

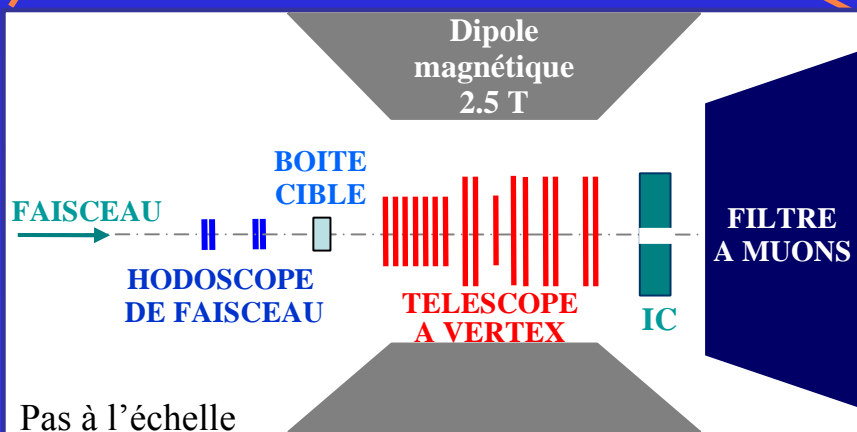
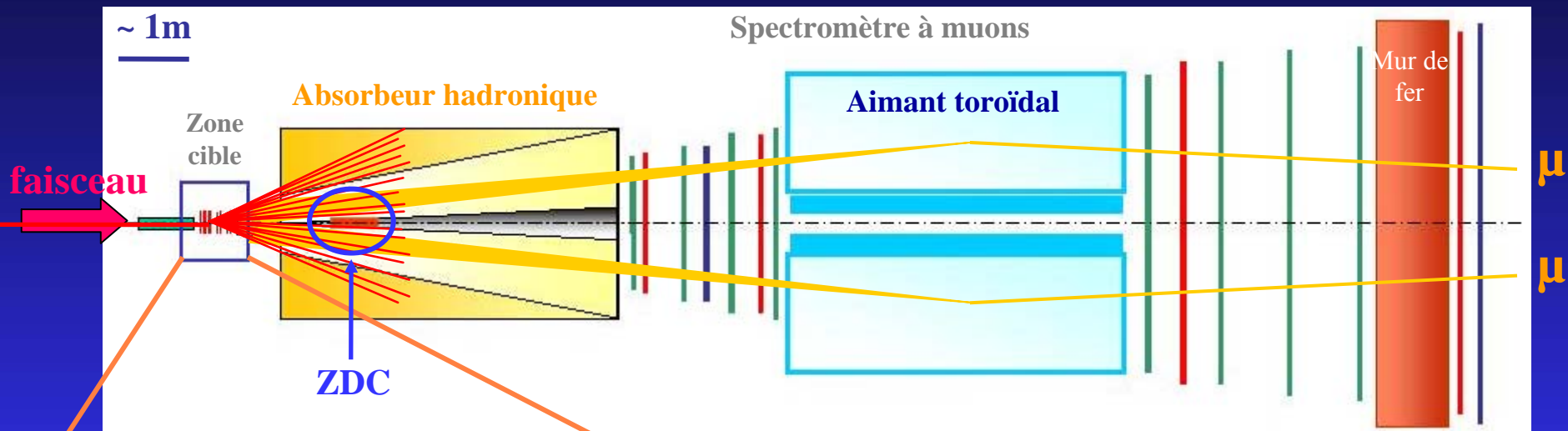
# Quarkonia et saveurs lourdes : mesures et reconstruction au SPS

- Dispositif expérimental
- Reconstruction, performances
- Sélection des données
- Méthodes d'extraction de la production du  $J/\psi$
- Corrections, systématiques



# NA38 → NA50 → NA60

Charmonium et charme ouvert étudiés via leur désintégration muonique

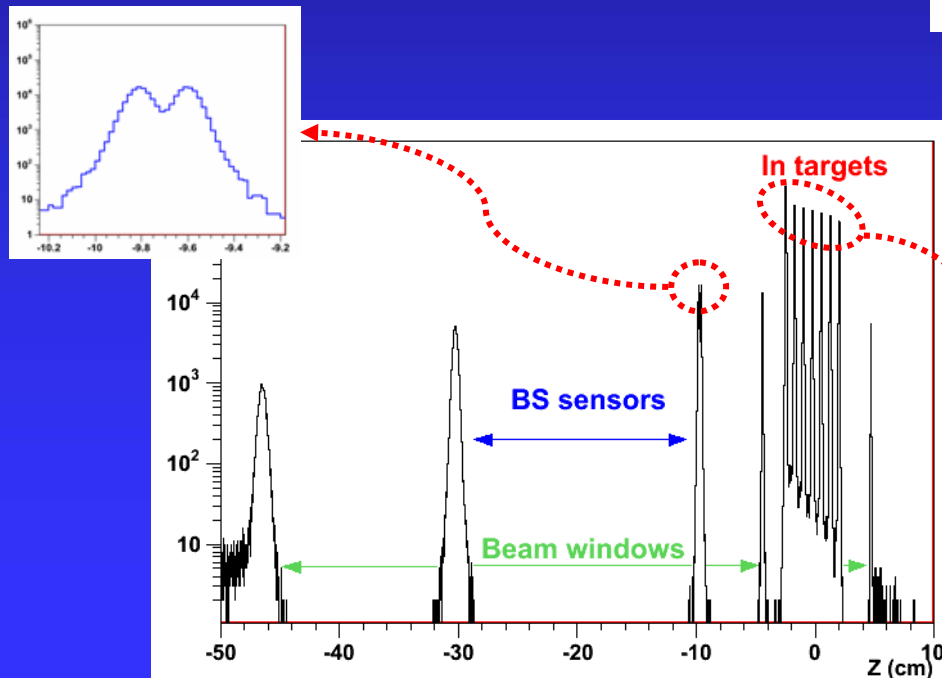
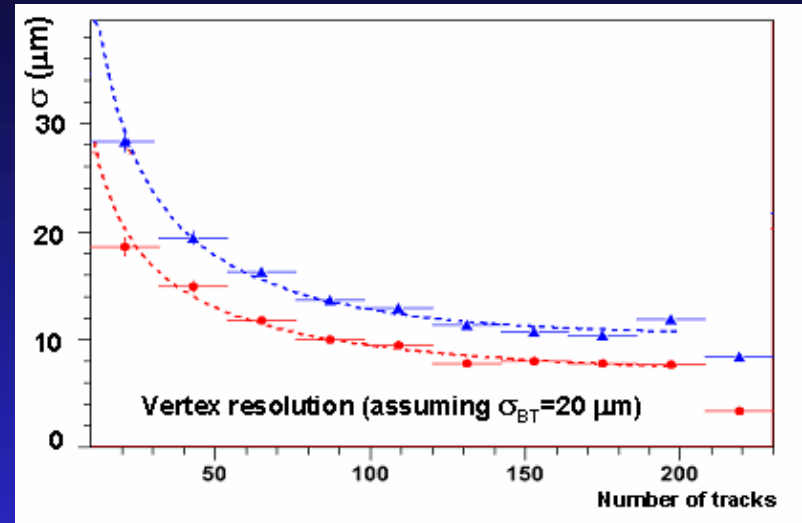


