



ALICE

# Production du bottomonium en collisions ultra-relativistes de noyaux lourdes avec ALICE au LHC

Gabriele Gaetano Fronzé

*Università & INFN Torino  
IMT-Atlantique & Subatech Nantes*



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TORINO



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



IMT Atlantique  
région Pays de la Loire  
cole Mines-Télécom



Rencontres QGP France – Etretat (F) – 9-12 Octobre 2017

# Index

Intro

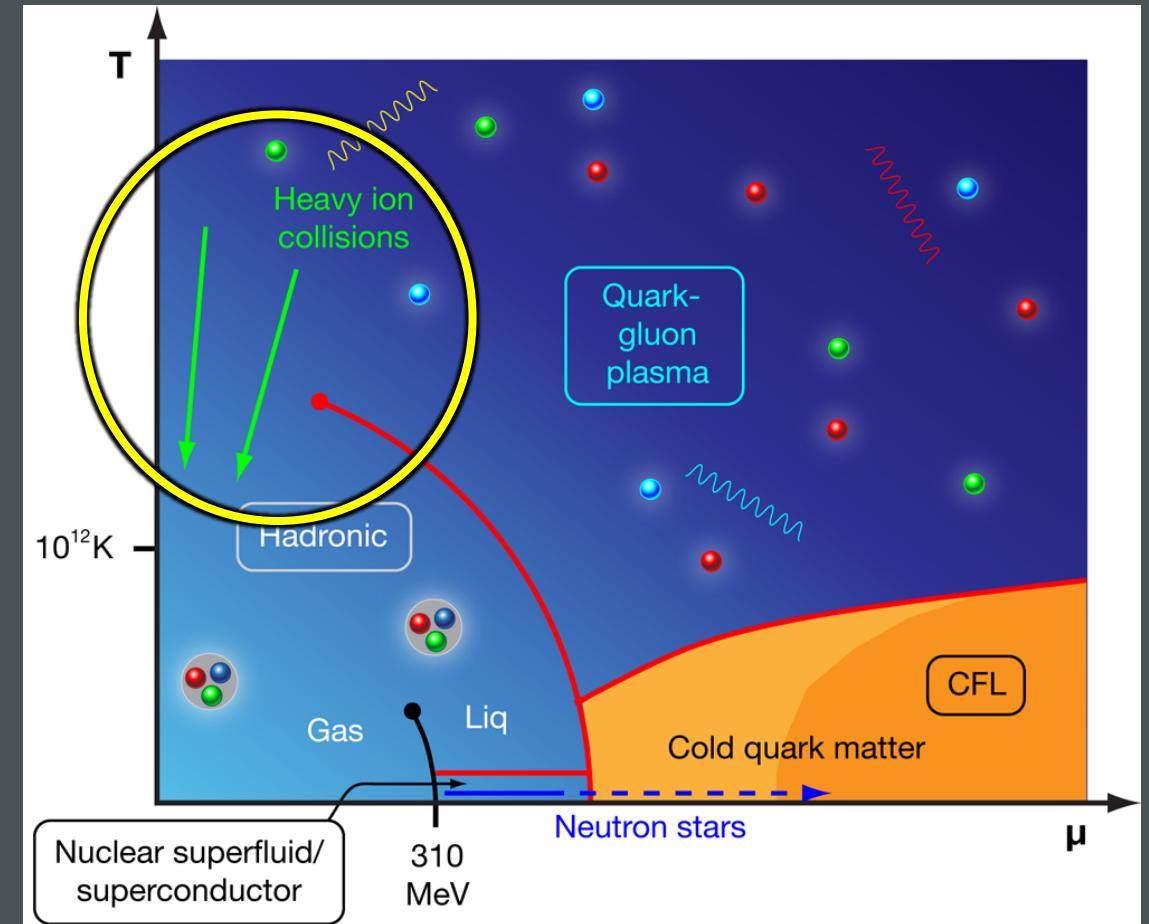
- 1. Motivation
- 2. Setup
- 3.  $\Upsilon(1S)$  en collisions p-Pb à 5.02 TeV
- 4.  $\Upsilon(1S)$  en collisions Pb-Pb à 5.02 TeV
- 5. Dépendances cinématiques de l'  $\Upsilon(1S)$  à 5.02 TeV
- 6. Suppression séquentielle des  $\Upsilon$
- 7. Conclusions

Résumé

# Intro

# Le QGP au LHC

- Le QGP est un état de la matière hadronique qui se forme à très hautes densité d'énergie et/ou densité baryonique
- Collisions ultra relativistes de noyaux lourds arrivent à produire QGP
- Le QGP perdure pour quelque fm/c
- L'observation directe est impossible: l'étude des « hard probes » peut caractériser le QGP



