



**UMR7346**



© Francis Quintric

# Bienvenue au CPPM ...

**Un laboratoire d'excellence (A+)  
fort de plus de 150 collaborateurs  
Au coeur de l'Univers et de la matière**

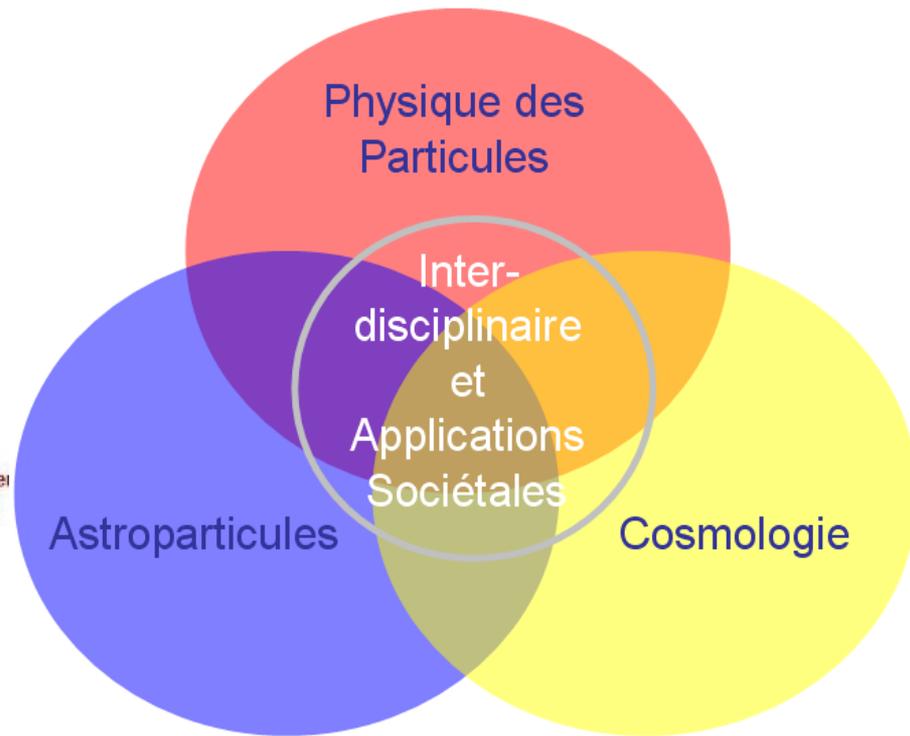
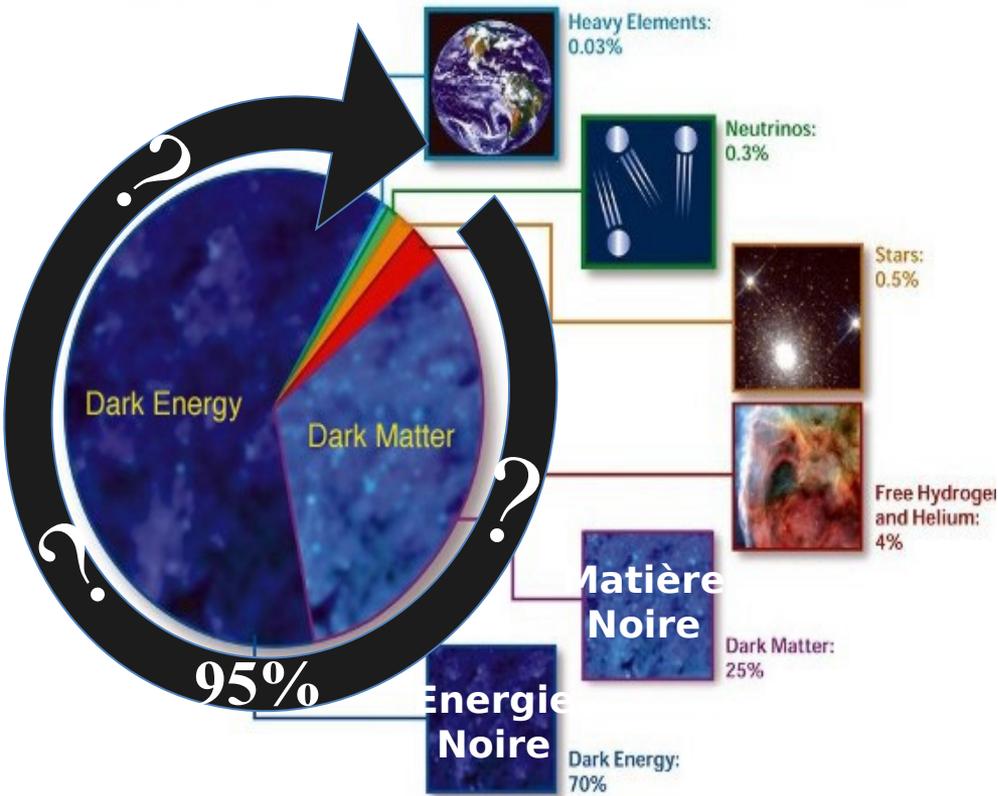


Eric Kajfasz – 5 septembre 2011



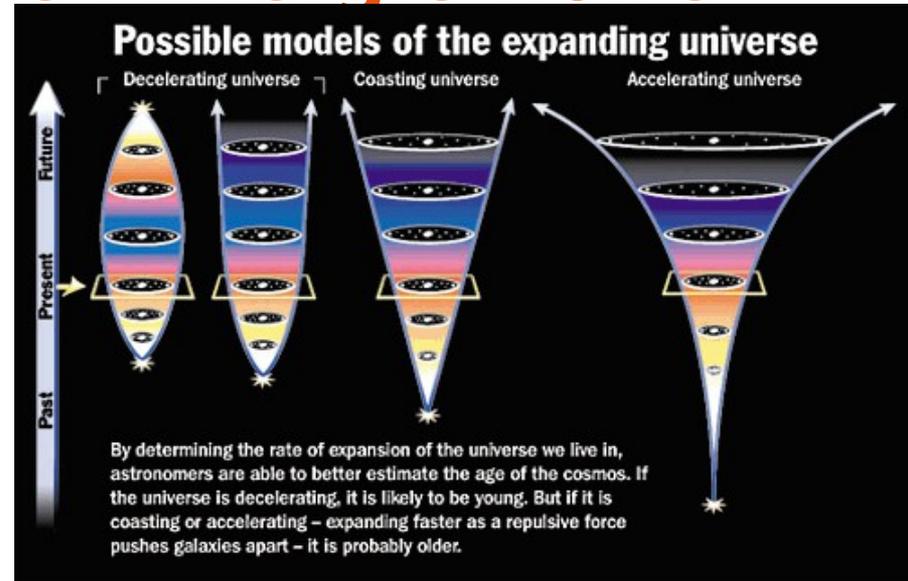
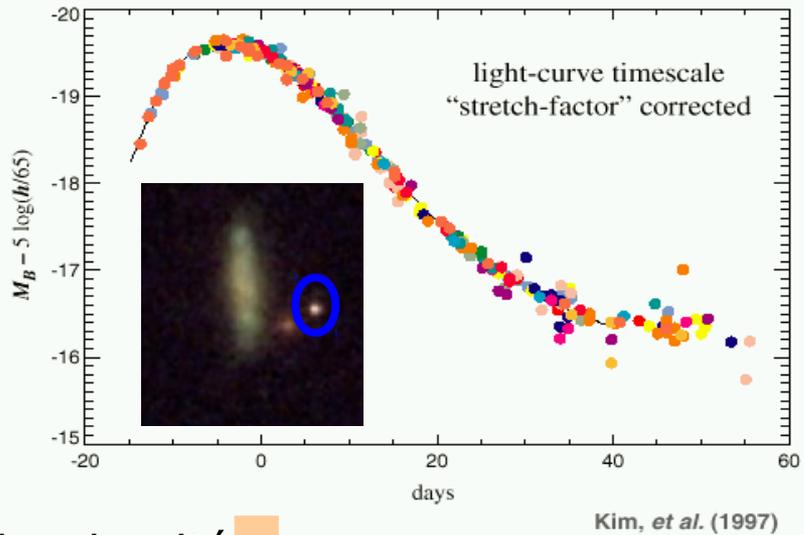
# Missions du laboratoire

De l'infiniment petit à l'infiniment grand  
 Comprendre notre Univers,  
 De quoi il est constitué et comment il évolue...



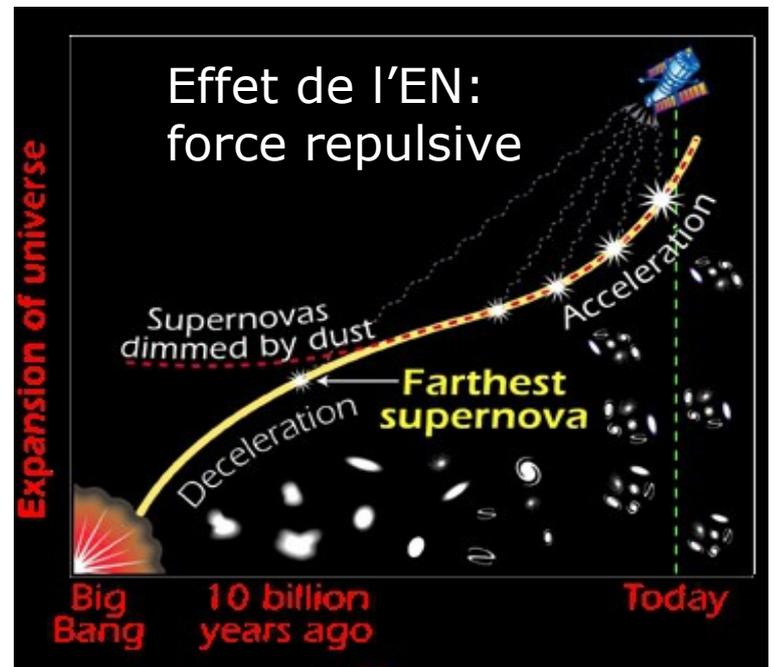
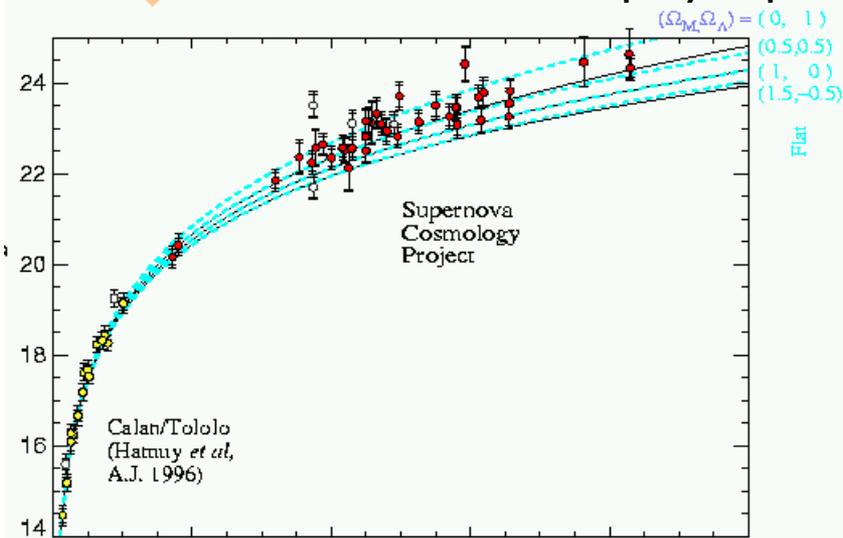
# Cosmologie:

## Mise en évidence de l'Énergie Noire



Luminosité  
+  
Redshift

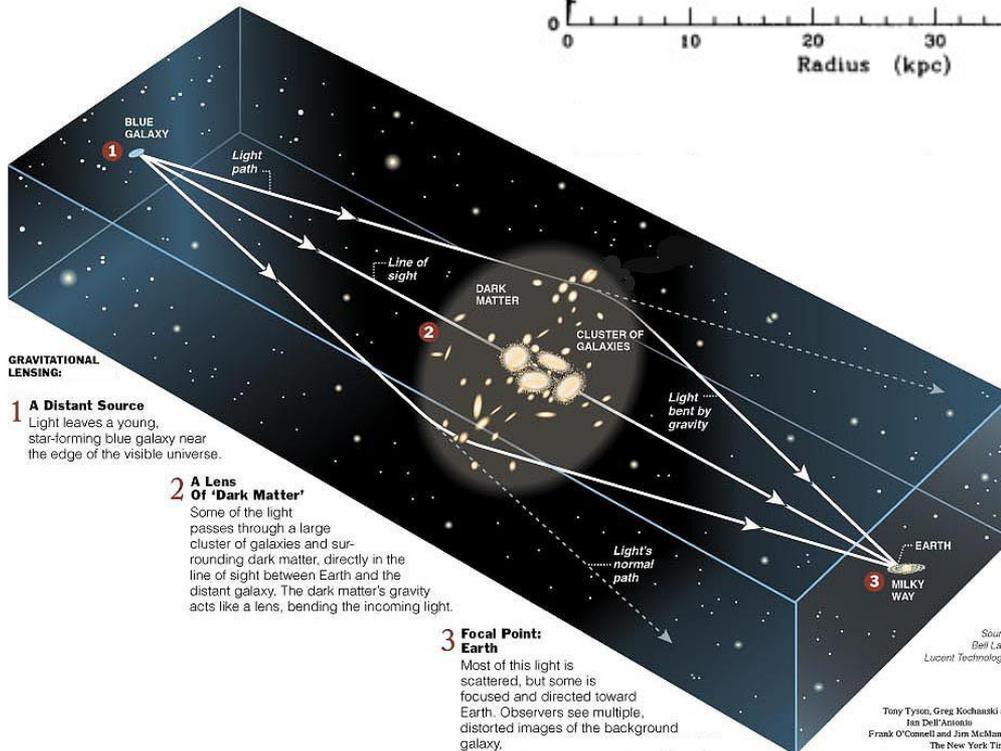
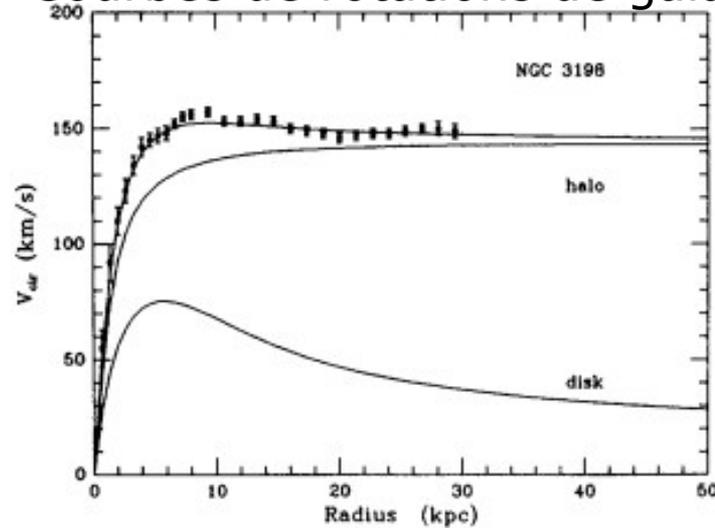
Explosions de SN de type Ia  
Chandelles astrophysiques



