



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

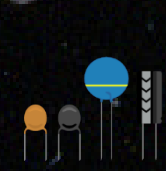
Matteo Cerruti

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 :

		HDR	ETP	∅(1)
• 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 :

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

2 doctorants :

	Financement	Direction & Co	ETP	∅(1)	Début	Fin
• 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

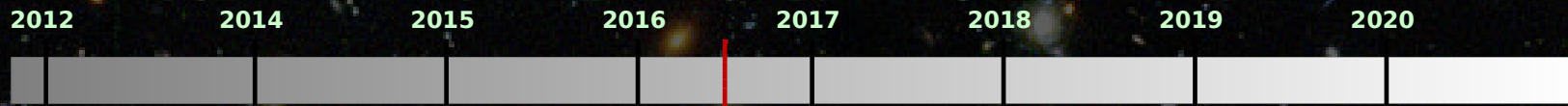
Etalonnage de la caméra de HESS II et observation du **Centre Galactique** au-delà de 30 GeV

Directeur: Tavernet Jean-Paul



Production scientifique

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**

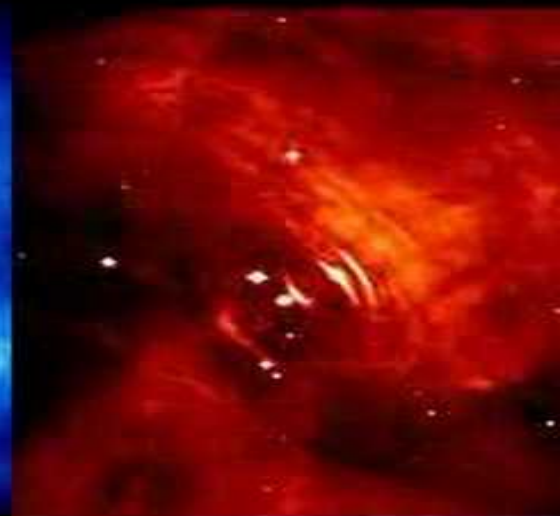
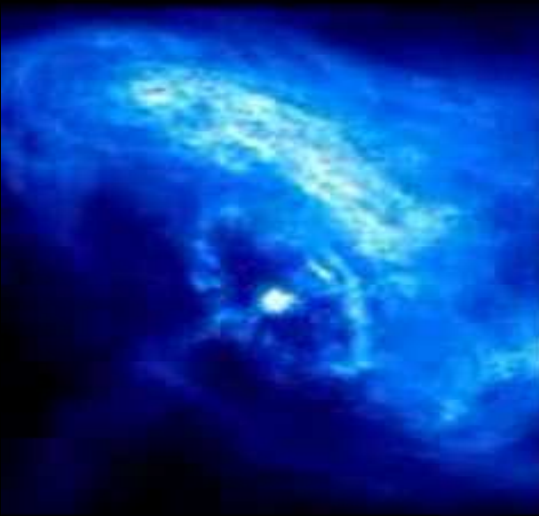
Le test de l'invariance de Lorentz ; modification de la relation de dispersion pour les photons dans le vide (possible en théorie des corde, Gravitation Quantique à boucles, espace-temps non commutatifs ...). Une des rares fenêtres observationnelles pour la GQ

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



Etudes astrophysiques

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

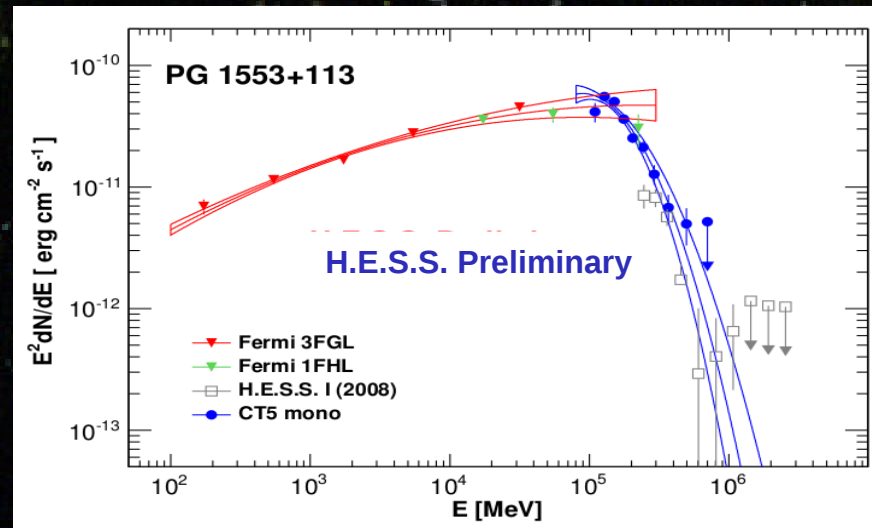
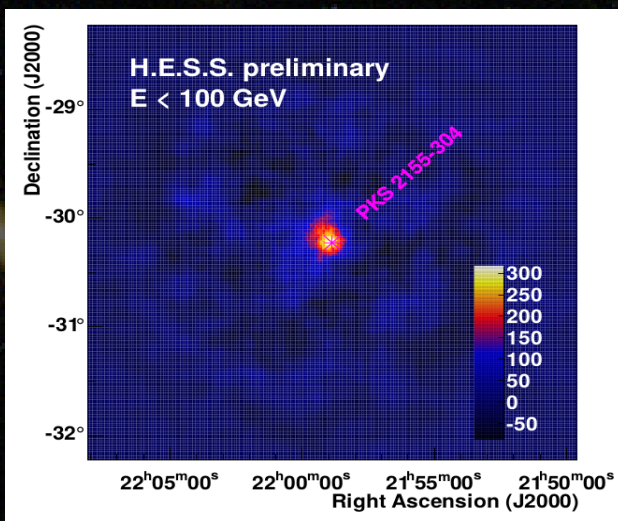


