

**Plasma de quarks et de gluons
ions Lourds
LHCb
SMOG**

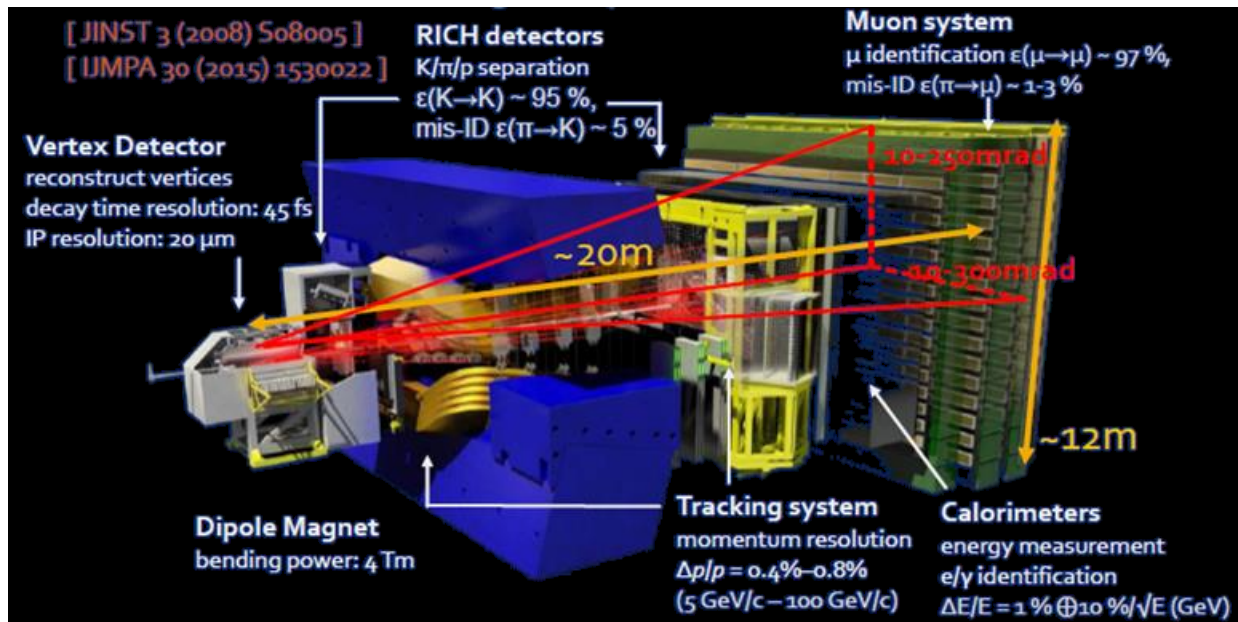
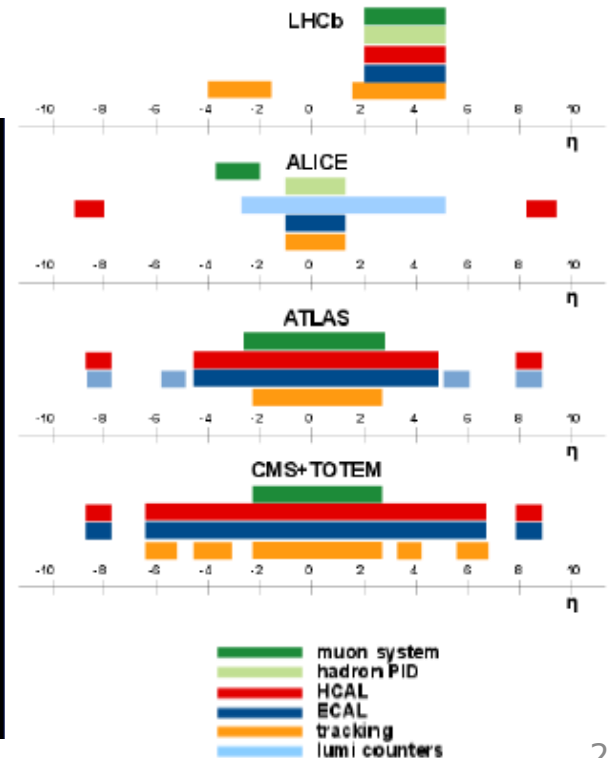
LLR

