

SVOM et le télescope Colibri

J.F. Le Borgne



Le satellite SVOM

La mission SVOM est une mission franco-chinoise consacrée à l'étude des plus lointaines explosions d'étoiles, les sursauts gamma (GRB). Elle a été lancée le 22 juin 2024 depuis la base de lancement de Xichang.

Depuis le 27 juin 2024, SVOM a détecté 233 sursauts gamma, dont 198 par l'instrument GRM et 80 par l'instrument ECLAIRs.

<https://www.svom.eu/>

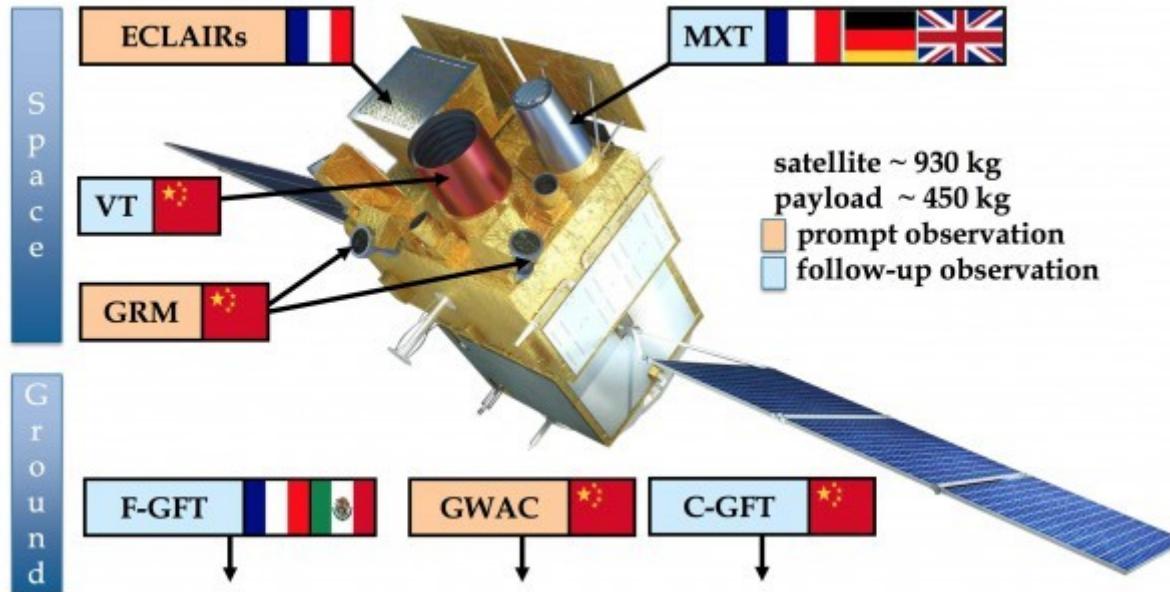


Le modèle de qualification du satellite SVOM à Shanghai pendant les essais en vide thermique, octobre 2019, crédit SECM.

Le satellite SVOM

La mission comporte 4 instruments principaux dont 2 sont français (ECLAIRs et MXT) et 2 sont chinois (GRM et VT) :

- le télescope ECLAIRs pour détecter et localiser les sursauts gamma dans la bande des rayons X et des rayons gamma de basse énergie (de 4 à 250 keV).
- le télescope MXT (Microchannel X-ray Telescope) pour l'observation du sursaut gamma dans le domaine des rayons X mous (de 0.2 à 10keV)
- le détecteur de sursaut gamma GRM (Gamma Ray Burst Monitor) pour mesurer le spectre des sursauts à haute énergie (de 15 keV à 5000 keV).
- le télescope VT (Visible Télescope) opérant dans le domaine visible pour détecter et observer l'émission visible, produite immédiatement après un sursaut gamma.



Le satellite pèse un poids total de 930 kg pour une charge utile de 450 kg.

Il est sur une orbite terrestre basse avec une inclinaison de 30 degrés, une altitude de 625 km et une période orbitale de 96 min.

Les Sursauts gamma

Explosions stellaires rares

- Puissance équivalente à 10^{18} fois celle du soleil.

Bien supérieure à celle des SN.

