

Image credit: DESY / Science Communication Lab.

# SVOM, à l'étude des cataclysmes de l'Univers

Damien Dornic (CPPPM)

Conférence grand-public - 12/10/2024



# Brève histoire de l'astronomie

En résumé, on peut classer 4 grandes périodes:

- De -10000 au 18ème siècle: **astronomie visible** (position / magnitude)
- 19ème siècle: révolution de la **spectroscopie** (composition / distance)
- 20ème siècle: révolution de l'**astronomie multi-longueurs d'onde**
- 21ème siècle: révolution de l'**astronomie multi-messagers**



Optical: NASA/HST/ASU/J. Hester et al. X-Ray: NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.

Nébuleuse du crabe vu par Hubble (rouge) et par Chandra (bleu)

# Astronomie visible

Depuis l'antiquité, les hommes ont toujours regardé le ciel, utilisé la position des étoiles (des constellations) pour s'orienter, se situer dans le temps...

Avec la 1<sup>ère</sup> lunette créée par Galilée en 1609, on entre dans une nouvelle ère: on fait de l'astronomie, c'est à dire qu'on cartographie le ciel (positions et magnitudes). De nos jours, on a installé des télescopes partout dans le monde et dans l'espace.



Colibri



GWAC



VLT



Hubble HST

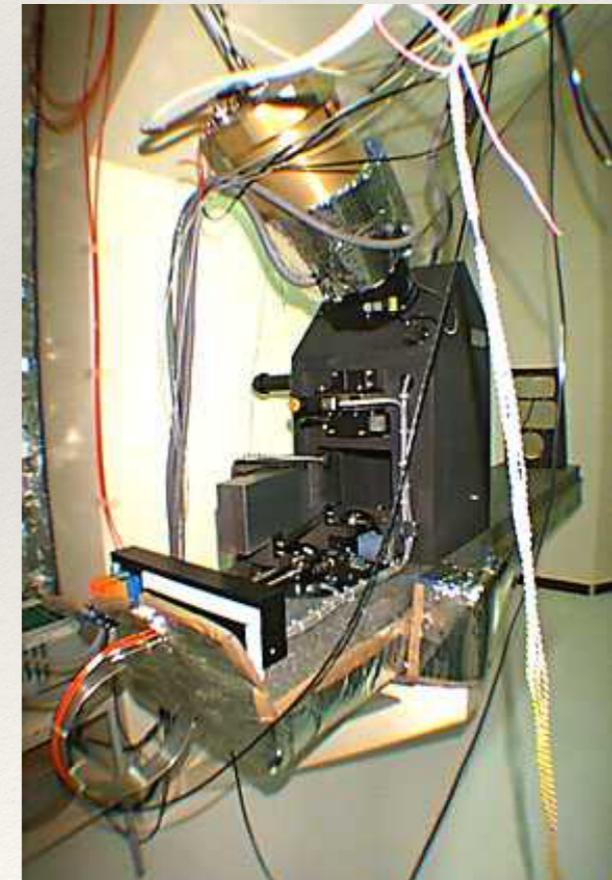
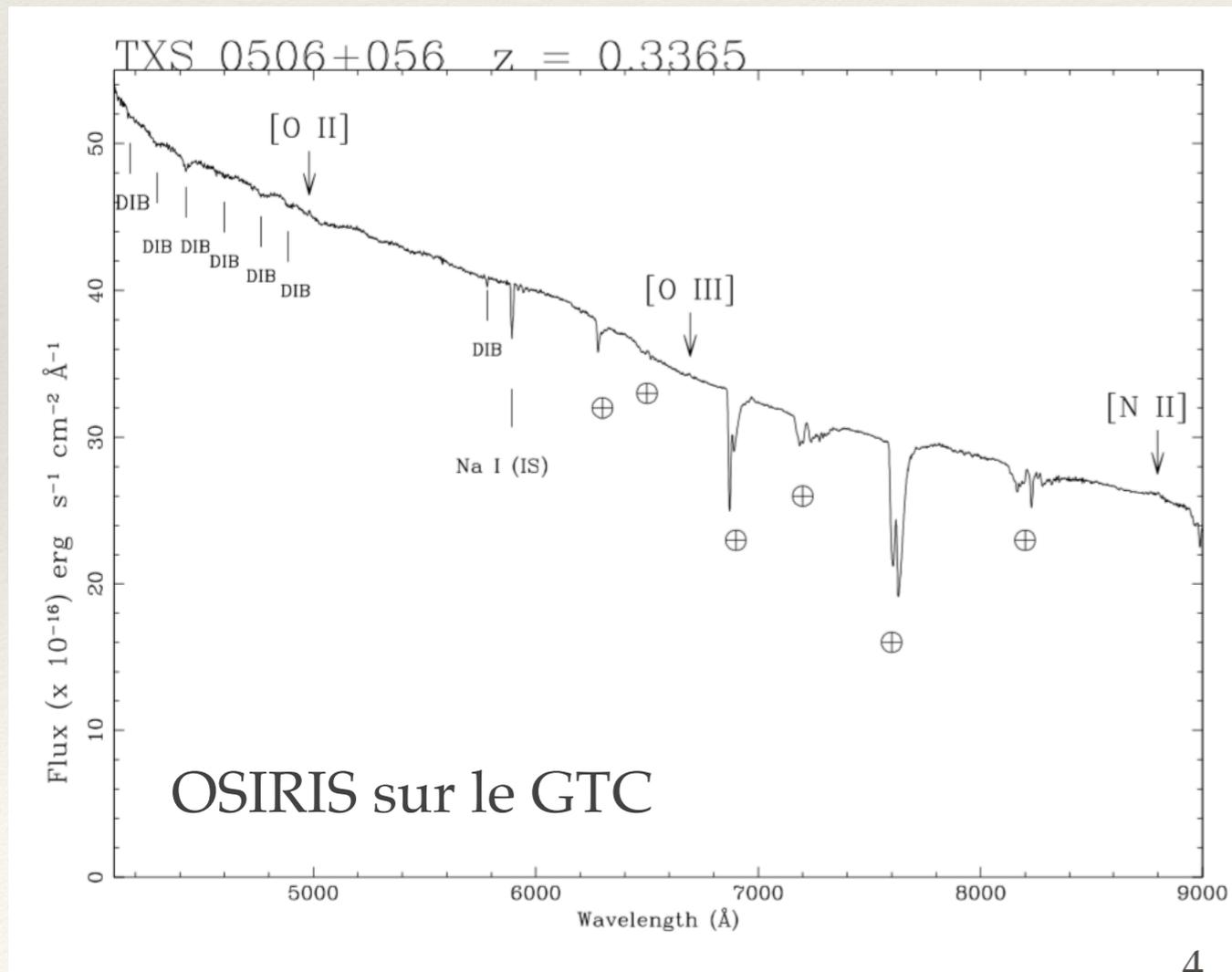
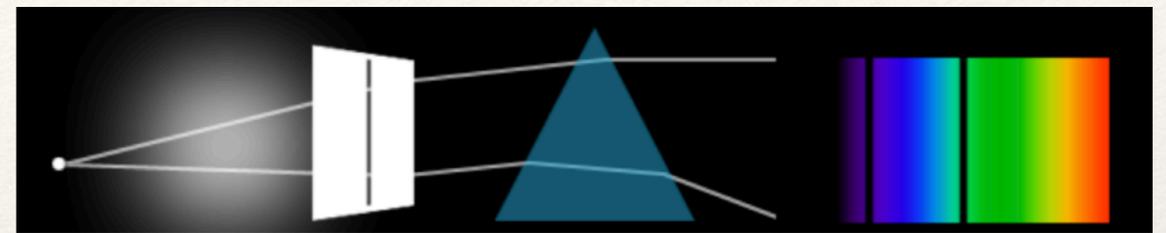
# Spectroscopie

2<sup>ème</sup> grande révolution: la spectroscopie

⇒ Donne pour la première fois accès à la

**composition et aux distances des objets célestes**

(via le décalage des raies absorption vers le rouge)

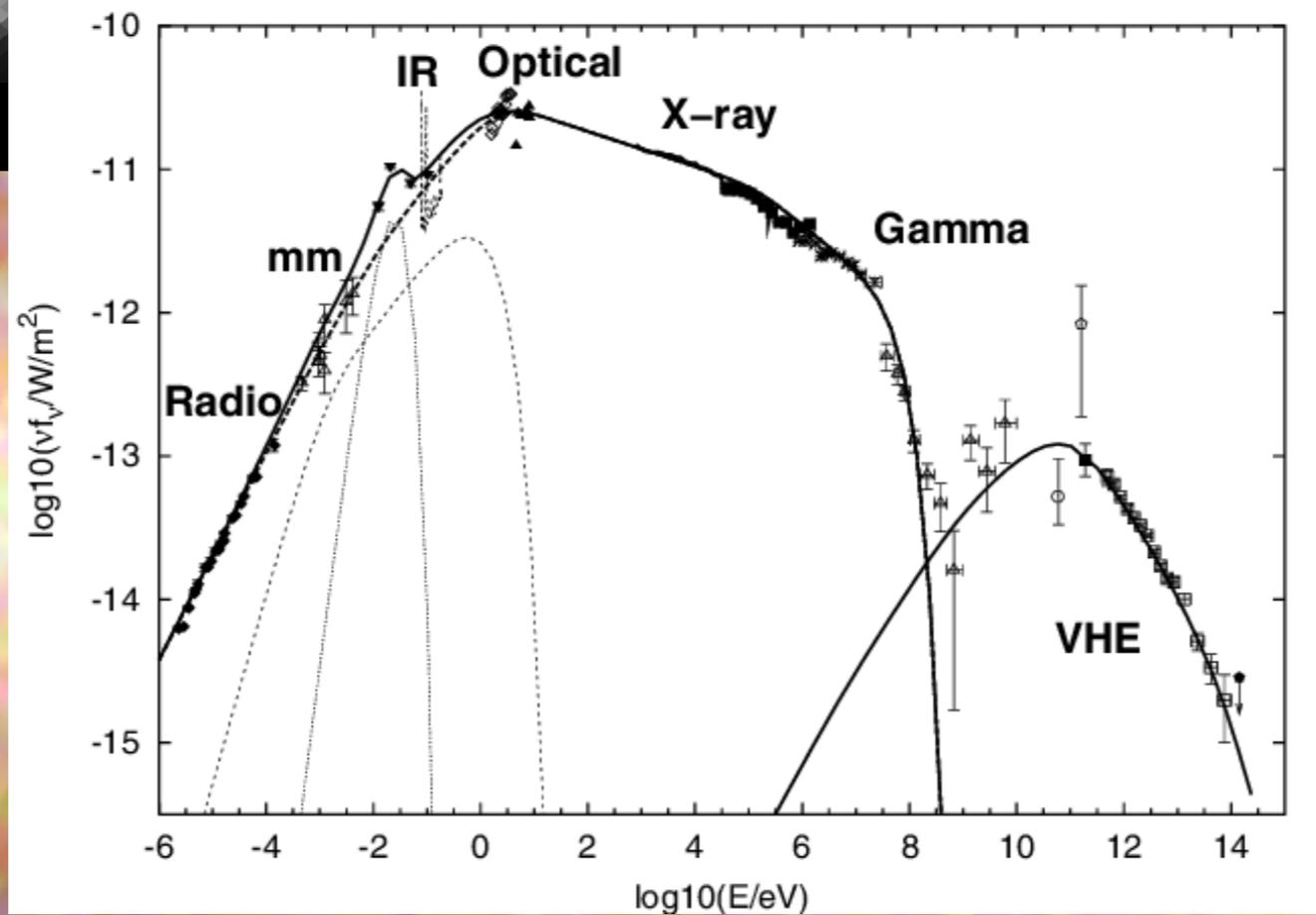
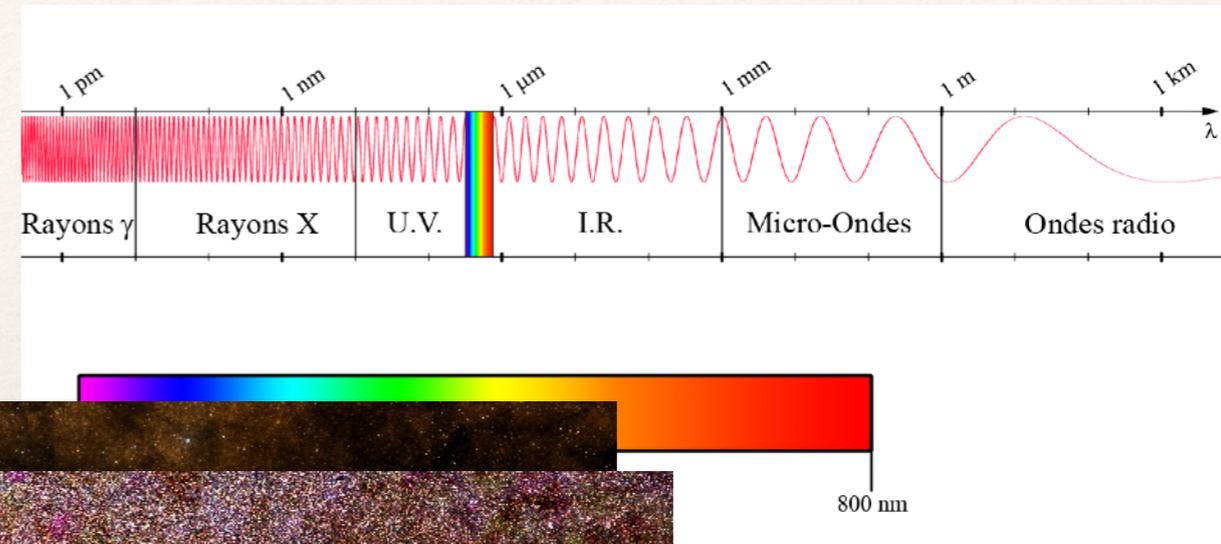


Elodie sur le telescope 193cm à l'OHP



# Astronomie multi-longueurs d'onde

La 3ème révolution est l'extension de l'astronomie optique à toutes les longueurs d'onde des ondes radio jusqu'au rayons  $\gamma$  de très haute énergie



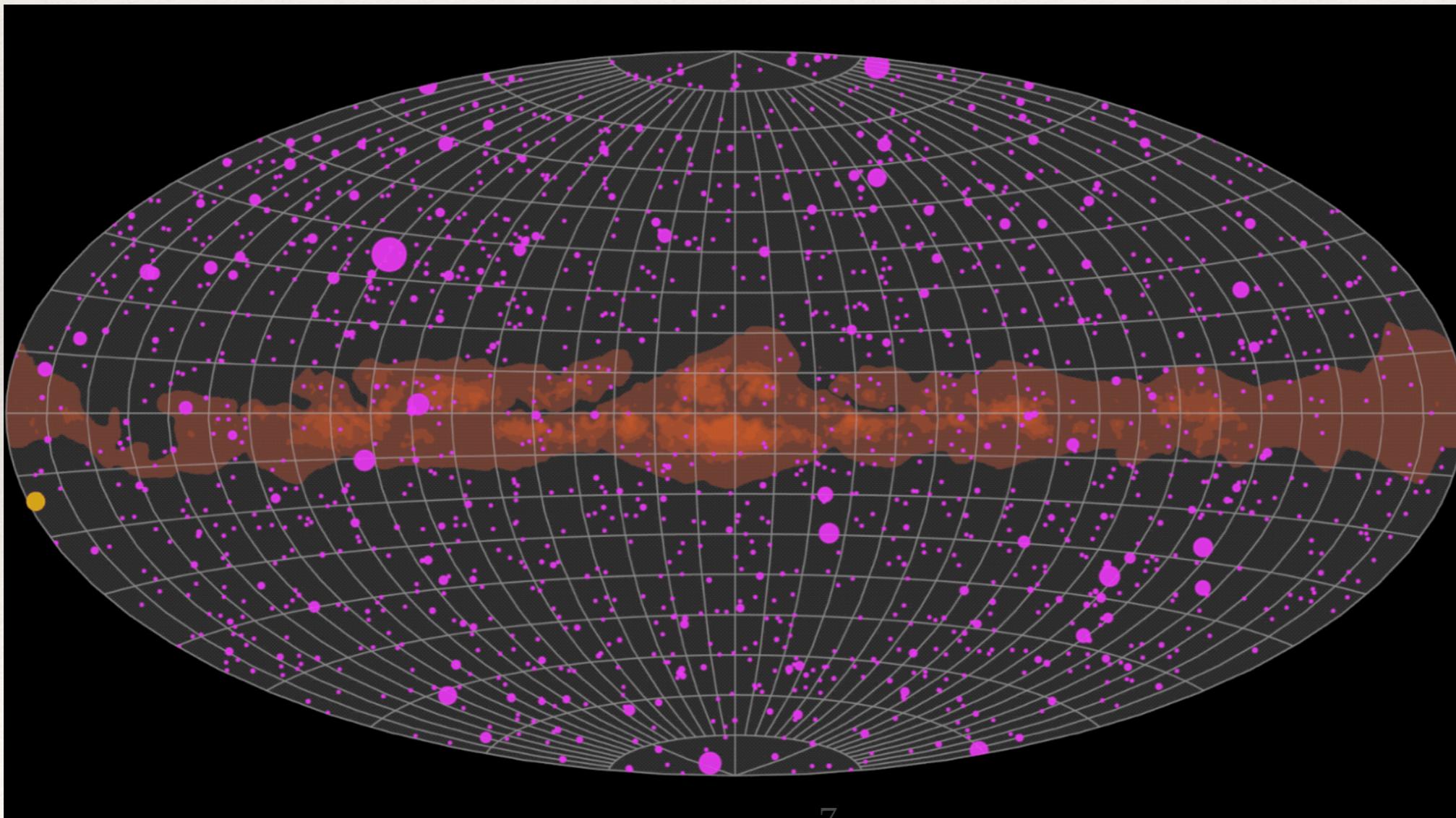
Visible  
Infrarouge  
Radio  
Rayon X  
Rayon  $\gamma$   
Distribution en énergie de la Nébuleuse du Crabe

