

# Astronomie des Rayons Gamma

L'astronomie Gamma traite des photons de la plus haute énergie observés à ce jour ( $1 \times 10^6$  -  $1 \times 10^{12}$  fois l'énergie d'un photon de la lumière visible). Ces rayons gamma sont produits dans les conditions les plus extrêmes de notre Univers - dans des explosions de supernova, des trous noirs et des ondes de choc titanesques - et nous informent sur les mécanismes en jeu dans ces objets.

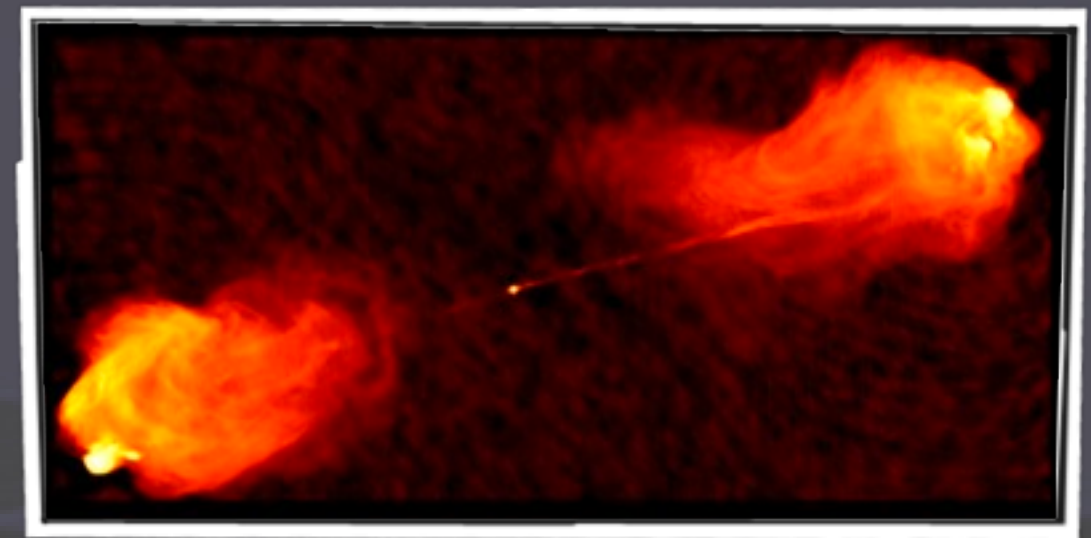
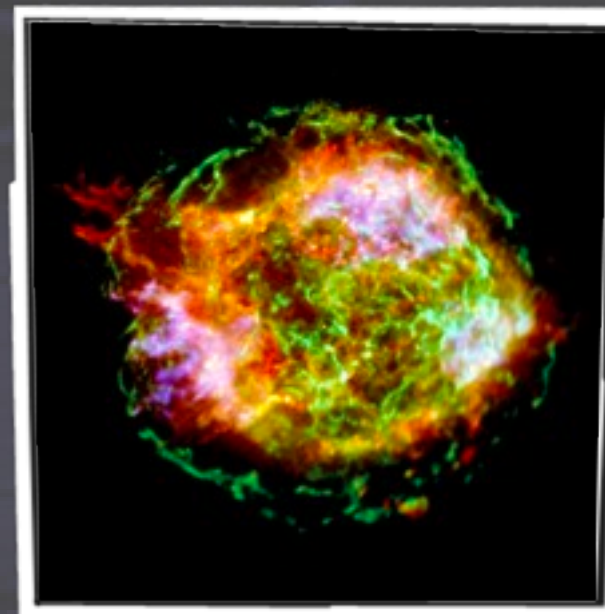


