

Nouvelles perspectives expérimentales au LHC

La Colle sur Loup, 11 octobre 2004

Jerome Baudot, IreS Strasbourg
pour le **groupe de prospective QGP**

Le programme

- de nouvelles conditions au LHC
 - un QGP de nature différente
 - état initial mieux connu
 - état final plus riche
- sondes directes
 - quarkonia
 - hadrons c,b
 - jets, photons
- sondes indirectes
 - étrangeté
- 2 participations françaises
 - ALICE expérience dédiée
 - les atouts de CMS

Quel QGP au LHC ?

	SPS	RHIC	LHC
▪ $\max \sqrt{s_{NN}}$ (GeV)	17	200	5500
▪ +chaud T/T_c	1,1	1,9	3-4
▪ +long τ_{QGP}/τ_{eq}	2/1	2-4/0,2	>10/0,1
▪ densité baryon	élevée	faible	très faible
▪ Plus proche de QCD			
• sur réseau			
• à T finie			
▪ Signaux du QGP plus accessibles			
• évolution dominée par phase partonique			

Conditions initiales de la collision

- **Densité de gluons**

- saturation à petit x_B
→ **ChromoDyn. classique**

- **dominance des processus durs**

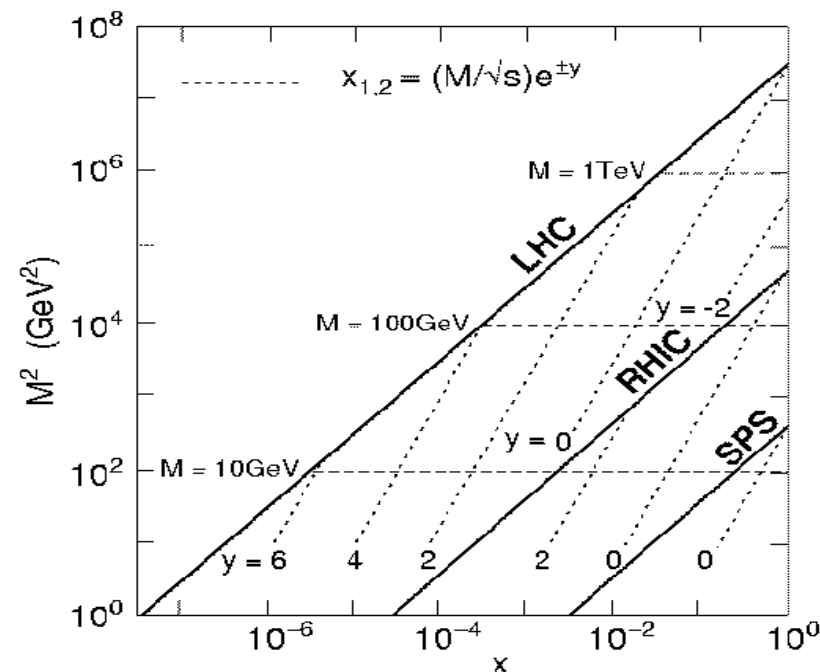
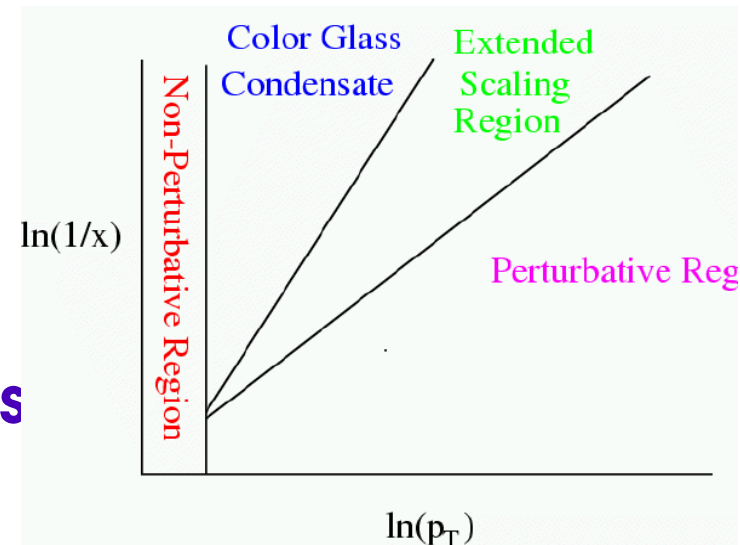
- $\sigma_{\text{hard}} = 98\%$ de σ_{total}
→ **QCD perturbatif**

⇒ **meilleures maîtrise**

- **nouvelle sondes dures**

- nombreux c, b
 - photons
 - jets
 - Z^0, W^{+-}

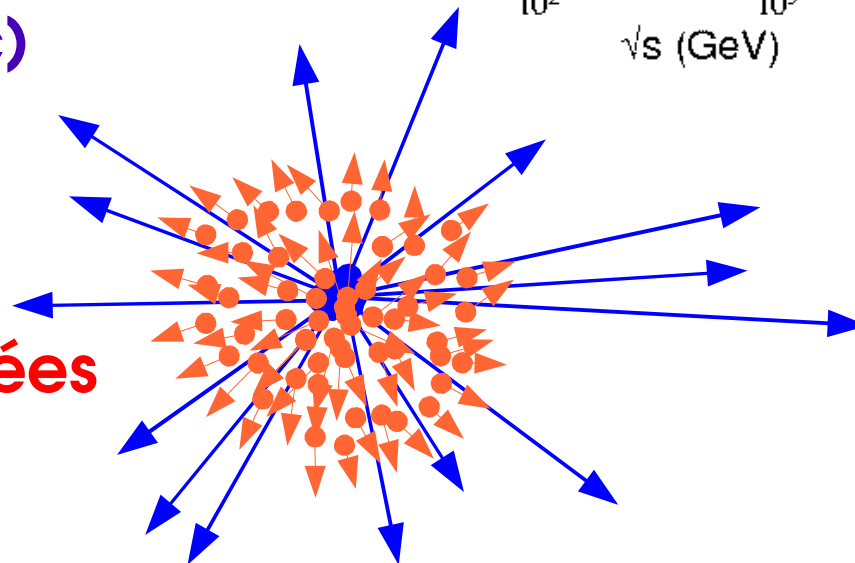
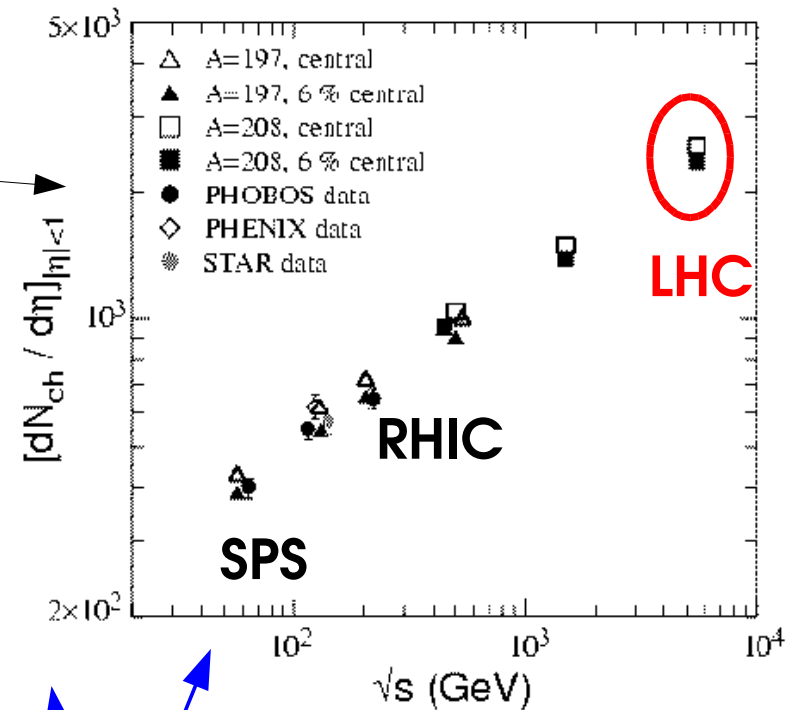
QGP : perspectives au LHC

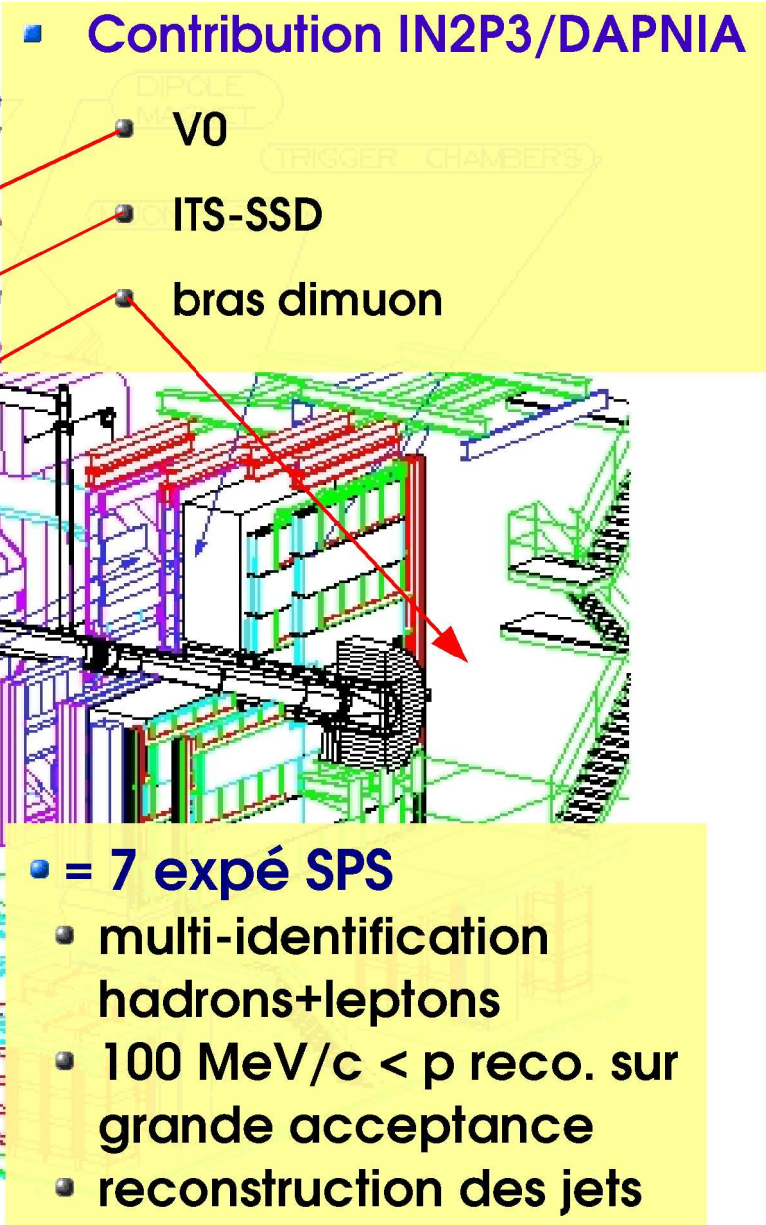


Conditions finales de la collision

- très haute multiplicité
 - $dN_{ch}/d\eta \sim 2500-4000$ à rapidité centrale
 - caractérisation evt par evt
- pour le “bulk” ($p_{\perp} < 2 \text{ GeV}/c$)
 - phase partonique dominante
- au-delà ($p_{\perp} > 2 \text{ GeV}/c$)
 - particules “haut” $p_{\perp}$
← jets+perte E

