

# Recherche de nouvelle physique dans les états finals avec électrons et énergie transverse manquante avec l'expérience ATLAS

Elisabeth Petit

Directeur de thèse : Pascal Pralavorio

Présentation des doctorants du CPPM de première année

2 juin 2009



# Motivations

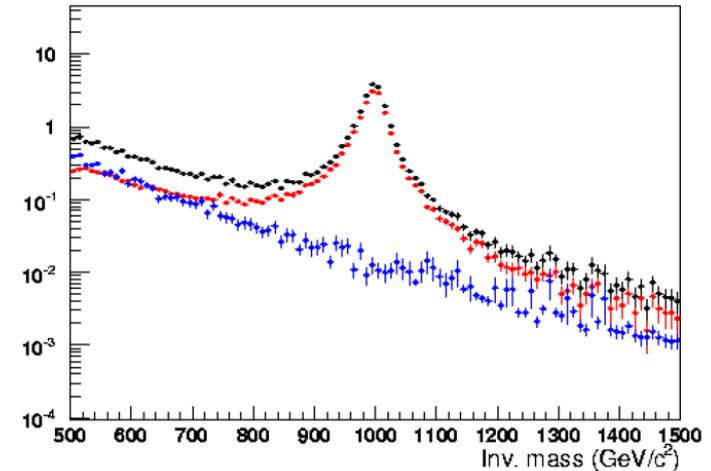
## ◆ Au LHC :

- collisions pp,  $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$ ,  $\mathcal{L} \sim 10 \text{ fb}^{-1}/\text{an}$  (nominal)
- dès 2009-2010 :  $\sqrt{s} = 10 \text{ TeV}$ ,  $\mathcal{L} \sim 200 \text{ pb}^{-1}$

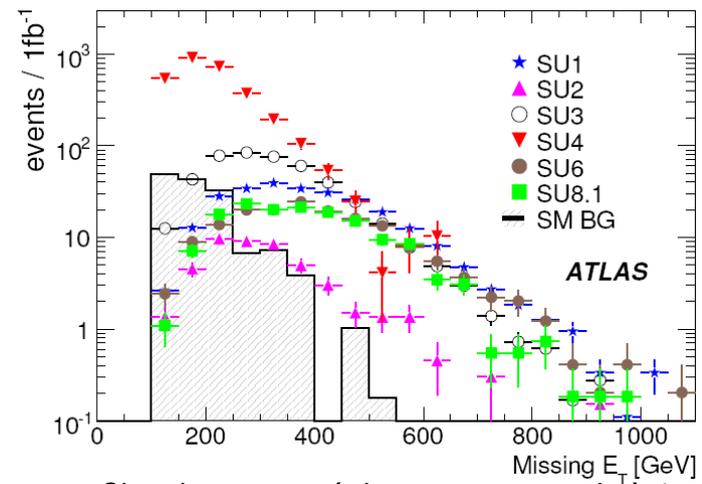
## ◆ Nouvelle physique reste à portée :

- $Z' \rightarrow ll$
- $W' \rightarrow l\nu$
- SUSY ( $l + \text{jets} + E_T^{\text{miss}}$ )

➔ Ces canaux de découverte sont étudiés au CPPM dans les canaux électrons et énergie transverse manquante



*Pic de masse du Z'*



*Signal supersymétrique pour un mode à 1 lepton*

- ◆ Grande expertise du calorimètre électromagnétique au CPPM  
⇒ 2 objets privilégiés

## → Les **électrons** :

- variable locale : repose sur le calorimètre EM et le détecteur interne
- testés extensivement en tests faisceaux

