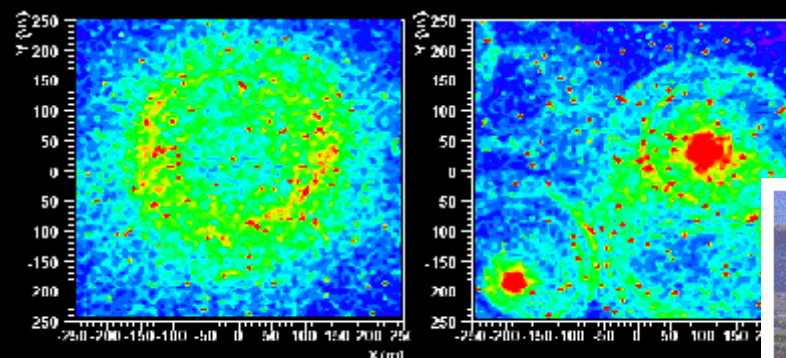
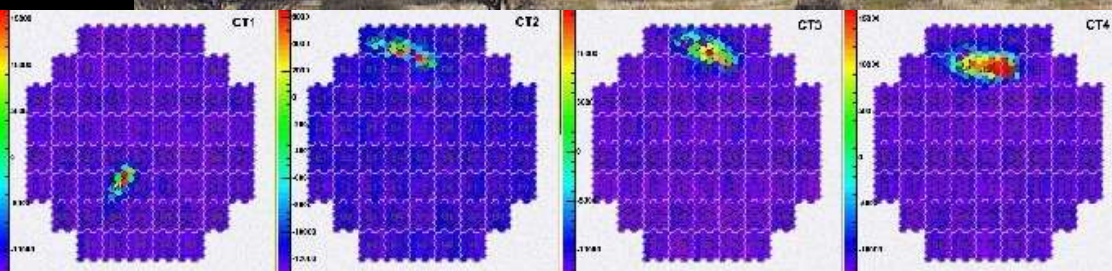


Les Activités du Groupe Gamma au PCC/APC



Cibles Physiques pour l'Astronomie Gamma

• Quoi ?

• Galactiques:

Restes de Supernova (SNR/RS), Pulsars, μ Quasars

• ExtraGalactiques:

Noyaux Actifs de Galaxies (NAG / AGN)

• Exotiques :

sursauts Gamma

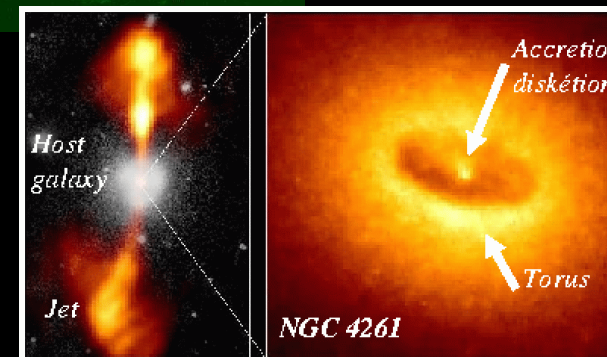
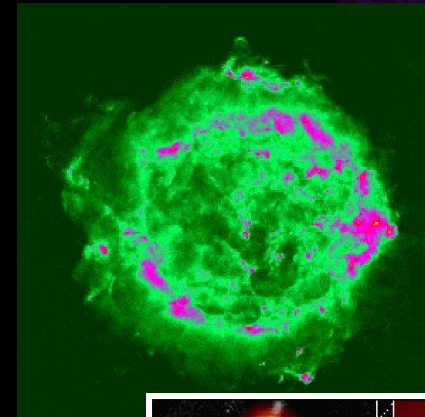
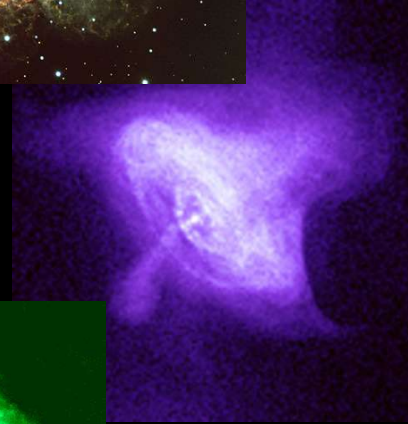
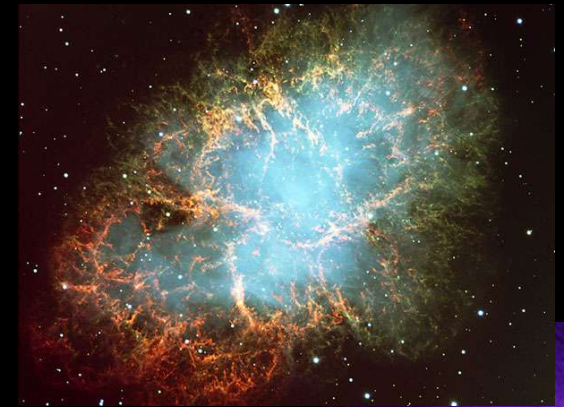
raie/spectre d'annihilation des WIMPs...

• Pourquoi ?

- Affirmation de l'hypothèse SNR comme source des Rayons Cosmiques galactiques (ou ...)
- Compréhension de mécanismes d'accélération, identification des particules émettrices, mécanismes de formation des jets
- Sondage du Fond Infra-Rouge...

• Comment ?

- Par la technique Cherenkov Atmosphérique au sol
- Par les détecteurs embarqués en satellite



L'équipe Gamma au PCC depuis deux ans

- Chercheurs permanents: Pierre Espigat, Arache Djannati-Ataï, Santiago Pita, Michael Punch, Albin Volte, Régis Terrier
 - PostDocs: Claude Théoret, Patrick Berghaus
 - Thésards: Bruno Khelifi (thèse 2002), Régis Terrier (thèse 2002), Filip Münz (these 2003), Anne Lemièrè
 - Soutien Technique: Sabhi Selmane, Nathaniel Bleurvacq, Claude Boutonnet, Bernard Courty, Cyril Dufour, Marie-Geneviève Espigat, François Lelong, Philippe Tardy, Dominique Vallée
-
-

Chercheurs

CAT CELESTE HESS

Chercheurs

P. Espigat	✓	✓	✓	
A. Djannati-Atai	✓		✓	
S. Pita	✓		✓	
M. Punch	✓		✓	
S. Pita	✓		✓	
R. Terrier (entrée 2003)			✓	+INTEGRAL/GLAST
A. Volte		✓		

PostDocs

C. Théoret		✓	✓	
P. Berghaus			✓	Départ fin 2003

Thesards

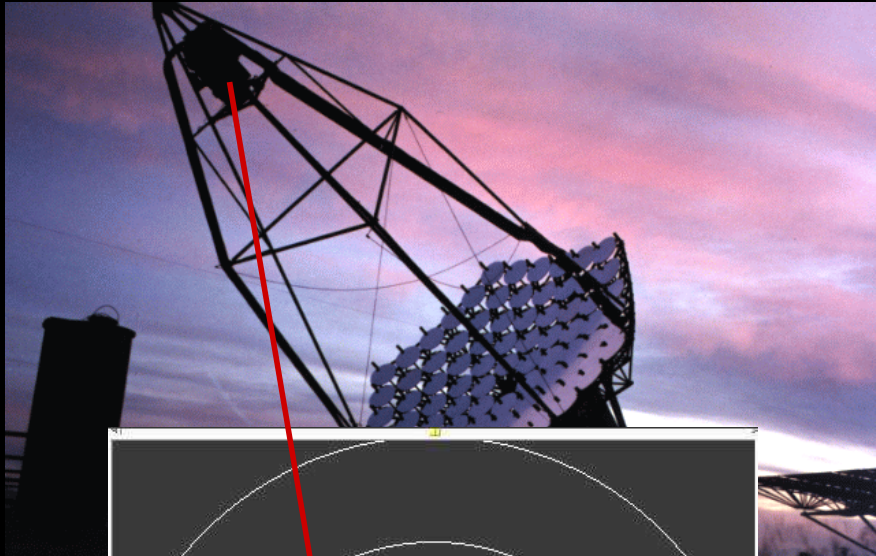
B. Khélifi	✓			2002
R. Terrier				2002 sur EGRET/GLAST
F. Münz		✓		2003
A. Lemièrre			✓	En cours

Equipes Techniques

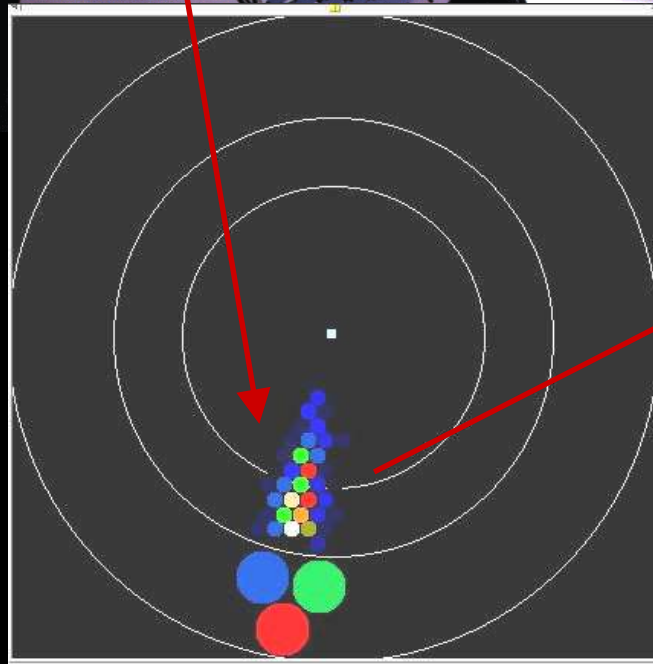
	CAT	CELESTE	HESS
<i>Electronique</i>			
C. Boutonnet		✓	
B. Courty		✓	
S. Selmane			✓
P. Tardy			✓
<i>Mécanique</i>			
N. Bleurevacq		✓	✓
F. Lelong			✓
<i>Informatique</i>			
M.-G. Espigat	✓	✓	✓
D. Vallée		✓	
C. Dufour		✓	



