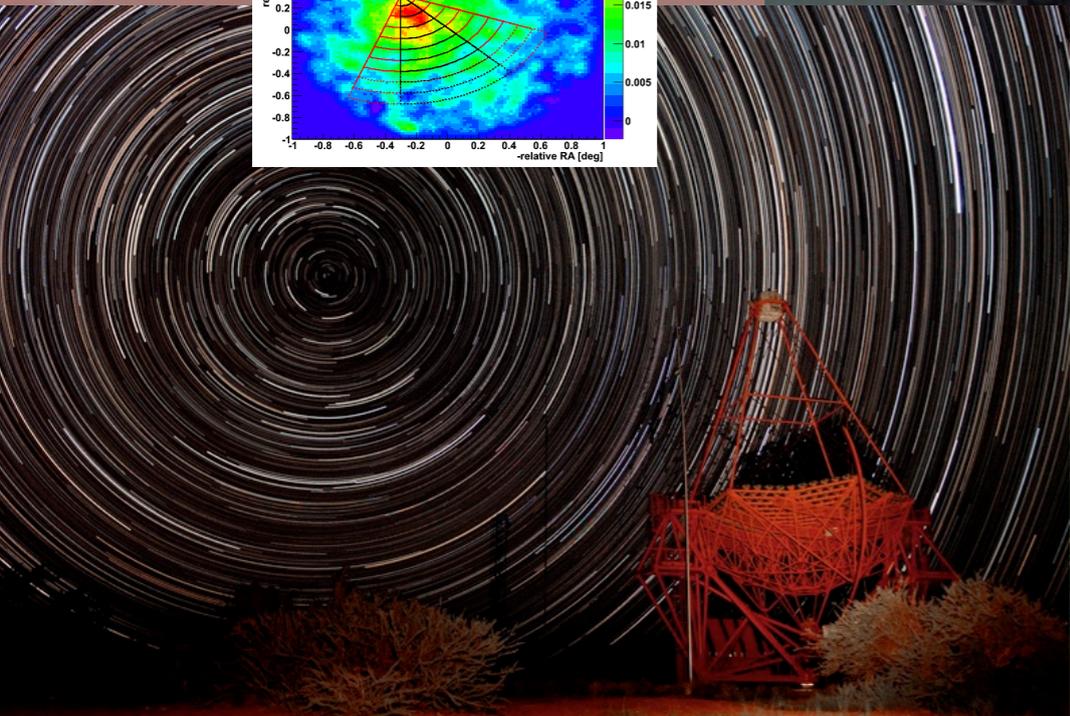
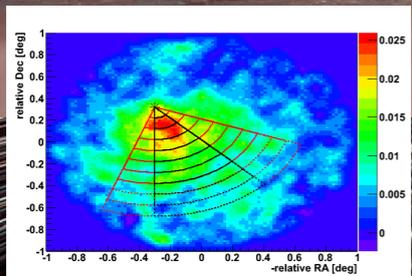


H.E.S.S.-I

Instrumentation - Analyse

J. Bolmont



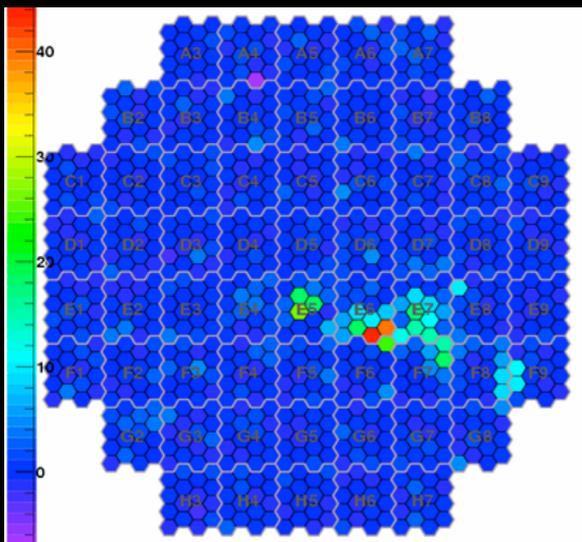
LPNHE

PARIS

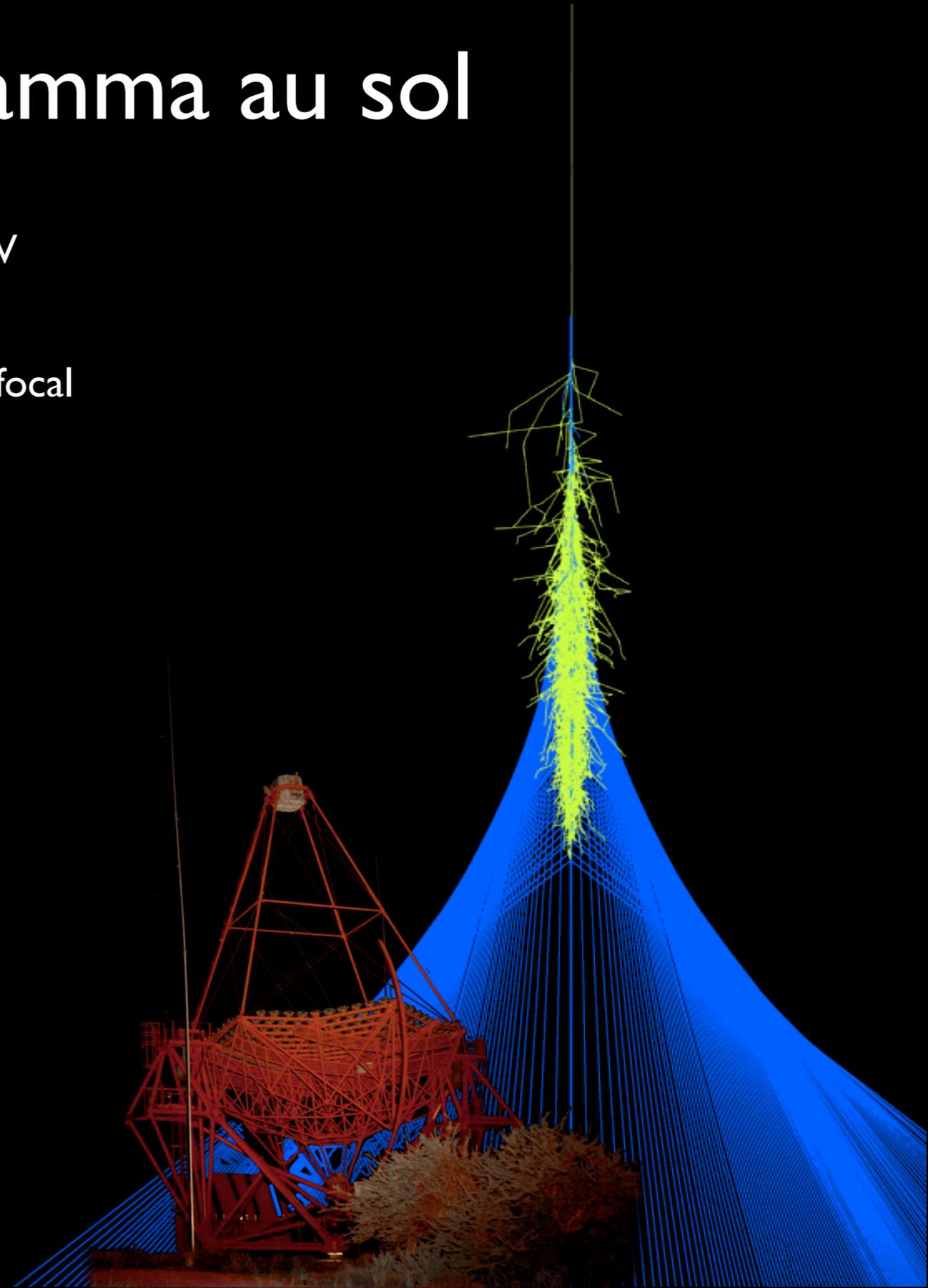
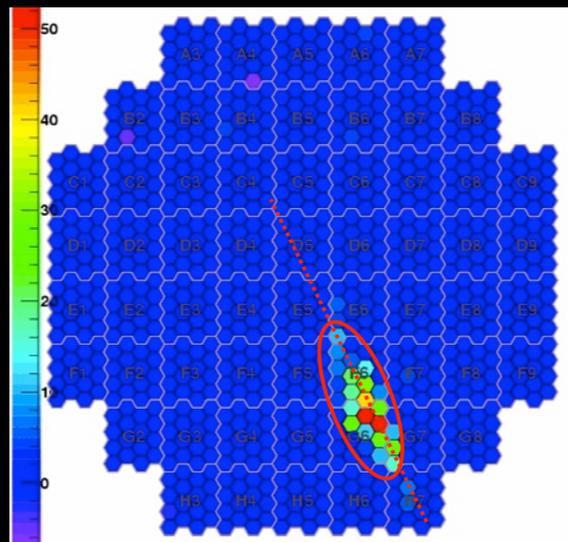
Astronomie gamma au sol

- Etude des photons au-delà de quelques dizaine de GeV
- Flash de lumière Cherenkov
- Image de la gerbe sur une caméra rapide dans le plan focal
- Analyse de l'image:
 - Forme → Type de particule
 - Intensité → Energie
 - Orientation → Direction
- Stéréoscopie → plus de précision

