

**Recherche du Boson de Higgs produit en  
association avec un boson Z au  
TeVatron dans l'état final eebb  
avec l'expérience DØ**

**Betty Calpas**

**Directeur de thèse: Elemér Nagy**

**Centre de physique des Particules de Marseille (CPPM)**



# Plan

---

- **Aspect Théorique du Higgs.**

- \* Mécanisme et motivation.

- **Tâches de services effectués dans DØ.**

- \* Timing du calorimètre.

- \* Identification des électrons (e) dans le calorimètre.

- \* Etude des e dans le calorimètre et dans la région intercryostat (ICR).

- **Analyse.**

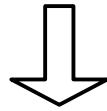
- \* Sélection des e dans l'ICR.

- **Conclusion et perspective.**

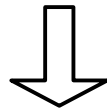
# Aspect Théorique du Higgs: Mécanisme et motivation

---

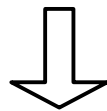
Le **Modèle Standard** s'appuie sur un principe de symétrie qui a comme conséquence que les particules ont une masse nulle.



**Contradiction** avec les **observations** expérimentales.



Introduction du **mécanisme de Higgs**, capable de conférer une masse aux particules.

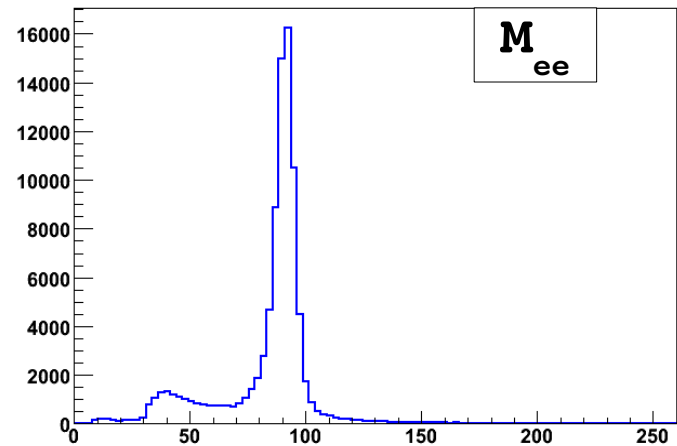
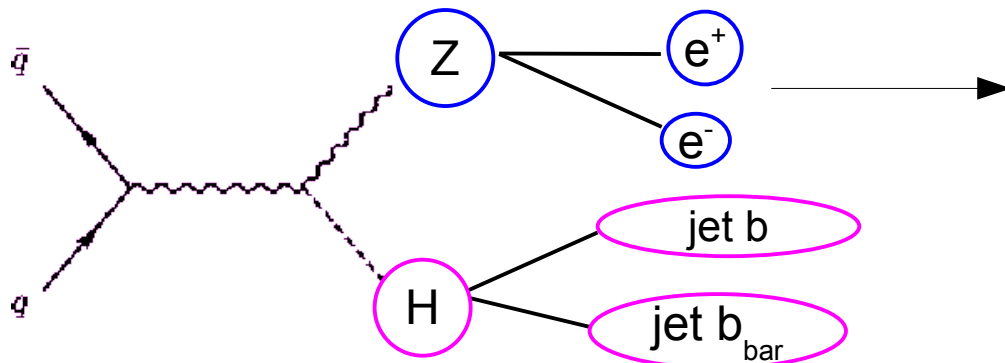


Mise en évidence, **le boson de Higgs**.

# Etiquetage du Higgs

On associe au boson de Higgs un boson **Z**:

- le boson **Z** se désintègre en  $e^+e^-$  produisant un signal clair et facile à identifier.
- le boson de **Higgs** se désintègre en 2 jets de quarks **b**; ces jets seront identifier avec la méthode du b-tagging qui consiste à définir si un jet provient effectivement d'un quark **b**.



# Tâches de services effectués pour ma thèse

1. **Timing du calorimètre.** (Walter Geist)
2. **Identification des  $e$  dans les différentes parties du calorimètre (CC, EC), dans le régime de haute luminosité (p20).**  
(Dmitriy Bandourine)
3. **Etude de l'impact sur la sélection des  $Z$ , des nouvelles identifications des  $e$ ,  $\gamma$  compris de la région intercryostat (ICR) du détecteur.** (Taka Yasuda)