# Time domain astronomy

Le ciel à haute énergie est fondamentalement transitoire (ms → months)

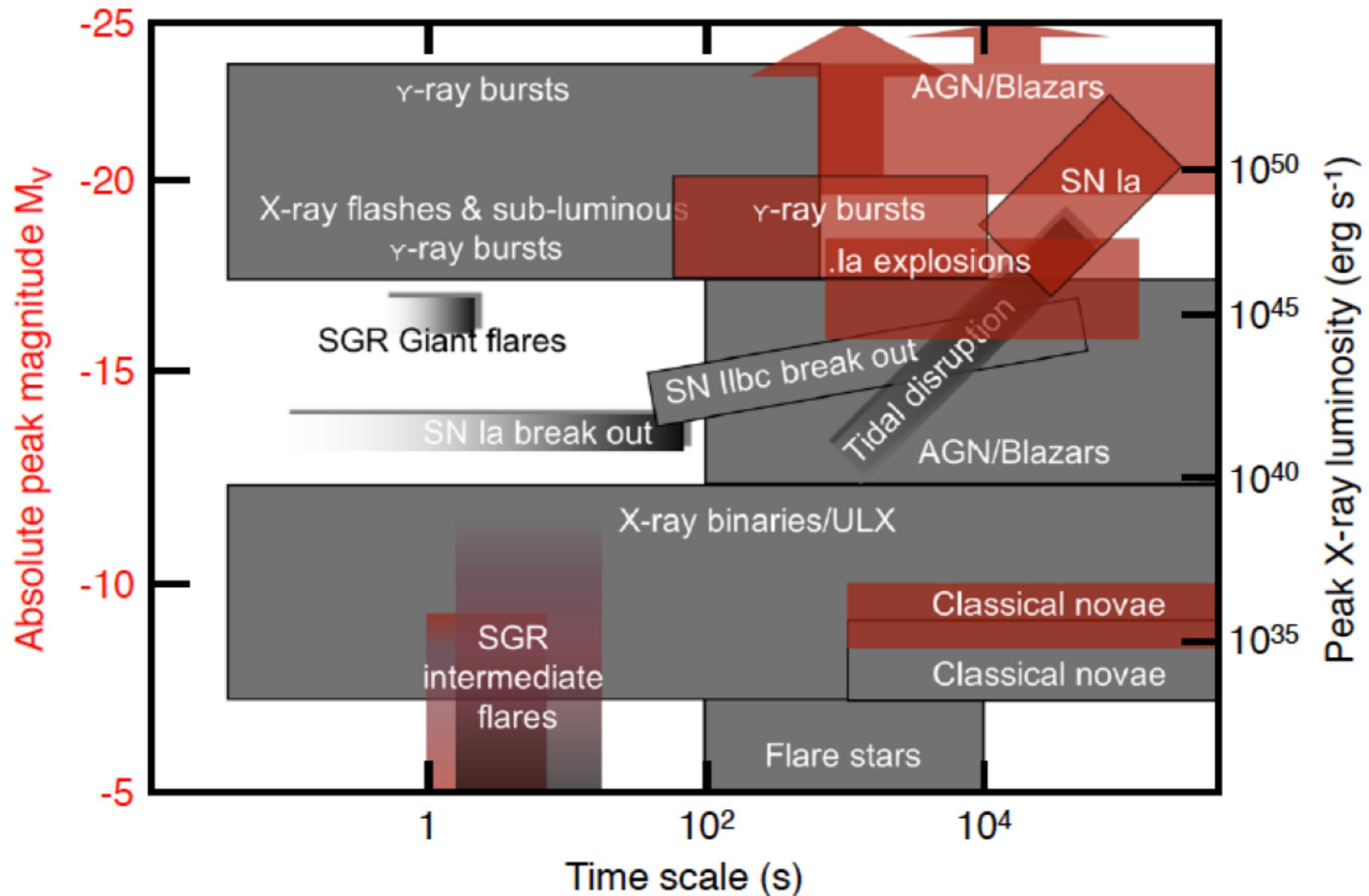
Généralement, ces sources sont associées à un objet compact (AGN, GRB, microquasar) ou des sources très magnétisées (NS, pulsar, FRB)

Credit: NASA's Marshall Space Flight Center/Daniel Kocevski

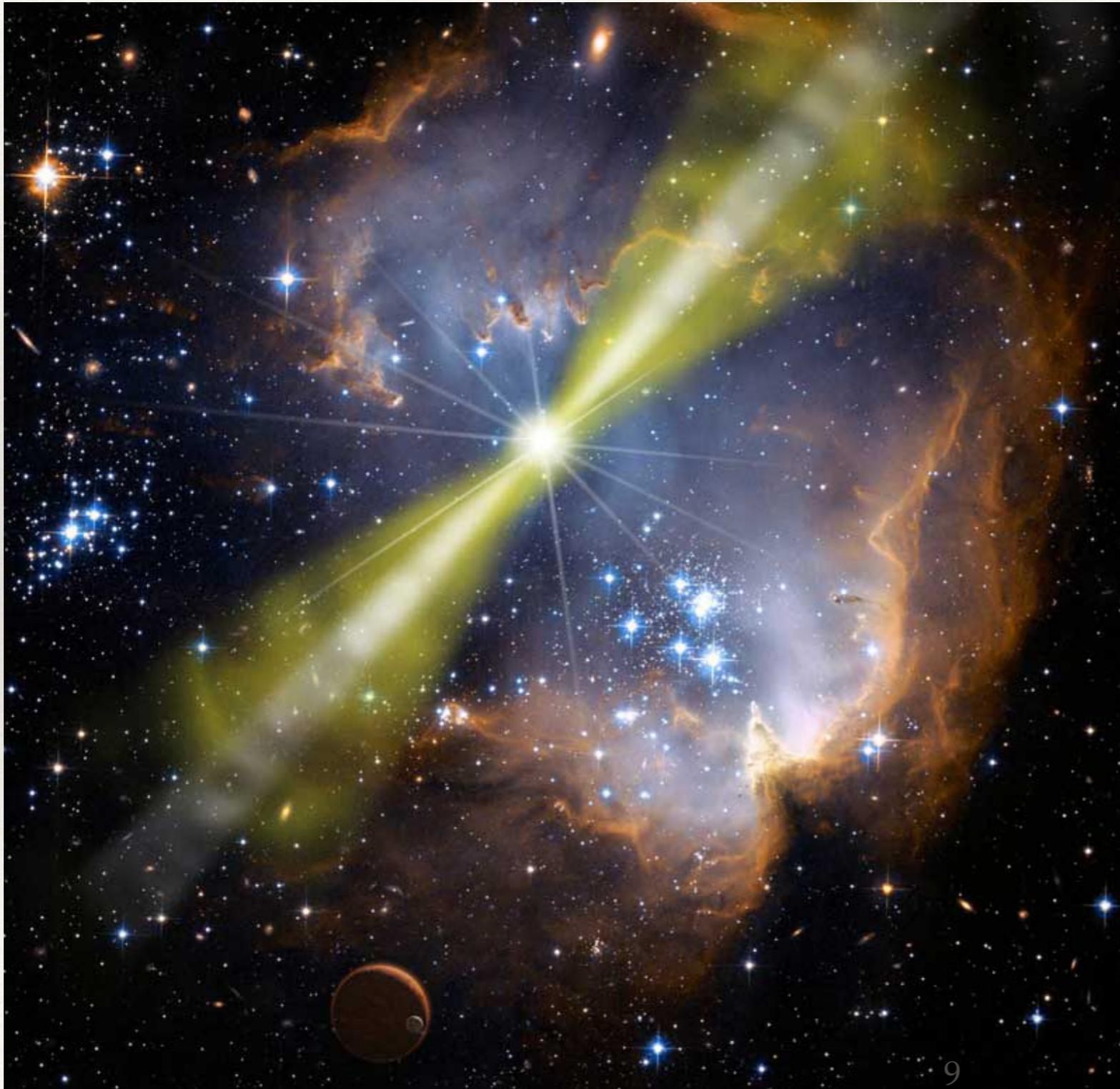


Fermi/  
LAT sky

# Time domain astronomy



# Sursauts gamma



**Flash gamma: ms - min**  
**Phare cosmique: sources les plus intenses de l'Univers**  
**Origine: fin de vie des étoiles massives**

