

Etude de l'interaction parton-QGP au sein de l'expérience ALICE auprès du LHC

Astrid VAUTHIER

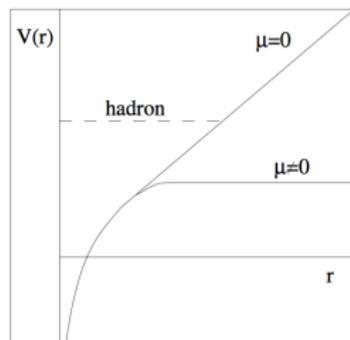
LPSC-Grenoble

20 novembre 2014

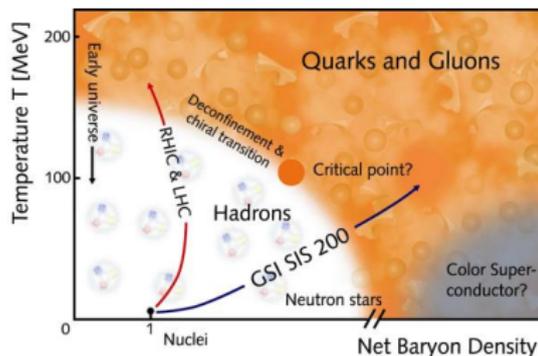
Rencontres Jeunes Chercheurs - IPHC Strasbourg

- SM : décrit les particules élémentaires et la manière dont elles interagissent
- **QCD** : théorie décrivant l'interaction forte entre partons (i.e quarks ou gluons)
- Potentiel d'interaction entre partons : $V(r) = -\frac{A(r)}{r} + Kr$
 - r petit : potentiel à comportement coulombien \rightarrow liberté asymptotique
 - r grand : le deuxième terme domine \rightarrow confinement, les partons ne sont pas observés seuls
- **Ecrantage du potentiel** pour une très forte densité de charges de couleur \rightarrow le potentiel diminue et les partons ne sont plus confinés

\Rightarrow **Plasma de Quarks et de Gluons (QGP)**



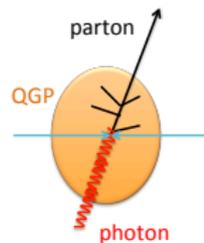
- Augmentation de T et/ou $\mu_B \rightarrow$ **transition de phase** prédit à $T \approx 175$ MeV et $\epsilon \approx \text{GeV}/\text{fm}^3$
- Le QGP qu'est ce que c'est ?
 - Un milieu **déconfiné**
 - En **équilibre thermo-dynamique**
 - Dans un **volume défini**
- Accessible en collisions d'ions lourds ultra-relativistes (Pb ou Au)



- Evolution de la collision selon le modèle de Bjorken :
 - pré-équilibre : **processus durs** entre partons
 - QGP : équilibre thermodynamique atteint, expansion violente du milieu → refroidissement
 - hadronisation : transition de phase du QGP vers la matière ordinaire
- Présence du QGP \Rightarrow **modification de l'état final**
- But du jeu : comprendre, quantitativement, les processus qui mènent à cette modification

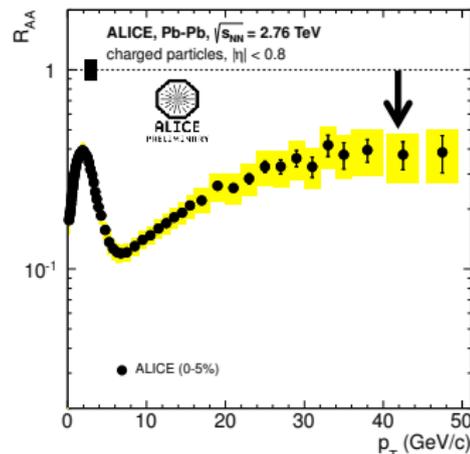
Perte d'énergie des partons

- QGP \Rightarrow **perte d'énergie des partons** qui le traversent
- Suppression de la production de particules de haute impulsion transverse en collisions d'ions lourds
- Effet visible sur le facteur



$$R_{AA} = \frac{N_{ch}^{AA} / N_{evt}^{AA}}{\langle N_{coll} \rangle (N_{ch}^{pp} / N_{evt}^{pp})}$$