} Objet de nombreuses études au CPPM

## → L'**énergie transverse manquante** ( $E_T^{\text{miss}}$ ) :

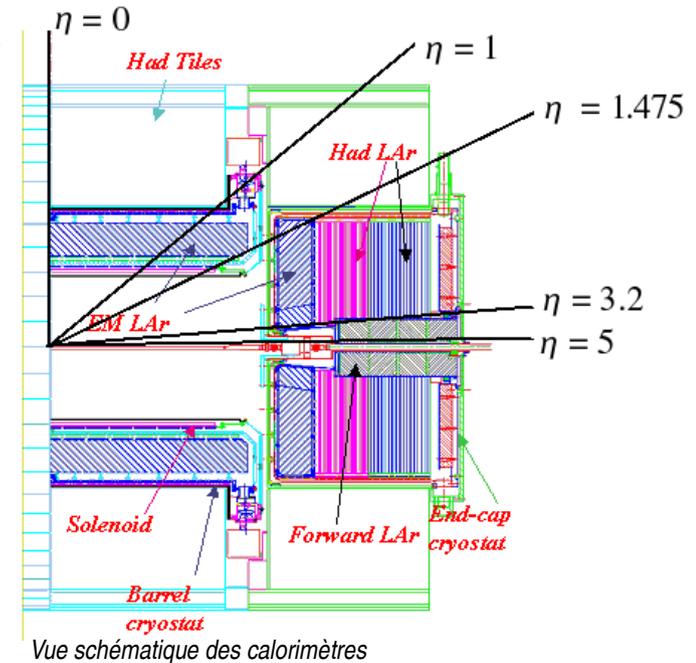
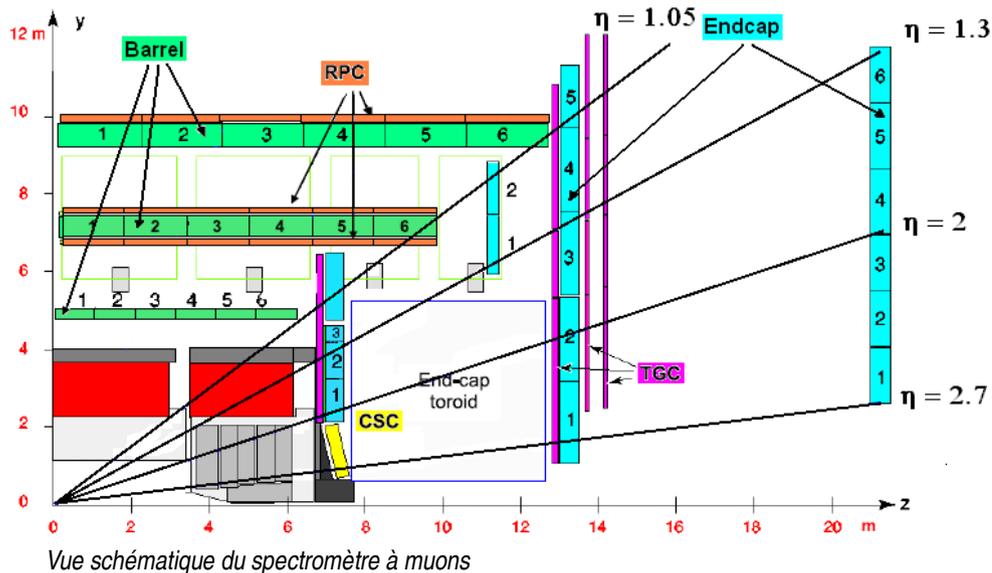
- variable globale : repose largement sur le système calorimétrique
- jamais testée expérimentalement *in situ*
- effort de validation encore à faire avant/juste après le démarrage

} Mon travail de première année

# Mesure de $E_T^{\text{miss}}$ dans ATLAS

◆ Requiert un **système calorimétrique hermétique** avec une **grande couverture angulaire**.

- Jusqu'à  $|\eta| = 5$  + géométrie en accordéon pour le calo EM
- Peu de zones mortes
- Qualité des détecteurs (peu de cellules mortes, bruit et piédestaux sous contrôle)
- Très bonne performance de tous les sous-détecteurs (tests faisceaux combinés, muons cosmiques)



◆ Requiert un **spectromètre à muons très performant**

- Jusqu'à  $|\eta| = 2.7$
- Très bonne efficacité de reconstruction

$$E_T^{\text{miss}} = E_T^{\text{miss,Calorimètre}} + E_T^{\text{miss,Cryostat}} + E_T^{\text{miss,Muon}}$$

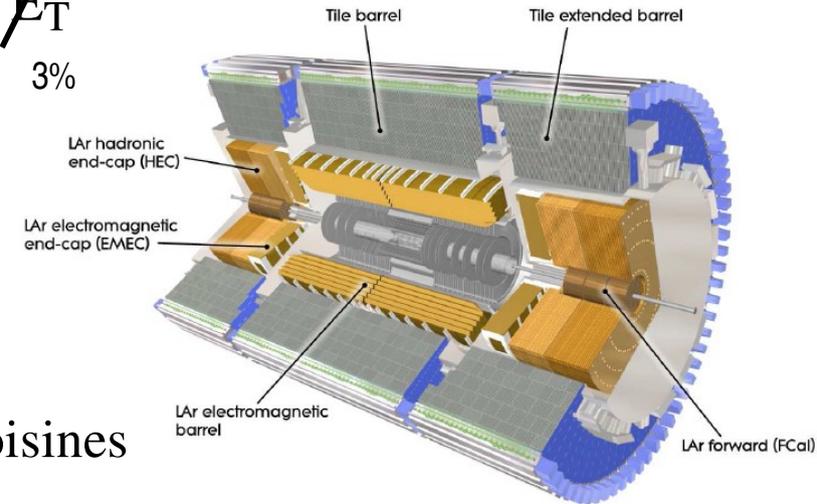
# Le terme $E_T^{\text{miss}}$ calorimétrique

◆ La mesure de  $E_T^{\text{miss,Calo}}$  repose sur 187648 cellules (10 fois plus que DØ/CDF)

$$\cancel{E_T}^{\text{Calorimètre}} = \cancel{E_T}^{\text{EM,tonneau}} + \cancel{E_T}^{\text{EM,bouchon}} + \cancel{E_T}^{\text{HEC}} + \cancel{E_T}^{\text{FCal}} + \cancel{E_T}^{\text{Tuiles}}$$

