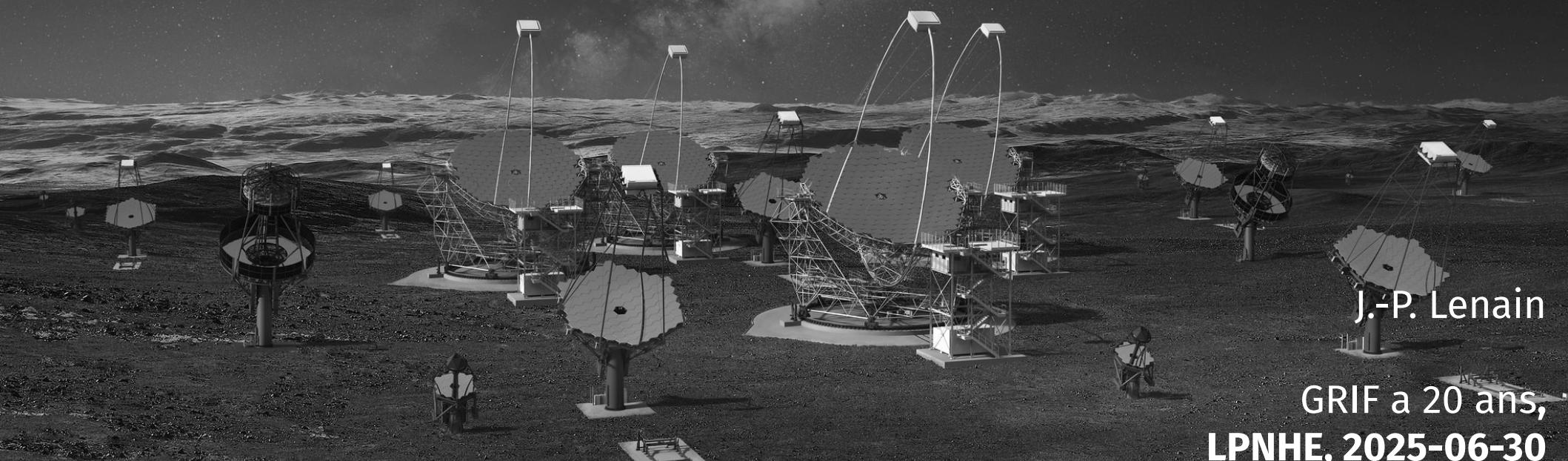
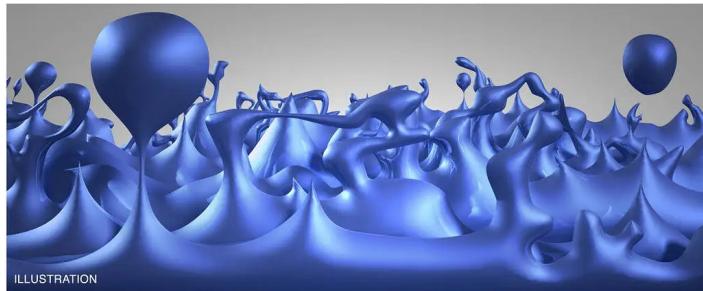


Utilisation de GRIF par H.E.S.S./CTAO

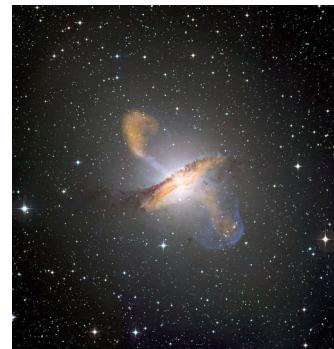
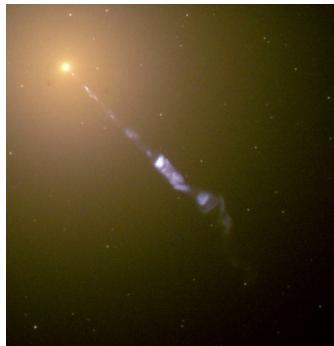


Astrophysique des hautes énergies

- Origine des rayons cosmiques
 - Quelle est l'origine et la nature des particules accélérées ?
 - Étude des particules/messagers secondaires (rayons γ , 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