Activités Scientifiques



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. II soumis à A&A
Auteur correspondant : **Jean-Philippe Lenain.**

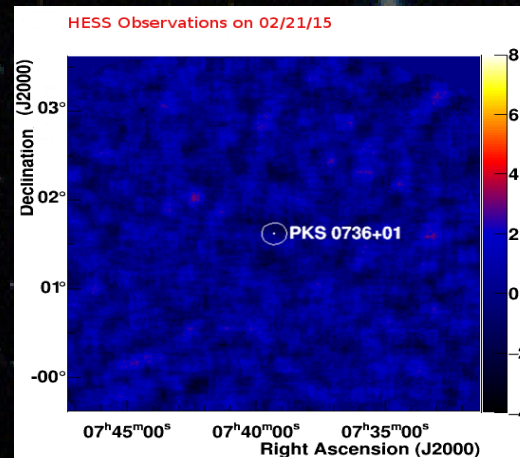
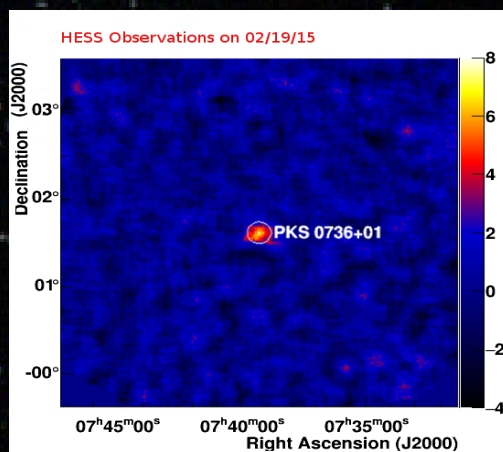
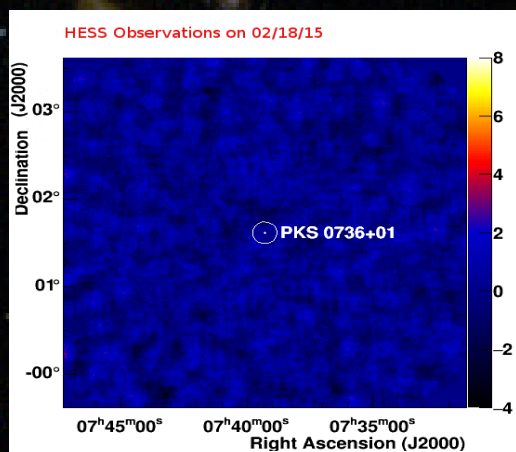
Activités Scientifiques



