

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

01/12/2008

Journées Jeunes Chercheurs

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



PROBLEMATIQUE

- Le **Modèle Standard** de la physique des particules (SU(3)xSU(2)xU(1)) décrit :
 - les *particules fondamentales* \longrightarrow bosons et fermions
 - leurs *interactions* \longrightarrow via les forces électrofaible et forte
- Le Modèle Standard prédit des **particules de masse nulles**
en contradiction avec les mesures expérimentales
 - \longrightarrow l'introduction du boson de Higgs résoud ce problème
- Recherche du boson de Higgs dans le canal de désintégration :
$$Z H \rightarrow \nu \bar{\nu} b \bar{b}$$
 - les ν créent de l'**énergie manquante** (MET)
 - les **quarks b** créent des **jets**

LE DOMAINE D'ETUDE

- Le modèle standard :

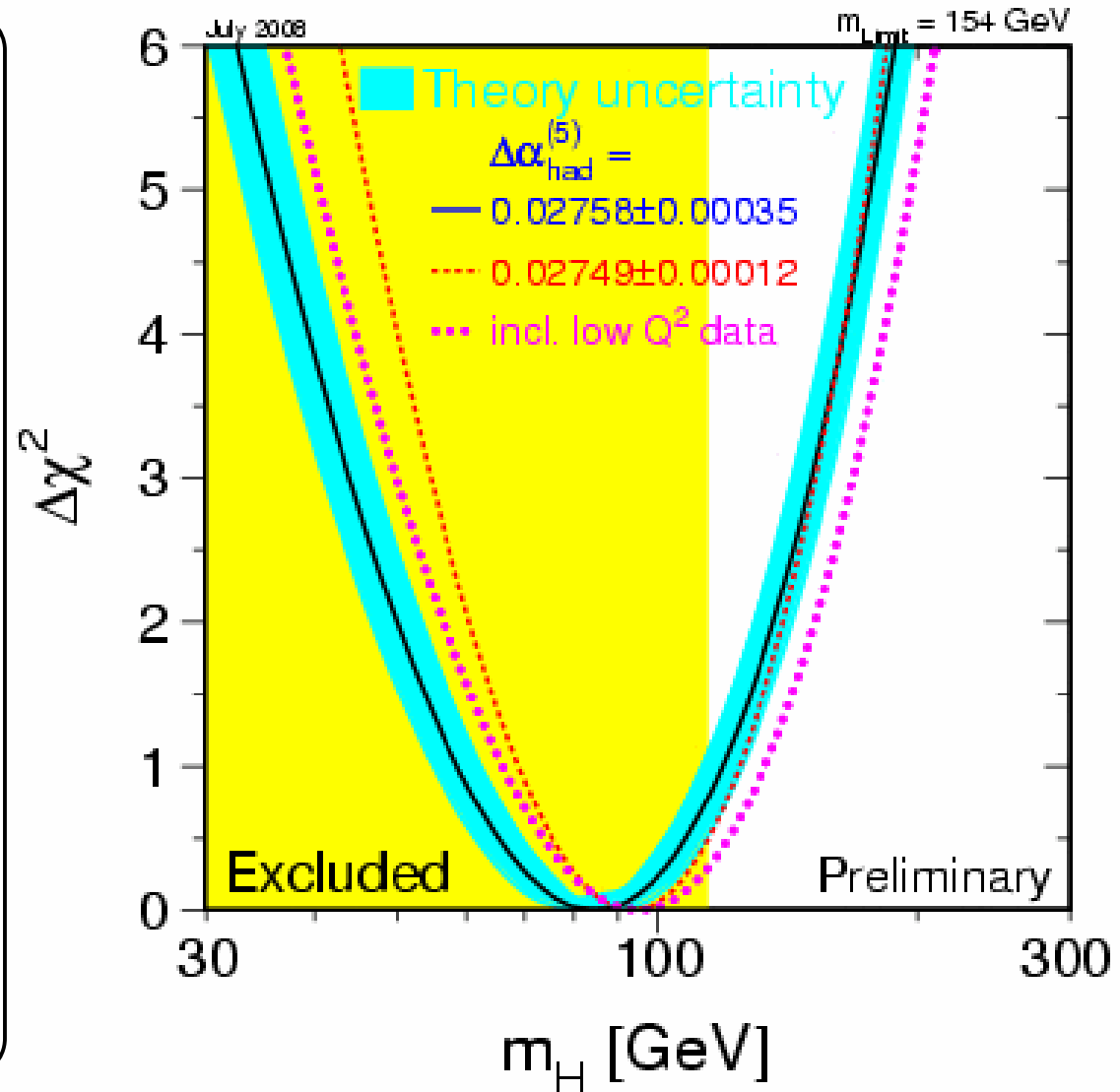
$$m_{\text{Higgs}} \leq 1 \text{ TeV}$$

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

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

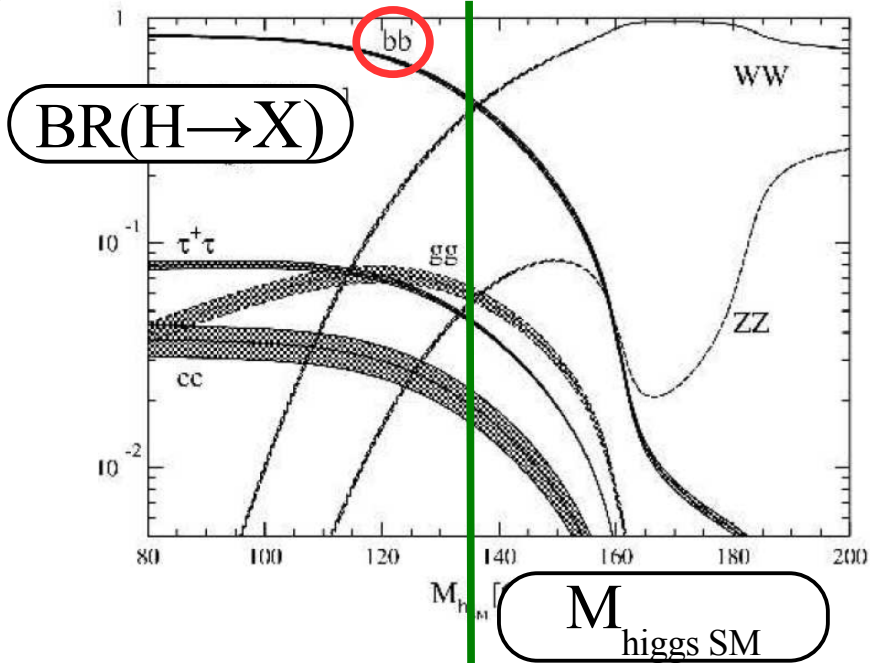
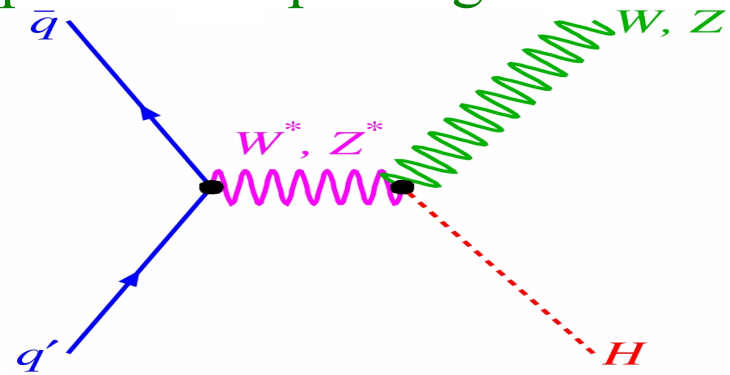
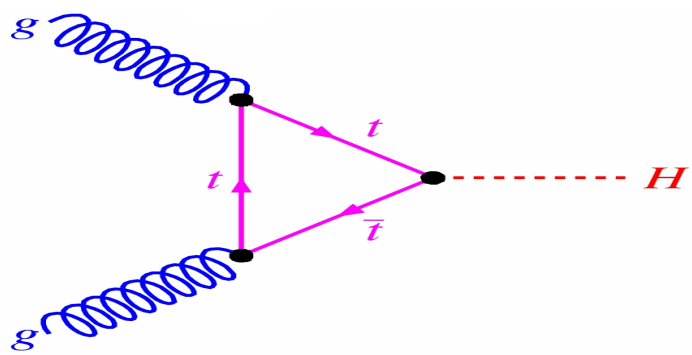
- Les expériences LEP, SLD, CDF et DØ

