



Soutenance de thèse en vue de l'obtention du grade de
docteur de l'Université Paris 6 – Pierre & Marie CURIE

Jean-Roch VLIMANT

Membres du jury

Barbro ASMAN

Jean-Eudes AUGUSTIN

Ursula BASSLER

Jacques CHAUVEAU

Arnulf QUADT

Sylvie ROSIER

Directeur de thèse

Rapporteur

Rapporteur

Soutenance de thèse en vue de l'obtention du grade de
docteur de l'Université Paris 6 – Pierre & Marie CURIE



Mesure de la section efficace de production de
paires de quarks top/anti-top dans des collisions
protons/anti-protons à \sqrt{s} égale à 1.96 TeV
auprès de l'expérience DØ.



Plan de l'exposé

- I. Le Tevatron
- II. Production de quarks top
- III. Le détecteur DØ
- IV. Traitements du signal
- V. L'analyse des données
- VI. Conclusions



Fermilab sous la neige

Le Tevatron

Collisionneur protons/anti-protons
2km de diamètre, aimants supraconducteurs

- Phase RunI (1992-1996)

- 1.8 TeV dans le centre de masse
- Luminosité : record $23 \mu\text{b}^{-1}\text{s}^{-1}$, intégrée : 100pb^{-1}
 - découverte du quark top (1995), ...

- Phase RunII (2001)

- 1.96 TeV dans le centre de masse
- Luminosité : record $120 \mu\text{b}^{-1}\text{s}^{-1}$, intégrée : 1000pb^{-1}
 - Recherche du boson de Higgs, de la production électrofaible du top, ...
 - Recherche de dimensions supplémentaires, de partenaires supersymétriques, ...
 - Mesures électrofaibles sur les bosons Z et W
 - Mesures des propriétés du quark top

Vue aérienne du Tevatron

Le quark top

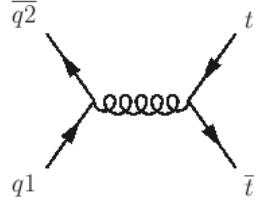
- Quark **up** de la troisième génération
- Partenaire électrofaible du quark b (5GeV)
- Masse : 178 ± 4.3 GeV
 - Corrections radiatives : contrainte électrofaible sur la masse du boson de Higgs
 - Sensible à la nouvelle physique
- $BR(t \rightarrow Wb) \sim 100\%$
- $BR(t \rightarrow Wd, Ws) \sim 2\%$
- Autres désintégrations possibles
 - $BR(t \rightarrow cH^0) \sim 10^{-7}$
 - $BR(t \rightarrow cg) \sim 10^{-10}$

Quarks	u up	c charm	t top
	d down	s strange	b bottom
Leptons	ν_e e- Neutrino	ν_μ μ- Neutrino	ν_τ τ- Neutrino
	e electron	μ muon	τ tau
			I II III The Generations of Matter

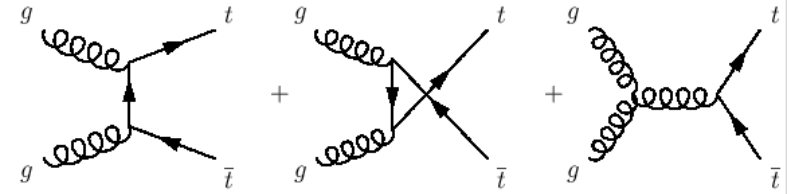
Nébuleuse planétaire « Cat's Eye »

Production de paires de quarks top/anti-top

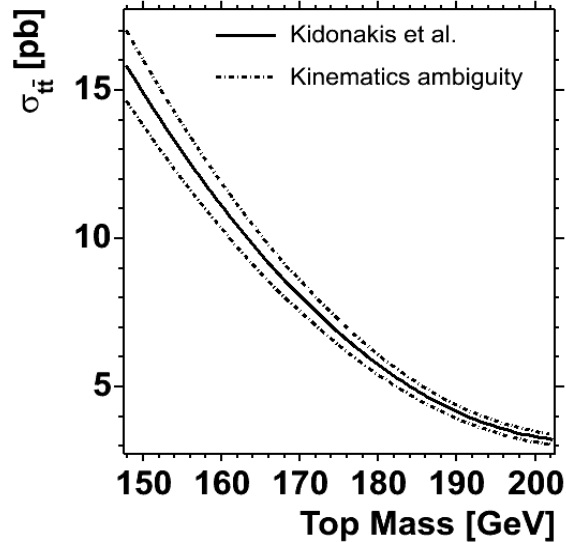
Anihilation de quarks (85%)



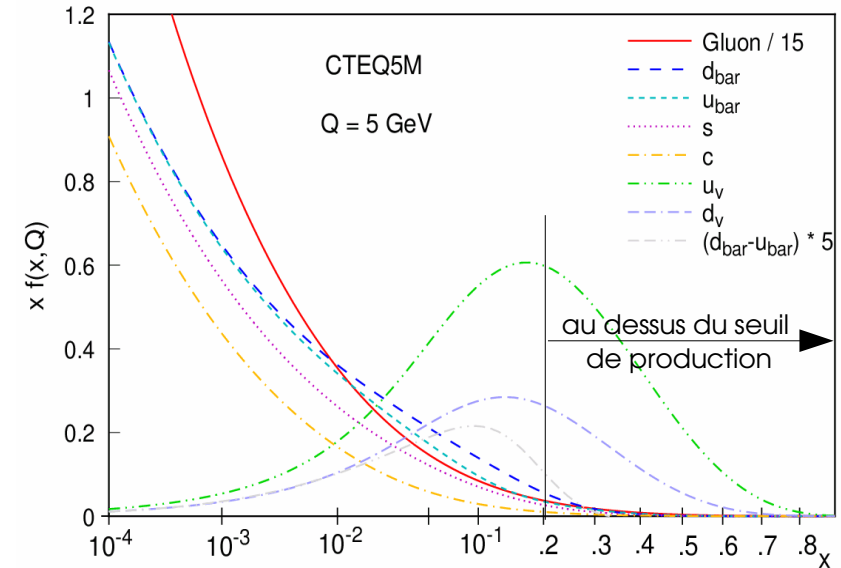
ou



fusion de gluons
(15%)



Prédiction théorique
 6.7 ± 0.8 pb
hypothèse de masse de 175 GeV
(hep-ph/0303085)



Pourquoi effectuer la mesure de la section efficace :

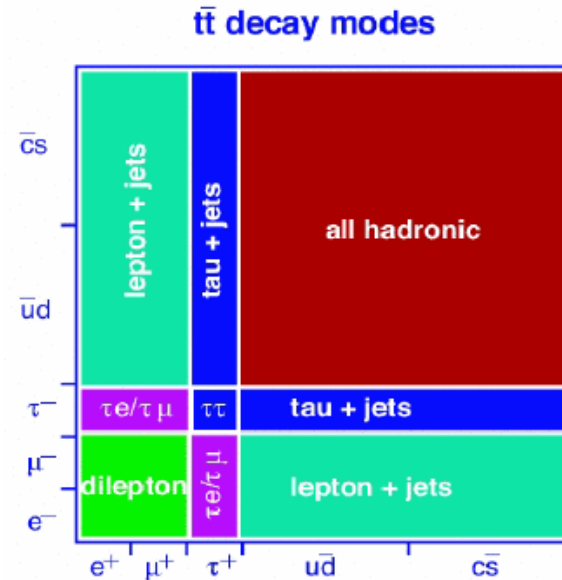
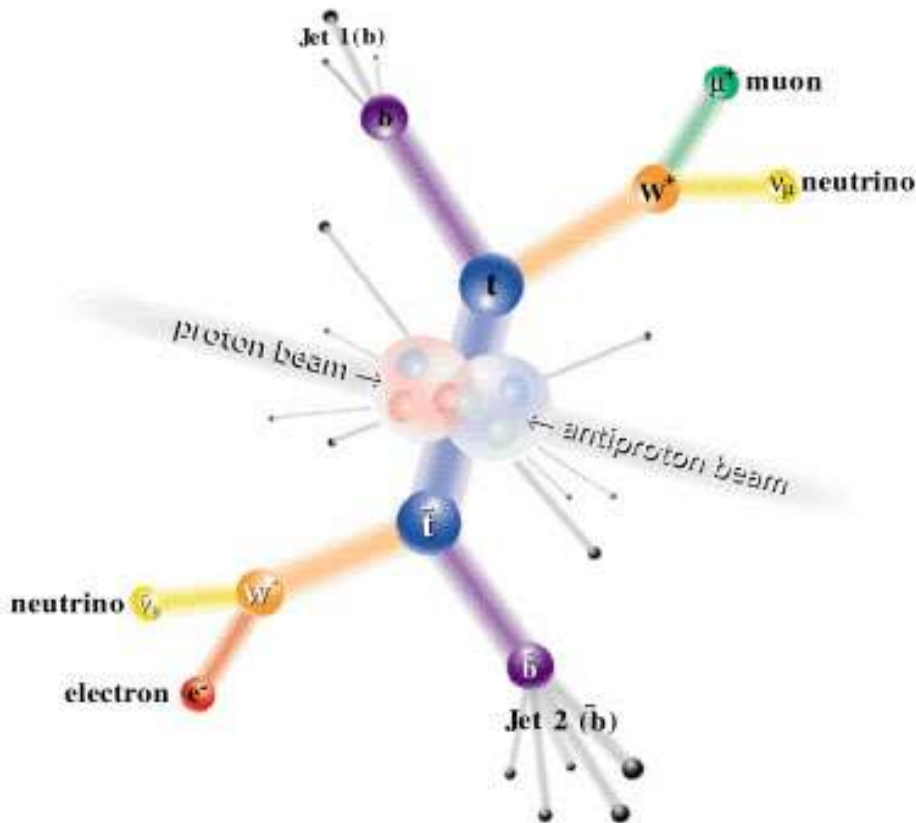
- Vérifier la présence de quark top dans l'étude de ses propriétés.
- Vérification de l'absence de déviation au Modèle Standard.
- Soustraction du bruit de fond dans d'autres analyses.

Canaux d'observation

Classification dictée par les modes de désintégration du boson W

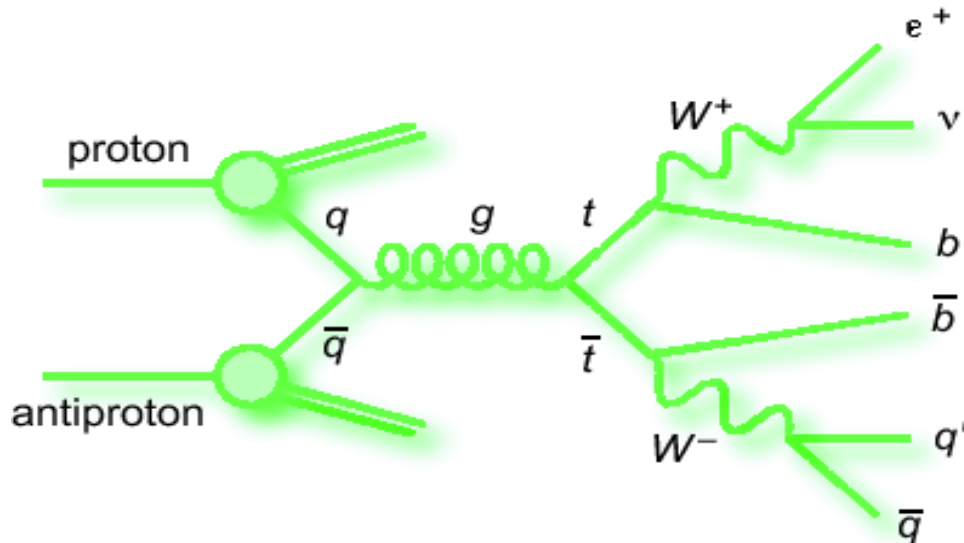
- 67% : paire de quarks
- 11% : lepton-neutrino

Au moins 2 jets de quark b.



- **Tout hadronique** : BR~45%
6 jets potentiels, pas de neutrino
Bruit de fond QCD important
→ $7.8 \pm 45\%$ (stat) $\pm 37\%$ (syst)
- **Bi-lepton** : BR~1.2%
2 jets potentiels, 2 leptons et 2 neutrinos
Canal très pur, mais peu d'évènements
→ $14.3 \pm 33\%$ (stat) $\pm 14\%$ (syst)
- **Lepton et jets** : BR~15%
4 jets potentiels, 1 lepton et 1 neutrino
→ Compromis stat/bruit de fond

Canal «é lectron+jets»



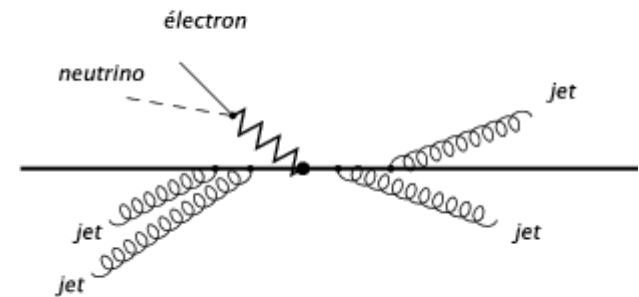
Signature expérimentale

- ✓ 1 électron provenant d'un boson W ou d'un lepton tau provenant d'un boson W
- ✓ Au moins 1 neutrino \Rightarrow énergie transverse manquante
- ✓ 4 quarks dans l'état final \Rightarrow plus ou moins 4 jets de hadrons

Rapport d'embranchement
 $BR(e+jets)=17.1\pm 0.2\%$

Bruits de fond

- W+jets : boson produit dans la collision , jets rayonnés à partir de l'état initial hadronique



- QCD : processus dur purement QCD avec un jet développant une gerbe électromagnétique.
 - $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$
 - $\eta \rightarrow 2\gamma$
 - $\eta \rightarrow 3\pi^0$
 - $\eta \rightarrow \pi^0\pi^0\eta$
 - ...

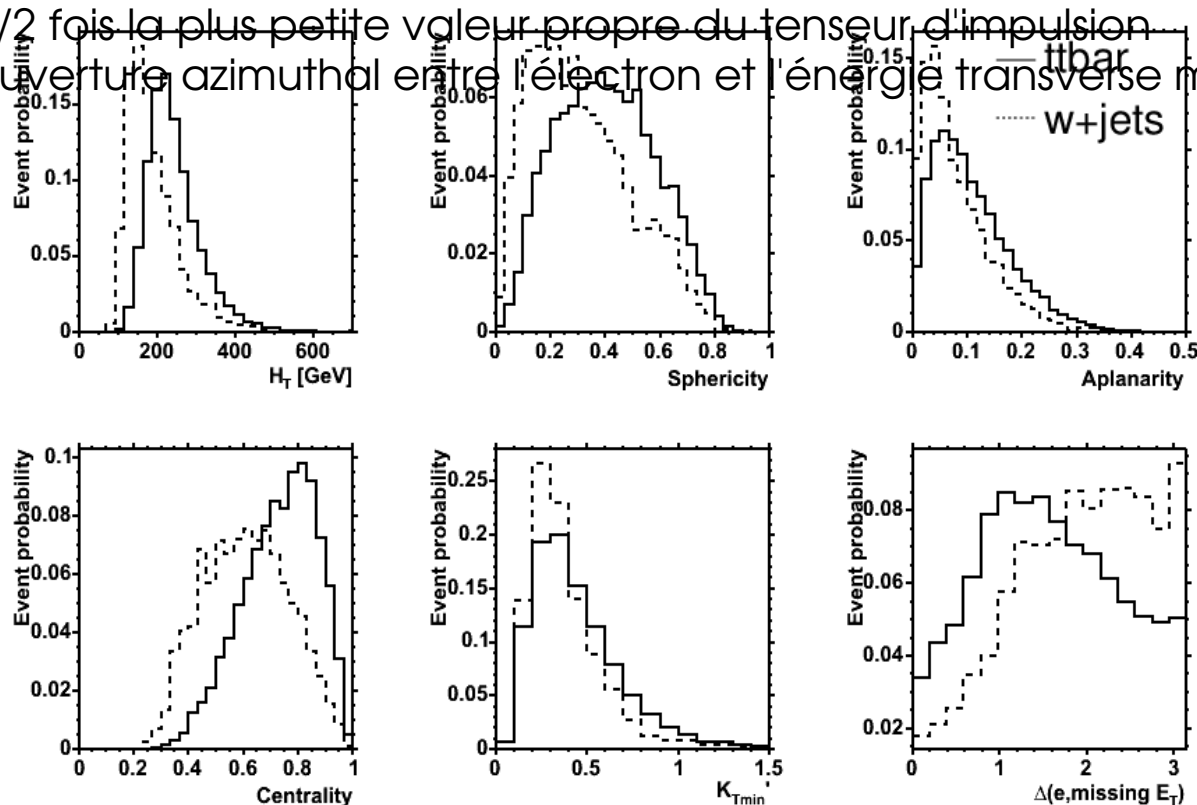
Variables topologiques (a)

