



# GLAST

## DES TESTS SOUS FAISCEAU AU LAT EN ORBITE

Johan Bregeon

INFN Sez. Pisa

4 Avril 2008



## GLAST : LARGE AREA TELESCOPE

Construction

Performances

## ETUDE DES PULSARS

Population et modèles

Le cas de Vela

## TESTS SOUS FAISCEAUX

Intégration et tests

Prise des données

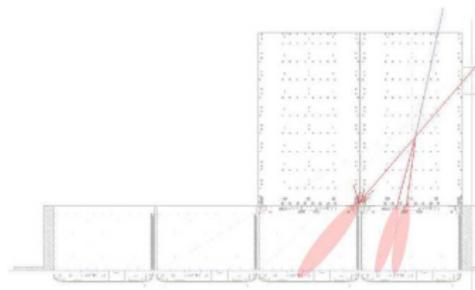
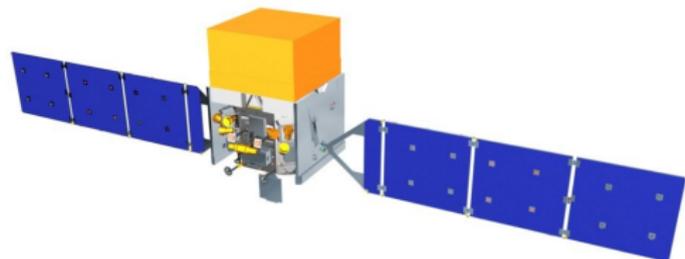
Résultats préliminaires

Etat actuel

## ISOC

Flux des données

Contrôle en ligne





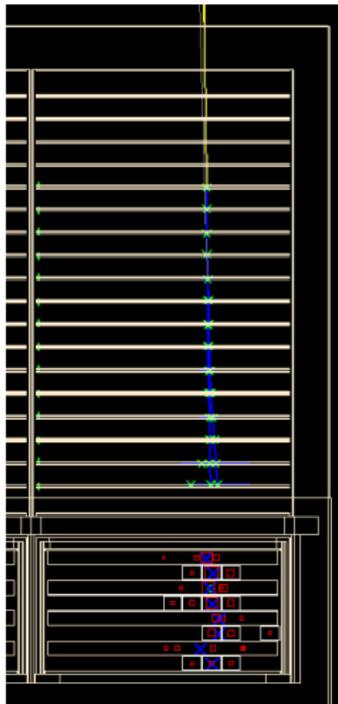
# GLAST



- Collaboration internationale
  - USA, Japon, France, Italie, Suède, Allemagne
- 2 instruments embarqués
  - LAT : *Large Area Telescope*
  - GBM : *Glast Burst Monitor*
- Grand champ de vue
  - 20% du ciel observé à chaque instant
  - tout le ciel couvert toutes les 3h (2 orbites)
- Large gamme d'énergie
  - LAT :  $20\text{MeV} < E < 300\text{GeV}$
  - GBM :  $10\text{keV} < E < 25\text{MeV}$



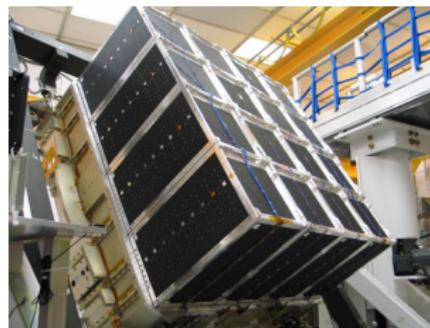
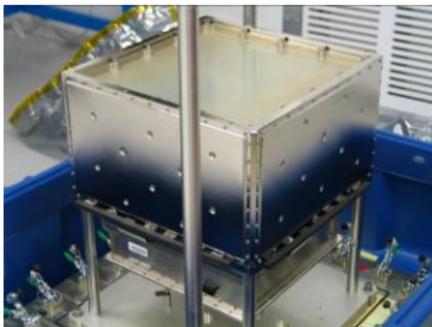
## FONCTIONNEMENT



- **Trajectographe** à piste de Silicium
  - 18 couches  $XY$  avec convertisseur en tungstène
  - direction du  $\gamma$  incident
- **Calorimètre** électromagnétique en CsI
  - 8 couches de 12 détecteurs CsI
  - arrangement hodoscopique
  - énergie du  $\gamma$  et image de la gerbe
- **Détecteur d'anti-coïncidence (ACD)**
  - 89 tuiles de plastique scintillateur
  - rejet des particules chargées
  - + détecteur segmenté : réduction du self-veto à haute énergie



# CONSTRUCTION





# PERFORMANCES

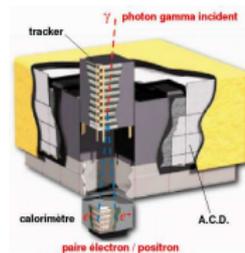
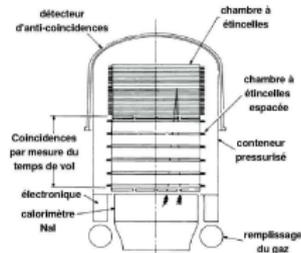
Caractéristique/Mission	EGRET	GLAST-LAT
Durée	1991-2000	2008-2013/2018 ?
Champ de vue (sr)	0.5	~ 2.4
Résolution Angulaire (1)	1.3°	0.4°
<b>Surface Effective</b> (2)	1100cm <sup>2</sup>	~ 9000cm <sup>2</sup>
<b>Sensibilité</b> (3)	10 <sup>-7</sup>	4 × 10 <sup>-9</sup>
Résolution en énergie(2)	20%	10%
<b>Gamme d'énergie</b>	30MeV – 30GeV	20MeV – 300GeV
Temps Mort	100ms/evt	26.5μs/evt
Précision de la datation	100μs	≤ 3μs

