

Recherche du Higgs

$$H \rightarrow \gamma\gamma$$
$$(2/2)$$

Jean-François MARCHAND

marchand@lapp.in2p3.fr

Laboratoire d'Annecy-le-Vieux de Physique des Particules (LAPP)

Conversions

Conversions dans $H \rightarrow \gamma\gamma$

Resultats obtenus avec 12.0.31 (ATLAS-CSC-01-00-00)

- Fraction de photons convertis ($|\eta| < 2.5$) :
$$\frac{\text{nb total de photons convertis dans } H \rightarrow \gamma\gamma}{\text{nb total de photons}} \approx 22.2\%$$

 $\Rightarrow 39.5\%$ des évènements ont au moins 1 conversion
- Fraction de photons convertis entre 45 et 350mm ($|\eta| < 2.5$) : 8.8%
 $\Rightarrow 16.3\%$ des évènements ont au moins une conversion entre 45 et 350mm

Différents types de conversions

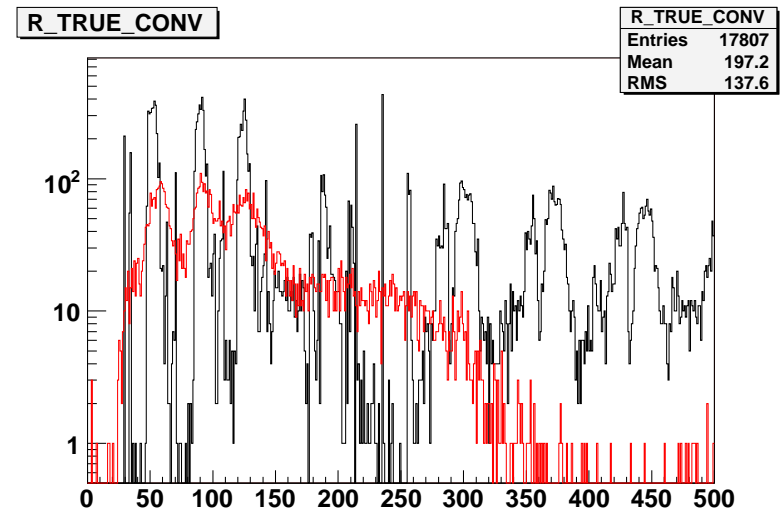
- **Conversions à 2 traces** - Reconstituées par l'algo. ConversionFinder
→ 2 traces de charges opposées en input
- **Conversions à 1 trace** - Conversions asymétriques
→ Distinction entre un électron de conversion et un électron primaire par le signal laissé dans la 1^{ère} couche de pixel (B-Layer)
→ Si l'électron est tel que $NB_{\text{BLayer hit}}=0$ alors c'est un électron de conversion

Conversions

Efficacité de reconstruction des conversions à 2 traces

single photons de $E_T=60\text{GeV}$

Rayon de conversion	Efficacité
$45 < R < 100$	68.8%
$100 < R < 175$	47.2%
$175 < R < 280$	23.6%
$280 < R < 350$	6.5%
$350 < R < 500$	0.2%
$45 < R < 350$	42.1%



⇒ **PB** : ConversionFinder nécessite **2 traces en input...** or une fraction non négligeable de conversions ont moins de 2 traces reconstruites :

