

MEUST

MEDITERRANEAN EUROCENTRE FOR UNDERWATER
SCIENCES AND TECHNOLOGIES



MEUST est une plateforme sous-marine pluridisciplinaire scientifique et technologique, ouverte à l'international et intégrée aux réseaux européens de télescopes à neutrinos KM3NeT et d'observatoires sous marin EMSO



Un observatoire sous-marin en Méditerranée



EMSO (European Multidisciplinary Seafloor and water column Observatory) est un réseau européen d'observatoires sous-marins pour l'environnement. Le réseau comprend 11 sites observatoires distincts sur le pourtour européen, à des stades divers d'installation. Chaque site est, ou sera à échéance de 2016/17, équipé de capteurs physiques, chimiques, et biologiques et d'infrastructures permettant la transmission en temps réel ou légèrement différé des données acquises, soit par câble, soit par des systèmes mixtes acoustiques/hertziens portés par des bouées.

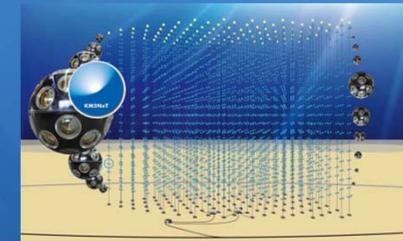
L'objectif MEUST

Mutualisation des efforts
IN2P3 - INSU



➤ L'infrastructure KM3Net – IN2P3

Atterrage – câble électro-optique
Boite de jonction
Télescope



➤ L'infrastructure EMSO – INSU

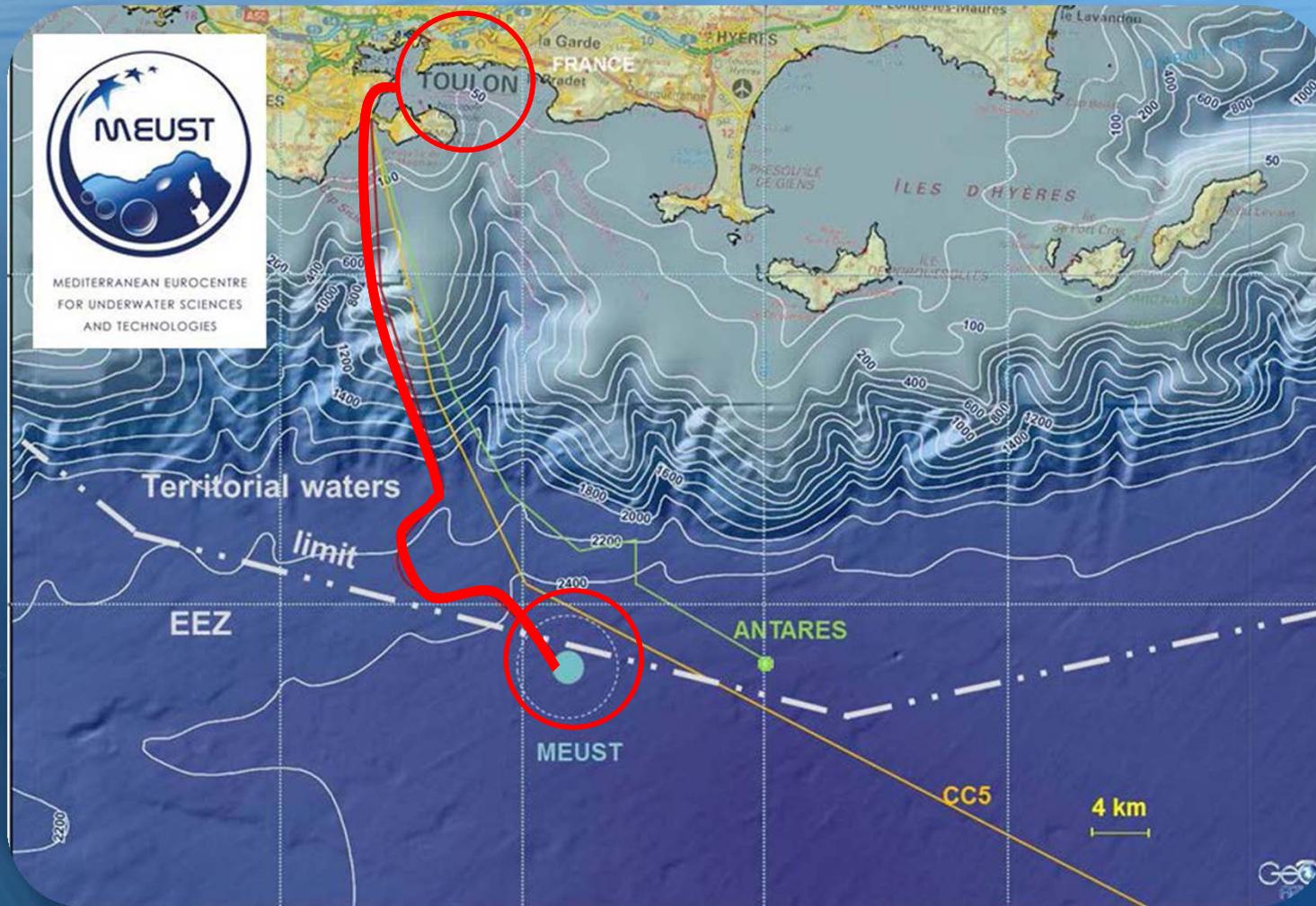
Nœud instrumenté
Ligne de mouillage



Module Interface Instrumenté (MII) câblé
Ligne de mouillage ALBATROSS autonome
(Autonomous Line with a Broad Acoustic Transmission for
Research in Oceanography and Sea Sciences)

Le site MEUST en mer Méditerranée

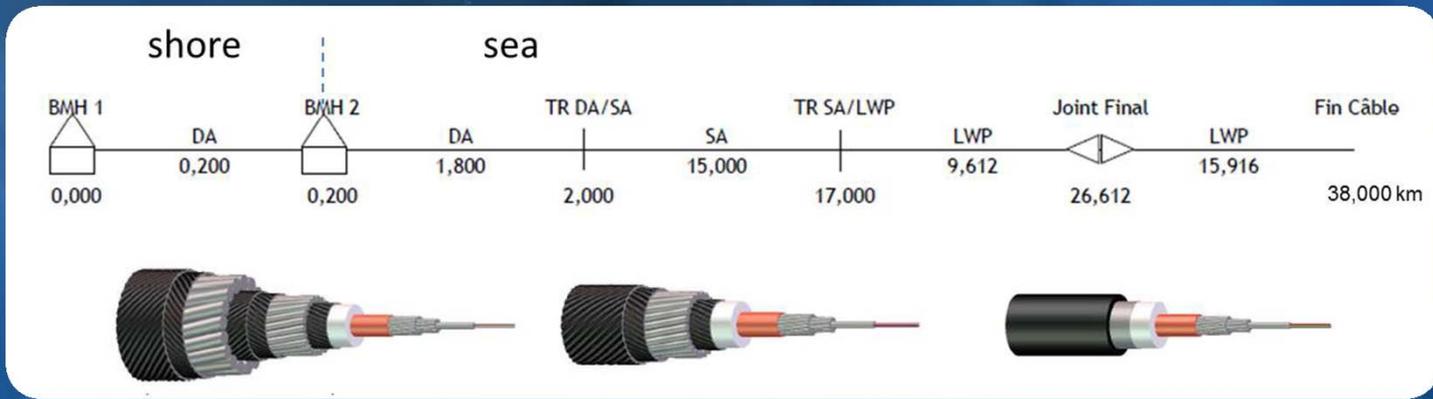
L'observatoire sous-marin se situe au large de Toulon à 2500 m de profondeur il est relié à la terre par un câble électro-optique d'environ 40 kilomètres



Le câble électro-optique a été déployé avec succès en décembre 2014 Par Orange Marine



La tension distribuée est 3700 VAC à travers le conducteur. Cette tension est transformée en 400 VAC dans chaque nœud. Afin d'être présente sur chaque connecteurs de sortie. Le système d'alimentation est dimensionné essentiellement par la consommation du télescope à neutrinos et fournit une puissance utile de 10 kW ~ sur chaque nœud (~ 1kW / connecteur). La philosophie globale du système optique est de fournir un réseau Ethernet à travers lequel les instruments scientifiques communiquent directement avec la terre.



**GRAND PROJET RADE
TOULON PROVENCE MÉDITERRANÉE**



Le neutrino est la particule élémentaire la plus « furtive » connue. Il est le seul à pouvoir s'échapper du cœur des phénomènes cosmiques violents, sur lesquels il pourra donner des informations inédites. Dans son trajet jusqu'à la terre, le neutrino est quasiment insensible aux obstacles et n'est pas dévié par les champs magnétiques. En contrepartie, il faut pour le détecter une grande quantité de matière. C'est pourquoi on utilise la terre entière comme cible en observant les neutrinos issus des antipodes.