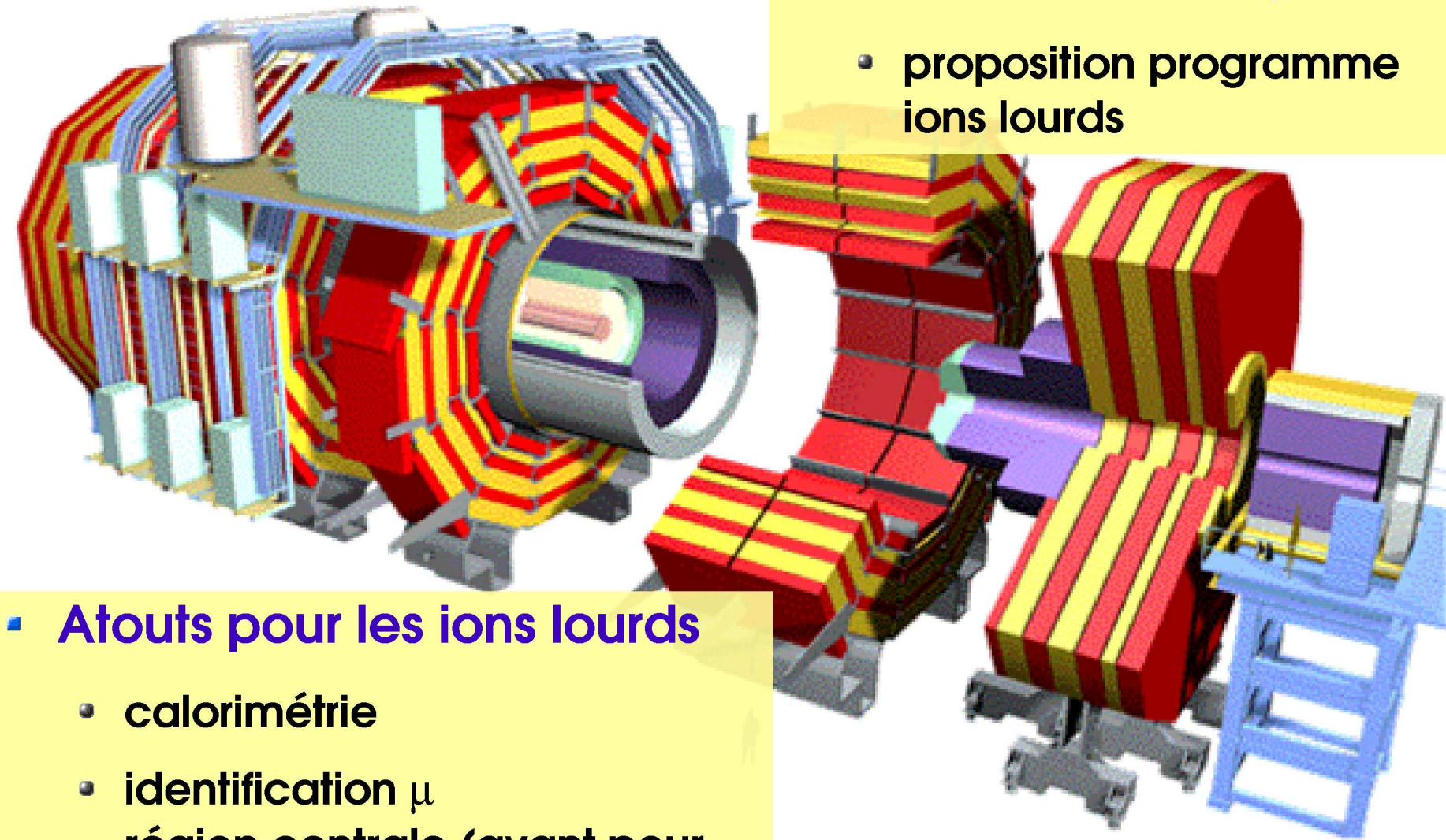
⇒ dynamiques imbriquées





■ Contribution IN2P3/DAPNIA

- proposition programme ions lourds



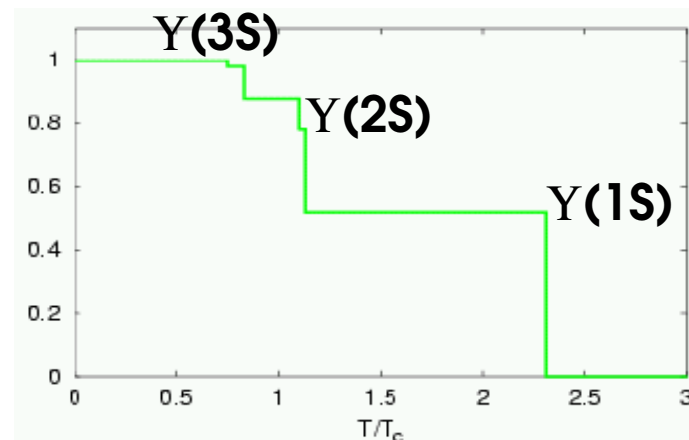
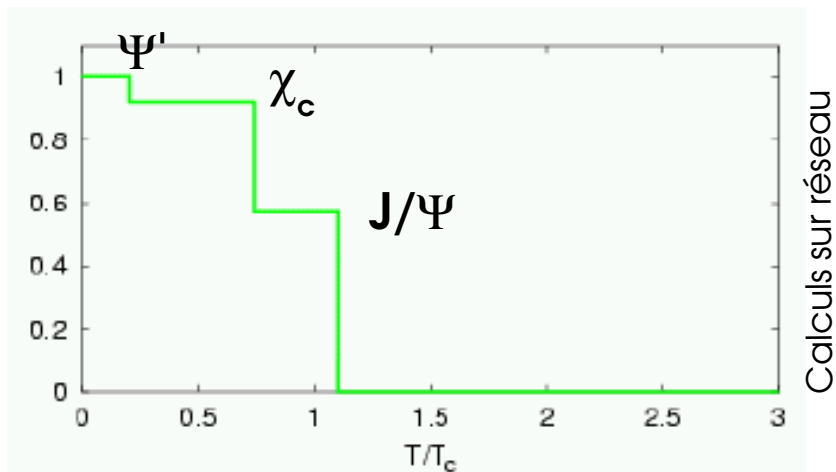
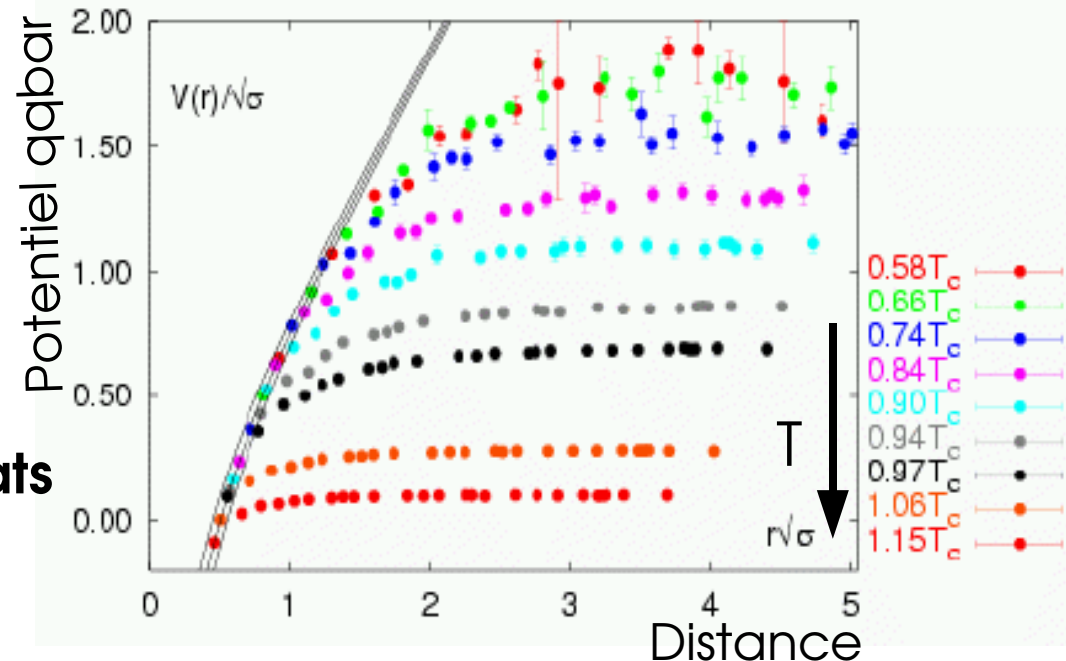
■ Atouts pour les ions lourds

- calorimétrie
- identification μ
région centrale (avant pour ALICE)

La sonde quarkonia

■ Dissociation $q\bar{q}$

- Déconfinement
→ écrantage Debye
- 1 état lié = 1 Temp dissociation
- 2 familles + différents états
→ **thermomètre**



