

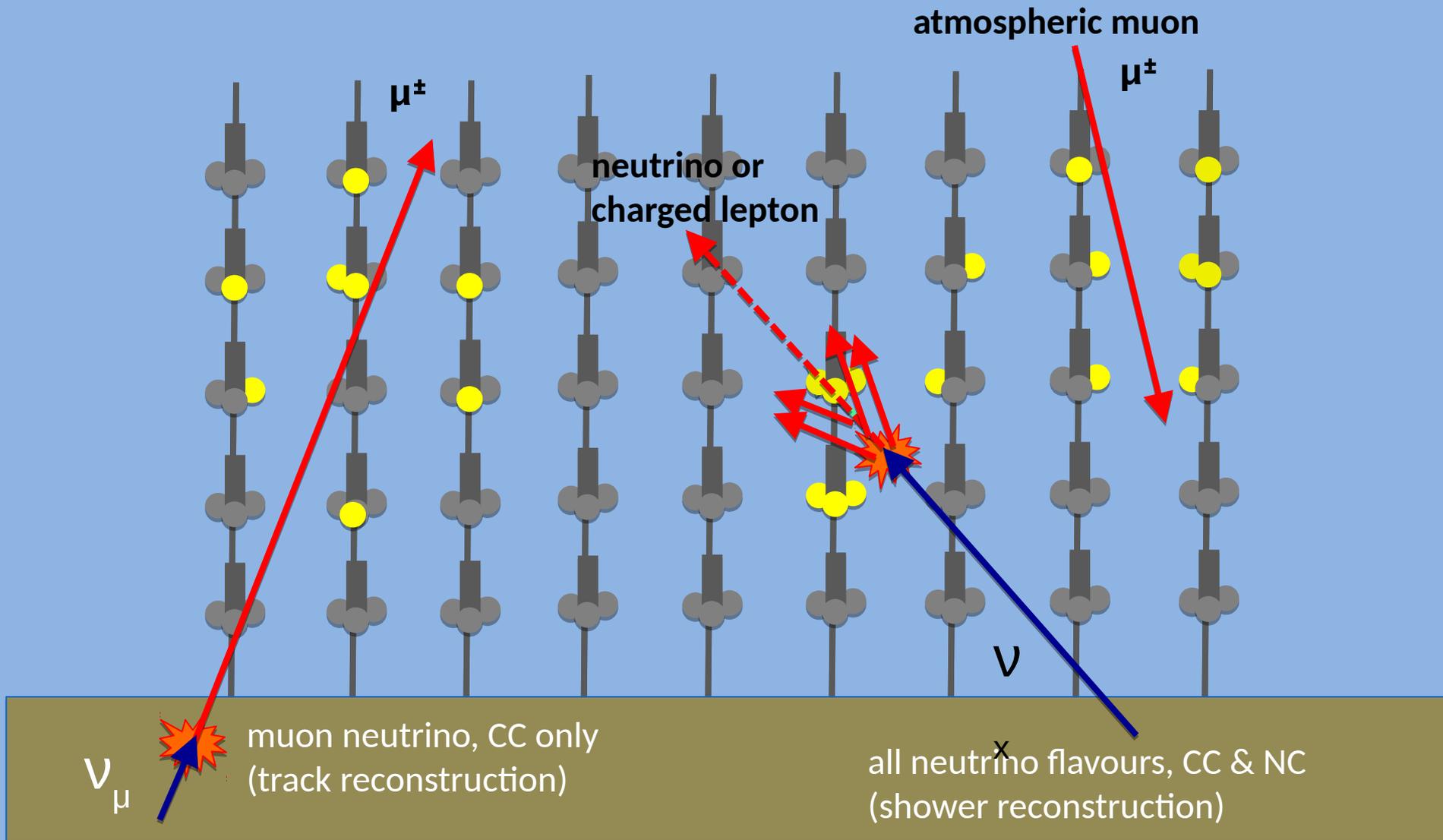
Sciences associées dans ANTARES/KM3NeT



Thierry PRADIER
pradier@in2p3.fr

IPHC::Department of Subatomic Research
&
University of Strasbourg (France)

