L' Higgs e' un oggetto scalare pari
- Che si accoppia solo a particelle MS
- Che non si accoppia con i fermioni leggeri

I processi di produzione e decadimento possono essere espressi in funzione delle costanti di accoppiamento

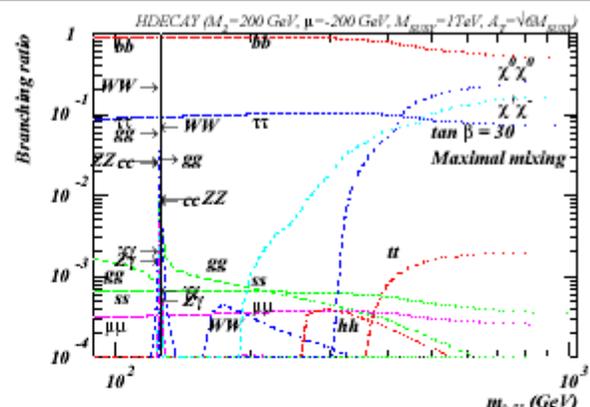
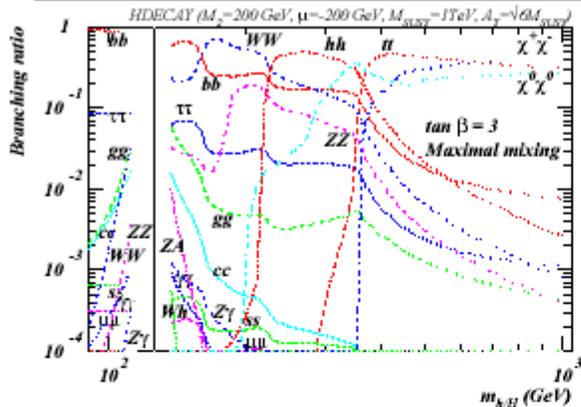
$\frac{g_Z^2}{g_W^2}, \frac{g_\tau^2}{g_W^2}, \frac{g_t^2}{g_W^2}$  possono essere misurati con una precisione

dal 15% al 50% ( $M_H > 125 \text{ GeV}, L = 30 \text{ fb}^{-1}$ )

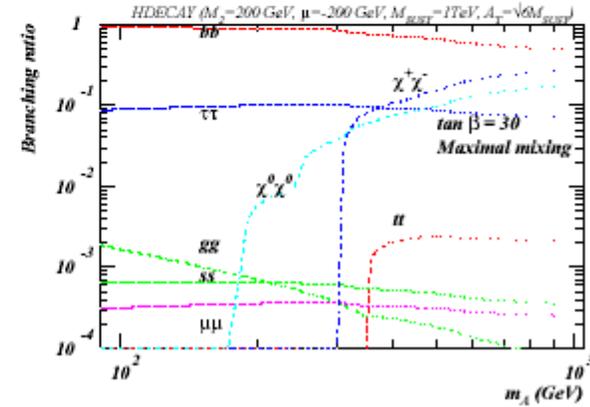
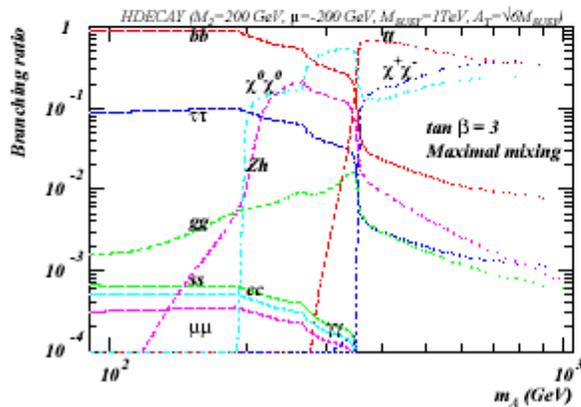


