



Institut national de physique nucléaire et de physique des particules

A composite image showing particle tracks on the left and a colorful cosmic nebula on the right. The tracks are thin lines of various colors (yellow, orange, red, blue) radiating from a central point. The nebula is a vast, multi-colored cloud of gas and dust in shades of purple, pink, and blue against a dark starry background.

Sonder les infinis : des particules au cosmos

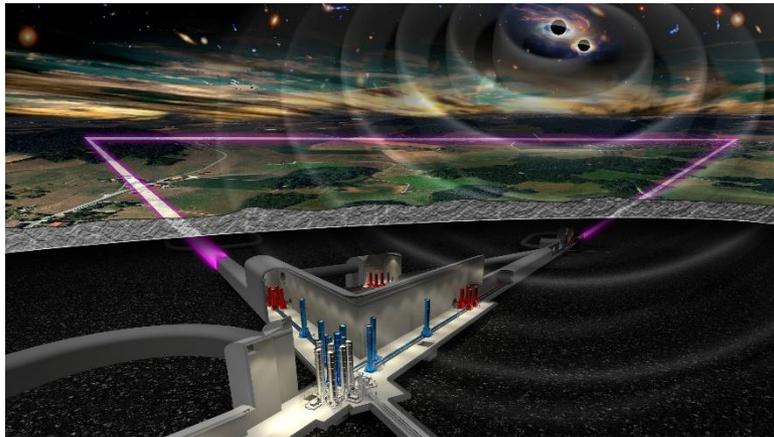
ET : paysage scientifique présent et à venir

Vincent Poireau

Directeur adjoint scientifique astroparticules & cosmologie à l'IN2P3

Ondes gravitationnelles

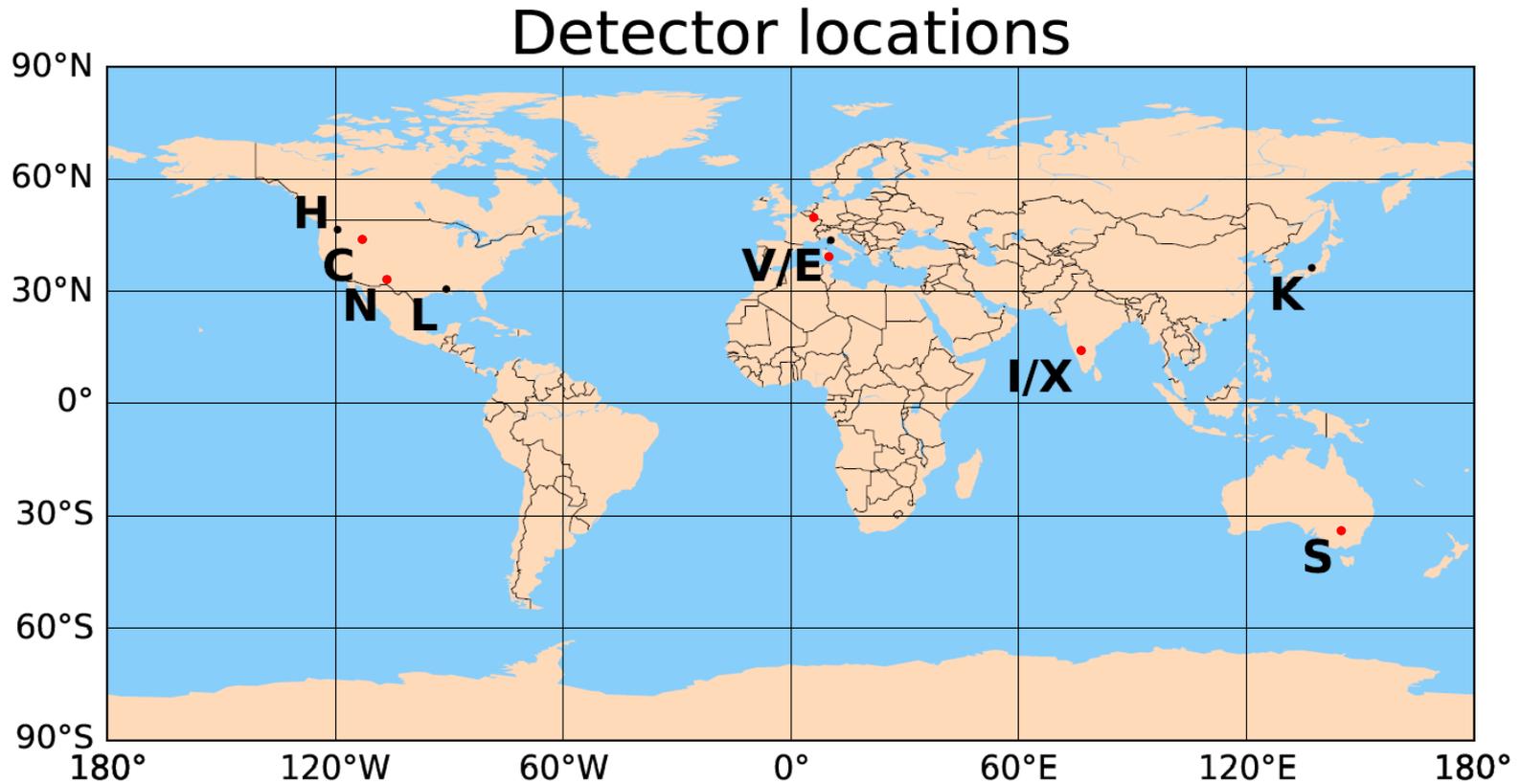
- La physique des ondes gravitationnelles (OG), depuis 2016, a ouvert **une nouvelle fenêtre sur notre Univers**
- Virgo/LIGO/KAGRA vont fonctionner **au moins jusqu'en 2029**
 - Détecteurs de **deuxième** génération
- Einstein Telescope devrait démarrer **en 2035**