$$m_{\text{Higgs}} < 154 \text{ GeV (95\% CL)}$$



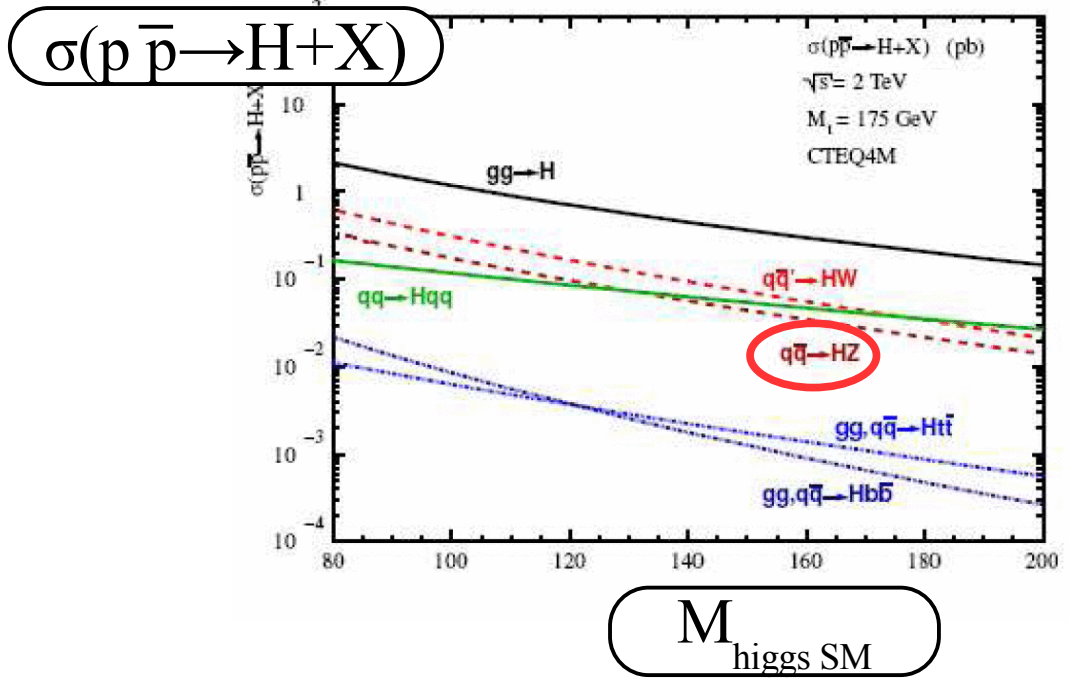
Etude du boson de Higgs à basse masse

• Au Tevatron : 3 canaux de production privilégiés



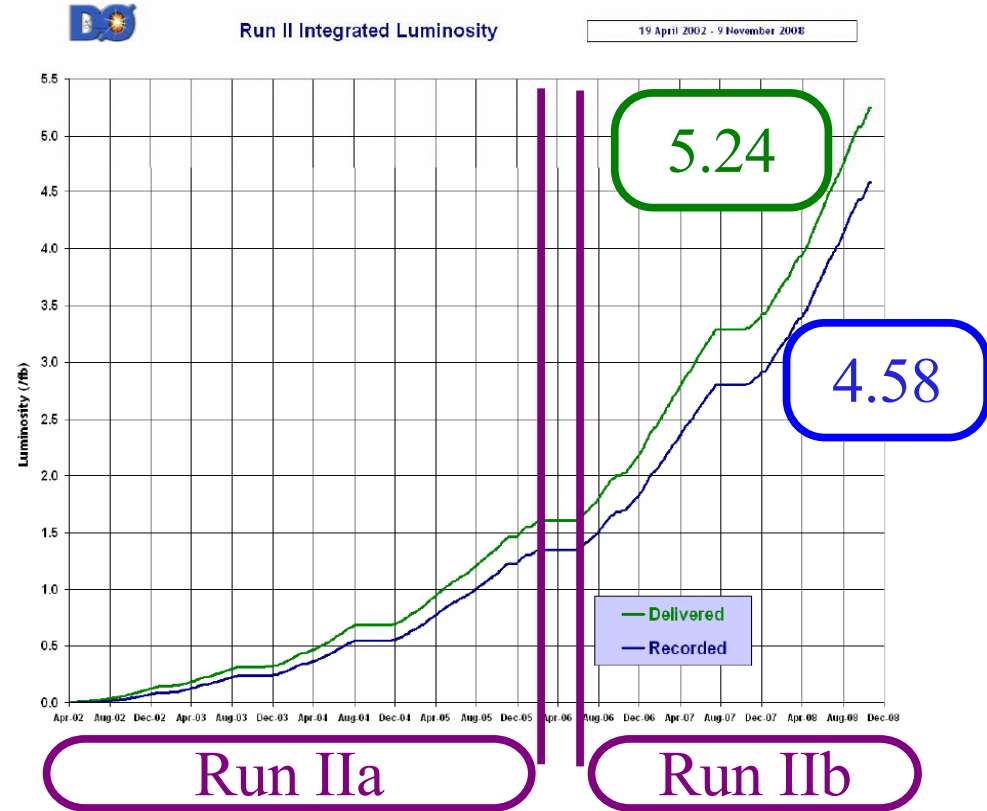
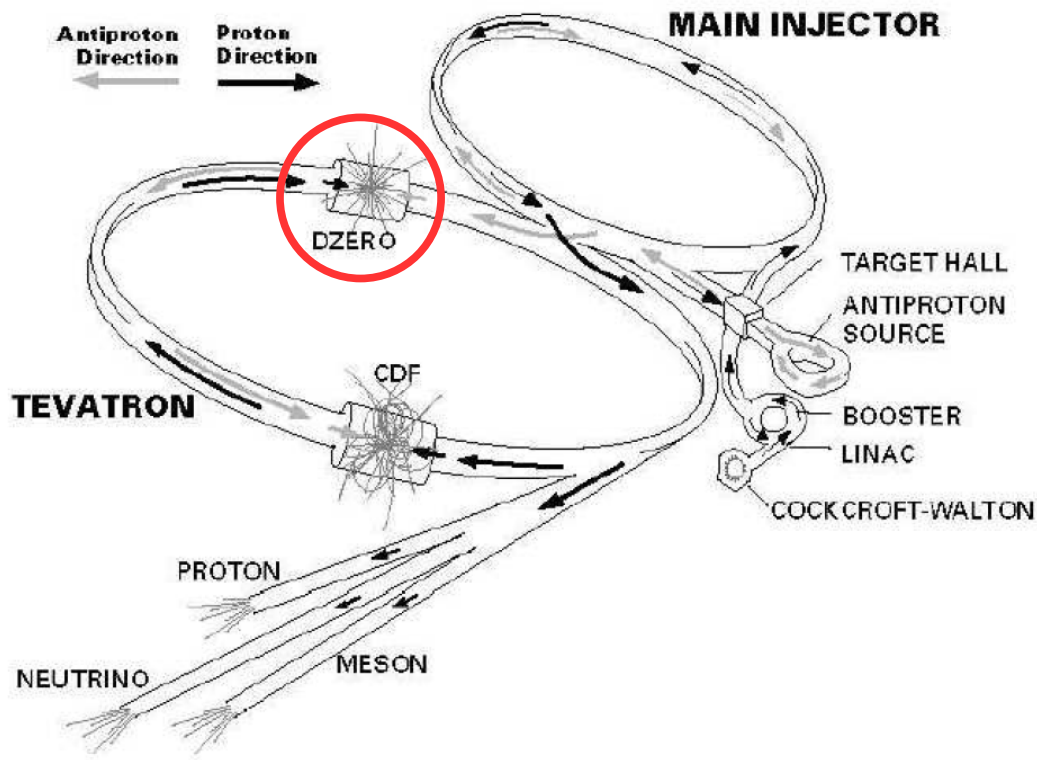
$M_{\text{higgs}} = 135 \text{ GeV}$

