



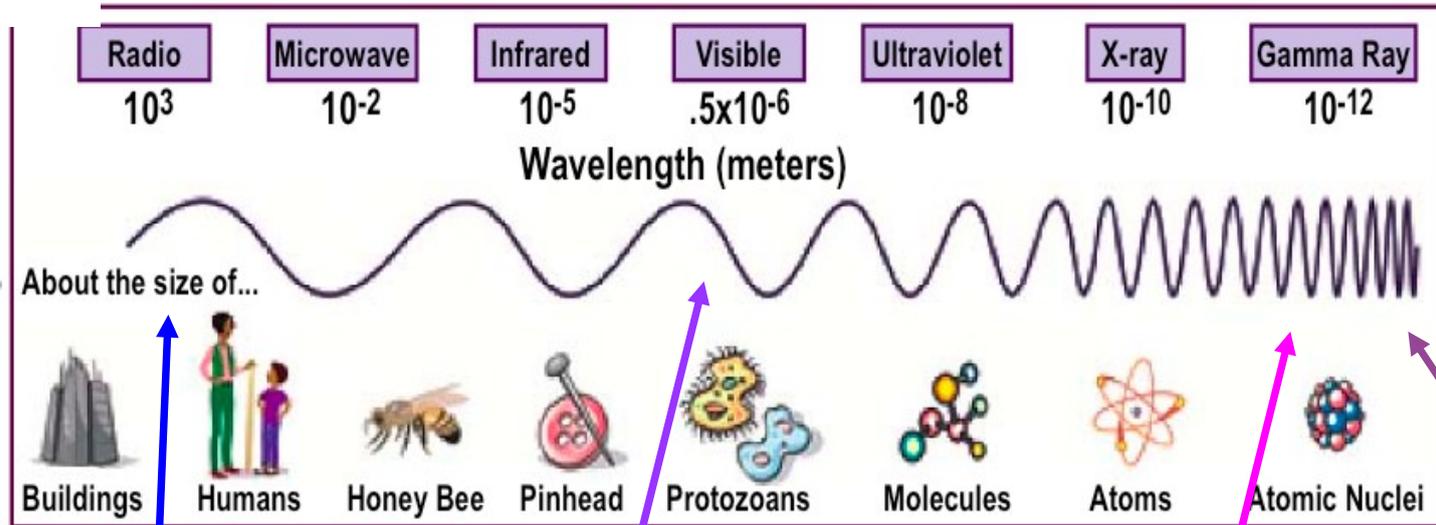
# Fermi

(ex-GLAST)

Marie-Hélène GRONDIN (CENBG),  
Véronique PELASSA (LPTA),  
David SANCHEZ (LLR)

4 décembre 2008

# Couverture du spectre électromagnétique



Credit: NASA / Ruth Jennings



Radiotélescopes  
Ex: Nançay (France),  
Parkes (Australie),  
Green Bank (Royaume-Uni)

Satellites  
Ex : Compton GRO -  
EGRET, (en orbite de 1991  
à 2000),  
Fermi

Détecteurs Cherenkov  
Ex: HESS (Namibie),  
MAGIC (Îles Canaries),  
VERITAS (Arizona, EU)

# CGRO-EGRET, prédécesseur de Fermi

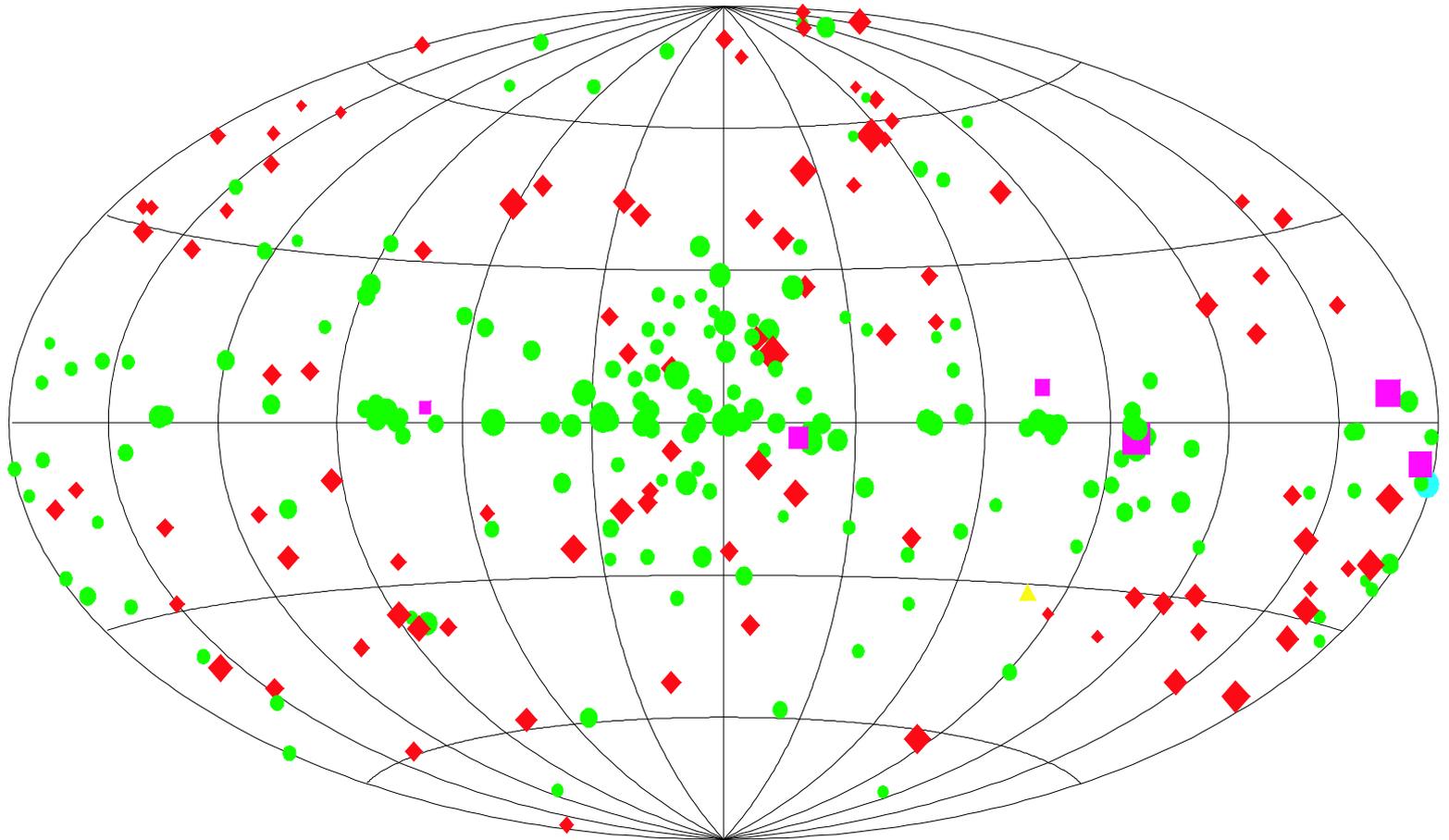
3<sup>ème</sup> catalogue  
EGRET

◆ AGN - blazars

● Non id.