Date 03/05/2016

Enjeux scientifiques

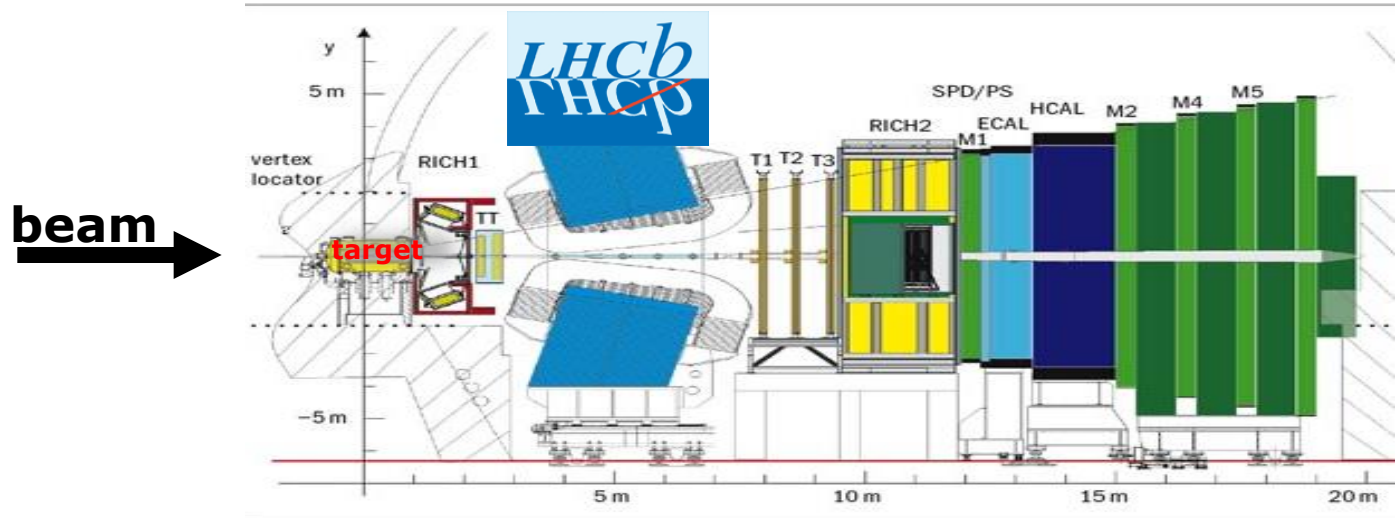
- **Production du charme dans les collisions d'ions lourds : élément clef pour sonder le plasma de quarks et de gluons (QGP)**
 - Aux échelles d'énergie < 100 GeV, permet de tester l'écrantage de couleur, prédiction de lattice QCD
 - Aux échelles d'énergie > 1 TeV, permet de tester le mécanisme de recombinaison des quarks

Nécessite la mesure du plus grand nombre possible de hadrons charmés (feed-down, référence,...)
- **LHCb est la meilleure expérience pour la mesure des hadrons charmés**
 - résolution en masse < 20 MeV/c² pour le J/ψ
 - précision sur la position du vertex ~ 20 μ
 - identification des π et K permettant de reconstruire les mésons D dans leur canal hadronique (masse invariante entièrement reconstruite)...
 - *Capacité de détection unique à $2.5 < y_{lab} < 5$*



Enjeux scientifiques

- **SMOG : (System for Measuring Overlap with Gas)**
 - Originellement dédié à la mesure de la luminosité (Beam Gas Imaging)
 - Injection de gaz nobles dans le Vertex LOcator (VELO) de LHCb : He, Ne, Ar, Xe, Kr
 - Possibilité d'effectuer des collisions proton-noyaux et Pb-noyaux dans LHCb



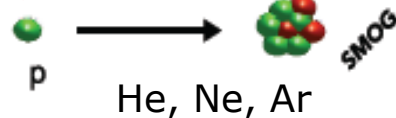
- **HF-Smog : heavy-flavor with SMOG**
 - Reprend le physics case du projet CHIC ([CERN-SPSC-2012-031](#)/[CERN-SPSC-2013-008](#))
 - Fruit d'un partenariat LAL (P. Robbe – expertise LHCb) / LLR (F. Fleuret – expertise ions lourds)
 - Mesures inédites de la production des mésons et baryons charmés (incluant le χ_c)

$$\sqrt{s_{NN}^{SPS}} \sim 20 \text{ GeV}$$

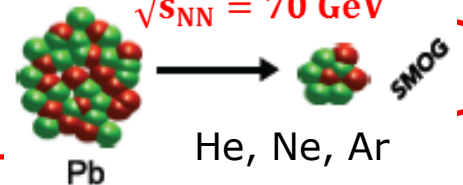
$$\sqrt{s_{NN}^{RHIC}} = 200 \text{ GeV}$$

$$\sqrt{s_{NN}^{LHC}} = 5 \text{ TeV}$$

$$\sqrt{s_{NN}} = 90 \text{ to } 110 \text{ GeV}$$



$$\sqrt{s_{NN}} = 70 \text{ GeV}$$



$$\text{LHCb rapidity } 2.5 < y_{\text{LHCb}} < 5 \Rightarrow \begin{cases} 7 \text{ TeV beam : } -2.3 < y_{\text{LHCb}}^* < 0.2 \\ 2.75 \text{ TeV beam : } -1.8 < y_{\text{LHCb}}^* < 0.7 \end{cases}$$