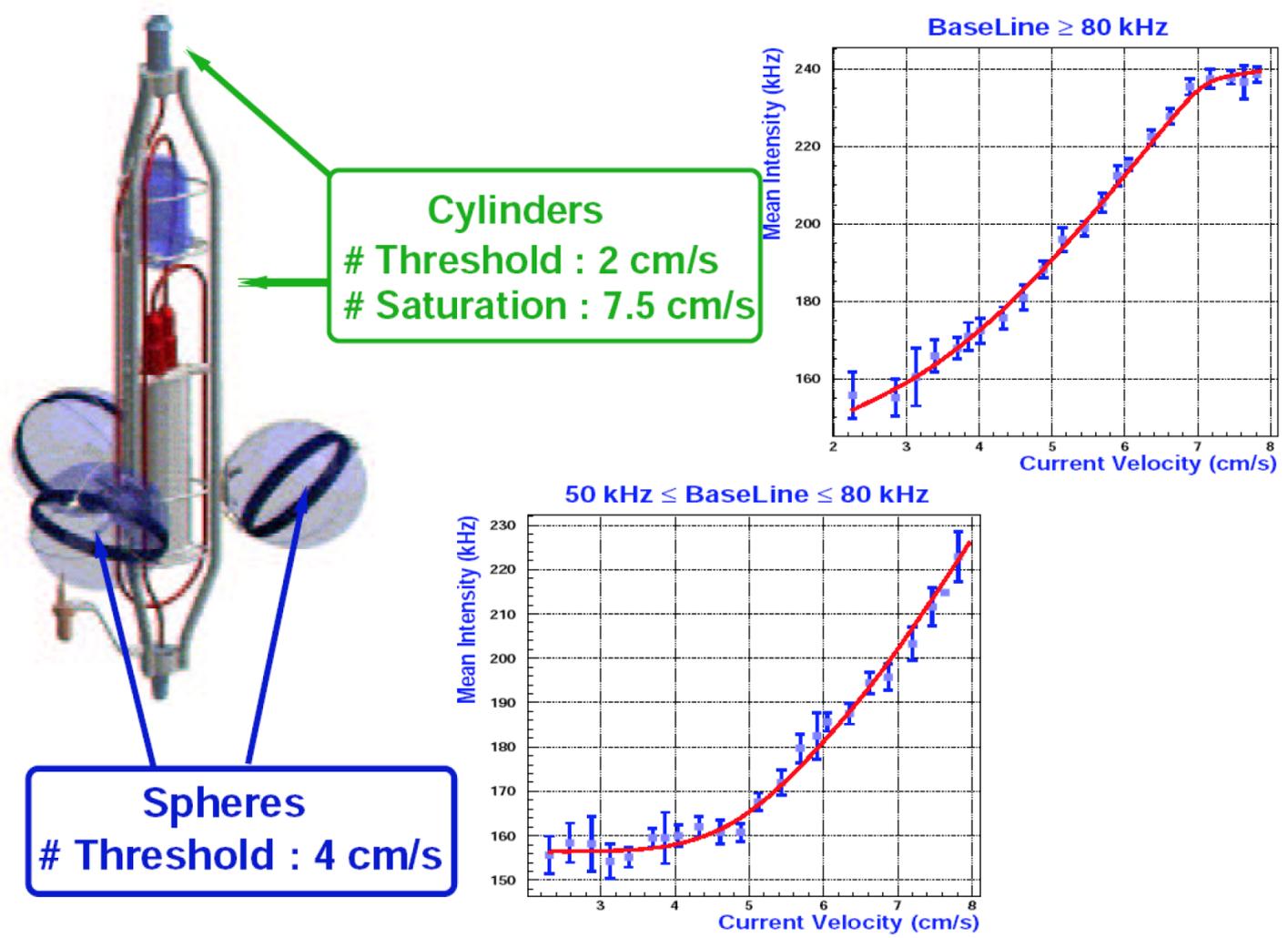




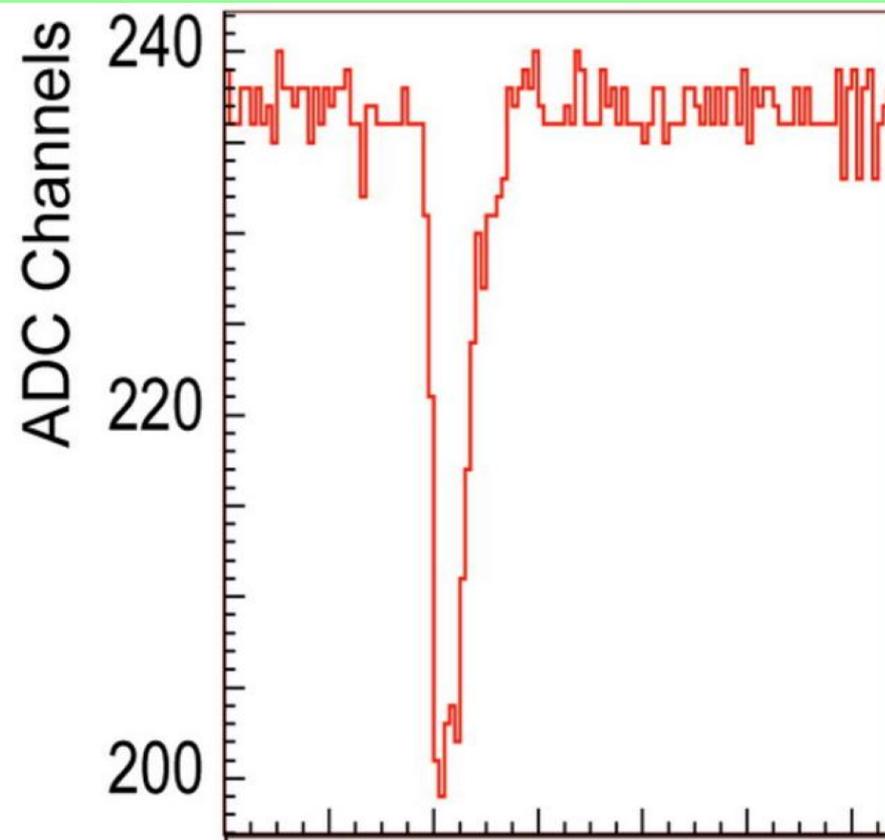
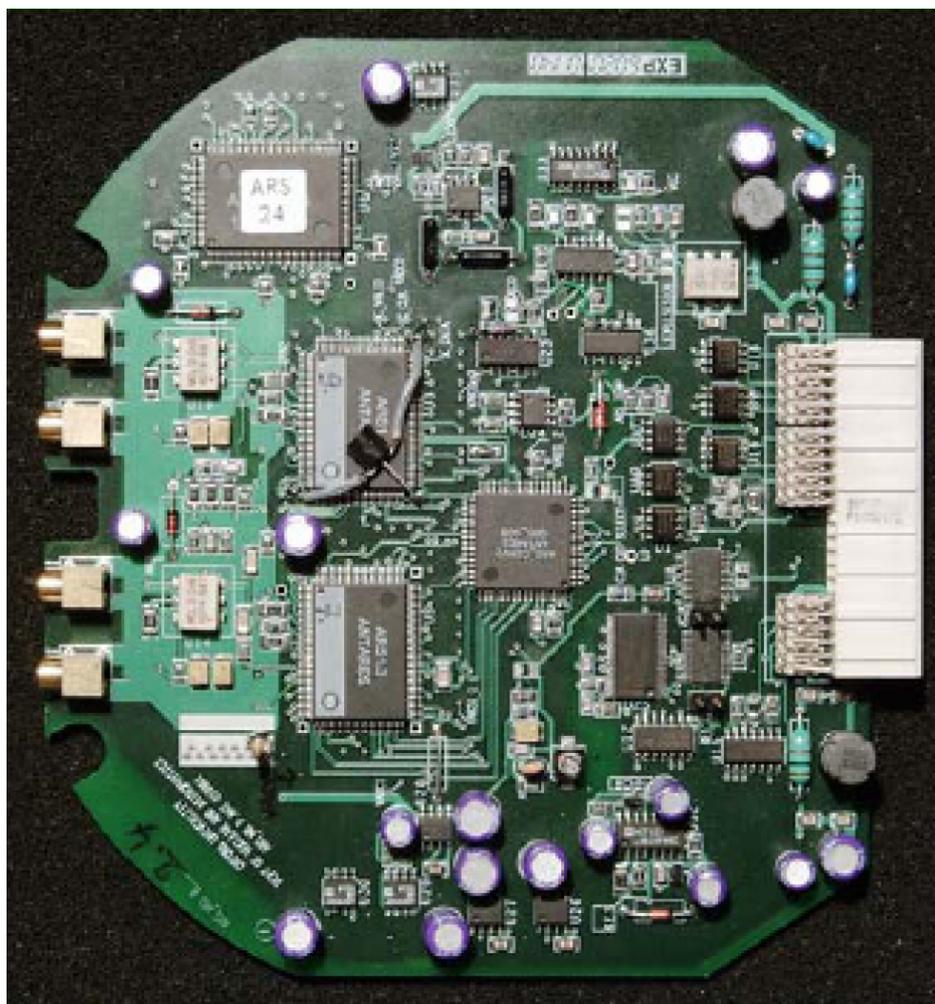


Télescopes à Neutrinos @ IPHC

- **Sur ANTARES depuis 2000 (T.P depuis 2001)**
 - KM3NeT formée peu après
- Corrélation Bioluminescence- Courant – stimulation autour des structures du télescope (→ 2006)



- **Sur ANTARES depuis 2000 (T.P depuis 2001)**
 - KM3NeT formée peu après
- Corrélation Bioluminescence- Courant – stimulation autour des structures du télescope
- Electronique (→ 2008)



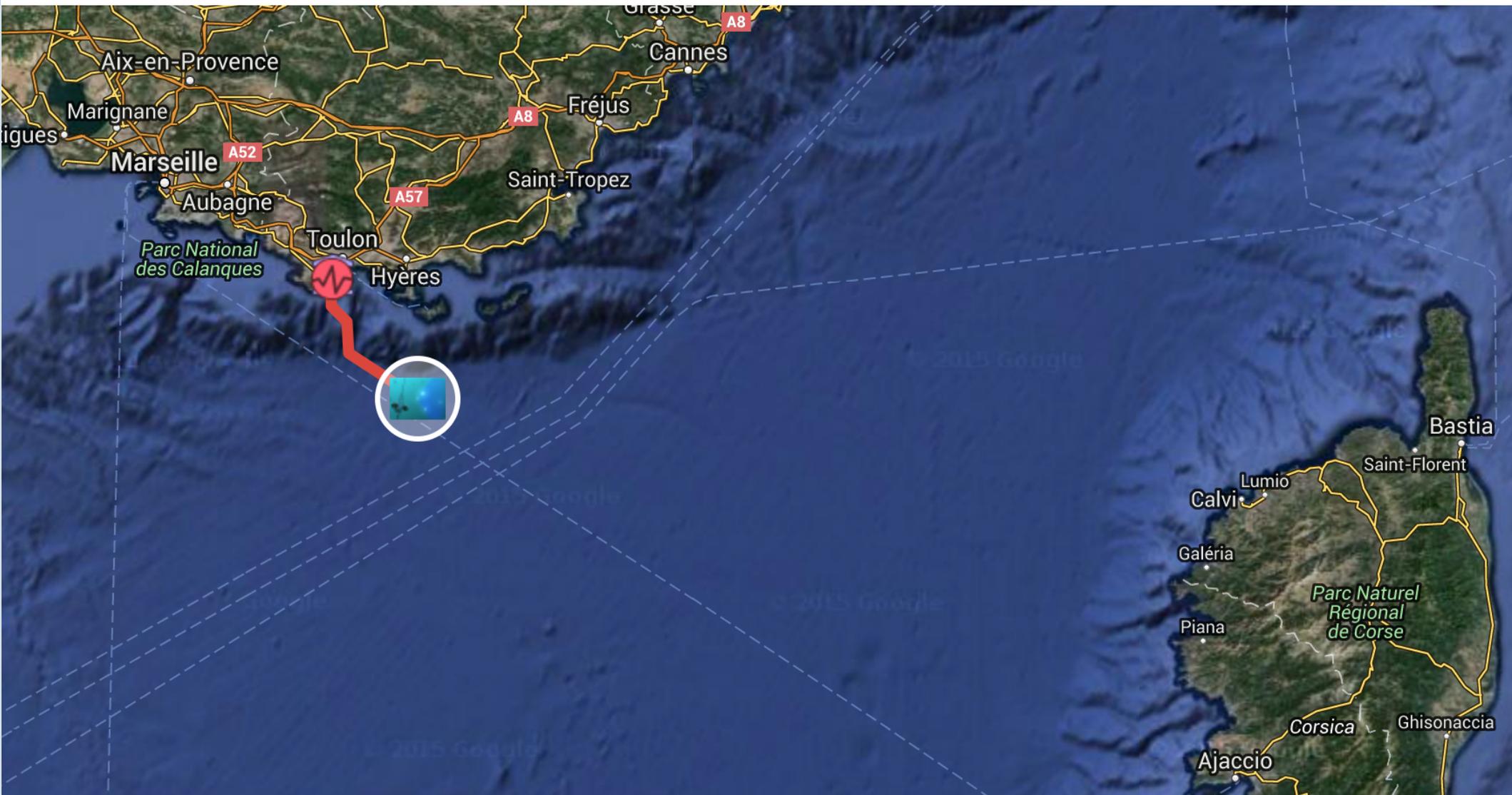
Télescopes à Neutrinos @ IPHC

- **Sur ANTARES depuis 2000 (T.P depuis 2001)**
 - KM3NeT formée peu après
 - *Corrélation Bioluminescence- Courant – stimulation autour des structures du télescope (→ 2006)*
 - *Electronique (→ 2008)*
 - *Astronomie Multi-Messagers (depuis 2006)*
 - Distinguer un neutrino cosmique d'un neutrino de bruit de fond
 - Corrélations avec Télescopes Gammas (2 doctorants)
- **Corrélations avec Ondes Gravitationnelles : GWHEN**



- **Sur ANTARES depuis 2000 (T.P depuis 2001)**
 - KM3NeT formée peu après
 - Corrélation Bioluminescence- Courant – stimulation autour des structures du télescope
 - Electronique
 - Astronomie Multi-Messagers (depuis 2006)
 - Distinguer un neutrino cosmique d'un neutrino de bruit de fond
 - Corrélations avec Télescopes Gammas (2 doctorants)
 - **Corrélations avec Ondes Gravitationnelles : GWHEN**

