



# Activités LHCb au LLR

Précédente présentation au CS : 23-09-2015

« Le CS soutient donc fortement ce projet et recommande la poursuite de ces travaux dans les trois années à venir. »

Aujourd'hui : CS du 16-11-2016

Activités « Ion and Fixed Target » : **cette présentation**

Activités « luminosity » : **présentation de Vladik**

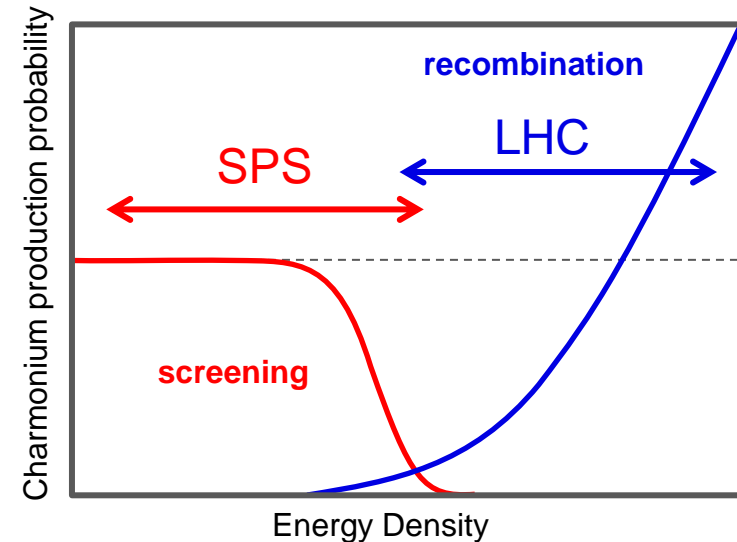
- Experimentally, charmonium is a privileged probe of QGP ( $m_c \gg T_c$ )
  - QGP phase should modify charmonium ( $c\bar{c}$ ) bound state yields
  - Charmonium production in A+A collisions studied at:
    - CERN-SPS ( $\sqrt{s}=17$  GeV) NA38, NA50, NA60 experiments
    - BNL-RHIC ( $\sqrt{s}=200$  GeV) PHENIX, STAR experiments
    - CERN-LHC ( $\sqrt{s}=2.76, 5$  TeV) ALICE, CMS experiments
  - Short summary for  $J/\Psi$ :
    - NA50 (PbPb@SPS) observed an *anomalous*  $J/\Psi$  suppression
    - PHENIX (AuAu@RHIC) observed a *similar* suppression (than NA50)
    - ALICE (PbPb@LHC) observed a *smaller* suppression (than PHENIX)

→ Possible Color screening starting at SPS

- Color screening in a QGP decreases quarkonium binding
- Color screening should lead to a suppression of quarkonium production yields

→ Possible recombination occurring at LHC

- at sufficiently high  $\sqrt{s_{NN}}$ , heavy quarks are abundantly produced.
- After thermalisation, statistical combination can lead to an enhancement of quarkonium production yields



## • What next to be done with charmonium

To confirm (and study) charmonium color screening and recombination, one must compare charmonium and open charm production in A+A collisions

- Since most of the produced  $c\bar{c}$  pairs hadronize into open charm ( $\sim 90\%$ ), open charm production reflects the original  $c\bar{c}$  pair production
- Open charm is therefore an (the?) appropriate reference to calibrate charmonium screening/recombination studies.

### – Charmonium recombination : > 1 TeV

- Both  $J/\Psi$  and open charm will be measured in PbPb at large energy densities at LHC

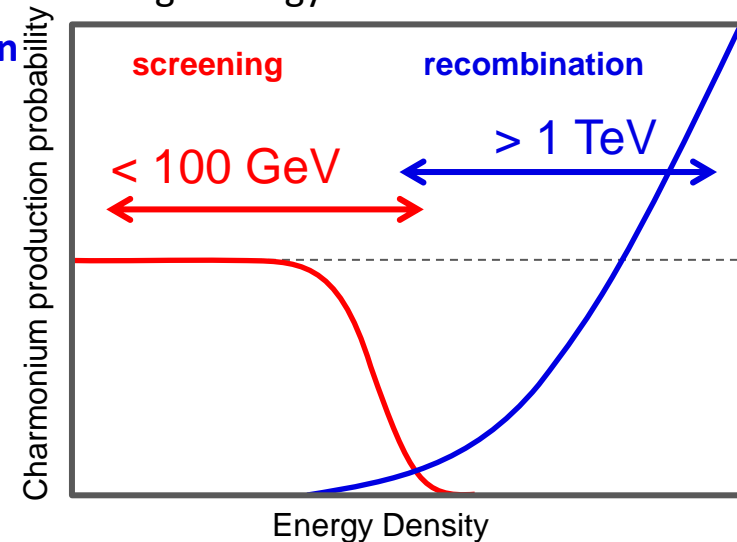
→ Best place to study charmonium recombination

### – Charmonium screening : < 100 GeV

- At SPS energies, in Pb+Pb collisions,  $J/\Psi$  suppression occurs in the middle of the accessible energy density range

→ Best place to study color screening

- Needs measurement of open charm yields
- Needs precise measurements of several  $c\bar{c}$  states to test if color screening leads indeed to a sequential suppression



