

# Utilisation de GRIF par H.E.S.S./CTAO

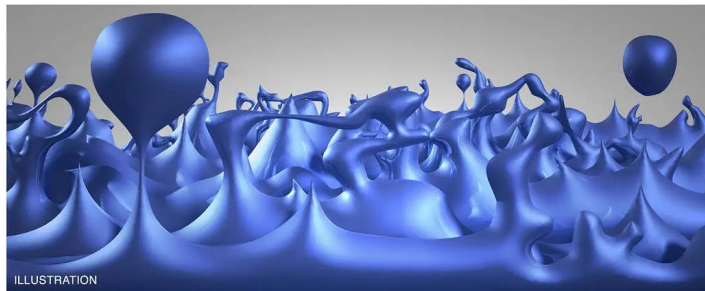
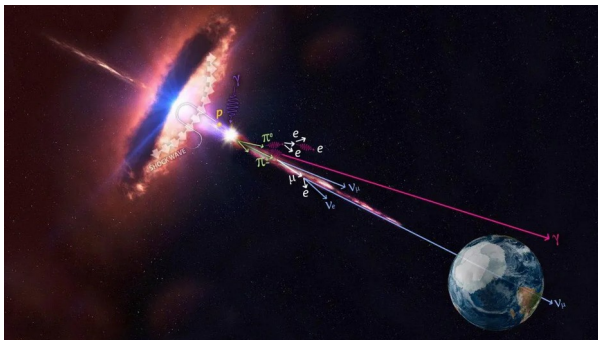


J.-P. Lenain

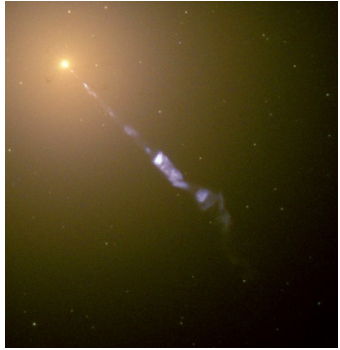
GRIF a 20 ans,  
LPNHE, 2025-06-30

# Astrophysique des hautes énergies

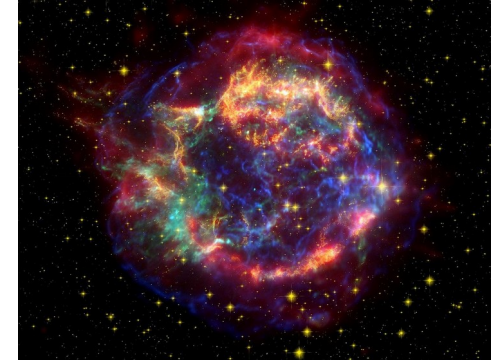
- Origine des rayons cosmiques
  - Quelle est l'origine et la nature des particules accélérées ?
  - Étude des particules/messagers secondaires (rayons  $\gamma$ , neutrinos, RC, GW)
  - Quel(s) est/sont le(s) mécanisme(s) d'accélération à l'œuvre ?
  - Via étude de sources astrophysiques non-thermiques
- Tests de physique fondamentale
  - Recherche indirecte de matière noire
  - Recherche de violation de l'invariance de Lorentz (lié à gravitation quantique)



# Zoologie de sources astrophysiques



Jets dans noyaux actifs de galaxie



Pulsars, restes de supernovae

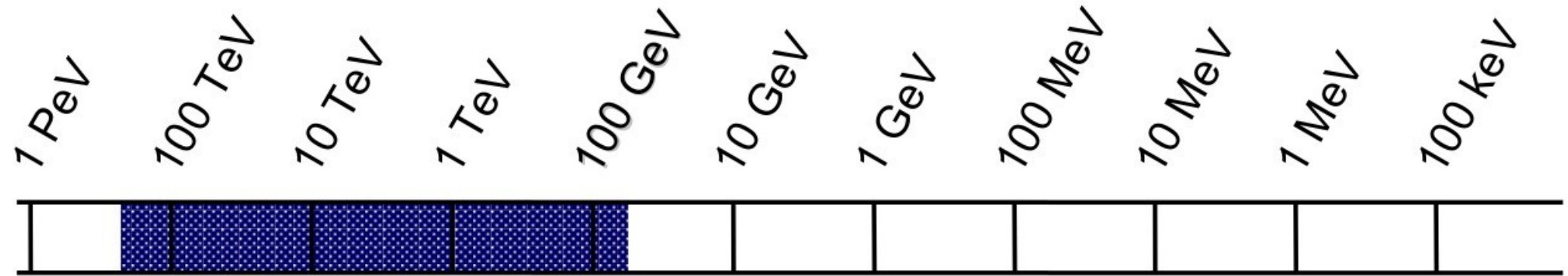


Sursauts gamma

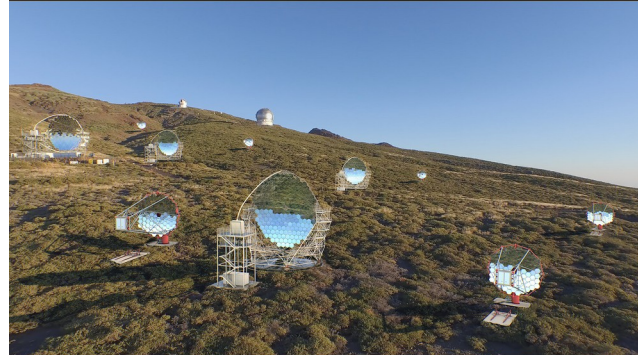
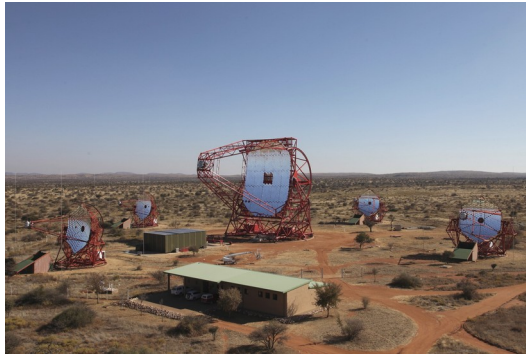