Seulement avec les jets

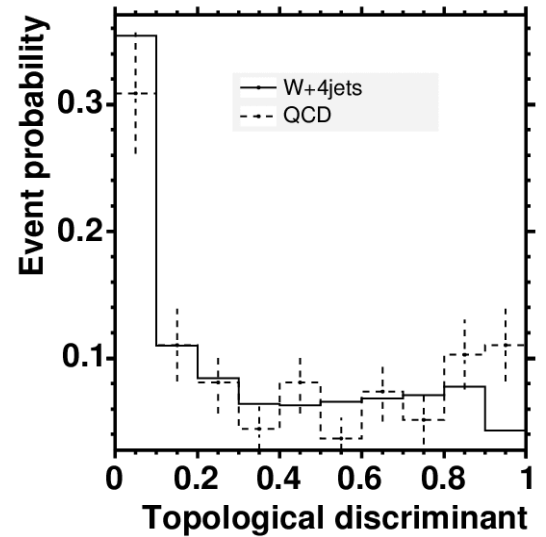
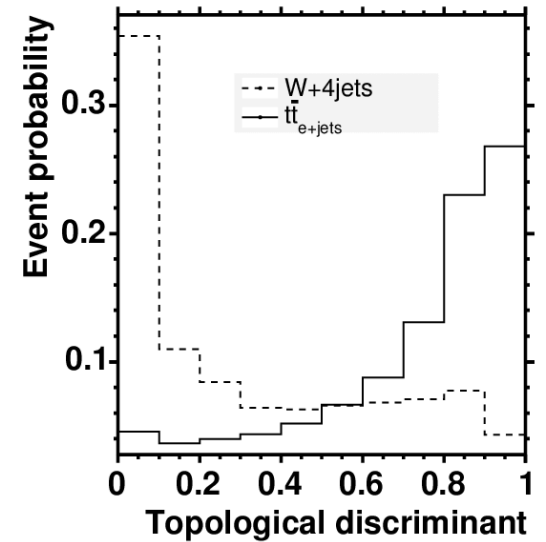
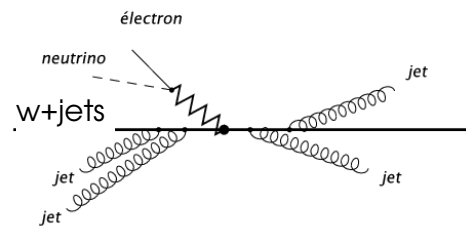
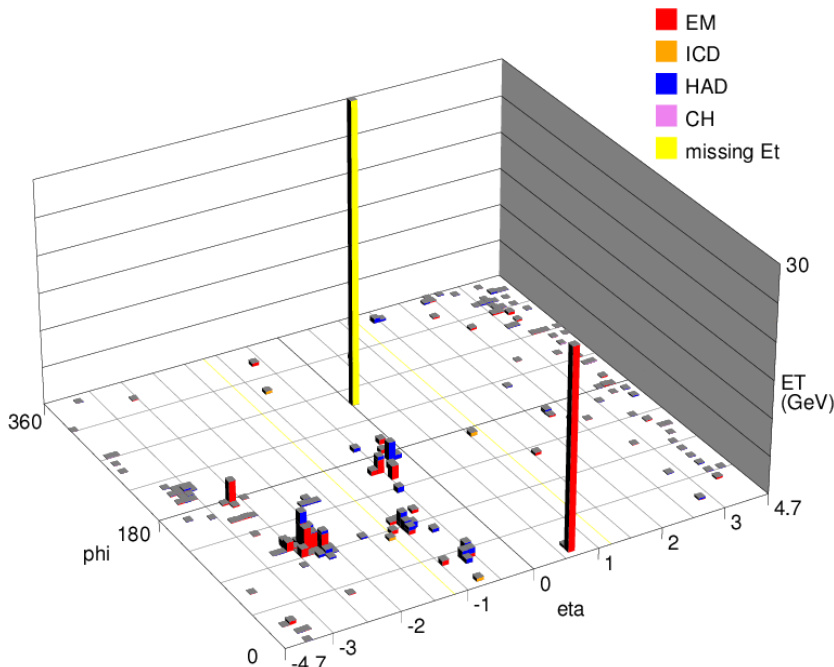
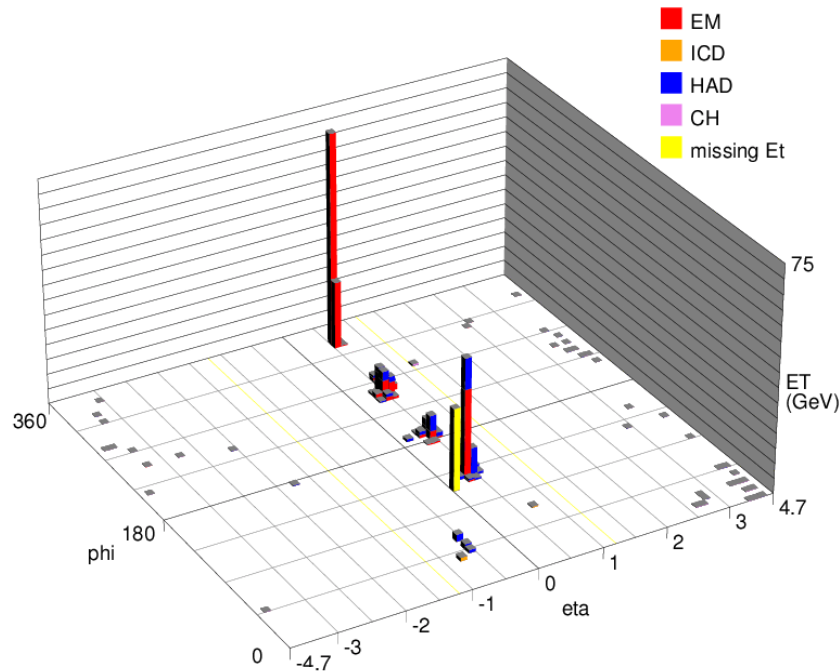
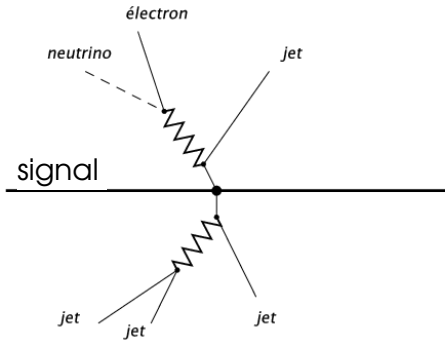
- H_T : somme de l'énergie transverse des jets
- **Centralité** : H_T/H ; H est la somme de l'énergie des jets
- **Sphéricité** : 3/2 fois la somme des deux plus petites valeurs propres du tenseur d'impulsions
- K'_{Tmin} : impulsion transverse minimum des jets projetée sur le jet le plus proche, relativement à la somme de l'impulsion transverse de l'électron et de l'énergie transverse manquante

Avec les jets et l'électron

- **Aplanarité** : 3/2 fois la plus petite valeur propre du tenseur d'impulsion
- $\Delta\phi(\mathbf{e}, MET)$: ouverture azimuthal entre l'électron et l'énergie transverse manquante



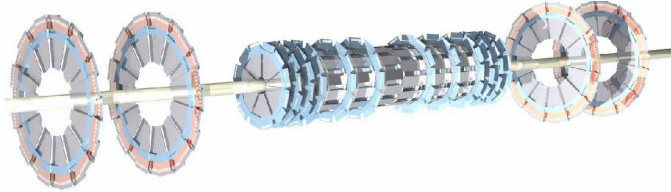
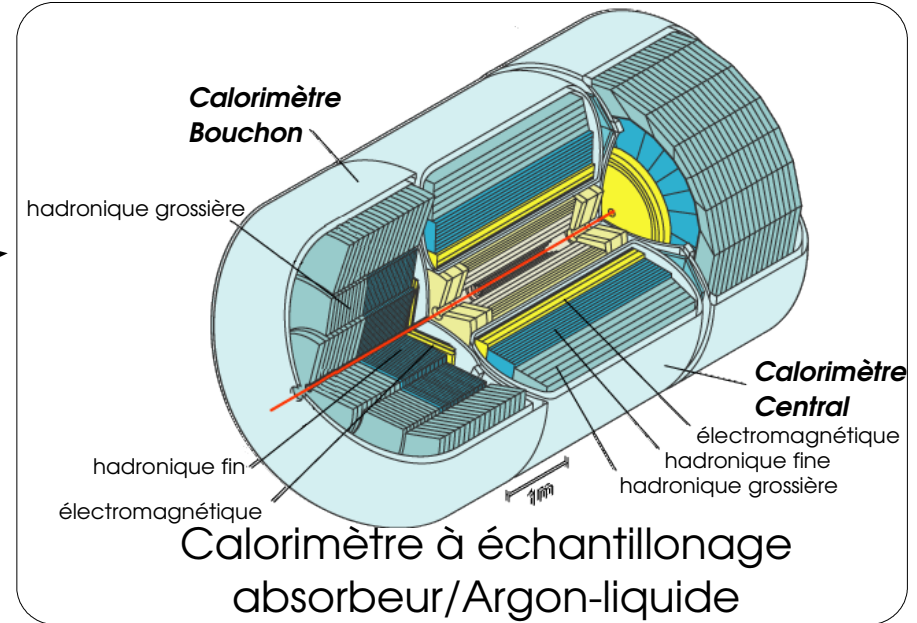
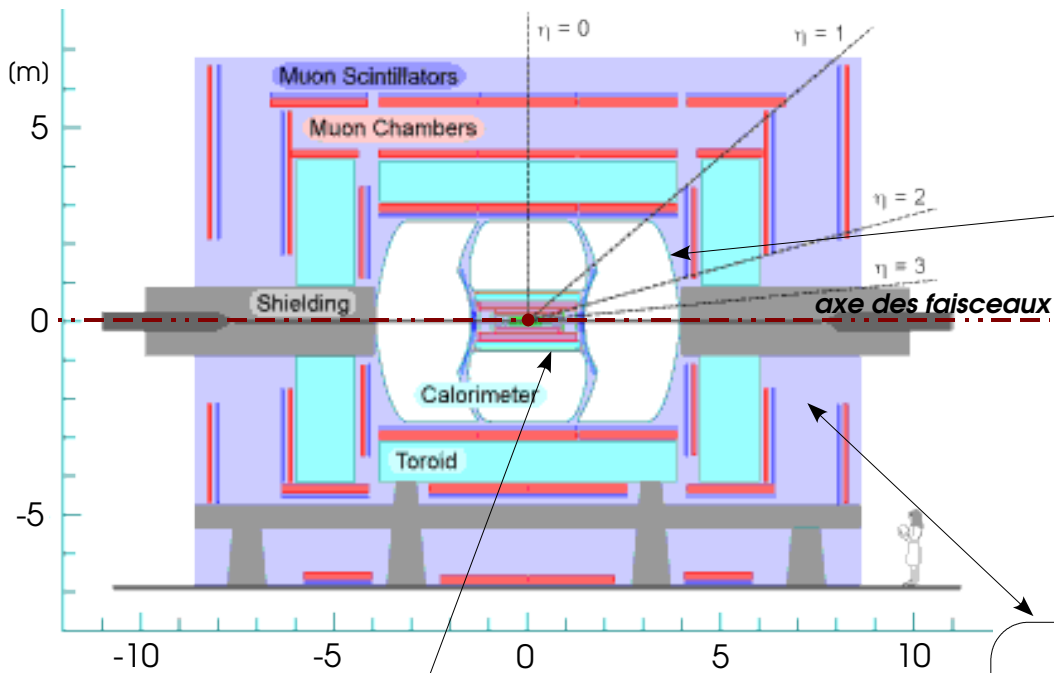
Variables topologiques (b)



Permet de discriminer le signal et les bruits de fond

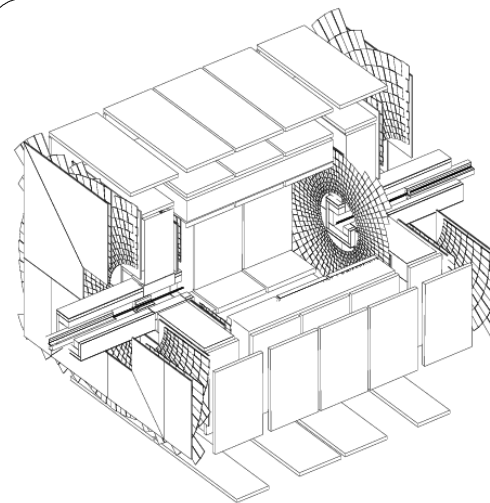


Le détecteur DØ



- Détecteur de vertex à micropistes de silicium
- Trajectographe à fibres scintillantes (non représenté)

Solénoïde supraconducteur : 2 Tesla, longitudinal



Spectromètre à muons
Electroaimant au fer :
1.8 Tesla, toroïdal

Déclenchement
à 3 niveaux

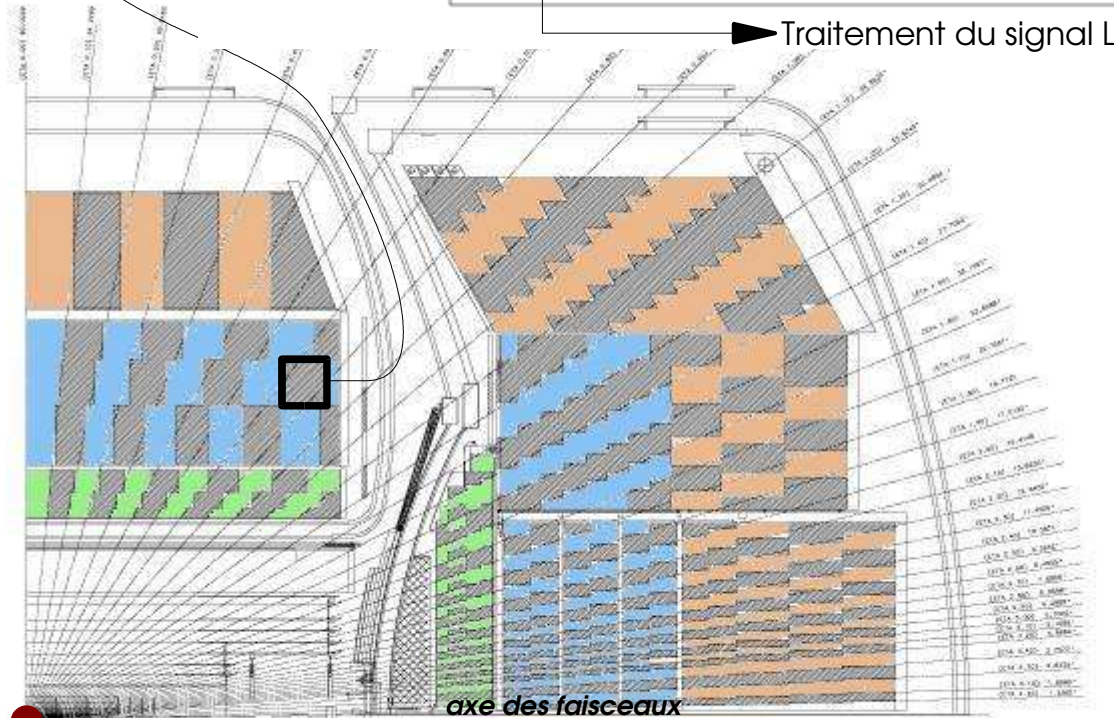
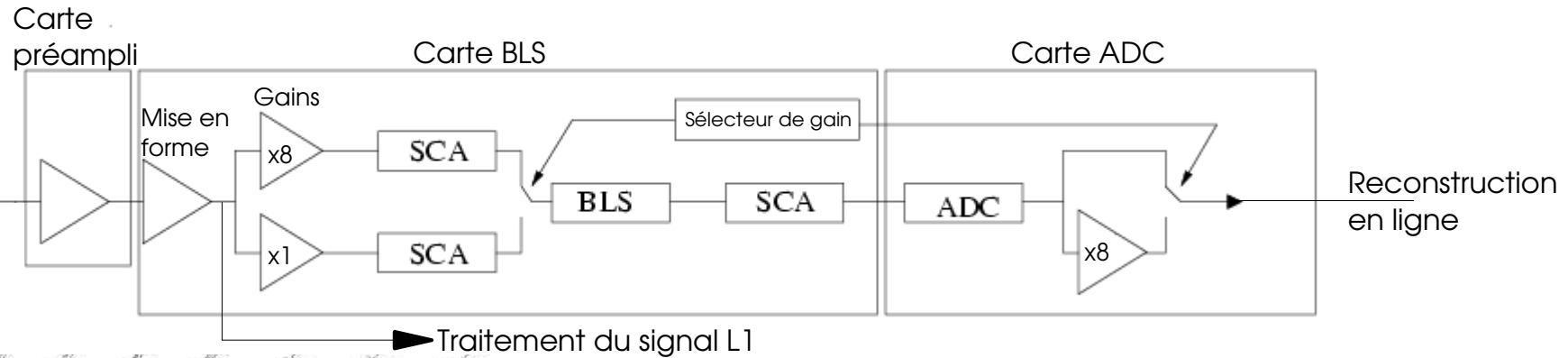
→ Collisions des paquets
de protons **2.5 MHz**

→ L1. Calo., traces et
muons **2 kHz**

→ L2. Calo., traces,
muons et **vertex 800 Hz**

→ L3. Reconstruction en
ligne **50 Hz**

Le calorimètre de DØ



Chaîne de lecture

- Préamplification
- Mise en forme
- Signal de déclenchement L1
- Choix du gain
- Mémoires analogiques (SCA L1)
- L1 → Soustraction de ligne de base (BLS)
- Mémoires analogiques (SCA L2)
- L2 → Digitalisation (ADC)
- Reconstruction en ligne
- L3 → Enregistrement sur bandes

3 sections

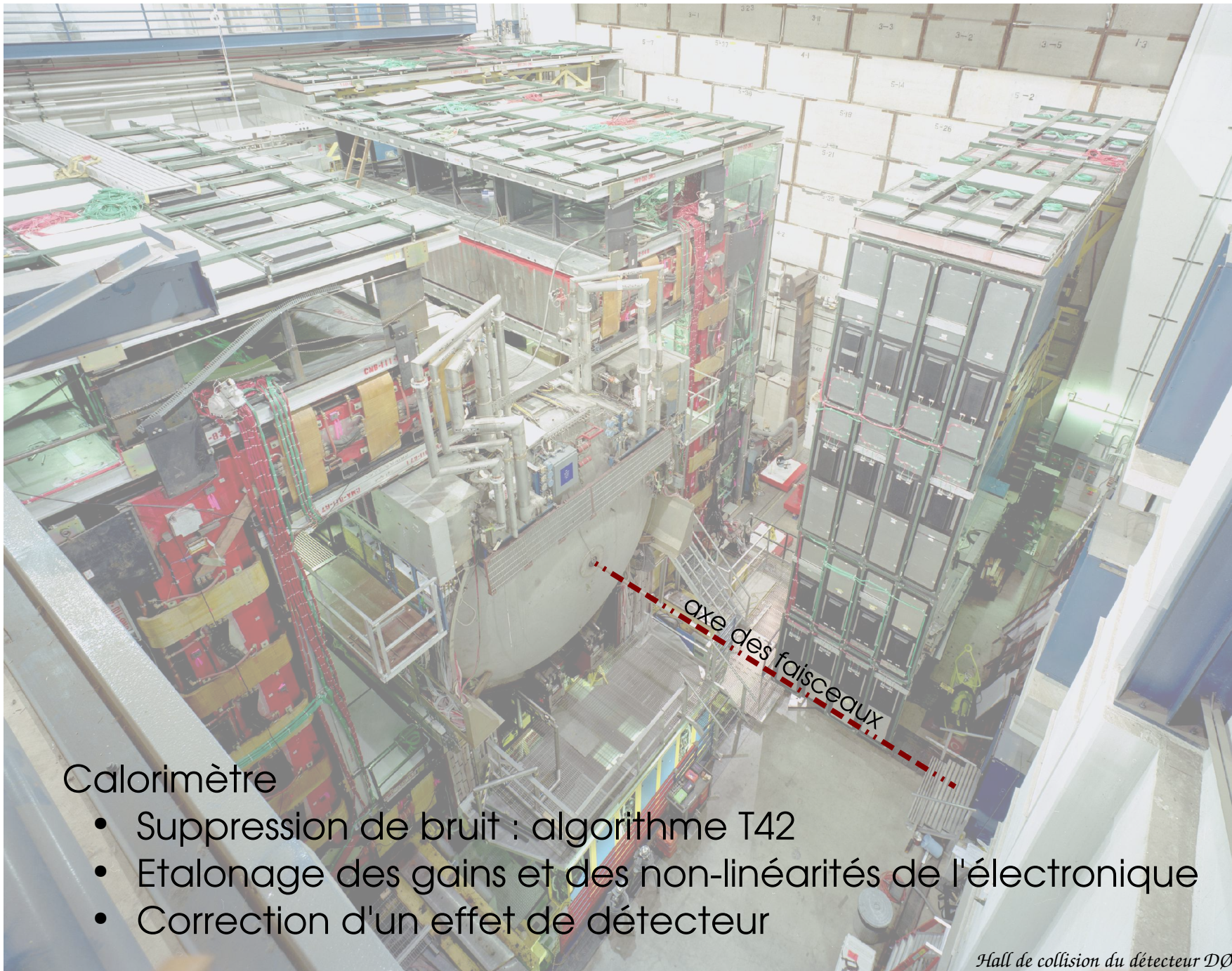
Electromagnétique (Ur/Ar)
 Hadronique fin ($Cu-No/Ar$)
 Hadronique grossière (Fe/Ar)

