

Production de J/ψ et effets nucléaires vus par PHENIX

Raphaël Granier de Cassagnac
Laboratoire Leprince-Ringuet
École polytechnique

Séminaire à Subatech, Nantes

le 29 avril 2004



Sommaire du séminaire

- Enjeux
 - Prédications (de la chromodynamique)
 - Résumé de l'épisode précédent
 - Conditions initiales à RHIC
 - Coup d'œil au « Jet quenching »
- Quelques mesures réalisées par PHENIX
 1. Une poignée de J/ψ en collisions or+or
 2. Plus de J/ψ et d'effets nucléaires en d+or
 3. Des hadrons aux mêmes rapidités
 4. Du charme ouvert à rapidité médiane

La prédiction QCD

Les quarks et les gluons sont confinés dans les hadrons...

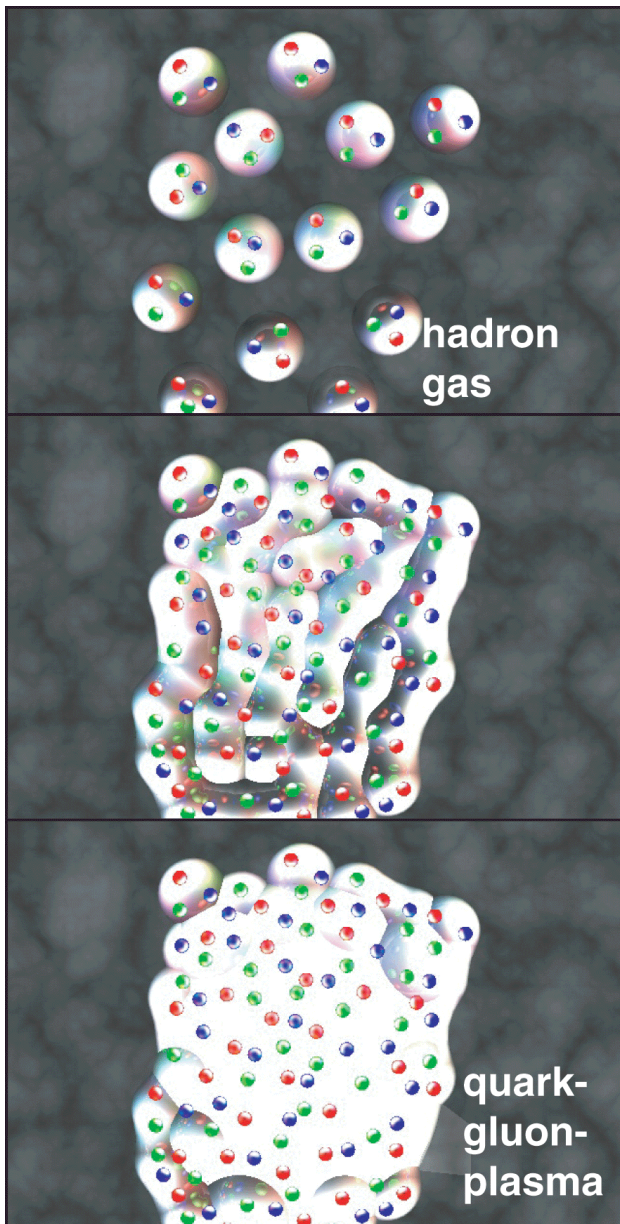
Mais ils paraissent libres à haute énergie...

« liberté asymptotique »

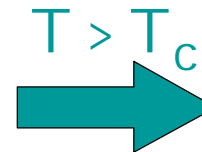
- Découverte des partons 1968
- Renormalisation de a_s

Ils doivent se libérer dans un milieu de haute densité d'énergie...

« déconfinement »



Gaz de hadrons



Plasma de quarks et de gluons

Une prédiction quantitative

- Calcul de chromodynamique quantique

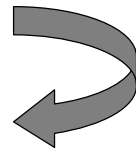
- Sur réseau

- À $n_{\text{Baryon}} = 0$!

- Transition de phase

- Confinement

- Déconfinement



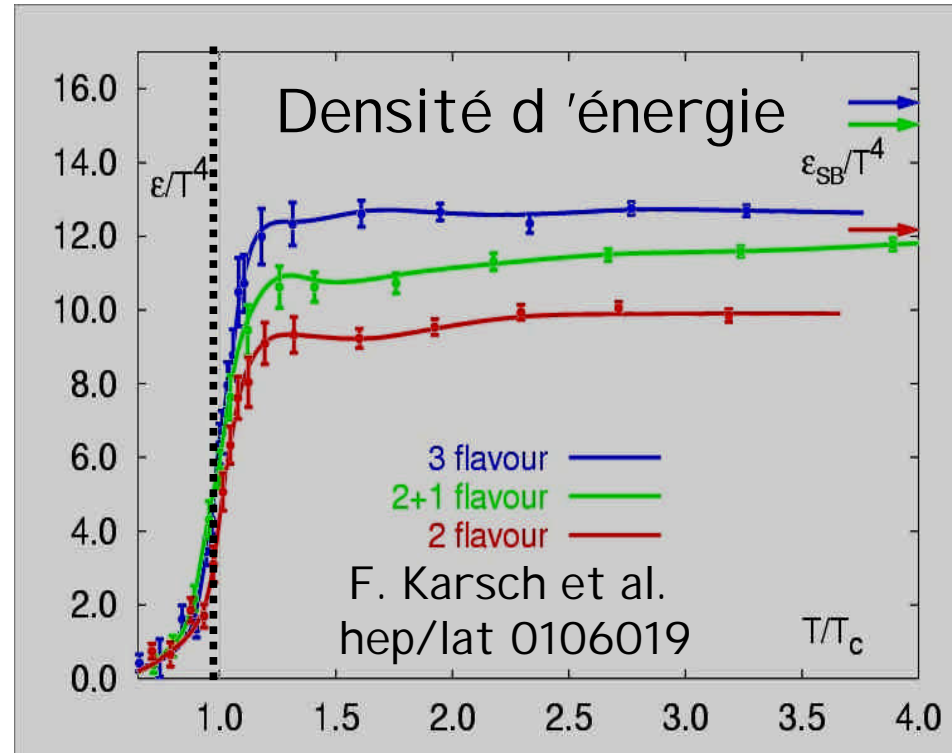
- @ $T_c = 154 \pm 8$ MeV

- @ $T_c = 173 \pm 8$ MeV

- $T_c \sim 10^{13}$ K

- ($T_{\text{soleil}} \sim 10^8$ K)

- @ $\epsilon_c = (6 \pm 2)T^4 = 0,7 \pm 0,3$ GeV / fm³



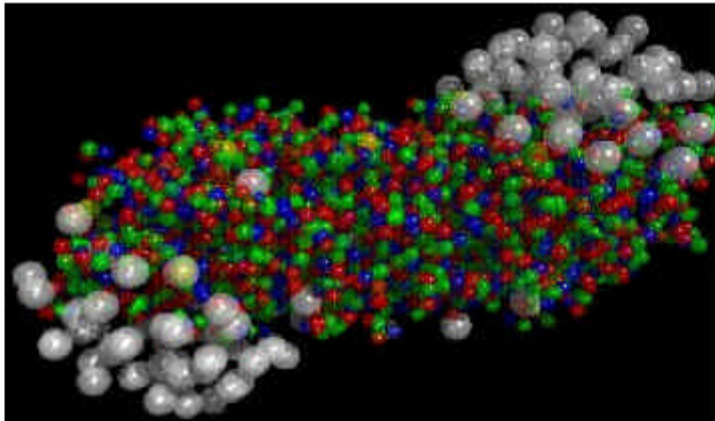
Résumé de l'épisode précédent



Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire
Europäisches Organ für Kernforschung
Laboratoire Européen pour la Physique des Particules
European Laboratory for Particle Physics
Europäisches Laboratorium für Teilchenphysik
Laboratorio Europeo per la Fisica delle Particelle

PRESS RELEASE

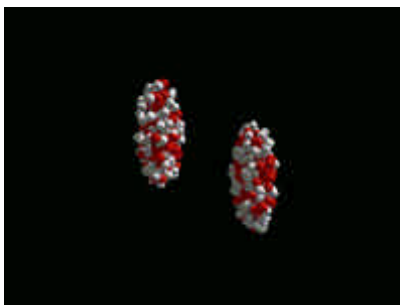
New State of Matter created at CERN



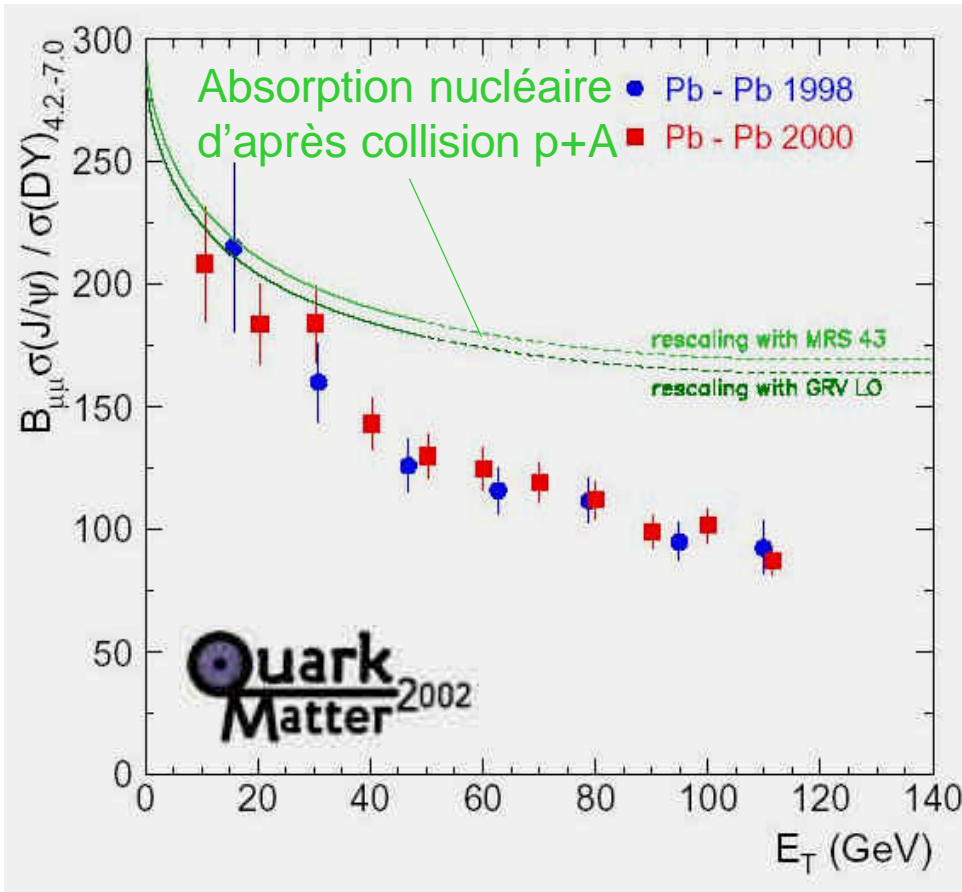
At a special seminar on 10 February, spokespersons from the experiments on CERN's Heavy Ion programme presented compelling evidence for the existence of a new state of matter in which quarks, instead of being bound up into more complex particles such as protons and neutrons, are liberated to roam freely.

Theory predicts that this state must have existed at about 10 microseconds after the Big Bang, before the formation of matter as we know it today, but until now it had not been confirmed experimentally. Our understanding of how the universe was created, which was previously unverified theory for any point in time before the formation of ordinary atomic nuclei, about three minutes after the Big Bang, has with these results now been experimentally tested back to a point only a few microseconds after the Big Bang.

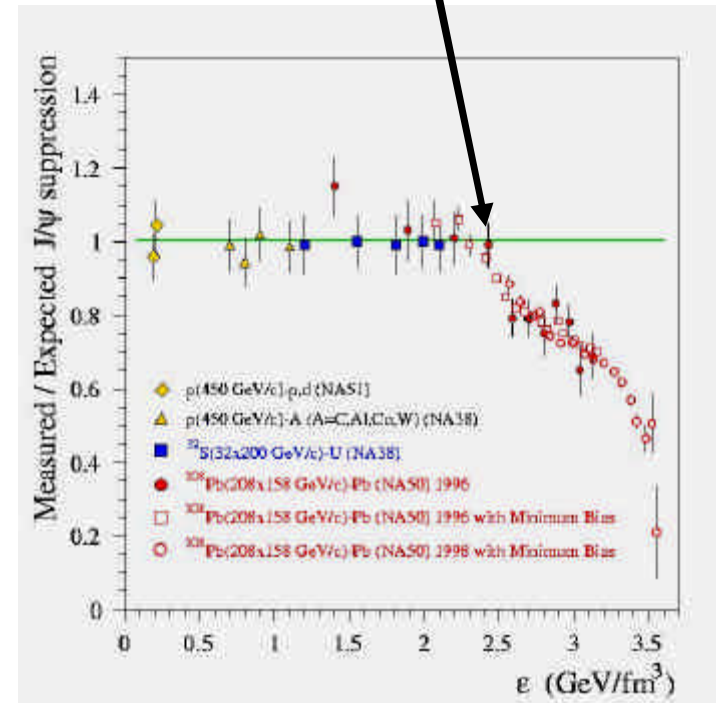
- Annonce faite le 10 février 2000
- Résultats combinés de plusieurs expériences...
- SPS sur cible fixe @ $\sqrt{s} = 20$ GeV
- Mais le consensus n'est pas général...



Suppression du J/ψ dans NA50

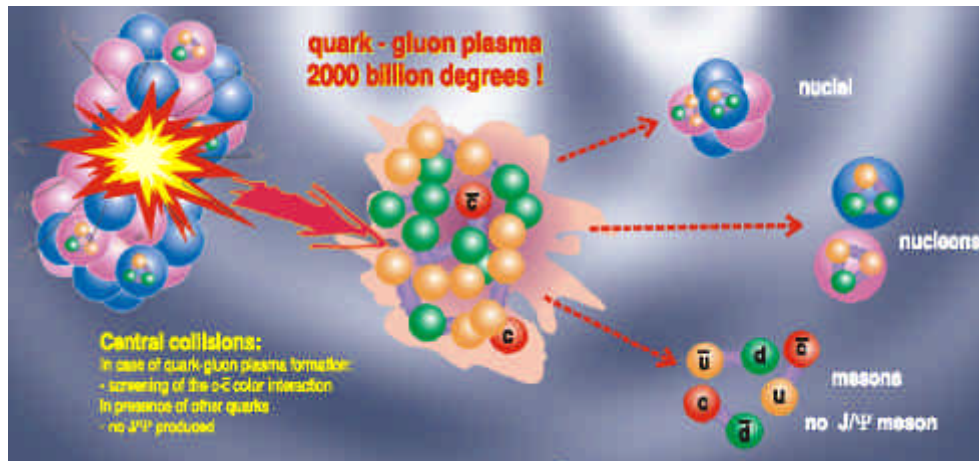


J/ψ supprimés @
 $e > 2,5 \text{ GeV}/\text{fm}^3$



Suppression du J/ψ ...

- Prédite par Matsui & Satz, PLB178 (1986) 416.
Écrantage du potentiel de couleur entre paires $c\bar{c}$
" unambiguous signature of QGP "



- Postdite par Capella ([nucl-th/0303055](https://arxiv.org/abs/nuc1-th/0303055))
Absorption par comovers ($\sigma \sim 0,65$ mb et 1 comover/ fm^3)

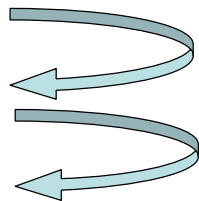
Une règle d'or

- Avant le SPS (et même l'AGS) :
 - « There was a general feeling that if the quark-gluon plasma was indeed produced, it would manifest itself in a variety of unknown but dramatic ways, including... the end of the world »

(H. Satz @ Lattice 2000 hep-ph/0009099)

- De nombreux phénomènes prédits pour le PQG furent observés... (étrangeté, p_T broadening...)
- Y compris en $p+p$ ou $p+A$!
- Règle d'or ions lourds :

- Référence $p+p$
- Référence $p+A$
- Physique $A+A$!

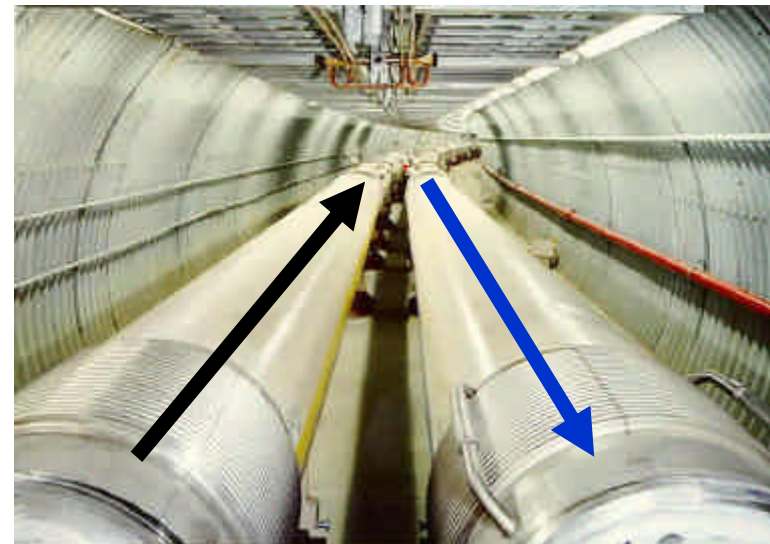
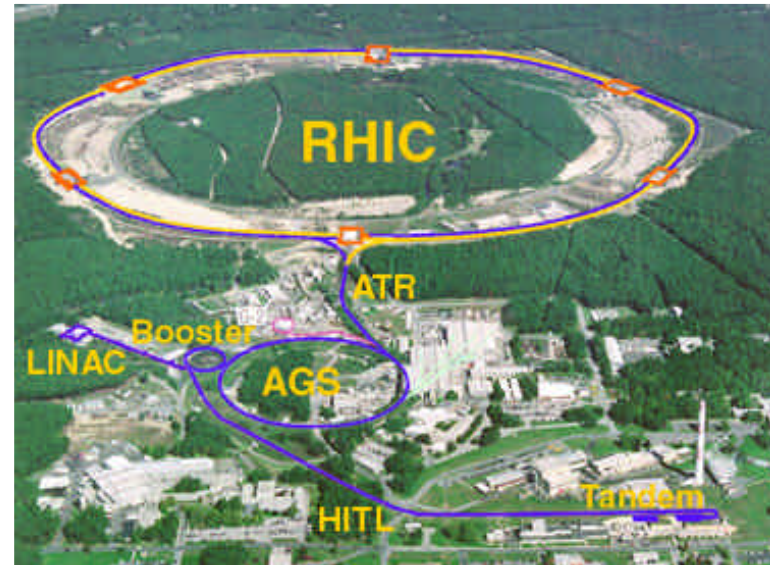


Cf. histoire du J/ψ au CERN

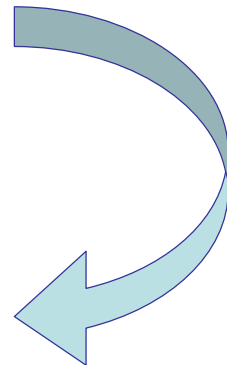
- Mesure de la section efficace
- Mesure de l'absorption nucl.
- Suppression anormale



Nouvel épisode : RHI C



- Relativistic Heavy Ion Collider
- 3,9 km de circonférence
- de p + p (polarisés)
 - $2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - $\sqrt{s} = 500 \text{ GeV}$
- jusqu'à Or + Or
 - $2 \times 10^{26} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 - 200 GeV/paire



Quatre expériences



PHOBOS

BRAHMS

STAR

PHENIX

BOOSTER

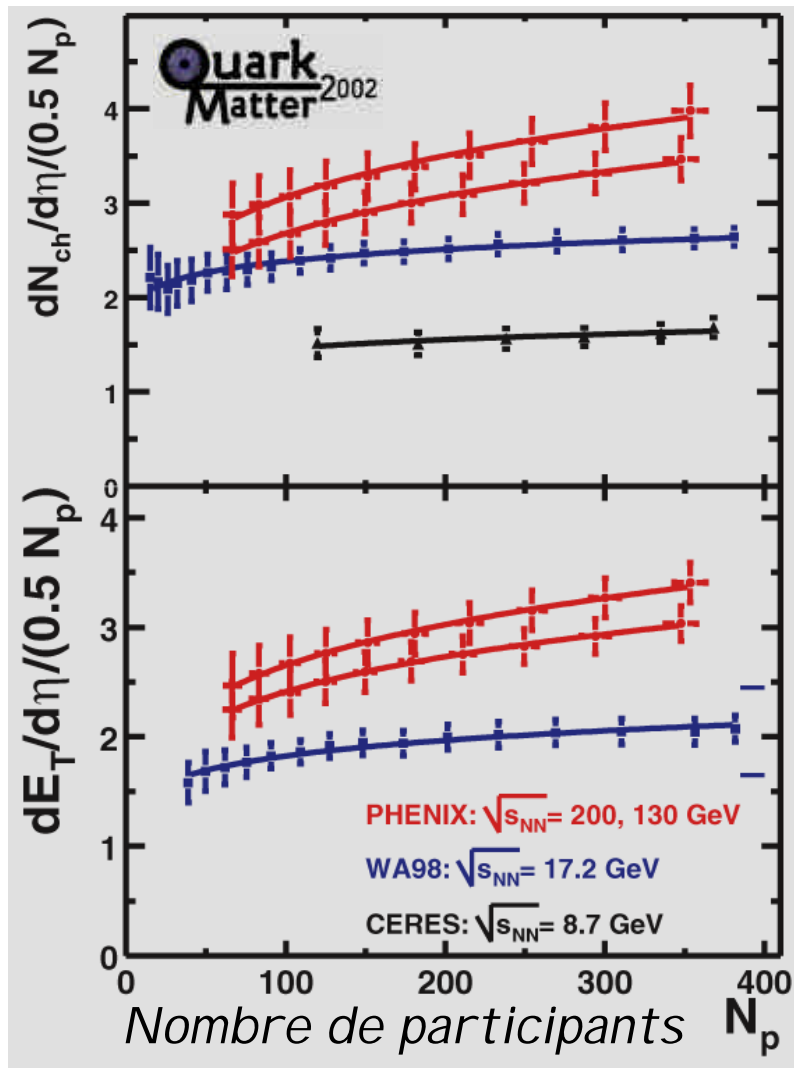
G-2

LINAC

AGS

Densité d'énergie @ RHIC

~ Énergie transverse émise lors de la collision @ $h=0$



Formule de Bjorken

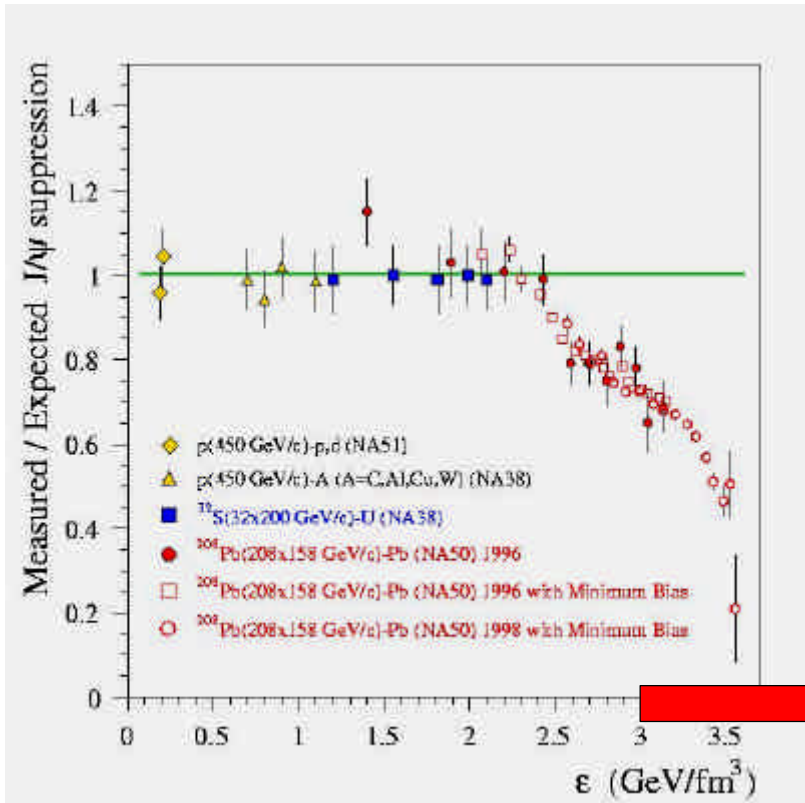
$$\varepsilon = \frac{1}{pR^2\tau_0} \times \left. \frac{dE_T}{dy} \right|_{y=0}$$

τ_0 temps de formation de 0,1 à 1 fm/c

R = rayon nucléaire
1,18 $A^{1/3}$ fm

$$\varepsilon > 6 \text{ GeV}/\text{fm}^3$$

Conditions initiales @ RHIC



- Les conditions sont évidemment amplement remplies pour espérer le plasma de quarks et de gluons @ RHIC
- Collisions centrales or+or @ 200 GeV

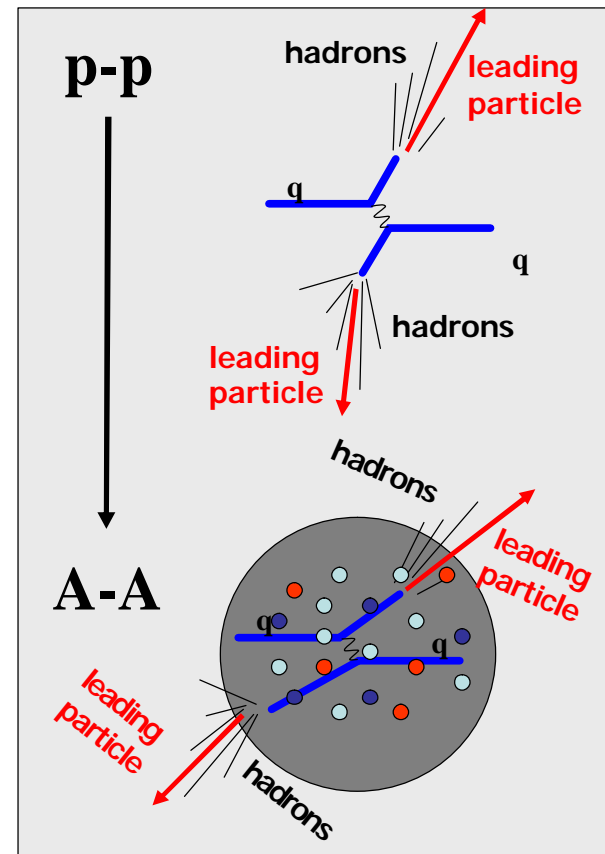
$\epsilon > 6 \text{ GeV/fm}^3$

- D'ailleurs, probable qu'on l'ait déjà vu...