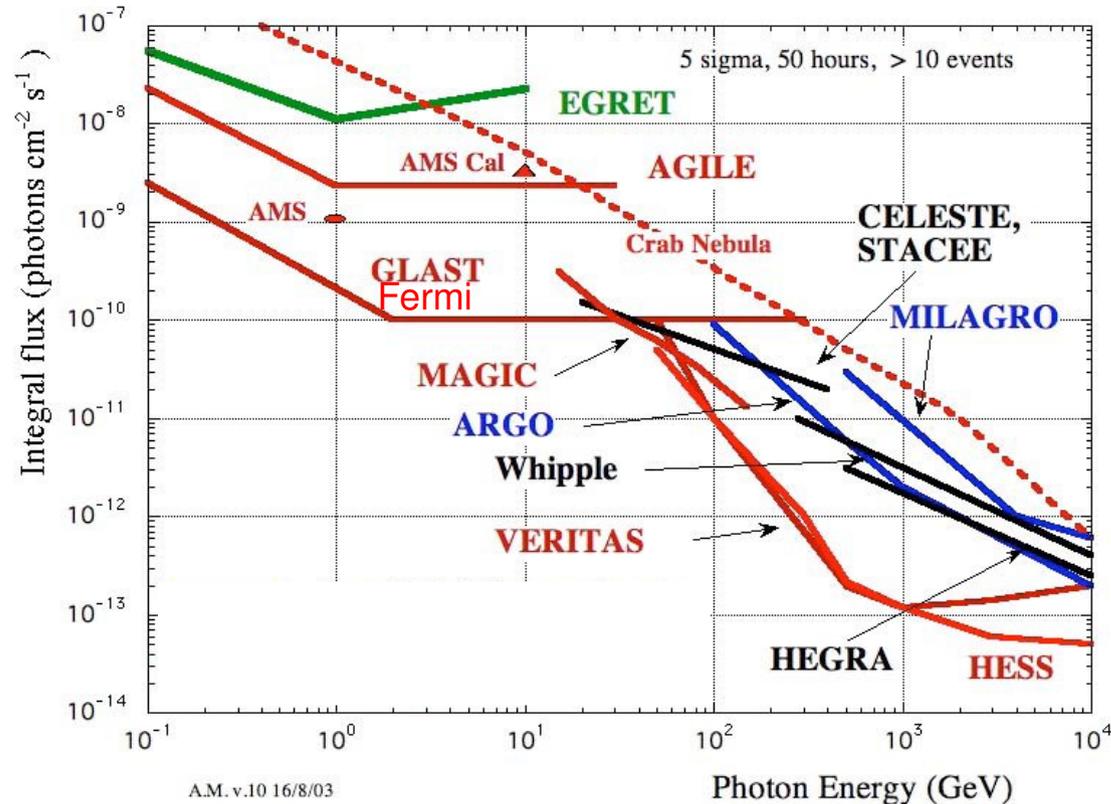
■ pulsars

▲ LMC



*271 SOURCES, dont 170 non-identifiées.*

# Observations à haute énergie

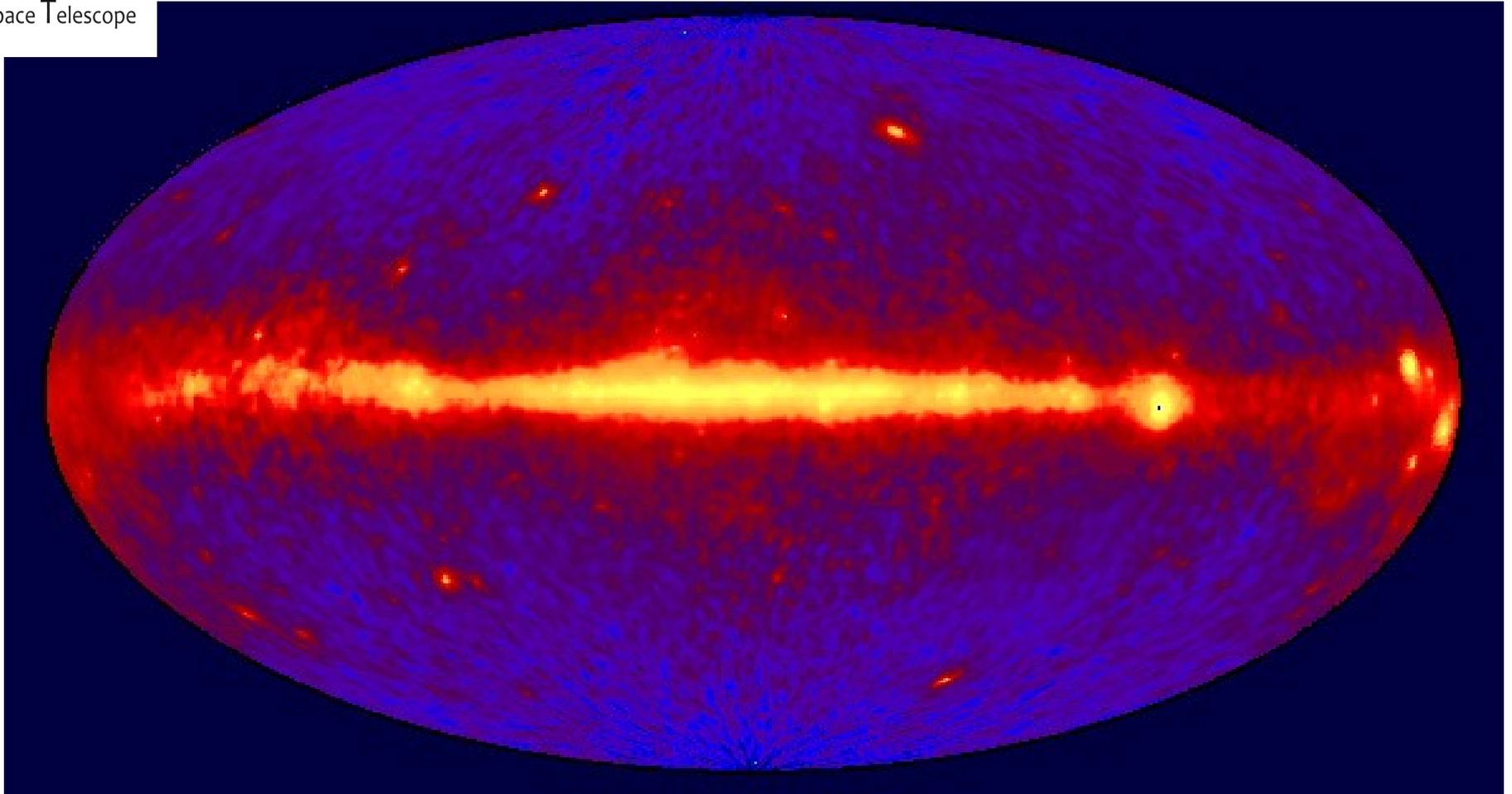


- *Années 1990-2000 : mission CGRO, constituée de BATSE, OSSE, COMPTEL et EGRET (prédécesseur du satellite Fermi).*
- *2007 : lancement de la mission AGILE*
- *2008 : lancement de la mission Fermi, qui comble une gamme d'énergie jusqu'alors inexplorée.*

