

Astro

Aimie CLEMENT (Doct. LAB-LP2I, 2022-2025)

Amélie CLEMENT (Doct., 2025-2028)

Denis DUMORA

Paul FAUVERGE (Doct., 2023-2026)

Marie-Hélène GRONDIN

Armelle JARDIN-BLICQ

Marianne LEMOINE-GOUMARD

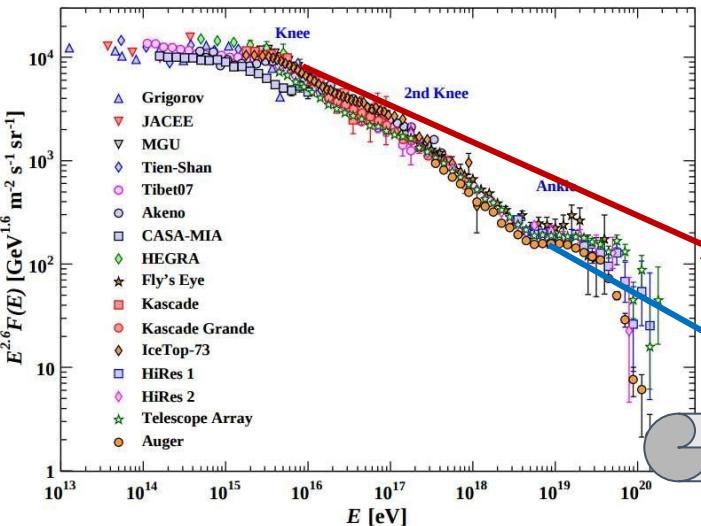
Benoit LOTT

Thierry REPOSEUR

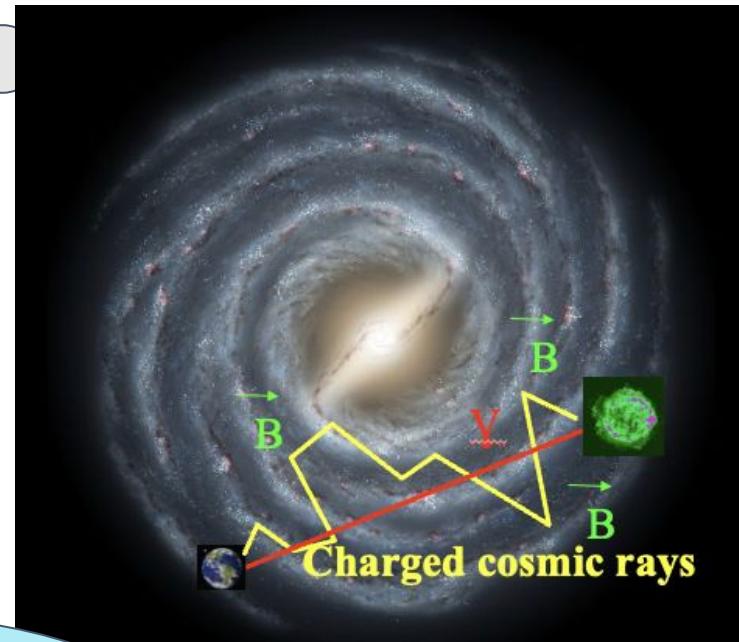


Les grandes questions scientifiques

Les rayons cosmiques (RC)



Quelles sont les sources accélératrices dans la Galaxie et hors de la Galaxie ?



Y-a-t'il une seule source ou plusieurs ?

Quel est le mécanisme d'accélération des RCs ?

Quelle est l'énergie maximale atteinte ?

Comment les RCs s'échappent-ils de la source ?

Comment les RCs se propagent dans la Galaxie et hors de la Galaxie ?

Comment les RCs impactent-ils l'évolution de la Galaxie et la formation des étoiles ?

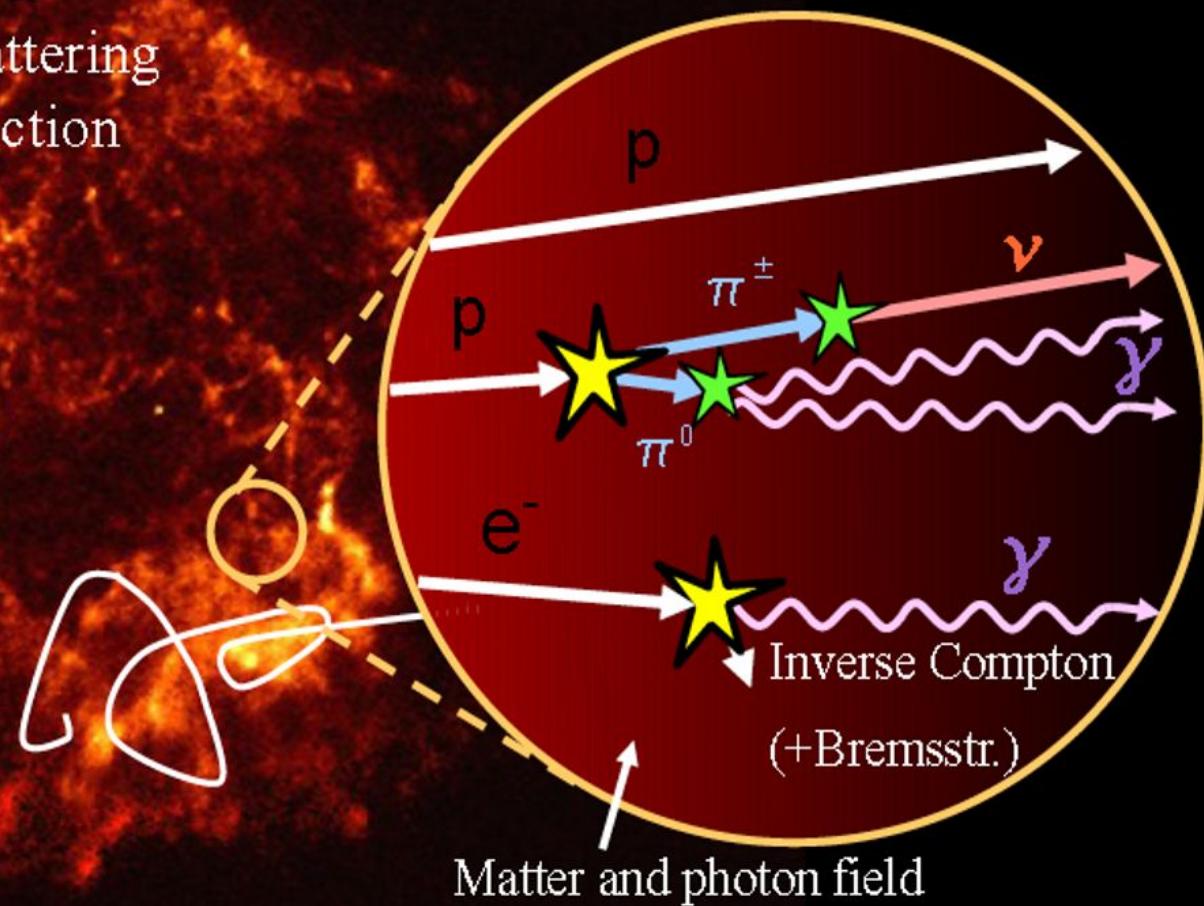
Les rayons gamma: la clé pour comprendre les RCs