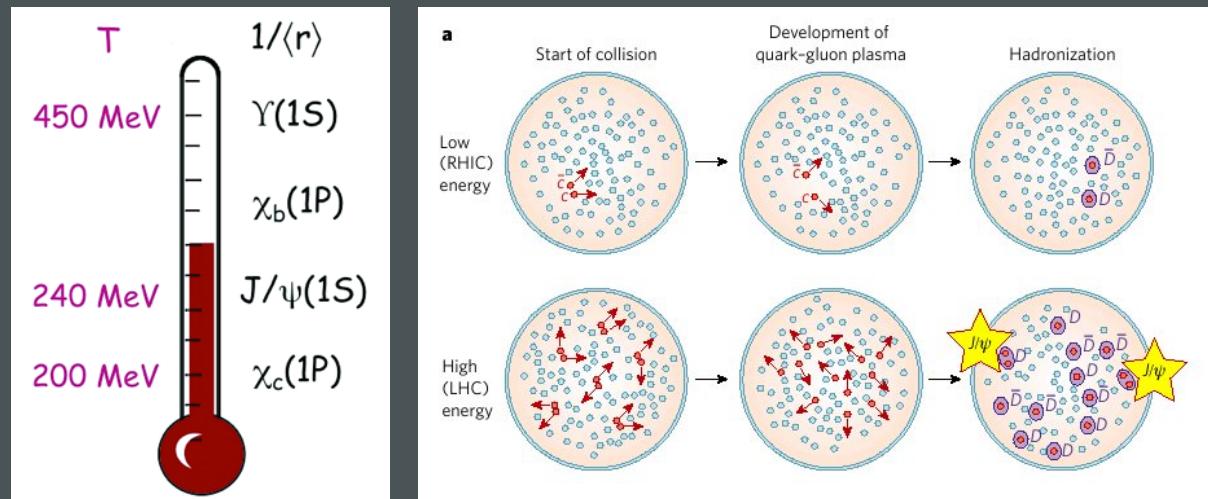
# Le QGP avec le quarkonium

$Q\bar{Q}$  produit pendant les premiers étages de la collision

Ils traversent le QGP

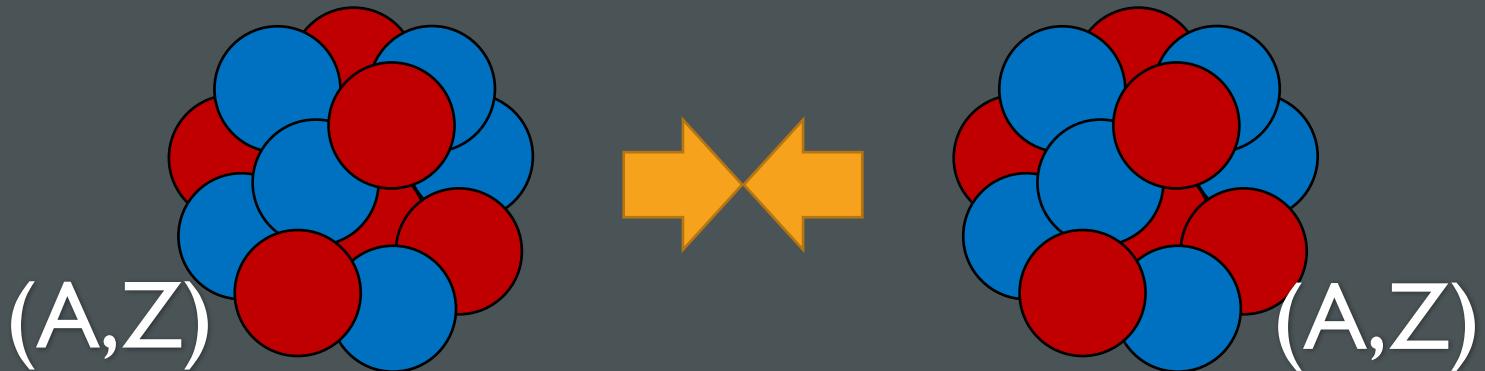
Ils sont sensibles aux propriétés du plasma

- La production du quarkonium est modifiée par le plasma:
  - Suppression par écrantage de couleur par charges des couleur libres;
  - Dissociation séquentielle → thermomètre;
  - Production copieuse de couples  $Q\bar{Q} \rightarrow$  régénération (importante pour  $c\bar{c}$ , moins pour  $b\bar{b}$ )



## Le facteur de modification nucléaire $R_{AA}$

La question est:

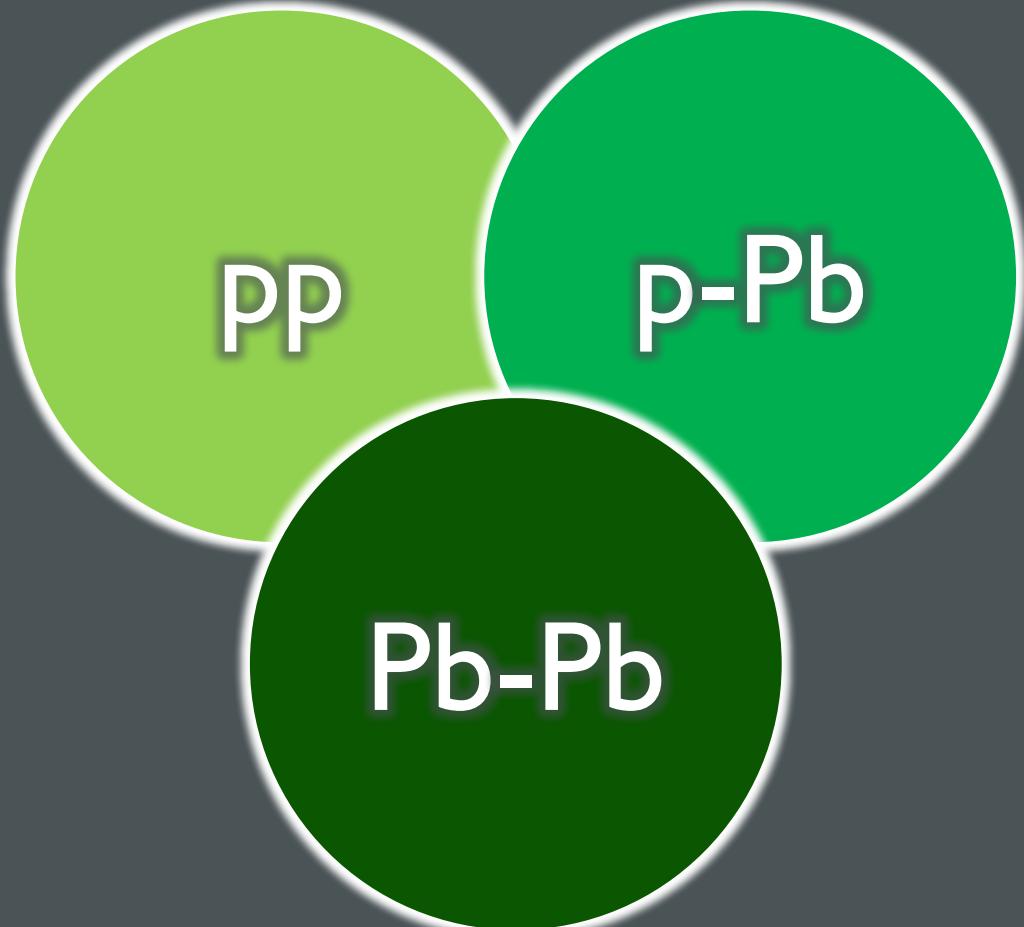


## Le facteur de modification nucléaire $R_{AA}$

L'  $R_{AA}$  peut nous donner la réponse

$$R_{AA}^{q\bar{q}} = \frac{1}{T_{AA}} \cdot \frac{N_{AA}^{q\bar{q}}}{\sigma_{pp}^{q\bar{q}}} \quad \text{ou} \quad T_{AA} = \frac{\langle N_{Coll} \rangle}{\sigma_{pp}^{inel}}$$