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



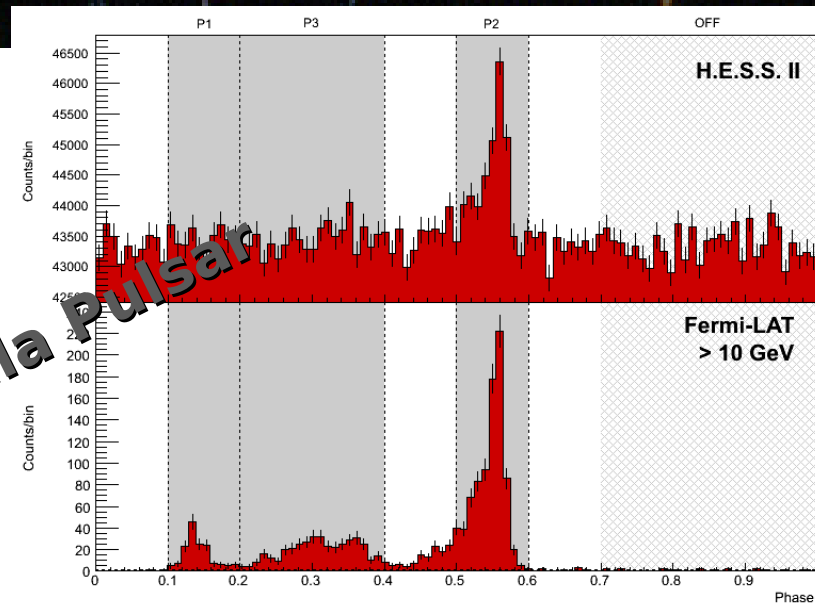
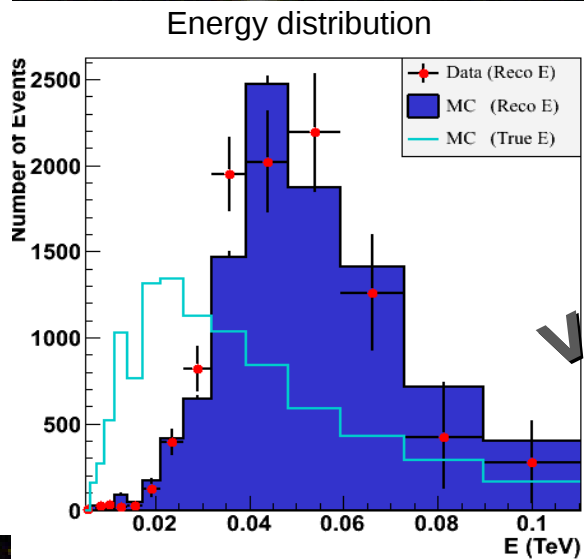
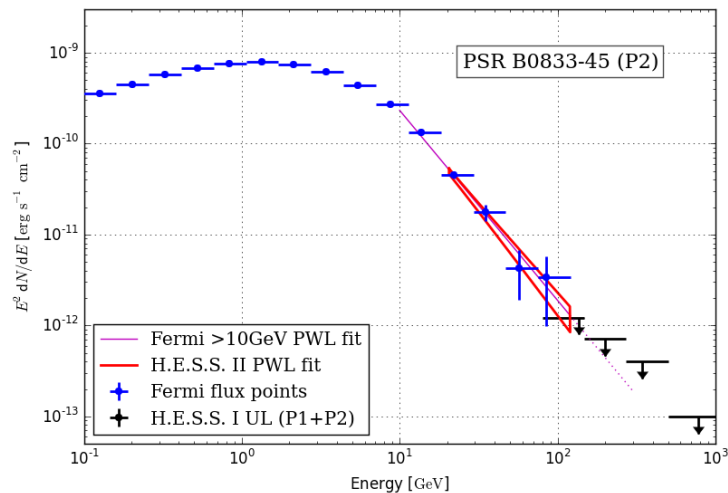
Matteo Cerruti & Jean-Philippe Lenain

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

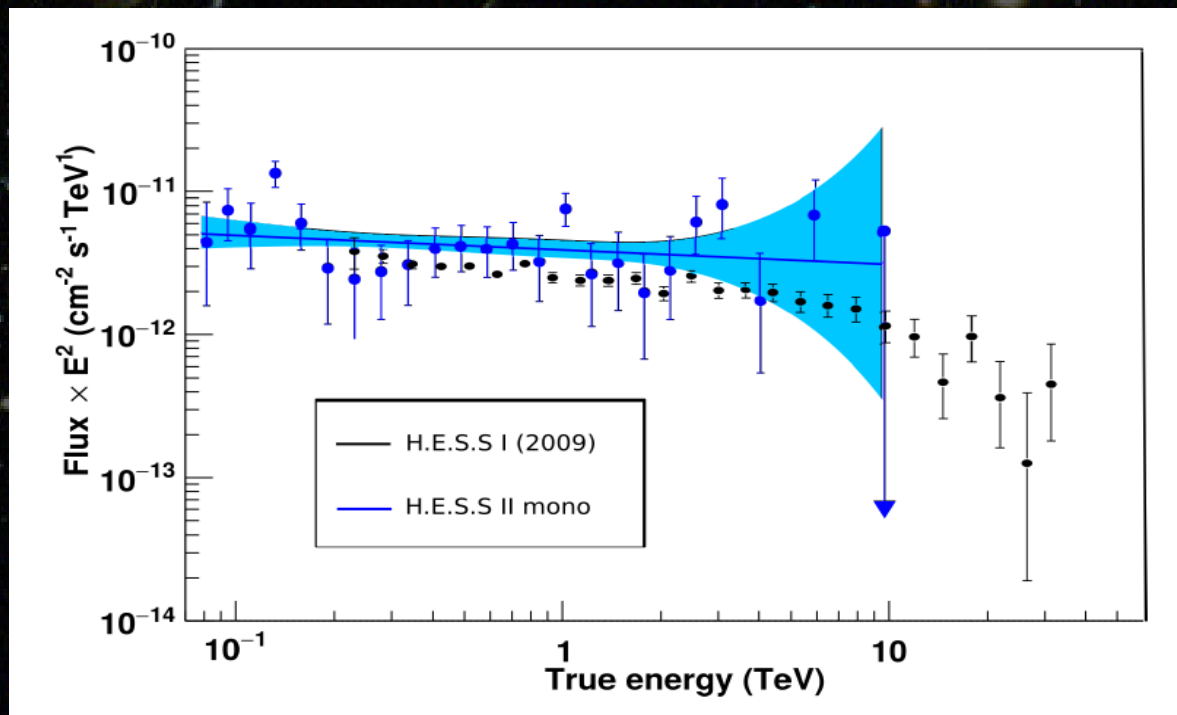
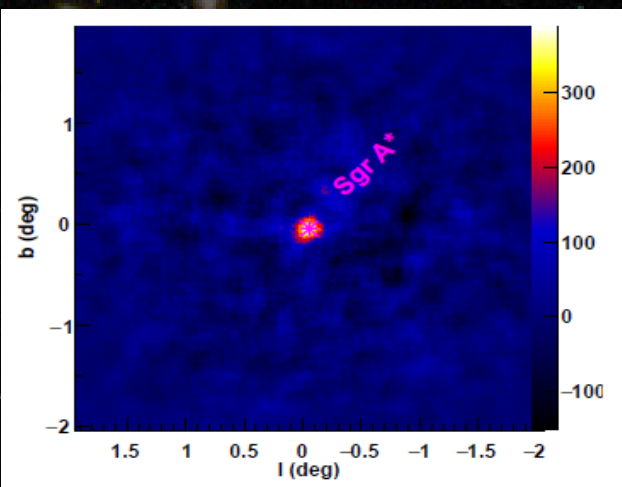