della

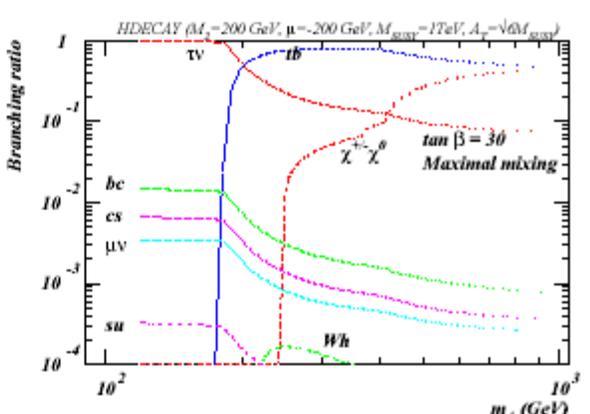
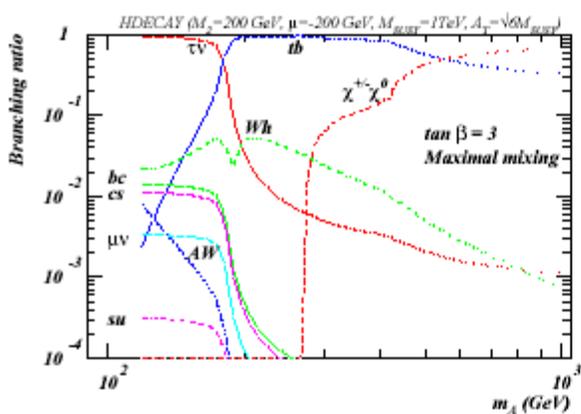
# I principali canali di decadimento



**h/H**



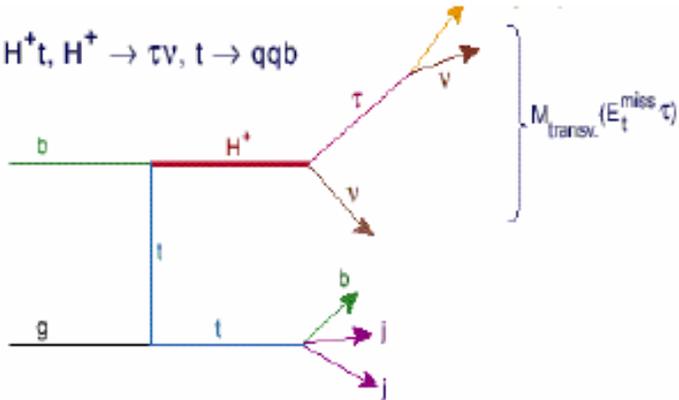
**A**



**H<sup>±</sup>**

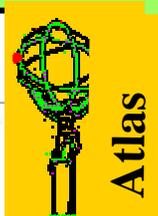
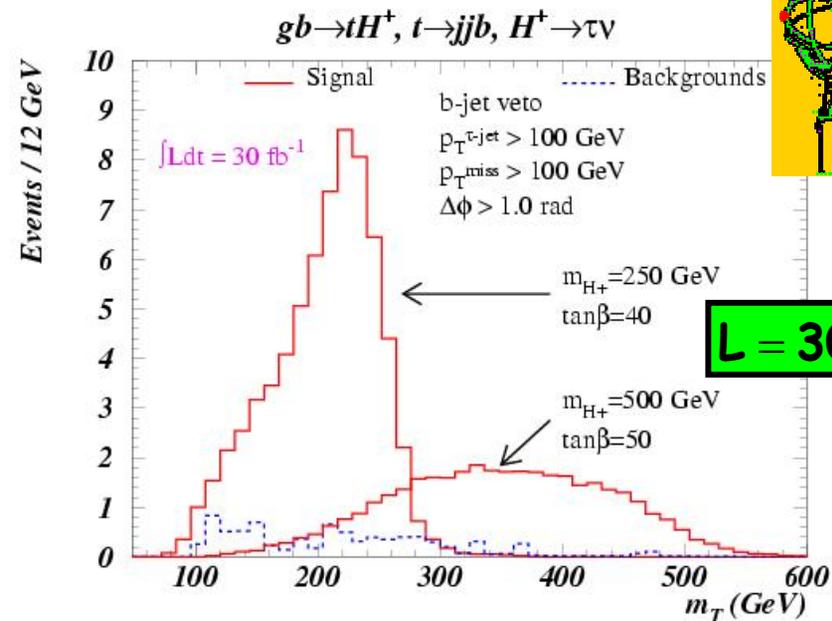
# $H^\pm \rightarrow \tau\nu$ , $\tau \rightarrow \text{had} + X$