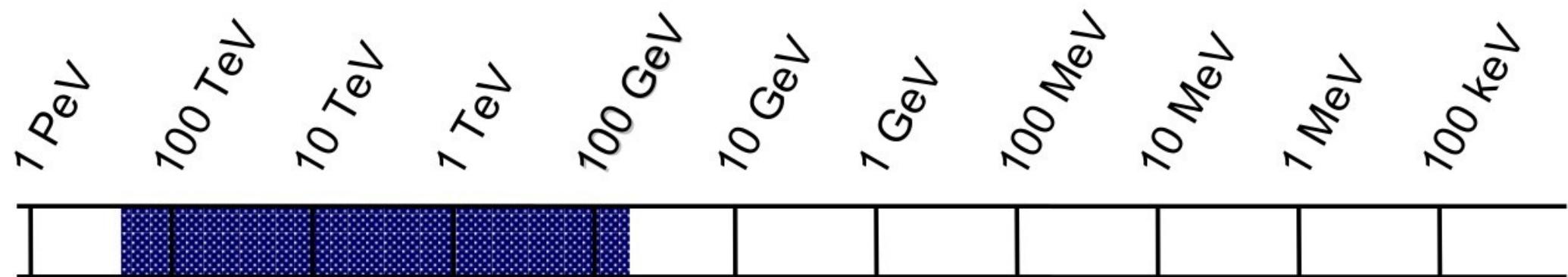


Sursauts gamma



Systèmes binaires, microquasars

Rayons gamma



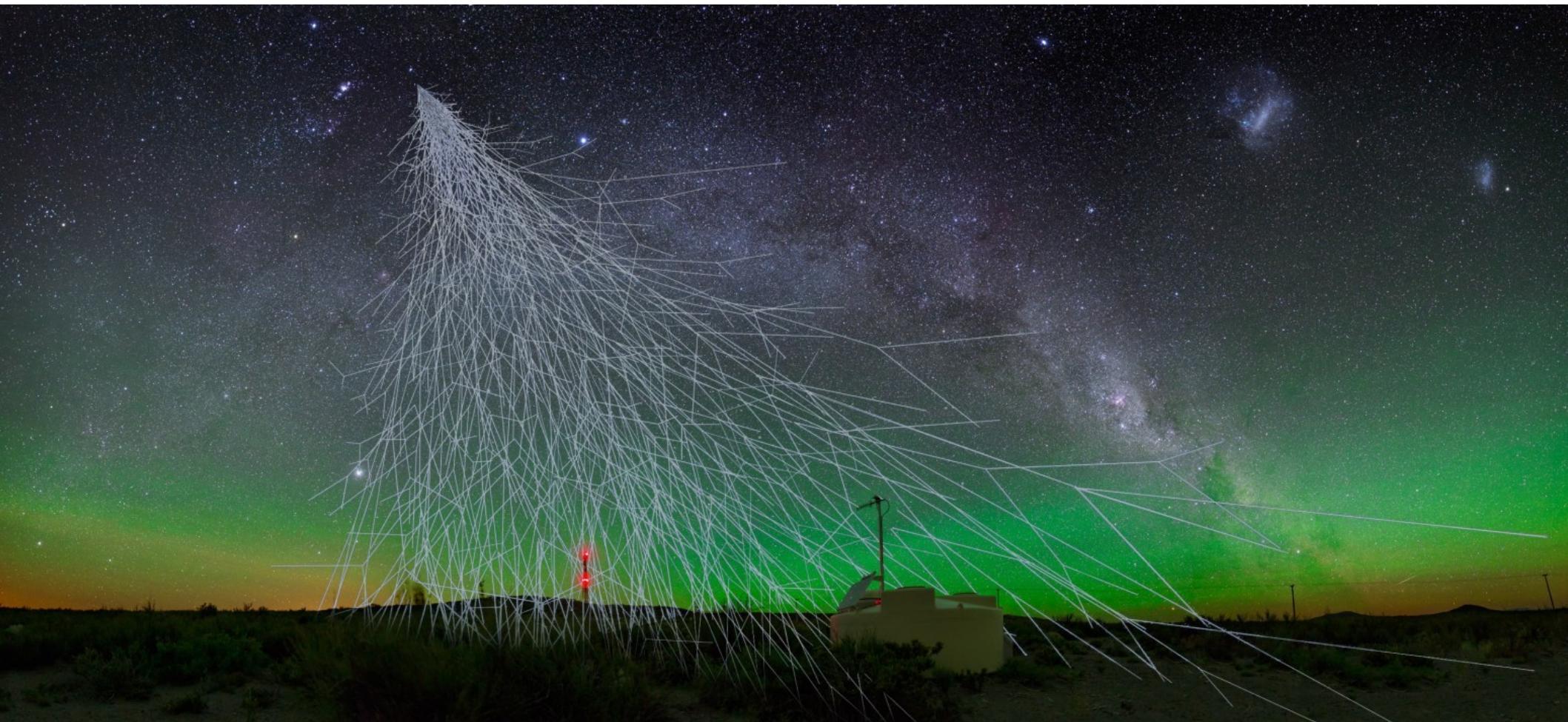
Ground



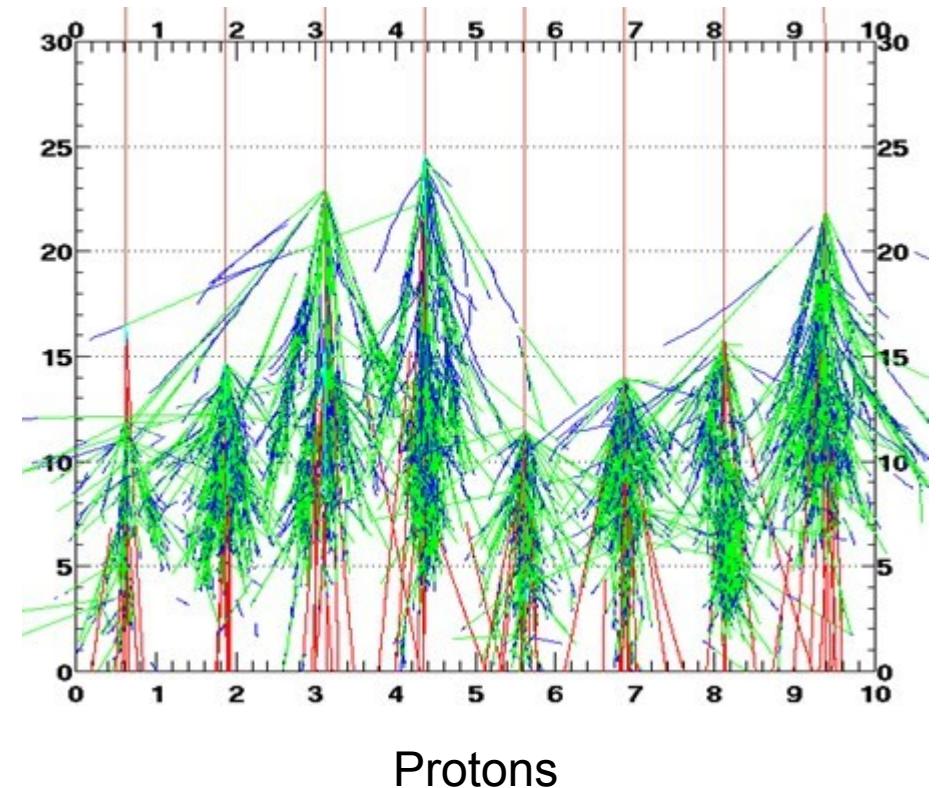
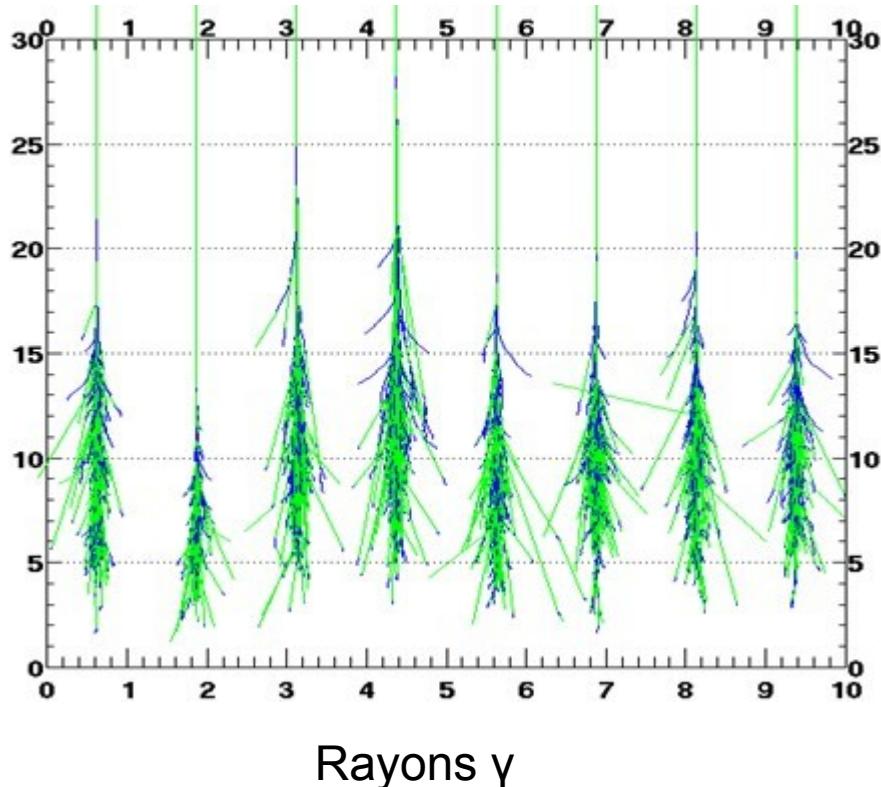
Space