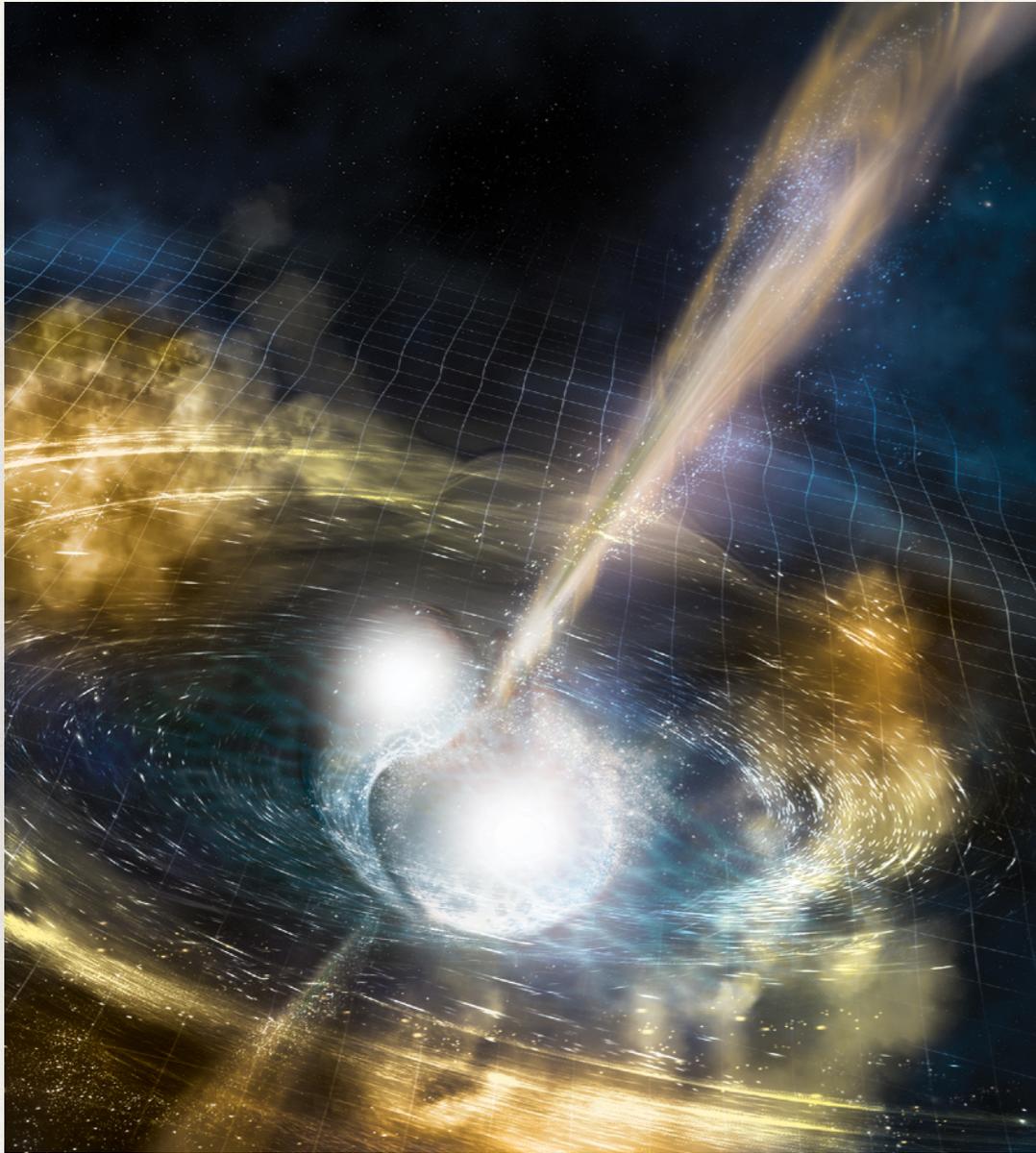
---

# Sursauts gamma

---



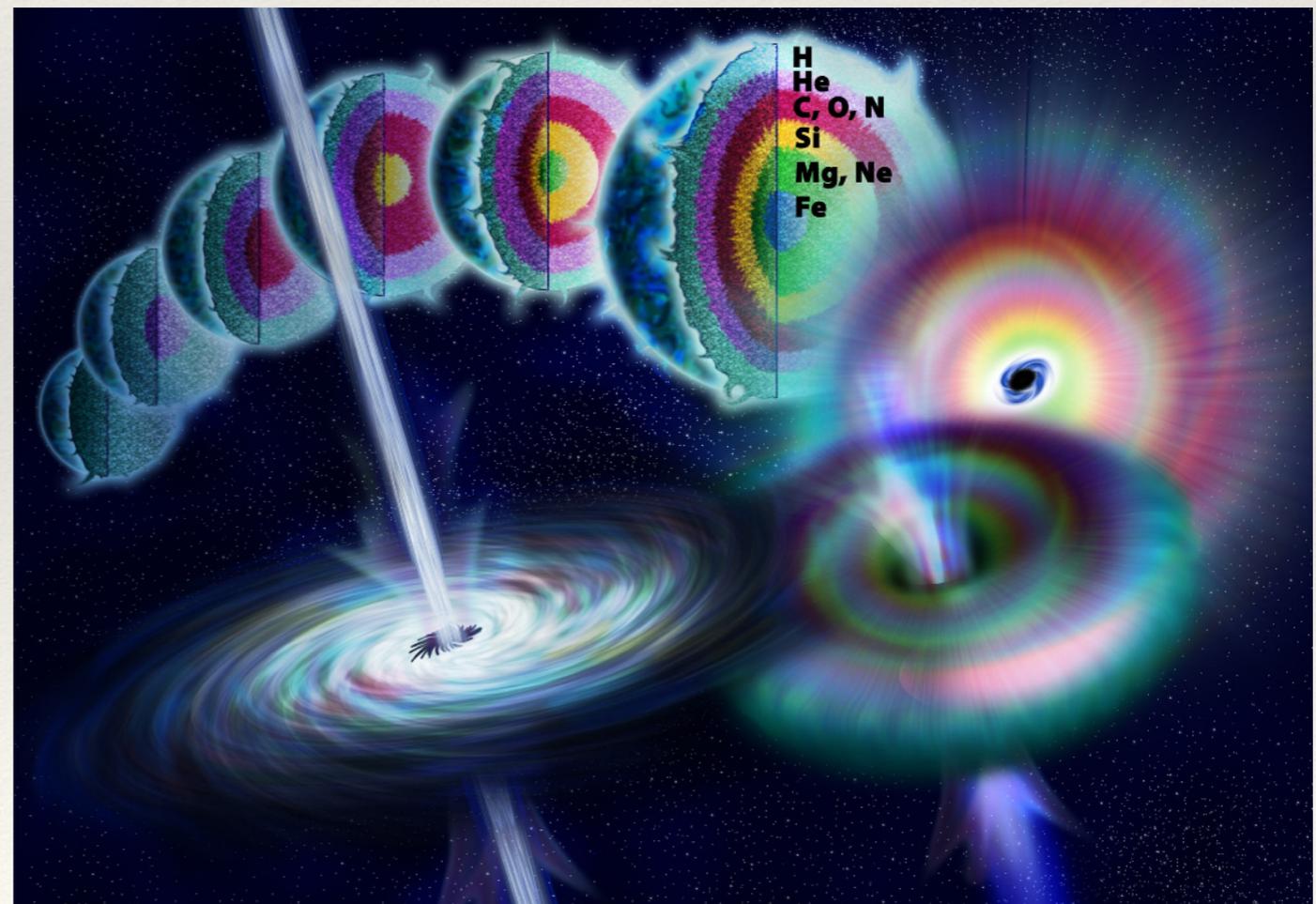
# Sursauts gamma



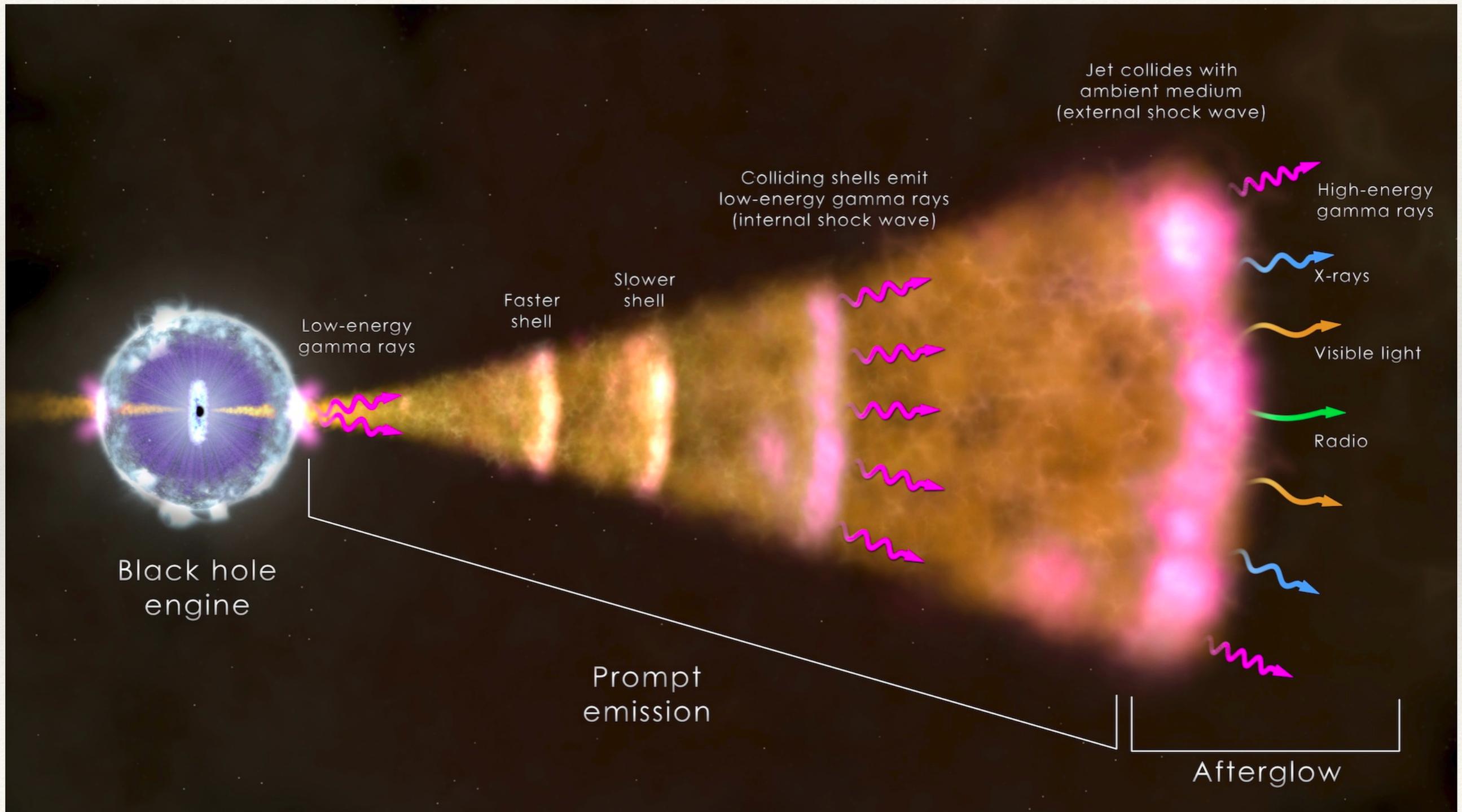
Credit: NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet

**2 origines possible:**

- **L'effondrement du coeur d'une étoile tres massive**
- **La fusion de 2 objets compacts (étoile a neutron ou trou noir)**



# Comment fonctionne un GRB?



# GRB221009A: BOAT

Dimanche 9 octobre à 13:17 UTC, la lumière arrive sur Terre

- $T_0$ : détection immédiate en rayon gamma (Swift, Fermi...)
- $T_0+1h$ : après localisation précise: origine extra-Galactique
- $T_0+6h$ : Démarrage de la campagne d'observation planétaire et Spatiale

⇒ Détecté par des télescopes sur les 7 continents et amateurs

⇒ avec 25 satellites (orbitant sur 3 planètes et 1 inter-stellaire !!)

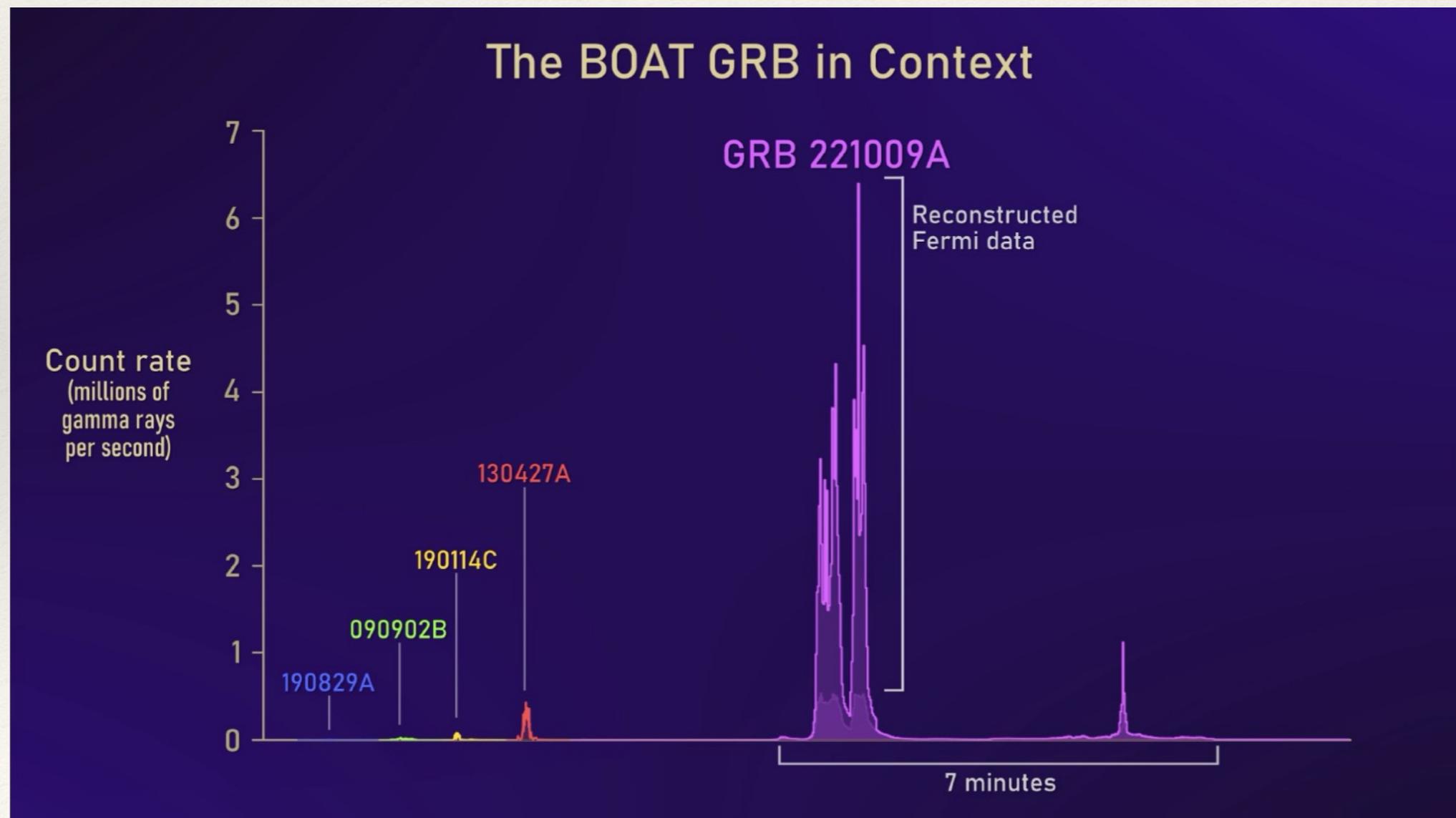
⇒ 150 rapports d'observations (>70 équipes)

⇒ [> 40 publications](#) en lien avec GRB 221009A (dont la moitié en Fev-Mars 2023)

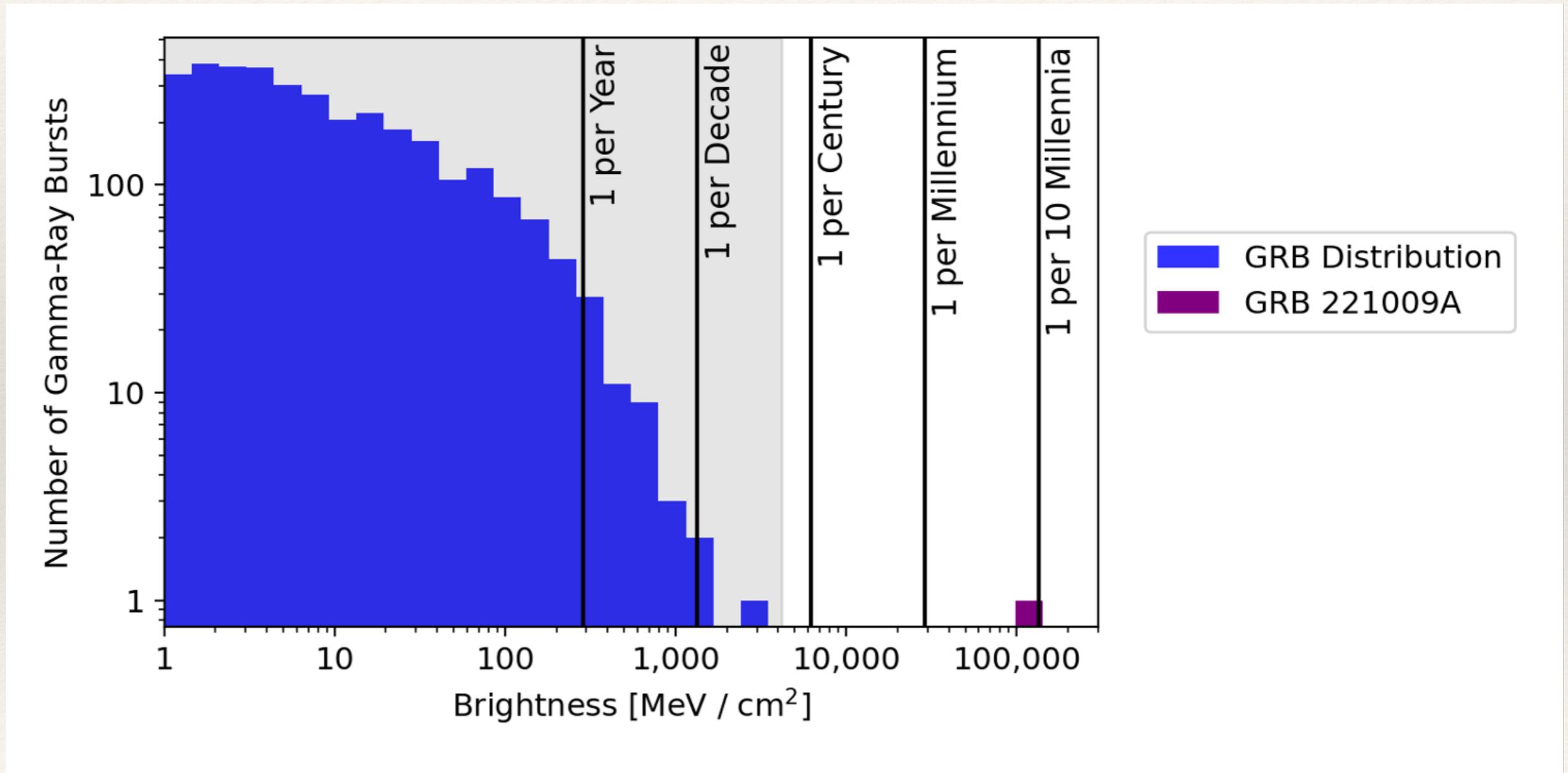
# GRB221009A: BOAT

Pourquoi c'est si brillant?

- GRB super proche (1.9 milliards d'années lumière, redshift=0.15)
- Jet extrêmement étroit

