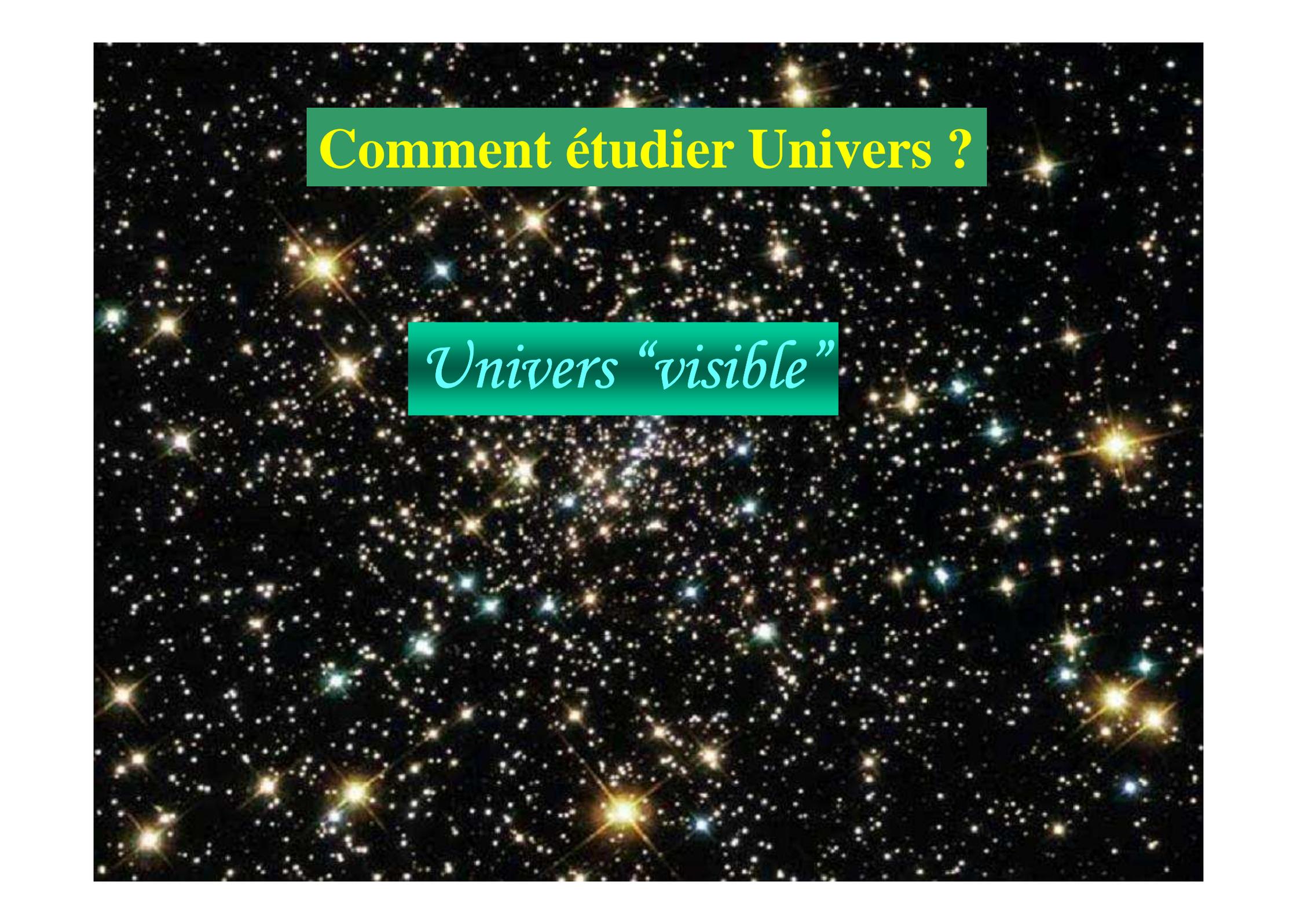


A deep space photograph of a galaxy, likely the Andromeda Galaxy, viewed from an edge-on perspective. The galaxy's spiral arms are visible, glowing with a mix of blue and red light. The background is a dense field of stars, with several prominent bright stars showing diffraction spikes. The text "Les Rayons Cosmiques" is overlaid in the center of the image in a bold, red, sans-serif font.

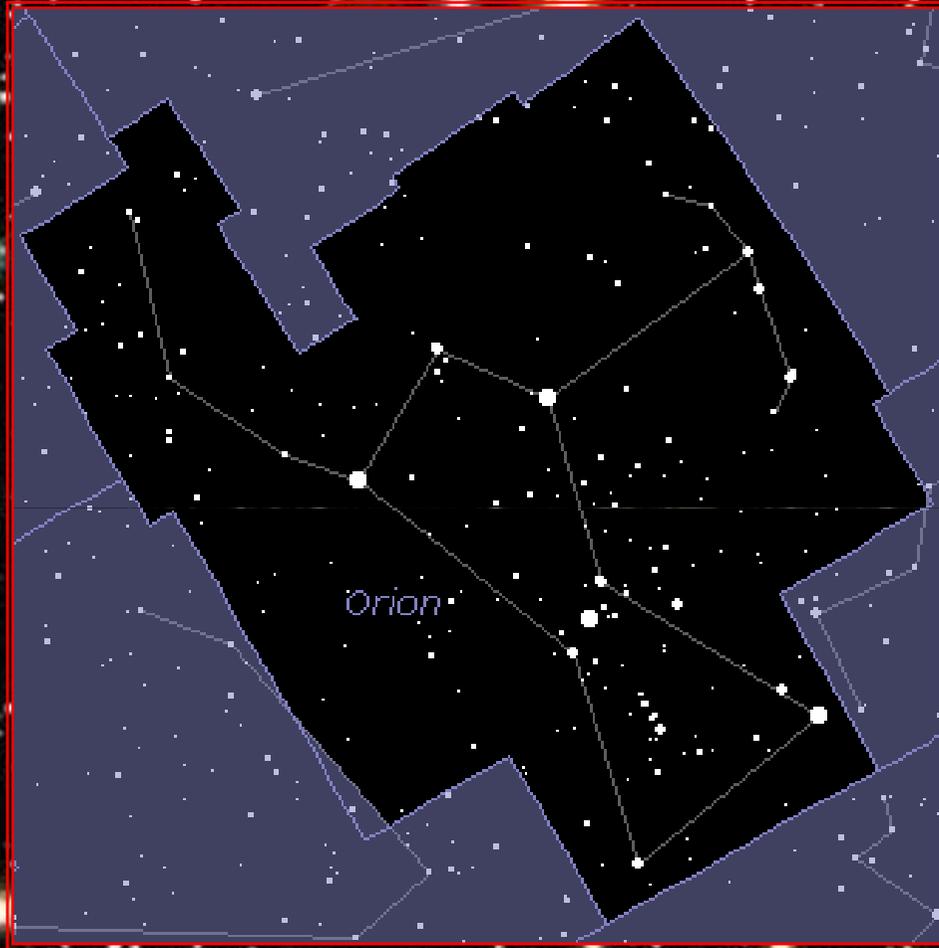
Les Rayons Cosmiques

A dense field of stars in space, with two text boxes overlaid. The stars are of various colors, including yellow, white, and blue, and are scattered across the dark background. The text boxes are green and contain the text "Comment étudier Univers ?" and "Univers 'visible'".

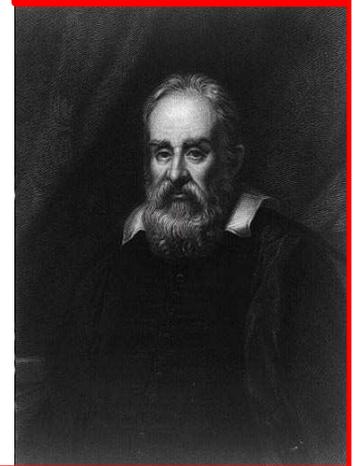
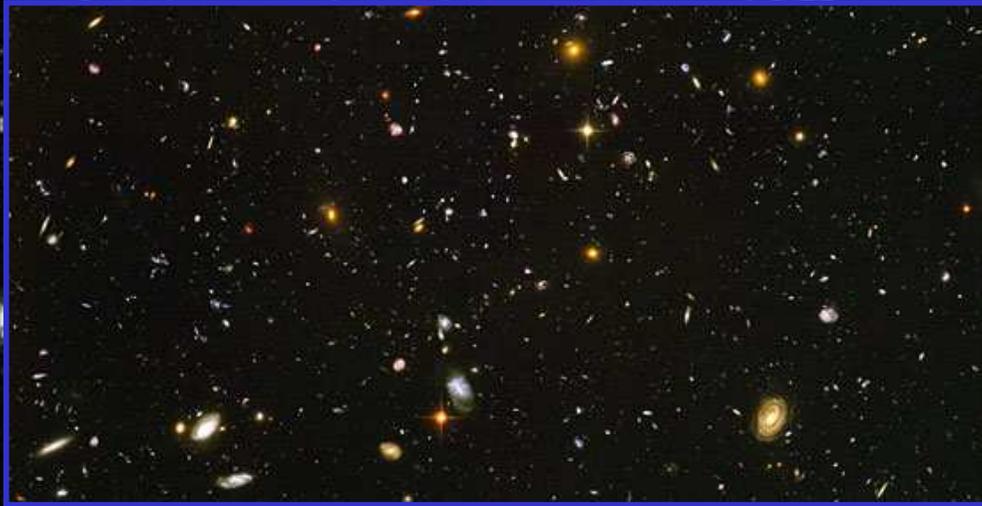
Comment étudier Univers ?

Univers "visible"

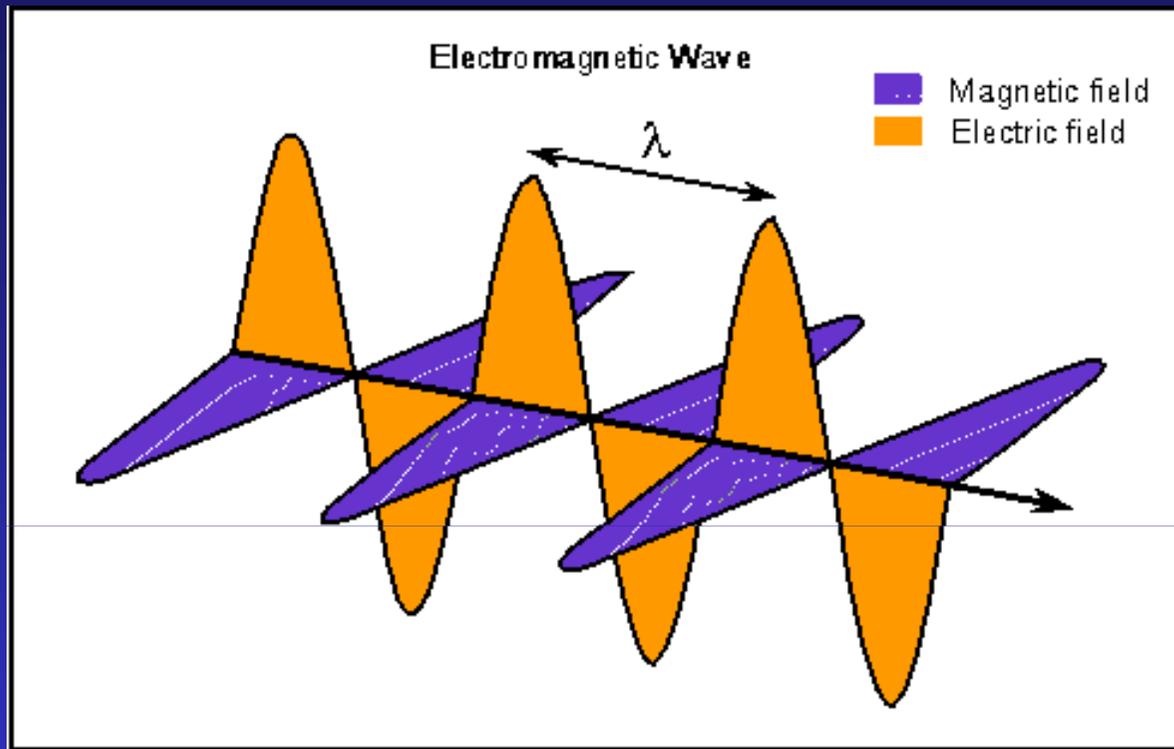
sans télescope



avec télescope

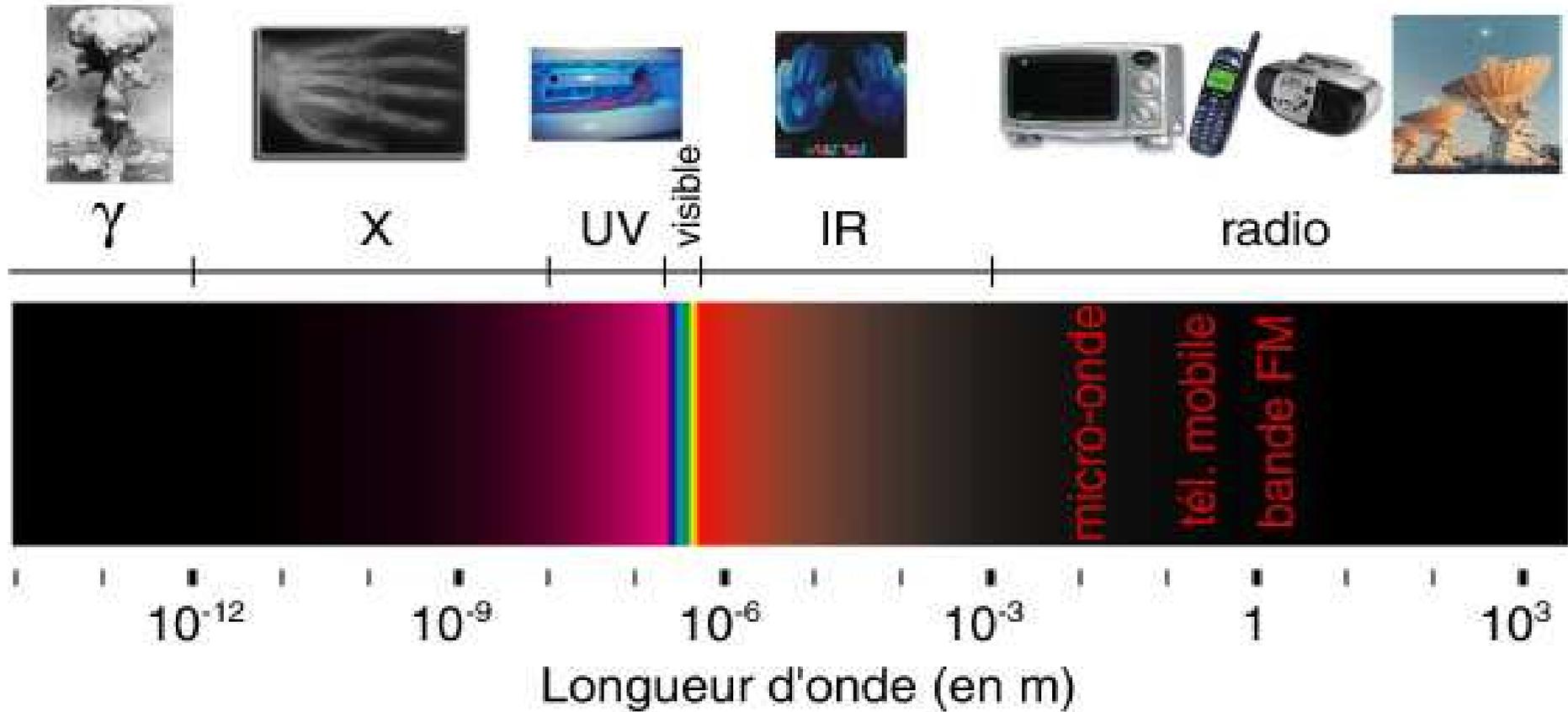


Lumière = Onde Electro-magnétique



- Longueur d'onde: $\lambda = c/\nu$
- Fréquence: ν (Hz)

