

# Di- $\mu$ @ RHIC (= J/ $\psi$ @ PHENIX)

## Reconstruction et Mesure

Catherine Silvestre

CEA Saclay

5 Juillet 2006

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion

## 1 Motivations

## 2 Reconstruction

- Muon tracker
- Déclenchement
- Reconstruction
- Bruit
- Alignement

## 3 Mesure

- Taux de production du  $J/\psi$
- Extraction du signal
- Correction acc  $\times$  eff
- Systématiques

## 4 Conclusion

# Plan

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

## Motivations

## Reconstruction

Muon tracker  
Déclenchement  
Reconstruction  
Bruit  
Alignement

## Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$   
Extraction du signal  
Correction acc  $\times$  eff  
Systématiques

## Conclusion

## 1 Motivations

## 2 Reconstruction

- Muon tracker
- Déclenchement
- Reconstruction
- Bruit
- Alignement

## 3 Mesure

- Taux de production du  $J/\psi$
- Extraction du signal
- Correction acc  $\times$  eff
- Systématiques

## 4 Conclusion

## Pourquoi des $J/\psi$ ?

- $J/\psi$ : sonde du milieu formé dans la collision.
- Suppression du  $J/\psi$  vs  $E_t$  observée au SPS par Na50 et Na60.
- Mécanismes proposés:
  - absorption nucléaire *normale* et shadowing;
  - absorption nucléaire *anormale* due au PQG;
  - interaction comovers
  - recombinaison des paires  $c, \bar{c}$ .

⇒ Mesure à haute énergie.

## Comment ?

- Références: pp, dAu.
- Ions lourds: CuCu, AuAu.

# Plan

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion

## 1 Motivations

## 2 Reconstruction

- Muon tracker
- Déclenchement
- Reconstruction
- Bruit
- Alignement

## 3 Mesure

- Taux de production du  $J/\psi$
- Extraction du signal
- Correction acc  $\times$  eff
- Systématiques

## 4 Conclusion

# Le spectromètre de PHENIX (1/3)

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

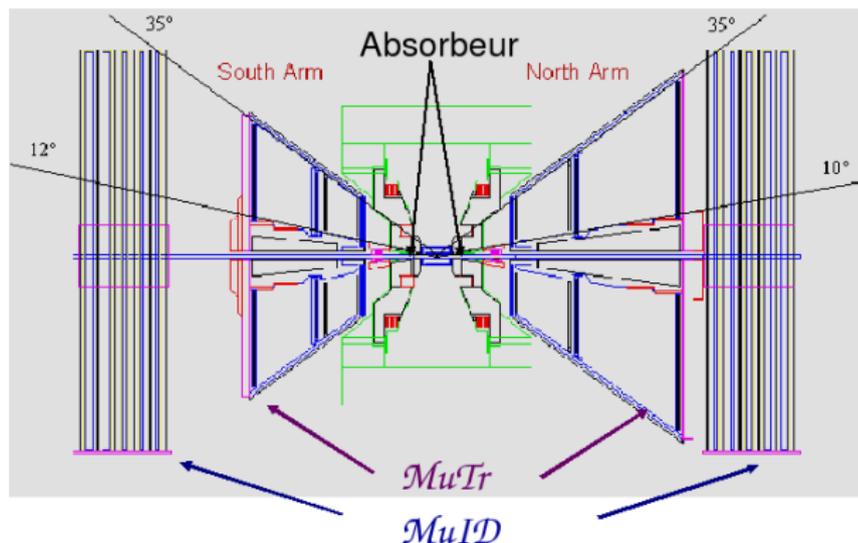
Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  elf