Rayons cosmiques :

- ❖ 99% de noyaux atomiques (dont 90% de p ; ~10% d'He)
- ❖ 1% d' e^-

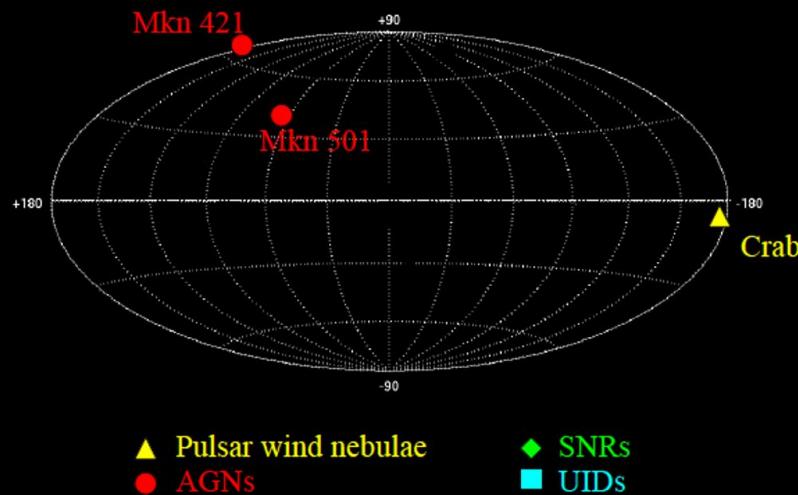
Bremsstrahlung
Synchrotron emission
Inverse compton scattering
Proton-proton interaction



Pas si simple... petit exemple avec l'astronomie Tcherenkov

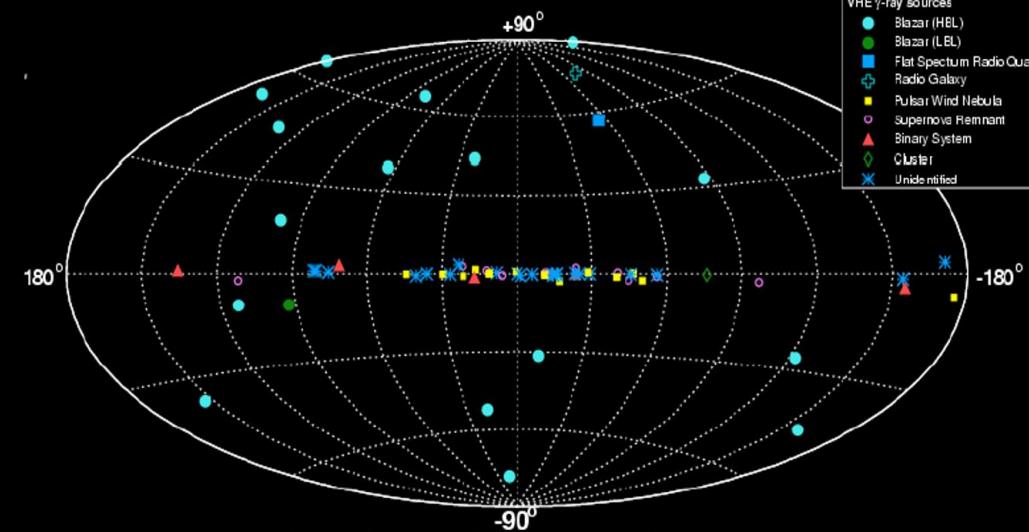
1995

3 sources



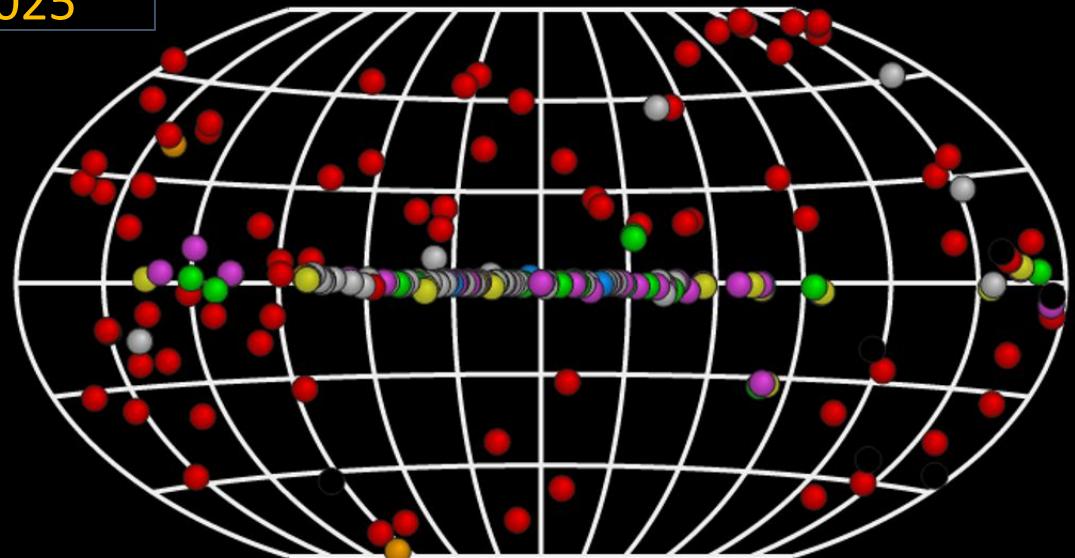
2008

> 70 Sources



2025

Actuellement, au TeV:
> 270 sources dont
96 non identifiées $\approx 35\%$,
comme dans le dernier
catalogue Fermi (DR4)



