



**Equipe H.E.S.S.**

---

**LPNHE,  
Biennale 2016**

06/10/2016





# Introduction

- **Rappel des enjeux de l'expérience H.E.S.S.**
- **Activités du groupe du LPNHE**
  - **Thèmes de recherche**
  - **Développement d'outils d'analyse**
  - **Travaux instrumentaux**
- **Résumé et perspectives**

# Les enjeux de l'expérience



## Sources galactiques

SNR, PWN, pulsars

## Sources extragalactiques

AGN, starburst galaxies

## Astroparticules & cosmologie

Dark matter  
Axions  
EBL  
LIV  
Diffuse emission

Origine et nature des rayons cosmiques  
Origine et nature des accélérateurs cosmiques  
Physique des objets compacts (trous noirs / étoiles à neutrons)

**Julien Bolmont**  
**Agnieszka Jacholkowska**  
**Jean-Philippe Lenain**  
**Jean-Paul Tavernet**  
**Pascal Vincent**

David Maurin  
Mathieu de Naurois  
Olivier Martineau-Huynh  
Monique Rivoal  
Cécile Renault

**Matteo Cerruti**

Mariangela Settimo  
Christopher L. Naumann  
Mohamed Ouchrif  
Julien Raux  
Varsha Chitnis



**Daniel Kerszberg**  
**Cédric Perennes**

Mathieu Chrétien  
Matthieu Kieffer  
Raphaël Chalmé-Calvet  
Tania Garrigoux  
Camille Couturier  
François Brun  
Aldée Charbonne  
Mohamed Ahrouz  
Loïc Rolland  
Julien Guy



Michel Ba Trung  
Julien Coridian  
Pascal Corona  
Jean-Pierre Denance  
Collette Goffin  
Andrée Guimard  
Hervé Lebbolo  
Patrick Nayman  
Jean-Marc Parraud  
Eric Pierre  
Rachid Séfri

**François Toussnel**

Michèle Detournay  
Philippe Gauron  
Luz Guevara Riveros  
Nicolas Roche  
Jean-François Huppert  
Vincent Voisin

Walter Bertoli  
Patrick Ghislain  
Philippe Repain



**Bernard Caraco**

Franck Leclercq  
Michael Roynel





# Composition du groupe

**Responsable scientifique local : Pascal Vincent**

**Responsable technique local : François Toussenel**

## 5 permanents :

		<b>HDR</b>	<b>ETP</b>	<b>∅(1)</b>
• Julien BOLMONT	MCF	✓	0,2	
• Agnieszka JACHOLKOWSKA	Emérite	✓	0,8	
• Jean-Philippe LENAIN	CR		0,8	
• Jean-Paul TAVERNET	PR	✓	0,2	
• Pascal VINCENT	PR	✓	0,4	

## 1 post-doctorant :

	<b>Sujet</b>	<b>ETP</b>	<b>∅(1)</b>	<b>Début</b>	<b>Fin</b>
• Matteo CERRUTI	Astrophysique et étude de CT5	1,0		2015/11	2018/10

## 2 doctorants :

	<b>Financement</b>	<b>Direction &amp; Co</b>	<b>ETP</b>	<b>∅(1)</b>	<b>Début</b>	<b>Fin</b>
• Daniel KERSZBERG	MESR	P. VINCENT/J.-P. LENAIN	1,0		2014/10	2017/09
• Cédric PERENNES	MESR/LPNHE	J. BOLMONT/H. SOL	1,0		2015/10	2018/09



# Composition du groupe

**Responsable scientifique local : Pascal Vincent**

**Responsable technique local : François Toussenel**

## **5 permanents :**

- Julien BOLMONT                      Responsable des caméras de H.E.S.S.
- Agnieszka JACHOLKOWSKA            Coordination des groupes français d'analyses
- Jean-Philippe LENAIN                Convener du groupe extragalactique de H.E.S.S. (jusqu'à Septembre 2016)
- Jean-Paul TAVERNET
- Pascal VINCENT                        Membre du « collaboration board »

## **1 post-doctorant :**

- Matteo CERRUTI                        Deputy-convener du groupe extragalactique de H.E.S.S.

## **2 doctorants :**

- Daniel KERSZBERG
- Cédric PERENNES

## Quelques thèses récentes soutenues dans l'équipe



### 2014-10 : Camille Couturier

**Invariance de Lorentz** et Gravitation Quantique: contraintes avec des **sources extragalactiques** variables observées par H.E.S.S. et Fermi-LAT

Directrice: Jacholkowska Agnieszka

### 2015-05 : Tania Garrigoux

Etude des **émissions diffuses** avec l'expérience H.E.S.S.

Directeur: Vincent Pascal

### 2015-09 : Matthieu Kieffer

Recherche indirecte de **matière noire** avec l'expérience HESS et étude des contraintes communes avec les accélérateurs

Directrice: Jacholkowska Agnieszka

### 2015-10 : Mathieu Chrétien

Recherche de l'émission périodique des **pulsars** et étude de la violation de **l'invariance de Lorentz** avec HESS2

Directeur: Bolmont Julien

### 2015-11 : Raphaël Chalmé-Calvet

Etalonnage de la caméra de HESS II et observation du **Centre Galactique** au-delà de 30 GeV

Directeur: Tavernet Jean-Paul

## Thèses en cours dans l'équipe



### 2014/10 - 2017/09 : Daniel KERSZBERG

Etude des **fonds diffus** galactiques et extragalactiques avec l'expérience HESS et le satellite Fermi et recherche de la matière noire dans l'Univers

Direction & Co : Vincent Pascal , Jean-Philippe Lenain

### 2015/10 - 2018/09 : Cédric PERENNES

Tests de **l'invariance de Lorentz** avec les sources astrophysiques : effets de propagation et effets intrinsèques dans les noyaux actifs de galaxies

Direction & Co : Julien Bolmont, Hélène Sol (LUTH)

Nouvelles thèses prévues en 2017 et 2018 pour garder le même nombre d'effectifs

# Activités Scientifiques



## Principales activités scientifiques de l'équipe : **Analyses**

- **Astrophysique**

Etude des processus de production et d'accélération des particules dans les sources astrophysiques. Développement de modèle d'émission dans les AGN, études de populations, contraintes sur l'EBL et test de LIV. Recherche d'émissions transitoires, recherche de pulsars. Etude du centre galactique (Sgr A\*).

**M. Cerruti**, *R. Chalmé-Calvet*, *M. Chretien*, *T. Garrigoux*, **J.-P. Lenain**, **C. Perennes**

- **Astro-particules**

Recherche d'un signal gamma en provenance d'annihilations de matière noire super-symétrique ou de type KK. Etude des émissions diffuses (gamma, électrons et hadrons) galactiques et extragalactiques ; reconstructions spectrales et morphologiques des émissions.

