

The background image shows a large satellite dish antenna, part of the H.E.S.S. observatory, silhouetted against a dramatic sunset sky. The sun is low on the horizon, creating a bright orange glow. The sky is filled with scattered clouds that catch the low light. The foreground is a dark, flat desert landscape with a few small trees and a small white building in the distance.

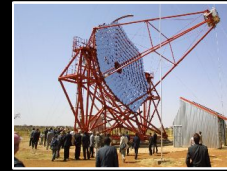
L'expérience H.E.S.S.: une nouvelle ère en Astronomie gamma

Marianne Lemoine-Goumard
CENBG – Université Bordeaux I

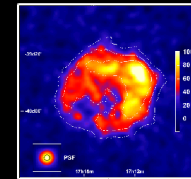
Ecole de Physique des Astroparticules
10-15 Septembre 2007

Plan

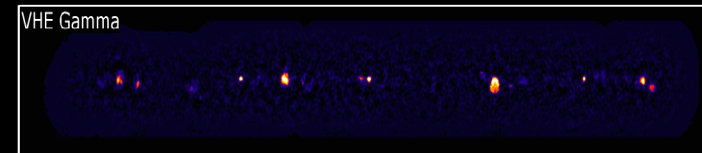
1. L'Astronomie gamma & HESS



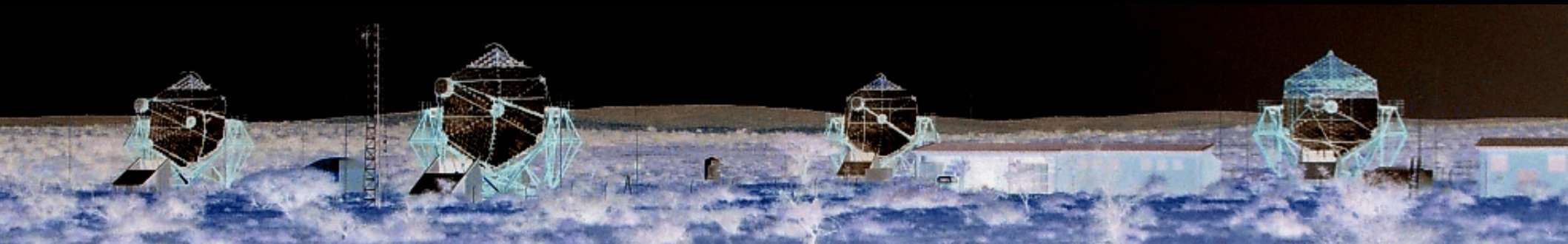
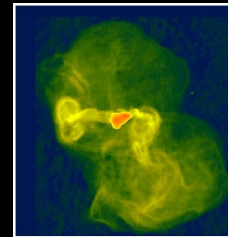
2. Les restes de supernovae clairement identifiés



3. Le relevé du Plan Galactique



4. Les sources extragalactiques



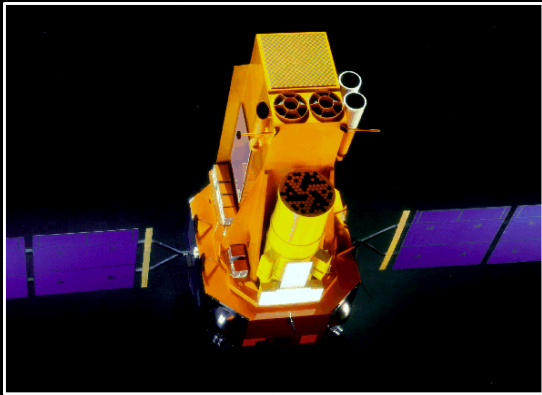
L'Astronomie gamma et H.E.S.S.



Les instruments

γ mous: $E < 10 \text{ MeV}$

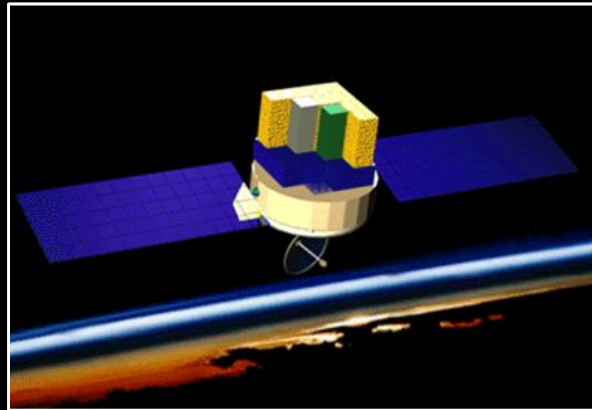
INTEGRAL



γ de haute énergie:

$10 \text{ MeV} < E < 100 \text{ GeV}$

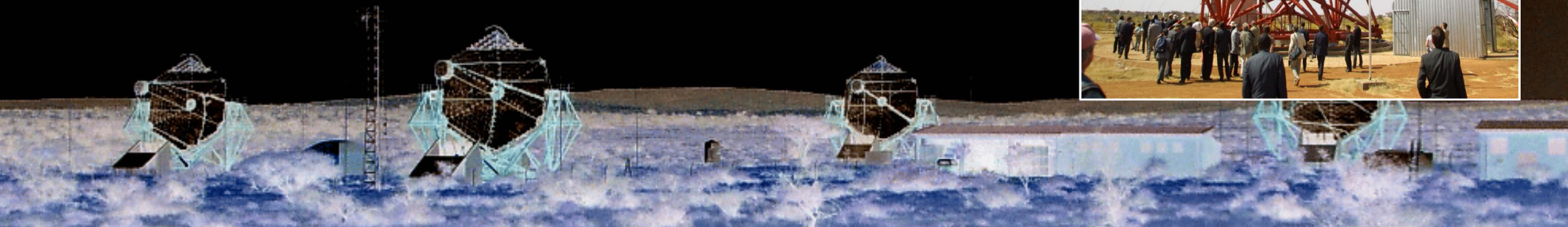
EGRET, AGILE, GLAST



γ de très haute énergie

$E > 100 \text{ GeV}$

HESS, VERITAS...



Les détecteurs Tcherenkov

Veritas

Start 10.2006

photomontage

MAGIC

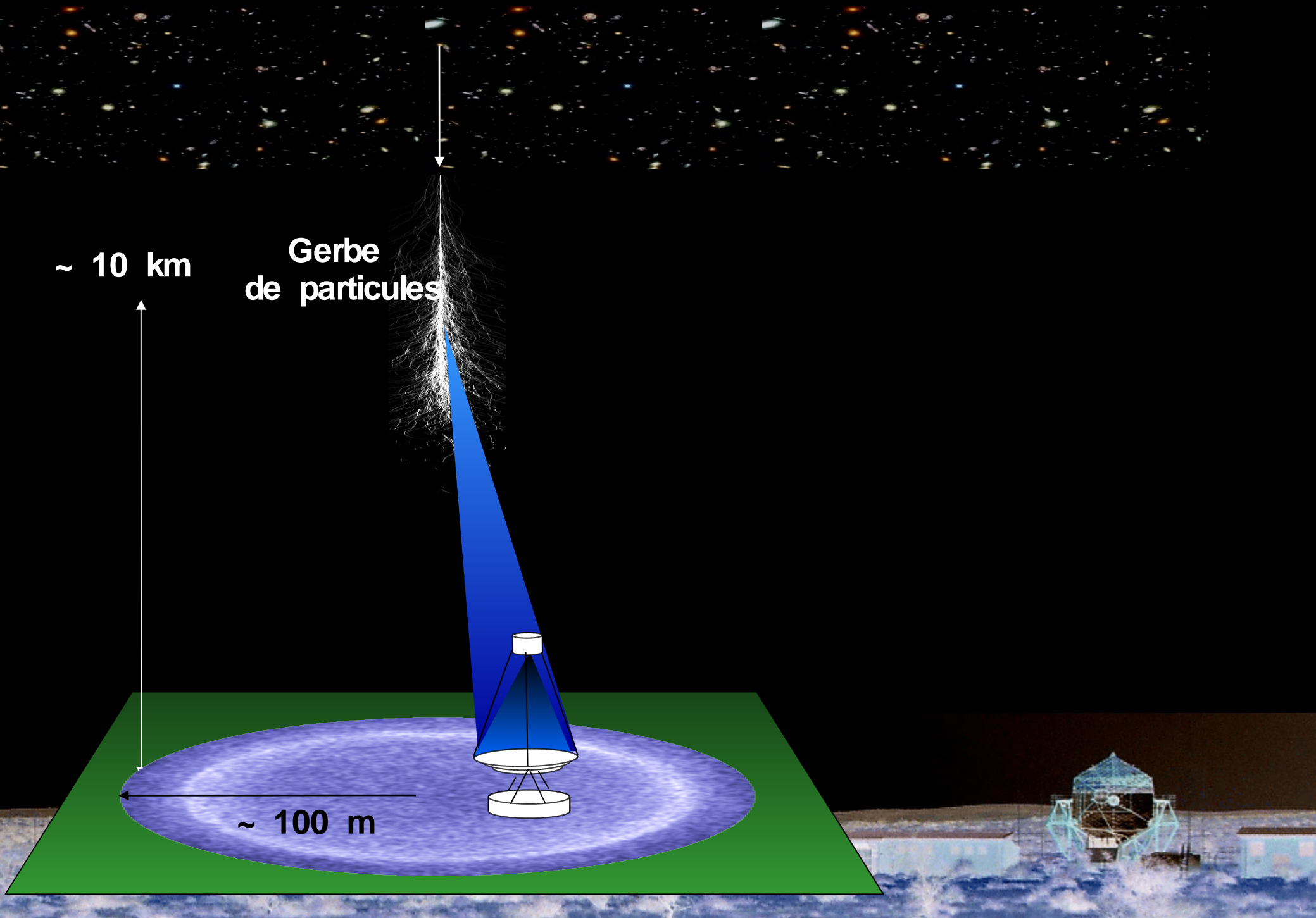
Start 8.2004

H.E.S.S. Start 12.2003

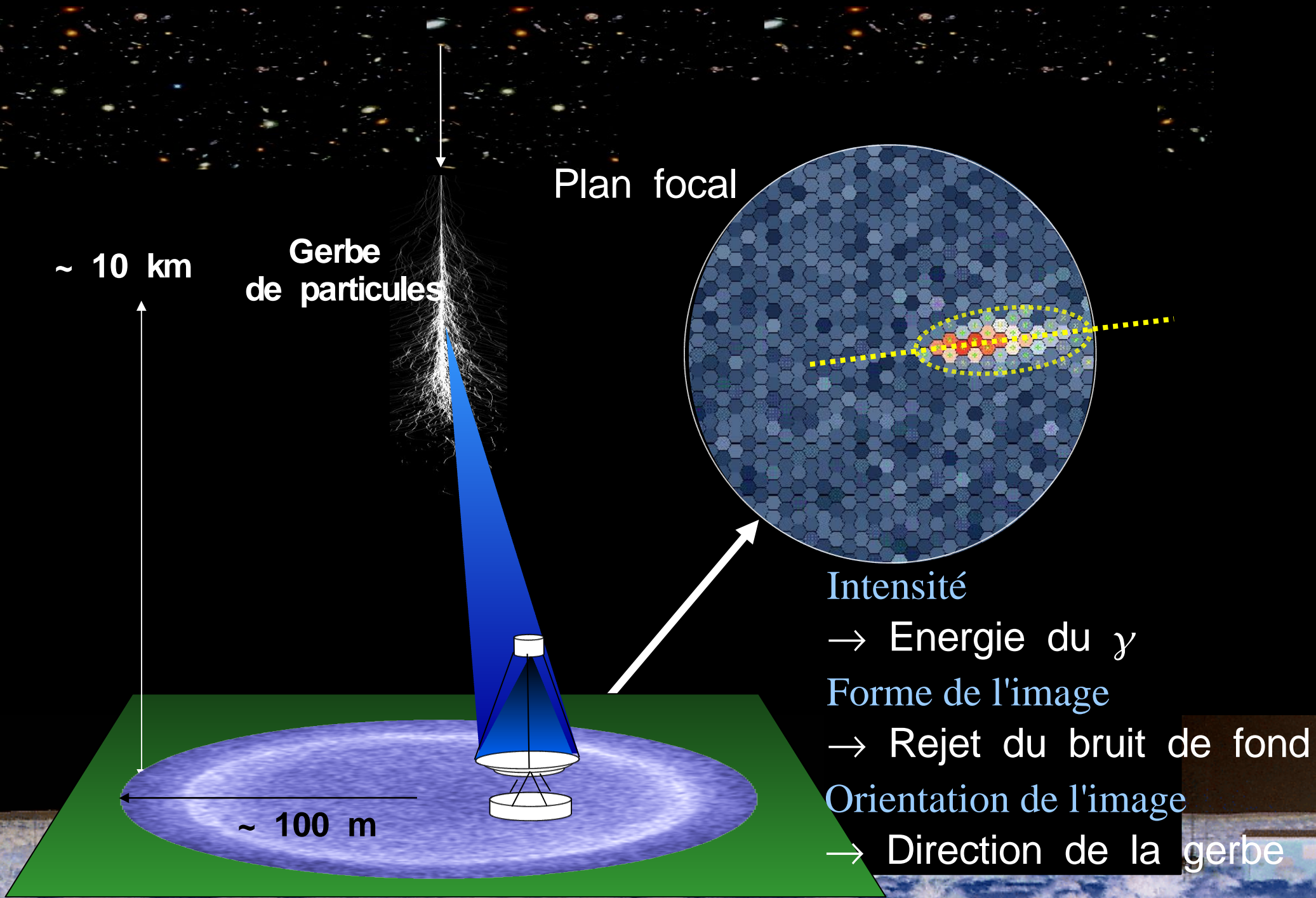
CANGAROO III

Start 3.2004

Principe de l'imagerie Tcherenkov

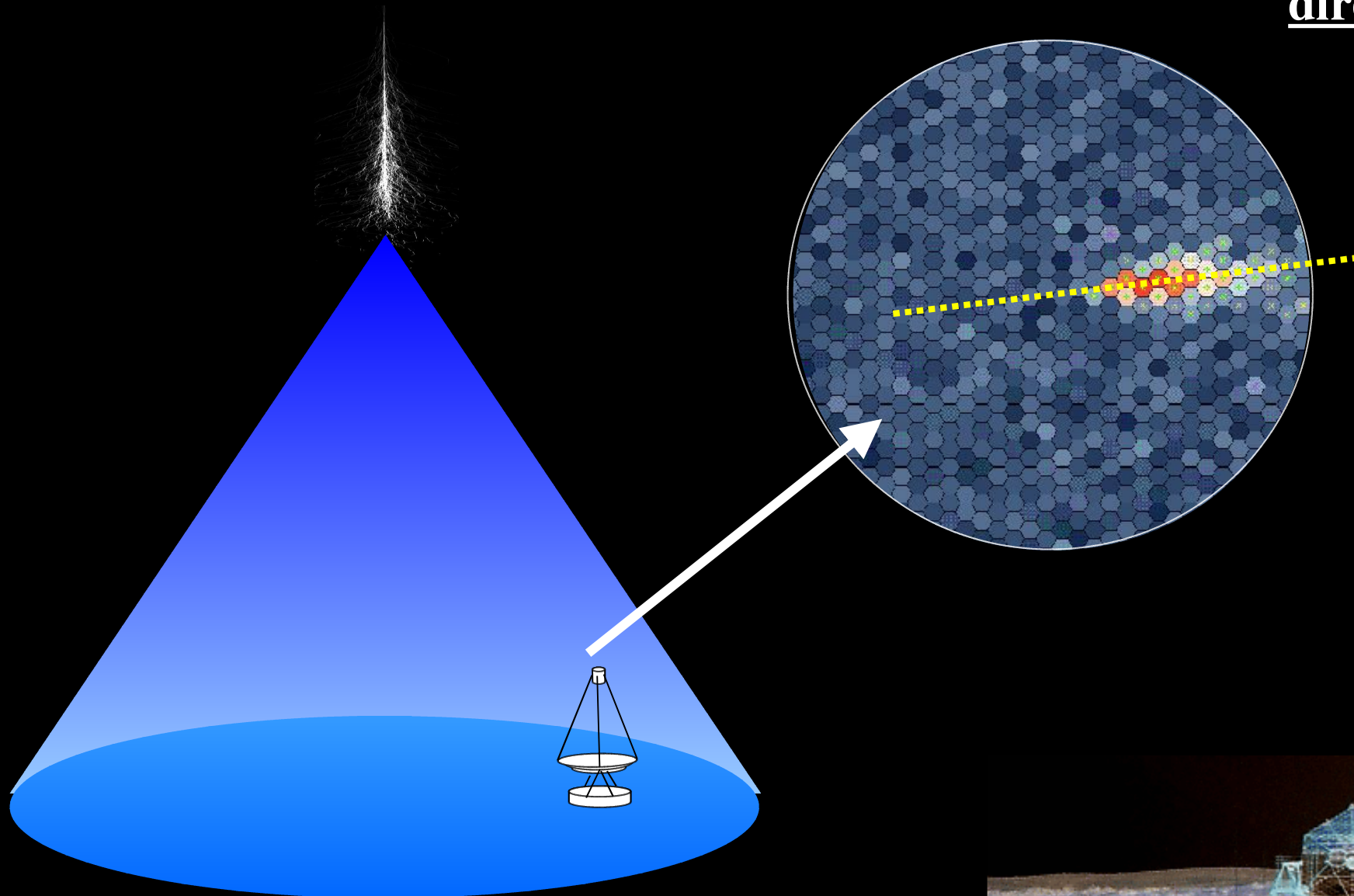


Principe de l'imagerie Tcherenkov



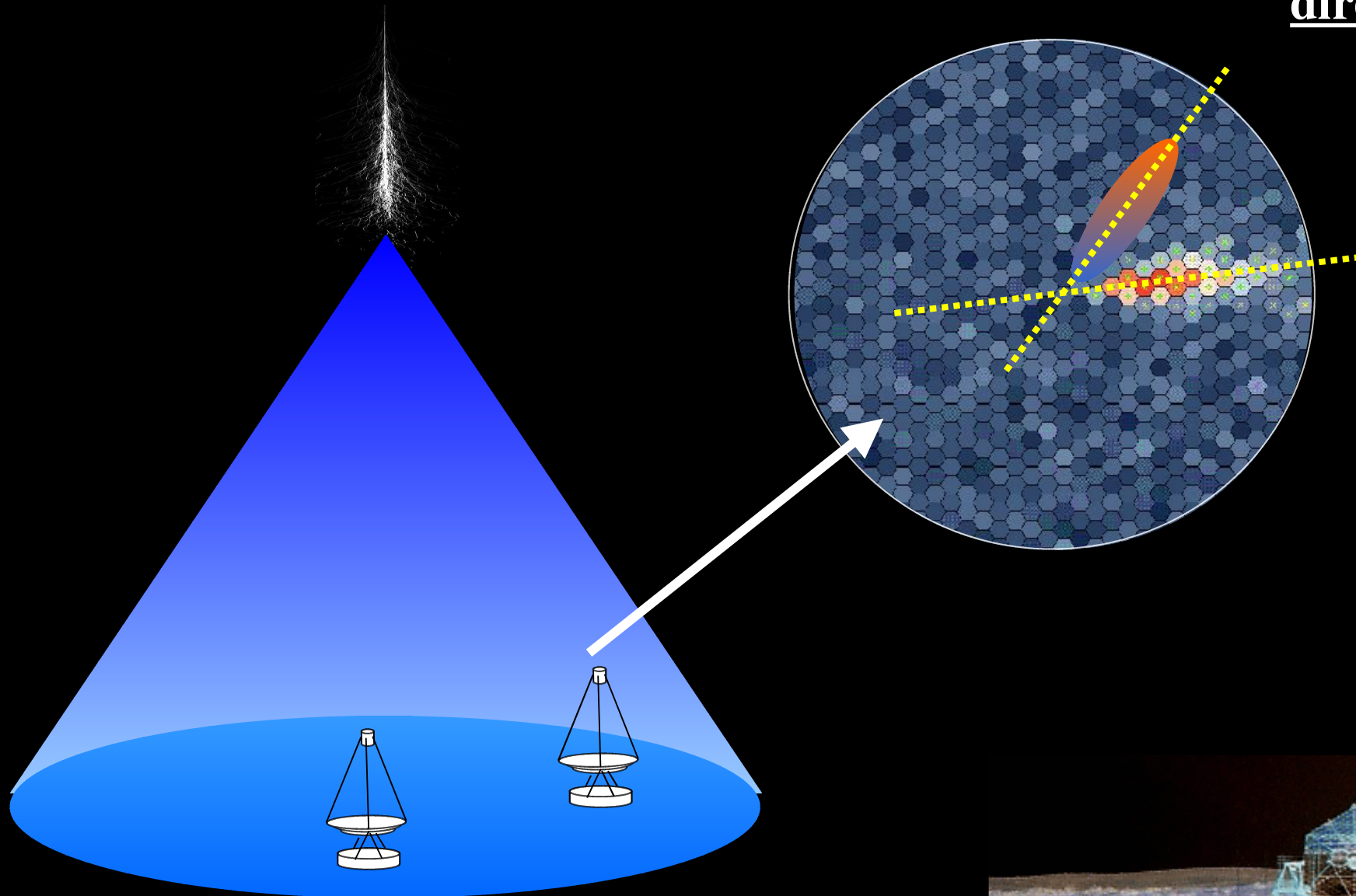
Principe de la stereoscopie

direction



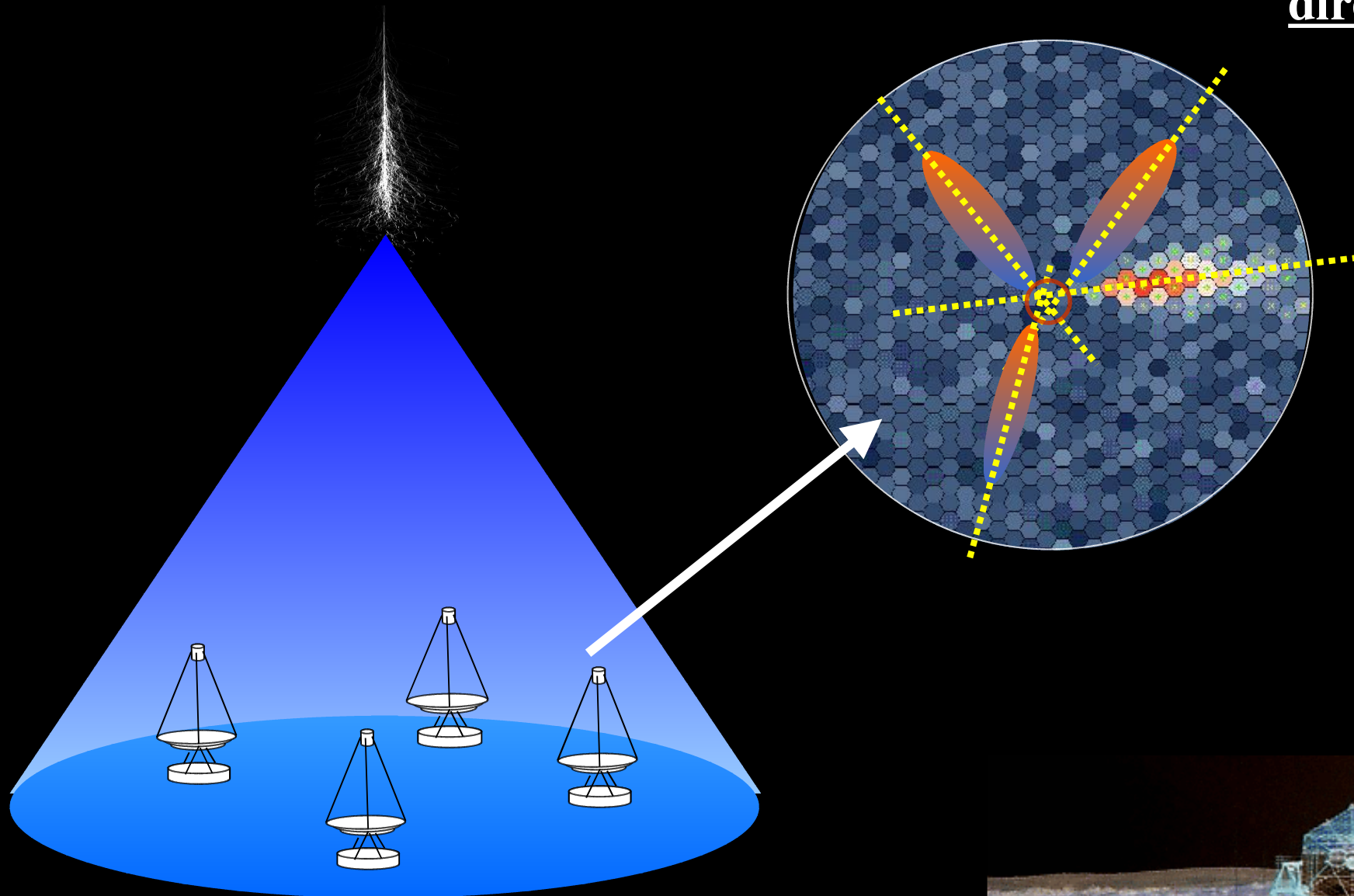
Principe de la stereoscopie

direction

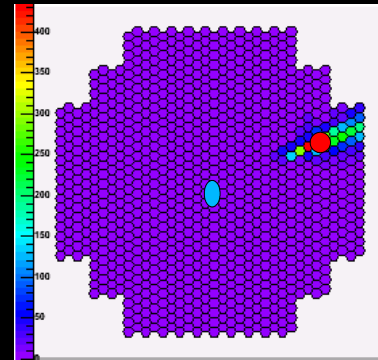
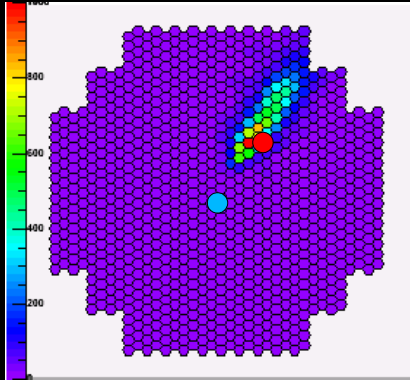


Principe de la stereoscopie

direction

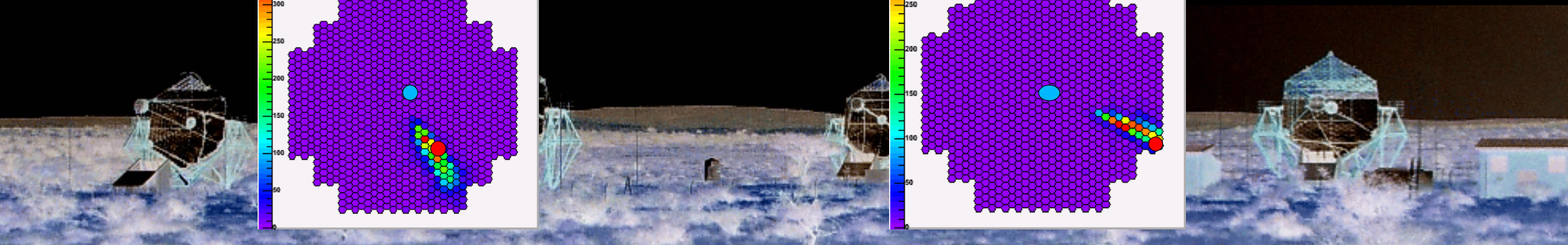
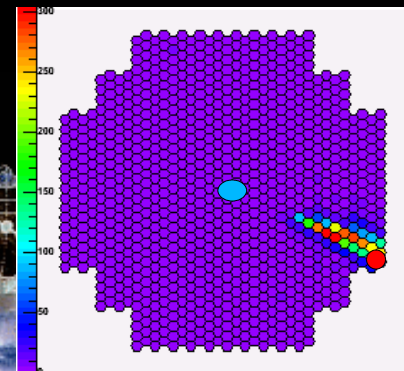
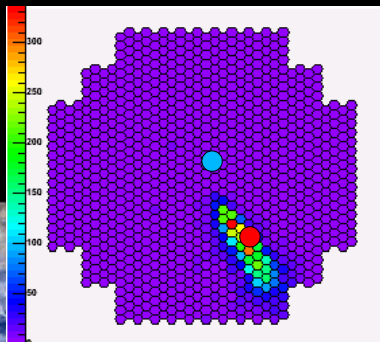


Stereoscopie: point d'impact de la gerbe au sol

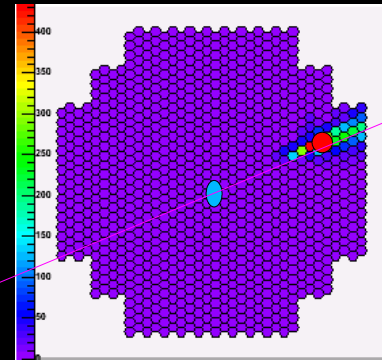
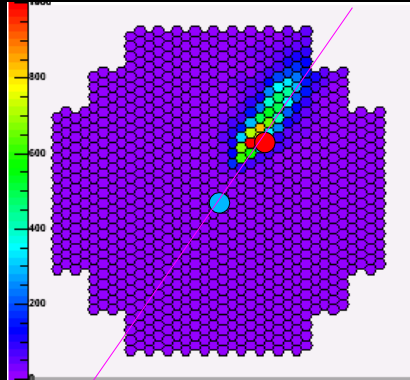


- Position de la source

- Centre de gravité de l'image

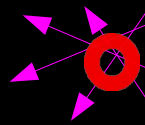


Stereoscopie: point d'impact de la gerbe au sol

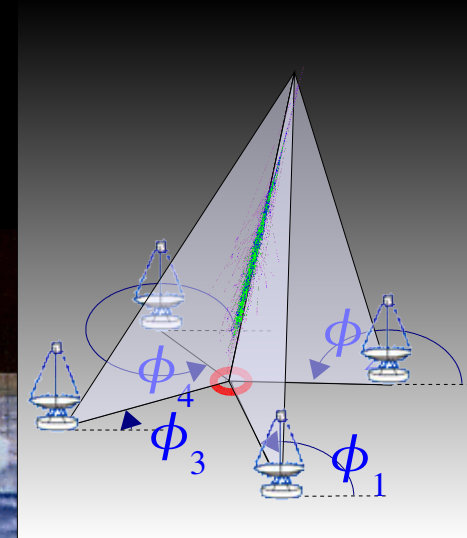
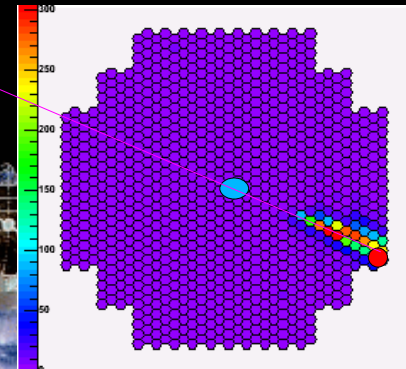
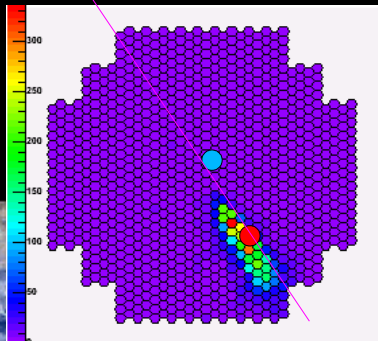


- Position de la source

- Centre de gravité de l'image



Traces au sol



MPI Kernphysik, Heidelberg

Humboldt Univ. Berlin

Ruhr-Univ. Bochum

Univ. Hamburg

Landessternwarte Heidelberg

Univ. Kiel

LLR, Ecole Polytechnique, Palaiseau

APC, Paris

LPNHE-Paris, Univ. Paris VI-VII

CEA Saclay

CESR Toulouse

LAOG Grenoble

Observatoire de Paris

LPTA, Montpellier

LPTA Annecy

Durham Univ.

Charles Univ., Prag

Yerewan Physics Inst.

Dublin Inst. for Adv. Studies

Univ. Namibia, Windhoek

Univ. Potchefstroom

H.E.S.S.

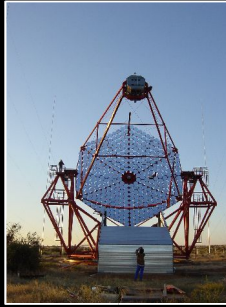
3 continents

8 pays

19 institutions

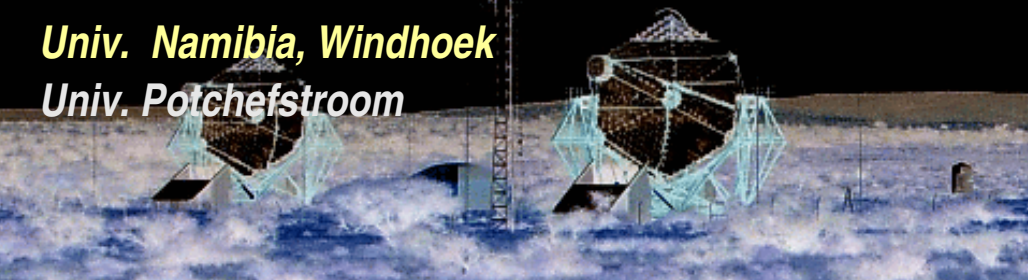
100 chercheurs

100 ingénieurs et techniciens



HESS

*High Energy Stereoscopic System
Collaboration*



Le site de H.E.S.S. (I)

23°16" S, 16°30" E, 1800 m asl

100 km de Windhoek (Namibie) :

- très bonne qualité optique du ciel
- hémisphère peu observé
- grande partie du plan galactique observable



H.E.S.S.

Les télescopes H.E.S.S.

