

Recherche du boson de Higgs dans le canal $ZH \rightarrow \nu\bar{\nu}b\bar{b}$ dans l'expérience DØ au Tevatron

Etiquetage par leptons de basse impulsion
transverse

09/11/2009

Séminaires du CPPM

A. Duperrin, D. Jamin
(*CPPM Marseille*)



PROBLEMATIQUE

- Le Modèle Standard prédit des **particules de masse nulles**
en contradiction avec les mesures expérimentales

→ l'introduction du boson de Higgs résoud ce problème
- Recherche du boson de Higgs dans le canal de désintégration :
$$Z H \rightarrow \nu \bar{\nu} b \bar{b}$$

→ un des canaux les plus sensibles
pour un boson de basse masse $< 140 \text{ GeV}$
- Problématique expérimentale :
 - les ν créent de l'**énergie manquante** (MET)
 - identification des jets de quark b (b-tagging)

LE DOMAINE D'ETUDE

- Le modèle standard :

$$m_{\text{Higgs}} \leq 1 \text{ TeV}$$

- Les 4 expériences du LEP (DELPHI, ALEPH, OPAL et L3)

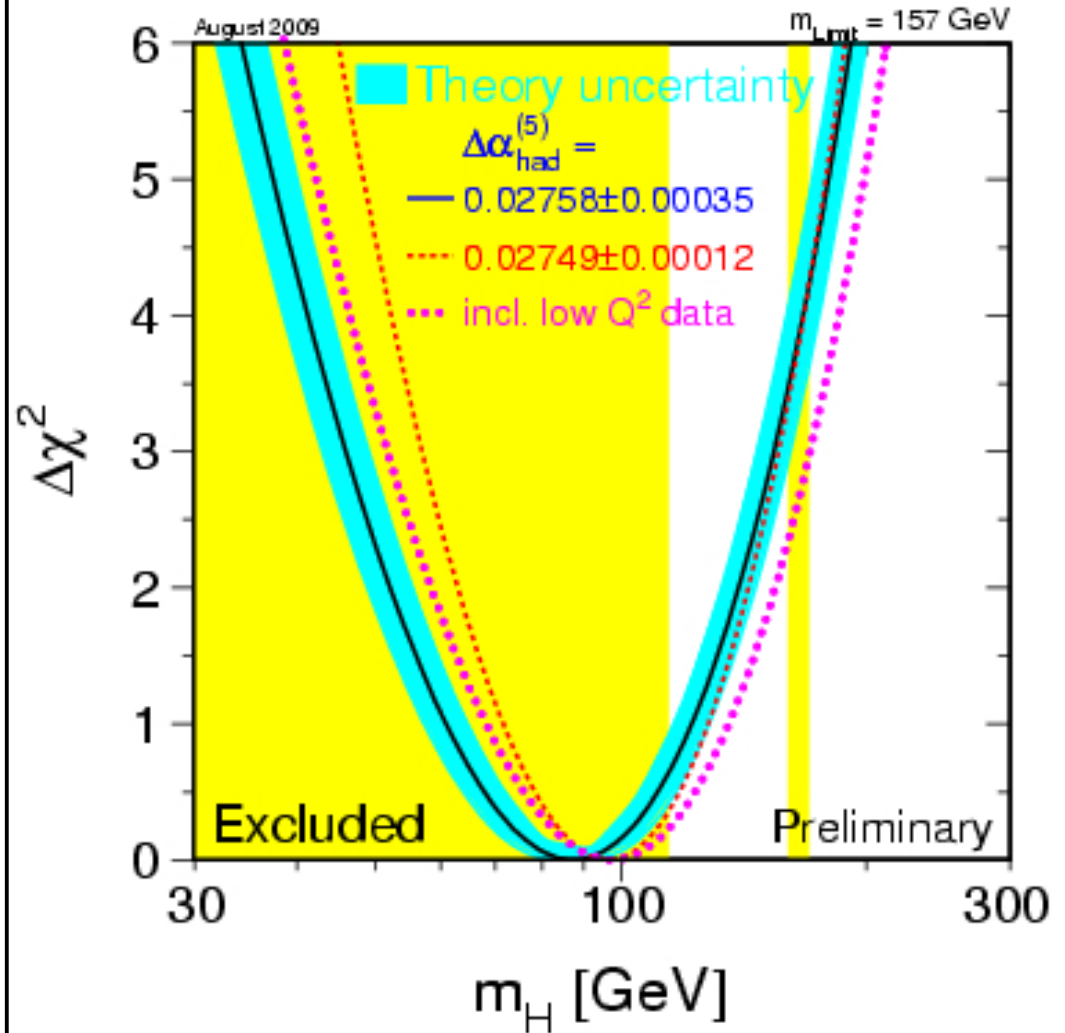
$$m_{\text{Higgs}} \geq 114.4 \text{ GeV (95\% CL)}$$

- Tevatron (CDF et DØ)

$$m_{\text{Higgs}} \neq [160, 170] \text{ GeV (95\% CL)}$$

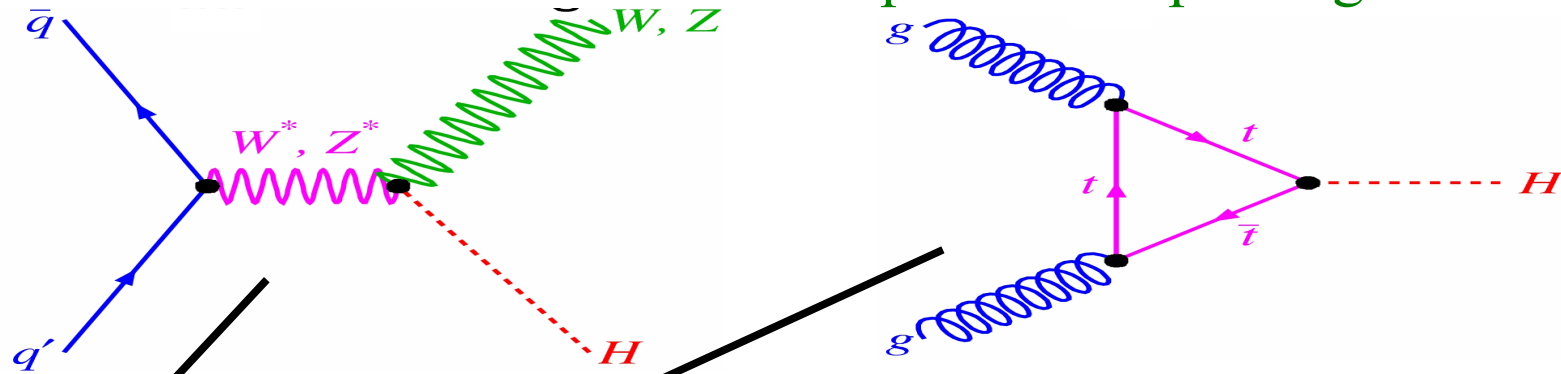
- Les expériences LEP, SLD, CDF et DØ

$$m_{\text{Higgs}} < 157 \text{ GeV (95\% CL)}$$

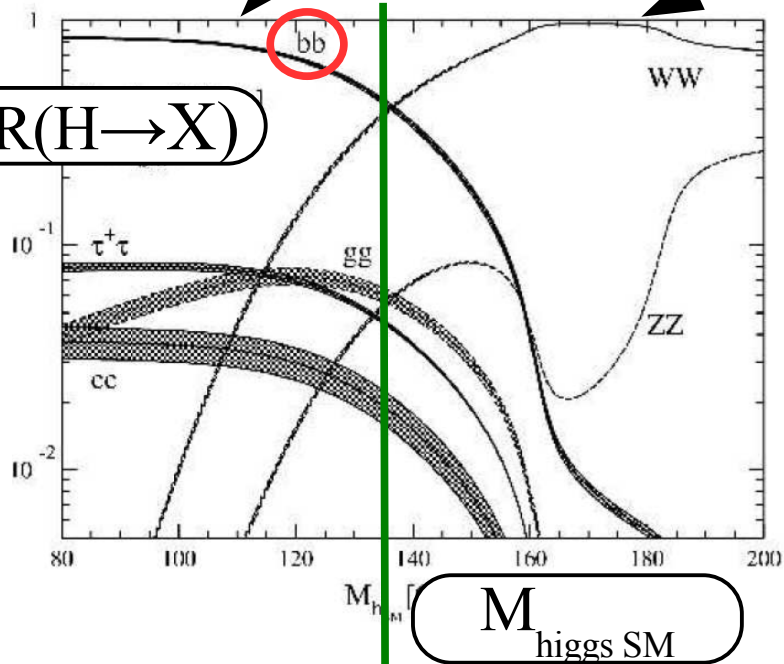


Etude du boson de Higgs à basse masse

- Au Tevatron : 2 modes de production privilégiés



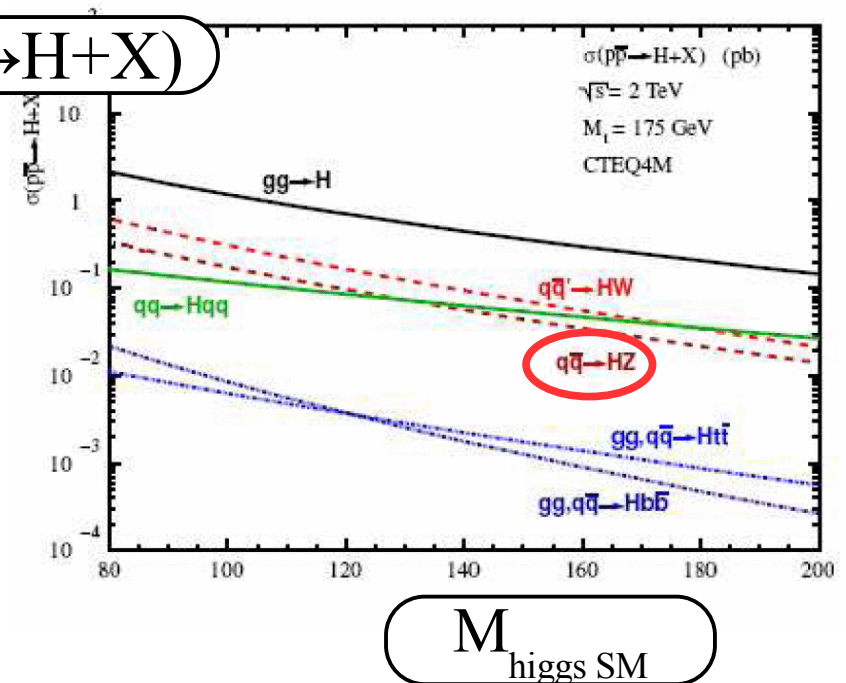
$BR(H \rightarrow X)$



$M_{\text{higgs}} = 135 \text{ GeV}$

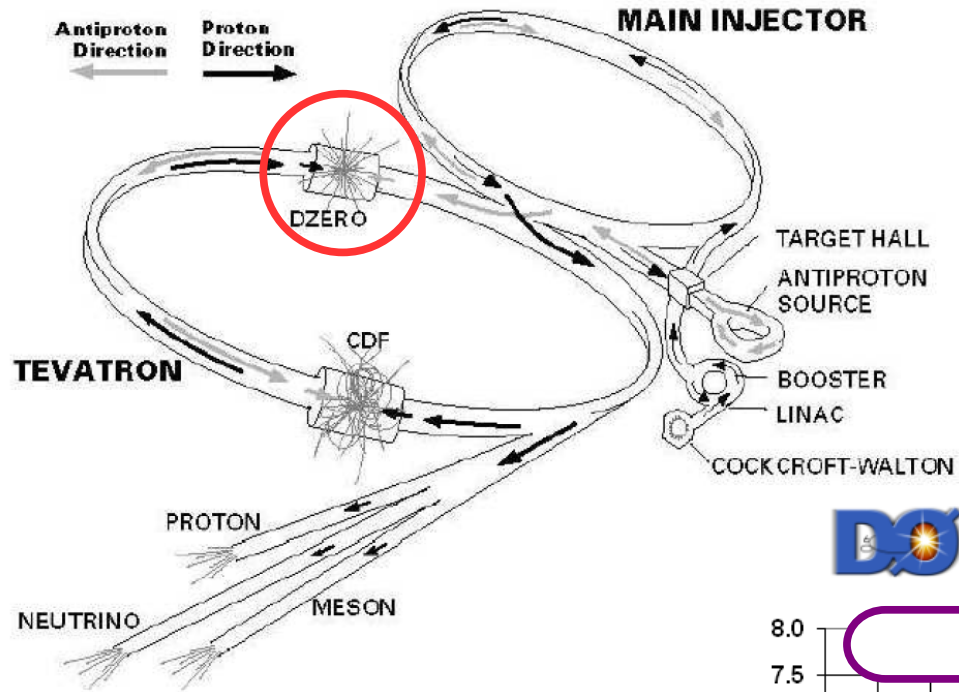
$\rightarrow H \rightarrow b \bar{b}$
(à basse masse)