Production des quarkonia

■ Collision initiale

- coll. initiale dure
 $120\text{ c}\bar{\text{c}}, 5\text{ b}\bar{\text{b}}$
- différents effets
 - shadowing, saturation, mini-jets

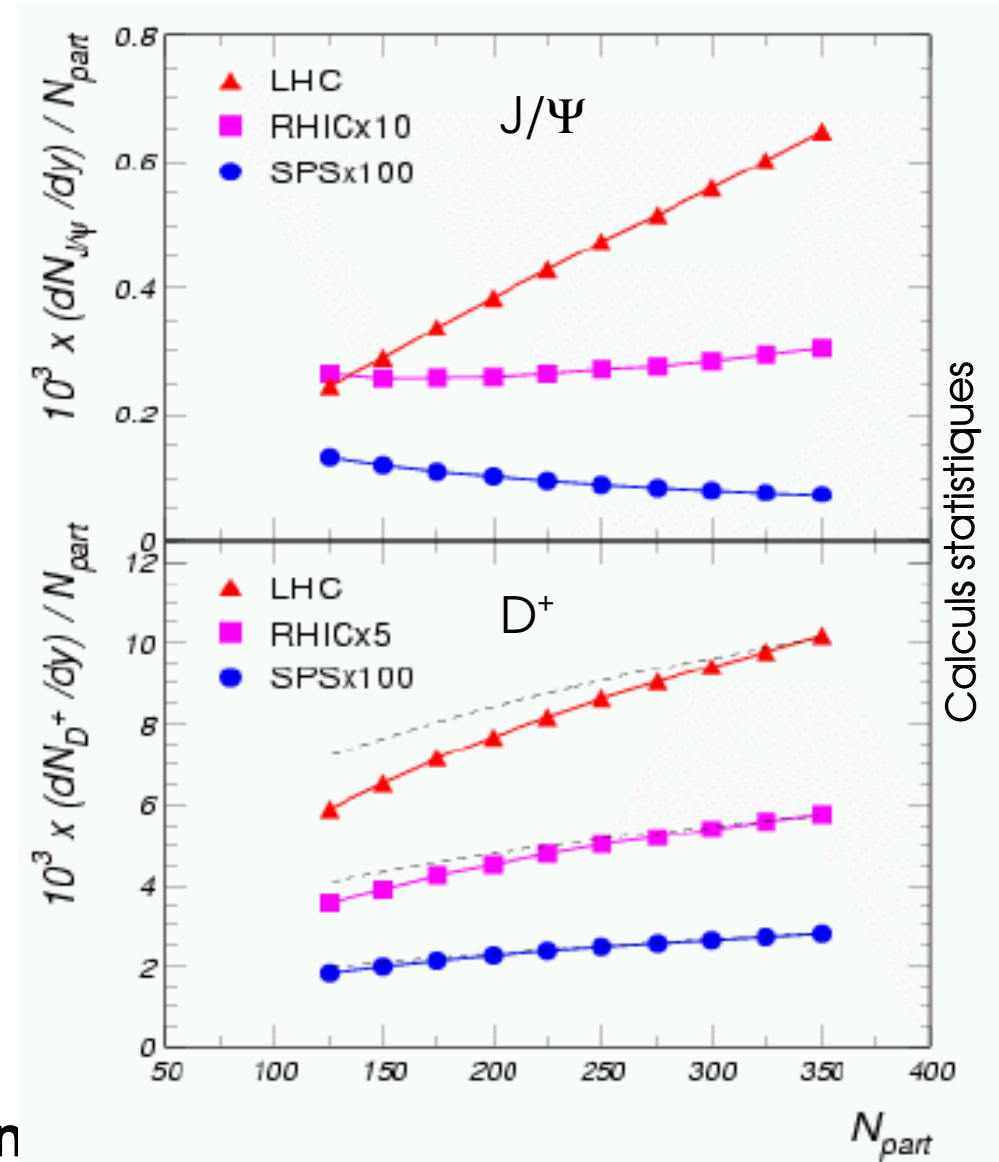
■ Dans le milieu

- recombinaison cinétique
- Absorption nucléaire

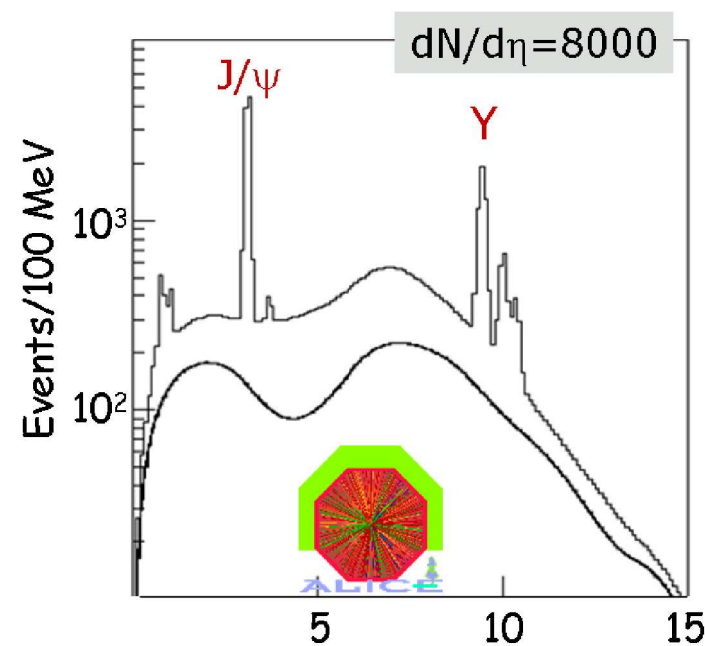
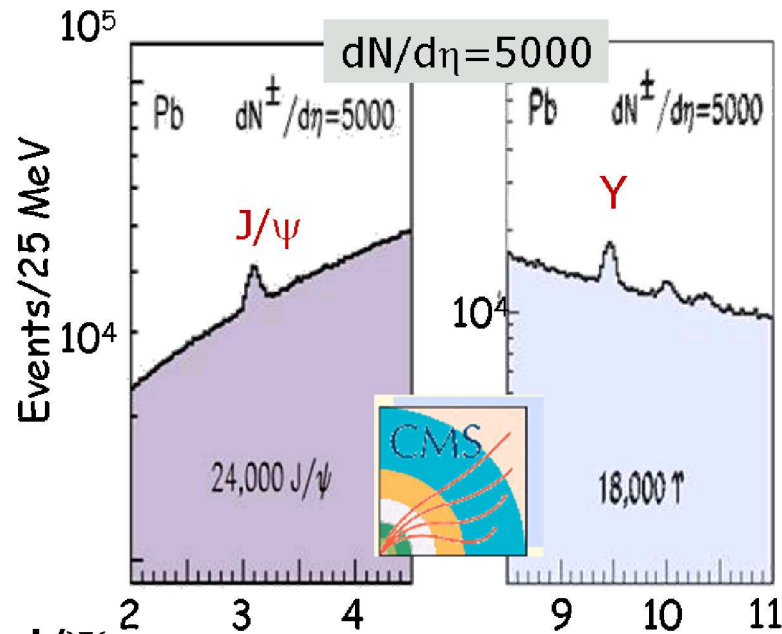
⇒ Besoin normalisation

- **production hadrons charmés et beaux**
- canal lepton(s) ou hadron

QGP : perspectives au LHC



Reconstruire les Quarkonia



• J/ψ

- PHENIX run 4 : 5500
- PHENIX run 8 : 40000
- ALICE / an : 230000
- CMS / an : 24000

• Y

- ALICE / an : 6400
- CMS / an : 18000

QGP : perspectives au LHC

■ complémentarité

- ALICE- μ $2,5 < y < 4$ - CMS $y \sim 0$
- saturation $x(\psi)$

■ Spécificité

- ALICE atteint $p_{\perp} = 0$

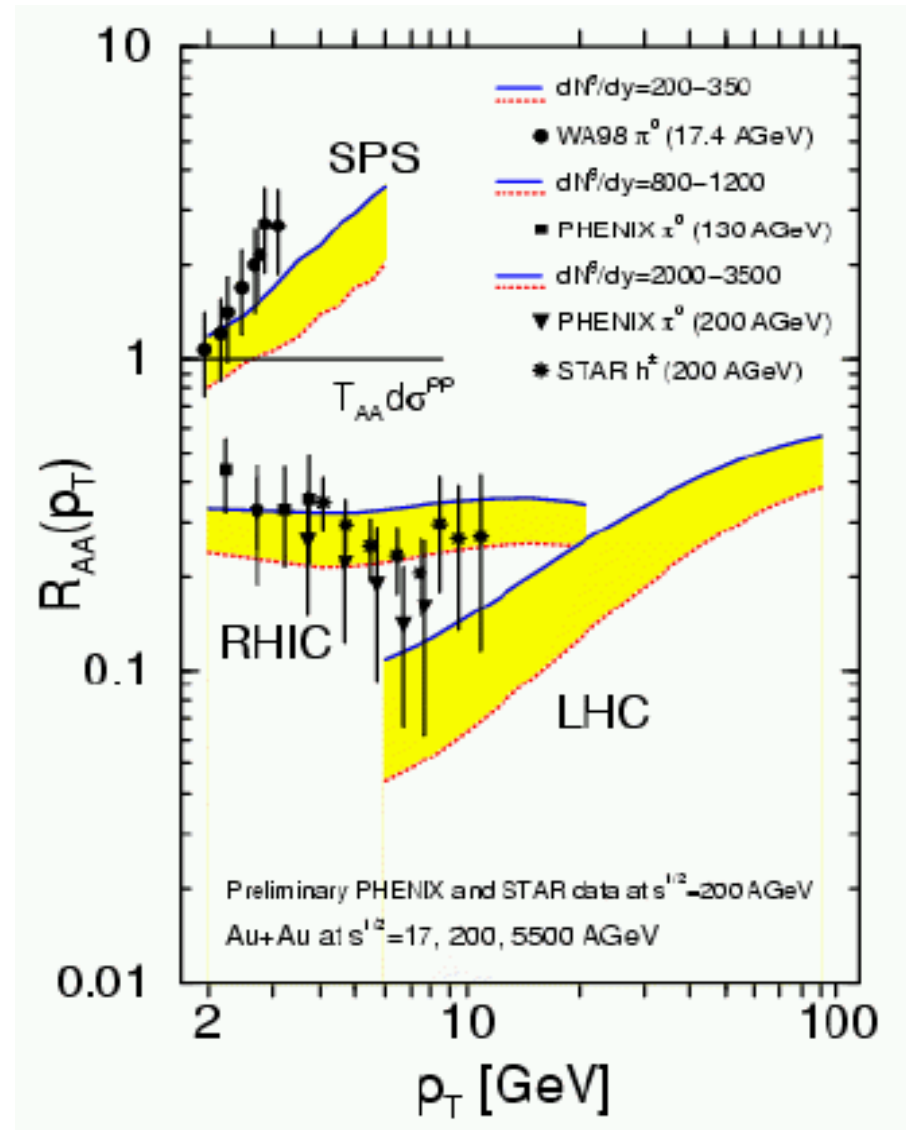
La sonde “haut p_T”

■ Perte d'énergie

- gluon-strahlung
- $dE \propto \text{densité}_g \times L^2$

■ Mesure inclusive R_{AA}

- 1 particule
- LHC :
 - évolution en p_T
 - saveur
 $dE(q_{\text{léger}}) \neq dE(c,b)$
 - $dE(q) \sim 2 \times dE(g)$



La tomographie avec les jets

■ Mesure exclusive

- où est passée dE ?
- fragmentation (x) ?