Systèmes binaires, microquasars

# Rayons gamma



Ground



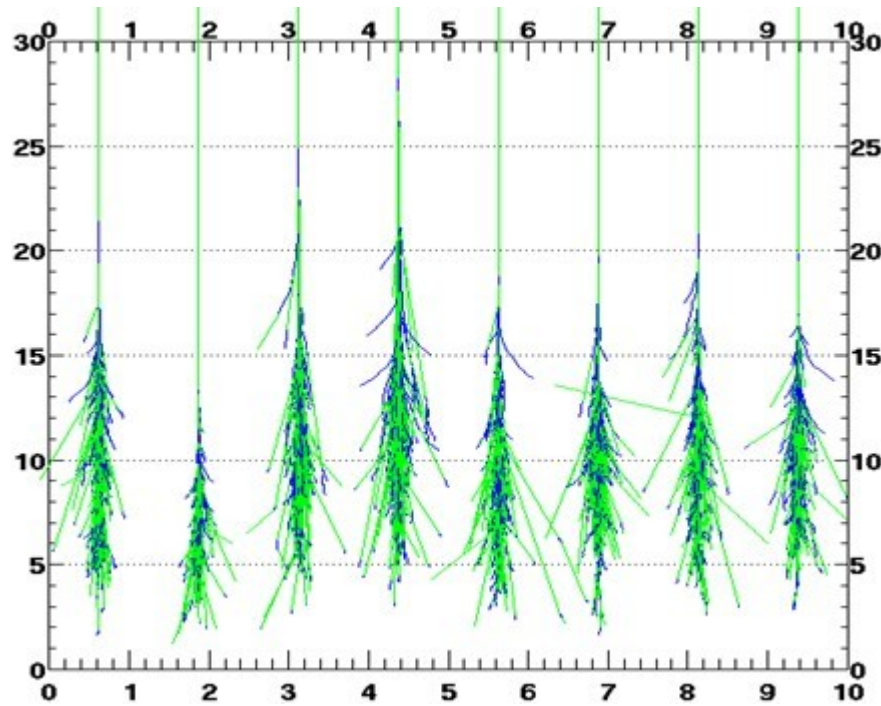
Space



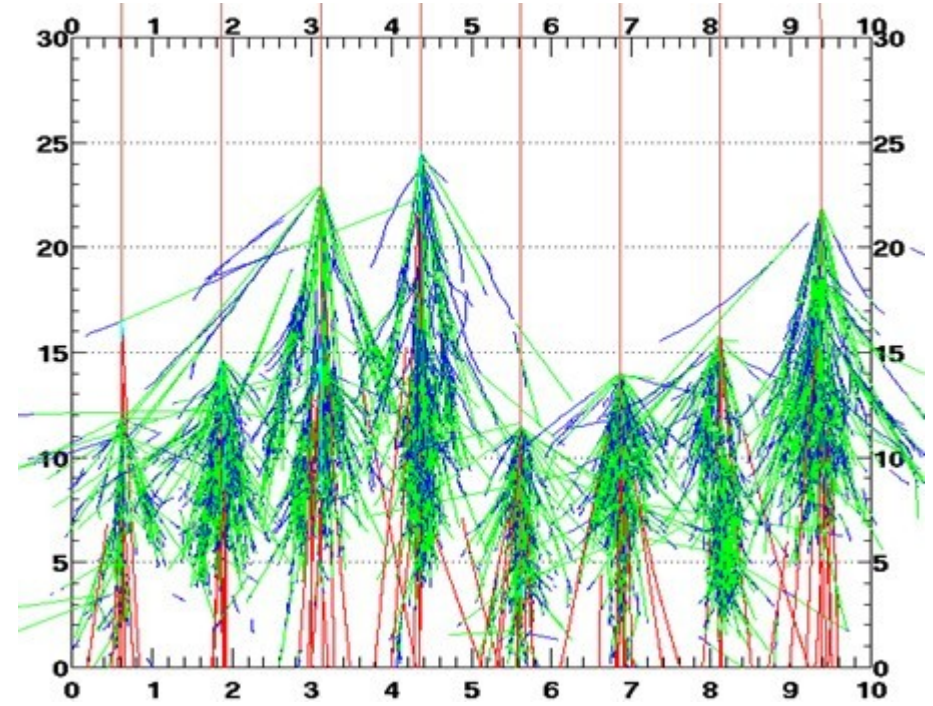
# Cascades atmosphériques



# Cascades atmosphériques



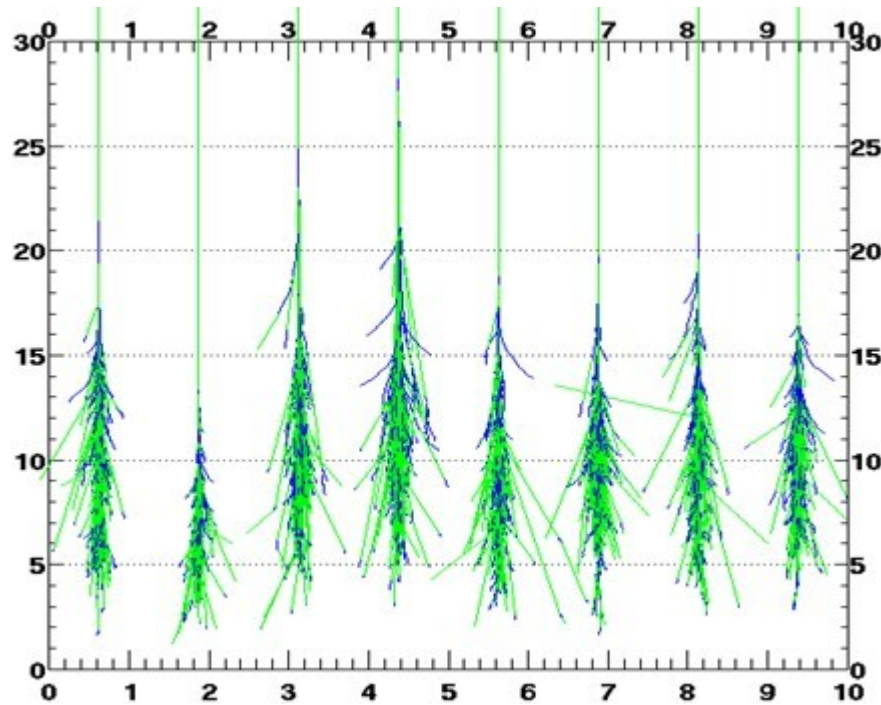
Rayons  $\gamma$



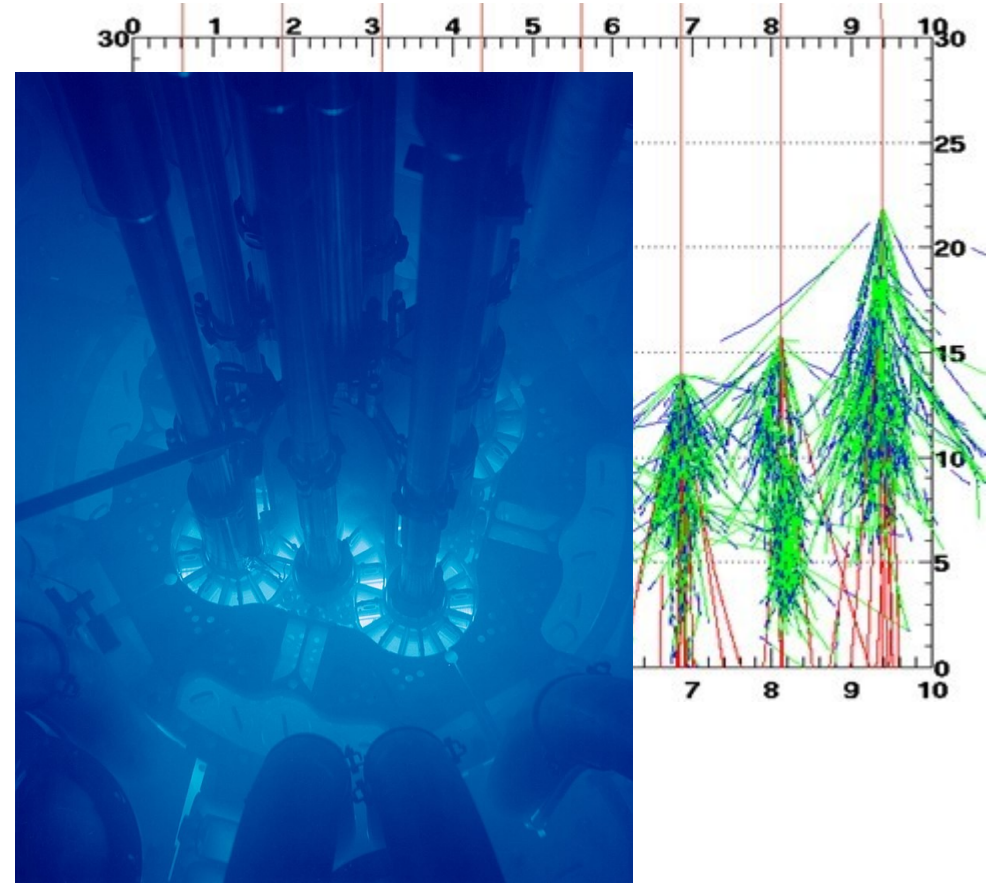
Protons

