

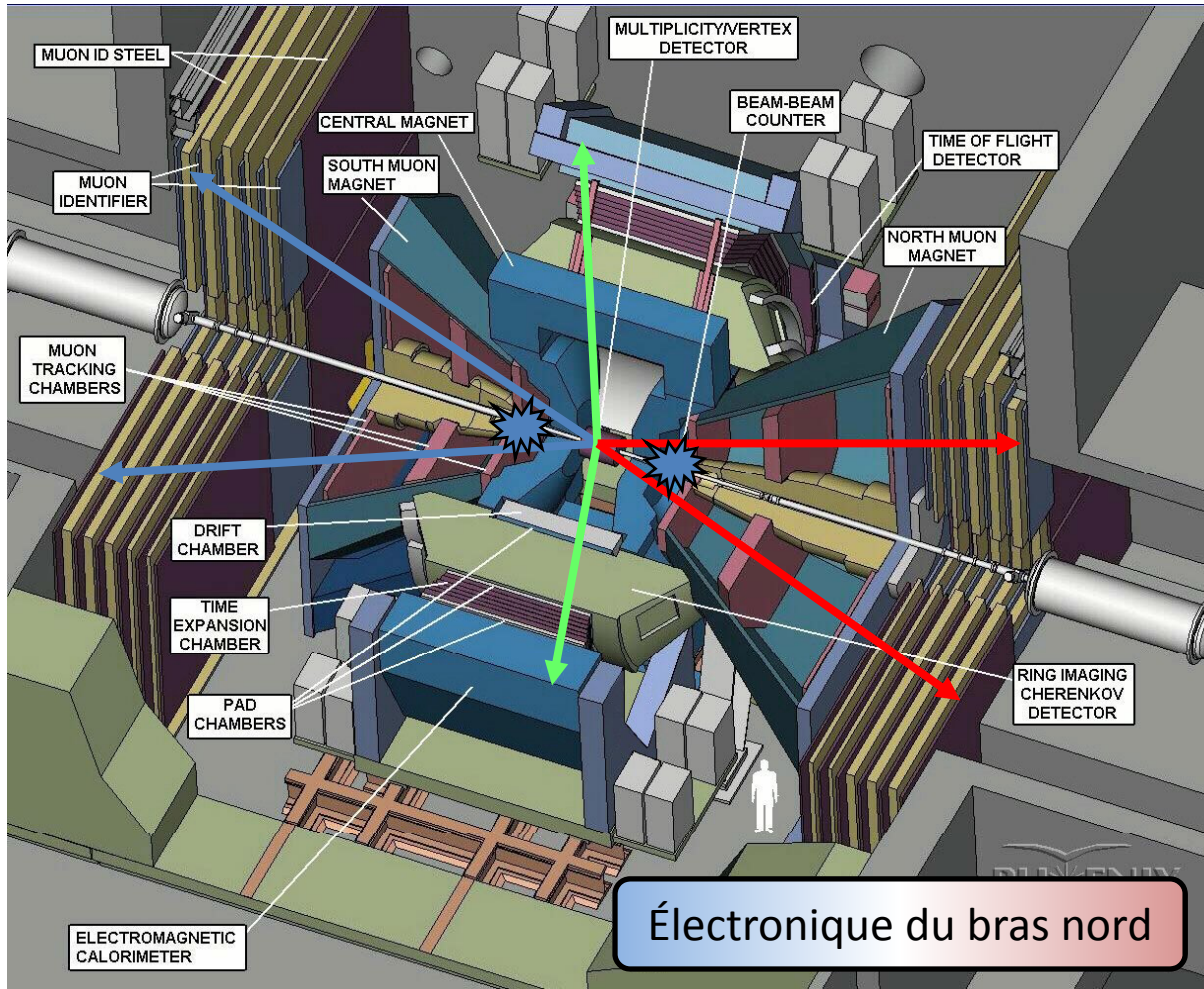


Perspectives **RHIS ENIX**
saveurs lourdes

Raphaël Granier de Cassagnac
Étretat, 19 septembre 2007
Journées QGP France

LR

Des J/ψ dans PHENIX



$J/\psi \rightarrow e^+e^-$ identifiés dans RICH et EMCal

- $|\eta| < 0.35$
- $p_e > 0.2 \text{ GeV}/c$
- $\Delta\phi = 2 \times 90^\circ$

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

identifiés dans 2 spectro vers l'avant

- $1.2 < |\eta| < 2.4$
- $p_\mu > 2 \text{ GeV}/c$
- $\Delta\phi = 360^\circ$

Centralité, vertex, plan de réaction donnés par BBC $3 < |\eta| < 3.9$

Historic

[1] [PRL92 \(2004\) 051802](#)

[4] QM05, [nucl-ex/0510051](#)

[2] [PRC69 \(2004\) 014901](#)

[5] [PRL98 \(2007\) 232301](#)

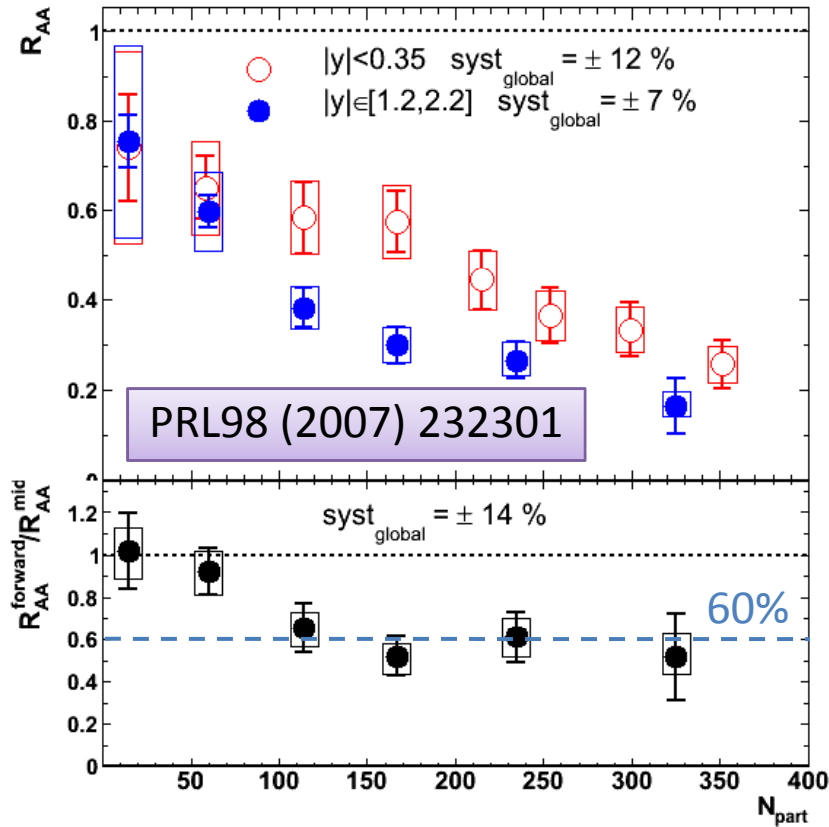
[3] [PRL96 \(2006\) 012304](#)

[6] [PRL98 \(2007\) 232002](#)

| Année | Ion | Énergie | Intégrité | Statut (J/ψ) | J/ψ (ee + μμ) |
|---------|-------|---------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| 2000 | Au | 200 GeV | 0,15 pb ⁻¹ | Central (elec.) | 0 |
| 2001/02 | Au | 200 GeV | 0,15 pb ⁻¹ | Central (elec.) | 13 + 0 [1] |
| | p-p | 200 GeV | 0,15 pb ⁻¹ | + 1 muon arm | 46 + 66* [2] |
| 2002/03 | d-Au | 200 GeV | 2,74 nb ⁻¹ | Central | 360 + 1660* [3] |
| | p-p | 200 GeV | 0,35 pb ⁻¹ | + 2 muon arms | 130 + 450* [3] |
| 2003/04 | Au-Au | 200 GeV | 241 μb ⁻¹ | Publié | ~ 1000 + 4500* [5] |
| | Au-Au | 63 GeV | 9 μb ⁻¹ | Préliminaire | ~ 13 |
| | p-p | 200 GeV | 0,35 nb ⁻¹ | (Inutilisé) | |
| 2004/05 | Cu-Cu | 200 GeV | 3 nb ⁻¹ | Presque publié | ~ 1000 + 10000 [4] |
| | Cu-Cu | 63 GeV | 190 mb ⁻¹ | En cours... | ~ 10 + 200 |
| | p-p | 200 GeV | 3,8 pb ⁻¹ | Publié | ~ 1500 + 10000 [6] |
| 2006 | p-p | 200 GeV | 10,7 pb ⁻¹ | En cours... | > 2000 + 27000 |
| 2007 | Au-Au | 200 GeV | 813 μb ⁻¹ | En prod @ IN2P3 | > 3400* + 15000* |

Thèses J/ψ : dAu (Yann)
 AuAu (ViNham)
 et CuCu (Andry)
 * Reco au CCIN2P3

Actualité : suppression des J/ψ



Fin du talk d'Hugo d'hier 😊
 Talk de Catherine inclus ici ou chez
 Elena, Andry, Fred (cet après-midi)

Suppression ≈ 5

Supérieure vers l'avant

- Surprise ! Opposé des modèles prédisant une suppression croissant avec la densité d'énergie (color screening, comovers, sequential melting...)

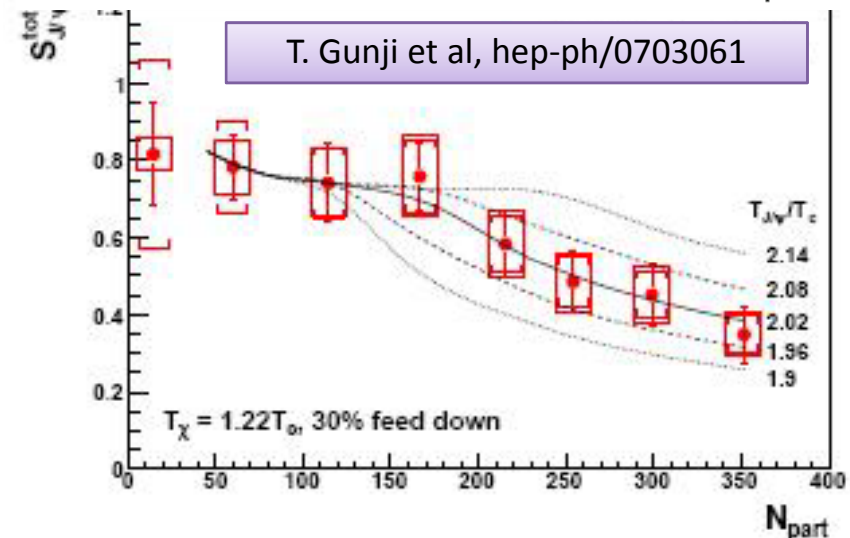
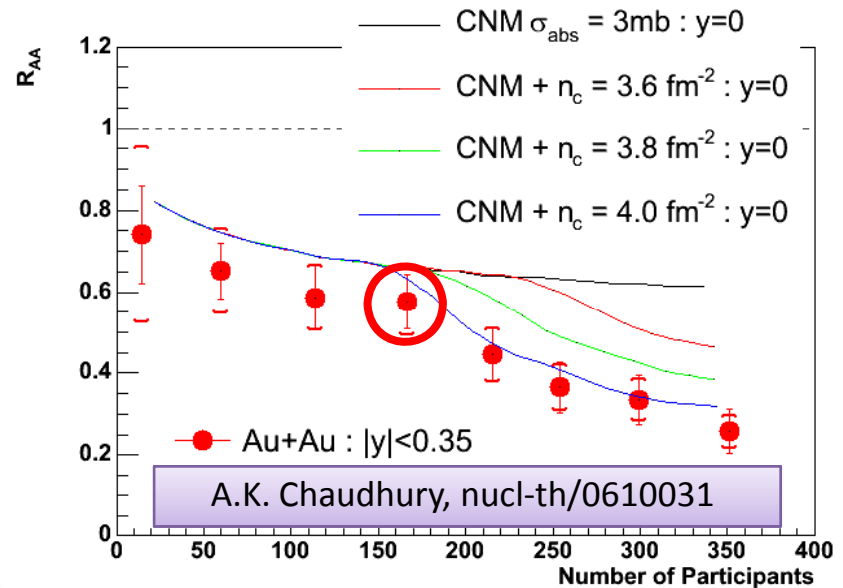
Possibles « complications »

1. Effets « froids »
 - Mal contraints
2. Recombinaison $c\bar{c}$ \rightarrow J/ψ
 - Plus d'augmentation à $y=0$
 - $c\bar{c}$ mal mesurés
3. Feed down du ψ' , χ_c , B...
 - Pas mesurées !

prospectives...

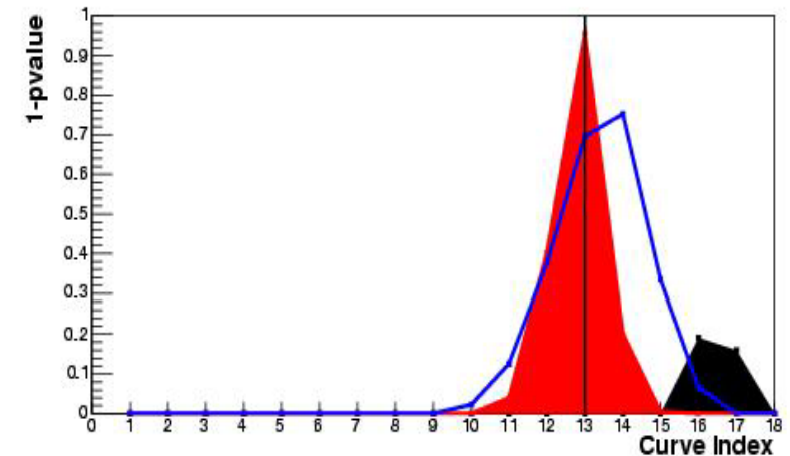
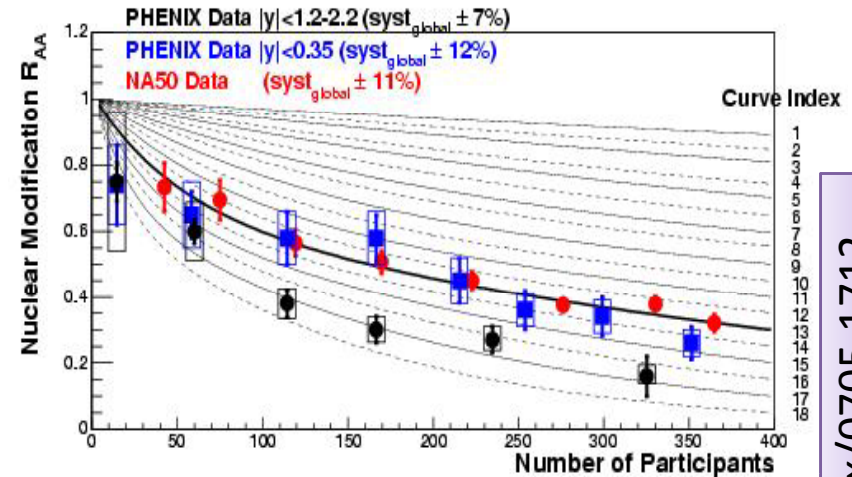
Possible effet de seuil ? Moui ?

- Onset curves fit the midrapidity data...
 - Chaudhury, nucl-th/0610031
 - Gunji et al, hep-ph/0703061 (after CNM subtraction)



Possible effet de seuil ? Bof...

- Onset curves fit the midrapidity data...
 - Chaudhury, nucl-th/0610031
 - Gunji et al, hep-ph/0703061 (after CNM subtraction)
- So do smooth curves !
 - Nagle nucl-ex/0705.1712
- Density threshold @ $y=0$ is incompatible with SPS onset or larger suppression @ $y=1.7$
 - Linnyk & al, nucl-th/0705.4443



J. Nagle, nucl-ex/0705.1712

→ Avec 3.4 fois la stat, le run 7 aidera à se décider...