Caractéristiques estimées pour le GLAST-LAT et pour son prédécesseur EGRET :

(1) à 1GeV pour 1 photon

(2) à 100MeV sur l'axe

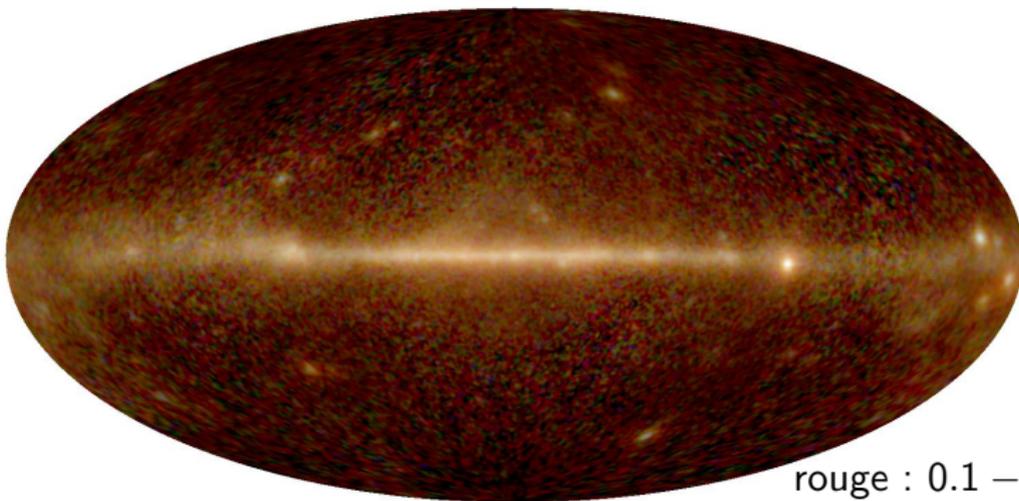
(3)  $\gamma \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  au-dessus 100MeV sur 1an.





# EGRET vs GLAST-LAT

## Mission EGRET



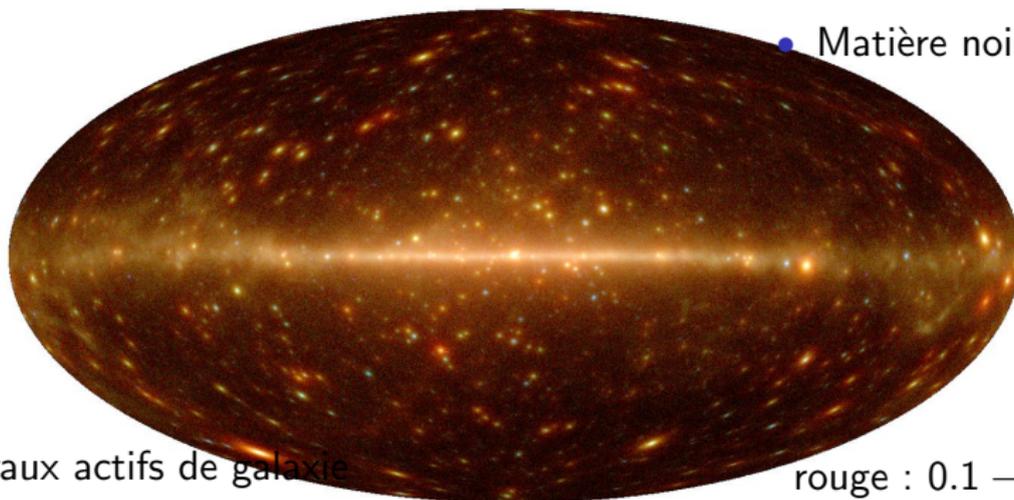
rouge : 0.1 – 0.4 GeV

vert : 0.4 – 1.6 GeV

bleu : > 1.6 GeV

# EGRET vs GLAST-LAT

## Simulation 1an LAT



- Le Soleil et la Lune
- Restes de supernova
- Matière noire...

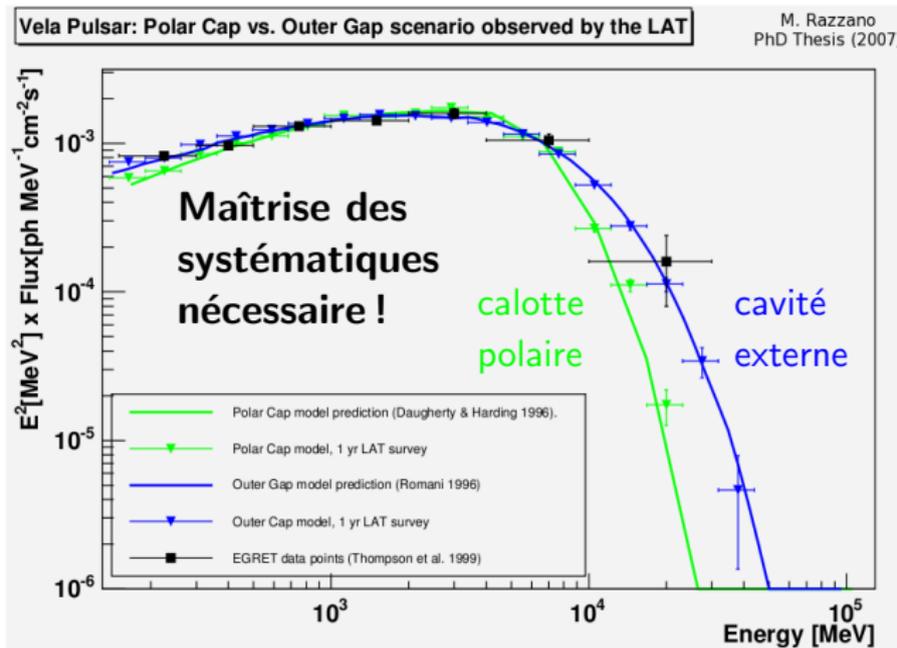
- Noyaux actifs de galaxie
- Sursauts gamma
- Binaires X, microquasars

