

Des rayons en provenance du cosmos

Corinne Bérat

Laboratoire de Physique Subatomique
et de Cosmologie de Grenoble

A photograph of the aurora borealis (Northern Lights) over a dark landscape at night. The aurora is a vibrant green and blue glow in the sky, with a bright star visible to the right. The foreground shows a dark lake reflecting the light, with silhouettes of trees and mountains.

La Terre est en permanence bombardée de particules qui viennent du cosmos.

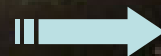
Les rayons cosmiques représente environ 15% de la radioactivité naturelle totale (à peine moins que la radioactivité du sol)

Messagers du cosmos

Une « expérience » en astrophysique ?

collision de deux galaxies spirales

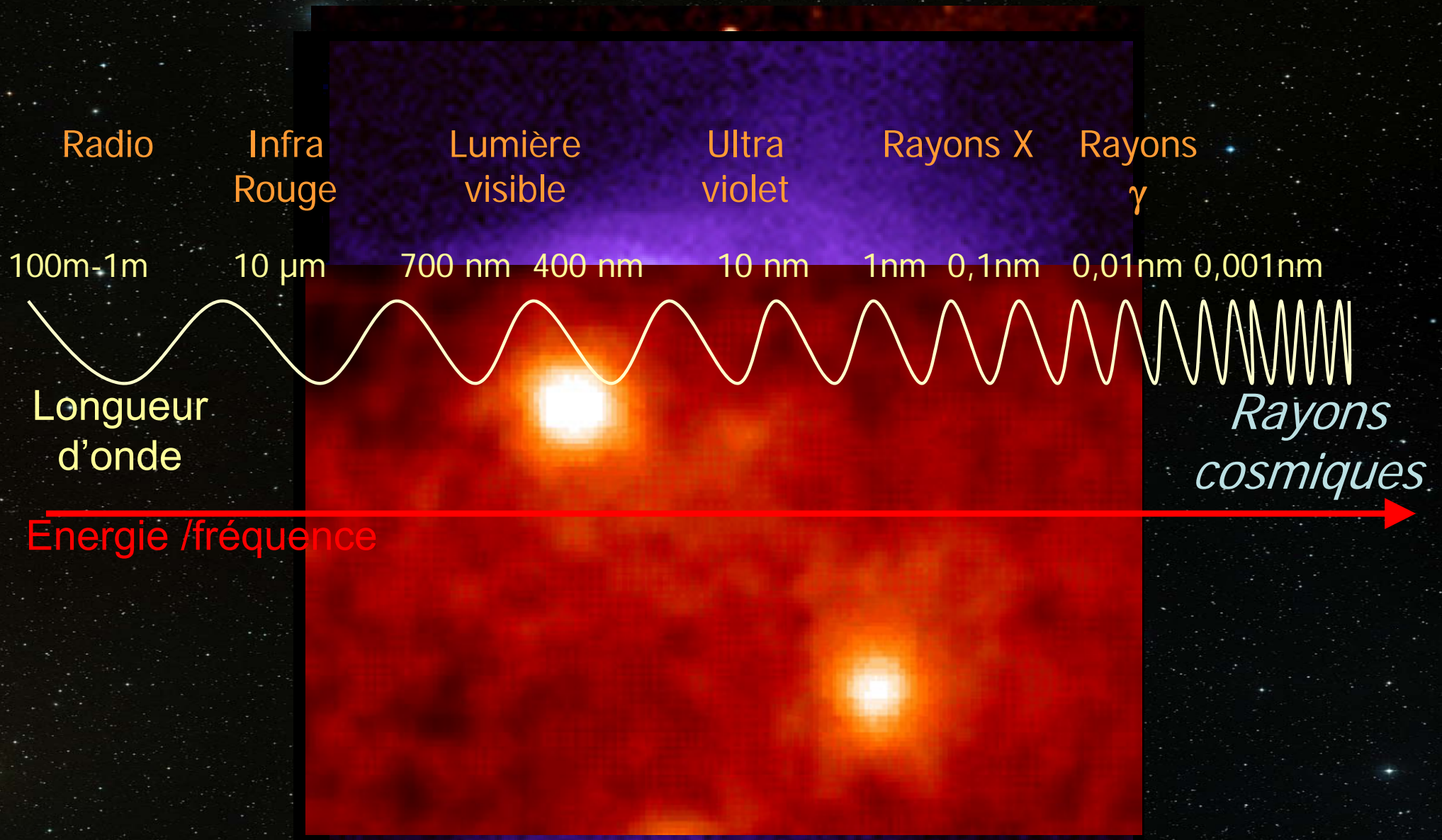
Seuls « messagers » pour
étudier les phénomènes
astrophysiques à distance :



- Ondes électromagnétiques
- Rayons cosmiques

Messagers du cosmos

Les lumières de la nébuleuse du Crabe



Cheminement

Découverte des rayons cosmiques

Naissance de la physique des particules

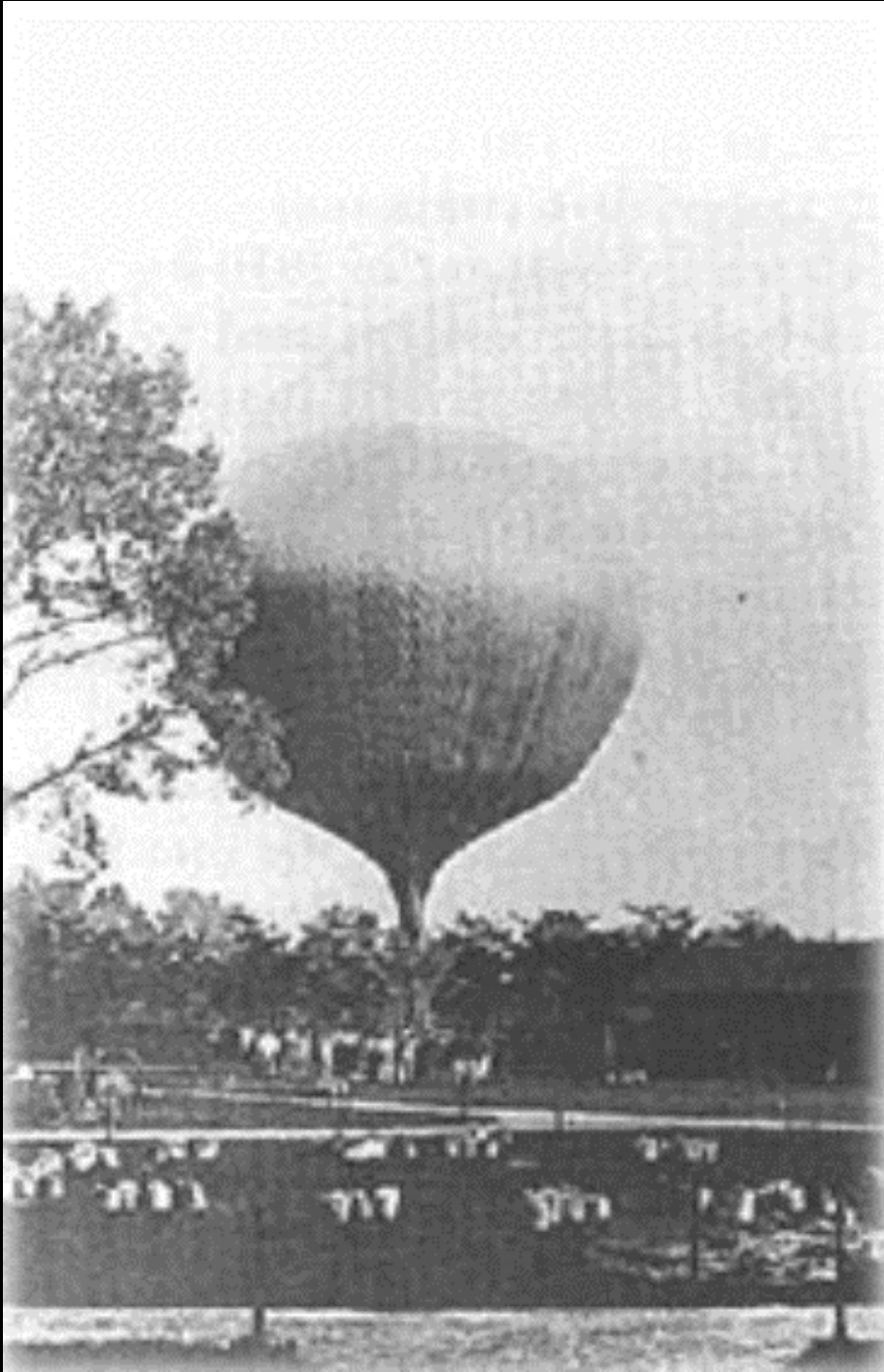
Nature, origine des rayons cosmiques

Astronomie gamma

Les grandes gerbes atmosphériques

Les rayons cosmiques d'ultra haute énergie

L'observatoire Pierre Auger



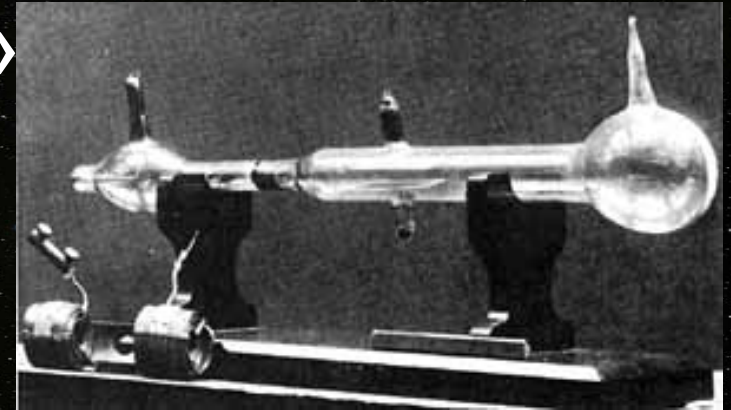
L'histoire d'une découverte

Contexte historique

Fin du XIXe siècle : rayonnements
- lumière ? matière ?