Image présentée par NRAO / AUI



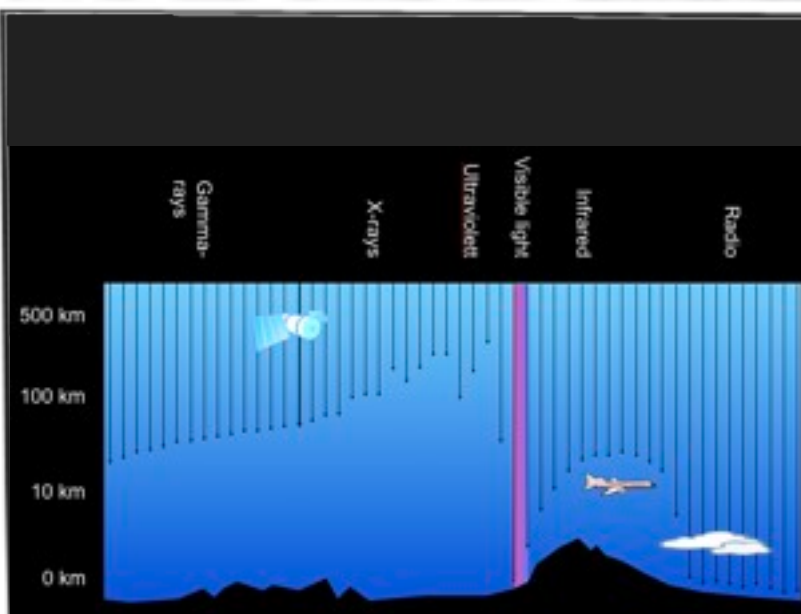
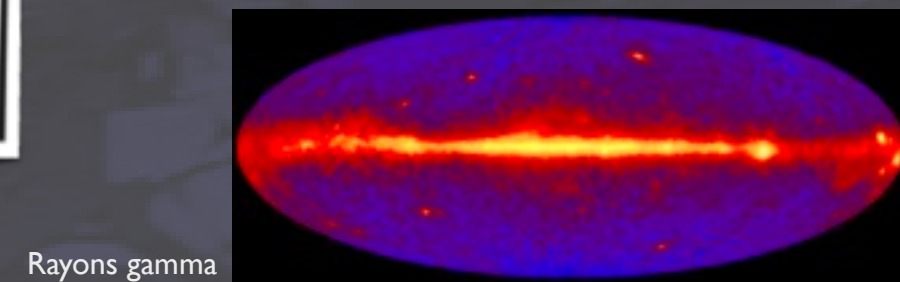
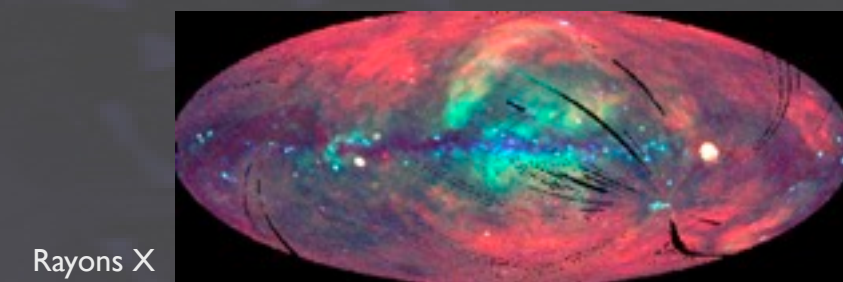
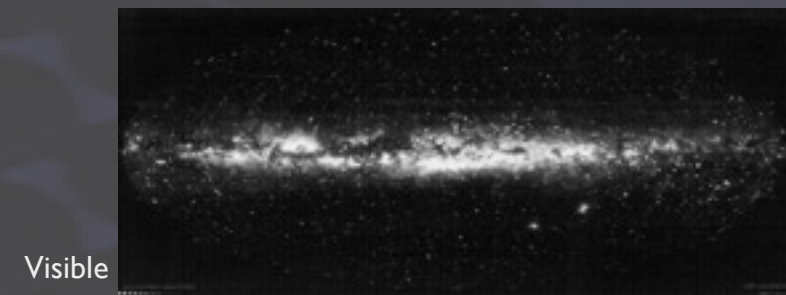
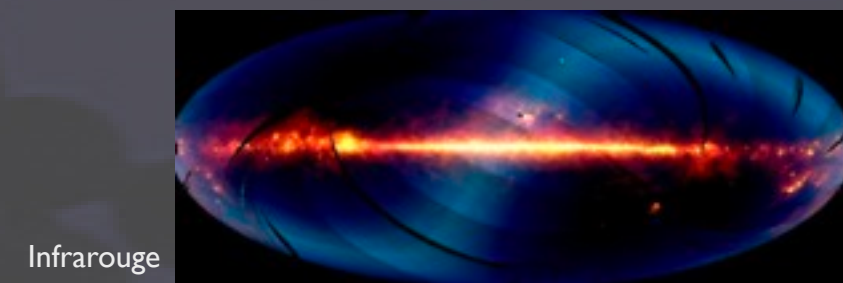
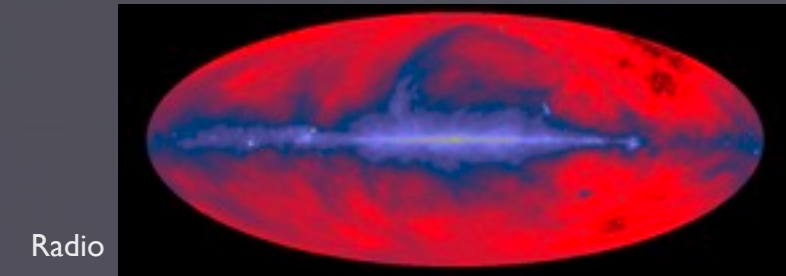
NASA / CXC / GSEC / U. Hwang et al.



ESO / VLT

# La Lumière de l'Univers

La lumière visible ne représente qu'une petite partie du spectre du rayonnement électromagnétique qui bombarde en permanence la Terre et transporte une information sur la structure de l'Univers. Chaque partie du spectre électromagnétique donne une image différente de l'Univers et nous a permis d'apprendre une autre facette de son histoire et de son futur.