- ◆ Réseau de 4 télescopes

Situés en Namibie, 23°S 15°E

1800 m d'altitude

Séparation des télescopes: 120 m

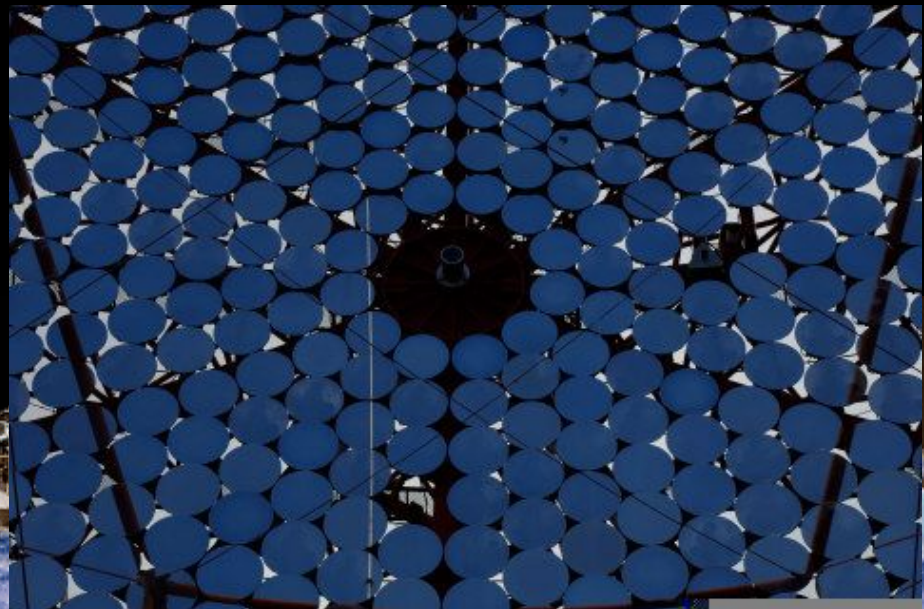
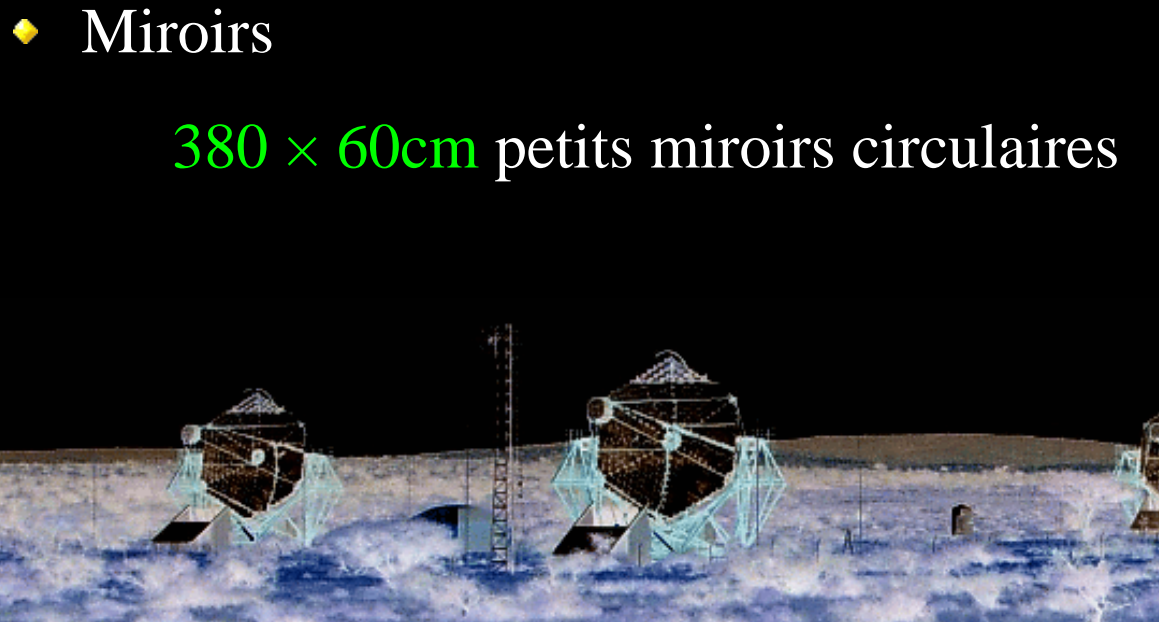
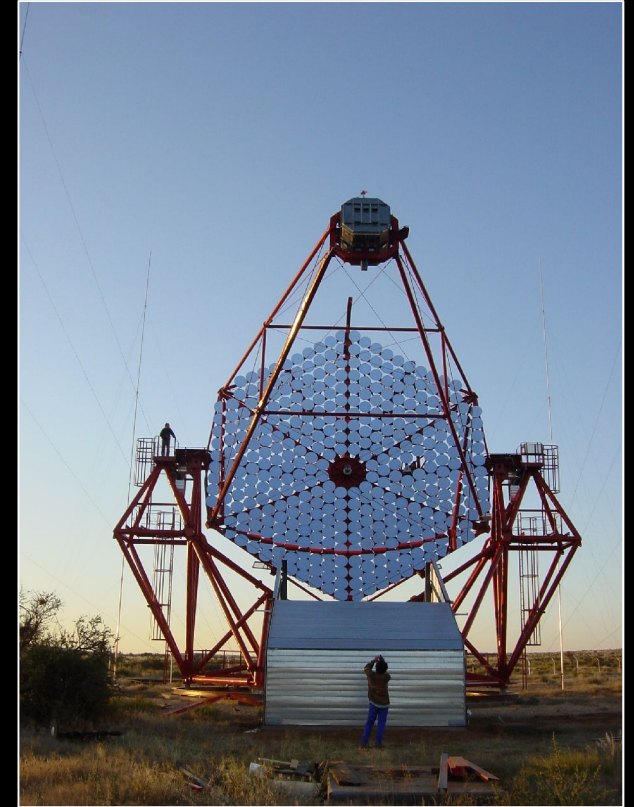
- ◆ Structure des télescopes

Surface totale des miroirs: $4 \times 10^7\text{ m}^2$

Diamètre: 12 m , Longueur focale: 15 m

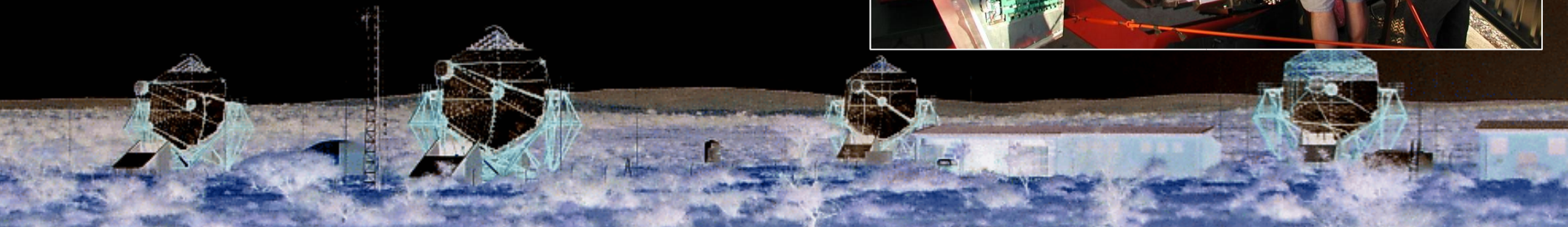
- ◆ Miroirs

$380 \times 60\text{ cm}$ petits miroirs circulaires



Les caméras H.E.S.S.

- ♦ 960 photomultiplicateurs
- ♦ Pixels de $0.16^\circ / 2.8 \text{ mrad}$
- ♦ Très grand champ de vue de 5°
- ♦ Fenêtre d'intégration de 16ns,
- ♦ Electronique *intégrée* dans la caméra
- ♦ 3 cables (1 puissance, 2 fibres optiques)
- ♦ Loge dans un cube de 2 m
- ♦ Poids ~ 900 kg



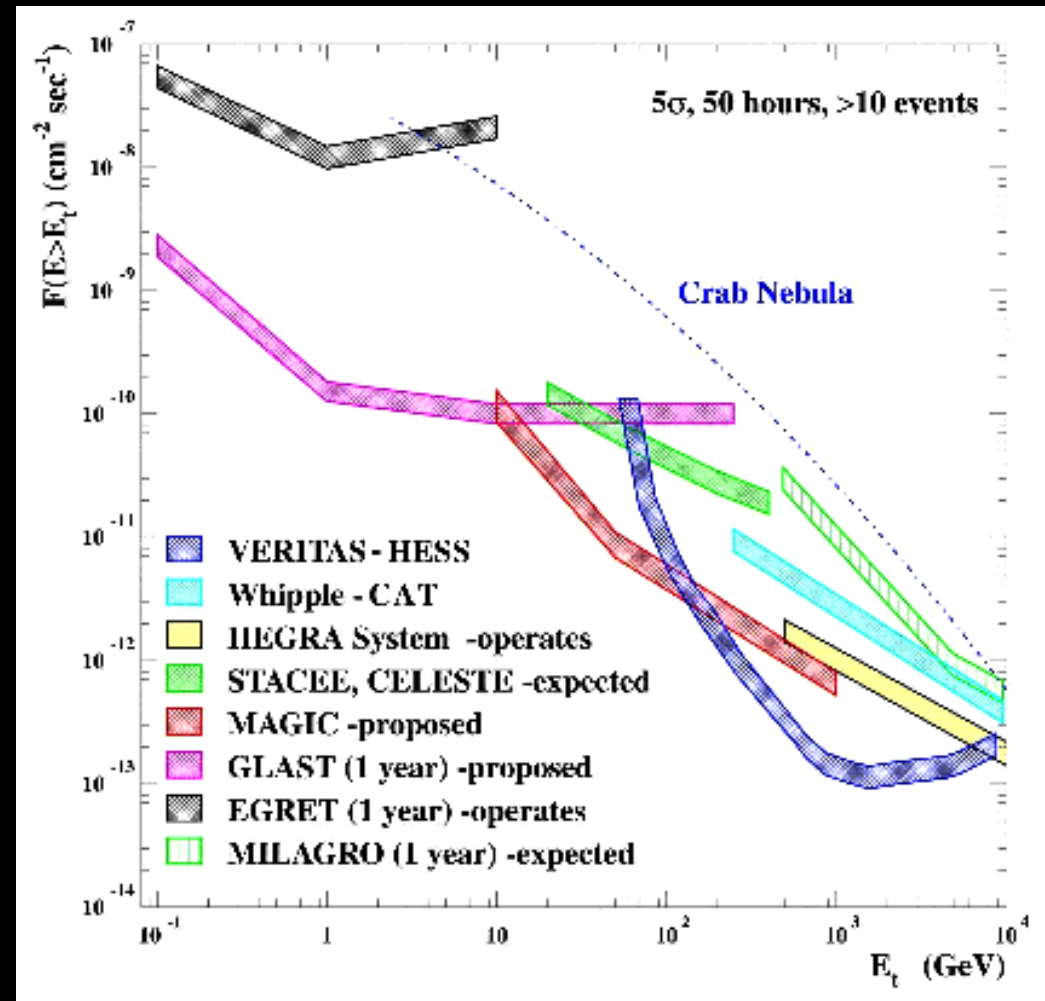
Les performances de H.E.S.S.

- Seuil en énergie ~ 100 GeV
- Résolution angulaire $< 0.1^\circ$
- Résolution en énergie $\approx 15\%$
- Taux de trigger ~ 300 Hz
avec ~ 10% temps mort
- ~ 25 γ /min pour les sources

les plus brillantes (Crab):

→ 0.01 Crab en ~25 hrs

→ 1.00 Crab en ~30 sec (~ 1h pour les détecteurs précédents)



Astrophysique avec H.E.S.S.

Sources extragalactiques

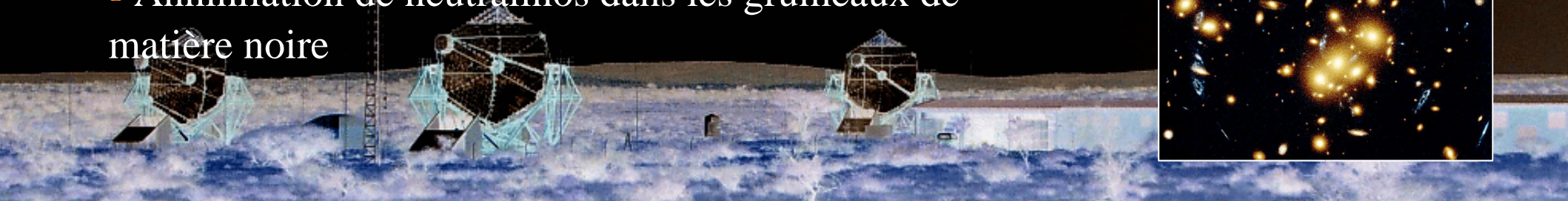
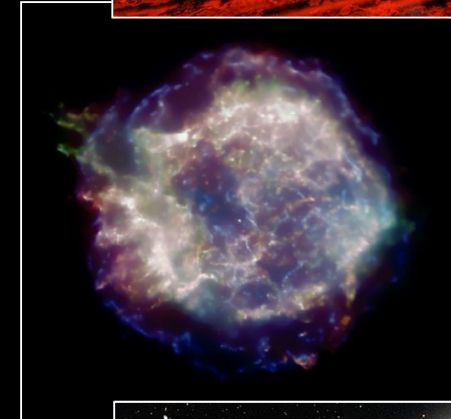
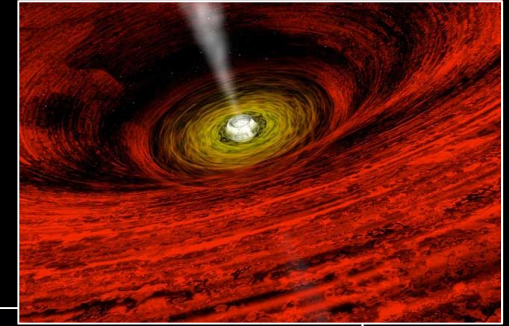
- Noyaux actifs de galaxie (NAGs)
- Galaxies à flambée d'étoiles
- Amas de galaxies
- Sursauts gamma ??

Sources galactiques

- Vestiges de supernovae (SNRs)
- Plérions
- Systèmes binaires
- Sources non identifiées

Astrophysique et astroparticules

- Fond diffus Infra-rouge extragalactique par l'étude de l'absorption dans le spectre des NAGs
- Annihilation de neutralinos dans les grumeaux de matière noire

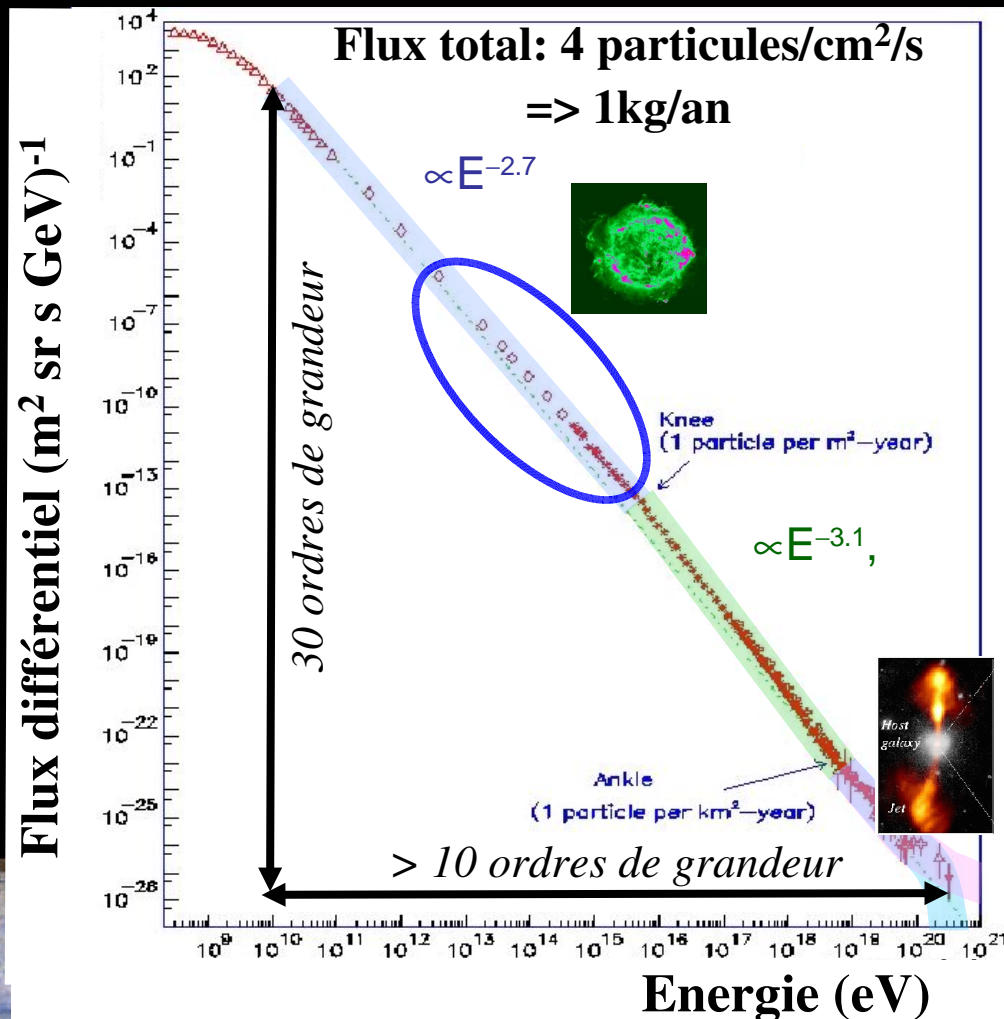


Les vestiges de supernovae

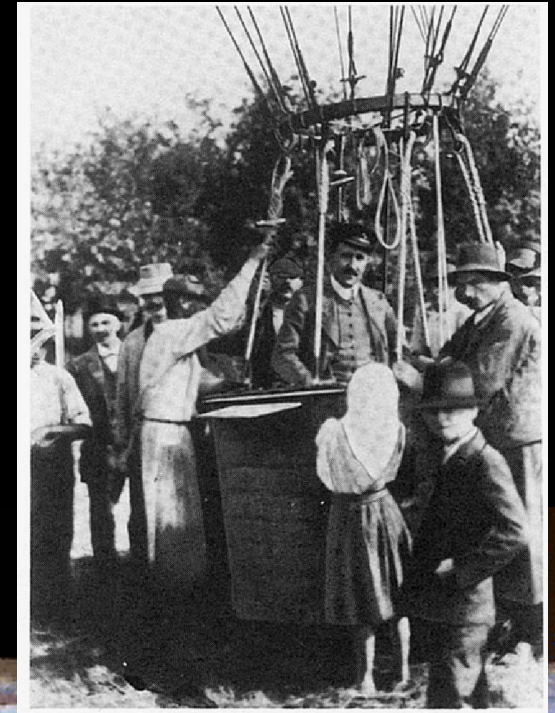


Le rayonnement cosmique

- ❑ Découvert en 1912 (Victor HESS)
- ❑ 10 ordres de grandeur en énergie, 30 en flux
- ❑ Composition: 99% de noyaux & 1% d'électrons
- ❑ Origine toujours inconnue

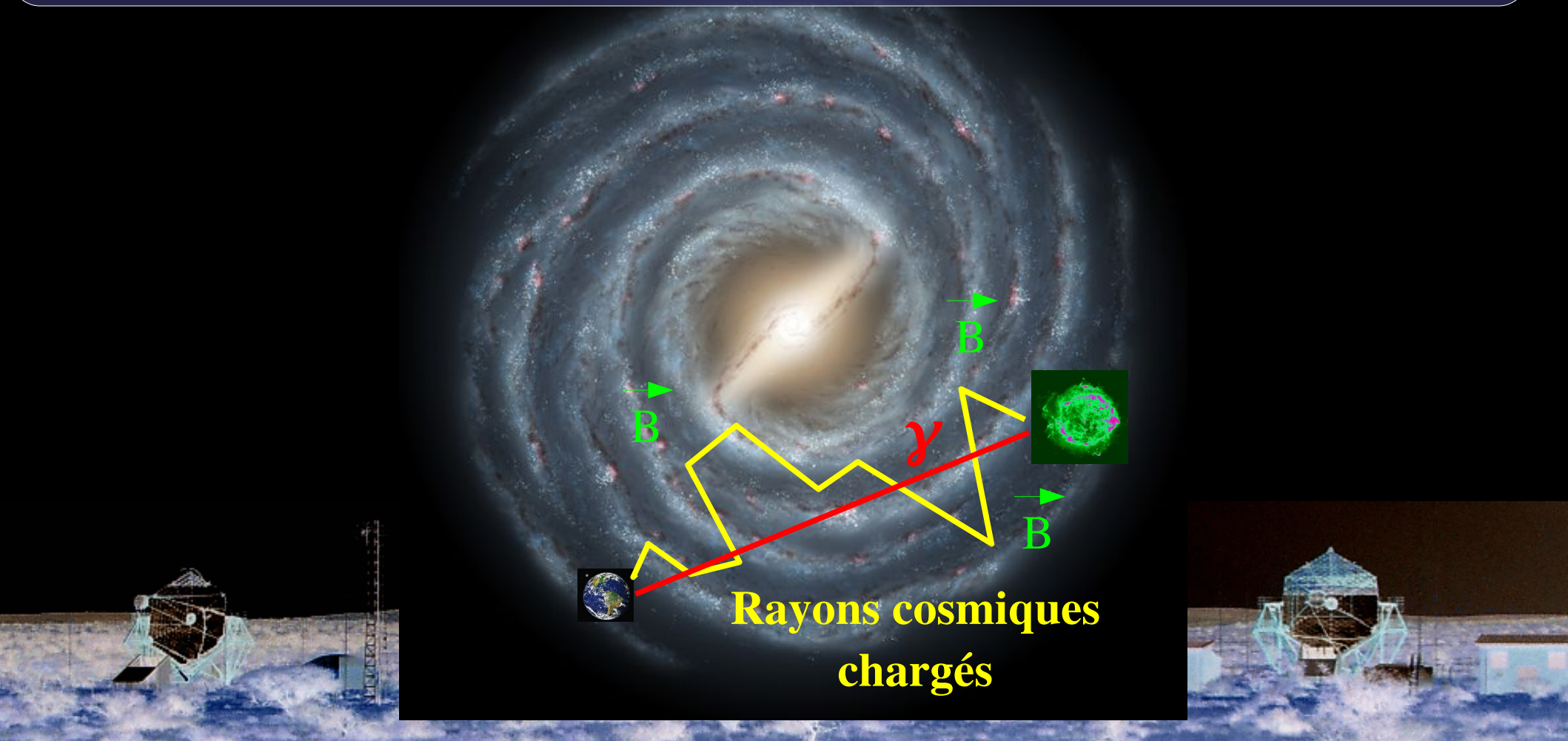


Vol en ballon
Victor Hess, 1912



Quelles sont les sources de rayons cosmiques ?

- **RAYONS COSMIQUES CHARGÉS**: Propagation dans champ magnétique => **perte d'information sur la source**
- **RAYONS γ** : propagation en ligne droite => **information sur le site d'accélération**



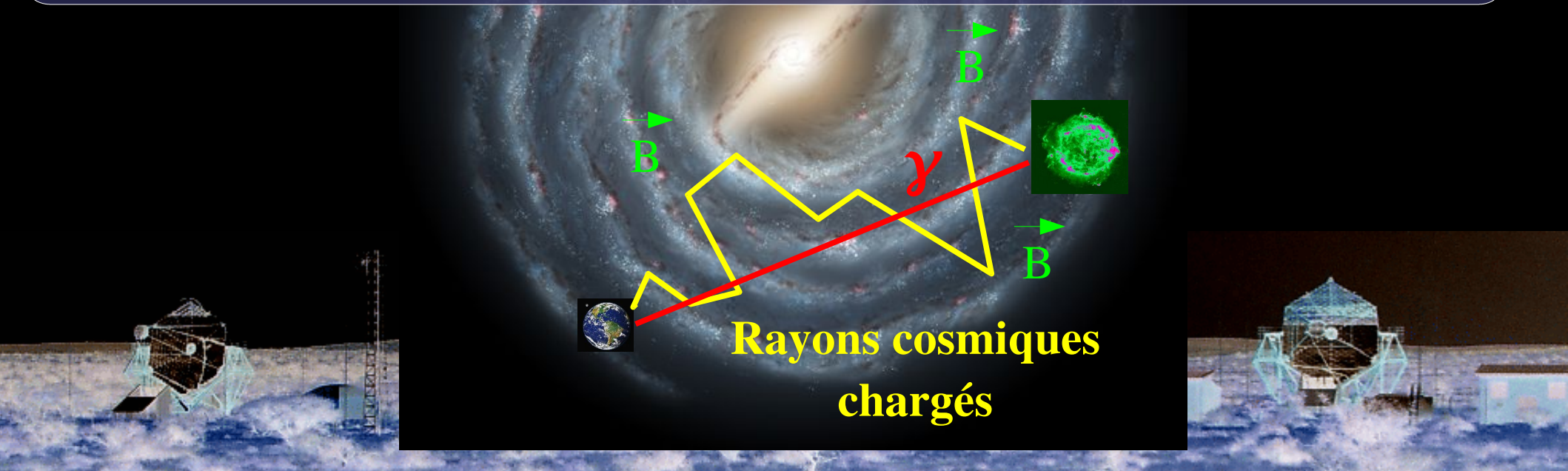
Quelles sont les sources de rayons cosmiques ?

- **RAYONS COSMIQUES CHARGES:** Propagation dans champ magnétique => **perte d'information sur la source**
- **RAYONS γ :** propagation en ligne droite => **information sur le site d'accélération**

Un Candidat privilégié:

- Les vestiges de supernovae

Problème non résolu depuis 1912 !



Les restes de supernovae

Reste de supernova :

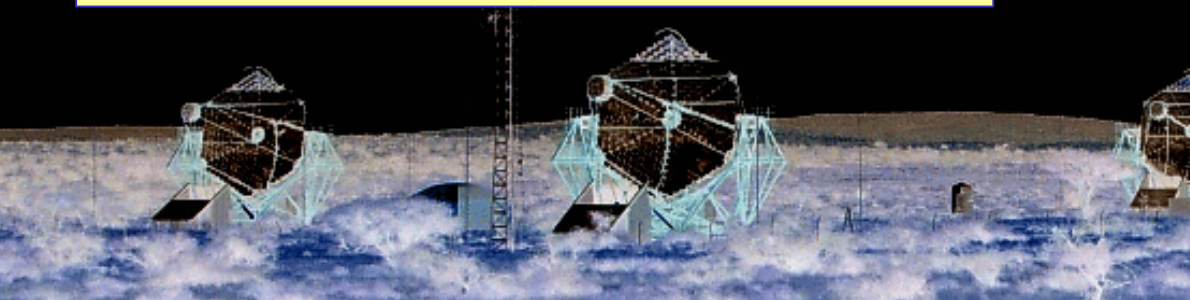
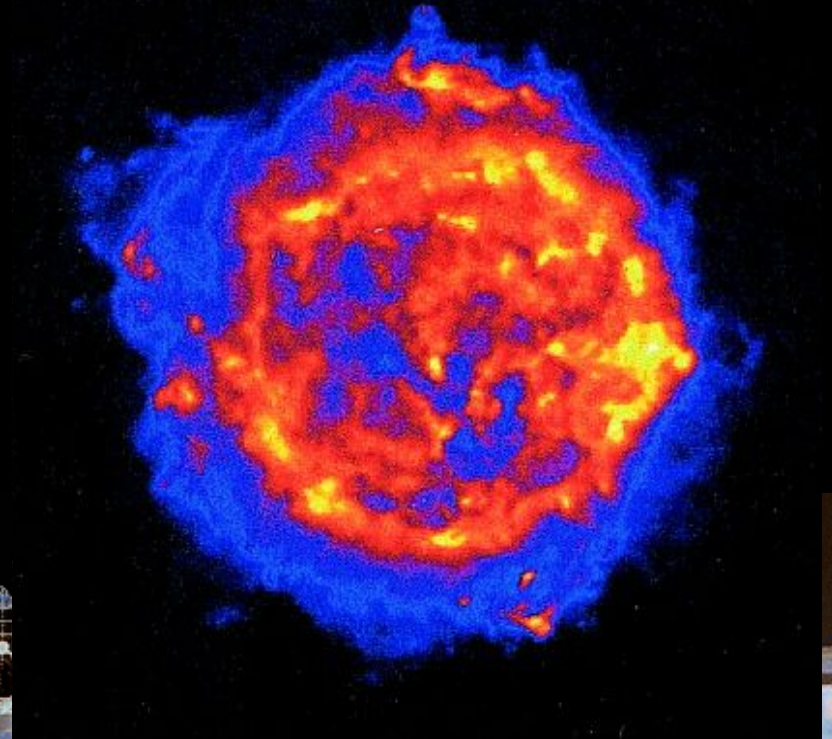
Explosion d'une étoile en fin de vie ou d'un système binaire

Onde de choc → particules accélérées par processus de Fermi

Source probable pour l'origine des rayons cosmiques $E < 10^{15}$ eV

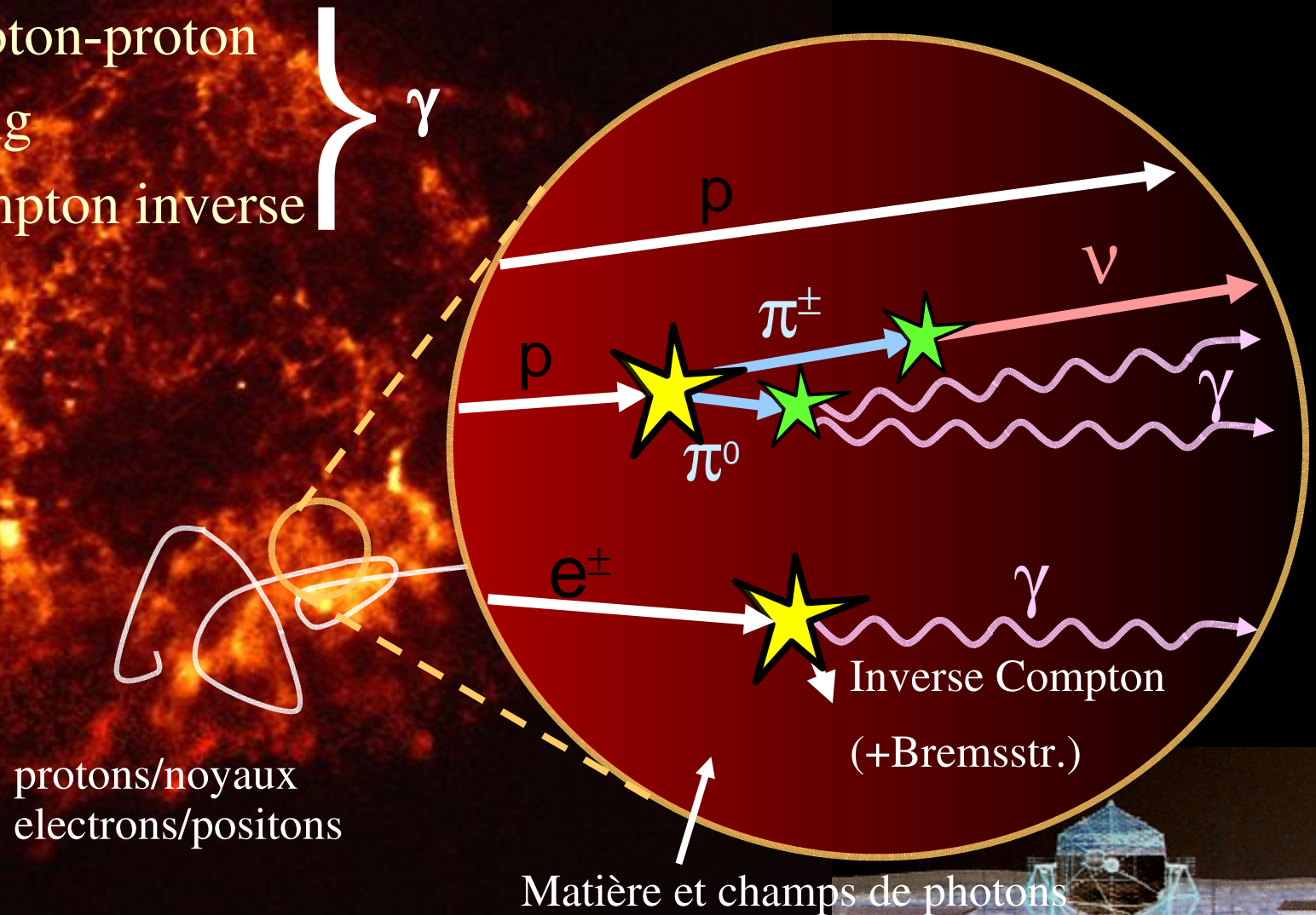
Image radio de Cas A

- Emission forte associée aux ejecta
- Plateau plus faiblement émissif dû à l'onde de choc



Processus radiatifs non-thermiques

- Emission synchrotron → Radio / X
- Interaction proton-proton
- Bremsstrahlung
- Diffusion Compton inverse



Preuves observationnelles: les électrons

1. En radio :

Dès 1950, la découverte d'émission radio dans certains restes (Cas A, Tycho) prouve l'existence d'une population d'électrons accélérés au GeV.