- Spectromètre à muons hérité de NA38
- ZDC pour mesurer la centralité
- Nouvelle région cible pour NA60 :
  - Télescope à vertex dans un dipôle
  - Hodoscope de faisceau
  - Compteur d'interaction

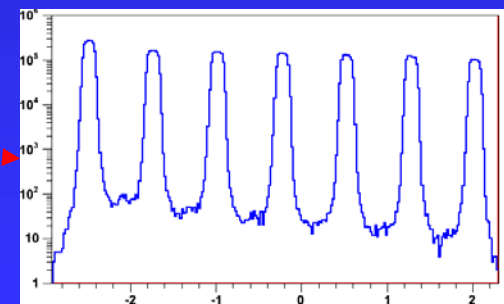
# Reconstruction du vertex d'interaction

- ☺  $\sigma < 20 \mu\text{m}$  dans le plan transverse
- ☺  $\sigma < 200 \mu\text{m}$  le long de l'axe du faisceau
- ☺ Reconstruction précise pour  $N_{\text{Traces}} \geq 4$

L'alignement est crucial pour atteindre les résolutions optimales

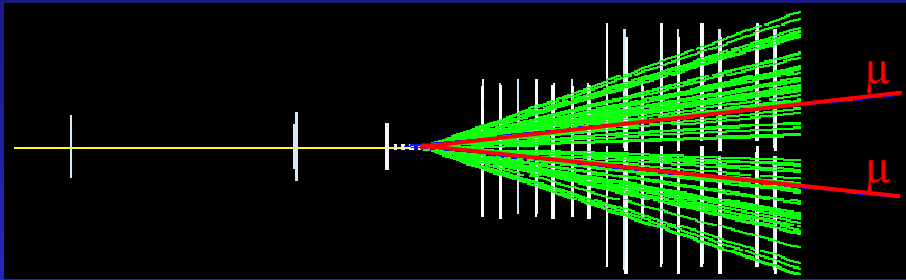


Séparation claire des 8 cibles d'indium



# Reconstruction de la trajectoire des muons

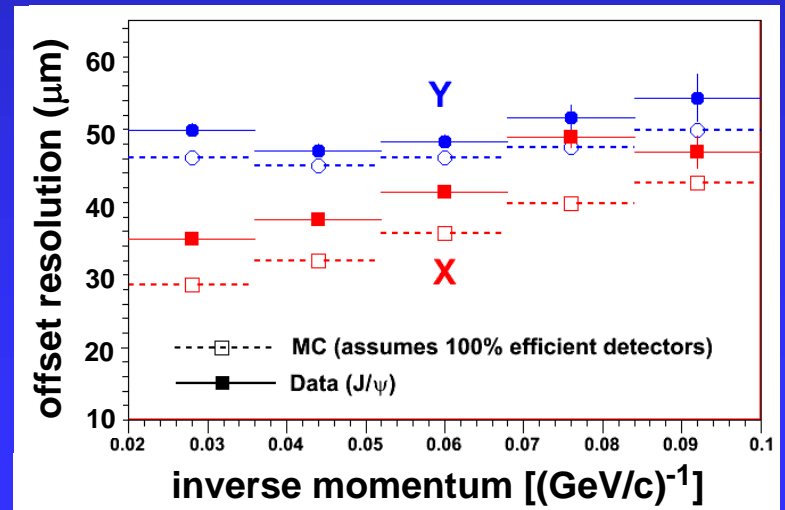
- Pas d'identification intrinsèque des muons  $\Rightarrow$  « matching » = mise en concordance, à la fois en position et en impulsion, des muons reconstruits dans le spectromètre avec les traces mesurées dans le télescope à vertex.



- Le « matching » est suivi d'un fit global pour améliorer la précision de reconstruction des caractéristiques cinématiques des muons (utilisation d'un filtre de Kalman).