Lancement de Fermi,  
11 juin 2008,  
Cap Canaveral  
(Floride, Etats-  
Unis)

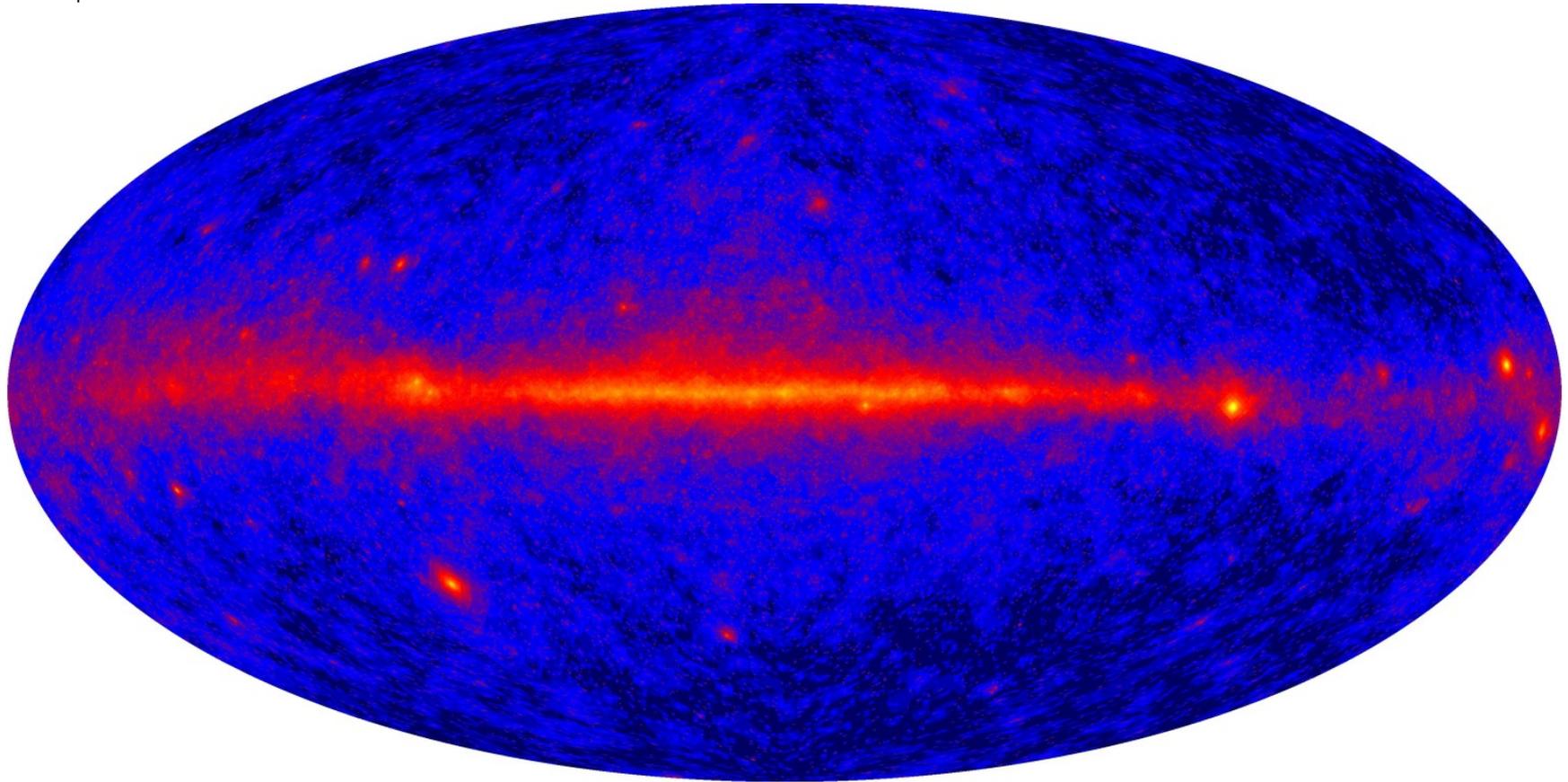


# EGRET vs GLAST (1)



Ce qu'à vu EGRET (1991-2001)...

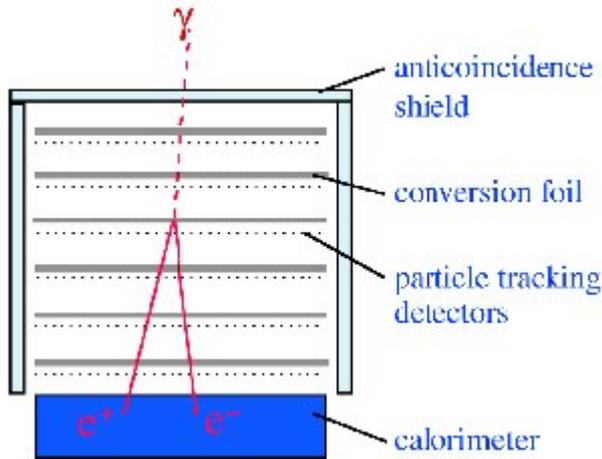
# EGRET vs GLAST (2)



... vs ce qu'a vu Fermi (30/06/08 – 04/07/08)

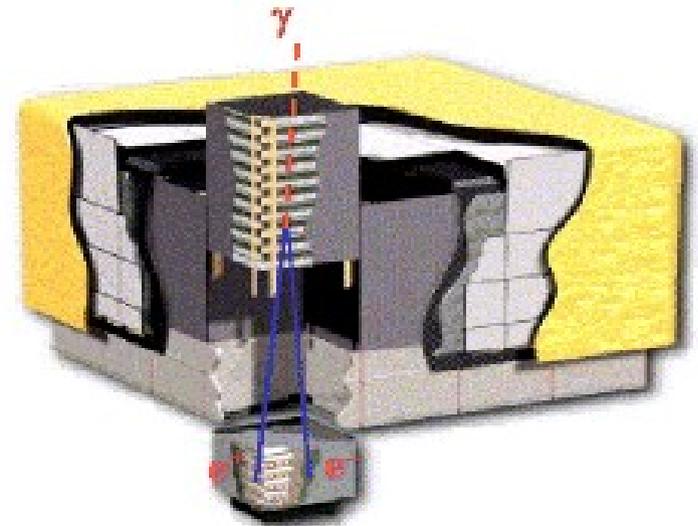
# Large Array Telescope : LAT

Un convertisseur  $e^+e^-$  dans l'espace



- 3 sous-détecteurs
- Design Modulaire (16 tours)
- Traitement du signal : OBF
- Plate-forme : General Dynamics