=> émission dans les rayons gamma

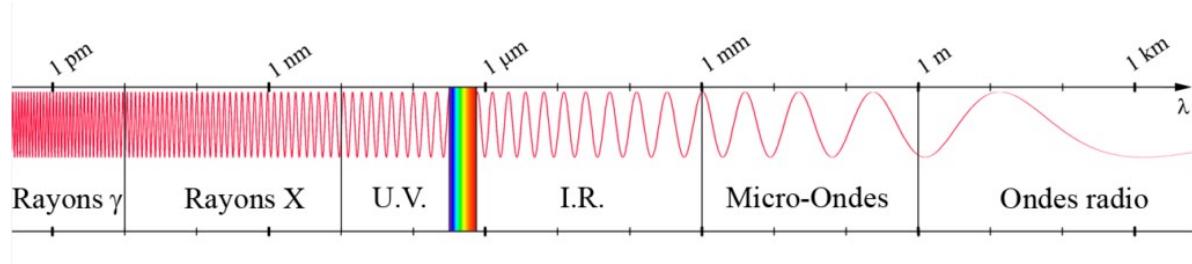
- Visible à des distances « cosmologiques »



Deux scénarios possibles :

- la fusion de deux objets compacts
(étoile à neutron ou trou noir)

- l'effondrement d'une étoile très massive.



Les Sursauts gamma

La durée du sursaut correspond à deux types d'origine possibles :

- Lorsque la durée est de moins de 2 secondes, le sursaut est appelé **sursaut court**.

Ce flash serait issu de la coalescence de deux objets massifs et compacts : des étoiles à neutrons, ou une étoile à neutron et un trou noir.

Ces deux astres, en orbite, finissent par “tomber” l'un sur l'autre (perte d'énergie par émission d'ondes gravitationnelles). De cette rencontre ultime va naître un nouveau trou noir.

- Dans le cas des **sursauts longs**, de durée supérieure à 2 secondes, il s'agit de la fin de vie d'une hypernova, étoile dont la masse est supérieure à 20 fois celle du soleil subissant un effondrement gravitationnel. Un trou noir se crée brusquement entraînant des ondes de chocs qui font exploser le reste de l'étoile et percent l'enveloppe stellaire : les couches externes sont violemment expulsées.

	Sursauts courts	Sursauts longs
Durée	Inférieure à 2 secondes	De 2 secondes à plusieurs dizaines de minutes
Durée moyenne	0,3 secondes	30 secondes
Energie du maximum d'émission (Epic)	De 2 à 1500 keV (kiloélectronVolt)	Aux alentours de 100 keV
Proportion parmi les sursauts gamma observés (données BATSE)	30%	70%
Origine supposée	Coalescence de deux étoiles à neutrons ou une étoile à neutron et un trou noir	Fin de vie d'une étoile massive

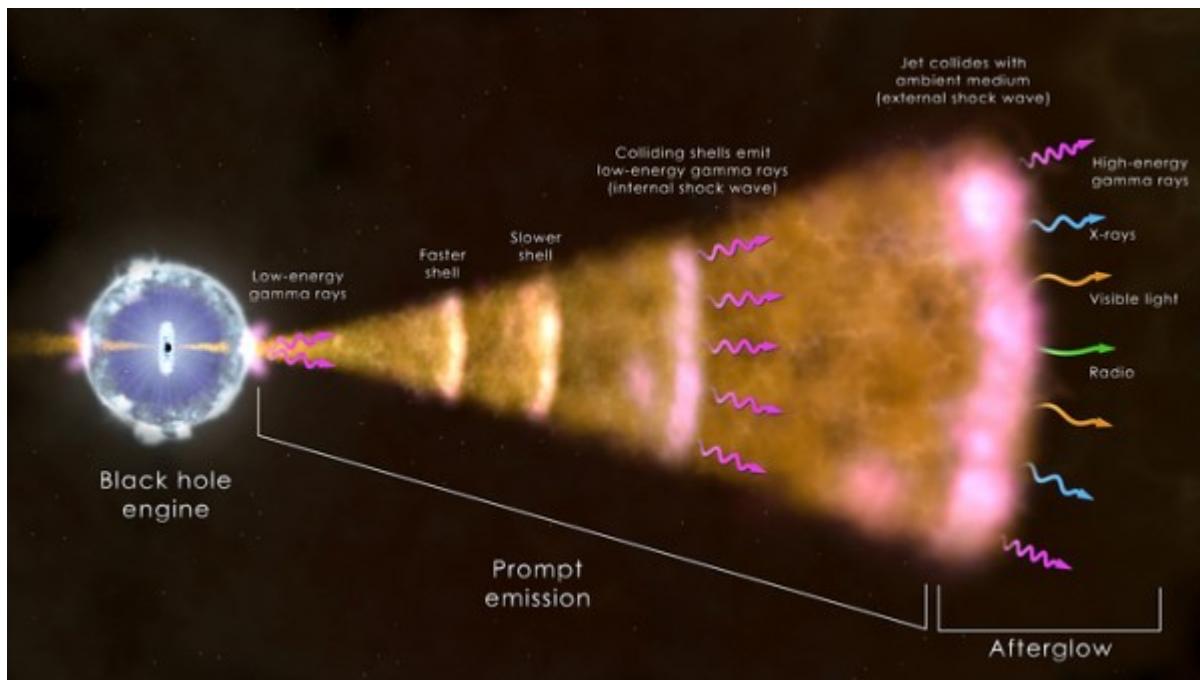
Détection de sursauts gamma : émission prompte

Formation d'un disque d'accrétion épais autour du trou noir en rotation rapide.