On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va l'observer

- Détecteur DØ
- Principalement le calorimètre



Fermilab à la tombée de la nuit



Calorimètre

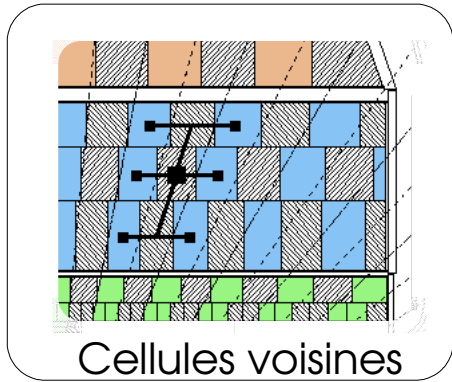
- Suppression de bruit : algorithme T42
- Etalonnage des gains et des non-linéarités de l'électronique
- Correction d'un effet de détecteur

Hall de collision du détecteur DØ

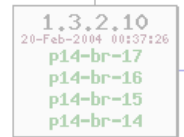
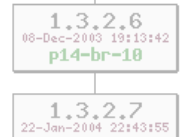
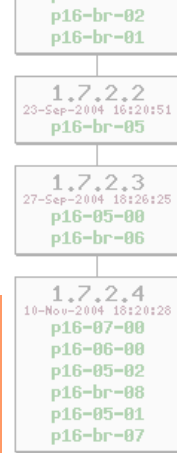
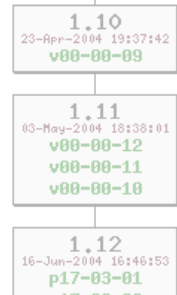
Suppression de bruit : algorithme T42 (a)

Bruit électronique gaussien de largeur σ_{ped}

- Elec. ~50 MeV
- Had. fine ~90 MeV
- Had. grossière ~300 MeV



Principe:
Garder les cellules de plus de $4\sigma_{ped}$ et leurs voisines directes de plus de $2.5\sigma_{ped}$

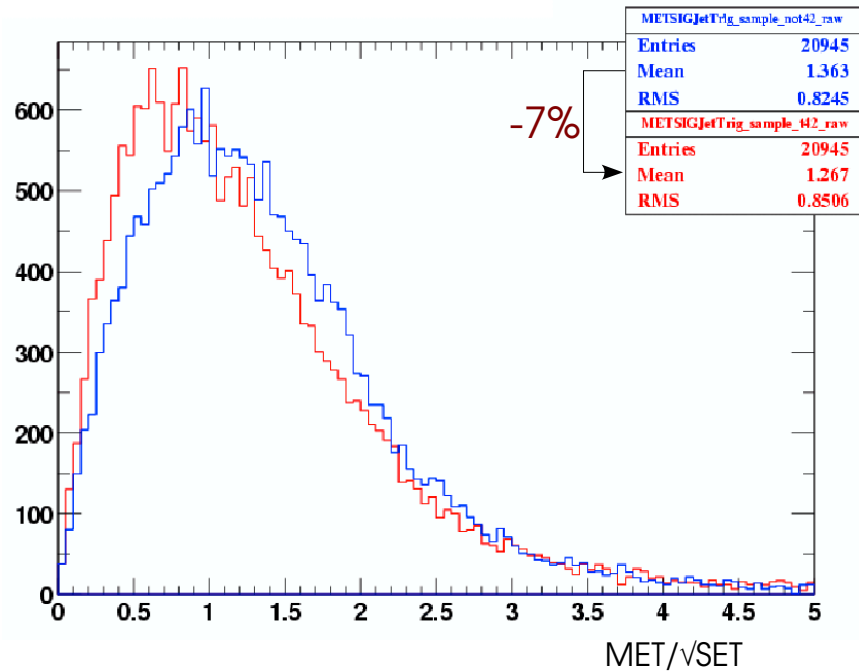
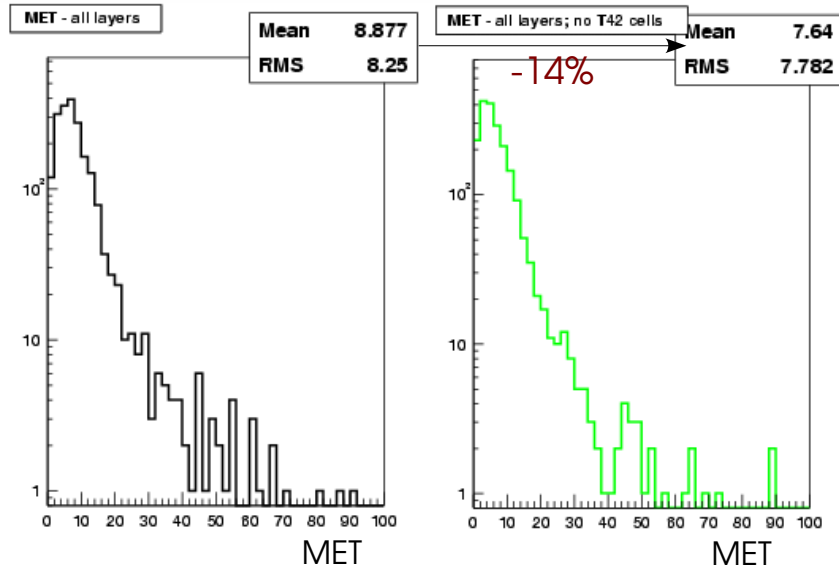
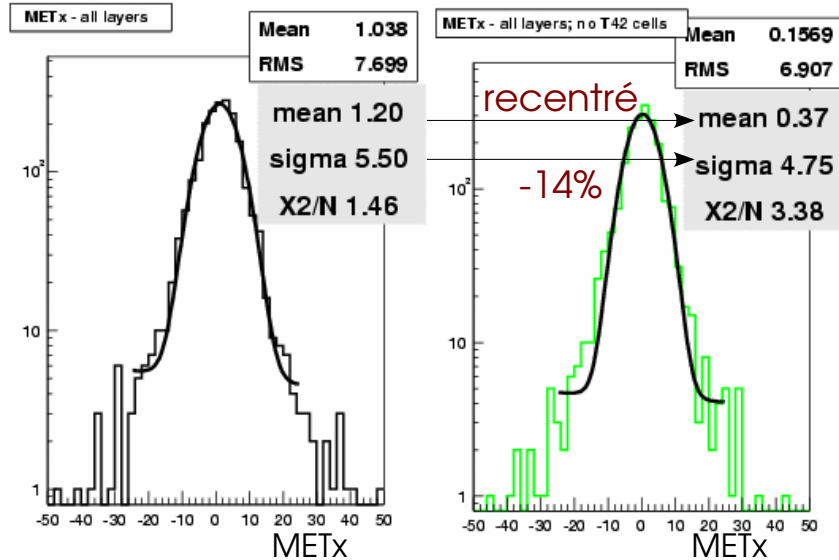


- Implémentation et suivi sur plusieurs versions de la reconstruction
- Complexité linéaire pour optimiser le temps de calcul nécessaire
- Portage des outils dans un autre programme calorimétrique

→ Utilisé pour les analyses $D\emptyset$ depuis l'hiver 2004

Effet de l'algorithme T42 (b)

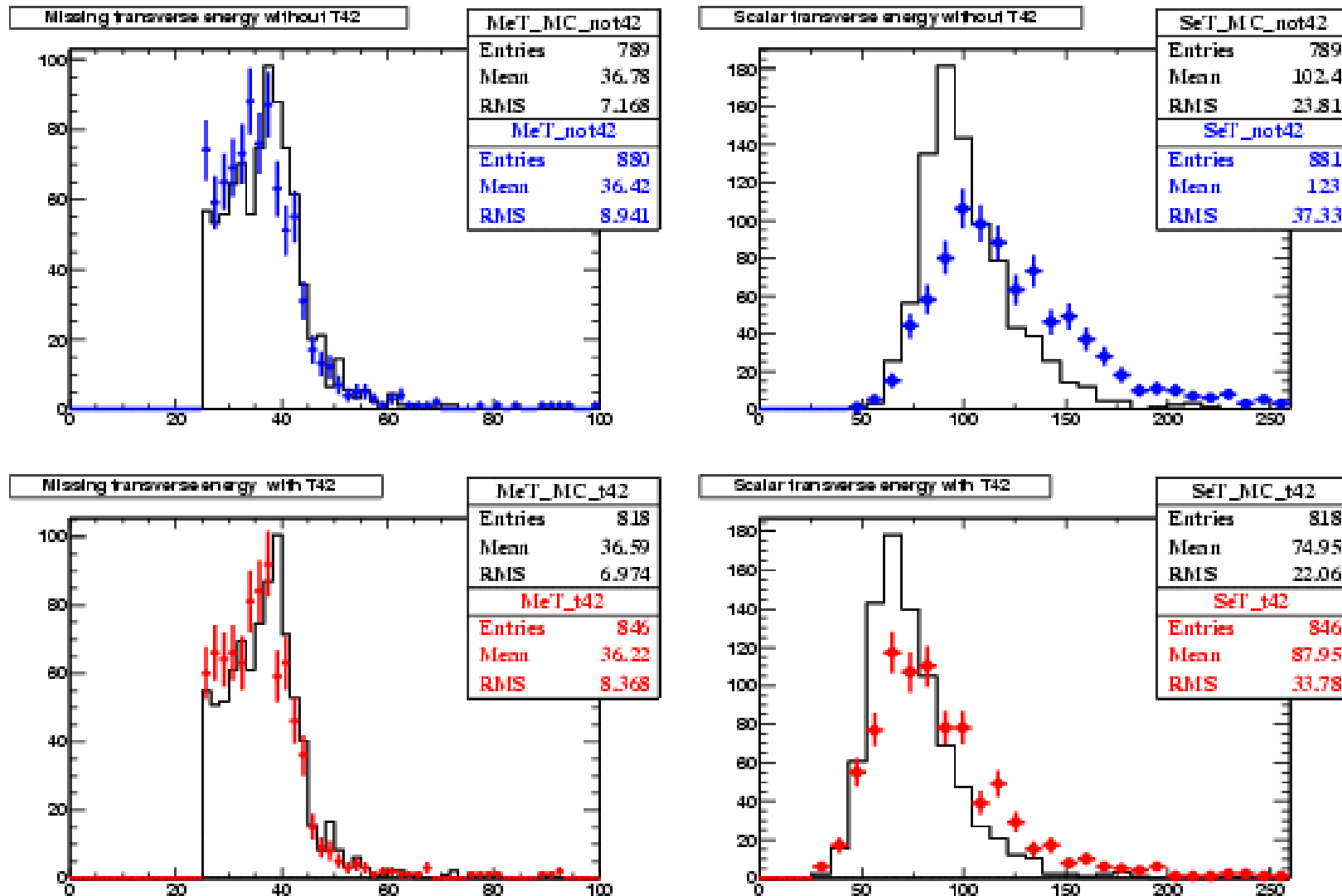
Améliore significativement la mesure de l'énergie transverse manquante



Distributions pour des données pauvres en production de neutrinos

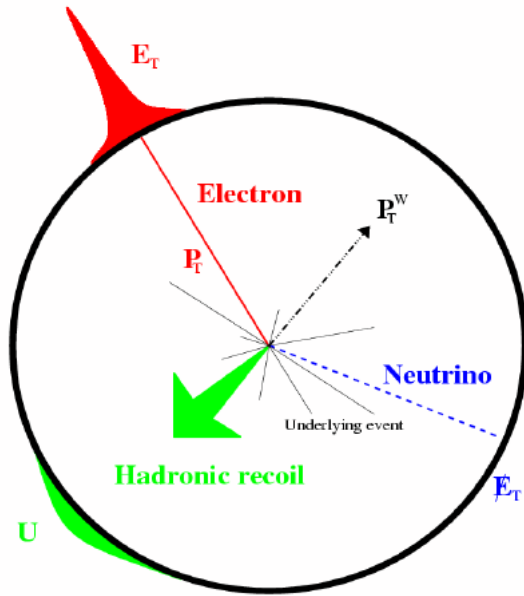
Effet de l'algorithme T42 (c)

Améliore la comparaison données/simulation sur la mesure de l'énergie dans le calorimètre.

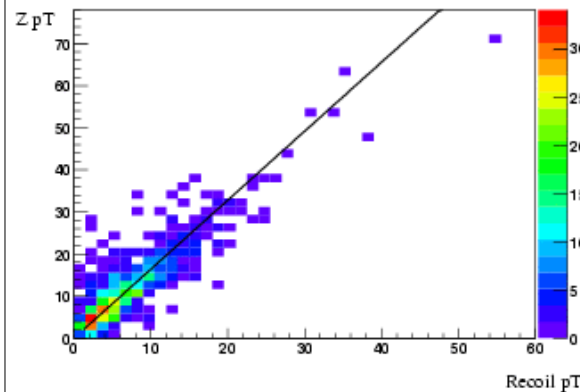


Effet de l'algorithme T42 (d)

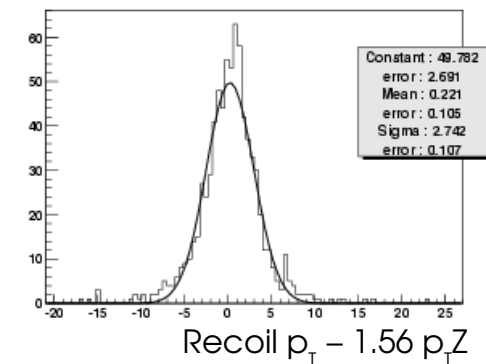
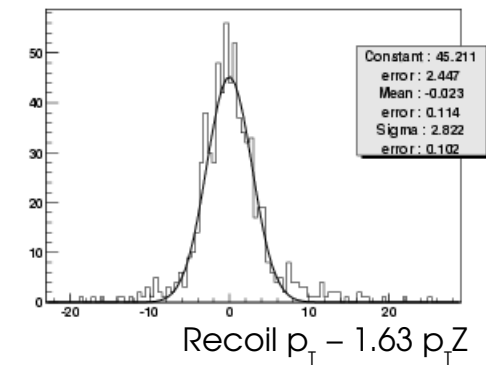
Cinématique du boson W
extraite de la mesure du recul
hadronique



Étalonnage du recul en
fonction du boson Z



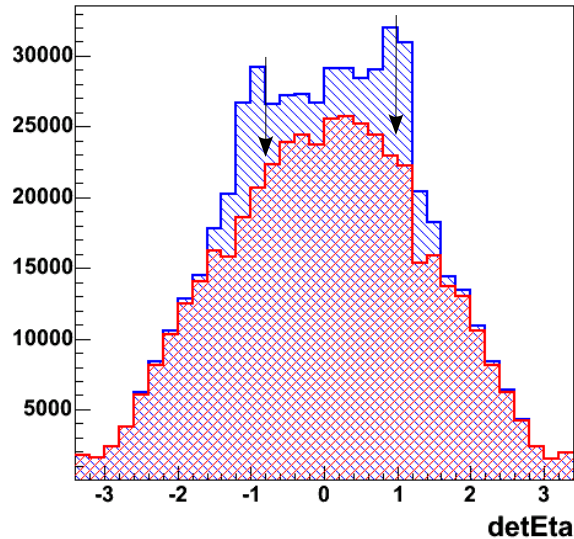
Améliore l'étalonnage du
recoil mou des bosons W/Z



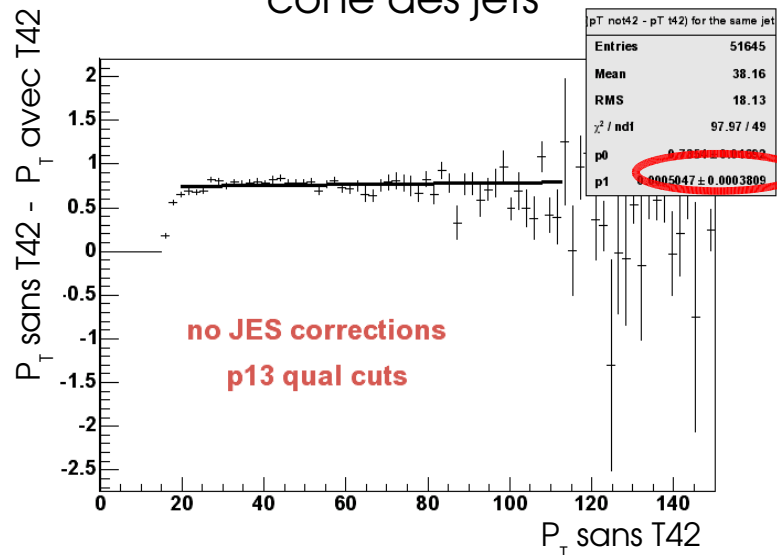
-5%

Effet de l'algorithme T42 (e)