Etude du centre galactique avec H.E.S.S. II mono

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

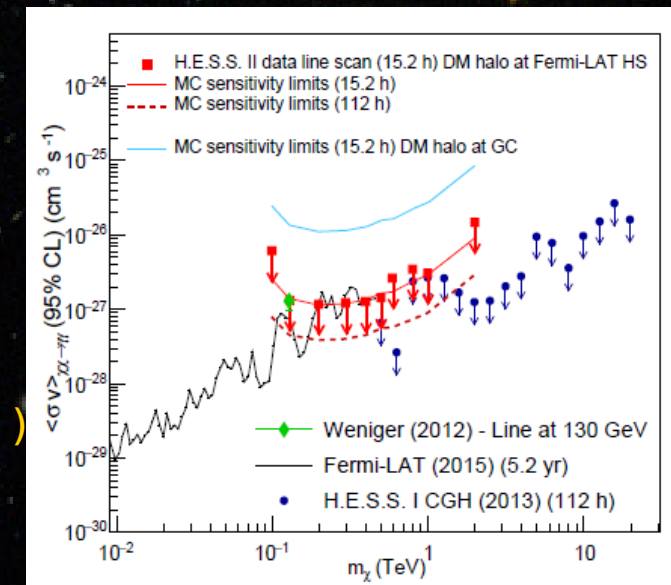
Analyse 18 h des données 2014 (5T) → optimisations $E < 300$ GeV

