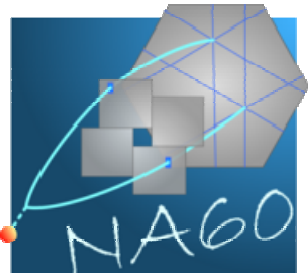


(NA38 et NA50) → NA60.
Suite et fin des dimuons au SPS
1986-2004.

Sujets abordés :

- Suppression anormale du J/ψ et ψ' (NA50 et NA60).
- Production de dimuons directs dans le domaine des masses intermédiaires.
- Études des basses masses (ρ , ϕ et ω).




Un peu d'histoire

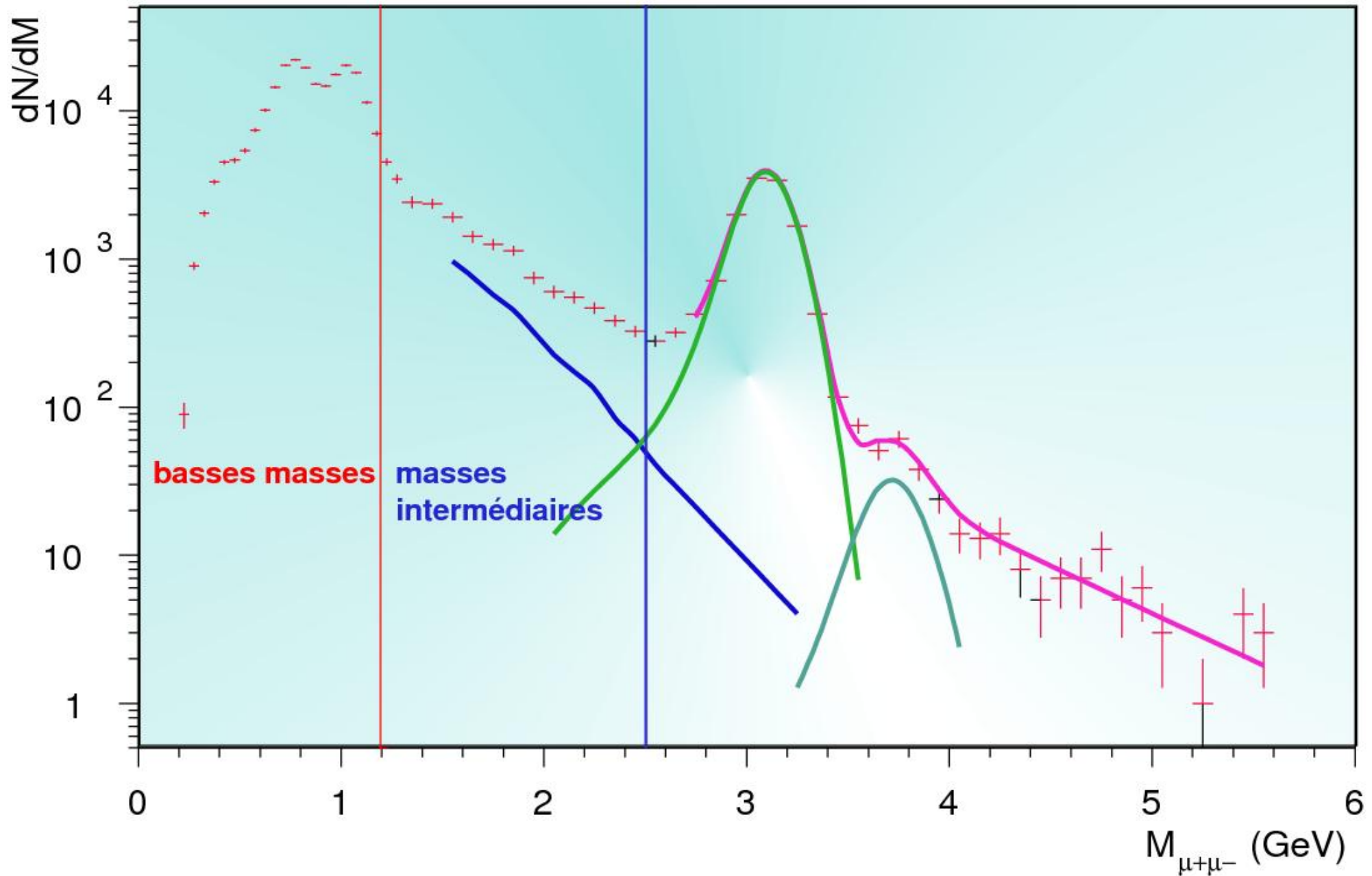
Depuis 1986 de nombreuses expériences ont étudié au SPS du CERN **les collisions d'ions lourds** pour rechercher la transition de phase conduisant au Plasma de Quarks et de Gluons (QGP).

Certaines signatures prédites par la théorie nécessitent la mesure de **paires de leptons**, ce qui a motivé la formation des collaborations **NA38, HELIOS, CERES et NA50** :

- **Changement dans la distribution en masse du ρ** (déplacement, élargissement ou suppression) lors de la restauration de la symétrie chirale.
- **La production de dimuons thermiques** émis par le QGP en équilibre thermique.
- **La suppression des états du charmonium (J/ψ , ψ' , χ_c)** où à partir d'un certain seuil, l'état lié ne peut plus se former.

 **Certaines mesures faites par ces expériences sont consistantes avec les prédictions théoriques introduisant explicitement la formation du QGP.**

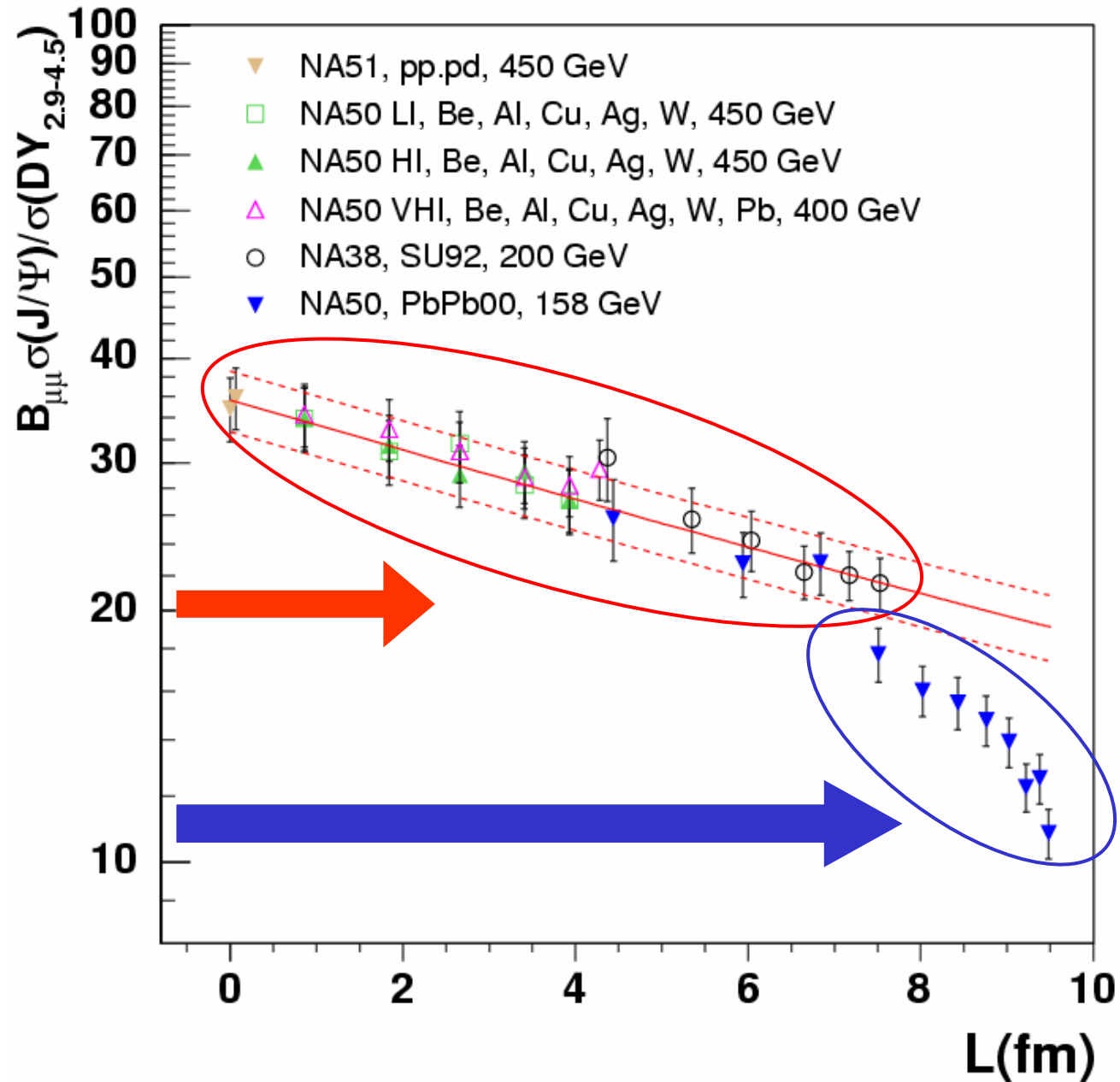
Domaines en masse $M_{\mu+\mu-}$



J/ ψ / DY (collisions p-A à Pb-Pb)

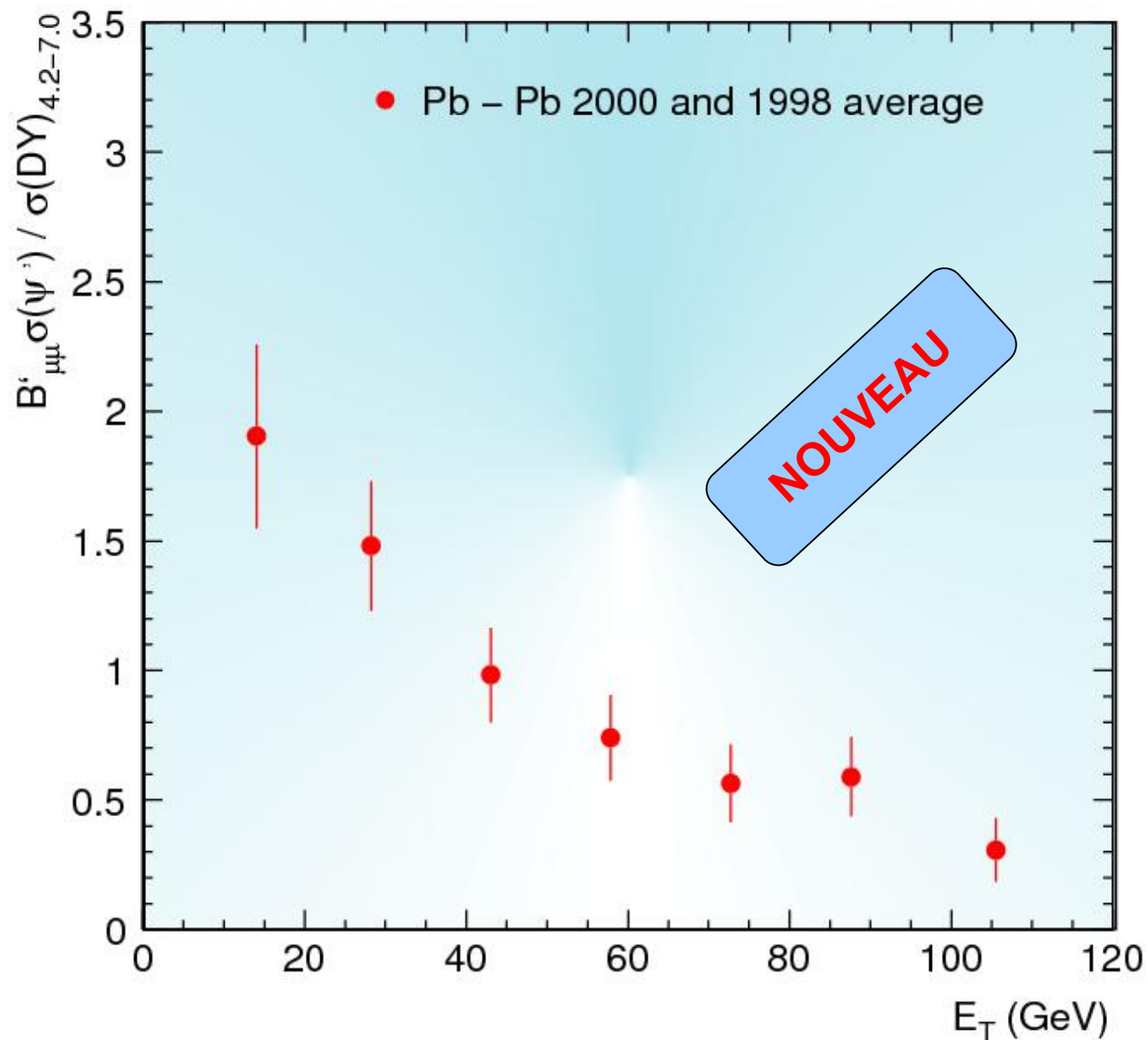
La suppression
du J/ ψ ,
une signature
directe
de la formation
du QGP.
(Matsui et Satz)
1986

Production du J/ ψ étudiée
en p-A, S-U et PbPb
dans NA38/NA50
(CERN SPS)

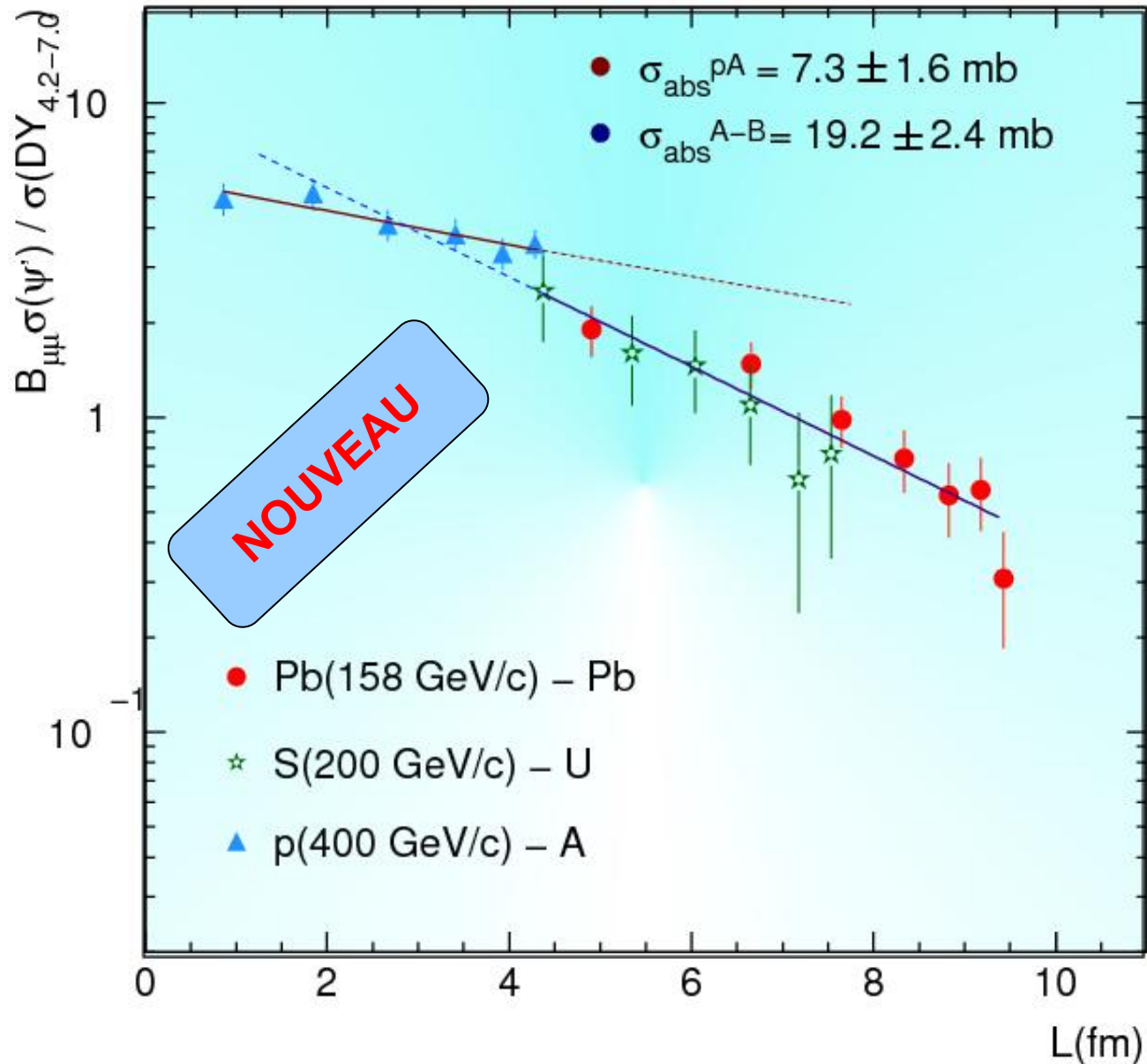


ψ' / DY (Pb-Pb)