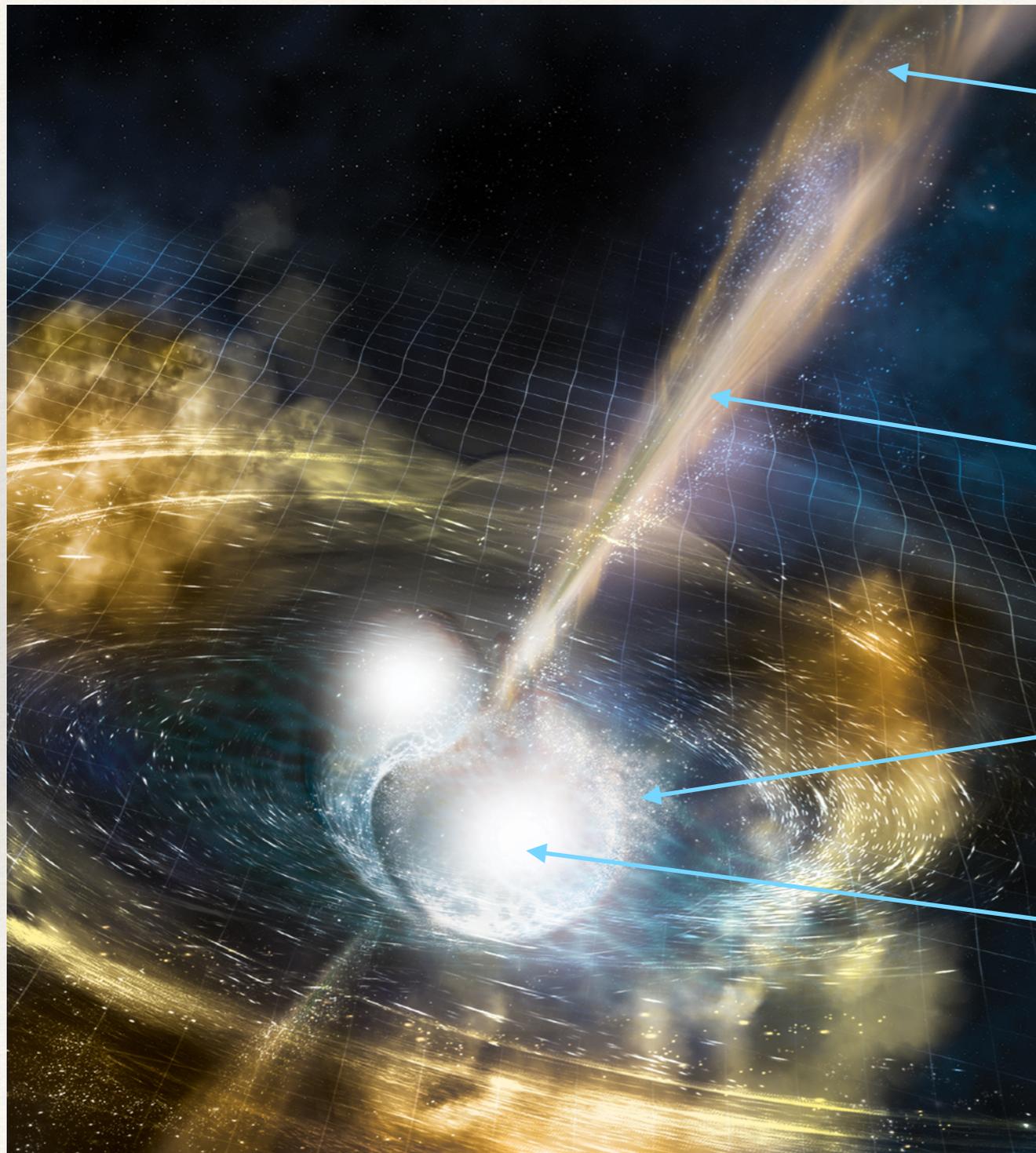


# GRB221009A: BOAT



Credit: E. Burns

# GW170817: détection



Une rémanence du sursaut gamma

Un sursaut gamma

Une kilonova

Une onde gravitationnelle

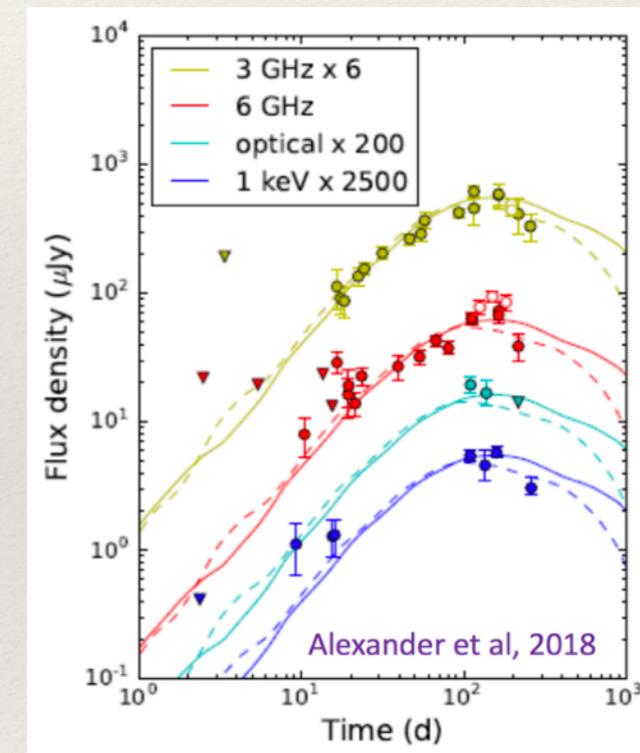
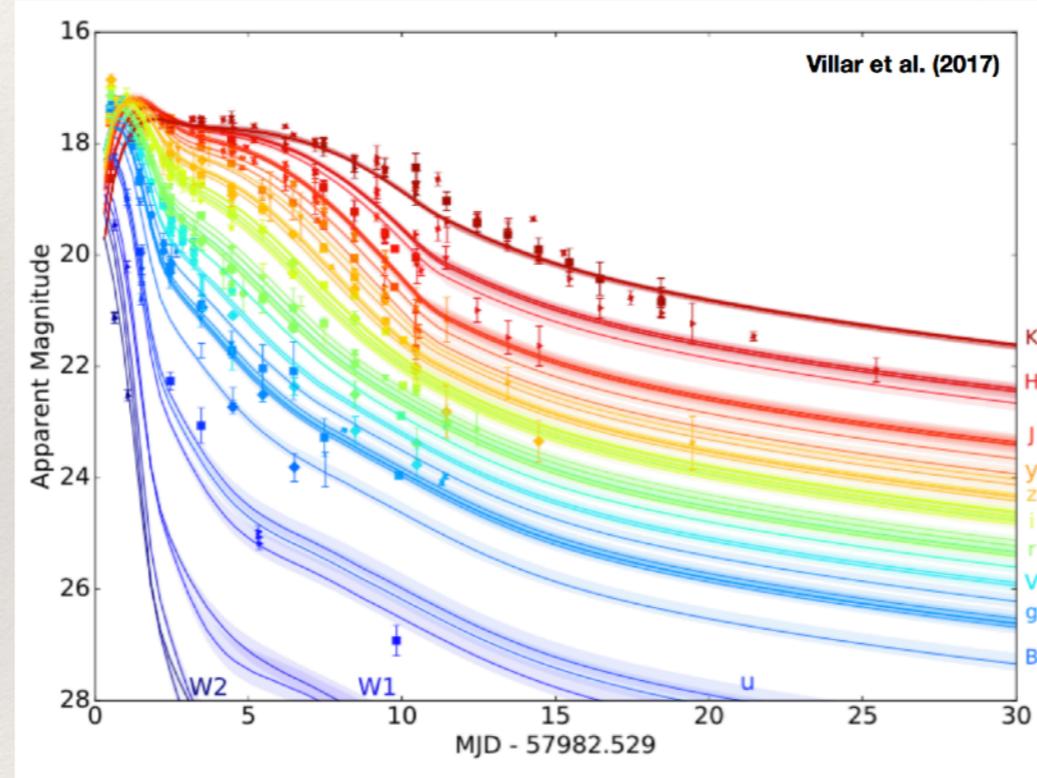
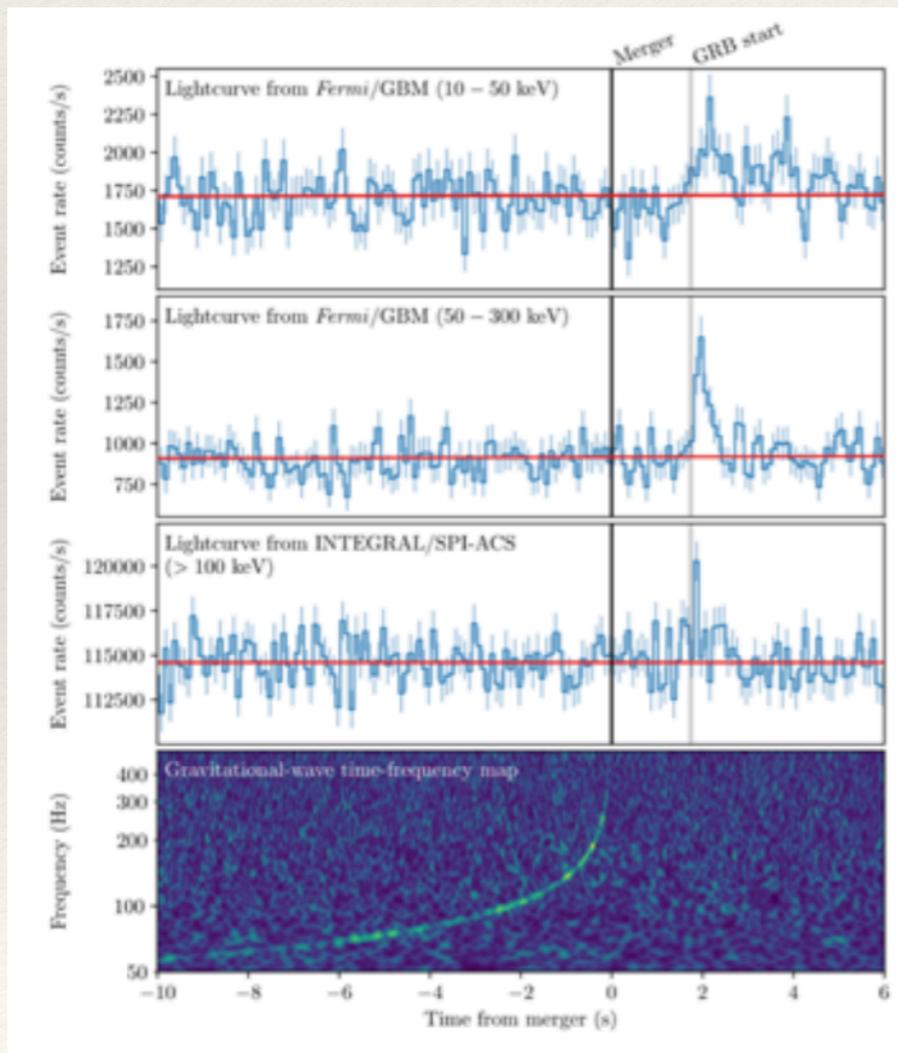
---

# Fusion de 2 étoiles à neutron

---

# GW170817, the most studied transient

Pour étudier ces phénomènes, on a besoin de mettre en place des stratégies d'alertes et d'échanges de données en quasi temps réel entre les différents observatoires pour avoir un suivi complet

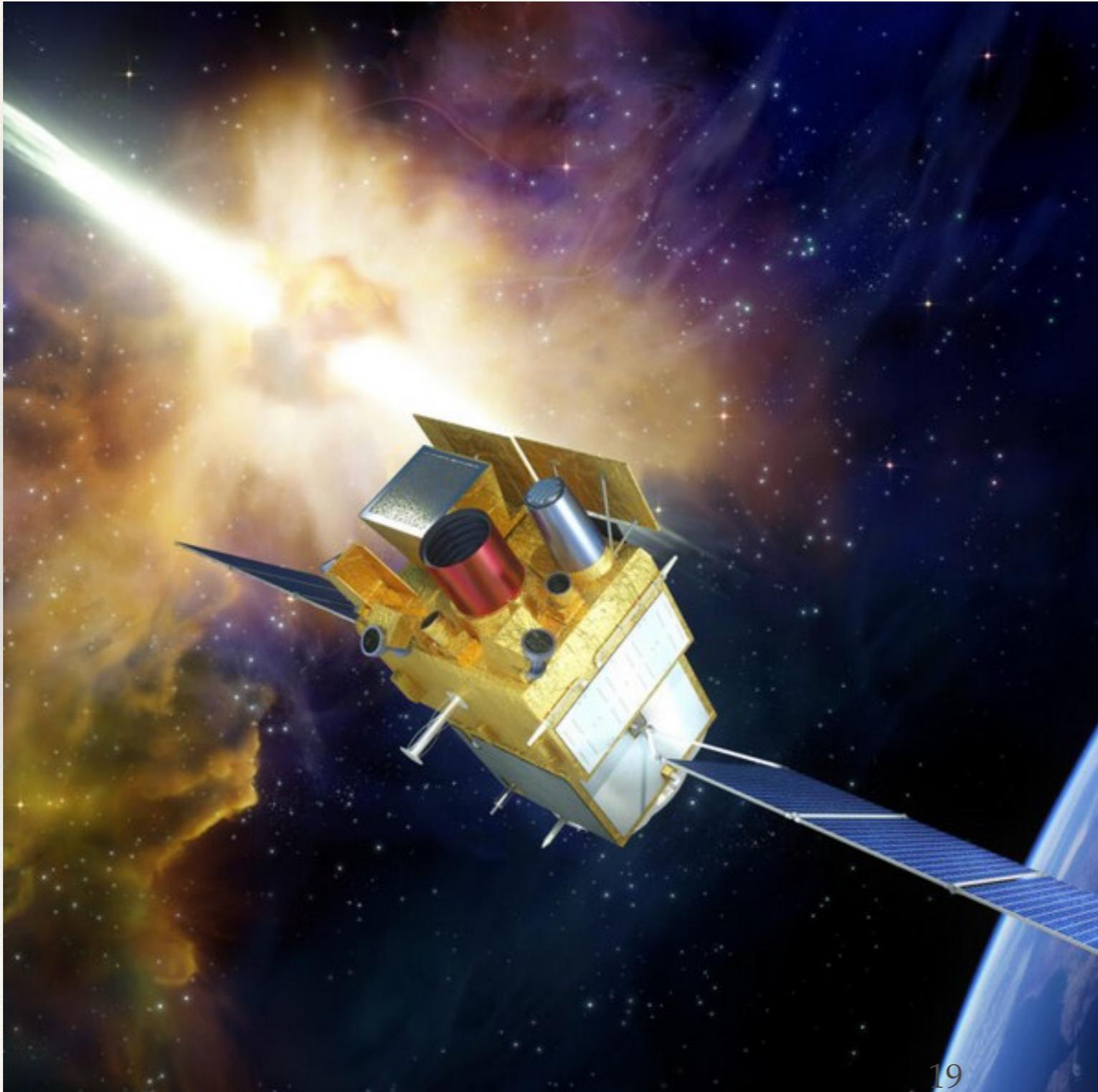


Par exemple, GW170817/GRB170817 est une des sources les mieux suivies

---

# SVOM

---



Mission franco-chinoise  
But: étude du ciel transitoire  
Lancement 22 / 06 / 2024

# SVOM

**SVOM "Space-based multi-band astronomical Variable Objects Monitor"**  
a Sino-French mission dedicated to GRBs and multi-messenger astronomy  
to be launched in June 2024, duration 3+2 years

**VT**   
"The Visible Telescope"  
Narrow-field visible telescope  
Ritchey Chretien  $\Phi=400\text{mm}$   
Localization accuracy  $< 1\text{arcsec}$

**GRM**   
"The Gamma-Ray burst Monitor"  
X-rays and Gamma-rays detectors  
15 keV – 5 MeV  
Localization accuracy  $< 5^\circ$

**ECLAIRS**   
« The trigger camera »  
Wide-field X and Gamma rays telescope  
Spectral range : 4 keV – 150 keV  
Localization accuracy  $< 12\text{arcmin}$

**MXT**   
"The Micro-pore X-ray Telescope"  
Narrow-field X-ray telescope  
Spectral range : 0.2 keV – 10 keV  
Localization accuracy  $< 1\text{arcmin}$

Satellite ~950 kg -- Payload: 450 kg

**GFT-1**   
« Ground-based Follow-up Telescope »  
 $\Phi > 1000\text{mm}$



**GWAC**   
« Ground Wide-Angle Cameras »  
 $\Phi = 180\text{mm}$



**GFT-2**   
« Ground-based Follow-up Telescope »  
 $\Phi > 1000\text{mm}$



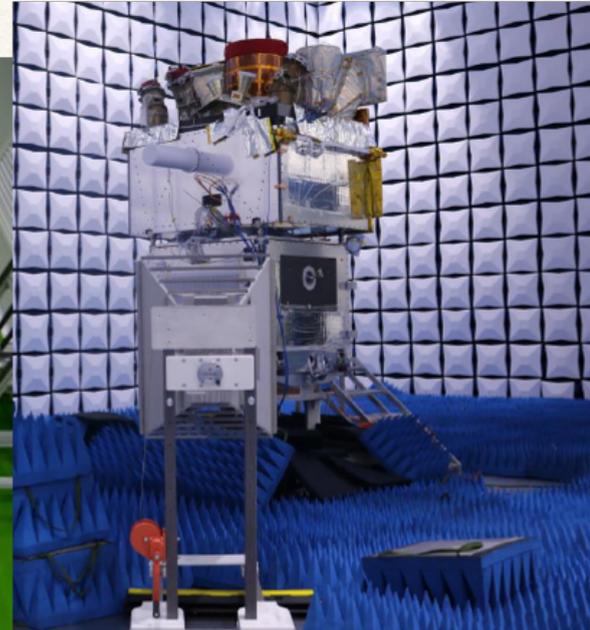
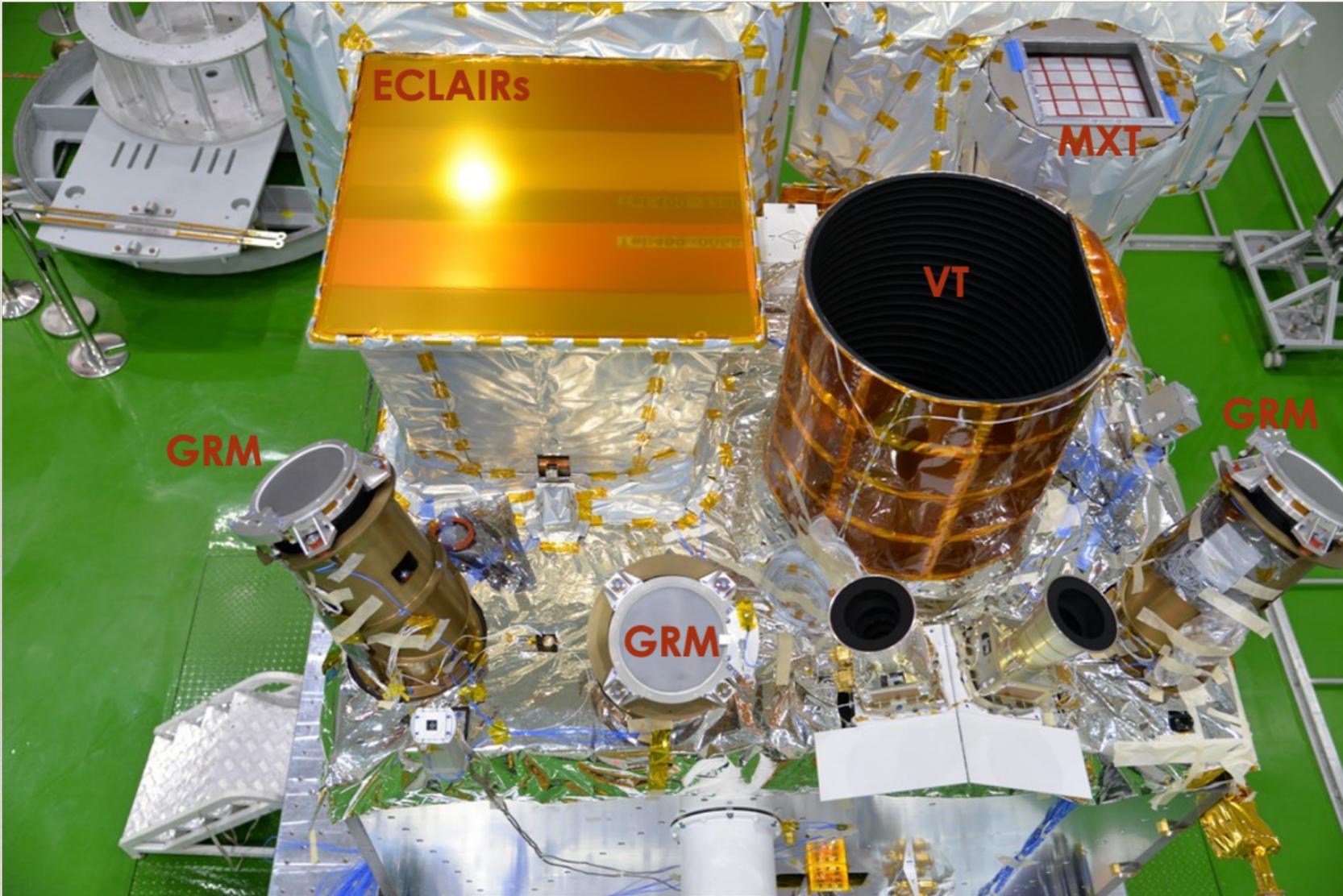
**VHF Alert Network**   
... and more !