L'Univers à travers les ondes EM



Multiples fenêtres EM ouvertes à l'Univers



Satellite Rayon X



Satellite COBE



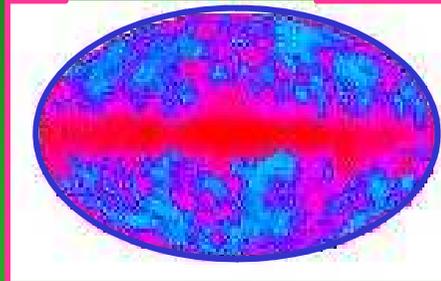
Télescope gamma



Rayons X



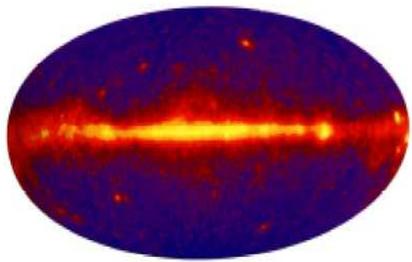
Télescope optique



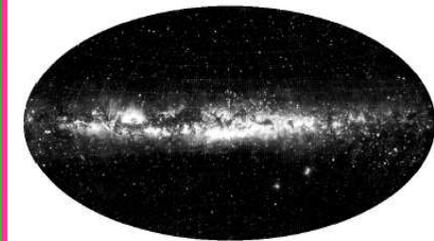
Ondes millimétriques



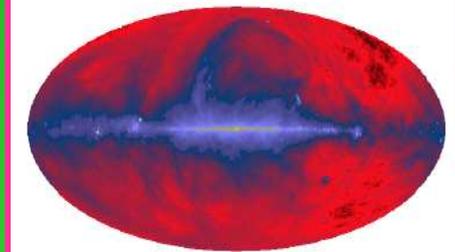
Télescope radio



Rayons γ



Visible

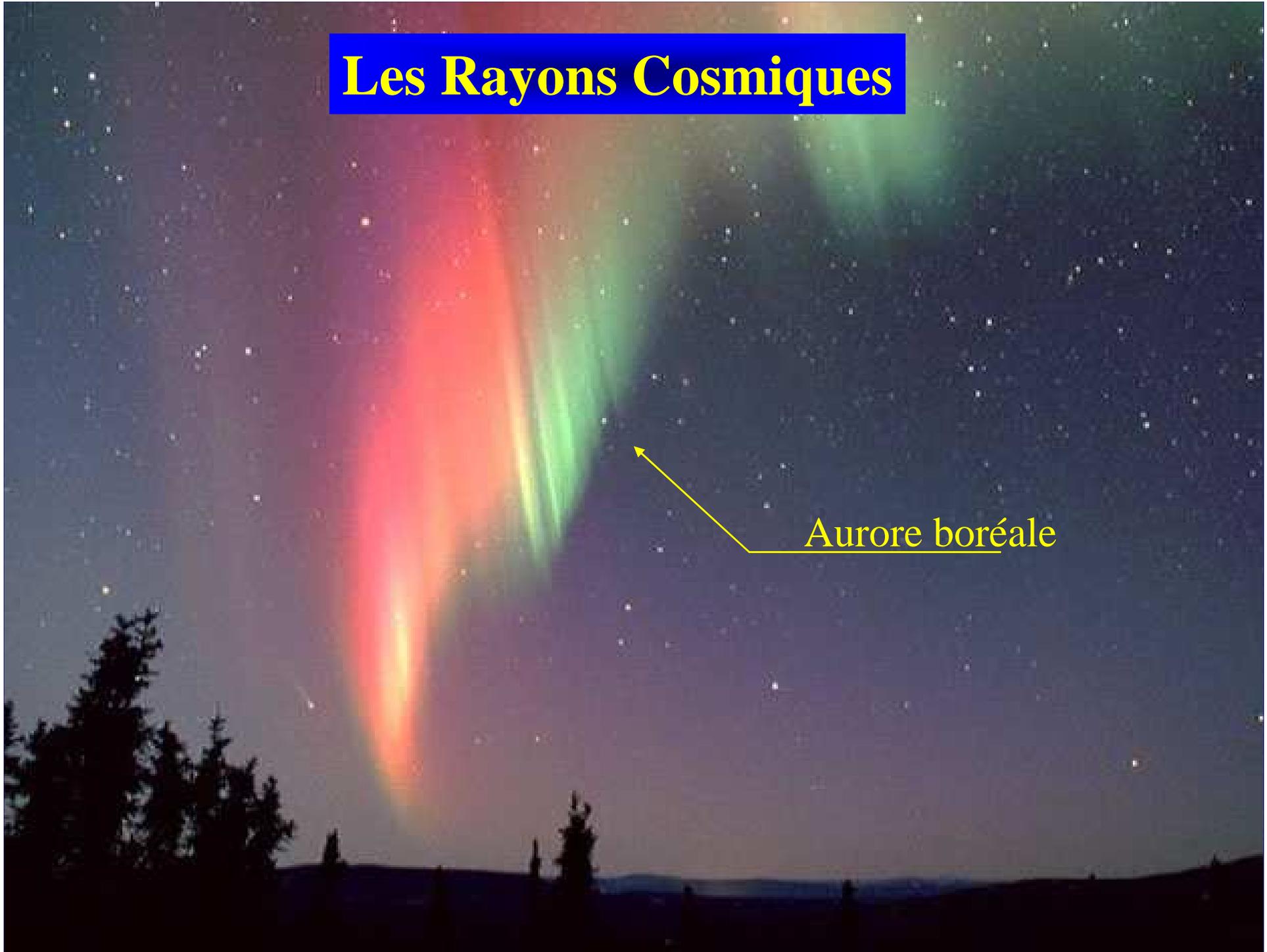


73cm



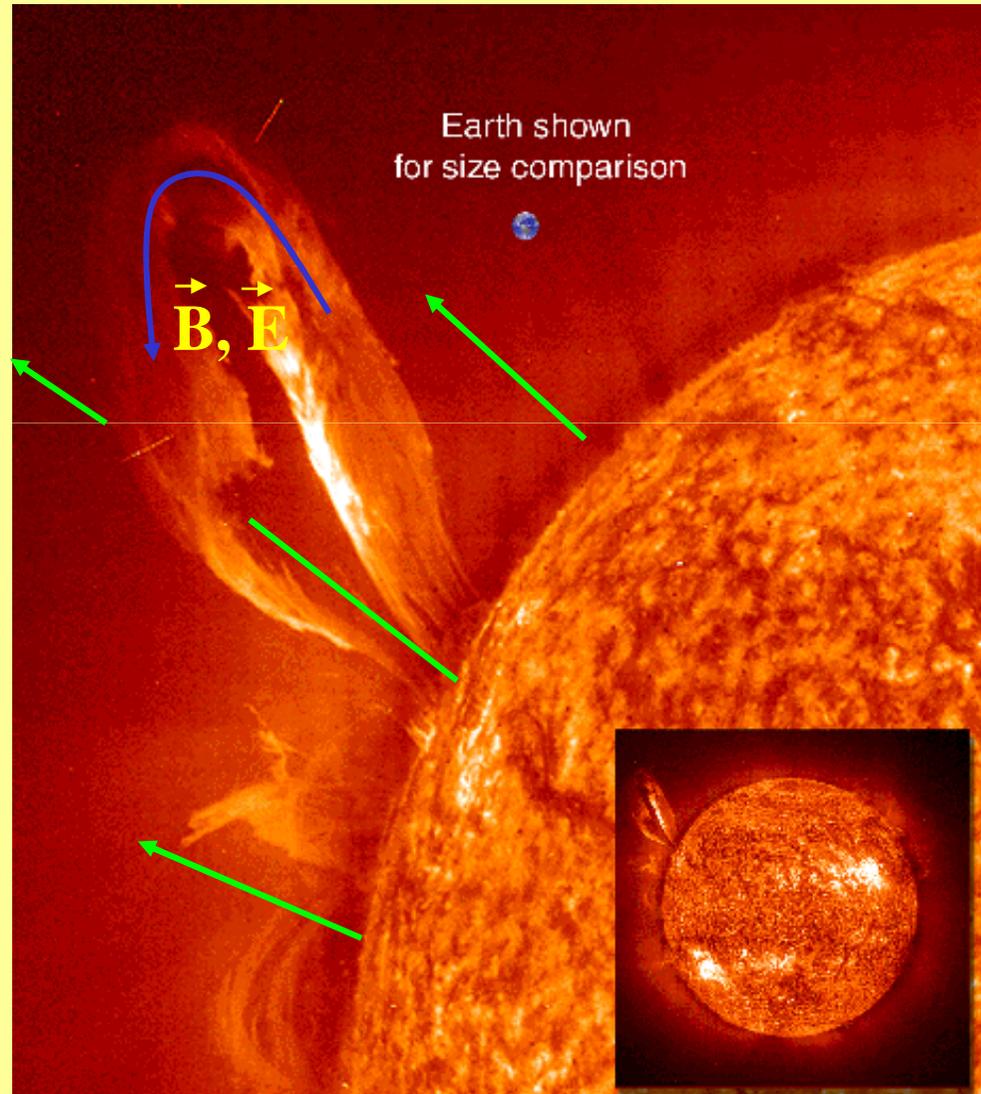
Les Rayons Cosmiques

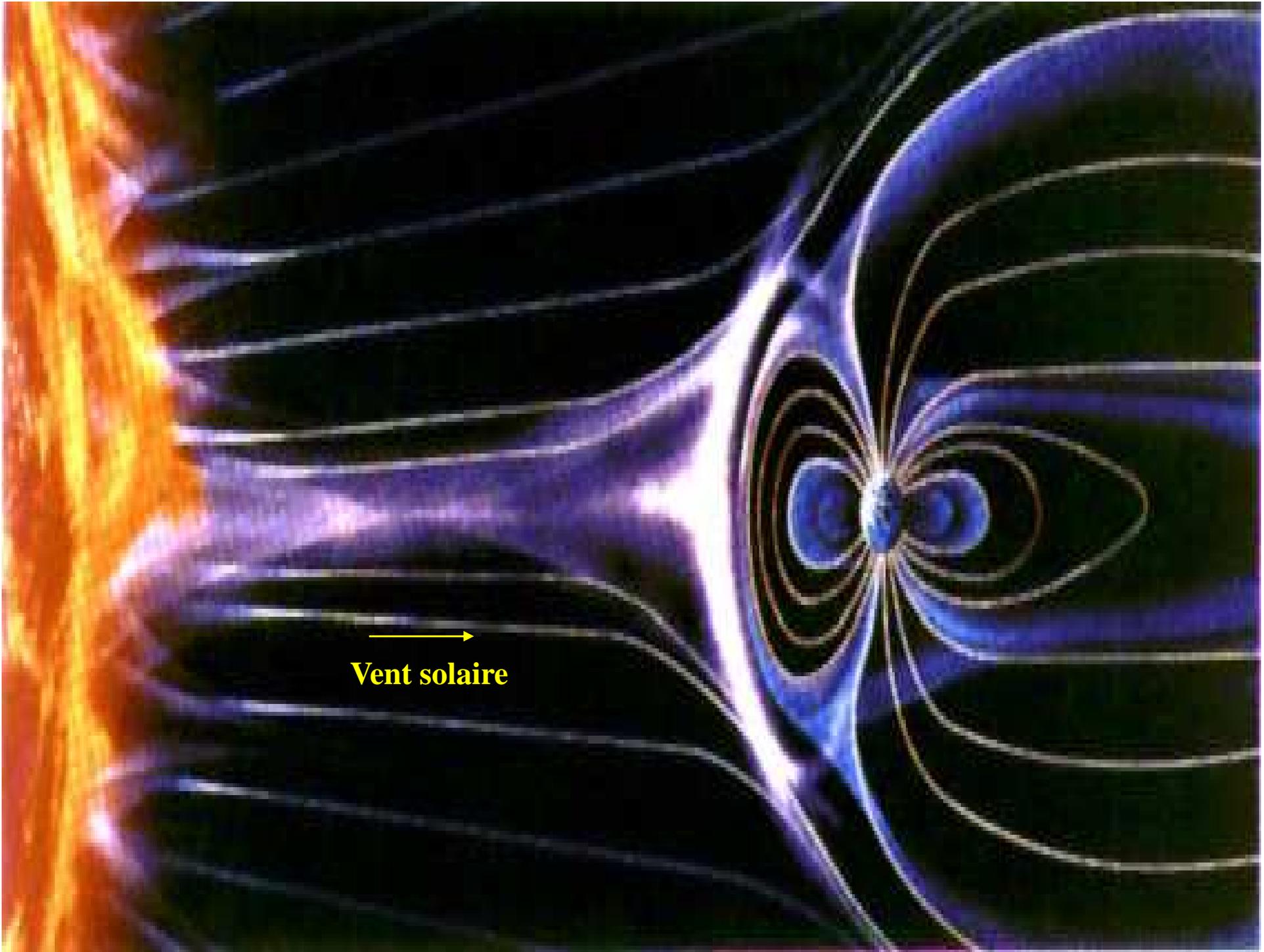
Aurore boréale



Soleil : 75 % H (proton + electron)