Ncellules : 100%      58%      34%      3%      2%      3%

92%



## 1) Supprimer le bruit

- Cellules telles que  $|E| > 2 * \sigma_{\text{bruit}}$
- **TopoClusters** : graines  $|E| > 4 * \sigma_{\text{bruit}}$ , cellules voisines  $|E| > 2 * \sigma_{\text{bruit}}$ , cellules frontière  $|E| > 0 * \sigma_{\text{bruit}}$

## 2) Identifier et traiter les cellules à problèmes

3) Non compensation des calorimètres  $\Rightarrow$  calibrer les cellules différemment pour les gerbes électromagnétiques et hadroniques

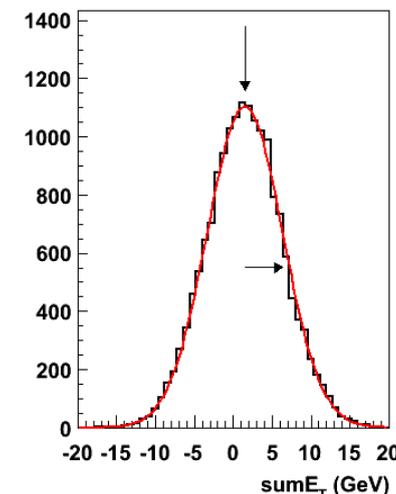
**→** Les points 1 et 2 peuvent être étudiés avec les événements cosmiques

# Vérification de $E_T^{\text{miss}}$ avant le démarrage

- ◆ Depuis septembre 2008, tous les sous-détecteurs d'ATLAS en place et dans l'acquisition
- ◆ Evénements cosmiques, avec des conditions stables, en septembre-octobre 2008
  - 200 millions d'événements enregistrés
- ◆ Utiliser le **déclenchement aléatoire** pour vérifier  $E_T^{\text{miss}}$ 
  - 1 million d'événements étudiés

Pas d'énergie déposée  $\Rightarrow$  contribution du **bruit électronique** uniquement

- $E_X^{\text{miss}} = - \sum E \cdot \sin\theta \cdot \cos\varphi$
  - $E_Y^{\text{miss}} = - \sum E \cdot \sin\theta \cdot \sin\varphi$
  - $\sum E_T = \sum E \cdot \sin\theta$
  - $\varphi^{\text{miss}} = \text{atan}(E_Y^{\text{miss}}/E_X^{\text{miss}})$  : devrait être **plat**
  - $E_T^{\text{miss}} = \sqrt{E_X^{\text{miss}^2} + E_Y^{\text{miss}^2}}$
- devraient être des distributions **gaussiennes centrées en 0**



- ◆ Comparaison à un modèle Monte-Carlo qui suppose que le bruit est gaussien
- ➔ Détecter les **problèmes potentiels** du calorimètre (hardware, software)

# Maîtrise du calorimètre au niveau des cellules

- ◆ 1% des cellules non connectées (électronique frontale, basse-tension)

- corrigé pendant le shutdown
- reste 0.4%

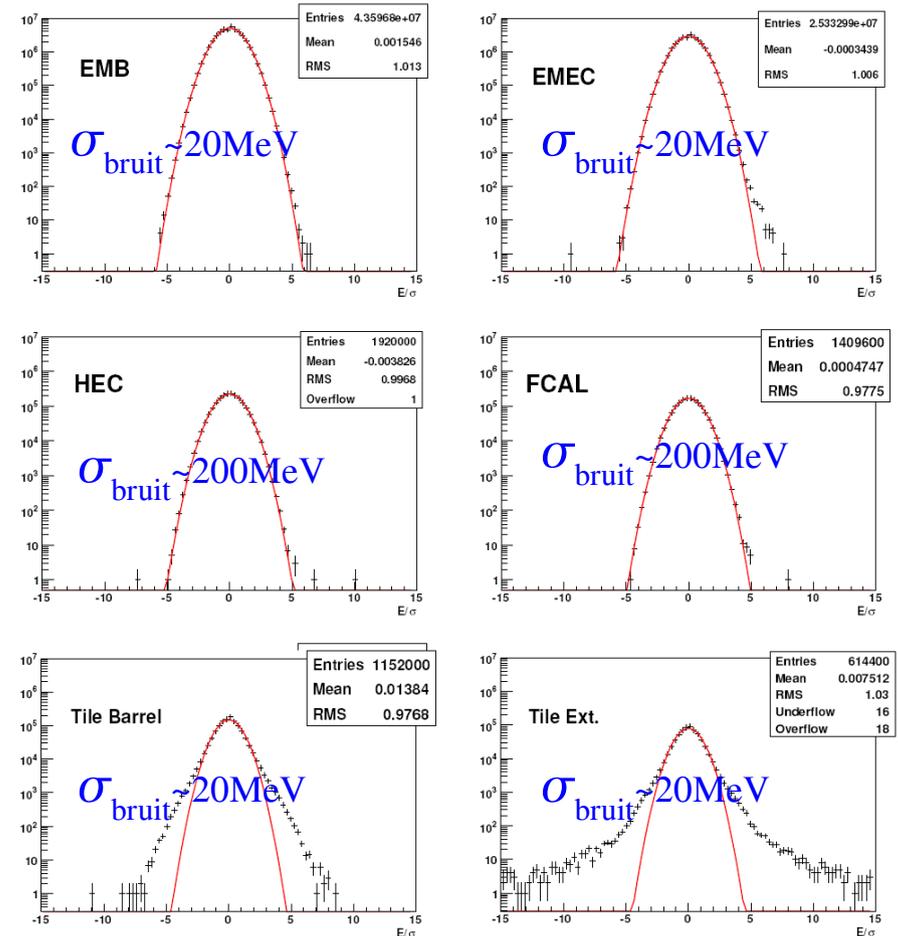
- ◆ Cellules à problèmes :