$\sigma(p \bar{p} \rightarrow H + X)$



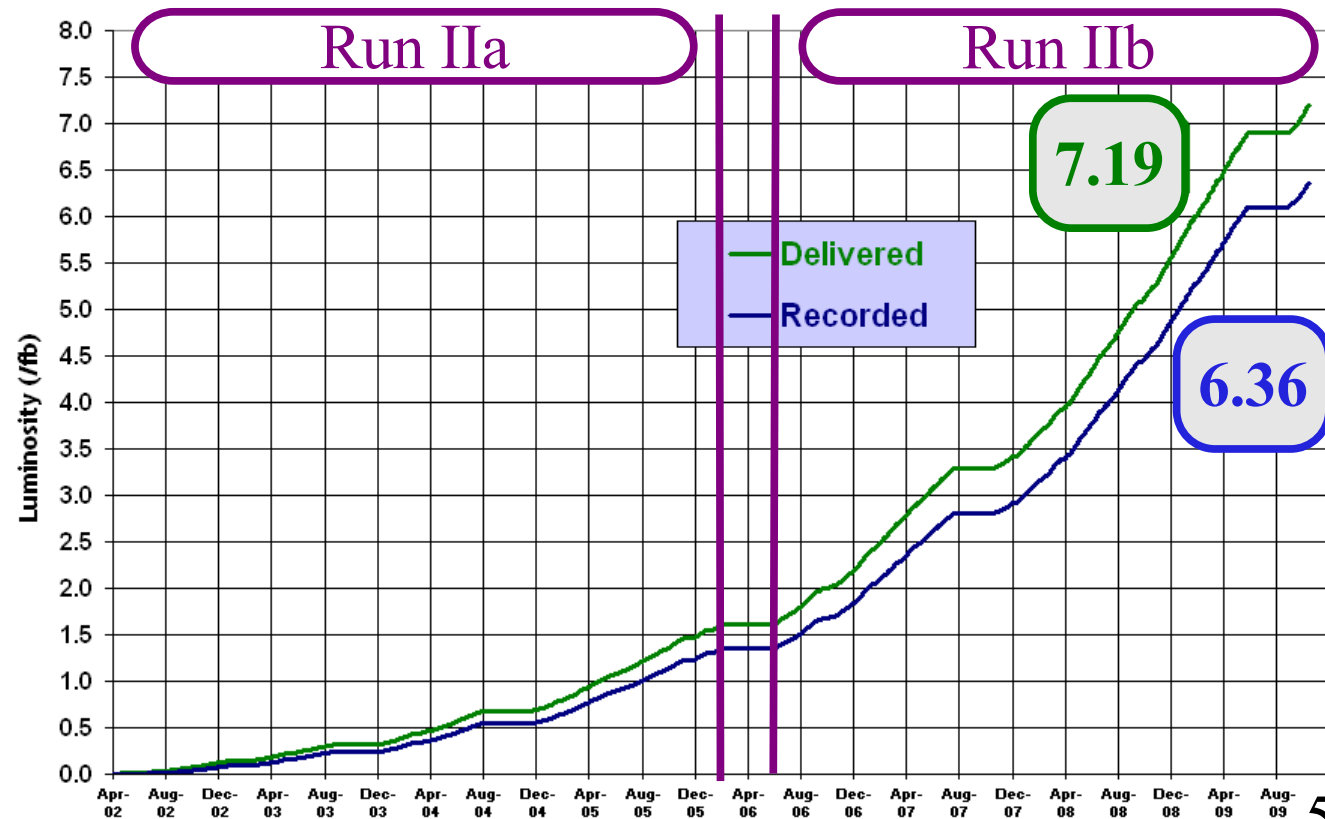
étude du canal de production
associée avec un boson Z
à basse masse

LE TEVATRON



Run II Integrated Luminosity

19 April 2002 - 1 November 2009

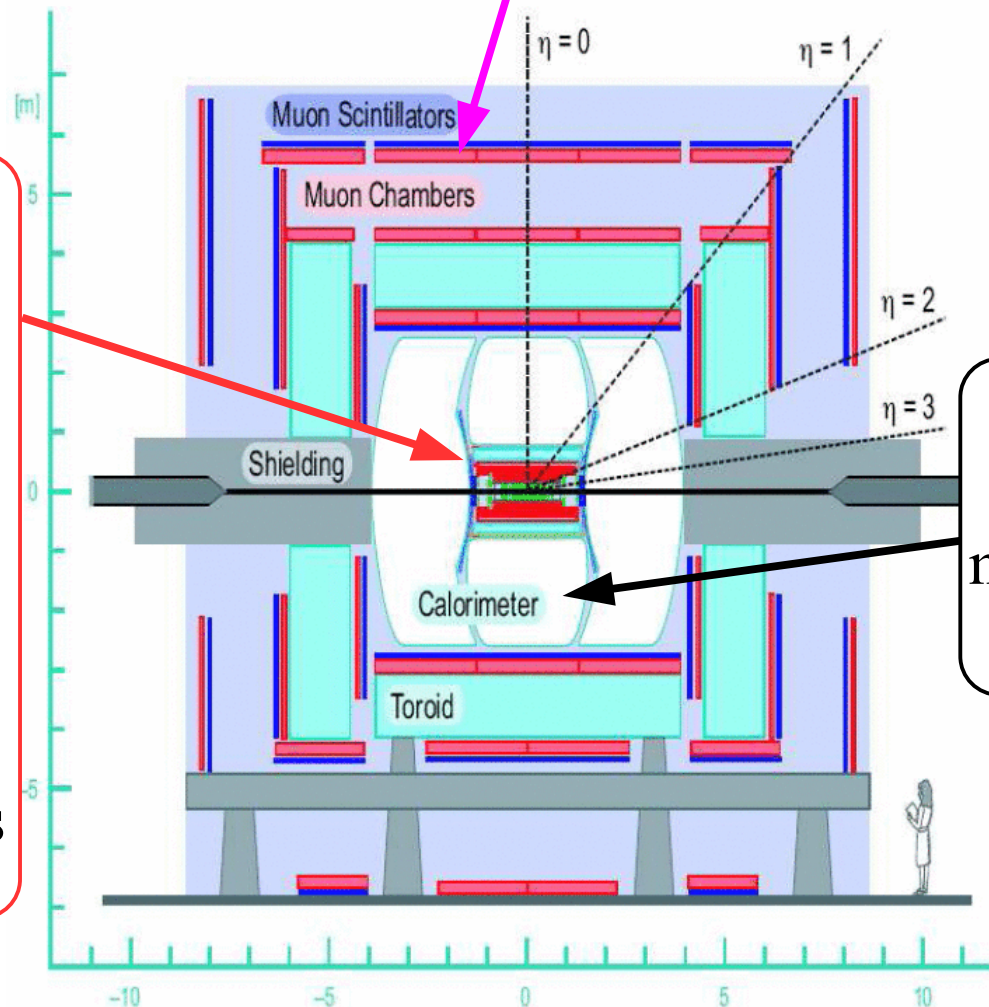


LE DETECTEUR DØ

Chambres à muons

Détecteur de traces :

- détecteur à fibres scintillantes (CFT)
- détecteur de vertex à micro-pistes de Silicium (SMT)
→ identification des b-jets



Calorimètre :

mesure { du MET
des jets

OUTILS D'ANALYSE :

le b-tagging

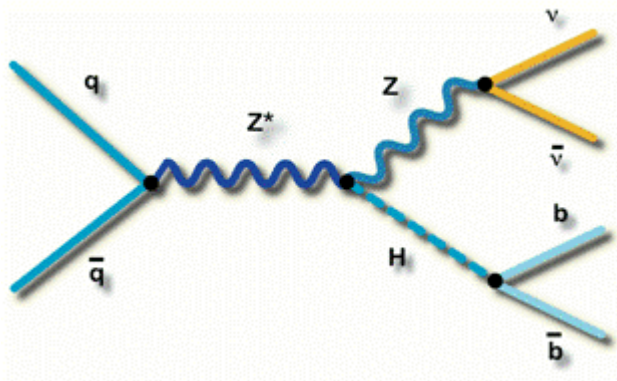
- *Discriminer les jets de quarks b et légers :*
 - état final du canal : $b \bar{b}$
 - outil de la collaboration : **Neural Net b-tagger**
(s'appuie sur la durée de vie des quarks b avant hadronisation qui engendre un vertex secondaire déplacé)
- Travail de collaboration :

développer une autre méthode de discrimination des jets de quarks b

→ “SLTNN” tagger (on regarde s'il y a un muon dans le jet)

POURQUOI LE SLTNN TAGGER ?

