

GLAST

Un télescope spatial pour comprendre les phénomènes les plus violents de l'Univers



La naissance de la mission internationale GLAST



Observer des étoiles et des planètes, parfois des comètes et des galaxies, c'est possible même à l'œil nu. Pourtant nos yeux ne perçoivent qu'une infime partie de la lumière que nous envoient tous ces objets célestes. Les scientifiques ont donc construit des instruments pour pouvoir percevoir ce qui est invisible à nos yeux : des télescopes terrestres dans un premier temps, puis des télescopes spatiaux pour s'affranchir des effets boucliers, mais protecteurs, de notre atmosphère. Paradoxalement, l'astronomie moderne nous fait prendre conscience que nous restons encore aveugles à toute une partie de l'Univers dans lequel nous vivons. D'où l'intérêt de regarder autrement...

GLAST : UN NOUVEAU REGARD SUR L'UNIVERS

Certaines lumières invisibles nous sont familières comme les rayons X ou les micro-ondes. L'une d'entre elles, moins connue mais la plus énergétique, est le rayonnement gamma. Il est présent dans l'Univers et accompagne les phénomènes les plus violents du cosmos tels que les explosions des étoiles en fin de vie. Étudier ces rayons gamma le plus précisément possible : voilà tout l'enjeu de la mission internationale GLAST, lancée début 2008.

THE FRENCH TOUCH

Depuis son commencement, la France a été au premier rang de l'aventure de l'astronomie gamma. Il est donc logique, aujourd'hui, de compter sur une participation active de laboratoires français au sein de cette mission.

C'est le cas du Centre d'Études Nucléaires de Bordeaux-Gradignan (CENBG) dont les chercheurs ont apporté leur savoir-faire à cette collaboration par la mise au point du détecteur gamma, embarqué sur le satellite.

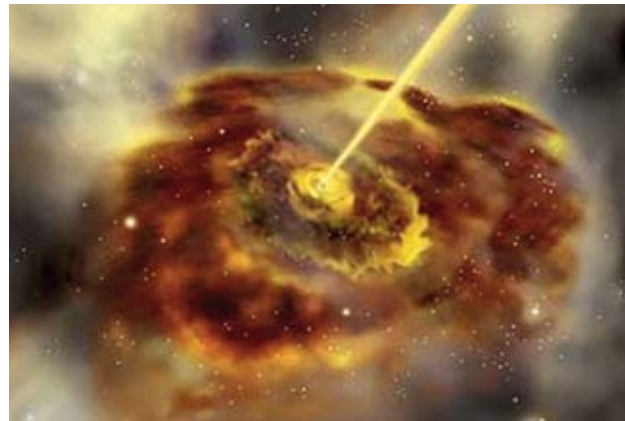
GLAST / CARTE D'IDENTITÉ

Nom	Gamma-ray Large Area Space Telescope ou GLAST (Grand télescope spatial de rayonnements gamma)
Nationalités	États-Unis, France, Japon, Italie, Suède et Allemagne
Laboratoires français	Centre d'Études Nucléaires de Bordeaux-Gradignan (CENBG), Laboratoire Leprince-Ringuet (LLR) de l'École Polytechnique, Laboratoire de Physique Théorique Appliquée (LPTA) de Montpellier et Service d'Astrophysique du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA/Sap) de Saclay
Lancement	Début 2008 à Cap Canaveral, Floride (États-Unis) par une fusée Delta II
Durée de vie	5 à 10 ans
Instruments	Large Area Telescope (LAT) et GLAST Burst Monitor (GBM)
Poids	4,2 tonnes (dont 3 tonnes pour le LAT)
Position	En orbite basse (550-600 km) autour de la Terre
Période de révolution	95 mn
Domaine spectral étudié	20 MeV – 300 GeV pour le LAT, 5 keV – 25 MeV pour le GBM

À la recherche des accélérateurs cosmiques

Les sources cosmiques, étudiées par l'astronomie gamma, sont des accélérateurs naturels de particules. Parmi elles figurent des astres appartenant à notre galaxie, relativement proches, tels les pulsars ou les restes d'étoiles en fin de vie. D'autres sont extérieures à la Voie Lactée et sont beaucoup plus puissantes que les précédentes, comme la fusion de deux astres. Les chercheurs du CENBG ont choisi de se concentrer sur deux types de sources en particulier : les noyaux actifs de galaxies et les pulsars.

