



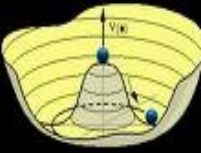
**Recherche du Boson de Higgs produit en  
association avec un boson Z au  
Tevatron dans l'état final eebb  
avec l'expérience DØ**

**Betty Calpas**

**Directeur de thèse: Elemér Nagy**

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

# Plan



- **Aspect Théorique du Higgs.**

  - Mécanisme et motivation.

- **Aspect expérimental.**

  - Le TeVatron.

  - Le détecteur DØ.

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

  - Triple timing.

  - Identification des électrons ( $e$ ) dans le calorimètre.

  - Etude des  $e$  dans le calorimètre et dans la region intercryostat (ICR).

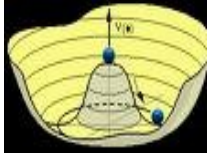
- **Analyse.**

  - Sélection des  $e$  dans le calorimètre.

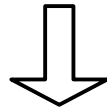
  - Sélection des  $e$  dans l'ICR.



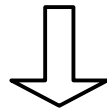
# Motivation de la recherche du Higgs



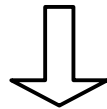
Le **Modèle Standard** s'appuie sur un principe de symétrie qui a comme conséquence que les particules ont une masse nulle.



Contradiction avec les observations expérimentales.



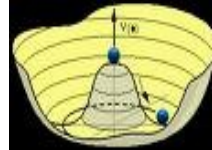
Introduction du **mécanisme de Higgs**, capable de conférer une masse aux particules.



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



# Identification du signal

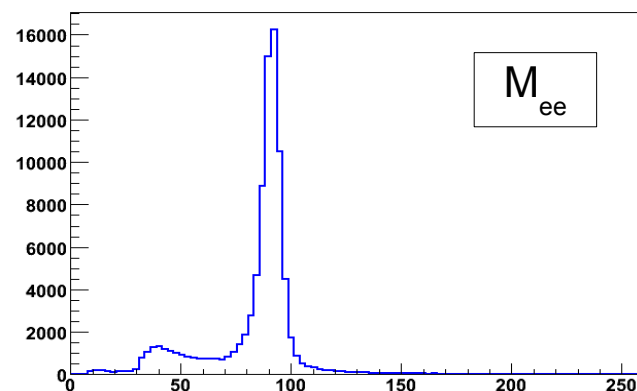
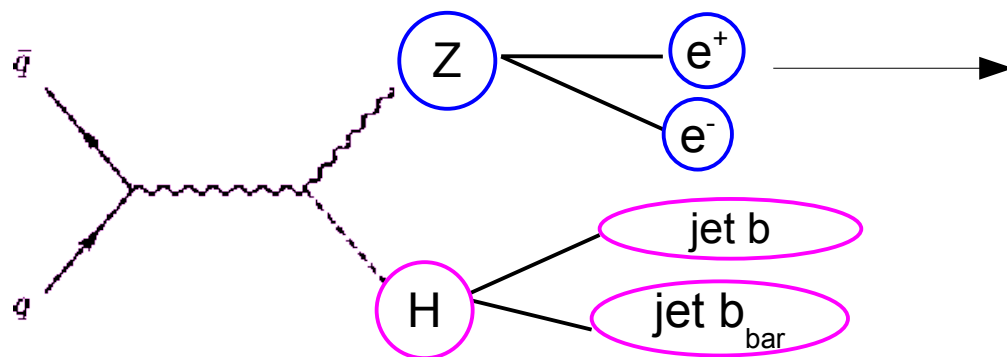


Avec mon sujet de thèse ( $HZ \rightarrow eebb$ ), je participe à la recherche du Higgs.

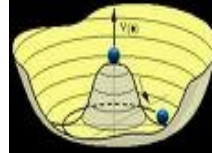
Ce canal de production est un des plus sensible, pour la recherche du Higgs à basse masse.

La méthode d'identification du signal noyé dans le bruit de fond, réside dans l'association du boson de Higgs à un boson Z:

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



# Le Tevatron



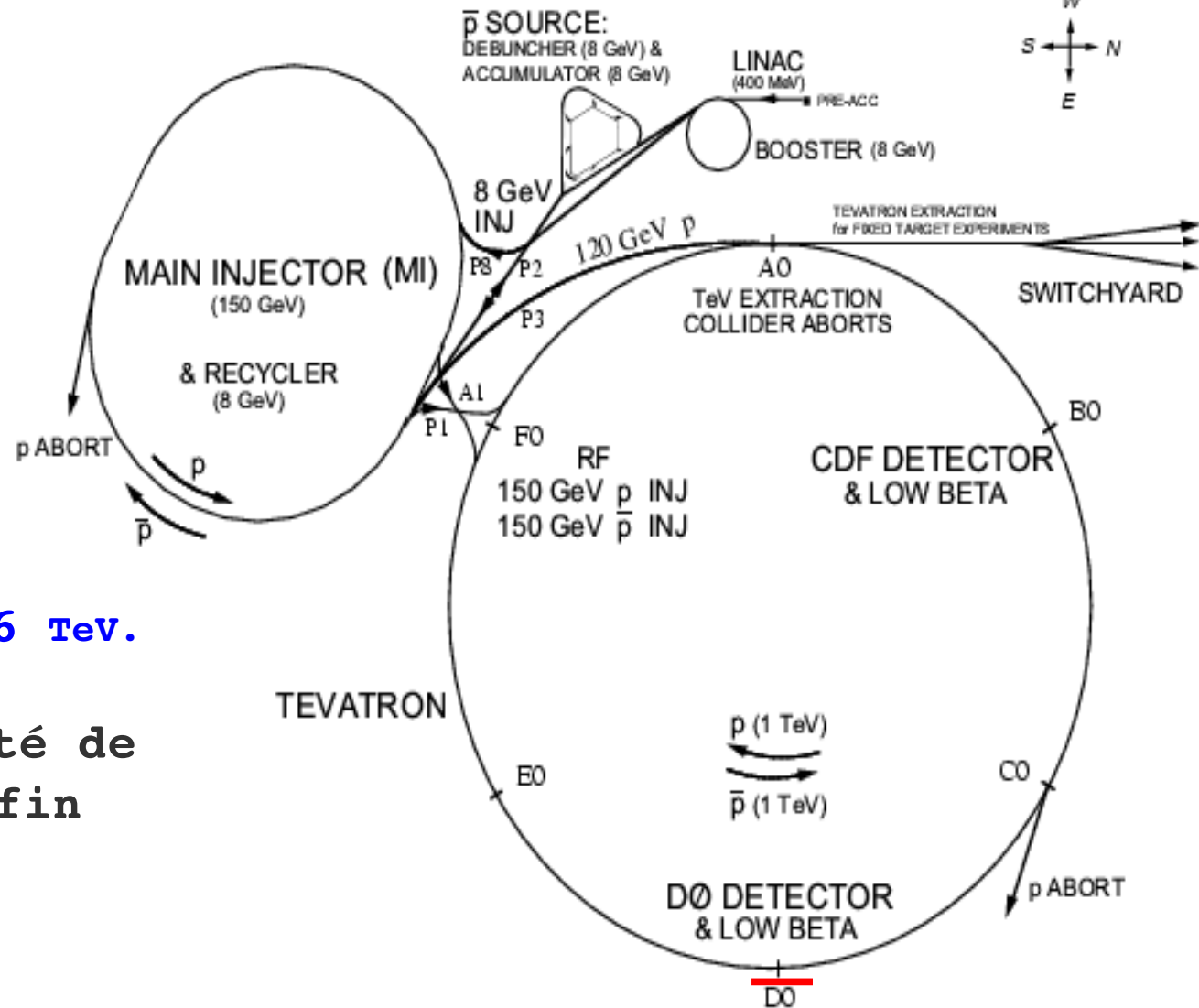
Constuit en 1983.

Collisionneur  $PP_{bar}$ .

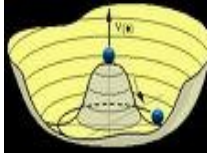
Anneau de 6.3 km.

Energie delivrée de 1.96 tev.

On prévoit une luminosité de près de  $7 \text{ fb}^{-1}$  d'ici la fin de ma thèse.