LE NEUTRINO, UN MESSAGER COSMIQUE INÉDIT

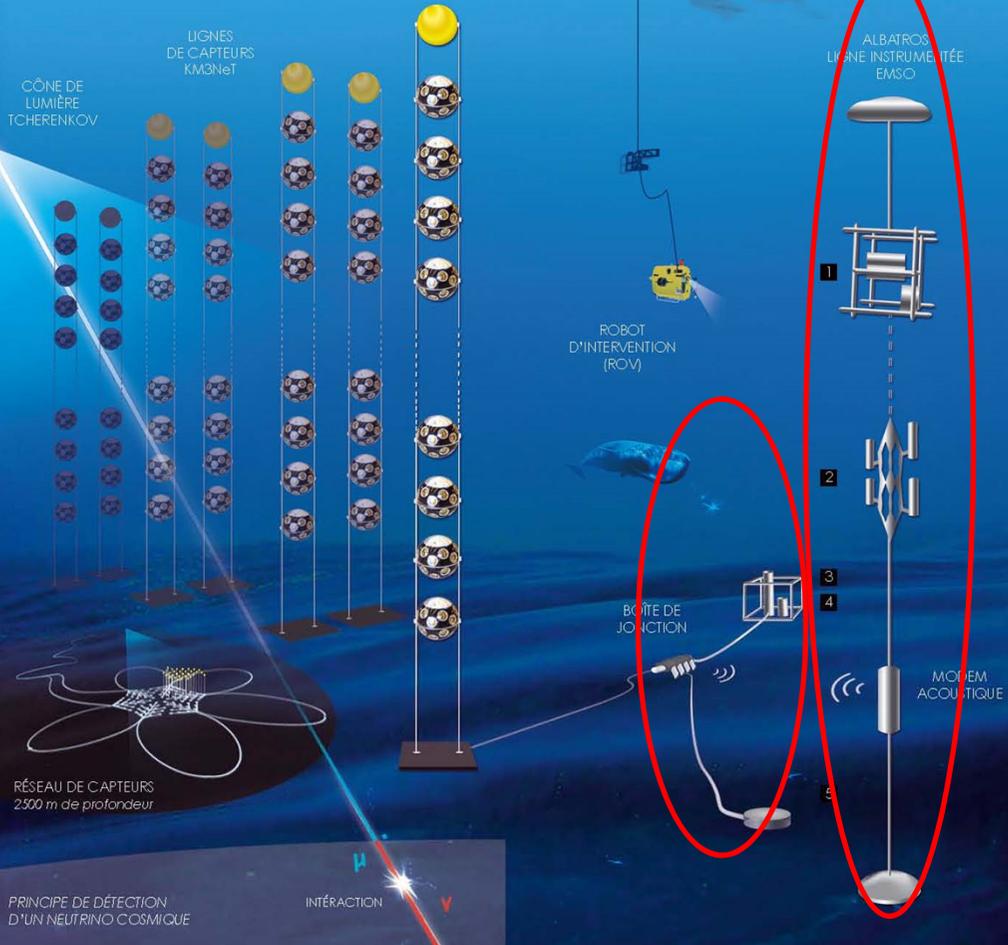
L'existence de rayons cosmiques de très hautes énergies laisse à penser que des neutrinos énergétiques doivent être produits dans l'Univers. Ils offriraient la possibilité d'observer le cœur des phénomènes astrophysiques les plus violents et constitueraient ainsi des messagers idéaux pour la compréhension de l'Univers. Détecter ces neutrinos est un véritable défi, car leur faible interaction avec la matière les rend extrêmement difficiles à observer.

Ce challenge a commencé à être relevé dans les glaces du pôle sud avec ICECUBE et dans l'hémisphère nord avec ANTARES, le premier télescope sous-marin à neutrinos cosmiques au large de Toulon. MEUST franchira une nouvelle étape en permettant d'augmenter à terme d'un facteur 20 la sensibilité de détection.

Un neutrino des antipodes qui interagit dans la croûte terrestre produit une particule chargée, un « muon », qui pénètre dans la mer depuis le fond en émettant un flash de lumière bleutée (cône Tcherenkov), enregistré par des capteurs répartis sur un réseau de lignes verticales.



Les capteurs de lumière Tcherenkov sont des sphères étanches équipées de 31 photomultiplicateurs.



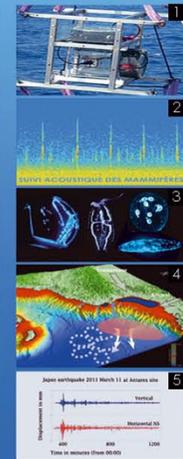
RÉSEAU DE CAPTEURS 2500 m de profondeur

PRINCIPE DE DÉTECTION D'UN NEUTRINO COSMIQUE

INTÉRACTION

UN PROJET À LA POINTE DES TECHNOLOGIES SOUS-MARINES

Les technologies sous-marines nécessaires pour MEUST sont développées avec l'industrie, par exemple dans le cadre du fonds unique interministériel (FUI). Powermate, en partenariat avec COMEX, EDF, SUBSEA TECH. Ces technologies sont d'actualité pour le développement des énergies durables comme les parcs d'éoliennes ou hydroliennes marines.



- 1 Suivi de la consommation d'oxygène sur toute la colonne d'eau avec le dispositif « IODA ».
- 2 Écoute des mammifères marins : étude de leurs comportements et suivi de leurs populations.
- 3 Observation non intrusive des organismes profonds bioluminescents.
- 4 Relation entre formation d'eau profonde et phénomènes climatiques.
- 5 Détection de tsunamis et tremblements de terre.

UNE NOUVELLE FAÇON D'OBSERVER LES ABYSSES

Les dispositifs installés de manière permanente au fond de la mer permettent d'obtenir des données en continu et en temps réel pour étudier l'environnement sous-marin. Cette possibilité ouvre des opportunités sans précédent aux sciences environnementales pour, par exemple, étudier l'évolution du climat et de la circulation océanique, la faune des abysses, la biodiversité, la géodynamique du bassin Ligurien, les risques sismiques et les tsunamis.

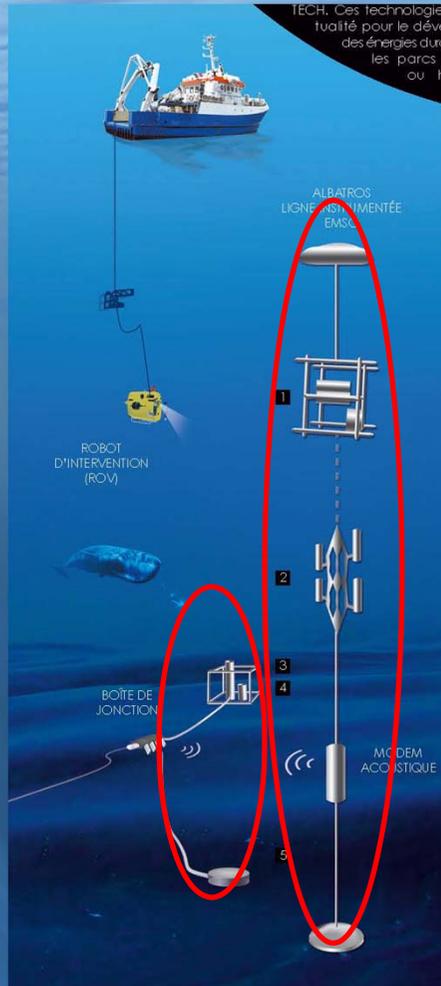


AUV Aster X



ROV VICTOR 6000

Principe de fonctionnement de l'observatoire pour les sciences de l'environnement



La communication sur la ligne
entre le PC et les instruments se
fait par transmission inductive

La communication entre le
module et la ligne se fait par des
modems en liaison acoustique

Module d'Interface Instrumenté (MI) câblé

Ligne de mouillage ALBATROSS autonome

Conception de la ligne de mouillage de 2000 mètres ALBATROSS

➤ **Mécanique :**

Étanchéité/pression
Corrosion électrolytique
Bilan de masses
Outillages opérationnels

➤ **Électronique :**

Carte basse consommation
Tensions / instruments
Instruments / communications

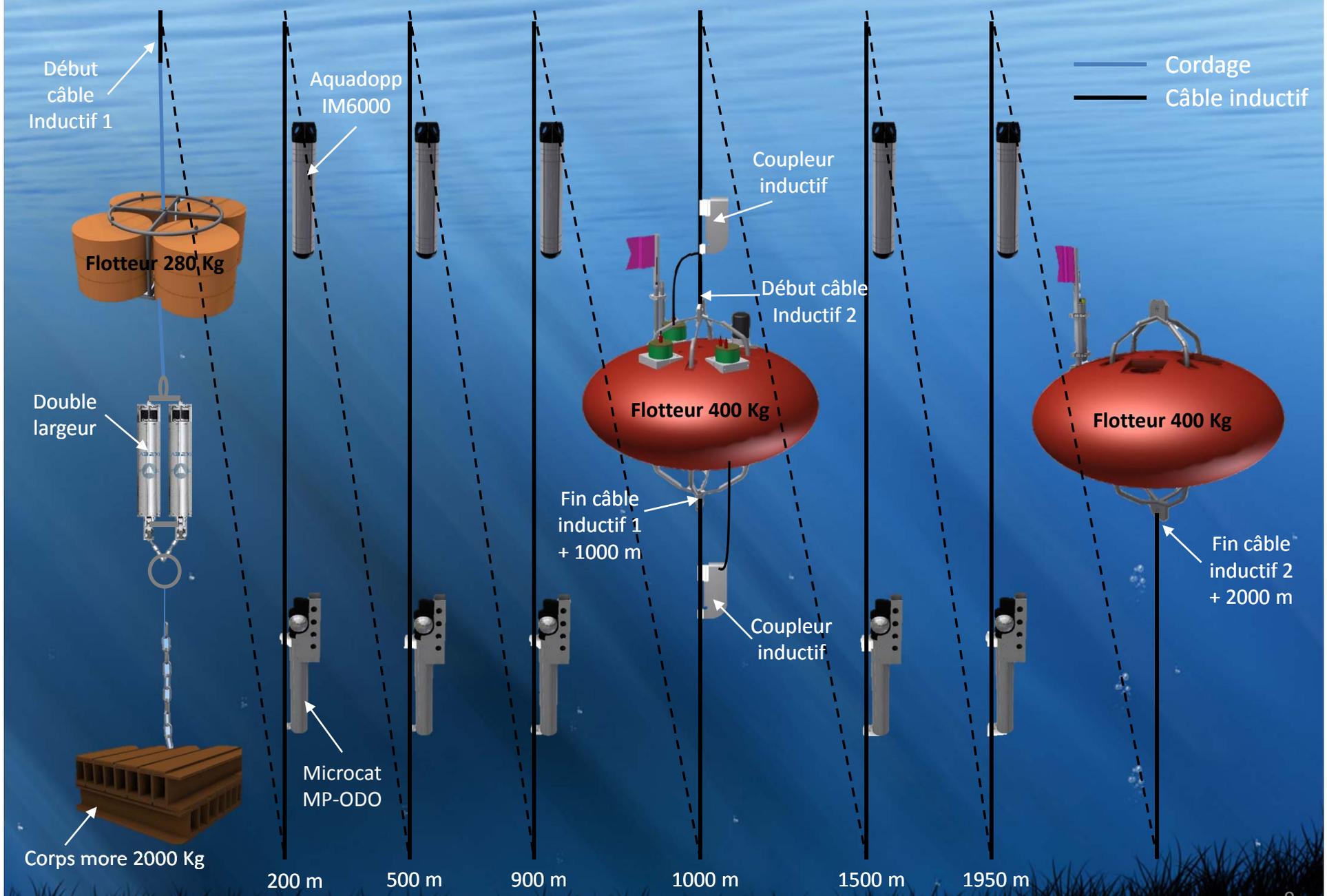
➤ **Informatique :**

Instruments / communications
Stockage des données
Développer le soft

➤ **Instrumentation :**

Mesurer la température, la salinité, la pression, le taux d'oxygène dissous, les courants sous-marin
Instrumenter la colonne d'eau de 2500 mètres du fond à 2000 mètres de hauteur
Maintenance des instruments (réétalonnage, remplacement des piles, ...)