- très bruyantes, non calibrées, etc
- 1% des cellules
- seulement 0.1% des cellules sont masquées

➔ 186000 cellules disponibles pour calculer  $E_t^{\text{miss}}$

➔ Bonne qualité du système calorimétrique

- ◆ Distribution énergie/ $\sigma_{\text{bruit}}$  pour toutes les cellules du calorimètre :

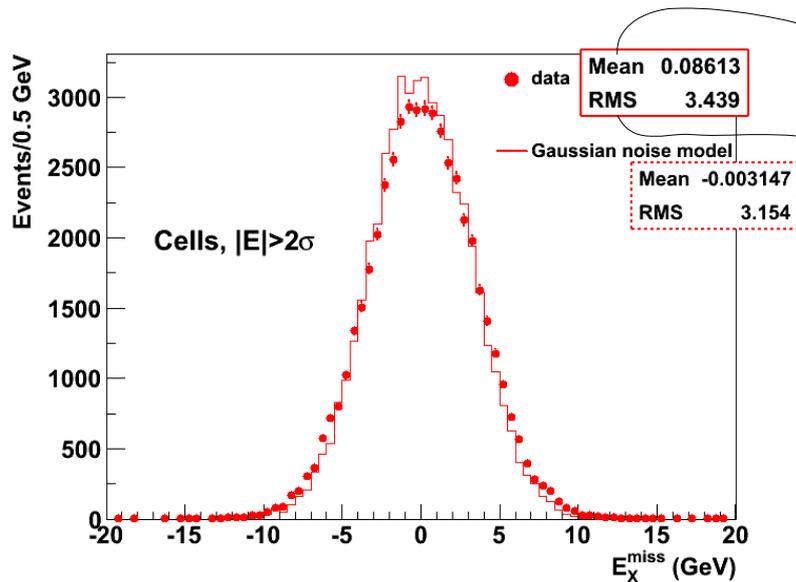


$$E_T^{\text{miss}} \text{ avec } |E_{\text{cell}}| > 2 * \sigma_{\text{bruit}} \quad (1)$$

● données  
— modèle

◆ Exemple de  $E_X^{\text{miss}}$

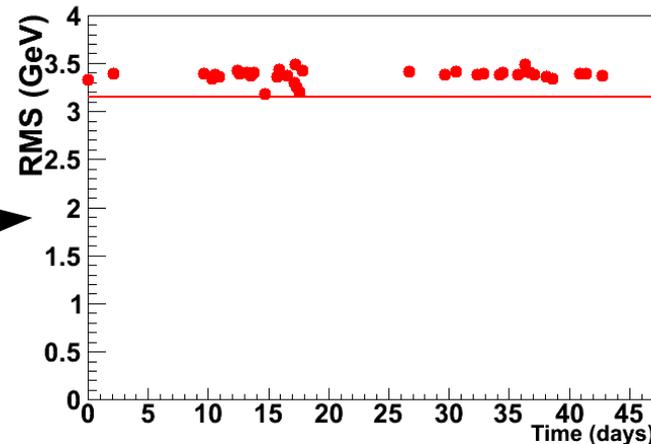
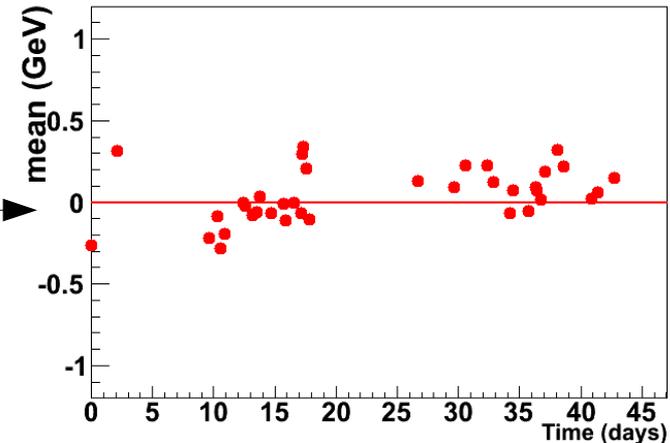
➔ 8500 cellules sélectionnées /événement



➔ Distribution gaussienne centrée en 0, en accord avec le modèle de bruit gaussien