→ **jet**

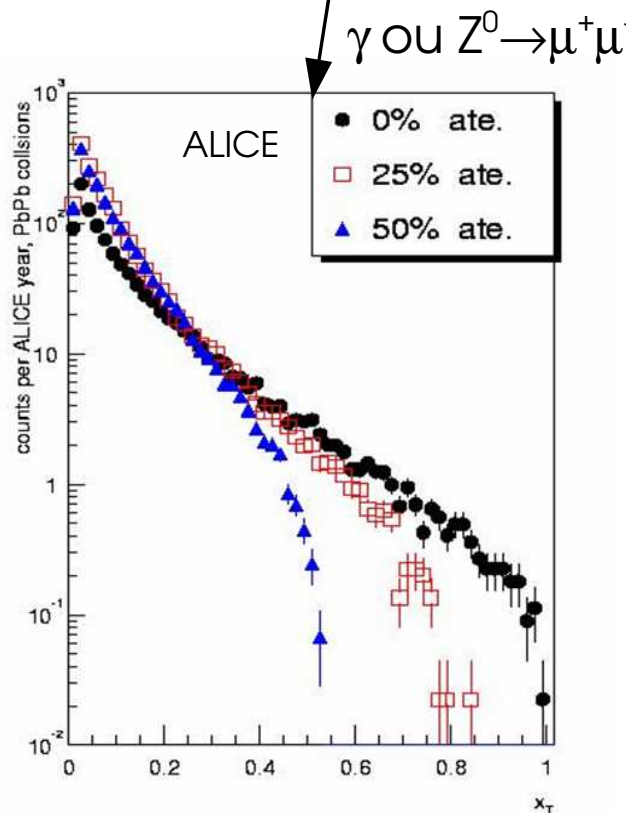
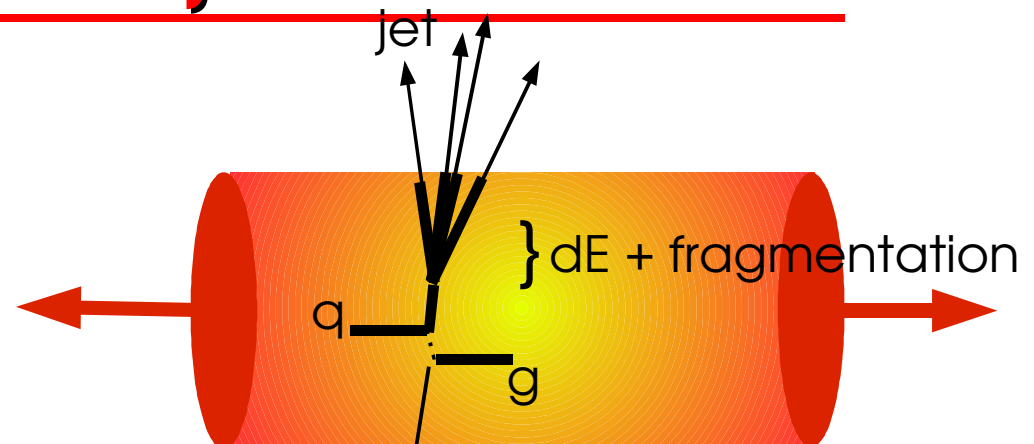
- γ , Z calibre énergie

■ Production des jets

- $1,5 \cdot 10^7$ jets @ 50 GeV / mois

■ Difficulté

- reco des jets / environnement
- acceptance / γ (ALICE)



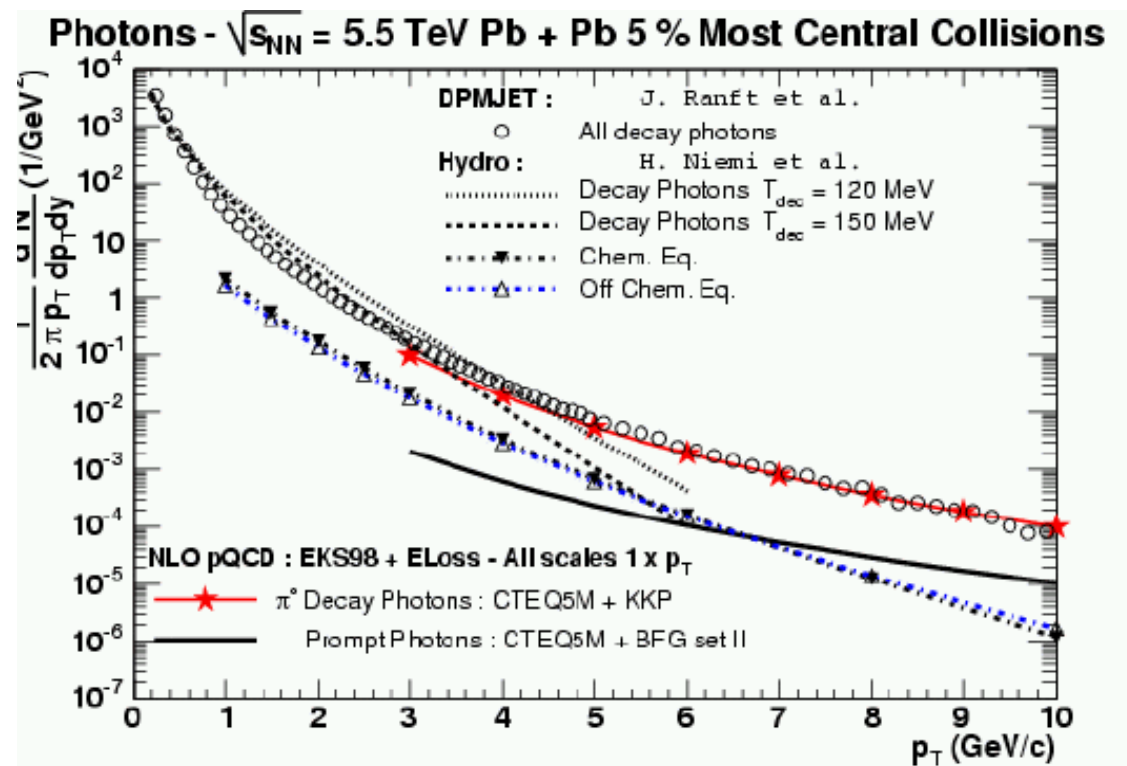
Production de photons

■ Nombreuses sources

- photons directs
 - proc. durs
 - thermiques
 - parton dur + parton therm.
- décroissance
 - π^0, η

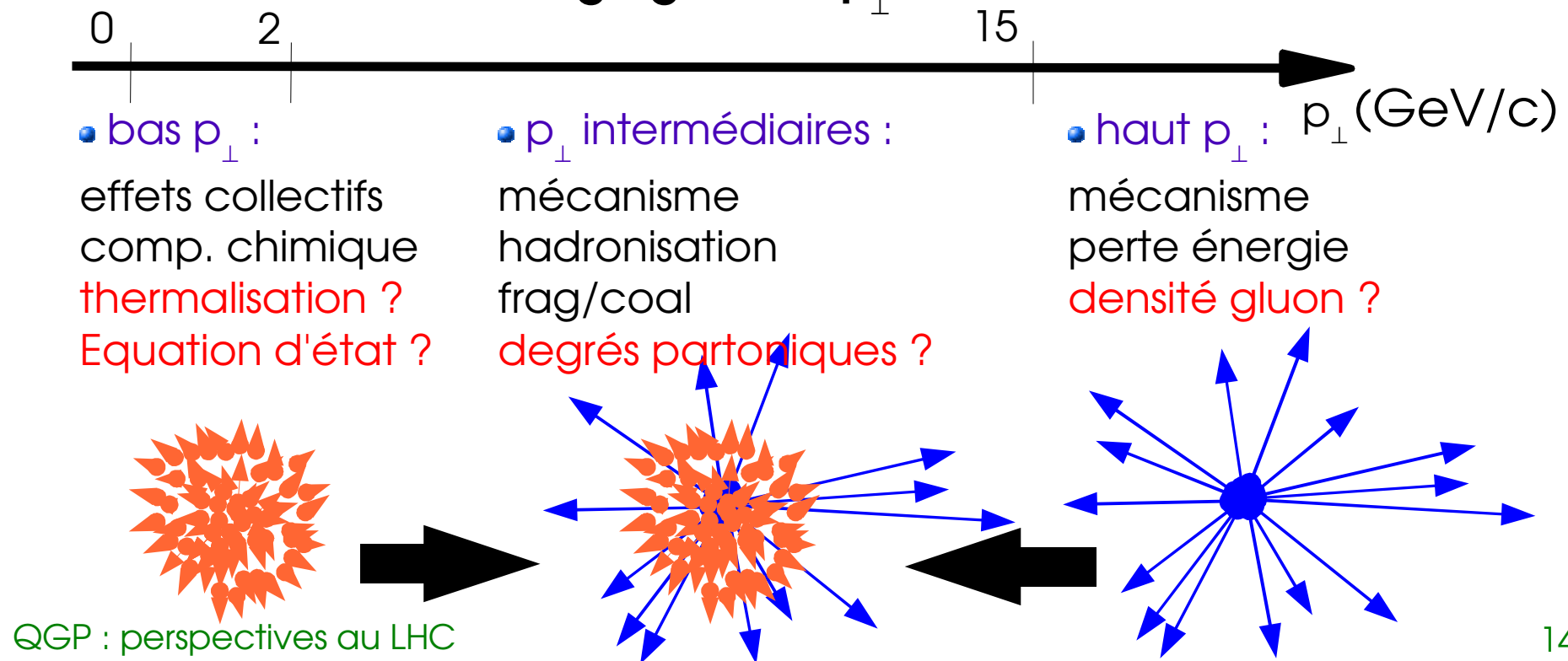
■ Observation

- + 10-20% / processus non-therm



Etrangeté

- Description globale collision ?
 - évolution nature système
- Comprendre production des hadrons étranges
 - nouveau degré de liberté
 - identifiable sur large gamme $p_{\perp}$



Effets collectifs et thermalisation

Fonctions d'excitations

Taux de production :

- réussite modèles stat. confirmées
- saturation / équilibre différent @ LHC ?

