

# Session astrophysique



**Journées de rencontre des jeunes chercheurs**

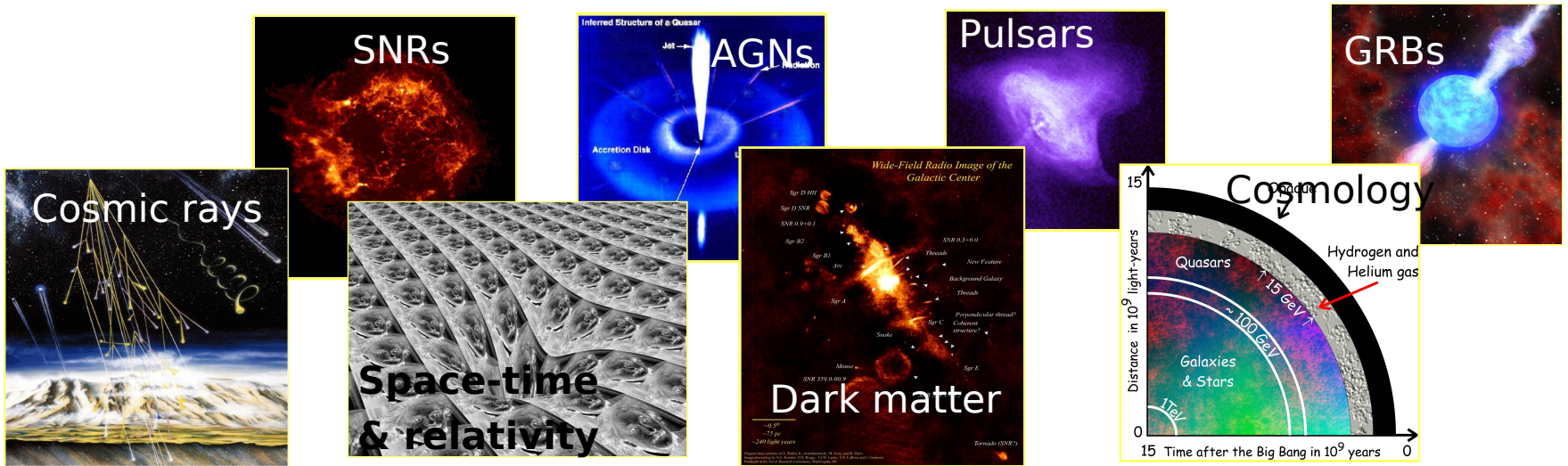
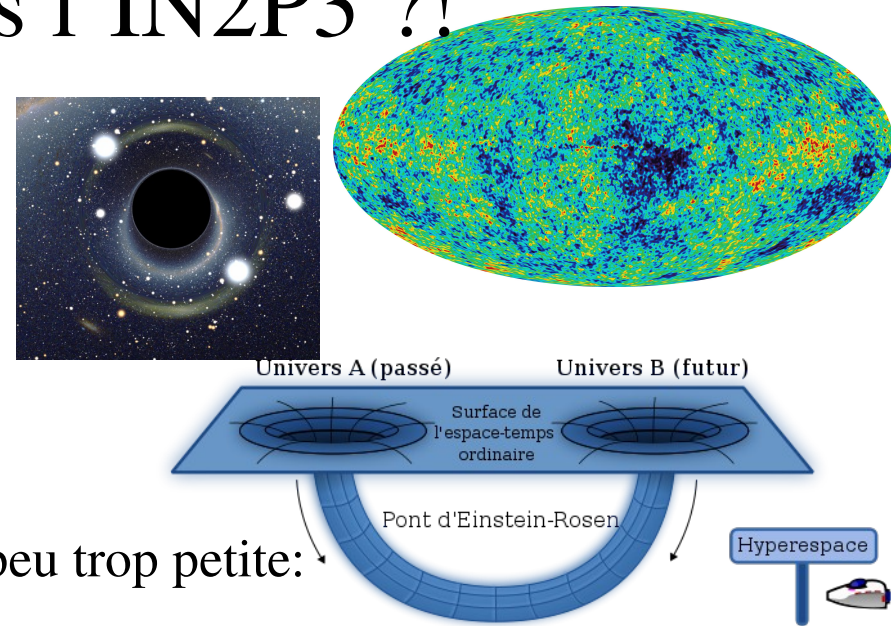
**JRJC 2009**

du dimanche 29 Novembre au samedi 5 Décembre



# De l'astrophysique dans l'IN2P3 ?!

- Comprendre notre Univers
- Tester 'nos' lois de la physique
- Rechercher les limites de ces lois
- Découvrir des nouvelles
- Et comme la caverne du CERN est un peu trop petite:
  - Cosmologie, neutrinos, galaxies, ...



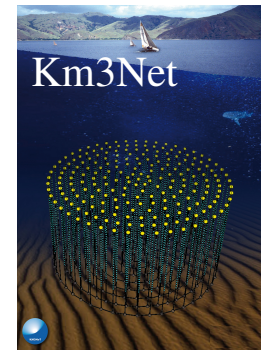
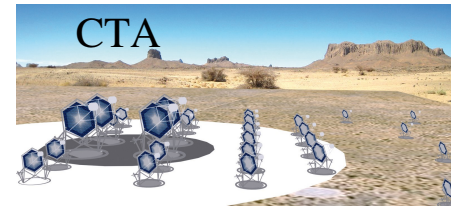


# Notre astrophysique: l'univers non-thermique

- Pour accéder à la physique 'fondamentale', nous devons étudier des phénomènes 'secondaires' et répondre à des questions préalables:
  - Comment des particules sont accélérées dans un plasma Magnéto-Hydro Dynamique?
  - Comment des particules sont confinés dans des jets?
  - Quels sont les processus thermo-nucléaires d'explosion de SN Ia, Ibc, II?
  - Quelle est la part de signal astrophysique dans l'émission de sources pouvant contenir de la matière noire ?
  - ...
- Ouverture vers l'astrophysique des physiciens des particules:

## **l'astroparticule**

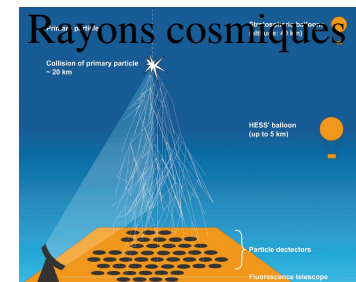
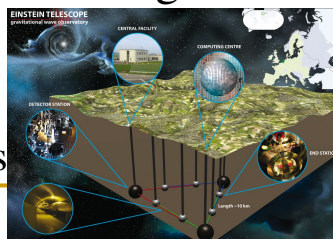
# L'astroparticule



- Une discipline scientifique **reconnue**
  - Ce mot est rentré dans le Larousse en 2008!
- Activité croissante en Europe: **ASPERA**
  - ASTroParticle ERAnet est le réseau des agences nationales européennes responsable de la coordination et du financement des efforts de recherche sur l'astroparticule.
  - Feuille de route (2008 → 2018): « Magnificent Seven »
    - CTA
    - Km3Net
    - Détecteur d'une tonne pour la recherche de matière noire
    - Détecteur d'une tonne pour la physique du neutrino
    - Détecteur d'une méga-tonne pour la recherche du temps de vie du proton
    - Grand réseau pour les rayons cosmiques chargés
    - Troisième génération de détecteur d'onde gravitationnelle