Composition de l'équipe

Responsable scientifique local: **F. Fleuret**

Liste des chercheurs participants:

- **1 permanent** [indiquer Prénom, Nom, Qualité (Emérite, PR, DR, MCF, CR1, CR2, Post-Doc, Doc), HDR ou pas, % temps de recherche dans le projet, autre projet]
 - Frédéric Fleuret, DR, 100%
- **1 post-doctorant** : [indiquer sujet, origine financement, % temps de recherche dans le projet, date de début, date de fin]
 - Emilie Maurice
 - Sujet: SMOG, 100%
 - Financement : P2IO, 100 k€
 - Dates : 01/09/2016, 31/03/2018 : 18 mois !
 - **URGENT : besoin d'un complément de 6 mois**
- **0 Doctorants**: [indiquer sujet, financement, directeur, codirection, cotutelle, % temps de recherche dans le projet, date de début, date de fin]
 - Propose un sujet cette année...

Activités Scientifique

Principales activités scientifiques de l'équipe: [Analyse, algorithmes (identification/reconstruction), simulations, opérations/calibration ...]

- **Activité 1: analyse des données SMOG**
 - Analyse des données SMOG pour la mesure des saveurs lourds.
 - Extraction du signal J/ψ et D^0 .
 - **80%**
- **Activité 2: participation à l'analyse des données pPb (à acquérir en 2016)**
 - **À venir**
- **Activité 3: participation à la mesure de la luminosité**
 - Étude des variables pertinentes pour la mesure de la luminosité dans les collisions PbPb
 - Travail effectué conjointement avec Y. Li (LAL)
 - **20% (cette année)**

Faits marquants

•Data taken in 2015

Pas encore analysées

- pHe : ~6h w/ 299 non-colliding bunches in september
- pNe : ~10h w/35 non-colliding bunches in august
- pAr : ~ 20h @ 110 GeV w/685 non-colliding bunches in october
- pAr : ~15h @ 70 GeV w/44 non-colliding bunches in november
- PbAr : ~100h w/ 500 non-colliding bunches in december
- Gas pressure in the velo : ~ $1 - 2 \cdot 10^{-7}$ mbar

•Data to be taken in 2016

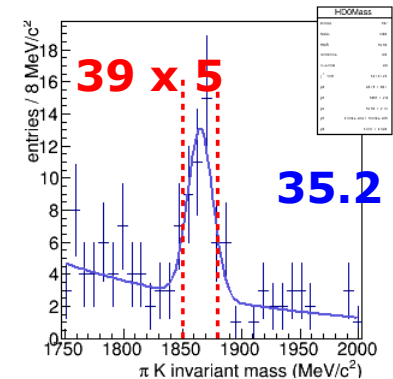
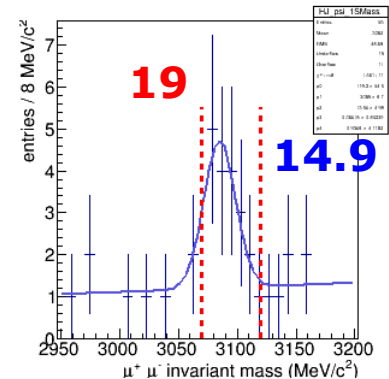
- pHe : few hours in may, several days in november/december
- PbHe : several days in november/december

•2016 winter stop : december - march

•Data to be taken beyond 2016

- 2017 : taking data with proton beam (pHe, pNe,...)
- 2018 : One month of Pb

Sous-échantillon données pNe



Evolution anticipée (3-5 ans)

- **Personnels**
 - **1 permanent : FF**
 - **1 recrutement ?**
 - **Au moins une thèse**

- **Activités**
 - Analyse des données
 - Interprétation physique / phénoménologie
 - Participation à la mesure de la luminosité
 - Préparation des futures périodes d'acquisition

- **Calendrier**
 - Programme d'acquisition des premières données et leurs analyses clair jusqu'à LS2
 - **Après LS2 : remplacement du VELO (strips → pixels)**
 - **Programme de physique étendu pour les collisions PbPb**
 - **Augmentation de la luminosité pour SMOG**

Attente (vis-à-vis de l'IN2P3)

- **Personnels**

- **URGENT : 6 mois de financement postdoc (cette année)**
 - pour compléter P2IO
- **1/2 bourse de thèse pour 2017**
- **À terme (2018?) : un recrutement**