–Rayonnements « cathodiques »

- W. Crookes, J-B. Perrin
- J.J. Thomson \Rightarrow électrons (1897)



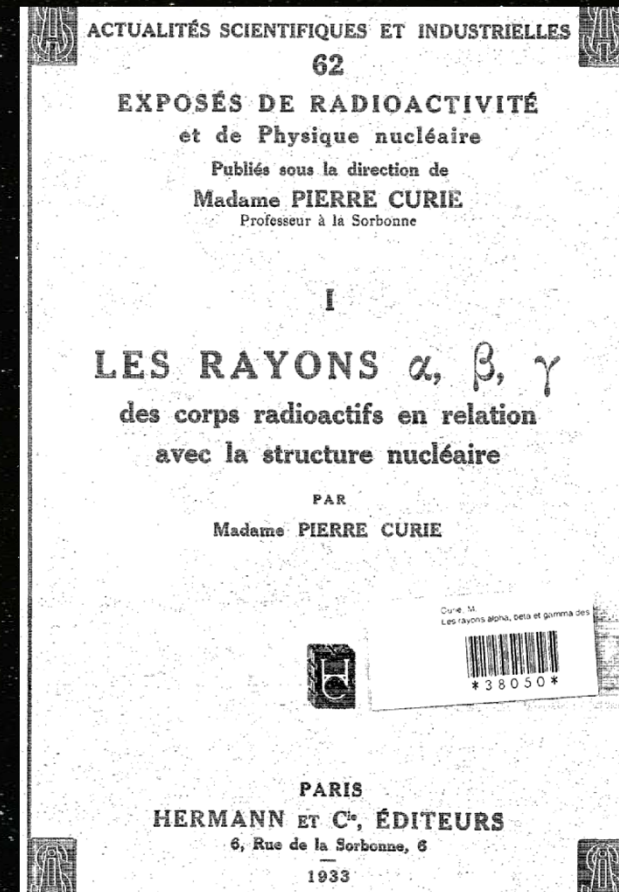
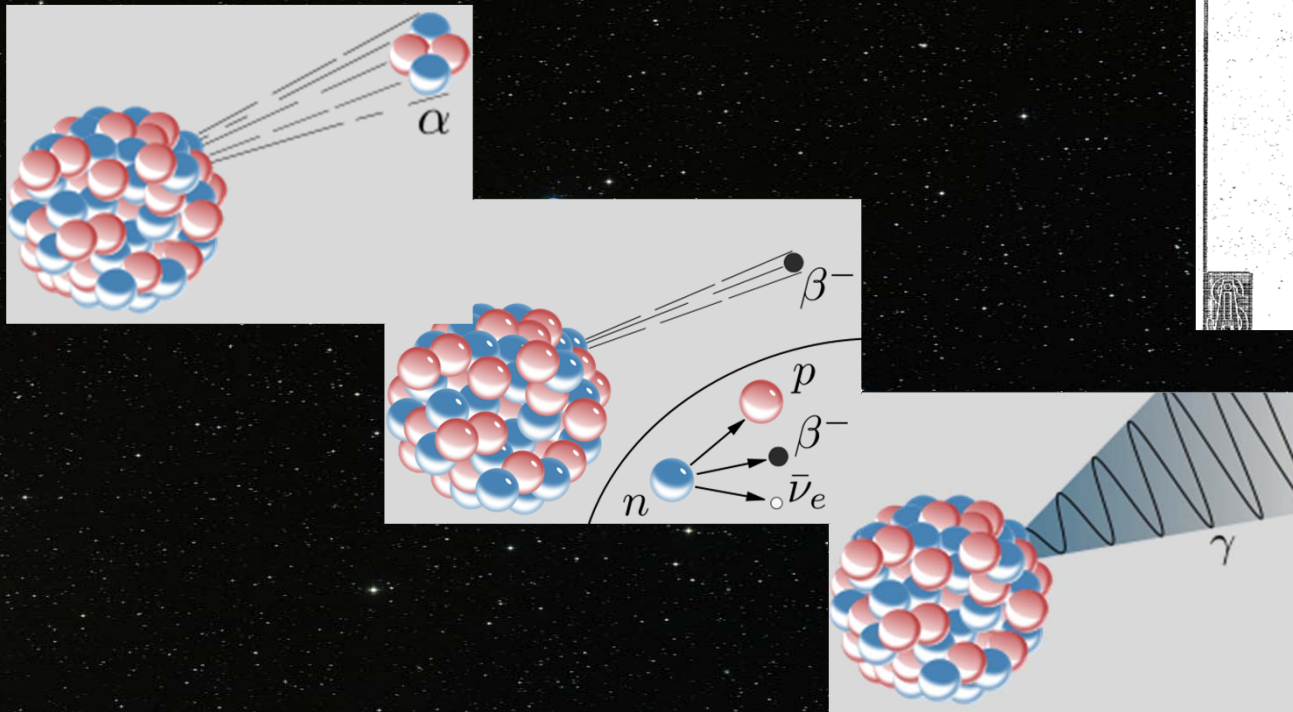
–Rayons X

- Découverts par W. Röntgen en 1895
- Nature incertaine jusqu'à Von Laue (1912)

Contexte historique

Radioactivité

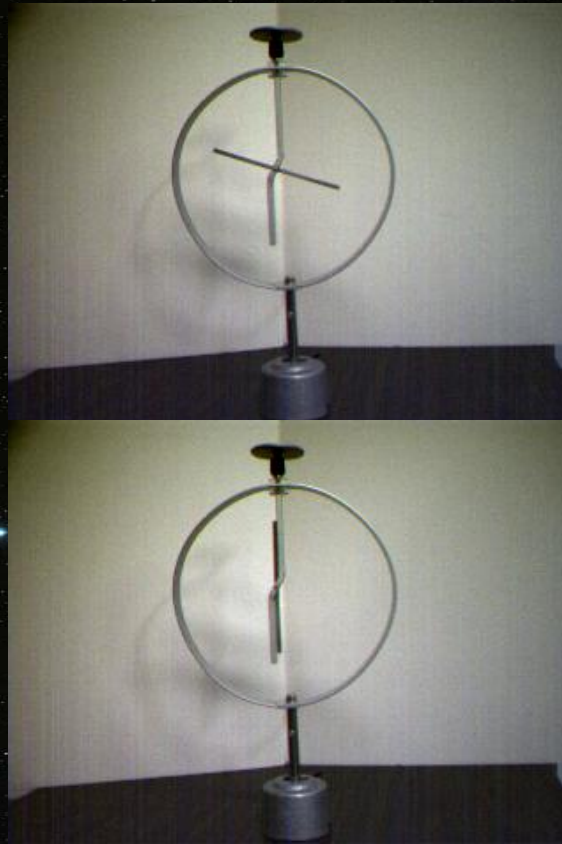
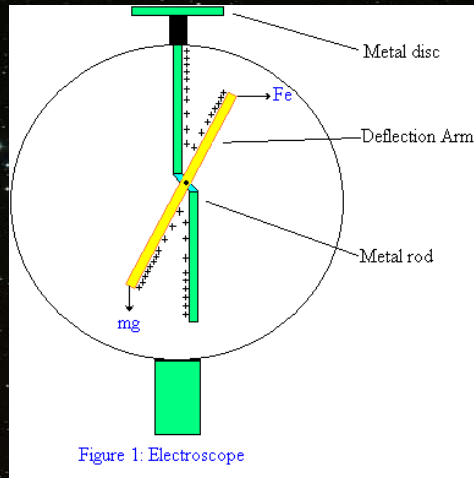
- Découverte par H. Becquerel en 1896 (uranium)
- 1898-1900 P. et M. Curie, E. Rutherford et P. Villard : plusieurs types de radioactivité (α , β , γ)



Décharge de l'électroscope

Ionisation de l'air

- Observation de la décharge des électroscopes isolés

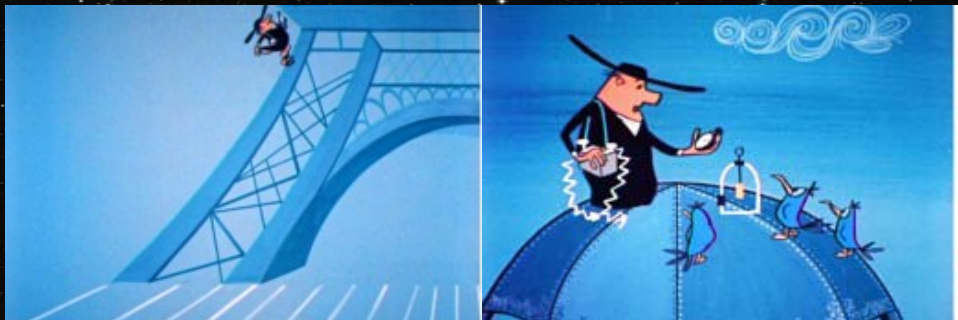


- radioactivité naturelle de la terre ?
- C. Wilson : rayonnement d'origine extra terrestre ?