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

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

ξ et ζ sont des paramètres

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

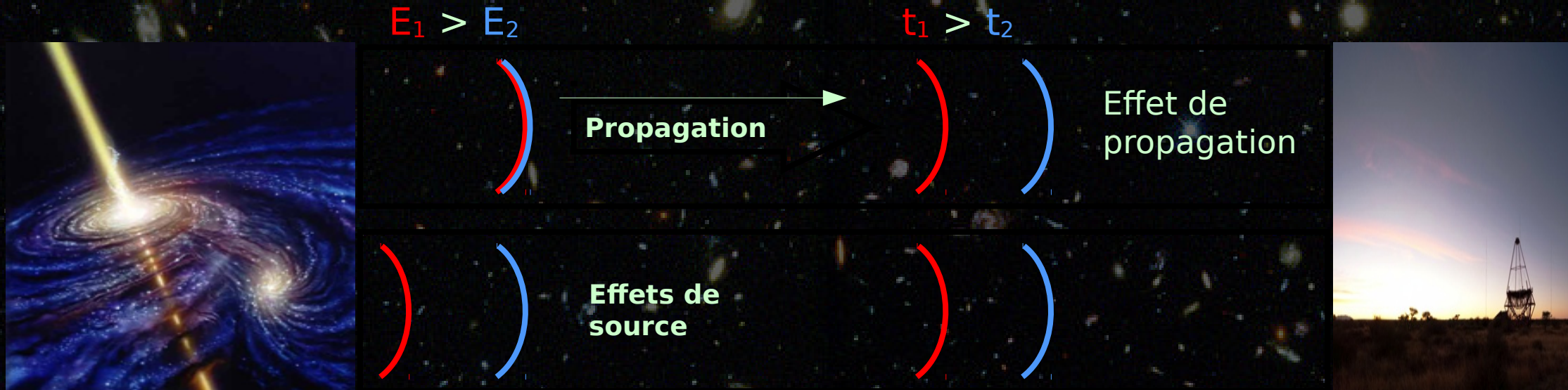


Tester la LIV avec les sources γ

Sources variables et lointaines

GRB avec les satellites: basses énergies, grands z , petits ΔE

Eruption d'AGN avec les détecteurs au sol: hautes énergies, petits z , grands ΔE





Tester la LIV avec les sources γ

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

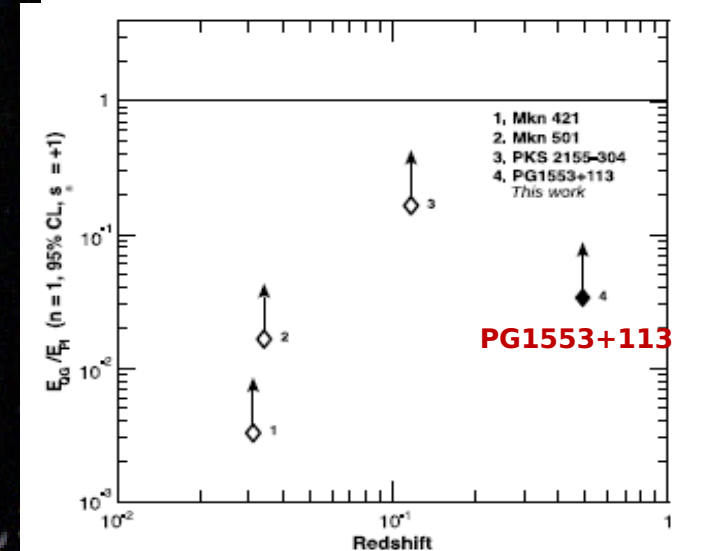
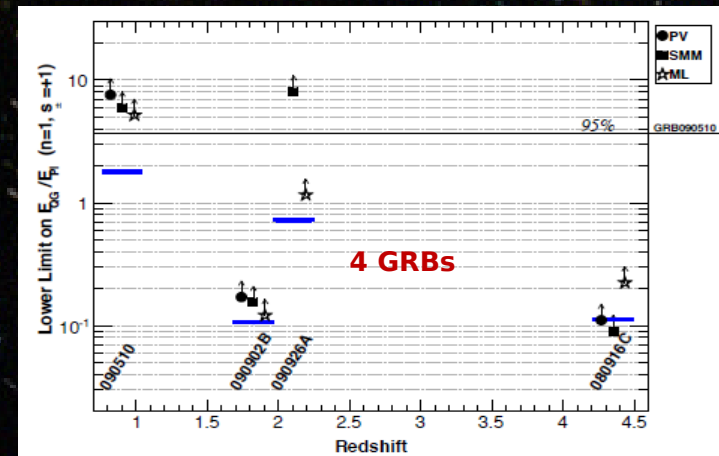
Etude des 4 "golden GRBs" avec 3 méthodes différentes → limites à 95% CL sur E_{QG} performantes et fiables - papier Fermi (niveau 2)

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 γ -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

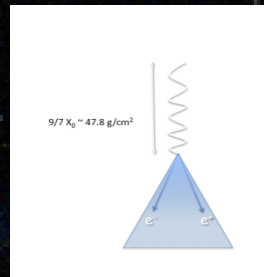
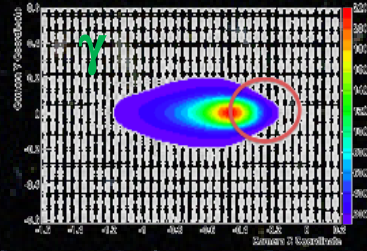
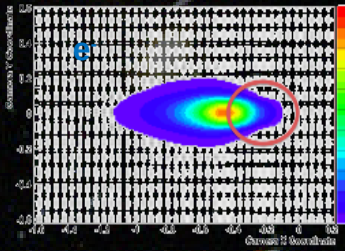
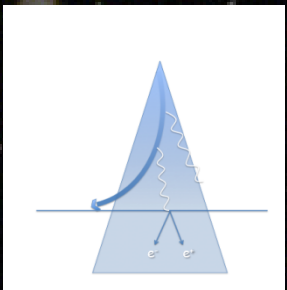
Développement d'outils

- **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

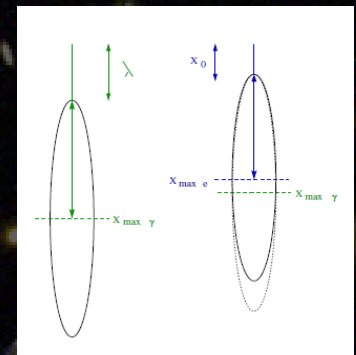
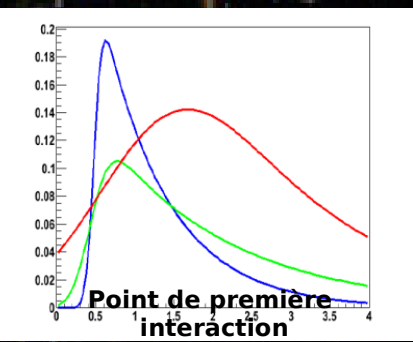
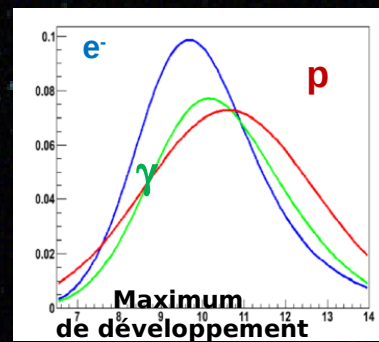