Hadron



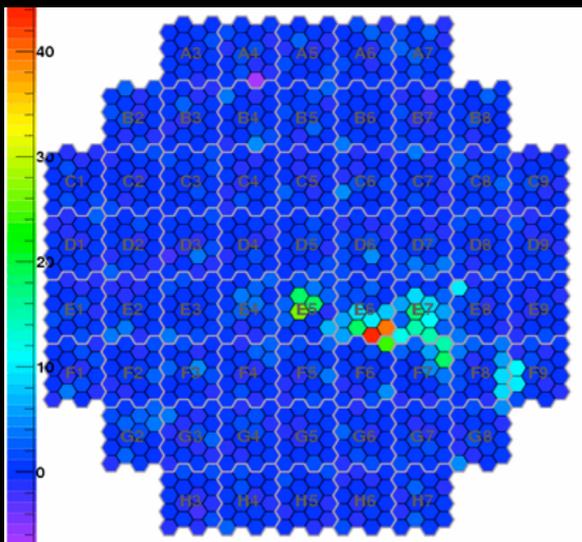
Gamma



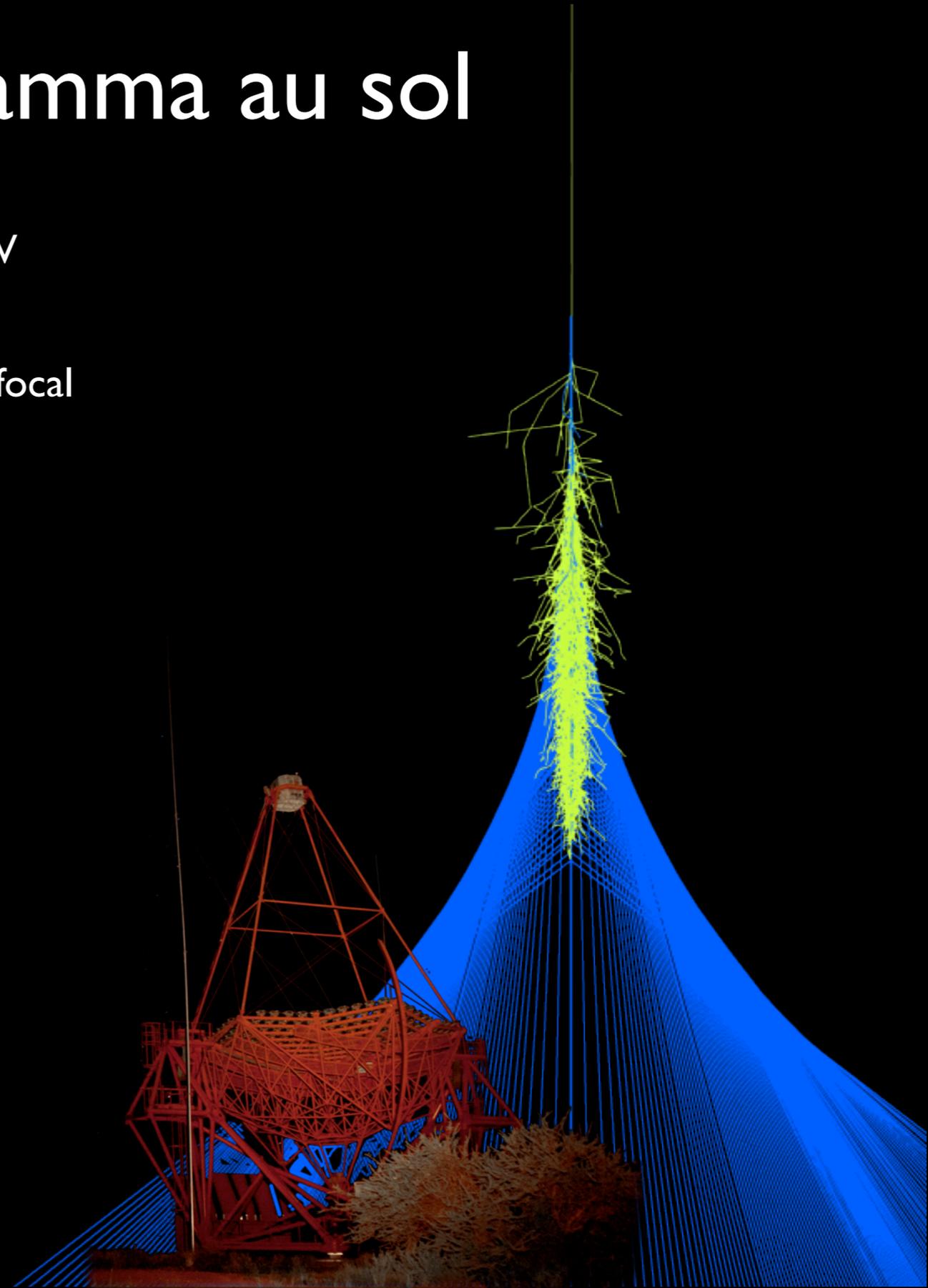
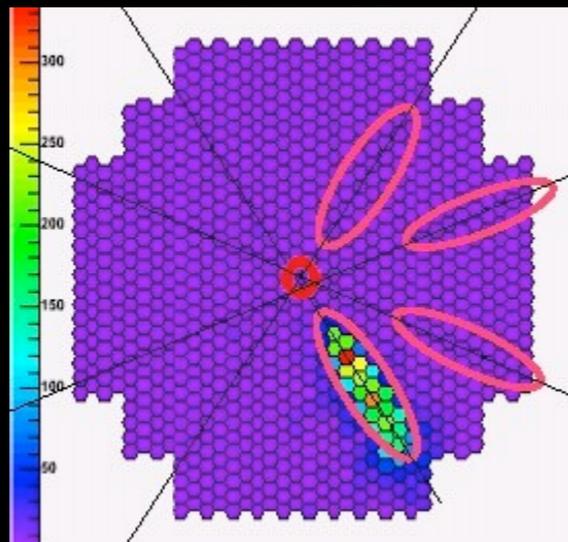
Astronomie gamma au sol

- Etude des photons au-delà de quelques dizaine de GeV
- Flash de lumière Cherenkov
- Image de la gerbe sur une caméra rapide dans le plan focal
- Analyse de l'image:
 - Forme → Type de particule
 - Intensité → Energie
 - Orientation → Direction
- Stéréoscopie → plus de précision

Hadron

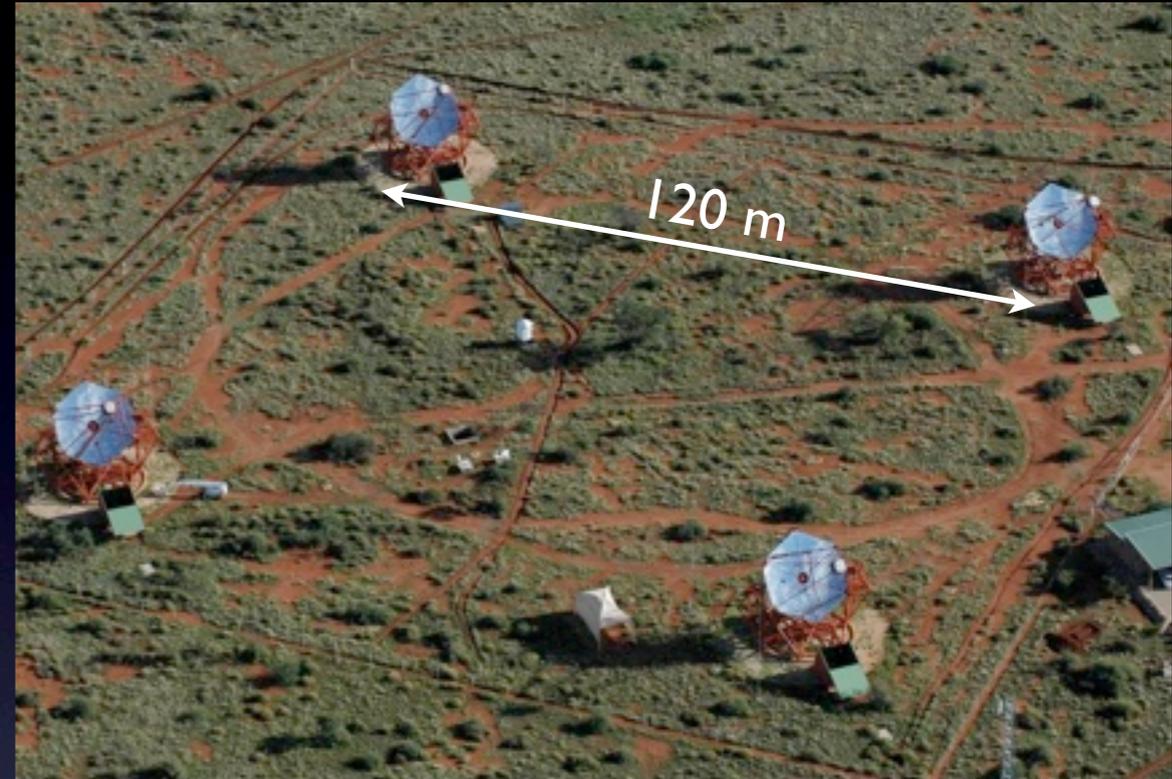


Gamma



H.E.S.S.

- 4 télescopes situés en Namibie, à ~ 1800 m d'altitude
- 12 m de diamètre, 15 m de focale
- Installation en 2002-2003
- Gamme en énergie ~ 100 GeV à ~ 100 TeV
- Presque 100 sources découvertes
- Bientôt un 5e télescope (juin 2012) \rightarrow H.E.S.S.-II



Le groupe H.E.S.S. au LPNHE

● Chercheurs et enseignants-chercheurs

- J. B. (**responsable maintenance caméras**)
- A. Jacholkowska (**co-responsable groupe Astroparticules + comité d'observation**)
- C. Lindsay Naumann (CDD)
- J.-P. Tavernet
- P. Vincent (**responsable du groupe**)

● Electronique

- P. Corona
- C. Goffin
- P. Nayman
- J.M. Parraud
- F. Toussenel

● Informatique

- P. Gauron (CDD)
- J.-F. Huppert

● Mécanique

- P. Ghislain
- D. Vincent

● Départs depuis la dernière biennale

- D. Maurin
- M. de Naurois
- F. Brun
- N. Roche (CDD)
- L. Guevara (CDD)
- (O. Martineau-Huyn)

● Une thèse soutenue en 2010

- A. Charbonier

● Deux thèses qui démarrent en 2011

- C. Couturier
- T. Garrigoux

Activités / Sommaire

Activités / Sommaire

- Technique: Maintenance des caméras
 - Sur site
 - Au LPNHE
 - ➡ Maintenance à distance
 - ➡ Réparations, tests

Activités / Sommaire

- Technique: Maintenance des caméras
 - Sur site
 - Au LPNHE
 - ➡ Maintenance à distance
 - ➡ Réparations, tests
- Analyse:
 - Matière noire
 - Etude des sources étendues
 - Violation d'invariance de Lorentz

Activités / Sommaire

- Technique: Maintenance des caméras
 - Sur site
 - Au LPNHE
 - ➡ Maintenance à distance
 - ➡ Réparations, tests
- Analyse:
 - Matière noire
 - Etude des sources étendues
 - Violation d'invariance de Lorentz

Activités / Sommaire

- Technique: Maintenance des caméras
 - Sur site
 - Au LPNHE
 - ➡ Maintenance à distance
 - ➡ Réparations, tests
- Analyse:
 - Matière noire
 - Etude des sources étendues
 - Violation d'invariance de Lorentz
- Les deux thèses

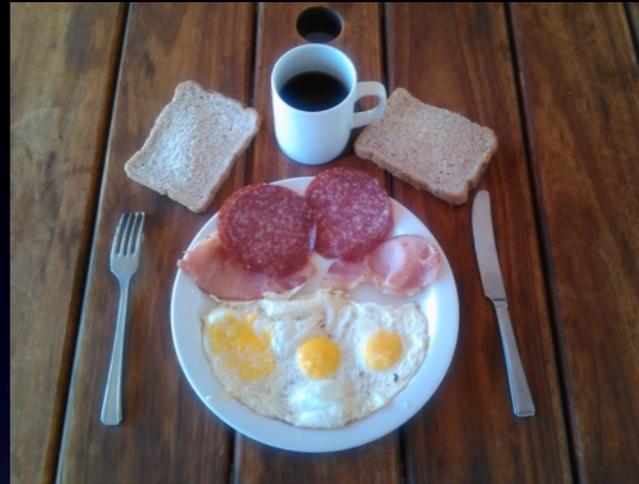
Technique

Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local

Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local



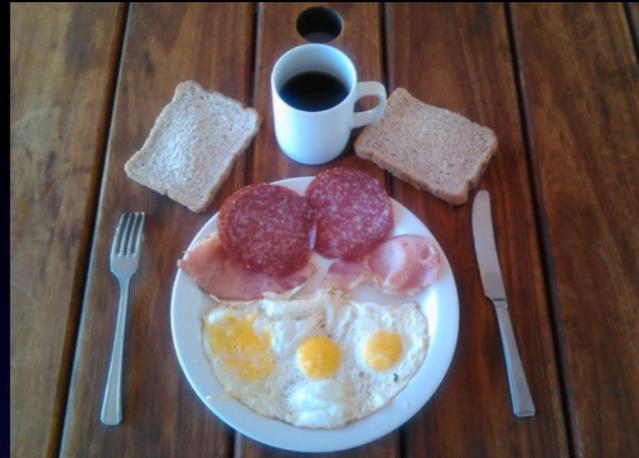
Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local



Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local



Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local



Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local



Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local



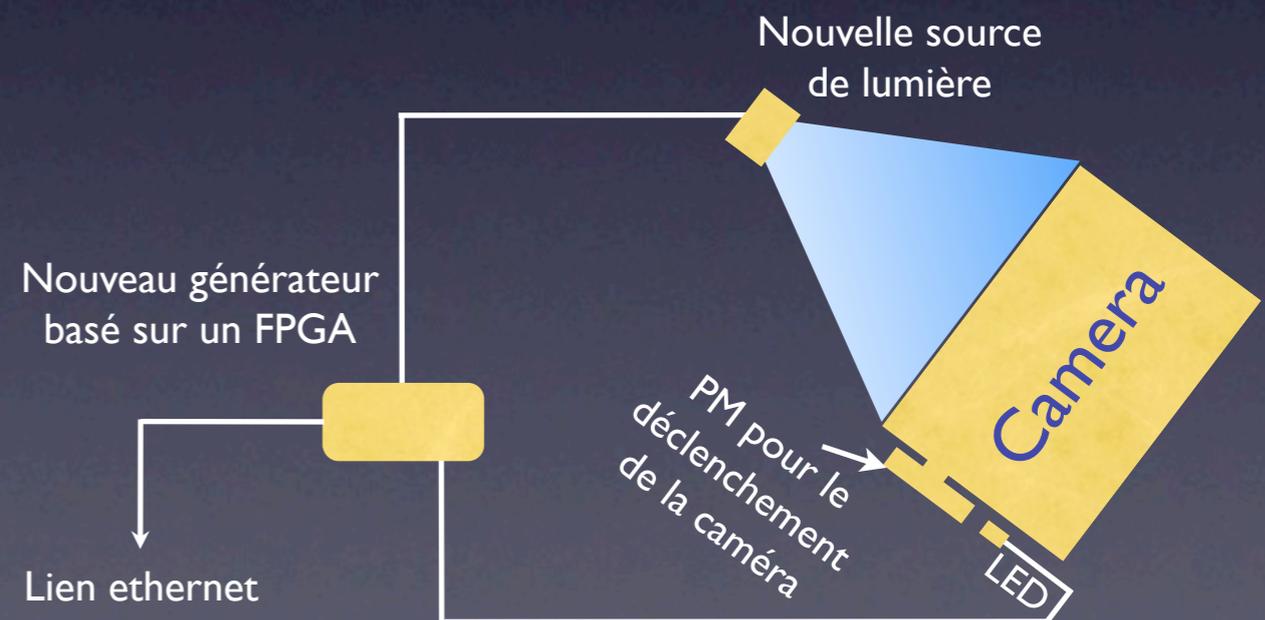
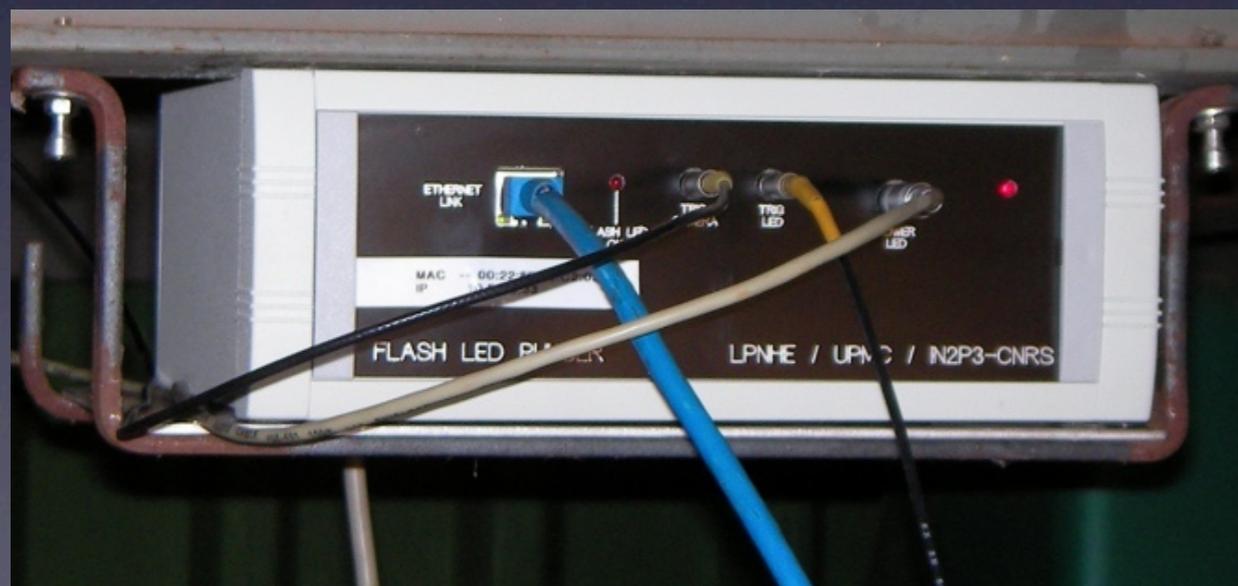
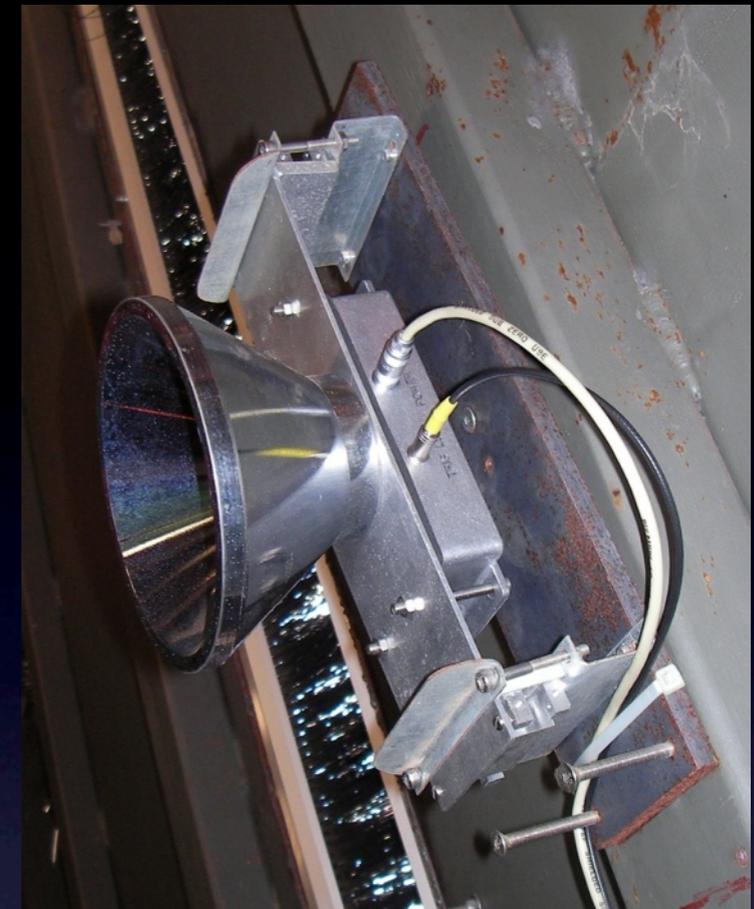
Maintenance sur site

- 1 opération sur site par an
 - Janvier 2010 (FT, JPT)
 - Janvier 2011 (FT, JPT, JB)
- Typiquement:
 - Nettoyage des pixels
 - Pixels morts remplacés
 - Ajustement des gains
 - Réponses aux problèmes ponctuels
 - ~12h par caméra
- Aide du personnel local