Rayon	0 trace	1 trace	2 traces
$45 < R < 350$	12.9%	35.9%	51.2%

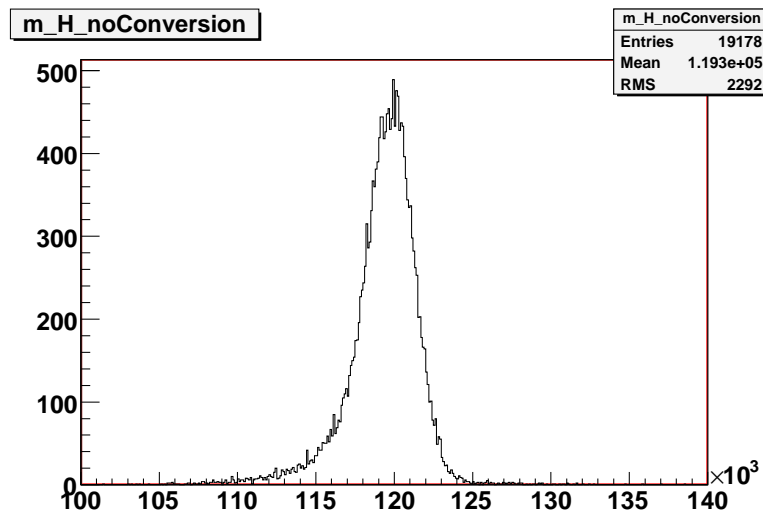
⇒ Pour des singles photons de $E_T=60\text{GeV}$, si on ne regarde que les évènements avec une seule vraie conversion, **49% des évènements ont moins que 2 traces reconstruites...**

⇒ **Récupération des conversions à une seule trace** = traces sans hit dans le B-Layer

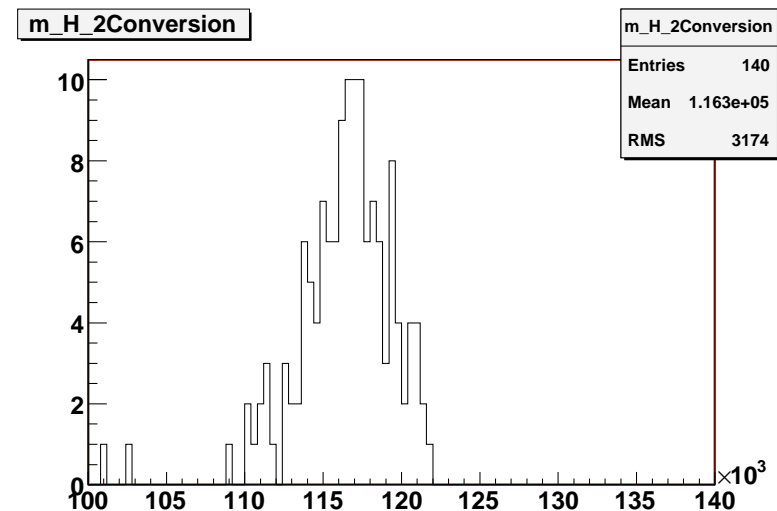
Conversions et $H \rightarrow \gamma\gamma$

Effet des conversions sur le signal $H \rightarrow \gamma\gamma$

- $\approx 7\%$ d'évènements ajoutés en utilisant les conversions à 1 trace
- $\approx 25\%$ d'évènements ajoutés en utilisant toutes les conversions (1 ou 2 traces)



$m_{\gamma\gamma}$ pour 2 photons non convertis



$m_{\gamma\gamma}$ pour 2 photons convertis

⇒ **Décalage** de $\approx 2\text{GeV}$ pour les photons convertis

⇒ Nécessité de **calibrer l'énergie des conversions** → Reste à faire !

(Tous les plots de cette présentation sont obtenus avec des données en géométrie "misal1")

Bruit de fond et conversions

Inefficacité du BLayer

- $\approx 8\%$ des électrons “directs” n’ont pas de hit dans le B-Layer
- $\approx 4\%$ des pions chargés n’ont pas de hit dans le B-Layer

