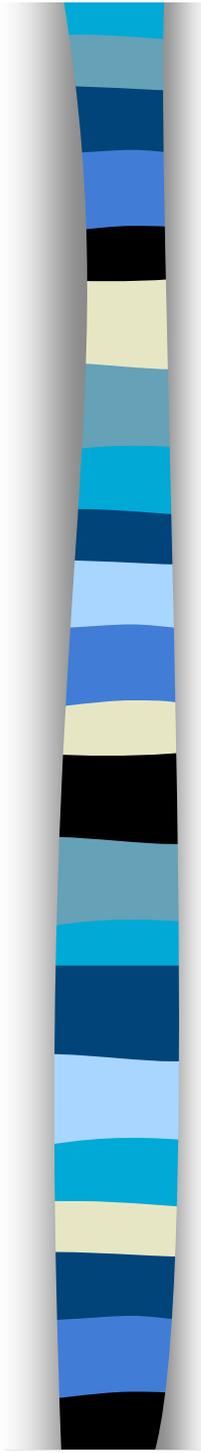


Journées de physique ATLAS - France
12 septembre 2007, Seignosse

Le canal $H \rightarrow \gamma \gamma$ (1/2)

Iro Koletsou LAL-Orsay

...de la part des groupes français qui travaillent sur le $H \rightarrow \gamma \gamma$



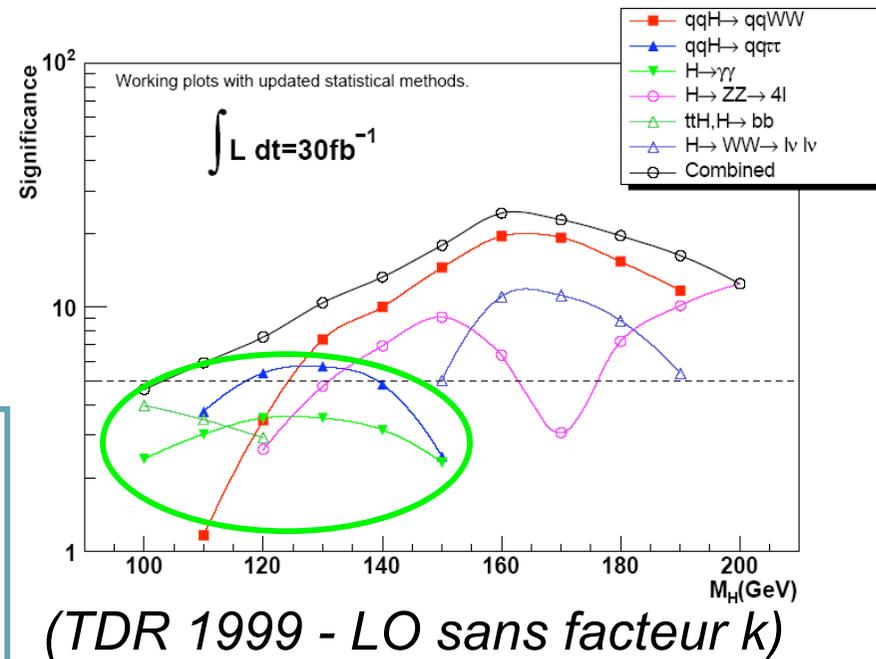
Sommaire

- 1 Introduction
- ✓ *comparaison avec CMS*
- 2 Effort de validation - analyse commune
- 3 Isolation des photons
- 4 Bruit de fond
- 5 Determination du vertex
- ✓ Higgs Time
- 7 Etude des conversions
- 8 Résolution en masse
- 9 Fitting
- ✓ Signification statistique

Introduction

Rappel:
canal très important
pour $114 < m_H < 145$ GeV

- $m_H > 114$ GeV LEP direct
- $m_H < 189$ GeV 95% CL
(corrections radiatives)
- $m_H < \sim 140$ GeV SUSY



☹️ Défis du canal:

- BR $\sim 0.2\%$ et $S/B_{\text{irreducible}} \sim 5\%$
- acceptance ~ 0.5 , efficacité 0.8^2

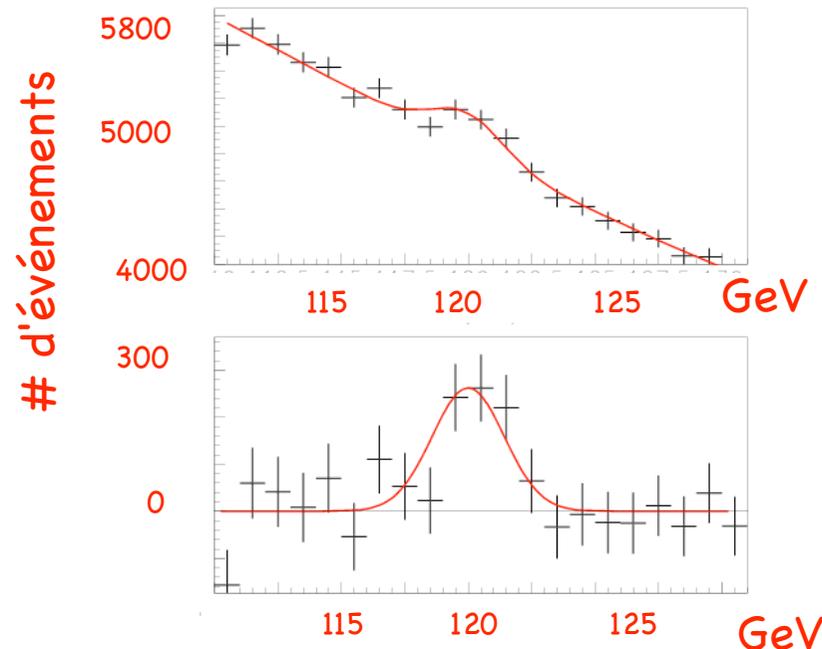
😊 Mais:

- Canal très "propre"
- Une des meilleures résolutions en masse (~ 1.4 GeV) ³

Analyse $H \rightarrow \gamma \gamma$ standard

1. Sélectionner les événements avec ≥ 2 photons identifiés (coupures ID, voir la suite)
2. Appliquer les coupures fiducielles:
 η dans $[0, 1.37] \cup [1.52, 2.37]$
3. Demander pour le premier et le deuxième photon de l'événement $P_T^1 > 40$ et $P_T^2 > 25$ GeV (coupures d'analyse)

ATL-COM-PHYS-2007-011
(30 fb⁻¹)



Points clés de l'analyse

Bruit de fond:

- *irréductible (born, box, bremsstrahlung)*
- ✓ $\sim 125 \text{ fb/GeV}$ (après coupure d'acceptance et efficacité des γ)
- 🔔 *utilisation de variables discriminantes ($\cos\theta^*$, P_T)*
- 🔔 *analyse VBF, production associée Z, W (voir Bertrand Brelrier)*
- *réductible*
- ✓ $\sigma(jj) = 2 \cdot 10^6 \cdot \sigma(\gamma\gamma)$ & $\sigma(\gamma j) = 8 \cdot 10^2 \cdot \sigma(\gamma\gamma)$
- 🔔 *rejection puissante des jets pour que $bdf(\text{red}) \ll bdf(\text{irred})$*
- 😊 *meilleure rejection des jets que CMS grâce à la segmentation très fine du calorimètre électromagnétique*

