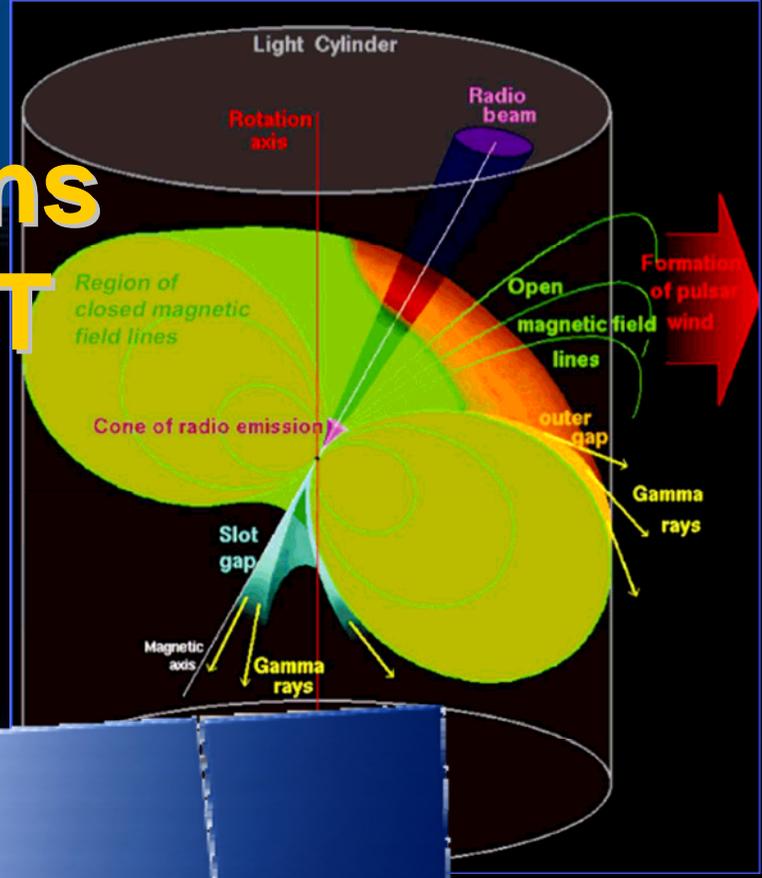




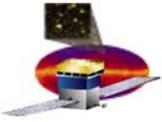
# Les pulsars en rayons gamma avec GLAST



David A. Smith

avec D. Dumora, T. Reposeur, D. Parent  
Centre d'Études Nucléaires de Bordeaux-Gradignan  
(cenbg / in2p3 / cnrs)  
[smith@cenbg.in2p3.fr](mailto:smith@cenbg.in2p3.fr)





# Notre but: découvrir de nouveaux pulsars gamma et mesurer leurs propriétés

---

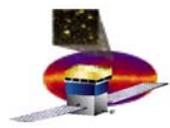
**Comment le faire:** avec le Large Area Telescope du satellite GLAST, lors de son lancement dans ~17 mois.

**Comment nous nous préparons:**

- 1) Développement des méthodes d'analyse de données, au moyen des données simulées (DC2 mais pas seulement)
- 2) Préparation de la base de données des éphémérides en collaboration avec le grand radiotélescope de Nançay.

**Vos stages:** différentes tâches liées à (1) et (2) – liste en fin de matinée.

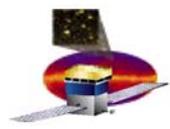
**Cette présentation:** survol des sujets cités ci-dessus.



# Un aperçu de l'astronomie des rayons gamma, et du satellite GLAST à Bordeaux

---

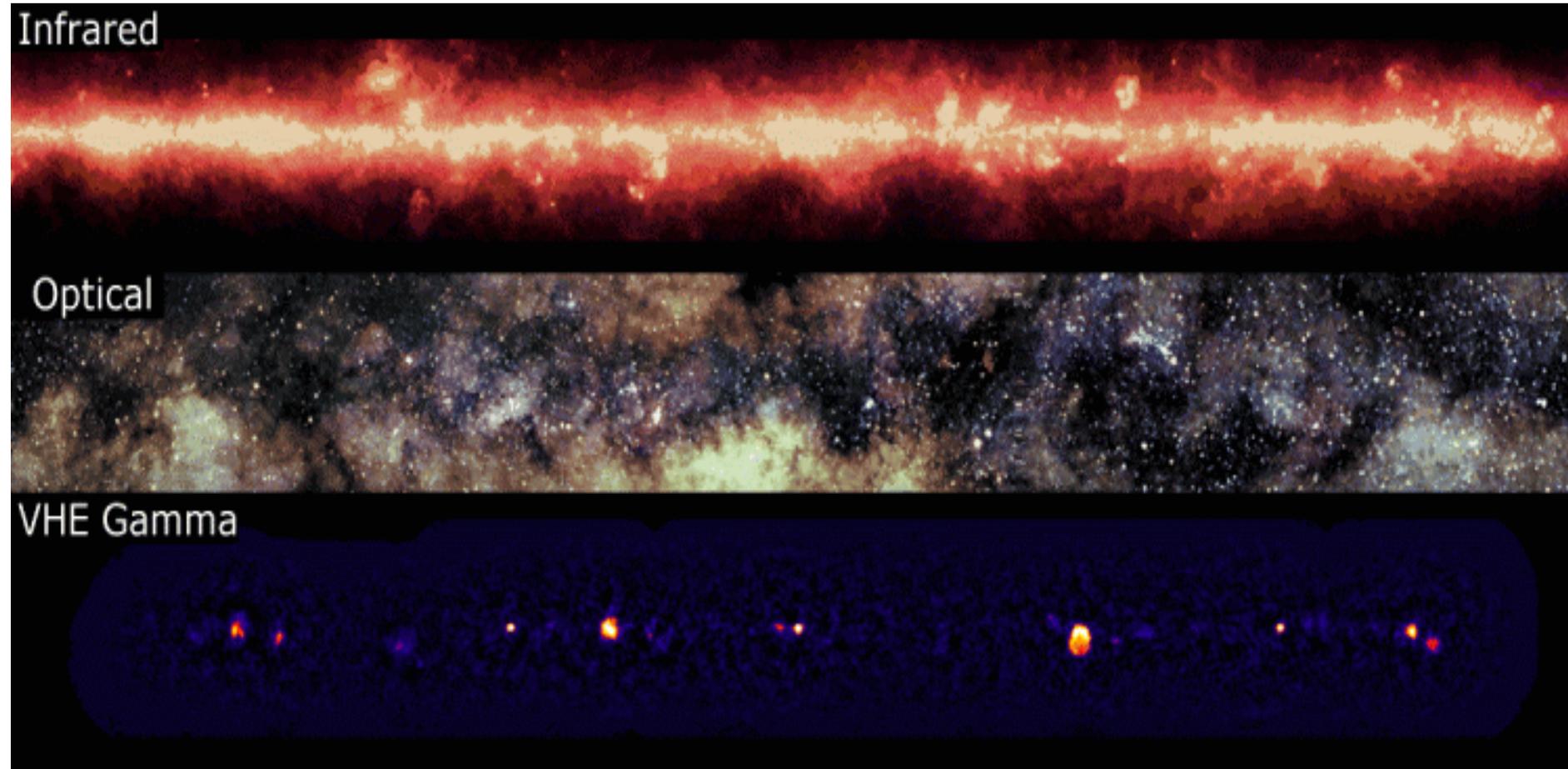
1. Introduction éclair de l'astronomie gamma
2. Nos contributions à la réalisation de l'instrument, et à son étalonnage aux US et sur différents accélérateurs en Europe.