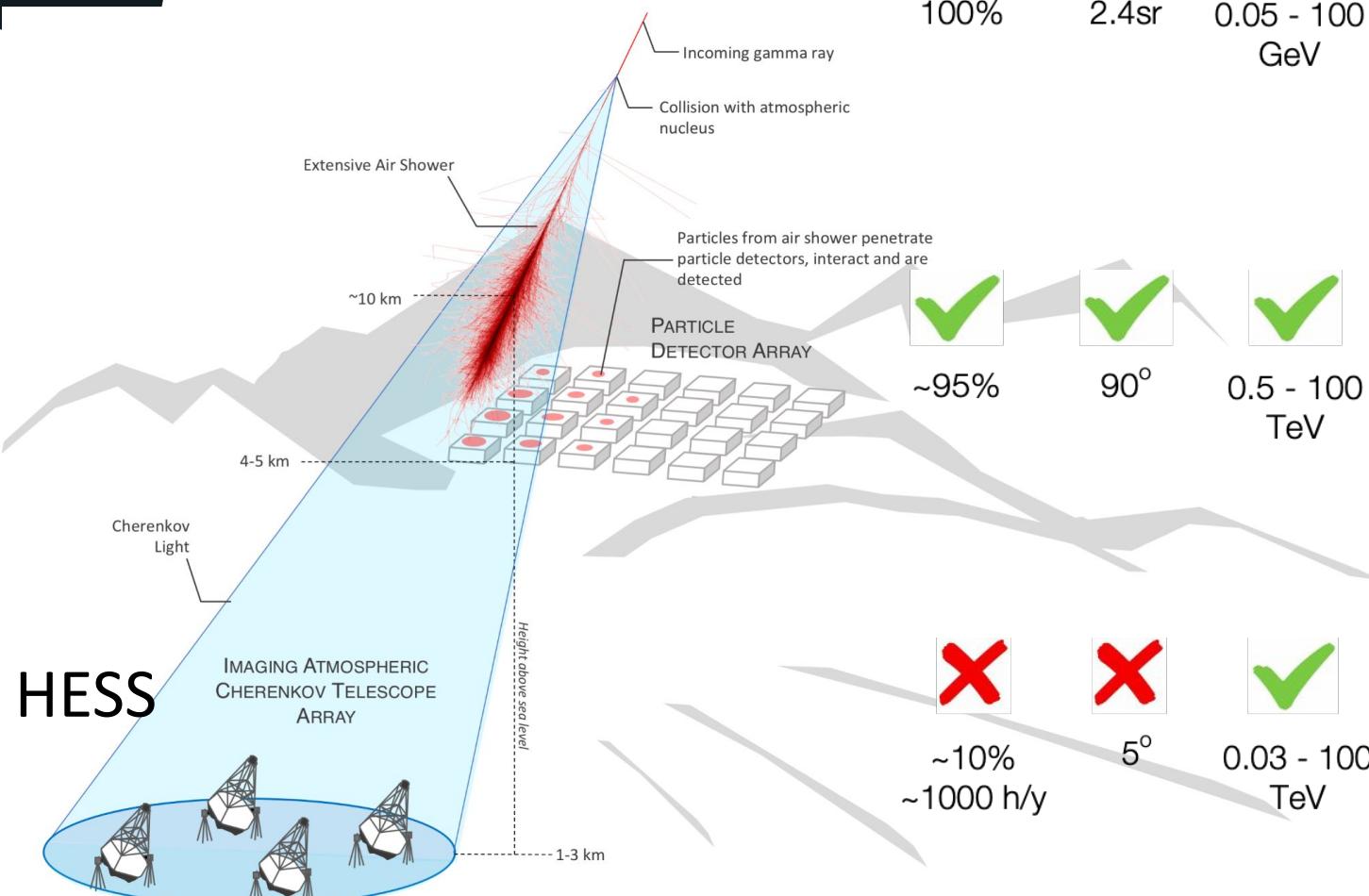
Les grands instruments actuels



LP2i
Laboratoire de Physique
des 2infinis Bordeaux



Fermi



Duty cycle	Field of view	Energy range	Energy resolution	Angular resolution
100%	2.4sr	0.05 - 100 GeV	20 - 10%	6° - 0.1°
~95%	90°	0.5 - 100 TeV	X	X
~10%	5°	0.03 - 100 TeV	< 10% for E > 1 TeV	0.1 - 0.05°