LES NOYAUX ACTIFS DE GALAXIE



Noyaux actifs de galaxie

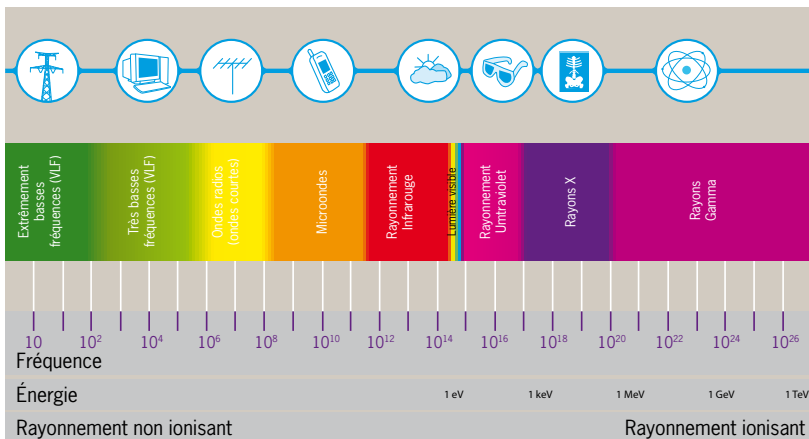
Quelques galaxies, présentes dans l'Univers, émettent en leur centre une quantité gigantesque d'énergie, excédant celle de l'ensemble de leurs étoiles. Ce sont les noyaux actifs des galaxies. Cette énergie provient des abords d'un trou noir super massif avalant les étoiles et le gaz environnant.

LES PULSARS



Nébuluse du Crabe. Vestige de la supernova observée par les Chinois en 1054. Avec son pulsar au centre, elle était visible en plein jour.

La fin de vie des étoiles massives est une explosion d'une violence inouïe, appelée supernova. Au terme de cette explosion se forme une étoile très petite, appelée étoile à neutrons. Son caractère exceptionnel provient du fait qu'elle a la même masse que notre soleil mais avec un diamètre de 10 km seulement, c'est-à-dire 70 000 fois plus petit que le Soleil. Elle s'apparente à une immense dynamo qui tourne des dizaines de fois voire des centaines de fois par seconde. Elle émet un faisceau d'ondes radio et des rayons gamma. Depuis la Terre, ce signal apparaît périodiquement, comme si on observait un phare marin. On l'appelle pulsar pour *pulsating radio source* ou étoile pulsée.

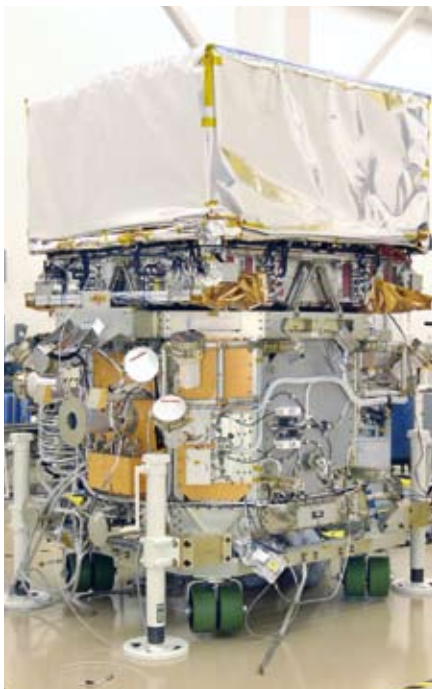


QU'EST-CE QUE LE RAYONNEMENT GAMMA ?

Le corps humain possède différents capteurs pour percevoir les ondes électromagnétiques qui nous entourent : l'œil voit ce qu'on appelle communément la lumière visible, la peau est sensible aux UV et aux infrarouges. D'autres sont imperceptibles comme les ondes radios ou les rayons X, mais sont utilisées quotidiennement. Le

rayonnement gamma est également une des manifestations de la lumière invisible, mais les rayons n'atteignent pas la Terre, protégée par l'atmosphère. Ces rayons gamma sont des particules de lumière ayant un million, voire un million de millions de fois plus d'énergie que les photons de la lumière visible. Ils sont créés naturellement dans l'Univers lors de phénomènes mettant en jeu des énergies prodigieuses.