- $\sim 20\%$ des jets de quarks b contiennent un muon $\left\{ \begin{array}{l} b \rightarrow \mu + X \sim 10 \% \\ b \rightarrow c \rightarrow \mu + X \sim 10 \% \\ q \text{ or } g \rightarrow \mu + X \sim 0 \% \end{array} \right.$
- Dans le cas du boson de Higgs MS qui se désintègre en une paire $b \bar{b}$:



40% des événements de Higgs ont un muon dans un jet

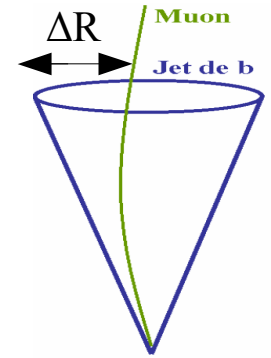
- Ajouter le SLT : le but est d'augmenter de $\sim 5\%$ l'efficacité de tagging
- Methode :
 - trouver un muon dans un jet pour l'identifier comme un jet de quark b
 - appliquer un NN spécifique pour $\left\{ \begin{array}{l} \text{augmenter l'efficacité de } b\text{-tagging} \\ \text{réduire le taux de mauvaise identification} \end{array} \right.$
- Objectif : mettre à jour (et améliorer) le SLTNN tagger développé pour les données du Run IIa, aux données du Run IIb

LA METHODE DU SLTNN

- “Muon Tagging” :

on applique les **coupures** suivantes pour identifier un muon dans un jet

- muon $p_T > 4 \text{ GeV}$
- muon $|\eta| < 2$
- $\Delta R (\text{muon}, \text{Jet}) < 0.5$
- confirmation des jets par les vertex $\rightarrow$ nouveau

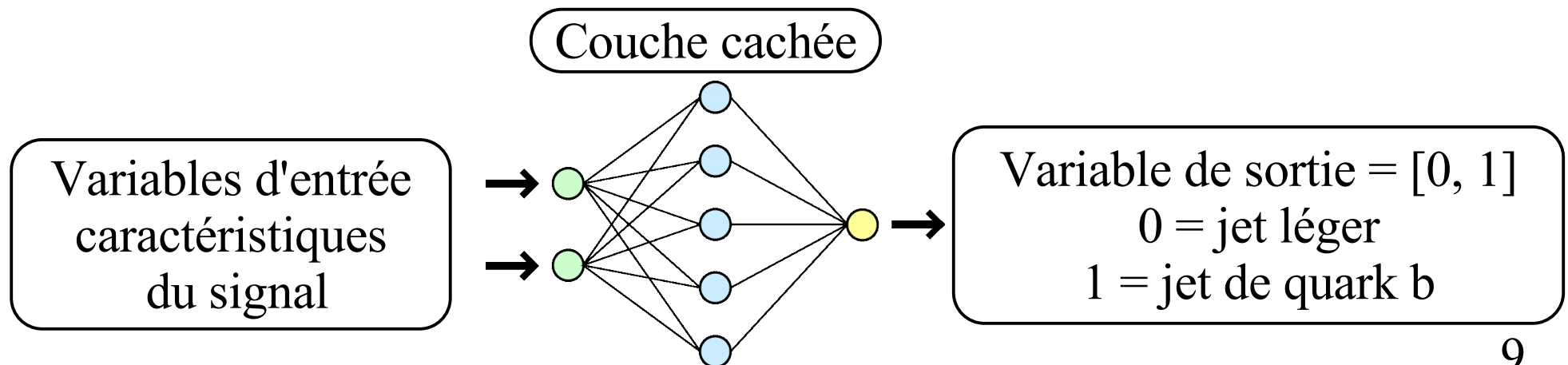


on étudie 3 types de qualités de muons en parallèle :

$\rightarrow$ **Loose**, **Medium** et **Medium3**

(dépend de la position et du nombre de coup dans les couches de scintillateurs des chambres à muons)

- **Neural Net** : permet d'**optimiser** l'identification des jets de b contenant un muon



NEURAL NET

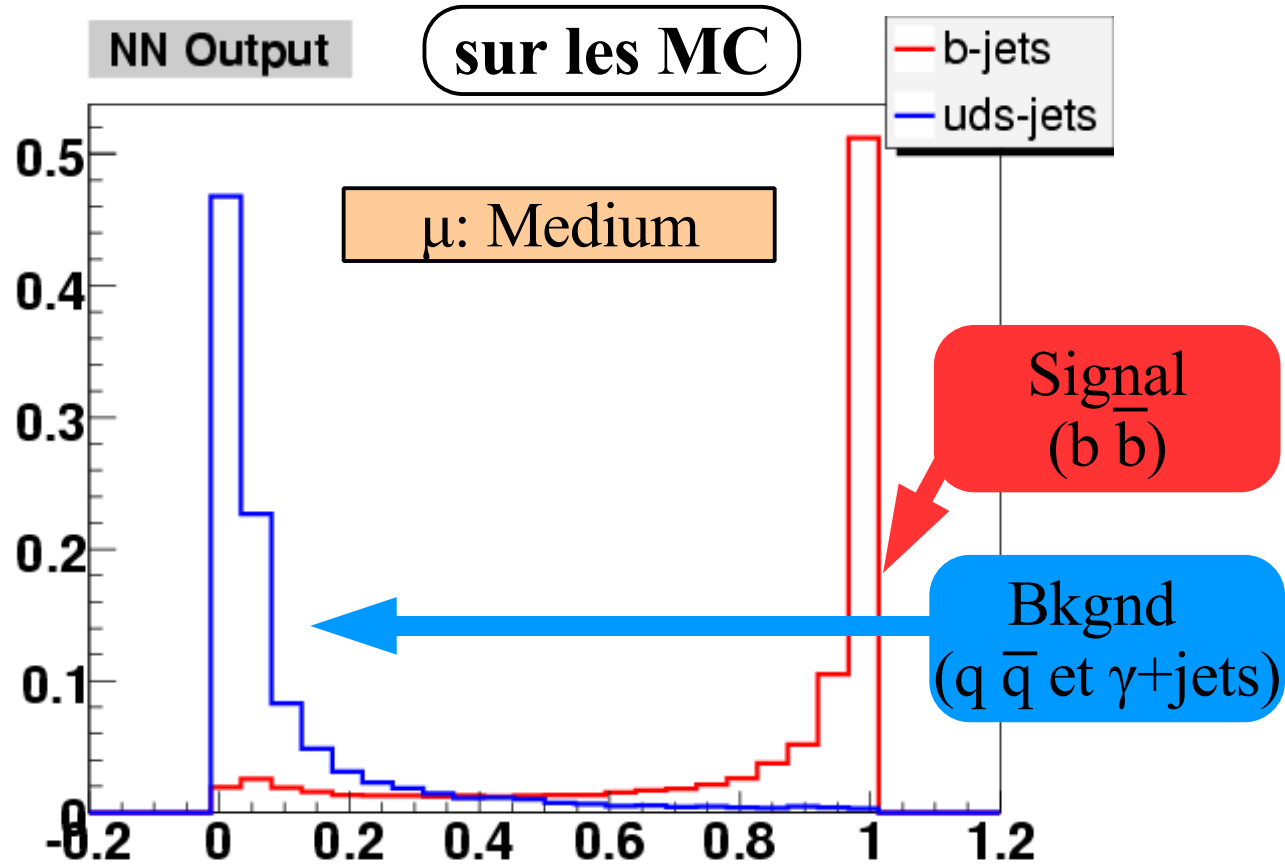
- **Méthode** : On entraîne notre NN avec $\left\{ \begin{array}{l} 11 \text{ variables d'entrées} \\ 24 \text{ noeuds (dans la couche cachée)} \end{array} \right.$

- **5 variables relatives au Muon**

muon p_T
muon p_{Trel}
muon ΔR
muon χ^2/dof
muon IP sig

- **6 variables relatives au Vertex Secondaire**

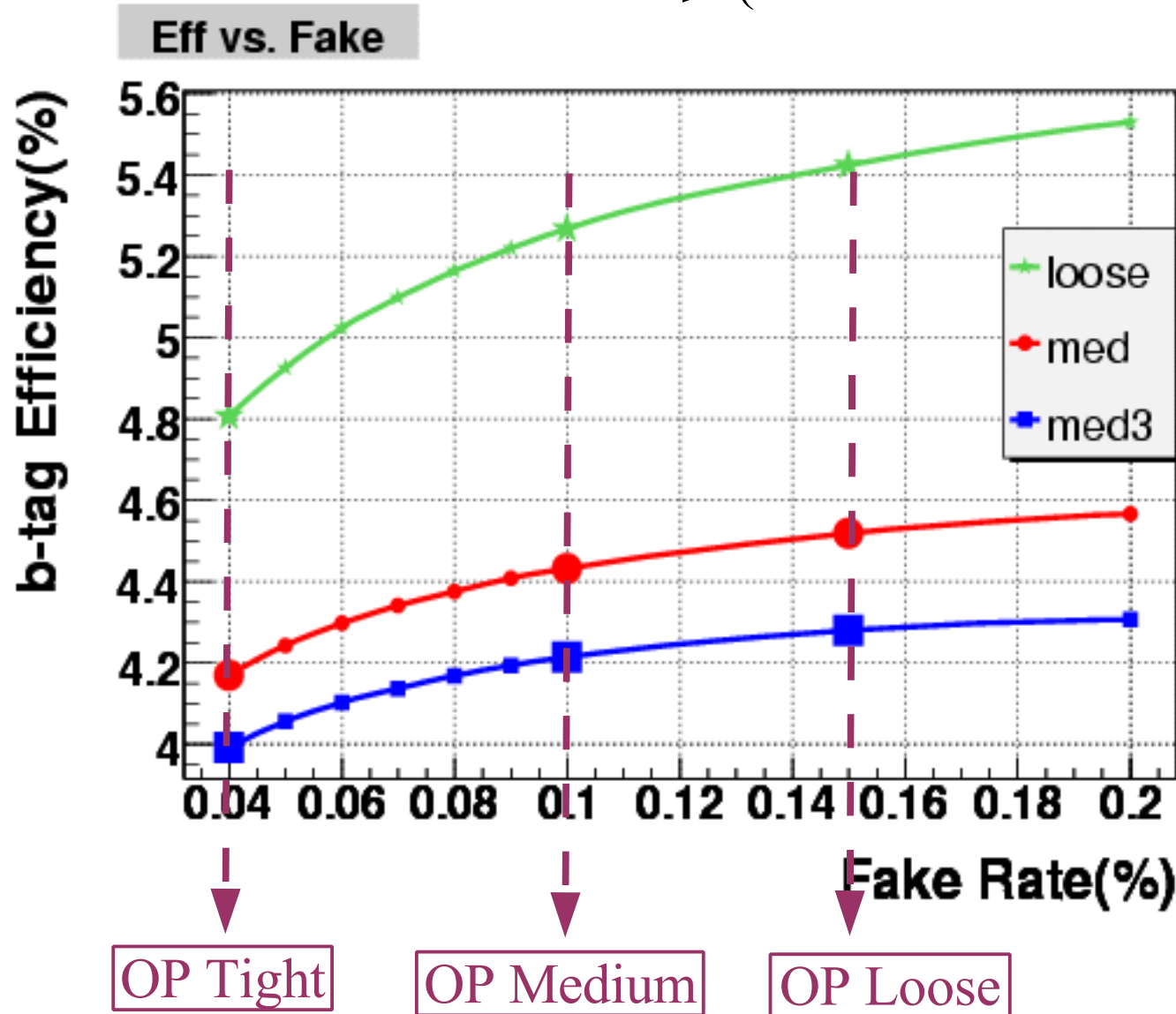
SV DLS
SV Mass
SV χ^2/dof
SV Ntracks
SV Nvtx
CSIPcomb



Suivant la coupure sur la valeur de cette sortie :
3 NN Operating Points (OP)

Efficacité de tagging des jets de quark b du SLTNN Vs. “Fake Rate” dans les MC

↳ (mauvaise identification)