⇒ Ajout de bruit de fond par les conversions à 1 trace

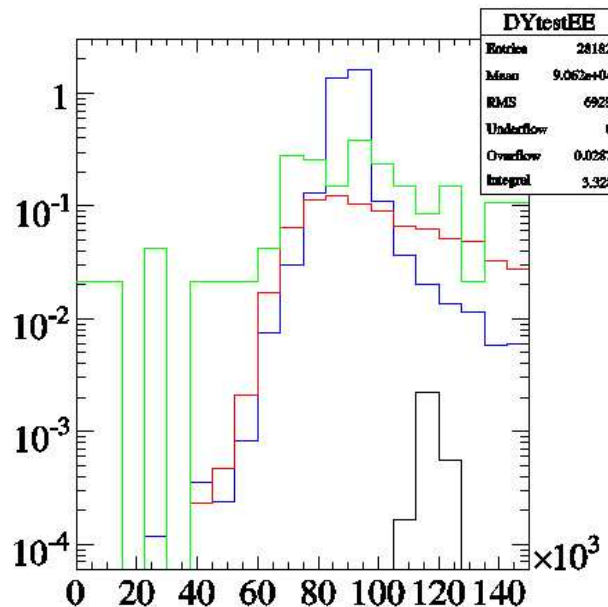
Rappel des différents bruits de fond (cf 1^{ère} partie par Iro)

- Drell-Yan e^+e^-
- Irréductible : $\gamma\gamma$ (processus de Born, box et Bremsstrahlung)
- Réductible : γ/jet et jet/jet

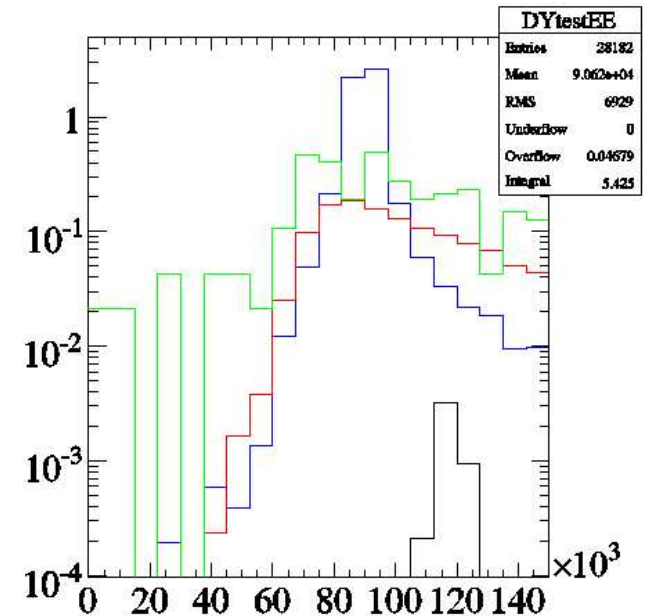
Bruit de fond et conversions

Masse invariante $\gamma\gamma$ – Effet des conversions à une trace

Photons + conversions à 2 traces



Photons + toutes les conversions



Signal $H \rightarrow \gamma\gamma$

Bruit de fond $\gamma\gamma$

Bruit de fond e^+e^-

Bruit de fond γ/jet

→ Effet des conversions à une seule trace sur le bruit de fond e^+e^- :

On ajoute $\frac{e^+e^-}{\gamma\gamma} = 2.2\% \pm 1.5\%$ dans la fenêtre de masse $m_H \pm 1.4\sigma$ ($m_H=120\text{GeV}$)

→ Effet des conversions à une seule trace sur le bruit de fond γ/jet :

On ajoute $\approx 10\%$ d'évènements γ/jet dans la fenêtre de masse

Potentiel de découverte - S/\sqrt{B}

Nombre d'évènements pour une luminosité intégrée de 30fb^{-1}

	NB évènements dataset	NB d'évènements dans fenêtre de masse $m_H \pm 1.4\sigma$	NB d'évènements dans fenêtre de masse pour $\mathcal{L}=30\text{fb}^{-1}$
$H \rightarrow \gamma\gamma$	49400	17631	501
γ/jet	840000	20	12910
$\gamma\gamma$	304500	1206	8382
e^+e^-	415200	8	711

On obtient donc (normalisations **LO**) :

$$\frac{S}{\sqrt{B}} = \frac{501}{12910 \cdot 0.4 + 8382 + 711 + \text{jet} + \text{jet} \gamma \gamma_{\text{brem}}} = 4.2$$