rouge : 0.1 – 0.4 GeV  
vert : 0.4 – 1.6 GeV  
bleu : > 1.6 GeV



# LE CAS DE VELA

- Distinction entre les modèles d'émission





## INCERTITUDES SYSTÉMATIQUES

- **imperfection de la simulation Monte-Carlo**
- connaissance des fonctions de réponse de l'instrument (surface effective, résolution angulaire, résolution en énergie)
- **qualité des données prises en orbite**
- algorithmes de sélection des photons
- modélisation du fond gamma diffus
- méthode d'analyse du spectre de la source
- (...)

⇒ **Sources multiples et additives !**



## GLAST : LARGE AREA TELESCOPE

Construction

Performances

## ETUDE DES PULSARS

Population et modèles

Le cas de Vela

## TESTS SOUS FAISCEAUX

Intégration et tests

Prise des données

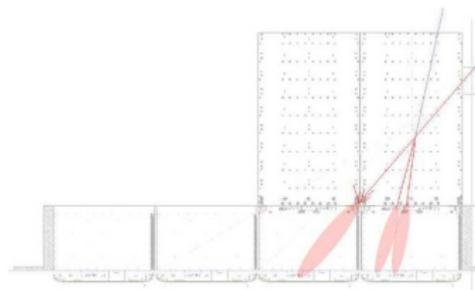
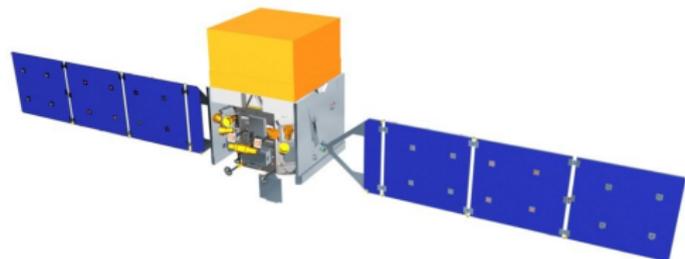
Résultats préliminaires

Etat actuel

## ISOC

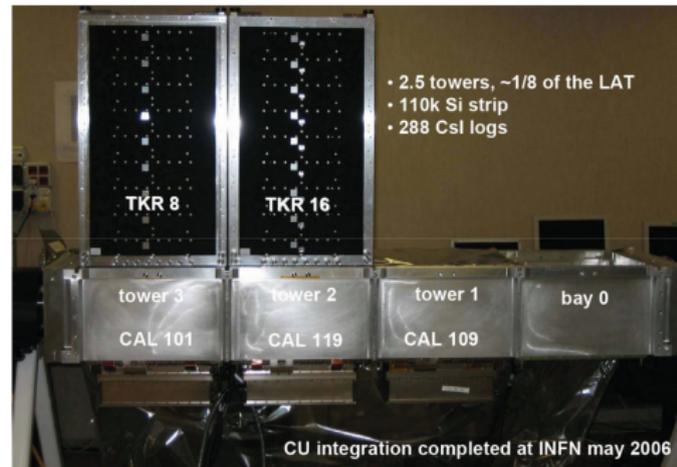
Flux des données

Contrôle en ligne



## MODULE D'ÉTALONNAGE SOUS FAISCEAU

- **Intégration et tests**
  - 3 calorimètres
  - 2 trajectographes
  - matériel qualifié spatial
  - système d'acquisition
- **Étalonnage en énergie**
  - muons cosmiques et injection de charge
  - lumière : calorimètre
  - $ToT^a$  : trajectographe



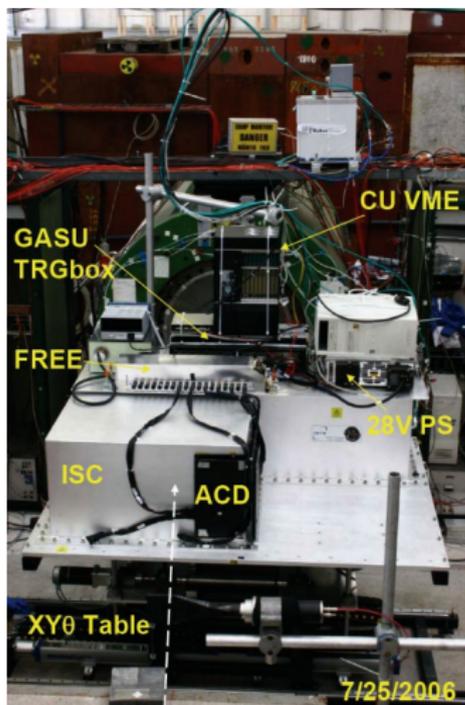
<sup>a</sup>Time Over Threshold

## PRISE DES DONNÉES

- 1800 *runs* pour 100M evts
  - 4 semaines au CERN-PS
  - 11 jours au CERN-SPS
  - 3 jours au GSI
 → ~ 60 personnes
- 330 configurations
  - angle d'incidence
  - point d'impact
  - intensité du faisceau
  - configuration des registres