# Cosmologie:

## Mise en évidence de la Matière Noire

### Courbes de rotations de galaxies

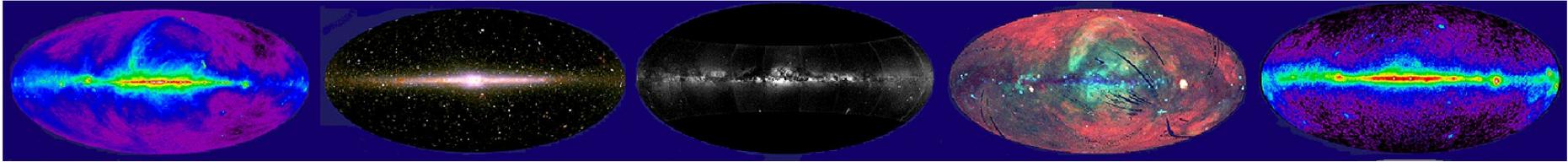


### Lentilles gravitationnelles

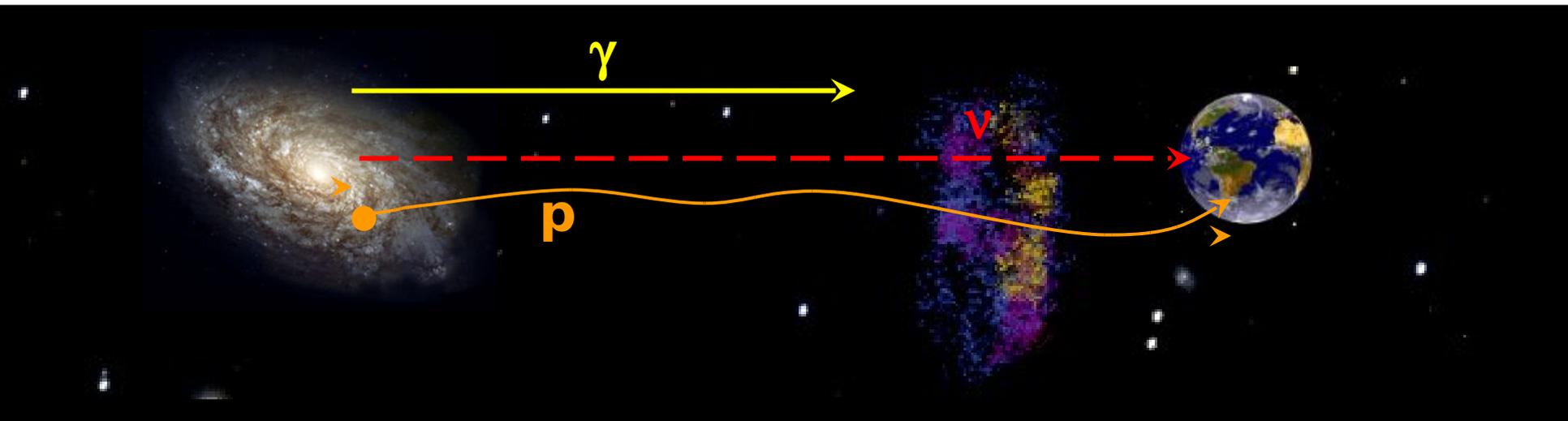
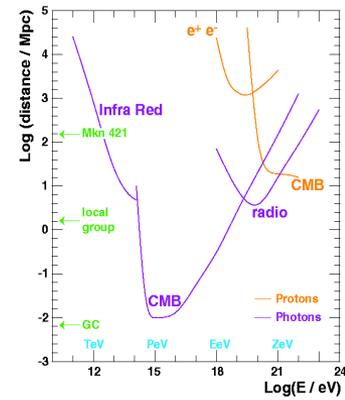


# Astroparticules

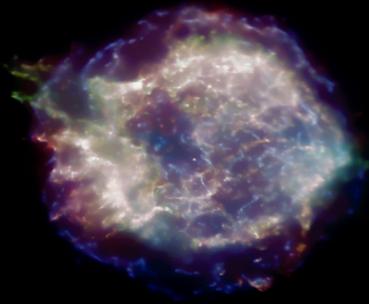
On connaît l'Univers grâce aux photons



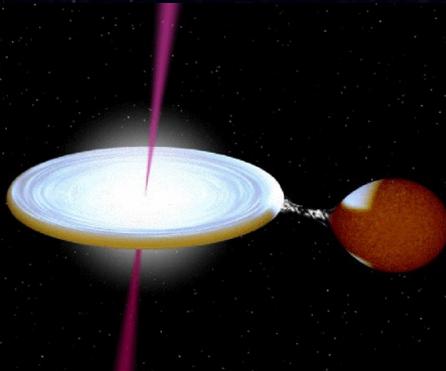
Un nouveau messenger,  
le neutrino



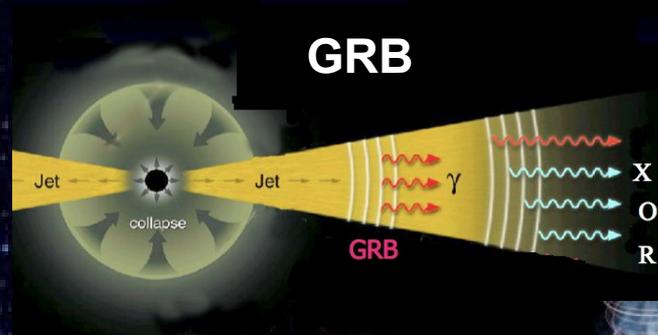
# Sources Potentielles de neutrinos de haute énergie



SNR



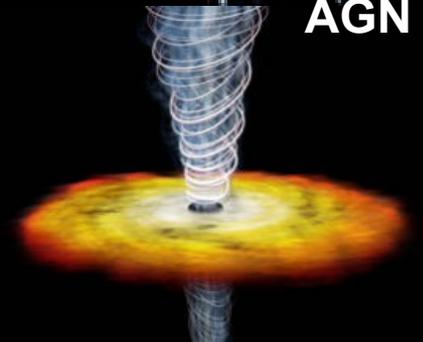
μ-quasar



GRB

GRB

γ  
X  
O  
R



AGN

## Mais aussi la Matière Noire ...

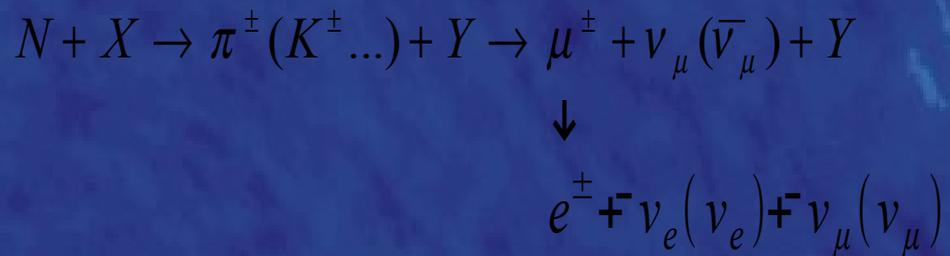
WIMP



Soleil

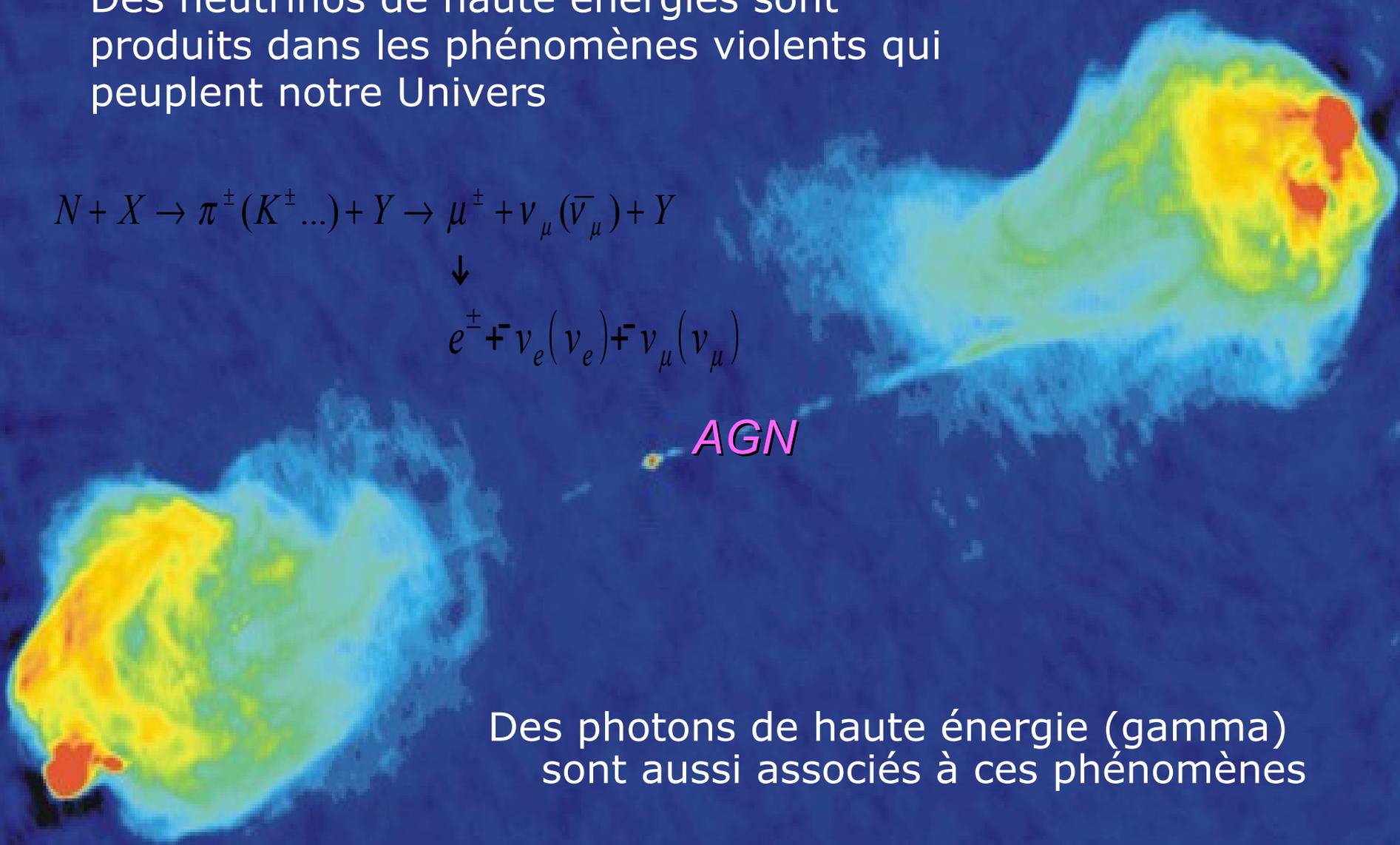
Accretion dans le soleil  
Suivie d'auto-annihilations

Des neutrinos de haute énergie sont produits dans les phénomènes violents qui peuplent notre Univers



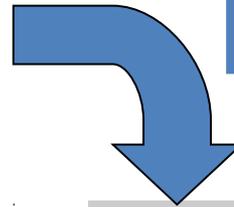
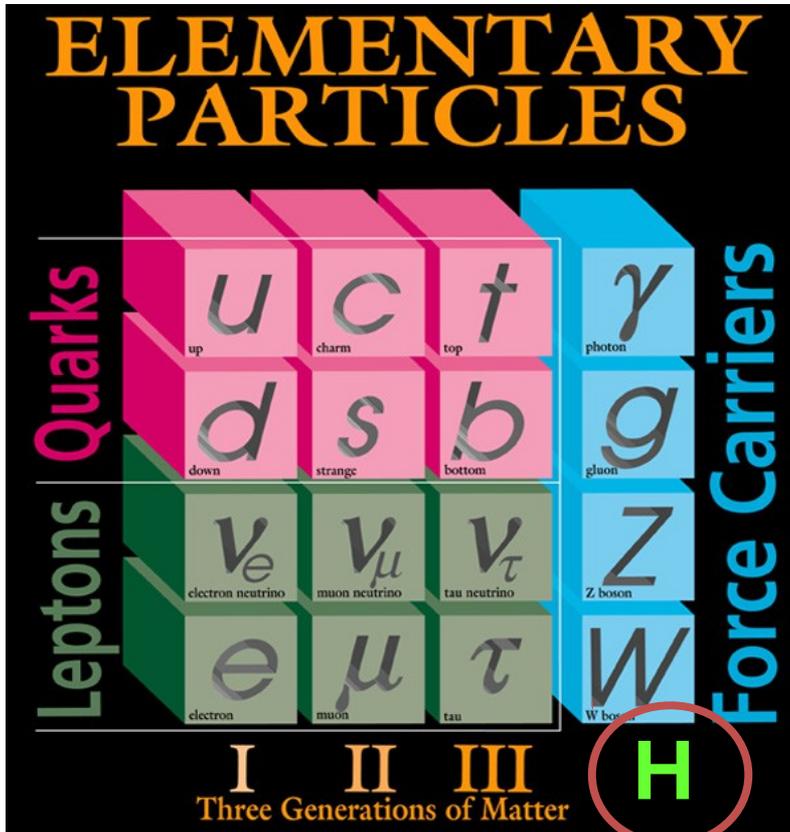
AGN