Identification des électrons

Recherche d'émission Cherenkov prompt



Discrimination gamma/électrons par les paramètres de la gerbe électromagnétique



Activités Scientifiques



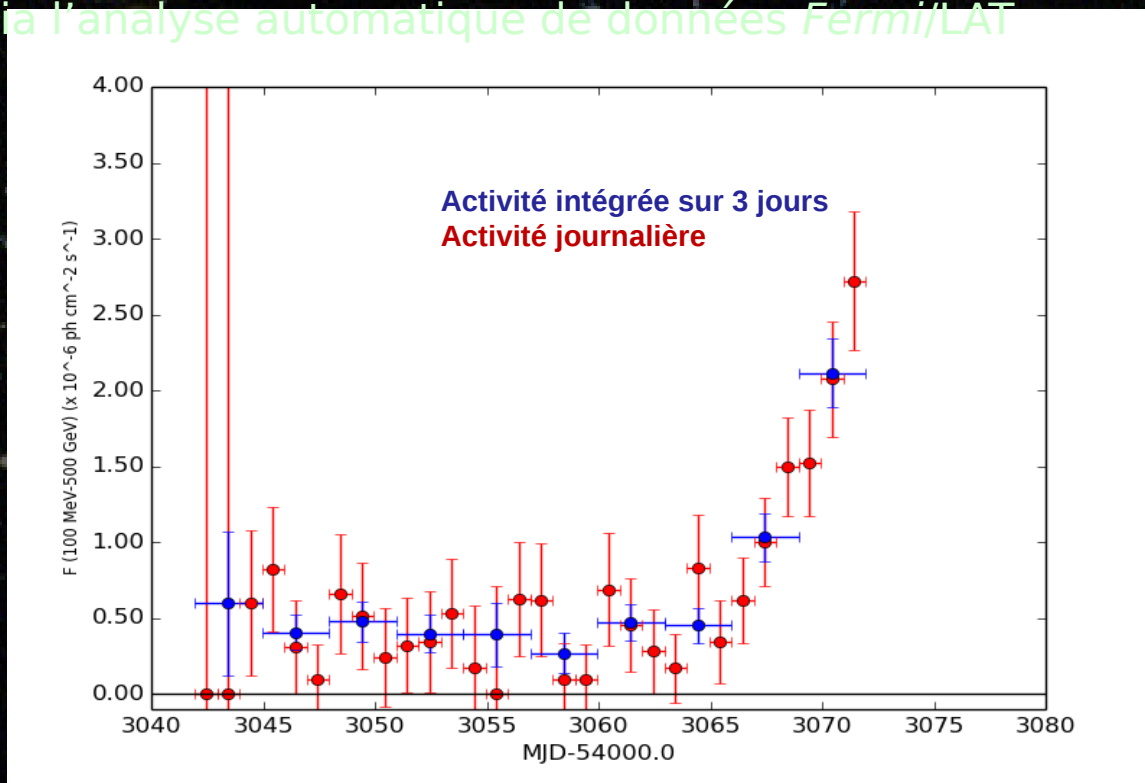
ToO FERMI

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.



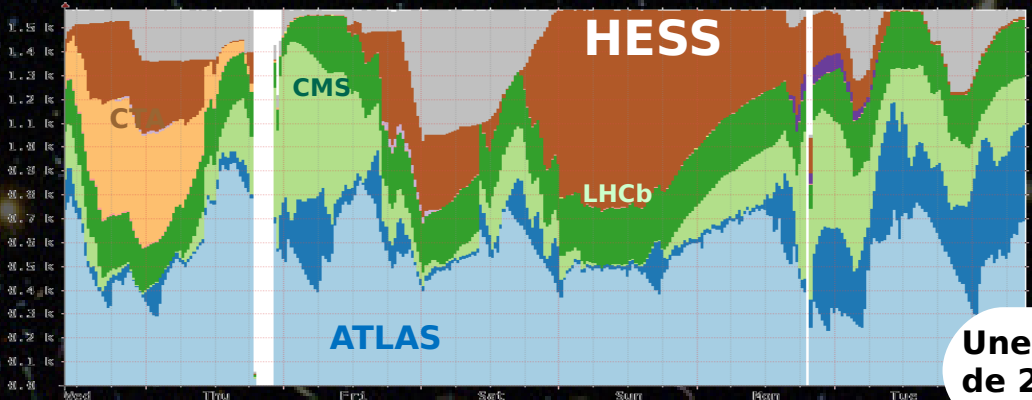
2012 : 5 sites supportant H.E.S.S. en France, 0 TB stockage dédié, 2 utilisateurs.

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

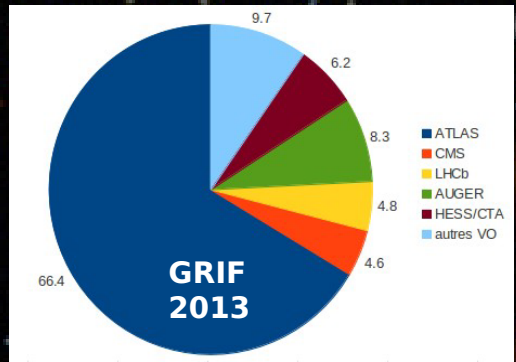


Production massive de simulations Monte Carlo pour H.E.S.S. II, mais pas seulement!

