

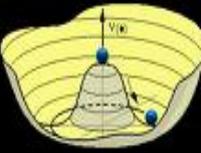
**Recherche du Boson de Higgs produit en
association avec un boson Z au
TeVatron dans l'état final eebb
avec l'expérience DØ**

Betty Calpas

Directeur de thèse: Elemér Nagy

Présentation de thèse 3^{ème} année 30/11/2009

Plan



Aspect théorique du Higgs

- Motivation de la recherche du Higgs
- Phénoménologie du Higgs au TeVatron
 - * Principaux modes de production
 - * Les bruits de fond pour le canal $ZH \rightarrow eebb$

Dispositif expérimentale

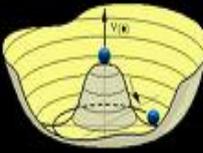
- Le TeVatron
- Le détecteur DØ

Analyse

- Recherche du Higgs dans le canal de production $HZ \rightarrow eebb$



Aspect théorique du Higgs



- Motivation de la recherche du Higgs
- Phénoménologie du Higgs au TeVatron
 - * Principaux modes de production
 - * Le canal $ZH \rightarrow eebb$
 - * Les bruits de fond pour le $ZH \rightarrow eebb$



Motivation de la recherche du Higgs

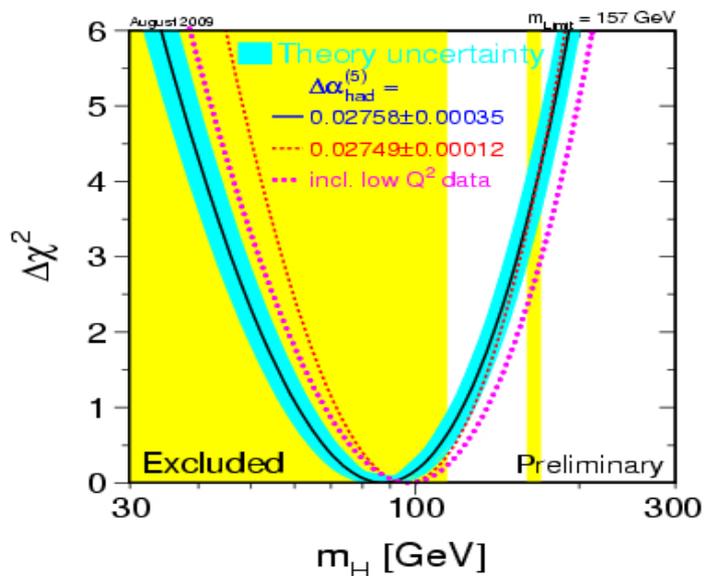
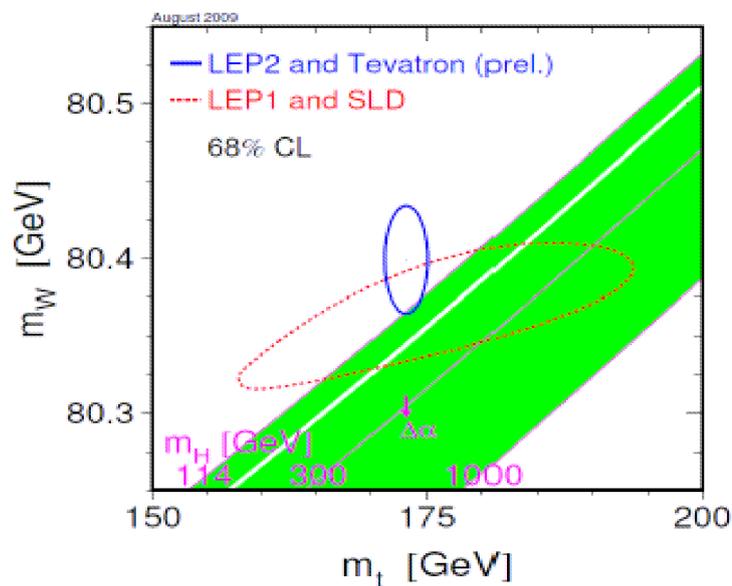
Le Modèle standard à été testé avec succès à l'exception du boson de Higgs (H) qui n'a pas encore été découvert. Il pourrait expliquer l'origine de la masse des particules.

	Fermions			Bosons
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon
			Higgs boson*	

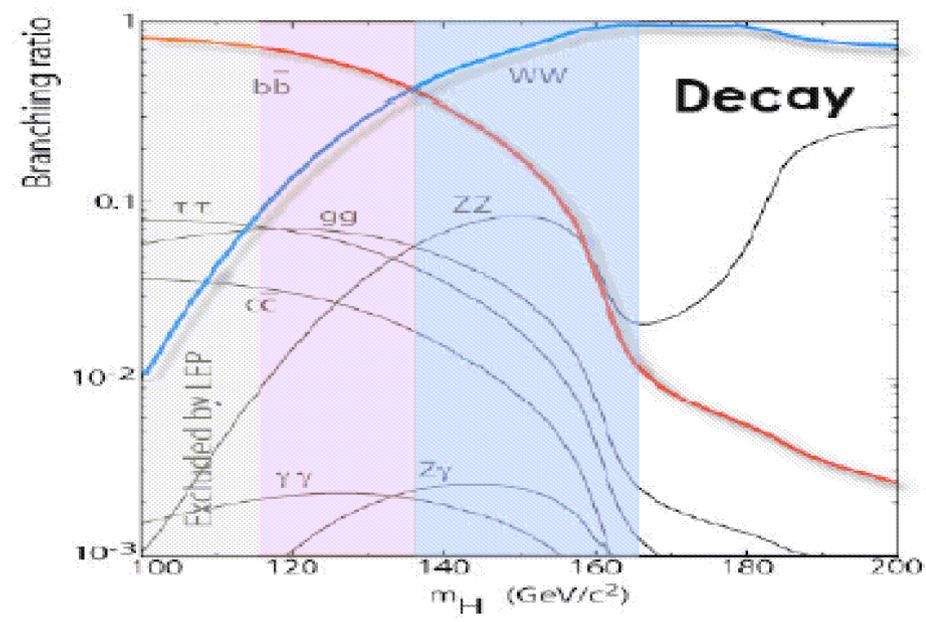
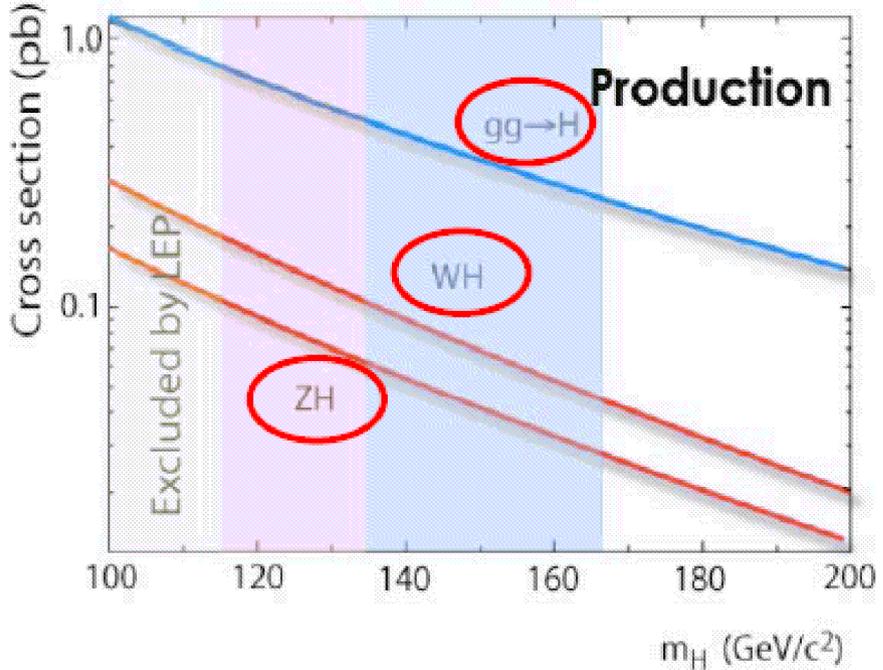
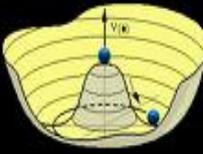
*Yet to be confirmed

La limite du LEP et les prédictions théoriques favorisent un H de masse $114 < M_H < 186$ GeV à 95% C.L.

Le Tevatron a de grand atouts pour rechercher le H de masse $M_H < 200$ GeV, ($163 < M_H < 166$ GeV exclue à 95%).