Décharge de l'électroscope

Origine de l'ionisation de l'air ?

- 1910 : le père Wulf monte sur la tour Eiffel avec des électroscopes



- décharge moins rapide, mais pas autant que ce qui était prévu !

Donc « ça » vient d'au dessus...



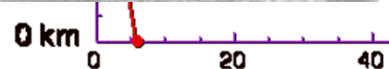
Ionisation d'origine cosmique

Découverte des rayons cosmiques

- 1912 : Victor Hess monte en ballon à 5350 m : découverte du rayonnement cosmique.
- 1914 : W. Kolhörster monte à 9 Km

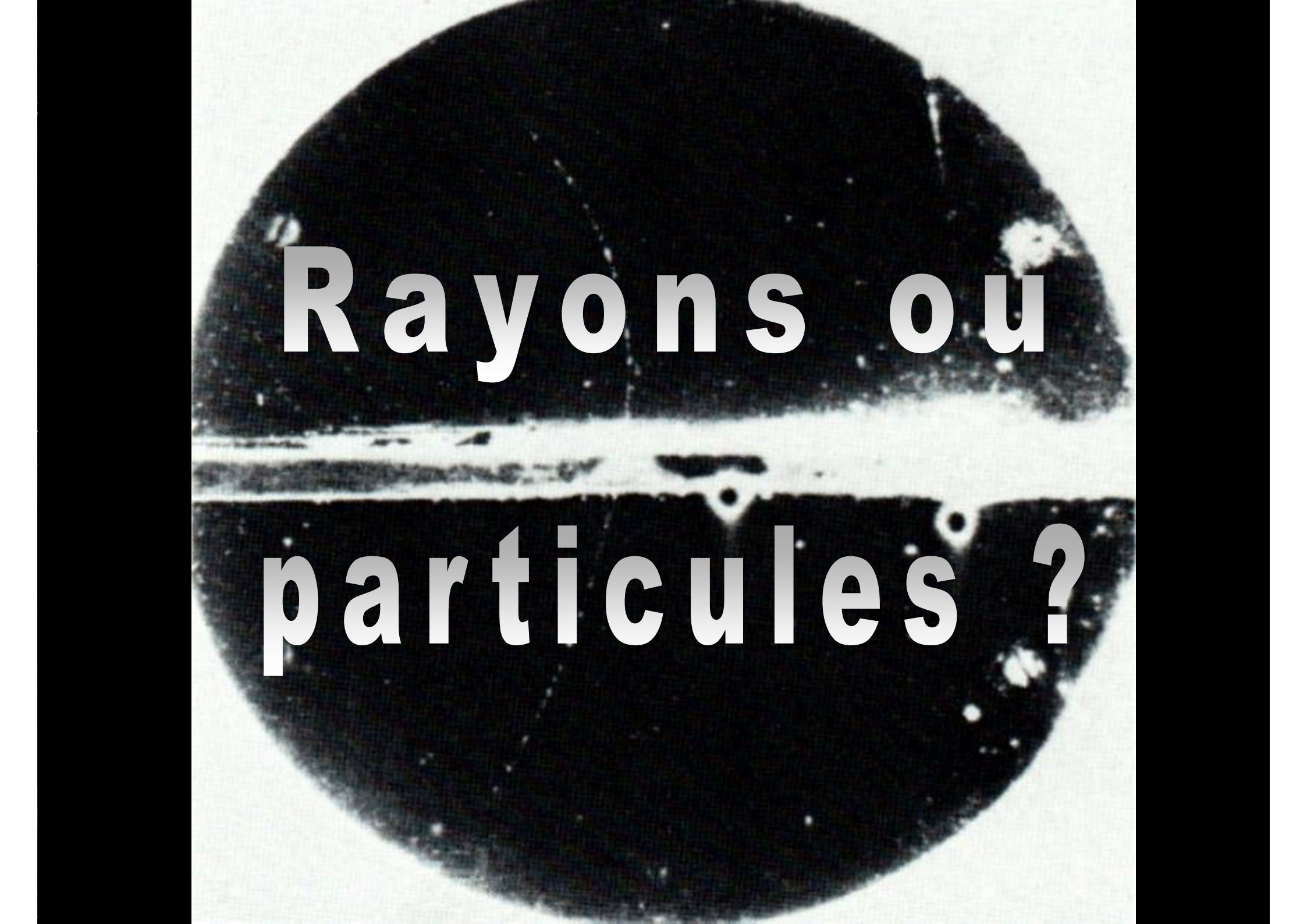


centenaire de la decouverte



Route des Entdeckungsfluges der kosmischen Strahlung.

Intensité du rayonnement



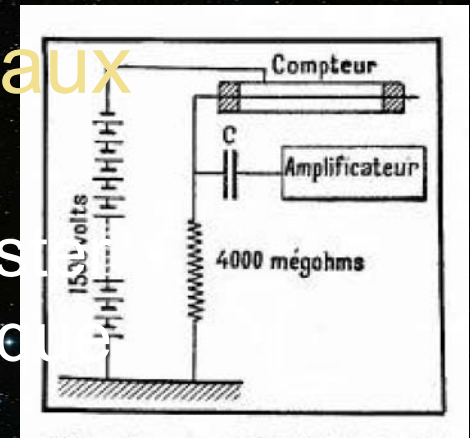
**Rayons ou
particules ?**

Les premières investigations

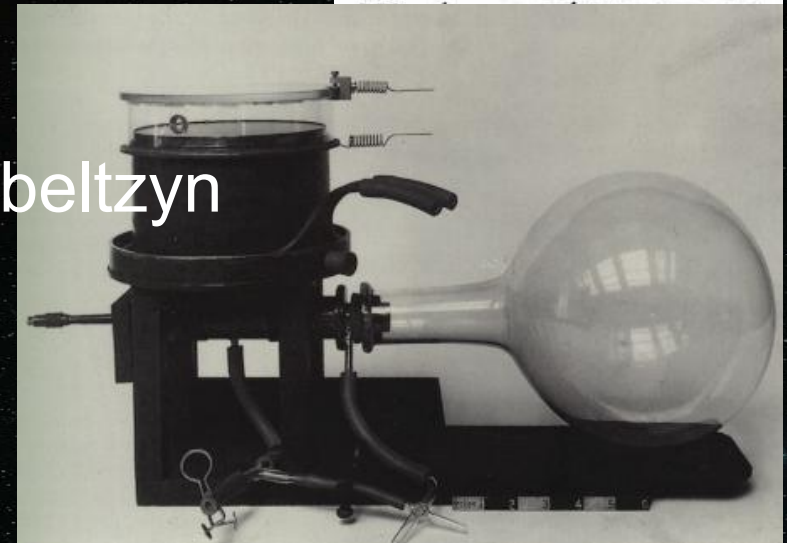
- R. Millikan pense que les rayons de V. Hess sont des rayons gamma

Etudes expérimentales avec de nouveaux instruments

- compteurs Geiger : W. Bothe, W. Kohlörster
les « rayons » portent une charge électrique
⇒ matière



- chambres à brouillard : D. Skobeltzyn
premiers clichés de traces
⇒ matière

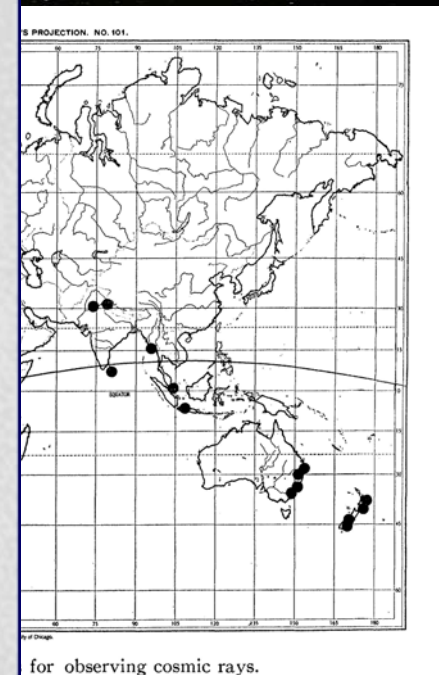
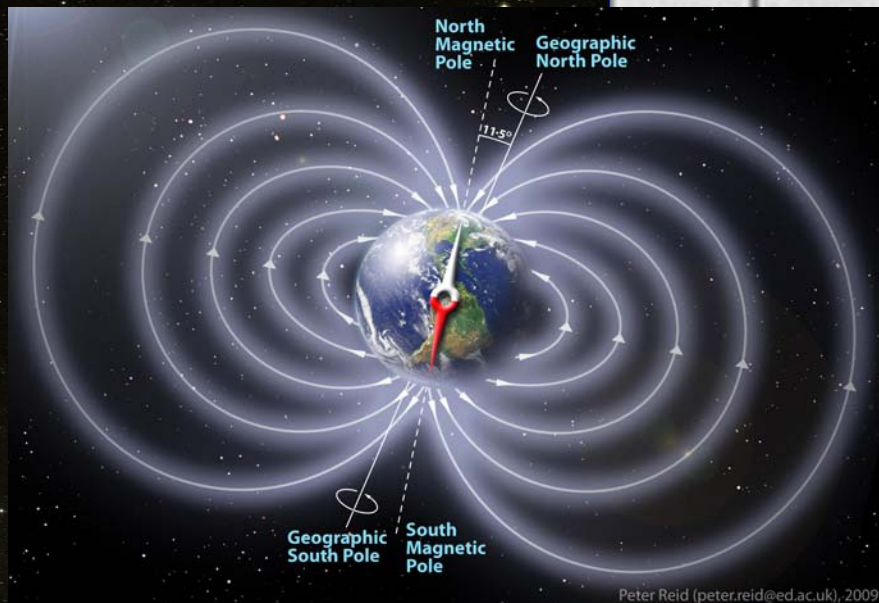