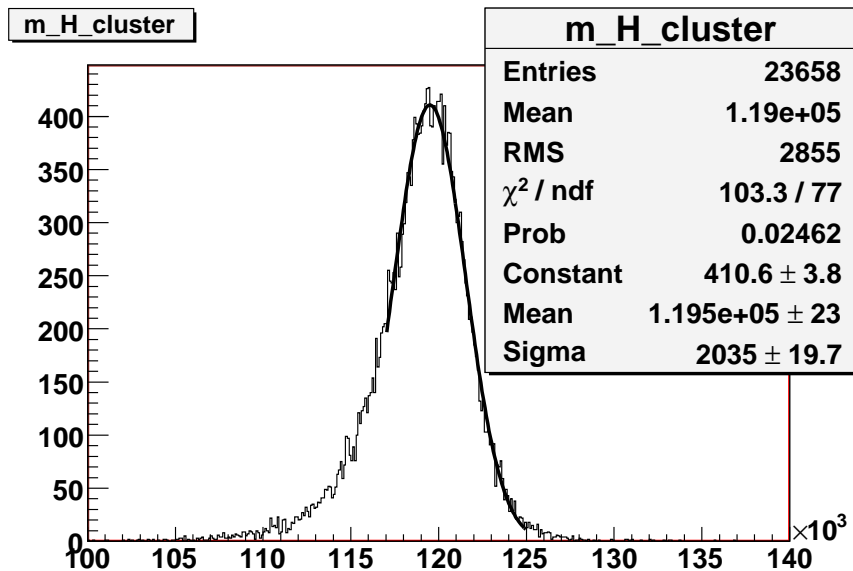
$$\left(\frac{S}{\sqrt{B}} = 4.89 \text{ au LO dans la note de M. Escalier et al. ATL-HYS-INT-2006-002} \right)$$

(Sans les conversions, on trouve $\frac{S}{\sqrt{B}} = 4.1$ mais **grosses incertitudes sur le bruit de fond**)

★ **ATTENTION : PB avec γ/jet qui contient $\approx 60\%$ d'évènements Bremsstrahlung...** ★

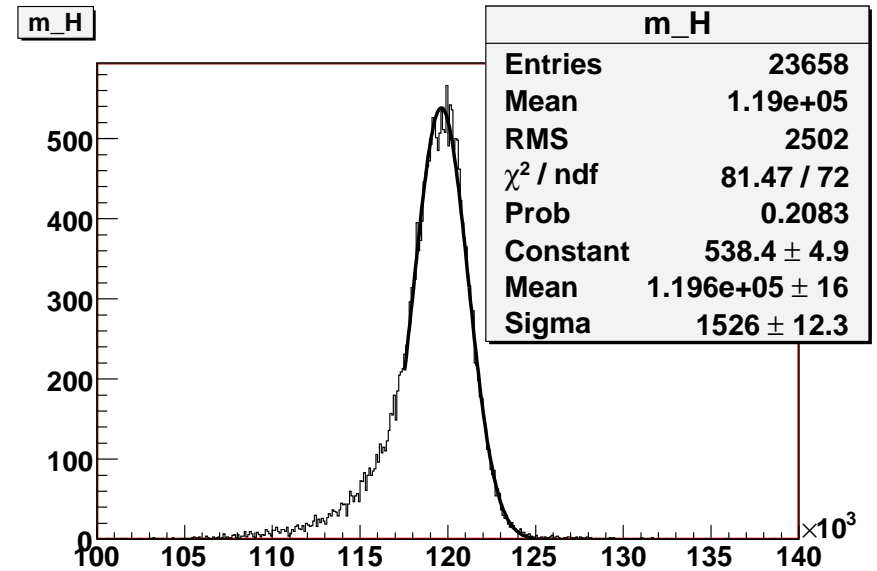
Résolution en masse $H \rightarrow \gamma\gamma$

Angles du cluster



$m_{\gamma\gamma}$ en utilisant les angles du cluster EM,
donc en supposant que les photons pointent.