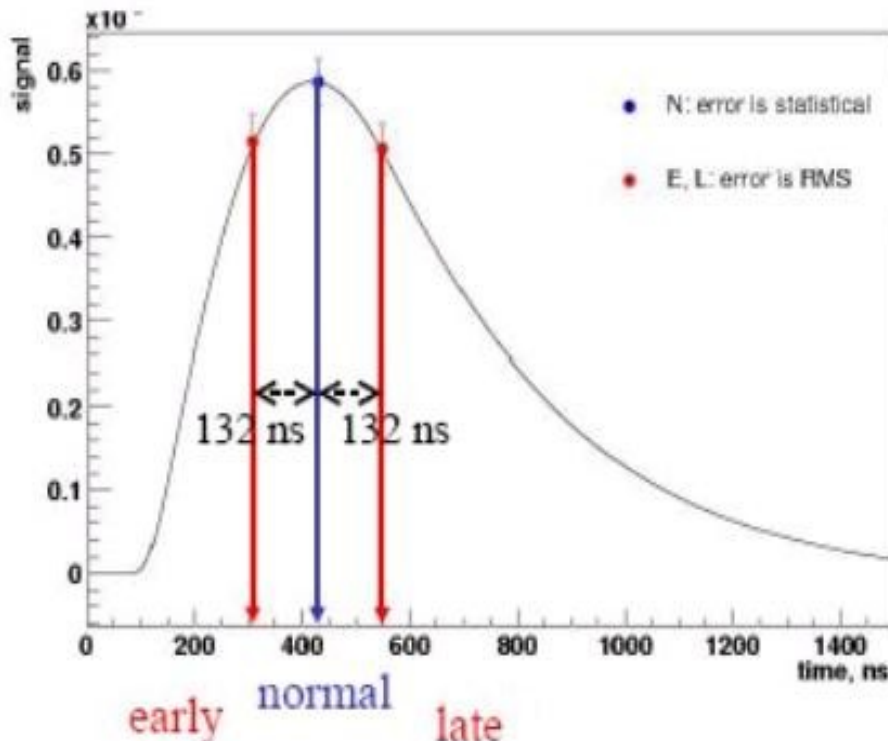
# 1. Timing du calorimètre

## Objectif:

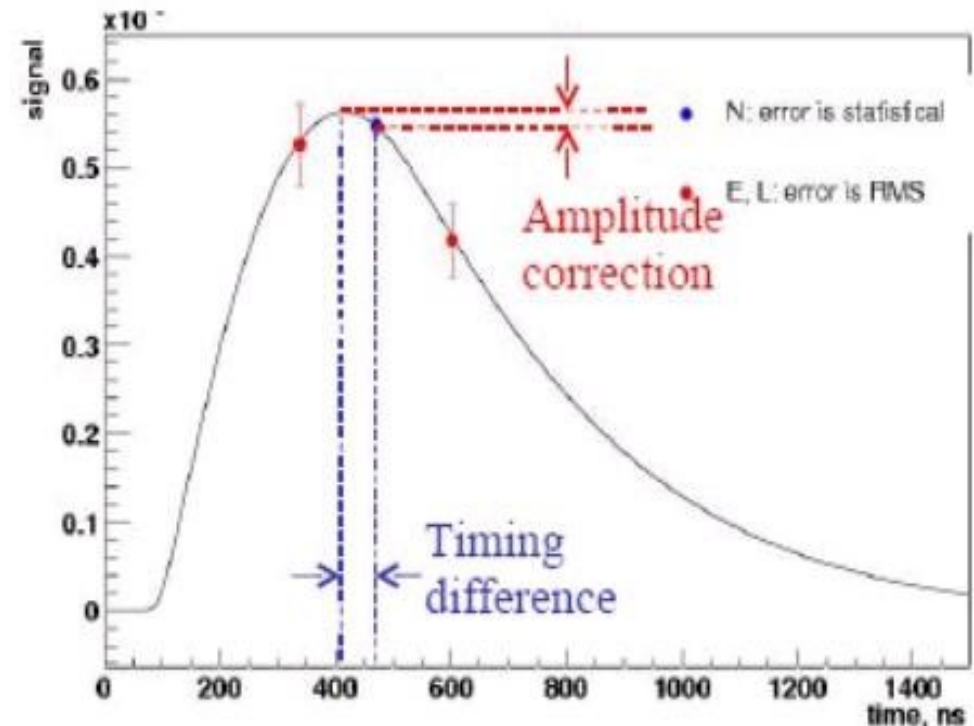
- Vérifier le timing optimal de la mesure en énergie déposée dans le calorimètre.
- Calculer des corrections éventuelles.

## Méthode: Le Triple Timing

- Le signal est mesuré 3 fois (normal-early-late) avec 132 ns entre chaque mesure.
- Si le timing ne correspond pas au max. du signal, on doit corriger l'amplitude de ce dernier.



$$E = L$$



$$E \neq L$$

# Evolution des Fact. de Corr. pour tous les crates

- Les facteurs de correction sont calculés avec l'ajustement du rapport des signaux N/L, N/E et avec la forme du signal simulé.