$\rightarrow H \rightarrow b \bar{b}$



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

LE TEVATRON

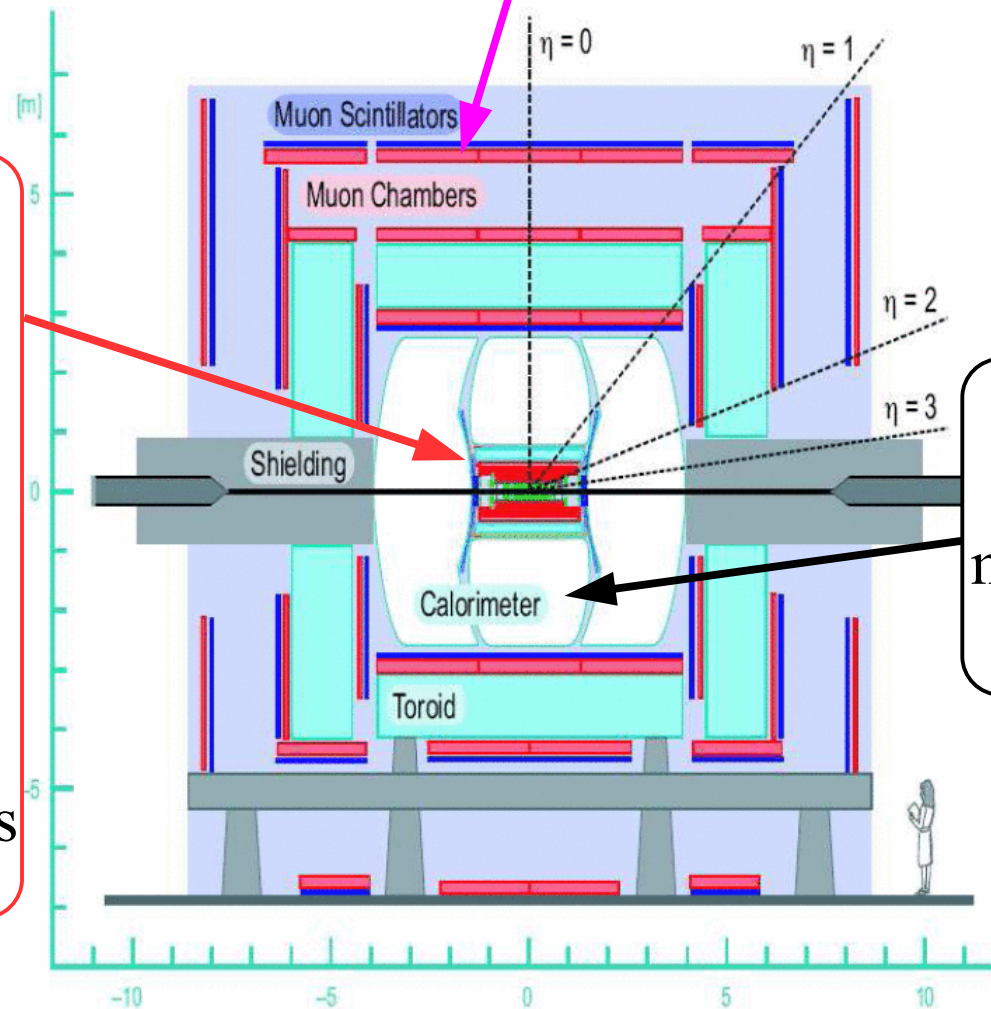


- Accélérateur de particules $p\bar{p}$

- Run I entre 1989 et 1996 { énergie dans le centre de masse : **1.8 TeV**
luminosité intégrée ~ **120 pb⁻¹**
- Run IIa entre 2001 et 2006 { énergie dans le centre de masse : **1.96 TeV**
luminosité intégrée ~ **1 fb⁻¹**
- depuis Run IIb jusqu'en 2009 → luminosité intégrée actuelle ~ **4.5 fb⁻¹**

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

ANALYSE

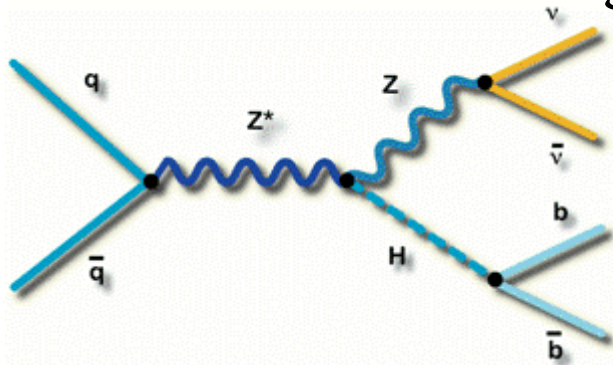
- *Réduction du bruit de fond :*
 - à l'aide de **coupe sur les variables cinématiques**
 - outil important de cette analyse : **b-tagging**
- *Discriminer les jets de quarks b et légers :*
 - **état final du canal : $b\bar{b}$**
 - outil de la collaboration : **Neural Net b-tagger**
(s'appuie sur la 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 $\left\{ \begin{array}{l} b \rightarrow \mu + X \sim 10\% \\ b \rightarrow c \rightarrow \mu + X \sim 10\% \end{array} \right.$
- 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 $\left\{ \begin{array}{l} \text{augmenter l'efficacité de b-tagging} \\ \text{réduire le taux de mauvaise identification} \end{array} \right.$
- Objectif :

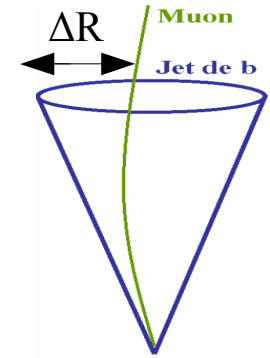
mettre à jour (et améliorer) le SLTNN tagger développé pour les données du Run IIa (Hwidong Yoo *PhD student of Brown University*) aux données du Run IIb

LA METHODE DU SLTNN

- “Muon Tagging” :

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

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{muon } p_T > 4 \text{ GeV} \\ \text{muon } |\eta| < 2 \\ \Delta R (\text{muon}, \text{Jet}) < 0.5 \end{array} \right.$$

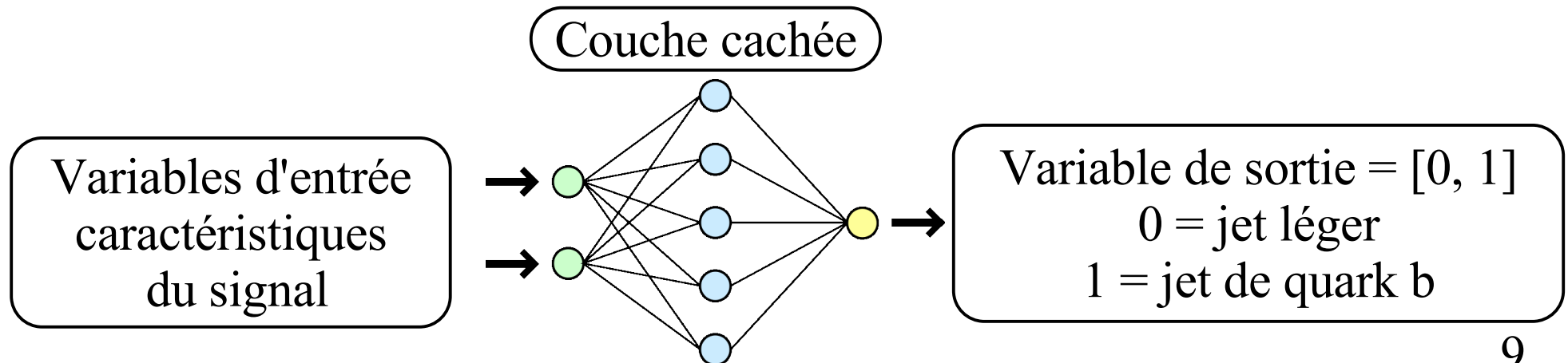


on étudie 3 types de qualités de muons en parallèle :