Cascades atmosphériques

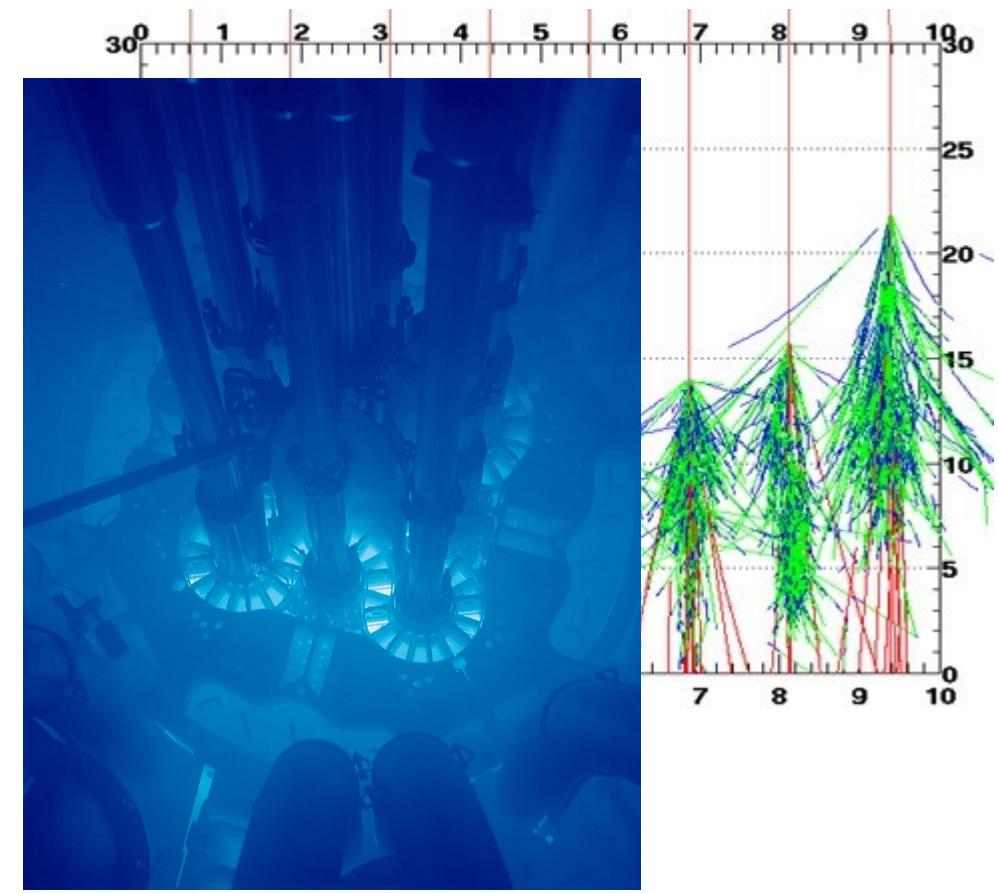
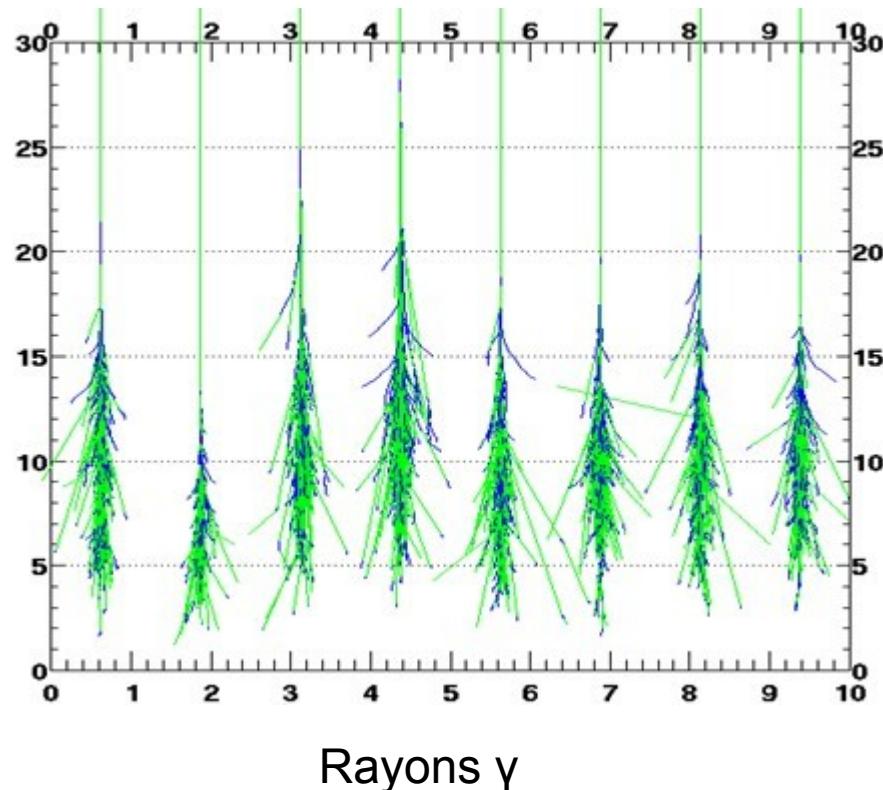