Ligne inductive ALBATROSS



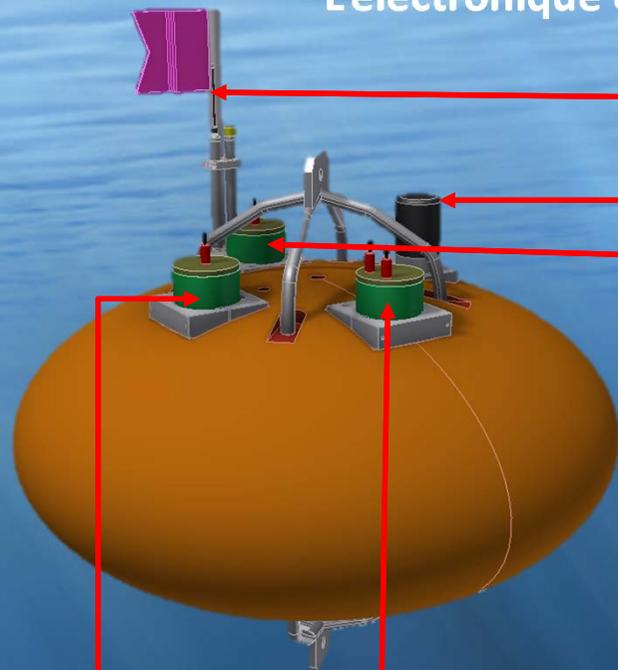
Caractéristiques mécaniques des instruments

	Poids Air (Kg)	Poids Eau (Kg)	Quantité	Total Air (Kg)	Total Eau (Kg)	Hauteur (mm)	Diamètre (mm)
Câble (Kg/m)	0,192	0,141	2000	384	282		8,4
MicroCat IMP	3.6	1.8	5	18	9	565	66
Aquadopp IM6000	7.6	4.8	5	30.4	19.2	650	84
Modem inductif UIMM	1.2	0.73	1	1.2	0.73	220	48
Module Gestion	24.2	11	1	19	9.4	566	150
Pile Externe Module Gestion	19	9.4	1	19	9.4	566	150
Modem Acoustique	9.3	4.8	1	9.3	4.8	410	113
Pile Modem Acoustique	19	9.4	1	19	9.4	566	150
Flash	0.65	0.43	2	1.3	0.86	353	26
Balise Argos	0.82	0.62	2	1.64	1.24	353	26
Coupleur IM	1.6	0.69	2	3.2	1.4	3000	20
Double largeur	30	22	2	60	44	829	130

Le bilan de masse nous permet, dans les phases de déploiement et de récupération, de connaître le poids dans l'eau et la flottabilité de la ligne. La vitesse de descente et de montée est d'environ 1 m/s. Ce bilan nous permet d'alimenter le logiciel de simulation du comportement de la ligne.

Pour ce mouillage, la masse total dans l'eau est de 392 kg, la flottabilité 1080 kg , donc la ligne à une poussée de 688 kg à la remonté et une masse de 1312 kg pour la descente.

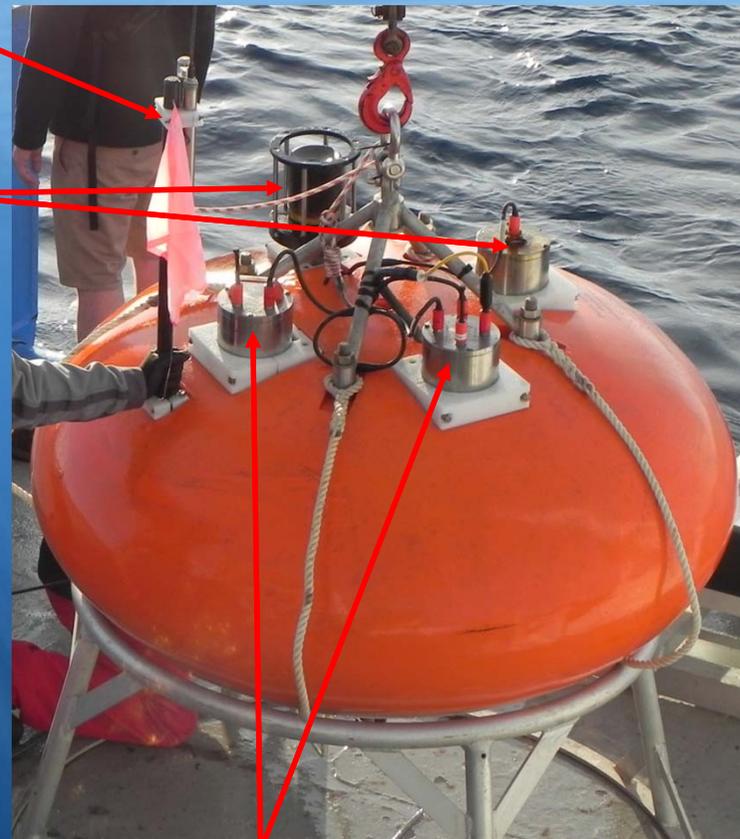
L'électronique et les systèmes de communications embarqués



Flash de surface et balise ARGOS

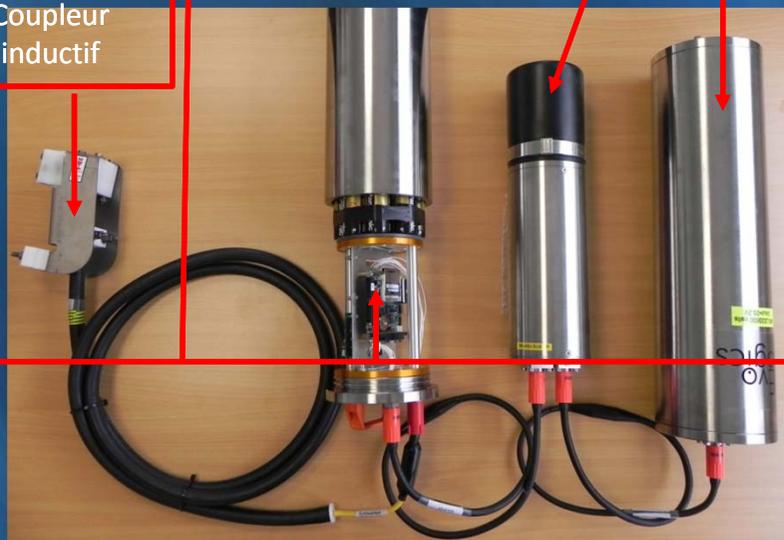
Modem acoustique et batterie

Coupleur inductif



PC embarqué et sa batterie supplémentaire

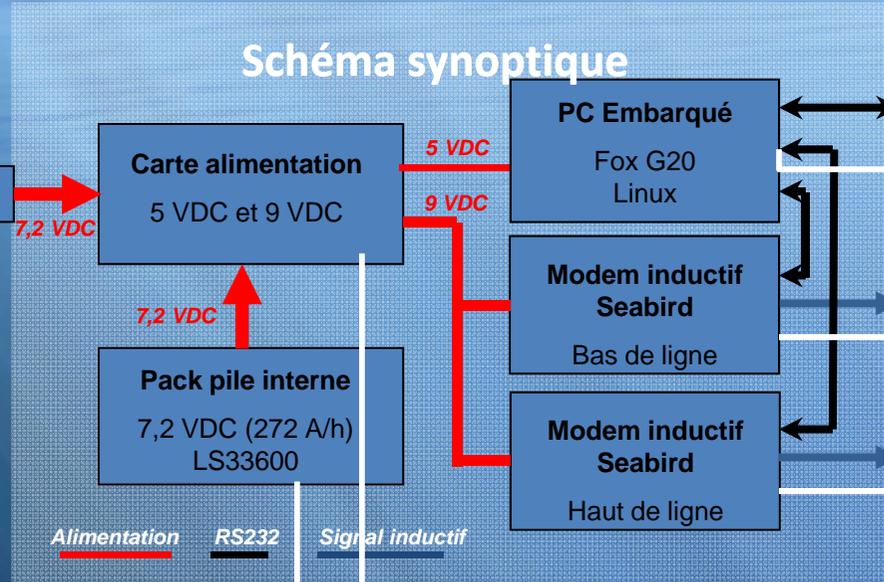
Les caissons sont en titane, le flotteur est en mousse syntactique