Not to scale



université
de BORDEAUX

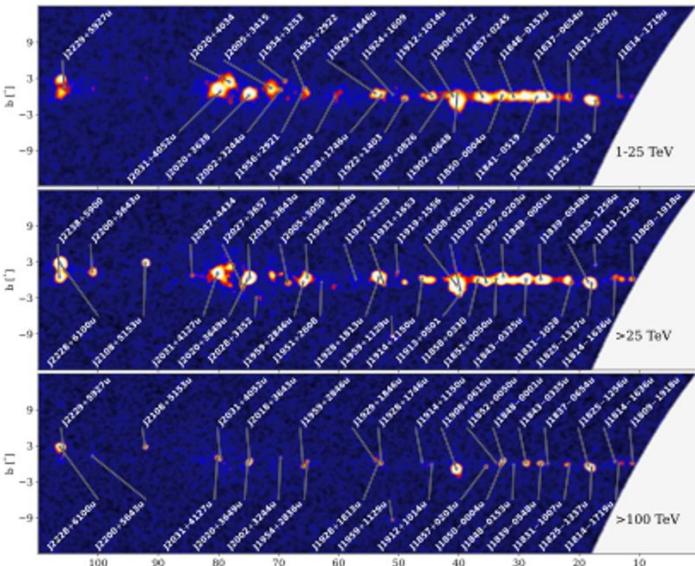
De nouvelles avancées



LP2i
Laboratoire de Physique
des 2infinis Bordeaux

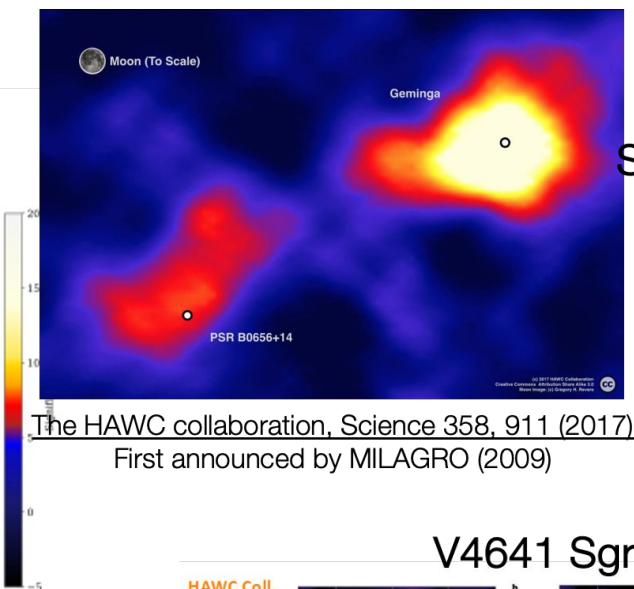
- Plusieurs sources au PeV
 - Des microquasars détectés au PeV !
 - Des halos gamma de plusieurs degrés d'extension
 - Des traces d'échappement de rayons cosmiques
- => Thématique de sources étendues devenue cruciale

90 sources reported by LHAASO,
43 of them detected at UHE (> 100 TeV)

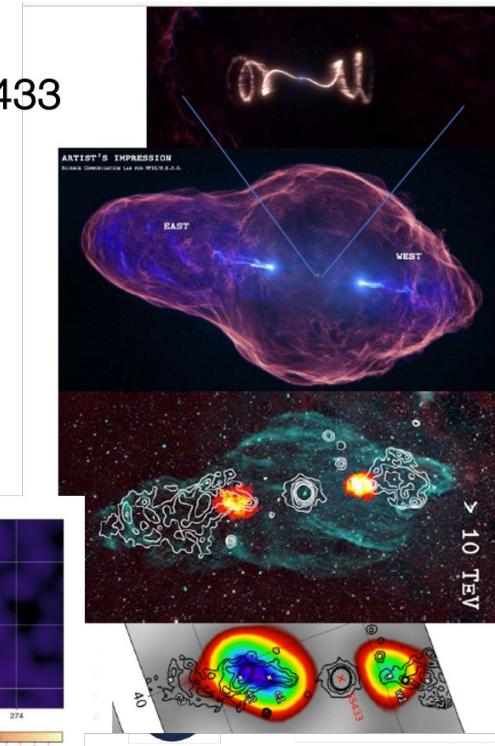


Cao et al. 2023

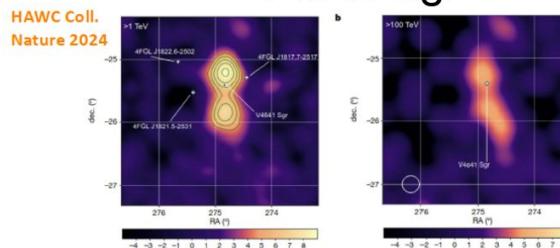
12

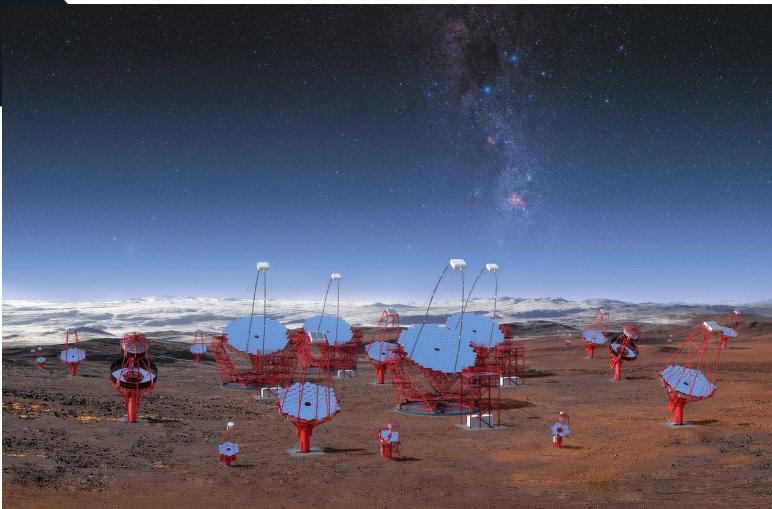


SS 433



V4641 Sgr





Objectifs:

- Améliorer la sensibilité d'un facteur 10
- Améliorer la résolution angulaire jusqu'à 1 arcmin à 1 TeV (3' à 6' pour HESS*)
- Abaisser le seuil en énergie à 10 GeV (~30 GeV sur HESS*) ET garder une sensibilité à > 10 TeV
- Augmenter la taille du champ de vue (5° sur HESS)
- Grande rapidité de réaction aux événements transitoires



* selon les conditions d'observations, la position de la source, etc.



Objectifs?

- a) Production des 8 portes des caméras NectarCAM.
- b) Intégration et tests à l'Irfu des caméras
- c) Mise en service (~~installation~~) des caméras sur site
- d) Maintenance

Calendrier

- a) En cours. Les 8 portes seront livrées et montées sur les caméras fin 2026.
- b) Dépendra de l'intégration des caméras. Devraient s'échelonner jusqu'en 2028
- c) Pas de calendrier défini. Fin en 2028 ?
- d) Service après-vente 5 ans après mise en route des télescopes.

RH

- a) Mécanique essentiellement. Les fonctionnalités seront testées avant livraison.
- b) Physicien.
- c) Physicien.
- d) Pas de contrainte. Interventions ponctuelles sur panne exceptionnelle.



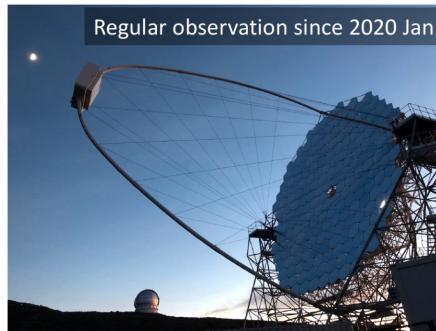
La science avec CTAO: c'est demain !