Particules	Energies
$\gamma$	0 – 2.5 GeV
$e^-$	1, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 280 GeV/c
$e^+$	1 GeV/c à travers une cible en MMS
$p$	6, 10, 100, 150 GeV/c
$\pi$	5, 20 GeV/c
C, Xe	1, 1.5 GeV/n (ions lourds)

## ZONE EXPÉRIMENTALE



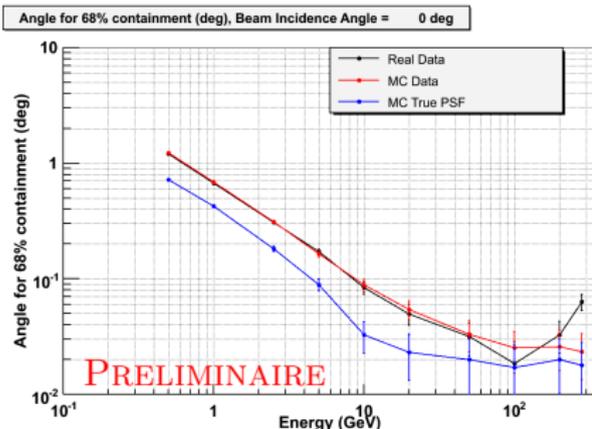
⇒ détecteur compact permettant une grande liberté de mouvement pour couvrir l'espace des phases



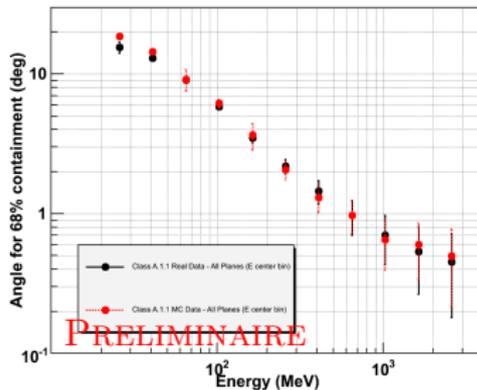
# RÉSOLUTION ANGULAIRE

## • Photons $\gamma$

- $\gamma$  produits par rayonnement de freinage
- $E < 2500 \text{ MeV}$
- angle :  $0^\circ < \theta < 45^\circ$



Tower 2 - Angular Resolution Vs. Reconstructed Energy at Normal Incidence (2.5 GeV Electron beam)



## • Électrons

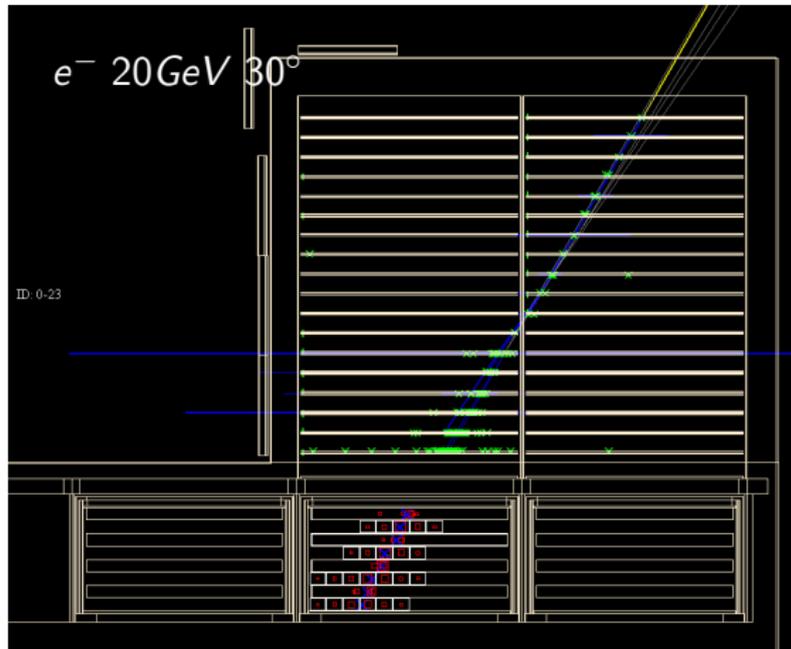
- $500 \text{ MeV} < E < 280 \text{ GeV}$
- angle :  $0^\circ < \theta < 45^\circ$

⇒ Accord données/MC  $\sim 5\%$



# CASCADES ÉLECTROMAGNÉTIQUES (1)

- Pré-cascade dans le trajectographe
- Profils longitudinaux et transversaux
- Échelle absolue en énergie

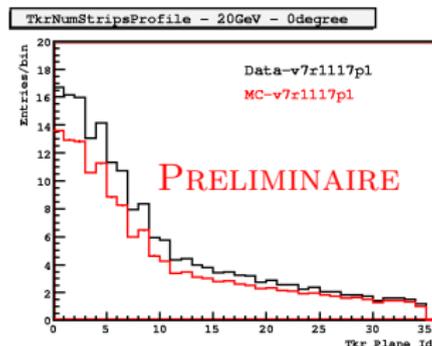




## CASCADES ÉLECTROMAGNÉTIQUES (2)

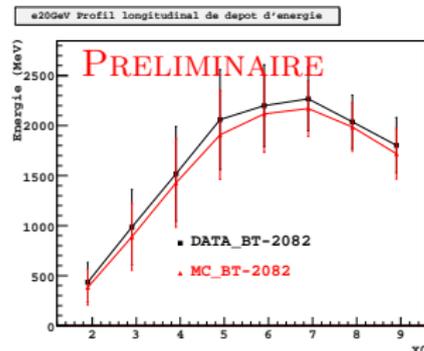
### Nombre de pistes de Silicium touchées