Une partie de la matière est expulsée sous la forme de deux jets opposés dans l'axe de rotation du disque.

Cette éjection à très forte vitesse engendre les chocs qui font apparaître le sursaut gamma.

Pour percevoir sa lumière, **l'observateur doit se trouver dans l'alignement de l'axe d'émission.**



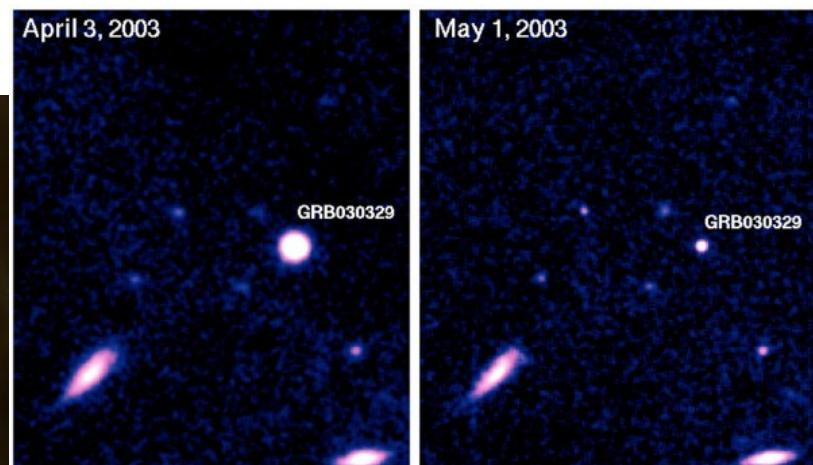
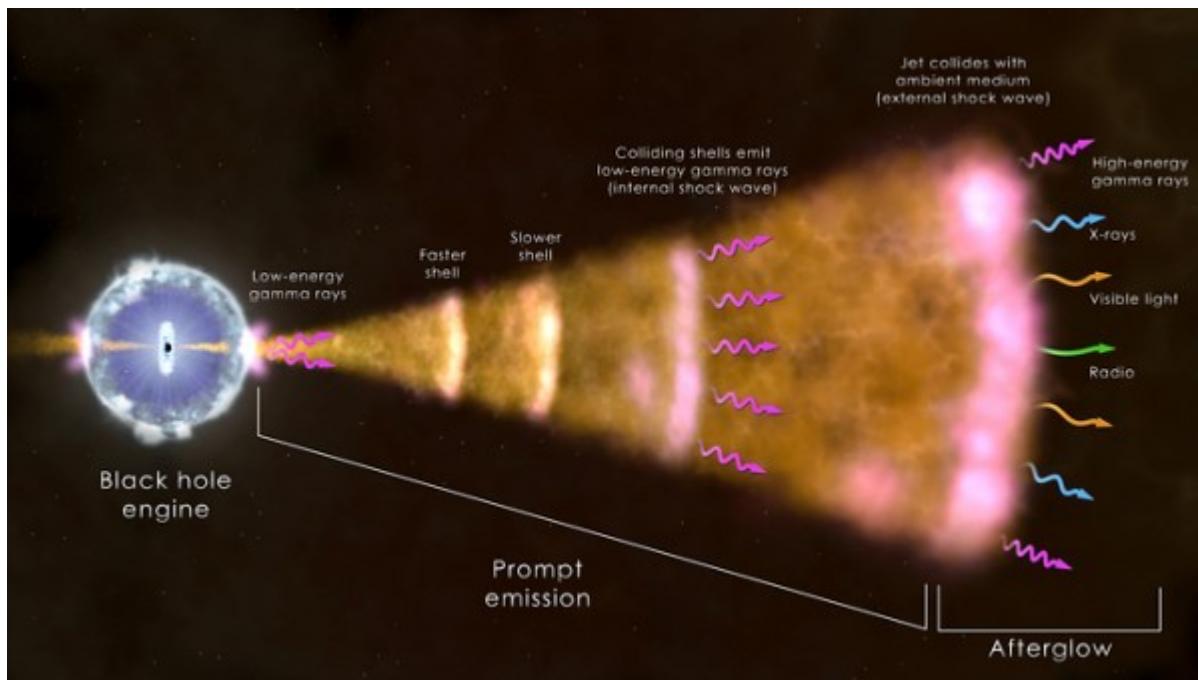
Détection de sursauts gamma : afterglow (émission rémanente)

Émission conséquence de la **collision du choc du jet avec le milieu interstellaire**.