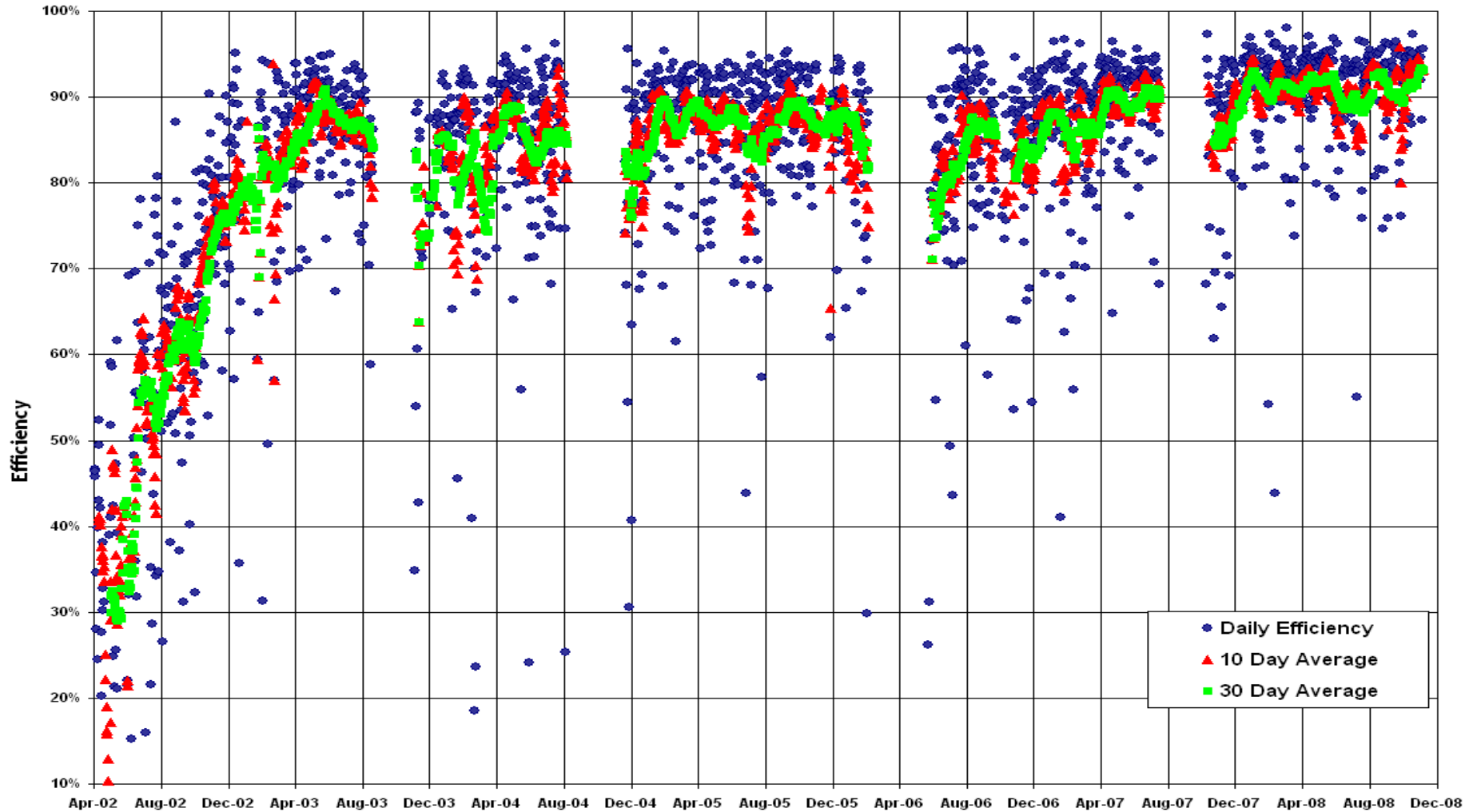


# Efficacité de la prise de données au TeVatron



## Daily Data Taking Efficiency

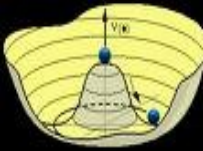
19 April 2002 - 23 November 2008



Une efficacité de 90 à 93%.

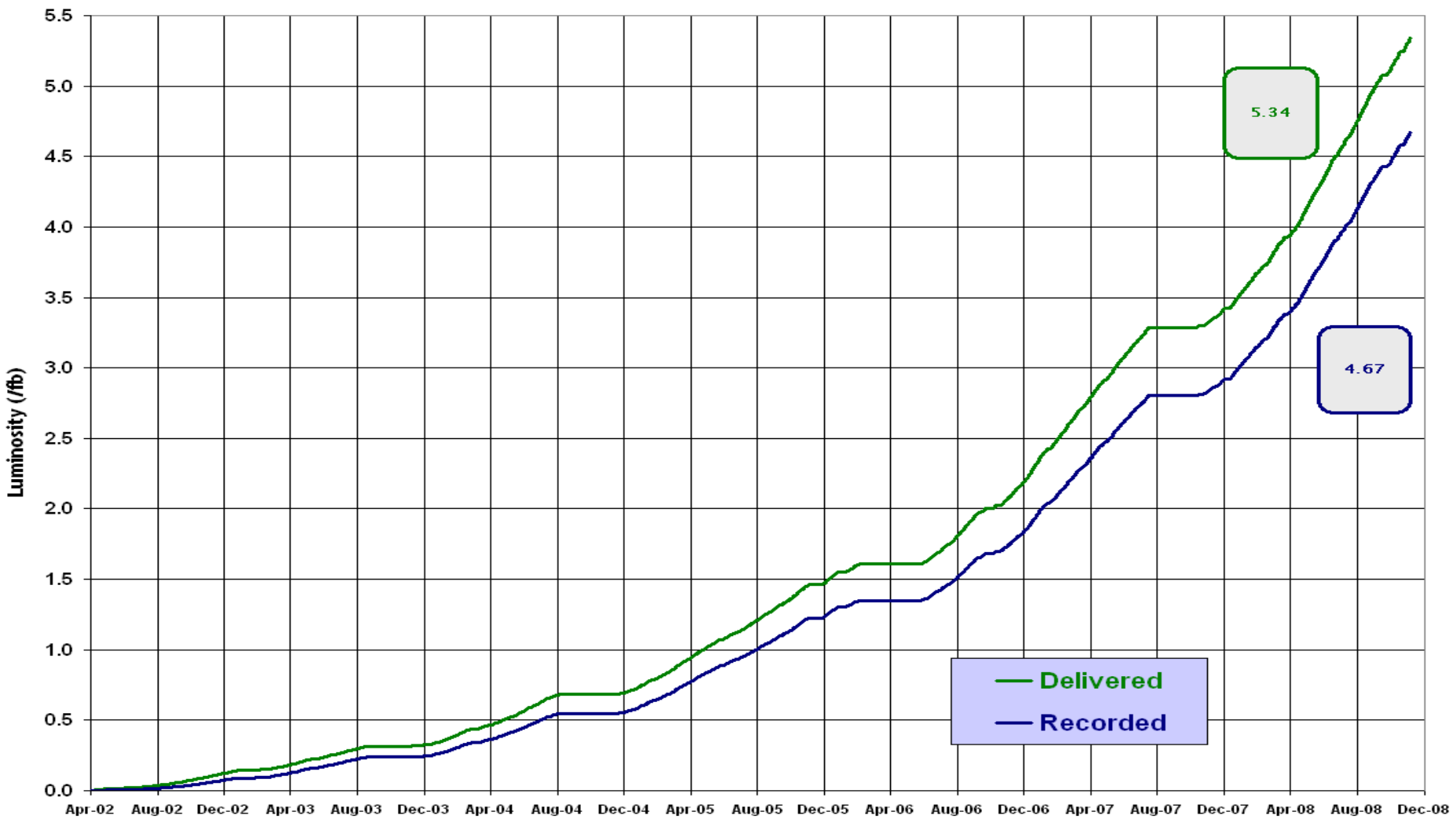


# La luminosité intégrée et enregistrée du TeVatron



## Run II Integrated Luminosity

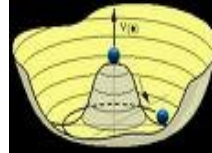
19 April 2002 - 23 November 2008



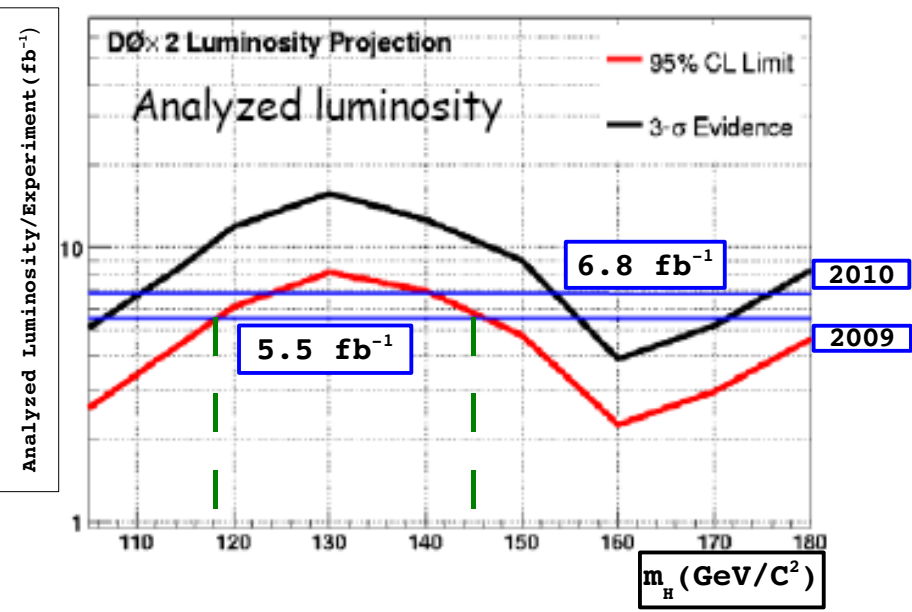
Actuellement une luminosité délivrée de  $5.3 \text{ fb}^{-1}$  et  $4.7 \text{ fb}^{-1}$  enregistrée.