Systématiques

Conclusion



## Bras muons:

muons vers l'avant

$J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$

$p > 2\text{GeV}/c$

$|y| \in [1, 2; 2, 4]$

$\delta\phi = 2\pi$

## Mesure des muons:

**Absorbeur frontal:** réduction des hadrons dans les bras muons.

**MuID:** identification des muons via la profondeur de pénétration et à l'aide de tubes larocci + absorbeurs.

**MuTr:** mesure de l'impulsion grâce à des chambres à cathodes strippées.

**BBC:** mesure luminosité, vertex, centralité.

# Le spectromètre de PHENIX (2/3)

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

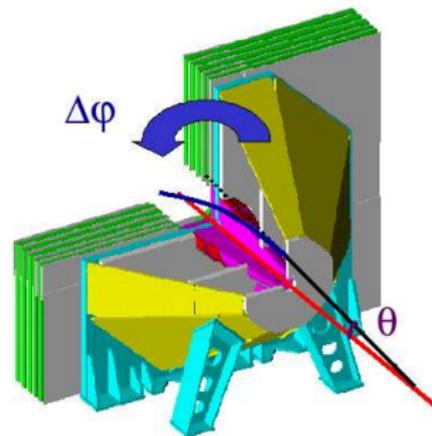
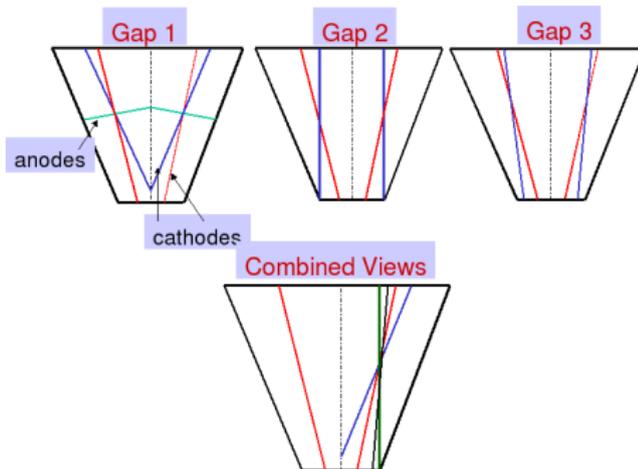
Conclusion

## Caractéristiques du MuTr

3 stations de mesure

Champ magnétique radial

$\delta\phi$  et  $\theta \Rightarrow p$  de la particule



- 3 stations = 3 + 3 + 2 gaps
- 2 plans de cathode / gap  
~ 22 000 canaux
- 1 plan d'anode / gap

# Le spectromètre de PHENIX (3/3)

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

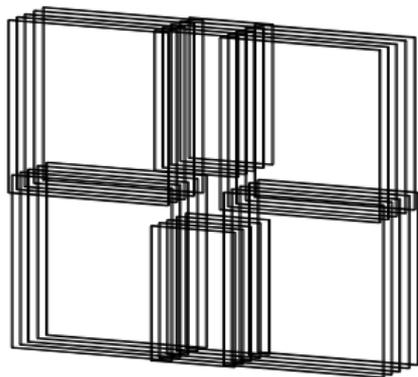
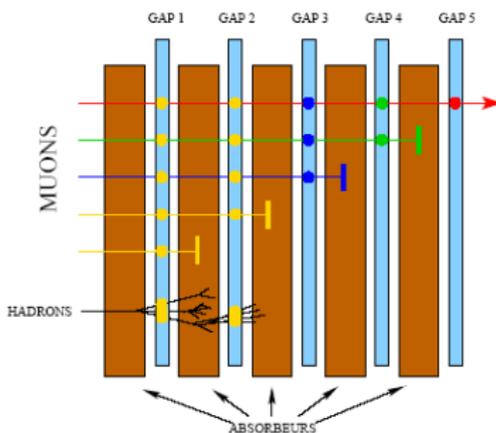
Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion



## MuID:

- 5 rangées de détecteurs actifs entremêlés avec de l'absorbeur.
- 2 orientations des fils pour chaque plan de détection.
- 6 panneaux par plans.

# Systemes de déclenchement

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion

Trigger minimum bias: BBC.