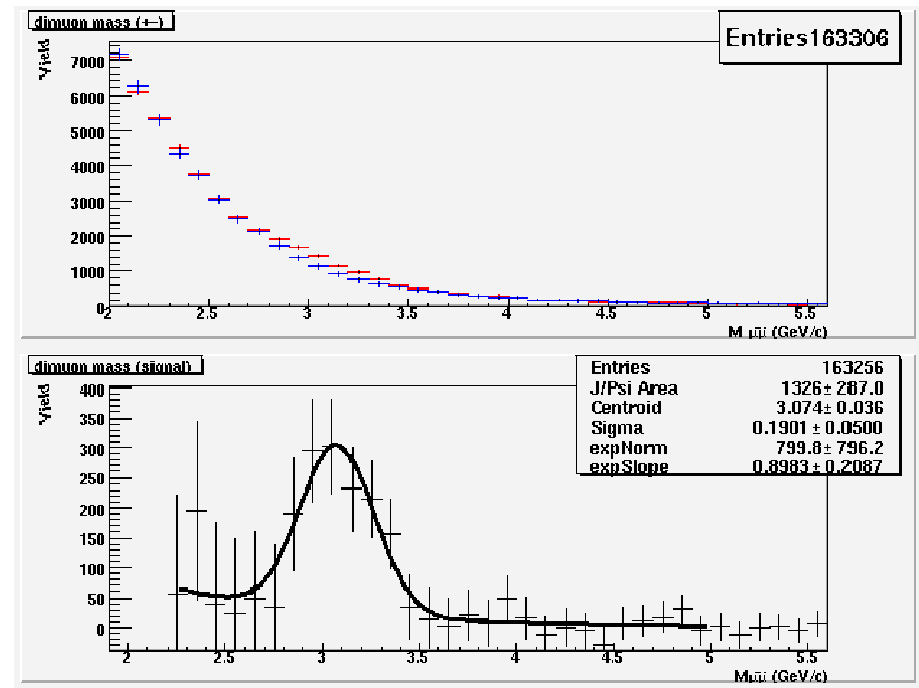
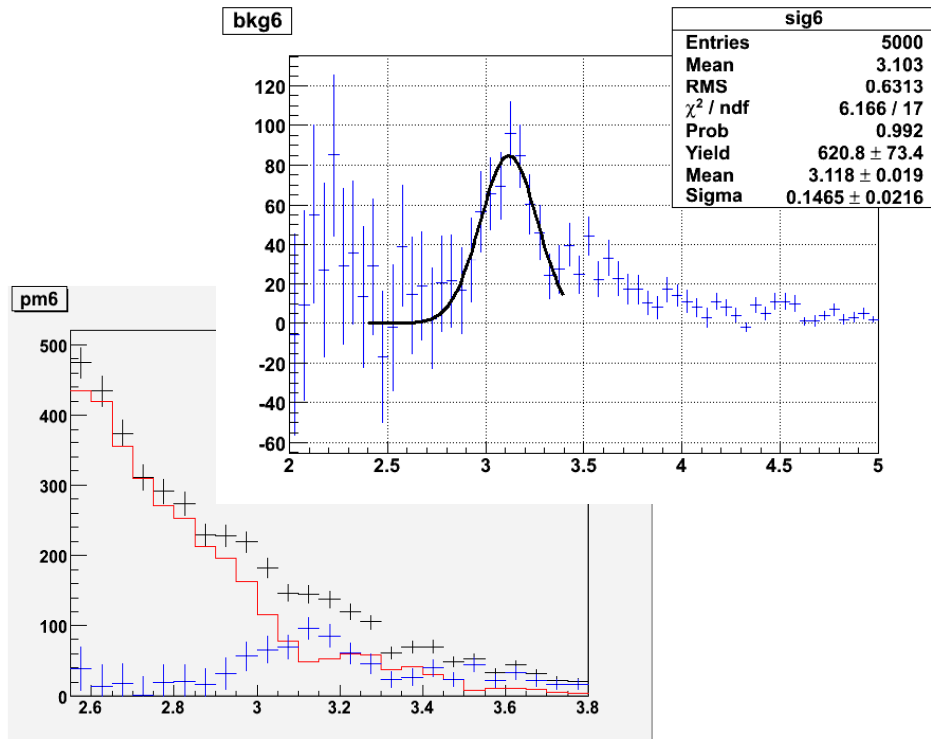
En cours : production et analyse run 7

Échantillon 8% du run 7 ($60 \mu\text{b}^{-1}$)

Extrapolation $> 3,400 \text{ J}/\psi \rightarrow ee$

Échantillon 8% du run 7 ($60 \mu\text{b}^{-1}$)

Extrapolation $\approx 15,000 \text{ J}/\psi \rightarrow \mu\mu$



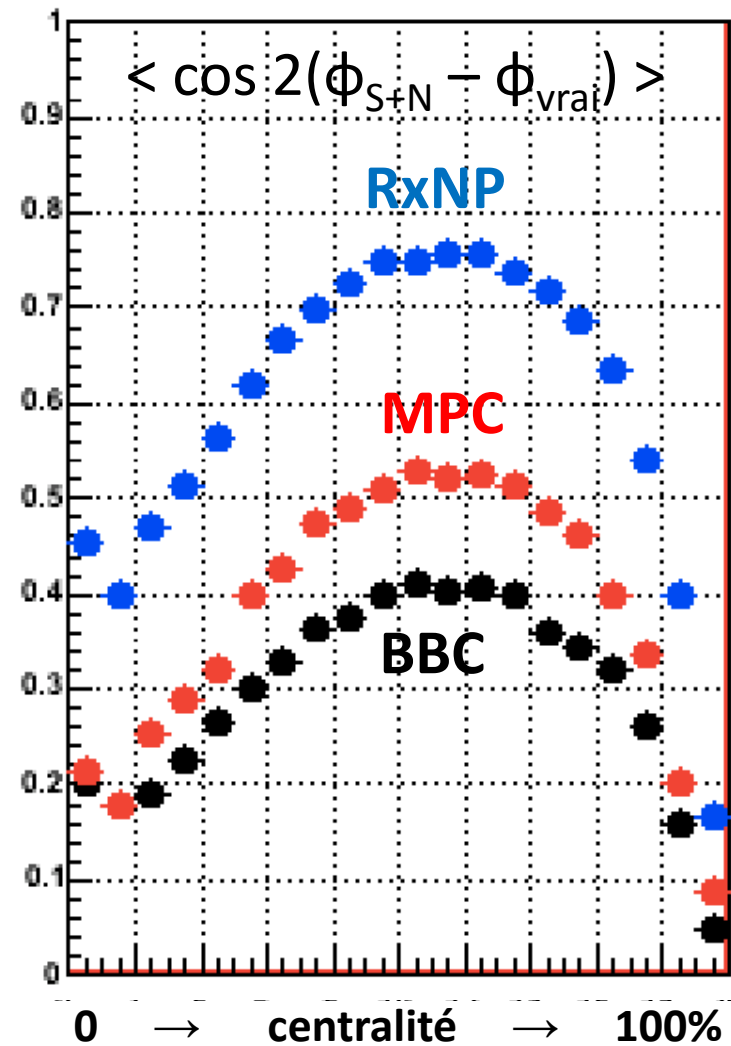
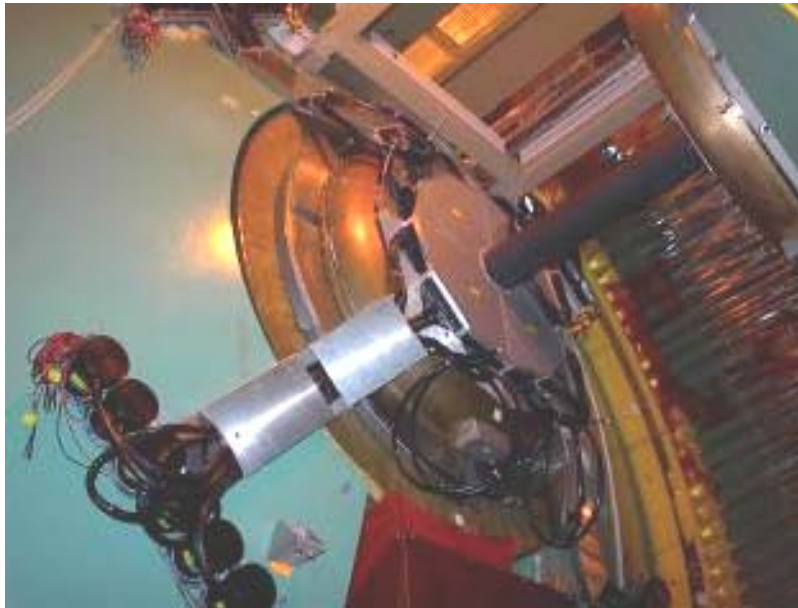
© Ermias...

Statistique x 3.4 par rapport au run4

© Catherine...

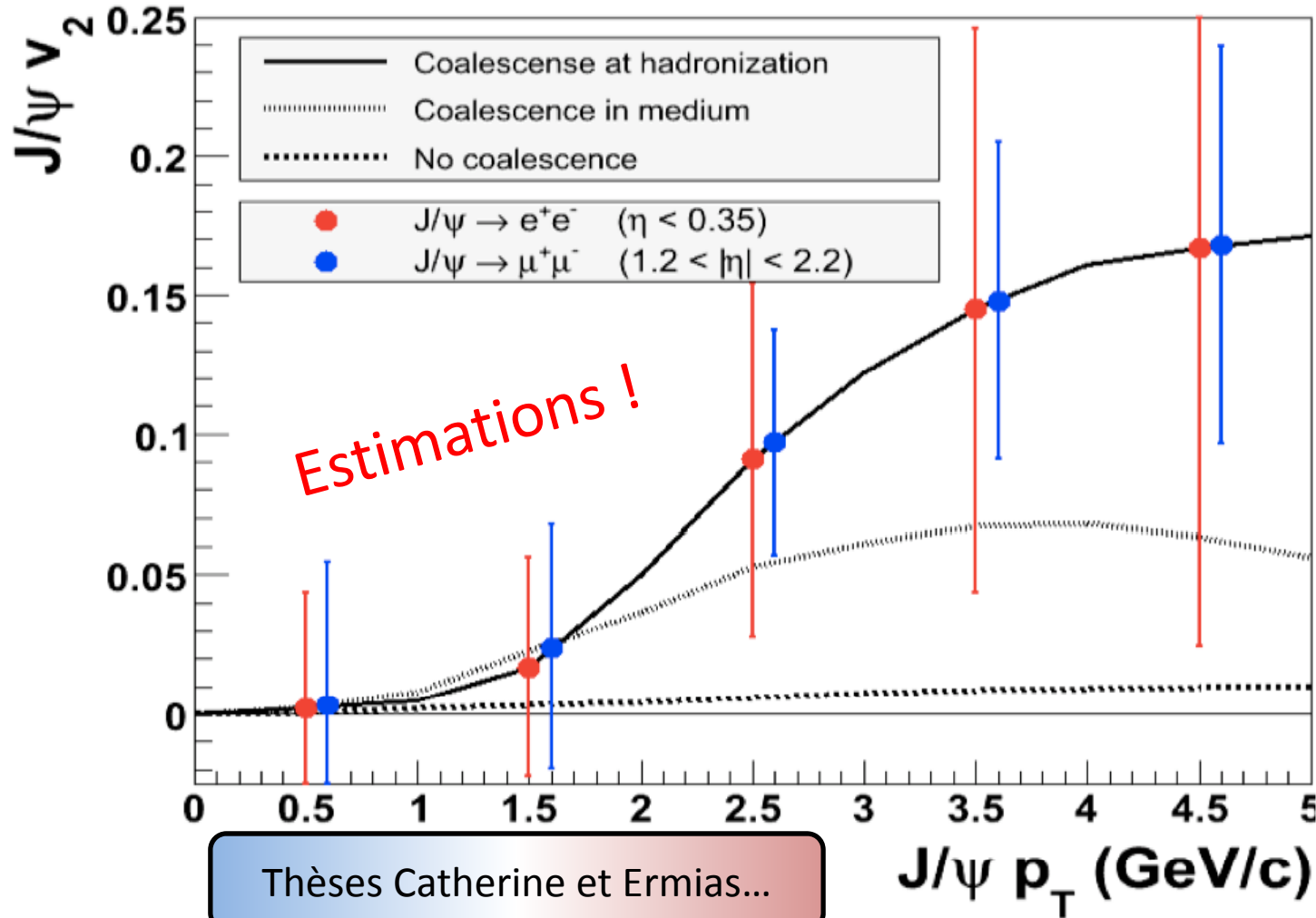
Quoi d'autre avec le run 7 ?

- Deux détecteurs de plan de réaction plus segmentés
- Le plus précis « RxNP »
 - Nord et sud / 12 tranches en ϕ
 - 2 sections en η (1.0 à 1.5 à 2.8)
- Équivalent à multiplier la statistique par 3.5 en terme de v_2



Bientôt : flot elliptique du J/ψ ?

PHENIX, Au+Au Run 7, 10 weeks 0.77 /nb



3.4 x 3.5 = 12
fois plus de
« statistique »

Devrait apporter
de l'information
sur une possible
recombinaison...

Actualité : les effets nucléaires froids

Pour l'instant, d+Au run3 extrapolé à Au+Au, mais :

1. R_{AA} et R_{dA} obtenus avec de techniques d'analyse différentes et normalisés par des run pp différents !

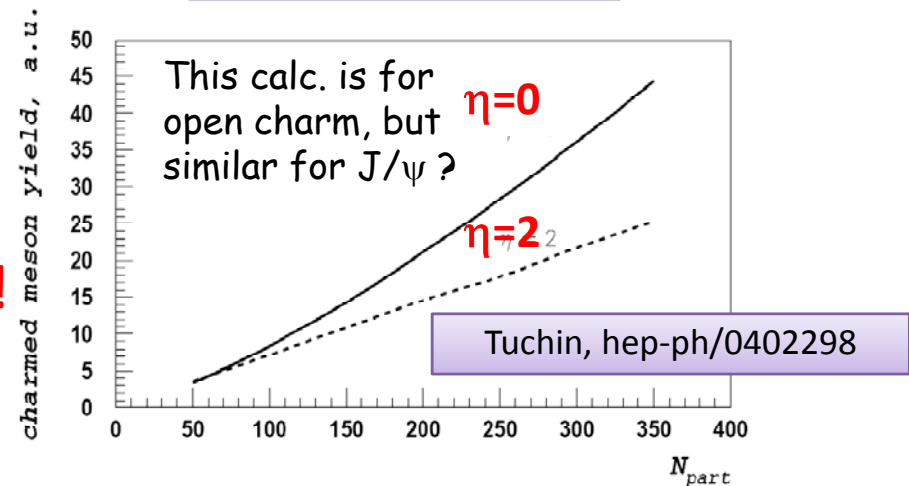
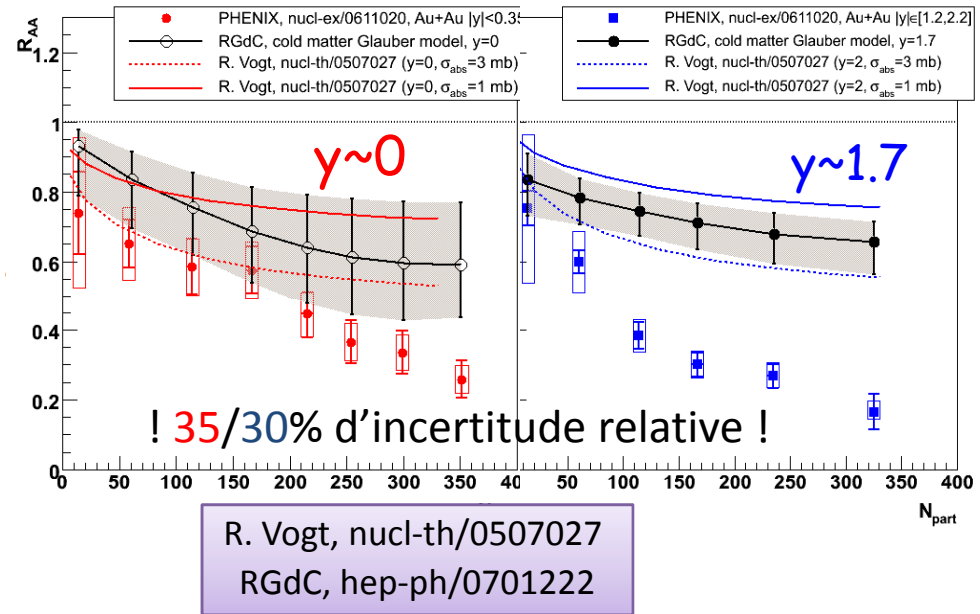
- Réanalyse/papier en cours...

