

Resumé de la journée du jeudi 19

- **Debrief de la journée de mercredi et discussion et introduction du speed dating de l'après-midi**

Les échelles cosmiques



cosmologie

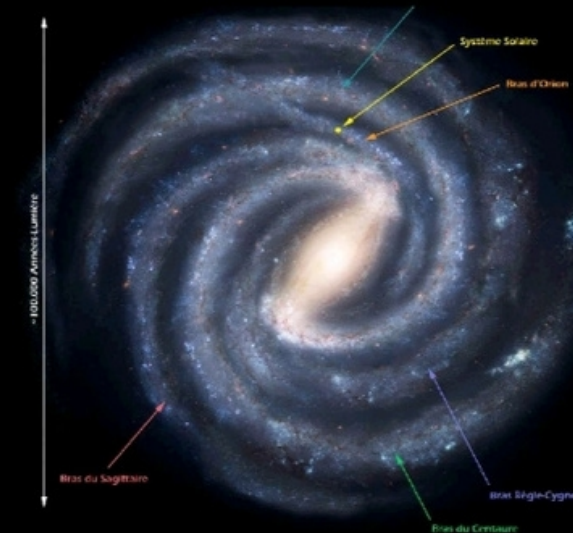
Combien de galaxies dans notre Univers ?

- Environ :
- 12
 - 1000
 - 1 000 000 (million)
 - 1 000 000 000 (milliard)
 - 500 000 000 000**
 - 1 000 000 000 000 (billion)
 - 1 000 000 000 000 000 (billiard)



Combien d'étoiles dans notre Galaxie ?

- Environ :
- 12
 - 1000
 - 1 000 000
 - 1 000 000 000
 - 100 000 000 000**



La Voie Lactée

Les nébuleuses de Messier

M57 - Restes d'une explosion d'étoile



Les nébuleuses de Messier



M16 - Nébuleuse de l'aigle

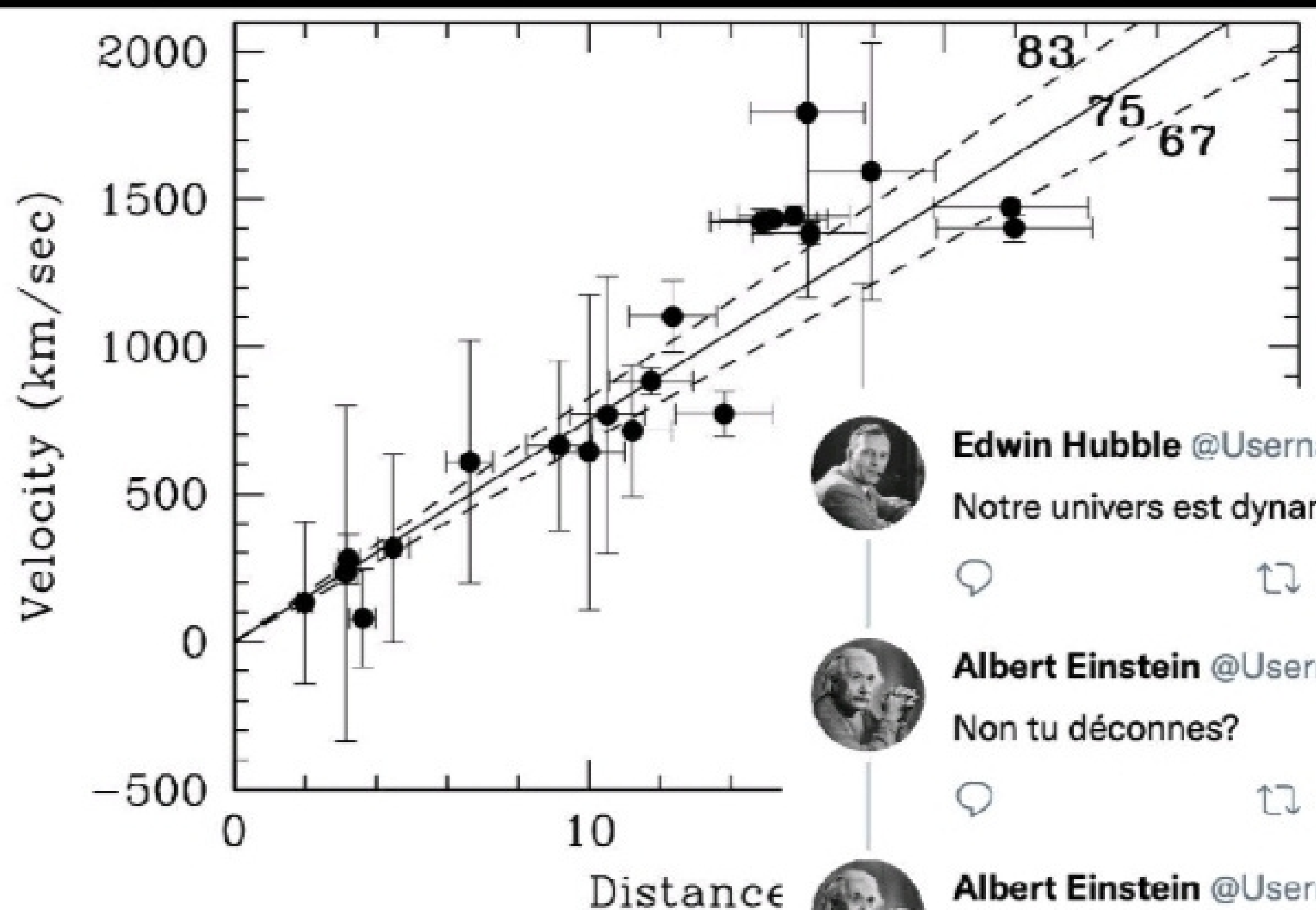


Les nébuleuses de Messier



L'expansion de l'Univers

Vitesse en km/s
(décalage vers le rouge)



1 Mpc = 3 millions d'années-lumière



Edwin Hubble @Username · Jun 1, 1929

Notre univers est dynamique les gars!



Albert Einstein @Username · Jun 1, 1929

Non tu déconnes?



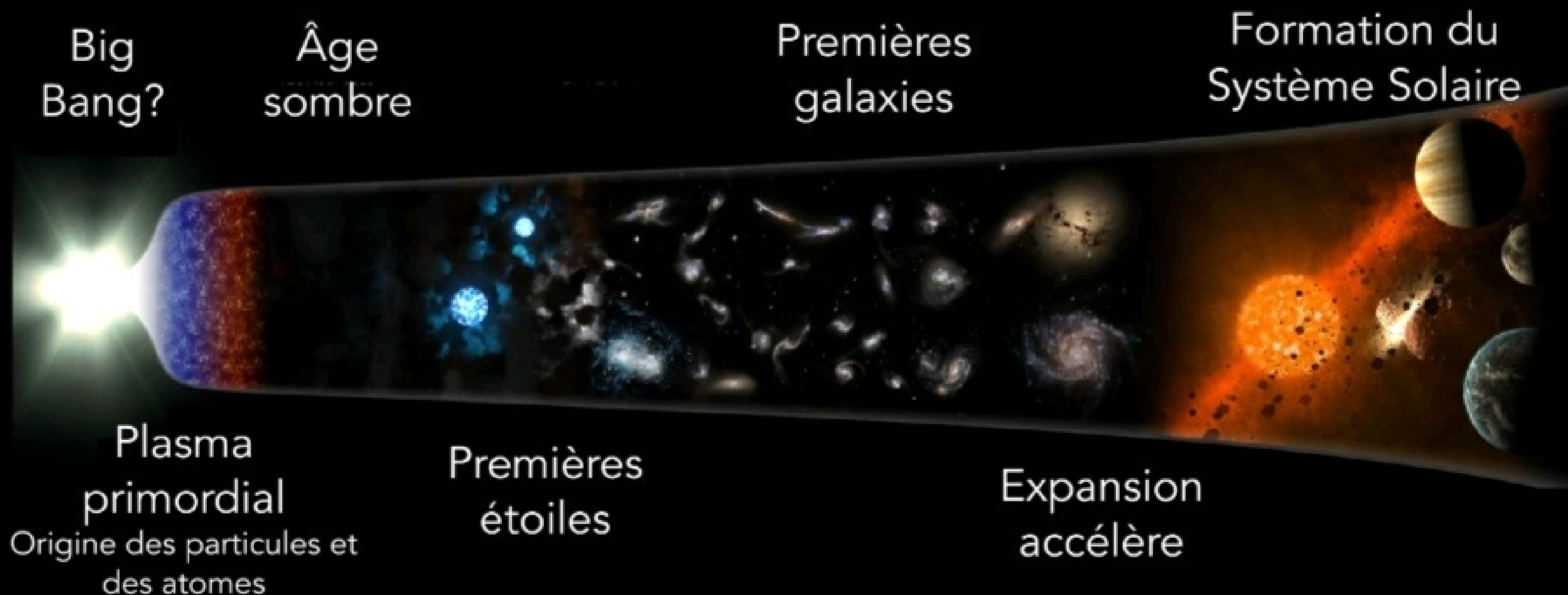
Albert Einstein @Username · Jun 1, 1929

Mea culpa!