- **Quantifier la perte d'énergie** \rightarrow accéder à des propriétés du QGP (densité) et de contraindre des modèles théoriques
- Plusieurs observables pour mesurer la perte d'énergie



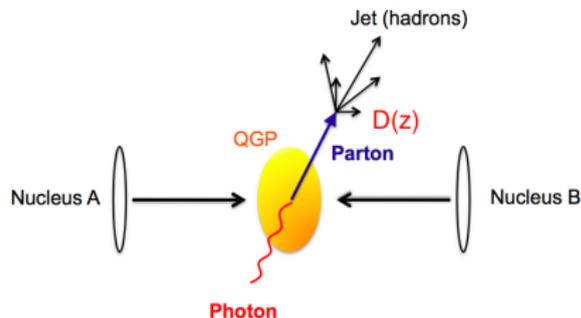
ALICE-PHENIX-03-01-02

arXiv : 1012.1004

- Mesure de la perte d'énergie par la **modification** de la **fonction de fragmentation** du parton $D(z)$
- z : fraction de l'impulsion du parton emporté par le hadron
- $D(z)$ accessible avec des évènements gamma-jet (processus durs) : **énergie du photon = énergie initiale du parton**

Compton : $q + g \rightarrow \gamma + q$

Annihilation : $q + \bar{q} \rightarrow \gamma + g$



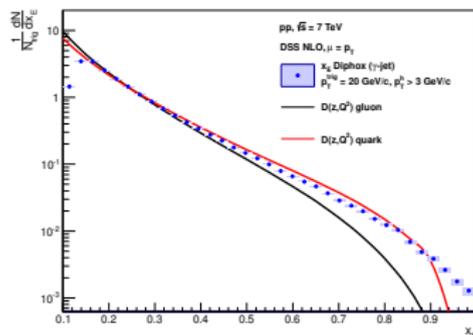
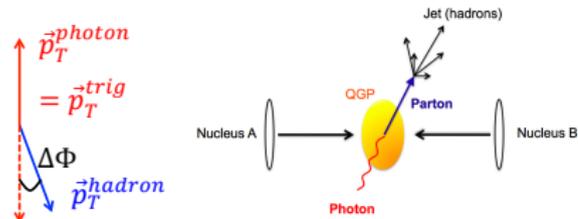
- Environnement de grande multiplicité en Pb-Pb : reconstruction de jets difficile \Rightarrow simplification : **corrélacion entre un photon et un hadron**

- La distribution en x_E , $f(x_E) \approx$ fonction de fragmentation

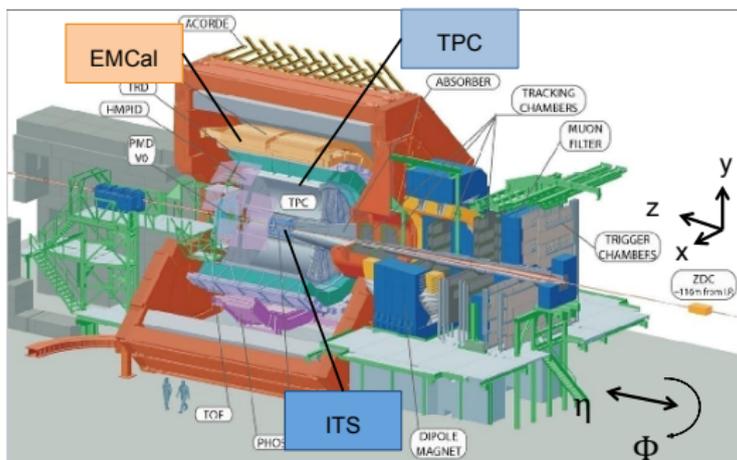
$$x_E = \frac{p_T^{\text{hadron}}}{p_T^\gamma} \cos \Delta\Phi \approx z$$