# Scruter le ciel dans toutes les couleurs

On voit les choses différemment aux différentes longueurs d'onde...

Images encore plus belles sur WWW de Sonoma State College – [exercice pour l'étudiant](#)

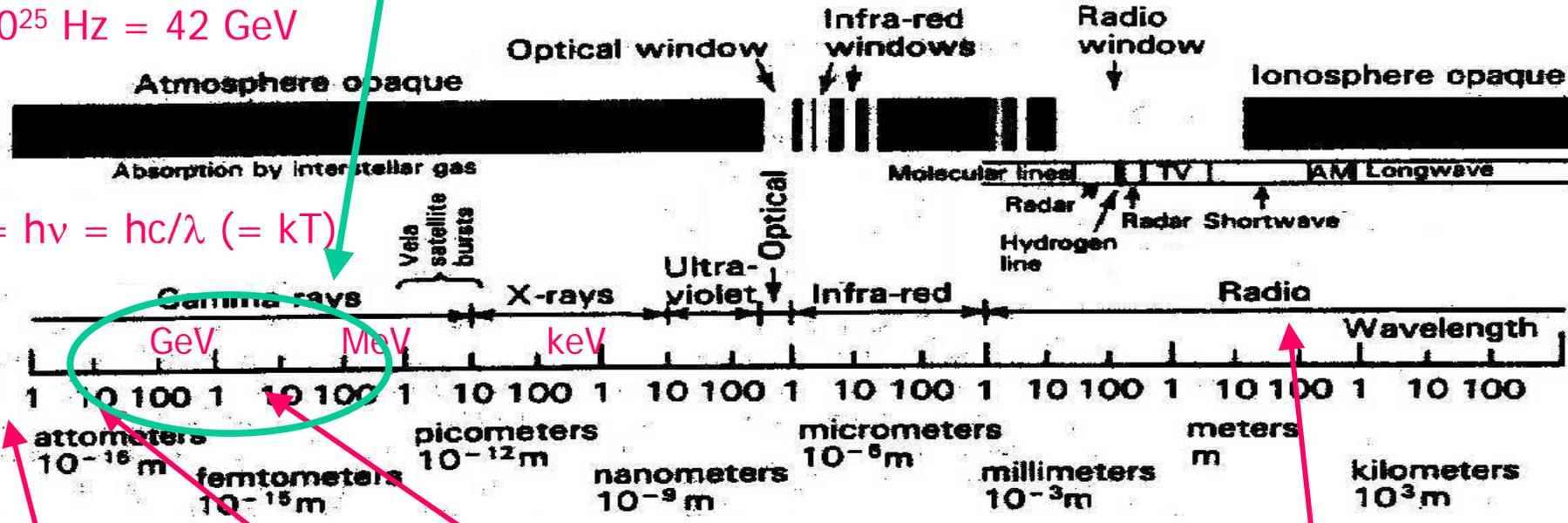


# GLAST

## Le Spectre Electromagnétique

$10^{25}$  Hz = 42 GeV

$E = hv = hc/\lambda (= kT)$

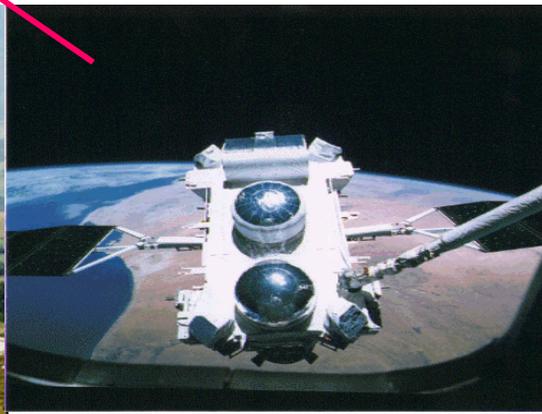


TeV  
V

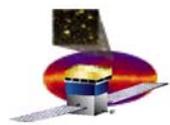
Celeste (Thémis)

Lancement du CGRO avec EGRET, Avril 1991. Fin, Juin 2000

HESS (CNRS en Namibie)