L'émission de l'afterglow se fait dans toutes les longueurs d'onde.

Elle dure plus longtemps, de quelques heures à quelques mois.

D'où la possibilité de l'**observer dans le visible**.

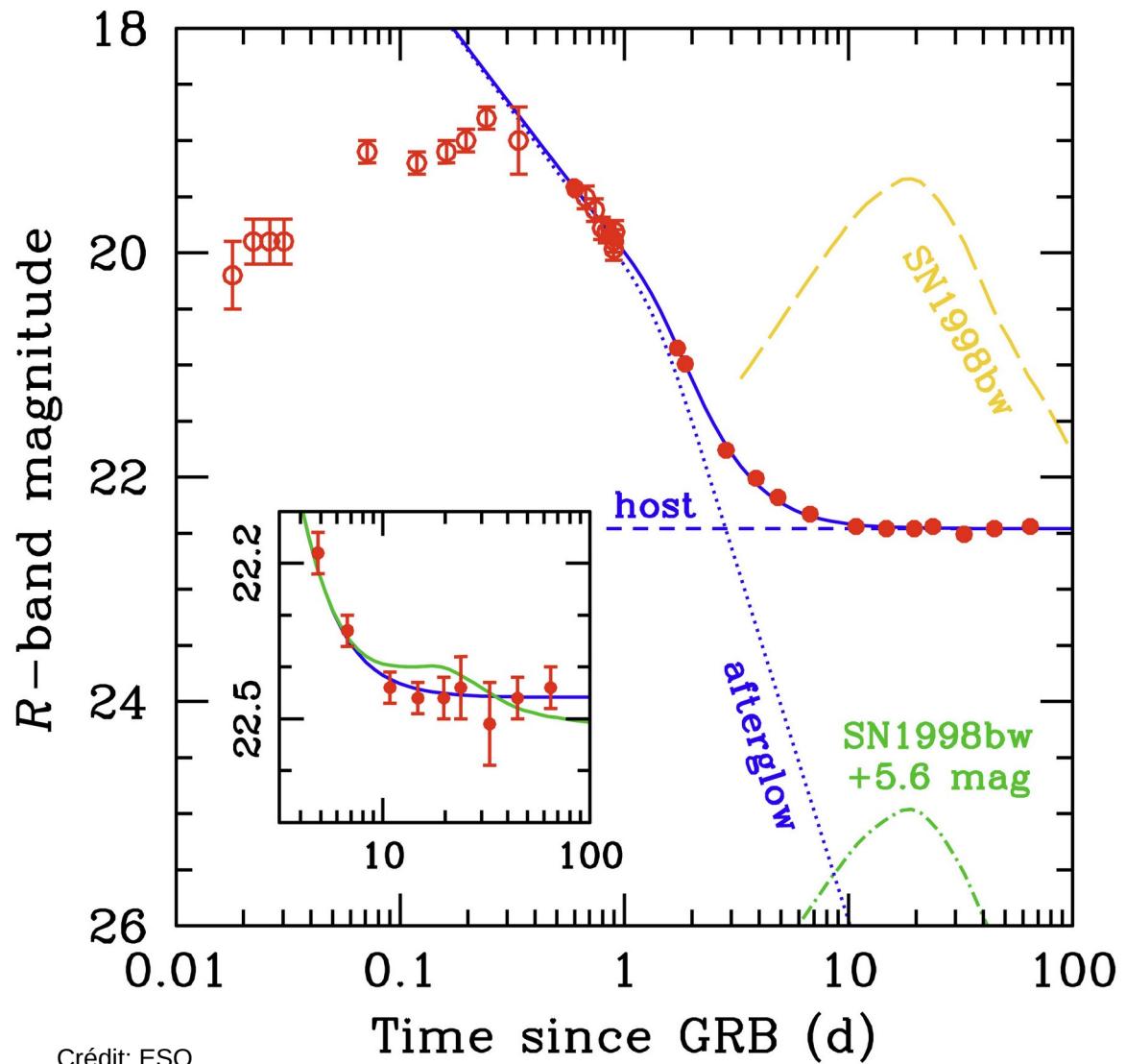


A gauche, Cliché obtenu le 3 avril 2003 de l'émission rémanente en visible du sursaut apparu le 29 mars 2003. A droite, un mois plus tard, l'émission est toujours visible mais plus faible car elle décroît progressivement. Crédit : ESO