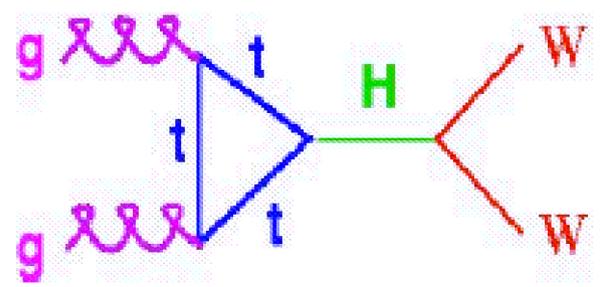


Phénoménologie du Higgs au TeVatron

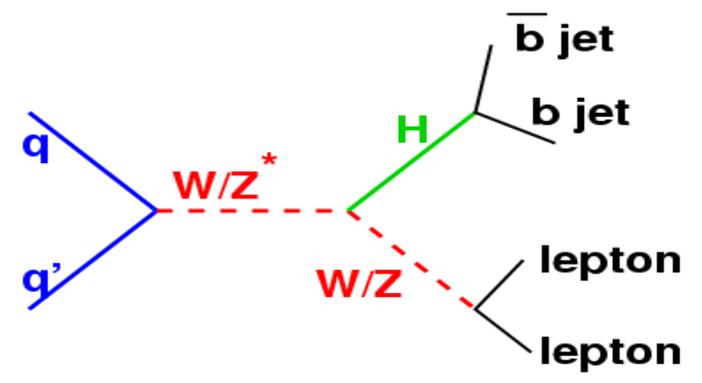


2 principaux modes de production du H

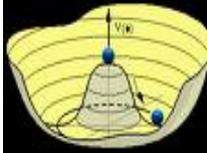
Fusion de gluons gg



Higgs-Strahlung

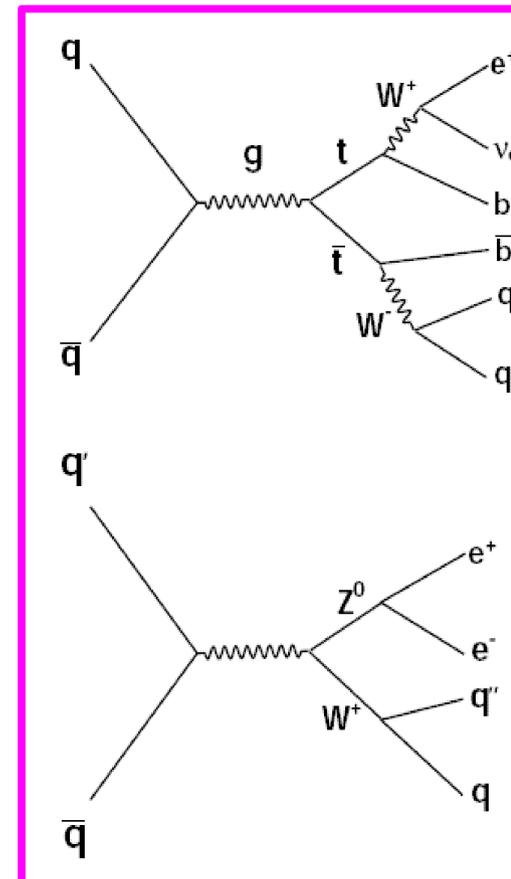
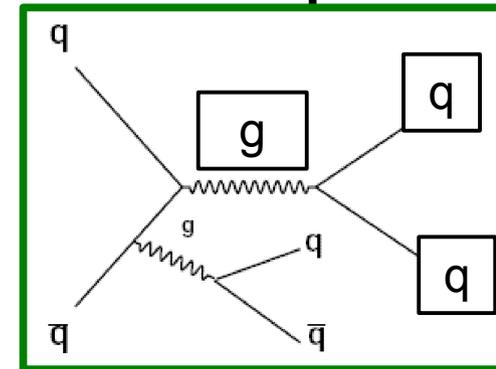
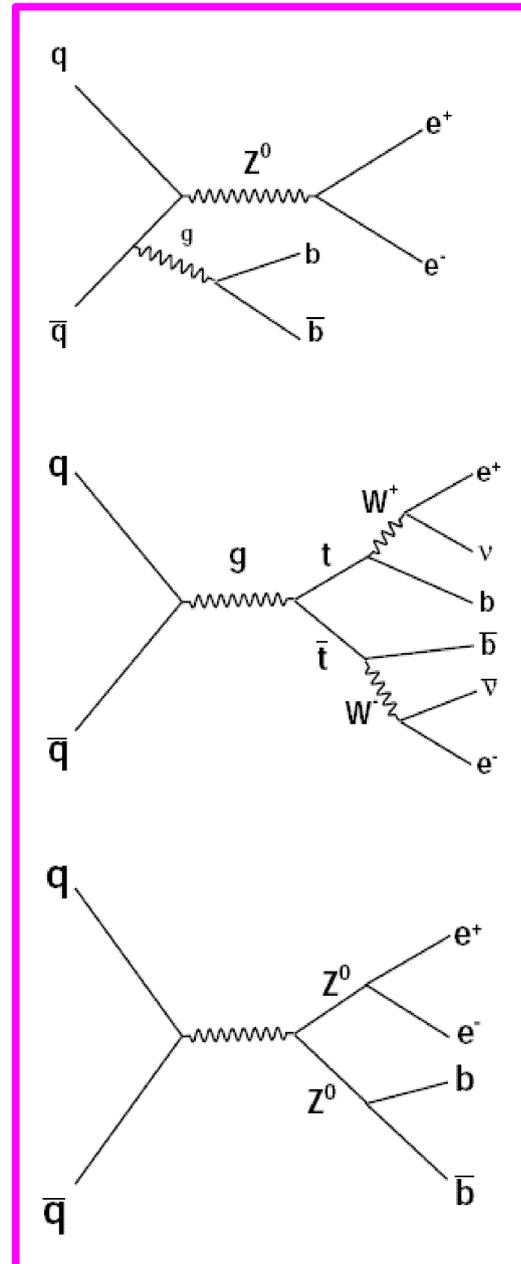


Les bruits de fond pour le canal $HZ \rightarrow eebb$



Les bruits de fond du modèle standard (SM):

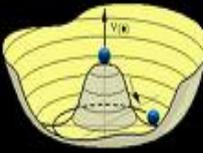
Z +jet, WW , WZ , ZZ , tt



Les bruits de fond QCD:

Jet(s) ou electron(s)
mal(s) identifié(s)

Identification du signal $ZH \rightarrow eebb$



Importance du trajectographe:

détection des traces et des vertex pour l'identification des électrons et des jets de quark b.

Importance du calorimètre:

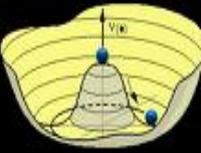
identification des électrons
(tâche de service 1).

Importance de la région inter-cryostat (ICR):

augmente l'acceptance des électrons de 15%
(tâche de service 2).

Tâches de services effectués sur les parties utiles
à l'identification du signal.

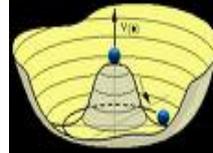




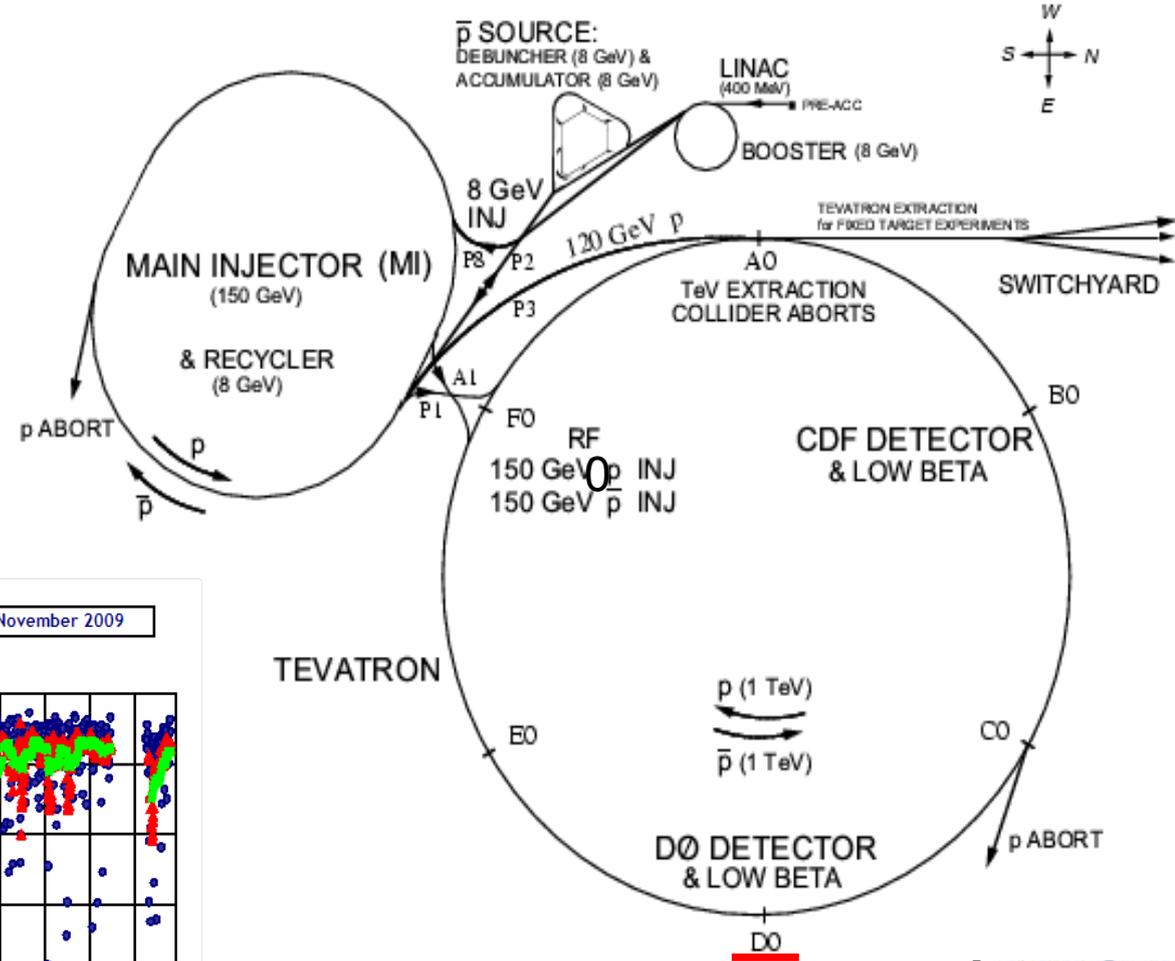
- Le Tevatron
- Le détecteur DØ



Le TeVatron

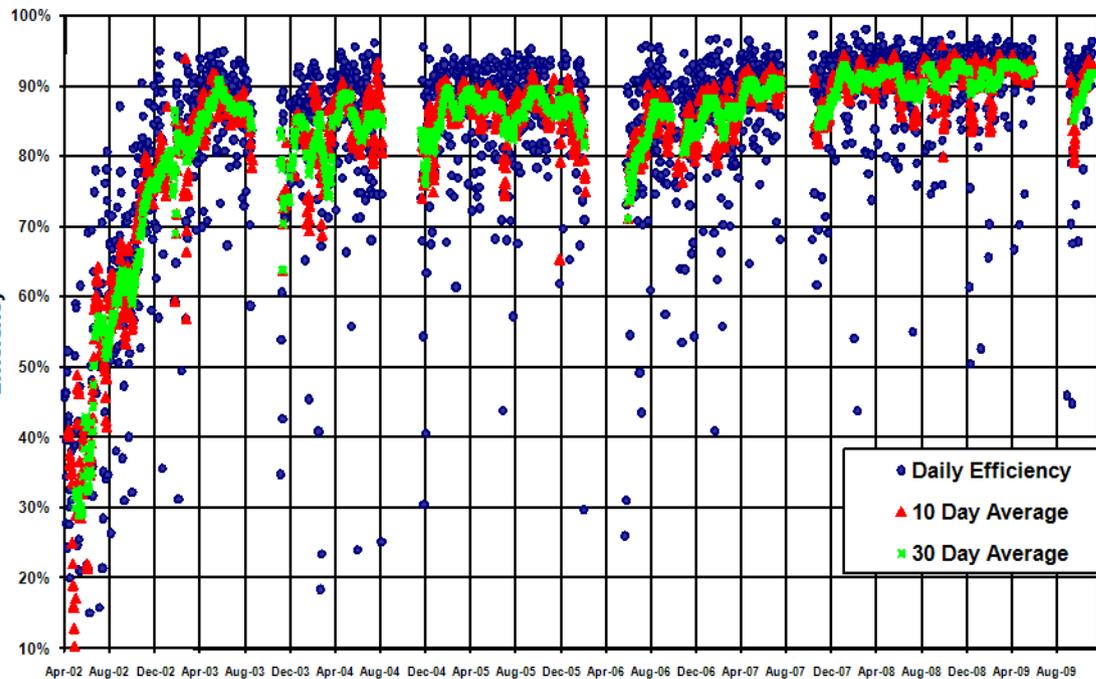


- Anneau de 6.3 km
- Collisionneur PP_{bar}
- Energie délivrée de 1.96 TeV
- Efficacité de prise de donnée supérieure à 90%
- Plus de 10 fb^{-1} de prévu d'ici fin 2010.