→ **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

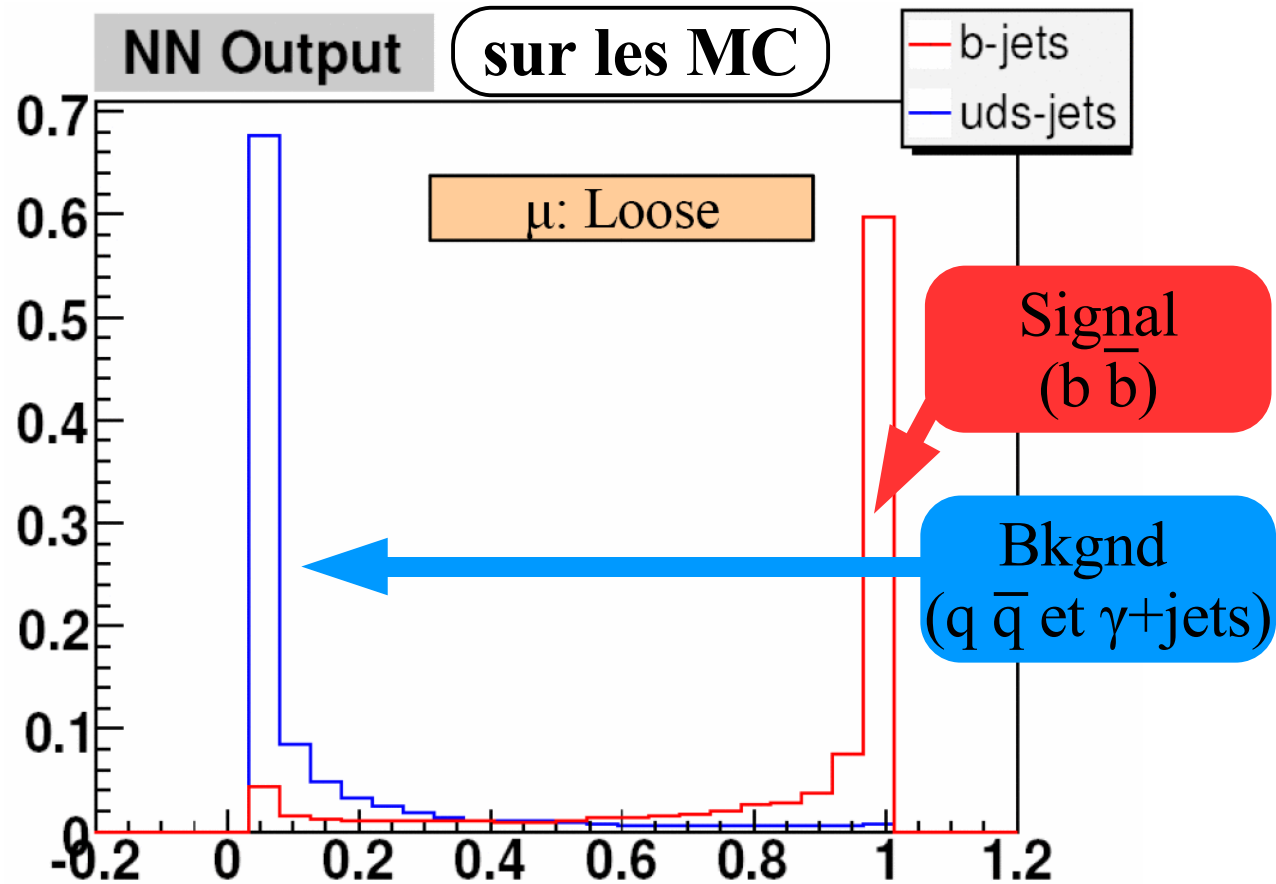
- **Méthode** : On entraîne notre NN avec $\left\{ \begin{array}{l} 11 \text{ variables d'entrées} \\ 24 \text{ noeuds (dans la couche cachée)} \end{array} \right.$

- **5 variables relatives au Muon**

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

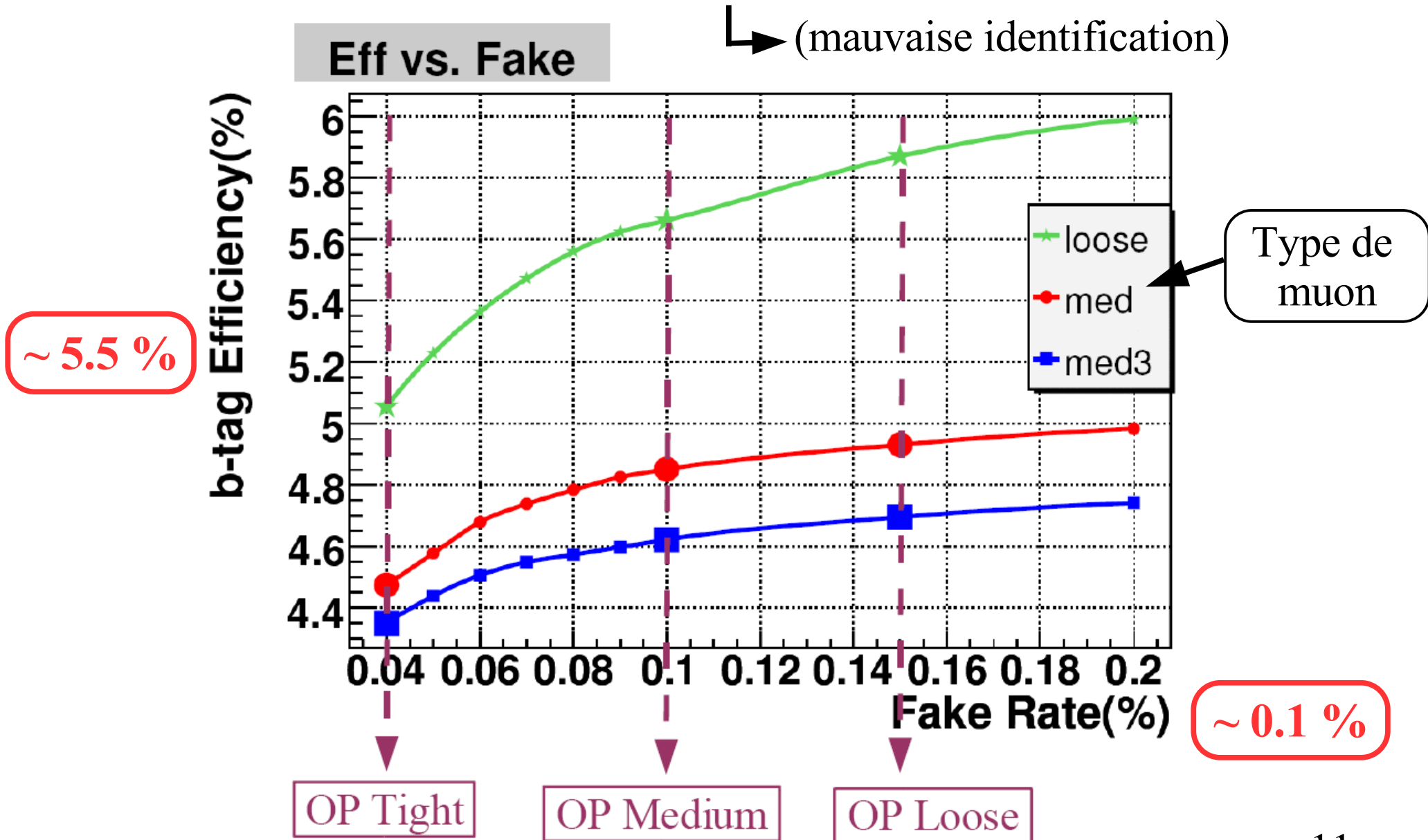
- **6 variables relatives au Vertex Secondaire**

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



Efficacité de Tagging dans les Données

Méthode : utilise la méthode du **system8**

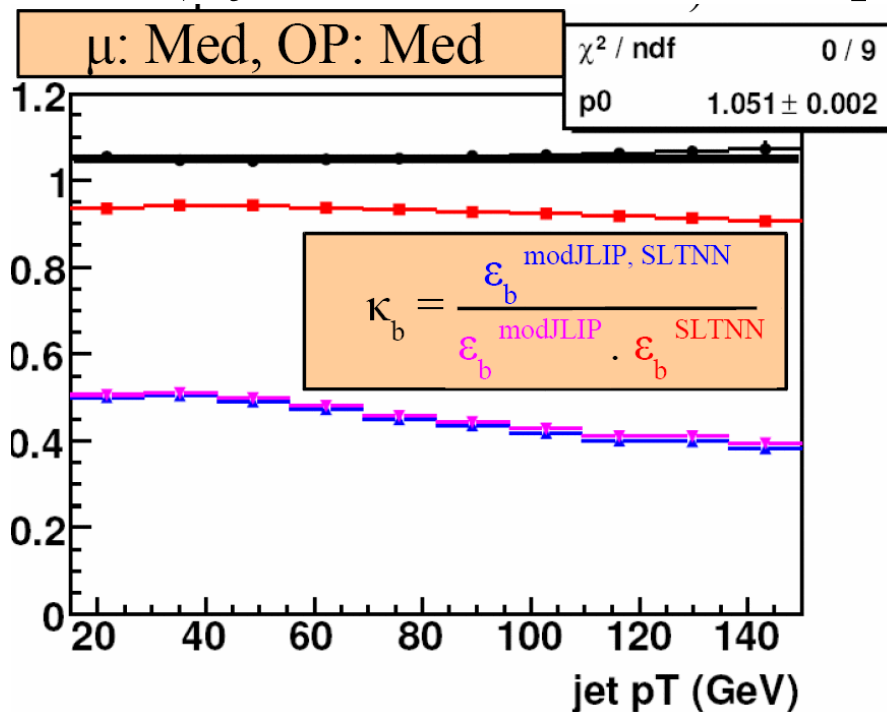
→ système de 8 équations à 8 inconnues ayant 6 coefficients de corrélation que l'on résoud avec

i) **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)

ii) **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 :