**Tracking antennas** 



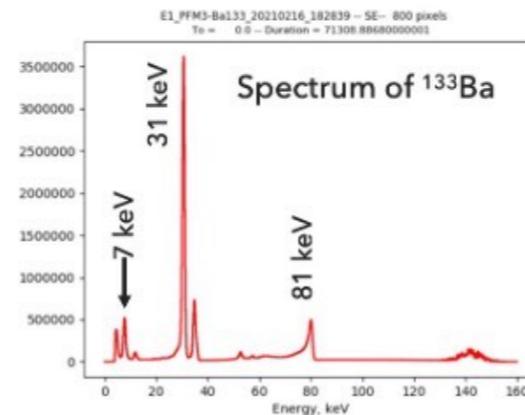
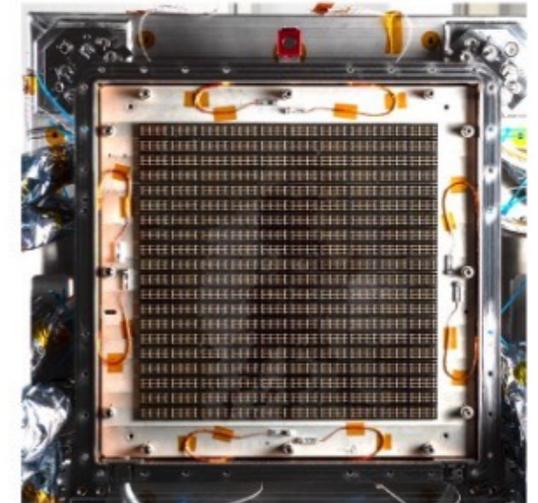
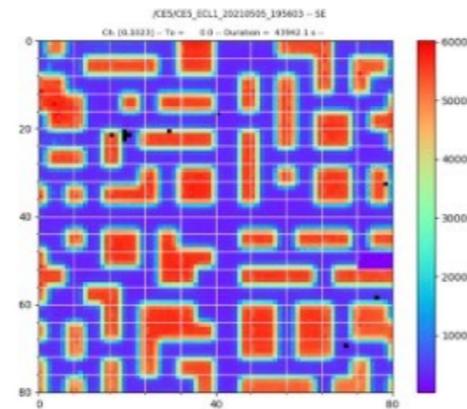
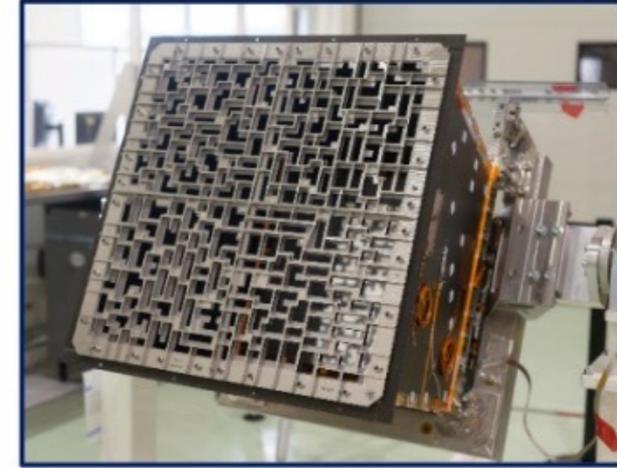
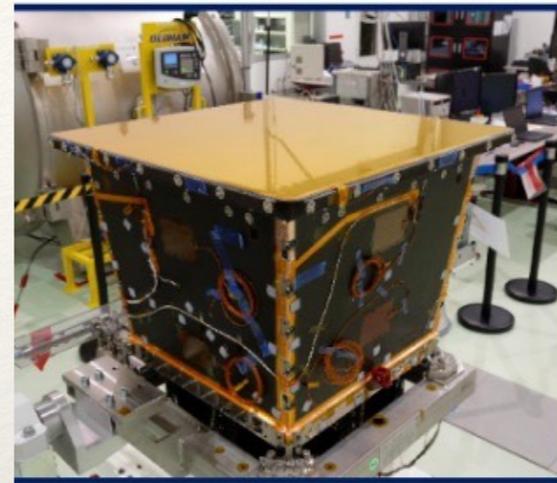
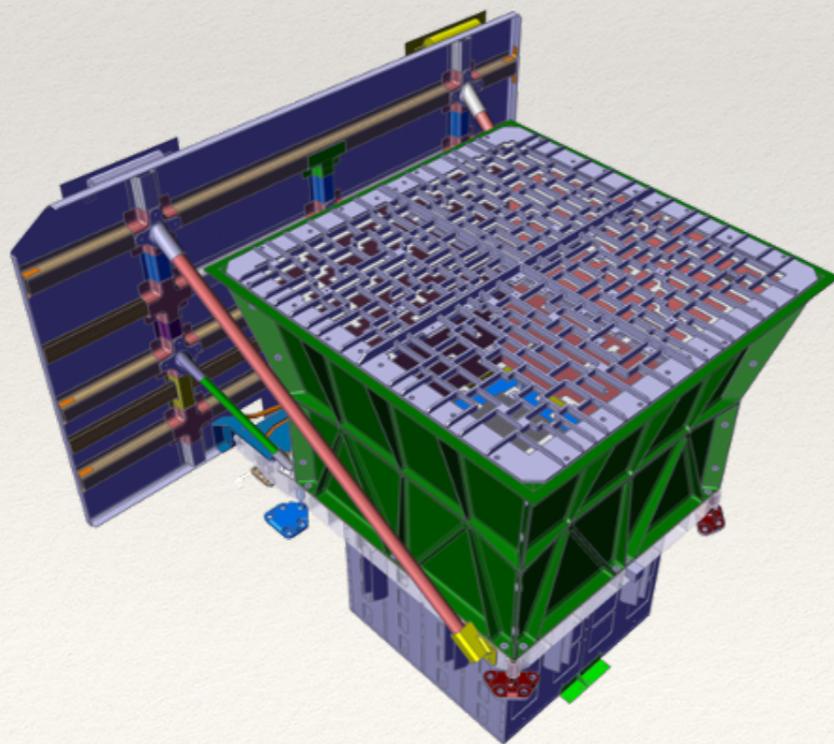
# SVOM



# Instrument ECLAIRs

- 40% open fraction
- Detection plane: **1024 cm<sup>2</sup>**
- 6400 CdTe pixels (4x4x1 mm<sup>3</sup>)
- FoV: **2 sr** (zero sensitivity)
- Energy range: **4 - 150 keV**
- Localization accuracy **<12 arcmin** for 90% of sources at detection limit
- Onboard trigger and localization: **~65 GRBs/year**

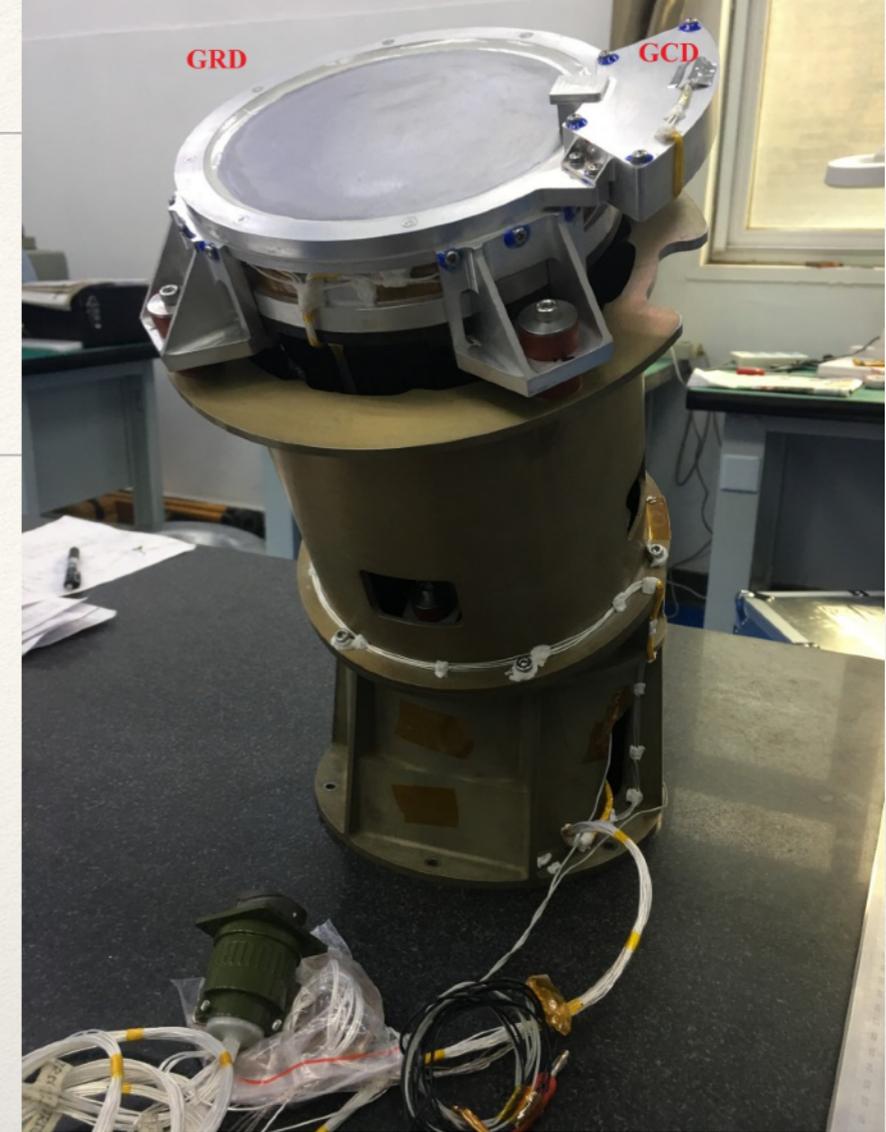
Well adapted for the detection of IGRB with low  $E_{\text{PEAK}}$



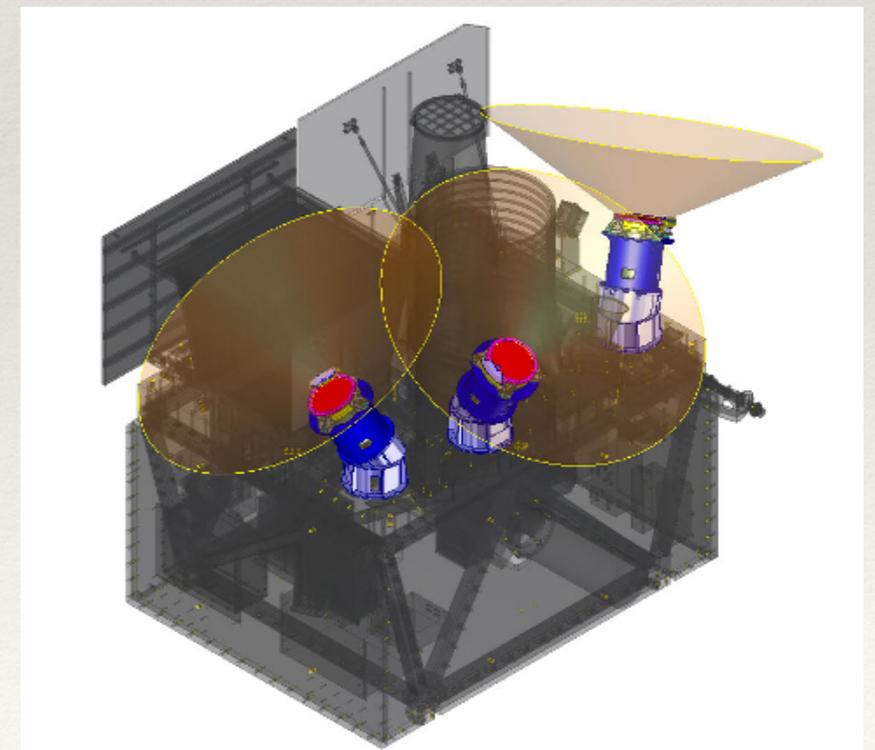
# Instrument GRM

- **3 Gamma-Ray Detectors (GRDs)**

- NaI(Tl) (16 cm  $\varnothing$ , 1.5 cm thick)
- Plastic scintillator (6 mm) to monitor particle flux and reject particle events
- FOV: **5,6 sr** 3 GRDs, **1,0** intersection of 3 GRDs
- Energy range : 30-**5000** keV
- $A_{\text{eff}} = \mathbf{190 \text{ cm}^2}$  at peak
- Rough localization accuracy
- Expected rate:  **$\sim 90$  GRBs / year**



Will provide  $E_{\text{PEAK}}$  measurements for most ECLAIRs GRBs  
Will detect short GRBs in & out of the ECLAIRs FOV



# Instrument MXT

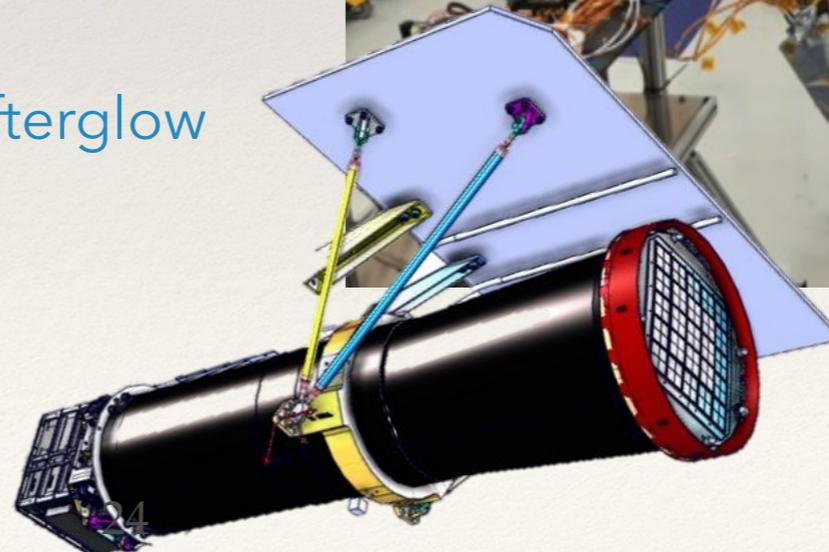
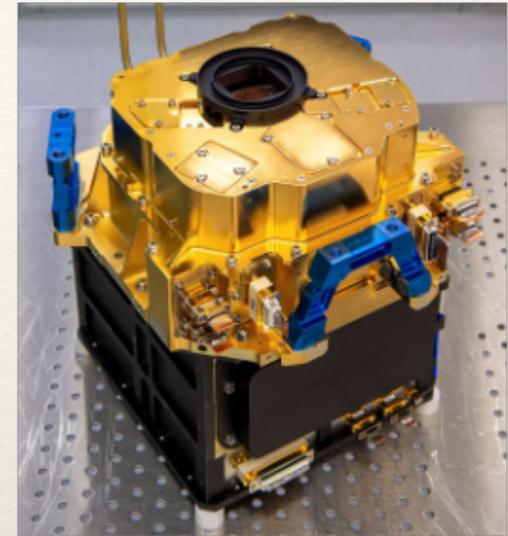
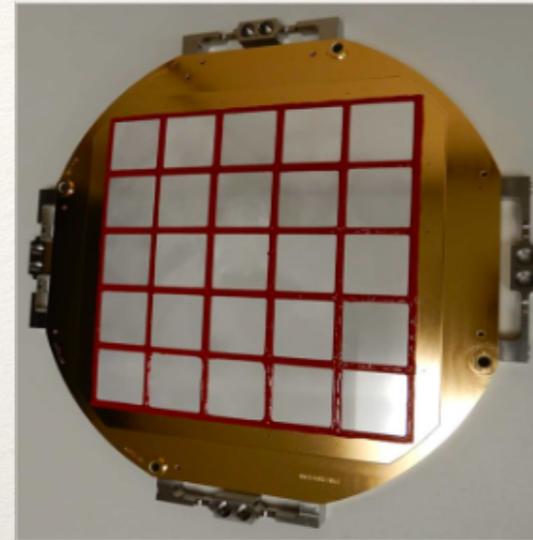
- **Micro-pores optics (Photonis) with 40  $\mu\text{m}$  square pores in a "Lobster Eye" conf. (UL design)**

- pnCCD (MPE) based camera (CEA)
- FoV : **58x58 arcmin<sup>2</sup>**
- Focal length: 1.15 m
- Energy range : 0.2 - 10 keV
- $A_{\text{eff}} = \mathbf{38 \text{ cm}^2 @ 1 \text{ keV}}$
- Energy resolution:  $\sim 80 \text{ eV @ } 1.5 \text{ keV}$
- Localization accuracy **<60 arcsec** within 5 min from trigger for 50% of GRBs (statistical error only)

Implements innovative focusing X-ray optics based on « Lobster-Eye » design

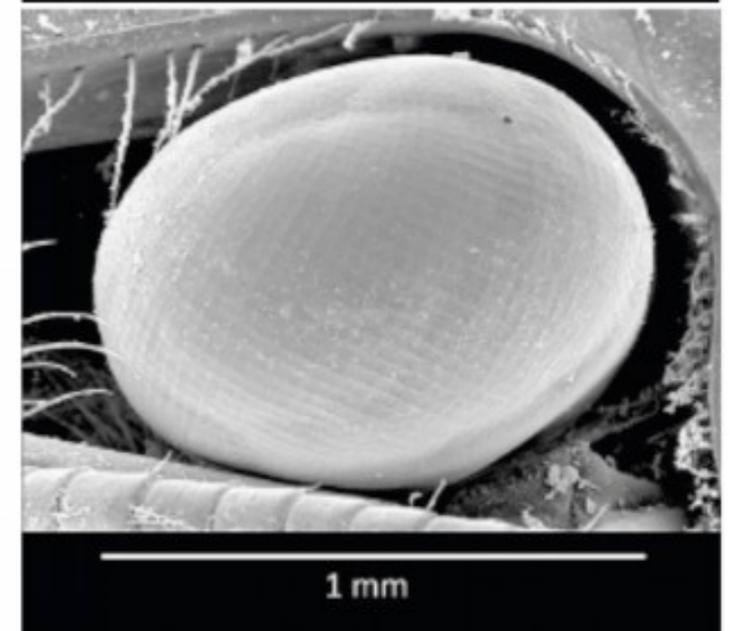
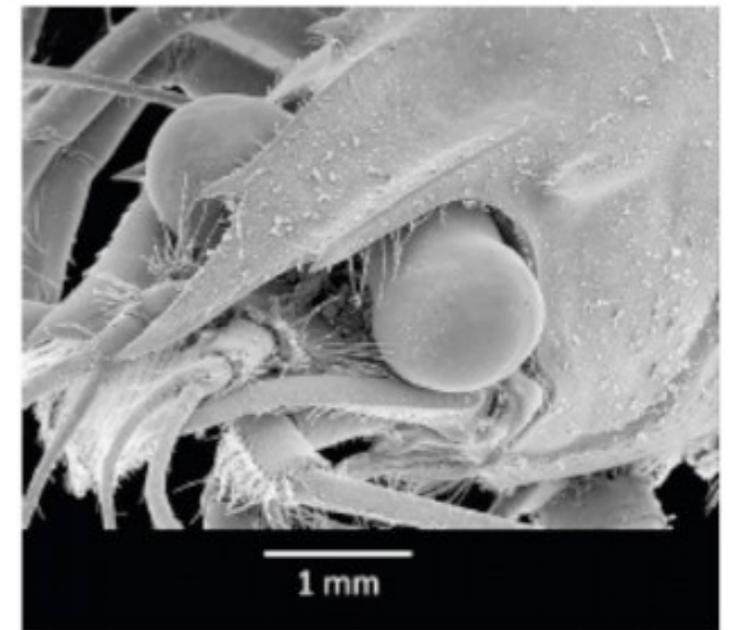
Will reduce the ECLAIRs error box