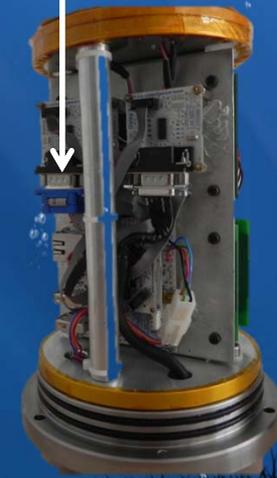
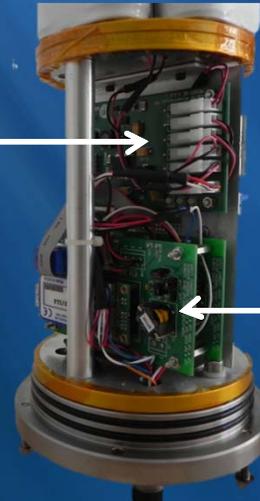
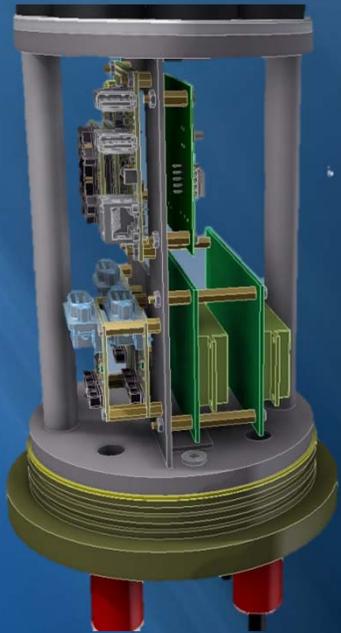
L'électronique et les systèmes de communications embarqués



Pack pile externe
7,2 VDC (476 A/h)



Vue CAO réalisée avec INVENTOR/ALTIUM
Fichier d'échange STEP



MicroCat IMP

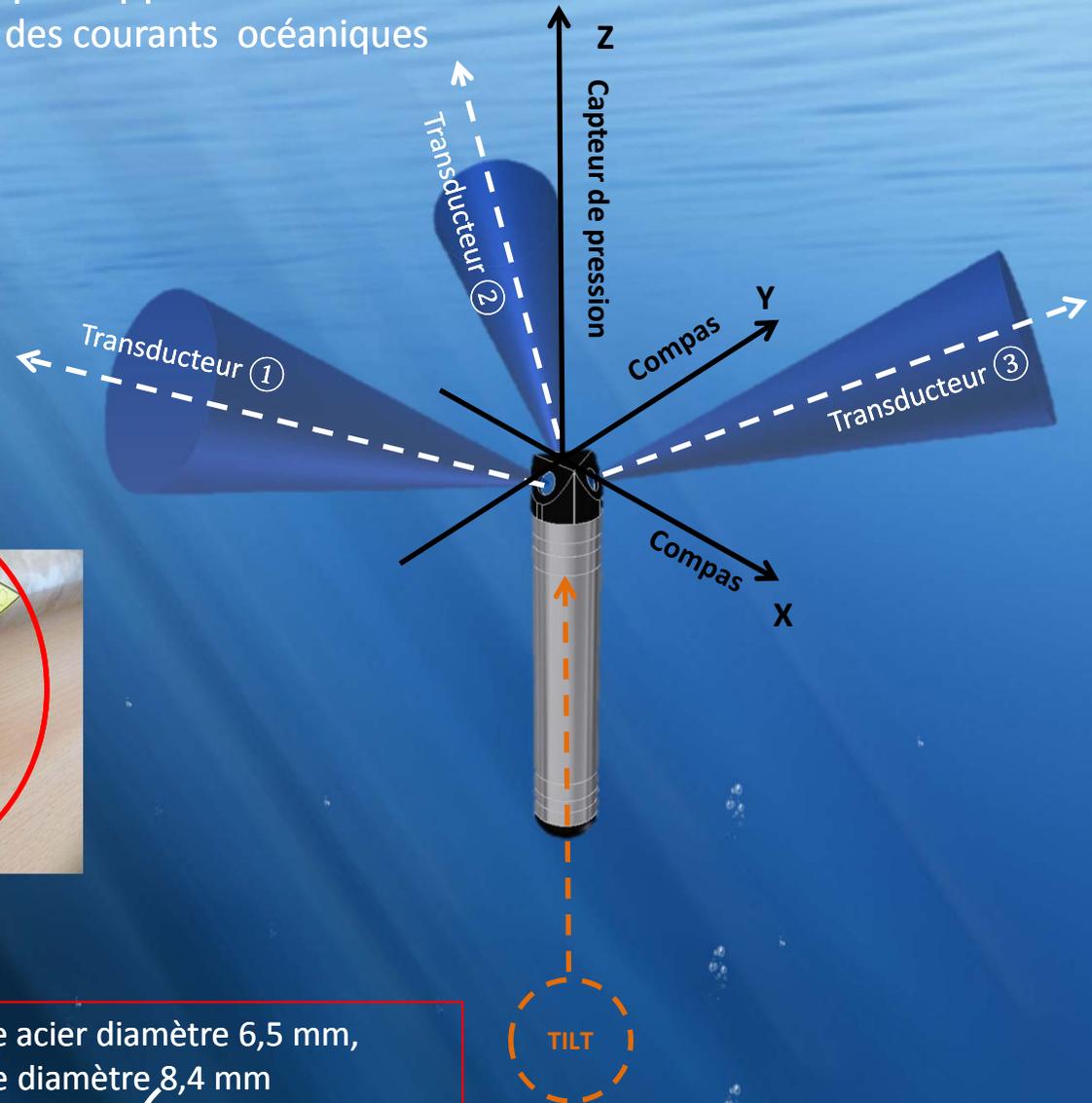
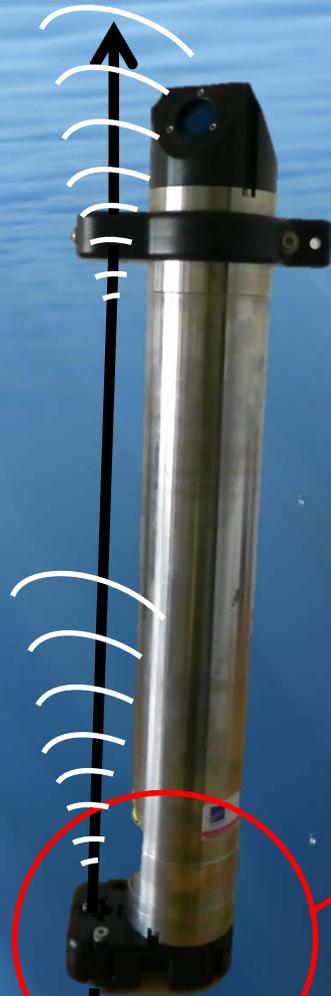
Mesure, la température, salinité, pression, taux d'oxygène disous



Câble inductif, âme acier diamètre 6,5 mm,
enrobage plastique diamètre 8,4 mm

Aquadopp IM6000

Mesure des courants océaniques



Câble inductif, âme acier diamètre 6,5 mm,
enrobage plastique diamètre 8,4 mm

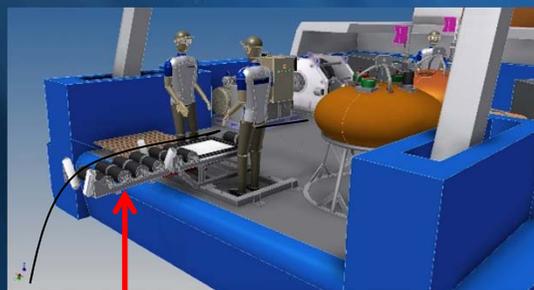
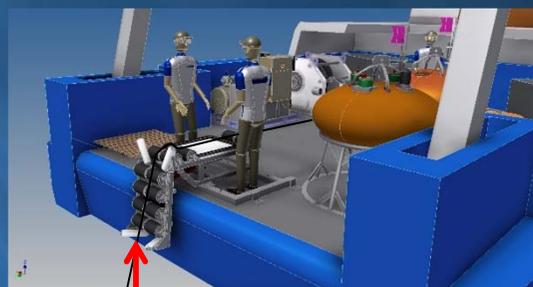
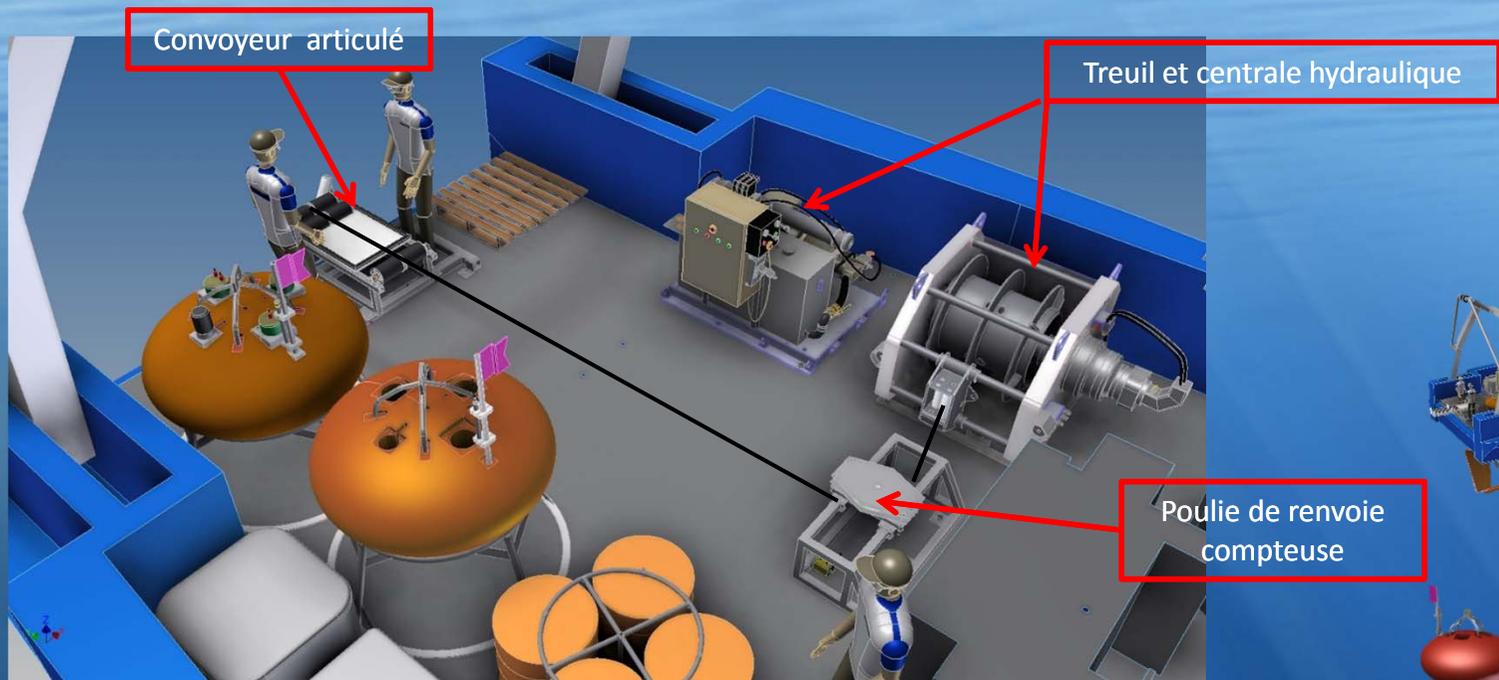
A close-up photograph of the inductive cable, showing a twisted steel core and a black plastic sheath. White curved lines indicate the cable's rotation.