*T. Garrigoux*, **A. Jacholkowska**, **D. Kerszberg**, *M. Kieffer*, **J.P. Lenain**, *M. Settimo*, **J.-P. Tavernet**, **P. Vincent**

- **Cosmologie**

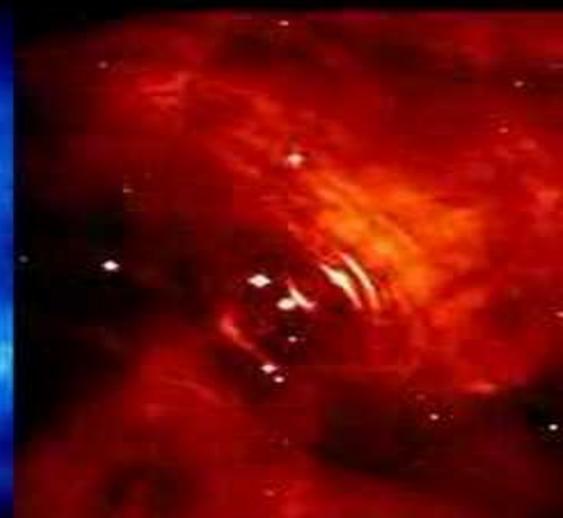
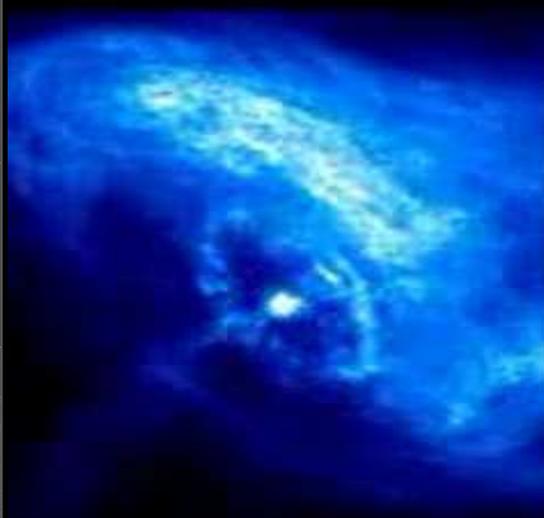
Le test de l'invariance de Lorentz ; modification de la relation de dispersion pour les photons dans le vide (possible en théorie des corde, Gravitation Quantique à boucles, espace-temps non commutatifs ...). Une des rares fenêtres observationnelles pour la GQ

**J. Bolmont**, *M. Chretien*, *C. Couturier*, **A. Jacholkowska**, **C. Perennes**



# Etudes astrophysiques

J.-P. Lenain, R. Chalmé-Calvet, M. Chretien, M. Cerruti, C. Perennes

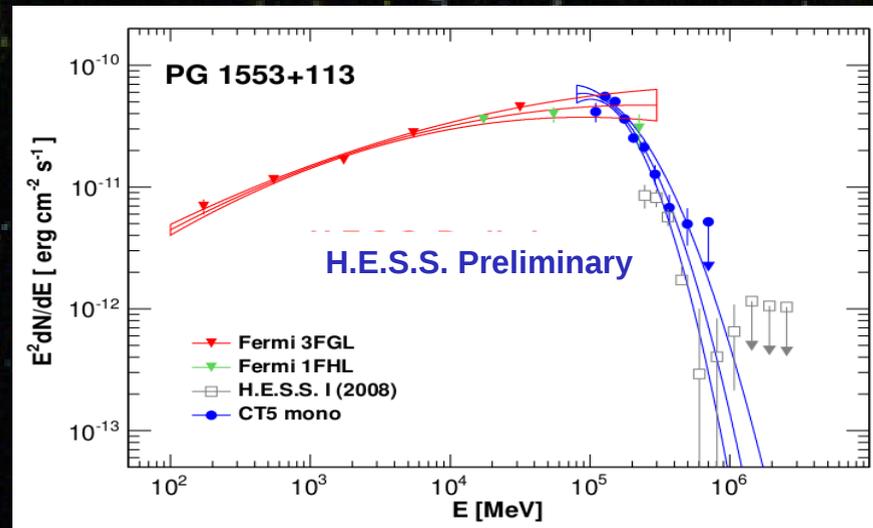
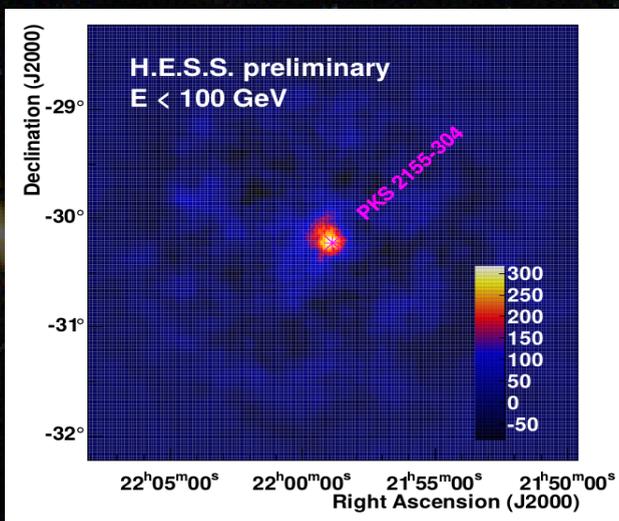


# Activités Scientifiques



## Sources extragalactiques

Etude des processus de production et d'accélération des particules dans les sources astrophysiques.  
Développement de modèle d'émission dans les AGN, études de populations.



**premier papier AGN avec H.E.S.S. Il soumis à A&A**  
Auteur correspondant : **Jean-Philippe Lenain.**

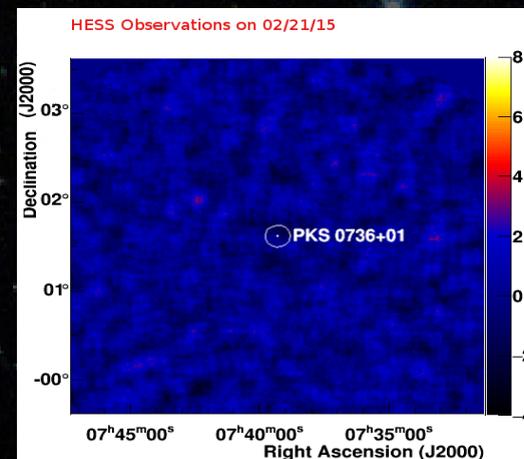
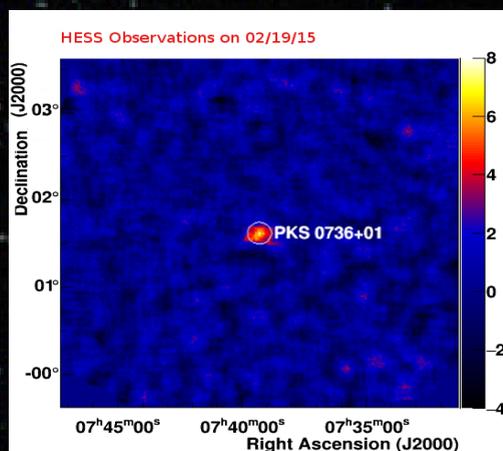
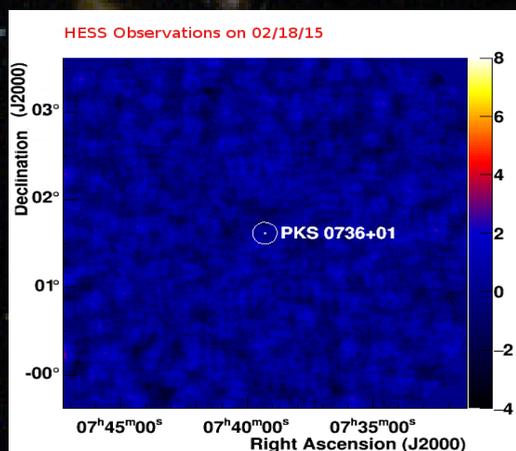
# Activités Scientifiques