Angles du photon



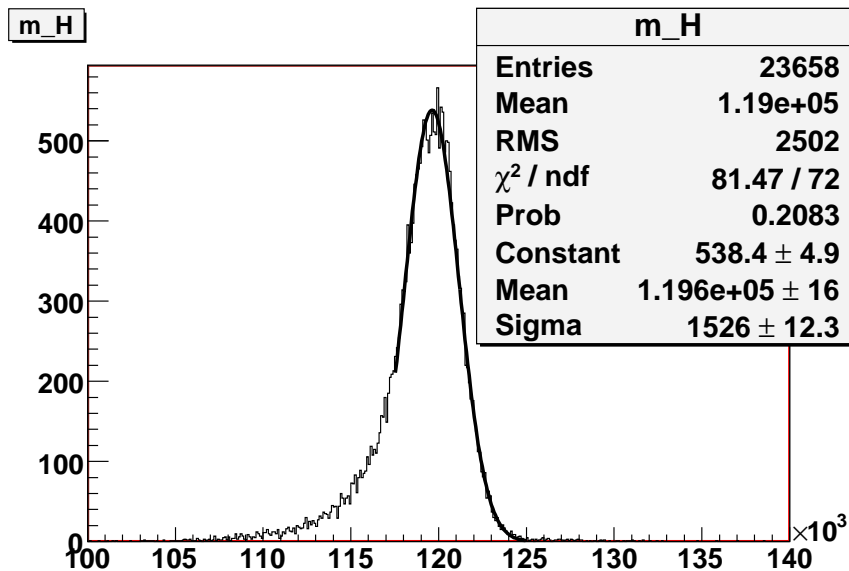
$m_{\gamma\gamma}$ en utilisant les angles du photon,
obtenus en utilisant le vertex corrigé qui lui
même est obtenu en traçant une droite à
partir de η_{layer1} et η_{layer2} .

⇒ L'utilisation des angles du photon au lieu des angles du cluster permet de gagner
+25% sur la résolution en masse

Résolution en masse $H \rightarrow \gamma\gamma$

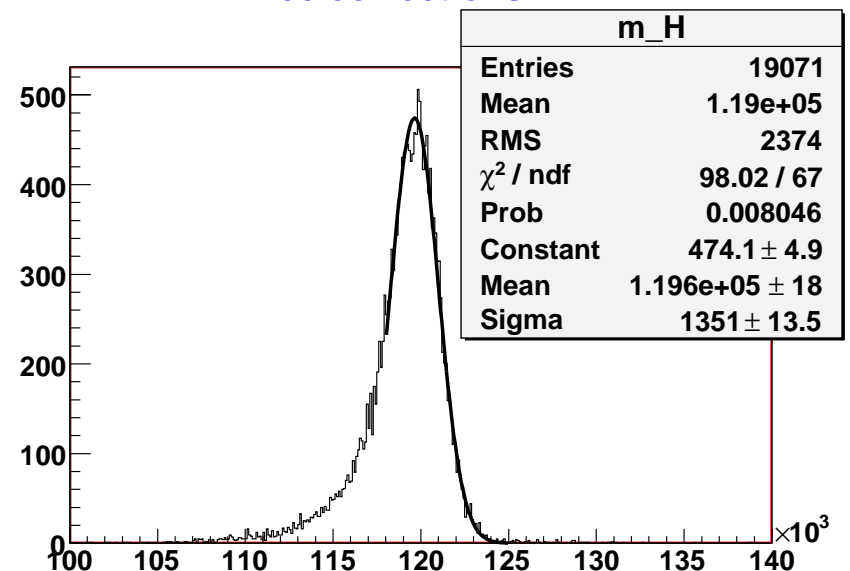
Effet de la correction du z_{vertex} - Avec conversions

Sans correction



$m_{\gamma\gamma}$ en utilisant les angles du photon,
obtenus en traçant une droite à partir de
 η_{layer1} et η_{layer2} .

