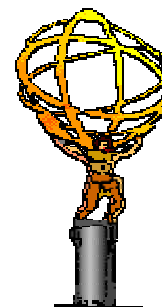


Test du Modèle du *Little Higgs* dans ATLAS



Matthieu LECHOWSKI



Plan

① Introduction

② Modèle du Little Higgs

③ $Z_H/W_H \rightarrow Z/W$ $H_{(120)} \rightarrow q\bar{q} \gamma\gamma$

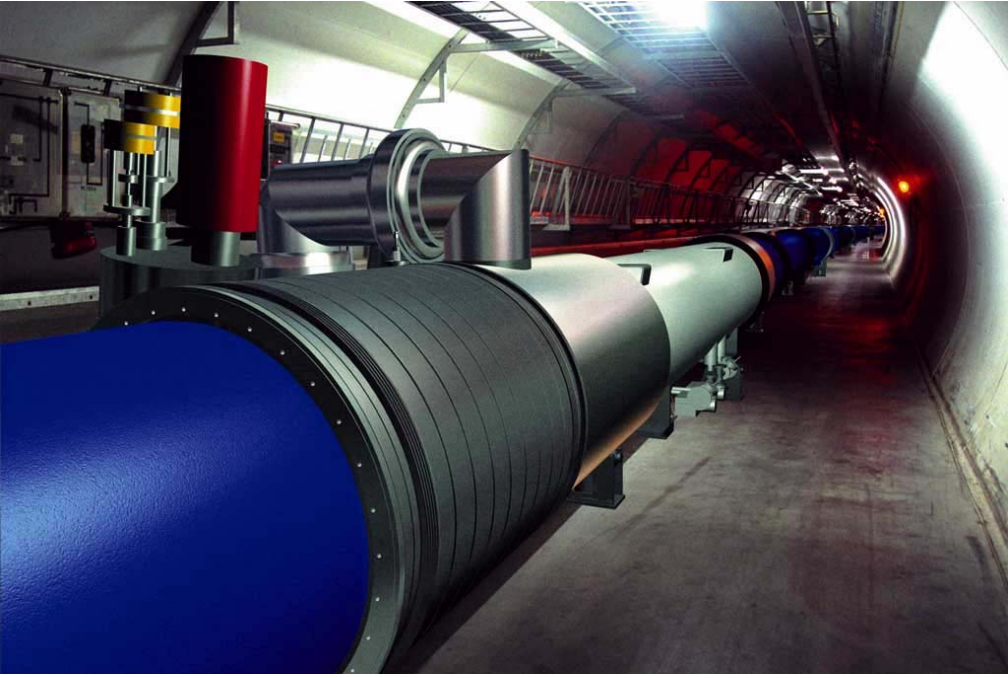
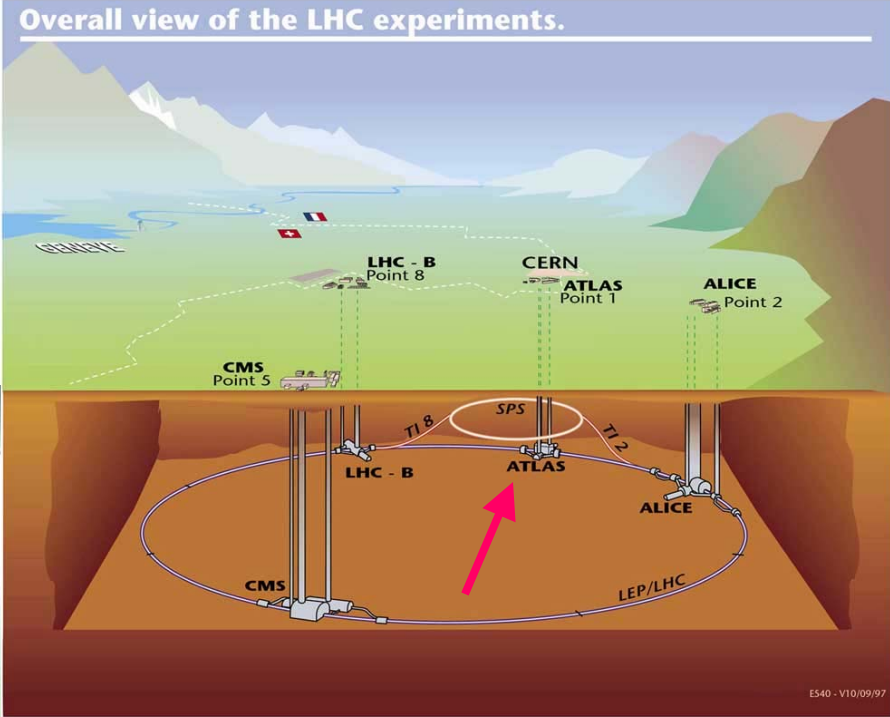
④ $Z_H \rightarrow Z$ $H_{(200)} \rightarrow ll q\bar{q}ll$

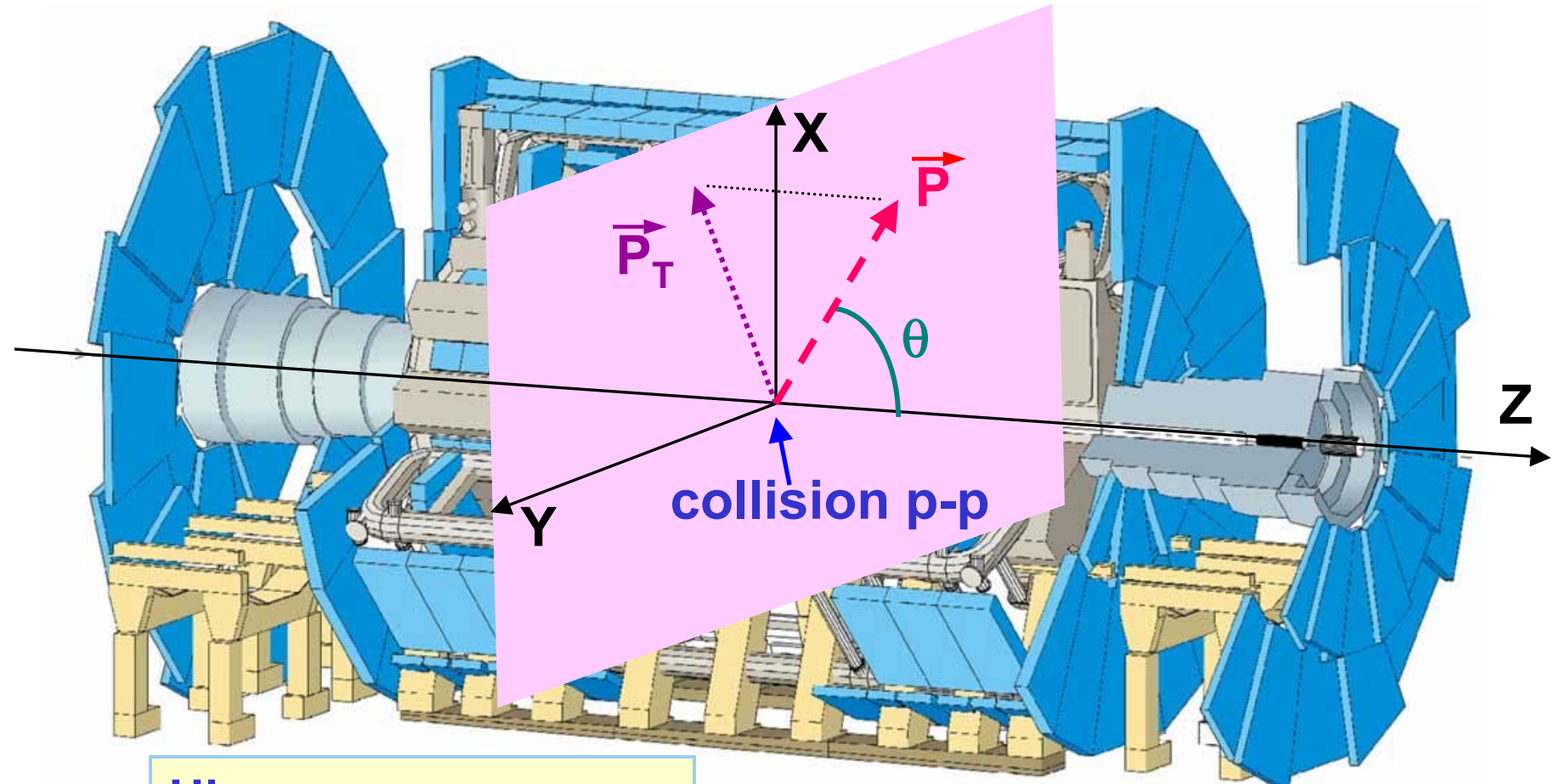
⑤ Conclusion

① Introduction

Large Hadron Collider :

- au CERN en 2007
- collisionneur p-p , $\sqrt{s}=14 \text{ TeV}$
- 4 expériences:
ATLAS, CMS, LHCb, ALICE





Higgs
 → SuperSymétrie
 nouvelle physique ...

$$\eta = -\ln \operatorname{tg}(\theta/2)$$

$$N = \int L dt \cdot \sigma \cdot \epsilon$$

$$\begin{cases} N_S = S = \int L dt \cdot \sigma_S \cdot \epsilon_S \\ N_B = B = \int L dt \cdot (\sigma_{B1} \cdot \epsilon_{B1} + \sigma_{B2} \cdot \epsilon_{B2} + \dots) \end{cases}$$

Collisionneur

L = Luminosité (cm⁻²s⁻¹)

tient compte de la fréquence de collisions, la densité et la forme du faisceau, ... par unité de temps

LHC: 100 fb⁻¹/an (haute-luminosité)

∫Ldt = Luminosité intégrée (cm⁻²)

luminosité sur une période donnée

ici: ∫Ldt = 300 fb⁻¹ (3ans)

Expérimentateur

ε = efficacité des coupures (%)