2. Possible non factorisation des effets froids ?

- $R_{AA}(|y|) \neq R_{dA}(-y) \times R_{dA}(+y)$

3. Surtout : statistique faible !

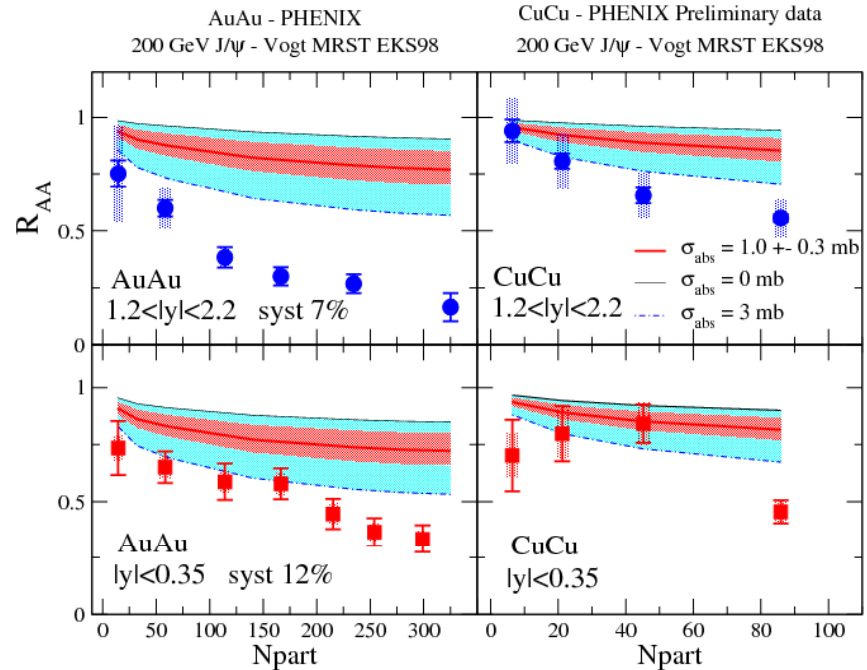
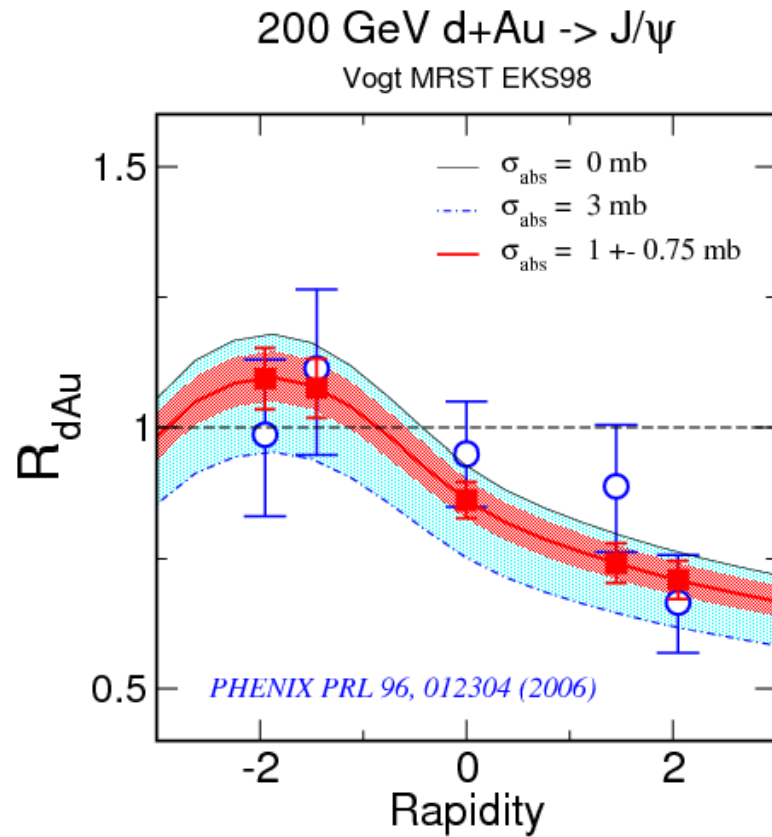
Voir Andry
cet après-midi !



Futur : besoin de d+Au au run8

Possiblement : 20 fois plus de statistiques...

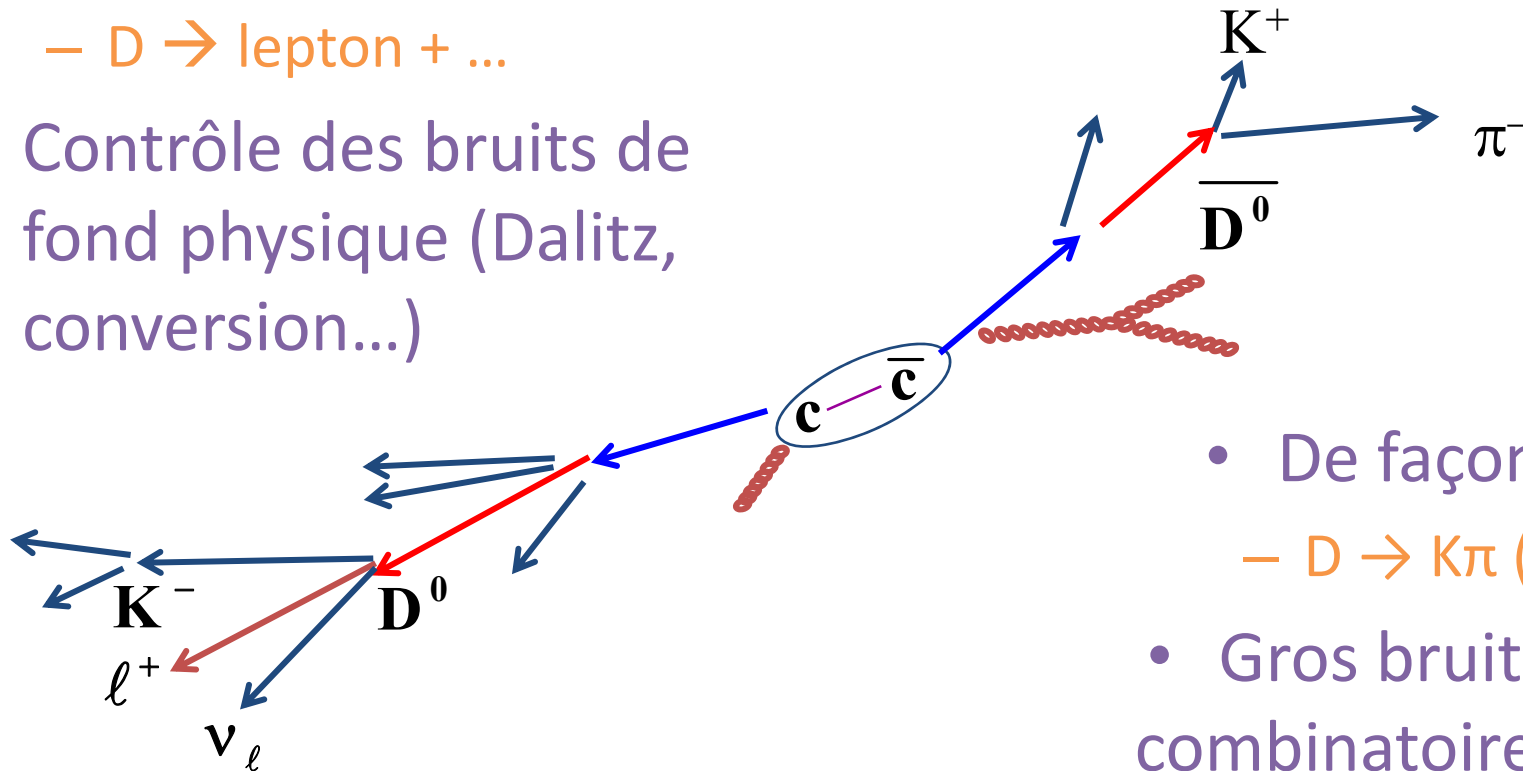
Extrapolation vers Au+Au...



(points Au+Au mal placés...)

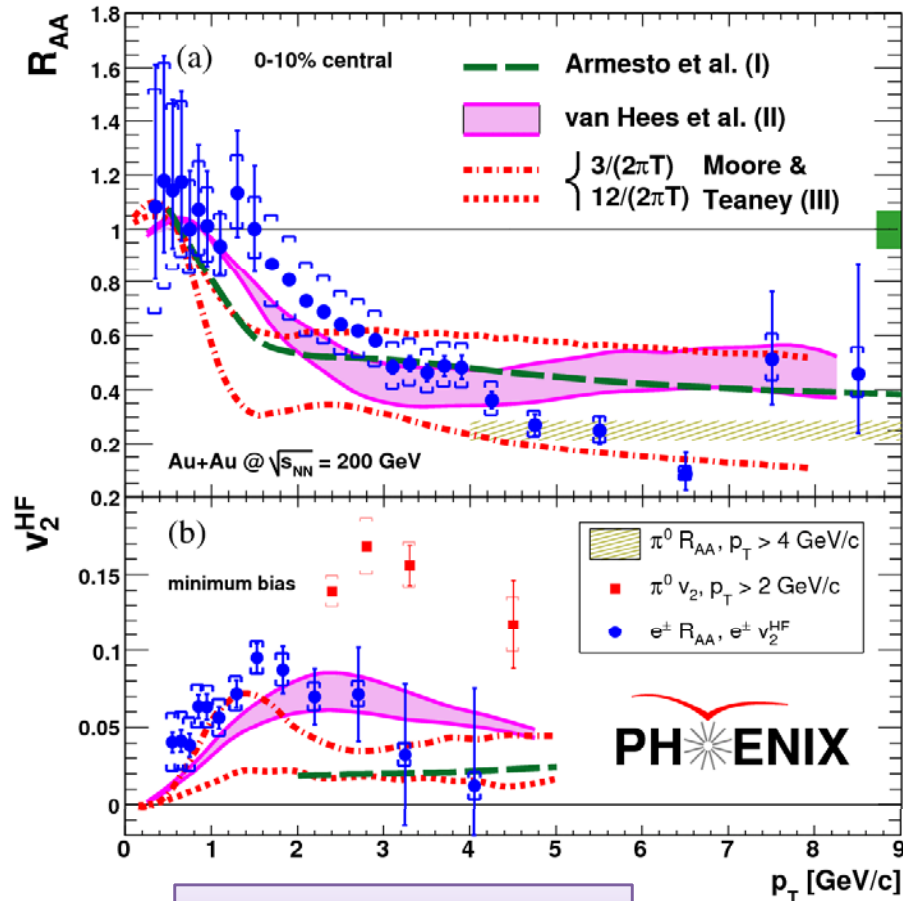
Le charme ouvert...

- De façon indirecte
 - $D \rightarrow \text{lepton} + \dots$
- Contrôle des bruits de fond physique (Dalitz, conversion...)



- De façon directe
 - $D \rightarrow K\pi$ (ou autre)
- Gros bruit de fond combinatoire en A+A

Actualité : électron des saveurs lourdes



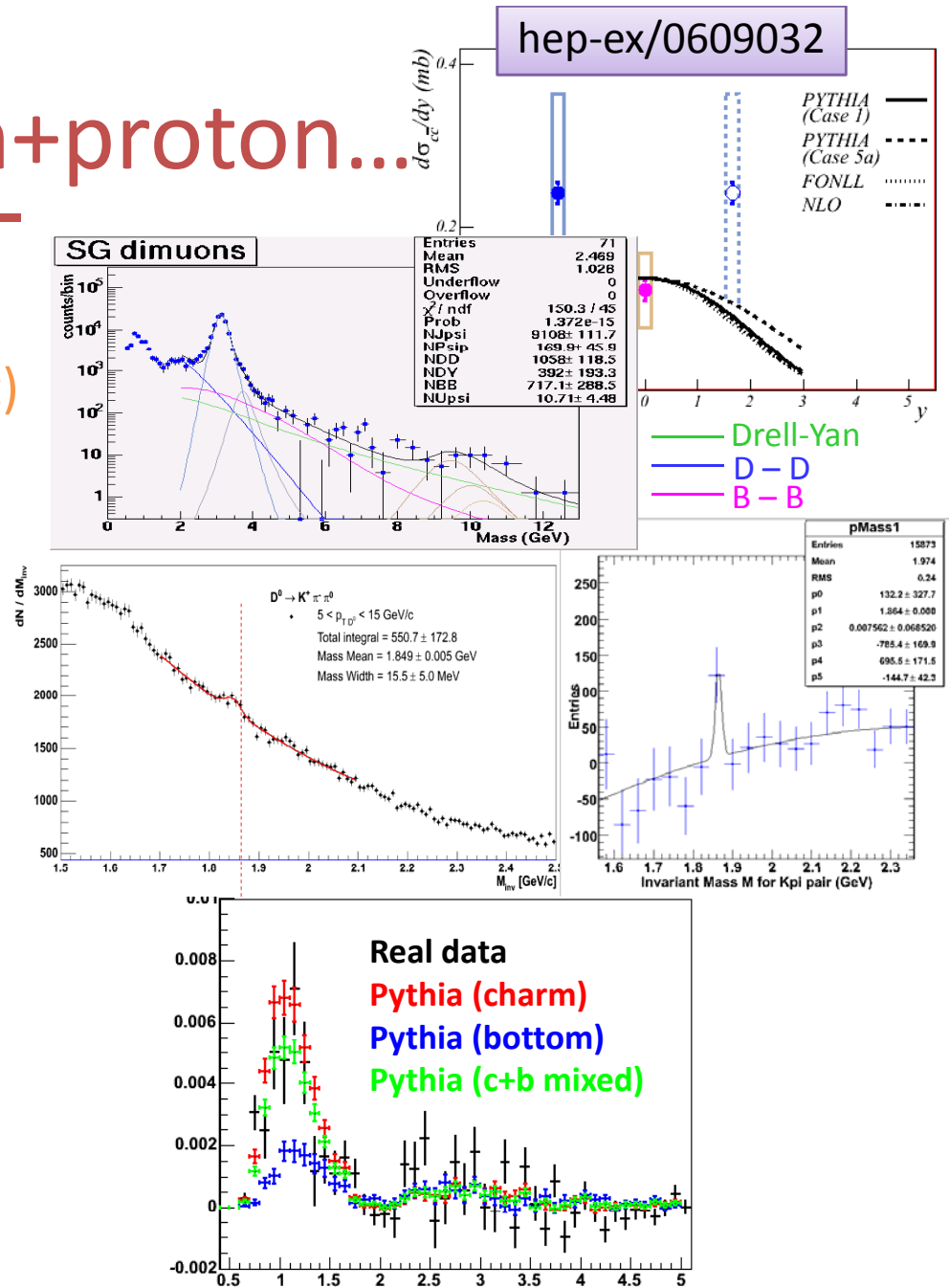
PRL94 (2005) 082301
PRL98 (2007) 172301

- En p+p Voir Alexandre pour STAR
 - PHENIX \approx pQCD
 - PHENIX \approx STAR/2 ←
- En Au+Au...
 - N_{coll} scaling
 mais deux surprises :
 - Suppression haut p_T
 - Large flot elliptique
- Saveurs lourdes très sensibles au milieu...
 - Thermalisation rapide ?
 - Perte d'énergie élastique ?
- Une question expérimentale :
 - Charme ou beauté ? ←

En cours : en proton+proton...