Vent solaire : protons

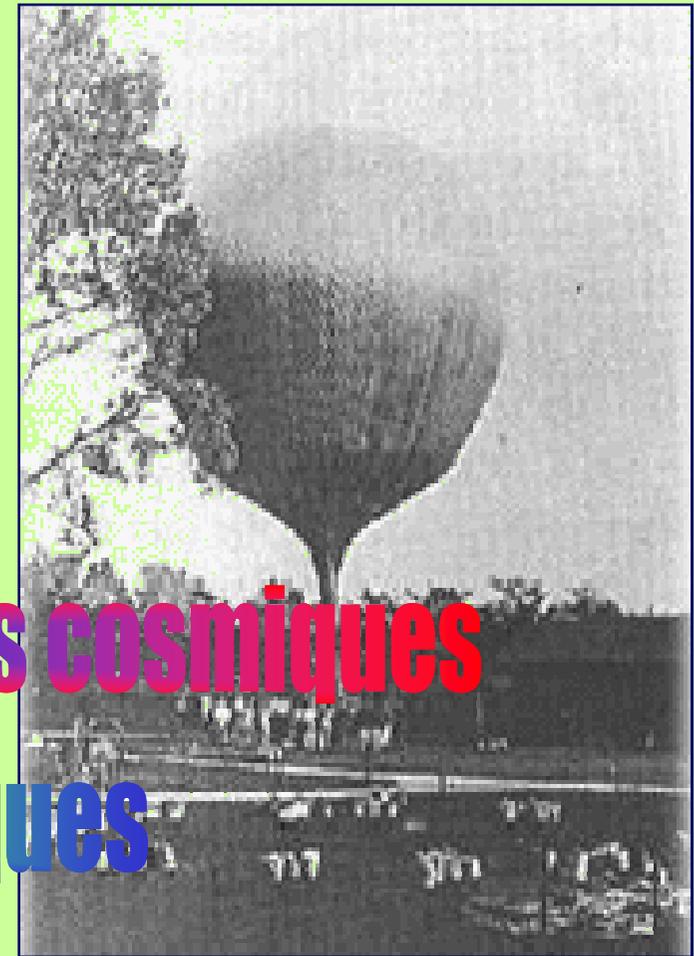
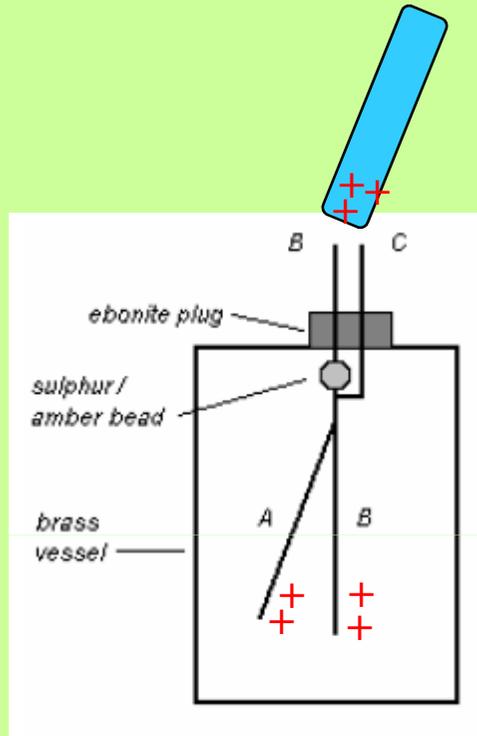
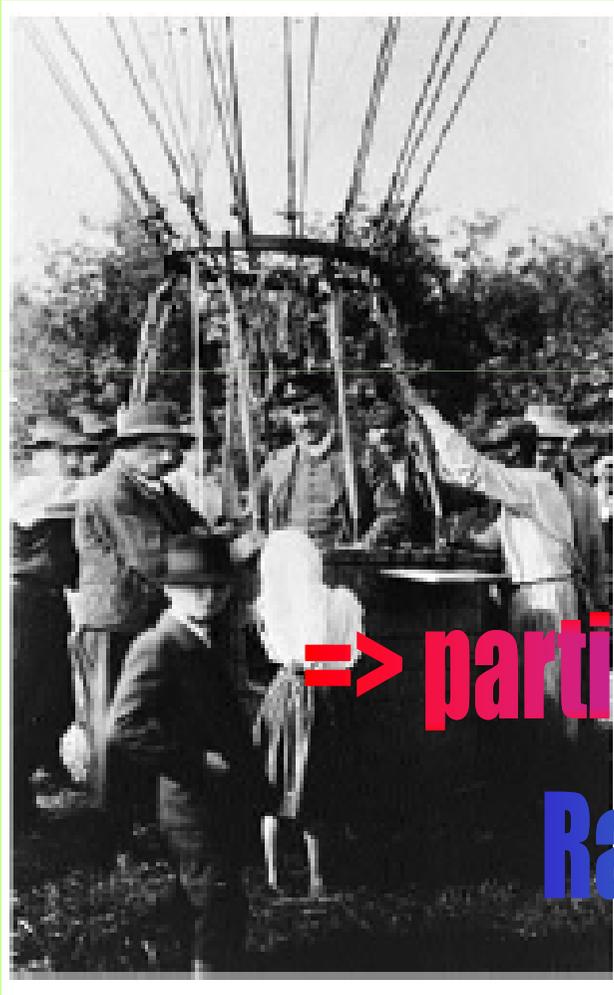




→
Vent solaire



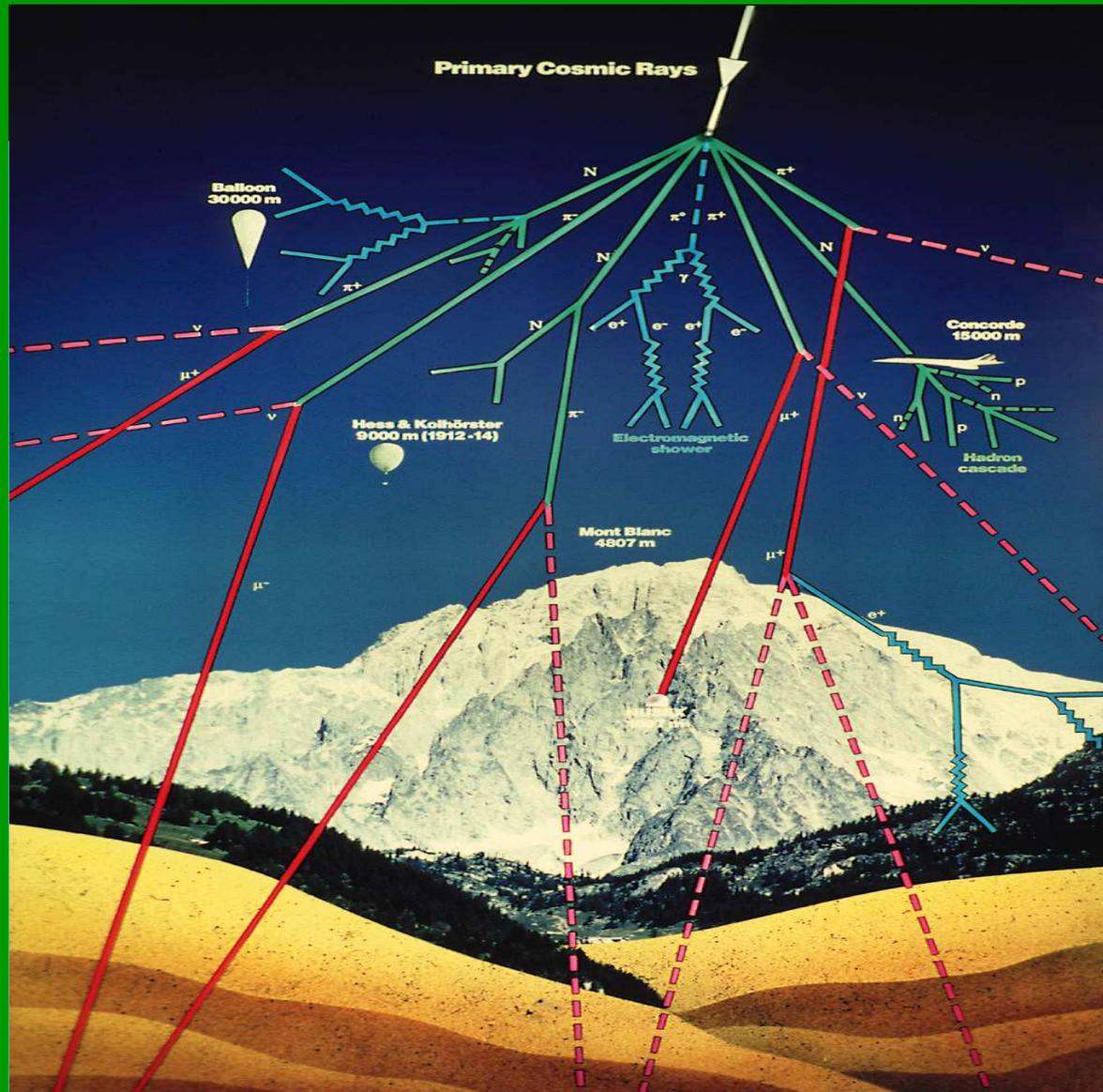
Préhistoire des rayons cosmiques (1911 – 1912)



=> particules charges cosmiques

Rayons Cosmiques

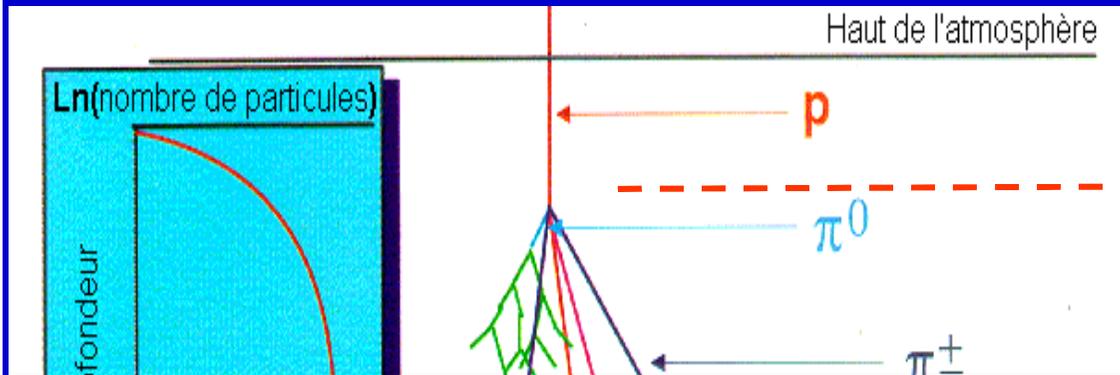
Interaction avec l'atmosphère => cascade de particules



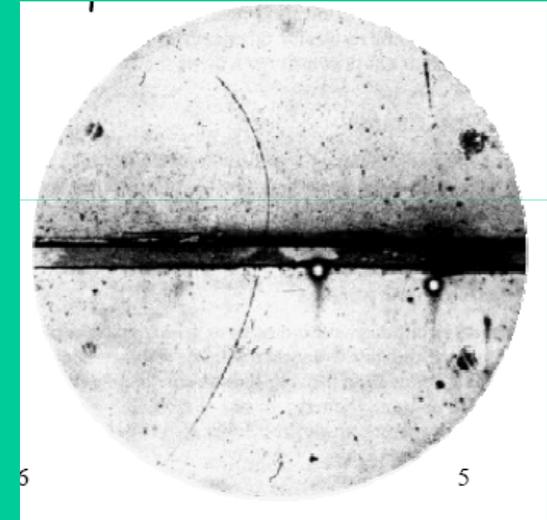
Composition

Primaires

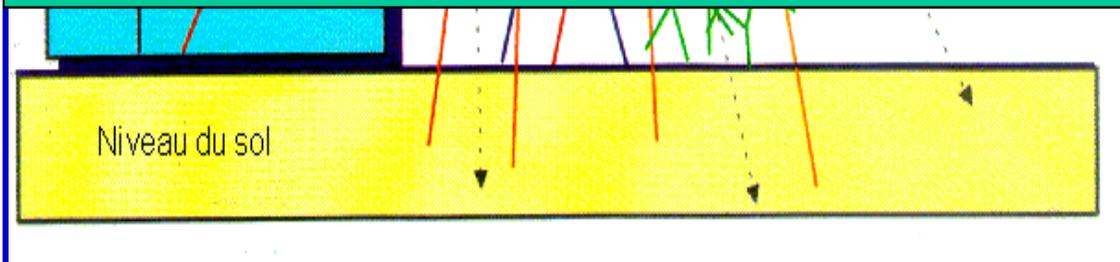
p : 80% , γ : 0.1%
 α : 9% , ν : 0.1%



Decouverte du e^+ , du π , du μ , du K , etc,
dans les *rayons cosmiques*



$p, \mu, \dots \approx 70$



Spectre en énergie et flux

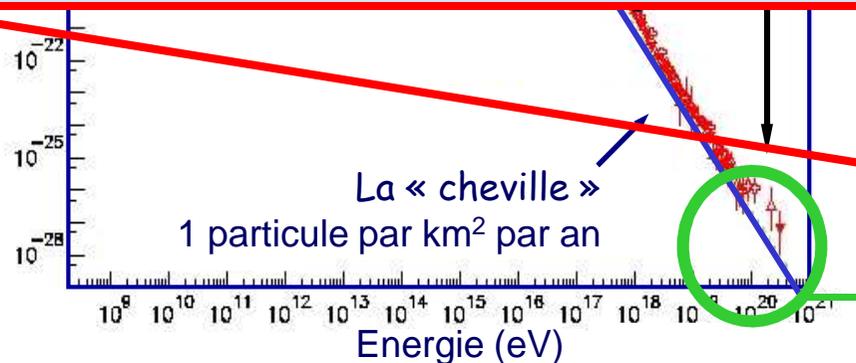
Les énergies ultimes : le mystère



Nouvelle unité proposée :
50 joules = 1 tyson

Le rayon cosmique le plus énergétique :
 $3 \cdot 10^{20}$ eV (50 joules)