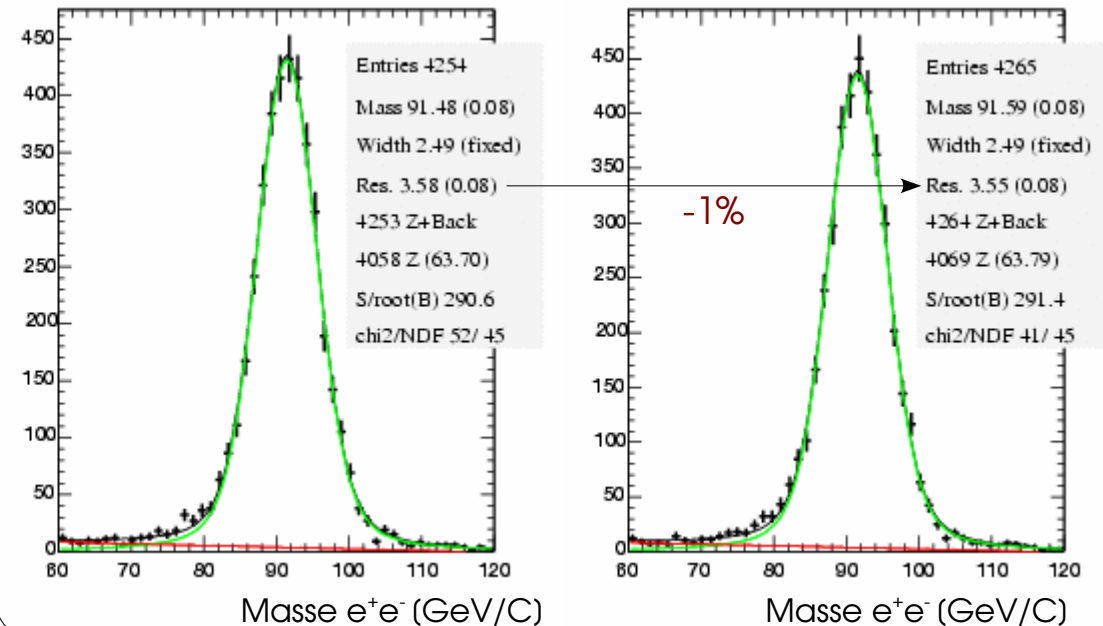
Enlève des jets de bruit



Enlève du bruit dans le cône des jets



Peu d'effet sur les électrons de haute énergie

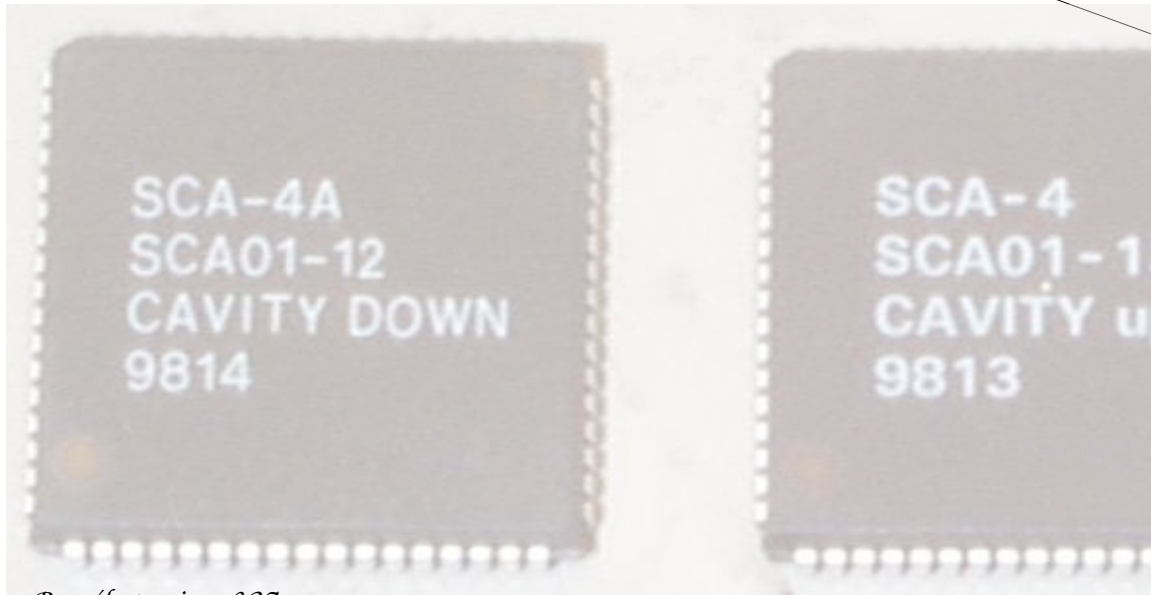
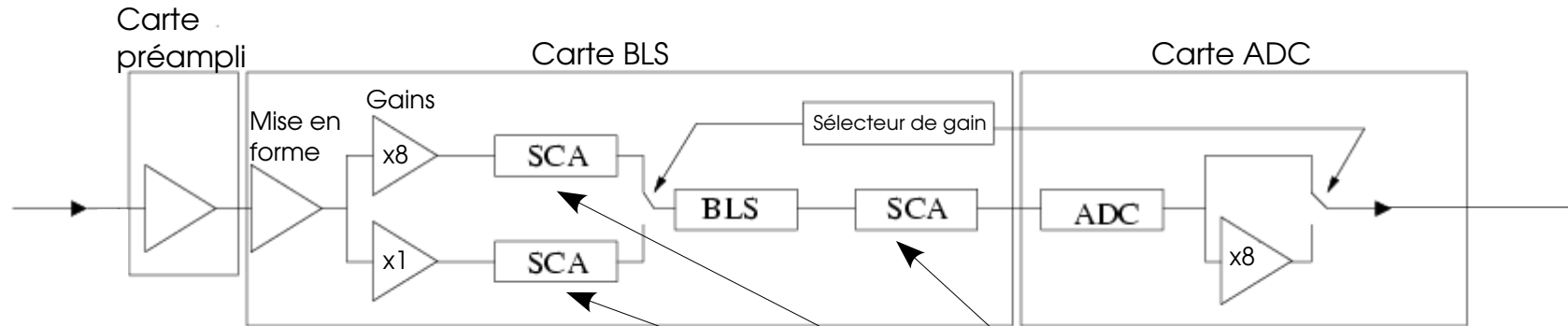


Conclusions

- Moins de 0.1% cellules de bruit restantes
- Réduit de ~40% le nombre de cellules présentes dans l'évènement
- Effet positif sur les objets reconstruits dans le calorimètre

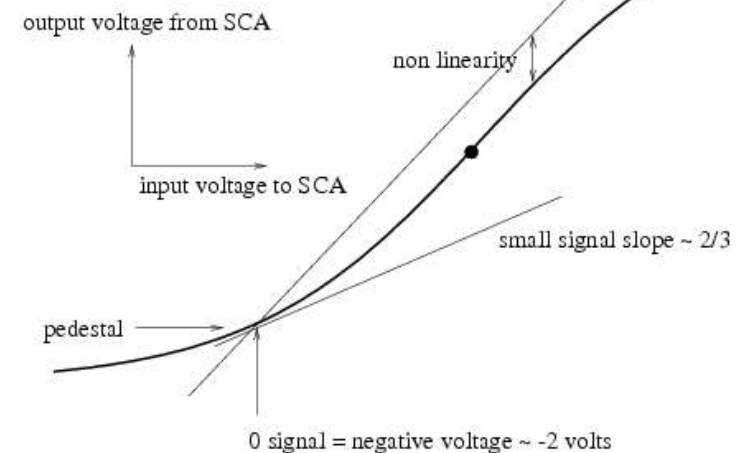
Traitement du signal (2)

Calibration : gains et non-linéarité (a)



Puce électronique SCA

Les SCA n'ont pas un fonctionnement purement linéaire



Gains et non-linéarité (b)

Système de calibration électronique

Signal injecté (nombre de DAC) → Carte préampli → Mise en forme → Gains (x8, x1)

Cellule du calorimètre → Carte préampli

Prise de données de calibration gain 1 et 8.

ADC vs DAC

Non-linéarité

- ADC lu en fonction du nombre de DAC
 - Calibration de la réponse de l'électronique canal par canal 8 9 A B C
 - N'est pas de calibration de l'énergie absolue

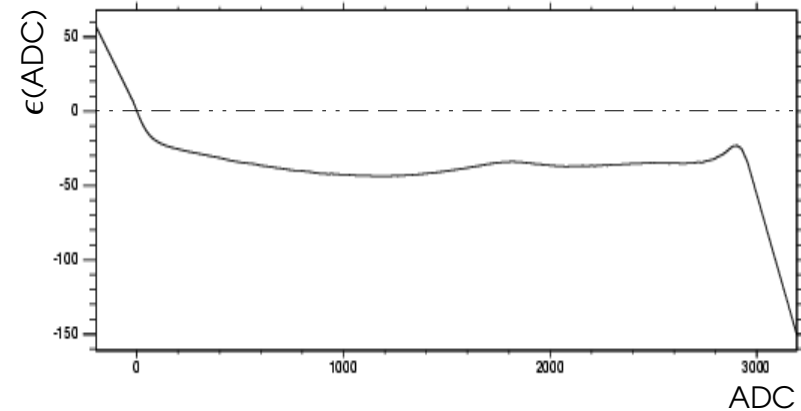
Interface graphique des « pulsers »

Gains et non-linéarité (c)

Paramétrisation pour chaque voie de gain

- linéarité : gain g
- Non-linéarité : point de fonctionnement p sur la courbe de non-linéarité ϵ

→ Déterminés à partir des données de calibration

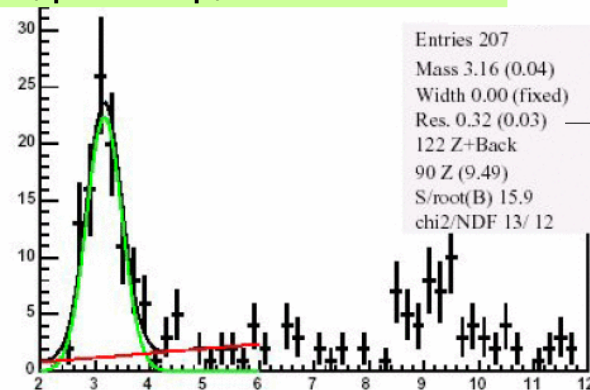


- Prise de données de calibration régulière
 - Calibration en fonction du temps implémentée dans la base de données de la reconstruction
 - Analyses futures de $D\bar{D}$
 - Pas présent dans l'analyse présentée

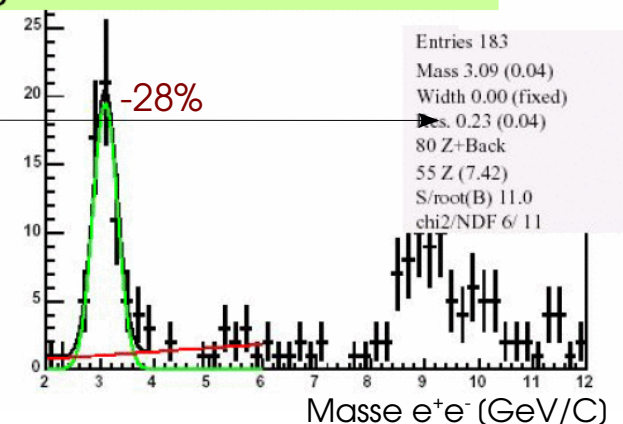
Effet sur la résolution en énergie des électrons

- 28% sur la masse du J/ψ
- 6% sur la masse du Z

no DB, p14 setup, no scale

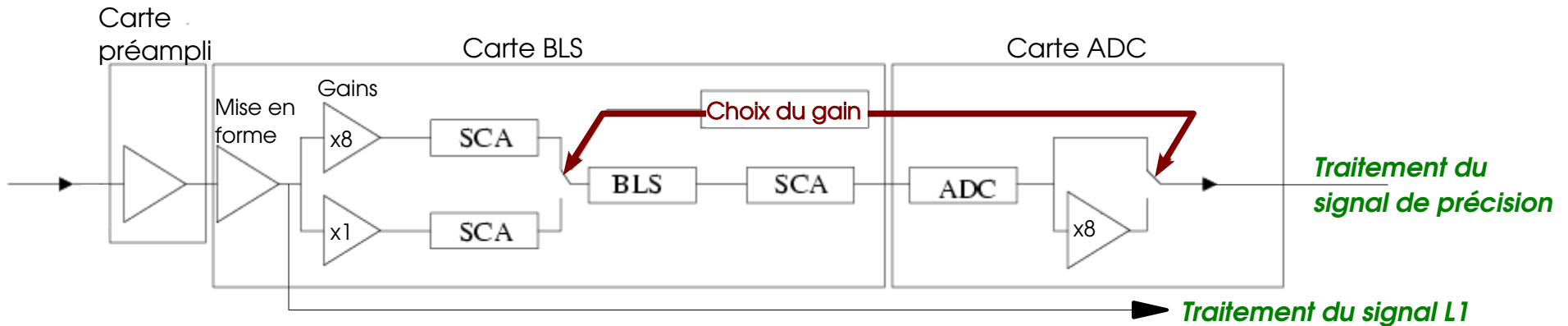


nlc/gain from DB: no scale



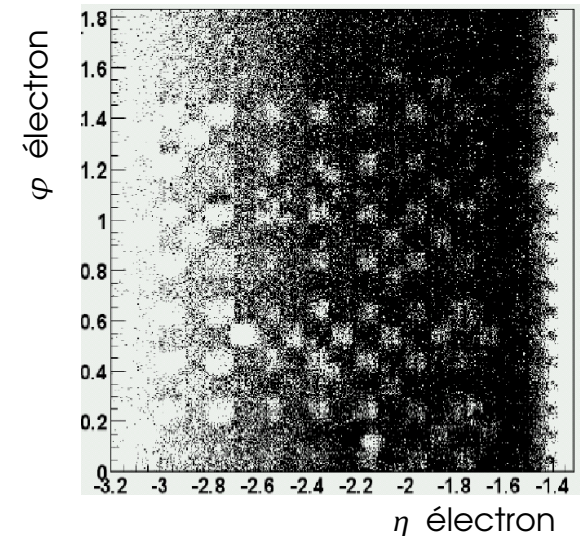
Traitement du signal (3)

Problème détecteur : checkerboard (a)

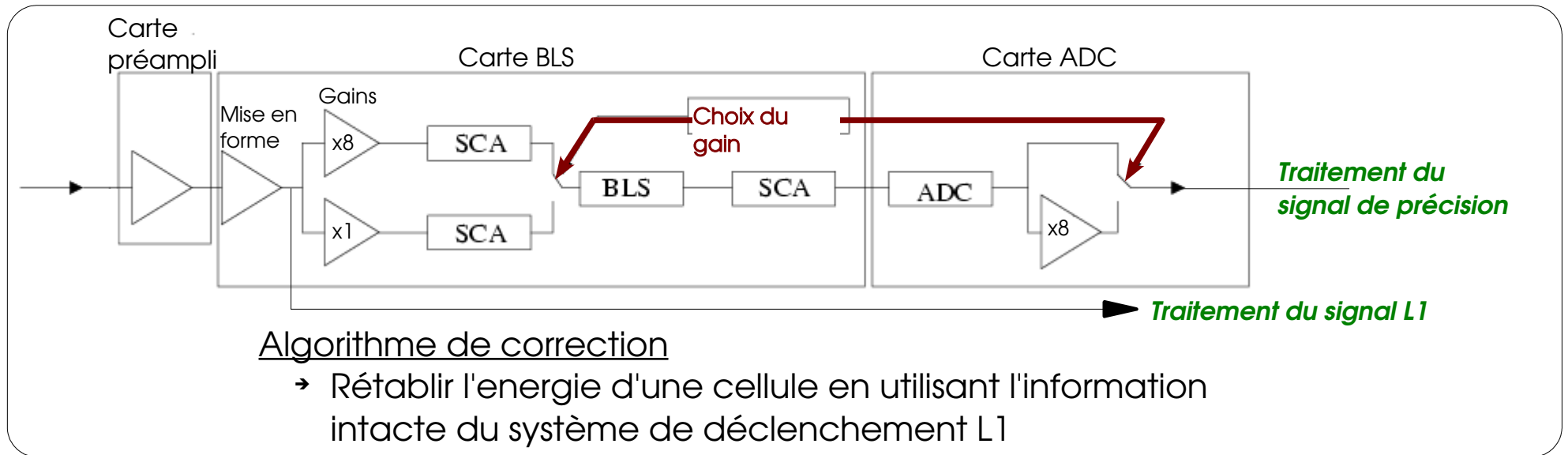


Problème de synchronisation des horloges entre les cartes BLS et ADC

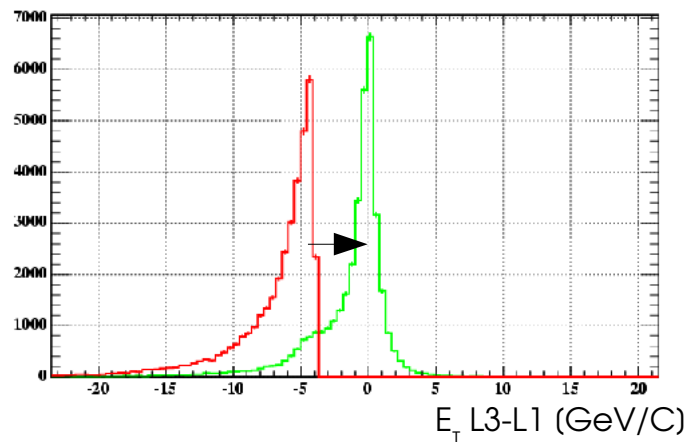
- Mauvaise propagation du choix du gain
 - Sous-estimation de l'énergie dans le calorimètre



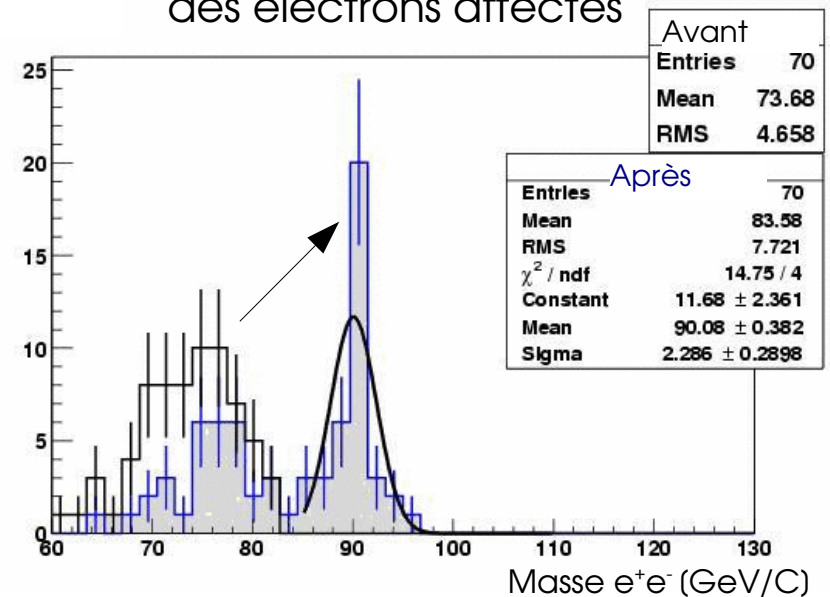
Problème détecteur : checkerboard (b)



La correction permet de recouvrer la «v raie» énergie de la cellule grâce à l'information L1



La correction permet de recouvrer l'énergie des électrons affectés



On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va le voir
On sait que ça va bien fonctionner

- ✓Meilleure suppression de bruit
- ✓Etalonnage de l'électronique
- ✓Correction des erreurs détecteur

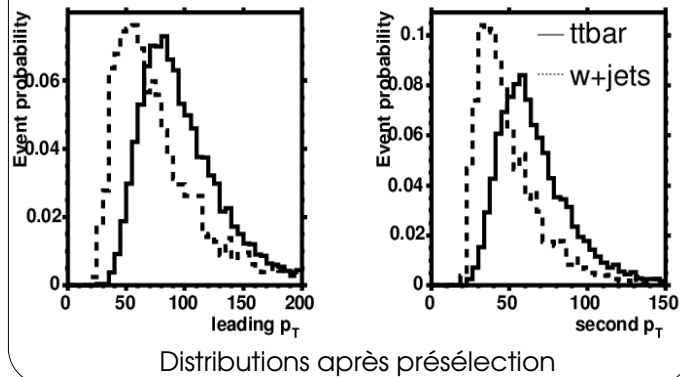


Fermilab à la tombée de la nuit

Analyse : déclenchement

Signal : 6.7 pb

Production W+jets : ~40 pb



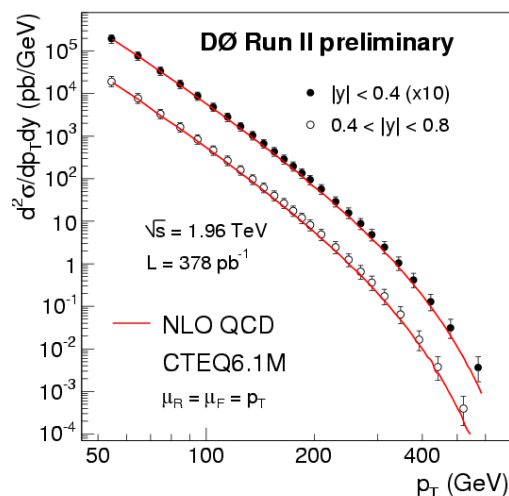
Déclenchement avec

- Un électron : réduire le bruit de fond QCD
- Des jets de grandes impulsions : réduire W+jets

Exemple : EM15_2JT15

- Electron de $p_T \geq 15$ GeV
- 2 jets de $p_T \geq 15$ GeV

Production de jets : ~3 μb



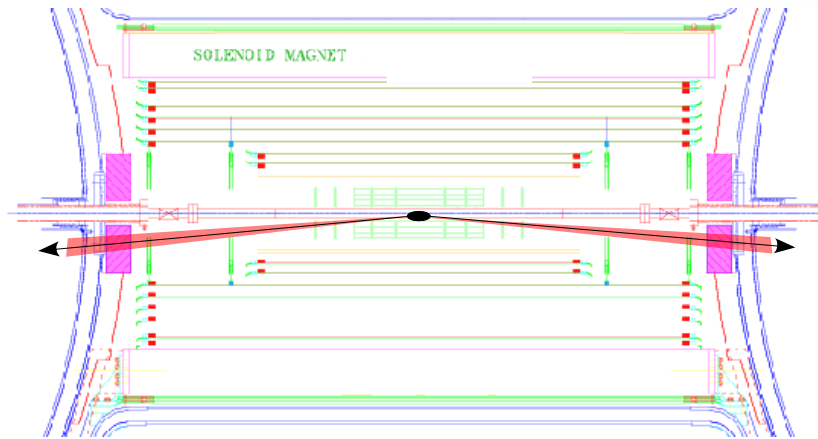
Efficacité de déclenchement
estimée à partir des données.