Signal:

- *bonne résolution en masse ($\propto 1.4 \text{ GeV}$)*
- 🔔 *avoir une bonne résolution en énergie*
- 😐 CMS a une résolution en énergie excellente (mais dégradation au cas de conversion)
- 🔔 *obtenir la meilleure résolution en Z_{vertex} possible*
- 😊 Meilleurs que CMS: ne peut pas mesurer le Z_{vertex} dans le calorimètre

Calcul du bdf par ATLAS et CMS

ATLAS

- ✓ production NLO avec ResBos pour Born et Box
- ✓ LO*K=1.7 pour γ -jets et jet-jets *ATL-PHYS-INT-2006-002*

CMS (TDR)

- ✓ production LO avec Pythia et application de facteur K:

Born	Box	Brem	γ -jet	jet-jet
1.5	1.2	1.72	1	1

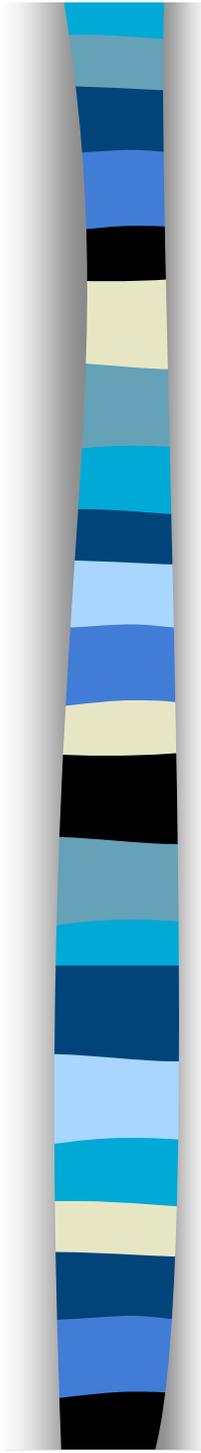
Résultats pour ATLAS après coupures d'analyse

Box	Born	Brem	γ -jets	jet-jets	total
29	95	29	5	158	

Résultats pour CMS après coupures d'analyse

Box	Born	Brem	γ -jets	jet-jets	total	Drell Yan
31	44	40	34	27	176	2

fb⁻¹GeV⁻¹ at 120 GeV



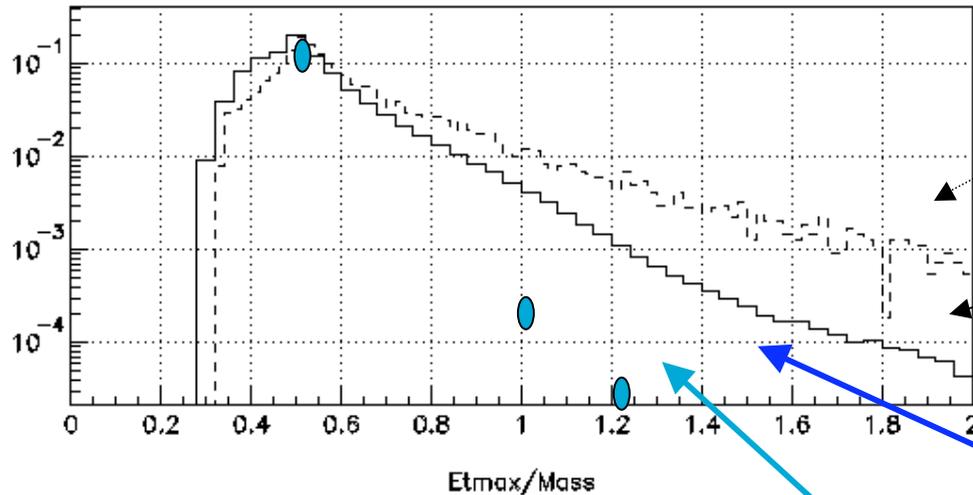
CMS: analyse optimisée

- grandes variations de $\sigma(m_H)$, dues à l'excellente résolution en énergie du calorimètre em
- ✓ Séparer en 6 catégories selon les variables de « shower shape » et leur position au calorimètre (bar-bar ou bar-end/end-end)
- ⇒ Pour $m_H=120$ GeV, amélioration de S/\sqrt{B} jusqu'à ~70%
- ✓ Entraîner un NN à partir de variables cinématiques seulement, pour chaque catégorie séparément
- ⇒ Pour $m_H=120$ GeV, amélioration de S/\sqrt{B} jusqu'à ~65%

CMS NOTE - 2006/112

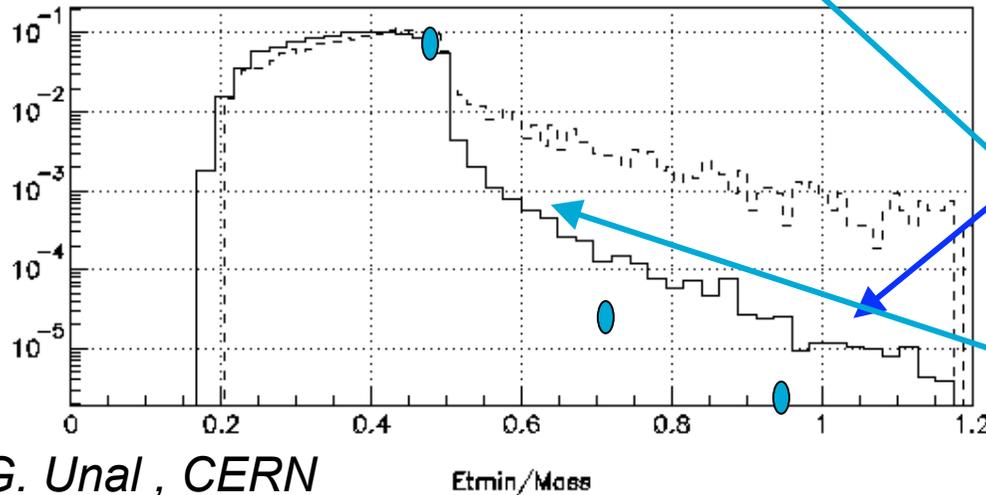
Remarque: en ce moment les S/\sqrt{B} de deux expériences sont au même niveau