- pré-cascade EM dans le trajectographe (tungstène)
- écart données/MC > 10%



### Énergie déposée par couche

- forme bien reproduite
- énergie plus grande dans les données
- décalage sur le nombre de longueur de radiation



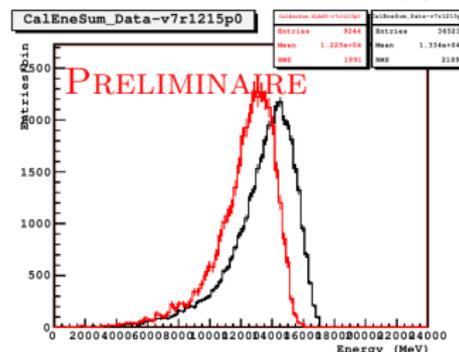
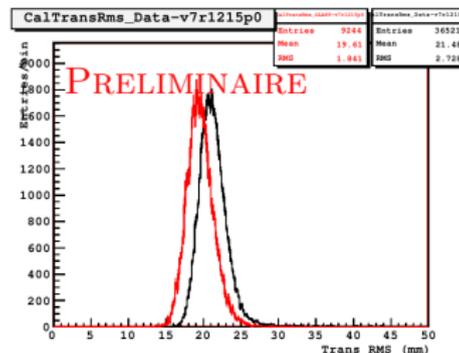
# CASCADES ÉLECTROMAGNÉTIQUES (3)

## Profil Transverse

- $CalTransRms \sim$  moment d'inertie pesé par l'énergie
- $\Delta 7 - 15\%$  variant sur l'espace des phases (énergie, angle)
- ? reconstruction de la position longitudinale (piédastaux, asymétrie, étalonnage)

## Énergie déposée totale

- énergie plus grande dans les données
  - $\Delta 8\%$  en moyenne sur l'espace des phases (énergie, angle)
- ⇒ Écarts significatifs Données/MC



# CASCADES HADRONIQUES (1)

- Identification des photons

- taux de protons  $\sim 10^5 \times$  Taux de  $\gamma$
- l'ACD permet l'identification de l'essentiel des particules chargées
- mais il n'est pas parfait !
- algorithmes d'identification basés sur le Monte-Carlo

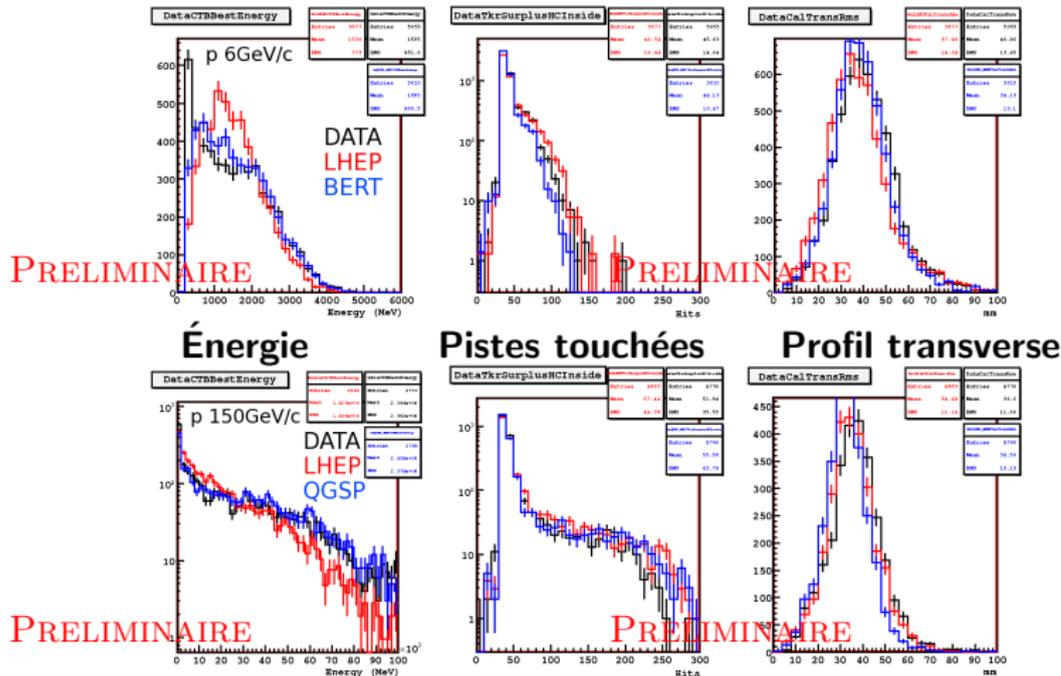
déclenchement	5kHz
filtre à bord	400Hz
$\gamma$ au sol	qqz Hz

- Modèles de cascades hadroniques dans GEANT4

- BERT : Cascade intranucléaire de Bertini ( $1\text{GeV} < E < 10\text{GeV}$ )
  - LHEP : modèle par défaut ( $10\text{MeV} < E < 10\text{TeV}$ )
  - QGSP : plasma de quarks-gluons ( $20\text{GeV} < E < 10\text{TeV}$ )
- contrôle des observables sur la gamme d'énergie
- impact des différents modèles sur l'identification des particules