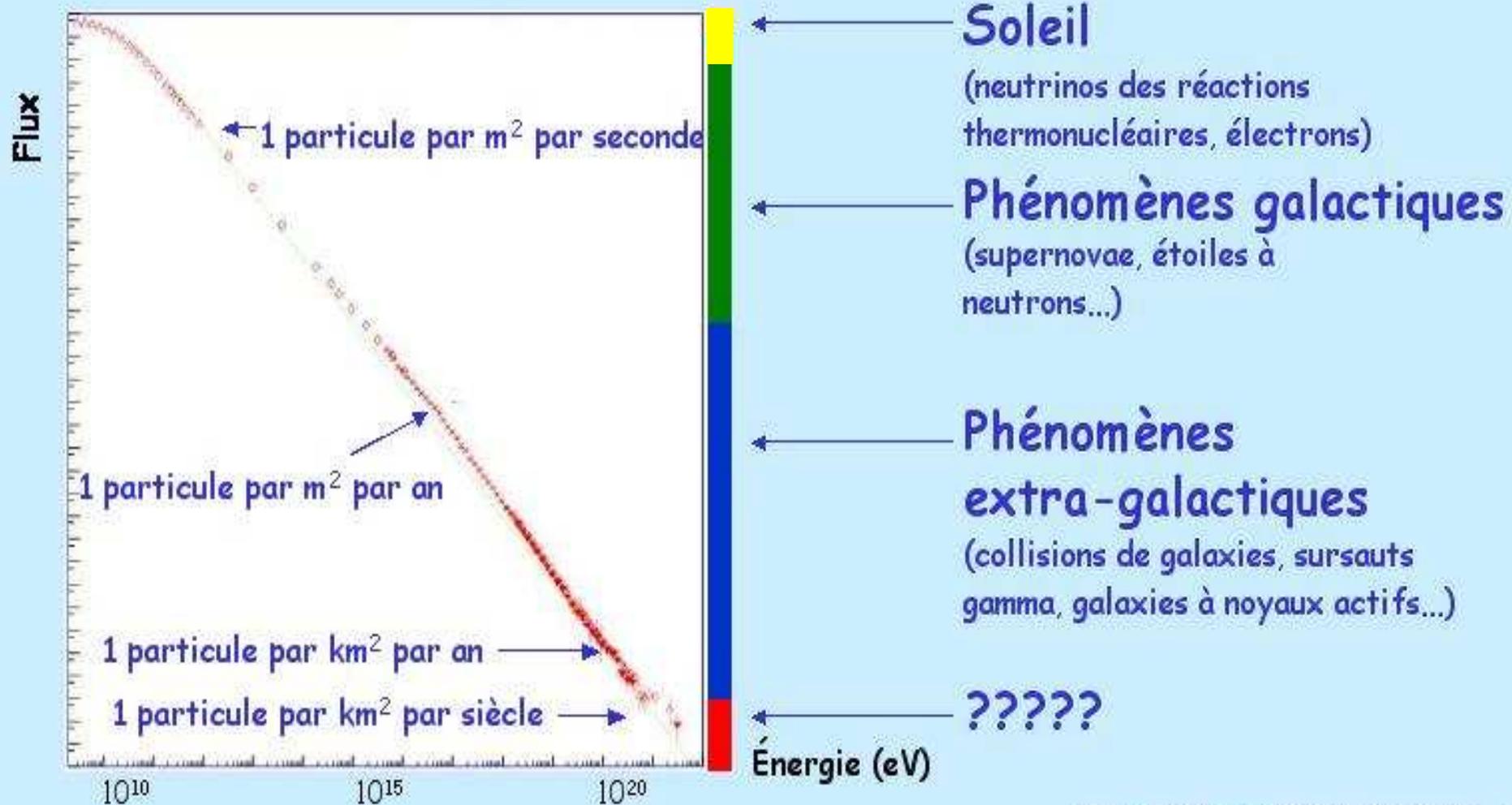
- Énergie énorme
- Origine totalement mystérieuse
- Seulement 20 événements similaires observés en 40 ans



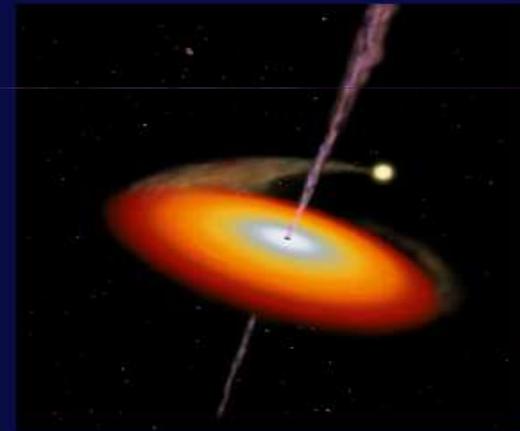
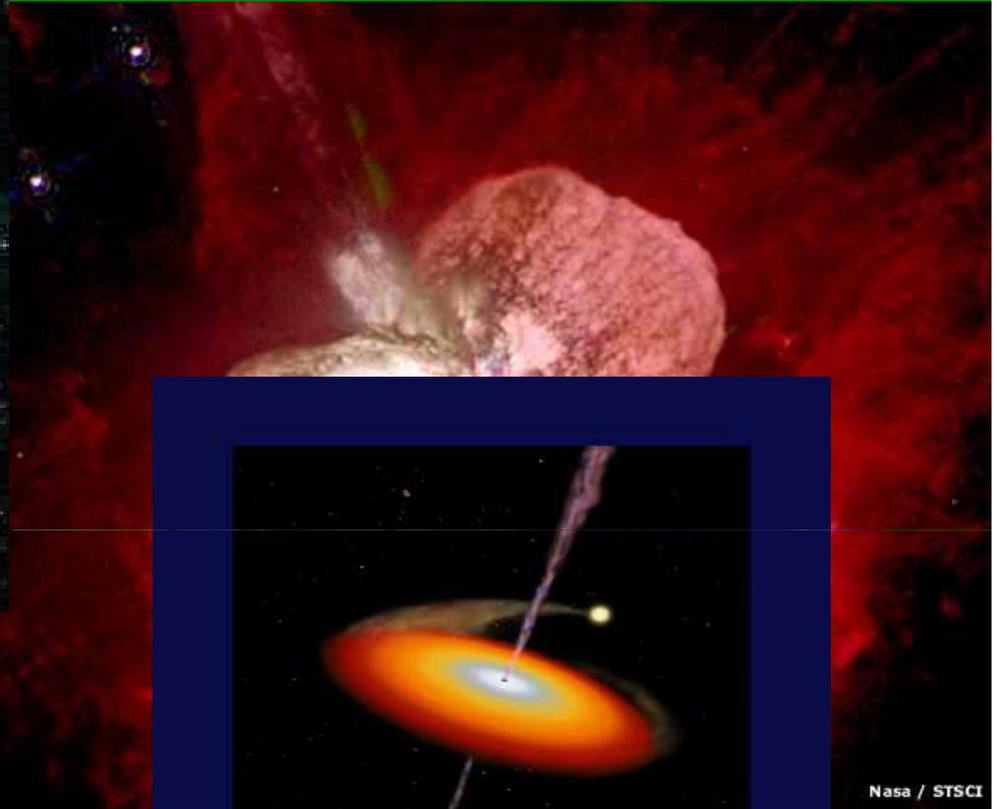
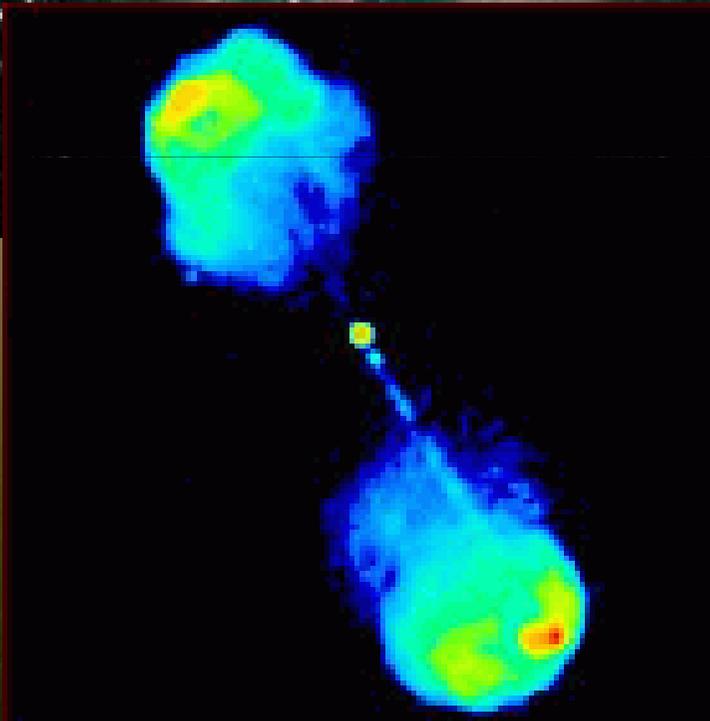
Énergie macroscopique ???!

L'origine des rayons cosmiques

Tout phénomène violent peut produire des particules, lesquelles, si elles sont chargées, peuvent être accélérées par des champs électromagnétiques.



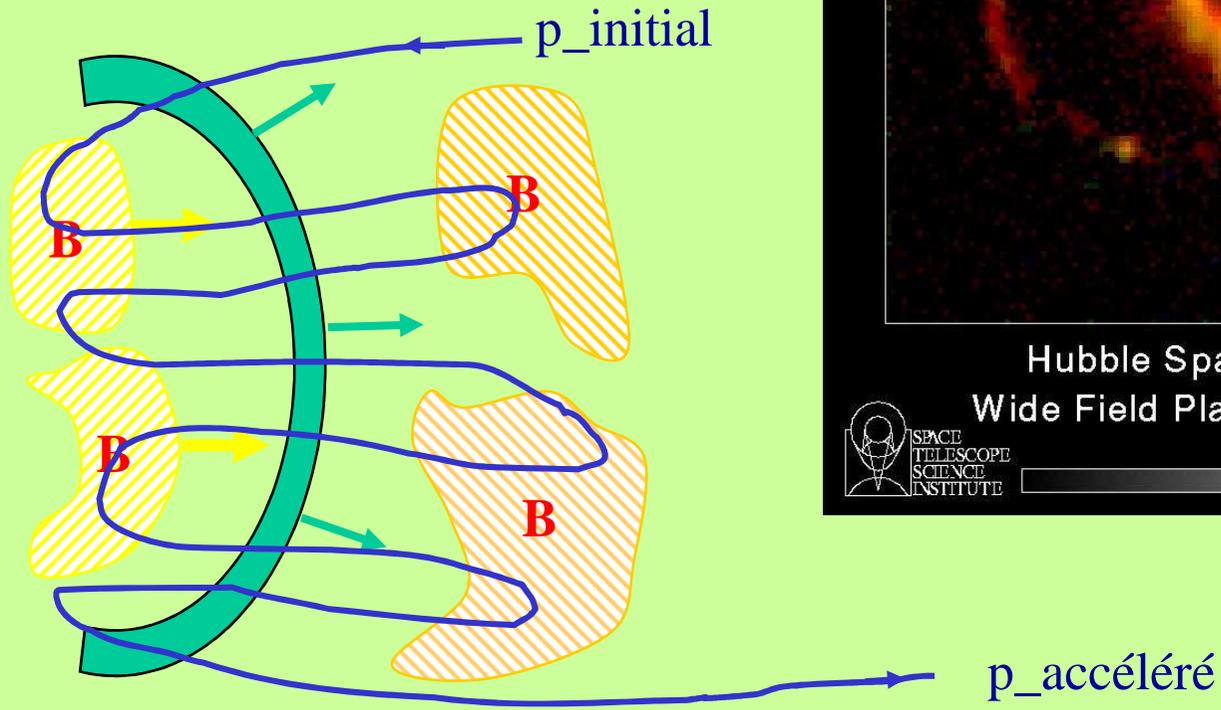
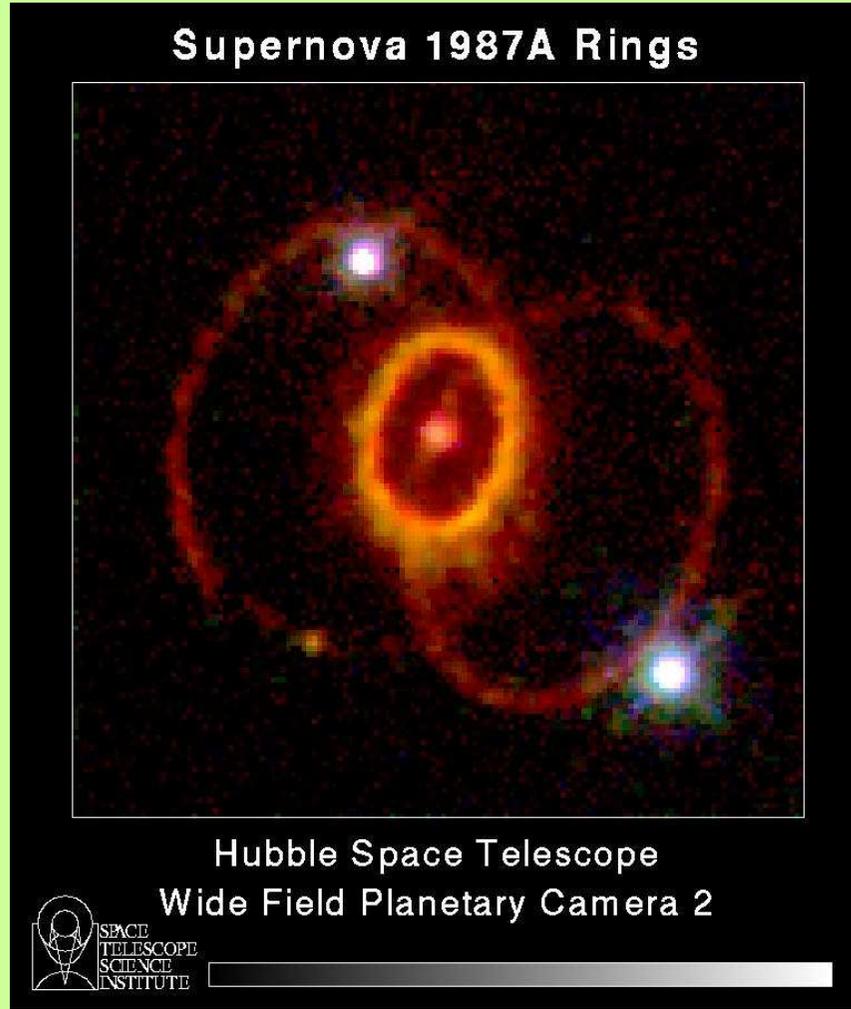
Phénomènes violents dans l'Univers



