

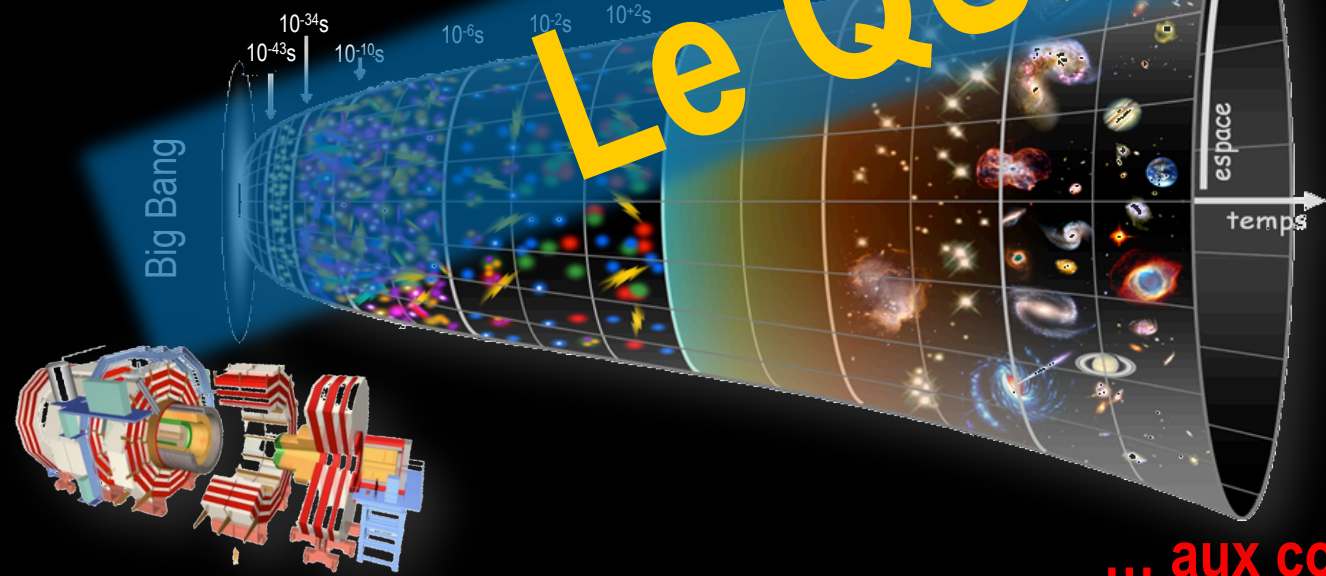
VERS L'INFINI ET AU-DELÀ...

LR

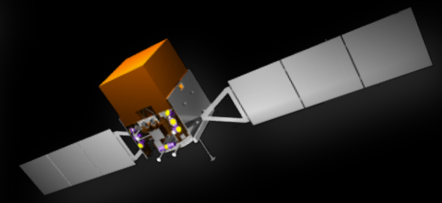
Laboratoire Leprince-Ringuet

des particules élémentaires ...

Le QUIZ !!!



L'univers
aujourd'hui
~13.7 milliards
d'années



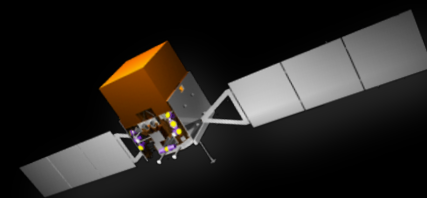
... aux cœurs des galaxies

VERS L'INFINI ET AU-DELÀ...

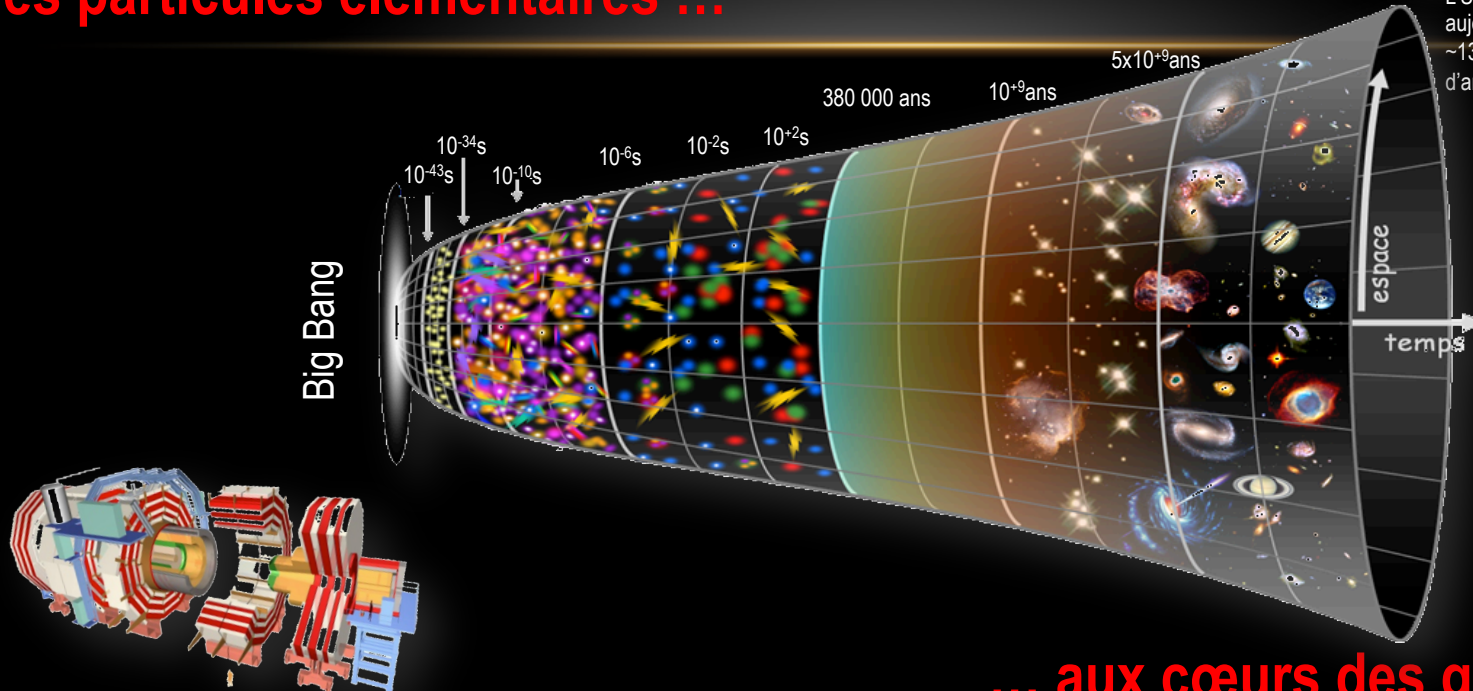
LR

Laboratoire Leprince-Ringuet

des particules élémentaires ...



L'Univers
aujourd'hui
~13.7 milliards
d'années



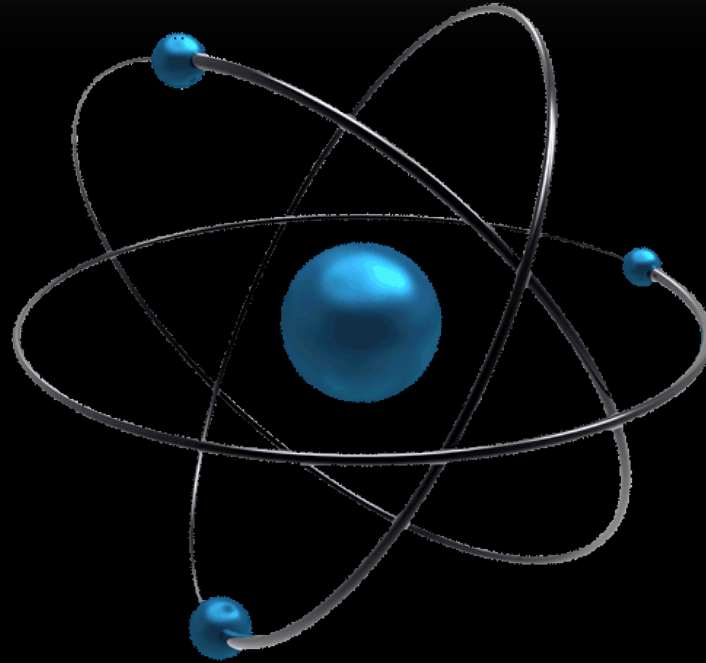
... aux cœurs des galaxies

L'INFINIMENT PETIT ET L'INFINIMENT GRAND

Voyage au cœur de la matière

Les messagers du cosmos

L'INFINIMENT PETIT



QUELS SONT LES CONSTITUANTS FONDAMENTAUX DE LA MATIÈRE ?

- A. Les électrons
- B. Les protons
- C. Les mégatrons
- D. Les quarks
- E. Les minisculons



QU'EST CE QUE LA MATIERE?

Nous sommes tous fait de molécules...
Le vivant est caractérisé par les molécules.