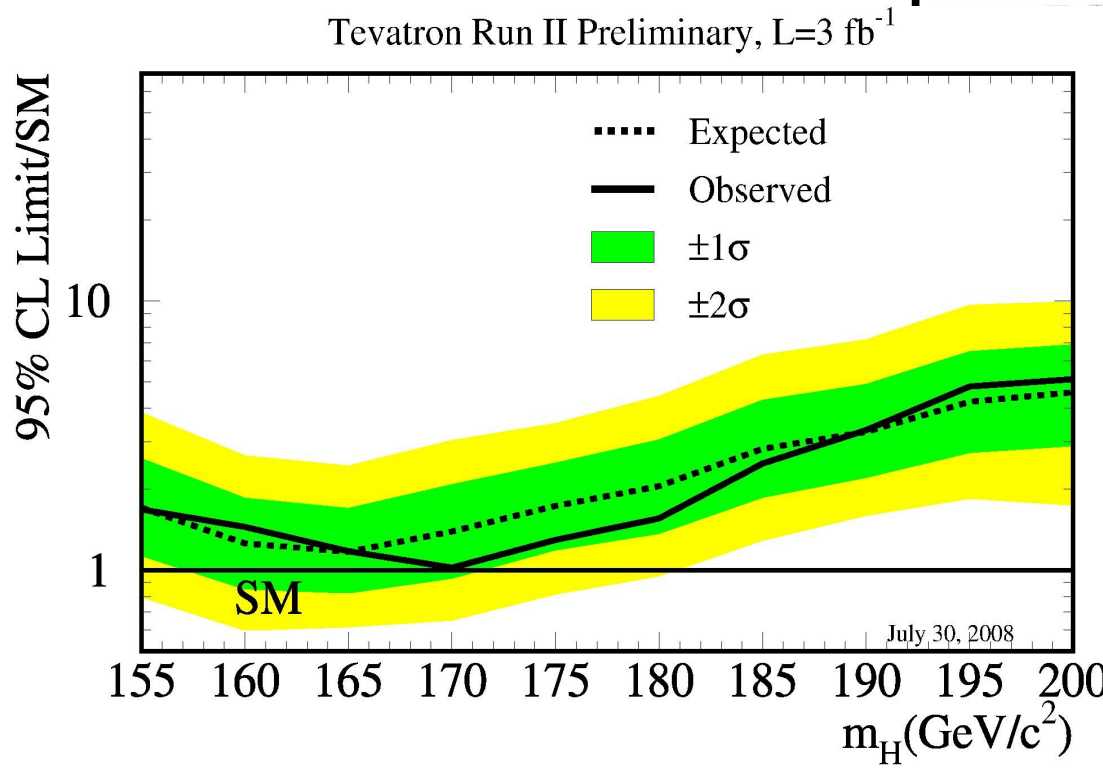
# La recherche du Higgs au TeVatron



## Tevatron expected SM Higgs reach



Avec sa luminosité croissante, la TeVatron pourra exclure un grand domaine de masse du Higgs.



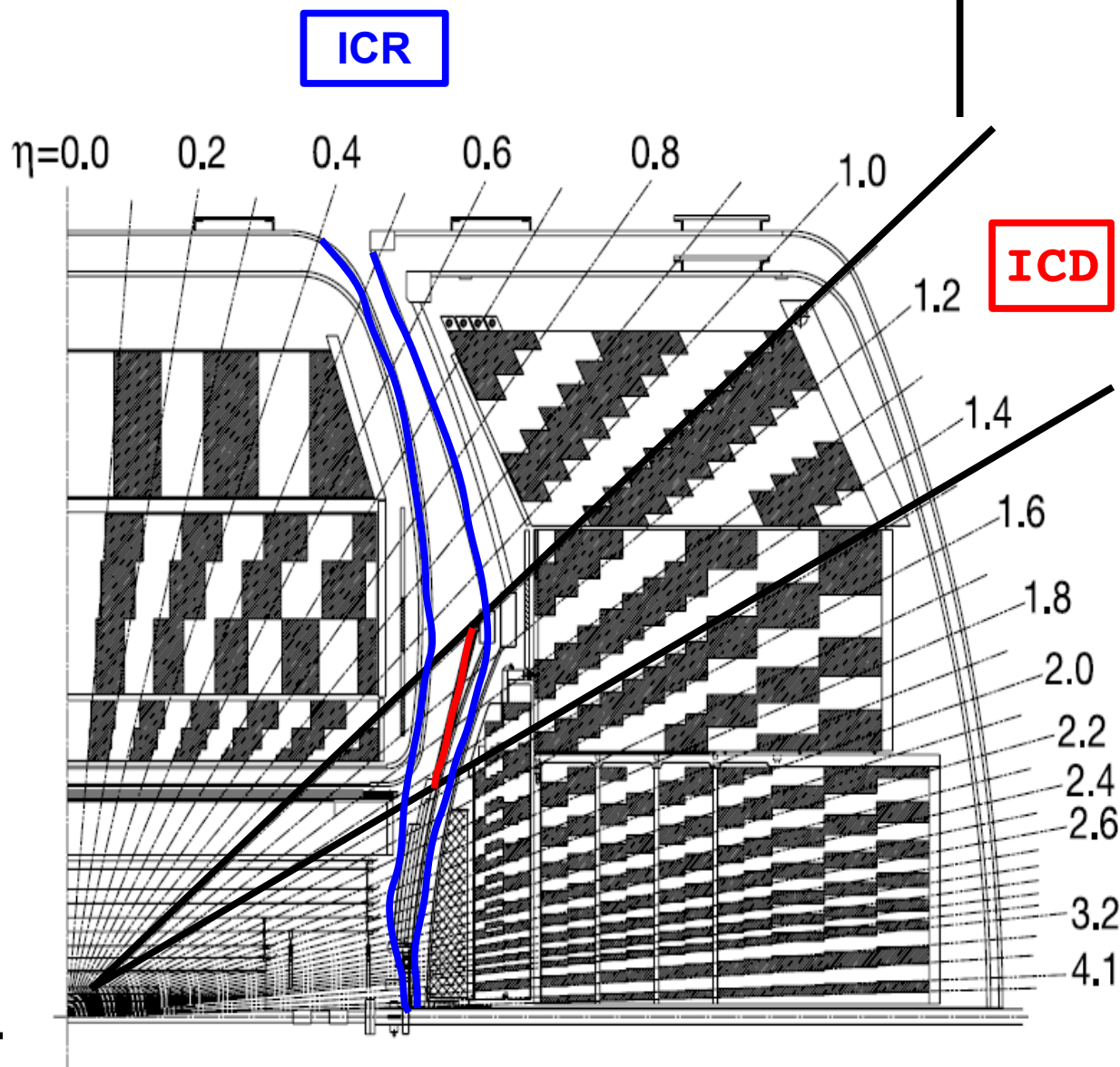
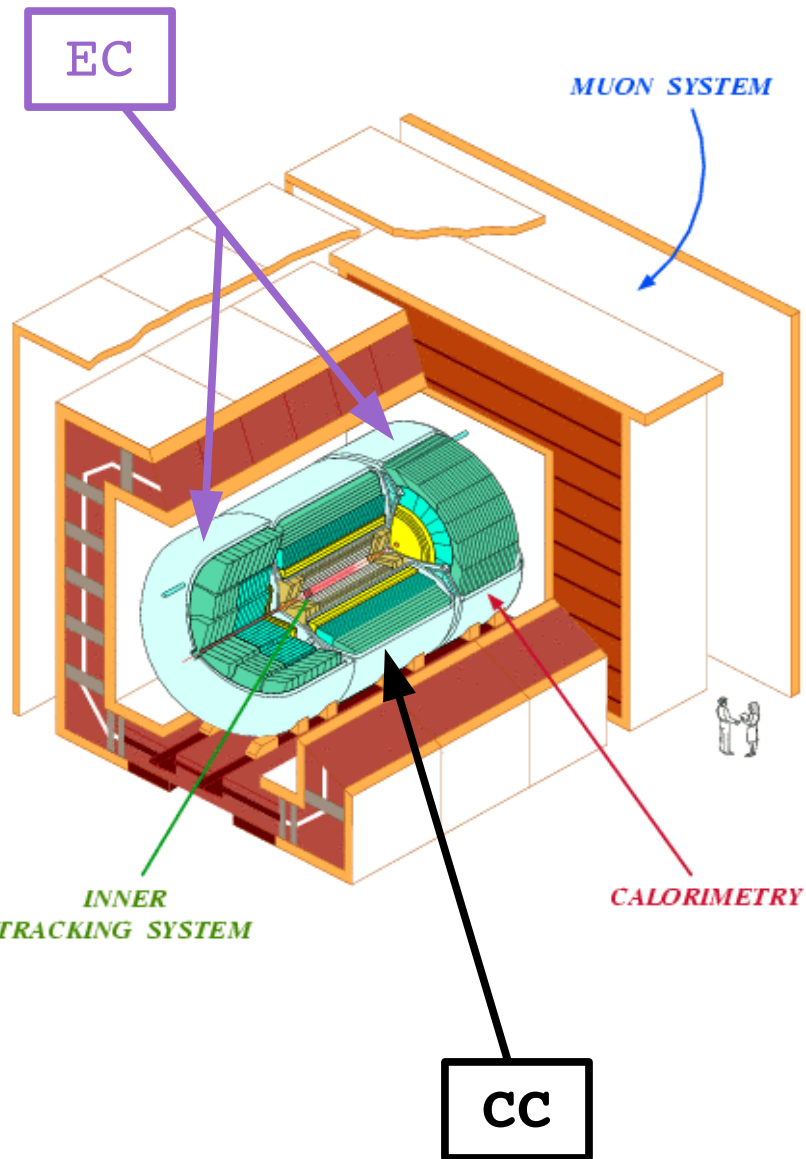
Exclusion du Higgs à 175 GeV au TeVatron à 95%.



