

Astronomie gamma: HESS/CTA

David Sanchez
Journées Prospectives du
LAPP

3 octobre 2013



Laboratoire d'Annecy-le-Vieux
de Physique des Particules



L'astronomie Gamma au LAPP

- Diverses thématiques en physique
 - AGN, SFR, SNR
 - Données MWL (Fermi, XMM, AMS, ...)
- Implications Techniques fortes
 - Électronique, mécatronique, informatique
- Liens avec d'autres laboratoires
 - LAPTh, LLR, LUPM, MPIK

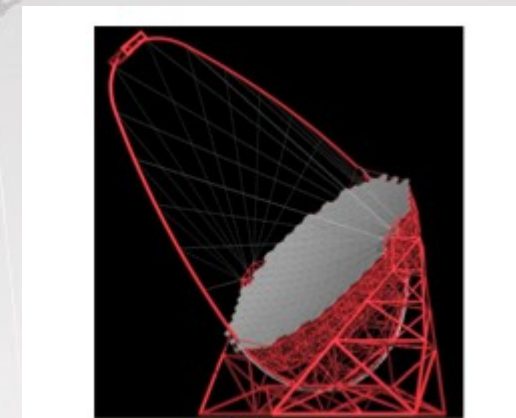
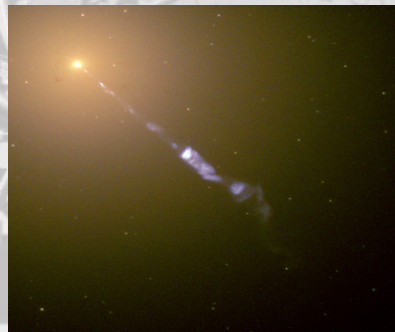
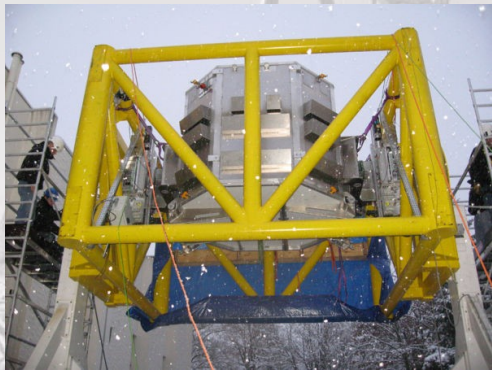
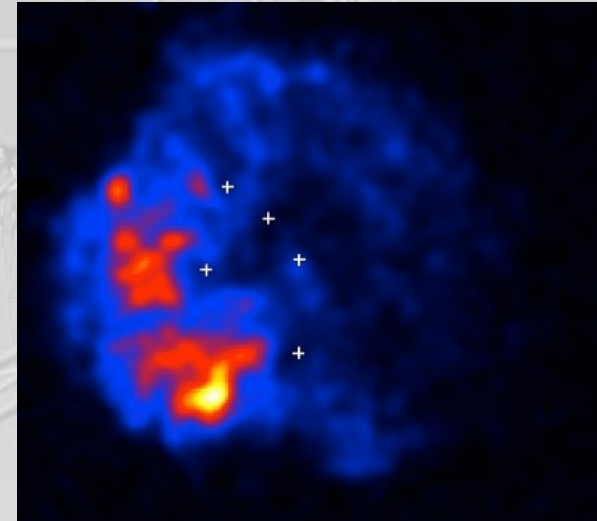
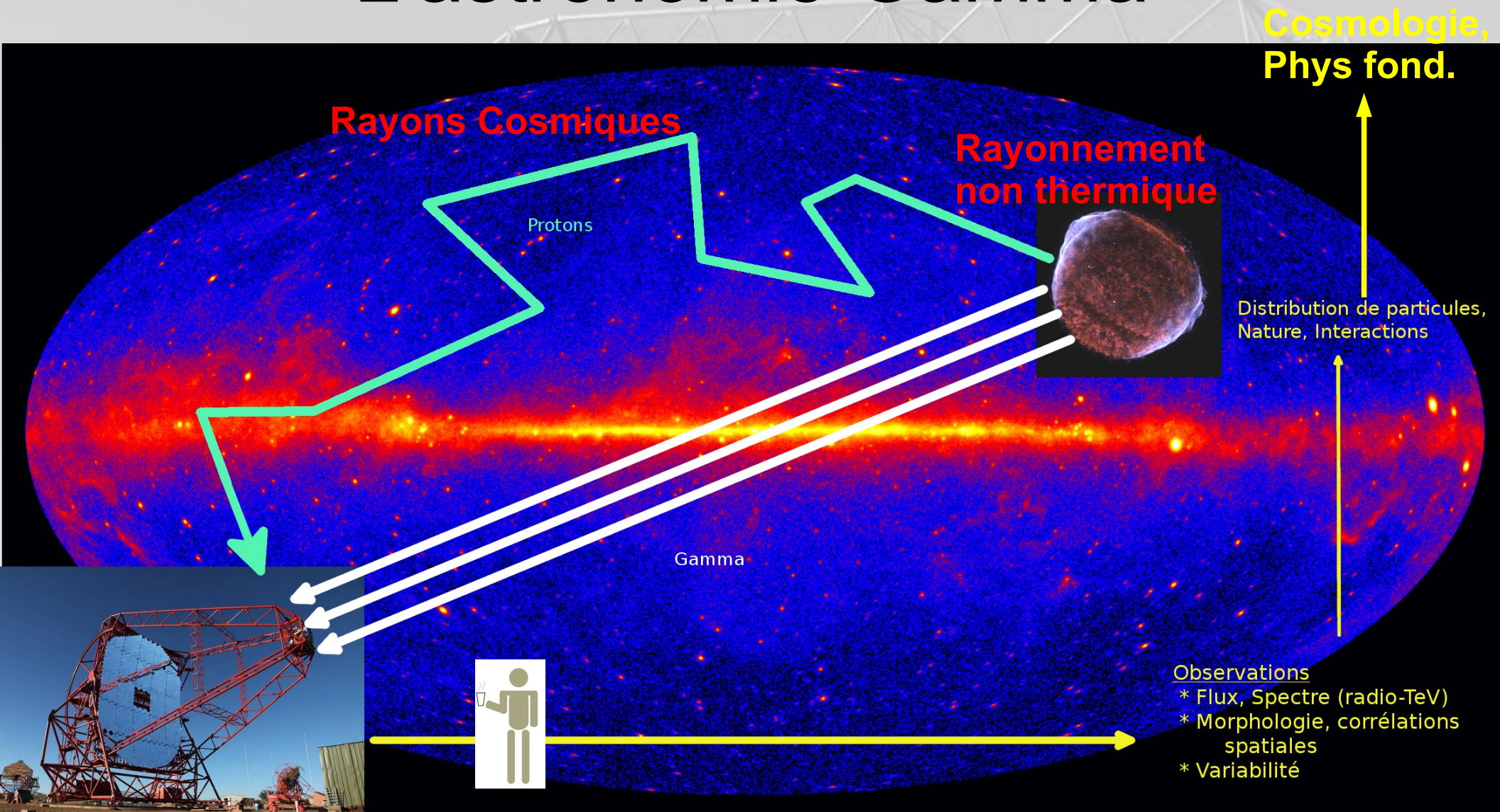


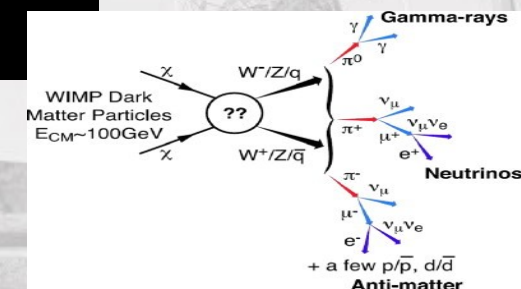
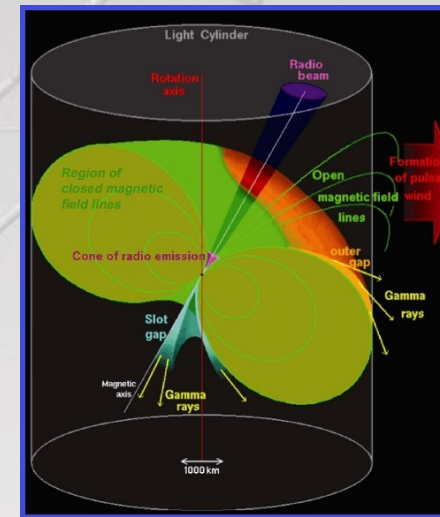
Figure 8 : Le Large Size Telescope – LST de CTA

L'astronomie Gamma



L'astronomie Gamma en questions

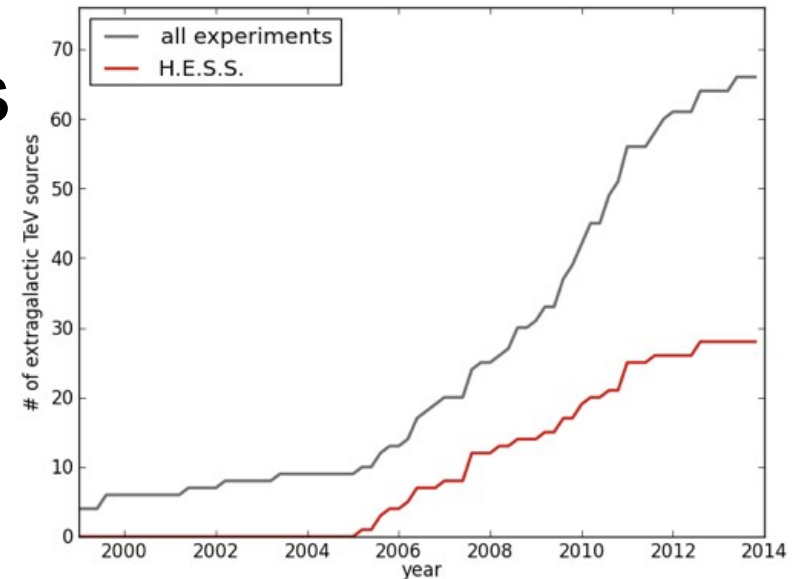
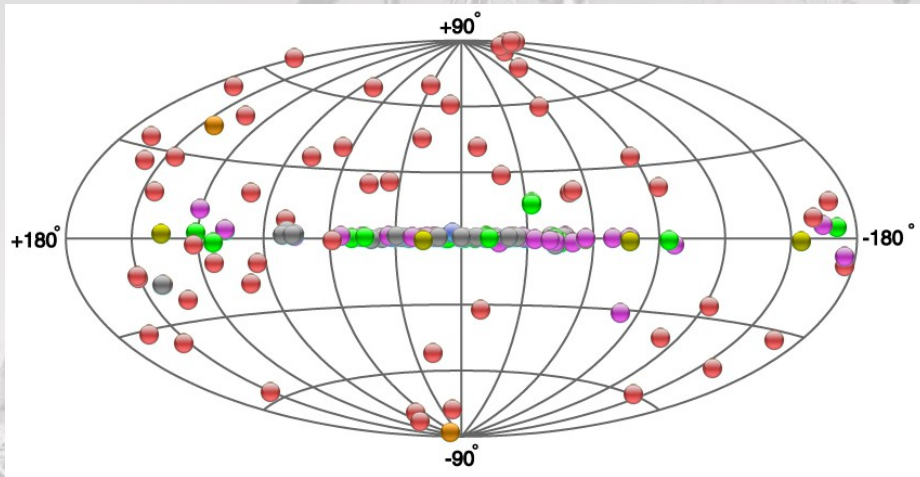
- Origine des rayons cosmiques
- Nature des objets, sites astrophysiques
- Extraction de l'énergie
 - Chocs (PWNe, SNR)
 - Gravitation (Objets compacts)
 - Matière noire
- Laboratoire :
 - Cosmologie
 - Physique fondamentale



Le ciel au TeV en 2013

- Plus de 100 sources TeV
- 10 ans de données HESS
- Scan galactique,

Sources extragalactiques



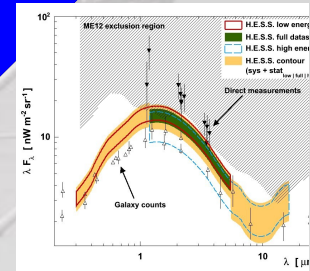
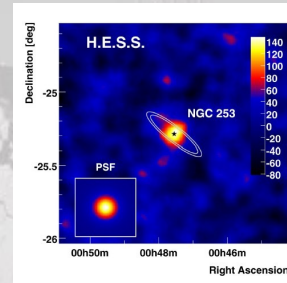
Grand impact de HESS