Atome

Electron (première particule découverte)

Proton
Proton :

2 quarks up

1 quark down

Interaction électromagnétique

Interaction forte

Neutron :

1 quark up

2 quarks down

10^{-15} m

Noyau

10^{-10} m

10^{-10} m

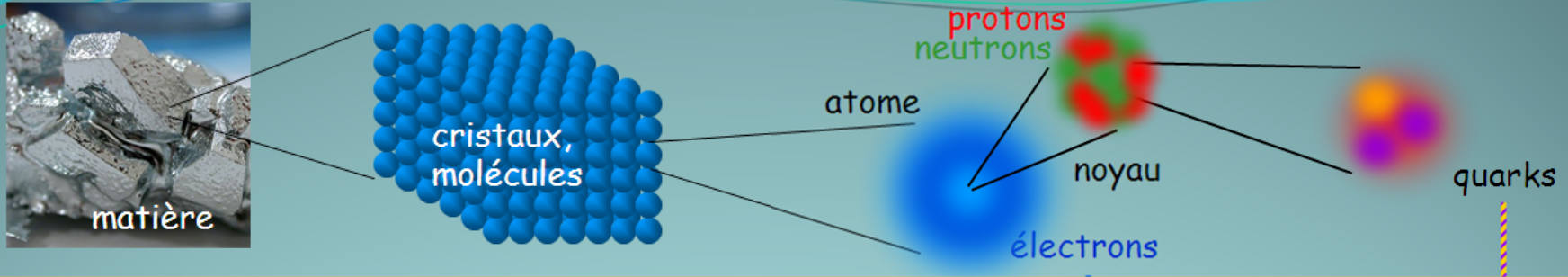
La matière ordinaire est faite de l'assemblage précis de briques élémentaires: quarks, électrons... Nous les regroupons sous le terme de particules mais il y a bien plus que des quarks et électrons.

MAIS APRÈS LES QUARKS ET ÉLECTRONS,
EXISTE-T-IL DES PARTICULES ENCORE
PLUS ÉLÉMENTAIRES ?

- A. Oui, mais c'est « Secret-Défense »
- B. Non, le job est fini !
- ✓ C. Peut-être...
- D. Pas aujourd'hui !

CLASSIFIED

LES PARTICULES DU « MODÈLE STANDARD »



Ces 2 Quarks et 1 Lepton (+neutrinos) constituent tout L'Univers connu

Quarks

Leptons



Up/haut



Charm/
charme



Top/
top



electron



muon



tau



Down/bas



Strange/
étrange



Bottom-
Beauty/
beauté



neutrino
électronique



neutrino
muonique



neutrino
tauique

COMMENT FAIT-ON DES RECHERCHES FONDAMENTALES SUR LA MATIÈRE ET SES INTERACTIONS ?

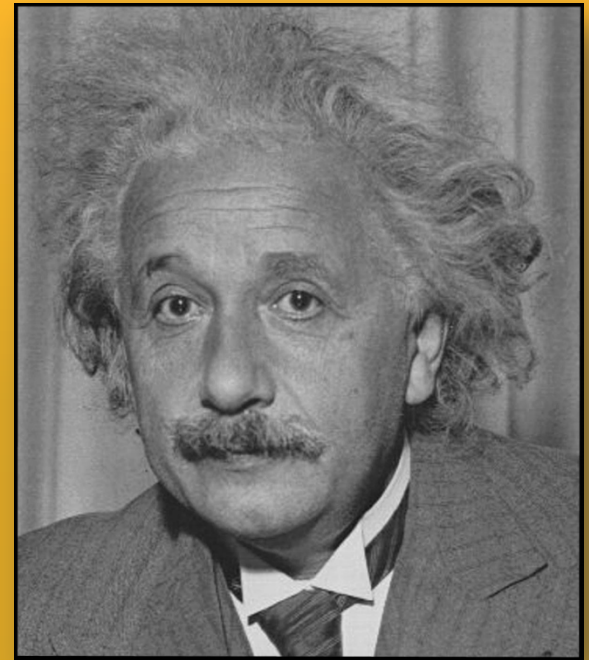
- A. en chantant
- B. en étudiant les chocs entre particules
- C. en utilisant des détecteurs spéciaux
- D. en cassant des cailloux



Collisions de particules

- La masse (donc aussi la matière) est une forme d'énergie !

$$E = m c^2$$



Énergie



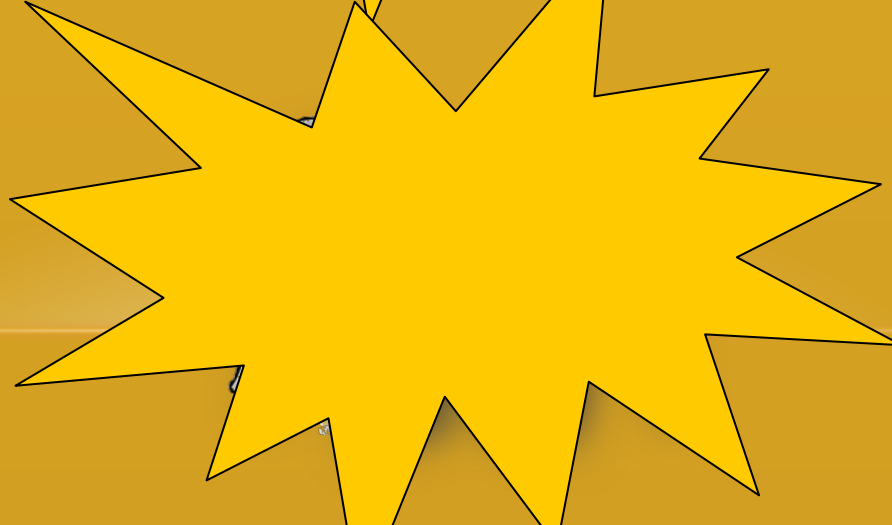
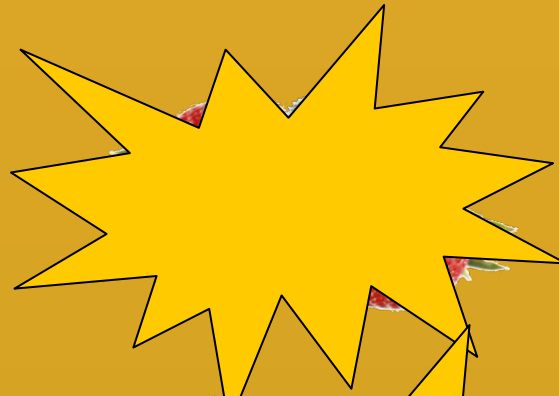
Égale



Masse

$$E = M C^2$$

Ou « comment créer des particules dans des chocs »



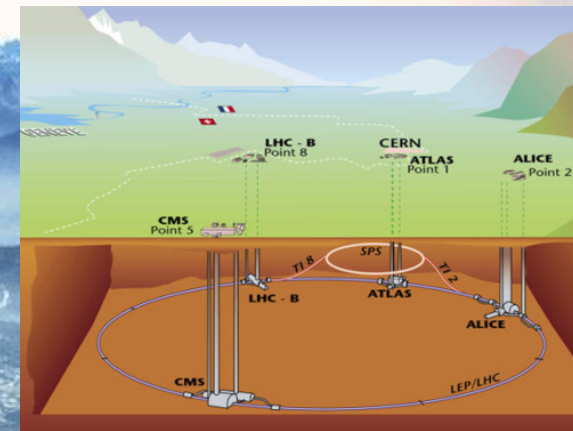
Pour étudier les collisions de particules les plus violentes que l'on sache faire sur Terre, la plus grande machine jamais construite : le LHC du CERN

Genève

lac Léman

aéroport

CERN



le LHC (Large Hadron Collider)

27 km de circonférence

50 à 175 m sous terre

Champ magnétique : 8.3 T (200 000 x le chp terrestre)

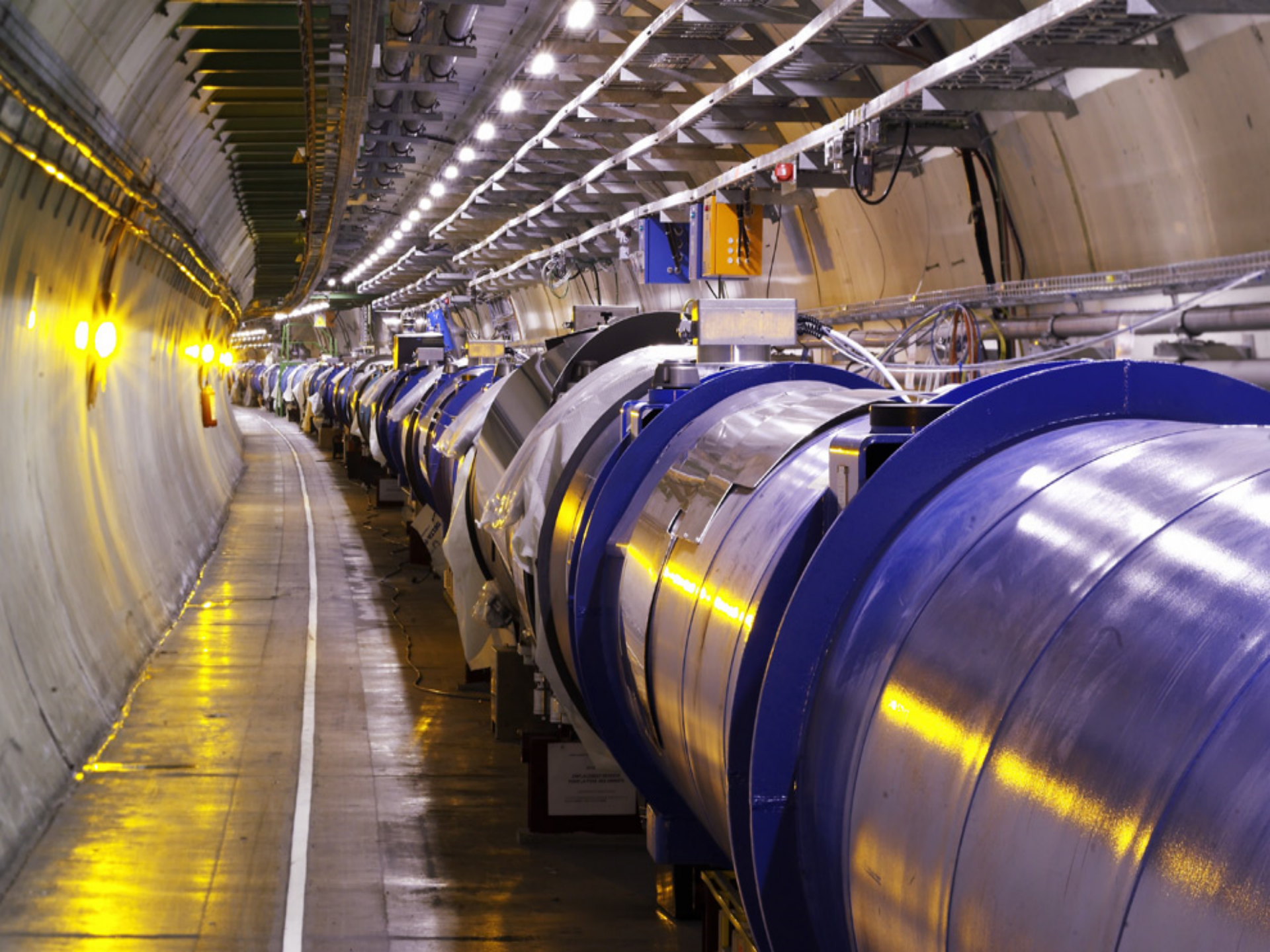
100 000 000 000 000 protons dans chaque sens