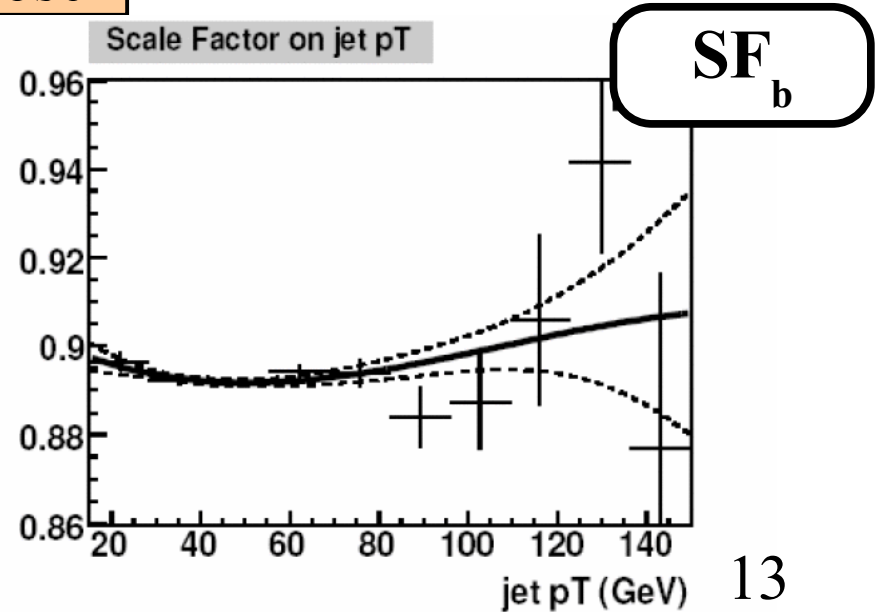
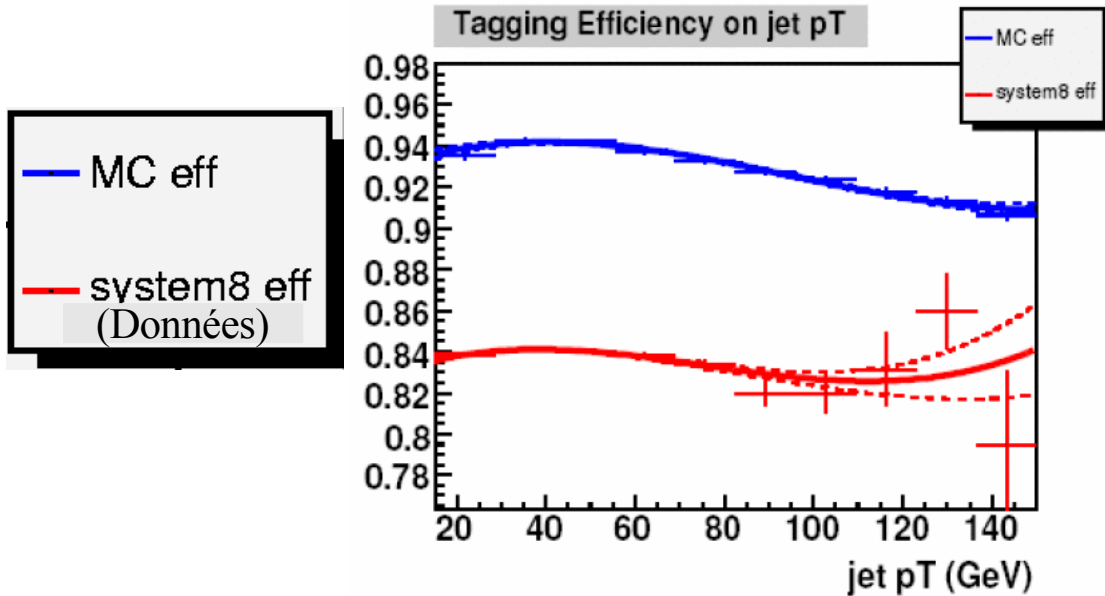
Muon selection	Op. point	b-tagging efficiency
Loose	Loose	0.887 ± 0.001
	Medium	0.853 ± 0.001
	Tight	0.763 ± 0.001
Medium	Loose	0.954 ± 0.000
	Medium	0.932 ± 0.000
	Tight	0.859 ± 0.001
Medium3	Loose	0.968 ± 0.000
	Medium	0.948 ± 0.000
	Tight	0.892 ± 0.001

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

~ 90 %

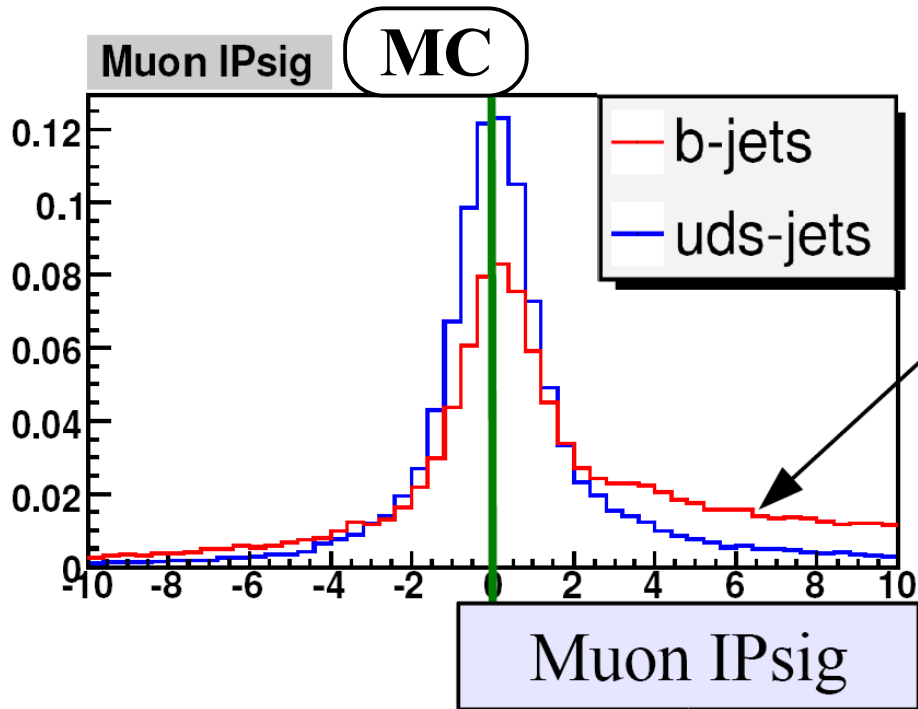
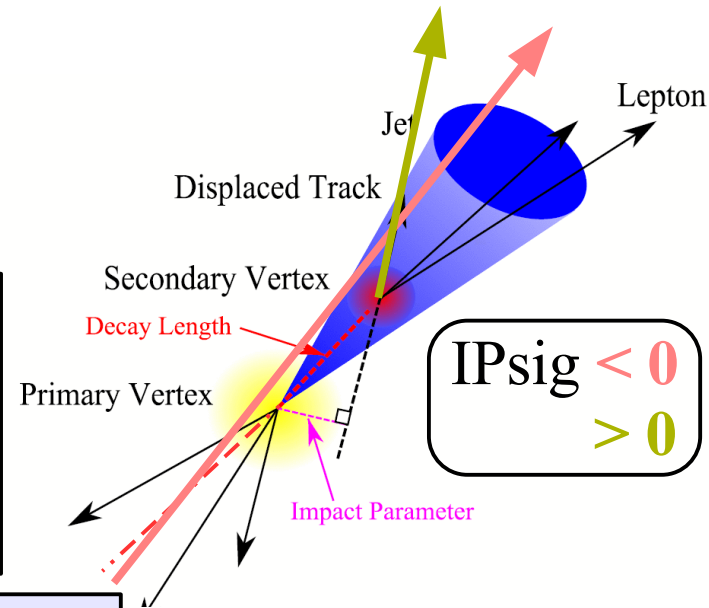
3) Calcul des Scale Factor : $SF_b = \epsilon_{DATA}^{\mu\text{-in-jet}} / \epsilon_{MC}^{b \rightarrow \mu}$ (pour corriger les MC)
 Calcul des TRF_b (TRF_c) : $TRF_b = \epsilon_{MC}^{b \rightarrow \text{inclusive}} \cdot SF_b$ (taux de tagging corrigé dans les MC)