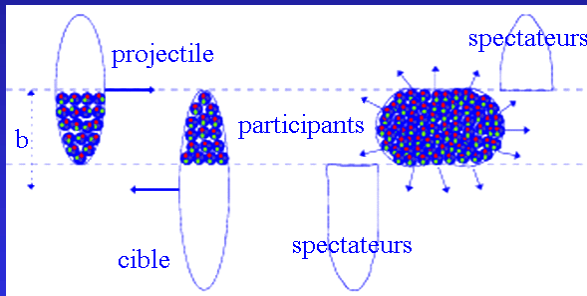


- ☺ Détermination précise de l'origine des muons
- ☺ Amélioration de la résolution en masse
- ☺ Réduction du bruit de fond combinatoire
- ☹ Efficacité de matching de 70% (autour du  $\psi$ )
- ☹ Erreurs de matching  $\rightarrow$  fakes

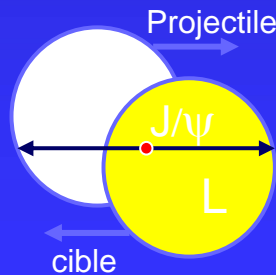
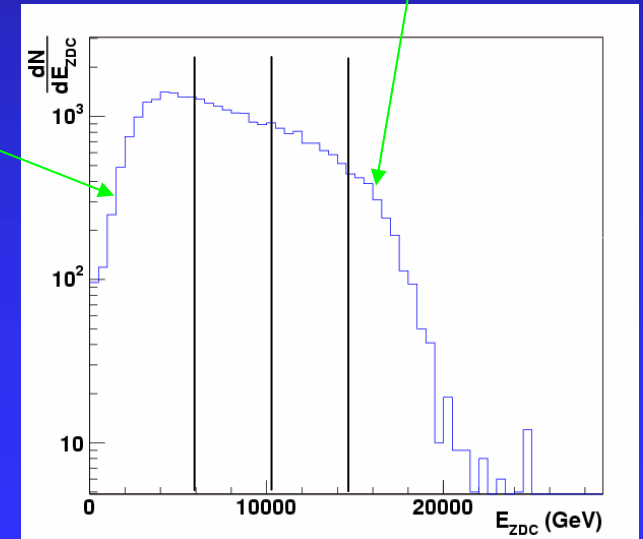
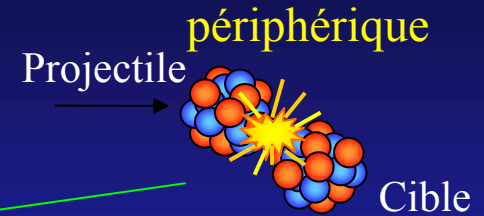
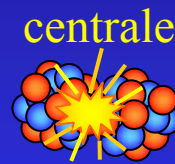
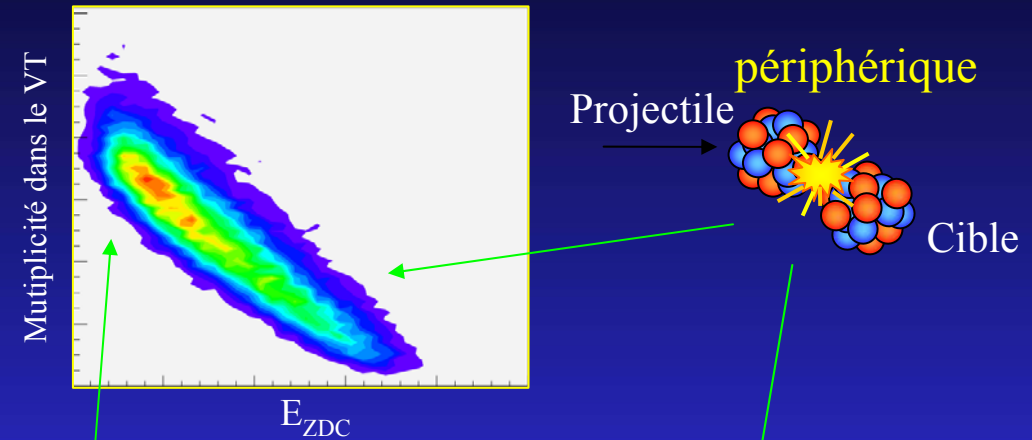


# Mesure de la centralité de la collision

- $E_{ZDC}$  (NA50 et NA60)
- **Multiplicité** (NA50 et NA60)
- $E_T$  (NA38 et NA50)



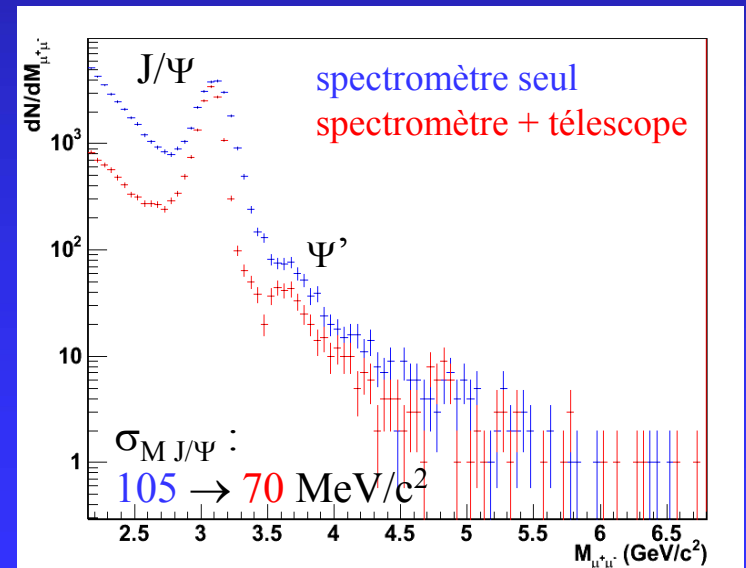
⇒ **Le modèle de Glauber** permet de relier les mesures de centralité aux observables  $L$ ,  $N_{part}$ ,  $N_{coll}$ , ... (prend en compte les résolutions expérimentales)