Le télescope LAT, un grand saut en performance



Le LAT intégré sur GLAST

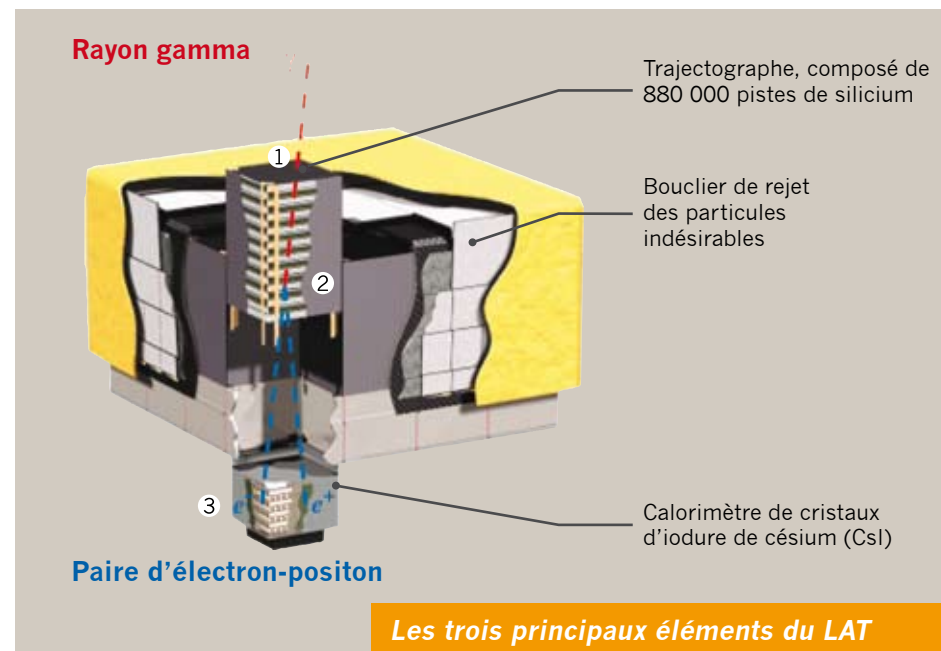
Le télescope spatial GLAST, mis en orbite par la NASA début 2008, possède une sensibilité de détection et une résolution angulaire fortement accrues par rapport à l'instrument précédent EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope), lancé en 1991 sur la mission spatiale CGRO (Compton Gamma Ray Observatory). Deux instruments sont ins-

tallés sur GLAST : un ensemble de détecteurs de sursaut gamma, le GLAST Burst Monitor (GBM) et un télescope de nouvelle génération, le Large Area Telescope (LAT). Ce dernier, l'instrument principal de GLAST, effectue des études fines d'un ensemble varié d'émetteurs de rayons gamma.

UN PEU DE TECHNIQUE...

Le LAT est composé de trois parties : un trajectographe constitué de pistes de silicium (880 000 pistes) permettant de déterminer la trajectoire donc la direction d'origine des rayonnements gamma, un calorimètre intégrant des cristaux scintillants (1 536 barreaux d'iodure de césium) servant à déterminer leur énergie et un dispositif de rejet des particules indésirables.

La technologie du silicium permet au télescope de voir 20 % du ciel à tout moment et de l'explorer entièrement en trois heures. Grâce à une sensibilité jamais atteinte auparavant, le LAT peut découvrir des émetteurs très faibles ou très lointains.



1. Le photon énergétique rencontre le trajectographe et se transforme en un électron et son anti-particule le positon.

2. Les signaux électroniques dans le silicium montrent les trajets de la paire électron-positon. Ils permettent d'obtenir la position de l'astre émetteur de rayons gamma dans le ciel.

3. Ces deux particules sont ensuite absorbées dans le calorimètre et génèrent de la lumière. Celle-ci est convertie en signal électronique qui correspond à l'énergie de la particule, donc du gamma.



David Smith, directeur de recherche au CNRS, responsable de la mission GLAST au CENBG, avec un module du calorimètre au Naval Research Laboratory (Washington, DC).

À Bordeaux, la maîtrise des énergies



Centre d'Études Nucléaires de Bordeaux-Gradignan

Le savoir-faire de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3/CNRS) dans la réalisation de détecteurs pour la physique sub-atomique (plus petit que l'atome)

a permis aux physiciens bordelais d'apporter leurs compétences dans l'étude de la réponse du calorimètre aux rayons gamma et aux autres particules de l'Univers.

Ce travail de plusieurs années de recherche a permis aux chercheurs du CENBG de contribuer activement aux tests de performance de ce détecteur. Pour cela, plusieurs campagnes de mesures ont été effectuées de 1999 à 2005 sur différents accélérateurs de particules européens.

Des prototypes réalisés au laboratoire ont été bombardés de faisceaux de particules de même nature que celles présentes dans l'espace. La réponse du calorimètre a été comparée à celle prédite par des calculs théoriques afin de vérifier la bonne compréhension de son fonctionnement.

DOMAINE D'ÉNERGIE – LE « GeV »

GLAST cartographie le ciel dans le domaine des énergies comprises entre 0,03 et 300 milliards d'électrons volts ou GeV (« giga électron-volts »). Un électron-volt est l'énergie acquise par une particule avec la charge d'un électron soumise à une tension d'un volt et correspond à l'énergie des photons de la lumière visible.