Appliquée à la simulation du signal

$$\epsilon_{\text{décl.}} = 93\%$$

Analyse : luminosité

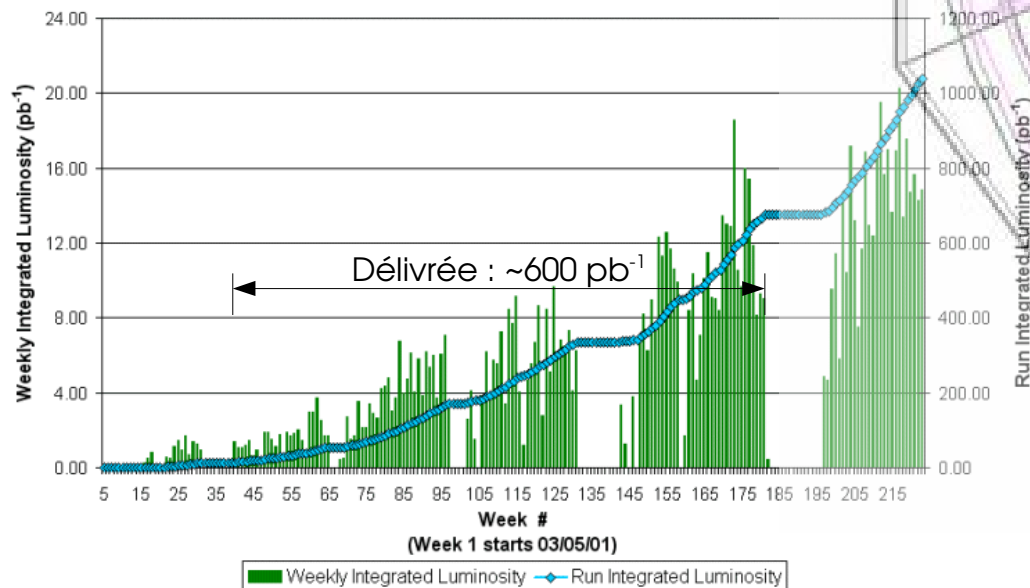
Luminomètre



Mesure d'impacts coïncidants = collision

Luminosité recueillie suivant les méthodes de déclenchement
 → Pour cette analyse
 366 pb^{-1} reconstruite

Collider Run II Integrated Luminosity



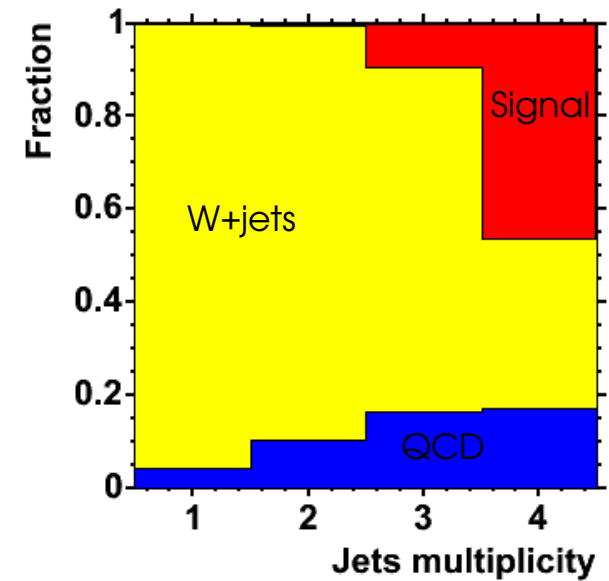
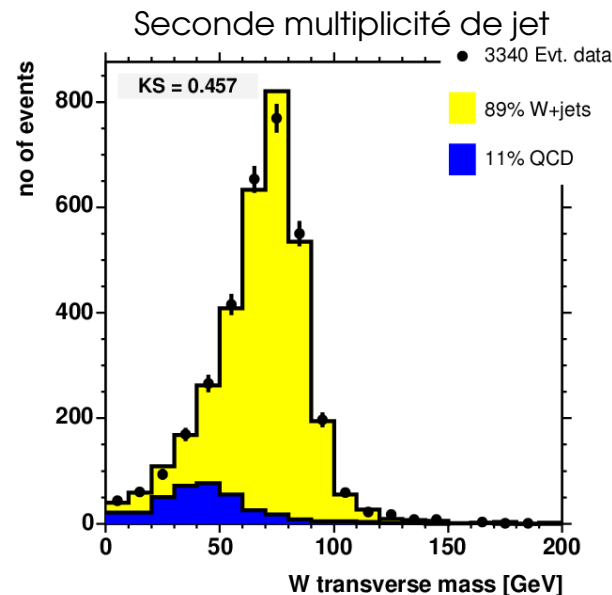
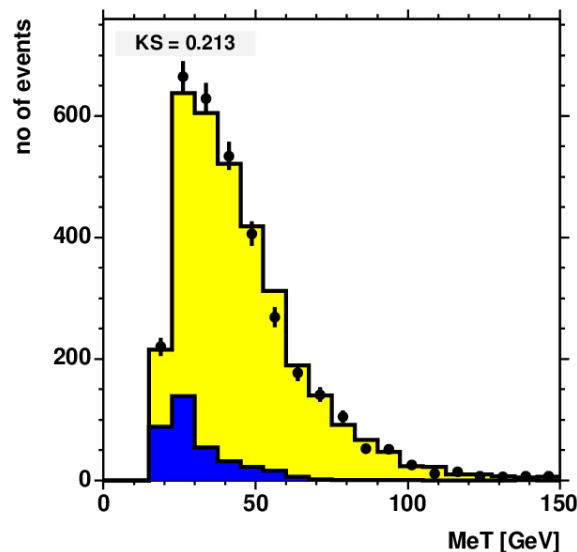
~2600 paires top/anti-top produites.
 ~450 dans le canal électron+jets.

Schéma du luminomètre

Sélection $W \rightarrow e\nu + 4\text{jets}$

Coupages :

- ✓ Au moins 4 bons jets ($p_T \geq 20$ GeV) (quatrième multiplicité de jets)
- ✓ Un unique électron de grande impulsion transverse ($p_T \geq 20$ GeV)
- ✓ De l'énergie transverse manquante ($\text{MET} \geq 20$ GeV)
- ✓ Coupure en $(\Delta\varphi, \text{MET})$: rejete du bruit de fond QCD
- ✓ Un bon vertex d'interaction primaire
- ✓ Pas de muon isolé



Efficacité de sélection du signal

$$\epsilon_{\text{présél.}} = 11\%$$

évaluée sur la simulation et corrigée
par des facteurs données/simulation

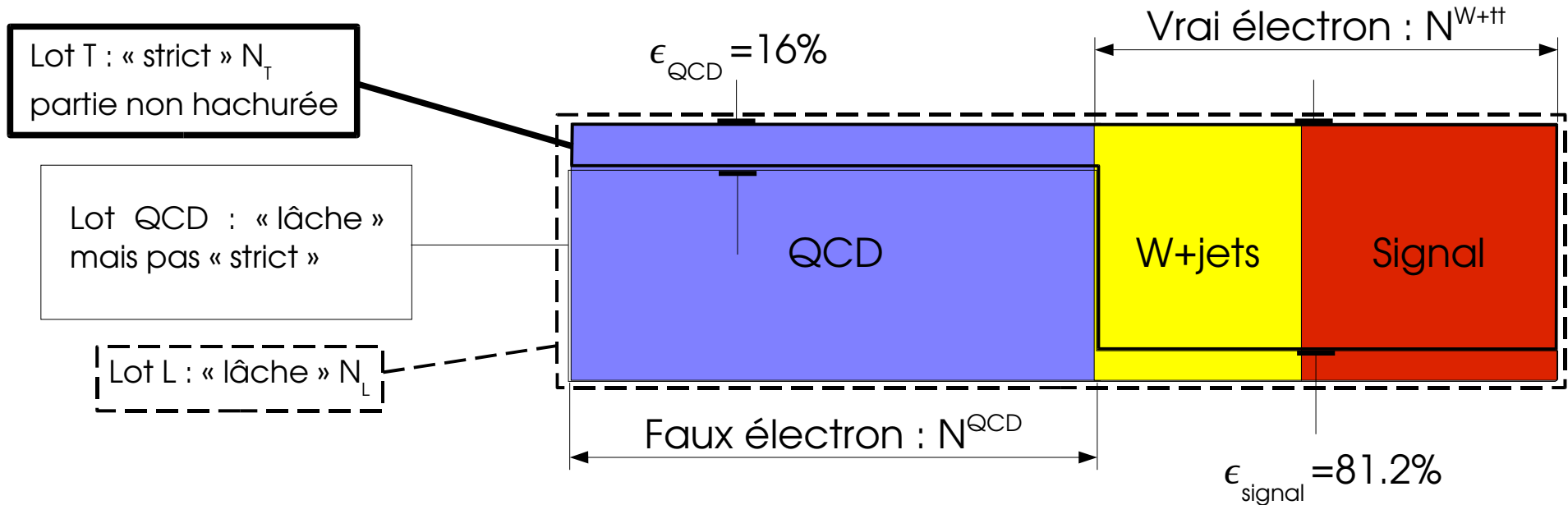
On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va le voir.
On sait que ça va mieux fonctionner.
On sait sur quelles données

- ✓ 366 pb^{-1} déclenché avec un électron et au moins un jet
- ✓ Selection de désintégration semileptonique de W



Fermilab à la tombée de la nuit

Estimation du bruit de fond QCD (a)



ϵ_{QCD} : efficacité pour **faux** électron « lâche »
d'être identifié comme un électron « strict » .

ϵ_{signal} : efficacité pour un **vrai** électron « lâche »
d'être identifié comme un électron « strict » .

Système linéaire 2x2 (méthode de la matrice) :

$$\begin{array}{l}
 N_L = N^{QCD} + N^{W, t\bar{t}} \\
 N_T = \epsilon_{QCD} N^{QCD} + \epsilon_{sig} N^{W, t\bar{t}}
 \end{array}
 \xrightarrow{\text{solution}}
 \begin{array}{l}
 N^{W, t\bar{t}} = \frac{N_T - \epsilon_{QCD} \cdot N_L}{\epsilon_{sig} - \epsilon_{QCD}} \\
 N^{QCD} = \frac{\epsilon_{sig} \cdot N_L}{\epsilon_{sig} - \epsilon_{QCD}}
 \end{array}$$

Bruit de fond QCD (b)

Malgré le déclenchement et la sélection d'un électron, des jets de hadrons ($\pi^0 \rightarrow 2\gamma, \eta \rightarrow 2\gamma \dots$) ressemblent à des électrons
 → phénomène rare, difficile à simuler : estimer à partir des données.

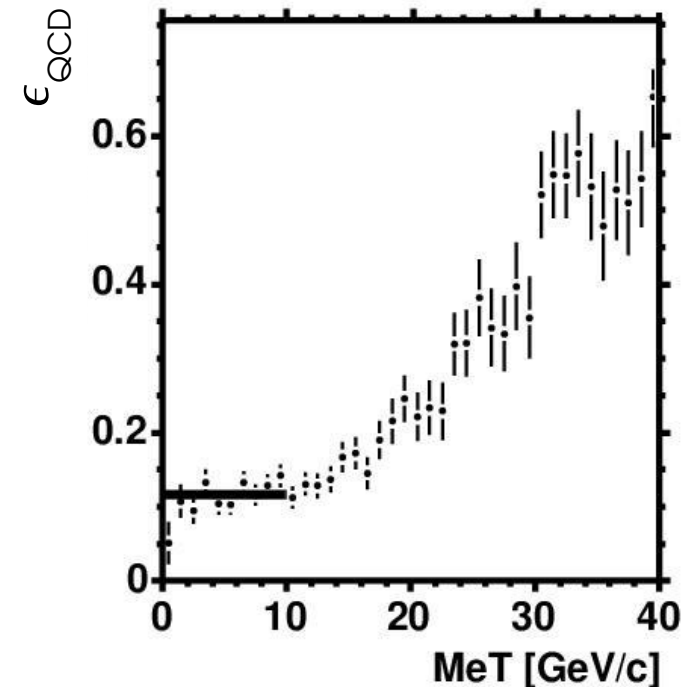
ϵ_{QCD} : efficacité pour un jet identifié comme un électron « lâche » d'être identifié comme un électron « strict ».

Estimation de ϵ_{QCD} :

Evènements sélectionnés sans coupure sur MET avec un électron « lâche » mais pas « strict ».

→ Evènements QCD principalement à MET ≤ 10 GeV

$$\epsilon_{\text{QCD}} = 15.9 \pm 1.1(\text{stat}) \%$$



Bruit de fond QCD (c)

Méthode de vérification :

Evènements après sélection et dans les différentes multiplicités de jets

→ Ajustement des distributions de masse transverse $e\nu$ dans les lots L et T

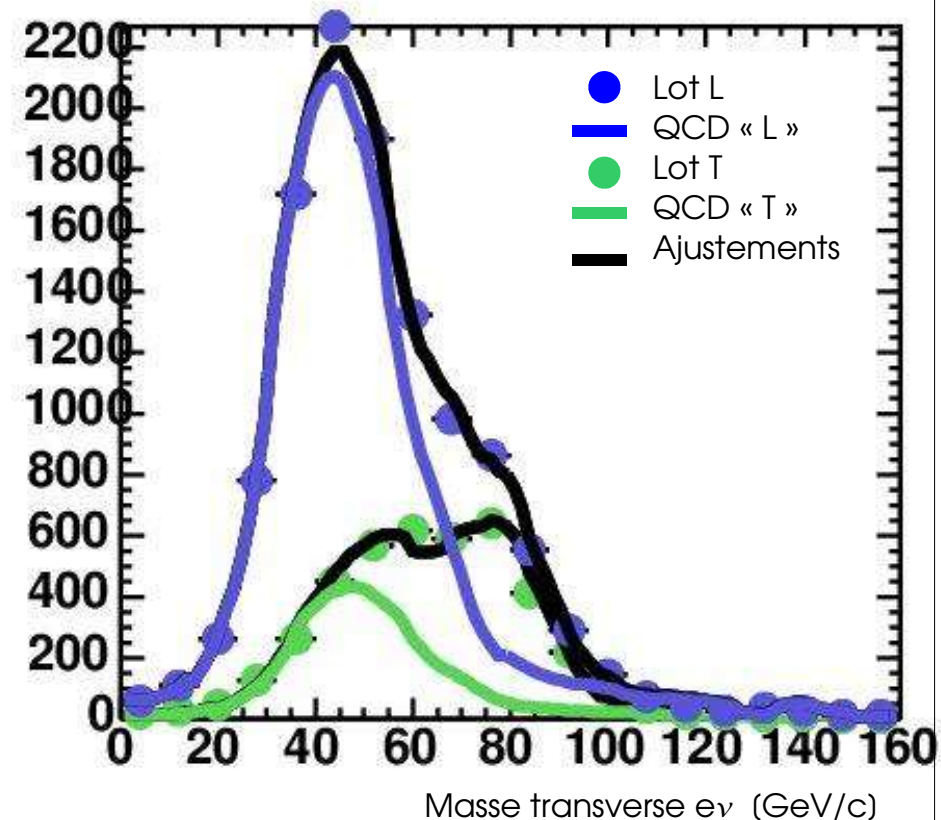
✓ Valide dans les multiplicités de jets 1 et 2

✗ Non valide dans les multiplicités 3 et 4 à cause de la présence de signal top/anti-top.

→ Méthodes en bon accord.

→ Permet d'estimer l'erreur systématique de 8% sur la mesure de ϵ_{QCD} .

→ Permet aussi une vérification de l'estimation du nombre d'évènements de signal dans le lot final.