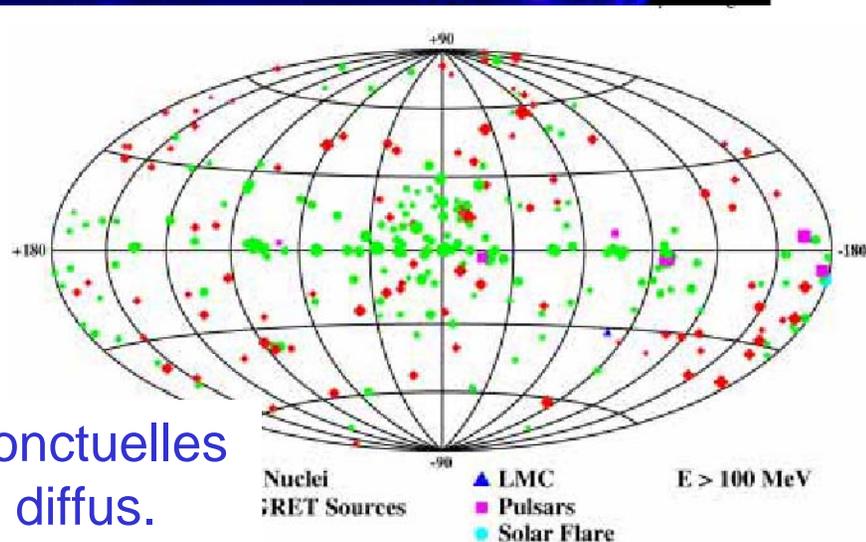
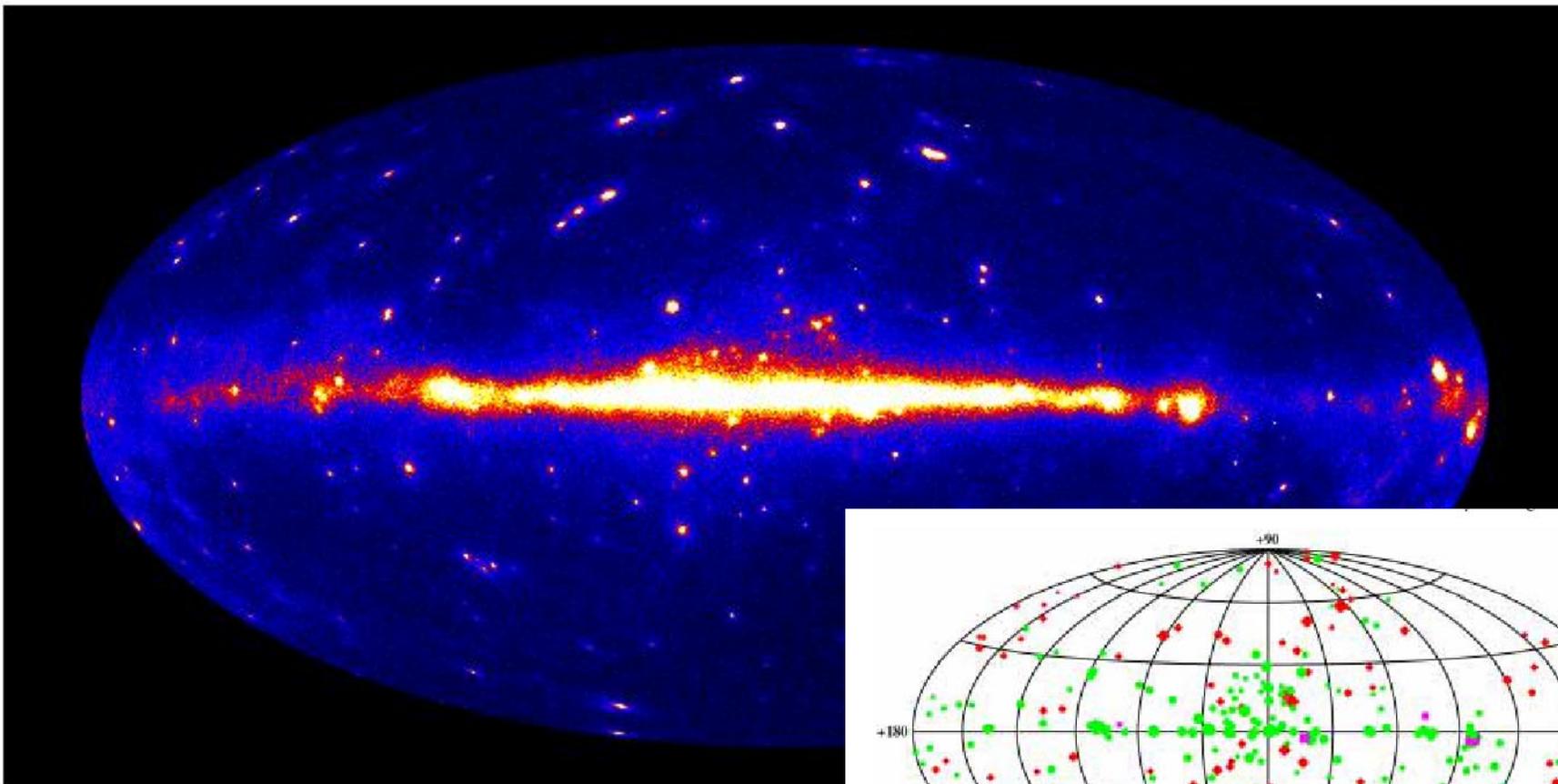


Radiotélescope de Nançay, Région Centre



# Le ciel simulé en rayons gamma

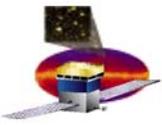
Fait à Stanford, mars 2006 et au NASA GSFC (Washington DC), juin 2006



Le ciel réel vu par EGRET: les source ponctuelles apparaissent après soustraction du fond diffus.