LES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES

Les accélérateurs de particules sont des instruments qui utilisent des champs électriques et/ou magnétiques pour amener des ions à des vitesses élevées.

Les accélérateurs utilisés pour les mesures de GLAST sont au GANIL (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds) à Caen, au GSI (Gesellschaft für Schwerionenforschung) à Darmstadt en Allemagne, et au CERN (organisation européenne pour la recherche nucléaire) à Genève.



Ci-dessus : Grand Accélérateur National d'Ions Lourds (GANIL) © GANIL

Ci-contre : Accélérateur SPS (Super Proton Synchrotron) du CERN © CERN



Du satellite au laboratoire

LES ATTENTES DES CHERCHEURS

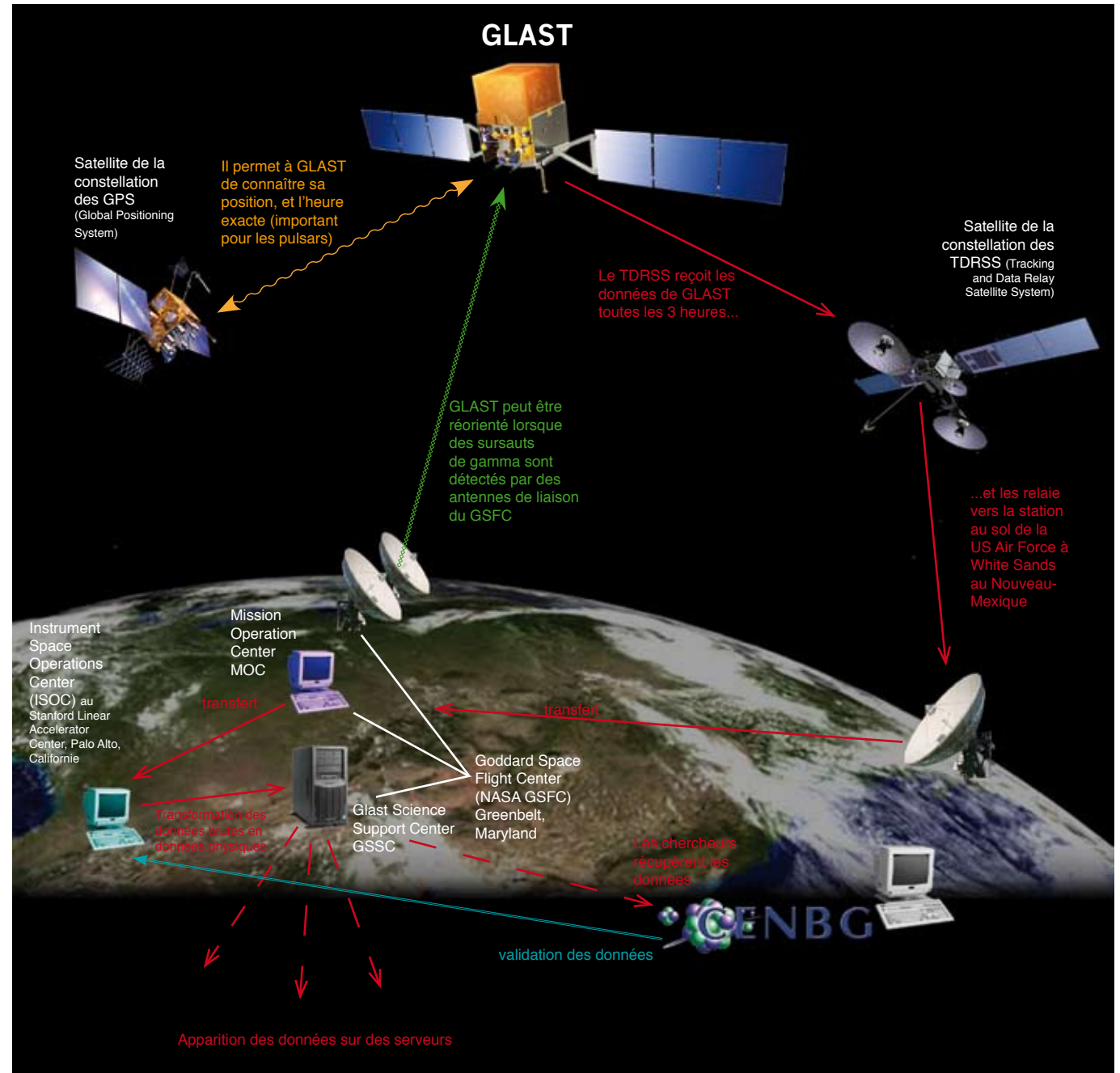
GLAST, 25 fois plus sensible que ne l'était EGRET, va permettre de faire un bond très important en astronomie gamma. Ce dernier avait détecté neuf pulsars (six détections certaines et trois autres seulement candidats) et 271 sources de rayon gamma, dont 60 % n'ont pas été identifiées. Avec GLAST, les scientifiques, notamment ceux du CENBG, attendent des milliers de sources en rayons gamma dès la première année, dont plusieurs dizaines de pulsars et une majorité de noyaux actifs de galaxies. Ils espèrent même découvrir de nouvelles classes d'objets et détecter la matière noire.