μ: Loose, OP: Loose



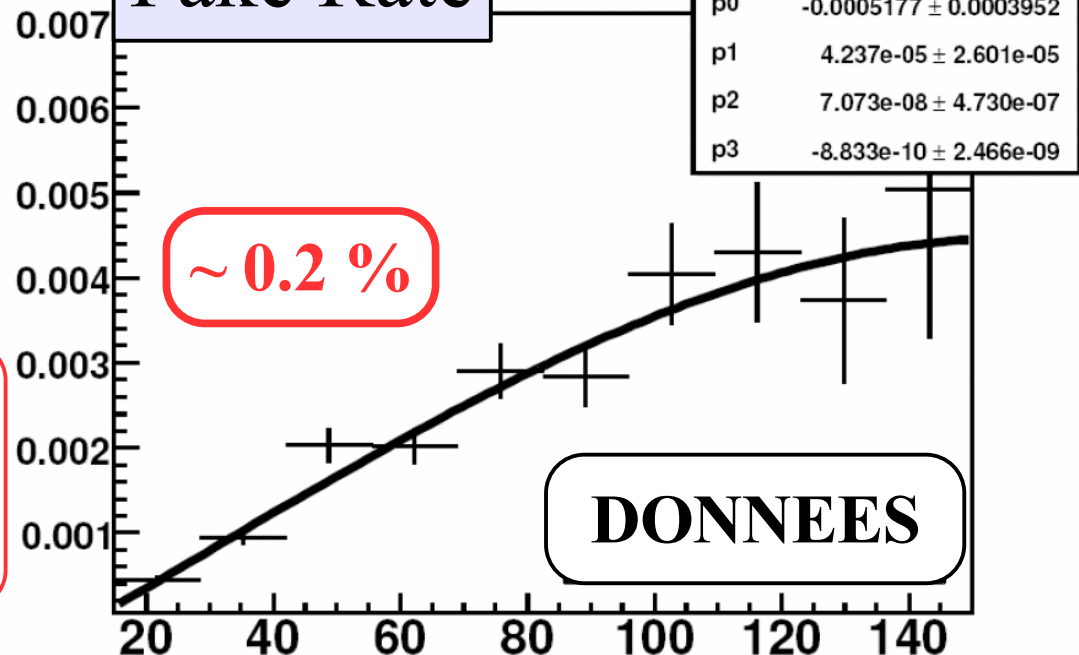
Fake Rate

- 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”**



asymmétrie due aux Vertex Secondaires

Fake Rate



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

→ Fake Rate

CONCLUSION :

- 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 $\sim 0.2\%$
- Je n'ai pas présenté tout le travail sur les systématiques afin de donner une vision claire de mon travail et des méthodes employées
 - $\epsilon_{\mu\text{-tagging}}(p_T > 30 \text{ GeV}) \sim 5\%$
 - $\epsilon_{b\text{-tagging}} \sim 7\%$
 - Fake rate $\sim 8\%$
- Note interne : DØnote 5647

TRAVAIL EN COURS :

- Certification du “SLTNN tagger”
pour qu'il devienne un outil de la collaboration DØ
- Application du SLTNN
dans mon analyse de recherche du boson de Higgs



A Soft Muon Tagger with Neural Network on p20 Data

David Jamin, Arnaud Duperrin
*CPPM, IN2P3-CNRS, Université de la Méditerranée
F-13288 Marseille Cedex 09, France*

Hwidong Yoo
Brown University, Providence, RI, USA

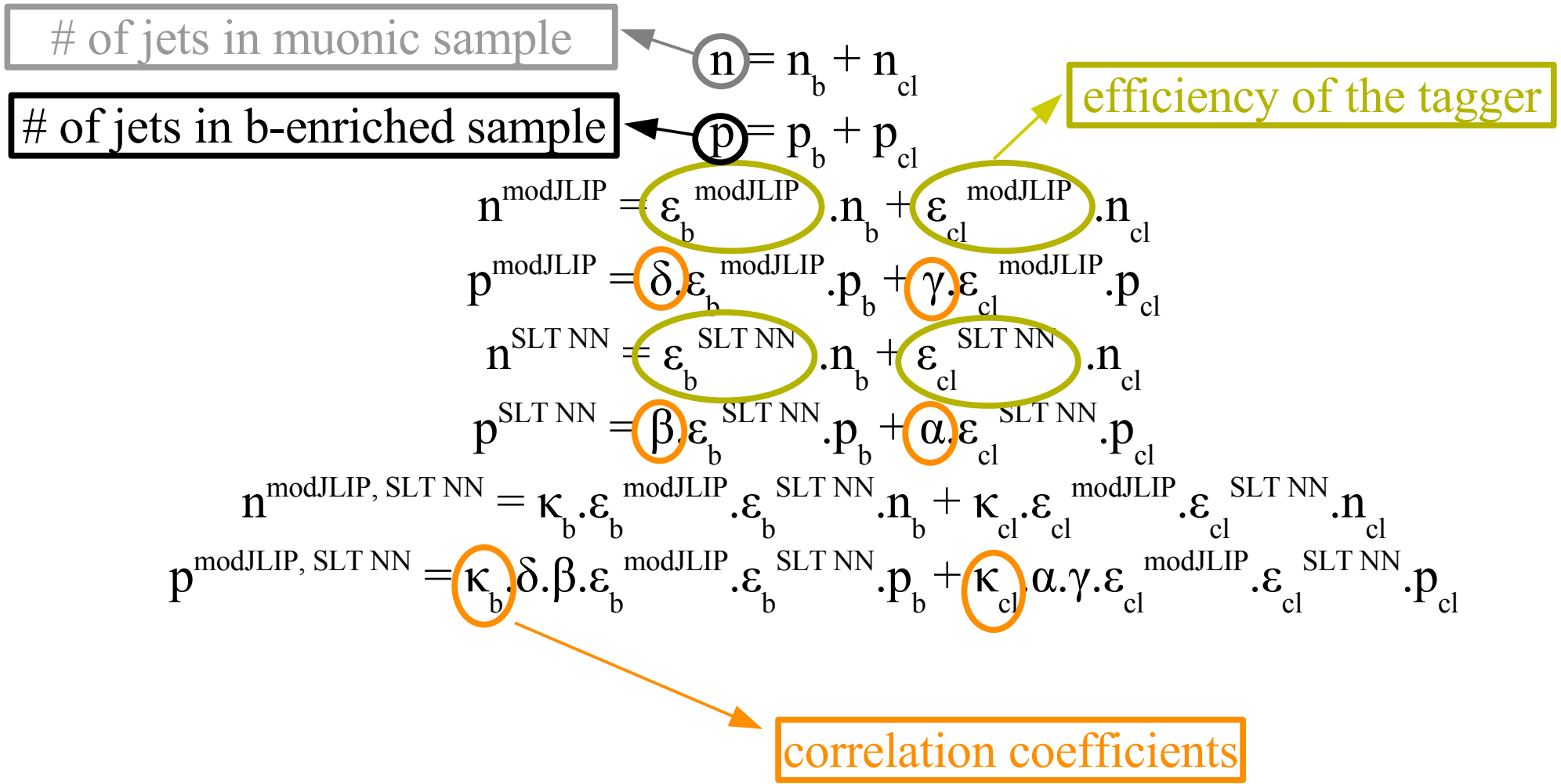
(Dated: April 16, 2008 / Draft version 0.2)

This note describes the method of Soft Muon Tagger with Neural Network (SLT NN) and the performance on p20 data. Around 20% of b-jets can decay with muon and so we can identify b-jet if we find a muon inside the jet. This is called Soft Muon Tagger. We apply the neural network method to develop this tagger. After applying neural network method, we can reduce the fake rate by factor of 10 without significant b-tagging efficiency loss. b-tagging efficiency and fake rate are measured in 2D (η and p_T) parameterization for 3 muon types and 3 operating points for each muon type.

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 :



summary of the correlation coefficients (no dependence) :

Muon selection	Op. point	κ_b	κ_{cl}	β	α	δ	γ
Loose	Loose	1.095 ± 0.002	1.481 ± 0.025	1.002 ± 0.001	1.008 ± 0.014	0.993 ± 0.004	1.032 ± 0.034
	Medium	1.117 ± 0.002	1.587 ± 0.028	1.003 ± 0.002	1.008 ± 0.016	0.993 ± 0.004	1.036 ± 0.036
	Tight	1.177 ± 0.002	1.842 ± 0.037	1.003 ± 0.002	1.002 ± 0.022	0.992 ± 0.005	1.025 ± 0.042
Medium	Loose	1.035 ± 0.002	1.171 ± 0.018	1.001 ± 0.001	0.998 ± 0.008	0.997 ± 0.005	1.021 ± 0.035
	Medium	1.053 ± 0.002	1.323 ± 0.023	1.003 ± 0.001	1.001 ± 0.011	0.997 ± 0.005	1.026 ± 0.036
	Tight	1.110 ± 0.002	1.624 ± 0.032	1.003 ± 0.002	1.002 ± 0.018	0.996 ± 0.005	1.032 ± 0.039
Medium3	Loose	1.023 ± 0.002	1.080 ± 0.015	1.000 ± 0.001	1.004 ± 0.005	0.997 ± 0.005	1.030 ± 0.035
	Medium	1.038 ± 0.002	1.200 ± 0.019	1.000 ± 0.001	0.998 ± 0.009	0.997 ± 0.005	1.028 ± 0.036
	Tight	1.085 ± 0.002	1.514 ± 0.029	1.002 ± 0.002	1.000 ± 0.016	0.997 ± 0.005	1.024 ± 0.039

in the case of κ_{cl} which is too much deviated from 1.0

I will apply the bigger error measured : $\sigma = 1.0$

(see in eta and pT dependence in the next slide)

summary of the correlation coefficients (p_T and η dependence) :