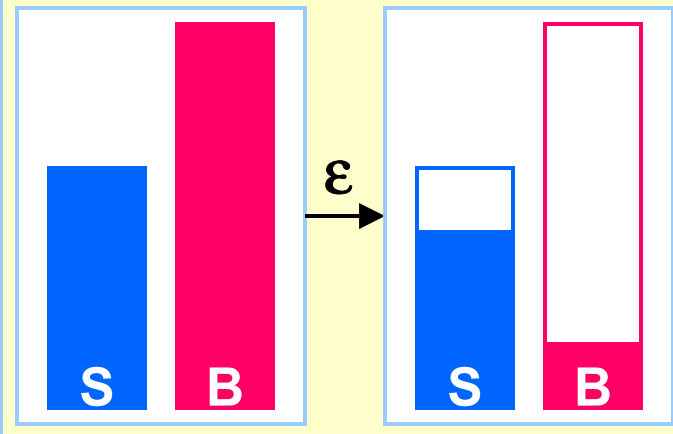
coupures sur p_T, position, masse invariante, ... des particules de l'état final

→ augmenter le rapport Signal (S) sur Bruit (B)

Physique / Collisionneur

σ = section efficace (cm²)

proportionnelle à la probabilité que l'interaction ait lieu



1barn(b)=
10⁻²⁴cm²

Génération : processus de production + désintégrations successives

Pythia 6.203 : Monte-Carlo

Etat final généré :

- leptons
- photons
- jets

Erreurs :

- identification
- energie
- position

Etat final reconstruit :

- leptons
- photons
- jets

Simulation du détecteur : reconstruction des particules de l'état final

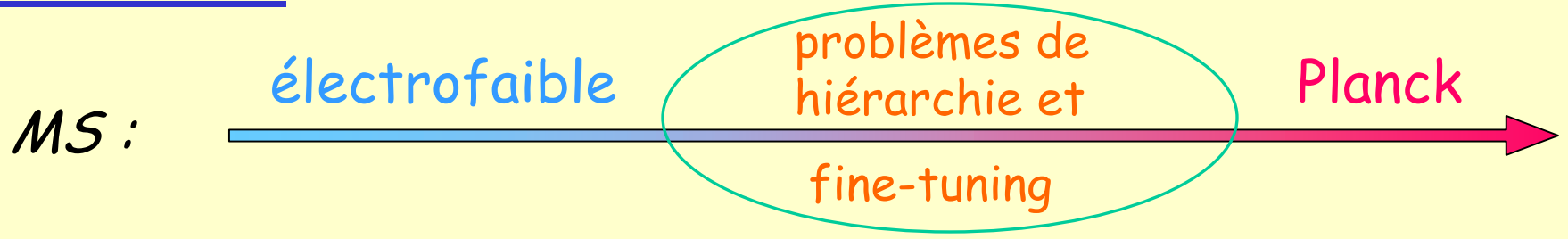
ATHENA : - simulation détaillée

- simulation rapide (ATLFAST)

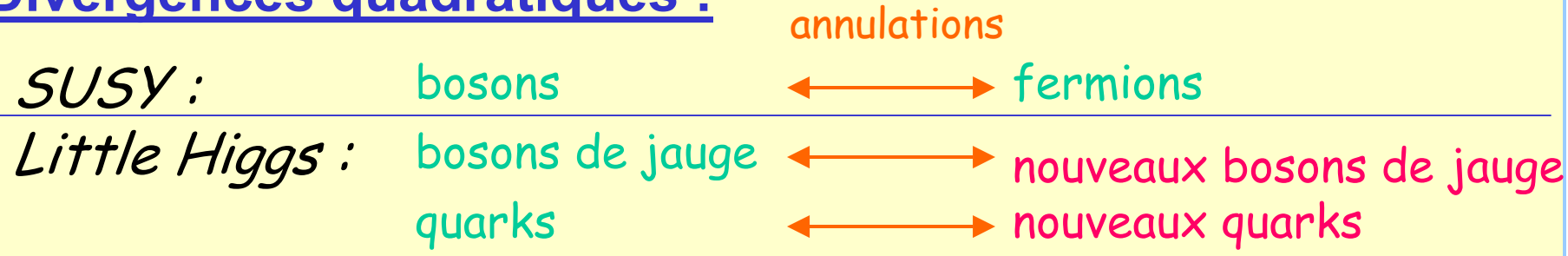
rappel: **jet** = hadronisation des quarks = gerbe de particules

② Little Higgs

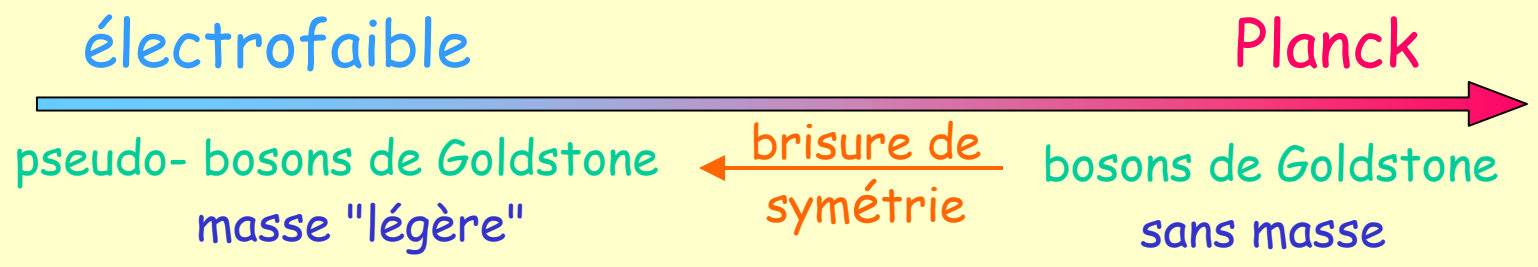
Motivation :



Divergences quadratiques :



Champs de Higgs :



$\phi^0, \phi^+, \phi^{++}$: triplet de Higgs lourds

$$M < 10 \text{ TeV}$$

remarque: le **H** du Modèle Standard reste !

T : top lourd

$$M < 2 \text{ TeV} \cdot \left(\frac{M_H}{200 \text{ GeV}} \right)^2$$

Z_H, W_H^\pm, A_H : Z, W^\pm , γ lourds

$$M < 6 \text{ TeV} \cdot \left(\frac{M_H}{200 \text{ GeV}} \right)^2$$

$$M(Z_H) \approx M(W_H^\pm) > M(A_H)$$

$$M_H = 120 \text{ GeV}$$

$$M < 2.2 \text{ TeV}$$

$$M_H = 200 \text{ GeV}$$

$$M < 6 \text{ TeV}$$

② Little Higgs

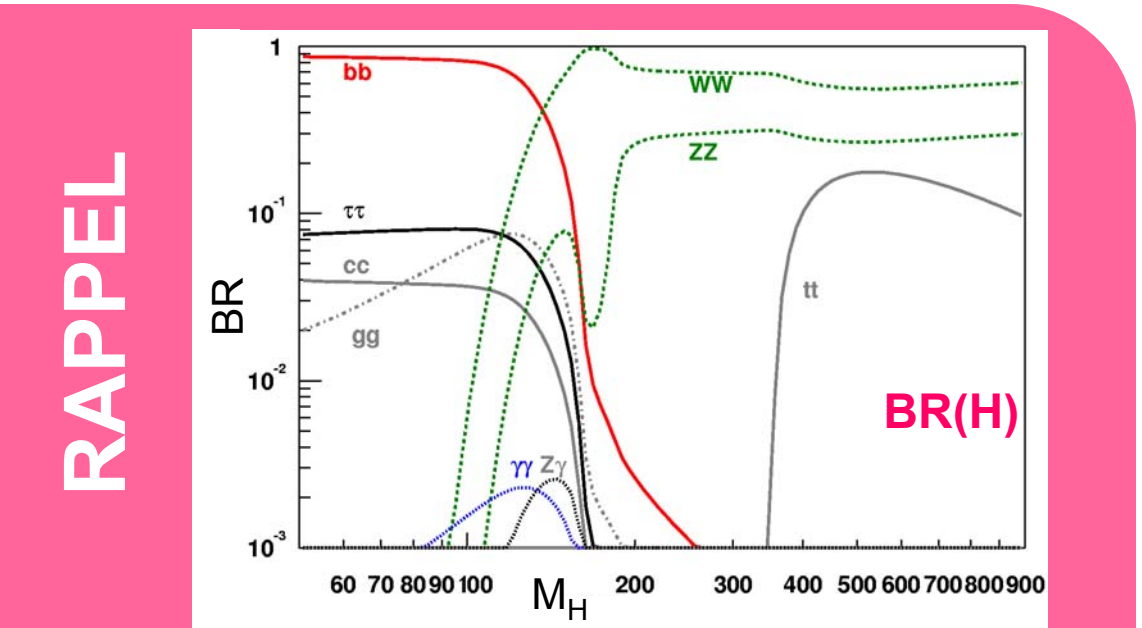
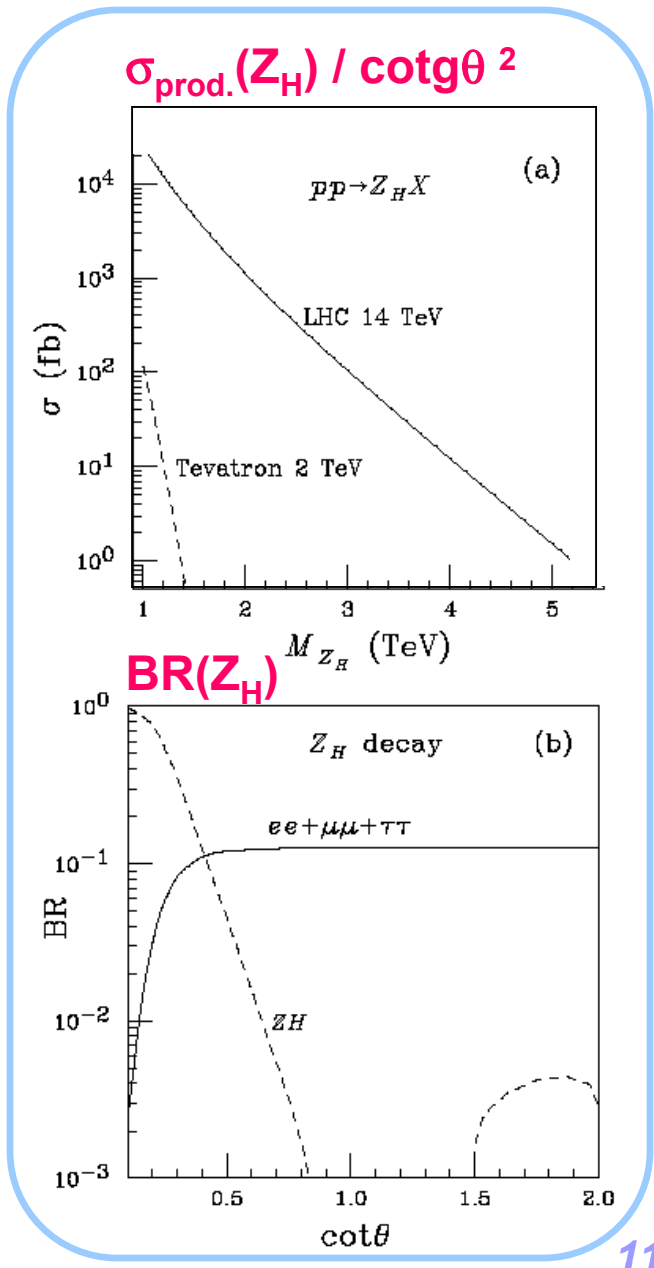
Z_H et W_H (et H)