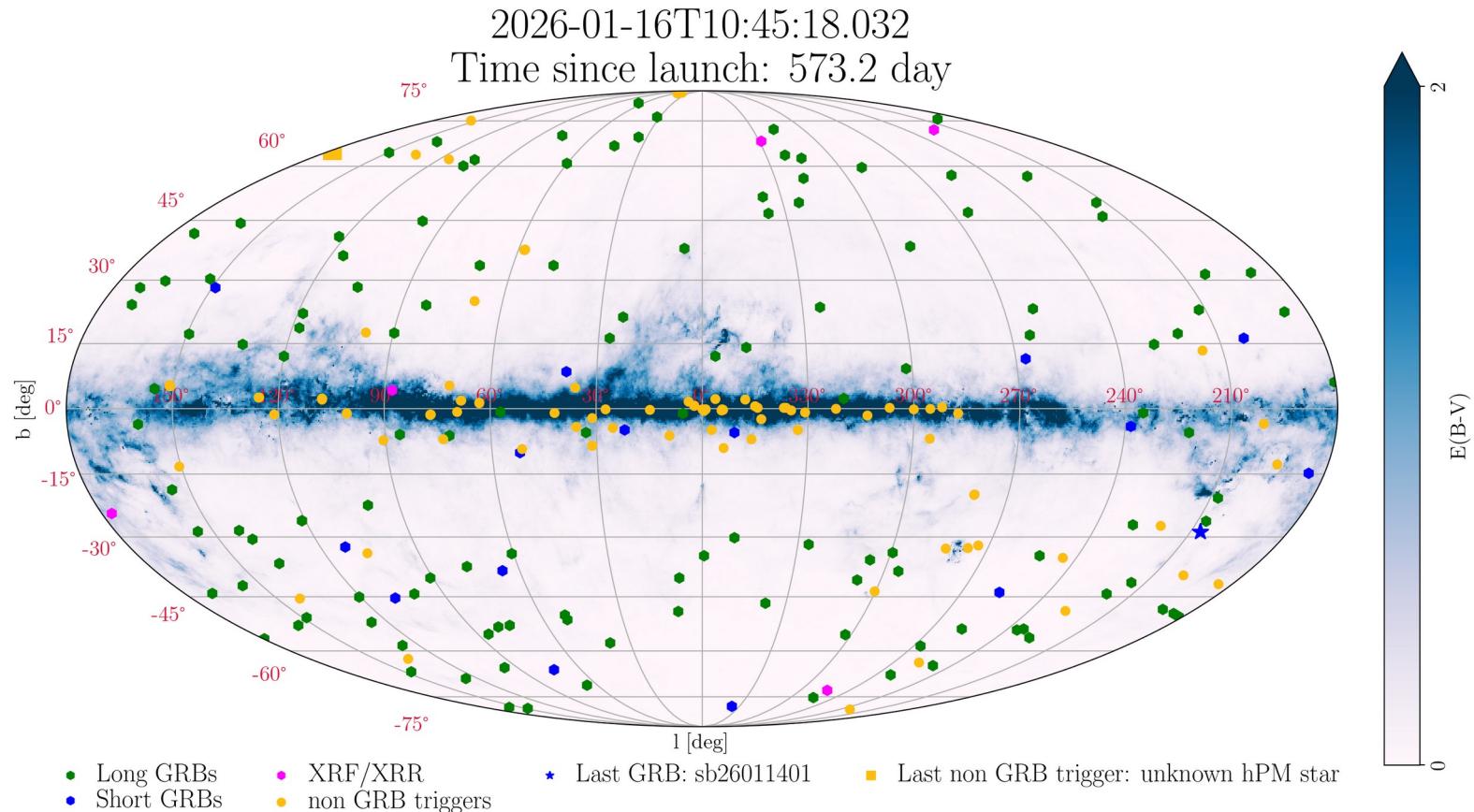
Courbe de lumière d'un GRB

Magnitudes dans un filtre rouge
Entre 14mn et 100 jours

« host » : magnitude de la galaxie hôte.



Répartition des GRBs : origine extragalactique



Détection de sursauts gamma : afterglow (émission rémanente)

Nécessité de pointer rapidement après une alerte : le satellite commande directement les télescopes au sol.

Depuis 25 ans :

Télescopes Tarot (Télescope à Action Rapide pour les Objets Transitoires)

(A. Klotz et M. Boër)

Diamètre 25 cm, champ des caméras $2^\circ \times 2^\circ$.

Tarot – Calern, France



Tarot – La Silla, Chili



Détection de sursauts gamma : afterglow (émission rémanente)

Les télescopes robotiques GFT (Ground Follow-up Telescope) accompagnent SVOM pour le suivi des GRBs dans le visible et le proche-infrarouge.