- Discrimination rayons cosmiques/rayons  $\gamma$

# Cascades atmosphériques



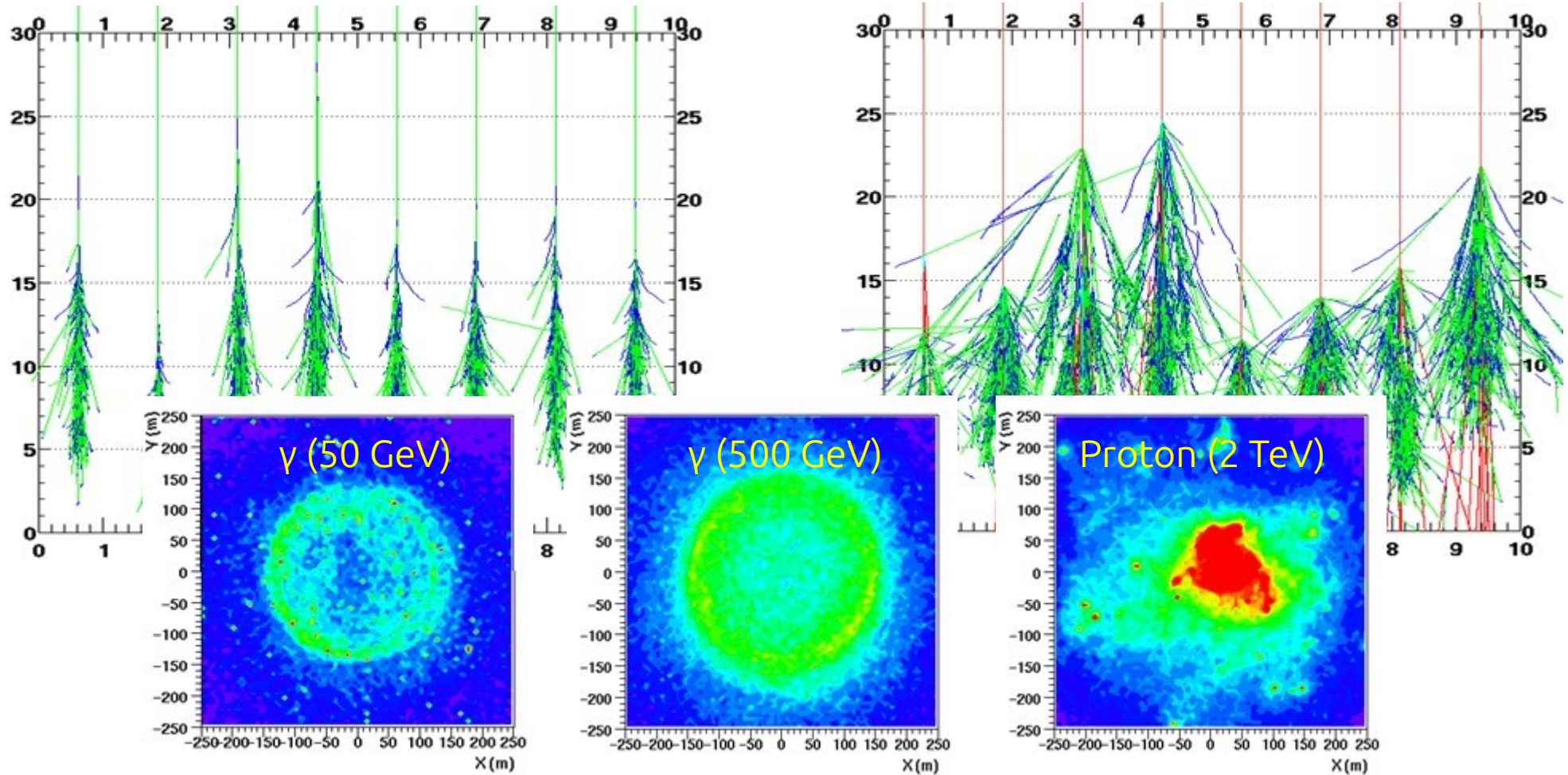
Rayons  $\gamma$



Lumière Cherenkov

- Discrimination rayons cosmiques/rayons  $\gamma$

# Cascades atmosphériques

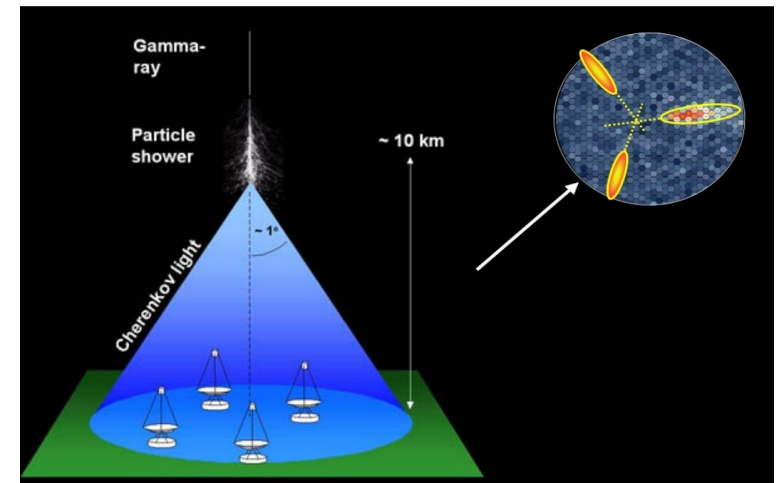
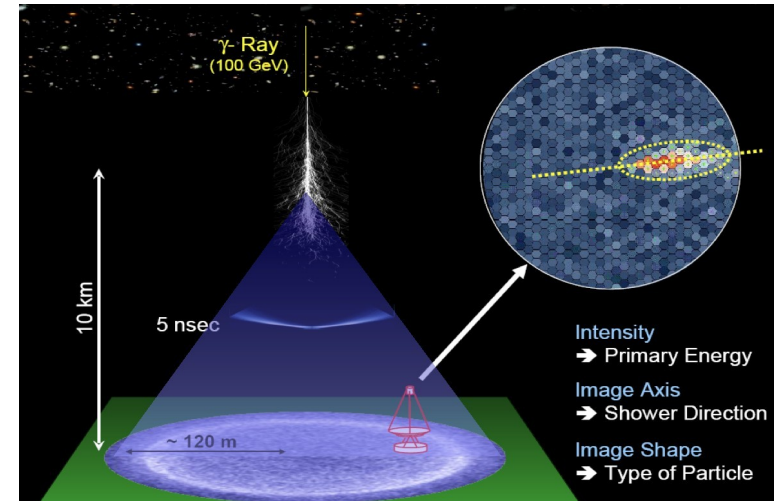
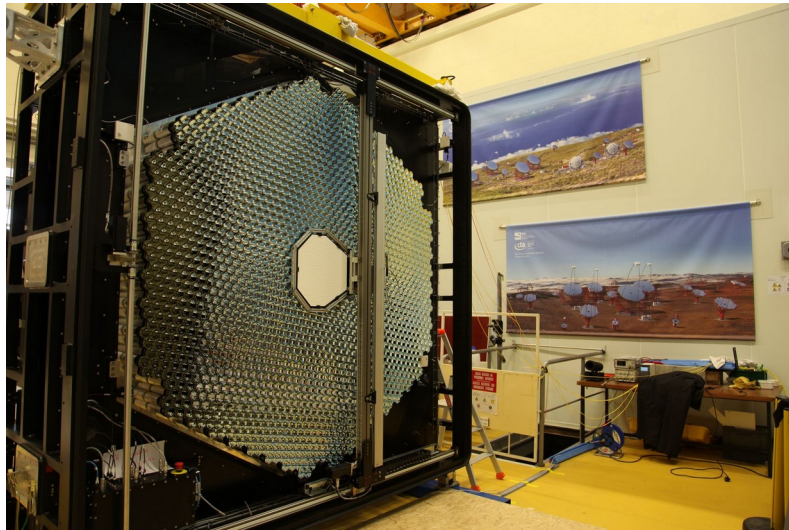


