

Arnaud Lucotte

1993-1996 : ALEPH au LAPP

Thèse sur les mesures de précision à la resonance du Z

1996-1999 : DØ à FermiLab

Post-doc dans le groupe Stony Brook, New York

- Validation du pré-échantillonneur
- Déclenchement L1 et L2
- Physique des mésons B et recherche du Higgs

1999-2000 : ATLAS au CERN

Fellow dans le groupe du TRT d'ATLAS

- Tests de prototype de roue du TRT & électronique

2000-2001 : DØ au LPSC

ATER dans le groupe de G. Sajot

- Etiquetage du b

2001-2004 : OPERA au LAL

- Développement & validation de l' électronique du Target Tracker

2004- : ATLAS au LPSC

- Développements software / calorimètre LAr

**L'énigme de la génération
des masses :
les oscillations neutrinos à OPERA
la recherche du Higgs à DZERO**

Le Modèle Standard

Le Modèle Standard

Le MS décrit :

- Constituants élémentaires de la matière :

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ e^- \end{pmatrix}_L \quad \begin{pmatrix} \nu_\mu \\ \mu^- \end{pmatrix}_L \quad \begin{pmatrix} \nu_\tau \\ \tau^- \end{pmatrix}_L \quad \text{et} \quad e_R, \mu_R, \tau_R$$

$$\begin{pmatrix} u \\ d \end{pmatrix}_L \quad \begin{pmatrix} c \\ s \end{pmatrix}_L \quad \begin{pmatrix} t \\ b \end{pmatrix}_L \quad \text{et} \quad u_R, c_R, t_R, d_R, s_R, b_R$$

- Interactions entre constituants
→ invariance p/r au groupe de jauge $SU(3)_C \times SU(2)_L \times U(1)_Y$

Structure du MS

- Symétrie $SU(3)_C$: interaction forte
→ Symétrie conservée
→ Boson médiateur : le gluon, de masse nulle
- Symétrie $SU(2)_L \times U(1)_Y$: interaction électrofaible
→ Symétrie spontanément brisée avec symétrie EM résiduelle
→ Bosons médiateurs :
 W^\pm et Z massifs (interaction faible) massifs,
Photon γ (électromagnétisme) de masse nulle
- Le MS est une théorie renormalisable
Observables calculables
→ à partir d'un ensemble fini de paramètres
→ à tous les ordres de corrections radiatives

Diapositive 3

A.L1 quark c decouvert en 1974 a SLAC
lepton tau decouvert en 1974 a SLAC
quarks b et top decouvert en 1977 et 1994
a Fermilab

SU(3)_C: gluon decouvert a DESY en 1979

W et Z decouvert au CERN en 1983 apres
decouverte des courants neutres

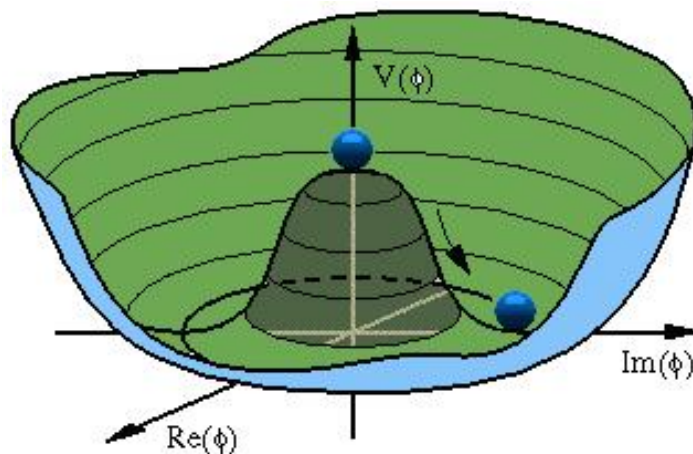
lucotte; 28/09/2004

Le Boson de Higgs dans le Modèle Standard

Le Higgs dans le Modèle Standard

Mécanisme de brisure de la symétrie électrofaible = mécanisme de Higgs

- Champ scalaire Φ (complexe) doublet de SU(2)
- Potentiel $V(\Phi) = \lambda(\Phi^\dagger\Phi - v^2/2)$
 - v est la valeur moyenne dans le vide
 - le minimum de $V(\Phi)$ est alors $|\Phi| = v/\sqrt{2}$



Génération des masses

- Masses des bosons : interaction avec le champ de valeur v

$$M_W = \frac{gv}{2} \quad M_Z = \frac{gv}{2\cos\theta_W}$$

→ La mesure de la durée de vie du muon fournit v :

$$v = (\sqrt{2}G_F)^{-1/2} \approx 246 \text{ GeV}$$

- Masses des fermions (Yukawa)

Masse ~ Couplages du Higgs aux fermions $m_f = g_f v / \sqrt{2}$

- Masse du boson de Higgs

$$m_H = 2 \lambda v^2$$



Le mécanisme de Higgs implique l'existence d'une (au moins) particule scalaire : le boson de Higgs... qui reste encore à découvrir !

Masse du Higgs : contraintes théoriques

Unitarité

- Diffusion de bosons

- $\sigma(V_L V_L \rightarrow V_L V_L)$ diverge

- Contribution du Higgs nécessaire

- Limite supérieure sur m_H $\Rightarrow m_H \leq (2\sqrt{2}\pi/G_F)^{1/2} \leq 870 \text{ GeV}/c^2$

Trivialité

- Evolution de $\lambda(\Lambda)$: EGR

- $\lambda(\Lambda)$ augmente avec Λ ...et donc g_f (Yukawa)

- Il faut borner $\lambda(\Lambda)$

- Limite supérieure m_H

- $\Rightarrow m_H < 8\pi^2 v^2 / 3 \log(\Lambda^2 / v^2)$

Stabilité du vide

- $V(\Phi)$ doit avoir un "minimum absolu"

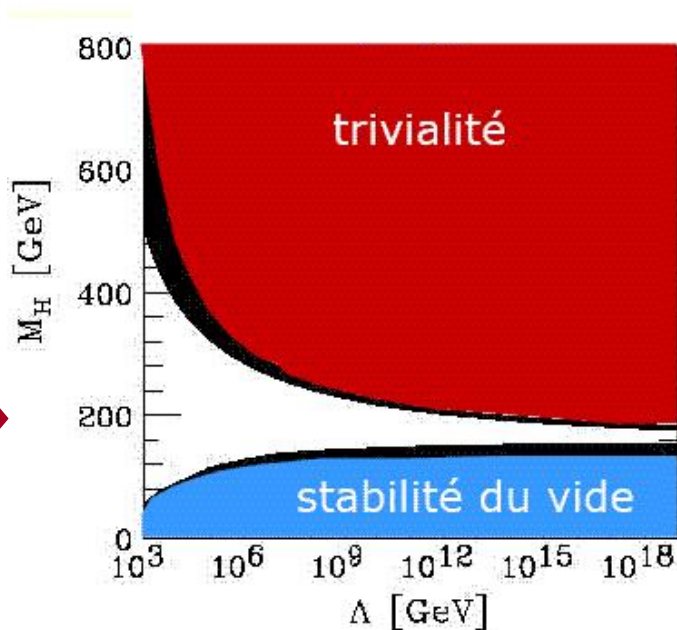
- $\partial V(\Phi)/\partial \Phi > 0$

- $\lambda(\Lambda) > 0$

- Limite inférieure sur m_H

- $\Rightarrow m_H > 52 \text{ GeV}/c^2$ à $\Lambda = 1 \text{ TeV}$

Région autorisée
pour m_H
en fonction de Λ



Masse du Higgs : contraintes expérimentales

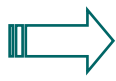
Recherches directes

- Etudes @ LEP :

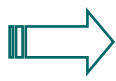
$e^+e^- \rightarrow HZ$

$HZ \rightarrow b\bar{b}l\bar{l}$

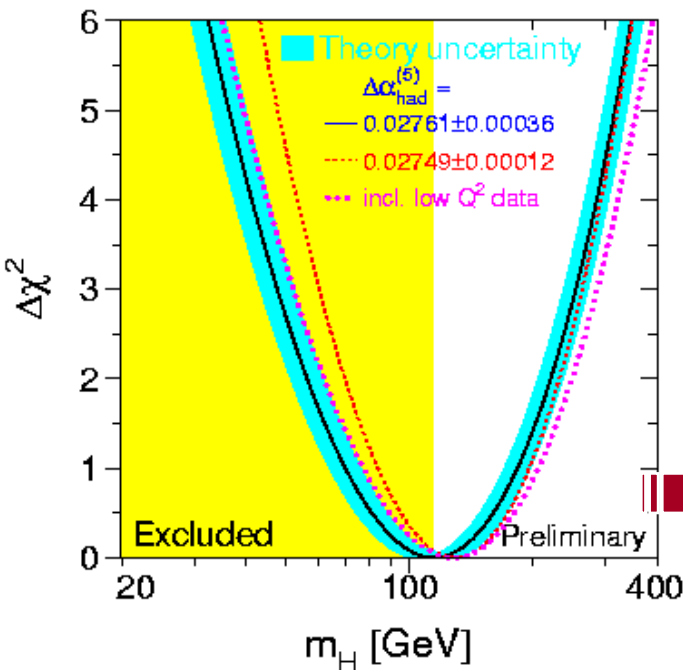
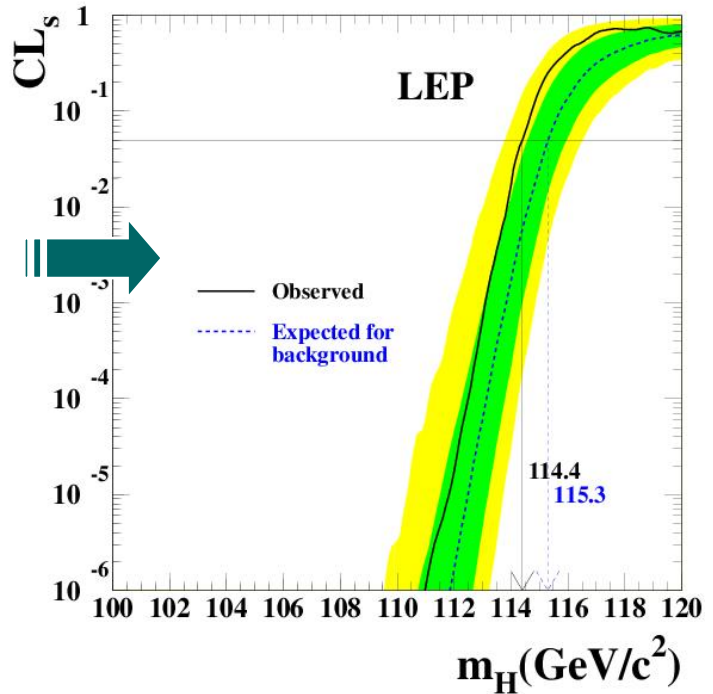
$HZ \rightarrow b\bar{b}q\bar{q}$



Exclusion @ 95% CL :
 $m_H > 114.4 \text{ GeV}/c^2$



Quques "candidats" ?
@ $m_H \approx 115 \text{ GeV}/c^2$
(statistiquement $\sim 2 \sigma$)



Contraintes indirectes

- LEP + SLAC + TeVatron :
 M_Z, M_W, m_t
 $\sin^2\theta_W, \alpha_{EM}$
- Ajustement dans le MS :
Paramètre libre m_H

Les résultats expérimentaux favorisent un Higgs léger:

$$m_H = 114^{+69}_{-45} \text{ GeV}/c^2$$

$$m_H < 260 \text{ GeV}/c^2 @ 95\%$$

Vers des neutrinos massifs

Neutrinos dans le Modèle Standard

- Seuls les neutrinos ν_L (et $\bar{\nu}_R$) existent
→ Pas de ν_R (ou $\bar{\nu}_L$) observé !
- Limites actuelles supérieures sur les masses
 $m(\nu_e) < 3\text{eV}/c^2$, $m(\nu_\mu) < 0.19\text{ MeV}/c^2$ et $m(\nu_\tau) < 18.2\text{ MeV}/c^2$



Les neutrinos sont posés avec $m=0$ dans le MS

- Description « satisfaisante » jusqu'à S.N.O en ... 2001 !
 - Les neutrinos oscillent d'une saveur à l'autre →
 - Ils ont donc nécessairement une masse $\neq 0$

Le "mécanisme de la bascule"

- A chaque $\nu_L \rightarrow N_R$ singulet droit,
→ Isospin & hypercharge nulles (Majorana)
- Matrice de masse maintenant possible

$$M_\nu = \begin{pmatrix} 0 & m_D \\ m_D & M_R \end{pmatrix} \rightarrow \mathcal{M} = U^T M_\nu U = \begin{pmatrix} m_+ & 0 \\ 0 & m_- \end{pmatrix}$$

→ Valeurs propres de masse :

$$m_\pm = \frac{1}{2} \left(M_R \pm M_R \sqrt{1 + 4 \frac{m_D^2}{M_R^2}} \right)$$



→ Mécanisme intéressant car :

$M_R \gg m_D \rightarrow m_-$ est petite : associée à nos ν_e, ν_μ et ν_τ
 $M_R \gg m_D \rightarrow m_+$ est $\sim 1\text{ TeV}$: explique qu'il n'ait pas été vu
→ Ce mécanisme s'intègre aux Théories de GU

Les oscillations de Neutrinos

Les oscillations de neutrinos

Formalisme des oscillations

- Etats propres de masses \neq états propres de l'interaction faible

$$\nu_i \ (i=1,2,3) \neq \nu_\alpha \ (\alpha = e, \mu, \tau)$$

- Il existe une transformation $U : \nu_\alpha = U \nu_i$
→ $\nu_\alpha(t, x)$ est une superposition linéaire de ν_i
- Si les ν_i ont des masses distinctes
→ leur vitesse de propagation est \neq
→ Le mélange $\nu_\alpha(t_1, x_1) \neq \nu_\alpha(t, x)$!

- La probabilité de transition de ν_α à ν_β est alors :

$$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = \left| \sum_i U_{\beta i} e^{-i(E_i t - p_i x)} U_{\alpha i}^* \right|^2$$

- Cas d'un échange à deux saveurs :

- Matrice de transformation :

$$U = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}$$

- Probabilité de transition :

$$P(\nu_\alpha \rightarrow \nu_\beta) = \delta_{\alpha\beta} - \sin^2 2\theta \sin^2 \left(1.27 \frac{\Delta m^2 L}{E} \right)$$

$$\Delta m^2_{ij} = |m_i^2 - m_j^2|$$

L = distance(source,détecteur) en km

E = énergie du neutrino ν_α en GeV



Oscillation \leftrightarrow les neutrinos ont $m \neq 0$
→ Reste à établir les paramètres
des oscillations pour toutes saveurs

Oscillations des neutrinos solaires: SNO (2001)

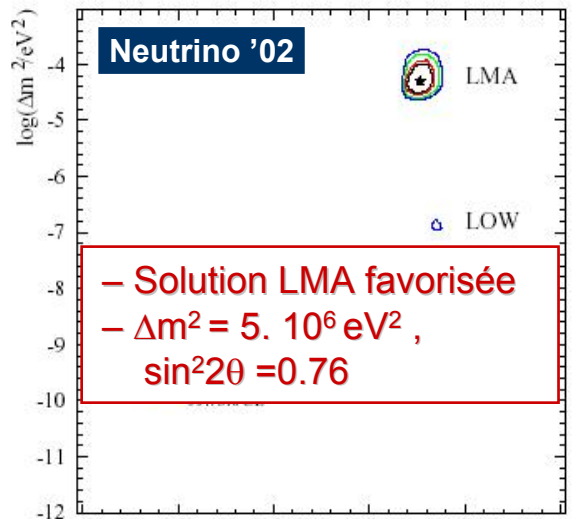
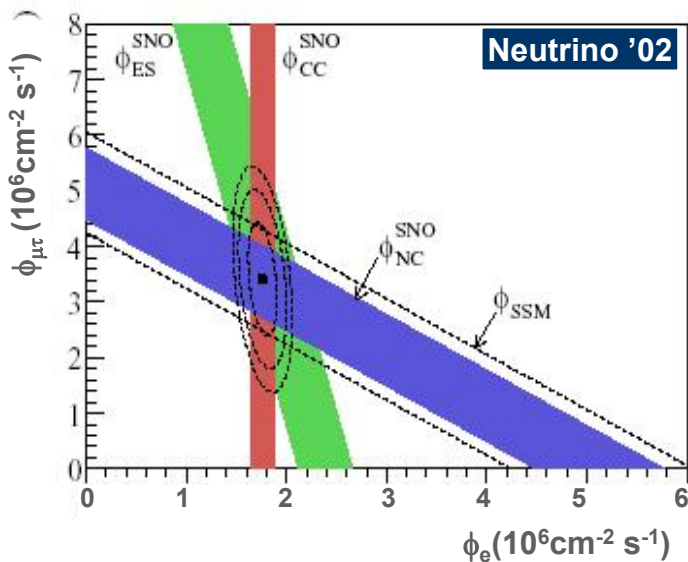
Mesures de SNO (1kt D₂O, 7kt H₂O)

- Mesure du flux des ν solaires du ⁸B:

$$\text{CC: } \nu_e + d \rightarrow p + p + e \Rightarrow \phi^{\text{CC}} = \phi_e$$

$$\text{NC: } \nu_X + d \rightarrow p + n + \nu \Rightarrow \phi^{\text{NC}} = \phi_e + \phi_{\mu\tau}$$

$$\text{ES: } \nu_X + e \rightarrow \nu_X + e \Rightarrow \phi^{\text{ES}} = \phi_e + \epsilon \phi_{\mu\tau}$$



- Interprétation:

- Mesure du flux total ϕ_ν (⁸B) en accord avec les prédictions
- Composition multi-saveurs *actives* des ν solaires
- Oscillation de ν_e en ν actifs : $\phi_{\mu\tau} \neq 0$ @ 5.3 σ

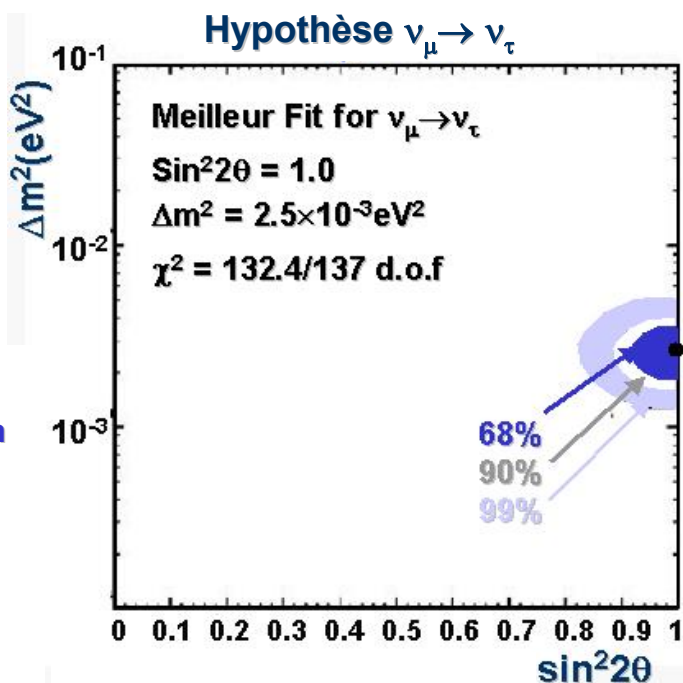
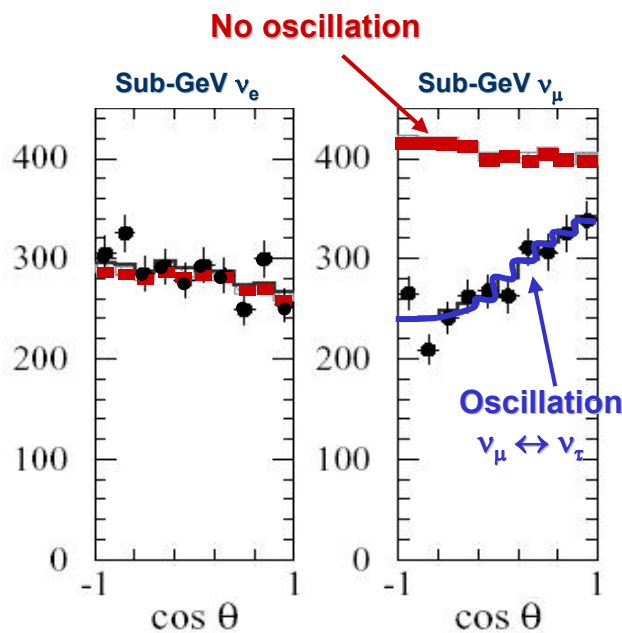


→ 1ere évidence directe d'oscillation
 → Confirmation par Kamland en cours
 → Les 3 saveurs suffisent ...

Oscillations de neutrinos atmosphériques: SuperK

Résultats de SuperK (50 kt H₂O)

- Mesures de flux de ν_{atm} par:
 - $R = (\nu_{\mu}/\nu_e)_{\text{data}} / (\nu_{\mu}/\nu_e)_{\text{MC}}$
 - Flux ν_{μ} & ν_e vs $\cos\theta_{\text{zenith}}$
- Mesures :



Interprétation :

Modes	Paramètres du fit	# σ
$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$	$\sin^2 2\theta = 1.00$ $\Delta m^2 = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$	----
$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$	$\sin^2 2\theta = 0.97$ $\Delta m^2 = 5.0 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$	8.9
$\nu_{\mu} \rightarrow \nu_s$	$\sin^2 2\theta = 0.96$ $\Delta m^2 = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$	4.4



L'Oscillation $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$
est favorisée avec :
 $\Delta m^2 \sim 2.5 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$

Les oscillations des ν_μ : expériences de “Long Baseline”

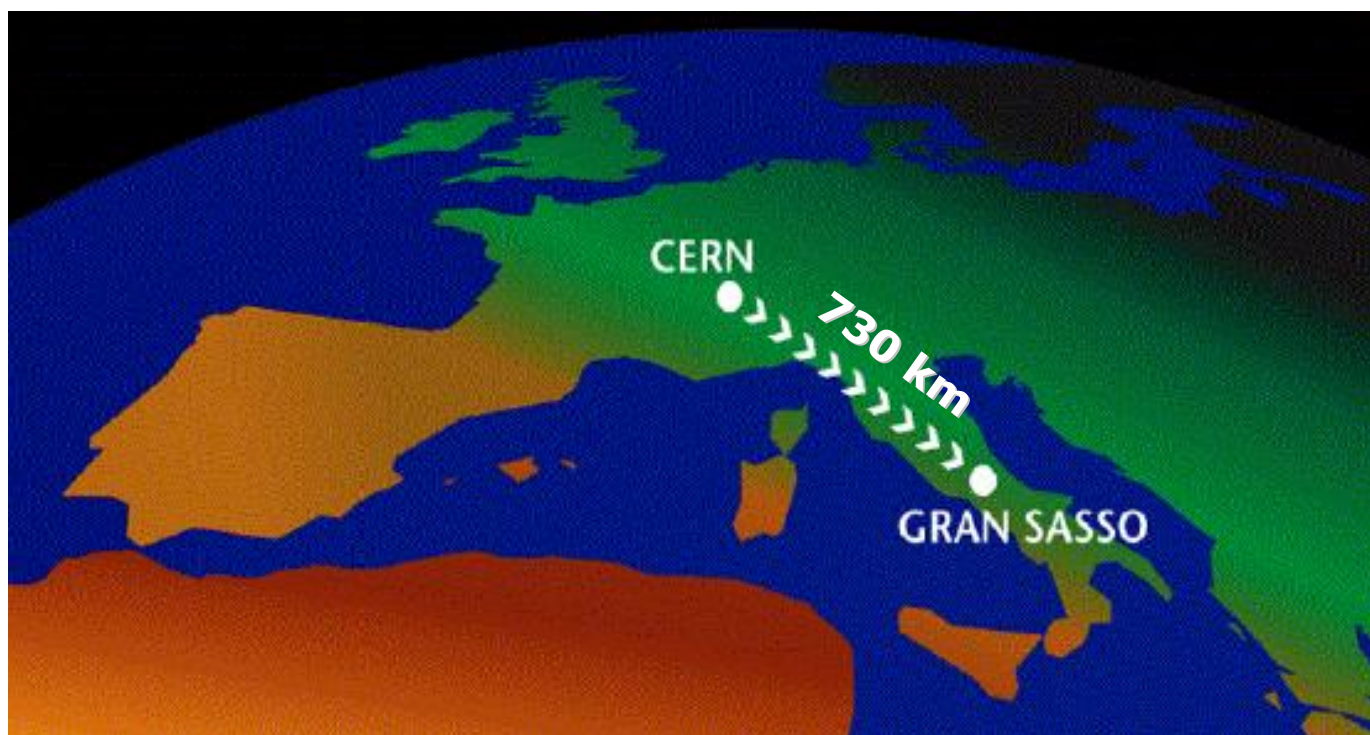
Objectifs

1ère génération d'expériences à grande distance de la source :

- OPERA , ICARUS (CNGS), MINOS (FermiLab)

Pour $\Delta m^2 \sim 1.0 - 4.0 \times 10^{-3} \text{ eV}^2 \rightarrow L/E \sim 100-1000 \text{ km/E}$

- Confirmer l'oscillation des ν_μ atmosphériques
 - Prouver directement que $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$
 - Mesurer Δm^2_{23} et θ_{23}
 - Observer $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ et contraindre θ_{13}



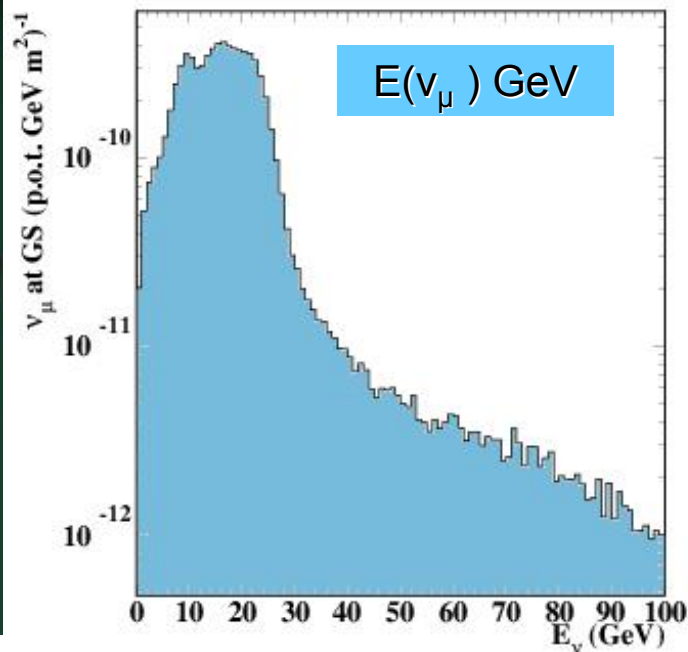
Le 1er rôle d'OPERA est observer l'apparition de ν_τ dans un faisceau “pur” de ν_μ produit au CERN

Production du faisceau au CERN

Le Faisceau CNGS

- **Caractéristiques**

- **Composition:** 97% ν_μ + 2.1% ν_μ + 0.9% ν_e 's
- **Energie :** $\langle E_\nu \rangle \sim 17$ GeV (> seuil du tau)
- **Intensité :** 6.7×10^{19} p.o.t./an (mode "partagé" avec LHC)



- **Taux d'événements**

- $M_{\text{cible}} = 1.766$ kton @ 5 ans @ 6.7×10^{19} pot/an

Event	N(evts)
ν_μ CC	32620
ν_μ NC	9810
ν_μ CC	685
$\nu_e + \nu_e$ CC	283

Signal vs Δm^2	
ν_τ CC Δm^2	N(evt)
$1 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$	32
$2 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$	127
$3 \times 10^{-3} \text{ eV}^2$	287