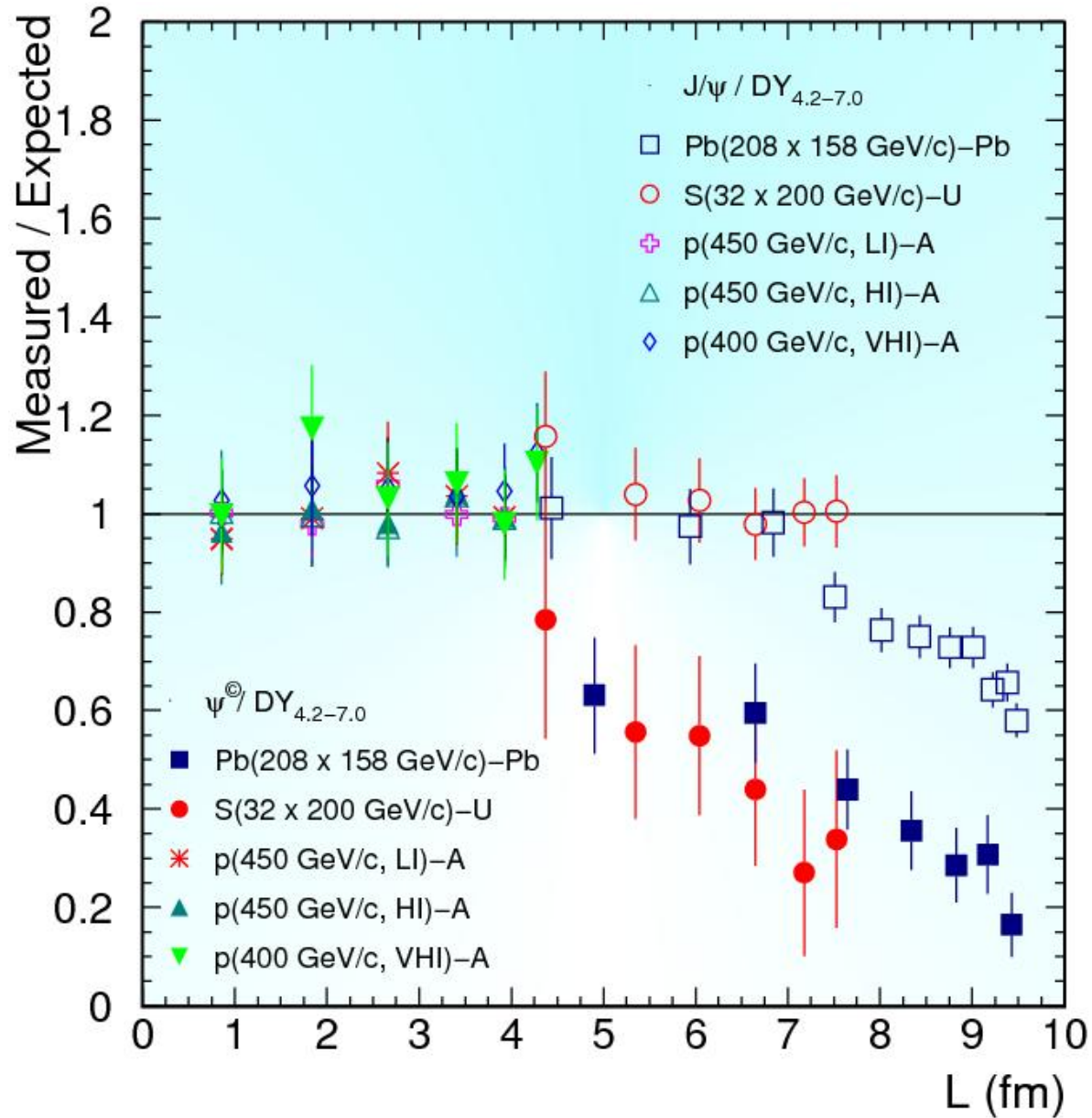
- ~ 1300 ψ' après coupures (données 1998 et 2000)
- Un facteur de suppression égal à 6 relativement au DY
- Un facteur de suppression égal à 2,5 relativement au J/ψ



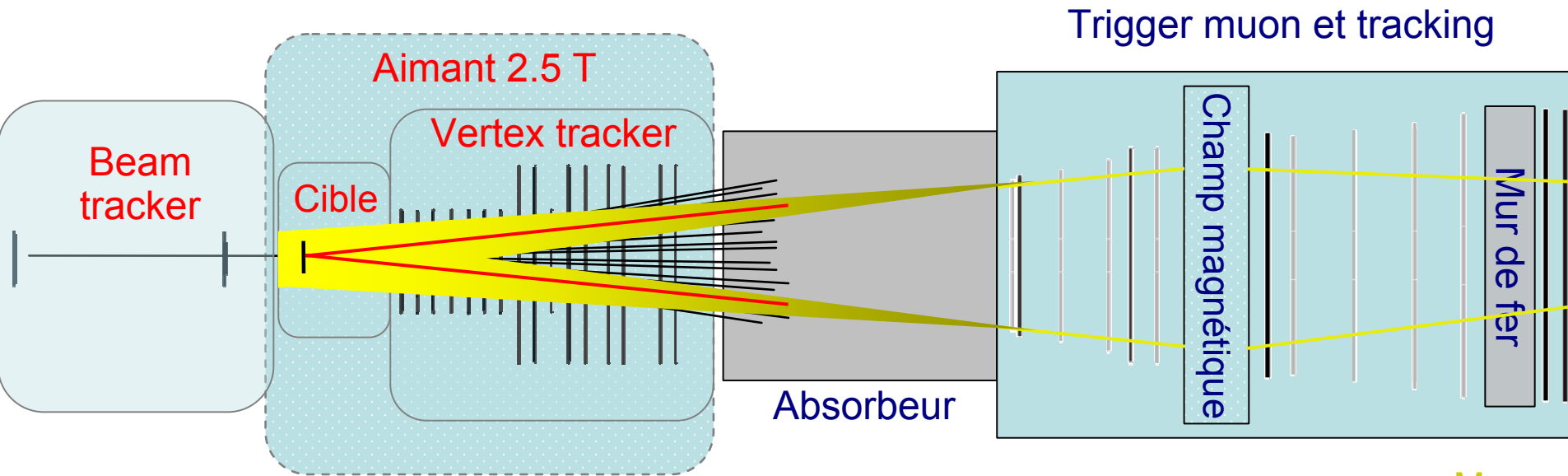
Sections efficaces d'absorption du ψ'



ψ' et J/ψ en fonction de L



Détection des dimuons dans NA60

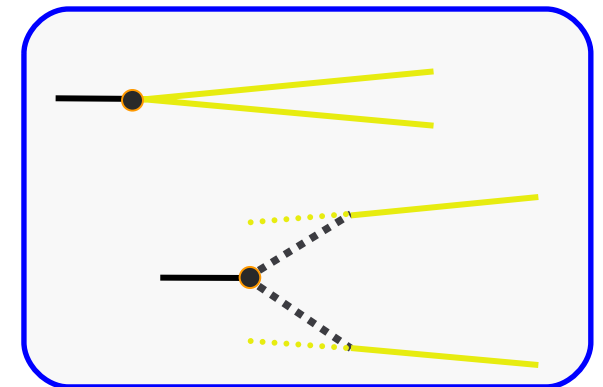


Résolution : $\sim 20 \text{ MeV}/c^2$ pour ω dans NA60

$\sim 80 \text{ MeV}/c^2$ dans NA50

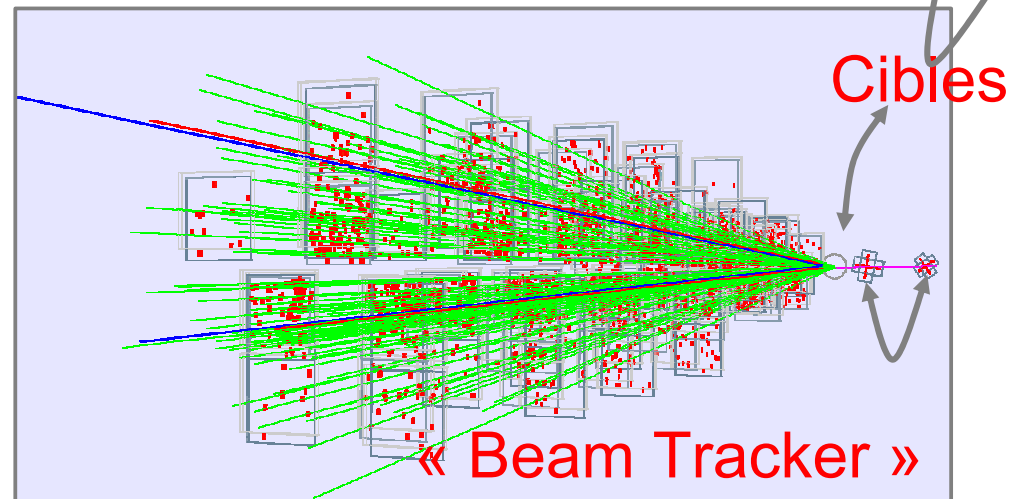
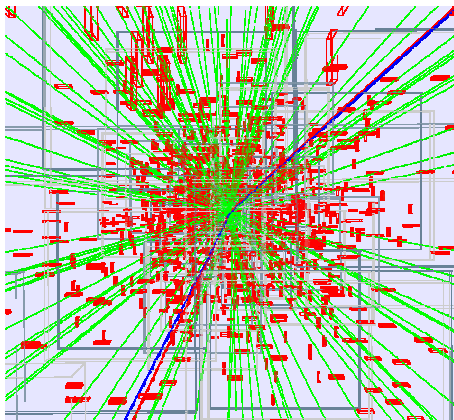
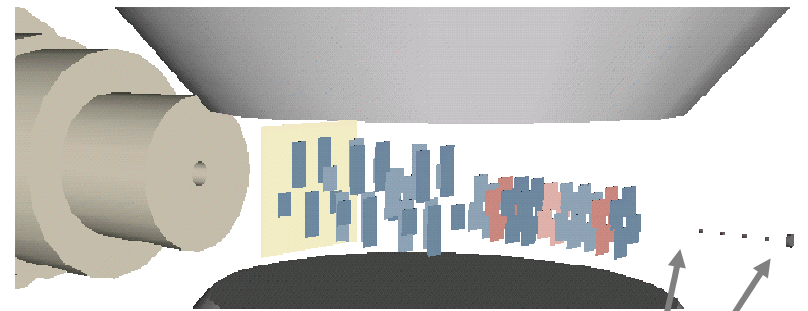
Le télescope avant permet :

- Mesure précise du vertex
- matching du dimuon



Le télescope à pixels : « vertex tracker » dans NA60

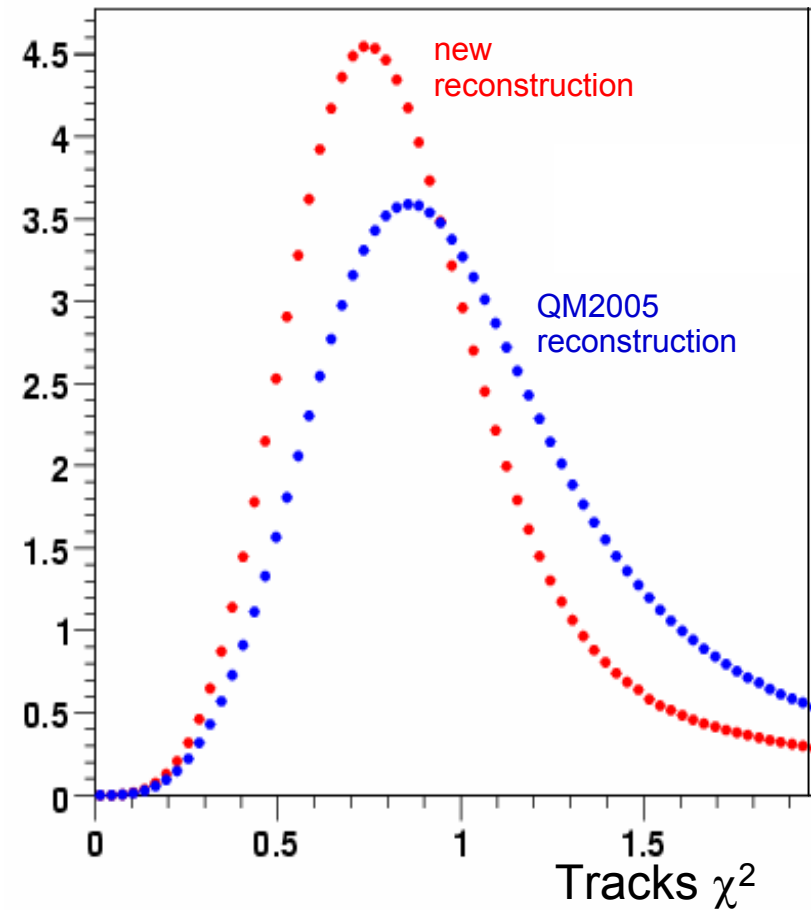
- 8 plans avec 4 chip
- 8 plans avec 8 chip
- $\sim 2\% X_0$ par plan
- $B=2.5\text{ T}$
- 800000 canaux ;
pixels : $50 \times 425\ \mu\text{m}^2$



Nouvelle analyse avec alignement des plans de pixels

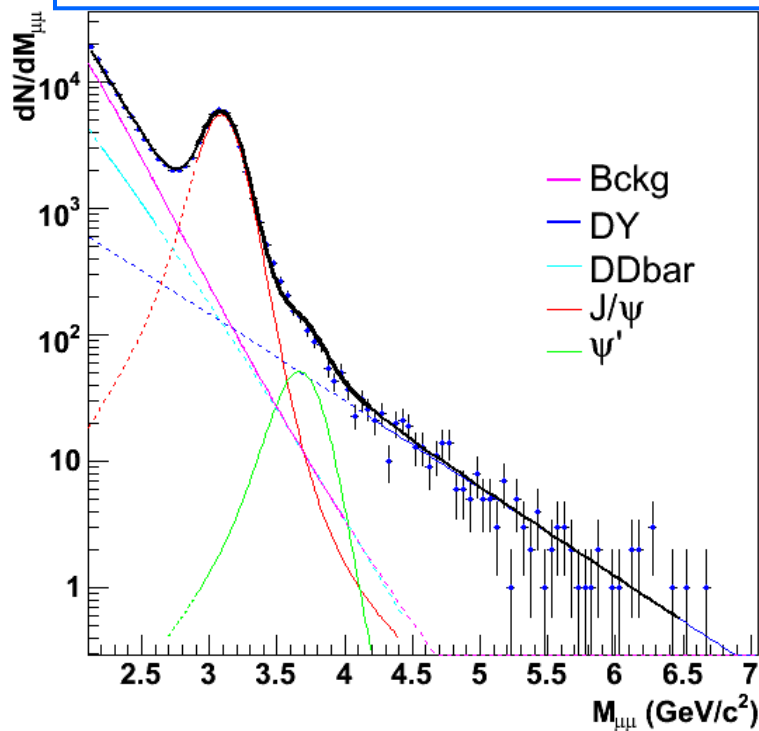
Un algorithme a été mis au point pour pouvoir aligner les plans de pixels run par run (si nécessaire) en présence du champ magnétique (PT7).

- **Reconstruction des traces plus précise**
- **Meilleure détermination du vertex**

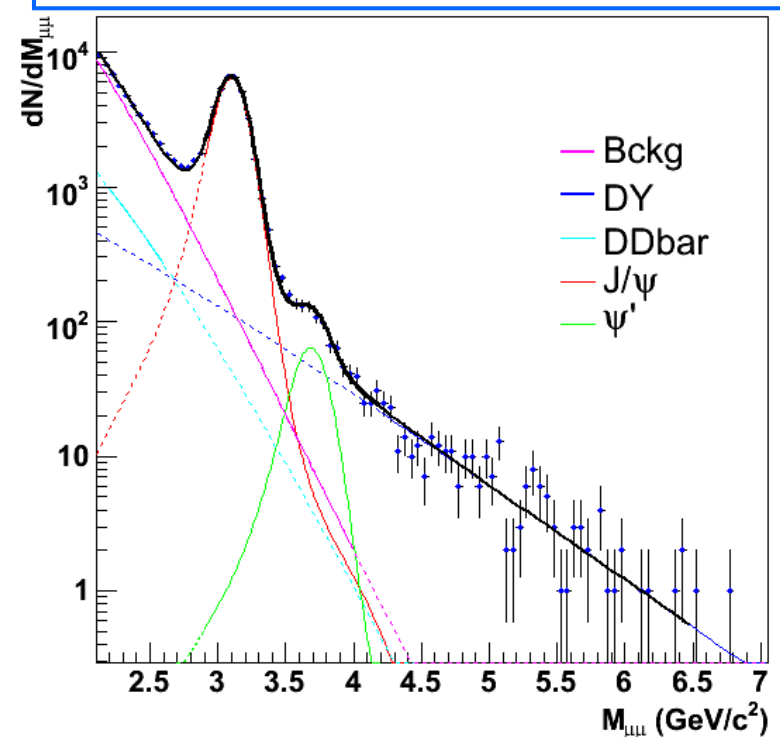


Spectres en masse $M_{\mu^+\mu^-}$ Étude du J/ψ

Set A (faible courant ACM)



Set B (fort courant ACM)