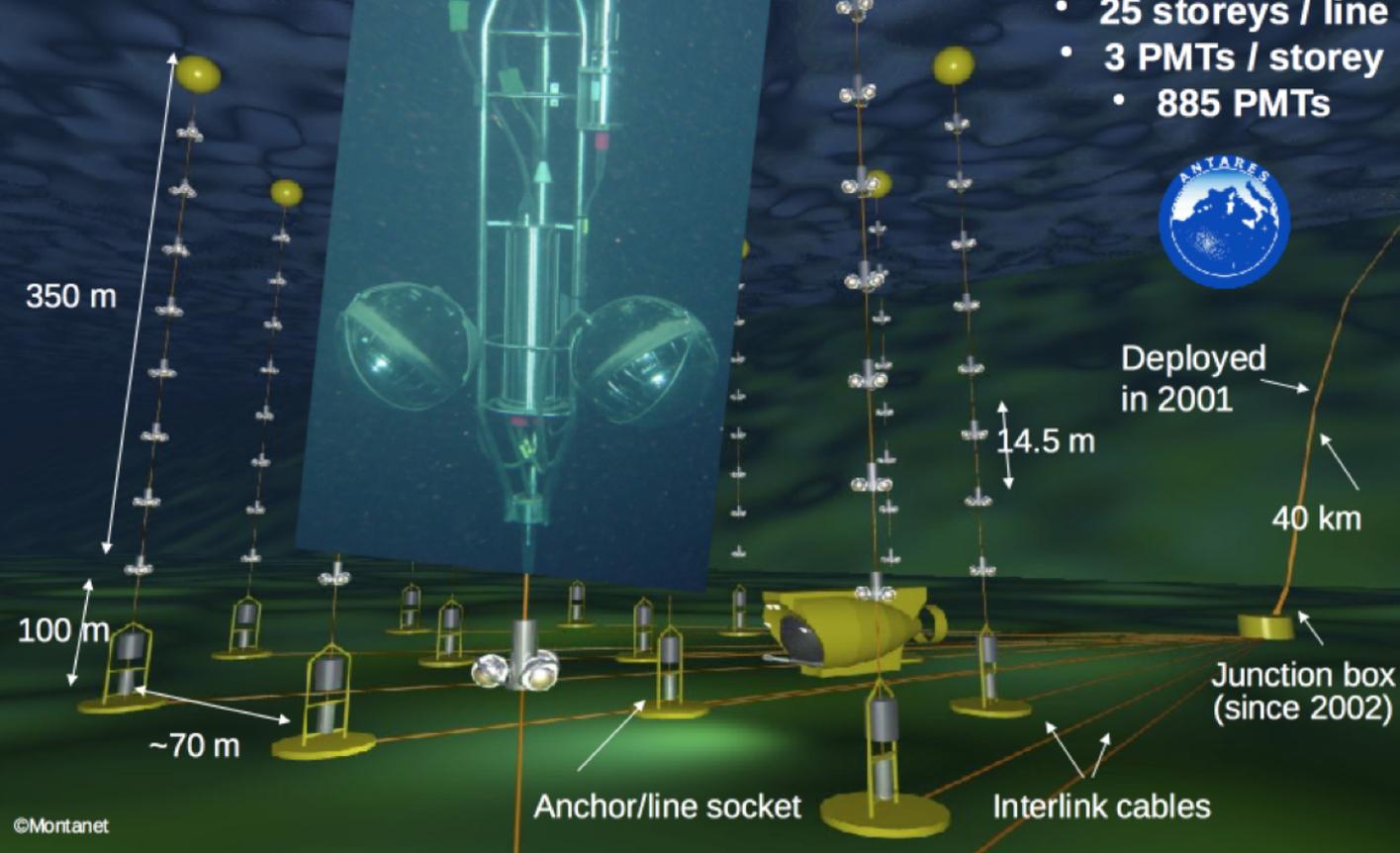
- **Sous-groupe du groupe Neutrino (Marcos Dracos) - Télescopes à Neutrinos :**
 - 3 permanents :
 - UHA @ IPHC : A. Albert (50%), D. Drouhin (20%) - « fusion IPHC » 2018
 - 1 doctorant
 - 1 post-doc ANR (Janvier 2017)
 - 1 post-doc « H2020 » (début 2017)



ANTARES : en opération depuis 2006-2008

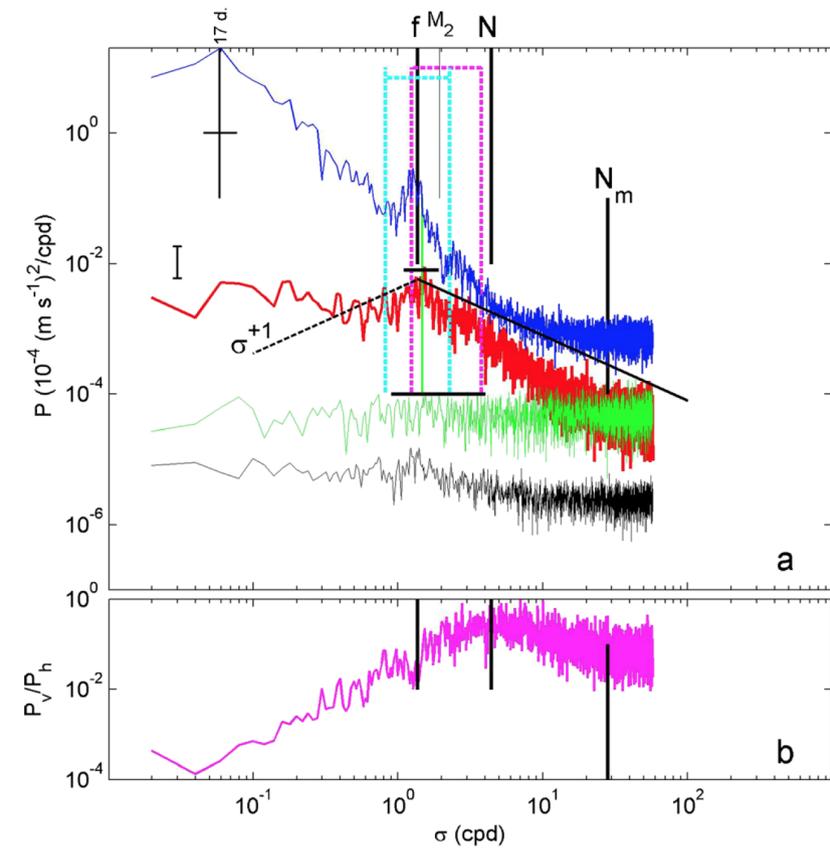
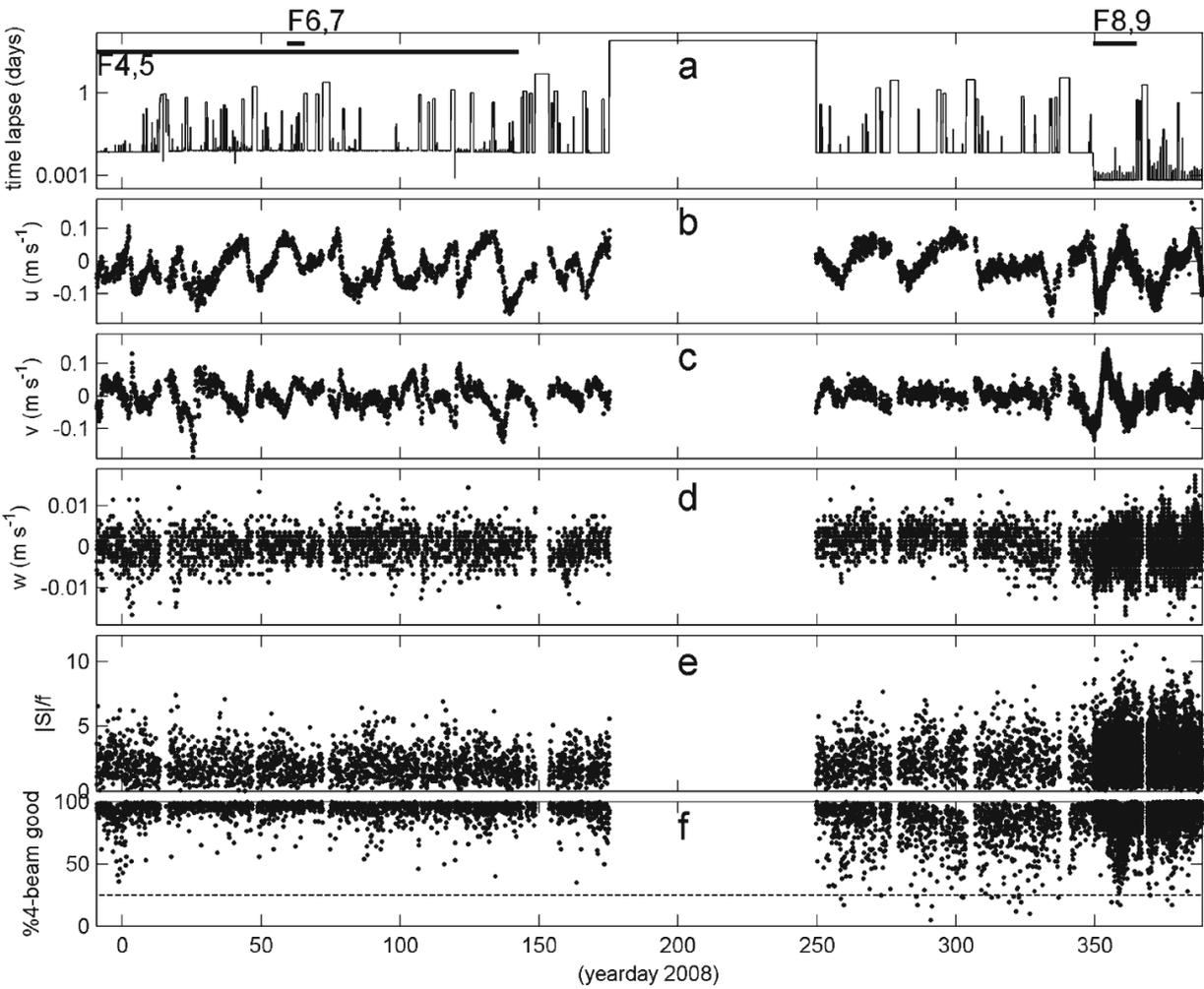