Les premières investigations

Rayons gamma ou matière ?

– 1925-1930 :

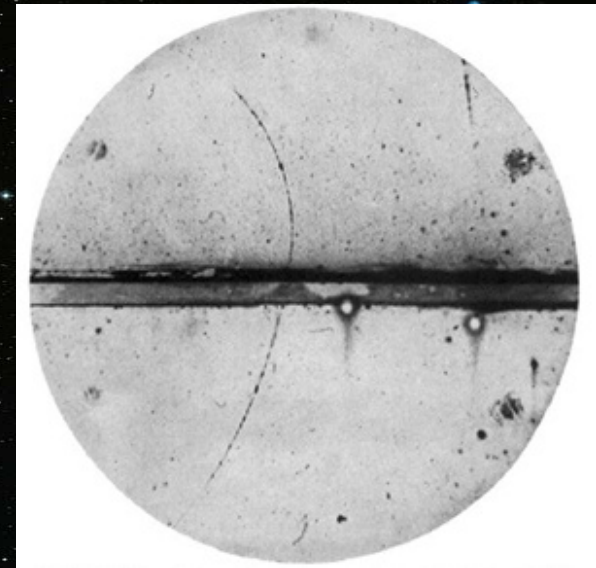
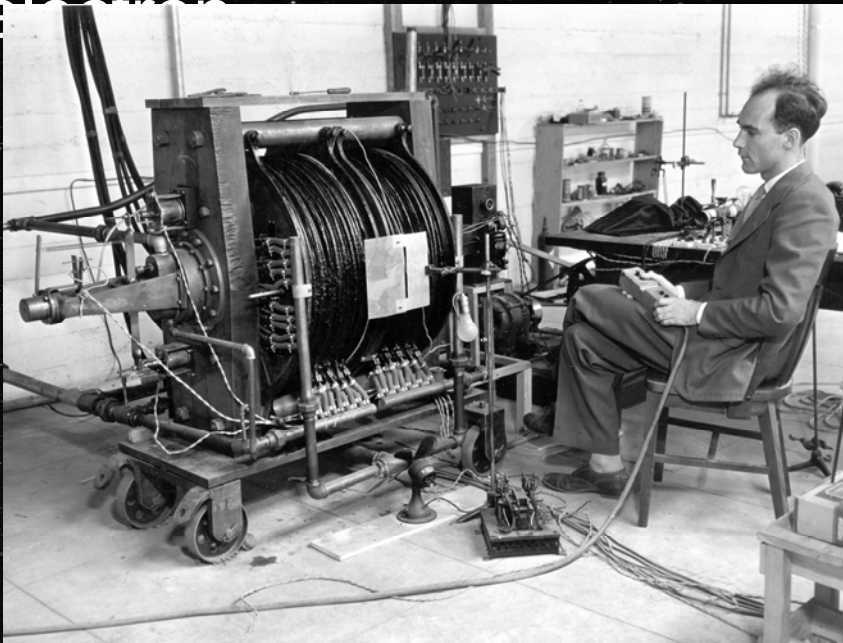
- Débat virulent entre Millikan et Compton
- Compton envoie une soixantaine de chercheurs dans le monde pour vérifier l'effet de latitude (effet du champ magnétique terrestre)



Des nouvelles particules

Découverte du positron : antimatière !

- 1932 : C. Anderson découvre le positron = anti-électron



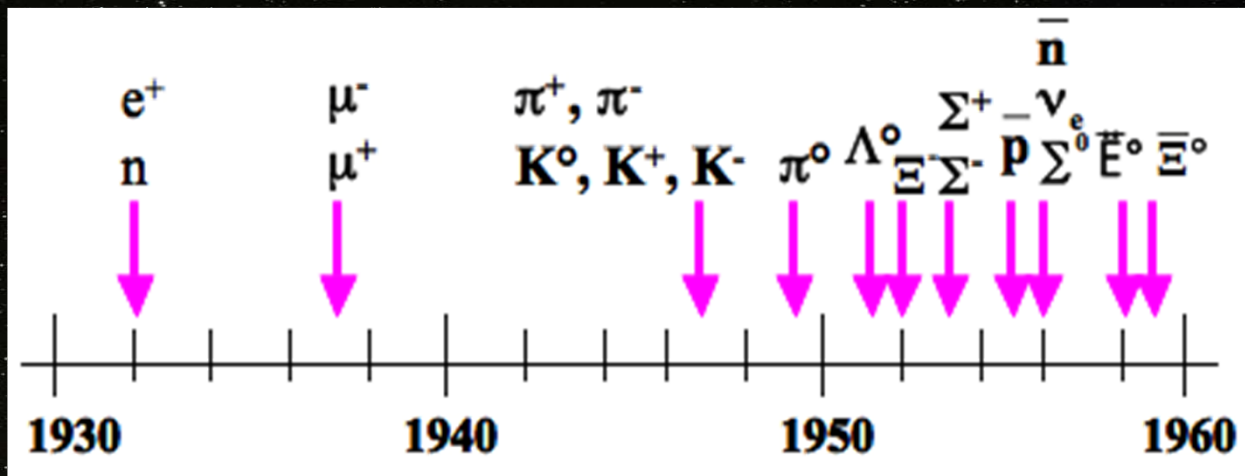
- Prédit par Dirac en 1931



Des nouvelles particules

Naissance de la physique des particules

- Expériences installées en montagne
- Analyse des traces observées
 - nombreuses découvertes
 - 1936 : muon μ
 - 1947 : pions π , kaons...

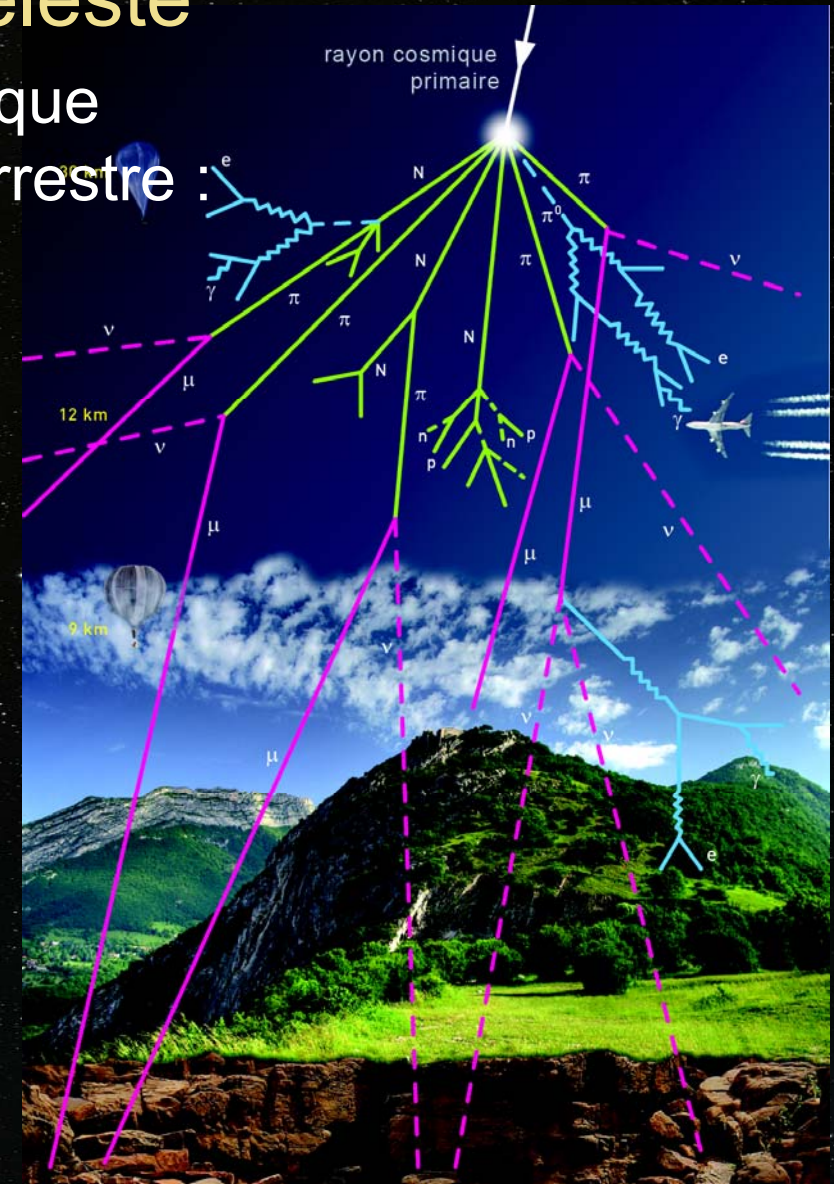


Les grandes gerbes atmosphériques

Découverte d'une « pluie » céleste

- Un rayons cosmiques énergétique pénètre dans l'atmosphère terrestre :
⇒ Réaction en chaîne appelée « *gerbe atmosphérique* ».