Type de muon

~ 5 %

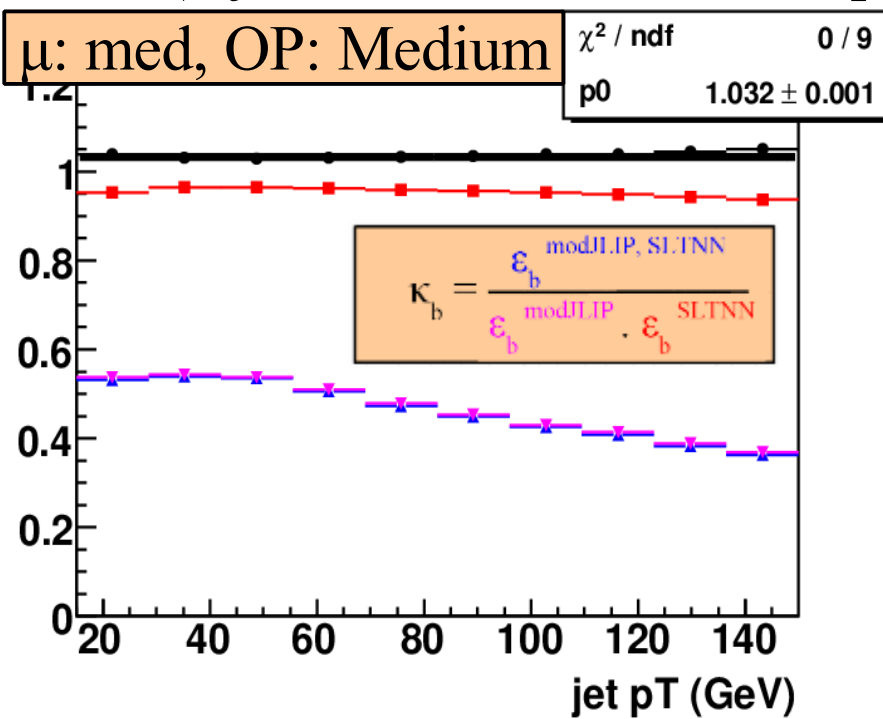
~ 0.1 %

Efficacité de Tagging dans les Données

Méthode : utilise la méthode du **system8**

→ système de 8 équations à 8 inconnues ayant 6 coefficients de corrélation que l'on résout avec

- **2 taggers indépendants** : **SLTNN** et **modJLIP** tagger
(*modJLIP est un tagger basé sur les paramètres d'impact des traces dans les jets où on a exclu les traces des muons*)
- **2 échantillons** : “**muonic**” (chaque jet a un muon) et “**enrichi en b**”
(2 jets dos-à-dos avec $JLIPprob < 0.01$, c'est un sous-sample du muonic)



1) calcul des 6 coefficients de corrélations :

- pour chaque qualité de muon et OP
- suivant η et p_T
- avec les *MC*

→ leur valeur doit être proche de 1
(i.e les taggers sont indépendants)

l'écart à 1 → systématiques

2) Efficacité de b-tagging dans les Données :

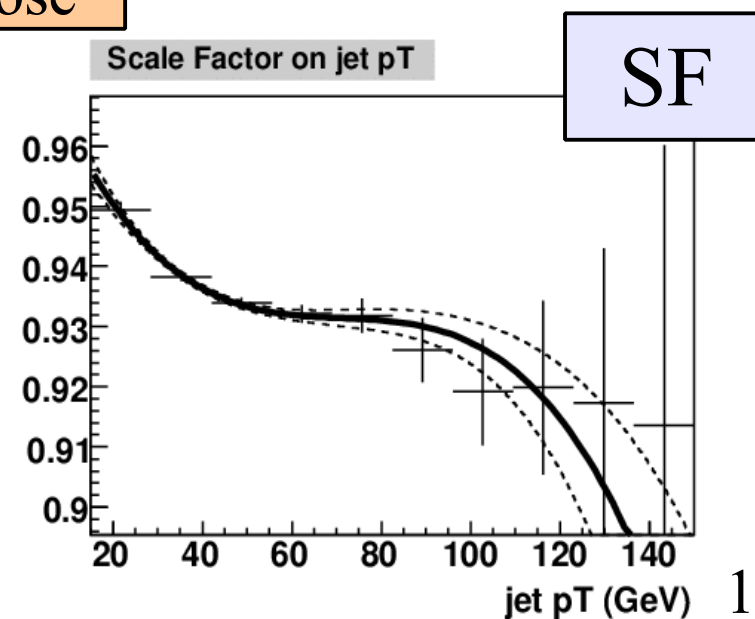
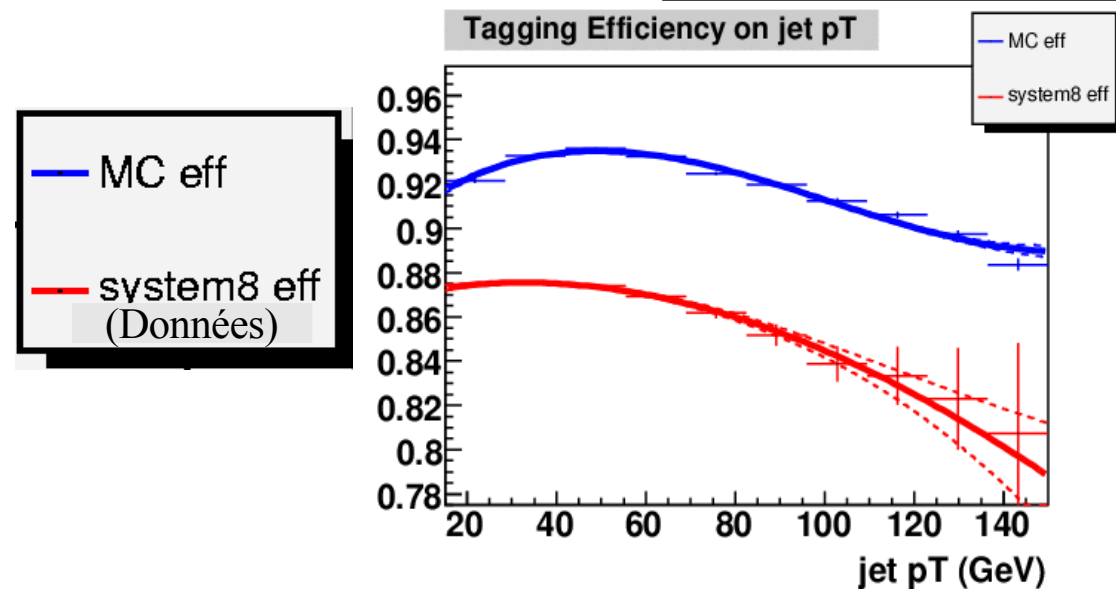
→ résoud le system8 avec les Données
(échantillon : muon dans un jet)

~ 90 %

Muon selection	Op. point	b-tagging efficiency
Loose	Loose	0.914 ± 0.001
	Medium	0.884 ± 0.001
	Tight	0.803 ± 0.001
Medium	Loose	0.976 ± 0.001
	Medium	0.956 ± 0.001
	Tight	0.893 ± 0.001
Medium3	Loose	0.992 ± 0.001
	Medium	0.974 ± 0.001
	Tight	0.918 ± 0.001

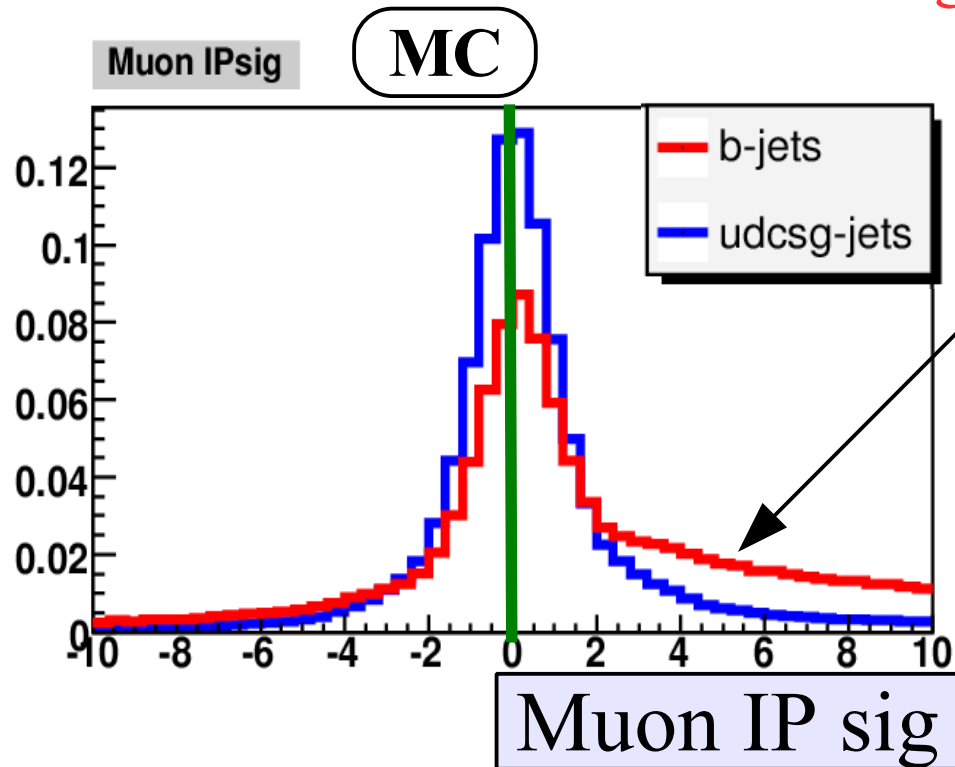
3) Calcul des “Scale Factor” : $SF = \epsilon_{DATA}^{\mu\text{-in-jet}} / \epsilon_{MC}^{b \rightarrow \mu}$ (pour corriger les MC)
 Calcul des TRF_b (TRF_c) : $TRF_b = \epsilon_{MC}^{b \rightarrow \text{inclusive}} \cdot SF$ (taux de tagging corrigé dans les MC)

μ : med3, OP: Loose

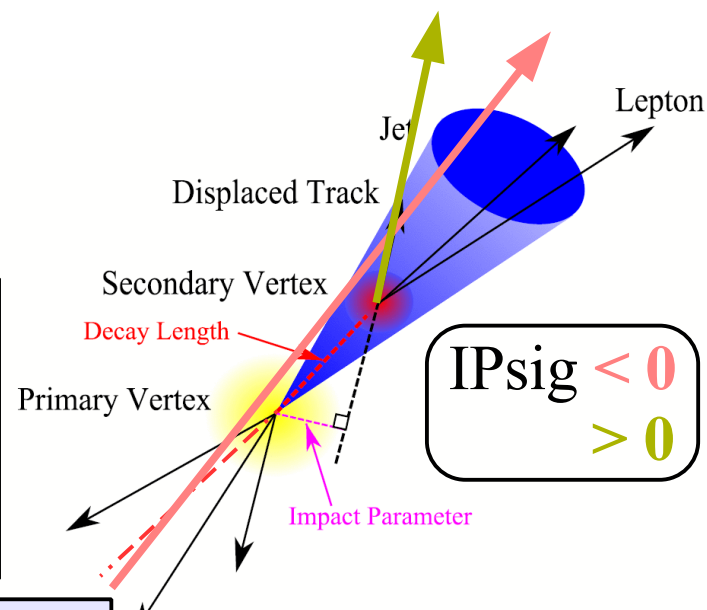


Fake Rate

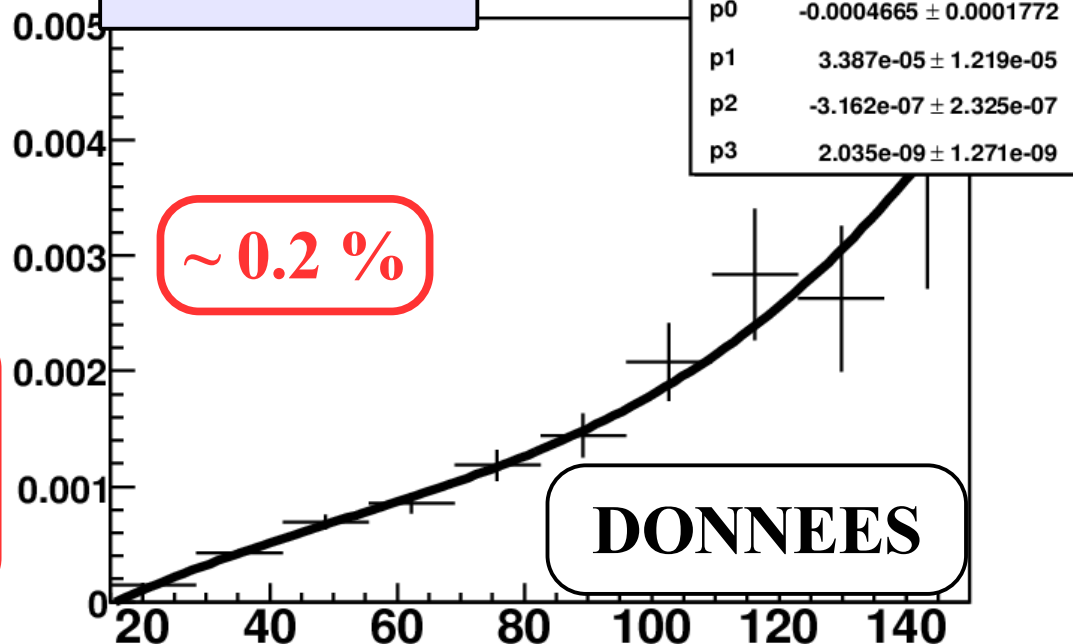
- BUT :**
- calcul du **taux de mauvaise identification** (*i.e jets légers identifiés comme un jet de b*)
 - on utilise la méthode du **“Negative Tag Rate”**