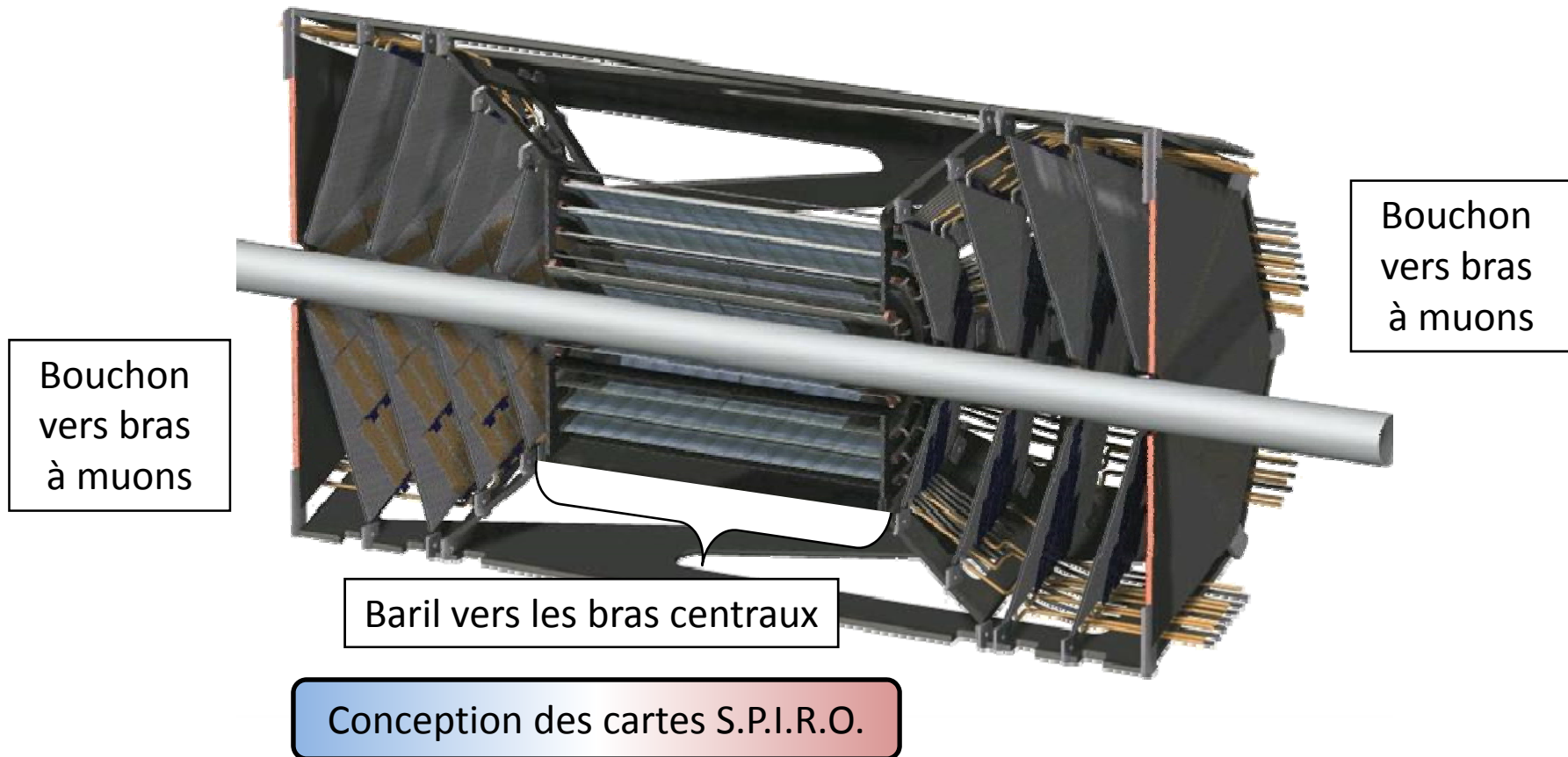
- Single muon
 - hep-ex/ 0609032 (PRD accept)
- Dimuon

Thèse de Sébastien
- Mesures directes de D^0
 - $K^- \pi^+ \pi^0$
 - $K^+ \pi^-$ (avec e^+ de l'autre côté)
- Corrélation électron-hadron
 - Séparation charme/beauté dépendante de PYTHIA...
 - (très bientôt préliminaire !)
- Mais très limités par le bruit de fond en Au+Au !



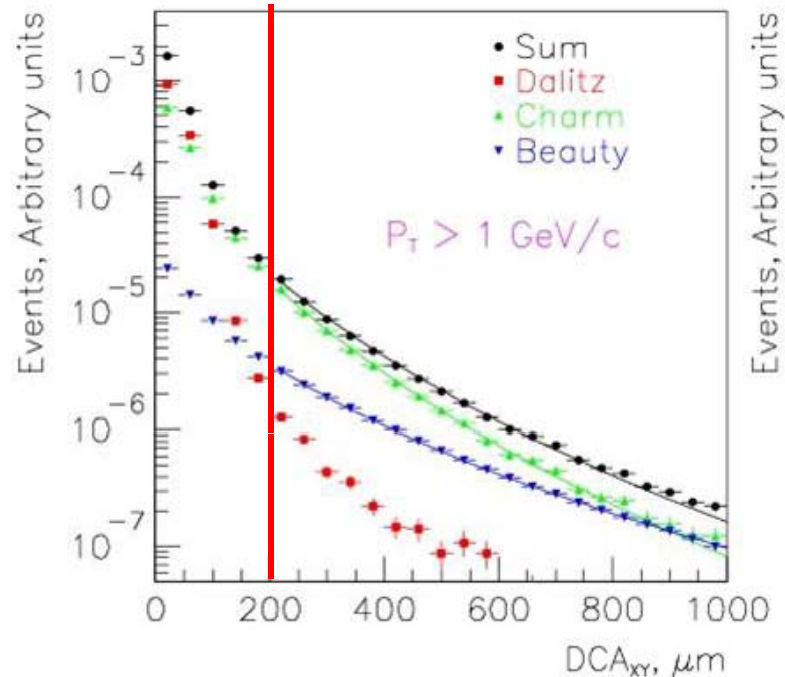
Futur : un détecteur de vertex

de résolution (meilleure que) $100 \mu\text{m}$



Futur : VTX à mirapidité

- Distinguer le charme de la beauté $\rightarrow e$ (sans pythia)
- $D \rightarrow K\pi$
- $B \rightarrow J/\psi \rightarrow ee$

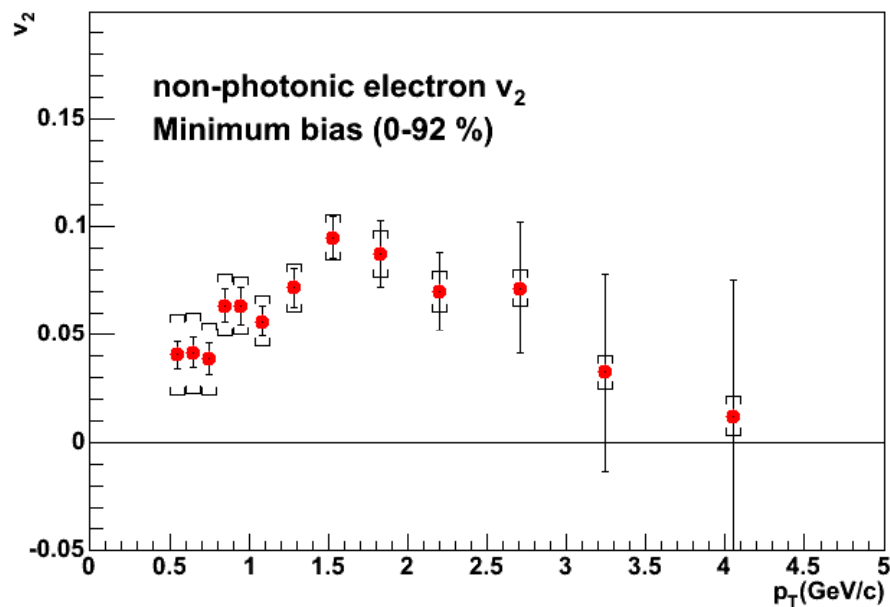


| Process | no VTX | Yield | Yield with DCA cuts |
|---|---------|---------------------------|-------------------------|
| $AuAu \rightarrow c \rightarrow e$ | | | |
| $1.0 < p_T < 2.0$ GeV/c | Yes | 3M | 150K (40K) |
| $2.0 < p_T < 3.0$ GeV/c | Limited | 130K | 6K |
| $3.0 < p_T < 4.0$ GeV/c | No | 5K | 0.3K |
| $4.0 < p_T < 5.0$ GeV/c | No | 1K | 50 |
| $5.0 < p_T < 6.0$ GeV/c | No | 0.2K | 10 |
| $AuAu \rightarrow b \rightarrow e$ | | | |
| $1.0 < p_T < 2.0$ GeV/c | No | 200K | 50K (20K) |
| $2.0 < p_T < 3.0$ GeV/c | No | 70K | 15K |
| $3.0 < p_T < 4.0$ GeV/c | Limited | 17K | 3K |
| $4.0 < p_T < 5.0$ GeV/c | Limited | 4K | 0.7K |
| $5.0 < p_T < 6.0$ GeV/c | Limited | 1K | 0.2K |
| $Au+Au \rightarrow D \rightarrow K\pi$ (central) | | | |
| $p_T > 2$ GeV/c | No | 4900 ($S/B \sim 0.1\%$) | 1000 ($S/B \sim 3\%$) |
| $p_T > 3$ GeV/c | No | 2900 ($S/B \sim 1\%$) | 600 ($S/B \sim 5\%$) |
| $Au+Au \rightarrow B \rightarrow J/\psi \rightarrow ee$ | No | 100 | 50 |
| $p+p \rightarrow c \rightarrow e$ | | | |
| $1 < p_T < 3$ GeV/c | Yes | 10M | 0.5M |
| $p_T > 3$ GeV/c | No | 20 K | 1K |
| $p+p \rightarrow b \rightarrow e$ | | | |
| $p_T > 1$ GeV/c | No | 0.9M | 0.2M |
| $p+p \rightarrow \gamma + \text{jet}$ | | | |
| $4 < p_T < 5$ GeV/c | No | 300K | N.A. |
| $5 < p_T < 6$ GeV/c | No | 150K | N.A. |
| $6 < p_T < 7$ GeV/c | No | 70K | N.A. |
| $7 < p_T < 8$ GeV/c | No | 40K | N.A. |
| $8 < p_T < 9$ GeV/c | No | 20K | N.A. |
| $9 < p_T < 10$ GeV/c | No | 12K | N.A. |
| $p+p \rightarrow B \rightarrow J/\psi \rightarrow ee$ | No | 560 | 280 |

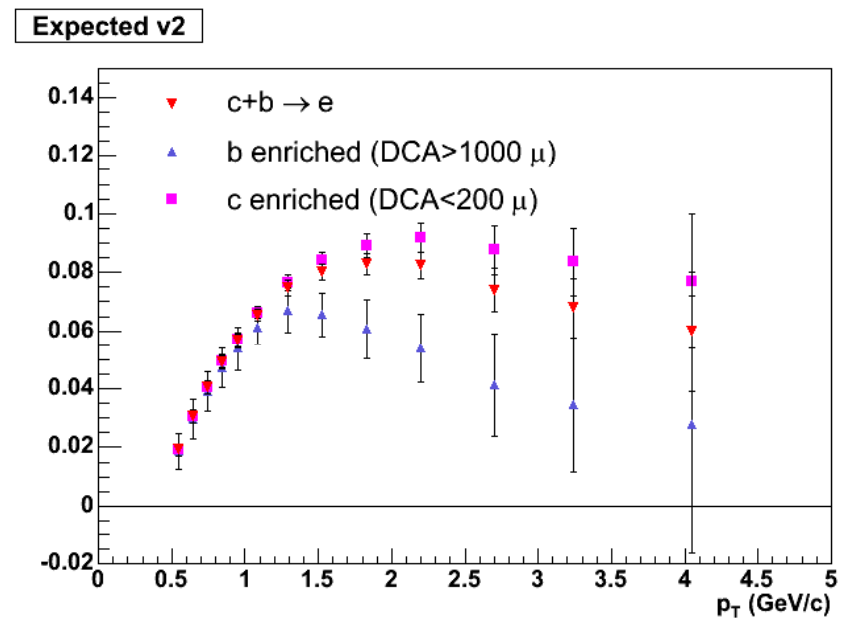
(360 μb^{-1} Au+Au & 93 pb^{-1} pp)

Futur : VTX, un exemple...

Aujourd'hui, avec le run 4...
Mesure du flot elliptique...

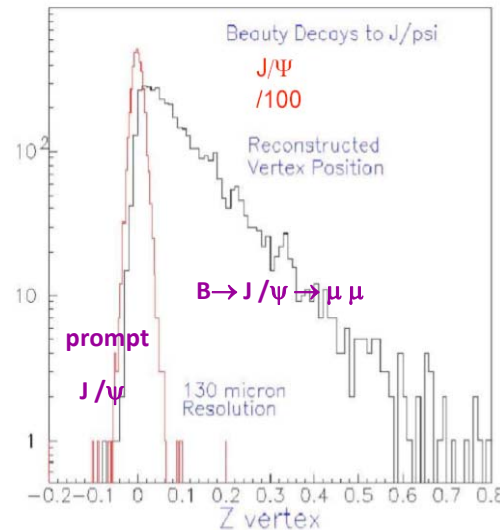
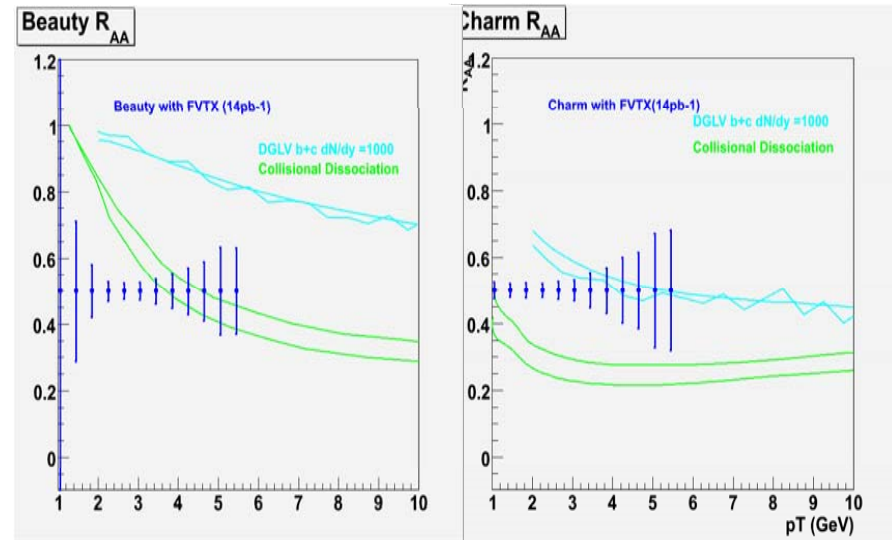


Après-demain, estimation pour
un run typique avec VTX...



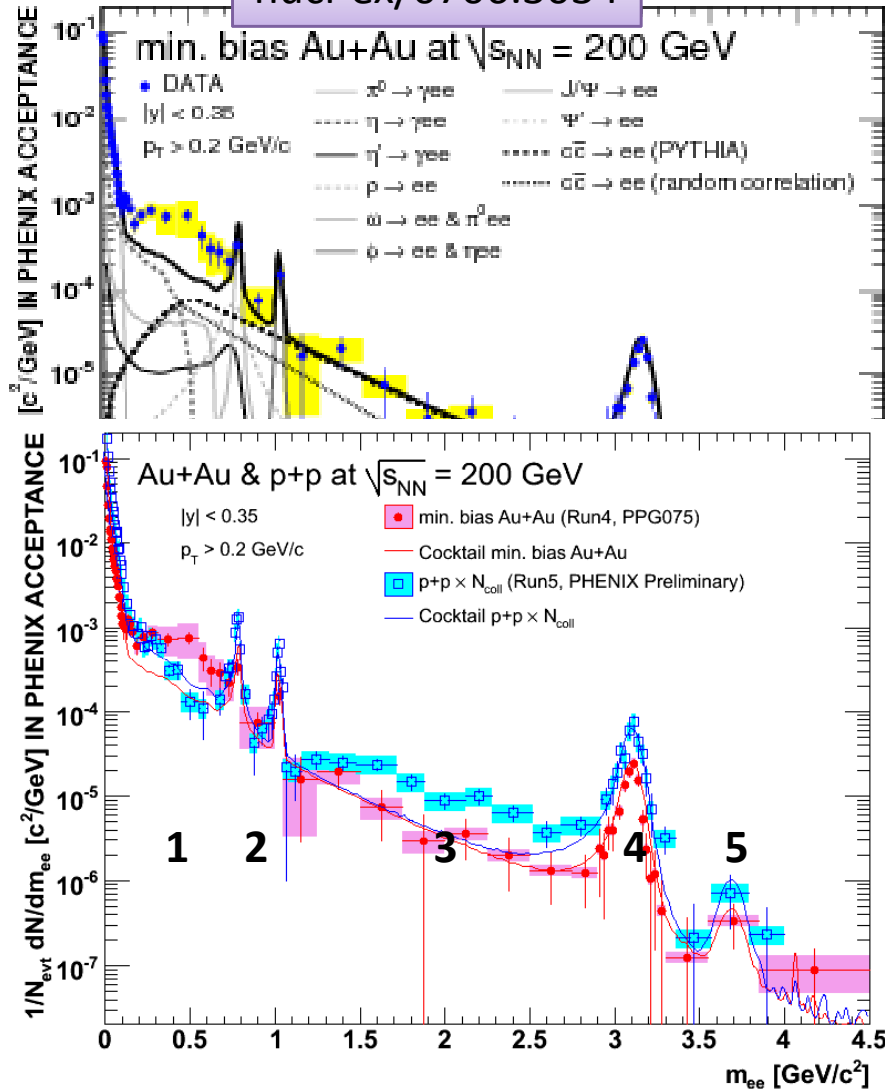
Futur : VTX vers l'avant

- Séparation J/ψ & ψ' ainsi que des upsilons
 - (quasi impossible pour l'instant)
- Distinguer le charme de la beauté...
- $B \rightarrow J/\psi \rightarrow \mu\mu$
 - (vertex déplacé)



Aussi dans le spectre dielectron...

nucl-ex/0706.3034



1. Excès à basse masse !
2. (Physique du ρ , ω , ϕ ...)
3. À masse intermédiaire, charme ouvert ?
 - PYTHIA $\times N_{coll}$ à l'air de marcher...
 - Mais pas en proton+proton (résultat préliminaire)
 - À suivre...
4. J/ψ
5. ψ' ...