Avec corrections



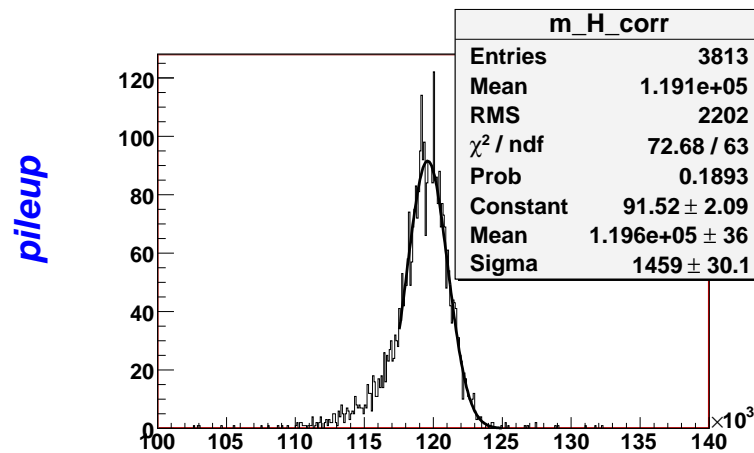
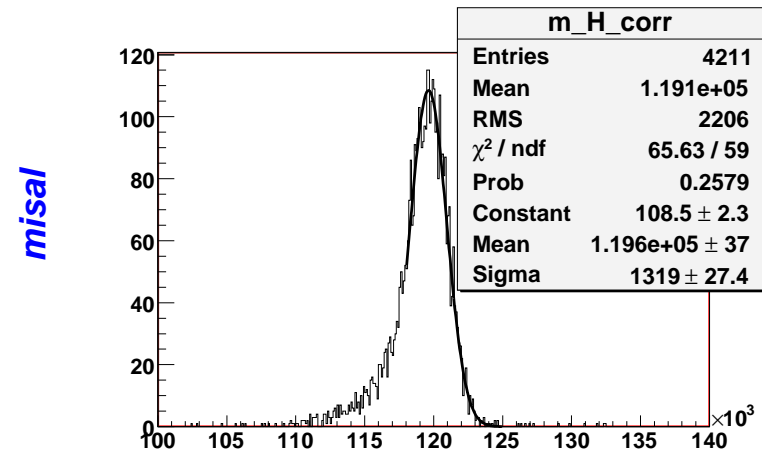
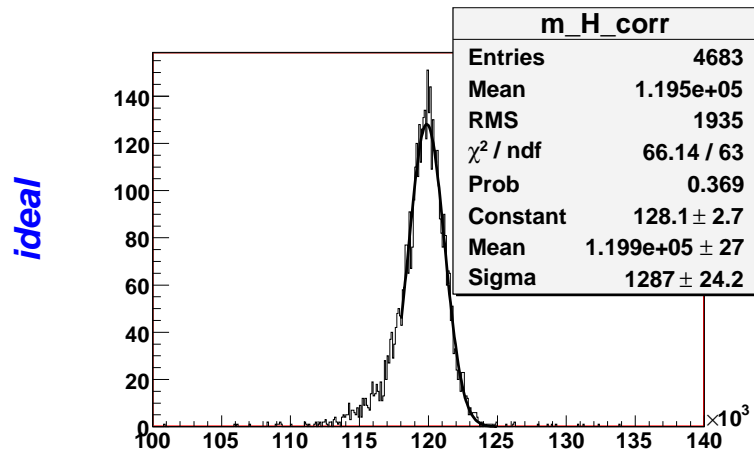
$m_{\gamma\gamma}$ en utilisant **HggFitter** et
PrimaryVertexFinder pour recalculer le z_{vertex}
puis correction des angles du photon

⇒ L'utilisation de HggFitter, du PrimaryVertexFinder puis la correction des angles des photons permet de gagner +11% sur la résolution en masse

On peut encore affiner en réutilisant HggFitter pour corriger les angles...