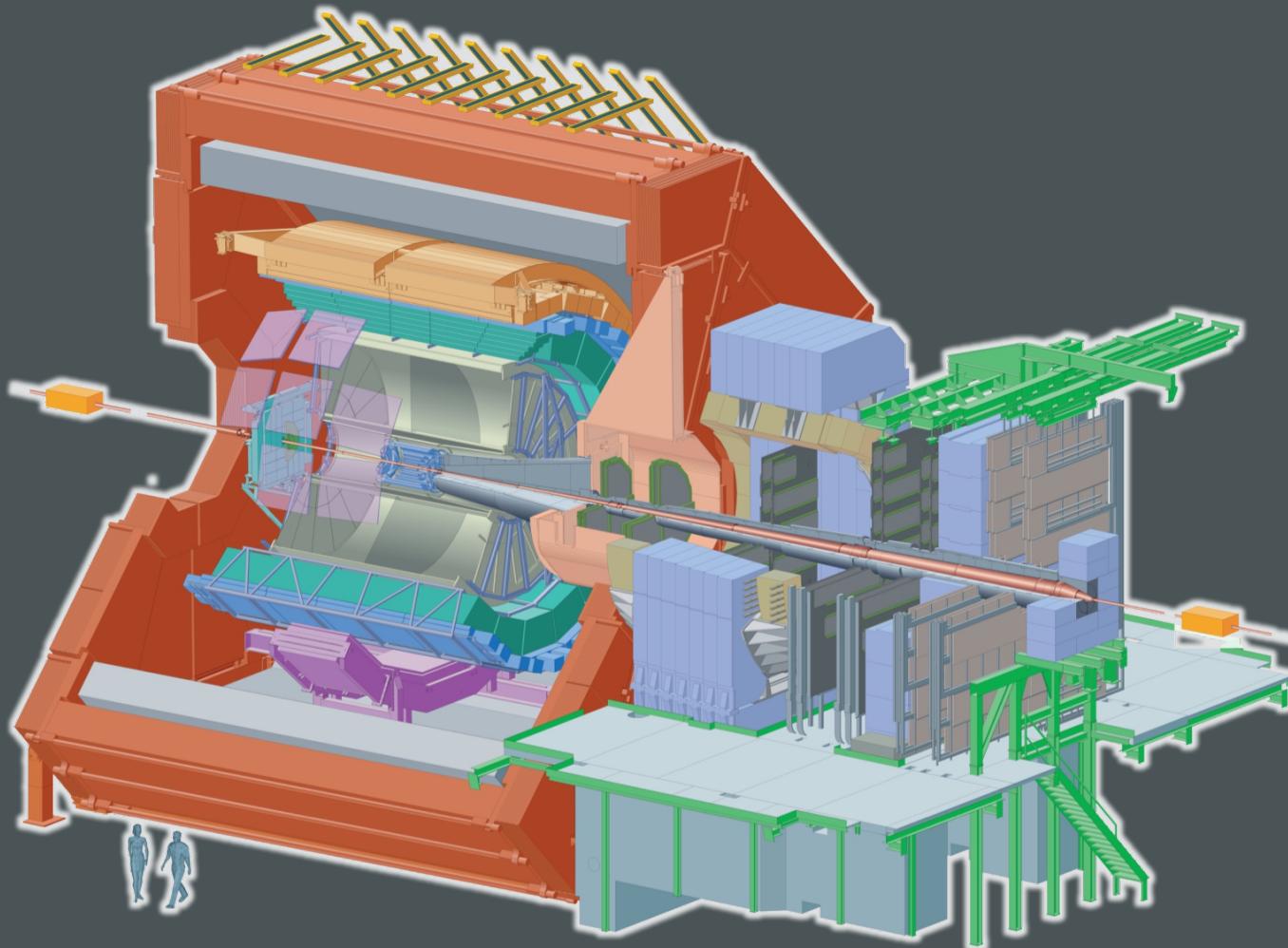
## Plusieurs sources de connaissance



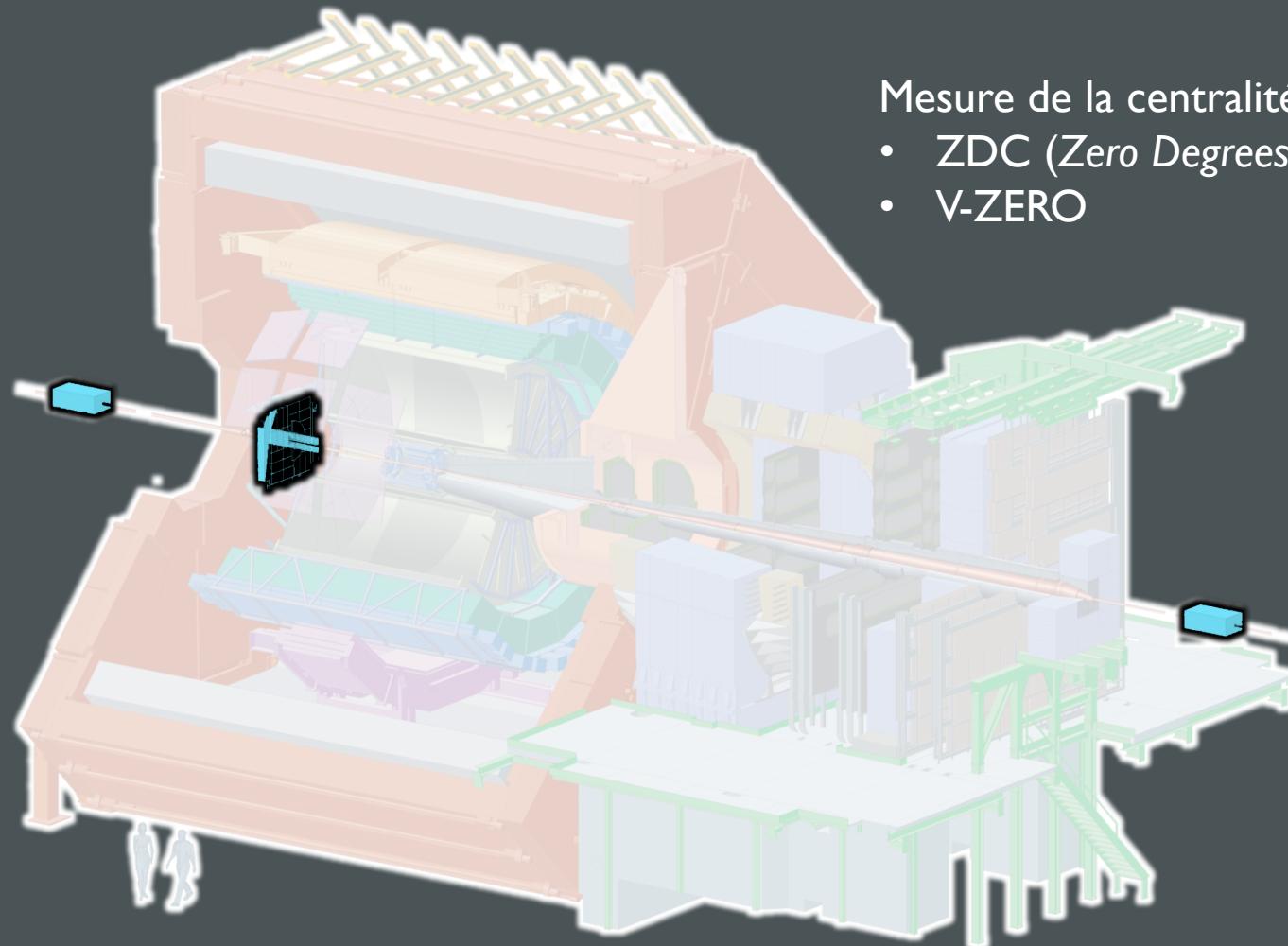
- Collisions  $pp \rightarrow \sigma_{pp}$  pour l' $R_{AA}$
- Collisions  $p\text{-Pb} \rightarrow$  pas de QGP\*, mais *Cold Nuclear Matter effects* (CNM)
  - *nPDF (gluon shadowing et CGC)*
  - *Coherent Energy Loss*
  - *Nuclear absorption*
- Collisions  $\text{Pb-Pb} \rightarrow$  le QGP se forme et peut être étudié par rapport aux résultats en systèmes plus simples

