

# LES IONS LOURDS DANS ATLAS

François Vazeille  
IN2P3 (25 novembre 2002)

- CADRE GENERAL
- PERFORMANCES TECHNIQUES d'ATLAS (Rappel)
- PERFORMANCES PHYSIQUES
- CONCLUSION et PROCHAINES ACTIONS

## CADRE GENERAL

**BUT essentiel:**

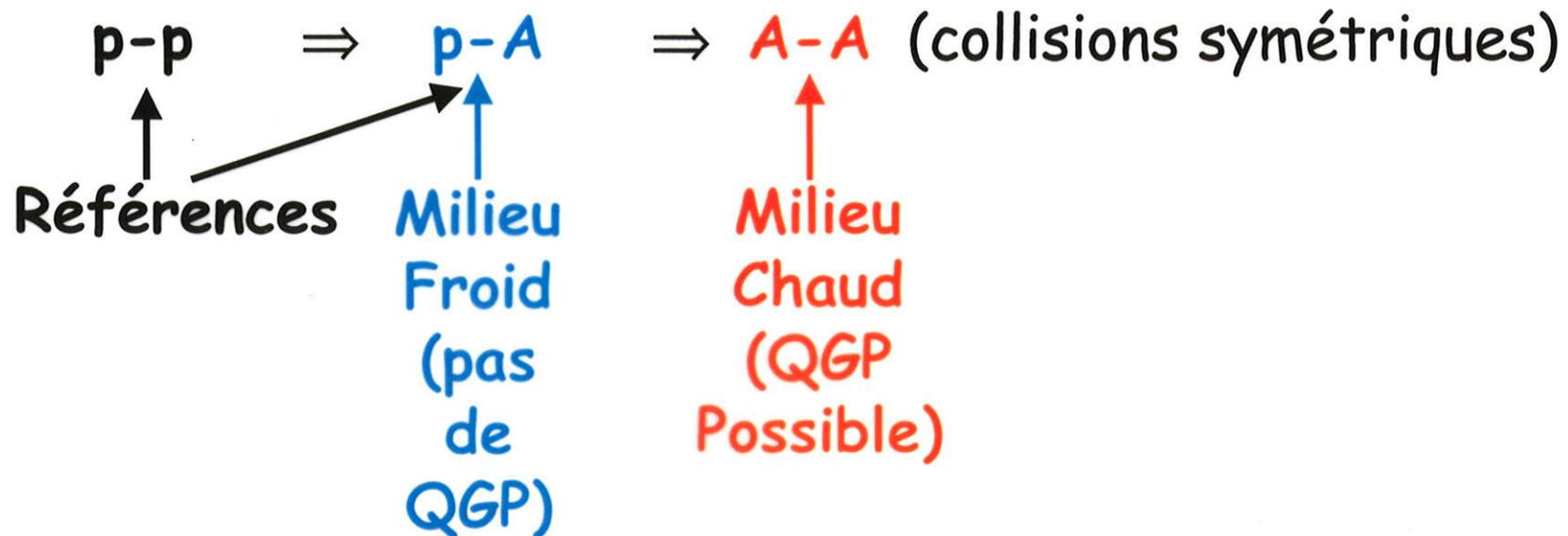
⇒ mise en évidence et étude du déconfinement de la matière

- Quarks et Gluons libres
- Au voisinage de  $y = 0$ : déconfinement en l'absence de baryons  
~ équivalent à un mini-Bib Bang
- **Signatures** impliquant des évolutions spécifiques  
de 2 types d'observables:
  - ♣ Des **observables spéciales** liées aux **sondes** retenues
  - ◆ Des **observables globales**  
qui caractérisent la **thermodynamique** des processus

**Remarque:**

*Les Ions Lourds en collision frontale sont le milieu révélateur, mais non l'objet d'étude (du moins dans ATLAS et CMS)*

- Plus une **comparaison** des collisions:



$P(N-N)_A = (Z/A) P(p-p)$  où  $P$  est l'impulsion/faisceau/nucléon

$\sigma(A-A) = A^{2\alpha} \sigma(p-p)$  avec  $\alpha \neq 1$  pour un processus **dur**  
 en prenant  $p-p$  à l'impulsion  $P(N-N)_A$  ci-dessus

*Exemples:  $p-p$  à 7 TeV par faisceau conduit à*

- *5.5 TeV/faisceau/nucléon pour le Plomb*
- *7 TeV/faisceau/nucléon pour le Soufre et l'Oxygène*

- Et quelques **chiffres**

- ♣ **Temps de croisement** entre 2 paquets: **100 ns**  
(Avant: 125 ns, mais 50 ns pourrait être une évolution future)  
au lieu de 25 ns en p-p → **pas de problème d'électronique**

- ♦ **Structure du faisceau** (Distribution des paquets) ≠ p-p  
en particulier position différente des « gaps » (X vides)  
→ **pas de problème d'électronique et de calibration**

- ♥ **Très hautes multiplicités** (quelques centaines en A-A)  
très supérieures à celles en p-p (quelques dizaines)  
ne compensent pas les **faibles luminosités**: ~  **$10^7$**  plus faibles
  - Niveaux de radiation << niveau en p-p  
→ **pas d'effets sur sous-détecteurs et électronique**
  - Volumes de données → **compatibles avec ceux en p-p**

- ♠ **Temps effectif annuel en ions**:  **$10^6$  secondes** (1 mois/an)  
à comparer à  **$10^7$  secondes** en protons

# PERFORMANCES TECHNIQUES d'ATLAS

## (Rappel)

### ♣ Détecteurs internes

- Grande couverture angulaire  $|\eta| < 2.5$
- Grande granularité et combinaison  
mesures discrètes (Pixels, SCT) et continues (TRT)

### ♦ Calorimètres

- Grande couverture angulaire  $|\eta| < 5$
- Grande granularité (variable selon les calos et le sampling)  
y compris dans les segmentations longitudinales  
avec une excellente identification des  $\pi^0$
- Excellentes résolutions en énergie + grande dynamique  
y compris pour les jets et les hadrons isolés  
et excellentes résolutions angulaires et en temps  
(à la fois pour les calos. EM et Had.)

## ♣ Spectromètres à muons

- Grande couverture angulaire globale  $|\eta| < 2.7$   
avec 2 systèmes indépendants (Solénoïde et toroïde)
- Fonctionnement en stand-alone du (Toroïde)  $P_T > 6 \text{ GeV}$   
mais identification abaissée à  $2.5 \text{ GeV}$   
avec Calorimètre Had. à tuiles

## ♠ Trigger et acquisition

- 3 niveaux
- Échantillonnage à  $40 \text{ MHz}$  (25 ns)  
et Niveau 1 impliquant Calos et Muons  
(avec un temps de latence  $< 2.5 \mu\text{s}$ )
- Ajustements aisés, avec notions de régions d'intérêt

## CONCLUSIONS (provisoires) sur les performances vis-à-vis des Ions Lourds

- **ATLAS est un excellent détecteur pour:**
  - Mesurer des variables globales
  - Mesurer des sondes à haut  $P_T$avec des grandes acceptances, granularités et résolutions
- **ATLAS n'est pas adapté à la séparation  
et/ou à la mesure  
des particules à basse énergie**
  - Pas de détecteurs dédiés comme dans ALICE  
(Temps de vol, ZDC...)
  - Résolution en dimuons inférieure à CMS