asymétrie
dûe aux Vertex
Secondaires



Fake Rate



Les évènements taggés par le SLTNN
qui ont un paramètre d'impact < 0

→ Fake Rate

μ : Medium, OP: Tight (CC region)

jet pT (GeV) 14

RESUME :

Le SLTNN muon tagger a été mis à jour, on a obtenu :

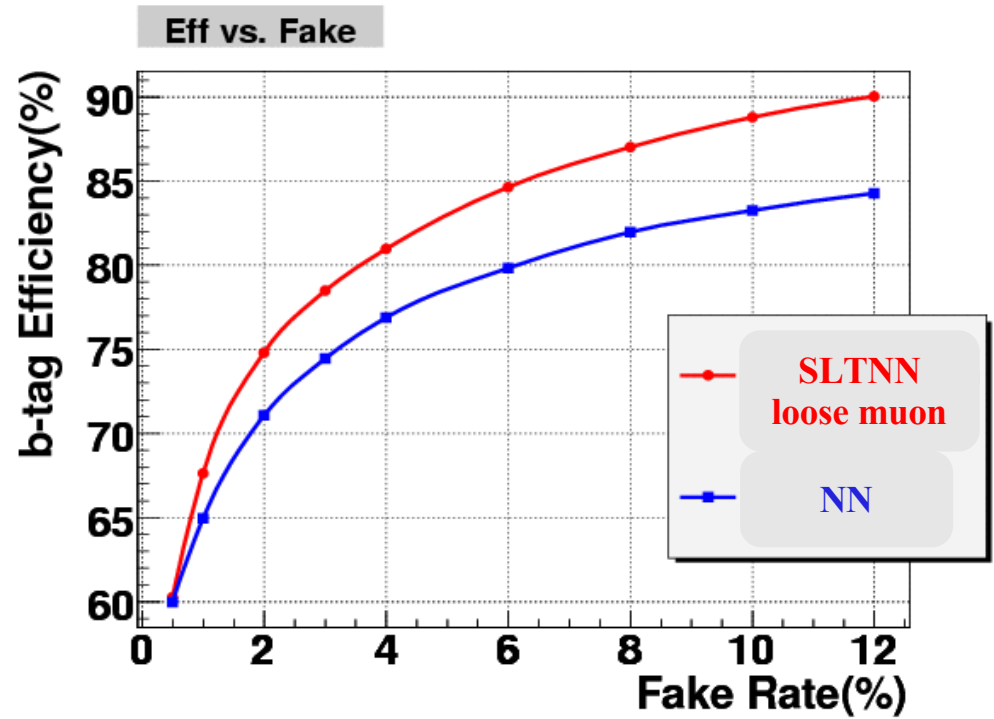
- efficacités de tagging sur le sample de muon $\sim 90\%$
- taux de mauvaise identification $< 1\%$

Systématiques : • $\epsilon_{\mu\text{-tagging}}(p_T > 30 \text{ GeV}) \sim 5\%$

- $\epsilon_{b\text{-tagging}} \sim 5\%$
- Fake rate $\sim 10\%$

Ces résultats sont consignés dans une note interne : DØnote 5647

Performances du SLTNN tagger
et du tagger standard
dans un sample de jets contenant
un muon



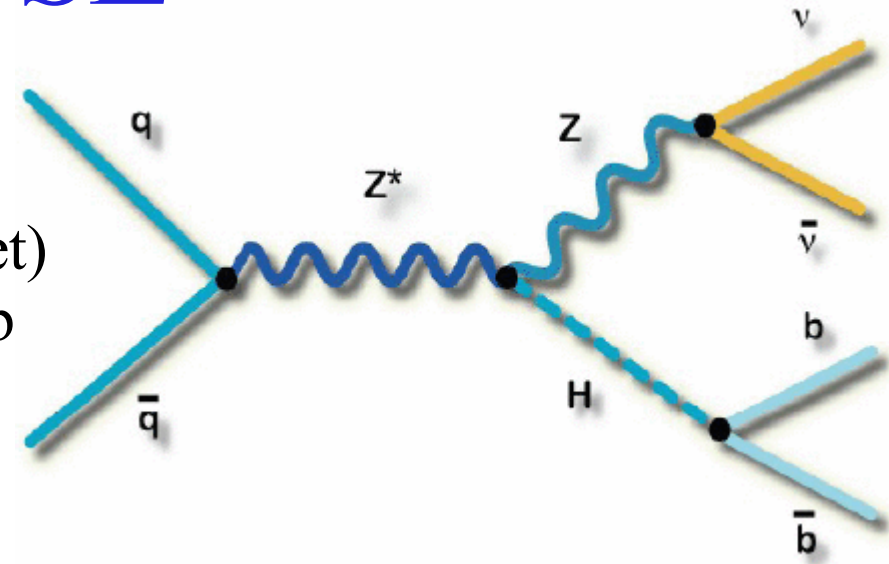
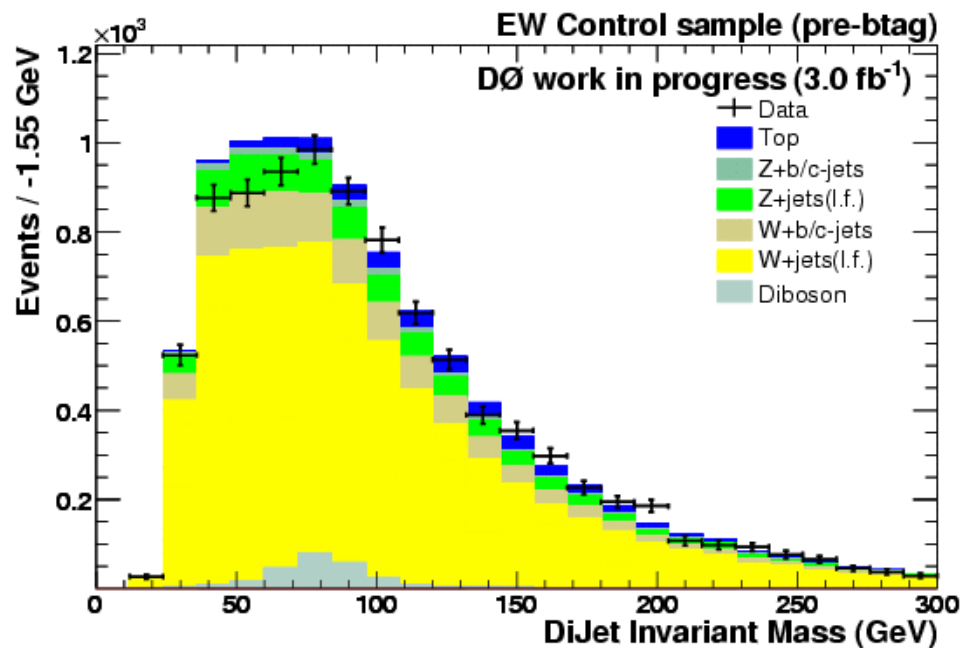
ANALYSE

Bruits de fonds physiques :

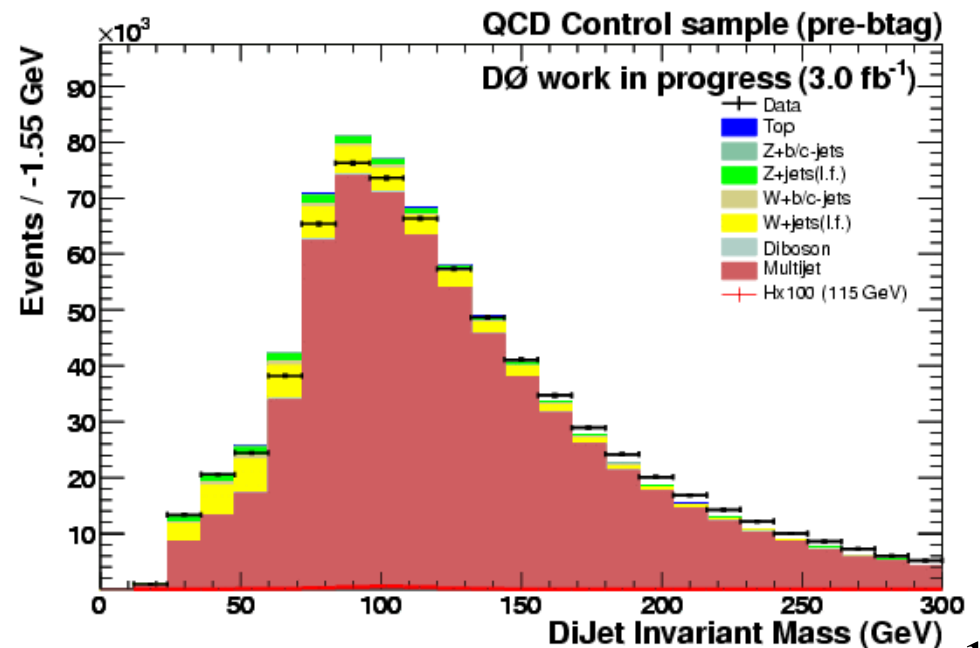
- W/Z+jets : W/Z+bb W/Z+(non b-jet)
- Top : $tt \rightarrow lv \ bq \ q'b$ $t(q)b \rightarrow lv \ b(q)b$
- Di-boson : $WZ \rightarrow lv \ qq'$ $ZZ \rightarrow \nu\nu \ bb$



Echantillon de contrôle W+jets :



Bruit de fond instrumental : (obtenu avec les Données)