(Fin du talk d'Hugo 😊)

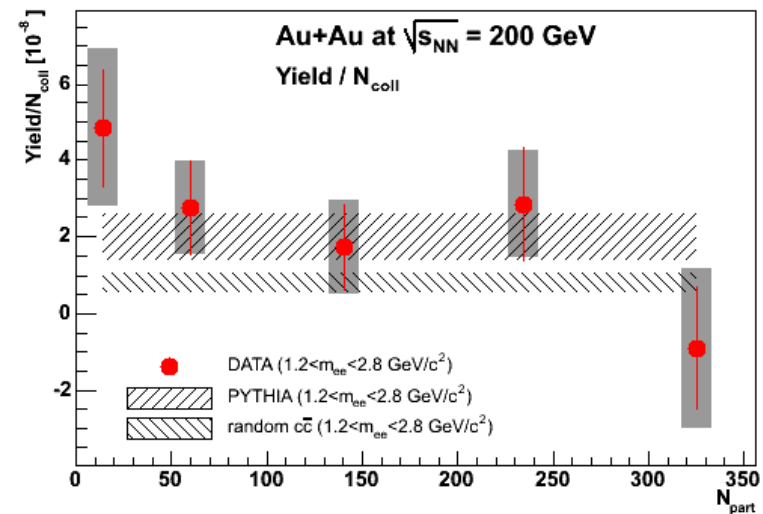
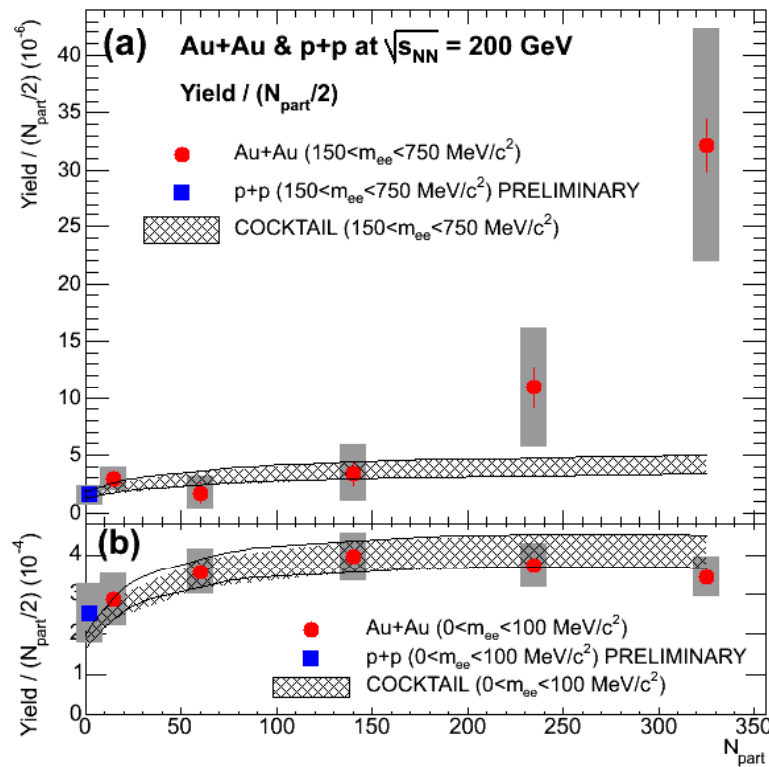
(continuum dielectron vs centralité)

Basse masse (150 à 750 MeV)

Augmente plus vite que N_{part}

Masse moyenne (1,2 à 2,8 GeV)

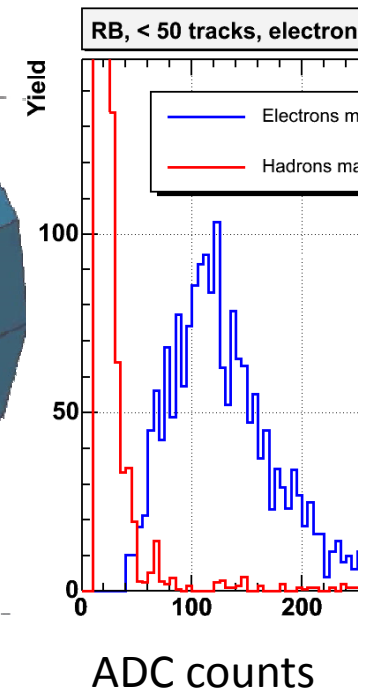
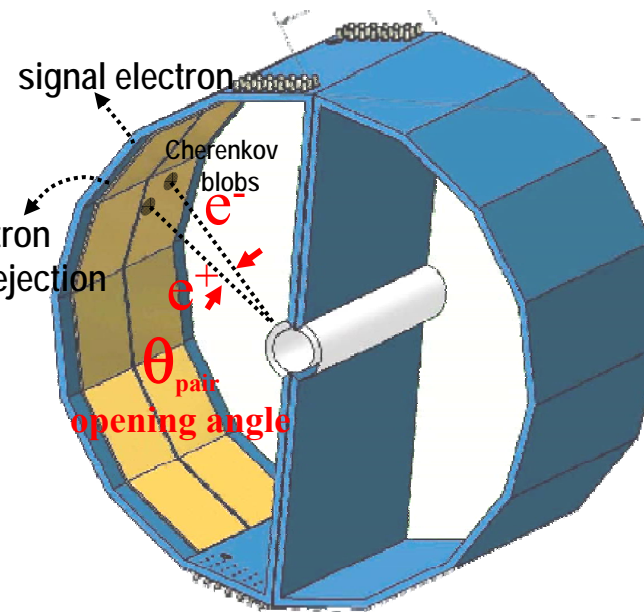
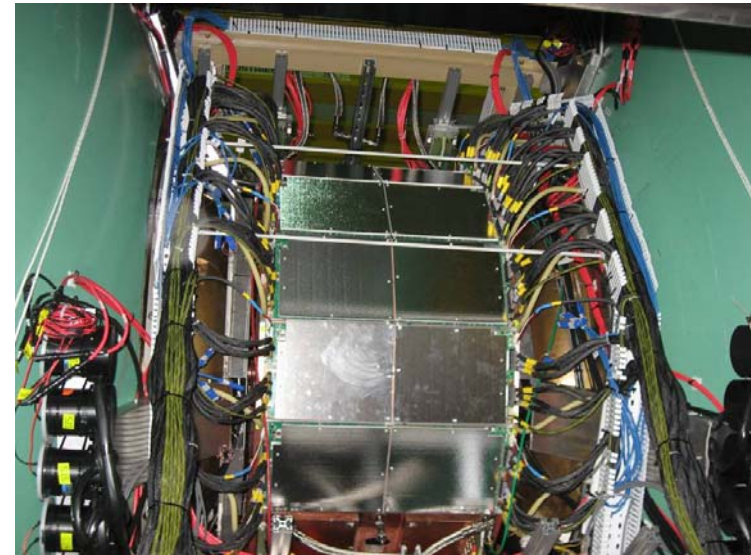
N_{coll} or not N_{coll} ?



nucl-ex/0706.3034

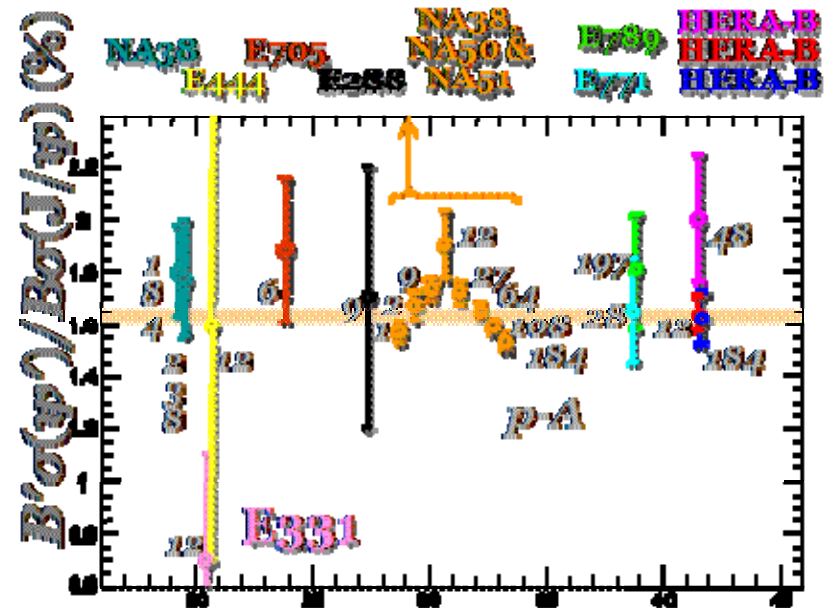
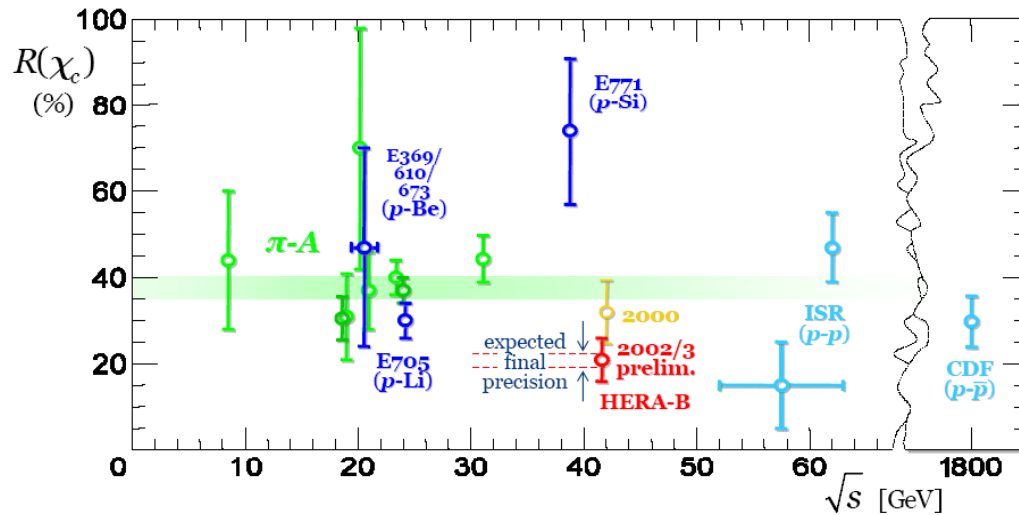
Le Hadron Blind Detector

- Améliorer la mesure du continuum = réduire BdF
 - (S/B \approx 1/100 @ 500MeV)
- Rejette les électrons ayant un partenaire positron
 - Cerenkov (50 cm de CF_4)
 - Pas de champ magnétique
 - GEM + photocathode
 - Sensible aux gammas
 - Grille en voltage inverse
 - Pas aux ionisantes
- A peine $\frac{1}{4}$ marchait au run7
 - (HV, scintillation...) ☹️



Et les autres charmonia alors ?

- $J/\psi \approx 0.6J/\psi + 0.3\chi_c + 0.1\psi'$? pas connus à mieux que 10%
- Ex: HERA-B (pA $\sqrt{s}=41.6$ GeV)
 - 7.0 ± 0.4 % from ψ'
 - 21 ± 5 % from χ_c
 - 0.065 ± 0.011 % from B



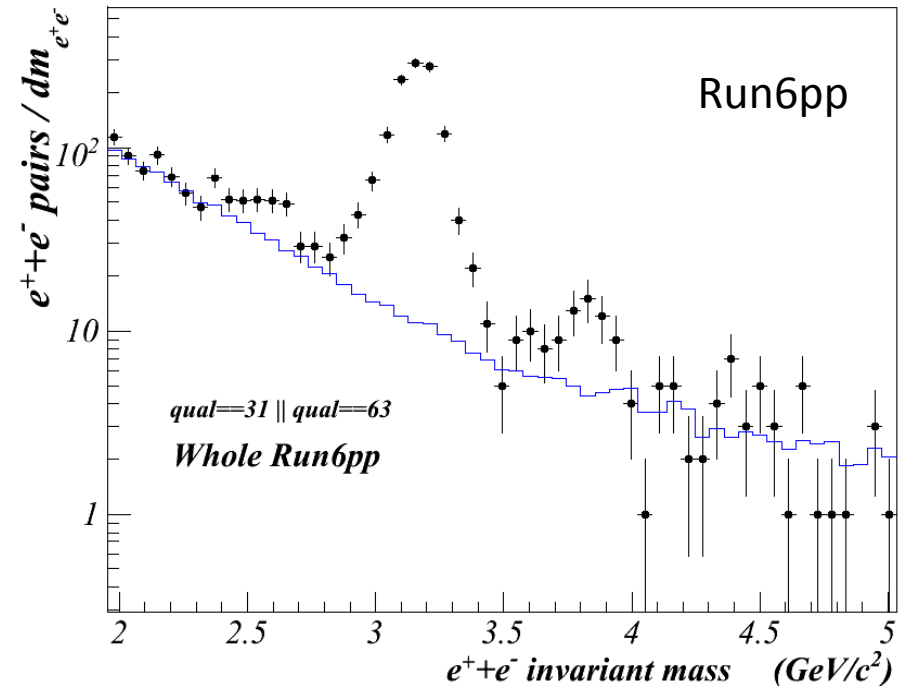
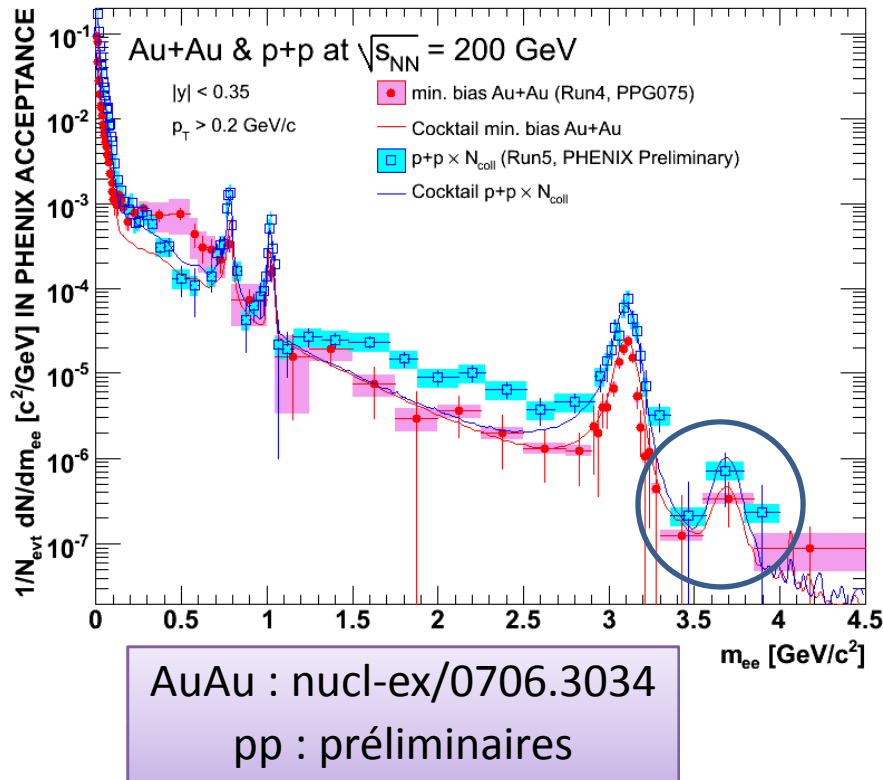
Faccioli, Hard Probes 2006

Bientôt : le ψ'

On l'aperçoit !