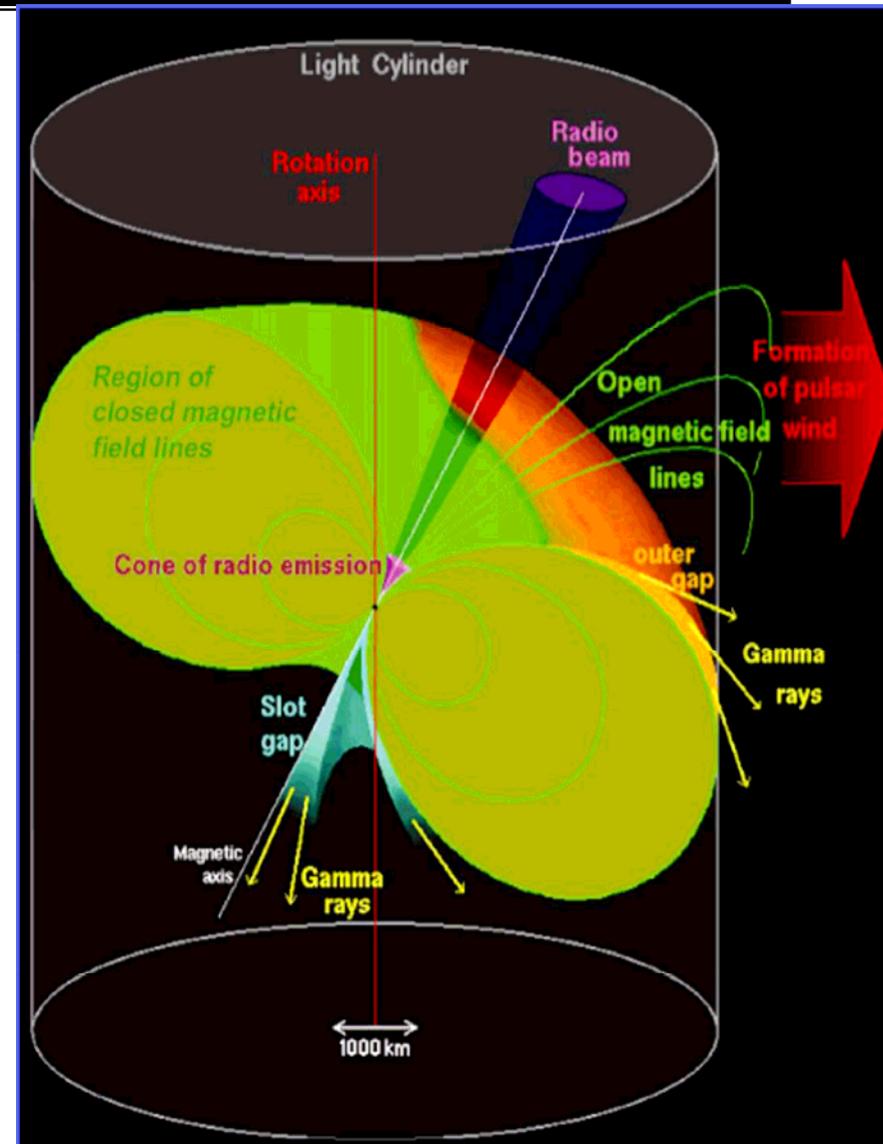
David Smith et al

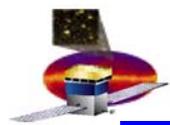
Figure 4-1 Third EGRET Catalog of high-energy gamma-ray sources (Hartman et al. 1999). The source locations are shown in Galactic coordinates.



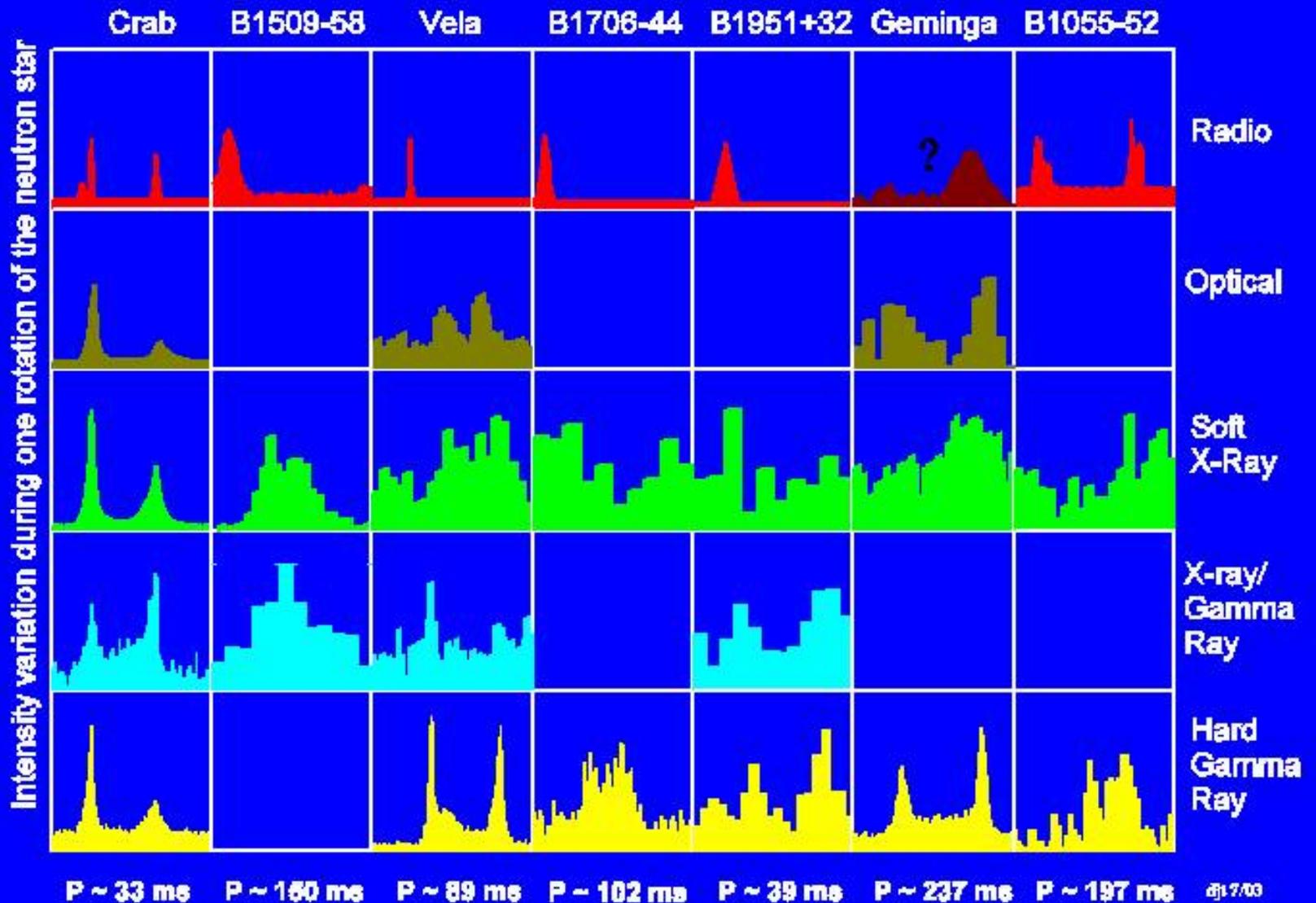
# Pulsars

- 1968: découverte d'une pulsation radio extrêmement régulière de quelques astres.
- Ce sont des étoiles à neutron en rotation rapide qui nous balayent avec un faisceau lumineux, tel un phare. ~~1500~~ >1600
- 2006: ~~1500~~ sont connus.
- Une demie-douzaine émettent en optique ou en gammas. Beaucoup plus en rayons X.
- GLAST devrait en voir une bonne centaine. (plusieurs centaines?)
- Mieux comprendre comment ils sont faits.
- Connaitre la population dans la galaxie => cycle de vie des étoiles.