$$E_{ZDC} = N_{spect} \times 158 \text{ GeV} + \alpha N_{part}$$

# Analyse : sélection des données

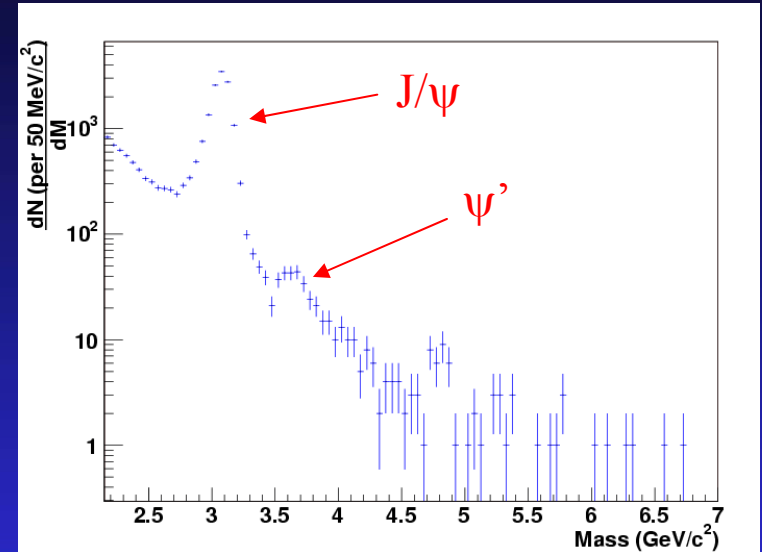
- **Qualité des données** (fonctionnement des détecteurs, ...)
- **Position du vertex d'interaction et élimination des ré-interactions :**
  - Utilisation du télescope à vertex (NA60)
  - Utilisation de cibles segmentées avec des scintillateurs (NA38) ou des détecteurs Cerenkov (NA50) pour identifier la cible touchée.
- **Élimination des superpositions d'événements :**
  - Coupures temporelles : Hodoscope de faisceau, Compteur d'interaction (NA60)
  - Utilisation des détecteurs de centralité (NA50)
- **Origine des dimuons :**
  - Coupure  $P \times D_{\text{targ}}$  sur la position extrapolée des muons au niveau du vertex d'interaction
  - Utilisation du « Matching » : le dimuon doit provenir du vertex primaire (NA60)
- **Coupures cinématiques** ( $y_{\text{lab}}$ ,  $\cos(\theta_{\text{CS}})$ )



# Extraction du rapport de production $J/\psi/\psi'$ / $DY$

Ajustement au spectre en masse dans la région  $M > 2.2 \text{ GeV}/c^2$  :

- $J/\psi$  et  $\psi'$ , déformés par les effets d'appareillage
- Désintégrations corrélées DD (corrélées car au SPS au plus 1 paire DD créée)
- Processus Drell-Yan



Formes obtenues par simulation (Pythia avec GRV94\_LO + GEANT 3)  
+ normalisation par ajustement des données

- **Bruit de fond combinatoire** issu des désintégrations décorréliées de pions et kaons
- **Fakes** (mauvaise reconstruction ou identification des muons dans le télescope à vertex de NA60)

Formes + normalisation  
obtenues à partir des données

# Evaluation du bruit de fond combinatoire

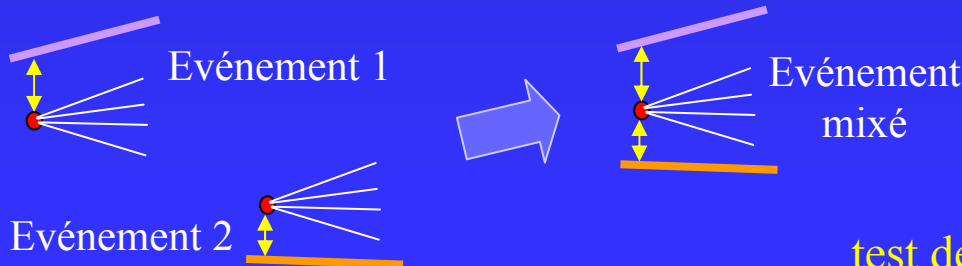
Utilisation des dimuons de même signe. 2 méthodes :

$$\frac{dN^{\mu^+\mu^-}}{dM} = 2 \cdot R \cdot \sqrt{\frac{dN^{\mu^+\mu^+}}{dM} \cdot \frac{dN^{\mu^-\mu^-}}{dM}} \cdot \frac{A^{\mu^+\mu^-}}{\sqrt{A^{\mu^+\mu^+} \cdot A^{\mu^-\mu^-}}}$$

Prend en compte les effets dus à la conservation de la charge électrique (évalué par simulation Venus)

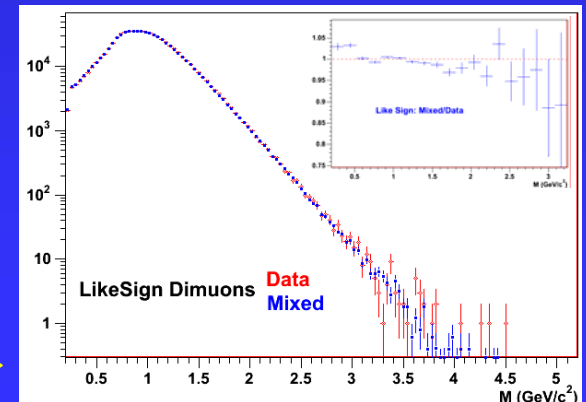
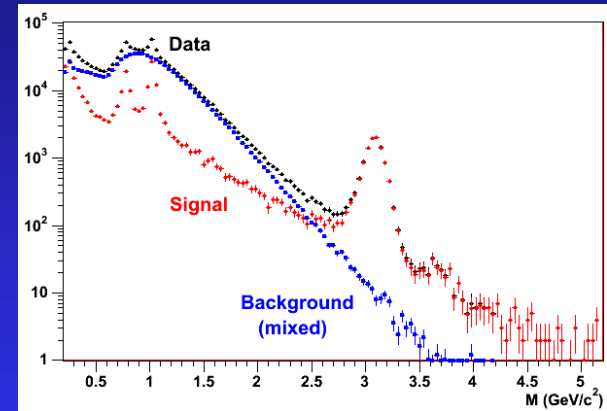
## Mélange d'événements

- Prend en compte les différentes acceptances et l'algorithme de trigger du spectromètre
- Réplique les offsets des muons individuels pour reproduire les distributions d'offset des dimuons



test de qualité →

= 1 grâce à la coupure image :  
élimination des muons qui n'auraient pas été acceptés si ils avaient eu le signe opposé.