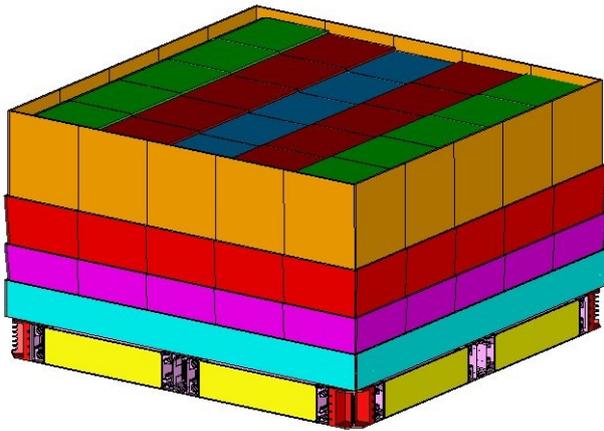
Gamme dynamique	20MeV-300GeV
Résolution en énergie	<10%
Duty Cycle	80%
Champ de vue	2.2 sr
Résolution angulaire	0.1 deg @ 10GeV
Surface effective	$\sim 1 \text{ m}^2$
Longueur de radiation	8,6 (10,1)



# Contraintes d'une expérience spatiale

## spatiale

Rayons cosmiques : bruit de fond  
comportement semblable aux photons



Détecteur anticoïncidence :  
veto sur les évènements

Tuiles : réduit le self-veto

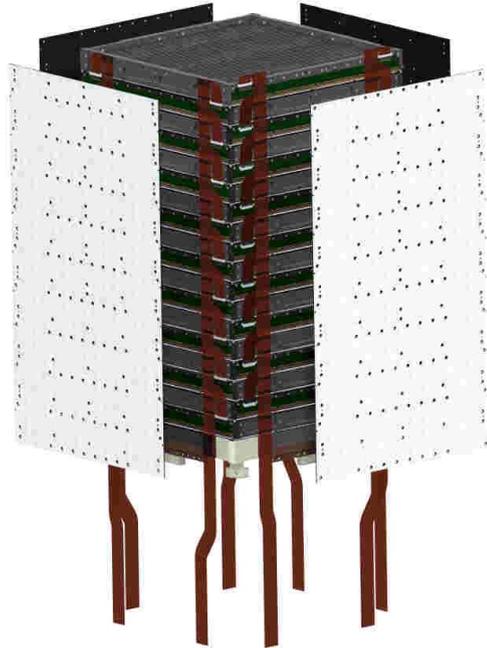
- Consommation
- Poids, surface efficace

## Fiabilité

- Pas de réparation
- Pas d'upgrade

# Détecter un photon

16 tours



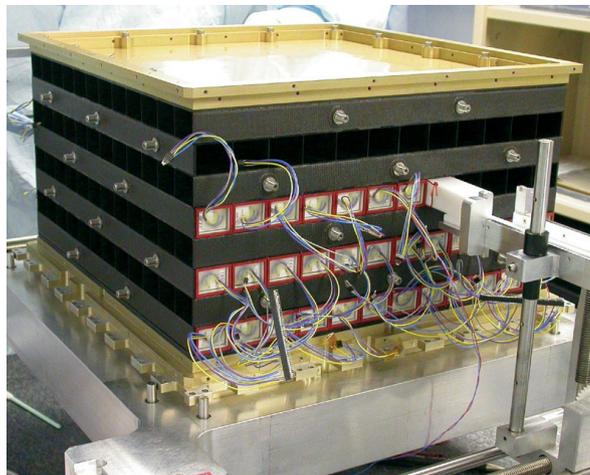
## Trajectographe

- Alternance de plans de convertisseur et de détection
- Disposition X-Y
- Mesure de la direction

Compromis : minceur (PSF) <> Convertisseur

## Calorimètre

- Calorimètre hodoscopique
- 1536 cristaux de CsI(Tl)
- Structure époxy
- Mesure l'énergie déposée



Position du dépôt : image de la gerbe

# GBM = Gamma-ray Burst Monitor

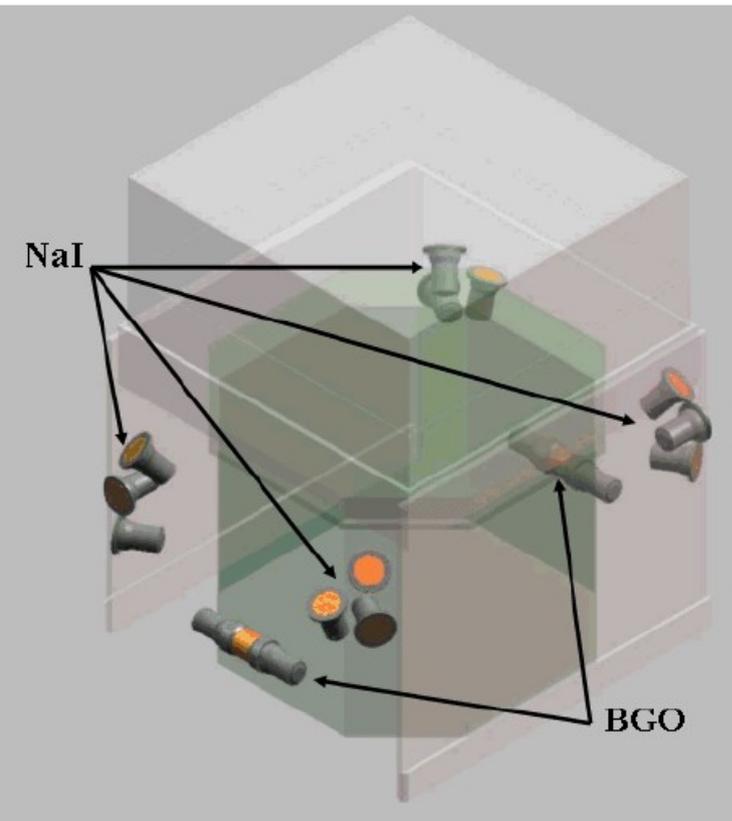
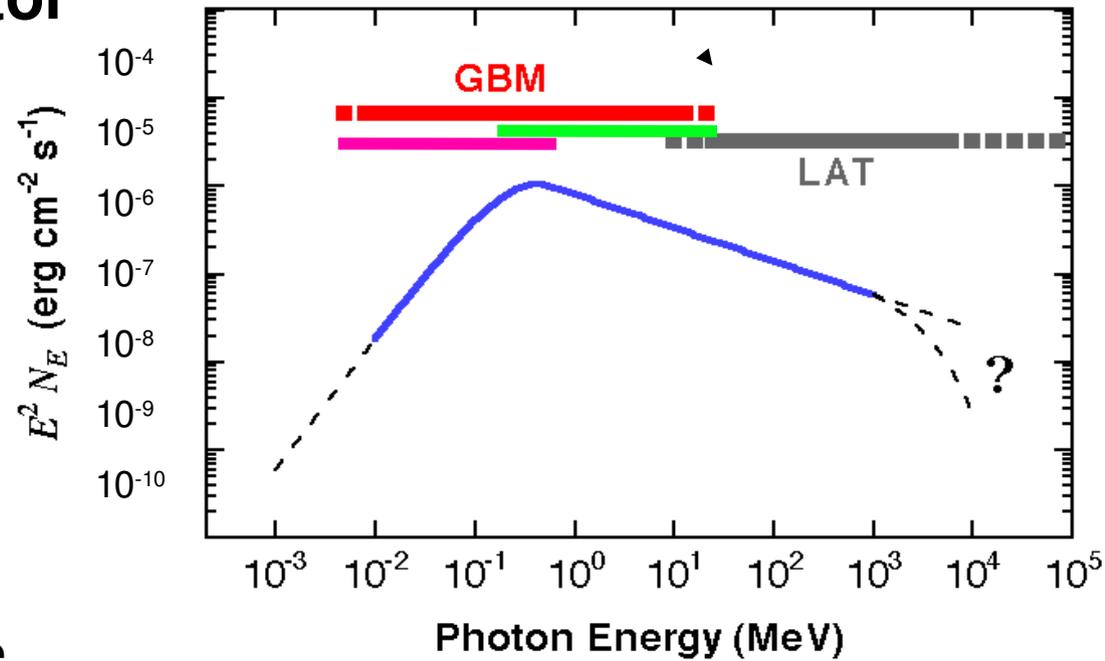
## Description