12 line detector completed in May 2008



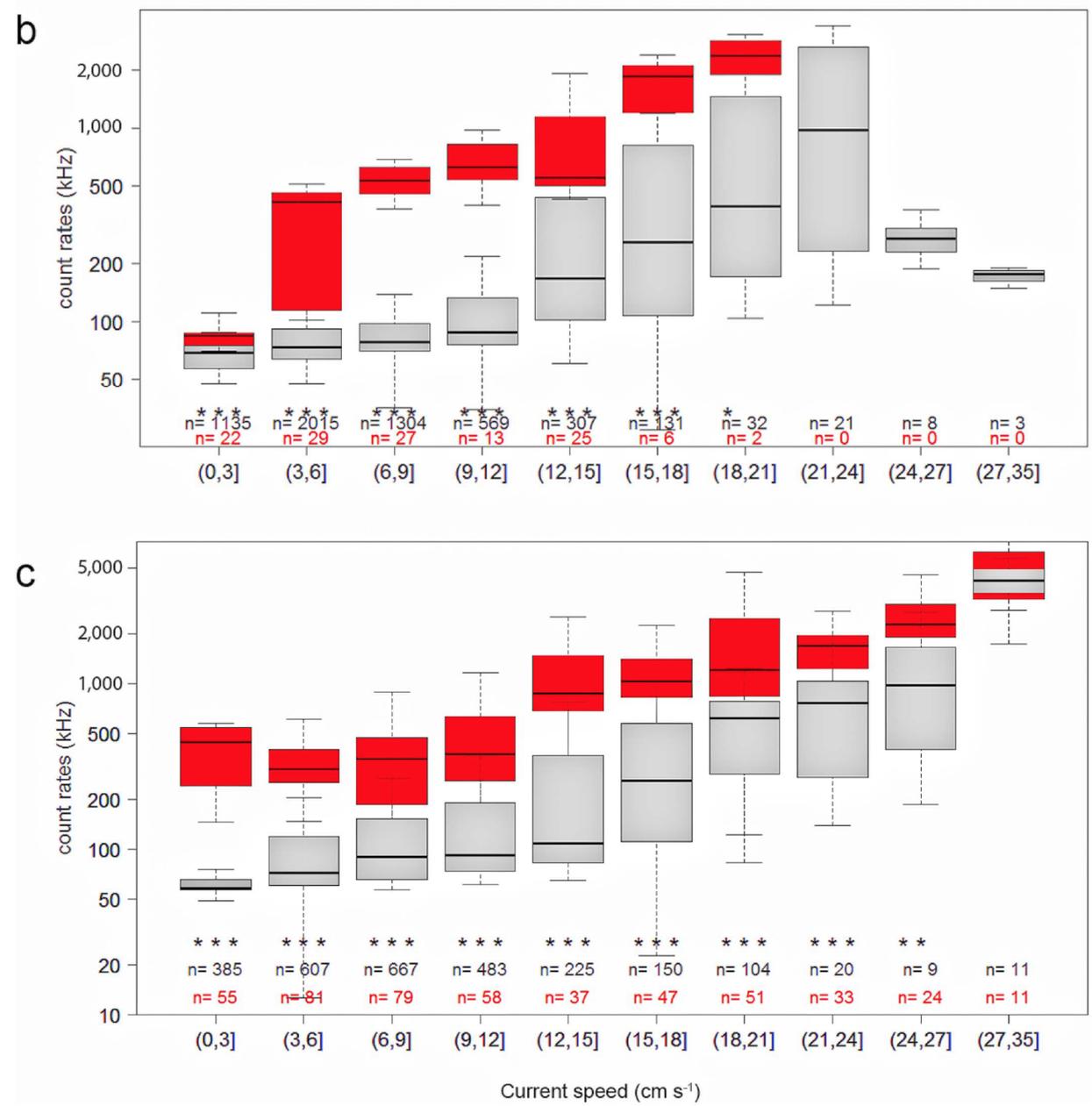
Quelques résultats : océano

- High-frequency internal wave motions at the ANTARES site in the deep Western Mediterranean (2014)



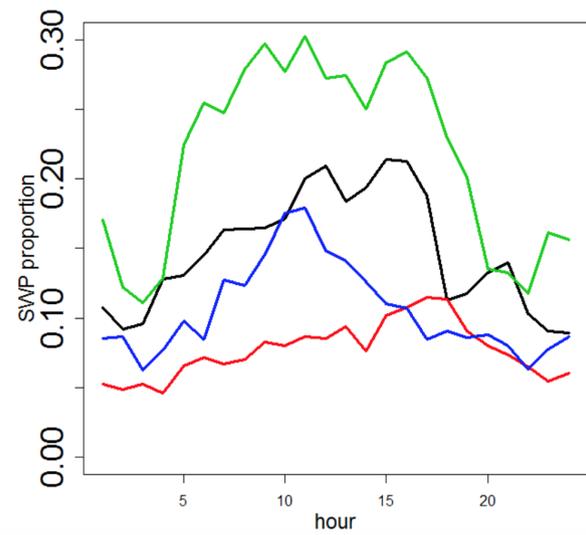
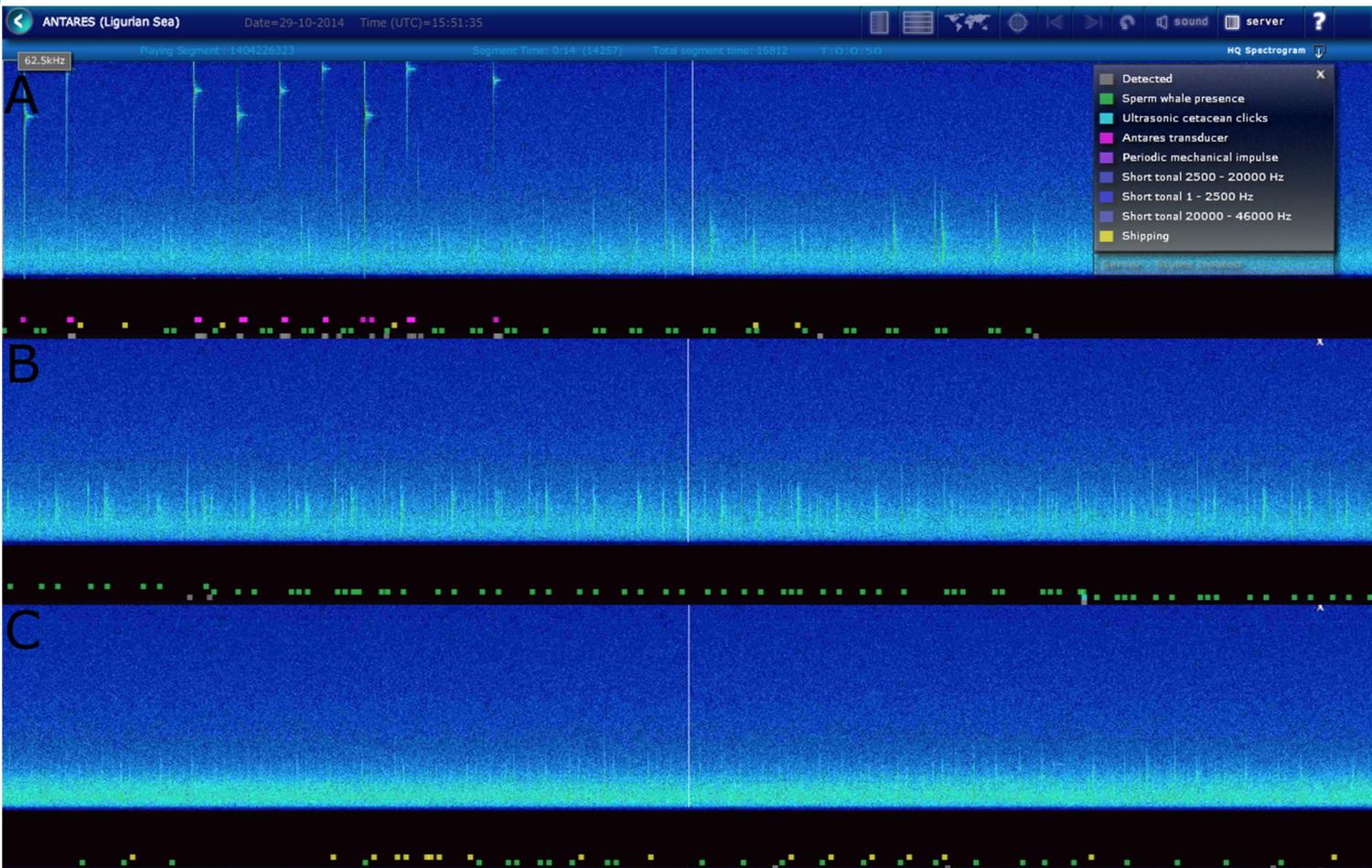
Quelques résultats : bioluminescence

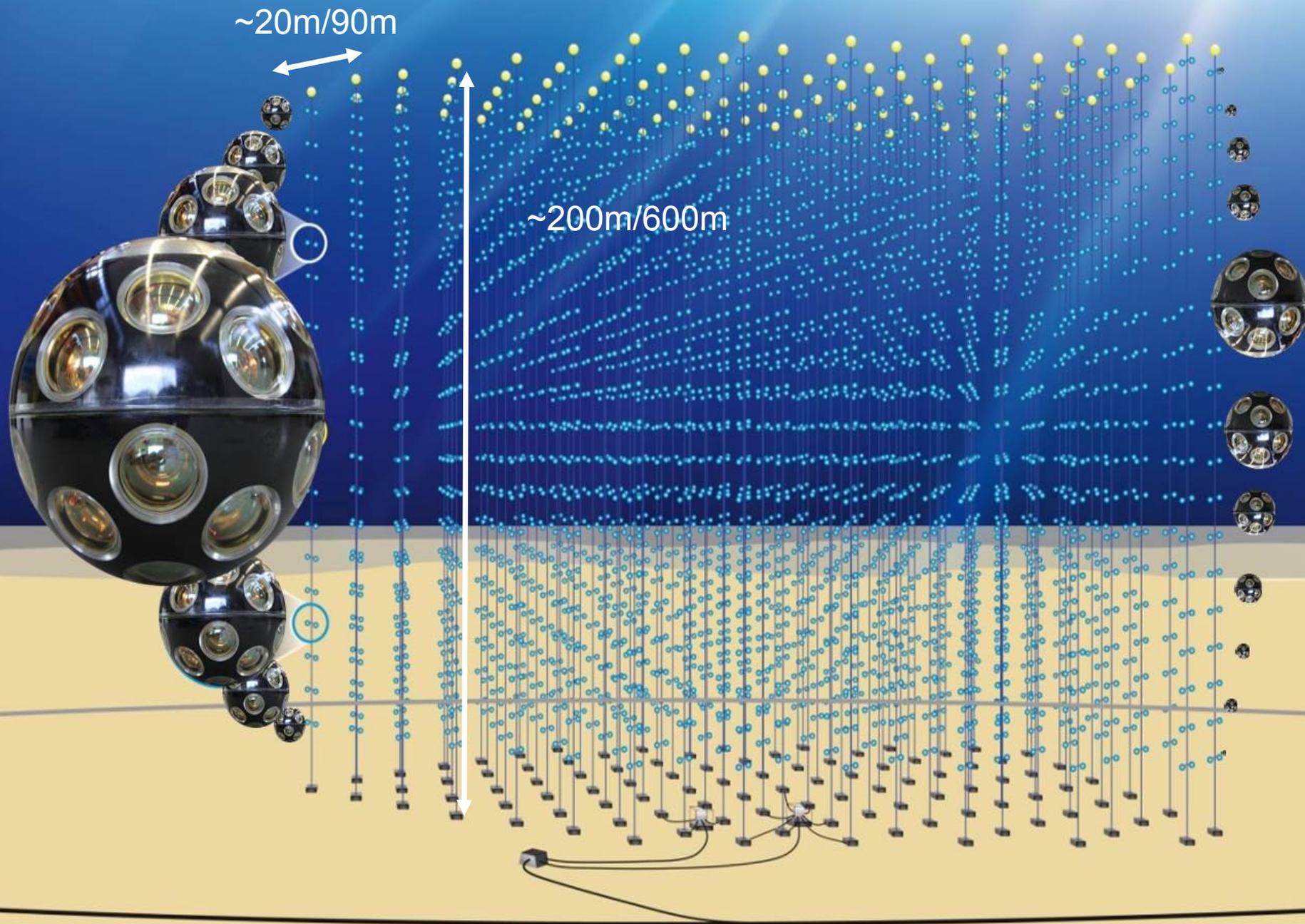
Deep-Sea Bioluminescence Blooms after Dense Water Formation at the Ocean Surface (2013)



