

# Saveurs lourds ouvert à RHIC

---

Ermias T. ATOMSSA

SBU

17/09/2009

# Plan

---

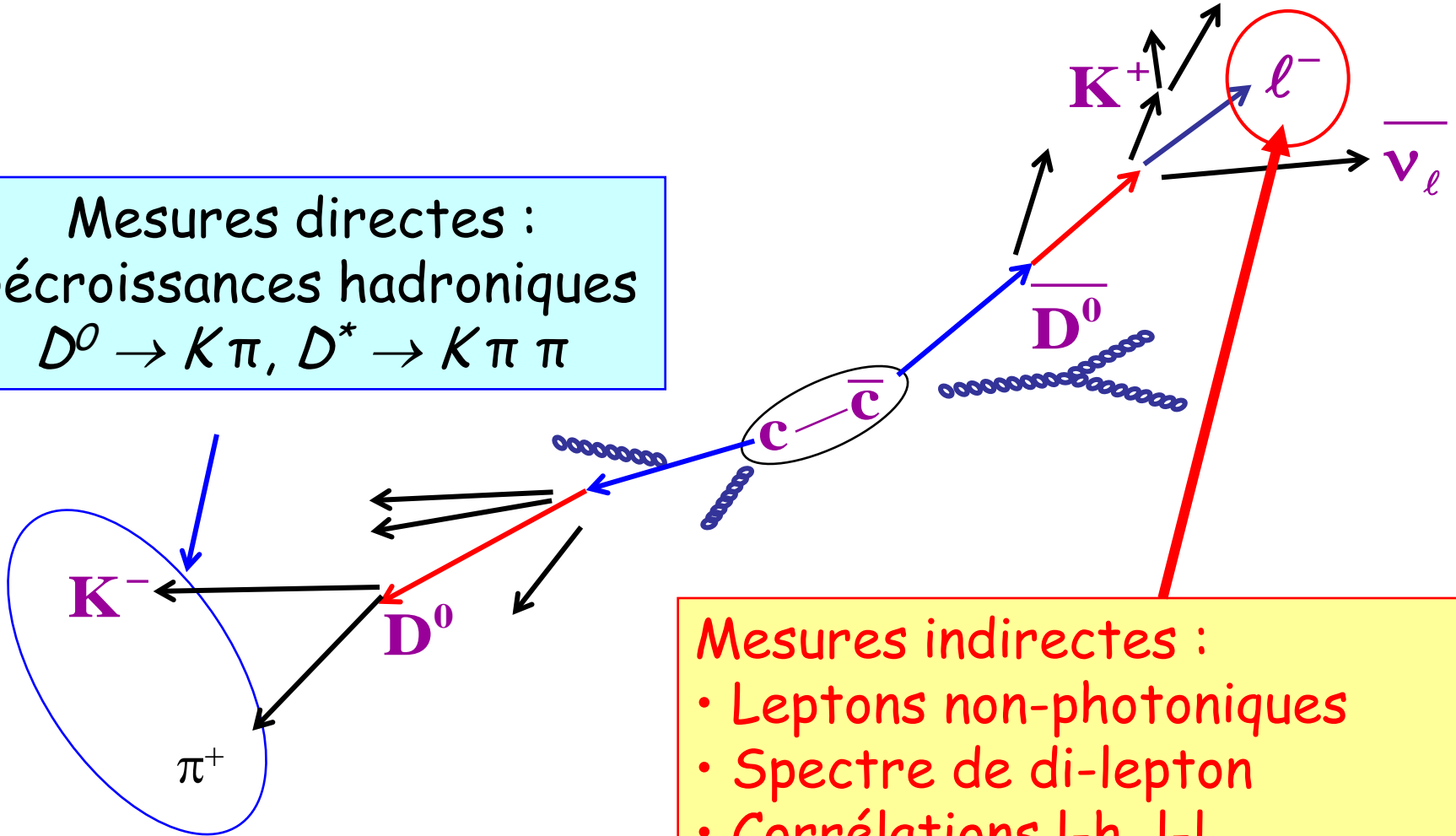
- Méthodes de mesure à RHIC
- Résultat en p+p
- Résultat en Au+Au
- Séparation charme et beauté

# Méthodes de mesure

---

# Panorama de méthodes de mesure

Mesures directes :  
Décroissances hadroniques  
 $D^0 \rightarrow K\pi$ ,  $D^* \rightarrow K\pi\pi$

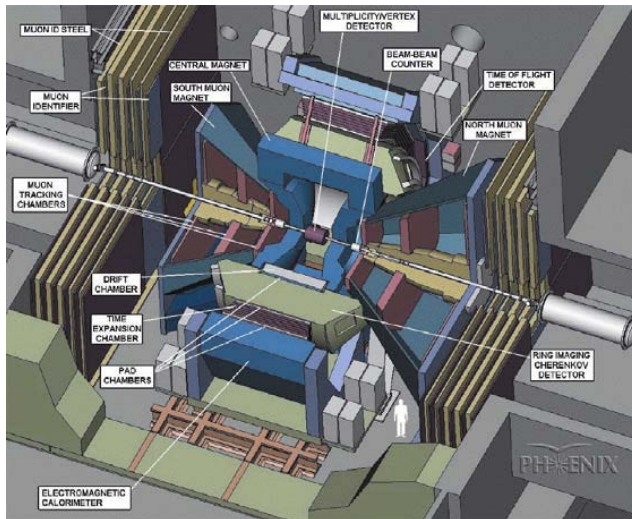


Mesures indirectes :  
• Leptons non-photoniques  
• Spectre de di-lepton  
• Corrélations l-h, l-l

# Détecteurs complémentaires

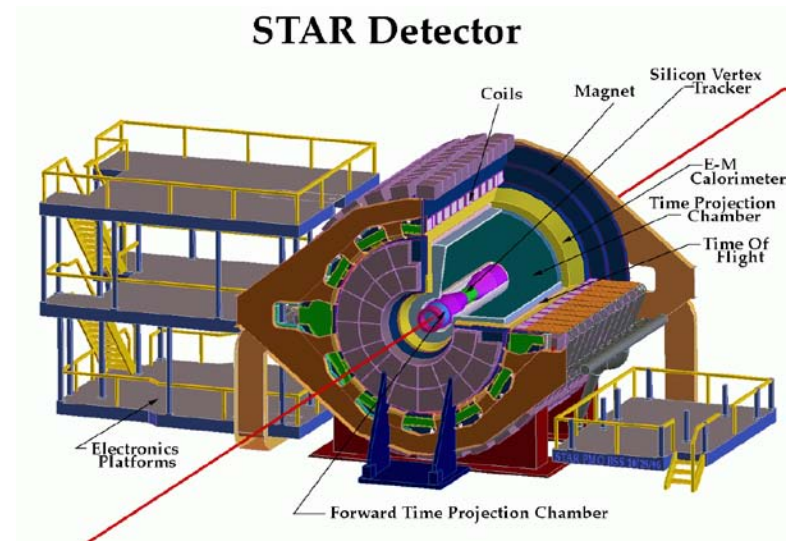
- PHENIX

- Mi-rapidité  $2 \times (\pi/2)$  en azimut
  - Reconstruction : DC+PC
  - Identification d'électrons
    - RICH ( Rayonnement Cerenkov )
    - EMCal ( Corrélation E-p )
- S/(B photonique) favorable - budget matérielle réduit
- Vers l'avant  $2\pi$  en azimut
  - Reco. et identification de Muons

