



# Novel Argo Ocean observing System **NAOS.**

Réunion annuelle, Villefranche, 30 & 31 mai 2013.

## WP2: Technologie des profileurs

Serge Le Reste



villefranche, WP2, S. Le Reste



- ✓ *Rappel des objectifs*
- ✓ *Faits marquants*
- ✓ *Avancement des tâches*
- ✓ *plannings*

## ***Préparer des évolutions instrumentales, répondant aux besoins majeurs Argo des 10 années à venir.***

### *Les 6 tâches du WP2*

1. Fiabiliser et réduire le coût du profileur Argo standard (NKE)
2. Augmenter les performances de la transmission satellite Argos (Ifremer)
3. Atteindre de plus grandes profondeurs (Ifremer)
4. Architecturer le système vecteur-mesure pour favoriser l'accueil de nouveaux capteurs et adapter le comportement du vecteur à la mesure (LOV)
5. Evaluer un capteur optique de salinité sur le Provor (NKE)
6. Disposer d'un profileur bio-géochimique, opérable dans les régions arctiques (LOV+Takuvik)



- Réunion mensuelle d'avancement avec les responsables de tâches et rapport vers le « comité steering »
- Entretien d'un planning d'avancement général de chaque tâche (mise à jour mensuelle par les responsables de tâches)
- Entretien d'un « tableau de bord » détaillé listant les opérations en cours
- Mise en commun des documents sur outil extranet « Alfresco »

- Des moyens de tests et de contrôle renforcés en production, des améliorations engagées pour fiabiliser les profileurs,
- Des évaluations de composants pour réduire les coûts de l'Arvor,
- La transmission Argos3 testée à la mer sur l'Arvor, le développement d'une antenne large bande,
- Deux maquettes de l'Arvor profond testées à la mer à 3500m,
- La mise au point d'une architecture bi-carte rendant le vecteur réactif à des mesures in-situ,
- La poursuite du développement du Provor équipé de capteurs « bio » et d'une détection de glace, des sites naturels identifiés pour les tests
- Le capteur optique NOSS testé à la mer.

## ***Fiabiliser le profileur Argo standard et améliorer ses capacités***

- ✓ ***Fiabiliser le profileur: réduire le risque de défaillance à la mer en...***  
analysant régulièrement le comportement du profileur,  
détectant et modifiant les conceptions perfectibles (matériel et logiciel)  
améliorant les étapes de la fabrication industrielle,  
simplifiant les opérations de déploiement par des auto-diagnosticues plus élaborés,  
renforçant les auto-contrôles pour gérer des situations particulières de mise à l'eau,  
augmentant le retour d'informations techniques vers la terre,  
en s'assurant de la mise à jour des documentations et interfaces « utilisateur ».
  
- ✓ ***Améliorer les capacités du profileur***  
Offrir des performances accrues,  
Répondre à des demandes scientifiques particulières.

## ✓ *Travaux réalisés*

Investigations sur les sous-ensembles hydrauliques susceptibles de défaillance (ex: étanchéité de raccords, amorçage de pompe, débit d'électrovanne).

Depuis, janvier 2013, renforcement de nouvelles procédures d'intégration et contrôle (NKE + sous-traitants), représentatifs des modes opératoires réels.

Etablissement d'une liste d'actions fiabilisant le logiciel des profileurs: autotests renforcés, simplification du protocole de déploiement, sécurisation du vecteur (surveillance accrue de la pression), retour d'informations (techniques et aide au décodage), ...

Jouvence du simulateur d'environnement servant à la qualification logicielle. Intégration d'un générateur de pression piloté.

## ✓ **Travaux à venir**

Qualifier les évolutions décidées sur le vecteur, à porter sur la production en 2013 (5 flotteurs de test Coriolis),

établir une synthèse et organiser un suivi des pertes de flotteurs (hors Coriolis),  
améliorer la traçabilité, et la documentation

Porter les évolutions sur les flotteurs en 2014.