canal de découverte : $Z_H \rightarrow l^+l^-$
 $W_H \rightarrow lv$

test du modèle : $Z_H \rightarrow ZH$
 $W_H \rightarrow WH$

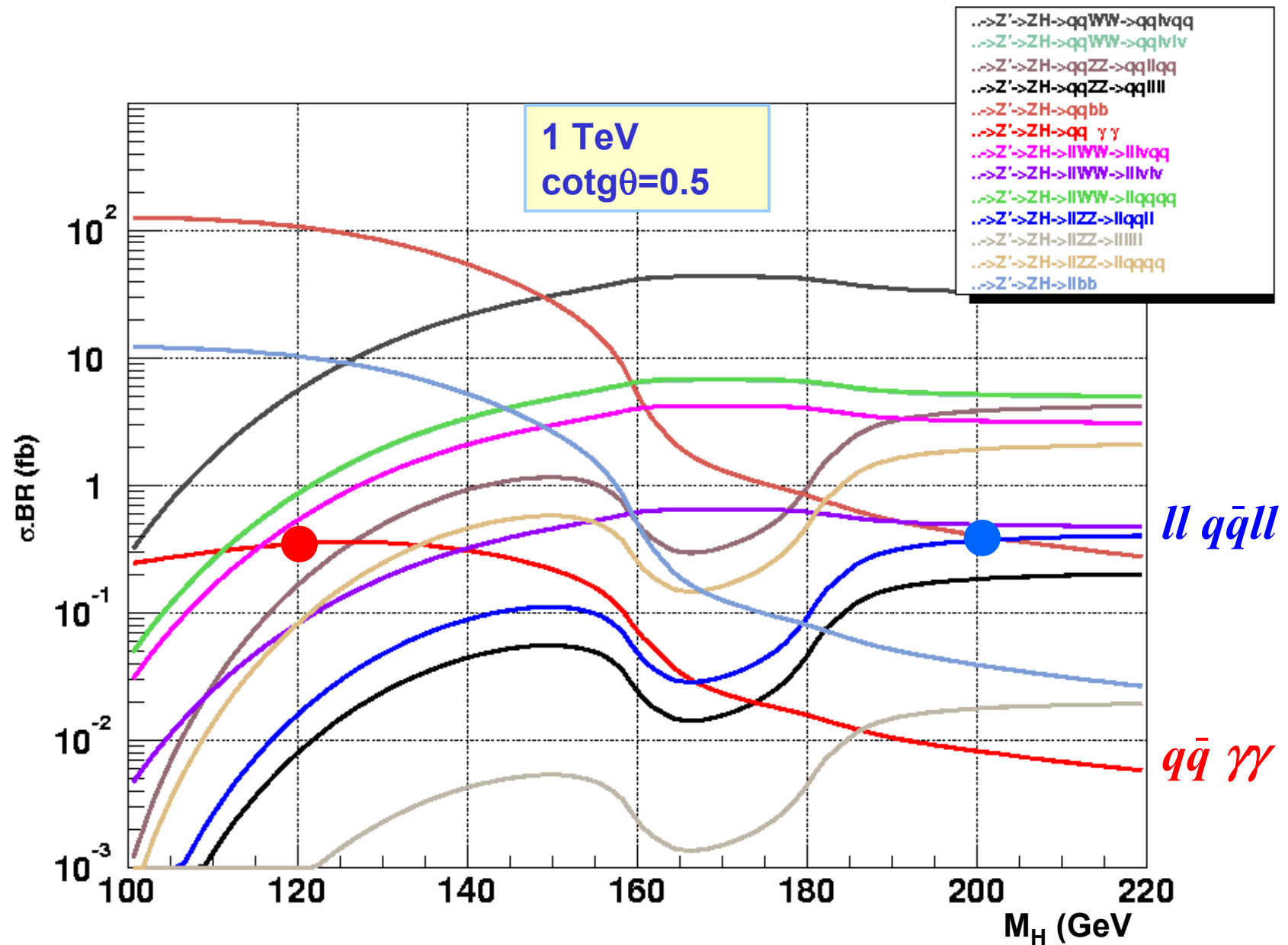
$\sigma_{\text{prod}}(W_H) \approx 2 \sigma_{\text{prod}}(Z_H)$
 $BR(W_H \rightarrow WH) = BR(Z_H \rightarrow ZH)$

$\cot\theta$ = paramètre du modèle
 → choisi à 0.5



② Little Higgs

$\sigma.BR (Z_H \rightarrow Z H)$

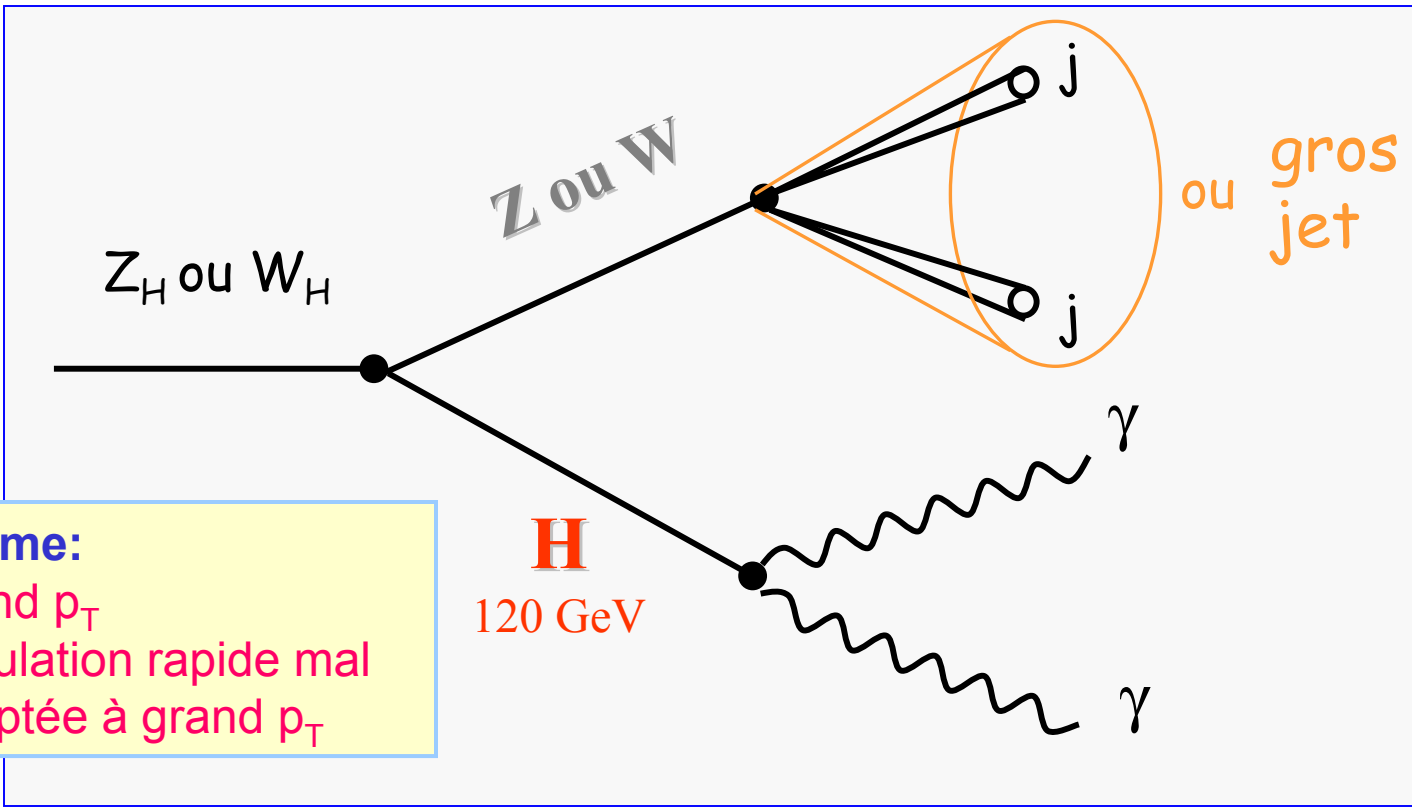


③

Z_H/W_H

$\rightarrow Z/W H(120)$

$\rightarrow q\bar{q} \gamma\gamma$



Signal :

Problème:

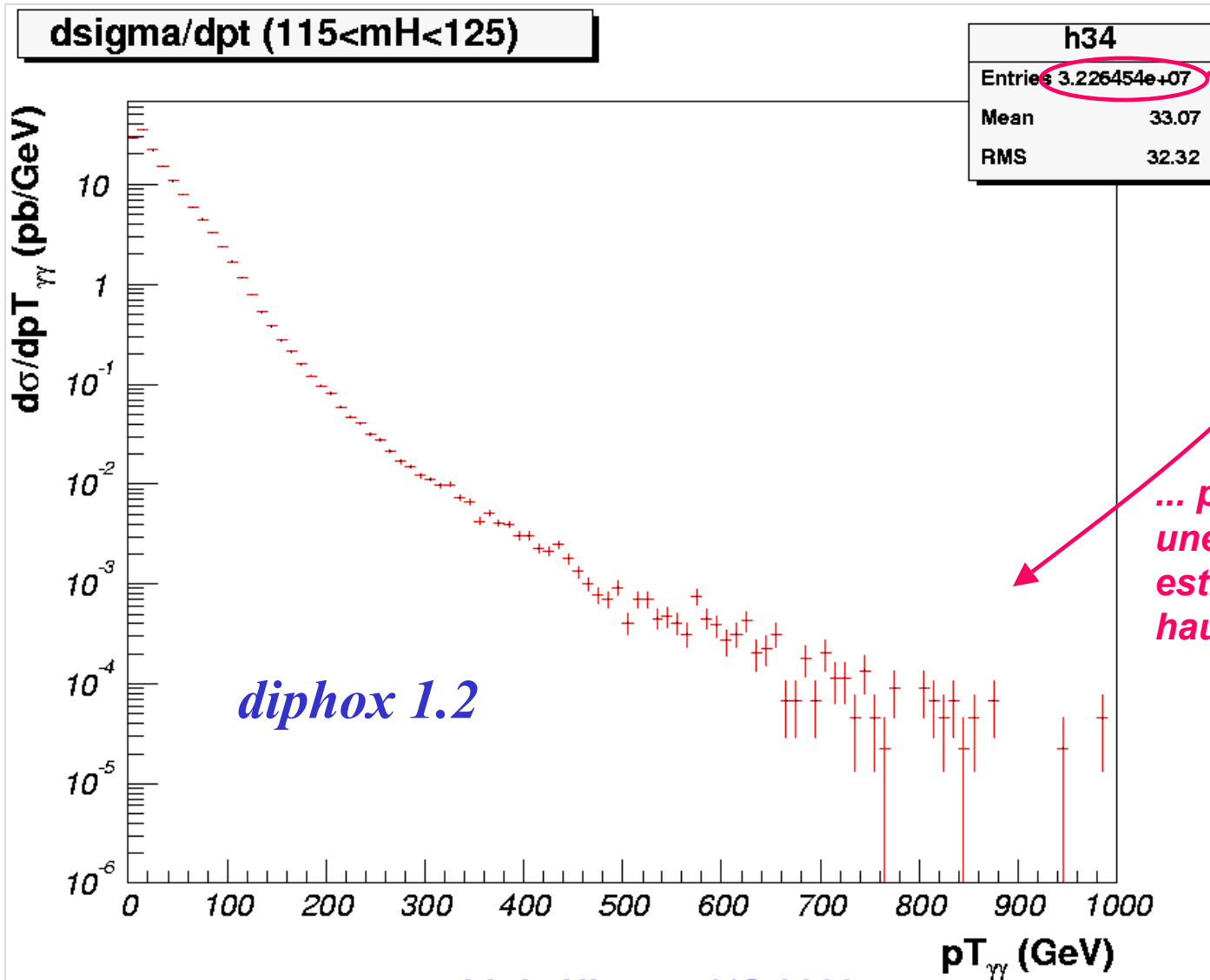
- grand p_T
- simulation rapide mal adaptée à grand p_T

Bruit de fond :

H inclusif : tous les canaux de production au LHC avec un $H \rightarrow \gamma\gamma$

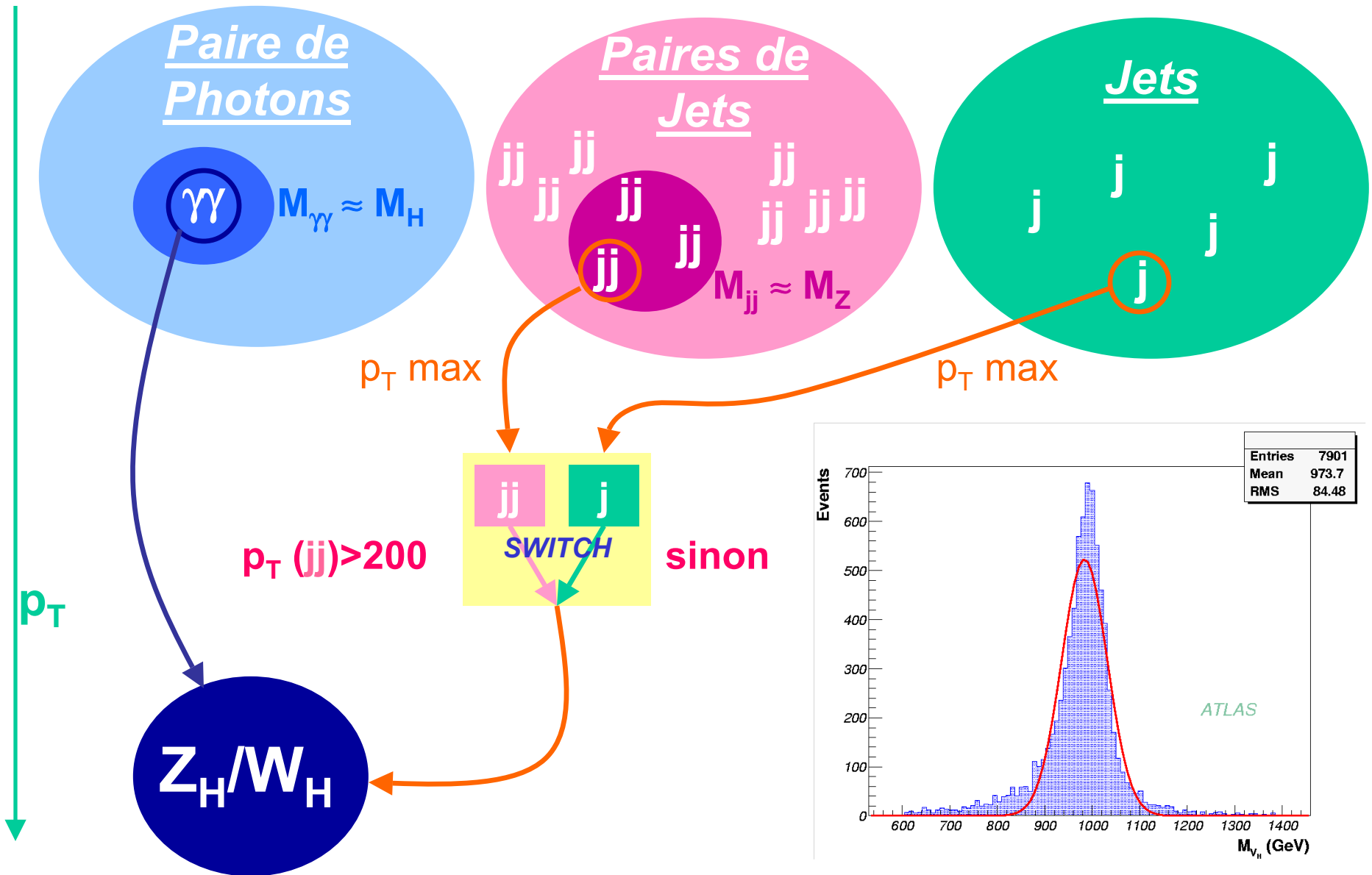
$p_{TH} > 200$ GeV: $\sigma = 1.922$ fb

$\gamma\gamma$ inclusif : tous les canaux de production au LHC avec $\gamma\gamma$ (sans $H \rightarrow \gamma\gamma$)



grande statistique ...

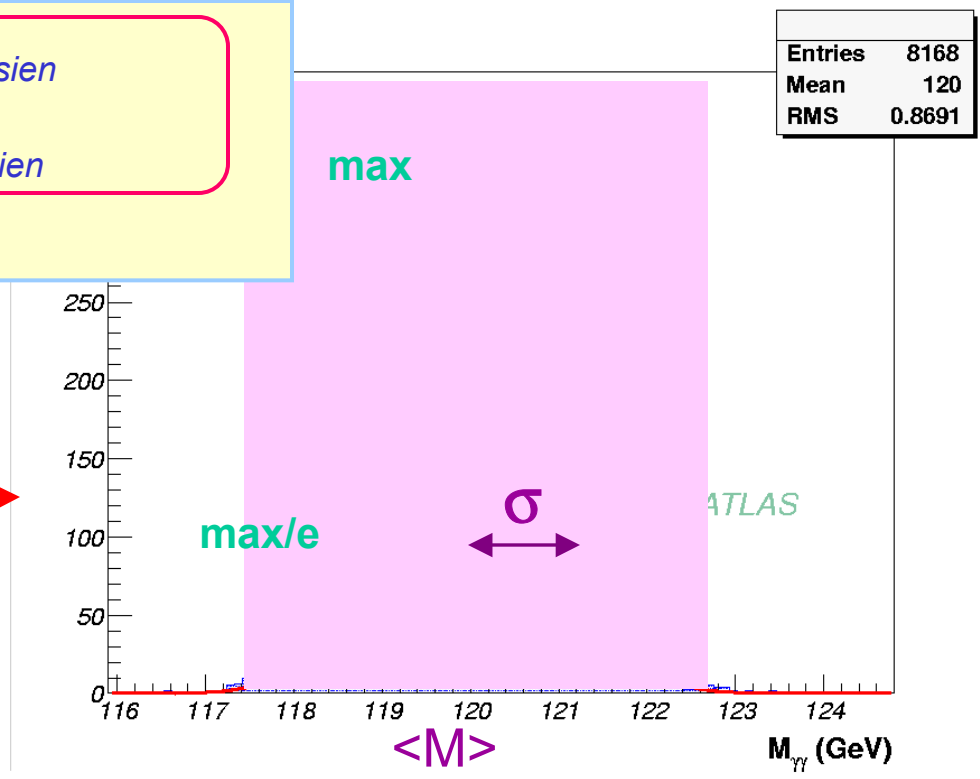
... pour avoir une meilleure estimation à haut p_T