➔ Variable sous contrôle pour tout le calorimètre

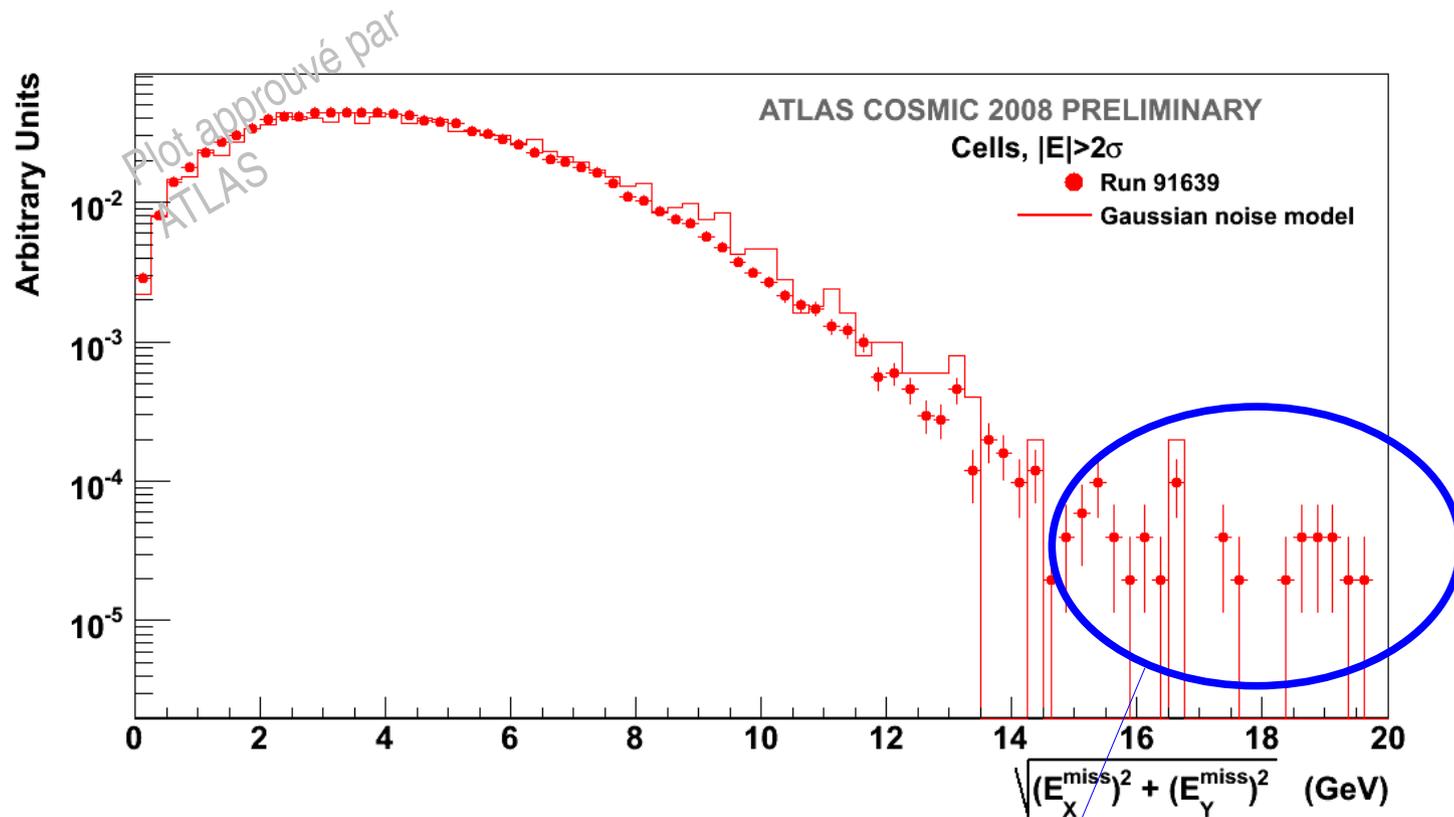
◆ Evolution en fonction du temps :



➔ Stabilité des résultats sur un mois et demi de prises de données

$$E_T^{\text{miss}} \text{ avec } |E_{\text{cell}}| > 2^* \sigma_{\text{bruit}} \quad (2)$$

● données  
— modèle



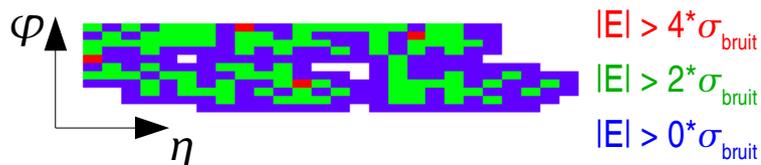
→ En accord avec la prédiction

→ Queues de distribution : bruit cohérent dans une zone spécifique du calorimètre (0.04% des événements), réparé pour 2009