Will be able to promptly observe the X-ray afterglow

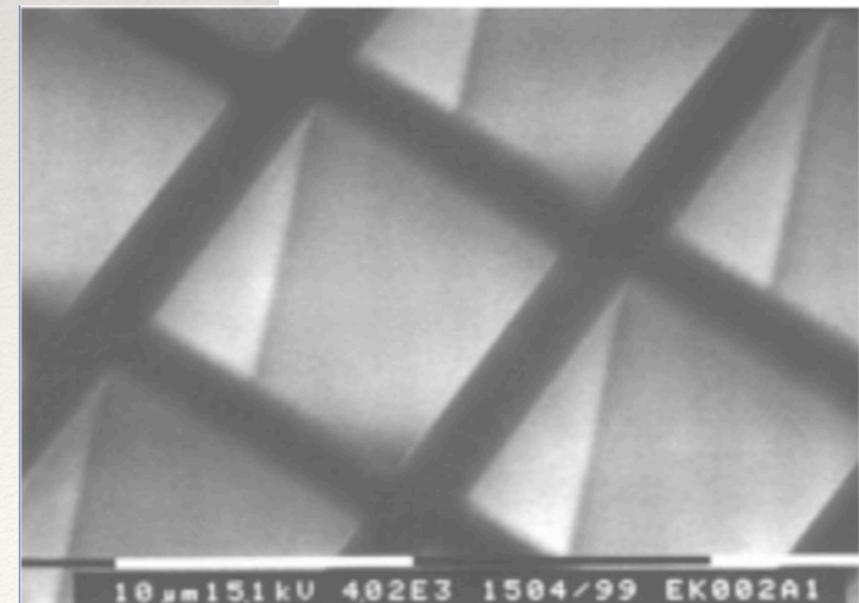
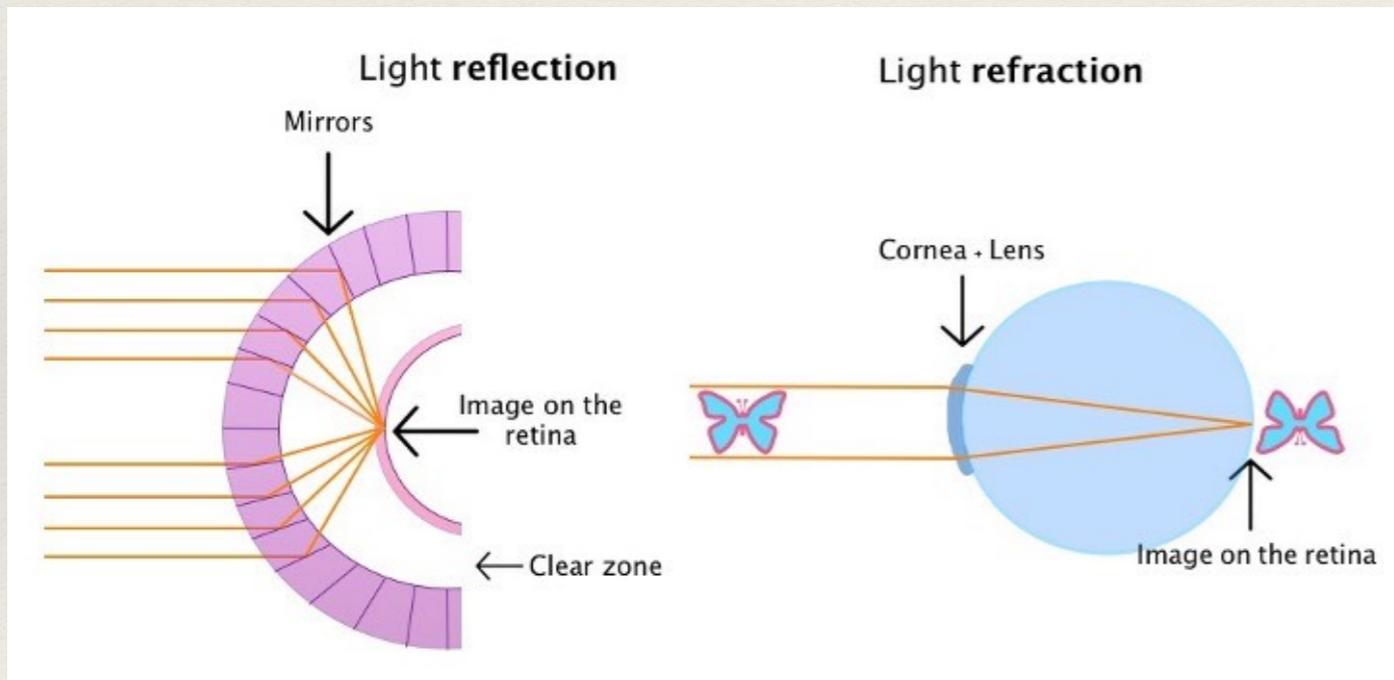


# Lobster eyes telescope

- Seul système de vision par réflexion (et pas par réfraction)
- Seul carré « parfait » dans la nature
- Permet une vision avec une sensibilité uniforme sur un très grand champ de vue
- Optimisé pour un contraste faible



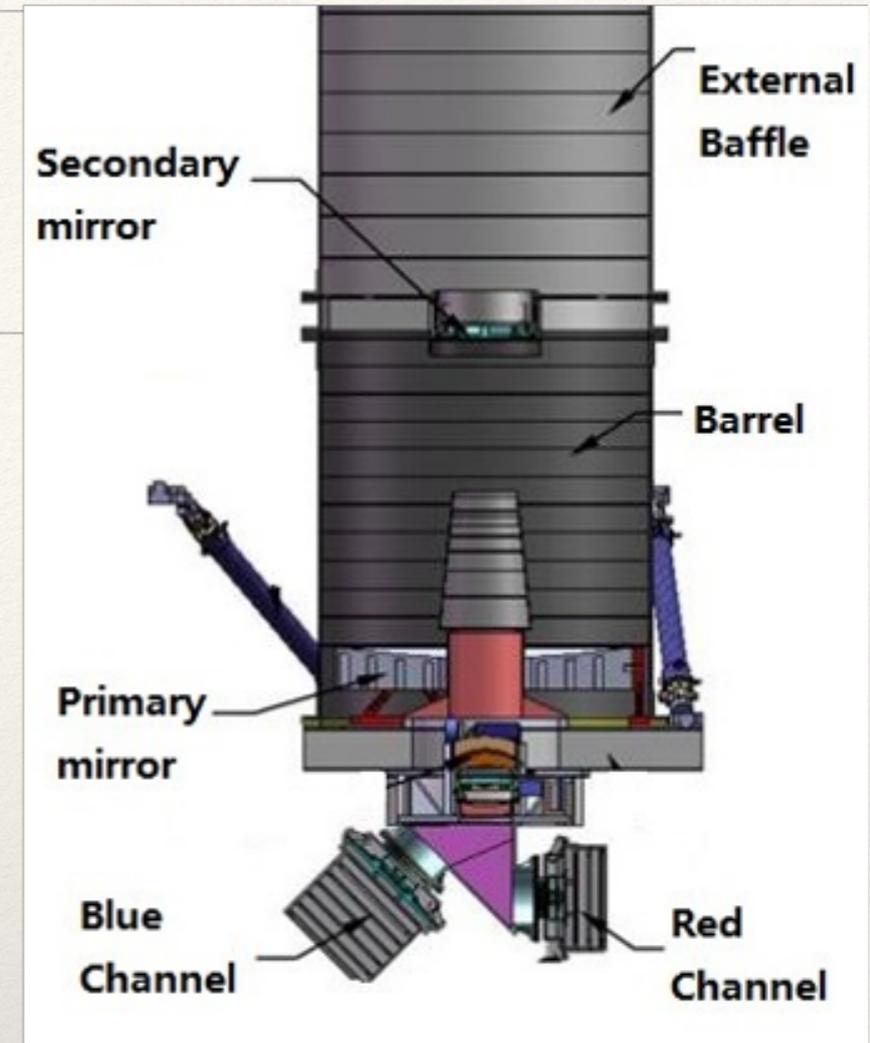
(NASA)



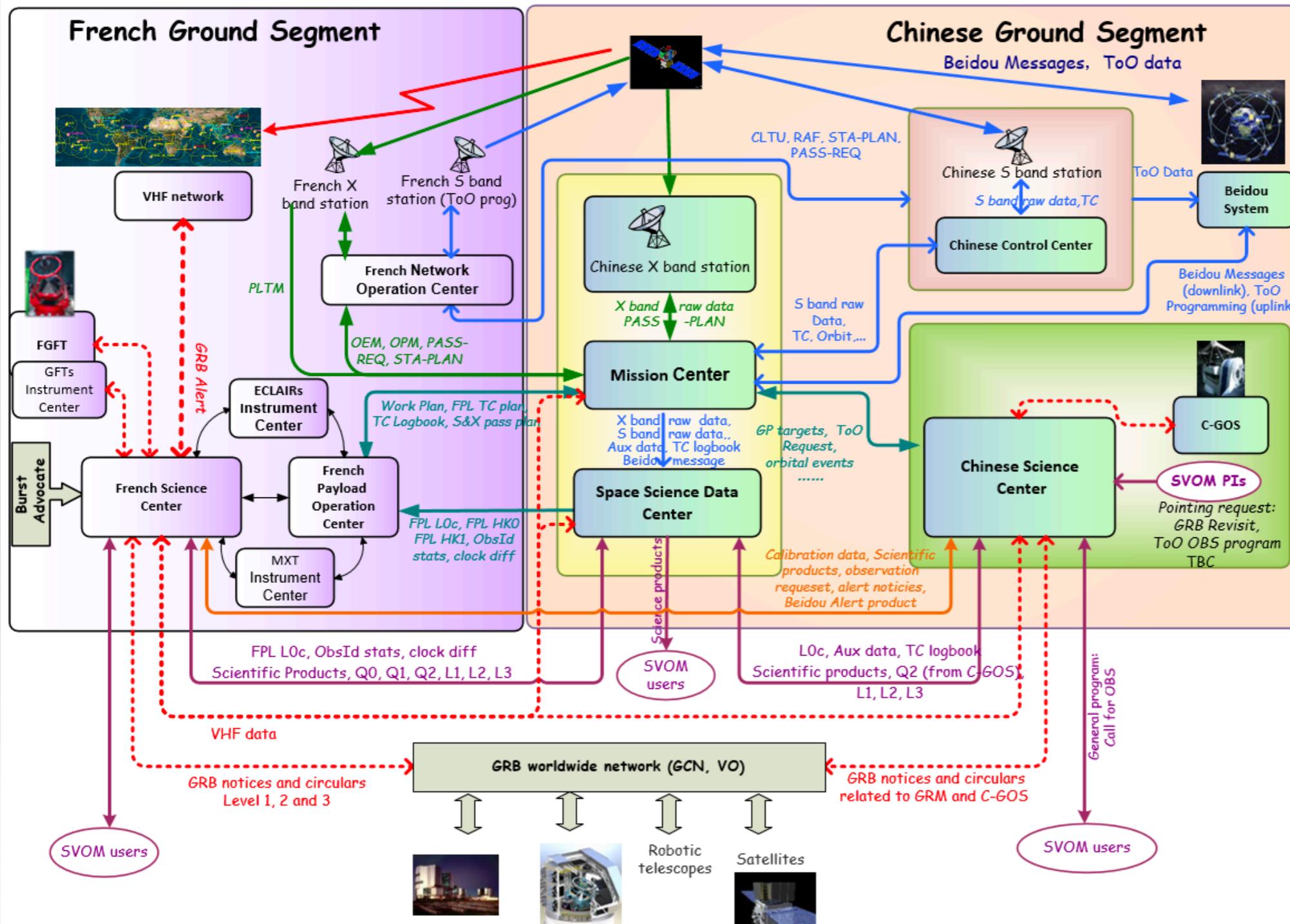
# Instrument VT

- Ritchey-Chretien telescope, 40 cm  $\varnothing$ ,  $f=9$
- FoV: **26x26 arcmin<sup>2</sup>**, covering ECLAIRs error box in most cases
- **2 channels: blue (400-650 nm) and red (650-1000 nm), 2k \* 2k CCD detector each**
- **Sensitivity  $MV=23$  in 300 s**
- Will detect  $\sim 80\%$  of ECLAIRs GRBs
- Localization accuracy  **$<1$  arcsec**

Able to detect high-redshift GRBs up to  $z\sim 6.5$  (sensitivity cutoff around 950 nm)  
Can quickly provide redshift indicators due to the presence of two channels

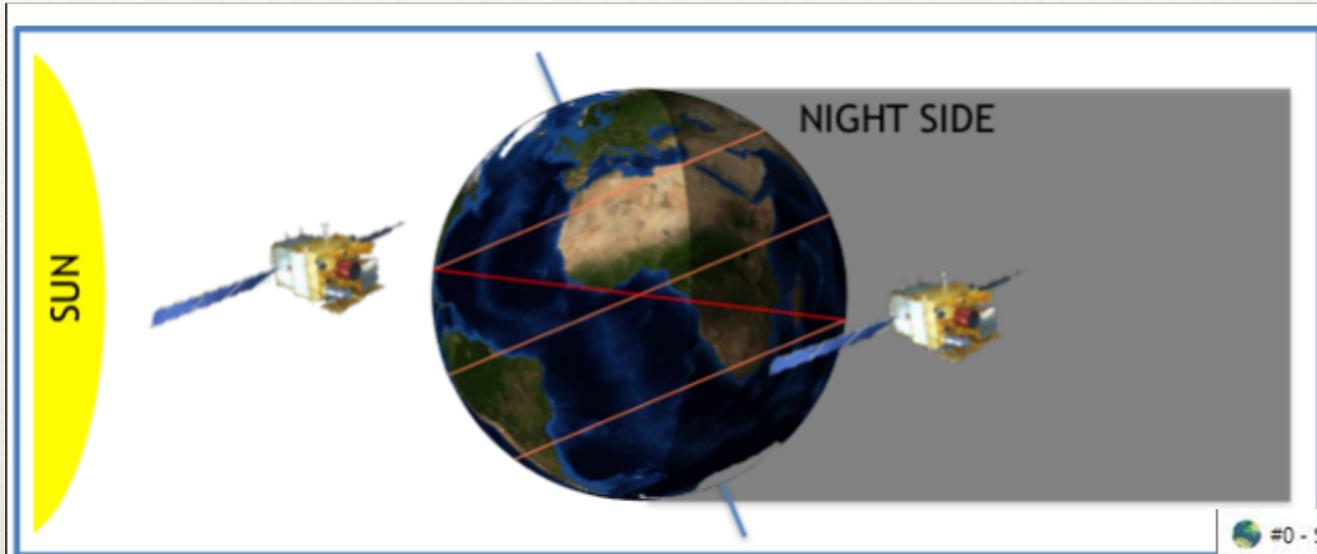


# Segment sol



Pour opérer une mission aussi complexe, il y a un segment sol tout aussi complexe, impliquant plusieurs centres d'opération en Chine et en France ainsi que plusieurs télescopes de suivi dédiés