Des photons de haute énergie (gamma) sont aussi associés à ces phénomènes

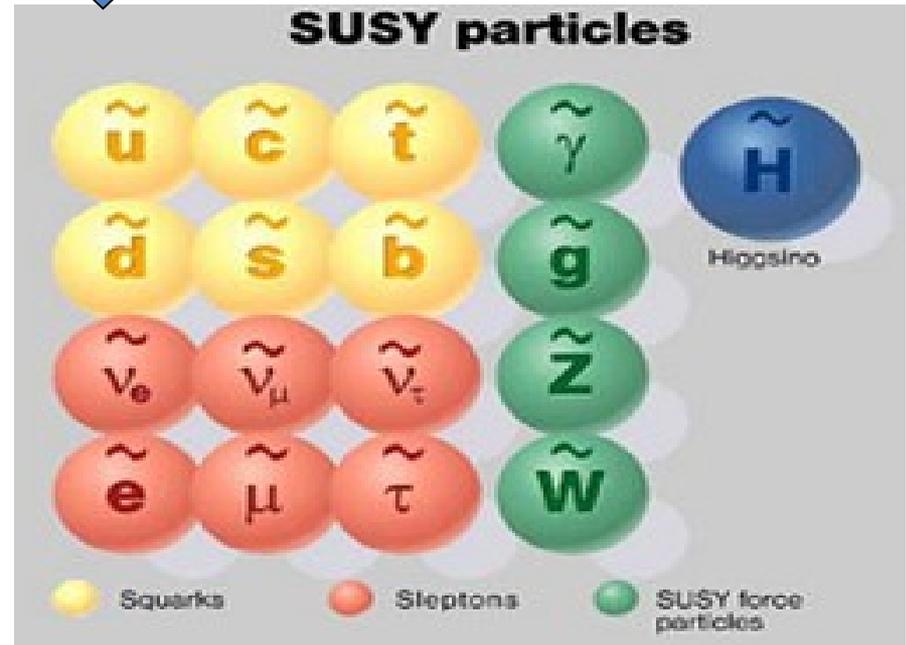


# Physique des Particules

Modèle Standard



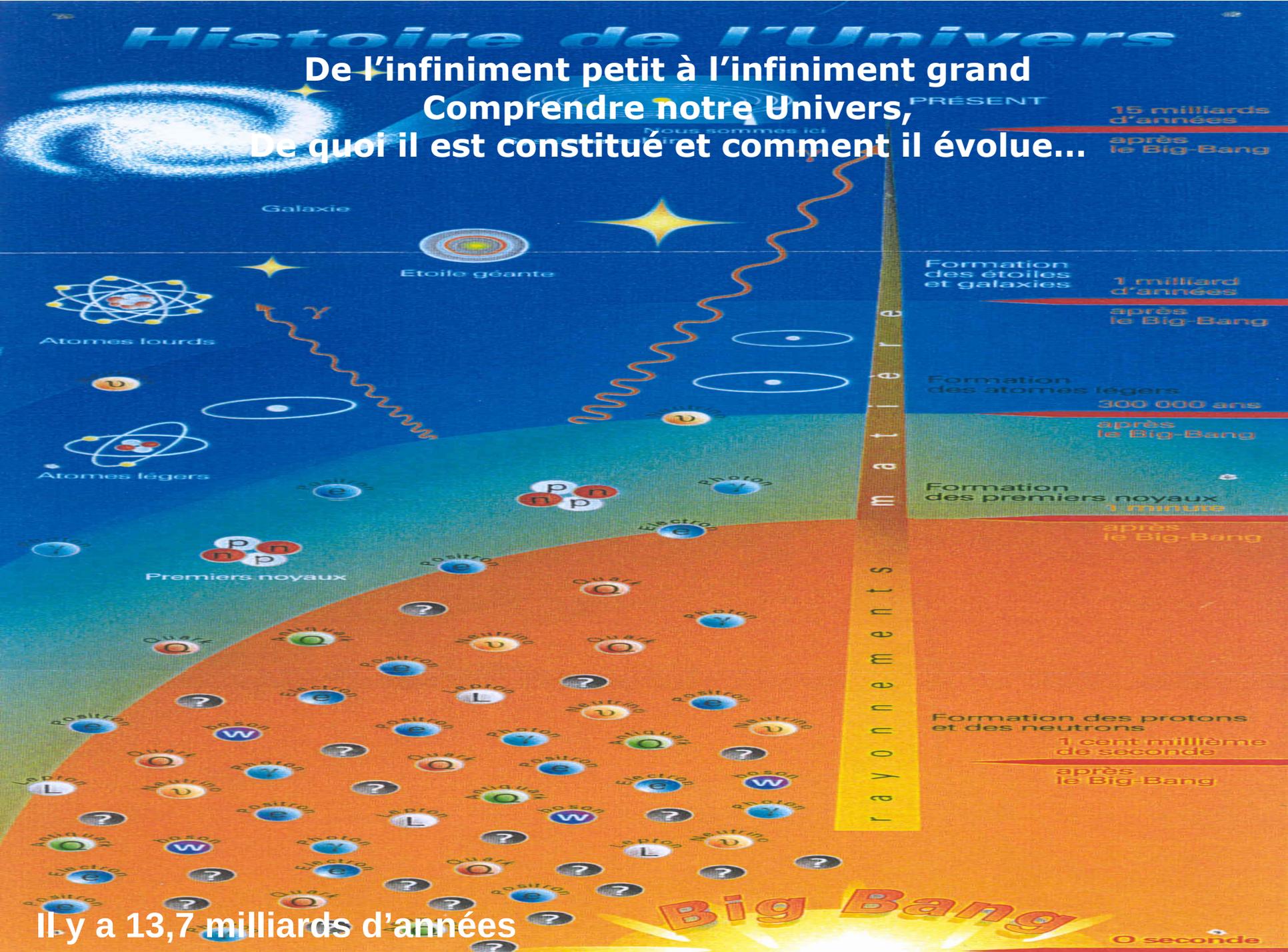
**SUPERSYMETRIE**



- Génération de la masse des particules élémentaires
- Asymétrie matière-antimatière
- Physique au delà du Modèle Standard  
 => Candidat pour la matière noire

# Histoire de l'Univers

De l'infiniment petit à l'infiniment grand  
Comprendre notre Univers,  
De quoi il est constitué et comment il évolue...



PRÉSENT

15 milliards d'années

après le Big-Bang

Formation des étoiles et galaxies

1 milliard d'années

après le Big-Bang

Formation des atomes légers

300 000 ans

après le Big-Bang

Formation des premiers noyaux

1 minute

après le Big-Bang

Formation des protons et des neutrons

1 cent millièème de seconde

après le Big-Bang

r  
a  
y  
o  
n  
n  
e  
m  
e  
n  
t  
s

Il y a 13,7 milliards d'années

Big Bang

0 seconde

AUPRES DES  
ACCELERATEURS

H1 @ HERA  
(Hambourg)

e-p  
319 GeV



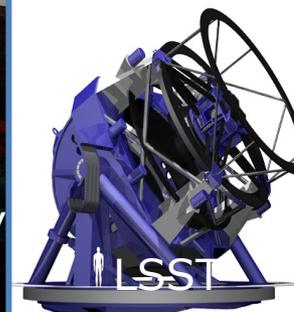
D0 @ Tevatron  
(Chicago)

p-pbar 2TeV

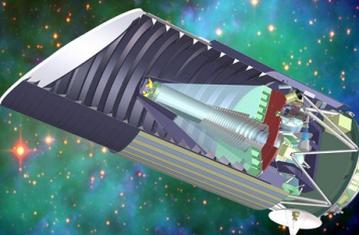


SUR LES MONTAGNES

SNLS/SNFactory  
BOSS



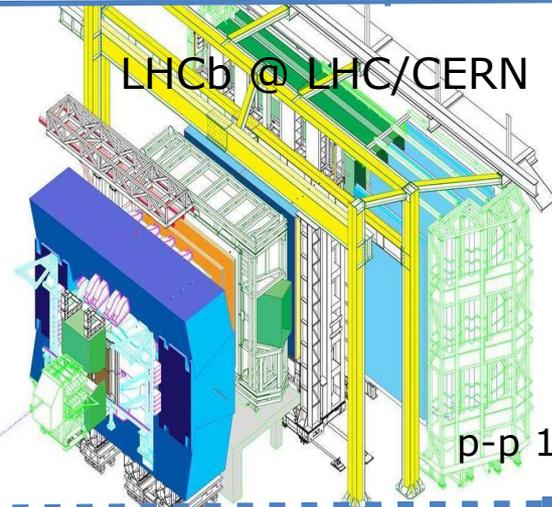
DANS L'ESPACE



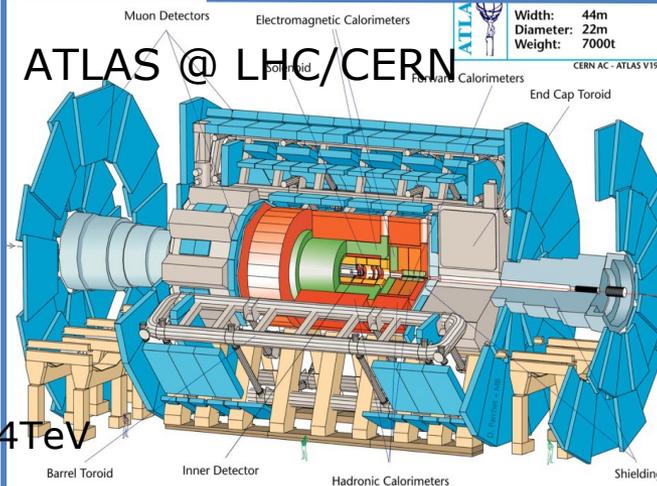
EUCLID/WFIRST

LHCb @ LHC/CERN

p-p 14TeV



ATLAS @ LHC/CERN



Width: 44m  
Diameter: 22m  
Weight: 7000t

CERN AC - ATLAS V1992



**Collaborations  
Scientifiques  
Internationales**  
sur, dans et autour  
de la Planète ...

SOUS LES MONTAGNES

SuperNEMO



SUR LES HAUTS PLATEAUX

CTA



AU FOND DE LA MER  
(-2500 m)

ANTARES/MEUST/KM3



AUPRES DES ACCELERATEURS

H1 @ HERA (Hambourg)

e-p  
319 GeV

D0 @ Tevatron (Chicago)

p-pbar 2TeV

SUR LES MONTAGNES

SNLS/SNFactory  
BOSS



LSST

DANS L'ESPACE

Caractérisation de l'Energie Noire  
Approche multi-sondes renforcée

EUCLID/WFirst

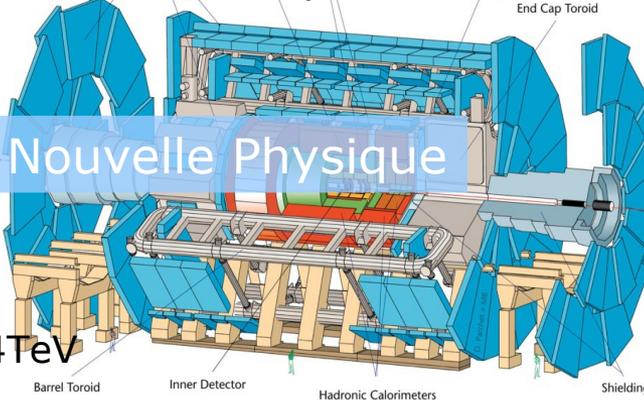


LHCb @ LHC/CERN

Recherche de Nouvelle Physique

p-p 14TeV

ATLAS @ LHC/CERN

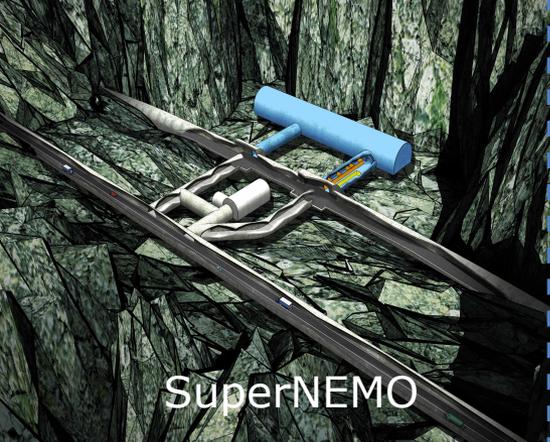


Width: 44m  
Diameter: 22m  
Weight: 7000t



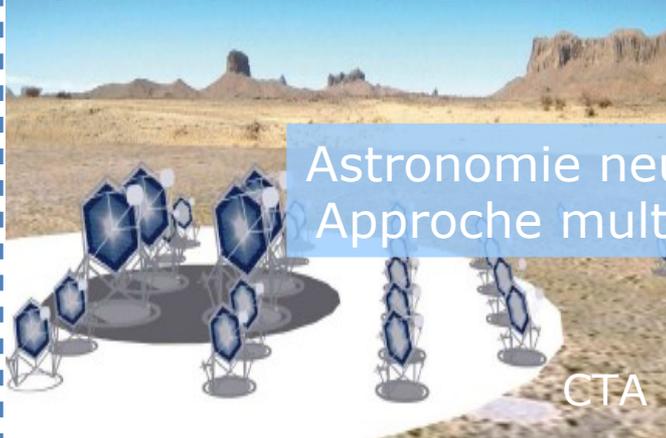
Collaborations Scientifiques Internationales sur, dans et autour de la Planète ...

SOUS LES MONTAGNES



SuperNEMO

SUR LES HAUTS PLATEAUX



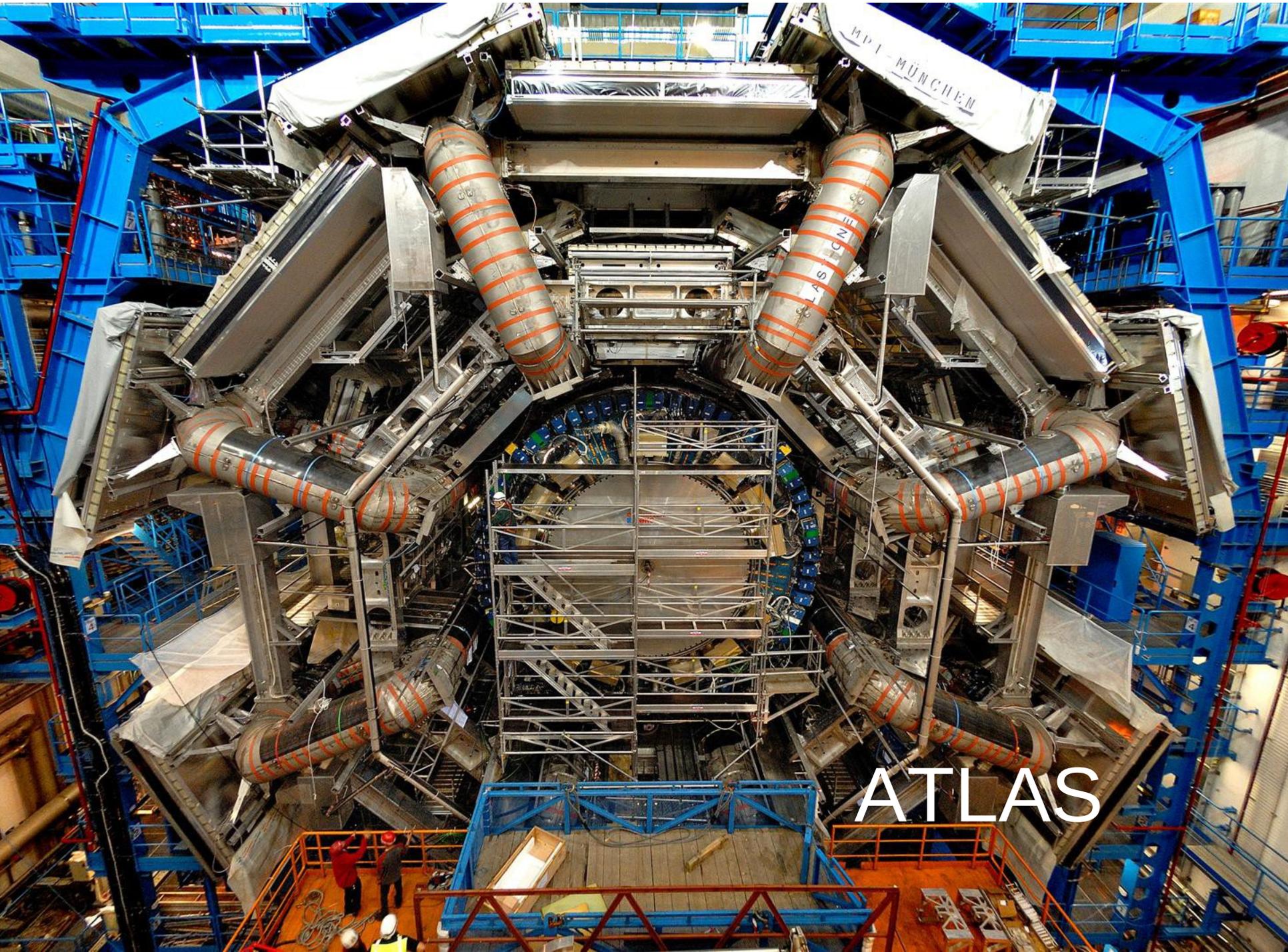
CTA

Astronomie neutrino priorité du CPPM  
Approche multi-messagers renforcée

AU FOND DE LA MER (-2500 m)