Ondes gravitationnelles



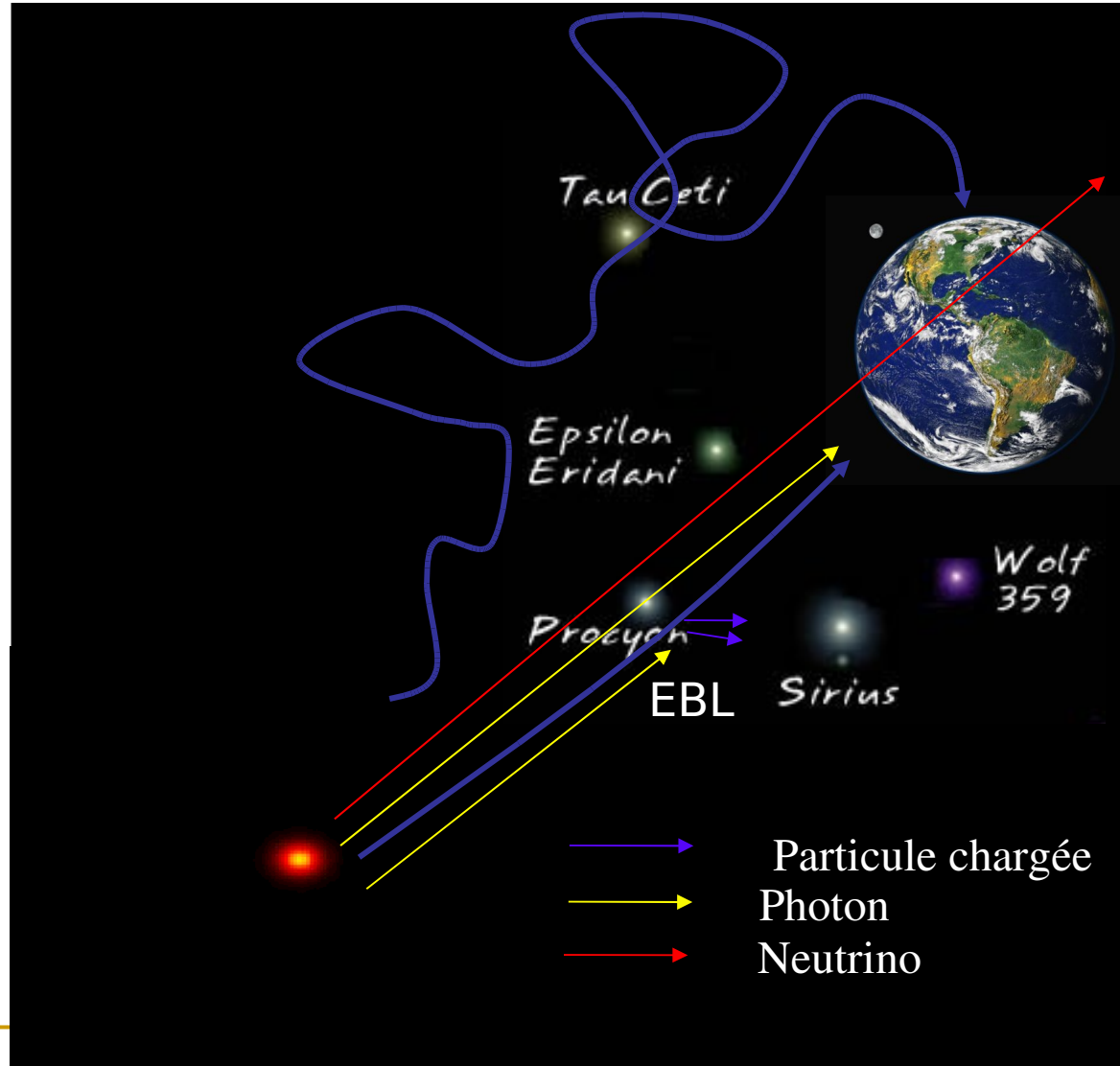


# Retour au présent... et à l'astrophysique

## Étude de sources individuelles:

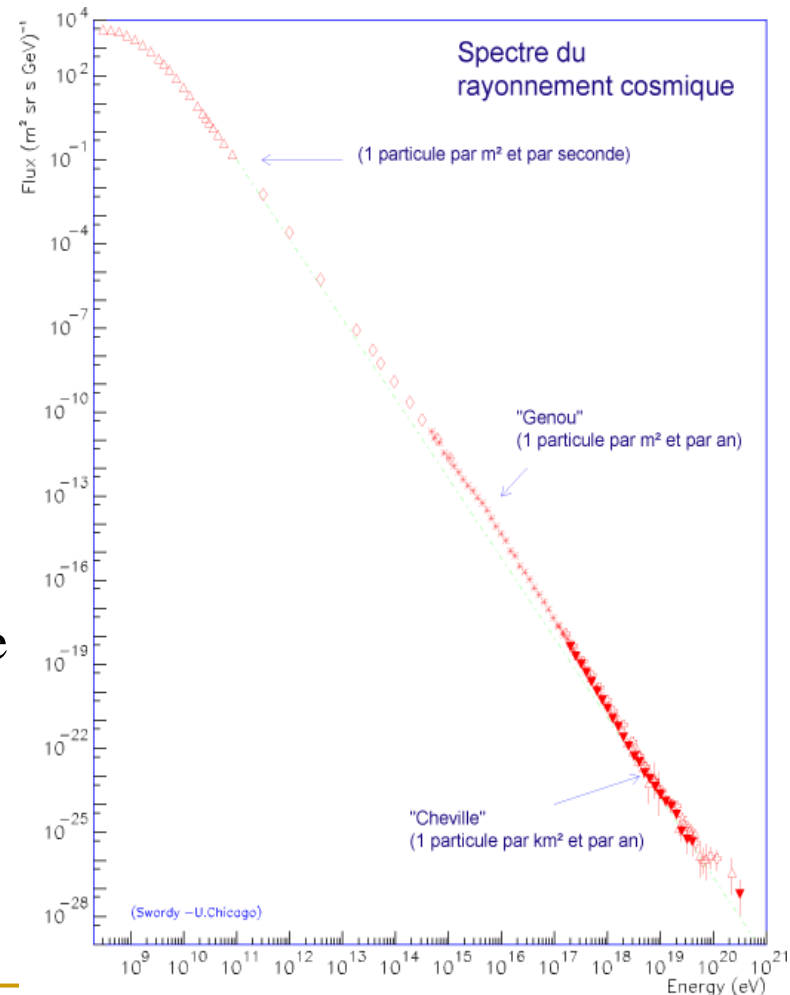
- particules chargées  
☹️ Champ magnétique
- photons  
☹️ EBL
- neutrinos  
☹️  $\sigma_{\nu} / \sigma_e \sim 10^{-12}$  @ 1 GeV

⇒ **Sondes complémentaires**



# L'astroparticule et les rayons cosmiques

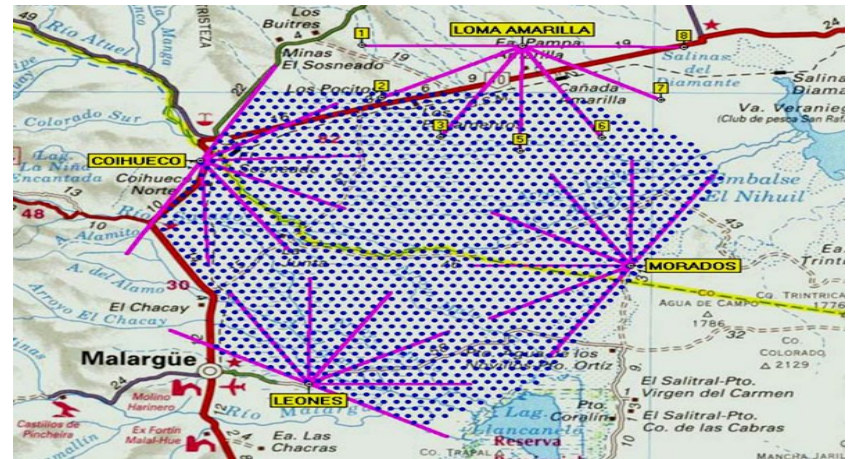
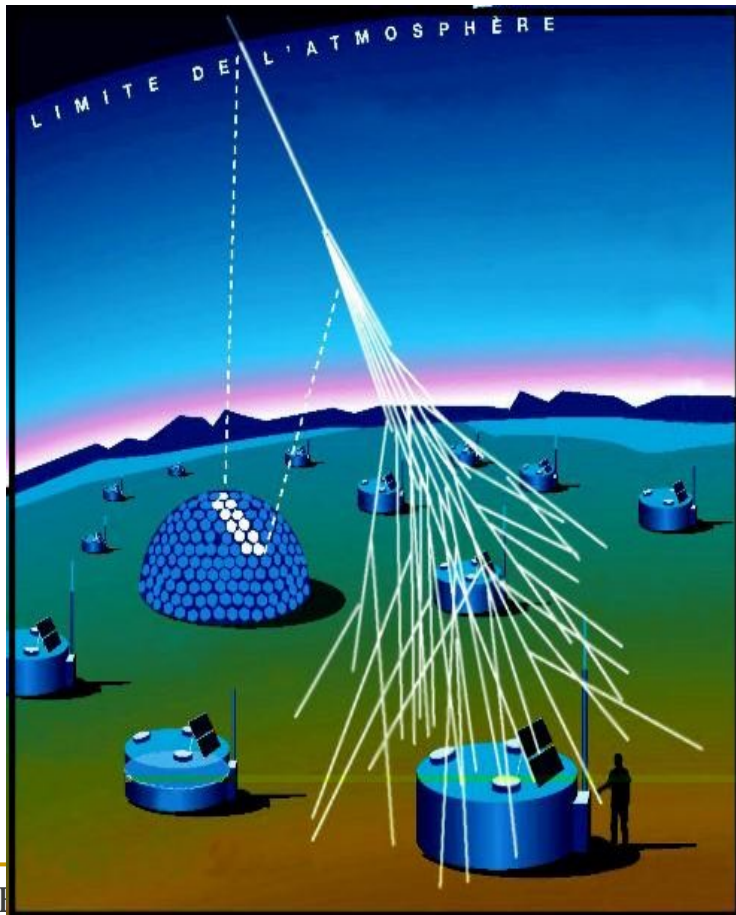
- C'est grâce à la physique des rayons cosmiques que la physique des particules et l'astroparticules sont nées!
  - 85% de protons
  - 14% d'Hélium
  - 1% d'électrons
  - Traces de noyaux plus lourds
- Mais **origine inconnue!!!!**
  - Les rayons cosmiques de '**basse énergie**' permettent d'étudier que des phénomènes globaux (propagation et diffusion, matière noire,...)
  - Les **ultra haute énergies** permettent en principe d'étudier en plus les sources!