- x_E calculé pour chaque hadron de l'évènement

$$f(x_E^i) = \frac{1}{N_{trig}^i} \frac{dN_h^i}{dx_E}$$

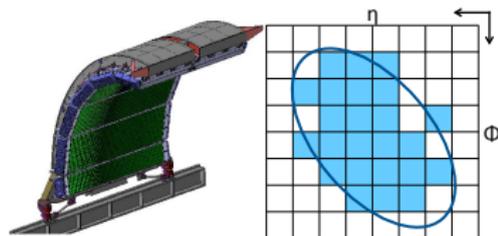


- LHC : accélérateur de particules d'une circonférence de 27 km (CERN)
- ALICE : expérience dédiée à l'étude du QGP
- **Particules chargées** : trajectomètre + TPC
- **Photons** : calorimètre électromagnétique, EMCal



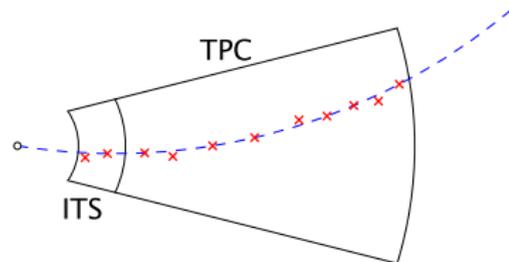
- Photons :

- Acceptance de l'EMCal : $|\eta| < 0,7$ et $\Delta\Phi = 107^\circ$
- Segmenté en unités de lecture : tours
- Gerbes dans l'EMCal = **clusters**

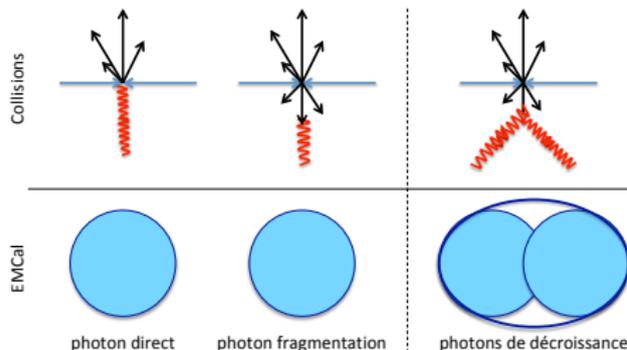


- Particules chargées :

- ITS : $|\eta| < [1,5;2]$
- TPC : $|\eta| < 0,9$
- traces = hits dans le système de tracking

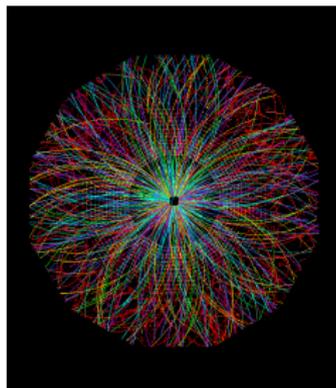
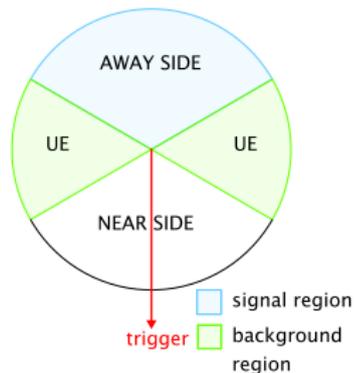


- Contributions au bruit de fond des photons directs
 - photons thermiques ("processus mous")
 - photons de fragmentation
 - **γ de décroissance** : $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$
- Tri des clusters reconstruits par l'EMCal pour ne garder que les **photons directs**
- Trois critères de **sélection** du cluster :
 - plus haut p_T : processus dur
 - cluster circulaire : discrimination avec π^0 , ...
 - isolation : discrimination avec photon de fragmentation