Science de HESS

Starburst

Pulsar Wind

EBL

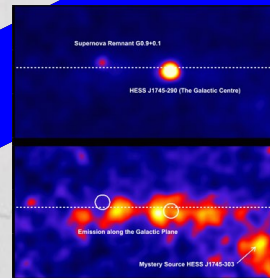


SNR



Extragalactique

Galactique

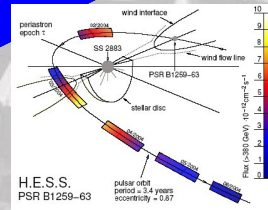


Srg A*

Radio Galaxies

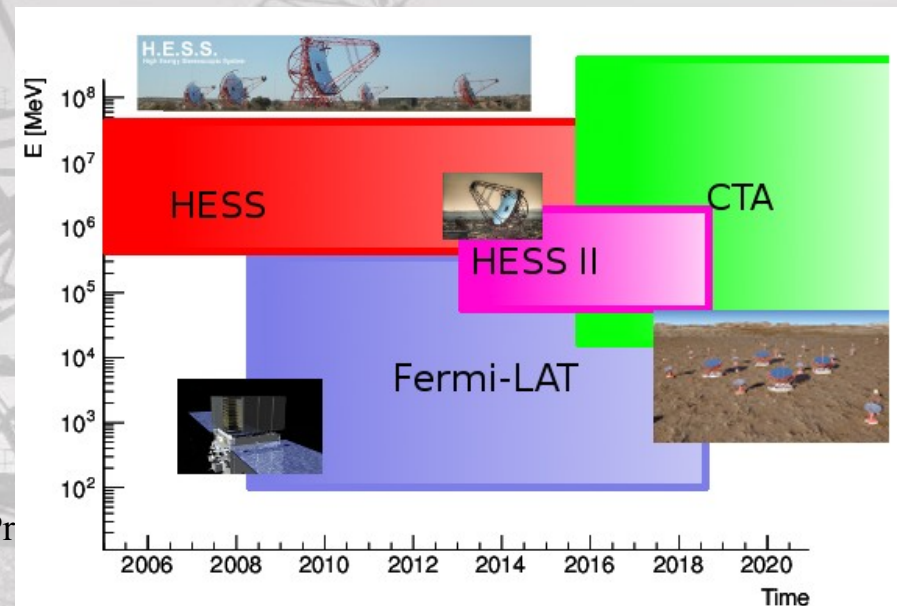
Blazars

Binaires

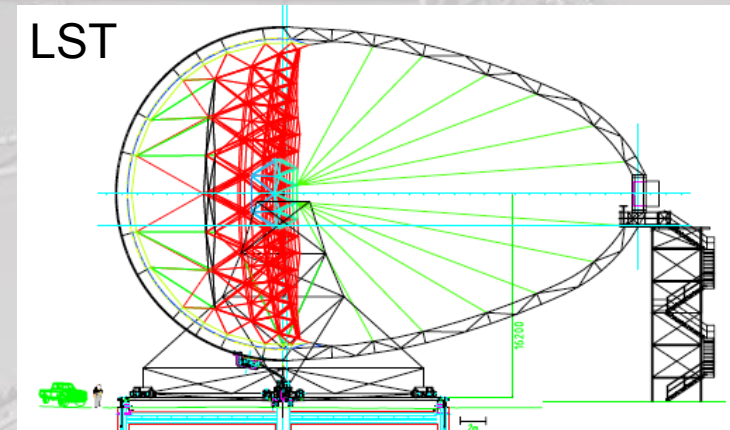
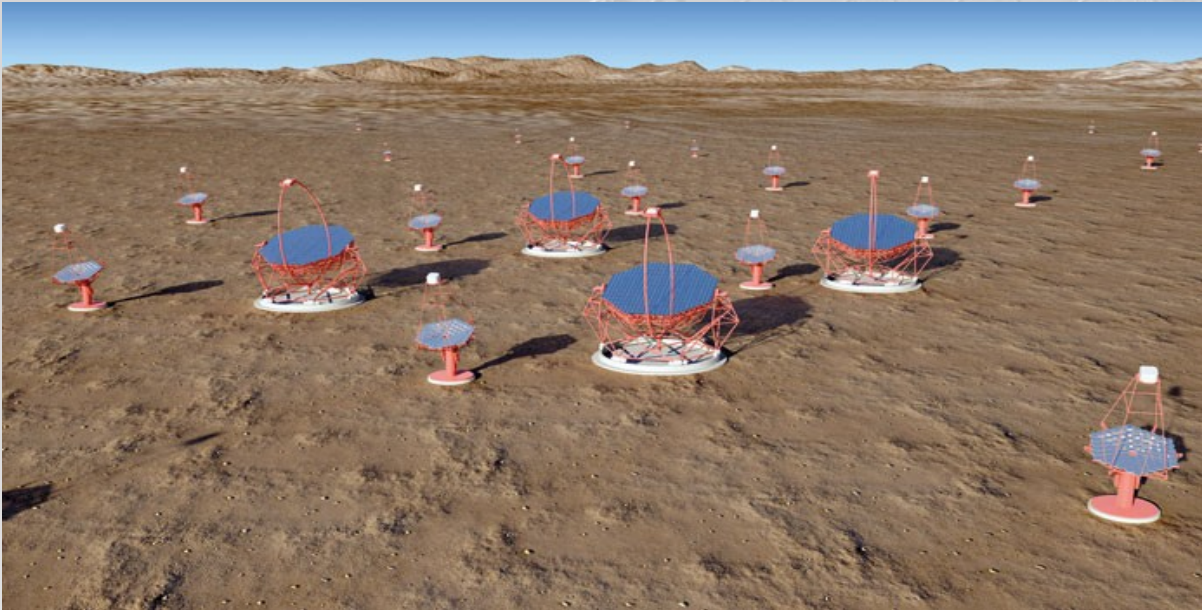


Futur à court terme

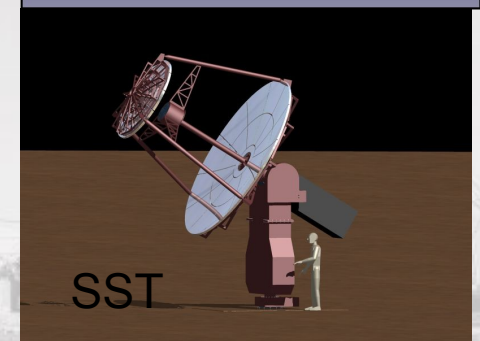
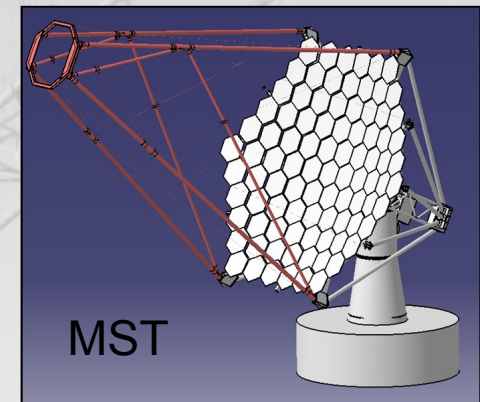
- HESS II en ligne : 5~10 ans de données
- Futur avec HESS II
 - Matière noire
 - Restes de supernovae
 - Auto-focus (<1 an)
 - Méthodes de reconstruction (X_{eff} , en cours)
 - AGNs (new, 10 ans)
 - Star Forming region (new, 5 ans)



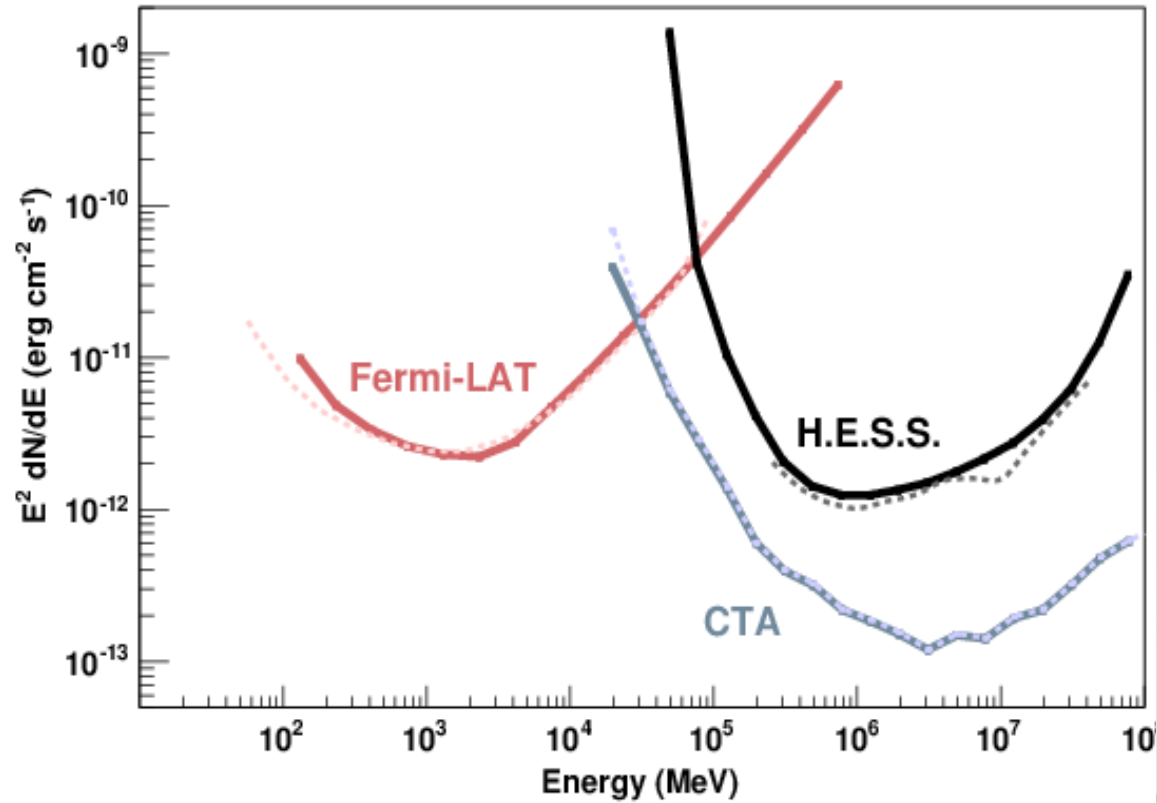
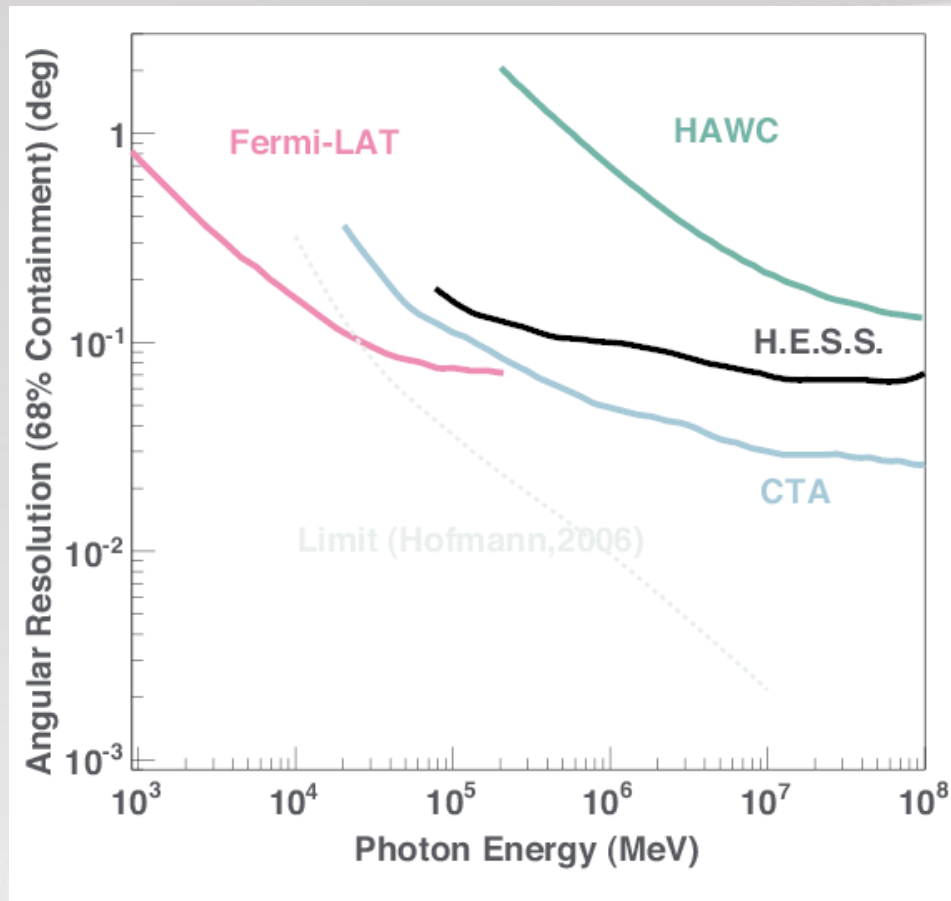
Long terme : observatoire CTA



- CTA : Cherenkov Telescope Array
- 3 types de télescopes : **LST**, MST, SST
- Consortium international
(187 institutes from 28 countries)