- Discrimination rayons cosmiques/rayons  $\gamma$

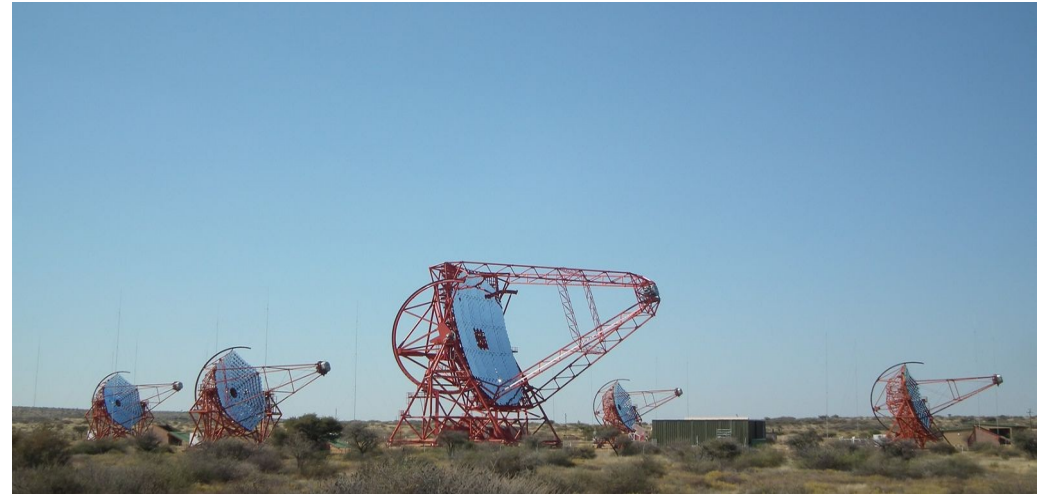


# Détection de rayons $\gamma$ depuis le sol

- Grande surface de collection ( $\sim 10^5 \text{ m}^2$ )
- Cascade imagée avec caméra rapide ( $\sim 1 \text{ GHz}$ )

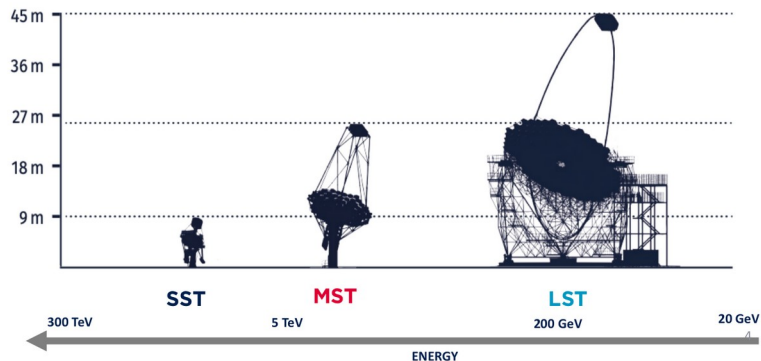
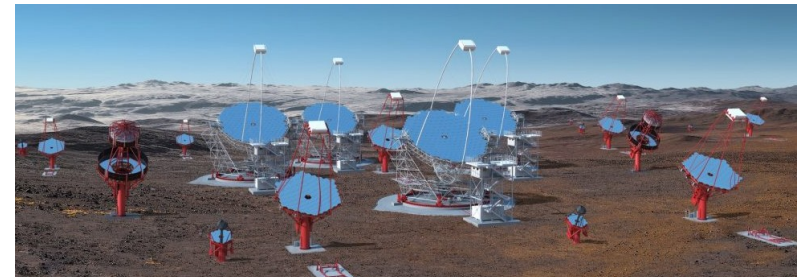


- Expérience astrophysique gamma en Namibie
- En opération depuis 2003
- Deux centres majeurs de calcul & stockage:
  - CC-IN2P3 & MPIK
- Modèle traditionnel **expérience** au CC-IN2P3
  - Czar: Arache Djannati-Ataï (APC)
  - Mathieu de Naurois (LLR) & Jean-Philippe Lenain (LPNHE): contacts réguliers avec le CC-IN2P3 (productions massives calibration, reconstruction, simulation)
  - Calcul sur ferme SLURM, stockage sur HPSS via XROOTD (+SPS/PBS).
  - Responsabilité productions simulations Monte Carlo & IRFs depuis 2012.
- Codes basés sur ROOT/C++

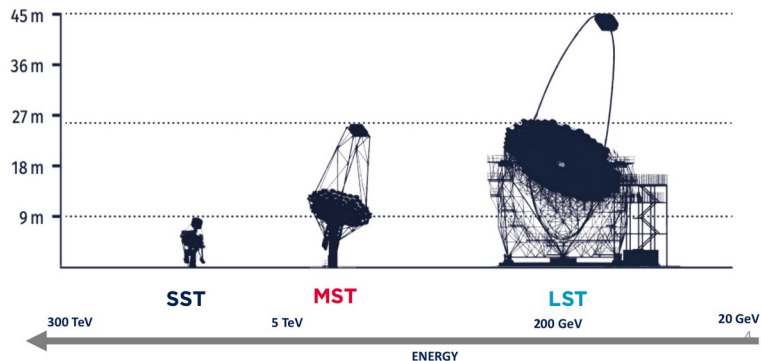


# Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO)