Cascades atmosphériques



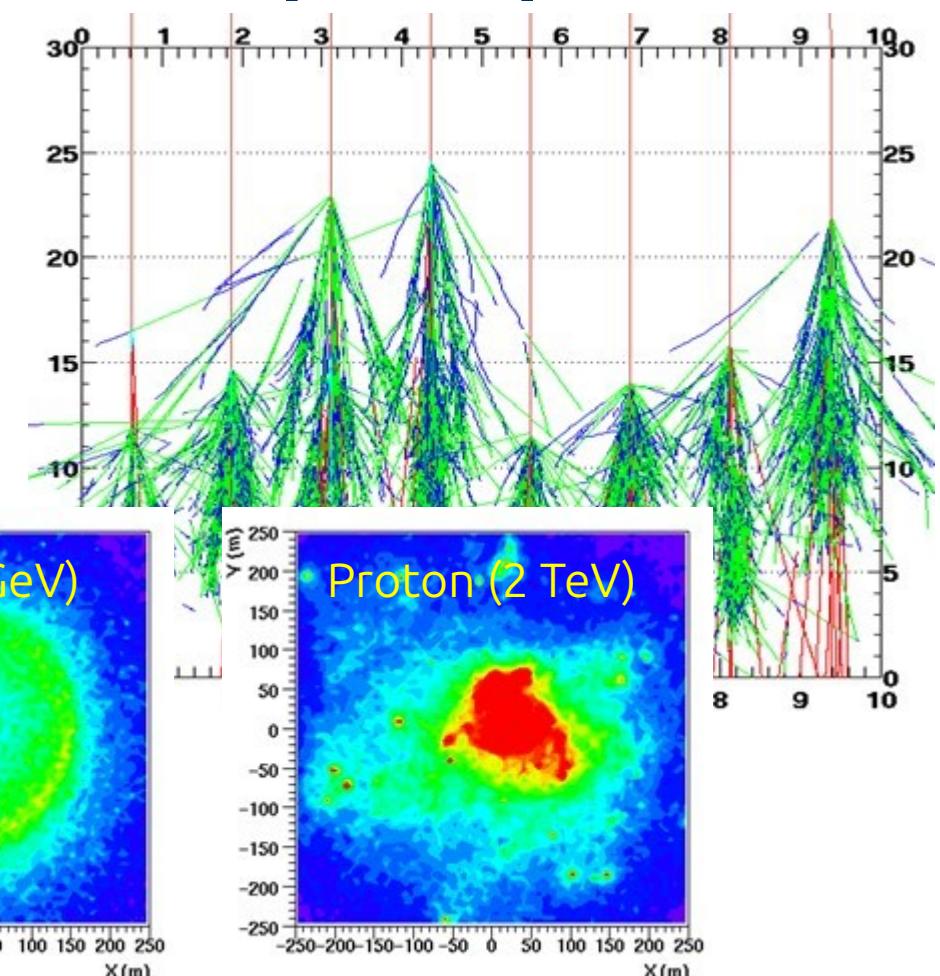
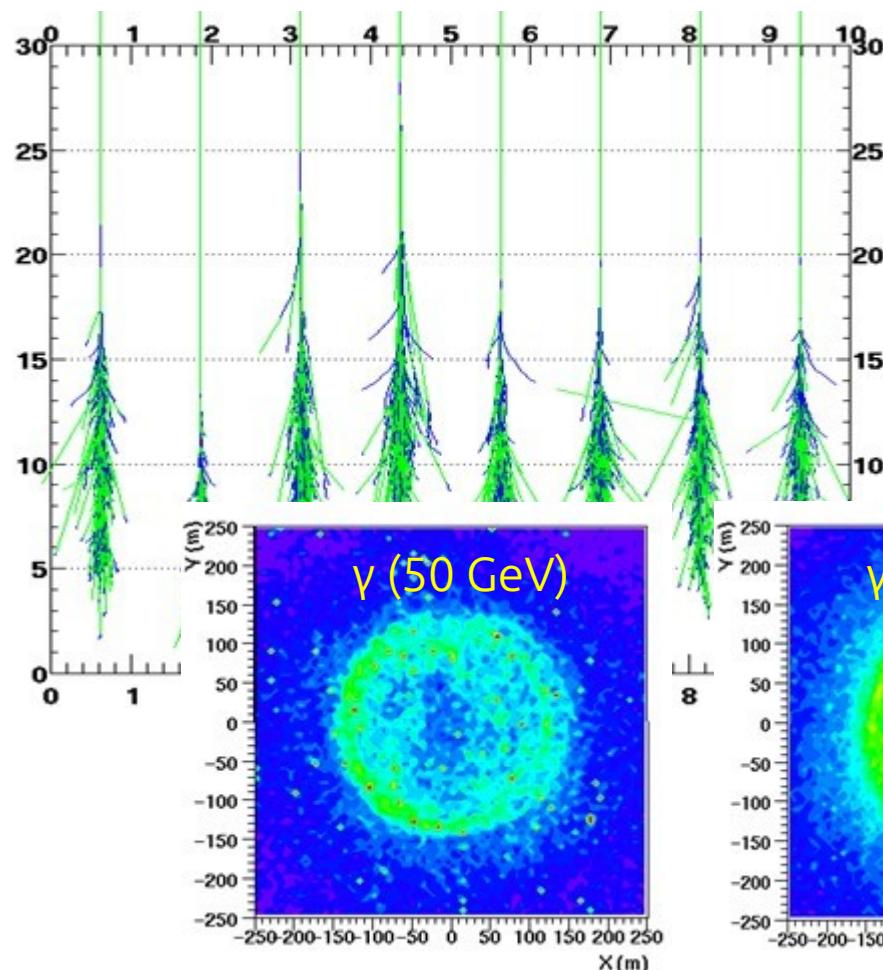
- Discrimination rayons cosmiques/rayons γ

Cascades atmosphériques



- Discrimination rayons cosmiques/rayons γ

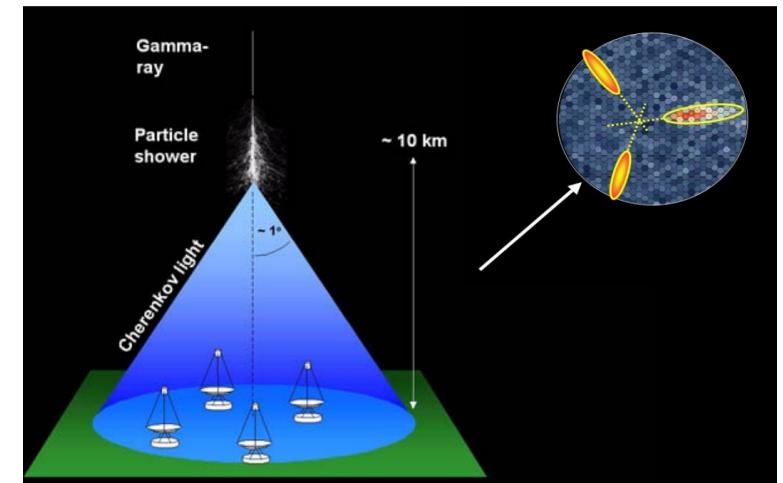
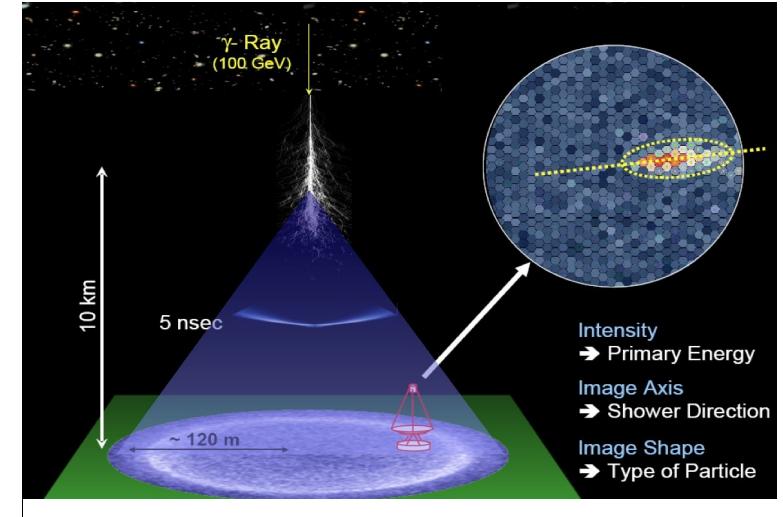
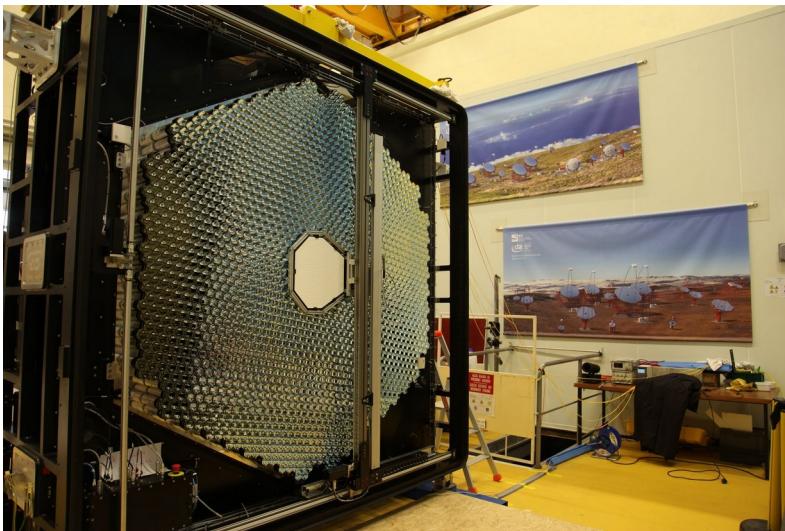
Cascades atmosphériques