Gerbes atmosphériques découvertes par Pierre Auger en 1938, au Jungfraujoch



Un premier bilan

Différents types de radiation ont été observés

La terre est constamment bombardée de particules

De nombreuses techniques de production, et de détection de ces radiations et de ces particules sont mises au point

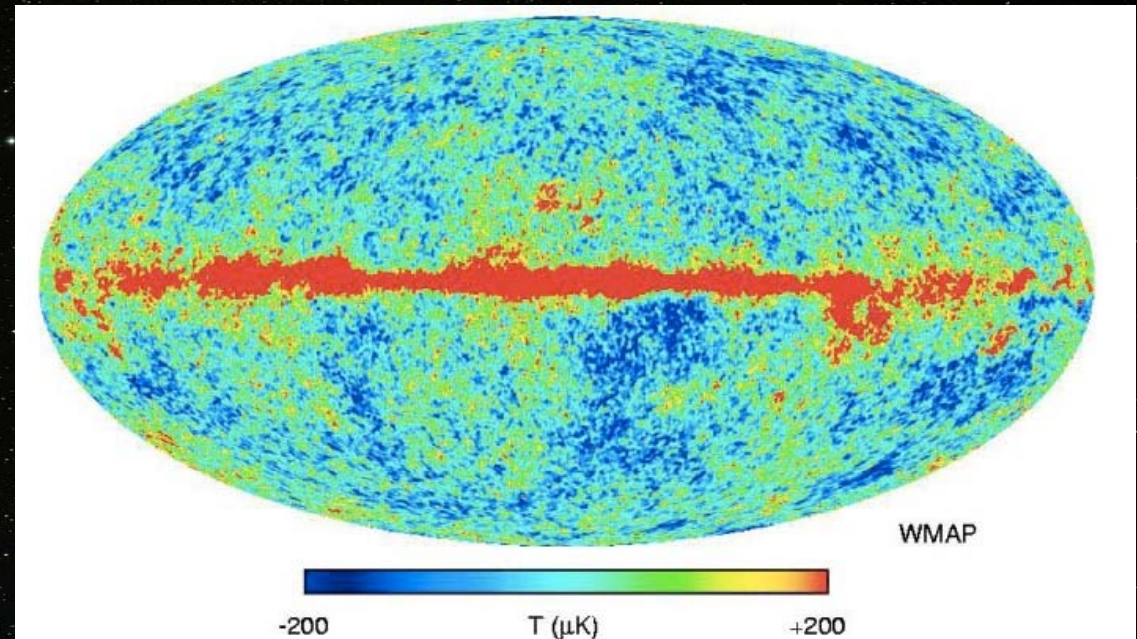
La 2ème guerre mondiale met provisoirement ces recherches entre parenthèse en Europe

La physique nucléaire devient un enjeu stratégique majeur ⇒ naissance de la physique des hautes énergies auprès des accélérateurs

Deux découvertes majeures

1966 : Découverte du fond diffus cosmologique

- Rayonnement à $2,7^\circ$ K
- Penzias et Wilson

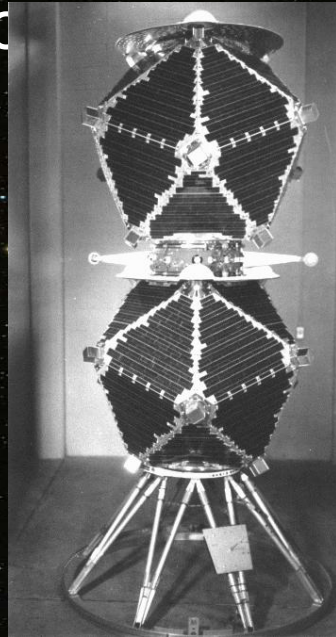


Étaye la théorie du « Big Bang »

Deux découvertes majeures

1967 (1973) découverte des sursauts gamma

- Satellites espions, surveillance des essais nucléaires
- Découverte de bouffées de rayons gamma, provenant de l'espace



- L'astronomie gamma est lancée !

Astroparticules

Les rayons cosmiques ...

.... sont des particules

... émises par des astres...

- ✓ L'astroparticule, ou "physique des astroparticules" est un nouveau domaine, à l'intersection de la physique des particules, de l'astronomie et de la cosmologie

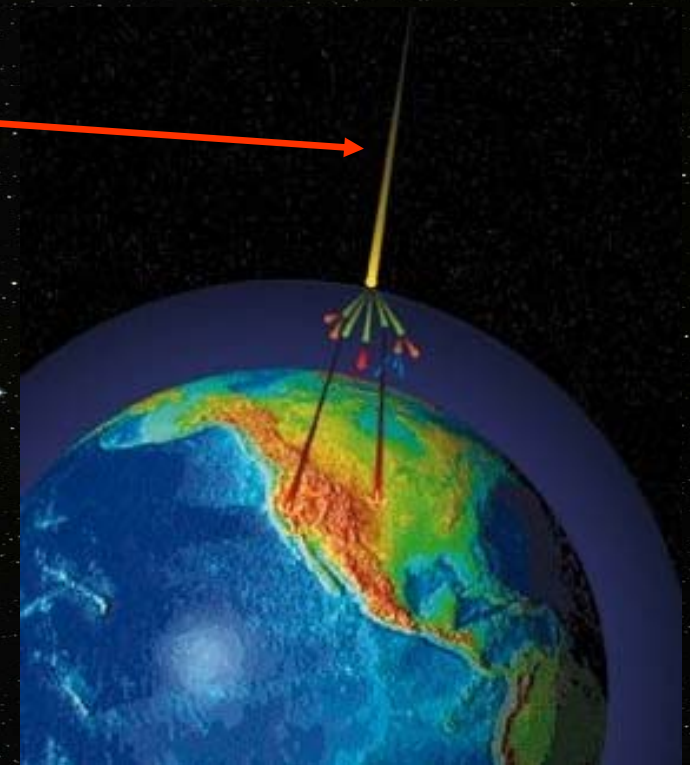
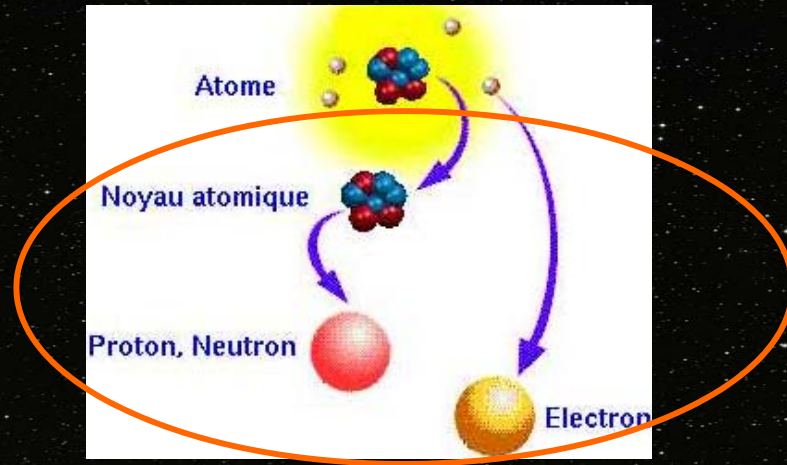
A night sky with a star trail and a bright light source, possibly a comet or meteor, streaking across the frame. The text is overlaid on the image.