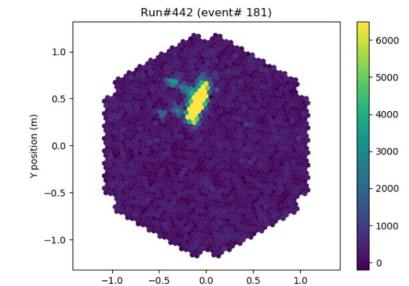
LP2i

Laboratoire de Physique
des 2infinis Bordeaux

- LST prend des données depuis Janvier 2020
- 4 LSTs en 2026;
- MST au Nord & Sud d'ici fin 2027

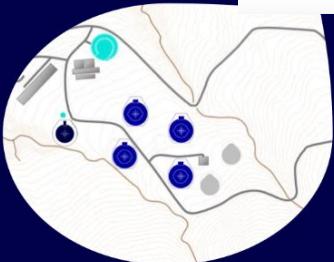


Regular observation since 2020 Jan

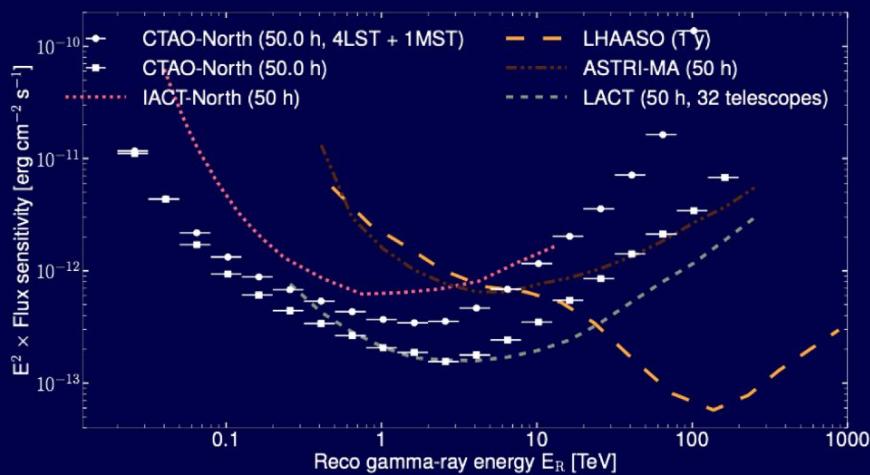


May 2019, first images of cosmic rays

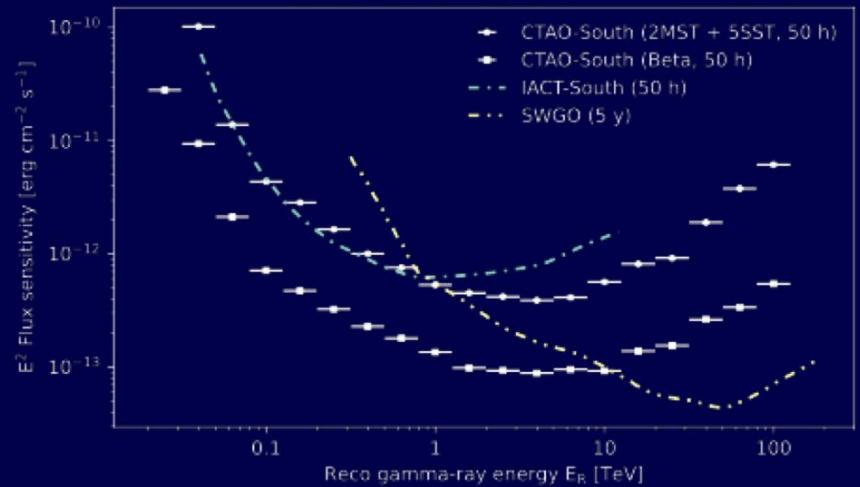
2.5 years from today



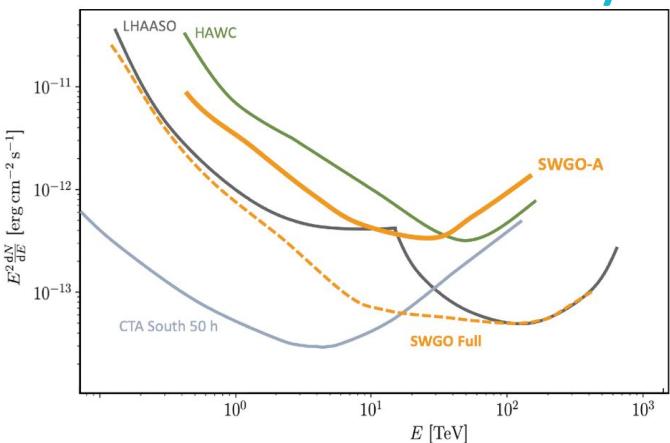
CTAO-North



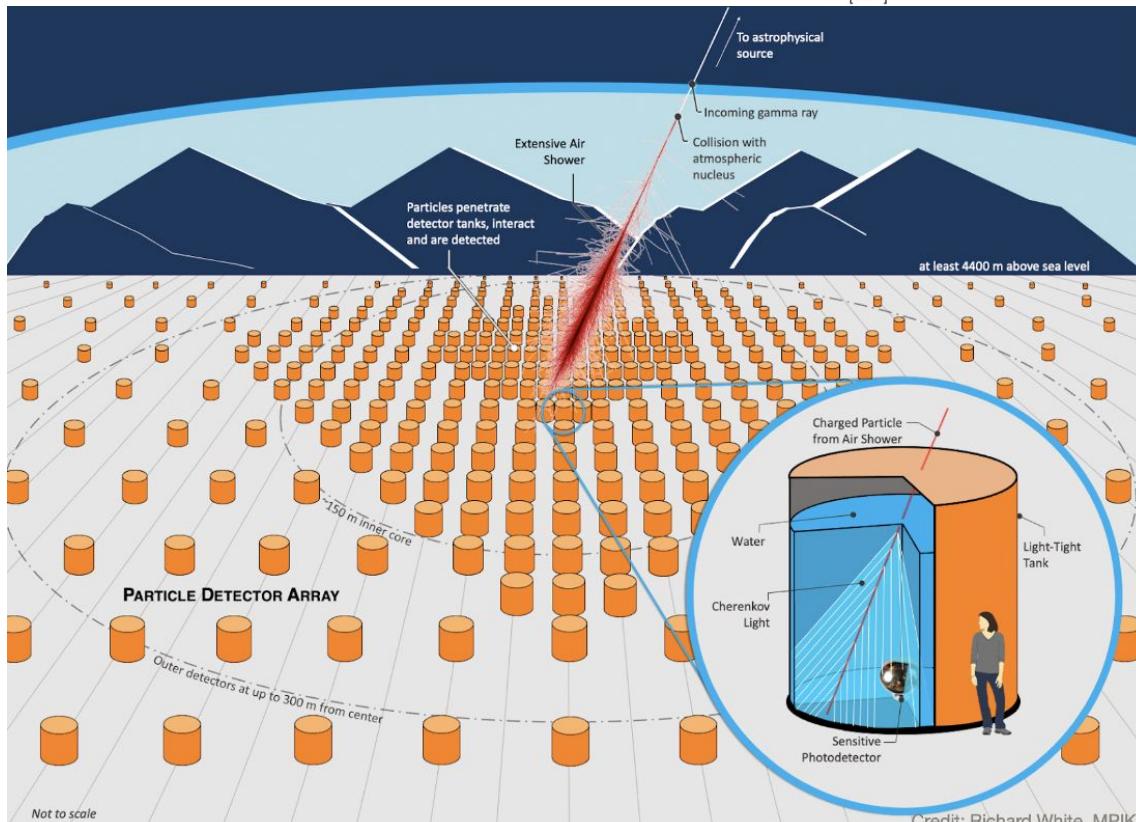
CTAO-South



Le Southern Wide-field Gamma-ray Observatory



Très grand champ de vue ET
grande surface de collection
à > 10 TeV

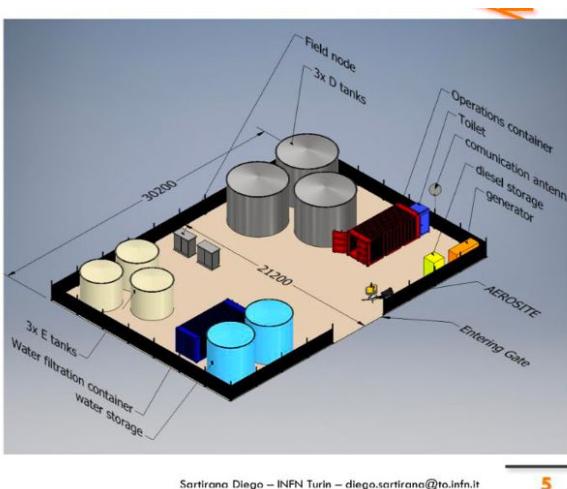


- **Ground-level** particle detection
- **~100% duty cycle**
- **~sr** wide field of view
- In: Atacama Astronomical Park, Chile
- Altitude: 4770 m.