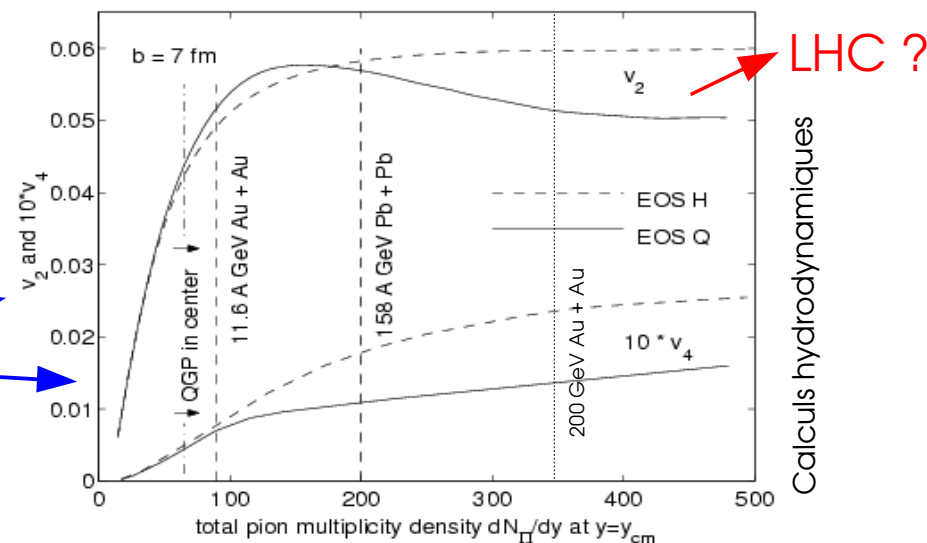
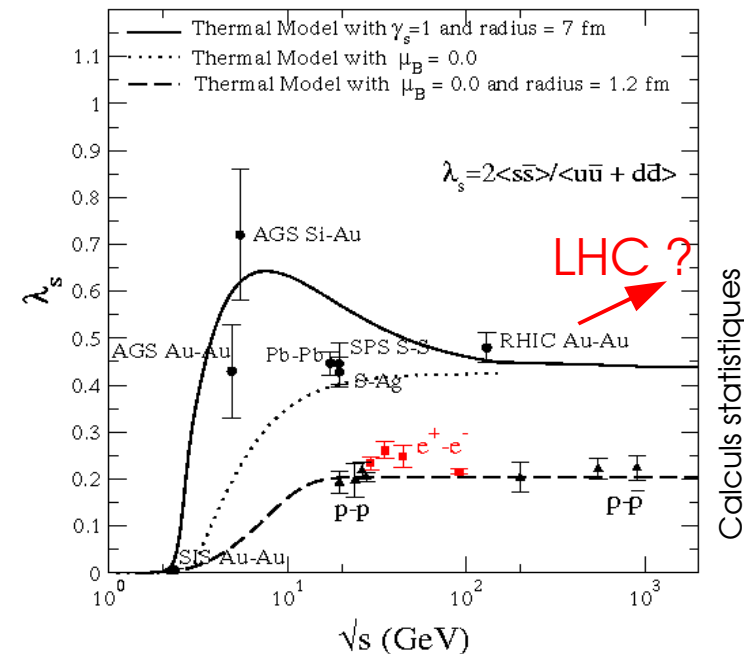
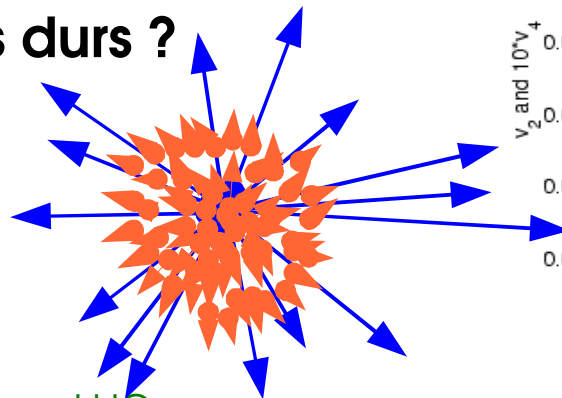
Dynamique

- RHIC : hydrodynamique
- LHC : imbriquée avec processus durs ?

Hypérons

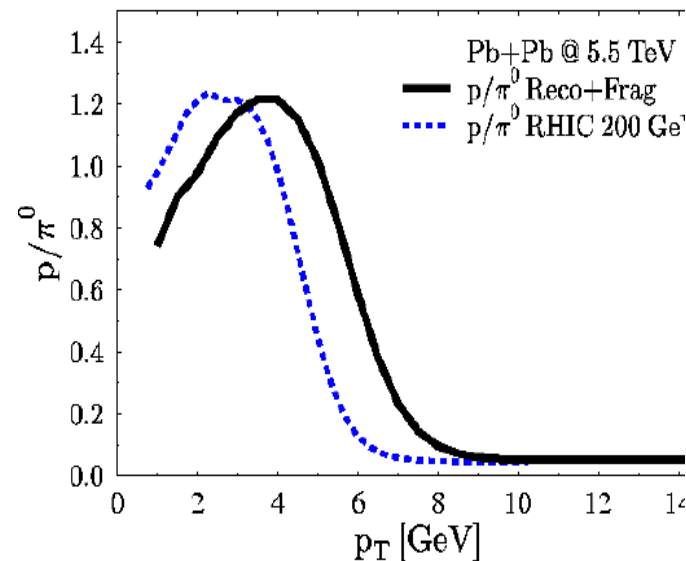
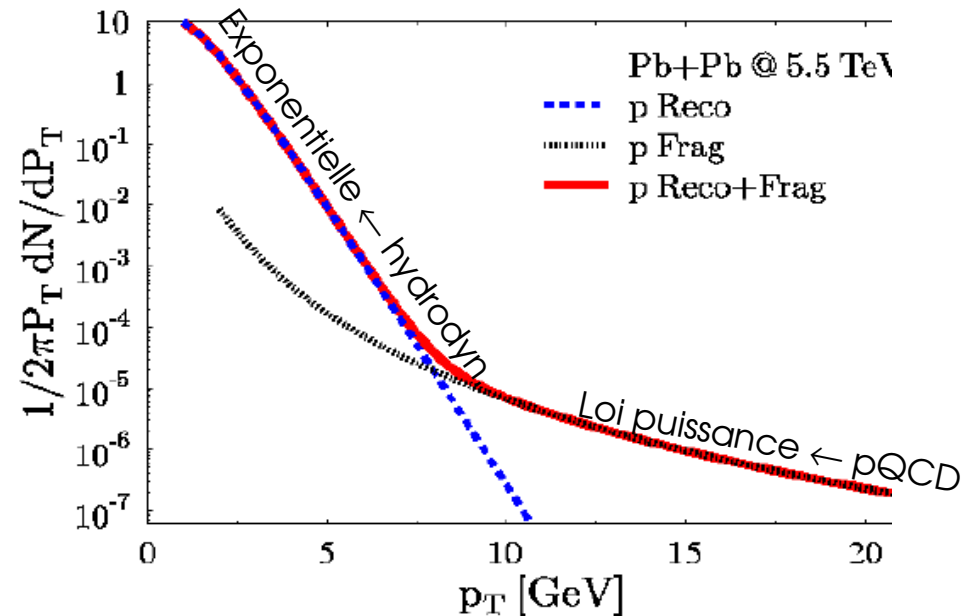
- lourds
- étranges

QGP : perspectives au LHC



Mécanisme hadronisation

- bas $p_{\perp}$
 - hadronisation statistique
 - partons
- $p_{\perp}$ intermédiaire
 - Coalescence
 - Recombinaison
 - partons
- haut $p_{\perp}$
 - fragmentation