Nature et origine

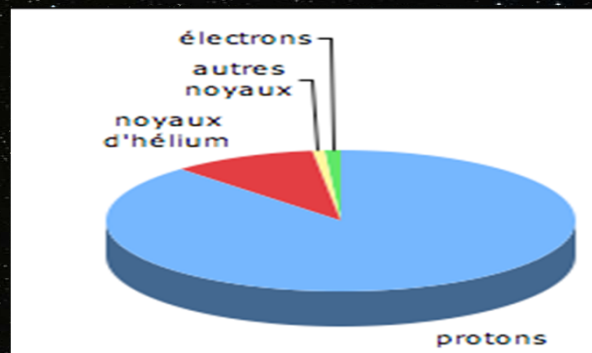
Les voyageurs du cosmos

Rayons cosmiques *primaires*

– Particules chargées stables



~ composition de la matière dans le système solaire



- Photons (gamma)

- Neutrinos ν
(particules « fantômes »)

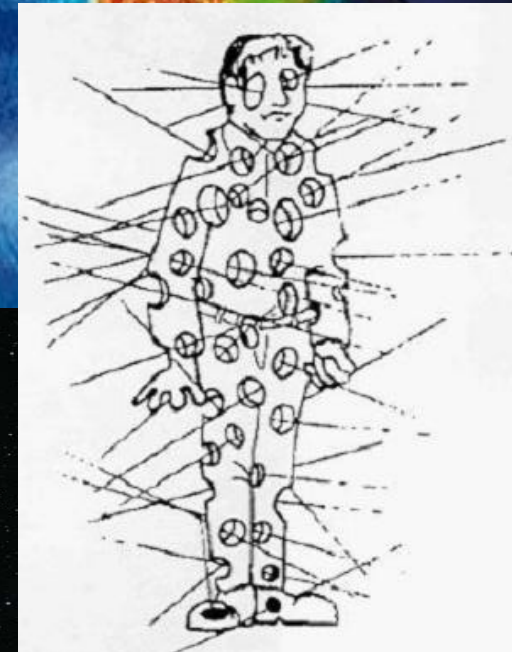
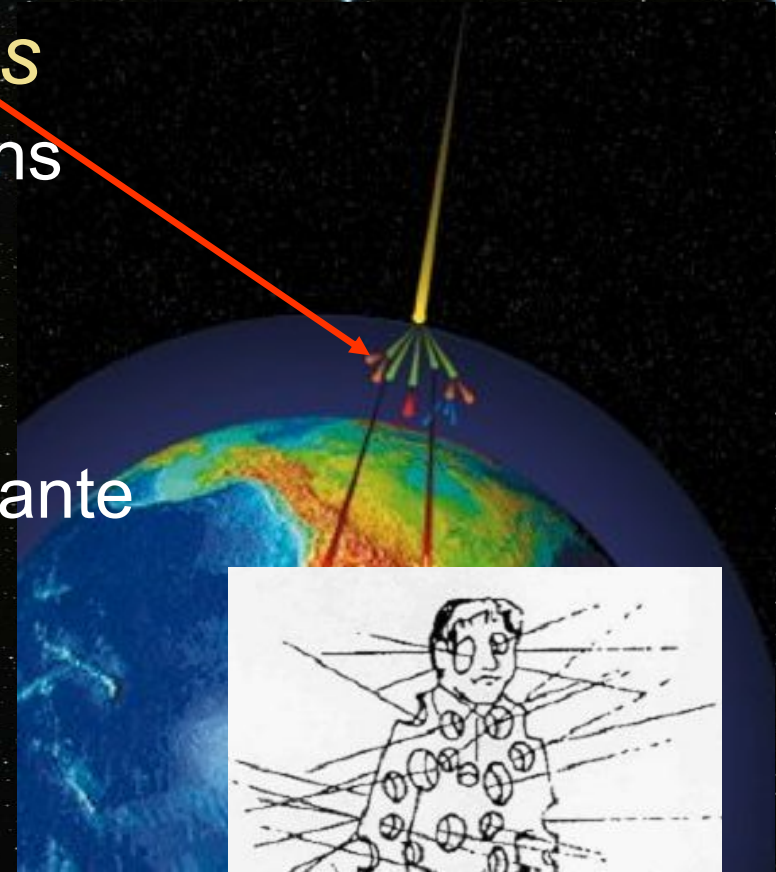
Particules créées dans l'atmosphère

Rayons cosmiques secondaires

⇒ des e^\pm , μ^\pm , p , n , ν ... créés dans les couches supérieures de l'atmosphère

- Particule chargée la plus abondante au niveau de la mer : μ^\pm
 - en moyenne $1 \mu/\text{cm}^2/\text{mn}$.

Pendant cette conférence vous êtes la cible de plus de 100000 rayons cosmiques chargés

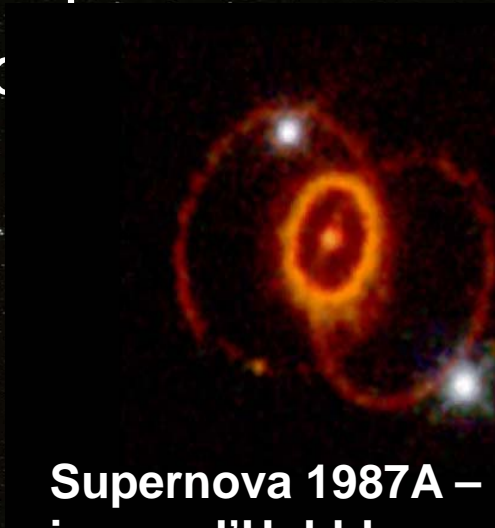


Origine cosmique !

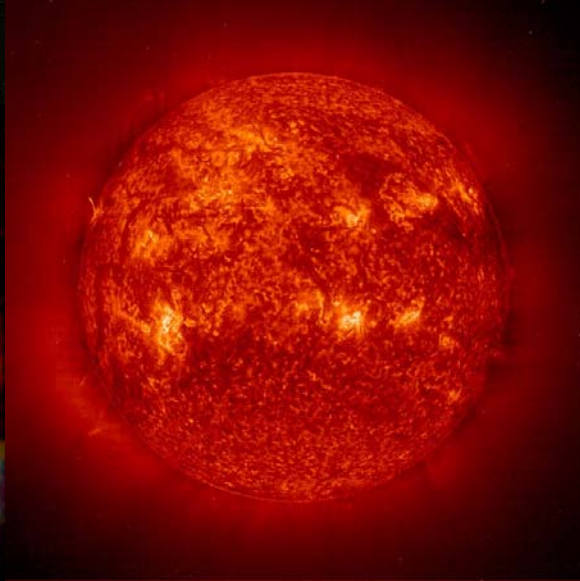
Phénomènes astrophysiques plus ou moins violents

- réactions de fusion au coeur des étoiles
- supernovae

–(



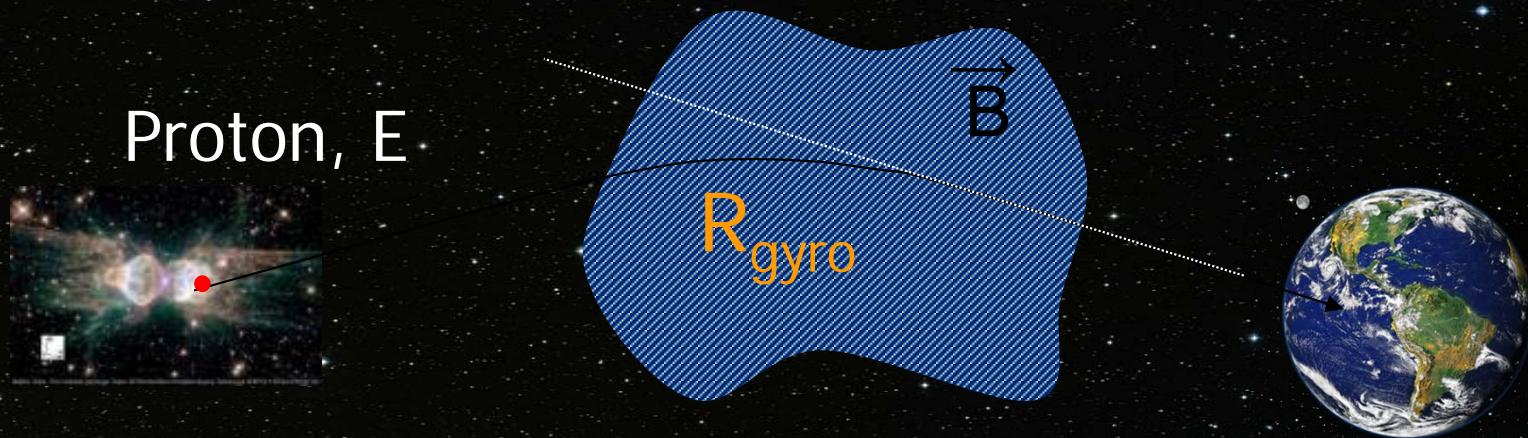
**Supernova 1987A –
image d'Hubble**



Colliding Galaxies NGC 4038 and NGC 4039 HST • WFPC2
PRC97-34a • ST ScI OPO • October 21, 1997 • B, Whitmore (ST ScI) and NASA