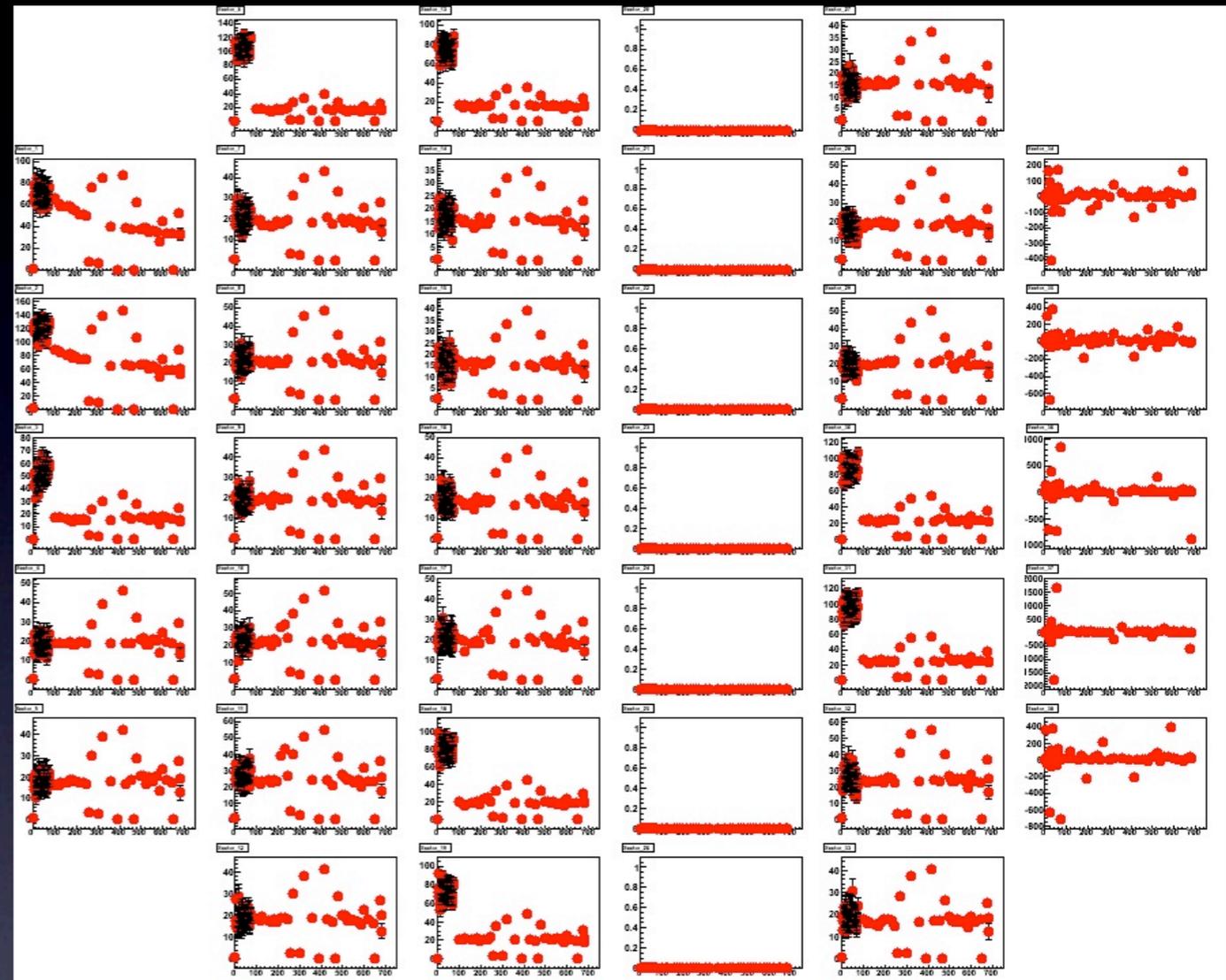
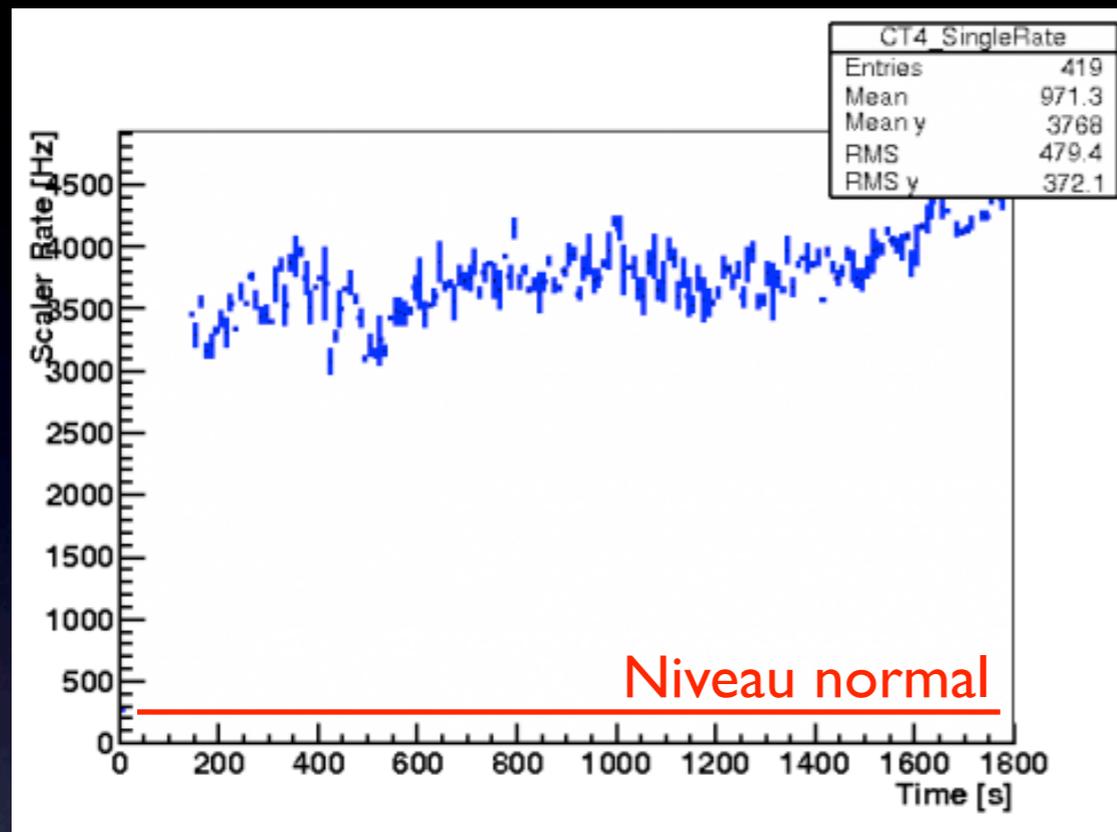


Améliorations

- Mission sur site en juin 2011
- Installation d'un nouveau système «Single Photo-Electron»
- Photo-electron unique: moyen efficace de calibrer les caméras
 - ➔ Donne le lien entre la quantité de lumière reçue et la tension à la sortie du PM
- Made in LPNHE !
- Système testé avec la caméra H.E.S.S.-II
- Réglages automatisés
- Pilotage par ethernet depuis la salle de contrôle



Maintenance à distance



- Contact permanent avec l'équipe de shift
- Résolution des problèmes au jour le jour
- Direction de l'équipe technique sur place
- BUT: maximiser le nombre de télescopes en prise de données
- Constat: les gros problèmes sont sensiblement plus fréquents...
 - ➔ Les caméras vieillissent !
- Prochaine maintenance, début 2012...

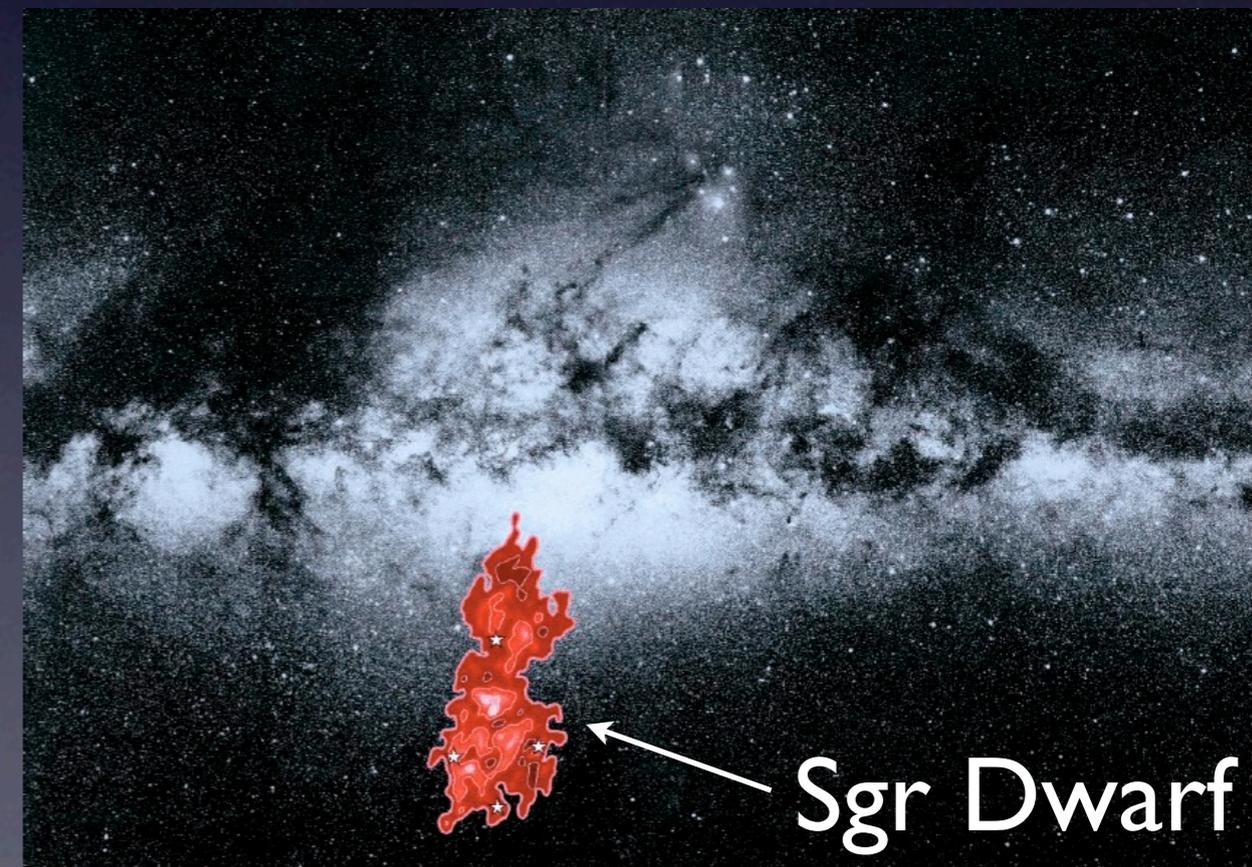
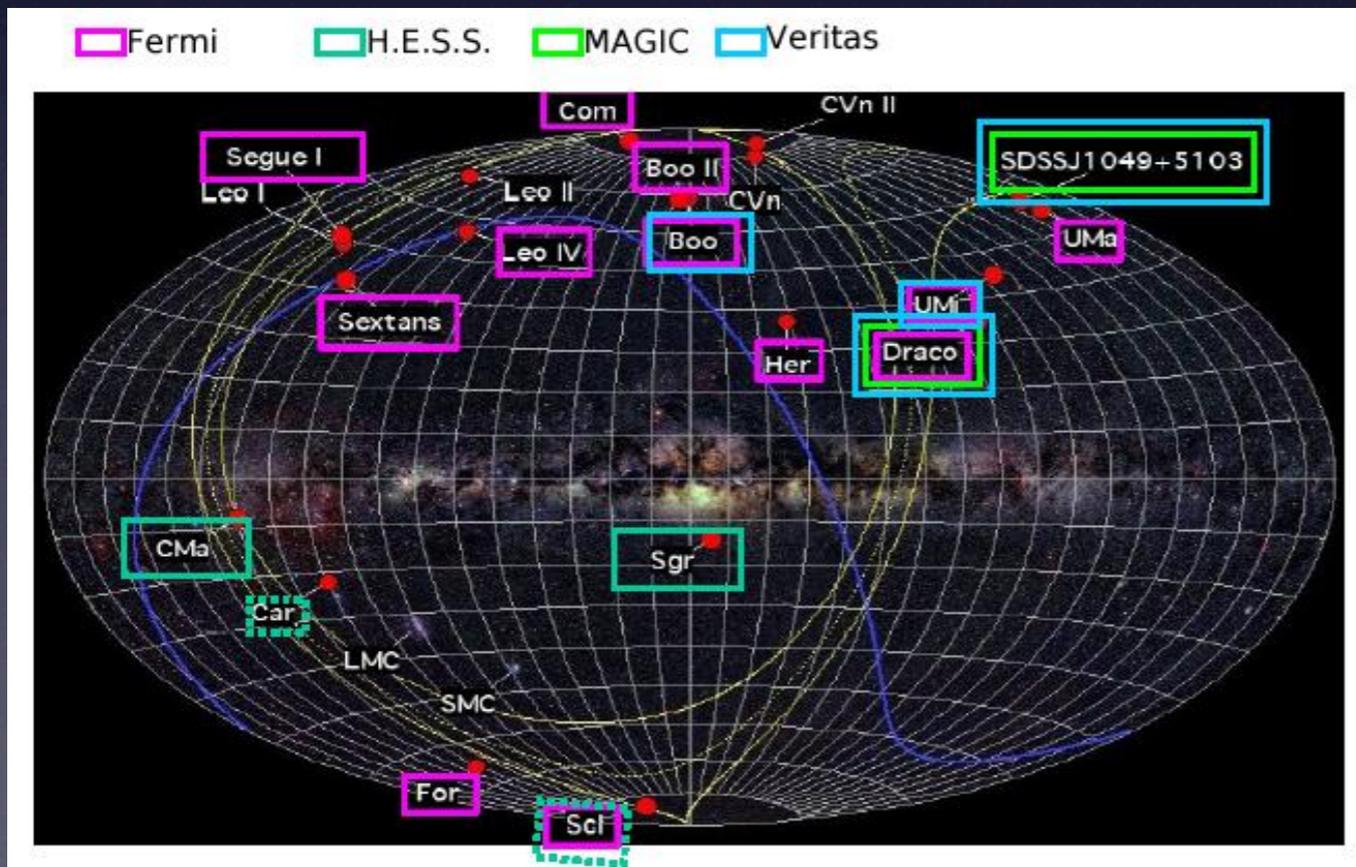
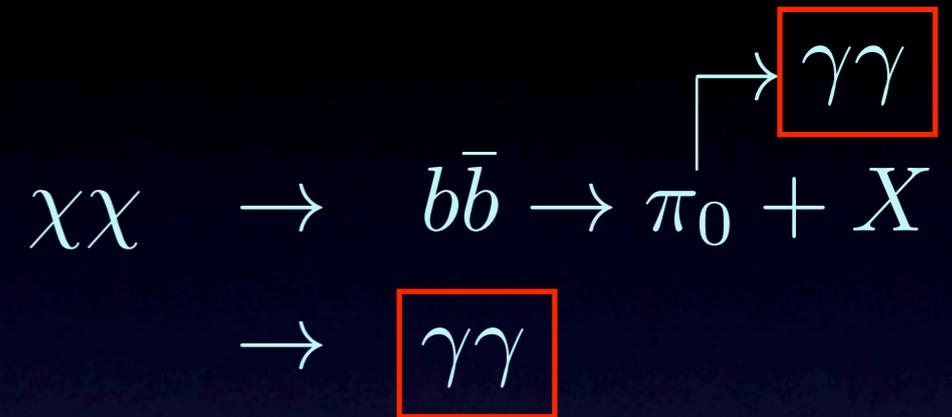
Analyse