CTA : la génération future



→ Meilleure Résolution

→ Sensibilité accrue

CTA : Key science points

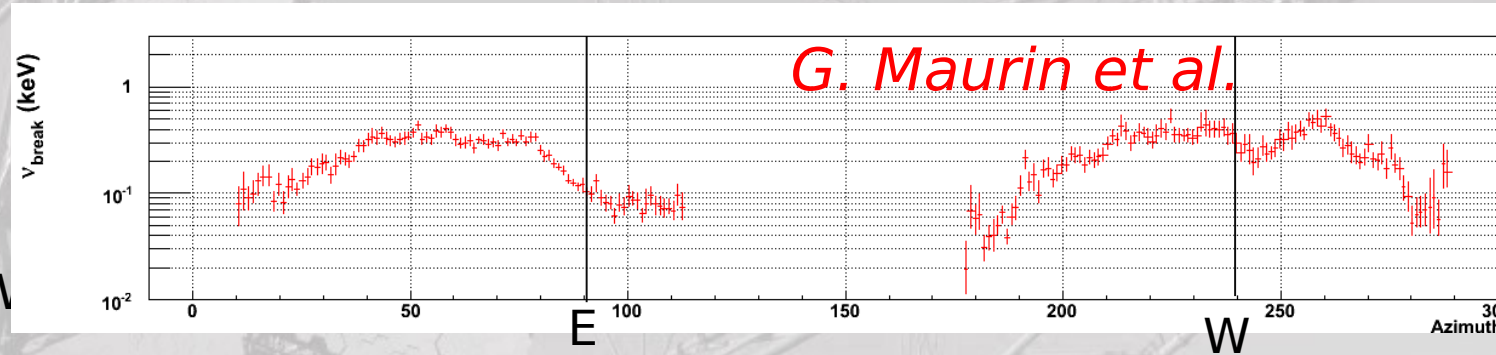
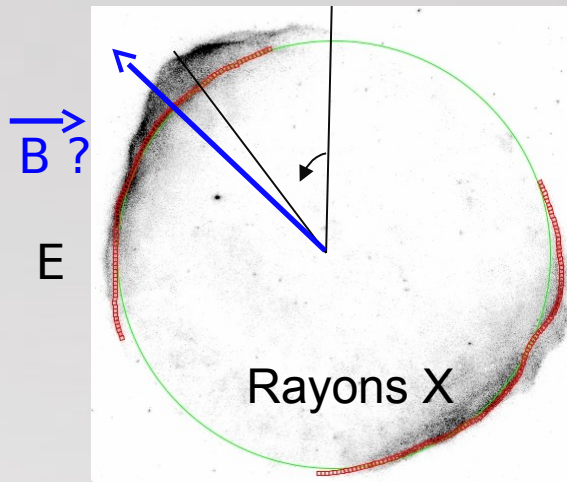
- **Origines des Rayons Cosmiques**
- Sources Galactiques
 - Restes de super-novae
 - Vents de Pulsar
 - Binaires
 - Nouvelles sources : Région de formation d'étoiles, Microquasars, Novae, Cluster globulaire
- Sources Extragalactiques
 - Blazars (tous types)
 - EBL
 - Nouvelles sources : GRBs, RG, Radio-quiet AGN, Starburst
- 'Nouvelle' physique
 - Matière noire
 - Lorentz violation

Vestiges de supernova I

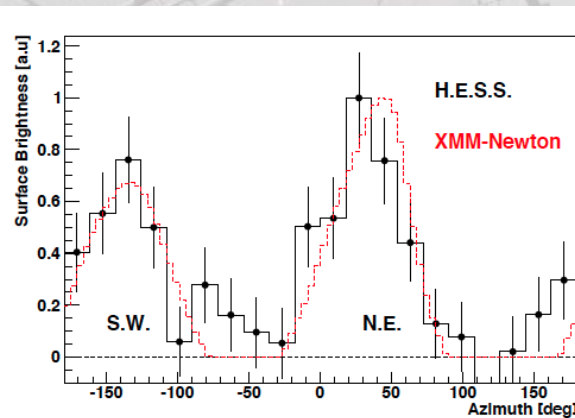
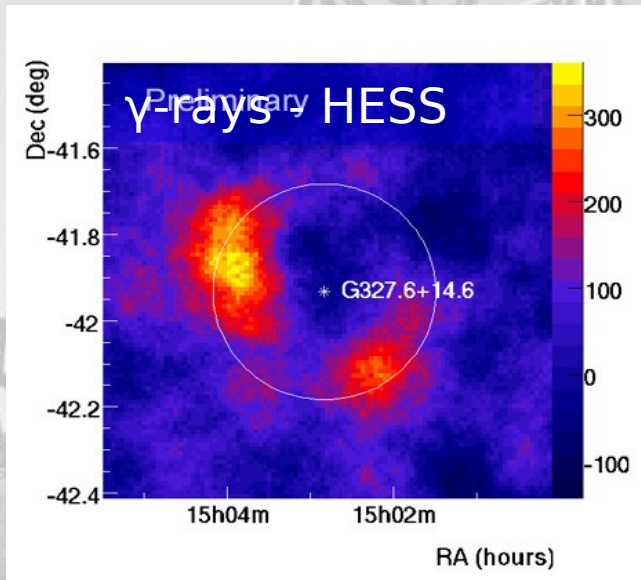
CTA pour étude spectrale/morphologique : SN 1006

SN 1006

Fréquence maximale de l'émission synchrotron



Effet de l'orientation du champs magnétique ?



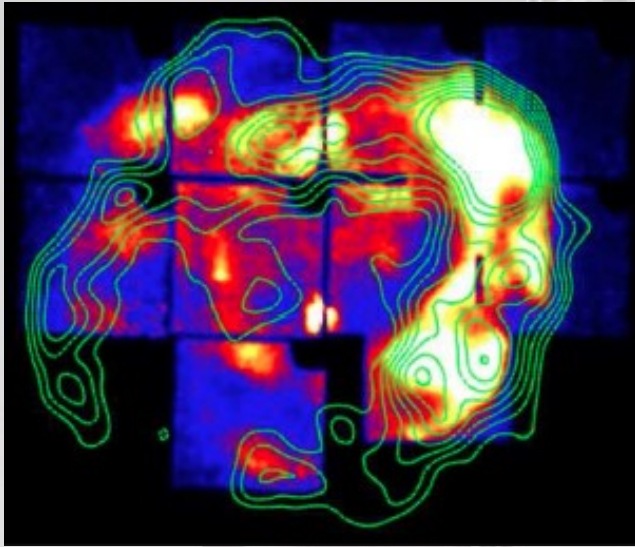
Morphologie au TeV
similaire mais faible Stat

=> CTA (sensibilité,
résolution)

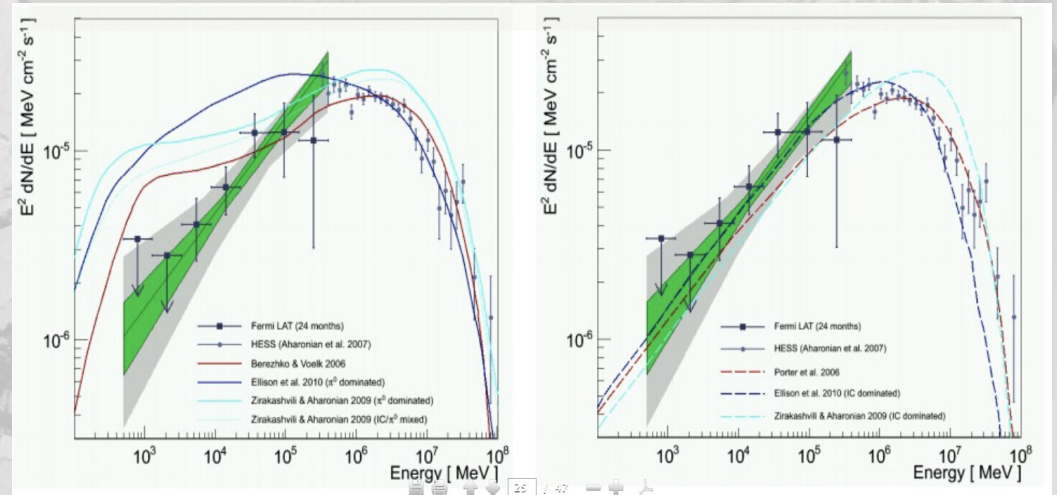
Vestiges de supernova II

Production du flux gamma ?

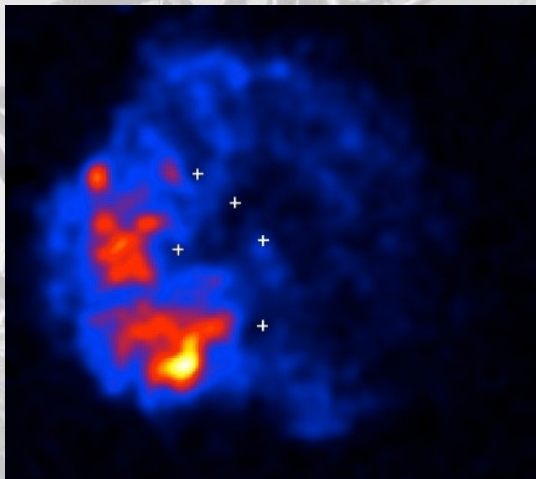
RXJ 1713



HESS+FERMI → leptonique



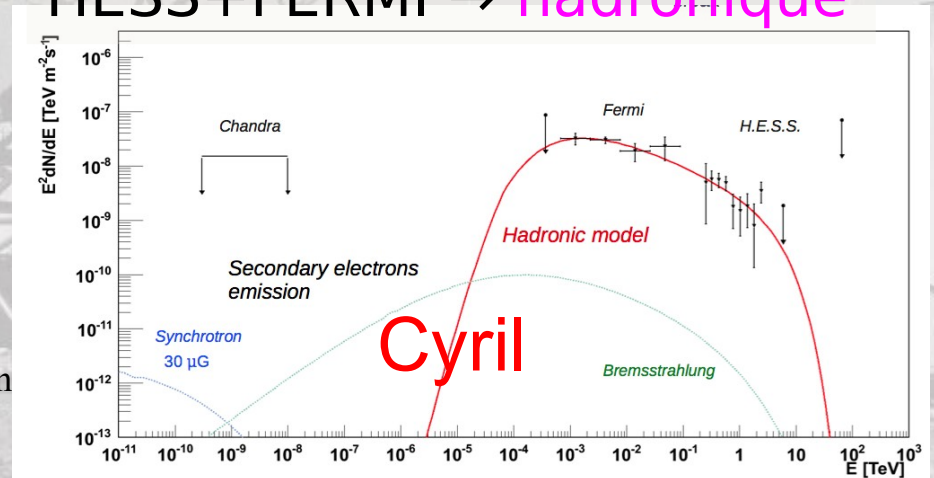
G349 : SNR en interaction avec un nuage moléculaire



3 octobre 2013

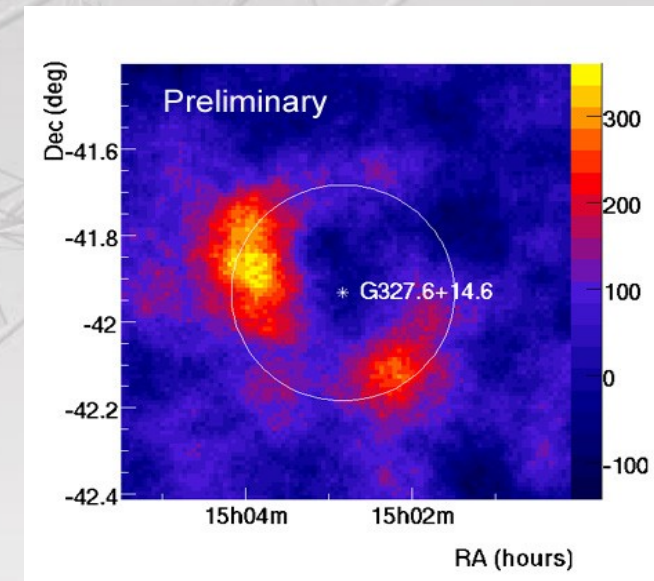
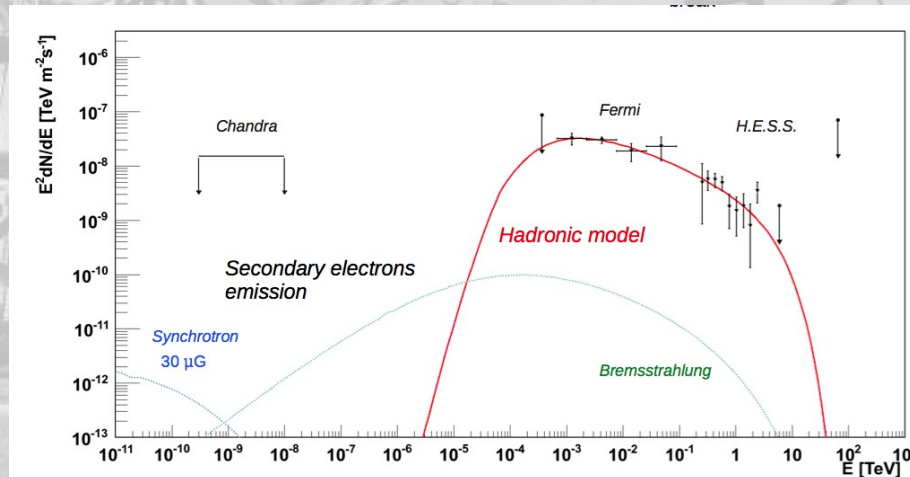
Sanchez, Journ