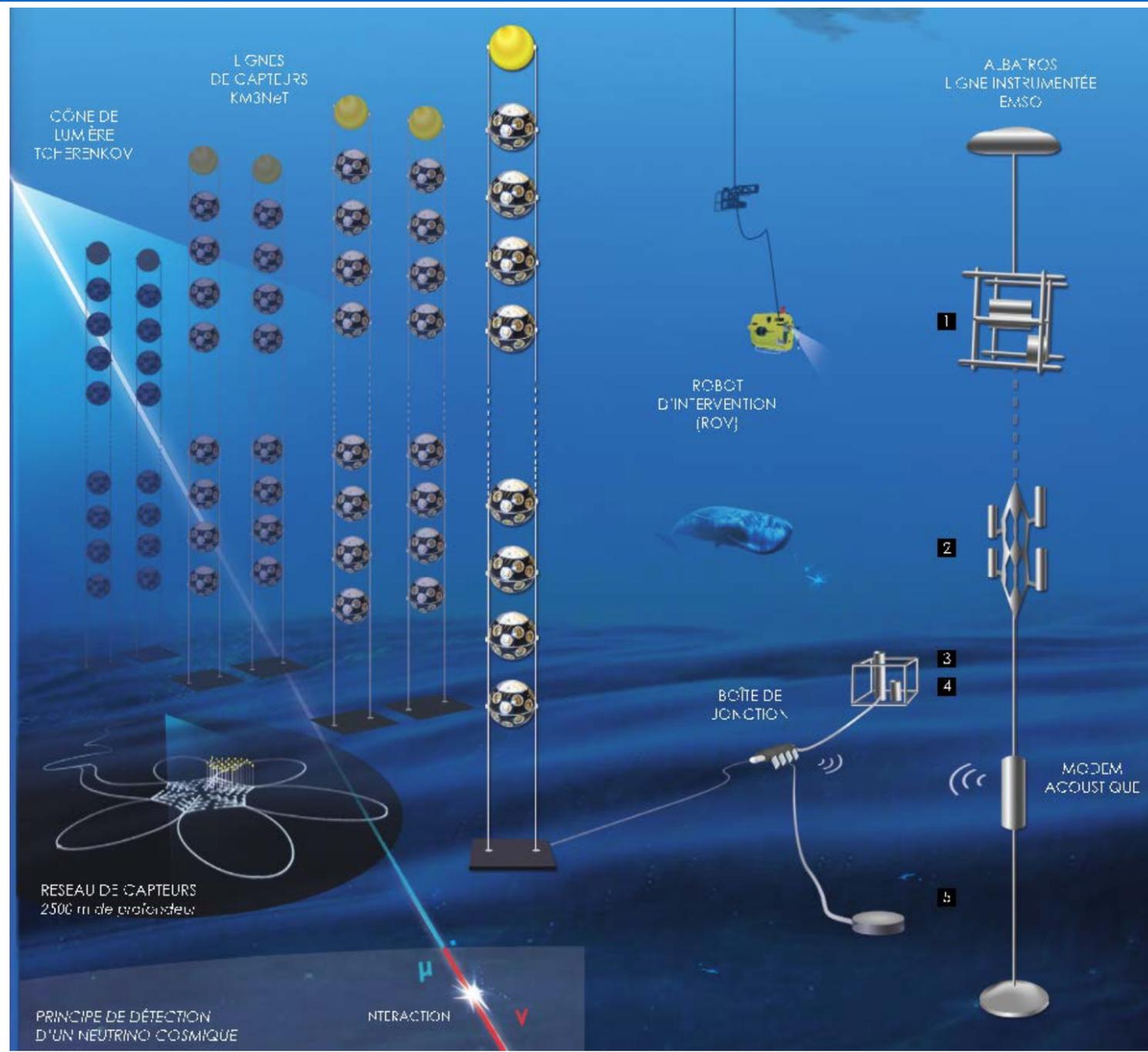
Quelques résultats : bio-acoustique

- Acoustic and optical variations during rapid downward motion episodes in the deep north-western Mediterranean Sea (2011)