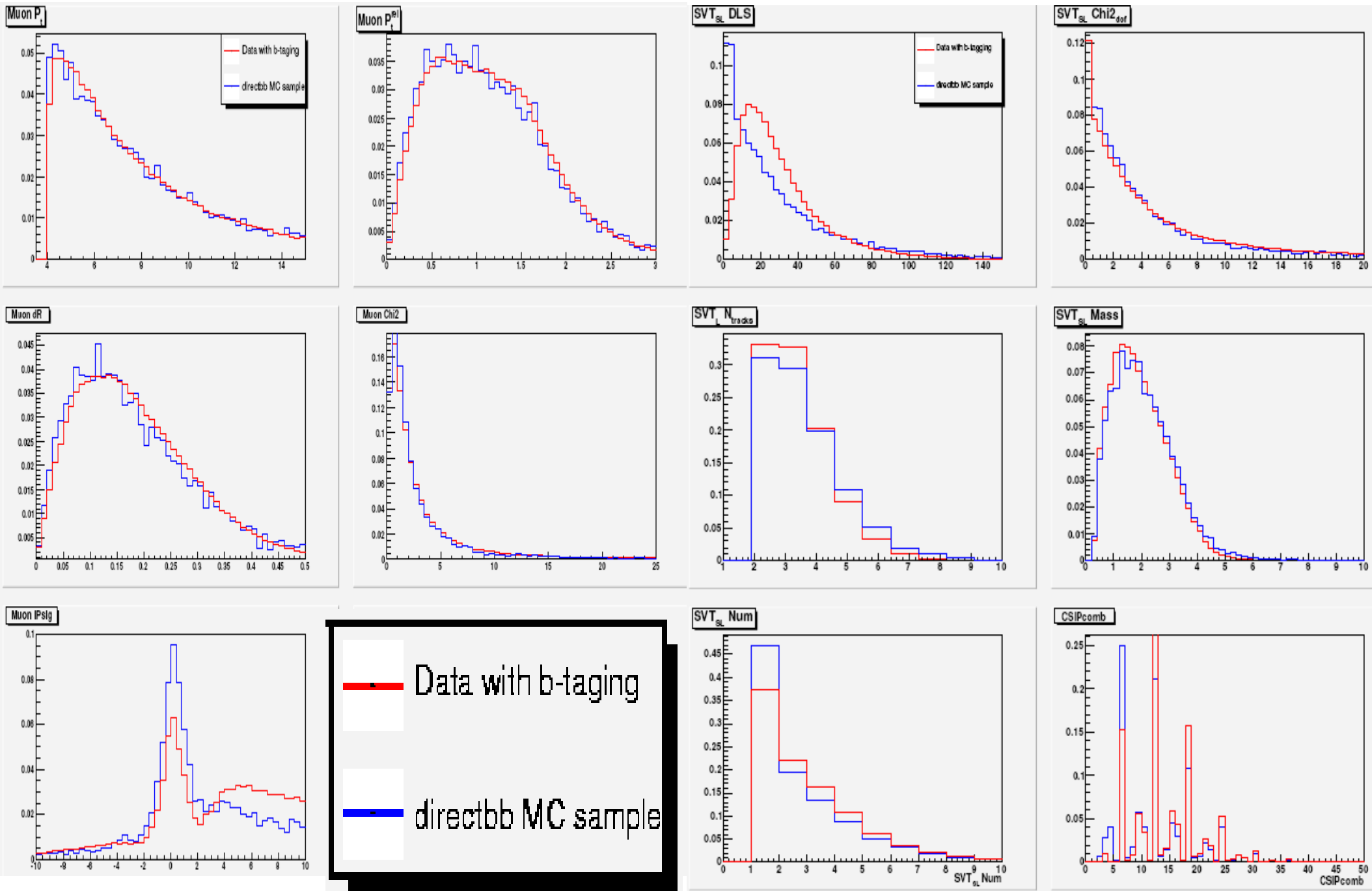
Muon selection	Op. point	κ_b	κ_{cl}	β	α	δ	γ
Loose	Loose	1.090 ± 0.007	1.487 ± 0.042	1.007 ± 0.004	1.000 ± 0.038	1.009 ± 0.013	1.025 ± 0.077
	Medium	1.111 ± 0.007	1.592 ± 0.044	1.008 ± 0.005	1.000 ± 0.045	1.009 ± 0.013	1.025 ± 0.077
	Tight	1.171 ± 0.008	1.841 ± 0.049	1.010 ± 0.007	0.994 ± 0.060	1.009 ± 0.013	1.025 ± 0.077
Medium	Loose	1.032 ± 0.007	1.172 ± 0.042	1.003 ± 0.002	0.995 ± 0.024	1.010 ± 0.015	1.014 ± 0.088
	Medium	1.050 ± 0.007	1.324 ± 0.048	1.005 ± 0.003	1.000 ± 0.032	1.010 ± 0.015	1.014 ± 0.088
	Tight	1.106 ± 0.008	1.621 ± 0.056	1.006 ± 0.005	1.000 ± 0.050	1.010 ± 0.015	1.014 ± 0.088
Medium3	Loose	1.020 ± 0.007	1.081 ± 0.040	1.002 ± 0.002	1.003 ± 0.017	1.010 ± 0.015	1.016 ± 0.092
	Medium	1.034 ± 0.007	1.200 ± 0.047	1.002 ± 0.003	0.996 ± 0.027	1.010 ± 0.015	1.016 ± 0.092
	Tight	1.081 ± 0.008	1.512 ± 0.058	1.005 ± 0.005	0.999 ± 0.043	1.010 ± 0.015	1.016 ± 0.092

p_T

Muon selection	Op. point	κ_b	κ_{cl}	β	α	δ	γ
Loose	Loose	1.095 ± 0.007	1.487 ± 0.041	1.002 ± 0.004	1.003 ± 0.037	0.996 ± 0.012	1.027 ± 0.075
	Medium	1.117 ± 0.007	1.594 ± 0.043	1.003 ± 0.004	1.002 ± 0.043	0.996 ± 0.012	1.027 ± 0.075
	Tight	1.177 ± 0.007	1.845 ± 0.049	1.003 ± 0.006	0.992 ± 0.058	0.996 ± 0.012	1.027 ± 0.075
Medium	Loose	1.035 ± 0.007	1.175 ± 0.042	1.001 ± 0.002	0.998 ± 0.023	0.999 ± 0.013	1.023 ± 0.086
	Medium	1.053 ± 0.007	1.326 ± 0.047	1.003 ± 0.003	1.001 ± 0.031	0.999 ± 0.013	1.023 ± 0.086
	Tight	1.110 ± 0.007	1.633 ± 0.055	1.003 ± 0.005	0.998 ± 0.049	0.999 ± 0.013	1.023 ± 0.086
Medium3	Loose	1.023 ± 0.007	1.082 ± 0.040	1.000 ± 0.002	1.006 ± 0.016	1.000 ± 0.013	1.025 ± 0.088
	Medium	1.038 ± 0.007	1.203 ± 0.046	1.000 ± 0.002	0.999 ± 0.026	1.000 ± 0.013	1.025 ± 0.088
	Tight	1.086 ± 0.007	1.519 ± 0.057	1.002 ± 0.004	1.000 ± 0.042	1.000 ± 0.013	1.025 ± 0.088