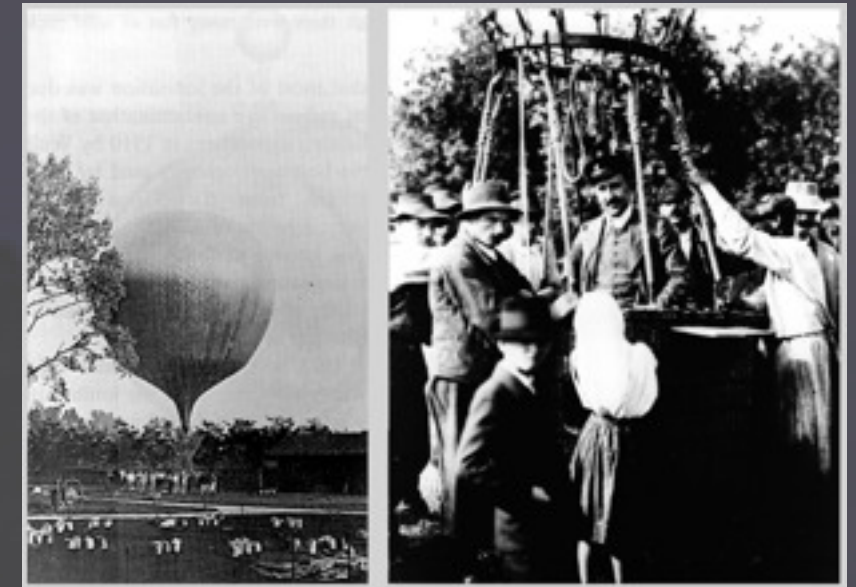
L'atmosphère n'est pas transparente à la plus grande partie du spectre électromagnétique: le rayonnement est absorbé. Ce rayonnement ne peut être observé que dans l'espace par des satellites ou, dans le cas des énergies les plus élevées, en détectant des particules secondaires générées dans l'atmosphère par le photon gamma. La meilleure technique à ce jour utilise des télescopes à effet Tcherenkov.



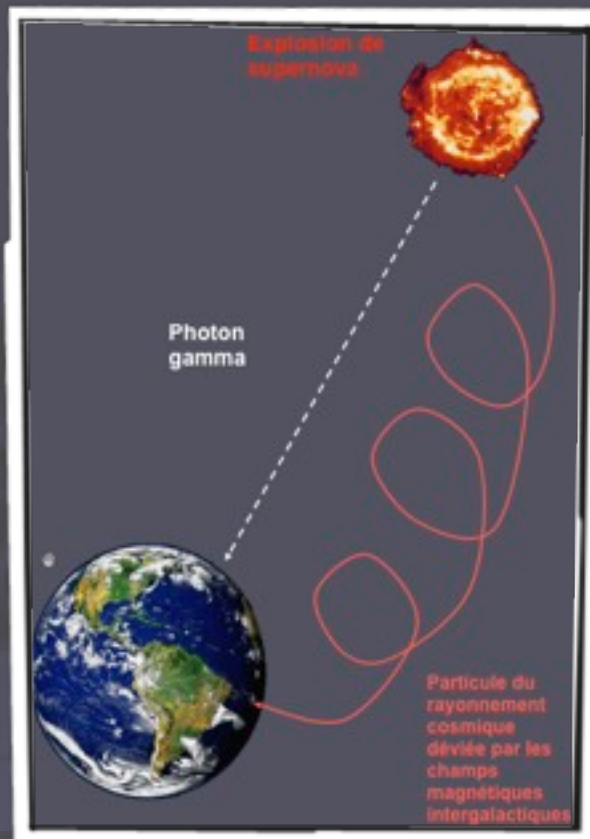
# Rayons Cosmiques et Rayons Gamma

Un des sujets de recherche les plus importants en astronomie gamma concerne l'origine des rayons cosmiques. Ces rayons ont été découverts en 1912 par le physicien Victor Hess (Nobel 1936) en effectuant des vols en ballon.

Les rayons cosmiques sont des particules avec un flux en énergie comparable à celui de la lumière des étoiles. Un seul rayon cosmique peut transporter une énergie bien supérieure à tout ce qui peut être créé par des accélérateurs terrestres. L'évolution et la dynamique des galaxies est influencée par les rayons cosmiques!



Victor Hess dans son ballon



Les objets à l'origine des rayons cosmiques ne sont toujours pas clairement identifiés. Seulement quelques processus astrophysiques connus sont capables de produire des énergies aussi extrêmes, comme par exemple les explosions de supernova. Mais les particules accélérées dans ces objets sont déviées pendant leur parcours par les champs magnétiques intergalactiques, et par conséquent leur direction d'arrivée sur Terre ne pointe pas dans la direction de leur origine.

Quasiment tous les mécanismes générant des particules de haute énergie produisent également des rayons gamma de haute énergie. Les rayons gamma ne sont en revanche pas déviés par les champs magnétiques intergalactiques. Détecter les rayons gamma permet de "voir" ces objets de la même façon que l'on voit les étoiles.

# *Le télescope H.E.S.S.*

Tout comme les télescopes optiques, le télescope Tcherenkov H.E.S.S. est composé d'un miroir primaire qui concentre la lumière incidente, et d'un détecteur de photons (la caméra) qui enregistre les images.

Une structure métallique soutient le miroir de 12m de diamètre et de 15m de distance focale. La caméra est positionnée dans le plan focal du miroir, supportée par quatre bras.