P_T : variable basique



Pythia Higgs

Diphox bdf



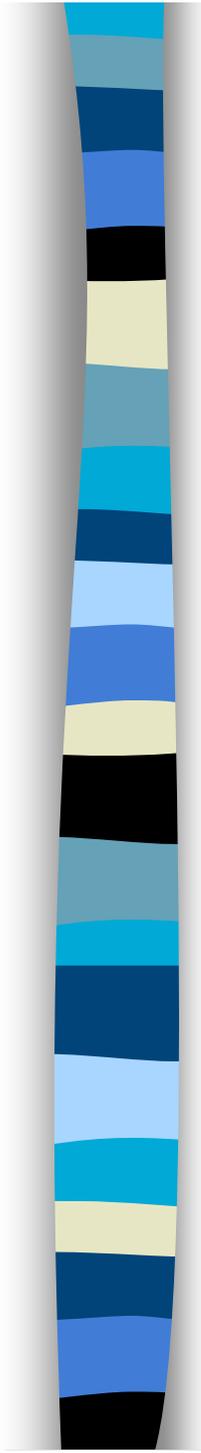
Beaucoup plus de queues à grand E_T

CMS

G. Unal, CERN

Ici: coupures à 25-40 GeV
CMS: coupures à 40-40 GeV

Mais de toute façon les queues sont à grand E_T



Effort de validation *dans le cadre des notes CSC*

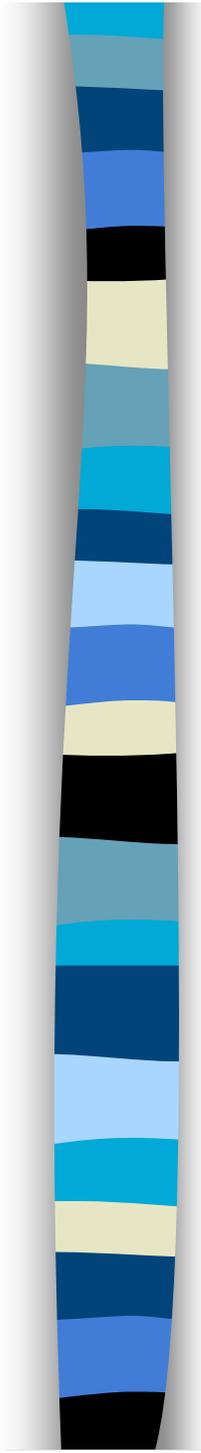
(release 12.0.6)

- Se mettre d'accord sur la définition exacte des “photons”
- **Catégorie 1:** photons reconstruits sans trace associée (pour AOD: PhotonContainer)
- **Catégorie 2:** photons reconstruits avec deux traces associées et conversion reconstruite (ConvTrackMatch pour objet Electron (AOD) or objet egamma)
- **Catégorie 3:** photons reconstruits avec une trace associée, sans hit au Blayer (voir JF Marchand)
- et de chaque coupure
- **Coupures ID:** $\exists \geq 2$ photons qui passent les coupures ID (voir la suite)
- **Coupures fiducielles appliquées au middle**
- **Coupures d'analyse:** $PT_1 > 40$ GeV, $PT_2 > 25$ GeV
- Commencer par les mêmes événements, utiliser différentiels algorithmes (avec AOD, CBNTAA et EventView) et avoir le même ‘cut flow’ et les mêmes résolutions en masse (voir JF Marchand)

«Cut flow»

Coupures ID + fiducielles	Coupures d'analyse
Catégorie 1 seulement	
43,84%	39,43%
Catégories 1 + 2	
50,92%	45,87%
Catégories 1 + 2 + 3	
54,37%	48,62%

*Nombres a multiplier avec l'efficacité du filtre
d'événements $H \rightarrow \gamma\gamma$: 75%*



L'effort de validation et le travail en commun nous a permis de construire / améliorer des tools communs d'analyse:

■ **HggEvent**

- ✓ sélectionne les événements qui vont participer à l'analyse

■ **ConversionFlagTool**

- ✓ identifie les conversions et trouve le vertex de la conversion (voir talk JF Marchand)

■ **PrimaryVertexFinder**

- ✓ sélectionne le vertex du Higgs si il y a du pile-up

■ **HggFitter**

- ✓ utilise les deux tools précédents et calcule la direction des photons, sert aussi comme input au PrimaryVertexFinder

■ **PhotonCorrectionTool**

- ✓ re-calcule les $\eta(\text{photon})$ et $P_T(\text{photon})$

Autres tools communs d'analyse:

■ **TrackIsolationTool**

- ✓ isolation avec le tracker (voir la suite)

■ **PhotonLogLikelihood**

- ✓ choisi les photons à partir de variables discriminatives

Identification des photons

- Coupures basées au «shower shape», ou **coupures ID**

Middle + calo hadronique:
rejection des jets avec
wide shower

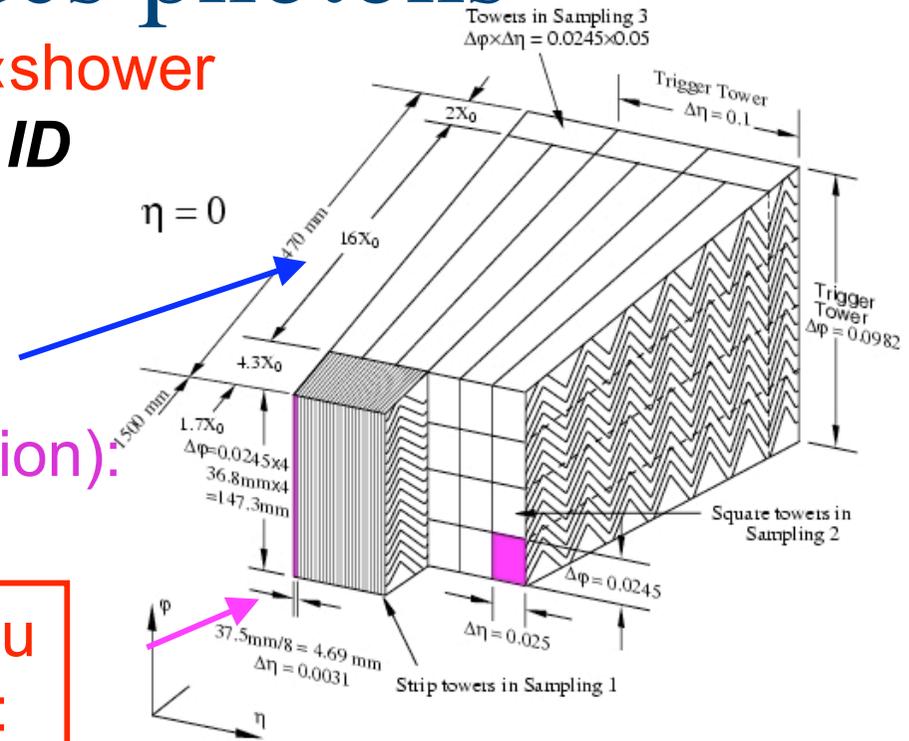
Strips (très fine segmentation):
séparation γ/π^0

Le bdf(QCD) reste >50% du
bdf($\gamma\gamma$), on doit ajouter une:

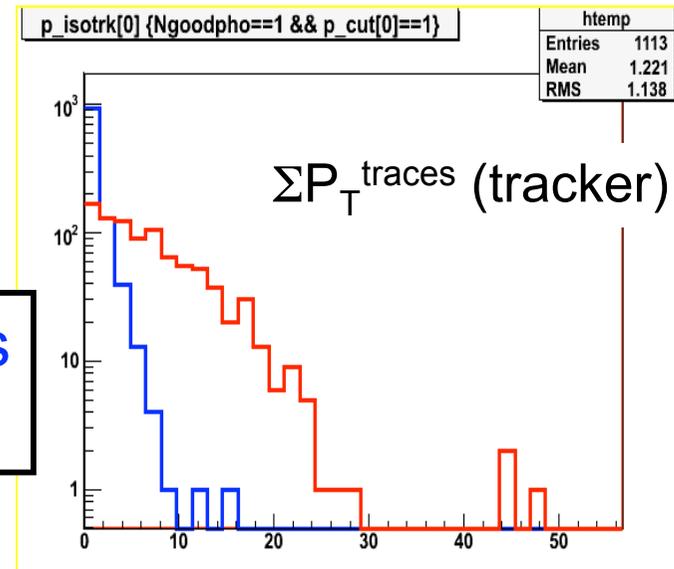
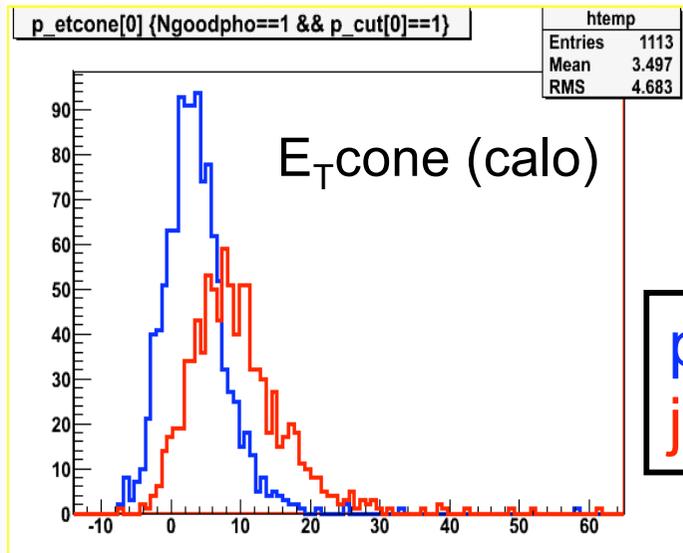
- Isolation des photons
- ✓ Isolation utilisant le détecteur des traces

bdf(QCD) ~ 30% du bdf($\gamma\gamma$)

- ✓ Isolation calorimétrique
- ⇒ Jusqu'à maintenant moins efficace, à suivre...



Isolation calorimétrique



Pistes suivies pour améliorer E_T cone:

1. ΣE_T cellules dans calo em +HAD dans $\Delta r < 0.3$ - «photon»
2. Supprimer les cellules ou ou $E_T < 2 * \sigma$ (bruit électronique)
3. Rapport ΣE_T cellules / E_T «photon» plutôt que ΣE_T cellules

Combiner avec l'isolation de traces

Travail en cours sur les ESD... (Caroline Collard)

Bruit de fond

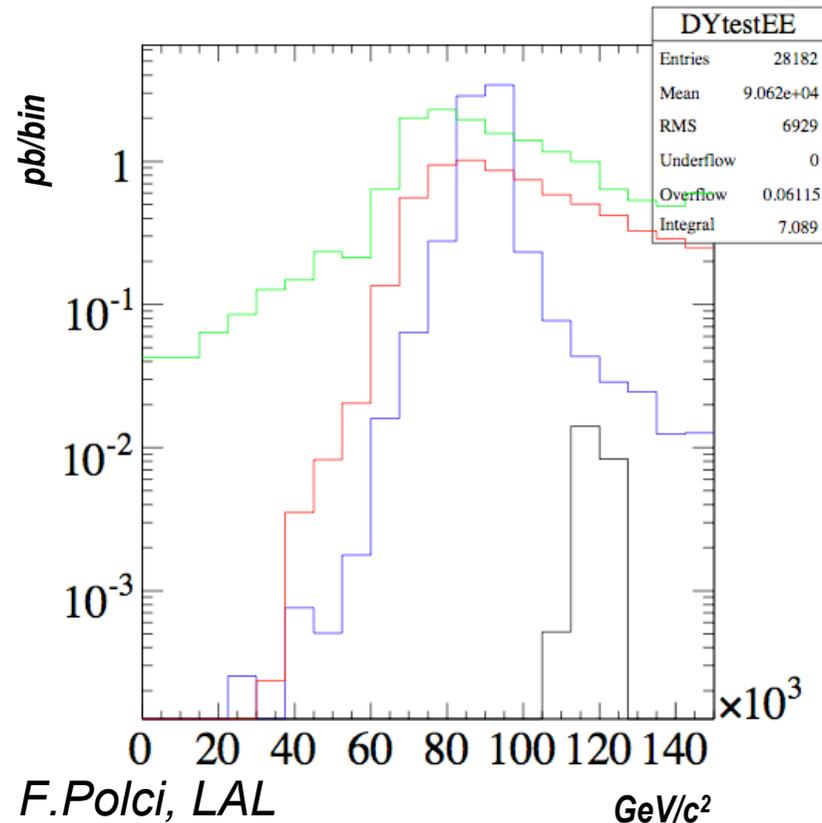
- Pythia sans facteur k (ordre supérieur: à voir page 6)
- reconstruction avec géométrie misalignée
- ici seulement coupures ID, fudicielles et d'analyse - sans isolation*

signal

bdf $\gamma\gamma$

bdf e^+e^-

bdf γ -jet

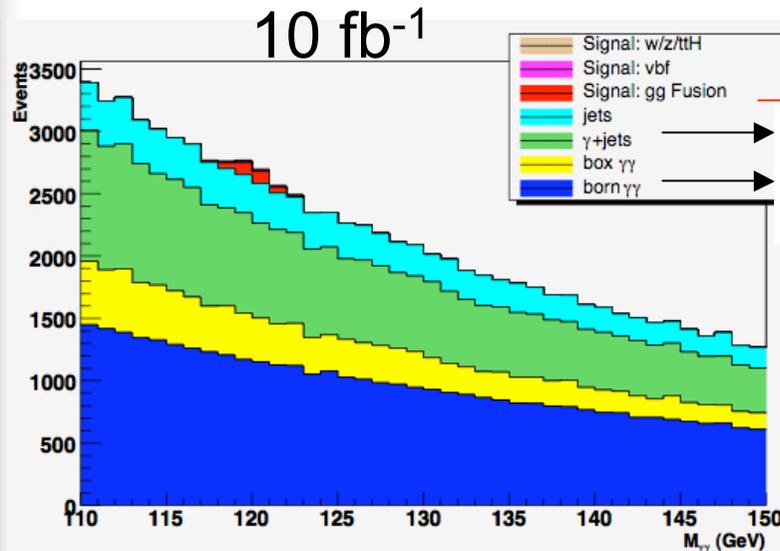


* isolation = $\sum P_T$ pour toutes les traces dans $\Delta R < 0.3$ du photon candidat sauf conversions < 4 GeV

Bdf après isolation (de traces)

<i>signal</i>	Rej. ~1.8%
<i>$\gamma\gamma$ background</i>	Rej. ~1.3%
<i>e^+e^- background</i>	Rej. ~9.8%
<i>γ-jet background</i>	Rej. ~35.6%

Resbos-Alpgen: bdf après isolation



- **HIGLU**
- Alpgen
- Resbos
- Bdf ~30% > Pythia * facteur K
- Importantes différences utilisant des différentes simulations, pas encore comprises
- ⇒ Grandes incertitudes du bdf