$gb \rightarrow H^\pm t, H^\pm \rightarrow \tau\nu, t \rightarrow qqb$

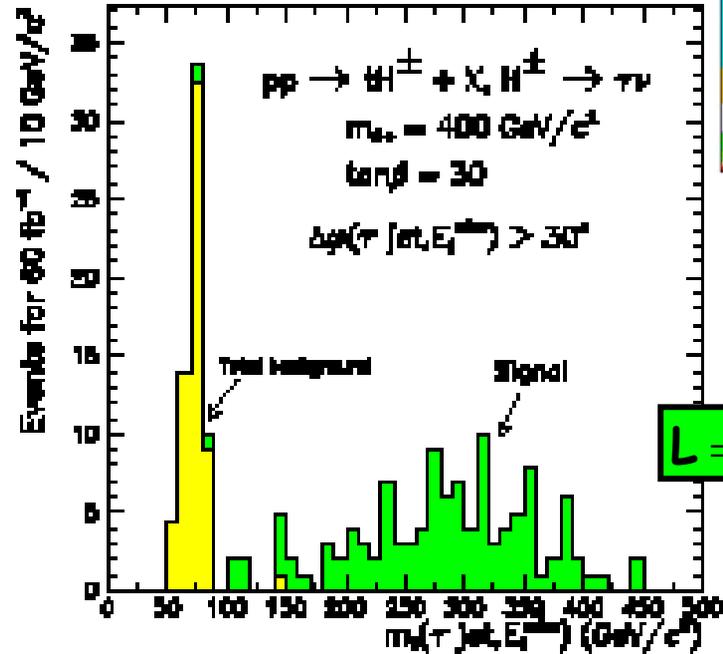


I fondi principali sono:  $tt, Wt, W+\text{jets}$

- 1  $\tau$ -jet e 3 jet no- $\tau$   
(uno b, 2 con  $M_{jj}$  compatibile con  $M_W$ )
- Ricostruzione  $t$
- Tagli su:  $p_T^\pi/E_T^{\tau\text{-jet}}, p_T^{\tau\text{-jet}}, E_T^{\text{miss}}, \Delta\phi(\tau\text{-jet}, E_T^{\text{miss}})$