2. En rayons X :

En 1995, ASCA met en évidence que l'émission de périphérie de SN1006 est dominée par le rayonnement des électrons accélérés à des énergies de l'ordre de 100 TeV. (*Koyama et al., Nature, 1995*)

$$\nu_{\text{sync}} \text{ (Hz)} = 1.65 \times 10^7 B_{\mu\text{G}} E_{\text{GeV}}^2$$

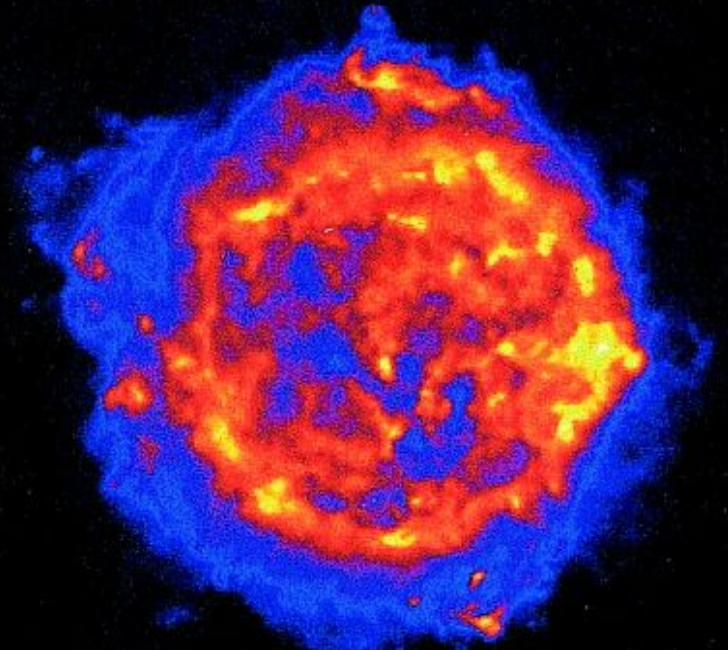
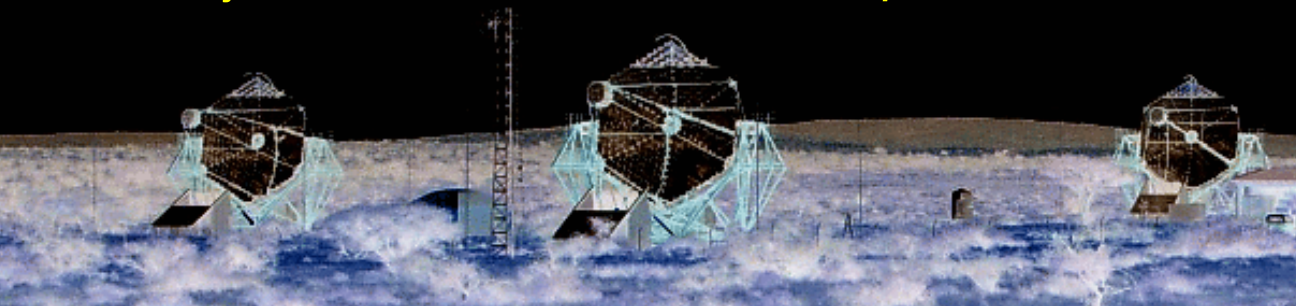


Image radio de Cas A

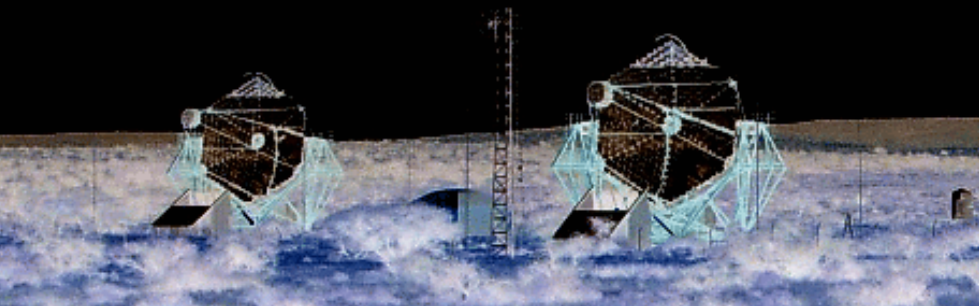
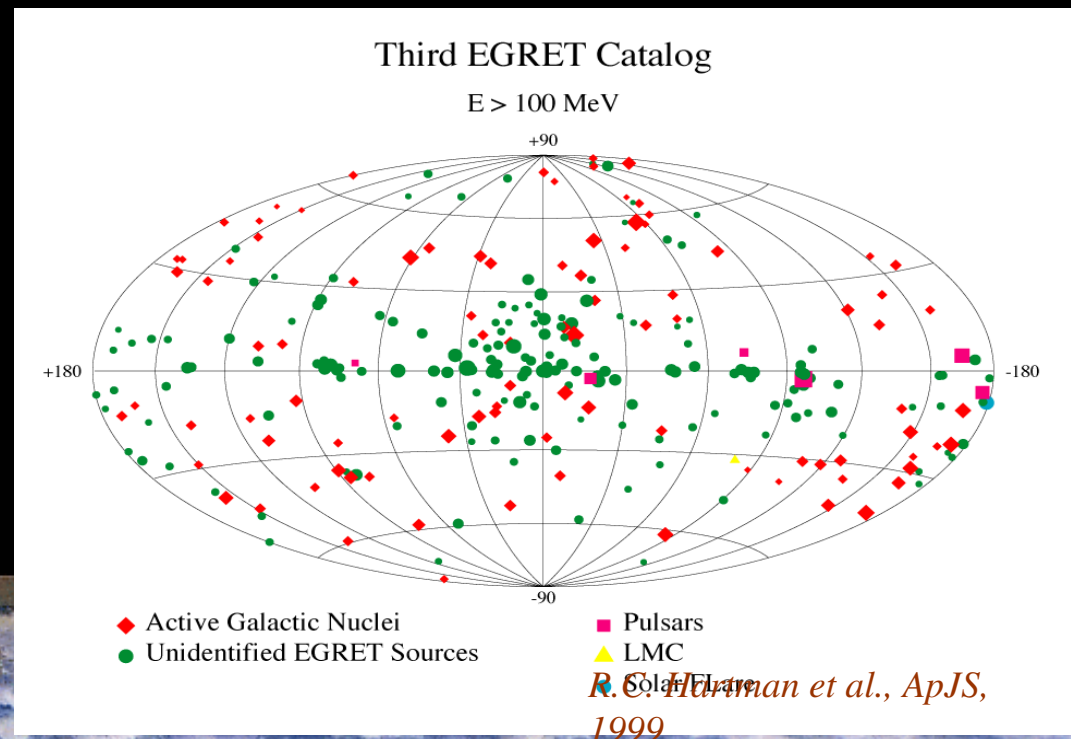
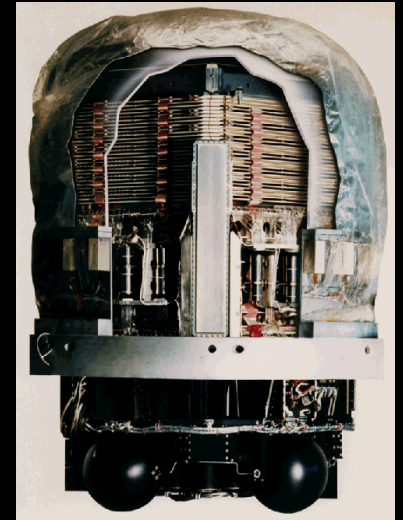
Et les protons ?

Production de γ par interaction proton-proton
=> Nécessité d'observer dans le domaine γ

Essor du domaine γ avec CGRO/EGRET :

- Avril 1991 – Juin 2000
- 30 MeV – 30 GeV

**271 sources détectées...mais
aucun vestige de supernova
clairement identifié**



Les restes de supernovae : des sources privilégiées pour les détecteurs Tcherenkov

1. Les surfaces de collection en satellite gamma sont au plus égales à la surface du détecteur

Surface efficace: qq hectares (surface de la tache de lumière Tcherenkov au sol)

2. La résolution angulaire des satellites tels que EGRET est souvent médiocre (6° à 100° MeV)
=> identification du signal gamma avec une contrepartie radio ou optique plus difficile

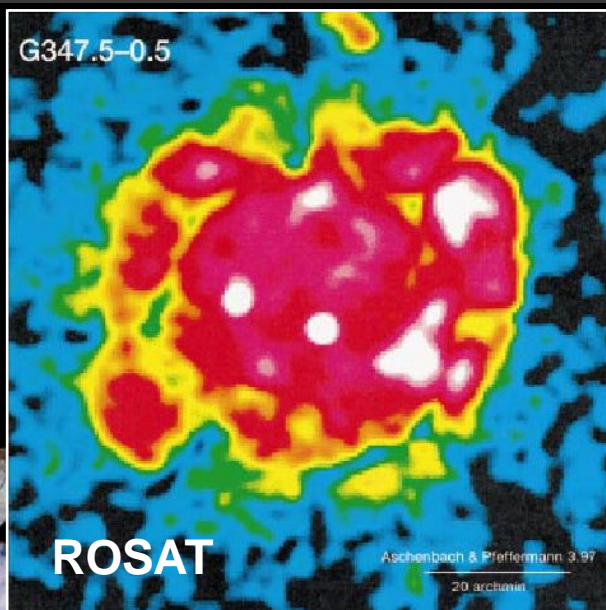
Résolution angulaire: $< 0.1^\circ$

=> En attendant GLAST, les détecteurs Tcherenkov sont les seuls instruments à pouvoir relever le défi pour le moment

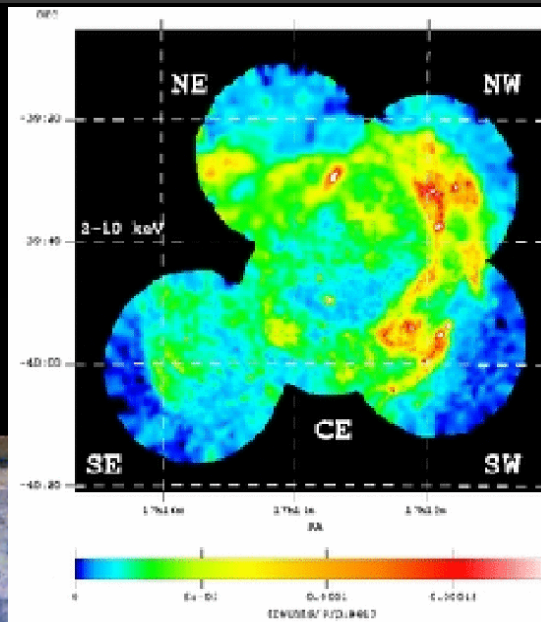
RX J1713.7 - 3946

- Découverte: ROSAT All-Sky Survey (1996)
- Distance: ~ 1 kpc (~ 3200 années lumière)
(Cassam-Chenai et al. et Fukui et al., 2004)
- Détection au TeV par CANGAROO (Enomoto et al., 2000)
- Détection par H.E.S.S. en 2004 (Aharonian et al., 2004, Nature)

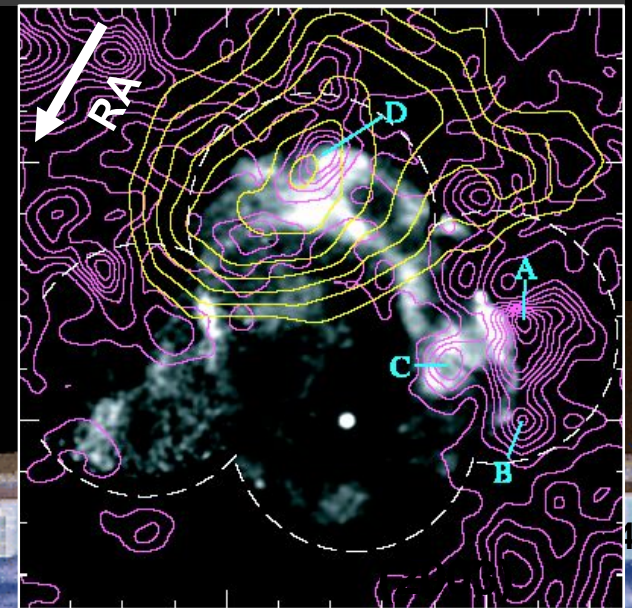
ROSAT (0.1-2 keV)



XMM-Newton (2-10 keV)



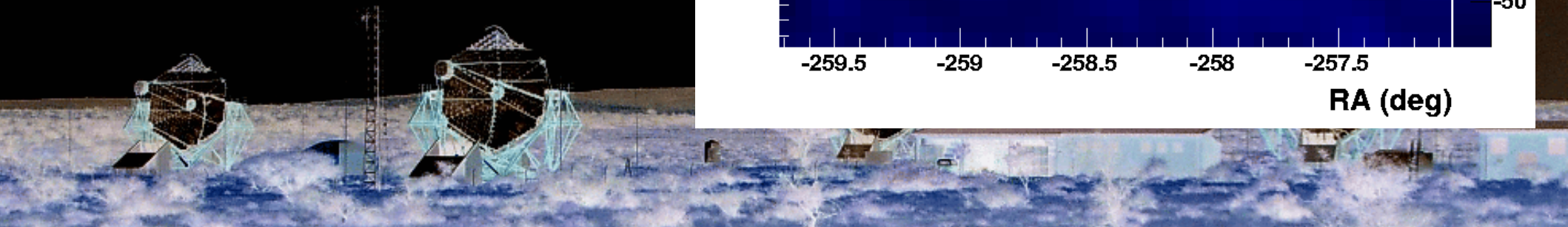
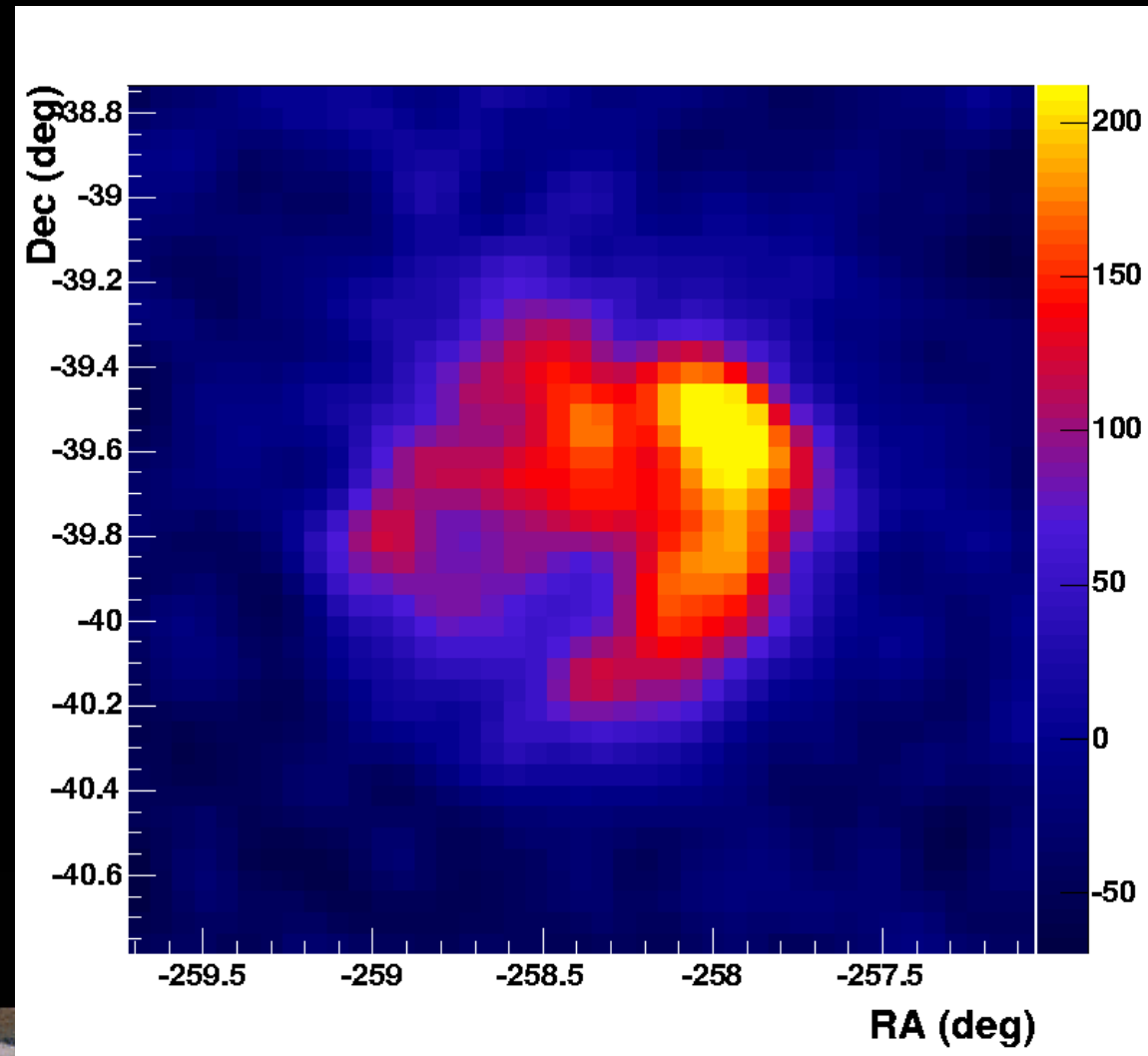
XMM + NANTEN



Les observations de H.E.S.S. en 2004

Résolution angulaire $< 0.1^\circ \rightarrow$ morphologie résolue

- 33 heures d'observations
- Angles zénithaux de 15° à 60°
- Coquille résolue



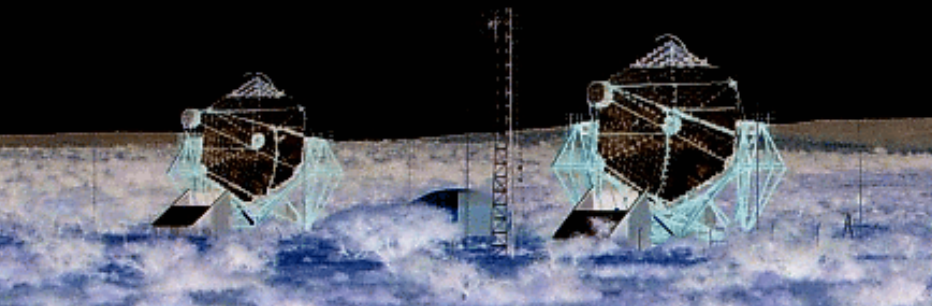
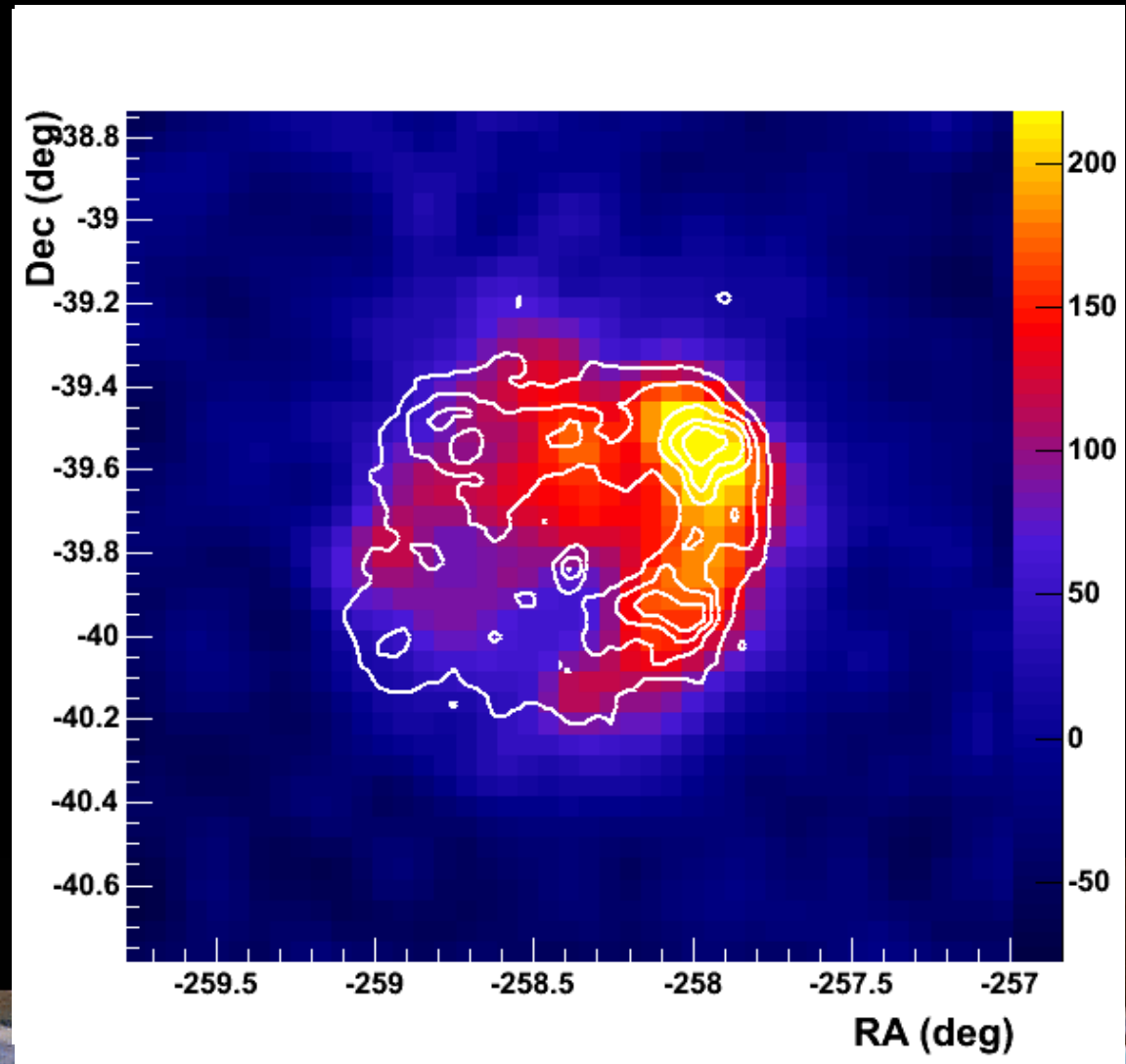
Les observations de H.E.S.S. en 2004

Résolution angulaire $< 0.1^\circ \rightarrow$ morphologie résolue

- 33 heures d'observations
- Angles zénithaux de 15° à 60°
- Coquille résolue

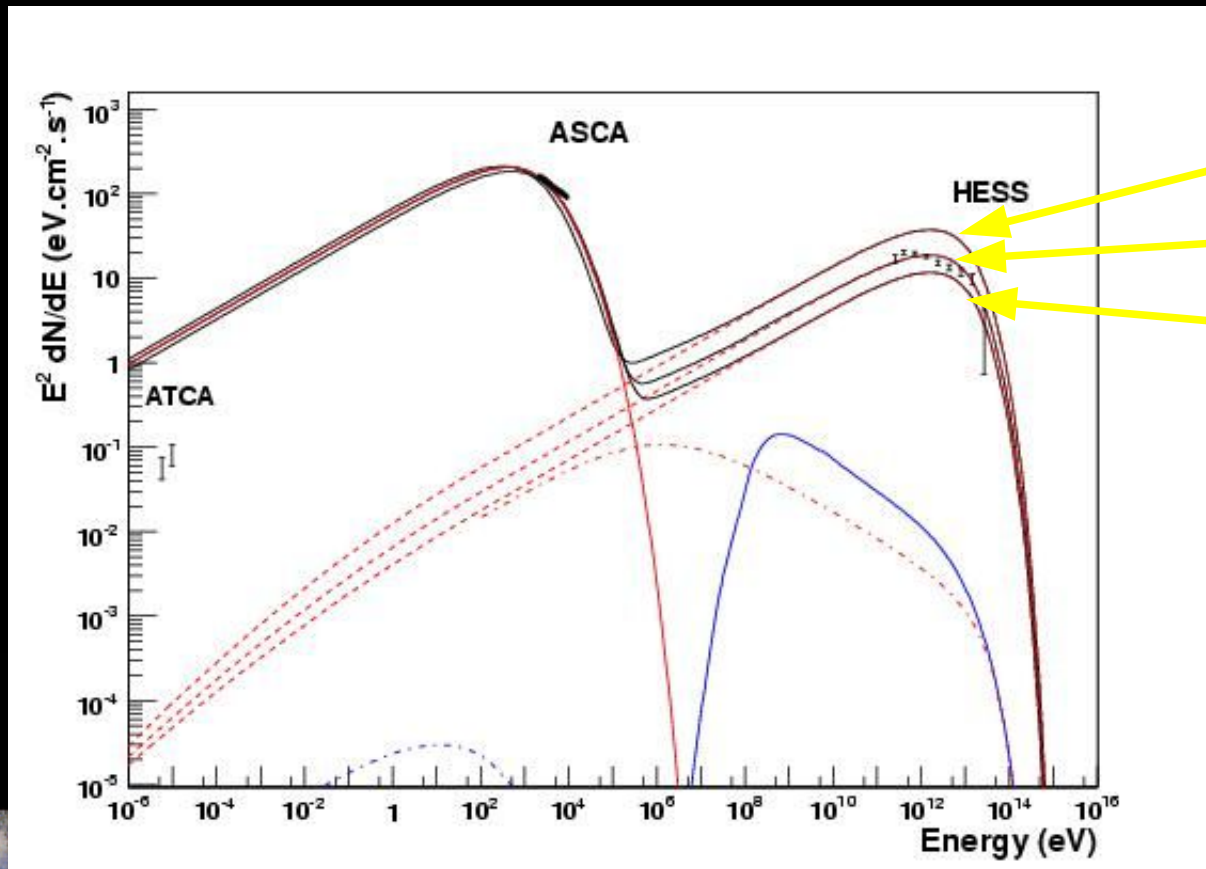
Contours : ASCA (1-5 keV)

=> Corrélation $\sim 80\%$



La population primaire: des électrons ?

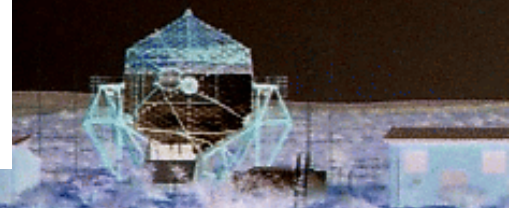
- **Electrons:** loi de puissance d'indice 2.4 + coupure exponentielle à 80 TeV
- Energie injectée: 10^{50} erg
- Facteur électron/proton: $\sim 3 \times 10^{-2}$



$B = 6 \mu\text{G}$

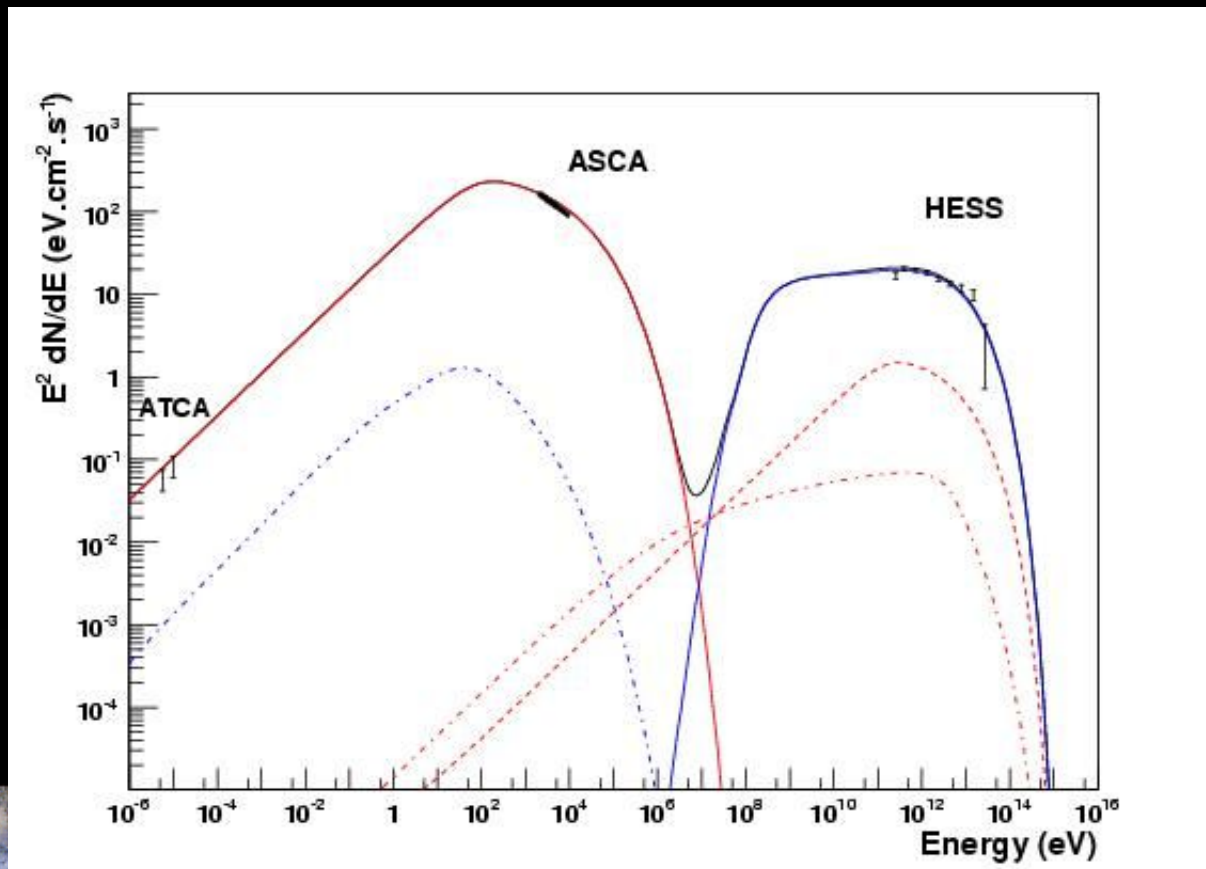
$B = 8 \mu\text{G}$

$B = 10 \mu\text{G}$



La population primaire: des protons ?