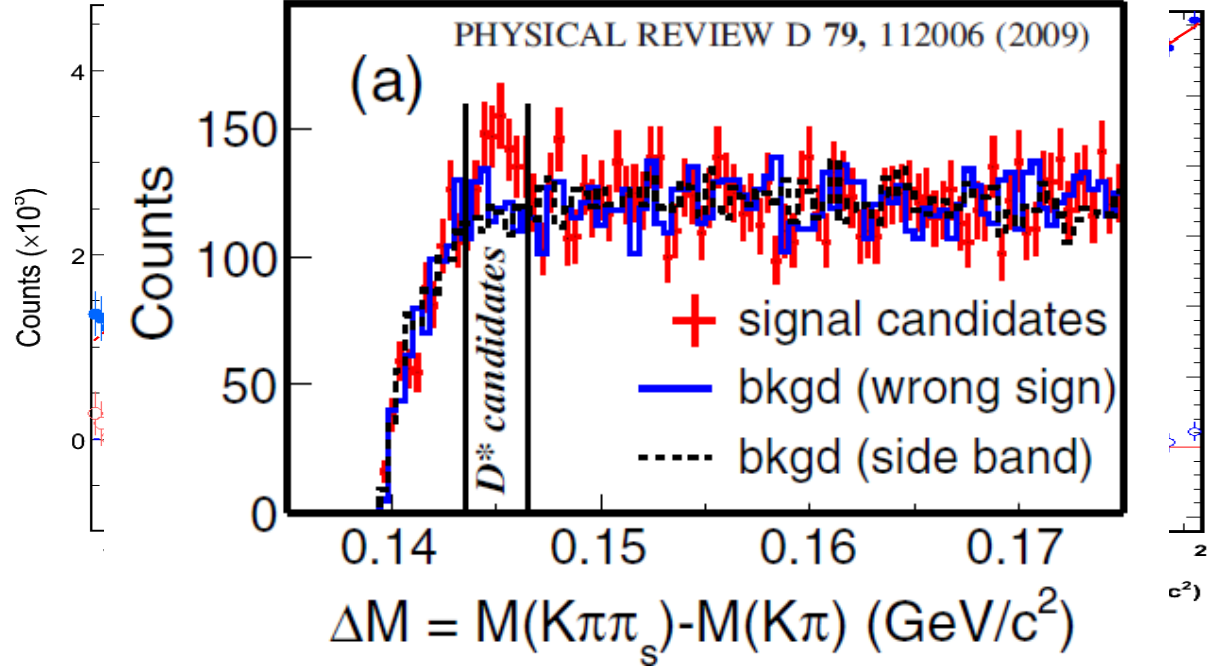
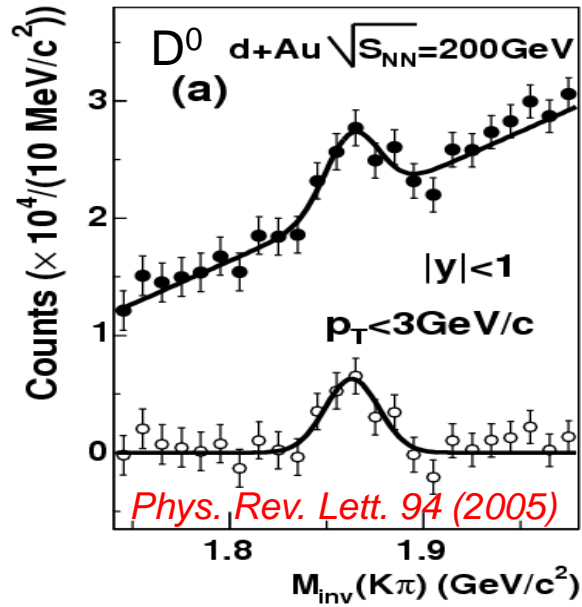


- STAR

- Mi-rapidité  $2\pi$  en azimut
  - Reconstruction: TPC
  - Identification
    - TPC ( $dE/dX$ ): e, K,  $\pi$  TPC  $dE/dx$
    - EMC/BEMC (p-E corrélation): e, h
    - TOF :  $\mu$ , h
- Idéal pour reconstruction hadronique complet



# $D^0 \rightarrow K\pi$ et $D^{*} \rightarrow K\pi\pi$



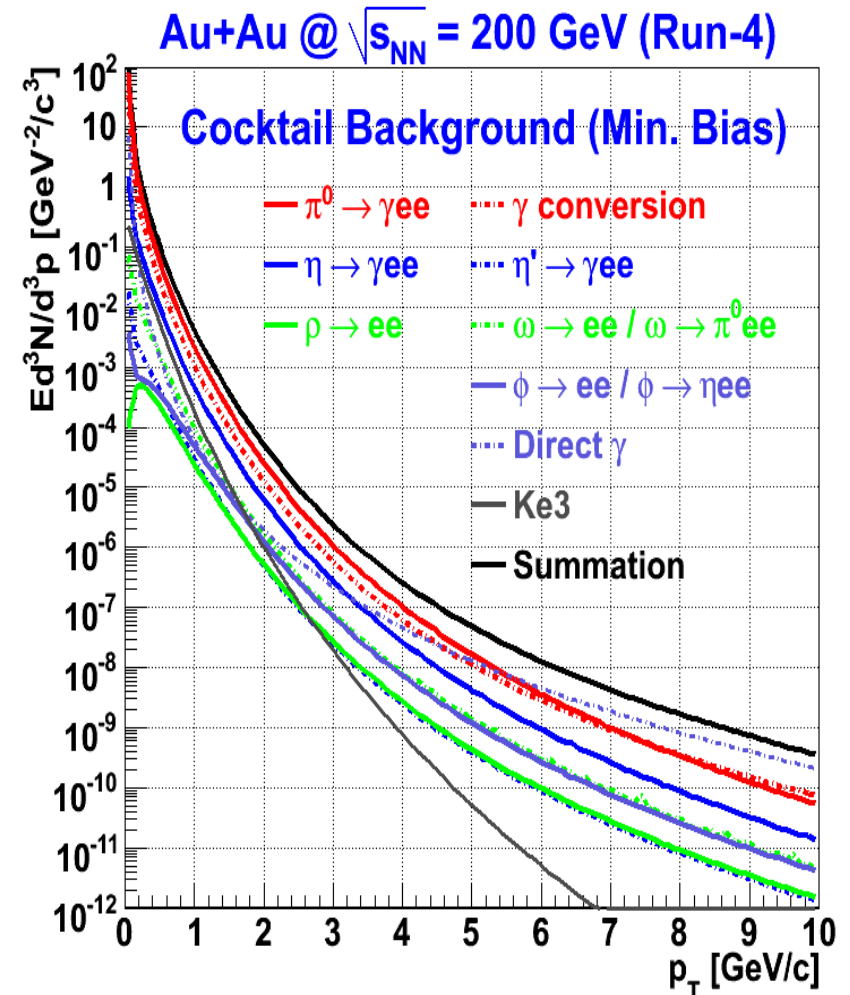
- PID dans le TPC de STAR pour cette mesure
  - S/B défavorable ( $\sim 1/600$  pour  $D^0 \rightarrow K\pi$  en d+Au)
  - Couvre les bas  $p_T$  (0.1 – 3 GeV/c)

# Spectre d'électrons

- Photoniques
  - Conversion de photons
    - $\pi^0, \eta \rightarrow \gamma\gamma$ , suivi de  $\gamma \rightarrow e^+e^-$
  - Décroissance de Dalitz
    - $\pi^0, \eta \rightarrow \gamma e^+e^-$
  - Conversion de photons directes (dom. haut  $p_T$ )
- Non-Photoniques
  - Saveurs lourds
    - $B/D \rightarrow e^\pm X$
  - Kaons (dom. bas  $p_T$ )
    - $K_{e3} : K \rightarrow \pi^0 e^\pm \nu_e$
  - Mésons vecteurs
    - $\omega, \rho, \phi, J/\psi, \Upsilon \rightarrow e^+e^-$
- Plusieurs manières de soustraire le bruit de fond
  - STAR : Coupure sur la masse invariante
  - PHENIX : Soustraire un cocktail simulée de sources photoniques ET la méthode de convertisseur

# Cocktail de sources photoniques

- Electrons de décroissance
  - Mésons légers ( $e^+e^-$  et  $\gamma e^+e^-$ ), photons (décroissance et directes),  $K_{e3}$  ( $J/\psi, \Upsilon \rightarrow e^+e^-$ , depuis peu)
  - Sections efficaces et rapports de taux mesurés sont appliqués
- Simulation GEANT pour les effets de détecteur
- Spectre total est soustrait du spectre d'électrons inclusive
- Optimal a grand  $p_T$  où les erreurs systématiques du cocktail sont faibles