HESS+FERMI → hadronique



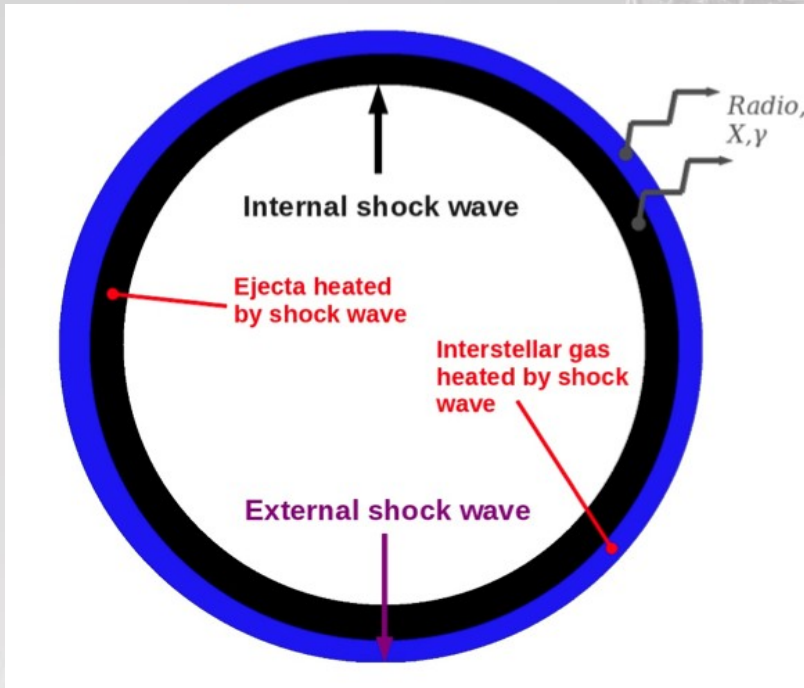
Vestiges de supernova III

- Hadronique/leptonique : discrimination à haute énergie
- Énergie maximale des gamma, liée à celle des RC
 - CTA à haute énergie
- Existence de cas hadroniques et leptoniques ?
 - nécessité d'avoir de la statistique (# sources)
 - sensibilité de CTA
- Limiter les erreurs instrumentales:
 - un instrument du « GeV au TeV »
 - HESS-2, CTA

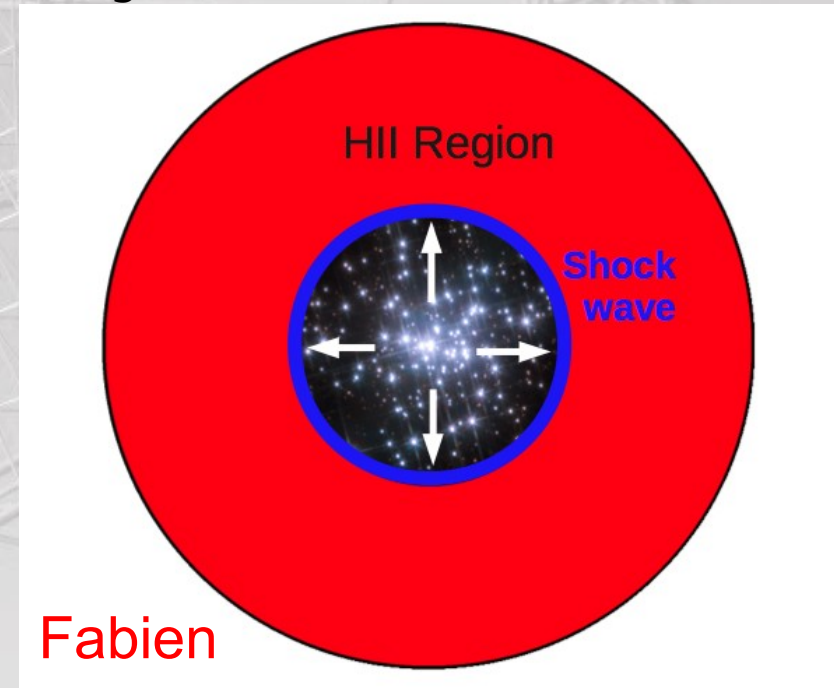


Régions de formation d'étoiles I

Vestige de supernova



Région de formation d'étoile



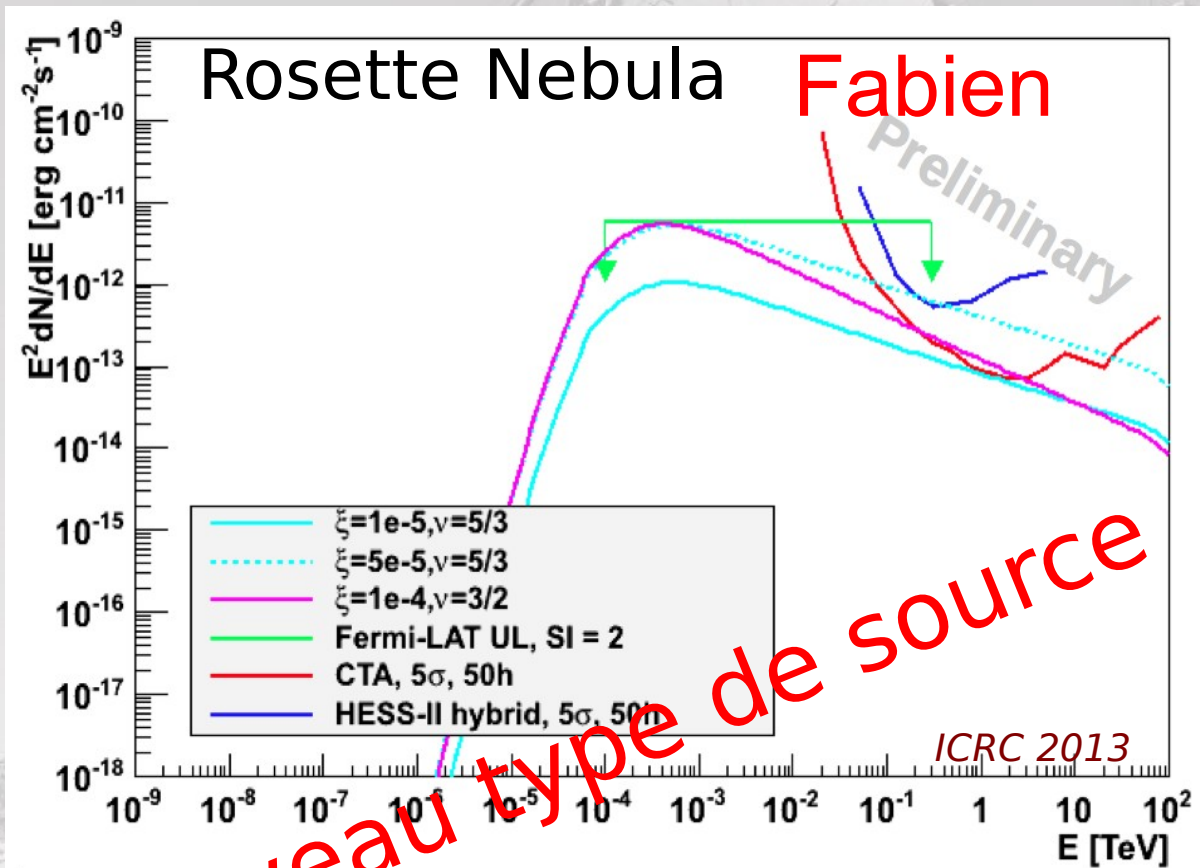
Explosion → choc
Accélération : Gamma

Vents stellaires combinés → Choc
Accélération de RC
Gamma ?

$$E_k \sim 10^{51} \text{ erg}$$

Régions de formation d'étoiles II

Collaboration LAPP/LUPM : modélisation hadronique



HESS+FERMI (2ans) :
pas de détection

CTA : détection possible

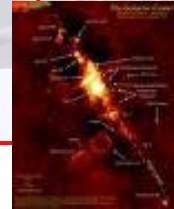
- Efficacité d'accélération
- Paramètres de diffusion

Matière noire : ou ?