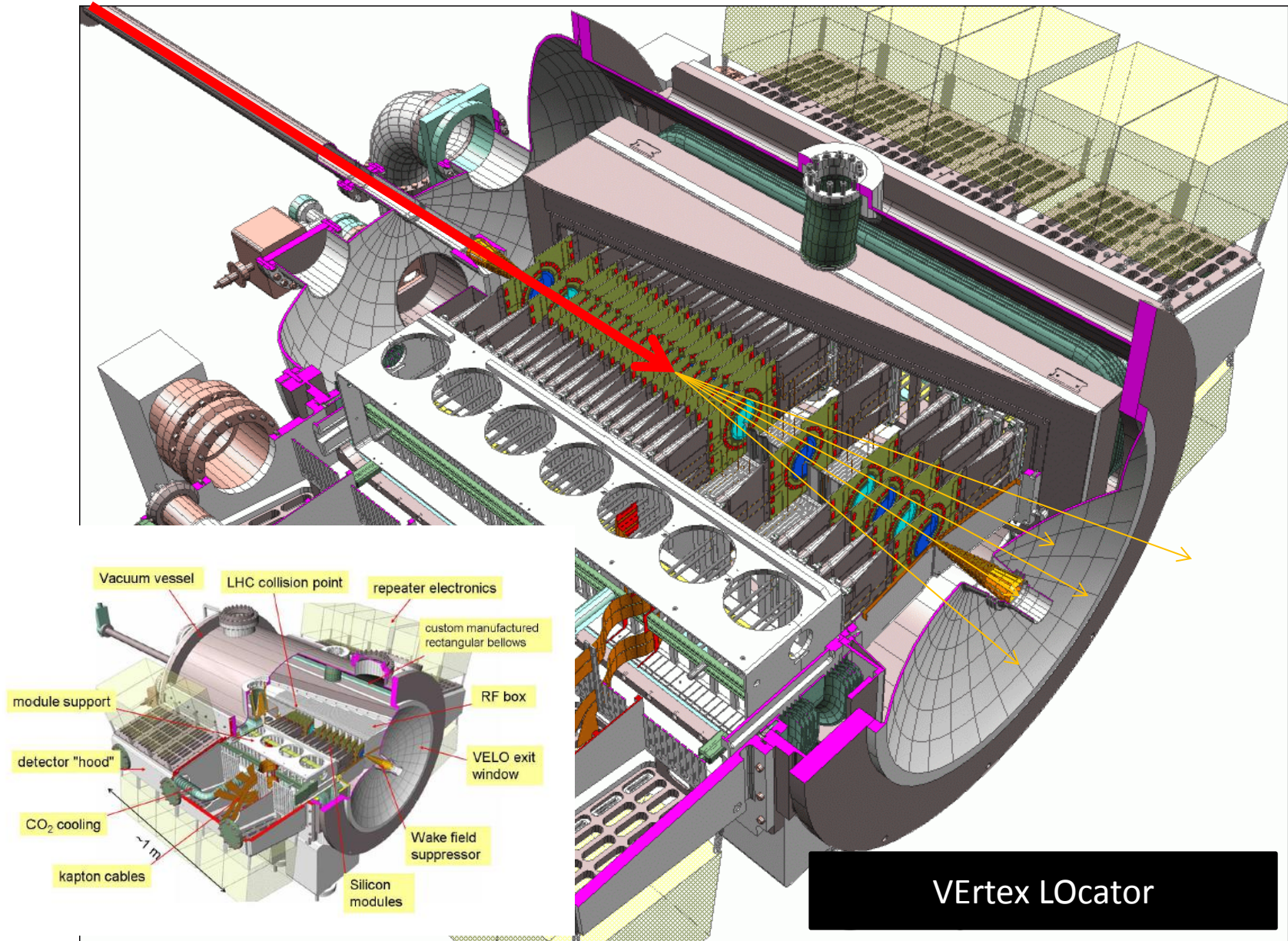
- **Finances**

- 3 k€ pour assurer les missions du postdoc cette année
- 5 (FF)+5 (PD) k€ en 2017 + éventuellement 3 k€ (doctorant)