# PERFORMANCES PHYSIQUES

## OBSERVABLES GLOBALES

- ♣ **Energie transverse totale** (avec une très bonne précision) et **énergie flow** ← Tous les calorimètres
  - ◆ **Multiplicité** en particules chargées (Au moins Pixels, SCTs)
- ⇒ **Valables** pour toutes les sondes
- ⇒ **Centralité** (intensité) de la collision (paramètre d'impact  $b$ )  
**mais** la **densité d'énergie** varie peu avec  $b$  pour A-A  
→ **varier la nature des noyaux** (voir plus loin)
- ♥ Référence au **plan de réaction**
  - ♠ Référence aux **distributions à haut  $P_T$**  des  $\pi^0$  et  $\eta$   
(fonction de fragmentation des jets)
- ⇒ **Valables** pour **certaines sondes seulement** (voir plus loin)

## Remarques:

1. Les observables globales utilisent des informations ... qui contribuent aussi aux bruits de fond des « sondes »
2. Simulations faites à partir de l'hypothèse pessimiste

$$(\Delta N_{ch}/dy)_{\Delta y=1} = 8000$$

⇒ dans le détecteur:

~ 68.4% de  $\gamma$  (et 0.03% électrons)

~ 28.2% autres chargés ( $\pi$ , p, K...)

- **Calorimètre:**

EM (0.04x0.04) : ~ 2 GeV

HAD Tuiles 0.1x0.1 : ~ 0.5 GeV

- **Détecteurs internes:** taux d'occupation

Pixels: 0.2 à 0.6%

SCT : 5 à 14%

**MAIS:** derniers résultats de RHIC

→ multiplicités **4 fois moindre au LHC!**

$$(\Delta N_{ch}/dy)_{\Delta y=1} \sim 2000$$

→ encore moins de bruits de fond et taux d'occupation  
mais toujours **sensibilité** aux observables globales

### Comparaison aux autres expériences

- **Energie transverse, Energie flow, Multiplicités:**  
~ CMS et même meilleur  
meilleur qu'ALICE
- **Pas de Calorimètre à Zéro Degré (ZDC):**  
prévu dans ALICE et CMS (?)

# SONDES « dures » à HAUT $P_T$

- **Définition**

- **Antérieures** au déconfinement
- Interactions **dures** (hadroniques) avec le milieu traversé sans être en équilibre avec celui-ci

- **Principales sondes**

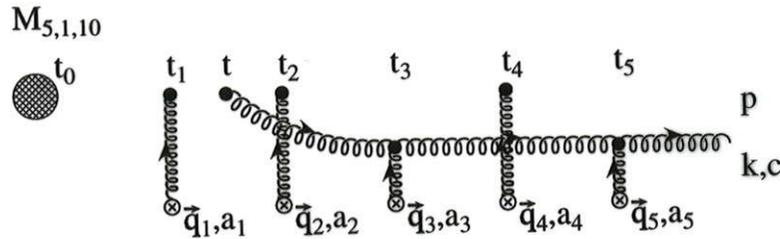
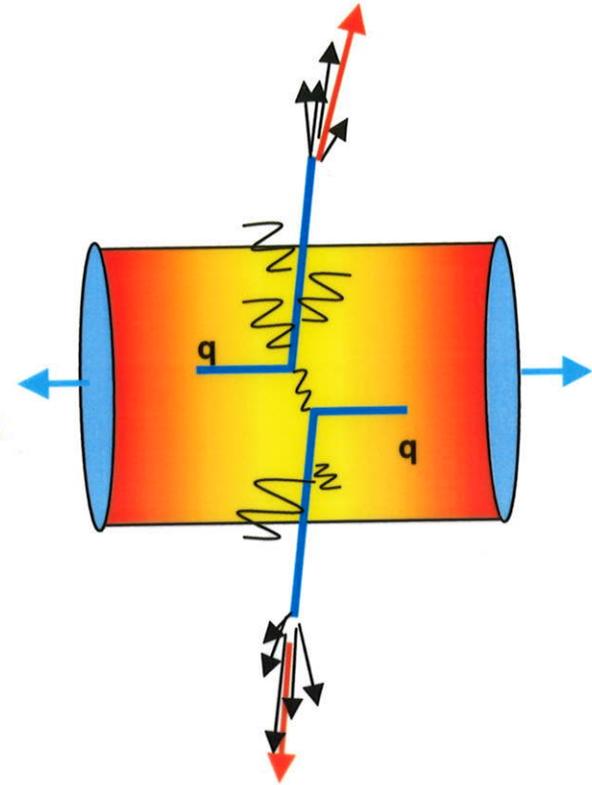
- **Jets** inclusifs, di-jets ou étiquetés ( $\gamma$ ,  $Z^0$ ,  $W$ )
- **Quarks lourds** ( $b$ )
- **Quarkonia**: ici résonances  $b\bar{b}$   $Y$ ,  $Y'$  et  $Y''$
- **Single Photons** de haute énergie...