\* Mesures très récentes n' excluent pas la production de QGP même en systèmes très simples.

# Setup d'ALICE



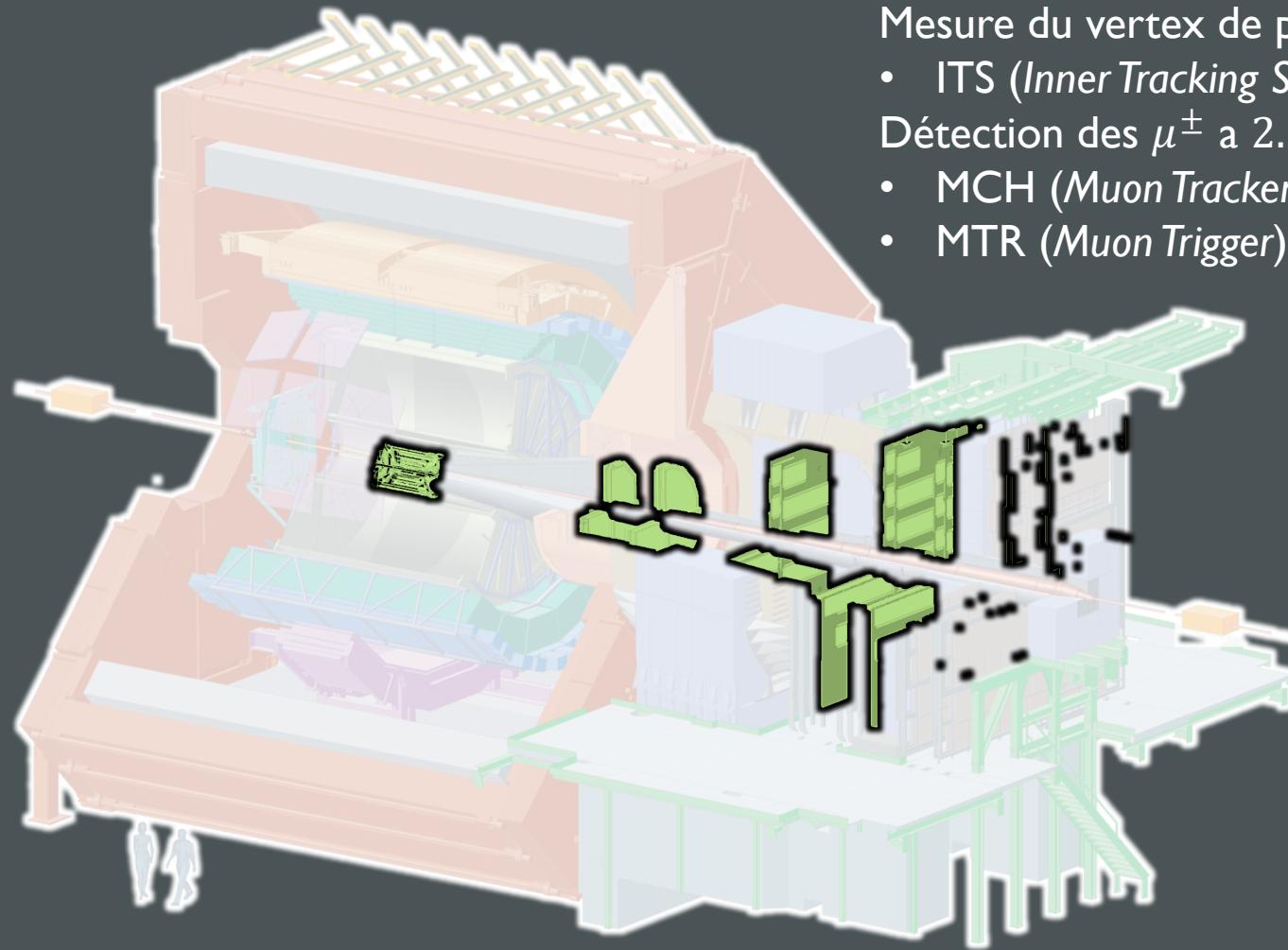
# Setup d'ALICE



Mesure de la centralité:

- ZDC (*Zero Degrees Calorimeters*)
- V-ZERO

# Setup d'ALICE



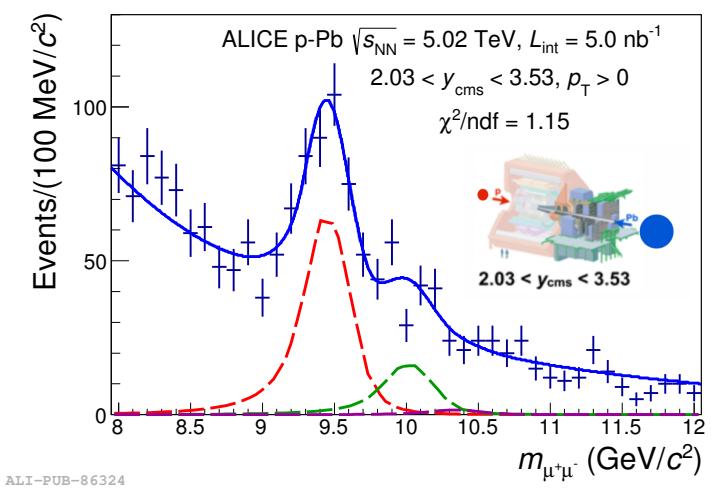
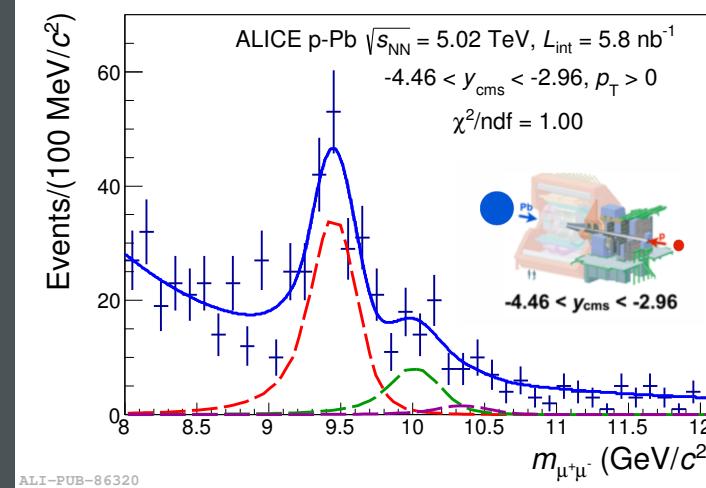
Mesure du vertex de production:

- ITS (*Inner Tracking System*) en particulier SPD
- Détection des  $\mu^\pm$  à  $2.5 < y < 4.0$ :
- MCH (*Muon Tracker*)
  - MTR (*Muon Trigger*)

# Données utilisés pour les analyses

**RUNI p-Pb  $\sqrt{s_{NN}}=5.02 \text{ TeV}$**

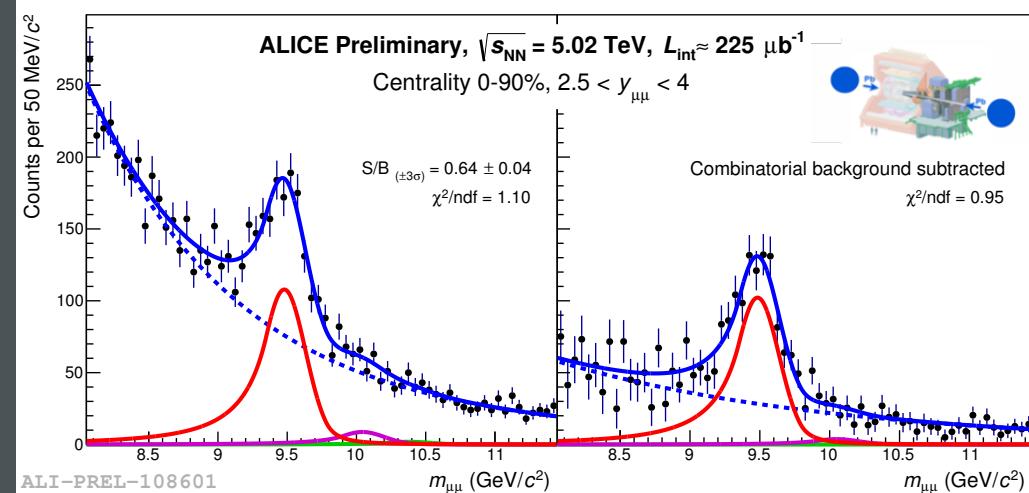
	$\mathcal{L}_{INT}$	Rapidity range
<b>p-Pb</b>	$5.8 \text{ nb}^{-1}$	$-4.46 < y_{CMS} < -2.96$
<b>Pb-p</b>	$5.0 \text{ nb}^{-1}$	$2.03 < y_{CMS} < 3.53$



Ref. PLB 740 (2015) 105-117

**RUNII Pb-Pb  $\sqrt{s_{NN}}=5.02 \text{ TeV}$**

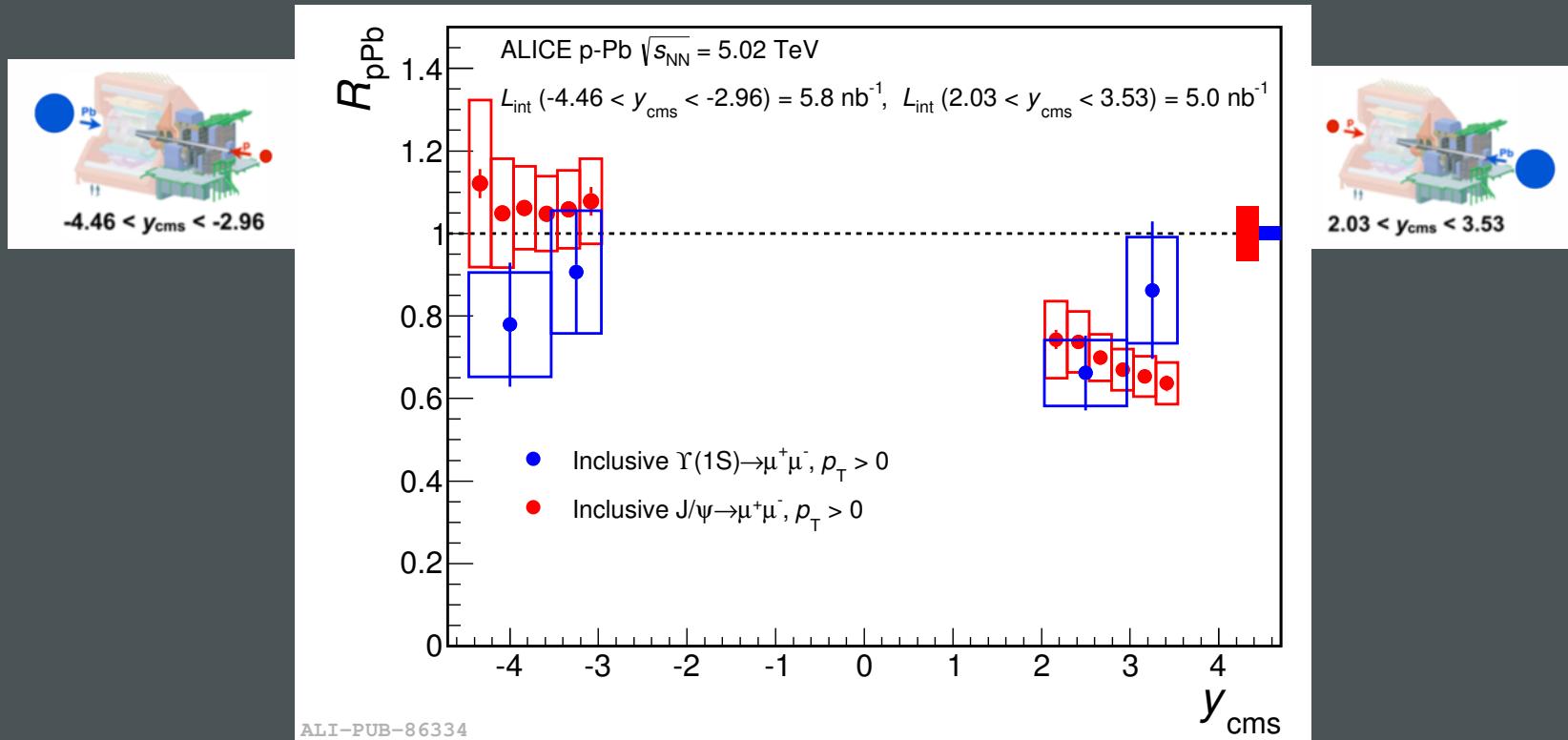
	$\mathcal{L}_{INT}$	Rapidity range	Centrality range
<b>Pb-Pb</b>	$225 \mu b^{-1}$	$2.5 < y_{CMS} < 4.0$	0%-90%