La structure métallique pivote horizontalement sur un rail circulaire, tandis que le miroir pivote verticalement. Ceci permet au télescope de pointer les étoiles et les objets du ciel profond.



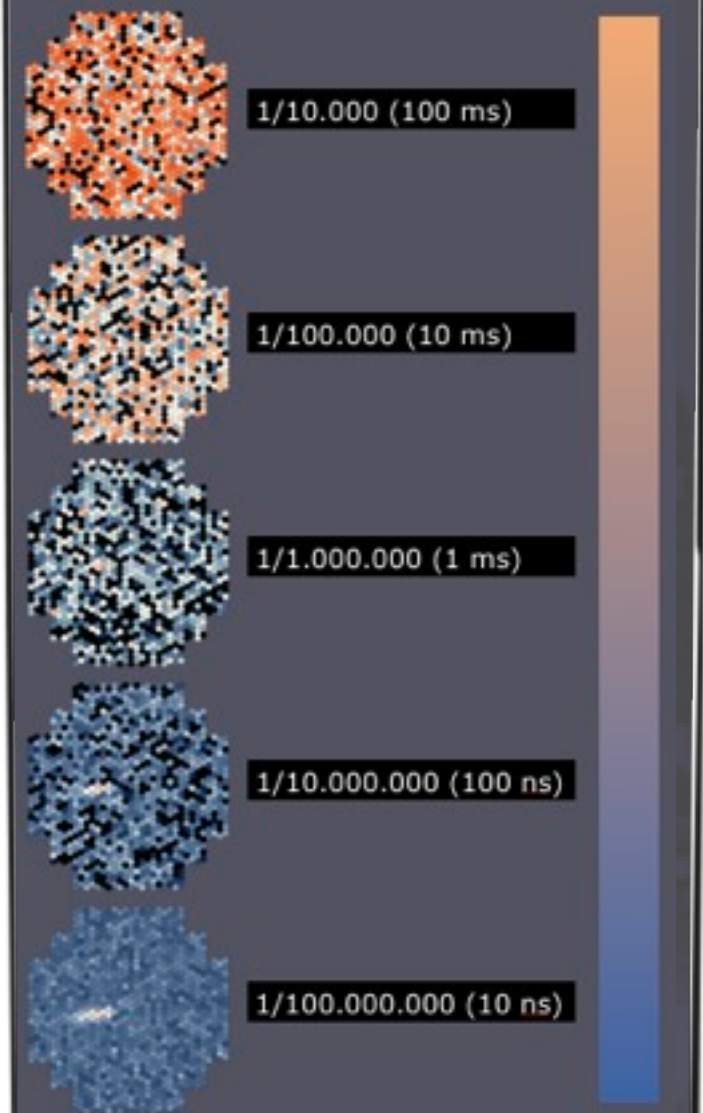


# Camera H.E.S.S.

Les caméras enregistrent les courts et faibles flashes de lumière produits par les cascades électromagnétiques. Des détecteurs électroniques de photons appelés tubes photomultiplicateurs sont utilisés pour convertir les photons en signaux électriques. Chaque caméra est équipée de 960 éléments (pixels), procurant un champ de vue du ciel d'un diamètre de 5°.



La principale différence avec les caméras modernes est que la caméra H.E.S.S. permet un temps d'intégration beaucoup plus court. Presque un million de fois plus rapide pour permettre de résoudre le flash très bref des cascades électromagnétiques.



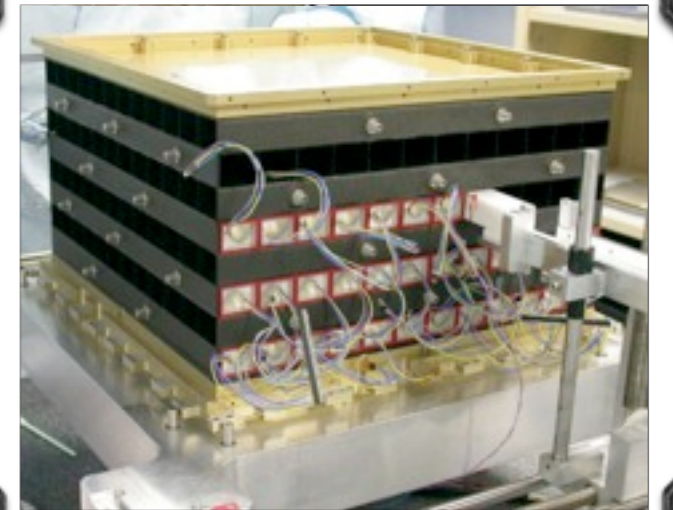
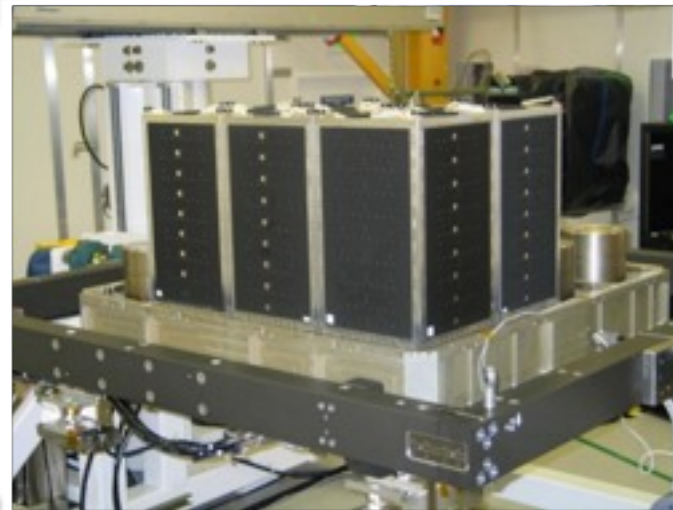