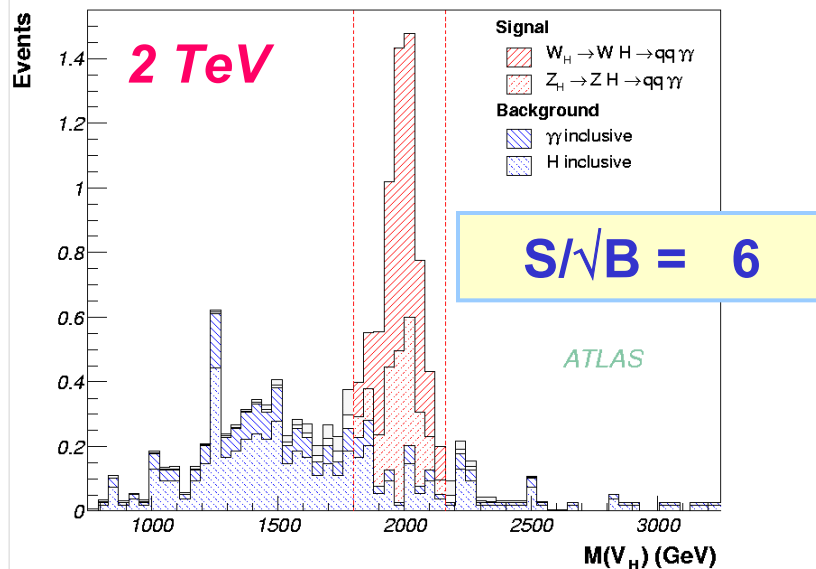
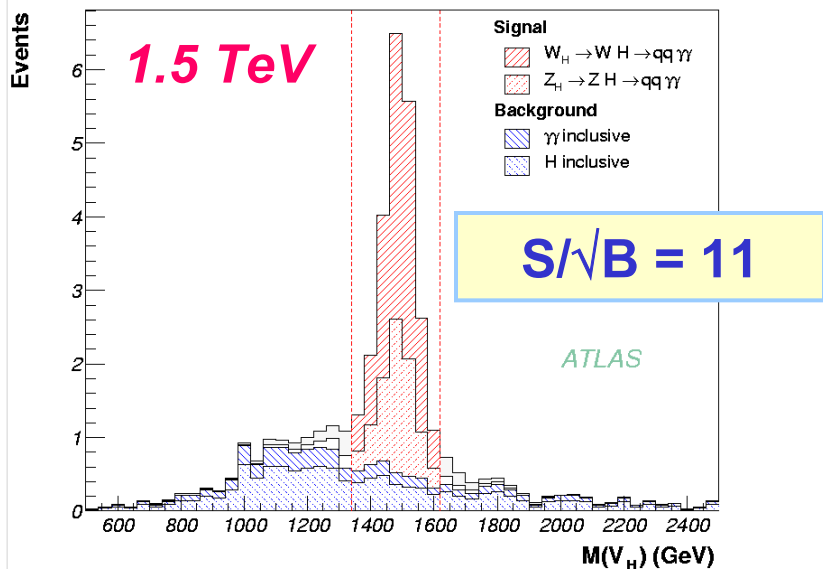
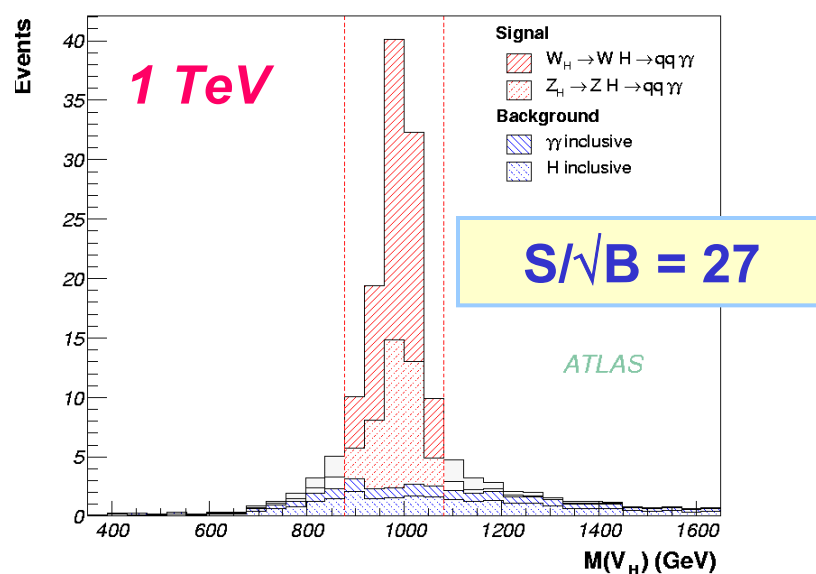
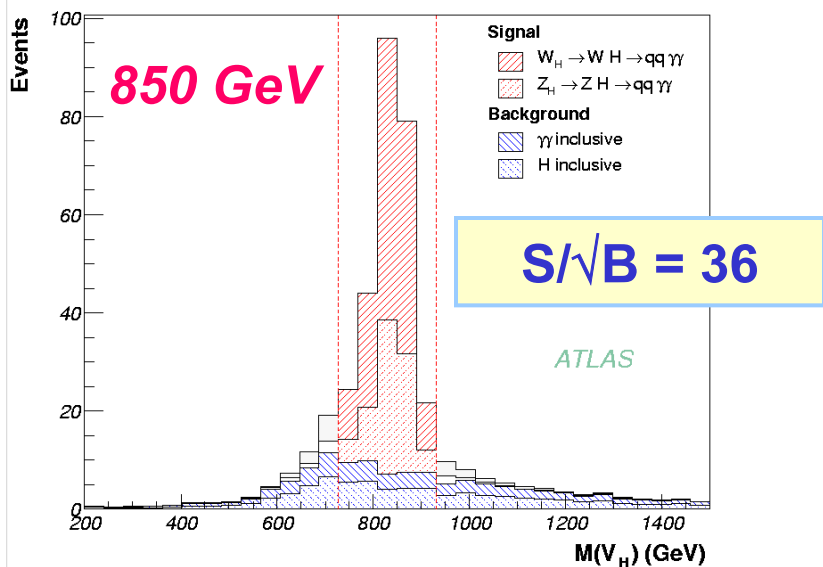


- $|\eta_\gamma| < 2.5$ (acceptance du Calorimètre)
- $p_{T\gamma} > 25 \text{ GeV}$ et $p_{T\gamma1 \text{ ou } \gamma2} > 40 \text{ GeV}$
- identification des 2 γ (80% \times 80%)

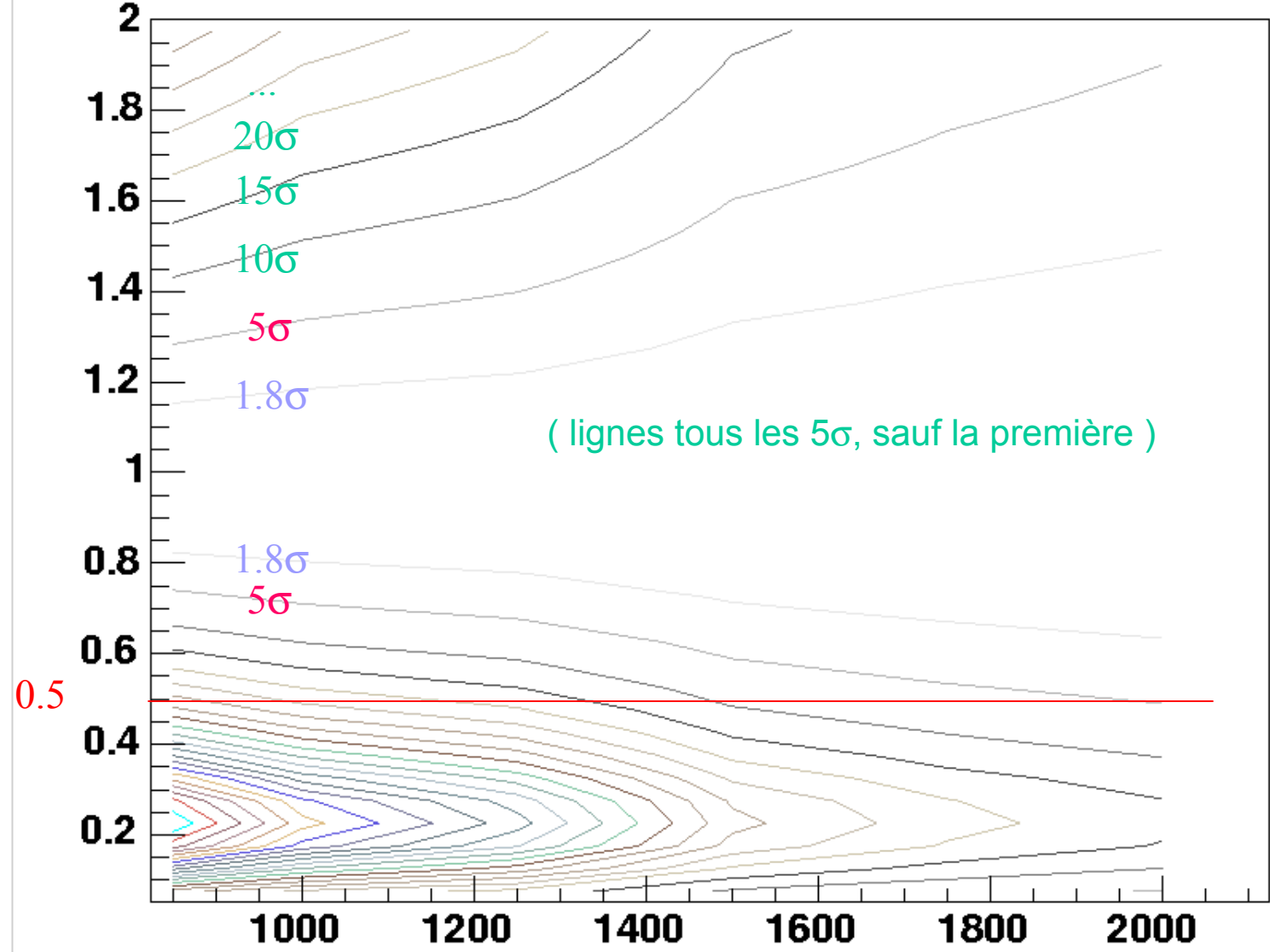
- $|M_{\gamma\gamma} - \langle M_{\gamma\gamma} \rangle_{\text{fit gaussien}}| < 2\sigma_{\text{fit gaussien}}$
- $|M_{VH} - \langle M_{VH} \rangle_{\text{fit gaussien}}| < 2\sigma_{\text{fit gaussien}}$
- $p_{T\gamma\gamma} > p_{T\gamma\gamma} \text{ min}(M_{VH})$