Matière noire

Recherche indirecte de matière noire SUSY

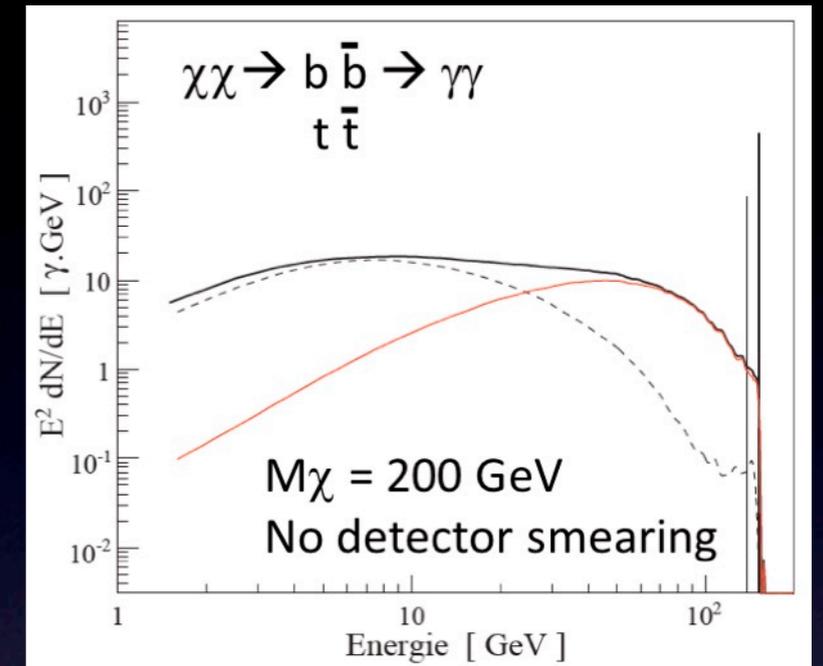
(A. Jacholkowska, J.-P. Tavernet, P. Vincent, JB)

- Matière noire : massive, mais invisible
- Un bon candidat pour la matière noire : le neutralino (χ)
- Annihilation du neutralino \rightarrow photons
- Problèmes: sources diffuses, flux faibles...

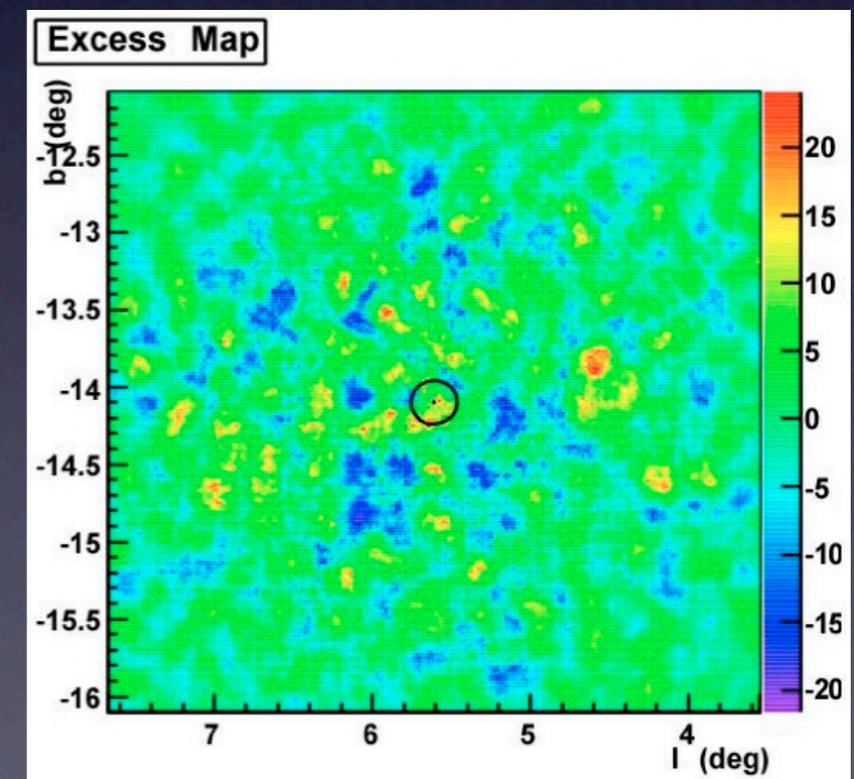


La galaxie naine du Sagittaire

- Sgr Dwarf
 - Source proche (26 kpc)
 - M/L ~ 25
 - Disloquée par vents de marée de la Voie Lactée
- Rôle moteur du LPNHE
- Depuis 2006, observations tous les ans
 - ~45 h analysées
 - beaucoup plus à venir
- Résultats actuels
 - Excès 3-4 sigma sur la position nominale
 - Essai de fit des distributions en énergie (stage H. du Mas des Bourboux, L3 PHYTEM)



Spectre d'annihilation simulé



Carte d'excès Sgr Dwarf, résultats publiés

Thèse d'Aldée Charbonnier

- Titre: «De la recherche de matière noire à l'émission diffuse de rayons gamma dans l'expérience H.E.S.S.»
- Direction: D. Maurin et J.-P. Tavernet
- Thèse soutenue le 26 novembre 2010

- Les essentiels

- Travail sur la méthode ON-OFF

- ➡ Critères pour la sélection des paires

- Modélisation de la distribution de matière noire dans la Galaxie

- Un code semi-analytique pour prédire les flux de matière noire

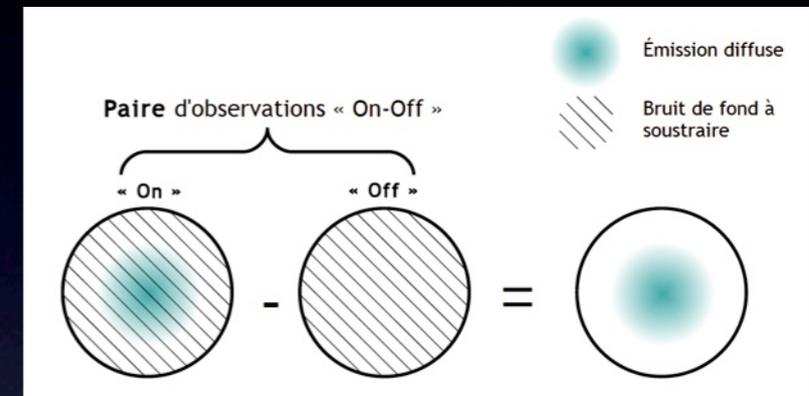
- ➡ 2 papiers en collaboration avec des spécialistes

- Analyse de données H.E.S.S.:

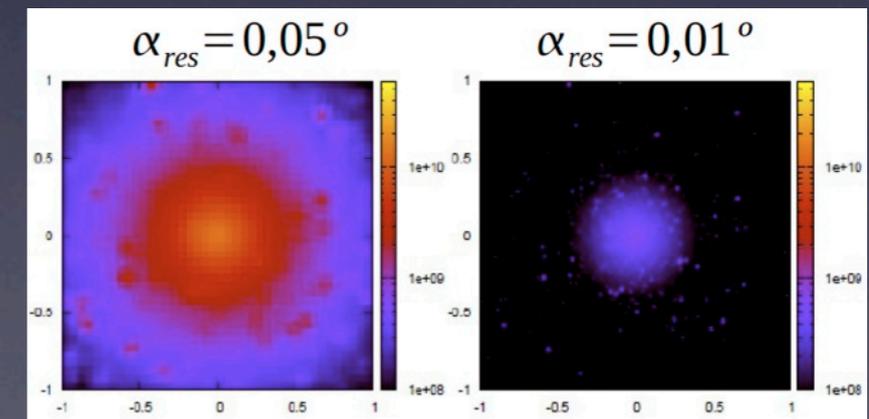
- Etude des galaxies naines sphéroïdes Carina, Sculptor, Sagittarius

- Résultats: limites sur la section efficace d'annihilation

- ➡ 1 papier H.E.S.S.