Le « jet quenching »

- Grandes impulsions transverses

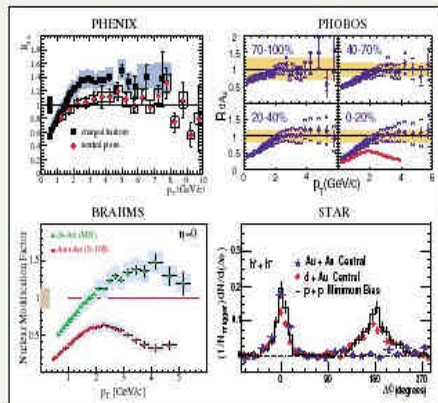
- Particules produites dans des processus durs (calculables) sensibles au milieu traversé
- $p_T > 2$ GeV de fragmentation « leading particles »
- En traversant un milieu dense, le parton perd de l'énergie
- Le p_T est affaibli !
- Comparer (or+or) avec (p+p) x nombre de collisions (Glauber)



Abrégé de jet quenching...

PHYSICAL REVIEW LETTERS

Articles published week ending
15 AUGUST 2003
Volume 91, Number 7



Member Subscription Copy
Library or Other Institutional Use Prohibited Until 2008

APS Published by The American Physical Society

Vu de deux manières :

1. Suppression des grands p_T par rapport à $pp \times \langle N_{\text{coll}} \rangle$
2. Affaiblissement des jets opposés ($\Delta\phi=180^\circ$)

- En or+or ! D'autant plus que les collisions sont centrales...
- Pas en d+or !
- Par les 4 expériences...

Foule de résultats à QM04 :

<http://qm2004.lbl.gov>

SPS versus RHIC *

1 - 1

Recommendations of the Brookhaven
High Energy and Nuclear Physics
Program Advisory Committee: RHIC Run 4
September 2003

The highest priorities for Run-4 are an extended high luminosity full energy Au-Au run ensuring a significant measurement of quarkonia production, and a polarized proton-proton machine development run. Additional priorities are a 63 A-GeV energy Au-Au

* Score en nombre de signatures, laissées à l'appréciation de chacun...

Quelques résultats de PHENIX

1. Une poignée de J/ψ en collisions or+or
2. Plus de J/ψ et d'effets nucléaires en d+or
3. Des hadrons aux mêmes rapidités
4. Du charme ouvert à rapidité médiane

PHENIX people

- Brazil** University of São Paulo, São Paulo
- China** Academia Sinica, Taipei, Taiwan
China Institute of Atomic Energy, Beijing
Peking University, Beijing
- France** LPC, University de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand
Dapnia, CEA Saclay, Gif-sur-Yvette
IPN-Orsay, Université Paris Sud, CNRS-IN2P3, Orsay
LLR, École Polytechnique, CNRS-IN2P3, Palaiseau
SUBATECH, École des Mines at Nantes, Nantes
- Germany** University of Münster, Münster
- Hungary** Central Research Institute for Physics (KFKI), Budapest
Debrecen University, Debrecen
Eötvös Loránd University (ELTE), Budapest
- India** Banaras Hindu University, Banaras
Bhabha Atomic Research Centre, Bombay
- Israel** Weizmann Institute, Rehovot
- Japan** Center for Nuclear Study, University of Tokyo, Tokyo
Hiroshima University, Higashi-Hiroshima
KEK, Institute for High Energy Physics, Tsukuba
Kyoto University, Kyoto
Nagasaki Institute of Applied Science, Nagasaki
RIKEN, Institute for Physical and Chemical Research, Wako
RIKEN-BNL Research Center, Upton, NY
Rikkyo University, Tokyo, Japan
Tokyo Institute of Technology, Tokyo
University of Tsukuba, Tsukuba
Waseda University, Tokyo
- S. Korea** Cyclotron Application Laboratory, KAERI, Seoul
Kangnung National University, Kangnung
Korea University, Seoul
Myong Ji University, Yongin City
System Electronics Laboratory, Seoul Nat. University, Seoul
Yonsei University, Seoul
- Russia** Institute of High Energy Physics, Protovino
Joint Institute for Nuclear Research, Dubna
Kurchatov Institute, Moscow
PNPI, St. Petersburg Nuclear Physics Institute, St. Petersburg
St. Petersburg State Technical University, St. Petersburg
- Sweden** Lund University, Lund

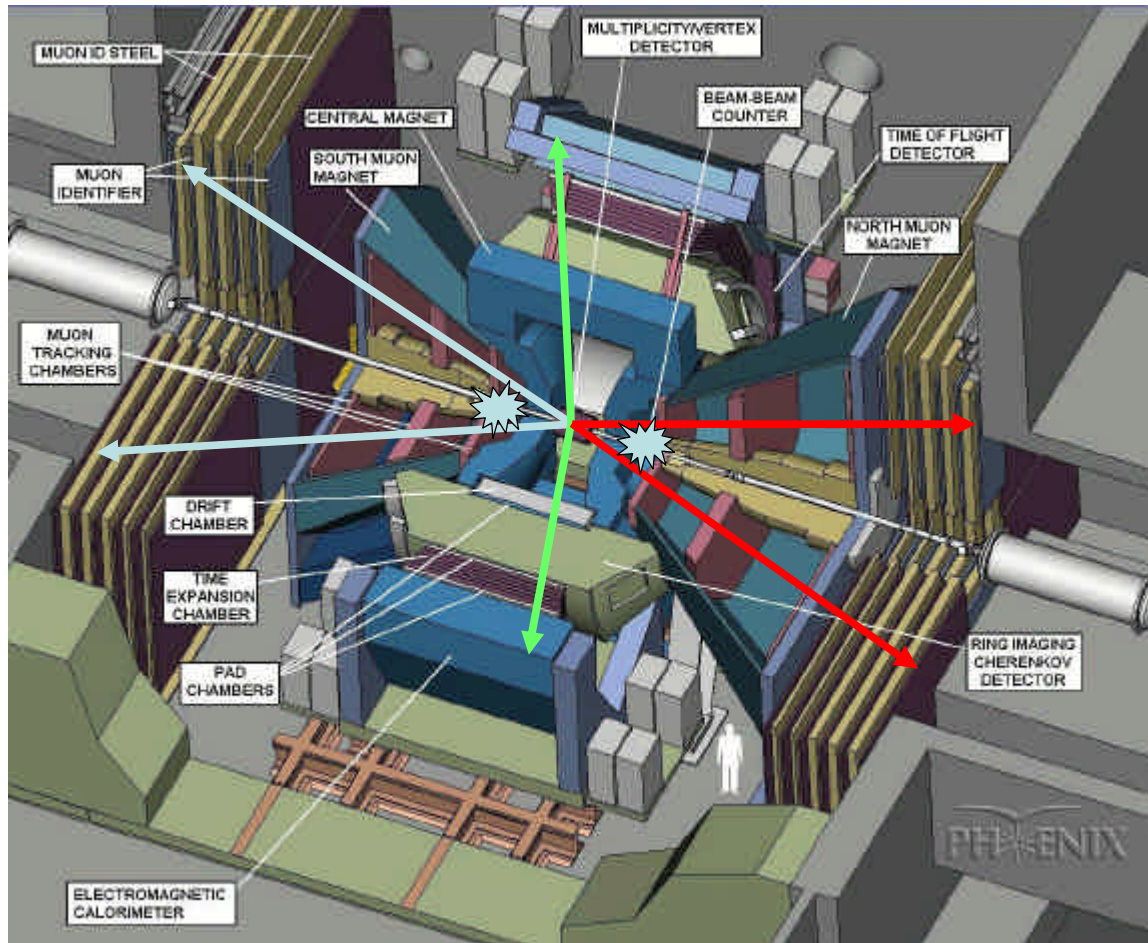


12 Countries; 58 Institutions; 480 Participants*

- USA** Abilene Christian University, Abilene, TX
Brookhaven National Laboratory, Upton, NY
University of California - Riverside, Riverside, CA
University of Colorado, Boulder, CO
Columbia University, Nevis Laboratories, Irvington, NY
Florida State University, Tallahassee, FL
Florida Technical University, Melbourne, FL
Georgia State University, Atlanta, GA
University of Illinois Urbana Champaign, Urbana-Champaign, IL
Iowa State University and Ames Laboratory, Ames, IA
Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM
Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA
University of New Mexico, Albuquerque, NM
New Mexico State University, Las Cruces, NM
Dept. of Chemistry, Stony Brook Univ., Stony Brook, NY
Dept. Phys. and Astronomy, Stony Brook Univ., Stony Brook, NY
Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN
University of Tennessee, Knoxville, TN
Vanderbilt University, Nashville, TN

***as of January 2004**

Comment PHENIX voit les J/ψ ?



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

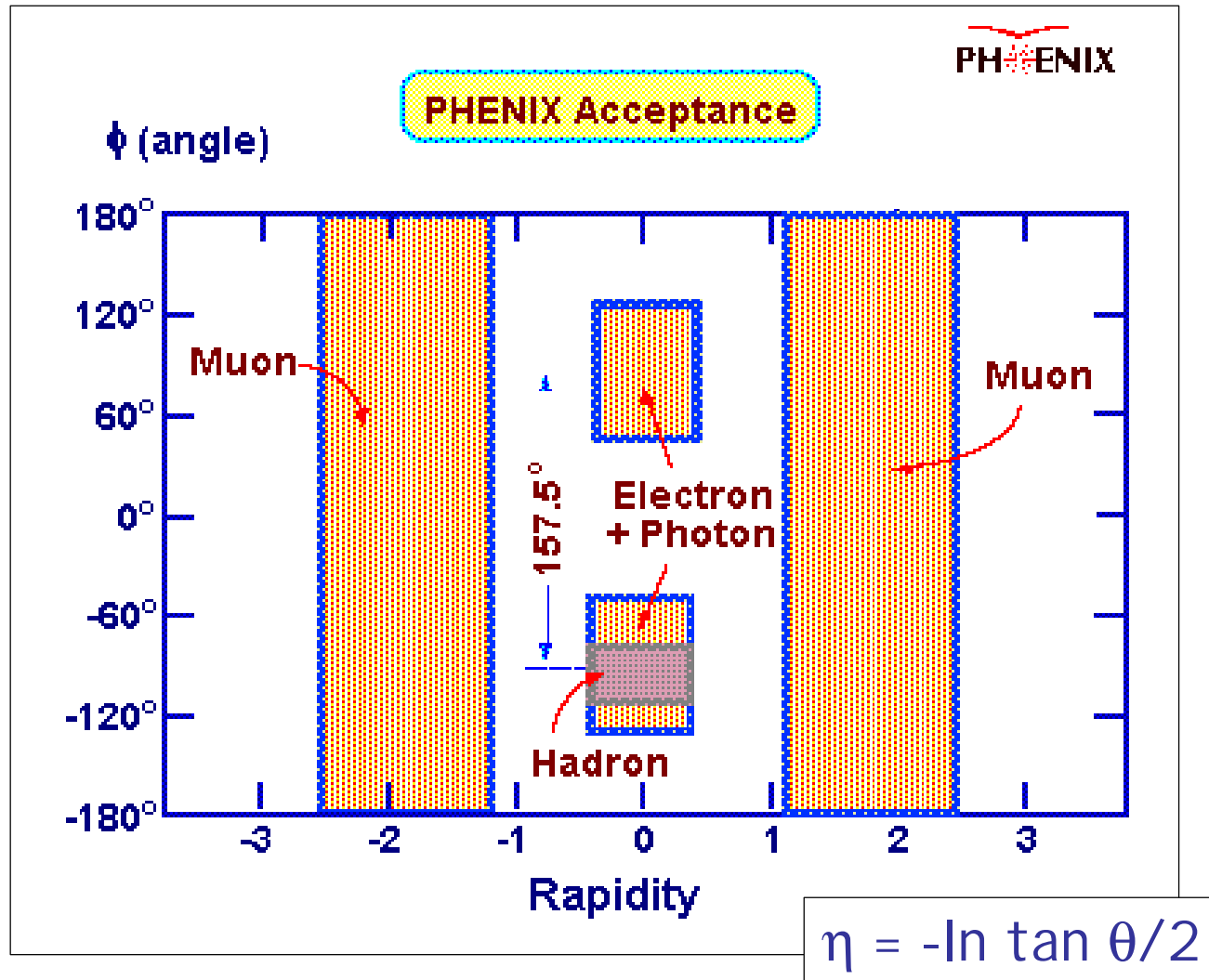
- $|\eta| < 0.35$
- $p > 0.2 \text{ GeV}$

$J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$
identifiés dans 2
spectro vers l'avant

- $1.2 < |\eta| < 2.4$
- $p > 2 \text{ GeV}$

Vertex et centralité
donnés par BBC à
 $3 < |\eta| < 3.9$

Acceptances phéniciennes



Traqueur (3 stations)

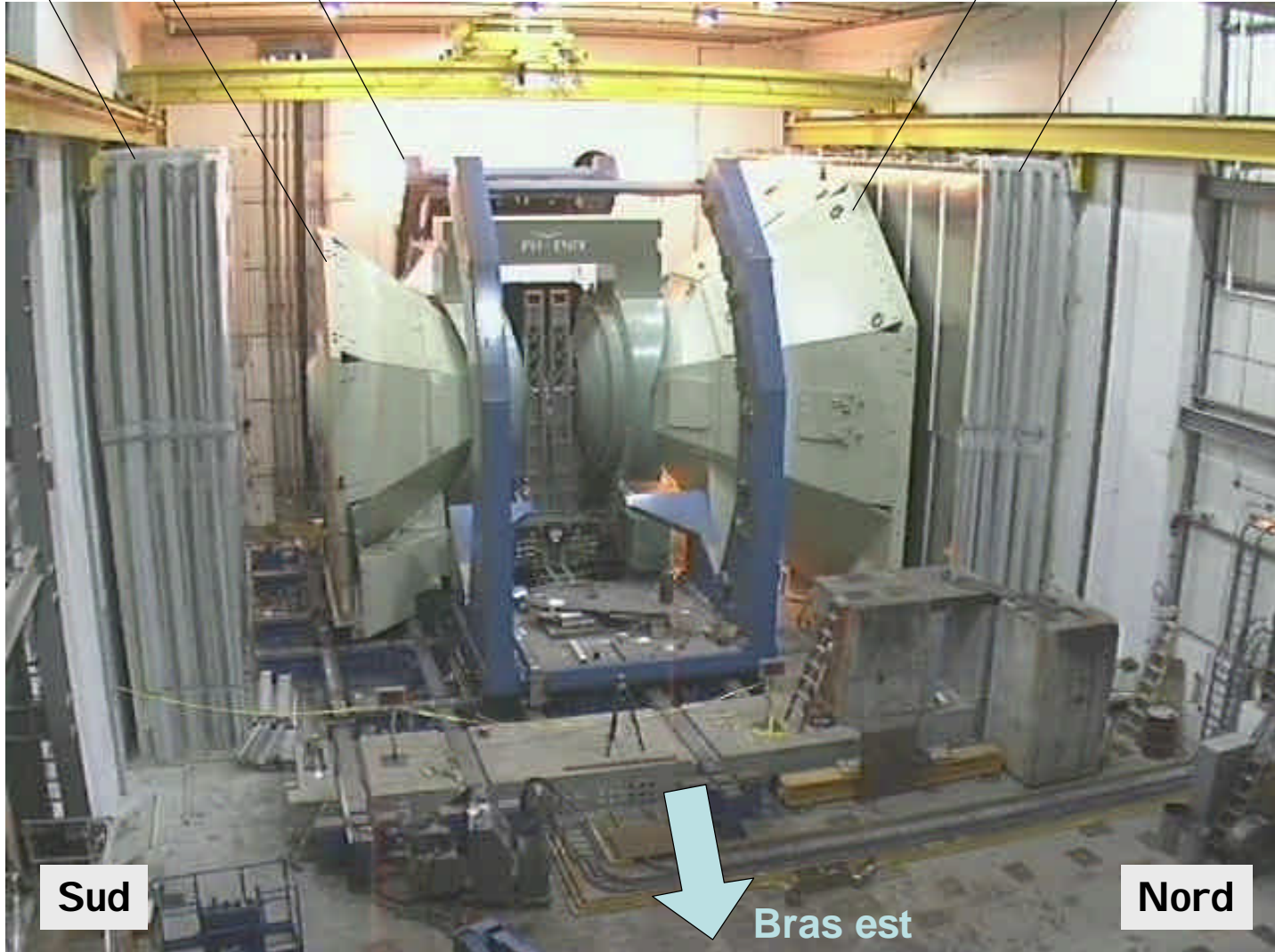
Identifieur
(5 plans)

Bras ouest



Traqueur (3 stations)

Identifieur (5 plans)



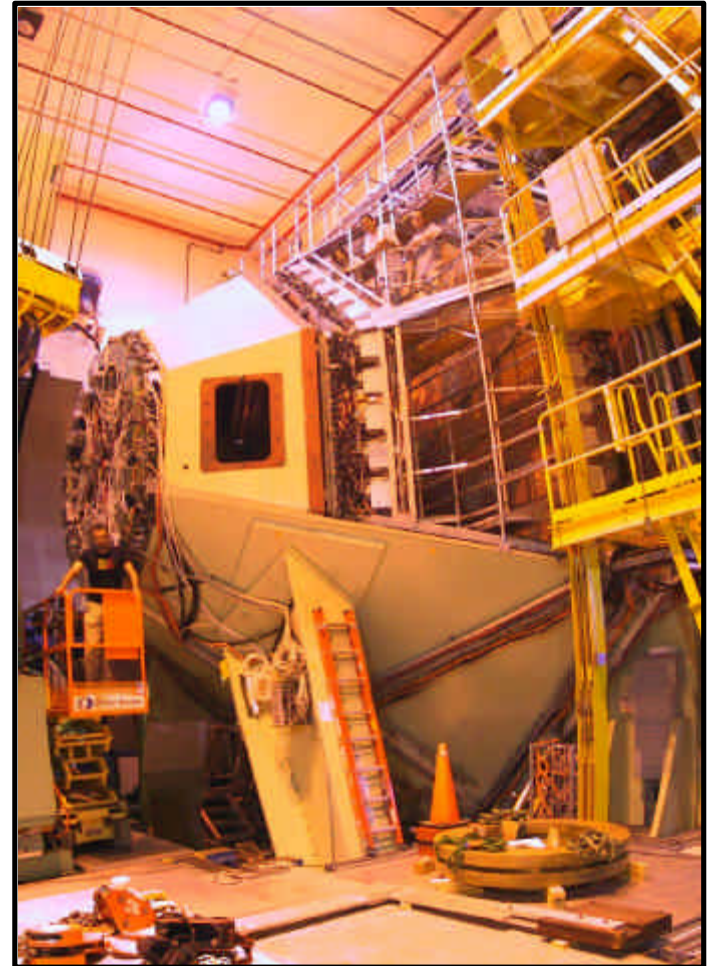
Sud

Bras est

Nord

(parenthèse chauvine)

- PHENIX France productrice de l'électronique du bras nord (24000 voies + spares)



Histoire des J/ψ à RHIC

Year	Ions	$\sqrt{s_{NN}}$	Luminosity	Detectors	J/Ψ
2000	Au-Au	130 GeV	1 mb^{-1}	Central (électrons)	0
2001	Au-Au	200 GeV	24 mb^{-1}	Central	13 + 0 [1]
2002	p-p	200 GeV	$0,15 \text{ pb}^{-1}$	+ 1 bras muon	46 + 66 [2]
2002	d-Au	200 GeV	$2,74 \text{ nb}^{-1}$	Central	300+800+600 [3]
2003	p-p	200 GeV	$0,35 \text{ pb}^{-1}$	+ 2 bras muon	100+300+120 [3]
2004	Au-Au	200 GeV 62,3 GeV	240 mb^{-1} $9,1 \text{ mb}^{-1}$	idem	Qqs milliers ? Qqs dizaines ?