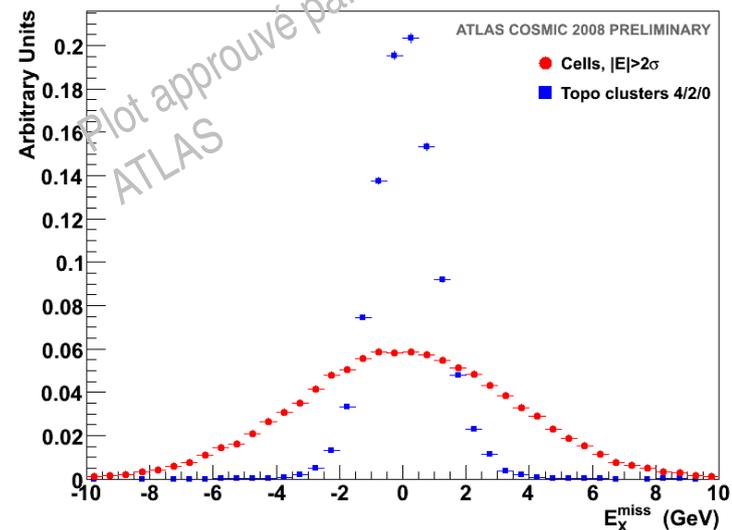
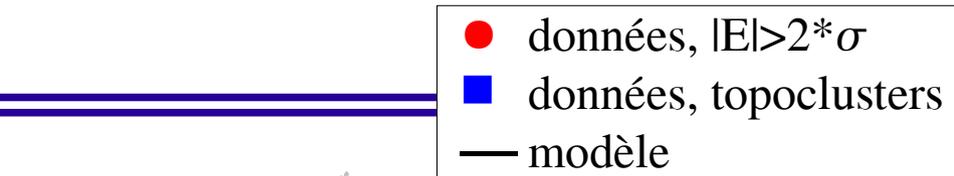
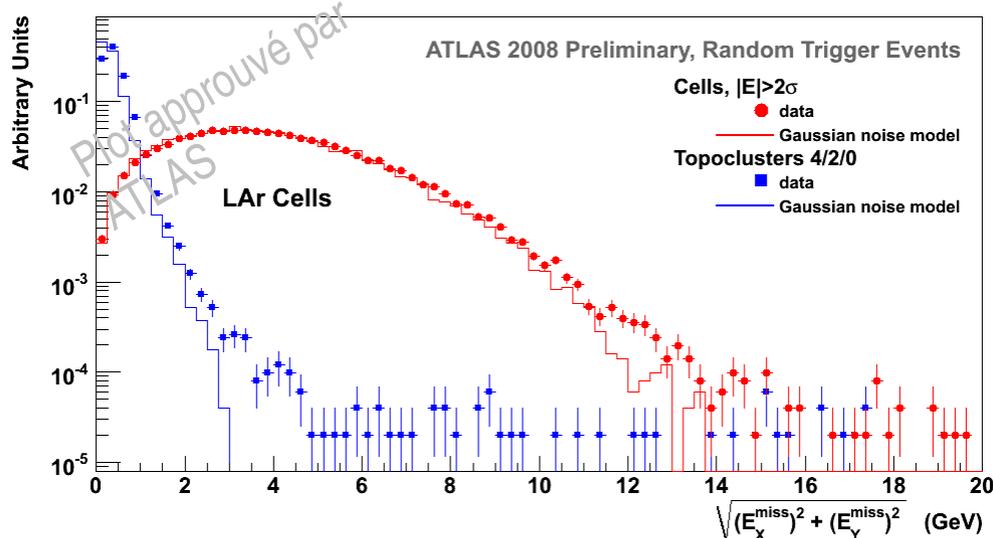
# $E_T^{\text{miss}}$ avec topoclusters

◆ But : réduire le bruit

- utilisation des topoclusters



- 800 cellules sélectionnées /événement  
⇒ amélioration de  $E_T^{\text{miss}}$

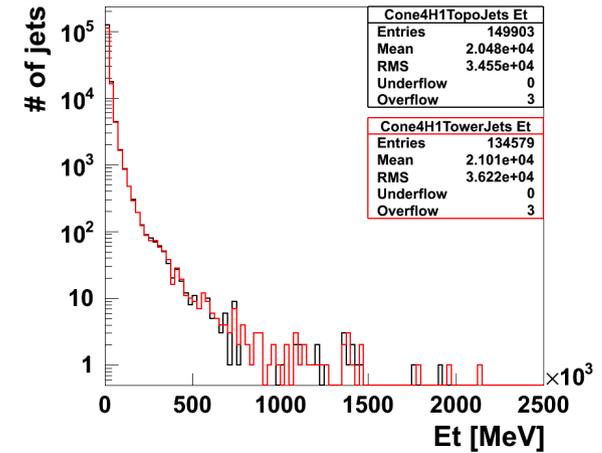
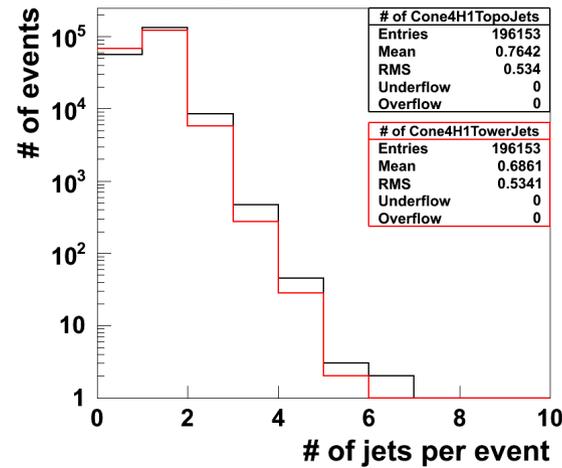