EC			CC		EC						
<b>11</b> 0.56% 0.66% 0.56%	<b>9</b> 0.39% 0.42% 0.42%	<b>8</b> 0.28% 0.36% 0.31%	<b>6</b> 0.98% 1.29% 1.06%	<table border="1"> <tr><td><b>crate</b></td></tr> <tr><td><b>Feb. 2006</b></td></tr> <tr><td><b>Dec. 2006</b></td></tr> <tr><td><b>Feb. 2007</b></td></tr> </table>				<b>crate</b>	<b>Feb. 2006</b>	<b>Dec. 2006</b>	<b>Feb. 2007</b>
<b>crate</b>											
<b>Feb. 2006</b>											
<b>Dec. 2006</b>											
<b>Feb. 2007</b>											
<b>0</b> 0.32% 0.51% 0.31%	<b>2</b> 0.42% 0.5% 0.46%	<b>3</b> 0.32% 0.38% 0.34%	<b>5</b> 0.6% 0.86% 0.7%								
<b>1</b> 0.78% 0.82% 0.76%			<b>4</b> 1.41% 2.01% 1.65%								
<b>10</b> 0.6% 0.71% 0.6%	<b>9</b> 0.39% 0.42% 0.42%	<b>8</b> 0.28% 0.36% 0.31%	<b>7</b> 0.96% 1.22% 1.06%								

## 2. Identification des électrons dans le EC et dans le CC du calorimètre (p20)

**But:** Déterminer de nouvelles coupures pour l'identification des électrons à haute luminosité (p20), et les comparer avec celles établit pour une luminosité moyenne (p17).

Définition	p20	p17
VLoose	$\epsilon_s \approx 0.97$	$\epsilon_s \approx 0.98$
Loose	$\epsilon_s \approx 0.96$	$\epsilon_s \approx 0.97$
Medium	$\epsilon_s \approx 0.60$	$\epsilon_s \approx 0.92$
Tight	$\epsilon_s \approx 0.50$	$\epsilon_s \approx 0.85$

Après l'optimisation Loose est plus adapter pour p20. Cette coupure sera utilisée pour mon analyse dans l'icr pour le Run IIb.



# 3. Etude de l'ICR

**But:** Ajouter l'ICR pour augmenter la statistique, et l'efficacité du signal.

$\epsilon$ \ cuts	VLoose	Loose 1	MLoose 1	MLoose 2	Medium	Tight
2 em	0.1410	0.1121	0.1045	0.1024	0.1010	0.0895
1 em + 1 icr	0.0271	0.0256	0.0247	0.0246	0.0253	0.0241
em + icr elec.	0.1681	0.1377	0.1292	0.1270	0.1263	0.1136

- L'ajout de l'ICR permet d'augmenter l'efficacité du signal  $H_{115}$  GeV de 15%.

# **Analyse:** Search for the ZH in the eebb channel where one of the e is in the ICR

In collaboration with Taka Yasuda

## Plan:

- **Samples studied:** Run IIb.
- **Pre-selection:** comparison btw Data and all bkg.
- **b-tagging:** input distribution for the BDT.
- **BDT:** Multivariate Discriminant Analysis.
- **Limit:** Collie
- **Conclusion.**

# Samples studied

---

## MC

**z+jet** : z+nlp, z+2b , z+2c

**dibosons** : ww, wz, zz, tt

**Data** (3.1 fb<sup>-1</sup> collected from June, 2006 to December, 2008.)

**Run IIb** (p20).

## QCD Background calculation

- We select **icr fake electrons** by inverting the selection cut on the NN variable.
- The overall sc. fact. for the QCD bkg. is determined by **minimizing the diff. btw. the data and all the QCD (bkg + MC)**.
- We **used the icr Mee** in determining the amount of the QCD bkg. and the normalisation factor for the MC bkg. evt.