ANTARES/MEUST/KM3



ATLAS

MPI - MÜNCHEN

ATLAS

ATLAS

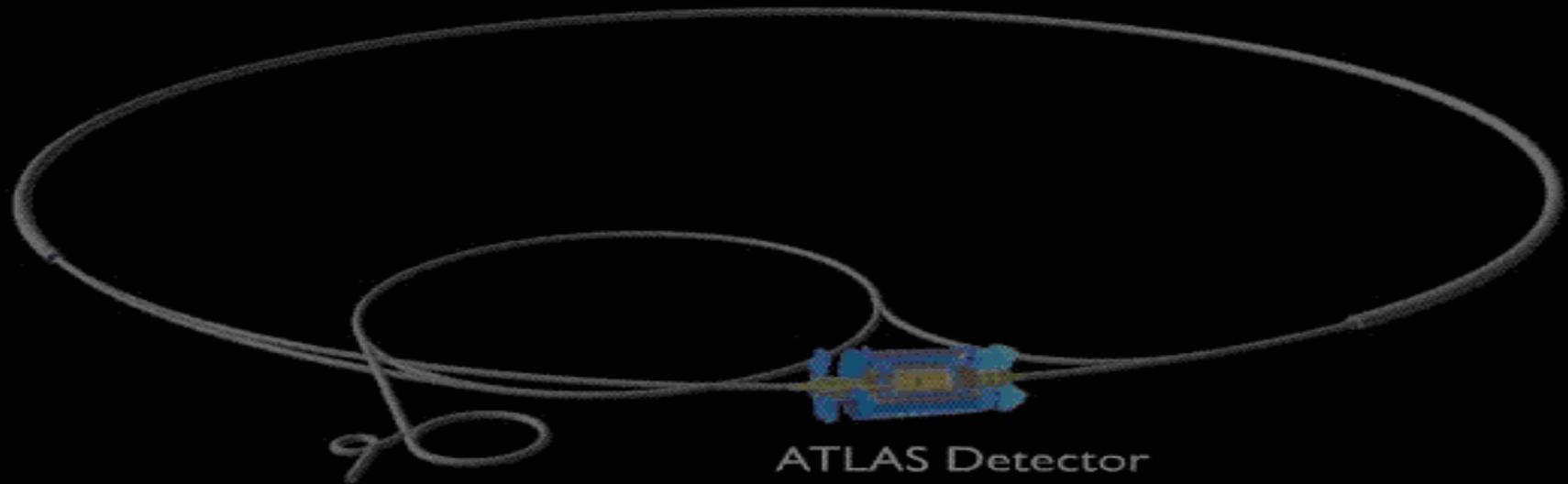
ATLAS

ATLAS

# Le LHC et ATLAS au CERN

PLAY ▶

Large Hadron Collider

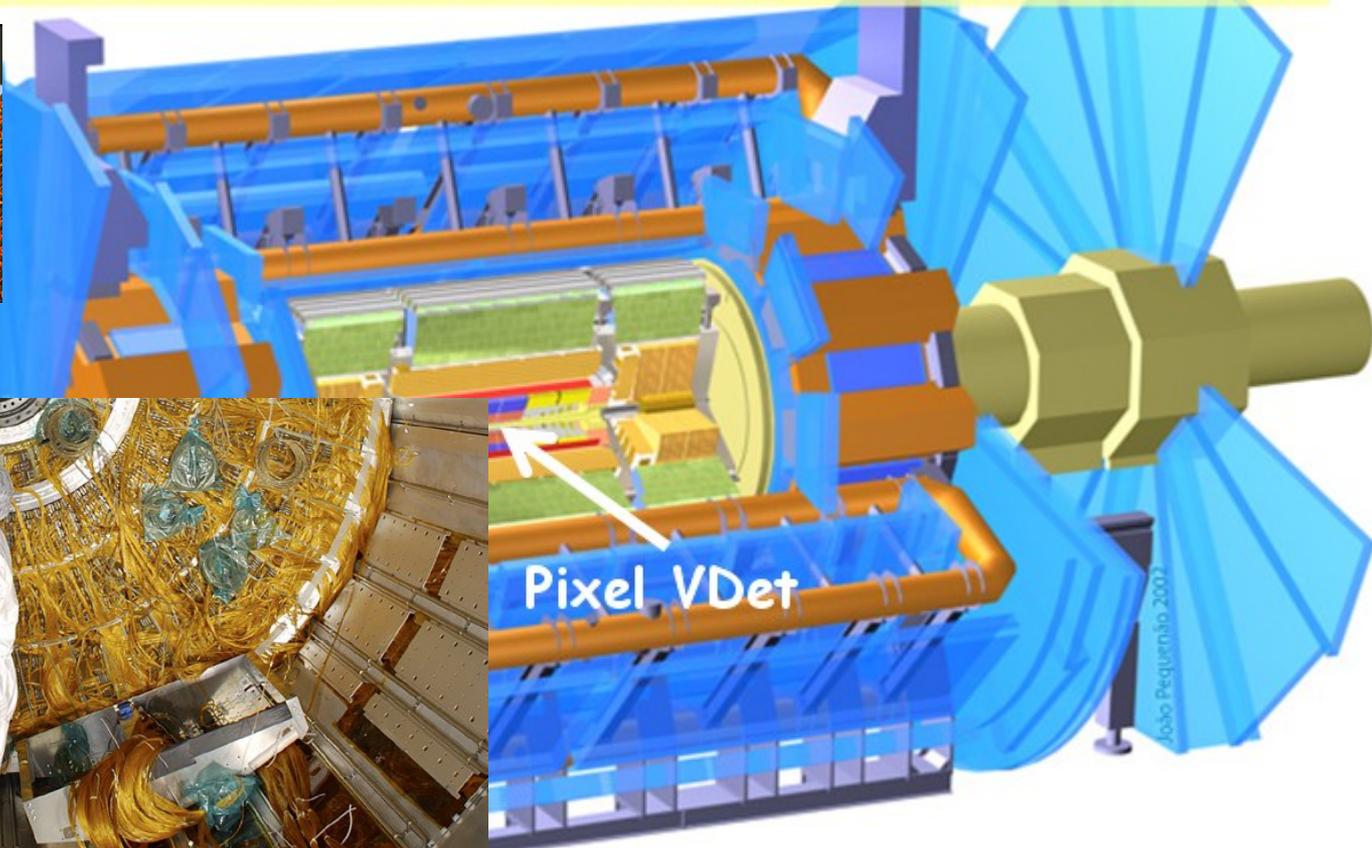
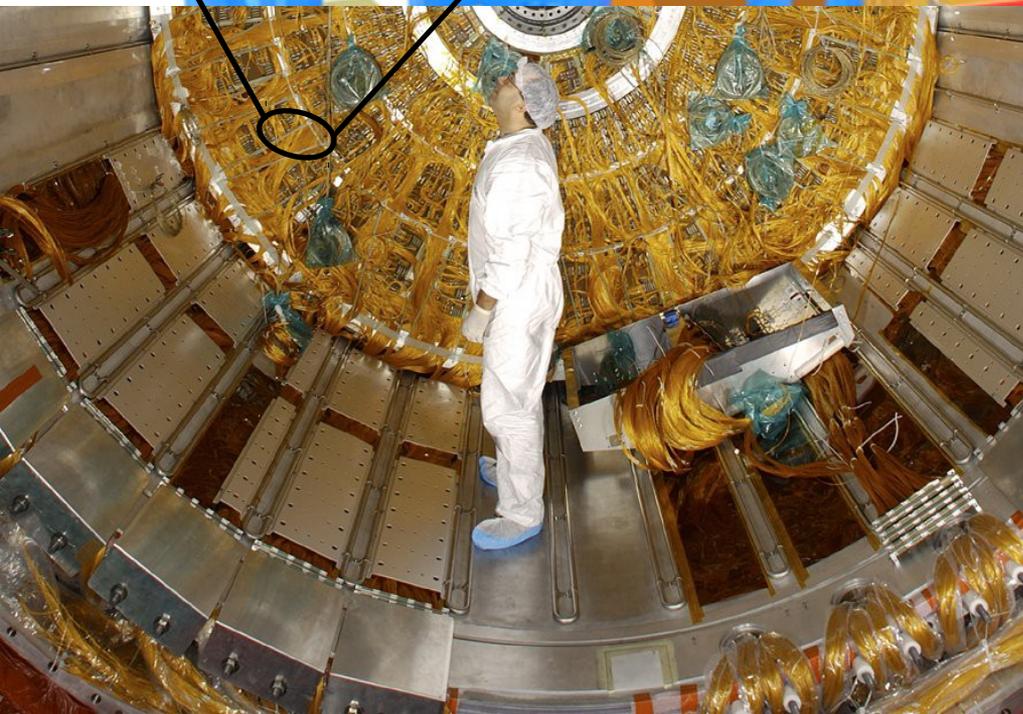
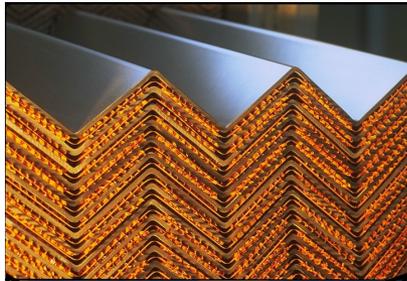


ATLAS Detector

# ATLAS

Comprendre les mécanismes d'unification des forces, de la génération des masses et la physique au TeV

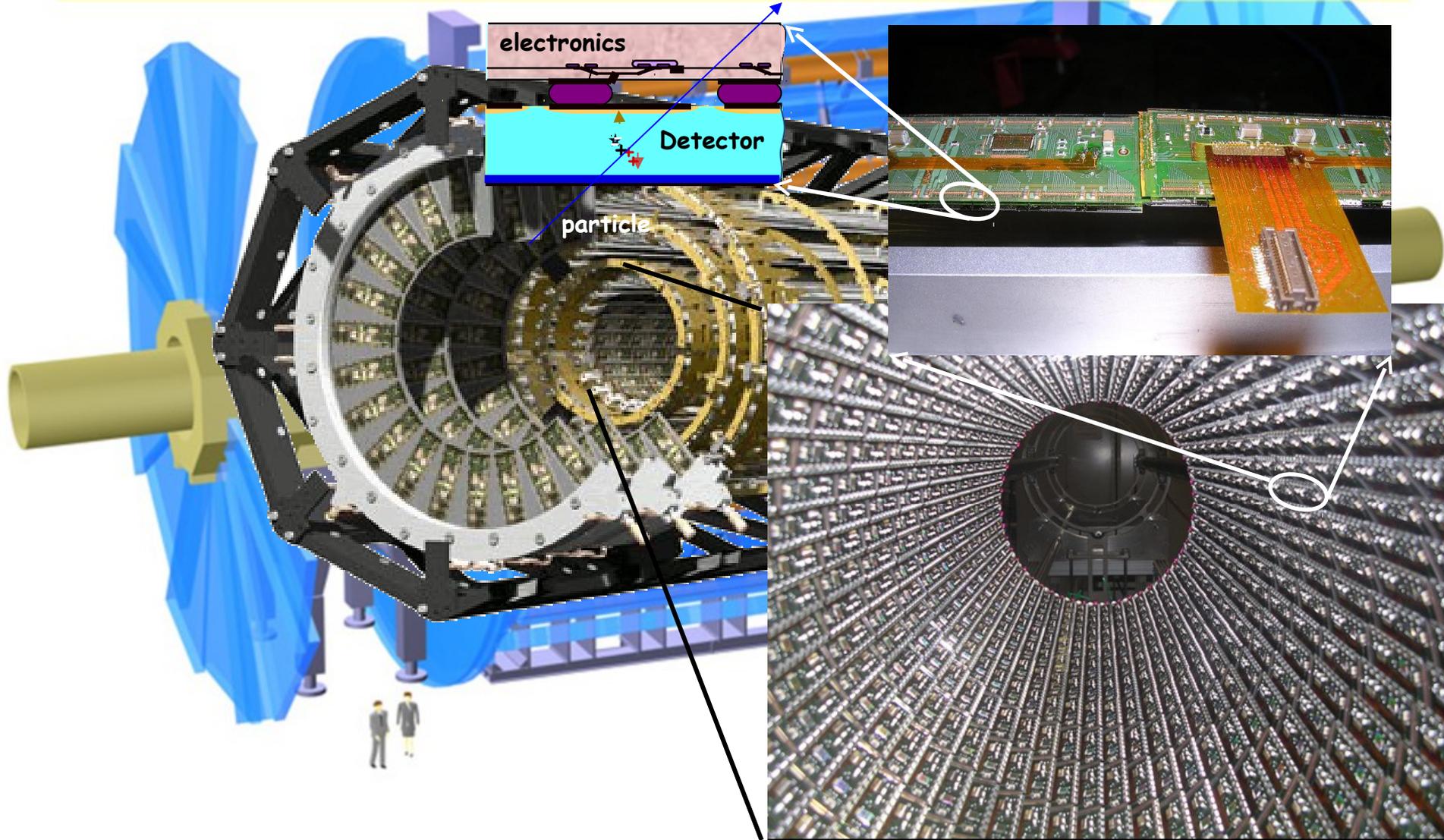
Physique du top et recherche du boson de Higgs et au delà du MS



# ATLAS

Comprendre les mécanismes d'unification des forces, de la génération des masses et la physique au TeV

Physique du top et recherche du boson de Higgs et au delà du MS



# Données ATLAS au LHC ...



- 40 millions de collisions proton-proton /s
- Filtrage nécessaire:  
200 collisions /s stockées  
1 MégaOctet de données /collision  
pour un total d'environ 1 PétaOctets /an
- Pour analyser ces données il faut disposer  
de centaines de milliers de processeurs  
=> Grille de Calcul Européenne et Mondiale

Trigger de haut niveau

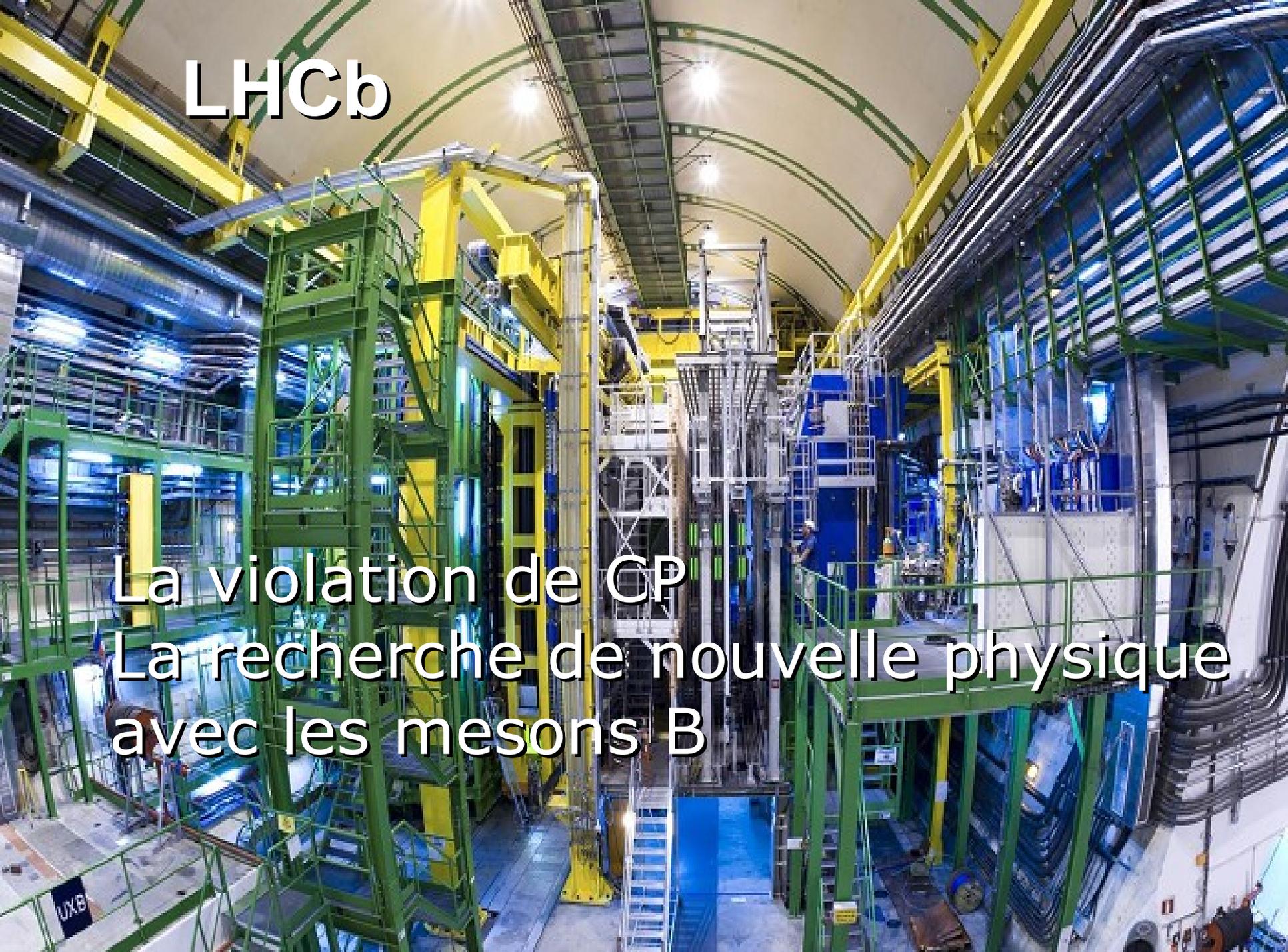
**1 MégaOctet :**  
*Une photo numérique*

**1 GigaOctet :**  
*Un film sur DVD*

**1 TéraOctet :**  
*= Production annuelle  
de livres dans le monde*

**1 PétaOctet :**  
*= Production annuelle  
d'une expérience LHC*

**1 ExaOctet :**  
*= Production annuelle  
d'informations à  
l'échelle mondiale*

The image shows the interior of the LHCb experiment tunnel. The structure is a large, arched cavern with a complex network of green and yellow metal beams and supports. The floor is a mix of concrete and blue-painted sections. The lighting is bright, with several overhead spotlights. The overall atmosphere is industrial and technical.