- Critères non suffisants pour avoir uniquement des photons directs
⇒ correction en pureté
- Définition : $p = \frac{\text{signal}}{\text{signal} + \text{bruit}} = \frac{\text{photons directs}}{\text{clusters isolés circulaires}}$
- **2 méthodes** d'estimation de la pureté :
 - Correction par MC
 - Evaluation par les données
- Convergence vers la **même pureté**

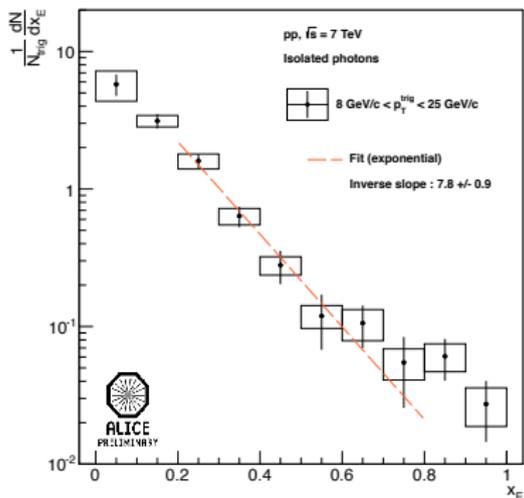
- Tous les hadrons de l'événement **ne proviennent pas** du processus dur \Rightarrow correction à la distribution en x_E des photons isolés
- Evt sous jacent isotrope en Φ
- Estimation par mesure de l'activité hadronique à $\pi/2$ de la **particule trigger**
- Pas de difficultés majeures en pp et p-Pb
- En Pb-Pb : anisotropie azimutale, plus complexe



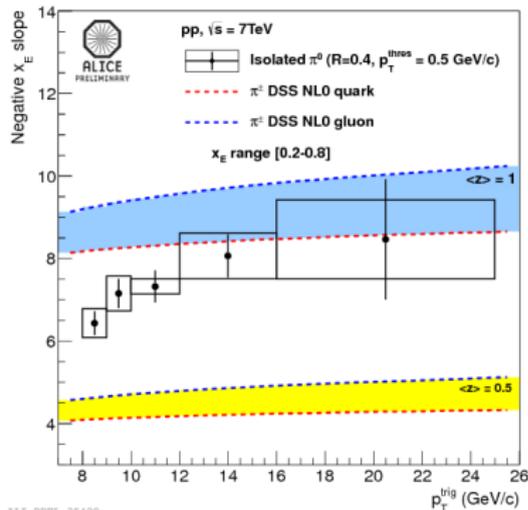
Analyse pp :

Distribution en x_E : $f(x_E)^\gamma = \frac{1}{p} f(x_E)^{clusters} - \frac{1-p}{p} f(x_E)^{\pi^0} - f(x_E)^{UE}$

- Résultat en **bon accord** avec la théorie
- Référence pour les analyses p-Pb et Pb-Pb



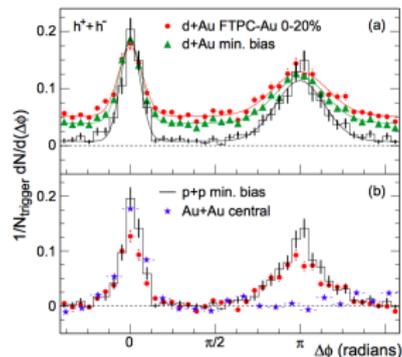
ALI-PREL-34327



ALI-PREL-35420

arXiv : 1211.6620

- Intérêt : avoir une **seconde référence** pour Pb-Pb qui tient compte des effets nucléaires froids
- Stratégie de l'analyse semblable à pp
- Travail en cours : la distribution **semble compatible** avec celle en pp