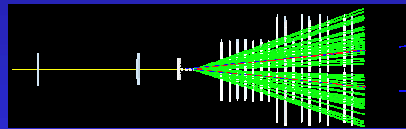
# Evaluation des « fakes »

« fakes »  $\equiv$  faux dimuons issus d'une erreur de reconstruction et/ou d'identification des muons dans le télescope ( $< 10\%$  du bruit de fond combinatoire)

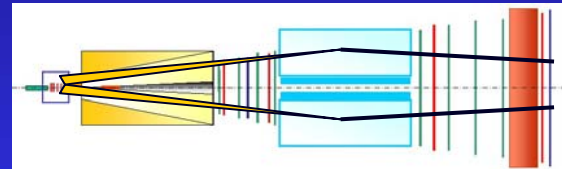
2 méthodes de soustraction :

- Superposition d'un cocktail de dimuons simulés avec les données réelles, reconstruite comme les données réelles, pour évaluer la proportion de fakes (utilisé pour l'analyse des dimuons de basse masse)

- Mélange d'événements :



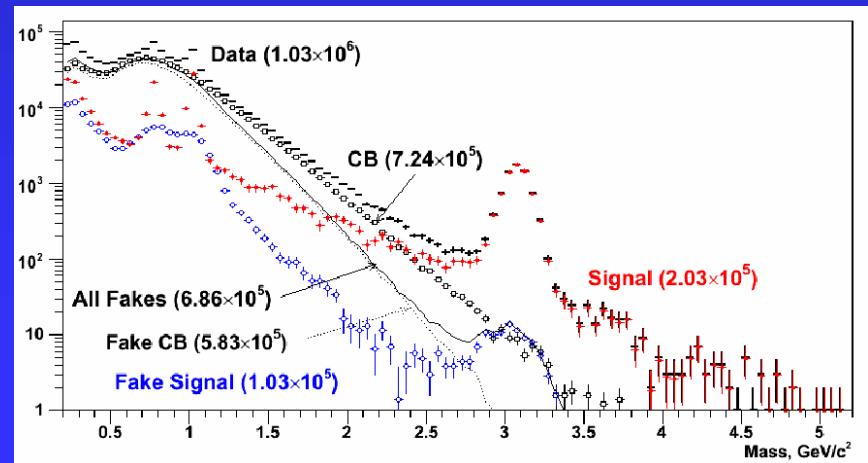
+



= fakes

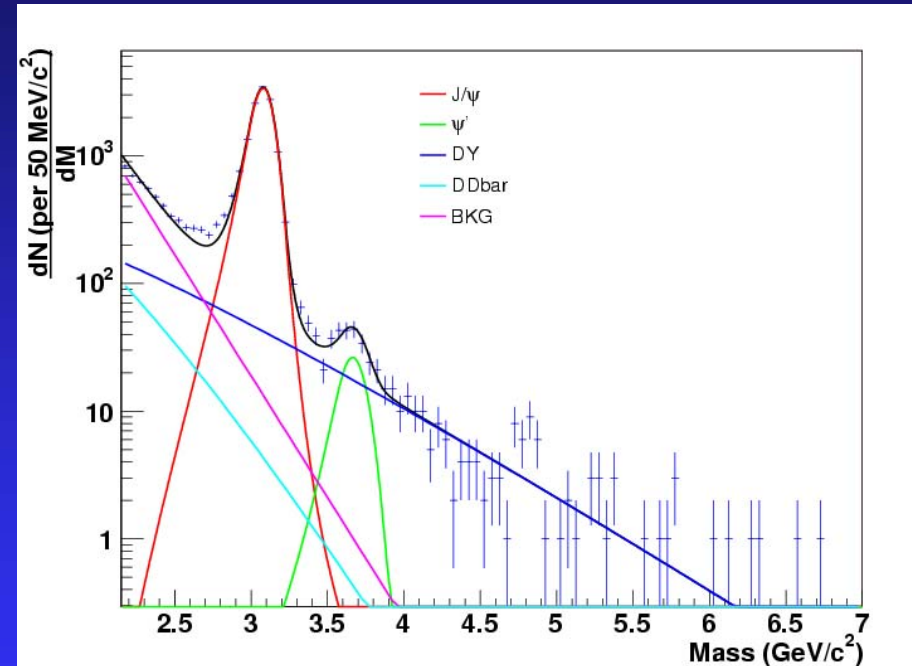
Malheureusement les contributions du bruit de fond combinatoire et des fakes obtenues par mélange d'événements ne sont pas indépendantes.

**Solution** : soustraire la contribution du bruit de fond combinatoire aux fakes avant de soustraire ces derniers ou vice-versa.



# Procédure d'ajustement du spectre en masse

- Spectre en masse ajusté en plusieurs étapes. Exemple de la procédure d'ajustement de NA60 :
- **Bruit de fond** fixé à partir de l'étude des dimuons de même signe.
- **DY** ajusté dans la région  $M > 4.2 \text{ GeV}/c^2$  (seule la norme est libre)
- **DD** ajusté dans la région  $M \in [2.2, 2.5] \text{ GeV}/c^2$  (seule la norme est libre)
- **J/ψ et ψ'** ajusté dans la région  $M \in [2.9, 4.2] \text{ GeV}/c^2$  (normes libres ainsi que  $M_{0J/\psi}$  et  $\sigma_{J/\psi}$  ( $M_{0\psi'} \propto M_{0J/\psi}$  et  $\sigma_{\psi'} \propto \sigma_{J/\psi}$ ))



⇒ Extraction du nombre de  $J/\psi$

⇒ Extraction du nombre de DY détectés dans la région  $M \in [2.9, 4.5] \text{ GeV}/c^2$ .