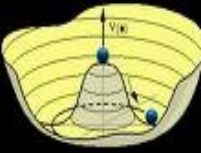
# Le détecteur DØ



Vue en coupe du détecteur

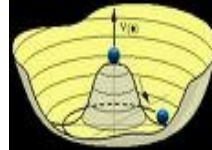


# Composition de ma thèse



- **Tâches de services**: Etudes sur la sélection des  $e$  dans le calorimètre et dans la région intercryostat.
- **Analyse**: Recherche du Higgs dans le canal de production  $HZ \rightarrow eebb$ .

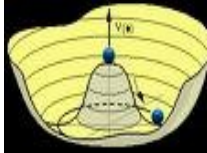




1. **Timing du calorimètre.**
2. **Identification des électrons ( $e$ ) dans les différentes parties du calorimètre (CC, EC), dans le régime de haute luminosité (p20).**
3. **Etude de l'impact sur la sélection des Z, des nouvelles identifications des électrons, y compris de la région intercryostat (ICR)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



# 1. Timing du calorimètre

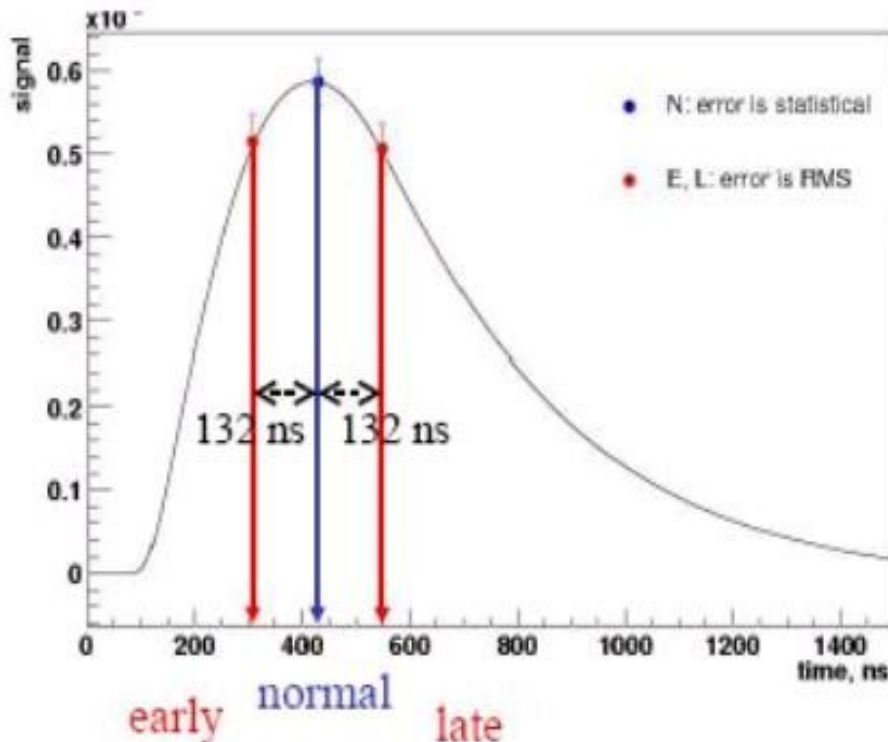


## Objectif:

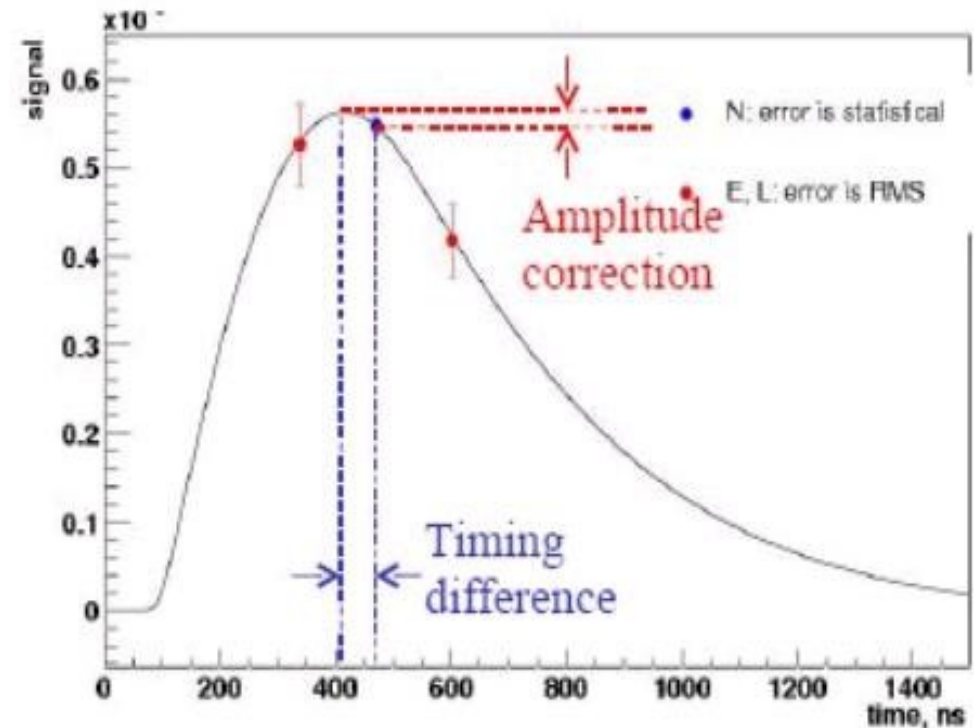
- Vérifier le timing optimal de la mesure en énergie déposée dans le calorimètre.
- Calculer des corrections éventuelles.

## 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.



$$E = L$$



$$E \neq L$$



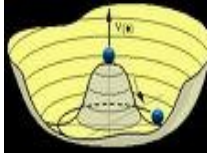
# Evolution des Fact. de Corr. pour tous les crates

- 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	crate
<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%	<b>Feb. 2006</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>Dec. 2006</b>
<b>1</b> 0.78% 0.82% 0.76%			<b>4</b> 1.41% 2.01% 1.65%	<b>Feb. 2007</b>
<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).

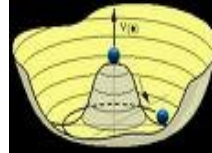
### Méthode d'analyse:

- 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.