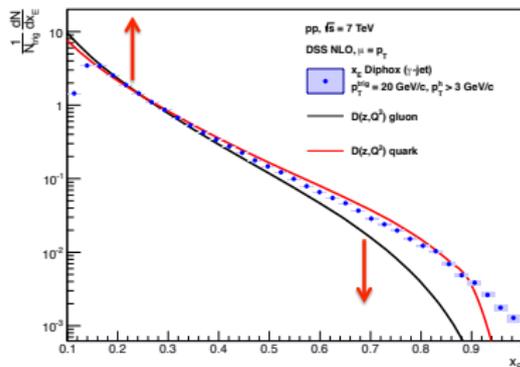
PhysRevLett : 91,072304

- **Changement de stratégie :**

- Multiplicité très importante ($\approx 10^3$ particules) : l'evt sous jacent doit être soustrait par évènement pour l'isolation
- Estimation tenant compte de l'anisotropie azimutale

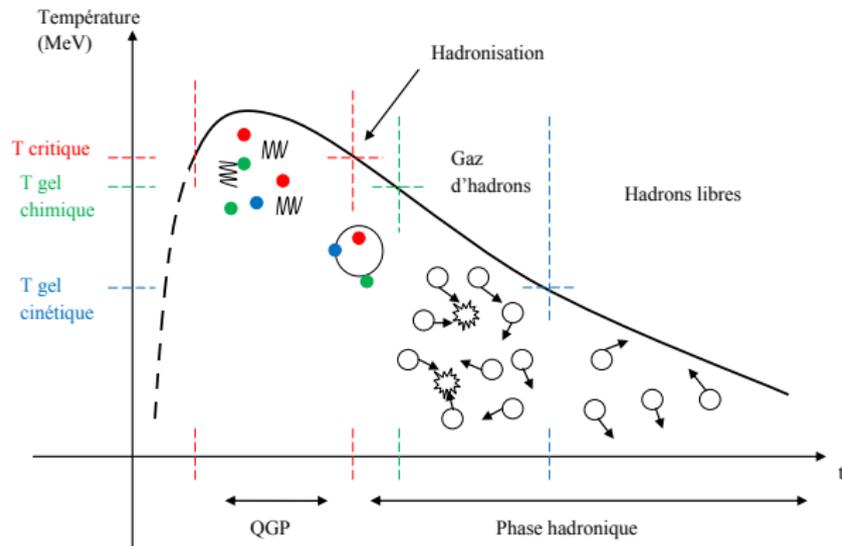
- Ce que l'on s'attend à voir

- Suppression de la production de particules de haut p_T
- **Modification** de la distribution en x_E



- Physique des ions lourds : caractérisation du QGP
- Plusieurs voies possibles
- Analyse des corrélations γ -hadrons : approcher la fonction de fragmentation du parton
- Finalité : analyse des corrélations en Pb-Pb
- Mesure de la modification de la fragmentation : contraintes sur des modèles théoriques et accès aux caractéristiques du QGP