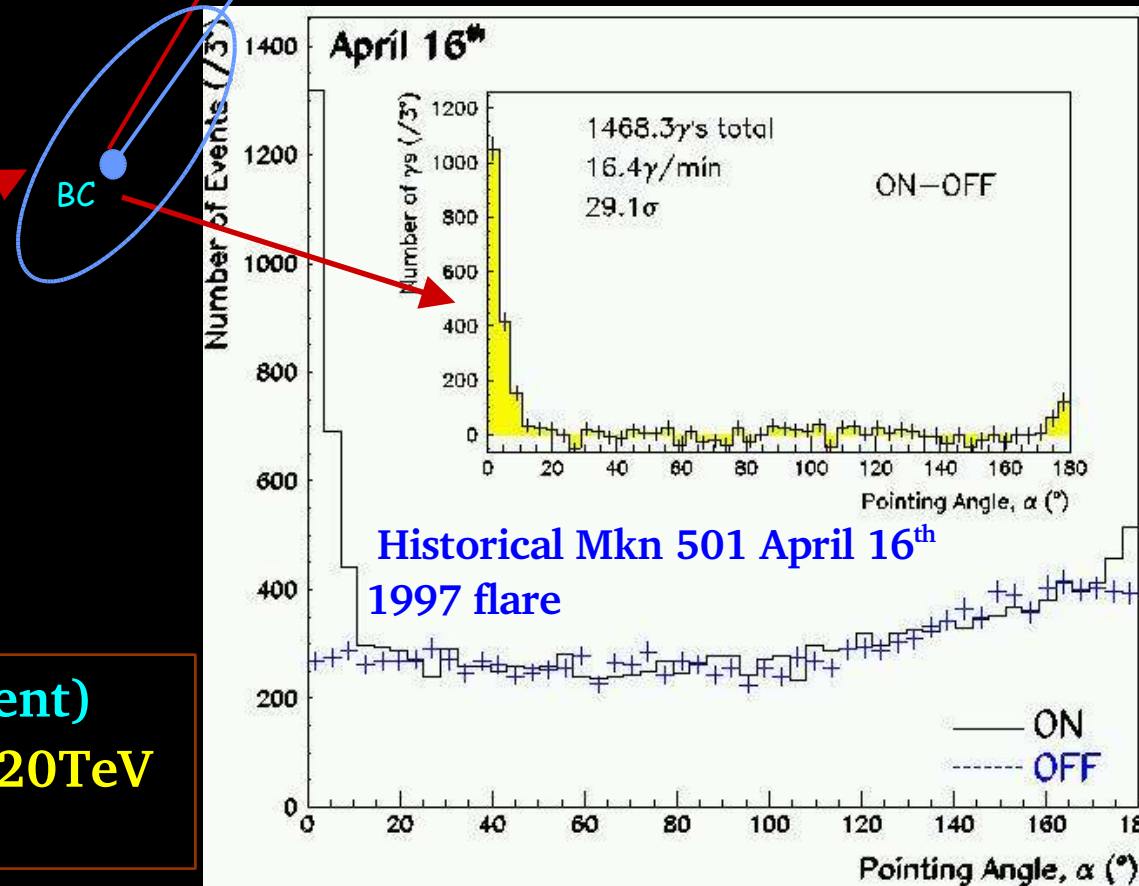
L'experience CAT : Imagerie fine, de 250 GeV à 20 TeV



- ◆ first light summer 1996
- ◆ 5m diameter dish
- ◆ fine camera: 600 pixels
- ◆ 4.8° f.o.v



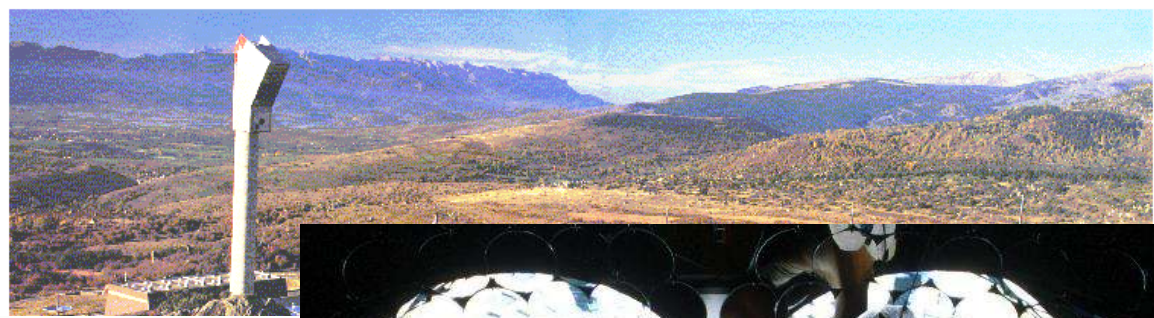
Source
Pointing angle
Reconstructed Shower Axis



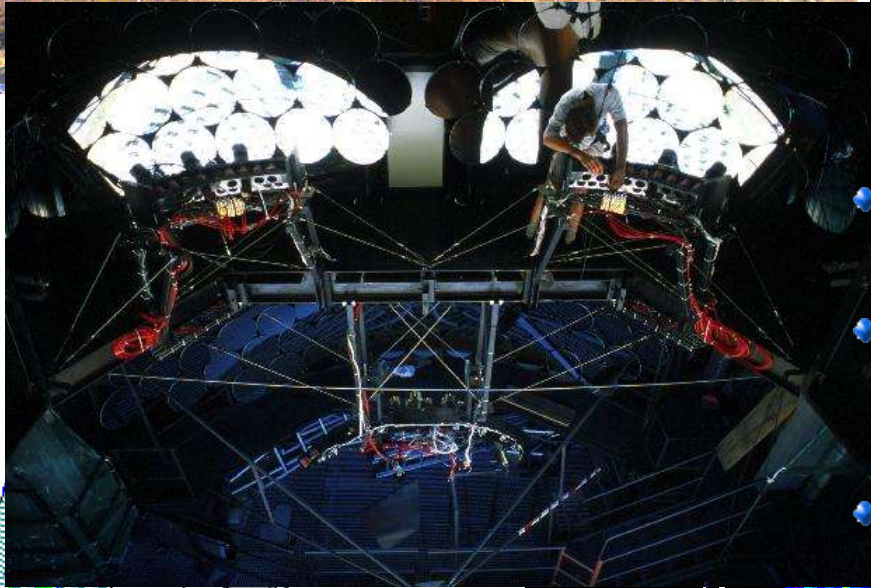
- ◆ Angular resolution 0.14° (event/event)
- ◆ Energy resolution ~20%, 300GeV-20TeV
- ◆ 5 σ / h for Crab-like source

L'expérience CELESTE

Le premier à tester le concept de « four à gerbes »

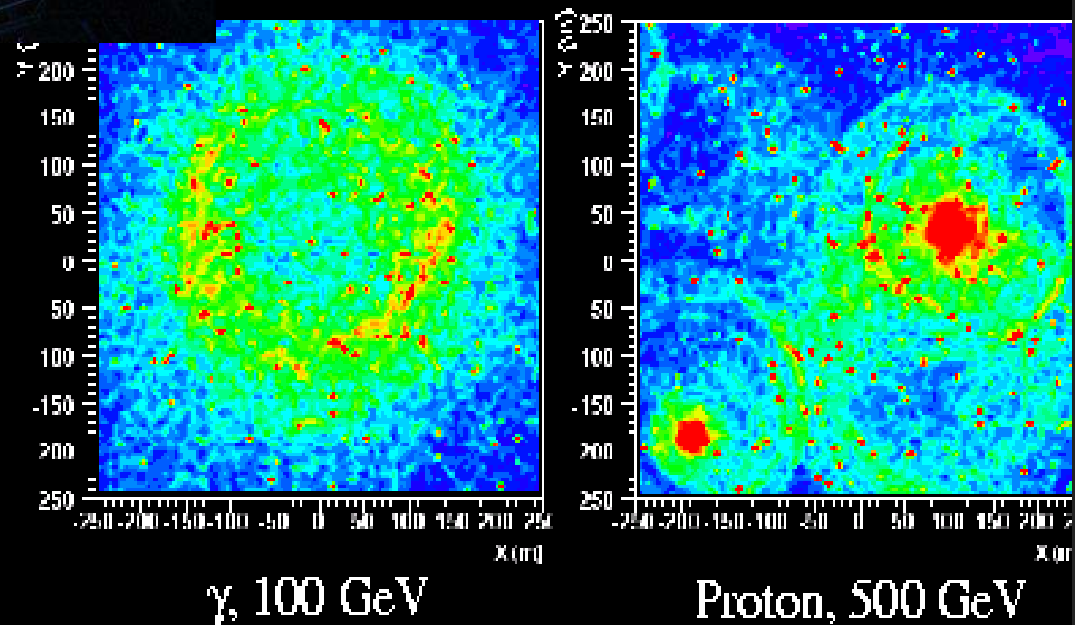
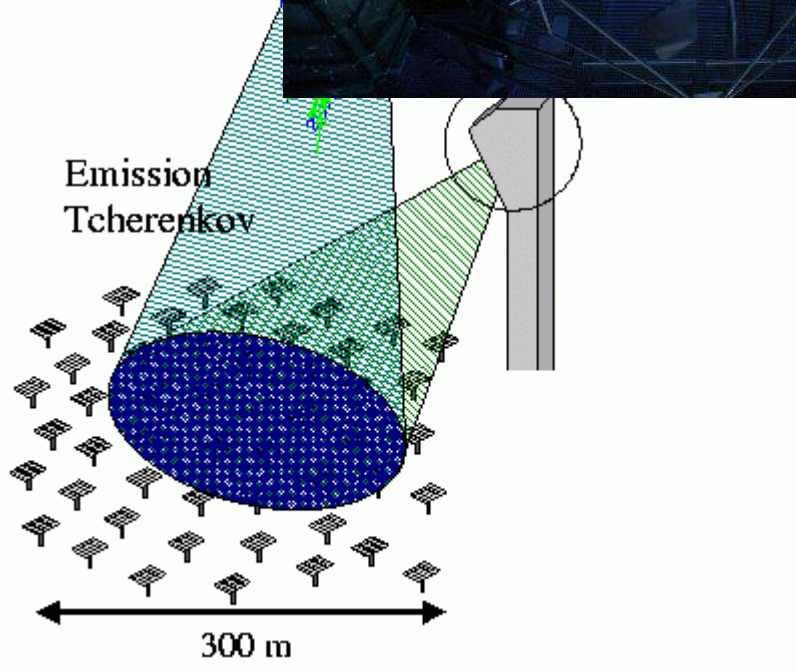


Mesure de la distribution au sol de la lumière Tcherenkov, & temps d'arrivé de la lumière sur chaque héliostat



Caractéristiques:

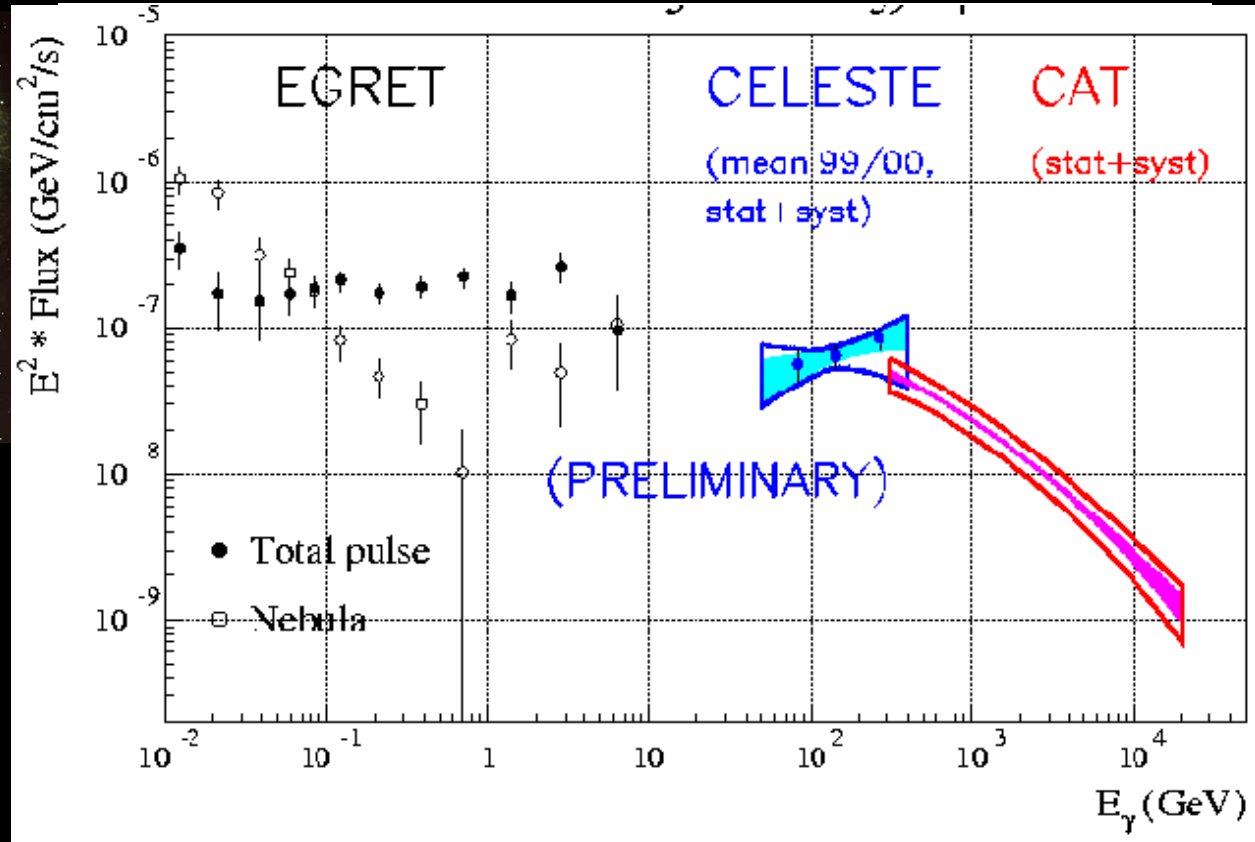
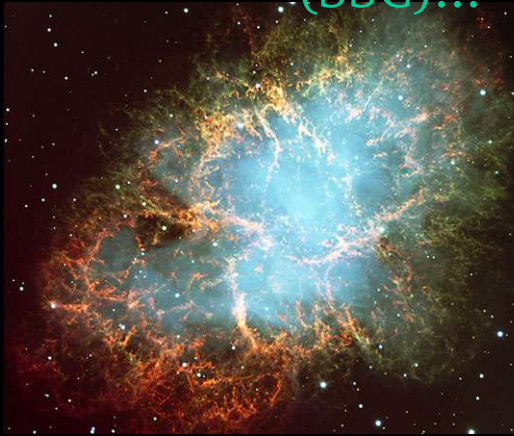
- ◆ 54 m² surface héliostats, 53 en fonctionnement actuellement
- ◆ Optique secondaire dans la tour, 3 étages de miroirs secondaires, 1 PM + Cônes de Winston en verre par héliostat
- ◆ Seuil 50 GeV



La nebuleuse du Crabe : Emission au GeV/TeV

Spectre du MeV au TeV bien compris par le modèle “Synchrotron Self-Compton” (SSC)...

deJager & Harding, ApJ 396, 161 (1992)
Atoyan & Aharonian, MNRAS 278, 525 (1995)
deJager et al., ApJ 457, 453 (1996)



...dans lequel les photons synchrotron au MeV (S) sont “boostés” aux énergies autour du TeV par l'effet Compton inverse (IC)

Ce modèle permet de fitter l'énergie maximum des électrons (jusqu'à 2×10^{15} eV) et le champ magnétique de la nébuleuse (1.6×10^{-4} G)

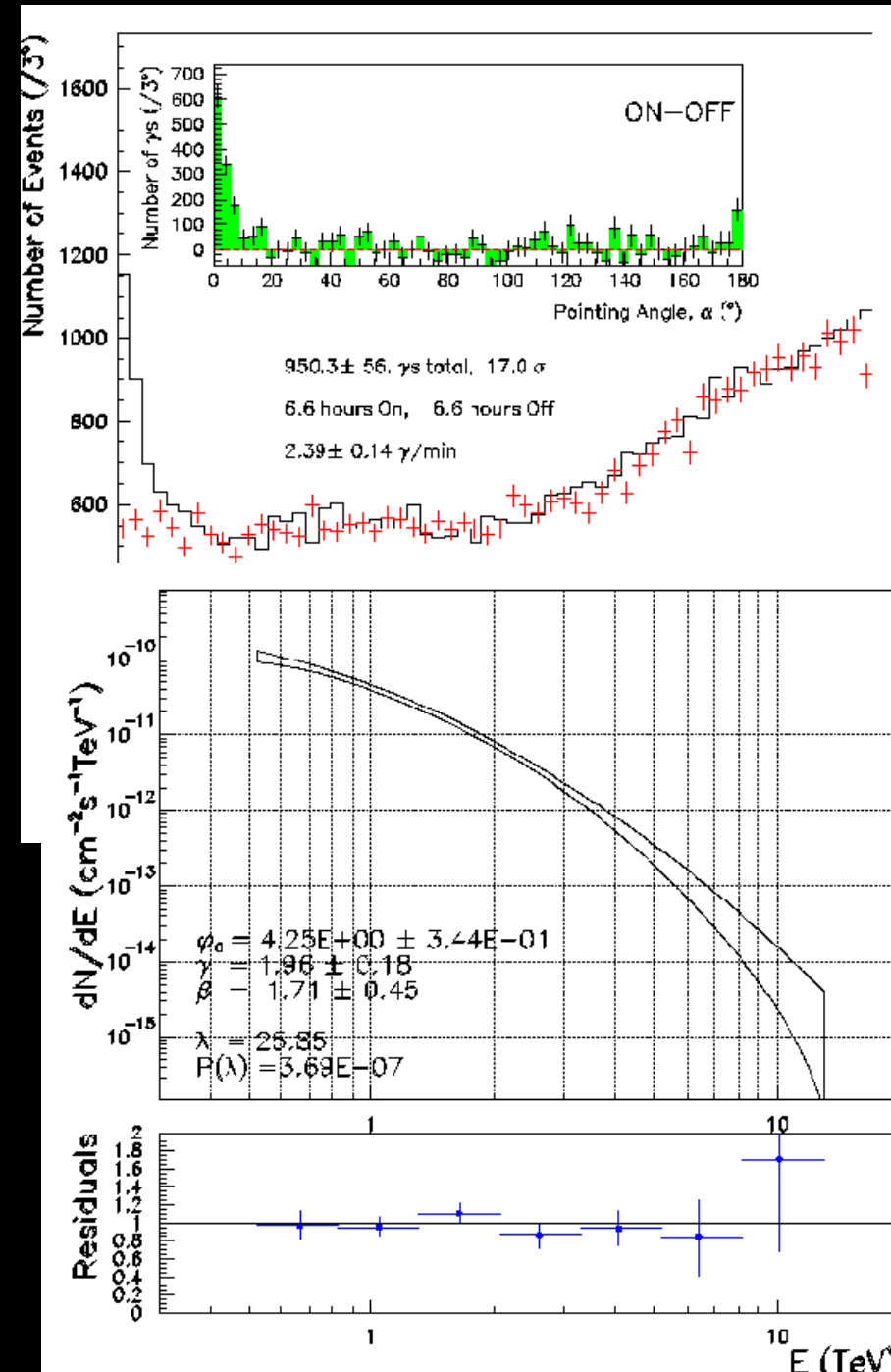
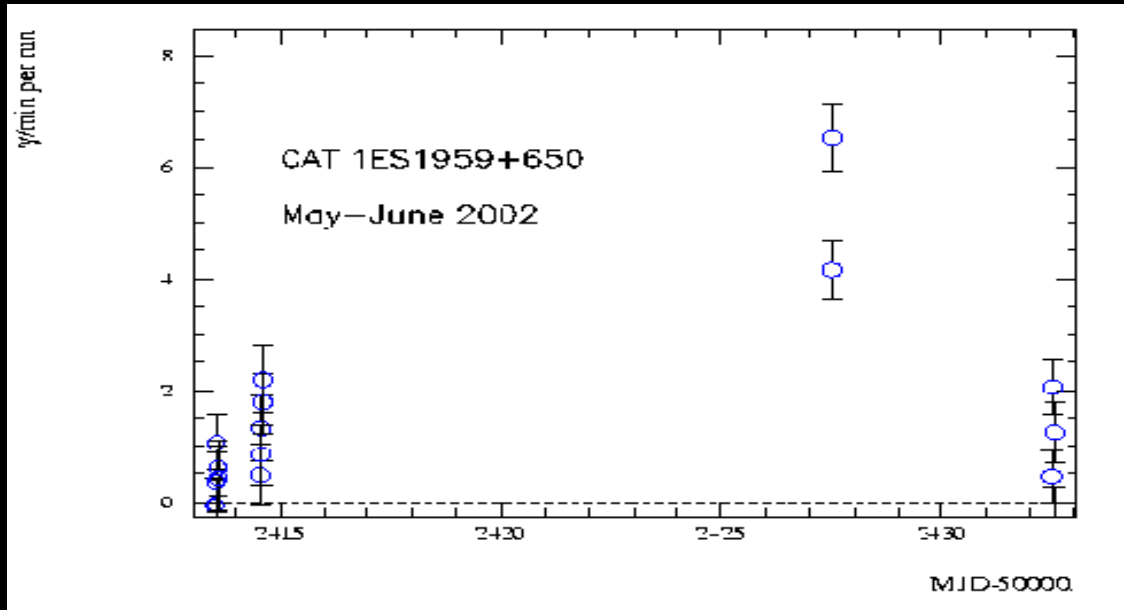
Hillas et al., ApJ 503, 744 (1998)