- Einstein Telescope sera contemporain de deux autres projets sur les OG (détecteurs de **troisième** génération)
 - Cosmic Explorer
 - LISA

Localisation des interféromètres

- Réseau des interféromètres terrestre (existants et en projet) :



En noir : interféromètres existants

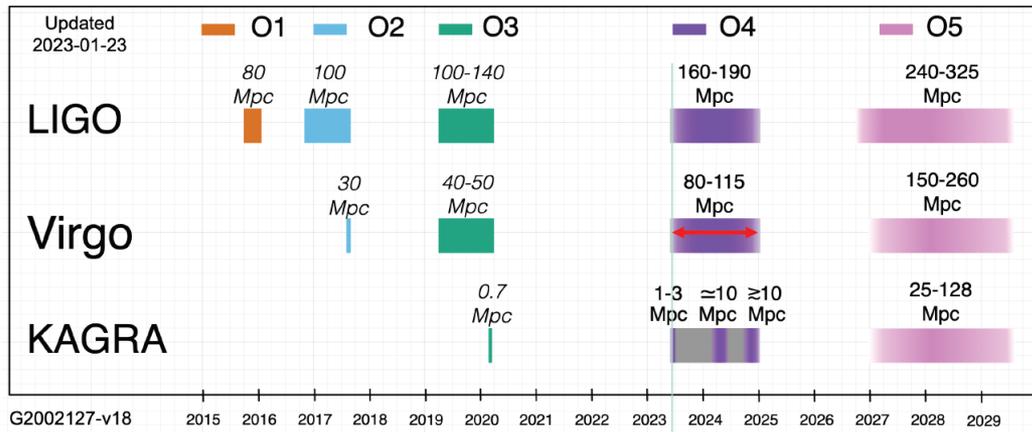
En rouge : interféromètres en projet

EGO/Virgo

- La physique des ondes gravitationnelles en Europe, jusqu'à l'ère d'Einstein Telescope, prend place à EGO, près de Pise

- EGO: European Gravitational Observatory
- Consortium franco-italien-néerlandais pour opérer Virgo

- Planning mondial



A# ?

Virgo_nEXT ?