99.999999 % de la vitesse de la lumière

Chaque faisceau a l'énergie d'un TGV à vitesse nominale

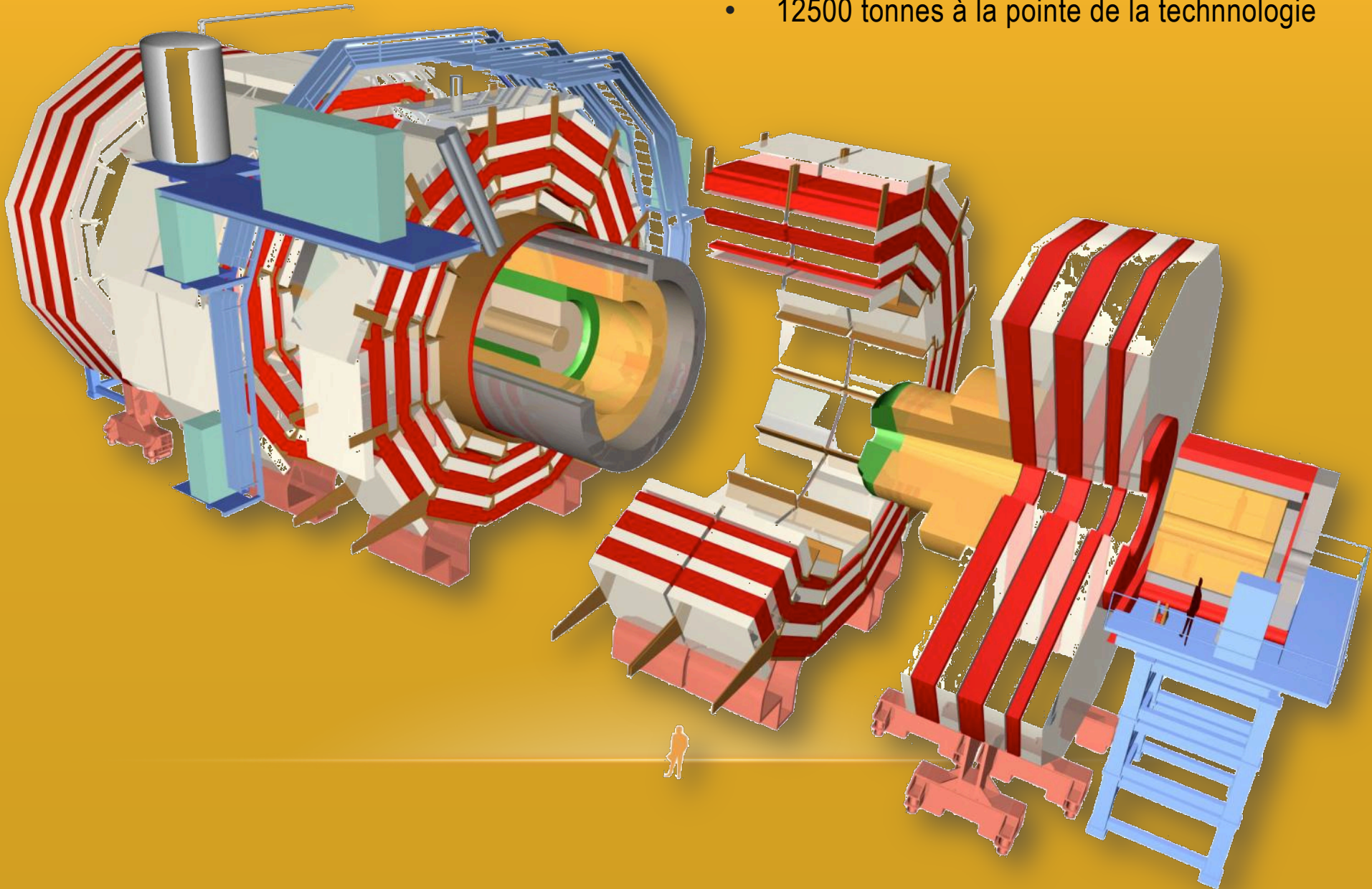
Vide : 1 atome / m³

Température : 1.9K



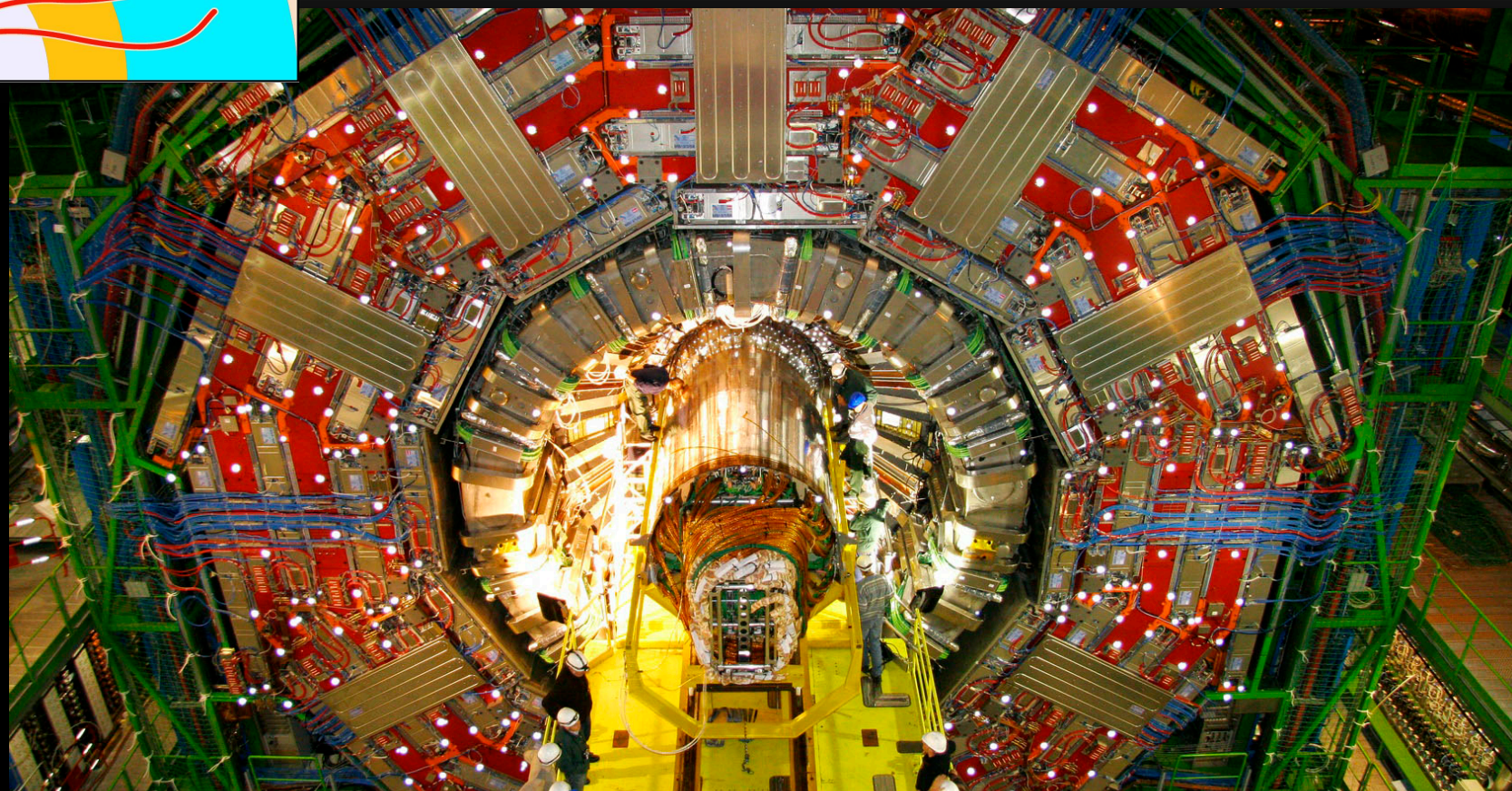
NOTRE DÉTECTEUR : L'EXPÉRIENCE CMS

- 12500 tonnes à la pointe de la technologie

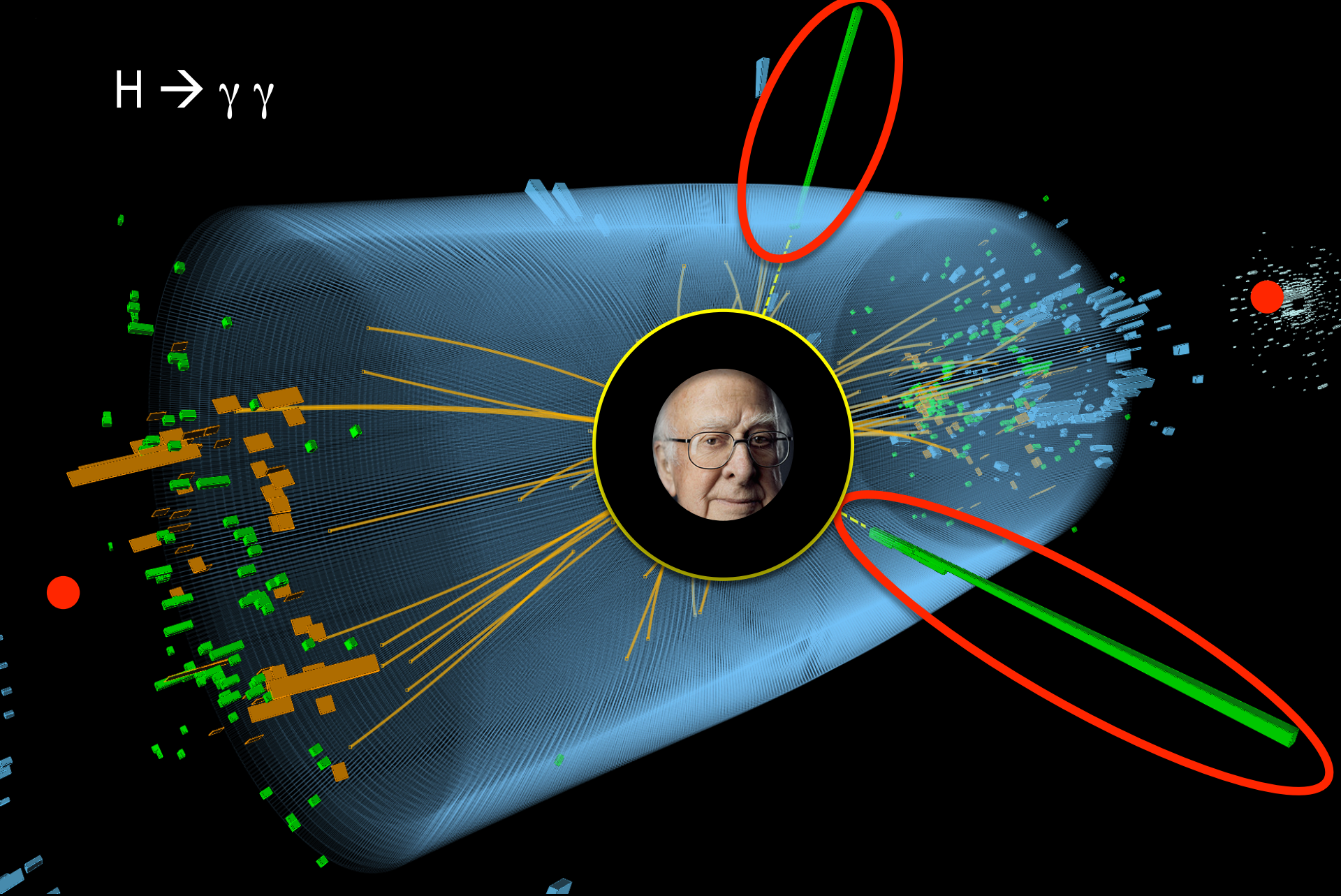




EXPÉRIENCE CMS



$$H \rightarrow \gamma\gamma$$



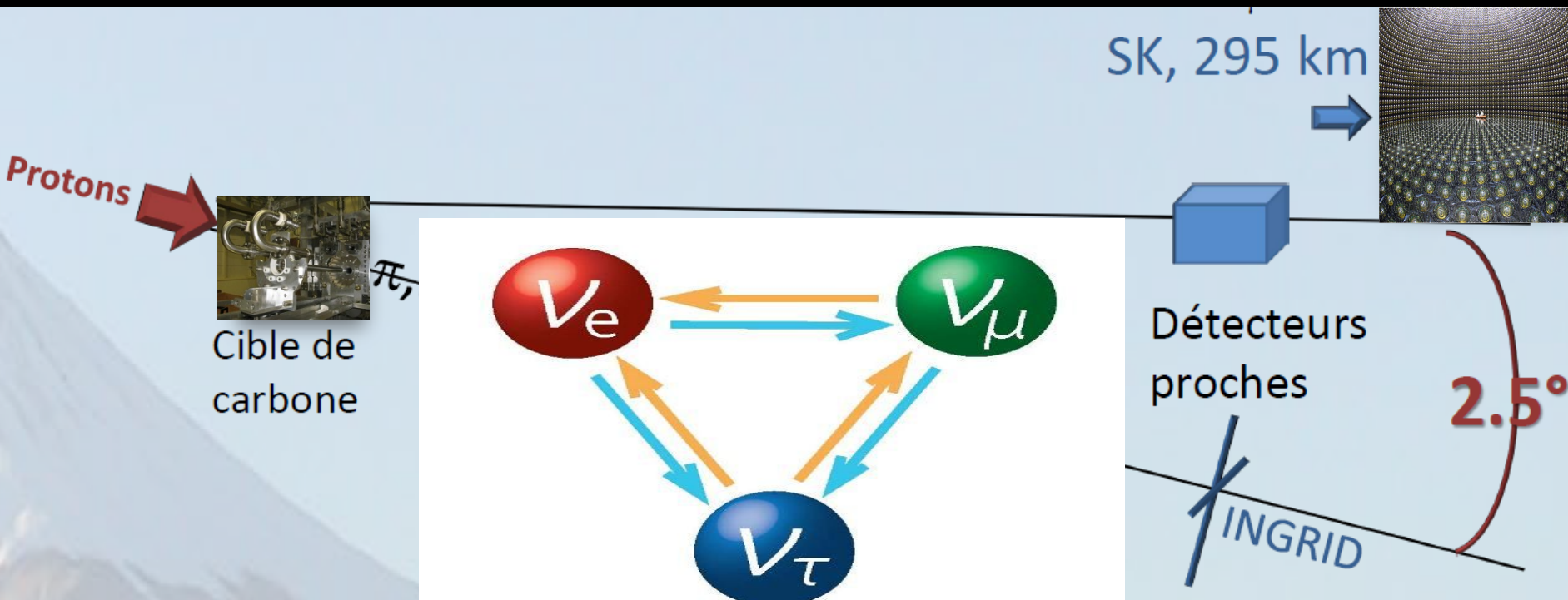
Une collision créant un « boson de Higgs », vue par CMS

LES NEUTRINOS

- Découverts en 1956
- Très abondants....100 milliards par seconde