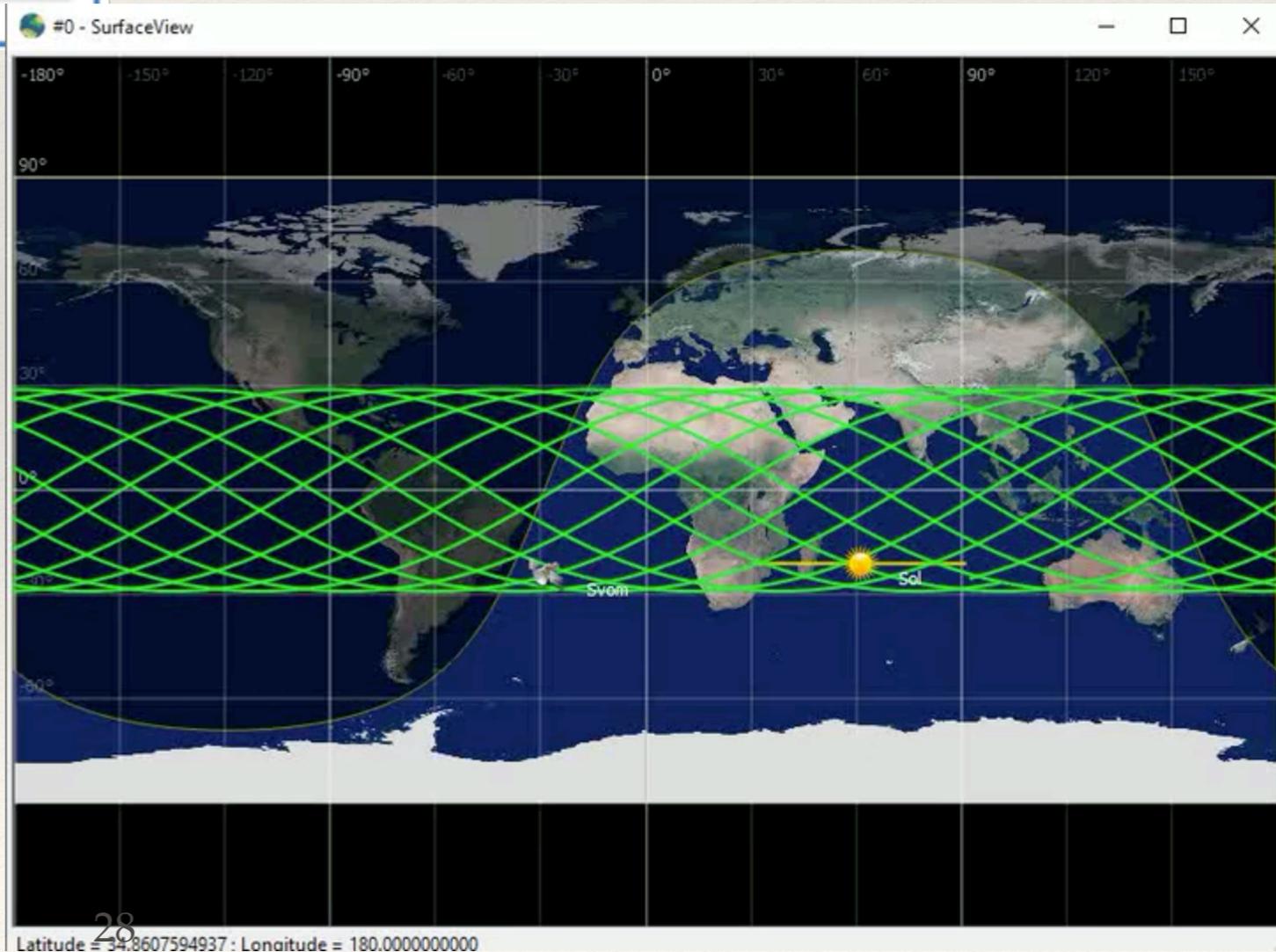
# Stratégie de pointée



SVOM pointée anti-solaire, LEO 635 km, avec une inclinaison de  $\sim 30^\circ$  (1 orbite  $\sim 90$ min)  
=> La stratégie de pointée est optimisée pour avoir le suivi au sol le plus efficace possible (nuit sur Terre)

## Contraintes:

- Assurer un contact permanent avec le satellite
- Assurer le bon fonctionnement des instruments (Temperature)
- Maximiser la détection au sol des sursauts
- Faciliter l'observabilité avec les très grands télescopes (VLT)





---

# Comment on détecte les sursauts avec SVOM?

# Lancement de SVOM



Lancement le 22 juin 2024 à 15h LT  
sur le site de lancement de Xichang (Chine)  
à bord d'une fusée chinoise Long Marche C2



# COLIBRI



Télescope robotique installé au Mexique

# COLIBRI



- Grande rapidité de pointée (<math><20\text{ s}</math>)
- 1.3m de diamètre, très bonne qualité optique
- Grand champ de vue  $\sim 26$  arcmin
- 2 instruments (2 voies visible + 1 voie NIR)

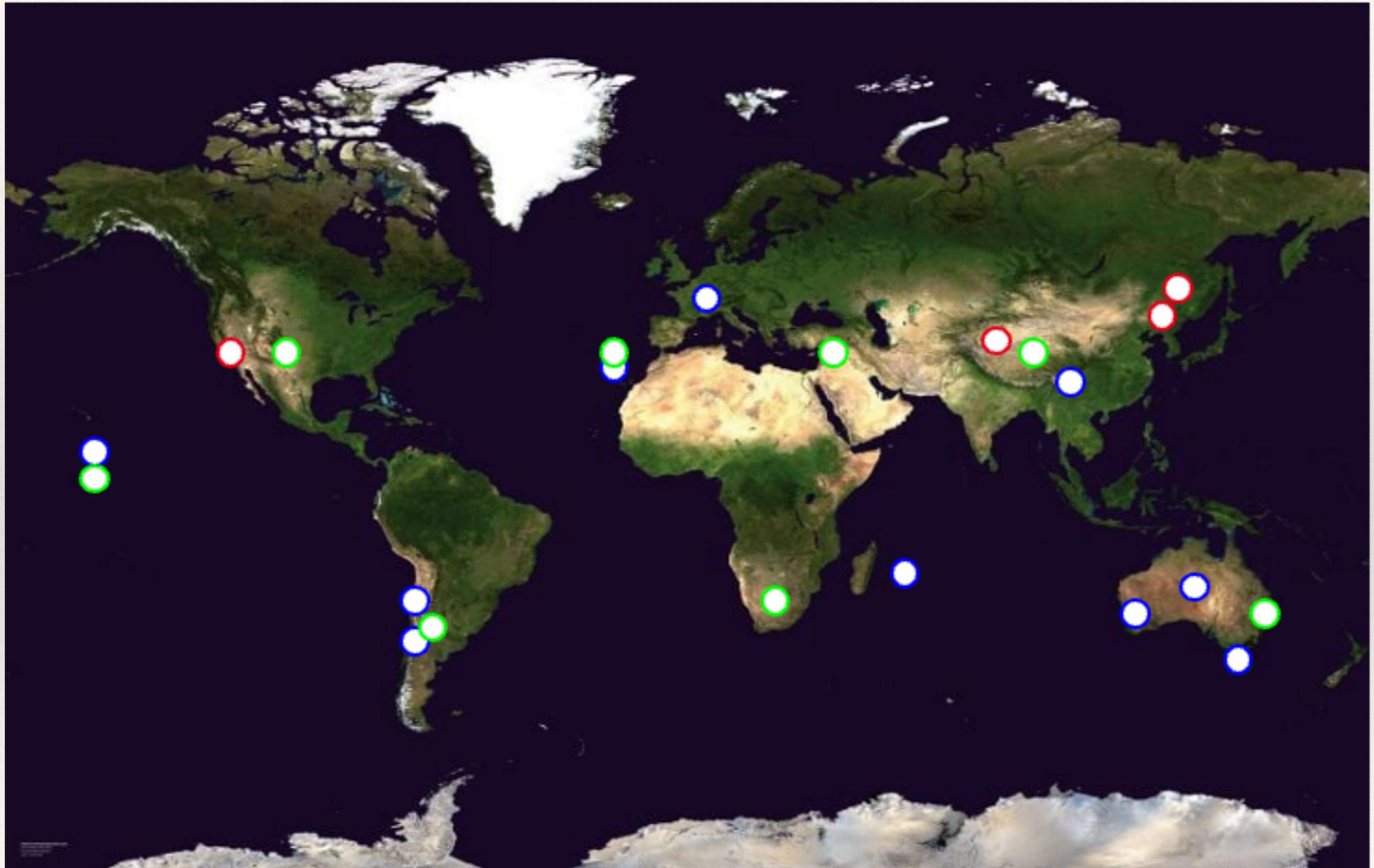


---

# COLIBRI

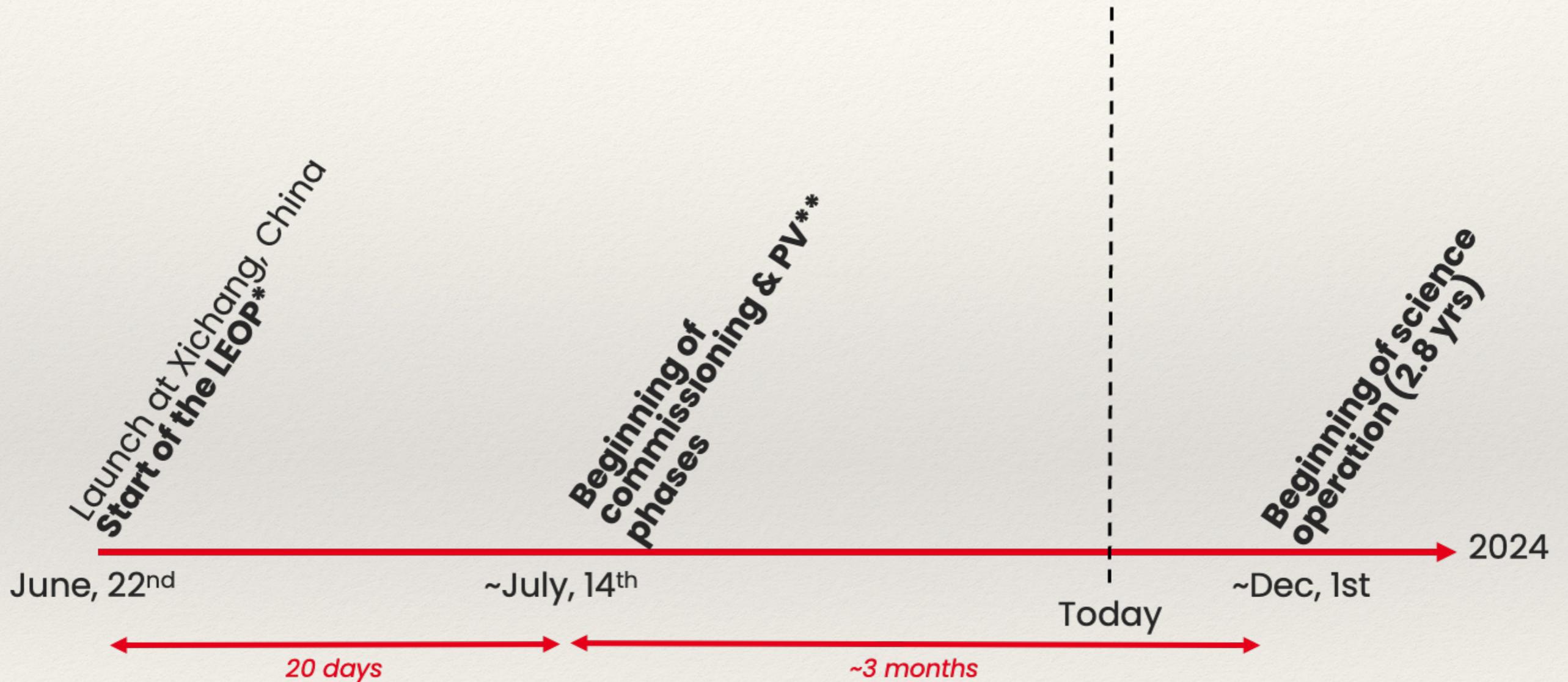
---

# Partenaires pour le suivi



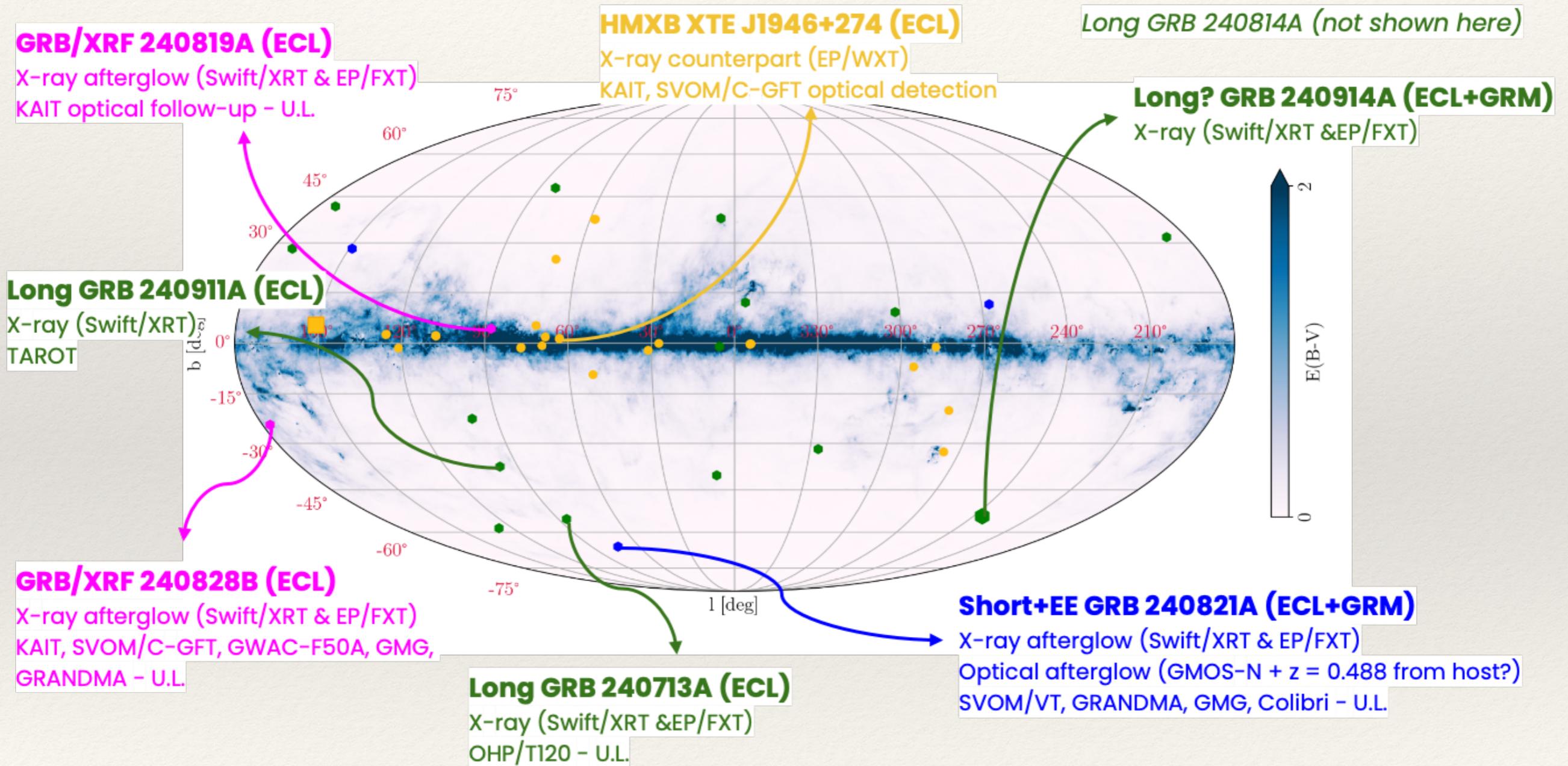
○ Official Partners    ○ Associate Partners  
○ LCOGT (purchase of time)

# Calendrier des activités



\*Launch and Early Orbit Phase  
\*\* Performance verification

# 1er resultats



# 1er resultats

- 3 GRM
- 1 ECLAIRs+GRM (GRB 240713A)

**4 GRBs**

**GCN Circular 36805**  
**Subject** The first three GRBs detected by SVOM: GRB 240627B, GRB 240629A and GRB 240702A  
**Date** 2024-07-03T03:46:41Z (1 month ago)  
**From** Shao Lin Jiang at IRAP-srlong1@irap.omp.cn  
**Via** Web form

SVOM/GRM team: Yong Wei Deng, Jiang Tao Liu, Shi Jie Zheng, Wen Jun Fan, Jian-Chao Sun, Chen Wei Wang, Jiang He, Min Gao, Hao Xuan Guo, Yue Huang, Li Li, Yang Ye Li, Hong Wei Liu, Xin Li, Hao Li Shi, Li Ming Song, You Li Tao, Hao Xi Wang, Jin Wang, Jin Zhou Wang, Ping Wang, Rui Ji Wang, Yu Xi Wang, Mo Bing Wu, Shao Lin Xiong, Jian Ying Ye, Yi Tao Yin, Wen Hui Yu, Han Zhang, Li Zhang, Peng Zhang, Shuang Nan Zhang, Wen Long Zhang, Yan Ting Zhang, Shu Min Zhao, Xia Yue Zhao, Chao Zheng (IHEP), Maria Grazia Ronsardini (LUPM/IRAP-OMP), Laurent Boschet (IRAP), David Carré (CEA), Patrick Maeght (LUPM), Frédéric Pison (LUPM), Jingwei Wang (IAP)