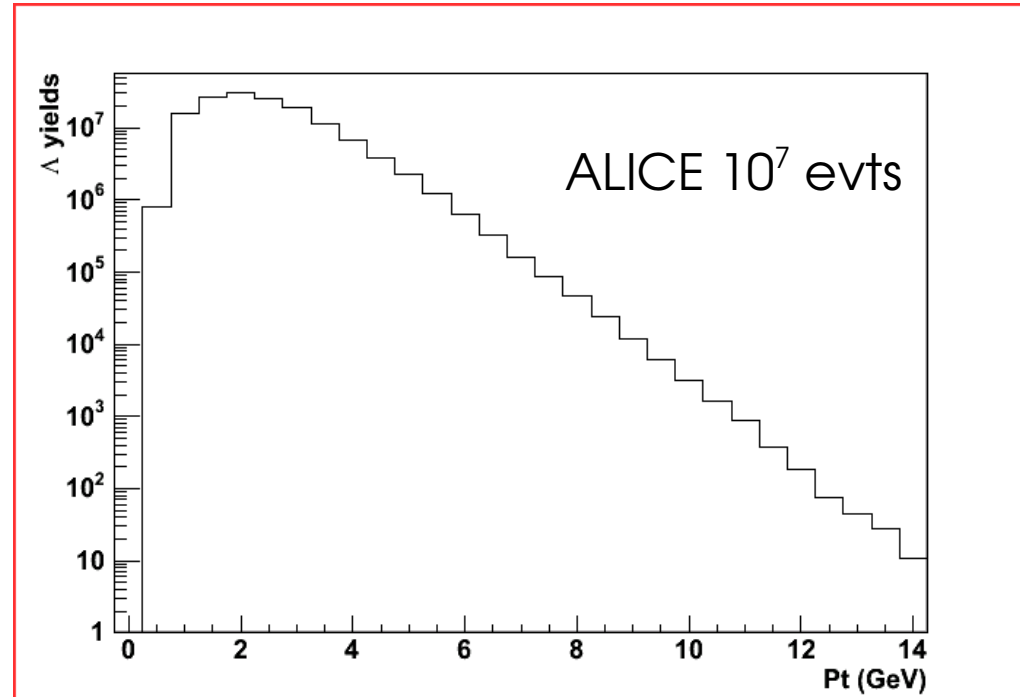


Reconstruction de l'étrangeté

■ Caractérisation evt

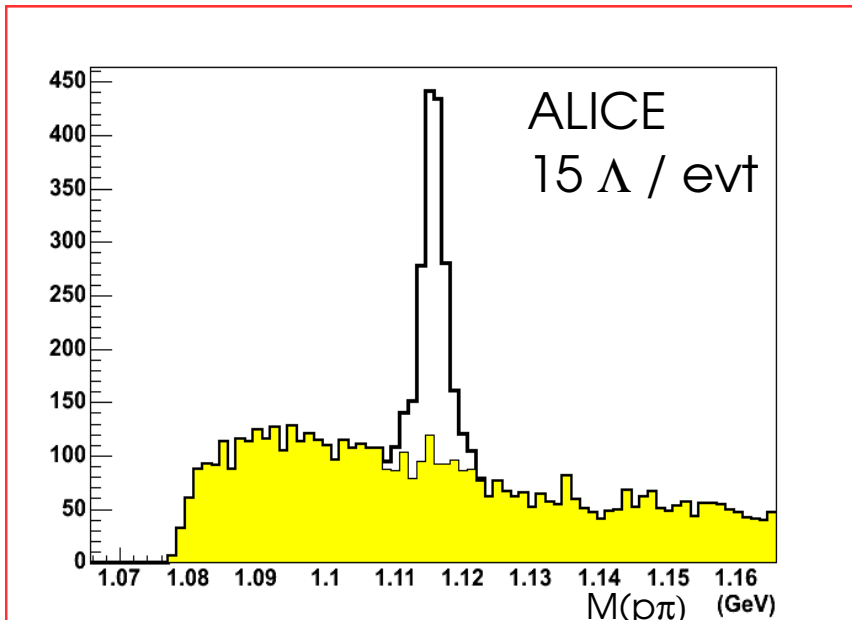
- gel chimique déterminé par evt

→ distinction dynamique dans plan $T-\mu_B$



Couverture de toute la zone
 $p_{\perp}$ intermédiaire

→ Corrélations Λ - Λ possibles



The strangelet H^0

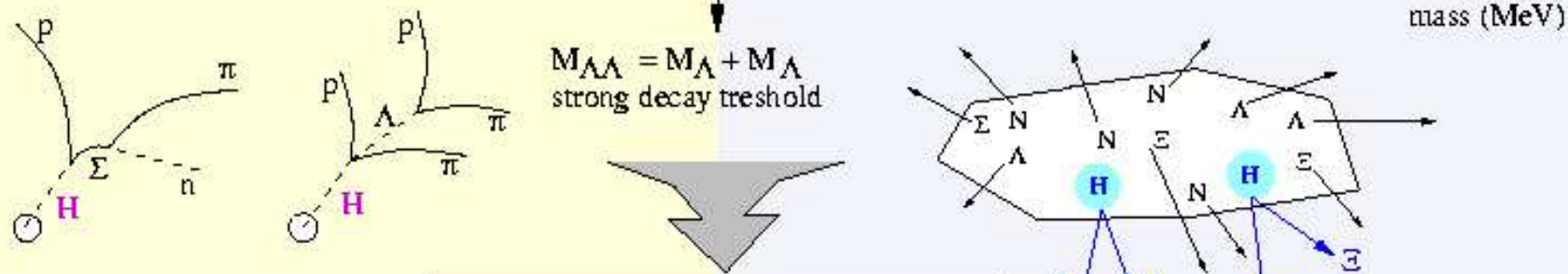
METASTABLE

$Y = 0$ SU(3)-flavor singlet H^0
 A six quark-bag bound state (uuddss)
 $mH^0 < M_{\Lambda\Lambda}$
 stable against strong decay but not
 against weak decay $\rightarrow$ metastable
 $\tau = 10^{-8} - 10^{-10}$ s (Jaffe, Donoghue)

UNSTABLE

strong interaction resonance H^0
 $mH^0 > M_{\Lambda\Lambda}$
 narrow resonance (width of a few MeV)
 lying a few MeV above the threshold
 S. V. Bashinsky and R. L. Jaffe
 Nucl. Phys. A625 (1997) 167

decay mode	$N\Sigma$	$\Lambda N\pi$	$\Lambda\Lambda$	$N\Sigma$	Accessible experimentally	$\Sigma\Sigma$
mass (MeV) threshold	2134	2192	2231	2260		2380



H^0 (signal) + simulated event (background)
 Event reconstruction (tracking)

Reconstruction of the decay chain
 H^0 invariant mass

H^0 yield estimates (from coalescence)
 C.B. Dover et al., Phys. Rev. C 40 (1989) 1115
 J. Schaffner et al., Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 4305
 0.001 $\rightarrow$ 0.1 H^0 /event (AGS, RHIC)

S/N, efficiency, purity
 Detector sensitivity

Λ reconstruction
 Ξ reconstruction
 invariant mass distribution of all
 Ξp or $\Lambda\Lambda$ pairs
 $\rightarrow H^0$ resonance peak
 on top of a combinatorial background of
 uncorrelated hyperons and nucleons

Etat initial

■ Saturation

- Echelle

$$Q_s \propto x^{-0,15} A^{1/6}$$

$$x \propto 1/\sqrt{s}$$

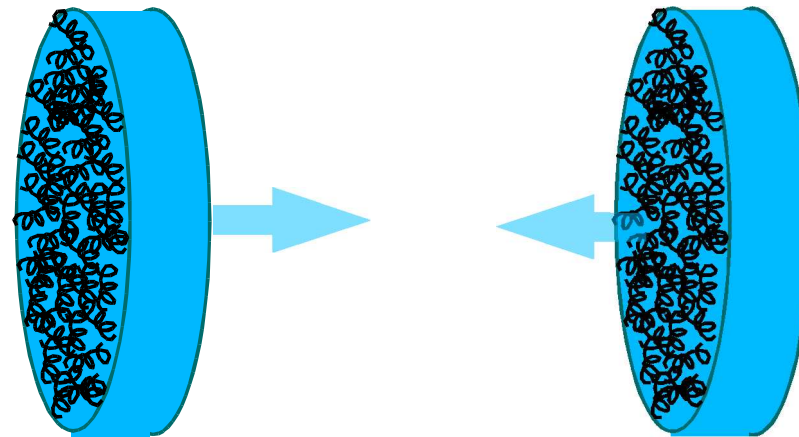
- Q_s élevé $\rightarrow$ effets importants

- empreinte affectée par hadronisation...

■ Observables

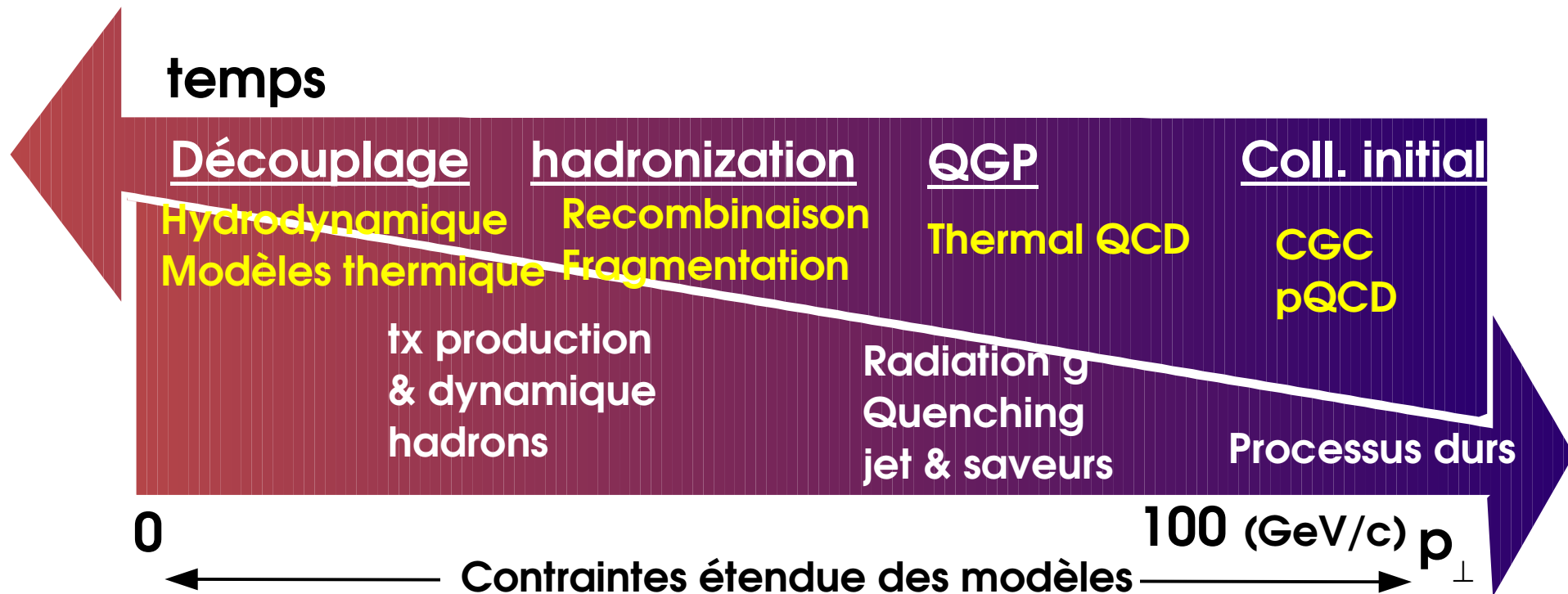
- multiplicité globale

- tx production haut $p_{\perp}$ et grande y



Condensat de verre de couleur
(Color Glass Condensate)