L'histoire de l'Univers

(notre théorie)



13,8 milliards d'années d'histoire !

Télescope de la prochaine décennie

Télescopes de la prochaine décennie

DESI
40 million de spectres
2021-2026

Euclid
30 million de galaxies
Spectres et photos en IR
2023 - 2030

Vera Rubin Observatory
Plus grande caméra du monde
300 000 supernovae
2024 - 2033

DARK ENERGY SPECTROSCOPIC INSTRUMENT

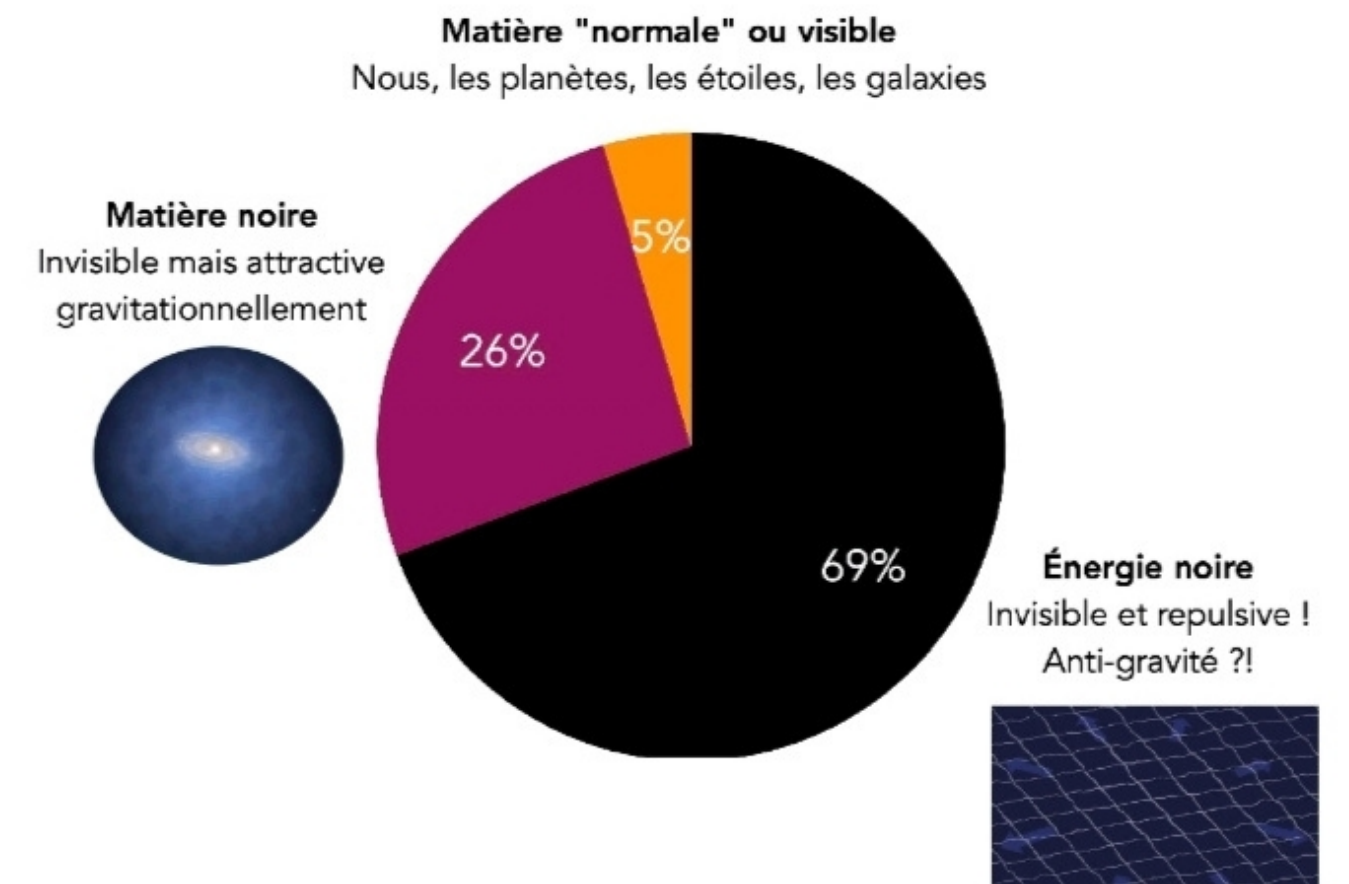
euclid

VERA C. RUBIN OBSERVATORY

Participation marseillaise à tous ces projets