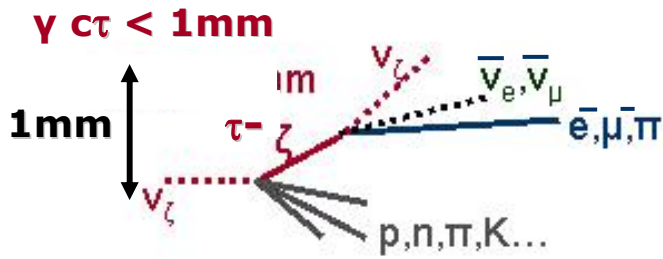


43400 ν_μ / 5 ans
32 à 127 ν_τ / 5 ans

Principe de la mesure des oscillations $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ à OPERA

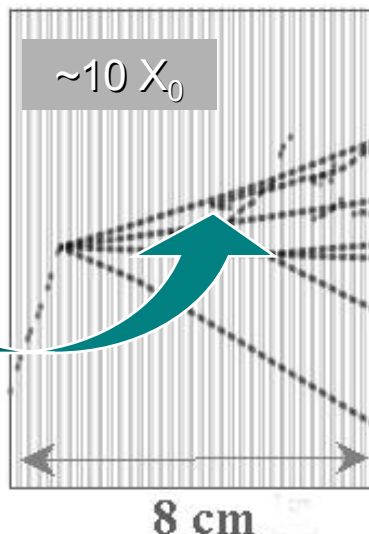
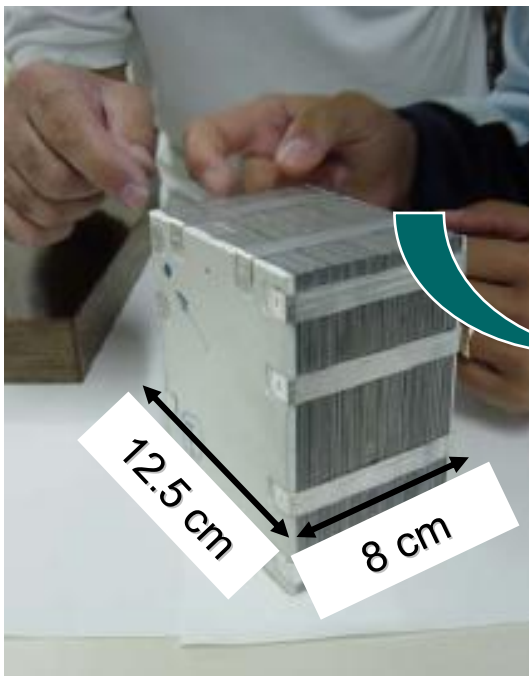
Recherche des oscillations

- Signatures expérimentales



Désintégration du τ	BR(%)
$\tau \rightarrow \bar{\mu}^- \nu_\mu \nu_\tau$	17.4%
$\tau \rightarrow e^- \nu_e \nu_\tau$	17.8%
$\tau \rightarrow h^- \nu_\tau \ n\pi^0$	49.5%
$\tau \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- \nu_\tau \ n\pi^0$	15.2%

- Observation directe des désintégrations du τ
 - Nécessite une résolution de $\sim 1\mu\text{m}$!
 - Brique ECC = 56 x [Pb (1mm) + émulsions (300 μm)]
 - Détection de $\tau \rightarrow e$ pour les oscillations $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$
 - Mesure de l'impulsion par diffusion multiple



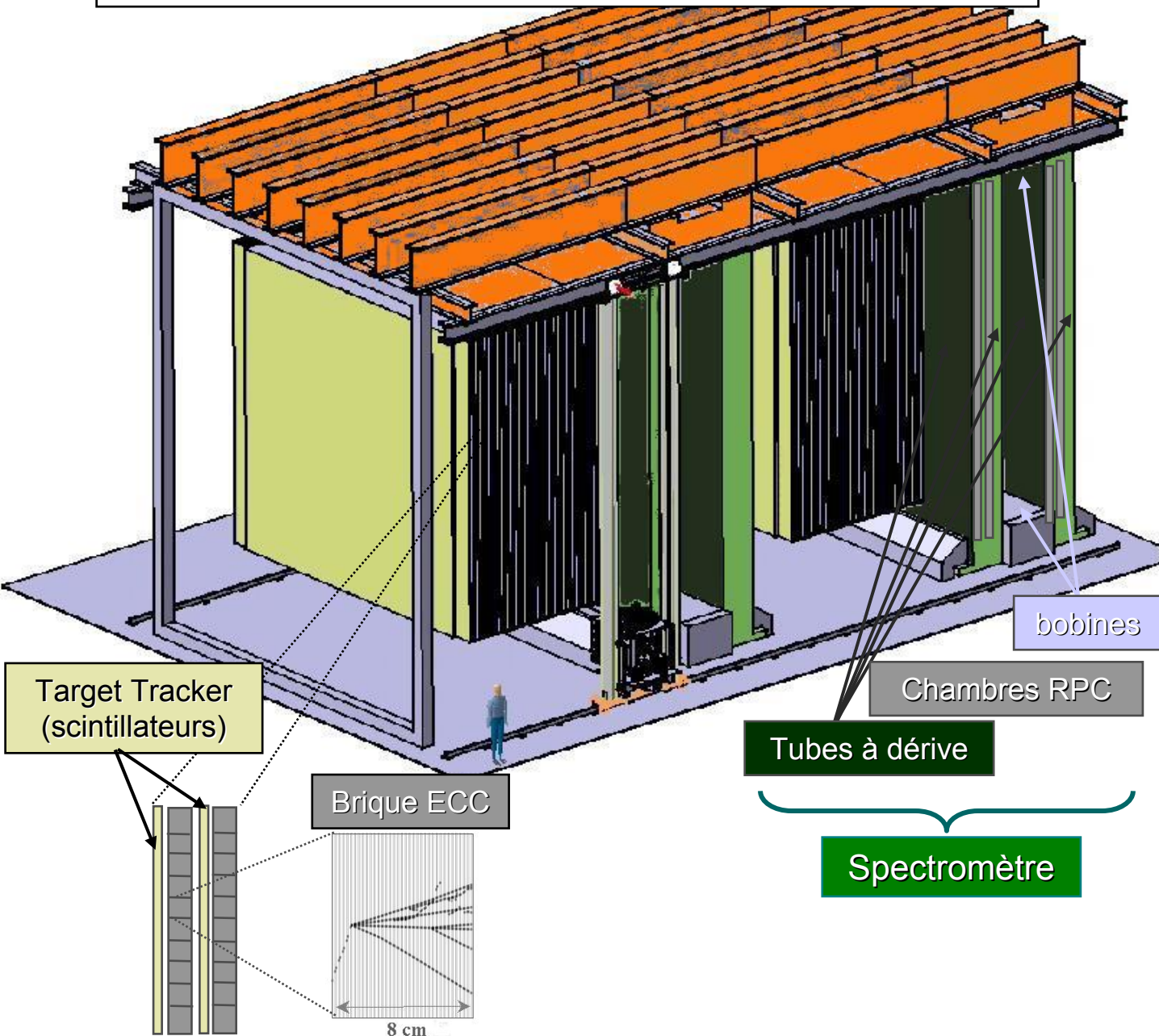
Résolution :
Trace $\sigma < 1\mu\text{m}$
Angle $\sigma \sim 2\text{ mrad}$

Le détecteur OPERA

Architecture

1 SUPERMODULE =

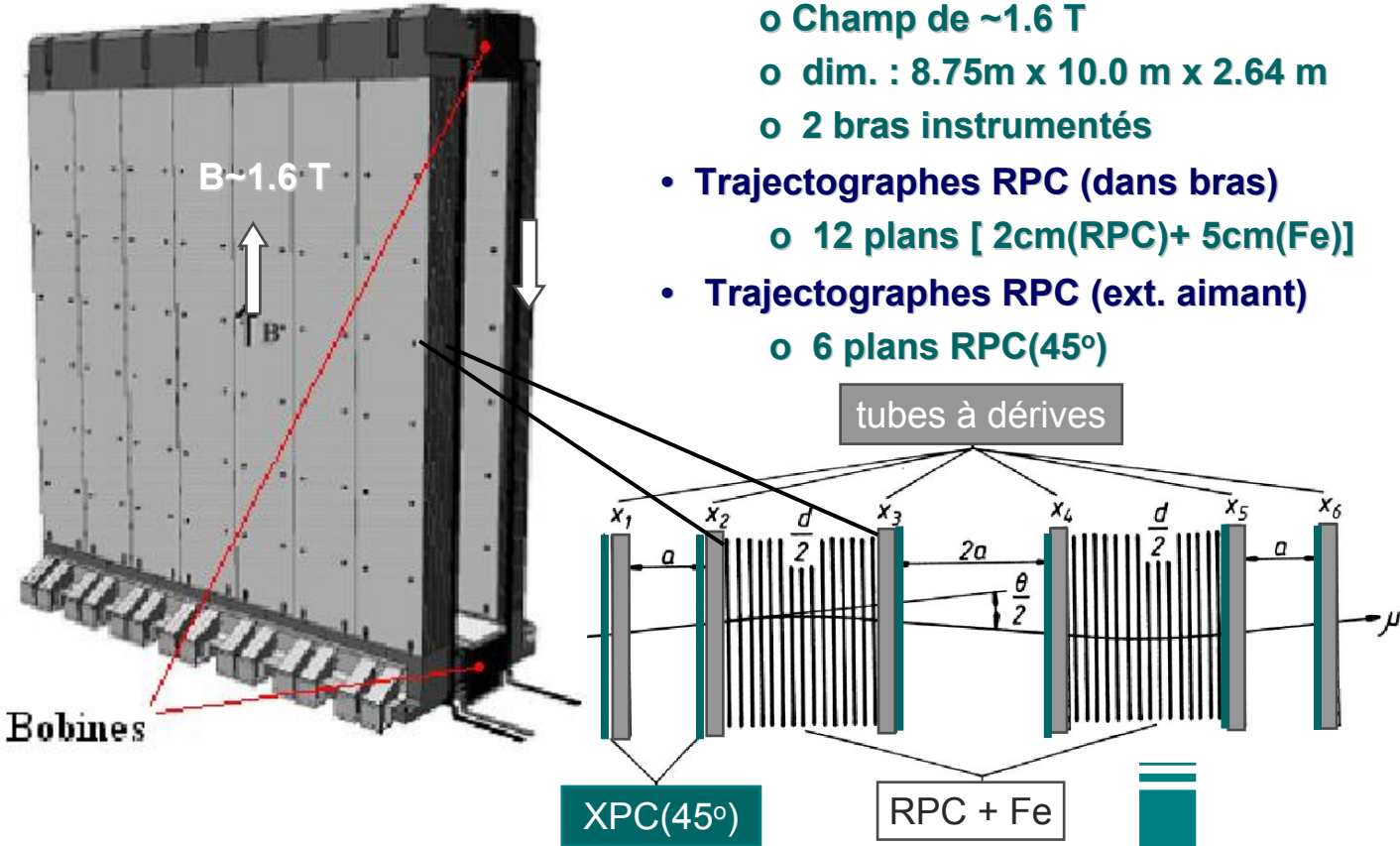
1 cible = 31 murs de briques ECC + 31 murs Target Tracker
+ 1 spectromètre muons = 1 aimant + Trajectographes de précision



Le spectromètre

Caractéristiques

- Aimant
 - Champ de ~ 1.6 T
 - dim. : 8.75m x 10.0 m x 2.64 m
 - 2 bras instrumentés
- Trajectographes RPC (dans bras)
 - 12 plans [2cm(RPC)+ 5cm(Fe)]
- Trajectographes RPC (ext. aimant)
 - 6 plans RPC(45°)



- Tubes à dérive
 - 6 plans extérieur / intérieur aimant



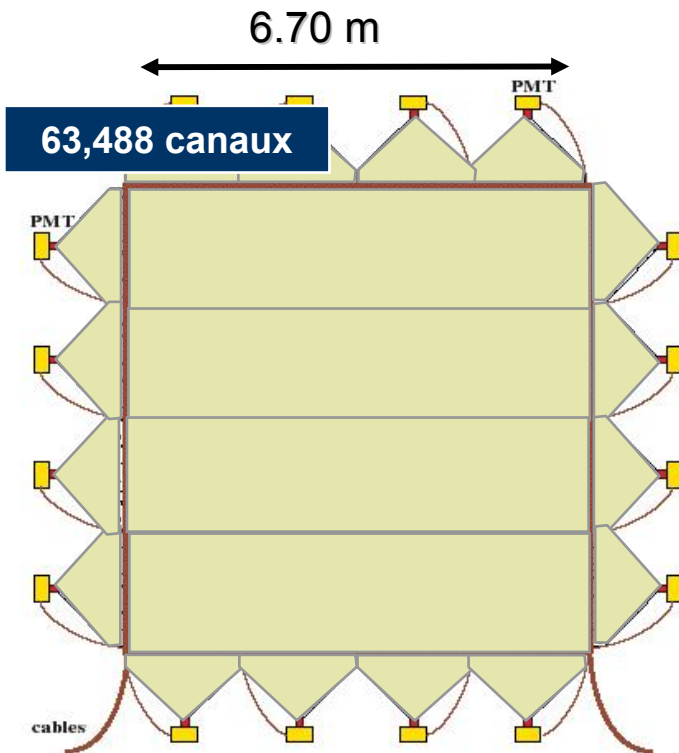
Signe et spectre E_μ :

- Efficacité $> 99/1$ %
- Résolution < 300 μ m



La Partie "cible" : le Target Tracker

Architecture



Technologie :

Scintillateurs plastiques
+ fibre décalage spectral (WLS)

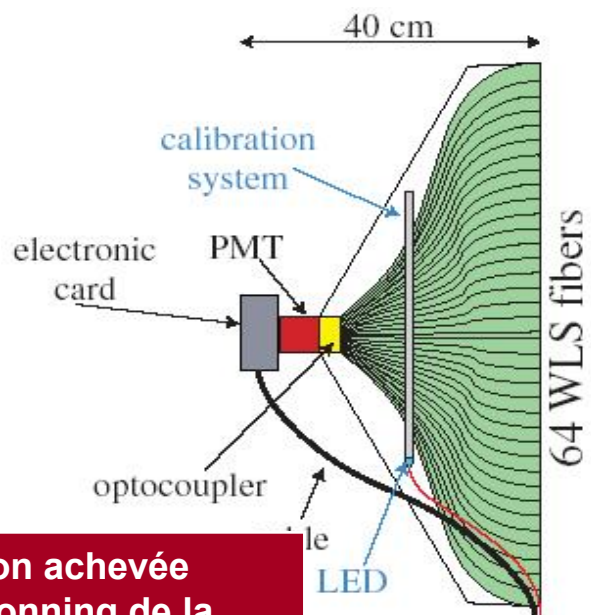
Géométrie:

62 plans (XY) : 670 cm x 670 cm
→ 1 plan = 4 modules X + Y
→ 1 module = 64 canaux
(2.6 cm x 1.1 cm)

→ 13/61 plans réalisés
→ l'installation a
débuté au LNGS

Acquisition

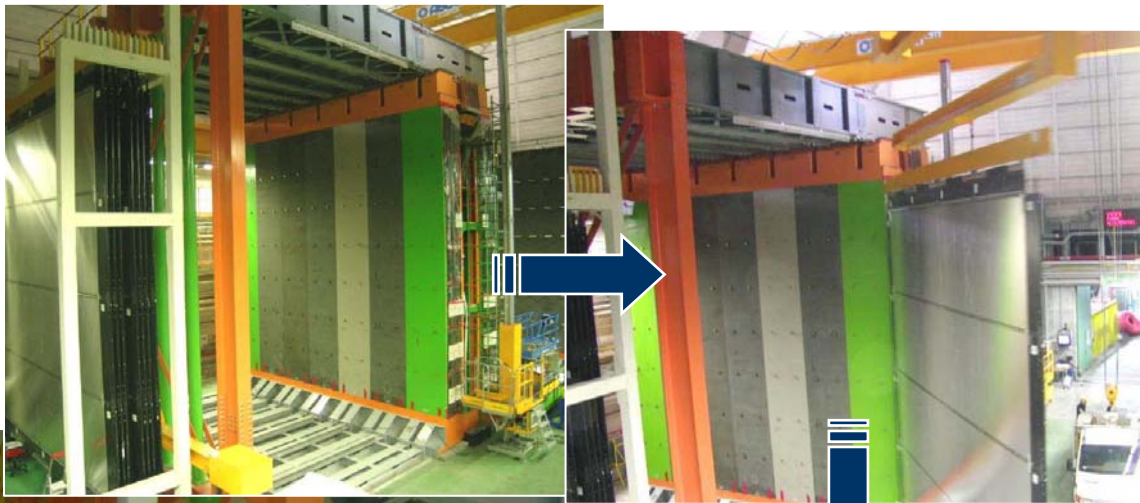
- Photo-Multiplicateur
64-anodes → 1 module
- Carte analogique
Couplée au PM
- Carte numérique & DAQ
FPGA
Contrôleur Ethernet
Circuits pour LED / calib.



→ Production achevée
→ Commissioning de la
DAQ en cours

La Partie "cible" : le Target Tracker (2)

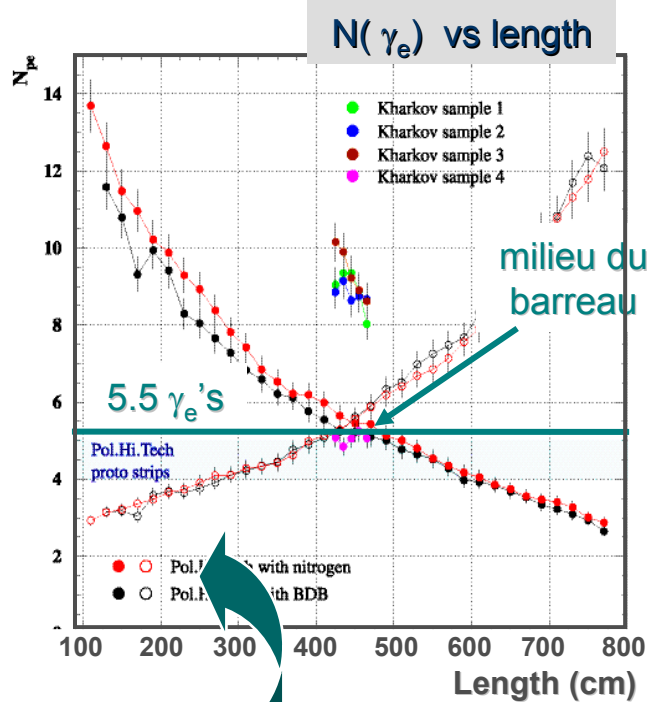
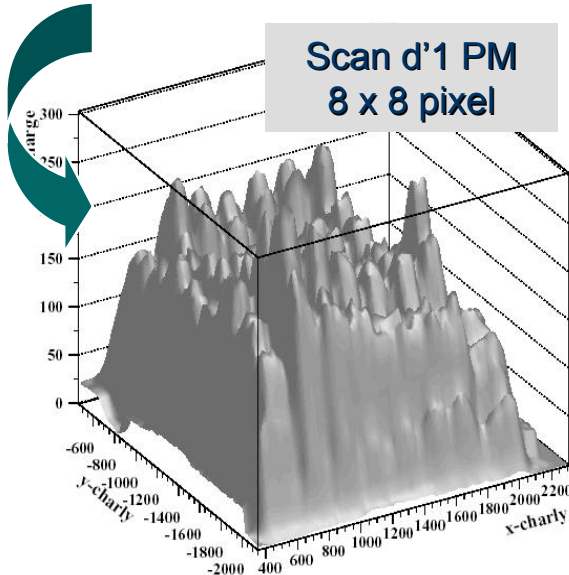
Gran Sasso Sep-2004



Le Target Tracker : Contrainte sur l'acquisition

Lecture du PM multi-anode

- Non-uniformité pixel vs pixel

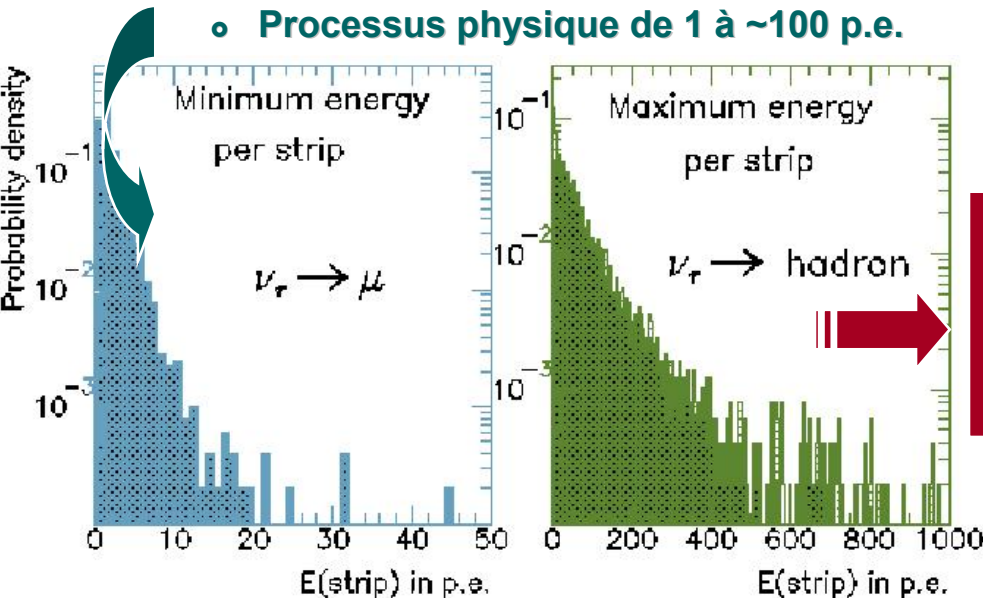


- Déclenchement

- 1 mip = 2 x 5.5 p.e.
- Nécessité de déclencher @ 1/3 p.e.

- Définition de la gamme dynamique

- Processus physique de 1 à ~100 p.e.

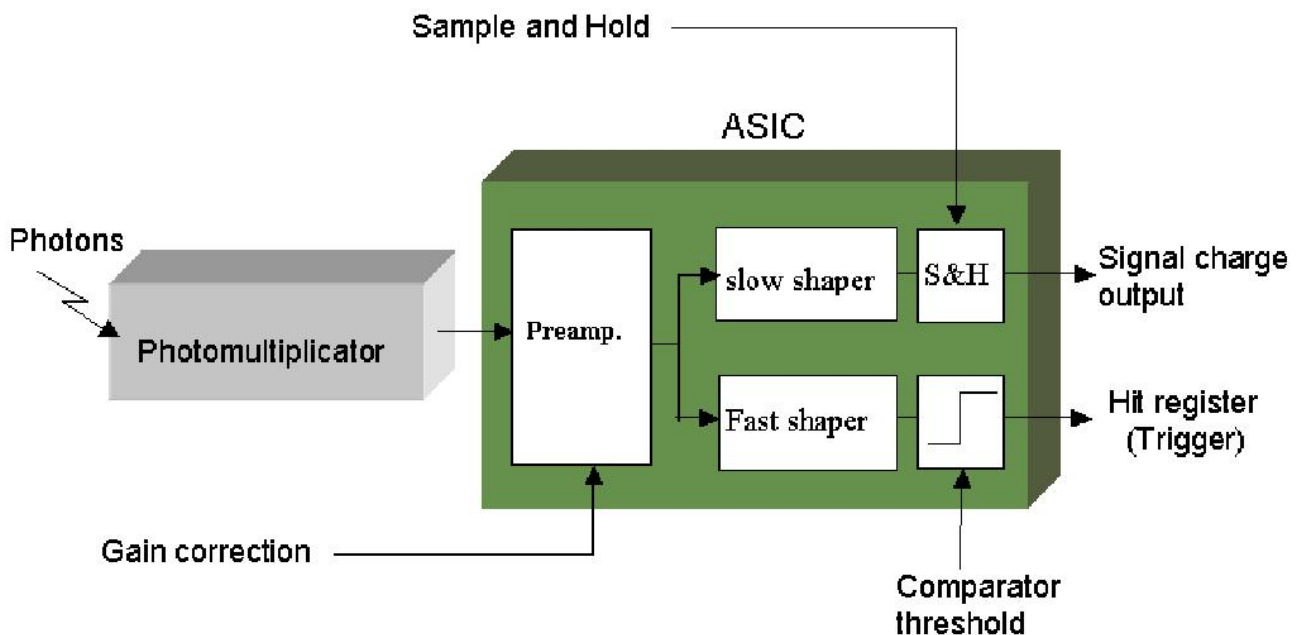


→ Correction de gain
voie-voie
→ $\epsilon_{\text{decl}}(1 \text{ p.e.}) = 100\%$
→ Mesurer E_{gerbe} dans
gamme [1,100] p.e.