# LHCb

La violation de CP  
La recherche de nouvelle physique  
avec les mesons B

UXB

# LHCb

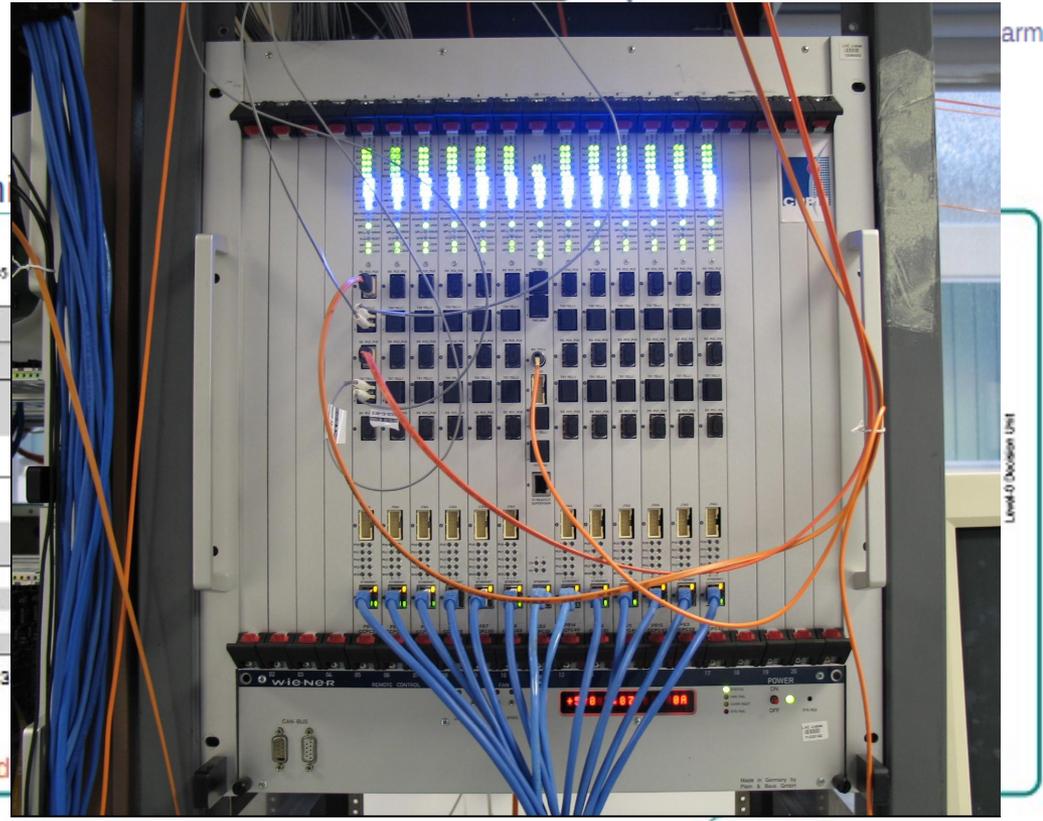
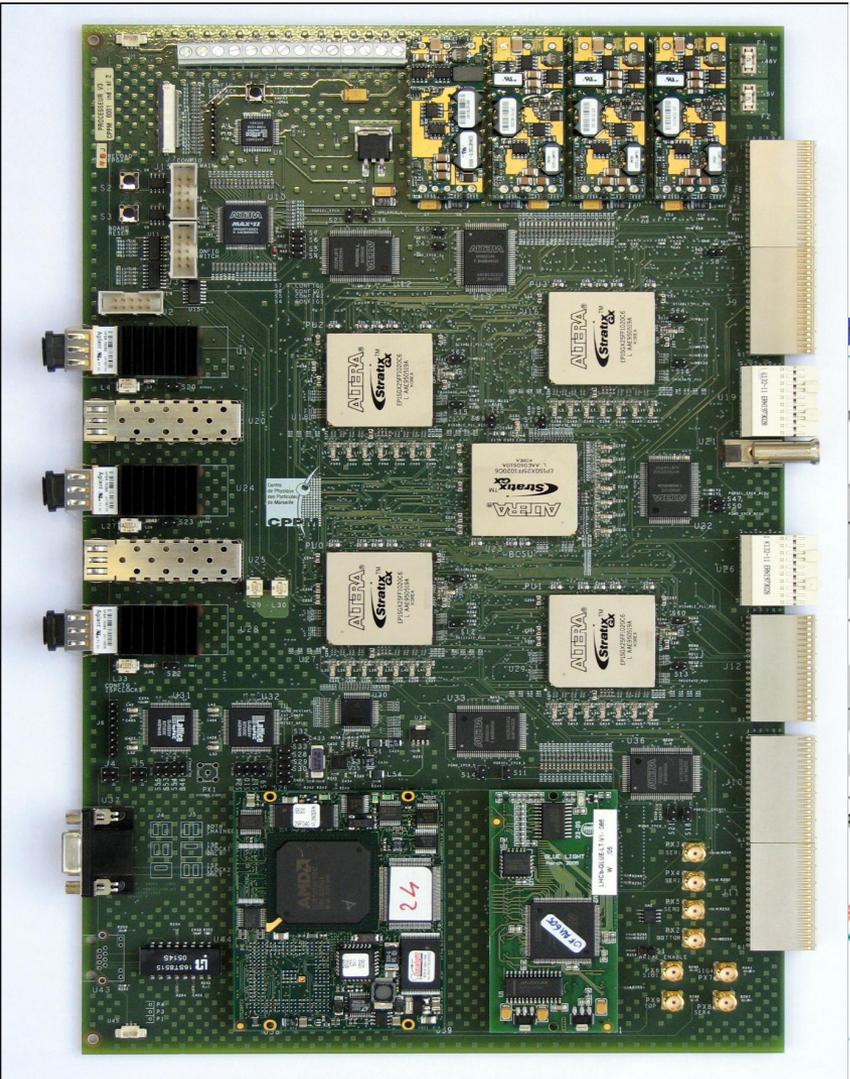
## LOMUON TRIGGER

Bunch crossing rate ..... 40 MHz

L0 trigger rate ..... 1 MHz

HLT1 rate ..... ~30 kHz

} custom electronics

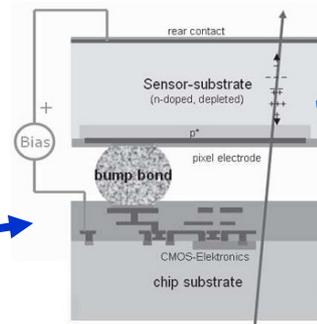
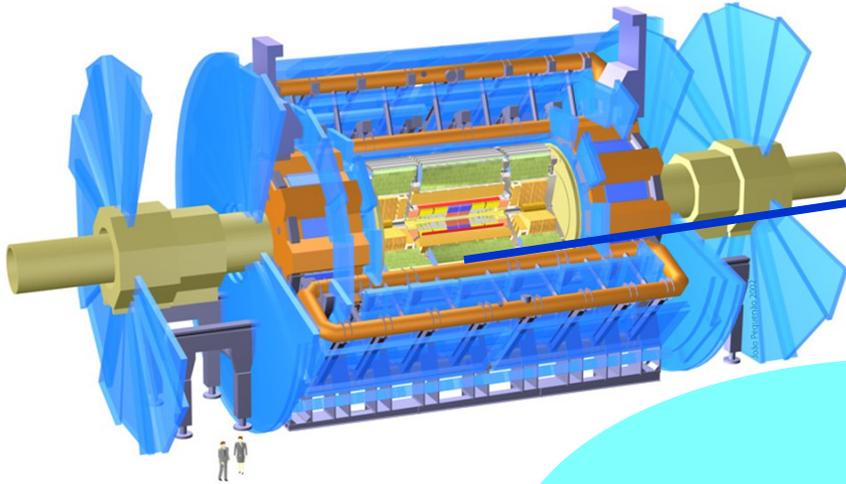


- pointing geometry
- 5 stations
- 4 regions with different granularities
- 192 towers

- L0muon :
- 4 crates
  - 48 processing boards
  - 192 processing units
  - 4 controller boards
  - 6 TELL1s (DAQ)

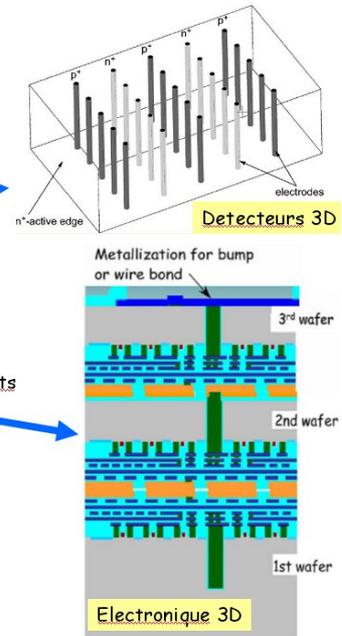
**ATLAS**

R&D 3D pour le SLHC  
avec spin-offs pour l'imagerie

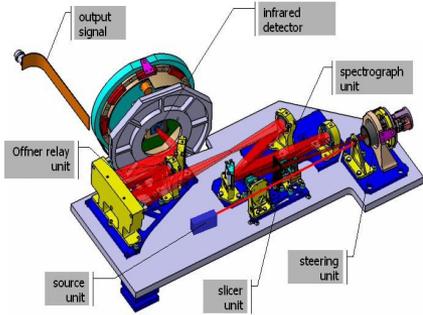


Resistance aux radiations

Pixels plus petits compacité

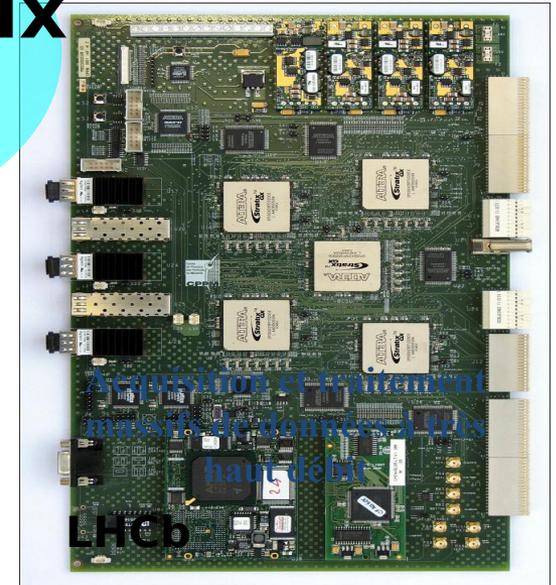
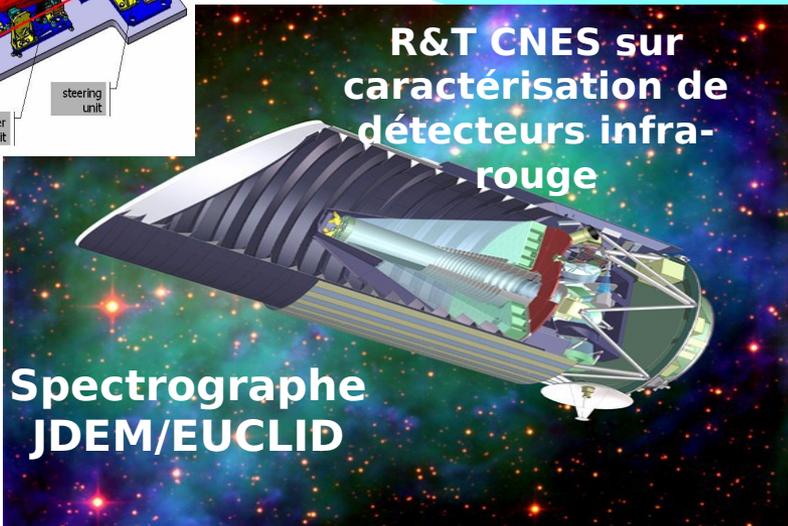


# Quelques nouveaux développements



R&T CNES sur  
caractérisation de  
détecteurs infra-  
rouge

Spectrographe  
JDEM/EUCLID



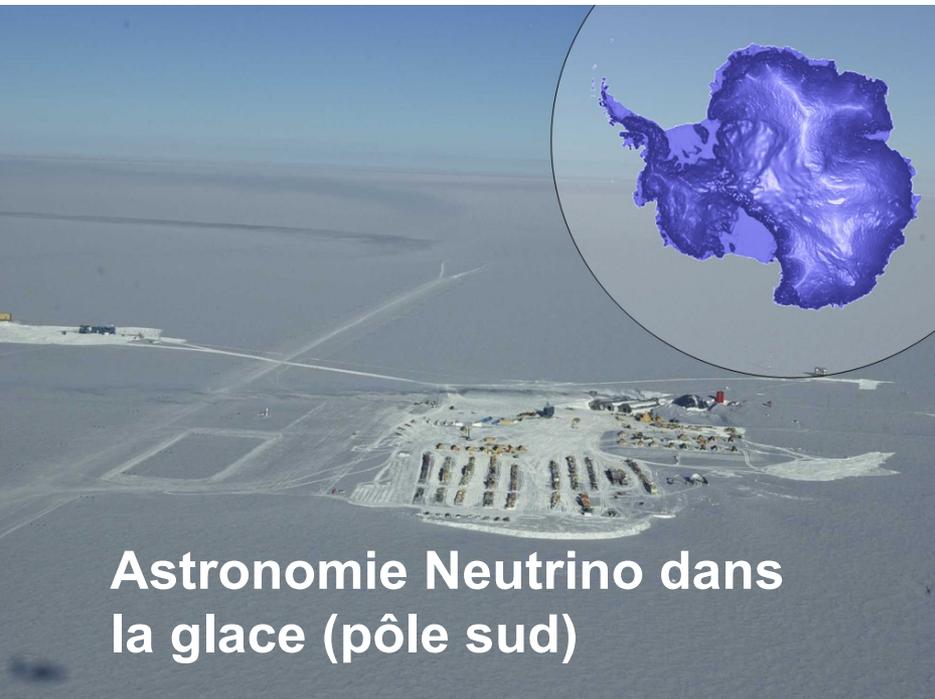
Acquisition et traitement  
massif de données à très  
haut débit