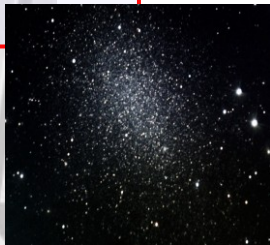
Galaxy clusters



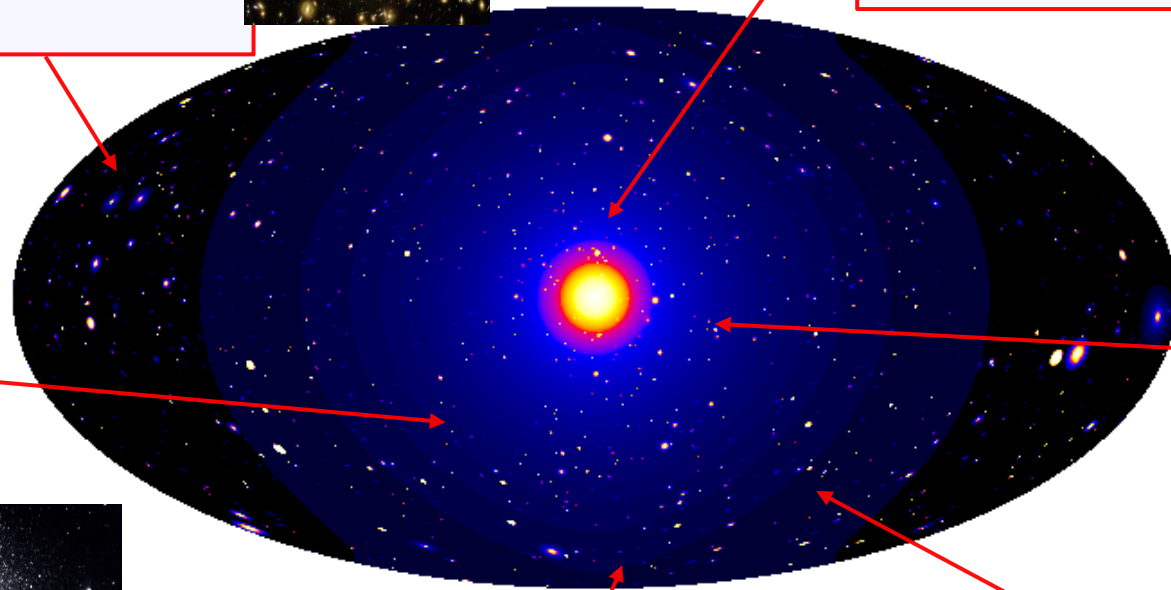
Galactic center



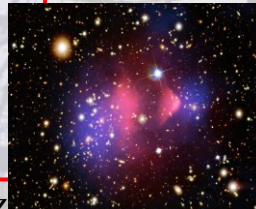
Dwarf Spheroidal Galaxies



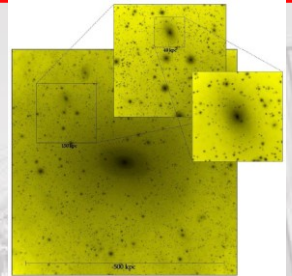
Galactic halo, sub-halos, clumps



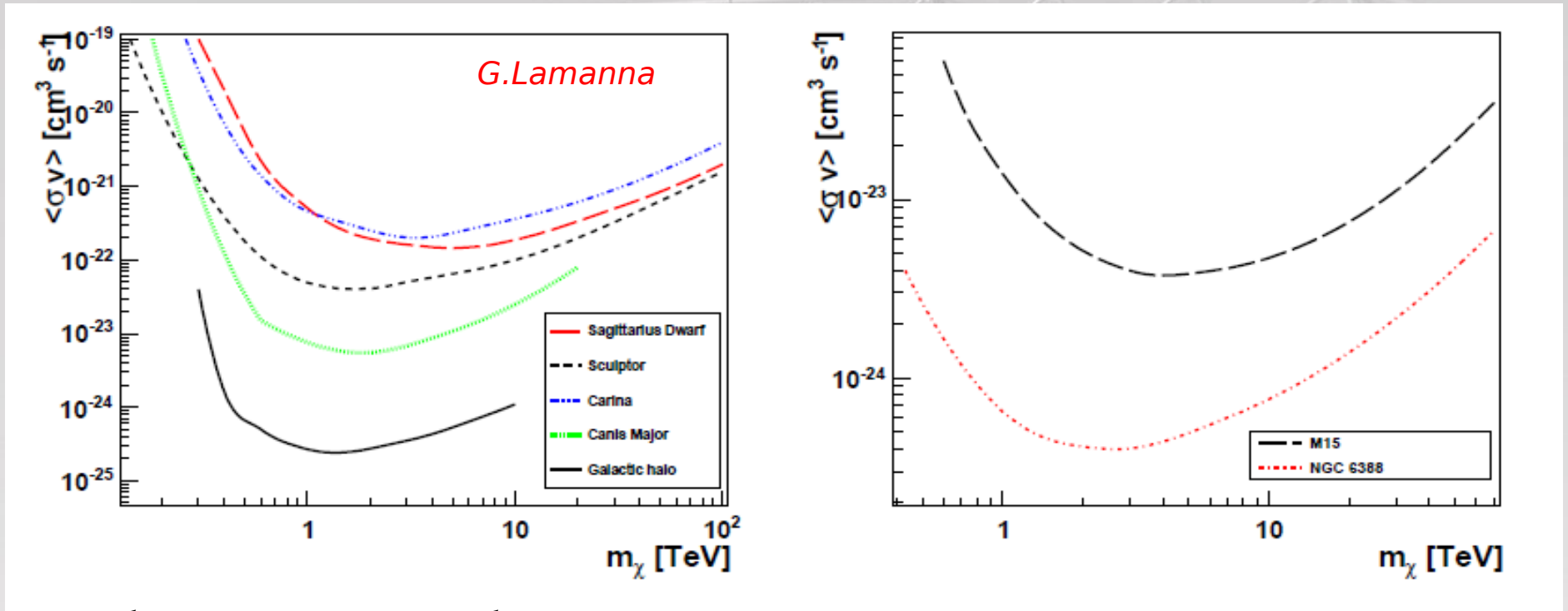
Extragalactic



IMBH



Contraintes avec HESS



$$\Phi_\gamma(E) \cong \frac{dN_\gamma}{dE dS dt d\Omega} = \frac{1}{4\pi} \frac{\langle\sigma v\rangle}{m_\chi^2} \frac{dN_\gamma(E)}{dE} \langle J \rangle$$

$$\langle\sigma v\rangle_{min}^{95\%C.L.} = \frac{8\pi}{J(\Delta\Omega)\Delta\Omega} \times \frac{m_{DM}^2 N_{\gamma,tot}^{95\%C.L.}}{T_{obs} \int_0^{m_{DM}} A_{eff}(E_\gamma) \frac{dN_\gamma(E_\gamma)}{dE_\gamma} dE_\gamma},$$

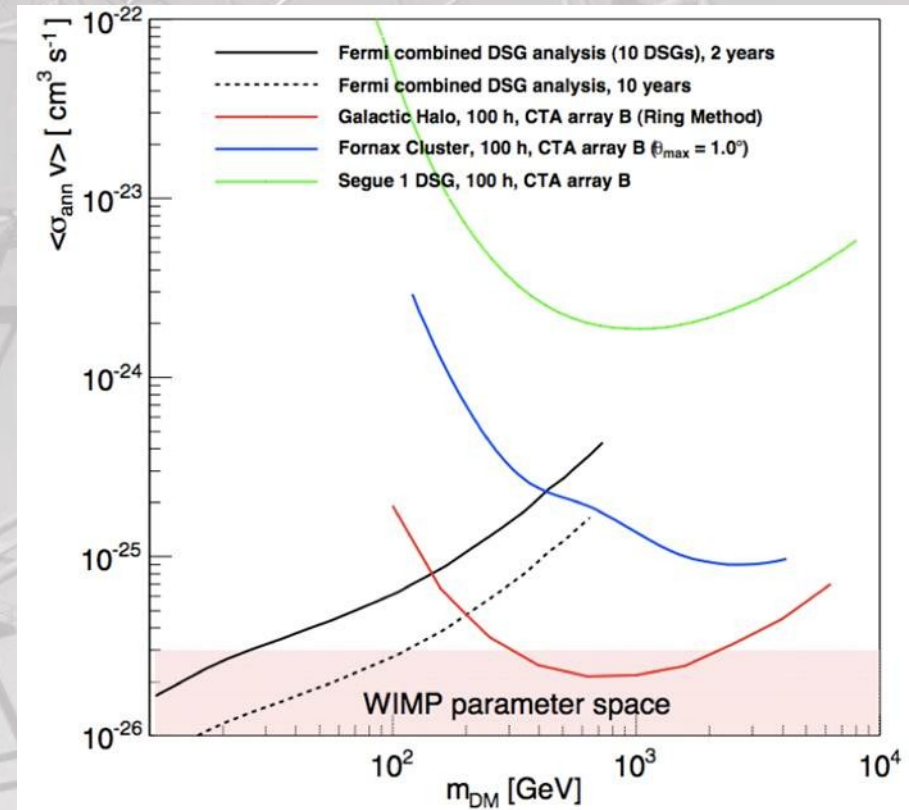
- Incertitudes : Astro sur J
- Limitation : Instrument (Aeff, Tobs)

La matière noire avec CTA

Sensibilité : $\langle\sigma v\rangle \sim 3 \cdot 10^{-26}$
cm³/s (théorique, super-symétrie)

→ 100 h d'observation

- Détection direct : **CTA**
approche complémentaire
- Pas de détection : Candidat
DM lourd?
 - **Masse supérieure : CTA**
seulement



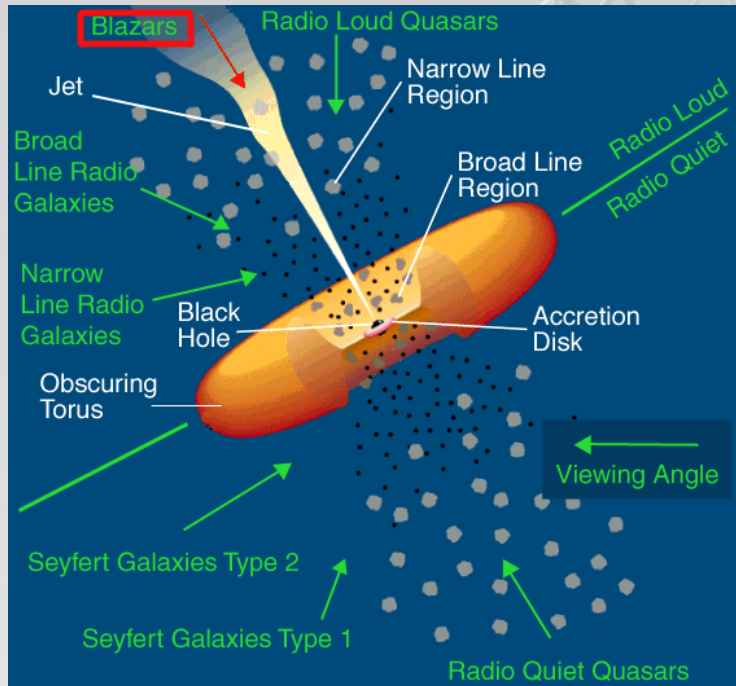
Objets Extragalactiques

- Nouvelle ligne de recherche du groupe
 - Basée sur le LABEX ENIGMASS
 - 1 post-doc (D.Sanchez)
 - Lien avec le LAPth
 - Développement de liens avec IPAG, LLR
 - MWL : Fermi, NuStar, etc
- Astrophysique , physique fondamentale, cosmologie

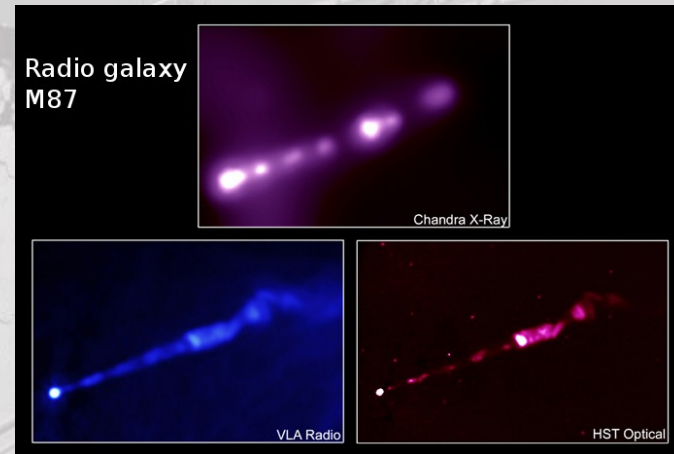
But :

Développer une activité extragalactique durable

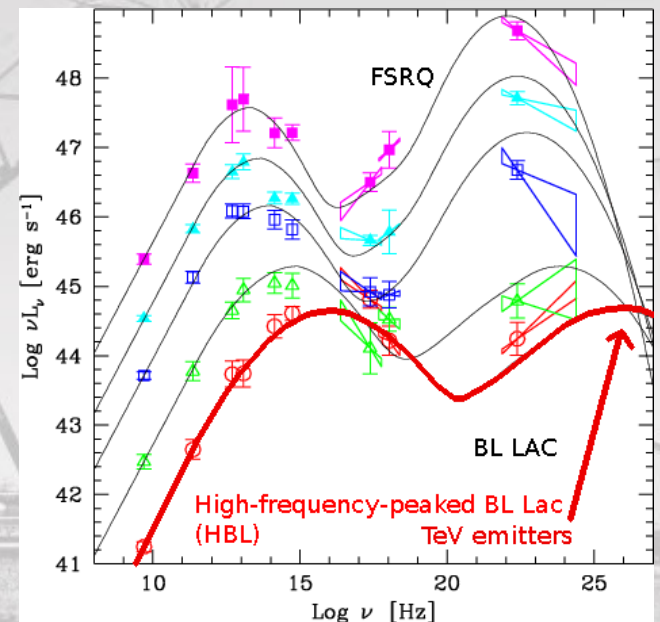
Les Noyaux actifs de galaxie



Trou noir super-massif
Tore, nuage, jet

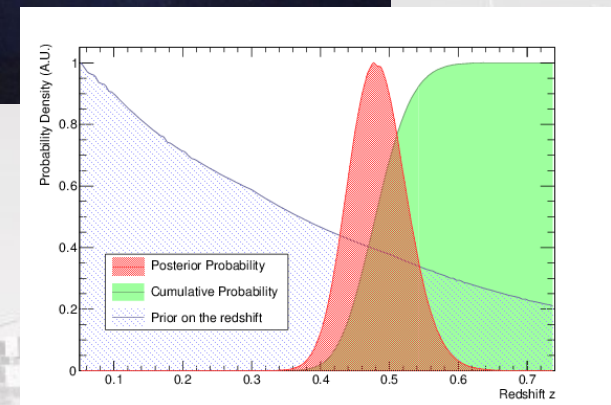
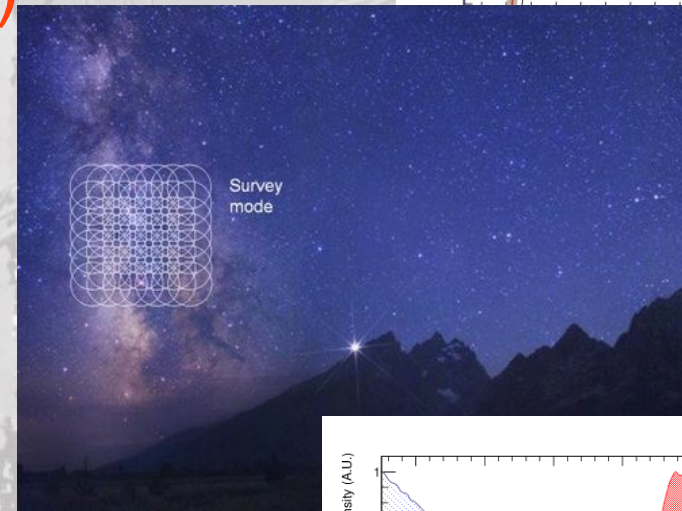
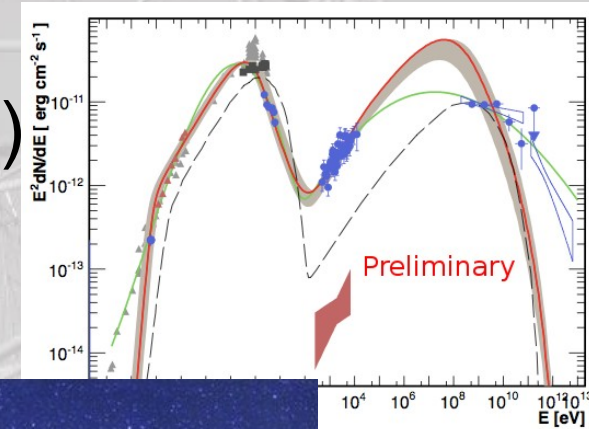


- Séquence Blazars
- Émission Synchrotron
- Haute énergie ?