- Energy: 100s GeV - ~PeV
- Water Cherenkov detector units.

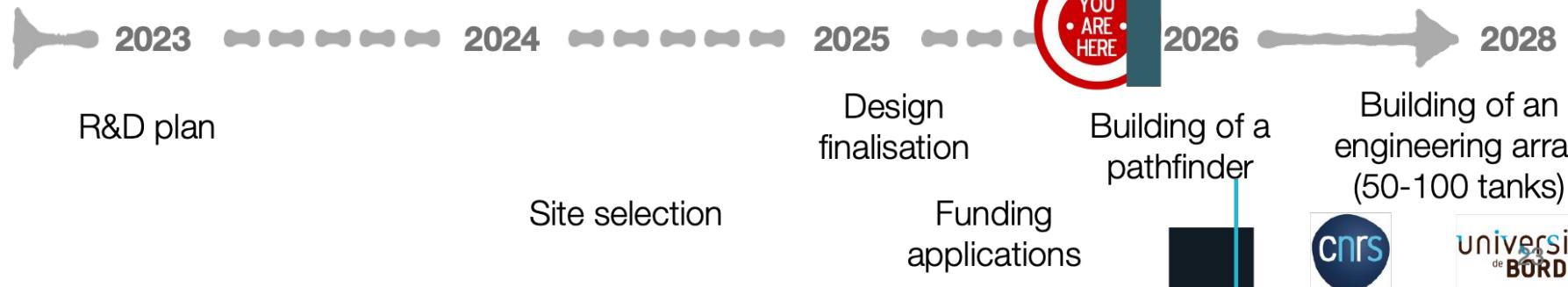
Le Southern Wide-field Gamma-ray Observatory

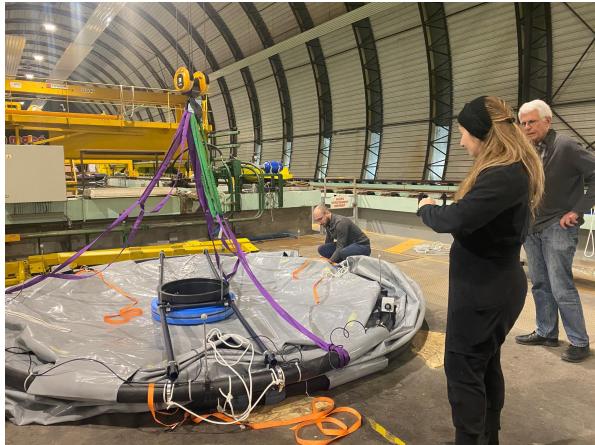
- Aucun budget CNRS
- 10 k€ : système électrique solaire à installer
- Discussion OMs ANTARES en cours
- Analyse de sources étendues

- 2x E tank + 2x D tank (+1 for each as expansion)
- 2x containers 20ft (water filtration + operations)
- 2x 50kl tank for dirty water (total of approx. 1x D-tank)
- 2x field node in MPIK version (1,8x1,2m concrete base)
- Toilet (1,4x1,2x2,5m)
- Generator (model to be defined actual 1x2,6x1,5m)
- Generator diesel tank (1,2x1,2x2m)
- Draft for antenna near operations container
- Fencing with entering gate 6m width (need to define specs of fencing)
- AEROSITE positioned far from metal (>2m) and no shadowing area
- Approx 30x21 area