Le dome et le télescope de suivi au sol chinois (C-GFT) de 1 m de diamètre, à l'observatoire de Jilin (Jilin, Chine).

Détection de sursauts gamma : afterglow (émission rémanente)

Les télescopes robotiques GFT (Ground Follow-up Telescope) accompagnent SVOM pour le suivi des GRBs dans le visible et le proche-infrarouge.

Le F-GFT « Colibri », San Pedro Martir, Mexique

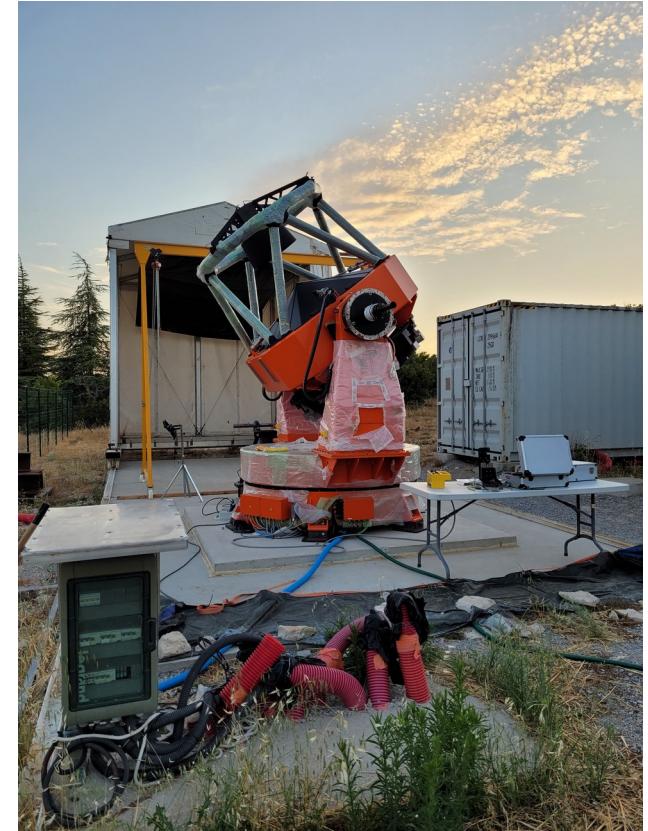
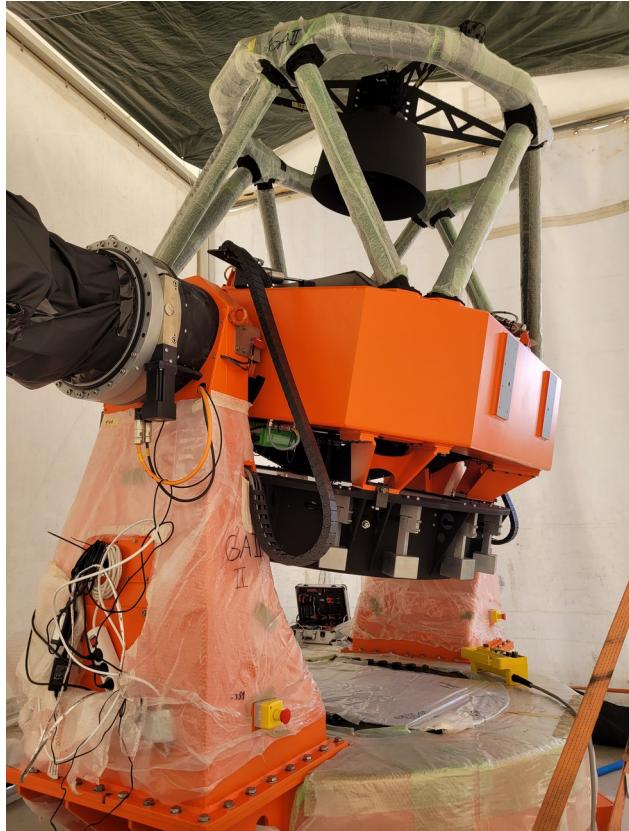


Conception du projet (~2005-~2015) : IRAP, Toulouse

- conception du télescope (1m → 1.3m)
- choix du constructeur : Astelco, Munich
- des caméras visible et proche-infrarouge
- choix du site d'observation
- montage de la collaboration avec le Mexique

Construction du télescope (~2015-~2024) : LAM, Marseille + OHP

Assemblage et test de Colibri à l'Observatoire de Haute Provence (2021)