- **Collisions p-A**

- **Collisions A-A périphériques**

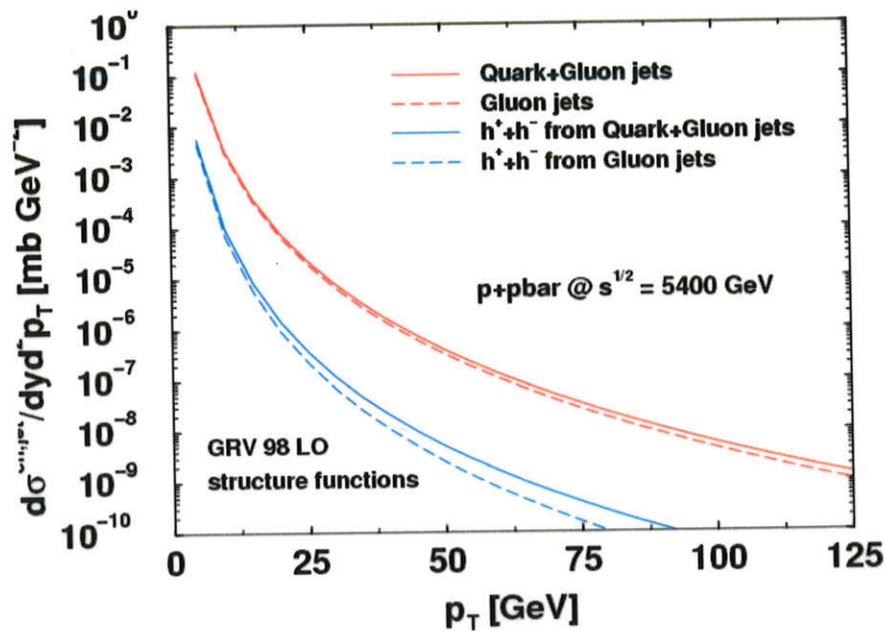
# JETS

- **Perte d'énergie des partons** dans le plasma via émission de gluons et **élargissement de la taille du cône**



- Peut être vu:
  - en **di-jet** ou un **jet inclusif**
  - en  **$\gamma$  + jet**
  - **$Z^0$  + jet** avec Z en di-electrons ou di-muons
  - ...
 où le  $\gamma$  et le Z sont **insensibles** à l'environnement

→ **En Jets-jets:** énorme production par mois



Jets ATLAS pour  
Collisions centrales Pb-Pb  
en 1 mois

Jet $p_T > 50 \text{ GeV}$	30 millions !
Jet $p_T > 100 \text{ GeV}$	1.5 million
Jet $p_T > 150 \text{ GeV}$	190,000
Jet $p_T > 200 \text{ GeV}$	44,000

→ **En  $\gamma$ -jet:**  $10^6$  avec  $P_T > 40 \text{ GeV}$   
 $10^3$  avec  $P_T > 60 \text{ GeV}$