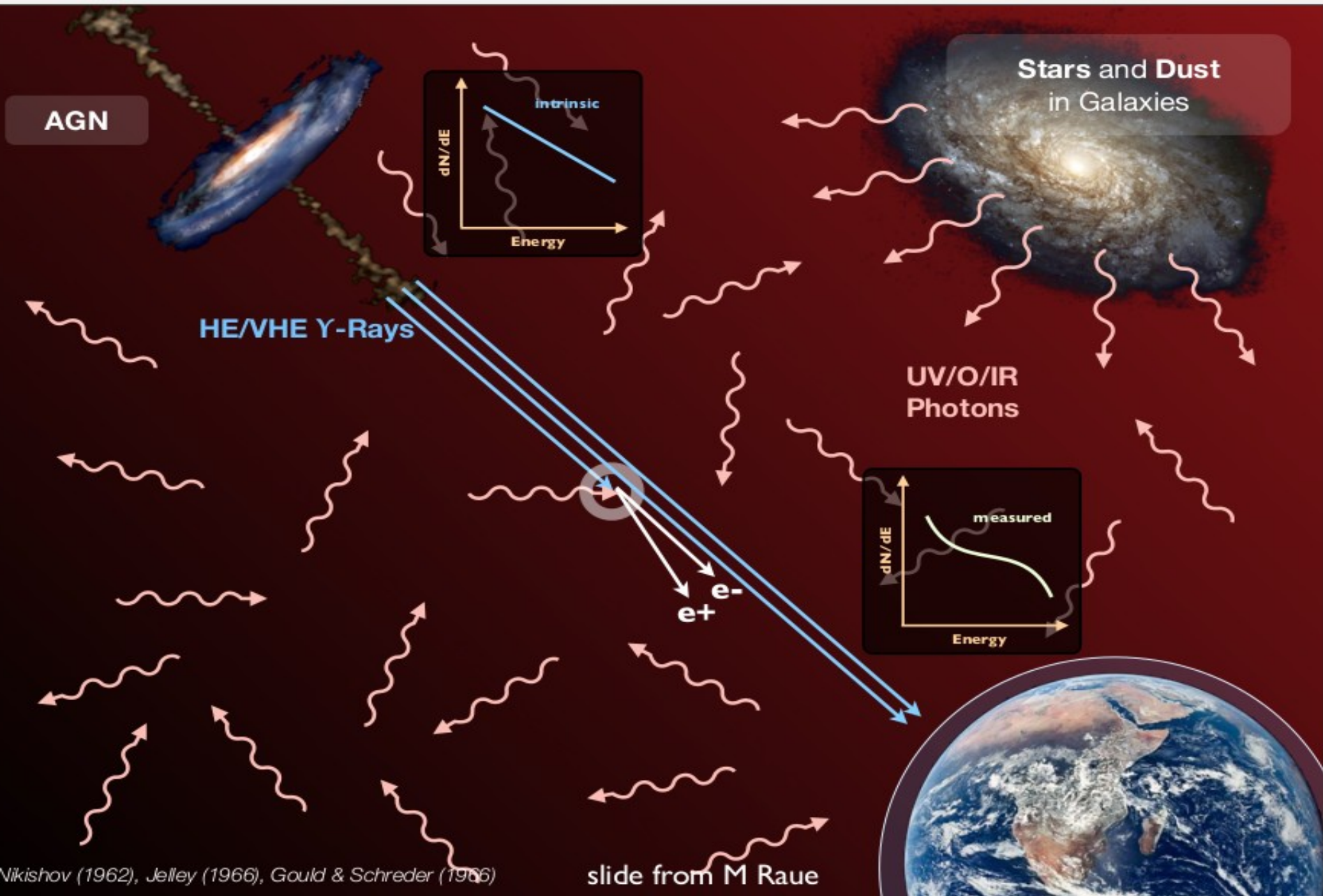


Projets avec HESS II - CTA

- Nouveaux types de sources (LLR, MPIK)
- Campagne MWL (Nustar, Fermi, etc)
- **Survey extragalactique (CTA)**
 - Étude de populations (IPAG)
- Variabilité :
 - **Contact Inde-France**
 - **Optique-TeV (MPIK)**
- Mesure du redshift
 - **Donnée au TeV**
 - **MWL (LSST, X-shooter,...)**

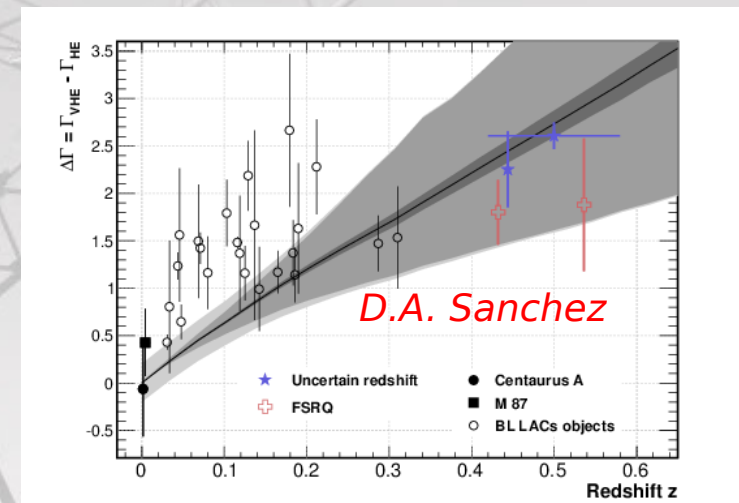
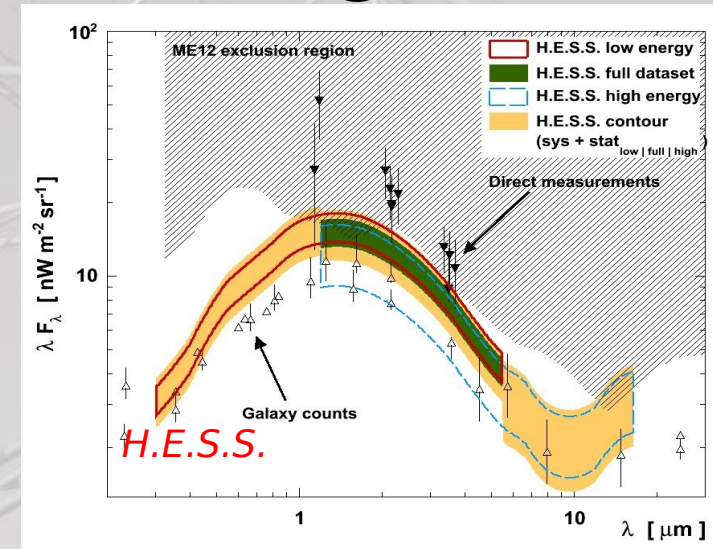


Extragalactic Background Light



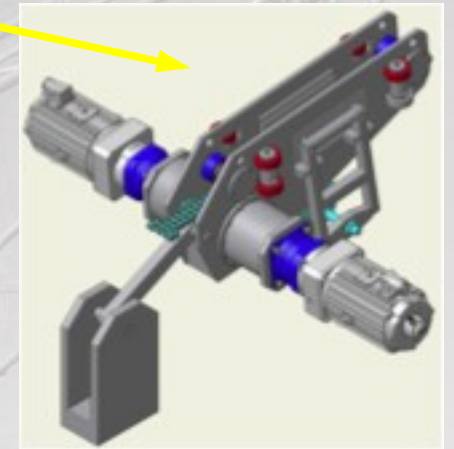
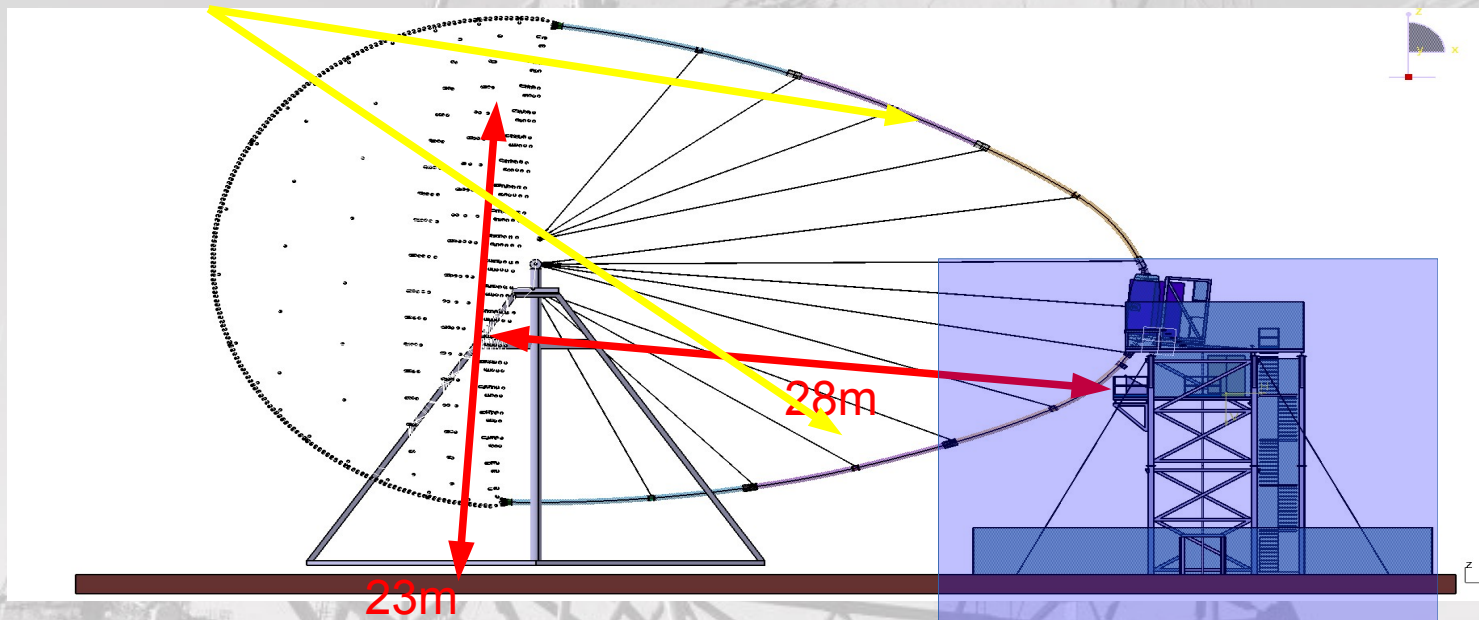
Extragalactic Background Light

- Plus de sources : **Sensibilité**
- Plus lointaines : **Basse énergie**
→ LST de CTA
- Contraintes cosmologiques
 - SFR, premières étoiles
 - Formation des Galaxies



CTA - Implication Technique

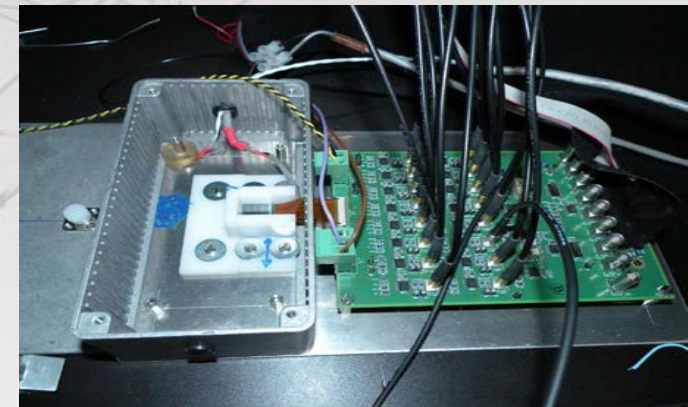
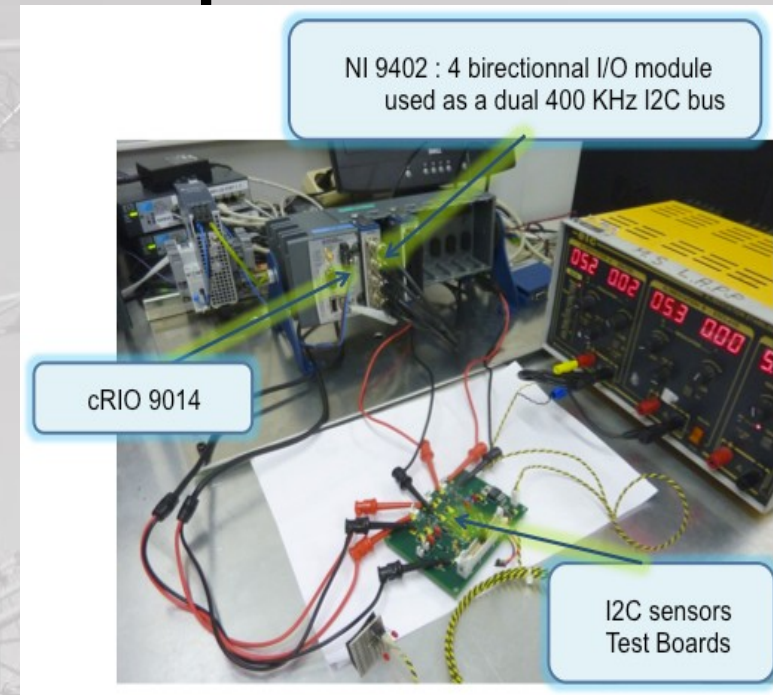
- Implication technique cohérente avec l'orientation basse énergie
 - Plusieurs contributions au design des grands télescopes (LST)
 - Drive system (motorisation + automatisme)
 - Arche des télescopes et amortissement dynamique



- Possible future contribution : Système de débarquement + verrouillage du télescope + tour d'accès ?