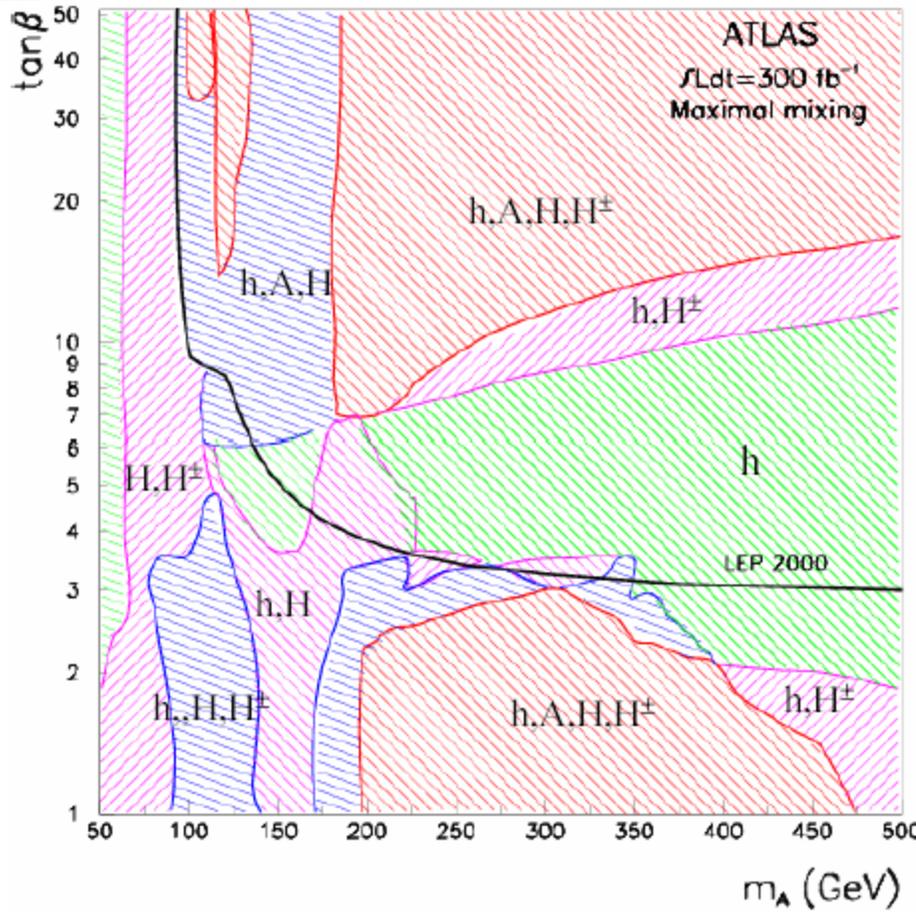


$L = 30 \text{ fb}^{-1}$



$L = 60 \text{ fb}^{-1}$

# Quanti Higgs si possono osservare?

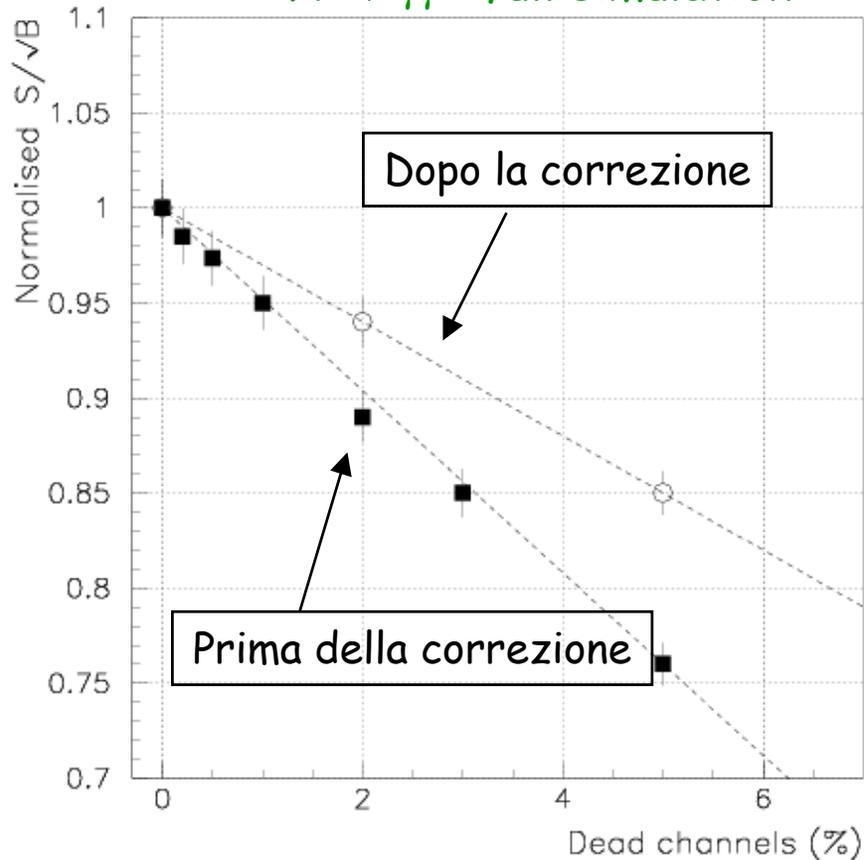


- 4 Higgs osservabili
- 3 Higgs osservabili
- 2 Higgs osservabili
- 1 Higgs osservabile

Assumendo solo decadimenti  
 In particelle MS

# Un esempio : $H \rightarrow \gamma\gamma$ (2)

$H \rightarrow \gamma\gamma$  : full simulation



E' richiesta una percentuale  $<0.3\%$   
Di canali morti