Les moyens à la mer

Le TETHYS II navire océanographique de la flotte Nationale Française



Les outillages développés pour les déploiements et récupérations de la ligne ALBATROSS



Outillages opérationnels



Convoyeur guide câble et instruments



Flotteur lenticulaire
poussée 400kg



Flotteur poussée 70 kg



Treuil et centrale
hydraulique



Poulie de renvoie

Travail à la mer récupération du mouillage en avril 2015



Récupération des flotteurs du bas de ligne à l'aide du portique du bateau



Démontage d'un instrument sur le convoyeur

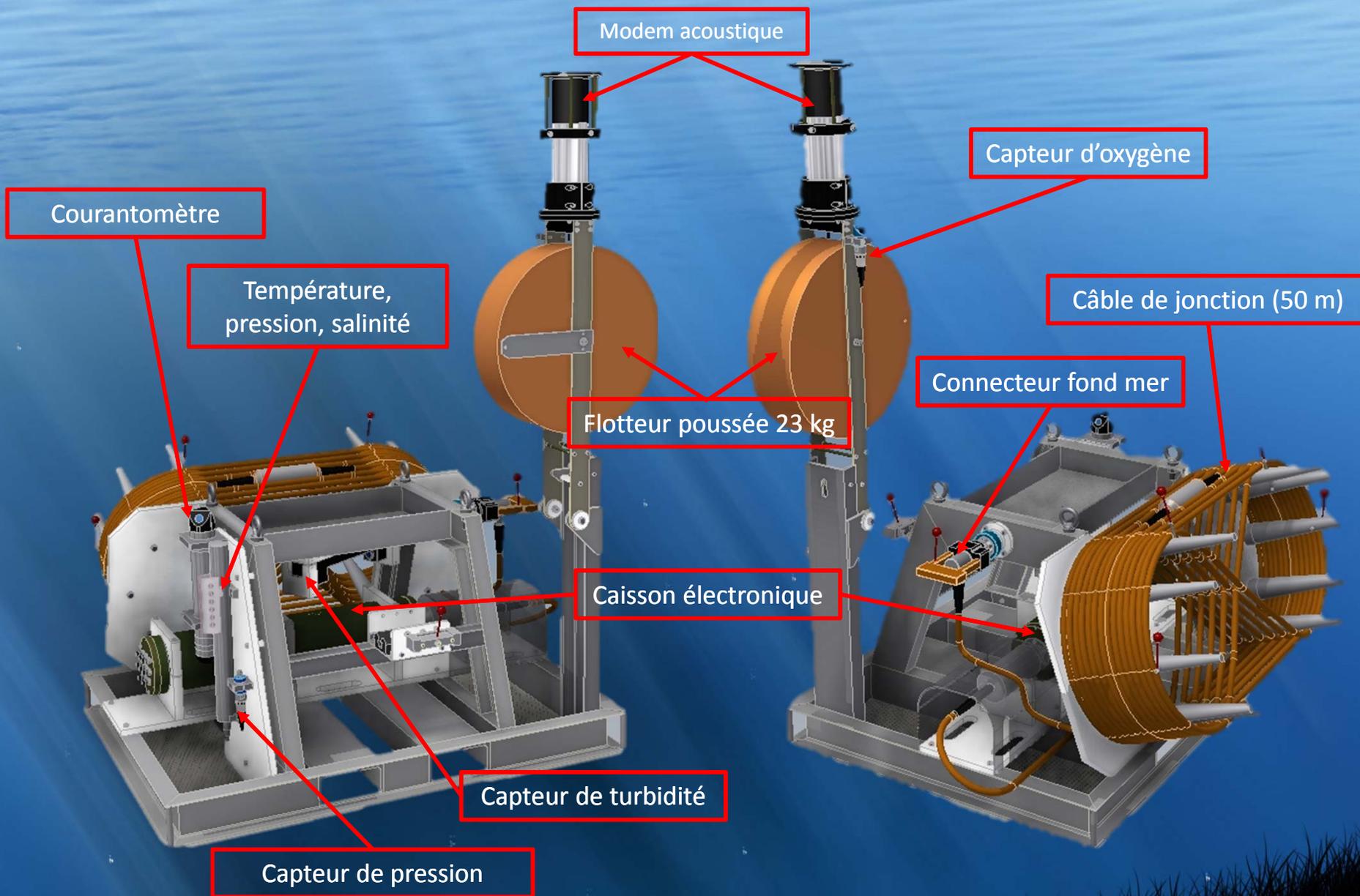


Fin du câble sur la poulie de renvoie



Rangement du câble sur son treuil

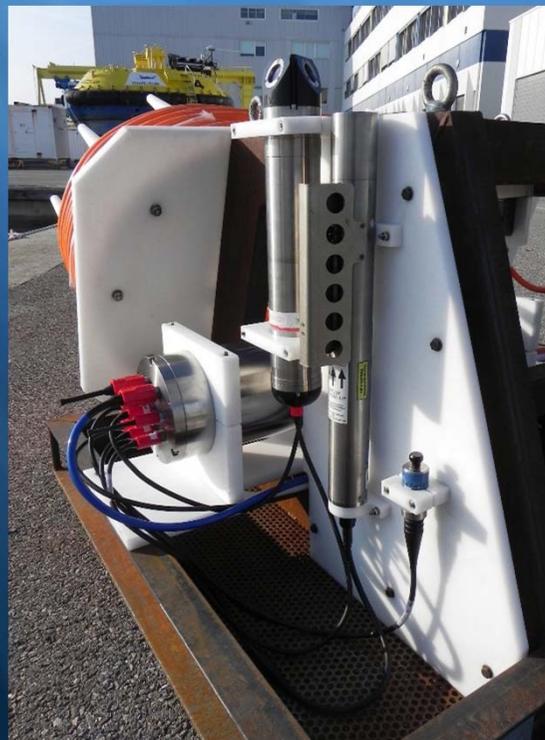
Module d'Interface Instrumenté (MII) déploiement prévue en juin Août 2015 ?