Traiter 400 Gb/s de données  
FPGAs opérant à 10 Gbits/s  
Transmissions optiques 6-8 Gb

**Faible interaction des neutrinos avec la matière  
& Sources très éloignées**

**=> Très petits flux détectés**

**=> Très grand volumes**

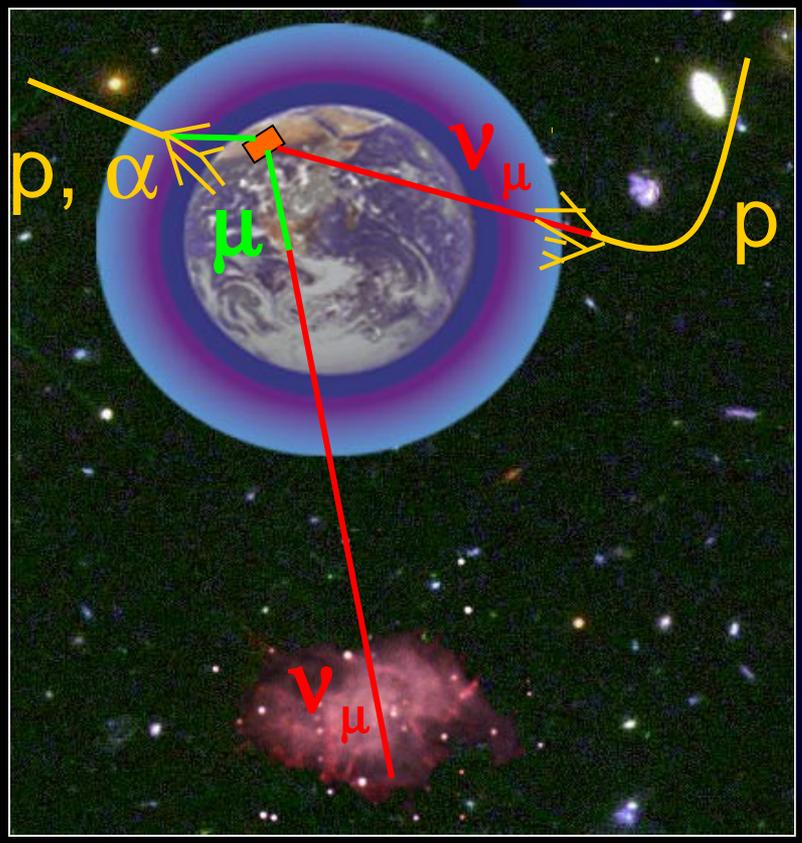


**Astronomie Neutrino dans  
la glace (pôle sud)**



**Astronomie dans la mer  
(Méditerranée)**

# Principe de détection des neutrinos



Matrice de modules optiques

Lumière Cherenkov des  $\mu$

$\gamma_{\check{c}}$

43°

2500 m de fond

Mesure : Temps & position de l'arrivée des photons

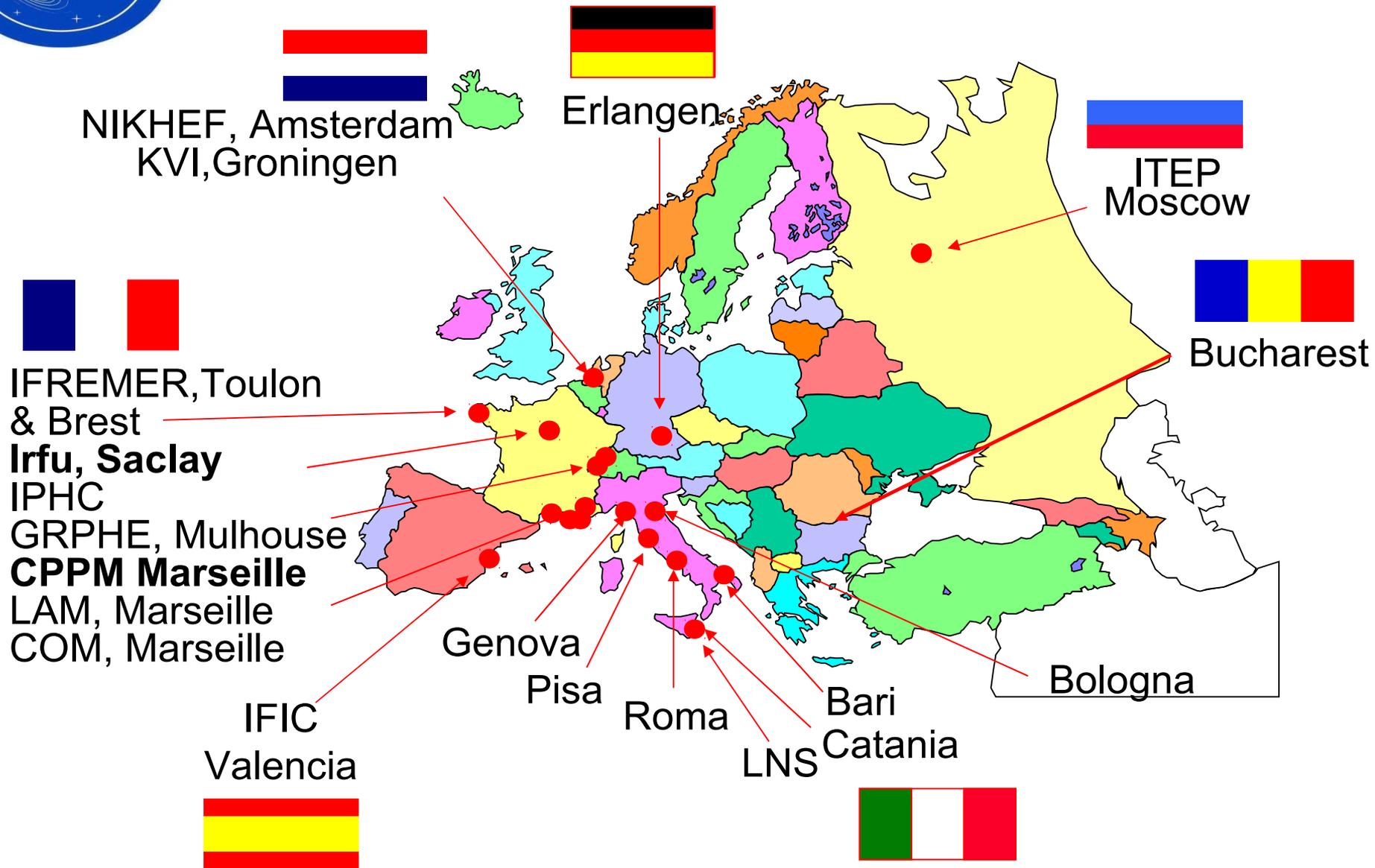
interaction

$\mu$

trajectoire  $\mu$  ( $\sim \nu$ )



# ANTARES collaboration



# ANTARES

2500m

- 900 PMTs
- 12 lignes
- 25 étages / ligne
- 3 PMTs / étage

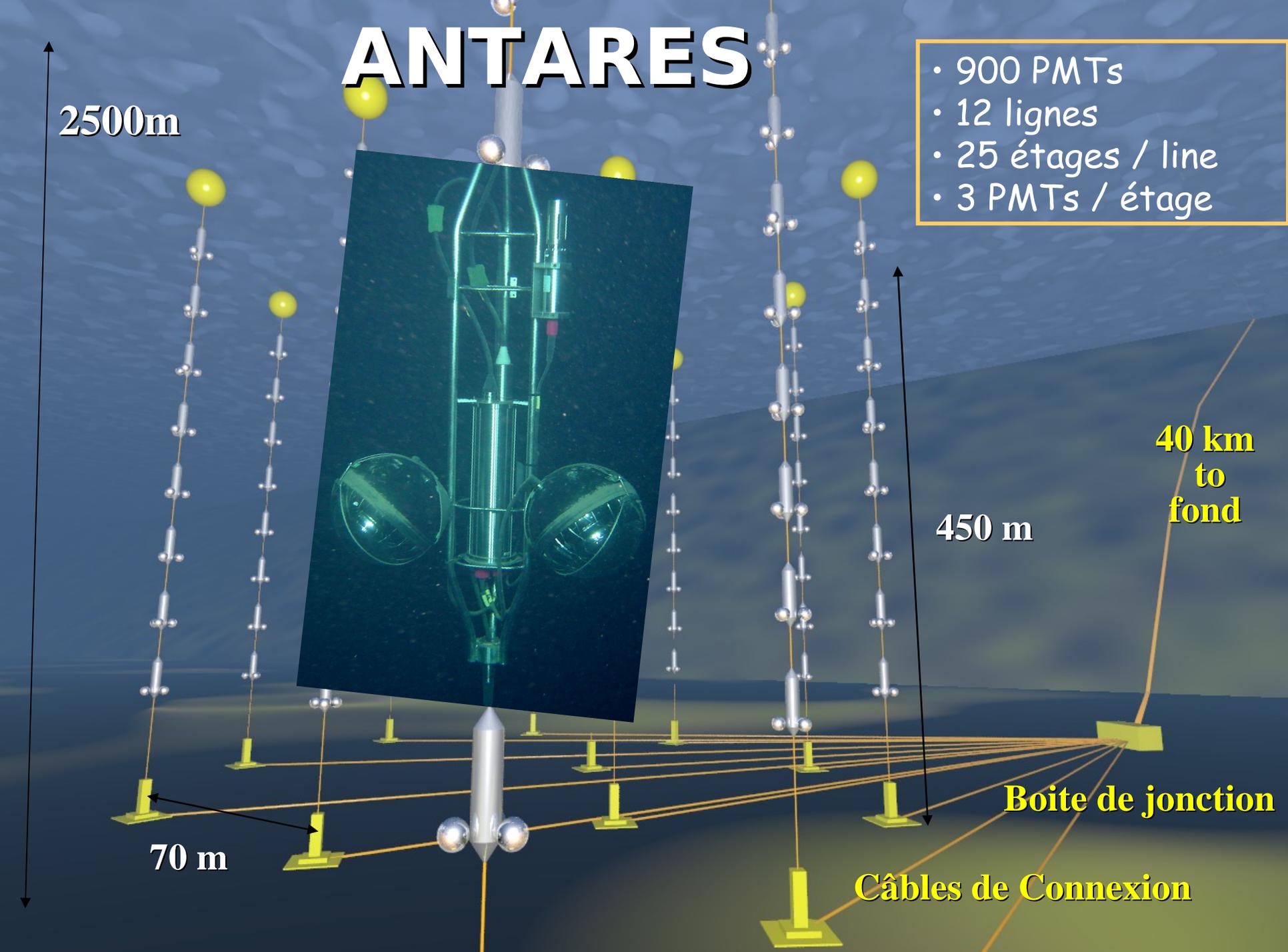
40 km  
to  
fond

450 m

70 m

Boite de jonction

Câbles de Connexion

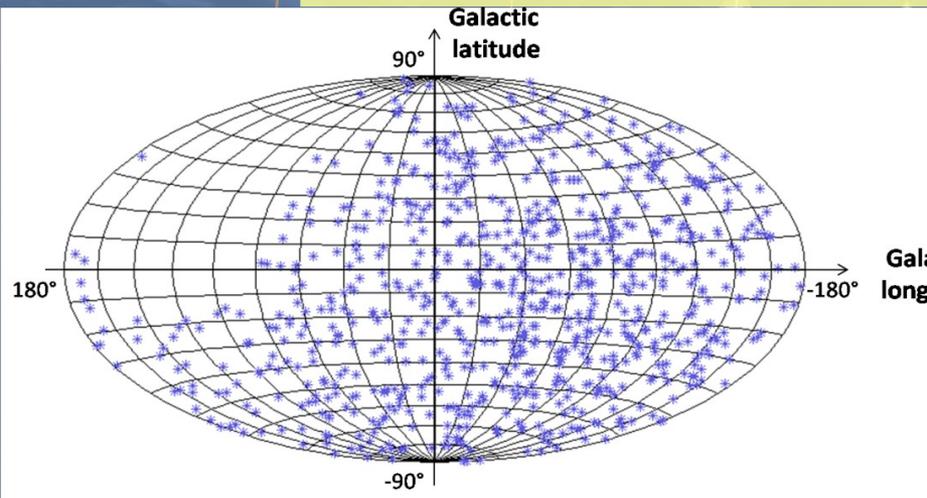




# ANTARES

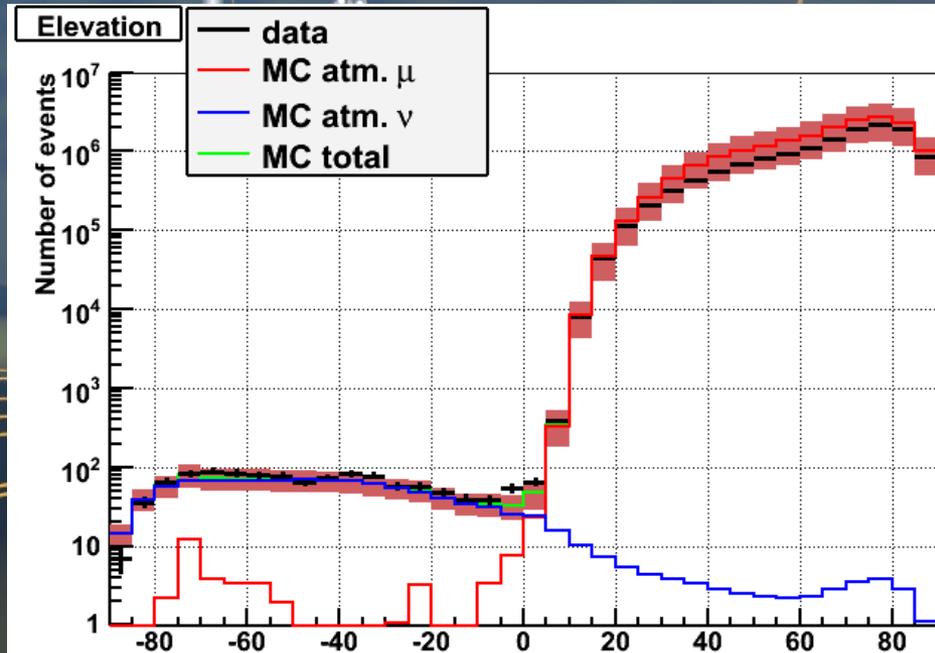
**Le premier et plus grand télescope sous-marin!**