Electronique frontale du Tracker

Cahier des charges

- **Fonctionnalités :**
 - Pré-amplificateur à gain ajustable et de faible bruit
 - Circuit auto-déclenchant la lecture des 32 voies
 - Circuit mesurant la charge sur une large gamme dynamique
- **Architecture globale :**
 - 1 étage de pré-amplification corrigeant le signal / voie
 - ➔ 1 branche pour le déclenchement
 - ➔ 1 branche pour la mesure de Q

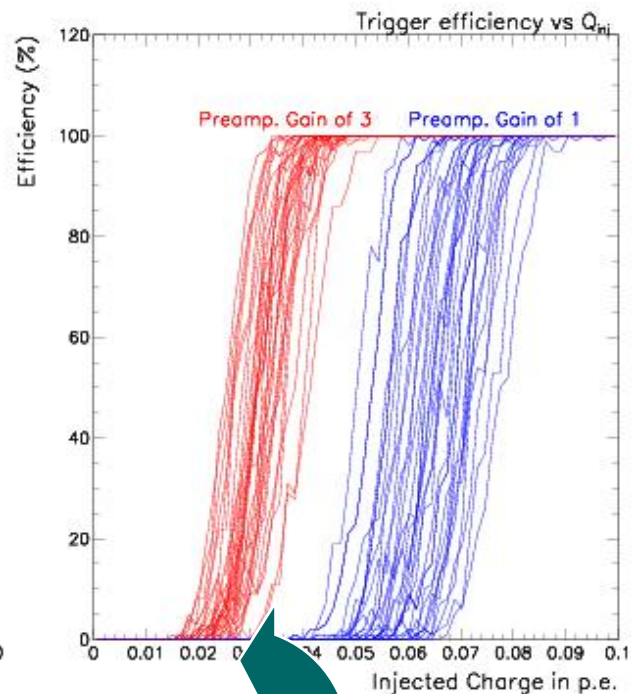
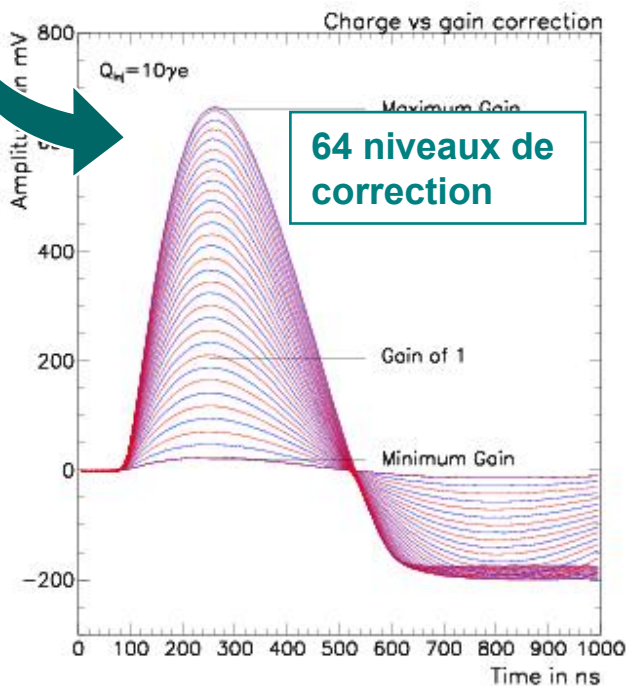


➔ 3 prototypes testés en ~3 ans
➔ Production & validation : Jan-2004
➔ Intégration sur carte analogique :
~1200 chips / 2000

L'électronique frontale : Performances (1)

Pré-amplificateur

- Préampli à gain ajustable
 - Branches de courant miroir activables individuellement
 - Résolution de 6-bit (2,1,1/2,1/4,1/8,1/16)
 - 64 niveaux de correction + voie désactivée
 - Correction effective de 3.6



Auto-déclenchement

- Efficacité de 100% @ 1/10 p.e.
- Seuil fixé extérieurement
 - faible dispersion voie – voie (0.03 p.e.)
 - faible dépendance à $Q_{injectée}$

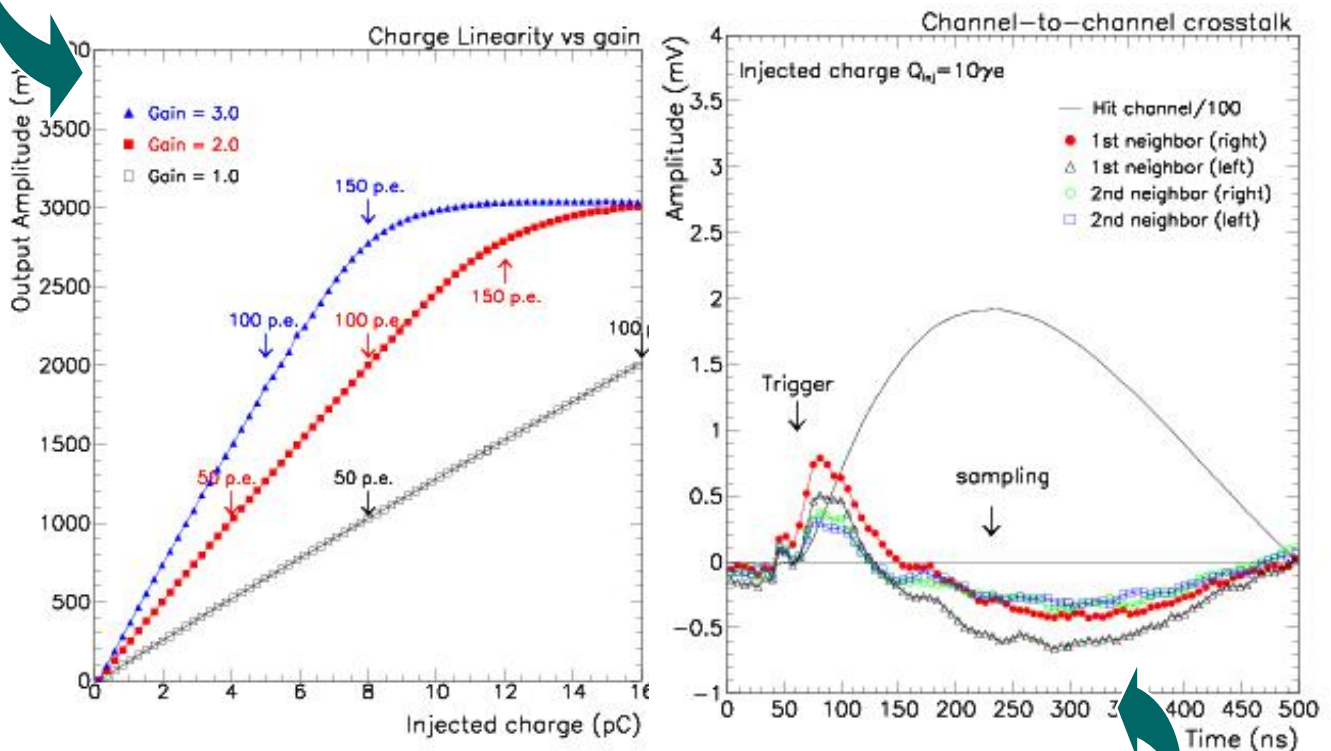


→ Correction des non uniformités du PM
→ Déclenchement vérifié au 1/3 p.e.
→ Faible dispersion seuils

L'électronique frontale : Performances (2)

La mesure de la charge

- Gamme dynamique dépassant 100 p.e. pour tous Gains
 - Linéarité meilleure que 2%
 - Linéarité pour tous gains correctifs de 1 à 3.5
- Stabilité de la mesure
 - Faible dispersion des gains voie par voie



- Diaphonie
 - Diaphonie faible entre voie trigger – voie charge $\sim 0.1\%$
 - Diaphonie faible $\sim 0.25\%$ voie par voie

→ Linéarité vérifiée sur la
gamme [1,100] p.e.
→ Diaphonie négligeable
→ Faible dispersion gains

L'électronique frontale : Conclusion

NIM-A 521(2004) 378-392	
PREAMPLIFIER - Gain correction - Input for Test Pulse - Input Impedance	Range 0-3.5 (6 bit resolution) 3 pF alternate (even/odd channels) $Z_{in} \approx 100\Omega$
AUTO-TRIGGER: - Fast shaper peak time - Fast shaper gain (Gain 1) - Threshold spread (peak-to-peak) - Fast shaper noise (Gain 1) - Trigger sensitivity - Hit Register	10 ns 2.5V/pC (400 mV/p.e.) ± 0.015 p.e. 1.8mV (0.72fC or 0.005p.e) 100% at 0.3 p.e. Implemented
CHARGE MEASUREMENT: - Dynamic range (Gain 1) - Slow shaper peak time (Gain 1) - Slow shaper Gain (Gain 1) - Pedestal Spread (mV) (peak-to-peak) - Noise @ MUX rms (Gain 1) - Cross-talk	16 pC (100 p.e) 160 ns 120 mV/pC (19 mV/pe) ± 6 mV (± 0.4 p.e.) 1.3 mV (12fC or 0.075p.e) $O(0.5\%)$
Linear Voltage range @ MUX Readout frequency	about 1.2 V to 3.2 V



→ Production de masse achevée
 → Validation 2000 circuits + 400 spares achevée
 → Integration en cours :
 606 cartes analogiques prêtes
 → Commissioning au LNGS en cours...

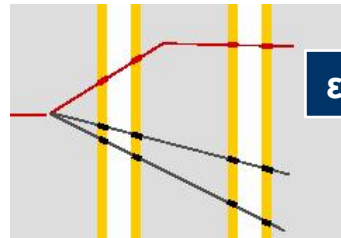
Mesure de l'oscillation $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$

Analyse

- Désintégrations longues :

- $\tau \rightarrow \mu$
- $\tau \rightarrow e$
- $\tau \rightarrow h$

“Coude” avec
 $\theta_{\text{kink}} > 20 \text{ mrad}$

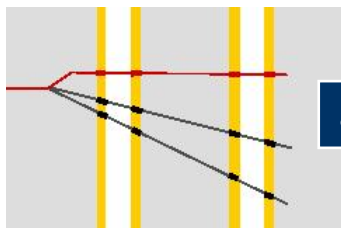


$\epsilon \times \text{BR} \sim 2.8\% - 3.5\%$

- Désintégrations courtes :

- $\tau \rightarrow \mu$
- $\tau \rightarrow e$

Paramètre
d'impact
 $\text{IP} > 5\text{-}20\mu\text{m}$



$\epsilon \times \text{BR} \sim 0.7\% - 1.0\%$

Résultats

- Nombre d'évts attendus @ $2.25 \cdot 10^{20}$ pot (5 ans) :

Canal	$\epsilon \times \text{BR}$	Signal vs Δm^2			Fonds
		$1.6 \cdot 10^{-3}$	$2.6 \cdot 10^{-3}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$	
$\tau \rightarrow e$	3.4%	1.6	3.9	9.9	0.16
$\tau \rightarrow \mu$	2.8%	1.3	3.9	9.9	0.29
$\tau \rightarrow h$	2.9%	1.4	3.2	8.2	0.20
TOTAL	9.1%	4.3	10.3	26.3	0.65

- Fonds au signal :

- Fonds charmés & Muons a grand angle de diffusion & réinteractions des hadrons



→ OPERA en cours d'installation
 → Perspectives d'observation
 des oscillations $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$ bien établies
 → Sensibilité à $\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau$

Amélioration de DØ pour le Run II & Recherche du boson de Higgs

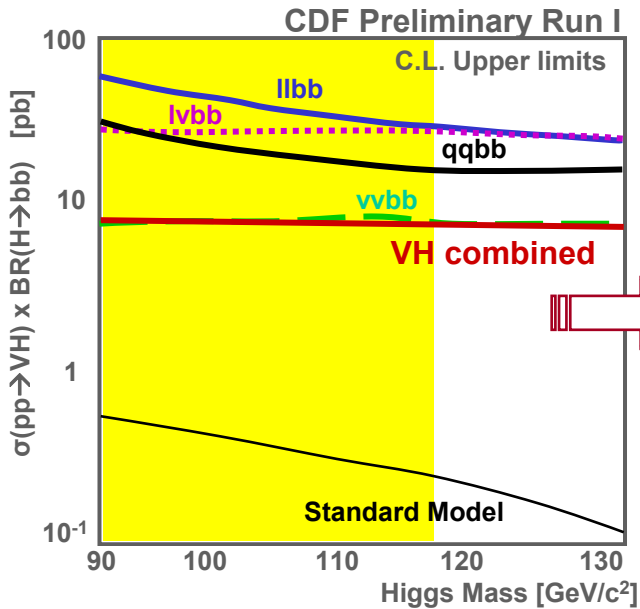
Préparation du détecteur DØ au Run II

- Les nouveaux détecteurs de pied-de-gerbe**
- Le déclenchement des électrons**
- Perspectives de recherche du boson de Higgs**

La chasse au Higgs au Run II

Recherche directe du Higgs

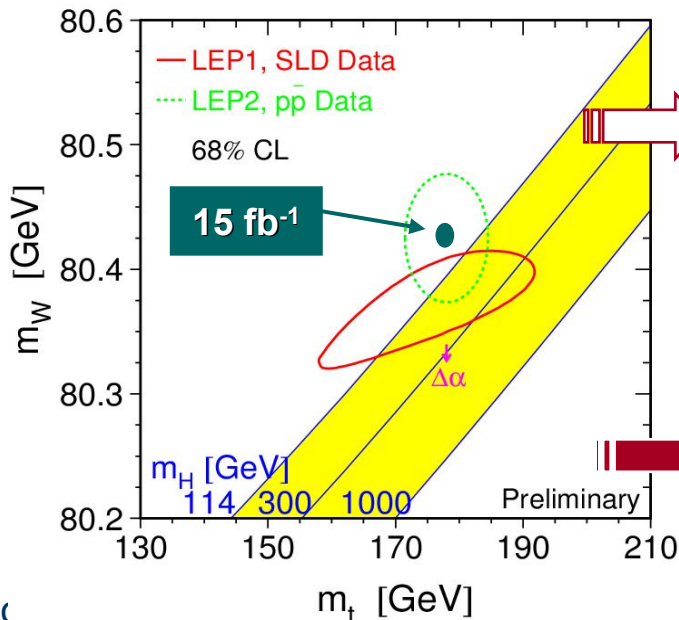
- Run I (1989-1995)



Un gain en sensibilité d'un facteur 100 à 1000 est nécessaire pour la Recherche du Higgs

Recherche indirecte du Higgs

- Mesures de précision M_W & m_t



Réduire les incertitudes sur M_W et m_t requiert
 → Haute statistique
 → Meilleur control des systématiques

→ Run de haute luminosité
 → Amélioration du détecteur

Le Tevatron au Run II

FERMILAB / Illinois



L'amélioration de la chaîne d'accélérateurs du TeVatron au Run II

Luminosité au TeVatron

$$L = \frac{N_p N_p f_0}{2\pi (\sigma_x^2 + \sigma_y^2)}$$

Diagram illustrating the luminosity formula with callouts:

- Nombre de p (Number of protons) points to N_p
- Fréquence revolution (Revolution frequency) points to f_0
- Section du faisceau (Beam size) points to $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)$



Limitations principales du TeVatron :
 Taux de production d'antiprotons
 Effets faisceau-faisceau (augmente σ)

Améliorations pour le Run II

- Chaîne de protons : Installation de l'Injecteur principal
- Chaîne des antiprotons

	Run Ib	Run IIa
p x \bar{p}	6x6	36x36
Protons / paquet	2.3×10^{11}	2.7×10^{11}
Total antiprotons	5.5×10^{11}	1.1×10^{12}
Temps/ paquets (ns)	3,500	396
Lumi $\times 10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$	0.16	0.8
Angle croisement (μrad)	0	0
Fonction β^* (m)	0.3	0.3
CM Energy (GeV)	1,800	2,000
interactions/crossing	2.6	2.3

Le détecteur DØ au Run II

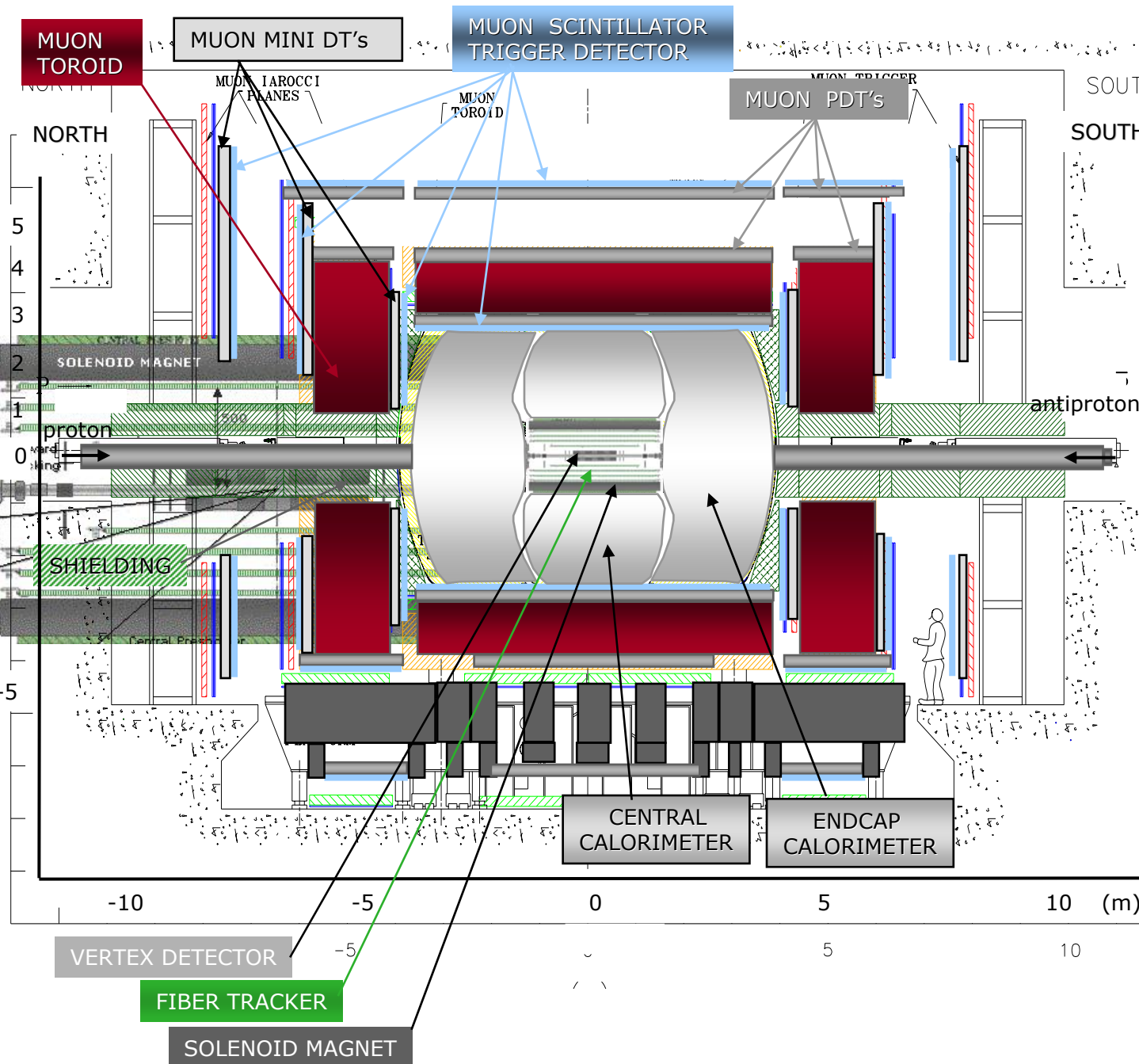
Impact des changements du TeVatron

- Haute Luminosité
 - Irradiation dans les détecteurs de traces
 - Technologies résistantes
- Durée entre collisions réduite $\Delta t_p \rightarrow$ empilement
 - Techniques de « pipelines » électroniques
 - Nouveaux déclenchement

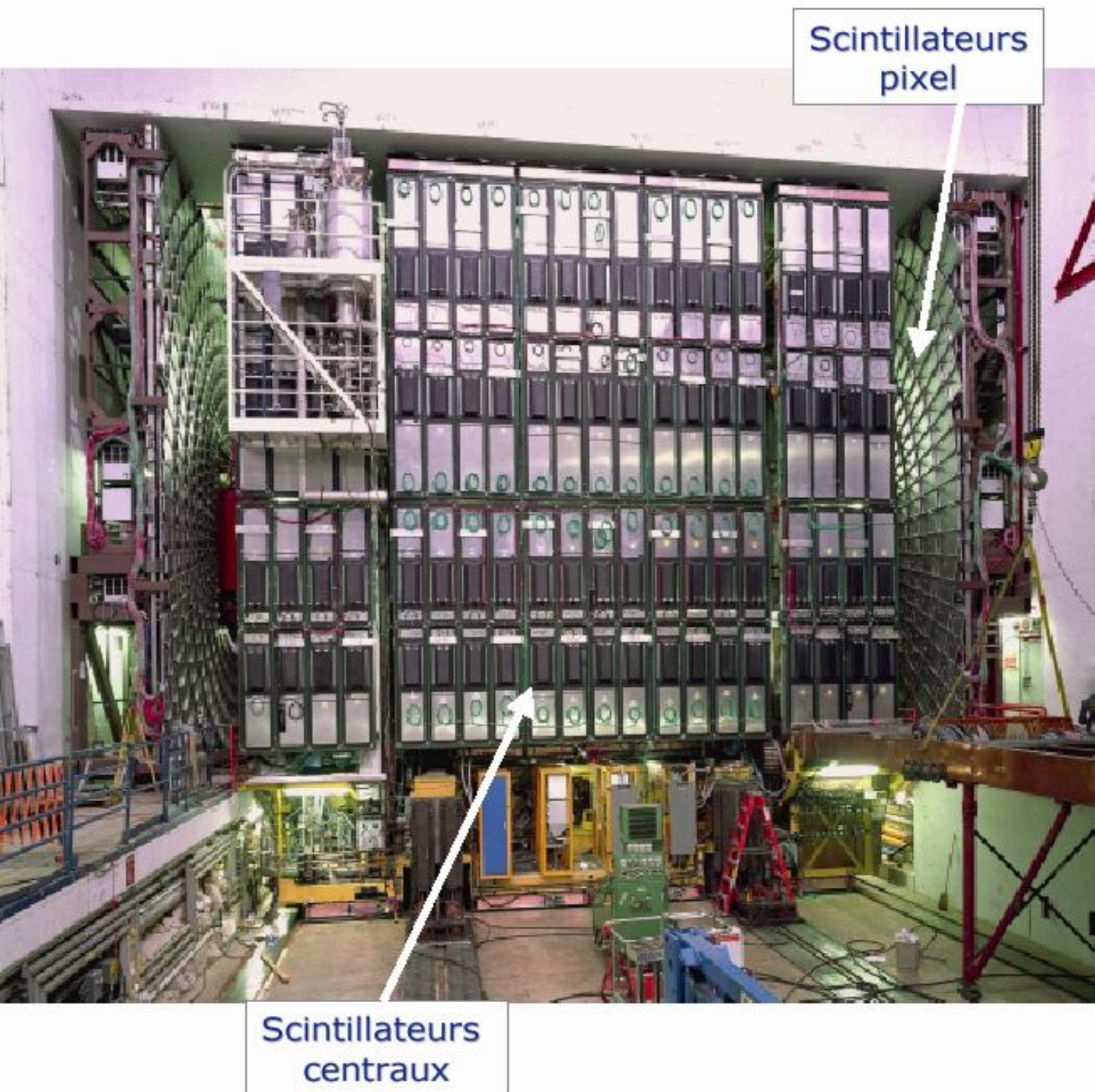
Les améliorations de DØ pour le Run II

- Nouveau Trajectographe
 - Nouveau solénoïde (B=2T)
 - Nouveau détecteur à fibres scintillantes
 - Nouveau détecteur de Vertex-3D (Si)
- Nouvel ensemble d'identification des particules
 - Nouveaux pré-échantillonneurs
- Amélioration de la détection des muons
 - Nouveaux scintillateurs muons (μ mous et timing)
 - Remplacement des chambres muons
- Refonte de l'ensemble DAQ & déclenchement
 - Nouvelle architecture L1 & L2

Le détecteur DØ pour le Run II



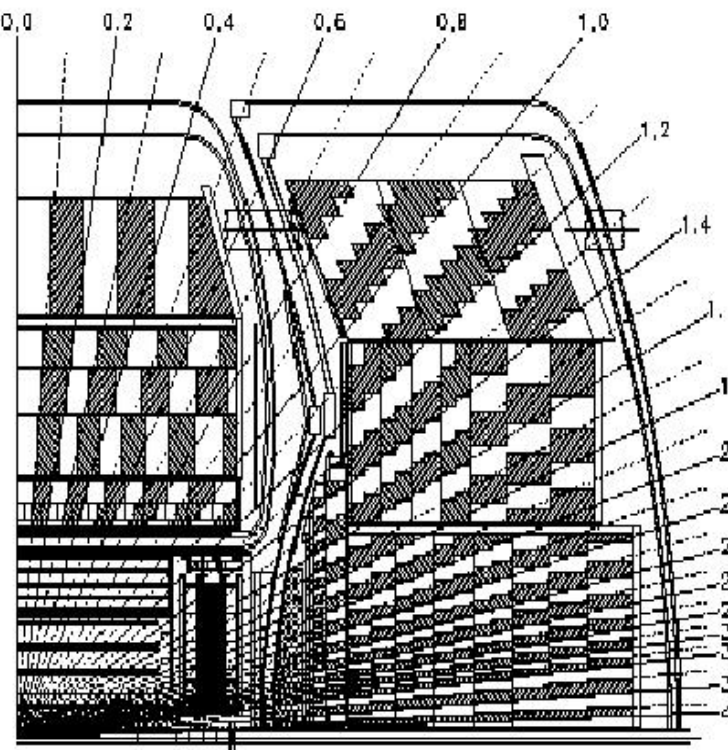
Les Chambres à muons



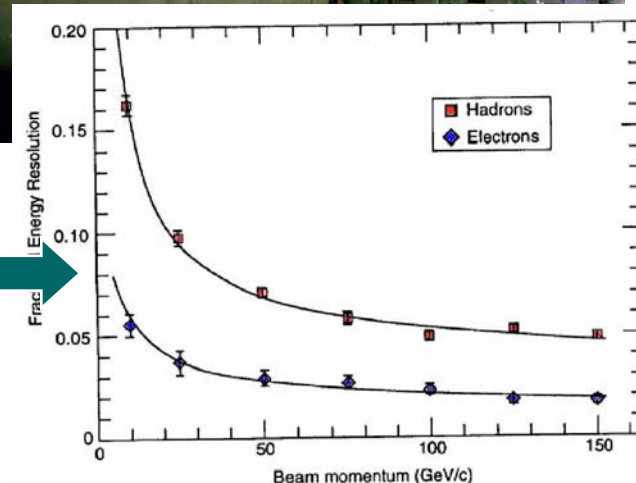
Le Calorimètre

Caractéristiques

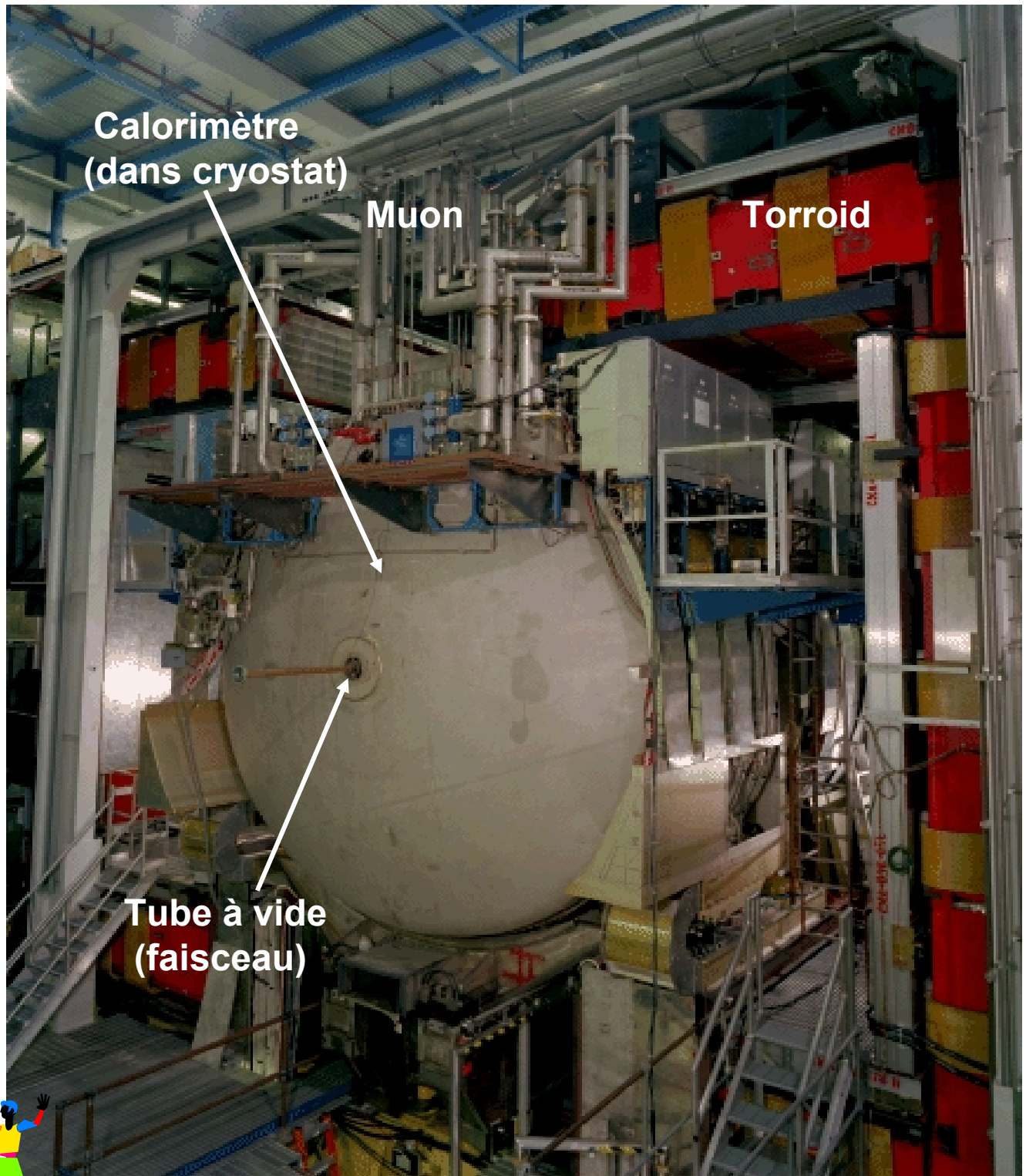
- Technologie :
 - Absorbeur : Uranium / Echantillonneur: Argon Liquide
- Architecture :
 - Cryostat Central : $|\eta| < 1.0$
 - Cryostat Bouchon: $1.2 < |\eta| < 4.0$
 - 5000 Tours : $\Delta\Phi \times \Delta\eta = 0.1 \times 0.1$
 - Fine granularité @ extension maximale de la gerbe EM