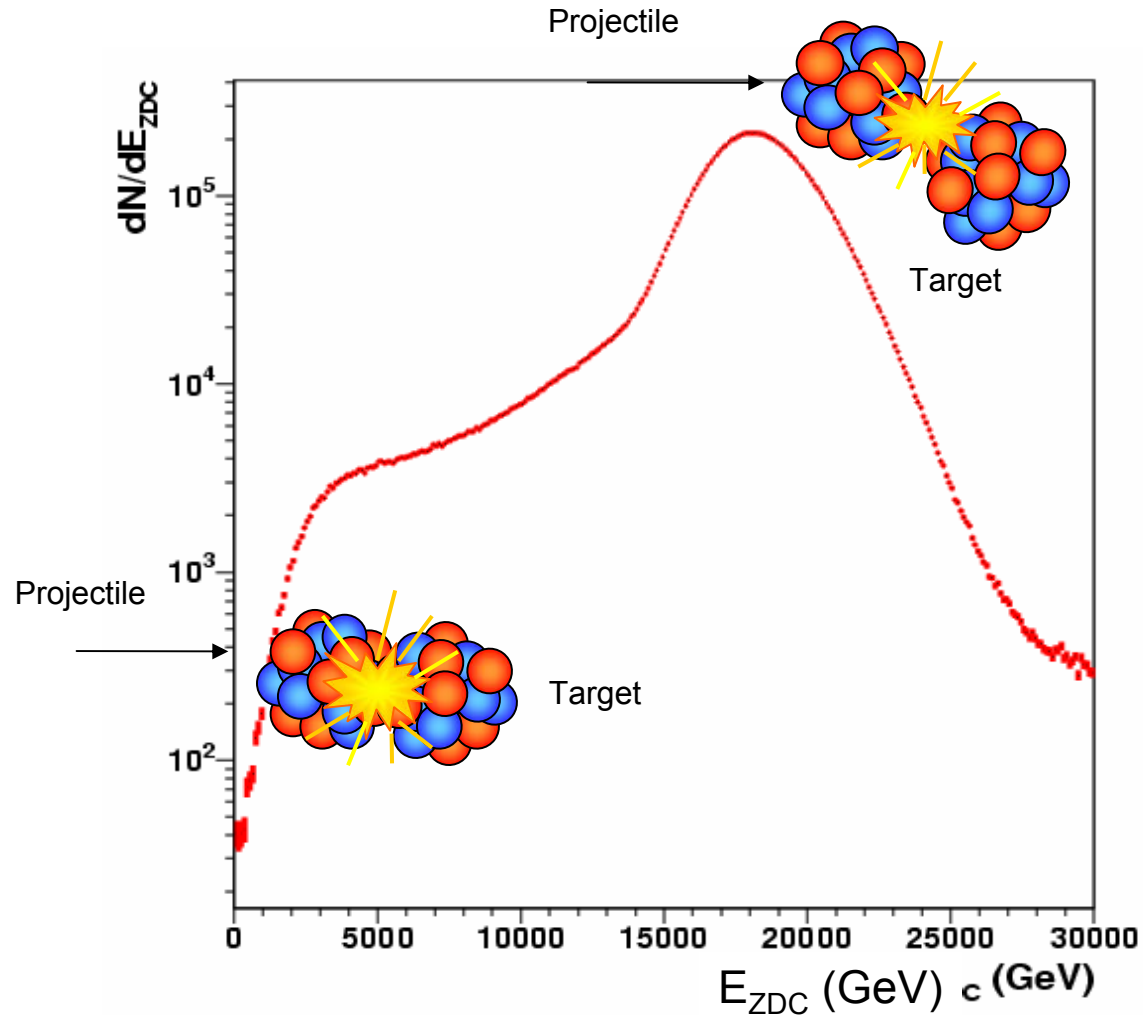
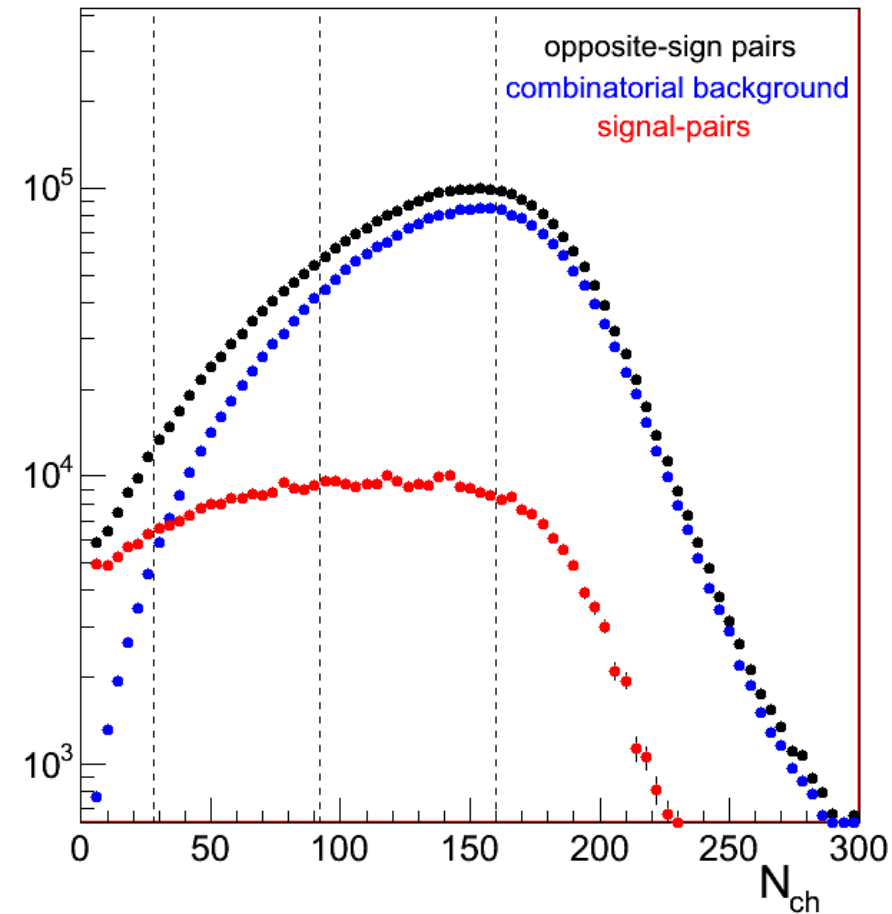


- Le bruit de fond combinatoire (désintégrations de π , K) est calculé par la méthode appelée « event mixing ».
- La forme en masse est obtenue à partir de : PYTHIA+GRV94LO pdf).
- Les résultats « set A » et « set B » sont statistiquement compatibles.

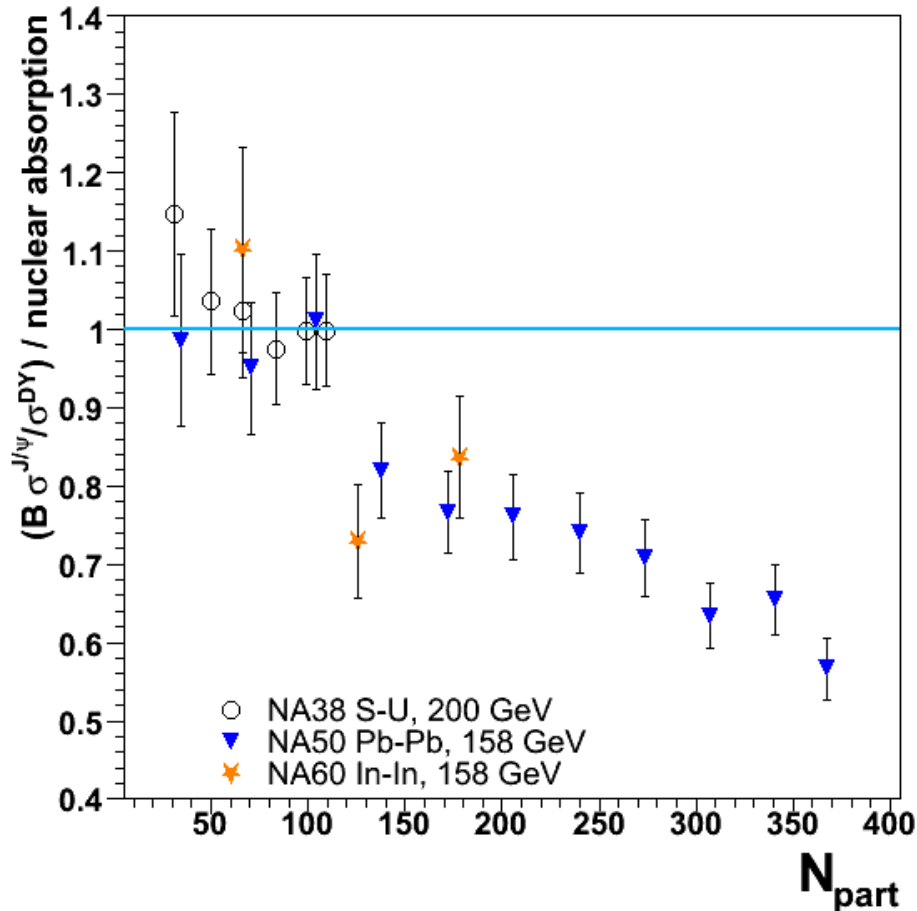
Mesures de centralité dans NA60

Vertex Tracker → Multiplicité des hadrons chargés

➔ ZDC → $E_{zdc} = 158 \text{ GeV} - \alpha N_{PART}$ (utilisé dans cette analyse)



J/ψ / DY en fonction de la centralité



➔ La suppression anormale du J/ψ relativement au DY est présente dans les réactions In-In.

L'absorption normale est obtenue en utilisant la section efficace mesurée en p-A par NA50

$$\sigma^{J/\psi}_{abs} = 4.18 \pm 0.35 \text{ mb}$$

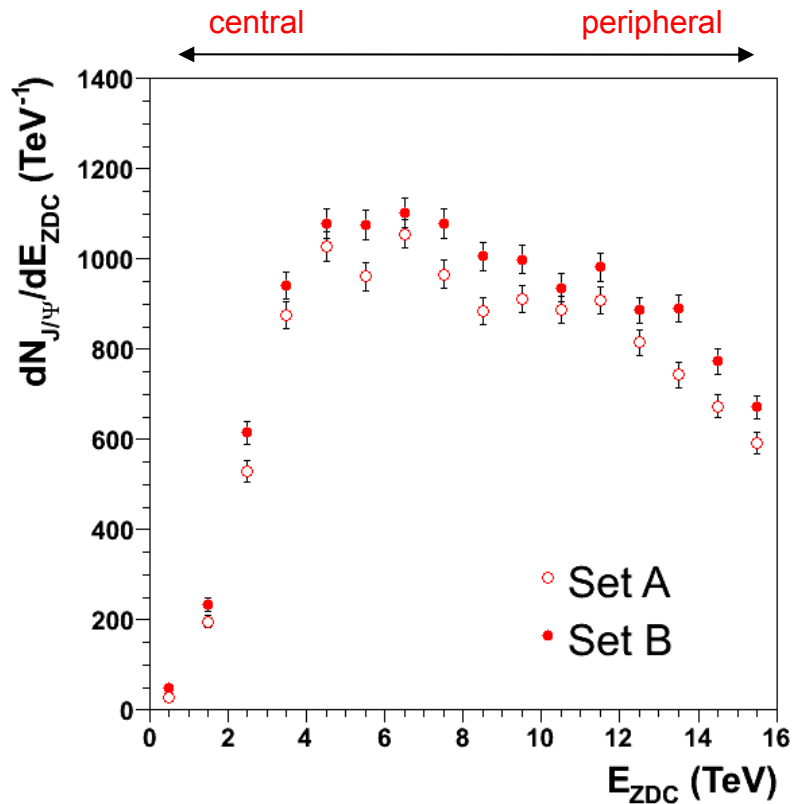
3 canaux en centralité

Canal1 → $\langle N_{part} \rangle = 63$

Canal2 → $\langle N_{part} \rangle = 123$

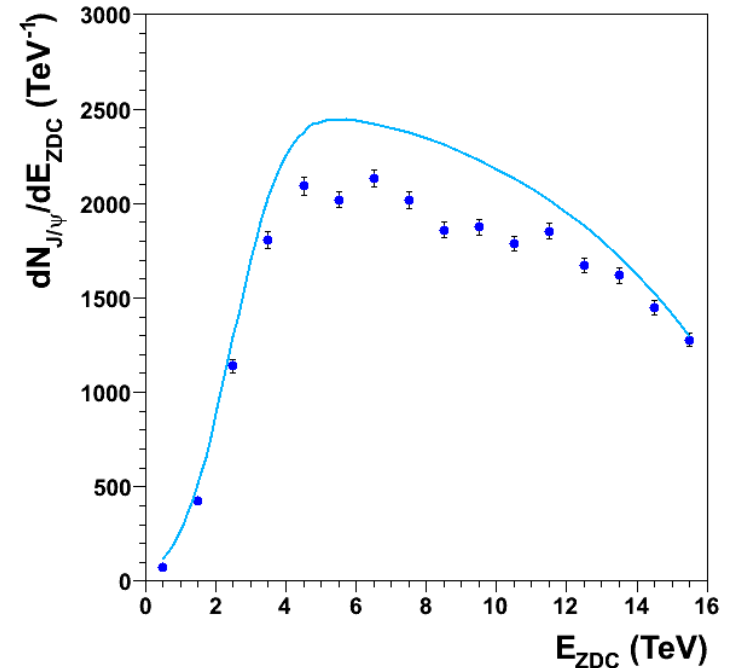
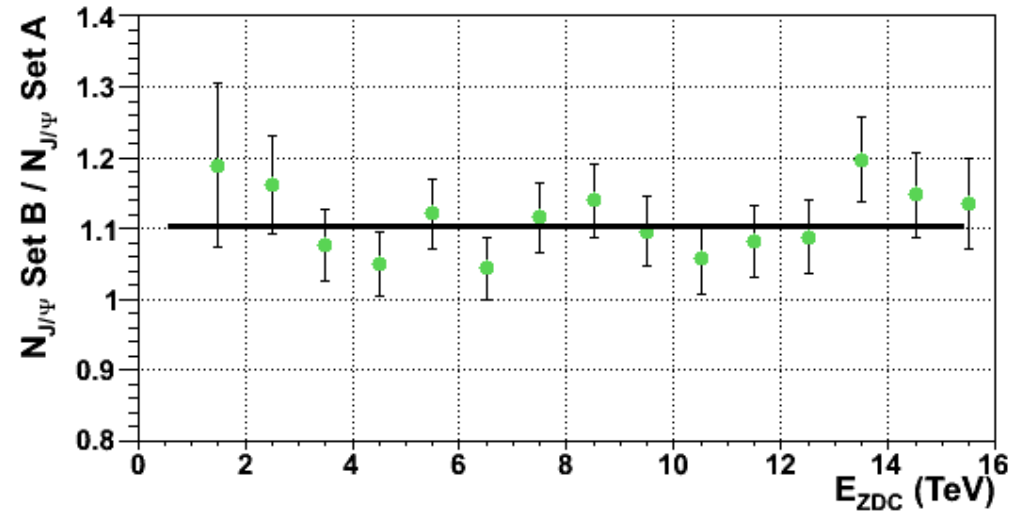
Canal3 → $\langle N_{part} \rangle = 175$

Spectre E_{ZDC} du J/Ψ pour les « sets » A et B

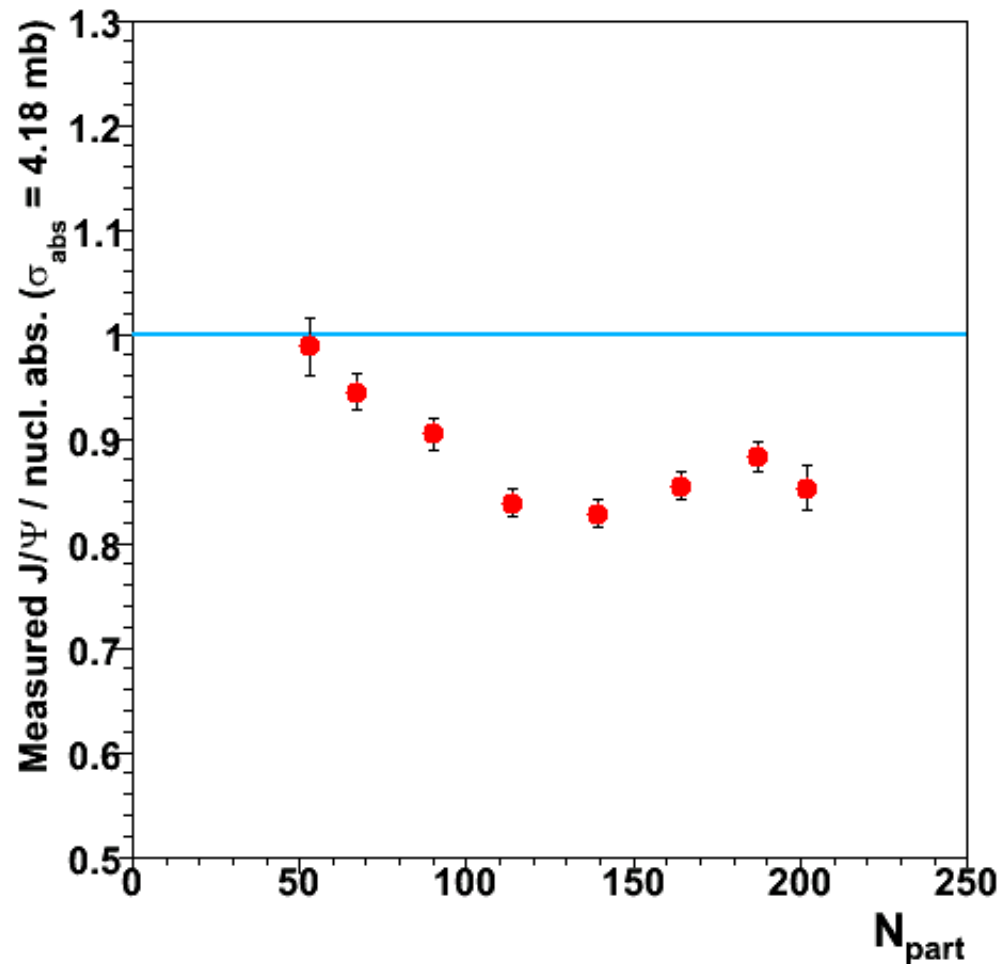


Il y a une bonne compatibilité entre les « sets » A et B

➔ Les résultats seront donnés avec la somme des deux « sets » A et B.