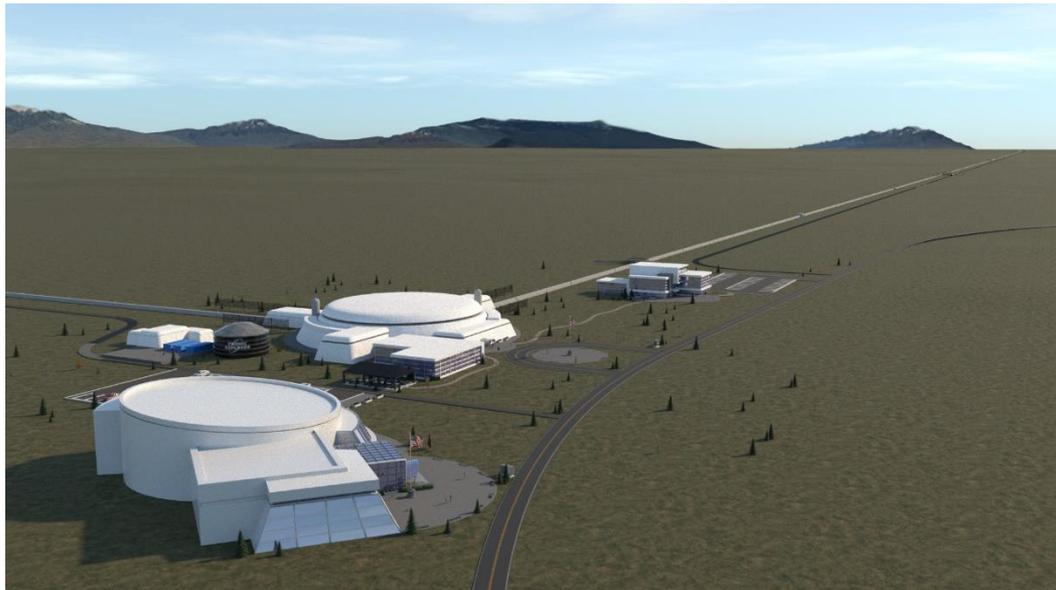
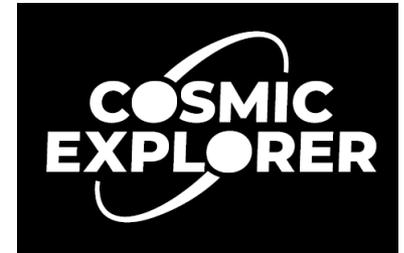
- Virgo_nEXT

- Run O6 de Virgo pour tester certaines technologies d'Einstein Telescope

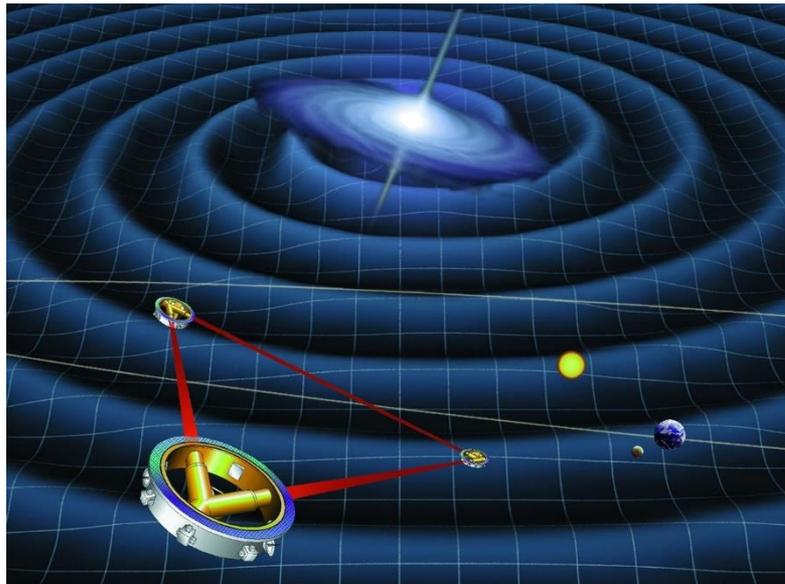


Cosmic Explorer

- **Deux** interféromètres aux Etats-Unis
 - En surface, en forme de L
 - Un interféromètre avec des bras de 40 km
 - Un second avec des bras de 20 km
 - Démarrage potentiel : **2035**
- **Complémentarité** très forte avec Einstein Telescope
 - Il faut un réseau mondial d'interféromètre pour **localiser les sources**



- Laser Interferometer Space Antenna (LISA)
 - Future mission spatiale de l'Agence spatiale européenne (ESA)
 - Lancement en **2038**
 - Premier observatoire spatial d'ondes gravitationnelles
 - Trois satellites en orbite héliocentrique, bras de **2,5 millions de km**
 - Détecter des ondes gravitationnelles **de basses fréquences** depuis l'espace
 - Complémentaire des interféromètres terrestres