# Corrections, étude des systématiques

- **Correction de l'acceptance du détecteur** (évaluée par simulation) pour obtenir les nombres de  $J/\psi$  et de DY effectivement produits
- **Correction d'isospin** pour pouvoir comparer nos résultats à ceux obtenus avec d'autres types de collisions (Pb-Pb, S-U, ...)

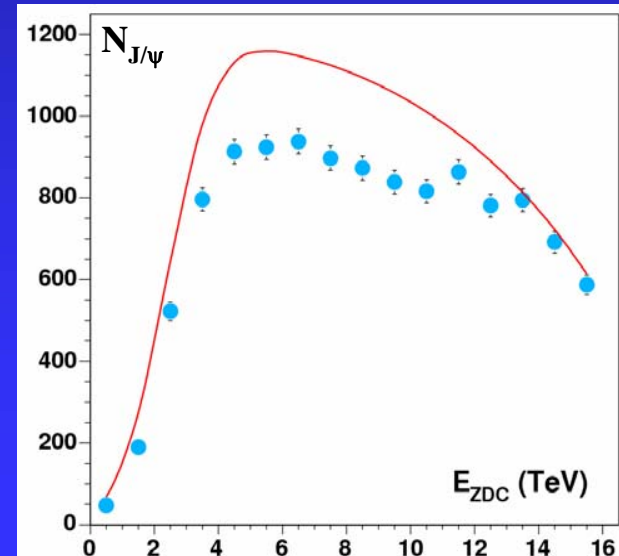
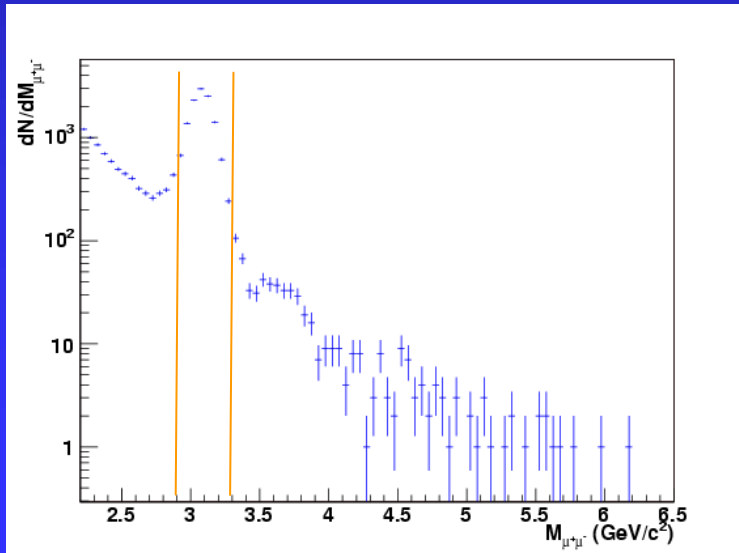
$$I = \frac{AB\sigma_{DY_{pp}}}{\sigma_{DY_{AB}}} \quad (\approx 1.018 \text{ dans les collisions In-In})$$

- **Tests de stabilité pour évaluer les erreurs systématiques :**
  - Sélection des données
  - Choix de la paramétrisation des PDF dans les simulations (les analyses ont récemment été refaites avec GRV94\_LO)
  - Contribution du bruit de fond et du DD
  - Forme du  $J/\psi$
  - Procédure d'ajustement du spectre en masse

# Analyse directe du $J/\psi$

L'analyse du rapport  $J/\psi/DY$  est limitée par la faible statistique au delà de  $4.2 \text{ GeV}/c^2$  (utilisée pour normaliser le DY)

- Nouvelle analyse : comparaison directe du nombre de  $J/\psi$  détecté avec la prédiction du modèle de Glauber prenant uniquement en compte l'absorption nucléaire normale
- Pas de soustraction du bruit de fond, pas de fit du spectre en masse
- Pas de normalisation absolue : on normalise le rapport  $J/\psi$  mesuré /  $J/\psi$  attendu (intégré sur la centralité) avec le rapport  $J/\psi/DY$  mesuré /  $J/\psi/DY$  attendu