# L'astroparticule et les rayons cosmiques

- L'observatoire AUGER

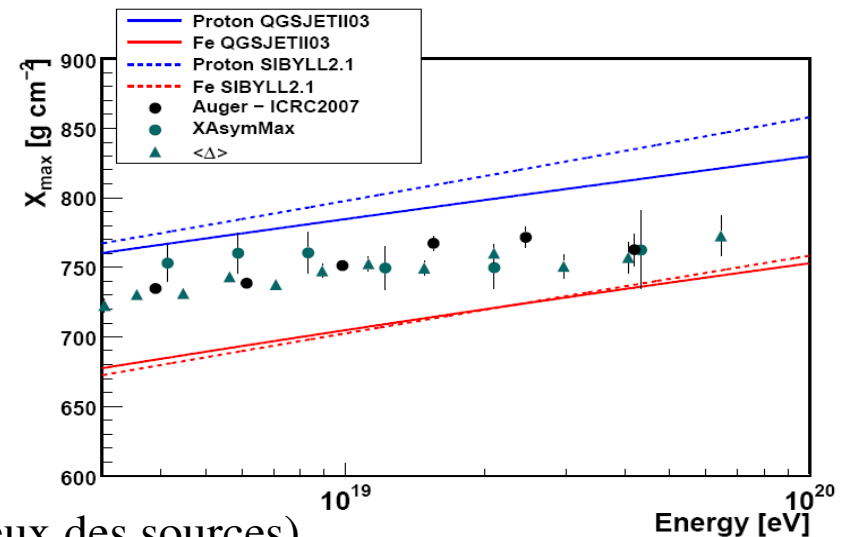
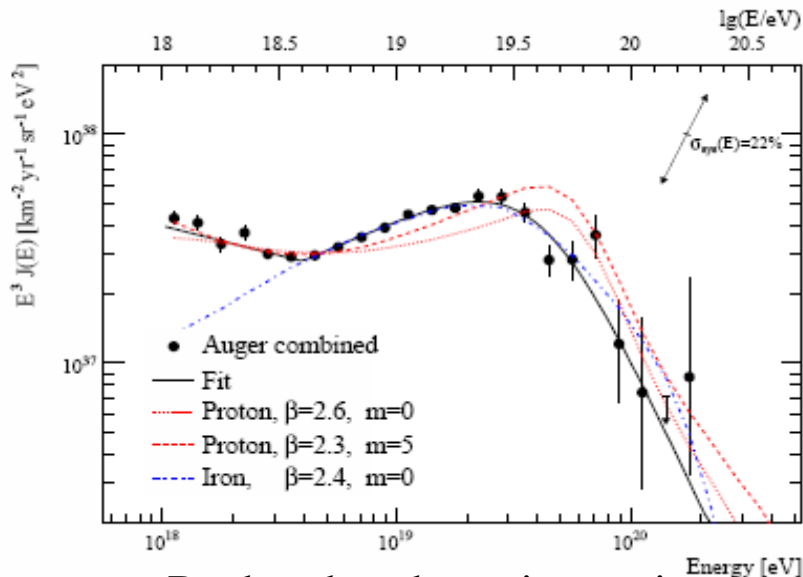
- Un réseau de cuves Tcherenkov au sol sur  $40 \times 60$  km
- Quatre détecteurs de fluorescence





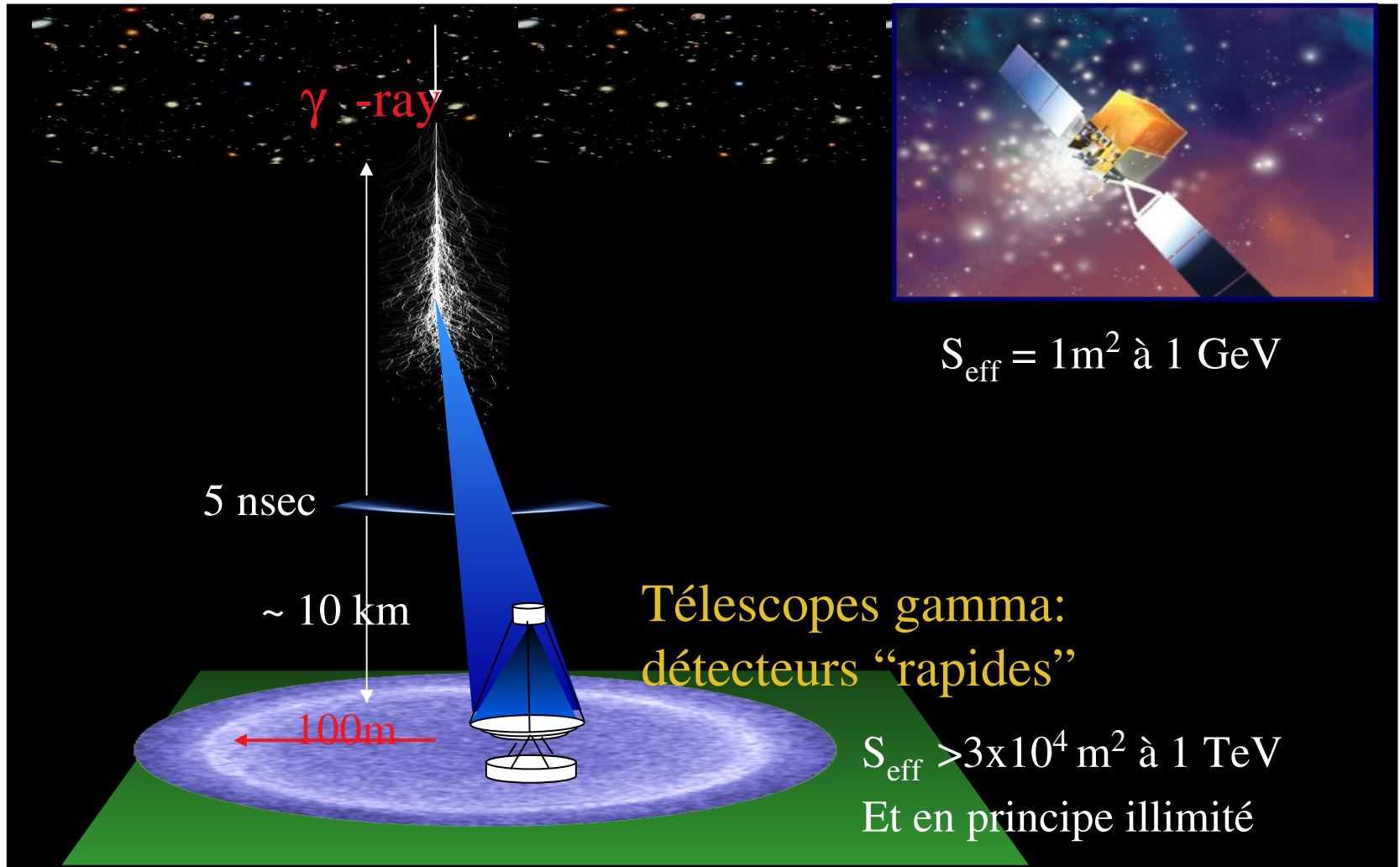
# L'astroparticule et les rayons cosmiques