- Interagit très peu avec la matière
- Très difficile à détecter

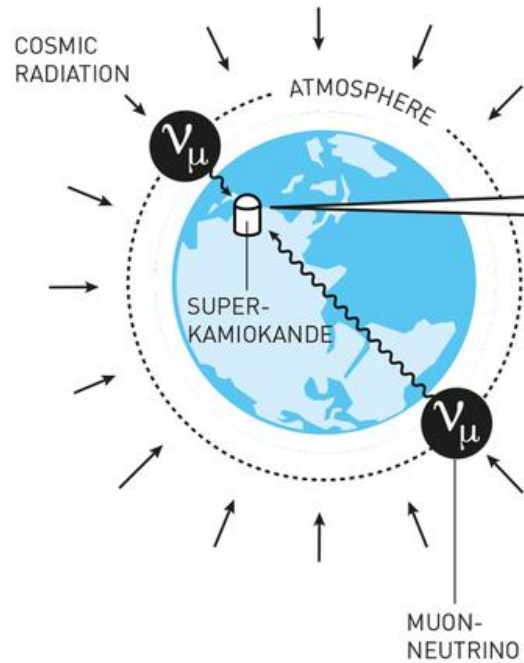
TOKAI TO KAMIOKANDE (JAPON) OSCILLATIONS DE SAVEUR DES NEUTRINOS

- Neutrinos muons produits à Tokai
- Neutrinos (e/μ) détectés 295 km en aval

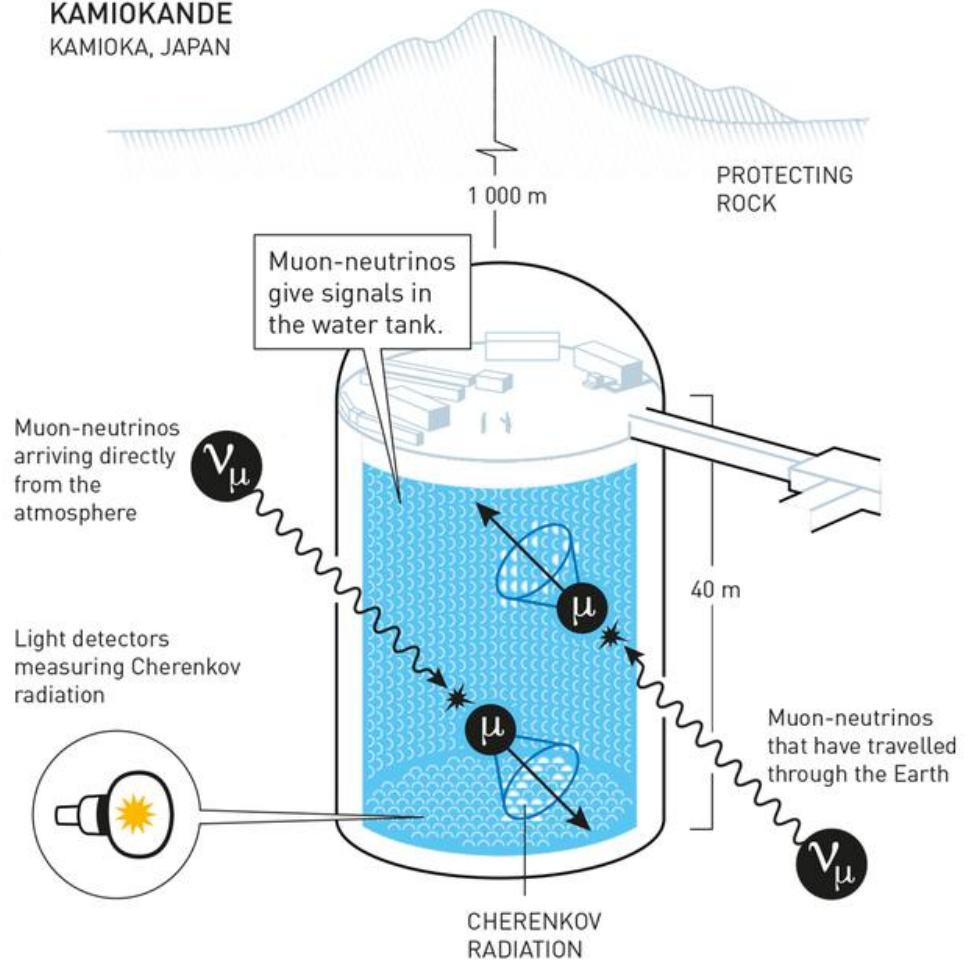


SUPER KAMIOKANDE

NEUTRINOS FROM COSMIC RADIATION



SUPER-KAMIOKANDE KAMIOKA, JAPAN



L'INFINIMENT GRAND



NGC1491

Copyright J-P Metsavainio
www.astroanarchy.zenfolio.com

NOUS ÉTUDIONS LES CONSTITUANTS DE L'UNIVERS

Comment sonder l'Univers ?