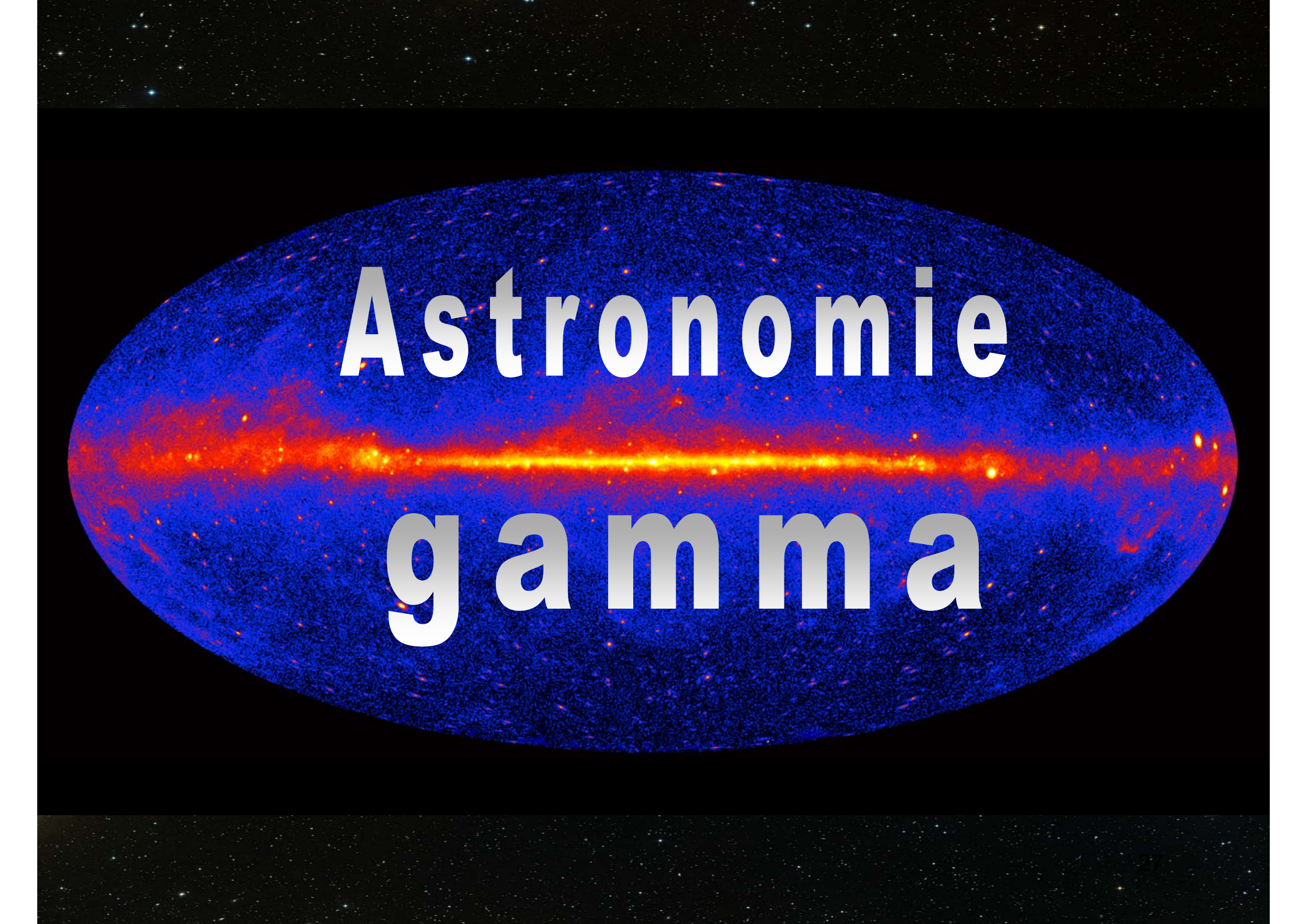
A la recherche des sources

Origine des cosmiques chargés : hypothétique



- Déviation faible
 - si la zone magnétique est pas trop grande et d'intensité faible
 - si la particule a une énergie très élevée

Rayons gamma : pointage possible !

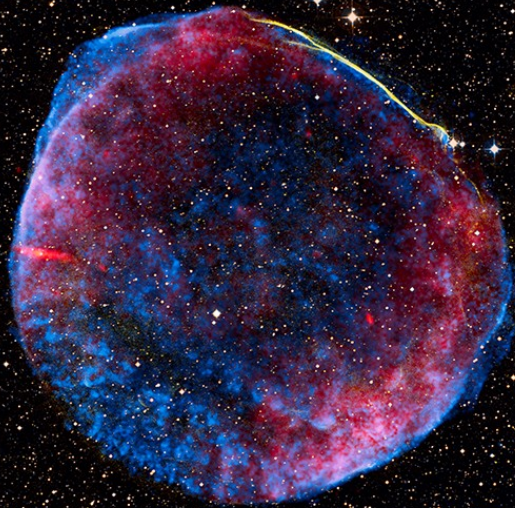


**Astronomie
gamma**

Identifier les accélérateurs cosmiques

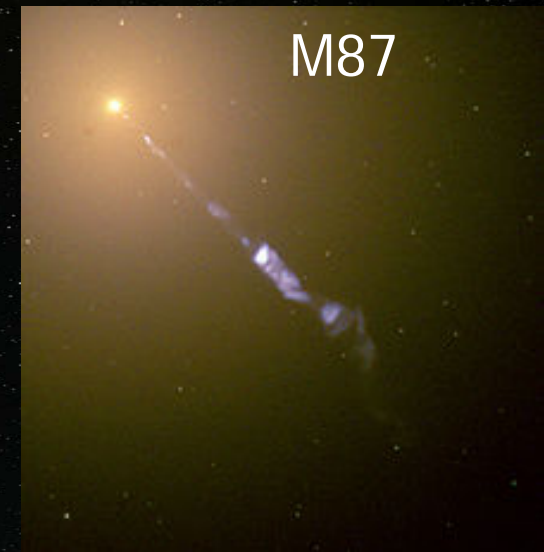
Production de gammas

- Tout phénomène ou objet céleste impliquant les particules en accélération émet à priori des rayons gamma