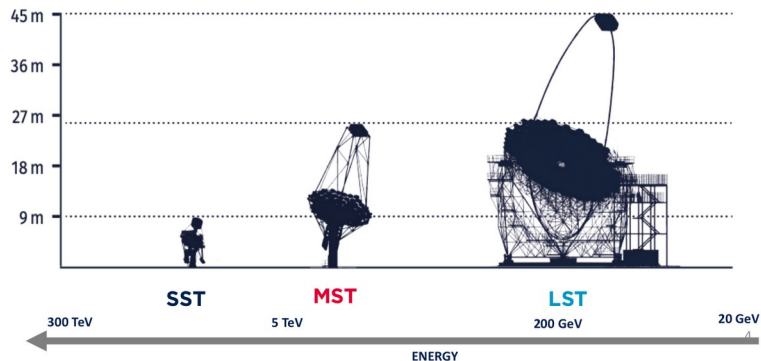
- Premier **observatoire** aux très hautes énergies, en cours de construction.
- Trois tailles de télescopes
- Deux sites :
  - La Palma, Canaries, Espagne  
9 MSTs + 4 LSTs
  - Paranal, Chile  
14 MSTs + 37 SSTs



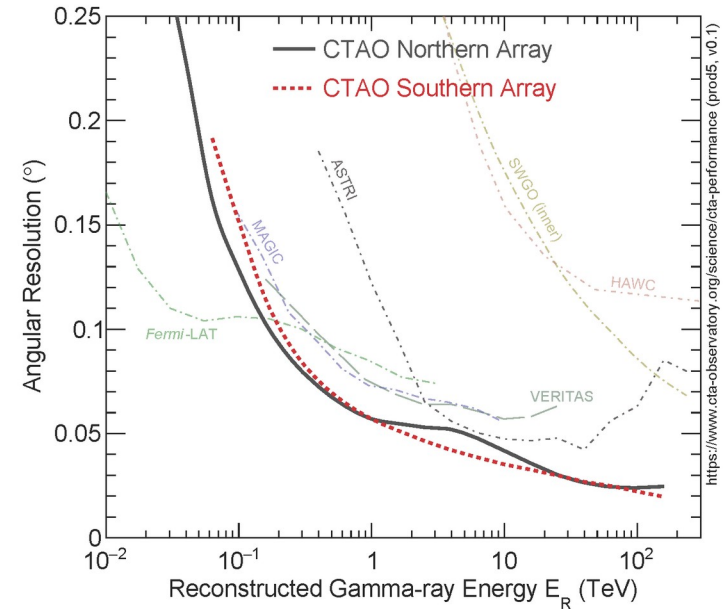
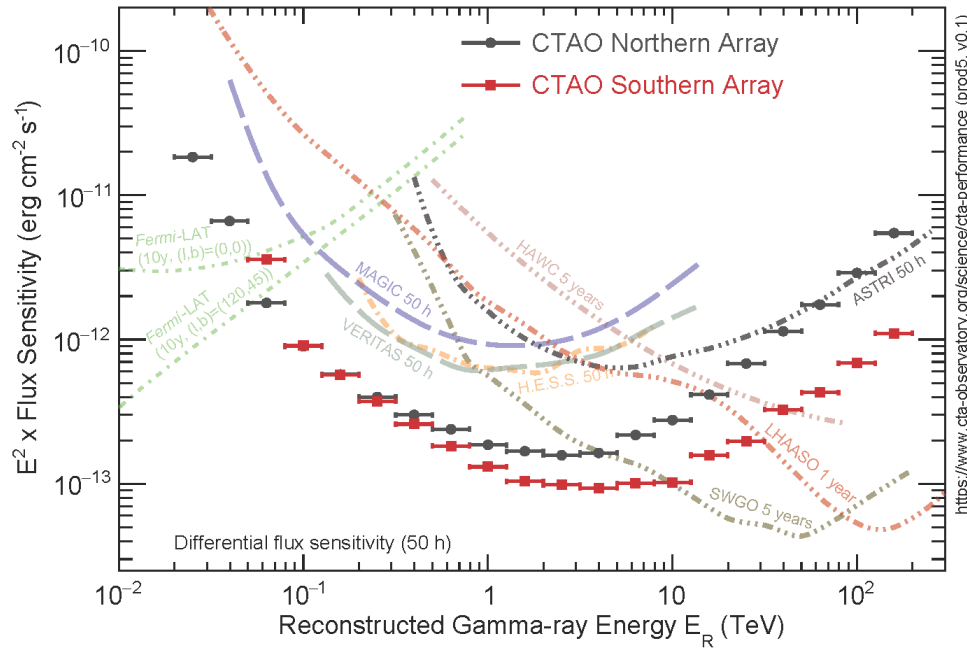
- Premier **observatoire** aux très hautes énergies, en cours de construction.
- Trois tailles de télescopes
- Deux sites :
  - La Palma, Canaries, Espagne  
9 MSTs + 4 LSTs
  - Paranal, Chile  
14 MSTs + 37 SSTs



- Premier **observatoire** aux très hautes énergies, en cours de construction.
- Trois tailles de télescopes
- Deux sites :
  - La Palma, Canaries, Espagne  
9 MSTs + 4 LSTs
  - Paranal, Chilie  
14 MSTs + 37 SSTs



## Performances attendues de CTAO

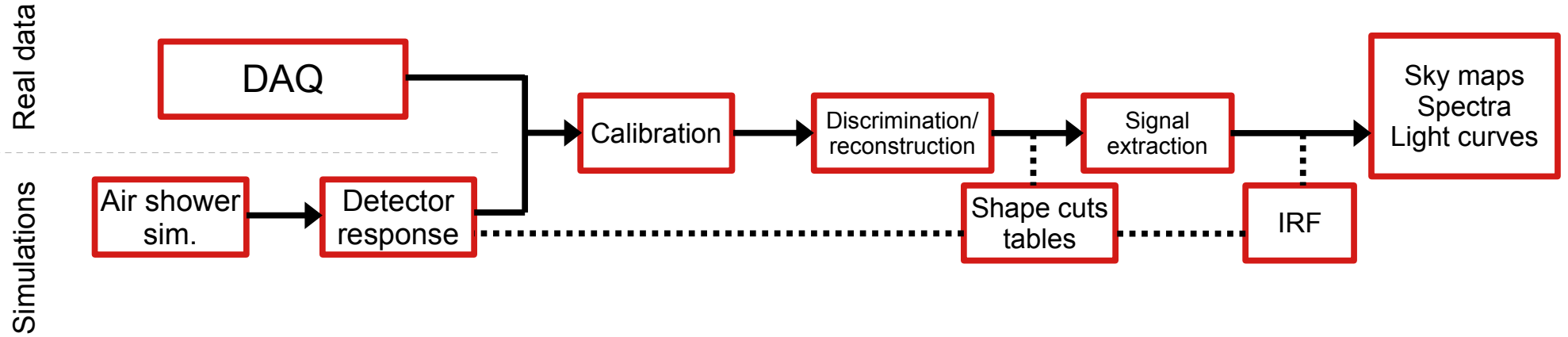


<https://www.cta-observatory.org/science/cta-performance/> (alpha configuration)

# Et la grille dans tout ça ?

- H.E.S.S.:
  - Données traitées majoritairement en local (CC-IN2P3, MPIK)
  - Simulations Monte Carlo (cascades + réponse détecteur) déportées sur grille depuis ~2013
  - ~7 sites supportant les activités H.E.S.S. durant la période la plus intense (circa 2014-2018)
- CTA:
  - Plugin CTA-DIRAC (responsabilité LUPM) dédié à CTAO
  - Transformation system for pipelines, bulk data management system
  - Productions simulations MC, reco/discrim, analyses, simulations de physique sur grille depuis 2011
  - ~25 sites supportant les activités CTA durant la période la plus intense (< 2022)

# Workflow & framework



- Production MC sur EGI via instance DIRAC France Grilles depuis 2012.  
Possibilité de copie DSTs sur DIRAC pour utilisateurs hors CC-IN2P3.