- Performances :
 - $\sigma_{EM}(E)/E \sim 16\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$
 - $\sigma_{had}(E)/E \sim 50\%/\sqrt{E(\text{GeV})}$
 - Résolution en position : 0.8-1.2 mm / e- de 100 GeV



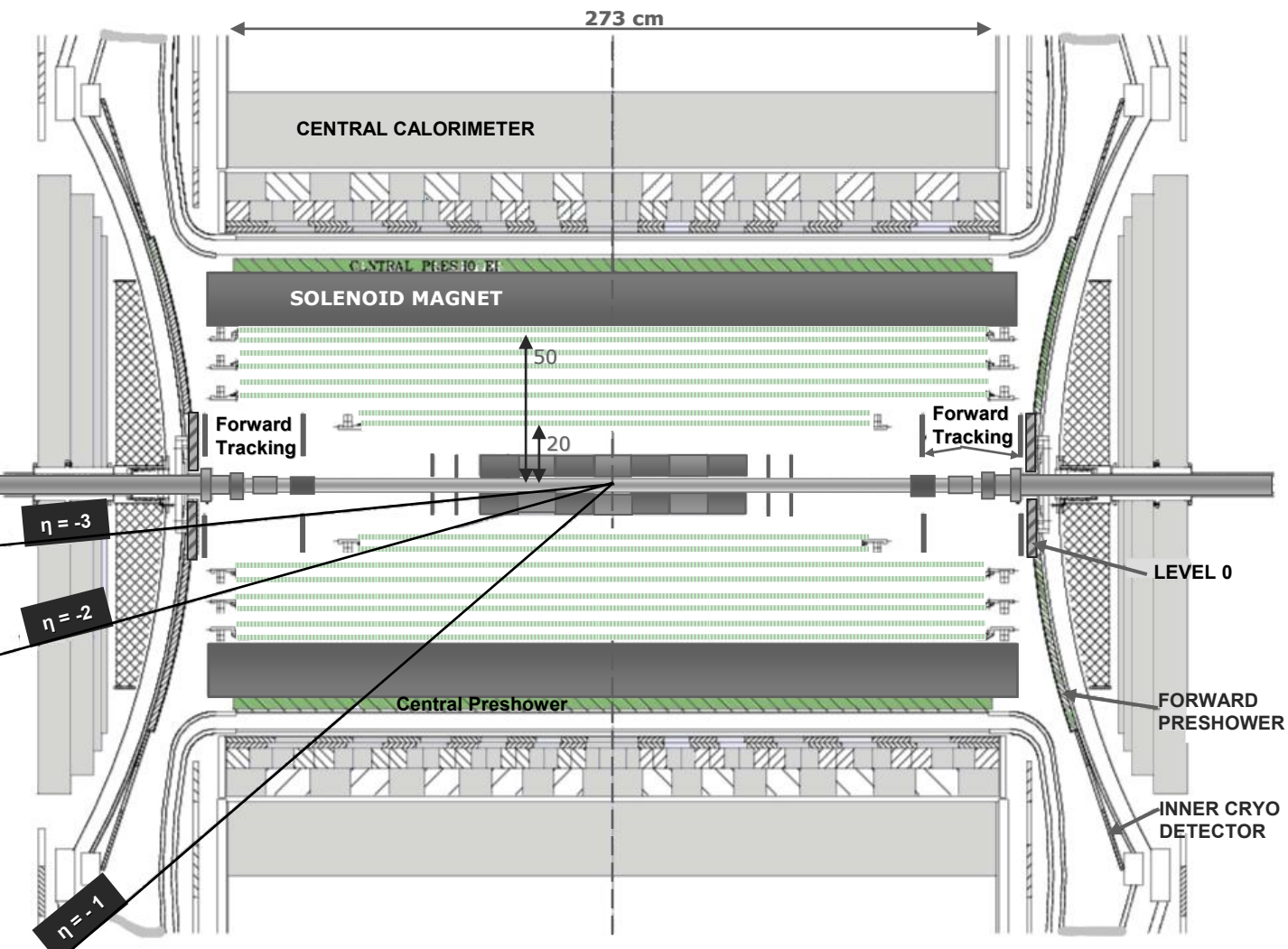
Le détecteur DØ



La reconstruction des traces à DØ

Architecture

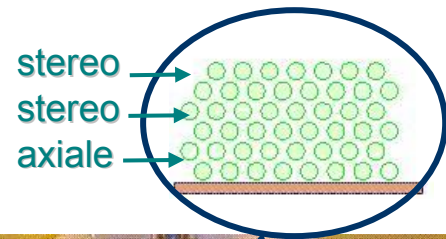
- Détecteur de Vertex
 - 6 tonneaux centraux + 12 disques
- Détecteur de traces
 - 8 multi-couches de fibres scintillantes
- Solénoïde supra-conducteur
 - Champ de 2T
- Preshower
 - 3 couches de scintillateur plastique + fibres scintillante



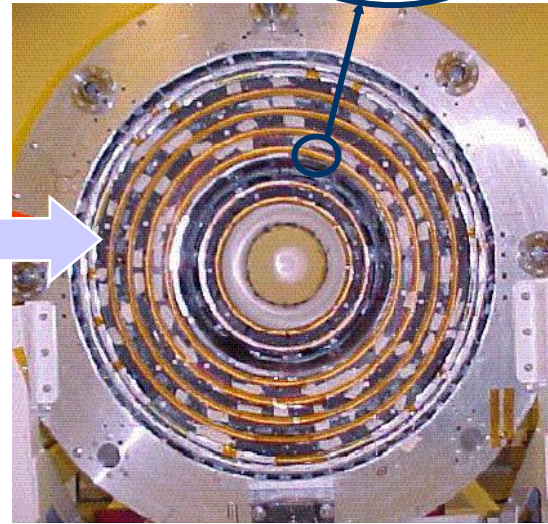
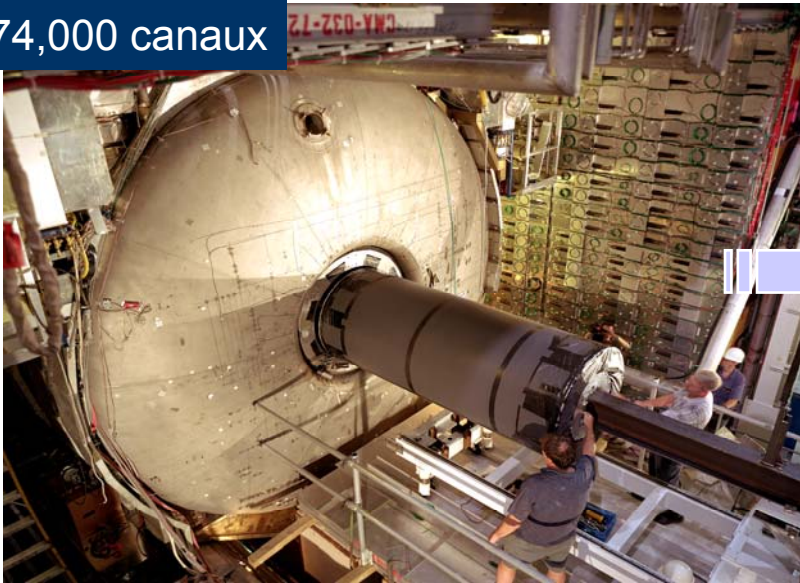
Le Trajectographe

Architecture

- Couverture : $|\eta| < 1.7$
- 8 multi-couches
 - Cylindre-support / fibre Carbone de rayon de 20 à 51 cm
 - Fibres scintillantes $\varnothing = 830 \mu\text{m}$
 - 3 x 2 doublets par couche \rightarrow mesures axiale & stereo
- Acquisition (DAQ)
 - Lecture par 80 secteurs en Φ (4.5°)
 - Fibres claires ($\sim 10 \text{ m}$) \rightarrow photo-diodes

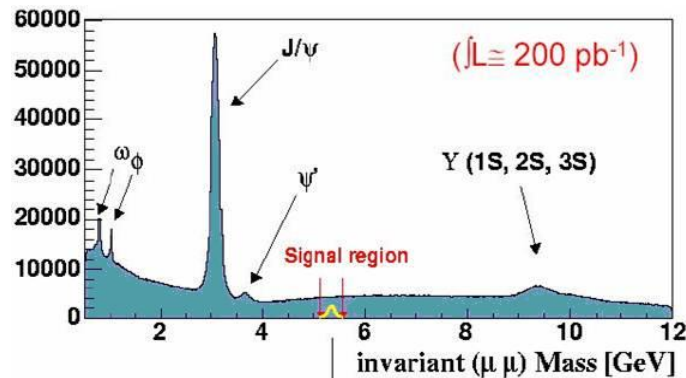


74,000 canaux



Performances :

- Reconstruction trajectoire
 - $\sim 7-8$ hits
 - \rightarrow Résolution $\sim 100 \mu\text{m}$



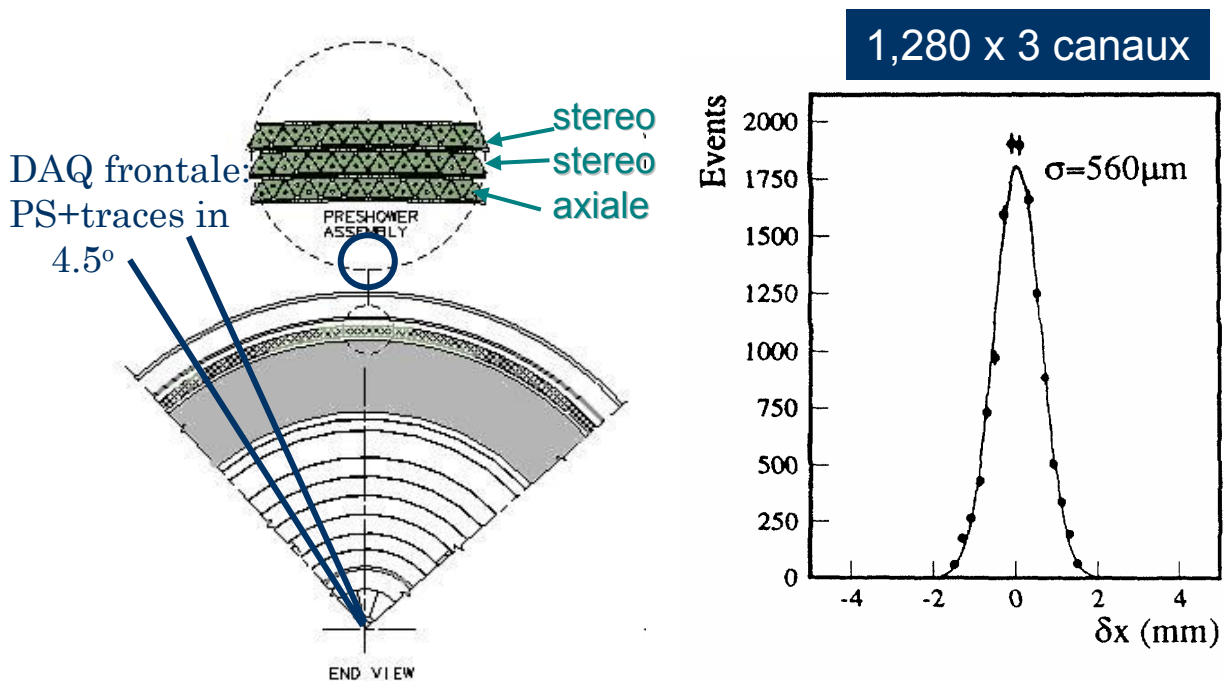
Le Pré-échantillonneur Central

Architecture

- Situé derrière l'aimant solénoïdal + Pb ($\sim 3X_0$)
- 3 couches de détecteurs
 - Pistes triangulaires plastiques (base $\sim 7\text{mm}$)
 - Fibres scintillantes au centre (à décalage spectral)
→ Mesures : axiale (x) + 2 stereo 2° (u,v)

Lecture & Acquisition

- DAQ par 80 secteurs (idem trajectographe)
 - Fibres claires ($\sim 10\text{ m}$) → photo-diode VLPC



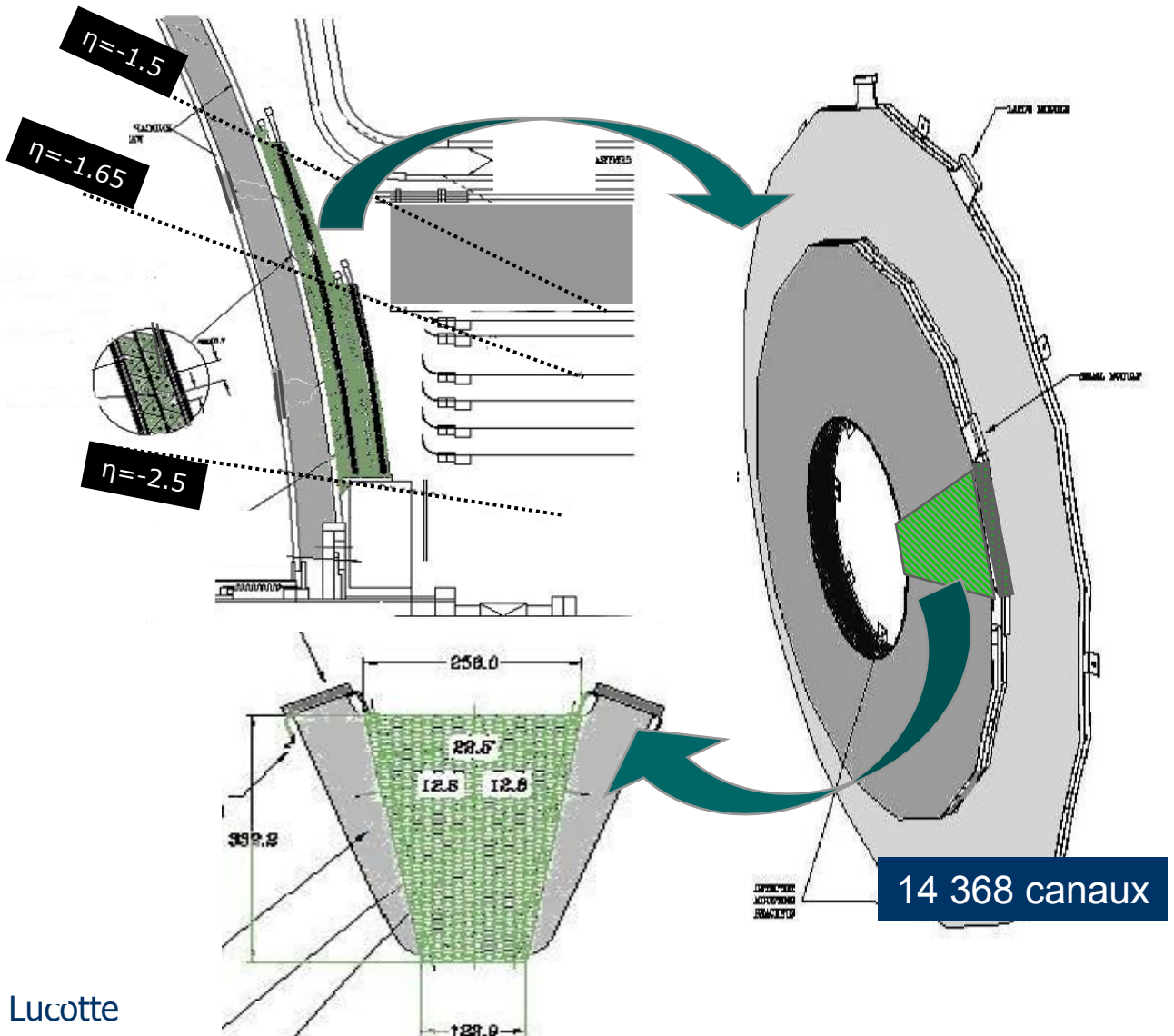
Performances

- Déclenchement & identification des particules:
 - Position : résolution position de $\sim 1\text{mm} / 500 \mu\text{m}$

Le Pré-échantillonneur Bouchon

Architecture

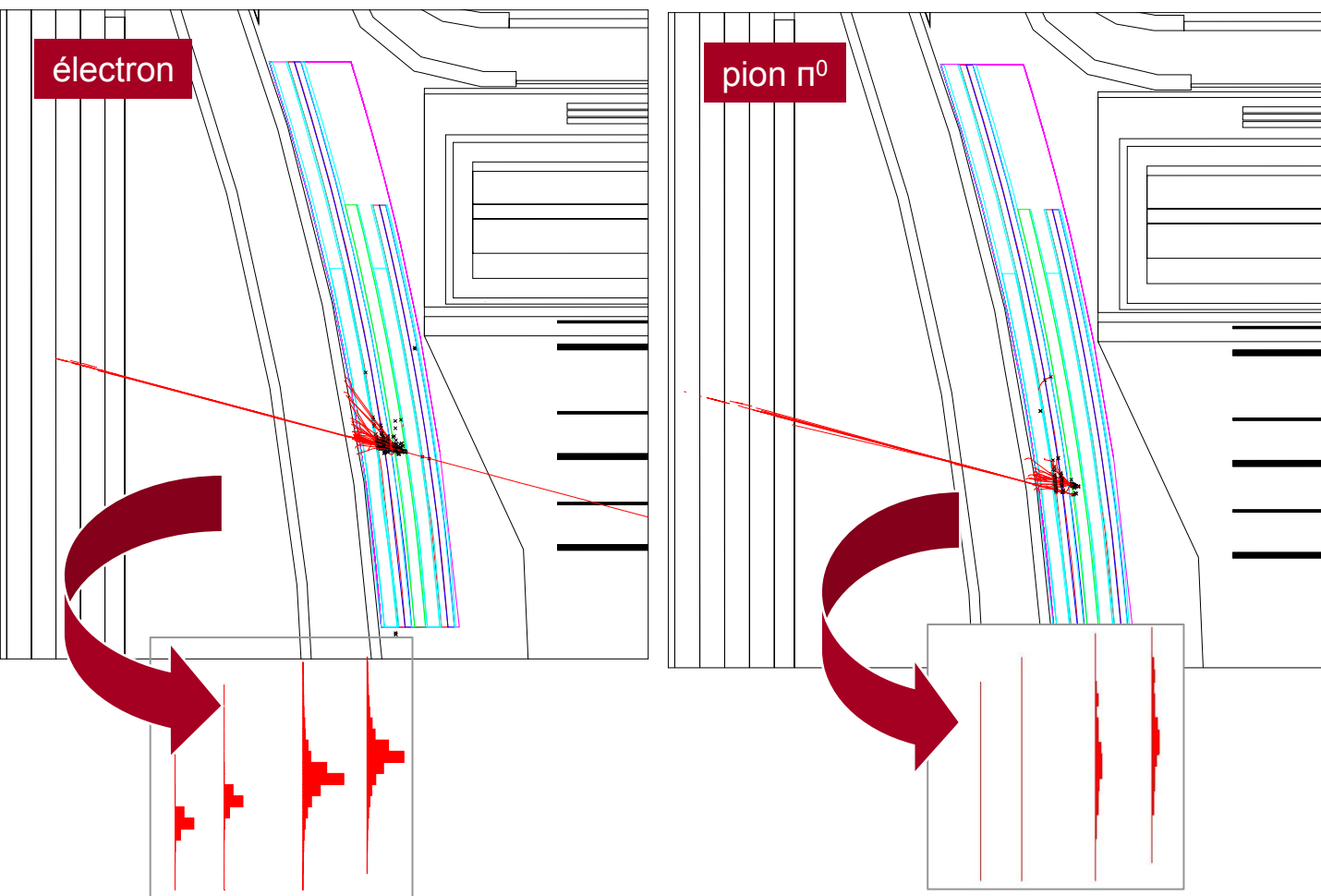
- Couverture : $1.5 < |\eta| < 2.5$
- Couvre le cryostat du calorimètre bouchon
 - 2x2 couches de pistes triangulaires d'orientations $\pm 22.5^\circ$ (u et v)
 - 1 couche d'absorbeur de $2 X_0$ (Plomb)
 - 2 couches (u,v) avant le Pb → mesure de mip
 - 2 couches (u,v) derrière le Pb → mesure de gerbe EM
 - 16 x 2 modules de 2 couches (u,v) de scintillateurs



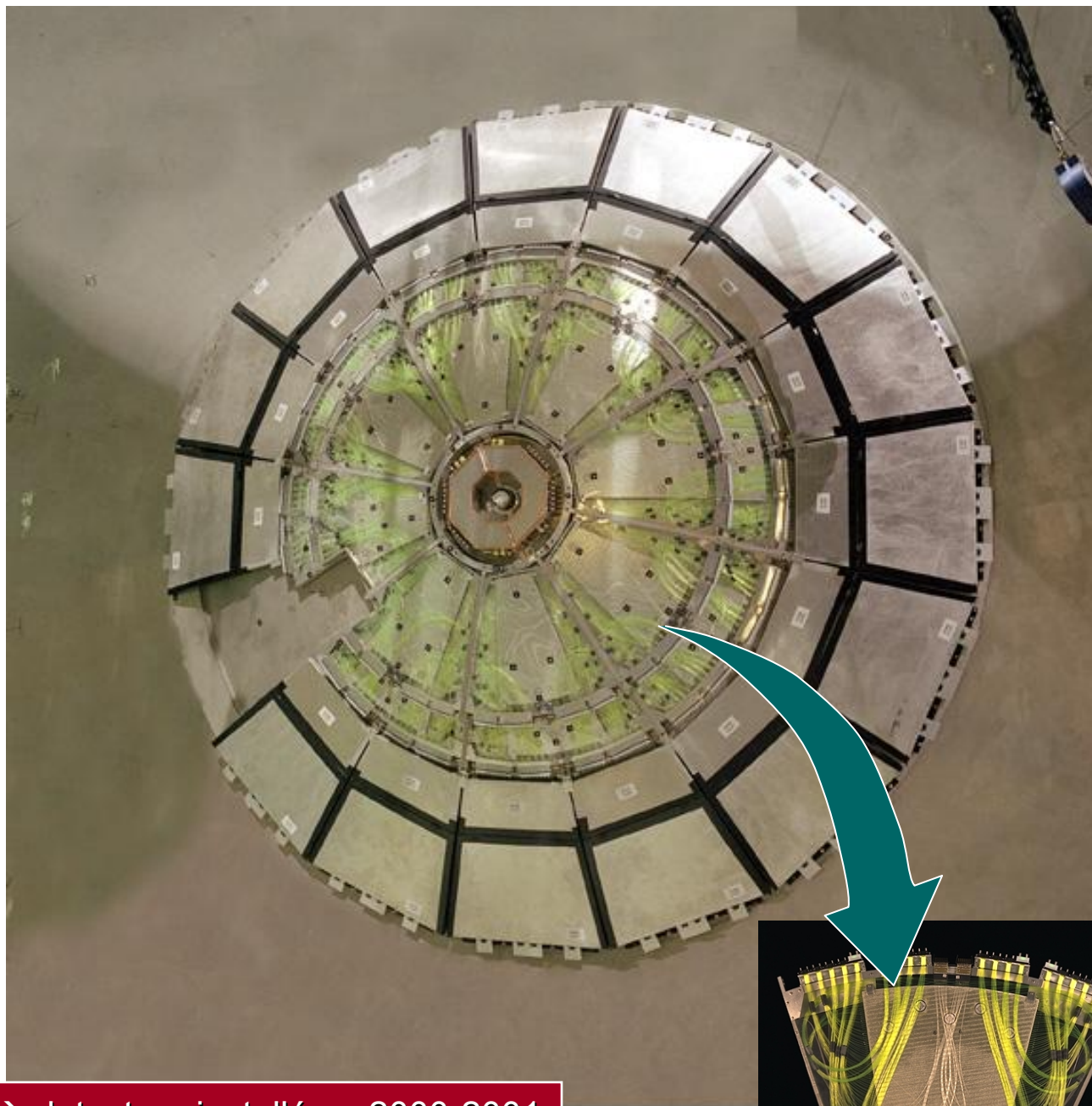
Le Pré-échantillonneur Bouchon

Architecture

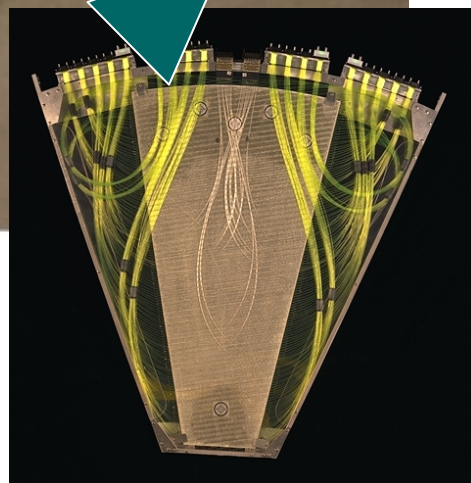
- Couverture : $1.5 < |\eta| < 2.5$
- Couvre le cryostat du calorimètre bouchon
 - 2x2 couches de pistes triangulaires d'orientations $\pm 22.5^\circ$ (u et v)
 - 1 couche d'absorbeur de $2 X_0$ (Plomb)
 - 2 couches (u,v) avant le Pb → mesure de mip
 - 2 couches (u,v) derrière le Pb → mesure de gerbe EM
 - 16 x 2 modules de 2 couches (u,v) de scintillateurs
- Principe de fonctionnement :



Le Pré-échantillonneur Bouchon



→ détecteur installé en 2000-2001



Le Pré-échantillonneur bouchon : Cheminement du Signal

Lecture du détecteur

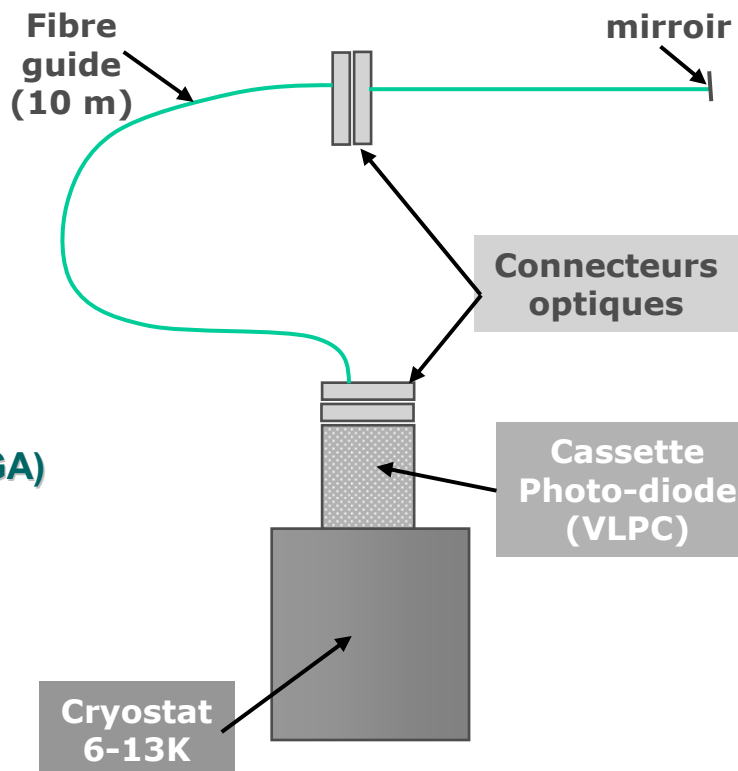
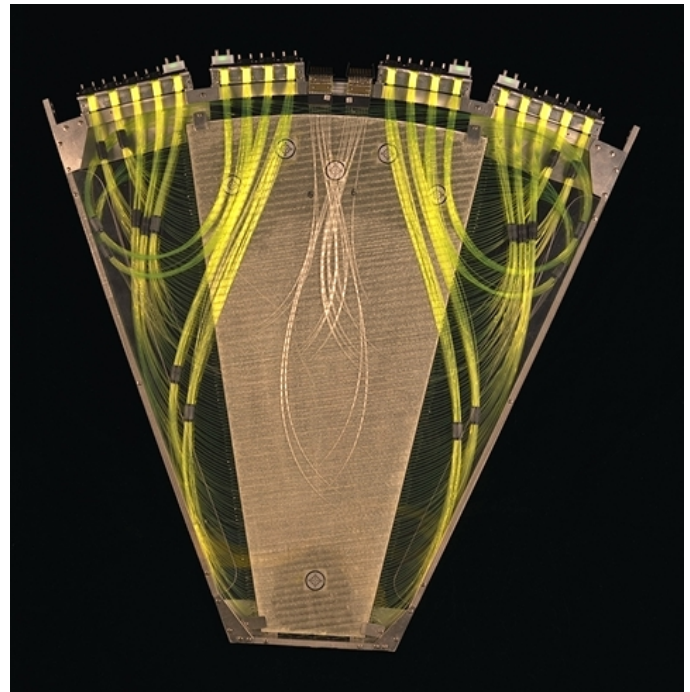
- **Fibres scintillantes**
 - À décalage spectral
 - $\varnothing = 830 \mu\text{m}$
 - Résistant aux radiations (10 ans @ 2×10^{32})
- **Fibres guides (claires)**
 - 10m jusqu'à photodiode
- **Photodiode VLPC**
 - Température 6-10 K

Lecture du signal

- **Photodiode VLPC**
 - Amplification 20-40 K
 - Eff. quantique $\sim 80\%$
- **Signal physique**
 - 1 mip = 15 p.e.