dédié à l'étude des sursauts gamma

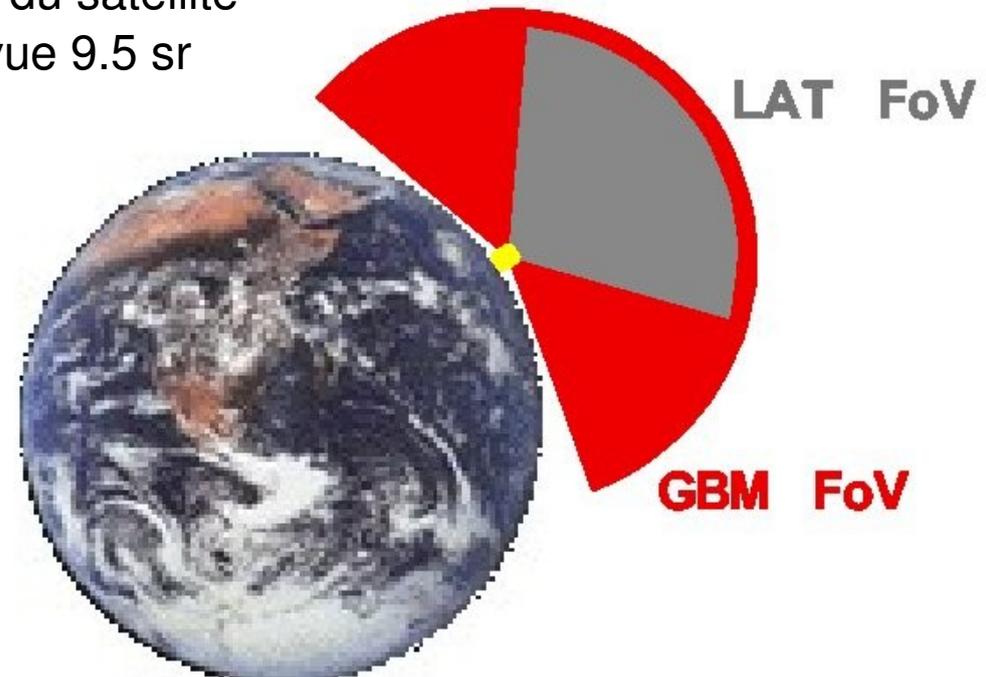
-> ensemble de PM-scintillateurs  
couvrant la gamme d'énergie  
de l'émission maximale des sursauts

- 12 PM NaI(Tl) 8 keV-1MeV :  
détection + localisation + spectroscopie
- 2 PM BGO 150 keV-30MeV : spectroscopie

"Typical" Prompt GRB Spectrum



répartis autour du satellite  
=> champ de vue 9.5 sr

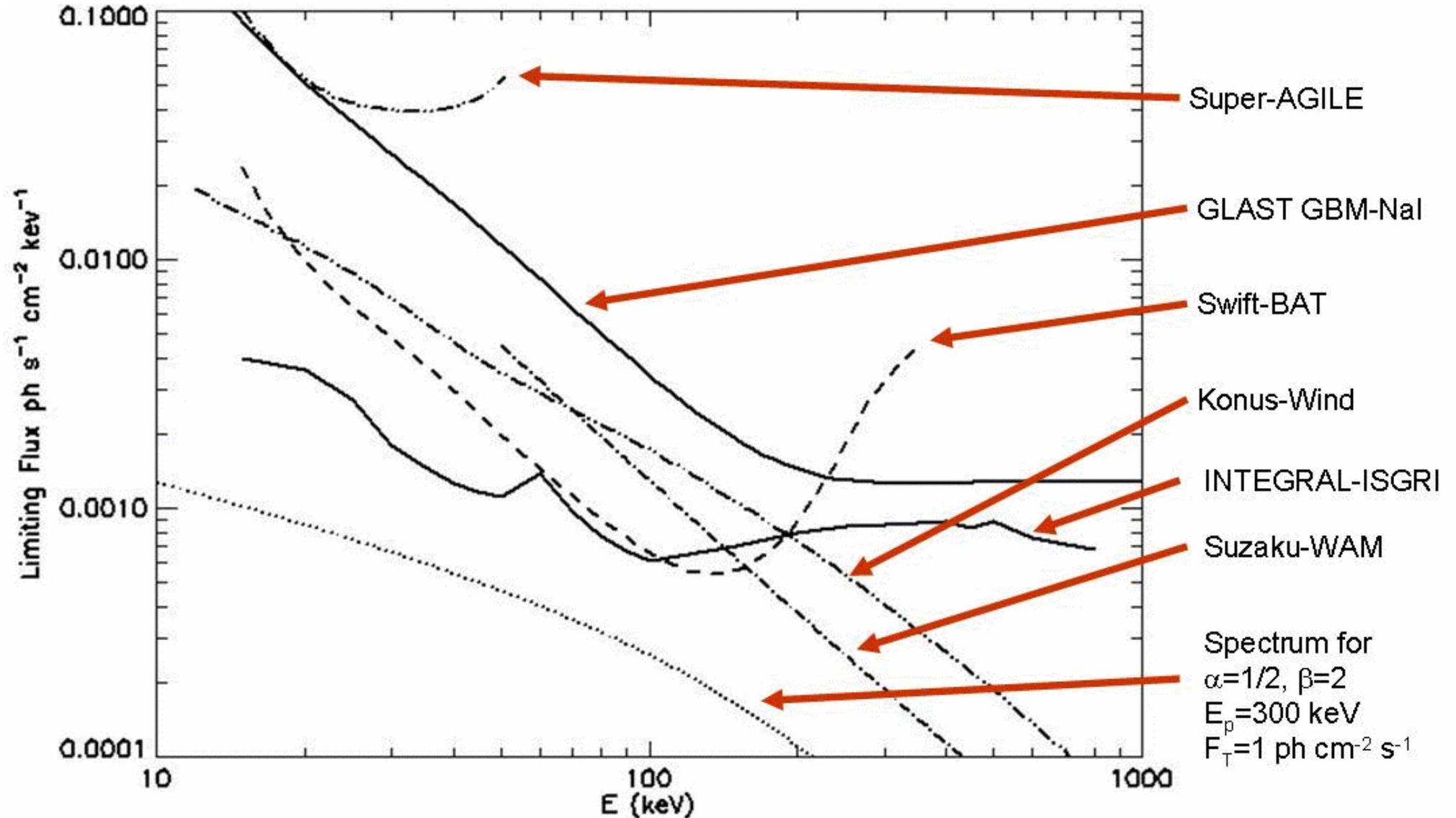




# Sensibilité pour la détection des sursauts

flux pour une détection à 3 sigma en 1s

spectre "typique" de sursaut = fct de Band = 2 lois de puissance avec "joint exponentiel" (Band et al., ...)