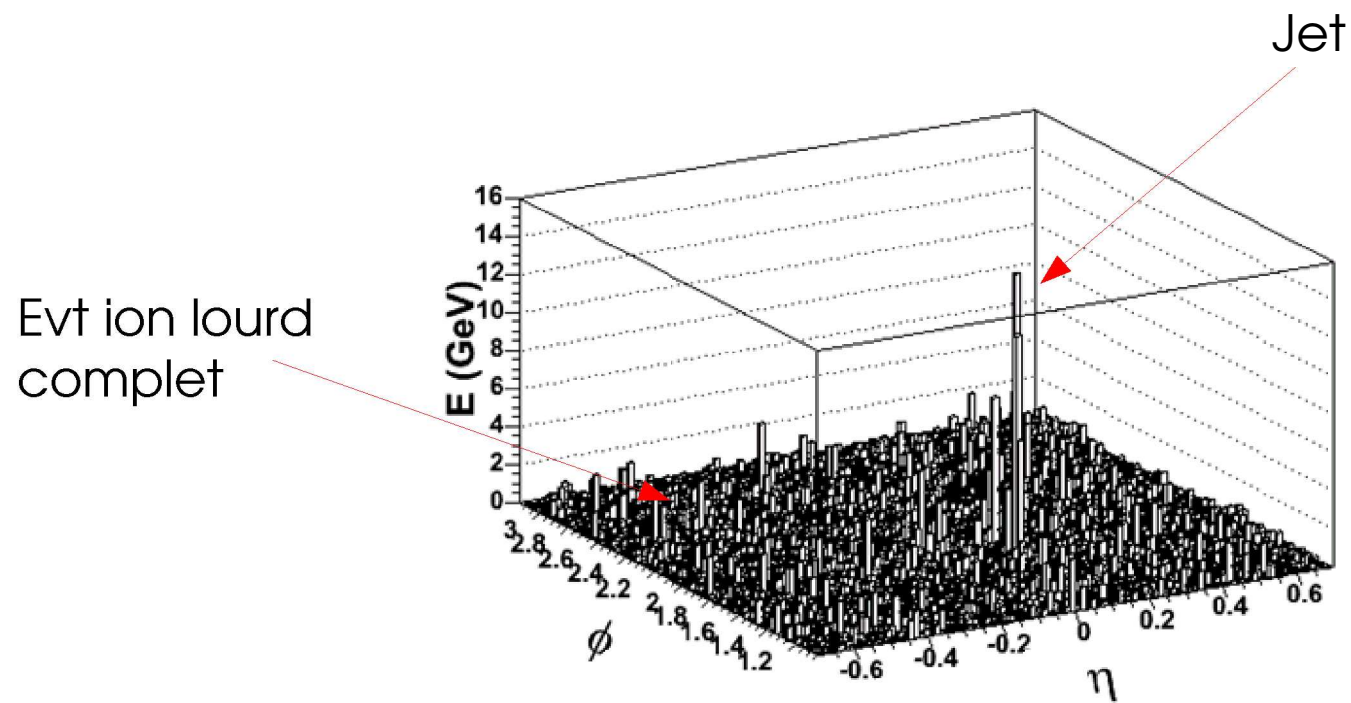
Le Big Bang du LHC



- Nouvelles sondes accessibles
- correlation entre tous les signaux
- RHIC → LHC : $\sqrt{s_{NN}}$ x30... Surprises ?

Questions

Reco jets dans ALICE



ALICE : charme & beauté

Nouvelles perspectives au LHC

- Physique du QGP
 - un joli diagramme
- gamme dynamique très étendue
 - -> meilleure contrainte des modèles
- + de section efficace
 - nouvelles sondes **Surprises**
- meilleure comparaison théorie-mesures
- corrélation entre les signaux
- nouveaux domaines
 - pour le QGP
 - pour les cond initiales

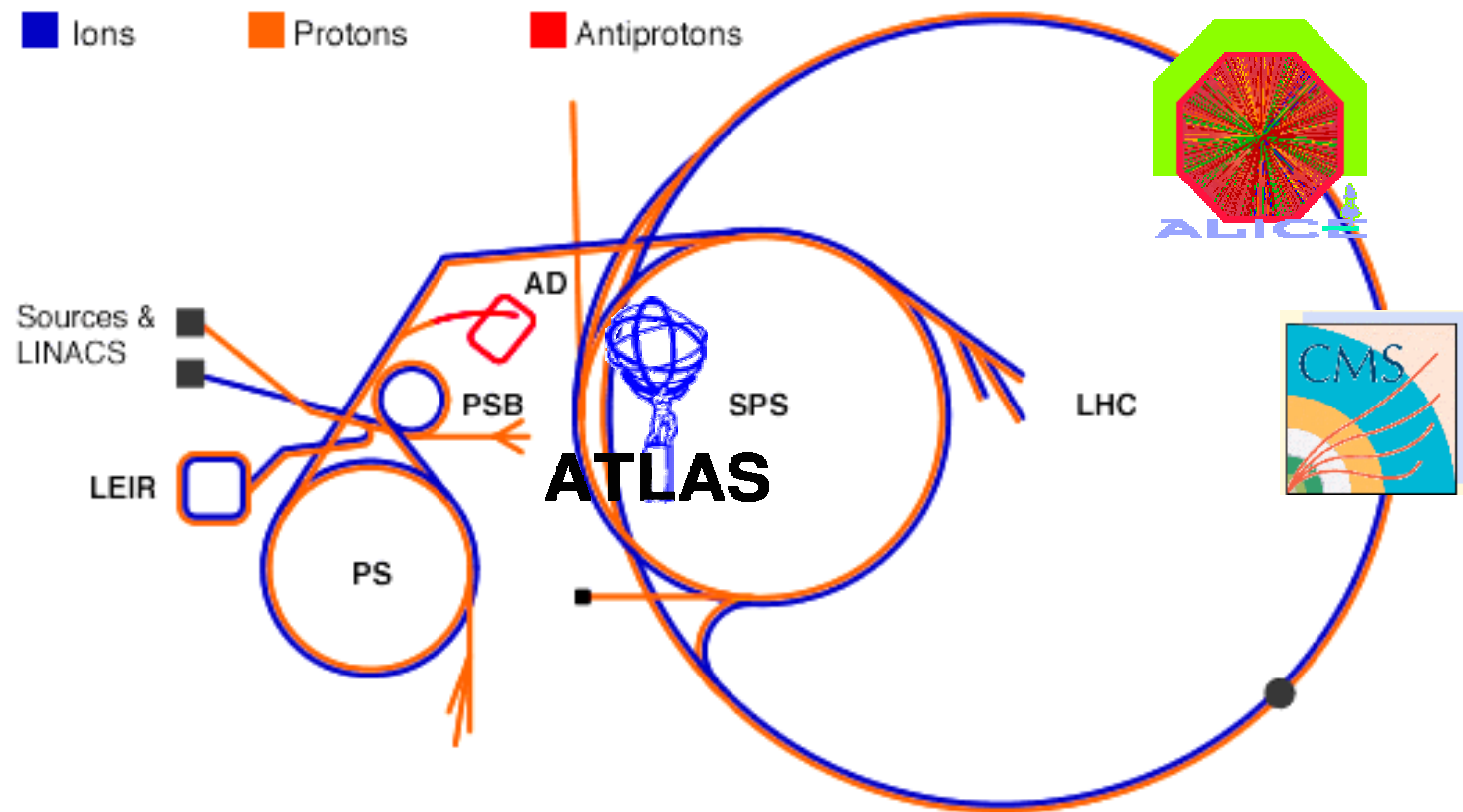
Large Heavy-ion Collider

- **Scenario machine**

- ions lourds = 30 jours/an
- Pb+Pb 10^6 sec/an @ 5,5 TeV ($0,7 \text{ nb}^{-1}$)
- p+p 10^7 sec/an @ 14 TeV

- **planning à 5 ans :**

- démarrage p+p
- 1 Pb+Pb basse lumi
- 2 Pb+Pb haute lumi
- 1 p+A
- 1 A+A, ions légers



Sondes du milieu : Que reste-t-il de nos partons ?