CTA - Partie Technique

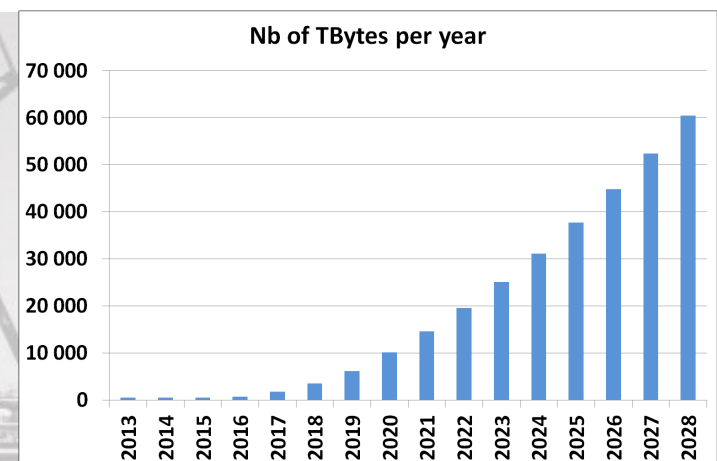
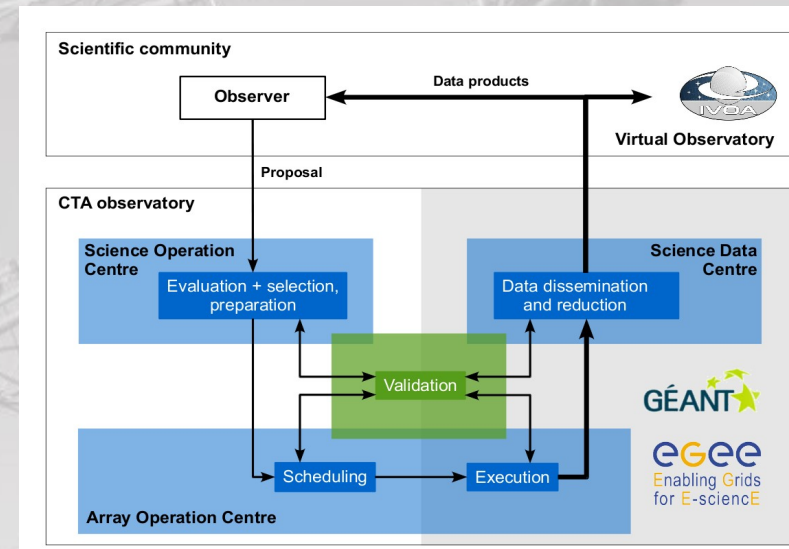
- Définition de l'architecture software du contrôle central
 - Standard OPC-UA (porté par le LAPP) : défaut dans CTA
- Slow Control des caméras MST/LST
 - Une seule instance communiquant avec le contrôle central de CTA
 - carte liant tous les éléments monitorés dans la caméra (environnement + trigger + power supply...)
 - **Élargi aux autres types de télescopes ?**
- Développement d'une branche SiPM
 - ASIC en cours de développement au LAPP
 - **Un des grands télescopes pourrait être équipé de SiPM**



CTA : Data management

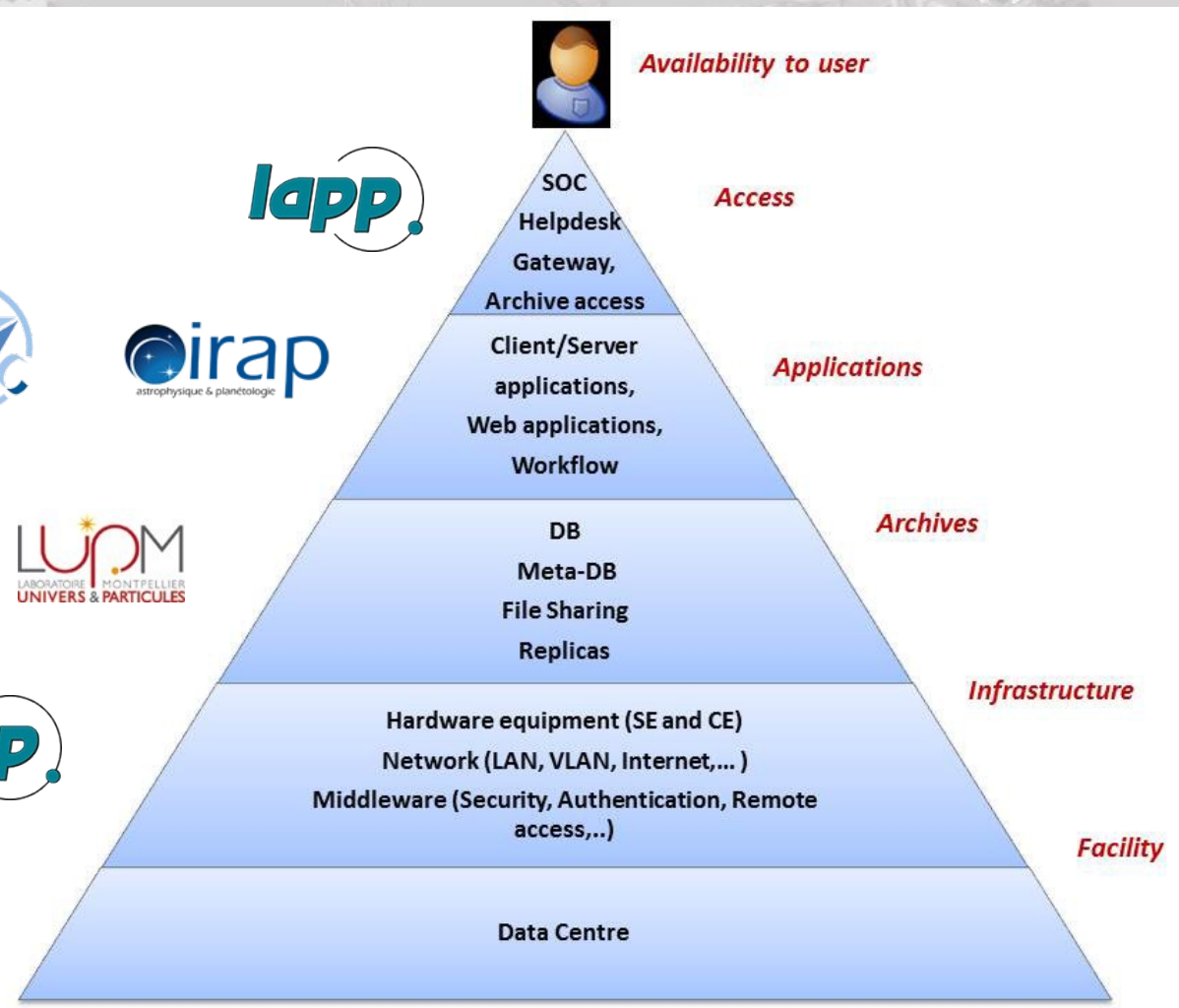
Priorité Française

- Data management
 - Archivage, accès
 - Base de donnée
- Analyse en ligne
 - Développement de GPU
- Soft et e-infrastructures



DATA Center

CTA-FRANCE
 main “final” goal is
 the assignment of the
CTA Observatory DATA CENTER



Résumé - Conclusions

- Détecteur : **futur clair**
 - CTA : construction sur 5 ans
 - LST, électronique, mécatronique
- Données : **Long terme**
 - 5-10 ans avec HESS II
 - CTA : >15 ans
- **Sujets scientifiques**
 - Focalisé
 - Démarrage d'une activité extragalactique, logique avec LST