DAQ & déclenchement

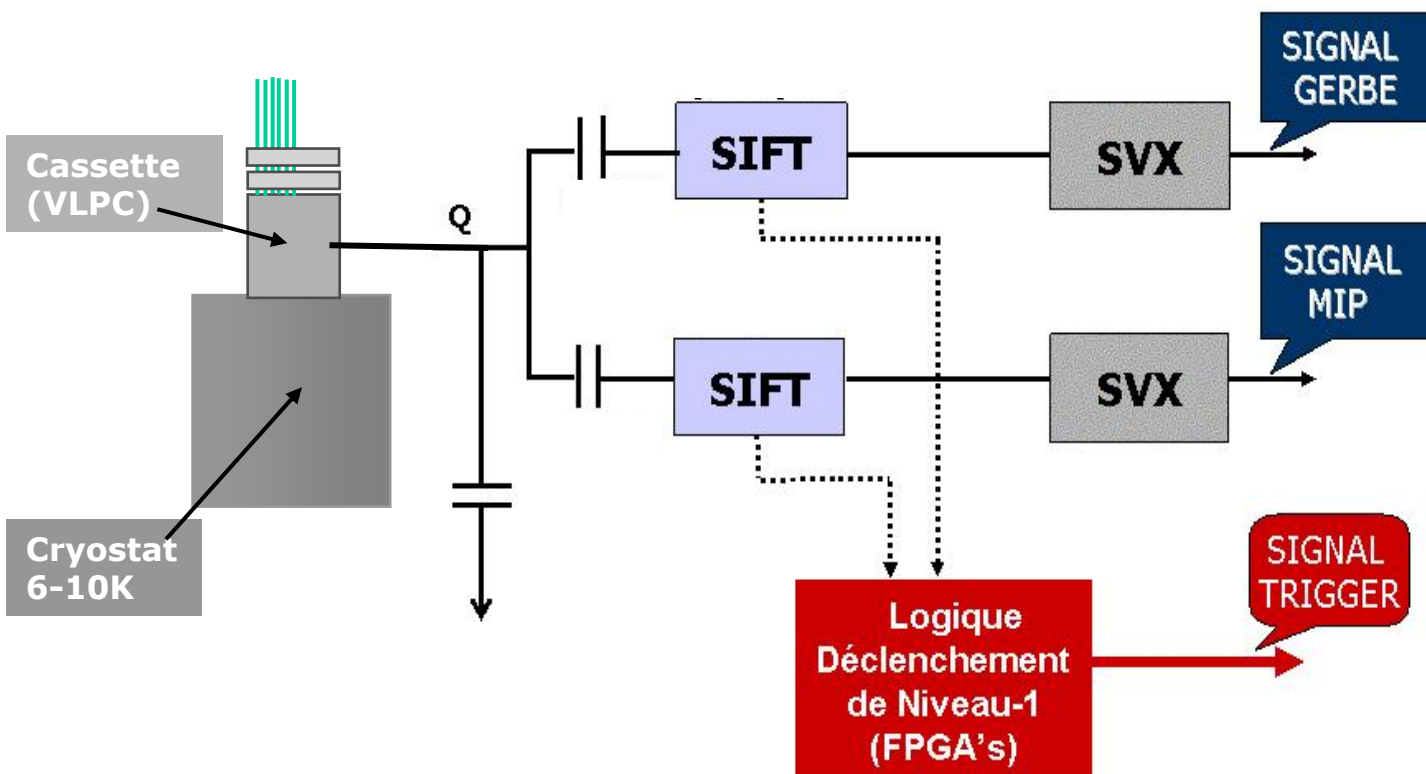
- **Carte analogique**
 - Circuits SIFT (seuils)
 - Déclenchement L1 (FPGA)
- **Carte numérisation**
 - Circuits SVX-II



Le Pré-échantillonneur bouchon : DAQ et Déclenchement

Electronique d'acquisition & déclenchement

- Contraintes physiques :
 - Détection de 1 mip ($\cong 0.9$ MeV)
 - Reconstruction de gerbe EM ~ 100 mip's
 - nécessité de DEUX gammes dynamiques / voie



• Architecture de Lecture

Circuit SIFT → fournit le signal pour L1 (FPGA)

→ Programmation des FPGA (algorithme < 110 ns)

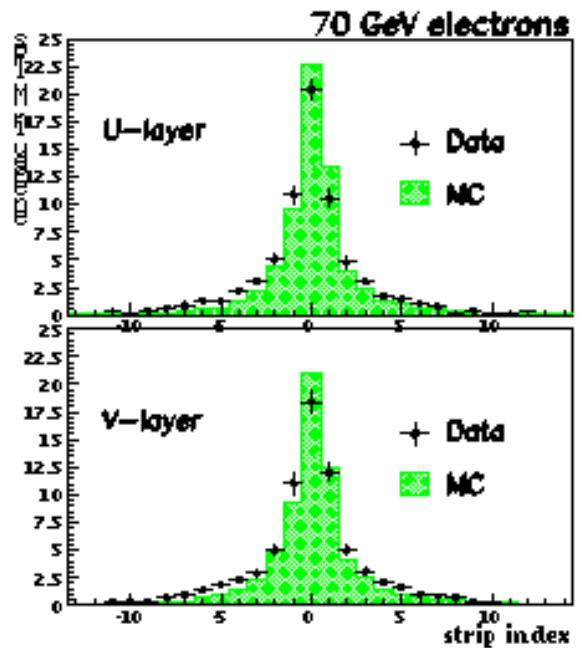
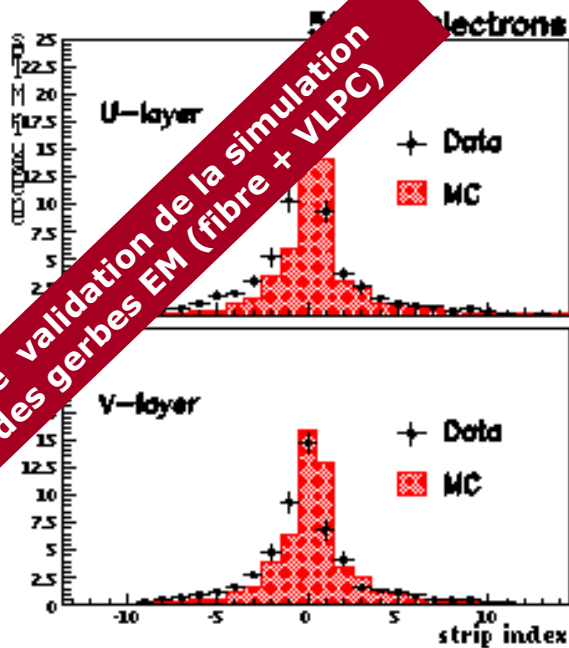
Circuit SVX-II → numérisation



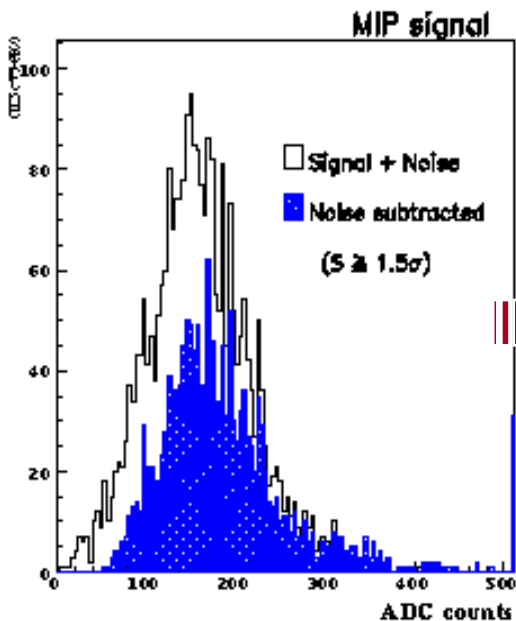
→ Validation de l'électronique
DAQ & déclenchement
→ Programmation des FPGA
et simulation d'algorithmes L1

Le Pré-échantillonneur Bouchon : Tests en Faisceau

Electrons: forme de gerbe EM versus Monte Carlo:



Etalonnage : 1 mip \sim 15 p.e.



- Validation & étalonnage de la chaîne d'acquisition
- Validation des simulations des gerbes EM (e,pion)
- Inclu dans le TDR défendu devant la collaboration FERMILAB-PUB-98-416

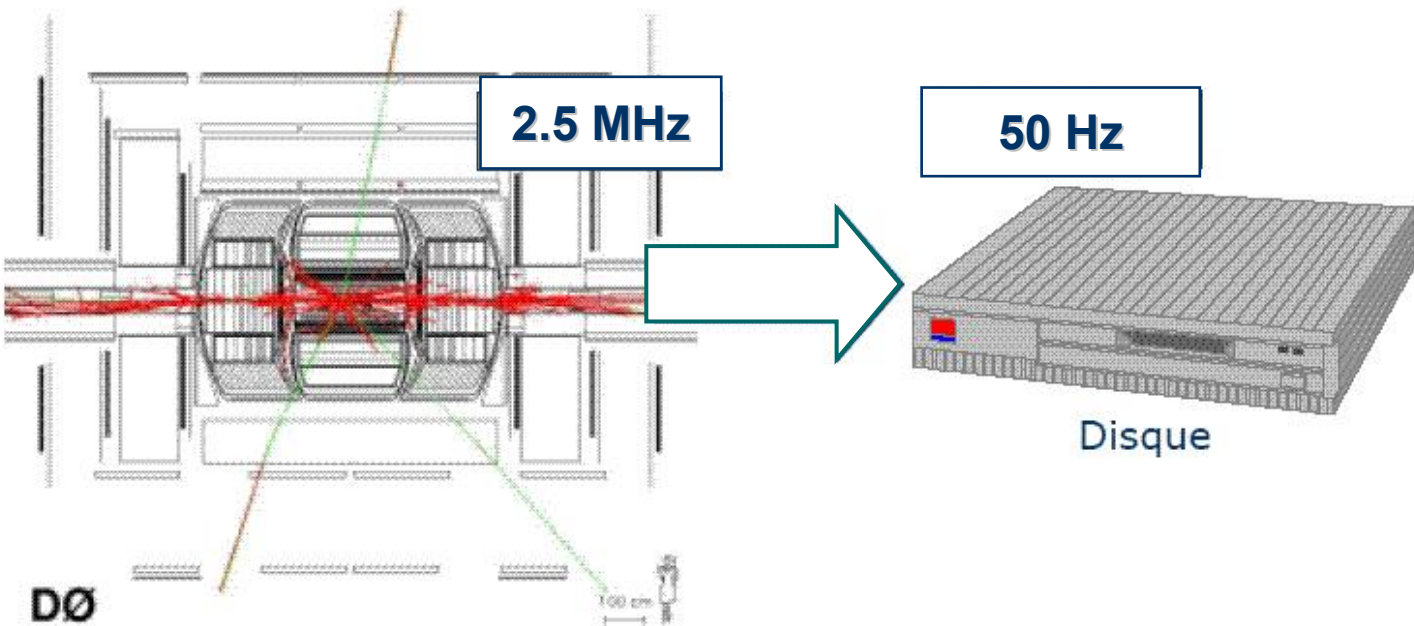
Le déclenchement des événements

Le déclenchement des électrons : Contraintes

Ensemble de Déclenchement

- Nécessité technique

Collisions toutes les 396 ns → Acquisition & temps mort ..



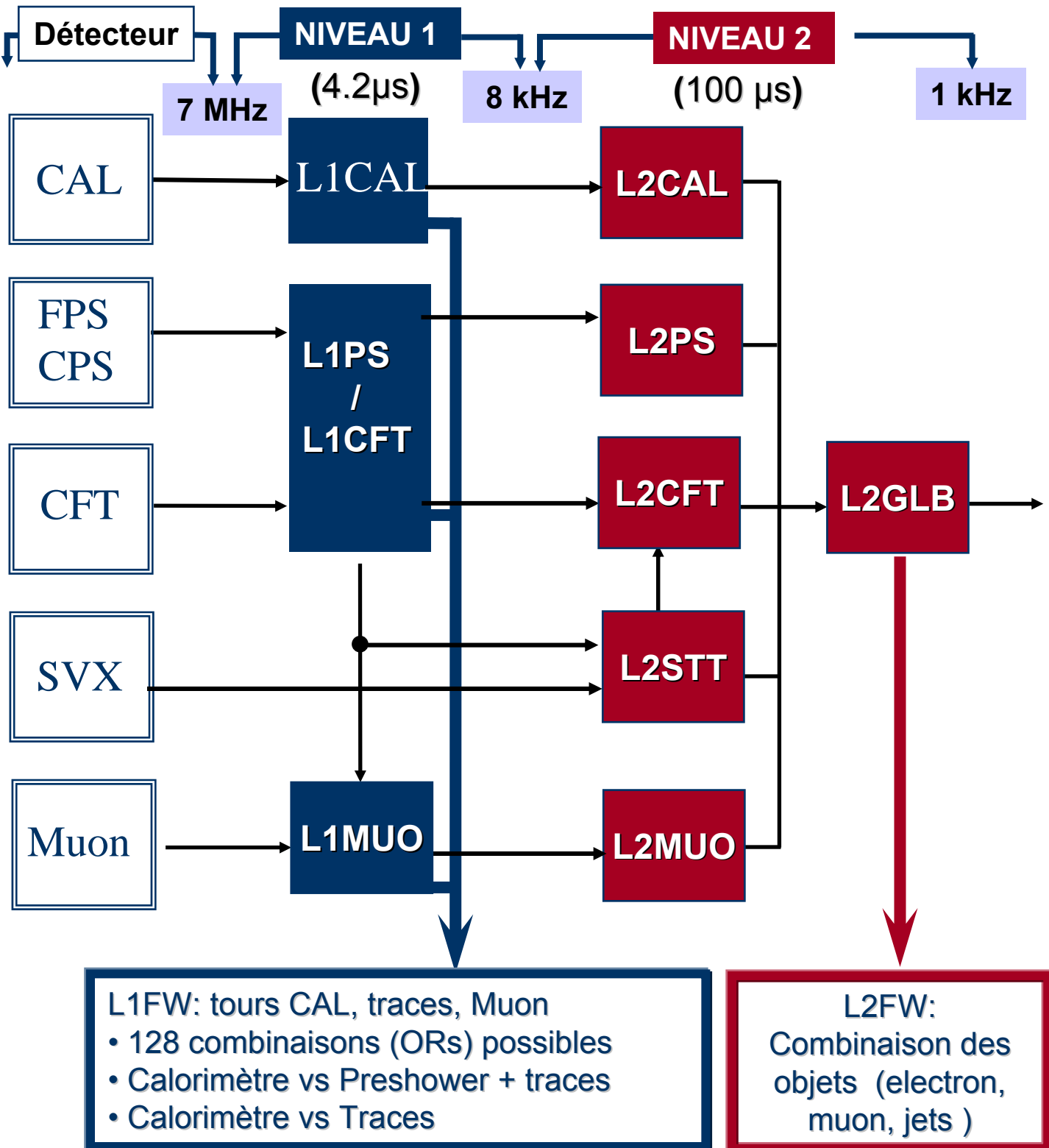
- Nécessité de choisir les processus physiques

→ Rejet des processus moins intéressants ...

Processus Physique	Section efficace [pb]
$p\bar{p}$ inélastique	50×10^9
$p\bar{p} \rightarrow b\bar{b}$	50×10^6
$p\bar{p} \rightarrow W+X$	7×10^3
$p\bar{p} \rightarrow Z+X$	0.2×10^3
$p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$	7.5
$p\bar{p} \rightarrow H$	0.1 – 1.0

1 Higgs produit pour
50 milliards d'événements
inélastiques ...

Architecture



Déclenchement des électrons : le Niveau 1 (central)

Déclenchement @ Niveau du détecteur

- Calorimètre EM

Nb(tours) tq: $E_T > [2.5, 5, 7, 10]$ GeV

L1CAL

- Pré-échantillonneur Central

Nb(cluster) tq : $E_{\text{strip}} > 2-5$ MIPs

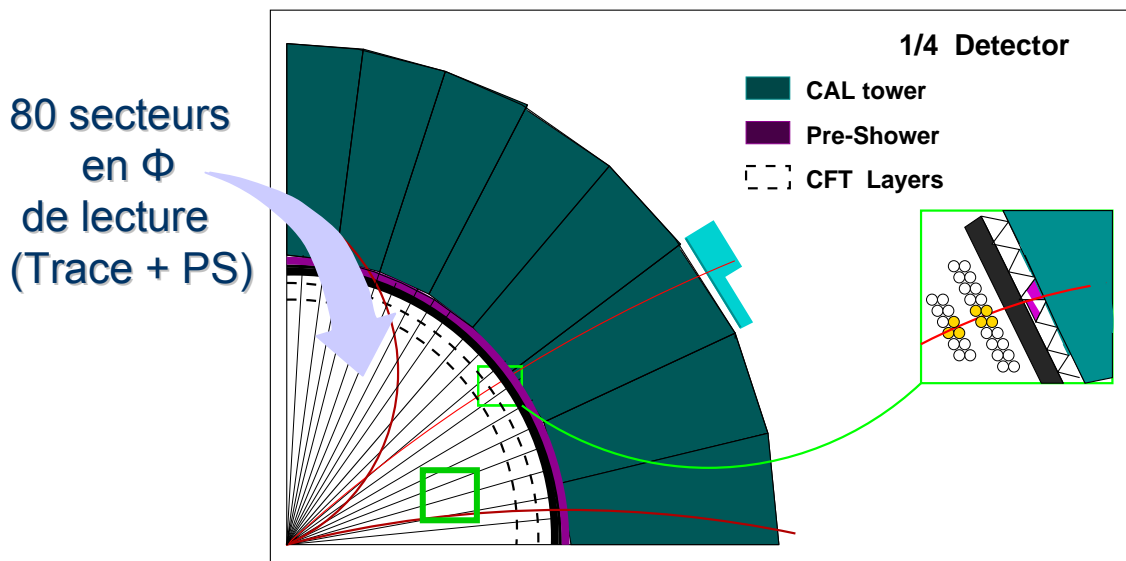
L1PS

- Trajectographe

Nb de trajectoires signées / bin p_T par secteur ($80 \times 4.5^\circ$)

Bin $p_T = [1.5-3], [3-5], [5-10], [10-]$ GeV/c

L1CFT



Déclenchement @ Niveau global :

- Coïncidence par Quadrant:

> 1 tour EM + (1 cluster CPS + 1 Track p_T /sector)

L1FW



→ Etude avec P. Grannis
→ Constitution des termes L1 (PS+CAL+CFT)
→ Combinaison approuvée par la collaboration / incluse dans liste de Niveau -1

Déclenchement des électrons : le Niveau-1 (bouchon)

Déclenchement / Niveau détecteur

- Calorimètre EM

Nb tours tq: $E_T > [2.5, 5, 7, 10]$ GeV

L1CAL

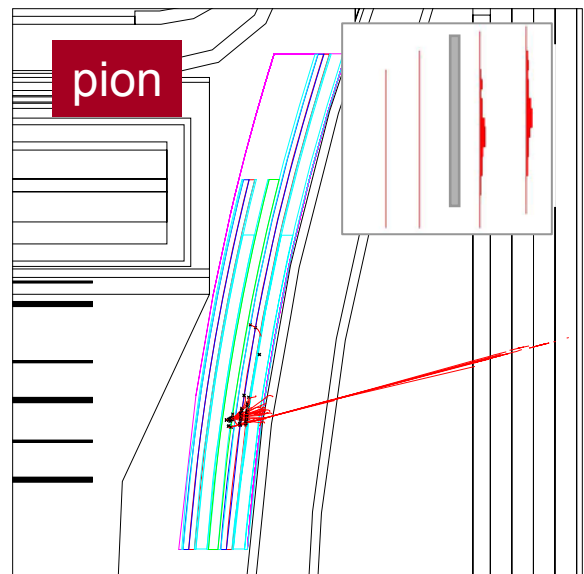
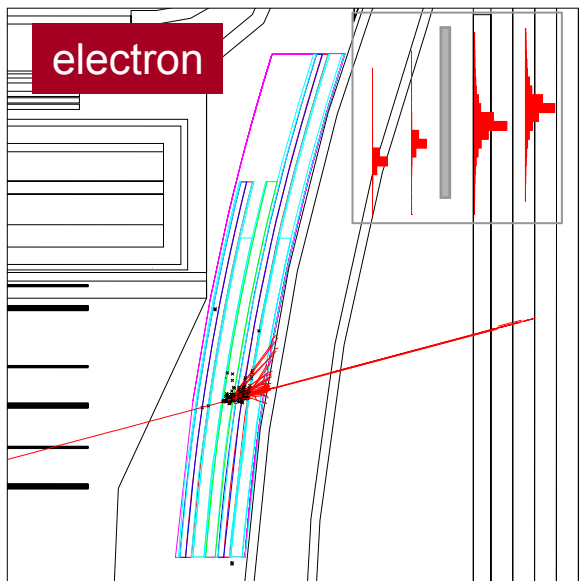
- Forward PreShower

Cluster PS = \sum pistes adjacentes avec $E_{\text{strip}} > 5-10$ MIP

Electron = PS cluster (u+v) + MIP (u or v)

Photon = PS cluster (u+v) + veto MIP (dans fenêtre)

L1PS



Déclenchement @ Niveau global

- Coïncidence par Quadrant

Electron : 1 tour EM + 1 electron FPS

Photon : 1 tour EM + 1 photon FPS

L1FW



→ Constitution de termes L1 (CAL+PS)
→ Algorithme non encore implémenté
dans la liste actuelle du L1

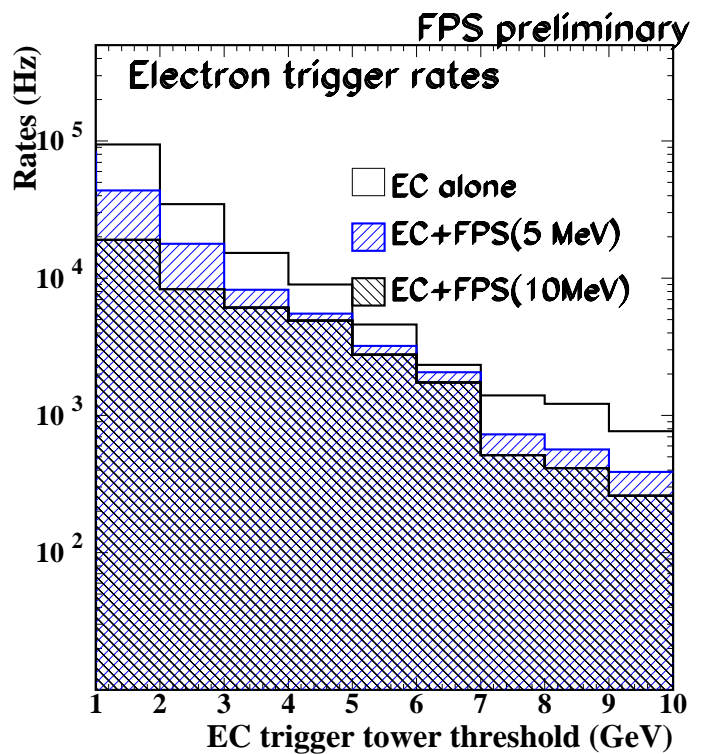
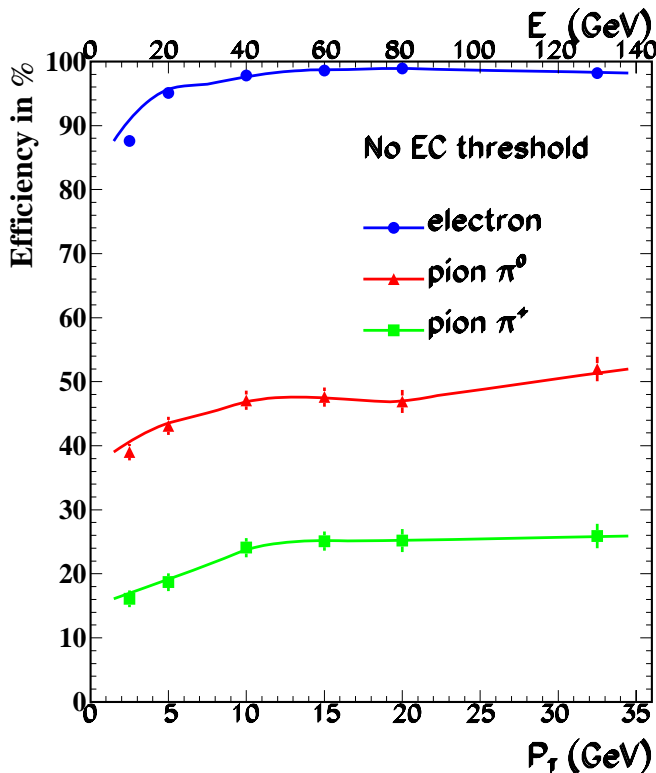
Déclenchement des électrons : Performances du Niveau-1

Efficacité

- Electron vs pion

$\varepsilon_e \sim 95\%$ et $\varepsilon_\pi \sim 35\%$ (FPS seul)

$\varepsilon_e \sim 95\%$ et $\varepsilon_\pi \sim 35\%$ (Calorimètre + FPS)



Taux de fonds

- Réjection de pions

20-25% de conversions de π^0 's avant le PS

PS+CAL: facteur 2-4 (plus élevé pour les faibles p_T)

- Réjection dijets:

$E_T \sim 10$ GeV: 700~Hz (CAL) \rightarrow 200 Hz (CAL+PS) !