## Noyaux actifs de galaxies

Target of Opportunities et Campagnes Multi-longueur-d'onde

- Le ciel au TeV est variable! Monitoring des sources avec HESS, et des info multi-longueur-d'onde
- Découverte de nouvelles sources avec HESS II



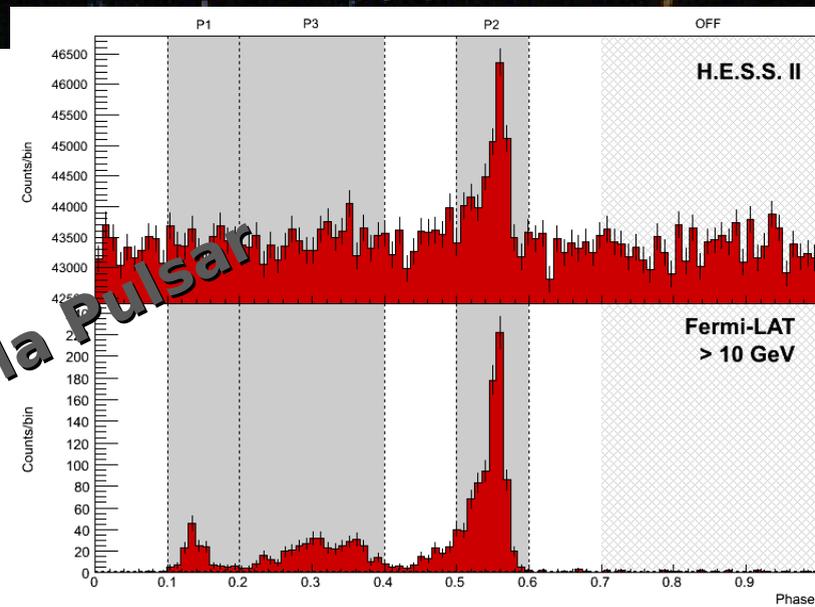
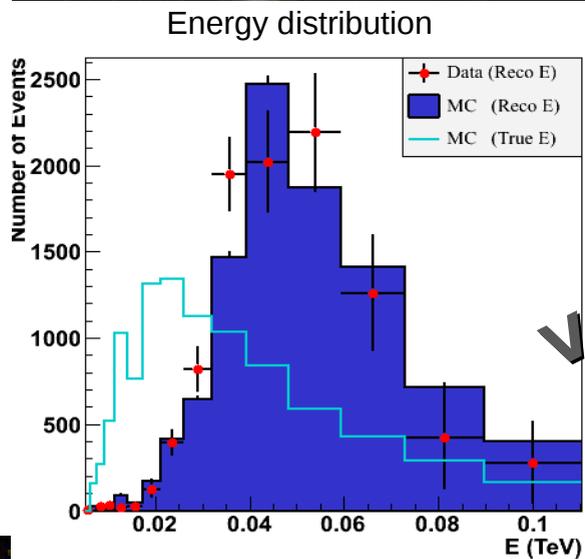
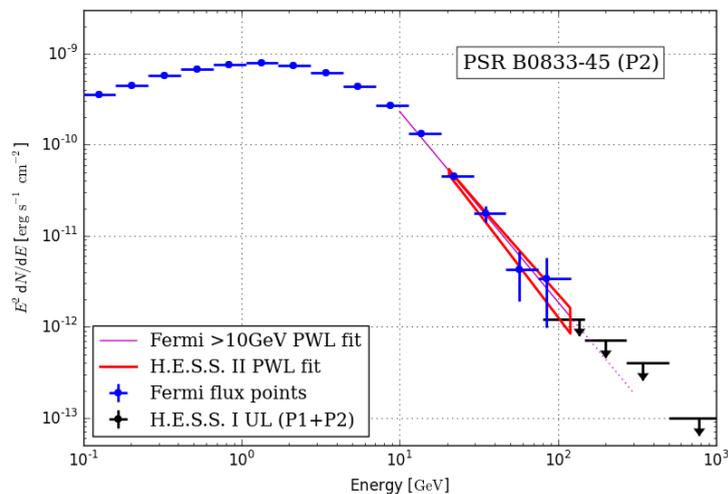
Matteo Cerruti & Jean-Philippe Lenain

# Activités Scientifiques



## Deuxième pulsar aux THE

Observation d'un signal pulsé en direction de Vela  
Détection à partir de 10 GeV



Mathieu Chretien, Julien Bolmont

# Activités Scientifiques

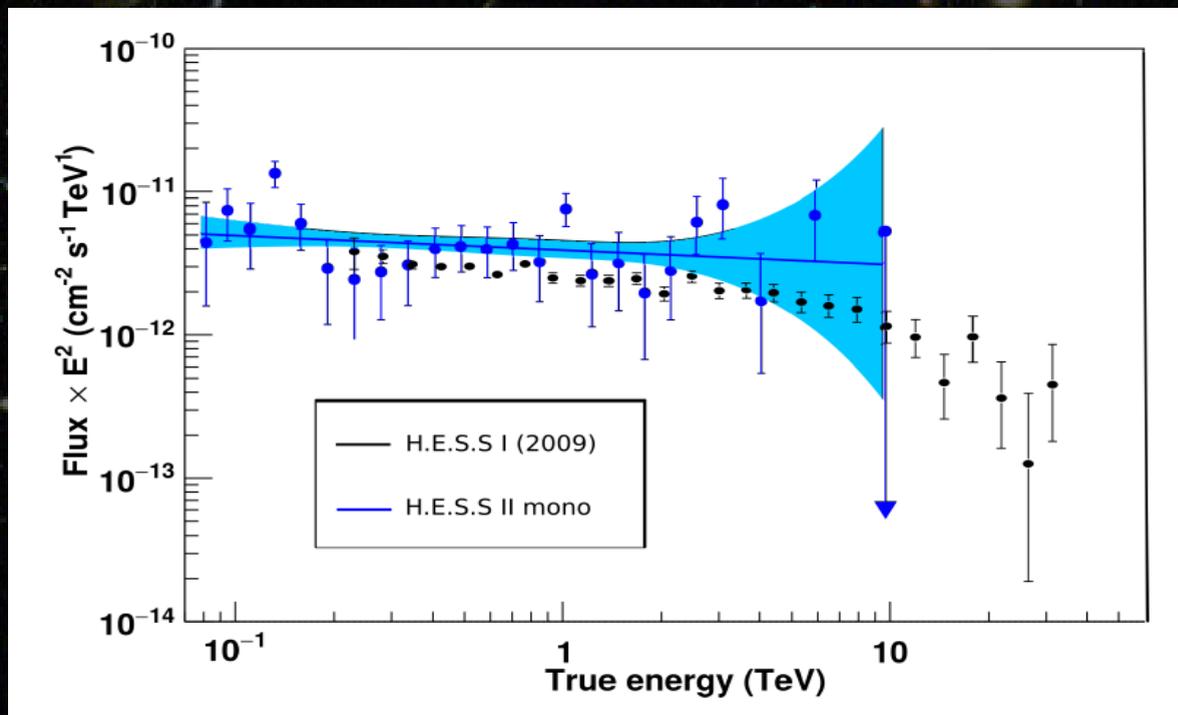
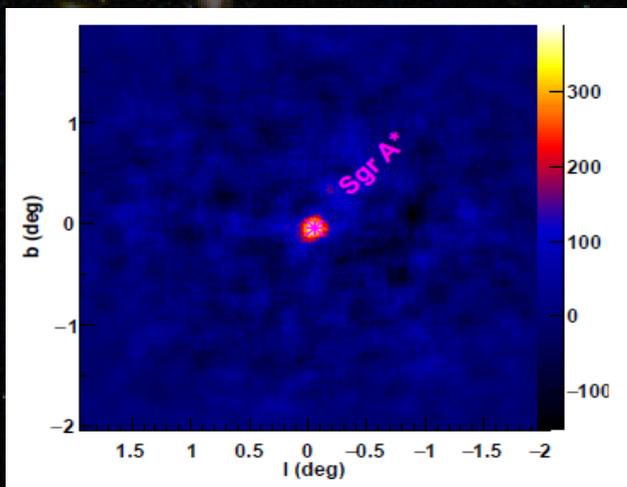