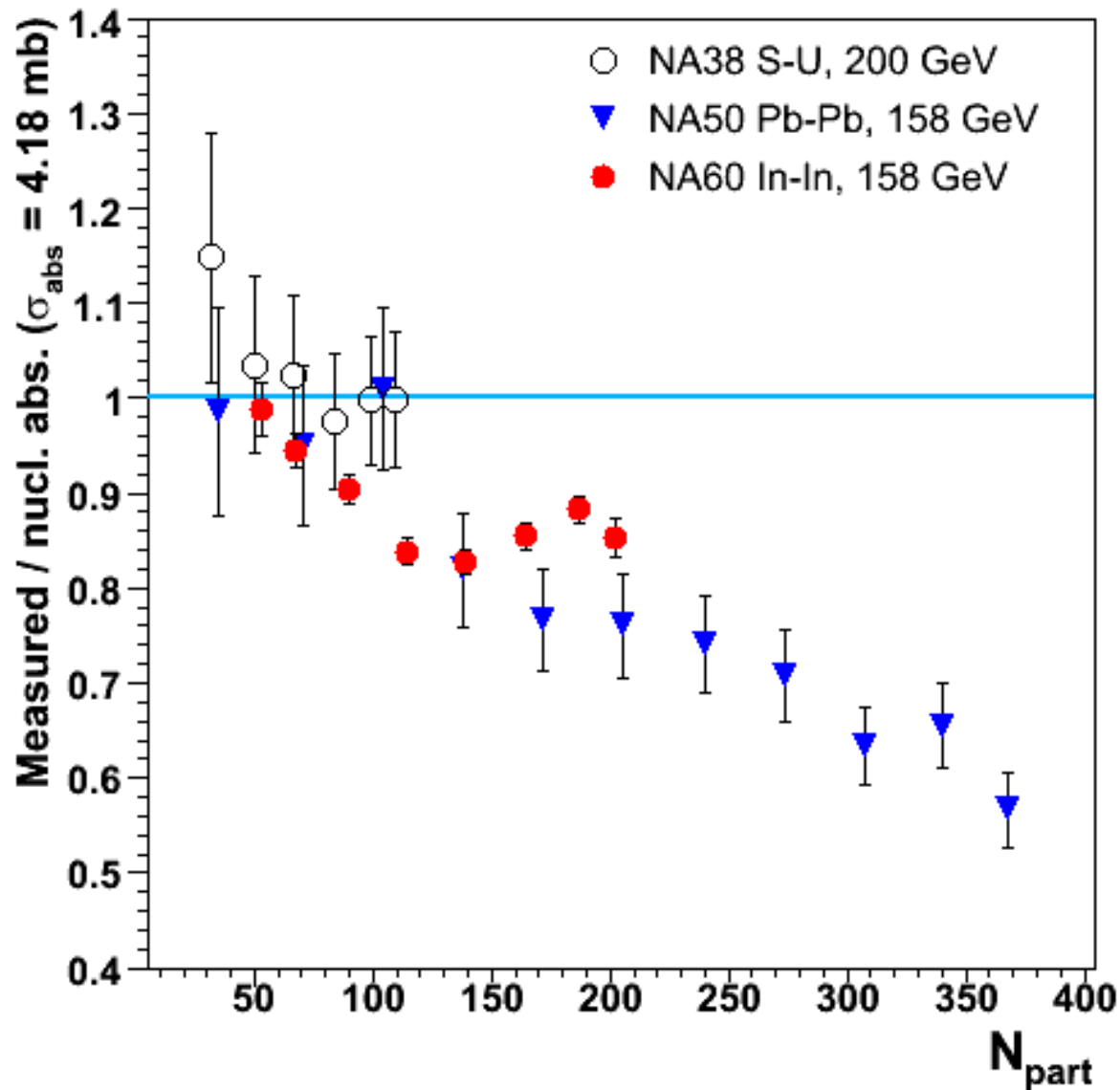


J/ Ψ mesuré / attendu (In-In)



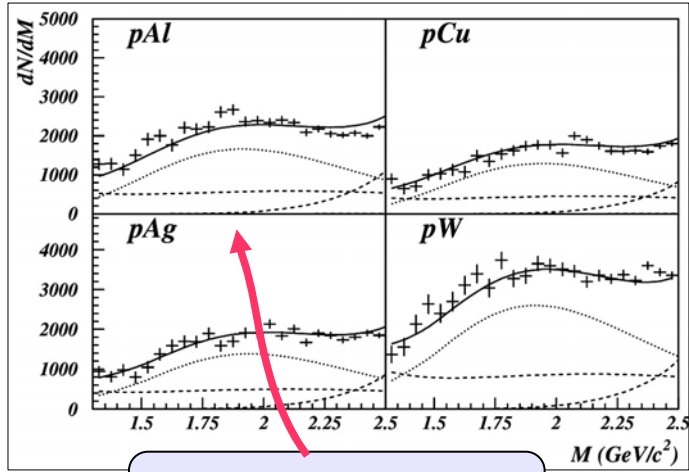
➔ Le premier point est sur la courbe d'absorption ; il apparaît une saturation pour les valeurs les plus centrales.

J/ Ψ mesuré / attendu pour divers systèmes

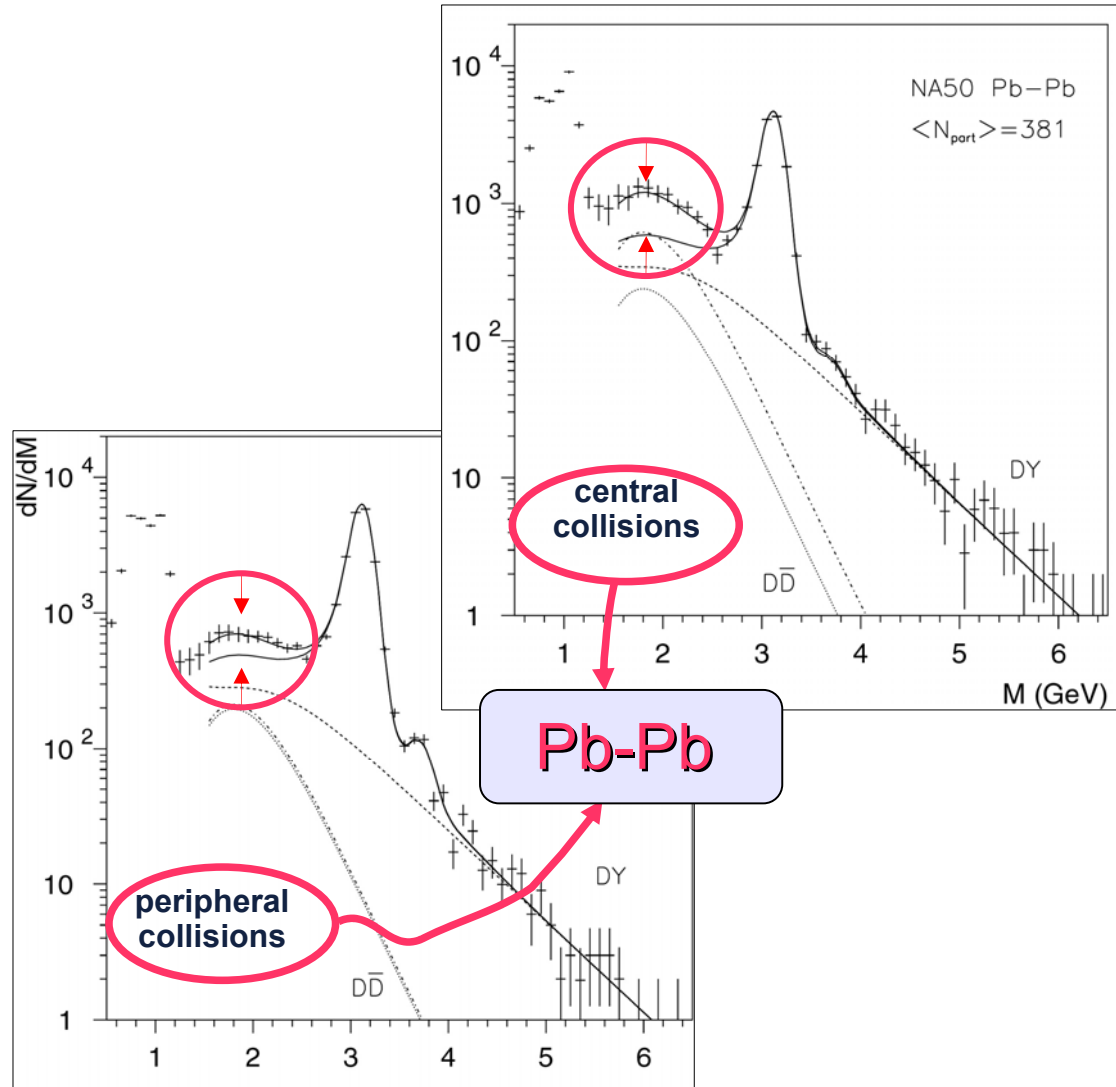
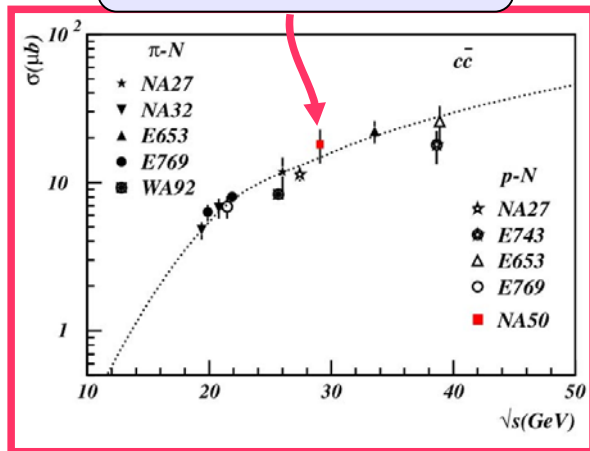


➔ La suppression du J/ Ψ en fonction de N_{part} est en accord avec les autres mesures réalisées au SPS.

Excès de dimuons dans la région des masses intermédiaires

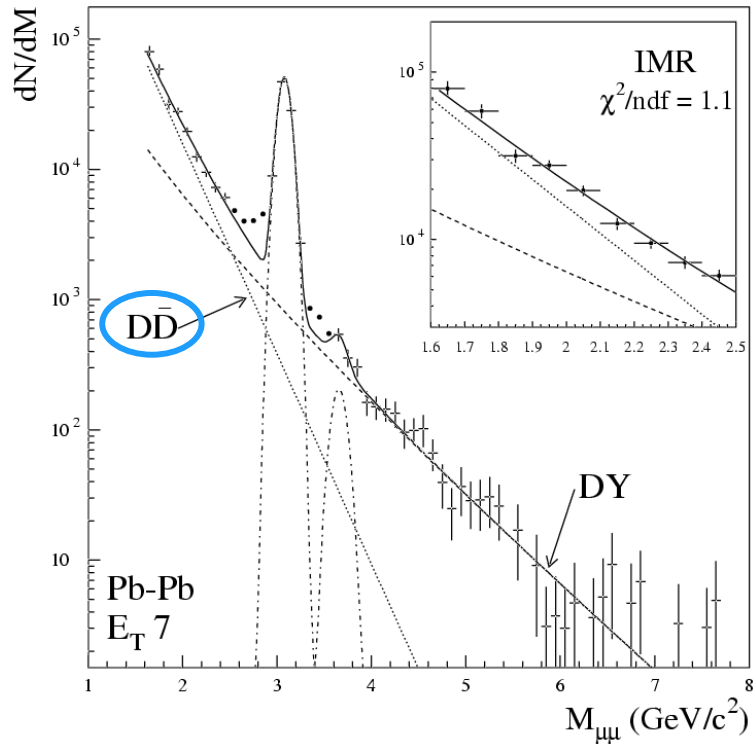


proton-noyau

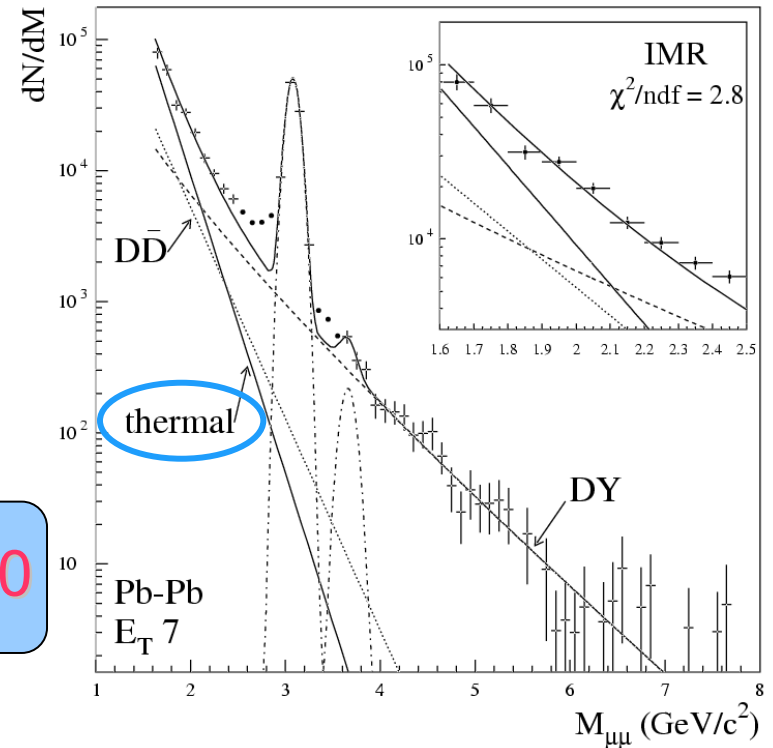


Pb-Pb

Excès de dimuons dans la région des masses intermédiaires

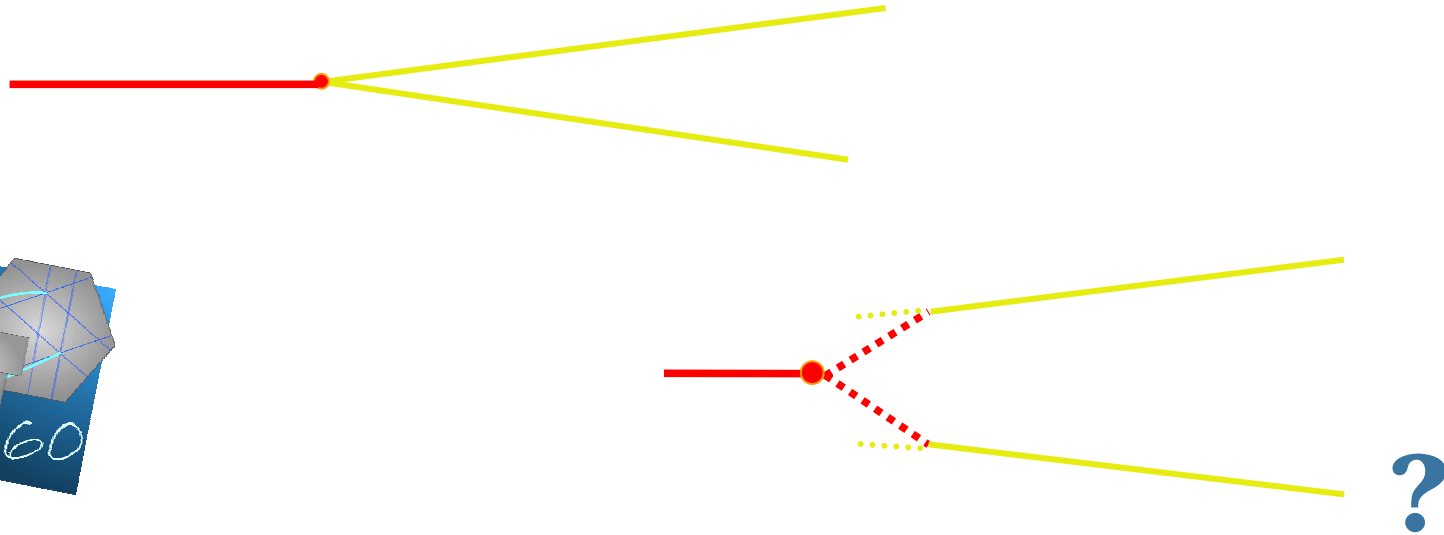
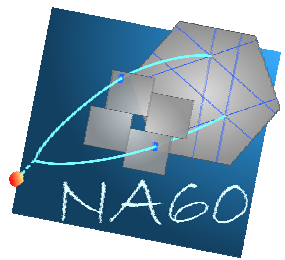


NA38-NA50



Un accord peut être obtenu en multipliant la production de charme par un facteur 3, ou en ajoutant une contribution de dimuons thermiques ?