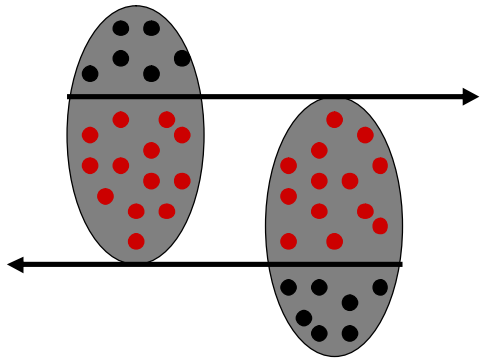
[1] [nucl-ex/0305030](https://arxiv.org/abs/nuc-ex/0305030) / PRC 69, 014901 (2004)

[2] [hep-ex/0307019](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0307019) / PRL 92, 051802 (2004)

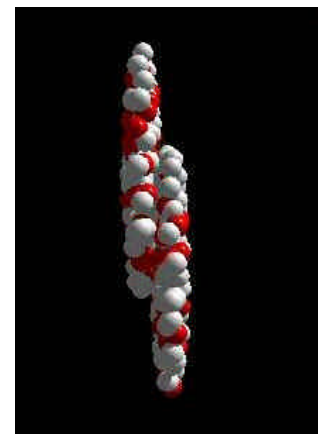
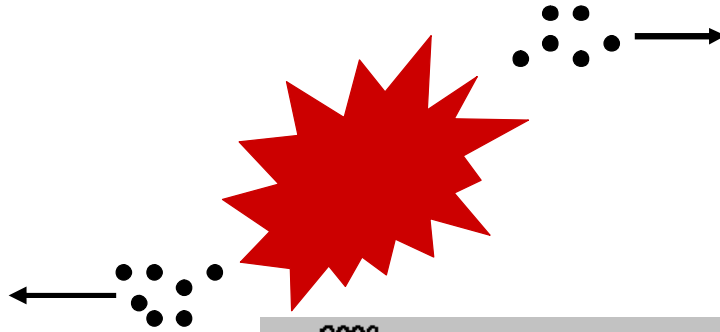
[3] [nucl-ex/0403030](https://arxiv.org/abs/nuc-ex/0403030) / (RGdC @ QM04)

Centralité en or+or

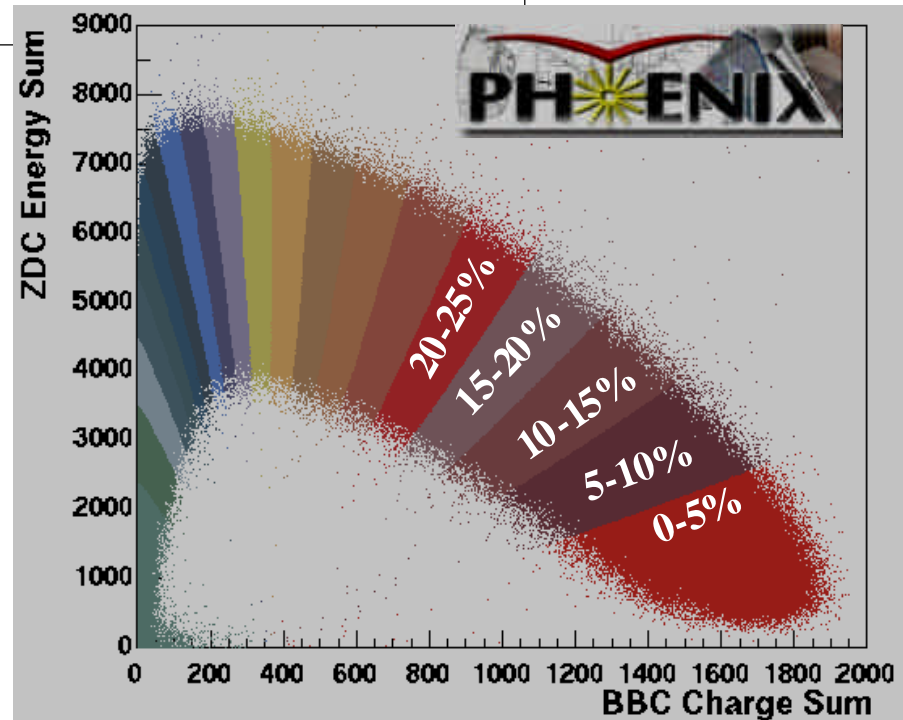
Avant



Après

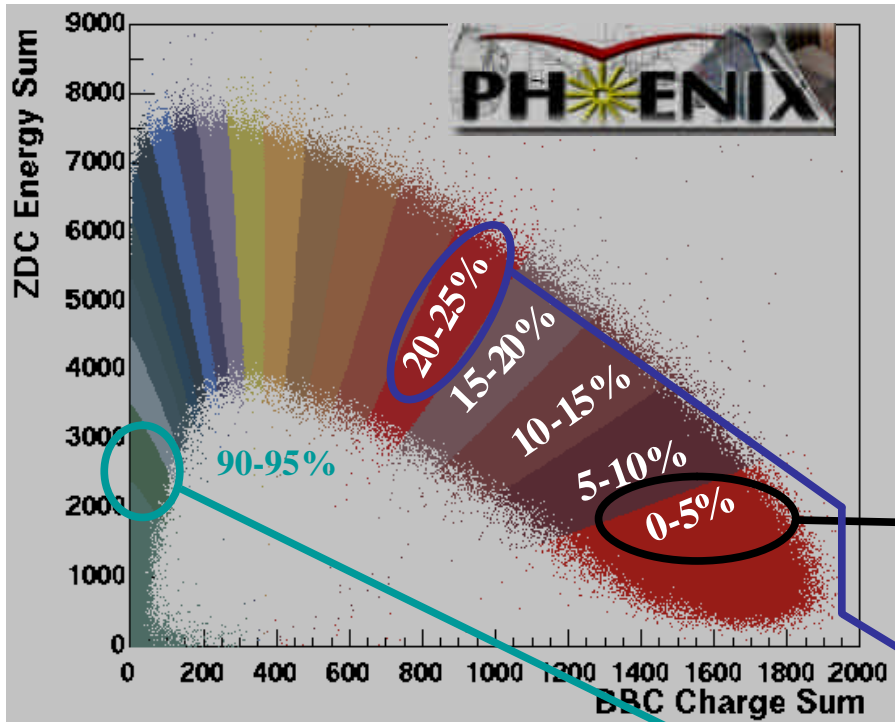


- Les spectateurs (neutres) sont mesurés par 2 calorimètres à zéro degré (communs aux 4 exp.)
- Les participants redistribuent leur énergie dans tous les autres détecteurs, par exemple les Beam-Beam Counters (PHENIX)

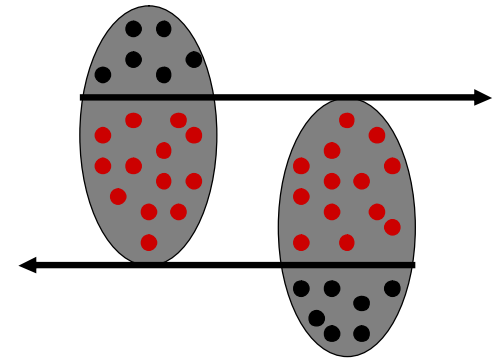


➤ Classes de centralités

Déterminer N_{coll}



Paramètre d'impact



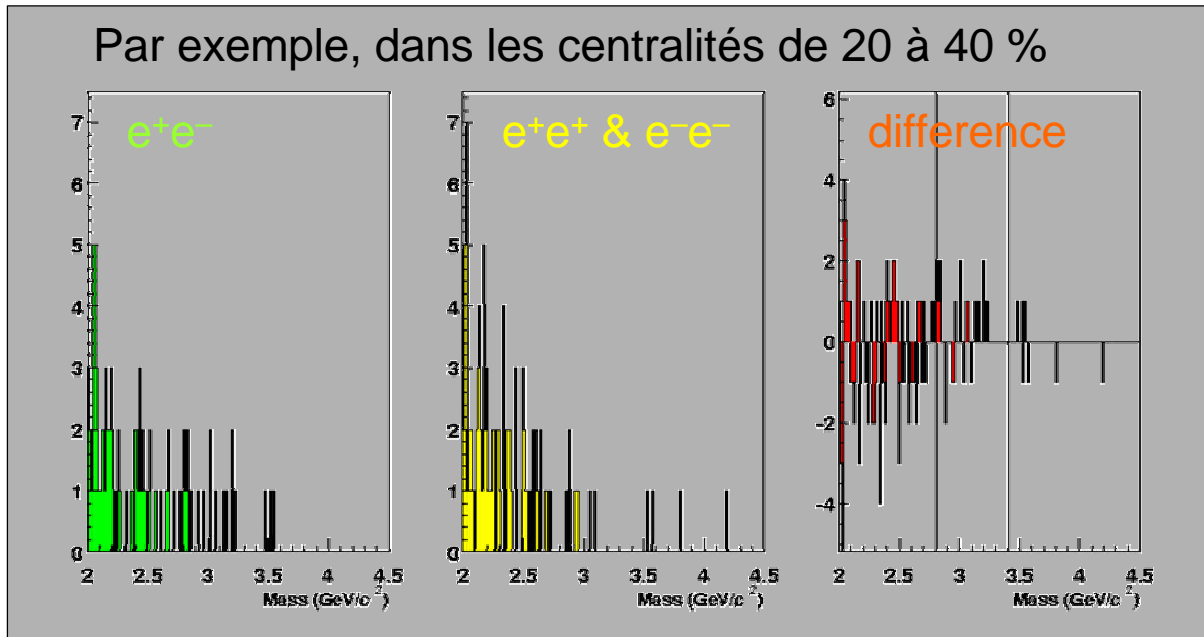
B (fm)	N_{part}	N_{coll}
2,3 $\pm 0,9$	353 ± 19	1091 ± 102
7,1 $\pm 0,5$	181 ± 16	422 ± 65
14,5 $\pm 0,3$	4,1 $\pm 2,5$	2,8 $\pm 2,2$

+ Modèle de Glauber (géométrie, densité nucléaire, s_{NN} ...)

- Paramètre d'impact
- Nombre de participants
- Nombre de collisions...

1. Très peu de J/Ψ en $or+or$

- La statistique est très marginale !
 - Un seul bras muon, pour la première fois... pas de ψ ...
- Quelques candidats di-électrons
 - Divisés en 3 centralité (0-20%, 20-40%, 40-90%)

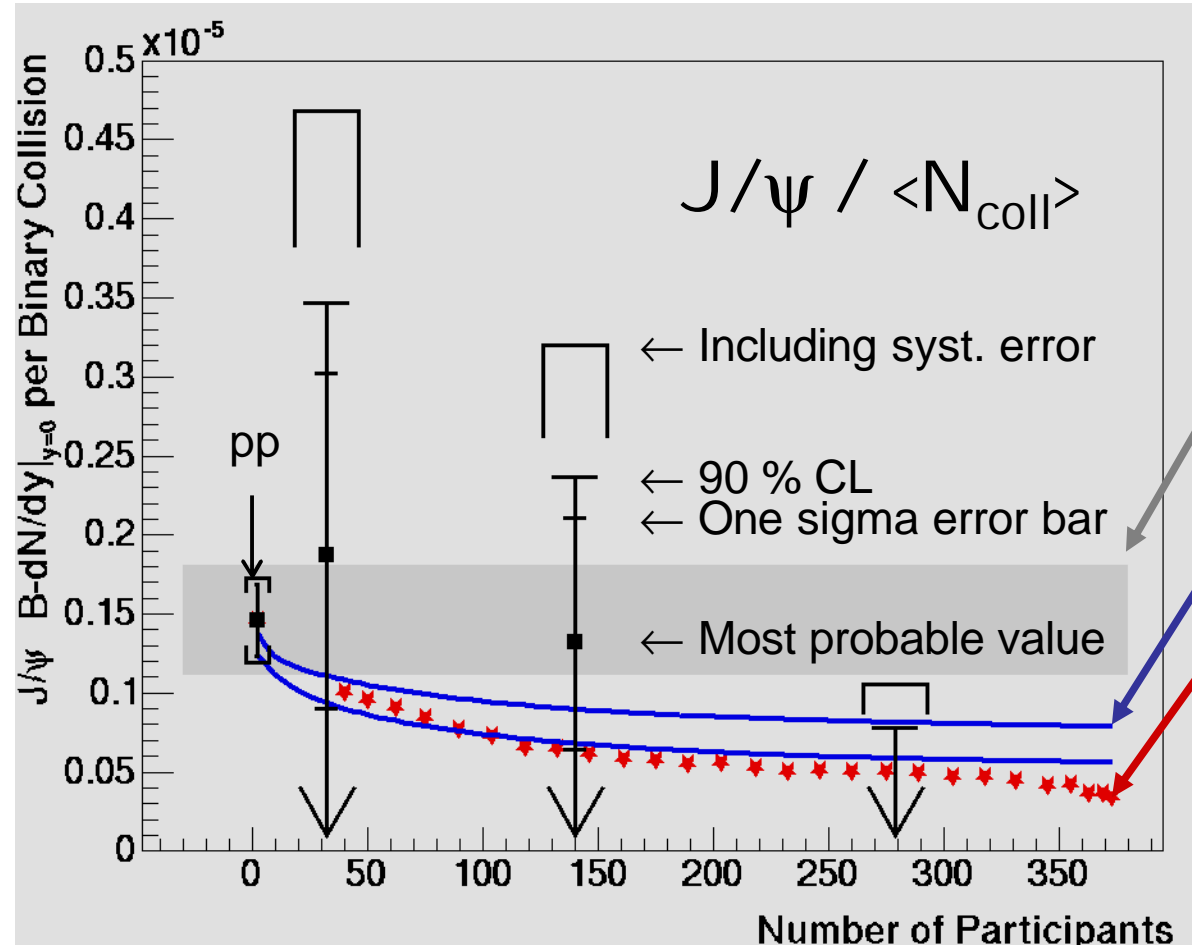


(extract signal
expectation value
from like sign
and unlike sign
likelihood distribs)

J/ψ en or +or

- Avec 13 événements, difficile de conclure !
 - Le run 4 devrait en apporter quelques milliers

(si pas trop supprimés)



Binary scaling

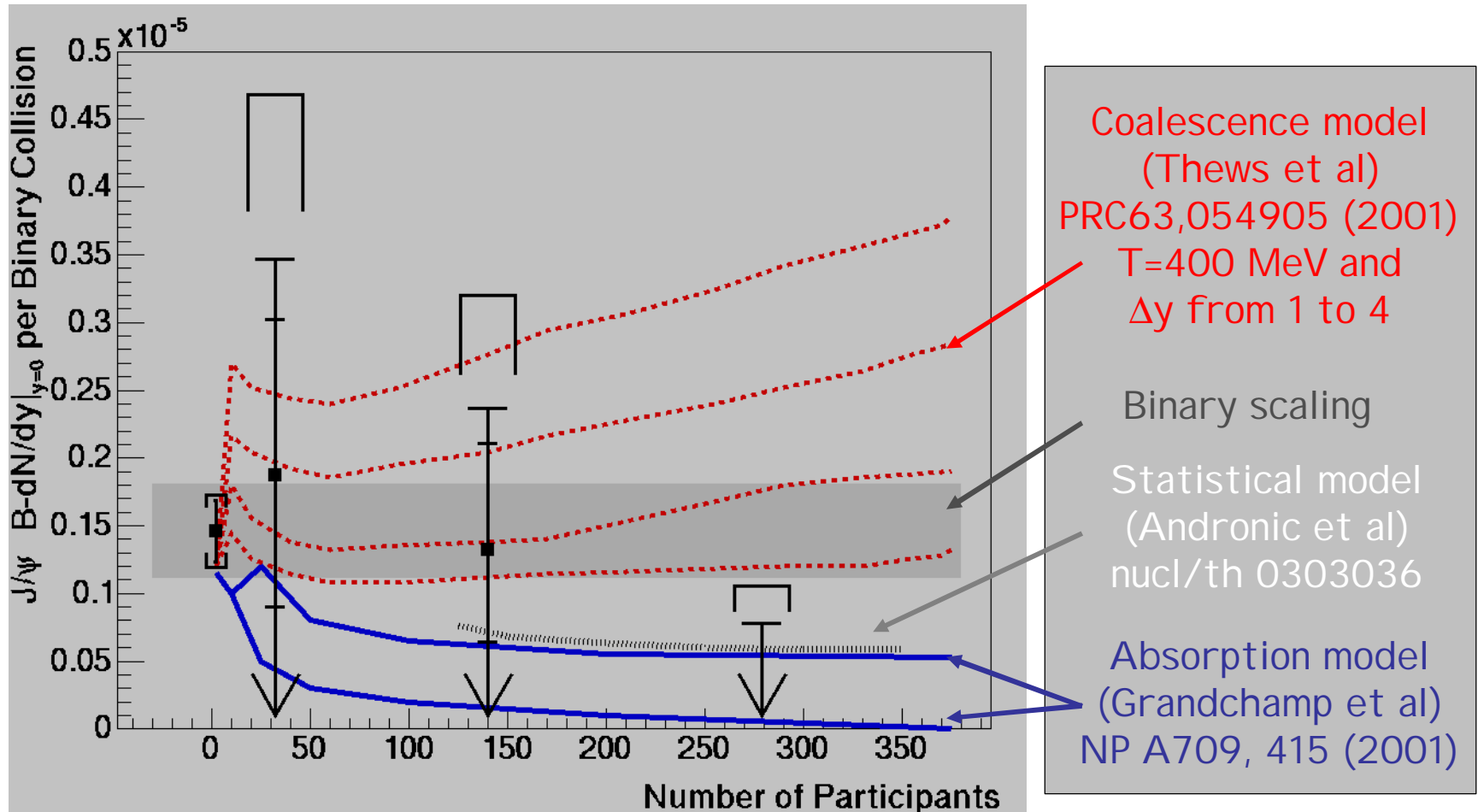
Nuclear absorption
4.4 and 7.1 mb

★ NA50 points
normalized to pp
for shape comparison

nucl-ex/0305030
PRC 69, 014901 (2004)

J/ψ en or +or

- Exclut juste des modèles de forte coalescence...

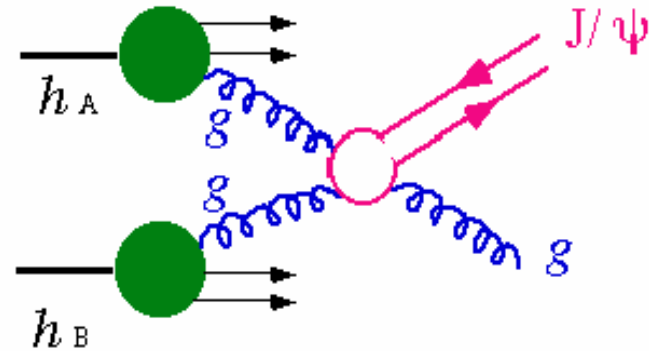


Attention,
à partir de là,
tous les résultats
sont préliminaires !



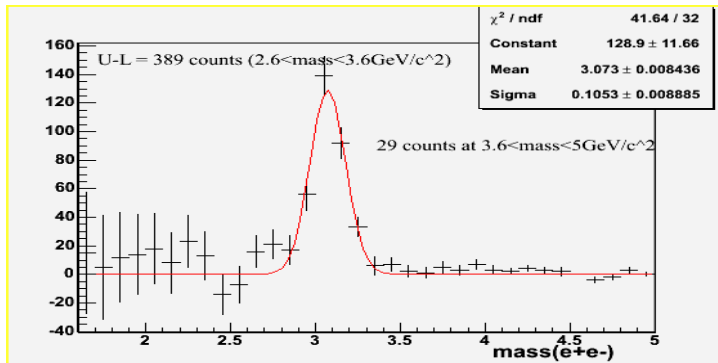
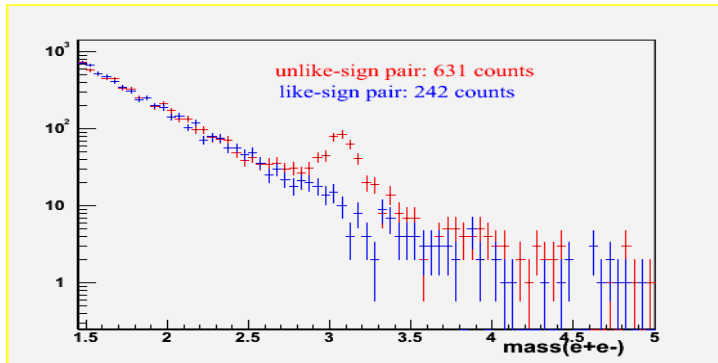
2. Intérêts des collisions d+or

1. Former la référence pour les données or+or
2. Séparer divers effets nucléaires « froids »
 - Modification des fonctions de structure dans les noyaux
 - Antishadowing & Shadowing (gluon saturation ? Color Glass Cond ?)
 - Perte d'énergie des partons initiaux
 - Supprime les J/ψ
 - Diffusion multiple des partons initiaux
 - Elargissement du p_T , effet « Cronin »
 - Absorption J/ψ
 - Et autres effets d'états finals...
- Comment faire ?
 - Regarder sur des gammes larges en p_T , rapidité, centralité...