Intégration mécanique et instrumentale du module



Module Interface Instrumenté



Instruments

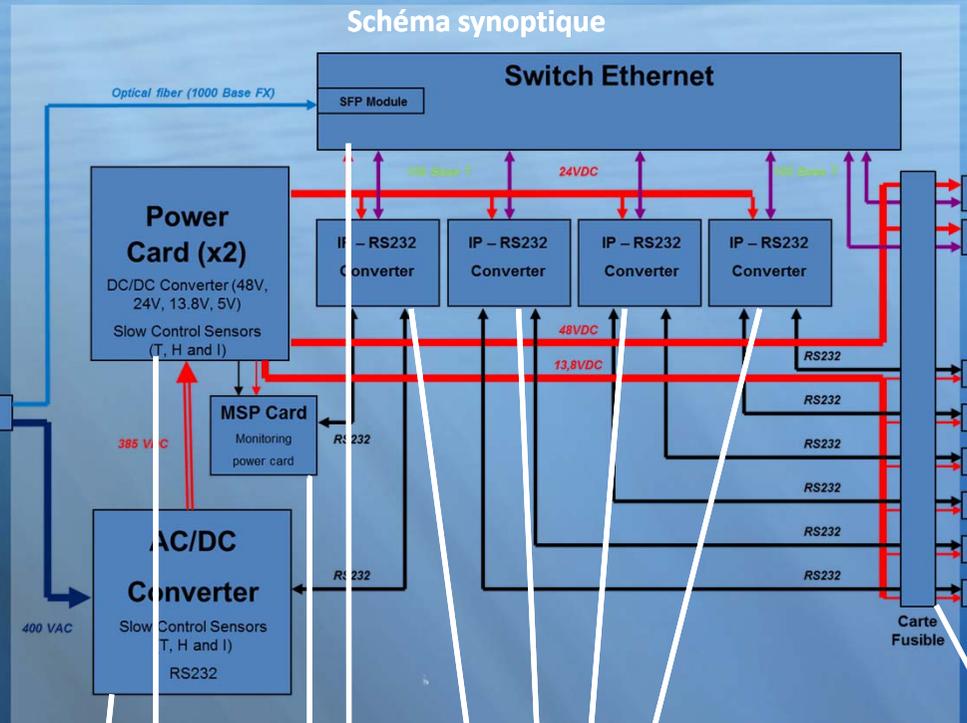


Modem acoustique



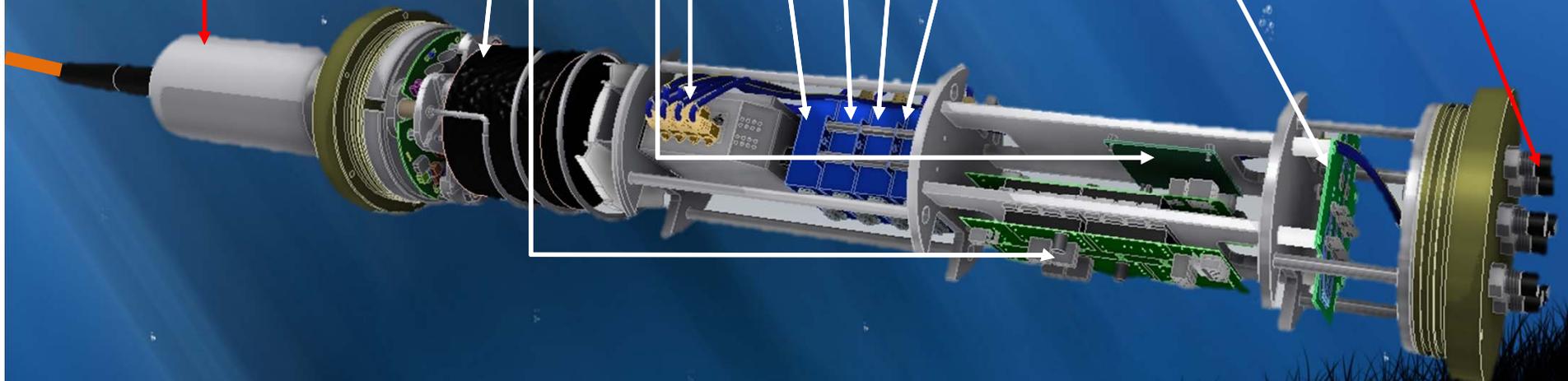
Capteur d'oxygène

L'électronique et les systèmes de communications embarqués



Pénétrateur, câble de 50 m et connecteur fond mer

Sorties instruments et modem acoustique



Tests et qualifications du module ou des interfaces



Test de connexion sur le nœud au CPPM à Marseille



Essai en bassin IFREMER
Toulon



Essai en caisson hyperbare
IFREMER Brest

Déploiement du Module Interface Instrumenté (MII) programmé en Aout2015



Le Castor II (FOSELEV)



Janus et Apache (COMEX)



IR EMSO France :
ALBATROSS + MII + Nœud MEUST

Infrastructure de recherche pour l'observation en temps réel des propriétés hydrologiques et biogéochimiques i.e. MOOSE, FiXO3

Colonne d'eau : Albatross

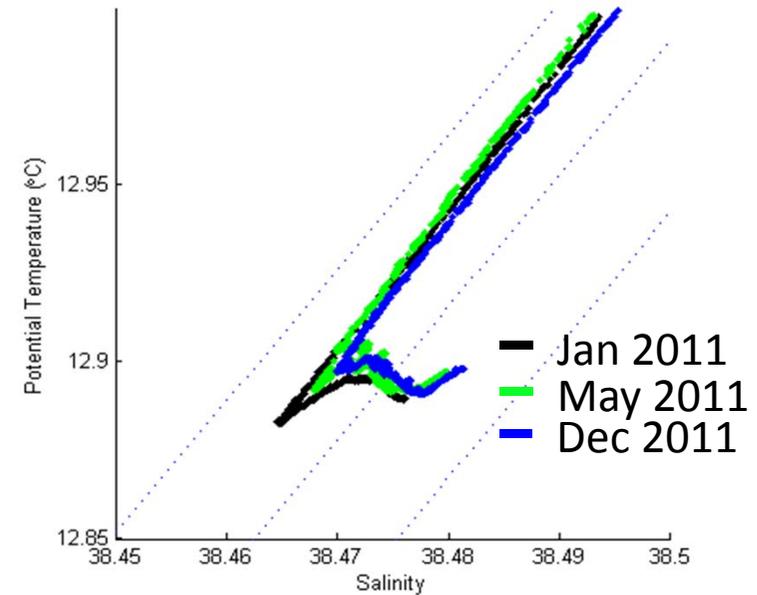
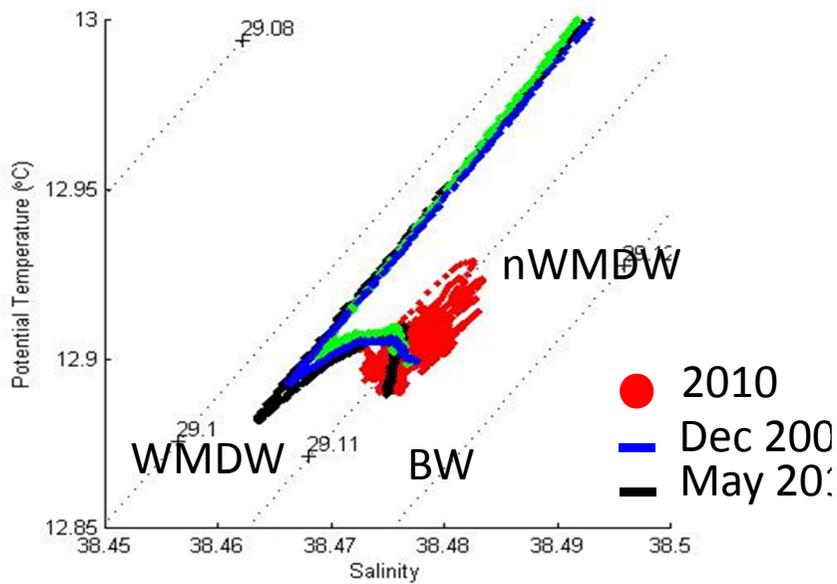
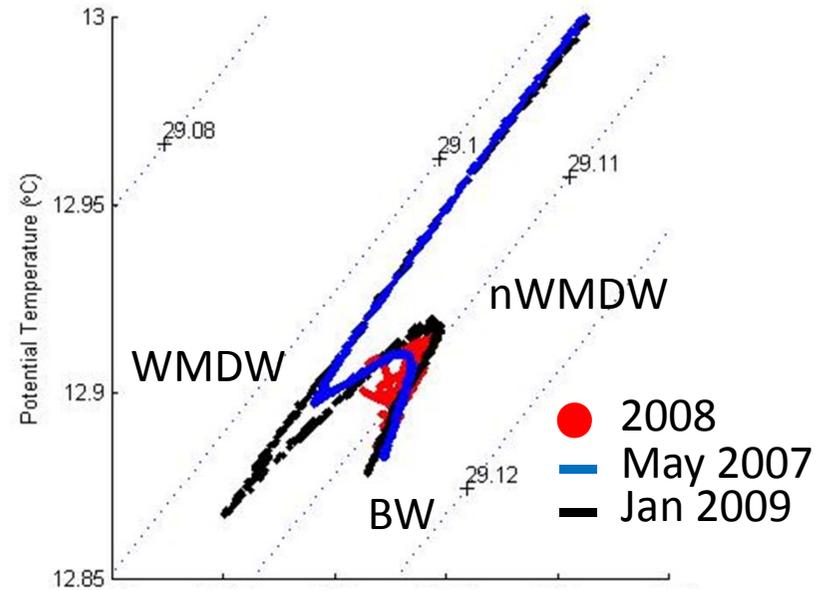
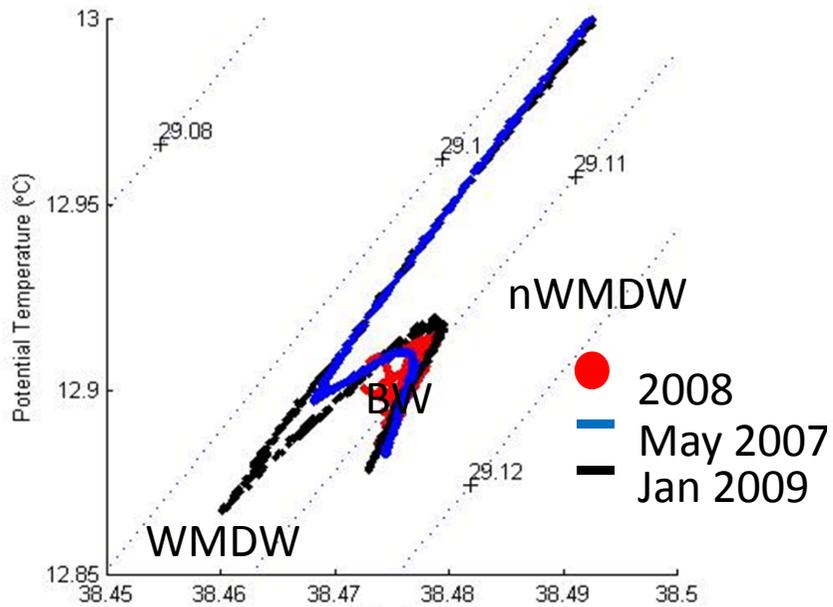
p, T, S, O₂, courant, natif !