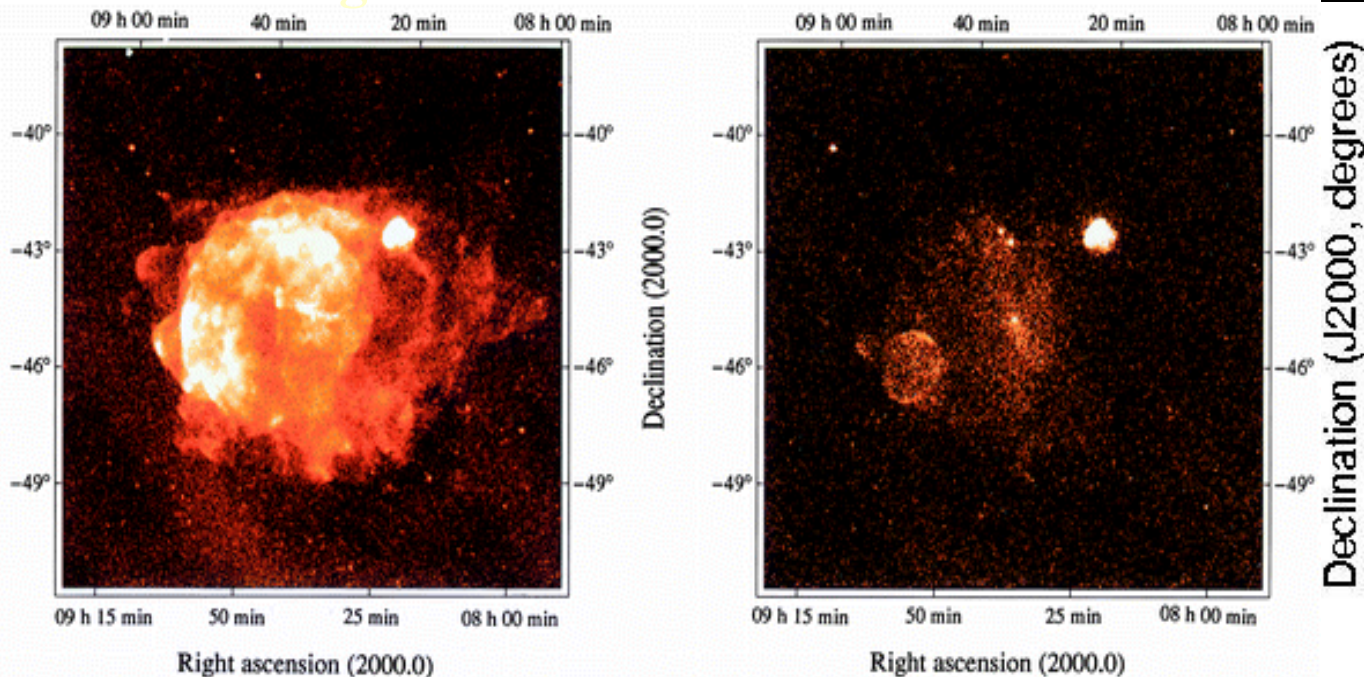
- Distribution des **protons** : loi de puissance + coupure exponentielle
 $E_{\text{cut}} = 120 \text{ TeV}$ et indice = 1.98
- Energie injectée = 10^{50} ergs
- Facteur électron/proton = 5×10^{-4}
- Champ magnétique = $35 \mu\text{G}$ et Densité = 1.5 cm^{-3}



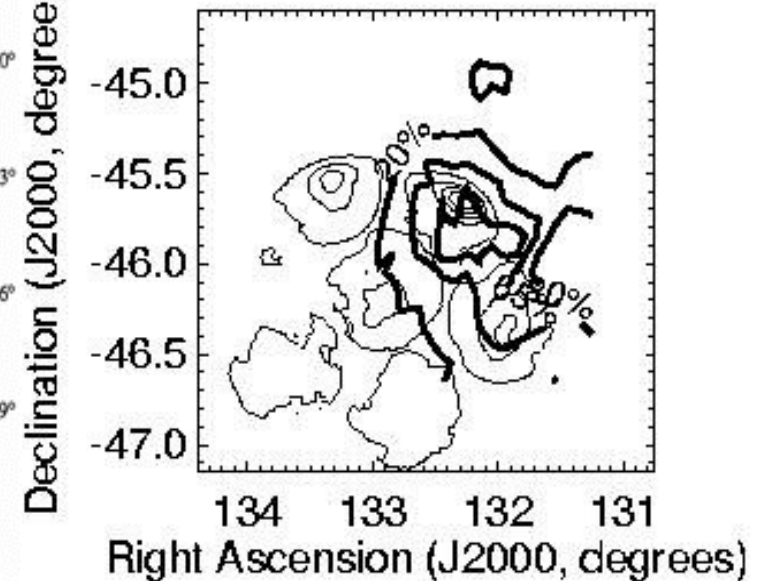
RX J0852.0-4622

- Découverte en 1998 par ROSAT
- Emission X principalement non-thermique
- Distance controversée 200 pc - 1kpc
- Détectée par H.E.S.S. en 2004

ROSAT all Sky Survey
All energies **$E > 1.3$ keV**



ASCA +
CANGAROO contours



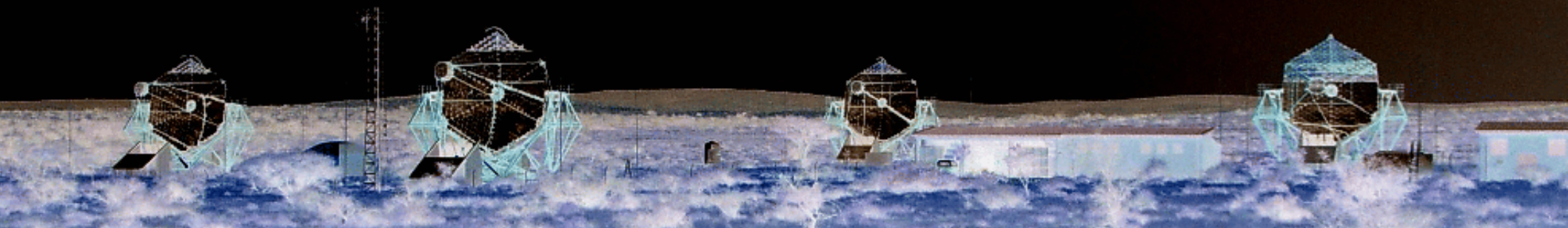
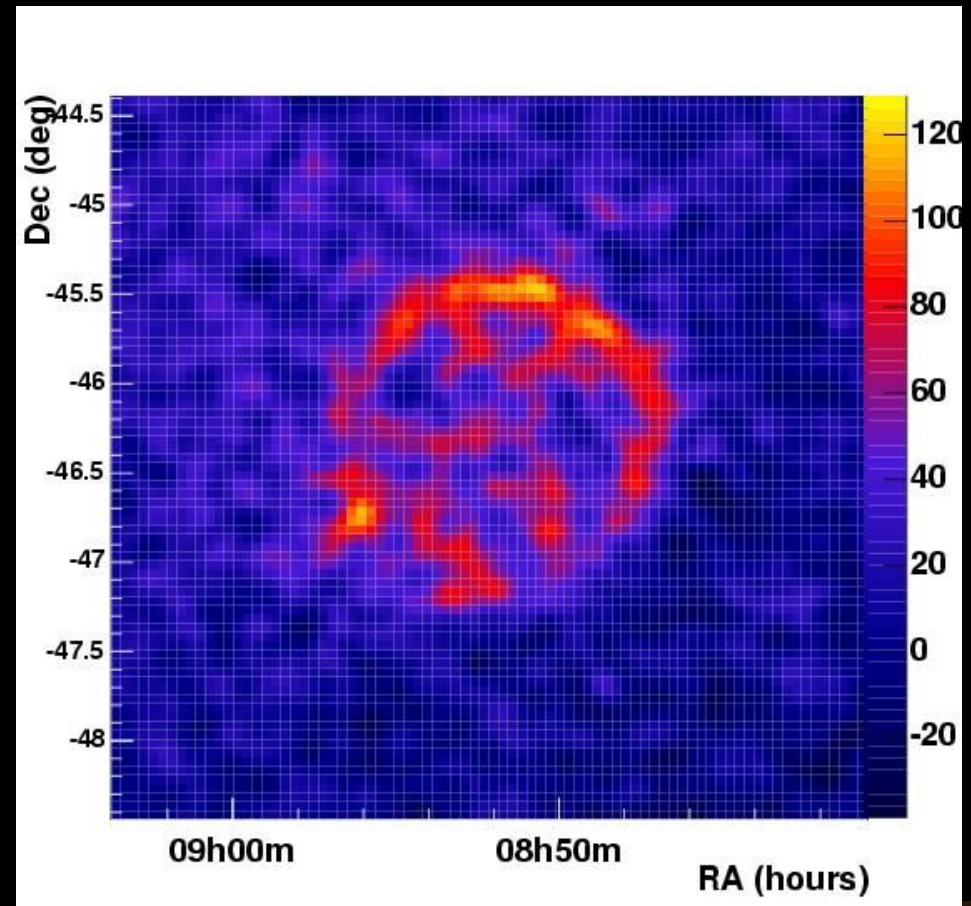
Observations en 2004-2005

Résolution angulaire $< 0.1^\circ \rightarrow$ morphologie résolue

20 heures de données

Angles zénithaux compris entre 20 et 50°

Seuil : 250 GeV



Observations en 2004-2005

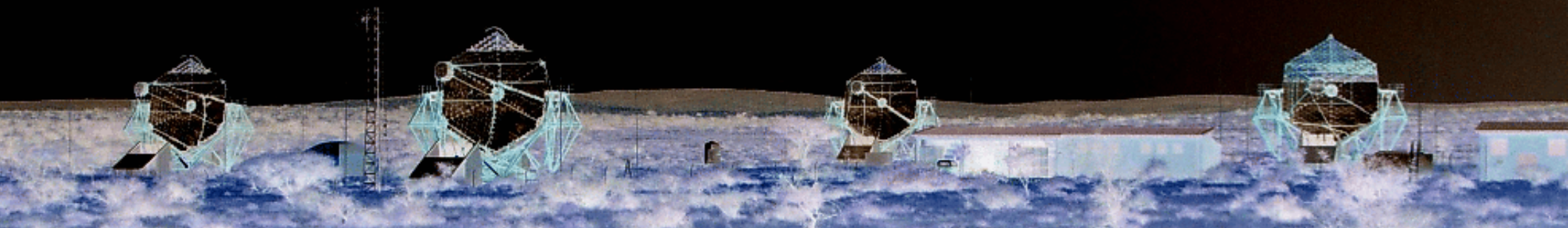
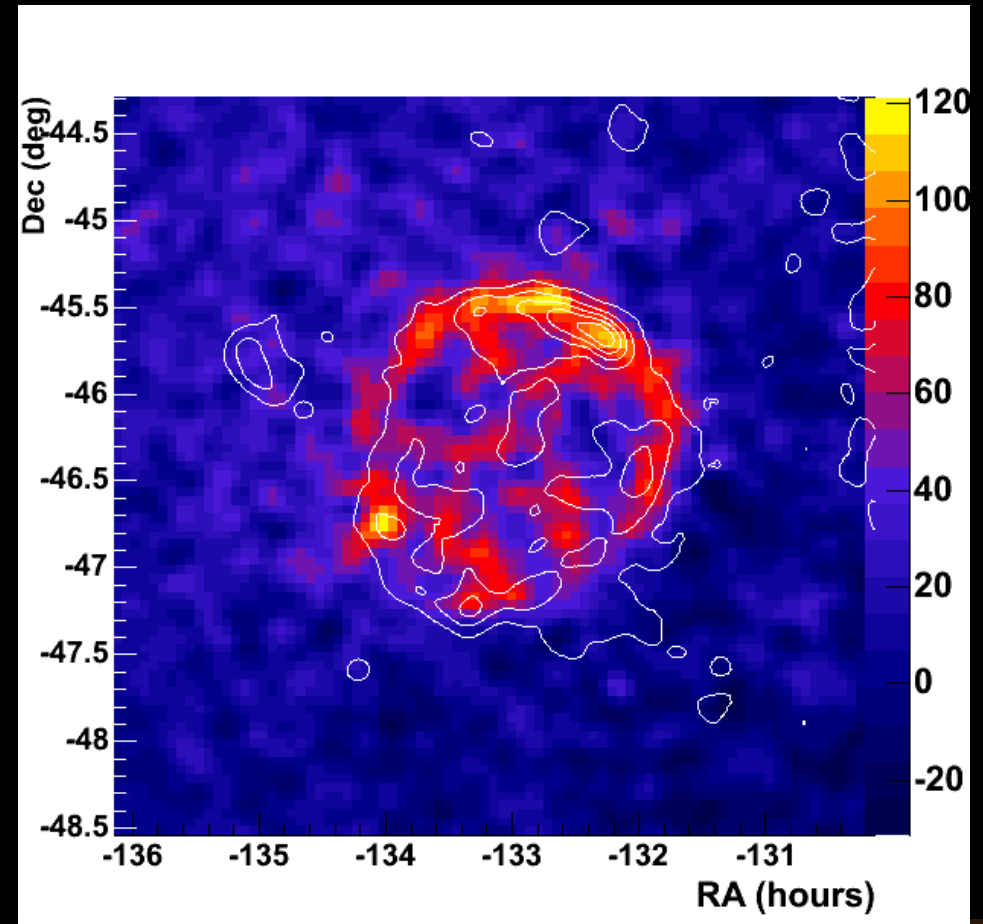
Résolution angulaire $< 0.1^\circ \rightarrow$ morphologie résolue

20 heures de données

Angles zénithaux compris entre 20 et 50°

Seuil : 250 GeV

Haute corrélation avec les X ($\sim 65\%$)

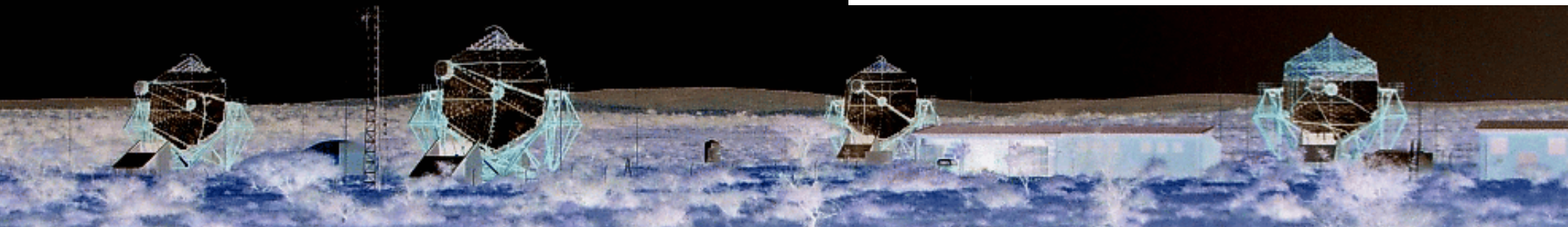
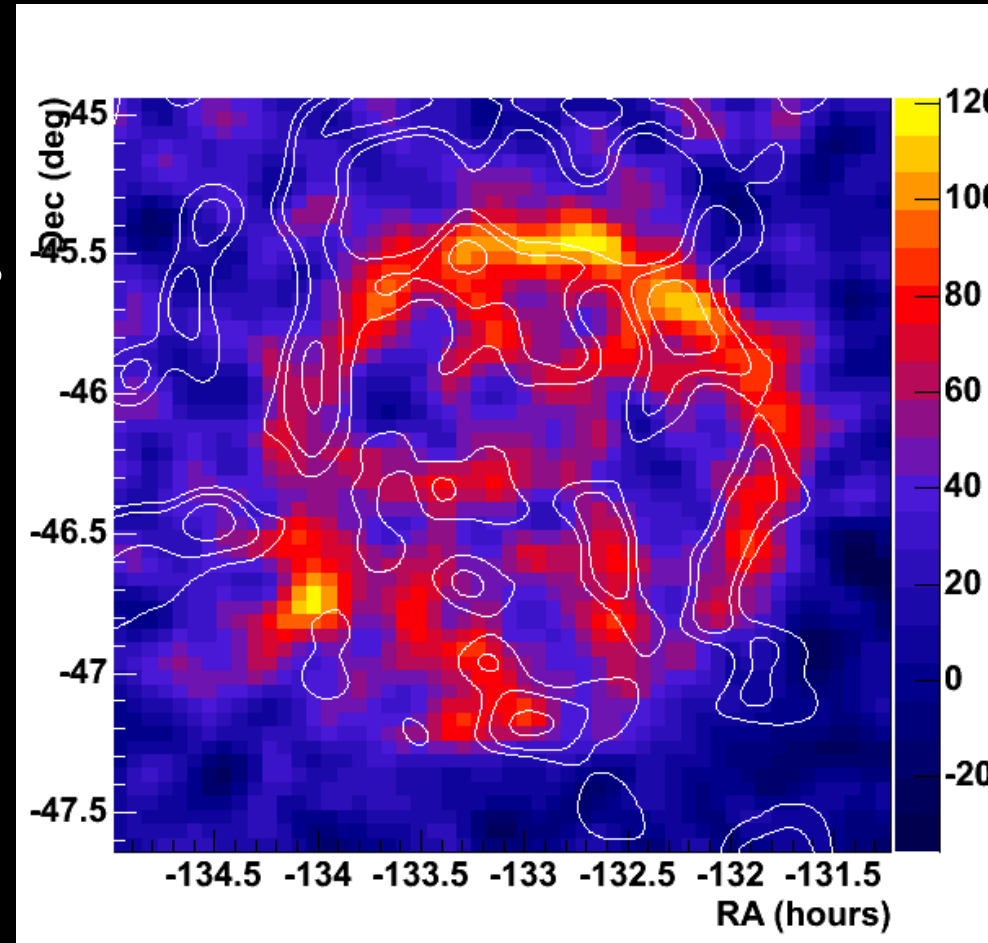


Observations en 2004-2005

Résolution angulaire $< 0.1^\circ \rightarrow$ morphologie résolue

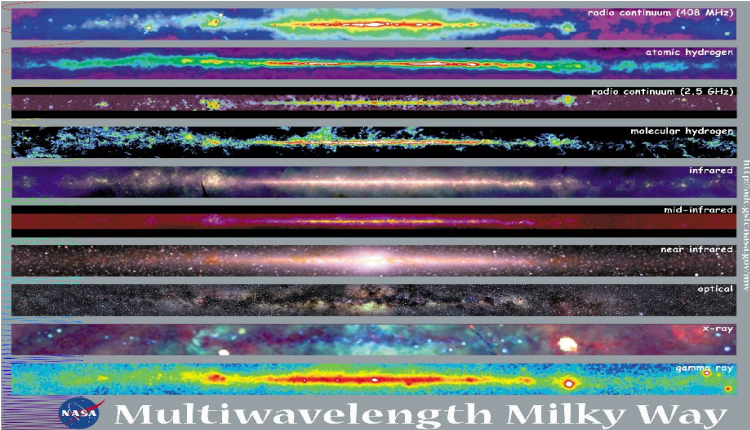
- 20 heures de données
- Angles zénithaux compris entre 20 et 50°
- Seuil : 250 GeV

Forte similarité avec la radio (ATCA)



Le relevé systématique du Plan Galactique



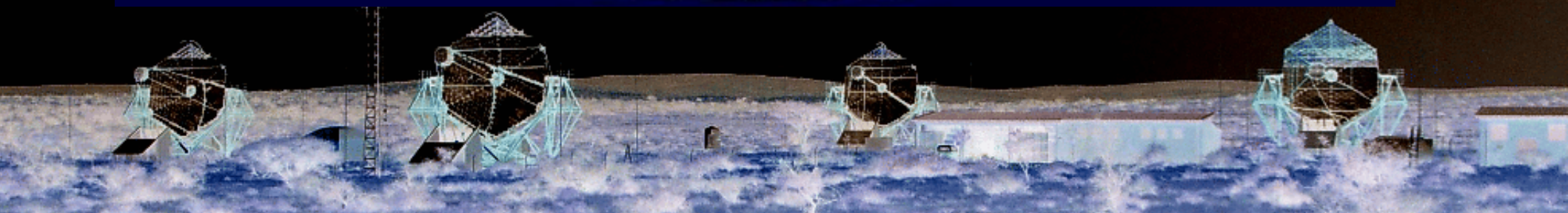


Le ciel γ vu par EGRET

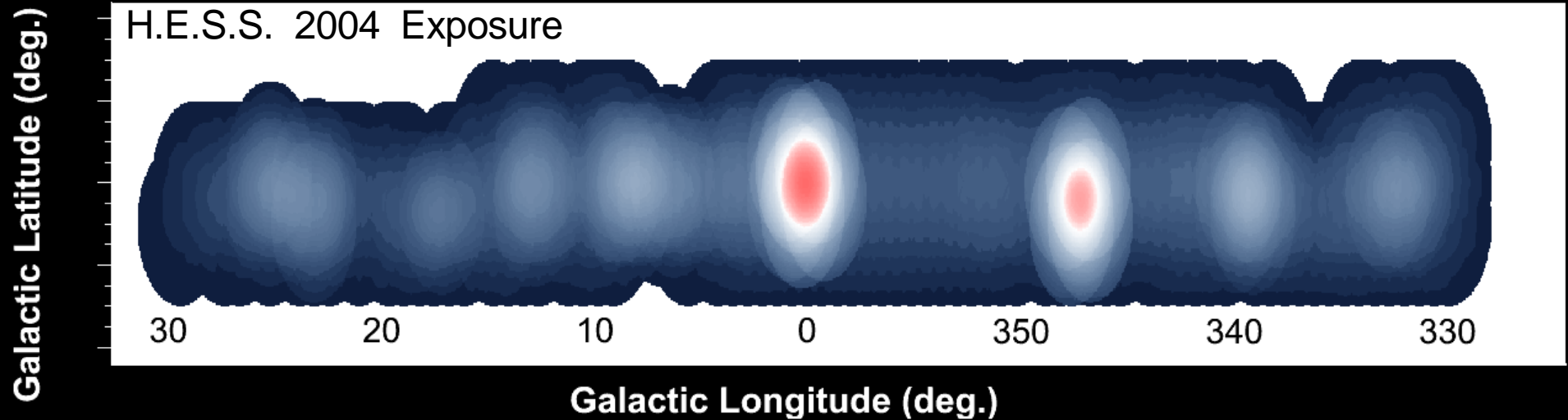
(~ 100 MeV)

EGRET

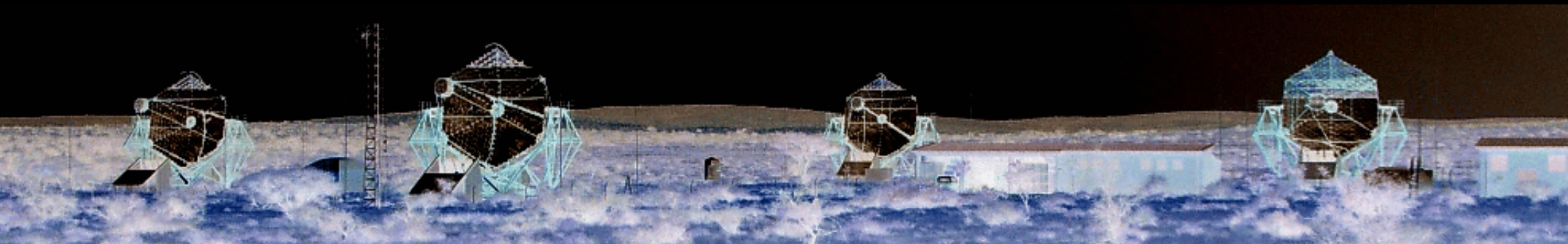
Région scannée par H.E.S.S.



Le scan du plan galactique (I)

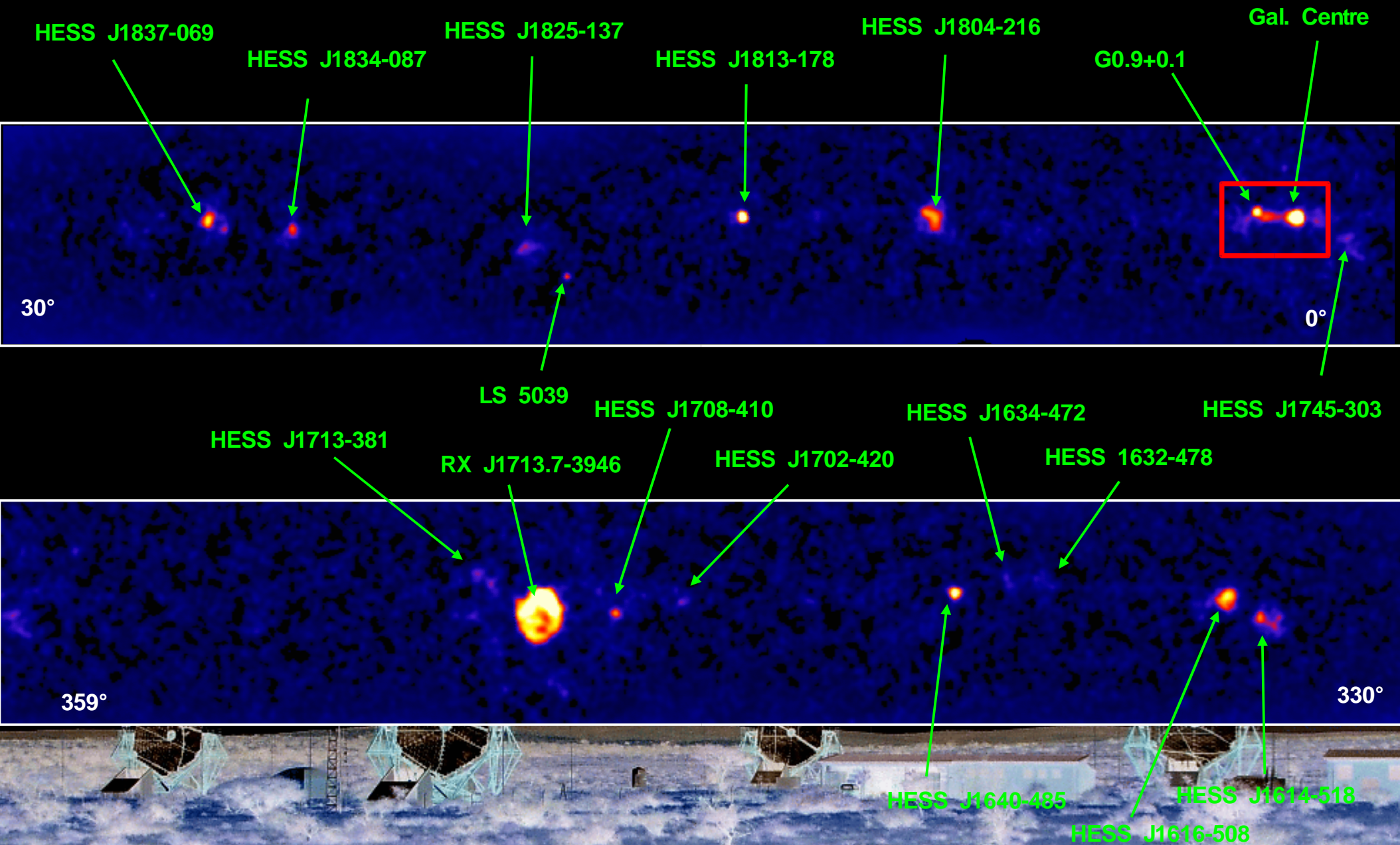


- -30° à 30° en longitude, approx. $\pm 3^\circ$ en latitude
- 112 heures +:
 - ➔ ~50 heures d'observations sur RX J1713 et sur le Centre Galactique
 - ➔ Re-observations de nouvelles sources



Le relevé du plan galactique: notre galaxie dévoilée en gamma

Sources $> 4\sigma$: 16 nouvelles (18 total), ApJ 636 (2006) 777

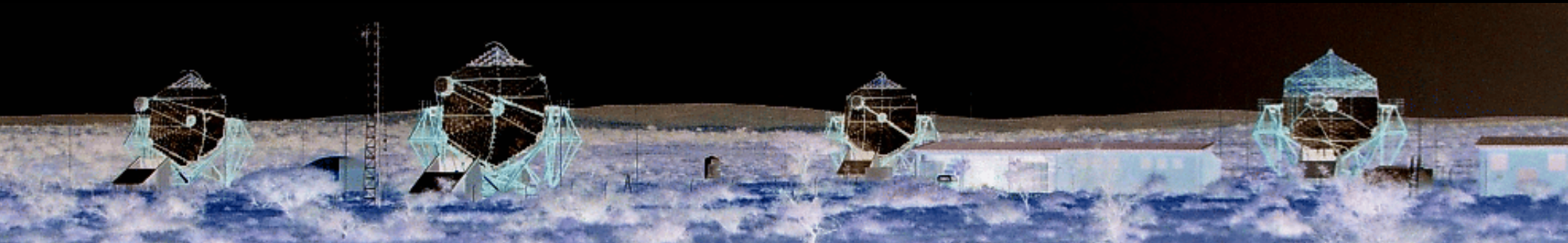
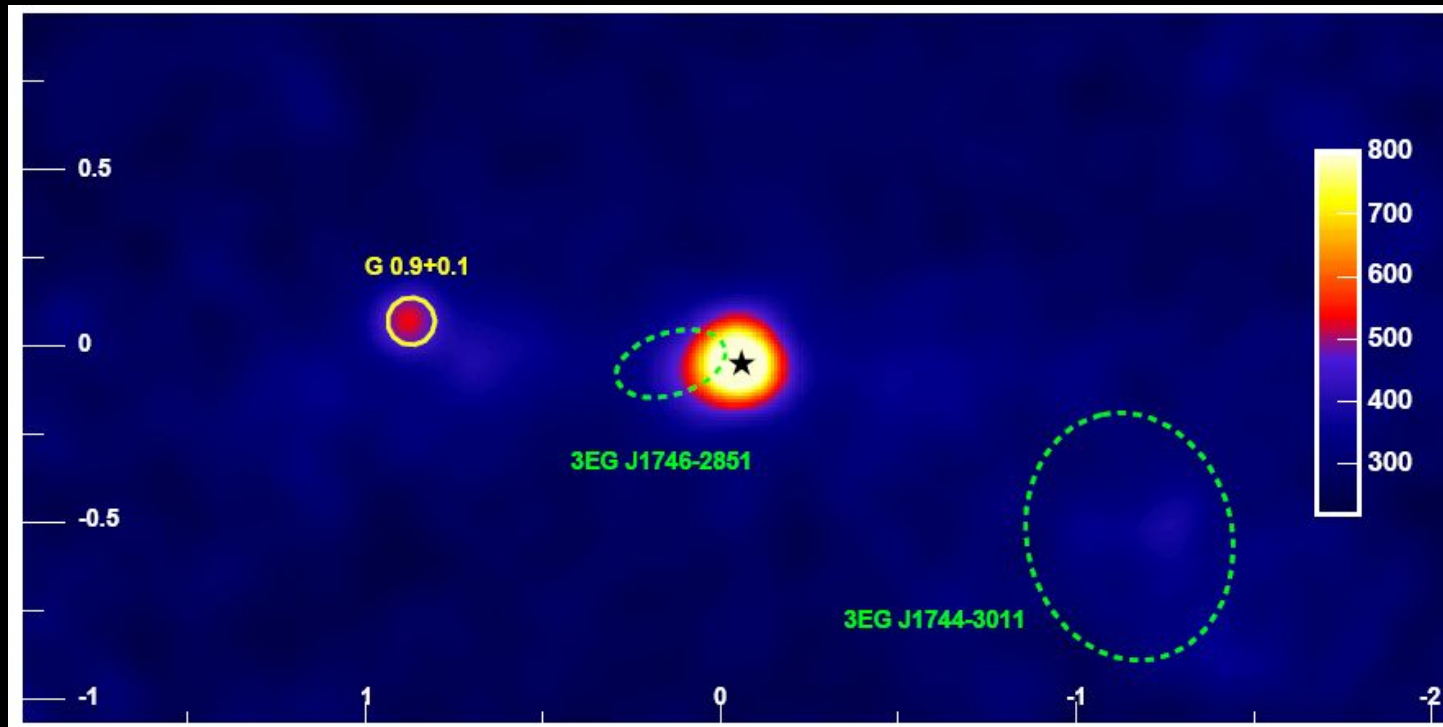


La région du centre galactique

Nature 439 (2006) 695

Avant soustraction de la contribution des sources ponctuelles

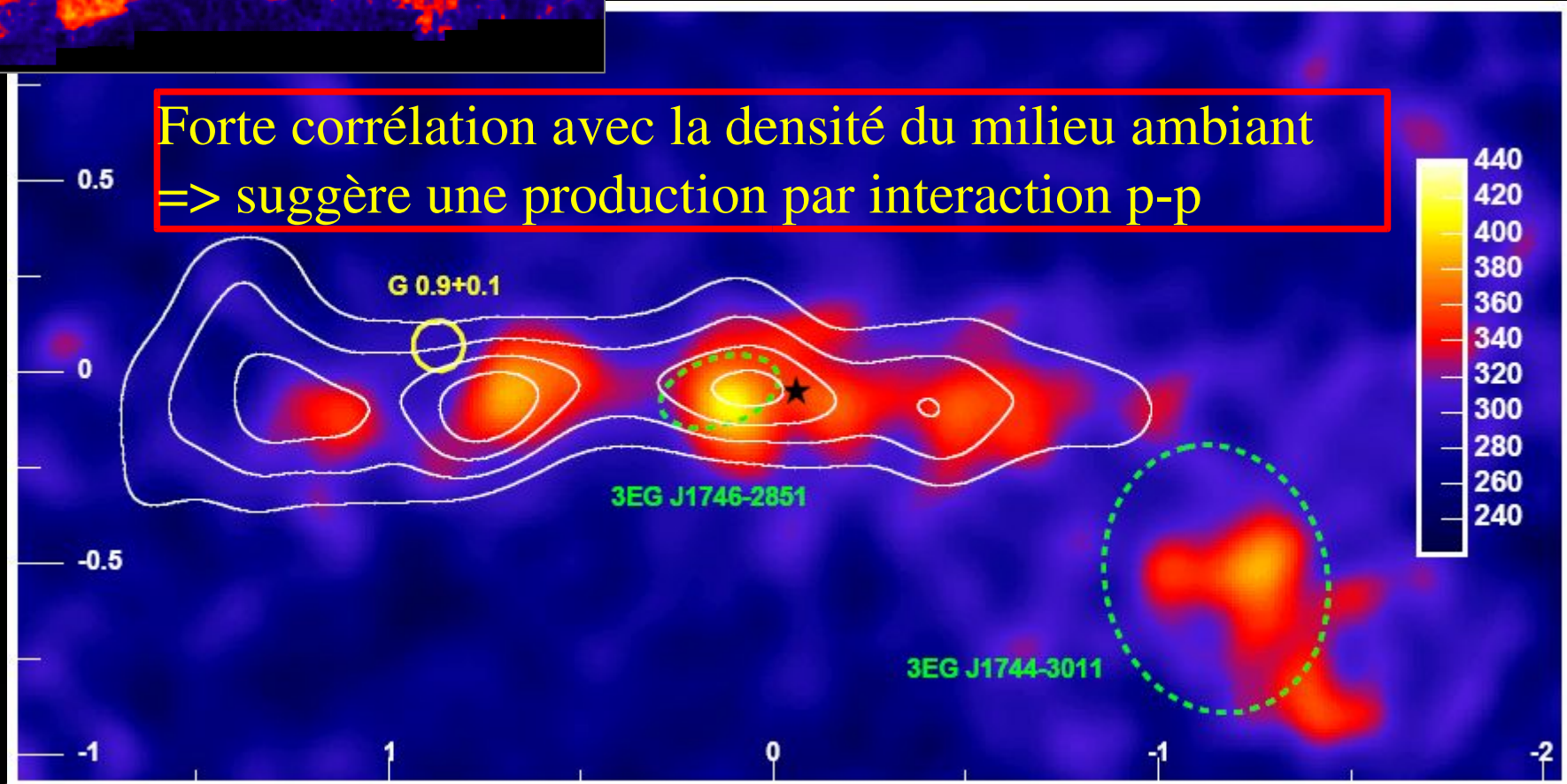
G09+0.1 et HESS J1745-290:



La région du Centre Galactique (2)

Après soustraction de la contribution des sources ponctuelles G09+0.1 et HESSJ1745-290

Forte corrélation avec la densité du milieu ambiant
=> suggère une production par interaction p-p