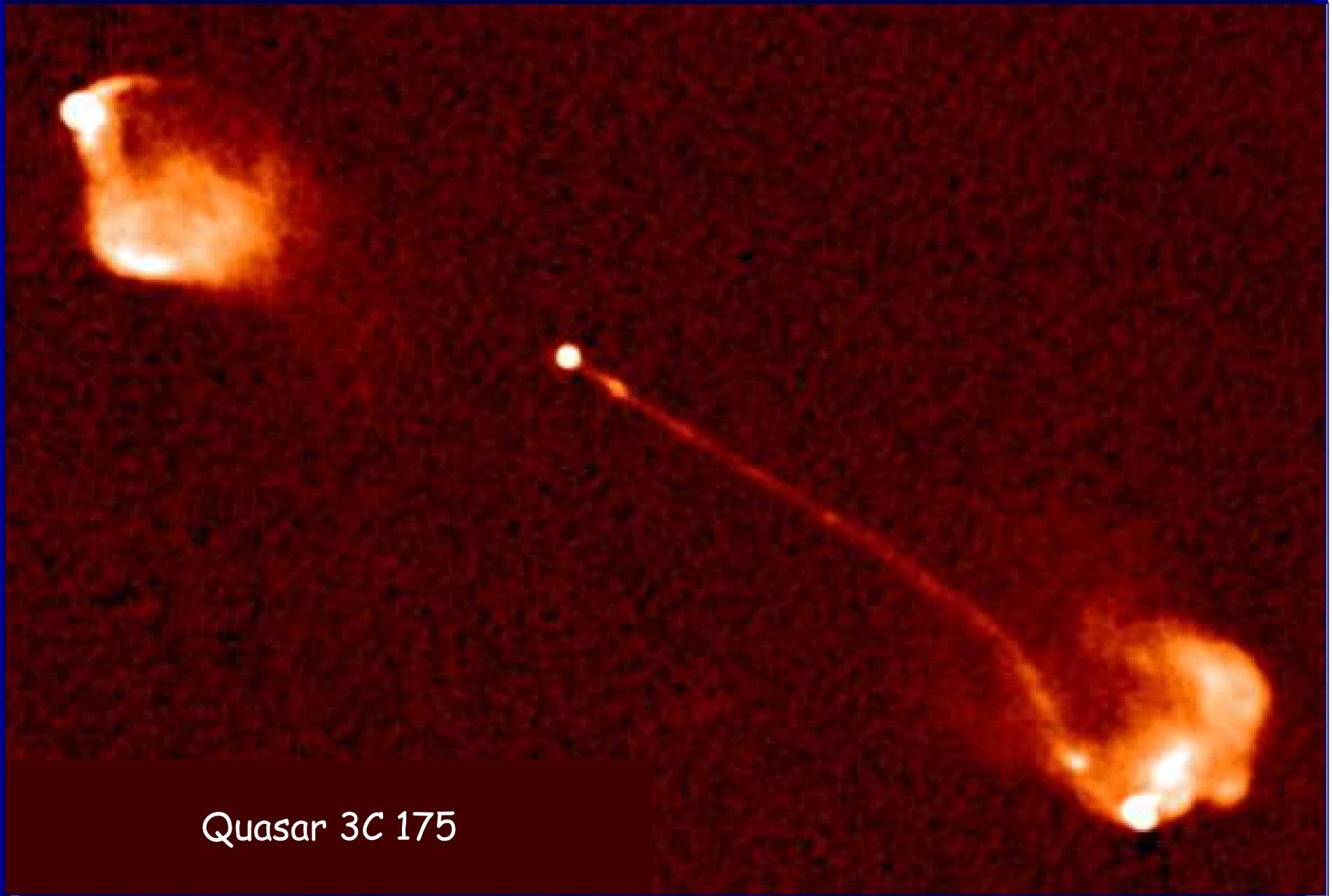
Nasa / STSCI

Binaires X
Qq masses solaires
(microquasars)

Explosion d'étoile : Supernovae



L'accélérateur cosmique par accretion



Quasar 3C 175

Les détecteurs de rayons cosmiques

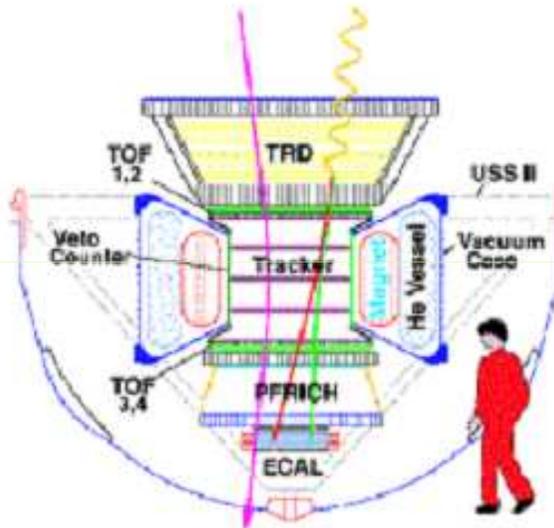
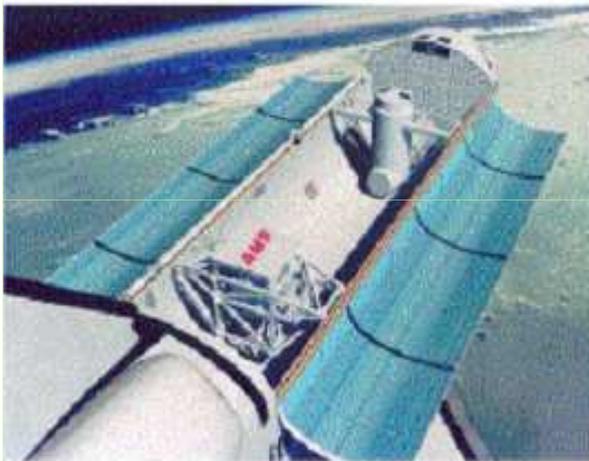
On utilise des détecteurs de particules adaptés aux conditions particulières d'observation.

⇒ une grande variété de détecteurs en fonction de la nature et de l'énergie des rayons cosmiques

Sur satellite

Expérience AMS

Space Shuttle June 1998

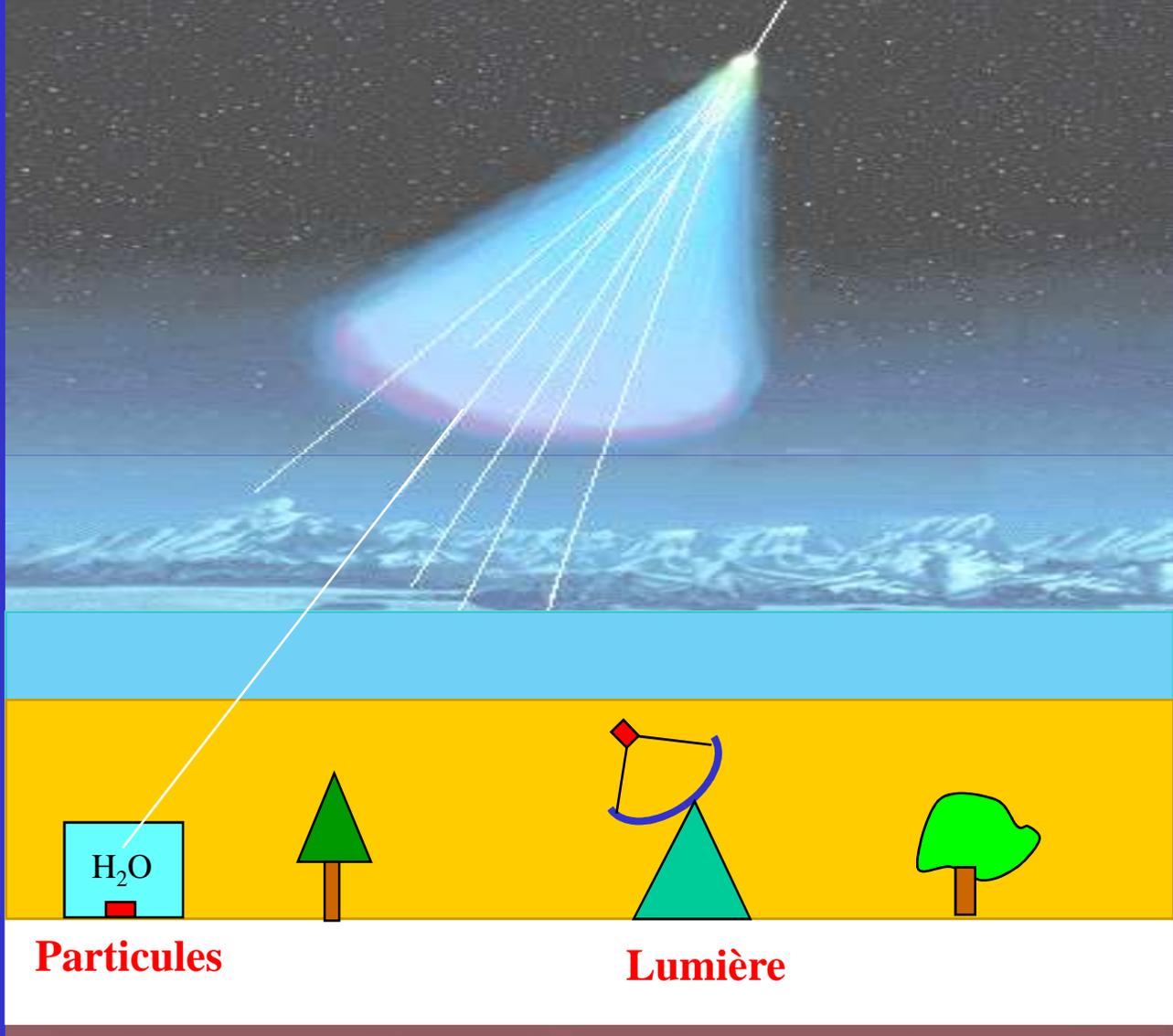


International Space Station 2004

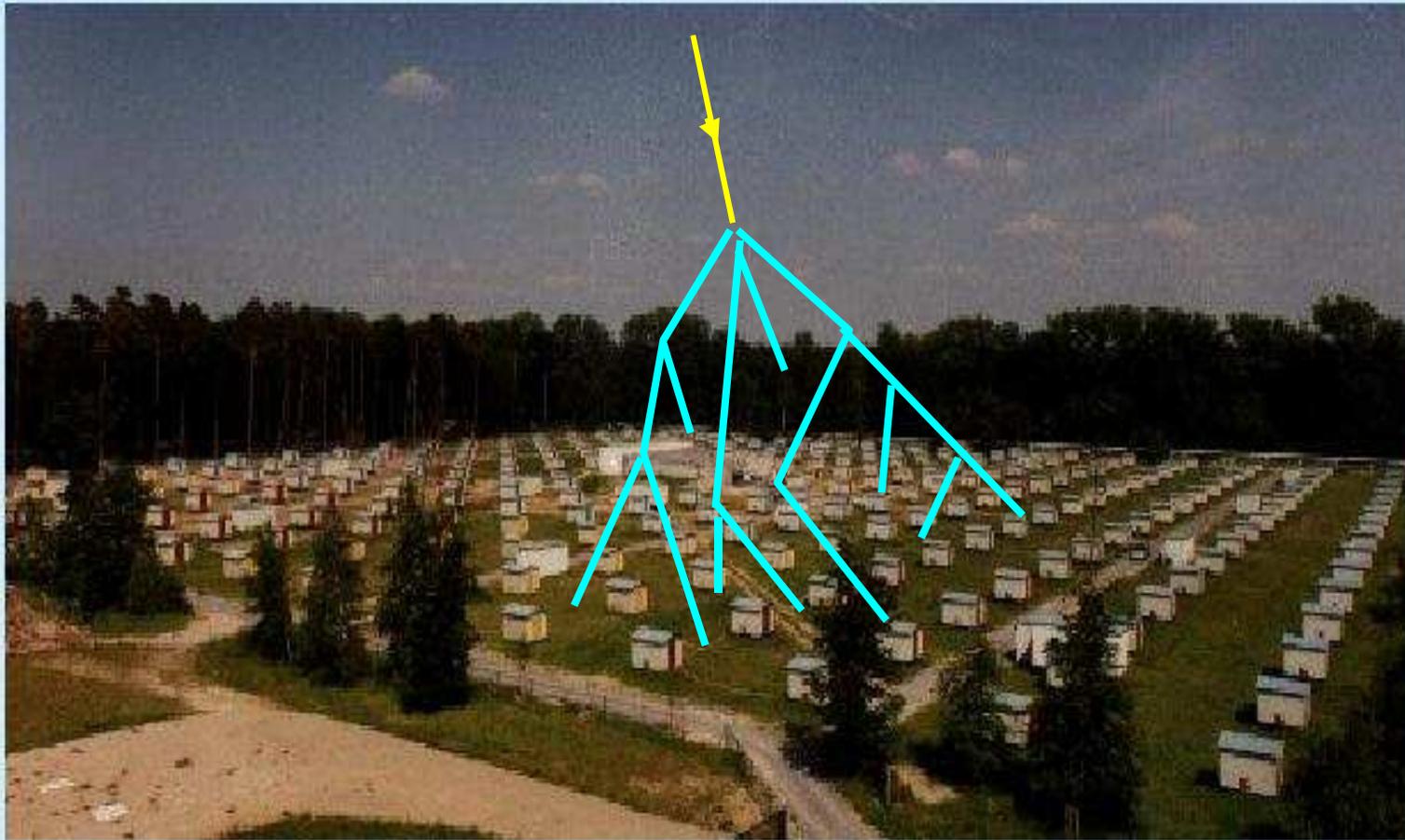


Composition du RC : anti-matière

Detection sur terre



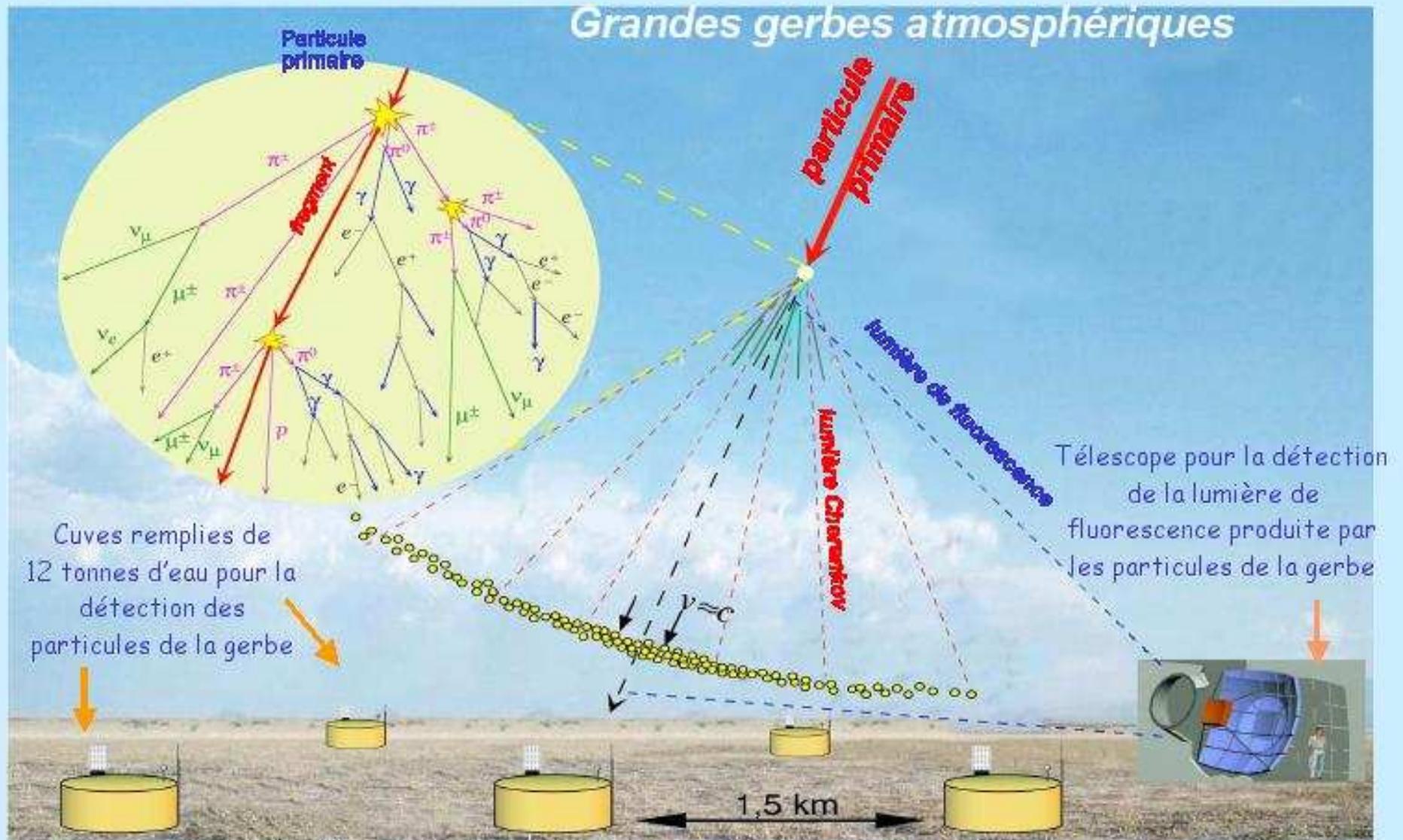
Un « réseau de surface » : KASCADE



À Karlsruhe (Allemagne)