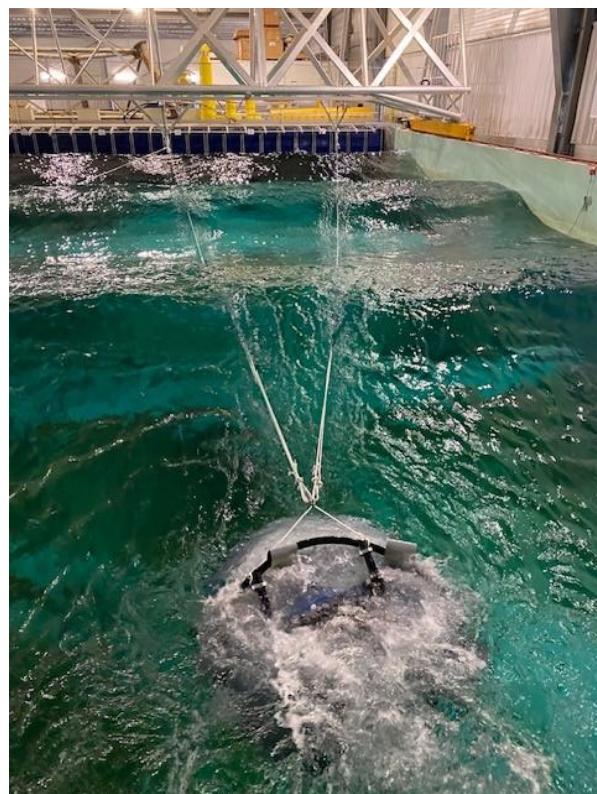


Timeline :





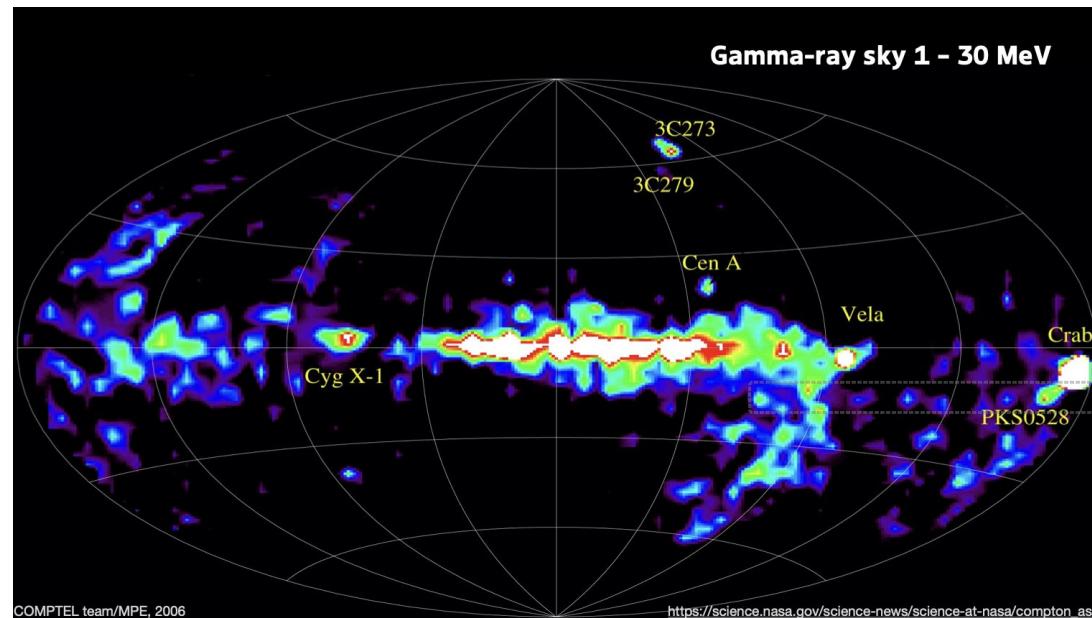
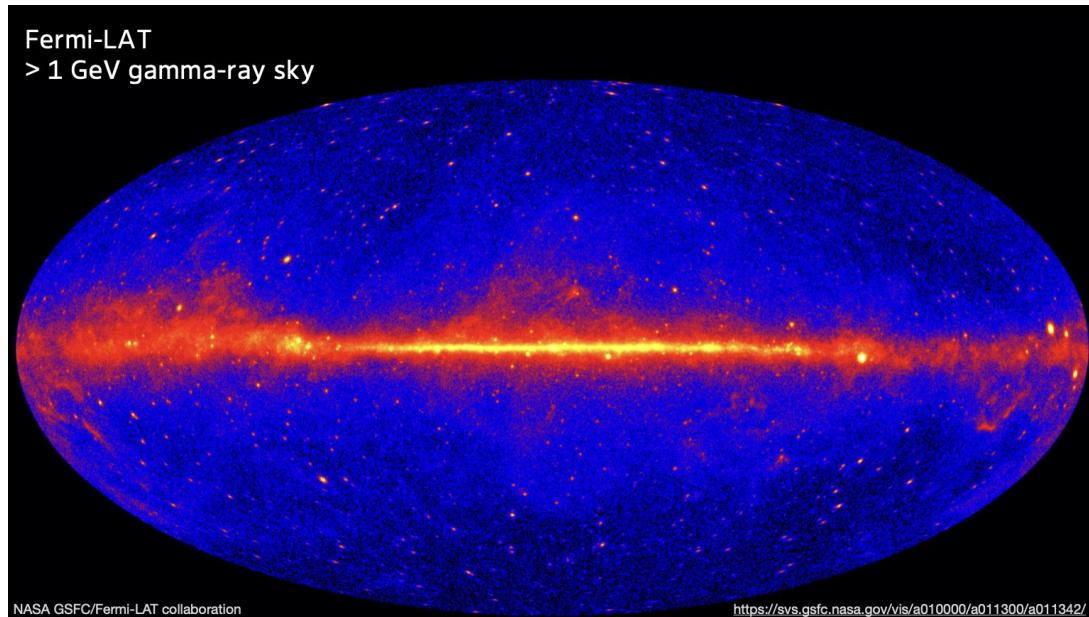
- Idée @MPIK consacrer une **seconde phase au domaine du PeV** en utilisant un lac (naturel ou artificiel)
- Bladders (réservoirs souples) deployés près de la surface => nécessite de **tester les performance et la durabilité du dispositif** face aux vents et aux vagues potentielles.
- **Tests à Nantes** du 30 mars au 4 avril: Thierry & Marianne sur site (financement RRI origins)
- Tout a cassé ! Mais **nous avons appris beaucoup.**
- **Pour le moment aucun lac n'a été trouvé; la priorité est donnée à SWGO au sol**