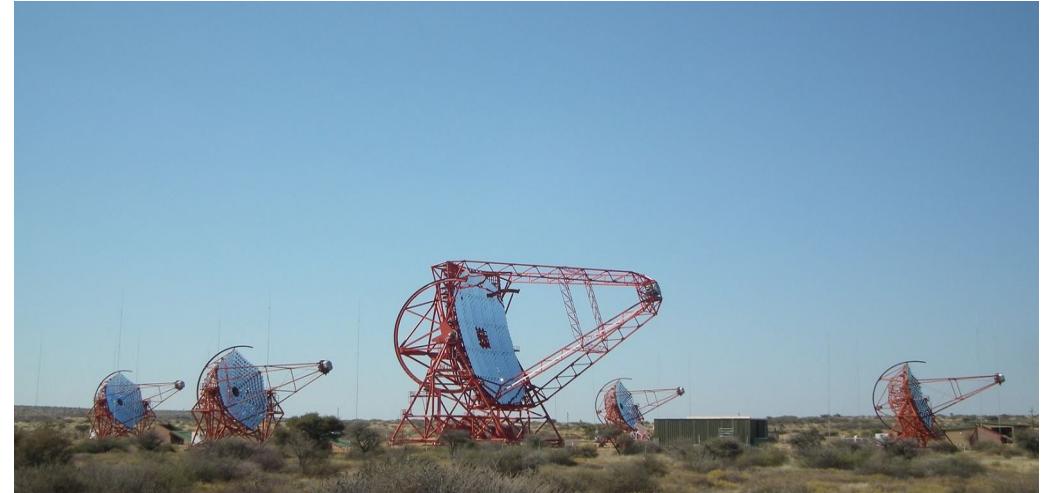
- Discrimination rayons cosmiques/rayons γ

Détection de rayons γ depuis le sol

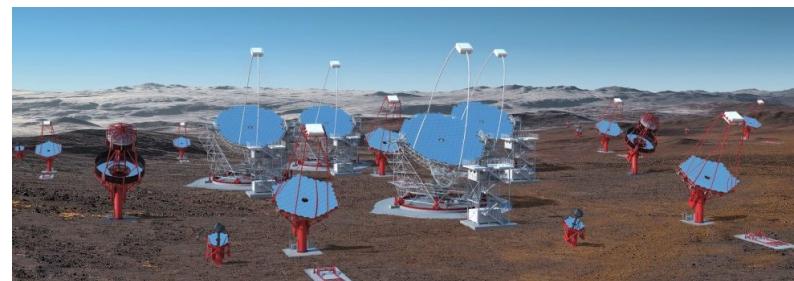
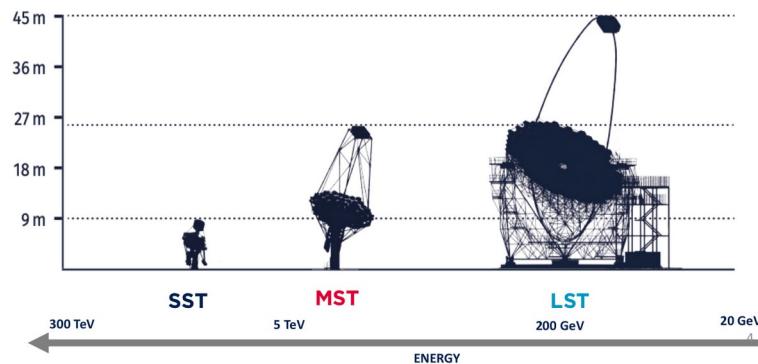
- Grande surface de collection ($\sim 10^5 \text{ m}^2$)
- Cascade imagée avec caméra rapide ($\sim 1 \text{ GHz}$)



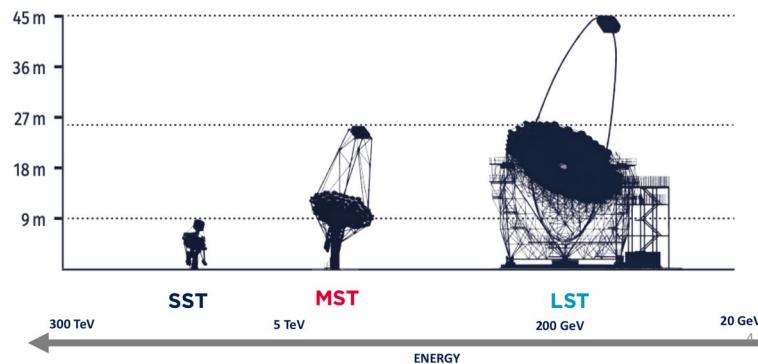
- Expérience astrophysique gamma en Namibie
- En opération depuis 2003
- Deux centres majeurs de calcul & stockage:
 - CC-IN2P3 & MPIK
- Modèle traditionnel **expérience** au CC-IN2P3
 - Czar: Arache Djannati-Ataï (APC)
 - Mathieu de Naurois (LLR) & Jean-Philippe Lenain (LPNHE): contacts réguliers avec 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++



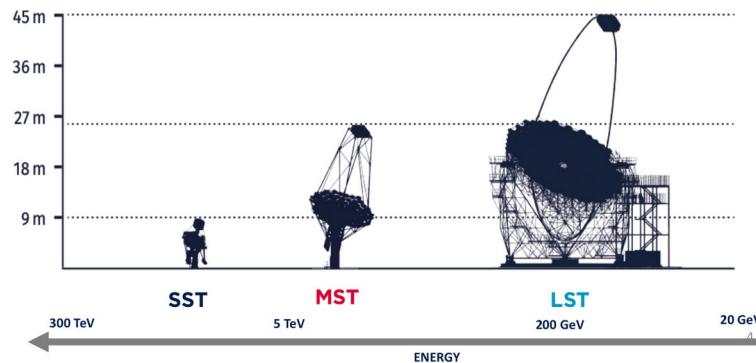
- Premier **observatoire** aux très hautes énergies, en cours de construction.
- Trois tailles de télescopes
- Deux sites :
 - La Palma, Canaries, Espagne
9 MSTs + 4 LSTs
 - Paranal, Chili
14 MSTSs + 37 SSTs



- 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, Chili
14 MSTSs + 37 SSTs