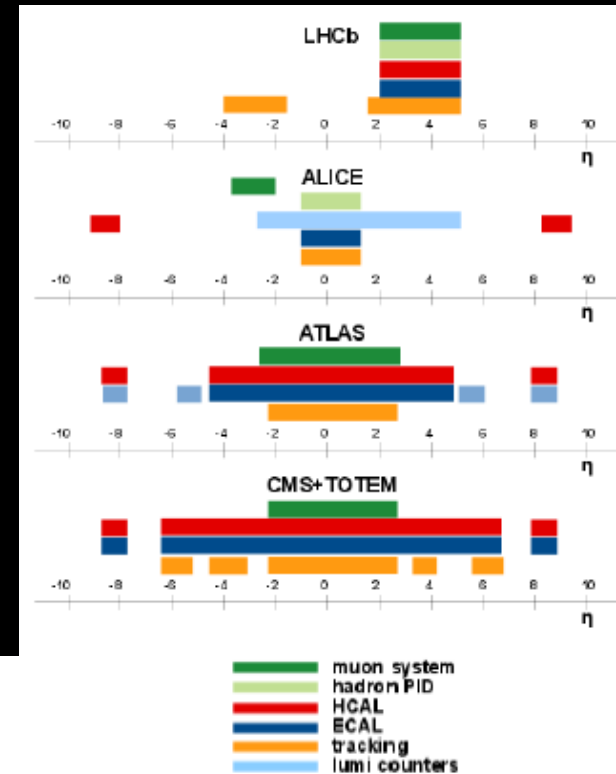
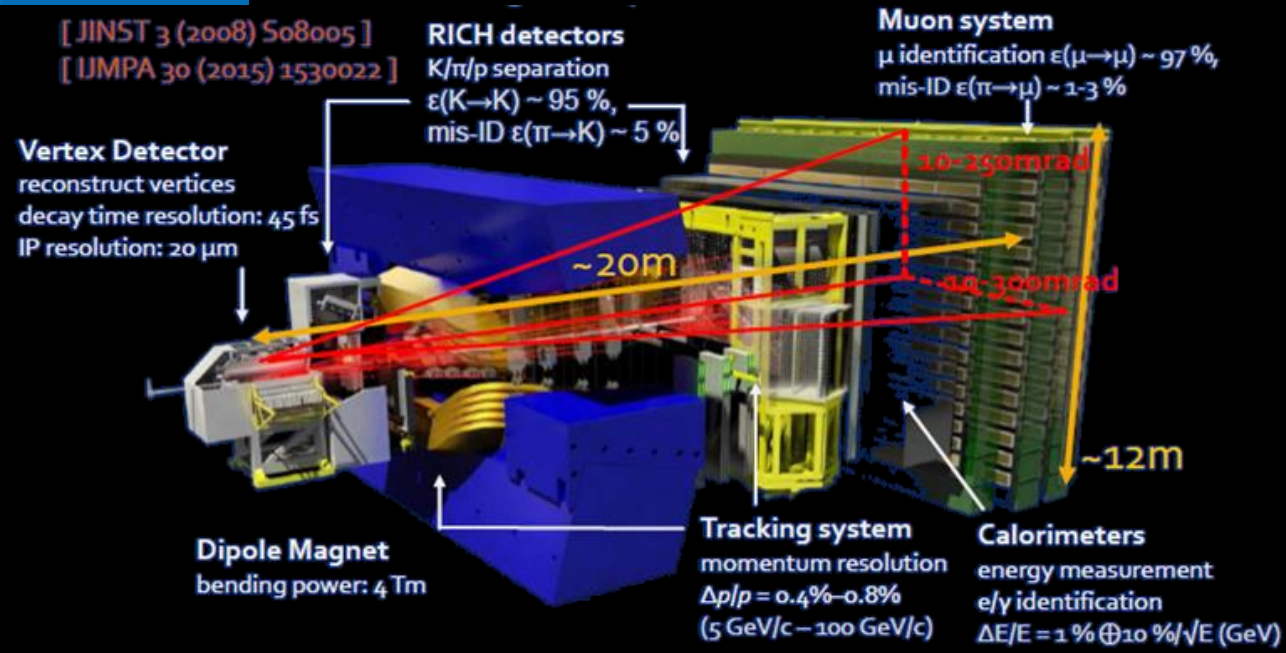
# Charmonium color screening

- **Can be studied in fixed-target mode at LHC**
  - 2.75 TeV Pb beam on fixed target →  $\sqrt{s_{NN}} = 70$  GeV
- **PbAr@70 GeV .vs. PbPb@17 GeV**
  - Multiplicity is related to event centrality and center-of-mass energy
  - Multiplicity can be used to compare different A+B collisions at different  $\sqrt{s_{NN}}$

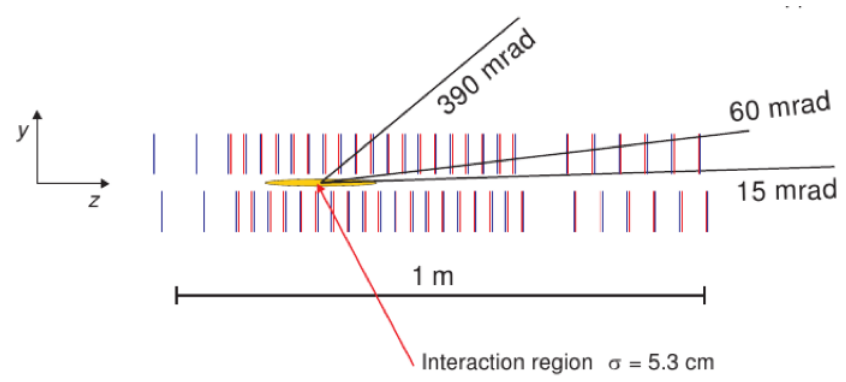
System \ centrality	60 – 100%	50 – 60%	40 – 50%	30 – 40%	20 – 30%	10 – 20 %	0 – 10%
PbNe – 71 GeV	108.6	254.4	392.5	588.0	814.5	1086.0	1494.9
<b>PbAr – 71 GeV</b>	<b>123,6</b>	<b>308,8</b>	<b>496,5</b>	<b>806,6</b>	<b>1228,3</b>	<b>1711,9</b>	<b>2372,7</b>
PbKr – 71 GeV	196,9	533,6	919,1	1451,2	2205,5	2986,6	4084,3
<b>PbPb – 17 GeV</b>	<b>124,2</b>	<b>331,6</b>	<b>605,9</b>	<b>919,6</b>	<b>1338,7</b>	<b>2035,8</b>	<b>2980,5</b>

(based on EPOS-LHC-v3400)