## ✓ **Points durs**

Antennes Iridium-GPS, portage technologie ballast Arvor vers Provor,  
délai de qualification du logiciel et portage des améliorations en 2013



## **Réduire le coût du profileur Argo standard 2000m (T&S)**

→ **Tout en conservant les performances...notamment**

sa spécificité de déploiement « tout océan » impliquant une réserve de flottaison suffisante,  
une finesse de déplacement et un maintien en immersion stable dans le temps.

la réalisation du profil CTD en pompage continu,

l'autonomie.

## *R&D nouveaux composants*

### ✓ *motorisation*

Solution par vérin abandonnée (compromis irréversibilité, rendement, simplicité du circuit hydraulique, coût,...)

Solution par pompe haute pression (déplacement en immersion) et basse pression (émergence). Se heurte à la nécessité d'un circuit d'étanchéité entre les deux (coût). → abandonné.

Solution envisagée → basée sur la solution actuelle (pompe haute pression + électrovanne).

Recherche d'électrovannes industrielles et campagnes d'évaluation de taux de fuite (non spécifiées) → bonnes performances pour certains modèles.

### ✓ *tube*

Optimisation des coûts par simplification de l'interface tube-extrémités, valorisation travaux de l'Arvor profond

### ✓ *antenne*

Une nouvelle antenne Argos a été qualifiée: volume et coût réduits.