- A. En remplissant des formulaires
- B. En regardant le ciel
- C. En détectant des particules
- D. En regardant la TV



UNE EXPÉRIENCE EN ASTROPHYSIQUE



Ondes
électromagnétiques

Messagers



Rayons cosmiques

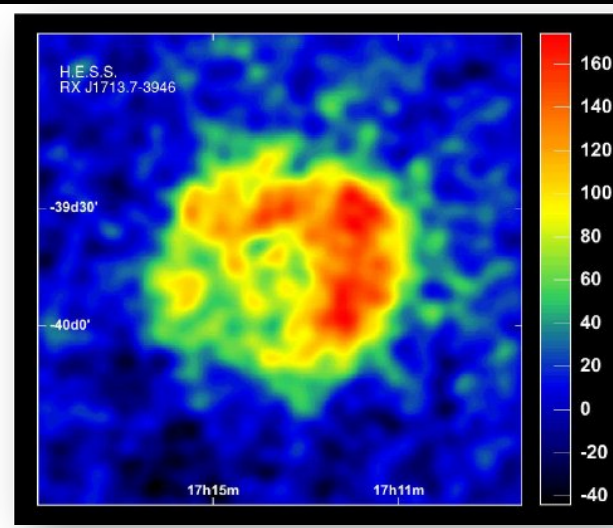
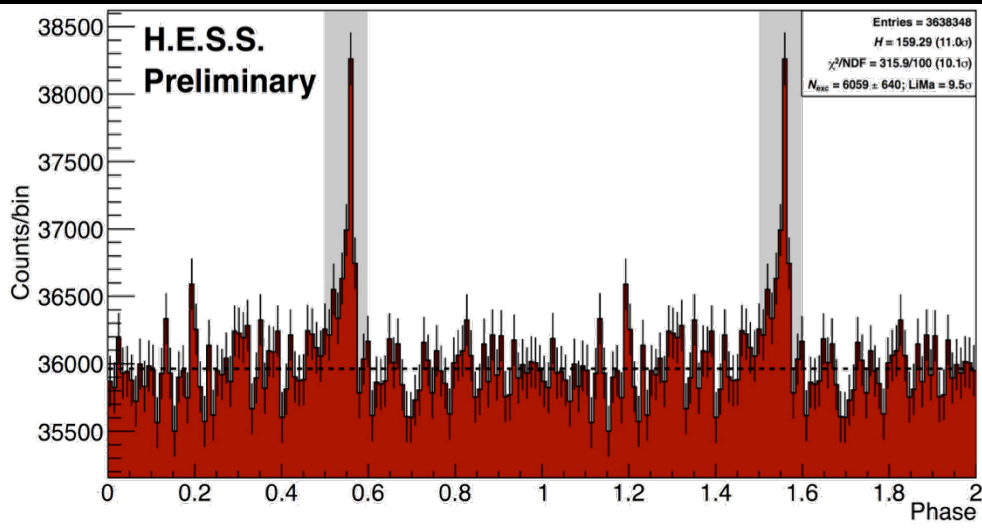
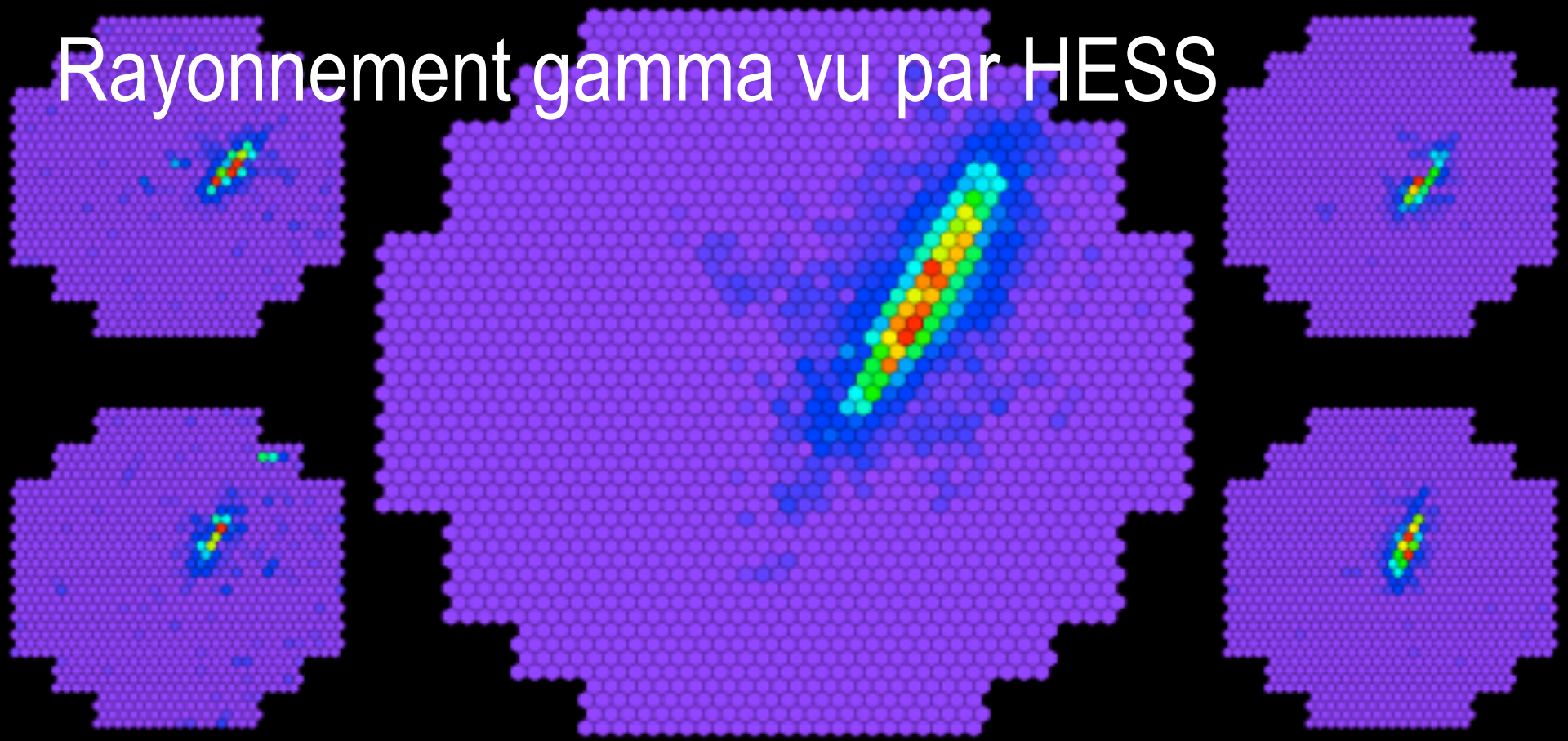
DEPUIS LE SOL : TÉLESCOPES « CHERENKOV »

L'observatoire HESS (Namibie)

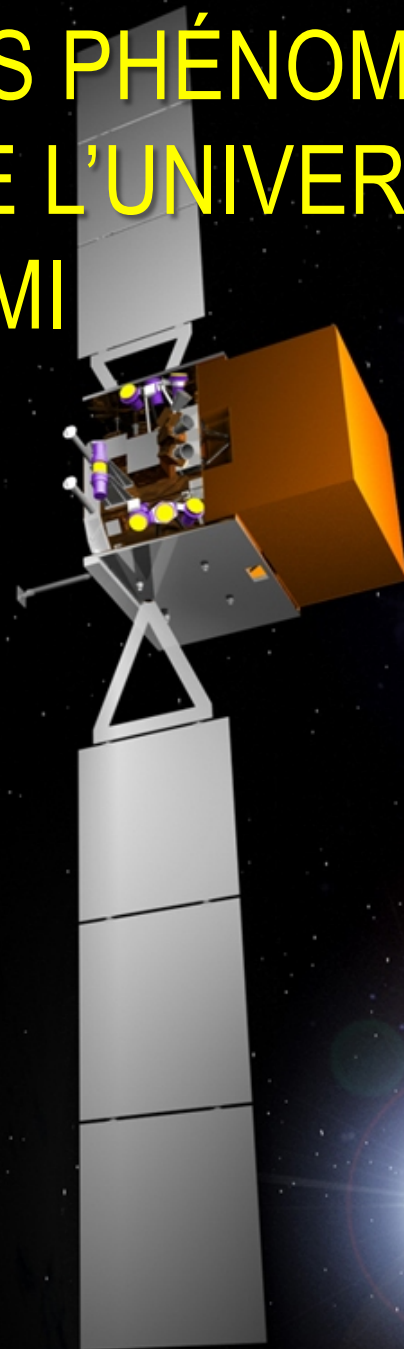
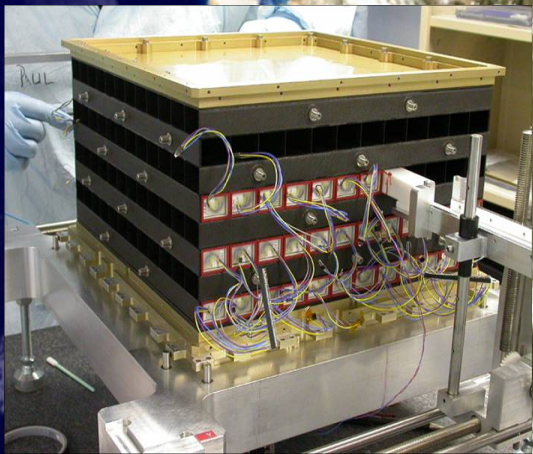
Détecte la lumière émise par l'arrêt des rayons gamma dans l'atmosphère