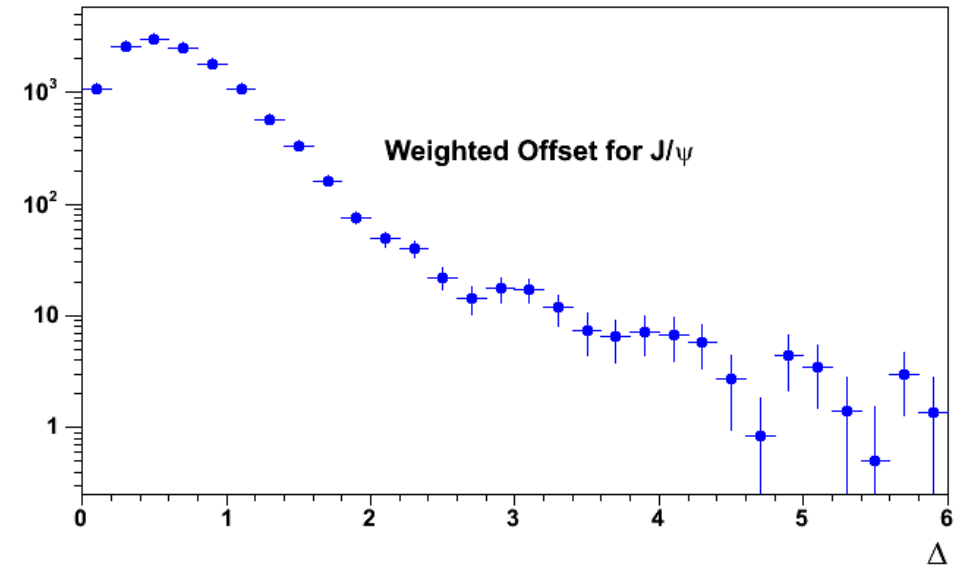
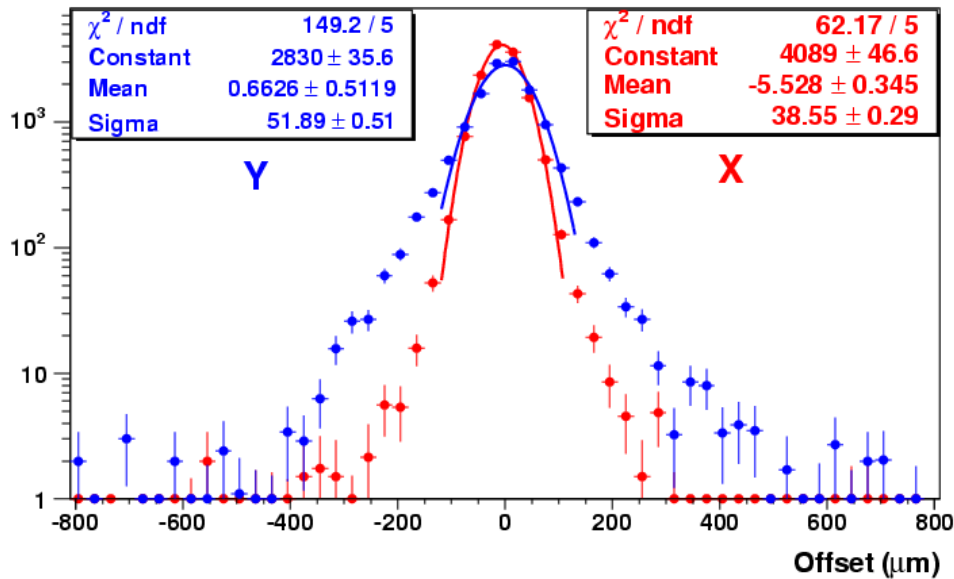
Recherche de l'origine de l'excès dans la région des masses intermédiaires



Une mesure du vertex avec une précision $\sim 20 \mu\text{m}$ permet de distinguer les dimuons directs de ceux issus de la désintégration des mésons D.

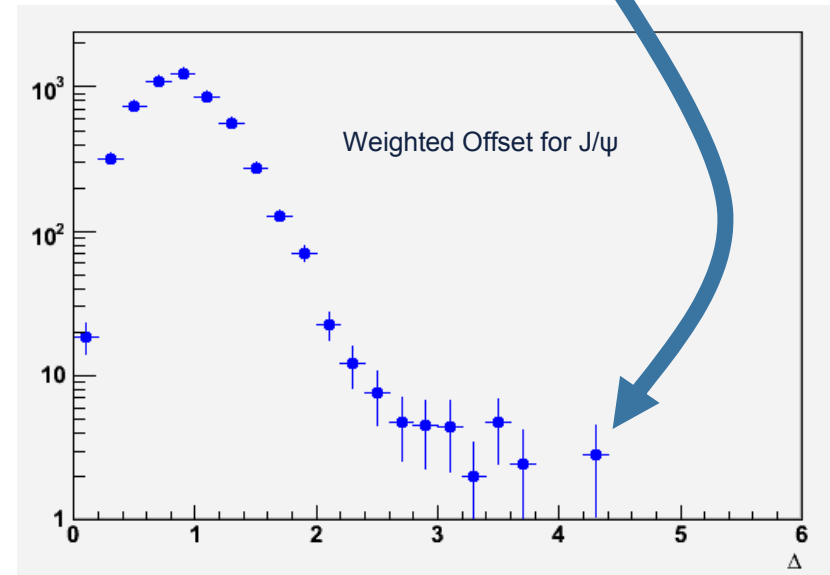
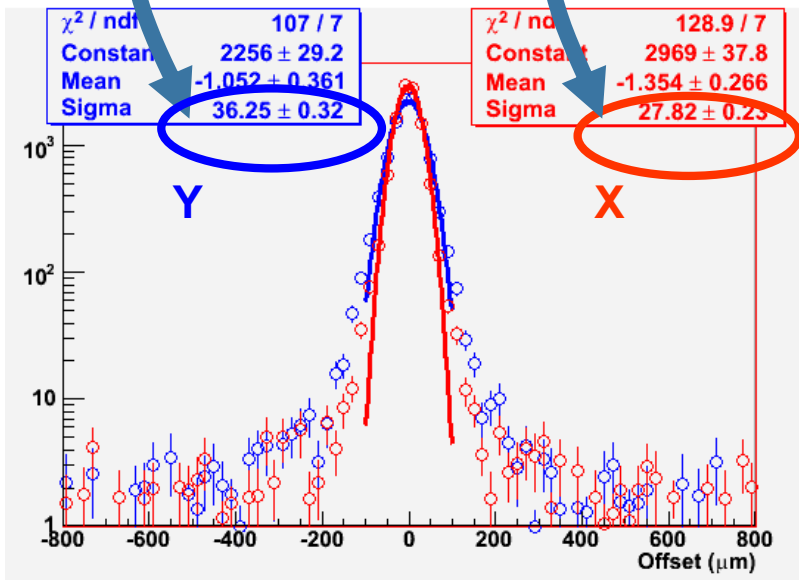
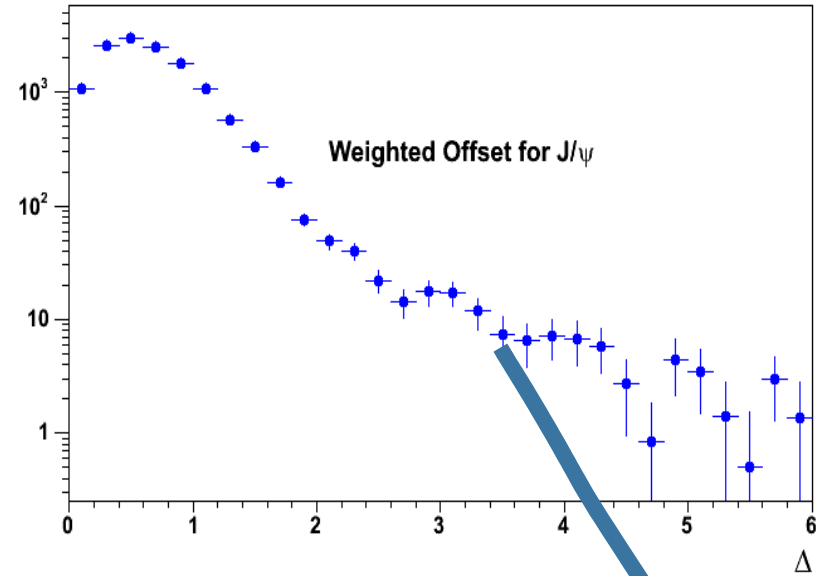
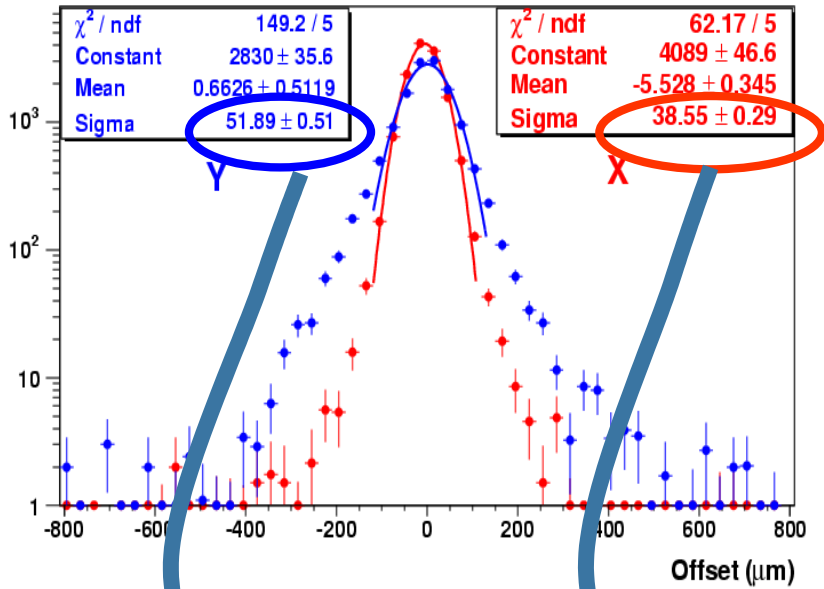
➔ Le « vertex tracker » de NA60 permet cette mesure.

Mesure de « l'offset » du muon



- δX , δY sont les distances entre le vertex et l'intersection de la trajectoire avec le plan transverse à Z_{vertex}
 - La résolution dépend de la quantité de mouvement.
- ➔ Ces quantités doivent être **pondérées** (utilisation des matrices de covariance au vertex et de la trajectoire du muon).

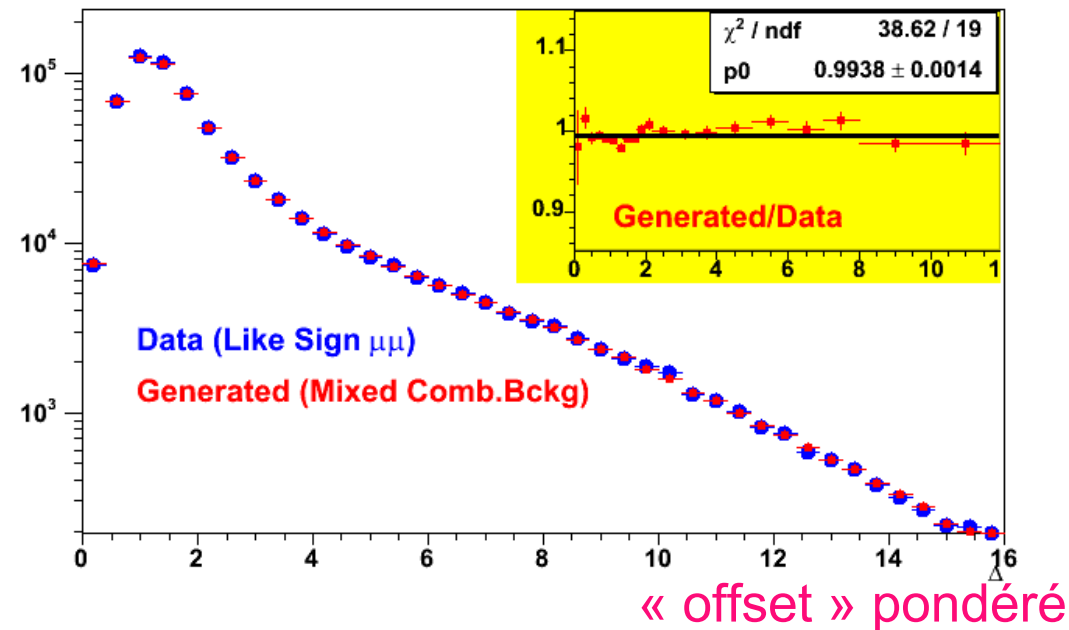
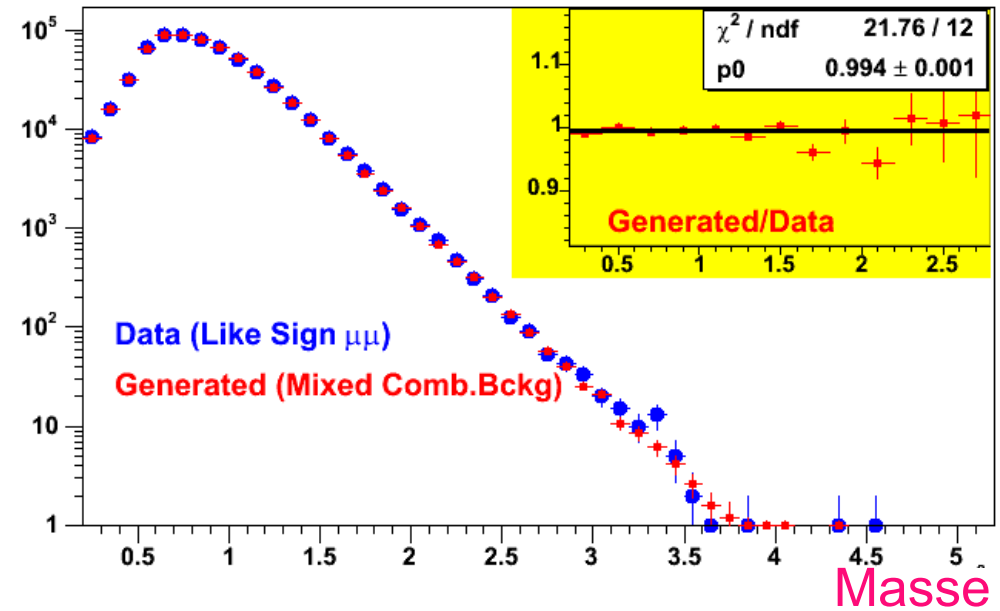
Nouvel alignement des pixels et « offset » du J/ψ



Précision sur la soustraction du bruit de fond

- La qualité de soustraction du bruit de fond global est contrôlé par comparaison entre des dimuons de même signe **générés** (“mixed events”) et les **données**.
- L'accord est très bon sur l'ensemble du domaine de « l'offset » pondéré.

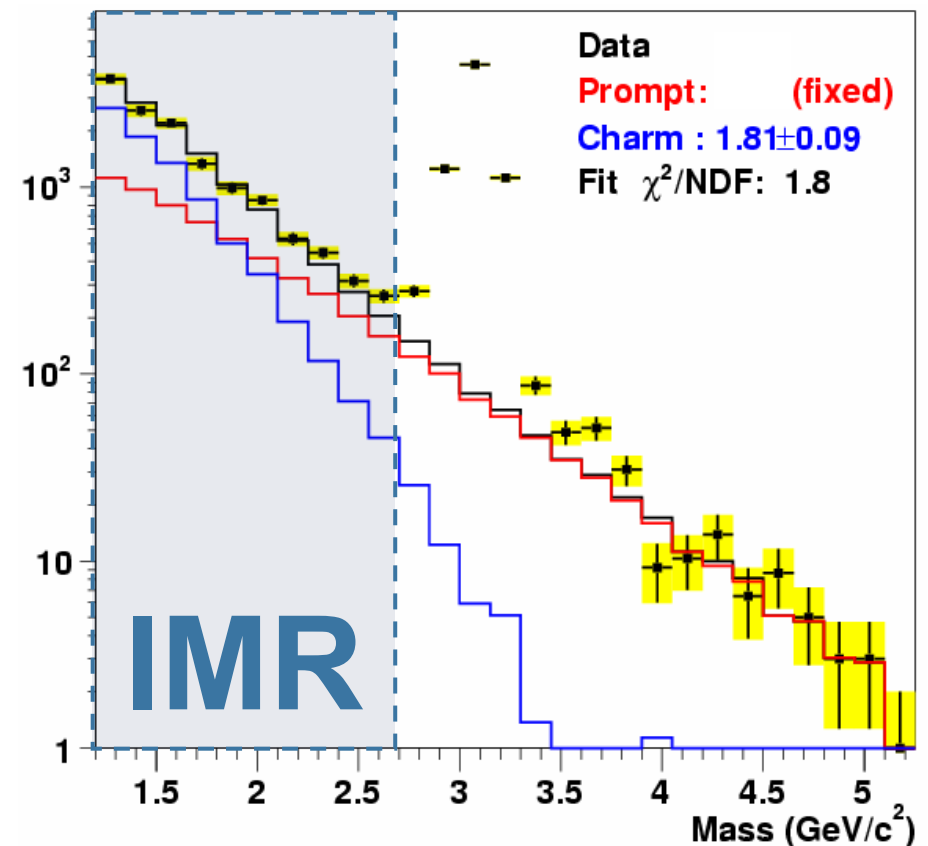
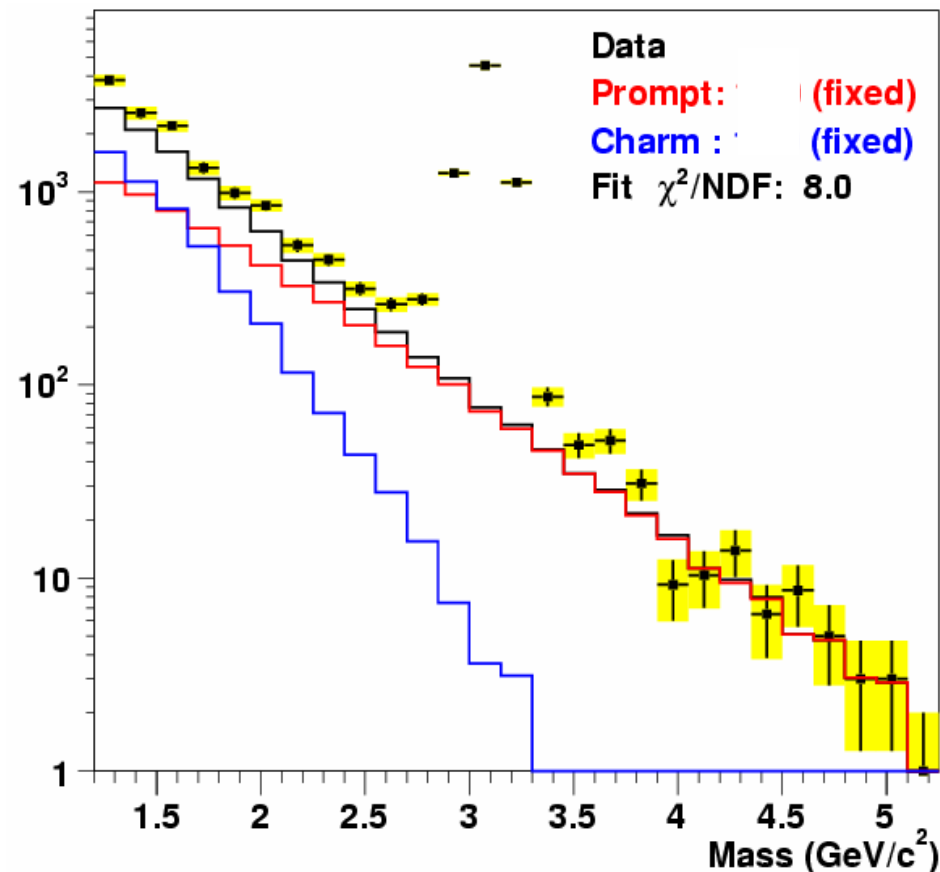
➔ La technique “mixed events” donne à la fois la forme et la normalisation.