- L'observatoire **AUGER** permet de:
  - Déterminer les caractéristiques globales des RC de UHE

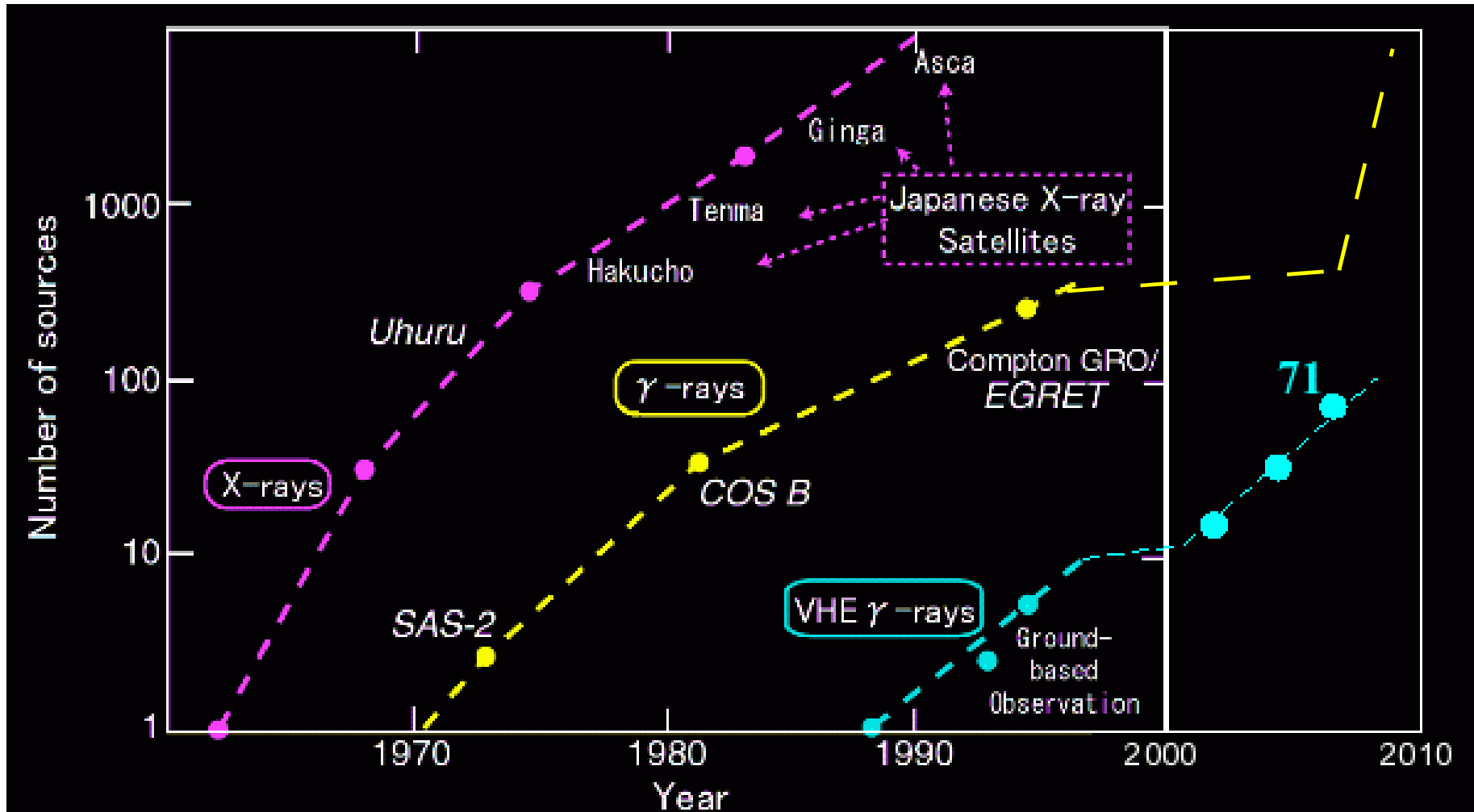


- Rechercher des anisotropies (ou mieux des sources)
  - Anisotropie à 2.5sigma
  - Pas de corrélation avec une source astrophysique
- Faut-il plus de statistiques?
  - Nouveaux types de détecteurs: JEM-EUSO, **CODALEMA**