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



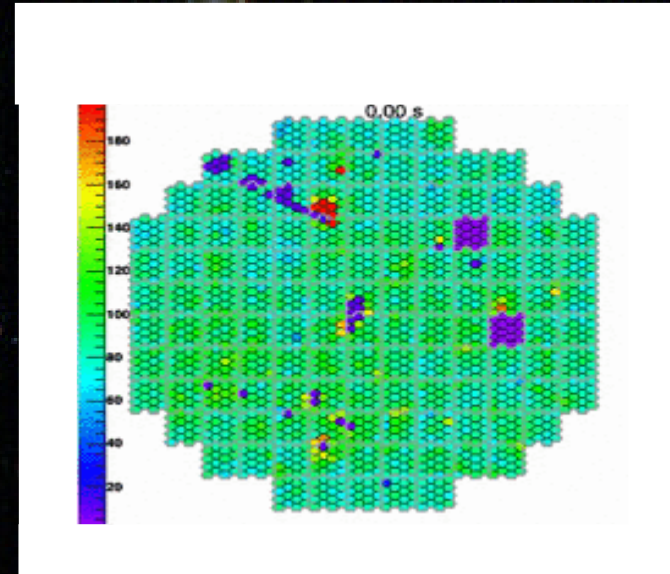
Activités Techniques

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

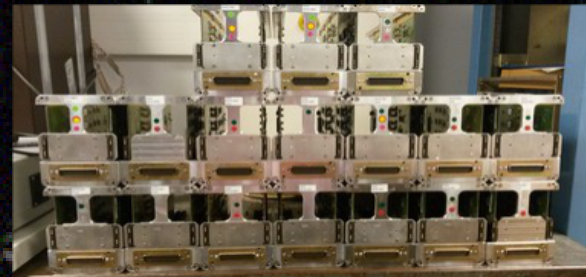


Chercheurs participants :

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

IT participant :

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





Upgrade HESS I

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

CT1 upgrade : 07/2015

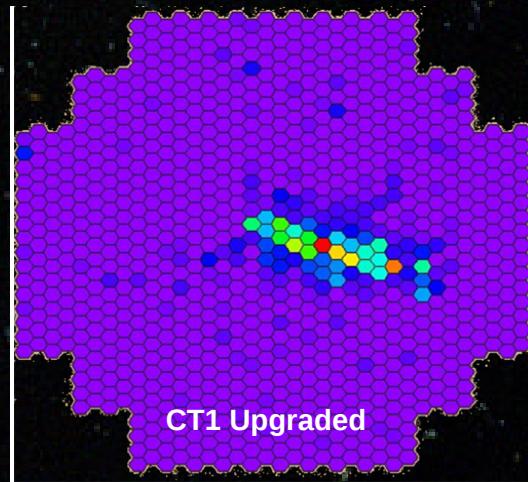
CT2,3 & 4 upgrade : 25/08/2016 → pretes pour 2017

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
Agnieszka Jacholkowska	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Julien Bolmont	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Jean-Paul Tavernet	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Jean-Philippe Lenain	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Pascal Vincent	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
Daniel Kerszberg	White	Green	Green	Green	White	White	White
Cédric Pérennes	Grey	Green	Green	Green	Green	Grey	White
Matteo Cerruti	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
Cosmologie Astroparticules	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Cosmologie	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Astroparticules	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Astrophysique	Green	Green	Green	Green	Green	Green	White
Astroparticules	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
Astroparticules	White	Green	Green	Green	White	White	White
Astrophysique Cosmo	Grey	Green	Green	Green	Green	Grey	White
Astrophysique	White	Green	Green	Green	Green	White	White
	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey	White



Evolution anticipée (3 ans)

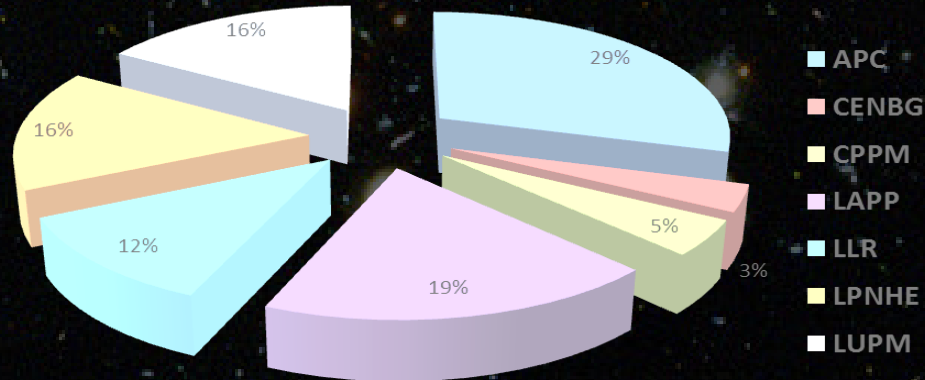
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Caméras	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Simulations	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Caméras & bancs tests	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
<i>Calibration</i>	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
	Green	Green	Grey	Grey	Grey	Grey	Grey
	Green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



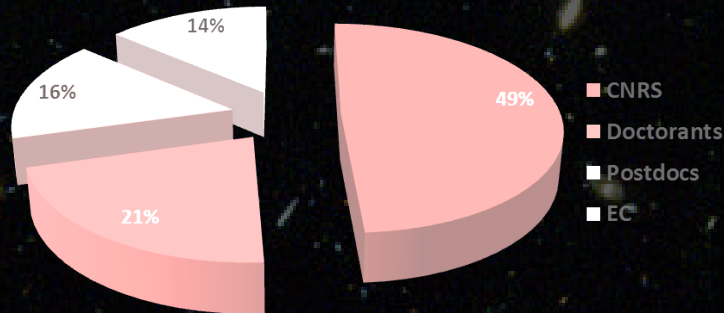
Remarque (vis-à-vis de l'IN2P3)