Principe de la méthode ON-OFF



Exemple de simulation de grumeaux de matière noire

Etude des sources étendues

Analyse du PWN HESS J1825-134

(C. Naumann, A. Jacholkowska)

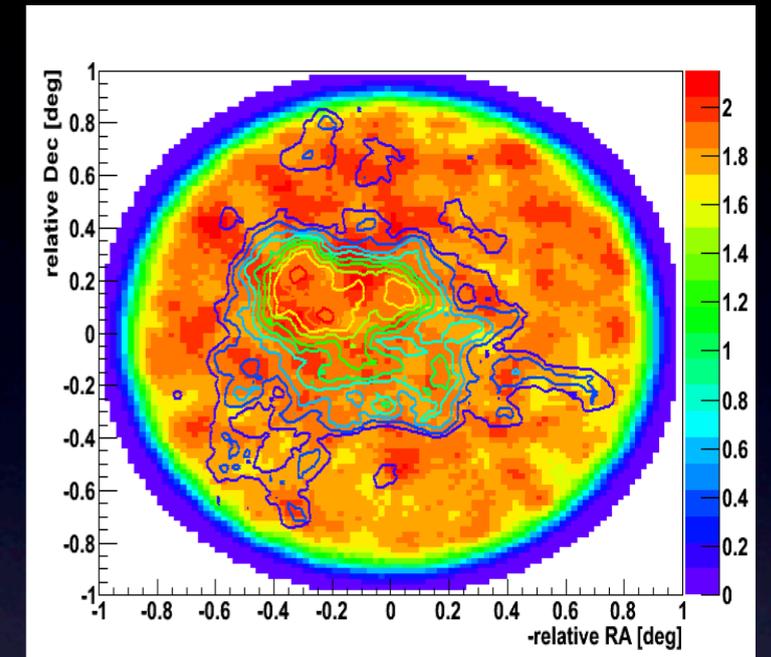
- Morphologie complexe

- Source étendue
- Très asymétrique
- Autres sources à proximité
- Indice spectral qui change avec la distance du pulsar

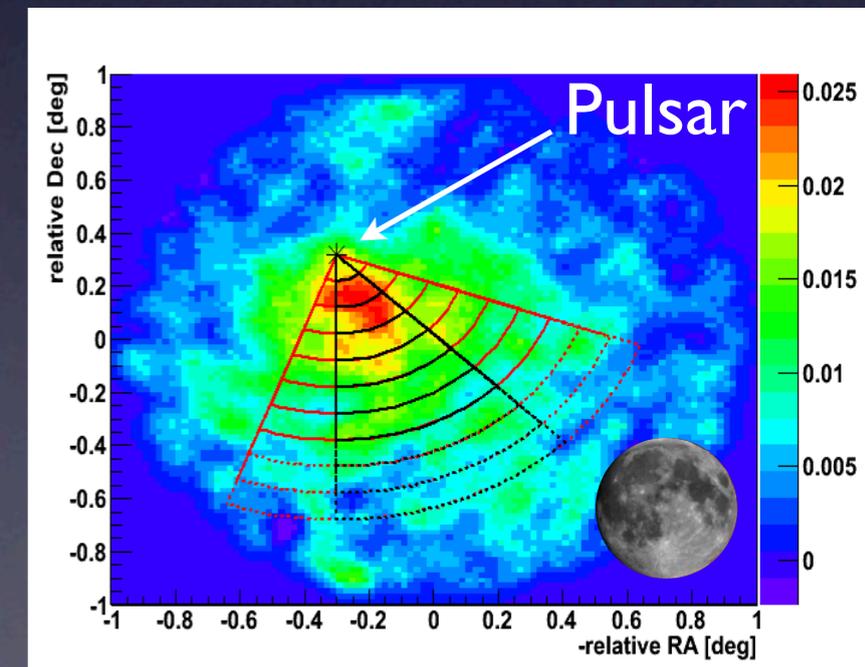
➡ Méthodes standards peu performantes

- Ré-analyse de PWN HESS J1825-134

- Plus de statistiques
- Nouvelle méthode de sélection et de pondération des événements
- Etude des spectres par région
- Fit de vraisemblance avec un modèle astrophysique global



Contours : gamma - Carte hadrons



Excès de gamma - Régions d'étude

Violation d'Invariance de Lorentz

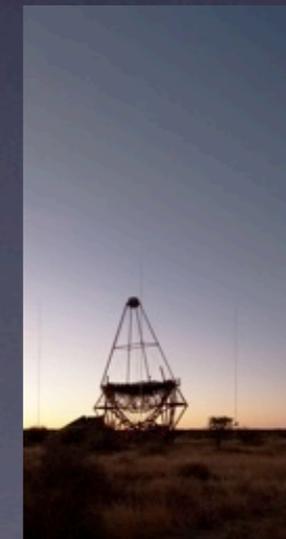
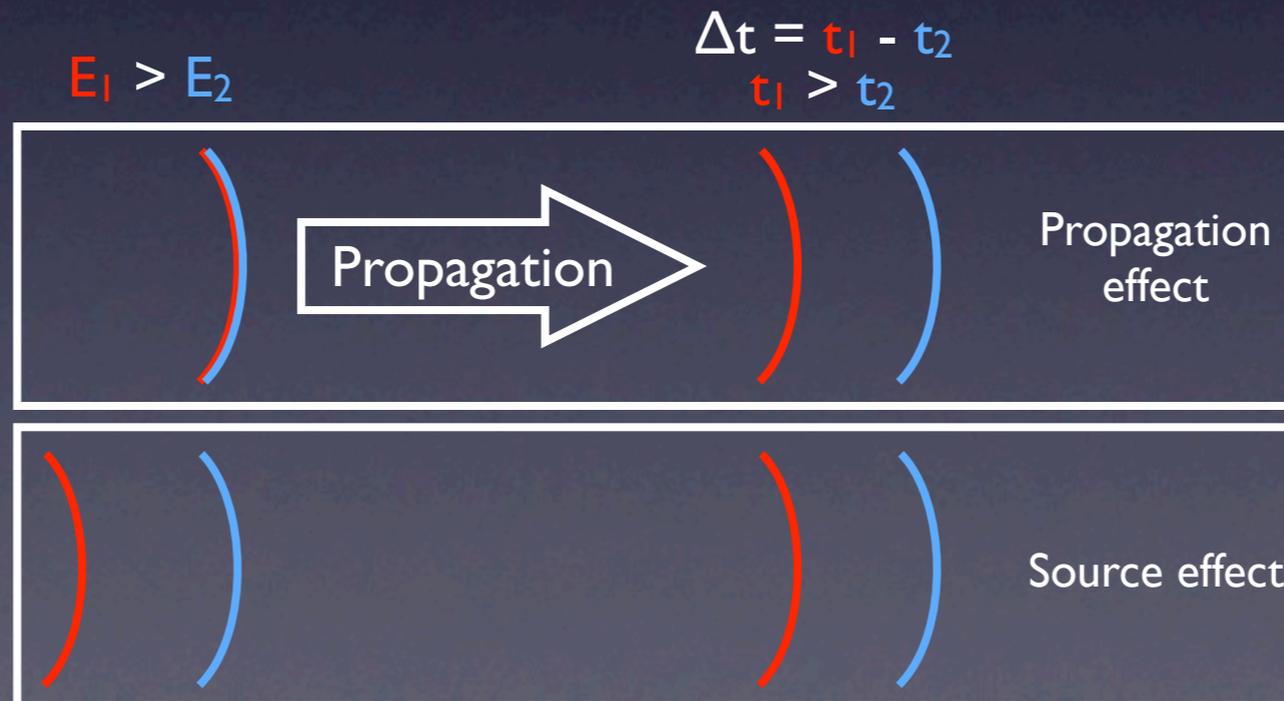
Violation d'Invariance de Lorentz

(A. Jacholkowska, JB)

- Photons d'énergies différentes
→ vitesses différentes
- Effet linéaire ou quadratique
- Echelle en énergie attendue:
 $E_P = 1.2 \times 10^{19}$ GeV
- Effets de propagation en
compétition avec effets sources

$$c' = c \left(1 \pm \xi \frac{E}{E_P} \pm \zeta^2 \frac{E^2}{E_P^2} \right)$$

$$\frac{\Delta t}{\Delta E} \approx \frac{\xi}{E_P H_0} \int_0^z dz' \frac{(1+z')}{\sqrt{\Omega_m (1+z')^3 + \Omega_\Lambda}}$$



Violation d'Invariance de Lorentz

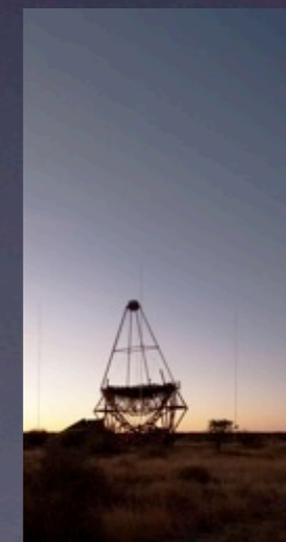
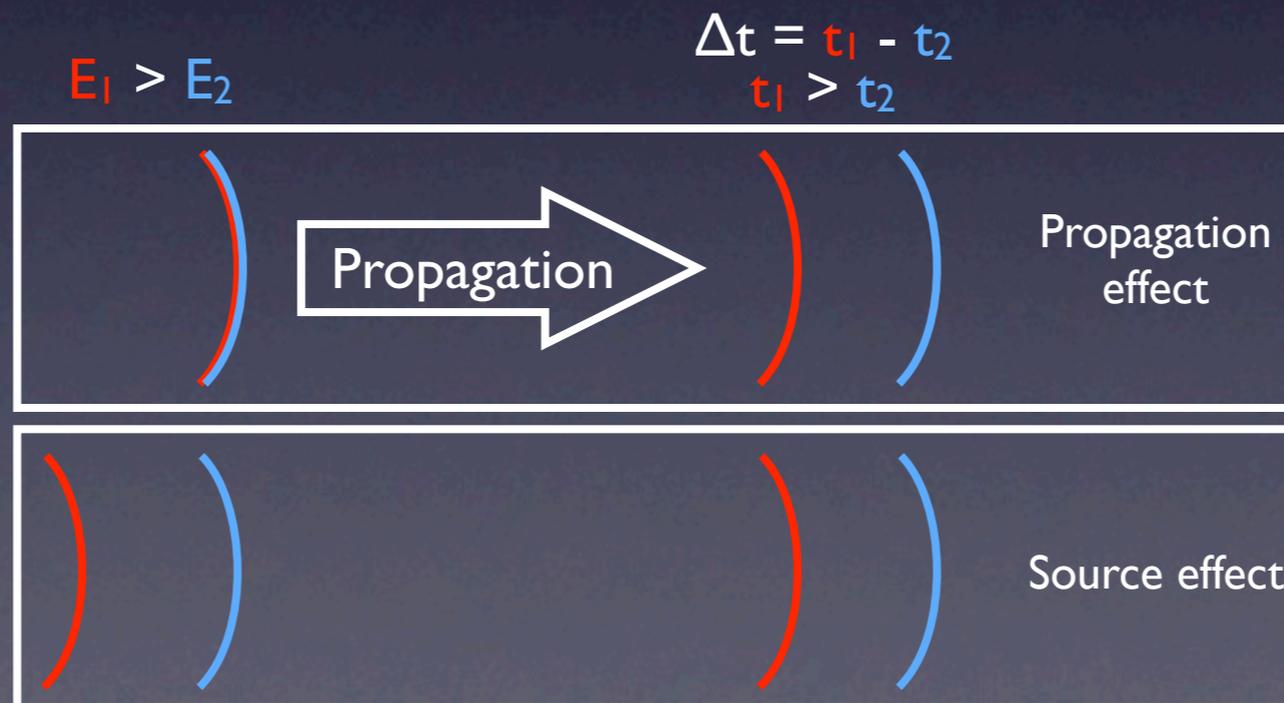
(A. Jacholkowska, JB)