- ➔ Bon accord avec le modèle pour les calorimètres à argon liquide
- ➔ Nécessite une description parfaite du bruit

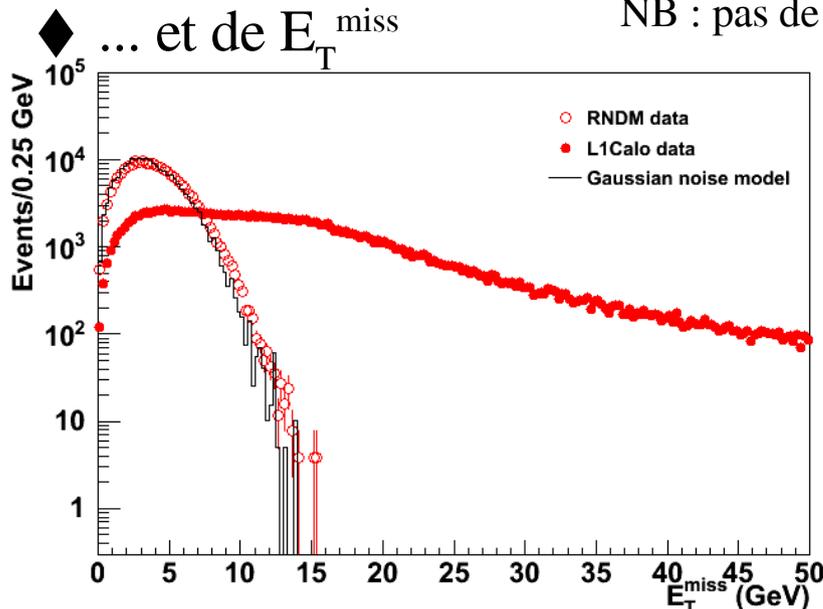
➔ Variable sous contrôle pour les calorimètres à argon liquide  
(description améliorée à l'étude pour le calorimètre hadronique à tuiles)

# Déclenchement sur l'énergie déposée dans les calorimètres

- ◆ Triggers : basés sur la multiplicité d'objets au-dessus d'un certain seuil (EM3, TAU5, J5, XE20)
- ◆ Muons de haute énergie  $\rightarrow$  photon de bremsstrahlung  $\rightarrow$  reconstruction de "jets"...



NB : pas de jet reconstruit avec le déclenchement aléatoire



$\rightarrow$  Vraie  $E_T^{\text{miss}}$  mesurée dans le calorimètre, clairement séparable de la contribution du bruit

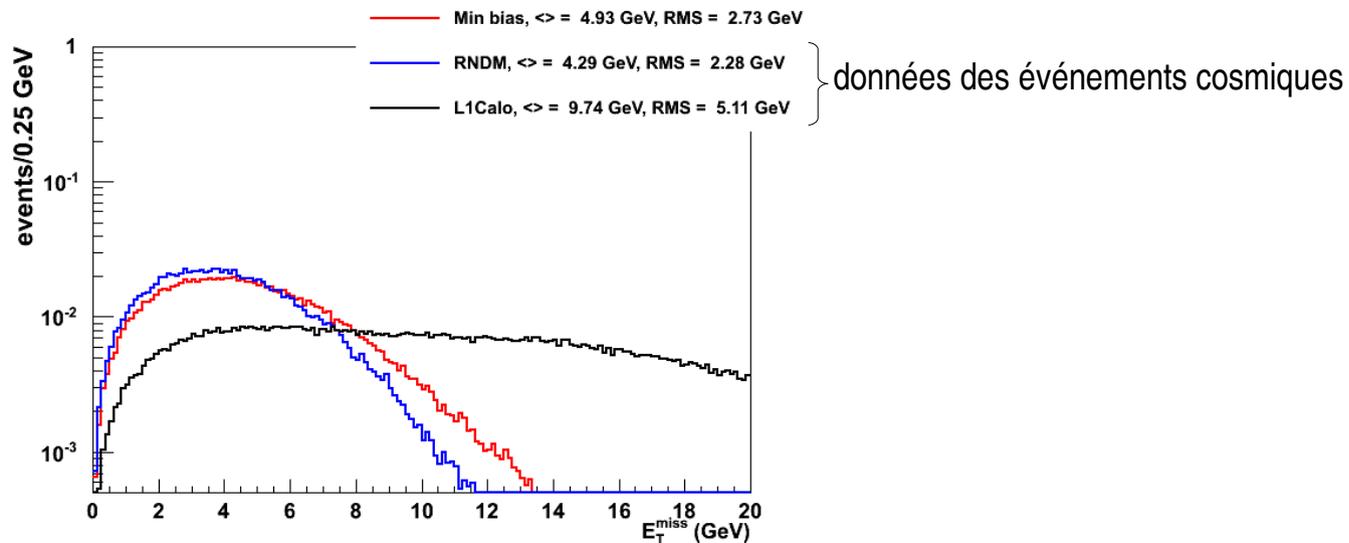
# Conclusions

---

- ◆ Données en 2009-2010
  - redécouverte du MS, étalonnage du détecteur
  - découverte possible de nouvelles particules massives : bosons lourds, SUSY
  - ⇒ étudier les états finals avec électrons et  $E_T^{\text{miss}}$
  