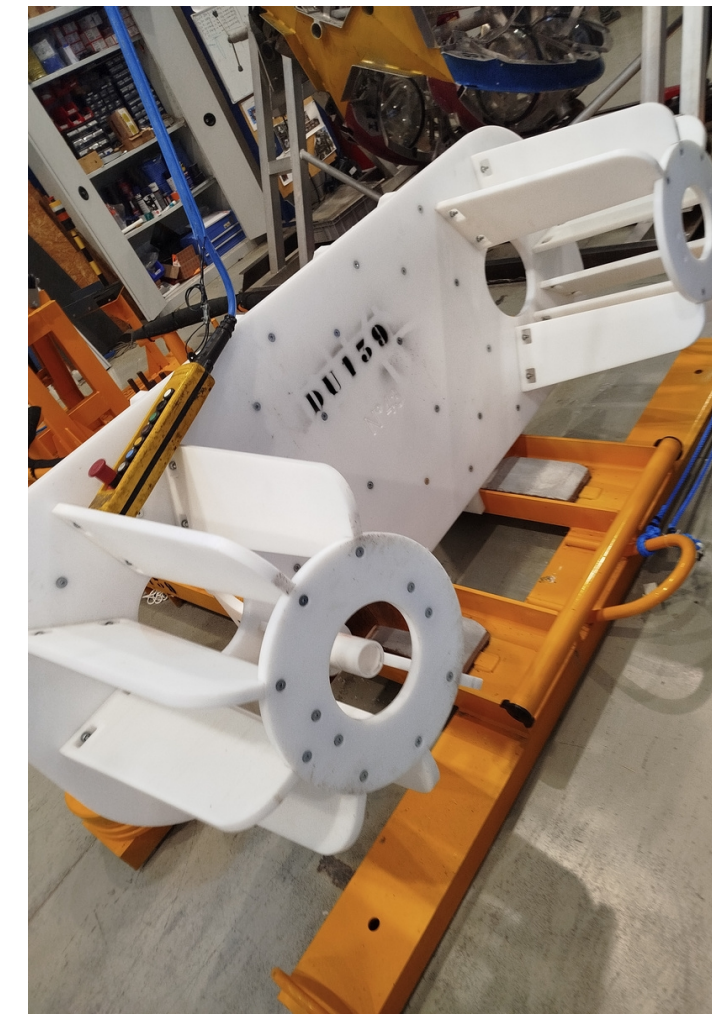
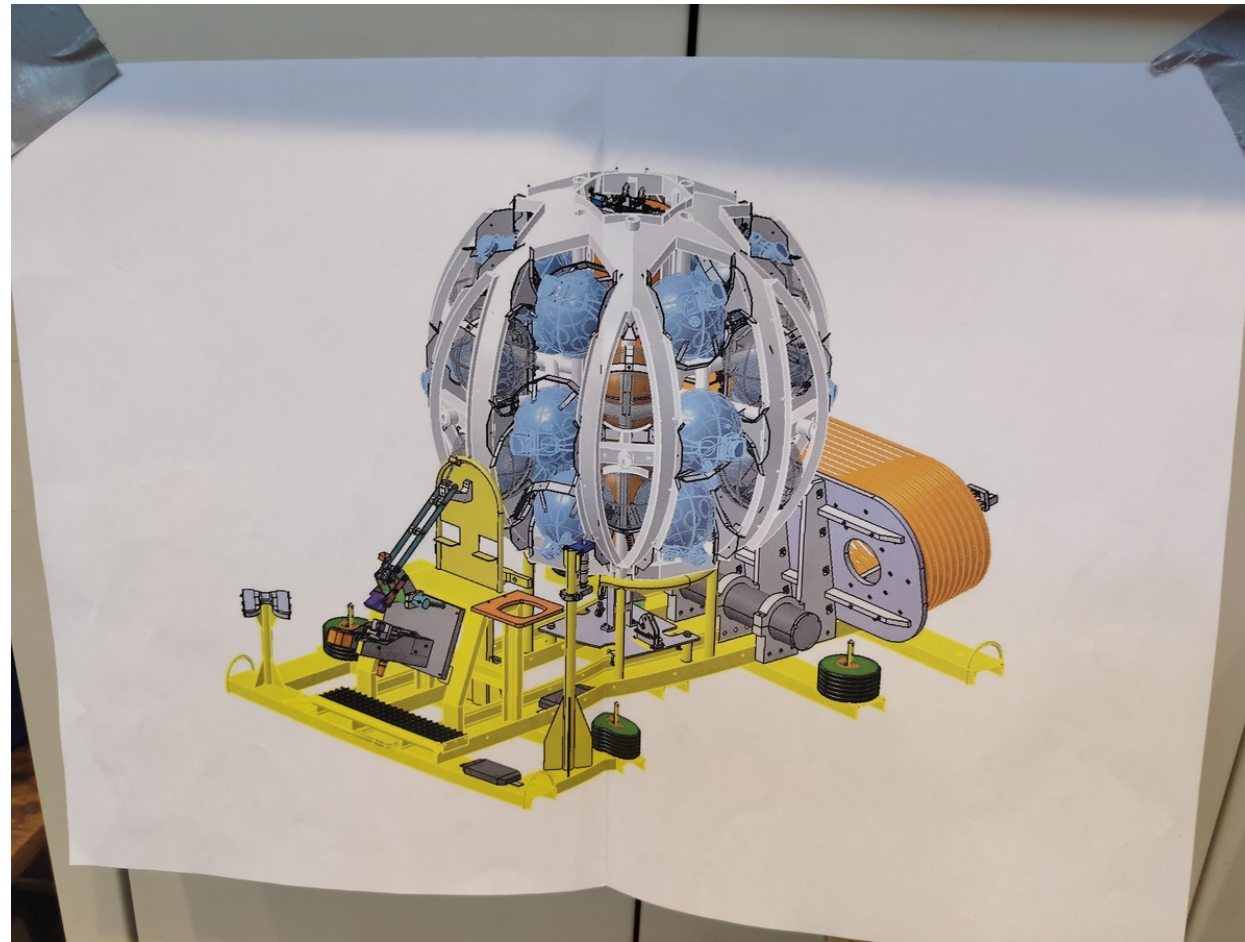
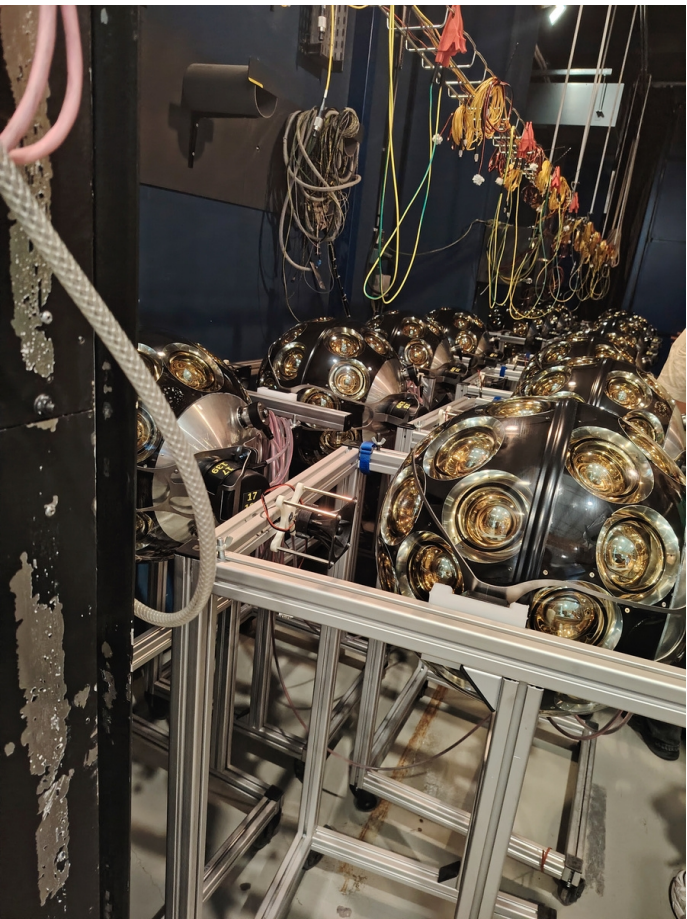
L'univers

Le côté obscur de l'Univers





Visite hall KM3Net



Astroparticule

Observations du fonctionnement
et de l'utilisation des télescopes
KM3Net et ANTARES

Les Télescopes à neutrinos dans le Monde

ANTARES & KM3NeT



IceCube



ANTARES et KM3NeT
Des télescopes au fond de la mer
pour étudier l'Univers !

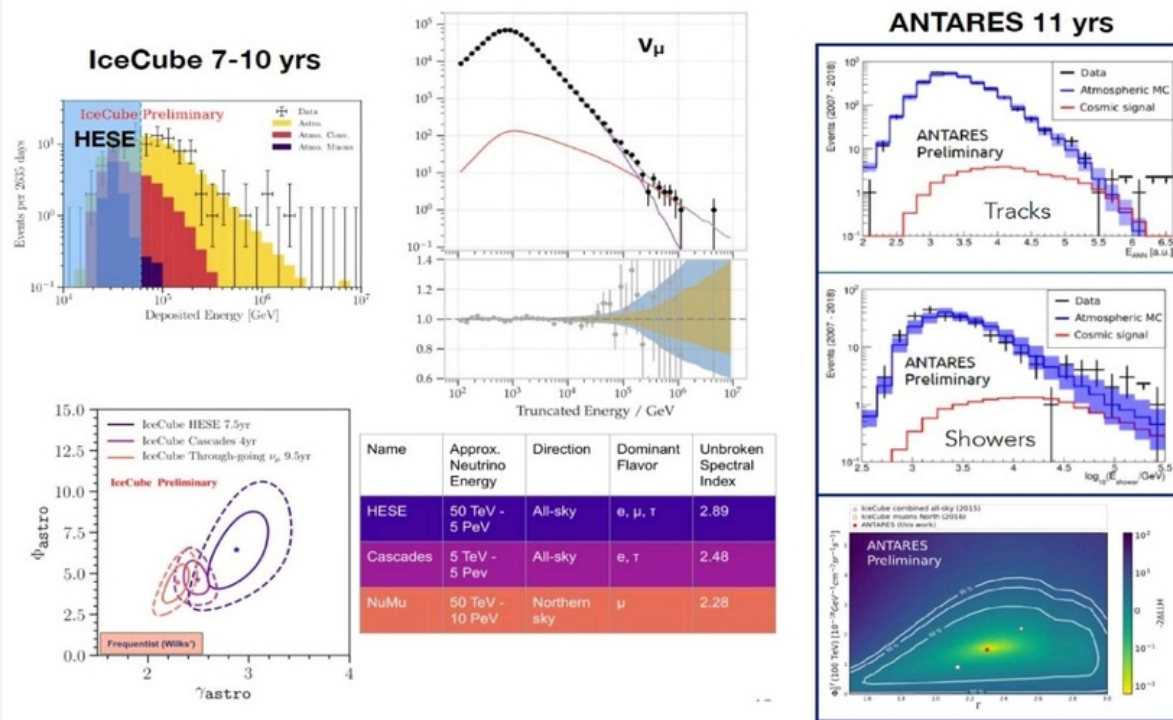
Vincent BERTIN
Centre de Physique des Particules de Marseille