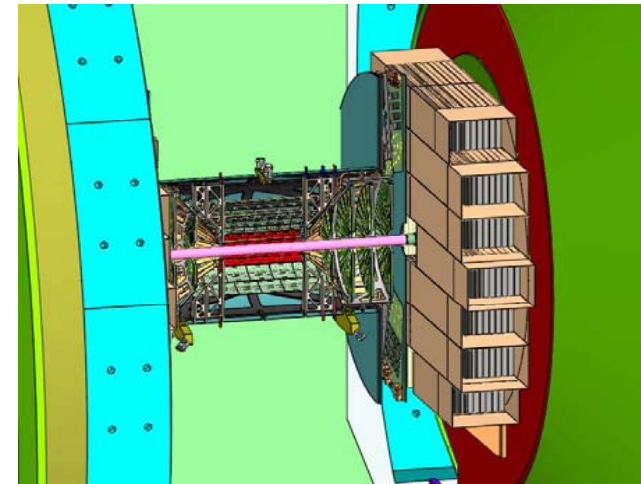
Même en Au+Au ?...

Études détaillées en cours...

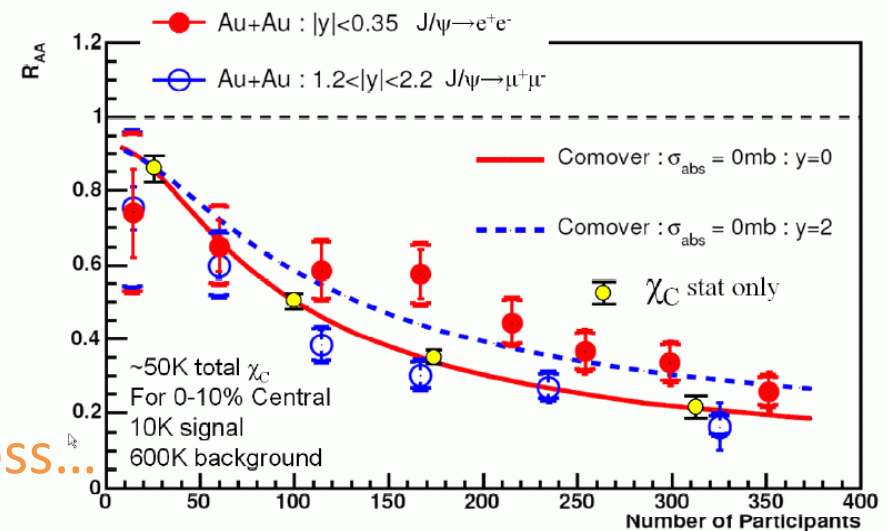


Futur : le $\chi_c \rightarrow J/\psi + \gamma$

- En cours : étude en p+p, $J/\psi \rightarrow ee$
 - Mais faible acceptance...
- Futur : un calorimètre vers l'avant
 - le « NoseConeCal »
 - $1 < \eta < 3.2$ et $\Delta\phi = 360^\circ$
 - EM + hadro sections
- Plot de démonstration \rightarrow
 - (RHIC2 + FVTX + NCC)
 - Pas d'erreurs systématiques
- Autre sujets :
 - gamma+jet, CGC, forward eloss...



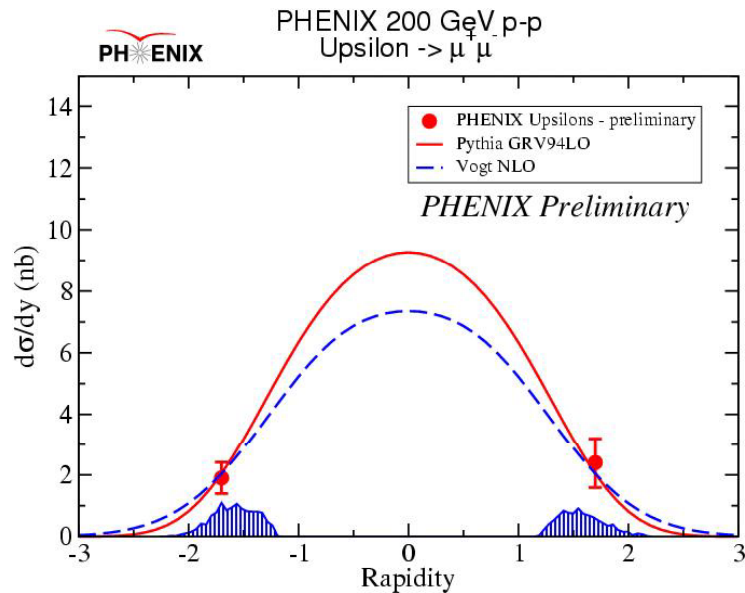
$\chi_c R_{AA}$ $1 < y < 1.5$ 12 Weeks RHIC II
compared to present J/ψ



Et les bottomonia alors ?

Actualité : une trentaine en p+p, en dimuon, préliminaires...

Futur : peut-être quelques centaines d'upsilon... Avec :



- Détecteurs de vertex pour la séparation et le BdF
 - VTX : 170 → 60 MeV
 - FVTX
- Et sans doute RHIC II
 - Au moins 10 nb⁻¹ délivrés...

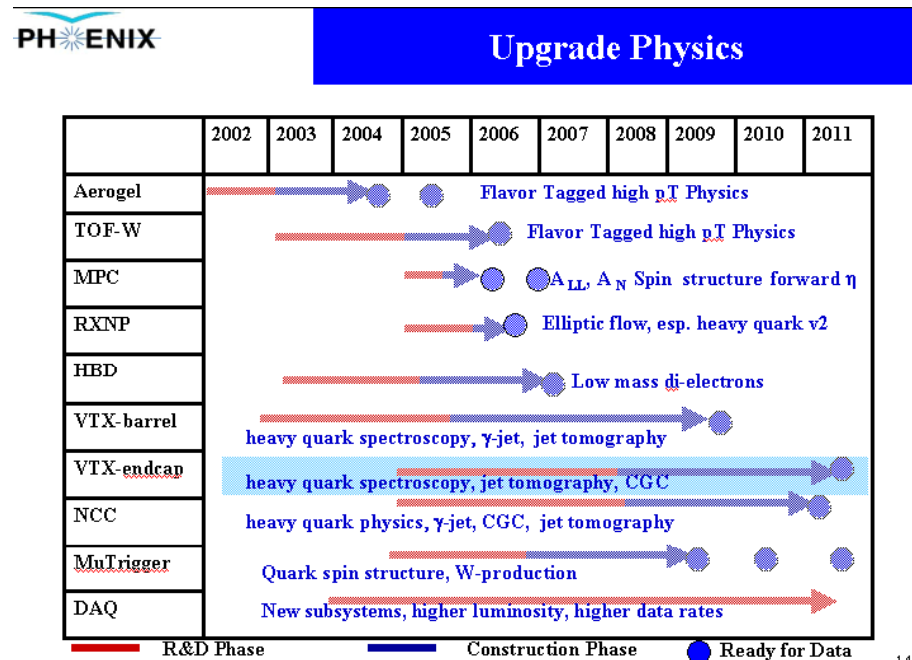
Table 25 - Counts for prompt vector mesons per week into both muon arms at RHIC-II luminosity.

| Signal | Luminosity/week | $J/\psi \rightarrow \mu\mu$ | $\psi' \rightarrow \mu\mu$ | $\Upsilon \rightarrow \mu\mu$ |
|--------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Au+Au | 2.5 nb ⁻¹ | 60k | 1.1k | 200 |
| d+Au | 62 nb ⁻¹ | 20k | 360 | 65 |
| p+p | 33 nb ⁻¹ | 23k | 420 | 77 |

Agenda et conclusions

- Encore beaucoup de chose à faire sur les saveurs lourdes dans PHENIX... Par exemple :
 - Run7 Au+Au : v_2 du J/ψ , ψ' ;
 - Run8 d+Au : mieux comprendre les effets nucléaires ;
 - Run9 Au+Au : HBD, continuum ;
 - Run10 Au+Au : VTX, open charm ;
 - Run11 Au+Au : FVTX & NCC, open charm, χ_c ;
 - RHIC2 : Upsilon...

- Planning actuel...



14

- en attendant et après le démarrage du LHC...

New quarkonia ahead !

All numbers are first rough estimates (including trigger and reconstruction efficiencies) for 12 weeks Au+Au run ($\int L_{\text{eff}} dt \sim 18 \text{ nb}^{-1}$)

| Signal | RHIC Exp. | Obtained | RHIC I (>2008) | RHIC II | LHC/ALICE ⁺ |
|--|-----------|-------------------------------------|-------------------|----------|------------------------|
| J/ψ → e ⁺ e ⁻ | PHENIX | ~800 | 3,300 | 45,000 | 9,500 |
| J/ψ → μ ⁺ μ ⁻ | | ~7000 | 29,000 | 395,000 | 740,000 |
| Υ → e ⁺ e ⁻ | STAR | - | 830 | 11,200 | 2,600 |
| Υ → μ ⁺ μ ⁻ | PHENIX | - | 80 | 1,040 | 8,400 |
| B → J/ψ → e ⁺ e ⁻ | PHENIX | - | 40 | 570 | N/A |
| B → J/ψ → μ ⁺ μ ⁻ | | - | 420 | 5,700 | N/A |
| χ _c → e ⁺ e ⁻ γ | PHENIX | - | 220 | 2,900* | N/A |
| χ _c → μ ⁺ μ ⁻ γ | | - | 8,600 | 117,000* | N/A |
| D → Kπ | STAR | ~0.4×10 ⁶ (S/B~1/600) | 30,000** | 30,000** | 8000 |

* Large backgrounds, quality uncertain as yet

** Running at 100 Hz min bias

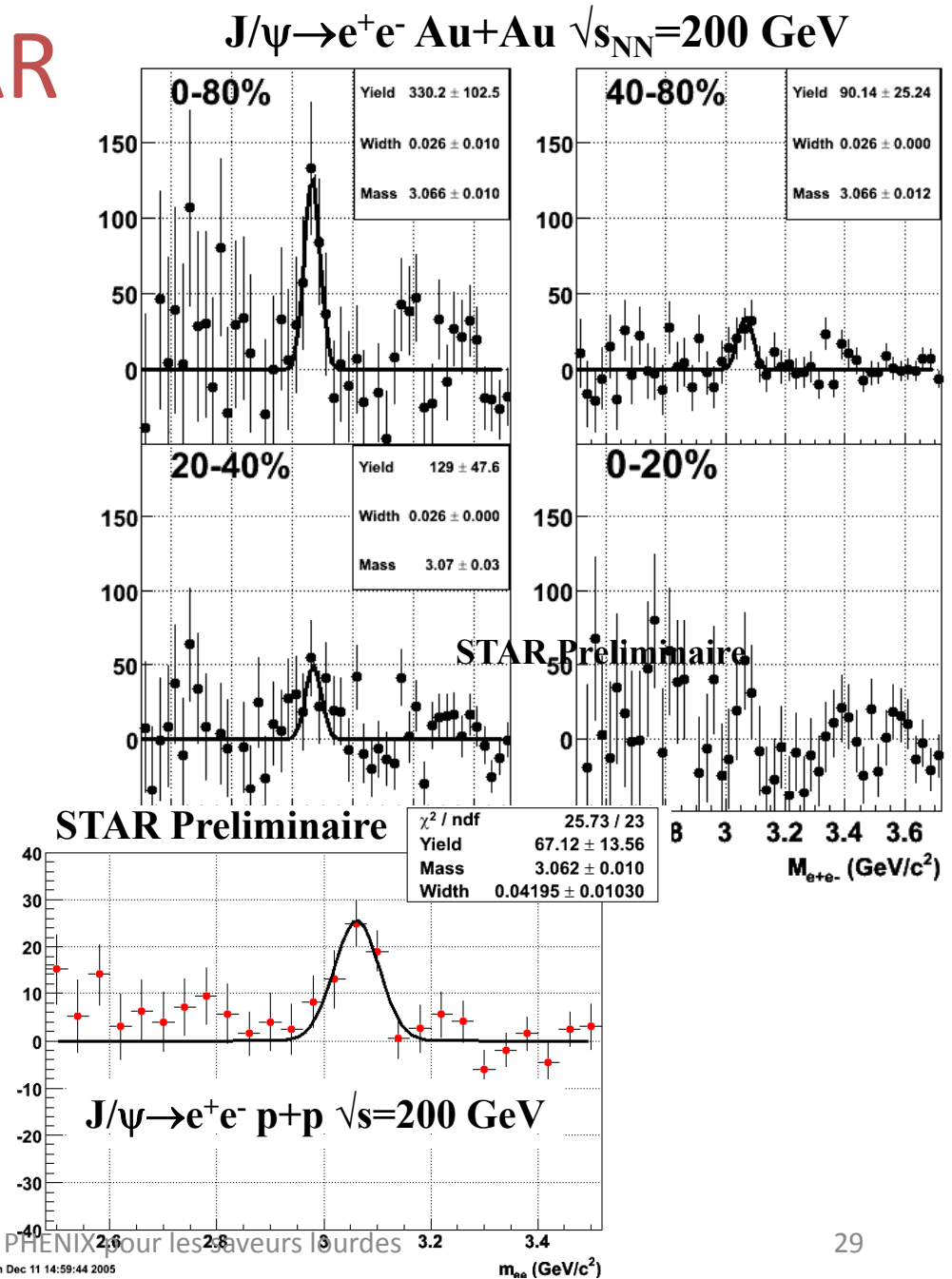
+ 1 month (= year), P. Crochet, EPJdirect A1,
a (2005) and private comm.

© T. Frawley, PANIC'05,
RHIC-II Satellite Meeting

Transparents de secours...

Le J/ψ dans STAR

- 200 GeV p+p from 2005
 - Trigger testé et en fonctionnement pour p+p
 - Pas de trigger pour AuAu jusqu'au ToF complet en 2009...
- Signal en Au+Au avec la TPC seule
 - Contamination hadronique importante
 - Besoin de tout l'EMC



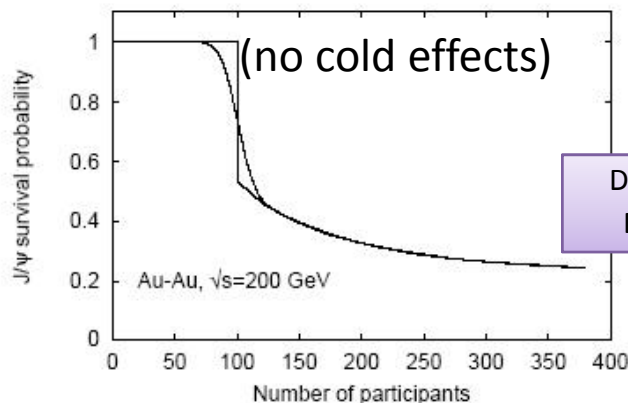
“NA50 only” effects @ RHIC

- Most of the models that did a good job @ SPS fail @ RHIC

- Gluon dissociation ($y \sim 0$) doesn't give the right trend and/or amount of suppression

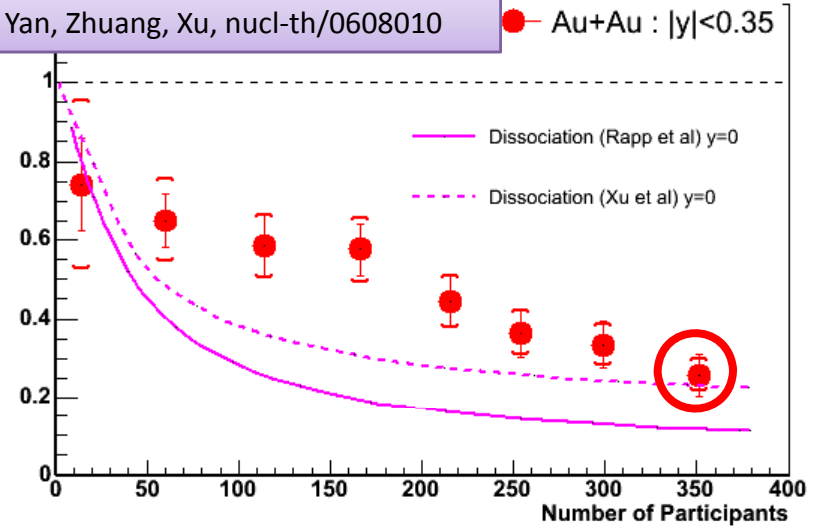
- Comovers (of unknown partonic/hadronic nature) $R_{AA}(y=2) > R_{AA}(y=0)$