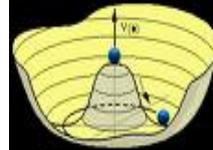


Daily Data Taking Efficiency

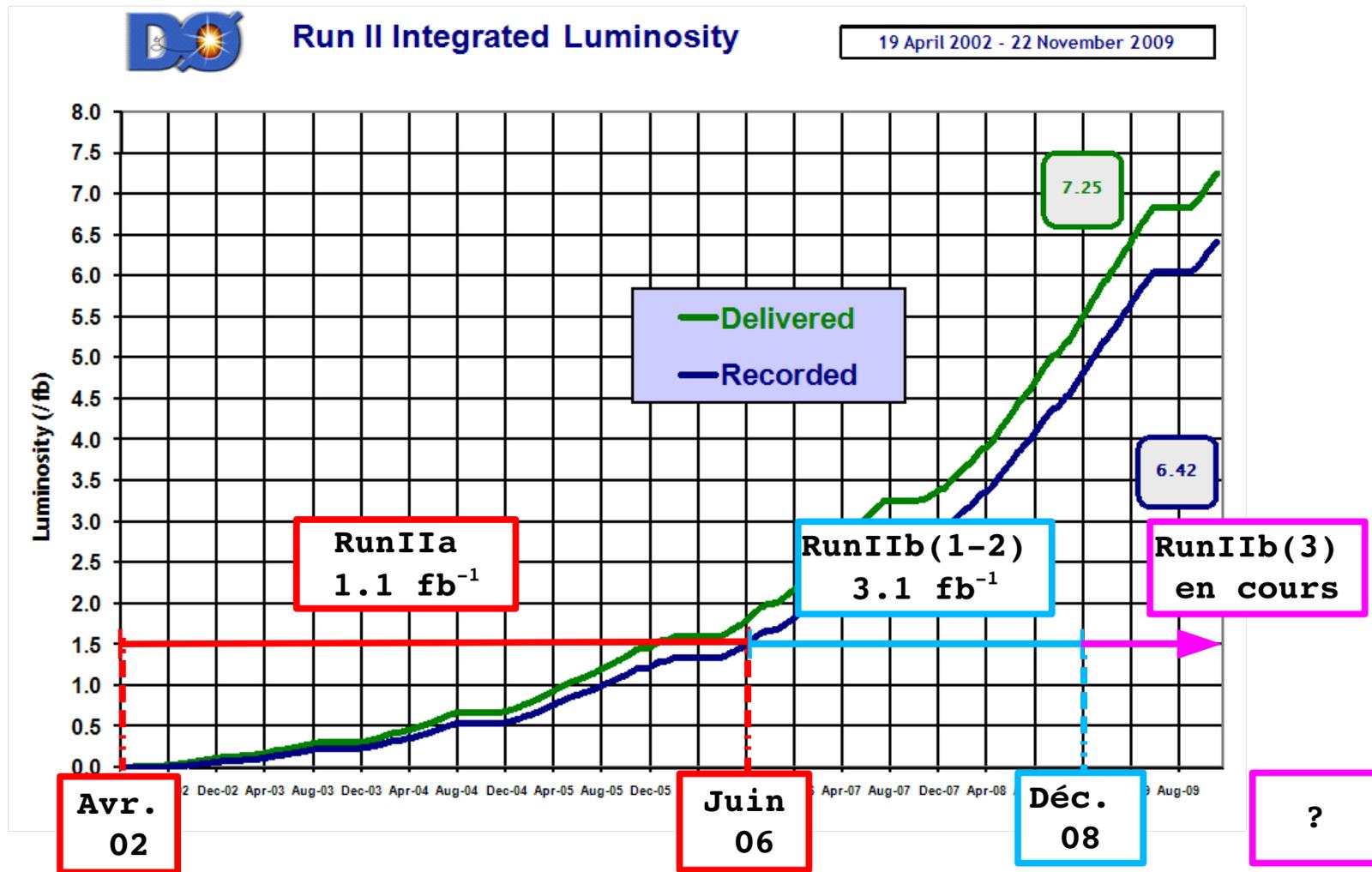
19 April 2002 - 22 November 2009



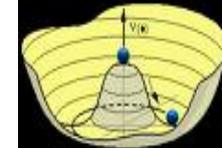
Le TeVatron



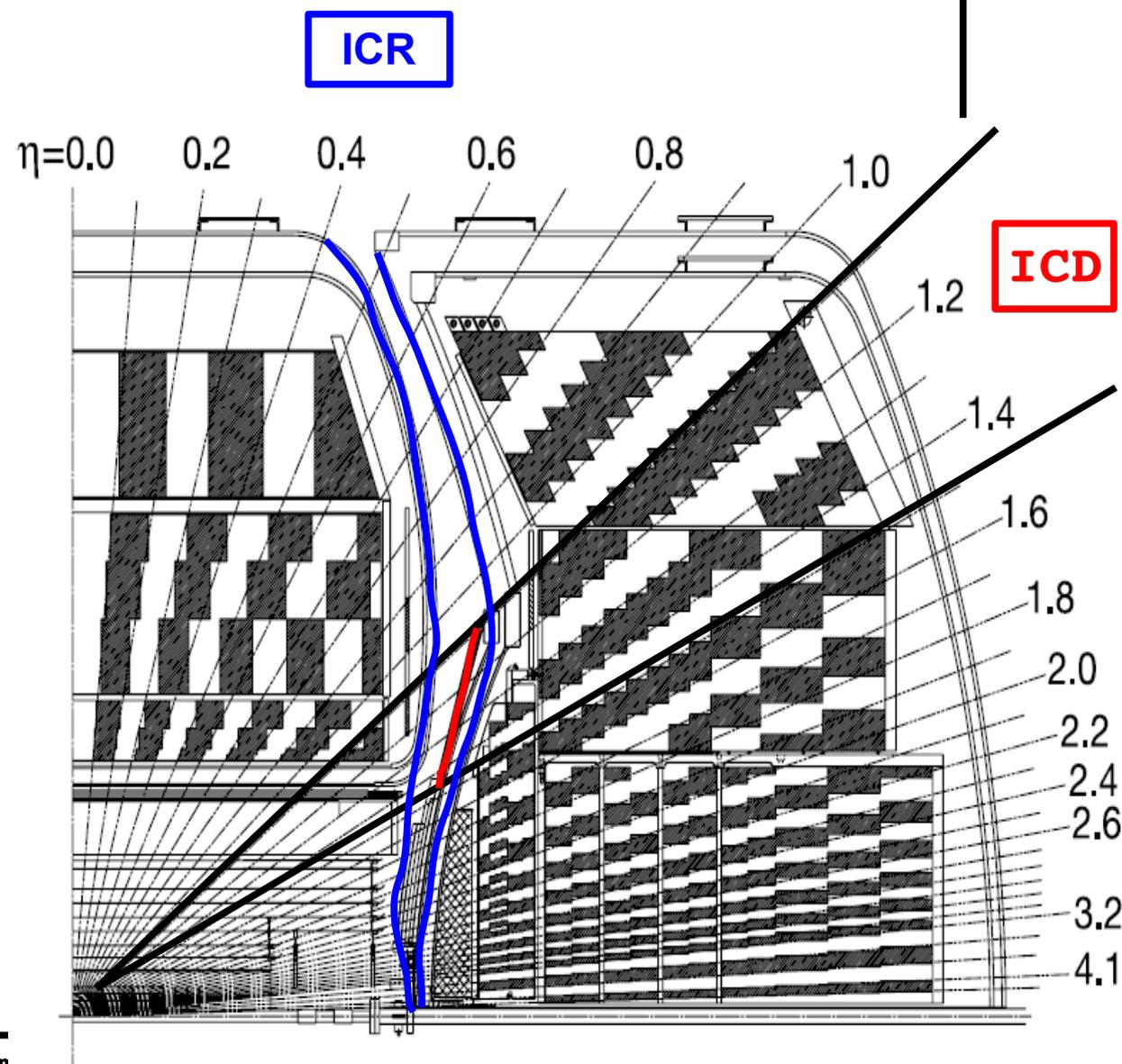
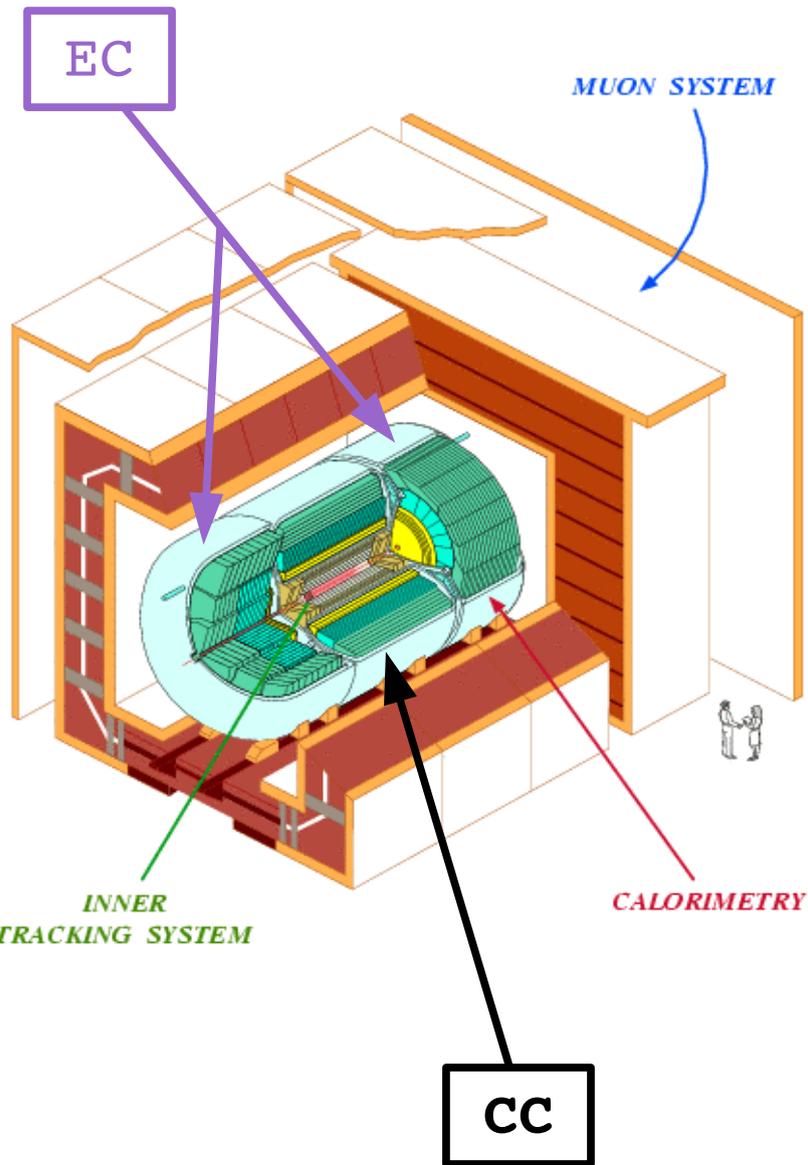
Donnée analysée 4.2 fb^{-1}



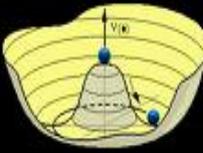
Le détecteur DØ



Vue en coupe du détecteur



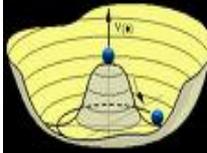
Analyse



Recherche du Higgs dans le canal HZ \rightarrow eebb

- * **Pré-sélection données et bruits de fond SM:**
électrons
Z
- * **B-tagging:**
étiquetage et sélection des jets de quarks b
- * **Pré-sélection du QCD**
"faux" électrons
Normalisation
- * **Distributions de contrôle**
 M_{eeicr} , M_{jj}
- * **Séparation du signal et du bruit de fond:**
Boosted Decision Tree (BDT)
- * **Limite**
Méthode semi-fréquentiste





2 topologies de sélection des e issus de la désintégration du Z:

- 1 e appartient au CC et l'autre au CC ou EC.
- 1 e appartient à l'ICR et l'autre au CC ou EC.