Stagiaires 2nde au CPPM – Juin 2026



Un projet d'ampleur mondiale



Flux très faible → doit être étudié avec un détecteur de taille multi-km³

La Collaboration KM3NeT

ORCA, pour l'étude des propriétés quantiques des neutrinos

ARCA, pour l'astronomie neutrino

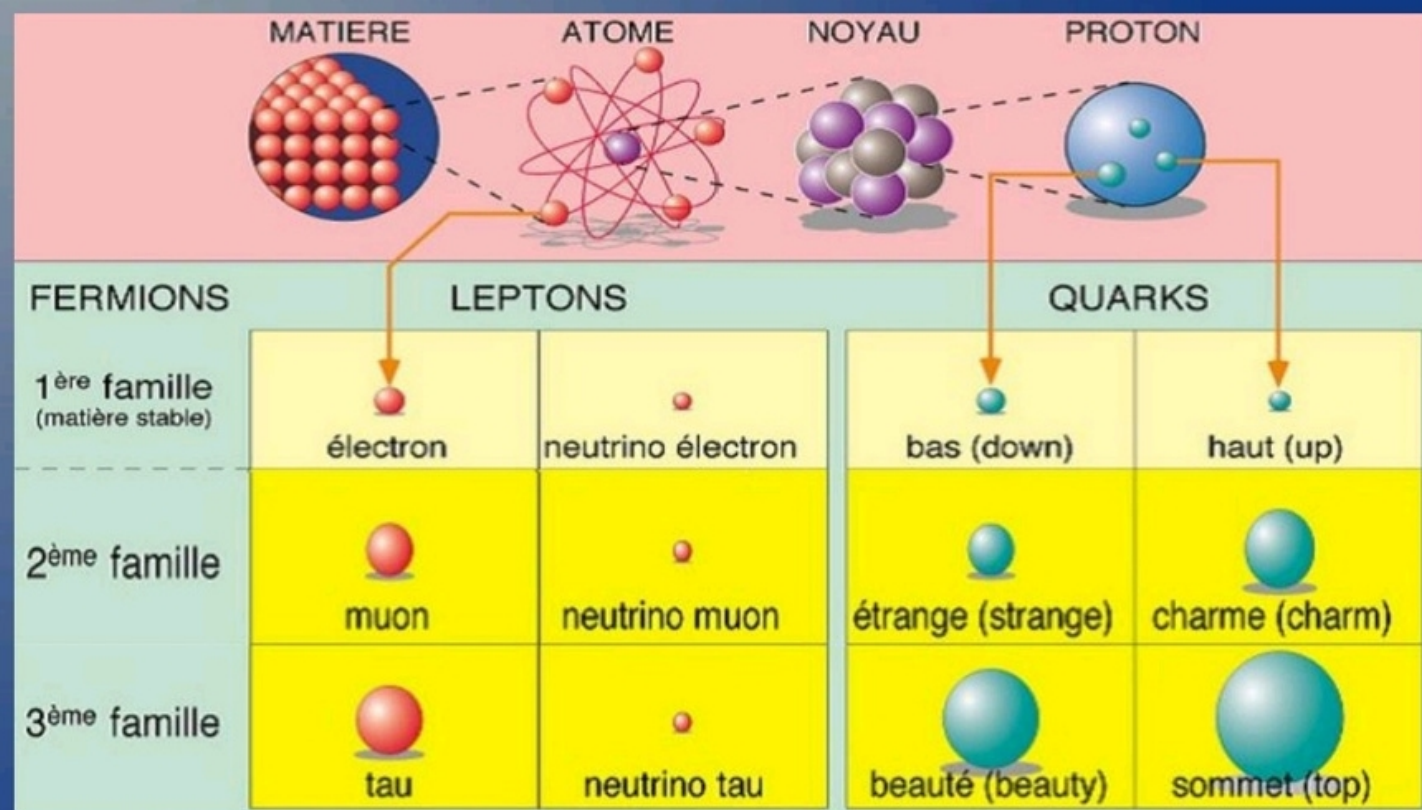
Une technologie, deux détecteurs

Une collaboration internationale

- 17 Pays
- 53 Instituts
- 250 Scientifiques



Précisions sur ce qu'est un neutrino?



12 particules de matière dont 3 neutrinos

CHANGEMENTS DE DOMICILE:
carte de domicile

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Mairie de *Strasbourg*

Commissariat de Police

de

Nom: NEUTRINO
Prénom: Electron / Muon / Tau

Masse: Très très très petite !
Charge: Neutre
Interaction: Faible

Naissance: Réacteurs nucléaires,
Etoiles, espace,
Atmosphère
Eléments radioactifs...

Profession: **Passe-muraille**

CARTE D'IDENTITÉ

AD 11 STRASBOURG 15, B. DES JUIFS

Comment interagissent les neutrinos avec leurs propriétés particulières

Matrice 3D de PMTs

Cône de lumière Tcherenkov

Mer / Glace

muon

Interaction

neutrino

Croûte terrestre

Lumière Cherenkov produite par μ issu du ν propagation détectée par matrice de PMTs
Temps & position des photons permet la reconstruction de la trajectoire du μ ($\sim \nu$)

En traversant un milieu transparent (eau, glace, verre,...), le muon crée un cône de lumière bleutée (lumière Tcherenkov)

... La Terre !
(...de temps en temps...)

Detecteur

Un neutrino entre parfois en collision avec un noyau atomique

Il crée alors une autre particule : un muon (ou electron ou tau) que l'on peut essayer de détecter