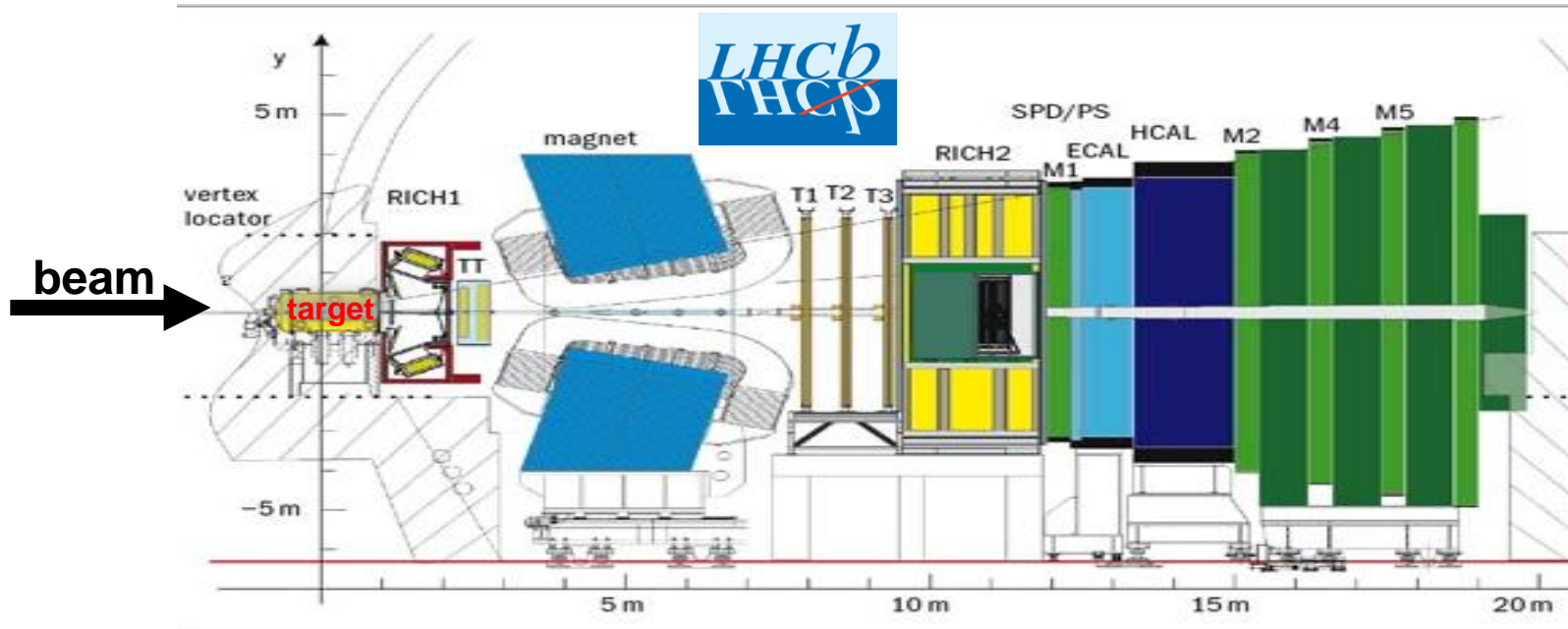
- PbAr @ 71 GeV multiplicity  $\equiv$  PbPb@17 GeV multiplicity
- ➔ **PbAr @ 71 GeV is a good starting point to compare with NA50 (SPS)**



## Le VELO (Vertex LOcator)

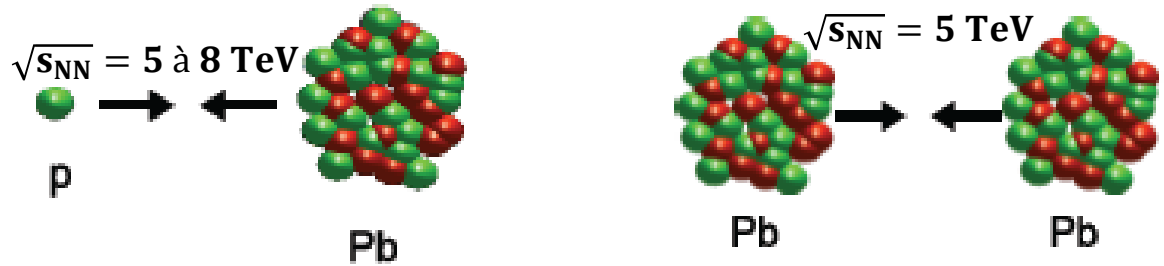


- Injecting gas in LHCb Vertex Locator (VELO) region
  - Primary role : luminosity measurement
  - Can be used as an internal gas target
  - Noble gas only : (very low chemical reactivity)
    - He (4), Ne (20), Ar (40), Kr (84), Xe (131)
    - Gaz pressure :  $10^{-7}$  to  $10^{-6}$  mbar