## Etude du centre galactique avec H.E.S.S. II mono

Développement de nouvelles variables discriminante pour la sélection des photons de basses énergies avec HESS II en mode mono-télescope.

Vraisemblance temporelle

Reconstruction du spectre de Sgr A\*



R. Chalmé-Calvet, J.-P. Tavernet



# Astroparticles

*T. Garrigoux, A. Jacholkowska, M. Kieffer, D. Kerszberg, J.-P. Lenain, M. Settimo, J.-P. Tavernet, P. Vincent*

# Activités Scientifiques



## Matière Noire avec H.E.S.S. II: recherche de lignes mono-énergétiques

Développement de méthodes sensibles au signal ligne basées sur des maximum de vraisemblance

Elaboration de stratégie des observations

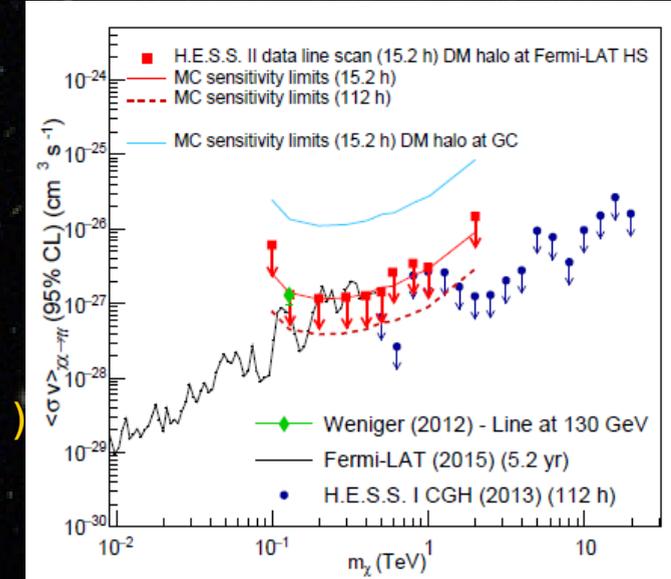
Analyse 18 h des données 2014 (5T) → optimisations  $E < 300$  GeV

Résultats: Limites sur les signaux lignes à 95% CL qui complètent résultats Fermi-LAT et H.E.S.S. I

Résultats préliminaires ICRC 2015 – **M. Kieffer**

Publication dans PRL (travail du "Line Task Force", **A. Jacholkowska**)

*"H.E.S.S. limits on line-like dark matter signatures in the 100 GeV to 2 TeV energy range close to the galactic centre"*





## **Spectre électrons avec H.E.S.S.**

Publications H.E.S.S. en 2008 & 2009. Depuis, 5 fois plus de données.

Vérification interne en cours. Hypothèse de base: accepter événements hors sources en appliquant coupures standard de rejection de protons. Fond diffus gamma étant négligeable, seuls les électrons restent.

Analyse BDT par Innsbruck & Modèle au LPNHE

Publication en cours de discussion.

Futur : développement d'une méthode de « unfolding »



# Cosmologie

*J. Bolmont, M. Chretien, C. Couturier, A. Jacholkowska, C. Perennes*



# Gravitation Quantique et Invariance de Lorentz

Certains modèles prédisent une violation de la Symétrie de Lorentz (Théorie des Cordes, GQ à boucles,...) aux énergies de l'ordre de l'énergie de Planck  $1,22 \times 10^{19}$  GeV

La vitesse des photons dépendrait de leur énergie

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

$\xi$  et  $\zeta$  sont des paramètres

On s'attend à un écarts temporels entre photons d'énergies différentes

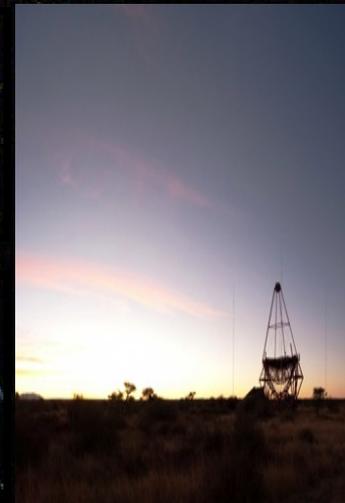
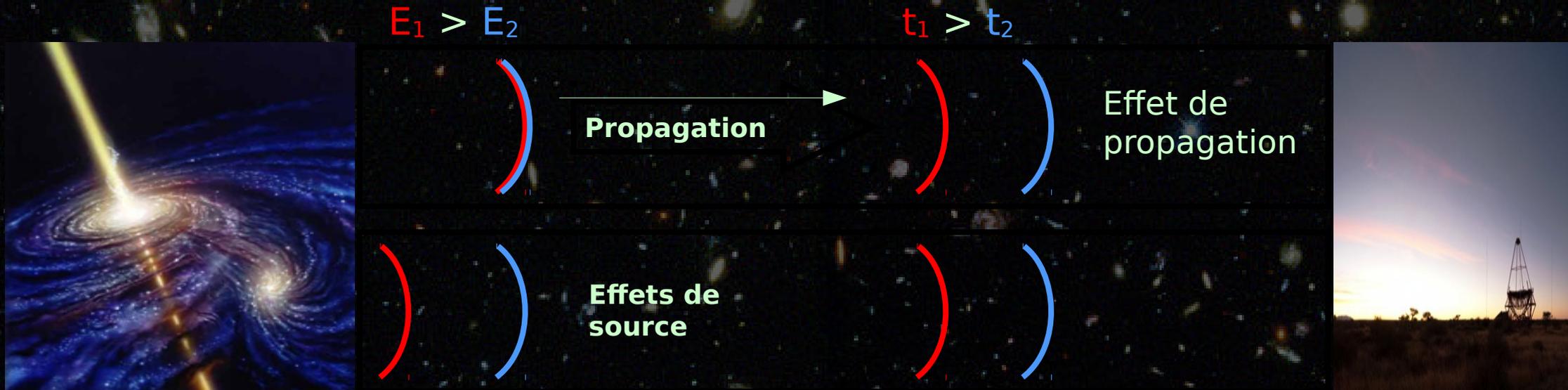