# Mesures en collisions p-Pb

2013 @  $\sqrt{s_{\text{NN}}}=5.02 \text{ TeV}$

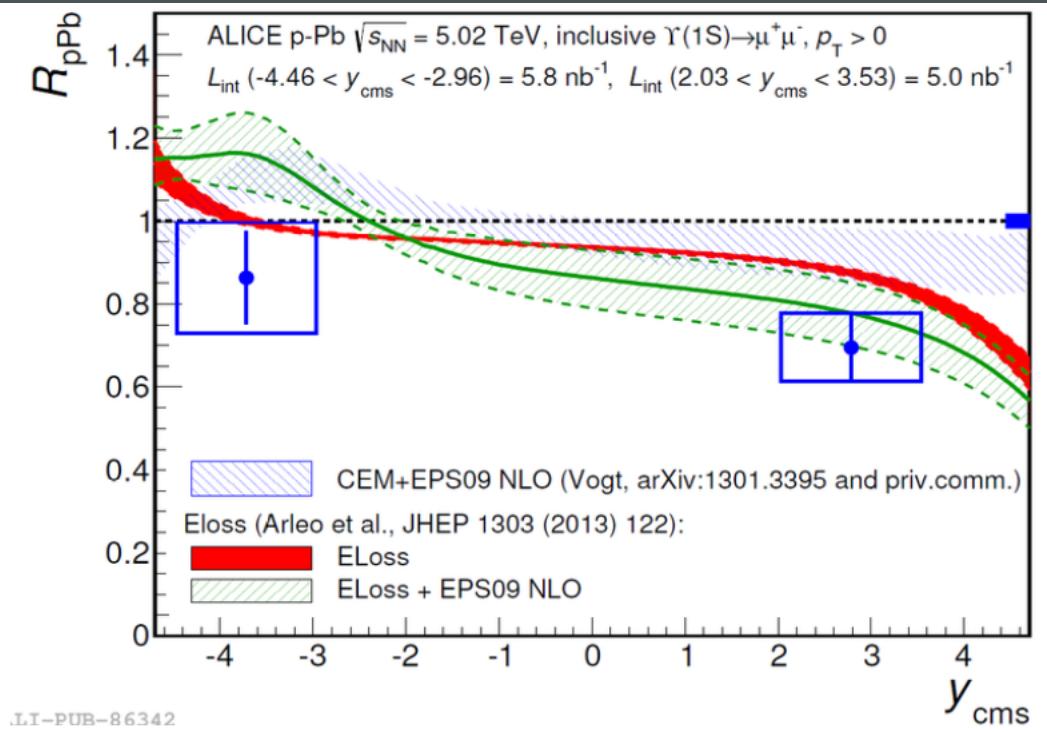
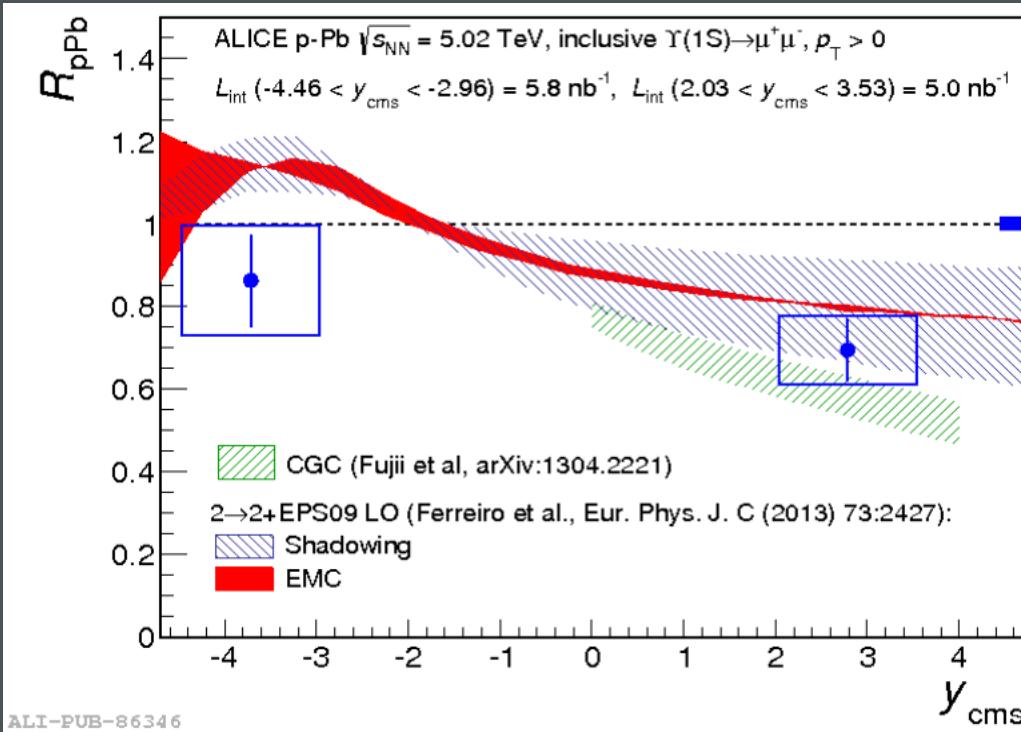
# $J/\psi$ et $\Upsilon(1S)$ $R_{pA}$ @ $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV



Accord entre  $J/\psi$  et  $\Upsilon(1s)$ :

- Pas de suppression à rapidité négative
- Faible suppression à rapidité en avant