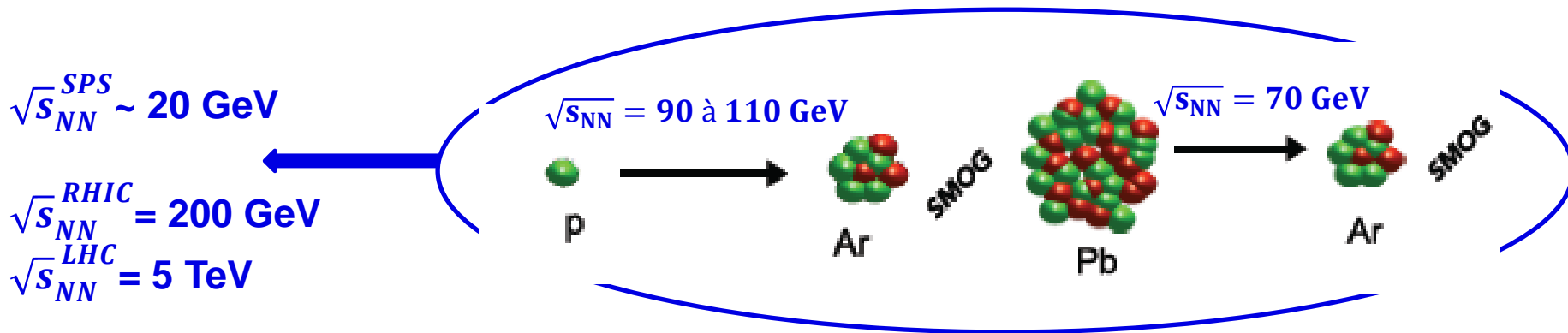


- LHCb fonctionne en deux modes

- Mode collisionneur

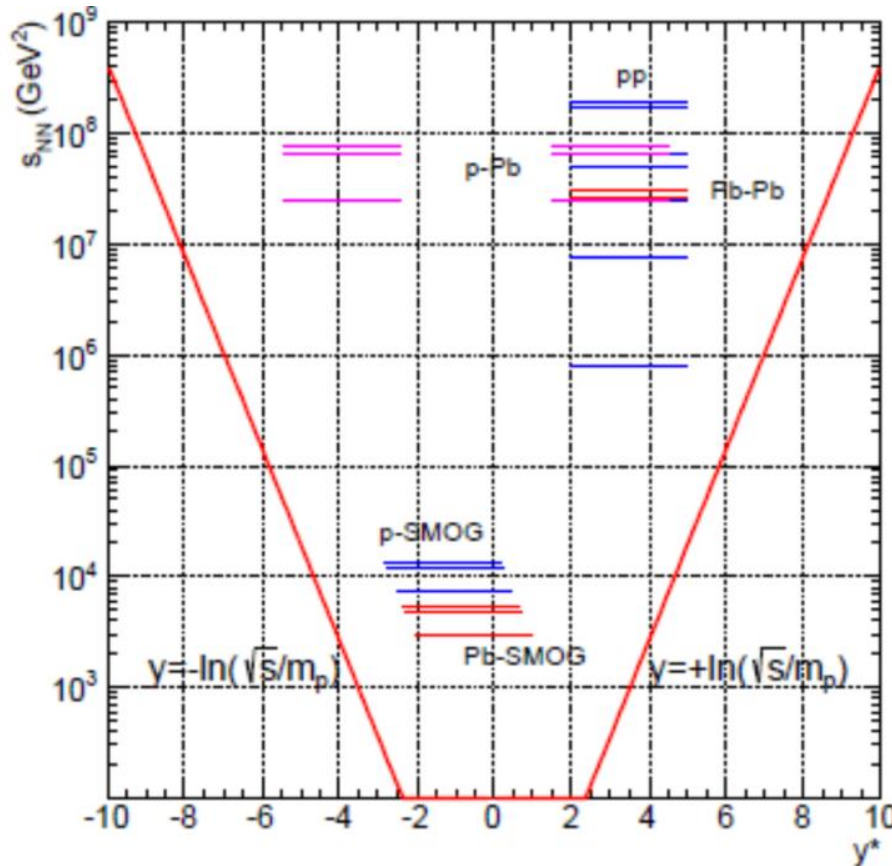


- Mode « cible fixe »





- acceptance



← Mode collisionneur

$E_{\text{beam}}(p)$	pp	p-SMOG	p-Pb/Pb-p	Pb-SMOG	Pb-Pb
450 GeV	0.90 TeV				
1.38 TeV	2.76 TeV				
2.5 TeV	5 TeV	69 GeV			
3.5 TeV	7 TeV				
4.0 TeV	8 TeV	87 GeV	5. TeV	54 GeV	
6.5 TeV	13 TeV	110 GeV	8.2 TeV	69 GeV	5.1 TeV
7.0 TeV	14 TeV	115 GeV	8.8 TeV	72 GeV	5.5 TeV

← Mode cible-fixe

LHCb rapidity:  $2.5 < y_{\text{LHCb}} < 4.5 \Rightarrow \begin{cases} 7 \text{ TeV beam: } -2.3 < y_{\text{LHCb}}^* < -0.3 \\ 2.75 \text{ TeV beam: } -1.8 < y_{\text{LHCb}}^* < 0.2 \end{cases}$



- **The IFT (Ion and Fixed Target) working group**

- *Juillet 2015 : proposal for LHCb Participation to the Heavy Ion Runs*

- 10 signataires dont 5 français (LAL+LLR)

LHCb-INT-2015-019

July 29, 2015

version 0.5

- ~ 15 à 20 personnes aujourd'hui

- 6 français (4 LAL, 2 LLR)  $\equiv$  l'essentiel de l'effort sur la mesure des saveurs lourdes

- **Participation française = LAL+LLR**

- Étude de la production des saveurs lourdes dans les collisions pPb @ 8 TeV

- Étude de la production des saveurs lourdes dans SMOG

- Fortes synergies LAL/LLR

- Permanents : P. Robbe (LAL), F. Fleuret (LLR)
- Postdocs : F. Bossu (LAL), E. Maurice (LLR), M. Winn (LAL), Y. Zhang (LAL)

- **Synergies LAL/LLR**

- Compétences/responsabilités

- Francesco Bossu (LAL): PID liaison
    - Emilie Maurice (LLR): stripping liaison
    - Michael Winn (LAL): MC liaison
    - Yanxi Zhang (LAL): trigger liaison
    - Frédéric Fleuret (LLR): luminosity liaison
    - Patrick Robbe (LAL): run coordinator

- Analyses

- Analyses PbPb (2015) et pPb (2016) principalement conduites au LAL
    - Analyses SMOG principalement conduites au LLR
    - Envisage thèses transversales codirigées

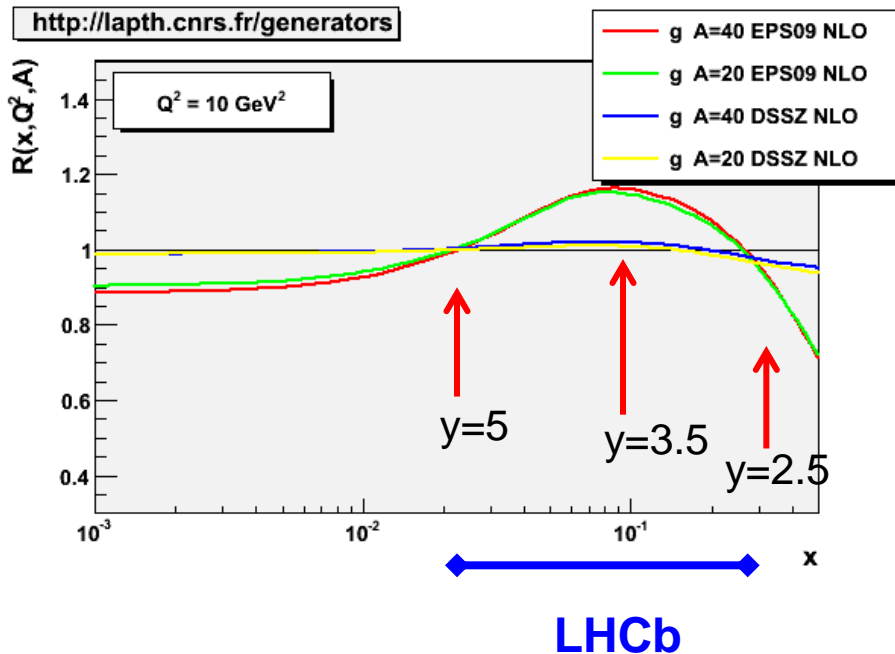
- **Le LLR**

- Emilie Maurice recrutée sur appel à projet P2IO joint LLR/LAL
    - Postdoc démarré 1<sup>er</sup> septembre 2016

- **Données acquises en 2015**
  - Mode collisionneur : PbPb @ 5 TeV
  - Mode cible-fixe : (pression dans le velo :  $\sim 1 - 2 \cdot 10^{-7}$  mbar)
    - pHe :  $\sim 6$ h w/ 299 non-colliding bunches in september
    - pNe :  $\sim 10$ h w/35 non-colliding bunches in august
    - **pAr :  $\sim 18$ h @ 110 GeV w/685 non-colliding bunches in october**
    - pAr :  $\sim 15$ h @ 70 GeV w/44 non-colliding bunches in november
    - **PbAr :  $\sim 100$ h w/ 500 non-colliding bunches in december**
  
- **Reconstruction**
  - **Données PbPb** (disponibles  $\sim$ mai 2015)
  - **Données pAr** (disponibles  $\sim$ juillet 2015)
  - **Données PbAr** (à reconstruire)
  