Analyse di-électron

Un exemple tiré de d+or

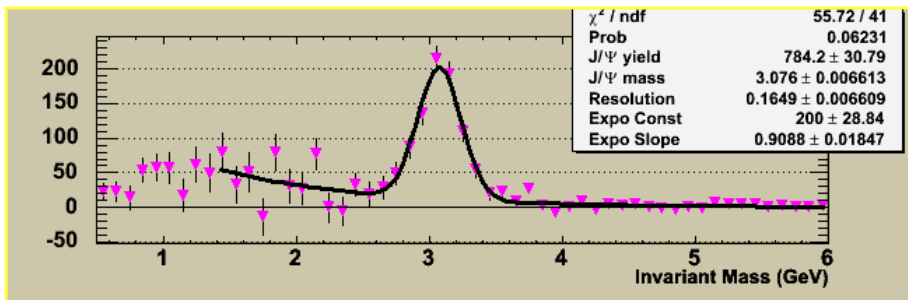
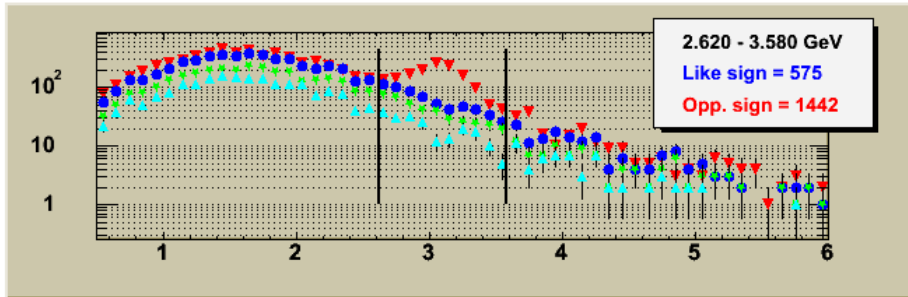


Résolution ~ 100 MeV

- Identifier les électrons
 - $0.5 < E/p < 1.5$
 - Masse invariante e^+e^-
 - Soustraire bruit de fond combinatoire
 - Signal = $N_{+-} - (N_{++} + N_{--})$
 - Compter J/ψ
 - Corriger de l'acceptance et des inefficacités
- Section efficace

Analyse di-muon

Exemple : d+or dans le bras nord



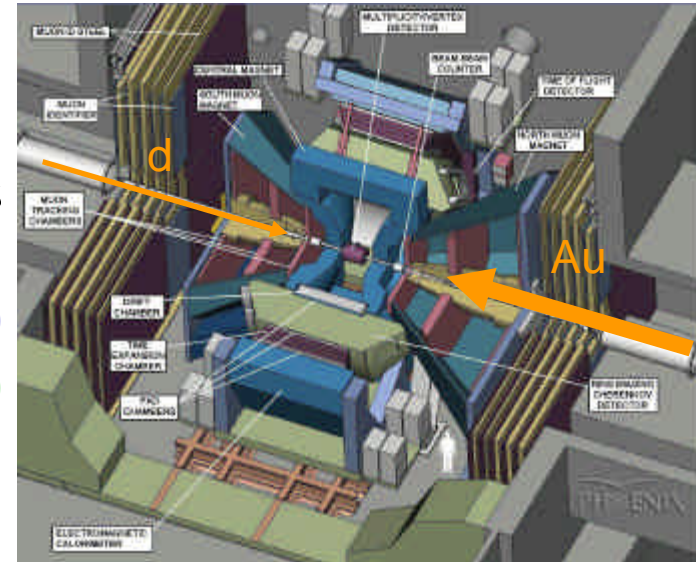
Résolution ~ 150 to 200 MeV

- Identifier les muons
 - Profondeur dans MuI d
 - Masse invariante m^+m^-
 - Soustraire le bruit de fond combinatoire ($N_{++} \pm N_{--}$)
 - Signal = $N_{+-} - 2\sqrt{(N_{++})(N_{--})}$
 - Travail en cours pour quantifier les bruits de fond physiques :
 - Charme & beauté ouverts,
 - Drell-Yan,
 - Un indice de ψ'
 - Ici : fit gauss J/ ψ + exp bdf
 - Corriger de l'acceptance et des inefficacités
- Section efficace

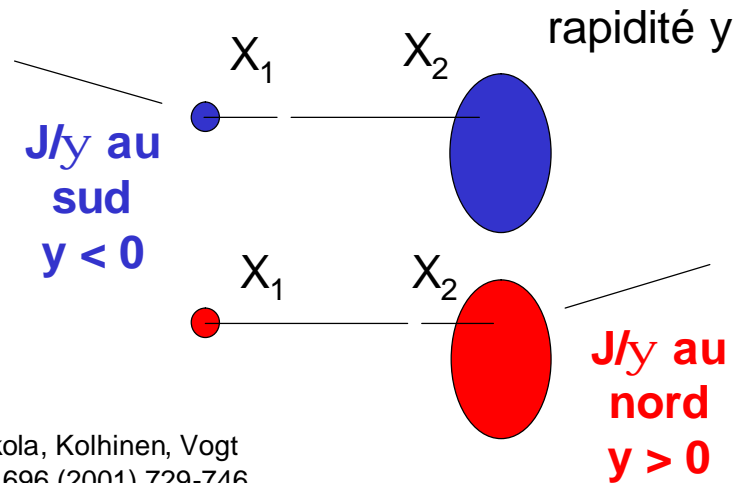
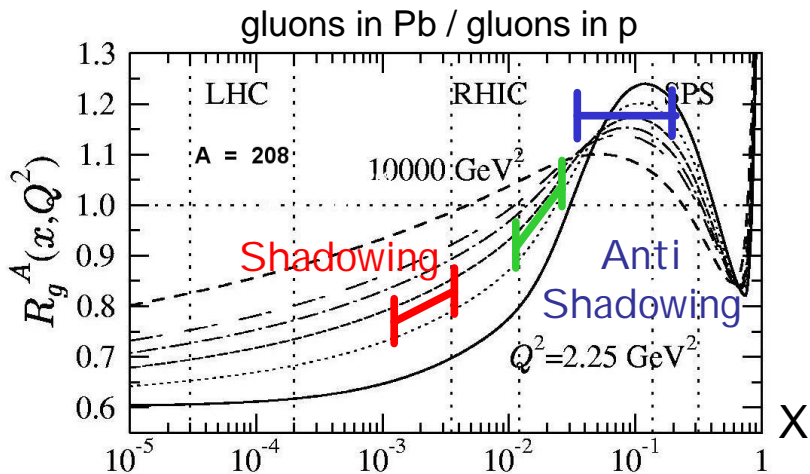
Deuteron →

← Or

- A 200 GeV, J/ψ principalement produit par fusion de gluons : sensibles à leur pdf.
- 3 gammes de rapidité explorent différentes fractions d'impulsion des partons dans l'or...
 - Sud ($y < -1.2$) : grand X_2 (dans l'or) ~ 0,090
 - Central ($y \sim 0$) : X_2 intermédiaire ~ 0,020
 - Nord ($y > 1.2$) : petit X_2 (dans l'or) ~ 0,003



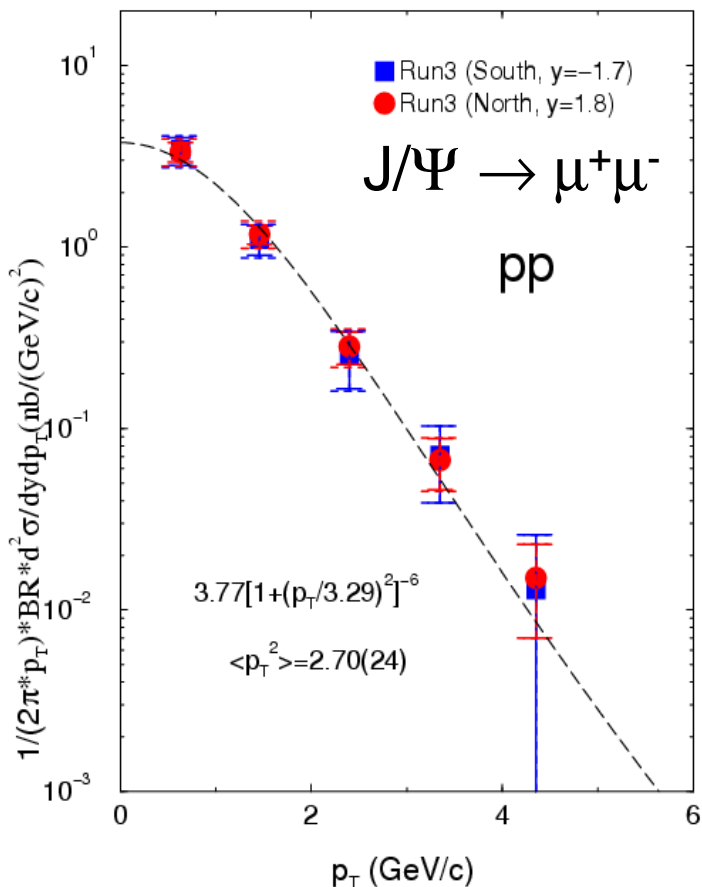
Exemple de prédiction de pdf gluoniques



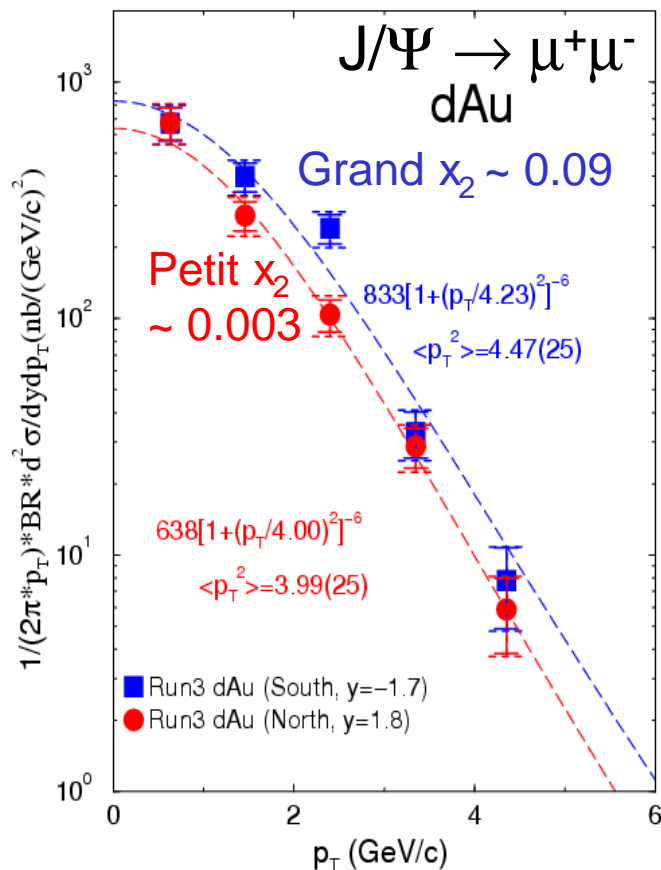
D'après Eskola, Kolhinen, Vogt
Nucl. Phys. A696 (2001) 729-746.

Section efficace vs p_T

pp J/Ψ – PHENIX Preliminary



dAu J/Ψ PHENIX Preliminary



$$\Delta \langle p_T^2 \rangle =$$

$$\langle p_T^2 \rangle_{\text{dAu}} - \langle p_T^2 \rangle_{\text{pp}}$$

$$1.77 \pm 0.35 \text{ GeV}^2$$

$$1.29 \pm 0.35 \text{ GeV}^2$$

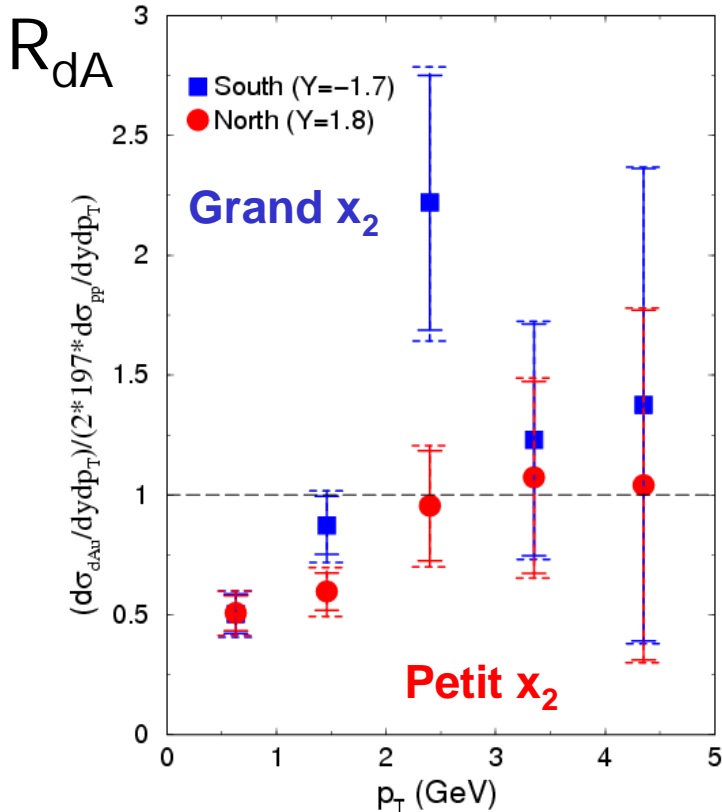
(préliminaire)

Distribution en p_T élargie dans d+or

dAu/pp versus p_T

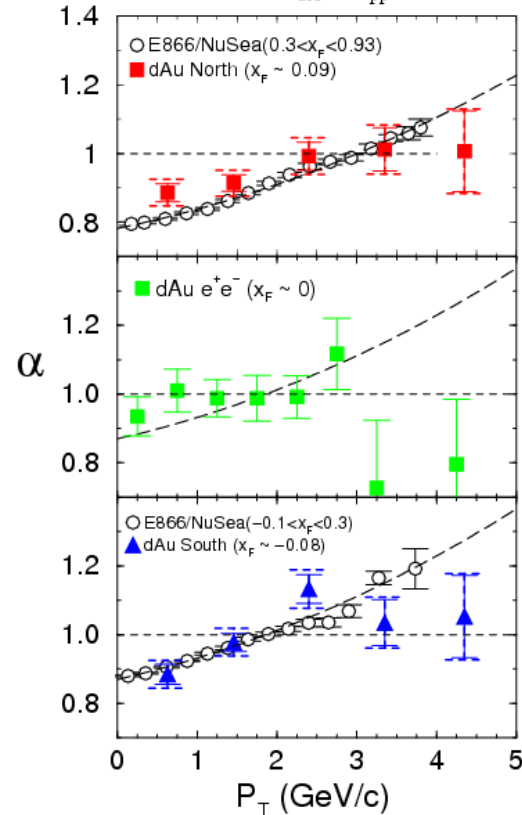
$$R_{dA} = s_{dA} / 2 \times 197 \times s_{pp}$$

PHENIX Preliminary 200 GeV
 $J/\Psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ Ratio vrs p_T



$$s_{dA} = s_{pp} (2 \times 197)^a$$

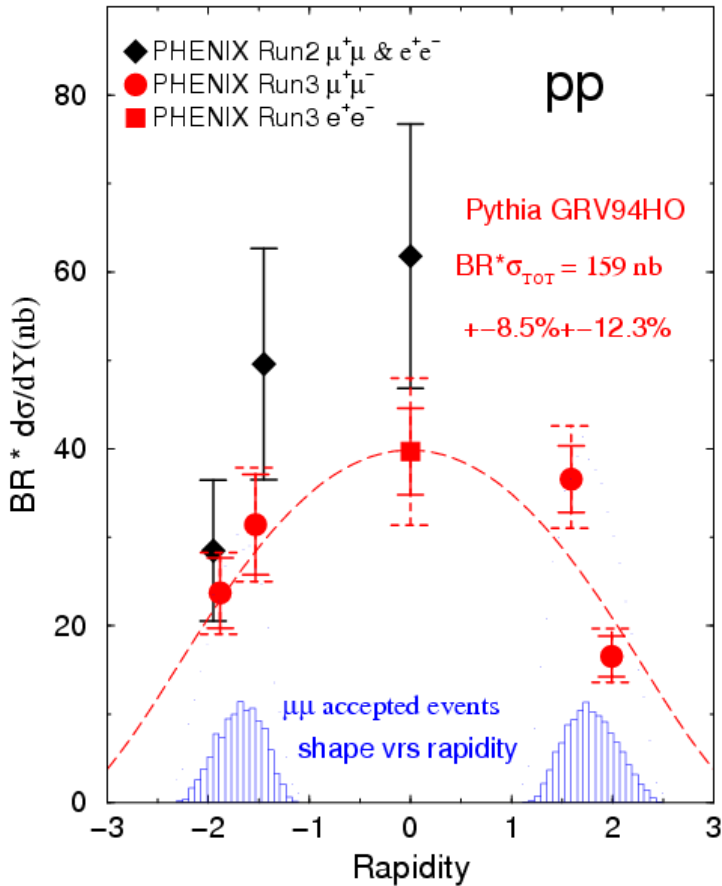
PHENIX Preliminary 200 GeV
 $J/\Psi \rightarrow l^+ l^-$, $\sigma_{dA} = \sigma_{pp} (2A)^\alpha$



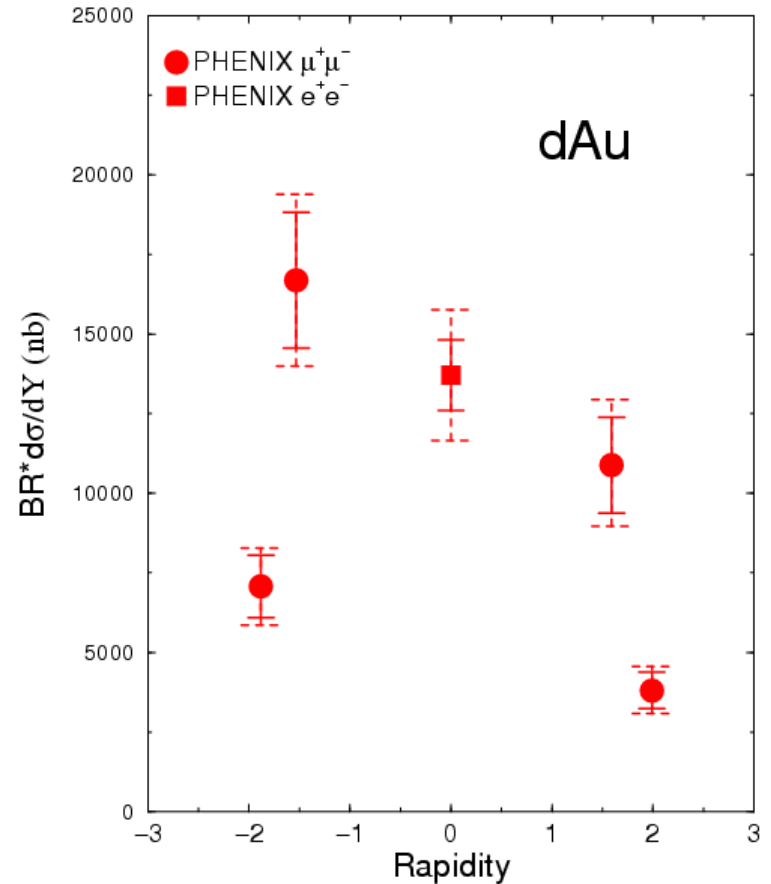
“broadening” comparable avec basse énergie ($\sqrt{s} = 39$ GeV in E866)

Section efficace vs rapidité

pp J/Ψ – PHENIX Preliminary



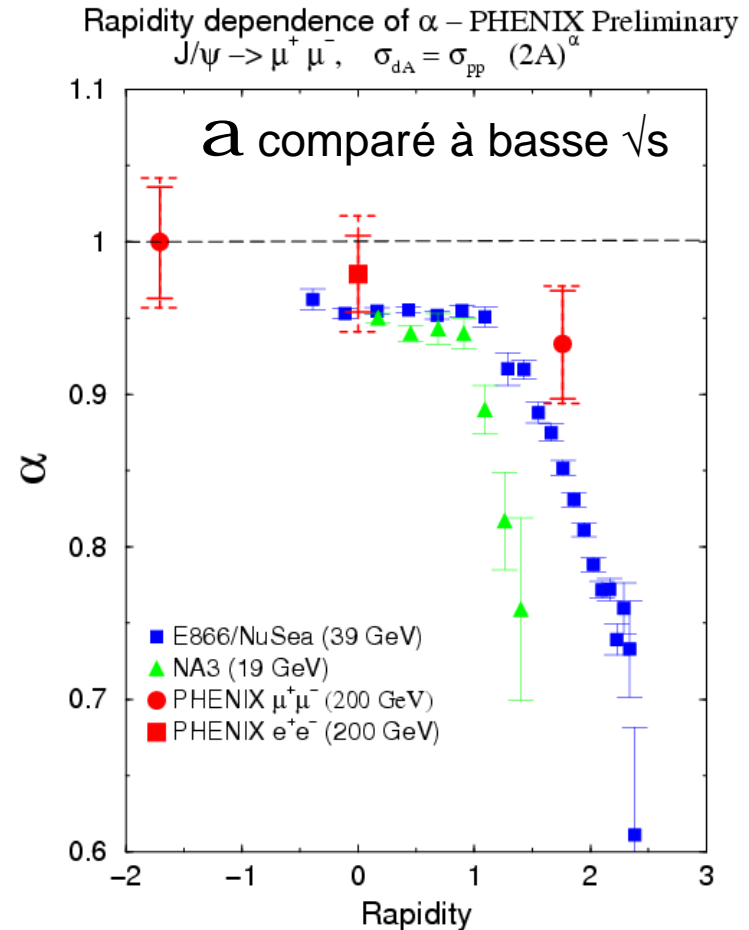
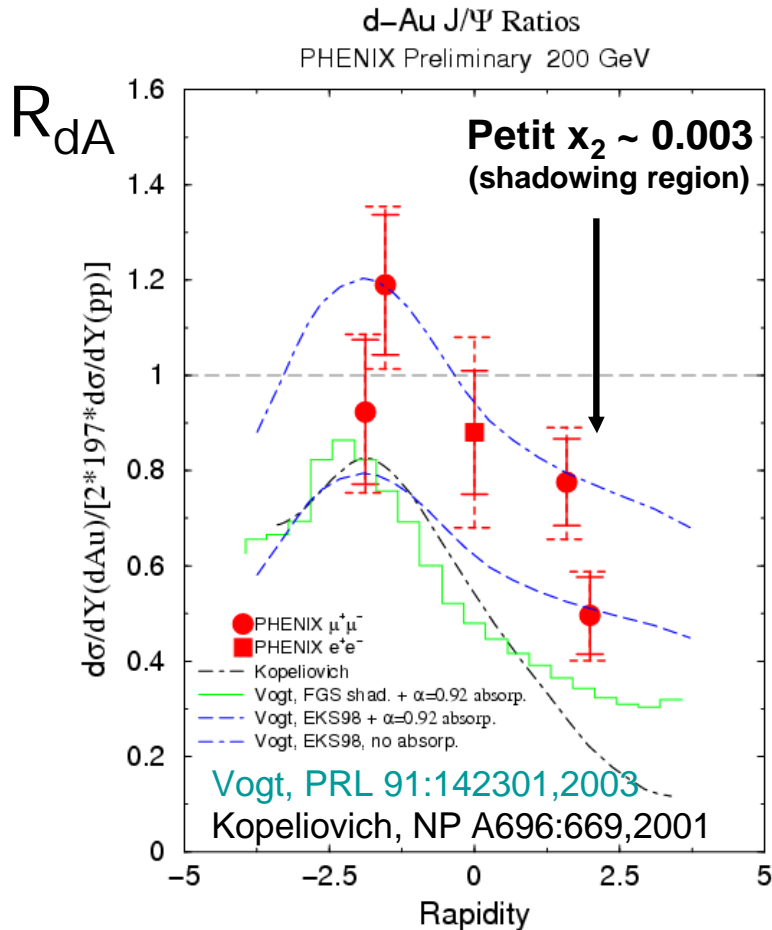
dAu J/Ψ – PHENIX Preliminary



- Section efficace (préliminaire)

$$BR \sigma_{pp}^{J\psi} = 159 \text{ nb} \pm 8.5 \% \text{ (fit)} \pm 12.3\% \text{ (abs)}$$

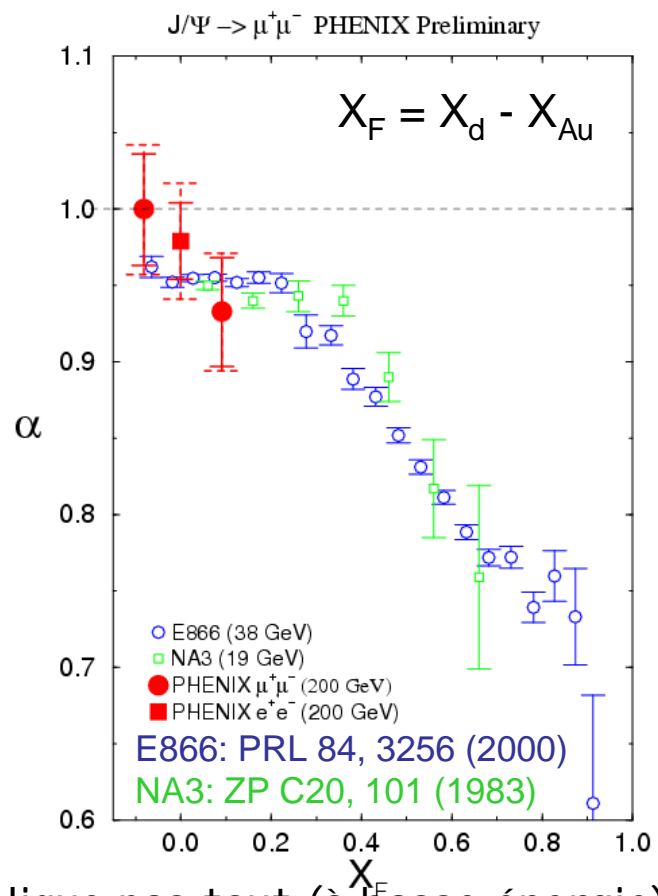
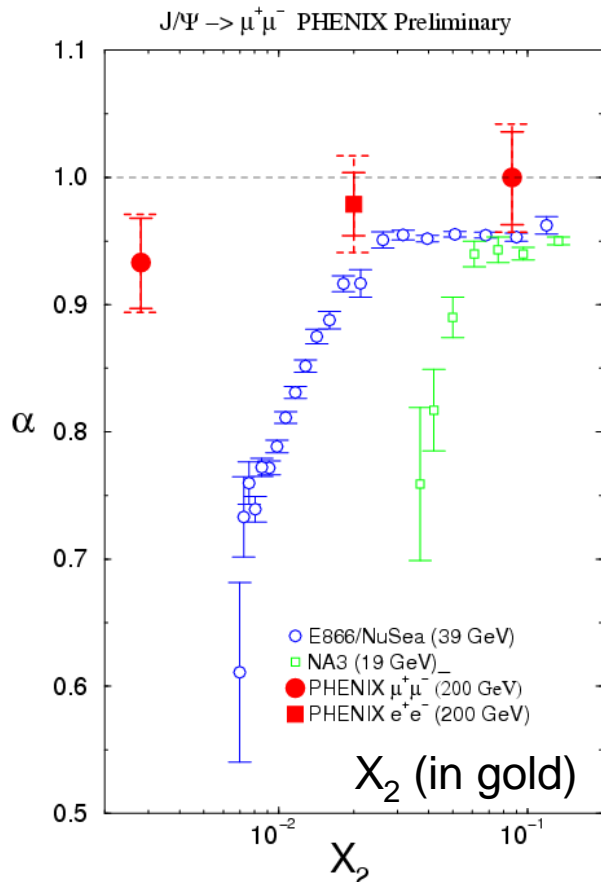
dAu/pp vs rapidité



Données suggèrent (faible) shadowing + (faible) absorption ($\alpha > 0.92$)

Statistique limitée, difficile de séparer effets et discriminer modèles !