L'utilisation de cet algorithme L1 apporte un facteur 2 – 4 de rejection des fonds multi-jets

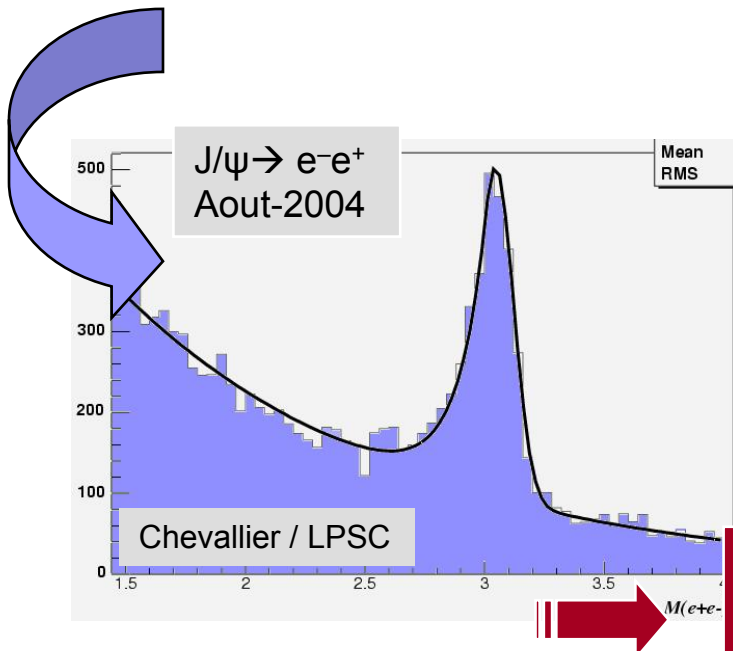
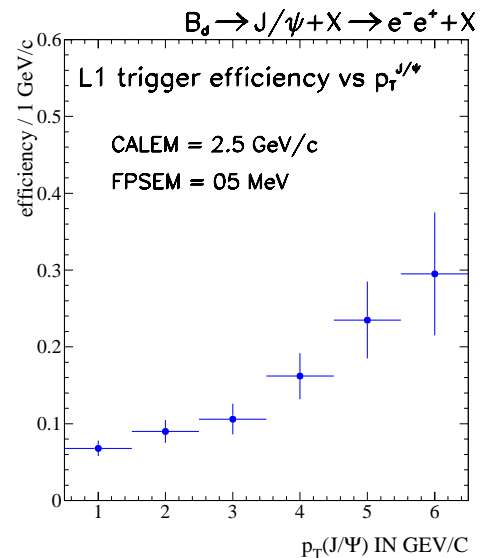
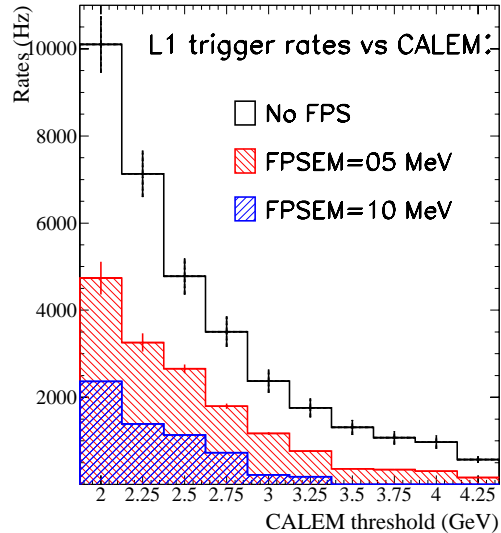
Déclenchement du $J/\psi \rightarrow e^-e^+$: Performances du Niveau-1

Efficacité:

- Région centrale \cong 25-30%
- Région bouchon \cong 5-10%
- Dépendance forte en seuil du calorimètre L1 :
 $E_T^{CAL} \cong 2.75-3.5$ GeV

Taux de fonds:

- QCD dijets : $\sim 200-1000$ Hz
- Contrôlé par
PS/Track sector Match (4.5°)
PS/CAL Quadrant Match
Seuils E_{FPS} , & E_T^{CAL}



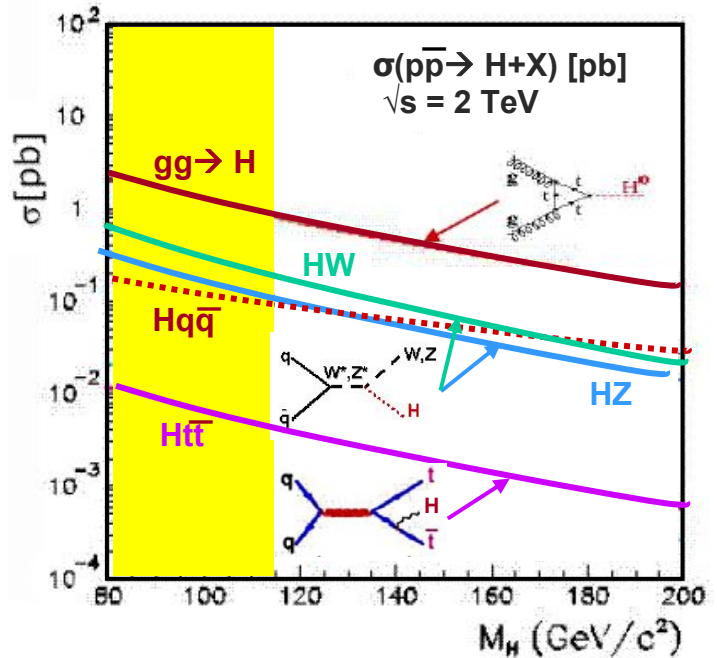
NIM-A 446 (169-175) "B physics"
 → Fait partie de la liste de Niveau -1
 ...Utilisation non encore effective !
 → Utilisé dans la region centrale seulement

La recherche du boson de Higgs au TeVatron

Productions du Higgs dans le Modèle Standard

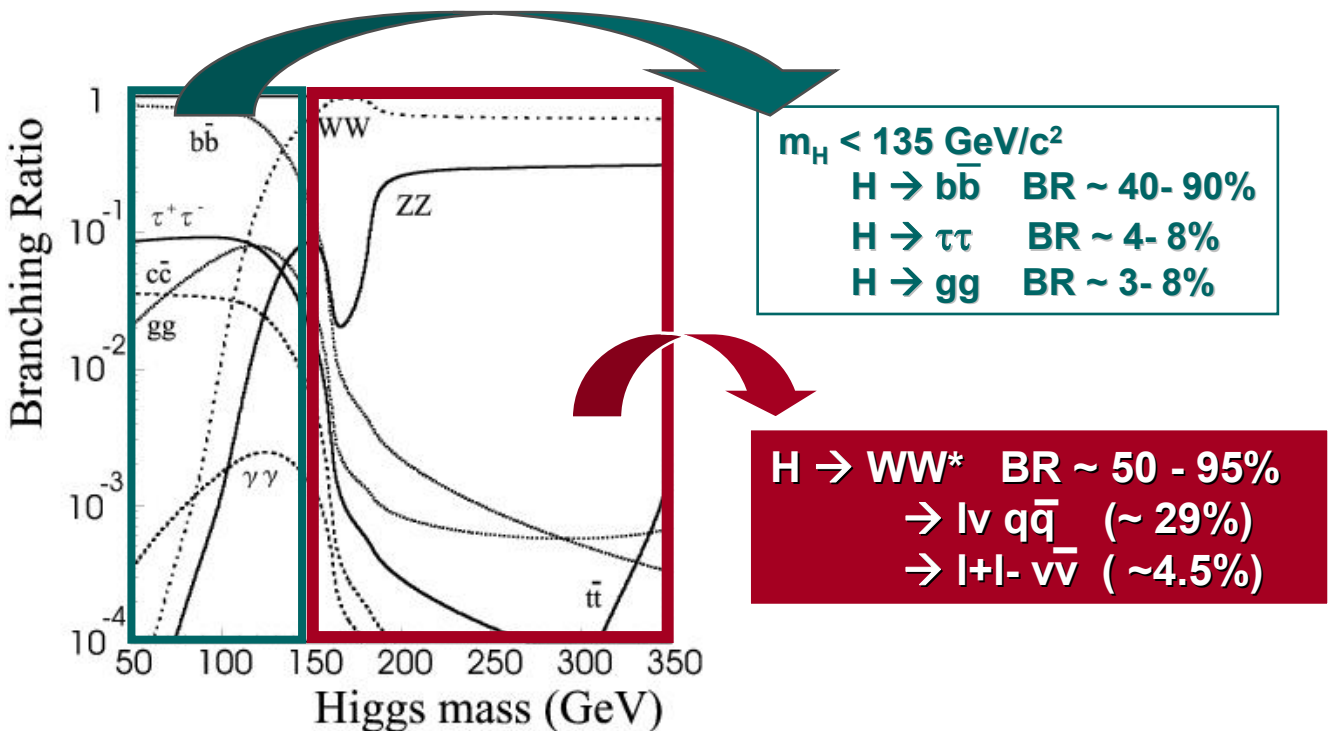
Modes de production

- Fusion de gluons
 $p\bar{p} (\rightarrow gg) \rightarrow H$
 $\sim 1000 \text{ evts / fb}^{-1}$
- Production associée
 $p\bar{p} (\rightarrow qq' \rightarrow V^*) \rightarrow VH$
 $\sim 200 \text{ evts / fb}^{-1}$
- Production avec quarks
 $p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}H$
 $\sim 2-5 \text{ evts / fb}^{-1}$



Modes de recherche

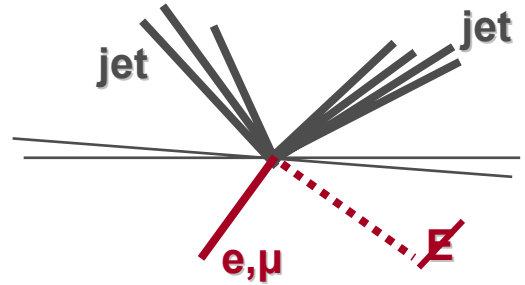
- Recherche du Higgs $m_H > 135 \text{ GeV}/c^2$



Le Canal $H \rightarrow W W^* \rightarrow l\nu qq'$

Caractéristiques

- Topologie du signal :
 - 1 lepton dur + énergie manquante
 - 2 jets énergétiques
- Sections efficaces
 - Signal vs Fonds

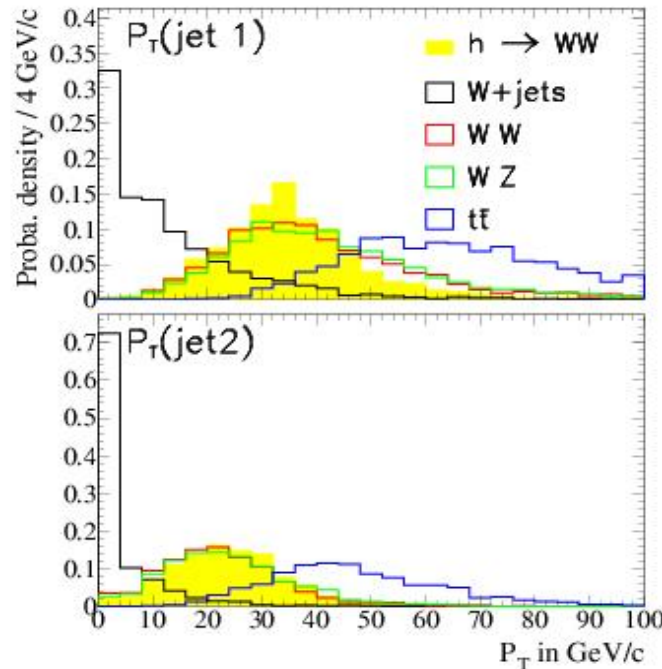


m_H [GeV/c ²]	$\sigma \times BR$ [fb]
120	12
140	16
160	80
180	62

Fonds	$\sigma \times BR$ [fb]
$p\bar{p} \rightarrow W + \text{jets}$	1.3×10^6
$p\bar{p} \rightarrow WW$	1348
$p\bar{p} \rightarrow t\bar{t} \rightarrow b\bar{b}l\nu + \text{jets}$	536
$p\bar{p} \rightarrow WZ$	158

Analyse

- Pré-selection & trigger
 - 1 lepton de haut p_T
 - Energie manquante
- Variables discriminantes :
 - Leptons :
 - p_T^l , énergie manquante
 - Jets :
 - p_T^{j1}, p_T^{j2} ,
 - isolation, $\Phi(jj)$,
 - Masse $M(jj)$
 - Veto 3ème jet énergétique
 - Masse "totale"
 - $M_C = \sqrt{p_T^2(ljj) + m^2(ljj)} + mE_T$

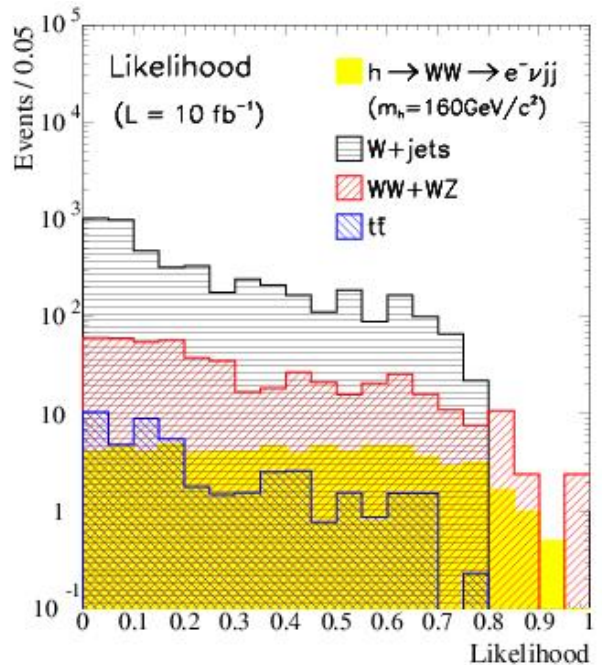
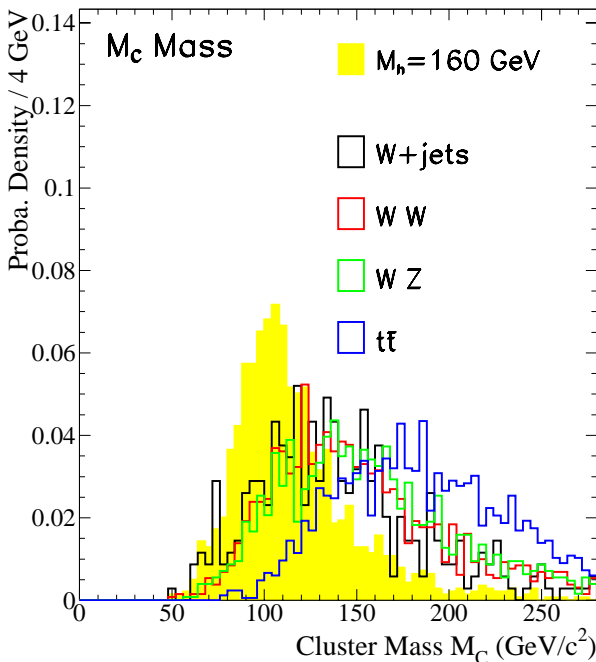


Le Canal $H \rightarrow W W^* \rightarrow l\nu q\bar{q}'$

Analyse (suite)

- **Constitution d'une fonction de vraisemblance L**
Utilise le maximum d'information (variables indépendantes)

$$L(x_j) = \frac{\prod_{v_j=1}^n P_{v_j}^S(x_j)}{\sum_{h=S,B} \prod_{v_j=1}^n P_{v_j}^h(x_j)}$$



• Résultats

Signifiante S/\sqrt{B} @ luminosité $L = 1 \text{ fb}^{-1}$

Nécessite :

→ Le control des fonds W+jets

→ Le control des fonds WW

→ L'utilisation des taus

...et/ou $L > 30 \text{ fb}^{-1}$

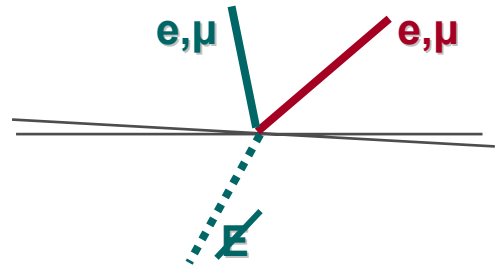


	Masse du Higgs m_H [GeV/c^2]				
	140	150	160	170	180
S	0.30	0.30	0.32	0.35	0.39
B	1.80	1.77	1.75	2.19	3.18
S/\sqrt{B}	0.22	0.22	0.24	0.23	0.22

Le Canal $H \rightarrow W W^* \rightarrow l^+ l^- \nu \bar{\nu}$

Caractéristiques

- Topologie du signal :
 - 2 leptons durs corrélés
 - Energie manquante
 - Pas de jet énergétique
- Sections efficaces :

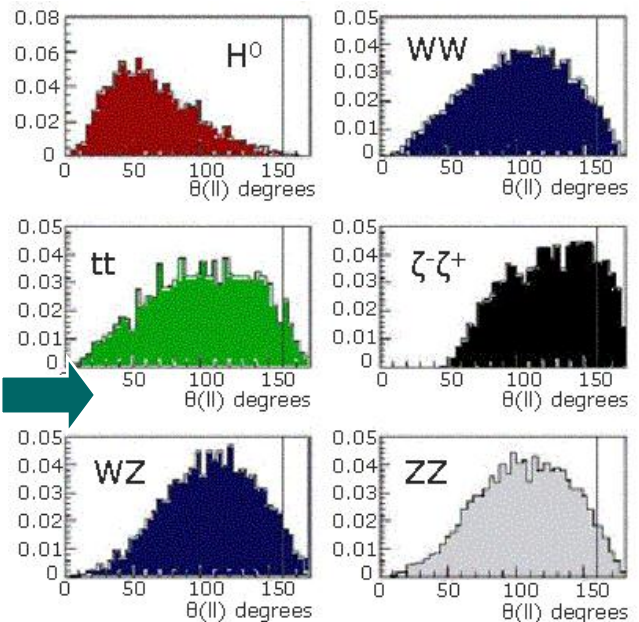


m_H [GeV/c ²]	$\sigma \times BR$ [fb]
150	4.4
160	5.2
170	4.8
180	3.6

Fonds	$\sigma \times BR$ [fb]
$p\bar{p} \rightarrow WW$	130
$p\bar{p} \rightarrow W+\text{jets}$	18
$p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$	13
$p\bar{p} \rightarrow WZ$	4.4
$p\bar{p} \rightarrow ZZ$	2.4

Analyse

- Pré-sélection & trigger :
 - 2 leptons de haut p_T
 - Veto de jet de haut p_T
- Variables discriminantes :
 - Masse invariante $M(l\bar{l})$
 - Corrélation angulaire $l^+ l^-$
 $\Phi(l\bar{l})$ et $\theta(l\bar{l})$ (Higgs spin-0)
 - Paire de leptons
 $p_T(l\bar{l})$, $\cos\theta(l\bar{l}-mE_T)$
 - Masse "totale"
 $M_C = \sqrt{p_T^2(l\bar{l}) + m^2(l\bar{l})} + mE_T$



Recherche du Higgs

$H \rightarrow WW^*$: combinaison

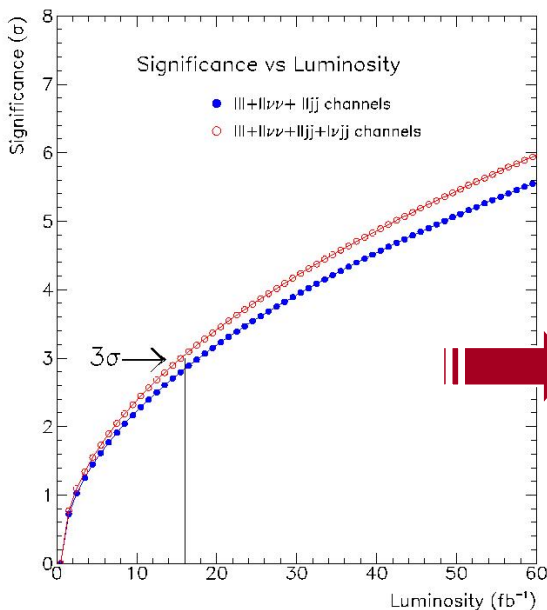
Combinaison des canaux

- Recherche inclusive
 - Événements di-lepton + tri-lepton
- Résultats pour 1 fb^{-1}

Canal	Taux	Masse du Higgs (GeV/c^2)				
		140	150	160	170	180
$l^+l^-l^+l^-$	S	0.11	0.12	0.15	0.10	0.09
	B	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
	S/\sqrt{B}	0.13	0.14	0.18	0.12	0.11
$l^+l^+\nu_l\bar{\nu}_l$	S	2.6	2.8	1.5	1.1	1.0
	B	44	30	4.4	2.4	3.8
	S/\sqrt{B}	0.39	0.51	0.71	0.71	0.51
l^+l^+jj	S	0.34	0.53	0.45	0.38	0.29
	B	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	S/\sqrt{B}	0.37	0.57	0.49	0.41	0.31
$l\nu_l + jj$	S	0.30	0.30	0.32	0.35	0.30
	B	1.80	1.77	1.75	2.19	3.18
	S/\sqrt{B}	0.22	0.22	0.24	0.23	0.22

Canal lepton+jet

Sensibilité au signal



→ évidence à 3σ requiert $L = 16 \text{ fb}^{-1}$

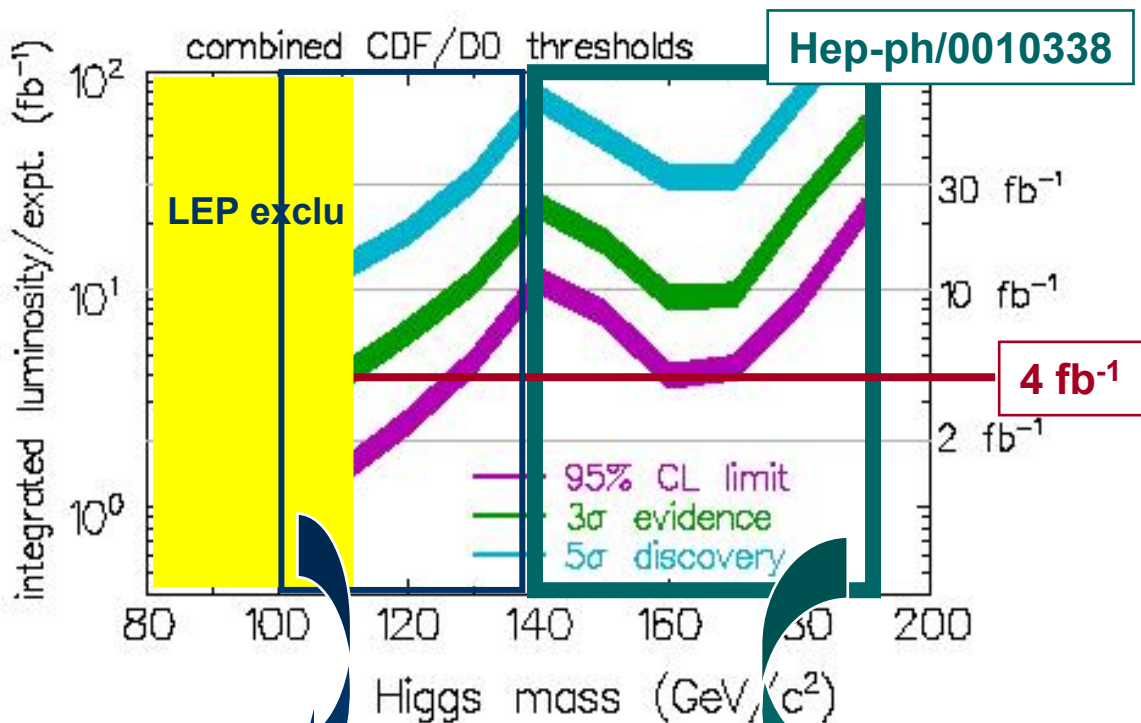
- o Sensibilité principalement au seuil WW
- o Etude systématique à faire

4 fb^{-1} requise pour exclusion @ 95% CL
 → Nécessité de combiner les canaux
 → Nécessité du control des fonds (WW, W+jets)
 → Nécessité d'une bonne identification des leptons

La recherche Higgs au TeVatron : Bilan

Higgs neutre : combinaison tous canaux

- Luminosité nécessaire pour exclusion @ 95% CL où une “évidence”
Hypothèses : Résolution sur $M_{bb} \sim 10\%$, NeuralNet pour $H \rightarrow bb$
Bandes : 30% effet global sur M_{bb} , ϵ_b et estimation des fonds



Région $m_H < 140 \text{ GeV}/c^2$

- Exclusion du domaine de LEP avec $\sim 4 \text{ fb}^{-1}$
- Evidence nécessite $> 4 \text{ fb}^{-1}$

Région $m_H > 140 \text{ GeV}/c^2$:

- Exclusion sur 160-180 @ 95%
- Evidence nécessite $> 10 \text{ fb}^{-1}$

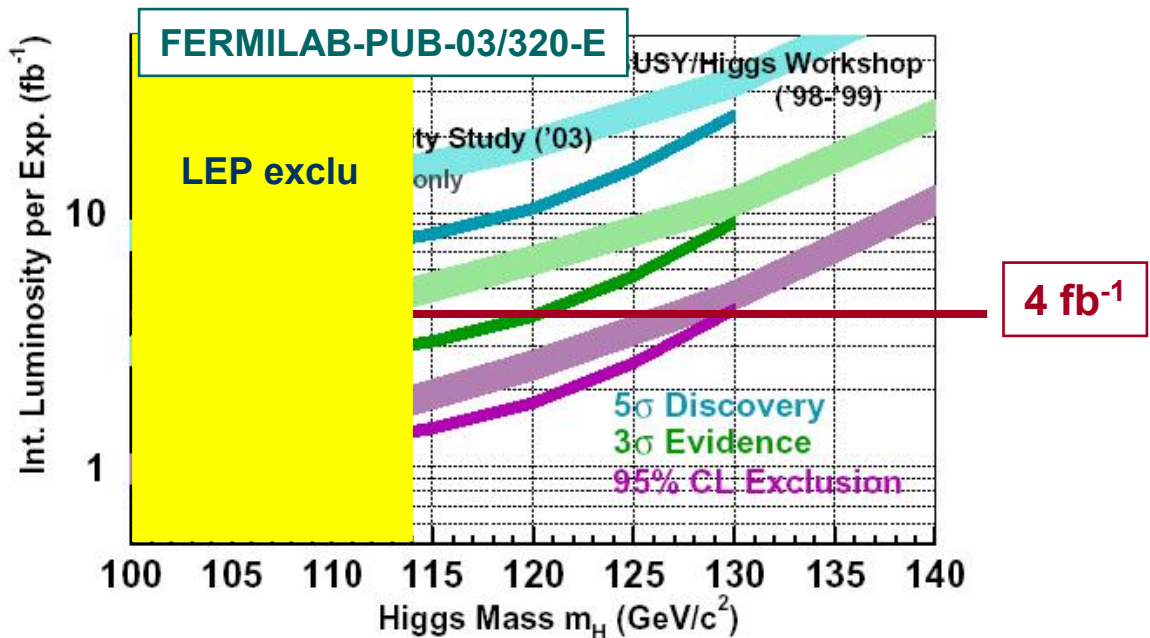
La conclusion d'alors :

Les mesures de précision revêtent une grande importance pour contraindre m_H

La recherche Higgs au TeVatron : Bilan Revisité ...