# Preselection

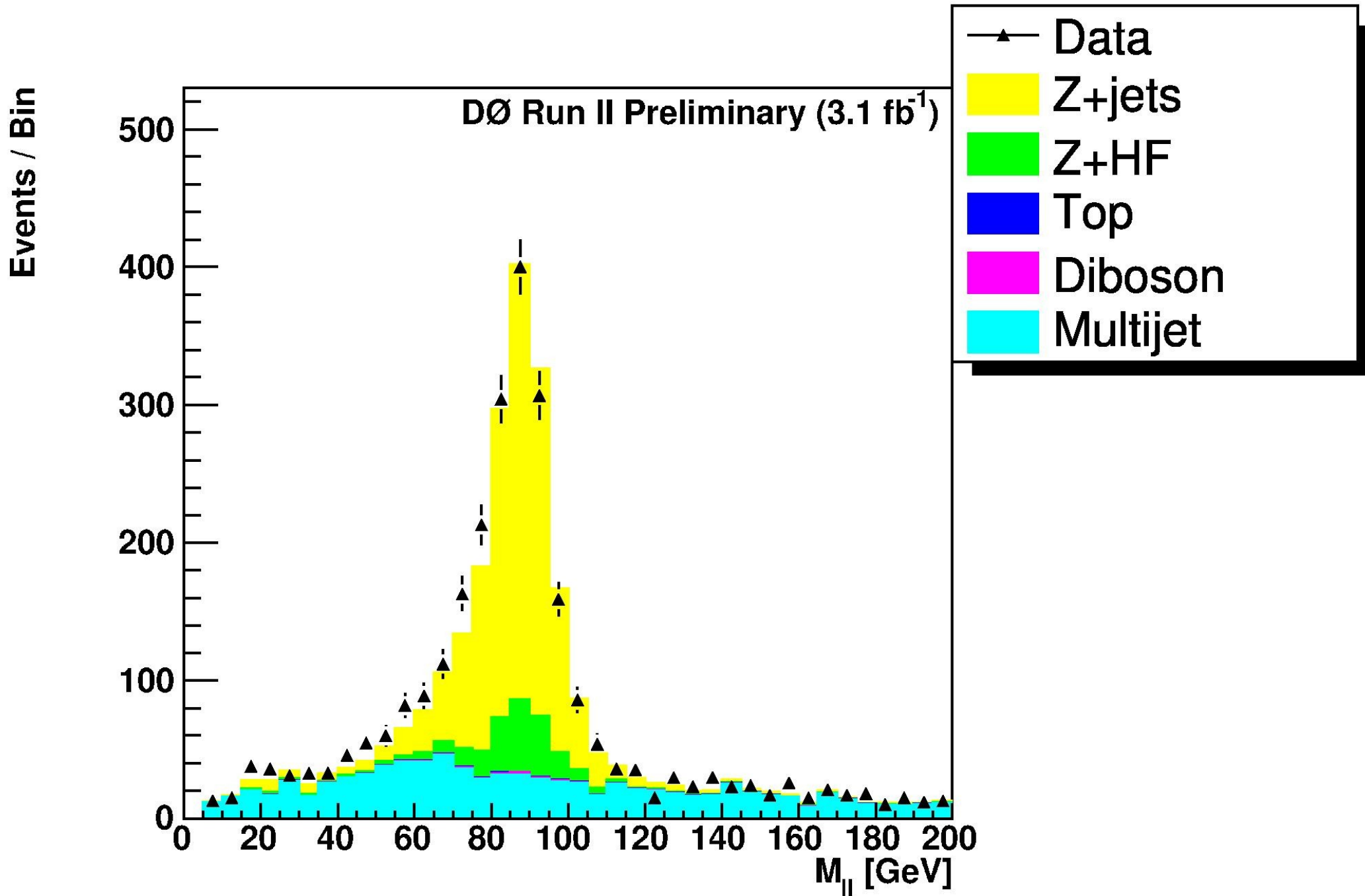
- 1 electron in CC/EC :  $|\eta_{cc}| < 1.1$ ;  $1.5 < |\eta_{ec}| < 2.5$
- 1 electron in ICR :  $1.1 < |\eta_{icr}| < 1.5$  (identified as Tau object)
- at least 2 jets with  $p_T > 15$  GeV for the 2d and 20 GeV for the 1st

	ElectronSelector (Loose V11 cut)	ICRElectronSelector (Medium cut)
D A T A  a n d  M C	Isolation_CC: 0.10 Isolation_EC: 0.10 EMFraction_CC: 0.95 EMFraction_EC: 0.95 Hmx7_CC: 35 Hmx8_EC: 20 IsoHC4_CC: 3.0 IsoHC4_EC: 2.0 TrkMatchChi2_CC: 0.001 EMHits_e_f_CC: 0.4 NNout7_CC: 0.2 NNout3_EC: 0.4 pT: 15	icrele.TrkPt: 15 icrele.Quality: Medium (NN>0.7) icrele.NNcalc: true icrele.AvoidEleOverlap: true icrele.EMdRcut: 0.5 icrele.UseType3Tau: true
Q C D	Hmx7_CC > 35 Hmx8_EC > 20	NNelec < 0.03 0.2 < NNout < 0.7