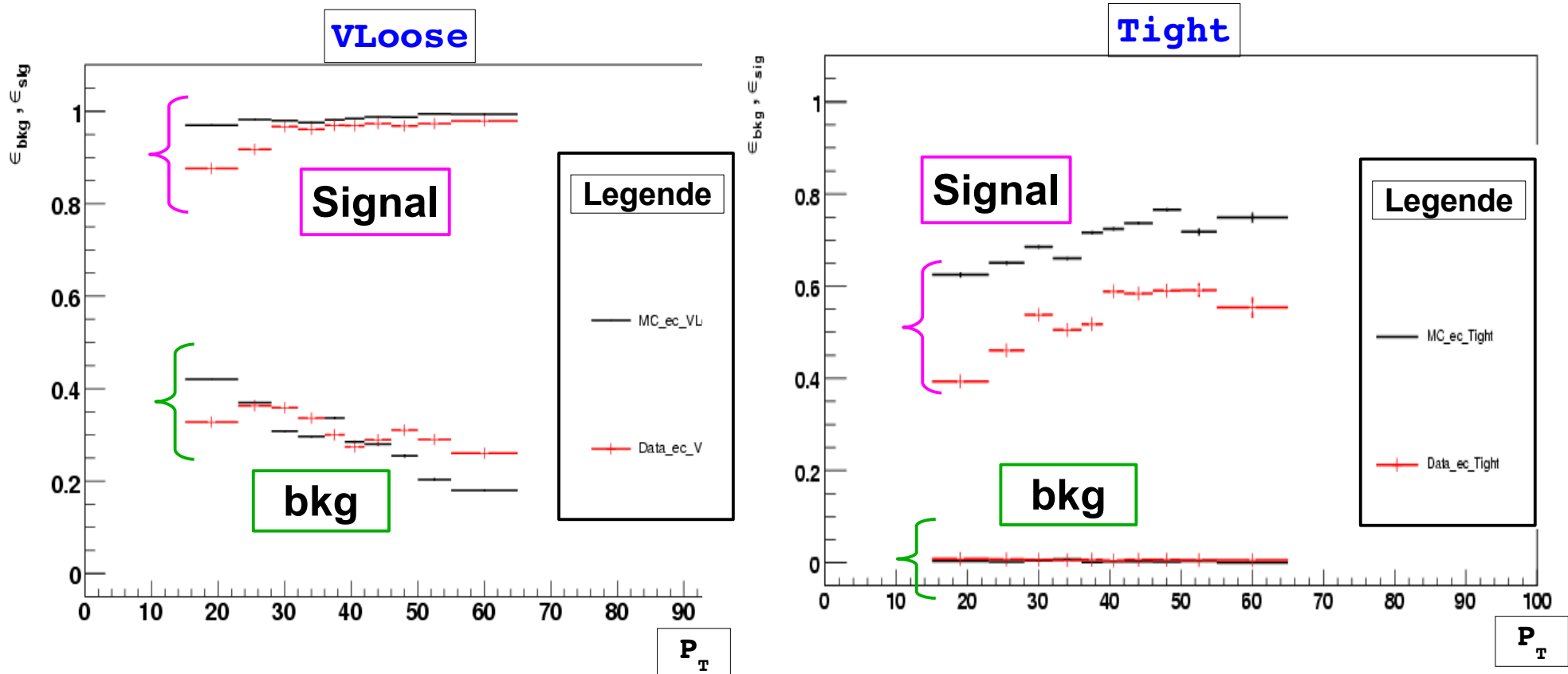


# Efficacité du signal ( $\epsilon_s$ ) et du bruit de fond ( $\epsilon_b$ ) en fonction de $p_T$ pour les $e$



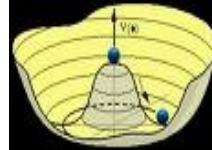
**Critère de sélection des électrons:** On applique des coupures sur des variables (**isolation, fraction d'énergie déposée dans le calorimètre...**), pour optimiser le rapport signal/bruit.

Exemple de distribution de l'efficacité du signal et du bruit de fond en fonction d'une coupure peu sévère (VLoose) et d'une coupure très sévère (Tight), pour  $p_{T0}$





# Comparaison p17 et p20 (cc)



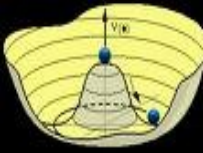
Comparaison des efficacités à moyenne (p17)  
et haute luminosité (p20)

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	$\epsilon_s \approx 0.50$	$\epsilon_s \approx 0.85$

Ces résultats nous conduisent à choisir la coupure  
Loose pour p20 après l'optimisation.



# 3. ICR EMid study



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

**Combinaison standard** (cc/ec), tous électrons appartiennent au CC/EC:

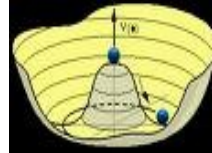
$$(e_1^{cc/ec}, e_2^{cc/ec})$$

**Combinaison avec ICR** (icr) au moins un électron appartient à l'ICR:

$$(e_1^{icr}, e_2^{cc/ec}) + (e_2^{icr}, e_1^{cc/ec})$$



# Comparaison des efficacités du signal $H_{115} \text{ GeV}$ avec et sans ICR en fonction de différentes coupures

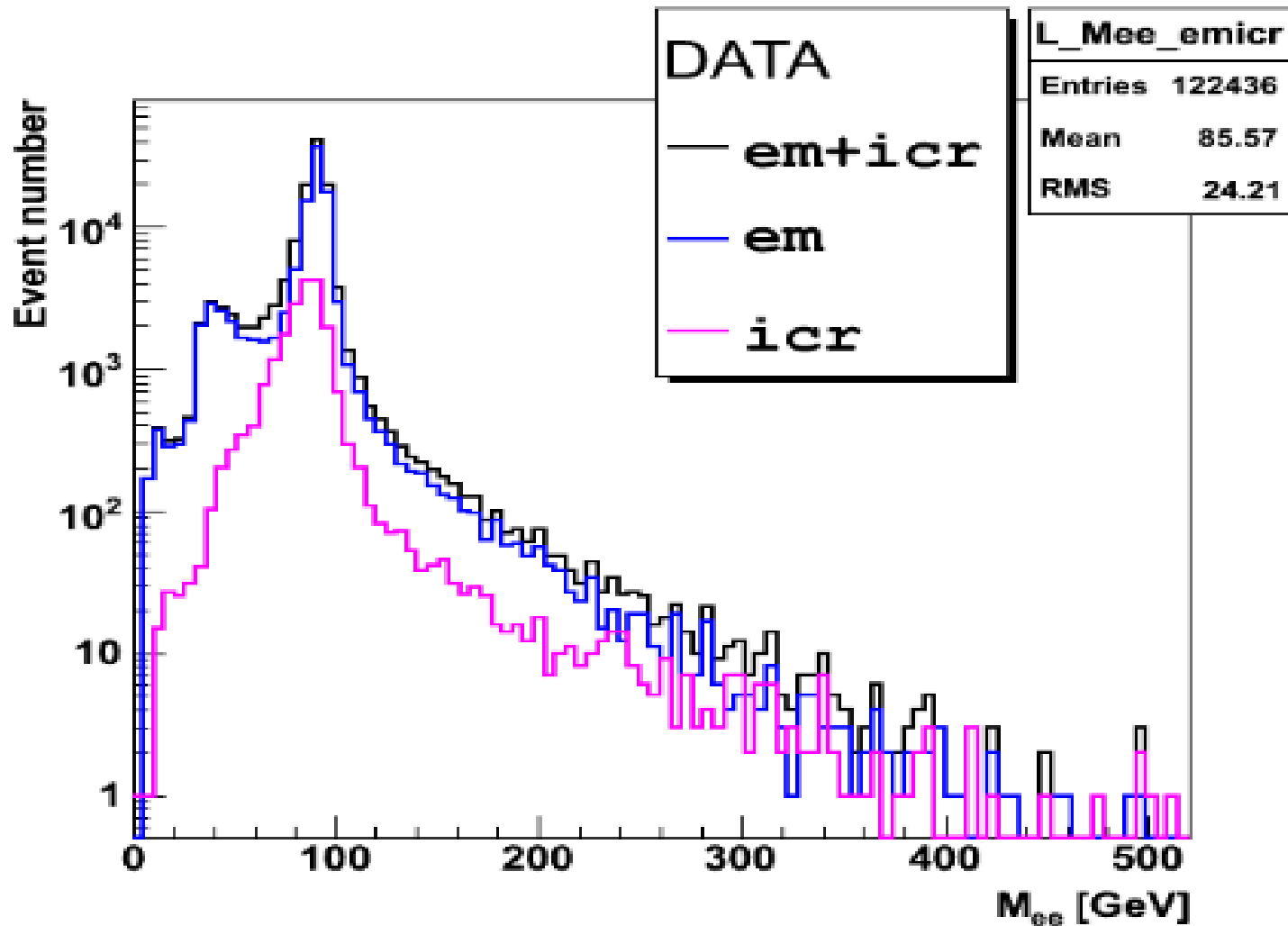
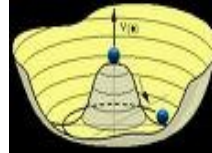


$\epsilon$ \ cuts	VLoose	Loose 1	MLoose 1	MLoose 2	Medium	Tight
$(e_1^{cc/ec}, e_2^{cc/ec})$	0.1410	0.1121	0.1045	0.1024	0.1010	0.0895
$(e_1^{icr}, e_2^{cc/ec}) + (e_2^{icr}, e_1^{cc/ec})$	0.0271	0.0256	0.0247	0.0246	0.0253	0.0241
em + icr elec.	0.1681	0.1377	0.1292	0.1270	0.1263	0.1136



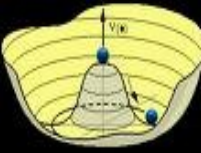
- L'ajout de l'ICR permet d'augmenter l'efficacité du signal de 20%.

# Distribution de la masse des $e$ (données)



- Les évènements avec au moins un électron appartenant à l'ICR représente près de 17% des évènements sélectionnés, en accord avec les 20% d'augmentation obtenu pour la simulation du signal  $H_{115\text{GeV}}$ .

# Conclusion sur mes tâches de services effectués



## Timing du calorimètre.

L'étude du timing du calorimètre nous a permis de voir que les **facteurs de correction** à apporter sont **négligeables** et que le détecteur a une bonne **stabilité** au cours du temps. Une note interne est en cours d'écriture.

## Identification des objets électromagnétiques (p20).

L'étude de l'identification des objets élect. pour p20 nous a permis de définir de **nouvelles coupures nécessaires pour la sélection des électrons à haute luminosité**. Une note interne a été écrite.

## Etude de l'ICR.

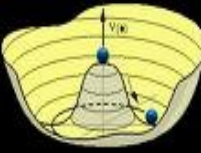
Mon étude sur l'ICR est en cours.

Des résultats préliminaires ont montré une **augmentation de 20% de la statistique**.

Mes travaux de tâches de services ont été reconnue par la collaboration de DØ, et j'ai été mis sur la liste des Auteurs.