Le détecteur ANTARES

Le Détecteur ANTARES

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

14.5 m

350 m

100 m

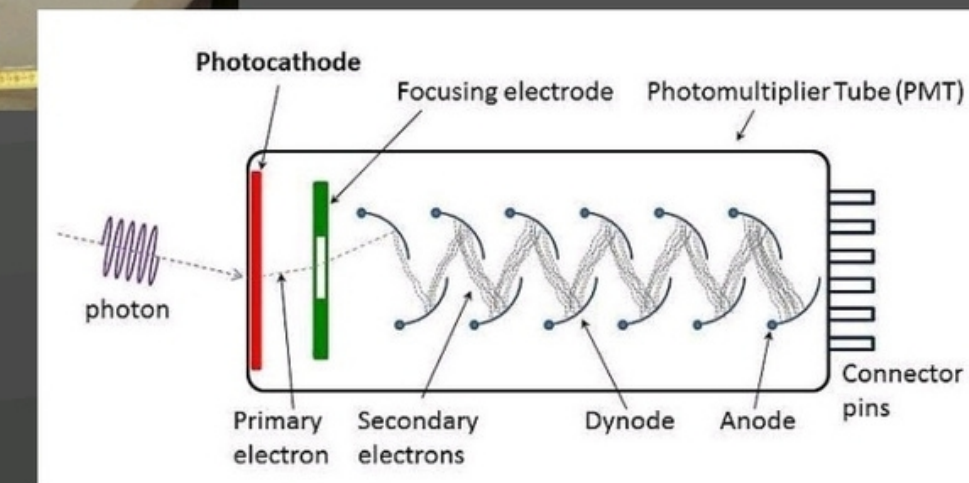
~60-75 m

Profondeur : 2480m

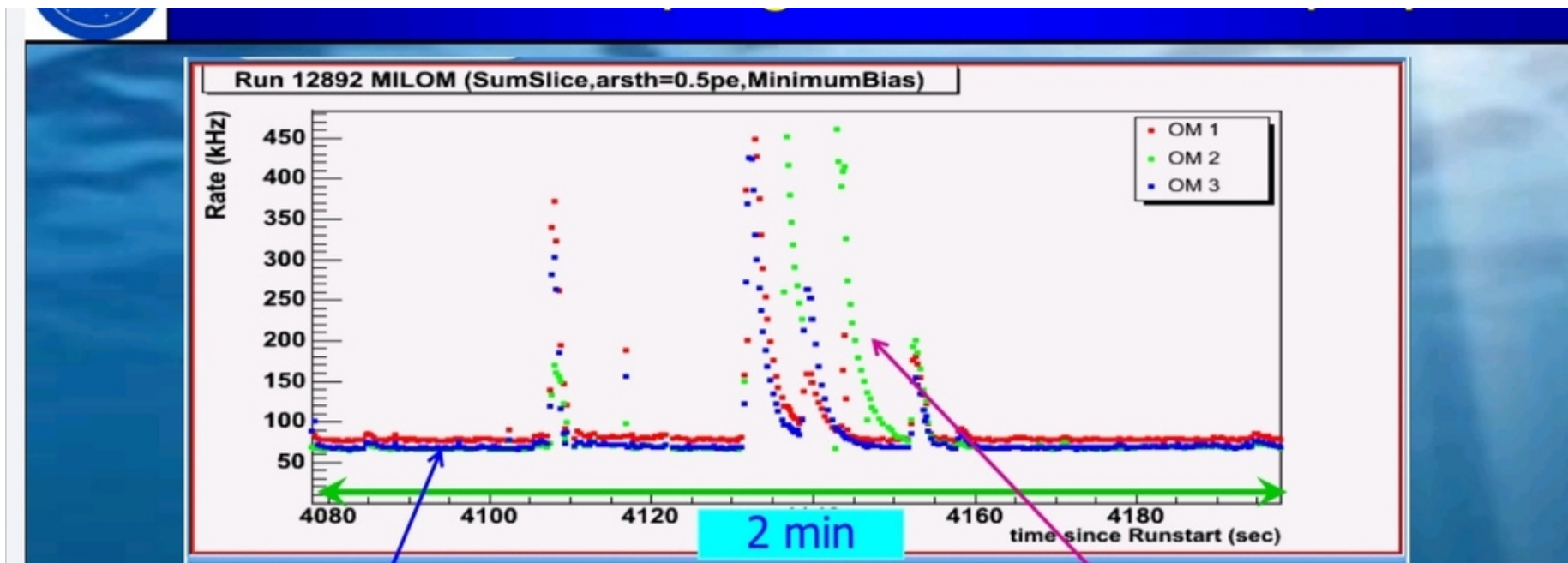
Détecteur en opération entre 2006 et 2022

Carte du site

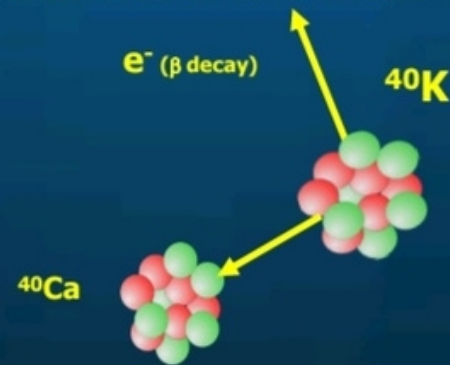
Les yeux d'ANTARES: photomultiplicateurs



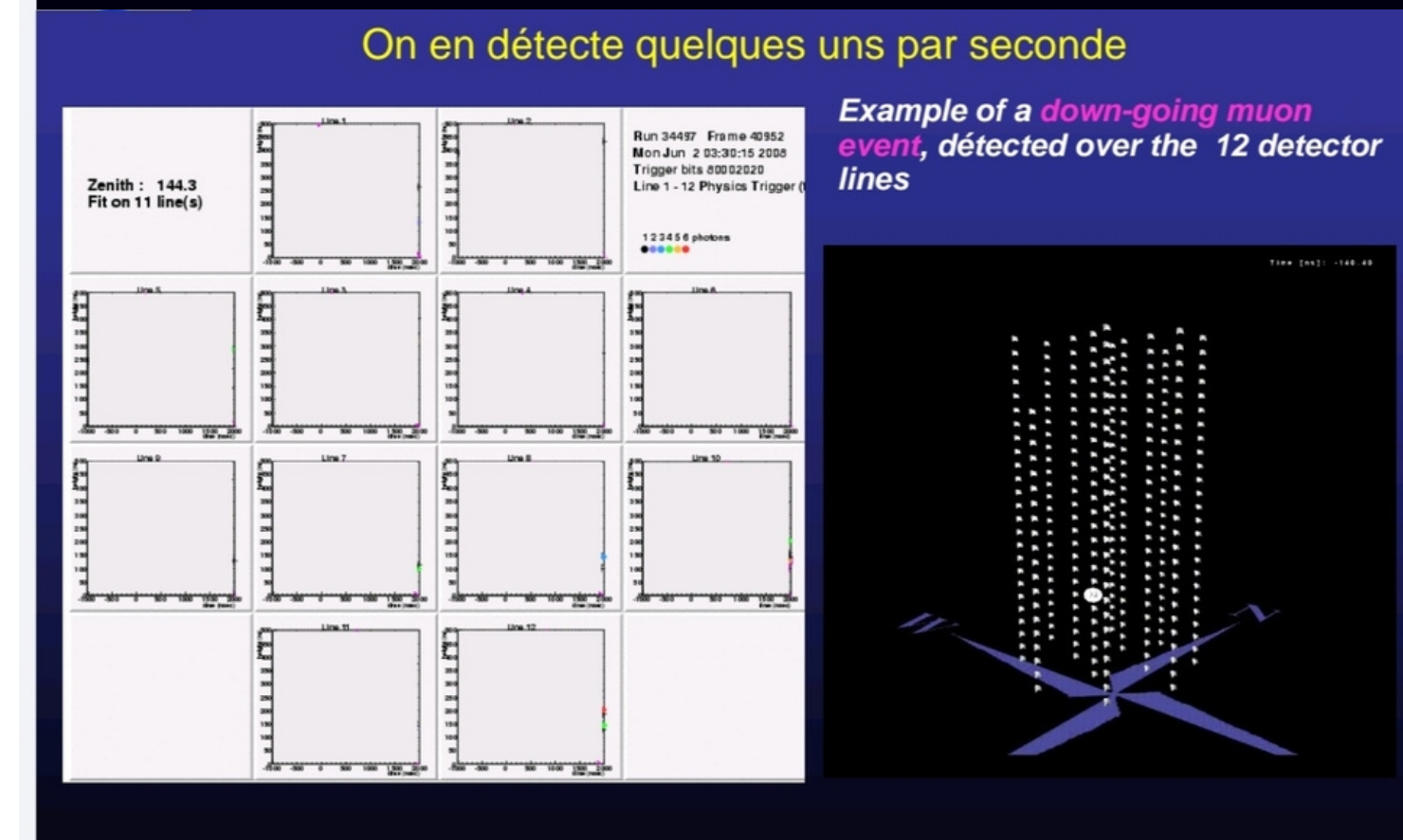
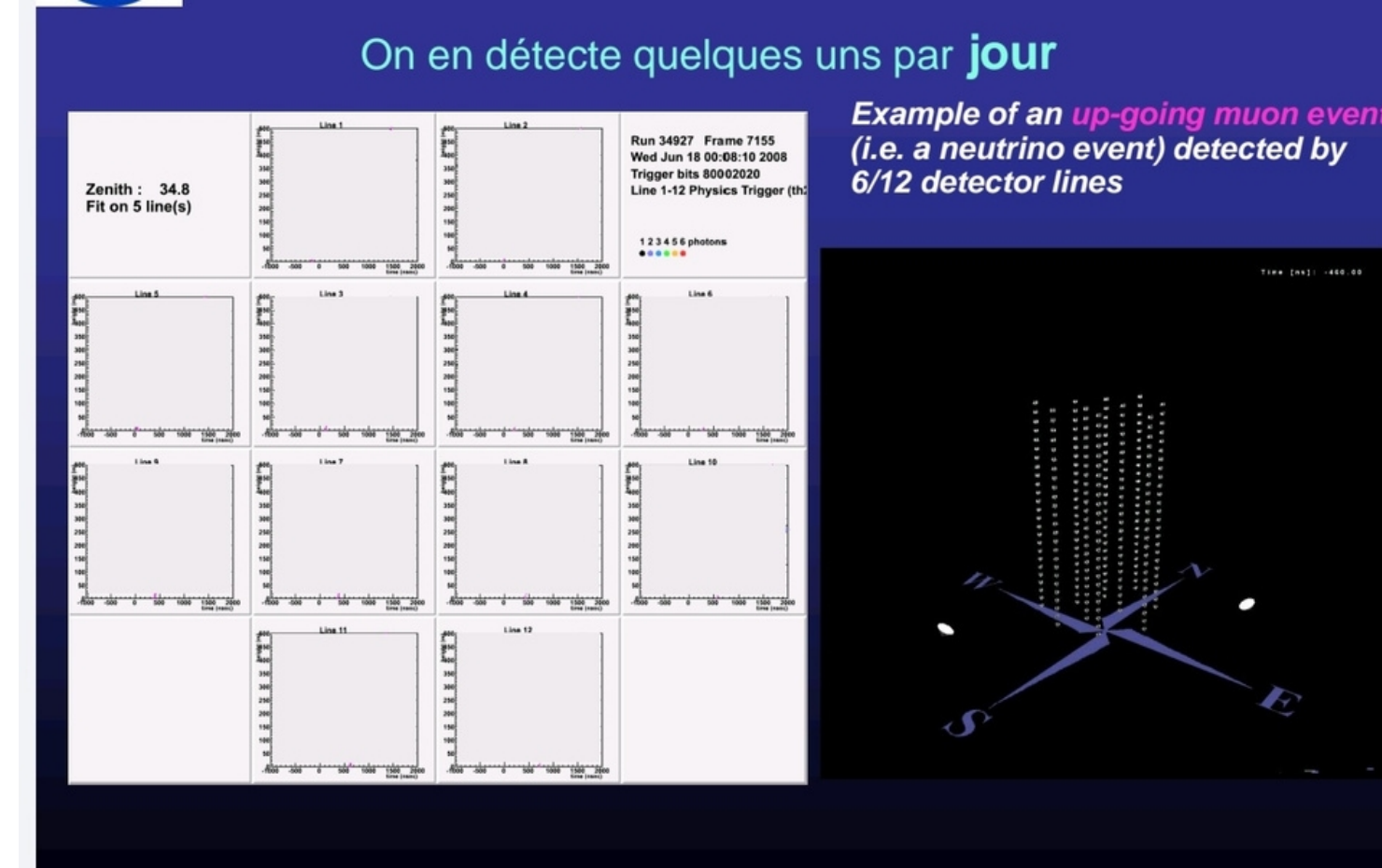
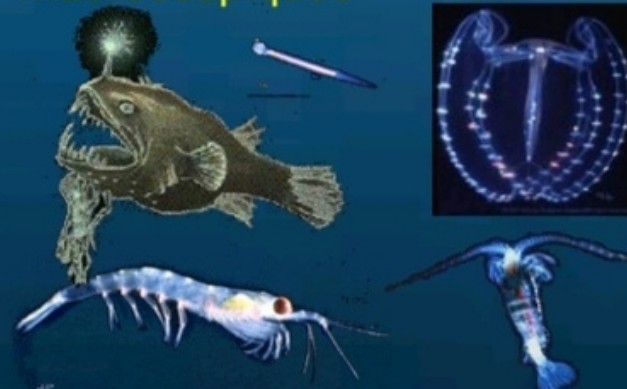
Comptage et exemple d'événements