+ sensible que BATSE,  
 (nota aux sursauts courts et aux "faibles taux de montee")



# Sursauts détectés par le GBM en 2 mois

080916009

080825593

080925775

080906212

**39**  
sursauts GBM

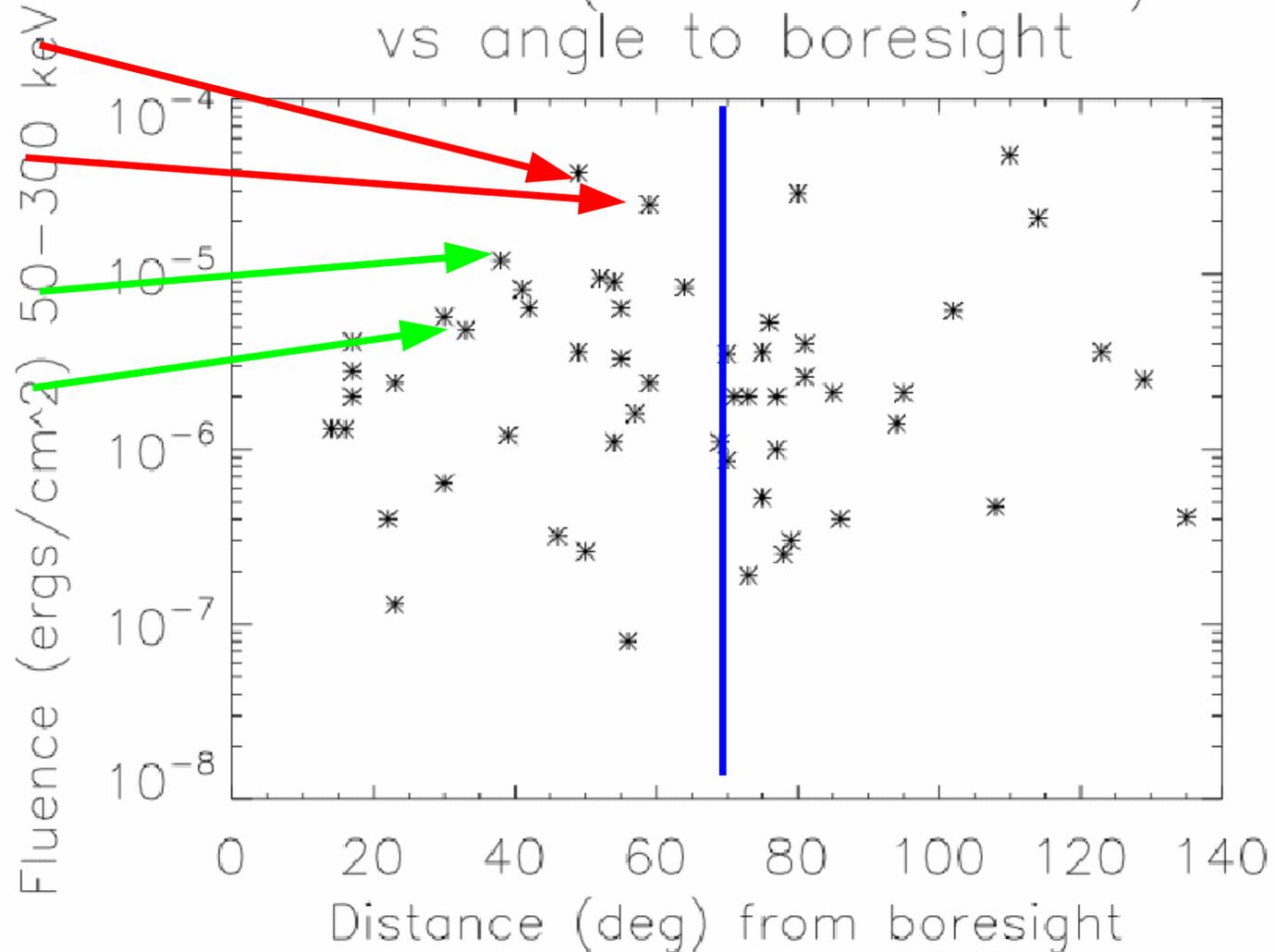
**19**  
dans le  
champ de  
vue du LAT  
(ligne bleue)

**2**  
>20MeV  
(rouge)

soit ~280/an au lieu de 200 prédicts

NB : BATSE : 2704 bursts en 9 ans (1991-2000)

Fluence (50 – 300 keV)  
vs angle to boresight



(V. Connaughton, Huntsville Symposium 2008)