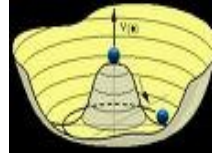
# Analyse



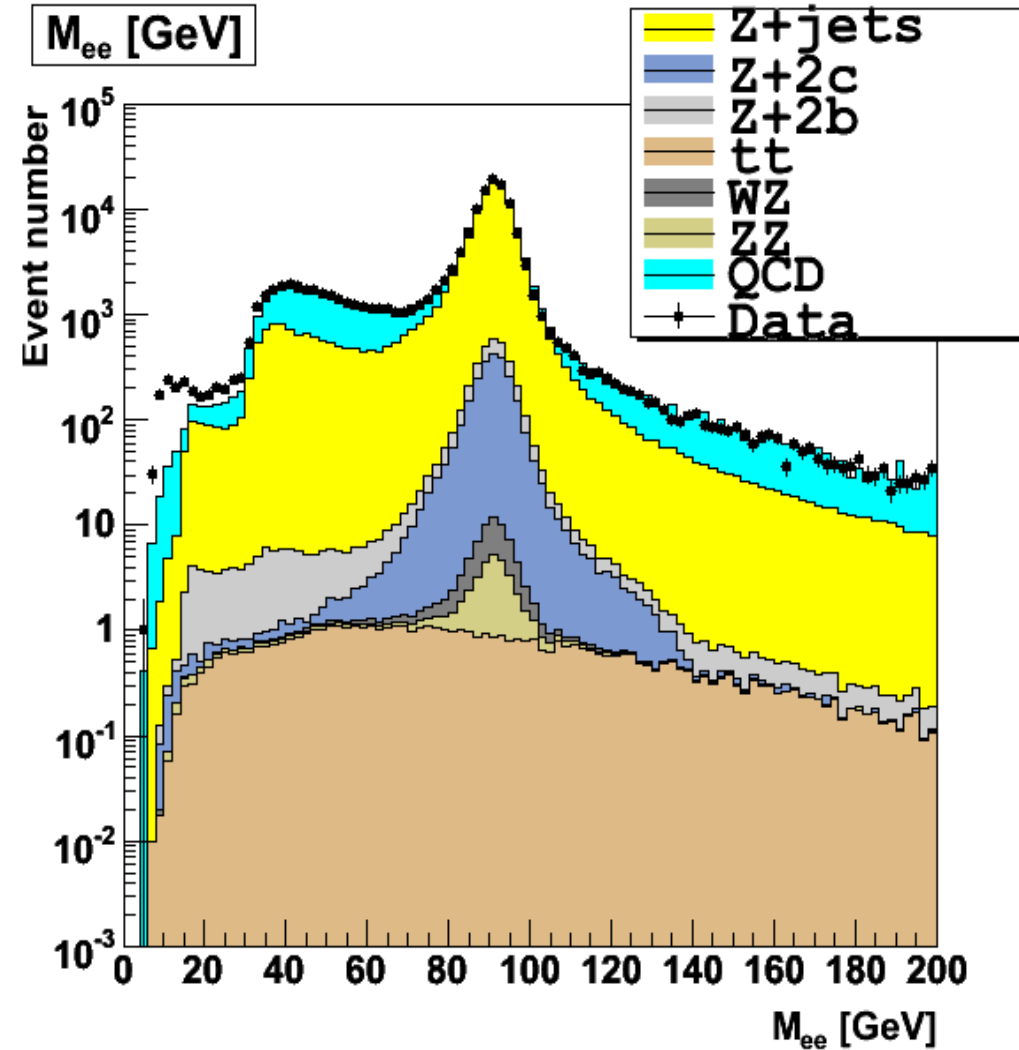
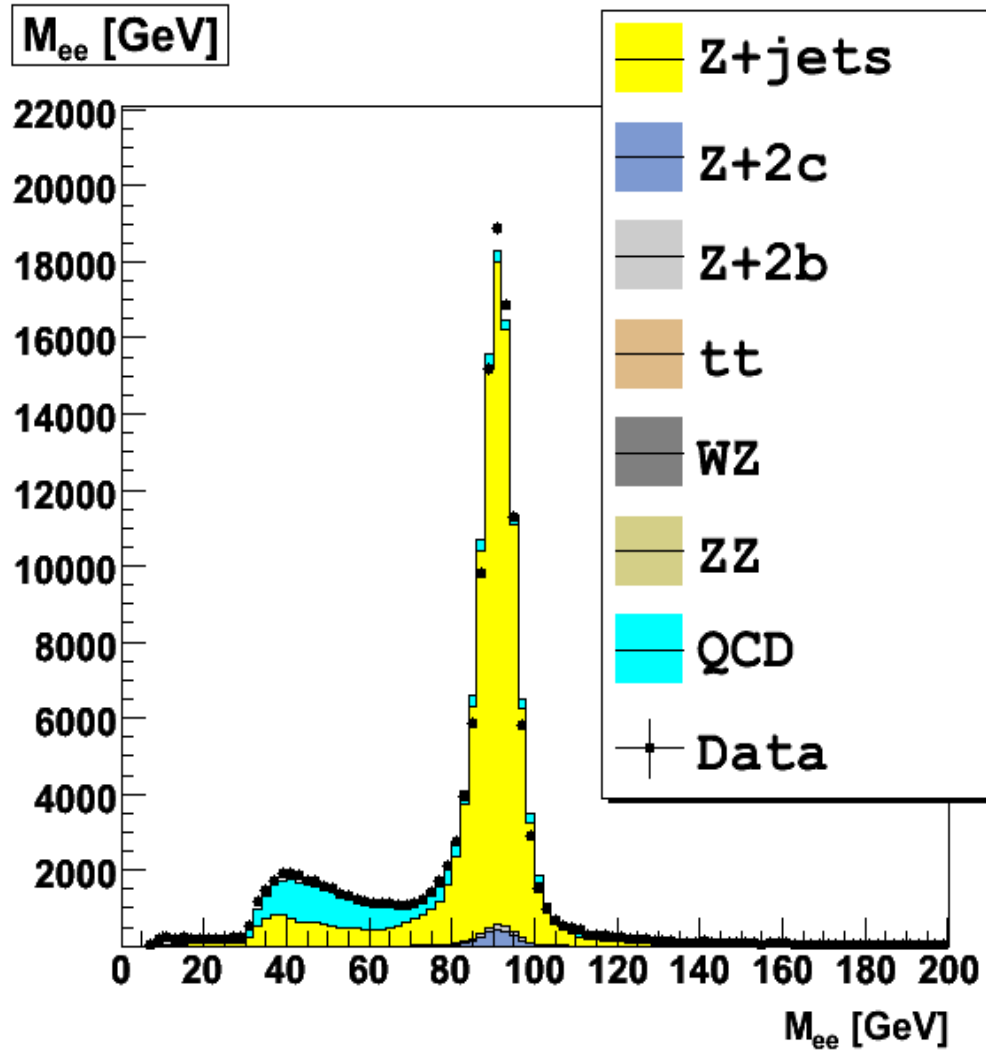
1. Reconstruction de la masse du Z avec 2 e dans le calorimètre.
2. Reconstruction de la masse du Z avec 1 e dans le calorimètre et 1 e dans l'ICR.



# 1. Reconstruction de la masse du Z avec 2 e dans le calorimètre



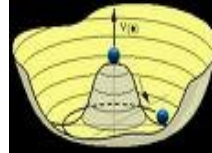
**But:** Identifier le boson Z dans le calorimètre et comparer les quantités obtenue avec les prévisions du modèle standard.