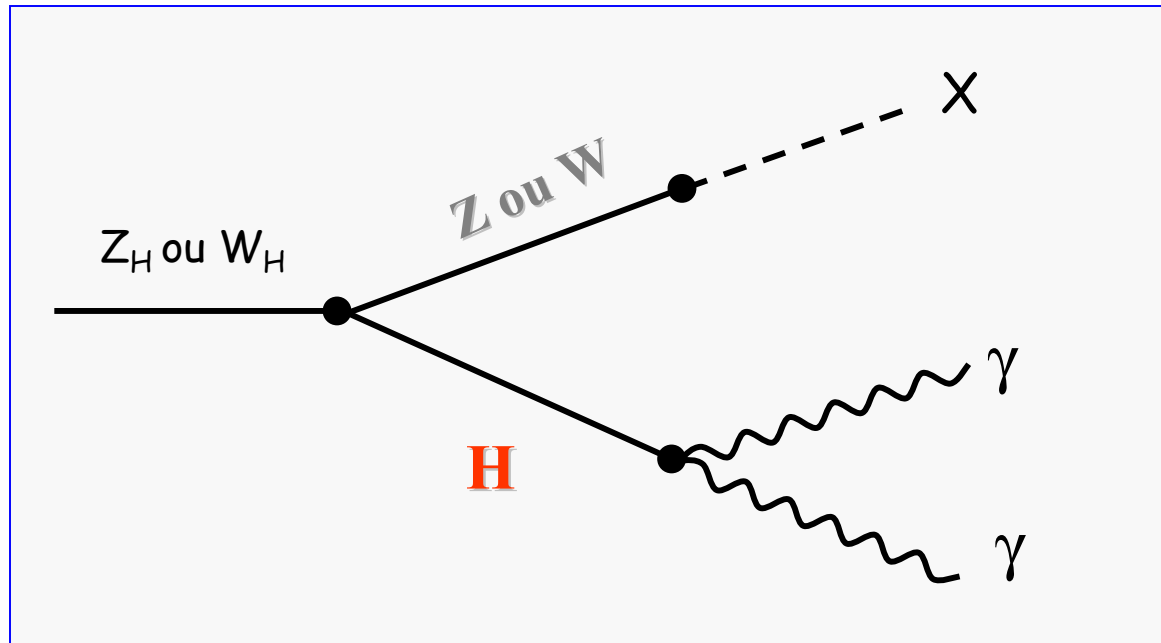
$\epsilon_S = 50-55\%$
 $\epsilon_B = 1-5\%$





$\cot\theta$



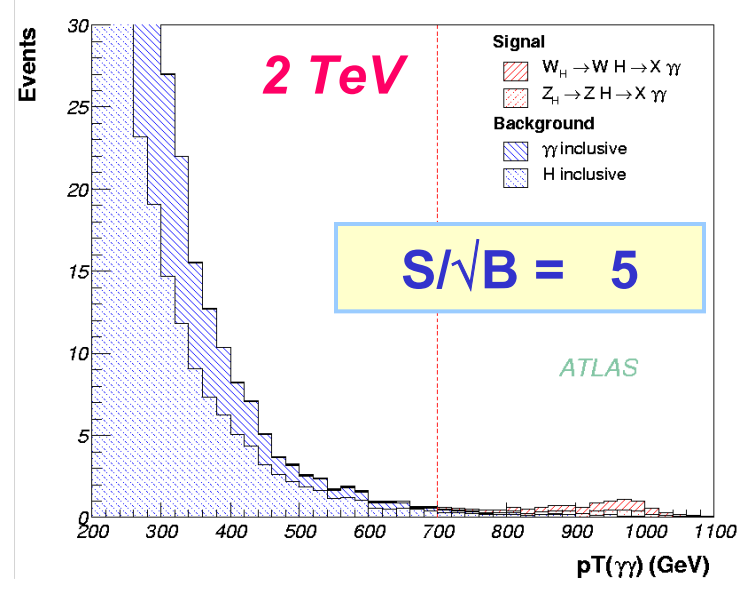
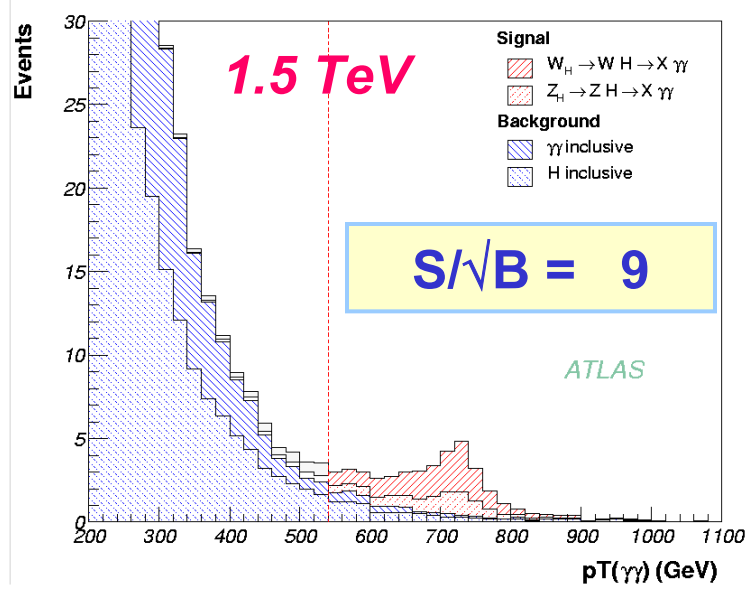
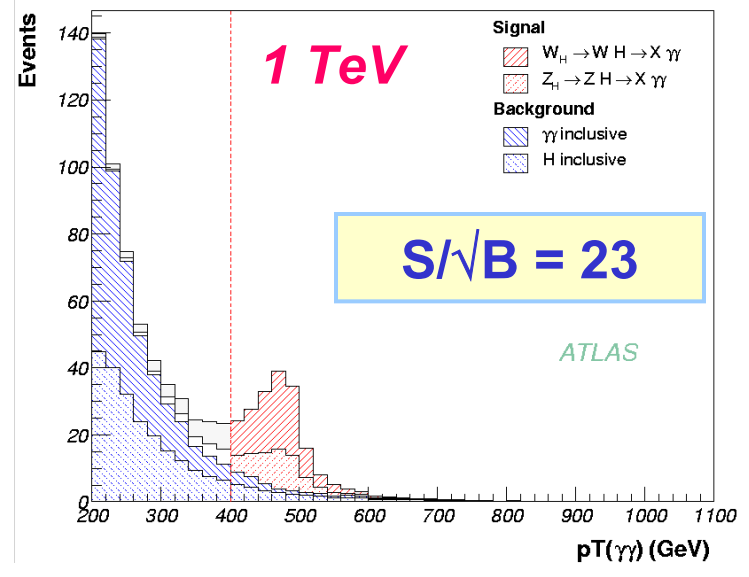
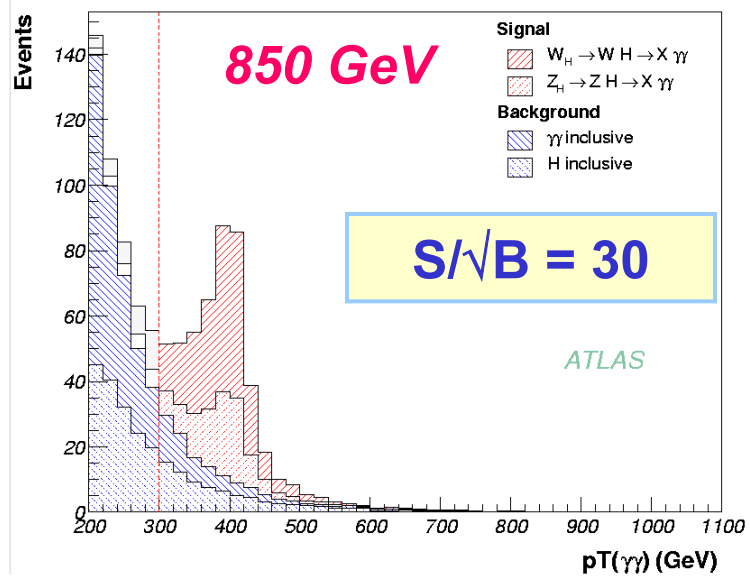


on ne considère plus que $W/Z \rightarrow q\bar{q}$

\Rightarrow section efficace plus grande ($BR_{W/Z} : 70\% \rightarrow 100\%$)

pas de coupure $| M_{VH} - \langle M_{VH} \rangle_{fit\ gaussien} | < 2\sigma_{fit\ gaussien}$

\Rightarrow moins de Bruit de Fond exclu \Rightarrow plus de Bruit de Fond



- le modèle prédit un autre boson de jauge lourd: A_H (γ lourd)
- A_H très **modèle-dépendant** (θ' , ...), difficile d'avoir une idée de σ .BR