α vs X comparé avec basse \sqrt{s}

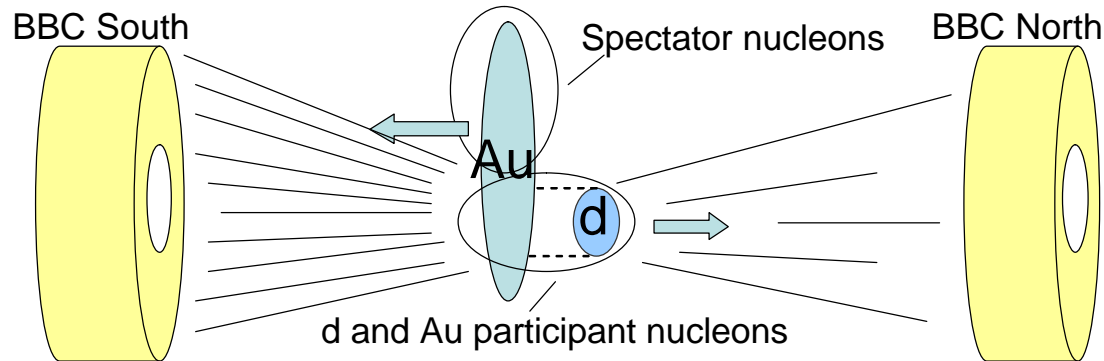


- Pas universel avec X_2 : le shadowing n'explique pas tout (à basse énergie)
- Ressemble avec X_F : perte d'énergie du parton incident ? (Grand x_d = Grand x_F)
- Perte d'énergie moins importante aux énergies de RHIC

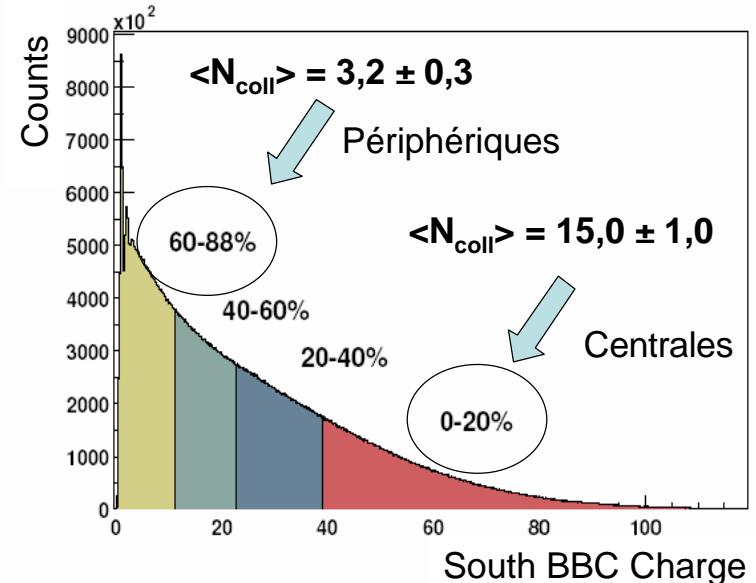
(cf. Arleo et al ☺)
hep-ph/0105047

Centralité en d+Au

Or se fragmente dans notre BBC méridional

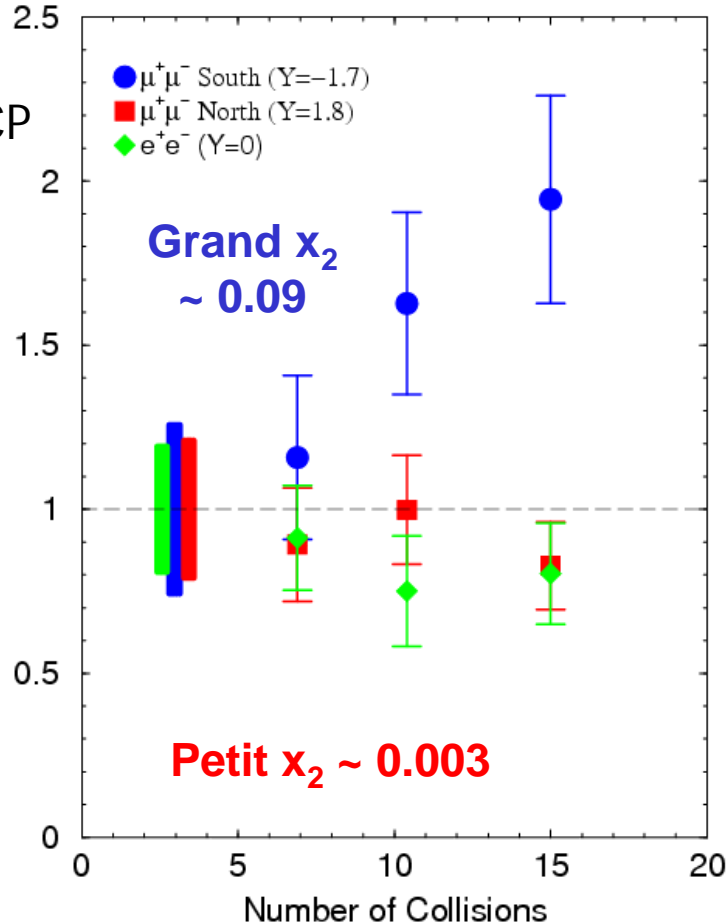


- Définit 4 centralités
- Relit centralité et $\langle N_{\text{coll}} \rangle$ par un calcul ala Glauber
- $\langle N_{\text{coll}}^{\text{MB}} \rangle = 8,4 \pm 0,7$



Central/périphérique vs N_{coll}

$J/\Psi \rightarrow l^+l^-$ PHENIX Preliminary 200 GeV
Central/Peripheral (R_{cp}) vrs Number of Collisions

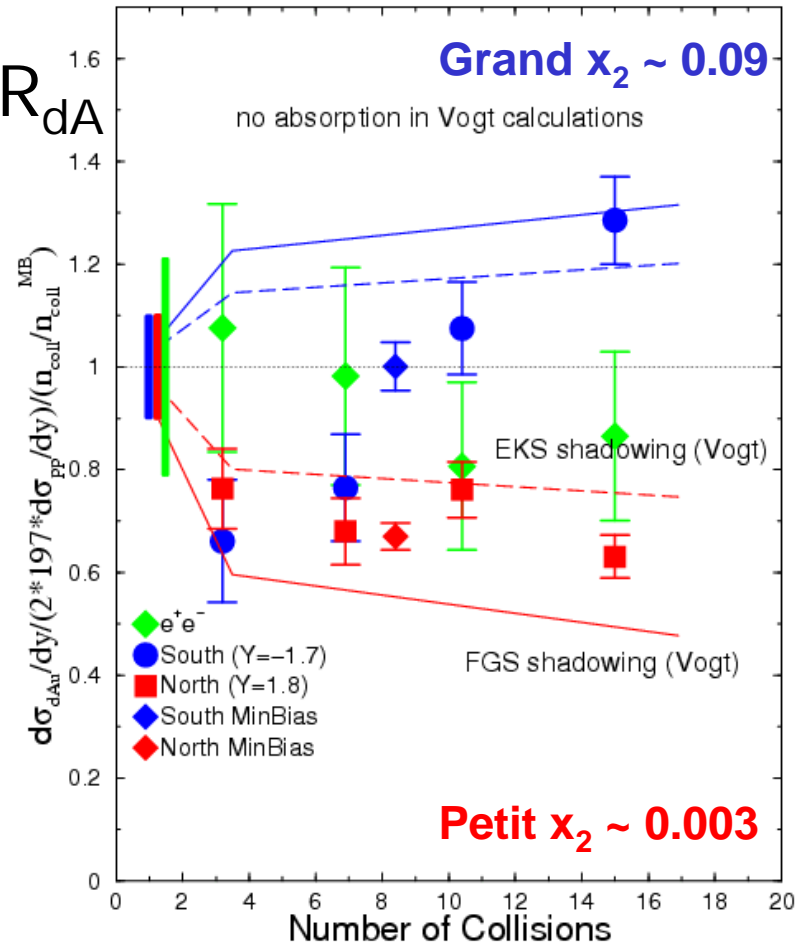


$$R_{cp}(N_{coll}) = \frac{N_{Jy}^{cent} \times \langle N_{coll}^{perif} \rangle}{N_{Jy}^{perif} \times \langle N_{coll}^{cent} \rangle}$$

- Peu de variations à **petit** et **moyen** x_2 :
 - Effets nucléaires faibles
 - Petite dépendence du shadowing avec la centralité
- A **grand** x_2 augmentation marquée avec centralité !
 - antishadowing si violent ?

dAu / pp versus N_{coll}

PHENIX Preliminary 200 GeV
 $J/\Psi \rightarrow \Gamma^+ \Gamma^-$ vrs Number of Collisions



$$R = \frac{\mathbf{s}_{dA} \times \langle N_{coll}^{MB} \rangle}{2 \times 197 \times \mathbf{s}_{pp} \times \langle N_{coll} \rangle}$$

- **Petit x_2** cohérent avec des modèles de shadowing...
- **Grand x_2** bien plus abrupt que l'antishadowing correspondant !
 - Que cela peut-il être ?
 - Ces J/ψ sont plus proches du référentiel de l'or...
 - Pas encore de réponse...
 - Bonne question pour théoriciens...

Enseignement de ces J/ψ en d+or

- Nous avons vu de (petits) effets nucléaires
 - Shadowing relativement faible
 - Absorption plus faible ($\alpha > 0.92$)
 - Elargissement du p_T similaire
 - Quelques chose au-delà de l'antishadowing ?
 - Augmentation de RdA avec la centralité à grand x_2 ($y < -1.2$)
- Difficile de séparer les effets
 - Besoin de plus de statistiques !
- Mais pas d'effet dramatique !
 - Plutôt une bonne nouvelle pour espérer voir la suppression des J/ψ en or+or !
 - Une belle diminution avec centralité serait concluante

3. Aux mêmes rapidités...

- Voir autre chose que des J/ψ dans les bras à muons :

1. Hadrons stoppés

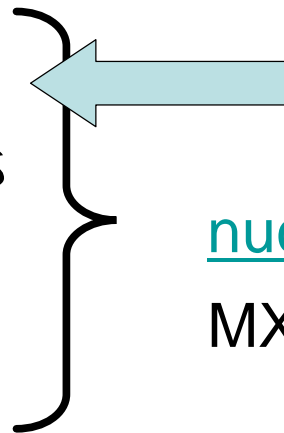
- Mesons + Baryons

2. Mésons légers

- Pions + Kaons

3. Saveurs lourdes (travail en cours)

- Charm + Beauty



Ce séminaire

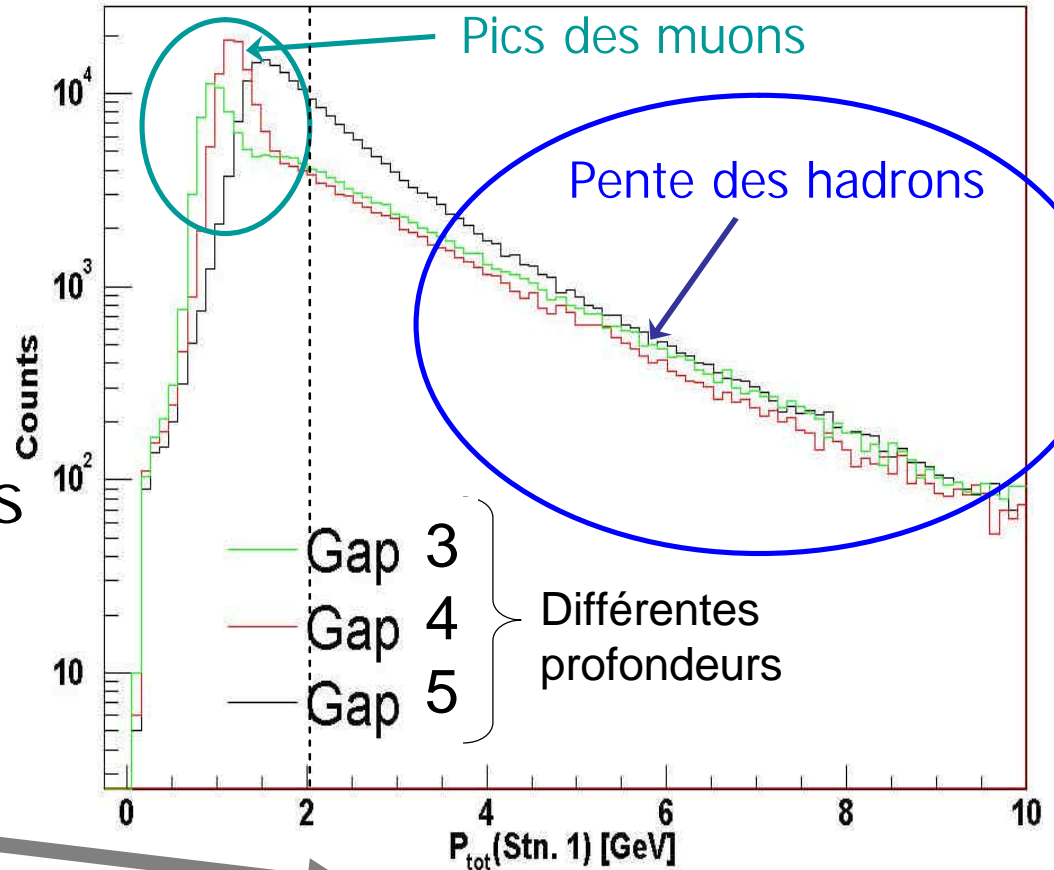
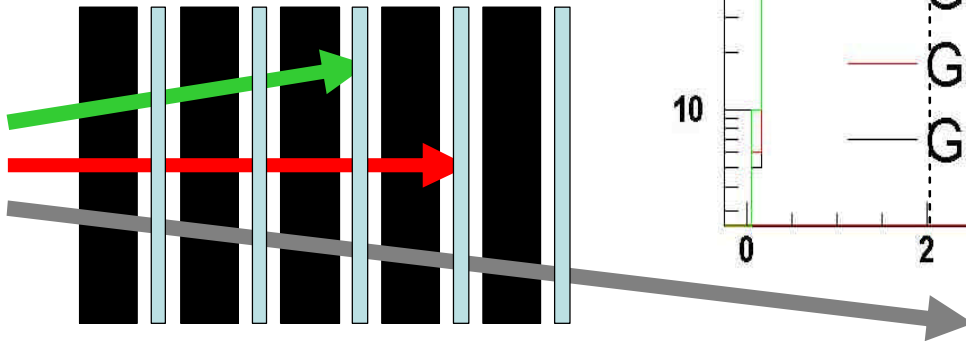
nucl-ex/0403047

MX Liu, QM04 proc

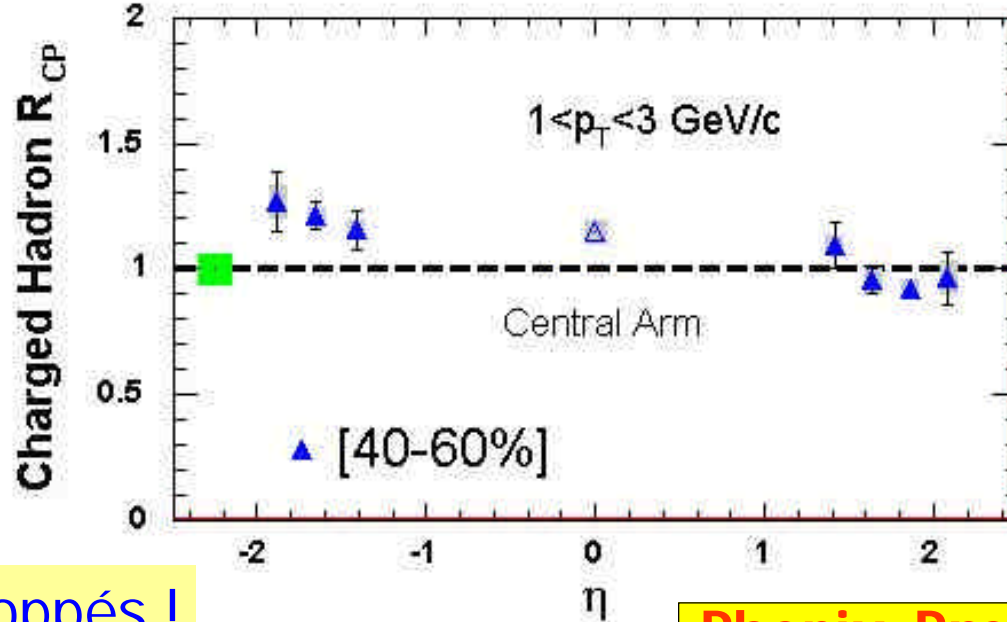
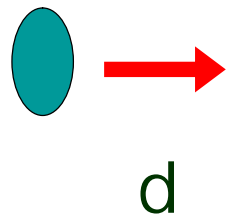
Hadrons stoppés

- Les hadrons stoppent dans l'identificateur
- Hadrons =
 - Impulsion > 2 GeV
 - Gap 3 ou 4
 - ($< 3\%$ de muons)

5 plans de détections

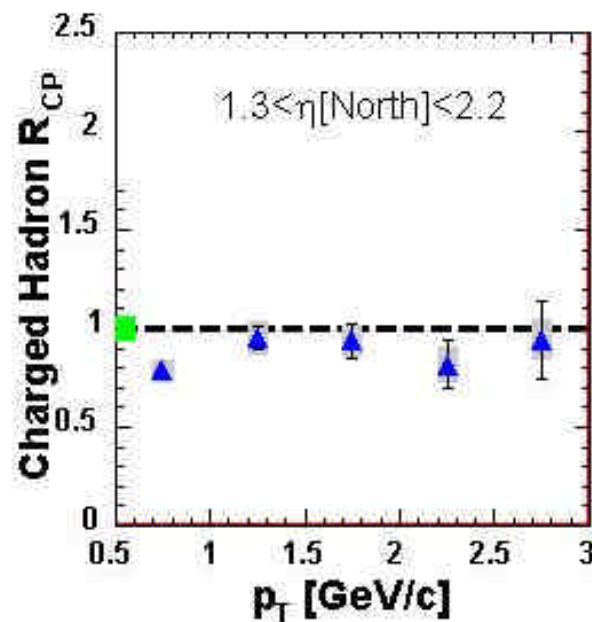
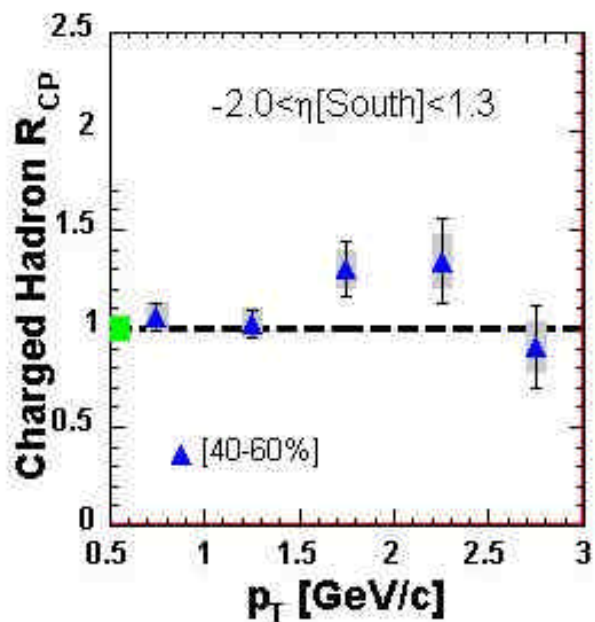


R_{CP} (40-60%)

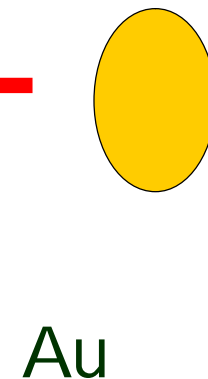
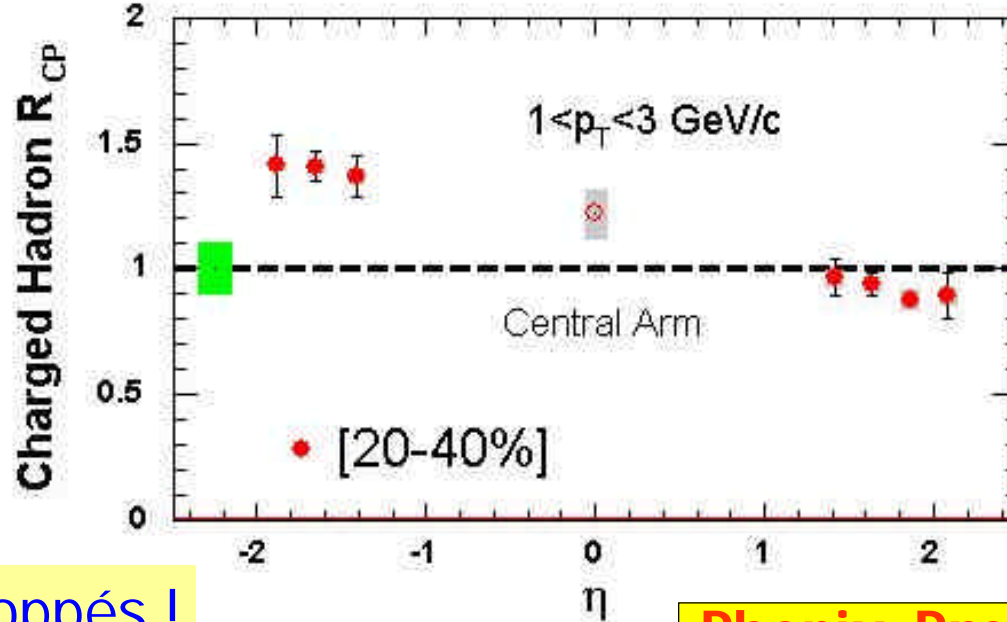
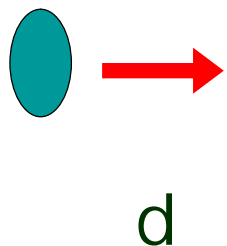


Hadrons stoppés !