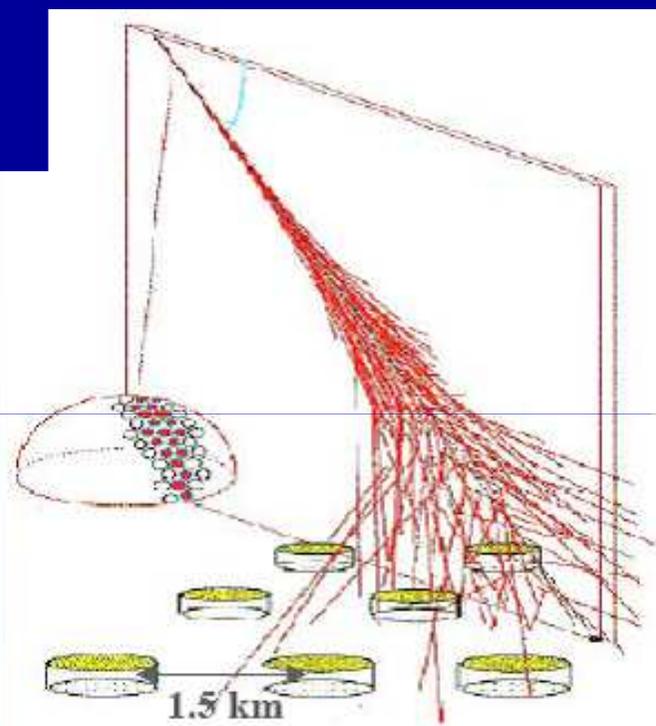
Surface de 40000 m^2 pour l'étude de rayons cosmiques d'énergies comprises entre 10^{16} et 10^{18} eV. Une centaine par jour sont détectés par ce réseau.

Observatoire Auger





Télescope à
fluorescence

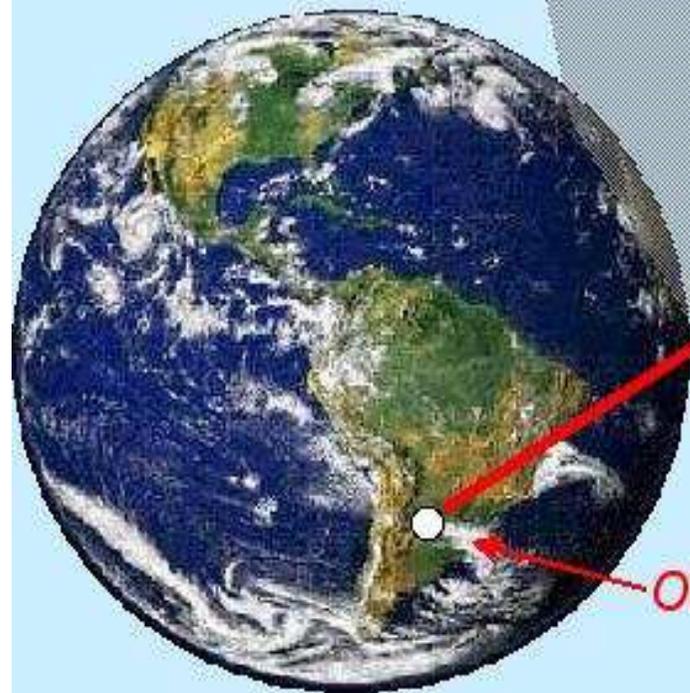


Cuve à eau

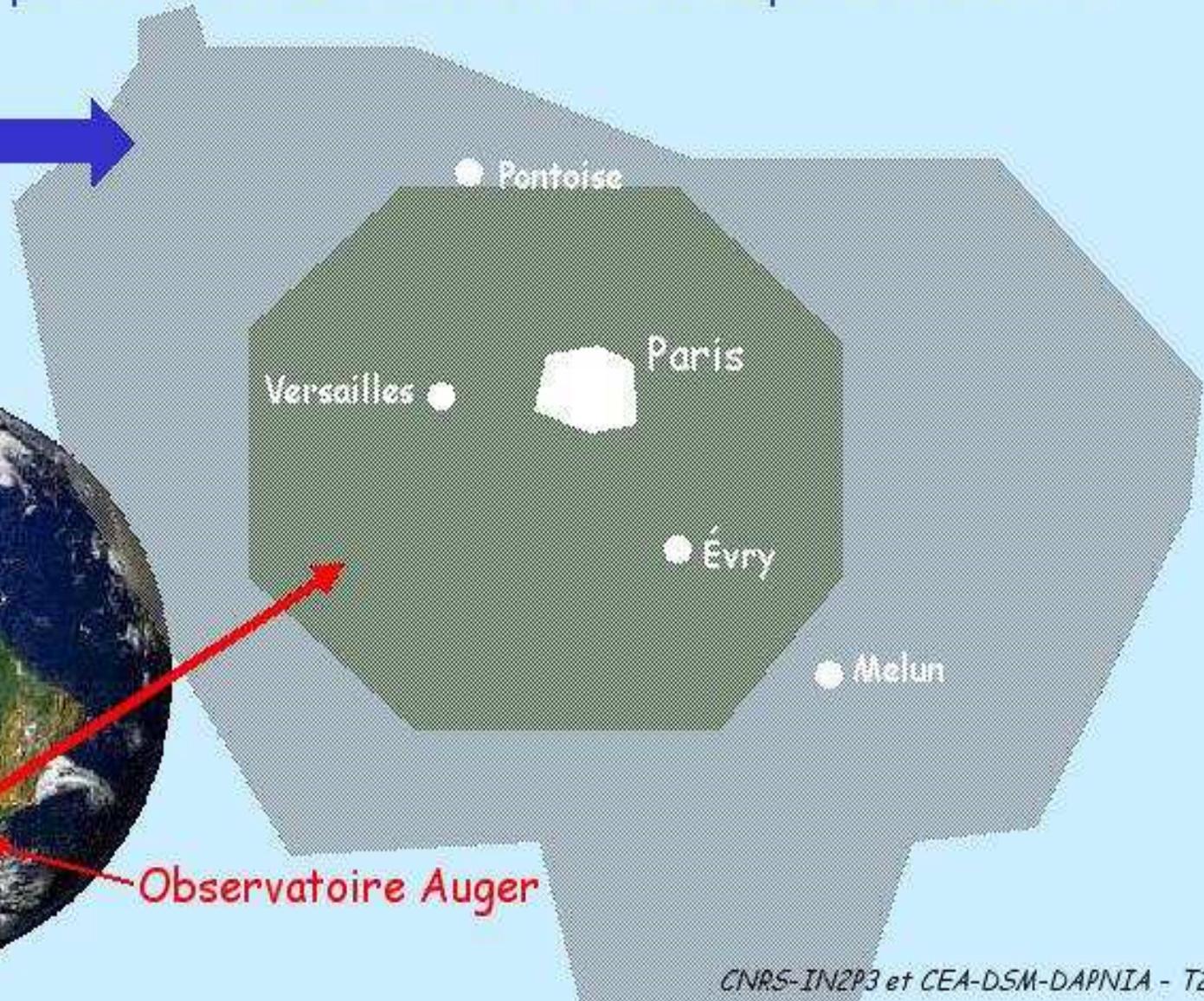
La taille de l'Observatoire Auger

Extrême rareté des rayons cosmiques d'énergies « ultimes » : 1 par km² par siècle \Rightarrow déploiement de 1600 cuves et 24 télescopes sur 3000 km²

Ile-de-France



Observatoire Auger

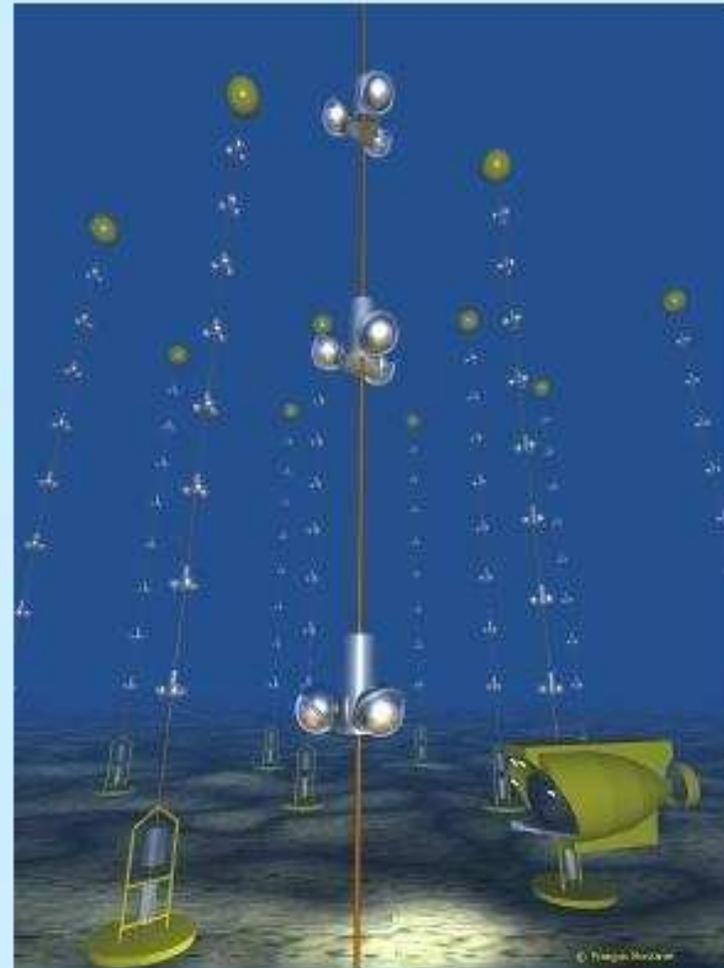


... sous la mer

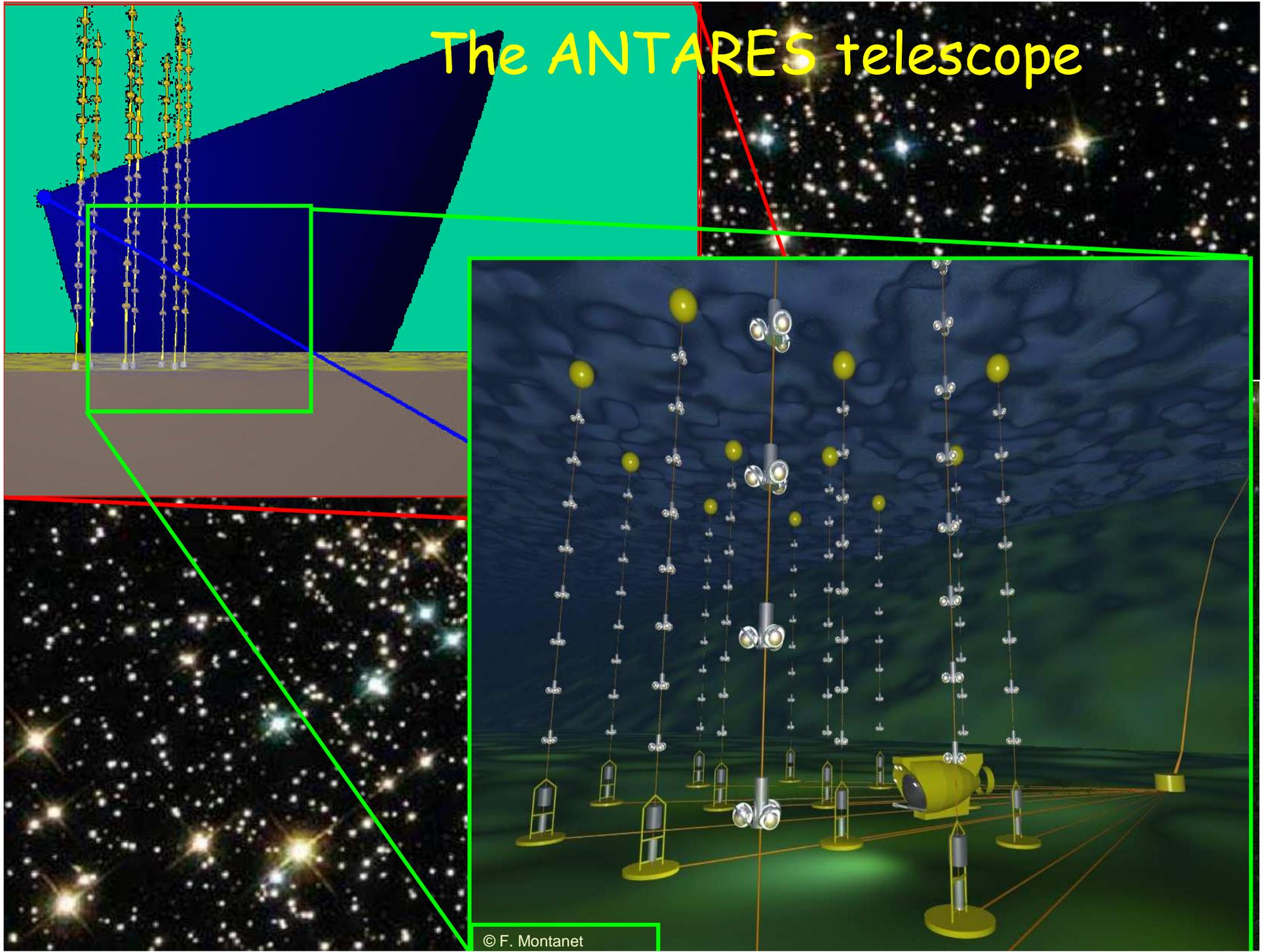
Le détecteur ANTARES plongé dans la Méditerranée à 1000 m de profondeur au large de Toulon