Personnel

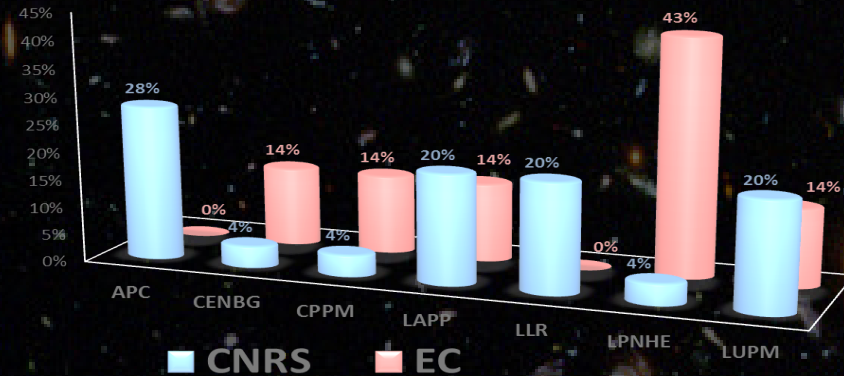
Permanents (ETP/2016)



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.

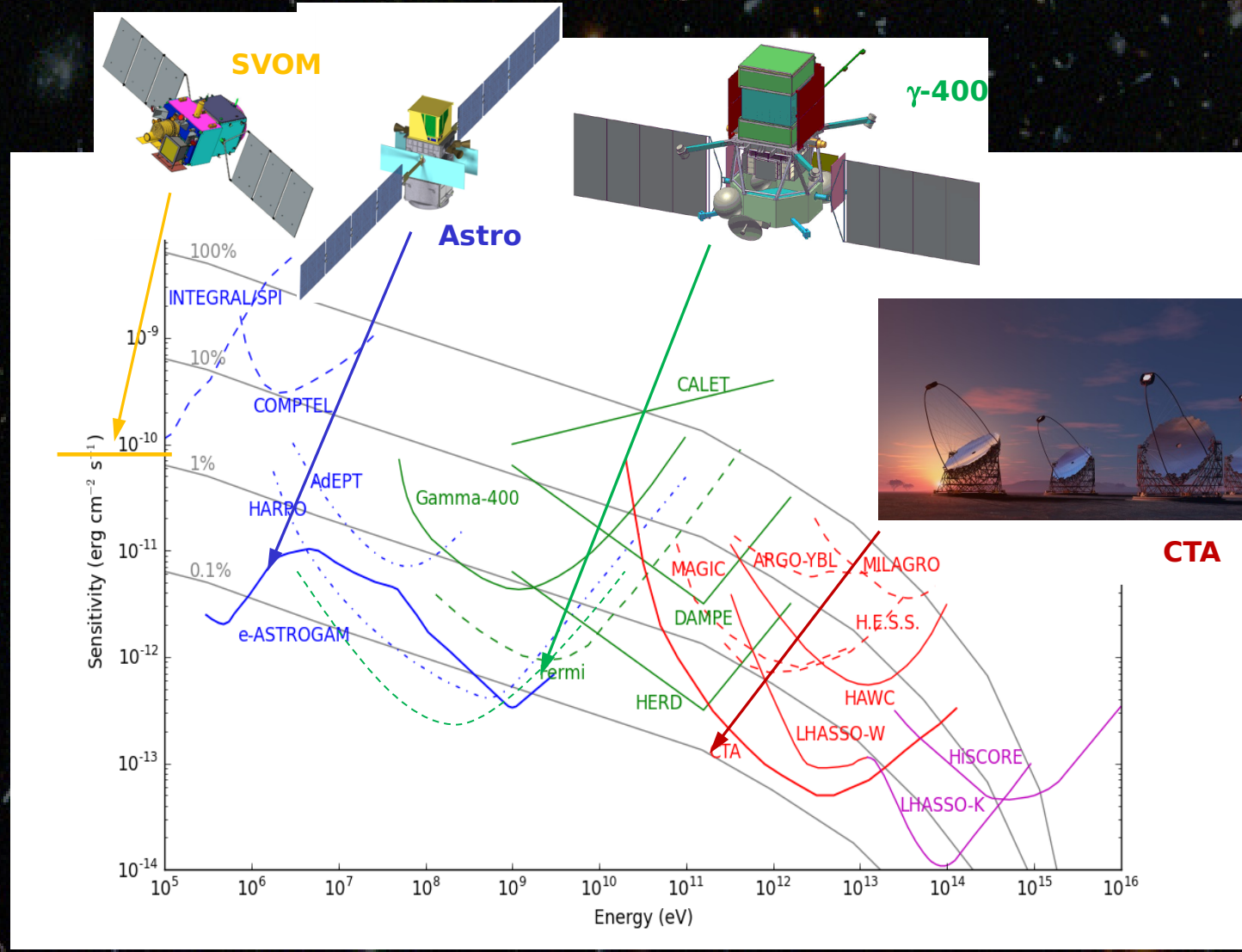
Le potentiel du LPNHE est une richesse pour les projets futurs dans ce domaine



Perspectives

Au sol :
Cherenkov Telescope Array

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





Fin