# $\Upsilon(1S) R_{pA}$ @ $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV

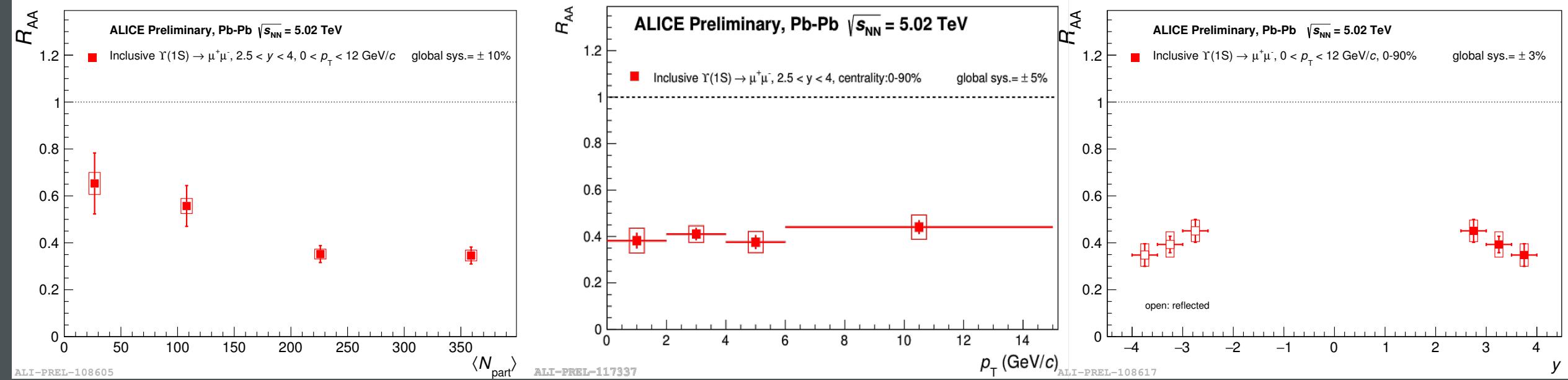


- Tendance des modèles à surestimer l'*enhancement* (mais incertitudes importantes)
- Bon accord entre modèles avec CNM à rapidité en avant

# Mesures en collisions Pb-Pb

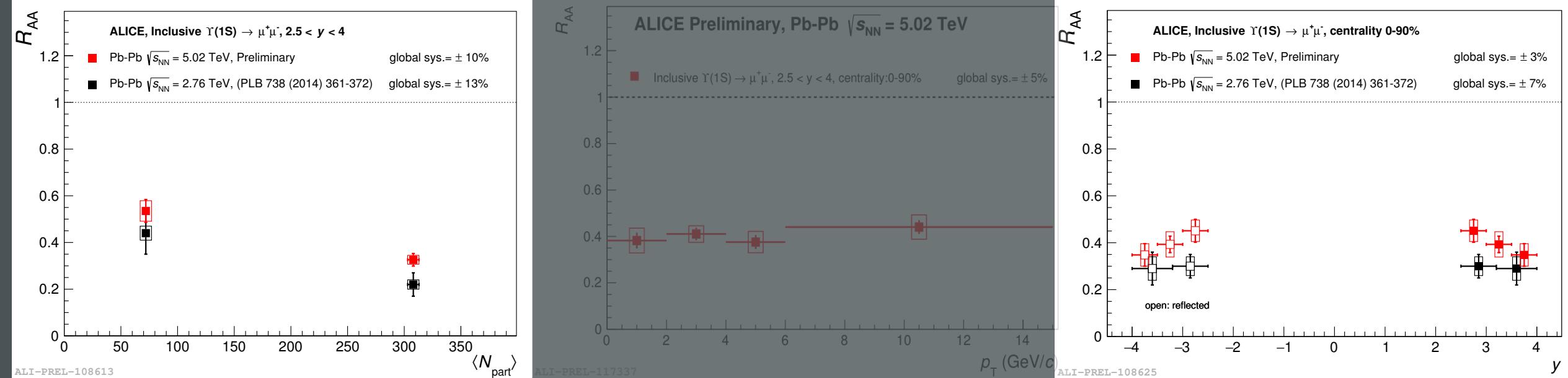
2011 @  $\sqrt{s_{\text{NN}}}=2.76 \text{ TeV}$  e 2015 @  $\sqrt{s_{\text{NN}}}=5.02 \text{ TeV}$

# $\Upsilon(1S) R_{AA}$ @ $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV



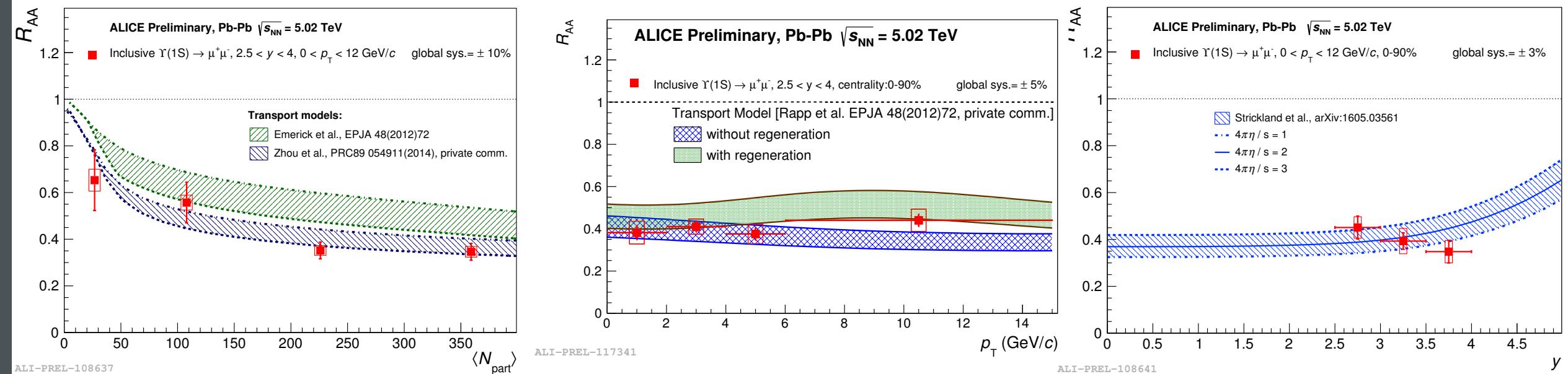
- Suppression très évidente (facteur 2.5 à haute centralité)
- Aucune dépendance du  $p_T$  observée
- Pas de dépendance de la rapidité, mais incertitudes grandes

# $\Upsilon(1S)$ $R_{AA}$ @ $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV et $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV



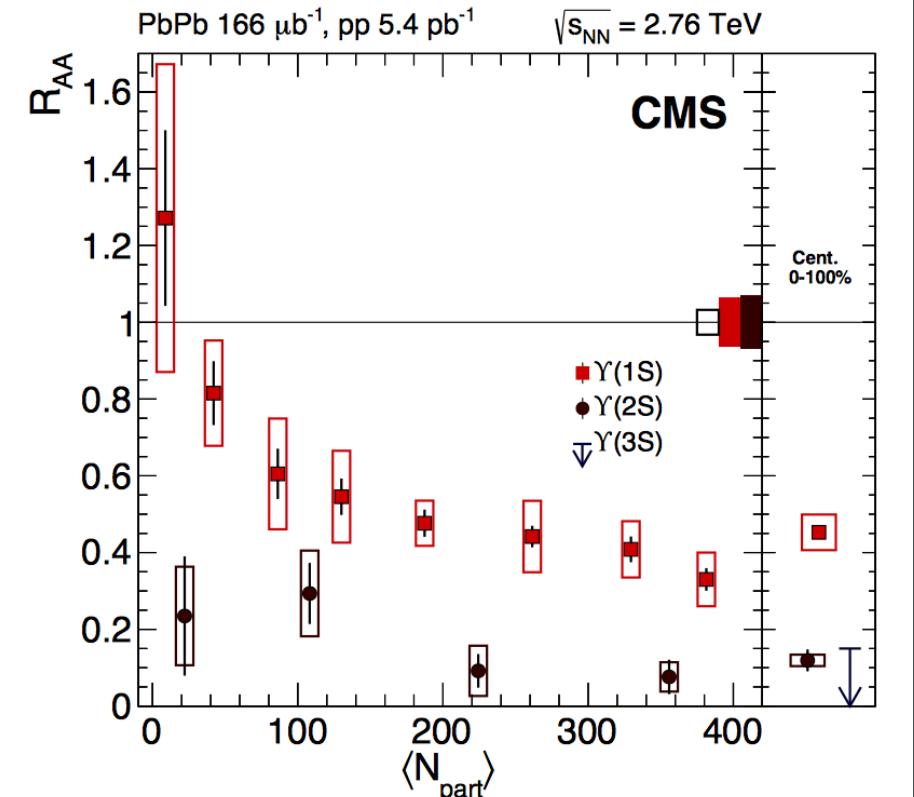
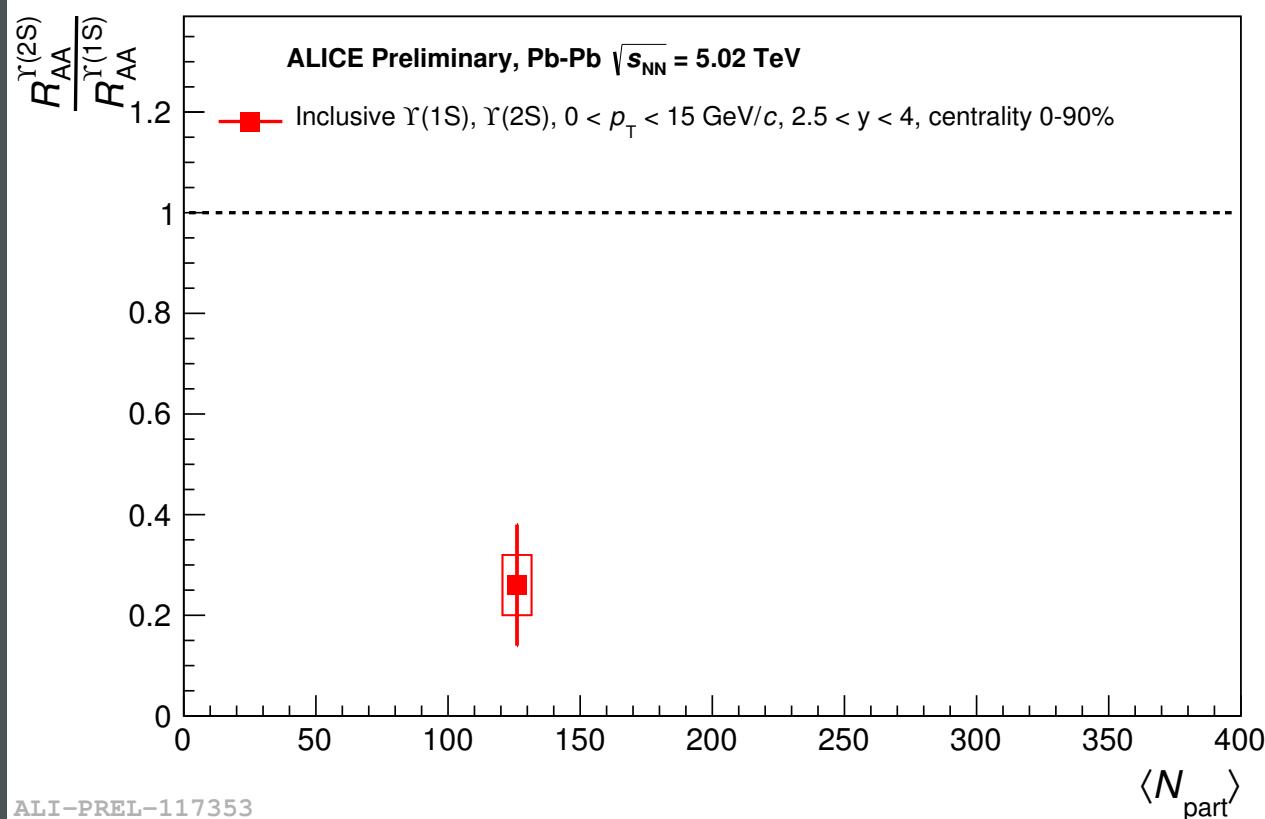
- Valeurs à 5.02 TeV systématiquement au dessus de ceux à 2.76 TeV, mais compatibles dans l'erreur

# $\Upsilon(1S) R_{AA}$ @ $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV



- Bon accord entre les mesures et les modèles, soit de transport ou hydrodynamiques
- Modèles sans régénération et avec sont également en accord
- Petite tension entre la tendance du modèle Strickland et les données par rapport à la rapidité

# $\Upsilon(2S)/\Upsilon(1S)$ rapport double @ $\sqrt{s_{NN}}=5.02$ TeV



Ref. PLB 770 (2017) 357-379

- $R_{AA}^{\Upsilon(2S)} / R_{AA}^{\Upsilon(1S)} = 0.28 \pm 0.12(stat) \pm 0.06(syst)$
- Forte indication de suppression séquentielle à rapidité en avant

# Conclusions

# Conclusions

- La production de bottomonium en collisions p-Pb et Pb-Pb a été mesuré par ALICE:
  - La suppression en collisions p-Pb peut être expliquée avec CNM
  - Suppression évidente à  $\sqrt{s_{NN}}=5.02$  TeV mais aucune dépendance du  $p_T$  observée
  - Forte indication de suppression séquentielle donnée par le rapport entre  $R_{AA}^{Y(1S)}$  et  $R_{AA}^{Y(2S)}$

Merci pour votre attention!