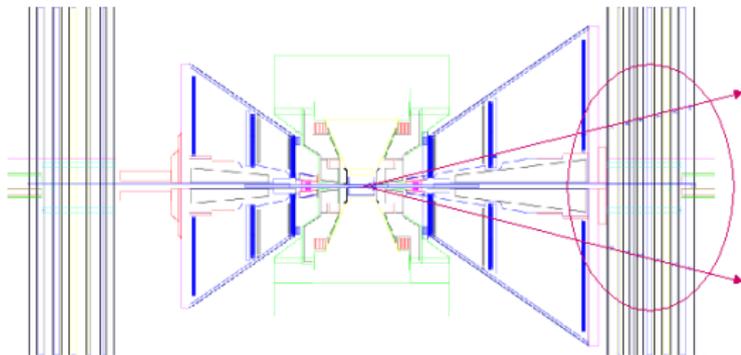
Trigger de niveau 1 (L1):

MuID, déclenchement sur des événements possédant 2 muons.

Trigger de niveau 2 (L2):

Reconst. rapide des trajectoires.

- L2MUI: MuID seul
- L2MUT: MuID + MuTr



facteur de réjection = total/acceptés = 30

# Reconstruction

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker  
Déclenchement

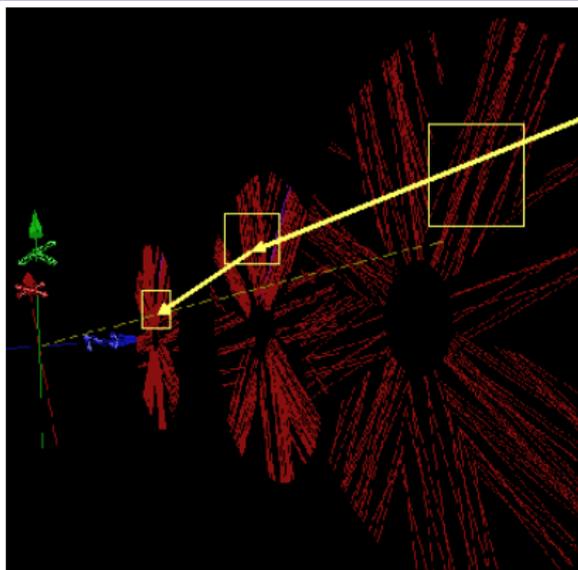
Reconstruction

Bruit  
Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$   
Extraction du signal  
Correction acc  $\times$  eff  
Systématiques

Conclusion



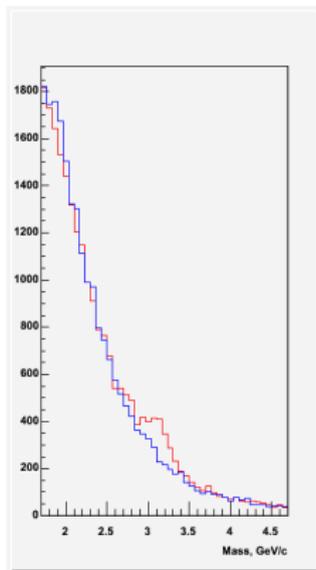
- Reconstruction depuis le MuID jusqu'à la première station.
- Utilisation de fenêtres dynamiques pour réduire la combinatoire.
- Fit Kalman  $\Rightarrow$  impulsion  $\mu$
- Fit vertex (2 traces + BBC)  $\Rightarrow$  masse invariante des di- $\mu$

# Réjection du bruit

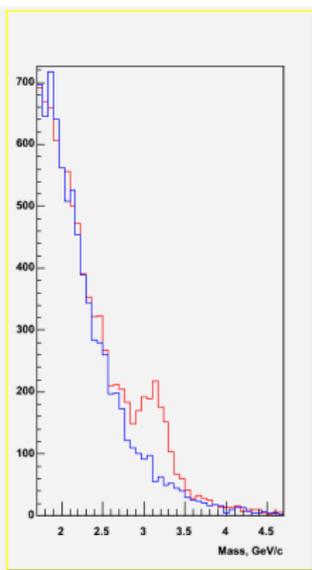
## Réjection des traces fantômes:

- Nettoyage des traces ayant des strips en commun  
⇒  $\chi^2$  rapide (avant l'ajustement complet des traces)

Avant



Après coupures



## Coupures

- Correspondance plus stricte entre le MuID et le MuTr.
- Sélection des traces les plus profondes.
- Correspondance entre  $p_z$  et la profondeur des traces.
- Coupure sur le  $\chi^2$  (traces et vertex)