On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va le voir
On sait que ça va mieux fonctionner
On sait sur quelles données
On en connaît la composante QCD

✓ Estimé à partir des données par la méthode de la matrice



Fermilab à la tombée de la nuit

Discriminant topologique

Variable $x_i \rightarrow \ln S_i/(B_i+S_i) \rightarrow f_i(x)$

\rightarrow probabilité de vraisemblance

$$\mathcal{D} = \mathcal{D}(x_1, \dots, x_6) = \frac{\exp\left(\sum_{i=1\dots 6} f_i(x_i)\right)}{\exp\left(\sum_{i=1\dots 6} f_i(x_i)\right) + 1}$$

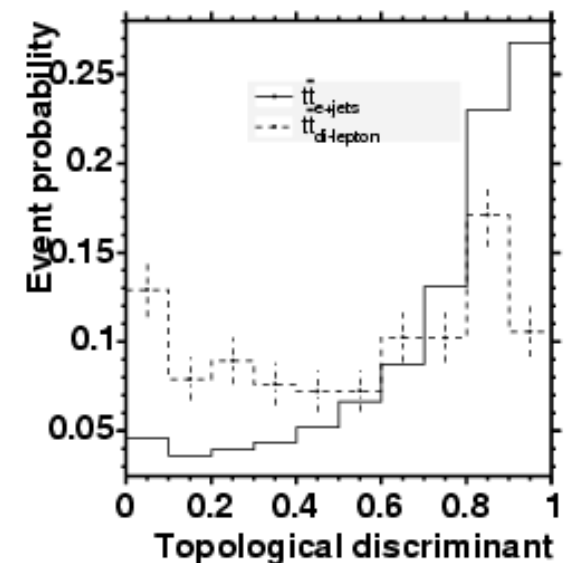
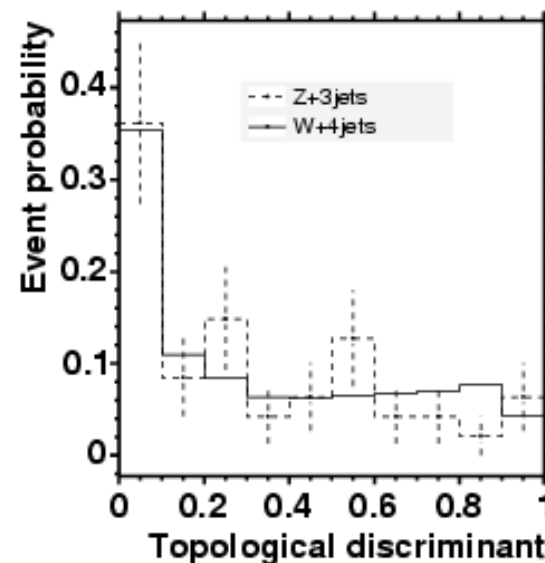
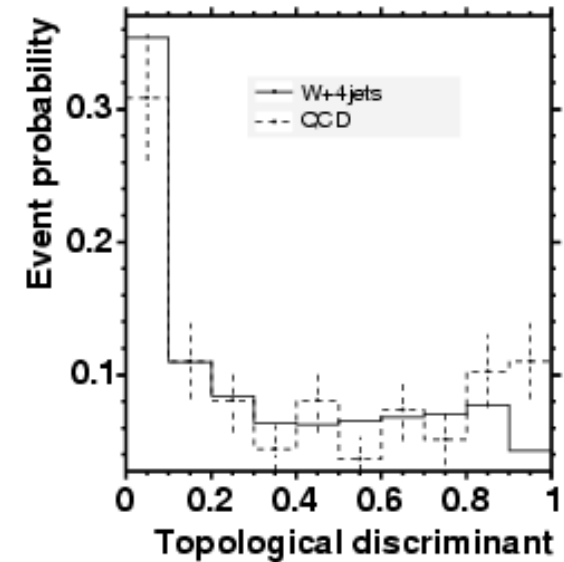
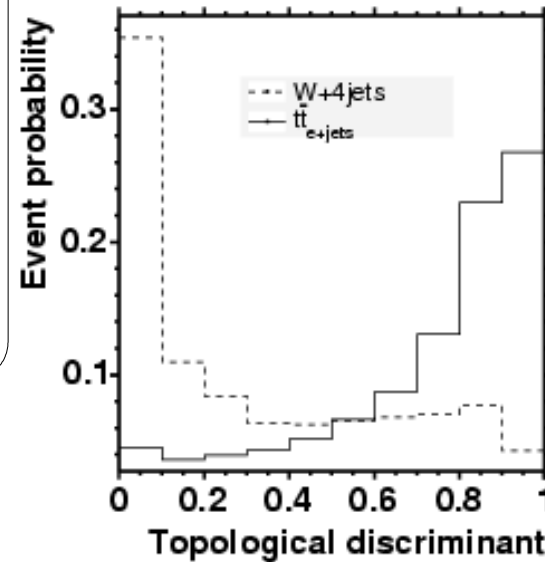
Calculée événement par événement

Signal et W+jets discriminés

Bruits de fond avec les mêmes distributions

- W+jets
- QCD
- Z+jets

Contribution bi-lepton prise en compte



Estimation du nombre de signal (a)

Par maximisation simultanée de deux probabilités de vraisemblance avec 3 variables N_{QCD} , N_{W} , N_{signal}

Distribution du discriminant topologique dans le lot T :

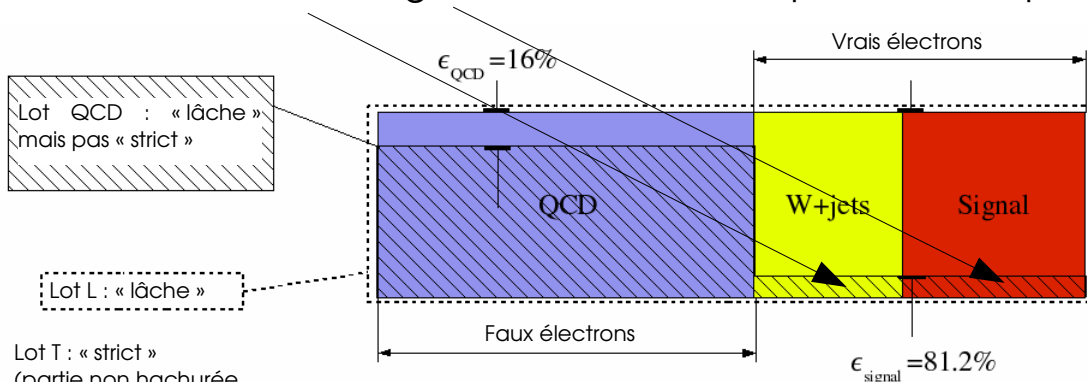
produit des probabilités Poissoniennes entre l'observation et le modèle dans chaque intervalle de la distribution
 → Discrimine le signal du bruit de fond.

et

Estimation du bruit de fond QCD dans le lot L-T :

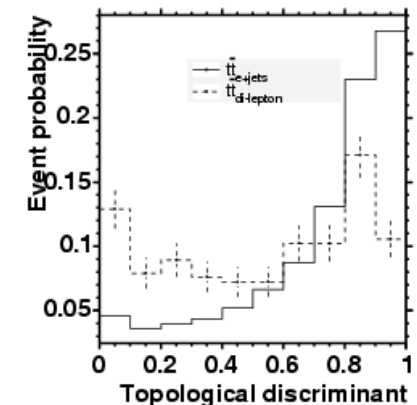
afin d'éviter les corrélations entre les lots L et T, probabilité poissonnienne entre l'observation et l'estimation.
 → Sépare les bruits de fond QCD et W+jets.

Contamination W et signal dans le lot QCD prise en compte.



Contribution des événements bilepton combinée au nombre d'évènements de signal prise en compte.

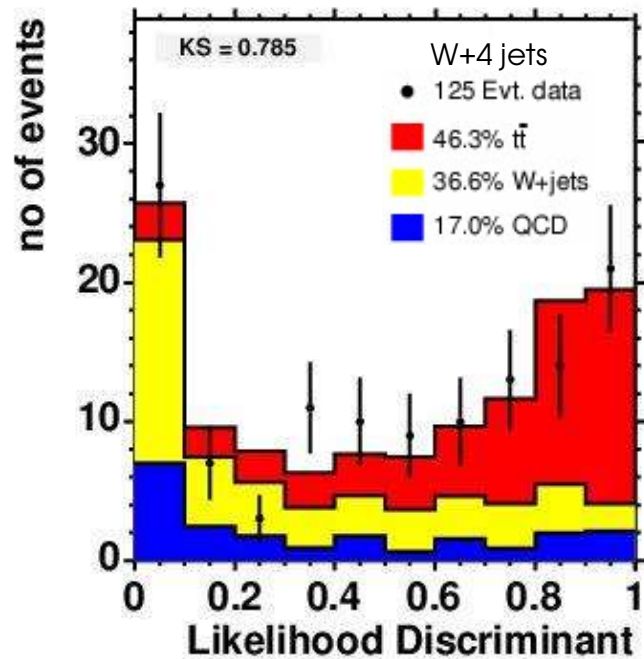
$$R = \frac{\text{bilepton}}{\text{signal}} = 2.65$$



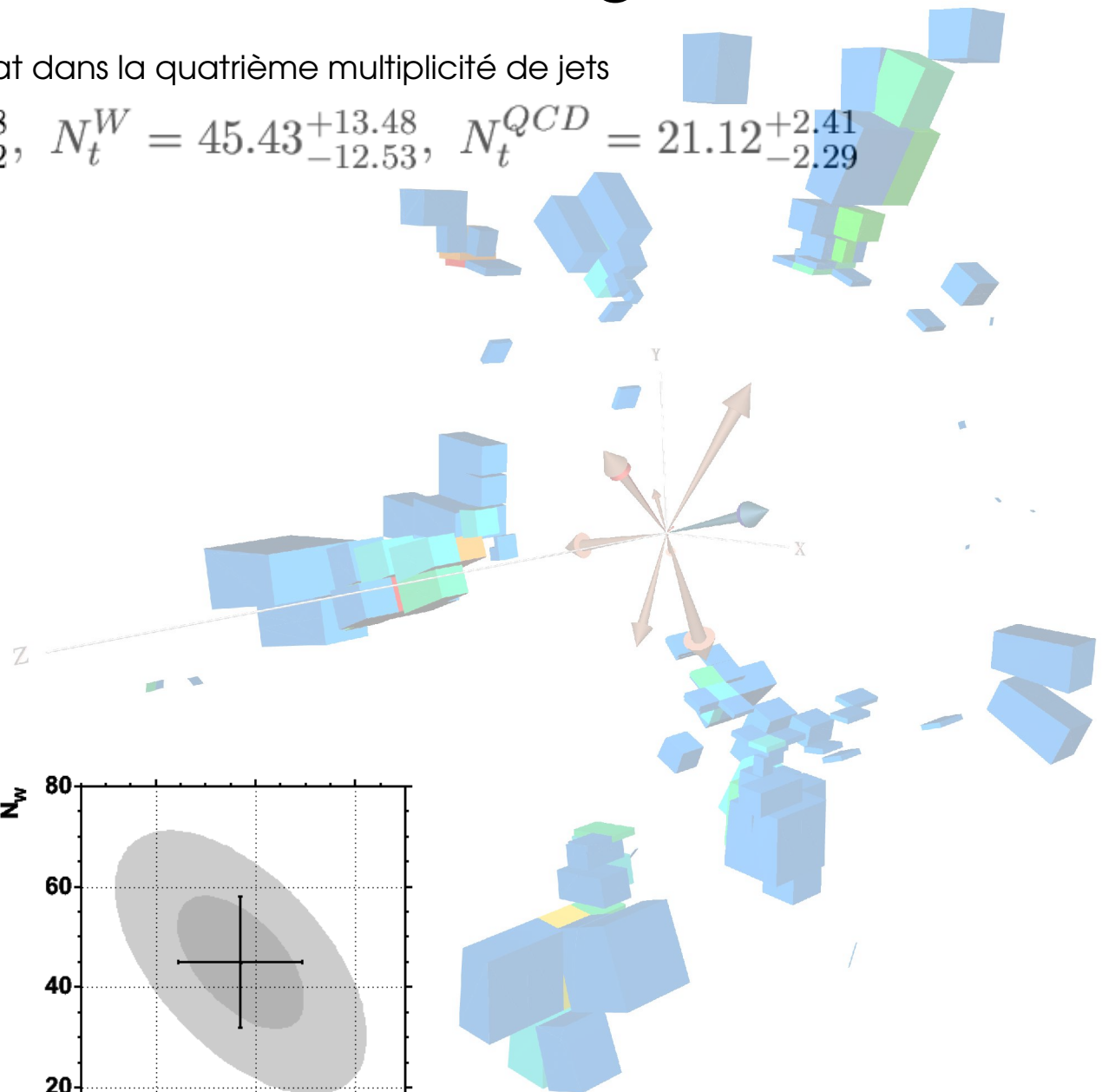
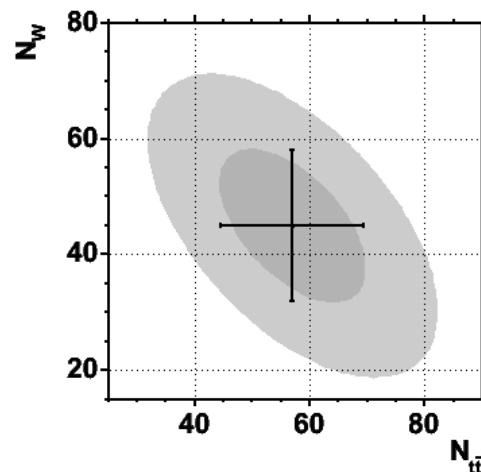
Estimation du nombre de signal (b)

Résultat dans la quatrième multiplicité de jets


$$N_t^{\bar{t}\bar{t}} = 57.46_{-12.02}^{+12.78}, \quad N_t^W = 45.43_{-12.53}^{+13.48}, \quad N_t^{QCD} = 21.12_{-2.29}^{+2.41}$$



$$\begin{matrix} N_t^W \\ N_t^{\bar{t}\bar{t}} \\ N_t^{QCD} \end{matrix} \begin{pmatrix} N_t^W & N_t^{\bar{t}\bar{t}} & N_t^{QCD} \\ 1.000 & -0.573 & -0.243 \\ & 1.000 & -0.120 \\ & & 1.000 \end{pmatrix}$$



Représentation d'un événement dans le calorimètre



On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va le voir
On sait que ça va mieux fonctionner
On sait sur quelles données
On en connaît la composante QCD
On a extrait le nombre de signal

- ✓ Maximisation de probabilité de vraisemblance
- ✓ **57** événements de signal parmi **125** événements sélectionnés

Fermilab à la tombée de la nuit

Erreurs systématiques

Pseudo-expériences

Tirer aléatoirement les trois composantes

- Hypothèse de 7pb : nombre de signal attendu.
- Méthode de la matrice : nombre de QCD attendu.
- Nombre de W+jets attendu.

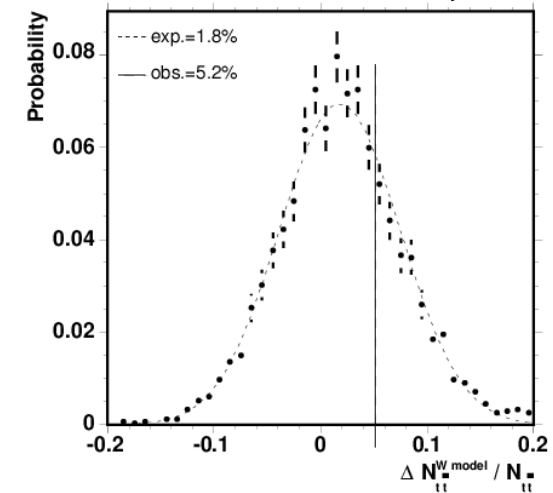
Générer des distributions du discriminant topologique

Ajuster de deux façons simultanément

- Avec la simulation normale
- Avec la simulation modifiée

La différence relative donne une estimation de l'erreur systématique

Ex. : erreurs systématiques pour la modélisation du W+jets




Sources principales

- ✓ Correction en énergie des jets (10%)
- ✓ Identification des jets (6%)
- ✓ Résolution en énergie des jets (4%)
- ✓ Statistique limitée pour le modèle (4%)
- ✓ Identification des électrons (3%)

Total :

$$\delta\sigma^{syst} = {}^{+18.5}_{-12.0} \%$$

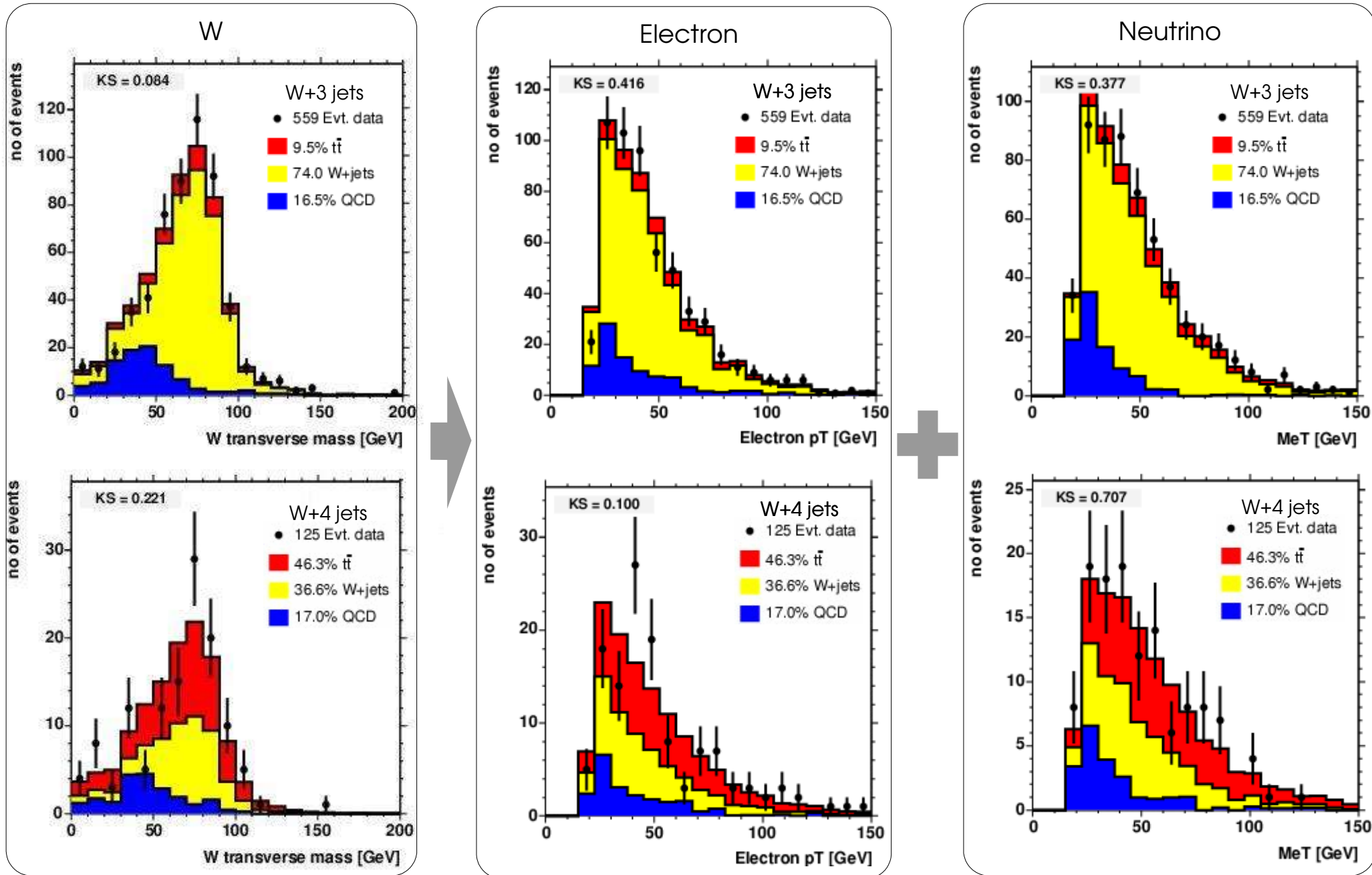


On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va le voir
On sait que ça va mieux fonctionner
On sait sur quelles données
On en connaît la composante QCD
On a extrait le nombre de signal
On a estimé les erreurs systématiques