- Parton percolation has an onset at $N_{part} \sim 90$ and simultaneous $J/\psi + \chi_c + \psi'$ melting

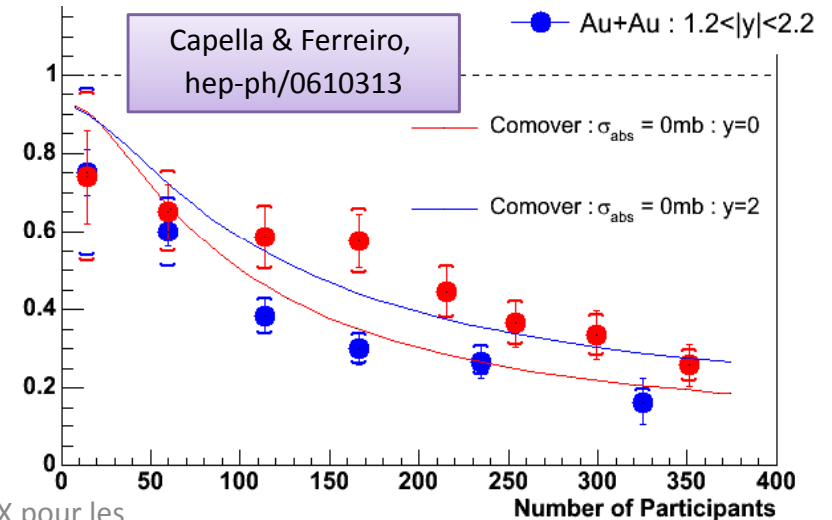


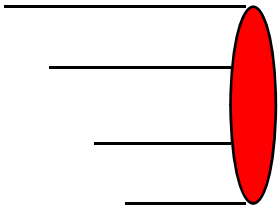
Digal, Fortuno, Satz, EPJC32 (2004) 547

R. Rapp & al., nucl-th/0608033
Yan, Zhuang, Xu, nucl-th/0608010

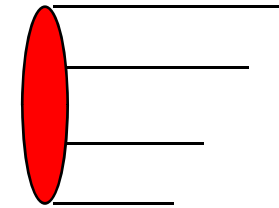


Capella & Ferreiro, hep-ph/0610313

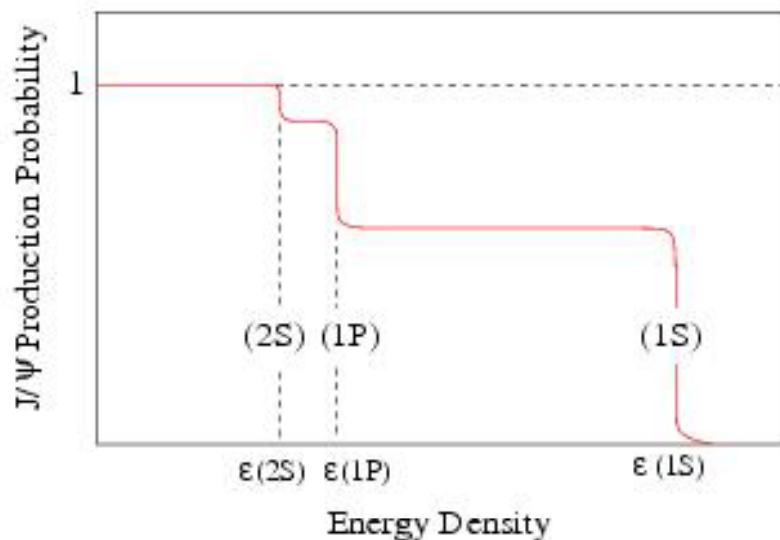




nucl-th/sequential melting

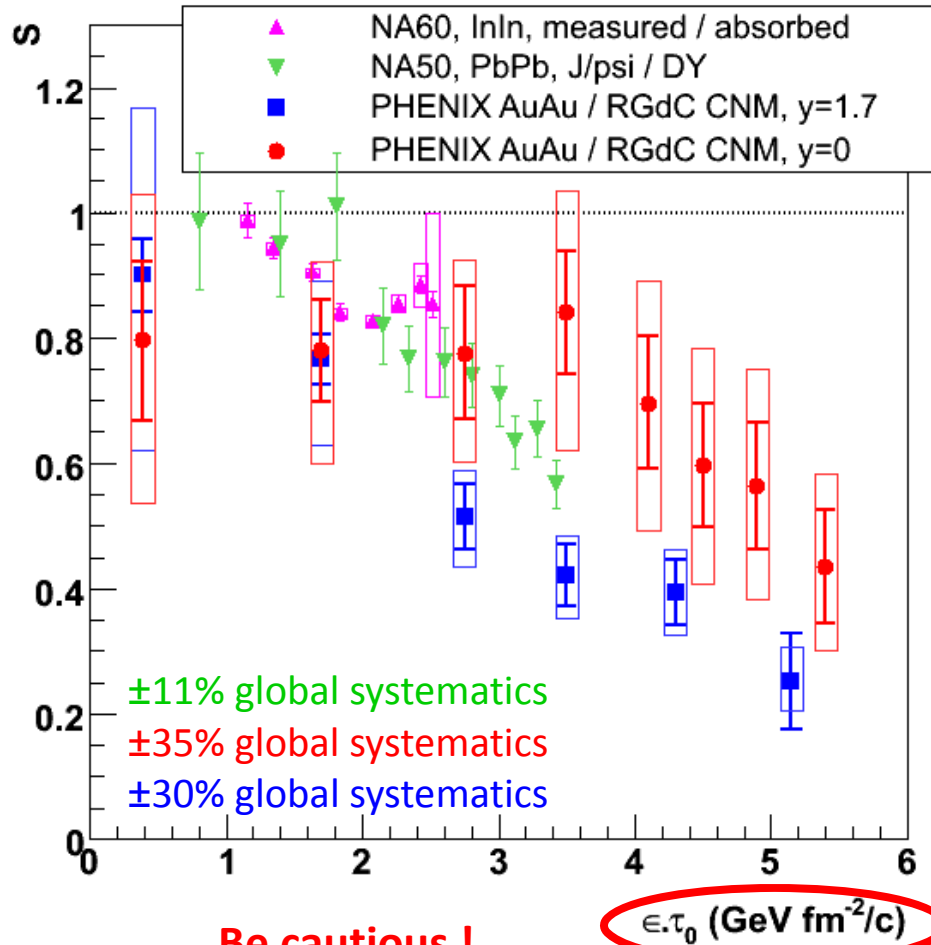


- $J/\psi \sim 0.6J/\psi + 0.3\chi_c + 0.1\psi'$
- Was a consensus that
 - J/ψ melt at $\sim 2T_c$ ($\sim 32\varepsilon_c$!)
 - Excited states around $1.1 T_c$
(see eg Satz, hep-ph/0512217)



- Ratio not (well) known
 - At least $\sim 10\%$ uncertainty
 - HERAB: $0.21 \chi_c + 0.07 \psi'$
 - Faccioli, Hard Probes 06
- Theorists still working on temperatures...
 - Mócsy melts J/ψ @ T_c
 - hep-ph/0704.2183
 - Umeda melts $\chi_c > 1.4 T_c$
 - hep-lat/0701005

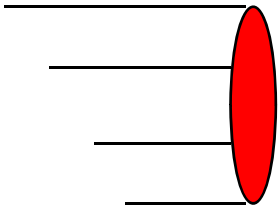
nucl-ex/sequential melting



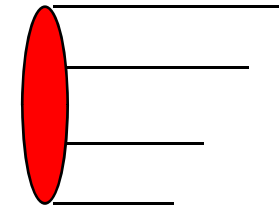
Be cautious !

- Formation time may be different @ RHIC and SPS
- SPS 1.6 fm/c crossing time a bit large for Bjorken formula

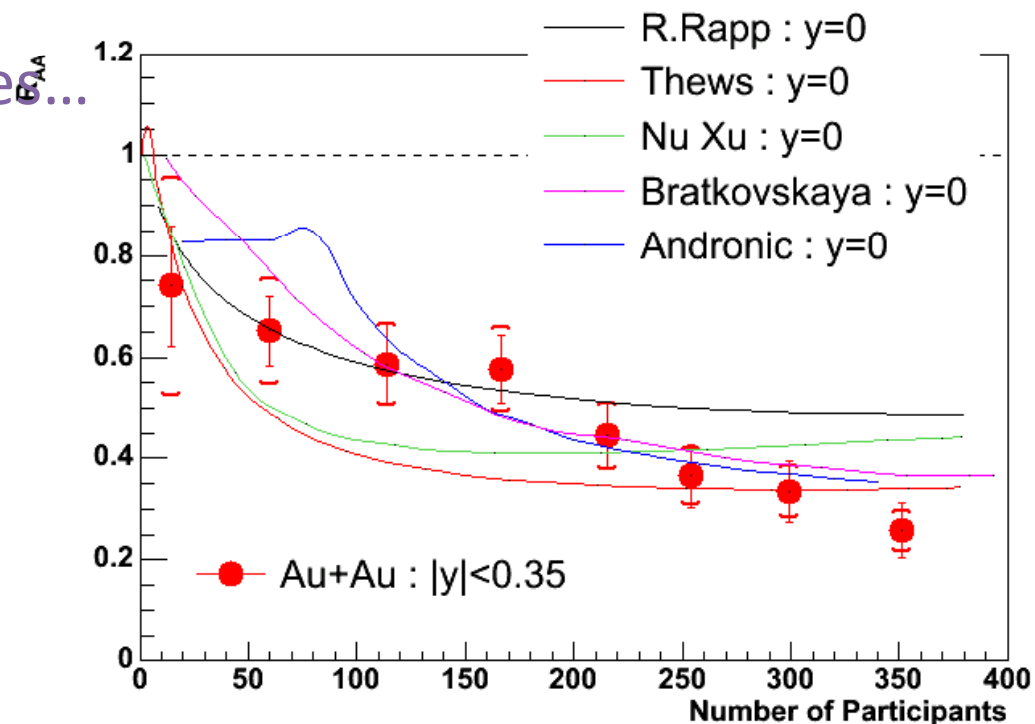
- No precise scaling!
(blame it on CNM@RHIC)
- $S = (25 \pm 12)\% @ y=1.7$
→ direct J/ψ do melt !
- Why not/less @ $y \sim 0$?
- $R_{AA}(y \sim 0) > R_{AA}(y \sim 1.7)$
ruling out all density-induced suppression effects?



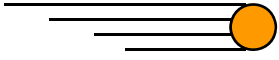
Regeneration ?



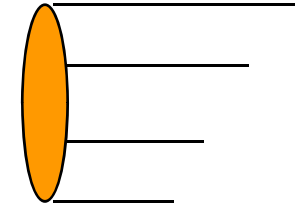
- Various coalescence / recombination approaches...
- Better match to data
 - (look in particular Bratkovskaya's)
- Depend a lot on poorly known cc reference
- But can accommodate:
 - $R_{AA}(y=0) > R_{AA}(y=1.7)$
 - Density-induced enhancement mechanism...
 - $\langle p_T^2 \rangle$ flatness



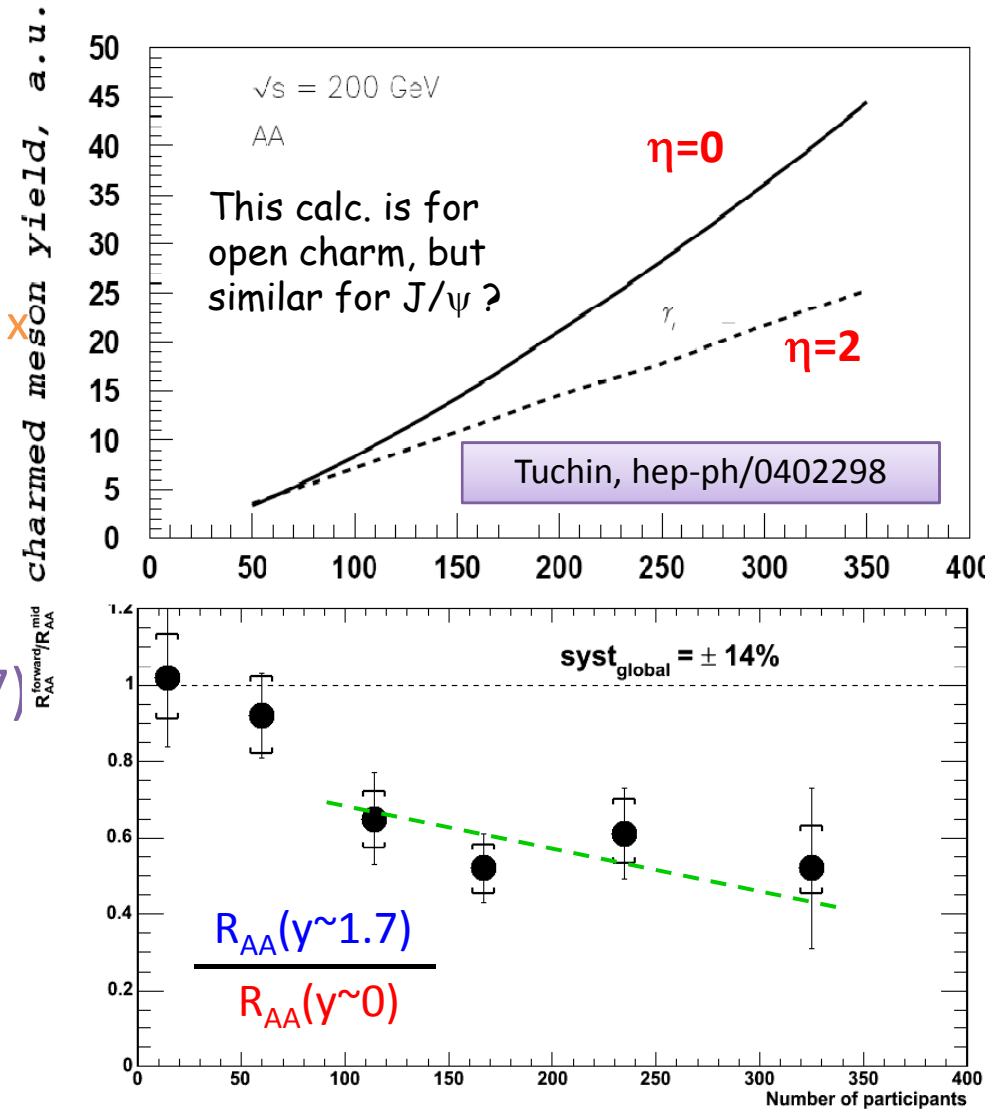
R. Rapp et al. PRL 92, 212301 (2004)
R. Thews et al, Eur. Phys. J C43, 97 (2005)
Yan, Zhuang, Xu, PRL97, 232301 (2006)
Bratkovskaya et al., PRC 69, 054903 (2004)
A. Andronic et al., NPA789, 334 (2007)



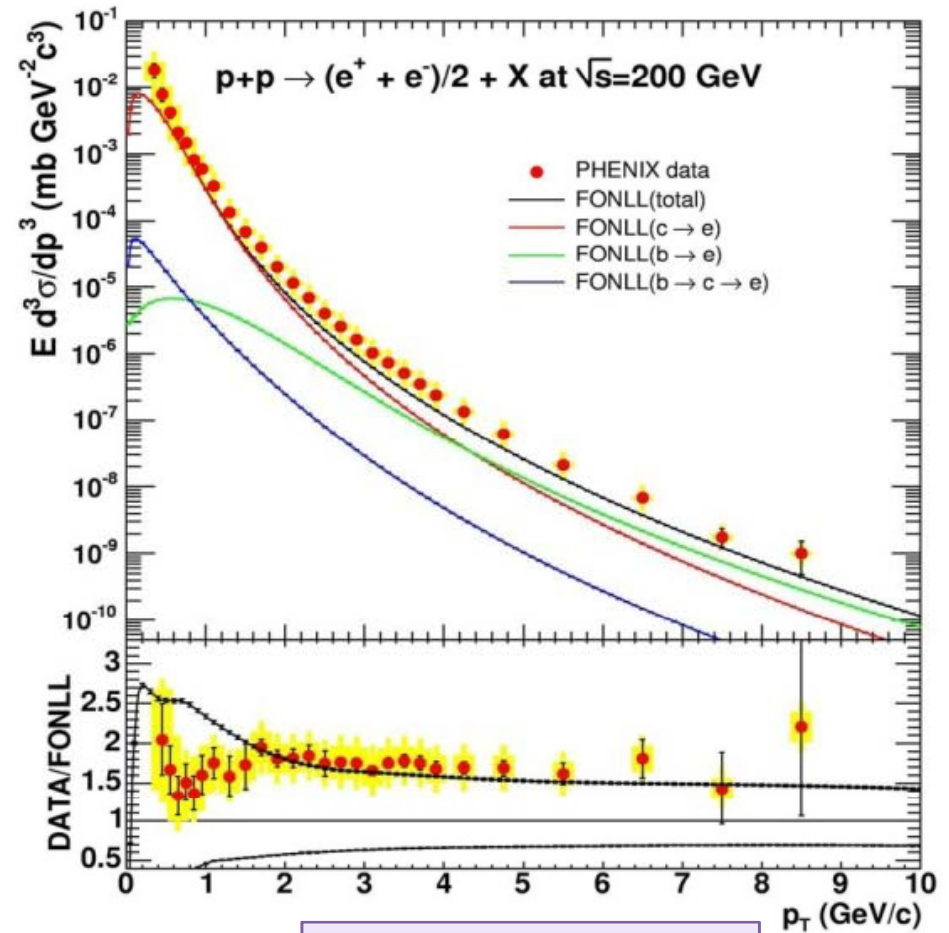
Unaccounted CNM ?