# Tester la LIV avec les sources $\gamma$

Sources variables et lointaines

GRB avec les satellites: basses énergies, grands  $z$ , petits  $\Delta E$

Eruption d'AGN avec les détecteurs au sol: hautes énergies, petits  $z$ , grands  $\Delta E$





# Tester la LIV avec les sources $\gamma$

**Test de l'invariance de Lorentz.** Etudes avec AGNs (HESS) et GRBs (Fermi-LAT)

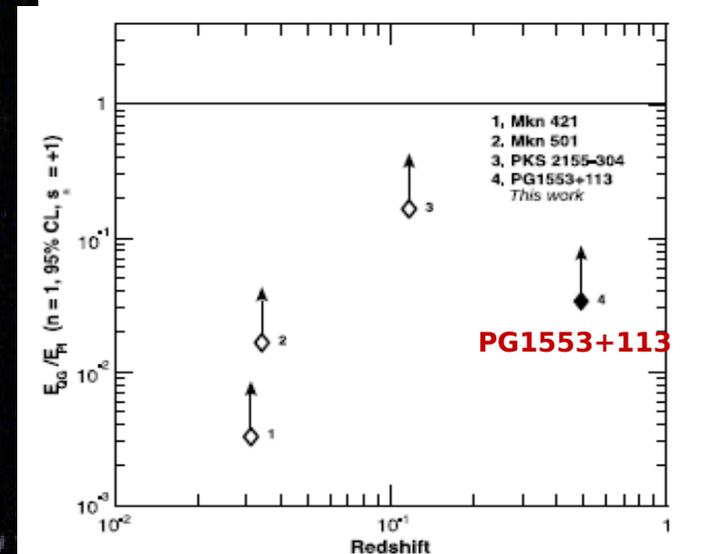
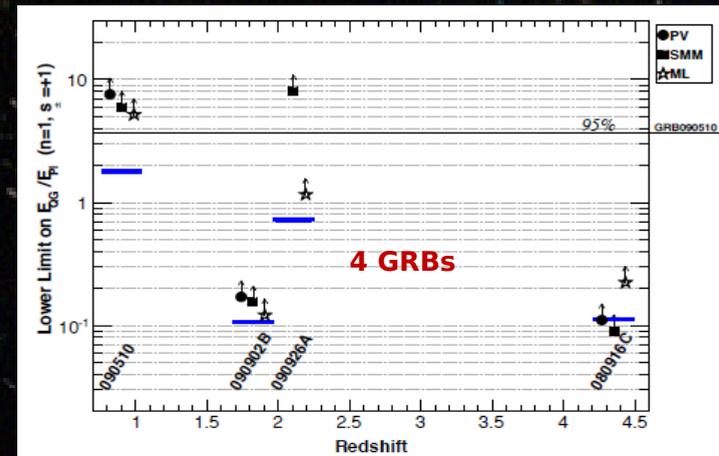
Etude des 4 "golden GRBs" avec 3 méthodes différentes → limites à 95% CL sur  $E_{QG}$  performantes et fiables - papier Fermi (niveau 2)

Etude du "flare" du PG1553+113 en 2012: développement de méthode max vraisemblance pour le cas avec bruit de fond → limites à 95% CL sur  $E_{QG}$

2015 : mise en place d'une collaboration MAGIC/HESS/VERITAS

2015 : Nouvelle thèse sur ce sujet avec un volet « prise en contrôle des effets sources »

C. Perennes



## Publications récentes à forte contribution de l'équipe (revue, proceedings,..) :

**J. Bolmont** et al., « The camera of the fifth H.E.S.S. telescope. Part I: System description », NIM A761 (2014) 46-57

S. Pita, P. Goldoni, C. Boisson, **J.-P. Lenain**, M. Punch, et al. « Spectroscopy of high-energy BL Lacertae objects with X-shooter on the VLT ». A&A, EDP Sciences, 565 (2014) p.A12.

**J. Bolmont**, V. Vasileiou, **A. Jacholkowska**, F. Piron, **C. Couturier**, et al., « Lorentz invariance violation: The latest Fermi results and the GRB/ AGN complementarity », NIM in Physics Research, A 742 (2014) 165-168

**M. Chretien, J. Bolmont, A. Jacholkowska** for the HESS collaboration, « Constraining photon dispersion relation from observations of the Vela pulsar with H.E.S.S. » (ICRC 2015)

**M. Kieffer** for the H.E.S.S. Collaboration, « Search for gamma-ray line signatures with H.E.S.S. » (ICRC 2015)

**R. Chalmé-Calvet** et al. for the H.E.S.S. Collaboration. , « Exploiting the time of arrival of Cherenkov photons at the 28 m H.E.S.S. telescope for background rejection: Methods and performance. » for the H.E.S.S. Collaboration (ICRC-2015)

Goldoni, P.; Pita, S.; Boisson, C.; Müller, C.; Dauser, T.; Jung, I.; Krauß, F.; **Lenain, J.-P.**; Sol, H., « Optical-NIR spectroscopy of the puzzling  $\gamma$ -ray source 3FGL 1603.9-4903/PMN J1603-4904 with X-Shooter ». A & A (2016), Volume 586, id.L2

H. Abdalla et al., "H.E.S.S. limits on line-like dark matter signatures in the 100 GeV to 2 TeV energy range close to the galactic centre", PRL, in press

**M. Cerruti**, [...], J.P. Lenain, for the H.E.S.S. Collaboration, "Target of Opportunity observations of blazars with H.E.S.S. (Gamma2016)

D.Horns, **A. Jacholkowska**, "Gamma rays as probes of the Universe", Comptes rendus - Physique, Volume 17, Issue 6, 2016

## En cours

G. Giavitto, ..., **P. Nayman**, ..., **F. Toussenel**, « A major electronics upgrade for the H.E.S.S. Cherenkov telescopes 1-4 », submitted to NIM.

H. Abdalla et al., "H.E.S.S. II First AGN Results", submitted to A&A

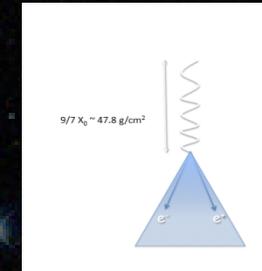
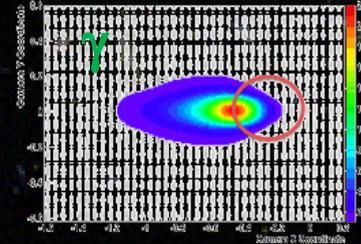
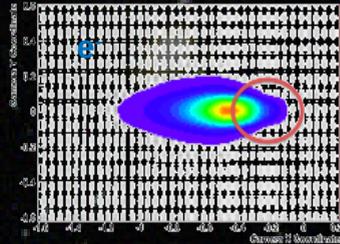
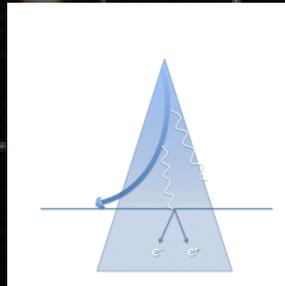
# Développement d'outils