Le ciel au MeV - GeV



7194 sources de gamma entre
50 MeV and 1 TeV dans le
catalogue Fermi-LAT à 14 ans
(4FGL-DR4, Fermi-LAT
collaboration 2022)



Quelques dizaines de sources
stables connues entre 1 et 30 MeV
(Schönenfelder et al. 2000)
⇒ nouveau champ de découvertes!

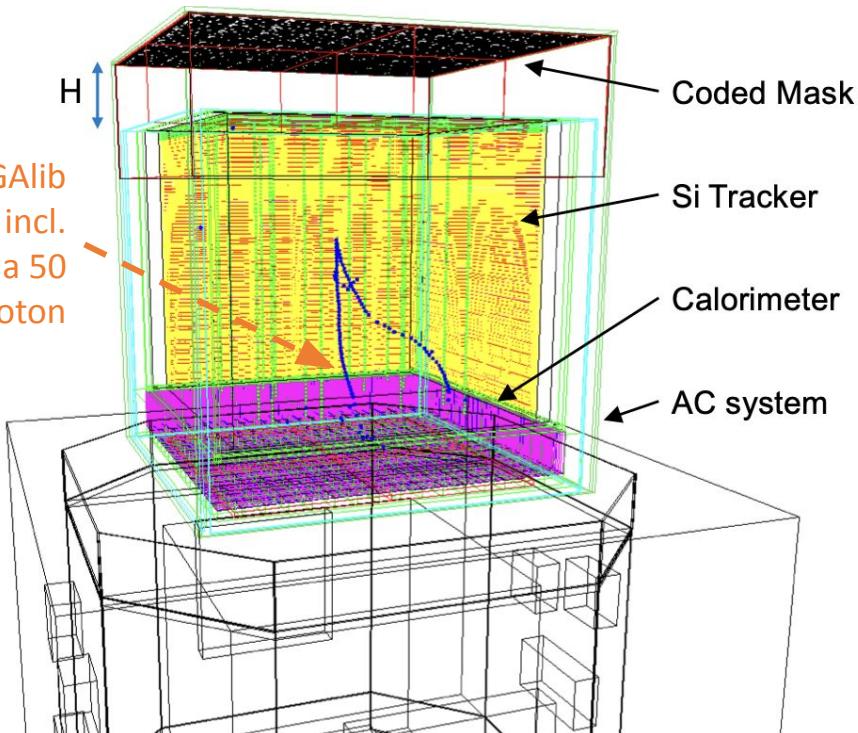
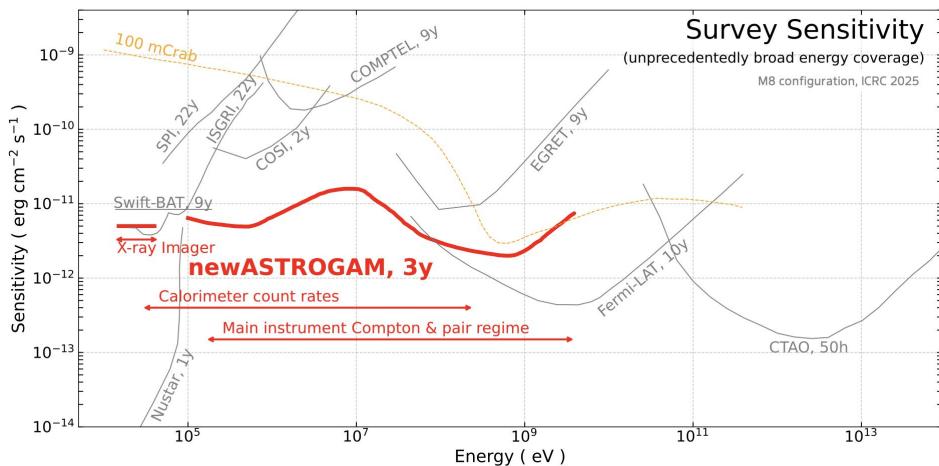


newASTROGAM



- Proposition pour un observatoire de rupture soumise à l'ESA (M8 medium-sized mission call) pour un lancement en 2041
- Large couverture spectrale pour la première fois simultanément du keV au GeV => plus de 5 ordre de magnitude: imagerie, polarimétrie, spectroscopie (ligne et continuum)
- Nouvel imageur pour les rayons X dur => excellente résolution angulaire pour un suivi rapide multi-longueurs d'onde et multi-messenger de transitoires

- **Si Tracker** – Double sided Si strips (DSSD) or Monolithic Active Pixels (MAPs) for excellent spectral resolution and fine 3-D position resolution
- **3D-imaging Calorimeter** – CsI(Tl) (or GAGG:Ce or CeBr₃) crystals readout by Si photo-detectors for efficient photon absorption
- **Anticoincidence detector** to veto charged-particle induced background => plastic scintillators read out by SiPMs
- **Light coded mask** – 120 µm tungsten sheet for hard X-ray monitoring and arcminute localisation of transient sources



Futur de l'activité du groupe



Priorités du groupe sur :

- ★ **Fermi (futur incertain...)**
- ★ **H.E.S.S. (=> 2028)**
- ★ et surtout **CTAO** :
 - commissioning de la **première NectarCAM fin 2026** (Chili ?)
 - **inauguration de CTAO à La Palma fin 2026**

SWGO et newASTROGAM pourraient révolutionner les domaines du TeV-PeV et du MeV-GeV... mais **pas de budget** pour le moment.

On reste en veille sachant que le **départ de T. Reposeur et B. Lott** va fortement impacter nos possibilités de réaction en cas d'évolution positive de SWGO ou newASTROGAM.





LP2i

Merci pour votre attention !