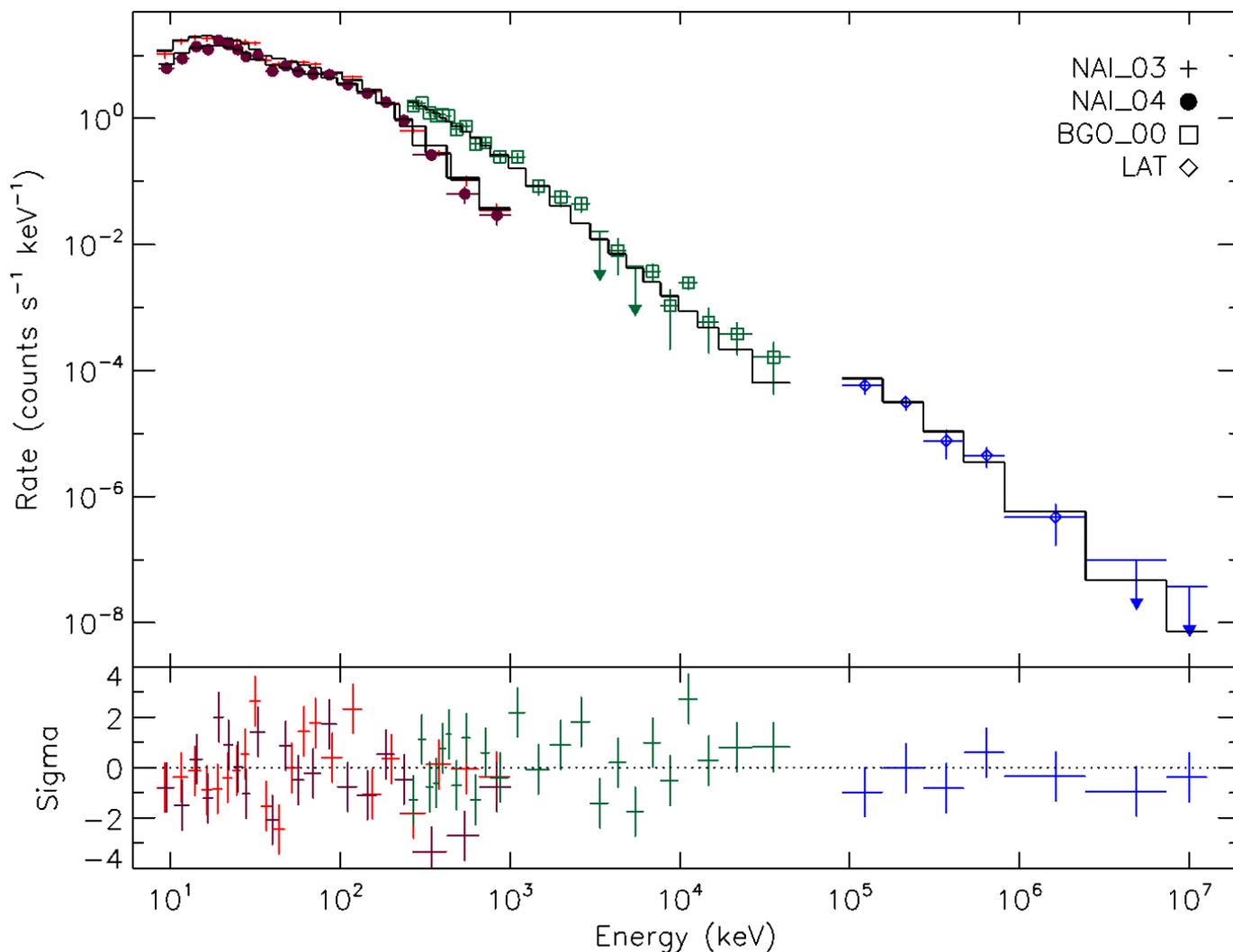
# Localisation GBM

à bord : moins de 15 deg en moins de 10 sec

au sol : ~15 min par un humain

<1-5deg stat (2-3deg systématiques)

GRB080916C



**“symbiose”  
GBM-LAT**

spectre conjoint GBM+LAT :  
de 8keV à ~10GeV  
= 6 décades en énergie :-)

**GRB080916C**

(Huntsville Symposium  
+ article Science - soumis) :

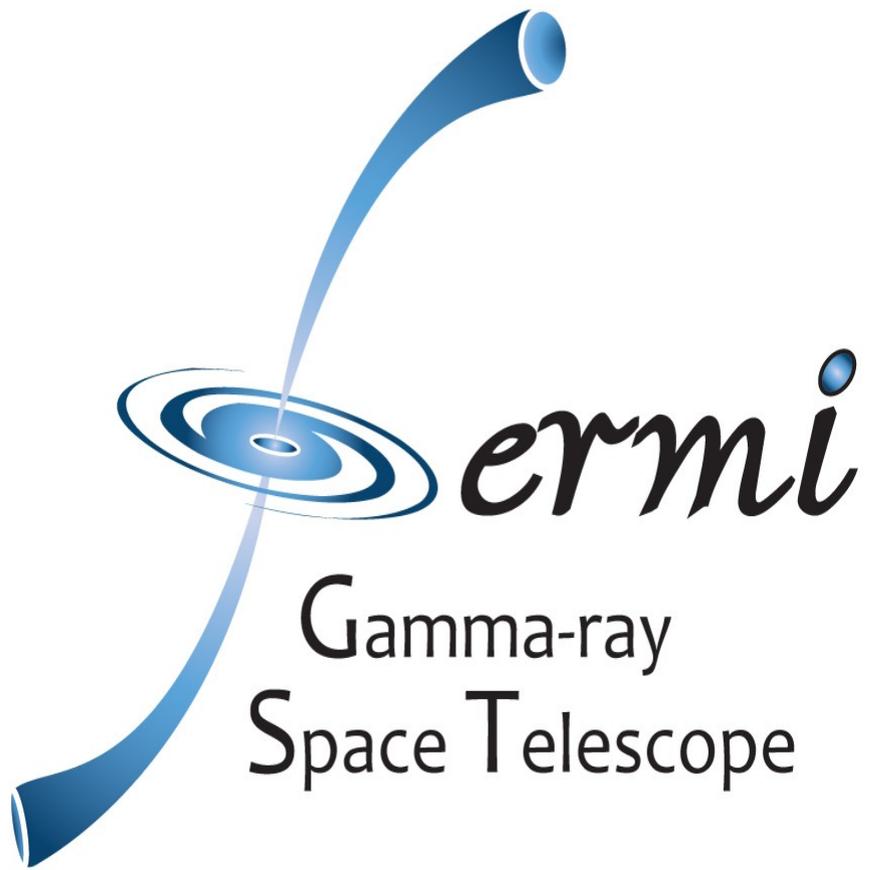
- fonction de Band

- méthode de chi2  
(forte statistique dans le GBM)

# Conclusion

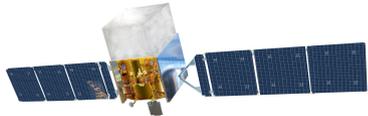
- Le LAT et le GBM sont stables et fonctionnent parfaitement
- 4 mois de données pour la science
- Bon accord avec EGRET
  - Pulsars (MH. Grondin)
  - NAG (D. Sanchez)
  - Fond galactique
- Le GBM a vu de nombreux GRB
  - 2 avec un signal dans le LAT (V. Pelassa)
  - Pointé automatique





Extra-Slides

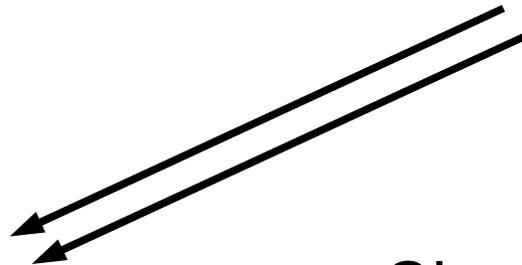
# Chaîne d'analyse



Données Brutes



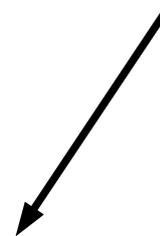
Réseau de neurones



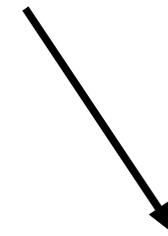
IRFs : réponse  
instrumentale



Classement des particules



Photons (3 classes)



Chargées (CR)

# Chaîne d'analyse

## Analyse Spectrale

Sélection : ROI, énergie , temps

Deux types de fonds diffus

- Galactique : GALPROP
- Extra-galactique (PL)