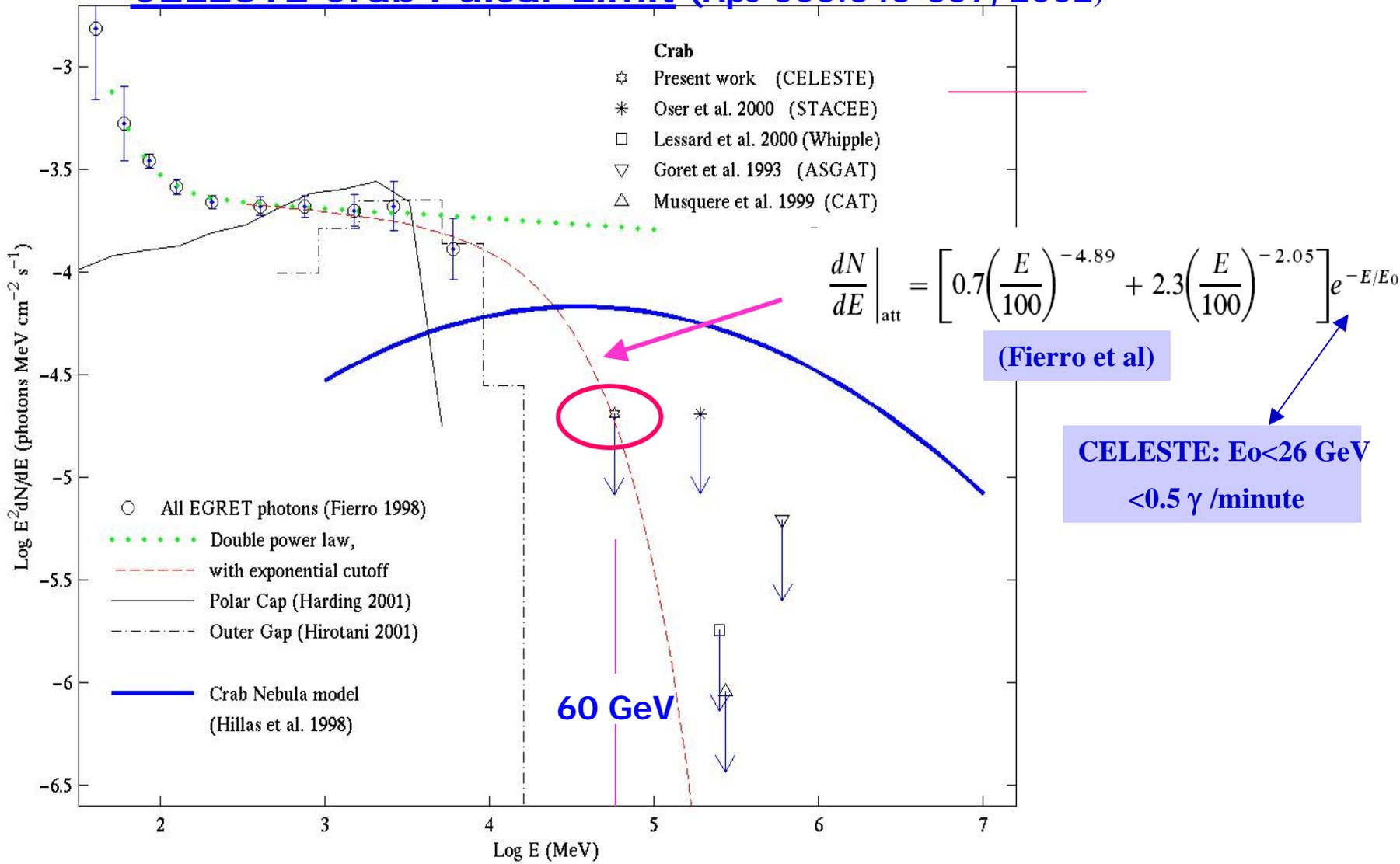


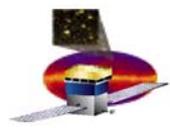


# Profiles EGRET versus radio



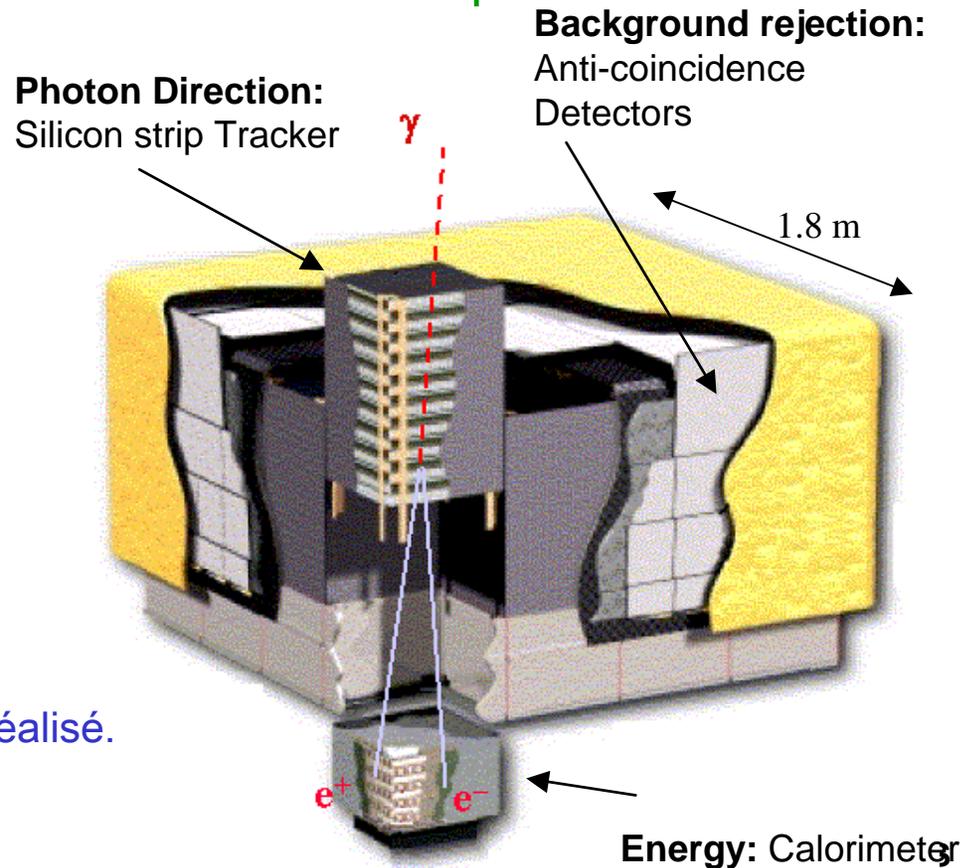
# CELESTE Crab Pulsar Limit (ApJ 566:343-357, 2002)





# Principe du GLAST LAT

- Le photon diffuse sur un atome et crée une paire électron-positon.
- Les traces des électrons-positon mesurées par un détecteur en silicium.
- L'énergie mesurée avec des cristaux de CsI et des photodiodes.
- Bordeaux: étalonnage du CsI.



LAT = Large Area Telescope  
= télescope à grande surface

Le plus grand détecteur silicium jamais réalisé.