# *Le Télescope spatial Fermi*

Dans l'espace, on s'affranchit de l'obstacle que constitue l'atmosphère et on peut mesurer les particules cosmiques directement dans un détecteur mis en orbite autour de la Terre.

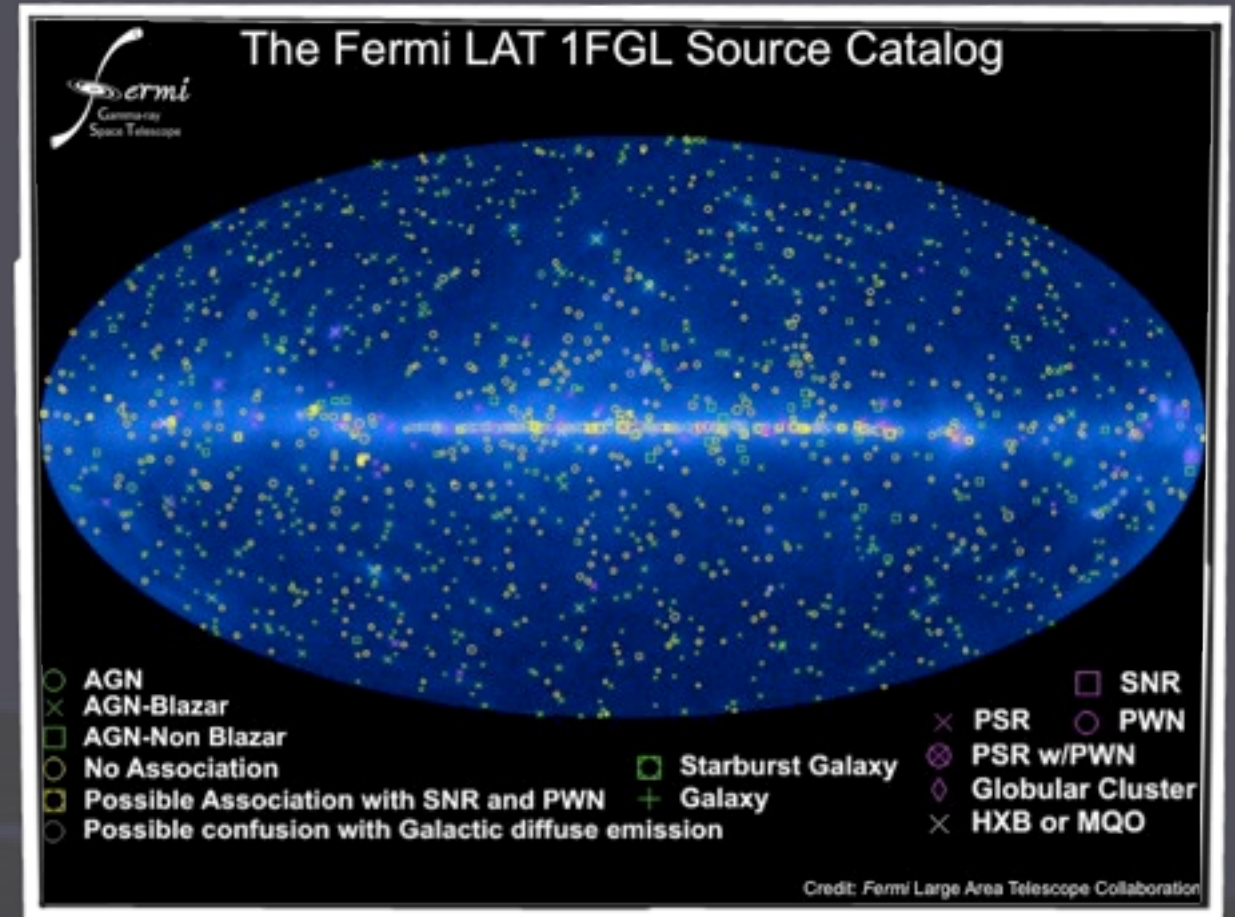
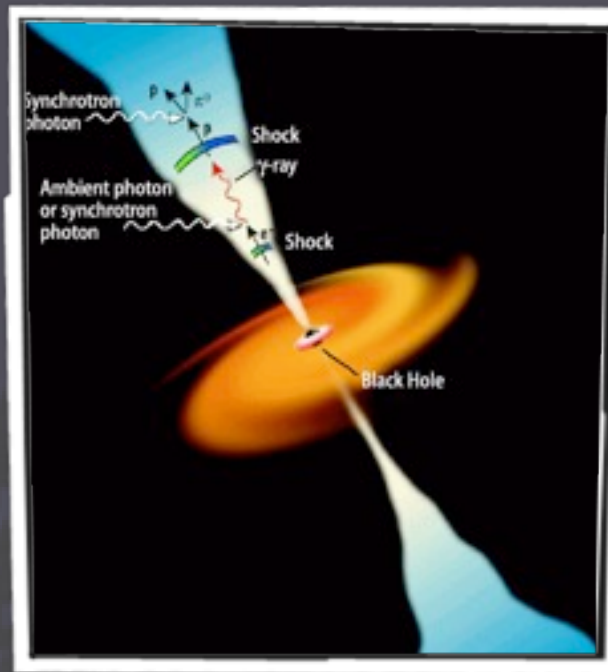
Le fonctionnement d'un tel détecteur est en tout point similaire à ceux installés auprès d'expériences de physique des particules sur faisceau. On convertit d'abord les photons dans un trajectographe pour estimer leur direction d'arrivée avant de mesurer leur énergie dans un calorimètre qui représente la plus grande partie de la masse du détecteur.