Aharonian, F. et al., 2006, Nature, 439, 695

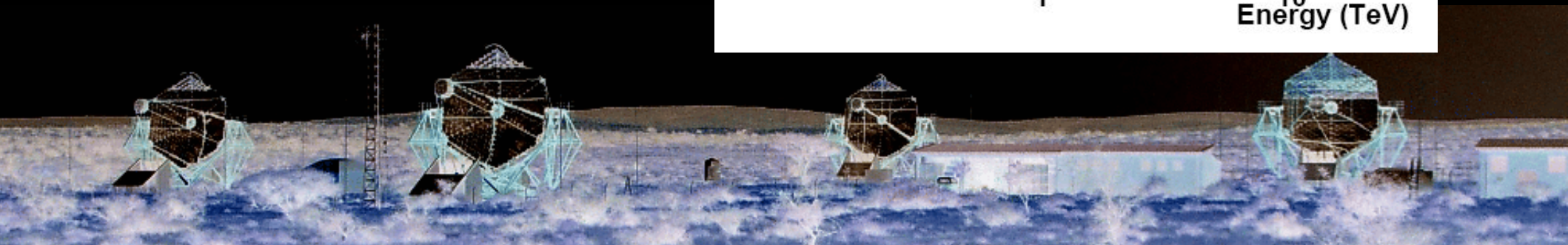
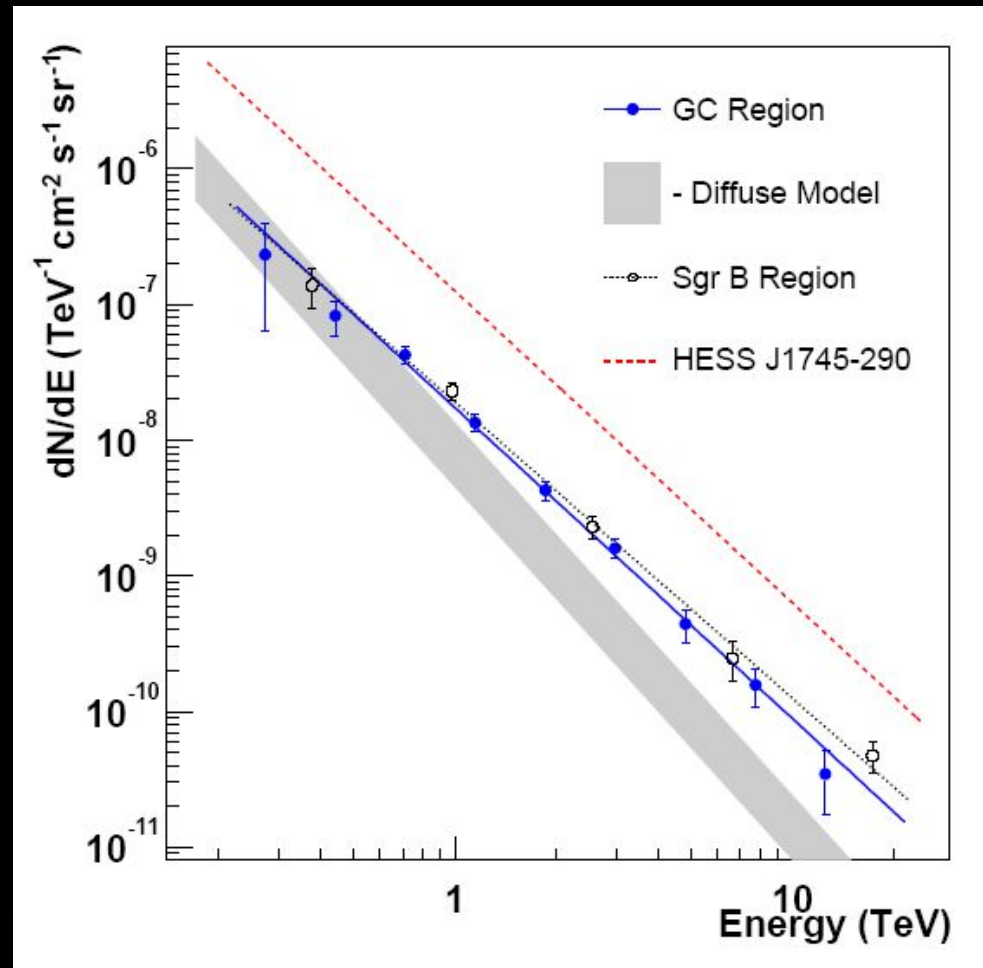
Spectre de l'émission diffuse dans la région du centre galactique

Indice spectral
 $2.29 \pm 0.07 \pm 0.20$

Spectre plus dur que le spectre
des rayons cosmiques mesuré sur
Terre

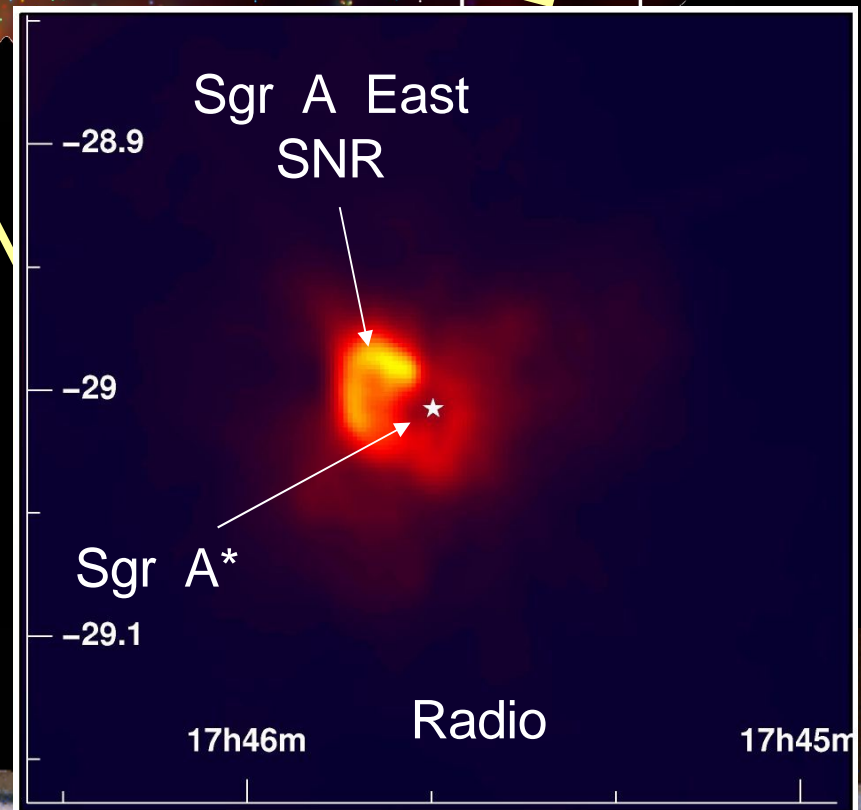
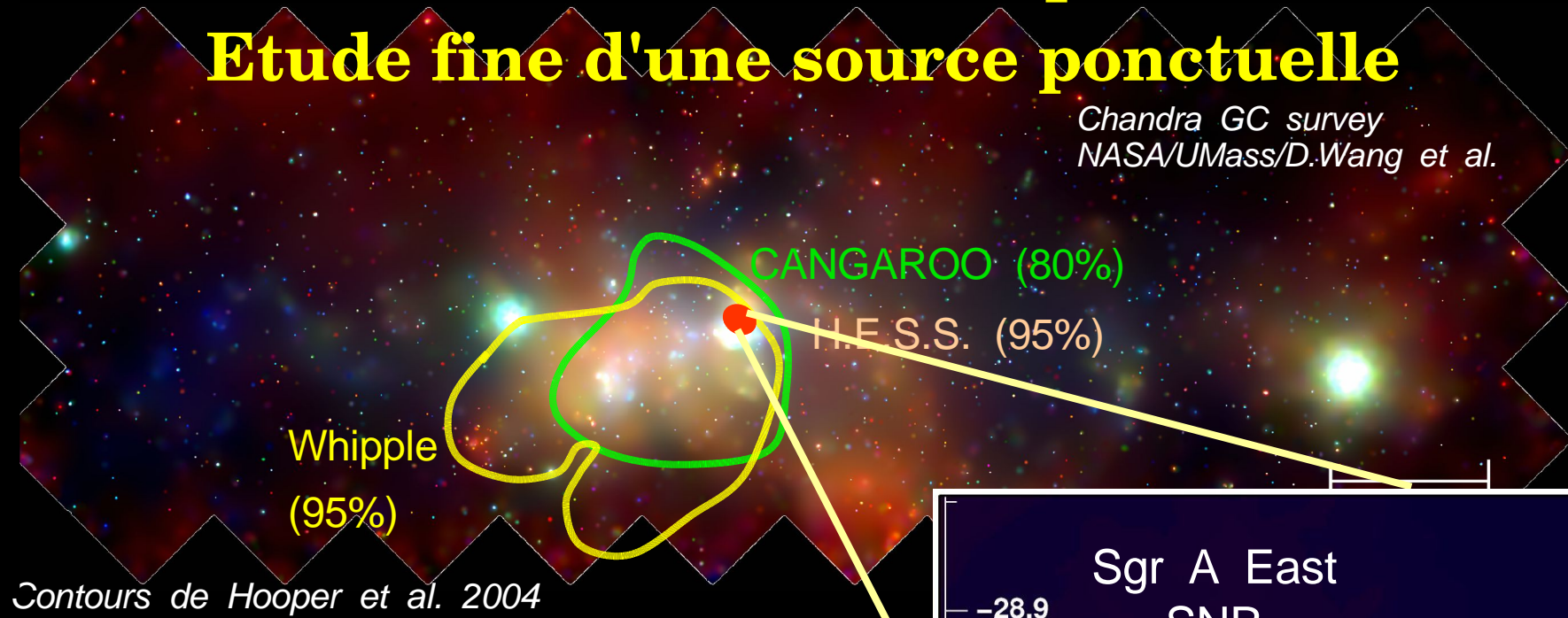
=> accélérateur proche

Energie nécessaire compatible
avec celle produite par une
supernova



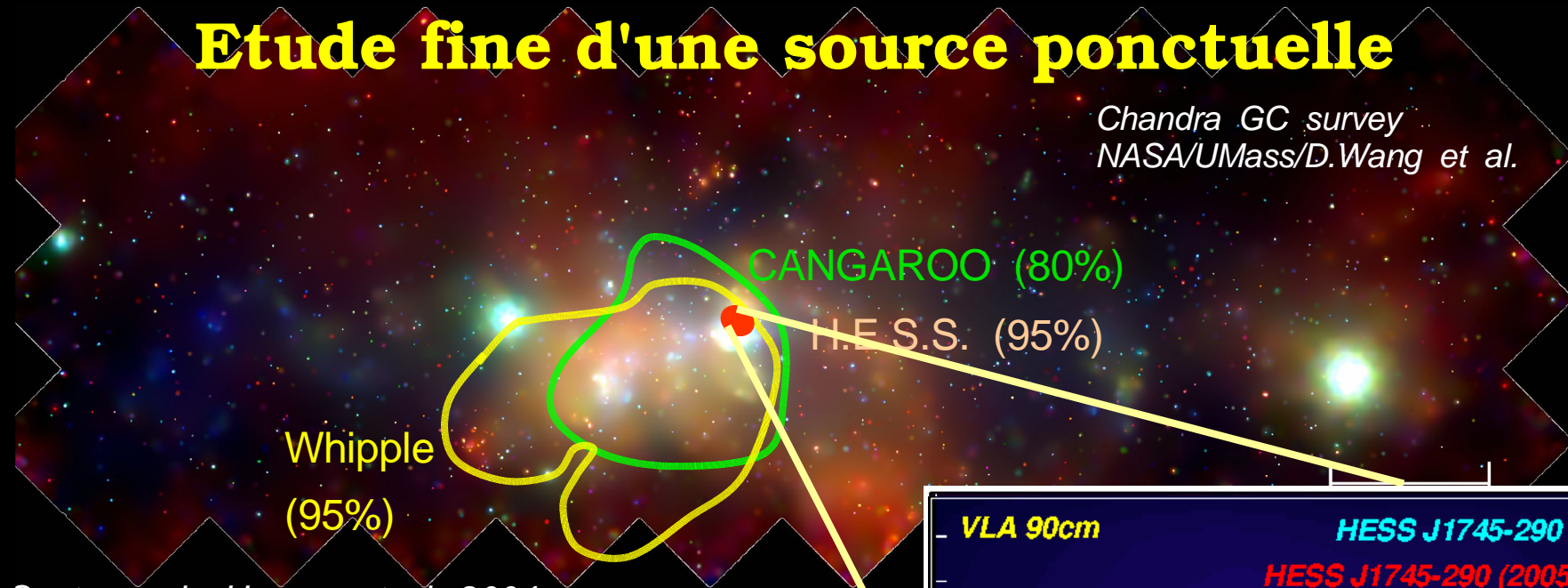
Le Centre Galactique: Etude fine d'une source ponctuelle

Chandra GC survey
NASA/UMass/D.Wang et al.



Le Centre Galactique: Etude fine d'une source ponctuelle

Chandra GC survey
NASA/UMass/D.Wang et al.

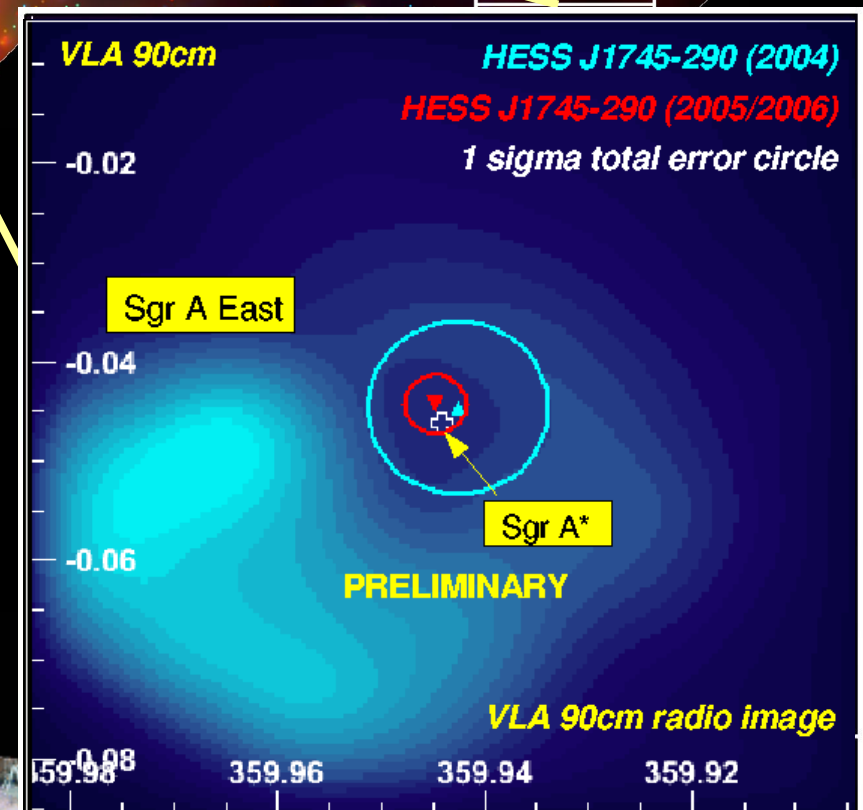


Contours de Hooper et al. 2004

Candidats possibles:

- Le trou noir Sgr A*
- Découverte récente d'un plerion
- Le reste de supernova SgrA East (maximum radio exclu à 7σ)

~~Matière noire ?~~



Les nébuleuses de pulsars (plérions)

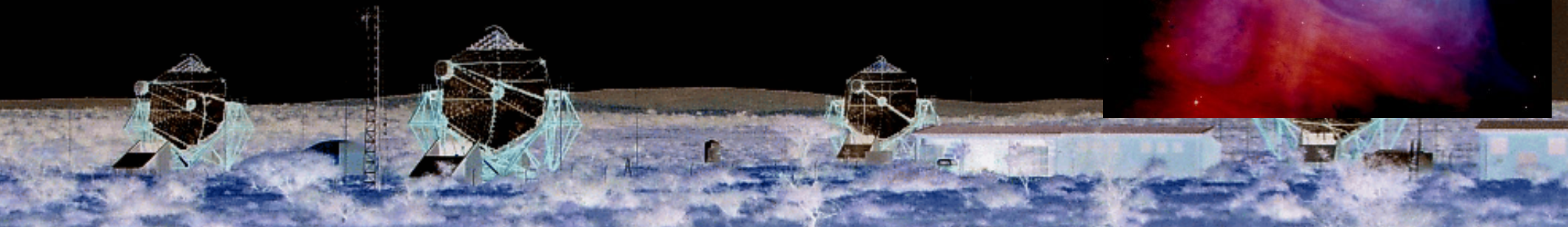
- Les pulsars sont des étoiles à neutrons en rotation rapide
- Ils émettent un vent de paires électrons/positons produisant un choc dans le milieu interstellaire
- Tels pour les SNRs, ce choc est responsable de l'accélération des électrons/positons à très haute énergie
- Ces derniers viennent enfin diffuser sur les photons de milieu ambiant et les “propulser” dans le domaine gamma.

=> Les nébuleuses de pulsars sont donc des émetteurs de rayons gamma

La nébuleuse de pulsar MSH 15-52 en rayons X



La nébuleuse de pulsar du Crabe en rayons X



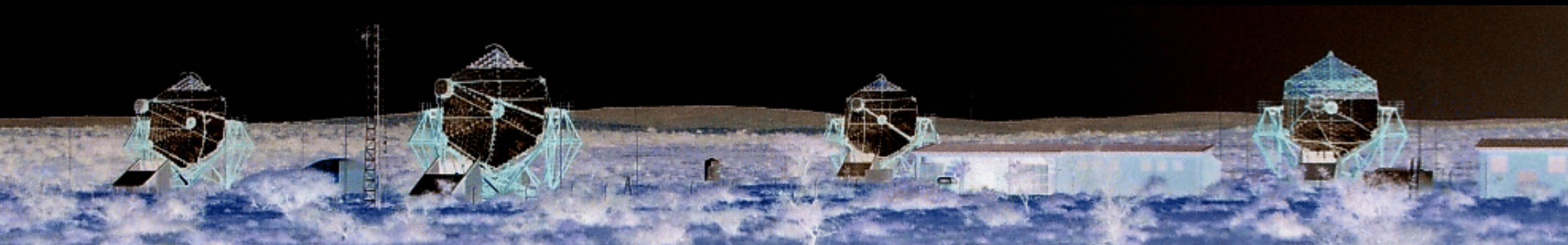
Les plérions détectés par H.E.S.S.

Plerion	Pulsar	Efficacité	Publication
Crab Nebula	PSR B0531+21	0.02%	A&A 457 (2006) 899
Vela X	PSR B0833-45	0.01%	A&A 448 (2006) L43
MSH 15-52	PSR B1509-58	0.4%	A&A 435 (2005) L17
HESS J1825-137	PSR B1823-13	7%	A&A 442 (2005) L25
Kookaburra	PSR J1420-6048	0.8%	A&A 456 (2006) 245
G21.5-0.9	PSR J1833-1034	0.02%	ICRC 2007
Kes 75	PSR J1846-0258	2%	ICRC 2007

+ G0.9+0.1 et les candidats du relevé du plan galactique

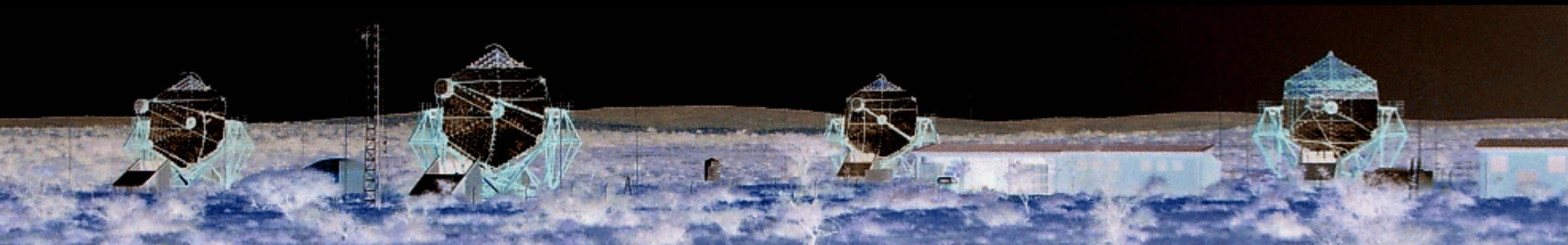
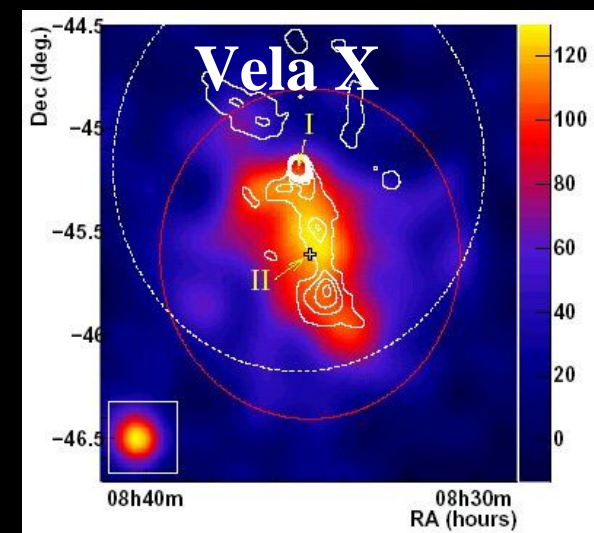
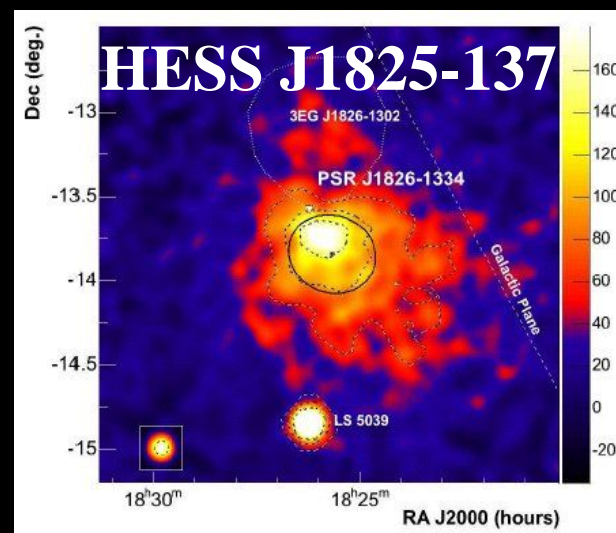
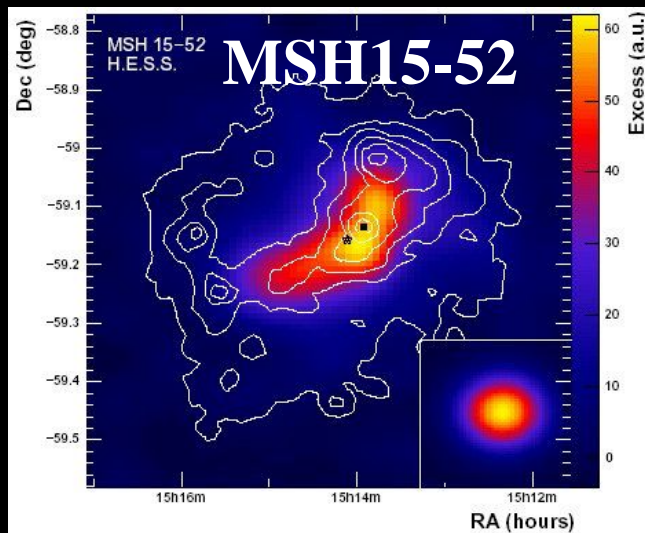
=> 9 candidats clairement identifiés:

classe de sources galactiques HESS la plus nombreuse



Etude morphologique des plerions

Plusieurs nébuleuses observées par H.E.S.S. sont asymétriques et **présentent un pulsar décentré** => effet dû à l'explosion de la SN dans un milieu inhomogène (nuages moléculaires => choc en retour pouvant décaler la nébuleuse)



Exemple d'étude multi-longueur d'onde: HESS J1640-465

Nébuleuse de pulsar ou Reste de supernova
=> données multi-longueur d'onde insuffisantes

Gamma de très haute énergie (HESS):

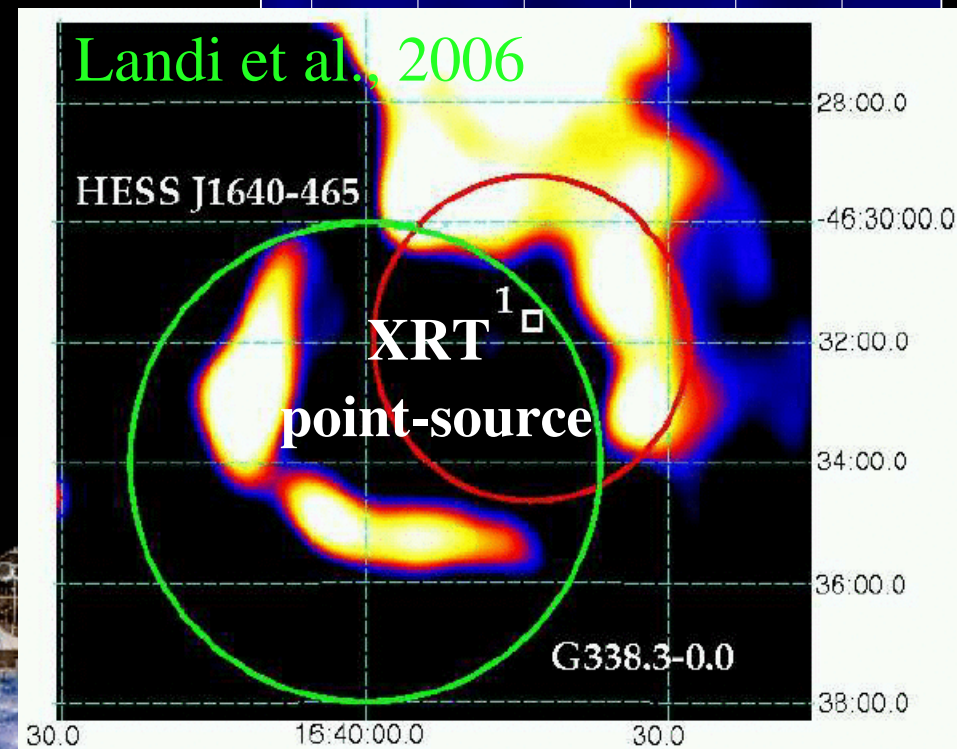
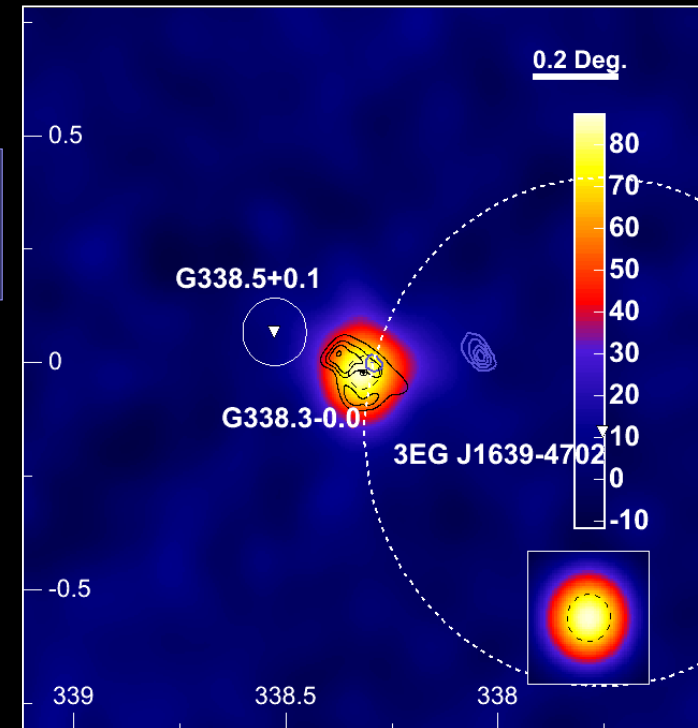
- ★ Source HESS légèrement étendue
- ★ Flux relativement faible

★Gamma “mous” ($E < 100$ GeV):

Position compatible avec la source 3EG J1639-4702 non identifiée par le détecteur EGRET

★ Rayons X: Source ponctuelle coïncidente

★Radio: Excellente corrélation spatiale avec le reste de supernova G338.3-0.0

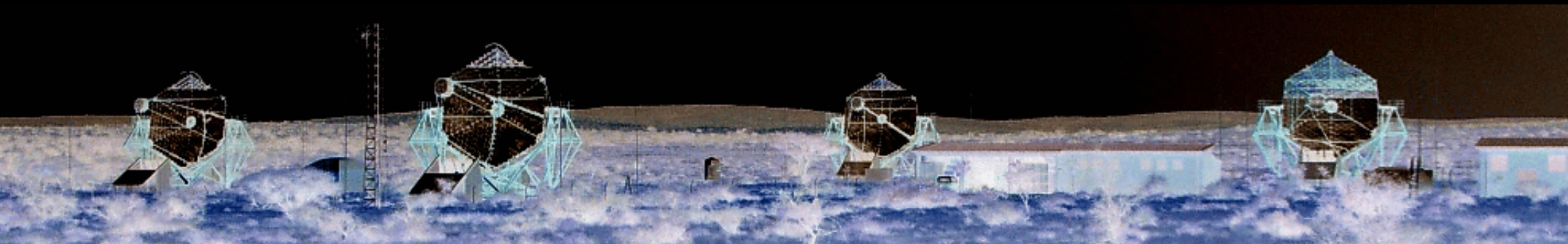
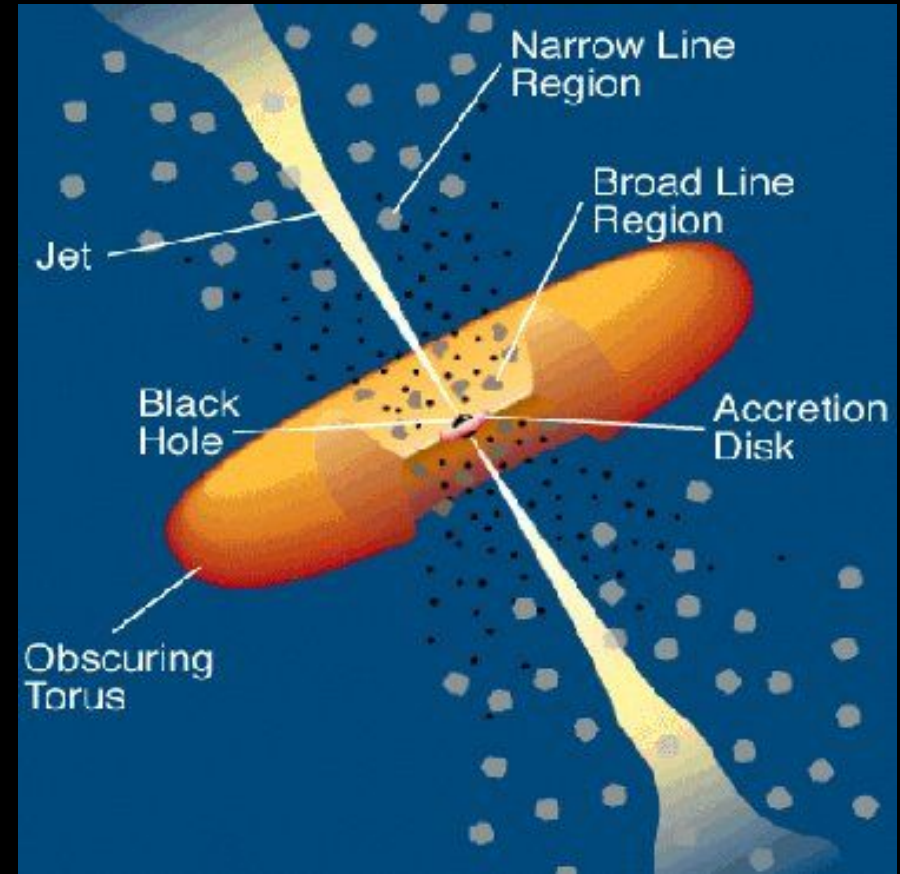


Les sources extragalactiques



Les noyaux actifs de galaxie

- EGRET a découvert **> 60 sources extragalactiques**.
- Toutes sont fortes en radio
(~5% des noyaux actifs de galaxie) ; l'émission radio est due aux jets de plasma relativiste éjectés de la région compacte.
- Toutes les sources extragalactiques d'EGRET appartiennent à la catégorie **"blazar"** interprétée par un effet d'observation: jets émis à angle relativement petit par rapport à la ligne de visée.