Fermilab à la tombée de la nuit

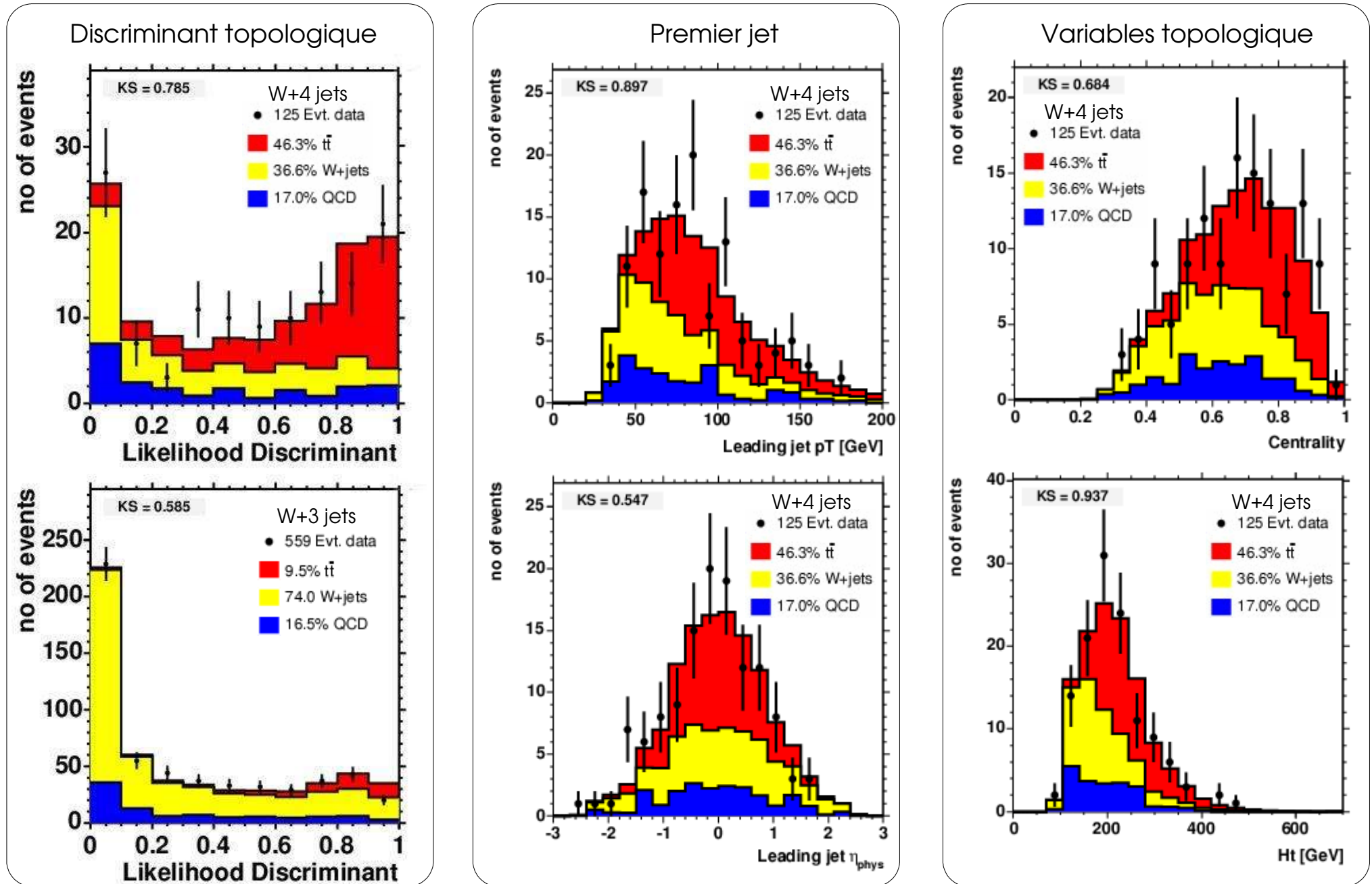
Distributions de contrôle (a)

Désintégrations semileptoniques de boson ($W \rightarrow e + \nu$)



Distributions de contrôle (b)

Caractéristiques de paires de top/anti-top



On sait à quoi s'attendre.
On sait avec quoi on va le voir
On sait que ça va mieux fonctionner
On sait sur quelles données
On en connaît la composante QCD
On a extrait le nombre de signal
On a estimé les erreurs systématiques
On a vérifié l'accord données/simulation

$$\frac{57}{366 \cdot 17\% \cdot 92\% \cdot 11\%} = ?$$

Fermilab à la tombée de la nuit

Résultats

$$\sigma(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}) = 9.0_{-1.9}^{+2.0} (stat)_{-1.1}^{+1.7} (syst)_{-0.6}^{+0.5} (lumi) \text{ pb}$$

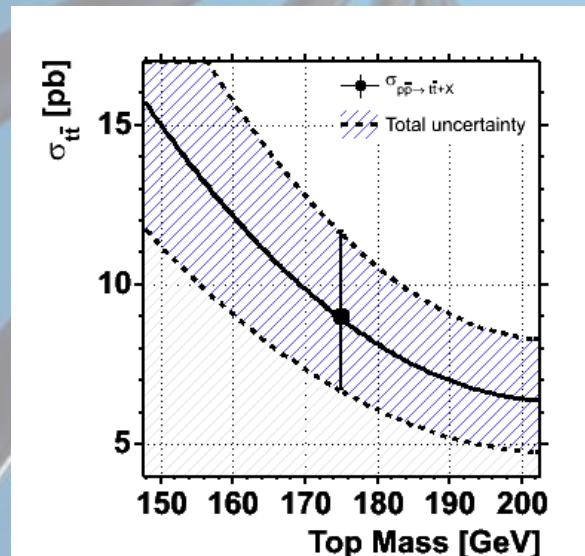
Erreur statistique de 22%

Erreur systématique de 18%

Erreur sur la luminosité 6.5%

→ Compatible avec la prédiction : $6.7 \pm 0.8 \text{ pb}$

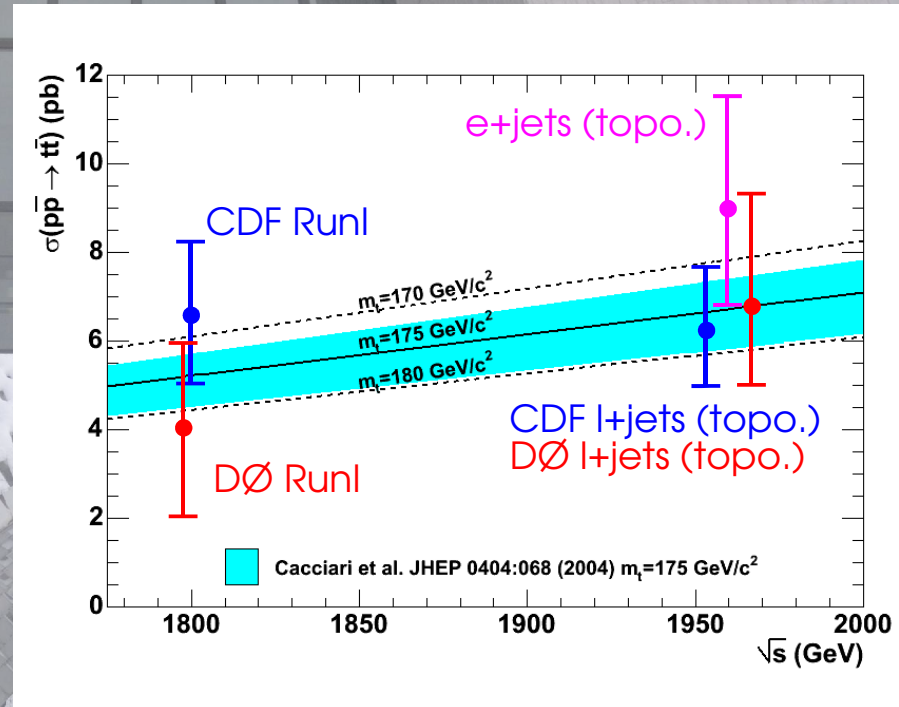
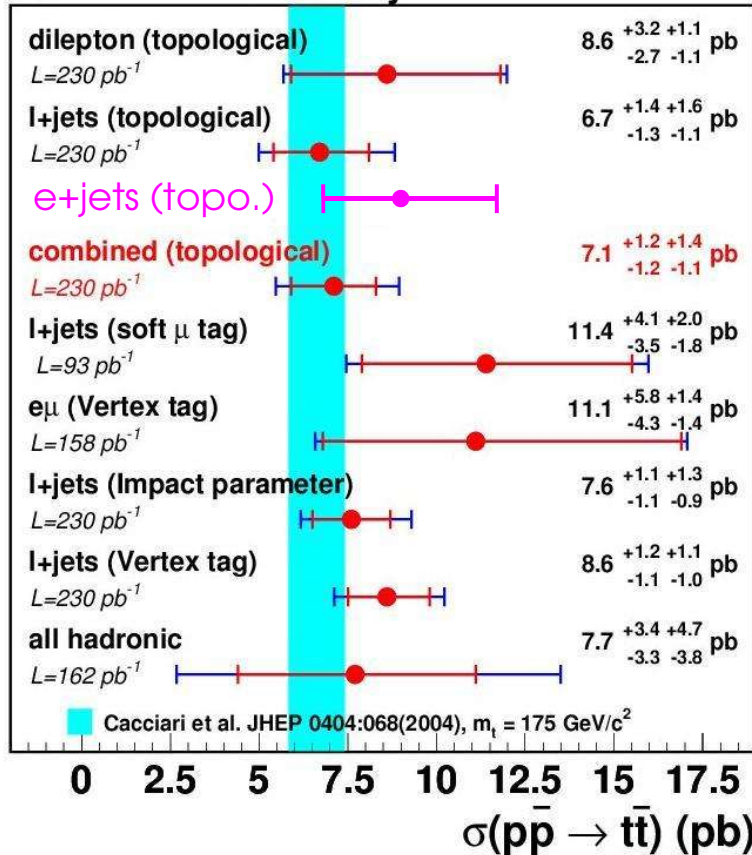
→ Amélioration de 18% sur l'erreur de la mesure effectuée par DØ



« Beam's Sculpture », Fermilab

Résultats

DØ Run II Preliminary



- Compétitive avec la méthode de l'expérience CDF
- Possibilités d'améliorations
 - Réseau de neurones
 - Troisième multiplicité de jets

« Möbius Sculpture », Fermilab

Conclusions

Amélioration des données du calorimètre de DØ

- Correction de problème de détecteur.
- Calibration de l'électronique.
- Meilleure suppression de bruit.

Analyse d'un lot de données enrichi en désintégrations semi-leptoniques de boson W

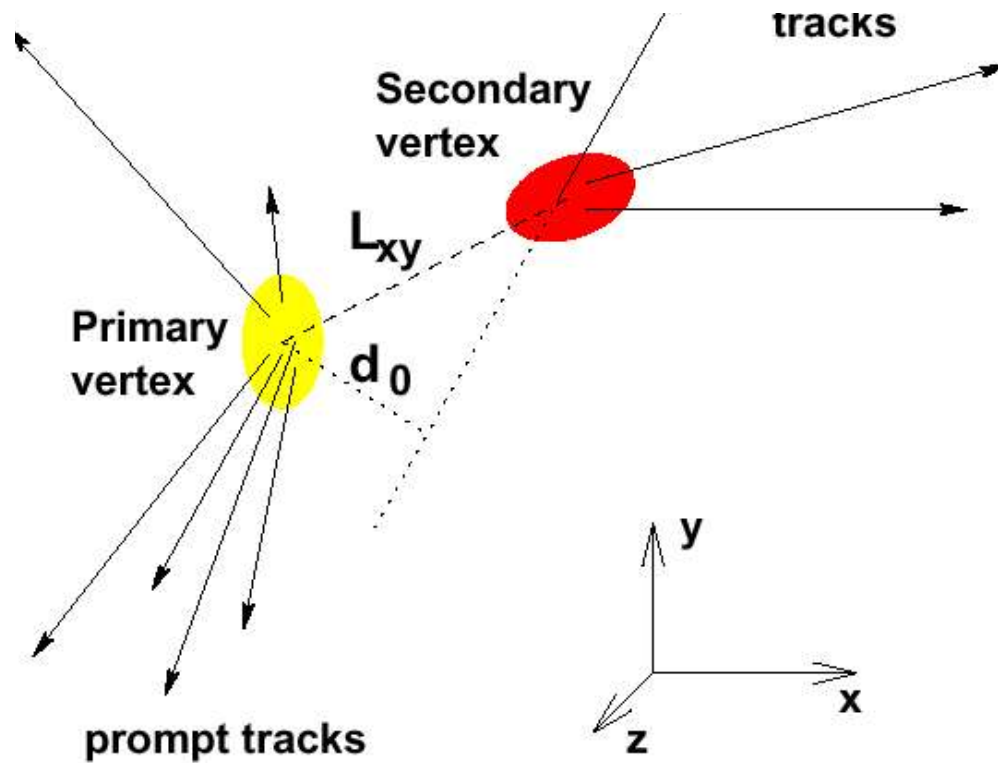
- Estimation du nombre d'évènements de signal sur des critères topologiques.
- Estimation des erreurs systématiques par jeu de pseudo-expériences.
- Présentation du résultat dans la quatrième multiplicité de jets.
- Perspectives de l'analyse.

« Feynman Computing Center », Fermilab

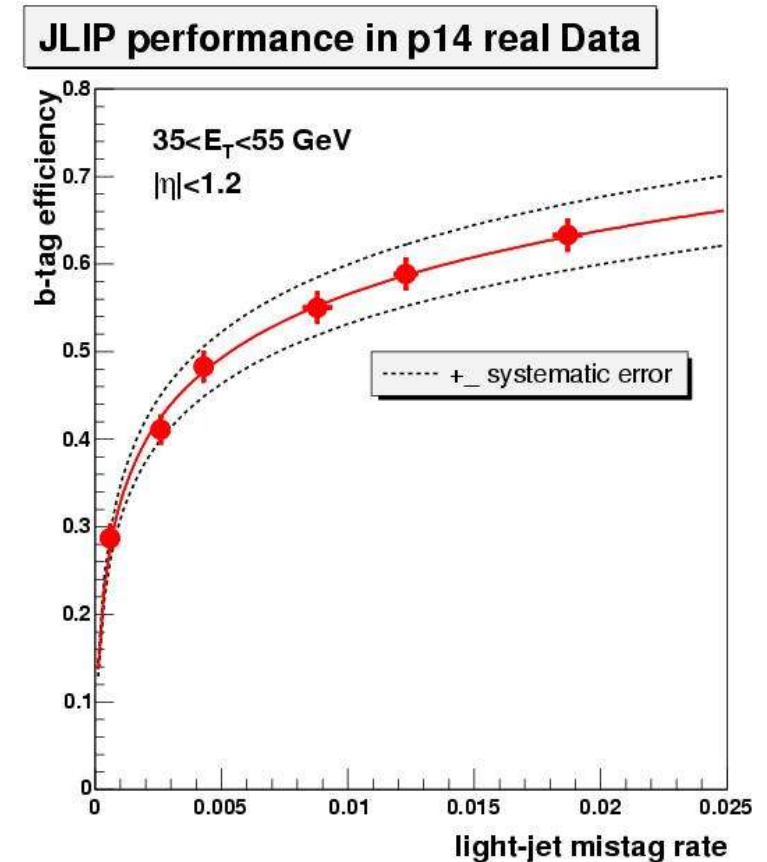
Transparents annexes

Etiquetage des jets de b

Hadrons beaux peuvent « voler »
sur 3 mm : vertex déplacé.



Efficacité d'étiquetage : $\sim 50\%$



Calibration électronique

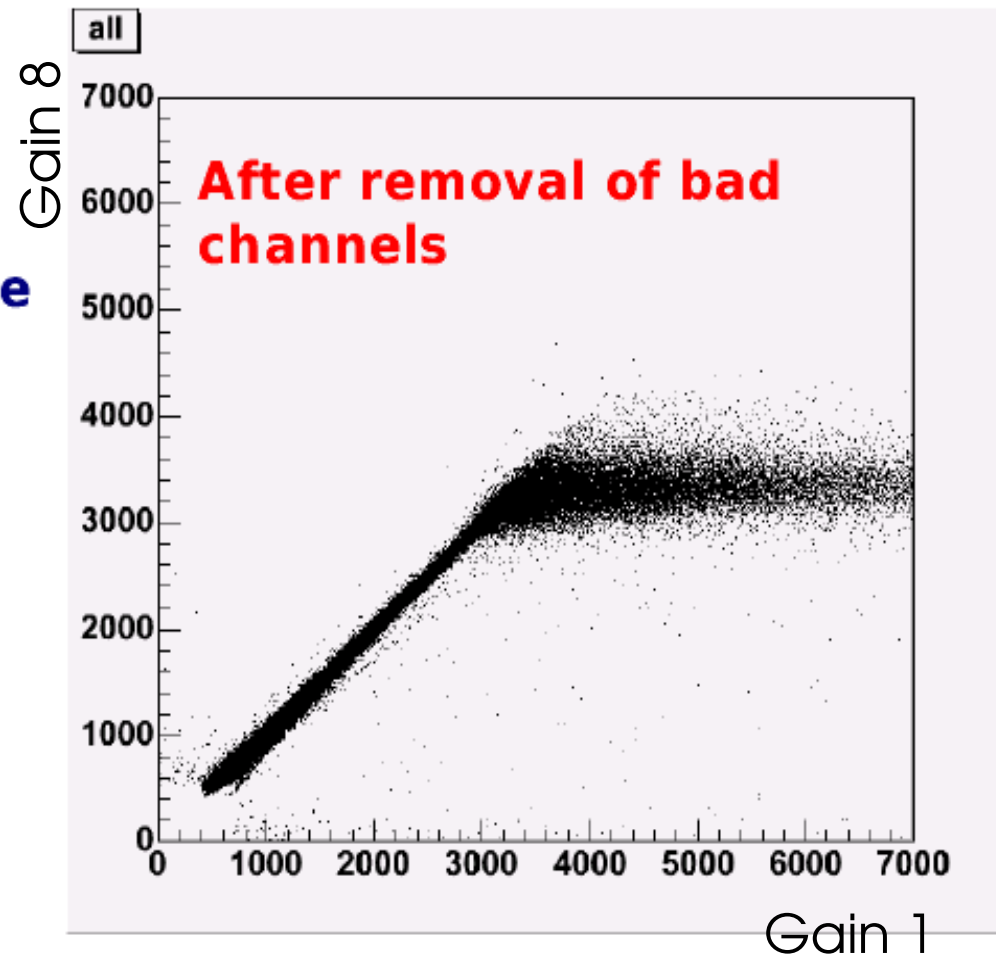
Electronics Studies (1)