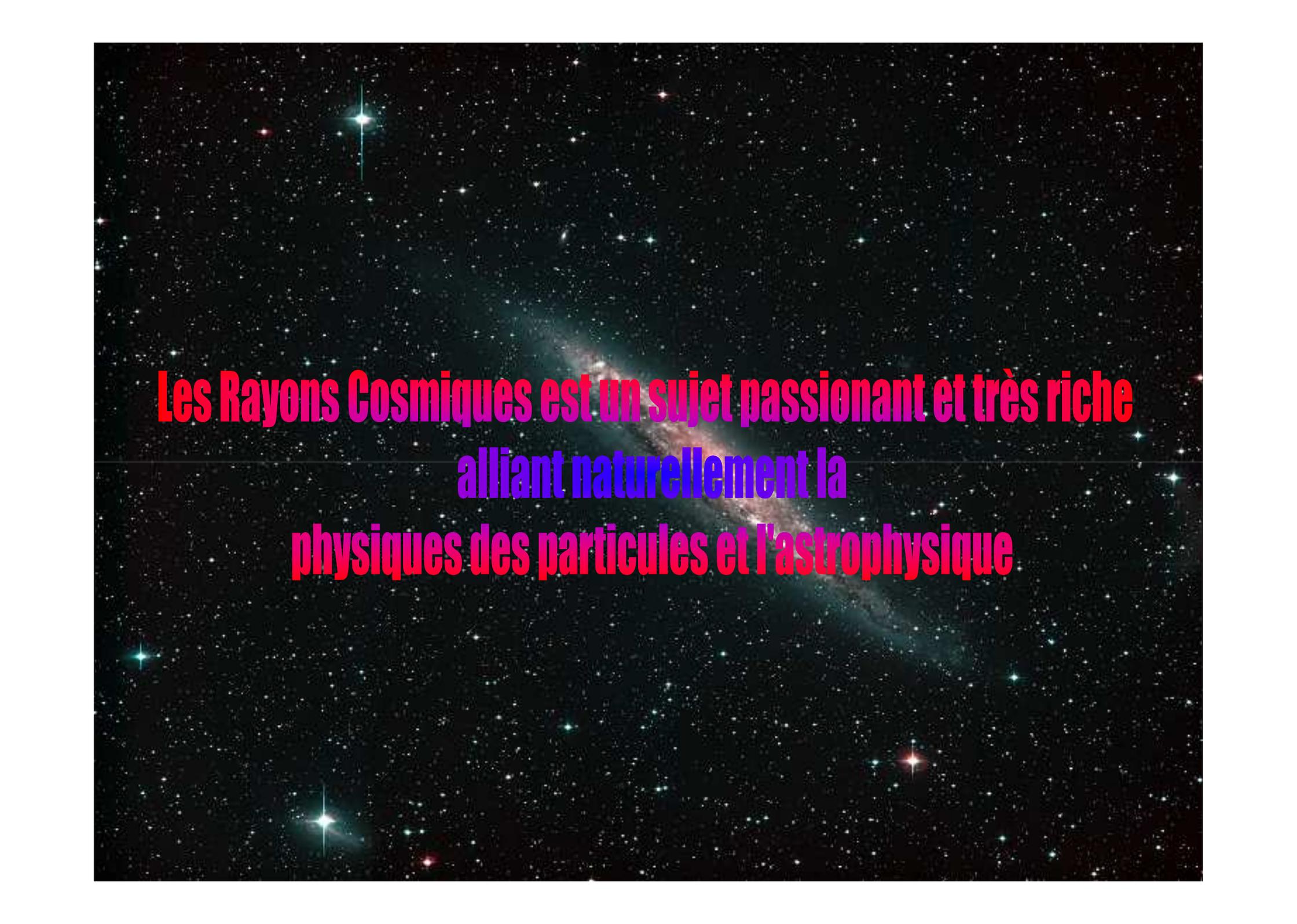


On utilise le sous-marin Nautil de l'IFREMER pour le déploiement des « tours ».



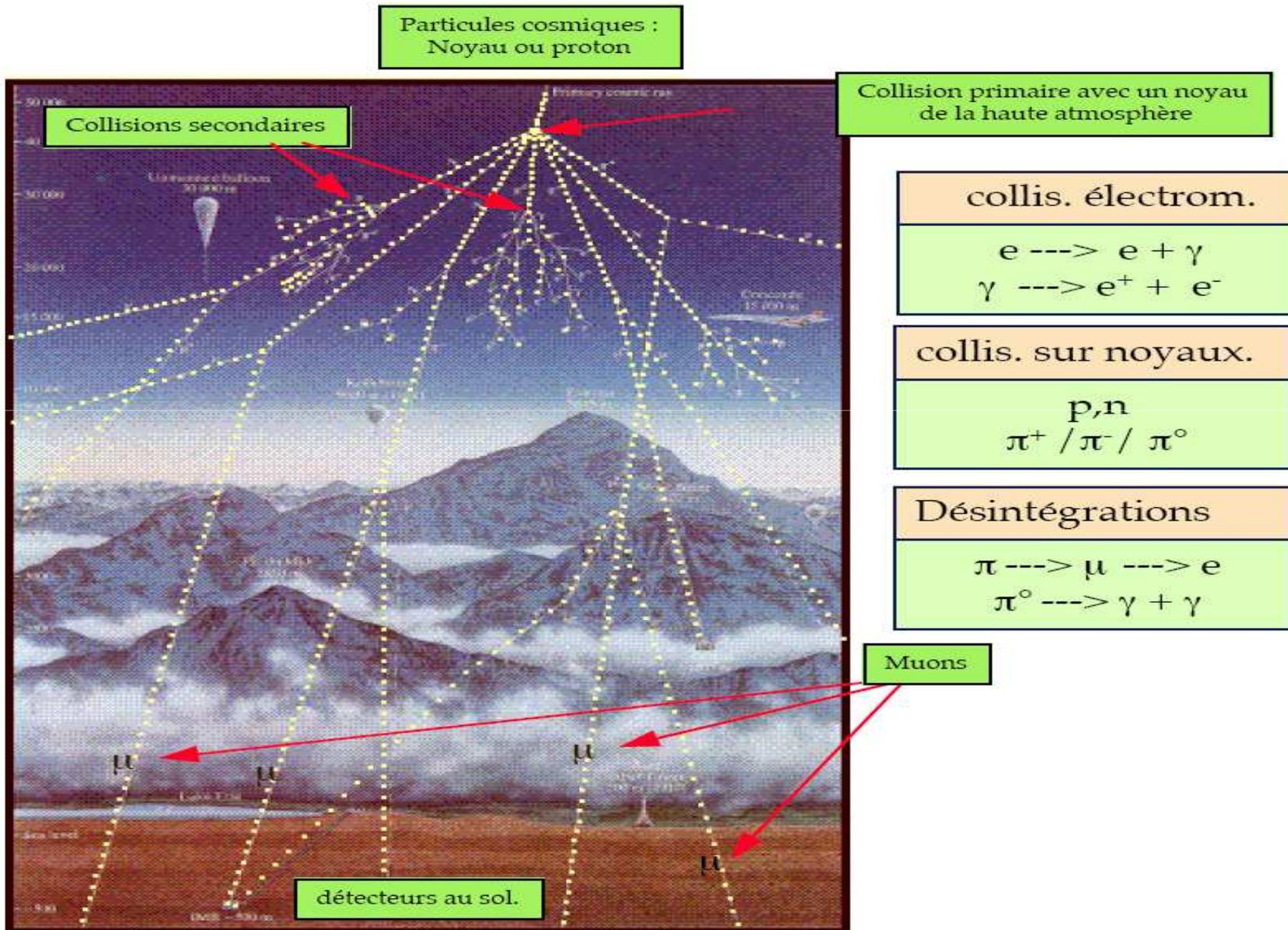
The ANTARES telescope



A deep space photograph of a galaxy, likely the Andromeda Galaxy, showing a dense field of stars and a central core with vibrant colors. The text is overlaid on the image.

Les Rayons Cosmiques est un sujet passionnant et très riche
alliant naturellement la
physiques des particules et l'astrophysique

Les rayons cosmiques au quotidien

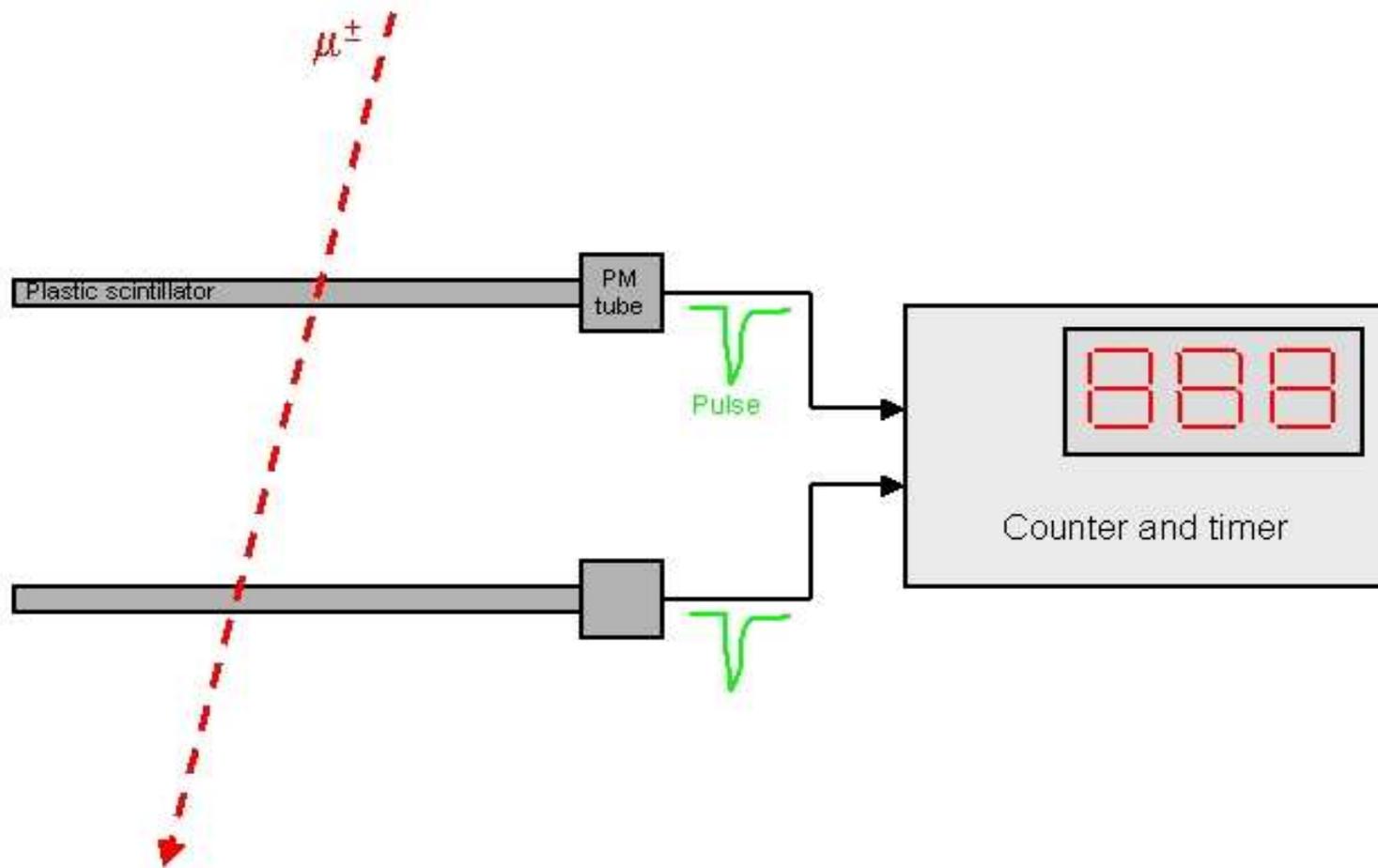


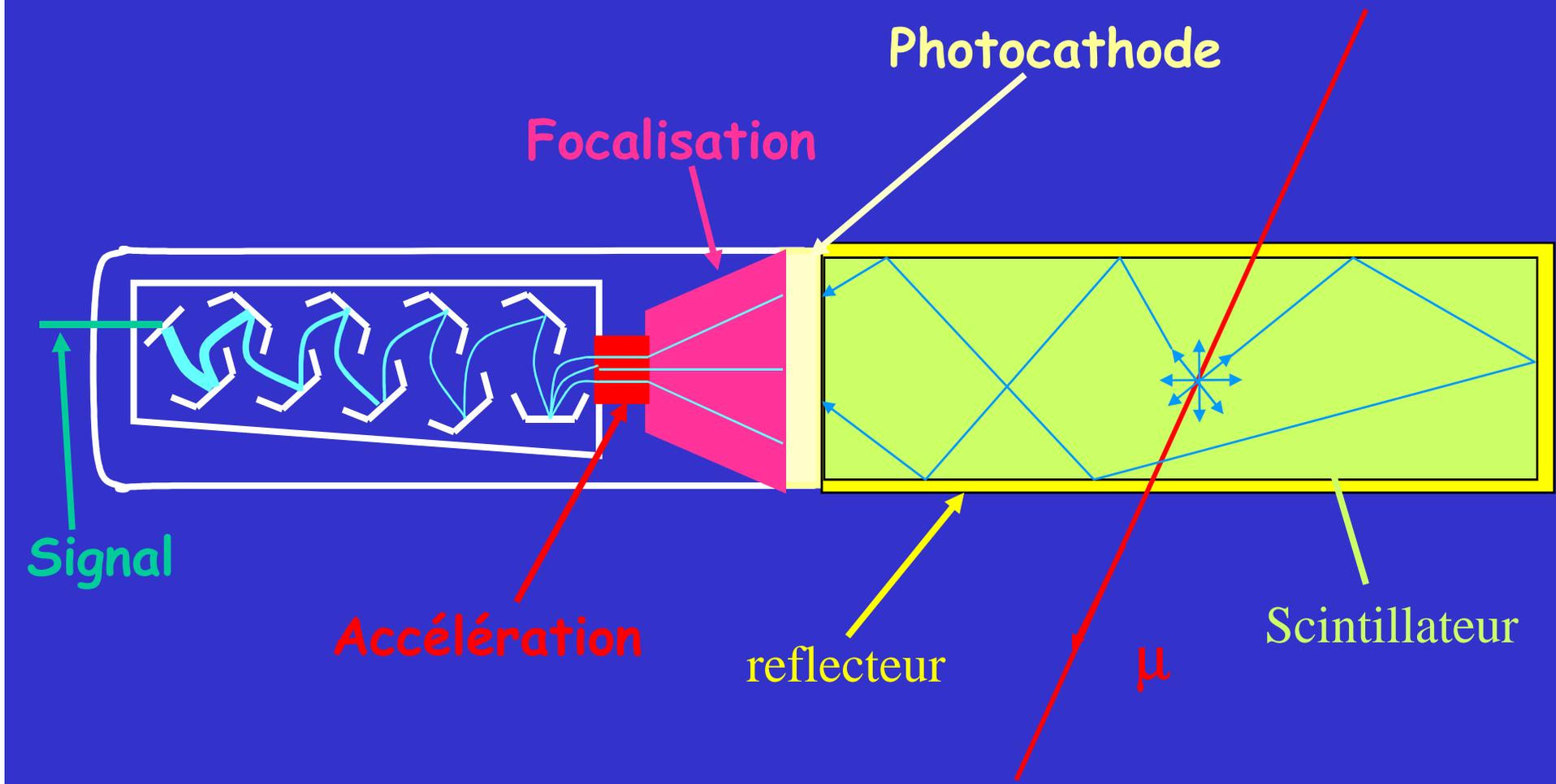
Flux $\sim 100 \mu / \text{m}^2 / \text{s}$