Résolution en masse $H \rightarrow \gamma\gamma$

Effet de la géométrie et du pile-up (avec Trigger)



→ *plots obtenus avec 9750 évènements et trigger 2EF_2g20i non optimisé*

⇒ **Dégradation de la résolution en masse de $\approx 10\%$ par le pile-up**

→ -10% d'efficacité entre ideal et misal

→ -10% d'efficacité entre misal et pileup

Trigger et $H \rightarrow \gamma\gamma$

- Travail d'**optimisation du trigger (2g20i)** pour $H \rightarrow \gamma\gamma$ en cours par Fernando Monticelli (UNLP) avec Valeria Perez Reale (CERN) et Maria Teresa Dova (UNLP)

→ Gain + \approx 5% d'efficacité après EF (2g20i)

→ Effet du pile-up : perte de \approx 4% d'efficacité après EF

- Efficacités du trigger, normalisées aux coupures cinématiques

Niveau trigger	par défaut sans pile-up	optimisation sans pile-up	optimisation avec pile-up
L1	96.3 \pm 0.4%	96.1 \pm 0.3%	94.4 \pm 0.4%
L2	89.9 \pm 0.5%	90.3 \pm 0.4%	88.7 \pm 0.6%
EF	79.9 \pm 0.9%	84.9 \pm 0.5%	80.8 \pm 0.7%

Fit – Fitter utilisé

Hfitter réalise des fits non binnés et étendu du max. de likelihood pour des nombres d'échantillons de données et de variables de fit arbitraires – Basé sur RooFit. (Andreas Hoecker et Nicolas Berger)

Likelihood utilisé :

$$L = \prod_{c=1}^{n_{\text{cat}}} e^{-\bar{N}^c} \prod_{i=1}^{N^c} P_i^c$$

avec $P_i^c = N_H f_H^c P_{H,i}^c + \sum_{j=1}^{n_{\text{bkg}}} N_{B_j}^c P_{B_j,i}^c$ et $P_{U_j,i}^c = \prod_{k=1}^{n_{\text{var}}} p_U^c(x_{k,i})$ où $U = H, B_j$

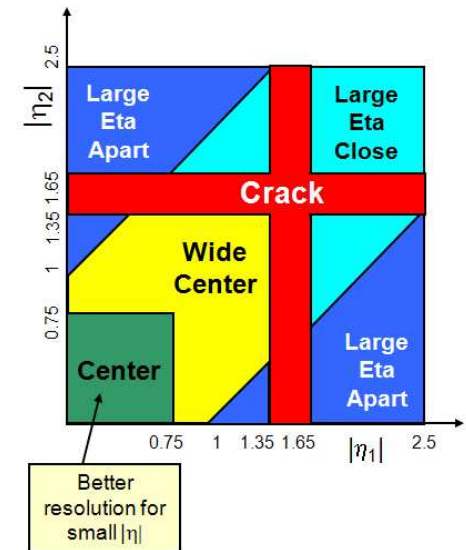
et avec

- N_H : nombre total d'évènements $H \rightarrow \gamma\gamma$ dans le sample
- c : catégorie avec propriétés distinctes (η, p_T region, mécanisme de production...)
- f_H^c : fraction d'évènements de signal dans la catégorie c
- $N_{B_j}^c$: nombre d'évènements de bruit de fond de type j dans la catégorie c
- \bar{N}^c : nombre d'évènements attendus dans la catégorie c
- n_{bkg} : nombre de types de bruit de fond (γ/jet , $2\gamma+\text{jet}$, di-jet, ...)
- $p_U^c(x_{k,i})$: densité de proba. pour l'évènement i dans la catégorie c de type U pour la variable discriminante x_k