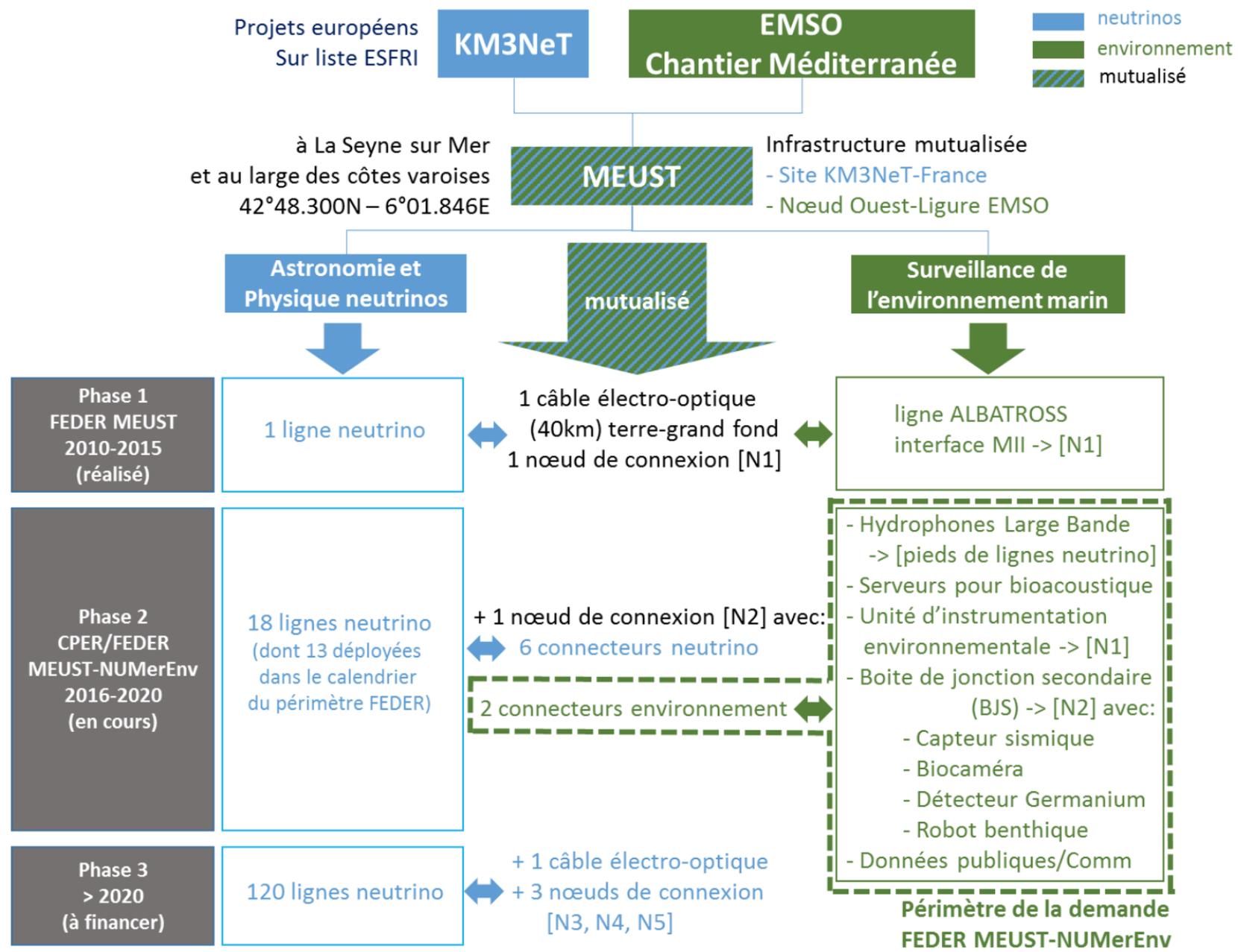




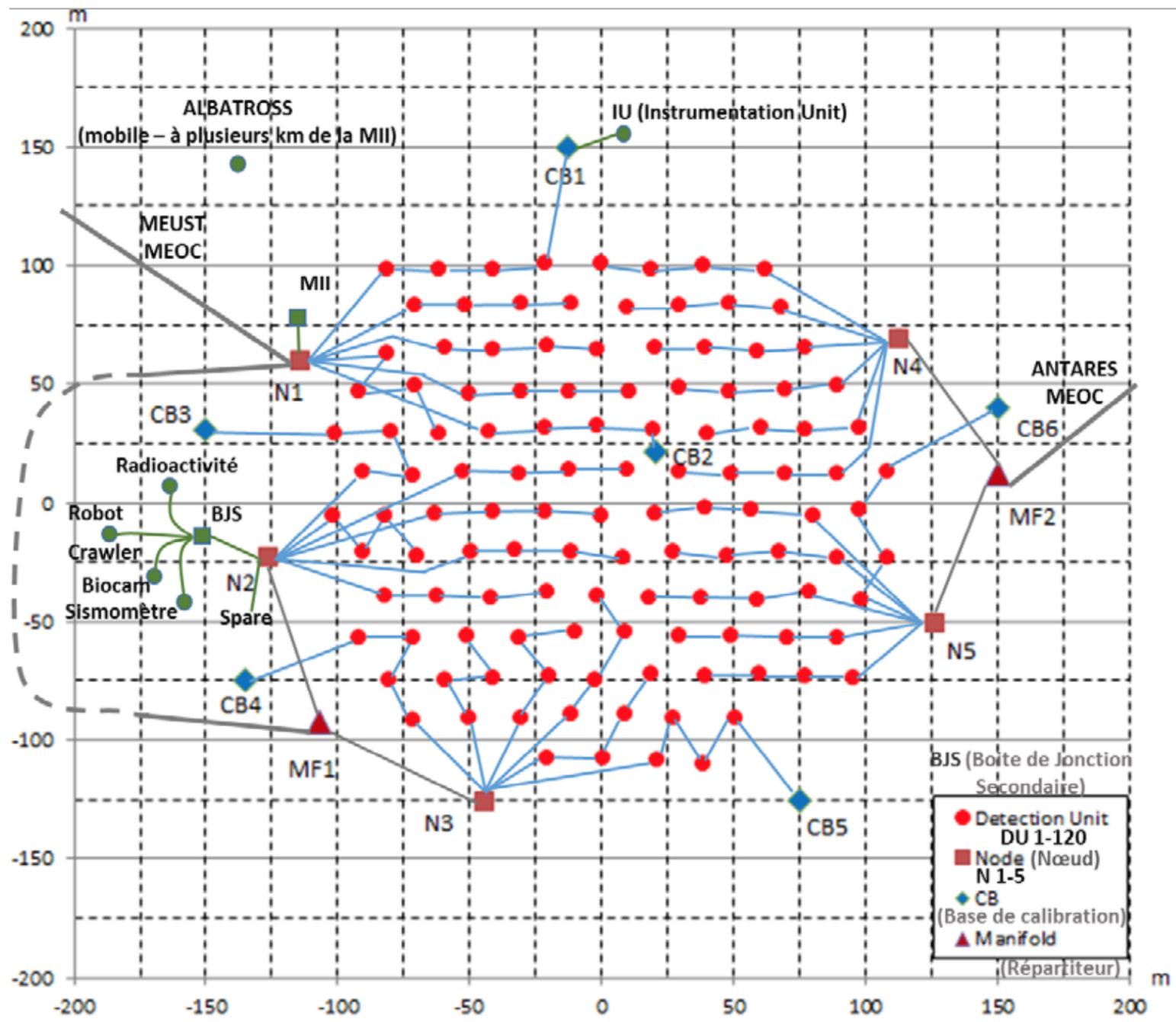
MEUST et KM3NeT



MEUST et KM3NeT



MEUST et KM3NeT



La **Phase 1** de l'infrastructure **MEUST** a été financée par une convention FEDER2010-2015/CNRS au niveau de 7M€ (50%-50%). Elle a consisté en le déploiement **1 câble électro-optique principal (MEOC MEUST)** reliant le fond de mer (42°48.300N-6°01.846E) à la côte (local puissance à la Plage des Sablettes – La Seyne sur Mer), la construction d' **1 nœud (boîte de jonction principale - N1)**, **1 première ligne de détection (detection unit – DU1)**, sous la responsabilité de l'IN2P3/CPPM (Claude Vallée et Paschal Coyle pour le lien avec le projet européen KM3NeT), et d' **1 ligne environnementale ALBATROSS** autonome et de son **interface de communication MII connectée au nœud N1**, sous la responsabilité de l'Institut Méditerranéen d'Océanologie (Dominique Lefèvre) et de la DT-INSU (Carl Gojak) ; est aussi associée Mathilde Cannat (IPGP) pour le lien avec le projet européen EMSO-France.

La **Phase 2 relative à la demande FEDER permettra de construire, déployer et mettre en œuvre** : un **nouveau nœud (N2)** principal de connexion (dont 2 des 8 connecteurs sont dédiés à ce projet), **des hydrophones large bande pour le suivi des cétacés** installés et connectés sur le pied de 13 lignes de détection (*) qui seront déployées dans le calendrier du projet FEDER, de construire et déployer **une unité de d'instrumentation environnementale**, de récupérer de l'infrastructure ANTARES, de mettre à niveau et de réinstaller une **Boîte de Jonction Secondaire (BJS) servant d'interface avec le nœud de connexion N2** pour **un ensemble de capteurs et d'instruments** (capteur sismique, biocaméra, détecteur germanium, robot benthique) **qui permettront un suivi en temps réel de l'ensemble de l'environnement marin allant du fond de mer à la colonne d'eau. C'est une étape cruciale pour permettre la prise de données scientifiques uniques** qui donneront lieu à des résultats de niveau international. **Elle s'inscrit comme une contribution scientifique française majeure au projet européen EMSO**, aux projets **Chantier Méditerranée** et **SABIOD.ORG**, et aux projets **Grand Rade** et **Technopôle de la Mer** de Toulon-Provence-Méditerranée.

Elle se positionne aussi comme la préparation de la future Phase 3 du projet global (> 2020 et hors du périmètre de la demande CPER/FEDER 2015-2020 **NUMerEnv**) qui permettra de connecter un troisième nœud (N3) au câble électro-optique principal MEUST et d'en connecter 2 autres (N4 et N5) au câble électro-optique principal d'ANTARES (MEOC ANTARES) qui sera réutilisé pour compléter l'infrastructure sous-marine MEUST pour le détecteur neutrino/bioacoustique à 1 building-block (120 lignes de détection).

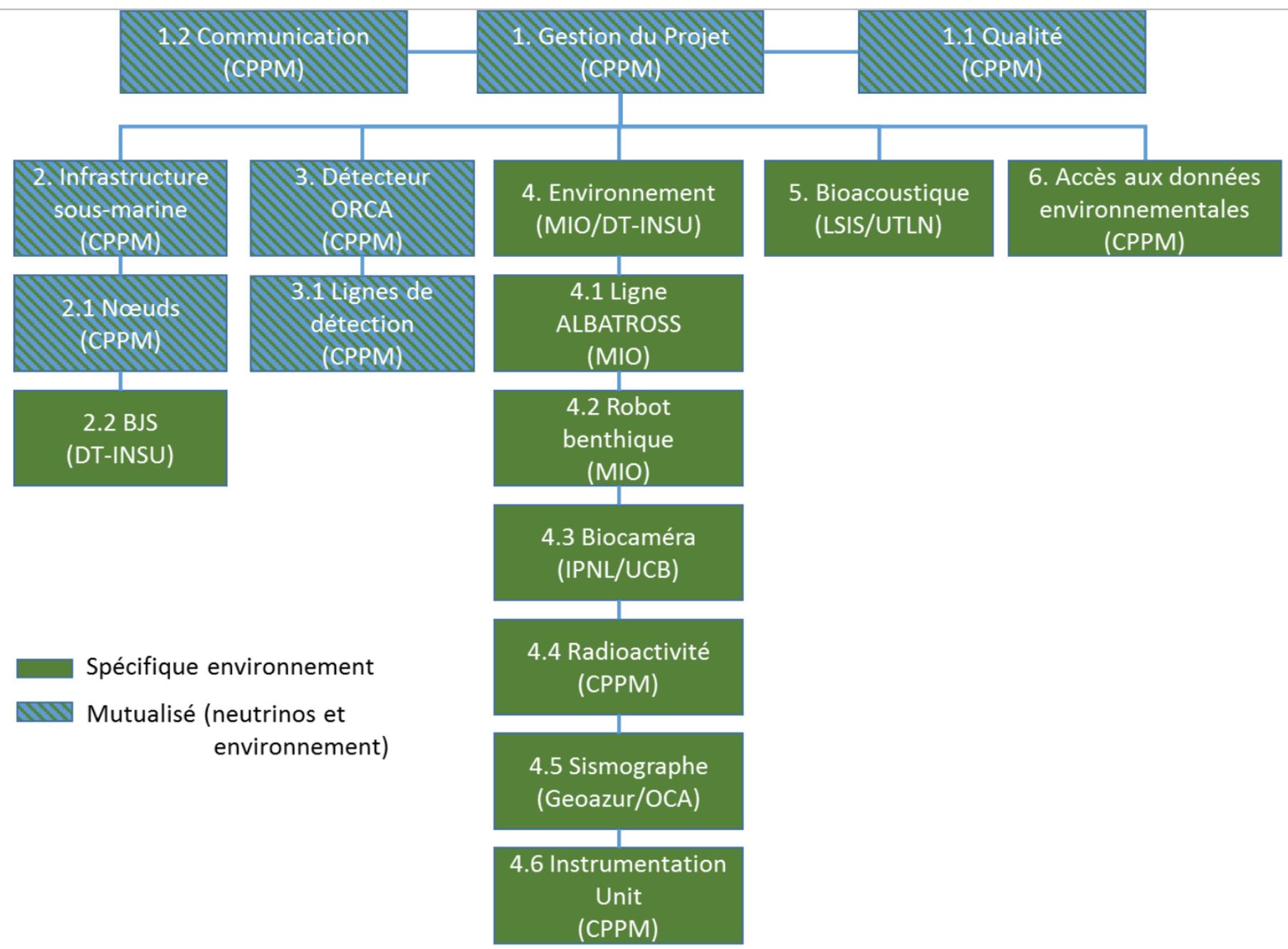
Les **nœuds** (boîtes de jonction principales) de l'infrastructure sous-marine **comportent chacun 8 connecteurs auxquels** peuvent être branchés (pour la puissance et les signaux) des **lignes de détection (DUs)** et des **systèmes de capteurs dédiés aux sciences de la Mer, de la Terre et de l'Environnement**. Sur le premier nœud (**N1**), une des connexions est dédiée **à l'interface MII de la ligne ALBATROSS**, les autres sont utilisées pour les DUs.