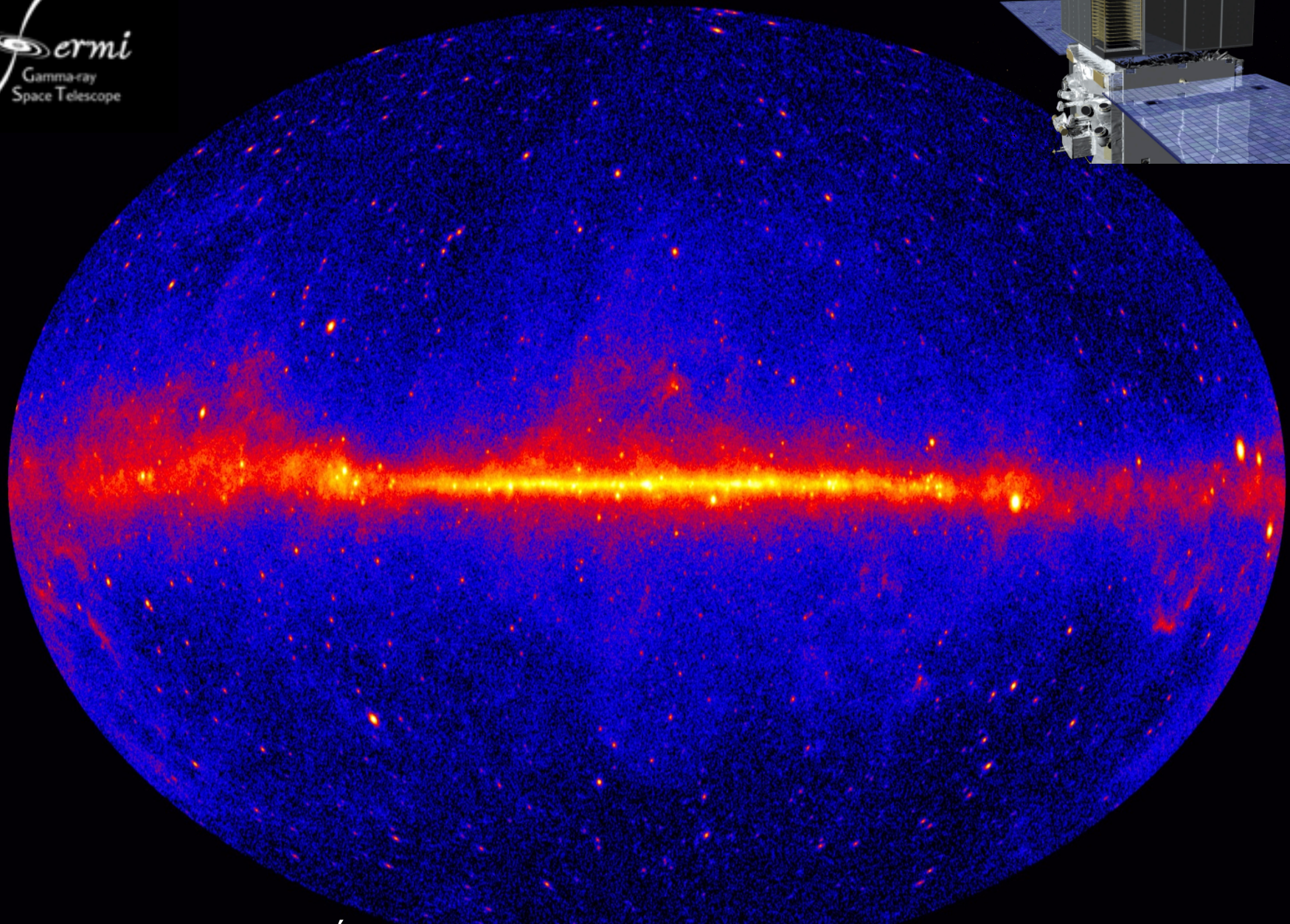


Rayonnement gamma vu par HESS



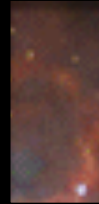
POUR ÉTUDIER LES PHÉNOMÈNES LES PLUS VIOLENTS DE L'UNIVERS : LE SATELLITE FERMI





SOURCES OBSERVÉES PAR LE SATELLITE FERMI

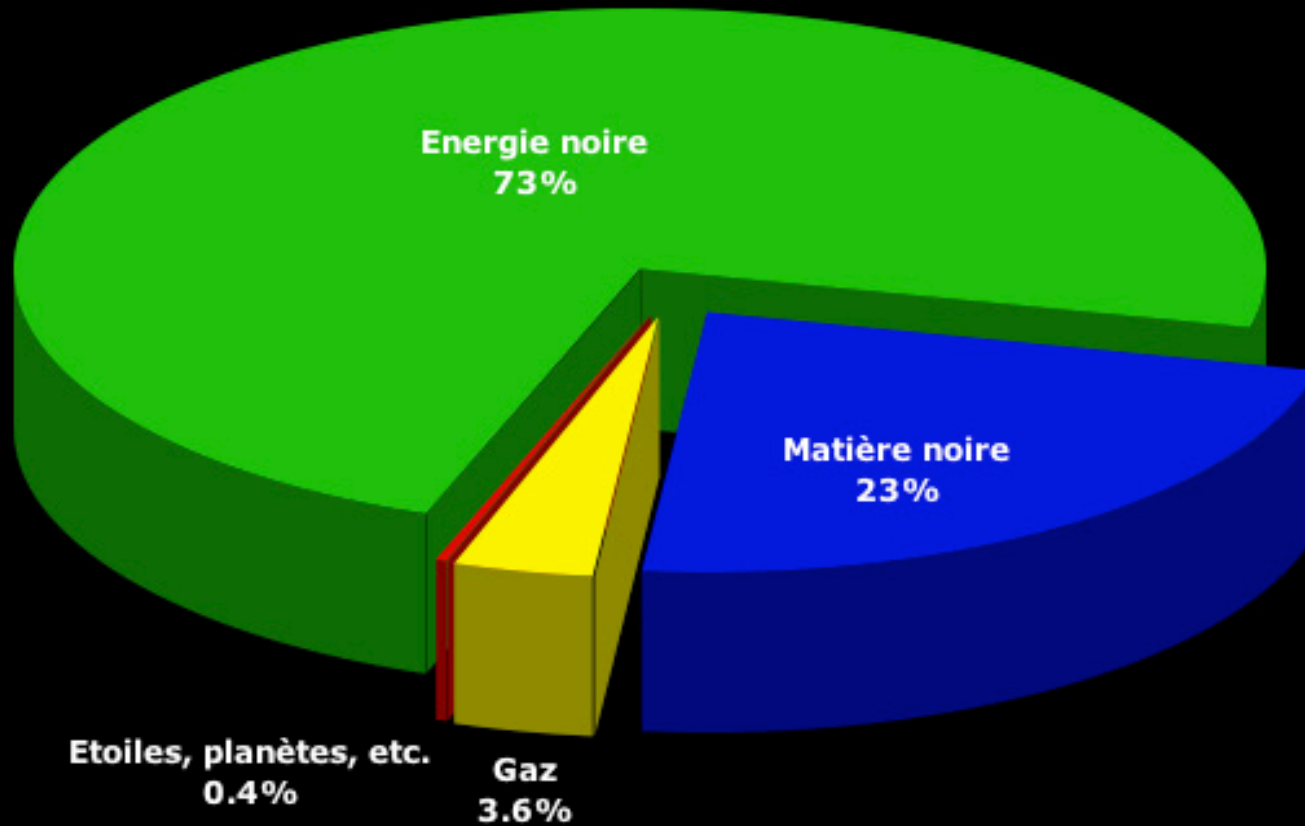
Matière noire



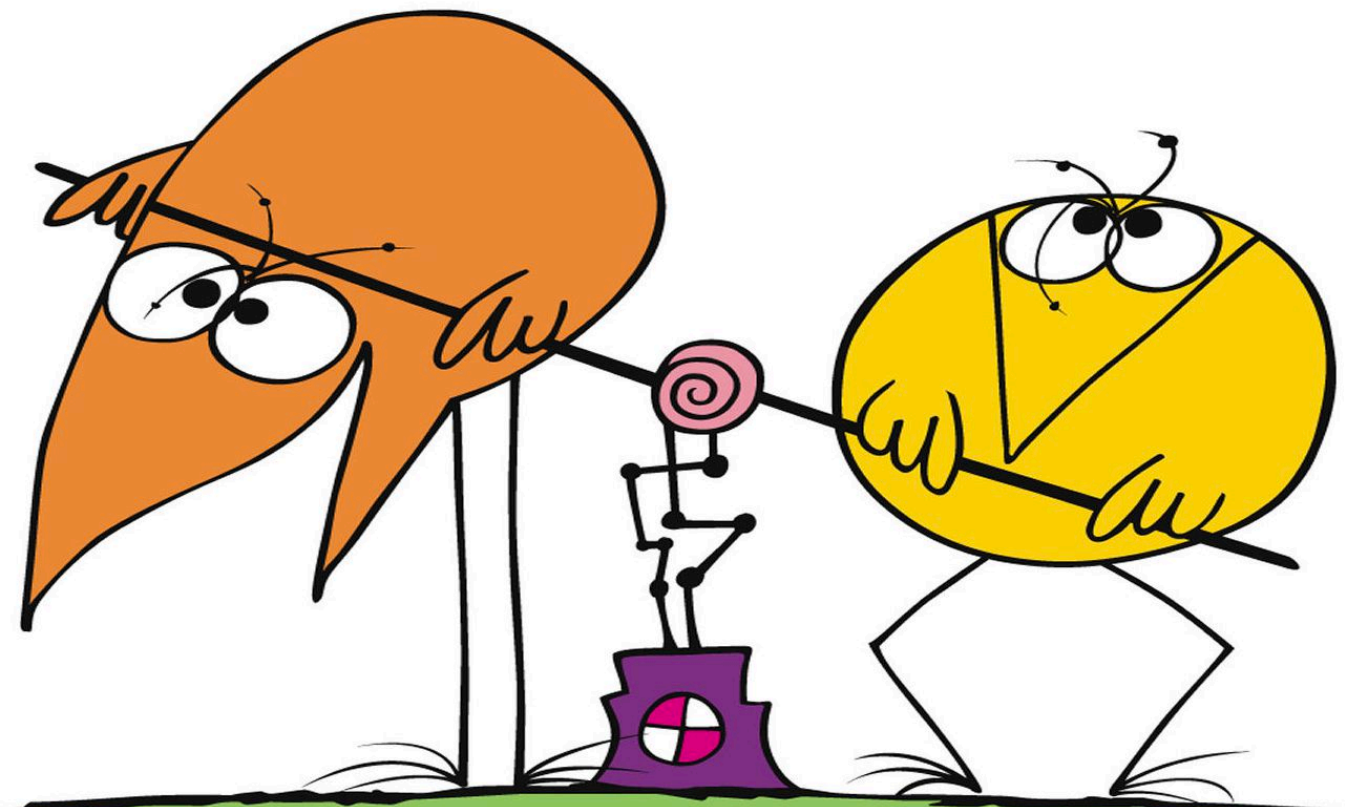
Energie noire

...NOIR C'EST NOIR...

L'univers selon nos observations



NOUS CHE



Fouxel

LOI DU 19 JANVIER 2000

Supersymmetric "shadow" particles

NOUS CHERCHONS TOUJOURS À COMPRENDRE DE