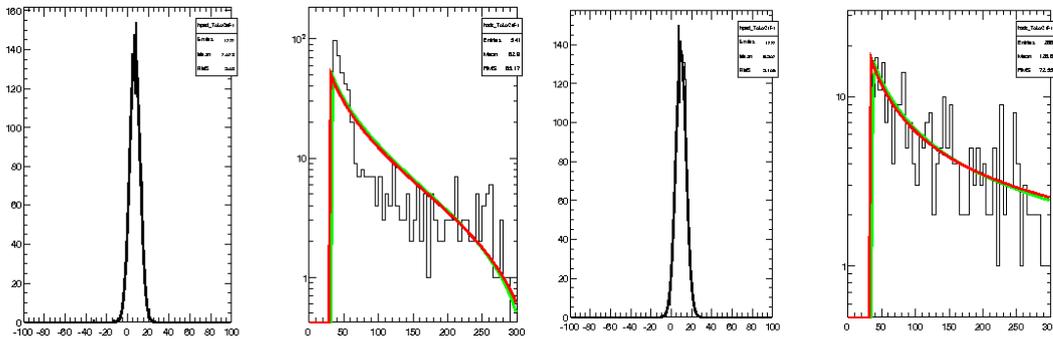
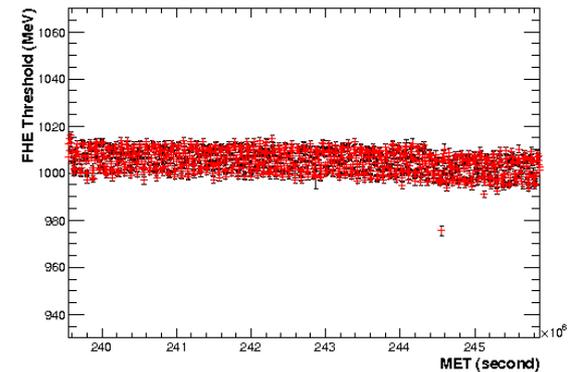
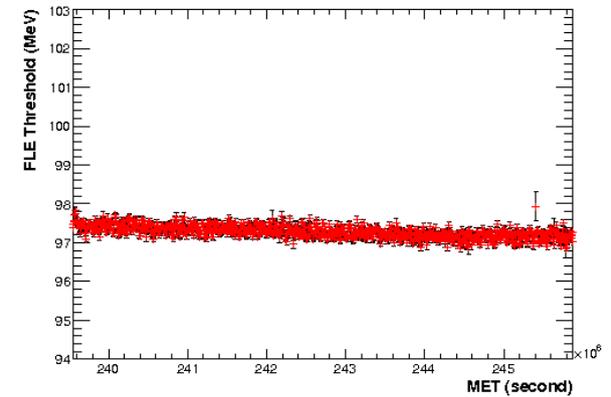
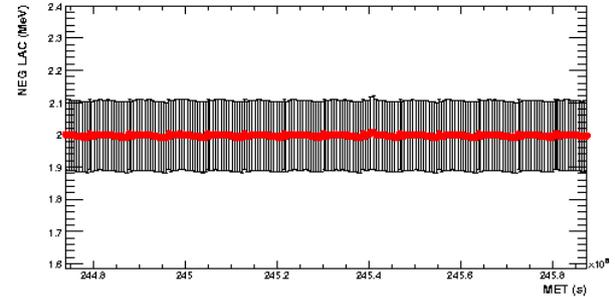
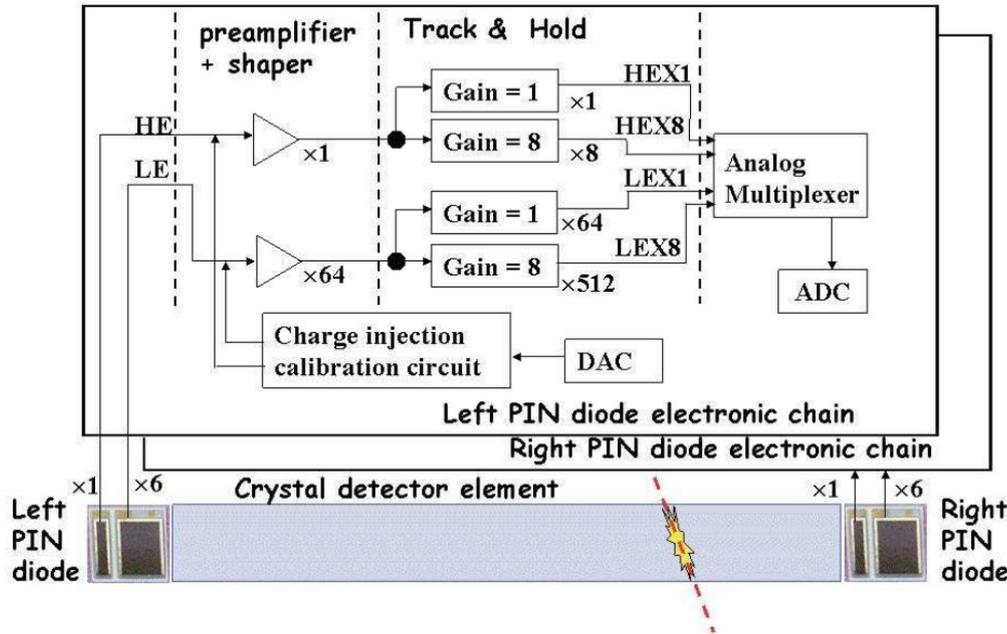
Analyse basée sur un maximum de vraisemblance : **a priori**

$$N_{\text{pred}} = \sum \text{Rep} * \text{Model} \quad \text{avec} \quad \text{Rep} = A_{\text{eff}} * \text{PSF} * \text{Disp}$$

$$L = \log( N_{\text{mes}}(E', P', t) - N_{\text{pred}})$$

Sont fonctions de l'énergie mesurée ( $E'$ ), angle mesuré ( $P'$ ), temps, Energie modélisée ( $E$ ), angle modélisé( $P$ )....

# Seuils du Calorimètre



# Contribution expérimentale : MH Grondin

Etude des erreurs systématiques entraînées par une connaissance imparfaite de la réponse du détecteur (Instrument Response Function), en particulier de la surface efficace du LAT.

Cette étude a été réalisée sur un exemple concret : le pulsar de Vela

- utilisation des données réelles *Fermi*
- analyse spectrale en utilisant plusieurs (quelques centaines) jeux d'IRFs modifiées
- estimation de la largeur de distribution des paramètres spectraux reconstruits
  - estimation des erreurs systématiques sur les paramètres spectraux.

Les résultats seront disponibles dans l'article Vela (soumis à ApJ)

## Etude des erreurs systématiques pour l'étude des sursauts

### 1. localisation

- > effet instrumental : détection des traces moins efficace  
à grand angle d'incidence ( $>50^\circ$ ) et basse énergie ( $<1\text{GeV}$ )  
=> reconstruction d'un angle moyen plus faible pour cette source
- > sources permanentes : cumul d'observations, coupure possible en angle d'incidence  
vs. occurrence unique d'un sursaut !!!
- => étude sur les données du biais de localisation  
d'une source brillante et de position connue : Vela
- => + simulations pour étudier l'effet de la pente du spectre :  
poids des événements de basse énergie

### 2. spectre

-> travail effectué par d'autres (David, Marie-Hélène) que j'adapte au cas des sursauts :  
sélection des données différente de l'étude des autres sources => réponse différente

a. biais éventuels des outils d'analyse, isolation des erreurs systématiques “minimales”  
=> simulations de spectres de différentes pentes et différents flux

b. propagation de l'incertitude sur la réponse du détecteur (surface efficace de détection)  
... particulièrement à grand angle ...

=> comparaison de l'efficacité des coupures étudiées sur des données photon (Vela)  
et sur des simulations de photons, obtention de fonctions de réponse “corrigées”,  
comparaison de la reconstruction utilisant ces fonctions corrigées  
et les non-corrigées => observation d'une incertitude supplémentaire