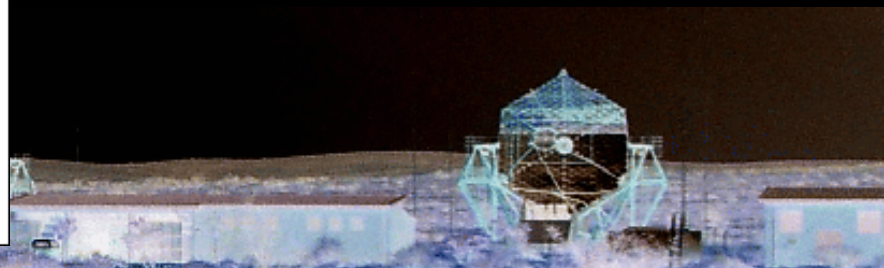


Noyaux actifs de galaxie émetteurs au TeV

- Les noyaux actifs de galaxie émetteurs au TeV ont des redshifts faibles comparés à ceux des blazars d'EGRET
- Émetteurs au TeV détectés aujourd'hui : tous blazars sauf M87
- Pour les plus lointains, le spectre est affecté par l'absorption par le fond extragalactique

Source	z	Discovery & Confirmation
Mrk 421	0.031	Punch et al. 1992, Petry et al. 1996
Mrk 501	0.034	Quinn et al. 1996, Bradbury et al. 1997
1ES 2344+514	0.044	Catanese et al. 1998, Tluczykont et al. 2003
Mrk 180	0.046	Albert et al. 2006
1ES 1959+650	0.047	Nishiyama et al. 1999, Holder et al. 2003, Aharonian et al. 2003
PKS 0548-322	0.07	Aharonian et al. 2007, <i>In prep.</i>
PKS 2005-489	0.07	Aharonian et al. 2005
PKS 2155-304	0.117	Chadwick et al. 1999, Hinton et al. 2003
H 1426+428	0.129	Horan et al. 2002, Aharonian et al. 2002, Djannati et al. 2002
ES 0229+200	0.140	Aharonian et al. 2007, <i>In prep.</i>
H 2356	0.167	Aharonian et al. 2005
1ES 1218+30.4	0.182	Albert et al. 2006
1ES 1101-232	0.186	Aharonian et al. 2006
ES 0347-121	0.188	Aharonian et al. 2007, <i>In prep.</i>
1ES 1101+496	0.212	Albert et al. 2007 arXiv:0706.4435
PG 1553+113	0.36 (?)	Aharonian et al. 2006, Albert et al. 2006

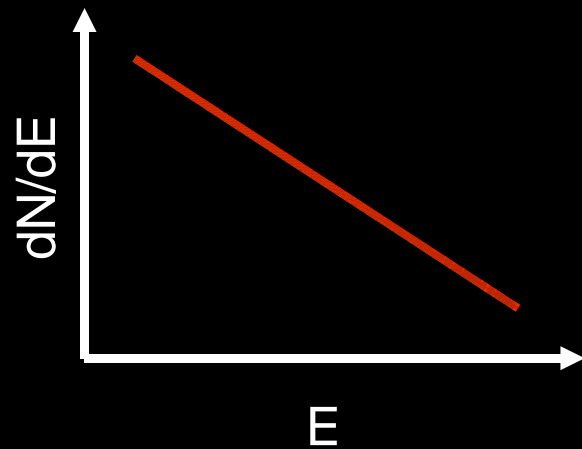
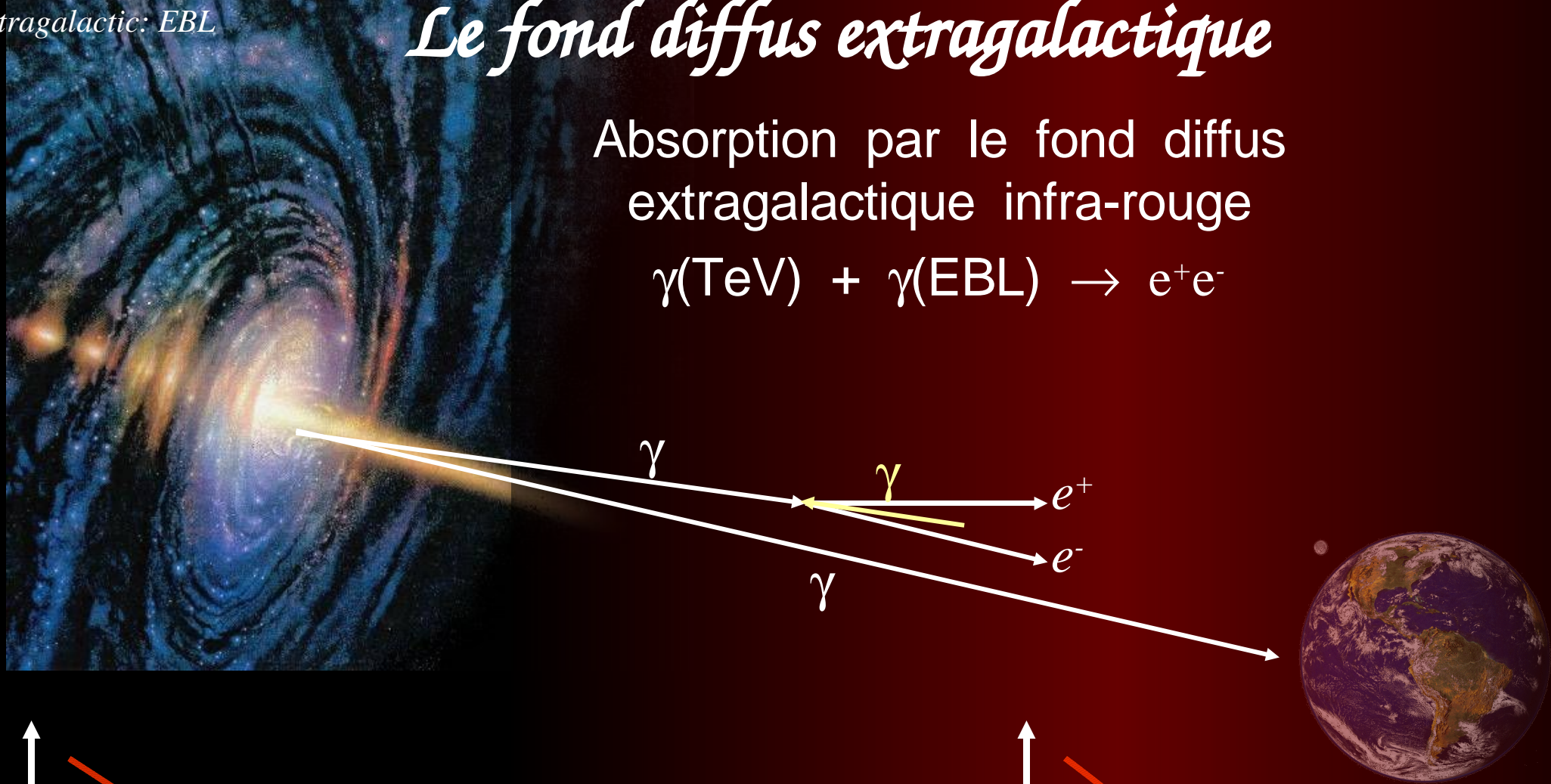
En bleu, les détections de H.E.S.S.
=> 9 nouveaux blazars détectés par H.E.S.S. en 2 ans



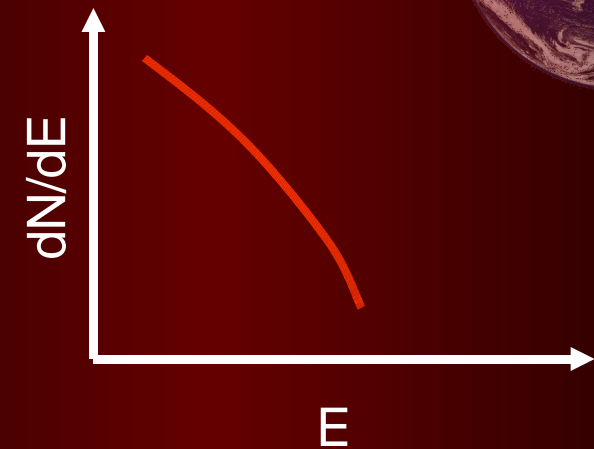
Le fond diffus extragalactique

Absorption par le fond diffus
extragalactique infra-rouge

$$\gamma(\text{TeV}) + \gamma(\text{EBL}) \rightarrow e^+e^-$$

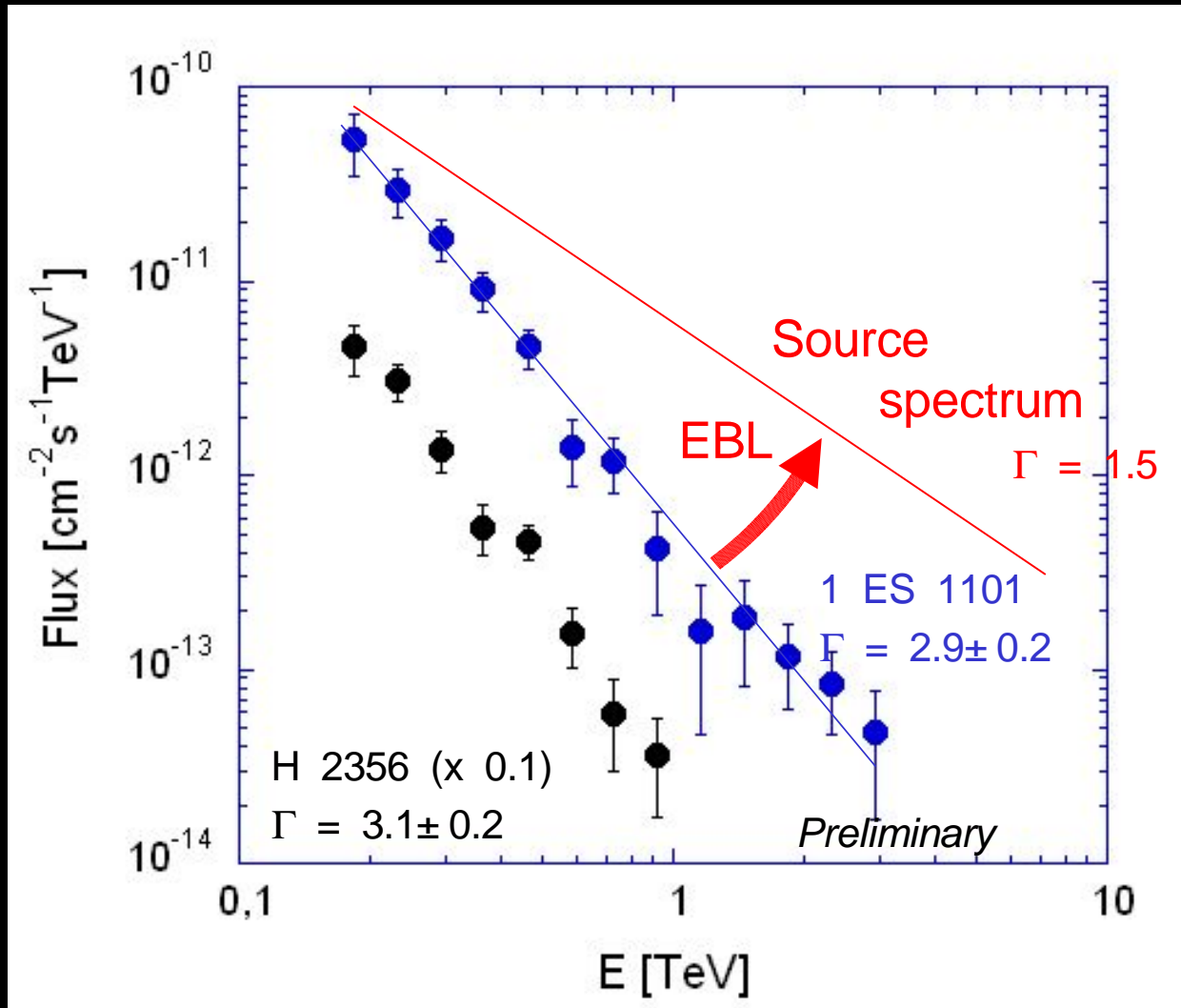


Spectre à la source
(objets compacts extragalactiques)

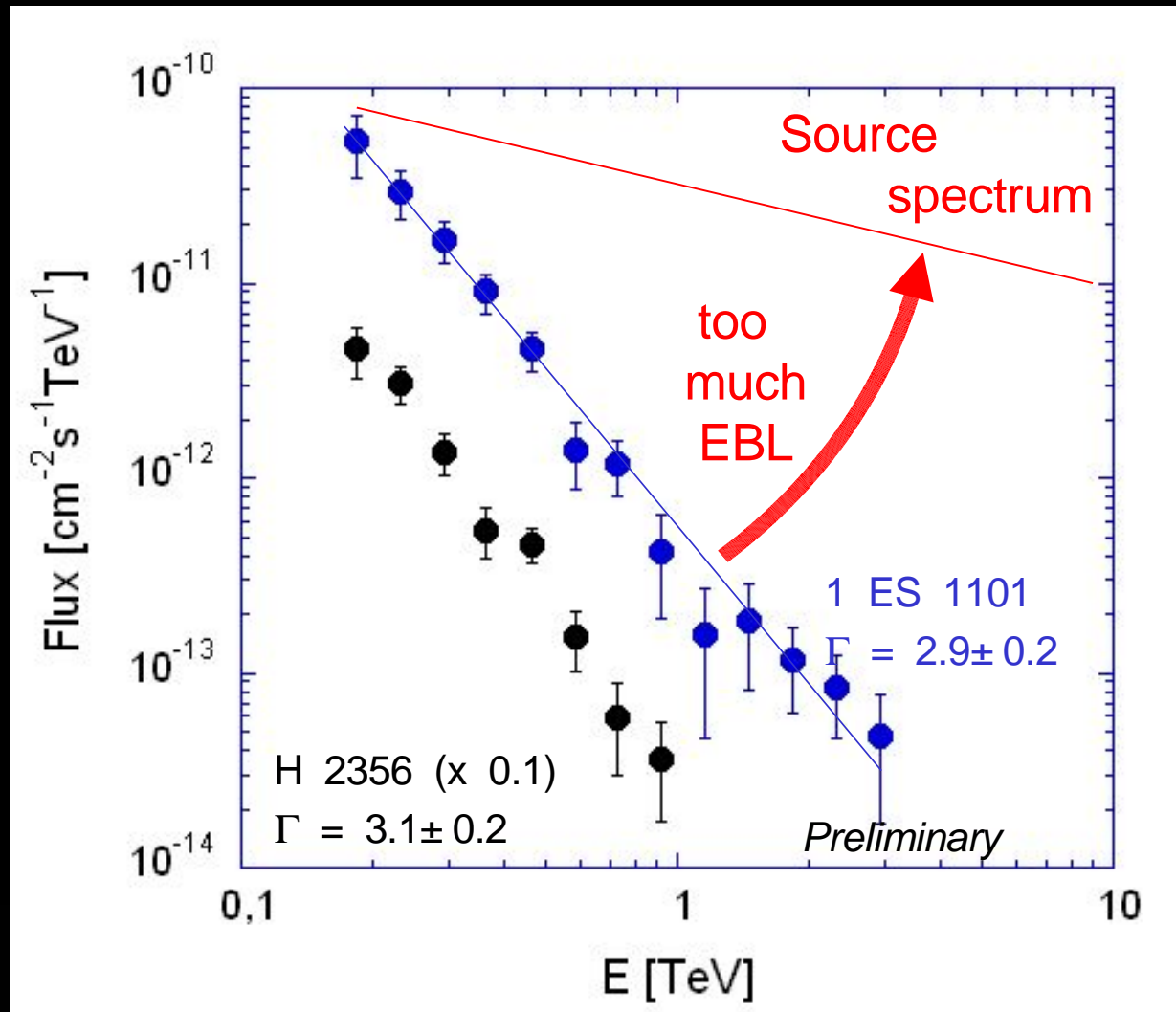


Mesure du fond diffus
(→ Cosmologie)

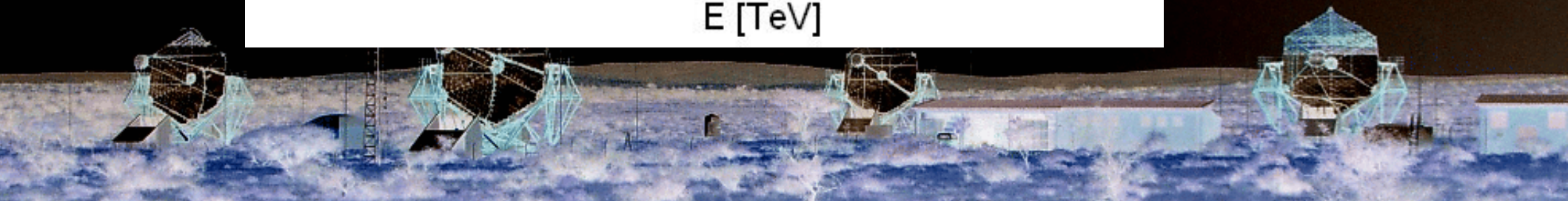
Le fond diffus extragalactique (2)



Le fond diffus extragalactique (2)



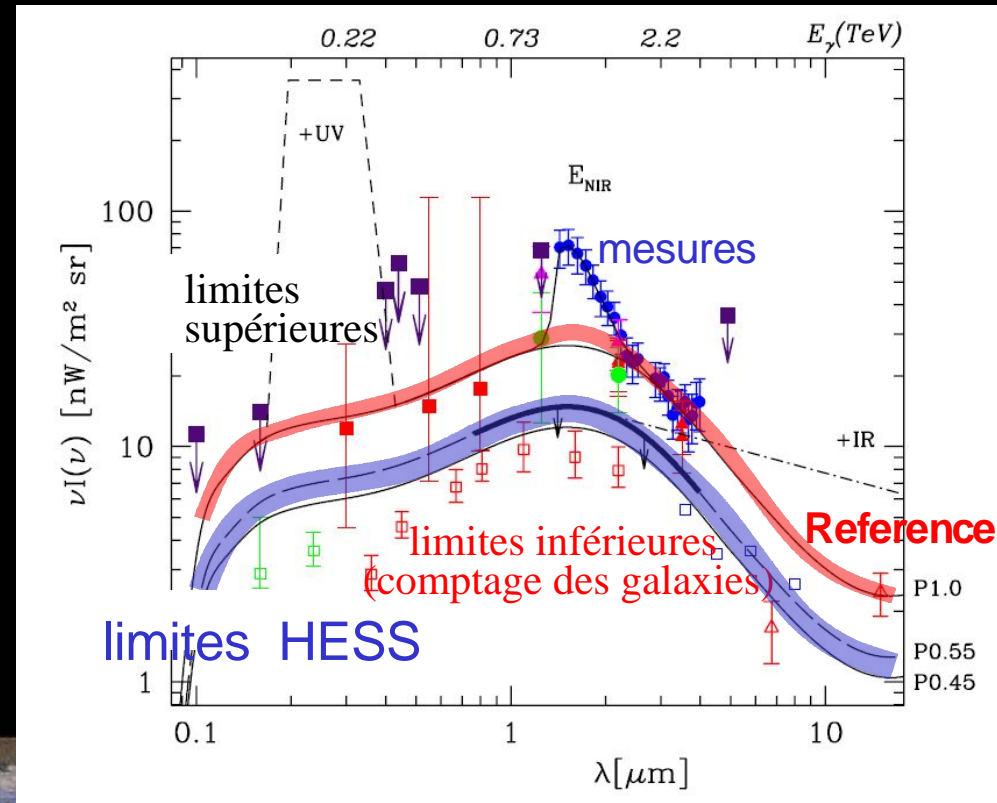
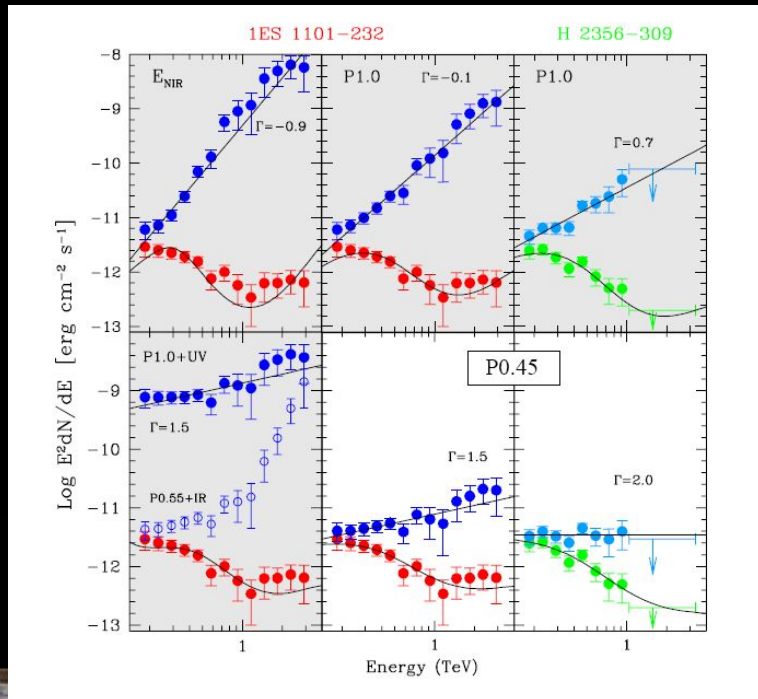
→ Limite supérieure sur le fond diffus



Contraintes sur le fond infra-rouge apportées par H.E.S.S.

(Nature **440** (2006) 1018)

- Les spectres corrigés de l'absorption sont en bleu.
- Correction par P1 (diagrammes en grisé) : spectres incompatibles avec le mécanisme d'accélération.
- P0.45 (diagrammes à fond clair) convient.
- Fond IR proche des bornes inférieures** données par le comptage des galaxies.

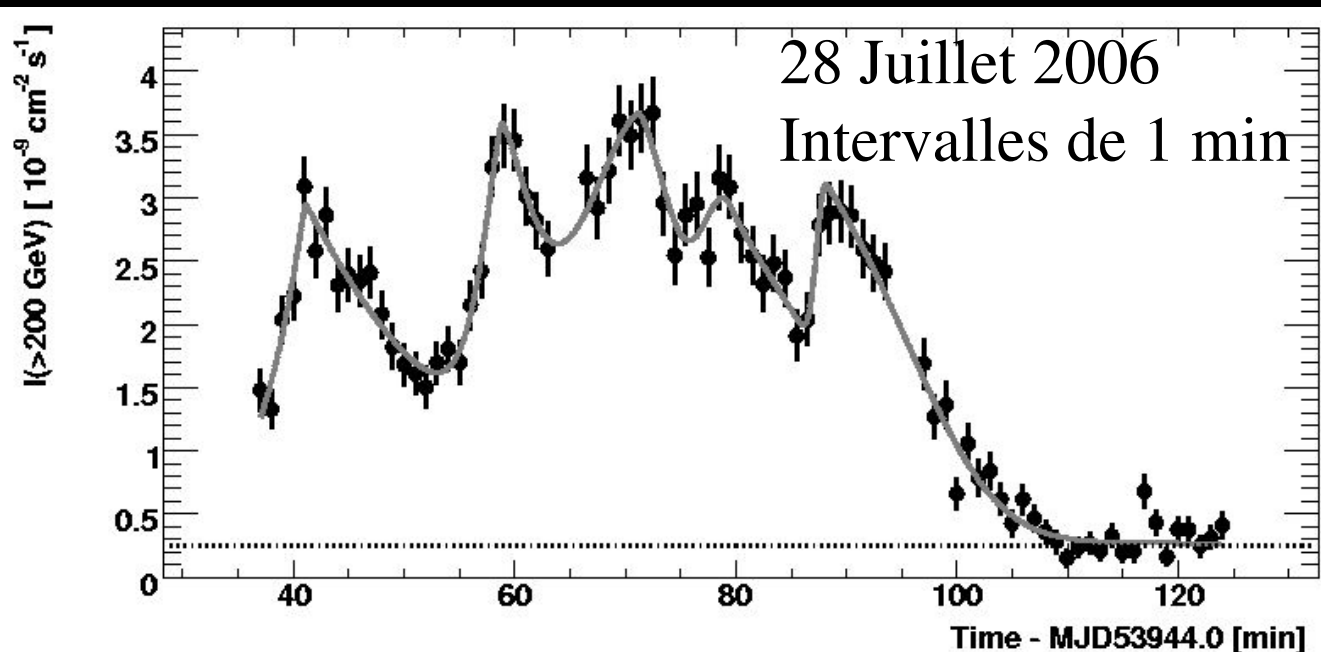


PKS2155-304:

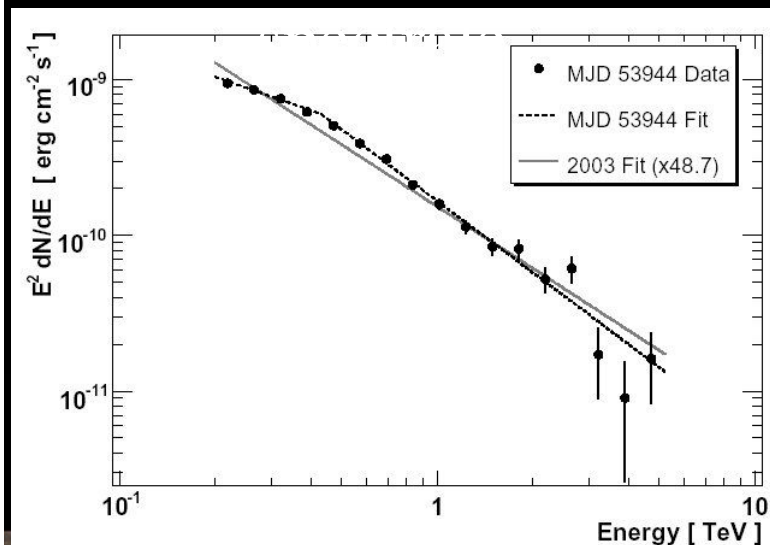
grand sursaut d'intensité en Juillet 2006

PKS 2155-304 a été détecté par H.E.S.S. à chaque observation → le plus souvent **en état quiescent** (une première au TeV)

... mais en Juillet 2006, de grands sursauts d'intensité (jusqu'à 15 fois celle du Crabe) ont permis de réaliser une étude de variabilité à l'échelle de la minute.



Pas de variabilité

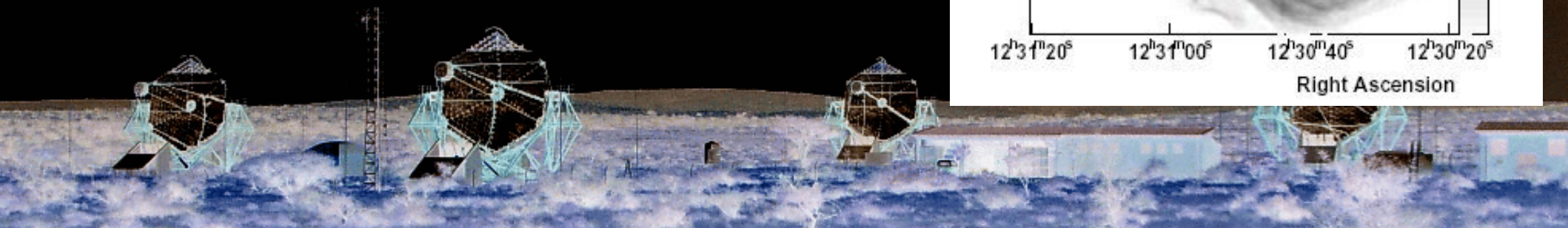
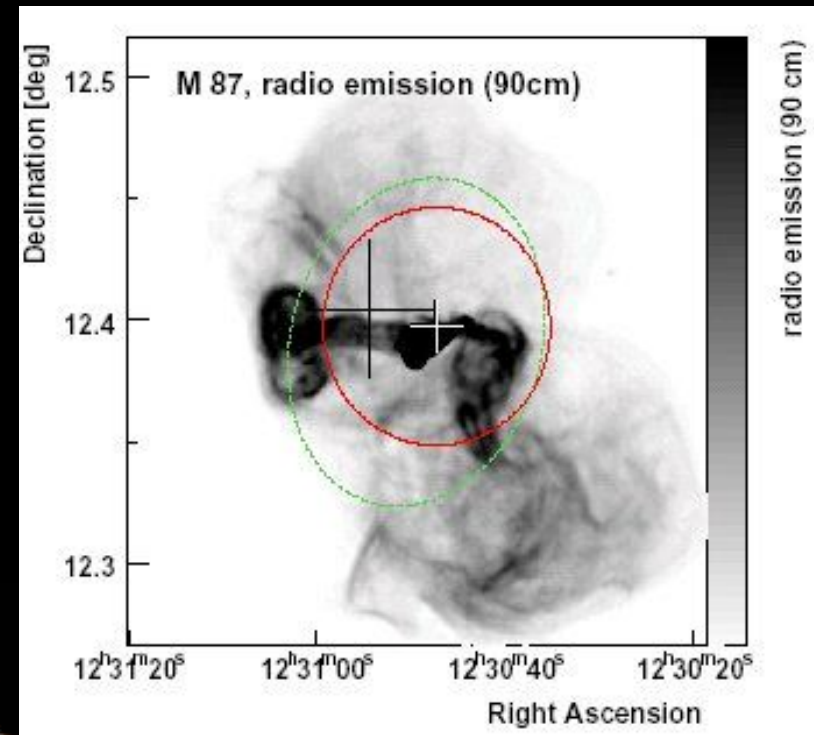


La radiogalaxie M87 :

1^{er} noyau actif de galaxie non blazar détecté au TeV

(Science 314 (2006)1424)

- M87, cœur de l'amas Virgo d=16 Mpc ($z=0.0043$), abrite un trou noir de $3.2 \times 10^9 M_{\text{solaire}}$
- Jet de plasma à 30° de la ligne de visée => M87 n'est pas un blazar
- Première indication (4.1σ) fournie par HEGRA en 1998
- Observations H.E.S.S. de 2003 à 2006
→ signal de 13σ , source « ponctuelle » compatible avec la position du noyau actif.

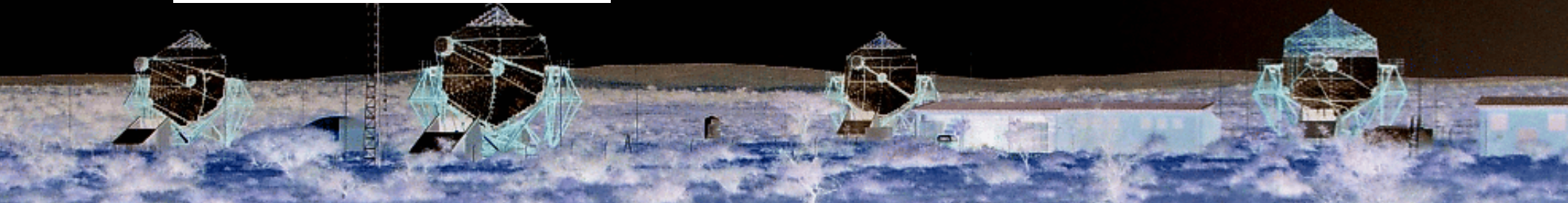
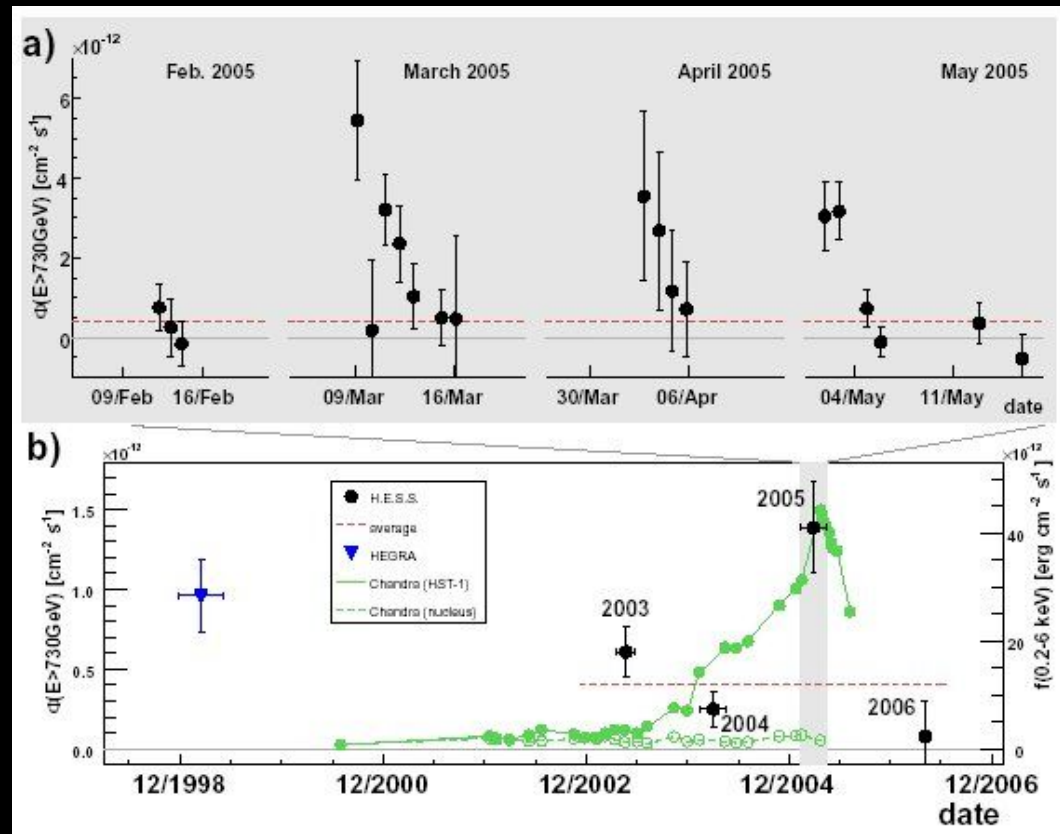
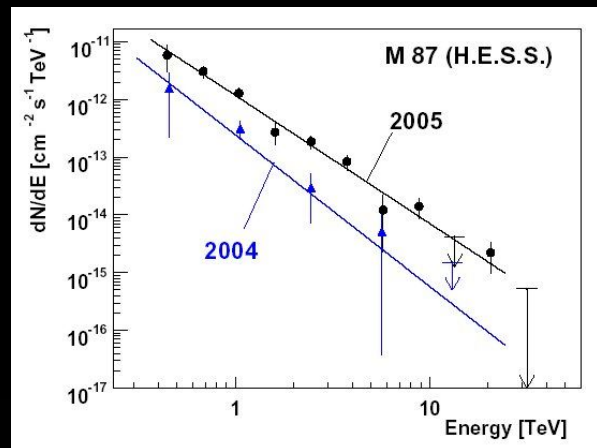


Variabilité de M87

- Variabilité à l'échelle de l'année observée au niveau de 3.2σ
- Variabilité à l'échelle du jour
($>4 \sigma$) observée en 2005

pendant un état haut \rightarrow contrainte sur la taille de la source (le jet est exclu, de même que le nodule le plus brillant)

- Spectre dur



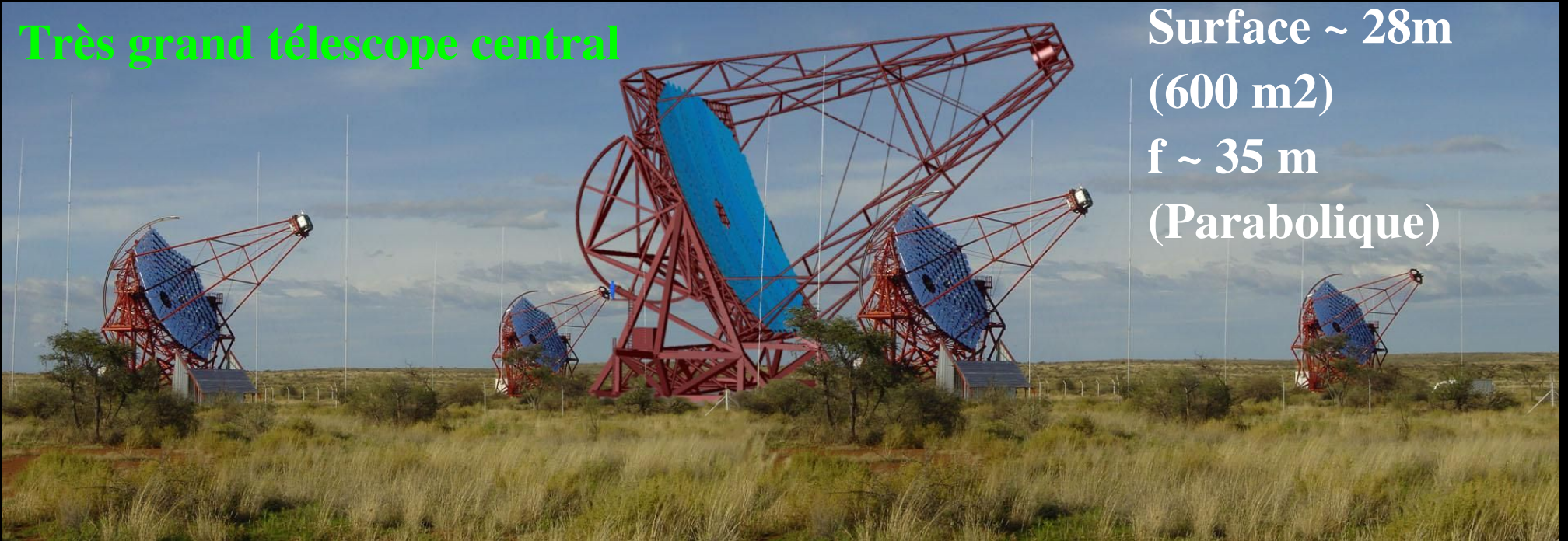
Et après ???