Le projet d'*Observatoire de surveillance de l'environnement marin* de **MEUST-NUMerEnv**, basé sur une assiette financière de 1,132 M€ sur la période 2016-2018, se propose de construire, déployer et mettre en opération :

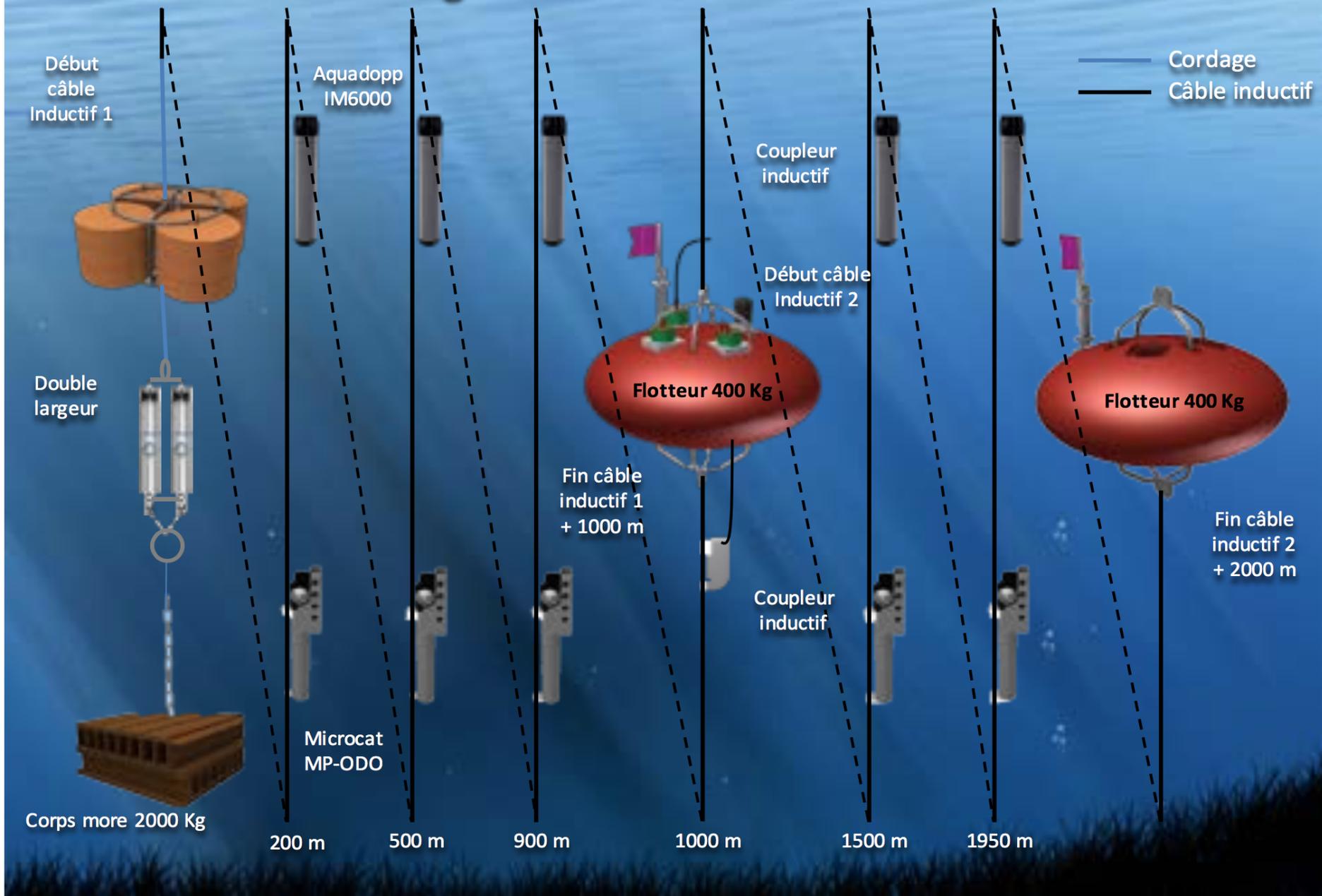
- **Un deuxième nœud (N2)** mettant en œuvre 8 connecteurs : 6 pour les lignes de détection (DUs) et 2 pour les mesures environnementales (BJS et une connexion supplémentaire) – un quart des coûts de construction (1200 k€) et de déploiement (140 k€) de ce nœud sont donc imputé au périmètre FEDER du projet.
- **Des hydrophones large bande installés et connectés sur le pied de 13 lignes de détection (DUs)**, prévues d'être déployées dans le calendrier du périmètre FEDER du projet **MEUST-NUMerEnv** ; ces hydrophones LB formeront une **matrice de détection sonore** qui permettra de réaliser **l'étude et le suivi en temps réel de tous types de mammifères marins** présents sur et autour du site (**Parc National des Calanques, sanctuaire Pélagos**). En particulier, il permettra de cataloguer et d'étudier les tailles, les temps d'immersion, les profondeurs de plongée, et l'activité des cétacés. Il permettra aussi de corrélérer le comportement des cétacés et les bruits sous-marins (par exemple, générés par le trafic maritime) et plus généralement l'impact environnemental des bruits acoustiques sous-marins (par exemple, générés par l'exploitation industrielle du fond marin ; projet avec **DCNS**). Le réseau sera aussi un outil d'alerte qui devrait permettre d'éviter la collision de cétacés avec des navires (en liaison avec **CROSS MED**). Des **serveurs de calcul et de stockage** seront aussi installés à terre pour permettre de traiter et stocker les données bioacoustiques.

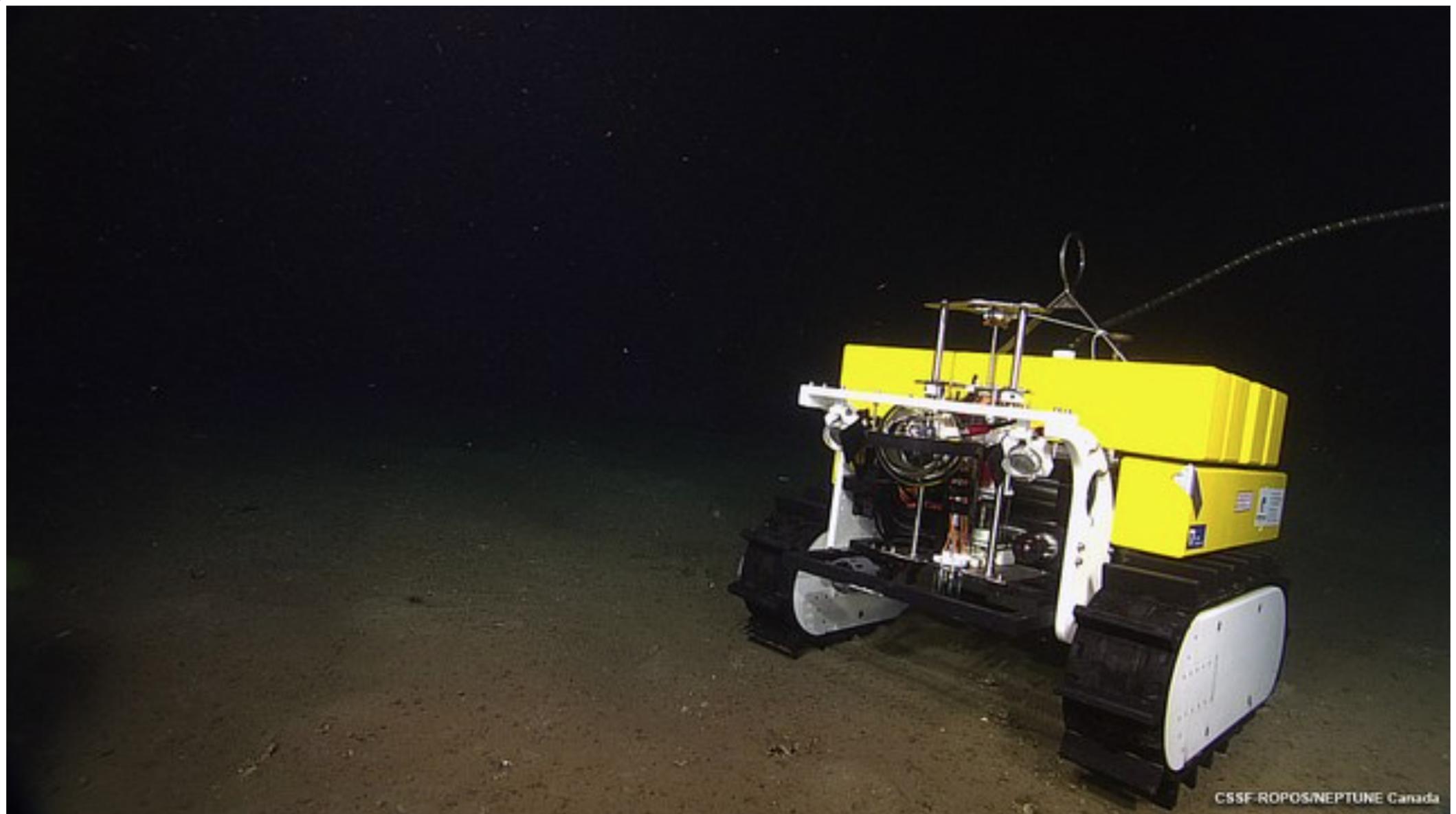
- La **boîte de jonction secondaire Ifremer (BJS)**, actuellement en opération sur le site ANTARES, **sera récupérée, mise à niveau et connectée au nœud N2** de la nouvelle infrastructure. Elle permettra le branchement et l'acquisition en temps réel de capteurs pluridisciplinaires pour les sciences de la Terre, de la Mer et de l'Environnement : un **capteur sismique** pour étendre en mer le réseau de surveillance sismique de la côte provençale, une **biocaméra innovante**, pour suivre en temps réel et identifier les formes de vie bioluminescentes, un **détecteur germanium** pour **suivre la radioactivité** du site (en collaboration avec l'IRSN), et un **robot benthique**. Ce robot est un véhicule contrôlé à distance permettant de mettre en œuvre plusieurs sondes ou analyseurs du système benthique profond. Ce robot sera le pendant benthique de l'infrastructure pélagique (ligne **ALBATROSS**) mise en place lors de la **Phase 1** sur le **nœud N1** (voir détails dans l'Annexe 3) et permettra un couplage Pelagos-Benthos de l'étude du flux de matière et de carbone. Il permettra d'effectuer le suivi : de la dynamique des caractéristiques physico-chimique de la matrice sédimentaire (chambre benthique) ; de l'acidification, de l'évolution de la température et de l'oxygénation des eaux profondes méditerranéennes (capteurs température, O₂, CO₂, CH₄) ; de l'impact des convections profondes sur le fonctionnement des écosystèmes océaniques profonds (charges particulières, biodiversité). Avec ce robot, des expérimentations de biodégradation des hydrocarbures pétroliers pourront être réalisées en suivant à long-terme l'évolution des communautés benthiques (micro-, méio- et macroorganismes). Des expérimentations sur des déchets solides de nature différente pourront également être mises en place (par exemple, biodégradation sur le long terme de macro-plastiques).