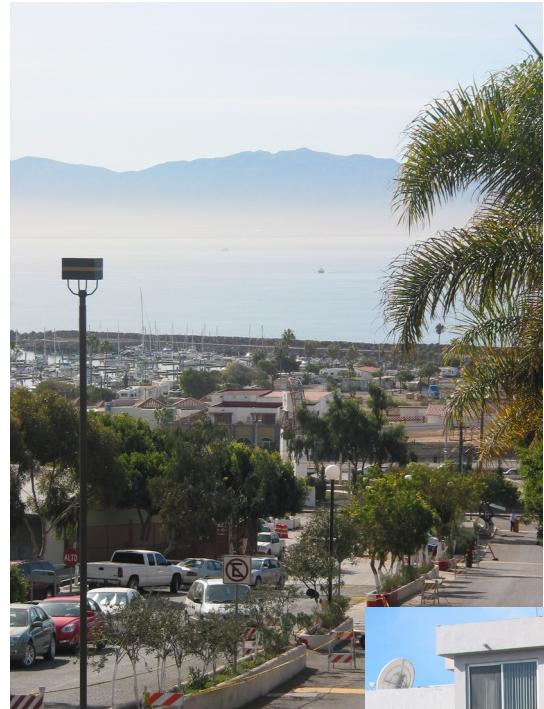


Visite de l'observatoire de San Pedro Martir, 2009

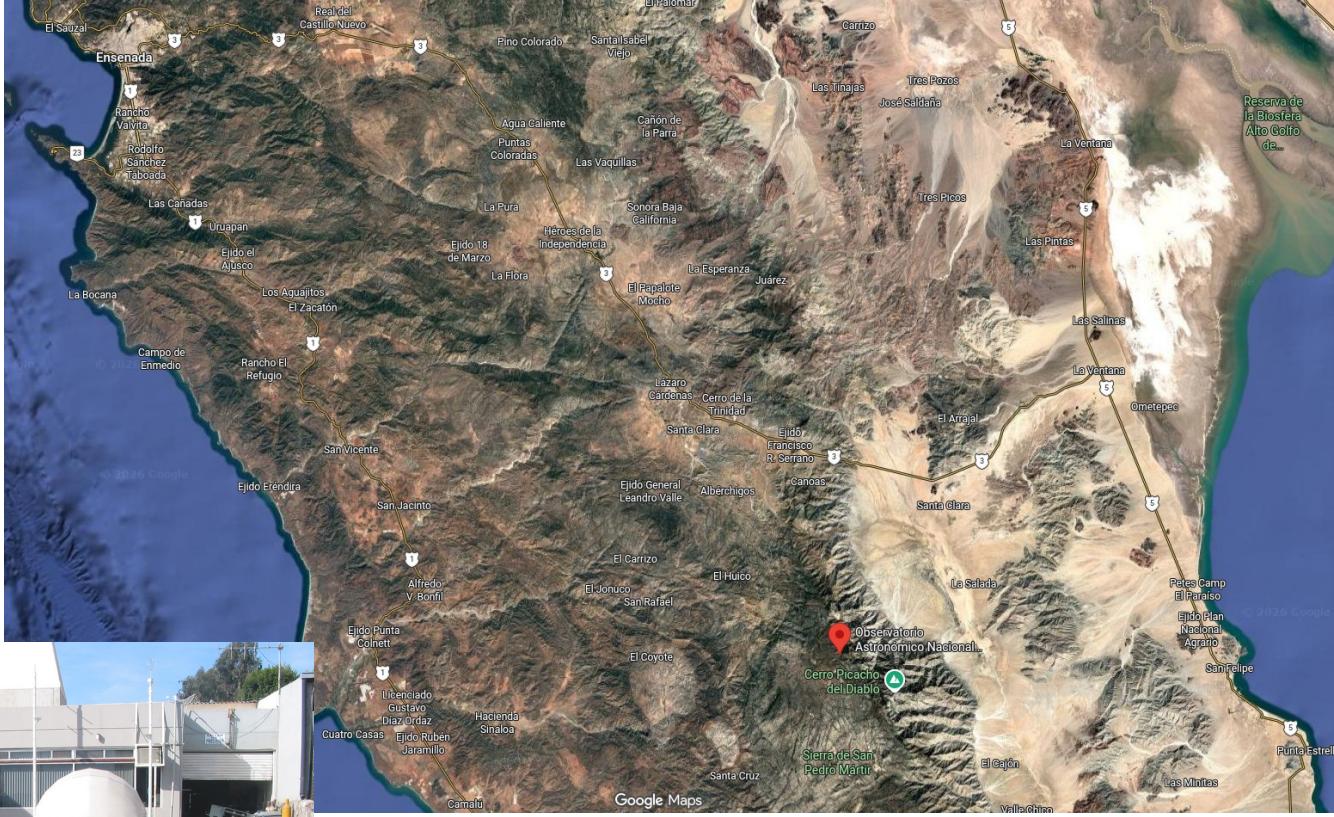
Organisée par l'Ambassade de France et l'IA-UNAM
(Universidad Nacional Autónoma de México).