QUOI EST FAIT 96% DE NOTRE UNIVERS...

On sait ce que ce n'est pas, on ne sait pas ce que c'est...

LA PHYSIQUE S'APPLIQUE

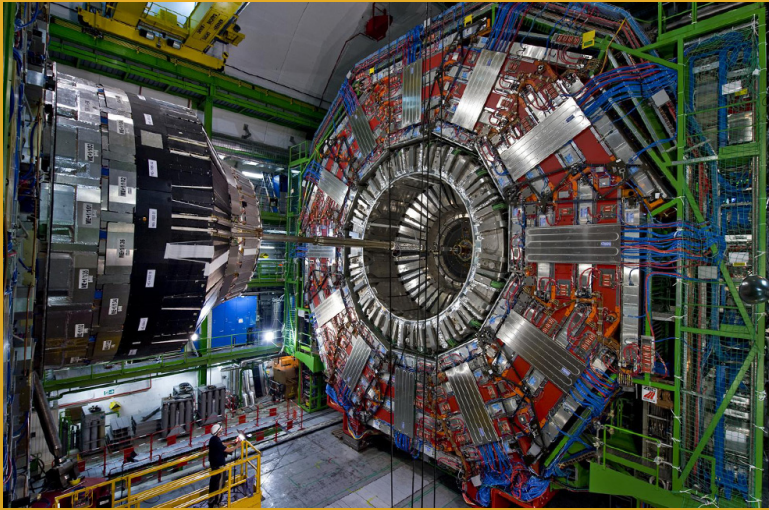


Courtesy of IBA

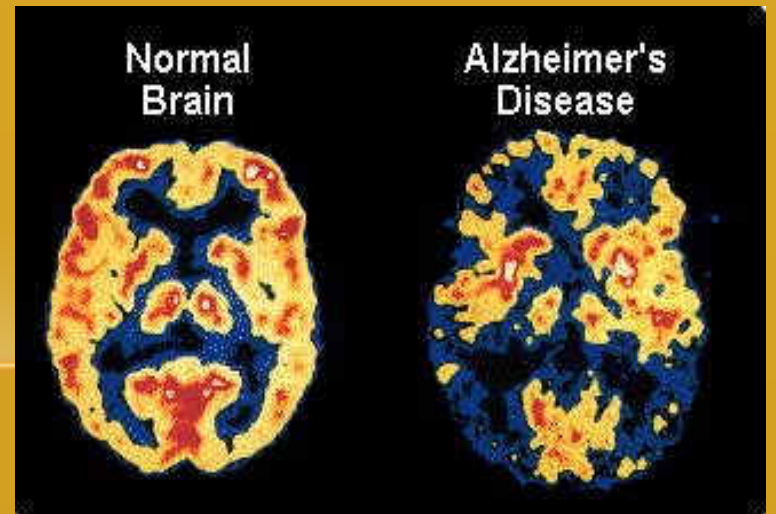
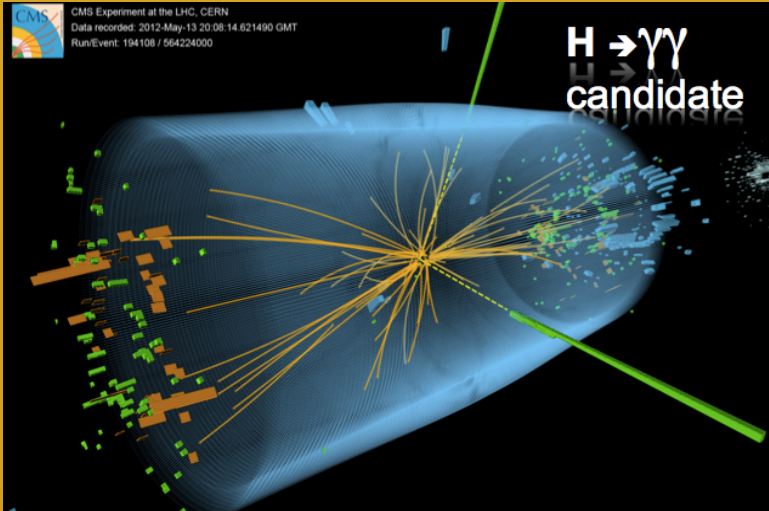
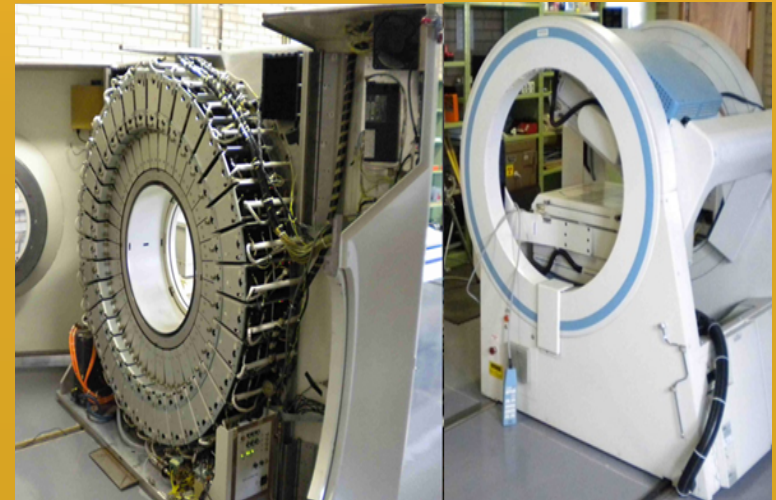
L'IMAGERIE MEDICALE

Des challenges similaires

CMS detector



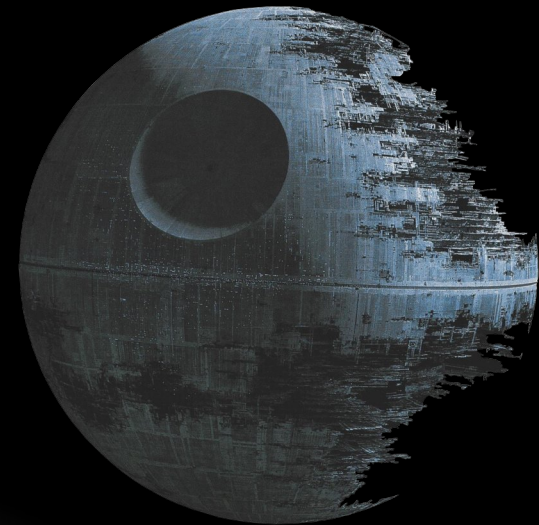
PET camera



LES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES

En plus de la recherche fondamentale, peut-on utiliser des accélérateurs de particules?