- **Analyses**
  - PbPb @ 5 TeV en cours (LAL)
  - pAr @ 110 GeV en cours (LLR)

- **Objectif court-terme**

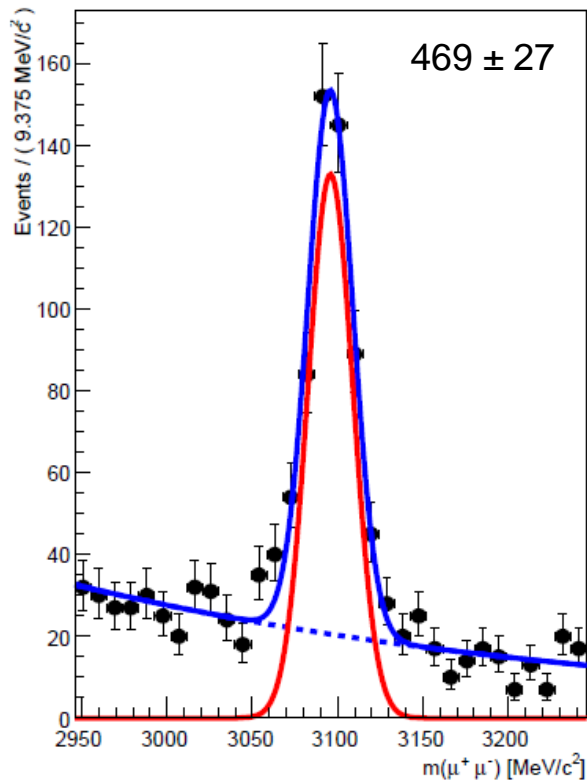
- Mesure du rapport  $J/\psi / D^0$
- présentation des résultats à Quark Matter17 (speaker = Émilie Maurice)



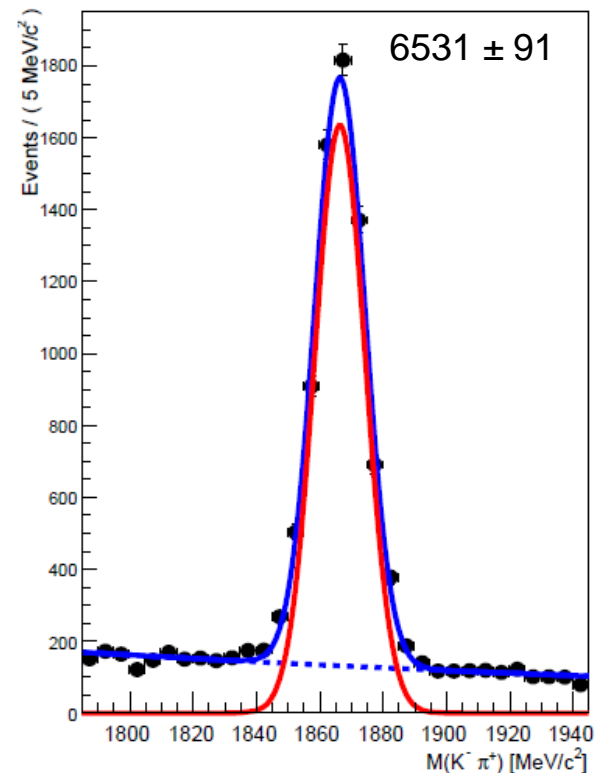
J/ψ trigger : HLT1DiMuonHighMass	
$\mu^\pm$	IsMuon, track $\chi^2/\text{ndof} < 3$
Invariant Mass ( $\mu^+\mu^-$ )	$> 2700 \text{ MeV}$
J/ψ stripping cuts	
$\mu^\pm$	$p_t > 700 \text{ MeV}$ , track $\chi^2/\text{ndof} < 3$
J/ψ	DOCA $< 0.5 \text{ mm}$
	vertex $\chi^2/\text{ndof} < 25$
Invariant Mass ( $\mu^+\mu^-$ )	$> 2900 \text{ MeV}$
J/ψ selection	
Events cuts	BCType 1, nBackTracks $\leq 5$ , nPUHits $\leq 5$
	PV <sub>z</sub> $\in [-200 : 200] \text{ mm}$
J/ψ	vertex $\chi^2/\text{ndof} < 16$ , IP $\chi^2/\text{ndof} < 6$
Invariant Mass ( $\mu^+\mu^-$ )	$\in [2946 : 3246] \text{ MeV}$

- **Objectif court-terme : J/ψ et D<sup>0</sup>**
  - Produit au LLR (Émilie Maurice)

**J/ψ → μ<sup>+</sup>μ<sup>-</sup>**



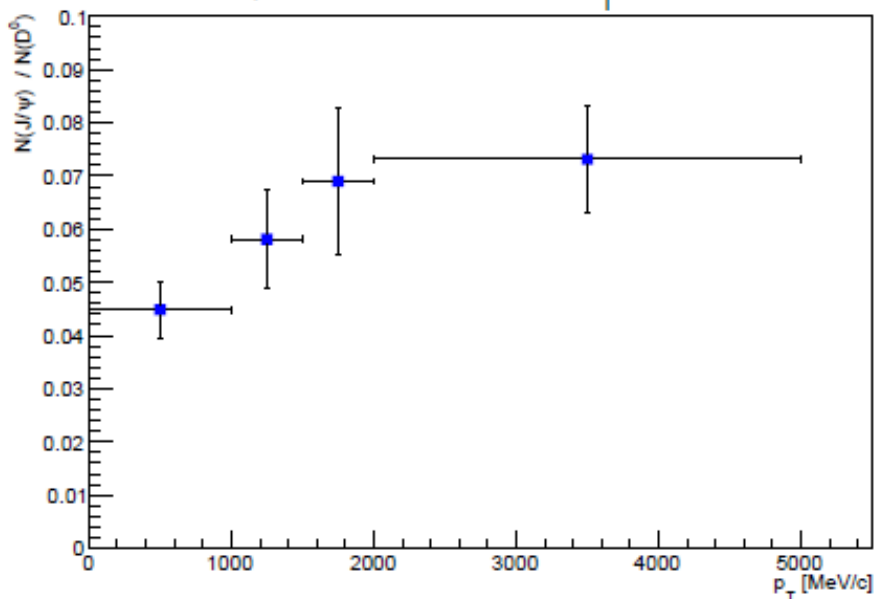
**D<sup>0</sup> → K<sup>-</sup>π<sup>+</sup>**