- VO managers H.E.S.S.: Mathieu de Naurois & Jean-Philippe Lenain.



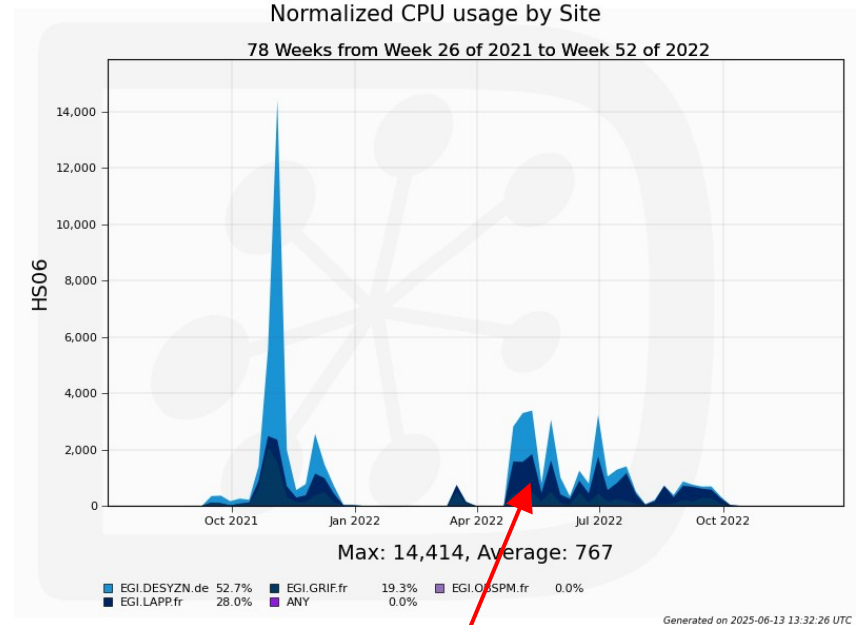
- Depuis 2021: déploiement soft sous forme de conteneur Singularity/Apptainer via CVMFS.





# Usage CPU/disque

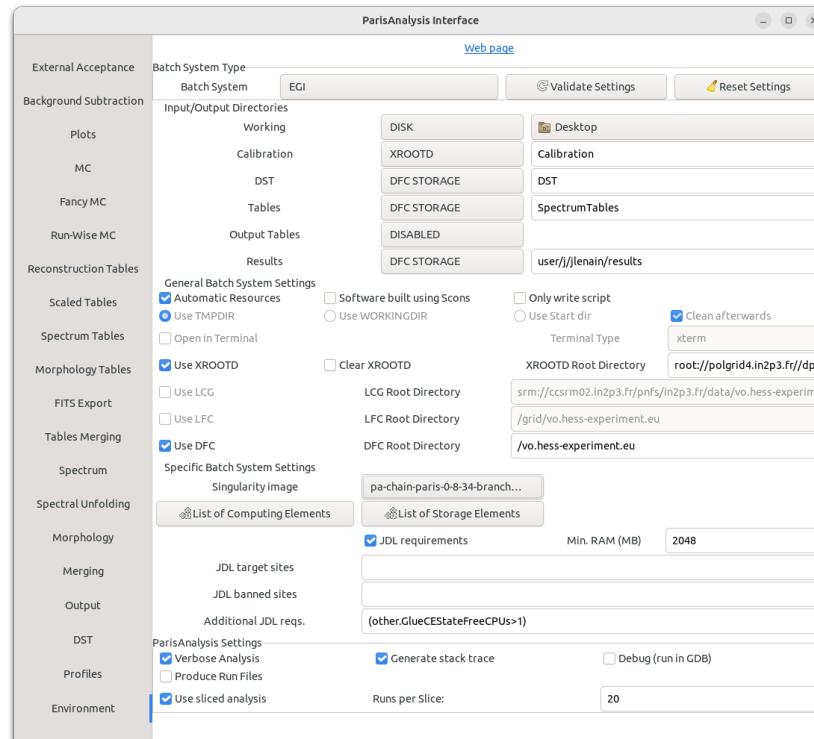
- H.E.S.S.:  
Campagnes de production  
"par pics"
- Computing :  
~20 % @ GRIF
- Stockage : 313 TB
  - GRIF : 90 TB
  - CC-IN2P3 : 223 TB



Addition of a new feature in simulations :  
zenith angle-dependent PSF  
(deformation of mirror facet alignment with elevation)

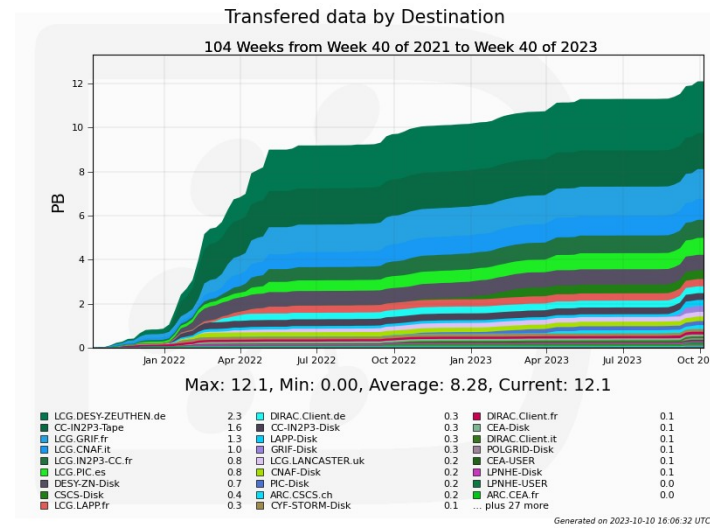
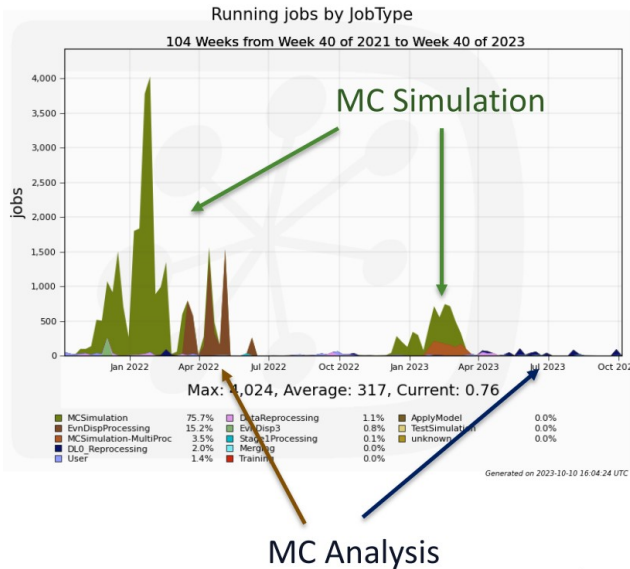
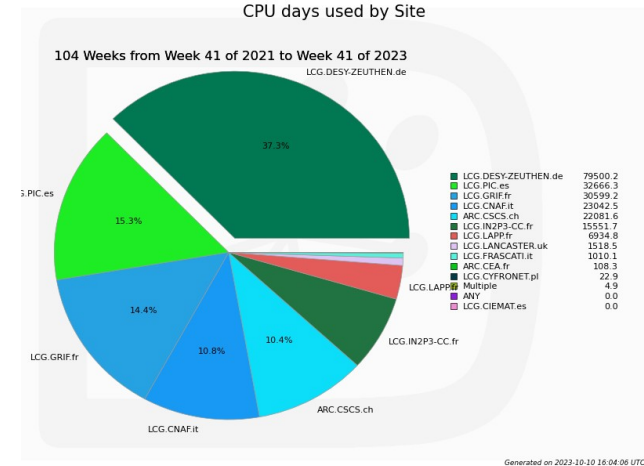
# Intégration dans soft H.E.S.S.