**David Smith avec un module du calorimètre dans la salle propre du Naval Research Laboratory (Washington D.C.). Structure mécanique en fibres de carbone conçue et réalisée à l'Ecole Polytechnique (In2p3-CNRS).**





# Actualités

<http://www-glast.slac.stanford.edu>

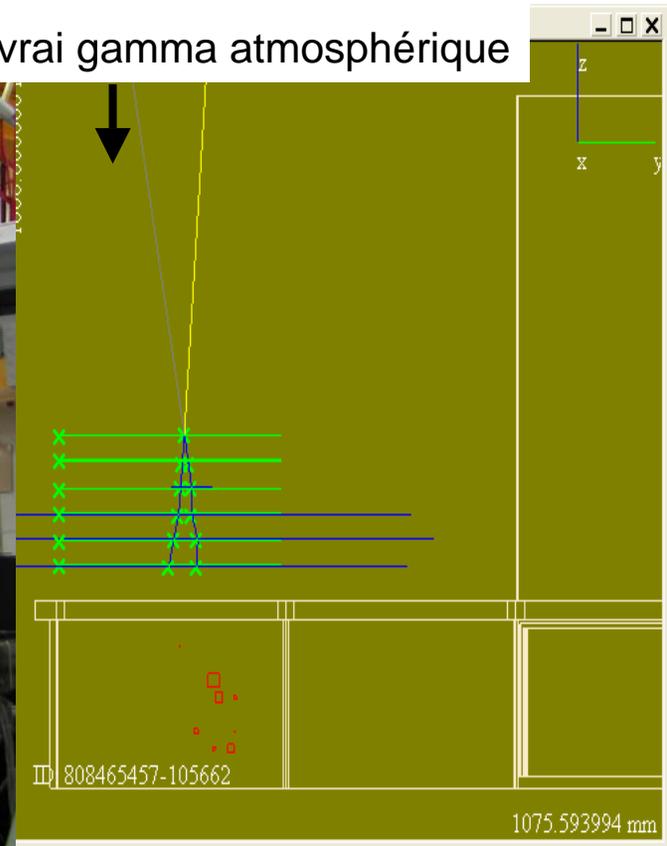


- ❑ Le LAT terminé (Stanford).
- ❑ A Washington pour 3 mois de “thermal vacuum environmental”.
- ❑ Septembre 2006 → spacecraft integration at General Dynamics (Arizona).
- ❑ Lancement depuis la Floride, 7 septembre 2007.

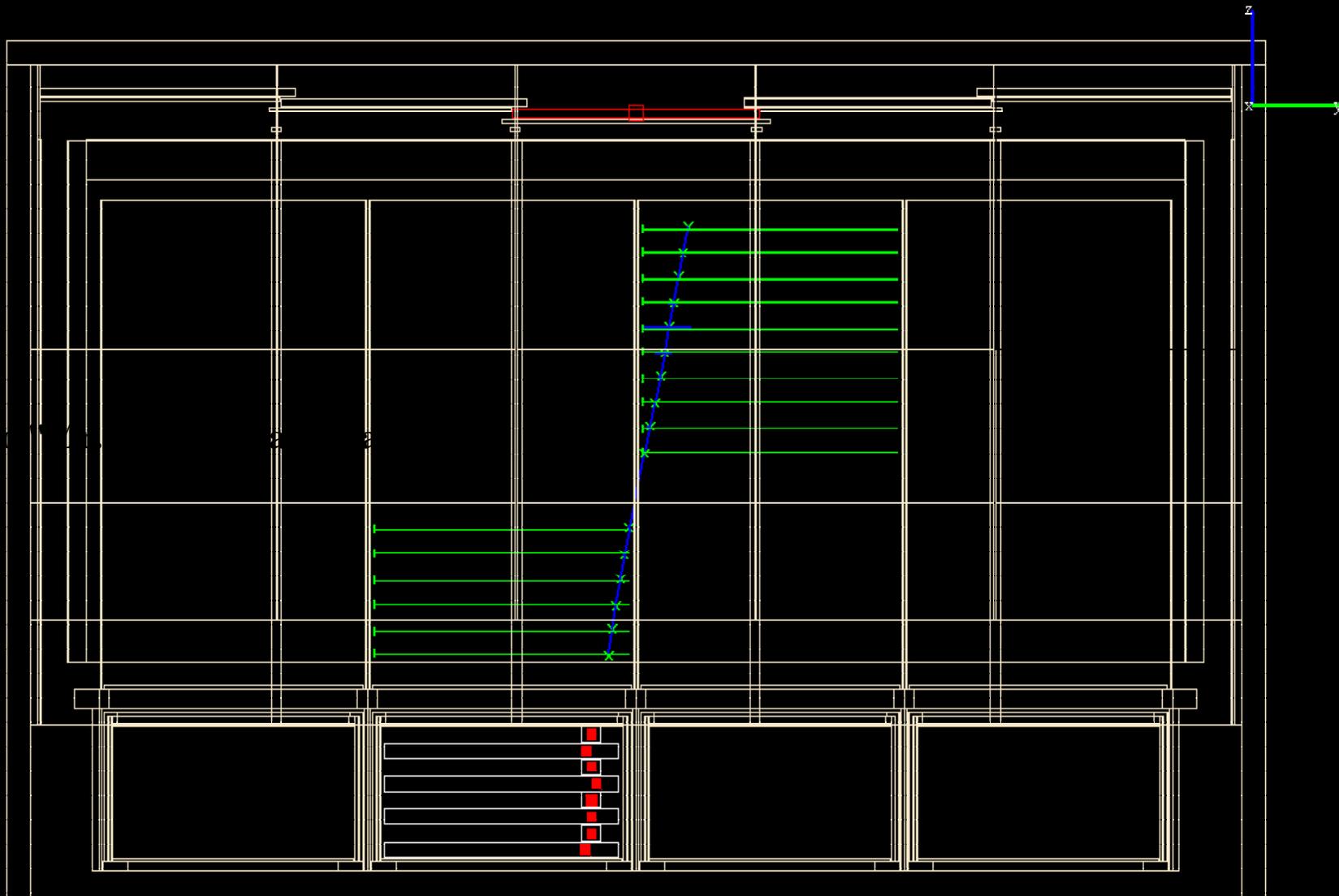


Achèvement du LAT, 23/11/05.