Phenix Preliminary

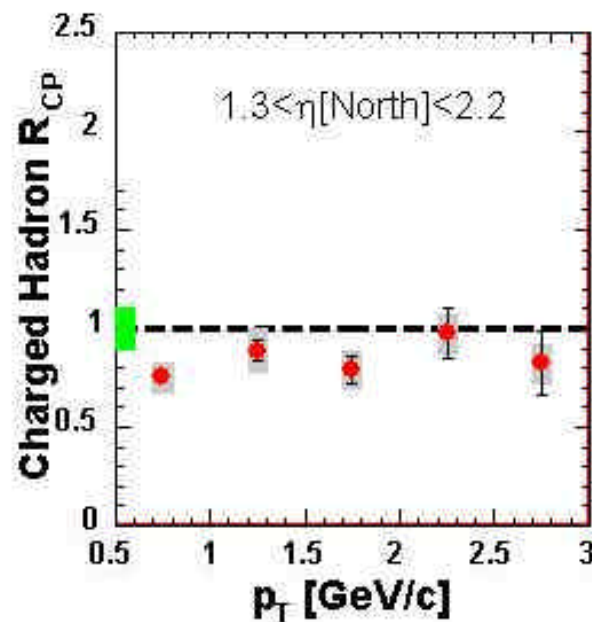
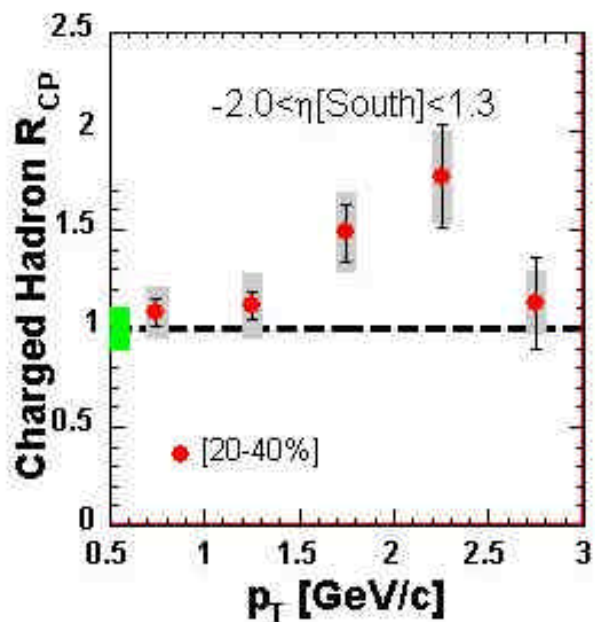


R_{CP} (20-40%)

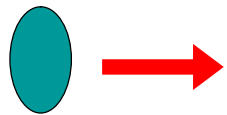


Hadrons stoppés !

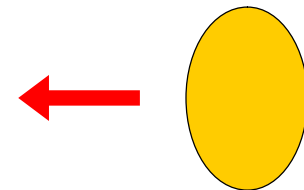
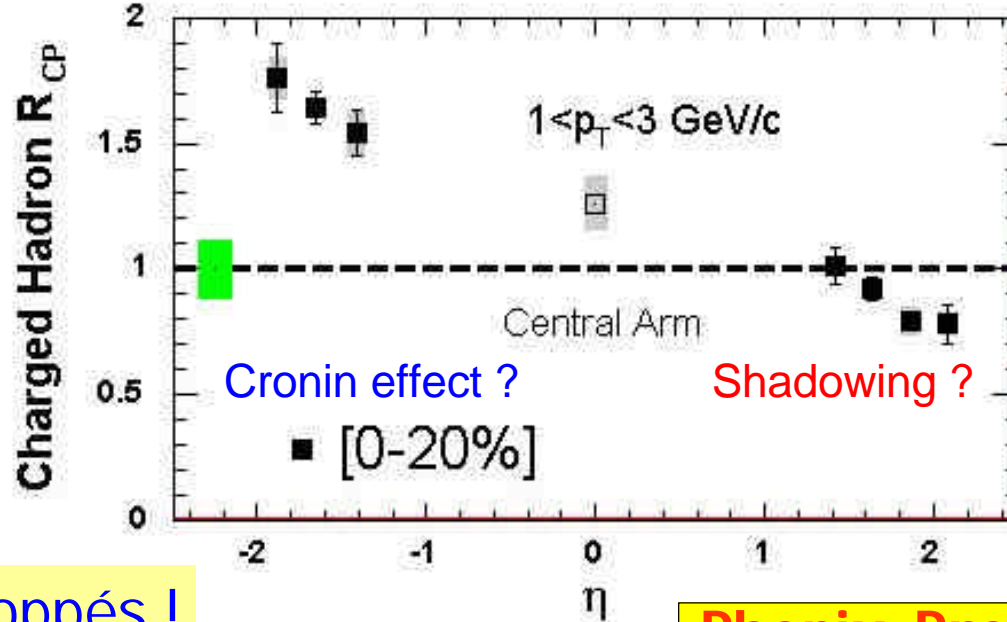
Phenix Preliminary



$R_{CP} (00-20\%)$



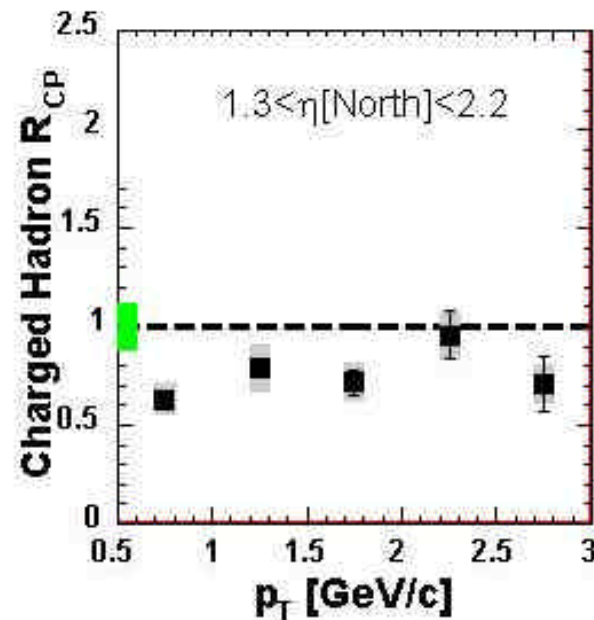
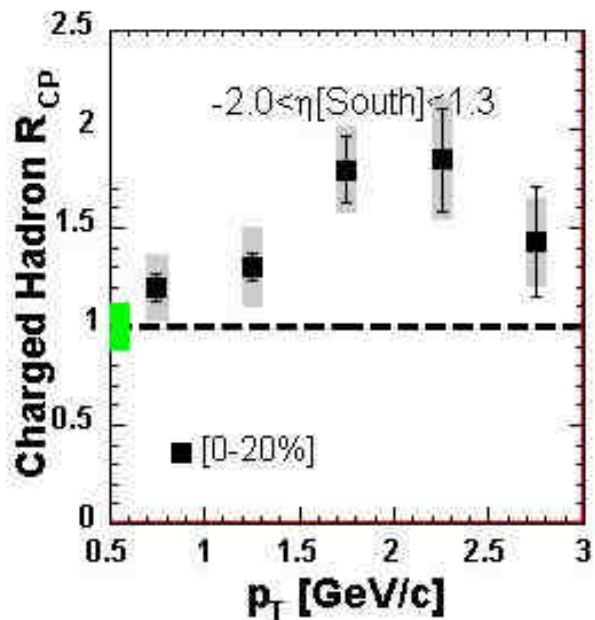
d



Au

Hadrons stoppés !

Phenix Preliminary



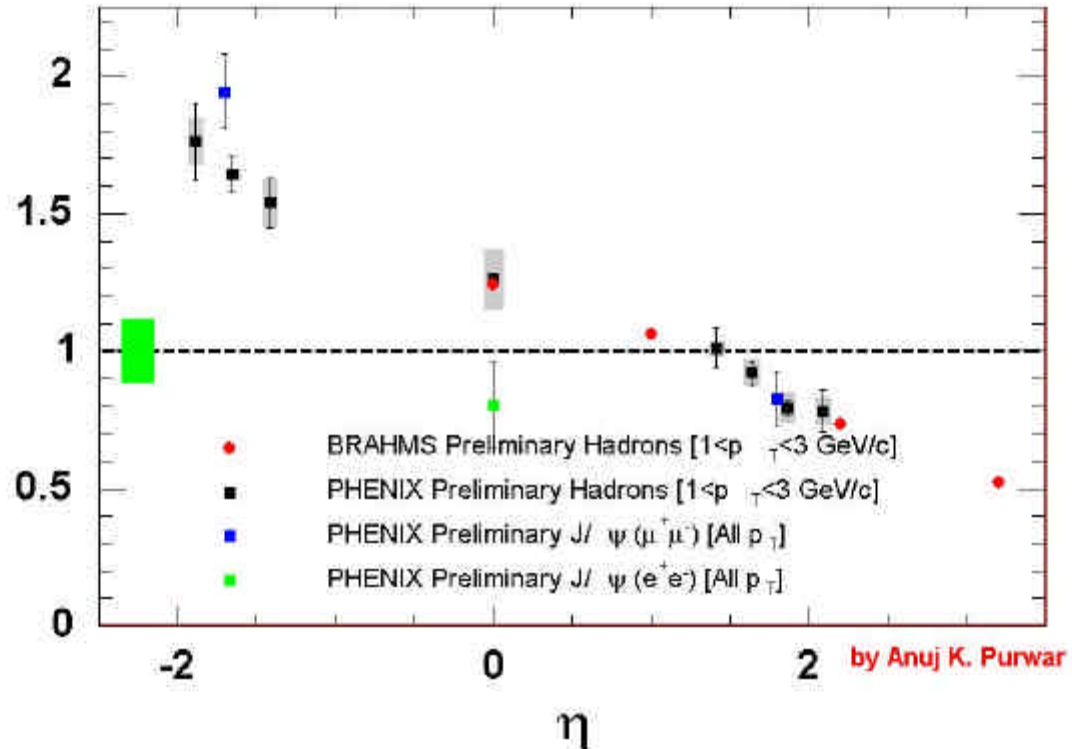
Comparaison avec BRAHMS...

Les plus centrales
plus périphériques

Accord PHENIX
(portée limitée à
grande rapidité
et en p_T ...)
versus BRAHMS
(les fameuses
données du Color
Glass Condensate)

Les J/ψ pourraient avoir
un comportement proche ?
Curieux car ils proviennent
d'un processus dur %
hadrons ~ pions et kaons...
Besoin du charme ouvert...

Hadron R_{CP} [0-20%]

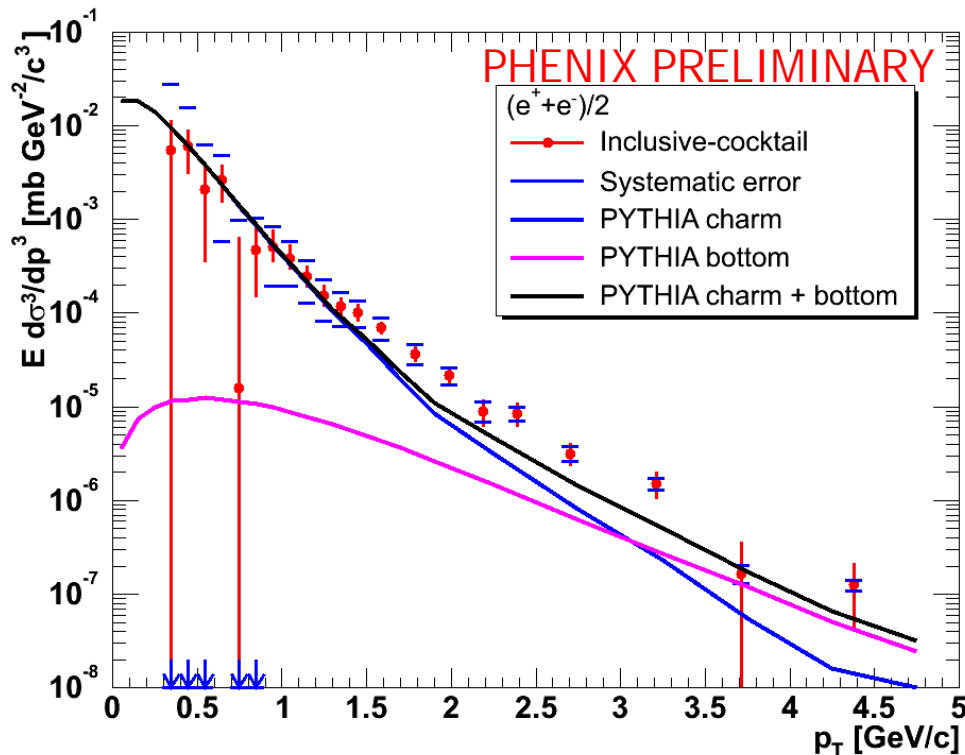


...et avec nos J/ψ ...

4. Mesures de charme ouvert

(Sean Kelly, présentation et proceedings, QM04)

- À rapidité médiane ($|\eta| < 0,35$)
- En proton+proton



Spectre d'électrons « non-photoniques » (pas les Dalitz de π^0 et η , pas les conversions)

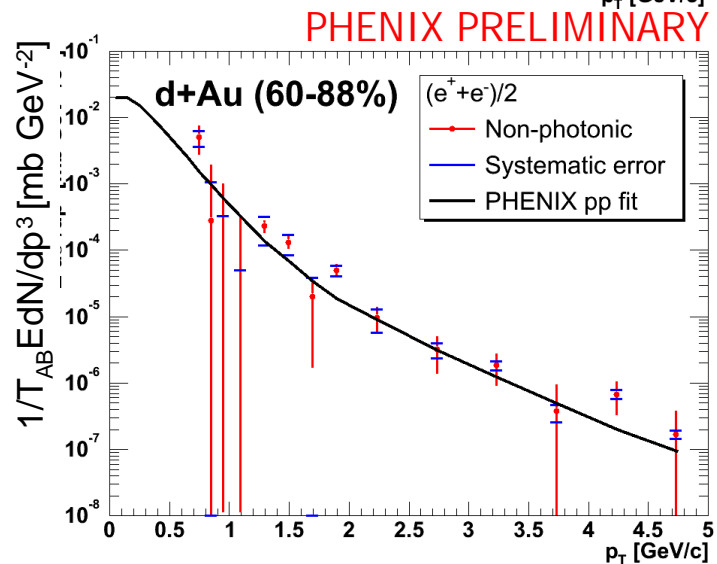
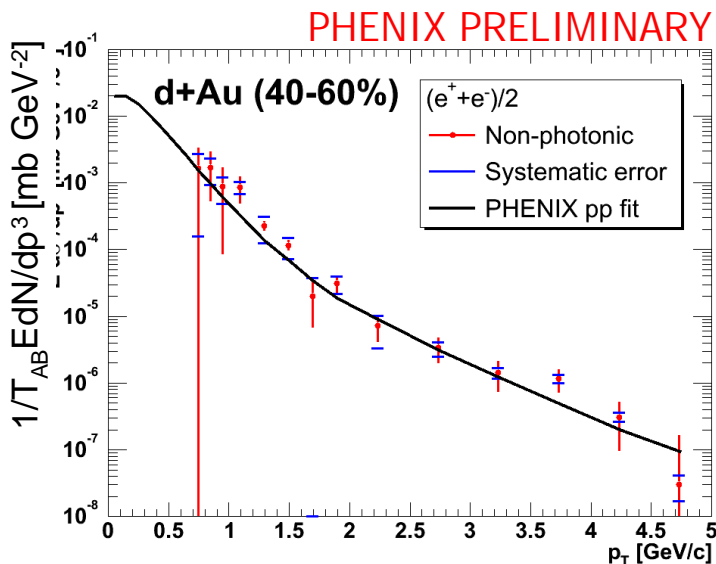
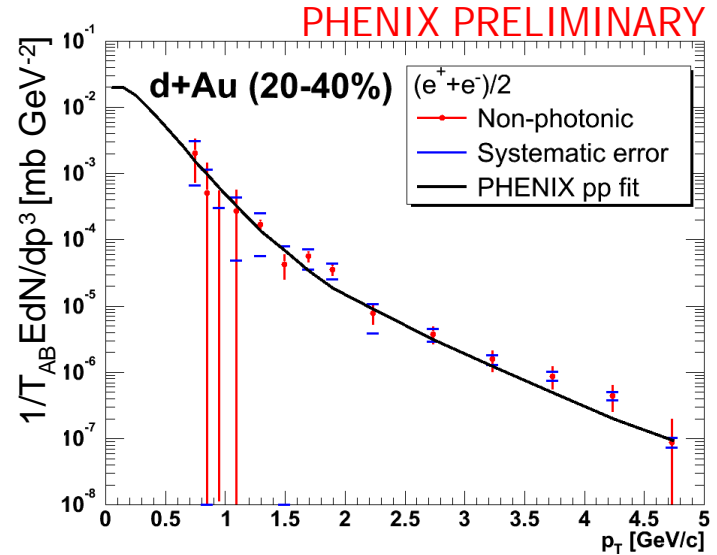
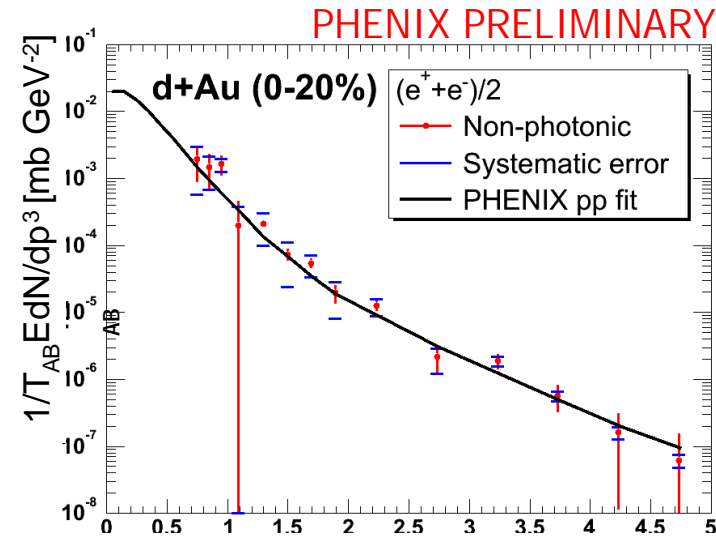
PYTHIA ajusté pour les données de plus basse énergie ¹

Sous-estime charme + beauté au-dessus de $p_T = 1,5 \text{ GeV}/c$

$$\sigma_{CC} = 709 \mu\text{b} \pm 85^{+322}_{-281}$$

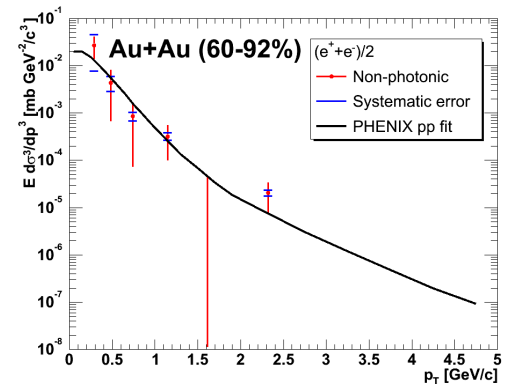
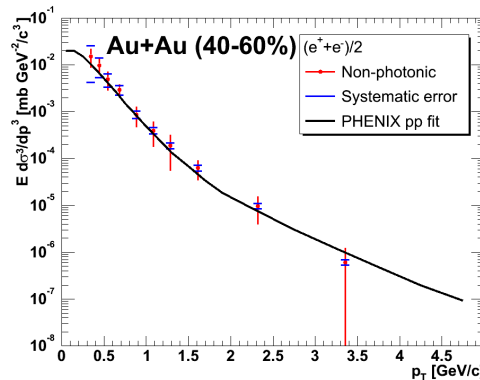
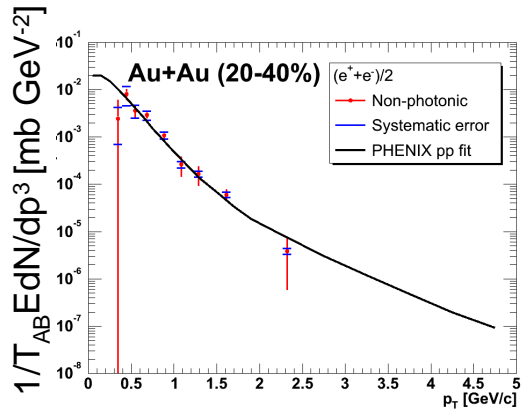
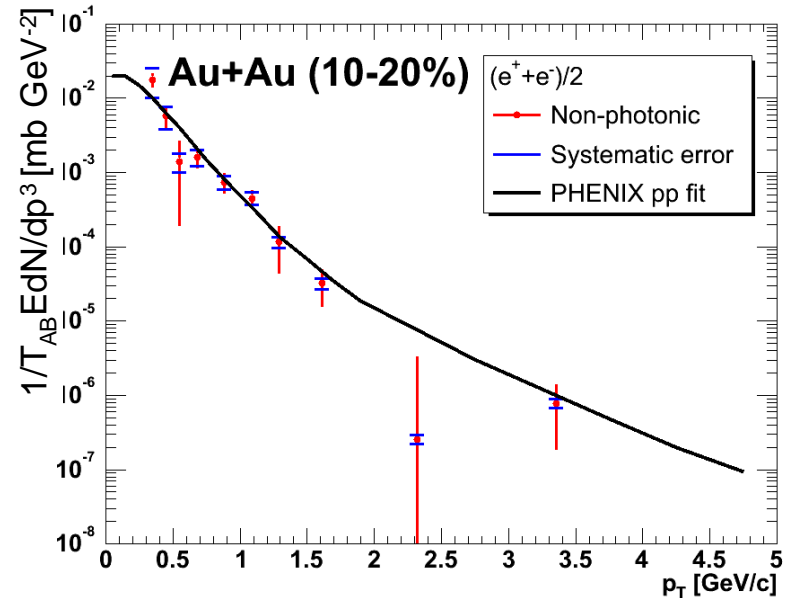
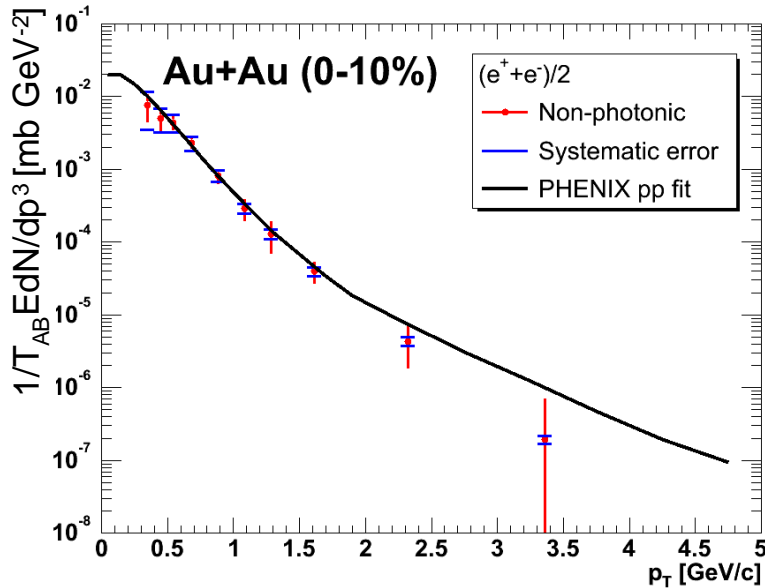
¹Phys. Rev. Lett. 88, 192303 (2002)