Ce genre d'instrument est toutefois limité en poids (2.8 tonnes) et en consommation électrique (à peine 650 W) fourni par les panneaux solaires.



# Le Ciel Gamma

Fermi a été lancé avec succès en juin 2008 à Cap Canaveral par une fusée Delta. Son orbite lui permet de faire le tour de la Terre en 96 minutes. Il est orienté en permanence vers le nadir de façon à ce que la Terre n'obstrue pas son champ de vision.

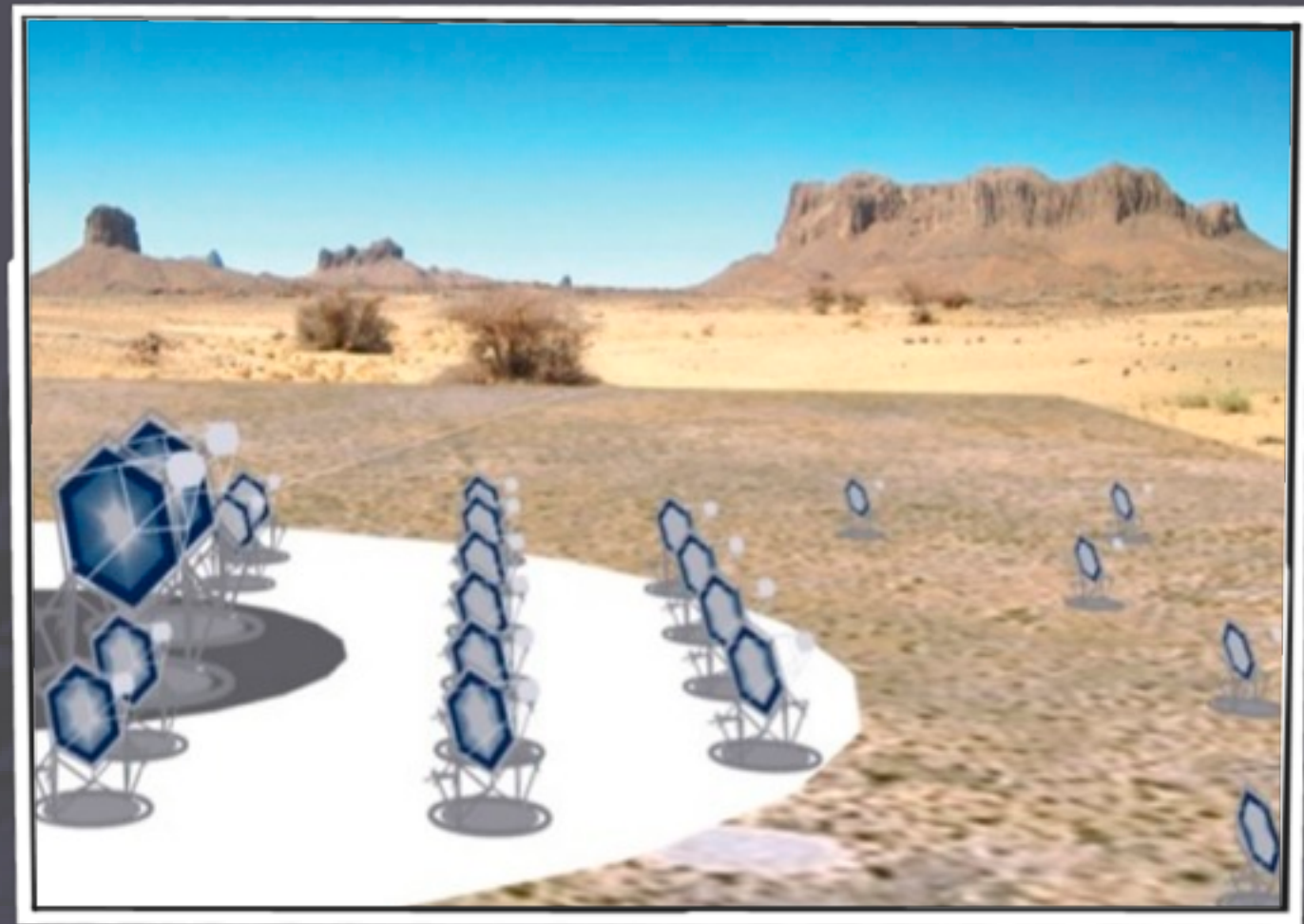


La première année de données à été particulièrement riche en découvertes, avec 1451 sources détectées (comparé à 271 sources connues par son prédécesseur). La majorité des sources sont des noyaux actifs de galaxie, dont le rayonnement est associé à un trou noir de plusieurs millions, voire milliards, de masses solaires. Toutefois, 630 émetteurs n'ont