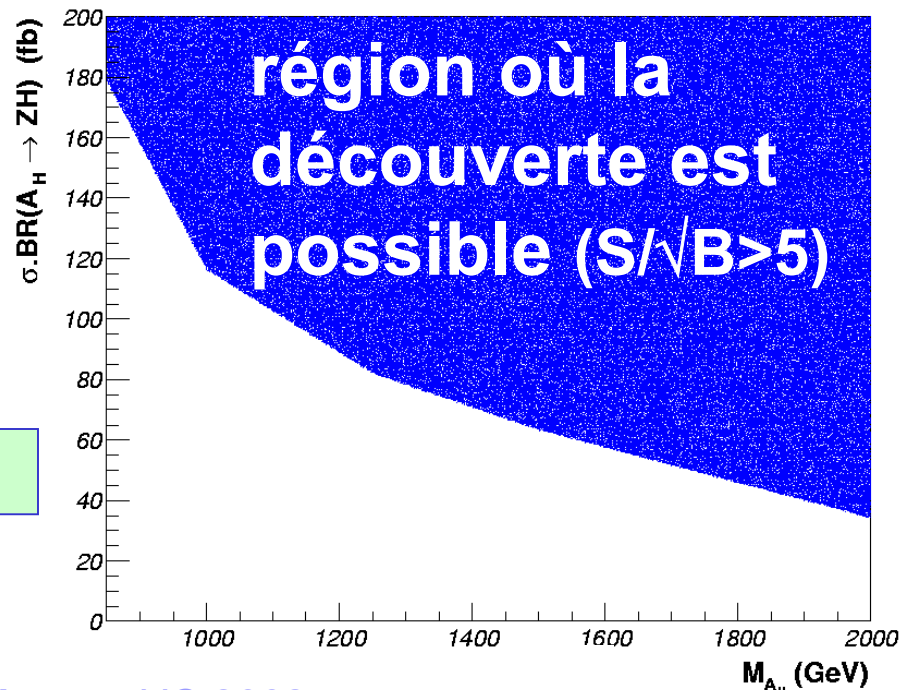
- A_H a les mêmes canaux de désintégration que Z_H
 \Rightarrow on peut utiliser les **résultats sur Z_H** (en prenant σ .BR comme variable)

- **cas favorables :**

A_H et Z_H/W_H **éloignés** pour toute masse de A_H

$\Rightarrow Z_H/W_H$ ne sont pas du bruit de fond pour A_H

limite sur σ .BR($A_H \rightarrow ZH$) (fb) :

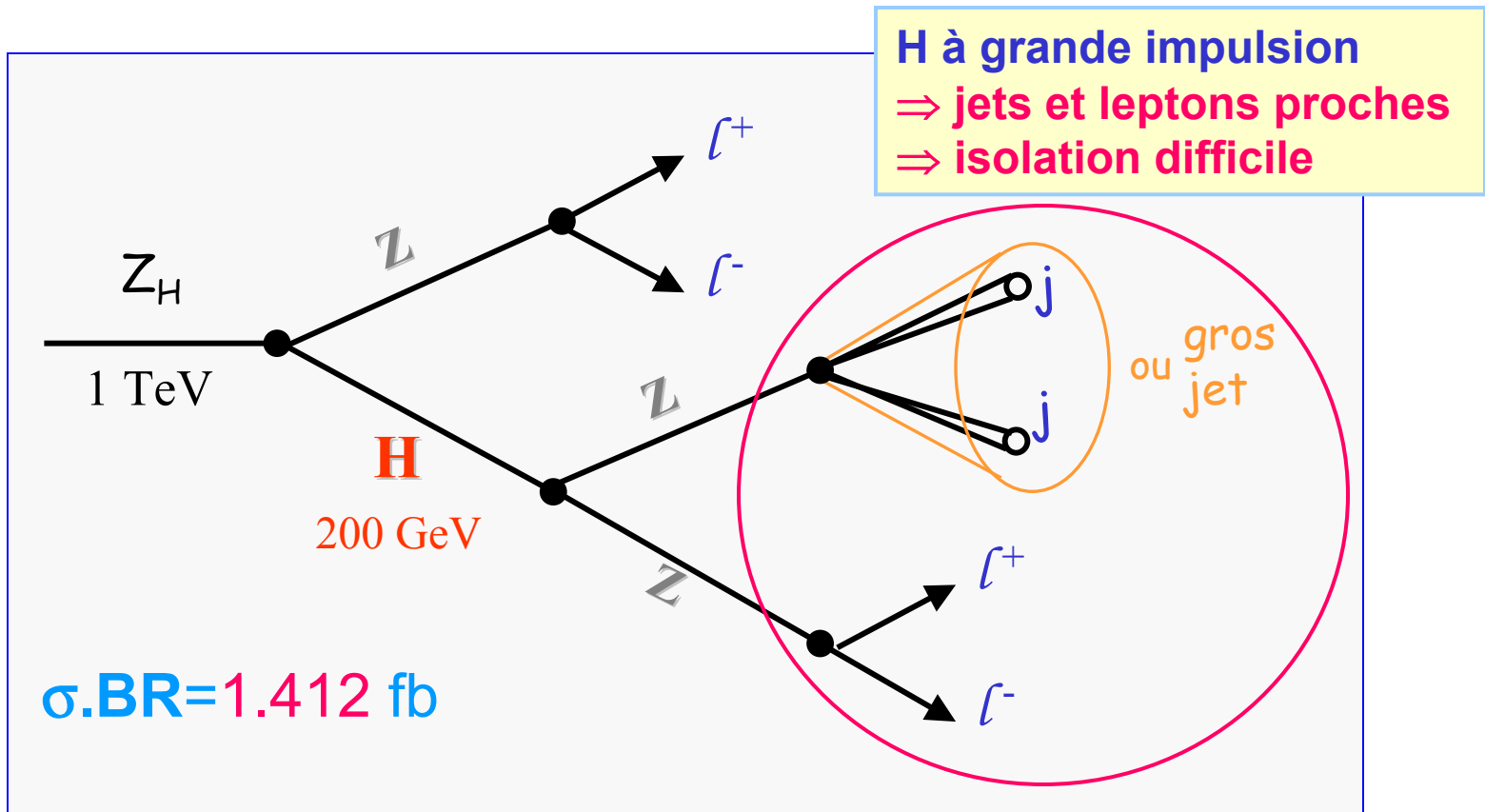


④

Z_H

$\rightarrow Z H(200)$

$\rightarrow || q\bar{q} ||$



H à grande impulsion
 ⇒ jets et leptons proches
 ⇒ isolation difficile

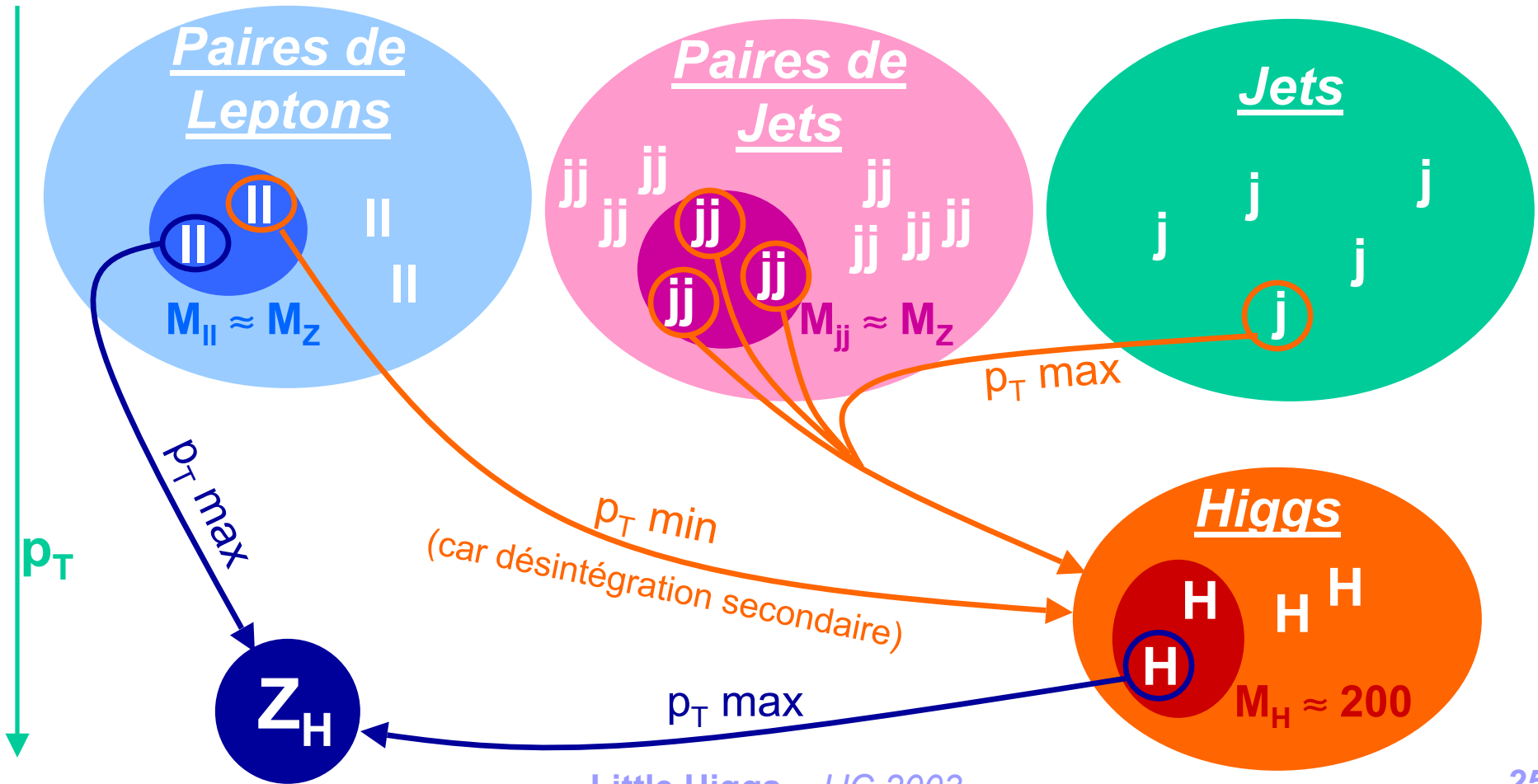
Signal :

Bruit de fond :