# L'astronomie gamma ( $E > 20 \text{ MeV}$ )

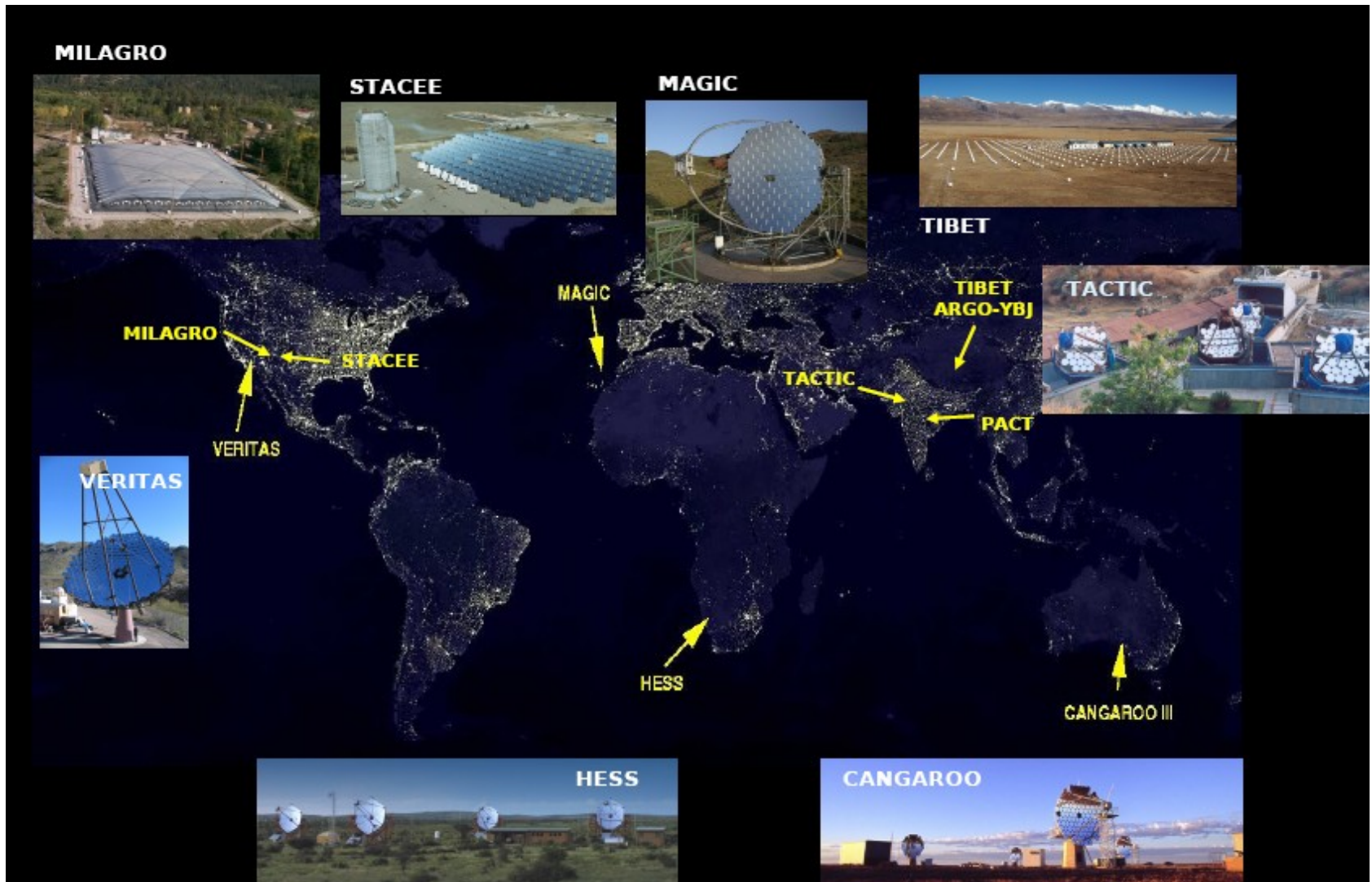


# L'astronomie gamma

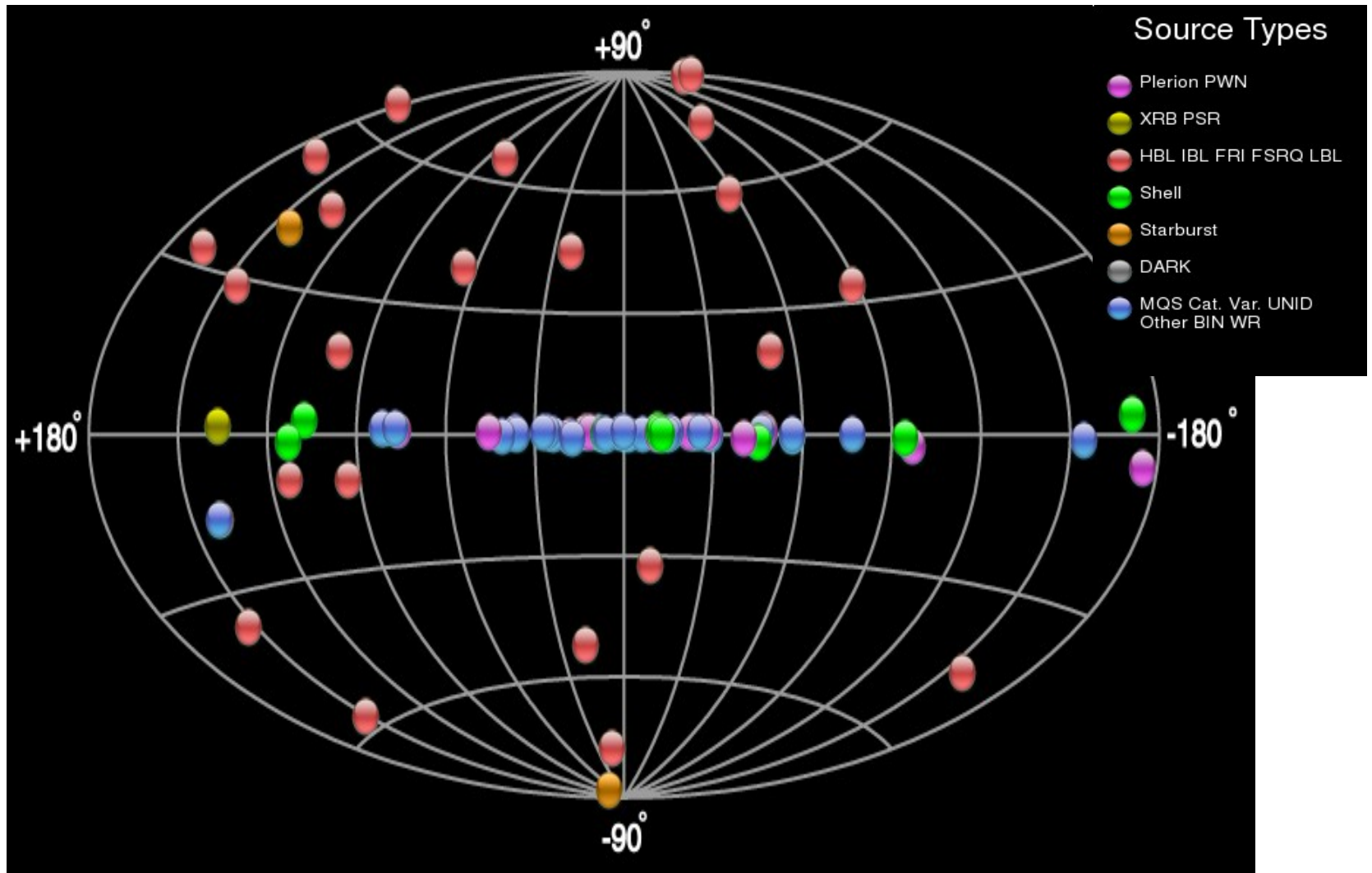




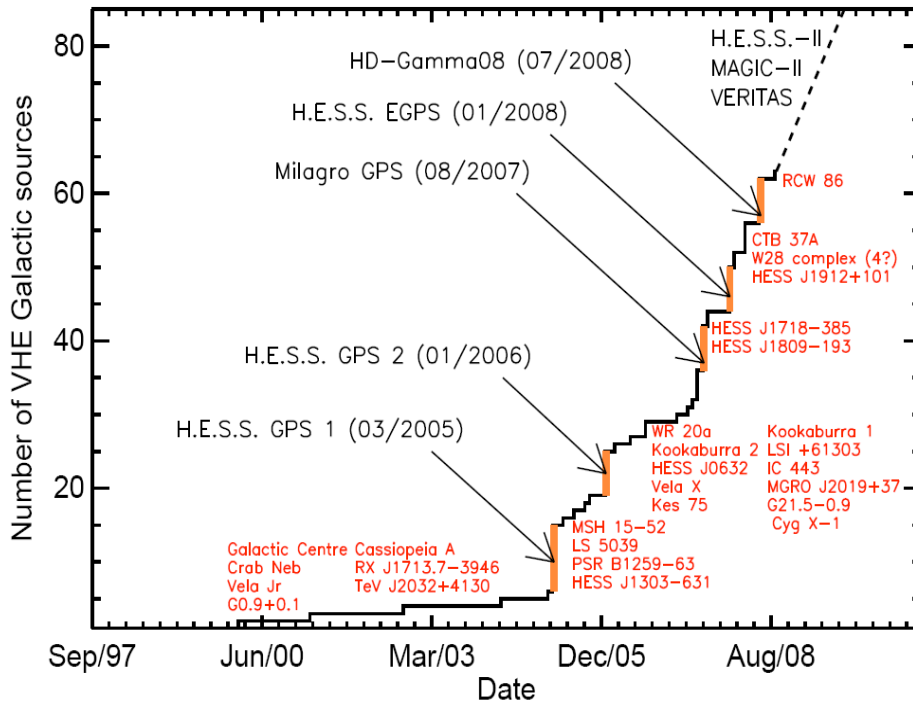
# Détecteurs gamma actuels au sol



# Le ciel à $E > 100$ GeV en 2009

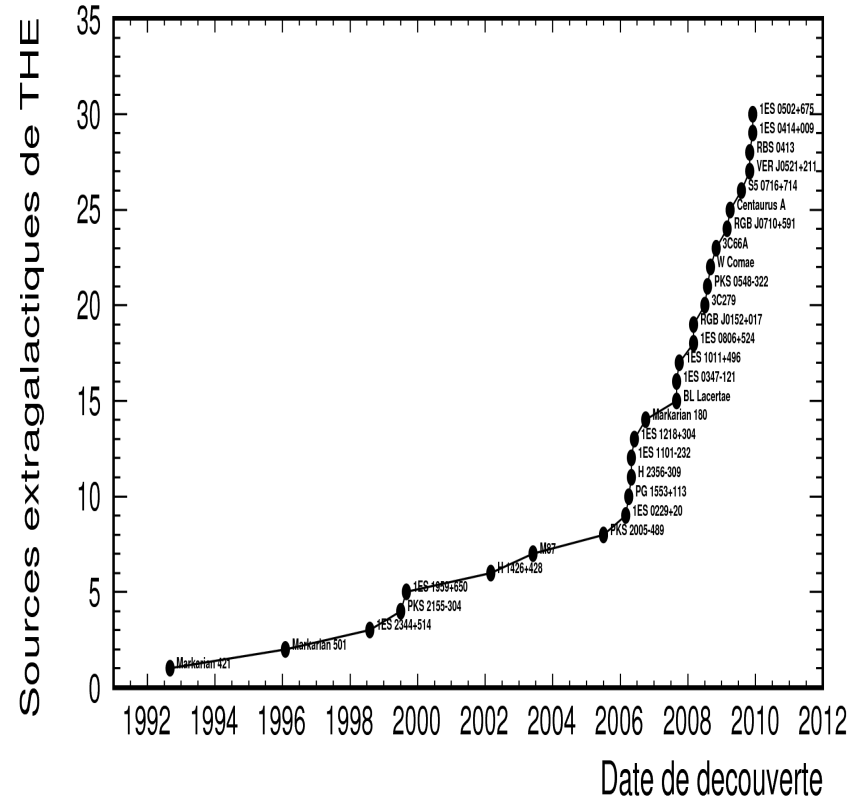


# L'astronomie gamma



Sources galactiques

(de M. Renaud)