B.Mellado, Wisconsin

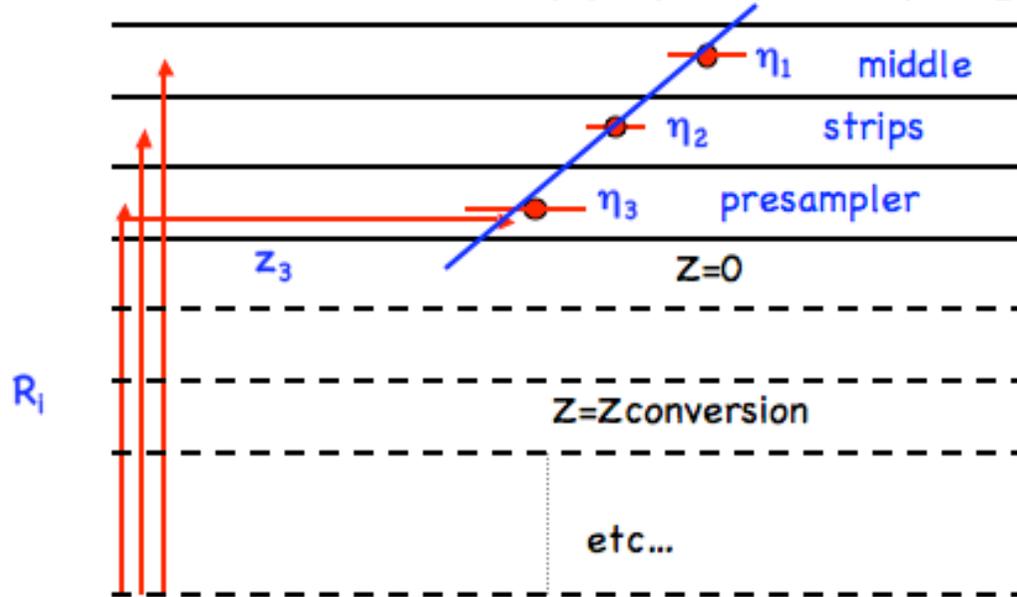
	CSC	DC1	augmentation
<i>Irreducible bkg (resbos)</i>	5403	4700	1.15 <i>(contribution box)</i>
<i>Gamjets (alpgen)</i>	3148	1121	2.8 <i>(rejection de jets)</i>
<i>Jetjets (alpgen) gluon rejection increased by factor 4</i>	1094	201	5.5

La rejection de jets est entrain de s'améliorer (G.Unal)

Travail en cours... (Francesco Polci, JF Marchand...)

Pointing - vertex primaire

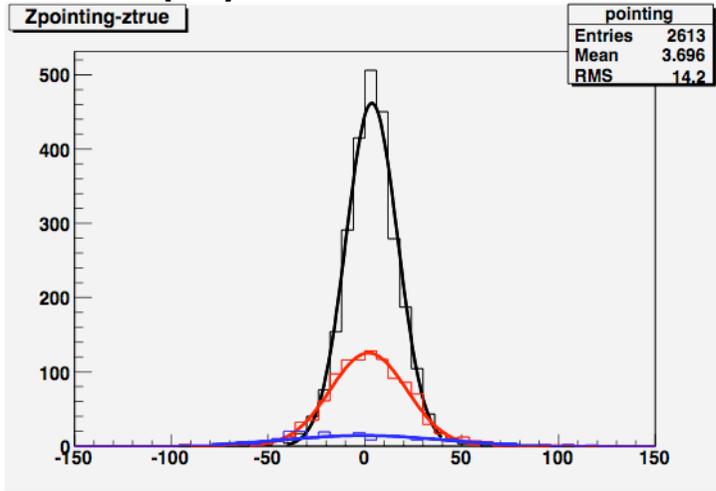
$$\chi^2 = \sum_i \omega_i (aR_i + b - Z_i)^2, \text{ ou } \omega_i = 1/\sigma_z^2$$



- Direction du photon → fit global qui utilise:
- ✓ η à chacun de trois couches
- ✓ $Z=0$ avec $\sigma=56$ mm
- ✓ $Z_{\text{vertex de conversion}}$ au cas de conversion a 2 traces
- ✓ $Z_{0_{\text{trace}}}$ au cas de conversion à 1 trace
- ✓ Z_{vertex} , calculé par le détecteur de traces et sélectionné parmi les vertex à haute luminosité