→ **En  $Z^0$ -jet:** 500  $Z^0$  reconstruits par mois

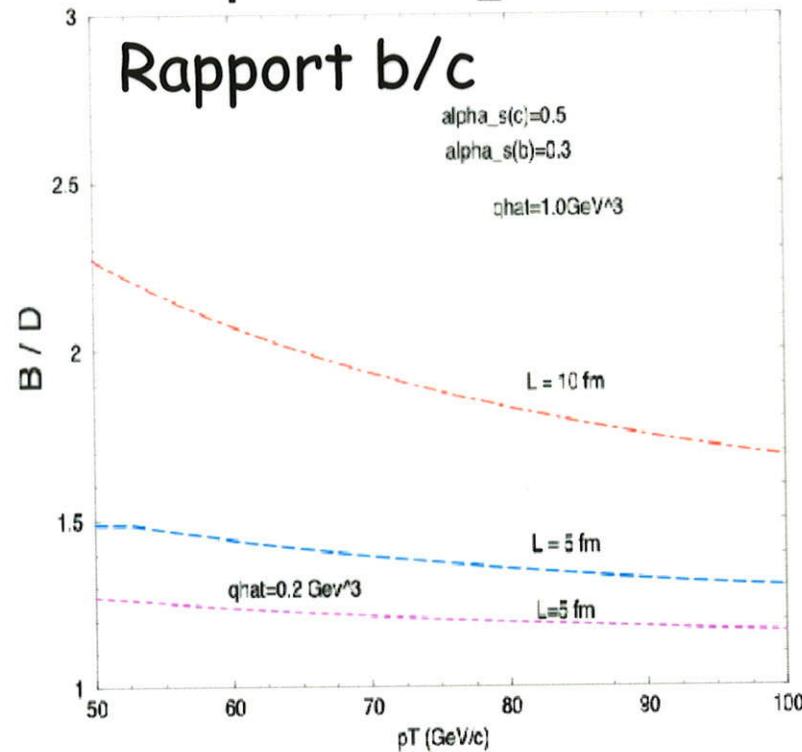
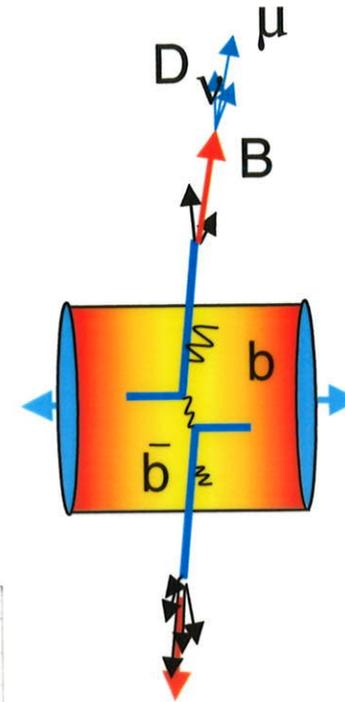
**COUP DOUBLE!** Balances  $\gamma$ -jet et  $Z^0$ -jet utilisées pour calibrations in-situ des jets en p-p

**Comparaison aux autres expériences**

~ CMS et même meilleur  
meilleur qu'ALICE

# QUARKS LOURDS

- **Pertes d'énergie différentes** pour quarks **lourds** ou **légers**:  $b < \text{légers}$
- **Etiquetage** des jets de  $b$  via étiquetage soft muons et comparaison avec quarks légers