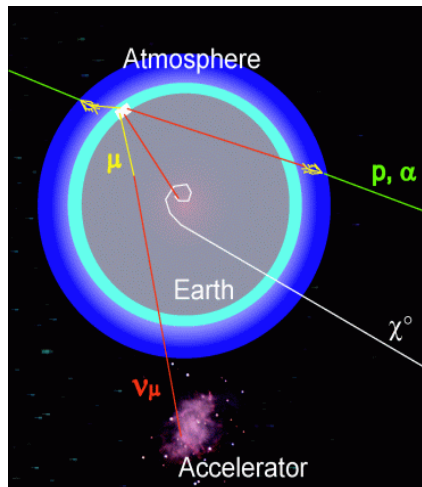
Sources extragalactiques

(de B. Giebels)

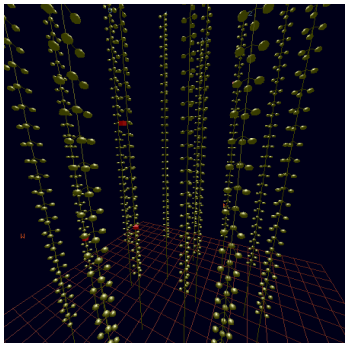


# L'astroparticule et les neutrinos

- L'astrophysique des neutrinos est très similaire à celle des rayons gamma
  - $p$  (non-thermique) + N  $\rightarrow \pi^{+/-} + \dots \rightarrow \nu + \dots$
  - $p$  (non-thermique) + N  $\rightarrow \pi^0 + \dots \rightarrow 2 \gamma$