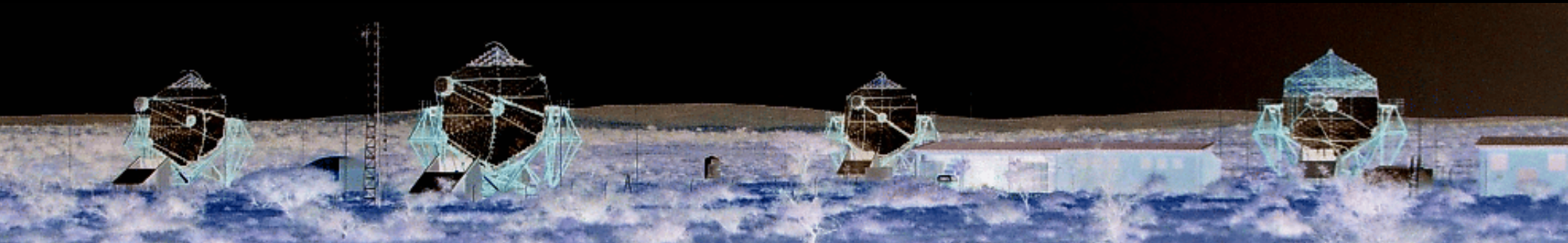
La prochaine étape: H.E.S.S. II

Très grand télescope central

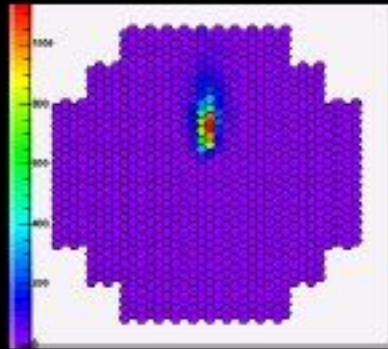
Surface $\sim 28\text{m}$
(600 m^2)
 $f \sim 35\text{ m}$
(Parabolique)



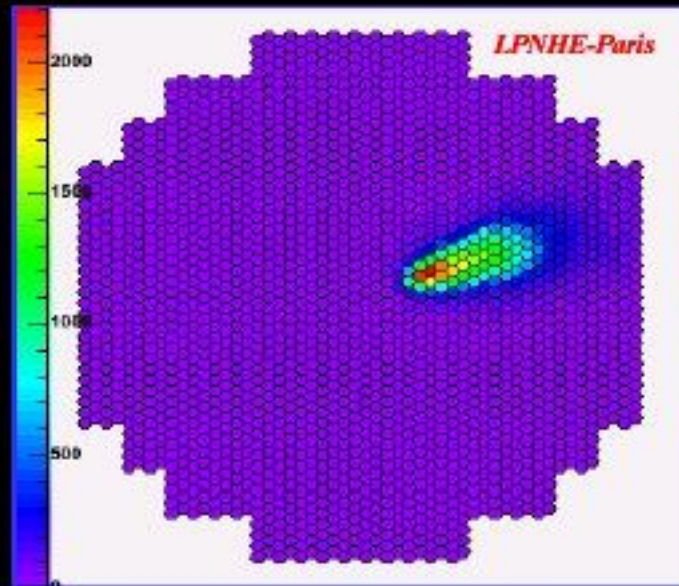
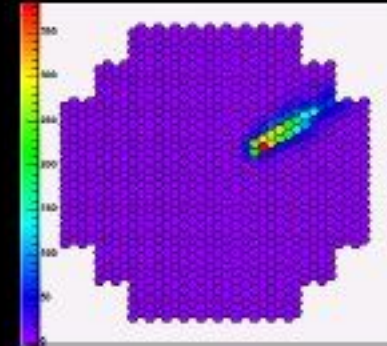
- Seuil en énergie plus bas
- Meilleure sensibilité à plus haute énergie dans le domaine HESS I + grand télescope



Images simulées HESS II à 2 TeV

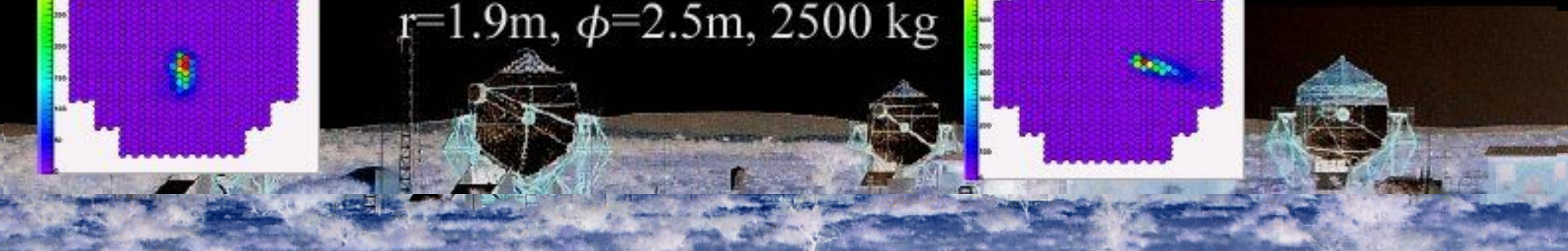
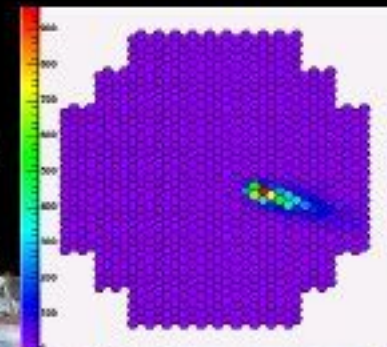
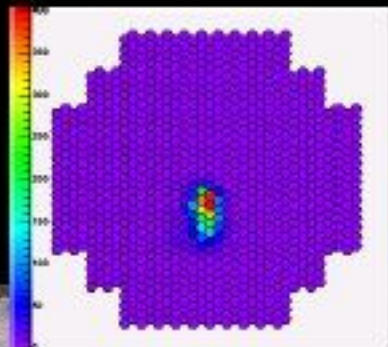


A la même énergie,
amélioration de
l'image de la gerbe



Même technologie que HESS-I
même taille physique de PM
taille angulaire du pixel $\sim 0.07^\circ$
même bruit du ciel / pixel
(NSB, Night-Sky Background)

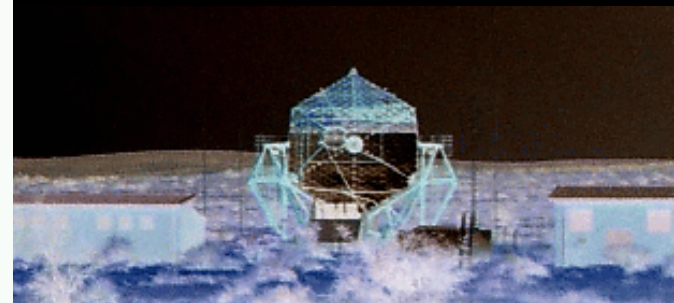
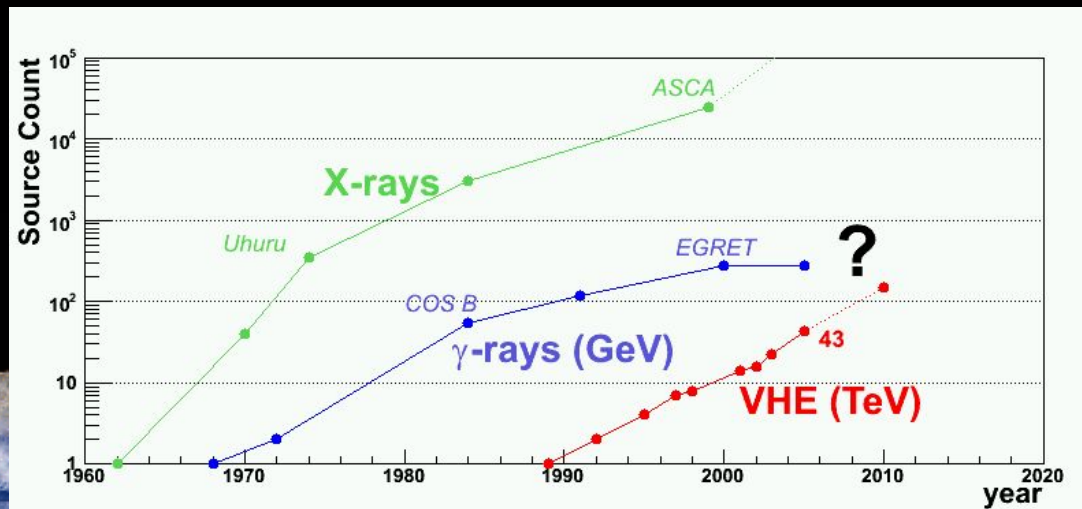
Caméra \sim cylindrique
 $r=1.9\text{m}$, $\phi=2.5\text{m}$, 2500 kg



Conclusions

- Déjà un catalogue de plus d'une trentaine de sources alors qu'au dessus de 200 GeV on ne disposait que de 5 sources confirmées en 2001 dont une source galactique (la Nébuleuse du Crabe)
- La galaxie est enfin dévoilée en gamma: grande variété de sources (vestiges de supernovae à coquilles, nébuleuses de pulsars, systèmes binaires, sources non identifiées...)
- Sources extragalactiques: nouveaux blazars à redshifts $> 0.1 \Rightarrow$ contraintes sur le fond infra-rouge extragalactique
- La construction de HESS II est désormais sur les rails

Vers le millier de sources en Astronomie Tcherenkov !



Perspectives

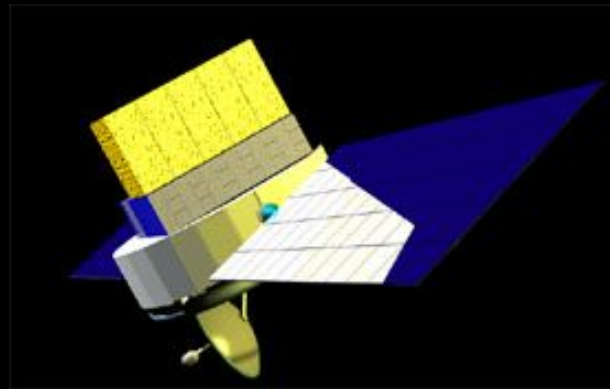
Potentialité de discrimination entre les scénarios électronique et protonique en pleine croissance



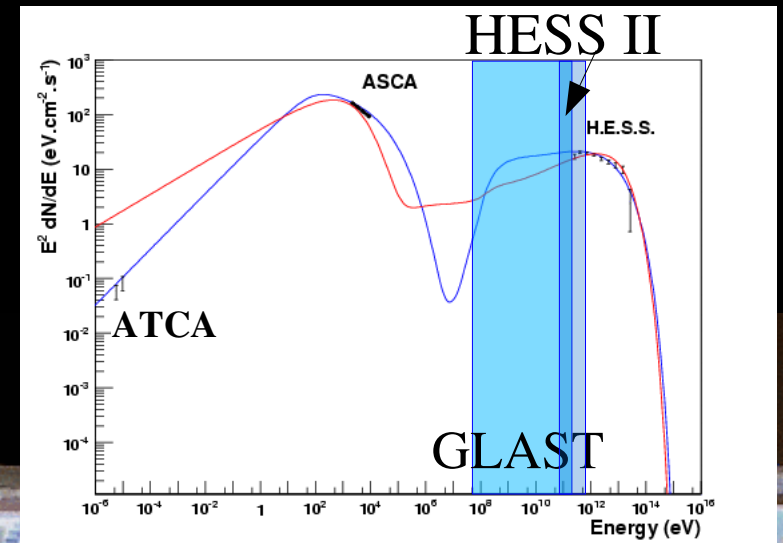
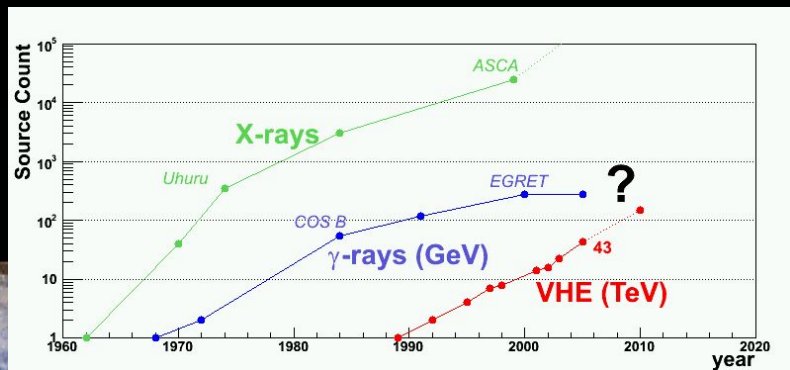
H.E.S.S. II



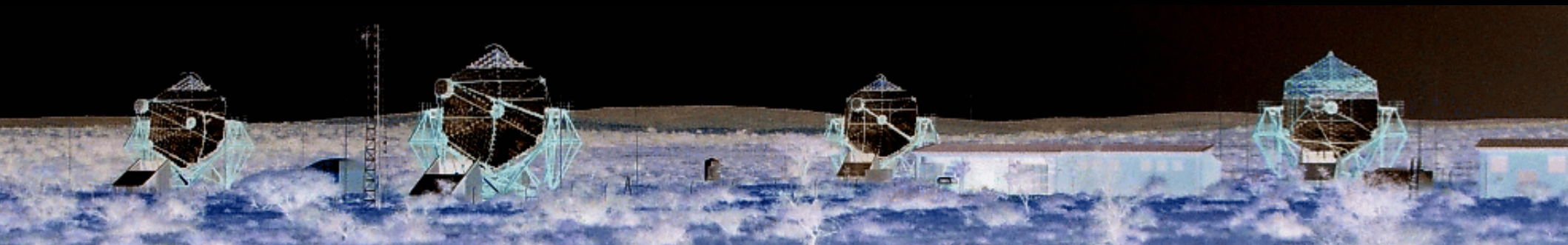
H.E.S.S.



GLAST



Back-Up slides



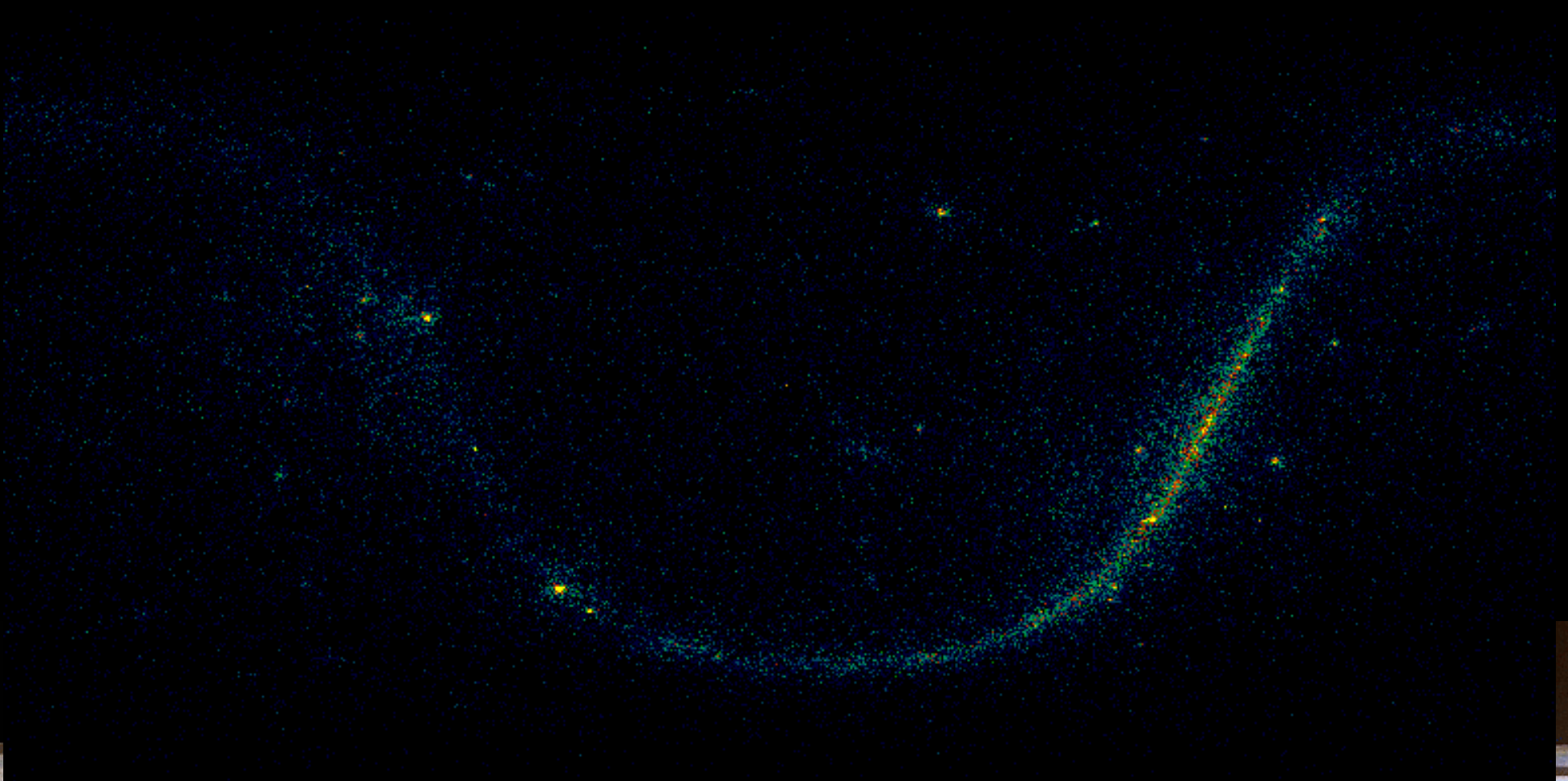
Le ciel vu en gamma par GLAST

Les 55 jours de la simulation pour le Data Challenge II

Chaque "clignotement" est une orbite (90 minutes).

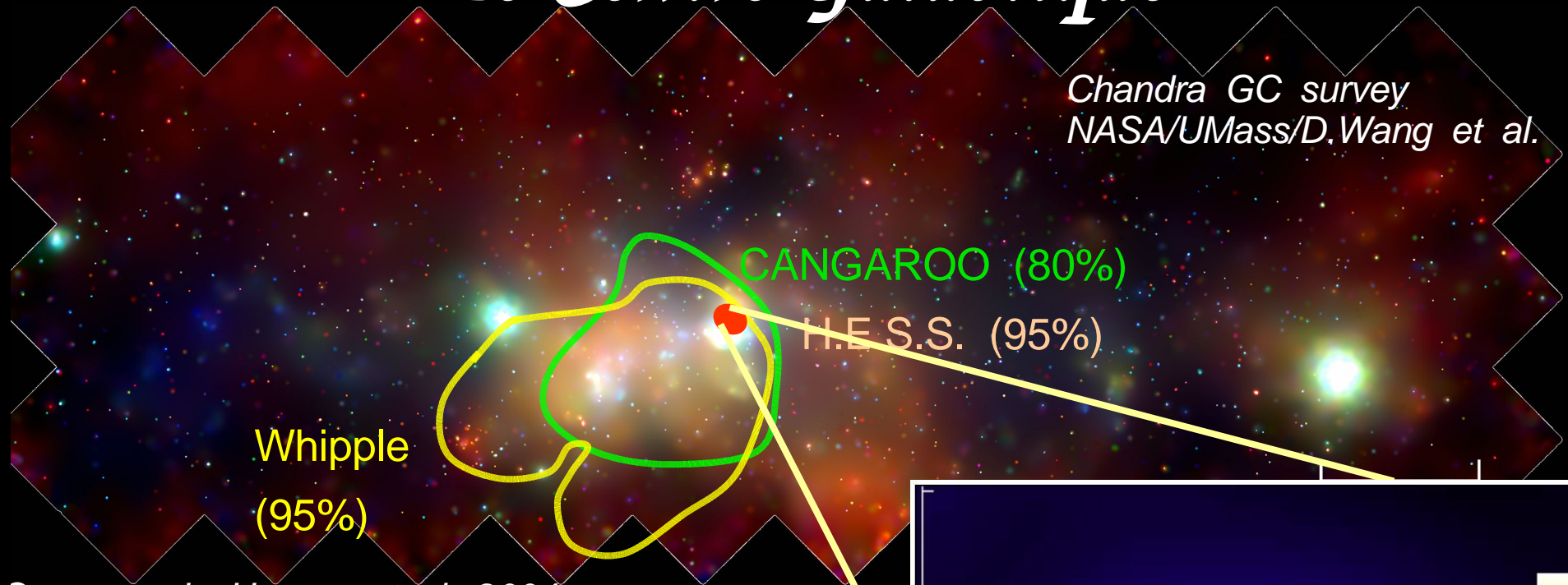
La "ligne" est la voie lactée.

Les points sont des galaxies, des pulsars, des vestiges de supernovae, et autres choses
– un modèle du ciel très soigné.



Le Centre Galactique

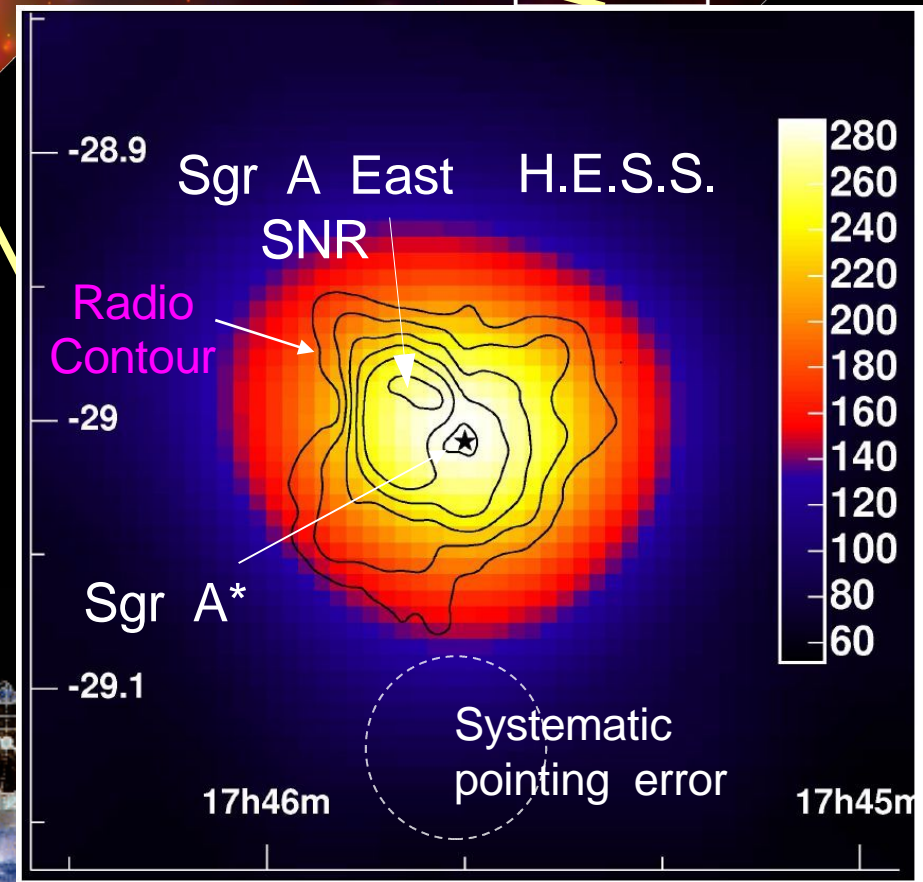
Chandra GC survey
NASA/UMass/D.Wang et al.



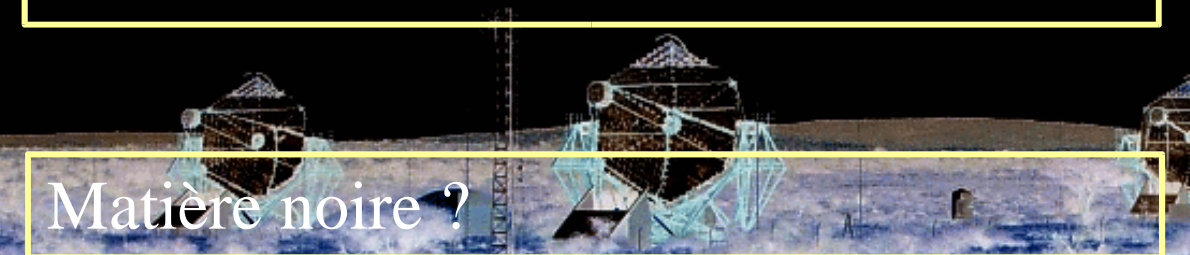
Contours de Hooper et al. 2004

Candidats possibles:

- Le trou noir central SgrA*
- Le reste de supernova SgrA East
- Découverte récente d'un plérion

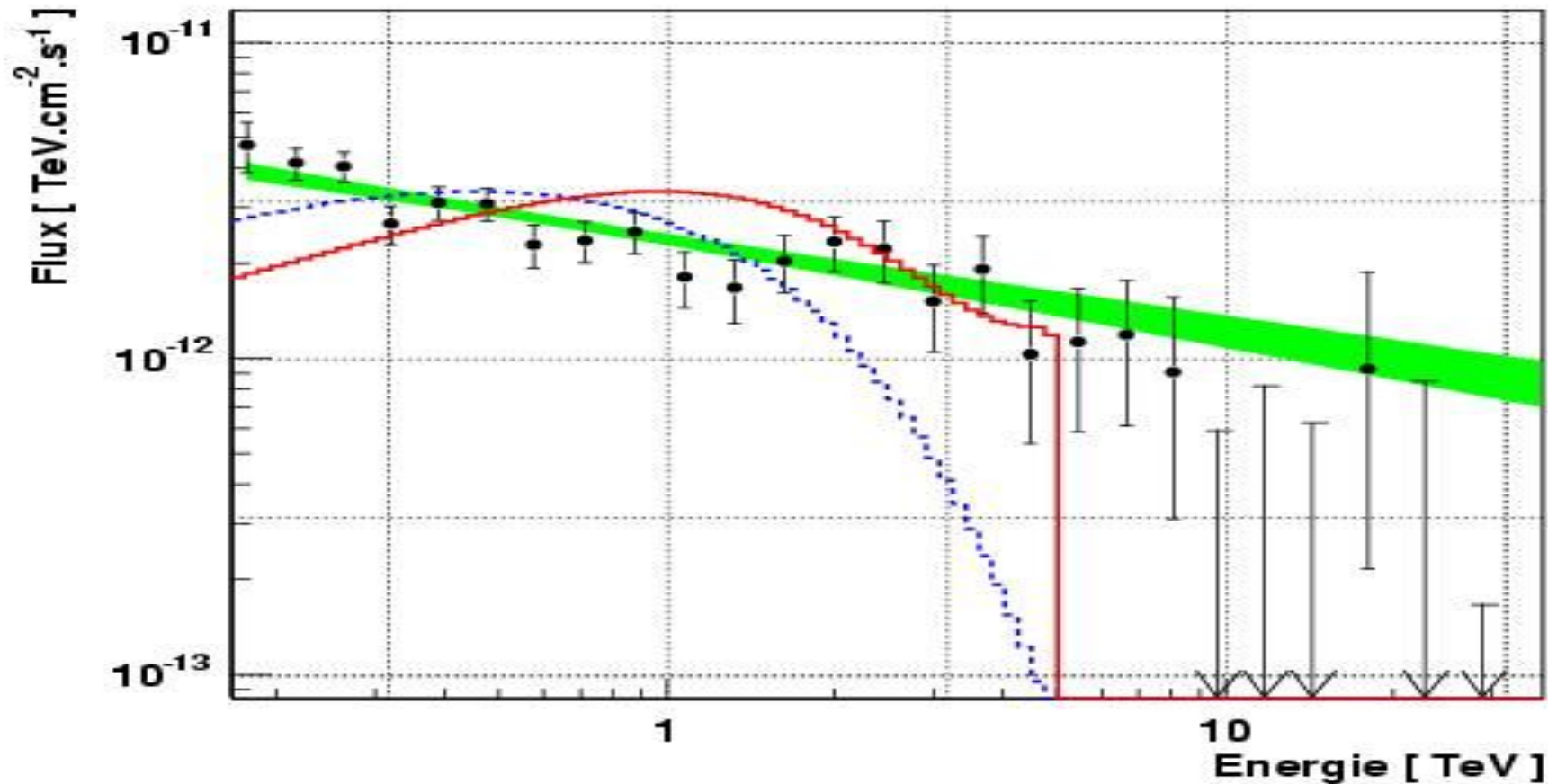


Matière noire ?