## QUARKONIA

- **Acceptance constante** sur toute l'étendue des spectromètres de l'ordre de **10%**
- **Extraction** des résonances  $Y$  possibles dans tous les cas:
  - Toroïde seul : résolution de 200 MeV
  - Solénoïde seul: résolution de **150 MeV**
  - Combinaison : résolution de 120 MeVet comparaison à un processus insensible au plasma:  $Z^0$

mais **faibles taux de comptage** communs à chaque expérience

## Comparaison aux autre expériences

**Acceptance:** un peu inférieure à CMS  
meilleur qu'ALICE

**Dump:** actif pour ATLAS et CMS  
passif pour ALICE

**Résolutions pour le Y**

CMS : 50 MeV

ALICE : 80 MeV

ATLAS: 120 MeV

## COLLISIONS p-A

- Milieu **froid** et **peu dense**: référence pour collisions A-A
- **Etudes physiques propres**
  - **Fonctions de structure** (complémentaire électrons)
  - **Production de mini-jets** et **diffusion multiple semi-dure**
  - **Tests de QCD** a haute densité de gluons (saturation)
- **Avec les Luminosités attendues**:
  - Multiplicités inférieures à celles en p-p
  - ATLAS peut travailler à **pleine luminosité** ( $10^{31}$ )

## COLLISIONS A-A PERIPHERIQUES

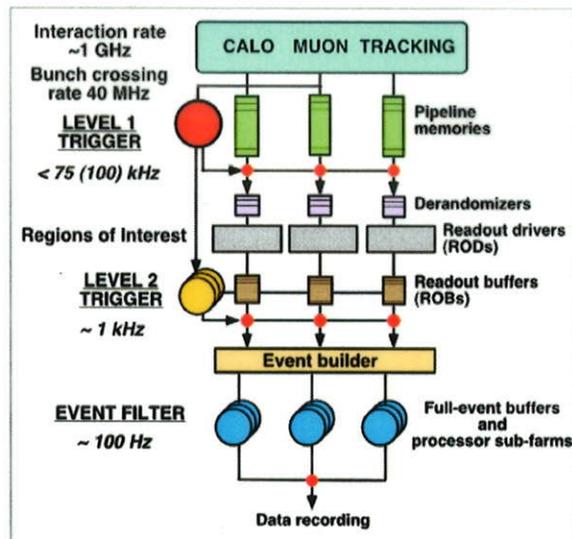
- **Productions abondantes de  $\gamma^*$**  (charges élevées des A)
- **Réactions exclusives  $\gamma$ - $\gamma$** 
  - Production de **leptons, mésons-vecteurs, hadrons...**
  - Interactions  **$\gamma$ -nucléon**

**MAIS** besoin d'un calorimètre à Zéro Degré (ZDC)

**Comparaison aux autres expériences**  
Pas de ZDC (pour le moment)

# TAUX DE COMPTAGE ET TRIGGERS

Collisions	Luminosités ( $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )	$dN_{CH}/dY$ max pour $\Delta y=1$	Taux interaction
p-p	$10^{34}$	<250	1 GHz
Pb <sup>208</sup> -Pb <sup>208</sup>	$10^{27}$	<8000	8 KHz
Ar <sup>40</sup> -Ar <sup>40</sup>	$6 \times 10^{28}$	<800	200 KHz
p-Pb <sup>208</sup>	$10^{30}$	<150	2 MHz
p-A <sup>40</sup>	$10^{31}$	<120	6 MHz



## Pb-Pb

- 8 KHz: 10 fois < à p-p
- Réduction à 1 KHz
  - collisions centrales
  - pre-scaling MB
- Taille evt: ~5 Mbytes
- Taux d'acquisition: 50 Hz

## CONCLUSION et PROCHAINES ACTIONS

- **ATLAS** est **complémentaire** de **CMS** et **ALICE**,  
avec de **meilleures performances** pour  
les hadrons et certaines variables globales
- De **nombreux processus physiques** n'ont pas été abordés ici
- Il est souhaitable **d'augmenter le nombre de groupes**:  
Bern, BNL, CERN, Columbia, Helsinki, Geneva, Prague, Rio  
(+ Clermont: 1996)
- **LOI pour mi-2003**  
→ Une **stratégie de partage des faisceaux** doit être donnée:  
partant de  $L_0$  nominale et à partage égal
  - 2 expériences →  $L_0/3$
  - 3 expériences →  $L_0/6$