# Méthode de convertisseur

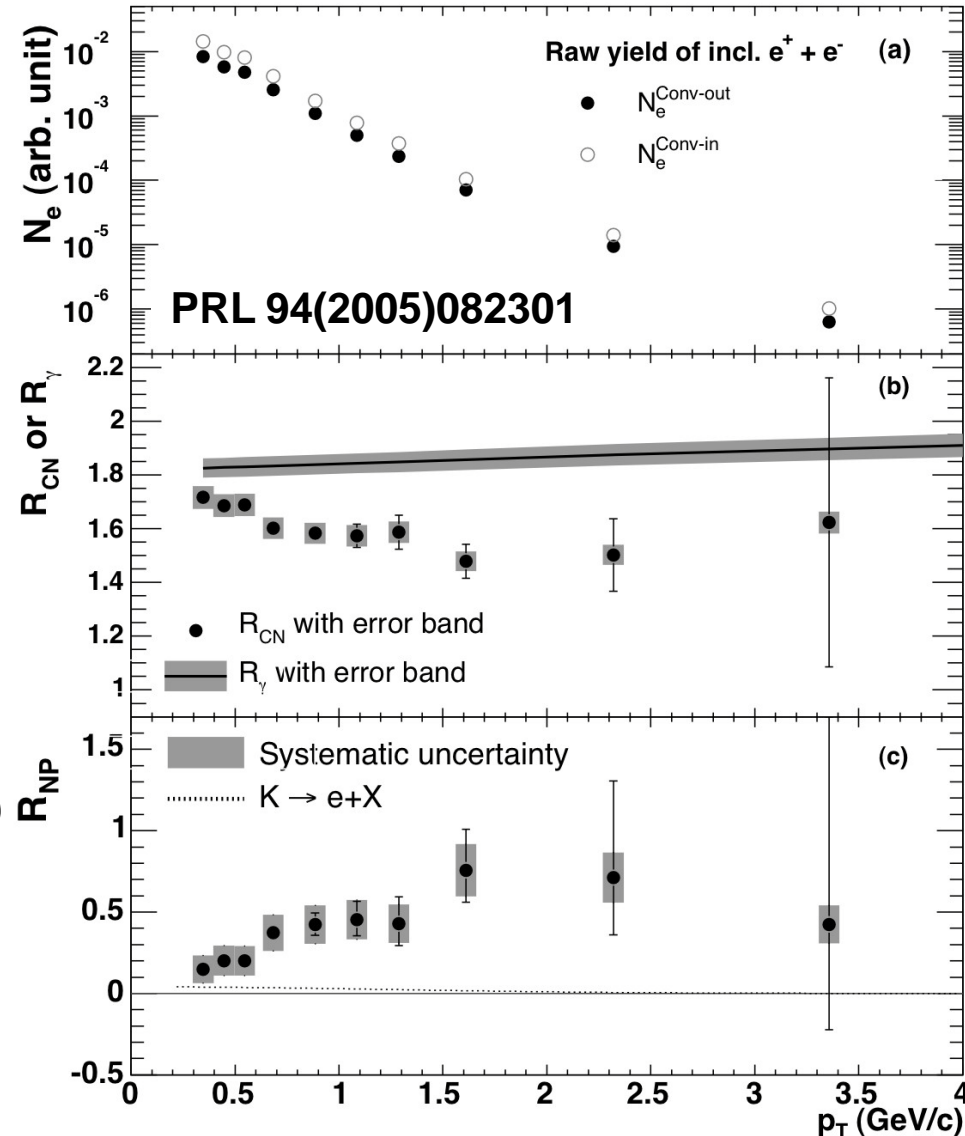
$$N_e^{Conv-out} = N_e^\gamma + N_e^{non-\gamma}$$

$$N_e^{Conv-in} = R_\gamma N_e^\gamma + (1 - \varepsilon) N_e^{non-\gamma}$$

mesuré  $\downarrow$   $R_{CN} = \frac{N_e^{Conv-in}}{N_e^{Conv-out}} = \frac{\text{simulé } R_\gamma + (1 - \varepsilon) R_{NP}}{1 + R_{NP}}$  Perte dans le convertisseur  $\downarrow$

$$R_{NP} = N_e^{non-\gamma} / N_e^\gamma$$

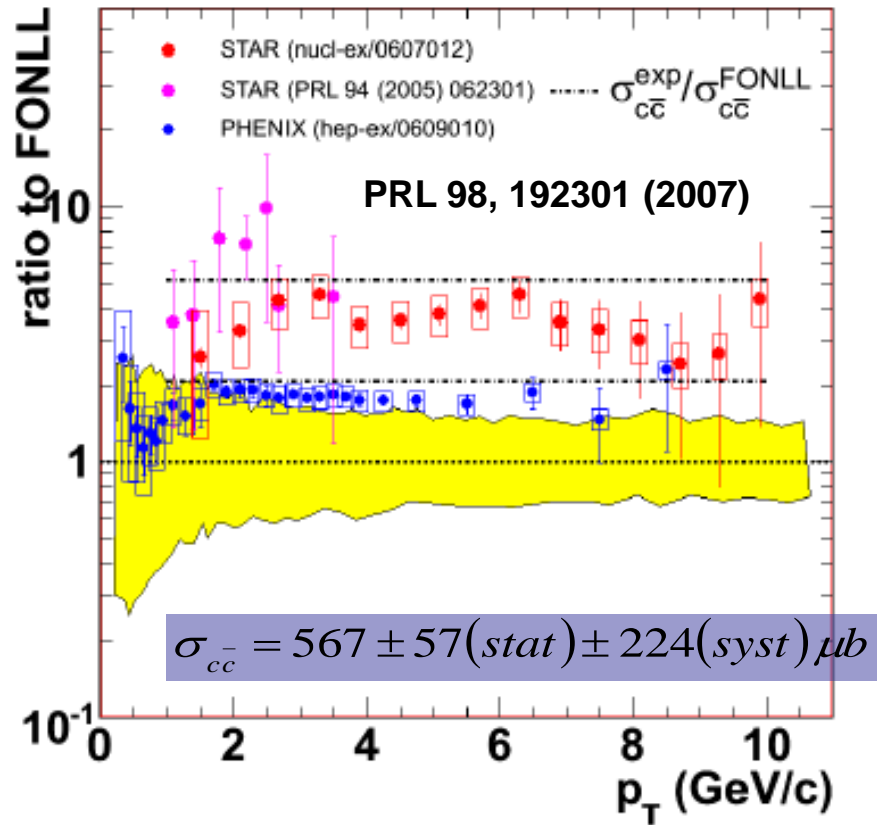
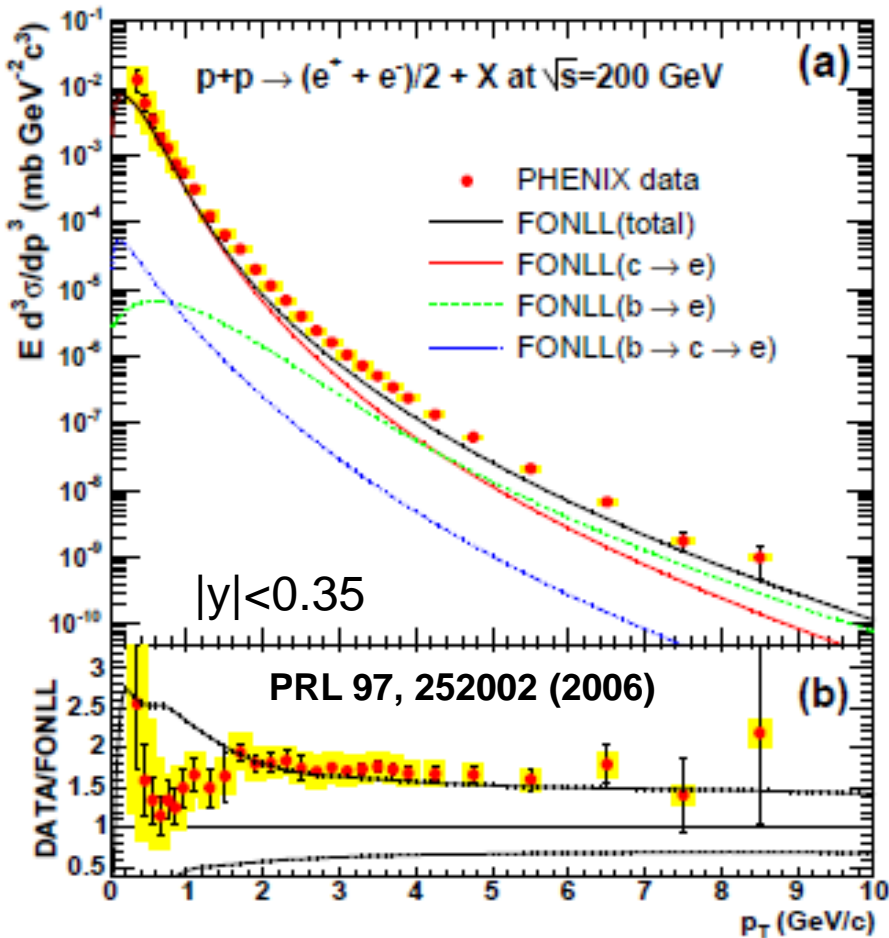
- Optimale a bas  $p_T$  ( $< 1.6 \text{ GeV}/c$ )
  - Source photoniques abondantes
- A grand  $p_T$ , faible statistique de « données avec convertisseur »