- 900 PMTs
- 12 lignes
- 25 étages / ligne
- 3 PMTs / étage

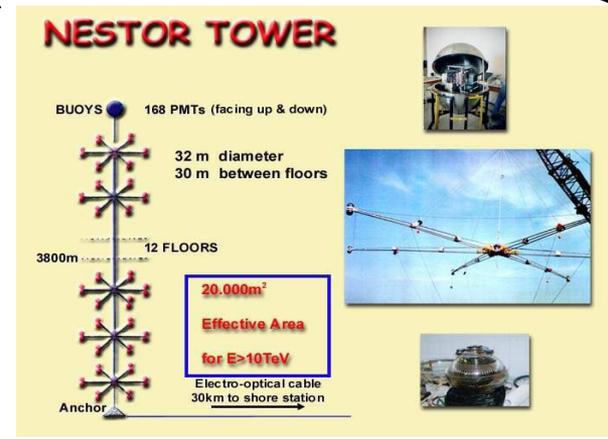
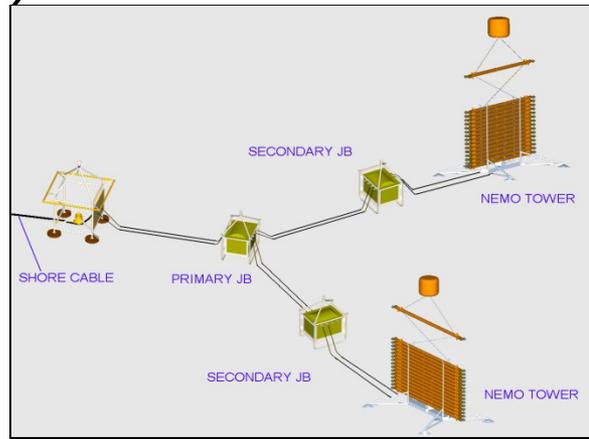
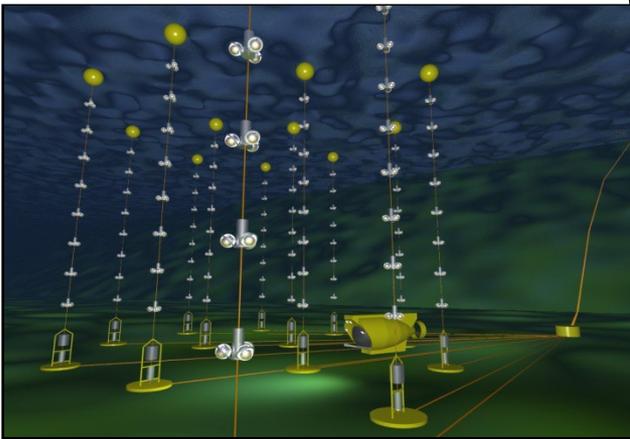
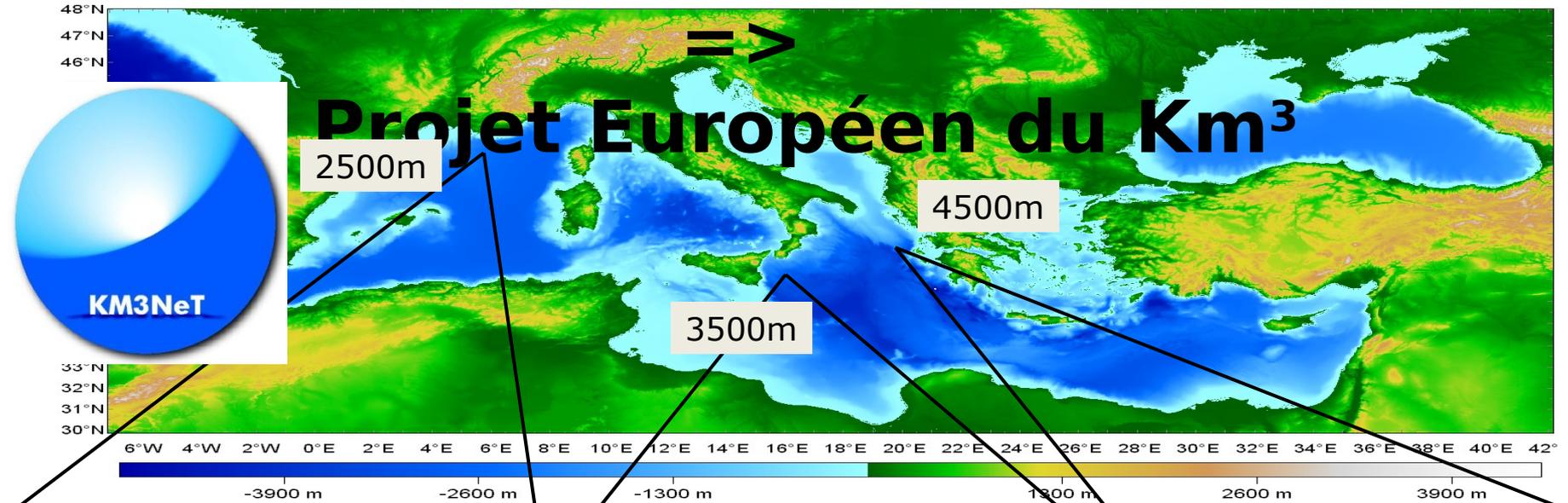


**Plus de 3000 neutrinos détectés!**

**Les 12+1 lignes du télescope prennent toutes des données**  
**La chasse aux neutrinos a commencé!**



# 3 Projets Pilotes en Méditerranée





**Capteurs intelligents sur:**

- systèmes embarqués
- réseaux de bouées et de mouillages

**MEUST**

Pour l'Océanologie,  
la Géophysique,  
la Climatologie ...  
et l'Astronomie Neutrinos

**1<sup>ère</sup> étape vers un  
téléscope de taille à  
l'échelle du Km en  
Méditerranée**

**Capitaliser et développer  
l'existant**

ifremer | cnrs | in2p3

**mutualisée**

**(IN2P3**

**-Insu)  
à La Seyne-sur-Mer  
=> Plateforme**

**S'inscrit naturellement dans:**

- Projets européens KM3 et EMSO
- Chantier de la Méditerranée
- Eurocentre Méditerranéen pour les Sciences et Technologies Sous-Marines



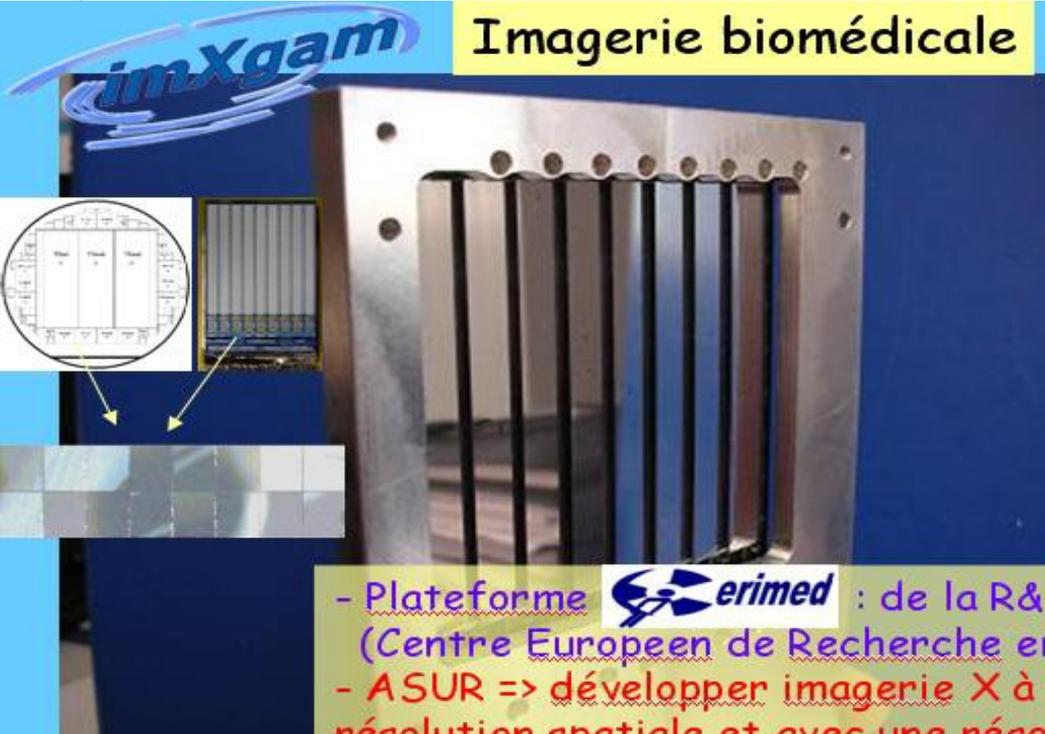
- nombreux partenaires industrie
- 1 brevet de connecteur
- 1 FUI PowerMate (COMEX, Subsea Tech, EDF)
- Nexans énergies renouvelables
- 1 brevet d'hydrolienne souple





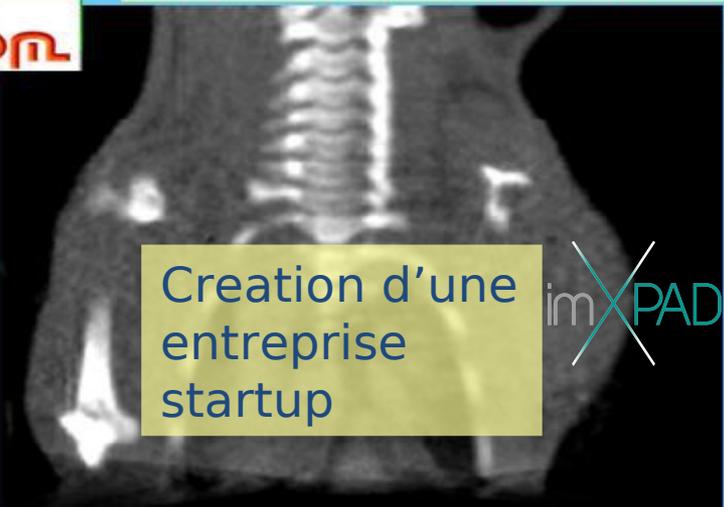
# Pluridisciplinarité

## Imagerie biomédicale

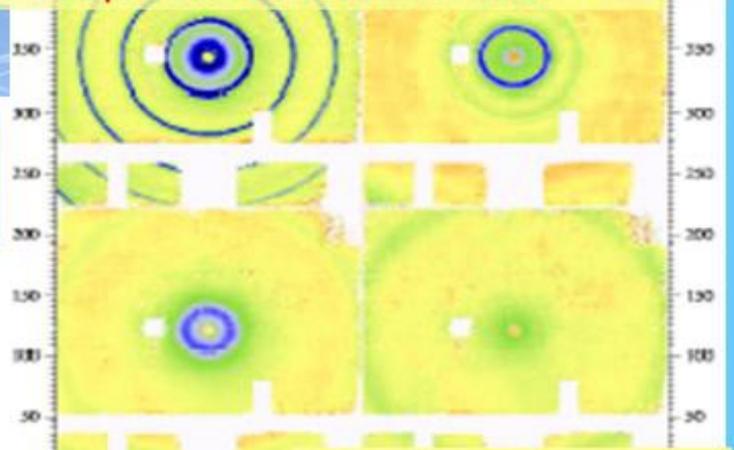


Corps de souris

- Plateforme  : de la R&D aux tests cliniques (Centre Européen de Recherche en Imagerie Médicale)
- ASUR => développer imagerie X à très haut contraste, à très grande résolution spatiale et avec une résolution temporelle femtoseconde



Creation d'une entreprise startup 



Cristallographie

# Anatomie + Fonction

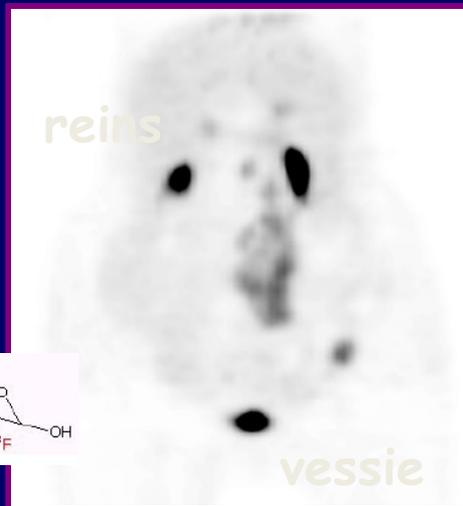


X-Ray CT (anatomie)

Software  
de fusion



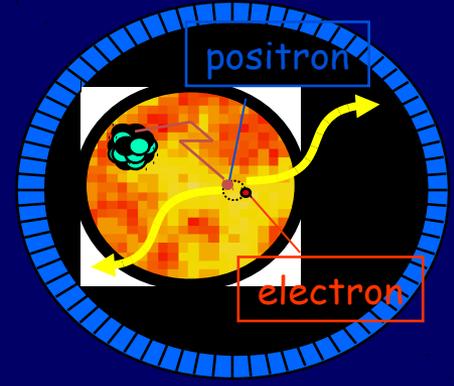
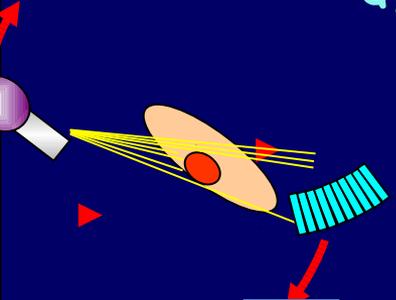
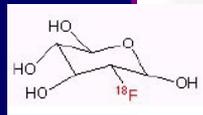
Image de fusion



reins

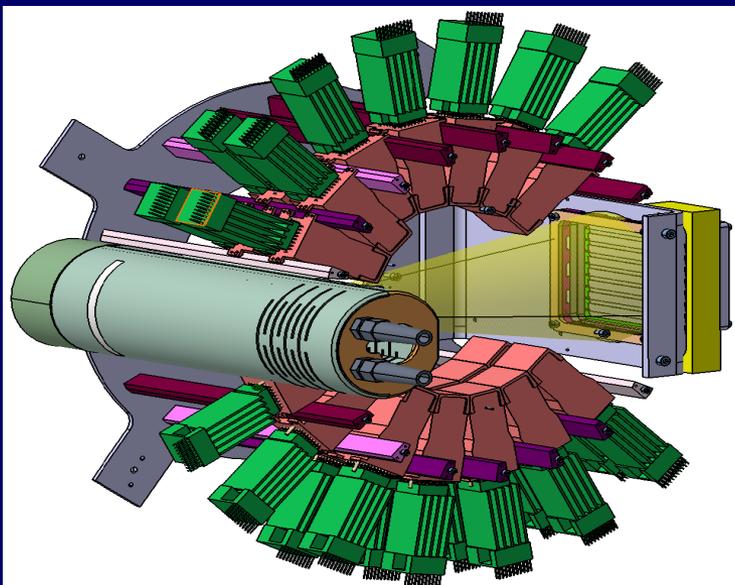
vessie

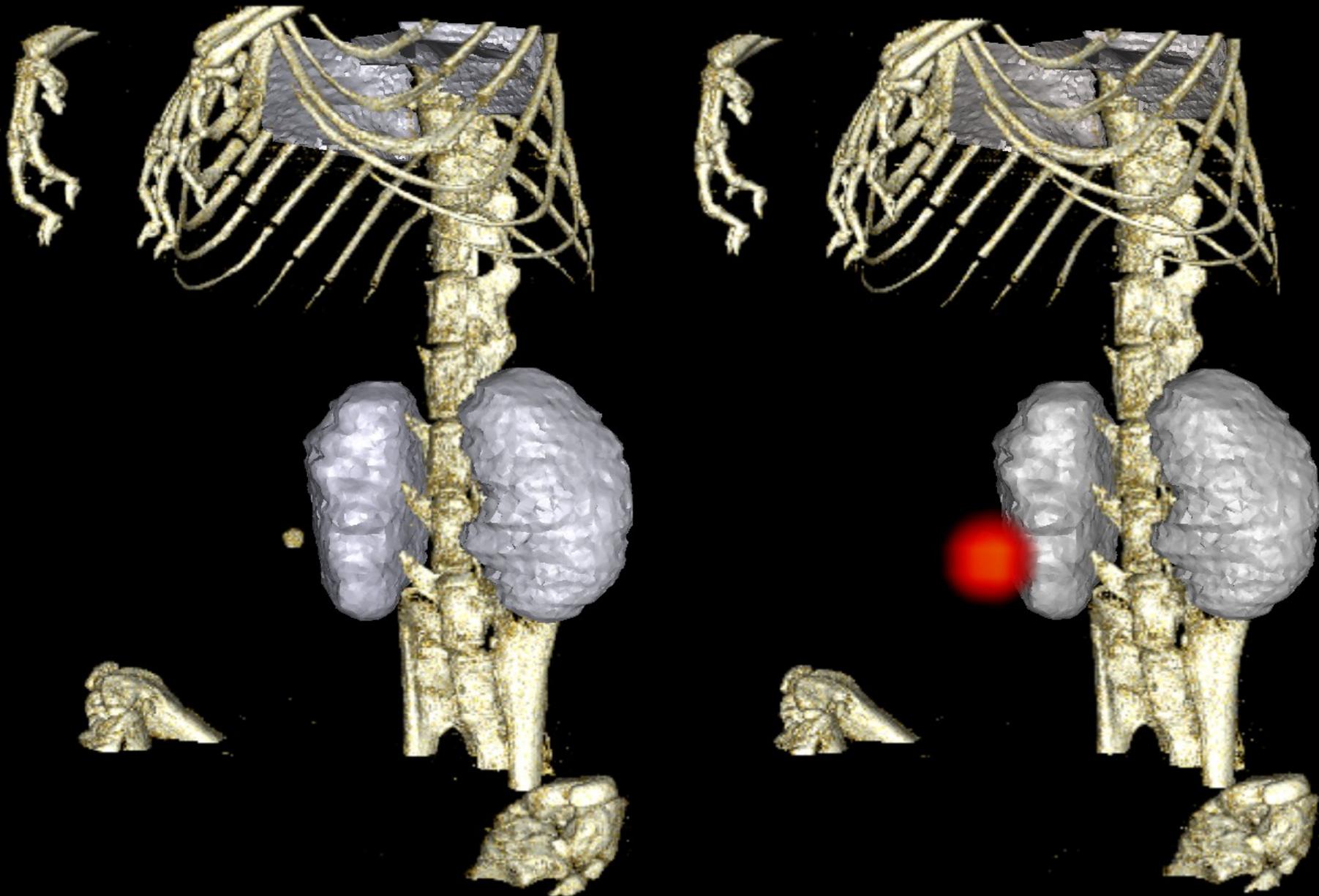
PET (fonction)