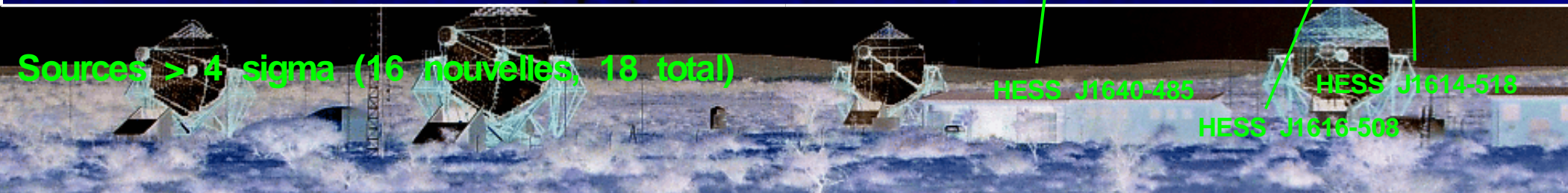
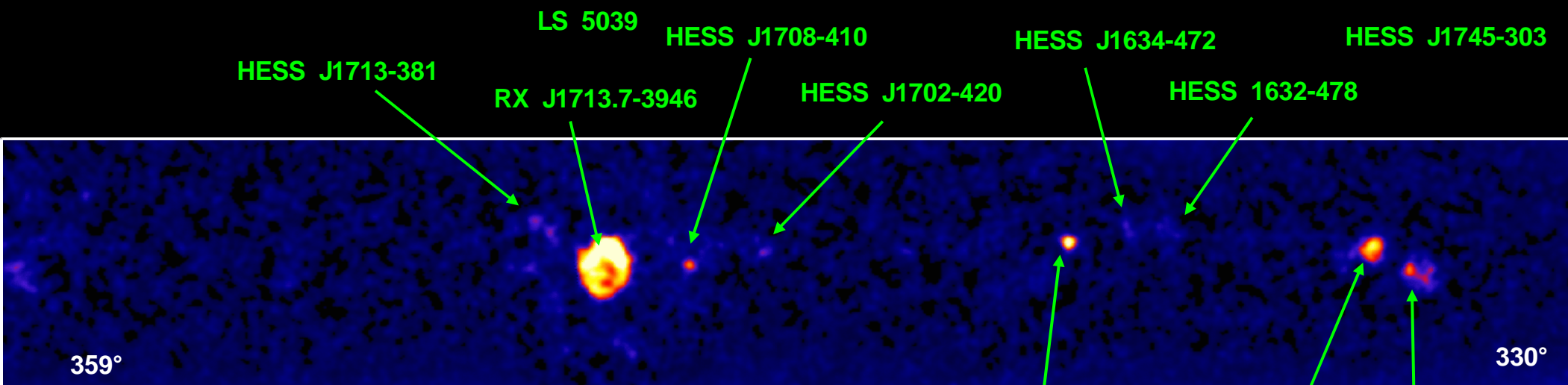
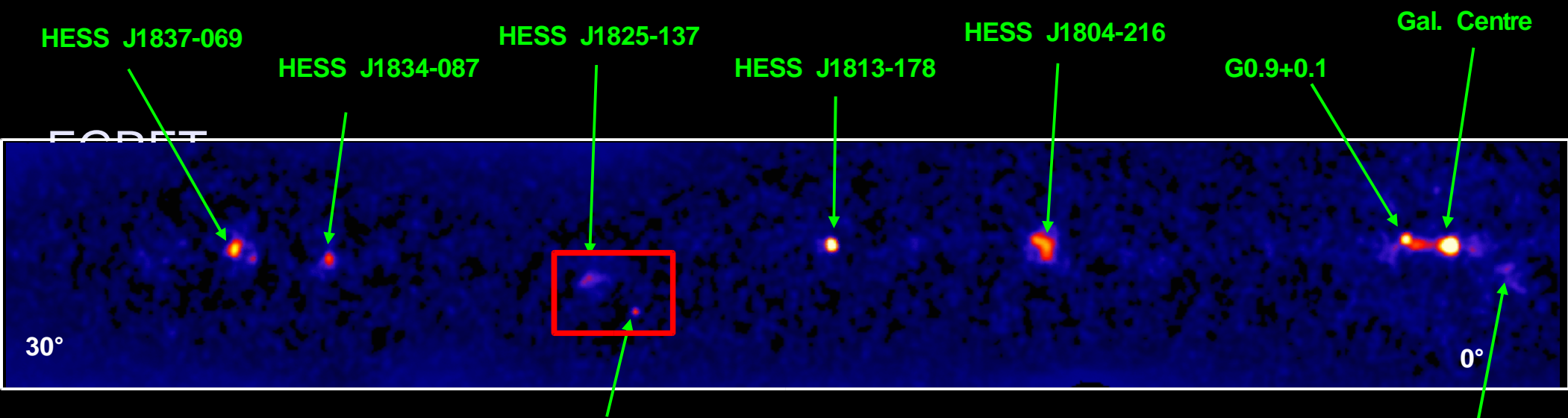


Le Centre Galactique

Le spectre en énergie n'est pas compatible avec un spectre d'annihilation si la masse du neutralino est < 12 TeV (90% CL)



Résultats du survey du plan galactique



Un nouveau système binaire X émetteur au TeV: LS5039

Aharonian et al., Science 309 (2005) 746

- Étoile massive O6.5V + objet compact distant de 2 à 6 R_*

$$R_* \approx 7 \times 10^{11} \text{ cm} \rightarrow n_* \approx 10^{14} \text{ photons cm}^{-3}$$

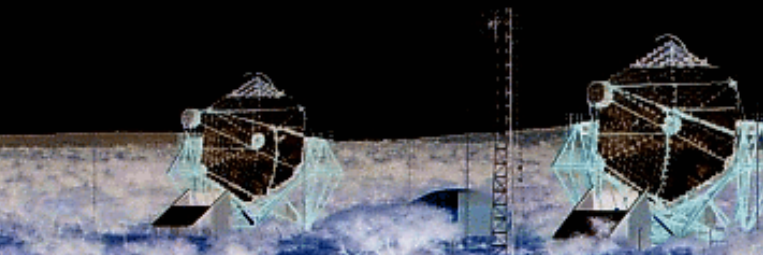
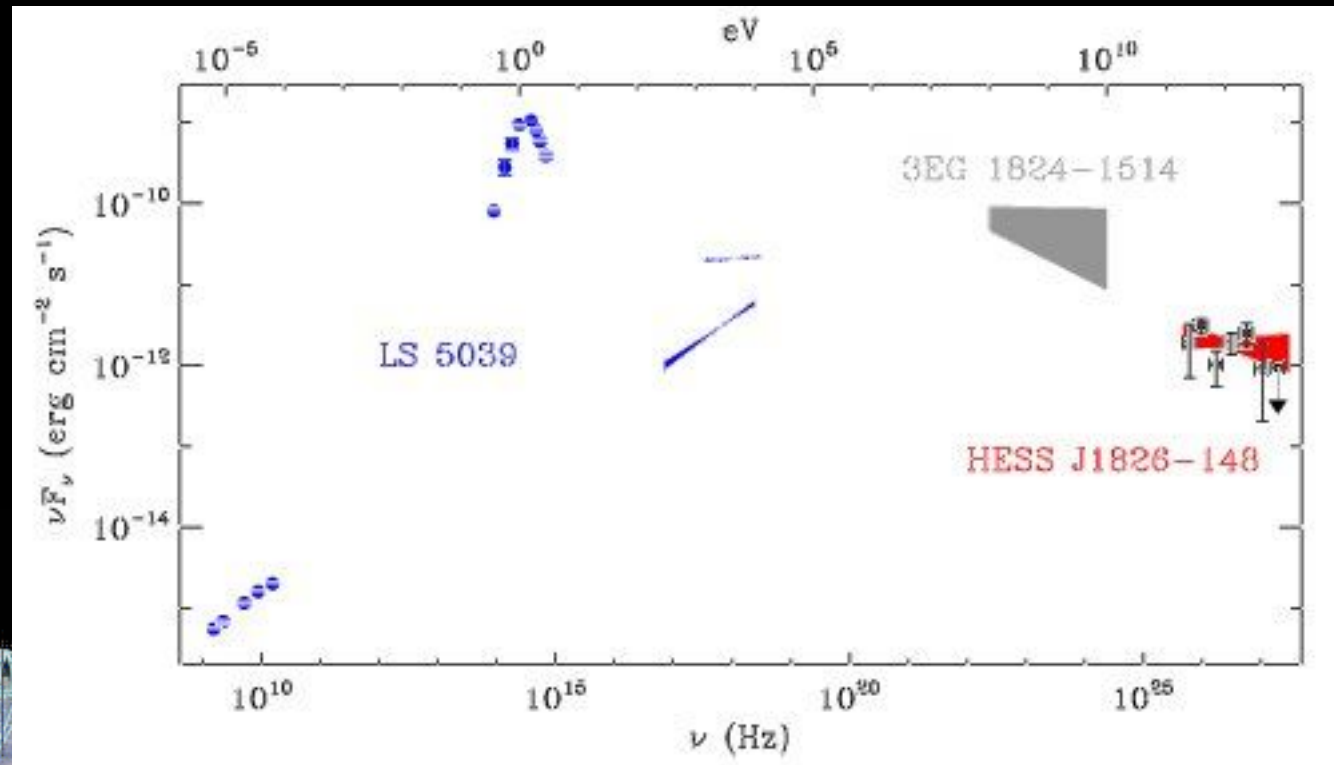
- Spectre γ : $d\Phi/dE = K E^{-\Gamma}$ avec $\Gamma = 2.12 \pm 0.15$

$$\Phi(E > 250 \text{ GeV}) = (5.1 \pm 0.8_{\text{st.}} \pm 1.3_{\text{sy.}}) \times 10^{-12} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

- Compton inverse efficace mais

- Opacité γ
 $\tau(\gamma \rightarrow e^+e^-) \approx 20$
près de l'étoile

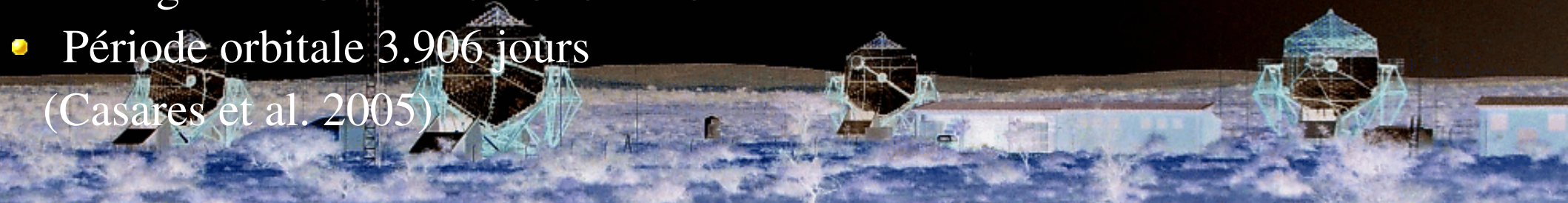
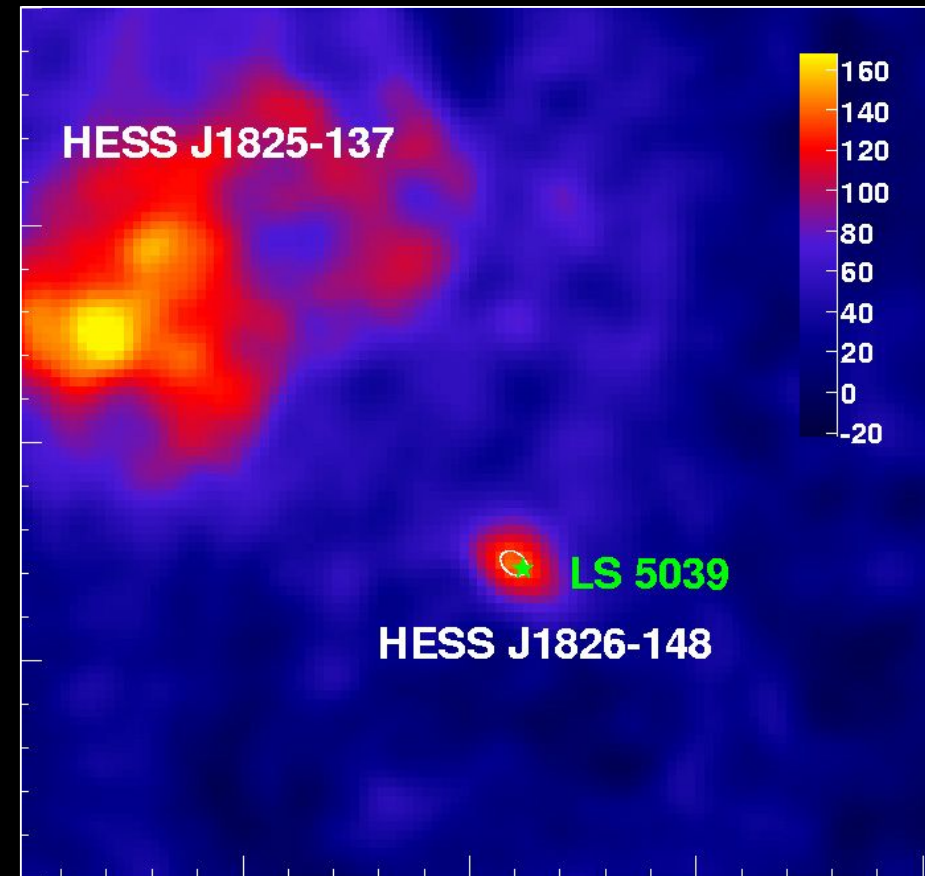
- Périodicité ?



Un nouveau système binaire X émetteur au TeV: LS5039

Aharonian et al., Science 309 (2005) 746

- Excès de 7σ , source ponctuelle découverte dans le relevé du plan galactique (10.5 h de données).
- Position connue à $\pm 32''$ (stat.) $\pm 30''$ (syst.) à $84''$ de la position radio de LS5039.
- LS5039 : système binaire X ayant une émission radio résolue, **peut-être associée à un jet relativiste (microquasar)**, et une contrepartie possible en γ (MeV-GeV) dans le catalogue d'EGRET : 3EG1824-1514
- Période orbitale 3.906 jours (Casares et al. 2005)



THE CHERENKOV TELESCOPE ARRAY FACILITY

CTA



- aims to explore the sky in the 10 GeV to 100 TeV energy range
- builds on demonstrated technologies
- combines guaranteed science with significant discovery potential
- is a cornerstone towards a multi-messenger exploration of the nonthermal universe

UNIFYING EUROPEAN EFFORTS

... and maintaining European lead

VERITAS

CTA involves scientists from

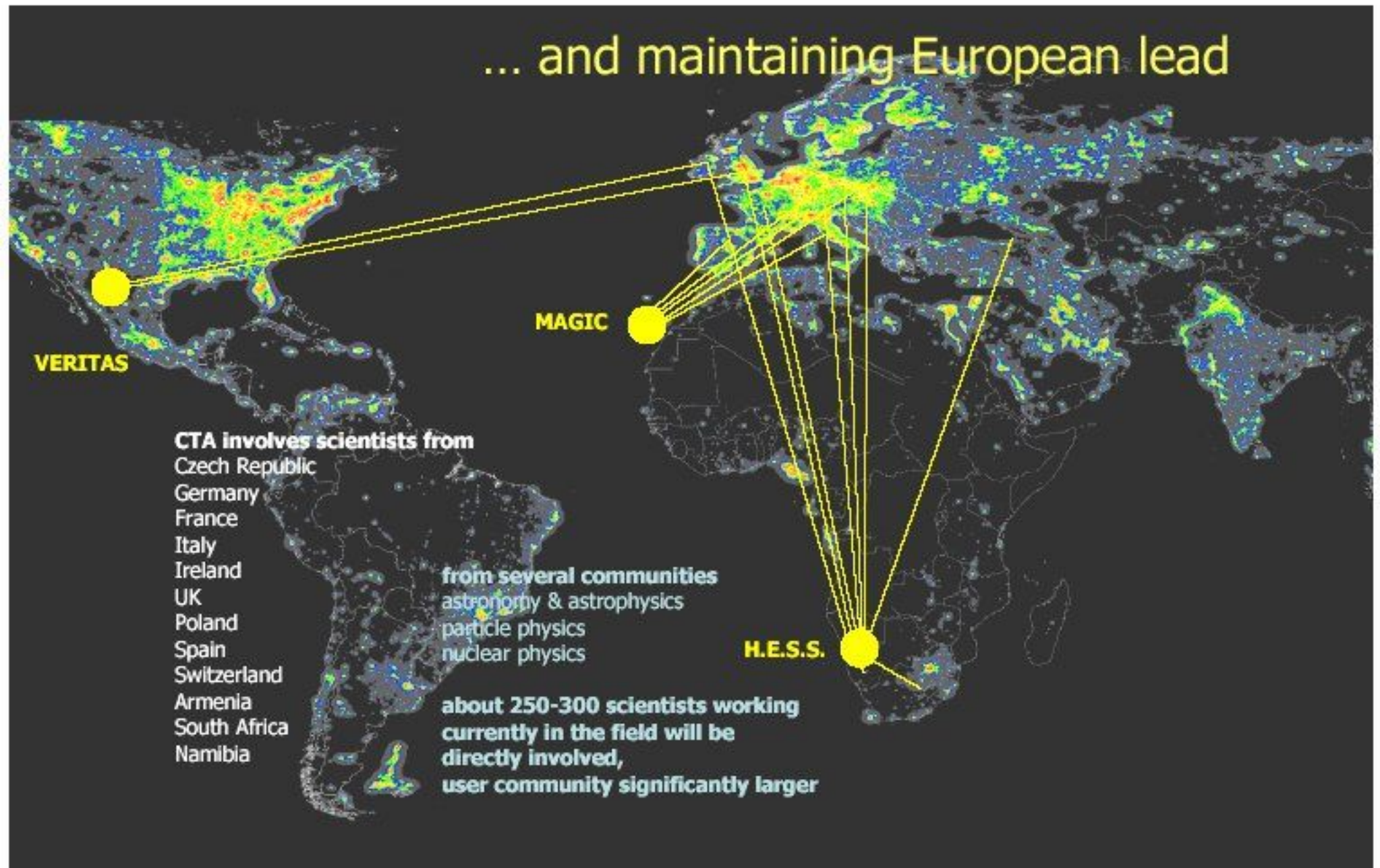
Czech Republic
Germany
France
Italy
Ireland
UK
Poland
Spain
Switzerland
Armenia
South Africa
Namibia

MAGIC

from several communities
astronomy & astrophysics
particle physics
nuclear physics

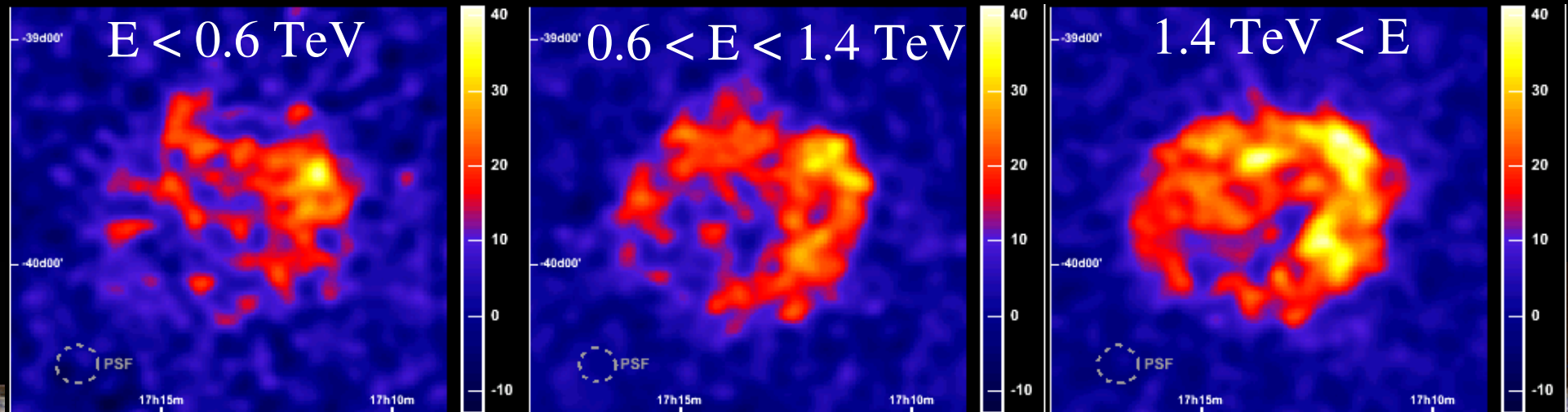
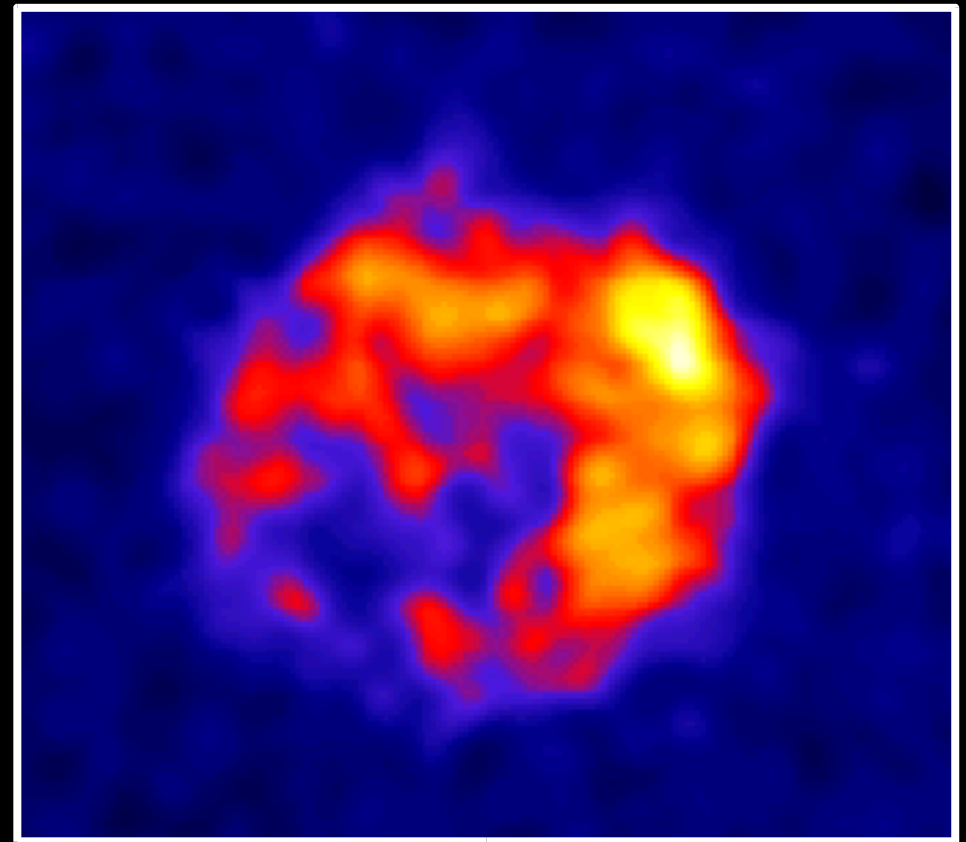
**about 250-300 scientists working
currently in the field will be
directly involved,
user community significantly larger**

H.E.S.S.



Evolution de la morphologie avec l'énergie

Pas de changement significatif de la morphologie en gamma



2^{ème} exemple d'étude multi-longueur d'onde

HESS J1804-216

Reste de supernova ou
Nébuleuse de pulsar ?

Gamma de très haute énergie (HESS):

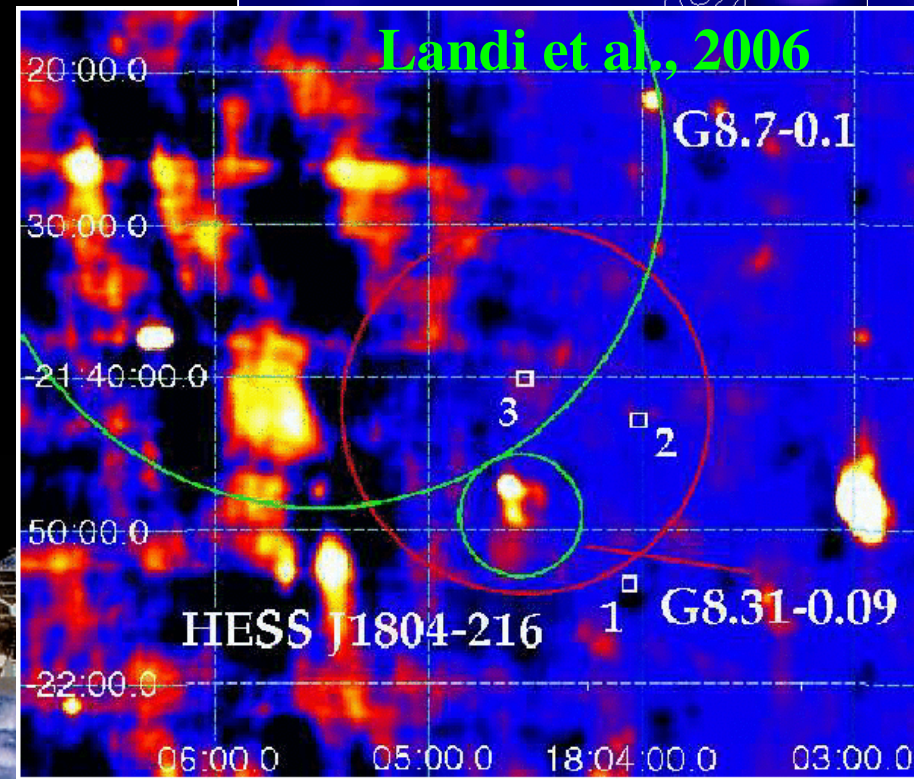
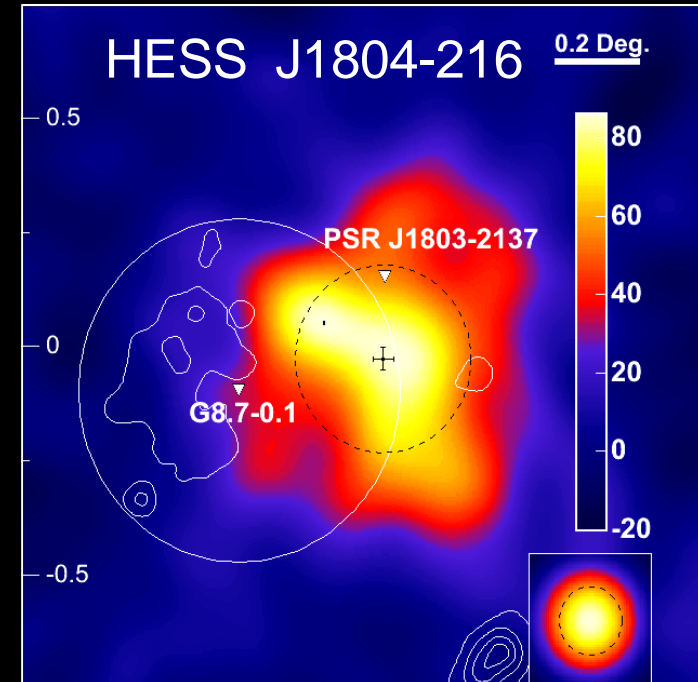
- ★ Source du scan la plus étendue
- ★ Source la plus brillante:

Rayons X:

- ★ 2 source ponctuelles détectées cette année

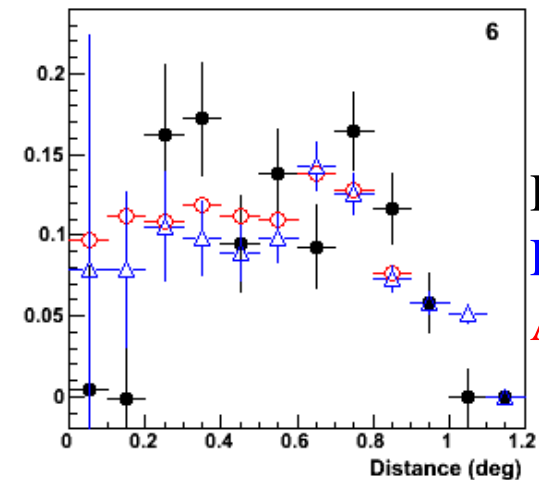
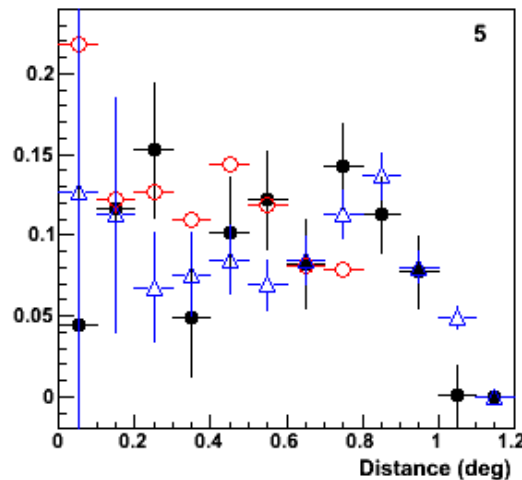
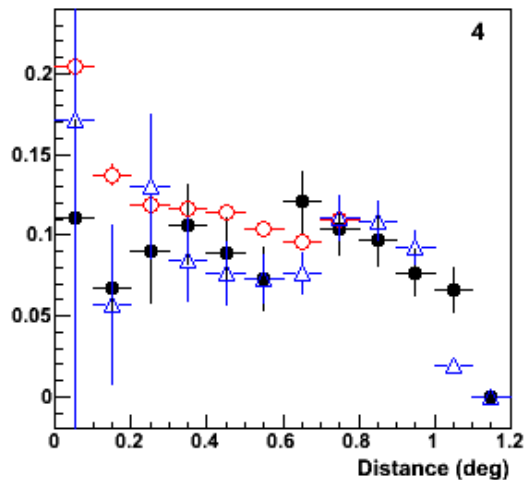
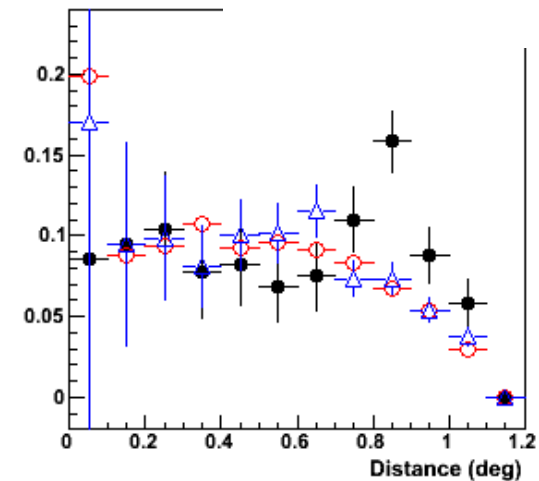
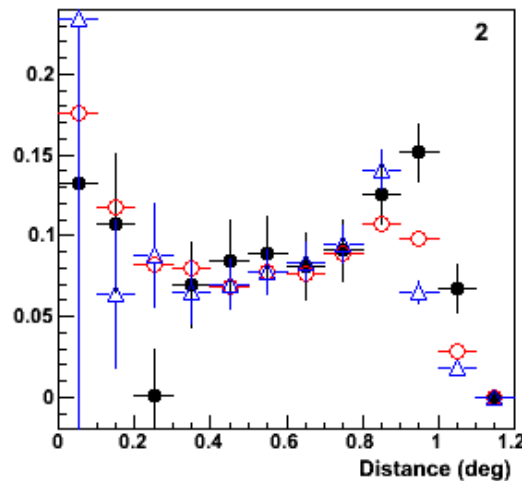
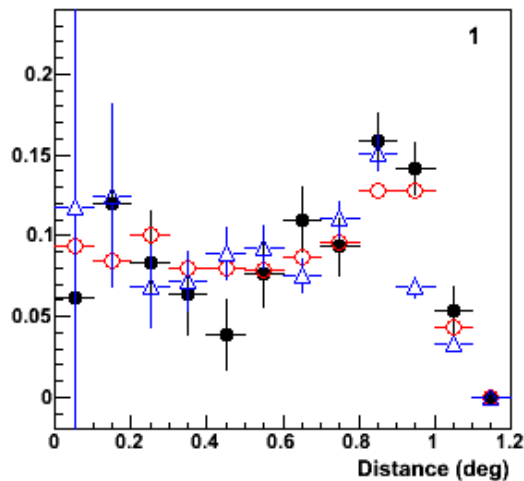
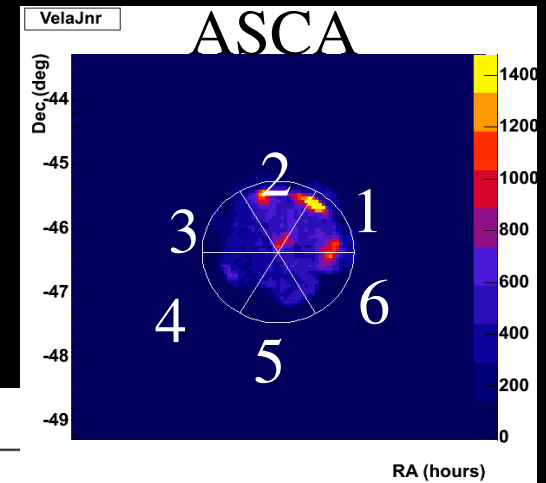
Radio:

- ★ Association possible avec la région Sud-Ouest du SNR G8.7-0.1
- ★ Association possible avec le pulsar PSR J1803-2137
- ★ + new SNR G8.31-0.9 (Brogan et al. 2006)



Correlation avec les rayons X

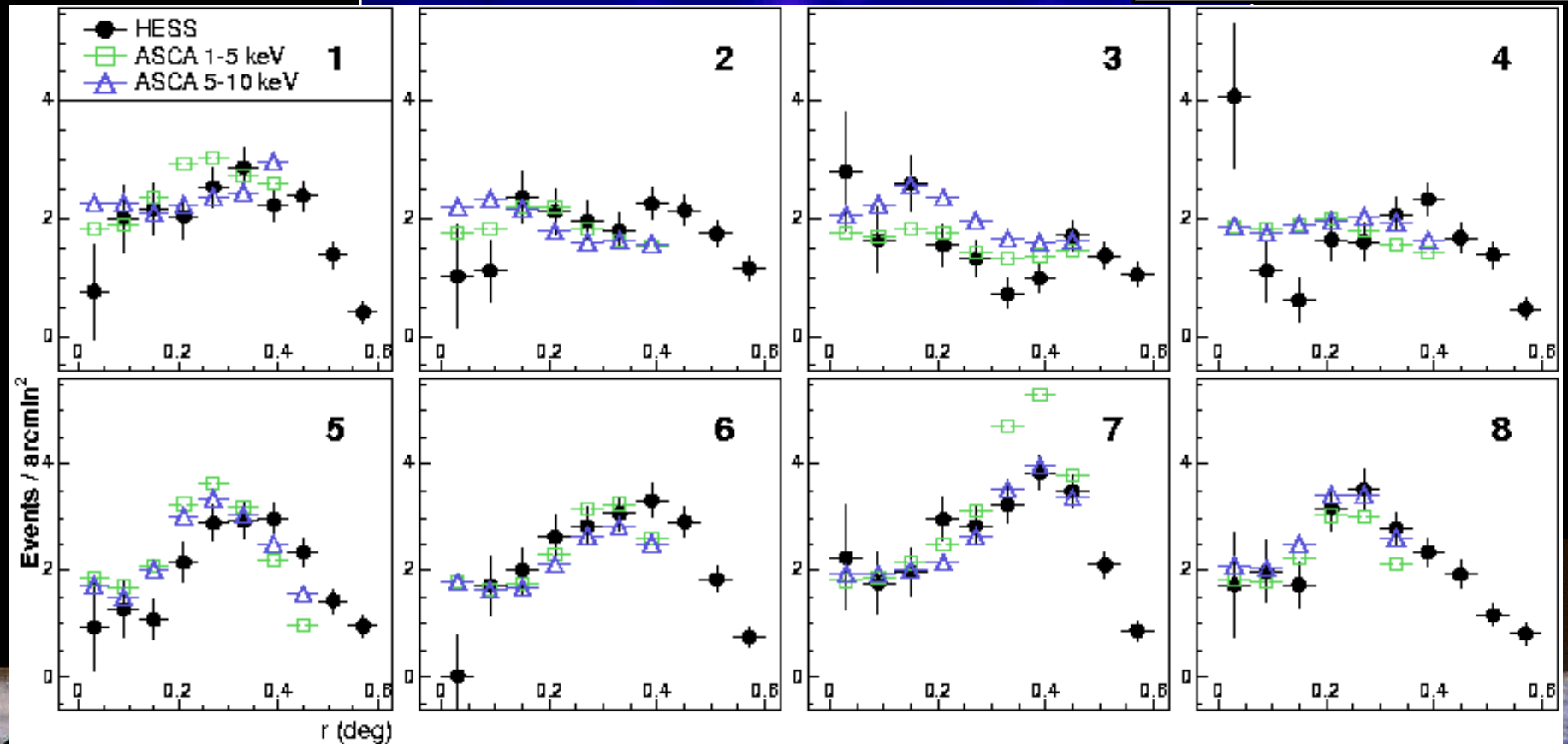
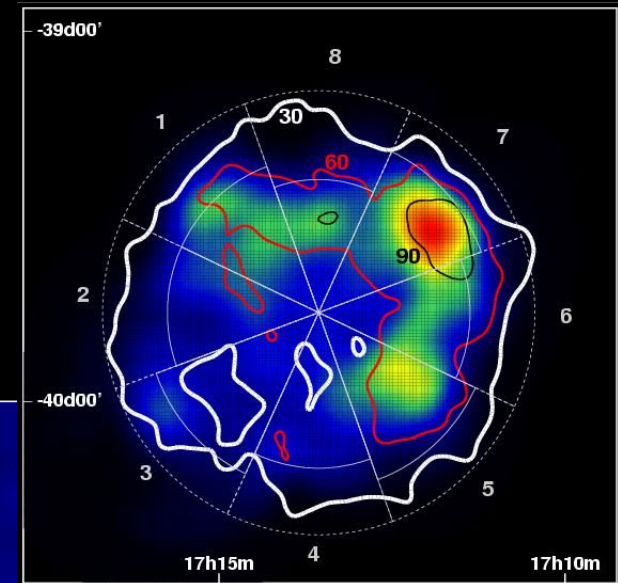
Coefficient de corrélation entre rayons X et HESS ~ 70%



HESS
ROSAT
ASCA

Correlation avec la morphologie en rayons X

Coefficient de corrélation entre
ASCA & HESS ~ 80%



Les 1^{ers} événements “vus” par H.E.S.S.

11 Juin 2002