**100,000 COSMIC RAYS WILL
HIT YOU IN THE NEXT HOUR!**

Télescope à muons





Photocathode

Focalisation

Signal

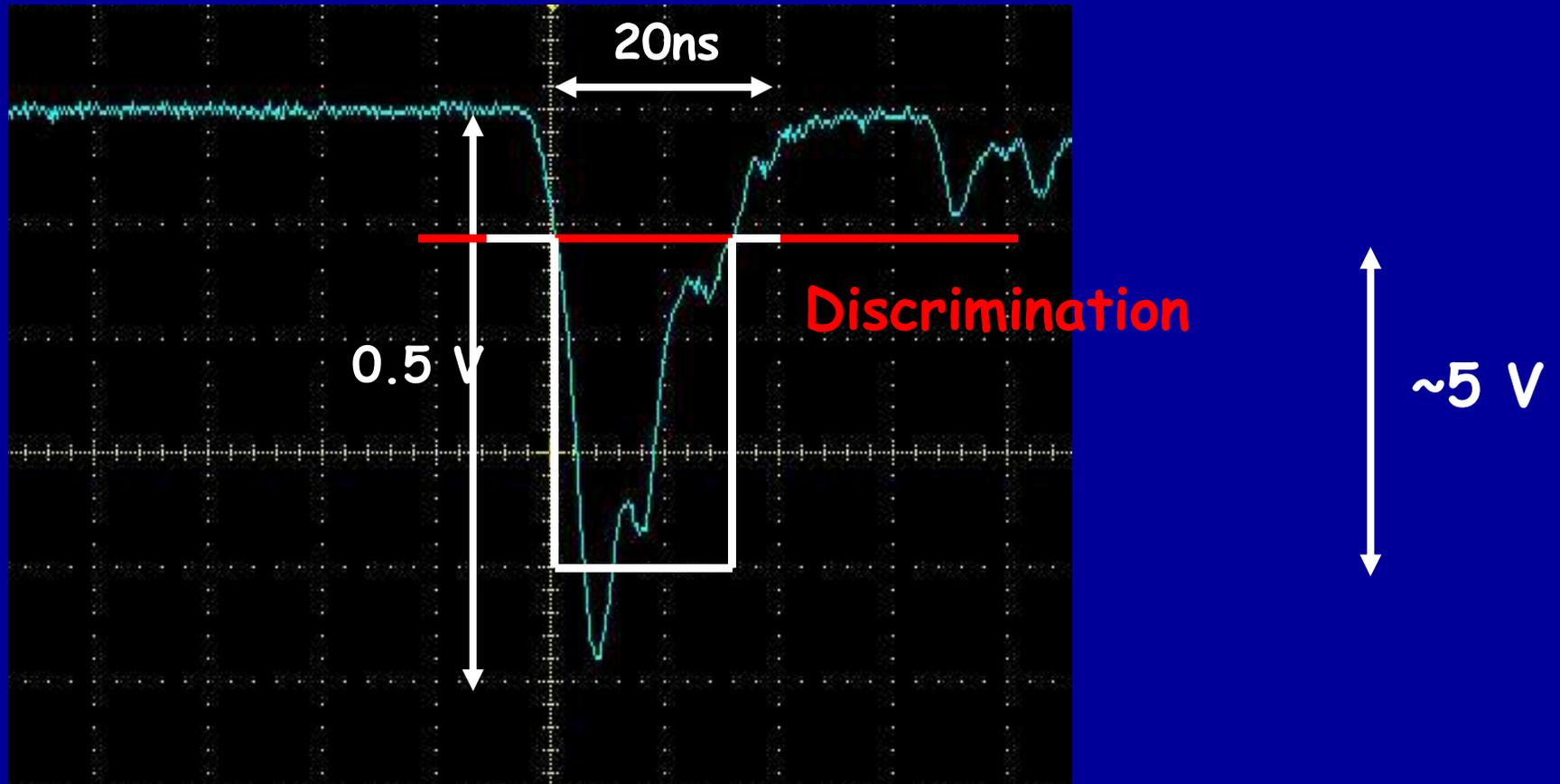
Accélération

reflecteur

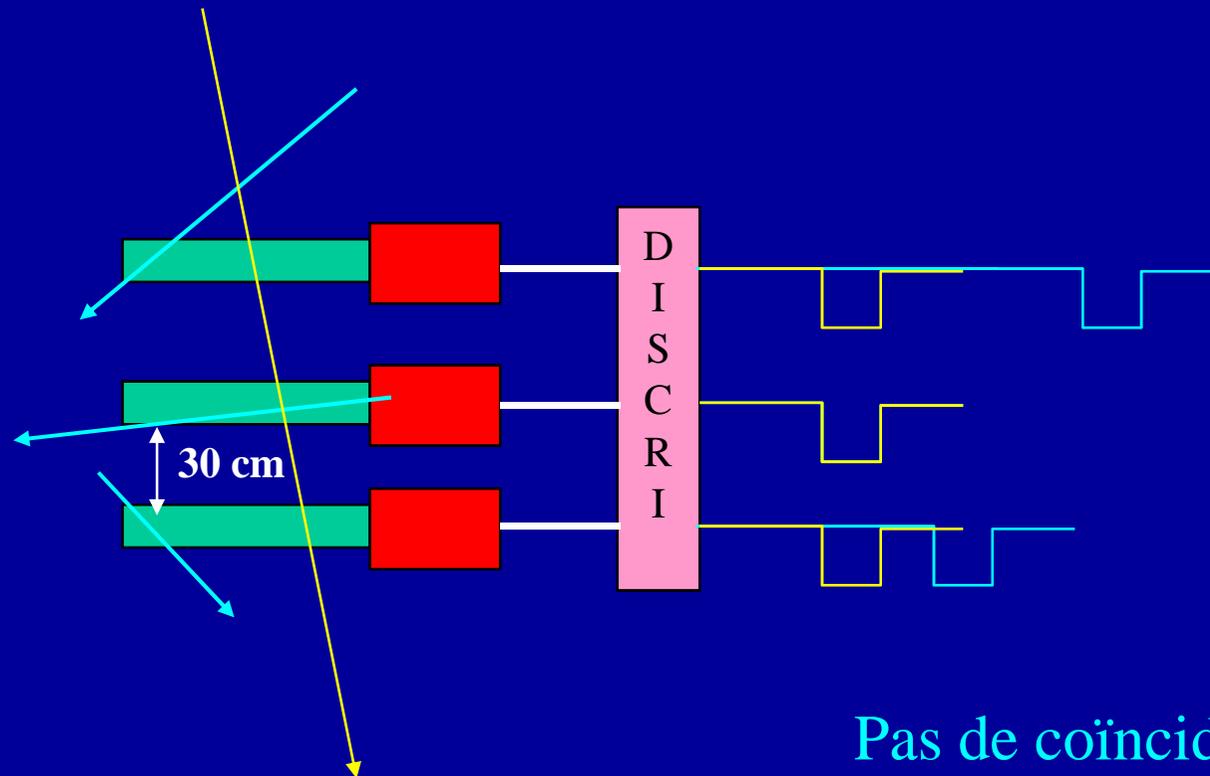
μ

Scintillateur

Forme du signal ...



Mesure en coïncidence



Pas de coïncidence

Coïncidence

Vitesse muon ~ 300000 km/s

Temps entre de détecteurs : $t = \text{distance} / \text{vitesse}$

$$\Rightarrow t = 0.3 \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 10^{-9} \text{ sec} = 1 \text{ ns}$$

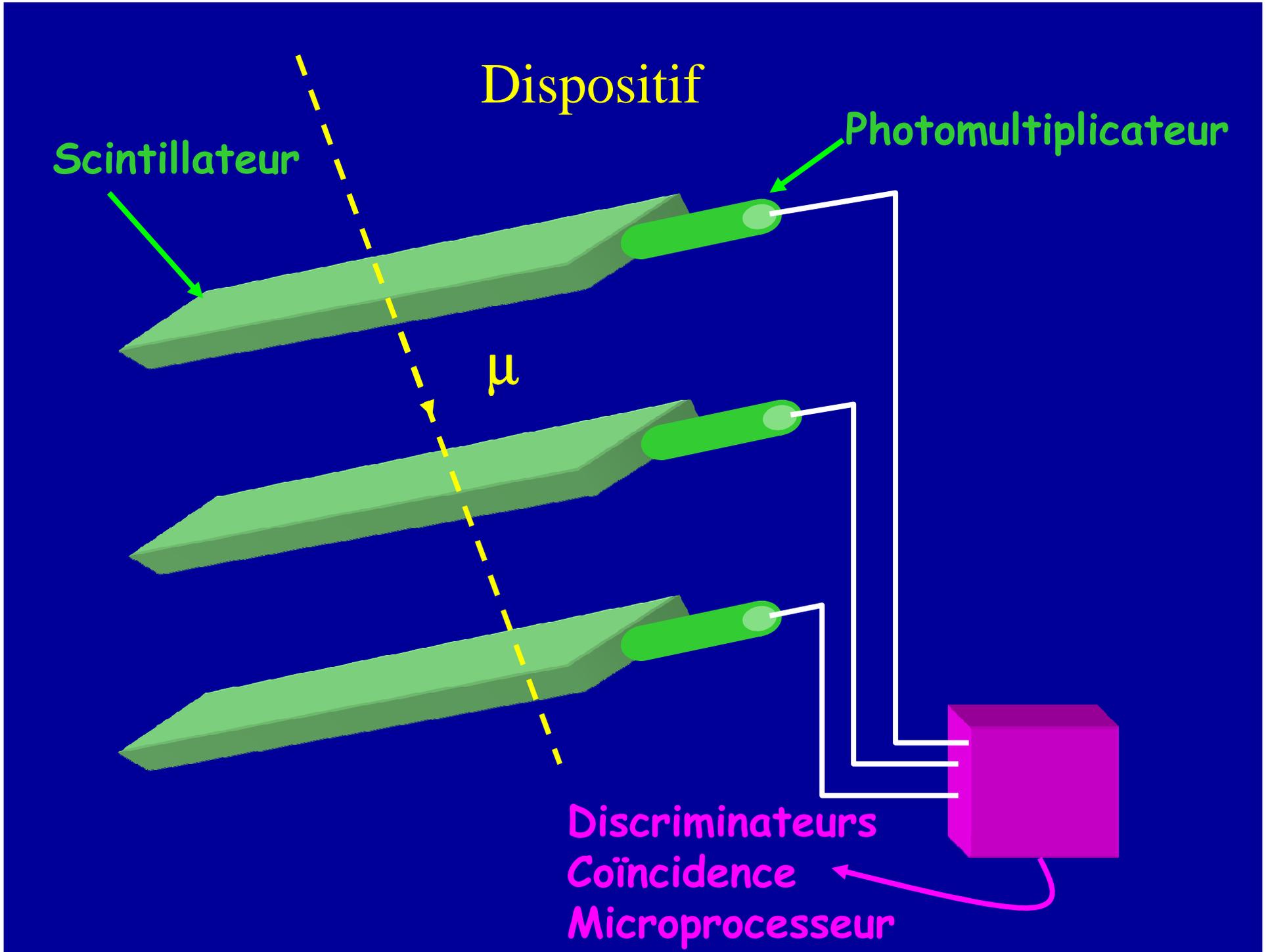
Dispositif

Scintillateur

Photomultiplicateur

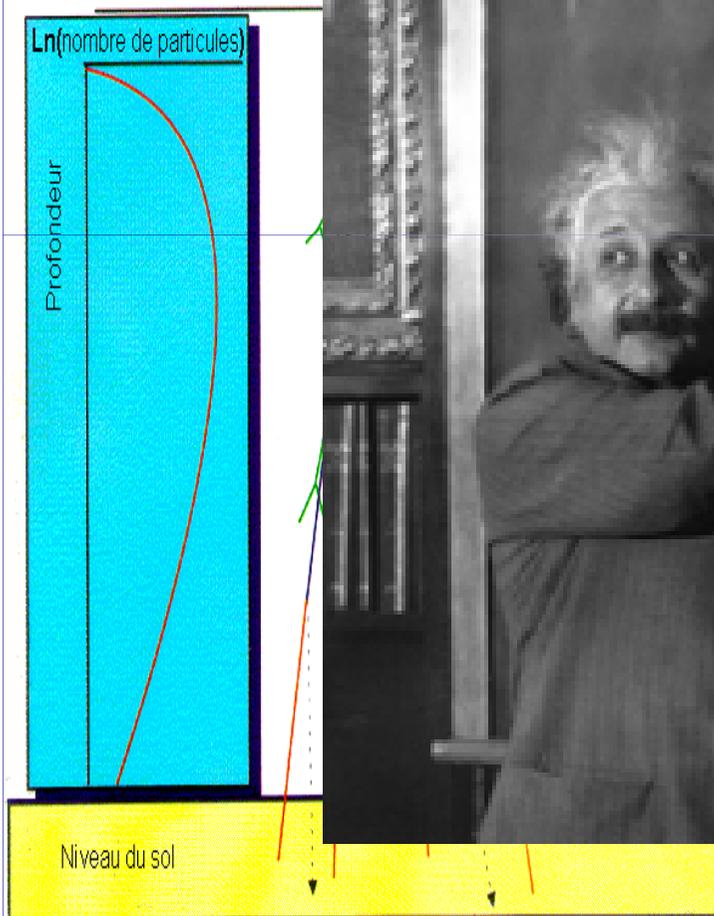
μ

Discriminateurs
Coincidence
Microprocesseur



Remarque

Détection des muon = détection de particules relativistes



Le muon est
relativiste

= 300000 km/s
2 μ s

urue par le
x temps
x 2.2 μ s

muon pour
au sol ?

La Roue Cosmique