L'ère du multi-messenger

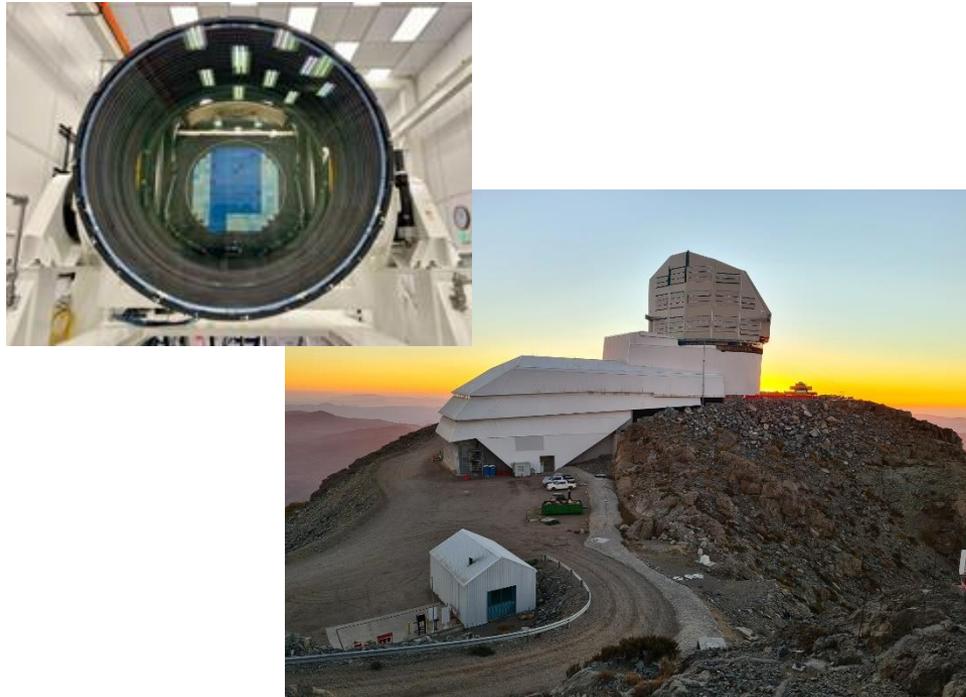
- Einstein Telescope va couvrir un très riche domaine de physique
 - Environnement extrême, matière dense
 - Gravité extrême et physique fondamentale
 - Physique des trous noirs et des étoiles à neutrons
 - Cosmologie
- Toutes ces thématiques vont être traitées en parallèle par d'autres expériences
- Ère du multi-messenger : observation de l'Univers via
 - les ondes gravitationnelles
 - les photons (en optique, rayons X, rayons gamma)
 - les neutrinos

⇒ Exemple typique de l'événement GW170817 vu par différents détecteurs en 2017
- Cf le projet ACME soumis à l'Europe

LSST/Euclid

IN2P3

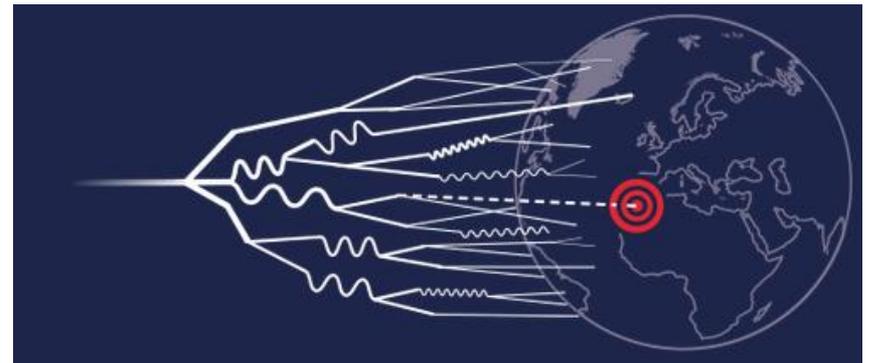
- Expérience de **cosmologie** (expansion de l'Univers et énergie noire, matière noire)
- LSST
 - Télescope optique au Chili
 - Plus grande caméra numérique au monde
 - Prise de données **2024**
- Euclid
 - Mission de l'ESA
 - Satellite lancé en juillet **2023**



CTA

- Un réseau de télescopes pour détecter les rayons gamma
 - Deux sites : îles Canaries, Chili
 - Démarrage en **2027**, pour 30 ans