pas d'association claire avec des objets connus et restent sans identification précise. A signaler, plus de 80% des rayons gamma viennent du fond diffus Galactique, qui est le résultat des interactions des rayons cosmiques avec les gaz interstellaires.



# Cherenkov Telescope Array CTA

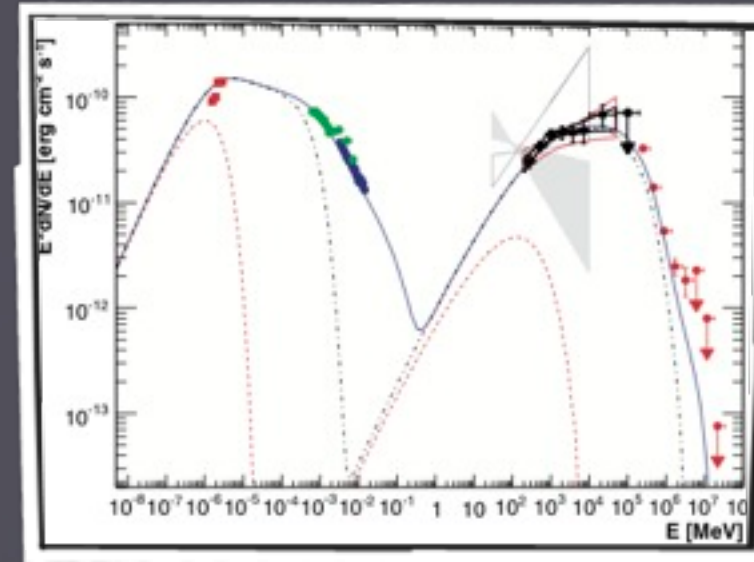
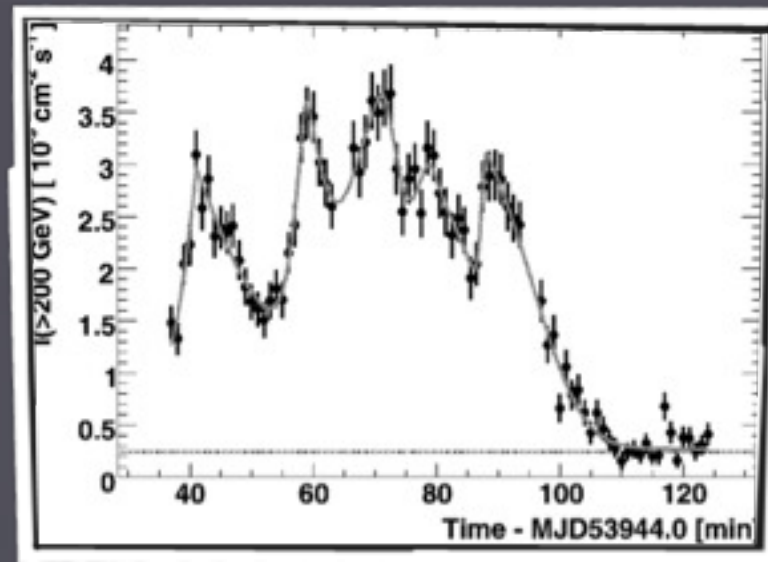
- Observatoire de rayons gamma de 10 GeV - 100 TeV
- Consortium international (principalement européen)
- Configuration possible
  - 4 télescopes de 23m
  - 23 télescopes de 12m
  - 32 télescopes de 6m
- Implication du groupe:
  - Impact de CTA sur l'étude des NAG
  - Simulations et nouveaux algorithmes d'analyse
  - Étude mécaniques sur les caméras des 12m
  - Coordination de l'intégration des caméras des 12m et de la R&D industrielle