Les NAG: Exemple de Détection 1ES1959+650: Mai-Juin 2002

Observé par CAT depuis 1997 (>40 heures ON):
 274 ± 125 rayons gamma $\Rightarrow 2.2 \sigma$

Fort activité, commençant le 15 Mai 2002

Signal 950 événements gamma, 17σ



Spectrum: A clear curvature is seen

A parabola fit is reasonable: $\lambda=25.9$

But a power-law*exp cutoff
 is also suitable fit

$E_{\text{cut}} \sim 1.0 \pm 0.25$ TeV

CAT

- Derniers articles en cours
 - 1ES1959+650
 - Crabe (thèse Sergui Vorobiov)
 - AGNs
- N'a pas tourné avec CELESTE à cause de la météo

CELESTE

- Sources toujours en observation
 - Crabe
 - M31
 - Mkn 421
 - ...
- Dernière ligne droite

Fermeture du Site Thémis en Juin 2004

H.E.S.S. (High Energy Stereoscopic System)

Systeme de telescopos Cherenkov (steréoscopie) en Namibie

4 telescopos espaces de 120m pour la Phase I

Profiter des acquis des expériences actuelles :

CAT (caméra haute résolution, électronique rapide)

HEGRA (observations stéréoscopiques)

Whipple (grand miroir)

Les telescopos:

Miroir

- 108 m² surface, 12 m diamètre, 15 m de focale

Caméra haute résolution avec électronique intégré

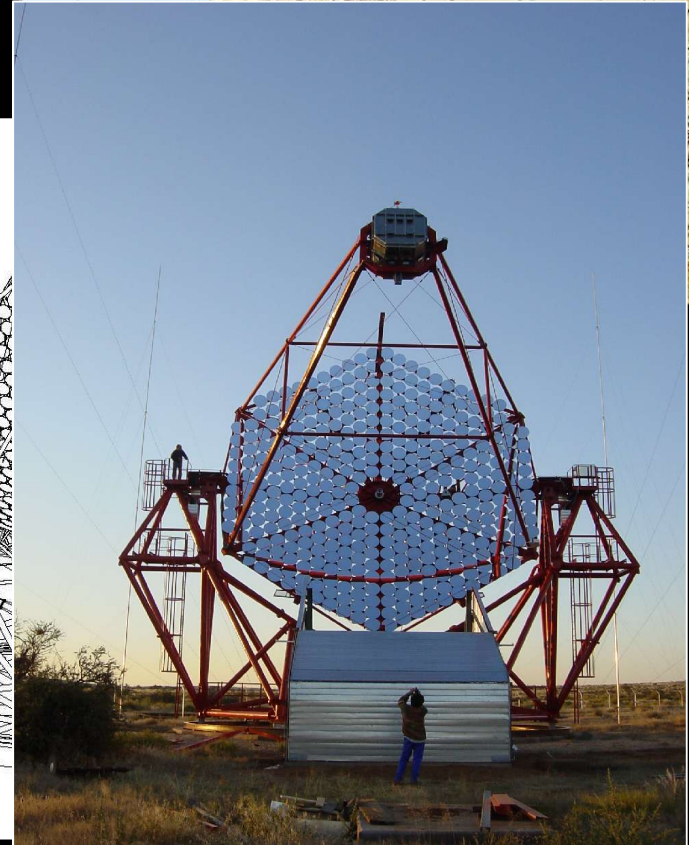
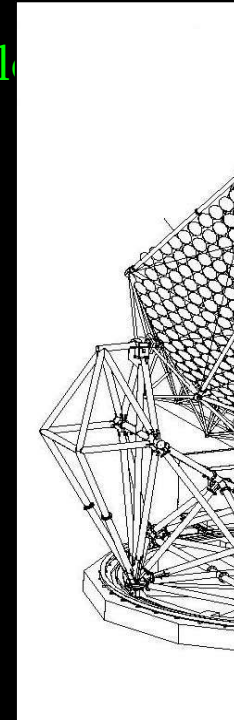
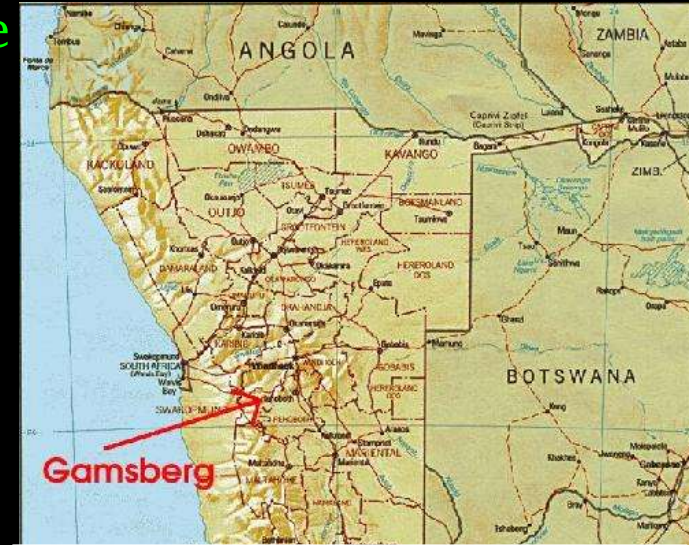
- ~960 PM, Gain 2×10^5
- 0.16° / 2.8 mrad pixels
- 5° de champ de vue
- 16 ns fenêtré d'intégration

Site

- Namibie, 23°S, 15°E, 1800 m altitude

Seuil ~100 GeV

M. Punch Groupe Gamma



Les Caméras de H.E.S.S.

Champ de 5° , taille de pixel 0.16° (2.8 mrad)

960 pixels (Photomultipliers/PMs), en 60 " tiroirs "

Facile d'accès pour réparation

Cônes de Winston montés sur une plaque devant les PMs

Réduction de l'espace mort entre les photocathodes

Réjection de la lumière d'albedo (qui ne vient pas du miroir)

Temps d'intégration 16 ns,

temps de formation du trigger ~ 60 ns

Signal mémorisé dans la mémoire

analogique jusqu'à l'arrivée du trigger

Sectorisation du trigger ("Topologique")

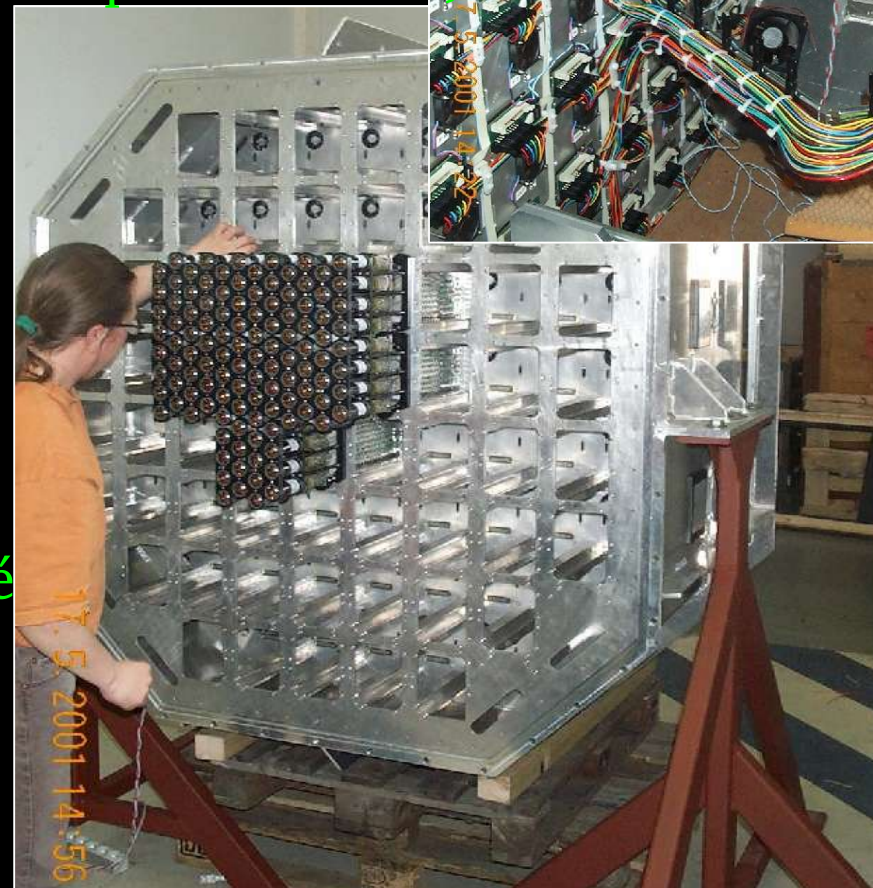
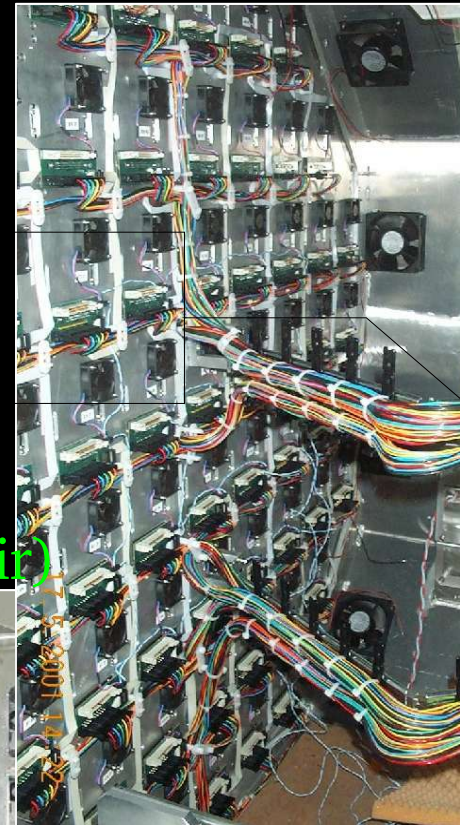
Acquisition intégré dans la caméra

Dans un crate escamotable \Rightarrow accessibilité

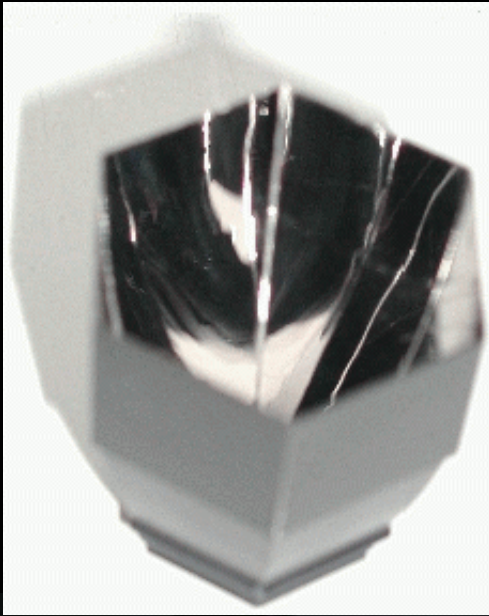
Cable de alimentation en entree,

trois fibre optiques sortant

Taille ~ 1.5 m cube, Poids ~ 820 kg



Cônes de Winston: banc de test au PCC



Conception
Réalisation mécanique
Câblage
Acquisition

D. Marchand & P. Espigat
J.P. Reny & F. Lelong
P. Tardy
B. Khelifi

1^{ères} mesures en juin 2001

Les cônes de Winston des quatre cameras ont été testés et leur réflectivité mesurée pour différents

(les spares sont toujours en attente).