- Duplication systématique des chaînes dans H.E.S.S. :
  - Simulation, réponse détecteur, reconstruction/discrimination, analyses.
  - Tout résultat est systématiquement X-checké et validé en interne avant toute publication.
  - Intégration des outils grille dans chaîne « `parisanalysis` ».



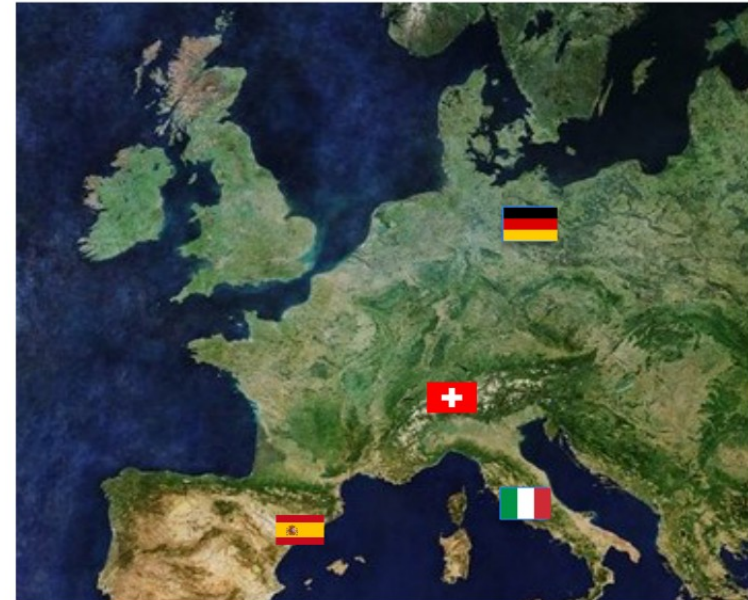
# Exemple d'opérations 2022-2023

- Différentes campagnes de production Monte Carlo, avec description du réseau, des télescopes, caméras, électroniques de déclenchement affinées au fil des campagnes
- ~85 millions CPU h.HS06
- ~6 PB utilisés distribués sur 7 sites






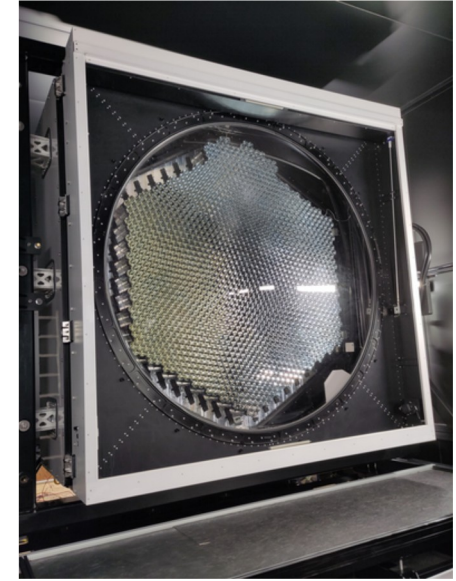
# CTAO computing model

- D'un modèle grille avec ~10 sites vers un modèle à 4 centres de données dédiés CTAO
- 4 centres de données à ressources partagées (CPU, stockage) : PIC, CSCS, DESY, Frascati