Sélection e_{em} :

$$1.1 < |\eta| \text{ ou } 1.5 < |\eta| < 2.5$$

$$p_T > 15 \text{ GeV}$$

$$iso < 0.1$$

$$emfr > 0.95$$

avoir une trace (CC)

$$HMx_{CC} < 35$$

$$HMx_{EC} < 20$$

Sélection e_{icr} :

$$1.1 < |\eta| < 1.5$$

$$E_T > 20 \text{ GeV}$$

$$p_T^{trace} > 20 \text{ GeV}$$

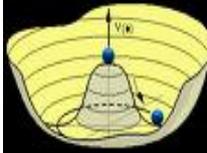
$$NN_{\tau} > 0.7$$

Candidat au Z:

$$60 < M_{ee} < 150 \text{ GeV}$$

$$|PV_z| < 60 \text{ cm}$$





Sélection des jets:

Au moins 2 vertex

$$p_{\text{T}}^{\text{jet1}} > 20 \text{ GeV}$$

$$p_{\text{T}}^{\text{jet2}} > 15 \text{ GeV}$$

$$|\eta| < 2.5$$

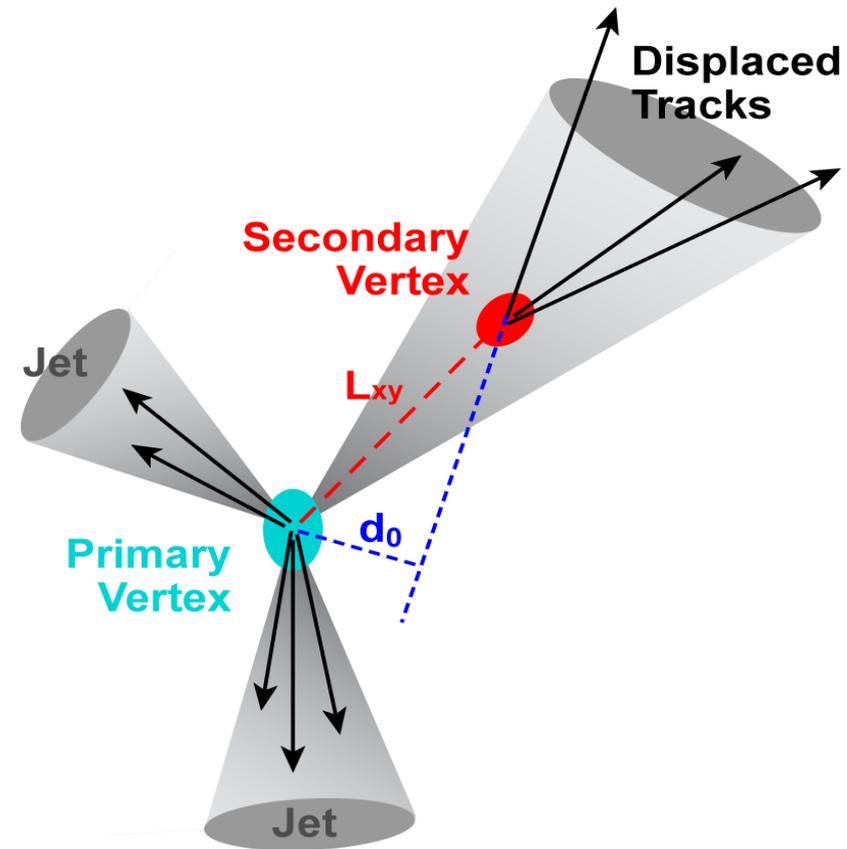
Etiquetage des jets "b-Tagging":

algorithme de Neural Network,

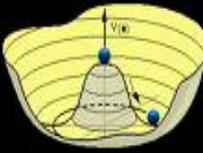
variables: vertex secondaires (L_{xy})

paramètre d'impact (d_0)

...



pré-sélection et normalisation du QCD



- Le QCD est pré-sélectionné à partir des **données**:

$$\text{QCD}_{\text{emicr}} : NN_{\tau} < 0.7$$

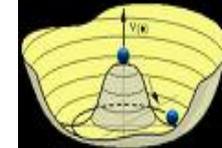
$$\text{QCD}_{\text{diem}} : \text{HMx}_{\text{CC}} > 35 \text{ et } \text{HMx}_{\text{EC}} > 20$$

- Le QCD est **normalisé aux données et aux bruits de fond SM** afin d'avoir le meilleur accord.
- Le facteur de normalisation est déterminé en **minimisant** la différence entre les donnée réelle et l'ensemble des bruits de fond, avec la M_{ee} .



Distributions de contrôle

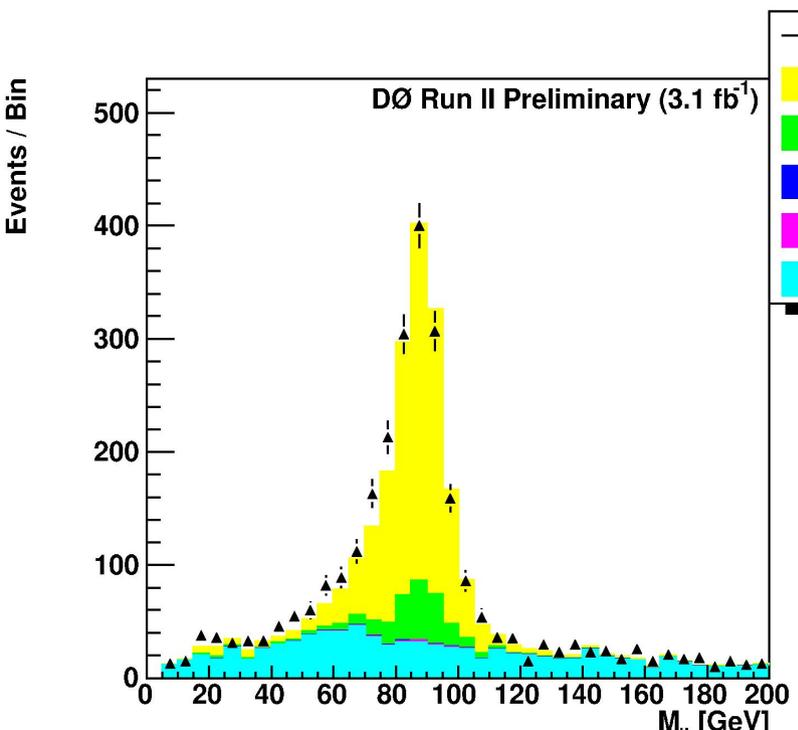
eeicr Run IIb(1-2), 3.1 fb^{-1}



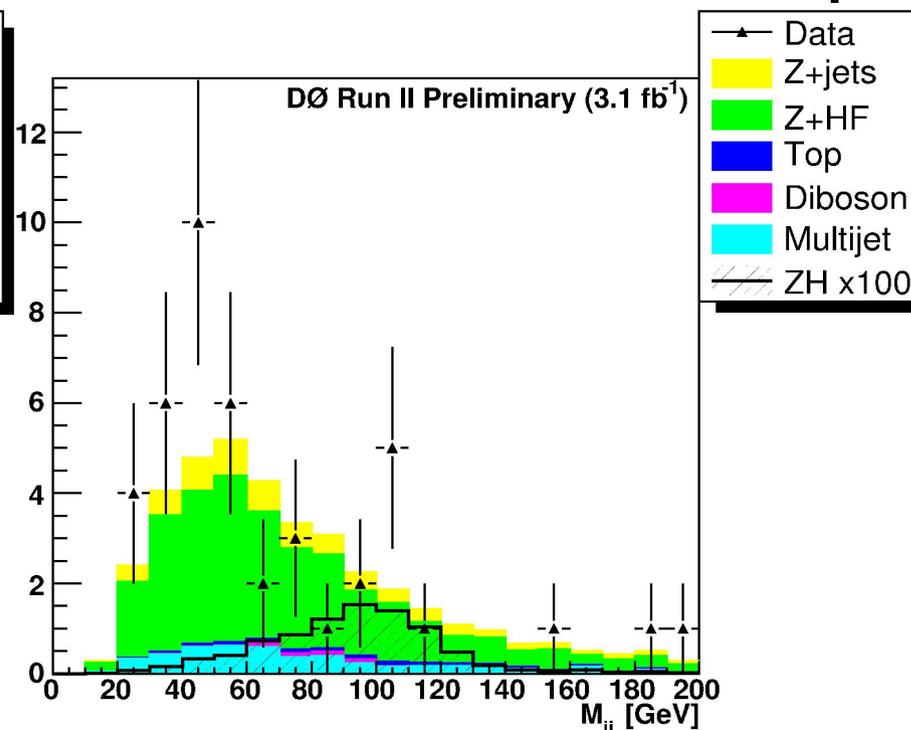
Nombre d'évènement après
chaque coupure

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

Dist. de la masse inv. du Z_{eeicr}

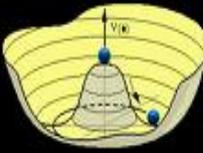


Dist. de la masse inv. des 2
jets après b-tagging



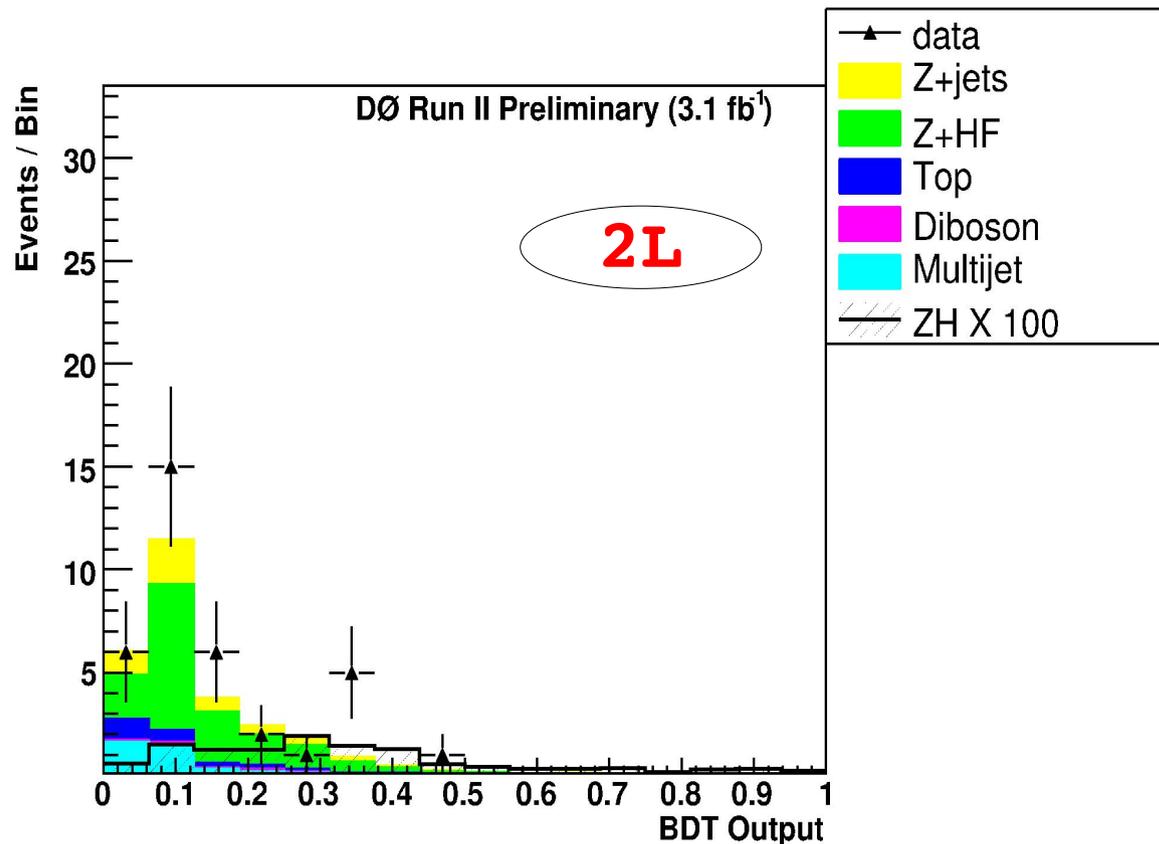
BDT

eeicr Run IIb, 3.1 fb^{-1}

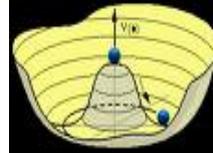


Le BDT utilise les informations données par la cinématique des évènements, pour séparer le signal et le bruit de fond, pour chaque masse du Higgs.