SN 1006

Pulsar –
Nebuleuse du crabe

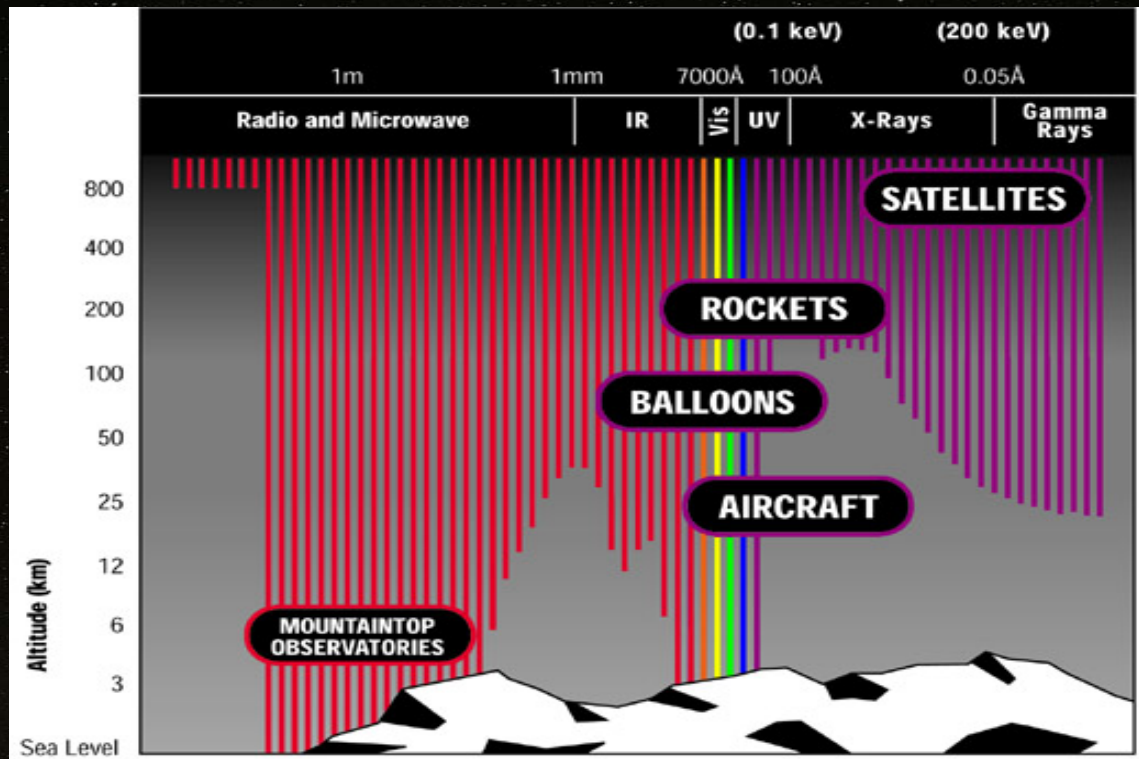


M87

Détecteurs dans l'espace

Détection des gammas

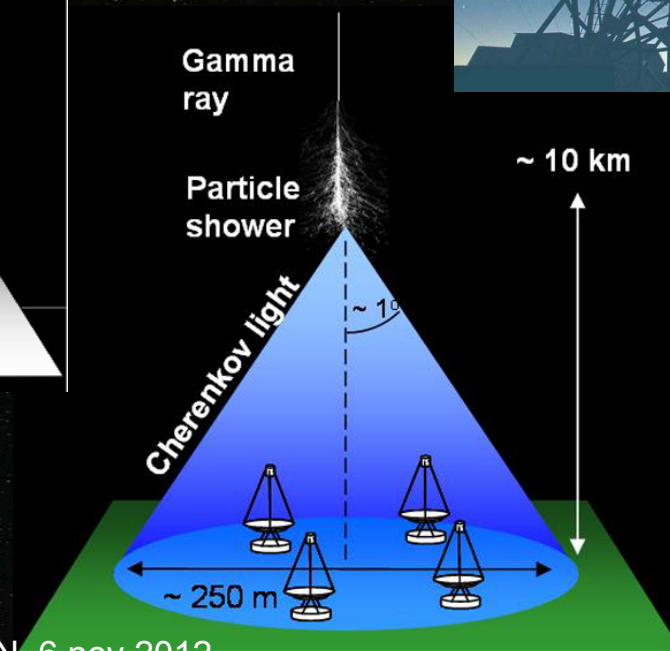
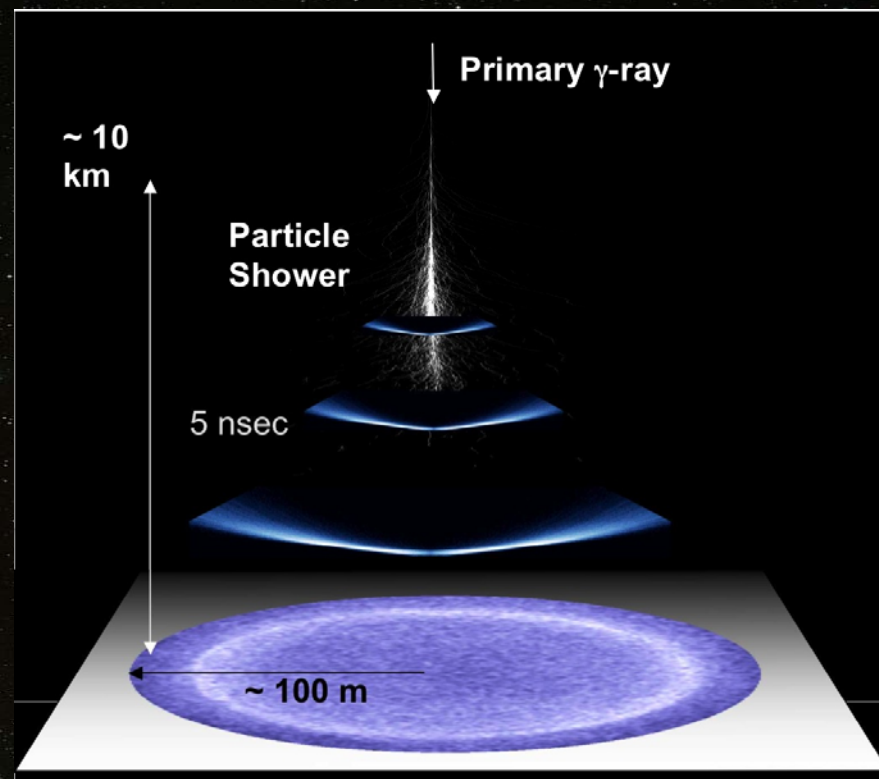
– Du Mev à ~ 300 GeV



Observatoires terrestres

Gamma de très haute énergie

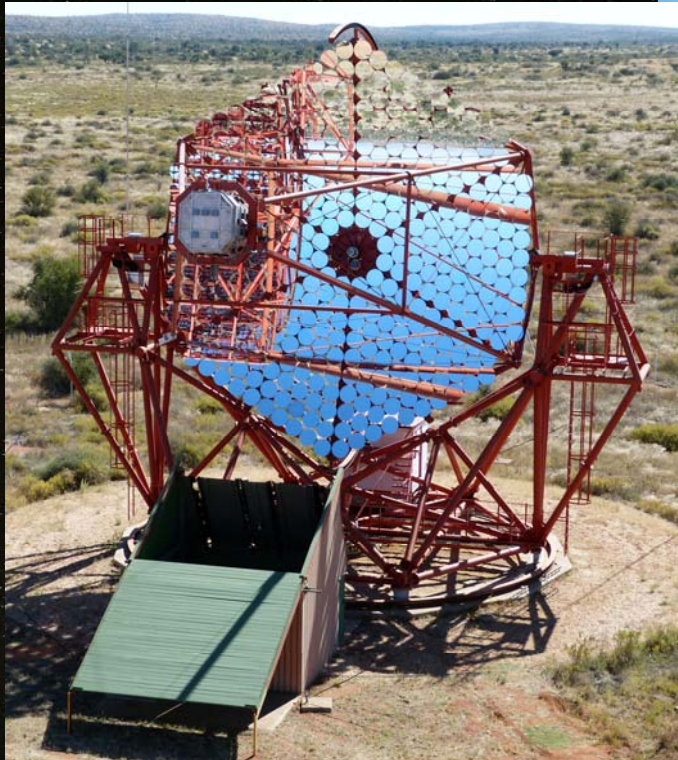
- Rares, besoin de grande surface de détection



Télescope H.E.S.S.

Observation des sources de gamma, $E > 10$ GeV

- En Namibie - phase I, 4 télescopes (2003)
- H.E.S.S 2 : miroir de 28 m, le plus grand télescope Cherenkov au monde



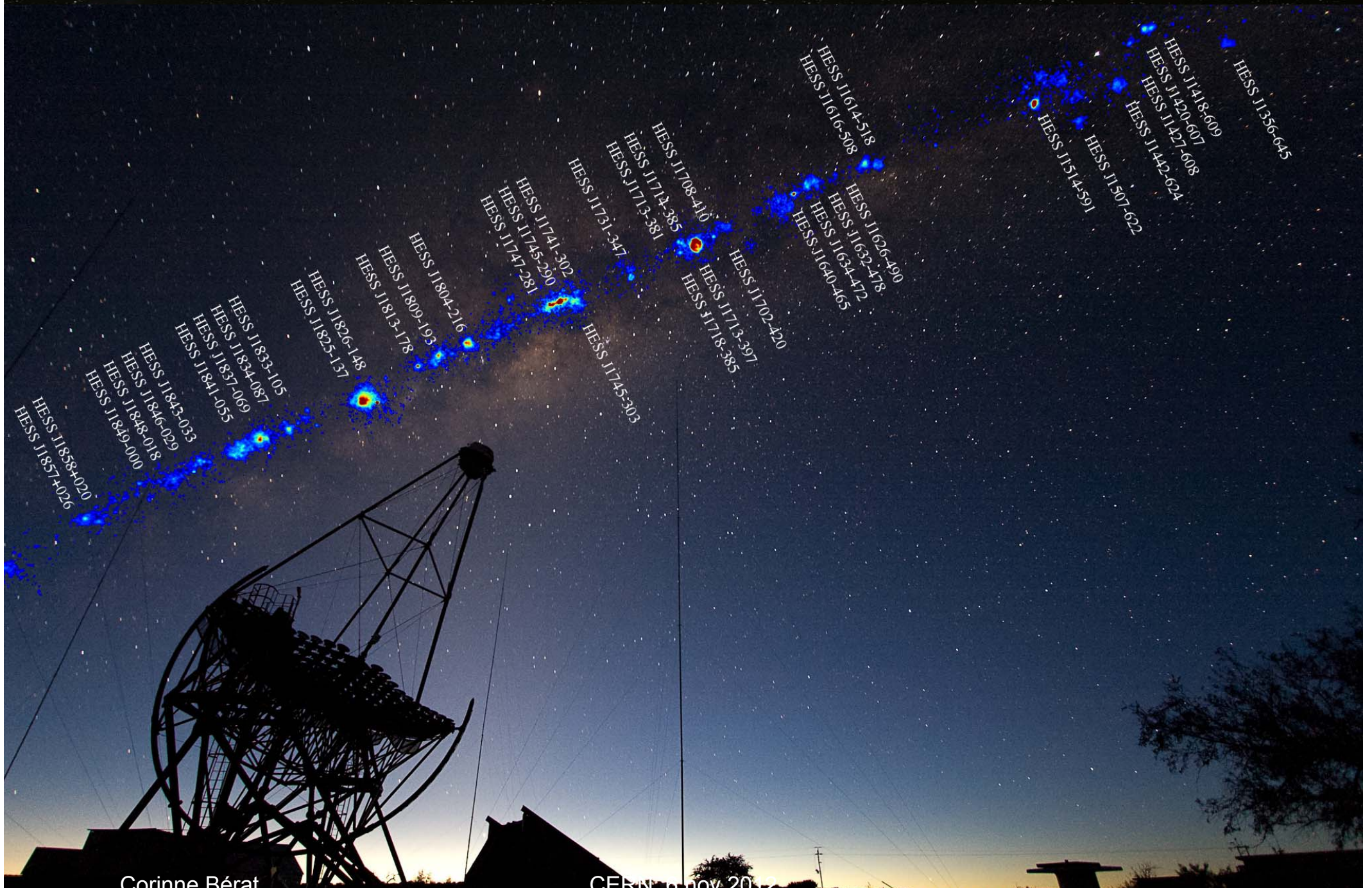
Une autre perspective sur l'univers



Corinne Bérat

CERN, 6 nov 2012

Une autre perspective sur l'univers



Corinne Bérat

(c) F. Acero & H. Gast for the HESS collaboration

CERN, 6 nov 2012

Futur observatoire

Cherenkov Telescope Array