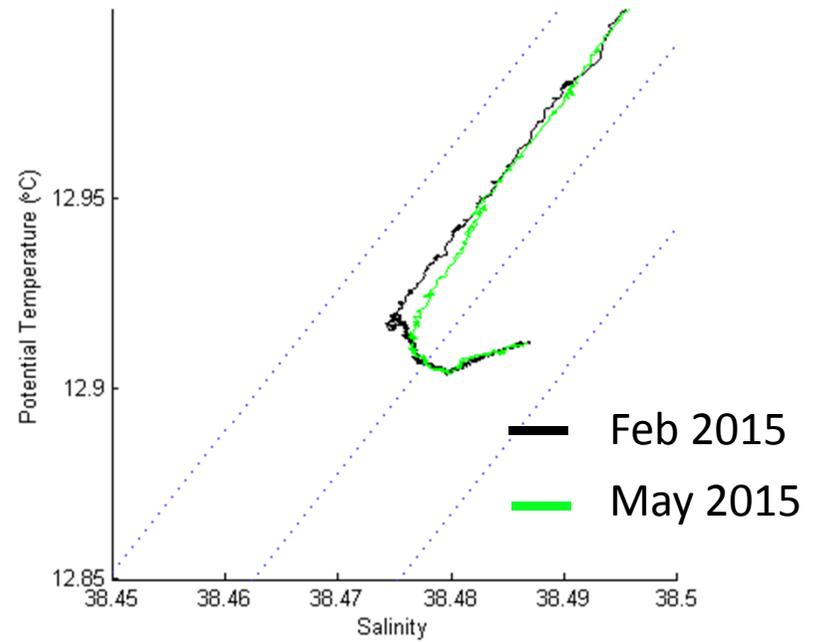
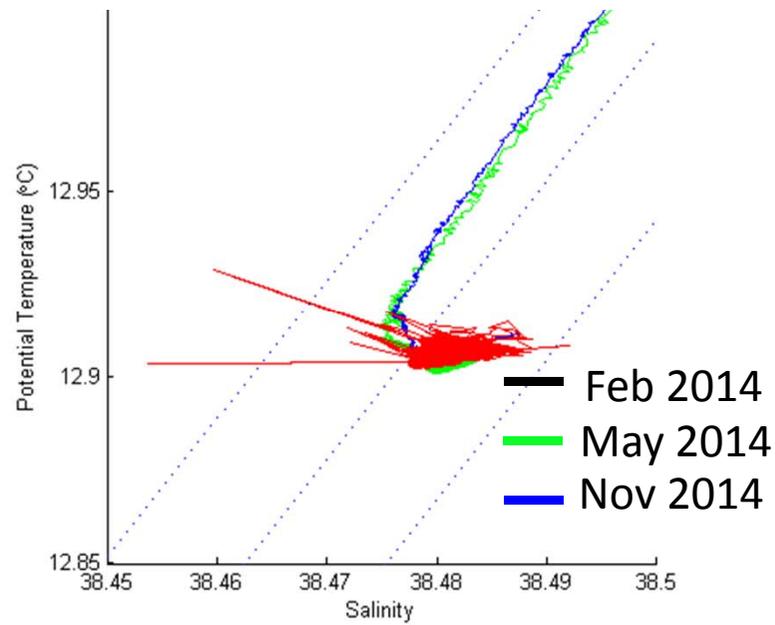
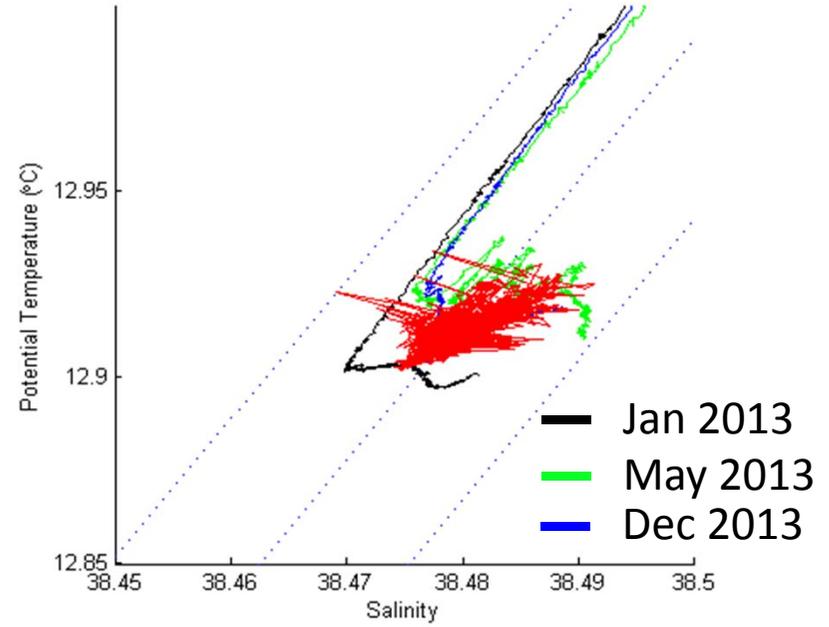
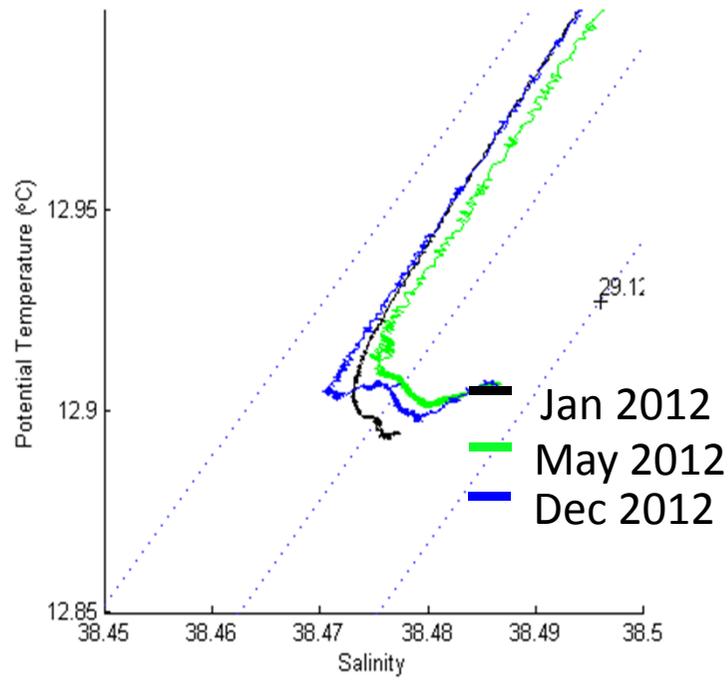
Infrastructure d'accueil pour des nouvelles générations de capteurs
(pH, pCO₂, %T, particules)

Fond de mer : MII et Nœud MEUST

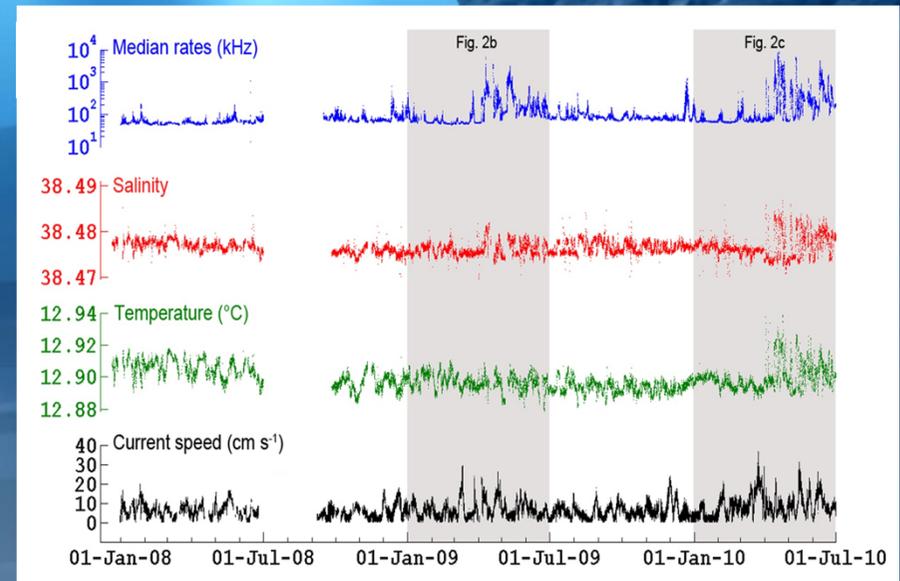
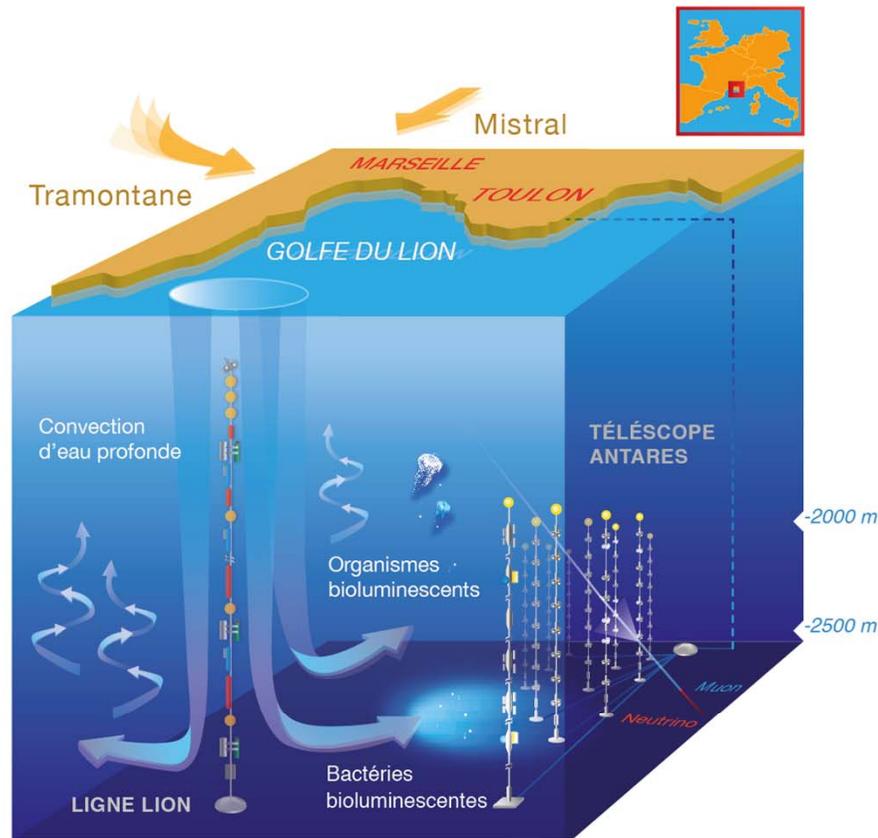
Caméra, Wally crawler, Photomultipicateur, cloche incubation benthique etc.. Numerenv. CPER