Ligne de base :
Radioactivité du sel marin (^{40}K)
+ bactéries bioluminescentes

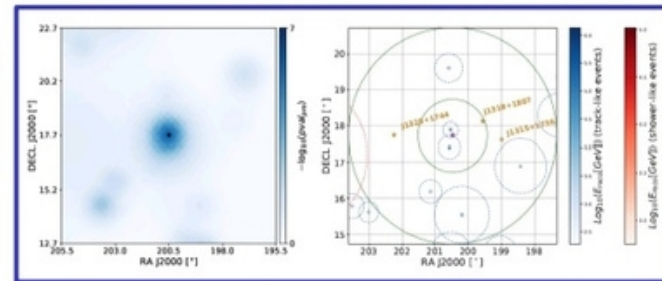
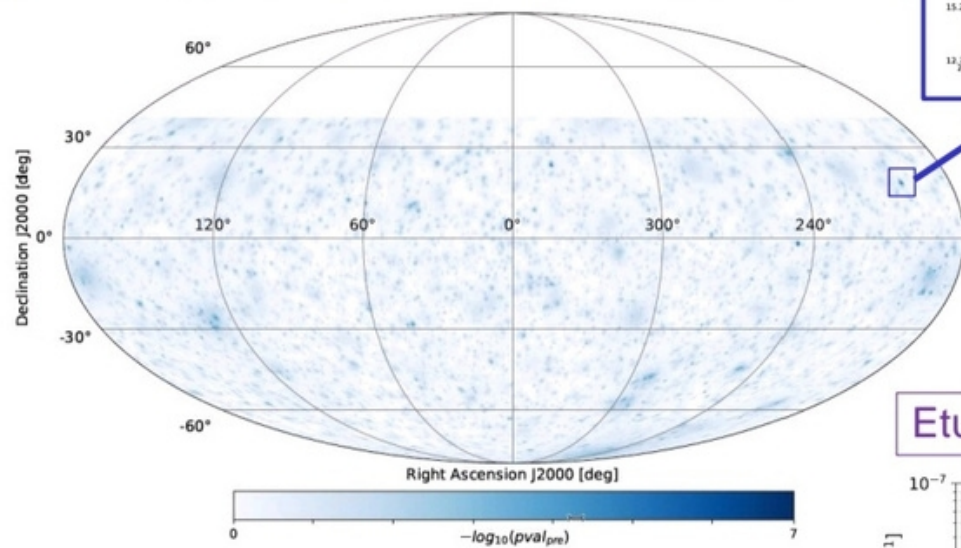


Bursts:
Bioluminescence d'organismes macroscopiques



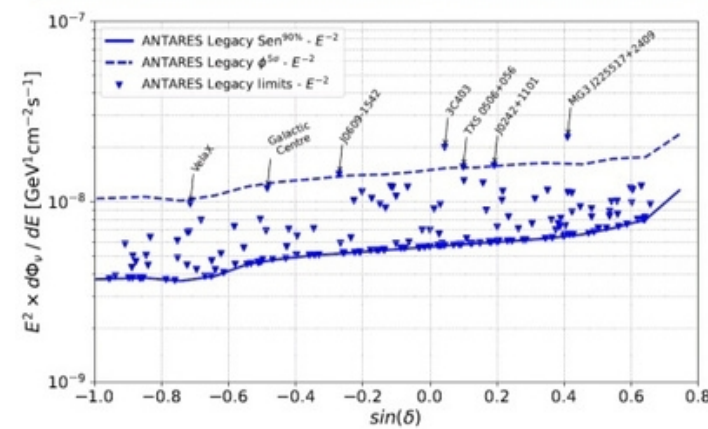
Écrivez votre sujet ou votre idée

Carte du ciel obtenue avec toutes les données enregistrées par ANTARES 2007-2022



Détail de l'excès maximal

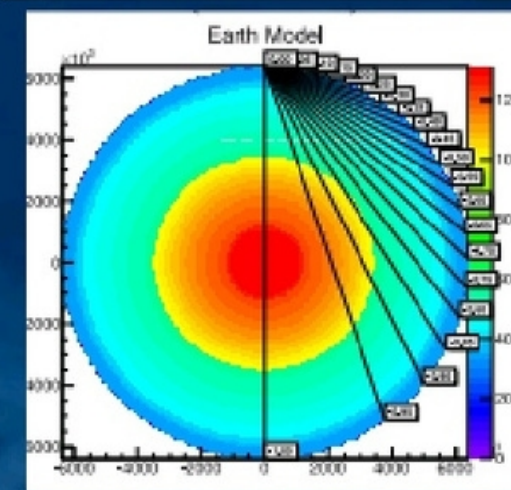
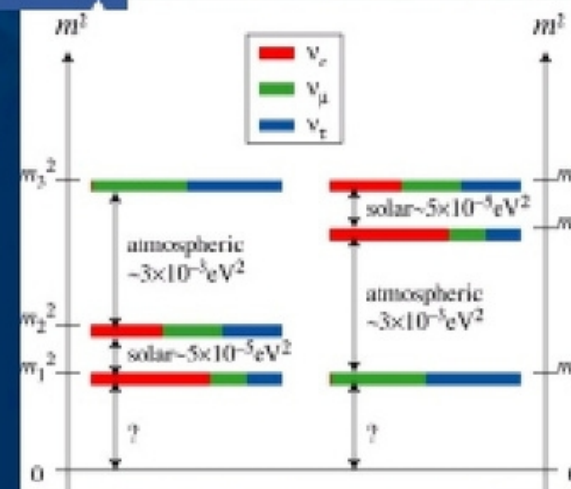
Etude de 169 sources particulières