# CASCADES HADRONIQUES(2)



## APPORTS DES TESTS SOUS FAISCEAU

- Validation de la simulation Monte-Carlo
  - résolution angulaire du trajectographe
  - choix des modèles de physique hadronique
  - profil des cascades électromagnétiques
  - différences résiduelles significatives Données/MC
  - interaction avec les développeurs de GEANT4
- Analyse en cours...
  - nouvel étalonnage des détecteurs (procédure ajournée)
  - mesure plus robuste du profil transverse, moins dépendante de l'étalonnage en énergie
  - ajout de biais systématiques dans le Monte-Carlo (une fois compris et mesurés...)

⇒ Mesure des incertitudes systématiques induites sur l'identification des  $\gamma$  et la réponse de l'instrument en cours



## GLAST : LARGE AREA TELESCOPE

Construction

Performances

## ETUDE DES PULSARS

Population et modèles

Le cas de Vela

## TESTS SOUS FAISCEAUX

Intégration et tests

Prise des données

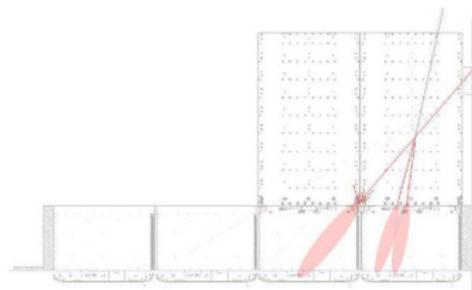
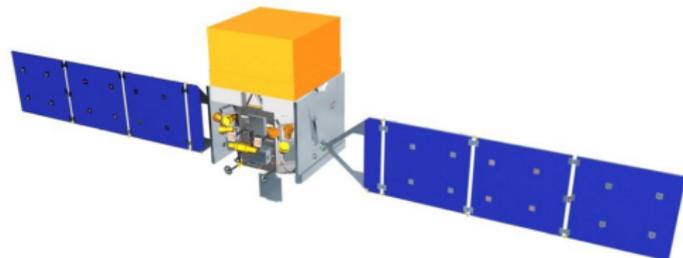
Résultats préliminaires