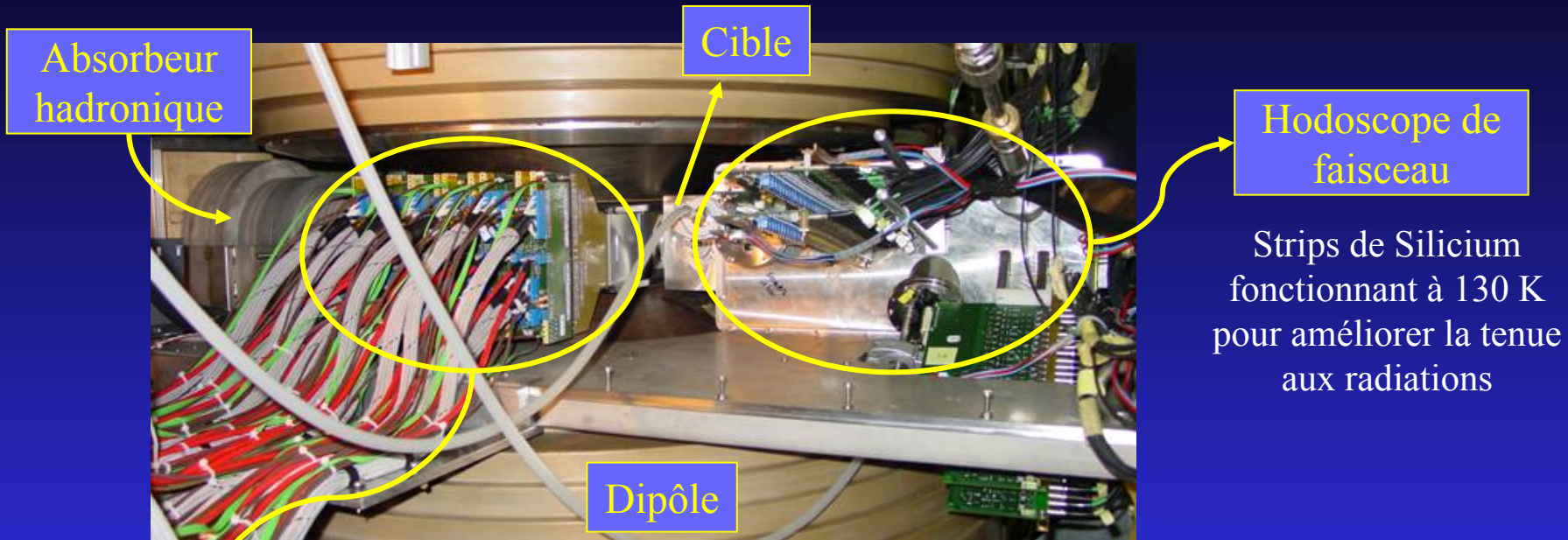


# *Etude des systématiques*

- Systématiques attendues plus importantes que dans le cas du rapport  $J/\psi/DY$  :
  - Sélection des données
  - Soustraction du continuum sous le  $J/\psi$
  - Paramétrisation des densités nucléaires dans le modèle de Glauber
  - Paramètres d'ajustement du modèle de Glauber sur les données expérimentales (mesures du ZDC en trigger « minimum bias »)
  - Normalisation à la courbe d'absorption normale  $\Leftrightarrow \sigma_{pp}(J/\psi)$  et  $\sigma_{abs}$
  - Normalisation au rapport  $J/\psi/DY$

Et maintenant, les résultats ...

# Zoom sur la région cible de NA60

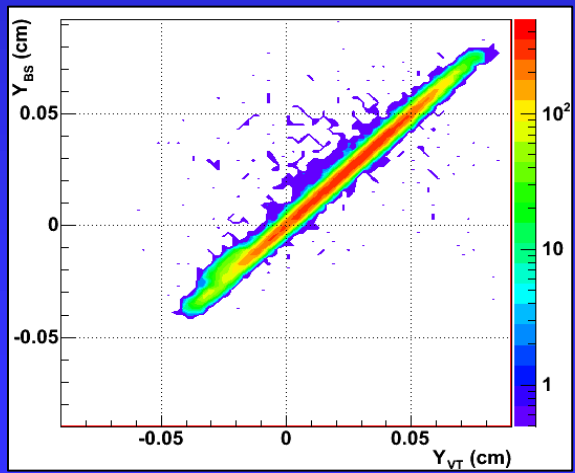
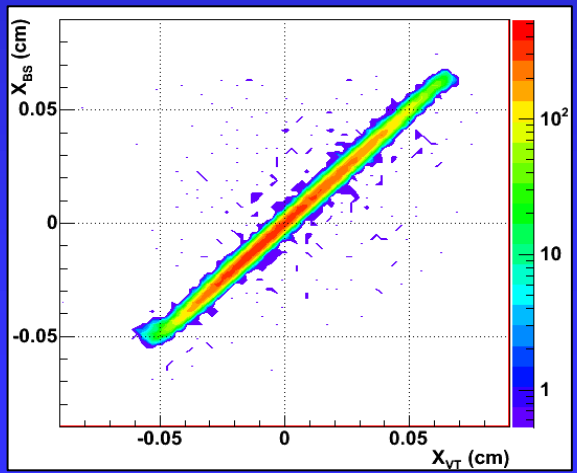


Strips de Silicium fonctionnant à 130 K pour améliorer la tenue aux radiations

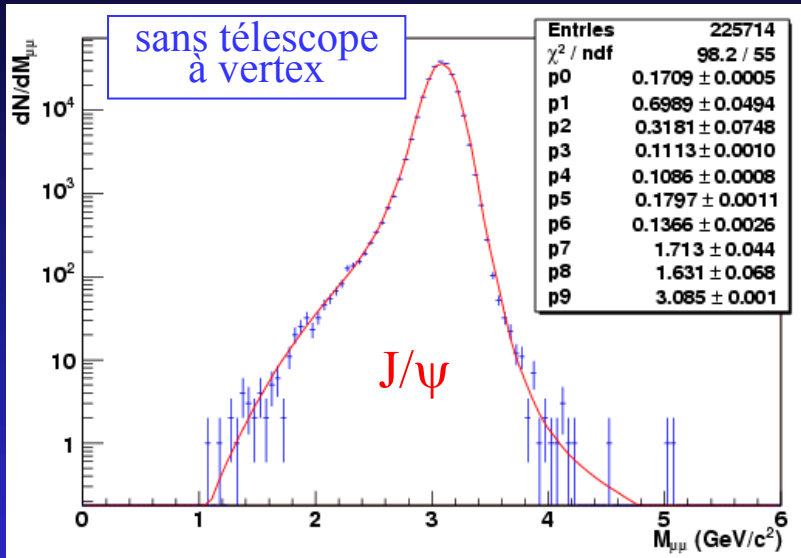
Télescope à vertex

16 plans de pixels de silicium de  $50 \times 425 \mu\text{m}^2$   
~ 800 000 pixels