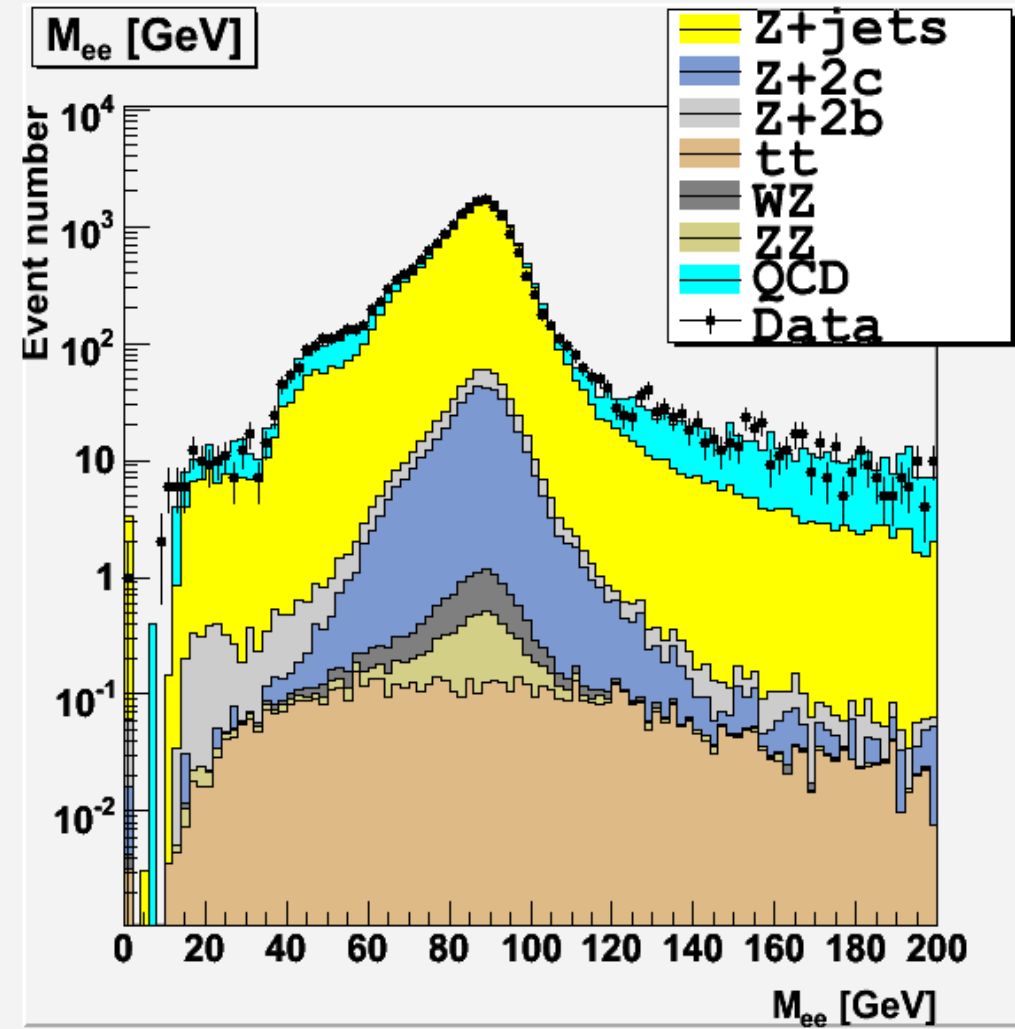
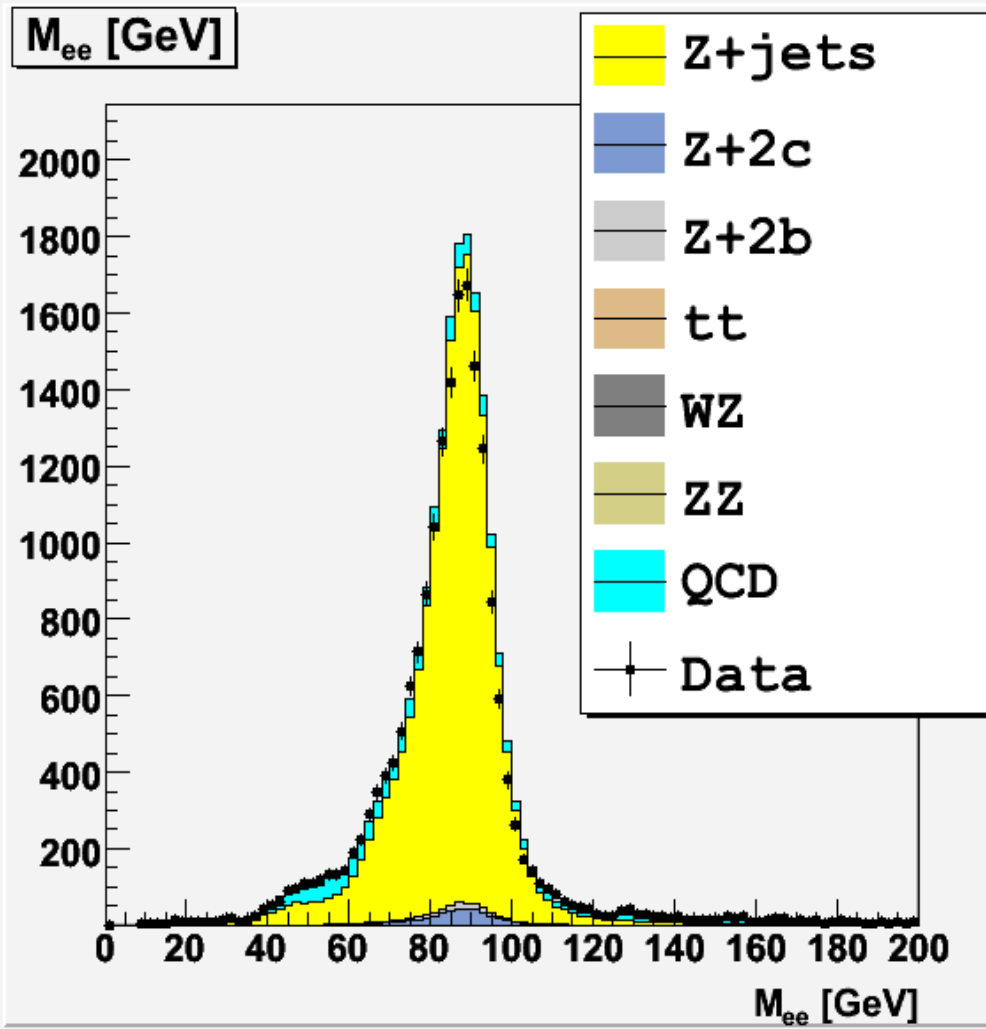
→ Nous avons un bon accord entre données et les prévisions.



## 2. Reconstruction de la masse du Z avec 1 e dans le calorimètre et 1 e dans l'ICR

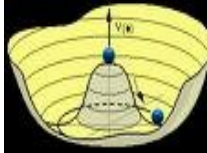


**But:** Identifier le boson Z dans le calorimètre et l'ICR et comparer les quantités obtenue avec les prévisions du modèle standard.



→ Nous avons un bon accord entre données et les prévisions.

# Etat sur l'analyse que j'ai commencée et perspective



## Etat:

Nous avons un bon accord entre nos données et les prévisions du Modèle standard, lors de la reconstruction de la masse du  $Z$  dans le calorimètre et dans L'icr du détecteur.

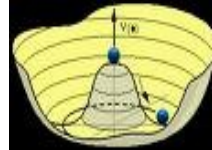
## Perspective:

Il reste à identifier le Higgs en utilisant les propriétés des jets issus de la désintégration du Higgs. La variable principale est la masse invariante de  $bb$ , qui doit montrer un pic à la masse du Higgs.

Pour utiliser toutes les informations, je vais inclure cette première ainsi que d'autres variables dans un réseau de neurone, qui doit être à la sortie 1 pour le signal et 0 pour le bruit de fond.

Pour finir je vais entrer cette distribution dans un logiciel "collie" qui déterminera la limite supérieure de la réaction de production du Higgs du Modèle Standard.



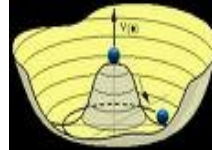


Je remercie tout le groupe DØ du CPPM,

(**E. Nagy, A-F Barfuss, S. Kermiche ...**)

ainsi que la collaboration de DØ.





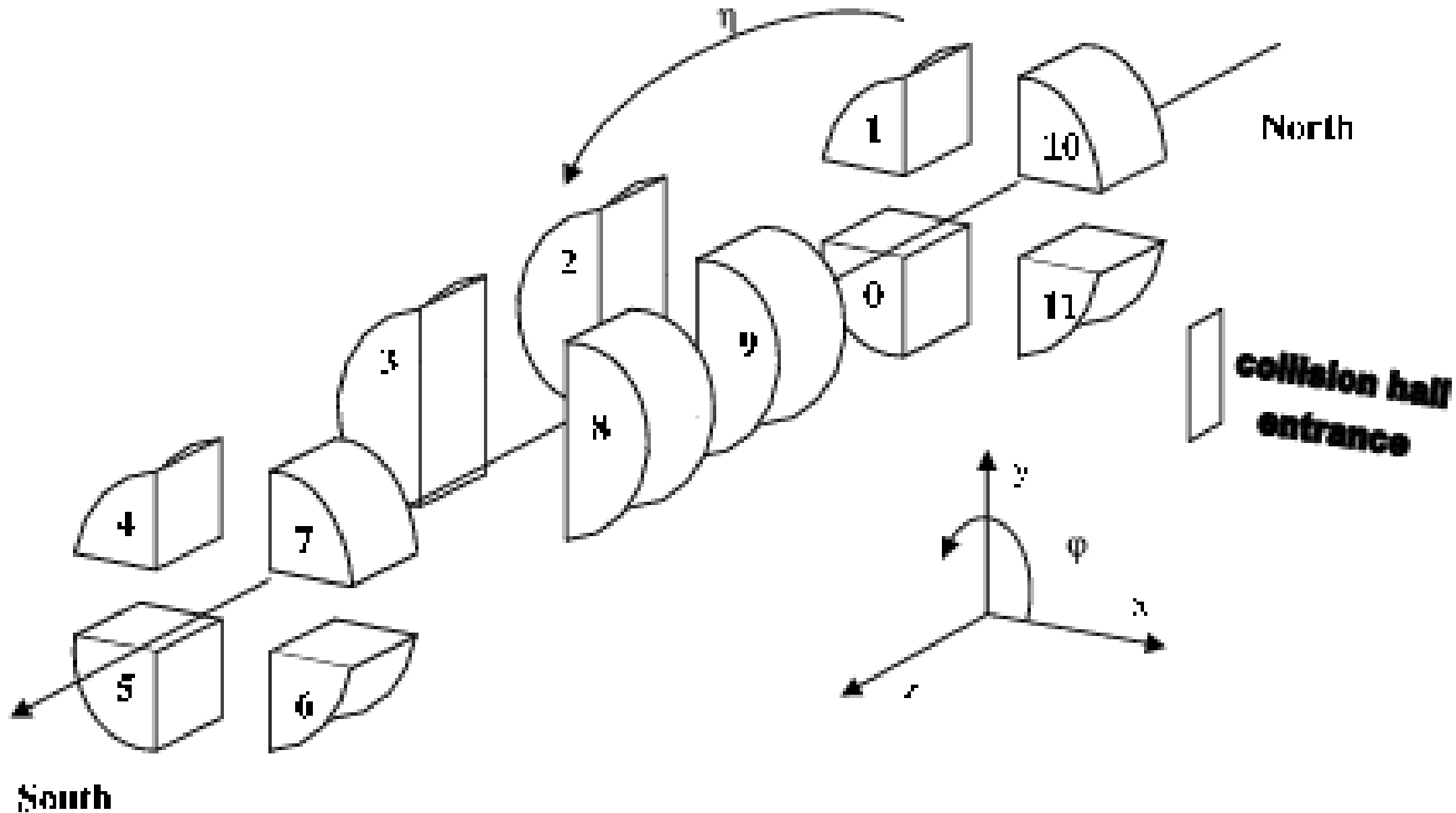
# Transparents de réserve

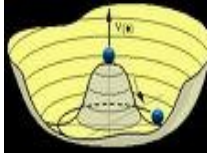




# Subdivision du calorimètre

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





## Vloose

- $\text{IsoE0}/e < 0.15$
- $\text{emfr} > 0.90$
- $\text{IsoHC4} < 3$
- $\text{hmx7} < 50$