- **Identification des électrons**  
Développement de variables discriminantes pour séparer électrons, photons et hadrons basées sur la forme reconstruite du développement des gerbes atmosphériques. Recherche d'un signal Cherenkov prompt chez les particules chargées.  
**D. Kerszberg, T. Garrigoux, J.-P. Lenain, P. Vincent**
- **ToO (Target of opportunity) en provenance du satellite FERMI**  
Développement d'outil de reconnaissance automatique de signaux transitoires dans les données de FERMI et production d'alerte à destination d'autres expériences.  
**J.-P. Lenain**
- **Simulations sur la grille**  
Portage des outils de simulation de HESS sur la grille de calcul.  
**J.-P. Lenain**
- **Reconstruction des événements**  
Développement de nouvelles variables discriminantes (vraisemblance temporelle) pour la sélection des événements en mode mono-télescope pour la phase II.  
**R. Chalmé-Calvet, J.-P. Tavernet**

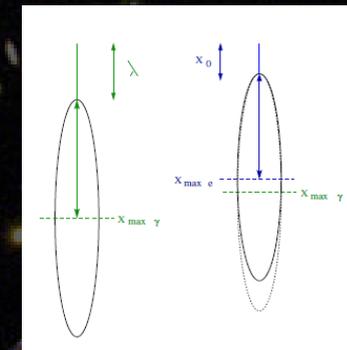
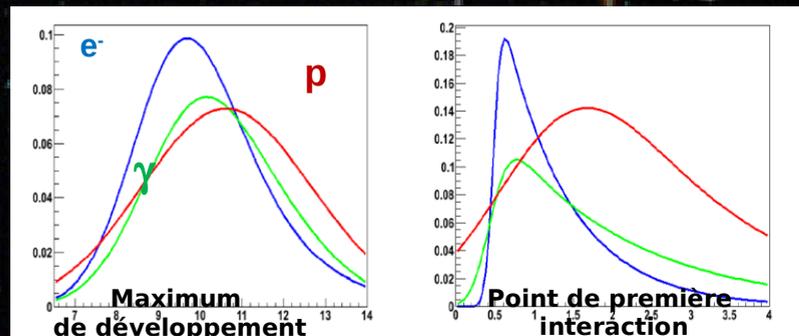


## Identification des électrons

Recherche d'émission Cherenkov prompte



Discrimination gamma/électrons par les paramètres de la gerbe électromagnétique



# Activités Scientifiques



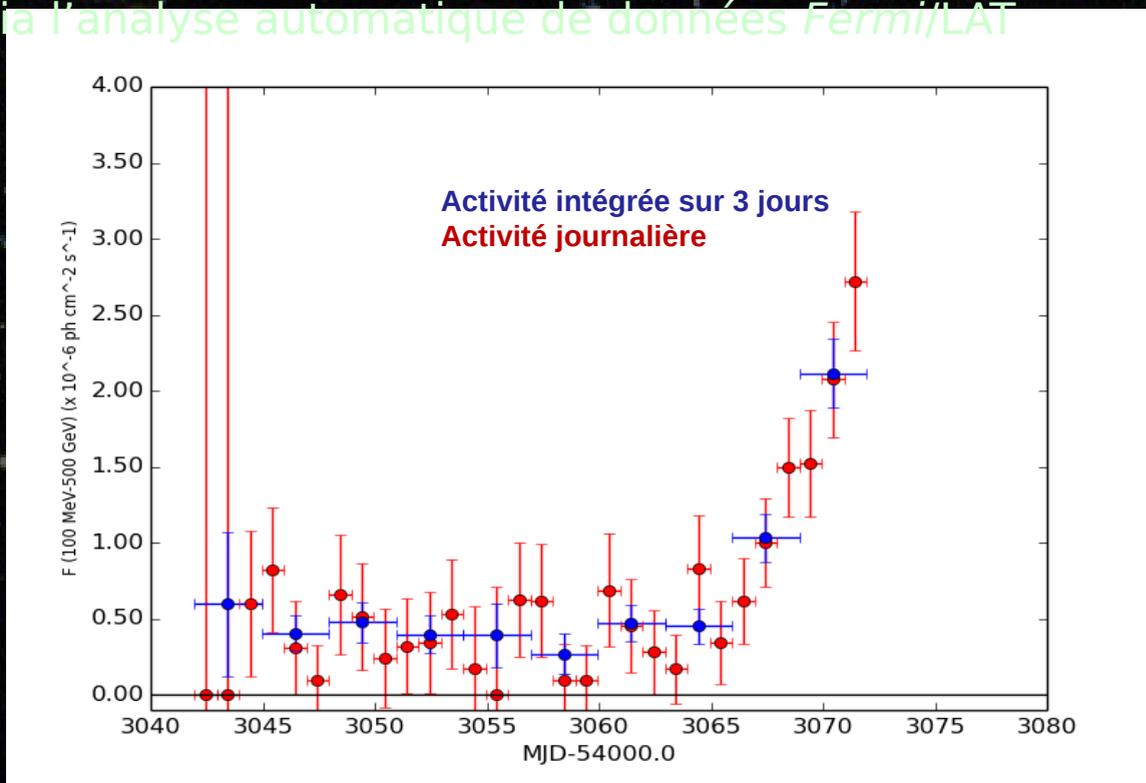
## ToO FERMI

Observations et analyses d'événements transitoires (targets of opportunity, ToO).

Mise en place d'un système d'alerte via l'analyse automatique de données *Fermi*/LAT

## Sources extragalactiques :

- 100 ToO FERMI/an observées
- 5 ToO FERMI/an observées
- 12 ToO / an



# Activités Scientifiques



## Simulations

Implémentation du framework EGI (European Grid Infrastructure) dans le software H.E.S.S.



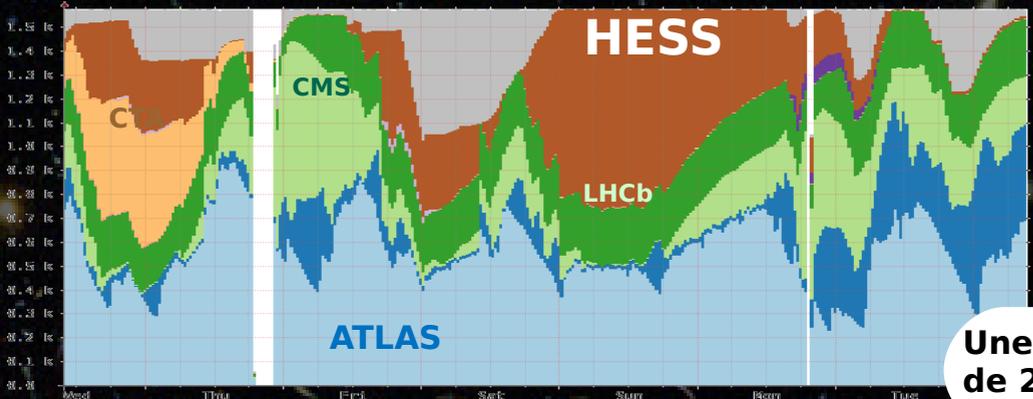
**2012** : 5 sites supportant H.E.S.S. en France, 0 TB stockage dédié, 2 utilisateurs.