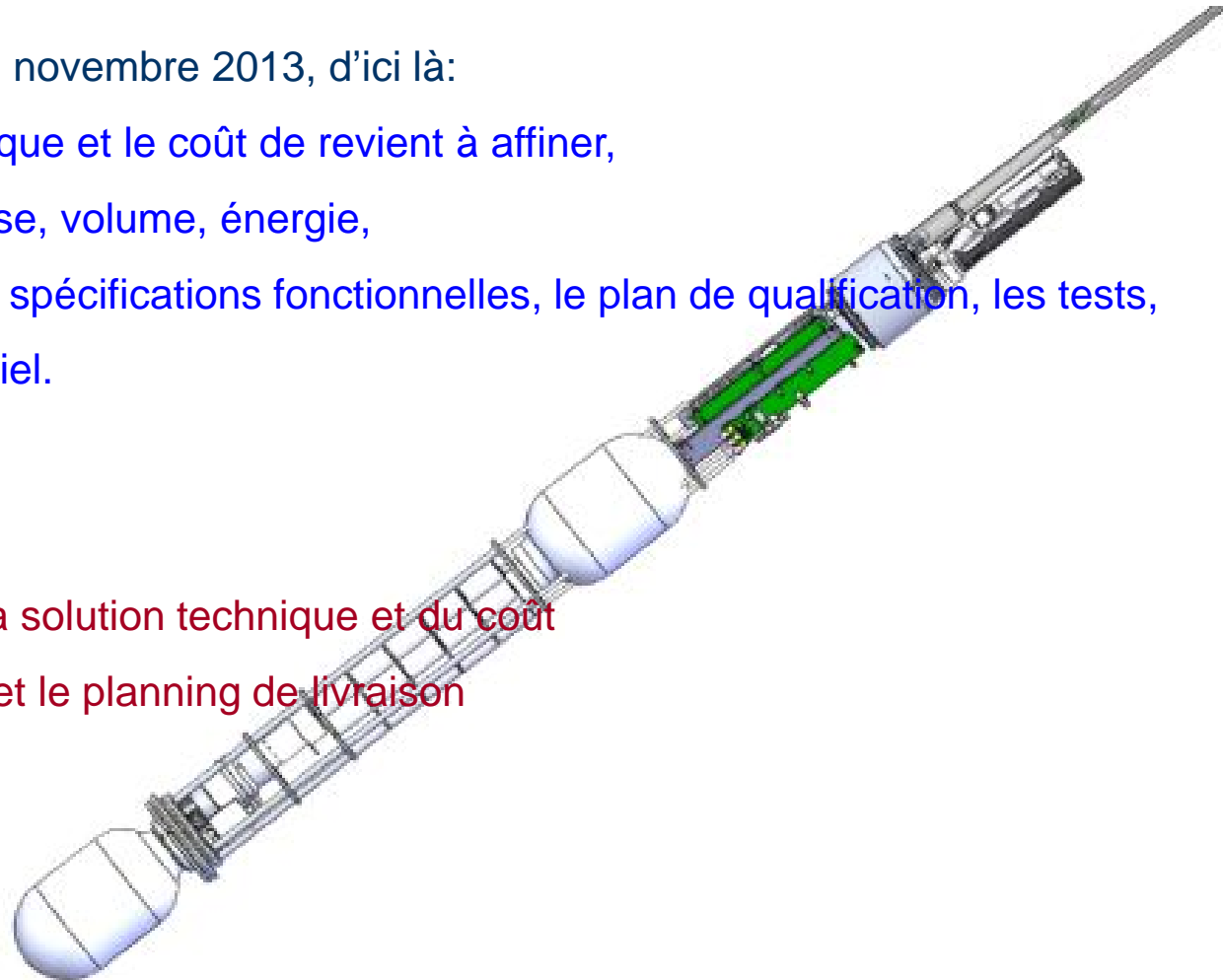
## ✓ **Travaux à venir**

3 prototypes prévus en novembre 2013, d'ici là:

La solution technique et le coût de revient à affiner,  
les bilans de masse, volume, énergie,  
la mise à jour des spécifications fonctionnelles, le plan de qualification, les tests,  
Le dossier industriel.

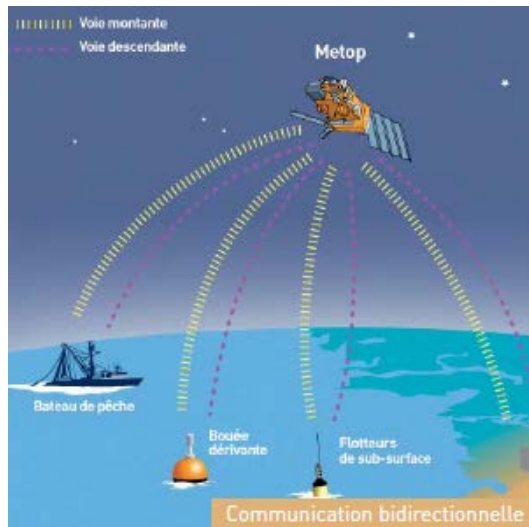
## ✓ **Points durs**

L'adéquation de la solution technique et du coût  
Le travail restant et le planning de livraison

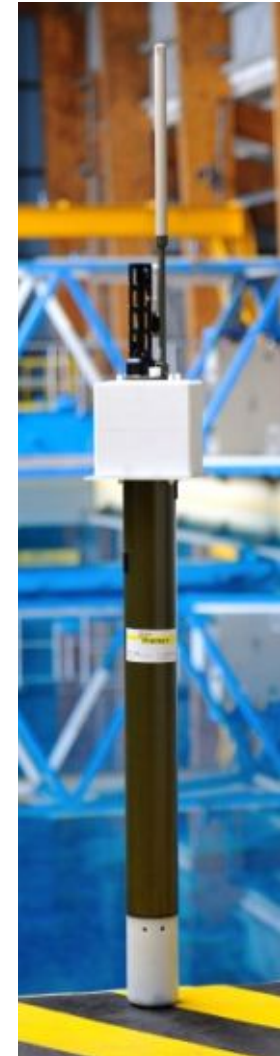


## Augmenter les performances de la transmission satellite Argos → Argos3

évaluer une solution alternative : réduire le séjour en surface,  
transmettre plus de données, piloter le profileur à distance.