Electronique: Les Tiroirs

Each Drawer (LPNHE-P-6/7) contains

- 16 PMs + active bases (HTs control by low voltage 0-1500V)
- 2 Analogue Memory Cards → Analogue Memory Card (carte MA)
 - Based on ARS0 chip (Analogue Ring Sampling)
 - Developed for Antares by SEI-Dapnia
 - 5 ring buffers /chip, 128 cells per channel
 - Sampling at 1 GHz
 - Readout at < 1 MHz
 - Cell dynamic range 1000
 - Linearity 9 bits
- 1 "Slow Control" card for
 - HT control
 - Temperature and Current monitoring
 - Scaler readout
 - Trigger level control

4 ARS0 chips / Analogue Memory Card
2 channels / PM to get dynamic range

High Gain, $\times 50$ $100\gamma e$

Low Gain, $\times 3$ 16-1600 γe

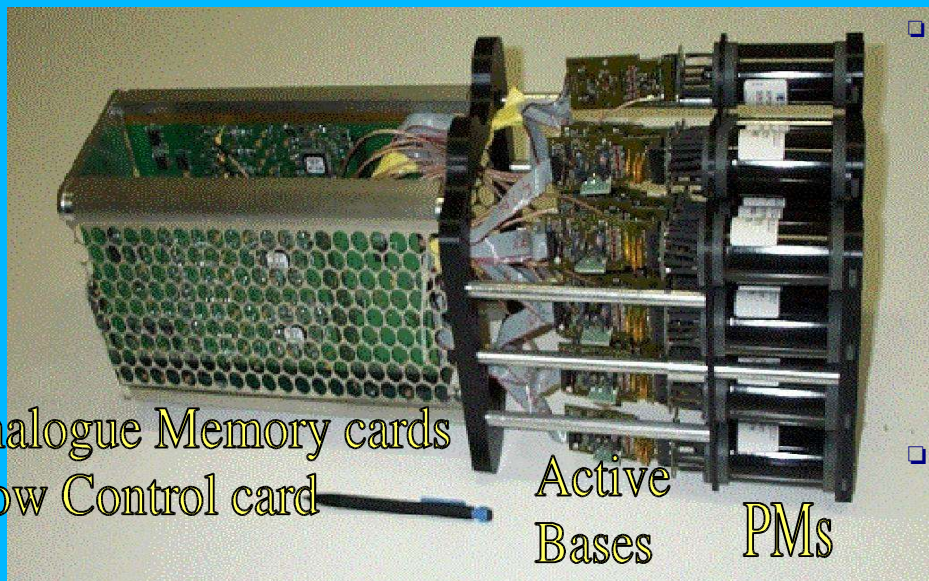
Signals multiplexed into ADC

8 PMs per card

Part of trigger logic also on card

Each PM sent to comparator

Comparator outputs summed
and sent to DAQ crate



Analogue Memory cards
Slow Control card

Active
Bases PMs

Systeme de calibration

Caméra #1

systeme allemand: porte avec 960 LEDs ???
cout > 30000 Euros



Systeme de calibration (PCC)

conçu par C. Theoret & M. Punch

réalisé par N. Bleurvacq, C. Chapron, F. Lelong

Systeme simple, portable

~ 30 fois moins cher que le systeme allemand



Systeme sur site plus simple

Abris caméras fermés à la lumière
⇒ plus besoin de "tipi" sur site

Observations

Observations en mono télescope de Juillet 2002- Janvier 2003

Cibles : surtout les sources de Durham and CANGAROO

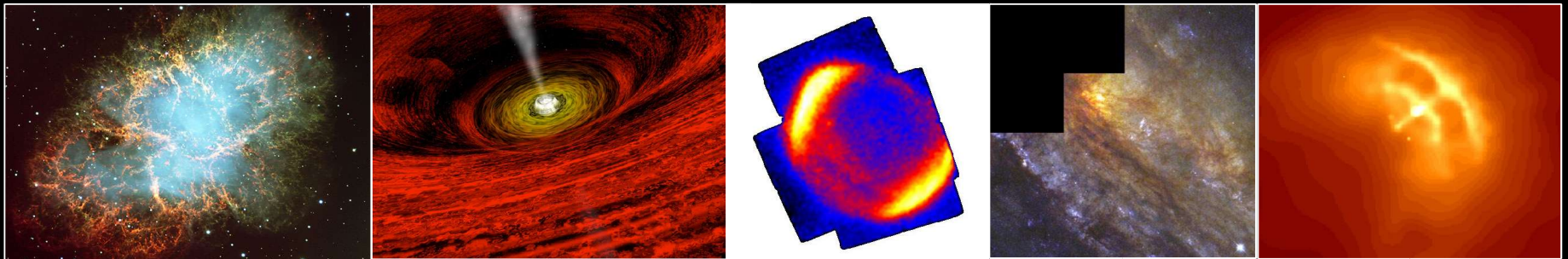
La Nébuleuse du Crabe (pour vérification des performances)

Détection de PKS2155 et du Crabe à $>10 \sigma$

Plusieurs autre sources en cours d'analyse e.g. :

Centre Galactique : détection significative, analyse de spectre et de l'étendue angulaire de la source doit commencer

SN 1006 : pas de détection, semble incompatible avec le flux annoncé par CANGAROO (limite supérieure à définir)



Résponsabilités du groupe PCC dans l'analyse H.E.S.S.

Transfert des données (P. Espigat, M.-G. Espigat)

- Mise sur bande, relecture, stockage, scripts de lecture

Production des DSTs (C. Théoret)

- “Data Summary Tapes” : données réduites avec paramètres d'analyse

Simulation et comparaisons aux données HESS-I (S. Pita)

Simulation et analyse de la phase II (M. Punch)

Reconstruction des images de gerbe (A. Lemière)

- Estimation de l'énergie par les paramètres standards (Hillas)

Résolution en énergie

et méthodes d'estimation spectrale (A. Djannati-Ataï, A. Lemière)

Résultats : Nébuleuse du Crabe – Octobre 2002

Observations en Octobre 2002

Angle zénithal moyen $\sim 50^\circ$

5 heures “livetime” sur la source

Coupures en paramètres de l'image, optimisées avec Gammas simulés et 2 runs “off-source” (pas inclus)

Coupures fixé “Hillas”, 18.4σ

4.6 γ /minute

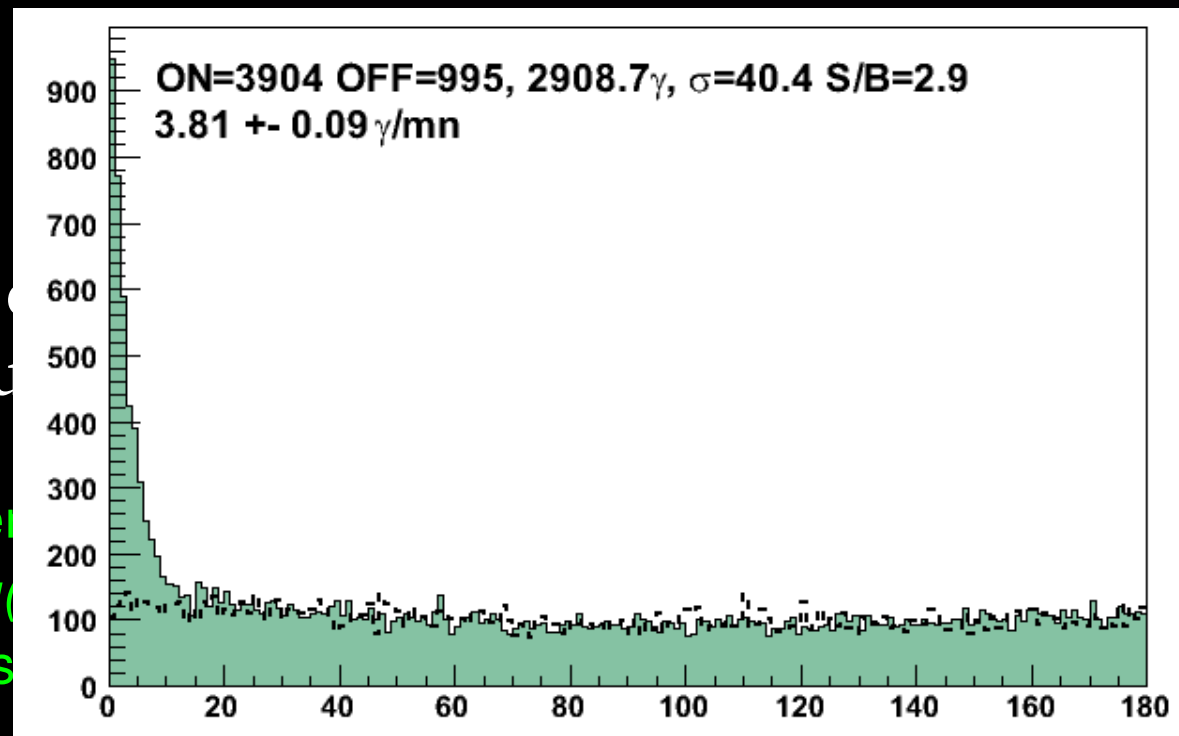
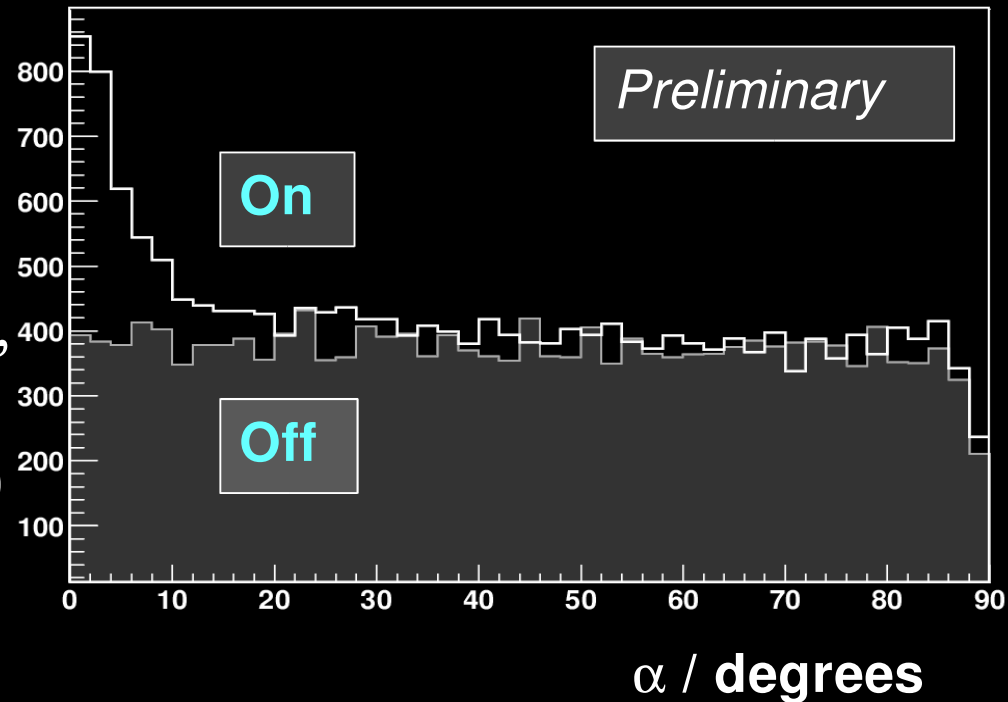
Prédictions de flux par