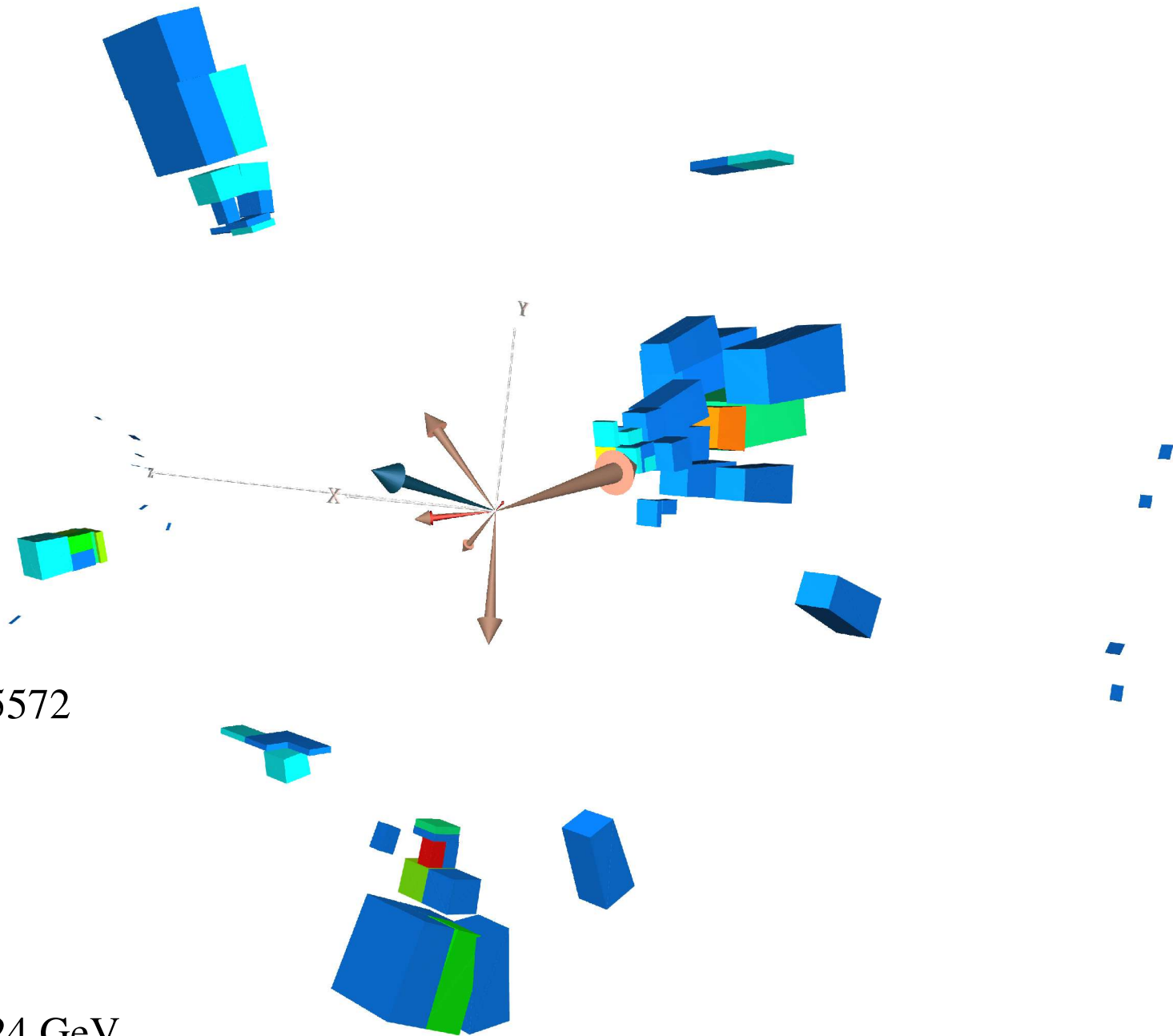
Gain matching better than 1%

NLC/gain corrections good to better than 0.75% above 3.5 GeV

better than 2% at 1.5 GeV

Offline calorimeter calibration procedure assumes linearity of response and perfect gain matchings



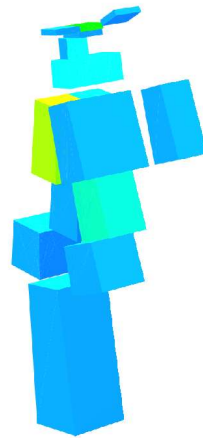
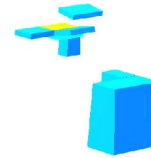
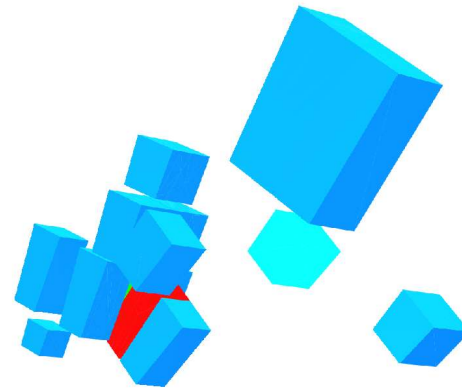
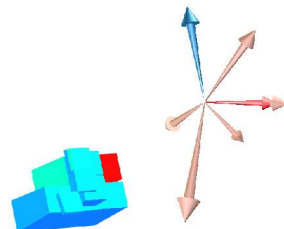


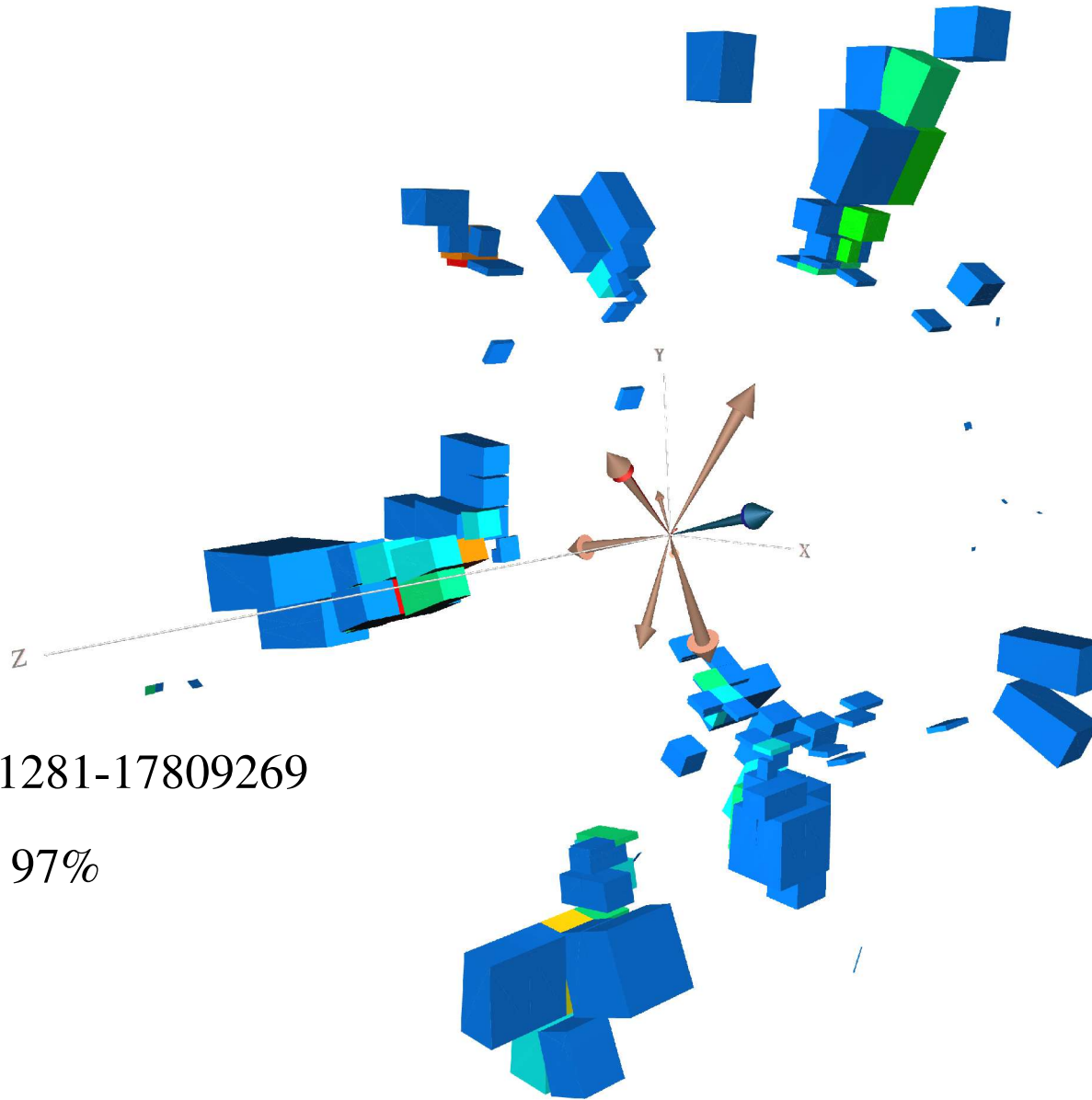
1st May 2004 192562-23395572

- Topological D = 96%
- 4 good jets
- MET of 76 GeV
- Tight electron with $p_T=24$ GeV

11th May 2003 176843-30412438

- Topological D = 96%
- 4 good jets
- MET of 79 GeV
- Tight electron with $p_T=22\text{GeV}$

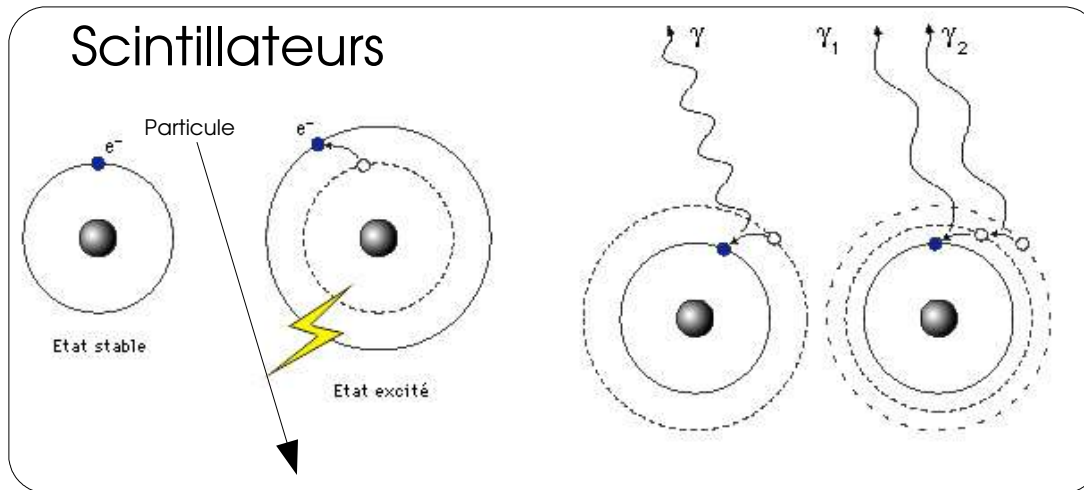




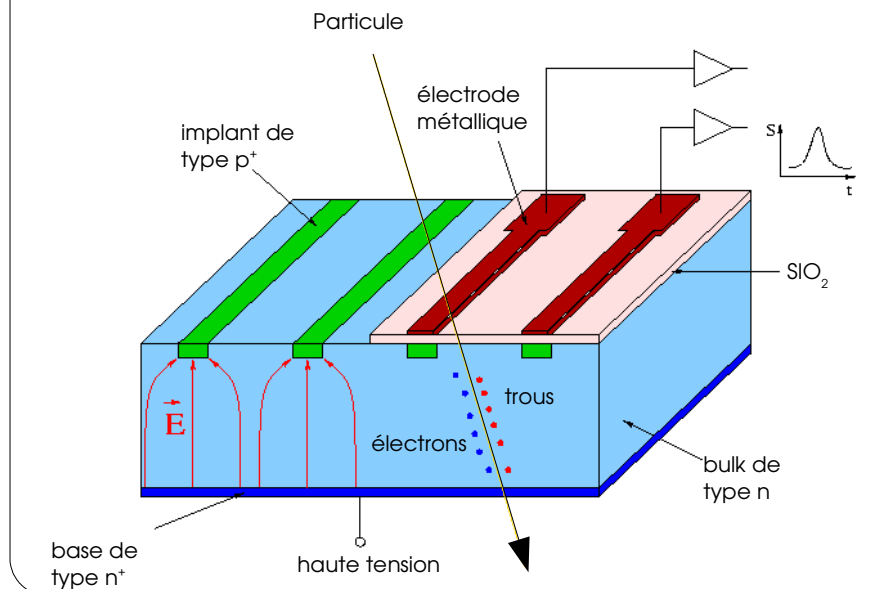
29th March 2004 191281-17809269

- Topological D = 97%
- 5 good jets
- MET of 87 GeV
- Tight electron with $p_T=41\text{GeV}$

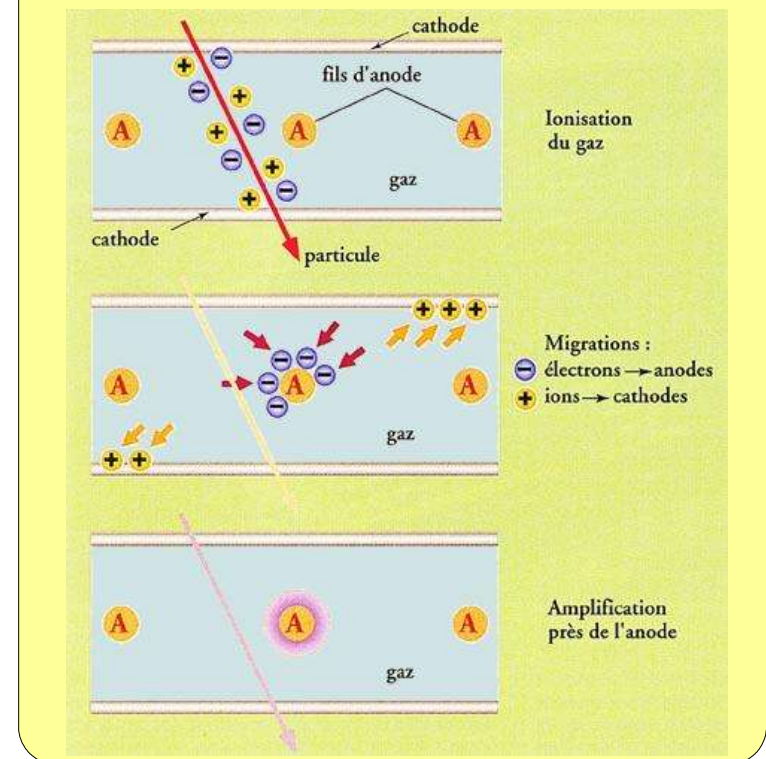
Principes de détection



Micropistes de silicium

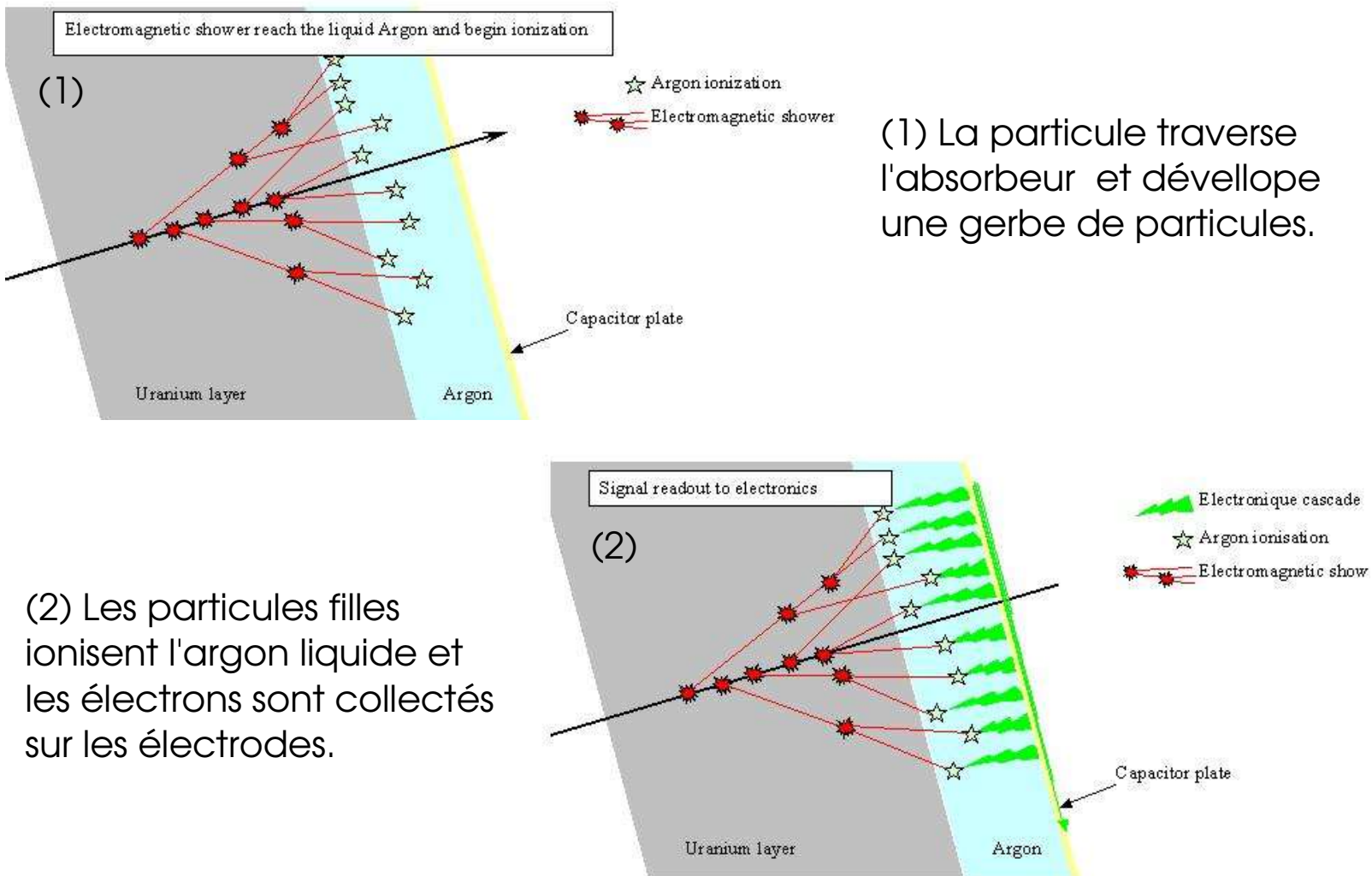


Chambre à fils



Principes de détection

Calorimètre à échantillonnage Ur/Ar^(liqu.)





Soutenance de thèse en vue de l'obtention du grade de
docteur de l'Université Paris 6 – Pierre & Marie CURIE

Jean-Roch VLIMANT

Mesure de la section efficace de production de
paires de quarks top/anti-top dans des collisions
protons/anti-protons à \sqrt{s} égale à 1.96 TeV
auprès de l'expérience DØ.

Salle Bernard Grossetête
Lundi 27 juin 2005, 14h30