Pointing: résolution en Z_{vertex}

RMS(Z) BB BE EE

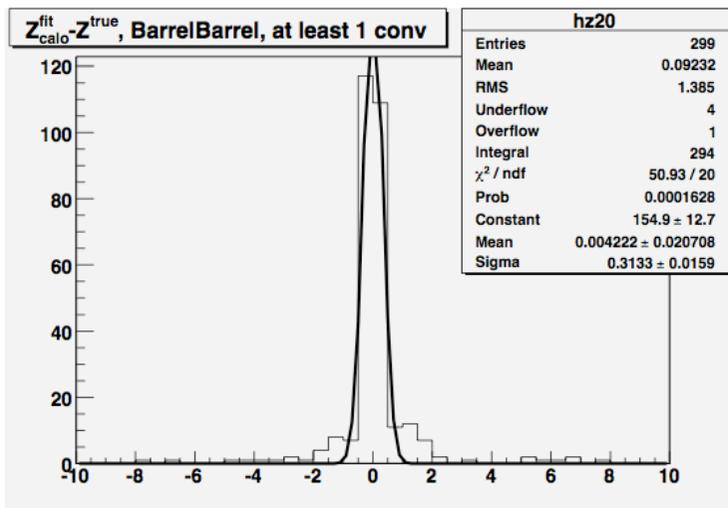


barrel-barrel $\sigma(Z)=13.3$

barrel-end $\sigma(Z)= 19.7$

end-end $\sigma(Z)= 39.7$

résolution en Z_{vertex} au cas de conversion
reconstruite



$\sigma(Z)=0.31$ mm

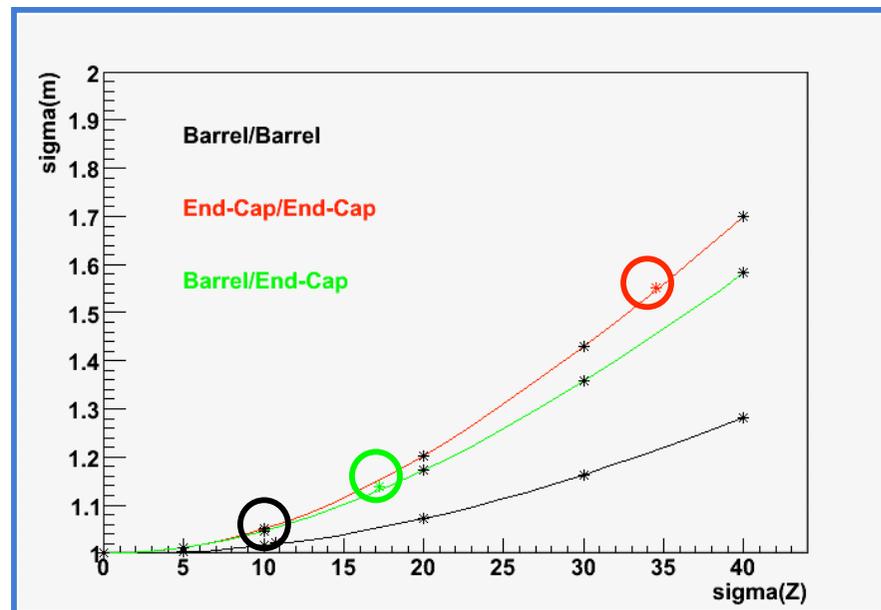
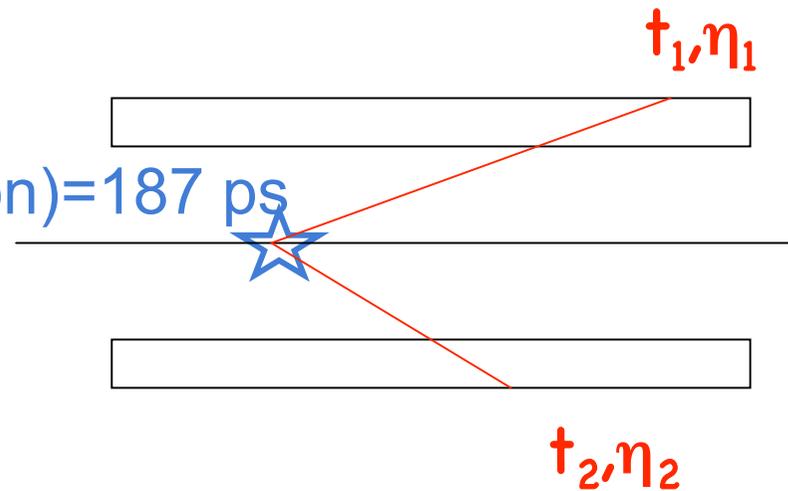
(résolution à l'ordre du
détecteur de traces)

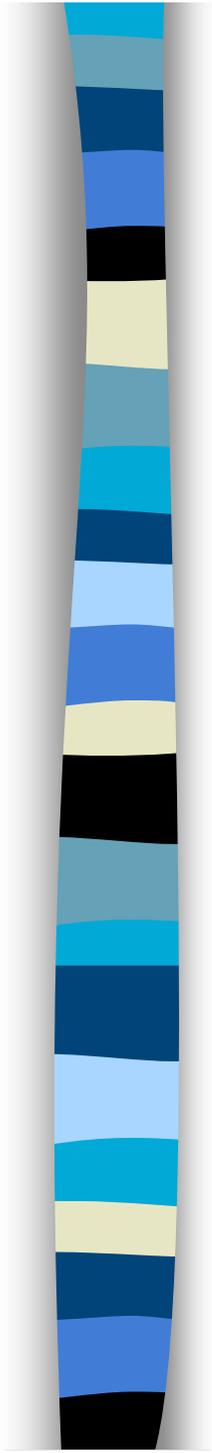
Higgs Time

$\sigma(\text{interaction}) = 187 \text{ ps}$

$$\sigma(z) = \sqrt{2 \cdot c \cdot \sigma_t / \Delta \tanh(\eta)}$$

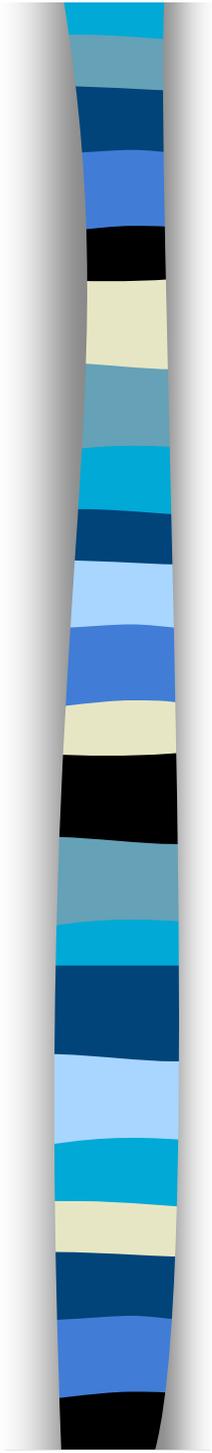
Pour $\sigma_t = 200 \text{ ps}$, amélioration de 2% par rapport au pointing « traditionnel »





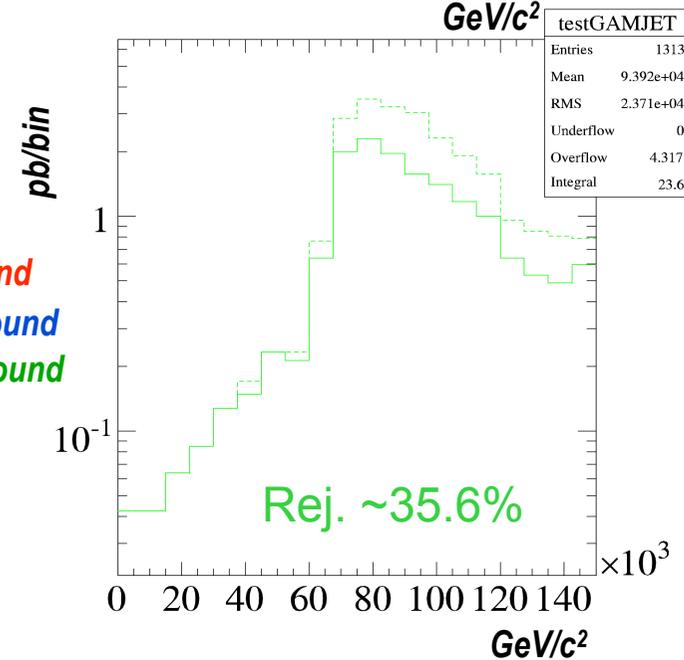
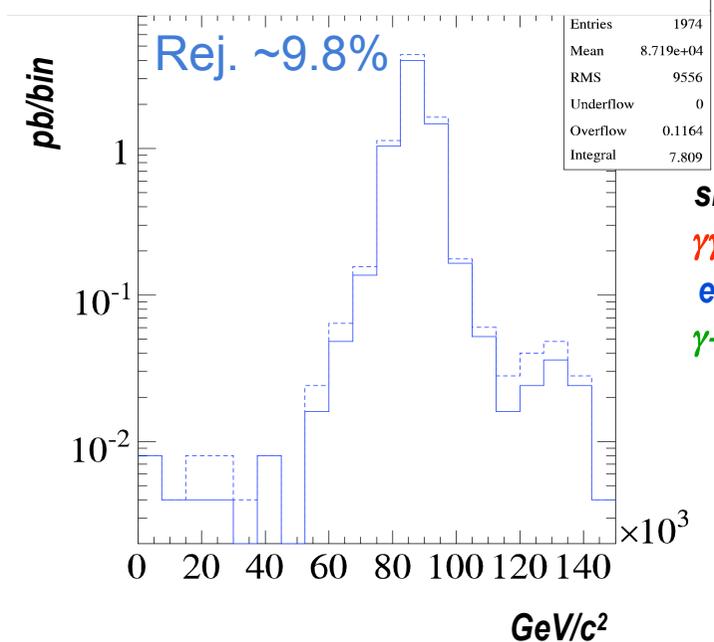
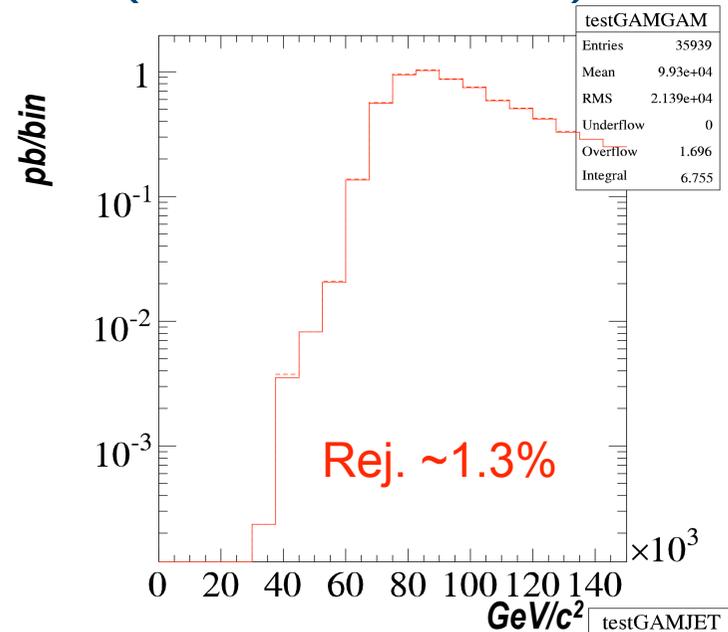
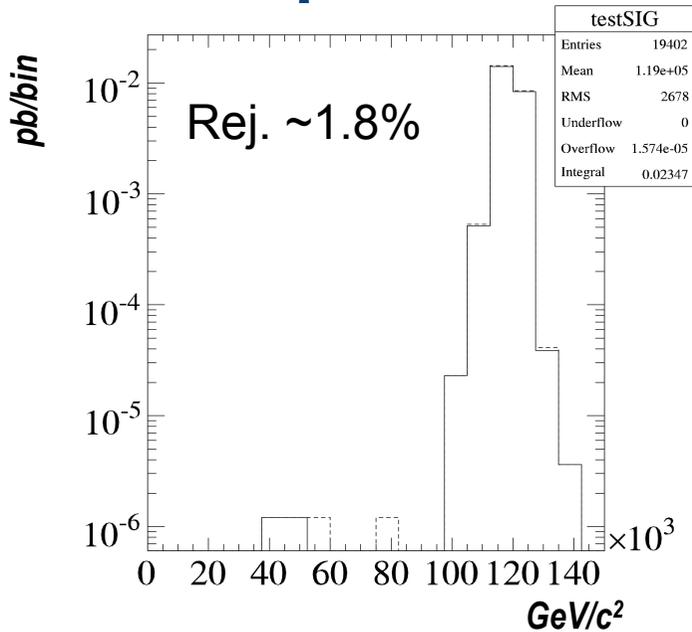
à suivre...