Etude statistique de la répartition des événements sur la carte du ciel

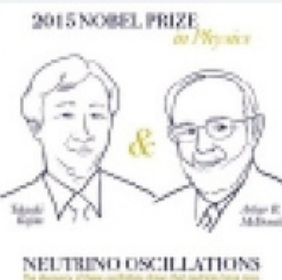
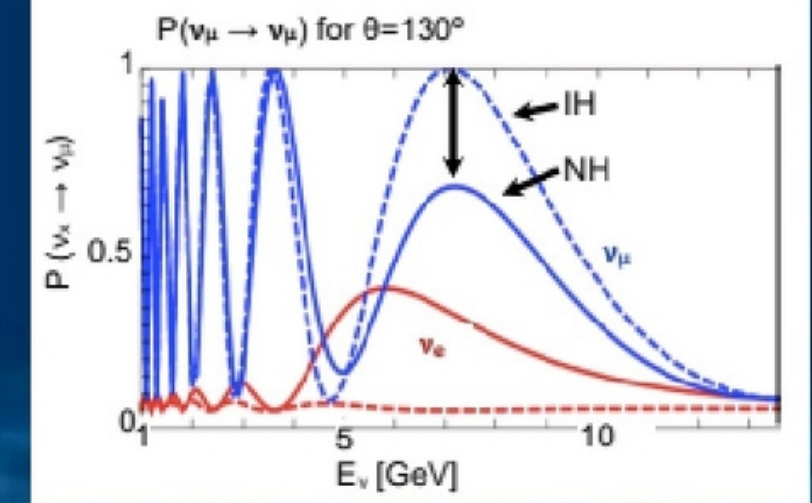
→ Pas d'excès significatif !

Mesure de la Hiérarchie de Masse des Neutrinos avec les oscillations des neutrinos atmosphériques

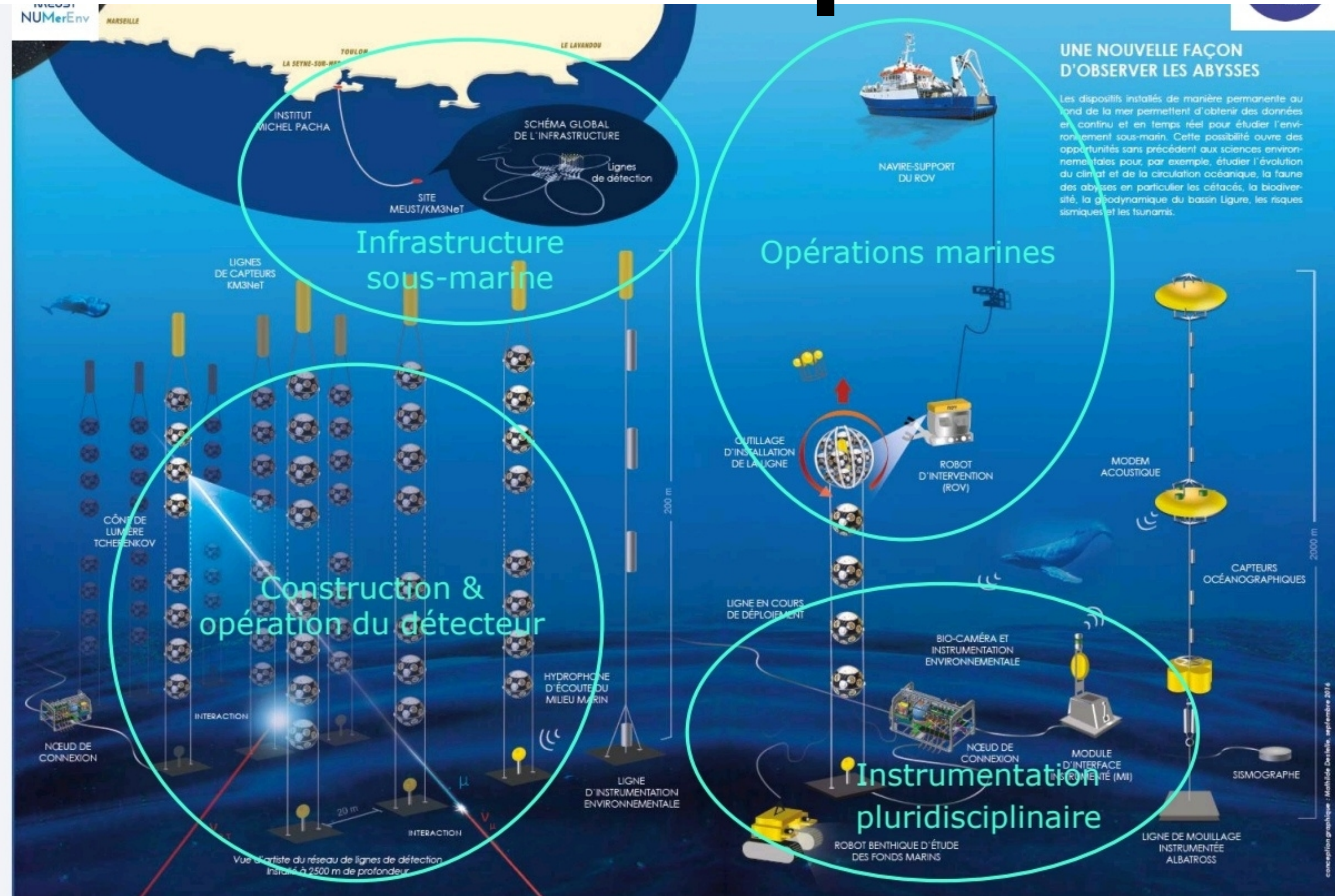


Etudes précise du flux des neutrinos atmosphériques de quelques GeV interagissant dans la Terre

Paramètre fondamental de la nature des neutrinos toujours inconnu !!



Plan du dispositif





Longeur 40 km,
36 fibres optiques,
1 conducteur (3400 VAC)

Deuxième câble en 2025
(réutilisation du câble ANTARES posé en 2001)



Noeud 1 : déployé 10/2018



Noeud 2 : déployé 10/2020

Un Observatoire Pluridisciplinaire en Mer Profonde

LSPM

Ligne de capteurs océanographiques ALBATROSS

- Astronomie
- Physique des neutrinos
- Océanographie physico-chimique
- Biologie marine
- Bioacoustique
- Bioluminescence
- Microbiologie
- Ecologie, biogéochimie
- Sismologie
- Environnement
- Energies renouvelables
- Acoustique sous-marine
- R&D technologies sous-marines
- ...

Biocaméra

Sismographe

Robot BathyBot

Spectromètre gamma

Le capteur de lumière KM3NeT (DOM)



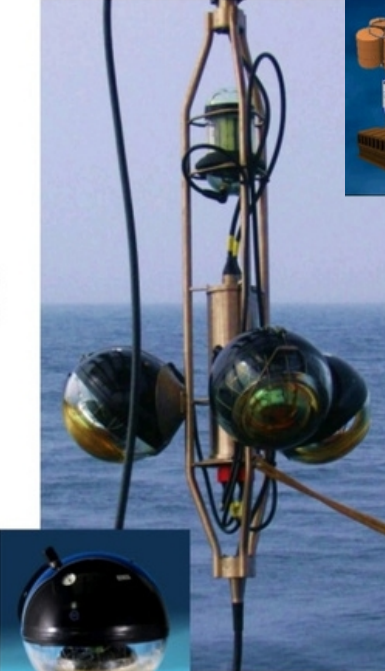
Photomultiplicateurs 3'' Hamamatsu



~0,4 m

- Sphère avec 31 PMs de 3 pouces
- Electronique de lecture intégrée
- Grand champ de vision
- Comptage de photons
- Information directionnelle
- Réjection de la bioluminescence
- Réduction de coûts vs ANTARES