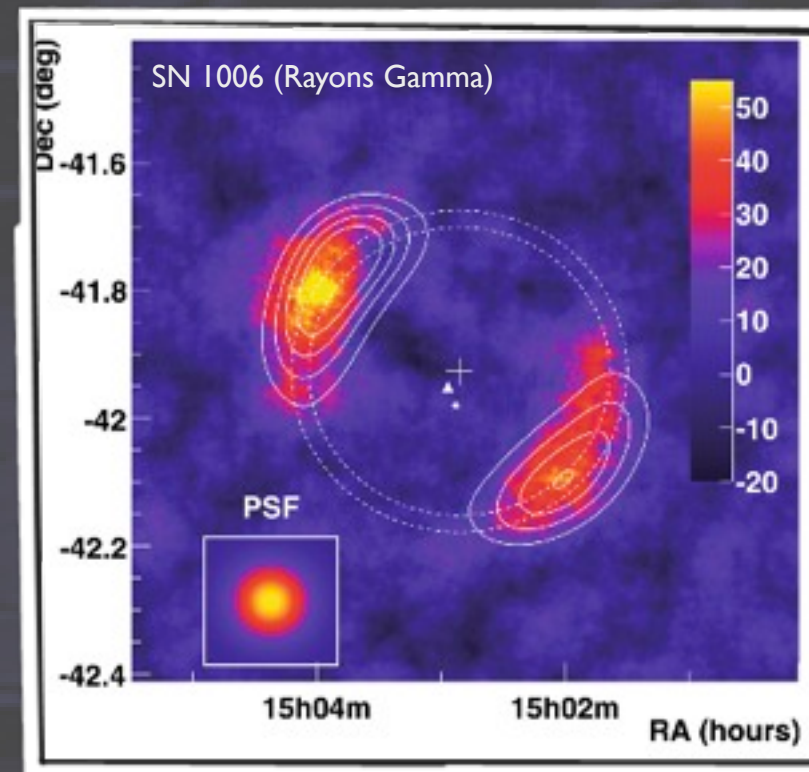
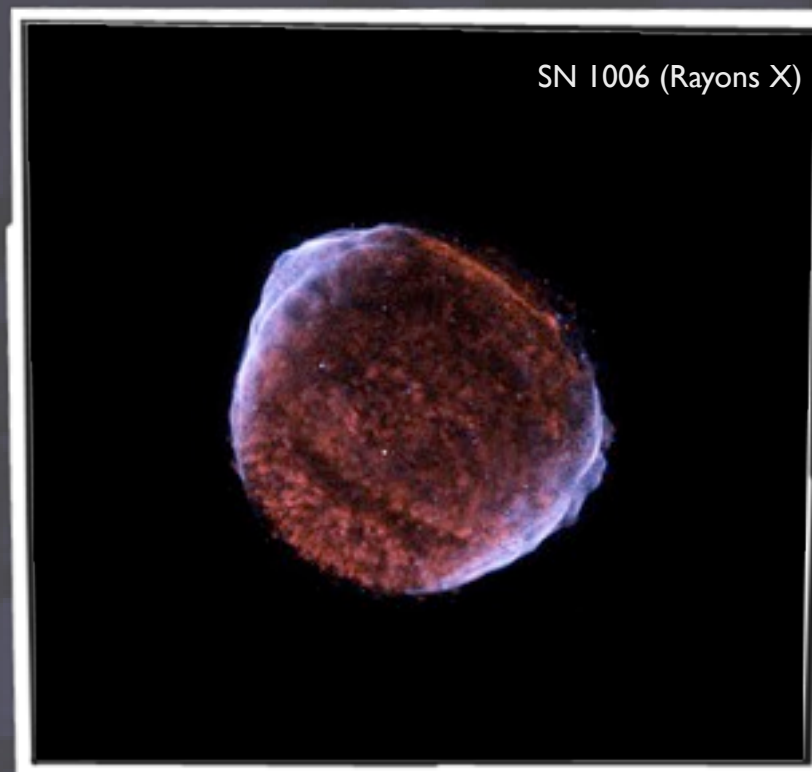


# Recherche au LLR

- Études des Noyaux Actifs de Galaxie avec *Fermi* et H.E.S.S.



- Études des restes de supernovae avec H.E.S.S.



# Stages et Thèses

## ASTRO

<b>HARPO</b>	<b>Polarimétrie et astronomie de haute précision angulaire et à bas bruit de fond</b> <a href="http://llr.in2p3.fr/activites/stages_theses/propositions/HARPO-2011.pdf">http://llr.in2p3.fr/activites/stages_theses/propositions/HARPO-2011.pdf</a>	Denis Bernard 01 69 33 55 34 denis.bernard.at.in2p3.fr
<b>HESS</b>	<b>Etude de rayons gamma provenant d'un trou noir supermassif à l'aide de blocs bayesiens</b>	Stephen Fegan 01 69 33 55 58 sfegan.at.llr.in2p3.fr
<b><i>Fermi</i></b>	<b>Astronomie gamma de haute énergie des AGN avec le télescope spatial Fermi.</b>	Deirdre Horan 01 69 33 55 35 deirdre.horan.at.llr.in2p3.fr

### Chercheurs:

Berrie GIEBELS      Bernard DEGRANGE  
 Denis BERNARD      Gérard FONTAINE  
 Stephen FEGAN      Mathieu DE NAUROIS  
 Deirdre HORAN      Bruno KHELIFI  
 Philippe BRUEL

### Post Docs:

Pascal FORTIN  
 David SANCHEZ  
 Yvonne BECHERINI

### Thésards:

Jonathan BITEAU  
 Hélène LAFFON  
 François BRUN