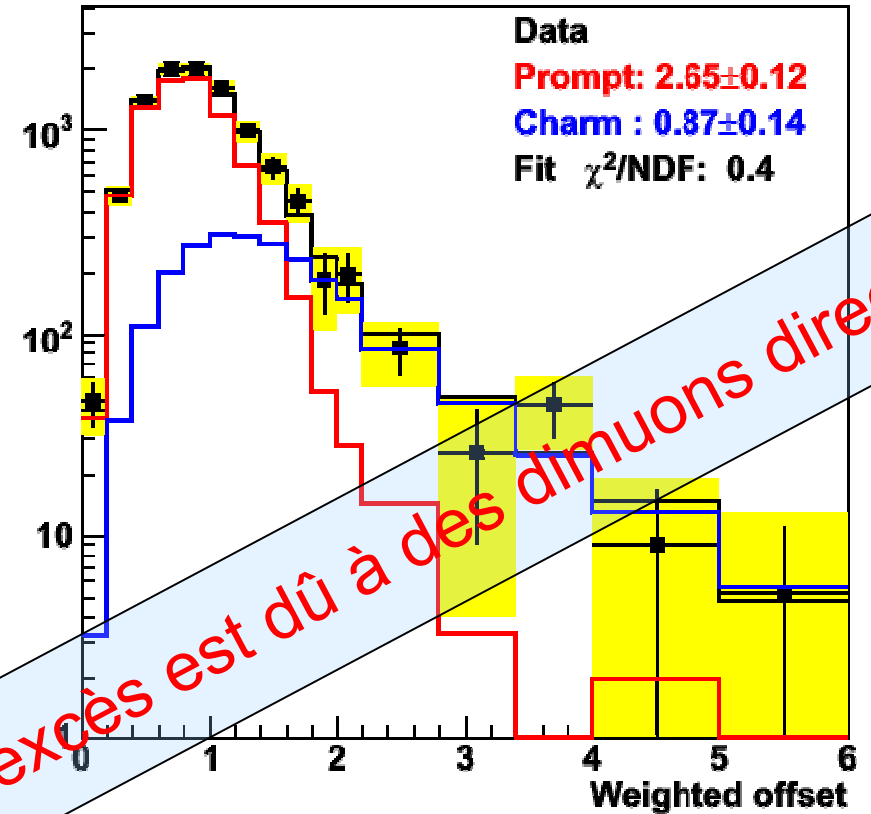
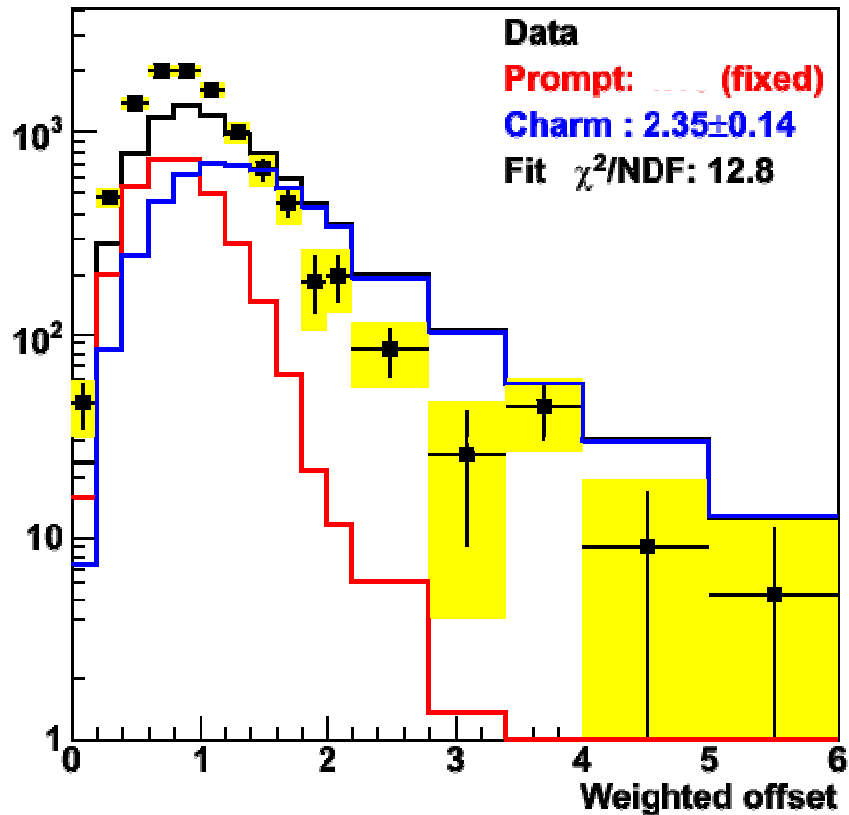
Mesure de l'excès dans la région des masses intermédiaires en In-In.

- Charme et DY fixés à partir des valeurs prévues.
- Le spectre de masse n'est pas reproduit

- La normalisation du charme est un paramètre libre.
- Le spectre de masse est reproduit
- Résultat compatible avec NA50



Distribution de « l'offset » dans la région des masses intermédiaires en In-In.



L'excès est dû à des dimuons directs

- Le spectre n'est pas reproduit,
- dimuons directs fixés et charme libre.

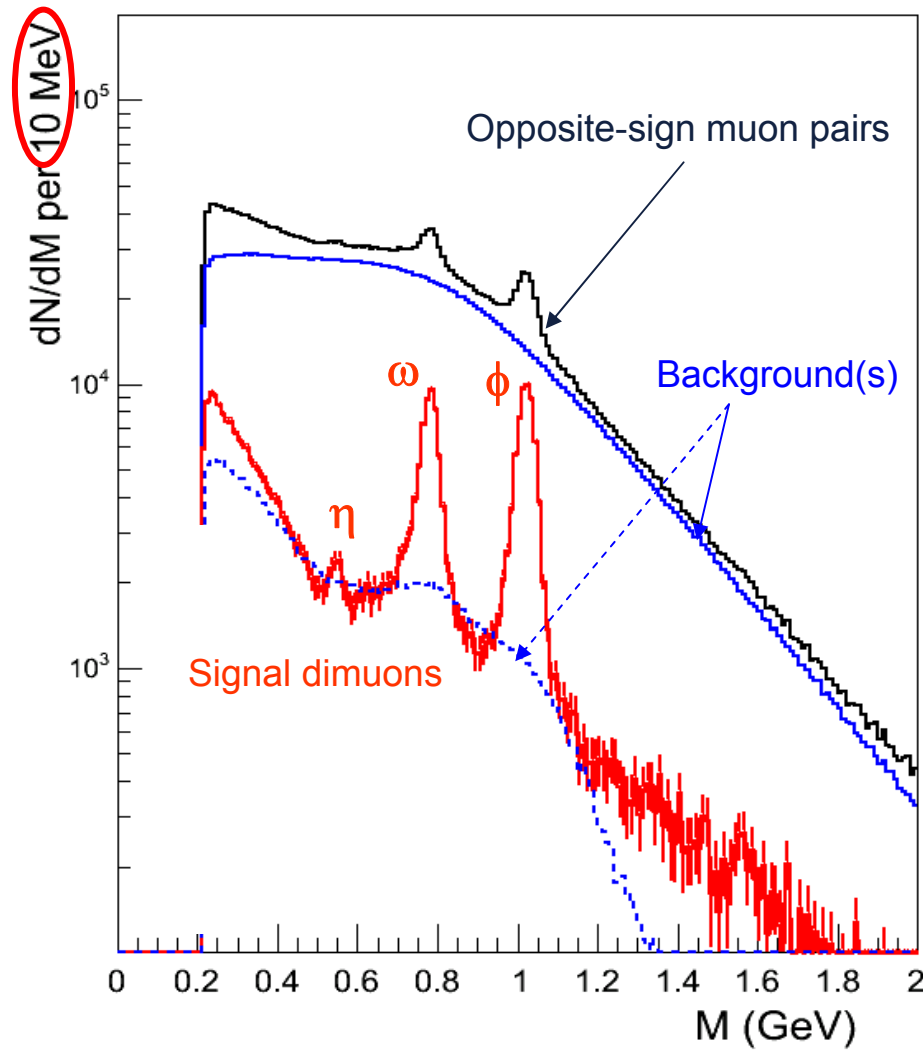
- Le spectre est reproduit
- dimuons directs et charme libres

Conclusion

- Il y a un excès dans la région des masses intermédiaires
 - ➔ **il s'agit de dimuons directs :**
La production est beaucoup plus importante que le DY prévu
- Cet excès ne peut pas être dû à une mauvaise estimation du bruit de fond :
 - ➔ **Une modification de la coupure sur le « matching » d'un facteur 2 change le rapport S/B de 30% mais le résultat ne change que de 10%.**

Basses masses (In-In)

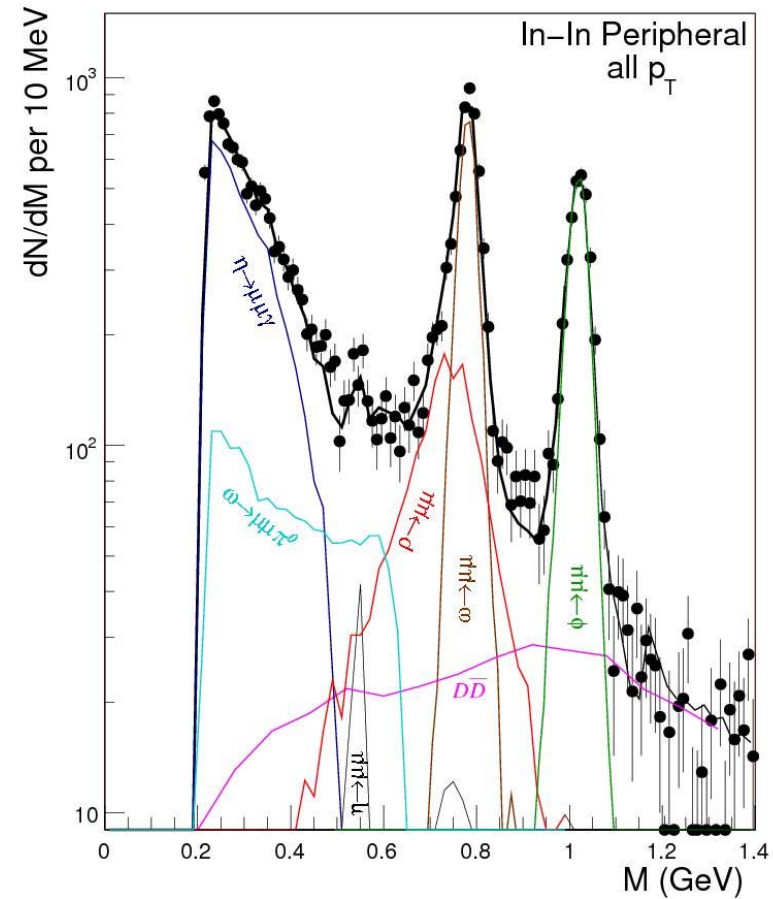
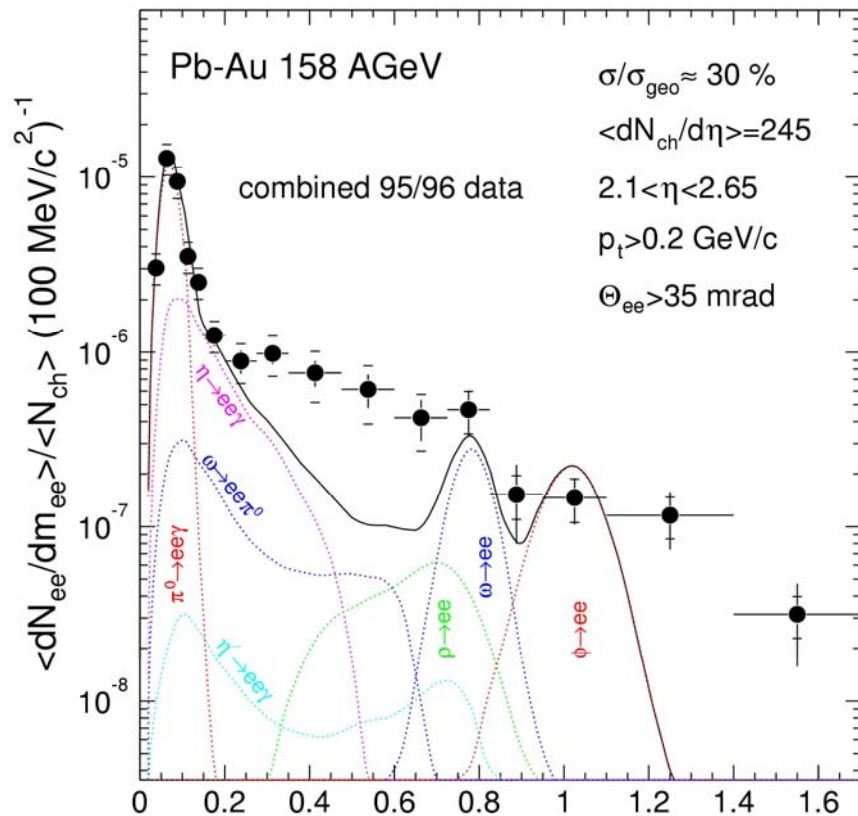
NA50 \rightarrow NA60



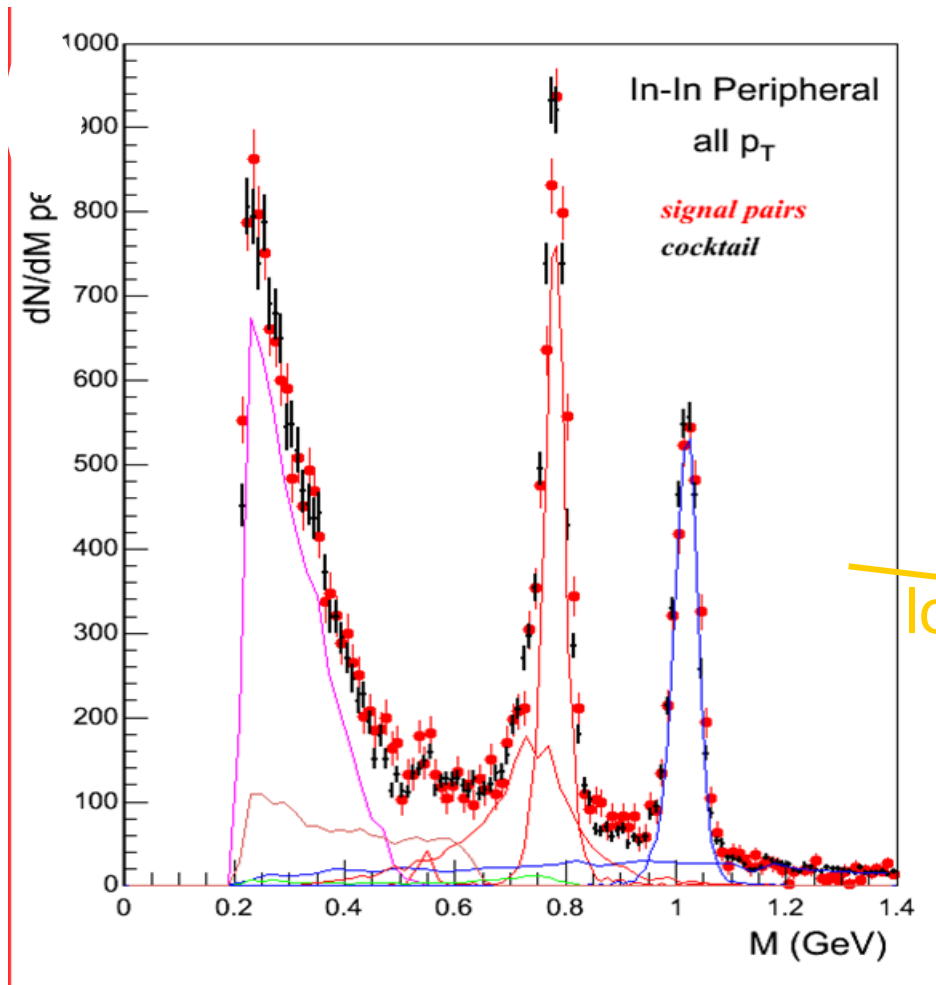
Spectres dileptons à basses masses

NA60 In-In (2003)