η

• PLOT: comparison between MUincl and directbb for events tagged by SLTNN



- Fake rate is computed: with DATA and MC

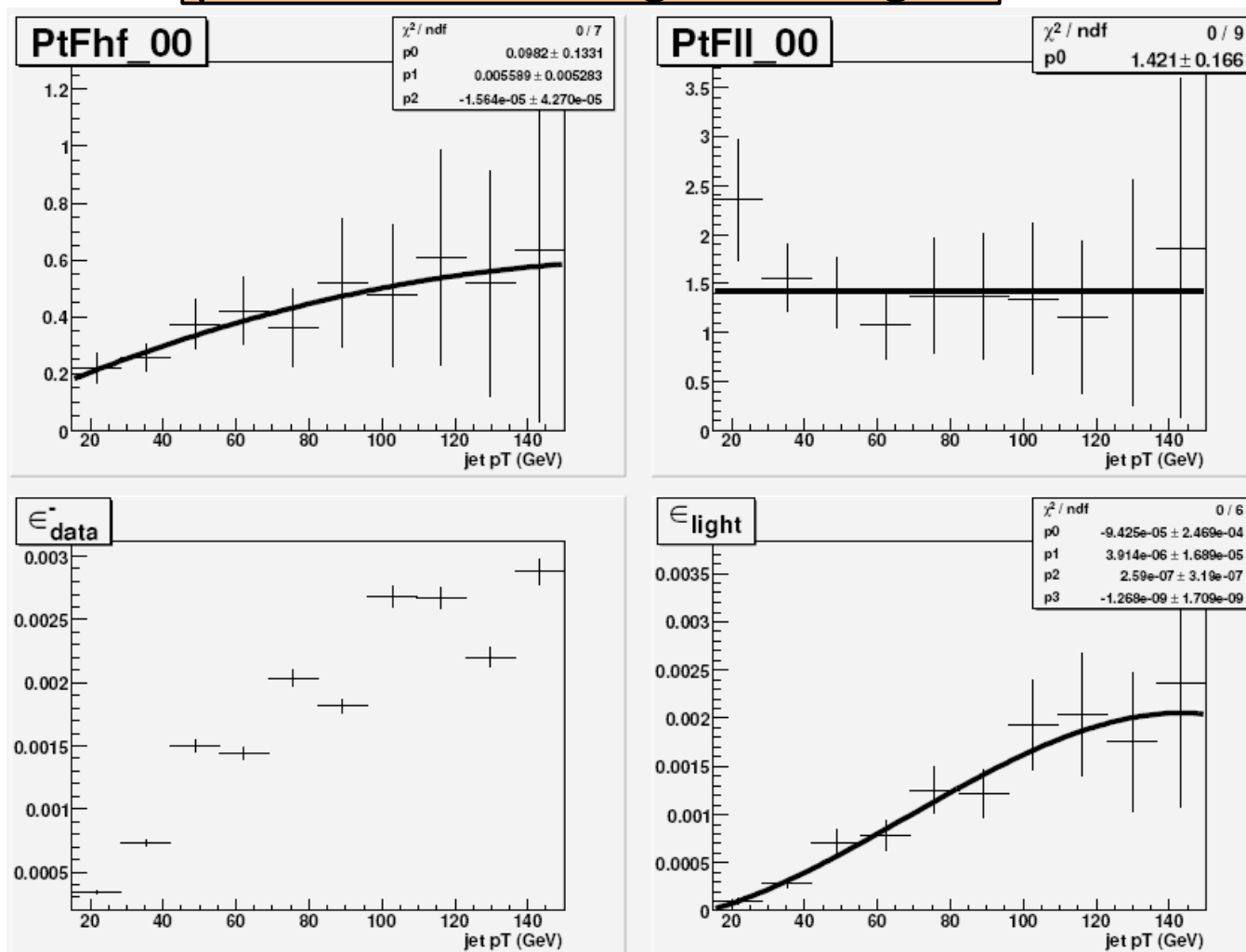
$$\epsilon_{\text{light}} = \epsilon_{\text{data}}^- \cdot F_{\text{hf}} \cdot F_{\text{ll}} \quad \text{with} \quad F_{\text{hf}} = \epsilon_{\text{QCDlight}}^- / \epsilon_{\text{QCDall}}^-$$

(Fake Rate) (NTR)

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

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

μ : Medium, OP: Tight, CC region



SYSTEMATICS

1) from the system8 method :

use a $\pm 1\sigma$ error variation on each correlation coefficient

use a ± 0.025 variation of the modJLIPprob (= 0.1)

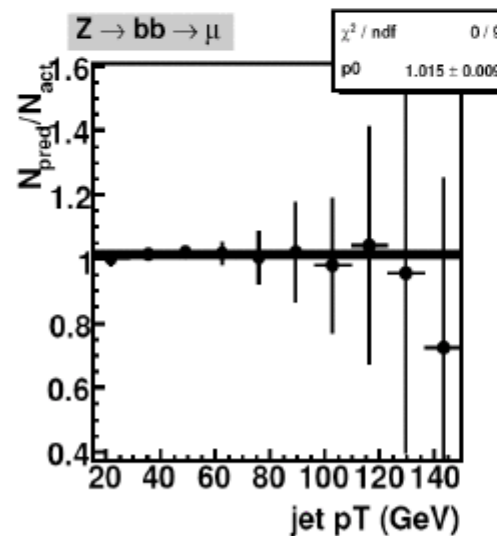
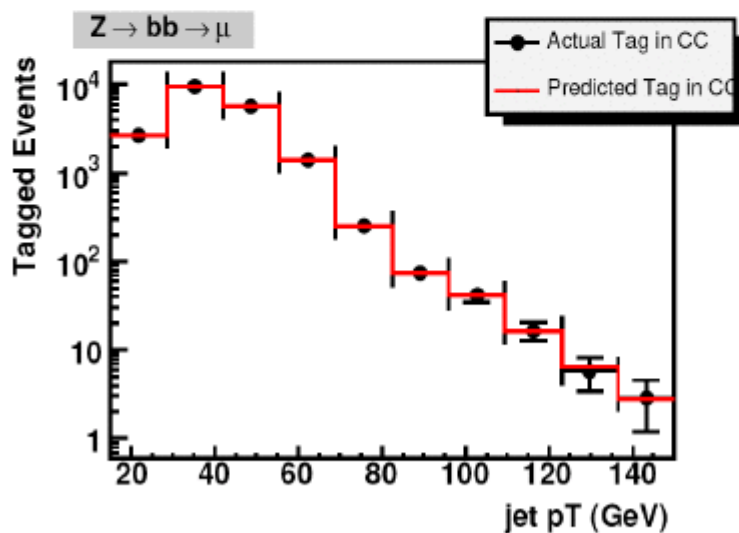
$$\delta_{\text{sys8}} < 3\%$$

2) SF obtain from the MC samples : $Z \rightarrow bb \rightarrow \mu$ and $Z \rightarrow cc \rightarrow \mu$, check the MC dependence :

compare the predicted tagging result (by applying TRFs) and the direct tagging

→ closure test for each sample and combined sample

μ : Medium, OP: Loose



$$\delta_{\text{TRF closure test}} < 5\%$$

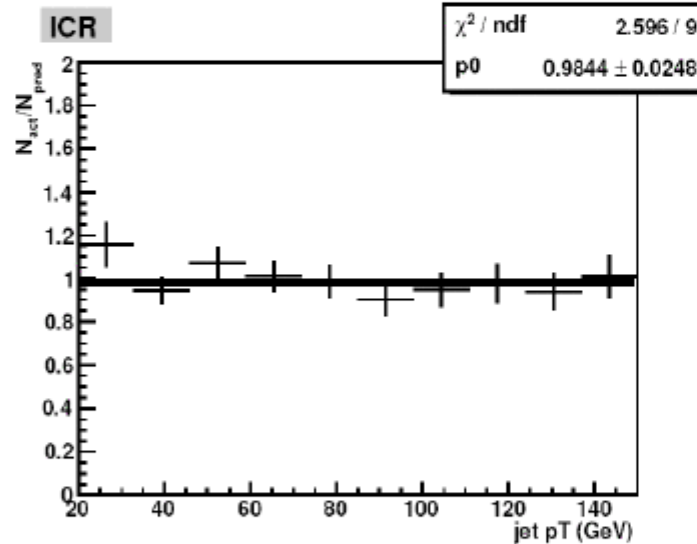
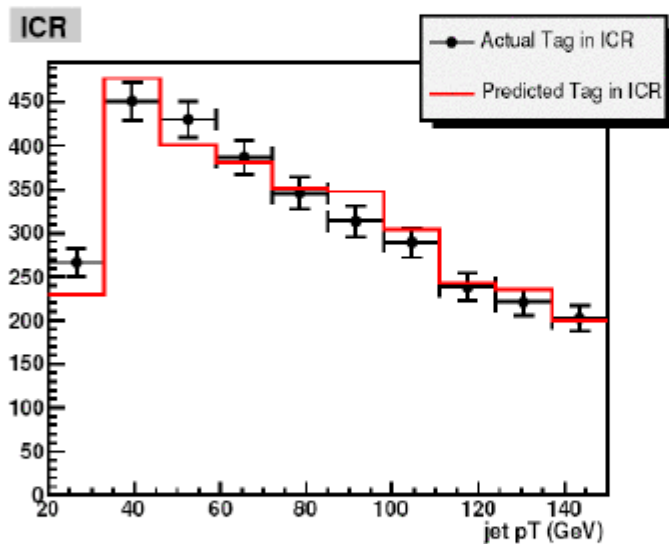
TOTAL :

TRF ~ 4 %

SYSTEMATICS

1) compare the direct tagging from NTR and TRF_{light} measured

μ : Medium, OP: Loose, η : ICR



$\delta_{\text{NTR closure test}} < 5\%$

2) b-fraction and c-fraction in MC are varied by $\pm 20\%$

$\delta_{\text{fraction}} < 8\%$

TOTAL :

Fake Rate $\sim 7\%$