“Very Loose” première coupure appliquée sur les e:  $\epsilon_s$  élevée,  $\epsilon_b$  élevée

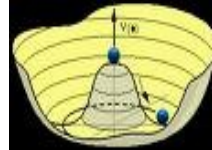
## Tight

- $\text{IsoE0}/e < 0.15$
- $\text{emfr} > 0.90$
- $\text{IsoHC4} < 3$
- $\text{NNout3}_{ec} > 0.6$
- $\text{sigphi} < (7.3 \cdot (dn)^2 - 35.9 \cdot |dn| + 45.7)$
- $\text{lhood8}_{p20} > 0.85$

“Tight” dernière coupure appliquée sur les e:  $\epsilon_s$  moins élevée et  $\epsilon_b$  faible



# V11 EMID cuts apply on ZH(115 Gev)



## Vloose:

Isolation\_CC: 0.10  
Isolation\_EC: 0.10  
EMFraction\_CC: 0.95  
EMFraction\_EC: 0.95  
HMx7\_CC: 35  
HMx7\_EC: 35  
IsoHC4\_CC: 3.5  
IsoHC4\_EC: 3.5  
pT: 15

## Loose: VLoose+

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

## Mloose1:

Isolation\_CC: 0.07  
Isolation\_EC: 0.10  
EMFraction\_CC: 0.97  
EMFraction\_EC: 0.95  
HMx7\_CC: 25  
HMx7\_EC: 35  
IsoHC4\_CC: 2.5  
IsoHC4\_EC: 2.0  
TrkMatchChi2\_CC: 0.001  
EMHits\_e\_f\_CC: 0.4  
NNout7\_CC: 0.2  
Sigphi\_EC: 20.  
pT: 15

## Mloose2: MLoose1+

EMHits\_e\_f\_CC: 0.5  
NNout7\_CC: 0.6

## Medium:

Isolation\_CC: 0.07  
Isolation\_EC: 0.10  
EMFraction\_CC: 0.97  
EMFraction\_EC: 0.95  
HMx7\_CC: 25  
HMx7\_EC: 35  
IsoHC4\_CC: 2.5  
IsoHC4\_EC: 2.0  
NNout7\_CC: 0.6  
Sigphi\_EC: 20.  
LHood\_CC: 0.2  
TrkMatchChi2\_EC: 0.0  
pT: 15

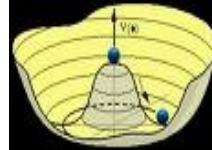
## Tight: Medium+

LHood\_CC: 0.8





# Definition des variables utilisees



IsoE0/e: isolation du cluster

emfr: fraction d'energie deposee dans la partie EM du calo.

Prbtrk: Probabilite d'associer une trace a un obj. elec.

emhits\_e\_f\_discriminant: discriminant entre un "vrai" et un "faux"  $e^-$

hmx7: Probabilite d'associer un obj. elec. a un  $e^-$

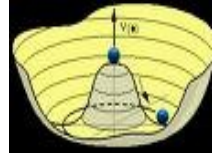
NNoutx: Reseaux de neuronne avec x variable en entree

sigphi(sigz): (Largeur de l'obj. elec. dans l'espace  $r \times \Phi(r \times z)$  dans la 3<sup>eme</sup> couche du cal.

Lhood8: l'inverse de la probabilite qu'un obj. elec soit un  $e^-$



# Calcul des facteurs de corrections

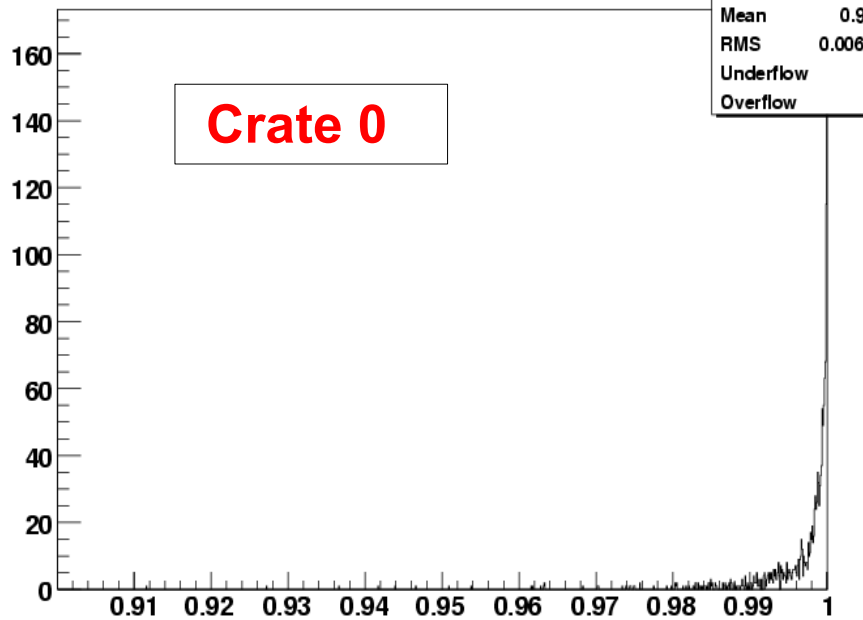


- Les facteurs de correction sont calculés avec l'ajustement du rapport des signaux **N/L**, **N/E** et avec la **forme du signal simulé**.



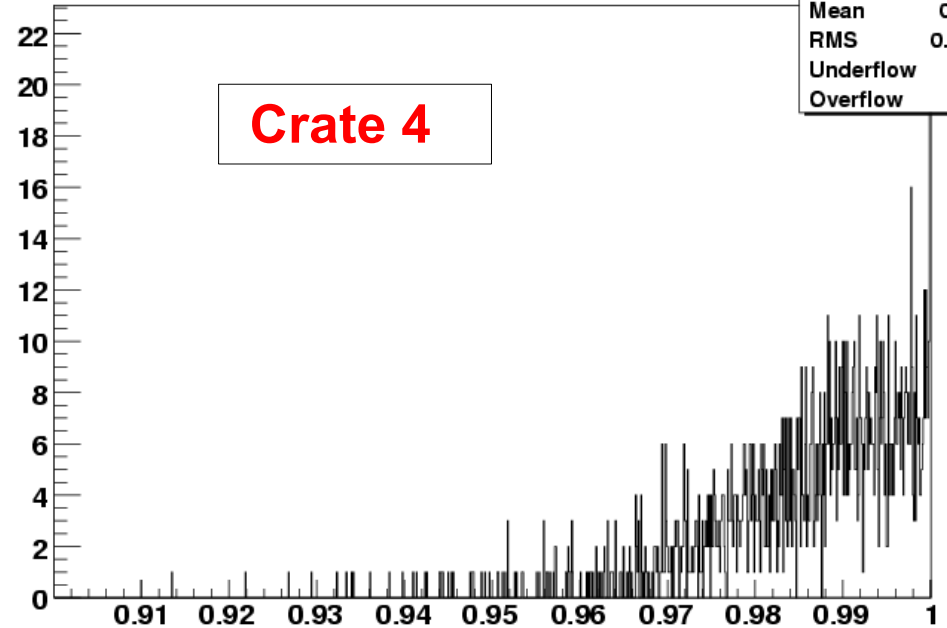
Exemple de distribution des facteurs de correction

timing correction for crate 0



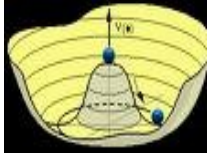
Facteurs de correction

timing correction for crate 4



Facteurs de correction

# Comparaison p17 et p20 (e , ec)



Définition	p20	p17
VLoose	$\epsilon_s \approx 0.96$	$\epsilon_s \approx 0.97$
Loose	$\epsilon_s \approx 0.95$	$\epsilon_s \approx 0.96$
Medium	$\epsilon_s \approx 0.85$	$\epsilon_s \approx 0.80$
Tight	$\epsilon_s \approx 0.58$	$\epsilon_s \approx 0.75$



# Comparaison p17 et p20 (e , cc)

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	$\epsilon_s \approx 0.50$	$\epsilon_s \approx 0.85$