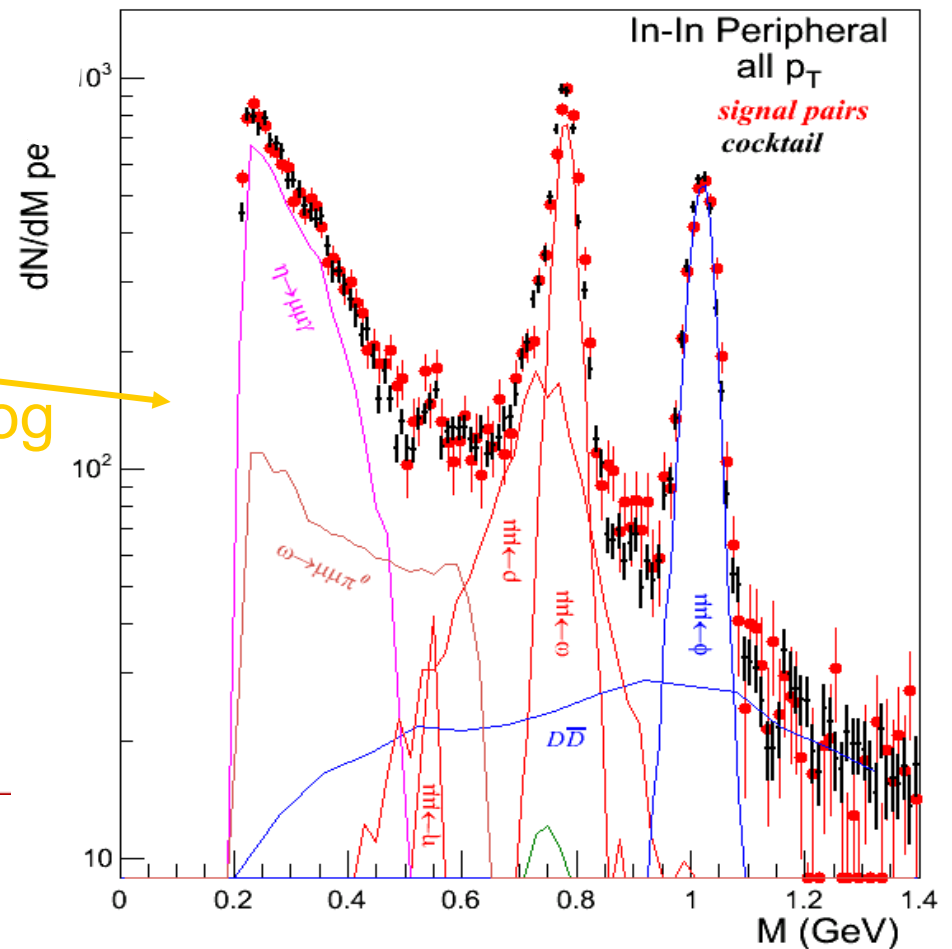
CERES Pb-Au



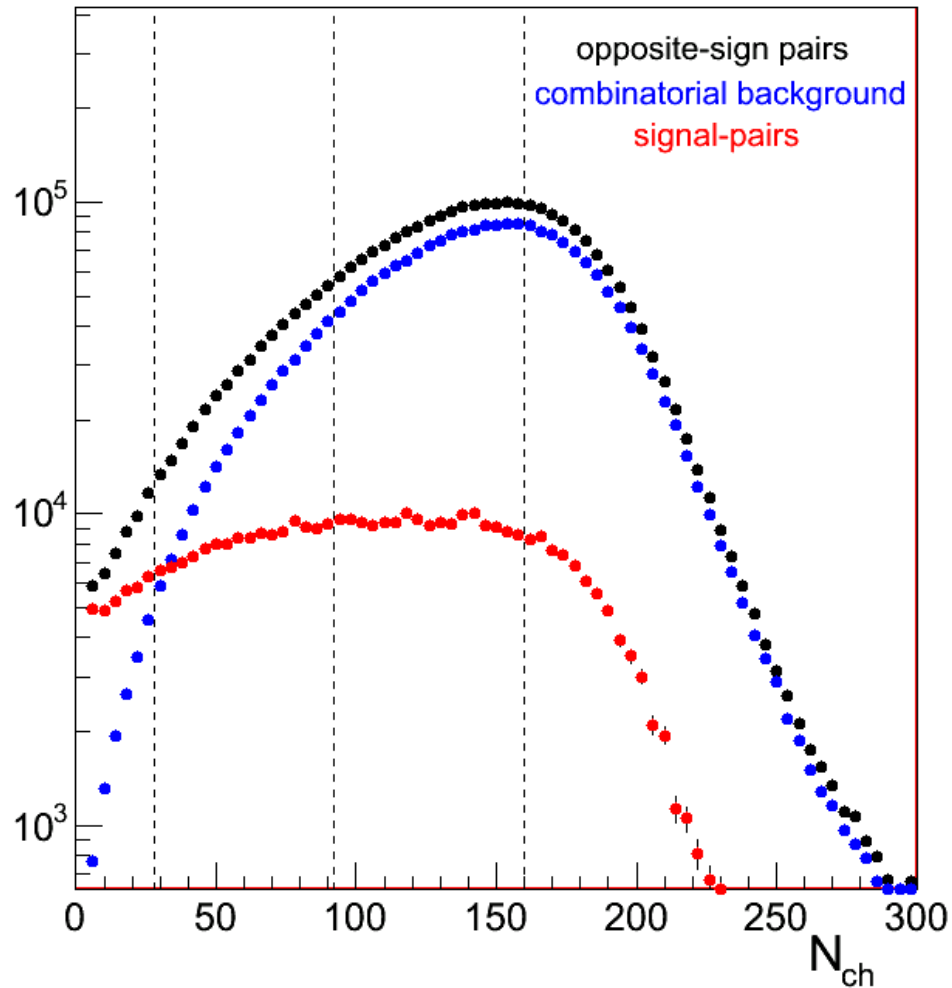
Données et « cocktail » pour les réactions périphériques (In-In)



Tout p_T



Spectres en multiplicité en (In-In)



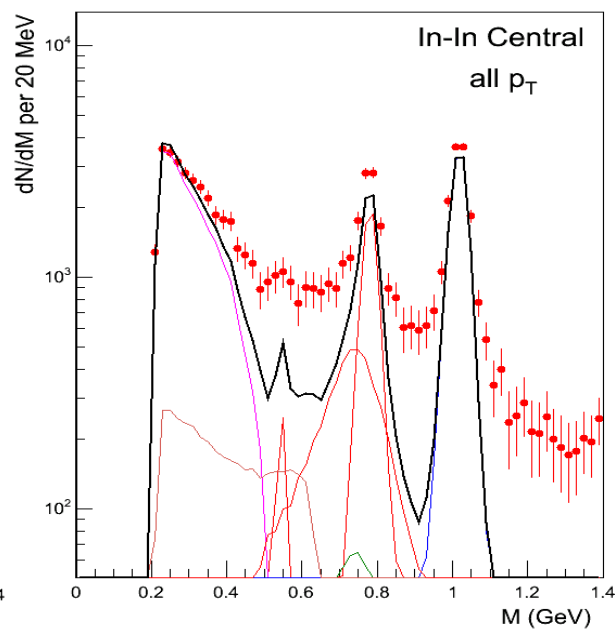
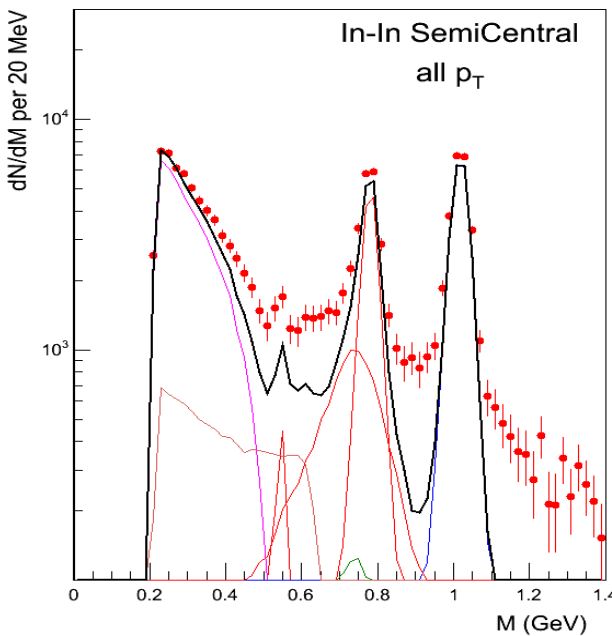
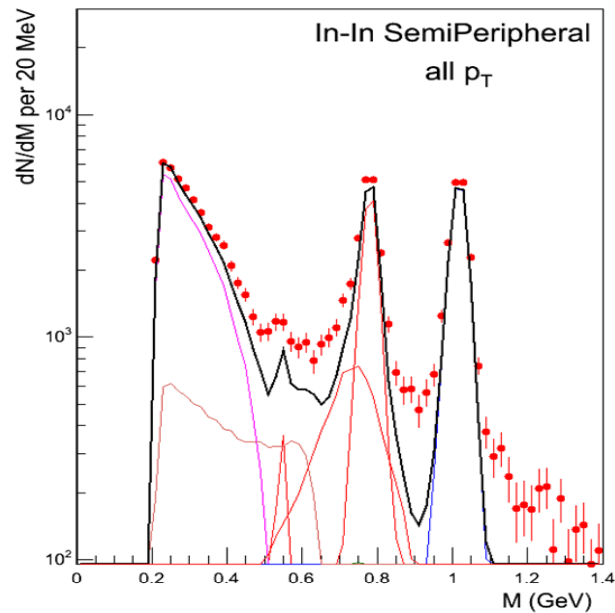
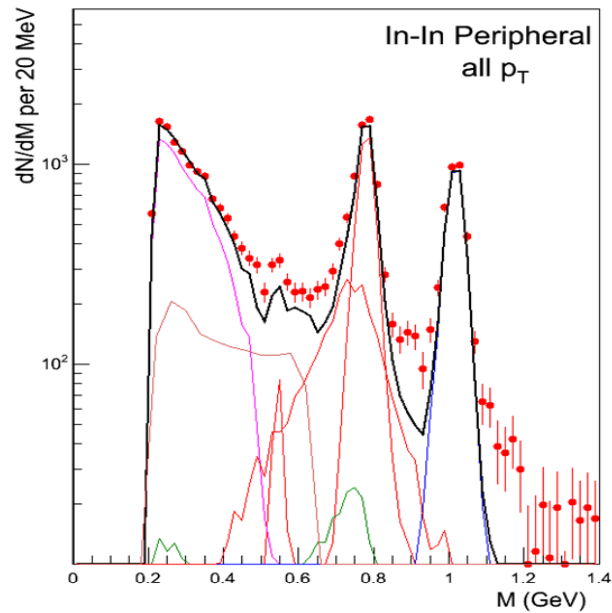
Multiplicité mesurée dans le VT en « trigger » dimuon.

- Paires de signes opposés
- Bruit de fond combinatoire
- Signal $\mu^+\mu^-$

Quatre domaines en centralité.

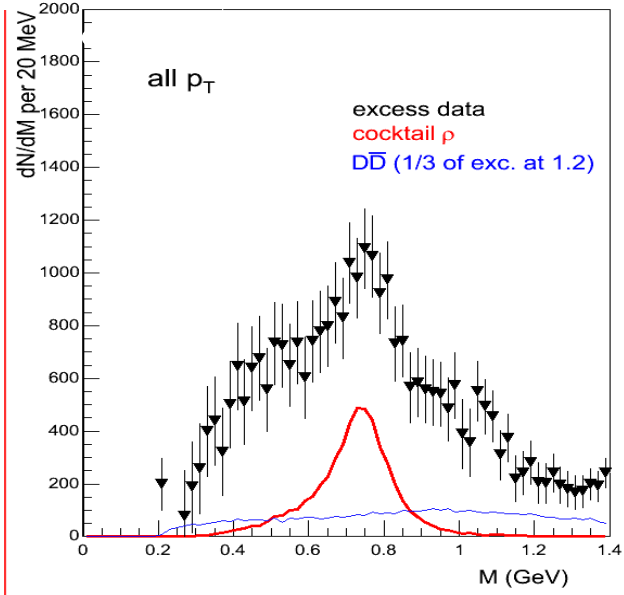
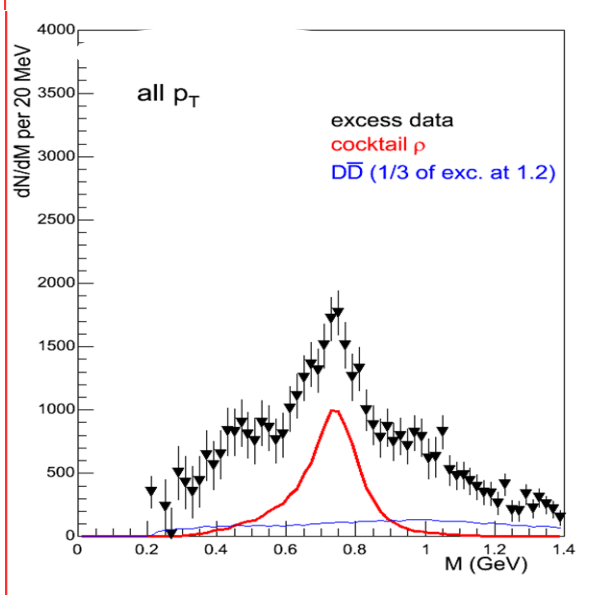
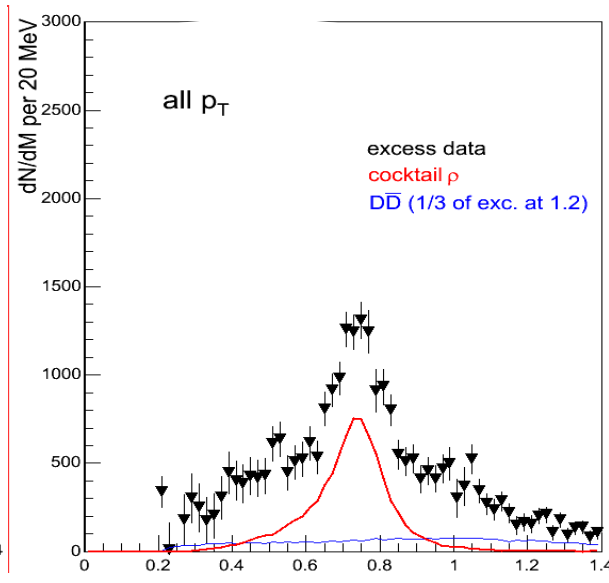
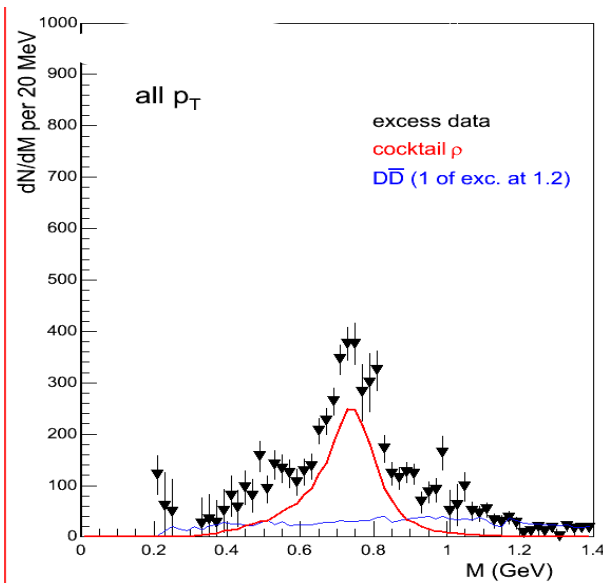
Centralité	Multiplicité	$\langle dN_{ch}/d\eta \rangle_{3.8}$
Périphérique	4_28	17
Semi-periph	28_92	63
Semi-central	92_160	133
Central	>160	193

Comparaisons des données au « cocktail » pour 4 centralités



Mise en évidence d'un excès augmentant avec la centralité

L'excès par différence entre les données et le « cocktail »



Tout P_T

Le ρ et le $D\bar{D}$ ne sont pas inclus dans le « cocktail »

Prévisions sur l'évolution du ρ dans un milieu par rapport au vide.