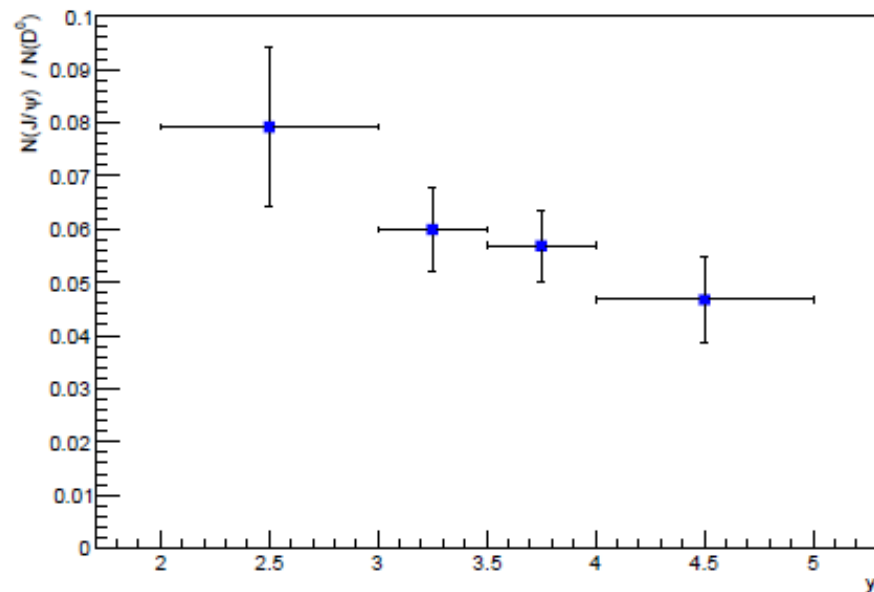
Analyse en cours

- **Objectif court-terme :  $J/\psi / D^0$  ratio**
  - Produit au LLR (Émilie Maurice)

$J/\psi / D^0$  as a function of  $p_T$ , 2015 pAr run



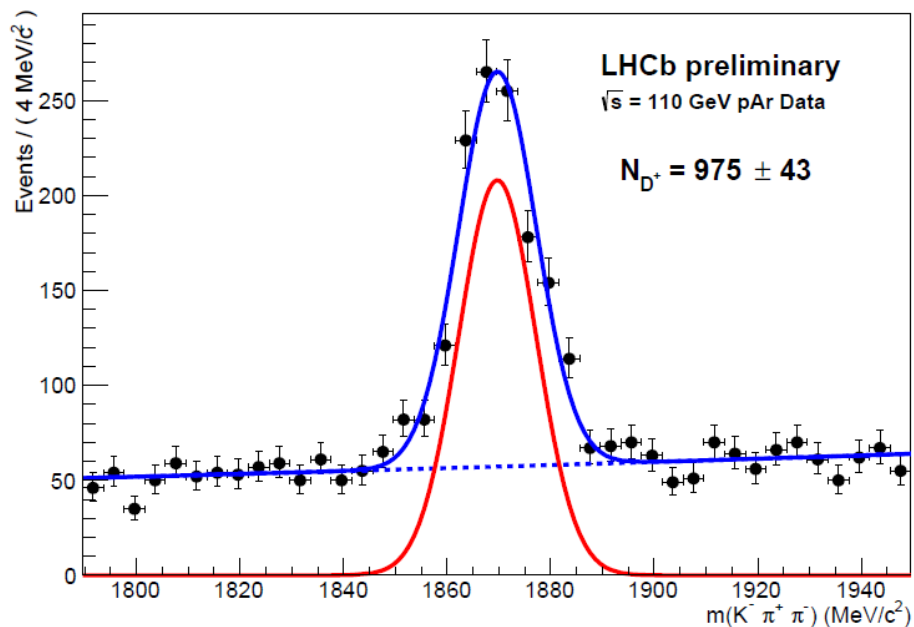
$J/\psi / D^0$  as a function of rapidity, 2015 pAr run



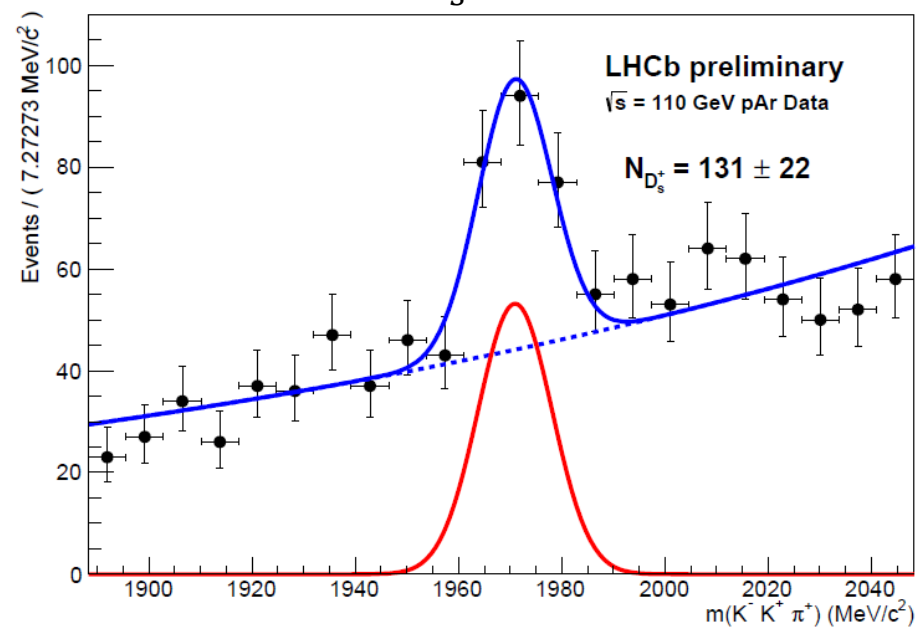
Analyse en cours

- **Objectif moyen-terme : (2017)**
  - Produits au LLR (Émilie Maurice)