CORSIKA, KASCADE et ALTAI

Flux mesuré est \approx ALTAI, plus

CORSIKA/KASCADE.

- Analyse en $length/\log$
- résultats s



Résultats : PKS2155-304 – Juillet 2002

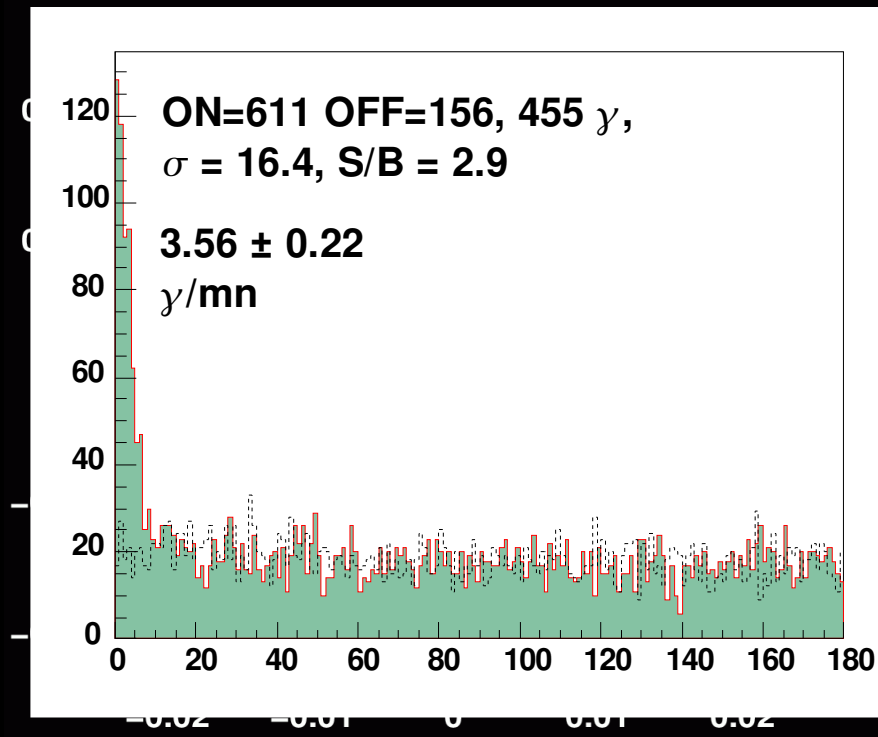
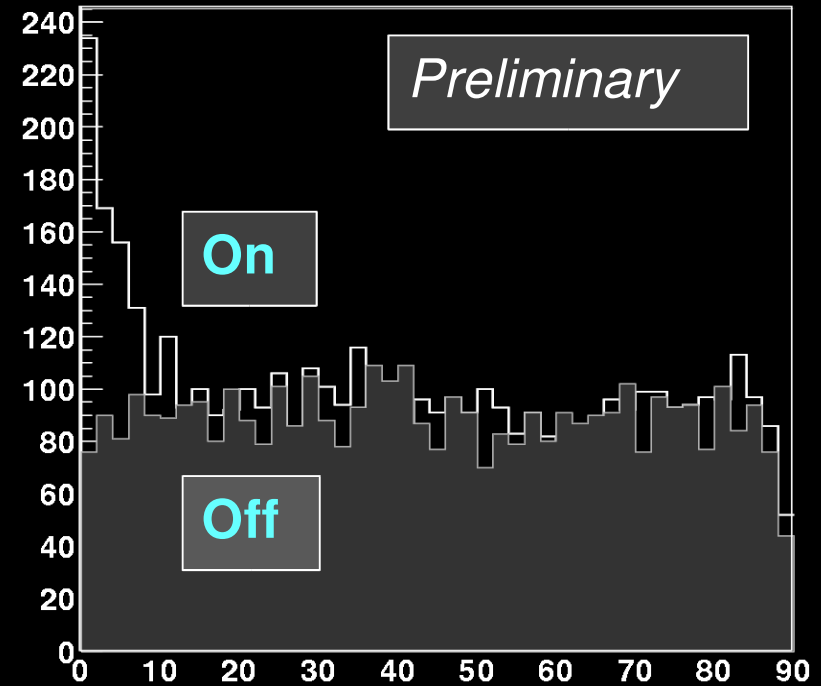
Bl Lac, première détection en Gamma au TeV par Durham Mark 6 en 1996

Observations en Juillet 2002

Angles zénithaux plus près du Zenith
2.2 heures “livetime” sur la source
Coupures réoptimisées pour les petits angles zénithaux

Signal à 10.1σ
2.8 γ /minute

D'autres sources en cours d'analyse...



Communications HESS

e.g. ICRC 2003, Japon

13 contributions (6 orales)

dont 4 orateurs français

Autres colloques:

EPS, Aachen 2003

Rencontres de Moriond, 2002

IDM 2003, York

...

Contacts interdisciplinaires:

GdR PCHE

GdR SUSY

Status of the H.E.S.S. project

W. Hofmann, for the H.E.S.S. collaboration

Performance of the H.E.S.S. cameras

P. Vincent et al., for the H.E.S.S. collaboration

Observation of galactic TeV gamma ray sources with H.E.S.S.

C. Masterson, for the H.E.S.S. collaboration

First results from southern hemisphere AGN observations obtained with the H.E.S.S.

A. Djannati-Atai, for the H.E.S.S. collaboration

Study of the performance of a single stand-alone H.E.S.S. telescope: Monte Carlo

A. Konopelko et al., for the H.E.S.S. collaboration

Application of an analysis method based on a semianalytical shower model to the H.E.S.S.