- Strong initial states effect ala color glass condensate ?
 - But they have to violate rapidity symmetrisation $R_{AA}(|y|) = R_{dA}(-y) \times R_{dA}(+y)$
 - (otherwise taken into account in CNM extrapolation)
- Could this + sequential melting produce $R_{AA}(y \sim 0)$ and $R_{AA}(y \sim 1.7)$?
- Double ratio should drop...
- A possibility...

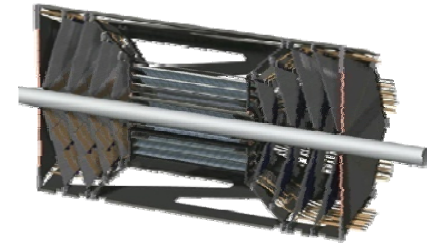


Charme ouvert en p+p

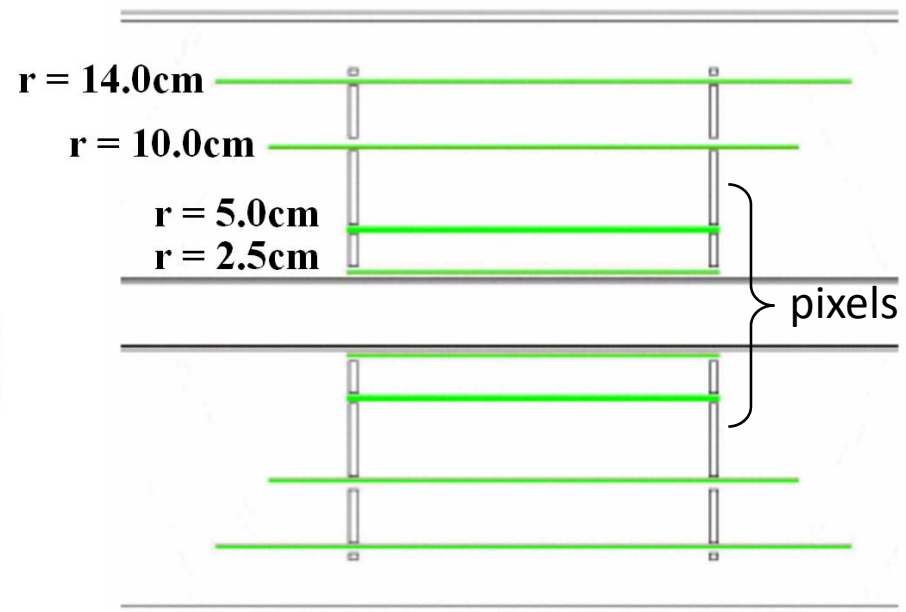
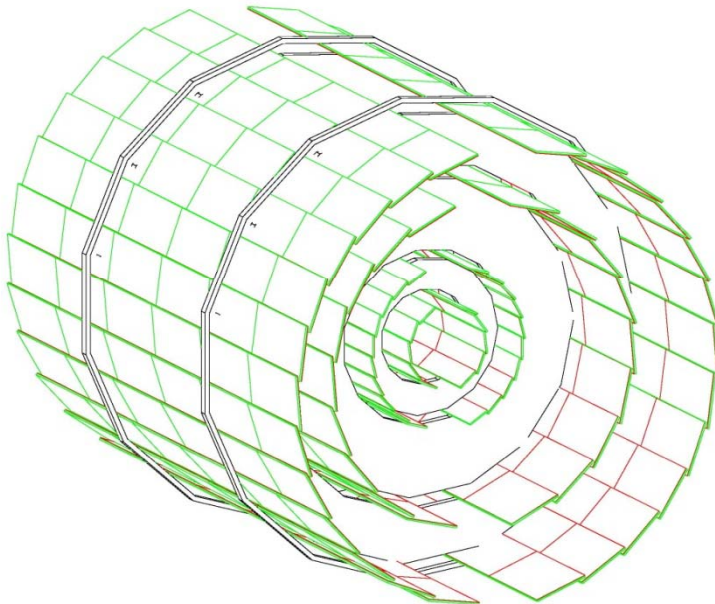


hep-ex/0609010
PRL97 (2006) 252002

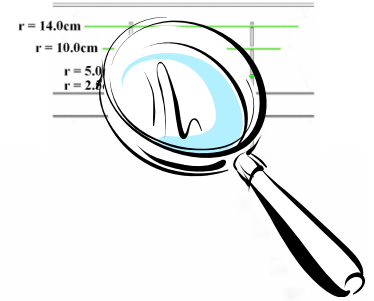
Le « futur »



- Baril du VTX : $|\eta| < 1,2$ et $\Delta\varphi = 360^\circ$
 - 2 couches de pixels + 2 couches de strips

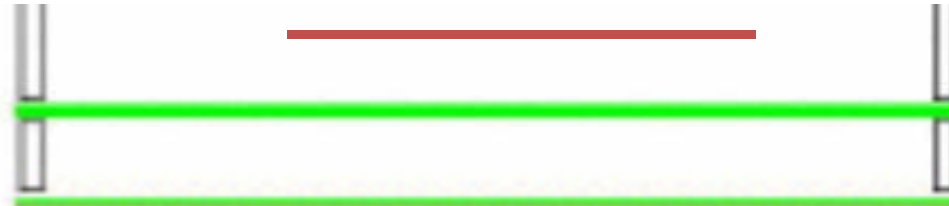


Détails des pixels



$$r_2 = 5,0 \text{ cm}$$

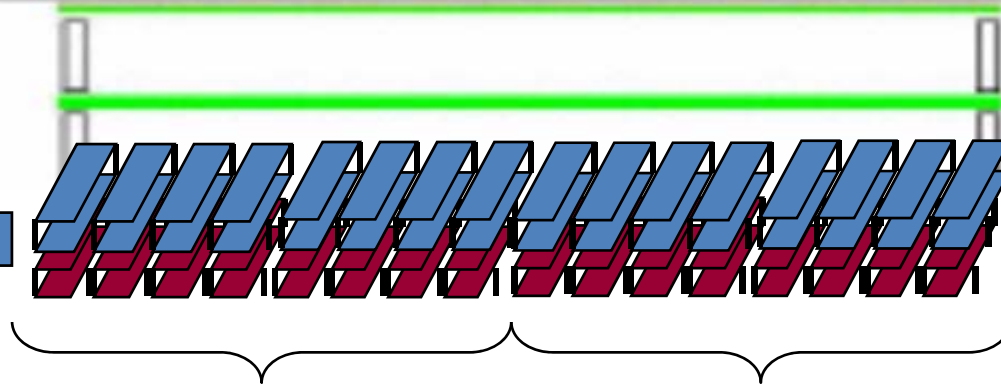
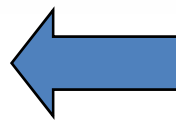
$$r_1 = 2,5 \text{ cm}$$



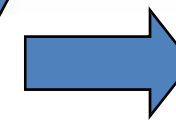
$$\Delta z = 22 \text{ cm}$$



65536
voies



65536
voies



Une demi-échelle = 8 matrices

Au total :

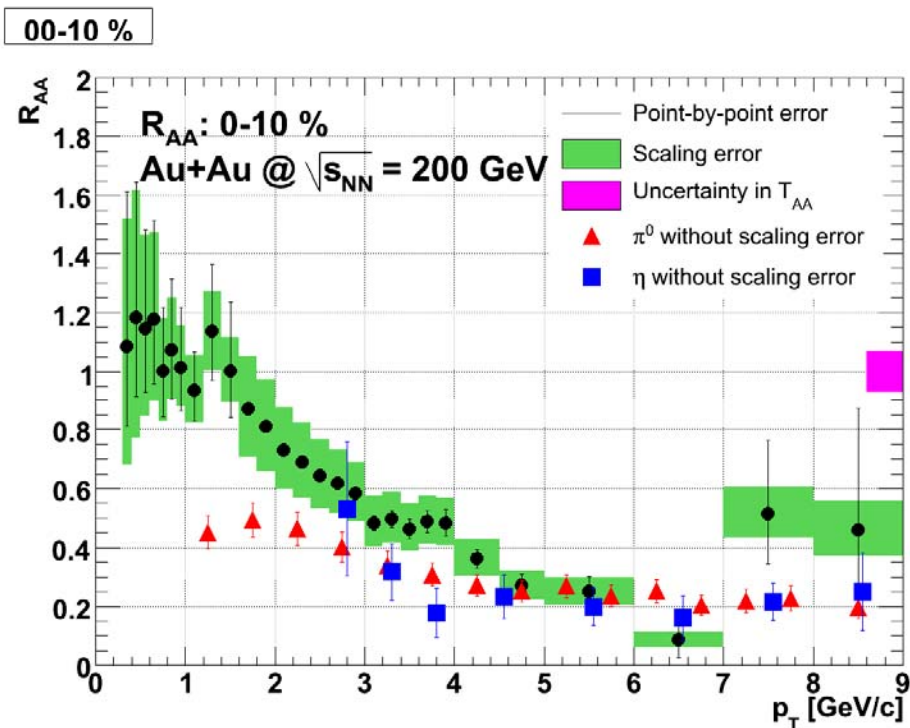
- Couche interne = 20 demi-échelles
 - Couche externe = 40 demi-échelles
- $60 \times 65536 \sim 4$ millions de voies...

1 matrice = 32×256 pixels

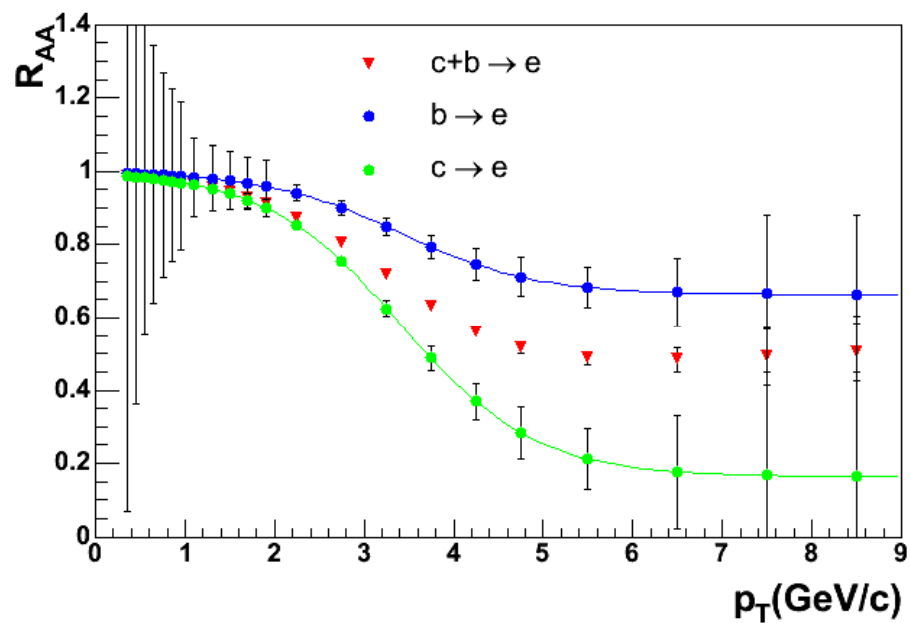
- Taille pixel $50 \times 425 \mu\text{m}^2$
- Surface $12,8 \times 13,6 \text{ mm}^2$

Autre exemple VTX

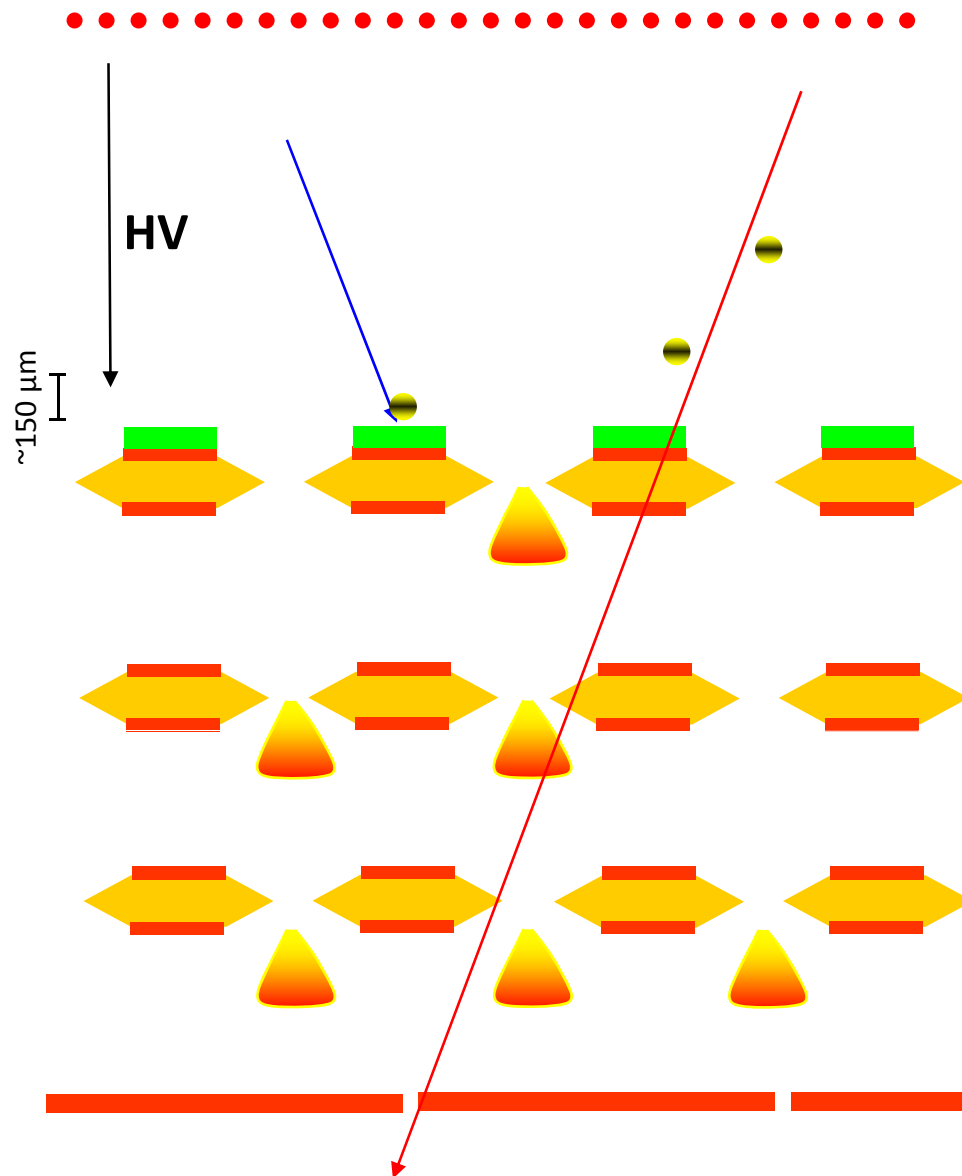
Aujourd'hui



Après demain



Le HBD, comment ça marche ?



- Start with a GEM
- Put a photocathode (CsI) on top
- photoelectron from Cherenkov light avalanches in the high density E-field
- Use more GEMs for larger signal
- Pick up the signal on pads
- What about ionizing particles (hadrons)?
- We need a mesh with a reverse voltage on it to blow electrons away!!!
- **We have a detector sensitive to UV and blind to ionizing particles!**