**2016** : 12 sites supportant H.E.S.S. dans 4 pays, >400 TB stockage dédié, 26 utilisateurs.

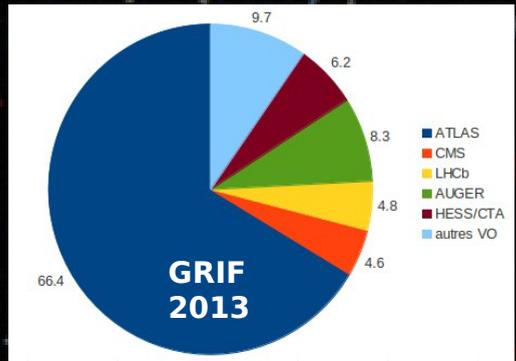


Production massive de simulations Monte Carlo pour H.E.S.S. II, mais pas seulement!

9,5 milliard d'événements générés (172 TB de données)  
241 TB de simulations produites



Une semaine de 2014 sur la GRIF



J.-P. Lenain

# Instrumentation

- **Construction des caméras de HESS I & II**  
Electronique de déclenchement et d'acquisition, informatique embarqué, slow control, bases de données, bancs de tests.
- **Maintenance des caméras de H.E.S.S.**  
Surveillance des rapports de fin de nuit, contrôle des données brutes, intervention à distance avec les opérateurs ou sur site pour réparer les dysfonctionnements des caméras.  
**J. Bolmont, J.-P. tavernet, F. Toussanel.**
- **Contrôle de la qualité des données**  
Analyse des données brutes du détecteur et recherche de corrélations dans la génération d'événements orphelins.  
**M. Cerruti, C. Couturier**
- **Calibration**  
Etude de l'efficacité optique de l'instrument et calibration.  
**J.-P. tavernet, R. Chalmé-Calvet**



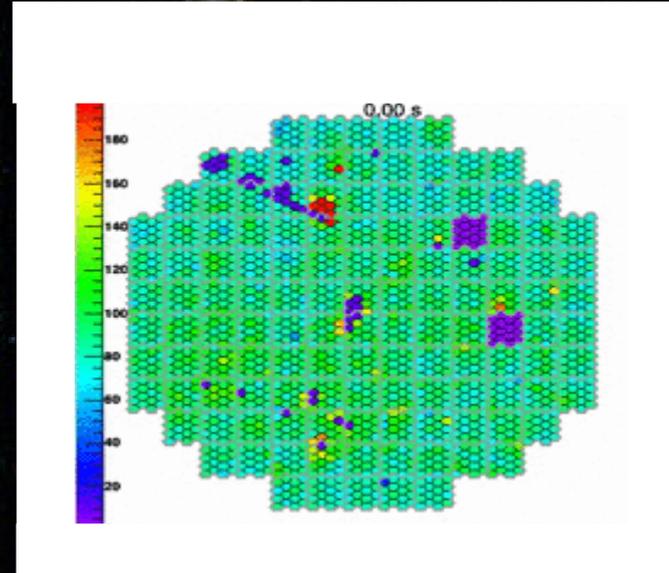
# Activités Techniques

## Maintenance des caméras de HESS phase I (2002 - 2016) et II (2012 - 201?)

Maintenance des bancs de tests,  
surveillance des rapports de fin de nuit,  
contrôle des données brutes,  
intervention à distance avec les opérateurs ou sur site pour réparer les dysfonctionnements des caméras.

## Encore de nombreux problèmes sur CT5

Bruits dans la voie de déclenchement  
Mélange d'événements (retard au trigger)  
Commissioning du trigger L2  
Failure d'alimentations et de CPU en série

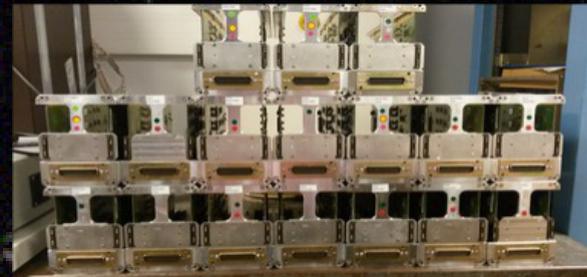


### Chercheurs participants :

J. Bolmont, J.P. Tavernet, M. Cerruti

### IT participant :

F. Toussnel (IR1), électronique, 0,4 FTE  
P. Nayman (IR0), électronique  
J.-F. Huppert (I?), informatique





# Activités Techniques



## Upgrade HESS I

- **Consulting** auprès de DESY Zeuthen
- **Démantèlement** des cameras de la première phase de l'expérience

CT1 upgrade : 07/2015

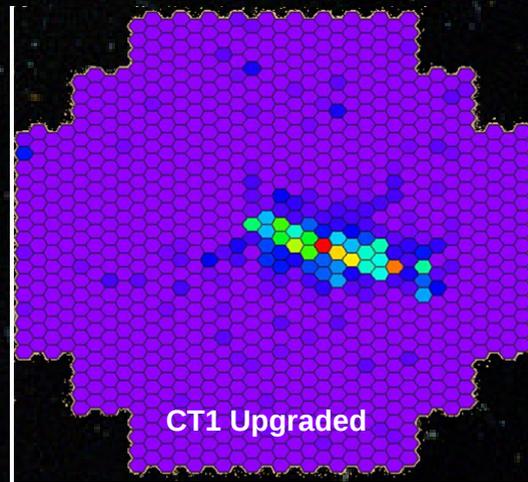
CT2,3 & 4 upgrade : 25/08/2016 → pretes pour 2017

Chercheur participant :

P. Vincent

IT participants :

- F. Toussnel (IR1), électronique
- P. Nayman (IR0), électronique





# Evolution anticipée (3 ans)

## Personnels

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Agnieszka Jacholkowska</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Julien Bolmont</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Jean-Paul Tavernet</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Jean-Philippe Lenain</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Pascal Vincent</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<i>Raphael Calvet</i>	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White
<i>Matthieu Kieffer</i>	Green	White	White	White	White	White	White
<i>Mathieu Chrétien</i>	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White
<b>Daniel Kerszberg</b>	White	Green	Green	Green	White	White	White
<b>Cédric Pérennes</b>	Grey	Green	Green	Green	Green	Grey	White
<b>Matteo Cerruti</b>	White	White	Green	Green	Green	White	White
<i>Mariangela Settimo</i>	Grey	Green	Green	Grey	Grey	Grey	White



# Evolution anticipée (3 ans)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Cosmologie Astroparticules</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Cosmologie</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Astroparticules</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Astrophysique</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
<b>Astroparticules</b>	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White
	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White
	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White
<b>Astroparticules</b>	White	Green	Green	Green	White	White	White
<b>Astrophysique Cosmo</b>	Grey	Green	Green	Green	Green	Grey	White
<b>Astrophysique</b>	White	Green	Green	Green	Green	White	White
	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White