*Argos3: liaison bi-directionnelle selon 2 modes dits « bas débit » (400 bits/s) et « haut débit » (4800 bits/s), embarqué initialement à bord du satellite MetopA. Le satellite supplémentaire Saral est opérationnel depuis avril 2013.*



Arvor-A3



## ✓ *Bas débit*

- Des résultats non concluants début 2012 en Méditerranée
- Un Arvor, équipé d'un modem nouvelle génération fonctionne en Golfe de Gascogne depuis octobre 2012). → Bons résultats:  
Sur ~80 cycles effectués, au moins un profil Argo standard est transmis à chaque remontée sur 2/3 de la durée de passage (durée de transmission <15mn au lieu de 6 à 8h en Argos2).

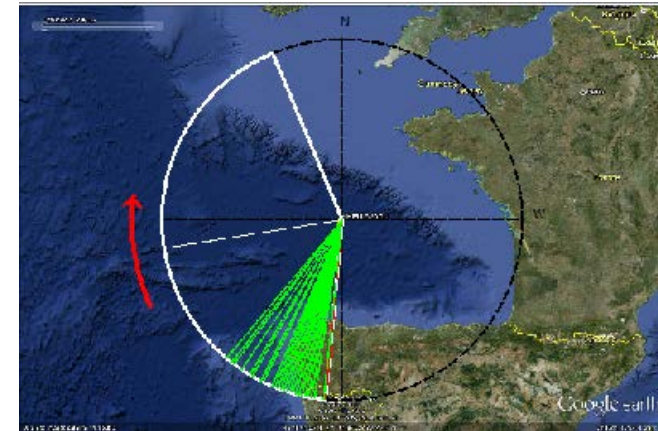
Consommation d'énergie est divisé par ~5 (/A2) et le coût de transmission se réduit à une tranche au lieu de 2. Autonomie du profileur augmentée de 25%.

Premières transmissions vers Saral satisfaisantes

- Travaux complémentaires pour rendre plus robuste le logiciel de pilotage du modem.

## ✓ *Travaux à venir*

Recherche d'une opportunité de déploiement d'un Arvor en Méditerranée pour conclure sur les performances dans cette zone



Transmission A3 sur Saral  
(mai 2013)

## ✓ *Haut débit*

- Qualification sur banc de test: Brest, Lorient, Toulouse, La Réunion

Mise en évidence d'une grande variabilité des performances liée à la zone géographique, à l'azimuth du satellite, aux heures de transmission: essais à Brest, confirmés à Lorient puis à Toulouse

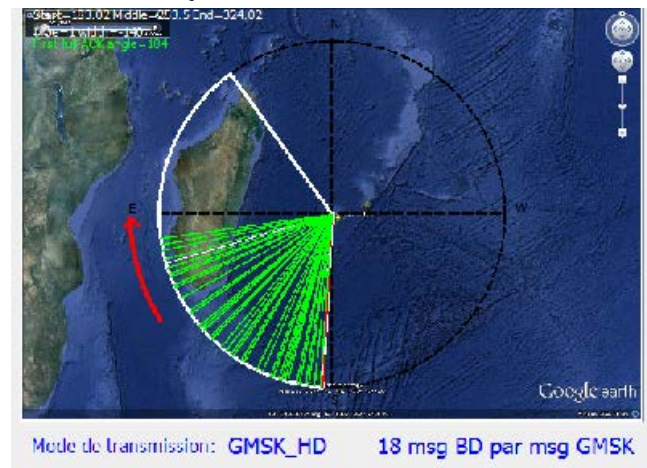
Performances bonnes dans toutes les configurations à l'Ile de la Réunion

Explications: une insuffisance de marge de S/B dans la modulation A3 qui a pour conséquence une dégradation des performances sur l'Europe et l'Asie

- Potentiel actuel: ~18koctets de données sur un passage ( ~25 profils Argo standard) dans des conditions de transmission non bruitées.
- Coût énergétique: 3 fois moins d'énergie (/A2) pour transmettre 25 fois plus de données.