- Photons d'énergies différentes
→ vitesses différentes
- Effet linéaire ou quadratique
- Echelle en énergie attendue:
 $E_P = 1.2 \times 10^{19} \text{ GeV}$
- Effets de propagation en
compétition avec effets sources

$$c' = c \left(1 \pm \xi \frac{E}{E_P} \pm \zeta^2 \frac{E^2}{E_P^2} \right)$$

Différence des temps d'arrivée

$$\frac{\Delta t}{\Delta E} \approx \frac{\xi}{E_P H_0} \int_0^z dz' \frac{(1+z')}{\sqrt{\Omega_m (1+z')^3 + \Omega_\Lambda}}$$



Violation d'Invariance de Lorentz

(A. Jacholkowska, JB)

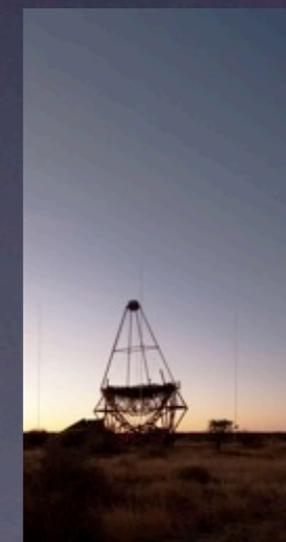
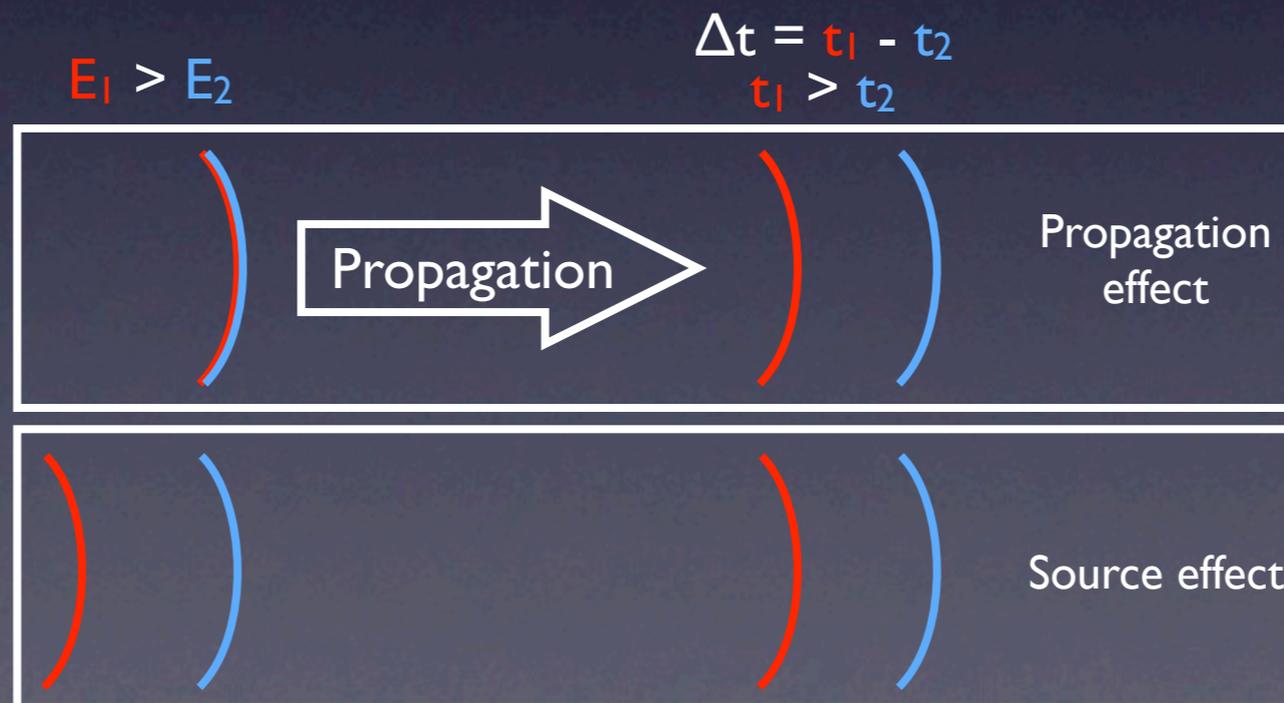
- Photons d'énergies différentes
→ vitesses différentes
- Effet linéaire ou quadratique
- Echelle en énergie attendue:
 $E_P = 1.2 \times 10^{19} \text{ GeV}$
- Effets de propagation en
compétition avec effets sources

$$c' = c \left(1 \pm \xi \frac{E}{E_P} \pm \zeta^2 \frac{E^2}{E_P^2} \right)$$

Différence des temps d'arrivée

$$\frac{\Delta t}{\Delta E} \approx \frac{\xi}{E_P H_0} \int_0^z dz' \frac{(1+z')}{\sqrt{\Omega_m (1+z')^3 + \Omega_\Lambda}}$$

Différence d'énergies des photons



Violation d'Invariance de Lorentz

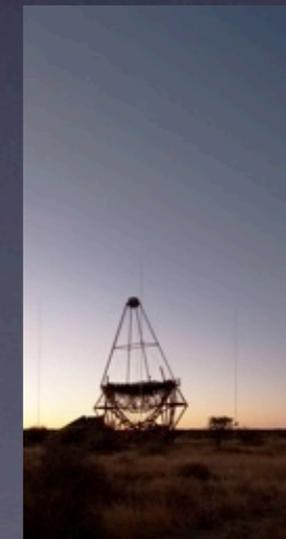
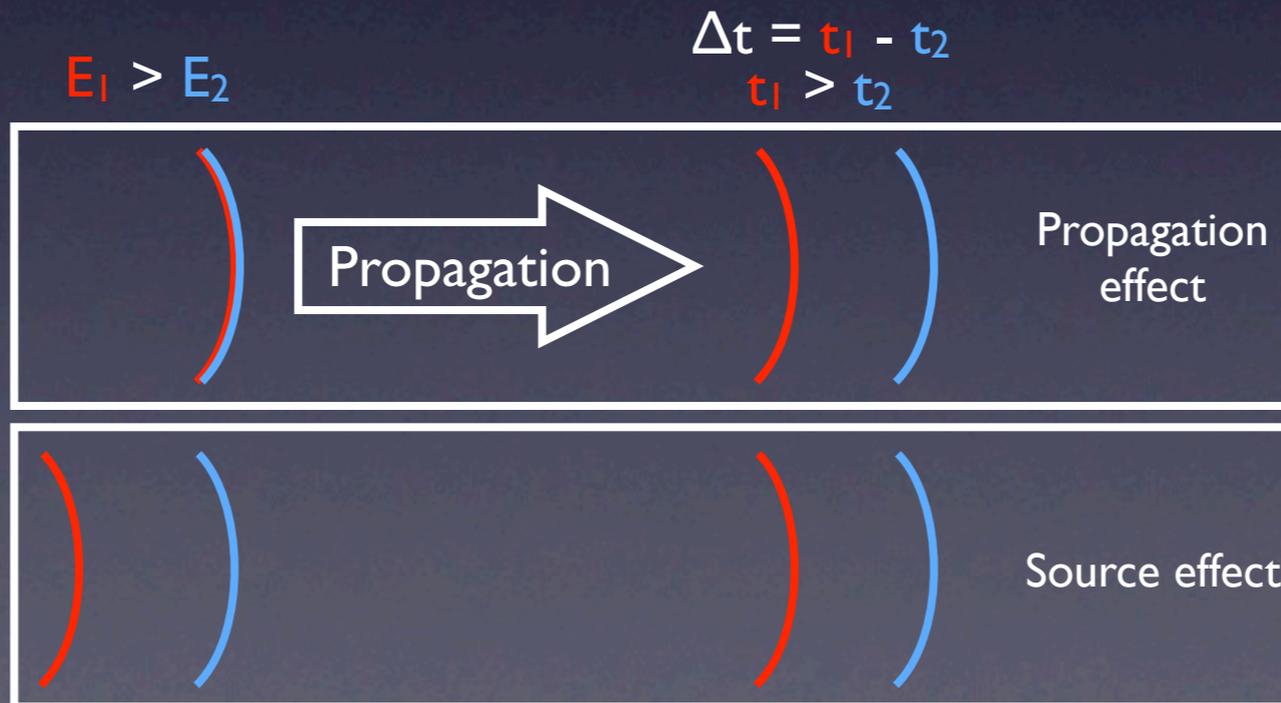
(A. Jacholkowska, JB)

- Photons d'énergies différentes
→ vitesses différentes
- Effet linéaire ou quadratique
- Echelle en énergie attendue:
 $E_P = 1.2 \times 10^{19} \text{ GeV}$
- Effets de propagation en
compétition avec effets sources

$$c' = c \left(1 \pm \xi \frac{E}{E_P} \pm \zeta^2 \frac{E^2}{E_P^2} \right)$$

Paramètre à déterminer

$$\frac{\Delta t}{\Delta E} \approx \frac{\xi}{E_P H_0} \int_0^z dz' \frac{(1+z')}{\sqrt{\Omega_m (1+z')^3 + \Omega_\Lambda}}$$



Violation d'Invariance de Lorentz

(A. Jacholkowska, JB)

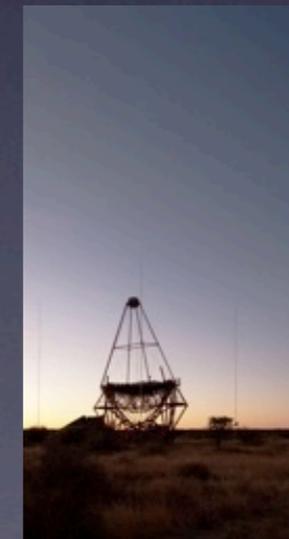
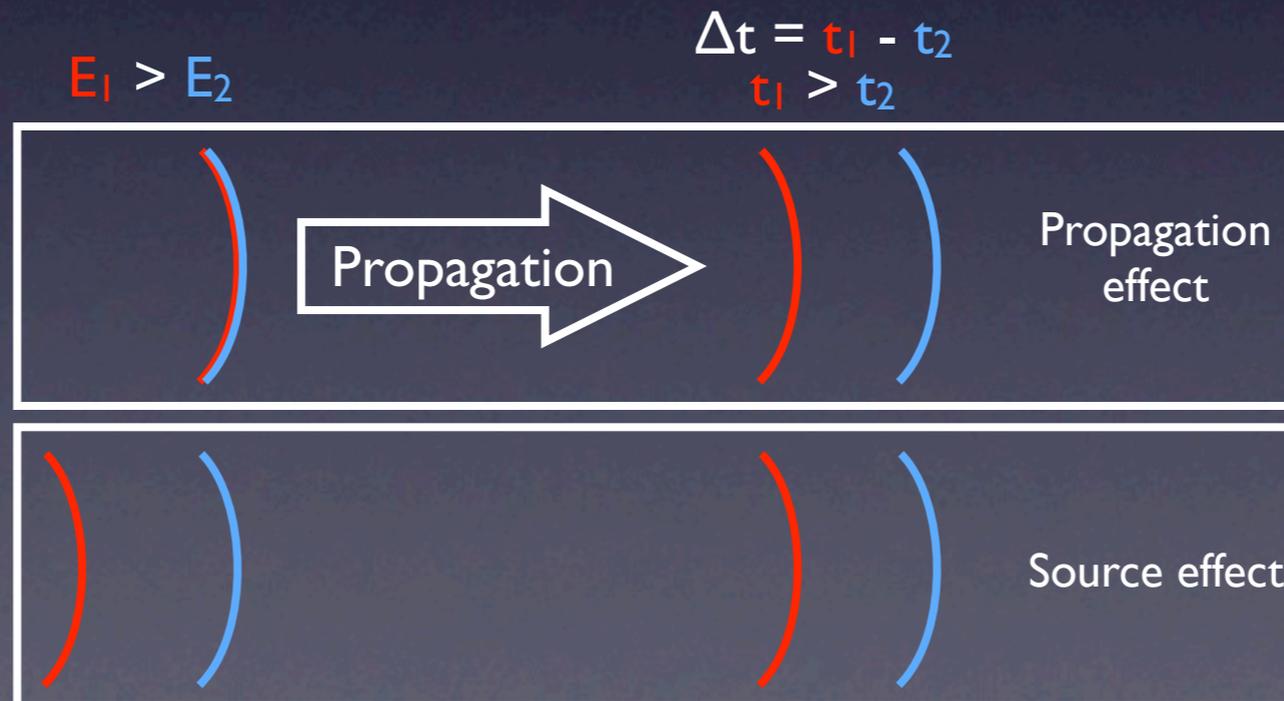
- Photons d'énergies différentes
→ vitesses différentes
- Effet linéaire ou quadratique
- Echelle en énergie attendue:
 $E_P = 1.2 \times 10^{19} \text{ GeV}$
- Effets de propagation en
compétition avec effets sources