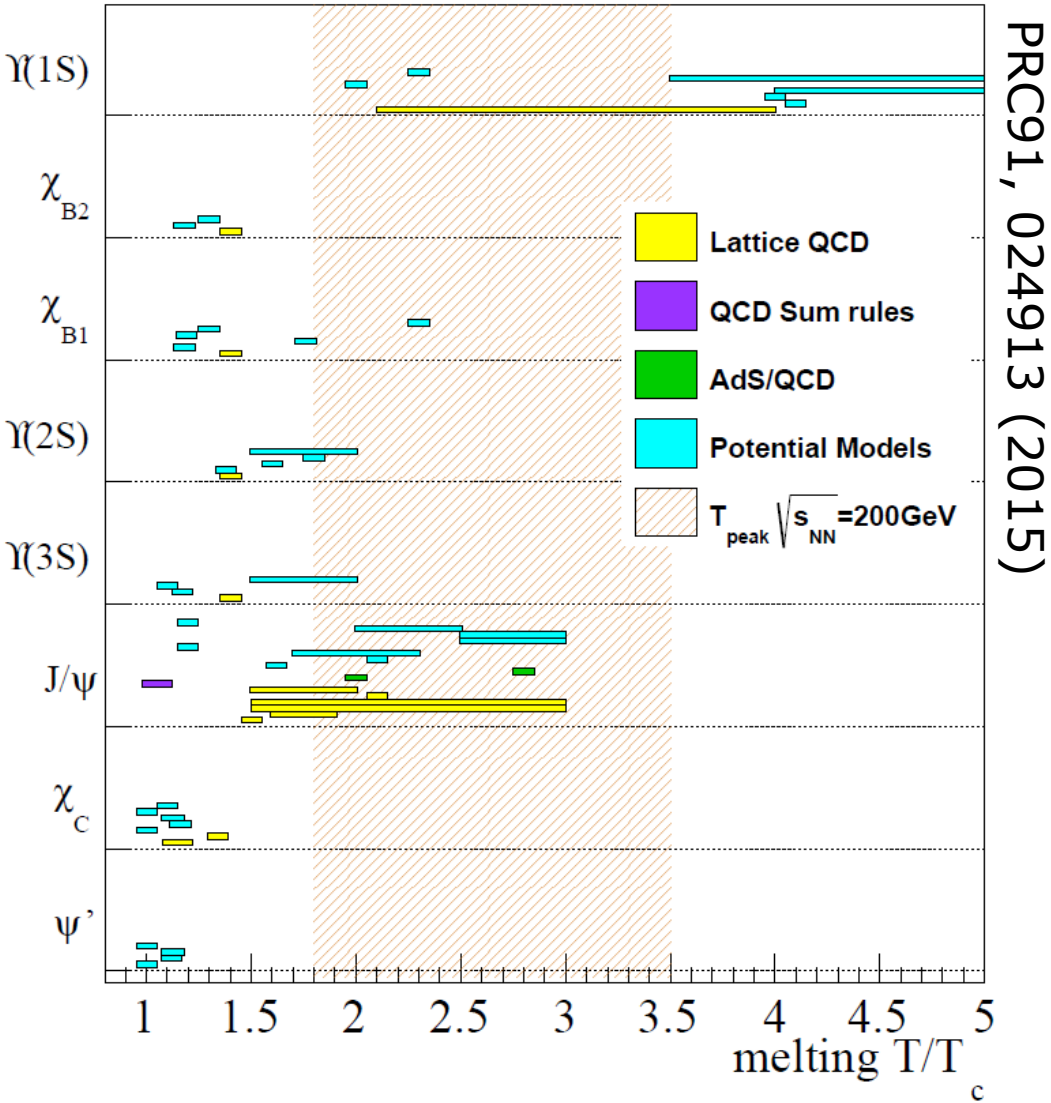
BACKUP

[+ Tous les documents jugés utiles pour la discussion]

The VELO



Melting des saveurs lourdes



Production du charme

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

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

In central Au+Au collisions @ 200

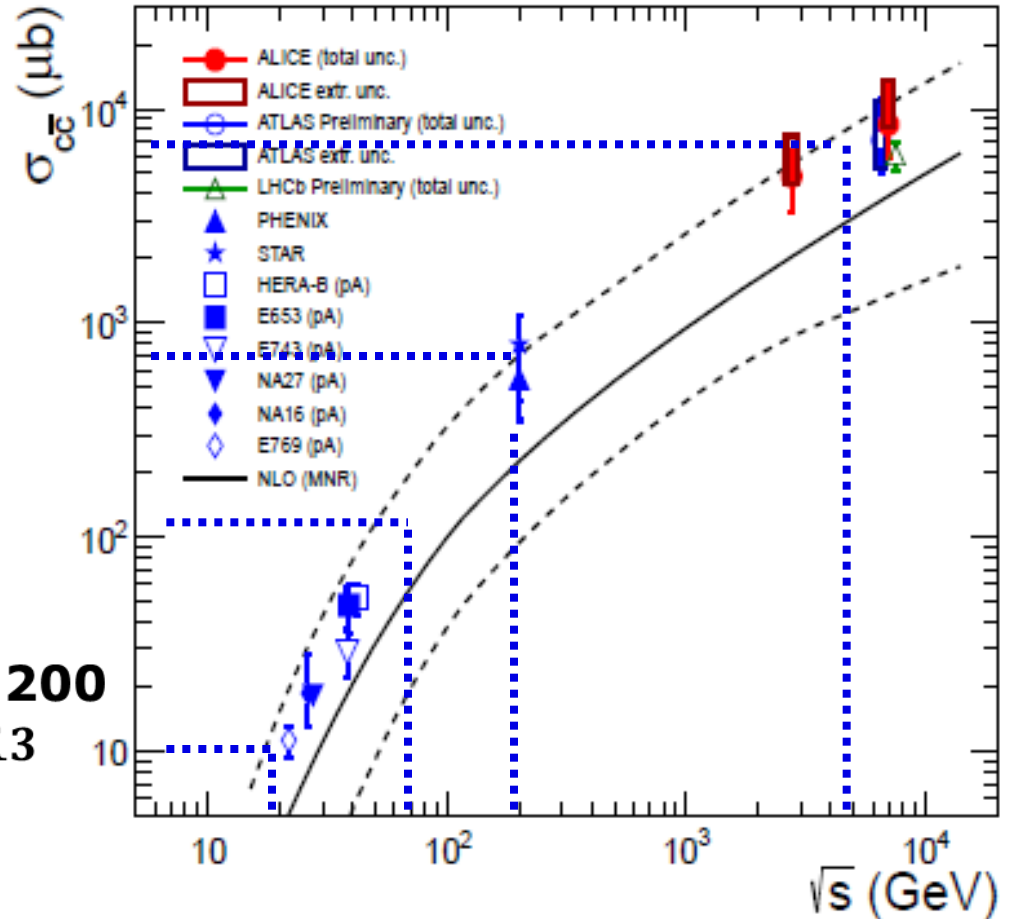
$$N_{c\bar{c}} \sim 597 \cdot 10^{-3} \text{mb} \times 22.8 \text{mb}^{-1} \sim 13$$