RESULTATS

après la dernière coupure de sélection

Pre-bTag

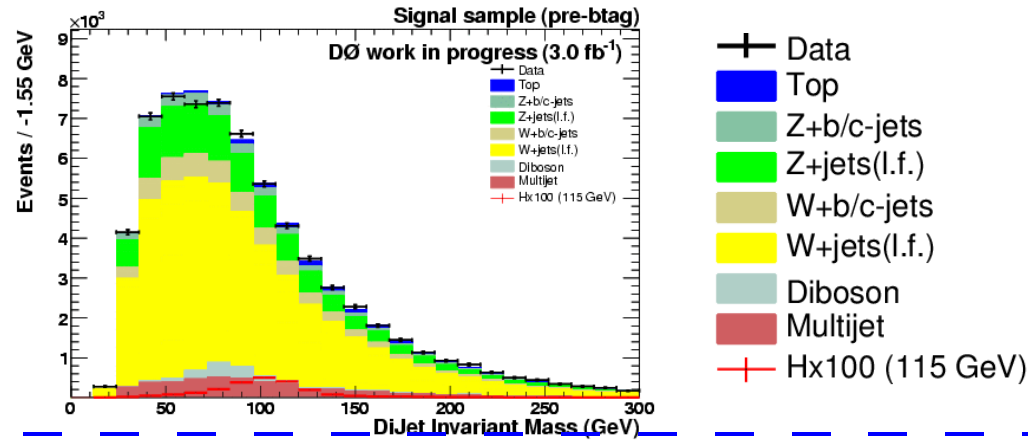
N data = 68k

N bkg = 68k

N sig = 10.6

$S/\sqrt{B} = 0.101$

(0.084)



NN

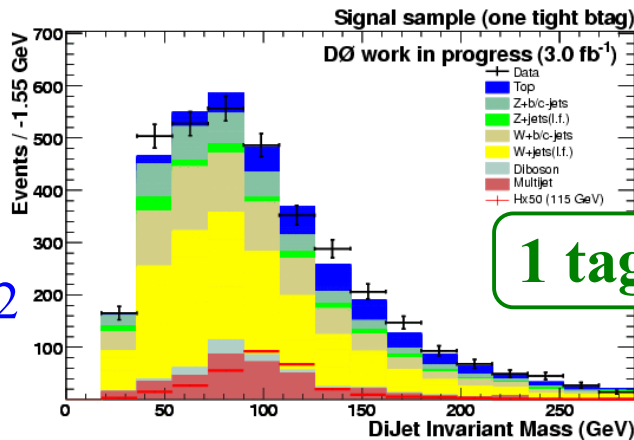
N data = 3588

N bkg = 3257

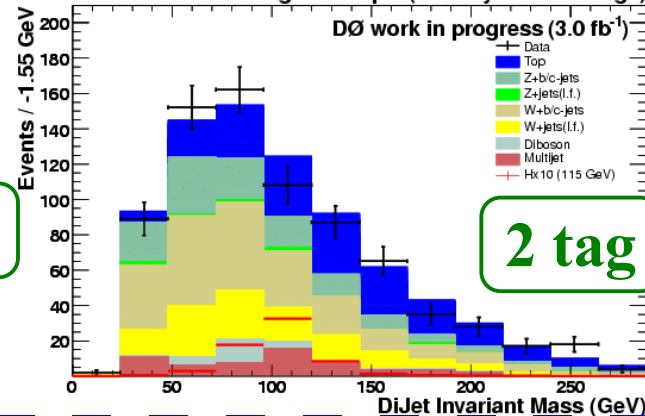
N sig = 2.917

$S/\sqrt{B} = 0.112$

(0.103)



Signal sample (two asymmetric btags)



N data = 795

N bkg = 783

N sig = 3.177

$S/\sqrt{B} = 0.290$

(0.231)

SLTNN

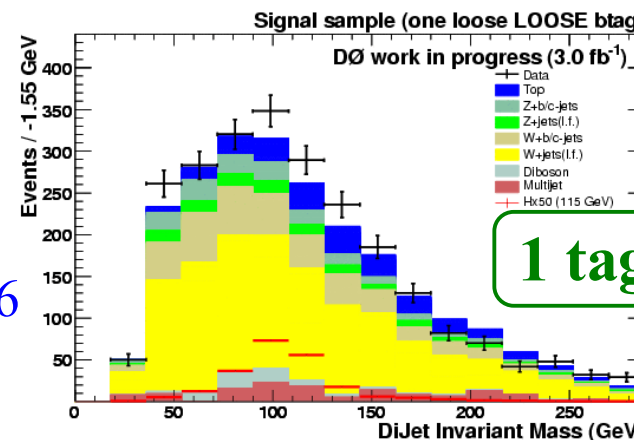
N data = 2466

N bkg = 2379

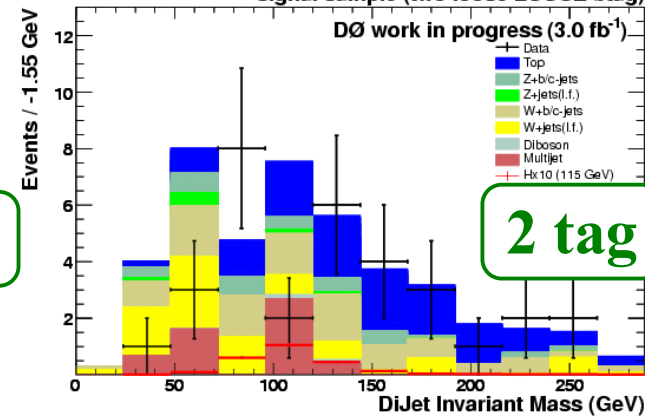
N sig = 2.101

$S/\sqrt{B} = 0.106$

(0.091)



Signal sample (two loose LOOSE btag)



N data = 32

N bkg = 44

N sig = 0.127

$S/\sqrt{B} = 0.048$

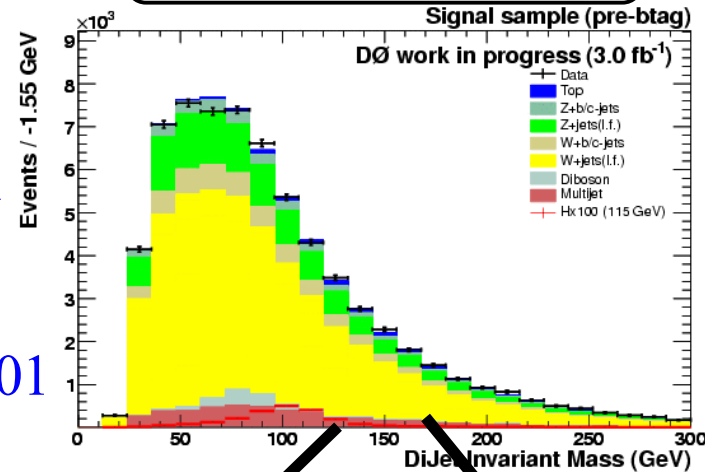
(0.037)

COMPARAISON NN / SLTNN

après la dernière coupure de sélection, avant tagging

Analyse standard

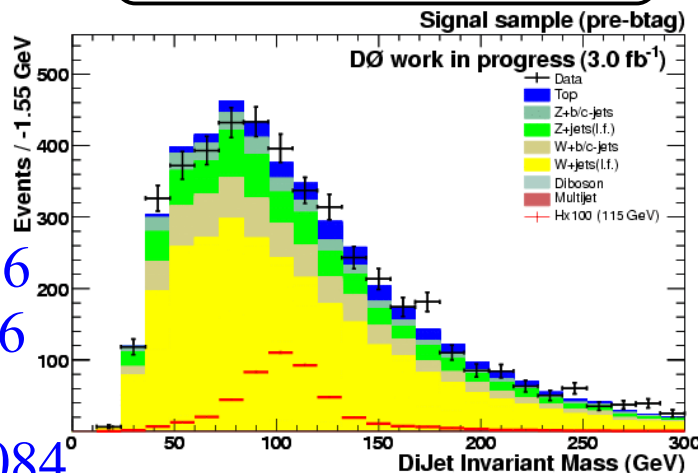
Pre-bTag
 $N_{\text{data}} = 68\text{k}$
 $N_{\text{bkg}} = 68\text{k}$
 $N_{\text{sig}} = 10.6$
 $S/\sqrt{B} = 0.101$
 (0.084)



2 jets events

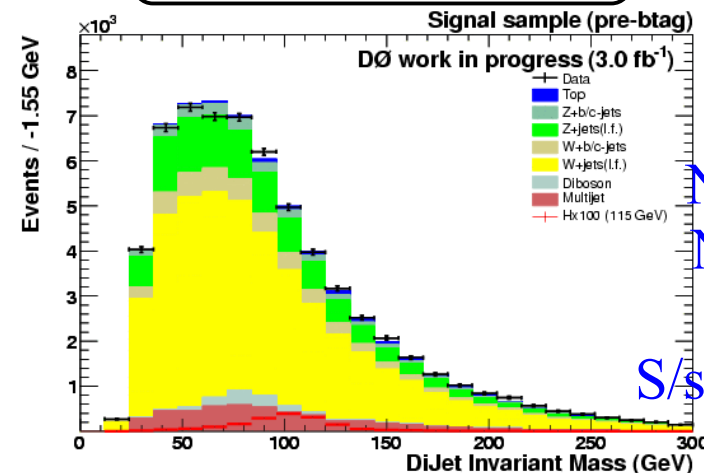
“muonic”
 (au moins 1 jet a un muon)

NON “muonic”
 $(\Delta R(\text{muon}, \text{Jet}) > 0.5)$



Pre-bTag
 $N_{\text{data}} = 4626$
 $N_{\text{bkg}} = 4626$
 $N_{\text{sig}} = 2.3$
 $S/\sqrt{B} = 0.084$
 (0.071)

SLTNN and NN

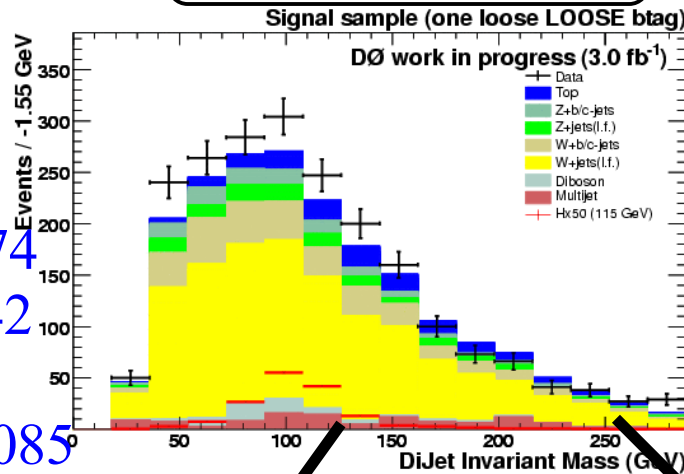


Pre-bTag
 $N_{\text{data}} = 64\text{k}$
 $N_{\text{bkg}} = 64\text{k}$
 $N_{\text{sig}} = 8.3$
 $S/\sqrt{B} = 0.081$
 (0.068)

NN

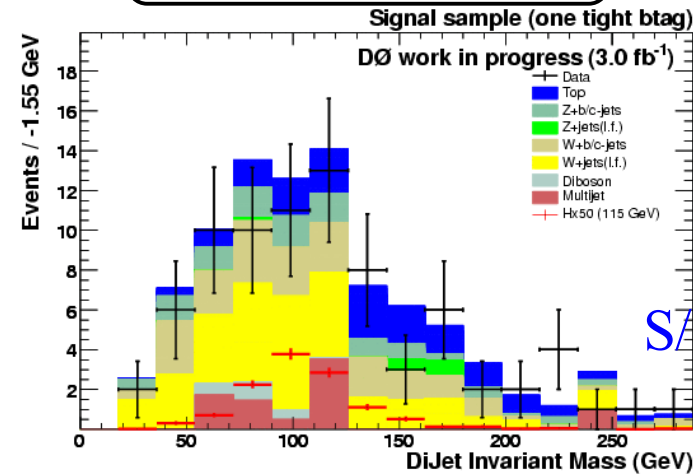
NN / SLTNN dans le sample “muonic”