## *Travaux à venir*

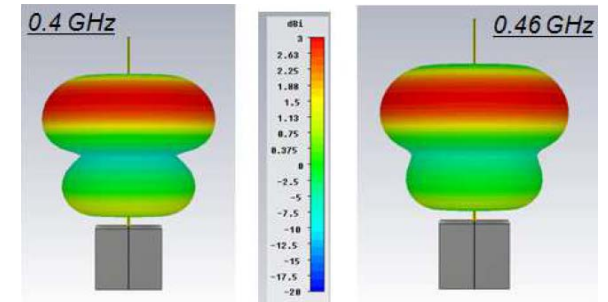
- ✓ Avant fin mai, livraison de 2 Arvor A3 HD (financement CLS-CNES)
- ✓ Recherche opportunité de déploiement, zone favorable.
- ✓ Conclusions sur le haut débit.



## ✓ Antenne large bande

Objectif de réduction du volume et du coût (action CLS).

- Modélisation de l'antenne et réalisation de 3 prototypes par Xlim (université de Limoges)
- Marinisation sur base antenne A2 (NKE) et mesures complémentaires
- *A venir: 2 prototypes à qualifier en environnement.*



## Conclusions Argos3 actuelles

- En bas débit, résultats positifs en Atlantique (gain en énergie, séjour en surface réduit), performances en Méditerranée à démontrer.
- Utilisation du haut débit compromise en zones bruitées (voisinage Europe, Asie), transmission multi-balises, pas de sélection possible de satellite selon azimuth.
- Pérennité Argos3 ? Compatibilité A4?



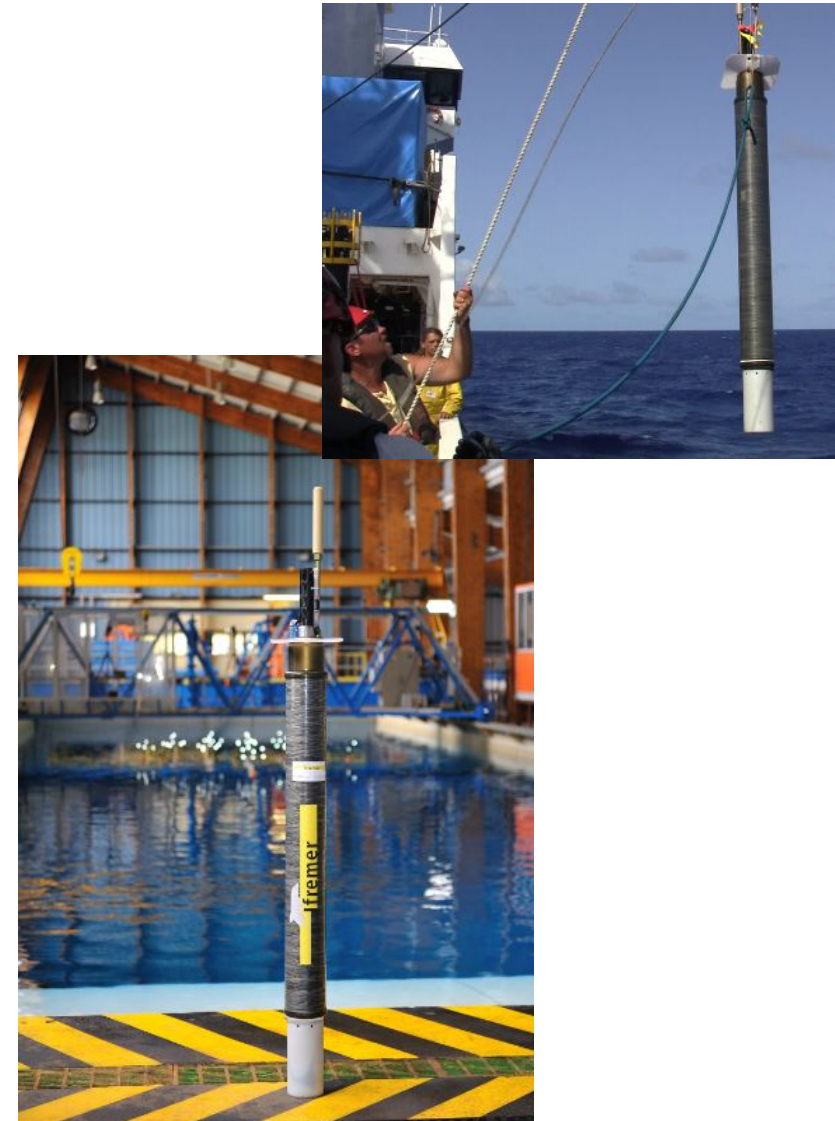
## Atteindre de plus grandes profondeurs