Une partie de la délégation de
l'Ambassade a ainsi pu monter à
l'observatoire.

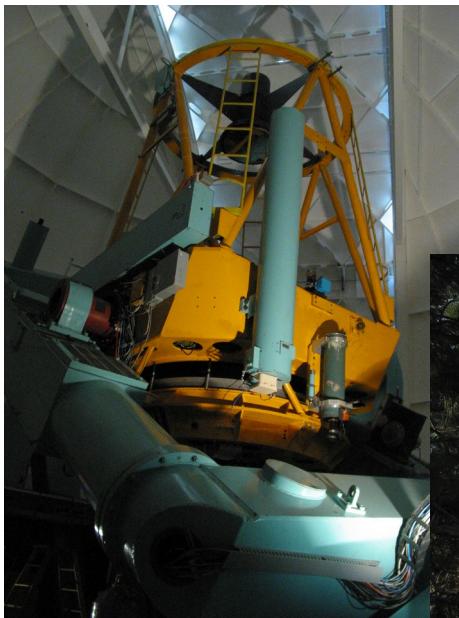




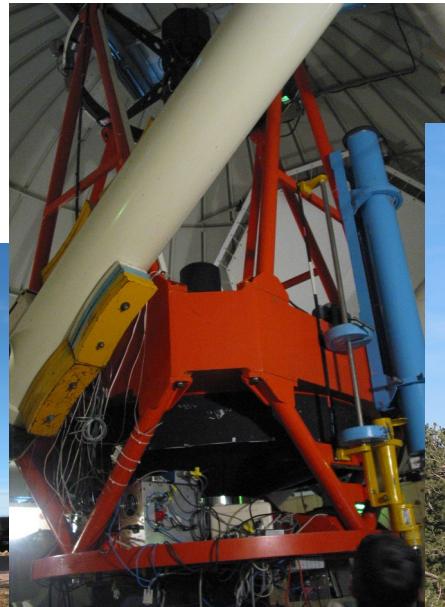
Ensenada



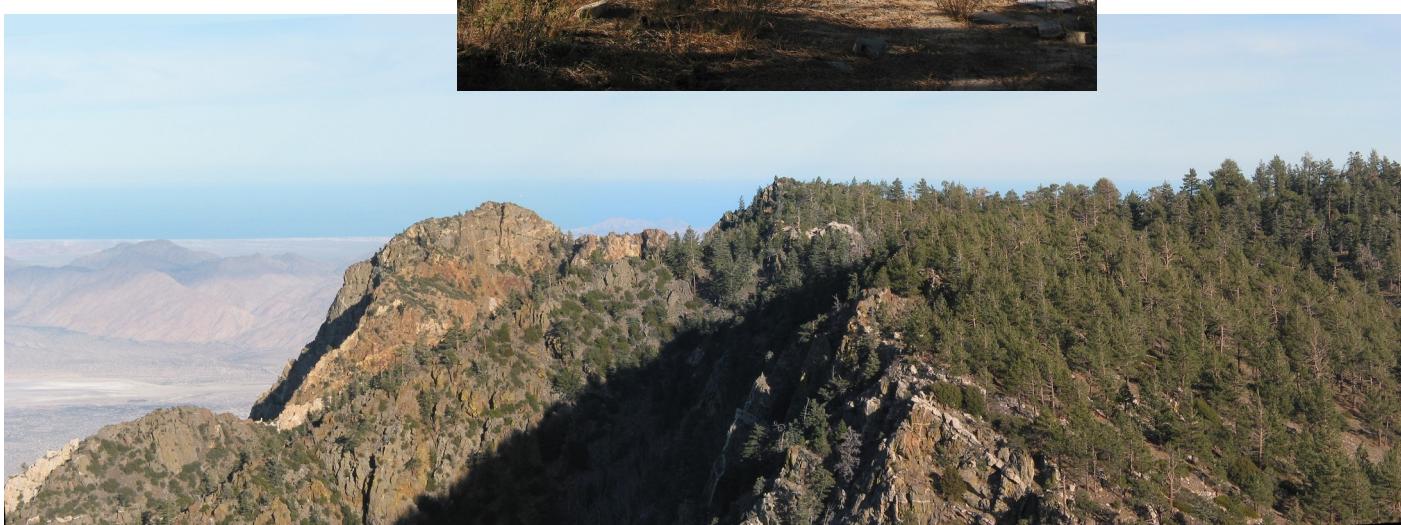
Institut d'astrophysique à Ensenada



Télescope de 1.5m



Télescope de 2.1m





La Residencia



Les groupes électrogène