Charme ouvert dans d+or

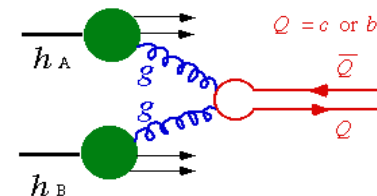


Charme ouvert dans or+or

(RUN 2)



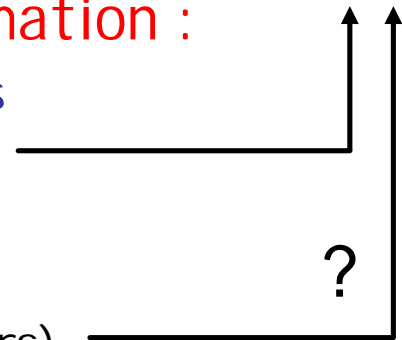
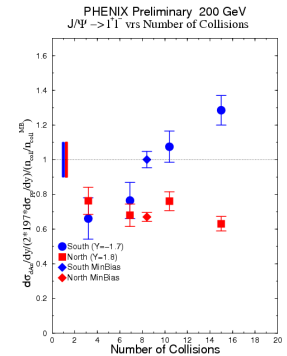
Conclusions charme ouvert



- À rapidité médiane, le charme ouvert est proportionnel au nombre de collisions
 - En d+or : pas d'effet nucléaire violent (shadowing, perte d'énergie, élargissement de p_T)
 - En or+or : pas de modification violente de la production de charme ! (mais statistique pauvre et portée limitée en p_T)
- [Cf. également mesures de STAR (pp et dA) Spectre d'électrons + $D \rightarrow K\pi$]
- Besoin d'une mesure à plus grande rapidité
 - Analyse en cours dans les bras muons de PHENIX

Conclusions du séminaire

- Pas encore de quarkonia statistiquement intéressants dans or+or à RHIC mais analyse du run 4 en cours...
- Pas d'effets dramatiques en d+or mais :
 - Difficile de distinguer les effets
 - Curieuse augmentation à grand x vs centralité ?
 - Modeste référence pour or+or
 - Dépendra de l'effet observé...
 - Besoin d'un autre run !
- D'autres mesures amènent de l'information :
 - Mesures de hadrons aux mêmes rapidités
 - Comportement universel ? Hard vs soft ?
 - Mesures de charme ouvert :
 - Pas d'effet à $y=0$ (cohérent avec J/ψ)
 - Besoin d'une analyse à $1,2 < y < 2,2$ (en cours)

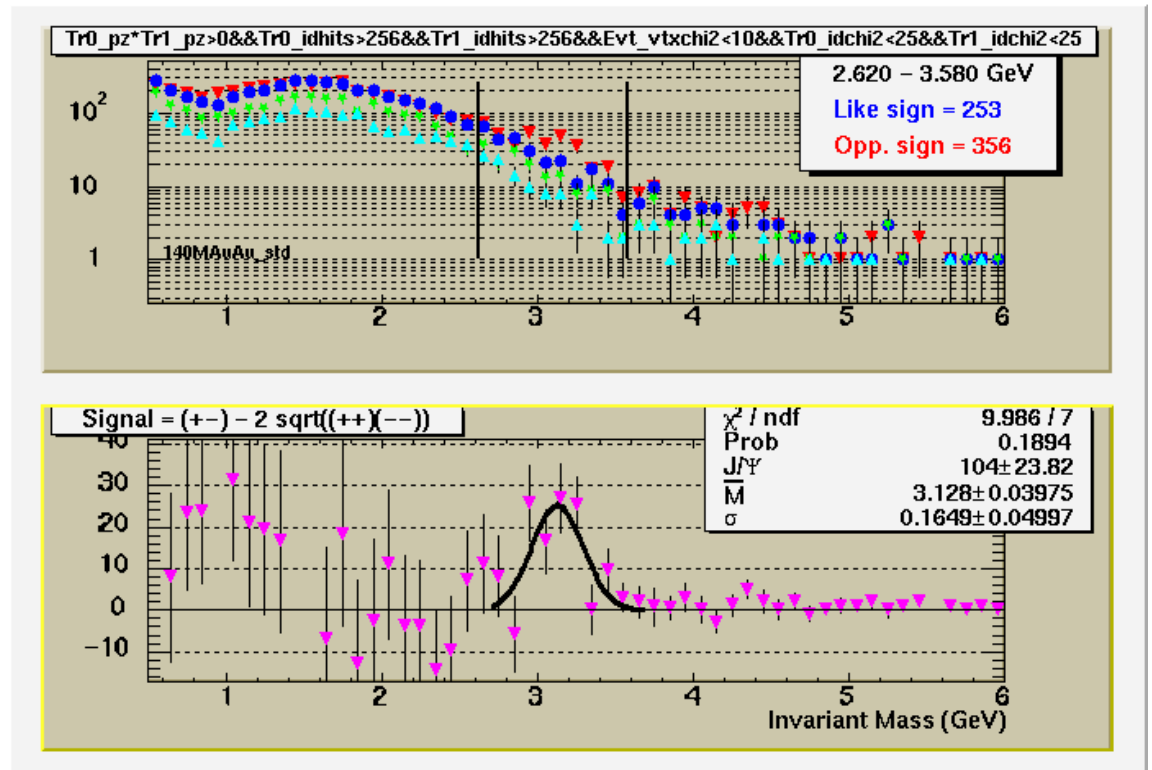


... un peu d'optimisme ...

- Vu nos premiers $J/\psi \rightarrow \mu\mu$ dans les collisions or+or du run 4

• Analyse en cours...

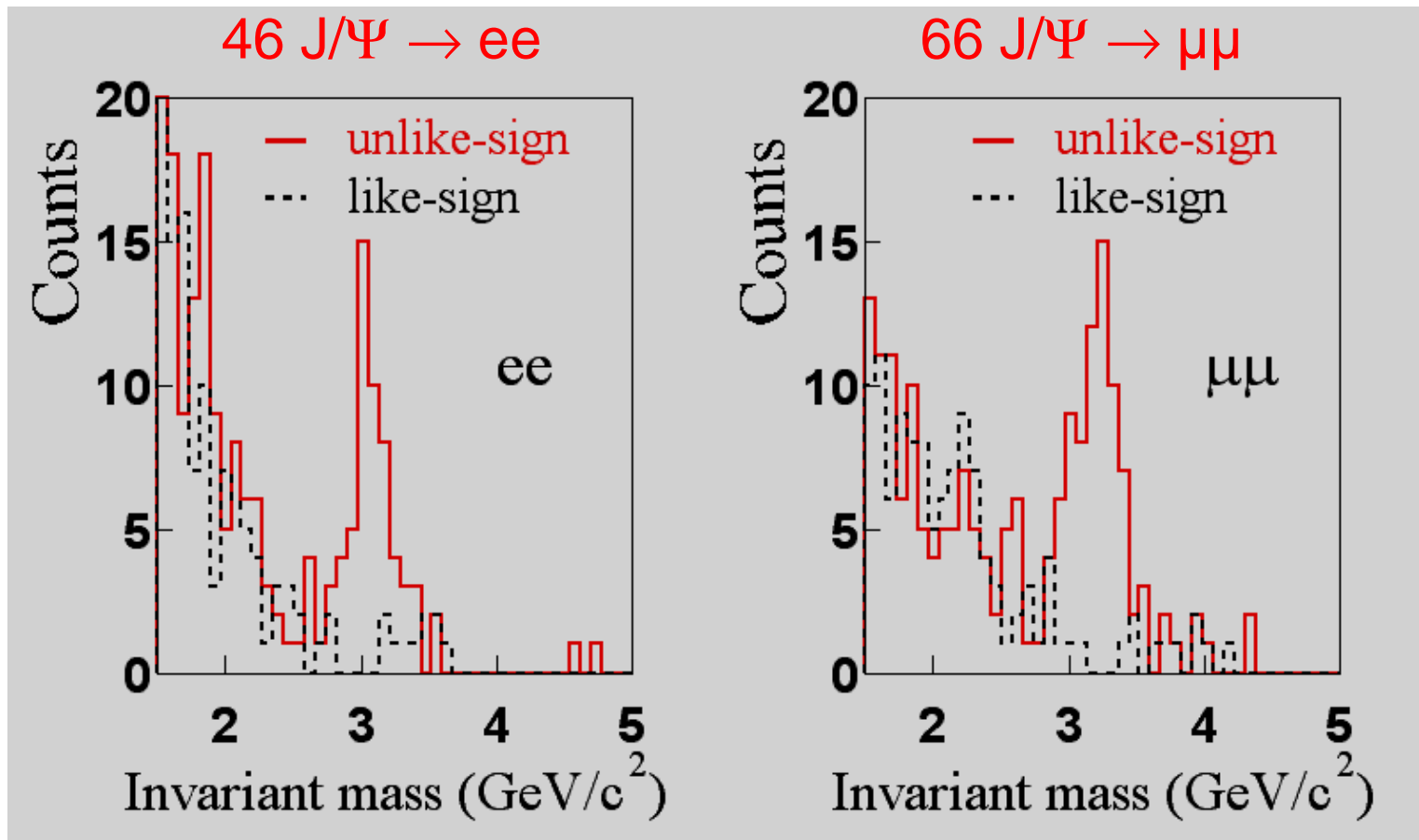
• Vu aussi $J/\psi \rightarrow ee$



That's all folks

Following material
are spare slides

J/ Ψ statistics in p + p (run2)

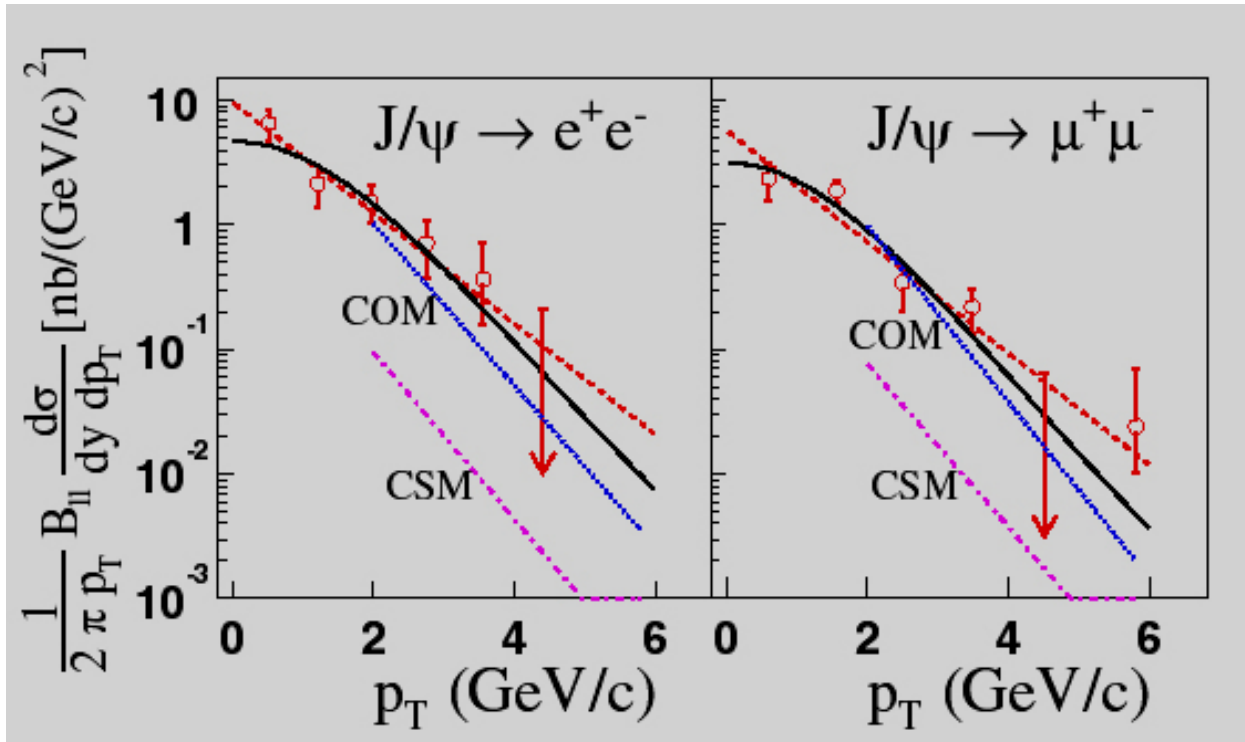


Resolutions agree with expectations

$$\sigma_{ee} \sim 110 \text{ MeV}$$

$$\sigma_{\mu\mu} \sim 160 \text{ MeV}$$

J/ψ transverse momentum (run2)



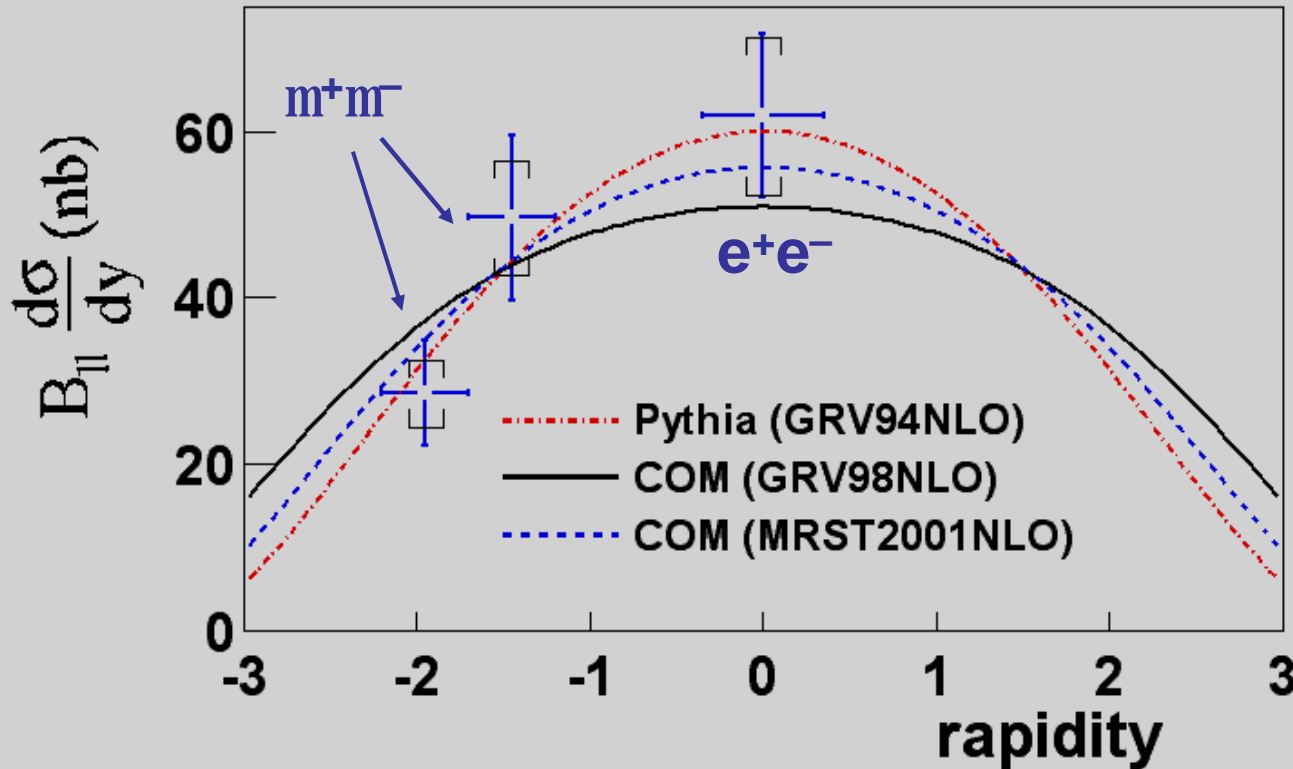
Color Singlet Model
Color Octet Model
(from Nayak et al.
hep/ph 0302095)

COM contribution is
dominant, as for high
 p_T J/ψ @ Tevatron

Phenomenological + exponential fits of dimuon
and dielectron data give mean p_T :

$$\langle p_T \rangle = 1.80 \pm 0.23 \text{ (stat)} \pm 0.16 \text{ (sys)} \text{ GeV}/c$$

J/Ψ cross section (run 2 vs 3)



Results consistent with shapes from various models and PDF.

Take the **PYTHIA** shape to extract our cross-section

Error from absolute normalization

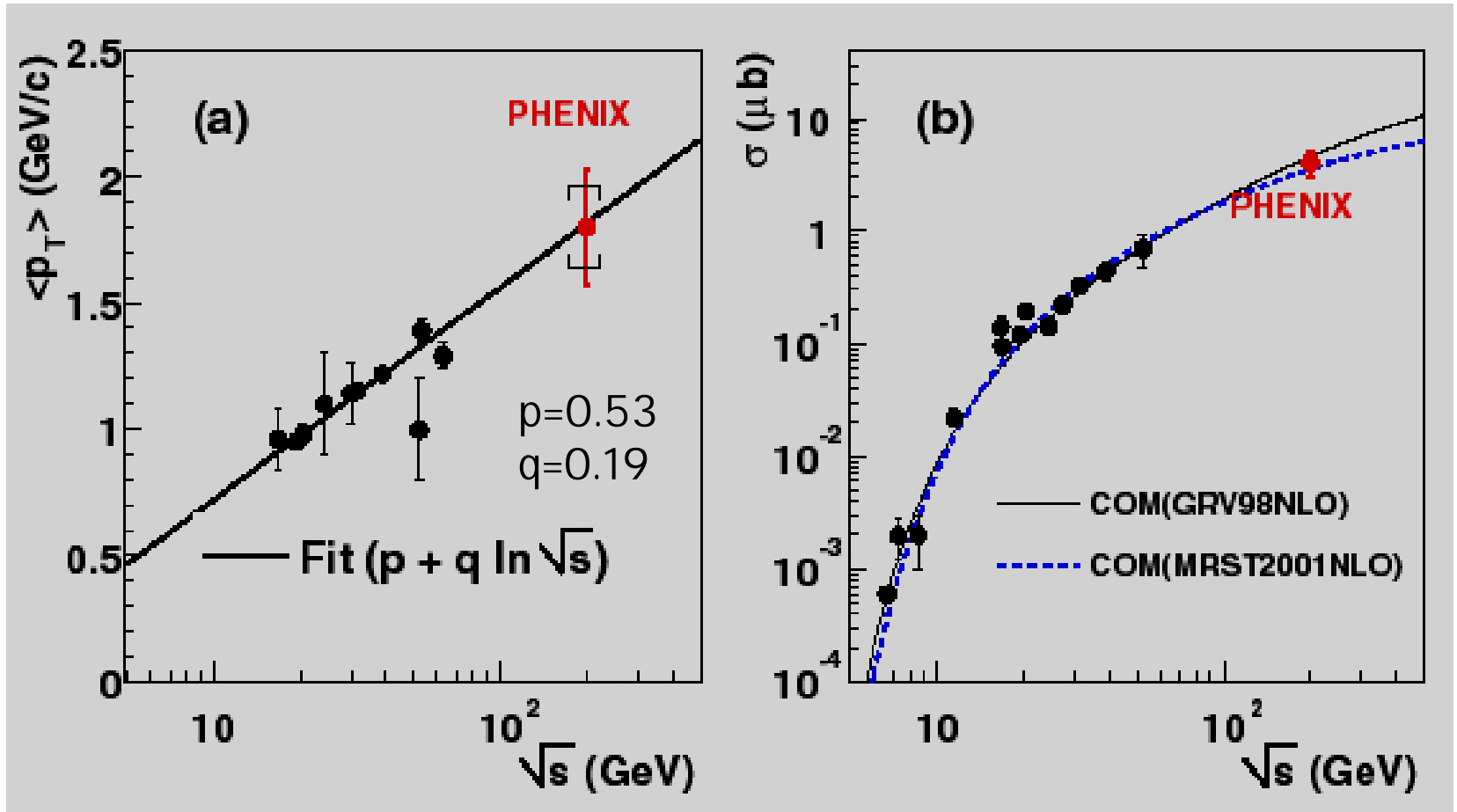
Integrated cross-section :

RUN2 234 ± 36 (stat) ± 34 (sys) ± 24 (abs) nb

RUN3 159 nb ± 8.5 % (fit) ± 12.3 % (abs)

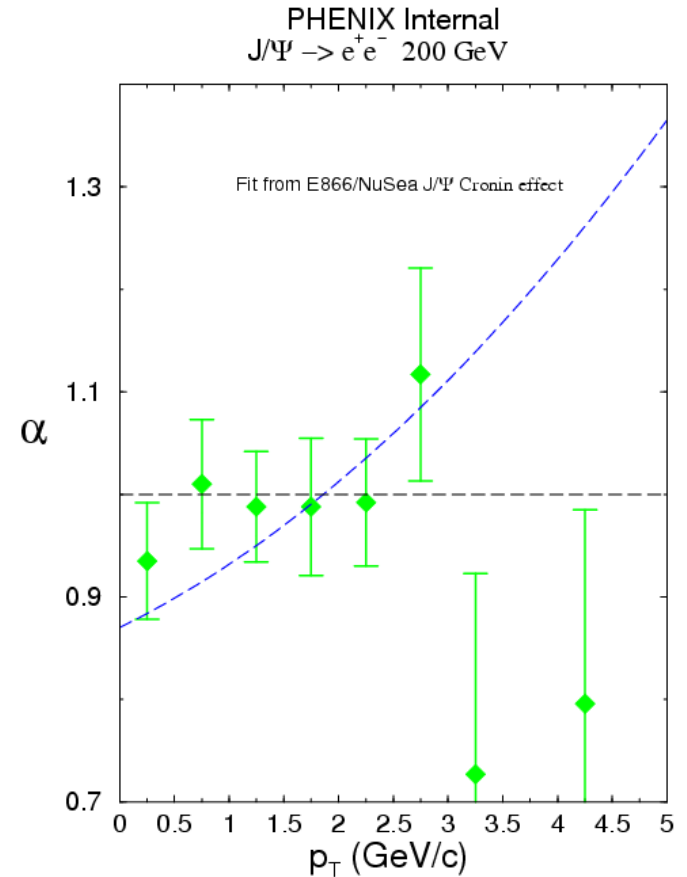
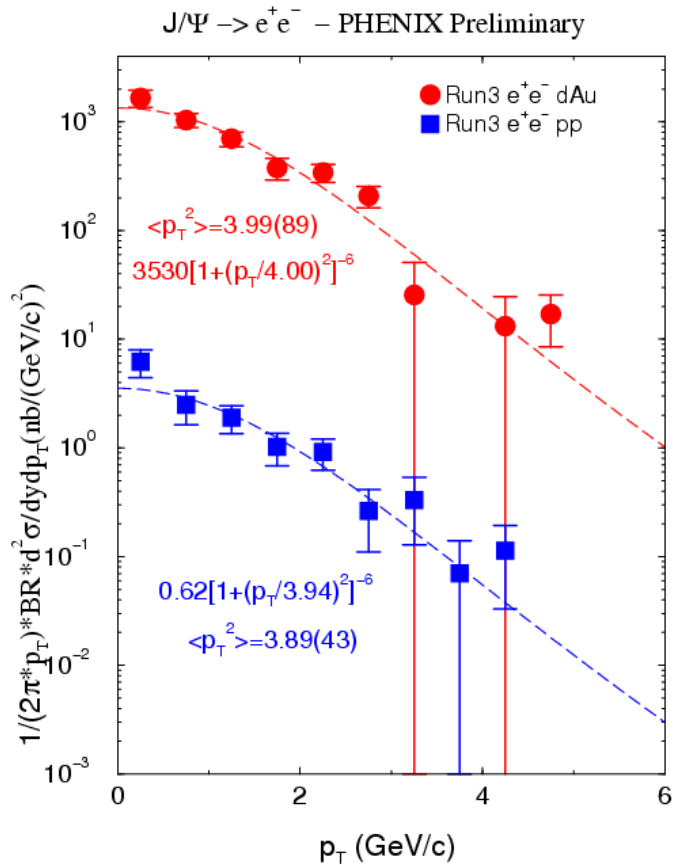
Consistent
(1.3 sigma difference)