# Résultats en p+p

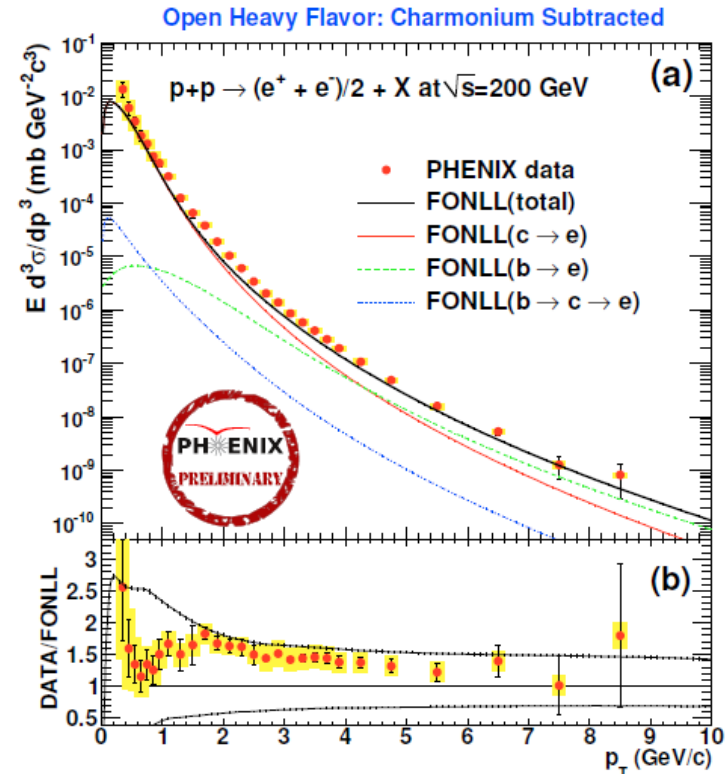
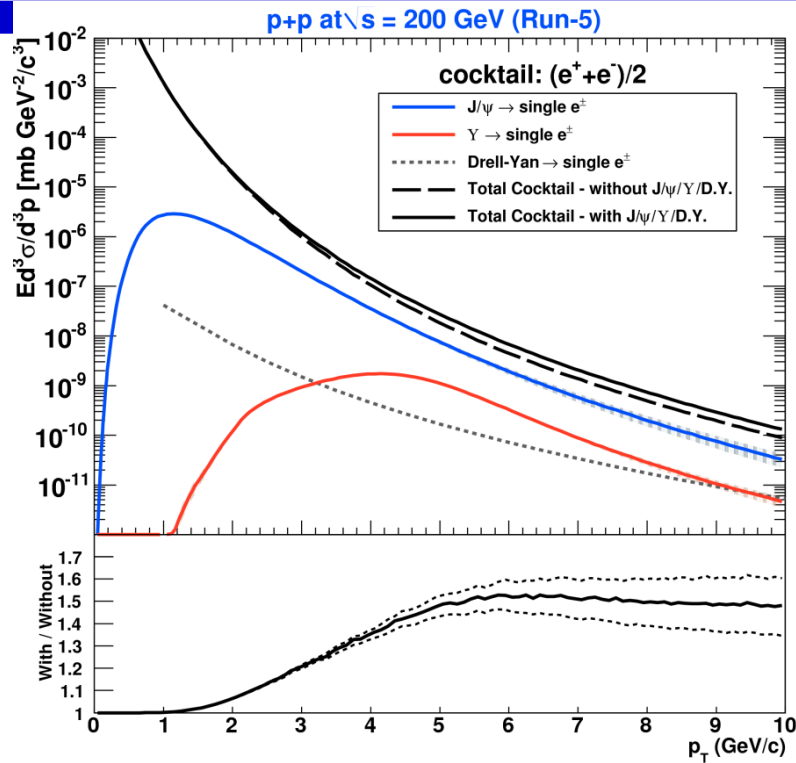
---

# Electrons de saveur lourds en p+p



- Dépendance en  $p_T$  compatible avec un calcul FONLL PRL 95, 122001(2005)
  - Données de PHENIX à la limite supérieur de la barre d'erreur théorique
  - Données de STAR  $\sim 2x$  au-dessus de PHENIX à  $p_T > 2$  GeV/c

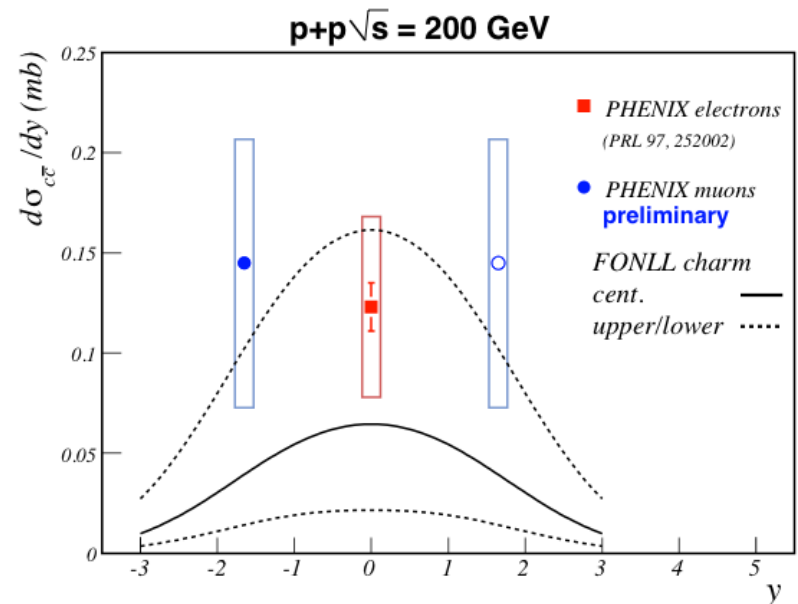
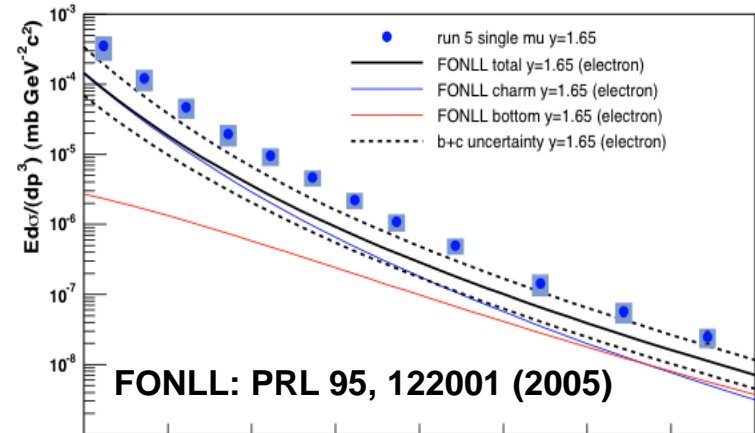
# Correction au bruit de fond



- $J/\psi \rightarrow e^+e^-$  et  $Y \rightarrow e^+e^-$  maintenant dans le cocktail
  - Contribution non négligeable aux spectre d'électrons
    - Augmentation de 50 % (au bruit de fond !) a  $p_T > 5$  GeV/c
  - Mais  $S/B \sim 3$  dans cette région  $\Rightarrow$  signal diminue par  $< 20\%$