M. de Naurois et al., for the H.E.S.S. collaboration

Mirror alignment and performance of the optical system of the H.E.S.S. imaging

R. Cornils et al., for the H.E.S.S. collaboration

The central data acquisition system of the H.E.S.S. telescope system

C. Borgmeier et al., for the H.E.S.S. collaboration

Calibration results for the first two H.E.S.S. array telescopes

N. Leroy et al., for the H.E.S.S. collaboration

Arcsecond-level pointing of the H.E.S.S. telescopes

S. Gillessen, for the H.E.S.S. collaboration

A novel alternative to UV lasers in flat-fielding VHE gamma-ray telescopes

K.M. Aye et al., for the H.E.S.S. collaboration

Atmospheric monitoring for the H.E.S.S. project

K.M. Aye et al., for the H.E.S.S. collaboration

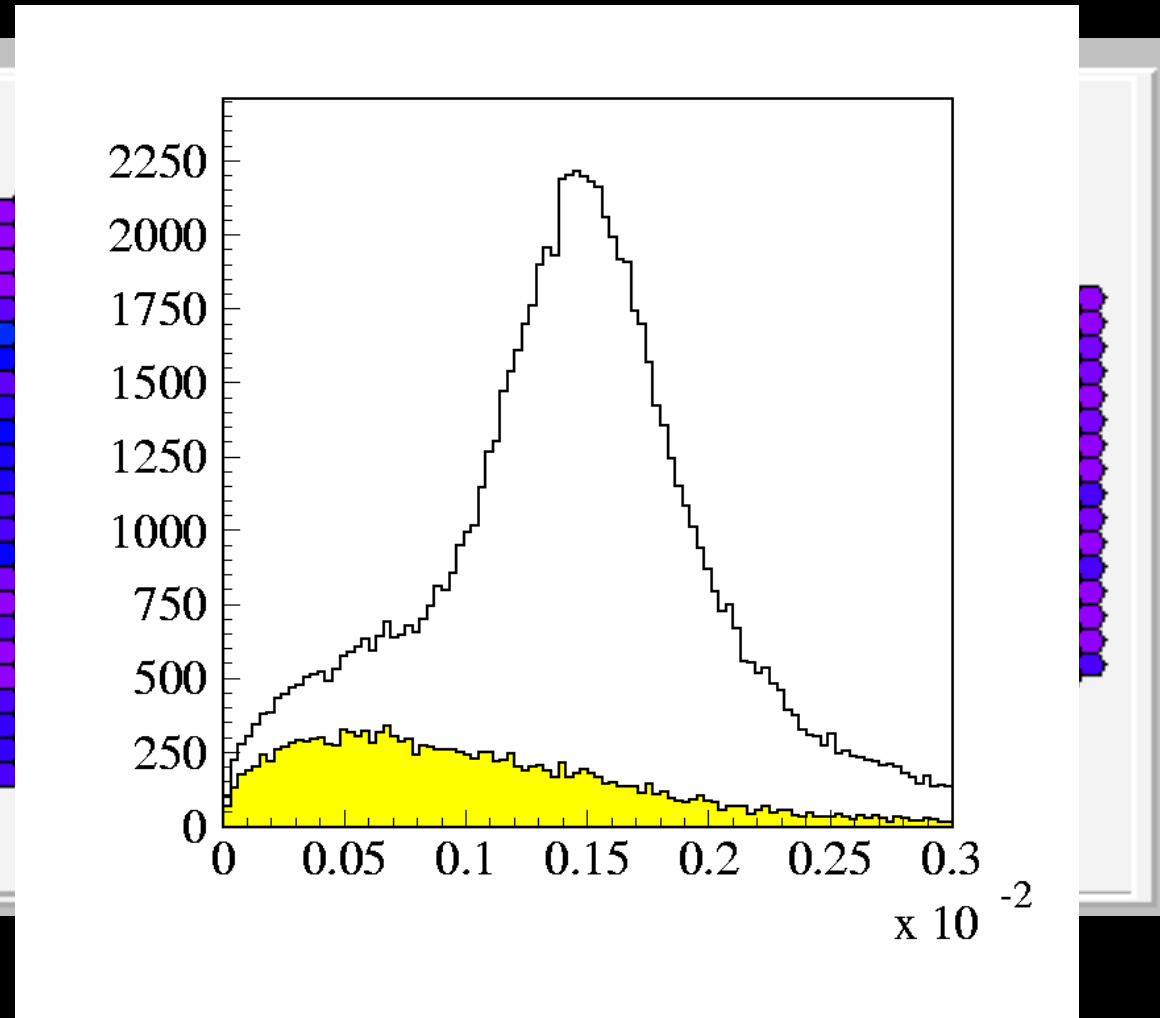
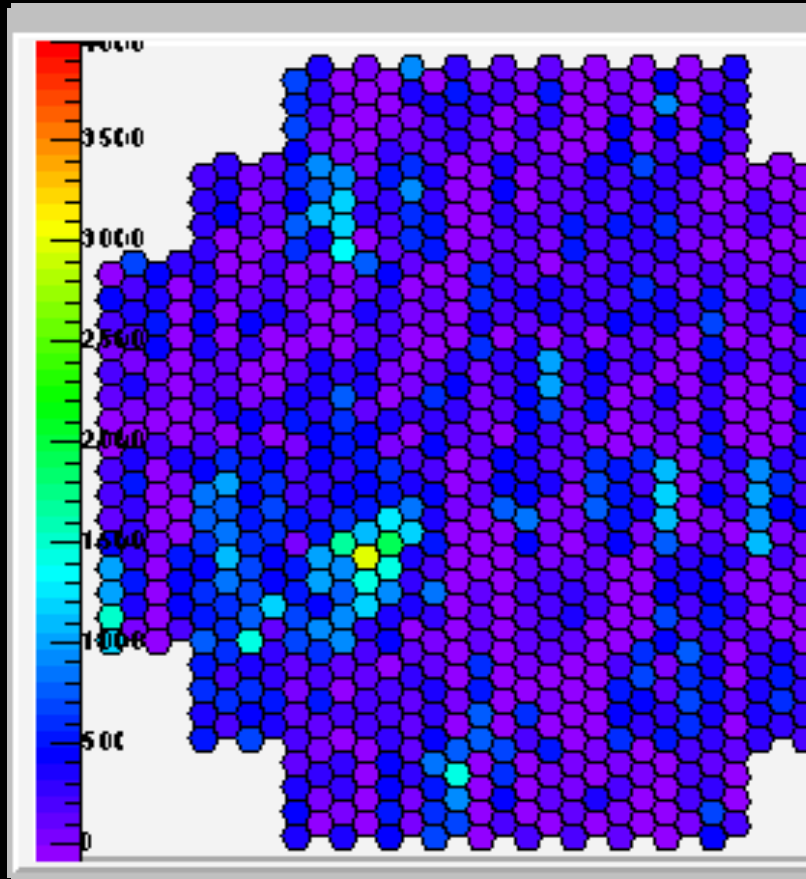
Implications of LIDAR observations at the H.E.S.S. site in Namibia for energy

K.M. Aye et al., for the H.E.S.S. collaboration

Optical observations of the Crab pulsar using the first H.E.S.S. Cherenkov telescope

A. Franzen et al., for the H.E.S.S. collaboration

Les Premières données en Stéréo – 5 mars 2003



Software Stereo Mode

Data taken with 2 telescopes on same source

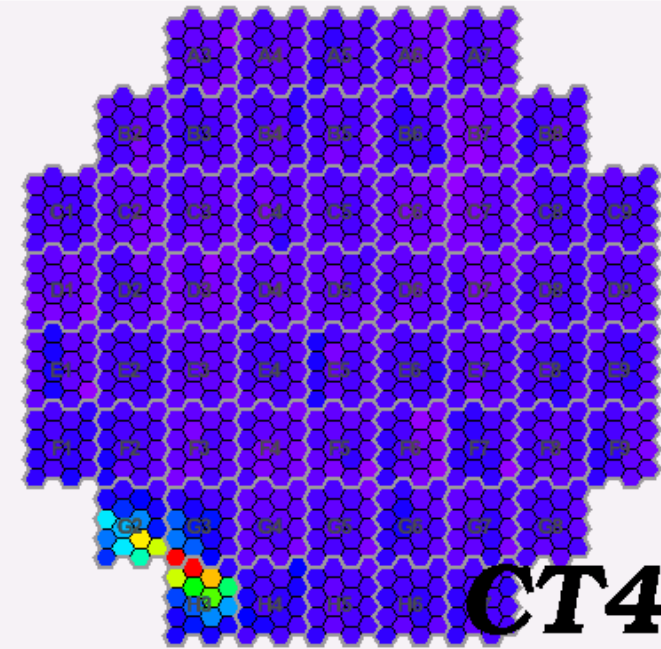
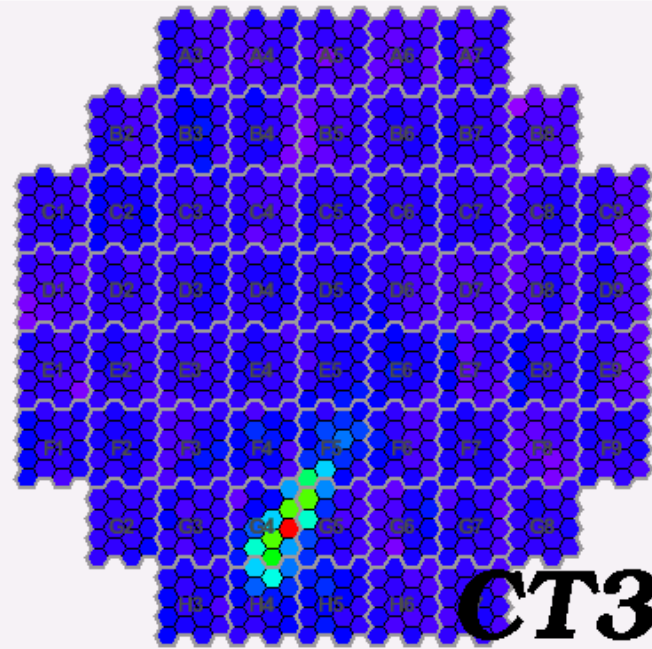
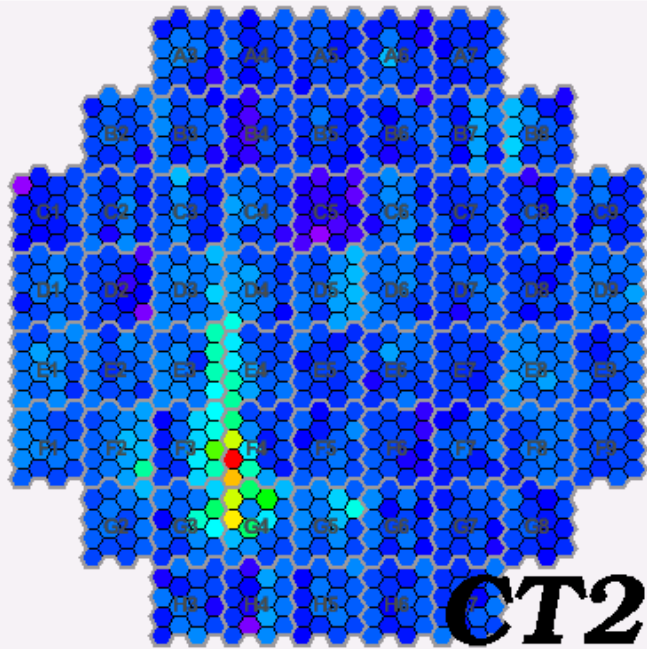
Stereo Events matched based on time

16% overlap of events



H·E·S·S· : Premiers Événements avec Trois Télescopes

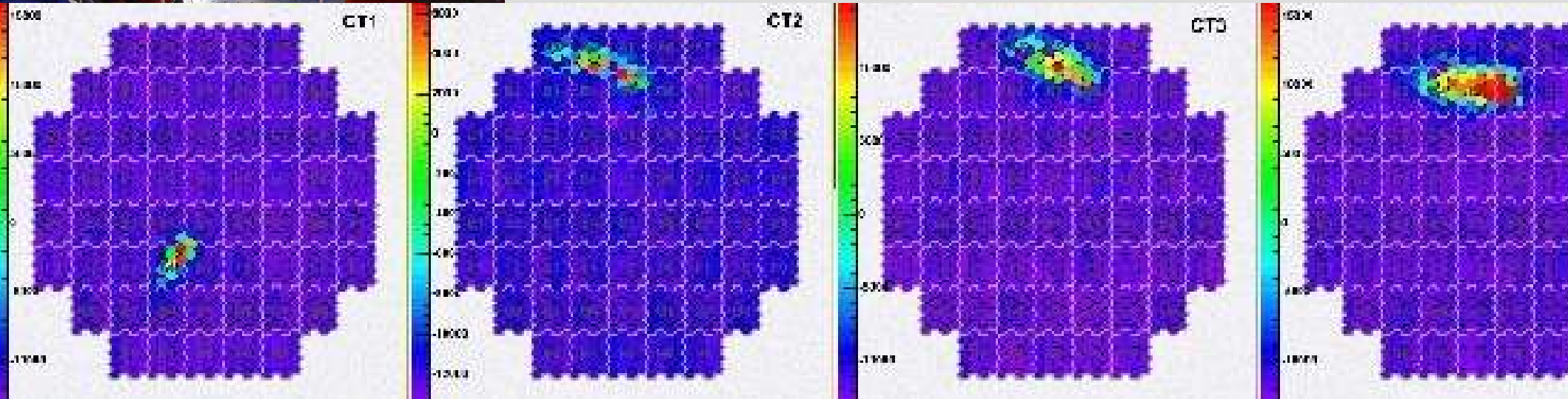
22-23 Septembre 2003, Namibie





H·E·S·S· : Premiers Événements avec Quatre Téléscopes

- 10 Decembre 2003, Namibie



Camera installation

2002

June

2003

February

September

2004

Camera 1

Camera 2

+Upgrade of camera 1

Camera 3

Camera 4

+Upgrade of Cameras 1, 2 & 3

Here we are



HESS

- Travaux en cours au PCC/APC
 - Archivage et suivi des données
 - Production et verification des DSTs
 - Production et verification des Simulations
 - Développement des outils d'analyse
 - Reconstruction en Energie à partir des paramètres fitté sur l'image (les moments “Hillas”)
 - Méthode de Maximum de Vraisemblance pour l'analyse spectrale (en cours d'adoption par la collaboration)
 - Analyse des données des AGN
 - Participation au “Working Group” AGN
 - Sujet de physique de la thèse d'Anne Lemière
-
-

Plus de Petits Télescopes... ou un Grand ?