Etage ANTARES

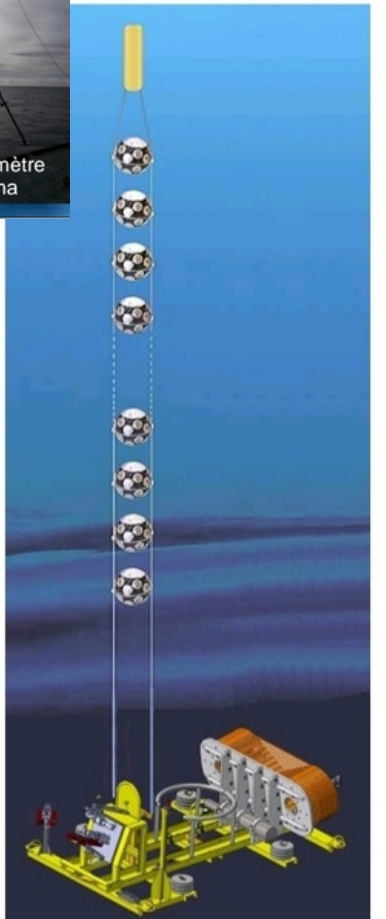


Photomultiplicateur 10'' Hamamatsu

La ligne de détection KM3NeT (DU)

- Technologie unique pour ORCA et ARCA*
- Bouée de tête
 - 2 câbles porteurs en fibres synthétiques (diamètre 4 mm, pré tensionnés)
 - Câble électro-optique en équipression (diamètre 7 mm, 24 fibres, 2 conducteurs)
 - 18 étages avec chacun un DOM
 - Châssis d'ancrage en pied de ligne

	ORCA	ARCA
Distance vertical entre DOMs:	9 m	36 m
Hauteur de ligne:	200 m	800 m
Distance horizontale entre lignes:	20 m	90 m



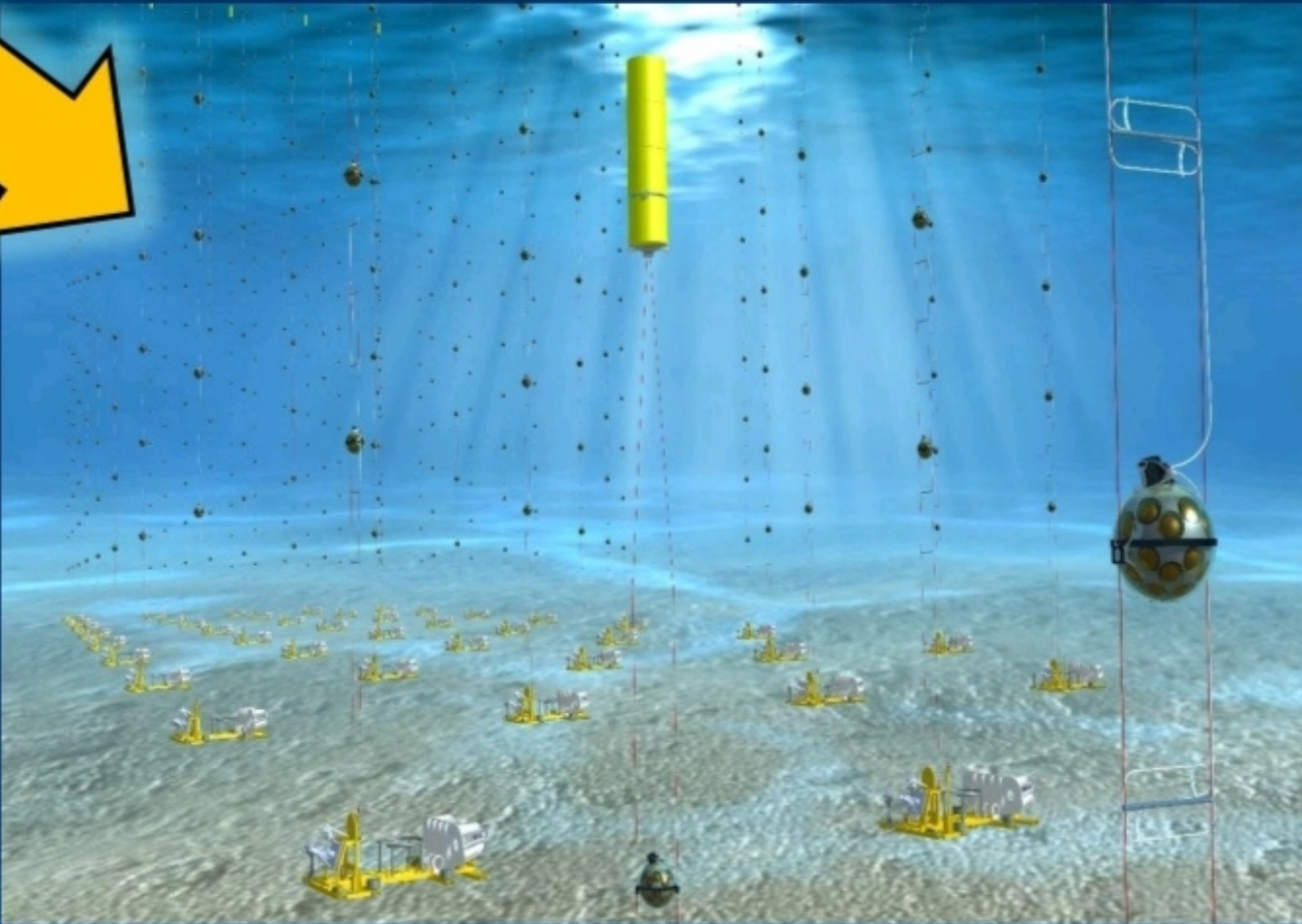

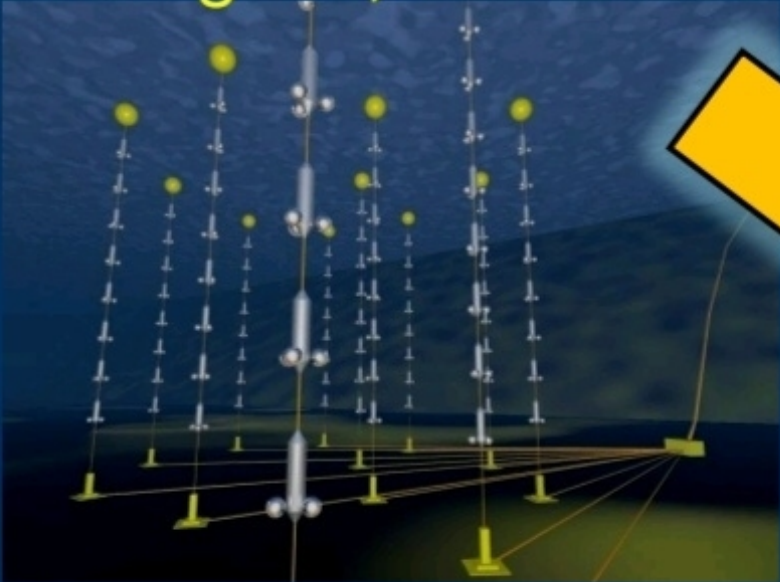
Résultat

Le Téléscop à neutrinos **KM3NeT**
final

KM3NeT

12 lignes, 900 OMs

~350 lignes, ~6300 OMs



Observatoire multidisciplinaire

Détecteur installé sur 2 sites profonds en Mer Méditerranée au large de Toulon (France) et Sicile

			binomes - jeudi 18 juin	
Qui	Sujet / Fonction	Ou	14h45-15h15	15h30-16h
Heide Costantini	Professeure AMU et Chercheuse ; Astroparticules, responsable equipe Photons (experiences CTAO / HESS), matiere noire, ...	307	Raphael / Marion	Julia / Dorian
Denis Fougeron	Ingenieur de Recherche ; Microelectronique et instrumentation; projets ATLAS, R&D pixels pour Futur Circular Collider, ...	239	Loric / Ilann	Raphael / Marion
Christian Morel	Professeur et Chercheur ; Interdisciplinarite , resp equipe imXgam, application technologies pixel au medical, au nucleaire...	142	Julia / Dorian	Axelle / Esteban
Justine Serrano	Directrice de recherche ; Physique des saveurs, responsable equipe Belle 2 (Japon), etude de desintegrations rares, b-quark...	325	Axelle / Esteban	Nina / J.A.
Leonardo Splendori	Etudiant en doctorat ; Experience ATLAS, etude de la desintegration du Boson de Higgs, tracking et tagging des quarks b	310	Nina / J.A.	Loric / Ilann