... voir présentation de Jean-François
Marchand



Transparents de backup

Bdf après isolation (de traces)

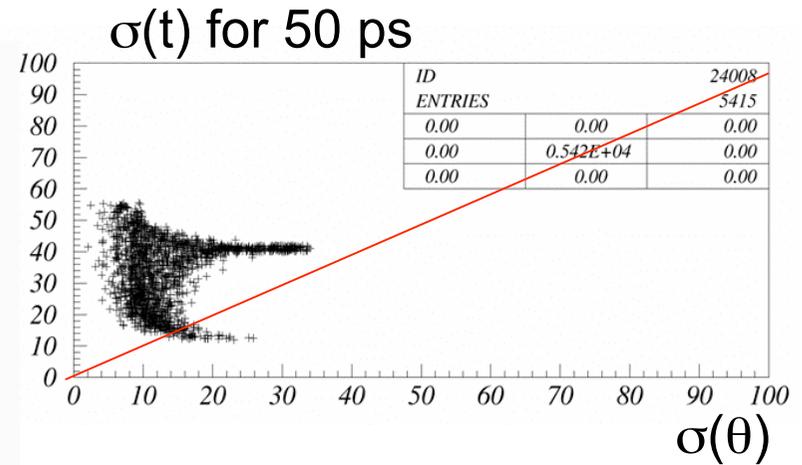
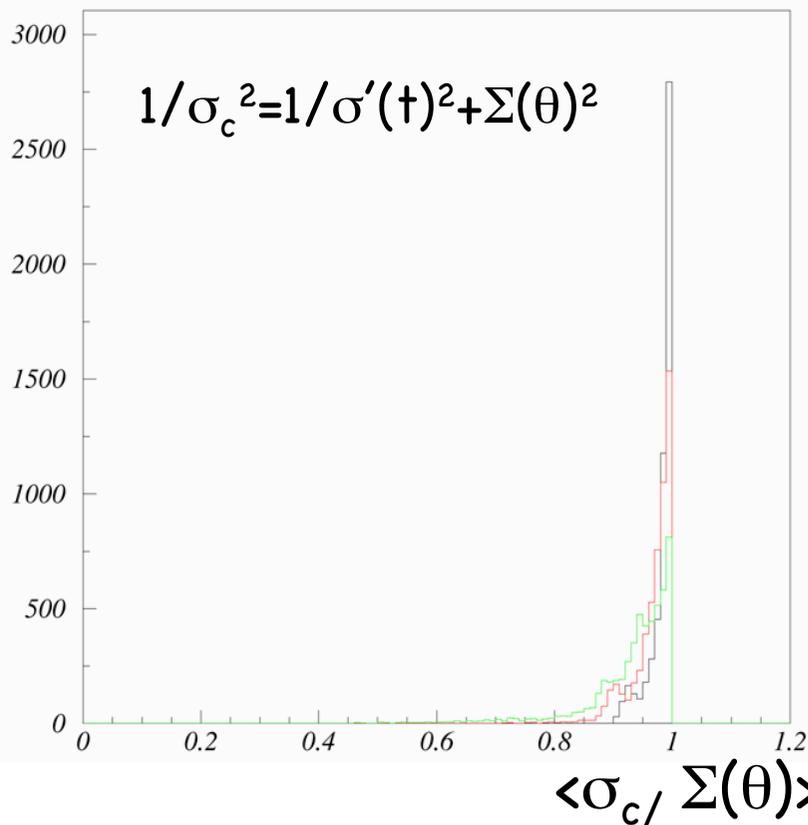
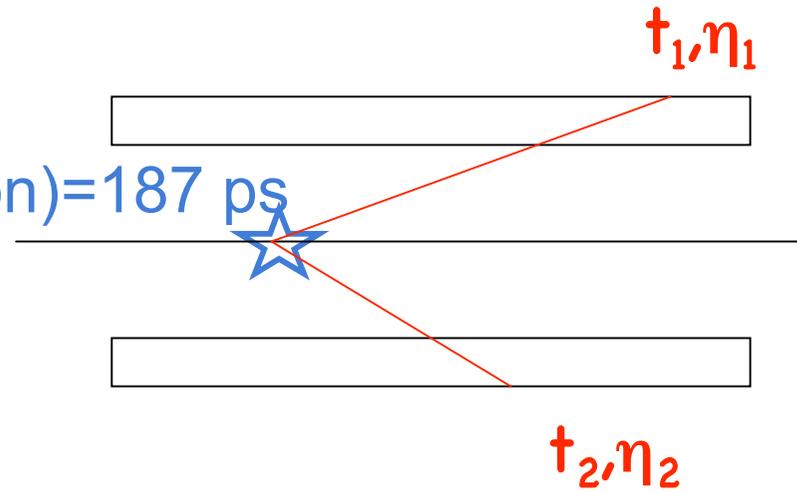


signal
γγ background
e⁺e⁻ background
γ-jet background

Higgs Time

$\sigma(\text{interaction}) = 187 \text{ ps}$

$$\sigma(z) = \sqrt{2 * c * \sigma_t / \Delta \tanh(\eta)}$$



$\langle \sigma_c / \Sigma(\theta) \rangle =$

0.9311 (50 ps)