# events number after each cut for data bkg and ZH

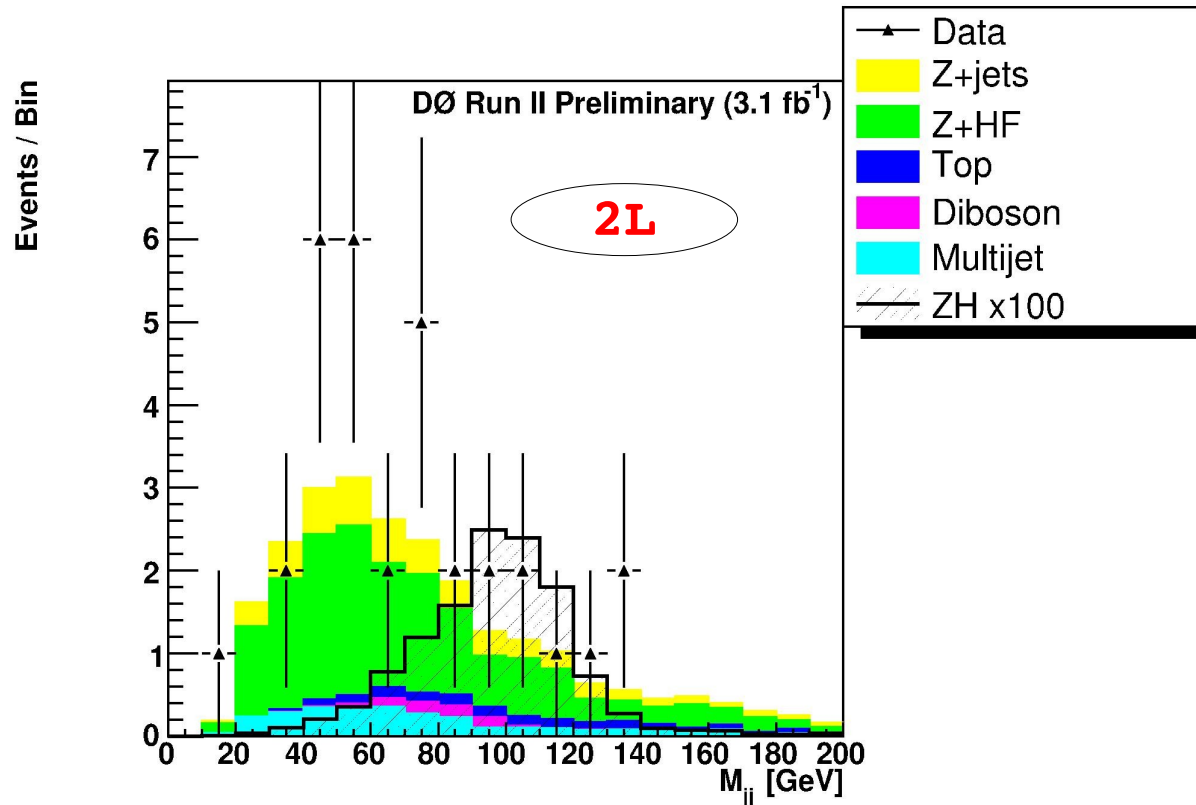
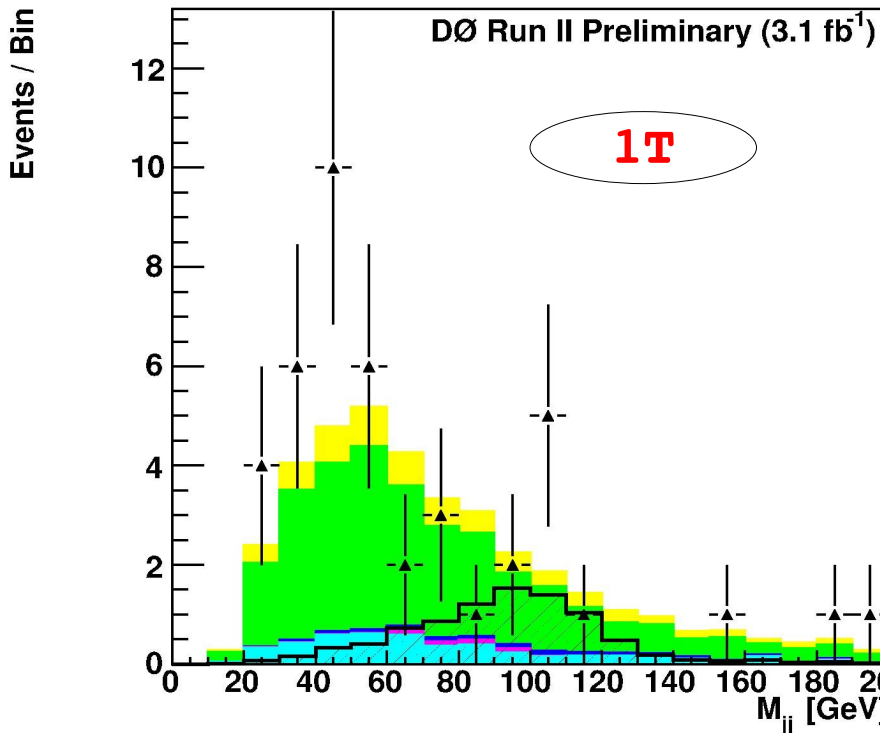
	pre-selection	$70 < M_{ee} < 110 \text{ GeV}$	1 tight b-tag	2 loose b-tags
Data	2510	1686	44	34
Bkg	$2379 \pm 39$	$1651 \pm 23$	$40.0 \pm 0.7$	$25.2 \pm 0.4$
$ZH(115)$	$0.38 \pm 0.01$	$0.33 \pm 0.001$	$0.09 \pm 0.002$	$0.12 \pm 0.003$
Multijet	$741 \pm 33$	$226 \pm 13$	$4.8 \pm 0.6$	$2.9 \pm 0.6$
$Zjj$	$1372 \pm 18$	$1203 \pm 19$	$6.7 \pm 0.1$	$5.0 \pm 0.08$
$Zb\bar{b}$	$74.2 \pm 1.2$	$63.7 \pm 1.6$	$16.9 \pm 0.5$	$9.9 \pm 0.3$
$Zc\bar{c}$	$162 \pm 2.8$	$139 \pm 4.4$	$9.7 \pm 0.3$	$5.0 \pm 0.2$
$ZZ$	$7.6 \pm 0.2$	$6.5 \pm 0.2$	$0.48 \pm 0.01$	$0.60 \pm 0.02$
$WZ$	$9.4 \pm 0.4$	$8.2 \pm 0.4$	$0.30 \pm 0.01$	$0.11 \pm 0.004$
$WW$	$1.3 \pm 0.3$	$0.36 \pm 0.10$	$0.01 \pm 0.003$	$0.001 \pm 0.002$
$t\bar{t}$	$11.0 \pm 0.1$	$4.3 \pm 0.07$	$1.14 \pm 0.02$	$1.68 \pm 0.03$