IN2P3



ATHENA

- Observatoire spatial à rayons X
 - Mission ESA/JAXA
 - Lancement en **2037**

IN2P3



© IRAP/CNRS, ESA & ACO

SVOM

- Un satellite pour détecter les sursauts gamma
 - Mission franco-chinoise
 - Lancement début **2024**

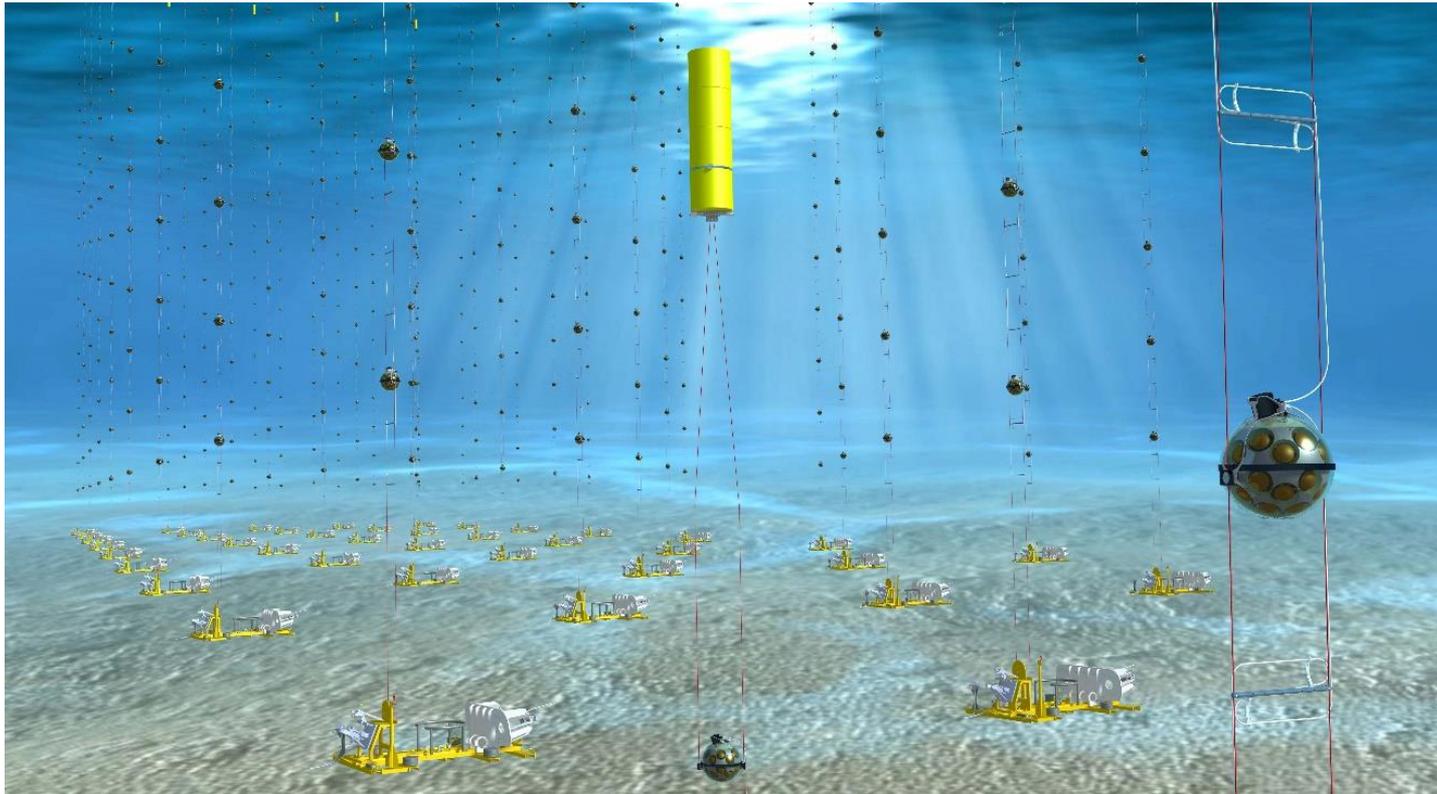
IN2P3



KM3NeT

IN2P3

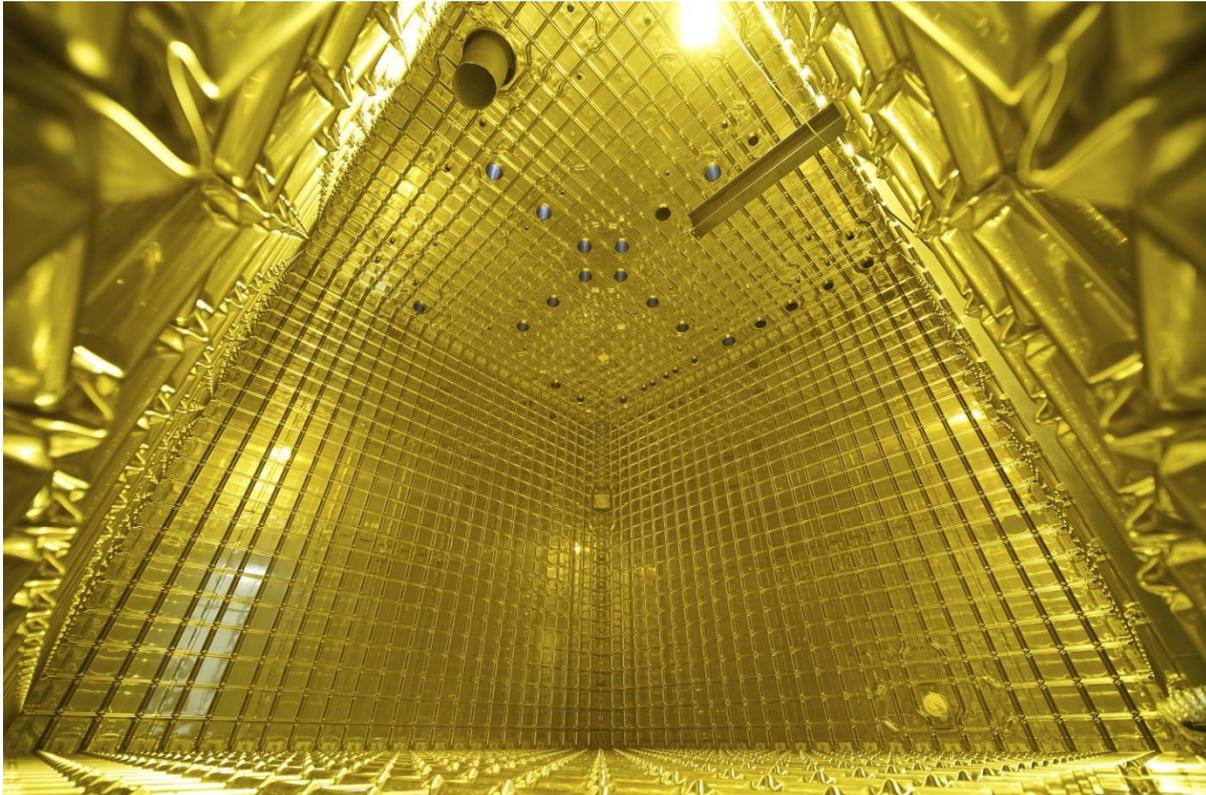
- Un télescope sous-marin pour détecter les **neutrinos**
 - En Méditerranée (au large de Toulon et au large de la Sicile)
 - Détecteur complet en **2027**
 - Etude des **événements astrophysiques** émettant des neutrinos



DUNE

- Détecteurs à **neutrinos** au Dakota du sud (en souterrain)
 - Démarrage en **2030**
 - 70 000 tonnes d'argon liquide
 - Recherche de **supernovæ**