Variable de sortie du BDT $M_h = 115 \text{ GeV}$



Limite



Déterminer la limite supérieure de la section efficace de production du Higgs, pour une masse donnée.

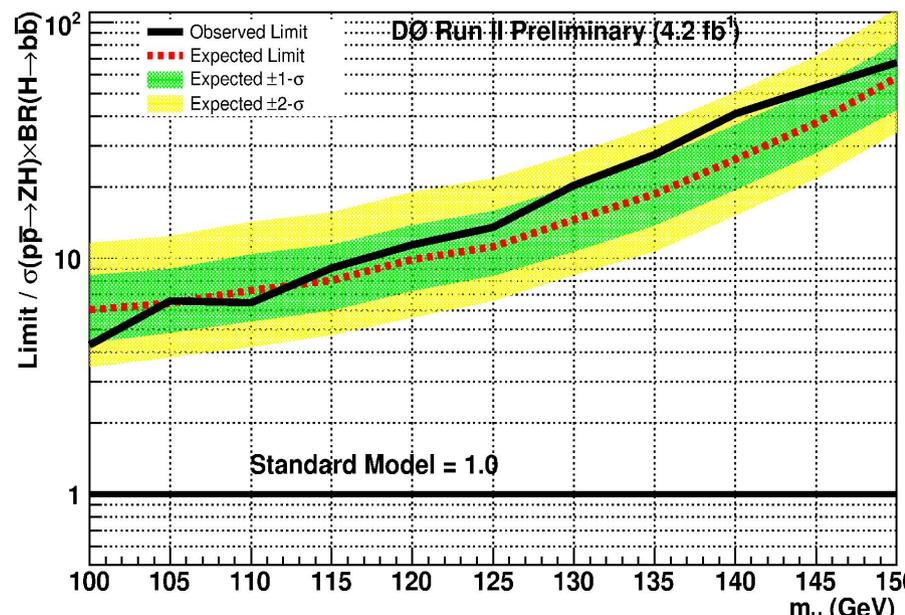
La méthode "**semi-fréquentiste**" tient compte de la variable de sortie du BDT (pour les données, bruits de fond et signal), pour chaque masse du Higgs.



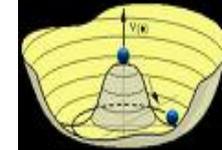
Limite attendue/observée pour la section efficace de production du Higgs SM pour chaque canaux.

Limite sur la section efficace de production du ZH (ee, eeicr, mumu, mutrk).

M_H (GeV)	Run IIb $\mu\mu$		Run IIb ee		Full Run II μ +track		Run IIb e +ICR		Full Run II combination	
	Exp/SM	Obs/SM	Exp/SM	Obs/SM	Exp/SM	Obs/SM	Exp/SM	Obs/SM	Exp/SM	Obs/SM
100	9.29	7.7	11.4	18.5	38.6	43.4	42.3	38.0	6.0	4.3
105	11.1	9.0	12.6	19.2	43.2	45.3	45.6	53.8	6.4	6.6
110	12.8	10.9	14.6	17.0	46.7	69.7	50.2	56.3	7.3	6.5
115	14.7	13.3	15.3	18.7	50.4	78.0	57.0	68.2	8.0	9.1
120	17.7	14.2	19.2	23.9	63.4	75.2	68.8	87.7	9.9	11.4
125	20.7	19.5	20.9	27.0	74.1	86.7	85.5	91.2	11.2	13.5
130	26.2	25.6	27.4	42.4	90.4	120	102	130	14.5	20.3
135	34.2	44.1	34.9	43.6	126	142	146	159	18.7	27.5
140	47.9	62.0	50.3	73.2	167	188	198	232	26.2	40.8
145	64.9	91.5	69.2	85.5	250	252	269	243	37.5	52.7
150	104	129.3	114	123	428	331	457	380	58.3	67.6



Conclusion et perspective



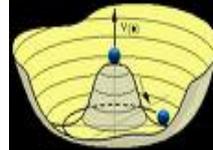
Conclusion:

- la limite pour le RunII avec 4.1 fb^{-1} est de 9.1 fois celle des prédictions du MS pour un Higgs de masse 115 GeV.
- ces résultats préliminaires ont été présenté à Moriond 2009.

Perspective:

- Ajout du RunIIa pour l'ICR.
- Amélioration des techniques (B-tagging, BDT ...).
- Publication.
- Nomination pour la présentation de ces résultats publiés à l'APS 2010 (Réunion Annuelle de la Société de Physique Américaine).
- Soutenance souhaité au printemps 2010.

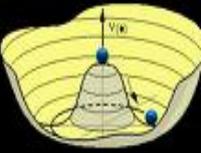




Transparents de réserve

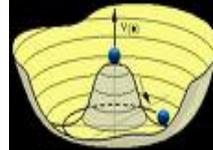


Tâches de services



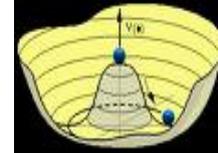
- Timing du calorimètre
- Certification des e dans les CC et EC du calorimètre, dans le régime de haute luminosité (p20)
- Certification des e dans l'ICR





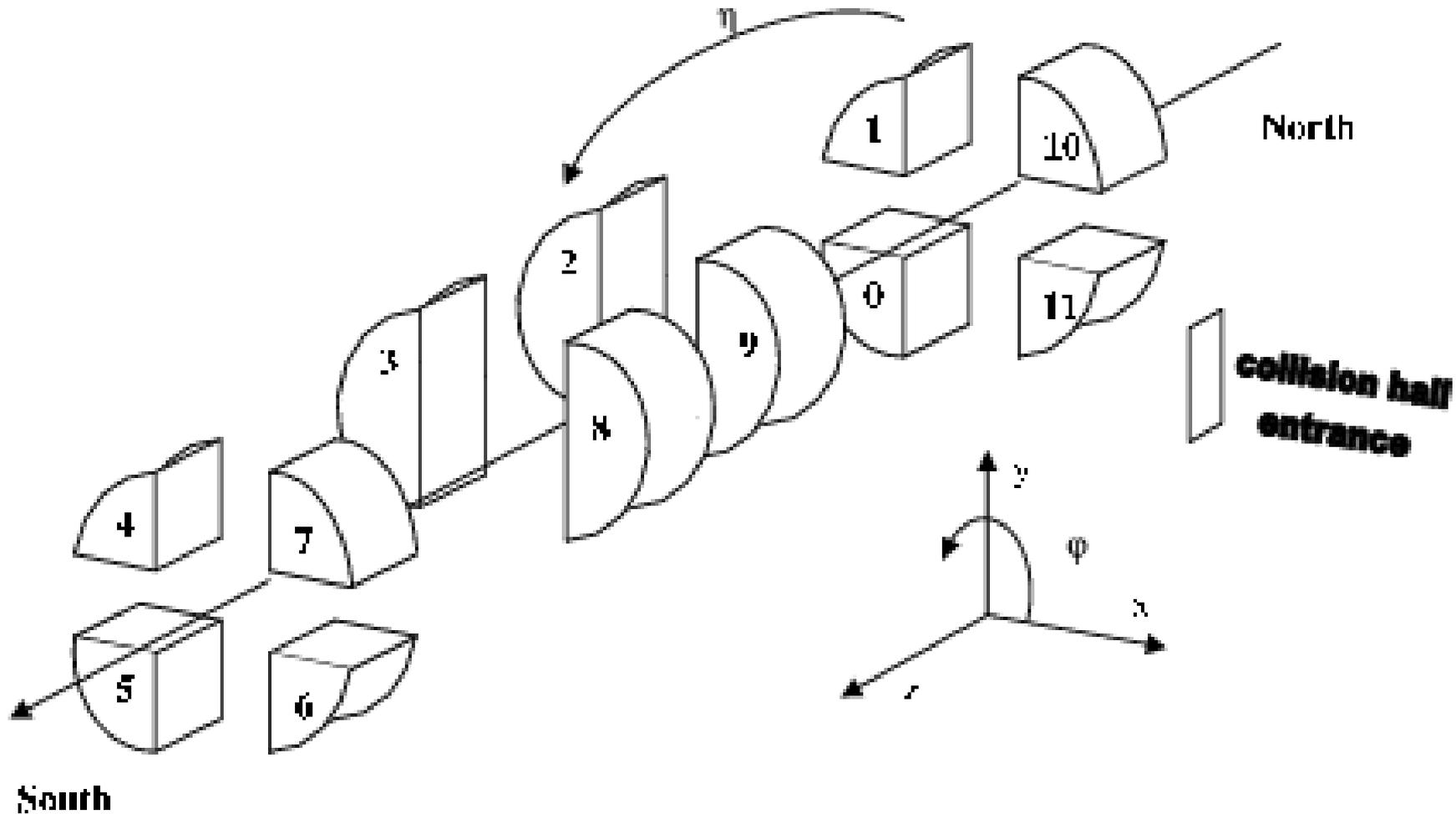
Timing du calorimètre



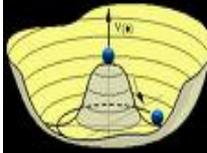


Subdivision du calorimètre

Le calorimètre a **12 crates**
et **55296 canneaux**.



Timing du calorimètre

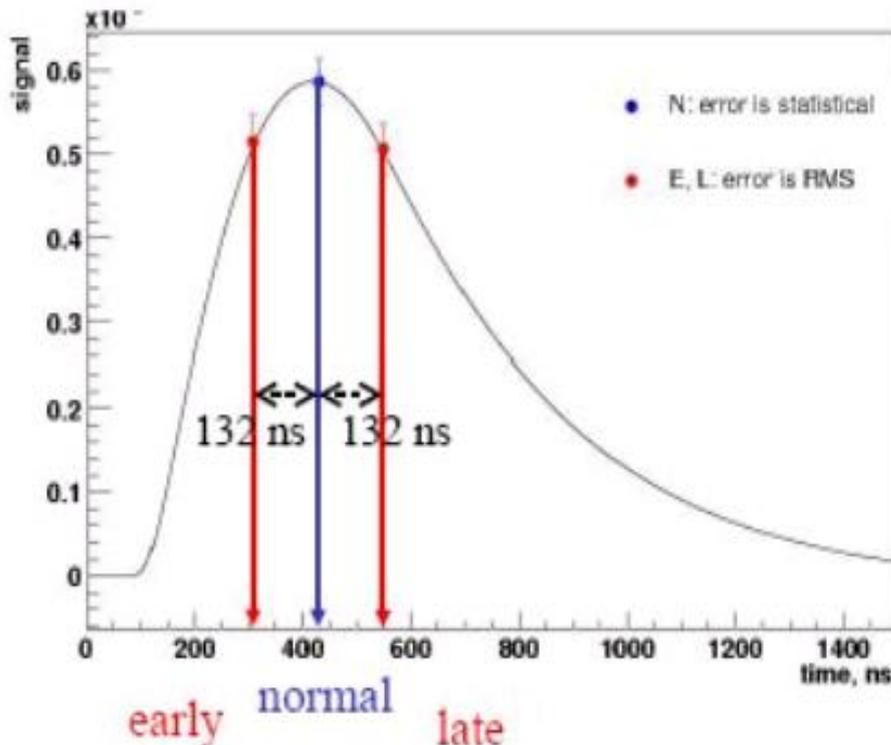


Objectif:

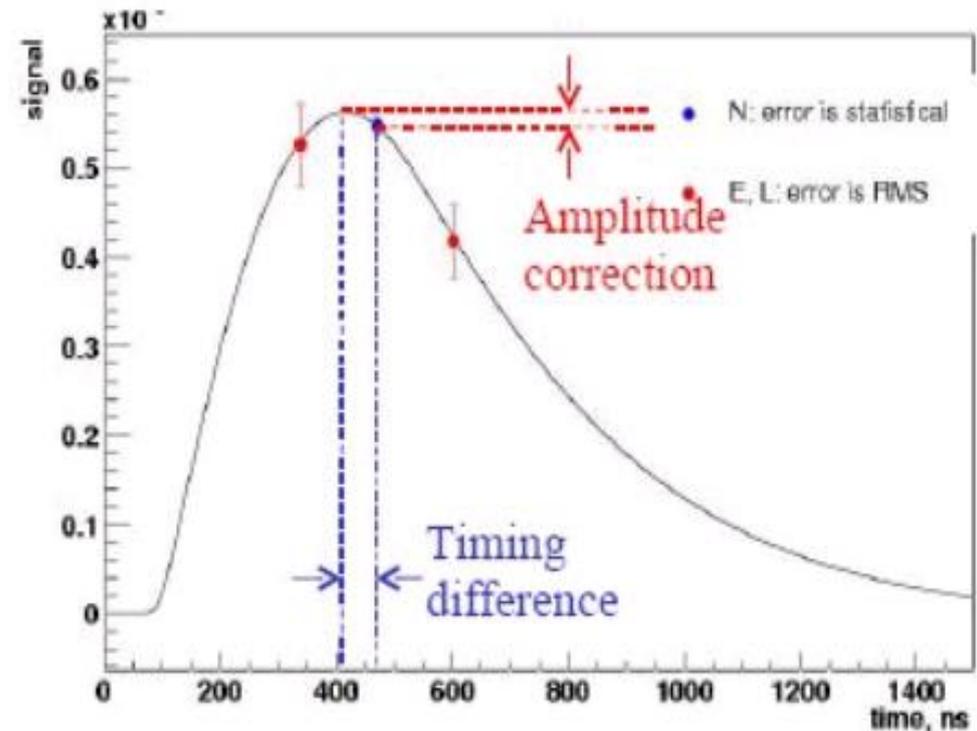
- Vérifier le timing optimal de la mesure en énergie déposée dans le calorimètre.
- Calculer des corrections éventuelles.

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.

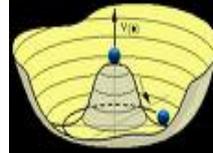


$$E = L$$



$$E \neq L$$

Calcul des facteurs de corrections

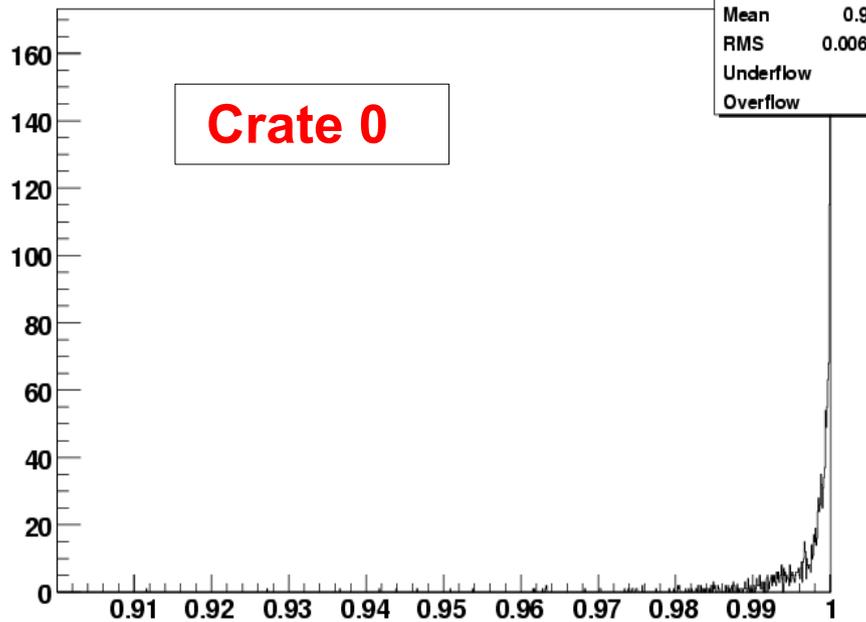


- Les facteurs de correction sont calculés avec l'ajustement du rapport des signaux **N/L**, **N/E** et avec la **forme du signal simulé**.



Exemple de distribution des facteurs de correction

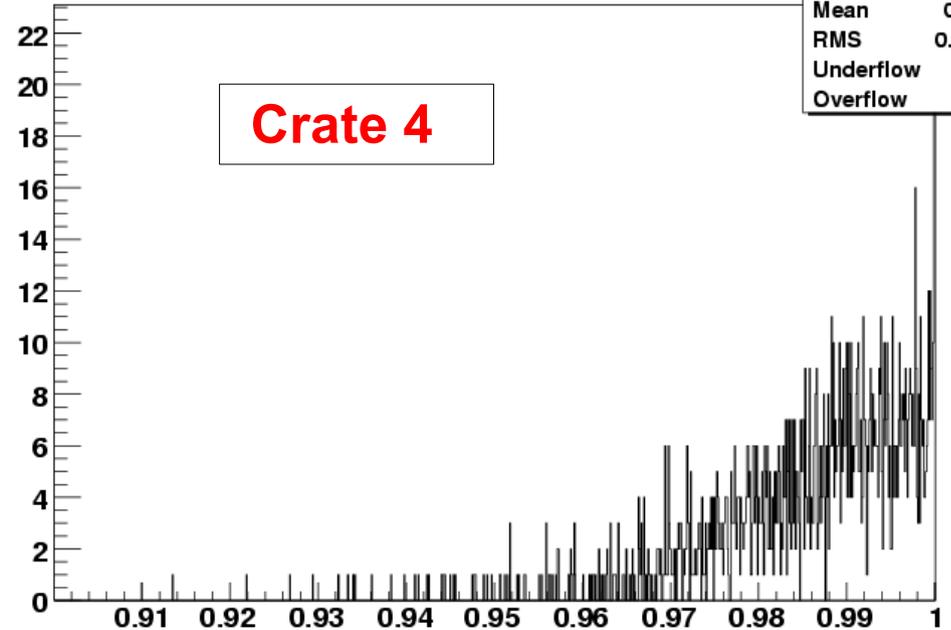
timing correction for crate 0



Crate 0

Facteurs de correction

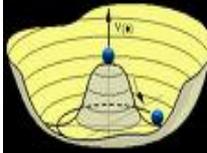
timing correction for crate 4



Crate 4

Facteurs de correction

Evolution des Fact. de Corr. pour tous les crates



EC

CC

EC

<p>11</p> <p>0.56%</p> <p>0.66%</p> <p>0.56%</p>	<p>9</p> <p>0.39%</p> <p>0.42%</p> <p>0.42%</p>	<p>8</p> <p>0.28%</p> <p>0.36%</p> <p>0.31%</p>	<p>6</p> <p>0.98%</p> <p>1.29%</p> <p>1.06%</p>
<p>0</p> <p>0.32%</p> <p>0.51%</p> <p>0.31%</p>	<p>2</p> <p>0.42%</p> <p>0.5%</p> <p>0.46%</p>	<p>3</p> <p>0.32%</p> <p>0.38%</p> <p>0.34%</p>	<p>5</p> <p>0.6%</p> <p>0.86%</p> <p>0.7%</p>
<p>1</p> <p>0.78%</p> <p>0.82%</p> <p>0.76%</p>			<p>4</p> <p>1.41%</p> <p>2.01%</p> <p>1.65%</p>
<p>10</p> <p>0.6%</p> <p>0.71%</p> <p>0.6%</p>	<p>9</p> <p>0.39%</p> <p>0.42%</p> <p>0.42%</p>	<p>8</p> <p>0.28%</p> <p>0.36%</p> <p>0.31%</p>	<p>7</p> <p>0.96%</p> <p>1.22%</p> <p>1.06%</p>

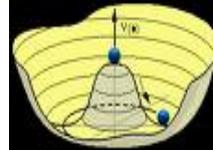
crate

Feb. 2006

Dec. 2006

Feb. 2007

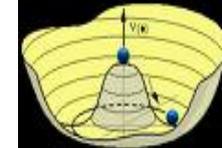




Certification des électrons dans les EC et CC du calorimètre



Certification des électrons dans les EC et CC du calorimètre



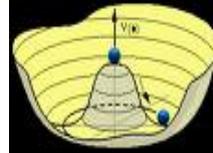
But : Déterminer de nouvelles coupures pour l'identification des électrons à haute luminosité (p20), et les comparer avec celles établit pour une luminosité moyenne (p17).

Méthode d'analyse:

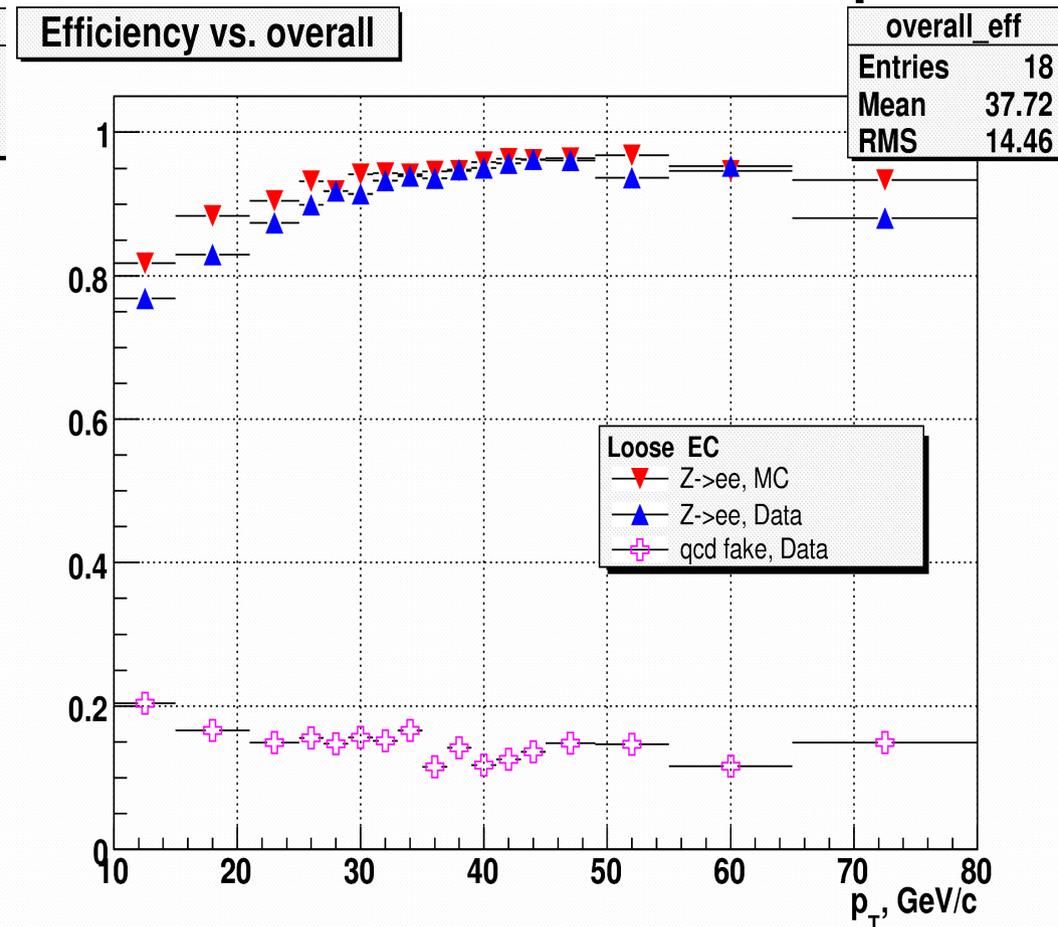
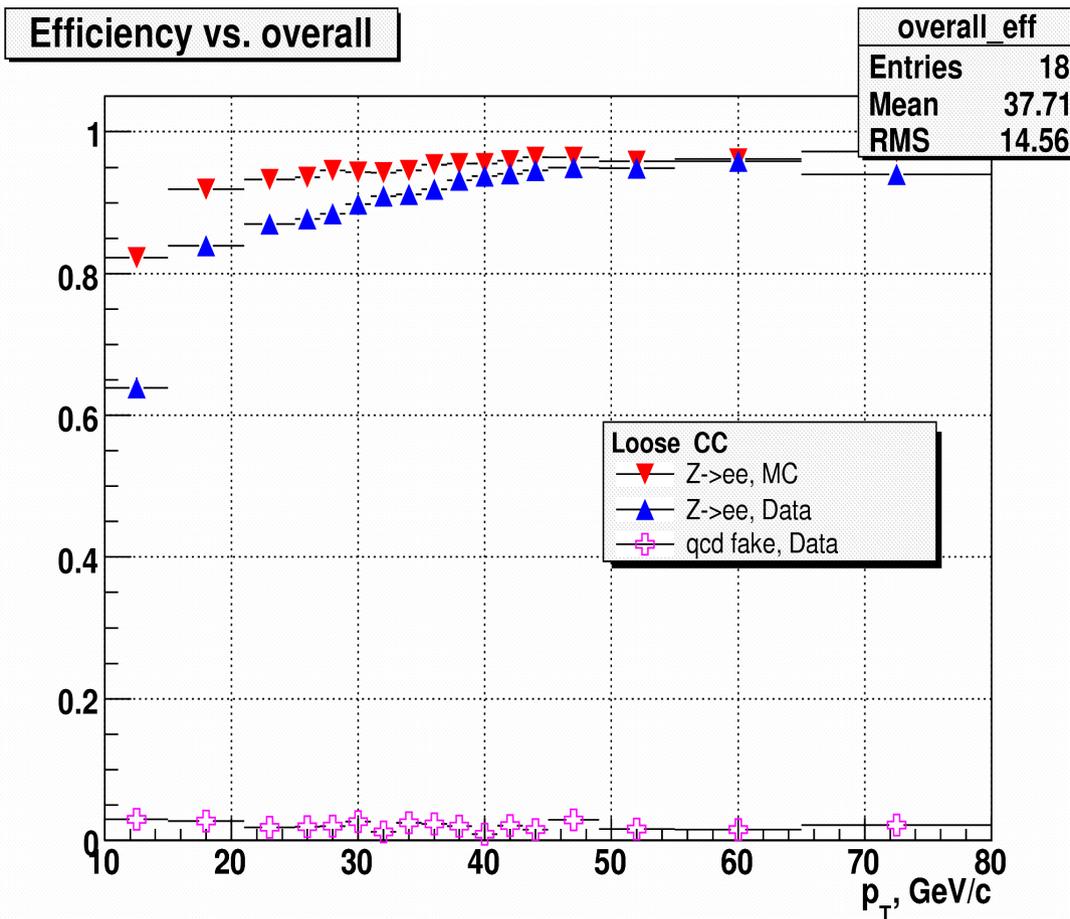
- Appliquer des **coupures** sur les différentes **variables** pour optimiser le rapport signal/bruit.
- Etudier l'**effet** de ces **coupures** sur l'**efficacité du signal** (e), et celle du **bruit de fond** (eg: jet mal reconstruit).
- Représenté les efficacités en fonction des différentes variables et paramètres.

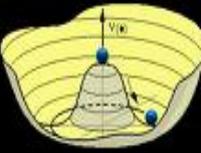


Efficacité du signal et du bruit de fond en fonction du p_T



Critère de sélection des électrons: On applique des coupures peu sévère (Vloose) ou très sévère (Tight), sur des variables (isolation, fraction d'énergie déposée dans le calorimètre...), pour optimiser le rapport signal/bruit.

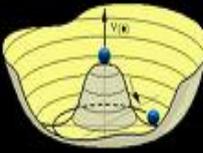




Calcul des efficacités des électrons dans l'ICR



Electron ID in ICR



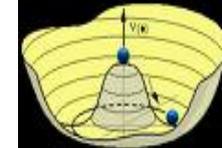
Introduction:

- Documentations:
 - Run IIa (J. Kraus and al. DØ note 5196)
 - Run IIb (B., Calpas and al. DØ note 5939)
- Electron ID in ICR ($1.1 < |\eta_{\text{det}}| < 1.5$) to increase acceptance for Z events about 15%.
- Partial EM Cal. coverage in ICR.
- Electron identified as a narrow (tau) jet.
 - Type 1 tau:** a tau with 1 track and no EM cluster (found at the center of ICR).
 - Type 2 tau:** a tau with 1 track and an EM cluster (found at the edges of ICR).
 - Type 3 tau:** a tau with 2 or more tracks (small 2%, 2nd track due to accidental pickup).

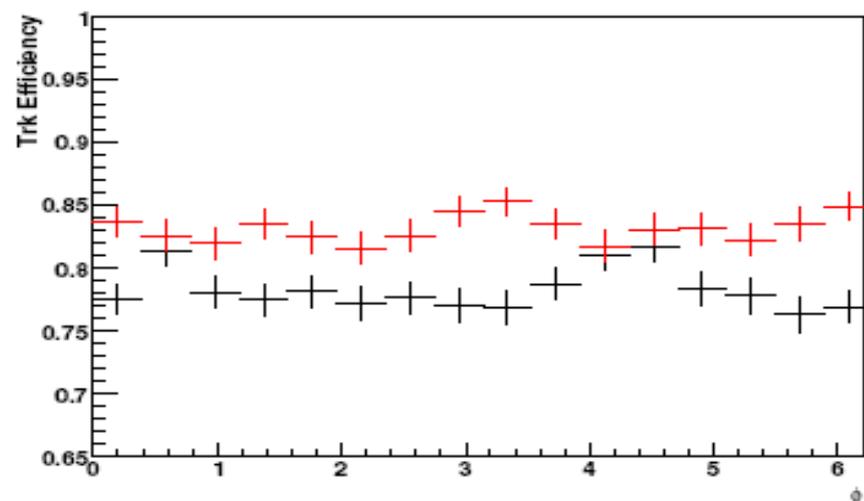
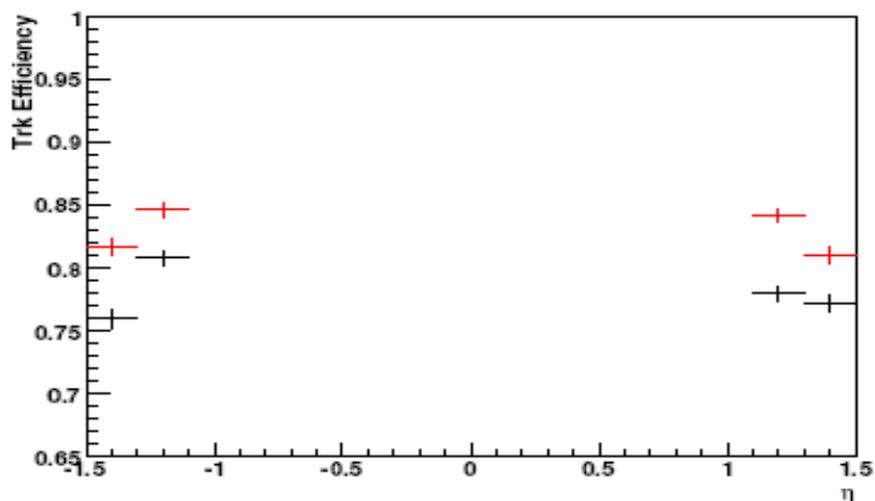
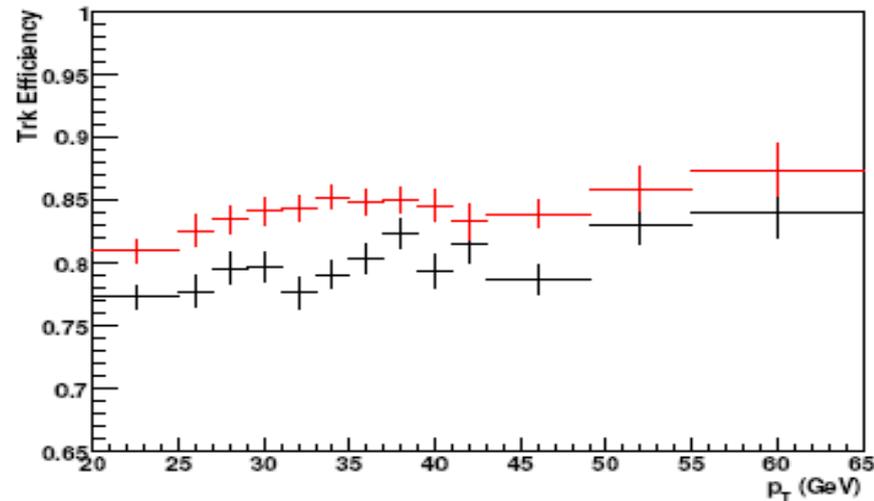
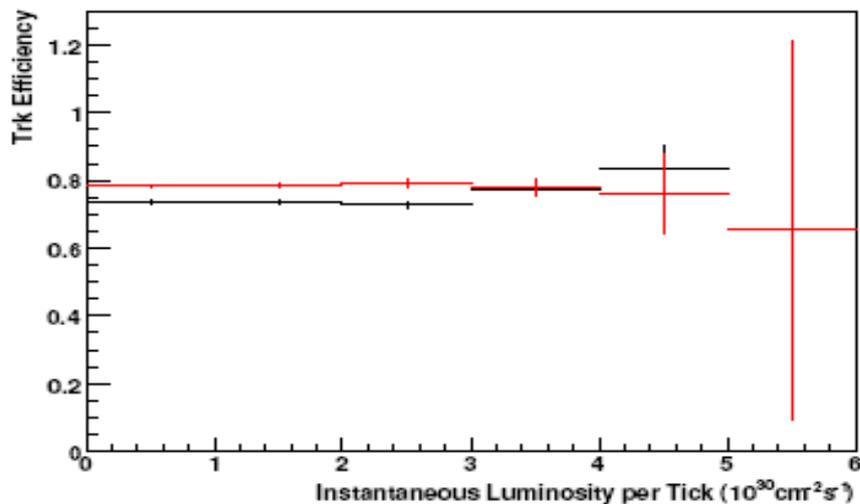


ICR electron Efficiencies

— Data
— MC

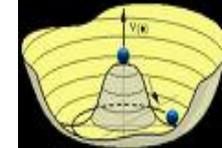


Tracking efficiency: Probability that an electron pointing towards the ICR produces a track in the tracking system