Perspectives

- Re-analyses (2003) faites en utilisant les données Run IIa
 - Canaux $WH \rightarrow l\nu b\bar{b}$ et $ZH \rightarrow \nu\nu b\bar{b}$
 - Ré-estimation des fonds
 - Paramétrage de l'efficacité d'étiquetage des b
 - Etudes de résolution $M_{b\bar{b}}$
 - Généralisation de l'usage des NN



- Le "Run IIa" est défini par la durée de vie des détecteurs de Vertex
 - Dégradation attendue des performances à partir de ~4 fb⁻¹

→ La direction de FermiLab a renoncé à l'upgrade des détecteurs de Vertex (début 2003)
→ Il n'est donc pas impossible de retrouver une position similaire à celle de LEP-II d'ici 2007, avec les indices d'un signal statistiquement insuffisamment significatif

Conclusion et Perspectives

Deux approches différentes & complémentaires

- **Le Secteur des Neutrinos :**

- Il est établi que les neutrinos ont une masse
→ Il est donc nécessaire de considérer une extension du MS !
- Reste à déterminer précisément les paramètres de la matrice mélange des neutrinos



OPERA, ICARUS, MINOS ne sont que la 1ere génération d'expériences

- **La recherche du Higgs**

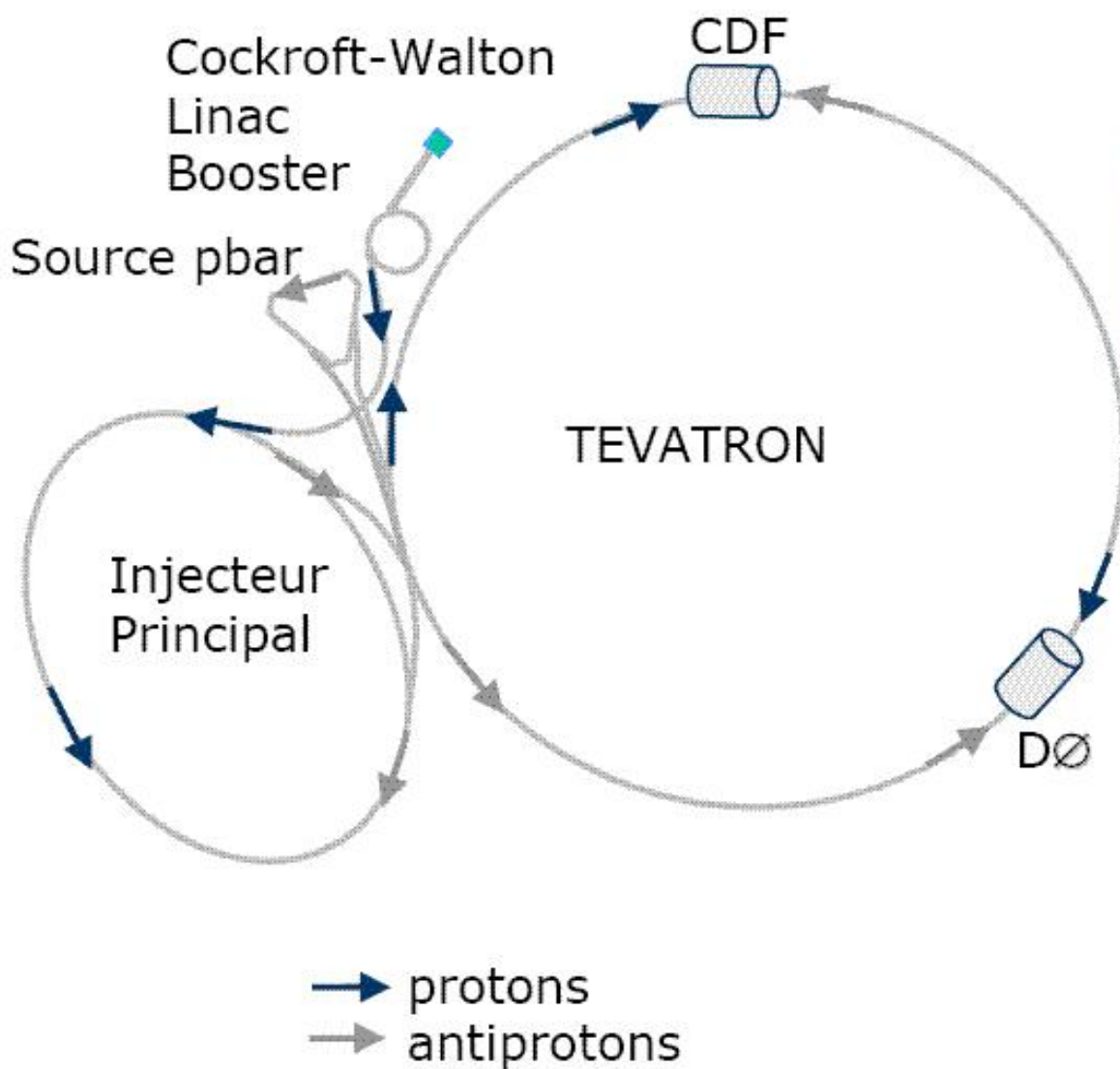
- le TeVatron pourrait bien avoir son mot à dire soit directement (découverte du higgs ou SUSY) soit indirectement (mesures de précision)
- Le LHC apportera nécessairement une réponse sur le Higgs s'il existe...
...ainsi que sur le secteur des neutrinos lourds par le biais du test des théories de Grande Unification !



Ces 15 prochaines années seront sans doute les plus excitantes que nous allons vivre en physique des particules...

BACKUP

Le TeVatron au Run II

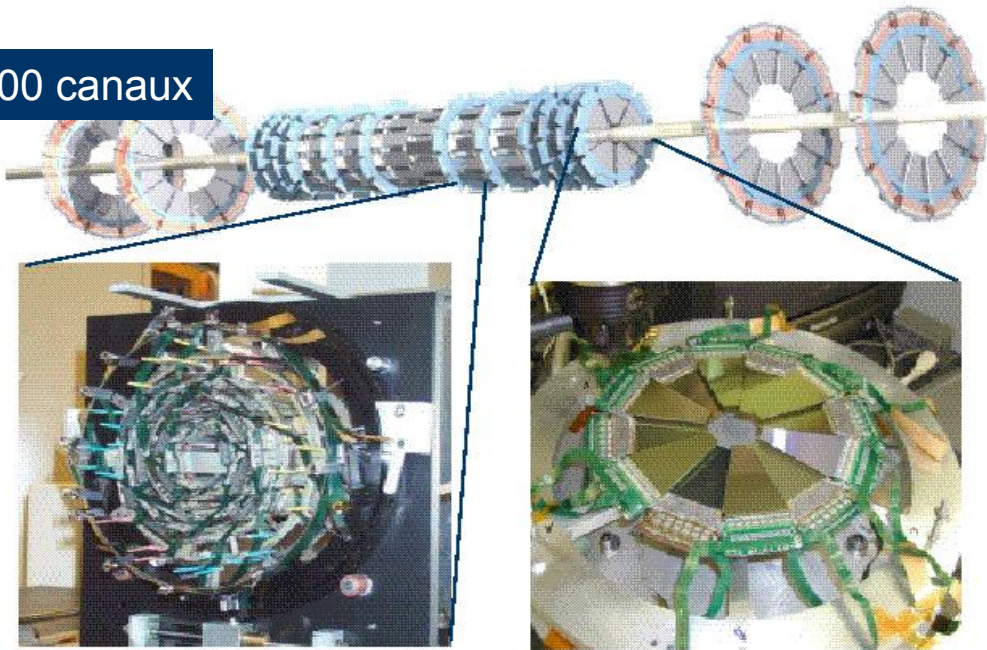


Le détecteur de Vertex

Architecture

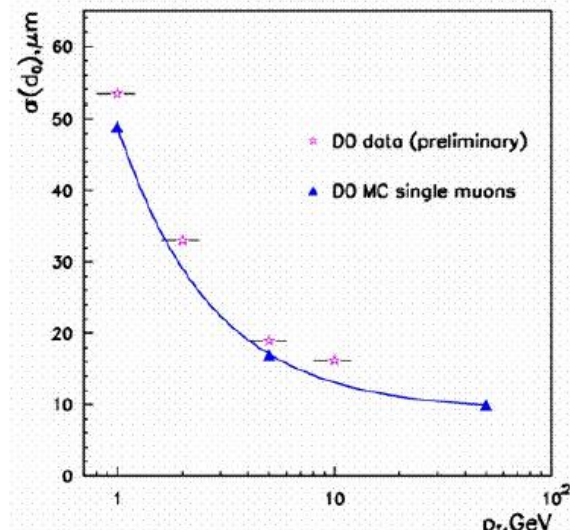
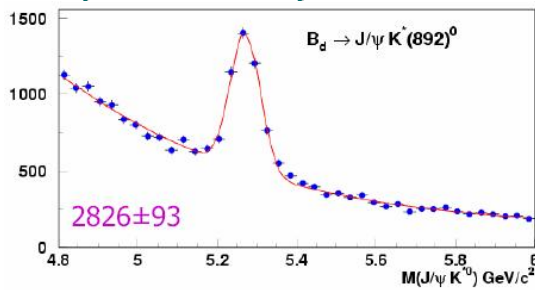
- **Couverture**
 $|\eta| < 1.7$ (tonneaux) et $2.5 < |\eta| < 3.0$ (disques)
- **7 modules centraux / 4 couches**
Support Beryllium / pistes Silicium
Rayon de 2.7 cm \rightarrow 9 cm & Longueur = 60 cm
- **6 disques avant / 12 secteurs**

793,000 canaux

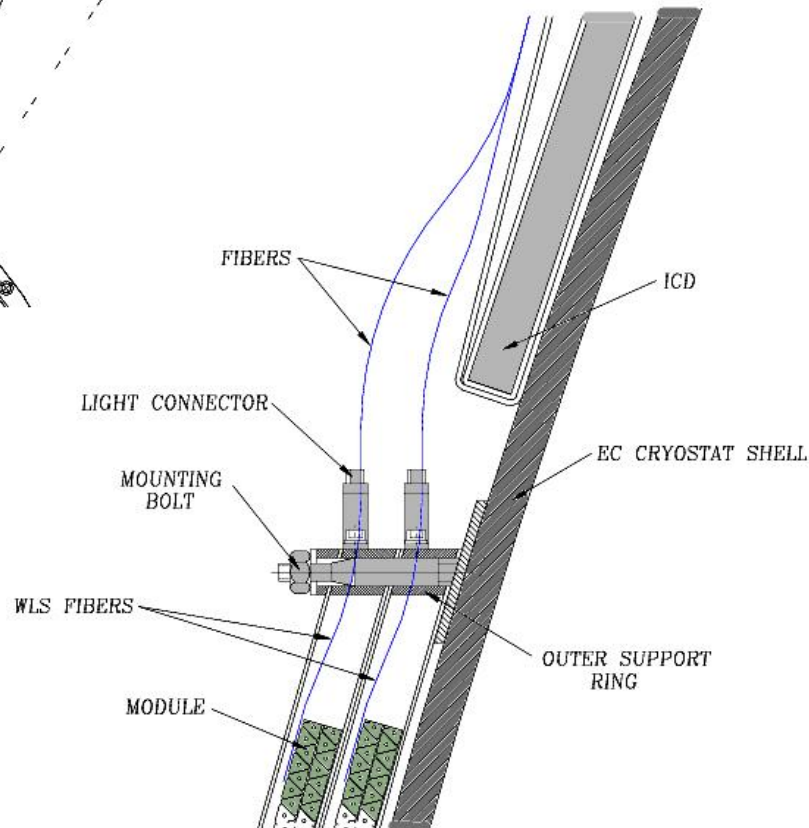
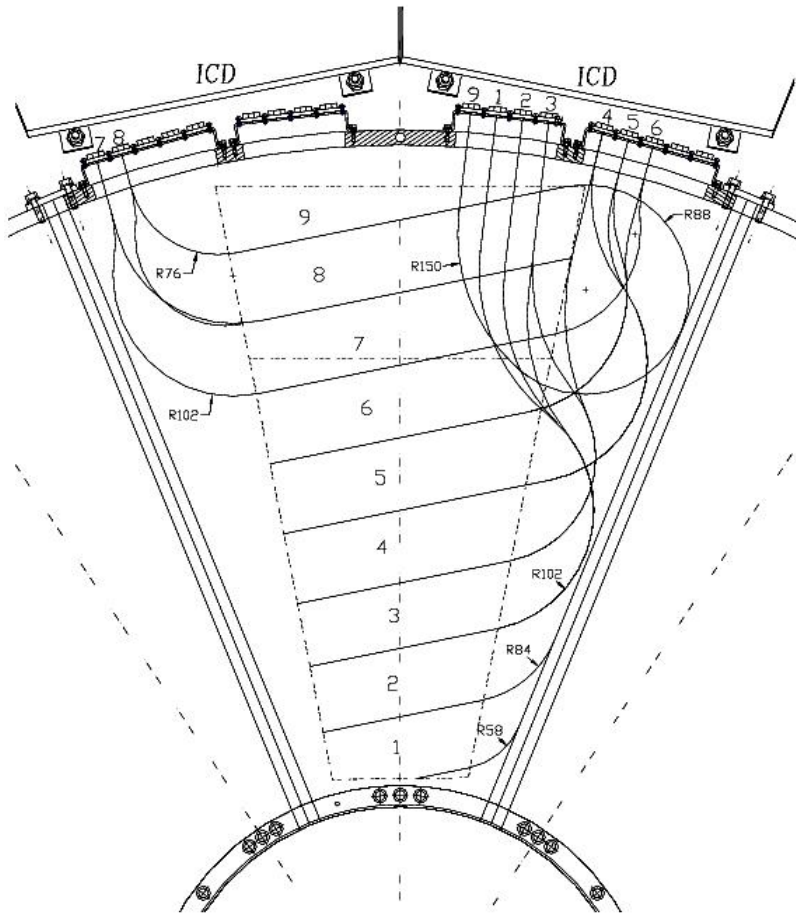


Performances

- **Vertex déplacé :**
 $\sim 40 \mu\text{m}$ (r, Φ) $\sim 100 \mu\text{m}$ (r, z)
- **Etiquetage des b :**
 $\epsilon \sim 45\text{-}55\%$ (2-8% mis-id)



DéTECTEUR Pied-de-gerbe Bouchon (II)



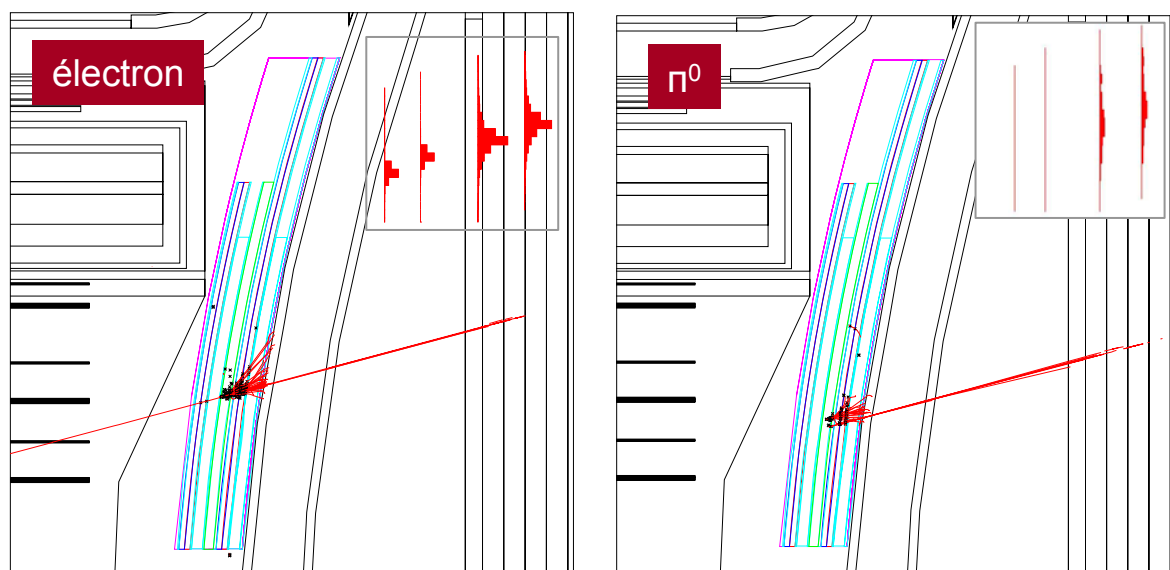
Les Pré-échantillonneurs de DØ

Motivations physiques

- Accroissement de la discrimination e/π
- Provision d'un 1er échantillonnage de l'énergie
- Déclenchement des événements avec e/γ
 - Réjection des événements QCD (jets avec π^0, π^\pm)
 - Constitution d'échantillons d'électrons "mous"
 - B en électrons (semi-leptoniques)
 - $J/\Psi, \Upsilon, \chi \rightarrow e^- e^+$
- Mesures de précision
 - Limiter la dégradation de la résolution sur E
 - Extension de la mesure de l'asymétrie $W \rightarrow e\nu$ (contrainte sur pdf)
 - Echantillons de contrôle pour $W \rightarrow e\nu$
 - Incidence sur Δm_W , mesure de $\sin^2\theta_W$ ($Z \rightarrow ee$)

Principes de fonctionnement

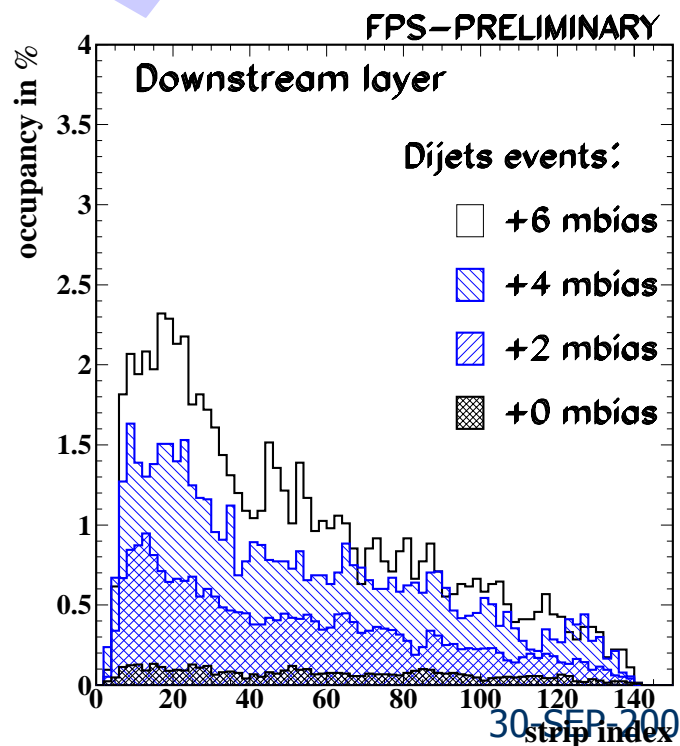
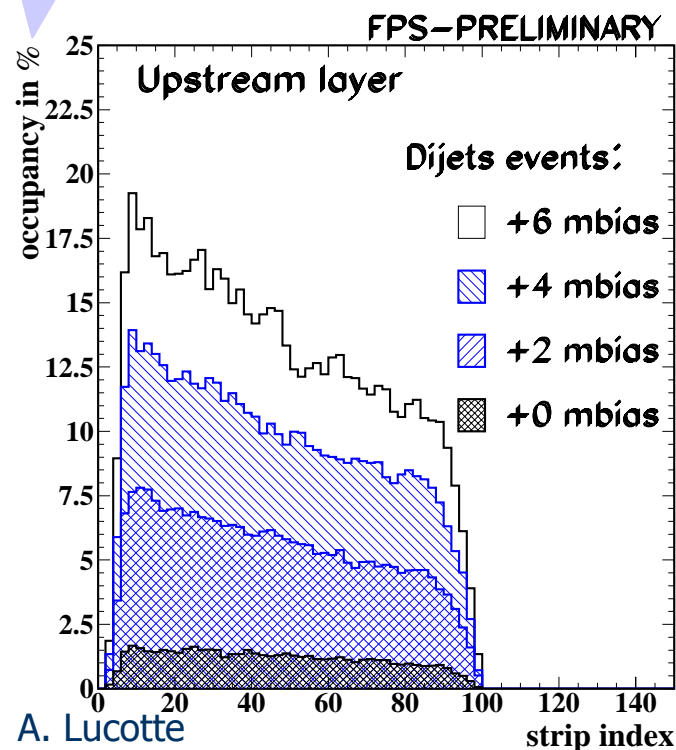
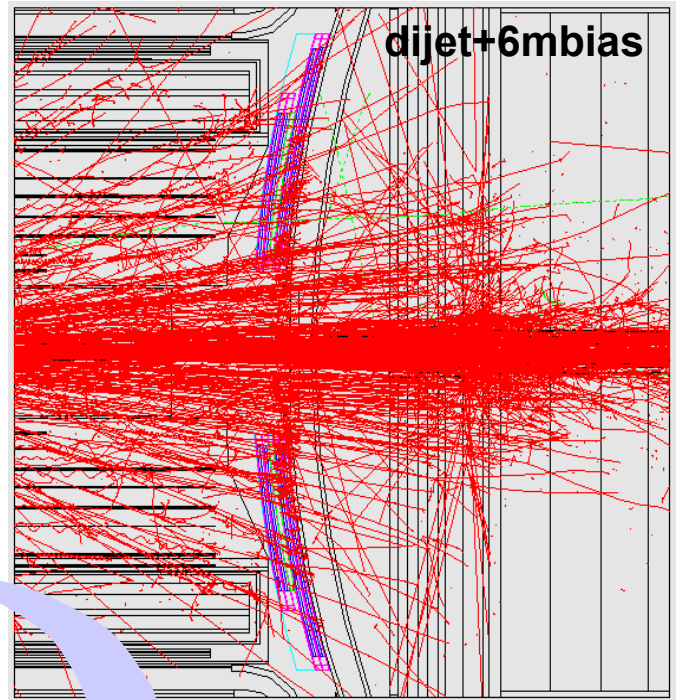
- Réponse différente selon la nature de la particule EM



Le Pré-échantillonneur bouchon : Simulation et occupation

Paramètres de fonctionnement

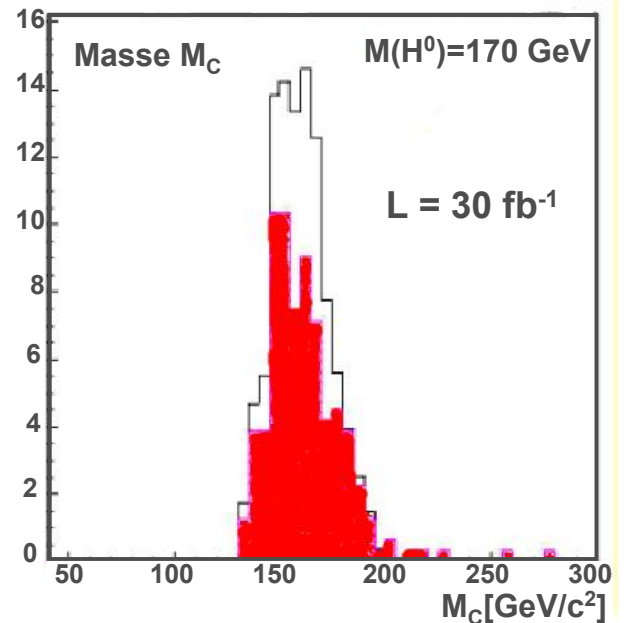
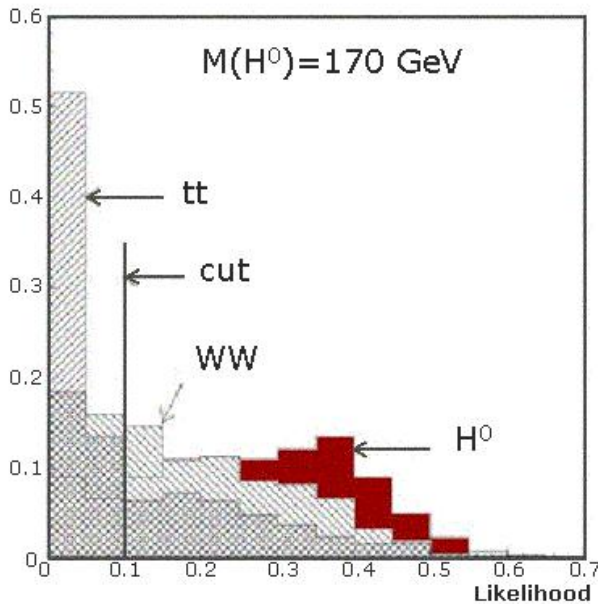
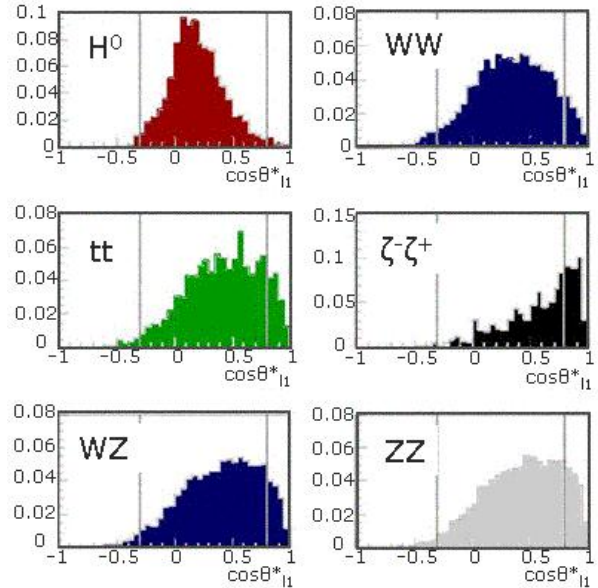
- Valeur des seuils / réalité
N interactions / croisement
<N> = 2.1 (Poisson)
@ $2 \times 10^{32} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$
- Détection de MIP :
T > 0.3 MIP
Occupation = 7-10%
- Détection de cluster :
T > 5 MIPs
Occupation = 0.5-2.0%



Le Canal $H \rightarrow W W^* \rightarrow l^+ l^- \nu \nu$

Paramètres clefs

- **Détecteur :**
 - Identification des leptons
 - Energie manquante
- **Analyse :**
 - Estimation des fonds di-boson
 - Réjection des fonds tt
- **Fonction de vraisemblance :**
 - Avec les variables indépendantes