# Muons

- Spectre de muons inclusive :
  - Signal
    - Muons « prompts »  
(  $D/B \rightarrow \mu^\pm \nu_\mu X^\pm$  )
  - Bruit de fond
    - Muons de décroissance d'hadrons légers
    - Hadrons mal-identifiées en tant que muons
- Soustraction d'un cocktail de bruit de fond simulé ( $\pi$ ,  $K$ ,  $p$ )
  - Rapports de taux ajustés pour reproduire la distribution des hadrons arrêtés dans les absorbeurs



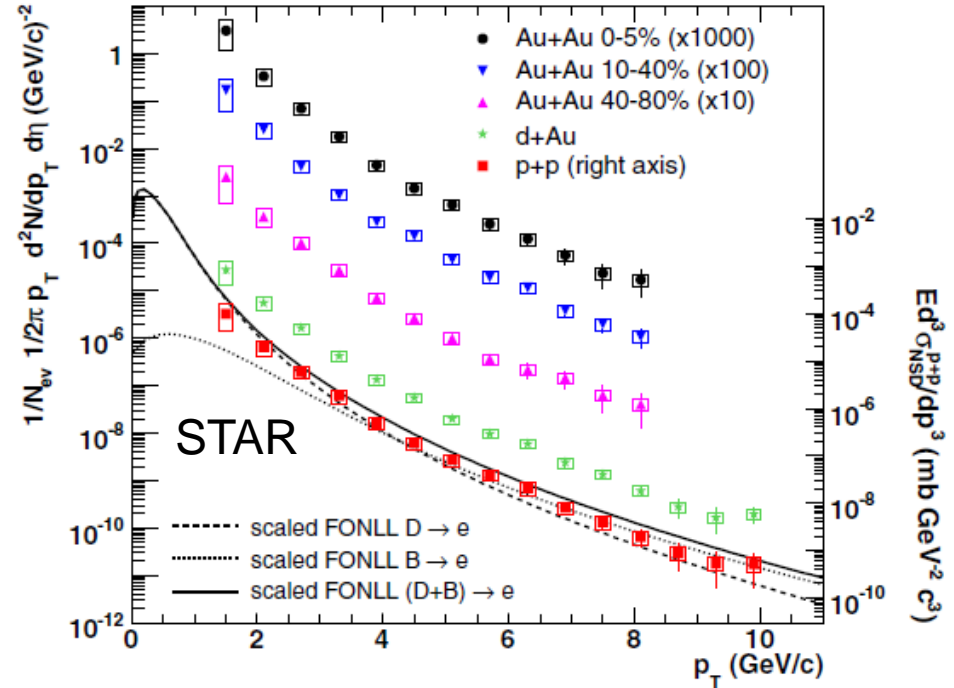
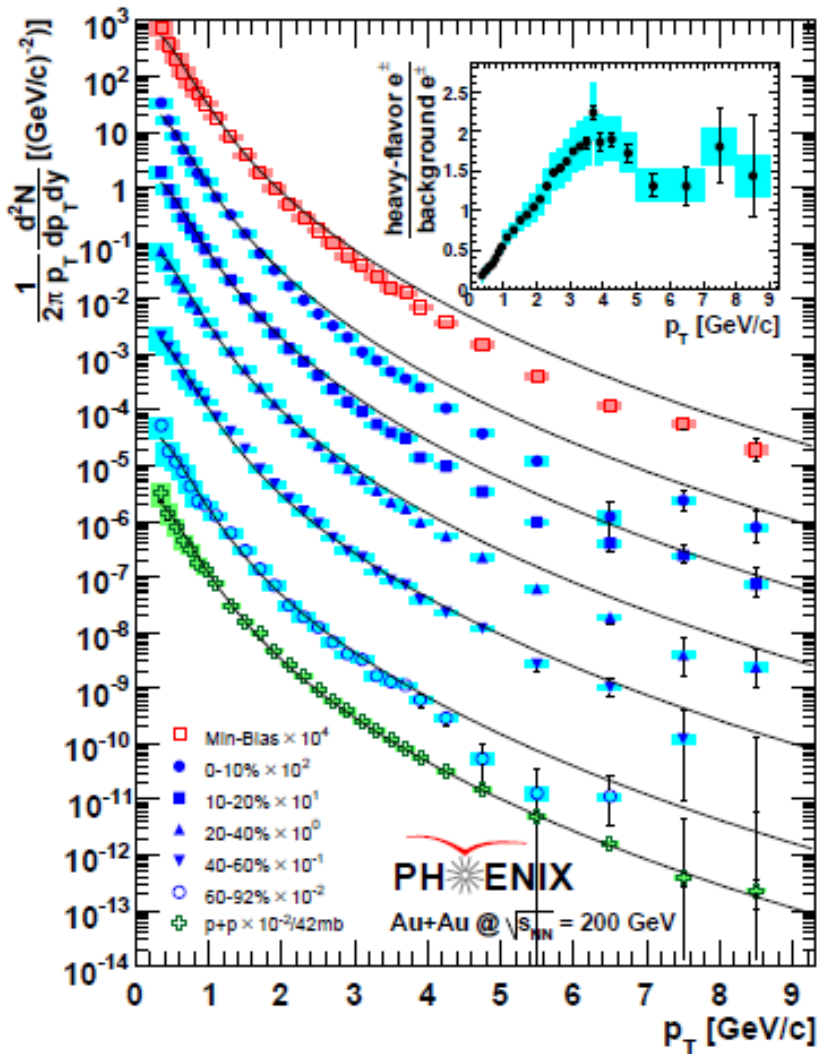
# Mesures en Au+Au

---

# Electrons en Au+Au

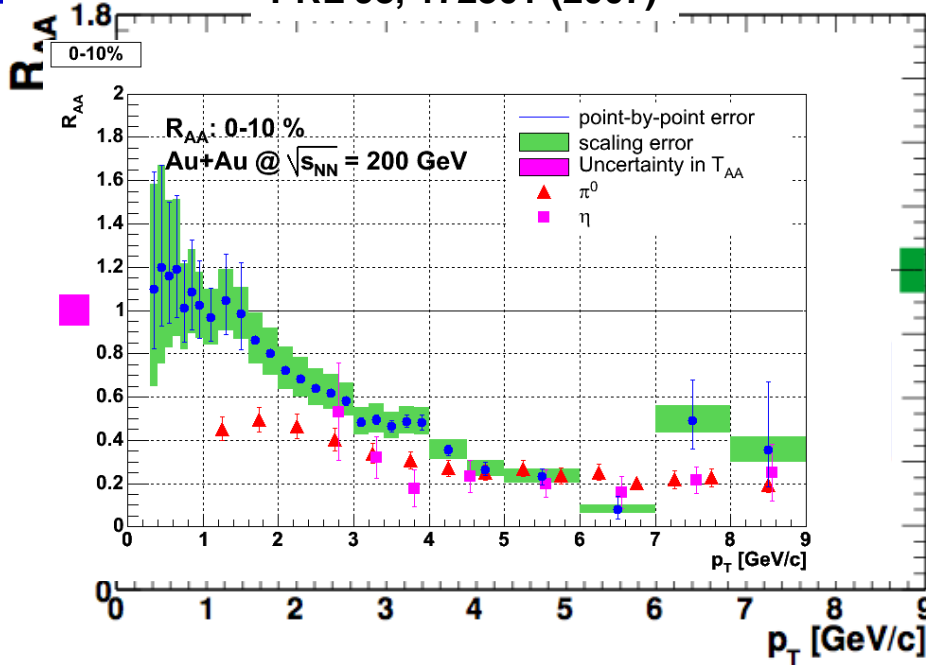
PRL 98, 172301 (2007)

PRL 98, 192301 (2007)