- $t\bar{t} \rightarrow WbWb \rightarrow l\nu b l\nu b$ avec $b \rightarrow B \rightarrow l X$
 → section efficace $t\bar{t}$ énorme
- $ZH \rightarrow llZZ \rightarrow llq\bar{q}ll$
 → même état final

condition de reconstruction du Z_H :
avoir **4 leptons**

optimisation des paramètres d'isolation



canaux	σ .BR(fb)	N événements
$Z_H \rightarrow Z H \rightarrow Z ZZ \rightarrow ll \text{ qqll}$	1.41	41.39
$tt \rightarrow Wb Wb \rightarrow l\nu b \text{ l}\nu b$	3376	2.03
$ttH \rightarrow Wb Wb ZZ \rightarrow l\nu b \text{ llqq}$	0.19	0.06
$qqH \rightarrow qq ZZ \rightarrow qq \text{ ll ll}$	2.81	< 0.21
$H \rightarrow ZZ \rightarrow ll ll$	46.79	< 0.34
$fH \rightarrow f ZZ \rightarrow f \text{ ll ll}$	5.72	< 0.42
$ZZ \rightarrow ll ll$	70.53	0.42
$ZH \rightarrow ll ZZ \rightarrow ll \text{ qqll}$	0.23	0.17
$WH \rightarrow qq ZZ \rightarrow qq \text{ ll ll}$	0.26	<0.03

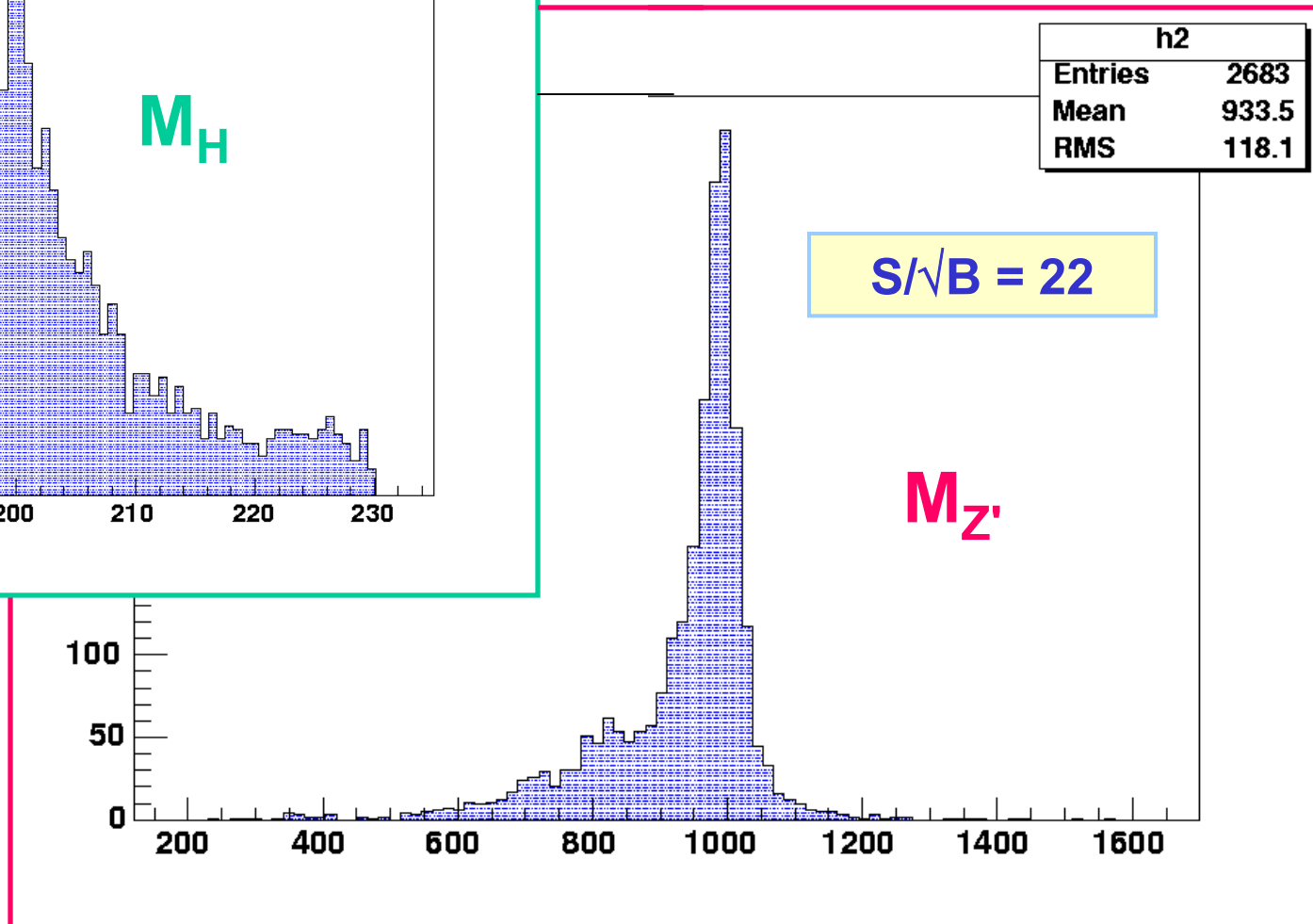
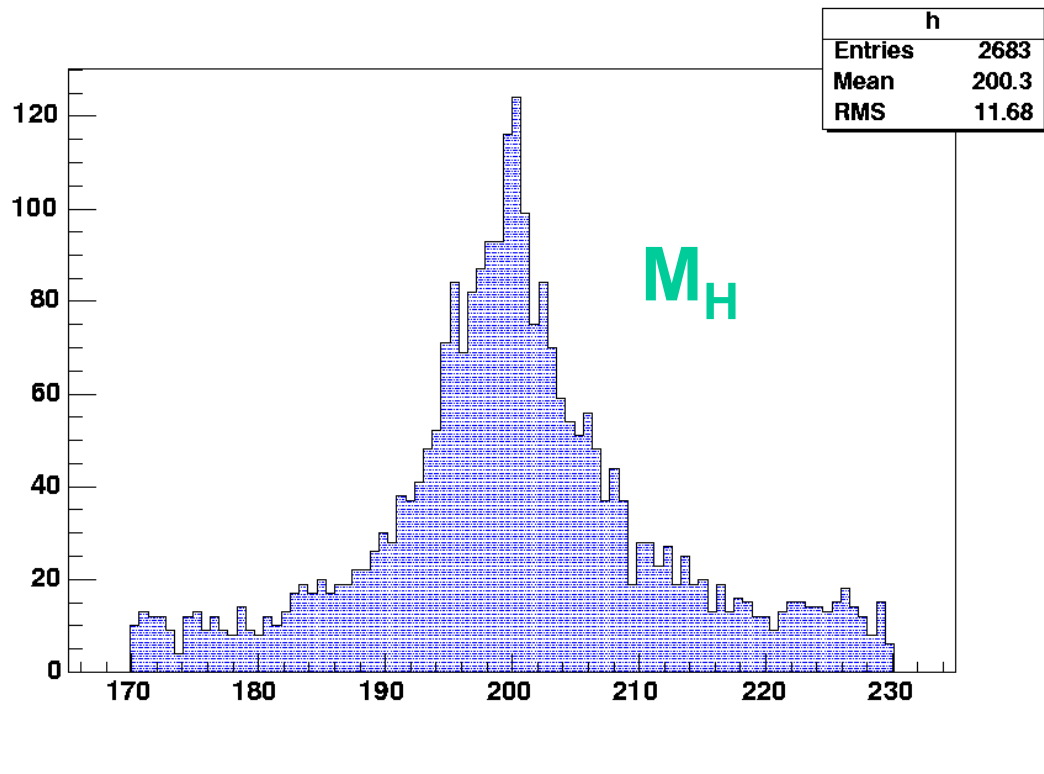
41.39

3.68

remarque: mêmes types de coupures qu'avant

$\epsilon_S = 20\%$
 $\epsilon_B \sim 0\%$

$S/\sqrt{B} = 22$



⑤ Conclusion

si $M_H = 120$ GeV: le modèle du Little Higgs peut être **mis en évidence**

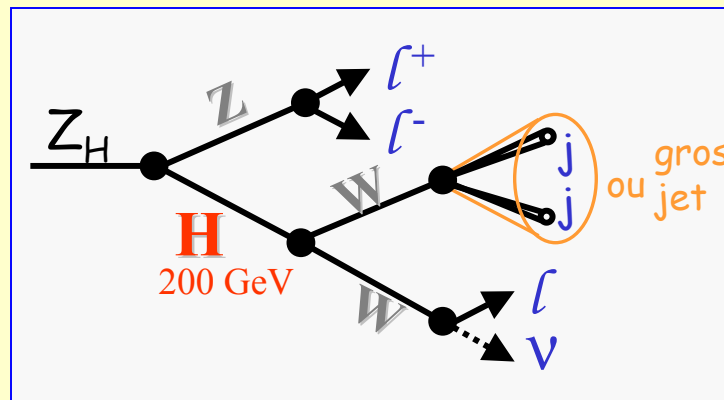
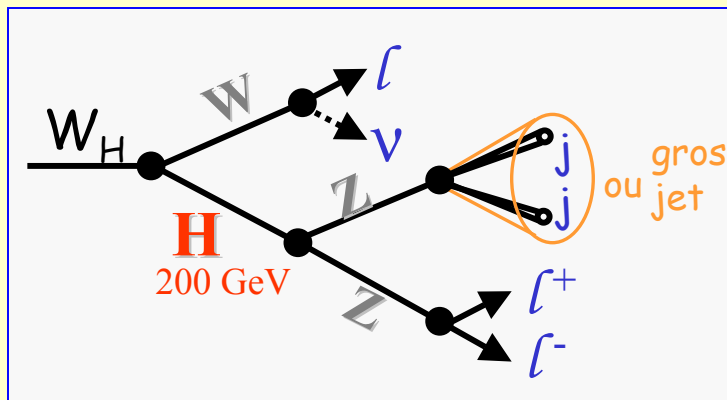
- pour tout $M(Z_H/W_H)$
- pour tout $\cot\theta$ (*presque*)

si $M_H = 200$ GeV : plus **dur** si $M(Z_H/W_H) > 2$ TeV

- **étude $qq\gamma\gamma$** : incluse dans la **publication** à venir du groupe "Little Higgs" d'ATLAS

- **étude $llqqll$** : en cours, **à optimiser** notamment avec une simulation détaillée

- **autres canaux :**



premiers essais :

1 TeV: $N=189$ ($\sigma \cdot BR = 8.6 \text{ fb}$, $\epsilon_S = 7\%$)