0.9668 (100 ps)

0.9829 (200 ps)

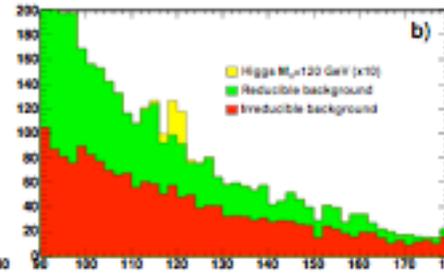
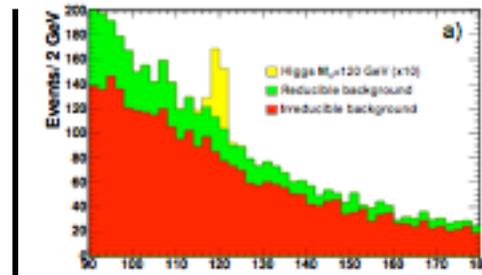
CMS: Séparation en catégories

1. 1 catégorie

2. 4 catégories (2 régions de R_9 * 2 régions en η)

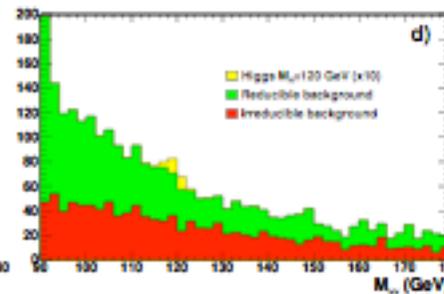
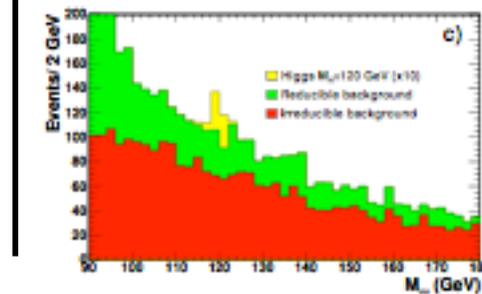
3. 12 catégories (3 régions de R_9 * 4 régions en η)

R9 élevé
barrel



R9 bas
barrel

R9 élevé
end-cap



R9 bas
end-cap

- Bdf irreductible dominant pour les catégories à grand R9
- Bdf reductible dominant pour les catégories à petit R9

⇒ CMS: Amélioration (sans systématiques)

analyse		1 cat.	4 cat.	12 cat.
fb-1 pour avoir 5σ	27.4	24.5	21.3	19.3

⇒ Mais quand on inclue les systématiques l'amélioration devient plus importante:

analyse		1 cat.	4 cat.	12 cat.
fb-1 pour avoir 5σ	48.7	39.5	26.0	22.8

Parce que la séparation en catégories fait maintenant en plus que l'erreur systématique totale baisse:

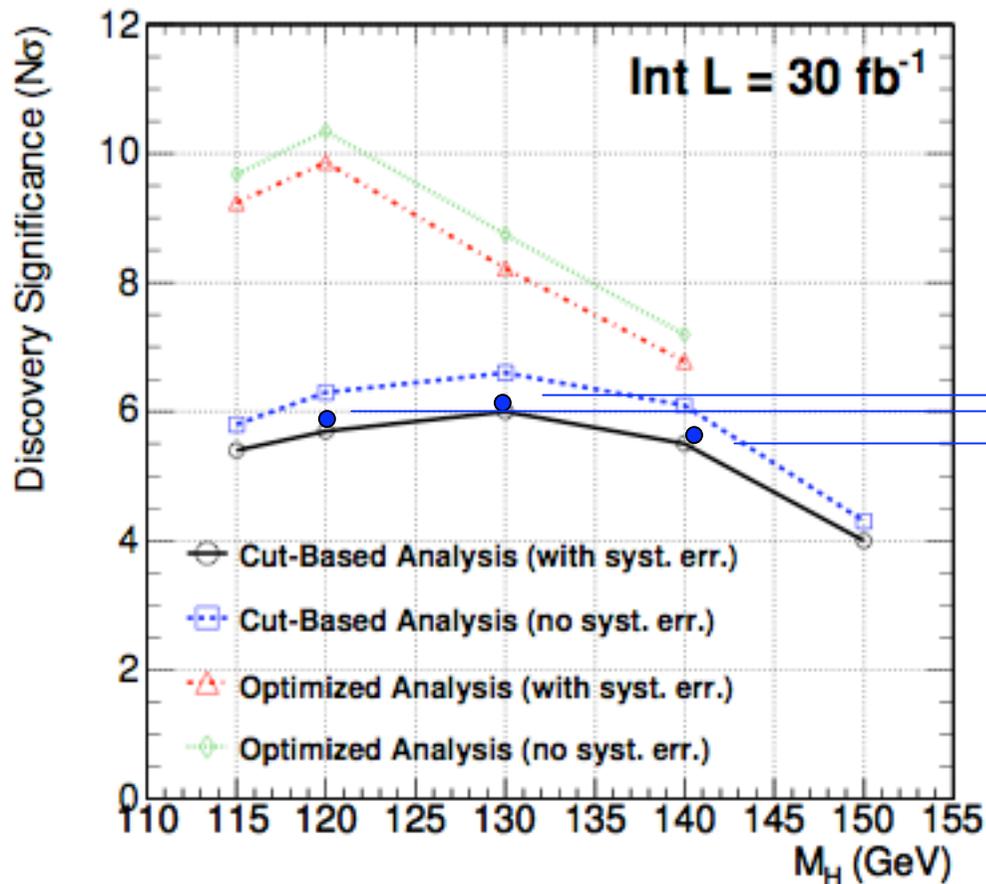
- L'erreur resterait la même après la séparation en N_{cat} catégories, si l'erreur de chaque catégorie augmentait en moyenne d'un facteur $\sqrt{N_{\text{cat}}}$

- Et ici on a:

$$\underbrace{\sigma_{\text{statistique}}}_{*\sqrt{N_{\text{cat}}}}$$

$$\underbrace{\sigma_{\text{systématique}}}_{*1}$$

Résultats CMS:



Résultats ATLAS

☆ L'analyse optimale
provoque une
augmentation de 40%

- Résultats similaires pour les deux expériences
- Tous les deux pourraient arriver à une découverte dans la première année de run