$$D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$$



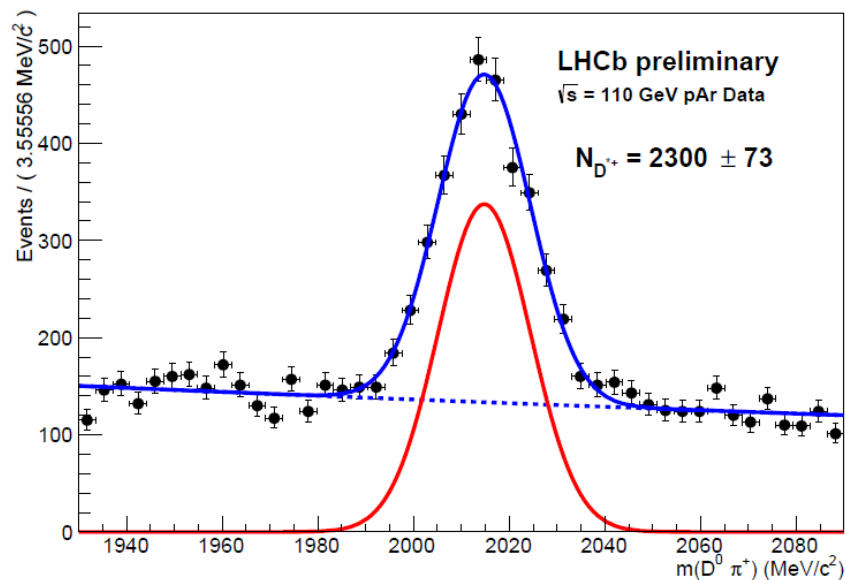
$$D_s^+ \rightarrow K^- K^+ \pi^+$$



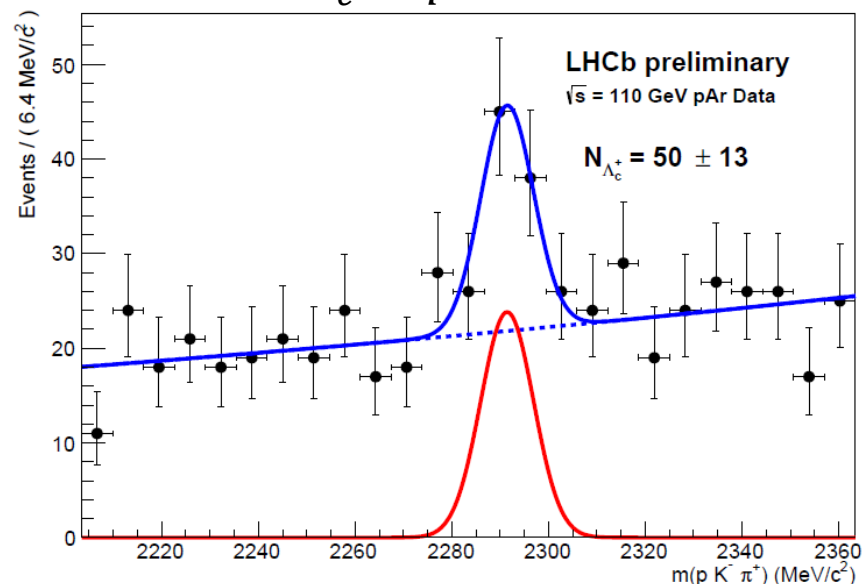


- **Objectif moyen-terme : (2017)**
  - Produits au LLR (Émilie Maurice)

$$D^{*+} \rightarrow D^0 \pi^+$$



$$\Lambda_c^+ \rightarrow p K^- \pi^+$$



- **Activités ions lourds**
  - Depuis 2015
    - participation au programme ions lourds de LHCb
    - Promotion et organisation du programme SMOG
  - **Données acquises (depuis 2015)**
    - 18h de données prises en collisions pAr @ 110 GeV : Analyse en cours
    - 100h de données PbAr @ 70 GeV : Analyse à venir
  - **Données acquises (en 2016)**
    - ~100h de données pHe @ 90 GeV : statistique  $\equiv$  données pAr

- **Activités ions lourds**
  - **Objectifs 2017**
    - Finaliser la première analyse des données SMOG
    - Procéder à l'analyse des données PbAr
    - Acquérir de nouvelles données proton-noyaux (amélioration statistique)
  - **Stratégie LLR à court terme**
    - Proposer une thèse : testing QGP color screening with SMOG-LHCb
  - **Demande labo : Le cas échéant, un financement de thèse ...**
- **Activités luminosité**
  - En complément des activités « ions lourds », le LLR (Émilie, Vladik, Frédéric) participe activement au groupe luminosité : voir présentation Vladik