- A. Oui, pour soigner des cancers
- B. Oui, pour irradier des bananes
- C. Oui, pour détruire l'Etoile Noire
- D. Non, c'est bien trop compliqué



LES ACCELERATEURS DE PARTICULES

Plus de 13000 accélérateurs de particules en service dans le monde

General industrial use:

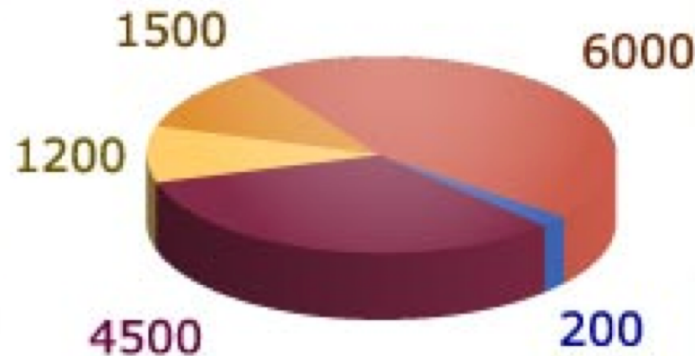
Sterilisation, imaging

Research accelerators:

Particles, synchrotron light used in biomedical, physics, chemistry, biology, material research

Radiotherapy:

Cancer treatment with X-rays, protons and other particles



Ion implantation, surface modifications:

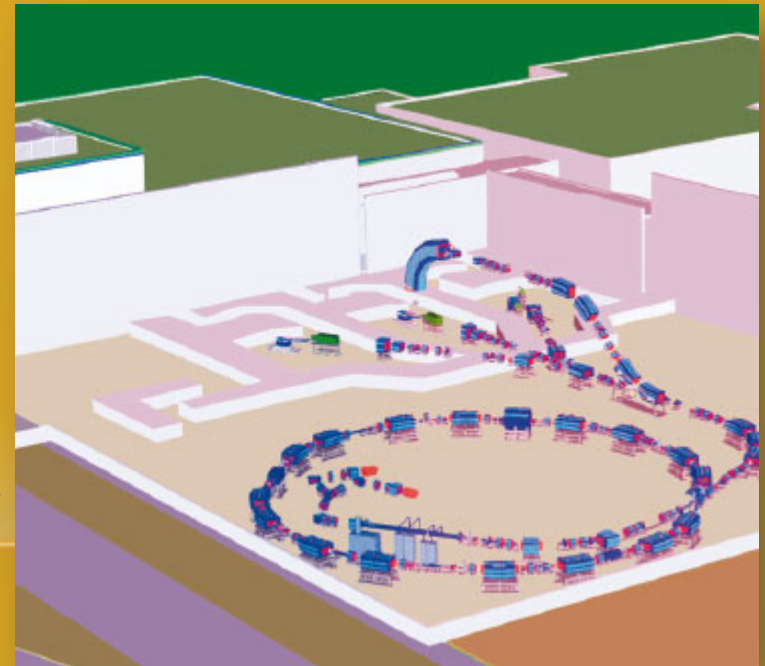
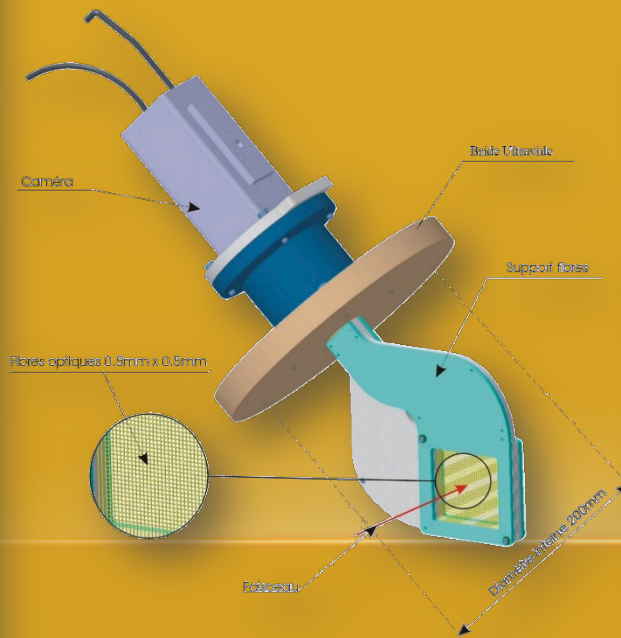
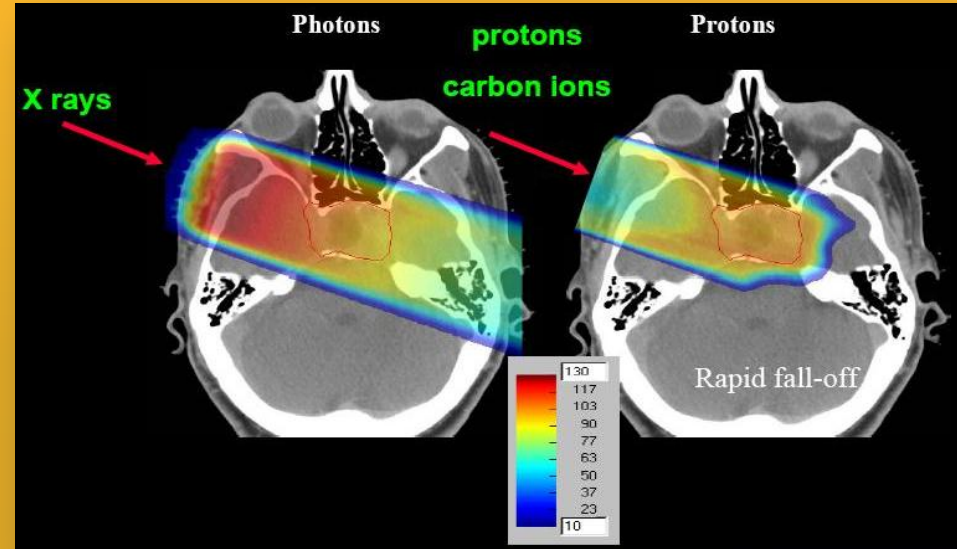
Controlled semiconductor doping; Changing properties of surfaces

Radioisotope production:

Cancer treatment; imaging organs for medical use

HADRONTHÉRAPIE

- Permet de soigner certains cancers par faisceaux de protons ou de noyaux
- Notre laboratoire conçoit des détecteurs pour cette application

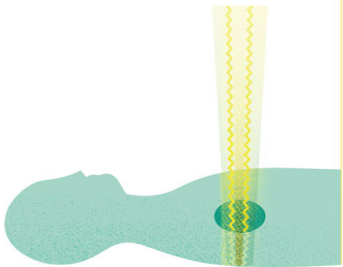


HADRONTHERAPY

X-RAY VS. CHARGED-PARTICLE THERAPY

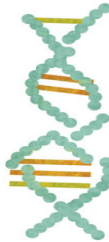
X-RAYS

X-rays used in radiation treatment pass straight through the body, damaging healthy tissue both coming and going.



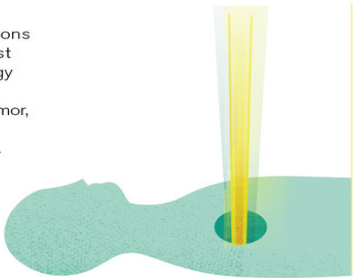
EFFECT ON TUMOR DNA

Tumors may repair or resist some X-ray damage to their DNA.



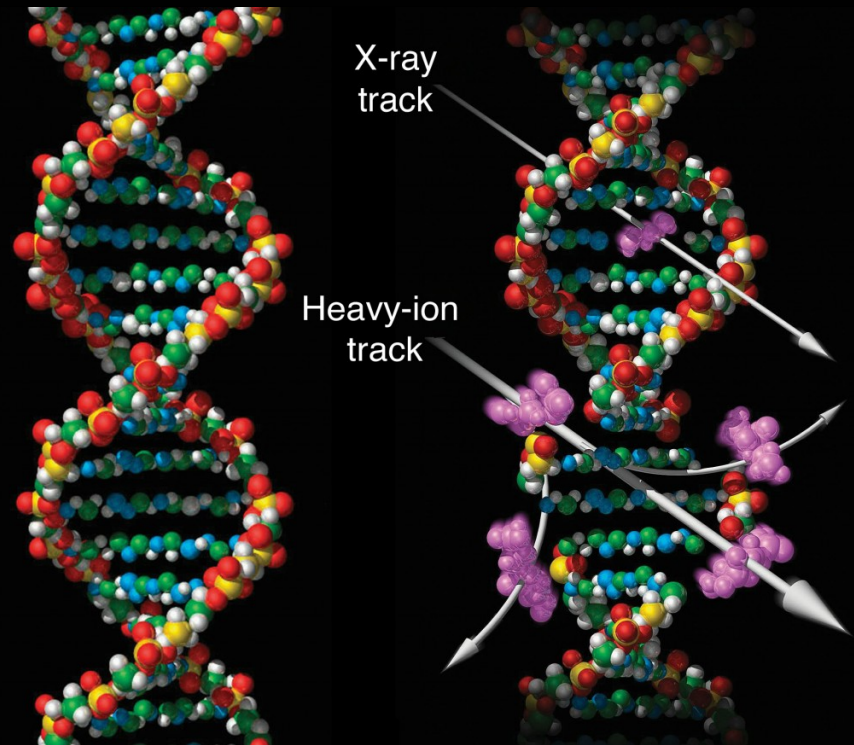
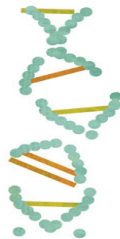
CHARGED PARTICLES

Protons and ions deposit almost all their energy where they stop in the tumor, sparing more healthy tissue.



EFFECT ON TUMOR DNA

Protons, left, cause slightly more damage than X-rays to tumor DNA. Carbon ions, right, cause 2-3 times more damage.



POURQUOI FAIT-ON CE TYPE DE RECHERCHES QUI COÛTE POURTANT TRÈS CHER ?

- A. parce que certaines de ces découvertes trouveront une application un jour
- B. parce que cela produit des connaissances nouvelles
- C. parce que tout ce qui n'a pas été découvert ne pourra jamais être utilisé
- D. parce que ces recherches poussent les ingénieurs et les industriels à mettre au point des technologies utiles par la suite
- E. parce que c'est dans la nature de l'Humanité d'essayer de comprendre le monde qui nous entoure