# Evolution anticipée (3 ans)

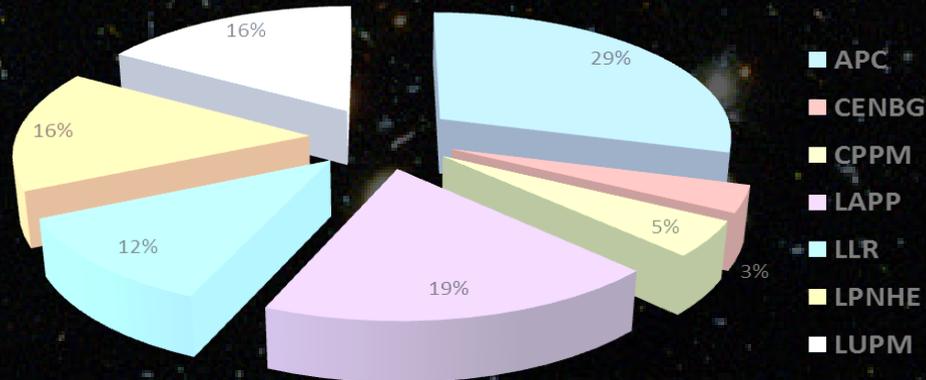
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Caméras</b>	Green						
<b>Simulations</b>	Green						
<b>Caméras &amp; bancs tests</b>	Green						
<i>Calibration</i>	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
<b>Particle identification</b>	Green						
	Grey	Green	Green	Green	Green	Grey	Grey
<b>Survey caméras</b>	White	Green	Green	Green	Green	White	White
	Grey	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey



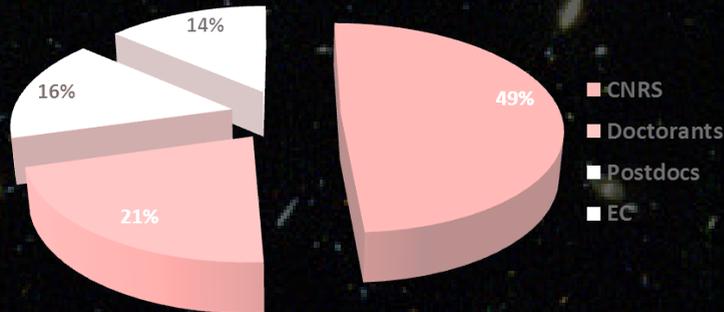
# Remarque (vis-à-vis de l'IN2P3)

## Personnel

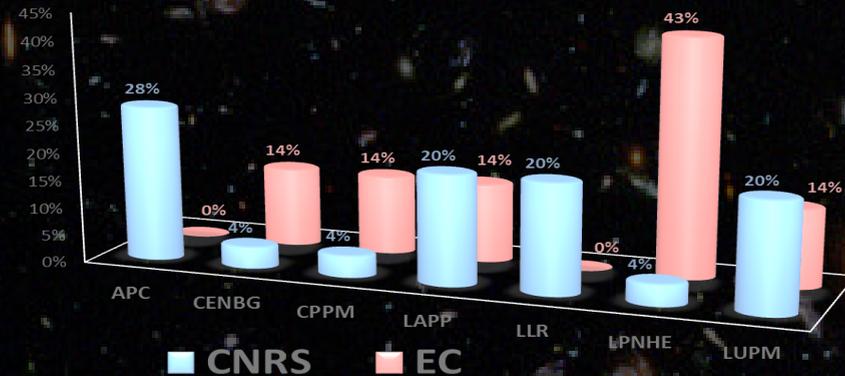
Permanents (ETP/2016)



Les personnels



Répartition des EC et CNRS dans les laboratoires IN2P3





# Résumé

HESS restera compétitif pour les 3-4 prochaines années.

Le groupe couvre un large panel de thématiques

Le groupe reste faible en nombre, très faible ...

Les étudiants sont les nerfs de la guerre mais les contrats diminuent.

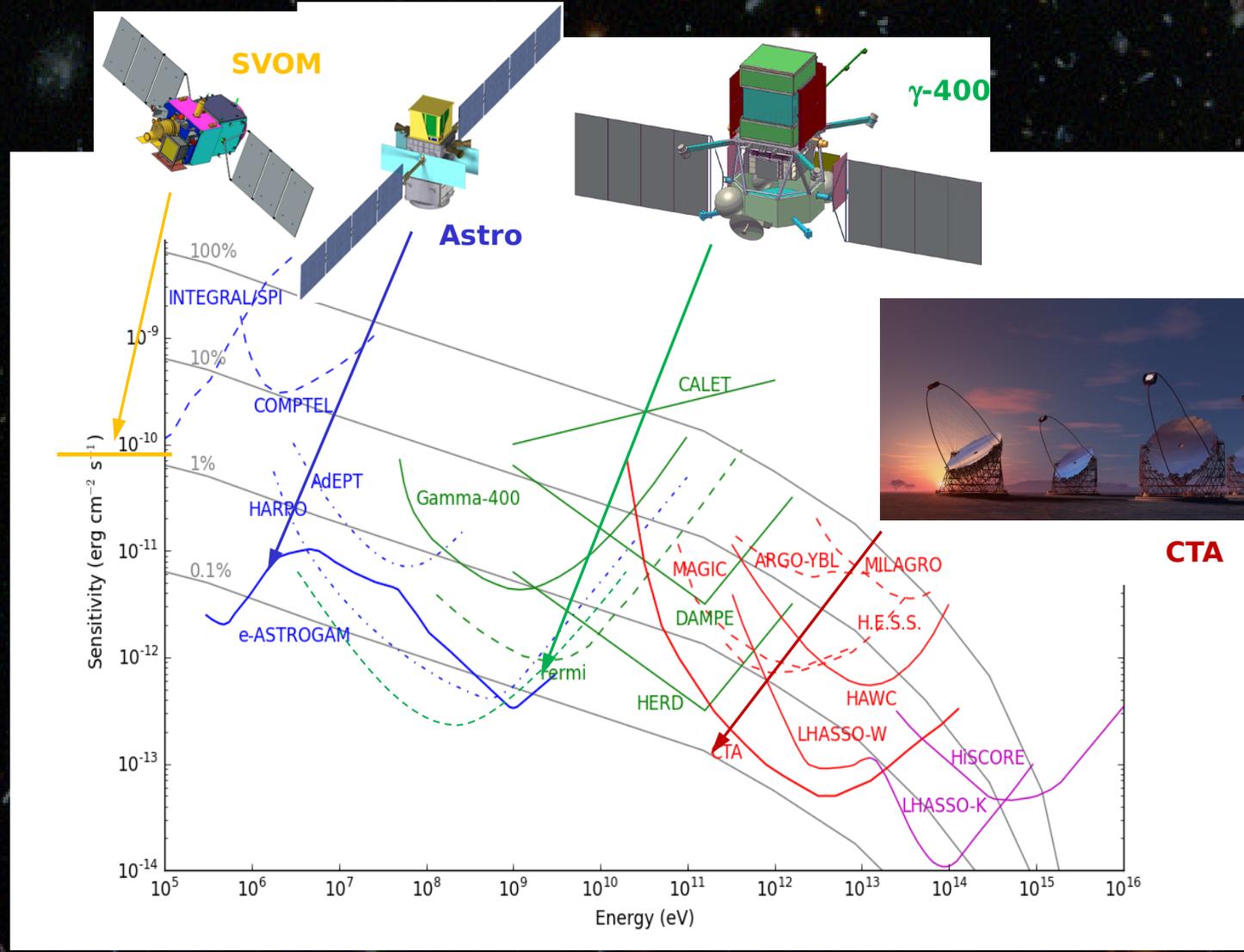
Le potentiel du LPNHE est une richesse pour les projets futurs dans ce domaine



# Perspectives

Au sol :  
Cherenkov Telescope Array

Au dessus de l'air :  
SVOM  
AstroMEV/AstroGAM  
GAMMA-400





*Fin*