Comparison (data, MC, bkg.) after pre-selection:  $M_{ee}$



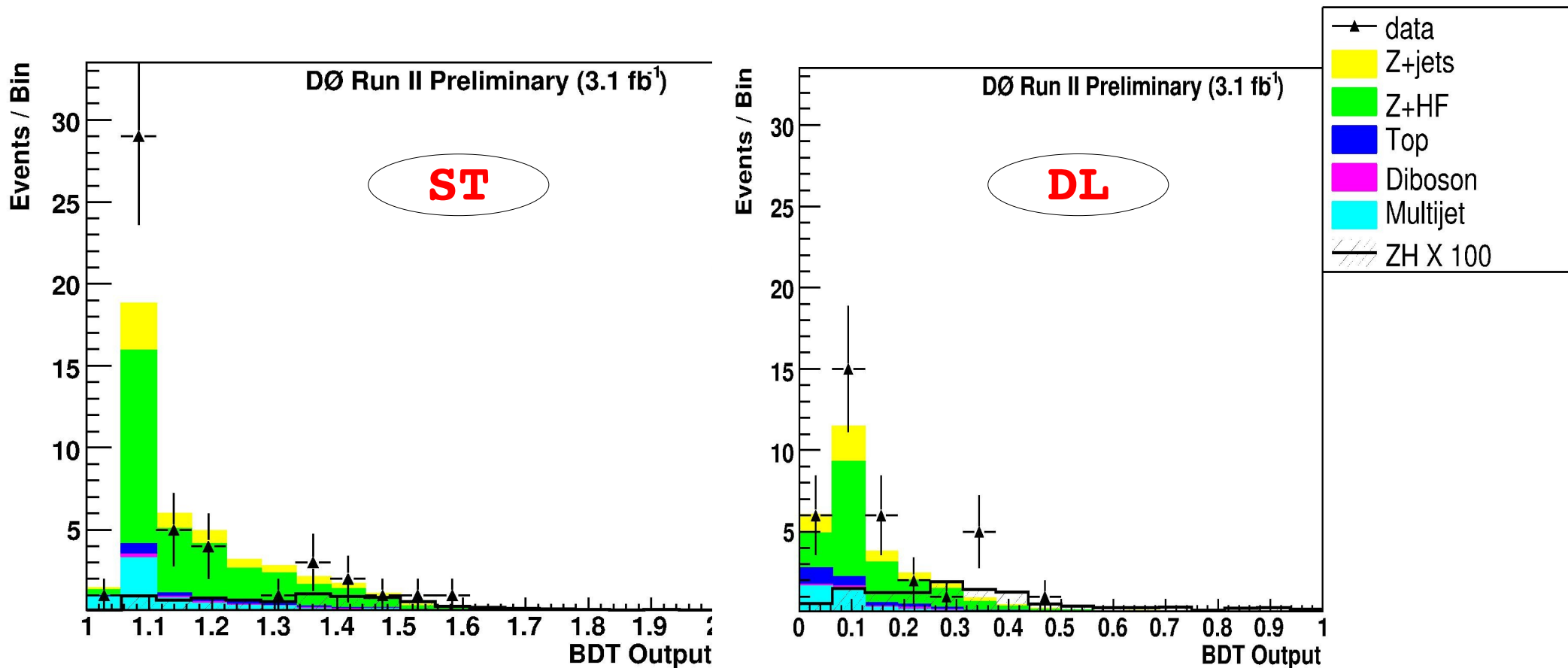
# b-tagging

- For data and QCD bkg: p20 NN b-tagging algorithm are used to see if a jet passes either single -tag (ST) or double-tag (DT) requirement.
  - ST: exactly 1 jet passes the tight NN cut while no b additional jet passes the loose NN cut.
  - DT: at least 2 jets pass the loose NN cut.
- For MC: standard taggability and the tag-rate-functions are used to calculate the probability of a jet being tagg



# BDT (Multivariate Discriminant Analysis)

BDT is used to take full advantage of the kinematic information in the data; the BDT is trained at each Higgs mass point (100-150 in 5GeV steps) and for the ST and DT sample separately.