$$c' = c \left(1 \pm \xi \frac{E}{E_P} \pm \zeta^2 \frac{E^2}{E_P^2} \right)$$

Paramètre à déterminer

$$\frac{\Delta t}{\Delta E} \approx \frac{\xi}{E_P H_0} \int_0^z dz' \frac{(1+z')}{\sqrt{\Omega_m (1+z')^3 + \Omega_\Lambda}}$$

Augmente avec le redshift



Dernière publication H.E.S.S. sur la VIL

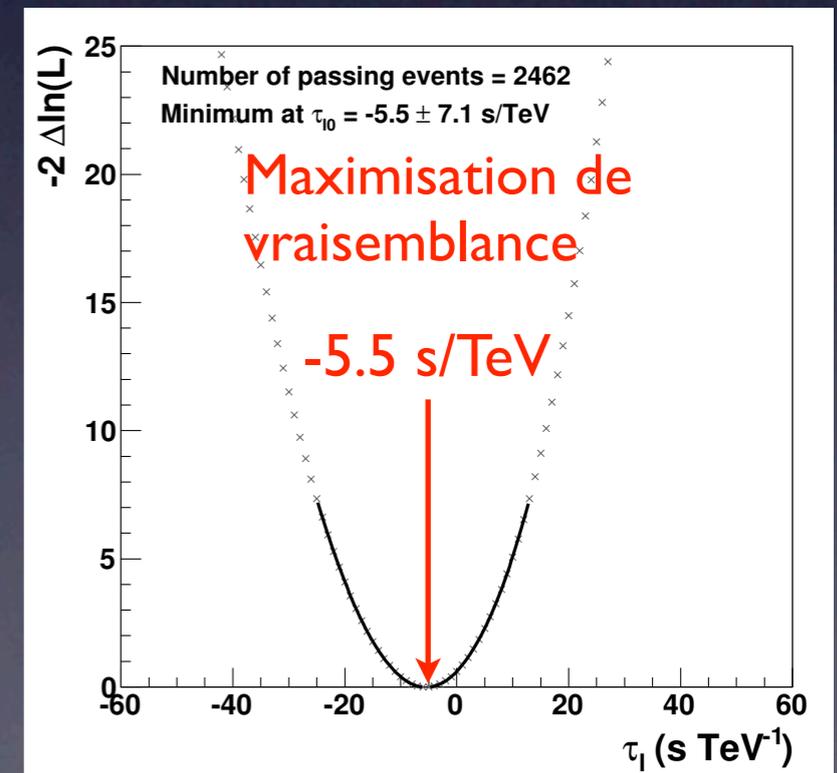
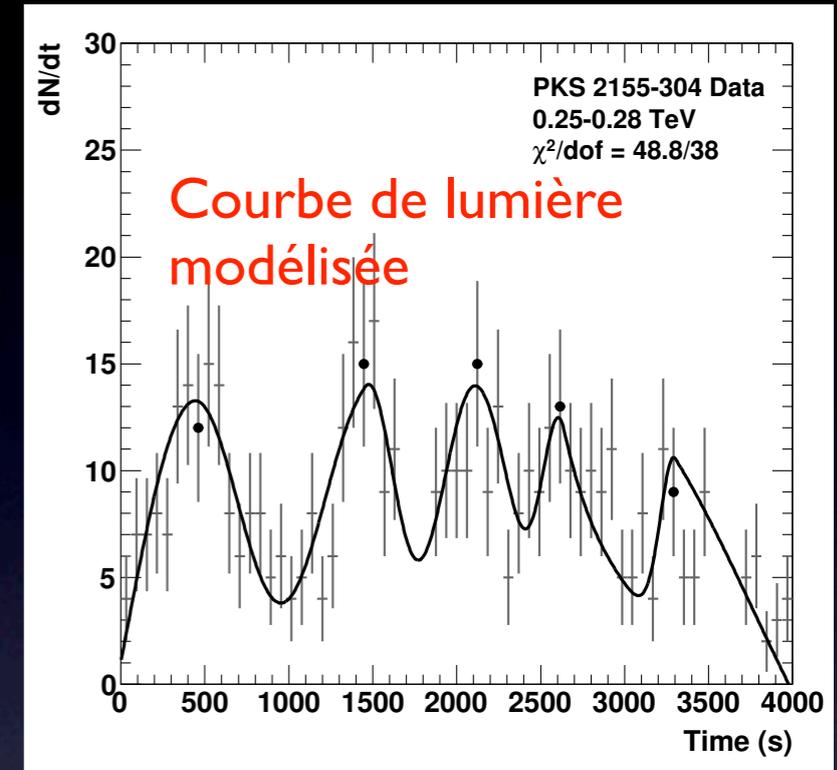
- Nouvelle analyse des données de PKS 2155-304 pour l'éruption de juillet 2006
 - Conditions d'observation idéales
 - Statistiques élevées
 - ~10000 photons après coupures
 - Fond négligeable
- Nouvelle méthode plus précise → vraisemblance
- Etude détaillée de la méthode et des systématiques
- Résultats améliorés d'un facteur 3

$$M_{QG}^l > 2.1 \times 10^{18} \text{ GeV } (\xi < 5.7)$$

$$M_{QG}^q > 0.6 \times 10^{11} \text{ GeV } (\zeta < 3.6 \times 10^{16})$$

➔ 1 papier

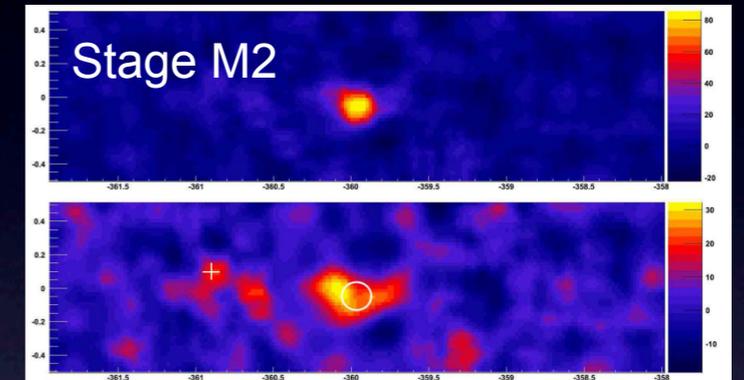
- Limite terme linéaire → renforce les résultats Fermi
- Limite terme quadratique → la meilleure limite actuelle



Les thèses

Thèse de Tania Garrigoux

- Titre: «Recherche de matière noire super-symétrique dans les canaux $\chi\chi \rightarrow \text{ll}$ et $\chi\chi \rightarrow X\gamma$ et étude de l'émission diffuse galactique avec l'expérience H.E.S.S.»
- Direction: P.Vincent
- Etude du fond diffus des électrons et des gamma
- Etudes galactiques: soustraction des sources ponctuelles et étendues (stage M2)
- Premières données de H.E.S.S.-II



Exemple soustraction source ponctuelle



Thèse de Camille Couturier

- Titre: «Recherches d'effets de brisure de Symétrie de Lorentz et de Gravité Quantique avec les sources astrophysiques»
- Direction: A. Jacholkowska, JB
- Etudes conjointes
 - AGN + GRB
 - H.E.S.S./H.E.S.S.-II + Fermi
 - ➡ Domaines d'énergie complémentaires
 - ➡ Etudes en redshift
- Collaborations
 - Avec Fermi
 - Avec les théoriciens



Conclusions

Conclusions



* cpp = contribution par physicien

Conclusions

- H.E.S.S.-I :
 - Une expérience très performante
 - Ré-aluminisation des miroirs en cours



* cpp = contribution par physicien

Conclusions

- H.E.S.S.-I :
 - Une expérience très performante
 - Ré-aluminisation des miroirs en cours
- De nouvelles perspectives avec H.E.S.S.-II



* cpp = contribution par physicien

Conclusions

- H.E.S.S.-I :
 - Une expérience très performante
 - Ré-aluminisation des miroirs en cours
- De nouvelles perspectives avec H.E.S.S.-II

- ICRC 2011
 - 31 contributions H.E.S.S. (0.2 cpp*)
 - 39 contributions AUGER (0.09 cpp)



* cpp = contribution par physicien

Conclusions

- H.E.S.S.-I :
 - Une expérience très performante
 - Ré-aluminisation des miroirs en cours
- De nouvelles perspectives avec H.E.S.S.-II
- ICRC 2011
 - 31 contributions H.E.S.S. (0.2 cpp*)
 - 39 contributions AUGER (0.09 cpp)
- Implication forte du LPNHE
 - Responsabilités croissantes
 - Personnel en forte décroissance



* cpp = contribution par physicien

Conclusions

- H.E.S.S.-I :
 - Une expérience très performante
 - Ré-aluminisation des miroirs en cours
- De nouvelles perspectives avec H.E.S.S.-II

- ICRC 2011
 - 31 contributions H.E.S.S. (0.2 cpp*)
 - 39 contributions AUGER (0.09 cpp)

- Implication forte du LPNHE
 - Responsabilités croissantes
 - Personnel en forte décroissance



* cpp = contribution par physicien

Conclusions

- H.E.S.S.-I :
 - Une expérience très performante
 - Ré-aluminisation des miroirs en cours
- De nouvelles perspectives avec H.E.S.S.-II
- ICRC 2011
 - 31 contributions H.E.S.S. (0.2 cpp*)
 - 39 contributions AUGER (0.09 cpp)
- Implication forte du LPNHE
 - Responsabilités croissantes
 - Personnel en forte décroissance
- Une étape importante: le démarrage de H.E.S.S.-II en 2012



* cpp = contribution par physicien