Petits télescopes

Augmentation de surface de collection
Plus flexible (mode observatoire)



Grand télescope

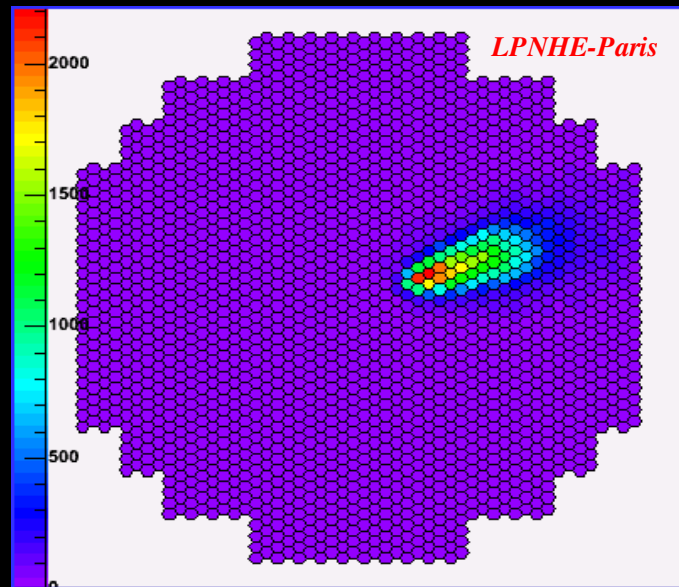
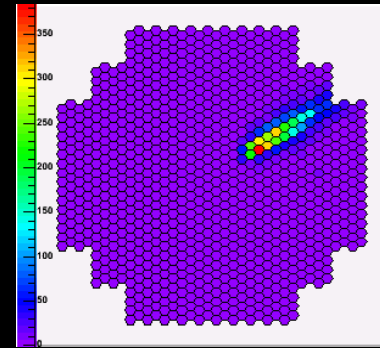
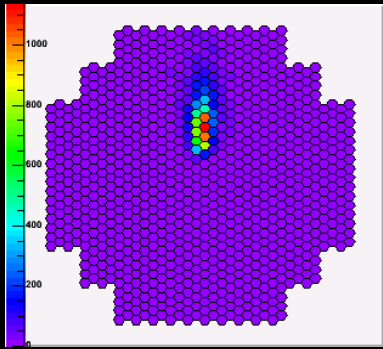
Seuil de détection plus bas
Meilleure définition de
l'image à haute énergie

$\Phi \sim 28 \text{ m} (600\text{m}^2)$
 $f \sim 35 \text{ m}$



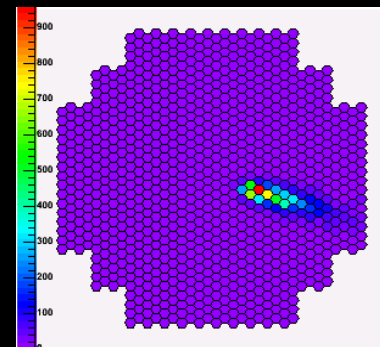
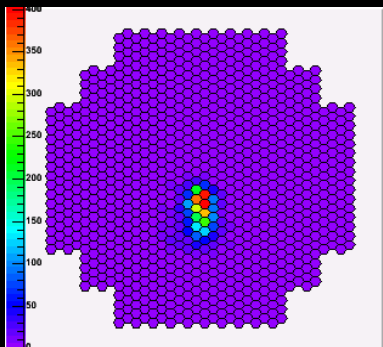
Un Grand Télescope au Centre

2 048 pixels
~3.5° de champ de vue
Taux de comptage **50kHz**



Même technologie que HESS-I
Même taille physique des PMs
Taille angulaire de ~0.07°
Même NSB (bruit du ciel)
Taux d'événements beaucoup
plus élevé: 5000 Hz (???)

Cylindre
 $r=1.9\text{m}$, $\phi=2.5\text{m}$,
2000 kg

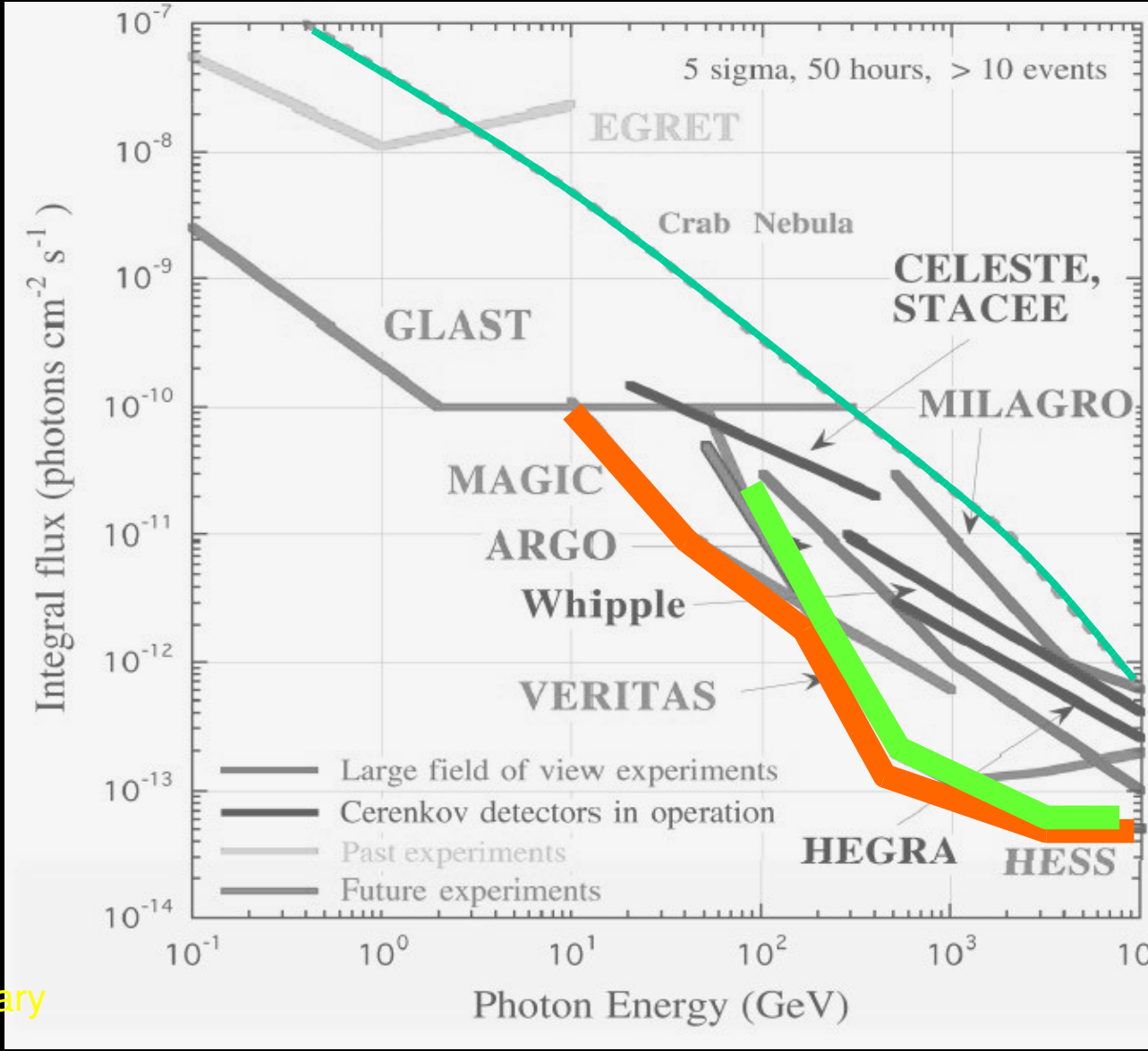


Performances possibles de HESS-II version Grand Télescope

Estimations par "hand-waving"

Etudes serieuses par simulation nécessaires

- Pour le taux d'évenements de fond (BG)
- Pour la réjection du BG
- Pour la résolution en énergie
- ...



from GLAST
science doc.
preliminary

La préparation de la phase II

Pendant l'exploitation phase I (quatre télescopes) ... une année de R&D...

- ★ Simulations : des gerbes des gammas, protons (muons), électrons (taux)
- ★ Simulations : des télescopes avec plusieurs configurations
- ★ Simulations : pour évaluer les caractéristiques de ces configurations
- ★ R&D
 - ★ Dans le cadre du pôle R&D “du PM à la digitatisation (?)” regroupant des chercheurs/ingénieurs du LAL, LPNHE, IPN, CEA (Christophe de la Taille, Patrick Nayman, Pascal Vincent, Eric Delagne, Fabrice Voisin...) :
Définition et étude des ASICs type mémoire analogique à utilisation dans l'astrophysique (HESS, Auger...)
 - ★ Dans le cadre de HESS, étude des ASICs analogiques pour le trigger (rendre plus compacte et performante l'électronique dans le crate)
 - ★ Dans le cadre de HESS, étude d'un trigger niveau 2
Après numérisation, pour réjection d'une partie des données par un système de microcontrôleur / DSP afin de limiter le flux de données transmis “au sol” (suivi par physicien nécessaire pour évaluer les critères de réjection)

HESS-II

- Travaux en cours au PCC/APC (avec le LPNHE)
 - Mise à niveau des simulations pour permettre de simuler des configurations “Hybrides”
 - Re-écriture de la partie “optique” pour permettre l'utilisation d'un grand miroir parabolique, ou autre...
 - Implication du service électronique dans les mémoires analogiques de nouvelle génération et autres ASICs (sommateur rapide pour le trigger...)

Conclusions

HESS a commencé à prendre des données à QUATRE télescopes!

- * Données en mono-telescope sur certaines sources...
avec quelques détections, des analyses en cours
(données très hétérogènes).

L'avenir se prépare dès maintenant (pour être prêt pour GLAST)

- * Pour le R&D, besoin de soutien technique pour
plus de visibilité sur l'électronique (microélectronique et autre)
- * Pour le soft : Méthodes modernes de programmation (C++, OO) très lourde
⇒ barrière à l'entrée pour les physiciens
⇒ besoin d'un informaticien en algorithmique / bases de données
pour les expériences de l'avenir
(structuration des simulations et de la chaîne d'analyse).

Plus de résultats de physique à venir...