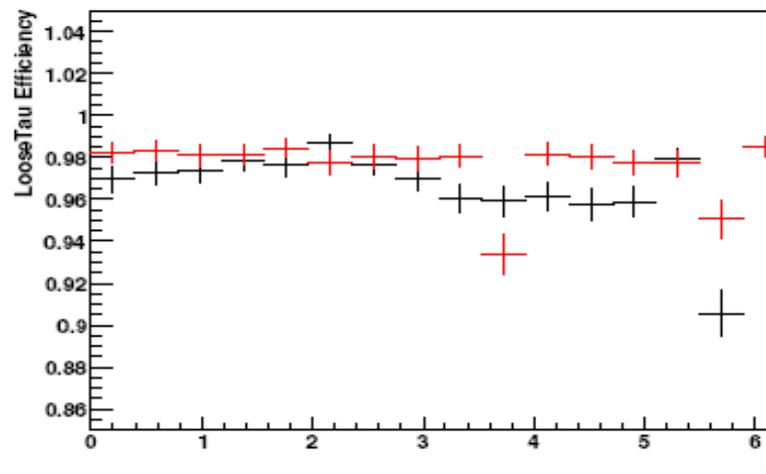
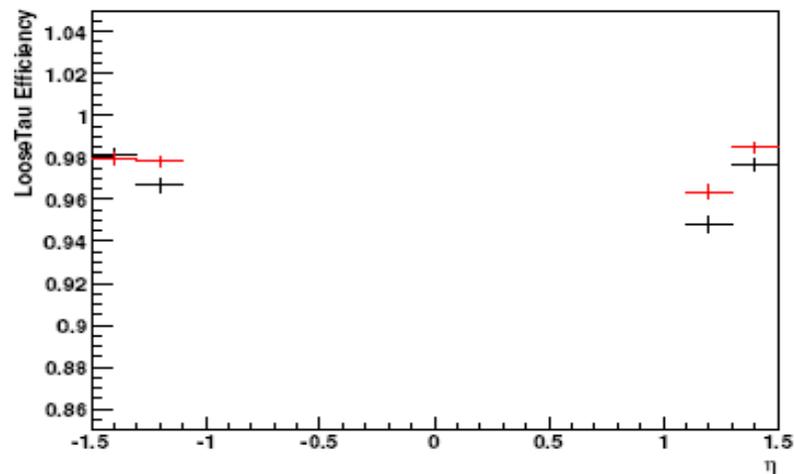
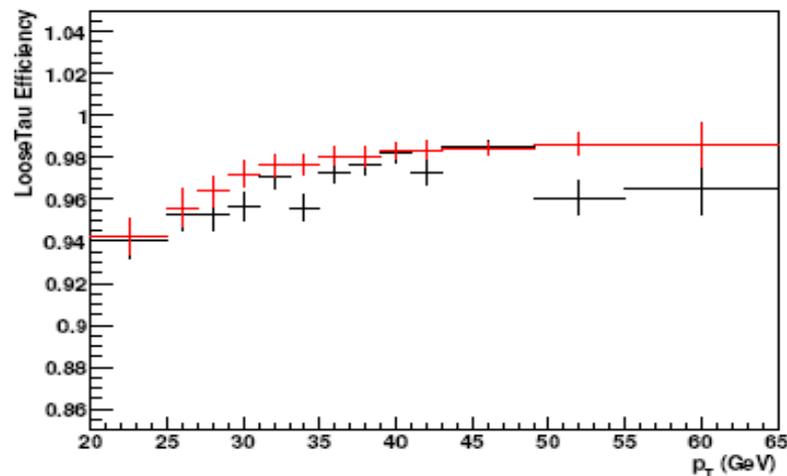
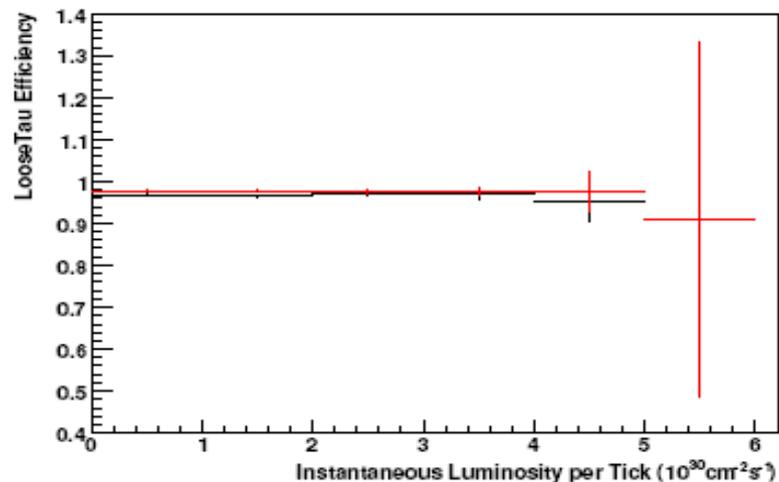


ICR electron Efficiencies

— Data
— MC

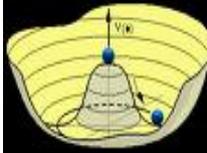


Loose Tau efficiency: Probability that an e that has produced a track pointing towards the ICR also produces a TMBTau object.

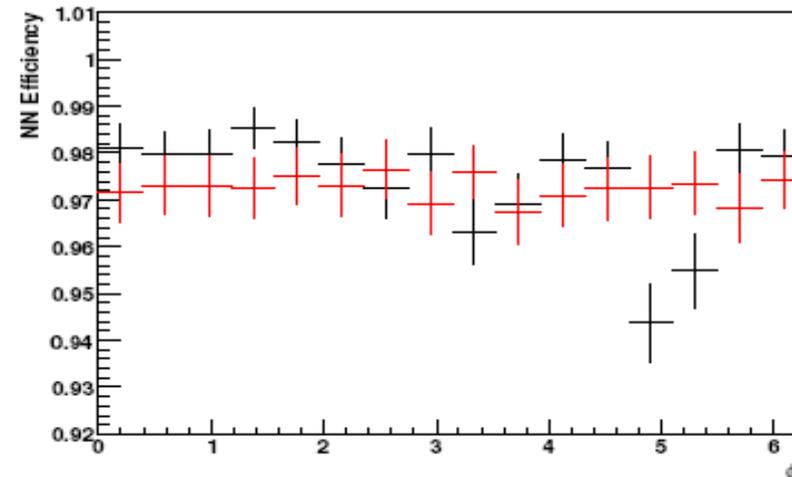
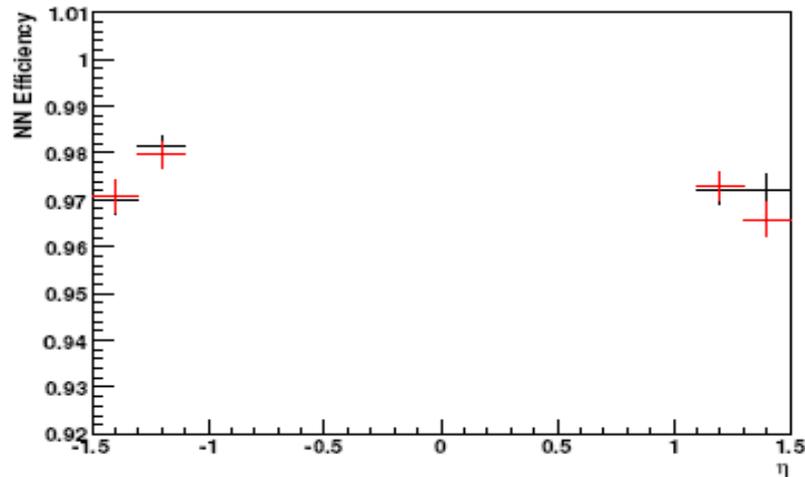
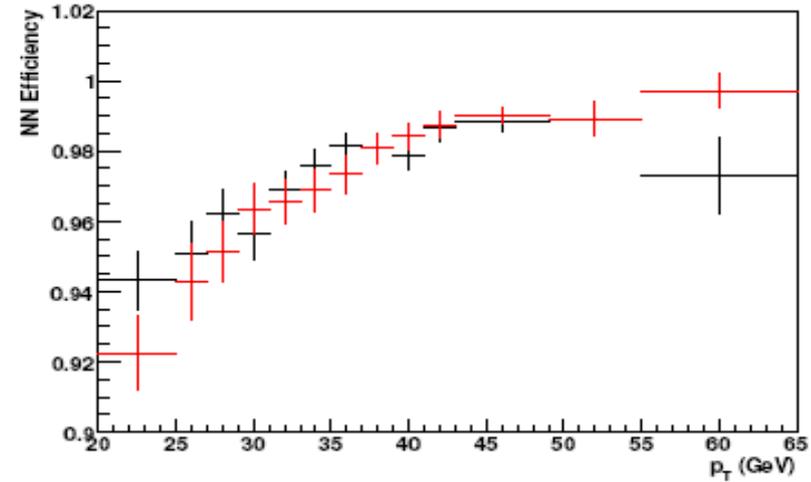
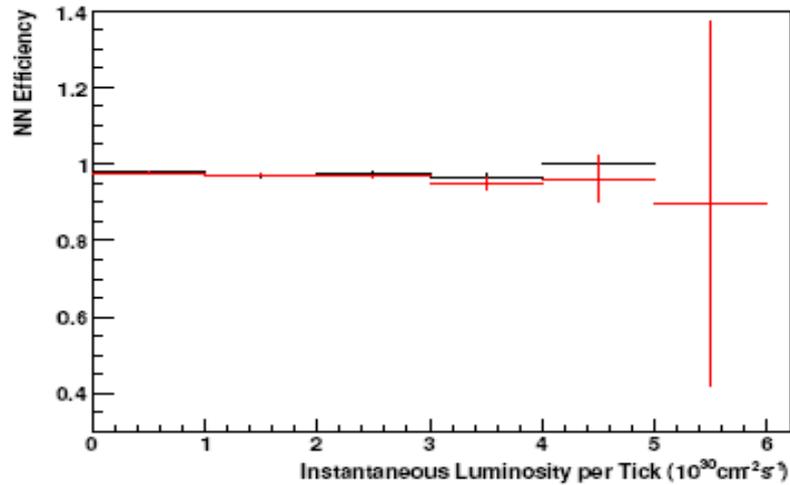


ICR electron Efficiencies

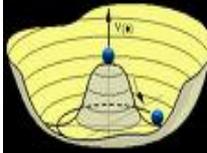
— Data
— MC



Neural Net selection efficiency: Prob. that an e that has produced both a track and a TMBTau object also passes the NN selection cut.



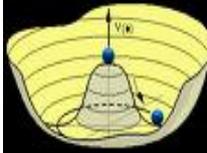
Conclusion sur les tâches de services



- L'analyse du timing du calorimètre à montré une bonne stabilité du détecteur.
- L'étude de l'identification des e pour p20 nous à permis de certifier des coupures adéquat pour la sélection des e à haute luminosité. Ces coupures ont été utilisées pour l'analyse des e dans l'icr pour le Run Ib.
- L'étude de l'efficacité des e dans l'ICR pour p17 nous à permis de calculer des facteurs de corrections. L'ICR permet d'augmenter l' acceptence du signal de près de 15%.



Motivation de la recherche du Higgs



Le **Modèle Standard** (M. S.) s'appuie sur un principe de symétrie qui a comme conséquence que les particules ont une masse nulle, ce qui est en contradiction avec les observations expérimentales.

Cette contradiction peut être résolue par l'introduction du **mécanisme de Higgs**, capable de conférer une masse aux particules qui en étaient initialement dépourvues.

Postulé dans le M. S., ce mécanisme devrait avoir laissé des traces sous la forme d'au moins une particule encore à découvrir: **le boson de Higgs**.

On sait actuellement (grâce aux expériences du CERN) que sa masse est supérieure à **114 GeV** et devrait être inférieure à **200 GeV**, à un niveau de confiance de 95%.

Aujourd'hui le **boson de Higgs** à **basse masse** (inférieur à 160 GeV) est activement recherché à Fermilab (Chicago), grâce au **TeVatron** (collisionneur PP_{bar}).



Le canal $HZ \rightarrow eebb$

Le canal $HZ \rightarrow eebb$ (Higgs-Strahlung) est très important pour la recherche du Higgs avec $M_H < 135$ GeV au TeVatron.

Atouts:

association d'un Z se désintégrant en e^+e^- . Signal claire et facile a identifier.

identification des jets et de quarks b avec la méthode du b -tagging.