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

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

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

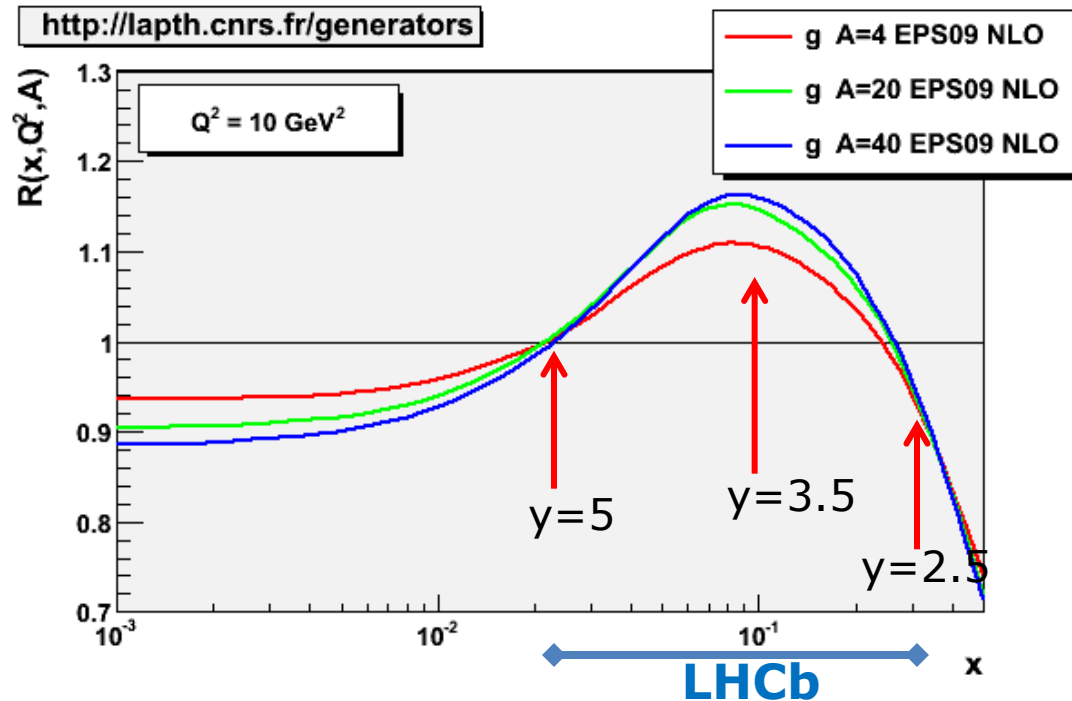
~ 100 $c\bar{c}$ @ 5500 GeV



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

Étude des effets nucléaires froids

- Dans les collisions SMOG proton-noyau : test de l'antishadowing des gluons



$$\langle y^* \rangle \sim 3.5 - 4.77 \sim -1.3$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x_1 \sim \frac{M}{\sqrt{s}} e^y \sim 7.7 \cdot 10^{-3} \\ x_2 \sim \frac{M}{\sqrt{s}} e^{-y} \sim 0.1 \end{cases}$$

- Anomalous suppression at SPS

[Eur.Phys.J.C49:559-567,2007](https://arxiv.org/abs/hep-ex/0606032)

Color screening ?