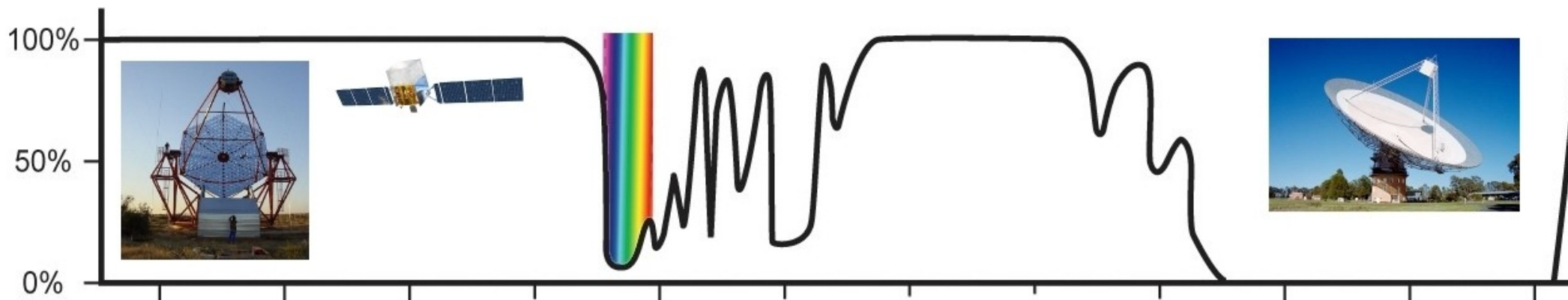
BACKUP

3 octobre 2013

David Sanchez, Journées Prospectives

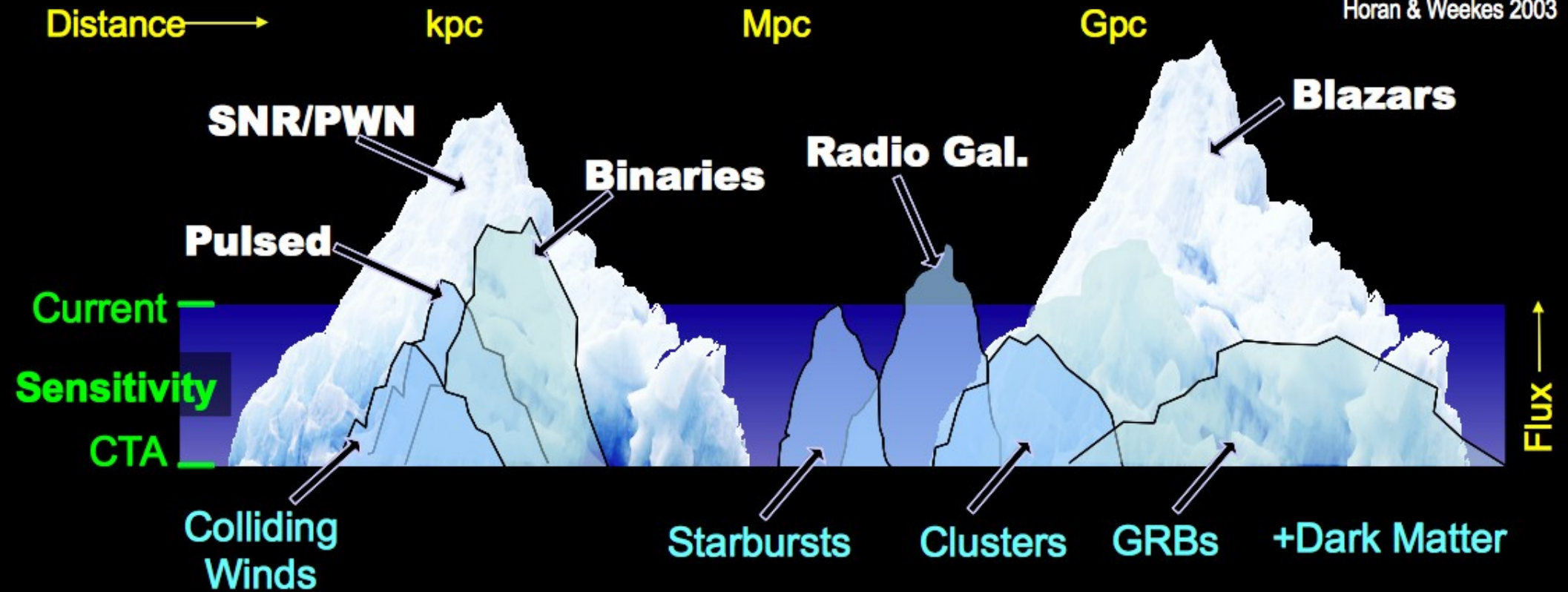
29

L'astronomie Gamma

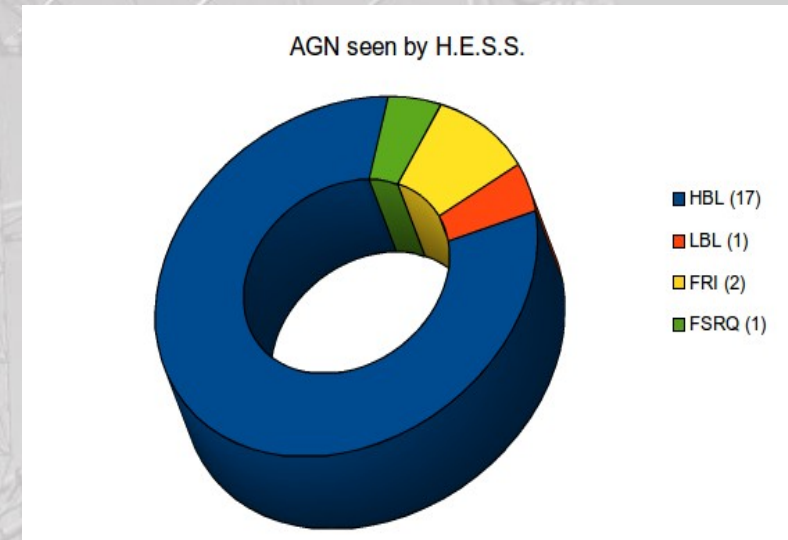
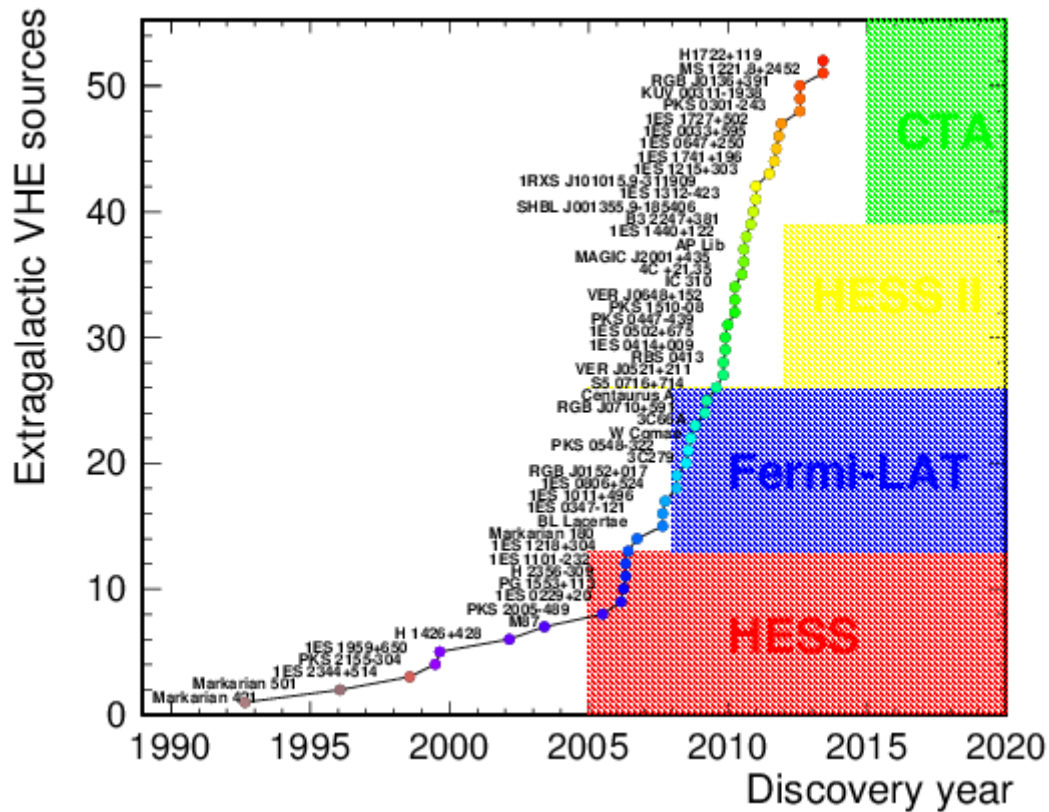


HESS I - II as Pathfinder

adapted by Hinton from
Horan & Weekes 2003

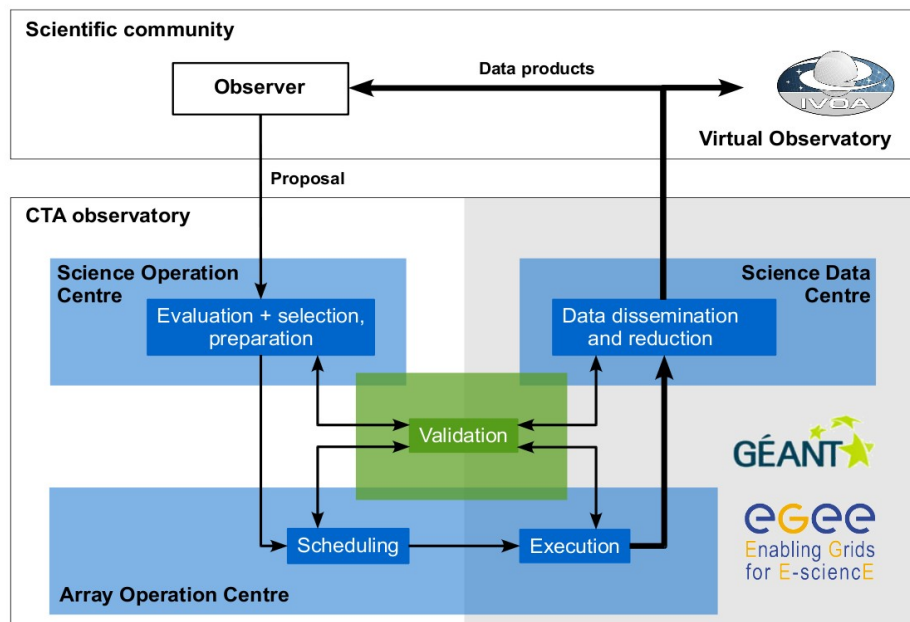


Objets Extragalactiques



- Evolution rapide
- Principalement 1 classe d'objet

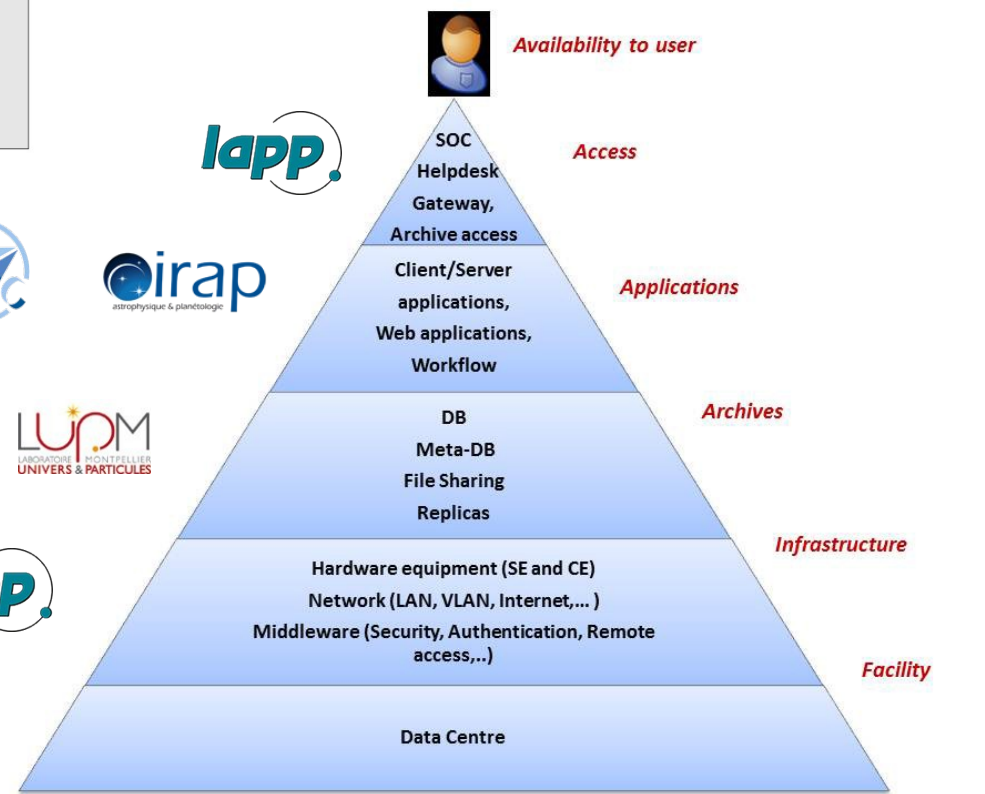
CTA Data Management



“DATA MANAGEMENT” for the CTA observatory is a French priority:

French teams acting on all DM products. Some important achievements on software, science tools and services, archive, data access, and computing model

CTA-FRANCE
main “final” goal is the assignment of the
CTA Observatory DATA CENTER



CTA Data Management

REMINDER

CTACG (CTA Computing Grid) , a LAPP initiative:

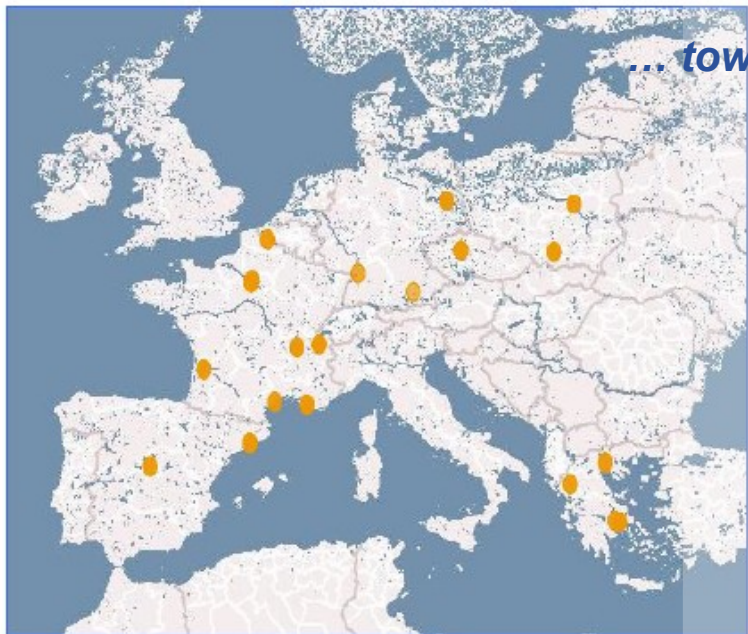
-> EGI-Grid infrastructures and EGI-Grid middleware for distributed data storage and data access : one potential solution for CTA.

-> Since 2008 CTACG is the feasibility study and a Grid success story:

- dedicated EGI CTA Virtual Organization (VO).

- LAPP & CCIN2P3: the CTA VO-Operation Center

17 EGI Sites spread in 6 countries



... towards the **CTA DATA CENTER (computing model)**

Computing resources

1000 – 2000 CPUs simultaneously available based on past experience

Storage resources

• **430 TB dedicated to CTA:**

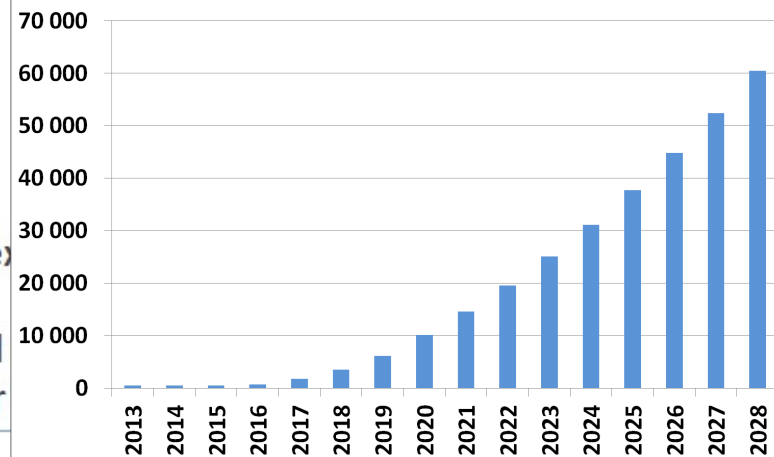
- 1) IN2P3-CC Disk and Tape
- 2) DESY-ZEUTHEN
- 3) CYFRONET

87% Used

• **Clean corsika files before new production (~240 TB)**

• **390 TB available distributed all Sites and shared with other**

Nb of TBytes per year



CTA Data Management -> DATA CENTER

Main software and e-Science development issues are:

1) Analysis software and e-infrastructures:

- Parallel programming
- Virtualization: porting the analysis on web-services environment

2) “Archive”: both Science and Engineering Archive based on “observation instrumental-configuration”:

- “Data” and “metadata” model and
- “Data repository of the CTA data center” with new Data Base technologies and data access systems