# Alignement (1/2)

Di- $\mu$  @ RHIC  
(= J/ $\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du J/ $\psi$

Extraction du signal

Correction acc X elf

Systématiques

Conclusion

## Méthode itérative jusqu'au run 5

- Des détecteurs de référence supposés alignés par rapport auxquels les autres sont alignés.
- Repositionnement de la distribution moyenne des résidus.
- Alignement laborieux, à la main, itératif  $\Rightarrow$  long.
- Convergence non assurée: résultats biaisés car différents si changement de détecteurs de référence.

## Alignement global

- Tous les détecteurs sont utilisés dans l'algorithme de reconstruction.
- Minimisation du  $\sum \chi_{traces}^2$  sans itérations, donnant un résultat optimum.
- Remarque: un nombre limité de détecteurs de références sont fixés de façon arbitraire pour empêcher les transformations globales du spectromètre (ex: rotation d'ensemble).

# Alignement global (2/2)

$D_i\text{-}\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @ PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production

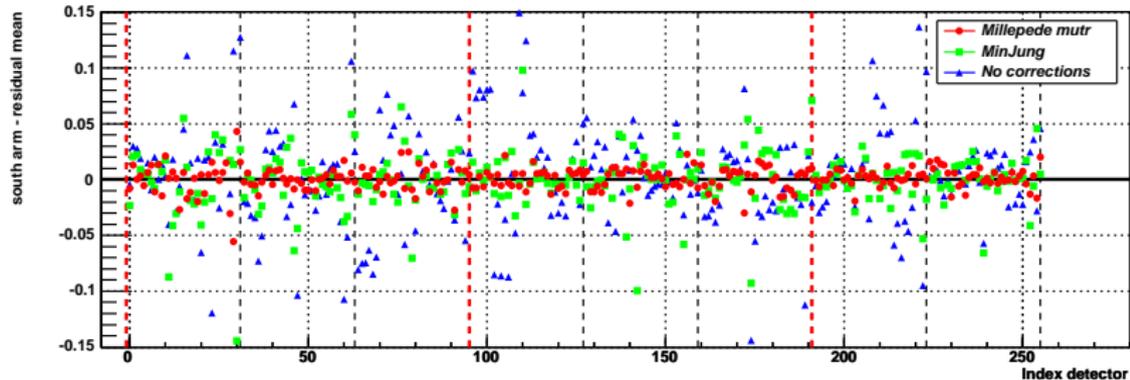
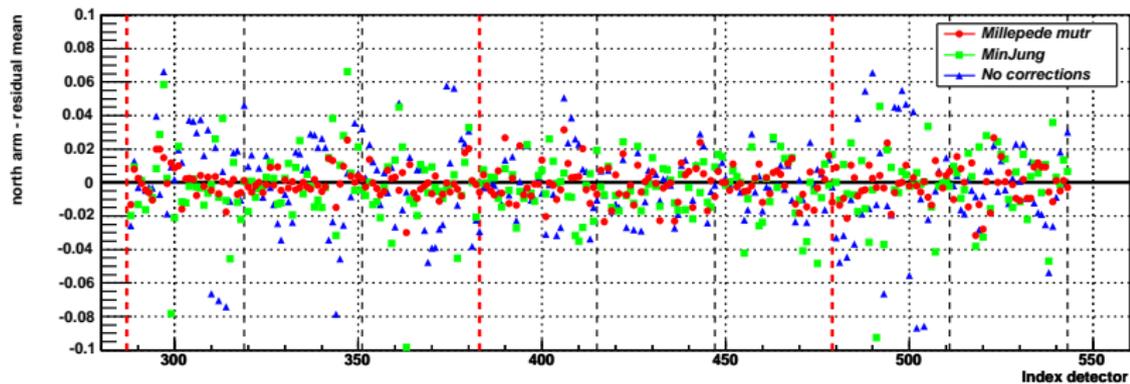
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion



# Plan

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion

## 1 Motivations

## 2 Reconstruction

- Muon tracker
- Déclenchement
- Reconstruction
- Bruit
- Alignement

## 3 Mesure

- Taux de production du  $J/\psi$
- Extraction du signal
- Correction acc  $\times$  eff
- Systématiques

## 4 Conclusion

# Production de J/Psi par unité de rapidité et par collision inélastique

$$B \frac{dN_{J/\psi}}{dy} = \frac{N_{J/\psi}}{\Delta y A \epsilon_{J/\psi} \epsilon_{BBC}^{J/\psi}} / \frac{N_{BBC}}{\epsilon_{BBC}^{MB}}$$

avec

- $B$  rapport de branchement pour le canal de désintégration détecté
- $y$  la rapidité du  $J/\psi$  (mesurée)
- $N_{J/\psi}$  le nombre de  $J/\psi$  (mesuré)
- $A \epsilon_{J/\psi}$  corrections d'efficacité et d'acceptance du détecteur (simulées)
- $\epsilon_{BBC}^{J/\psi}$  efficacité du trigger (ici BBC) sur des événements contenant un  $J/\psi$  (simulée)
- $N_{BBC}$  nombre d'événements (mesuré)
- $\epsilon_{BBC}^{MB}$  efficacité du trigger pour tous les événements (simulée)

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @ PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion

# $N_{J/\psi}$ : extraction du signal

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @ PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker

Déclenchement

Reconstruction

Bruit

Alignement

Mesure

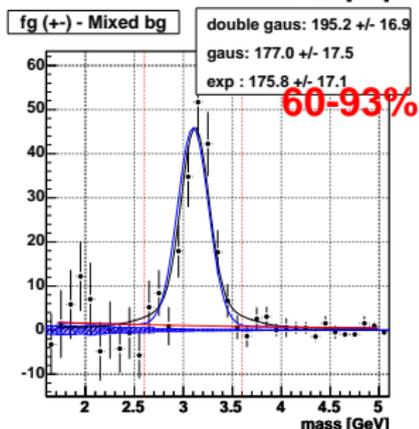
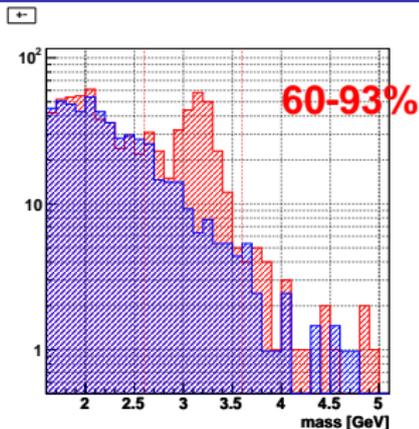
Taux de production  
du  $J/\psi$

Extraction du signal

Correction acc  $\times$  eff

Systématiques

Conclusion



## Soustraction du bruit de fond

- soit par la méthode des like-sign;
- soit en utilisant l'Event Mixing.

## Ajustements:

- du bruit de fond : compte signal au dessus de l'exponentielle;
- 1 gaussienne: la valeur moyenne fixe, amplitude et largeur en paramètres;
- 2 gaussiennes: valeurs moyennes et largeurs fixes, seule l'amplitude (totale) est un paramètre.

# Calcul des corrections $\text{acc} \times \text{eff}$

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker  
Déclenchement  
Reconstruction

Bruit  
Alignement

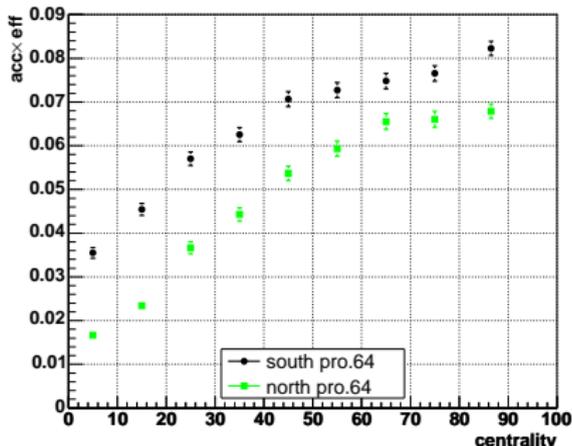
Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$   
Extraction du signal  
Correction  $\text{acc} \times \text{eff}$   
Systématiques