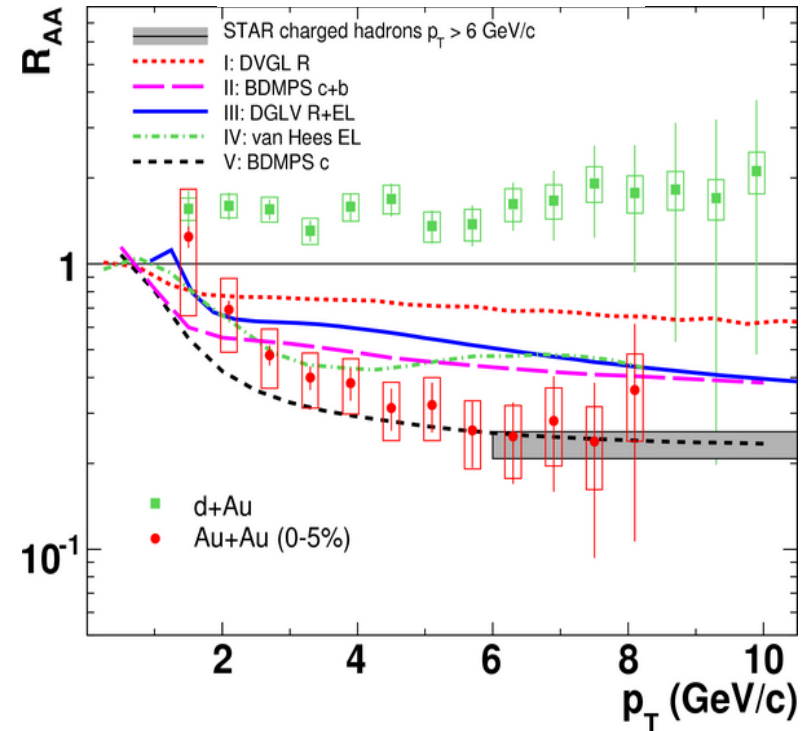


# Suppression

PRL 98, 172301 (2007)



PRL 98, 192301 (2007)



- $R_{AA}$  des électrons de saveurs lourds: STAR et PHENIX en accord
  - Même niveau de suppression que  $\pi^0$  et  $\eta$  ( $\sim 0.2$ ) pour  $p_T > 4$  GeV/c
  - Perte d'énergie plus important que prédisait les modèles traditionnelles radiative
    - L'hierarchie de la perte d'énergie radiative  $dE_q > dE_Q$  n'est pas reflétée par la donnée
    - Perte d'énergie collisionnelle? Augmentation baryonique?
    - Grand incertitude: A quel  $p_T$  la contribution de b devient significative dans le spectre e(NP)?

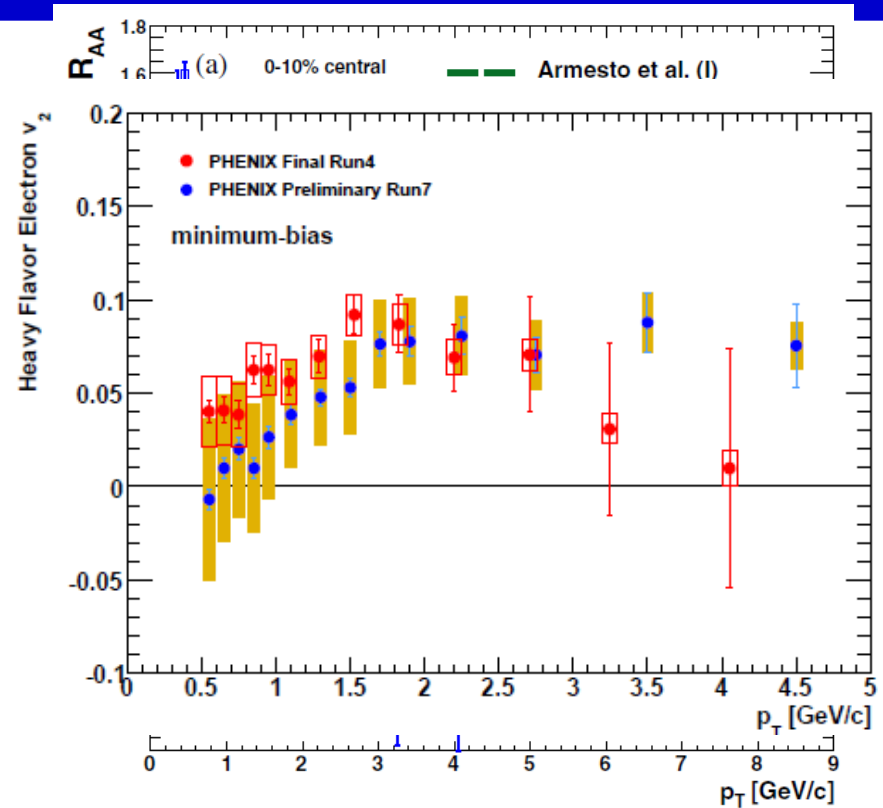
# Flot elliptique

- Implications

- Temps de relaxation de quarks lourds  $\sim$  quarks léger
- Accord avec calculs basés sur une évolution Langevin

PRC 71, 064904 (2005)

- Grand coefficient de diffusion (limite sup. pour le milieu)
- Implique un rapport  $\eta/s$  basse proche de la limite quantique
- Incertitude élevé à grand  $p_T$
- Quel est la contribution du b?

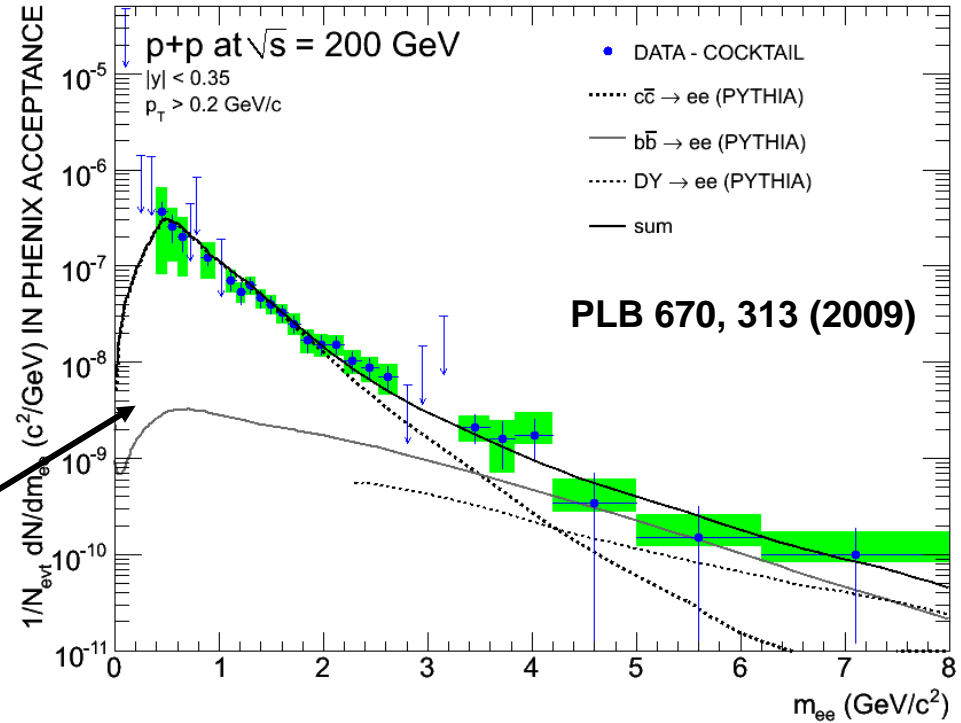
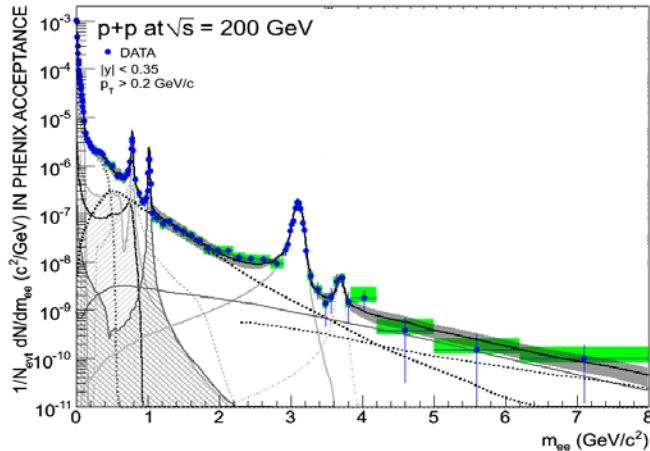


$$v_2^{HF} = \frac{\left( v_2^{inc} N_{e^{\pm}inc} - v_2^{phot} N_{e^{\pm}phot} \right)}{N_{e_{HF}^{\pm}}}$$