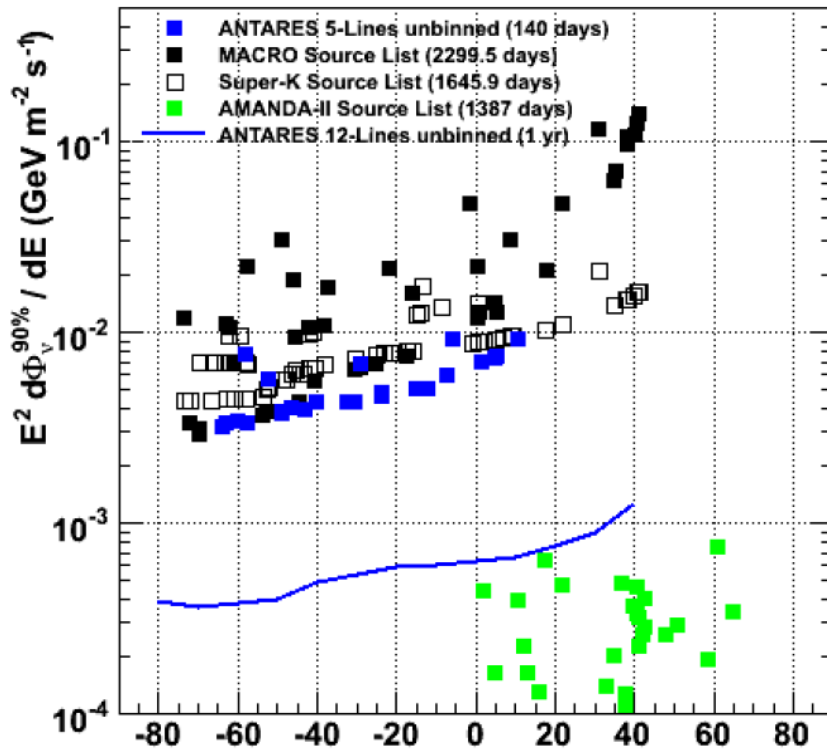
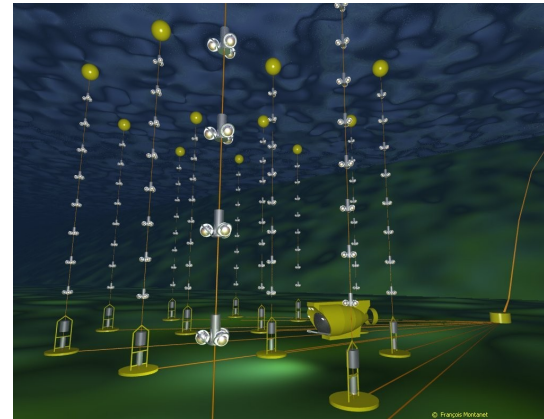
- La discipline est encore dans sa **phase expérimentale exploratoire**
- Comme la probabilité d'interaction est faible, les détecteurs doivent couvrir des volumes effectifs énormes
  - Plus de 10 km<sup>3</sup>! Pour arriver à des sensibilités du même ordre de grandeur que HESS
- Les progrès techniques s'enchaînent
  - ANTARES/KM3Net, AMANDA/IceCube



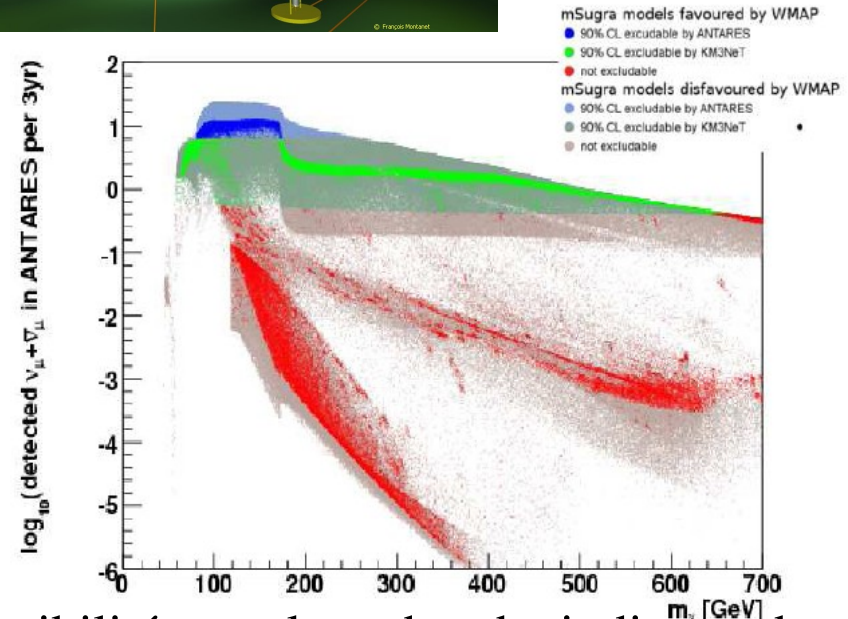
# L'astroparticule et les neutrinos

- Le détecteur **ANTARES**

- Détection dans l'eau



Valeurs supérieures pour la recherche de sources ponctuelles



Sensibilité pour la recherche indirecte de matière noire

# Journées de Barbaste – lundi 30 novembre

## Astronomie gamma

- *L'astronomie gamma de très haute énergie: des enjeux à la portée de HESS*
- *Observation des systèmes binaires galactiques au TeV: François Brun (LPNHE-LLR)*
- *Performances de HESS-2: Julien Masbou (LPTA)*



## Rayons cosmiques d'ultra haute énergie

- *L'observatoire Pierre Auger*
- *Étude des anisotropies des rayons cosmiques d'ultra haute énergie: Haris Lyberis (IPNO)*
- *Quelle physique hadronique dans l'Observatoire Pierre Auger ?: Karim Louedec (LAL)*
- *Caractérisation des signaux radio associés aux gerbes atmosphériques de très haute énergie mesurées par l'expérience Codalema: Thibault Garçon (Subatech)*