SLTNN 1tag exclusif



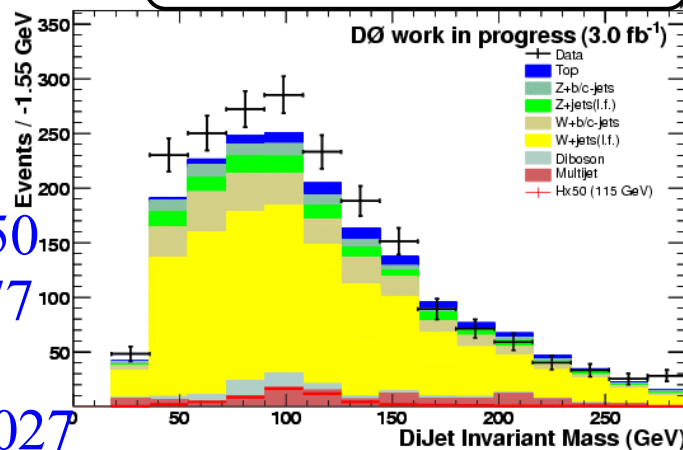
N data = 2174
N bkg = 2042
N sig = 1.5
 $S/\sqrt{B} = 0.085$
(0.071)

NN 1tag exclusif



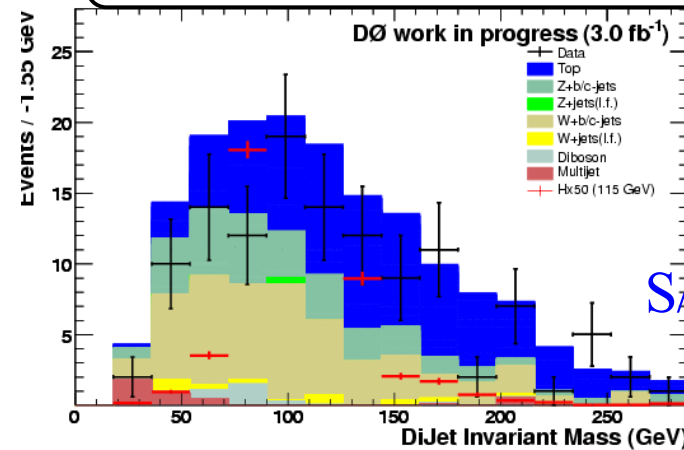
N data = 81
N bkg = 91
N sig = 0.1
 $S/\sqrt{B} = 0.029$
(0.025)

Veto NN 2tag



N data = 2050
N bkg = 1877
N sig = 0.5
 $S/\sqrt{B} = 0.027$
(0.025)

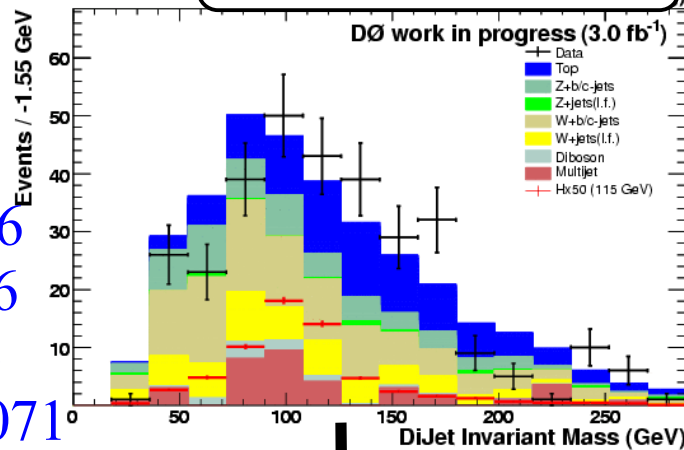
NN 2tag



N data = 124
N bkg = 165
N sig = 1.0
 $S/\sqrt{B} = 0.209$
(0.164)

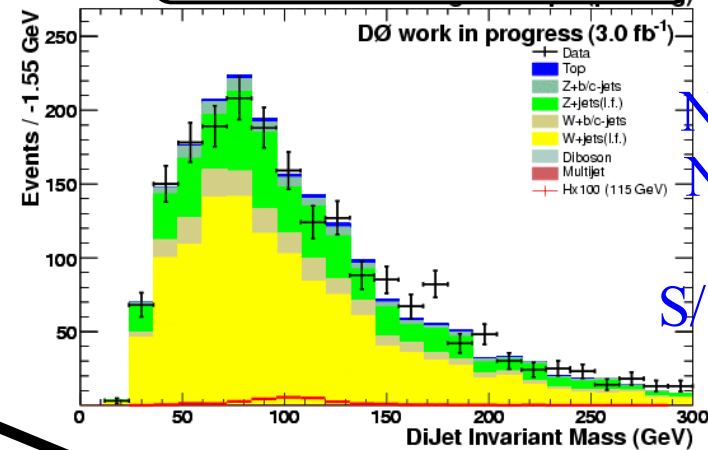
NN / SLTNNdans le sample “muonic”

SLTNN et NN 1tag



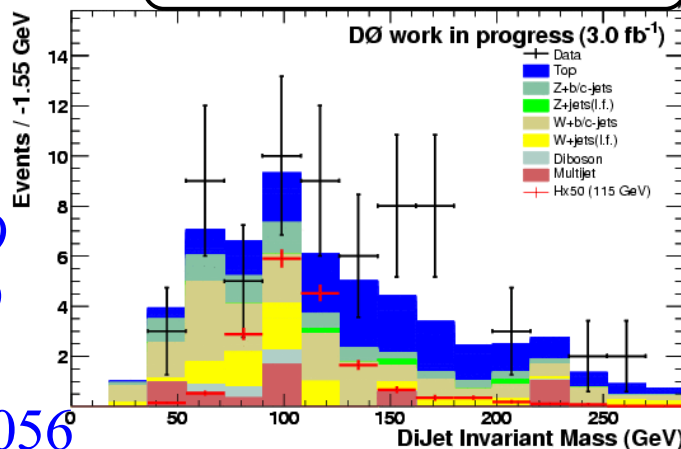
$N_{\text{data}} = 326$
 $N_{\text{bkg}} = 346$
 $N_{\text{sig}} = 0.6$
 $S/\sqrt{B} = 0.071$
 (0.067)

ni SLTNN et ni NN 1tag



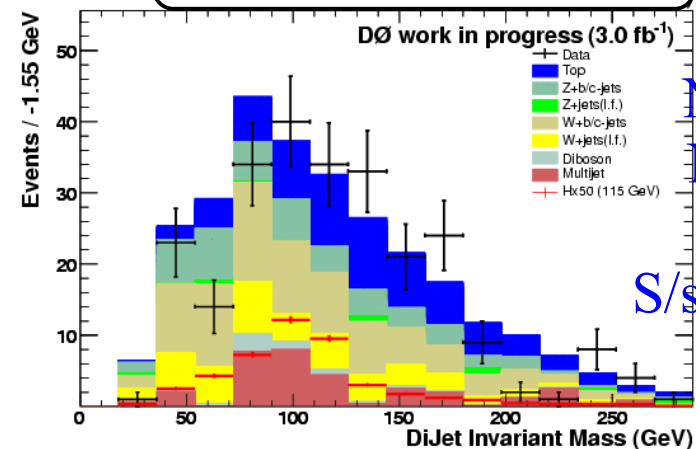
$N_{\text{data}} = 2014$
 $N_{\text{bkg}} = 2014$
 $N_{\text{sig}} = 0.1$
 $S/\sqrt{B} = 0.07$
 (0.006)

Tag pas le même jet



$N_{\text{data}} = 69$
 $N_{\text{bkg}} = 59$
 $N_{\text{sig}} = 0.2$
 $S/\sqrt{B} = 0.056$
 (0.046)

Tag le même jet



$N_{\text{data}} = 257$
 $N_{\text{bkg}} = 287$
 $N_{\text{sig}} = 0.4$
 $S/\sqrt{B} = 0.053$
 (0.053)

RESUME :

Performance du SLTNN muon tagger dans l'analyse $ZH \rightarrow \nu\nu b\bar{b}$

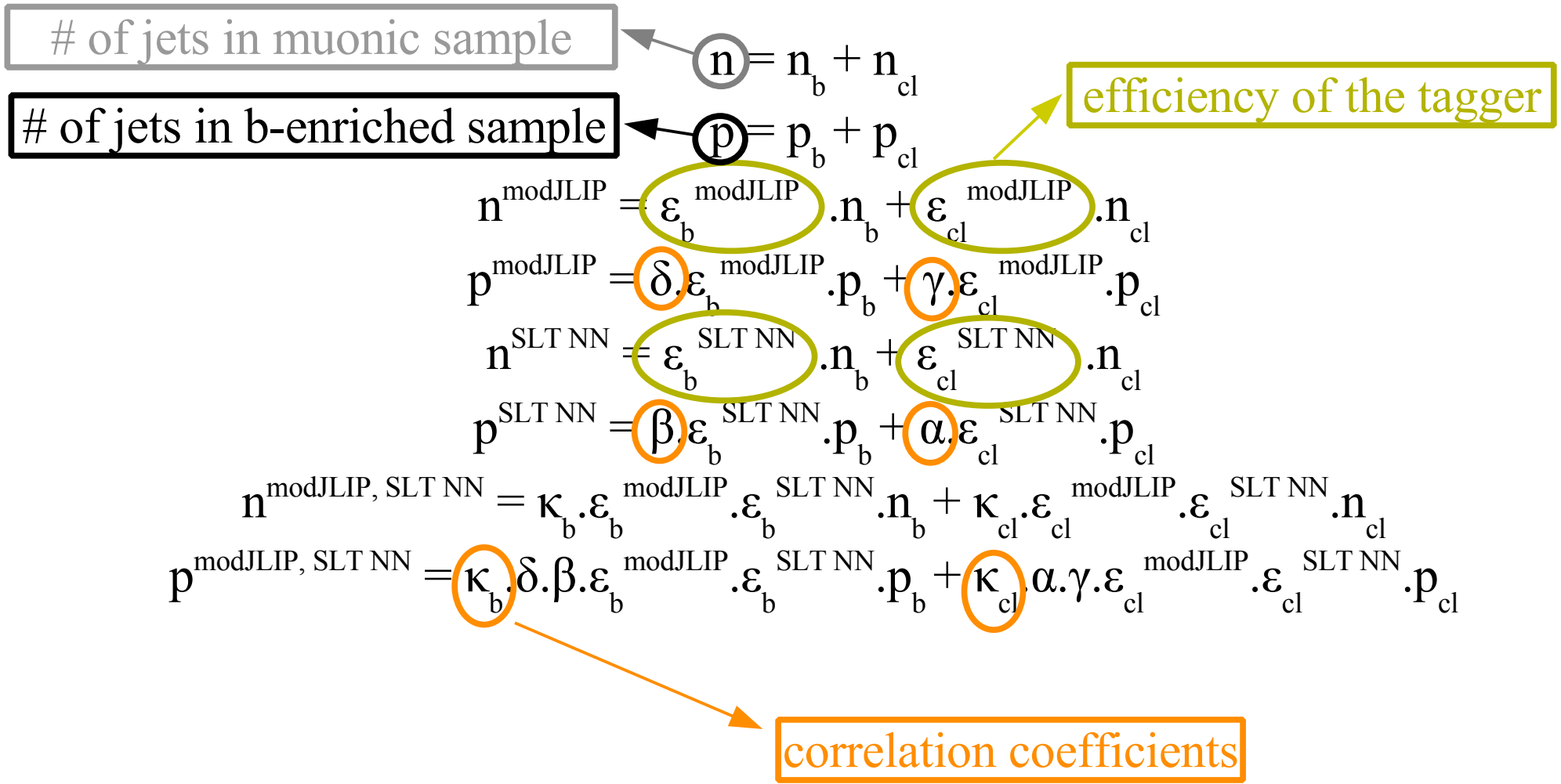
	Non-muonic sample			muonic sample			all jets sample
	preTag	1 tag	2 tag	preTag	tag exclusif	Both 1 tag	NN 1 + 2 tag
SLTNN		x	x		0.5 (1 tag)		
NN	8.3	2.3	2.4	2.3	0.1 (1 tag) + 1.0 (2 tag)	0.6	6.4