Séparer charme et beauté

---

# Spectre de di-électrons (PHENIX)



- Soustraire la contribution de tous les mésons vecteurs en simulant le spectre de paires  $e^+e^-(\gamma)$  de leur décroissance
- Ajuster calculs PYTHIA pour extraire le taux des sources de paires corrélées restant, compose de  $c\bar{c}$ ,  $b\bar{b}$  et DY
- Extrapoler a  $p_T = 0$  (basée sur FONLL) et intégrer pour obtenir

$$\sigma_{c\bar{c}} = 544 \pm 39(\text{stat}) \pm 142(\text{sys}) \pm 200(\text{modele}) \mu\text{b}$$

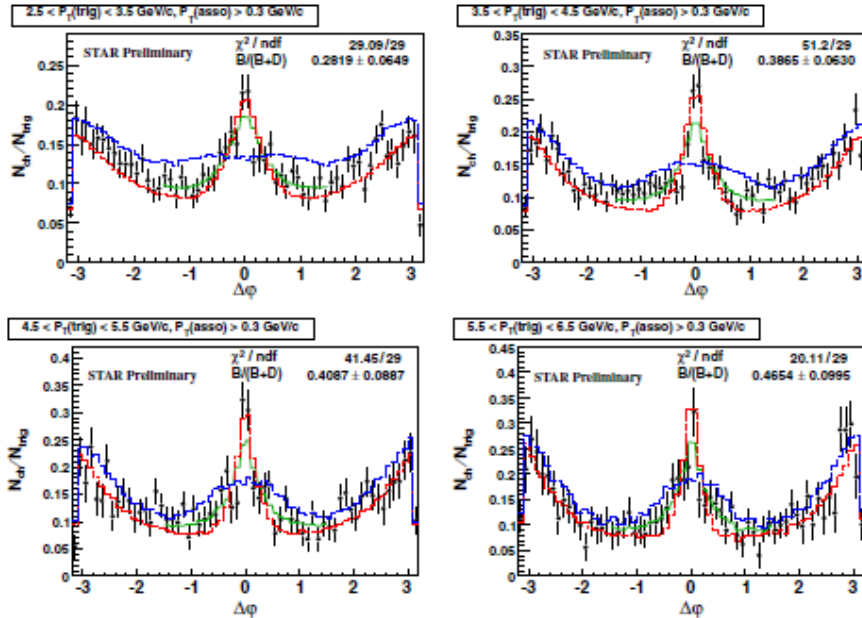
ou avec un fit simultane de  $c\bar{c}$  &  $b\bar{b}$  et DY :

$$\sigma_{c\bar{c}} = 518 \pm 47(\text{stat}) \pm 135(\text{sys}) \pm 190(\text{modele}) \mu\text{b}$$

$$\sigma_{b\bar{b}} = 3.9 \pm 2.4(\text{stat}) + 3/-2(\text{sys}) \pm 1.6(\text{modele}) \mu\text{b}$$

# Corrélation angulaire e-h (STAR)

hep-ph/0602067

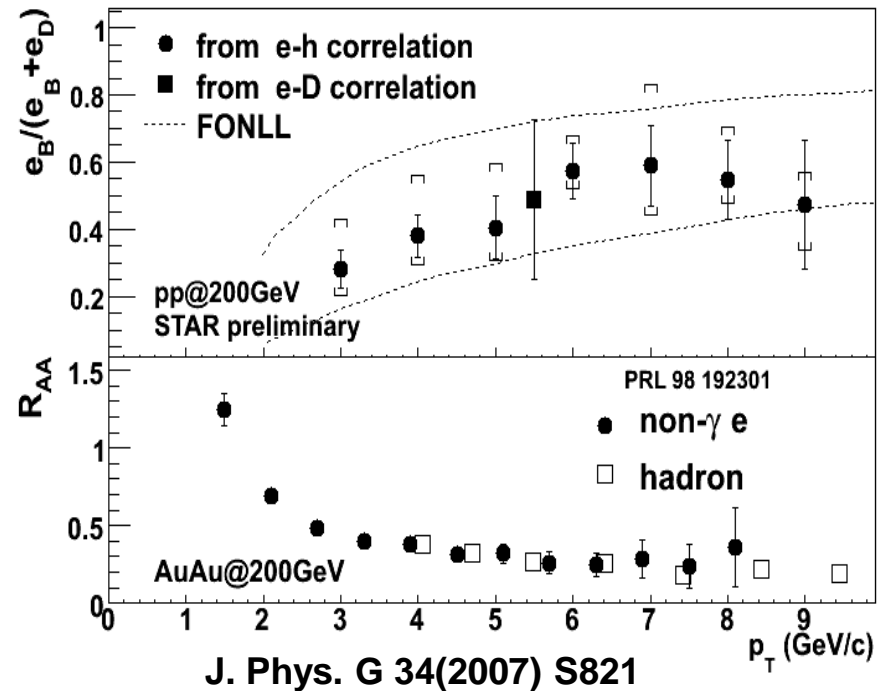


## • Corrélation e(NP)-h

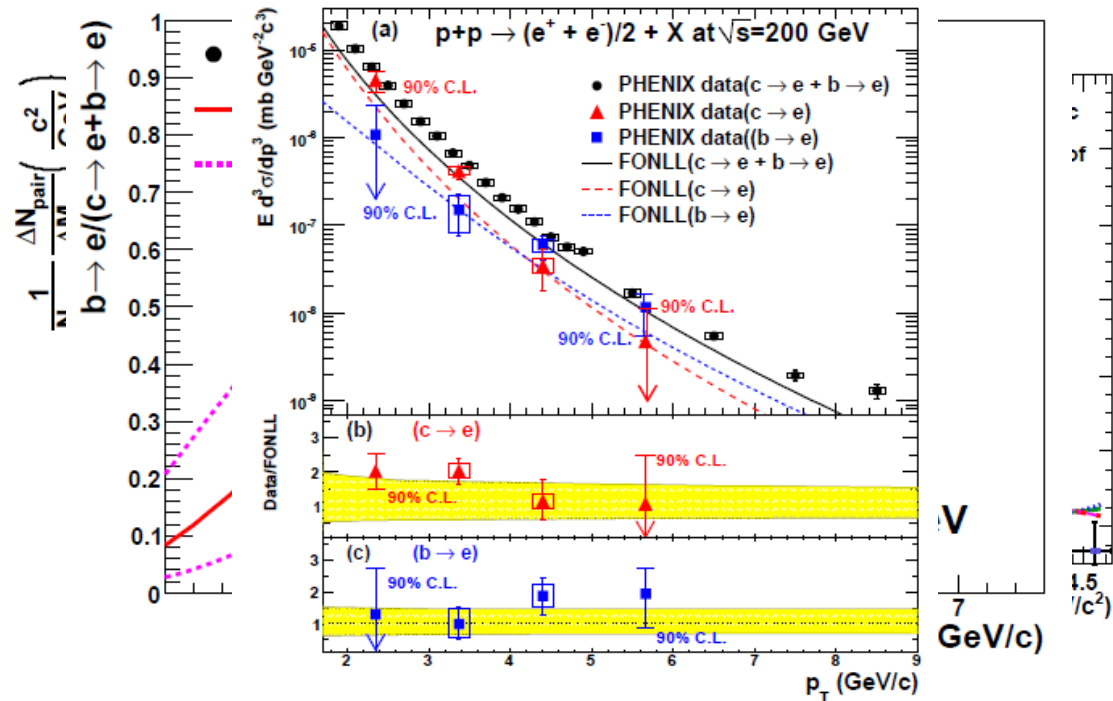
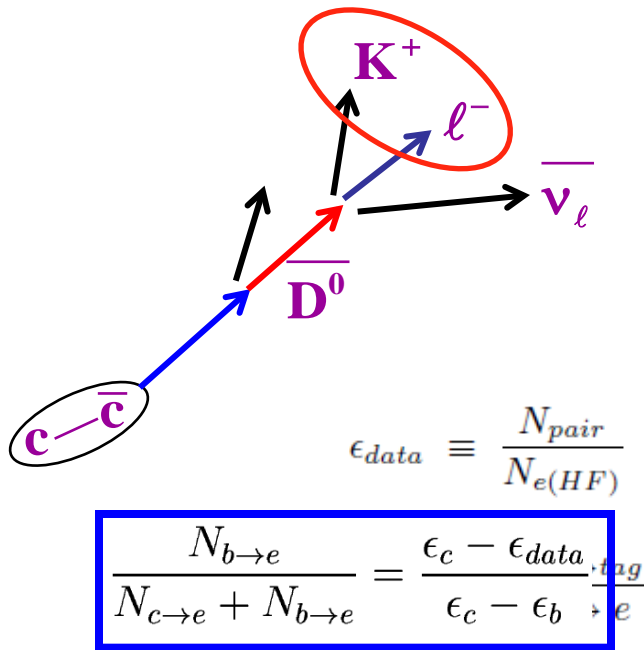
- Différence de forme de la corrélation angulaire e-h pour  $b\bar{b}$  et  $c\bar{c}$
- Les corrélations simulé dans PYTHIA ajustée aux données