Time series of hydrological properties in the North of the WMDW





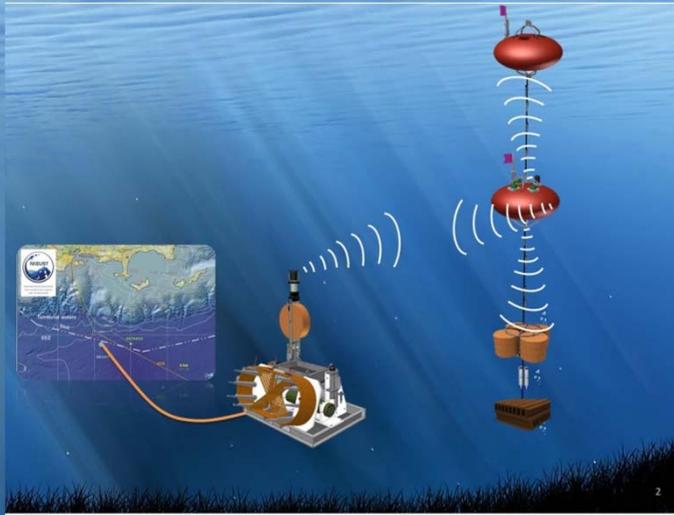
Lien entre bioluminescence, vitesse du courant et modification des masses d'eaux profondes



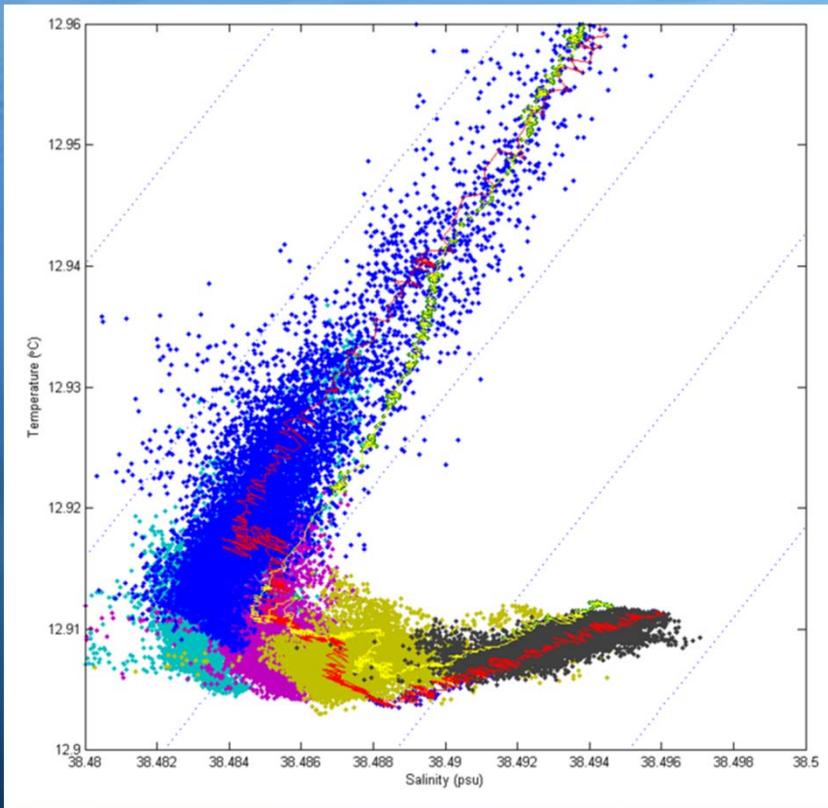
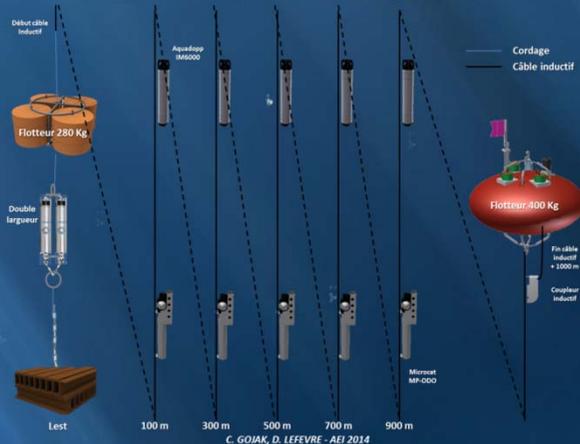
Tamburini et al. Plos One 2013

Communiqué de presse CNRS 2013 – Prix la Recherche 2014

MEUST SE : Sept 2014 – Apr 2015

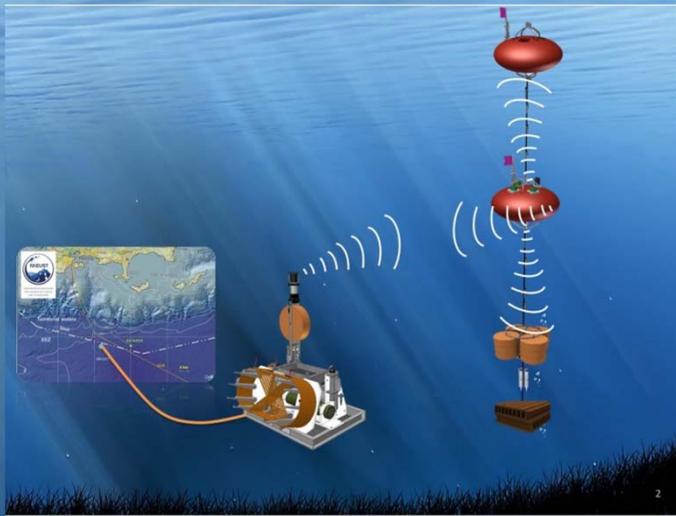


Ligne prototype V2 MEUST (1000 m)

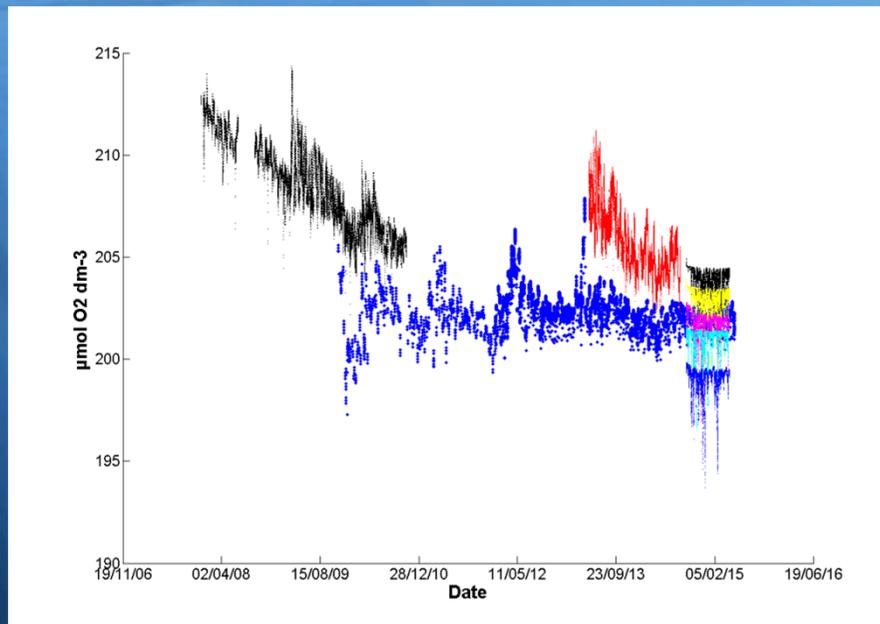
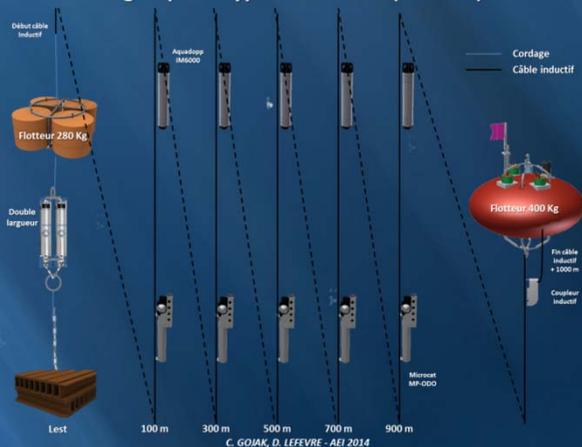


Evolution temporelle des propriétés hydrologiques dans le milieu pélagique.
5 profondeurs observées à haute fréquence (1500-2400 m)

MEUST SE : Sept 2014 – Apr 2015



Ligne prototype V2 MEUST (1000 m)



Evolution temporelle de l'oxygène dissous dans le milieu pélagique.
5 profondeurs observées à haute fréquence (1500-2400 m)

Conclusion

- **Ligne autonome**

 - Ligne prototype de 1000 mètres en cours de validation

 - Validation du bon fonctionnement

 - Validation de l'autonomie

 - Déploiement de la ligne dans sa version finale (2000 mètres)

- **MII**

 - En cours d'intégration

 - Validation en bassin

 - Déploiement prévu en Août 2015

- **Communication acoustique**

 - Monitoring de la ligne depuis le navire mais débit faible

 - Fonctionnement amélioré dans la configuration finale

MEUST : MII & ALBATROSS :

**Une Infrastructure au service de la communauté et de
l'observation. i.e. MOOSE**

An underwater scene with a blue color palette. In the center, a submersible is visible, partially obscured by a large white circle. To the right, a large, textured rock formation is prominent. Sunlight rays filter down from the top right. The text 'MERCI à La DT INSU' is centered within the white circle.

MERCI
à
La DT INSU