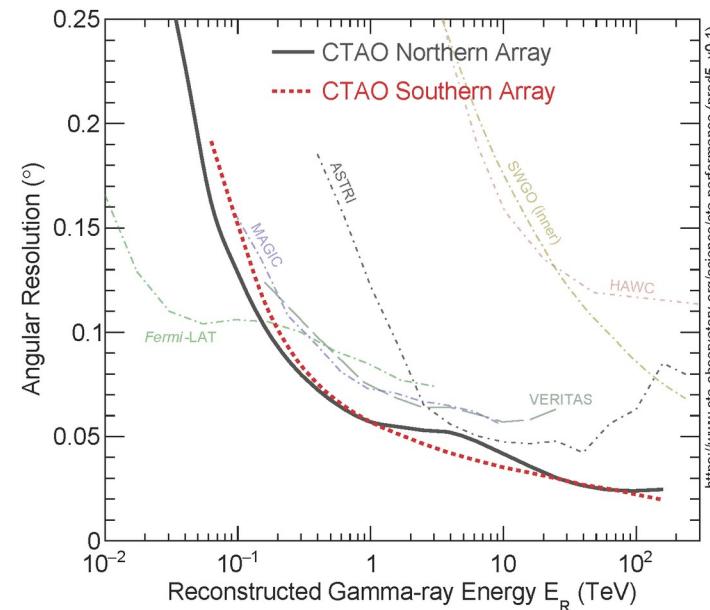
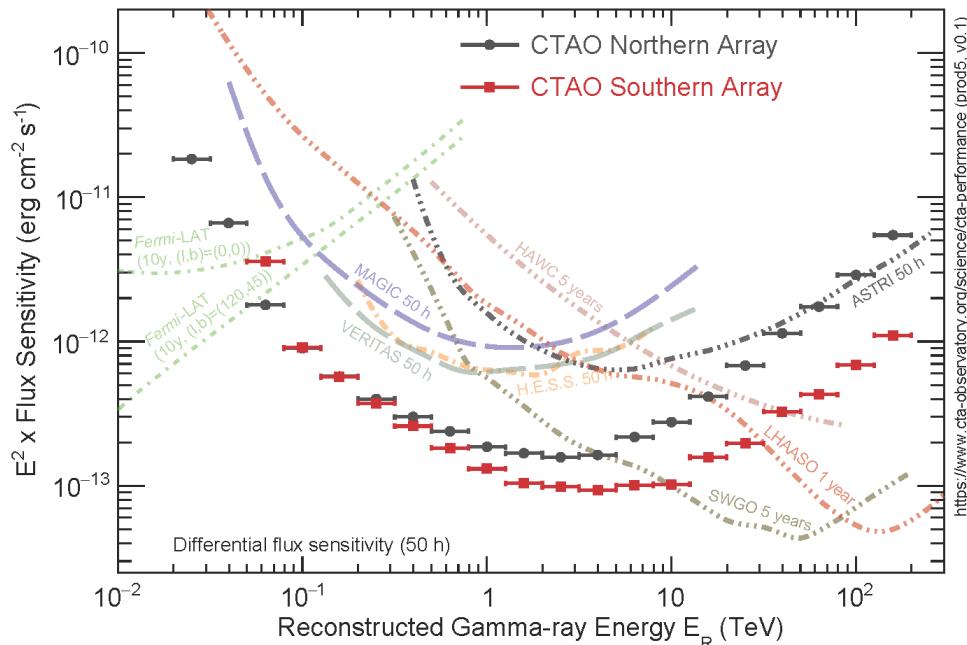


- Premier **observatoire** aux très hautes énergies, en cours de construction.
- Trois tailles de télescopes
- Deux sites :
 - La Palma, Canaries, Espagne
9 MSTs + 4 LSTs
 - Paranal, Chili
14 MSTSs + 37 SSTs



Cherenkov Telescope Array Observatory (CTAO)

Performances attendues de CTAO



<https://www.cta-observatory.org/science/ctao-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

Real data

DAQ

Calibration

Discrimination/
reconstruction

Signal
extraction

Sky maps
Spectra
Light curves

Simulations

Air shower
sim.

Detector
response

Shape cuts
tables

IRF



- 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/Apttainer via CVMFS.

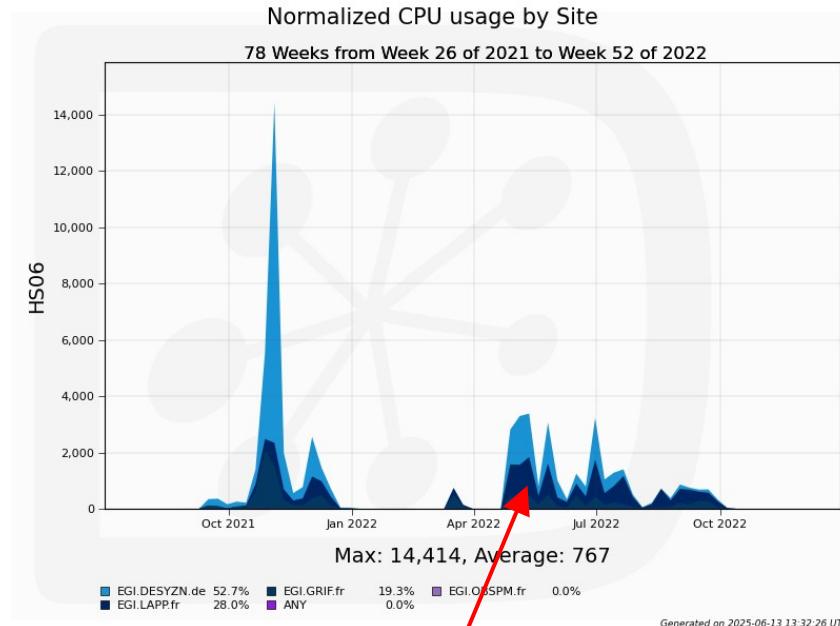
Usage CPU/disque

- H.E.S.S.:

Campagnes de production

"par pics"
- Computing :

~20 % @ GRIF
- Stockage : 313 TB
 - GRIF : 90 TB
 - CC-IN2P3 : 223 TB



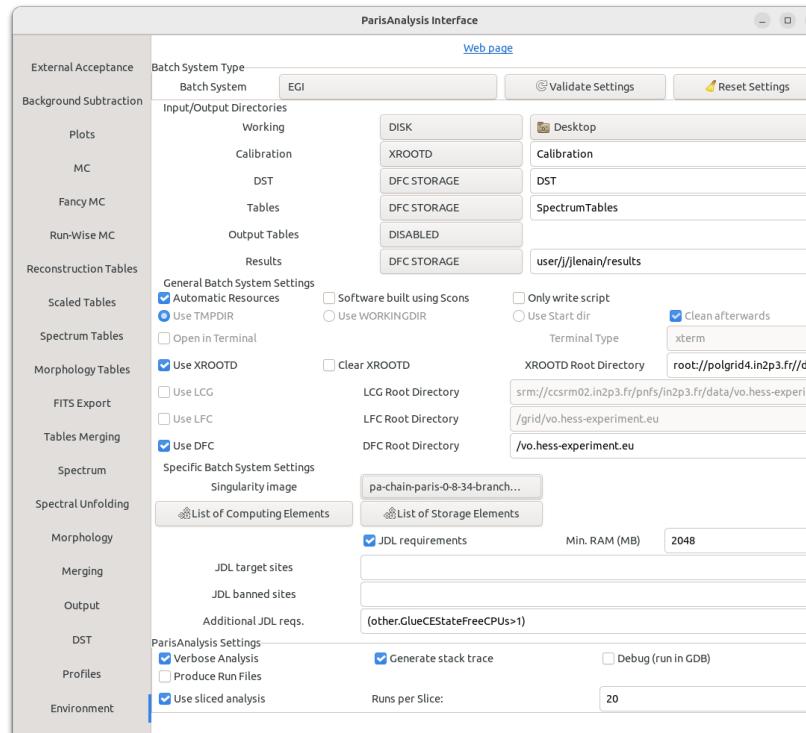
Addition of a new feature in simulations :

zenith angle-dependent PSF

(deformation of mirror facet alignment with elevation)