Running with energy



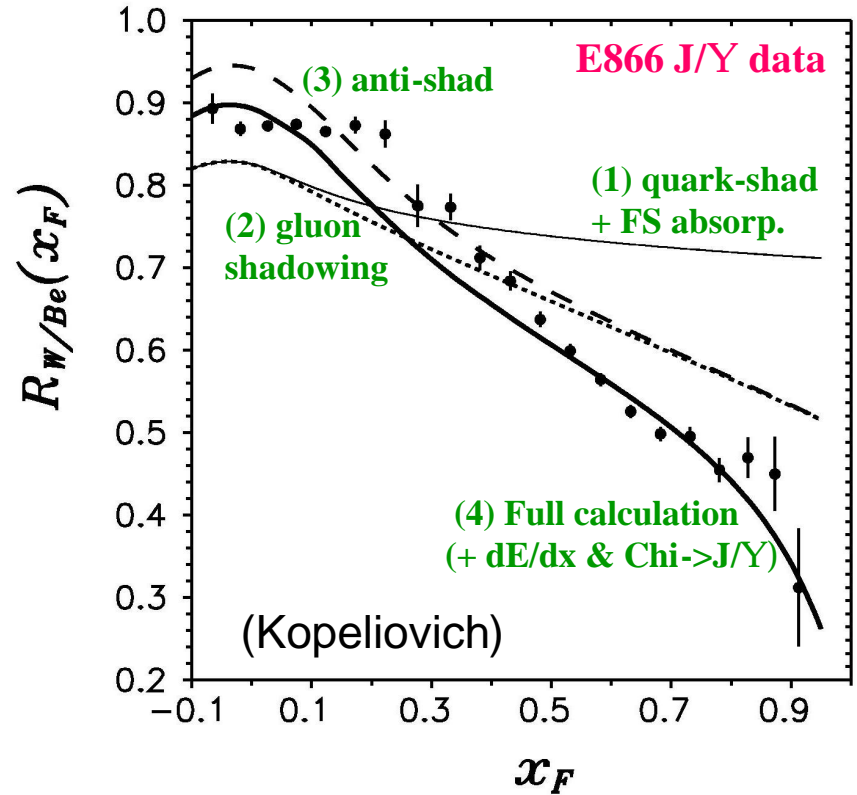
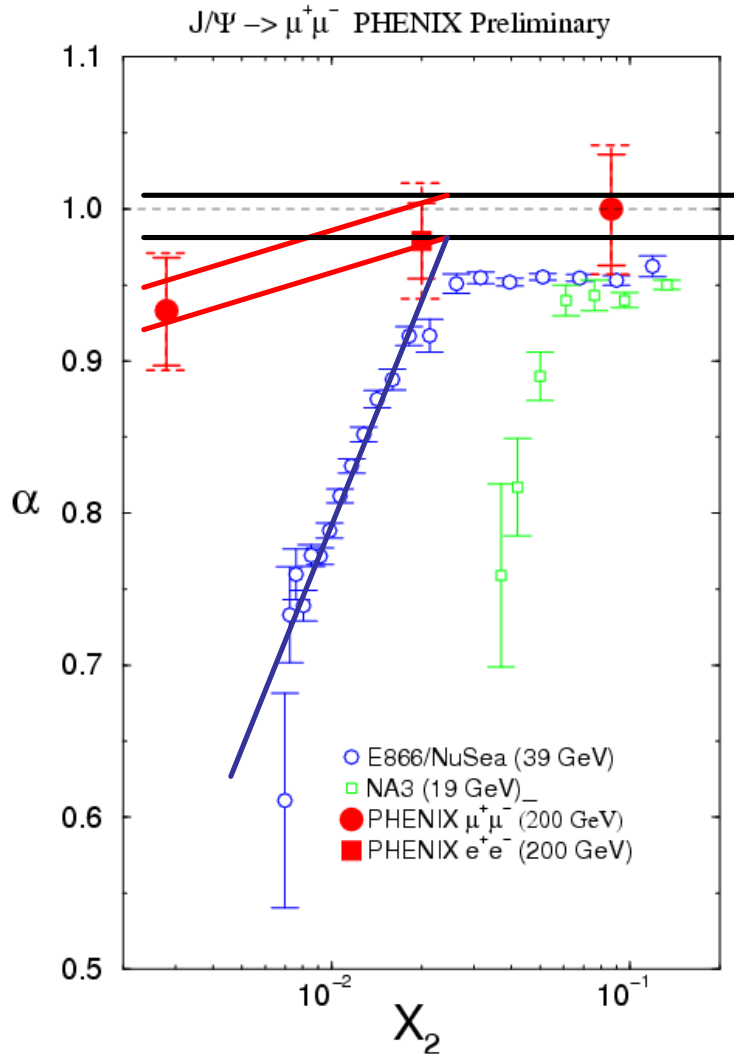
Cross section well described by [Color Octet Model](#)

P_T in dielectrons (dAu)

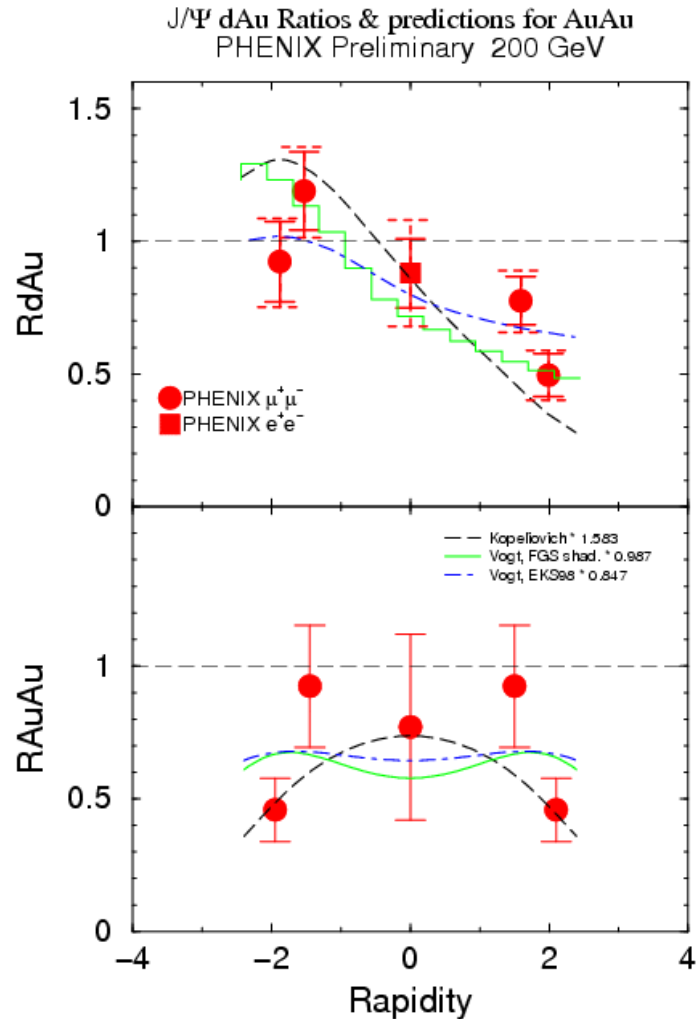


Naive picture

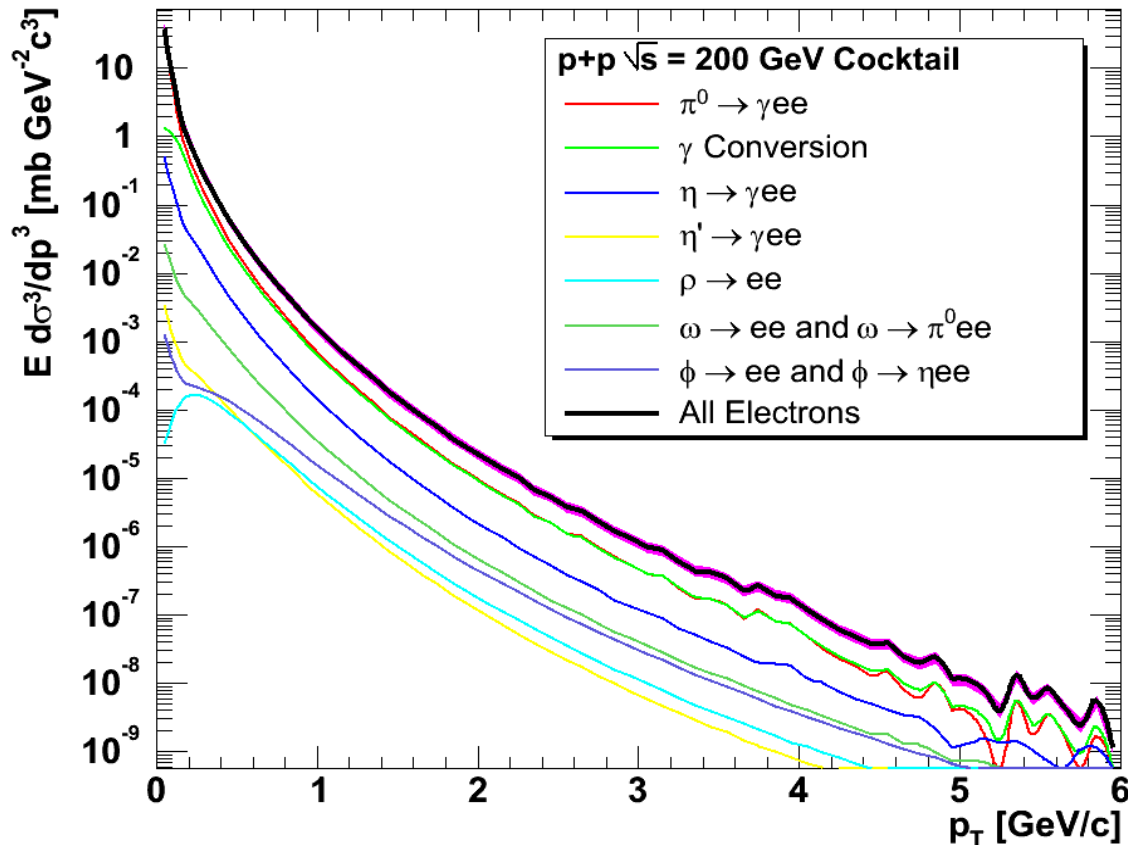
- Less absorption
- **Shadowing**
- **Energy loss**



...extrapolation or+or...



Cocktail pour le charme ouvert



PHENIX measures inclusive electron spectra

The physics we are interested is in what's left over after we subtract.

$\pi^0 \rightarrow \gamma ee$

γ Conversion

$\eta \rightarrow \gamma ee$

$\eta' \rightarrow \gamma ee$

$\rho \rightarrow ee$

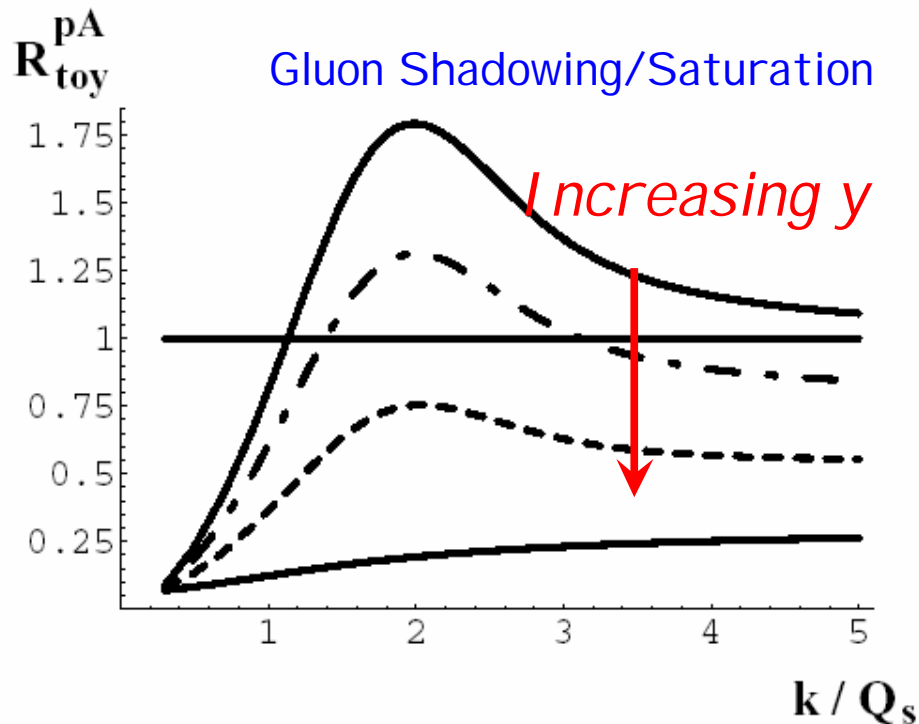
$\omega \rightarrow ee$ and $\omega \rightarrow \pi^0 ee$

$\phi \rightarrow ee$ and $\phi \rightarrow \eta ee$

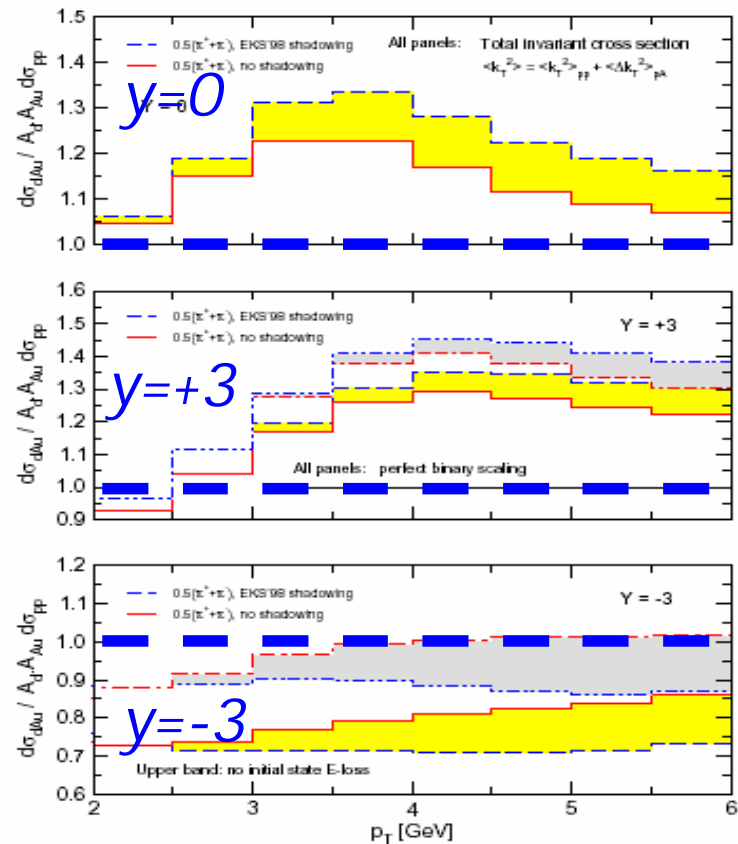
Light hadron cocktail from decay generator

Theoretical Predictions

D. Kharzeev hep-ph/0307037

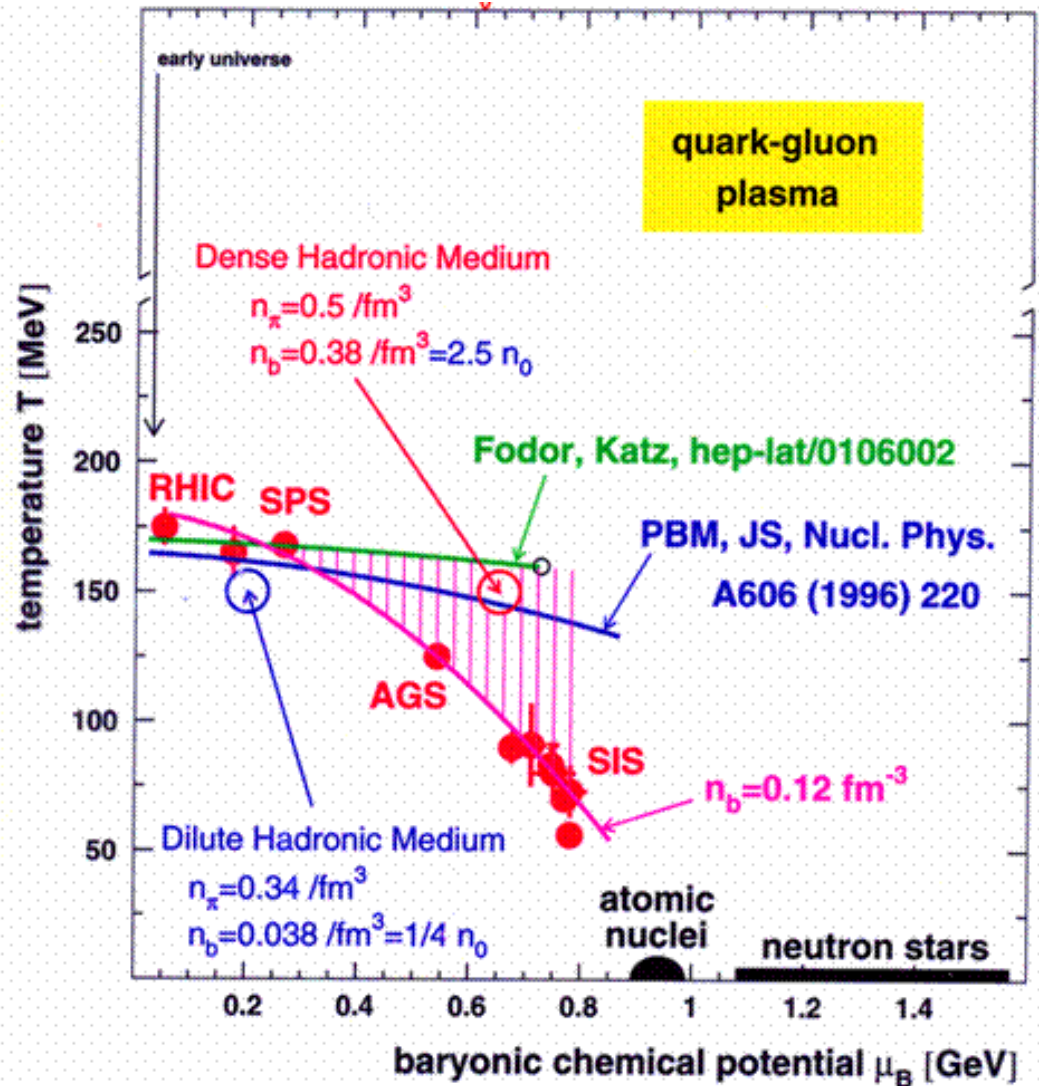


I. Vitev nucl-th/0302002



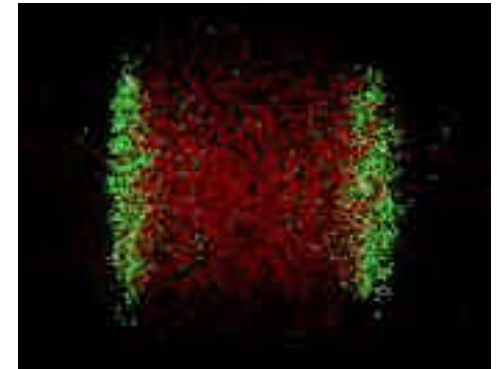
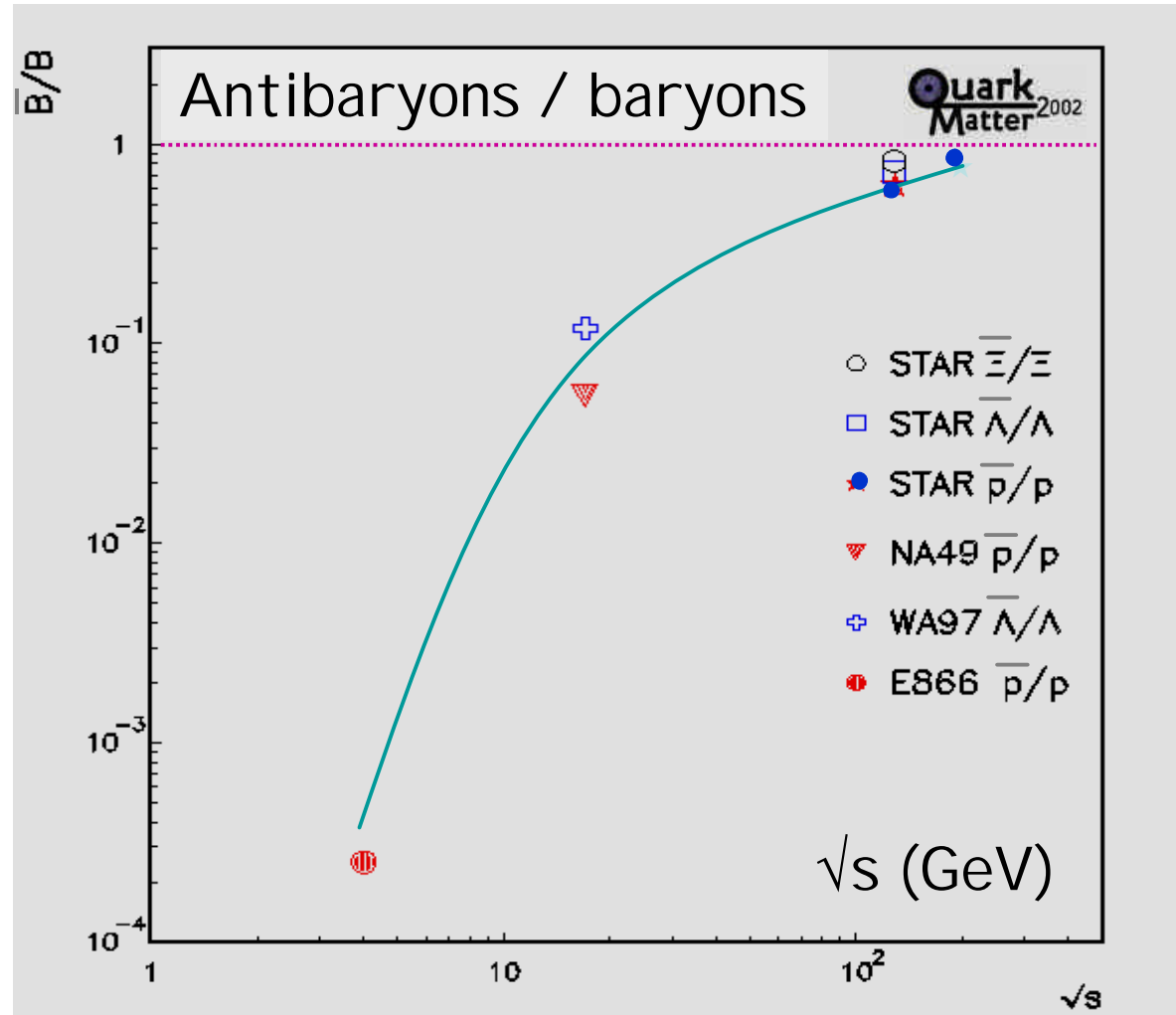
Sur le diagramme de phase

Gel chimique
proche de la
température
de transition
prédite...



Nombre baryonique @ RHI C

80 % des protons proviennent de paires $p+\bar{p}$
(dans le plan transverse de la réaction)



« Transparence »
baryonique $n_B \rightarrow 0$
Bons pour les
calculs théoriques !