- Ce système sera complété par **une unité d'instrumentation environnementale (IU – Instrumentation Unit)** : cette ligne instrumentée câblée, temps réel, apportera une réelle plus-value sur le suivi du milieu marin, en liaison avec l'impact du réchauffement climatique sur les océans et aussi à l'étude des écosystèmes marins profonds. Elle permettra d'obtenir des séries temporelles de la pression, température, salinité et des courants marins sur trois niveaux sur une colonne d'eau de 250m à partir du fond marin, et sera complémentaire de la ligne **ALBATROSS** déployée à quelques kilomètres. **Elle sera connectée à l'infrastructure pour l'alimentation et le transfert des données à la base de calibration CB1 du nœud N1.**
- **Le deuxième connecteur du nœud N2** destiné à être **une redondance** (en cas de problème) pour le connecteur auquel sera branché la **BJS, pourra aussi être aussi utilisé** pour de nouvelles collaborations de recherche et de suivi dans le domaine de l'environnement sous-marin mais aussi potentiellement ouvert à des collaborations avec des industriels qui auraient besoin de faire des mesures ou de tester du matériel en grands fonds : un rapprochement avec le Pôle Mer et le SeaLab Innovation Center (et maintenant le projet System Factory qui intègre aussi le Pôle SAFE) est en cours sur ce point.

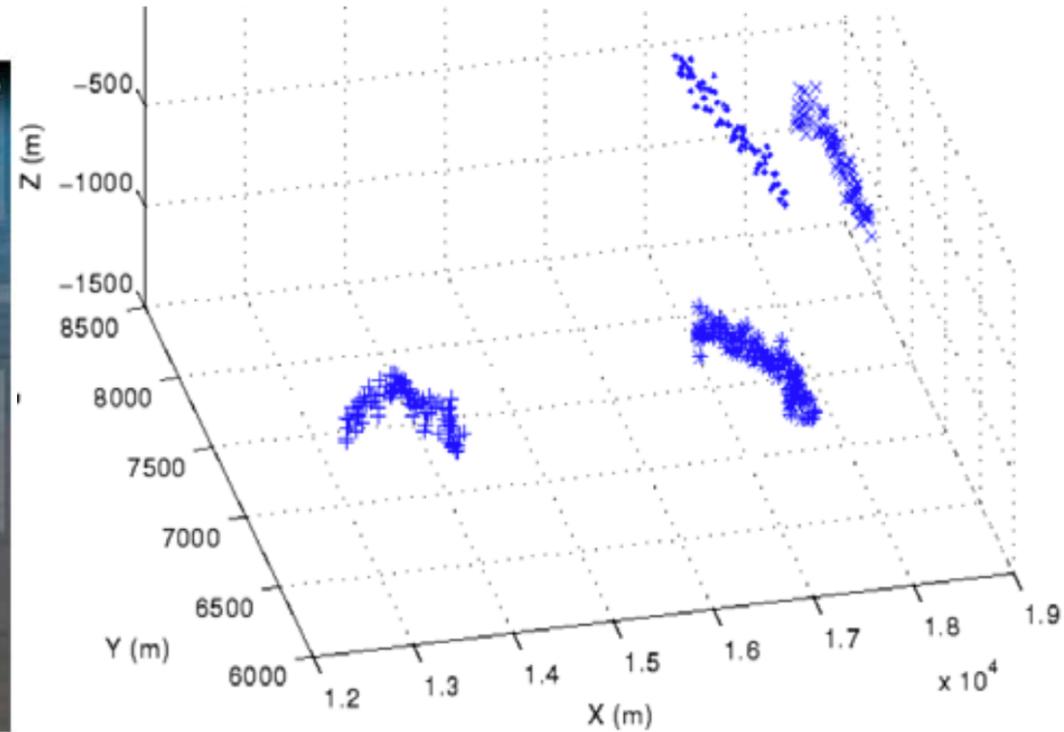
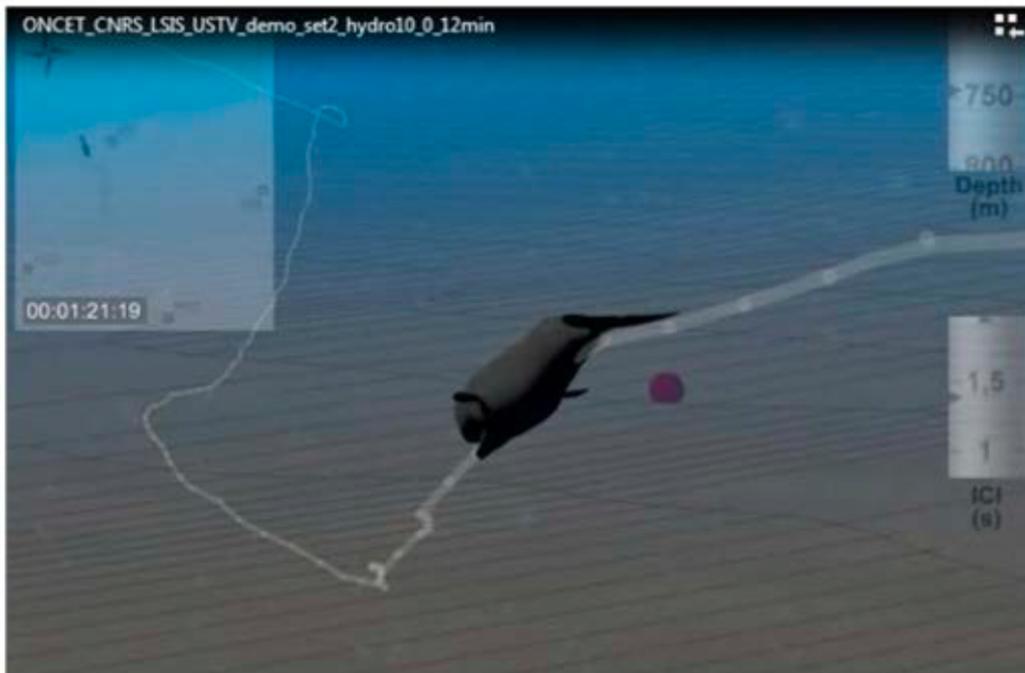


Ligne inductive ALBATROSS





<http://glotin.univ-tln.fr/oncet>



KM3NeT and associated sciences workshop

6 déc. 2016 à 09:30 → 18:25 Europe/Zurich

Salle Outremer (IPGP)

Antoine David Kouchner (Universite de Paris VII (FR)) , Edouard Kaminski (IPGP) , Veronique Van Elewyck (Universite Paris Diderot)

10:30 → 12:00 **Neutrino telescopes in the Mediterranean: science and infrastructure** ¶

- | | | |
|-------|--|-------|
| 10:30 | ANTARES and KM3NeT: science and infrastructure
Speaker: Paschal Anthony Coyle (Centre National de la Recherche Scientifique (FR)) | ⌚ 30m |
| 11:00 | Neutrino oscillation tomography with KM3NeT/ORCA
Speaker: Simon Bourret (Eidgenoessische Technische Hochschule Zuerich (CH)) | ⌚ 20m |
| 11:20 | KM3NeT-Fr: infrastructure and associated science program
Speaker: Patrick Lamare (CNRS) | ⌚ 20m |
| 11:40 | KM3NeT-It: infrastructure and associated science program
Speaker: Giorgio Riccobene (INFN) | ⌚ 20m |

<https://indico.cern.ch/event/587484/timetable/>

KM3NeT and associated sciences workshop

6 déc. 2016 à 09:30 → 18:25 Europe/Zurich

Salle Outremer (IPGP)

Antoine David Kouchner (Universite de Paris VII (FR)) , Edouard Kaminski (IPGP) , Veronique Van Elewyck (Universite Paris Diderot)

13:30 → 15:00 **Real-time monitoring of marine environment**

- | | | |
|-------|--|-------|
| 13:30 | The Calibration Units of KM3NeT
Speaker: Miles Lindsey Clark (CNRS APC) | ⌚ 20m |
| 13:50 | Status and exploitation of the ALBATROSS line
Speaker: Dominique Lefèvre (MIO) | ⌚ 20m |
| 14:10 | Understanding ocean bottom pressure variability with Antares
Speaker: Nadia Pinardi (INFN Bologna) | ⌚ 20m |
| 14:30 | Discussion | ⌚ 30m |

<https://indico.cern.ch/event/587484/timetable/>

KM3NeT and associated sciences workshop

6 déc. 2016 à 09:30 → 18:25 Europe/Zurich

Salle Outremer (IPGP)

Antoine David Kouchner (Universite de Paris VII (FR)) , Edouard Kaminski (IPGP) , Veronique Van Elewyck (Universite Paris Diderot)

15:30 → 18:00 **Instrumentation for geophysics**

- | | | |
|-------|--|-------|
| 15:30 | The AMADEUS acoustic array of ANTARES as an example for interdisciplinary research
Speaker: R. Lahmann (-) | 🕒 20m |
| 15:50 | KM3NeT, a future platform for acoustic monitoring of the Mediterranean Sea
Speaker: Salvatore Viola (INFN) | 🕒 20m |
| 16:10 | Exploitation of the sismometer installed on the ANTARES site
Speaker: Anne Deschamps (Géoazur) | 🕒 20m |
| 16:30 | Exploitation of sismometers off the coast of Sicily
Speaker: Stephen Monna (INGV Roma) | 🕒 20m |
| 16:50 | Discussion | 🕒 1h |

<https://indico.cern.ch/event/587484/timetable/>