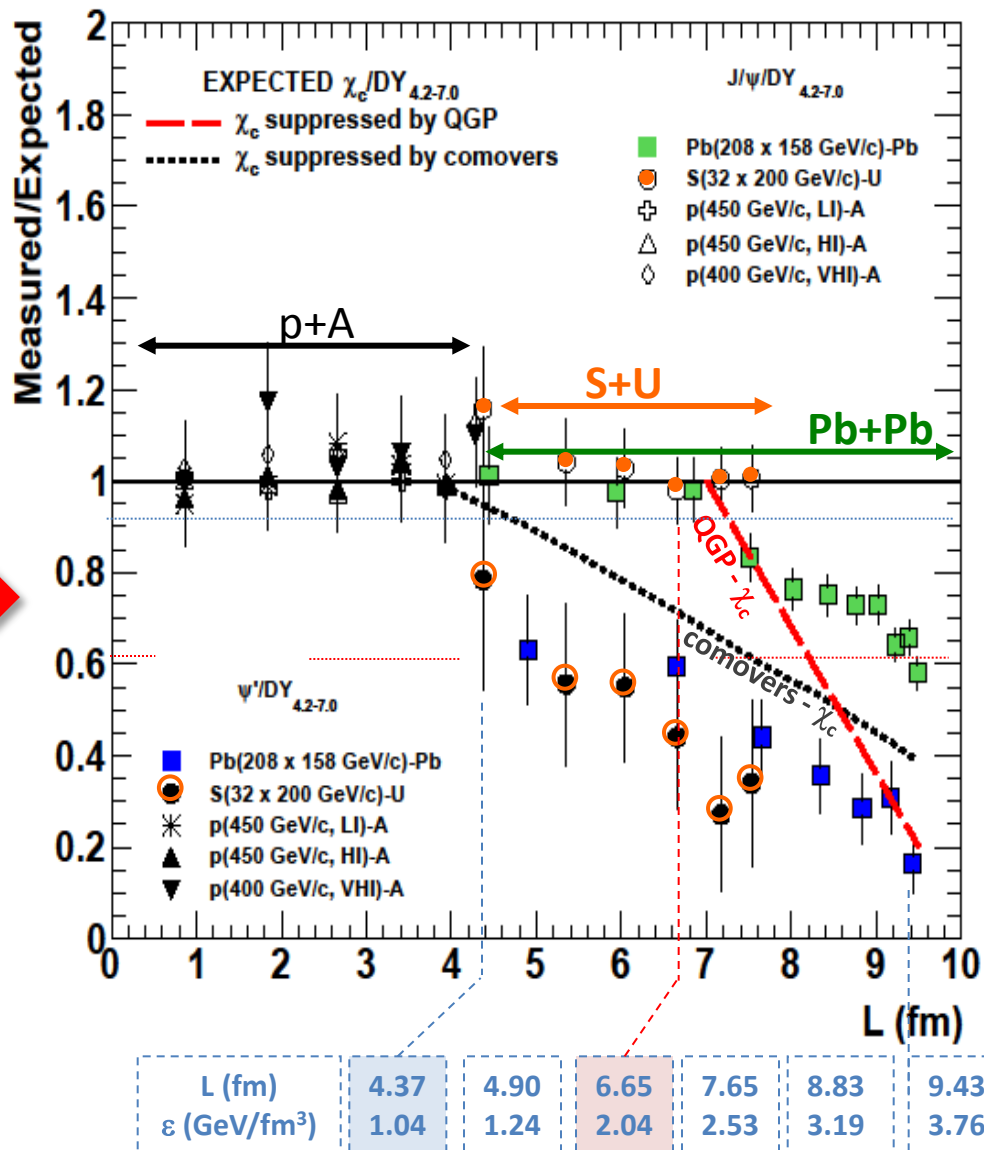
Take advantage of large $\chi_c \rightarrow J/\Psi$ feed-down fraction

60% direct J/Ψ
 + 30% $\chi_c \rightarrow J/\Psi + \gamma$
 + 10% $\Psi' \rightarrow J/\Psi + X$
Inclusive J/Ψ yield