■ Sondes directes

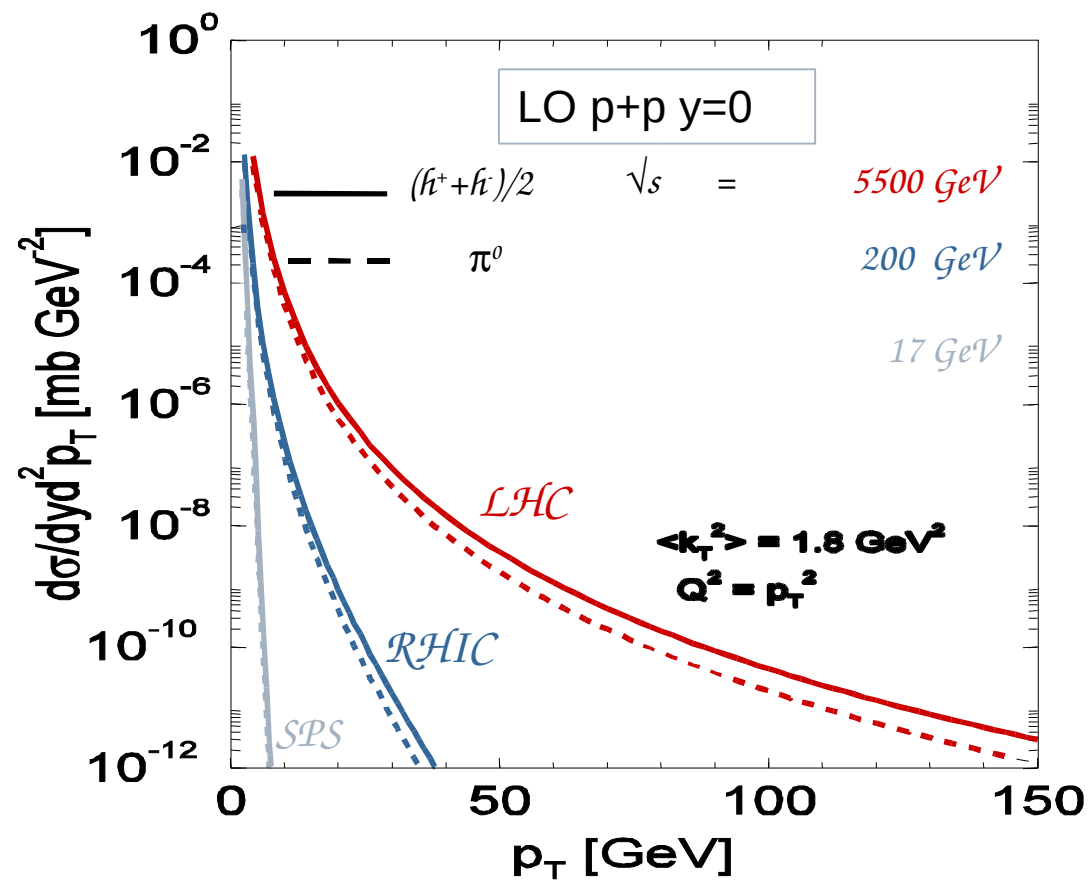
- partons durs
 - jets, γ
 - interaction milieu
 - sensibles / densité
- quarkonia
 - sensible / température

■ Sondes indirectes

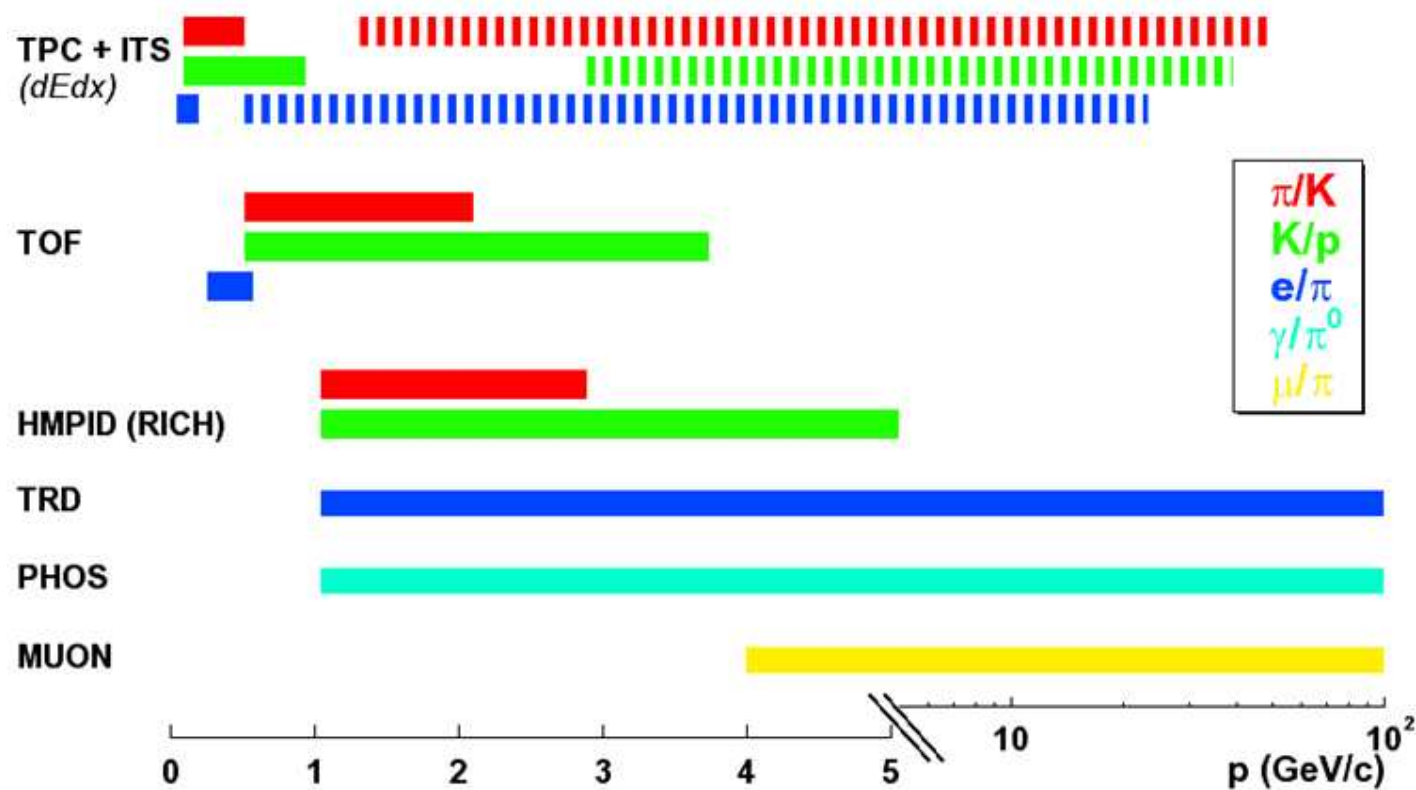
- étrangeté
 - sensible / nature système
- =

caractérisation globale

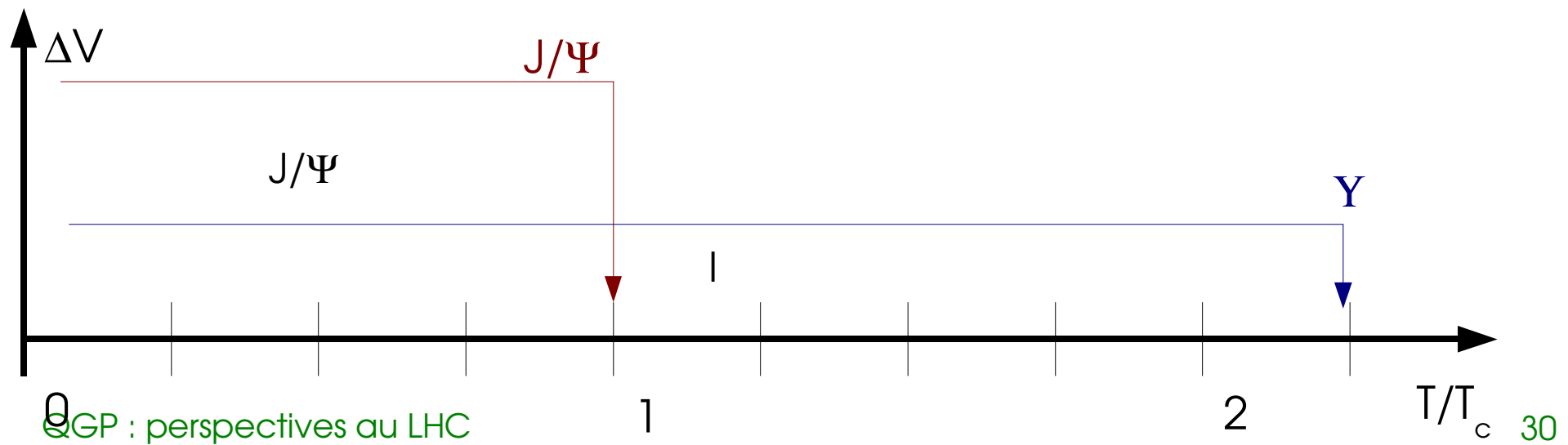
Tomographie



Capacité d'identification d'ALICE



qq suppression pattern



Exotica

The H-dibaryon (H^0)

Metastable

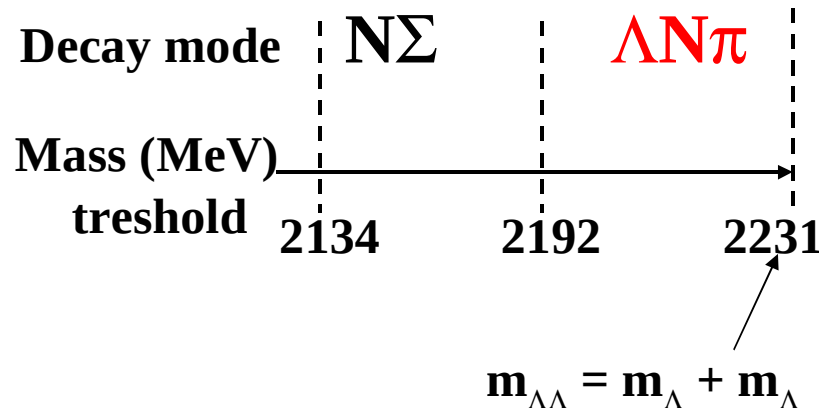
$Y = 0$ SU(3) - flavor singlet H^0

A six quark-bag bound state (uuddss)

$$m_{H^0} < m_{\Lambda\Lambda}$$

Stable against strong decay but not against weak hadronic decay

$$\tau = 10^{-8} - 10^{-10} \text{ s (Jaffe, Donoghue)}$$



Hadronic counterpart: $(\Lambda\Lambda)_b$

Other dibaryons might exist as bound states made by coalescence of 2 strange baryons: J. Schaffner-Bielich et al. PRL 84 (2000)

Calculations of weak hadronic (non leptonic) decay channels and lifetimes using weak SU(3) symmetry.

Estimation of production rates for RHIC using transport simulations (RQMD) + wave function coalescence.

Decay length $\sim 1 - 5 \text{ cm}$

$$(\Lambda\Lambda)_b \longrightarrow \Lambda + N + \pi$$

$$\longrightarrow \Sigma^- + p$$

$$(\Sigma^+ p)_b \longrightarrow p + p$$

$$(\Xi^0 p)_b \longrightarrow \Lambda + p$$

$$(\Xi^0 \Lambda)_b \longrightarrow \Xi^- + p$$

$$\longrightarrow \Lambda + \Lambda$$

$$\frac{dN}{dy} \sim 10^{-2} - 10^{-3}/\text{event}$$

$$\frac{dN}{dy} \sim 10^{-3}/\text{event}$$