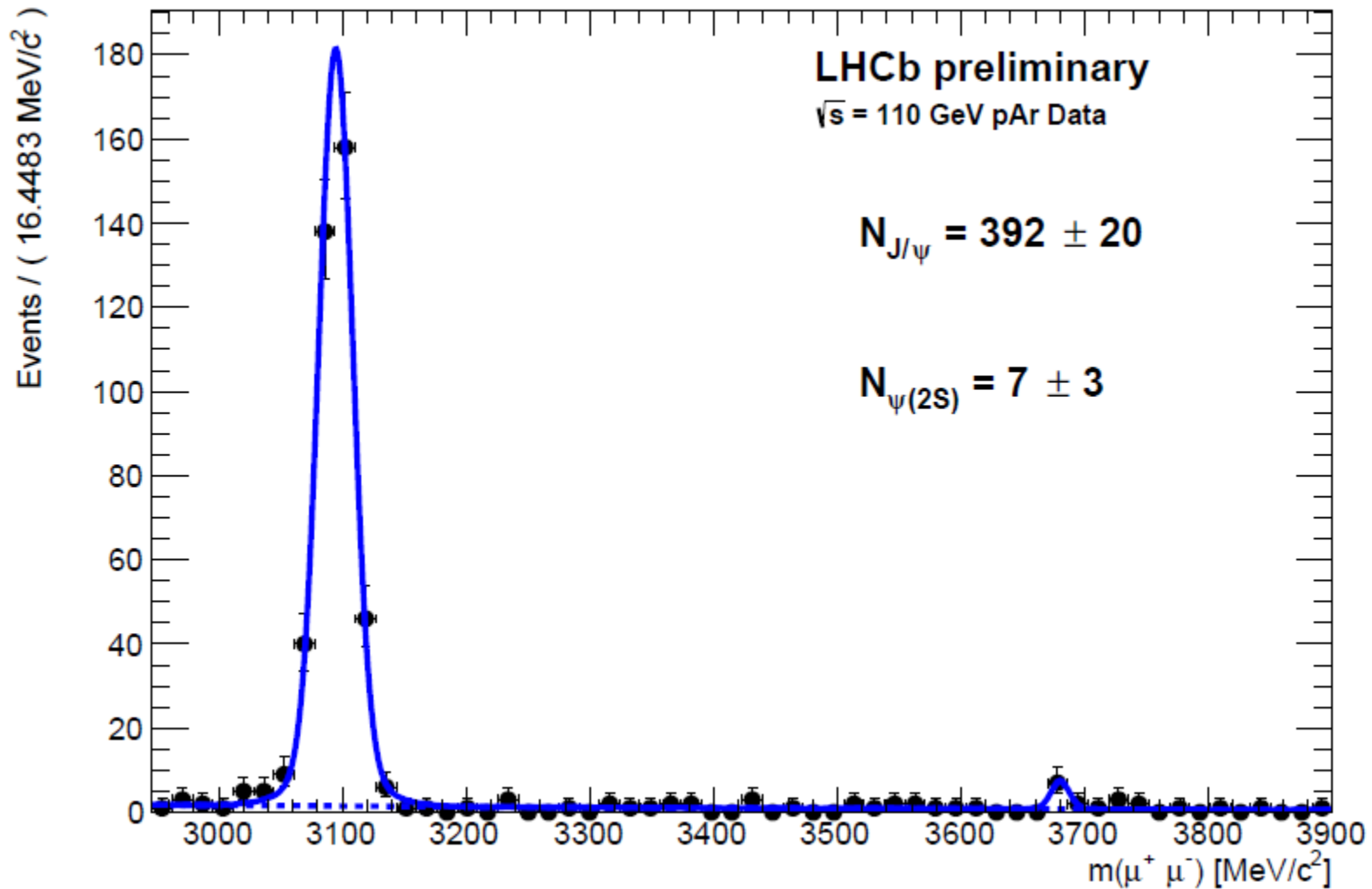


TABLE I: Centrality bin, number of  $NN$  collisions, nuclear overlap function, charm cross section per  $NN$  collision, and total charm multiplicity per  $NN$  collision, in  $\sqrt{s_{NN}} = 200$  GeV Au+Au reactions.

Centrality	$N_{coll}$	$T_{AA}$ ( $\text{mb}^{-1}$ )	$\frac{1}{T_{AA}} \frac{dN_{c\bar{c}}}{dy} \Big _{y=0}$ ( $\mu\text{b}$ )	$N_{c\bar{c}}/T_{AA}$ ( $\mu\text{b}$ )
min. bias	$258 \pm 25$	$6.14 \pm 0.45$	$143 \pm 13 \pm 36$	$622 \pm 57 \pm 160$
0–10 %	$955 \pm 94$	$22.8 \pm 1.6$	$137 \pm 21 \pm 35$	$597 \pm 93 \pm 156$
10–20 %	$603 \pm 59$	$14.4 \pm 1.0$	$137 \pm 26 \pm 35$	$596 \pm 115 \pm 158$
20–40 %	$297 \pm 31$	$7.07 \pm 0.58$	$168 \pm 27 \pm 45$	$731 \pm 117 \pm 199$
40–60 %	$91 \pm 12$	$2.16 \pm 0.26$	$193 \pm 47 \pm 52$	$841 \pm 205 \pm 232$
60–92 %	$14.5 \pm 4.0$	$0.35 \pm 0.10$	$116 \pm 87 \pm 43$	$504 \pm 378 \pm 190$

Phys. Rev. Lett. 94, 082301 (2005)

**In central Au+Au collisions @ 200 GeV**

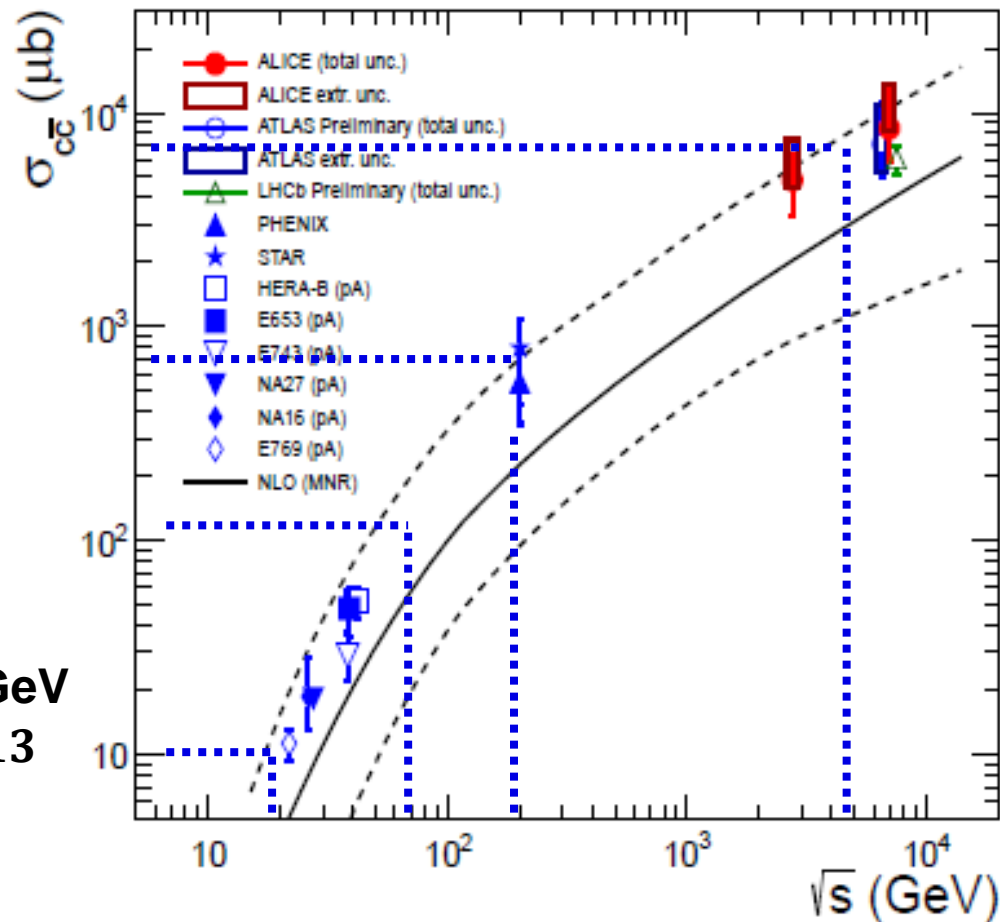
$$N_{c\bar{c}} \sim 597 \cdot 10^{-3} \text{mb} \times 22.8 \text{mb}^{-1} \sim 13$$

**~0.1  $c\bar{c}$  @ 20 GeV**

**~1  $c\bar{c}$  @ 70 GeV**

**~10  $c\bar{c}$  @ 200 GeV**

**~100  $c\bar{c}$  @ 5500 GeV**



$$\sigma_{c\bar{c}}^{5500 \text{ GeV}} \sim 10 \times \sigma_{c\bar{c}}^{200 \text{ GeV}} \sim 100 \times \sigma_{c\bar{c}}^{70 \text{ GeV}} \sim 1000 \times \sigma_{c\bar{c}}^{20 \text{ GeV}}$$