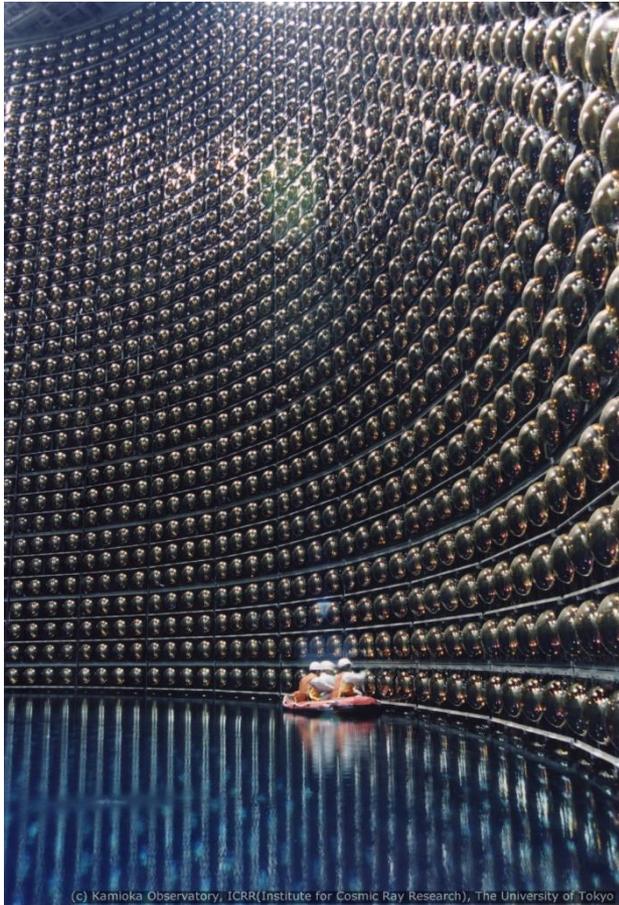
IN2P3



HyperKamiokande

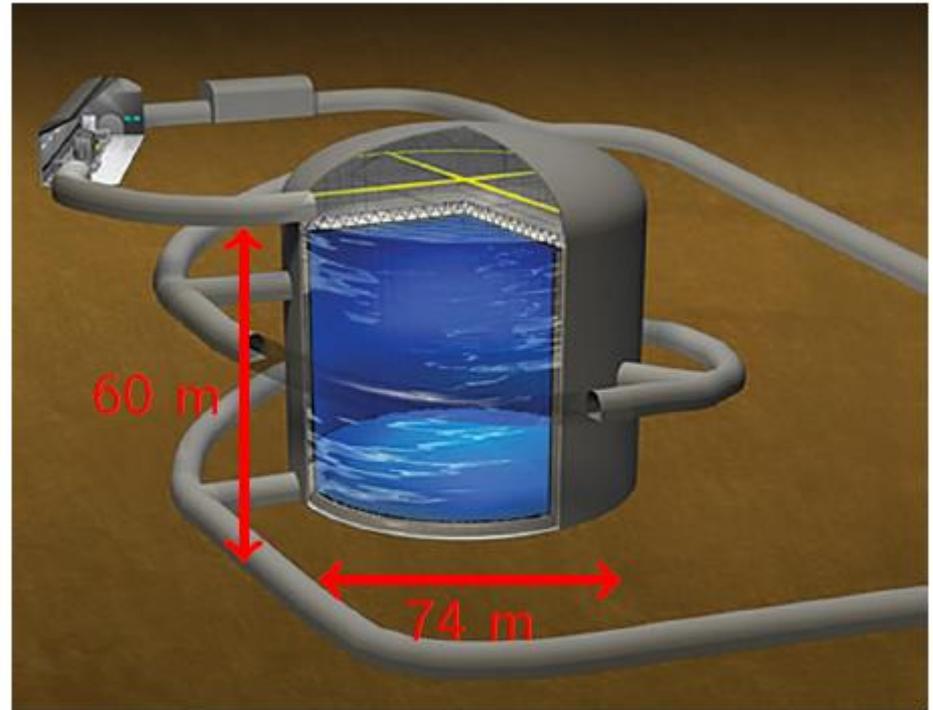
IN2P3

- Détecteur souterrain pour les **neutrinos** au Japon
 - Démarrage en **2028**



(c) Kamioka Observatory, ICRR(Institute for Cosmic Ray Research), The University of Tokyo

SuperK (en cours)



HyperK (>2028)

Mais aussi...

- Satellite Fermi
- Réseau de télescopes optiques GrandMa
- JUNO
- ...
- Et bien sûr la **théorie**
 - Toutes ces observations doivent être interprétées grâce aux travaux des théoriciens

En conclusion

Einstein Telescope

- profite de plus de 30 ans d'expertise des physiciens de Virgo
- bénéficiera des synergies avec Virgo_nEXT, la prochaine jouvence (TBC) de Virgo
- formera un réseau mondial avec Cosmic Explorer
- sera complémentaire de l'interféromètre spatial LISA
- sera contemporain des nombreuses expériences pour des mesures multi-messagers

- Les laboratoires de l'IN2P3 sont présents sur tous ces fronts
- En résumé, ET va ouvrir une nouvelle fenêtre et révolutionner notre connaissance sur notre Univers