positron

electron







### Plate-forme d'irradiation PIXSCAN II



**Objectif :** Construction d'une plateforme d'irradiation pour la TDM à comptage de rayons X

**Collaboration :** CPPM - IBDML

**Faits marquants :** Mise en service après autorisation de l'ASN dans la nouvelle salle d'imagerie du CPPM



### Projet XPIX (IMN10)



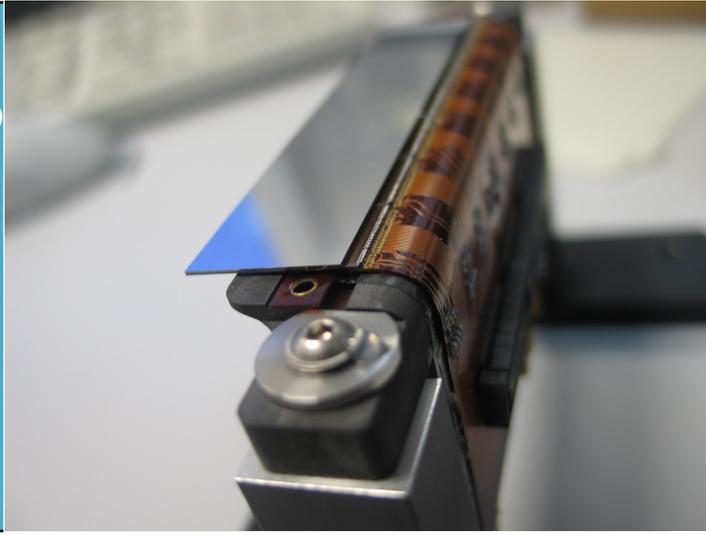
**Objectif :** Développement de caméras à pixels hybrides XPAD

**Collaboration :** CPPM – IBDML, ESRF – SOLEIL

**Faits marquants :** Montage de la première barrette XPAD3-2



Création start-up imXPAD (mai 2010)  
Brevet CNRS-Université Aix-Marseille  
0754974 co-porté par CPPM et IBDML  
Brevets CNRS 0855480/0856925 CPPM



### Projet ENVISION (IMN9)

**Objectif :** Développement du DAQ basé sur une architecture  $\mu$ TCA permettant l'association en ligne d'événements asynchrones transmis par des liens optiques

**Collaboration :** LPC Clermont – CPPM – IPHC

**Faits marquants :** Fabrications de deux cartes FPGAs (AMC et MCH)



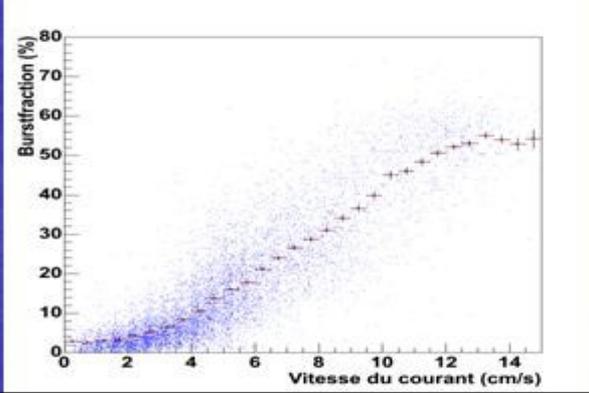
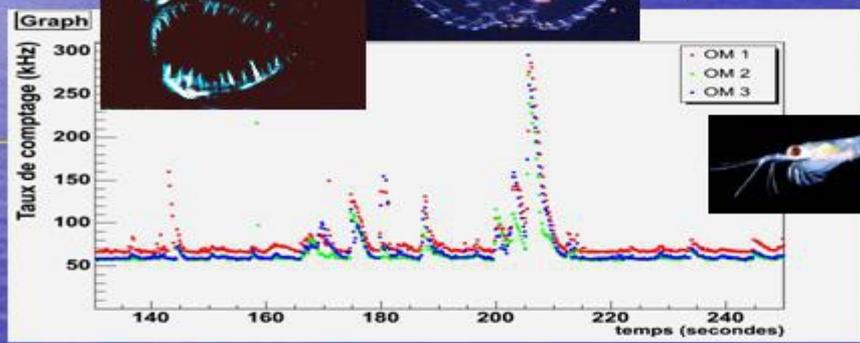
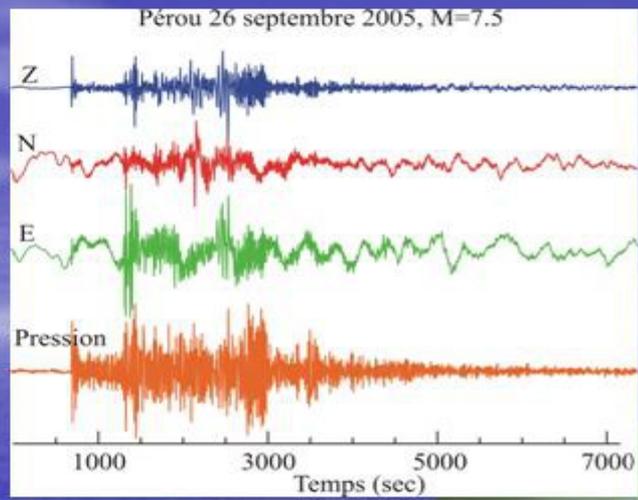
# ANTARES/MEUST

## Projets Interdisciplinaires

### Sciences de la Mer/Terre

Mesures d'environnement profond (2500m)

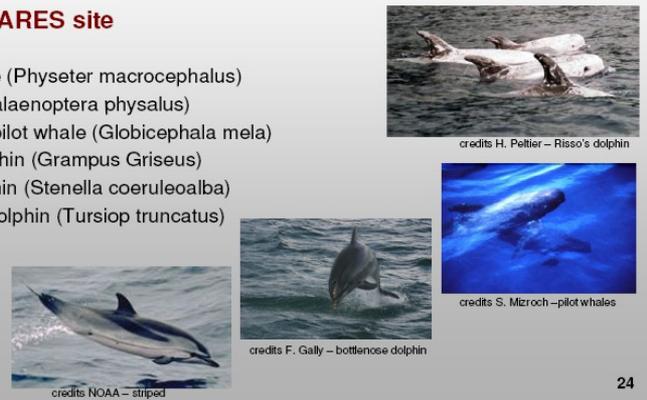
- Bioluminescence
- Oxygène
- Transparence
- Courant
- Salinité
- Pression
- Acoustique
- Sismologie ...



#### On the ANTARES site

- Species**
- sperm whale (*Physeter macrocephalus*)
  - fin whale (*Balaenoptera physalus*)
  - long finned pilot whale (*Globicephala melia*)
  - Risso's Dolphin (*Grampus Griseus*)
  - striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*)
  - bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*)

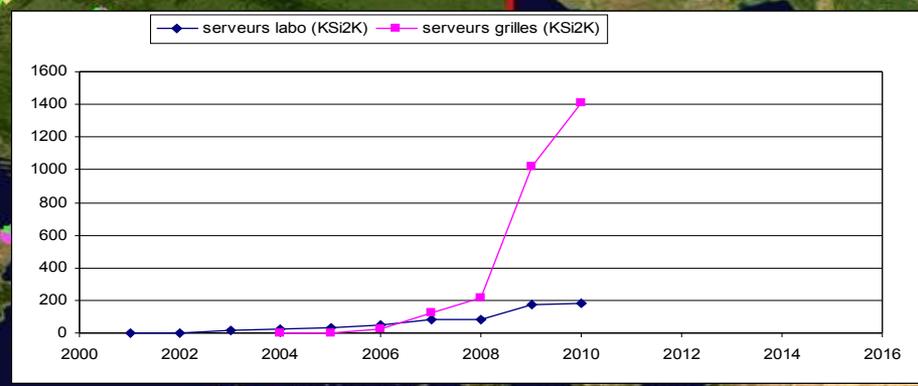
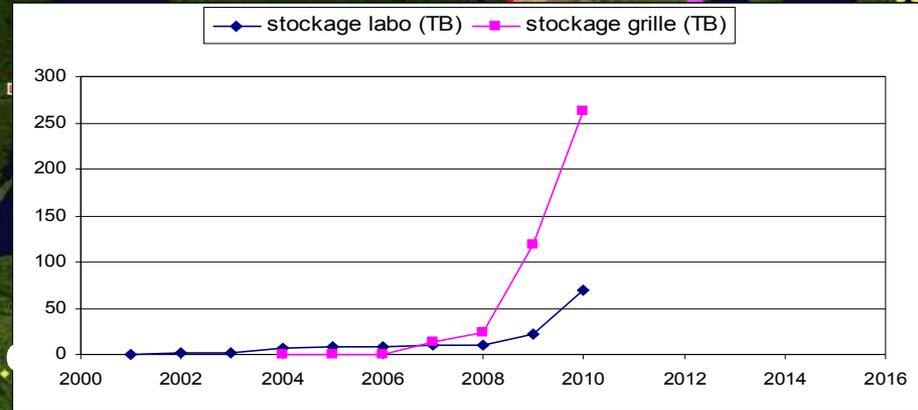
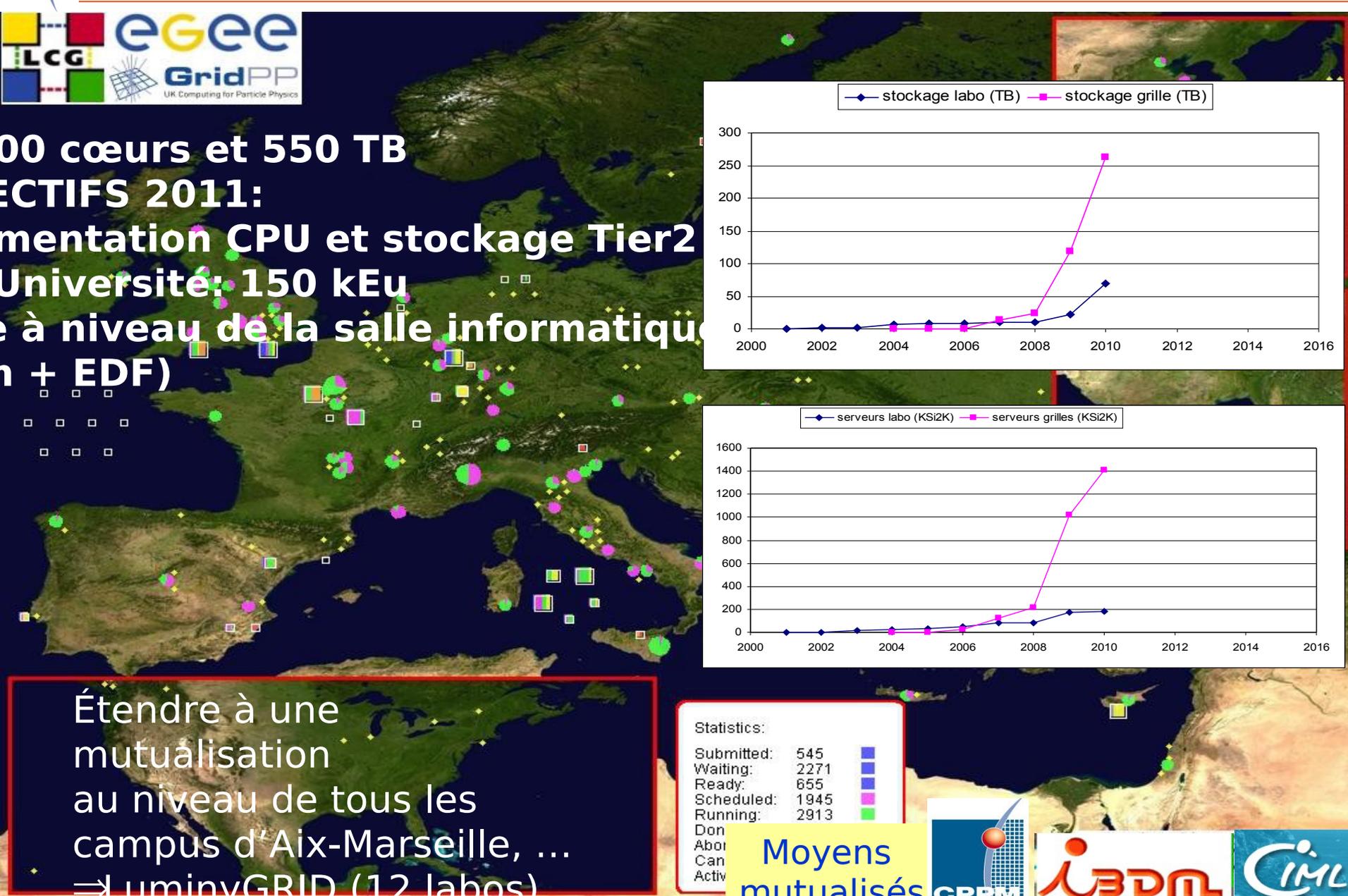
**Presence**  
all the year



# Grille de Calcul



100 cœurs et 550 TB  
 OBJECTIFS 2011:  
 augmentation CPU et stockage Tier2  
 Université: 150 kEu  
 à niveau de la salle informatique  
 (+ EDF)



Statistics:  
 Submitted: 545  
 Waiting: 2271  
 Ready: 655  
 Scheduled: 1945  
 Running: 2913  
 Don  
 Abort  
 Cancel  
 Active

Étendre à une mutualisation  
 au niveau de tous les  
 campus d'Aix-Marseille, ...  
 ⇒ LuminyGRID (12 labos)

Moyens mutualisés