SVOM JSWG: Jian Yan Wei (NAOC), Bertrand Cordier (CEA), Shuang Nan Zhang (IHEP), Stéphane Basa (LAM), Jean-Luc Attéa (IRAP), Arnaud Claret (CEA), Zi-Gao Dai (USTC), Frédéric Daigne (IAP), Jin-Song Deng (NAOC), Andrea Goldwurm (APC), Diego Götz (CEA), Xu-Hui Han (NAOC), Cyril Lachaud (APC), En-Wei Liang (GXU), Yu-Lei Qiu (NAOC), Susanna Vergani (Obs.Paris), Jing Wang (NAOC), Chao Wu (NAOC), Li-Ping Xin (NAOC), Bing Zhang (UNLV)

report on behalf of the SVOM team

**GCN Circular 36854**  
**Subject** GRB240713A: The first probable GRB Located on Board SVOM by ECLAIRs  
**Date** 2024-07-13T11:07:49Z (2 months ago)  
**From** Jean-Luc Attéa at IRAP-jean-luc.atea@irap.omp.cn  
**Via** Web form

Stéphane Schanne (CEA), Olivier Godet (IRAP) on behalf of the ECLAIRs collaboration

and SVOM JSWG: Jian-Yan Wei (NAOC), Bertrand Cordier (CEA), Shuang-Nan Zhang (IHEP), Stéphane Basa (LAM), Jean-Luc Attéa (IRAP), Arnaud Claret (CEA), Zi-Gao Dai (USTC), Frédéric Daigne (IAP), Jin-Song Deng (NAOC), Andrea Goldwurm (APC), Diego Götz (CEA), Xu-Hui Han (NAOC), Cyril Lachaud (APC), En-Wei Liang (GXU), Yu-Lei Qiu (NAOC), Susanna Vergani (Obs.Paris), Jing Wang (NAOC), Chao Wu (NAOC), Li-Ping Xin (NAOC), Bing Zhang (UNLV)

report on behalf of the SVOM team

**GCN Circular 36906**  
**Subject** GRB 240713A SVOM/GRM observation  
**Date** 2024-07-19T12:55:28Z (1 month ago)  
**From** Shao Lin Jiang at IRAP-srlong1@irap.omp.cn  
**Via** Web form

SVOM/GRM team: Yong Wei Deng, Jiang Tao Liu, Shi Jie Zheng, Jian-Chao Sun, Chen Wei Wang, Jiang He, Min Gao, Hao Xuan Guo, Yue Huang, Li Li, Yang Ye Li, Hong Wei Liu, Xin Li, Hao Li Shi, Li Ming Song, You Li Tao, Hao Xi Wang, Jin Wang, Jin Zhou Wang, Ping Wang, Rui Ji Wang, Yu Xi Wang, Mo Bing Wu, Shao Lin Xiong, Jian Ying Ye, Yi Tao Yin, Wen Hui Yu, Han Zhang, Li Zhang, Peng Zhang, Shuang Nan Zhang, Wen Long Zhang, Yan Ting Zhang, Shu Min Zhao, Xia Yue Zhao, Chao Zheng (IHEP), Maria Grazia Ronsardini (LUPM/IRAP-OMP), Laurent Boschet (IRAP), David Carré (CEA), Patrick Maeght (LUPM), Frédéric Pison (LUPM), Jingwei Wang (IAP)

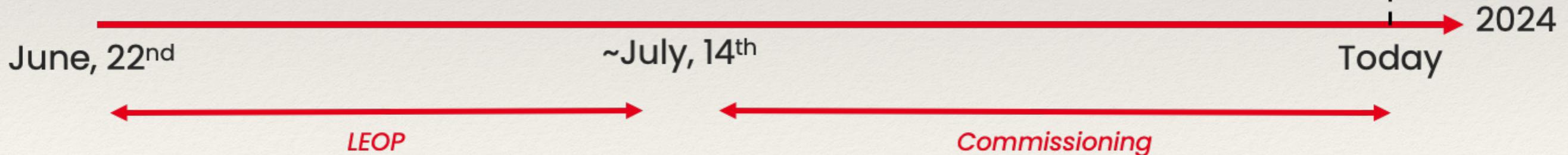
SVOM JSWG: Jian-Yan Wei (NAOC), Bertrand Cordier (CEA), Shuang-Nan Zhang (IHEP), Stéphane Basa (LAM), Jean-Luc Attéa (IRAP), Arnaud Claret (CEA), Zi-Gao Dai (USTC), Frédéric Daigne (IAP), Jin-Song Deng (NAOC), Andrea Goldwurm (APC), Diego Götz (CEA), Xu-Hui Han (NAOC), Cyril Lachaud (APC), En-Wei Liang (GXU), Yu-Lei Qiu (NAOC), Susanna Vergani (Obs.Paris), Jing Wang (NAOC), Chao Wu (NAOC), Li-Ping Xin (NAOC), Bing Zhang (UNLV)

report on behalf of the SVOM team

**29 GRBs**

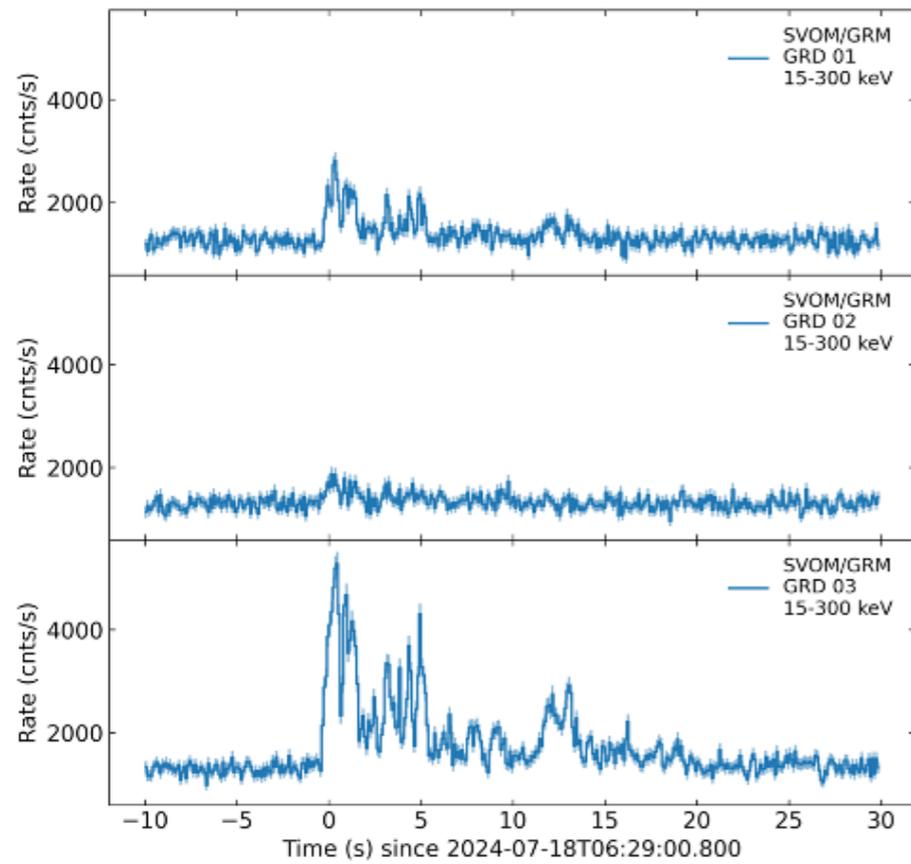
- 23 GRM only
- 3 ECLAIRs (GRB 240819A, 240828B, 240911A)
- 3 ECLAIRs + GRM (GRB 240814A, 240821A, 240914A)

> 50 circulaires GCN publiées pour les détections ou les suivis  
**La communauté SVOM community est déjà très active**

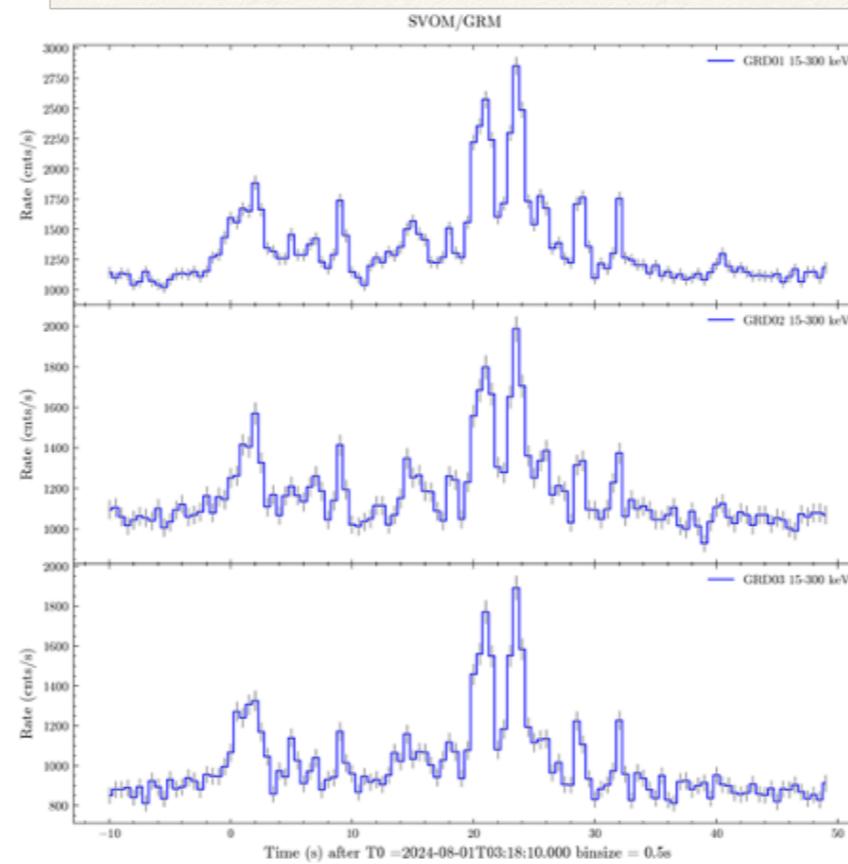


# 1er resultat

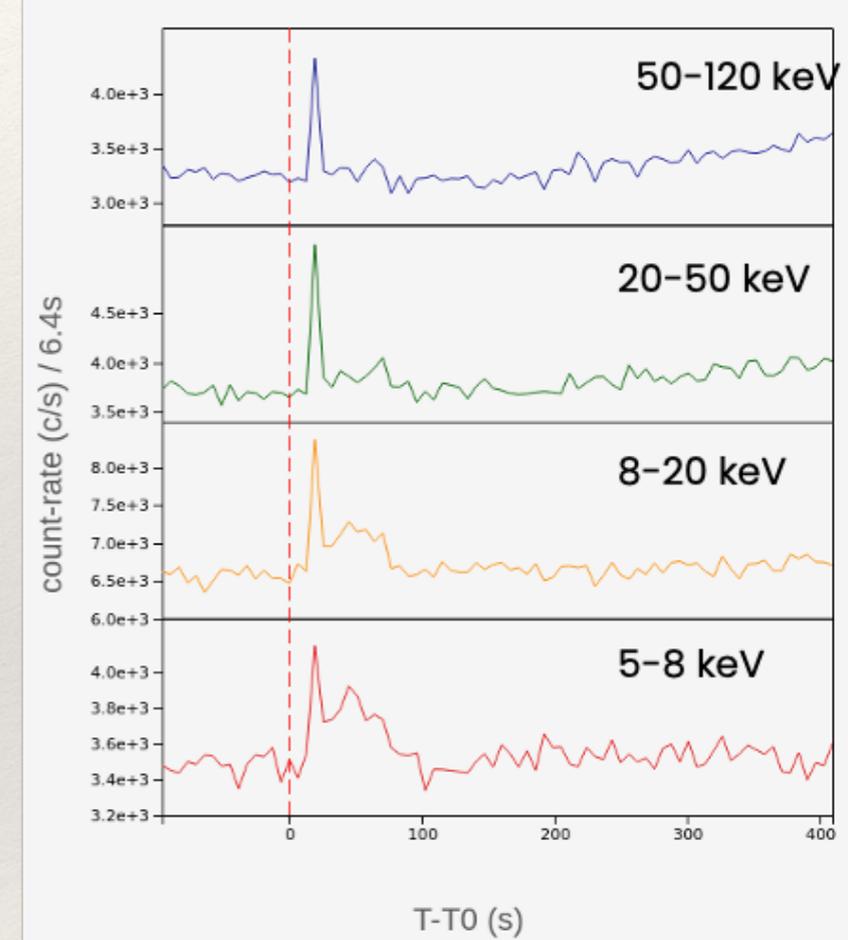
### Long GRB 240718A (GRM)



### Long GRB 240801A (GRM)



### Short +EE GRB 240821A (ECL)



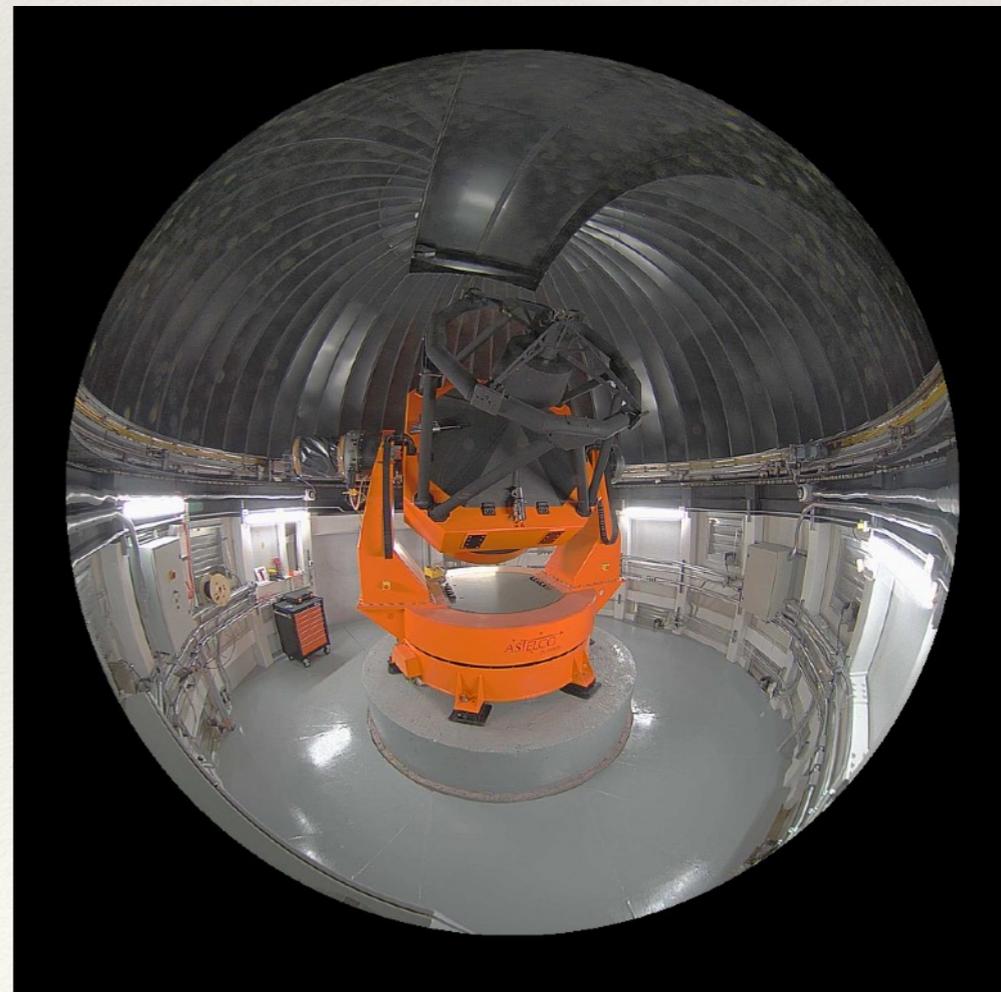
# Résumé

SVOM a été lancé avec succès le 24 juin 2024, COLIBRI a été installé cet été.

La mission est toujours en phase de commissioning et va entrer dans la phase de vérification des performances jusqu'à la fin de l'année: tout marche bien !!!

Premiers GRBs détectés par ECLAIRS et GRM + premiers suivis avec MXT, VT, COLIBRI...

Le futur de ces instruments s'annonce brillant...



---

# Pour aller plus loin

---

**Mission SVOM:** <http://svom.eu>

**Télescope COLIBRI:** <https://www.colibri-obs.org/>

**Plein de petites vidéos ont été tournées pour le lancement:**

<https://www.cppm.in2p3.fr/web/fr/laboratoire/medias/>

<https://www.youtube.com/@CNRSEnDirectDesLabos/search?query=SVOM>

<https://www.youtube.com/@CNRSEnDirectDesLabos/search?query=colibri>

[https://x.com/CNRS\\_IN2P3/status/1804204799413375456](https://x.com/CNRS_IN2P3/status/1804204799413375456)

Thank You !



---

# Spécificités de SVOM

---

- **A 4 keV low energy trigger threshold**  
(new space of discoveries like for EP/WXT (WXT = 0.5-4 keV))
- **A full spectral coverage of the burst's emission from 4 keV - 5 MeV**  
(A kind of Swift/BAT + Fermi GBM capabilities in the same platform)
- **A large FoV ( $1^\circ \times 1^\circ$ ) for the MXT x-ray telescope**  
(allows to monitor large part of the sky in one shot)
- **A sensitive 40cm telescope operating in blue and red channels**  
(largely inspired by the Swift/UVOT)
- **A pointing strategy optimised to coordinate fast follow-up observations during night time**  
(to maximise the number of redshift measured for each detected bursts)
- **A network of robotic telescopes (0.2 - 1.3 m) dedicated to (promptly) respond to the SVOM alerts**  
(to systematically catch the early optical/IR emission of SVOM's bursts)