Measuring J/Ψ , Ψ' and χ_c suppression patterns will give the answer

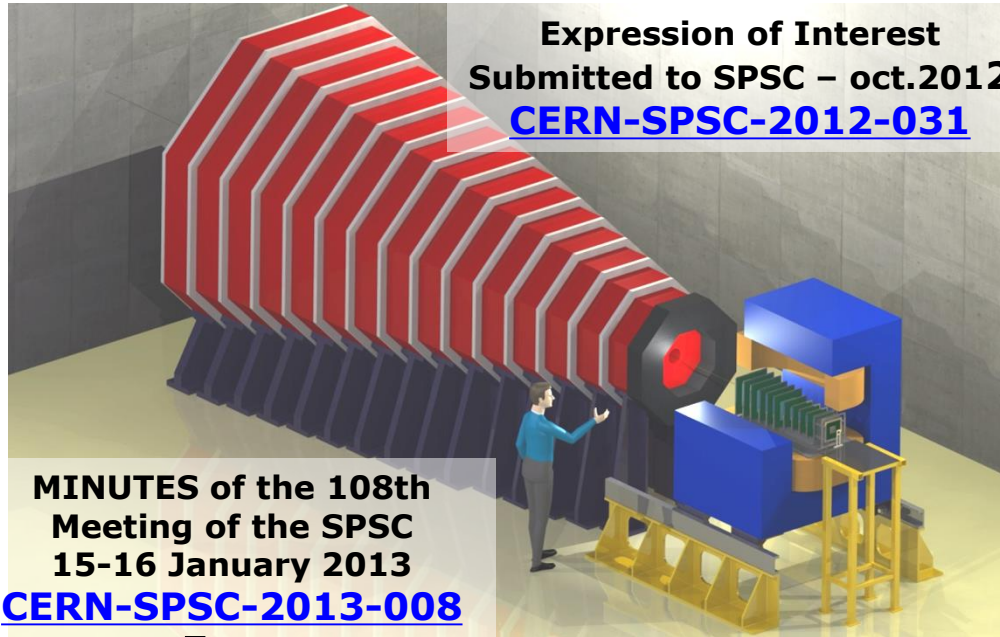
- Alternative (no QGP) scenario: suppression by comoving hadrons

- Smooth suppression
- Same suppression-starting point
- Slopes related to binding energy : $S_{\Psi'} > S_{\chi} > S_{J/\Psi}$

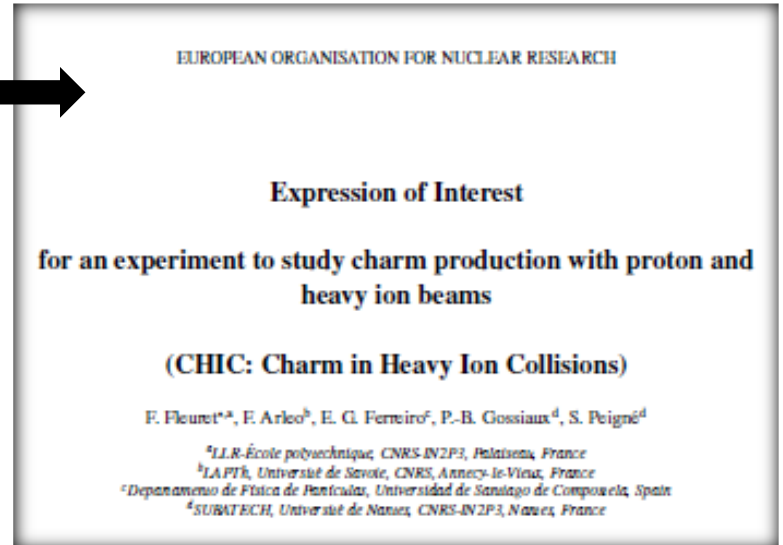


Projet CHIC

Expression of Interest
Submitted to SPSC – oct.2012
[CERN-SPSC-2012-031](#)



MINUTES of the 108th
Meeting of the SPSC
15-16 January 2013
[CERN-SPSC-2013-008](#)



The SPSC has received an expression of interest to study charm production with proton and heavy ion beams. The SPSC recognizes the **strong physics motivation** of a study that addresses **central open questions** about the **color screening** of charmonium in heavy ion collisions and about **cold nuclear matter effects**. For a comprehensive investigation, an extension including open charm production would be desirable.

For further review, the SPSC would require a letter of intent with information about the experimental implementation and the **collaboration** pursuing it.

- **2012**

- **Janvier** : Présentation du projet CHIC au CS-LLR
 - mesure de la production du χ_c en collisions d'ions lourds au SPS-CERN
- **Juillet** : town meeting « relativistic heavy ion » - CERN
- **Octobre** : EoI soumise au SPSC (comité scientifique du SPS)
 - Minutes : « *The SPSC recognizes the strong physics motivation... a further review would require a LOI presented by a suitable collaboration...* »

- **2013**

- Contacts pris avec labos français/italiens/US
- Présentations dans confs/workshops

- **2014**

- **Janvier** : 1^{er} contact avec LHCb pour un possible programme « cible fixe »
- **Mars-novembre** : Étude de faisabilité avec P. Robbe/LAL → encourageants
- **Juillet** : Projet ANR rejeté

“In summary, the Committee considers that the proposal addresses very important questions in QCD... Unfortunately, in view of the large number of high quality projects submitted in this call, the Committee is not able to recommend the financing of this project.”

- **2015**

- **Janvier** : présentation du physics case au groupe LHCb du LAL (*excellent accueil*)
- **Février** : membre de la collaboration LHCb comme « membre associé LAL »
- **Avril** : LHCb s'engage dans un programme « ions lourds » au LHC
- **Octobre** : premières prises de données