	masse du ρ	largeur du ρ
Pisarski 1982	↘	↗
Leutwyler et al 1990 (π, N)	→	↗
Brown/Rho 1991	↘	→
Hatsuda/Lee 1992	↘	→
Dominguez et.al 1993	→	↗
Pisarski 1995	↗	↗
Rapp 1996	→	↗

Ces données expérimentales doivent permettre de valider ou d'invalider les divers modèles

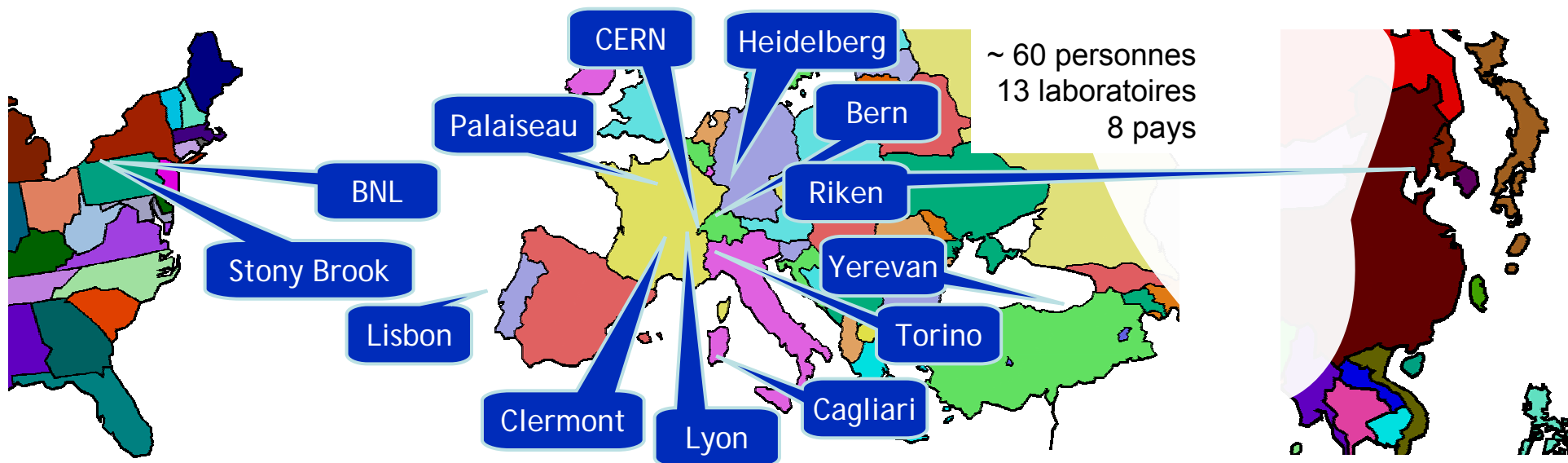
Conclusions

- ➔ NA60 confirme en In-In de la suppression du J/Ψ obtenue par NA50
- ➔ L'excès observé dans les masses intermédiaires est dû à des dimuons directs (thermiques ?)
- ➔ NA60 met en évidence un excès dans la zone de masse du ρ qui augmente avec la centralité et lorsque le P_T diminue. Il n'y a pas de déplacement en masse du ρ .



La collaboration NA60

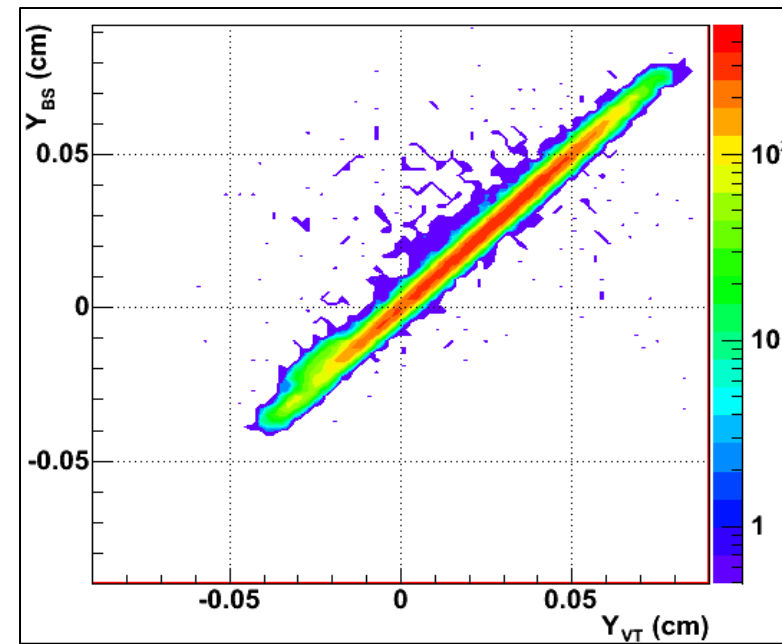
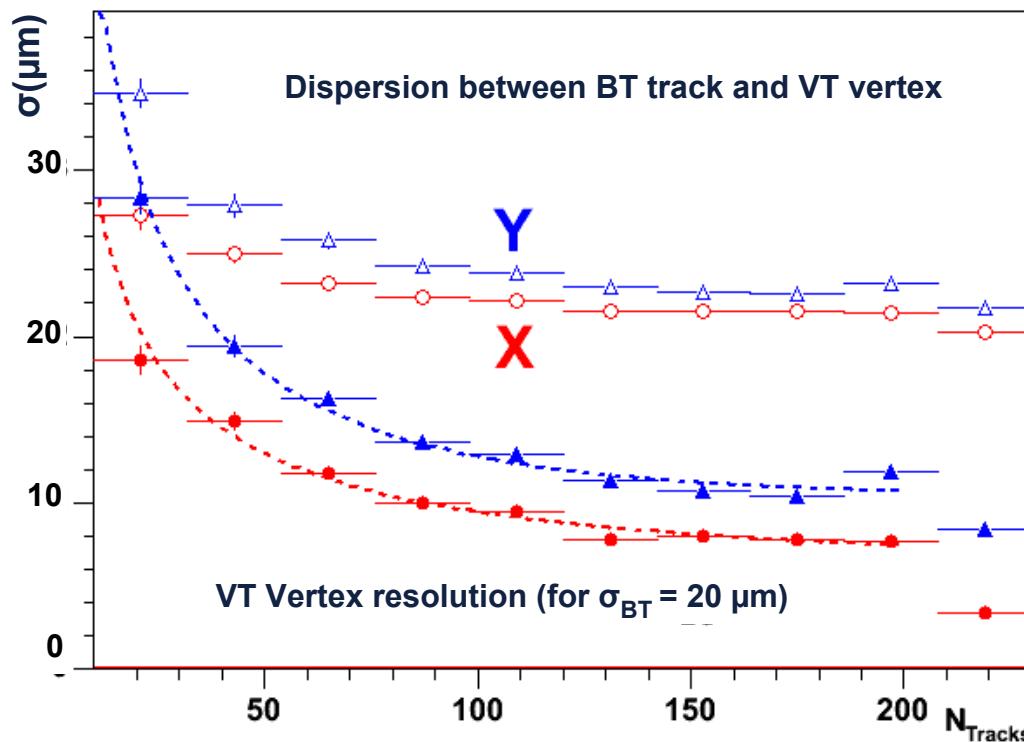
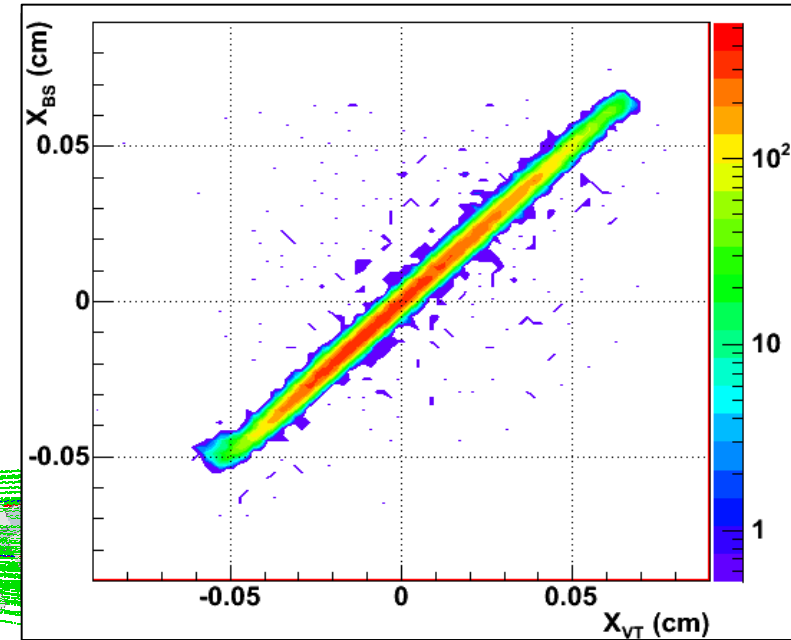
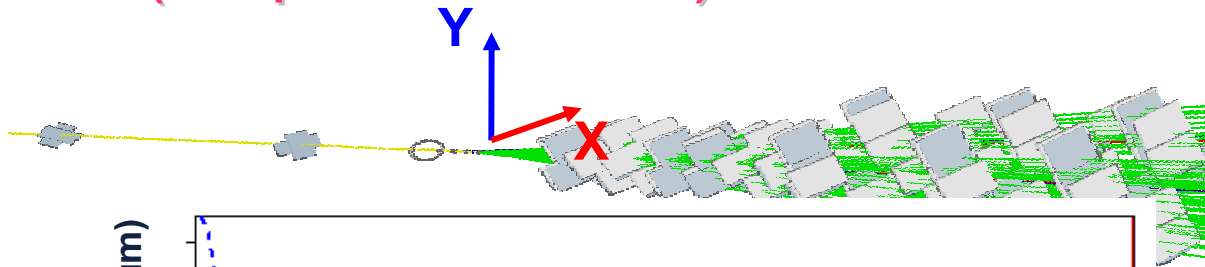
<http://na60.cern.ch/>



R. Arnaldi, R. Averbeck, K. Banicz, K. Borer, J. Buytaert, J. Castor, B. Chaurand, W. Chen, B. Cheynis, C. Cicalò, A. Colla, P. Cortese, S. Damjanović, A. David, A. de Falco, N. de Marco, A. Devaux, A. Drees, L. Ducroux, H. En'yo, A. Ferretti, M. Floris, P. Force, A. Grigorian, J.Y. Grossiord, N. Guettet, A. Guichard, H. Gulkanian, J. Heuser, M. Keil, L. Kluberg, Z. Li, C. Lourenço, J. Lozano, F. Manso, P. Martins, A. Masoni, A. Neves, H. Ohnishi, C. Oppedisano, P. Parracho, P. Pillot, G. Puddu, E. Radermacher, P. Ramalhete, P. Rosinsky, E. Scomparin, J. Seixas, S. Serci, R. Shahoyan, P. Sonderegger, H.J. Specht, R. Tieulent, E. Tveiten, G. Usai, H. Vardanyan, R. Veenhof and H. Wöhri

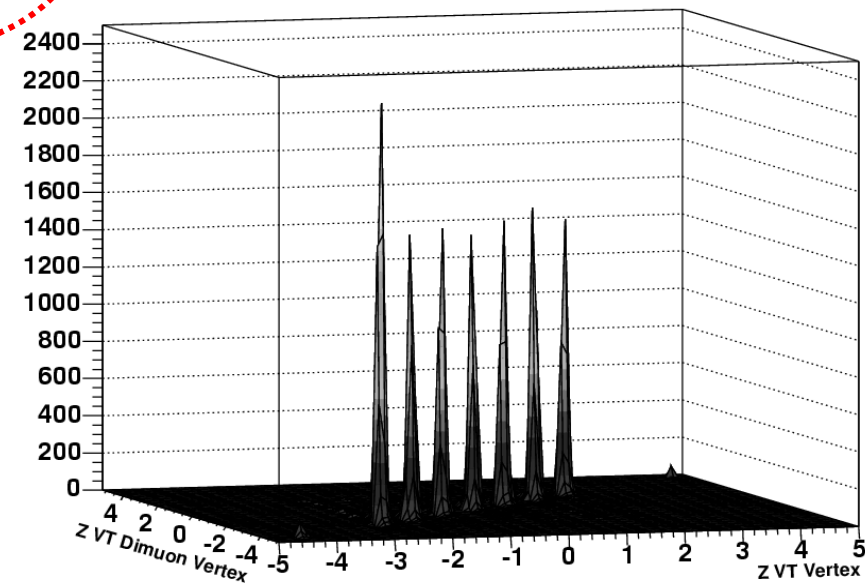
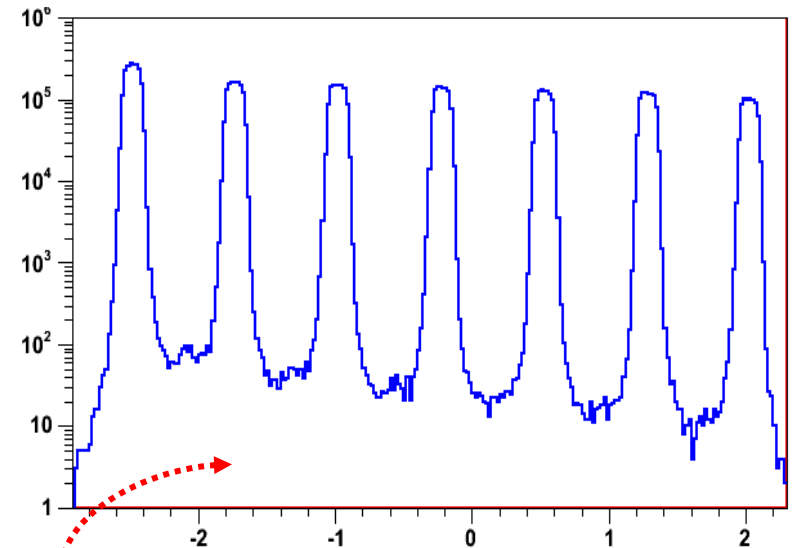
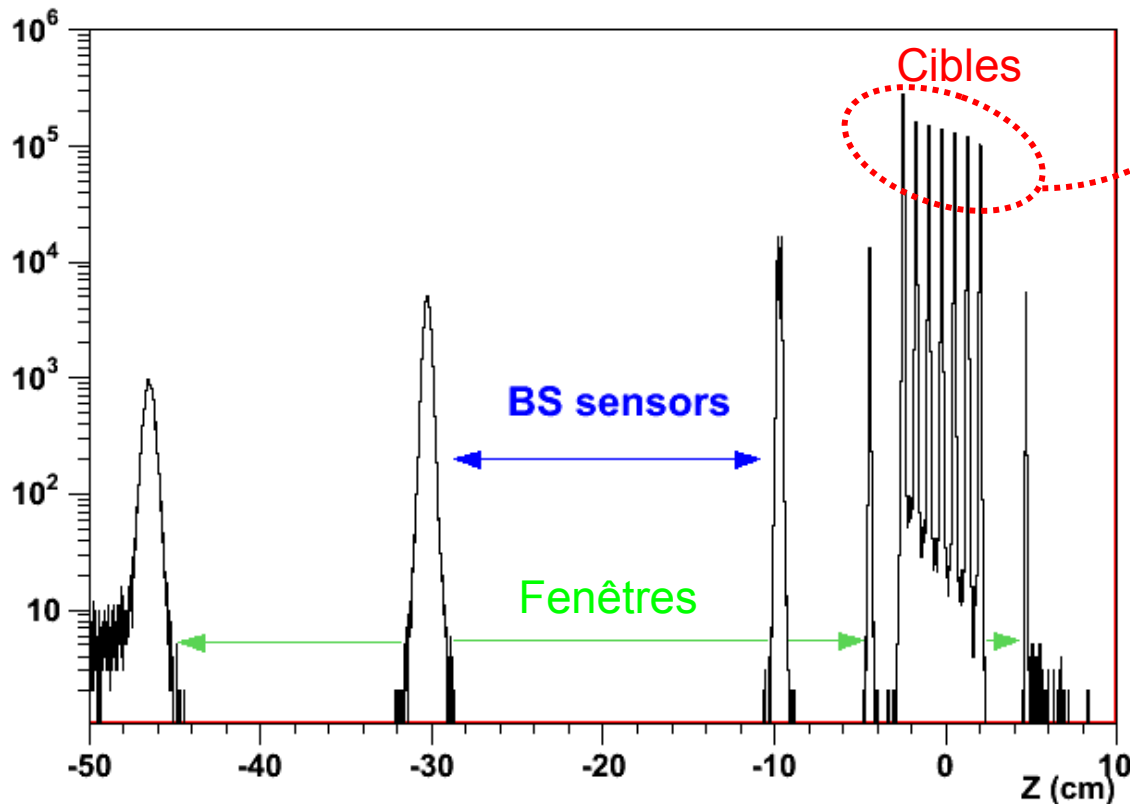
Vertex dans le plan transverse

Comparaison des mesures entre le «vertex tracker» et le «beam tracker» (20 μm à la cible).



Mesure du vertex de l'interaction

Le vertex d'interaction est identifié à mieux que $200\ \mu\text{m}$ le long de l'axe du faisceau.



Spectres dileptons à basses masses

Ajustement du cocktail de désintégration hadronique et du $D\bar{D}$ aux données

➔ **5 paramètres sont utilisés pour l'ajustement en norme :**

$\eta/\omega, \rho/\omega, \phi/\omega, D\bar{D}$

($\eta'/\eta = 0.12$, fixé)