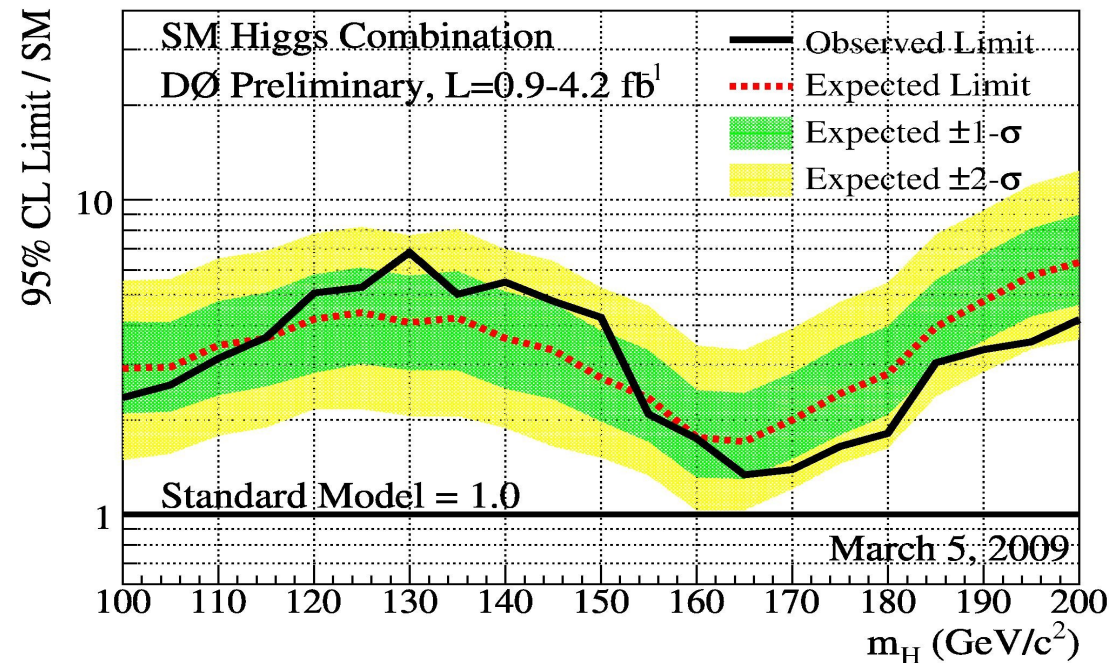
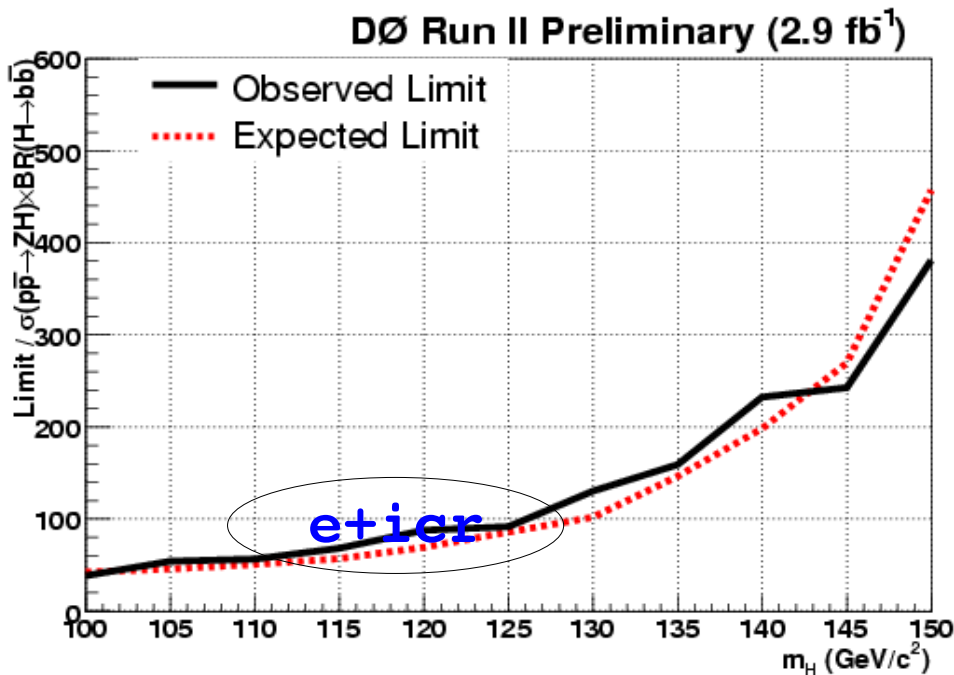




# Results Limit: Run IIb e+icr

Measured and expected limits on the S.M. Higgs production cross-section.