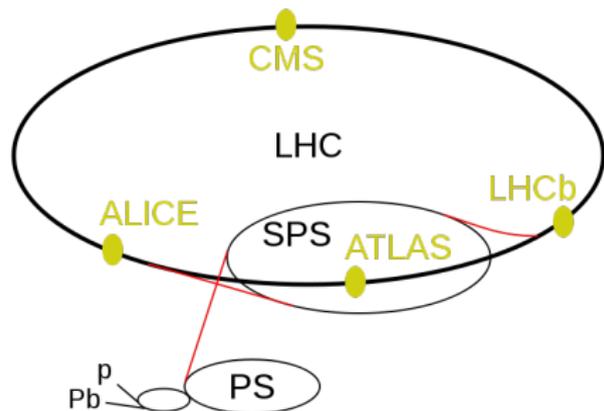
BACK UP



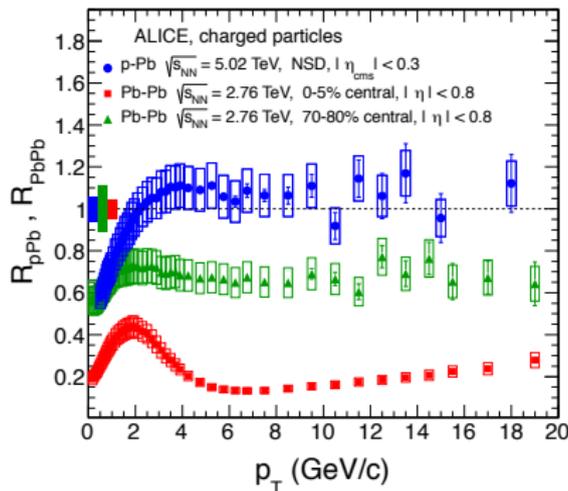
- Gel chimique : plus de collision inélastique, abondance des particules fixée
- Gel cinétique : plus de collision élastique, spectres en p_T fixés

4 expériences principales

- ATLAS et CMS : recherche de nouvelle physique
- LHCb : différence entre matière et anti-matière
- ALICE : physique du QGP

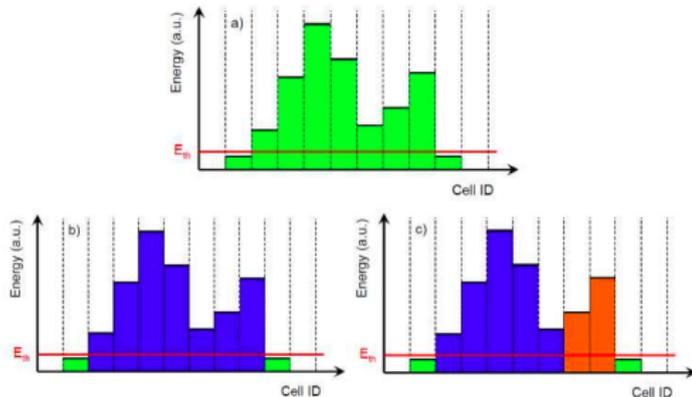


- R_{pPb} compatible avec 1 pour les particules de haut $p_T \rightarrow$ pas de modification de la perte d'énergie des partons de pp à pPb
- R_{PbPb} inférieure à 1 \Rightarrow suppression des particules de haut p_T

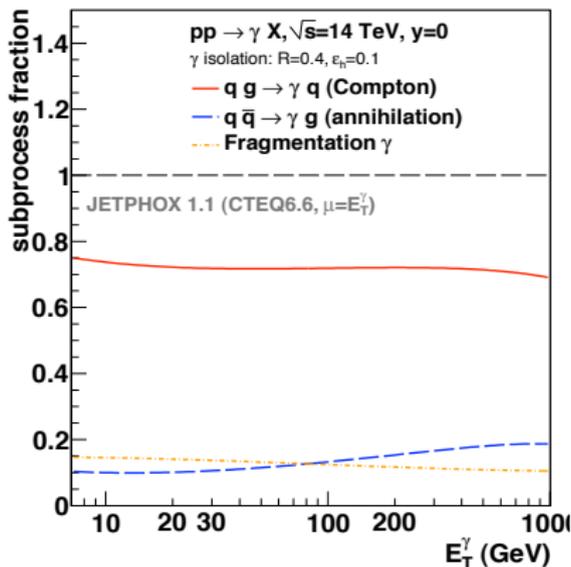


arXiv : 1210.4520

Il existe plusieurs types de clusterisation pour reconstruire les particules électromagnétiques dans EMCal : V1, V2, NxM, V1+Unfolding



Processus dominant : Diffusion Compton \Rightarrow pente de la distribution en x_E approche la fonction de fragmentation du quark



- Grande multiplicité : particule trigger jamais isolé
- Soustraire l'UE, puis appliquer le critère d'isolation
- Estimation dans la même bande en ϕ que le cône d'isolation