## • Résultat

- Le rapport  $e_b/(e_c+e_b)$  mesurée est compatible avec FONLL
- Contribution significative de  $b$  aux électrons non-photoniques dans le domaine de  $p_T$  couvert

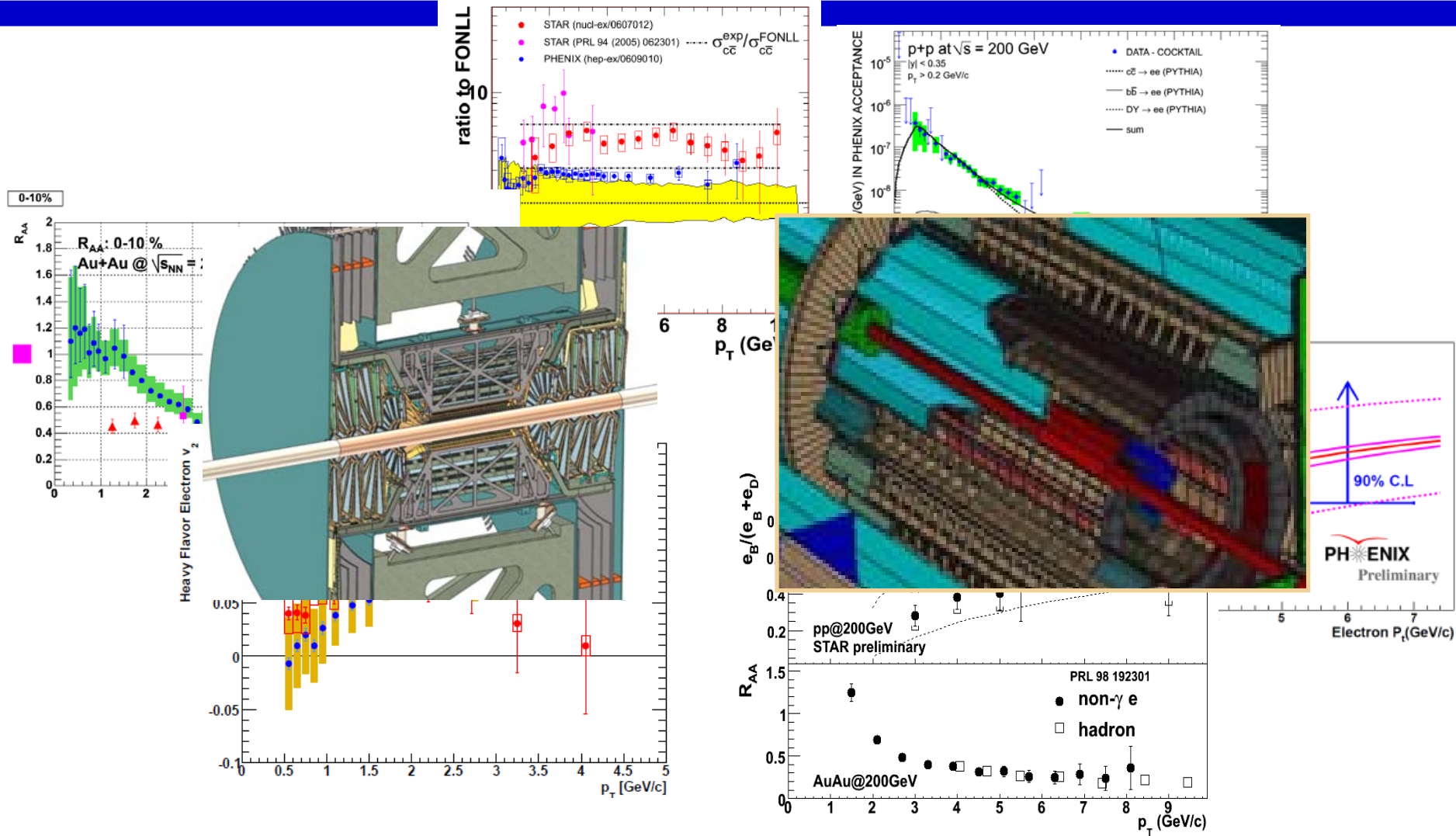


# Masse invariante de paires e-K (PHENIX)



- Corrélation en masse e (NP) et K (sans PID) de charge opposés
  - Formule exacte permet de relier  $N_{b \rightarrow e}/(N_{c \rightarrow e} + N_{b \rightarrow e})$  aux efficacités
  - Données situées entre les courbes issues de PYTHIA pour le b et c
  - Les sections efficaces déduites de ce rapport sont compatibles avec FONLL

# Conclusion

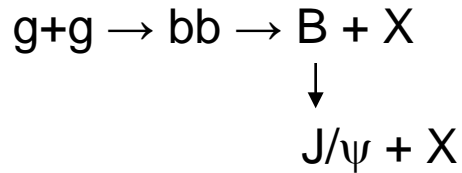


# Backup

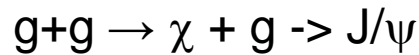
---

# B $\rightarrow$ J/ $\psi$ + X (STAR)

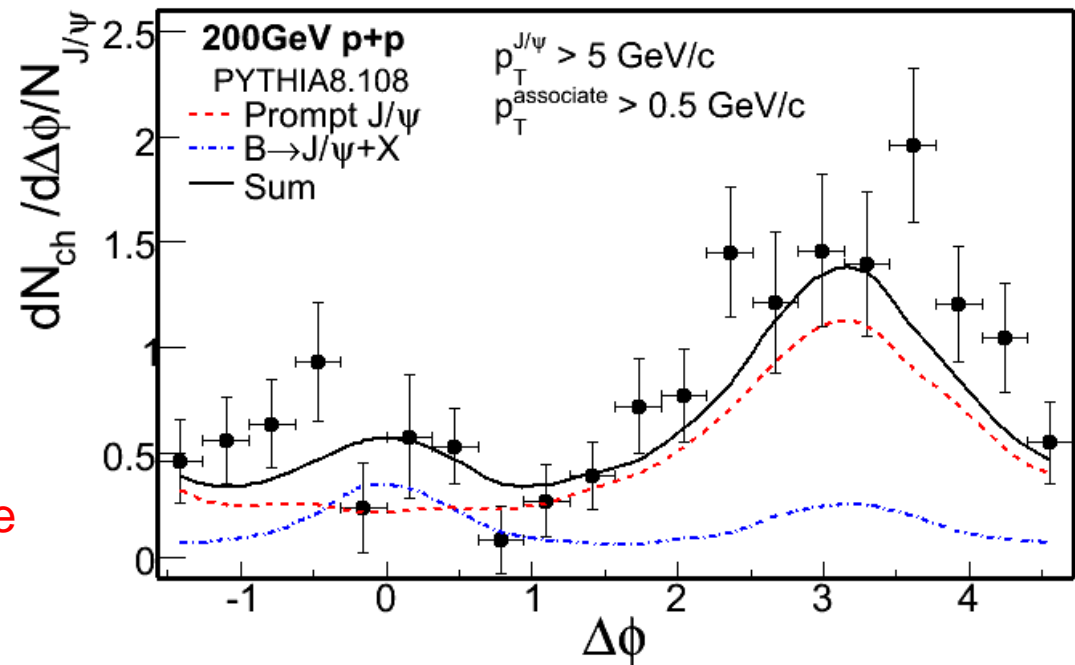
- Corrélation azimuthal entre J/ $\psi$  et hadrons
  - Dépendance sur le mode de production



$\Rightarrow$  Corrélation a petit angle



$\Rightarrow$  Pas de Corrélation a petit angle



- B  $\rightarrow$  J/ $\psi$  + X contribution  $(13 \pm 5)\%$  au taux inclusive