←  
Un vrai gamma atmosphérique



135005345-17



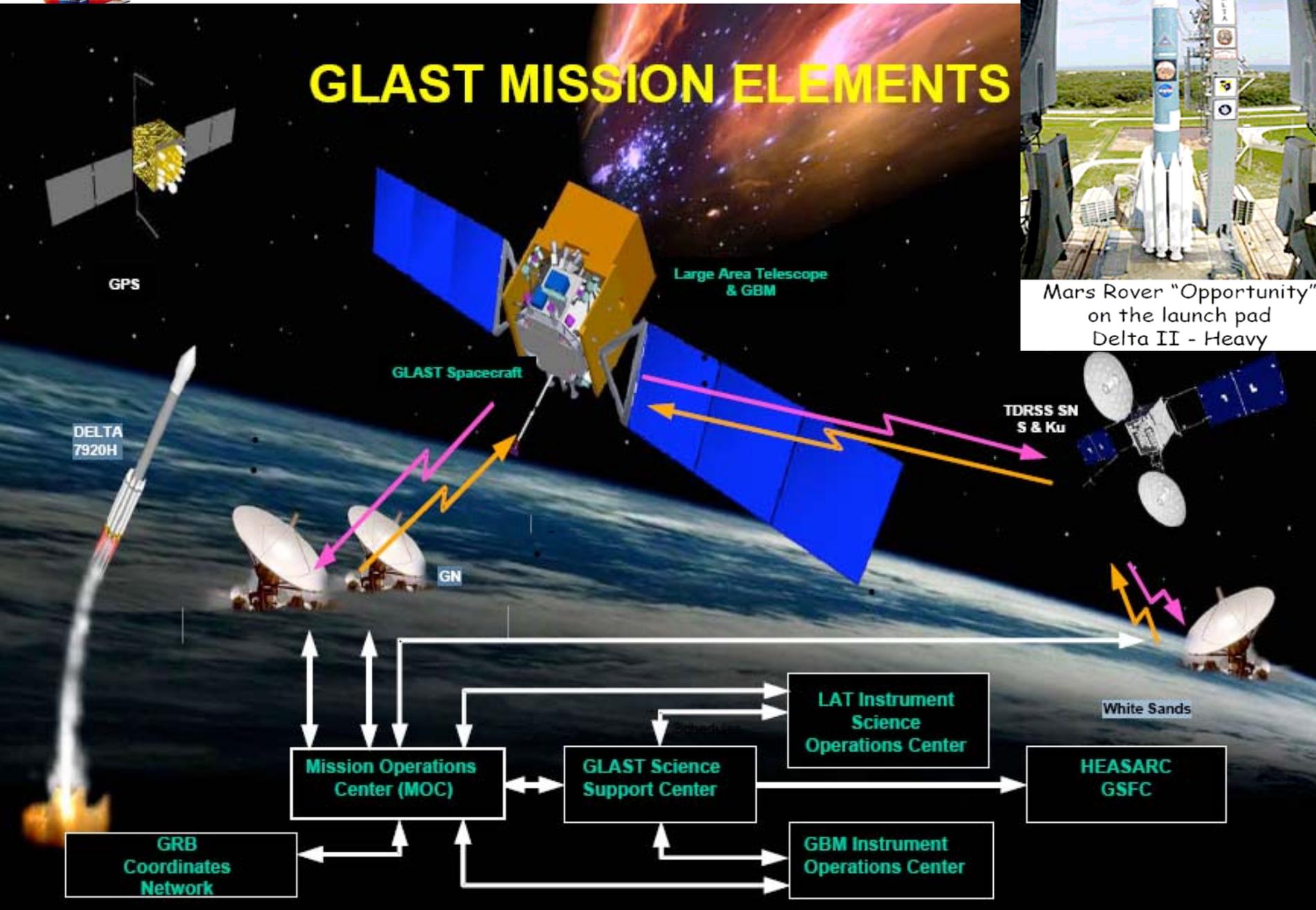
2265.745850

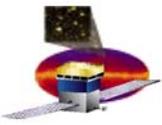
Event display by Riccardo Giannitrapani, INFN Udine  
"Movie" by Anders Borgland, SLAC

# GLAST MISSION ELEMENTS



Mars Rover "Opportunity" on the launch pad Delta II - Heavy





# Qui fait GLAST?

Mission NASA-DOE pour les 3/4.

Principaux labos USA:

Stanford Linear Accelerator Center = "SLAC" (près de San Francisco)

NASA Goddard Space Flight Center (près de Washington, D.C.)

Naval Research Laboratory (Washington, D.C.)

U. California Santa Cruz, U. of Washington, Ohio State U.

Réalisation de trajectographe en silicium: INFN-Pise (participation financière ASI)

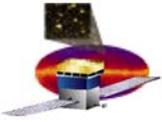
La Suède a acheté les cristaux CsI ukrainiens. Présence japonaise importante.

En France:

IN2P3/CNRS -- Réalisation de la structure mécanique du calorimètre, caractérisation du calo sous faisceau, reconstruction de gammas.

LLR Ecole Polytechnique ; CEN de Bordeaux ; LPTA Montpellier

Sap du CEA-Saclay -- Préparation du catalogue, aidé par le CESR-Toulouse.



# Notre but: découvrir de nouveaux pulsars gamma et mesurer leurs propriétés

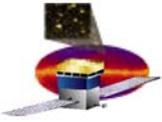
Comment le faire: avec le Large Area Telescope du satellite GLAST, lors de son lancement dans ~17 mois.

## Comment nous nous préparons:

- 1) Développement des méthodes d'analyse de données, au moyen des données simulées (DC2 mais pas seulement)
- 2) Préparation de la base de données des éphémérides en collaboration avec le grand radiotélescope de Nançay.

Vos stages: différentes tâches liées à (1) et (2) – liste en fin de matinée.

**Transparents suivants:** listes de nos tâches.

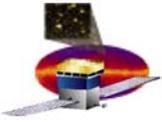


# 1. Recherche et analyse de pulsars gamma

---

Le ciel simulé est *très* réaliste. Les outils informatiques sont les vrais, que nous utiliserons.

1. Mettre en évidence des gamma pulsés d'un pulsar candidat donné
  - a) Quels pulsars radio sont des candidats  $\gamma$ ? (voir présentation D. Dumora)
  - b) Comment mettre une pulsation en évidence? (voir présentation D. Parent)
2. Mesurer son flux et spectre – « likelihood », et déterminer la sensibilité de l'instrument (voir présentation T. Reposeur)
3. Études de populations de pulsars gamma
  - a) Des candidats  $\gamma$ , lesquels sont détectés? Distribution  $P$  vs  $dP/dt$
  - b) Distribution des intensités: «  $\log N - \log S$  »
  - c) Morphologie des courbes de lumière
4. Études de sources individuels: Crabe, 3C58  $\Leftrightarrow$  PSR J0205+6449...
5. Interprétation des observations dans le cadre des modèles



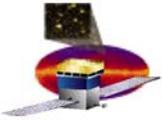
## 2. Préparation des éphémérides radio

---

- Nous avons fait le choix d'étudier les pulsars gamma connus en radio.
- (Des 6 à 9 pulsars gamma vus par EGRET, un n'est pas détectable en radio. Des collègues de GLAST en cherchent d'autres: « blind search ».)
- Plus la qualité des éphémérides radio est bonne, mieux se passe l'étude des pulsars gamma.
- La database ATNF est l'archive des mesures radio. Les grands radiotélescopes (Arecibo, Green Bank, Jodrell, Nançay, Effelsberg) s'engagent à mettre à jour régulièrement ces paramètres pour GLAST.
- Avec Nançay et les collègues NASA GSFC GSSC\*, nous sommes en train de roder ce processus.