Etat actuel

## ISOC

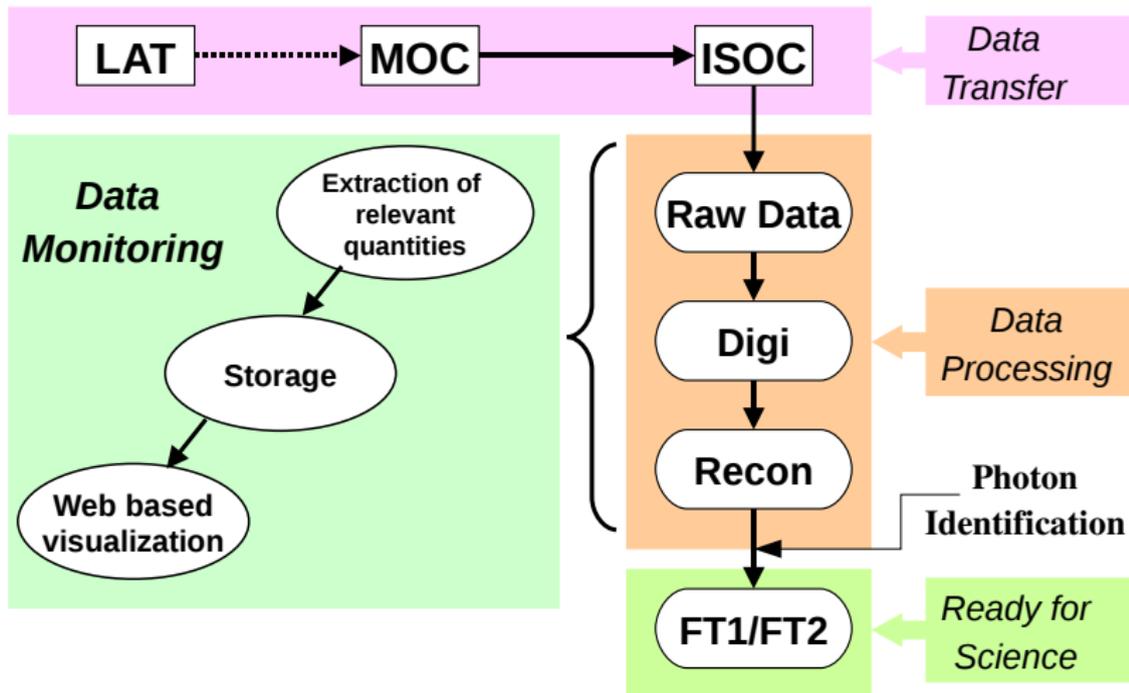
Flux des données

Contrôle en ligne





# FLUX DES DONNÉES

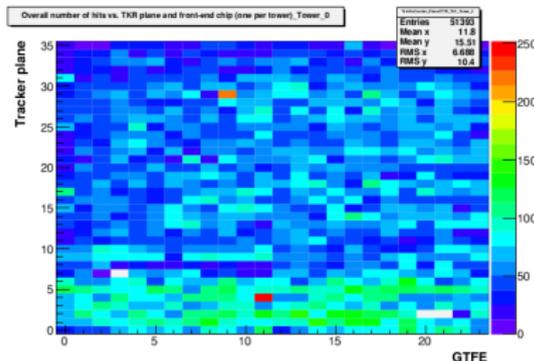




# QUALITÉ DES DONNÉES (1)

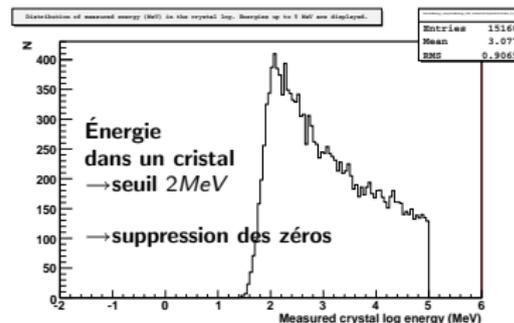
## Données brutes : FastMon

- graphique dans l'espace des phases de l'électronique
- révèle les problèmes du matériel



## Données reconstruites

- étalonnage des détecteurs
- seuils des discriminateurs (déclenchement, veto)
- algorithmes de reconstruction





## QUALITÉ DES DONNÉES (2)

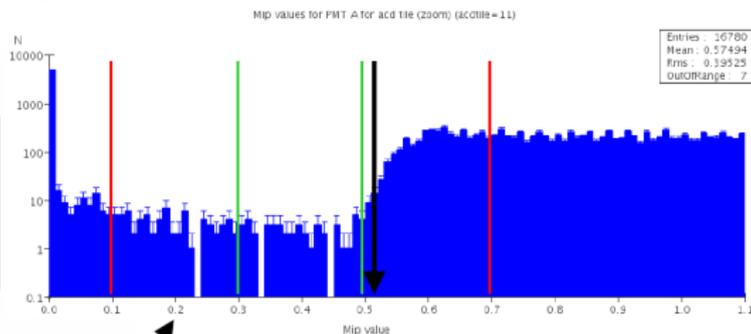
- Système d'alarme global
  - algorithmes multiples (moyenne, pics, seuils...)
  - choix des niveaux d'alarme et rapports détaillés
  - fichiers xml de configuration

### Alarms for run 258298112

Mode	Type	Error	Warning	Undefined	Clean
Digi	Trend	12	20	0	47
Digi	Hist	0	1	0	119
FastMon	Trend	0	0	0	3
FastMon	Hist	0	0	0	8
Recon	Hist	1	29	0	2268
Recon	Trend	4	2	0	1

### WARNING Status

Mode	Type	Variable Name	Algorithm	Value	Limits
Recon	Hist	ReconAcidPhaMips_PMTA_TH1_AcdTile_15	x_average	3.060	[ 0.5   1.0   ---   3.0   5.0 ]
Recon	Hist	ReconAcidPhaMips_PMTA_Zoom_TH1_AcdTile_11	leftmost_edge	0.535	[ 0.1   0.3   ---   0.5   0.7 ]
Recon	Hist	ReconAcidPhaMips_PMTA_Zoom_TH1_AcdTile_12	leftmost_edge	0.525	[ 0.1   0.3   ---   0.5   0.7 ]





# INTERFACE WEB

[Quick links](#)
[Data Processing](#)
[Data Access](#)
[Data Monitoring](#)
[Checklists](#)
[Mission Planning](#)
[Contact Info](#)
[Change Control](#)
[Software Tools](#)
[Developer](#)

Time Interval (UTC) : Mar/09/2009 10:08:31-Mar/09/2009 16:43:00

Version 0.1.9[3]ra

User: bregeon. ([Switch](#) | [Logout](#)) | Mode: [Prod] | [Dev]

[Table](#) | [Plots](#) | [Alarms](#) | [Errors](#)

[Configuration](#) | [Data Info](#)



## GLAST Data Quality Monitoring

Time Interval (UTC) : Mar/09/2009 10:08:31-Mar/09/2009 16:43:00

Version 0.1.9[3]ra

User: bregeon. ([Switch](#) | [Logout](#)) | Mode: [Prod] | [Dev]

[Table](#) | [Plots](#) | [Alarms](#) | [Errors](#)

[Configuration](#) | [Data Info](#)

Filtering on/off

**Root**

- Recon
- FastMon
- Trending
  - Digi
    - OBF Gleam
      - OBF HIP Filter Failed (LAT)
      - OBF Mip Filter Failed (LAT)
      - OBF GAMMA Filter Failed (LAT)
      - OBF DGN Filter (LAT)
      - Rate of Gamma Filter Bits
      - OBF HIP Filter (LAT)
      - OBF Gamma Filter (LAT)
      - OBF DGN Filter Failed (LAT)
      - OBF Mip Filter (LAT)
- Event Rates
  - ACD
  - CAL
  - TKR
  - GEM
- Geomagnetic
  - FastMon
  - Recon
  - CalPed
- Shift Plots
  - Digi
  - CalPed

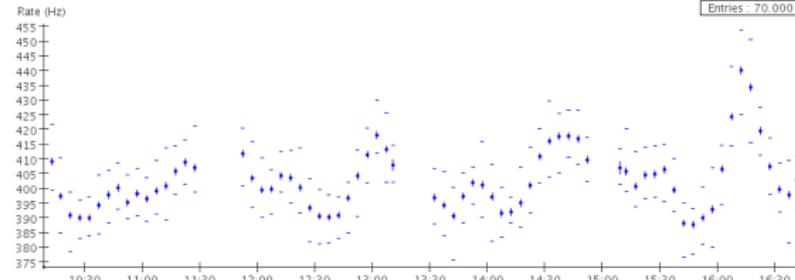
[Show Selection Form](#) | Parameters Selection: **Complete** [Show Data Description](#)

Level LAT

Variable: Digi\_Trend\_Rate\_OBF\_GammaFilter

Rate of events passing the offline GAMMA filter.