Les derniers meeting Argo ont largement reconnu l'intérêt de l'expansion d'Argo vers de plus grande profondeurs pour...

l'observation de la variabilité à plus grande échelle spatiale,

L'observation des changements de température et salinité sur une échelle de temps de 10 ans et plus,

L'approche plus précise du bilan thermique global.





## ✓ 2 Arvors profonds déployés (CTD + O2)

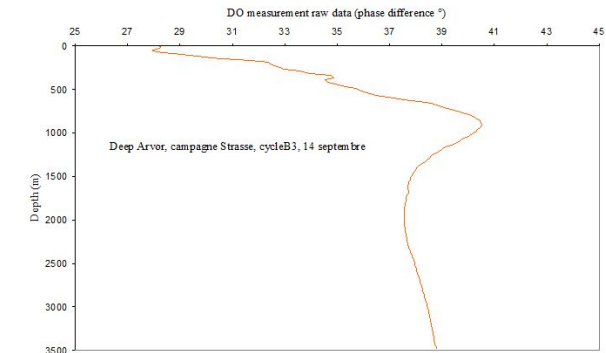
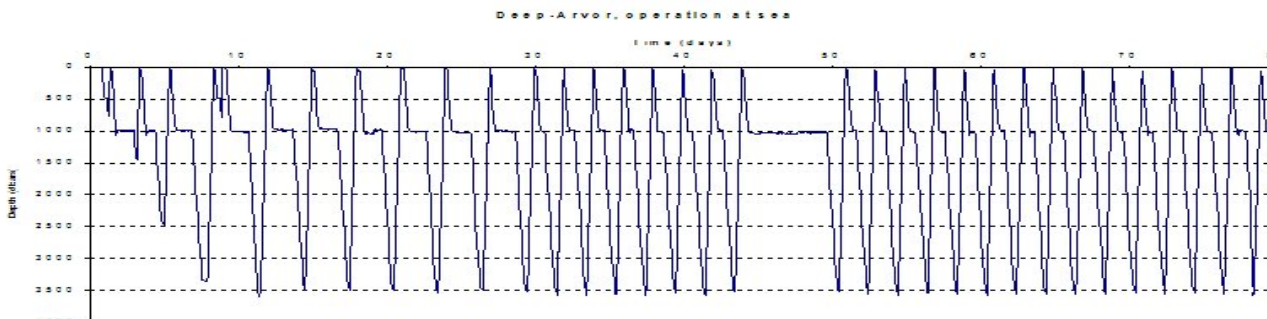
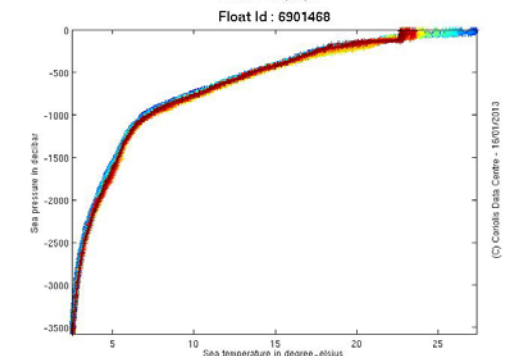
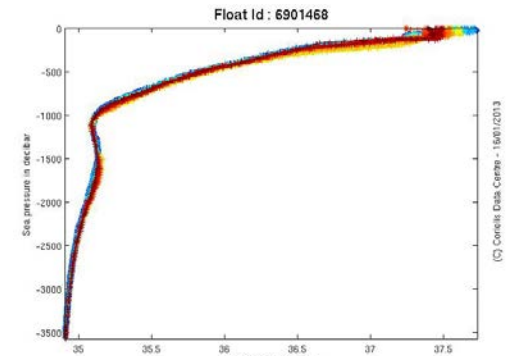
- Le n°1 ( août 2012, WMO6901468) a effectué 60 cycles nominaux à 3500 dbars, jusqu'à janvier 2013. Il a été perdu sans aucun indice de défaillance préalable.