UN AN DONNÉ PAR LA NASA

Pour maximiser le potentiel de découvertes, les laboratoires internationaux, ayant travaillé sur la préparation de GLAST, vont analyser les données. Eux seuls ont accès à un catalogue de données. Au bout d'un an de mise en orbite de GLAST, toutes les données vont être rendues publiques.

L'EXPERTISE DES PHYSICIENS BORDELAIS

Durant plusieurs mois, les chercheurs bordelais ont mis au point des logiciels pour analyser les données transmises par GLAST. Ils ont pu les tester, avec succès, lors de simulations.



Une collaboration internationale



LES GRANDES ÉTAPES DU LAT

1. Palo Alto / *Stanford Linear Accelerator Center* : maîtrise d'œuvre et assemblage du LAT

2. Washington / *NASA Goddard Space Flight Center et Naval Research Laboratory* : construction des modules du calorimètre et tests environnementaux du LAT

3. Gilbert / *General Dynamics C4 Systems* : télescope fixé sur le satellite

4. Cap Canaveral / *NASA Kennedy Space Flight Center* : satellite fixé sur sa fusée

5. Bordeaux / *CENBG* : caractérisation du détecteur avec faisceau de particules, chronométrie radio et contrôle des horloges du satellite

6. Montpellier / *Laboratoire de Physique Théorique & Astroparticules* : étalonnage en énergie

7. Paris / *Laboratoire Leprince-Ringuet de l'École Polytechnique* : structure mécanique du calorimètre

8. Pise / *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare* : trajectographe en Silicium

9. Stockholm / *Royal Institute of Technology KTH et Stockholms Universitet* : tests des cristaux de CsI

Les laboratoires impliqués dans GLAST **Pour le LAT.** *États-Unis* : Stanford Linear Accelerator Center • NASA Goddard Space Flight Center • U.S. Naval Research Laboratory • Ohio State University • University of California (Santa-Cruz) • Sonoma State University • University of Washington • Texas A&M University-Kingsville - *France* : Centre d'Études Nucléaires de Bordeaux-Gradignan • Service d'Astrophysique, DAPNIA, CEA Saclay • Centre National d'Études Spatiales • Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules • Laboratoire Leprince-Ringuet de l'École Polytechnique • Laboratoire de Physique Théorique et Astroparticules, Montpellier - *Japon* : University of Tokyo • Tokyo Institute of Technology • Institute for Cosmic-Ray Research • Institute for Space and Astronautical Science • Japan Aerospace Exploration Agency • Hiroshima University - *Italie* : Istituto Nazionale di Fisica Nucleare • Istituto di Fisica Cosmica • Università di Bari • Università di Padova • Università di Perugia • Università di Pisa • Università di Roma 2 • Università di Trieste • Università di Udine - *Suède* : Royal Institute of Technology • Stockholms Universitet. **Pour le GBM.** *États-Unis* : National Space Science and Technology Center • Marshall Space Flight Center • The University of Alabama (Huntsville) - *Allemagne* : Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik.



CENBG

Chemin du Solarium - Le Haut-Vigneau BP 120 - 33175 GRADIGNAN

Tél. : 05 57 12 08 04 - Fax : 05 57 12 08 02 - www.cenbg.in2p3.fr

<http://glast.in2p3.fr>

Directeur de la publication : Bernard Haas, directeur du CENBG • Réalisation : Juin - Juillet 2007 • Responsable scientifique : David A. Smith • Chargée de communication : Danielle Dassié • Stagiaire communication : Emilie Klein • Rédaction et graphisme : CENBG et Service Culture Communication Bordeaux 1 (journaliste scientifique : Delphine Charles, graphiste : Anne Tsvétoukhine) • La délégation Aquitaine-Limousin du CNRS, l'Université Bordeaux 1 et l'UFR de Physique sont remerciés pour leur collaboration • Crédit Photo : sauf mention contraire © NASA • Impression : Université Bordeaux 1 / 33 Impression.