Fit – Catégories et paramètres

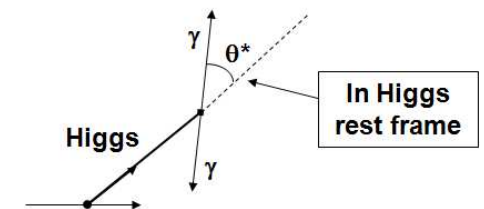
Catégories utilisées

- BUT : Utilisation de catégories pour séparer les données en plusieurs parties :
 - Donne une description plus fine des données
 - Augmente la signification statistique
 - Diminue les biais des corrélations
- Différentes catégories utilisées : η du photon, N_{jet} / production associée
 - Futur : catégories pour les conversions...

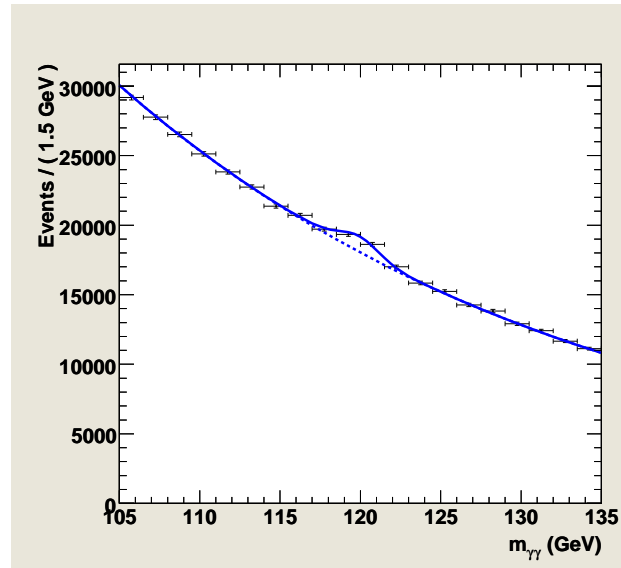


Paramètres du fit

- $m_{\gamma\gamma}$
- $p_{T\text{Higgs}}$
- $|\cos\theta^*|$ où θ^* est l'angle de désintégration du Higgs
- M_{HJ} = masse invariante du candidat Higgs et du jet de plus grand p_T



Fit – Exemple illustratif



Fit obtenu avec $\left\{ \begin{array}{l} 650 \text{ évènements de signal} \\ 100000 \text{ évènements de bruit de fond} \end{array} \right.$

→ La discrimination se fait sur les paramètres “cachés” comme $|\cos\theta^*|$ dont la distribution diffère pour le signal et le bruit de fond

⇒ **Hfitter permet d'améliorer le traitement statistique des données**
mais pas encore testé avec pile-up... reste à faire !

Conclusion - Reste à faire...

Pour la note CSC $H \rightarrow \gamma\gamma$:

- On dispose de 2 manières différentes de conduire l'analyse sur les AOD conduisant aux mêmes résultats :
 - AnalysisSkeleton et **HiggsToGamGam** (basé sur EventView) choisi pour faire des ntuples
"communs" : les 1^{ers} sont accessibles sur la grille
- Mise en commun (CVS) de code sous forme de tools qui peuvent facilement être utilisés par les différentes analyses : **PrimaryVertexFinder**, **HggFitter**, **TrackIsolationTool**, **ConversionFlagTool** et **PhotonCorrectionTool** développés par différents groupes (Milan, Orsay, Annecy)
- Efforts pour rendre l'isolation calorimétrique aussi performante que l'isolation des traces
- HiggsTime : Très difficile à utiliser (avec $\sigma(t_{\text{calo}})=200\text{ps}$ on aura 2% d'amélioration en $\sigma(z_{\text{vertex}})$)
- Reste à faire :
 - Ajout de nouvelles catégories pour le fit et effet du pile-up
 - Calibration de l'énergie des photons convertis
 - Affiner les corrections angulaires des photons
 - Etudes sur le bruit de fond