	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150
exp/ SM	42.3	45.6	50.2	57.0	68.8	85.5	102	146	198	269	457
Obs/ SM	38.2	53.8	56.3	68.2	87.7	91.2	130	159	232	243	380



The e+ICR channel increases the signal acceptance to the dielectron channels by about 15%

# Conclusion générale et perspective

---

## Conclusion:

- l'analyse du timing du calorimètre à montré une bonne stabilité du détecteur.
- l'étude de l'identification des objets élect. pour p20 nous à permis de définir de nouvelles coupures nécessaires pour la sélection des e à haute luminosité. Ces coupures ont été utilisées pour l'analyse des e dans l'icr pour le Run IIb.
- Bien que la limite sur la section efficace de production du Higgs avec une masse de 115 GeV est de 68.2 fois celle prévue par le SM, l'analyse de l'icr du run IIb permet d'augmenter l'efficacité du signal en 2 électrons de près de 15%.  
L'icr a été combinée à celle du ZH1lbb (ee,  $\mu\mu$ ,  $\mu$ +trk); ces résultats combinés ont été présentés à Moriond qcd et utilisé pour la nouvelle combinaison de  $D\emptyset$ ;

## Perspective:

- Analyser et ajouter le run IIa ( $1.1 \text{ fb}^{-1}$ ) pour la publication.
- ajouter plus de données pour les conférences d'été.

---

# Backup slides

# QCD Background calculation

- 1) Tree QCD bkg. samples generated from the data.
  - 1 fake ICR-electron :  $0.2 < n_{\text{nout}} < 0.4 \ \&\& \ n_{\text{nelec}} < 0.03$
  - 1 fake em-electron : inverse Hmx cut ( $H_{\text{mx7\_CC}} > 35 \ \&\& \ H_{\text{mx7\_EC}} > 20$ )
  - 2 fake icr + fake em : cut on  $n_{\text{nout}}/n_{\text{nelec}} + \text{inverse Hmx}$
  
- 2) - After reweighting the em fake sample with the correction based on the  $p_T$  and  $\eta$  shape, the Mee distribution of the 3 samples agree within the statistical and systematic uncertainties.
  - We used the icr fake sample for the QCD bkg. since it has the highest statistics.
  
- 3) - The overall sc. fact. for the QCD bkg. is determined by minimizing the diff. btw. the data and all the QCD (bkg + MC)
  - We used the icr Mee in determining the amount of the QCD bkg. and the normalisation factor for the MC bkg. evt.

$$N(M_{eei}) = \beta N_z(M_{eei}) + \alpha N_{\text{QCD}}(M_{eei}) + N_{\text{other}}(M_{eei})$$

K factor for Z+nlp : 1.3  
Z+2b : 1.3\*1.52  
Z+2c : 1.3\*1.67

# Correction applied for MC

---

## EMID Efficiency Corrections:

Preselect em correction : f(eta)  
Select em correction : f(eta, phi)

## Tau Efficiency Corrections:

correction for finding a : Loose Tau  
correction for passing a : Tau NN cut  
correction on : tracking efficiency

## EM Energy Smearing

using parameter from diff. btw data and MC

## ICR Track Smearing

Using muon smearing parameters + p<sub>T</sub> smearing with Landau

## Z<sub>p<sub>T</sub></sub> Re-weighting

p20Alpgen\_njet15

## Z Vertex Re-weighting

using BeamWeightProc

## Luminosity Re-weighting

using BeamWeightProc

# BDT (Multivariate Discriminant Analysis)

BDT is use to take full advantage of the kinematic information in the data; the BDT is train at each Higgs mass point (100-150 in 5GeV steps) and for the ST and DT sample separatly.

## Variable use for the BDT:

- Lepton :  $\theta(11,12)$
- Jets :  $M_{bb}$ ,  $M_{bb}$  (massless jets),  $p_T^{jj}$ ,  $p_T^{b11}$ ,  $p_T^{b2}$ ,  $\eta_{b1}$ ,  $\Delta\eta(j,j)$ ,  $\theta(b1,b2)$ ,  $M_T(j,j)$
- Z cand : Mass,  $\eta$ , and  $\Delta R(1,1)$ , acollinearity, rapidity, pseudo-acollinearity
- Z jet :  $\Delta\phi(Z,jj)$ ,  $\Delta\phi(Z,Met)$
- Topological : Missing transverse energy,  $\cos(\theta^*)$ ,  $\cos(\chi^*)$
- Postfit :  $\eta(j,j)$ ,  $M_{bb}$  (massless jets),  $M_T(j,j)$ , BoostTransverse