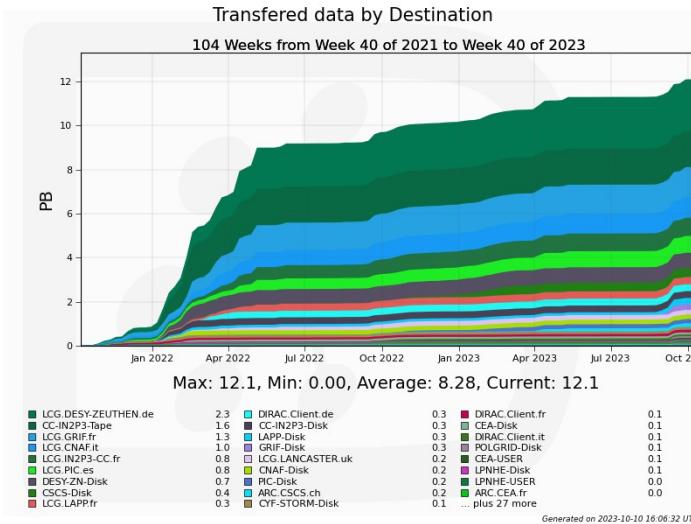
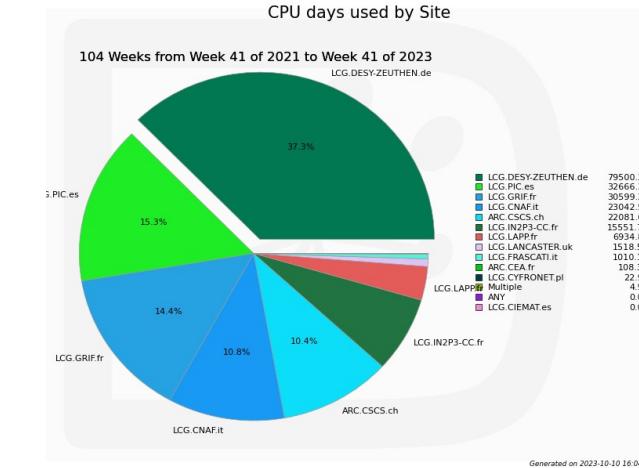
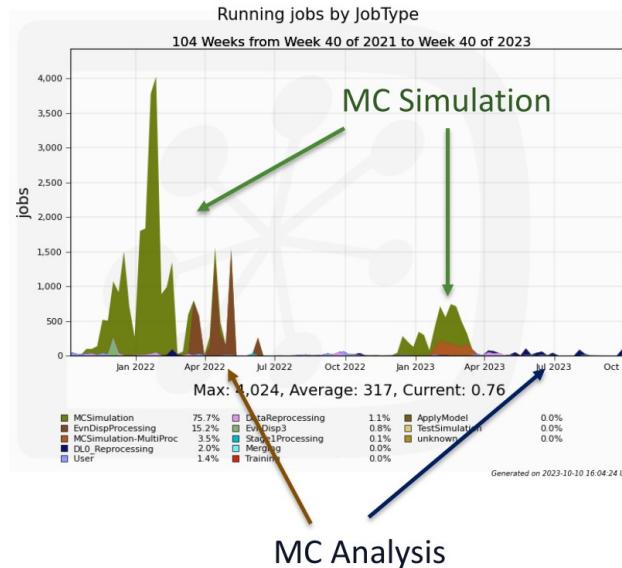
Intégration dans soft H.E.S.S.