\*gsfc = Goddard Space Flight Center (Greenbelt, Maryland)

Gssc = Glast Science Support Center



# Préparation des éphémérides: les tâches

---

1. Apprentissage des méthodes radio: comment passer des mesures de pulsations radio à la construction d'un jeu de paramètres de datation (« éphémérides »). Apprentissage du logiciel TEMPO.
2. Transfert des mesures de Nançay aux serveurs de données NASA.
  - a) Format LAT, format TEMPO (voir présentation D. Dumora)
  - b) Vérification de l'intégrité de nos databases « D4.fits »
3. Raffinement de la demande de temps faite à Nançay – modifier la liste, affiner le calcul de temps de pose, et du nombre d'observations nécessaires par an.

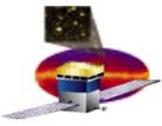


# Les observations et la chronométrie des pulsars au radiotélescope de Nançay

À voir: leur base de données  
pulsars « KLUN » sur WWW.

**Ismaël Cognard**

**Chargé de Recherche LPCE / CNRS Orléans**  
**[icognard@cnsr-orleans.fr](mailto:icognard@cnsr-orleans.fr)**



# Sujets de thèse

---

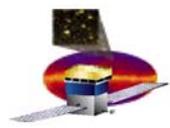
Supposons deux thèses...

- ❖ « Discovery of  $\gamma$ -ray emission from young spin-down powered pulsars »
- ❖ « Discovery of  $\gamma$ -ray emission from old, millisecond pulsars »

Il s'agit de:

1. Identifier les candidats radio et préparer des prédictions de flux gamma; modéliser les prédictions, simuler les cibles, et analyser les données simulées ; optimisation de la stratégie d'analyse et préparation des Instrument Response Functions (IRF) (2007) .
2. Acquérir les éphémérides nécessaires à la recherche d'émission gamma pulsée (2007) .
3. Analyse des vraies données. Pour les découvertes, spectroscopie résolue en phase et analyse des courbes de lumière. Pour les non-détections, limites supérieures (2008) .
4. Comparaison avec prédictions ; rédaction de publication(s) et de mémoire de thèse (2009).

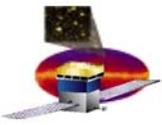
Les contributions des deux doctorants seront complémentaires: répartition de la réalisation des développements lourds, partage des outils et résultats intermédiaires.



# Sujets de stage (1)

---

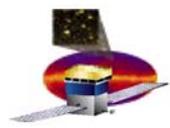
- A. Pour les 414 pulsars de DC2: plotter  $P$  vs  $dP/dt$ , et identification des populations: pulsars jeunes, pulsars milli-seconde, radio loud vs quiet, détectés vs invisibles. Plotter  $\log N$ - $\log S$ , pour les différentes populations: démonstration de la sensibilité. Recensement des morphologies des courbes de lumière. Prédiction du nombre de pulsars détectables par GLAST dans différents hypothèses.
- B. Identification d'une dizaine de vrais pulsars candidats à une émission gamma forte. Étude bibliographique multi-longueur d'onde. Modélisation et simulation des candidats, et analyse des données simulées. Spectroscopie résolue en phase. Décomposition du signal de son fond.
- C. Préparation d'éphémérides à partir de données radio de Nançay (base de données KLUN) avec le logiciel TEMPO. Chargement des éphémérides dans un fichier D4.fits du LAT. Une bande dessinée de barycentrisation. Réflexion sur contrôle de validité des éphémérides.



## Sujets de stage (2)

---

- D. Recherche de fausses détections: faire tourner le script de D. Parent sur des données simulées hors pulsars.
- E. Classement des 80 pulsars suivi par Nançay en ordre de d'émission potentielle gamma. Inter-classement avec les 136 pulsars que nous avons demandé à Nançay de suivre.
- F. Les gammas de classe « A » et « B » -- étude de la reconstruction des données brutes du LAT, initiation au détecteur.
- G. Étude d'une région du ciel en rayons gamma – le Cygne. Placer les pulsars dans le cadre des SNR, OB/WR\*, fond diffus, et cetera. Le likelihood pour une région dense... Faire une belle carte. Inclure des profils du fond diffus galactique, relier aux études de sensibilité de détection de pulsars. Cycle de vie des étoiles.
- H. Étude des différents modèles de rayonnement gamma dans les pulsars: calotte polaire, cavité externe, « slot gap ».



# divers

---

A. Xspec,

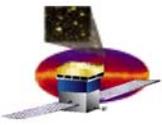
B. Dig out exercise you gave the DEA students and ask license students to do it.

**REQUIRED READING:** go to

<http://www-glast.slac.stanford.edu/software/DataChallenges/DC2/DC2Main.html>

Lire tout ce qui traite de « pulsars » au Kickoff et au Closeout.

- Bring up DC2 talks – show them web site, add link to this talk. Show them  $dP/dt$  vs  $P$  plots, etc.
- Show the whole sky movie!



# Calendrier...

---

**Semaine du mardi 6 juin:** choix de sujets, initiation au problème et à l'info

**Semaines des mardi 13 et 20 juin:** on bosse

**Mercredi 28 juin:** mini-atelier à Nançay – présentations des résultats.

**Jeudi 29 juin:** retour de Nançay, fin des stages.

**Un gros truc:** Tests sous faisceaux CERN en juillet aout septembre.  
**DD TR DS auront à préparer et à faire, la-bas à Genève.**

**Autre:** Réunion de collaboration, Stockholm 29 août

**Le(s) nouveau(x) thésard(s) nous accompagneront.**

DS à l'IAU le 22 août (Prague)

DS à l'IPF (Talence) le 4 juillet (avec vos résultats!)

Gilles Theureau (Nançay) à la SF2A le 26 juin ("GDR PCHE")  
(lui fournir résultats DC2 et stage prochainement...)