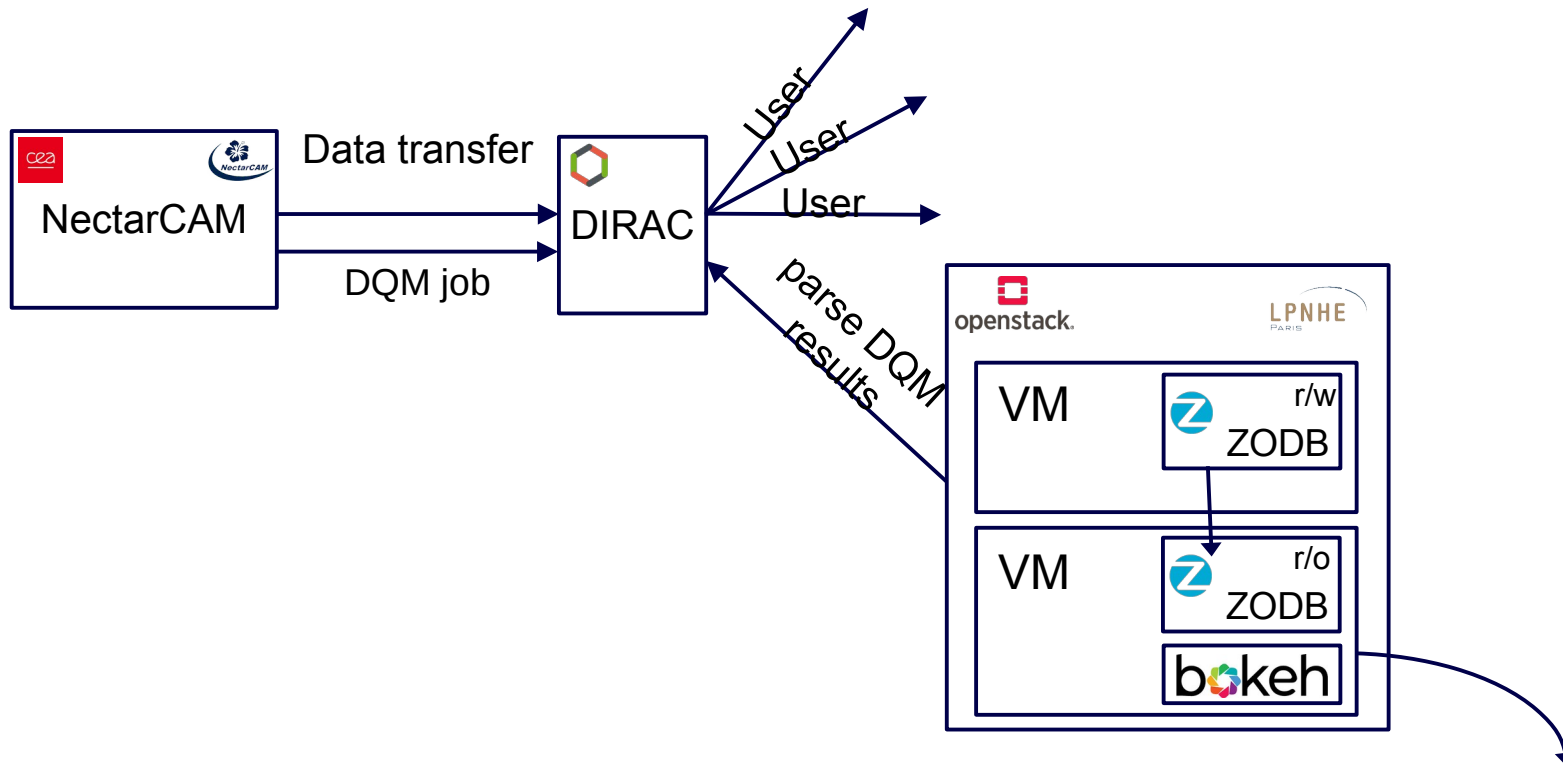


# CTAO : Caméra NectarCAM

- Construction : France engagée principalement sur caméra NectarCAM, équipant les télescopes de taille intermédiaire sur le site Nord.
- Transfert automatique des données de test NectarCAM du CEA vers EGI.
-  Software de calibration `nectarchain`
  -  Conteneur Singularity/Apptainer automatiquement publié sur GitHub Container Registry à chaque release, directement instanciable (depuis n'importe quelle machine utilisateur, ou par ex. depuis jobs DIRAC).
-  Financement DIM-ACAV+ obtenu en 2020 (95 k€, projet global : 150 k€) pour infrastructures *computing* & stockage H.E.S.S./CTAO sur GRIF entre 6 laboratoires partenaires de la région Île-de-France.

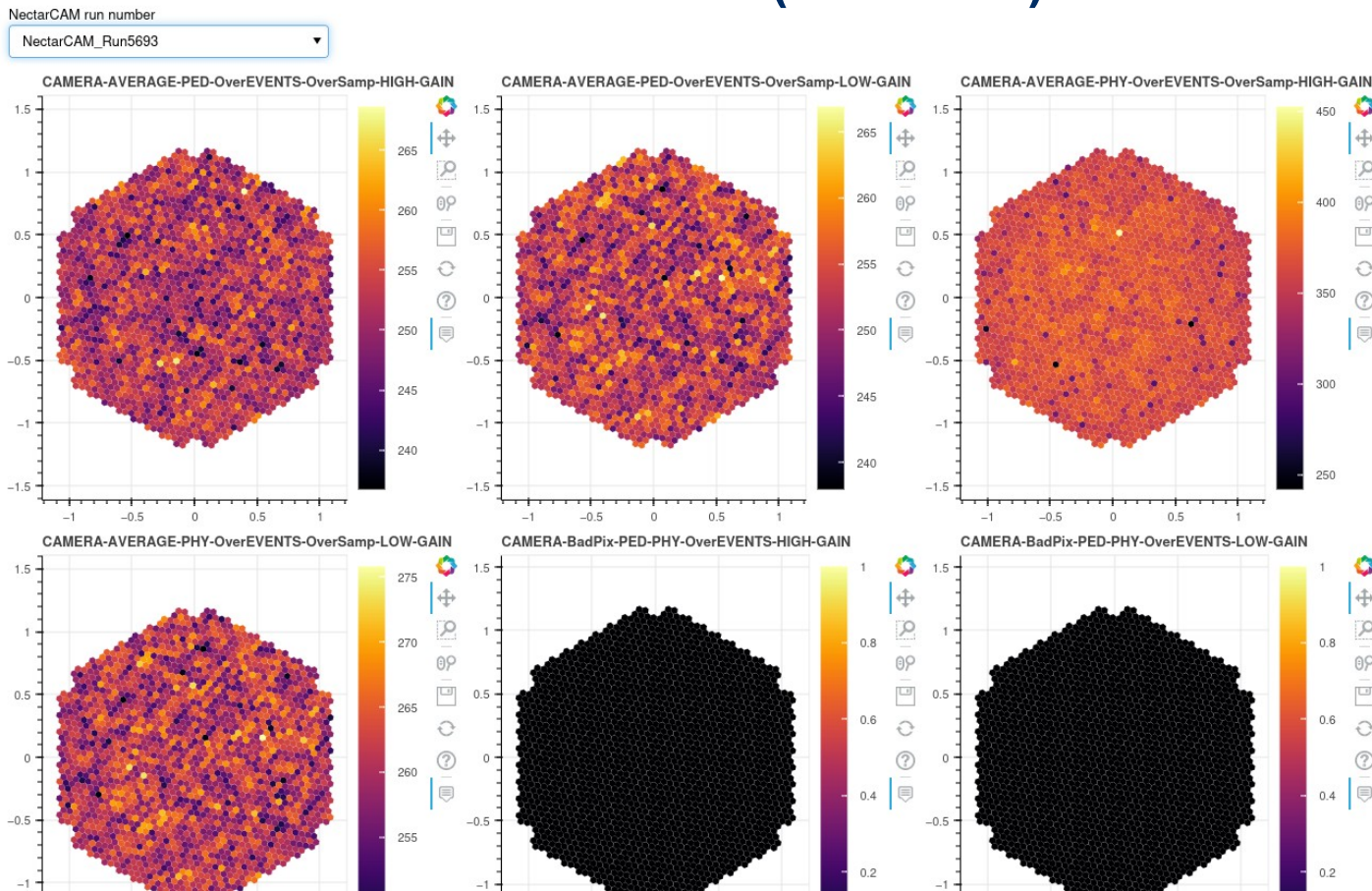


# NectarCAM : automatisation d'un workflow (en cours)



<https://lpnhe.in2p3.fr/cta/nectarcam-dqm>

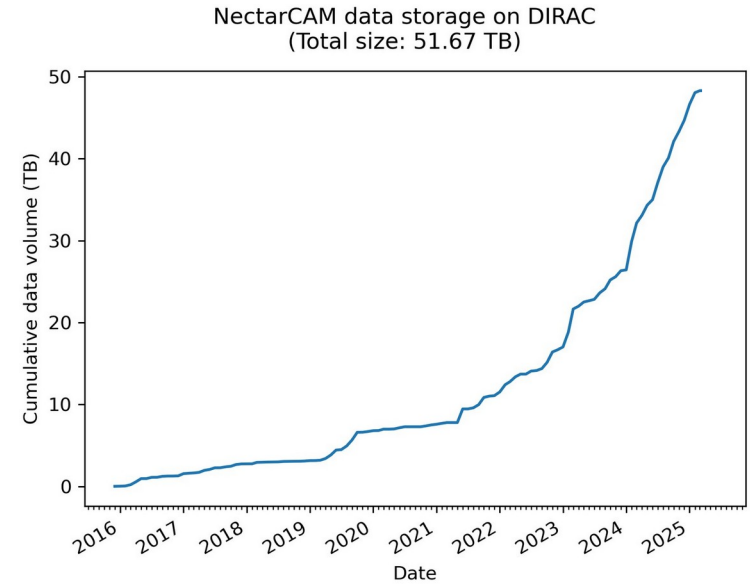
# NectarCAM : automatisation d'un workflow (en cours)



<https://lpnhe.in2p3.fr/cta/nectarcam-dqm>

# NectarCAM & GRIF

- Caméra 1 en tests en chambre noire au CEA/Irfu
- Caméra 2 en cours d'intégration
- Données de test transférées automatiquement sur DIRAC (~52 TB)
  - Réplicats sur GRIF & CC-IN2P3  
=> 100 TB au total
- **Objectif :**  
1 caméra prête à envoi pour juin 2026
- Puis commissioning & acceptation par CTAO  
Quid du stockage des données avant acceptation ?  
(~170 TB/mois)
- Note : ~ 1PB dédié à CTAO sur GRIF  
dont 700 TB utilisés (majoritairement par simulations MC)







**Thank you !**