- 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



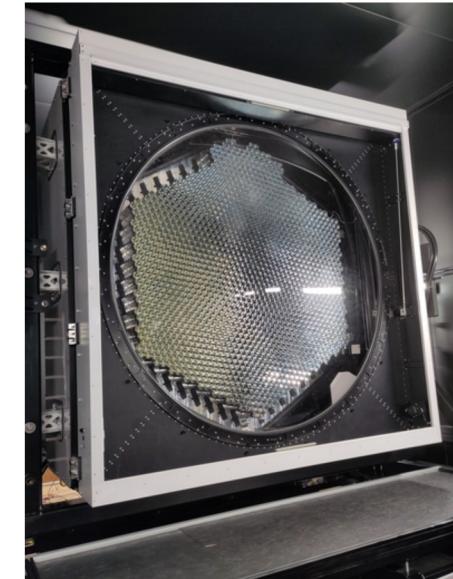
CTAO computing model

- 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



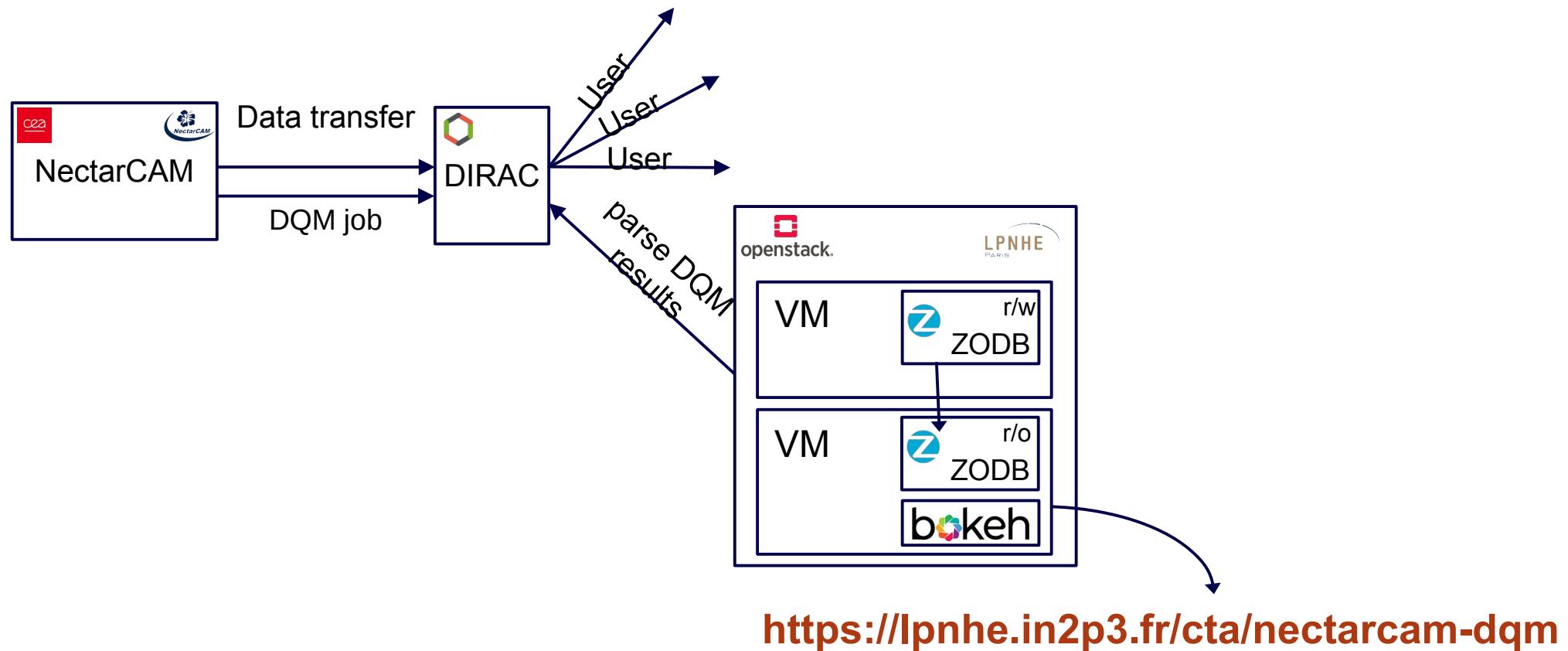
CTAO : Caméra NectarCAM

- 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](#)

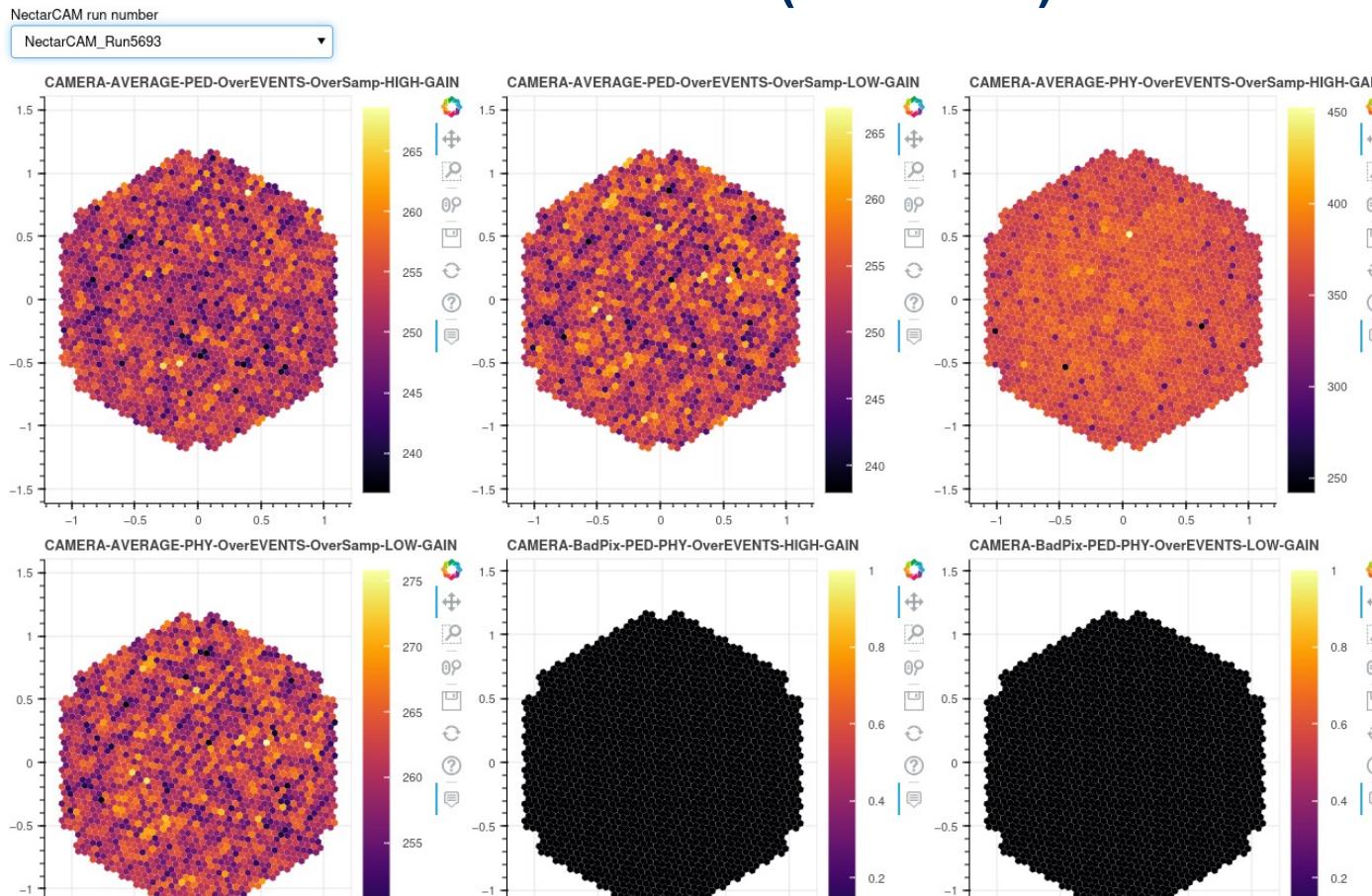


- Conteneur Singularity/Apptainer automatiquement publié sur GitHub Container Registry à chaque release, directement instanciable (depuis n'importe quelle machine utilisateur, ou par ex. depuis jobs DIRAC).
- Financement DIM-ACAV+ obtenu en 2020 (95 k€, projet global : 150 k€) pour infrastructures *computing & 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)



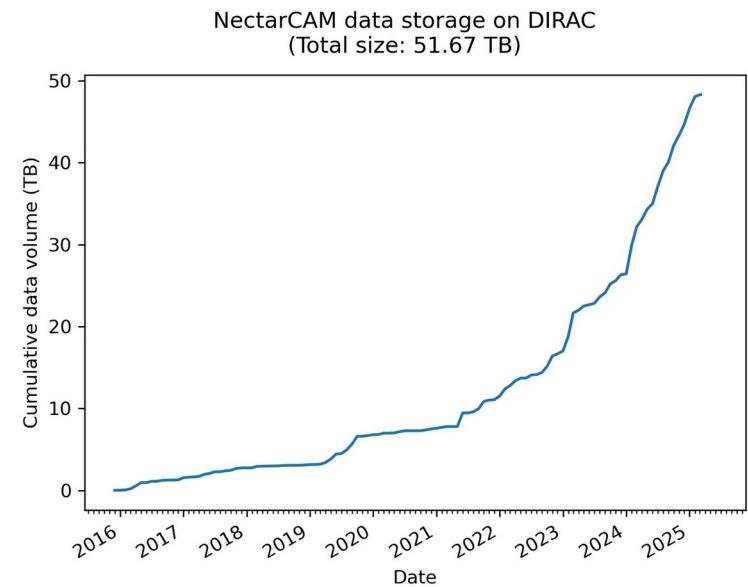
NectarCAM : automatisation d'un workflow (en cours)



<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 !