- ◆ Premier test de  $E_T^{\text{miss}}$  *in situ* avec 1 million d'événements cosmiques en 2008
  - très peu de cellules à problèmes (1%) et bruit sous contrôle
  - déclenchement aléatoire : comportement attendu, mise en évidence et correction des problèmes du détecteur (bruit cohérent, queues non gaussiennes)
  - déclenchement sur l'énergie déposée dans les calorimètres : claire séparation du bruit
  
- ➔ Compréhension détaillée du système calorimétrique
  
- ➔ Complémentaire des études sur les électrons
  
- ➔ Prêt pour les premières collisions
  
- ◆ Travail détaillé dans une note ATLAS et résultats publics approuvés

# Perspectives

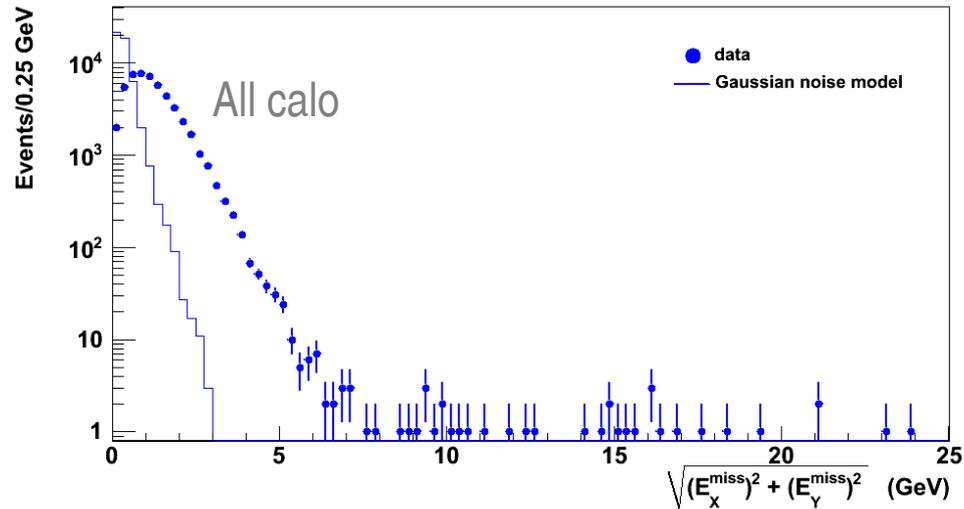
- ◆ Application à la reconstruction de  $E_T^{\text{miss}}$  avec les données simulées (en cours jusque fin 2009)
  - Événements avec peu de vraie  $E_T^{\text{miss}}$  (événements de biais minimum,  $Z \rightarrow ee$ )



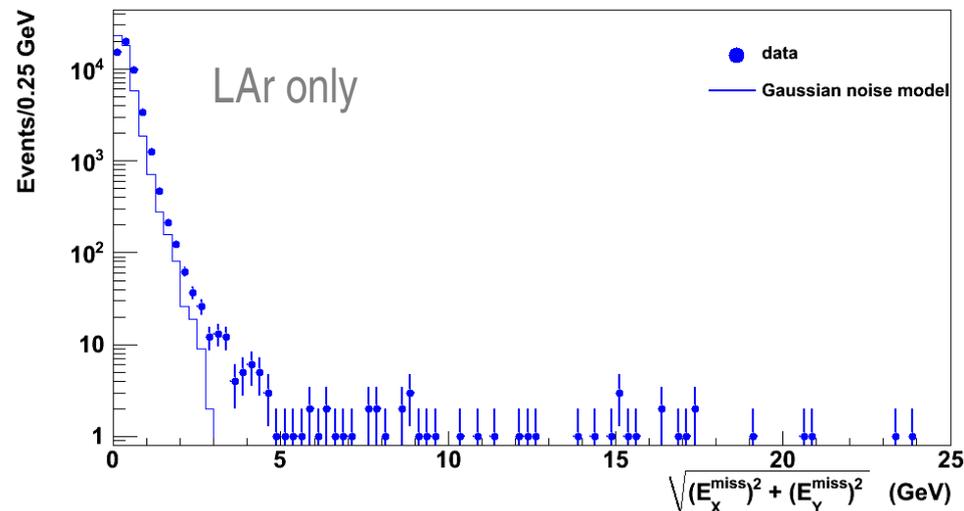
- Impact sur  $E_T^{\text{miss}}$  de problèmes potentiels du calorimètre
- ◆ Recherche de nouvelle physique avec électrons et  $E_T^{\text{miss}}$  dans les données 2009-2010

# Back-up

# $E_T^{\text{miss}}$ avec topoclusters



→ Description imparfaite du bruit pour les calorimètres hadroniques à tuiles



→ Données en accord avec le modèle de bruit gaussien pour les calorimètres à argon liquide