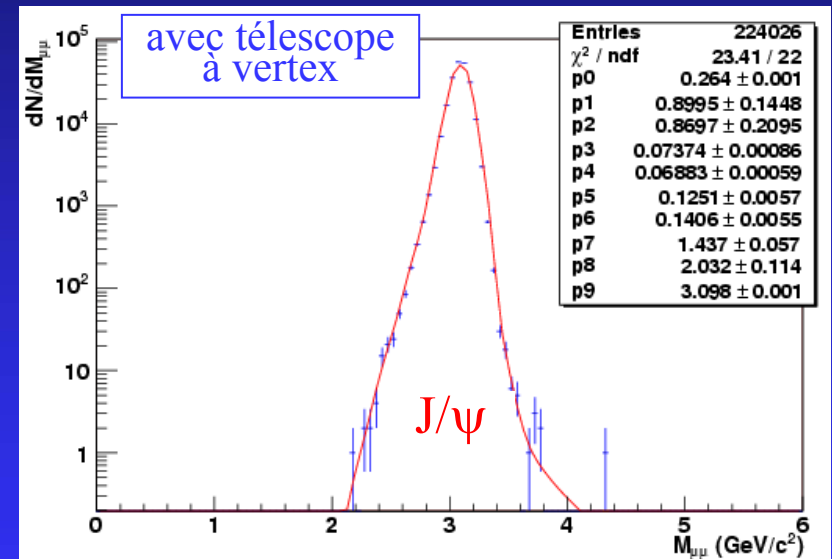
Position du vertex versus position du faisceau



# Simulations



- $J/\psi$  et  $\psi'$  générés avec des fonctions paramétrées pour reproduire les distributions en rapidité et impulsion transverse mesurées.
- Reconstitués comme les vrai données.



- Fonction d'ajustement :

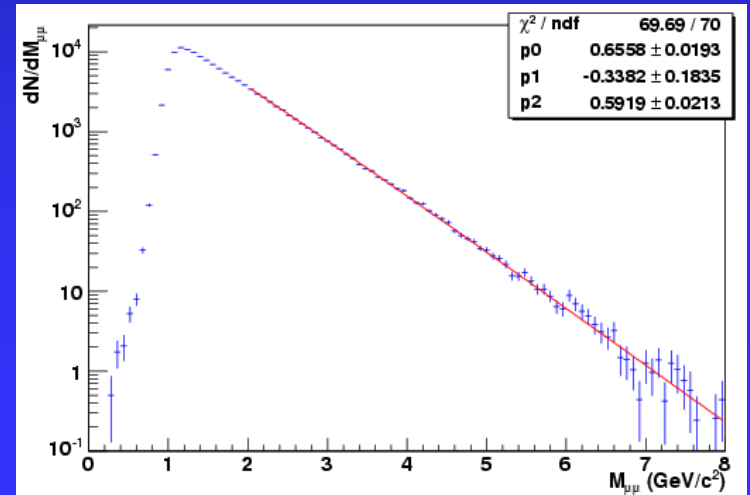
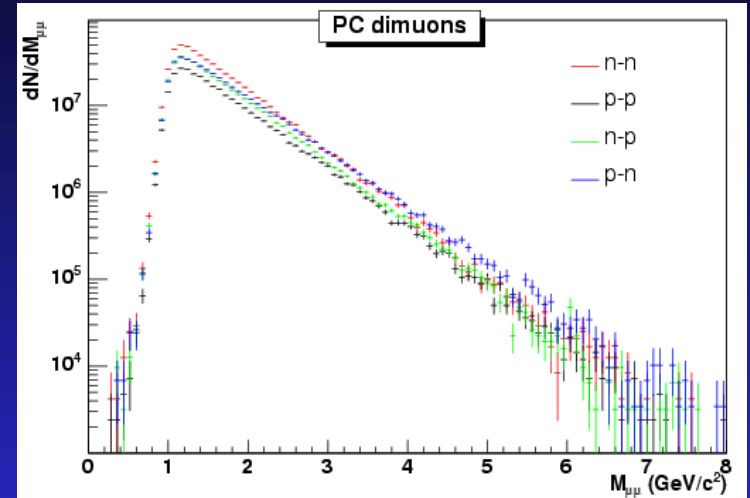
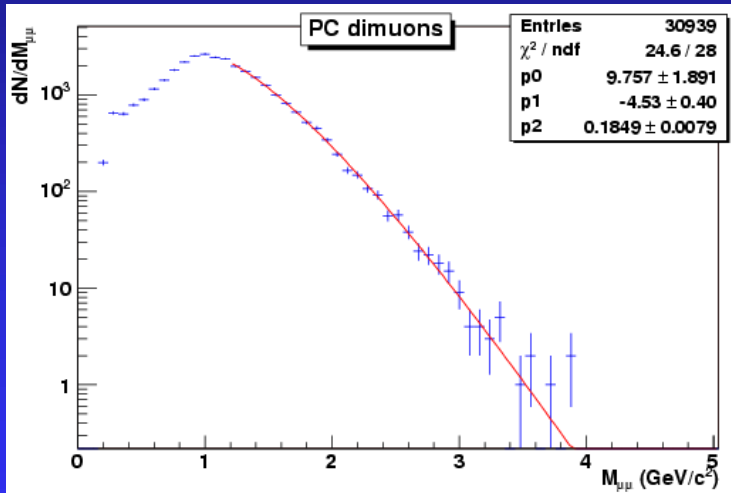
$$\frac{dN_{J/\psi}}{dM} = a_0 \cdot e^{-\frac{(M-M_0)^2}{2\sigma(M)^2}}$$

$$\text{avec } \sigma(M) = \begin{cases} \sigma_0 + b_1(c_1M_1 - M)^{d_1 - g_1\sqrt{c_1M_1 - M}} & \text{pour } M \leq c_1M_1 \\ \sigma_0 & \text{pour } M < c_1M_1 < c_2M_1 \\ \sigma_0 + b_2(M - c_2M_1)^{d_2 - g_2\sqrt{M - c_2M_1}} & \text{pour } M \geq c_2M_1 \end{cases}$$



# Simulations

- DY généré avec Pythia et les PDF de GRV94\_LO  
→ Somme pondérée des contributions p-p, p-n, n-p, n-n
- DD généré avec Pythia et les PDF de GRV94\_LO



- Fonction d'ajustement (DY et DD) :

$$\frac{dN_{DY}}{dM} = \frac{a_0}{M^\alpha} a_0 \cdot e^{-\frac{M}{M_0}}$$