Entries - 70,000



Download: (vector) [eps](#) [svg](#) [pdf](#) [swf](#) [ps](#) , (bitmap) [jpg](#) [png](#) [psm](#) [gif](#)

[Cross Trend](#)

Suivi temporel

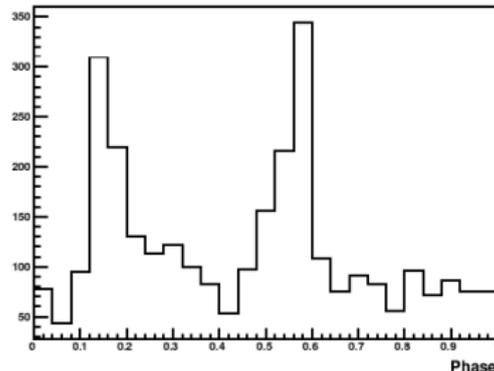
## ...RETOUR À VELA (1)

- *Operation Simulation 2* : OpsSim2
  - **simulation** de 2 semaines de prise de données en orbite
  - production des données de la simulation Monte-Carlo
  - *reprocessing* par la chaîne standard d'analyse des données, en partant du format binaire compressé en provenance du satellite

### ⇒ Vela durant l'OpsSim2

- phasogramme : vérification du *Timing* et de l'efficacité de la sélection de photons dans les pics
- source punctiforme : vérification de la *PSF*
- flux : vérification de l'acceptance

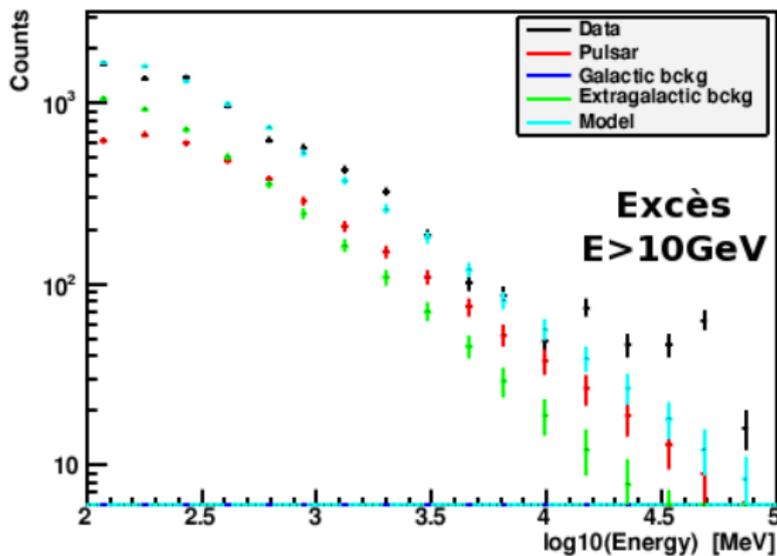
Phasogram:PSR\_B0833m45



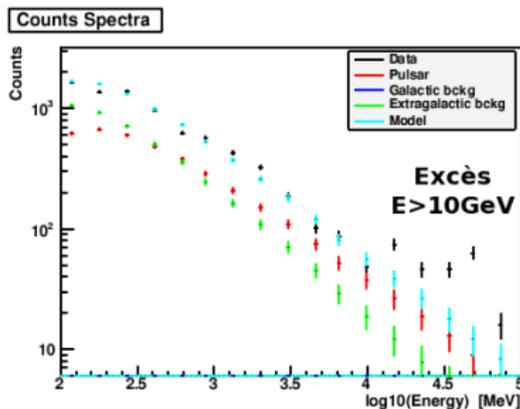


## ...RETOUR À VELA (2)

Counts Spectra



## ...RETOUR À VELA (2)



- Données corrompues lors de la conversion du format Monte-Carlo au format binaire compressée
  - manque 2 bits au  $ToT$  ...
  - taux de particules chargées élevé après la sélection des  $\gamma$

⇒ **Comprendre l'instrument et l'analyse des données**

## CONCLUSIONS

- $J - 41$  : lancement prévu le 16 Mai 2008 de Cap Canaveral
- étude des données faisceau
- nouvel étalonnage du module d'étalonnage
  - ajout des systématiques mesurées dans le Monte-Carlo
  - étude de l'impact des différences données/MC sur l'identification des photons
- développement des outils de contrôles
- identification des observables sensibles
  - amélioration des algorithmes et des seuils
- étude des systématiques sur les fonctions de réponses de l'instrument et sur les méthodes d'analyse des sources

## CONCLUSIONS

- *J* – 41 : lancement prévu le 16 Mai 2008 de Cap Canaveral
- étude des données faisceau
- nouvel étalonnage du module d'étalonnage
  - ajout des systématiques mesurées dans le Monte-Carlo
  - étude de l'impact des différences données/MC sur l'identification des photons
- développement des outils de contrôles
- identification des observables sensibles
  - amélioration des algorithmes et des seuils
- étude des systématiques sur les fonctions de réponses de l'instrument et sur les méthodes d'analyse des sources
- + La mission GLAST sera renommée après son lancement :  
<http://glast.sonoma.edu/glastname>