Erreurs systematiques (en cours) : $\sim 5\%$ pour le NN

Ces résultats seront consignés dans une note interne (en cours)

BACK-UP

- SELECTION : PV $|z| < 60$ cm and at least 3 tracks fitted to the PV
 Jet $p_T > 15$ GeV and Jet $|\eta| < 2.5$
- The SYSTEM8 :



- Fake rate is computed: with DATA and MC

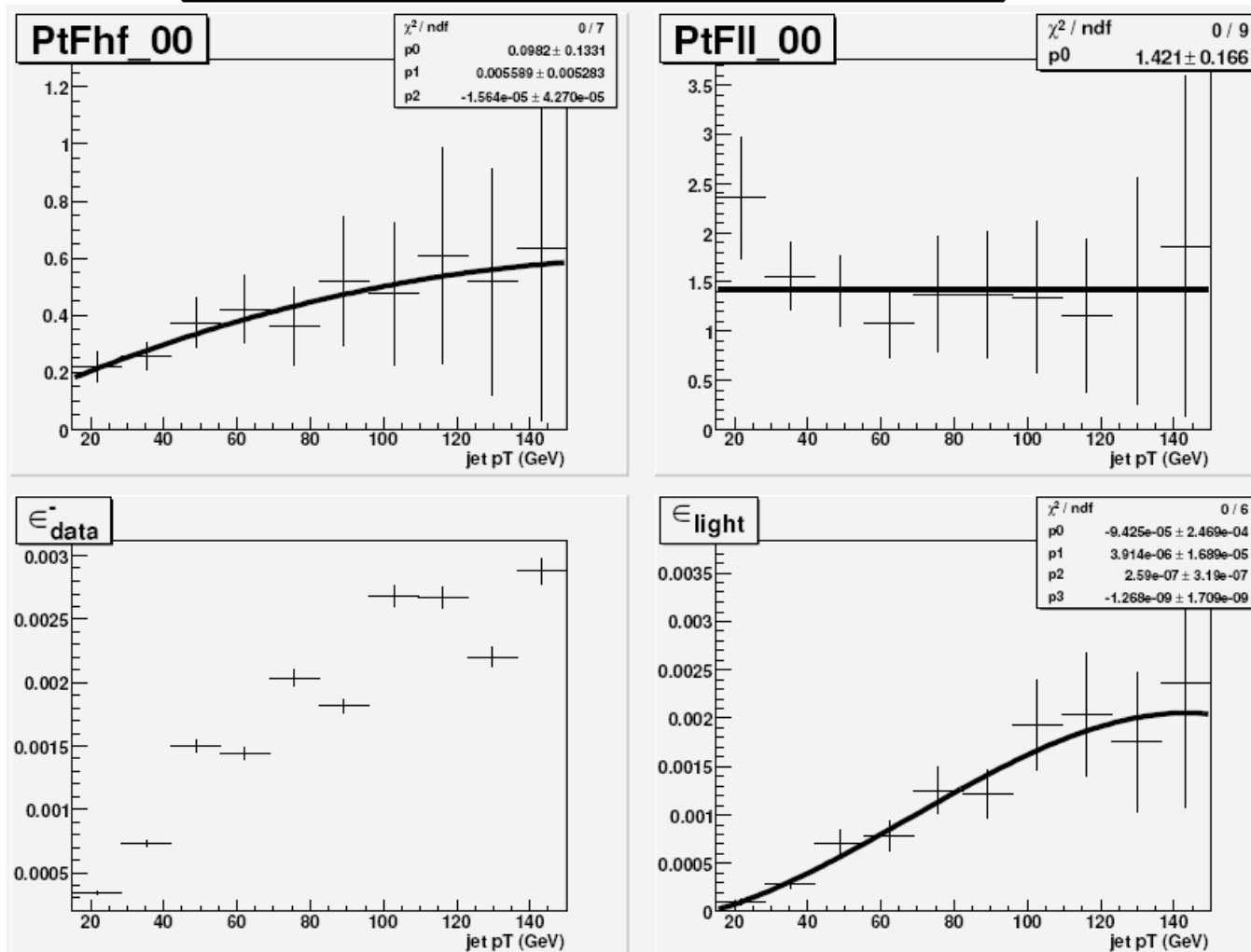
$$\epsilon_{\text{light}} = \epsilon_{\text{data}} \cdot F_{\text{hf}} \cdot F_{\text{ll}} \quad \text{with} \quad F_{\text{hf}} = \epsilon_{\text{QCDlight}}^- / \epsilon_{\text{QCDall}}^-$$

$$F_{\text{ll}} = \epsilon_{\text{QCDlight}}^+ / \epsilon_{\text{QCDlight}}^-$$

(Fake Rate) (NTR)

NTR is 2D parameterized and we can produce a TRF_{light}

μ : Medium, OP: Tight, CC region



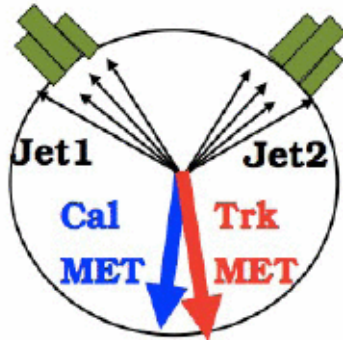
Multijet Modeling

In signal like events, MET from calorimeter and tracks is aligned.
It is not the case for multijet events (jet energies mis-measured)

→ modeling multijet events in **DATA sideband region**
(region where MET from calorimeter and tracks is not aligned)

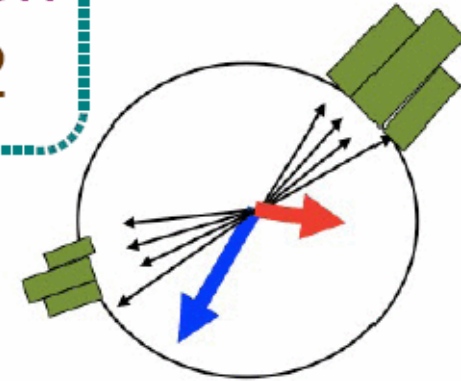
Signal Region

$$\Delta\phi(\vec{E}_T, \vec{P}_T^{\text{trk}}) < \pi/2$$



Sideband Region

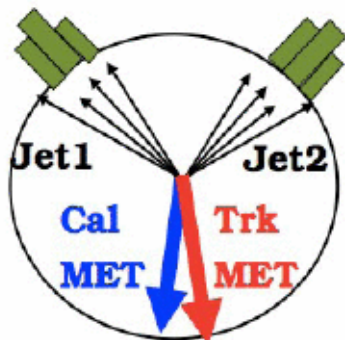
$$\Delta\phi(\vec{E}_T, \vec{P}_T^{\text{trk}}) > \pi/2$$



- Physics MC sideband contributions are subtracted from DATA sideband
- We define a SF for remaining multijet bkgd to match DATA in signal region

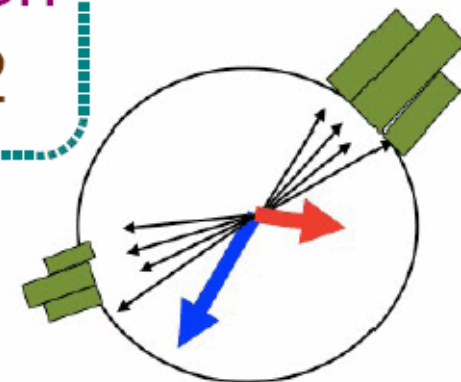
Signal Region

$$\Delta\phi(\cancel{E}_T, \cancel{P}_T^{\text{trk}}) < \pi/2$$

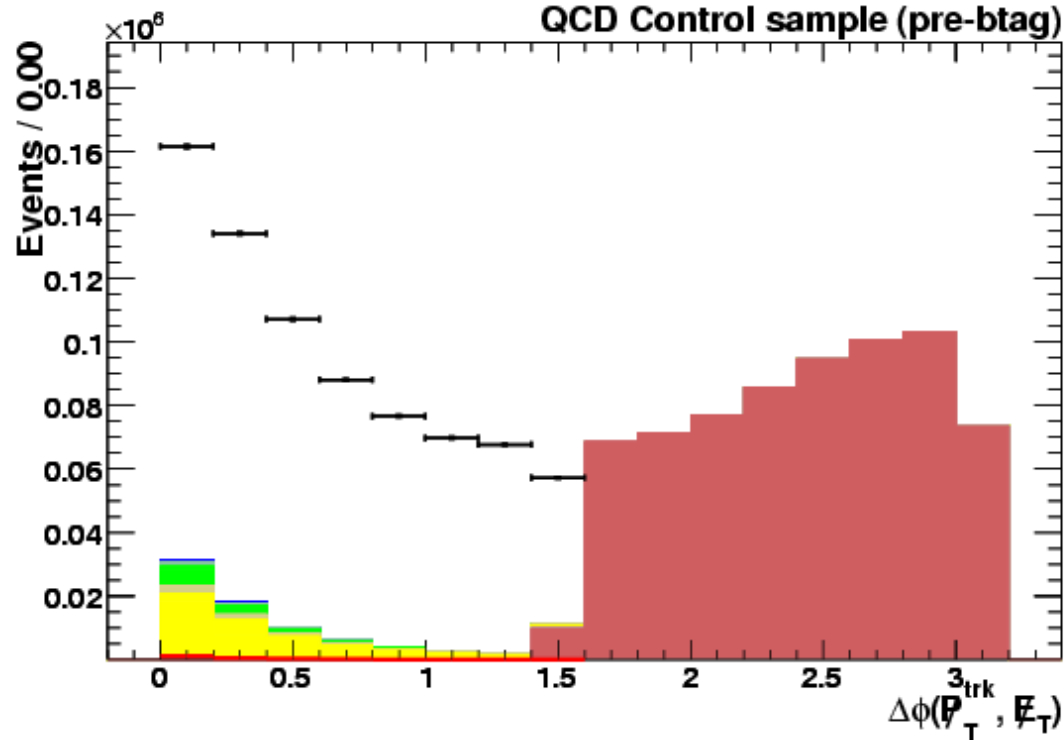


Sideband Region

$$\Delta\phi(\cancel{E}_T, \cancel{P}_T^{\text{trk}}) > \pi/2$$



QCD Control sample (pre-btag)



Signal sample (pre-btag)