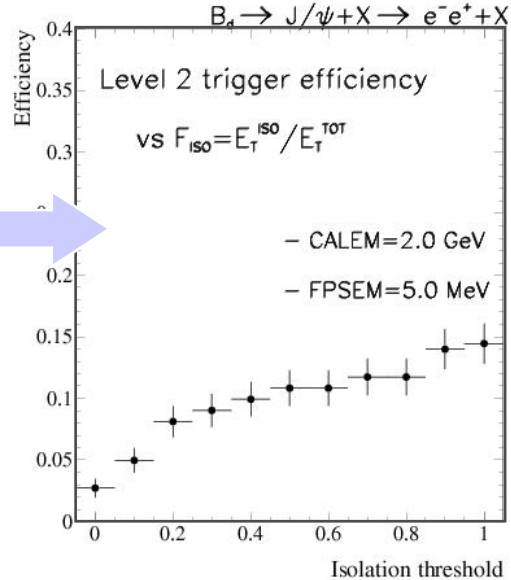
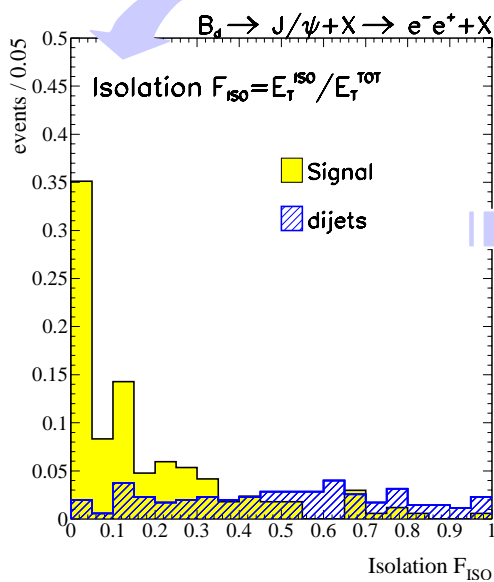
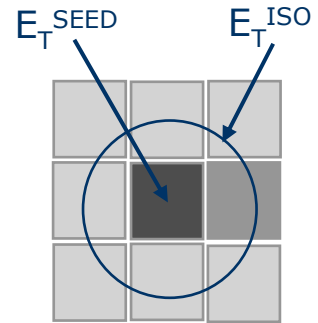


Déclenchement des électrons : le Niveau-2

Déclenchement / Niveau du détecteur

- **Calorimètre**

- Tour de Niveau-1 "seed"
- Energie totale : $E_T^{EM} = E_T^{SEED} + \sum E_T^i$
- Fraction électro-magnétique
- Isolation du cluster



- **Pré-échantillonneur**

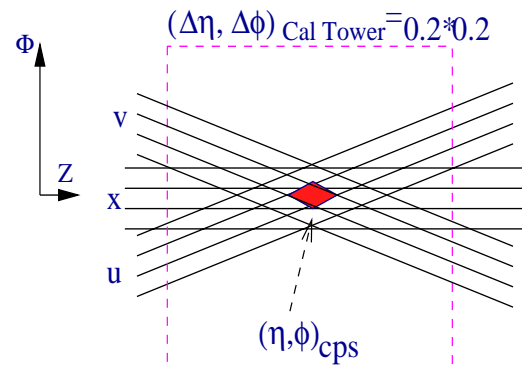
- Cluster 3D (u,v,x) étiqueté "e-γ"

- **Fiber Tracker**

- Convert L1 $p_T \rightarrow$ track p_T
- Extrapolate to EM(3)

- **Vertex Detector**

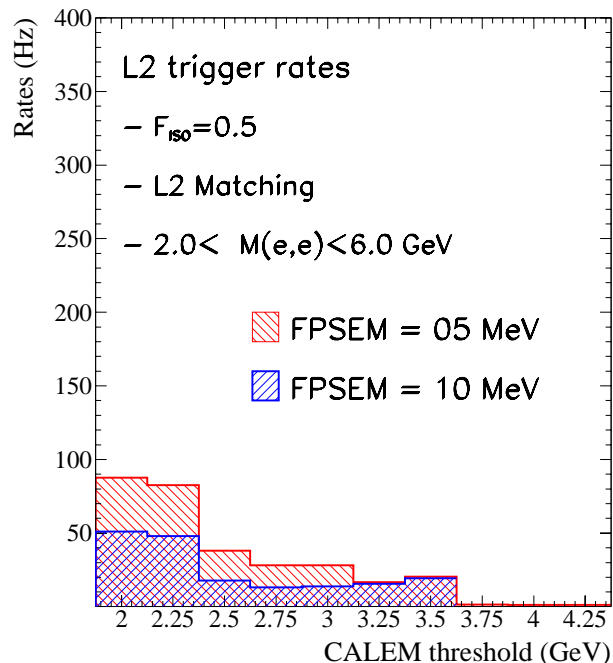
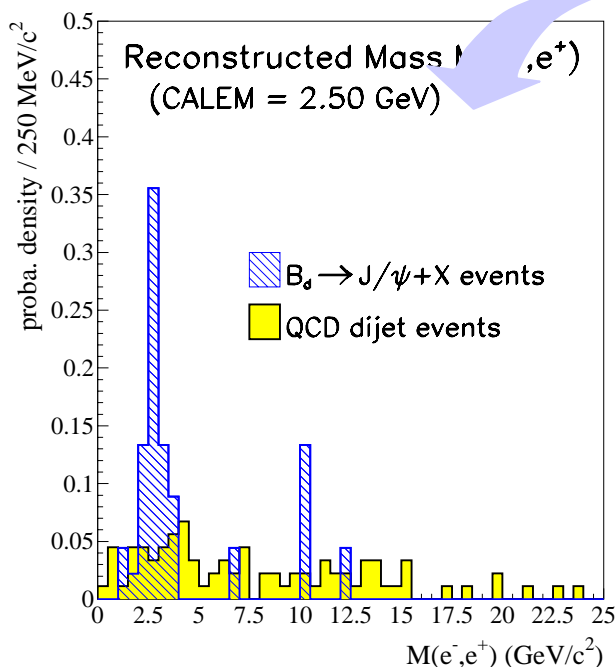
- combine CFT tracks
- re-fit tracks :
- p_T , χ^2 , paramètre d'impact



Déclenchement de Niveau-2 du $J/\Psi \rightarrow e^-e^+$

Efficacité

- Région Centrale \cong 20-25%
 - Région Bouchon \cong 4- 8%
- Dépendance en Seuil E_T de L1
Seuils L1 plus élevés dans les bouchons
Etudes systématiques nécessaires



Taux de fonds

- Taux (QCD dijets) :
50 / 100 Hz (région centrale / bouchon)
- Contrôlé par :
Fenêtre en masse
Critère d'isolation
Coincidence Tour EM + PS
- Taux réductible:
Vertex : traces de large paramètre d'impact

CP violation with $B_d^0 \rightarrow J/\Psi K_S$

Projection pour $\sin 2\beta$ (temps intègre)

$$\delta \sin 2\beta = \frac{1}{D_{\text{mix}} D_{\text{fond}}} \times \frac{1}{\sqrt{\epsilon_{\text{tag}} D_{\text{tag}}^2}} \times \frac{1}{\sqrt{N_{\text{reco}}}}$$

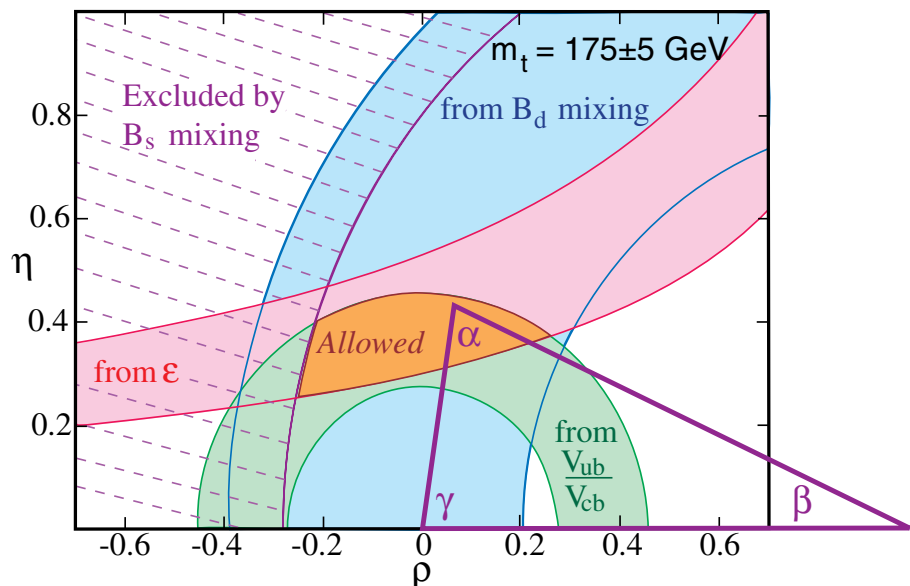
- efficacité reco des traces: 95%
- $D_{\text{mix}} \approx 0.47$, $D_{\text{fond}} = \otimes S(S+B) \sim 0.7$
- $\epsilon_{\text{Tag}} D_{\text{tag}}^2 \sim 0.05$

- $\sin 2\beta \approx 13.40 \otimes N_{\text{RECO}}$

Canal	$B_d^0 \rightarrow J/\Psi(\mu\mu)K_S$	$B_d^0 \rightarrow J/\Psi(ee)K_S$
Luminosité	2 fb^{-1}	2 fb^{-1}
Evts déclenchés	10600	4000
Evts reconstruits	8600	3300
$\delta \sin 2\beta$	0.14	0.23

Contraintes indirectes:

- $\sin 2\beta = 0.75 \pm 0.09$
- CERN-EP/98-133



L'amélioration de la chaîne d'accélérateurs du TeVatron au Run II

Amélioration du TeVatron

- **Accroissement de la luminosité**
 - 1ere phase : $L=2 \text{ fb}^{-1}$ (facteur 200 / Run I)
 - 2nde phase : $L=15 \text{ fb}^{-1}$ (facteur 1500)
- **Accroissement de l' énergie des faisceaux**

Processus	Canal	Run II(2 fb^{-1})
$t\bar{t} + X$	di-lepton	200
	$l+\geq 4\text{jets}$	1800
	$l+\geq 4\text{jets}/b\text{-tag}$	1400
	$l+\geq 4\text{jets}/b\text{-b tag}$	600
$t + X$		330
$W/Z + X$	$W \rightarrow e\nu$	1.6×10^6
	$Z \rightarrow ee$	160×10^3
$W\gamma, Z\gamma$		1000
WW, WZ, ZZ	≥ 2 leptons	150

+30% p/r Run I

$$\Delta m_w = 27 \text{ MeV}/c^2 @ 2 \text{ fb}^{-1}$$

$$\Delta m_w = 15 \text{ MeV}/c^2 @ 15 \text{ fb}^{-1}$$

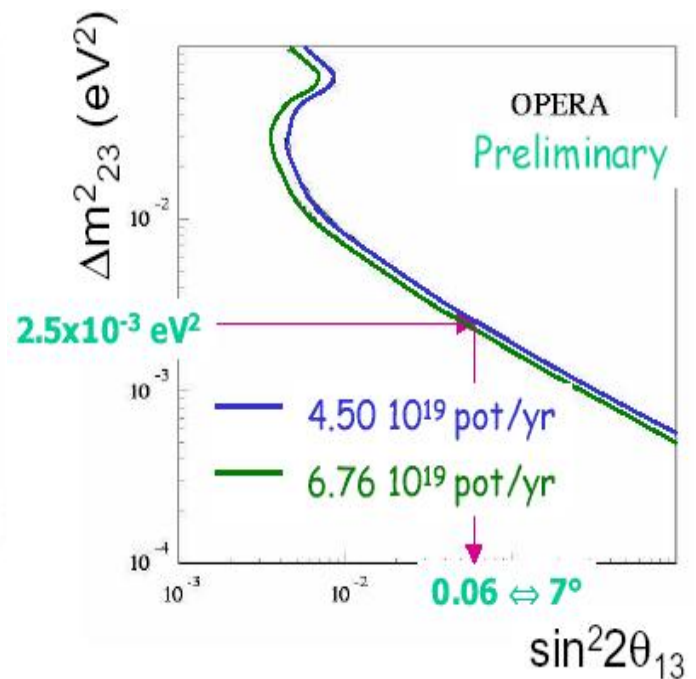
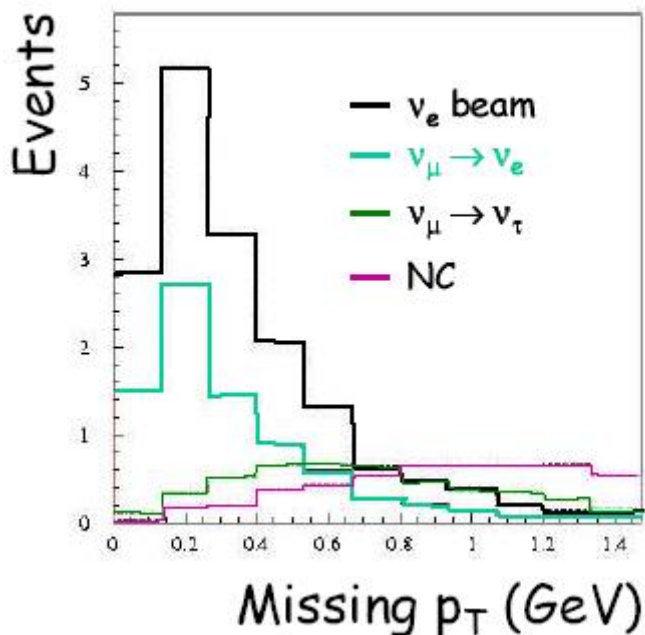
$$\Delta m_t = 2.7 \text{ GeV}/c^2 @ 2 \text{ fb}^{-1}$$

$$\Delta m_t = 1.3 \text{ GeV}/c^2 @ 15 \text{ fb}^{-1}$$

OPERA : sensibilité à $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$

Procédure

- Ajustement simultané de :
 - Energie electron $E(e)$
 - Moment transverse manquant p_T
 - Energie visible E_{vis}
- Mesure de $E(e)$:
 - Extension de la gerbe EM ~ nb de segments de traces dans ECC
 - Résolution $\sigma/E \sim 0.4 / \sqrt{E(\text{GeV})}$
- Performances attendues



Le Boson de Higgs dans le Modèle Standard

Le Higgs dans le Modèle Standard

- Champ scalaire Φ doublet de SU(2)
- Potentiel $V(\Phi) = \lambda (\Phi^\dagger \Phi - v^2/2)^2$
 - v est la valeur moyenne dans le vide du champ de Higgs
 - le minimum de $V(\Phi)$ est alors $|\Phi| = v/\sqrt{2}$

Génération des masses

- Masses des bosons : interaction avec le champ de valeur v

$$M_W = \frac{gv}{2} \quad M_Z = \frac{gv}{2\cos\theta_W}$$

La mesure de la durée de vie du muon fournit v :

$$v = (\sqrt{2}G_F)^{-1/2} \approx 246 \text{ GeV}$$

- Masses des fermions (Yukawa)

Masse ~ Couplages du Higgs aux fermions $m_f = g_f v / \sqrt{2}$

- Masse du boson de Higgs

$$m_H = 2 \lambda v^2$$



Paramètre libre du MS

Contraintes sur le secteur de Higgs

- Vérifie $\rho (\equiv M_W/M_Z \cos\theta_W) = 1$

Si multiplet i de Higgs (Y_i, I_i) avec v_i alors :

$$\rho = \frac{\sum v_i^2 | I_i(I_i+1) - (Y_i^2/4) |}{\sum v_i^2 (Y_i^2/4)}$$

Solutions possibles :

$$I_i(I_i+1) = 3 (Y_i^2/4)$$

→ 1 doublet de Higgs (1/2,1) (Modèle Standard)

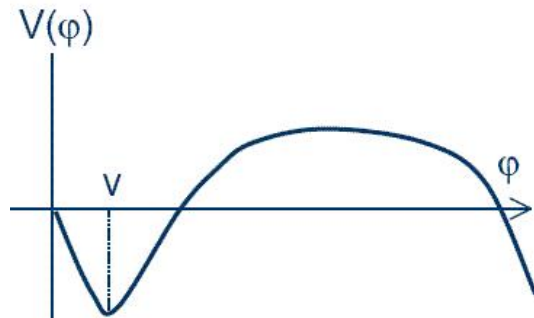
→ 2 doublets de Higgs (1/2,2) (Modèle 2HDM dont MSSM)

Masse du Higgs : contraintes théoriques

Unitarité

- Diffusion de bosons
 $\sigma(V_L V_L \rightarrow V_L V_L)$ diverge
en l'absence du Higgs
- L'unitarité impose que :

$$m_H \leq (2\sqrt{2}\pi/G_F)^{1/2} \leq 870 \text{ GeV}/c^2$$



Trivialité

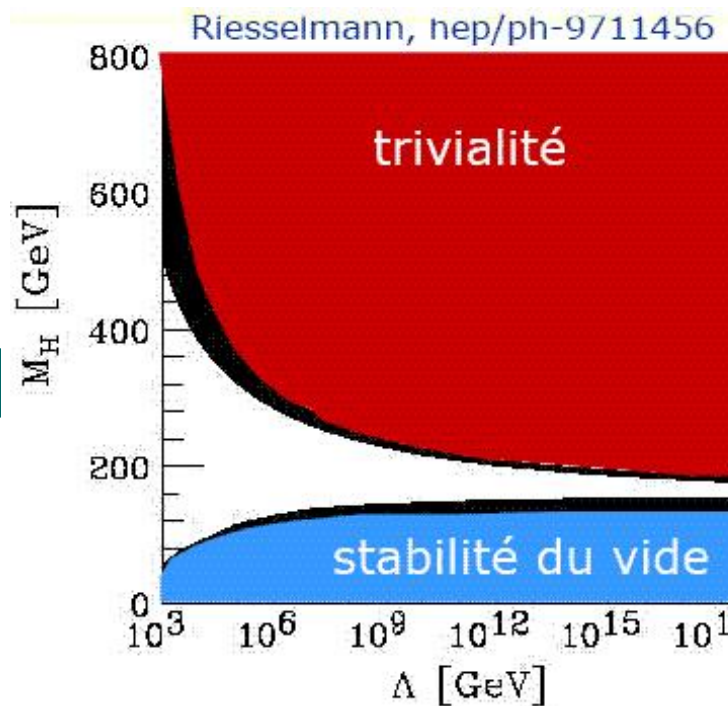
- Evolution de $\lambda(\Lambda)$: EGR
 $\lambda(\Lambda)$ augmente avec Λ
...et donc g_f (Yukawa)
→ Il faut borner $\lambda(\Lambda)$
→ Limite supérieure m_H

$$m_H < 8\pi^2 v^2 / 3 \log(\Lambda^2 / v^2)$$

Stabilité du vide

- $V(\Phi)$ doit avoir un "minimum absolu" (ie: pour tout Λ)
 $\partial V(\Phi)/\partial \Phi > 0$
→ $\lambda(\Lambda) > 0$
→ Limite inférieure sur m_H

$$m_H > 52 \text{ GeV}/c^2 \text{ à } \Lambda = 1 \text{ TeV}$$



Oscillations de neutrinos auprès d'accélérateur: K2K

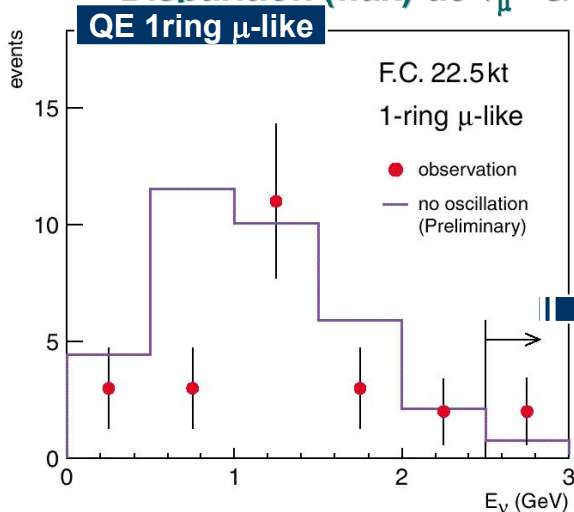
Contexte expérimental

- **Faisceau:**
Composition: 99% ν_μ , 1% ν_e
Energie: proton ~ 12 GeV & $E_\nu \sim 1.4$ GeV
Intensité: 4.8×10^{19} p.o.t. (112 jours 1999-2001)
- **Détecteurs:**
L(proche - SuperK) = 250 km

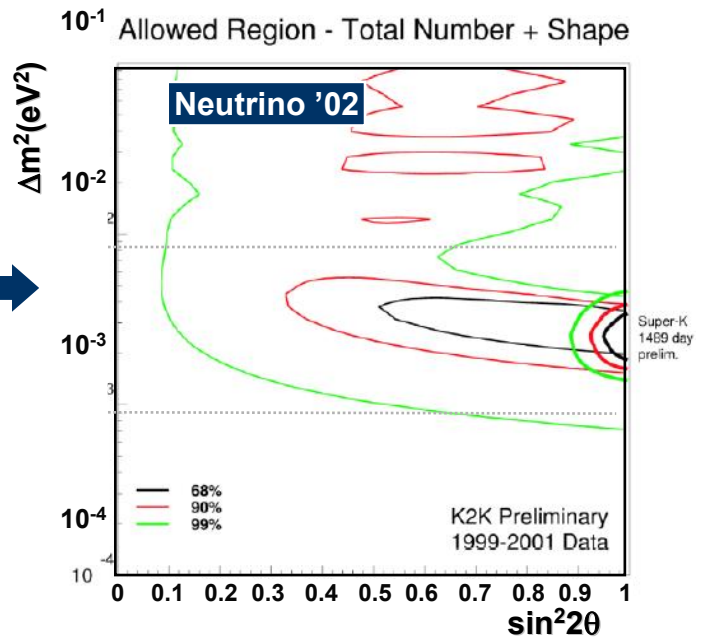
Mesures de K2K

- **Oscillations $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_\tau$:**

Disparition (flux) de ν_μ & Distorsion du spectre E_ν

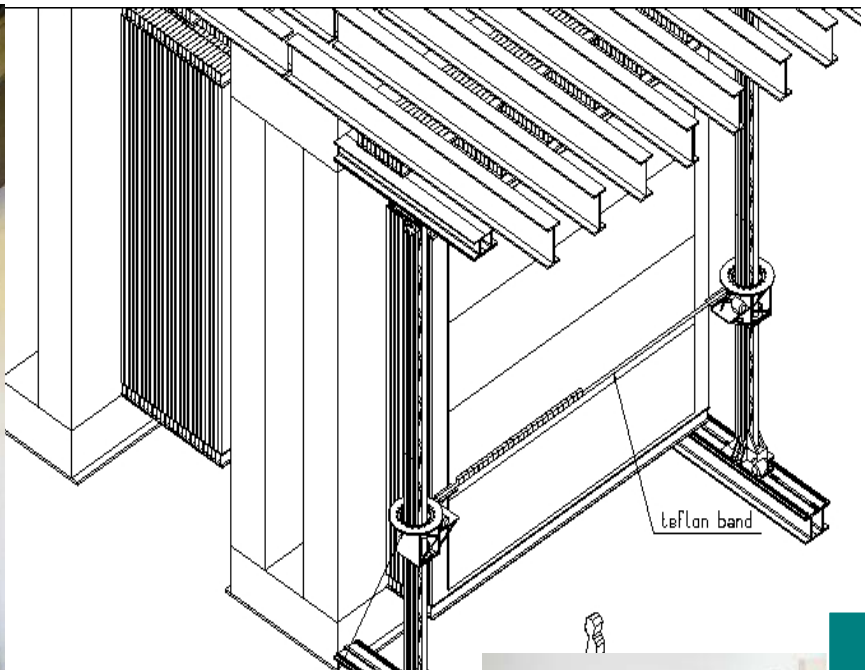


**56 observés / 80 attendus
no-oscillation exclu @ 99%**



**SuperK non infirmé
 $\Delta m^2 < 3 \cdot 10^{-3} \text{ eV}^2$**

La Partie "cible" : les murs des briques à émulsions



Architecture

- 31 structures
murs de briques Structures

- Analyse des briques

Extraction par 1 robot-manipulateur

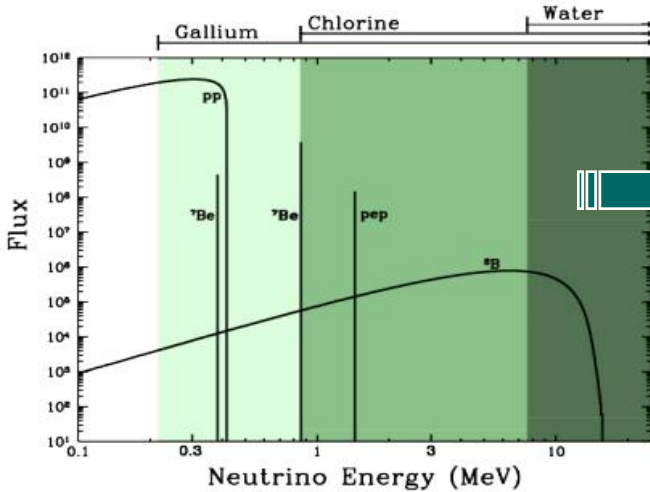
Extraction → exposition cosmic → développement → scanning



briques extraites / jours
Scanning : 20 cm²/h

Evidences des oscillations neutrinos

Mesures de SNO (1kt D₂O, 7kt H₂O)

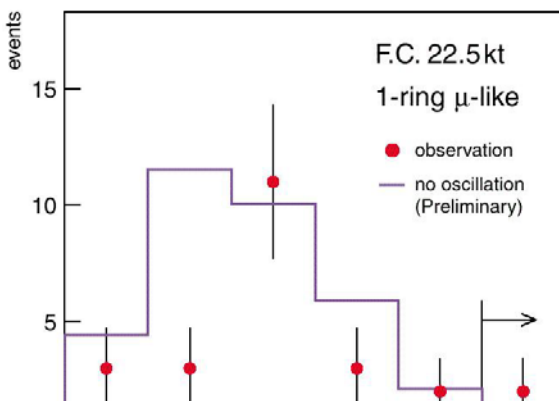
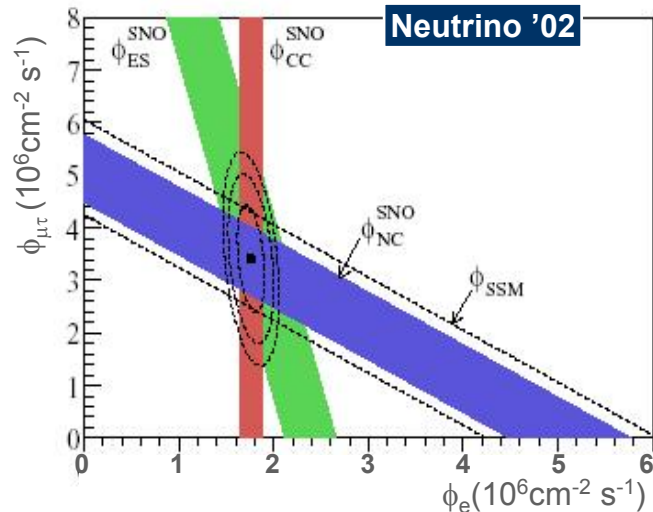


Mesure du flux des ν solaires du ^8B :

- CC: $\nu_e + d \rightarrow p + p + e \Rightarrow \phi_{CC} = \phi_e$
- NC: $\nu_x + d \rightarrow p + n + \nu \Rightarrow \phi_{NC} = \phi_e + \phi_{\mu} + \phi_{\tau}$
- ES: $\nu_x + e \rightarrow \nu_x + e \Rightarrow \phi_{ES} = \phi_e + \epsilon \phi_{\mu}$

Interprétation:

- Mesure du flux total $\phi_{\nu}(^8\text{B})$ en accord avec prédictions
- Composition multi-saveurs actives des ν solaires
- Oscillation de ν_e en ν actifs
 $\phi_{\mu\tau} \neq 0 @ 5.3\sigma$



- Solution LMA favorisée
 - $\Delta m^2 = 5 \cdot 10^6 \text{ eV}^2, \sin^2 2\theta = 0.76$