Conclusion

- Génération  $J/\psi$  MC par Pythia (sur  $4\pi$ ).
- Simulation réalisée en mélangeant des  $J/\psi$  simulés dans des évtés réels (embedding) + réponse (inefficacités, zones mortes, gain)
- Même reconstruction qu'avec les données réelles (L1+L2+offline+coupures)

$$\Rightarrow A\epsilon_i = N_{jpsi}^{reco} / N_{jpsi}^{MC} |_i$$



- Par définition, l'acceptance ( $\sim 10\%$ ) est plate en fonction de la centralité.
- L'efficacité diminue avec la centralité à cause de l'occupation dans les détecteurs.
- L'effet est plus marqué dans le bras nord, car à même centralité, la multiplicité est plus grande

# Systematiques

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker  
Déclenchement  
Reconstruction  
Bruit  
Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$   
Extraction du signal  
Correction acc  $\times$  eff  
Systematiques

Conclusion

source	valeur
Extraction du signal	de 5 à 20 %
MC statistique	négligeable
acc $\times$ eff, dépendance avec distribution d'input (Pythia)	4 %
Variations run à run	3+2 %
Efficacité MuID	4 %
Efficacité MuTr et paquets chauds	2 %
Acceptance	5 %
Correspondance entre MC et données réelles	de 0 à 16 % (asymétrique)

# Plan

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

Reconstruction

Muon tracker  
Déclenchement  
Reconstruction  
Bruit  
Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$   
Extraction du signal  
Correction acc  $\times$  eff  
Systématiques

Conclusion

## 1 Motivations

## 2 Reconstruction

- Muon tracker
- Déclenchement
- Reconstruction
- Bruit
- Alignement

## 3 Mesure

- Taux de production du  $J/\psi$
- Extraction du signal
- Correction acc  $\times$  eff
- Systématiques

## 4 Conclusion

# Conclusion

Di- $\mu$  @ RHIC  
(=  $J/\psi$  @  
PHENIX)

Catherine  
Silvestre

Motivations

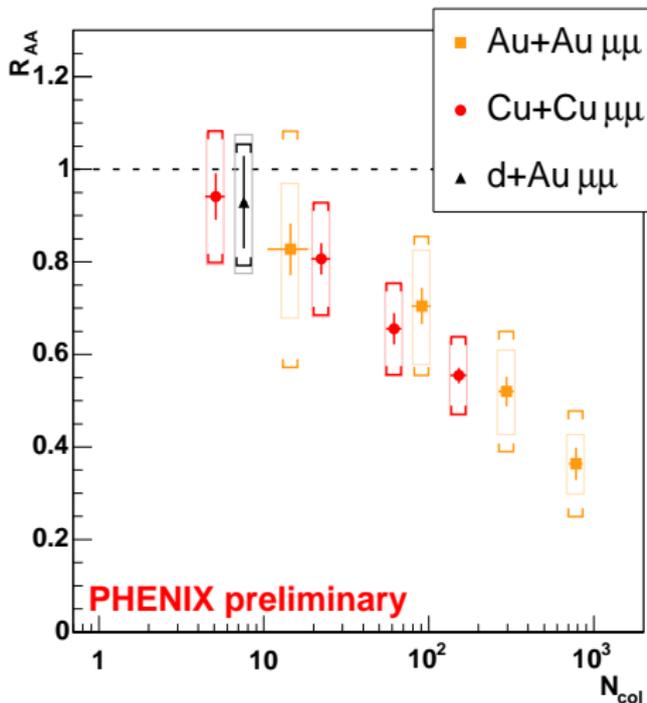
Reconstruction

Muon tracker  
Déclenchement  
Reconstruction  
Bruit  
Alignement

Mesure

Taux de production  
du  $J/\psi$   
Extraction du signal  
Correction acc  $\times$  eff  
Systématiques

Conclusion



Cet après-midi  
avec Andry !