- Le n°2 ( octobre 2012) après 4 cycles a été maintenu en surface, suite à une transmission satellite aléatoire.

récupéré en février 2013. → défaillance de l'antenne Iridium.

Des tests complémentaires en bassin ont conduit à demander une expertise hydraulique auprès du sous-traitant.

- Les données (cf présentation Virginie Thierry)



## ✓ Lancement de l'industrialisation

### ▪ Démarrage en décembre 2012

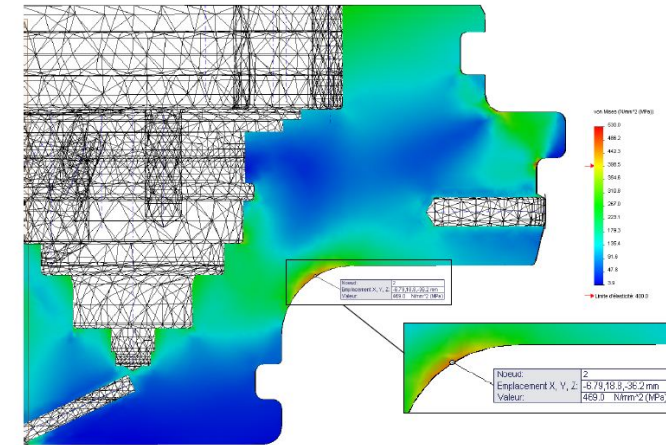
élaboration dossier industriel,

améliorations de divers sous-ensembles (suite retour expérience maquettes).

### ▪ Décision de porter la profondeur d'immersion nominale des prototypes industriels à 4000m

les études complémentaires ont montré un impact mineur sur les évolutions matérielles,

+ qualifications complémentaires (motorisation, tape Seabird, antenne,...)



Calcul tape hydraulique



Modèle 3D tape Seabird

## ✓ *Travaux à venir*

### ▪ Maquette n°2

Expertise hydraulique attendue fin mai, ré-intégration, puis redéploiement avant l'automne

### ▪ 2 prototypes industriels en version 4000m.

qualifications de la motorisation sur banc,

intégration,

livraison prévue à l'automne,

tests complets en caisson hyperbare,

Déploiement.

→ Performances attendues : >150 profils CTD, mesure O2 optionnelle, haute résolution, coût concurrentiel.

## ✓ *Points durs*

La reproductibilité des performances

Le planning de livraison des 2 prototypes

## *Séparer vecteur et mesure pour faciliter l'accueil de capteurs complexes, et adapter le comportement du vecteur à la mesure.*



**Carte Vecteur APMT (NKE)  
Déplacement vertical  
+ communications**



**Interaction  
intelligente**



**Carte Mesure (LOV, OSEAN)  
Mesure et interprétations,  
détections d'évènements**

**Capteur**

**Capteur**

**Capteur**

**Capteur**



## ✓ **Développements**

Le développement de la carte vecteur (APMT) embarquée sur Provor CTS5: architecture multi-tâches, mission segmentée multi-profil, communication Rudics, mémoire de données, tâche de sécurité.

Une carte mesure répondant aux contraintes de consommation et un logiciel associé.

Un protocole générique et flexible inter-carte.

Des outils de simulation pour la mise au point.

## ✓ **Qualifications**

Le comportement du vecteur a été validé vis à vis de la rétro-action.

Le profileur a été testé en endurance (150 profils en puits 40m), et quelques tests sur ligne en rade de Villefranche

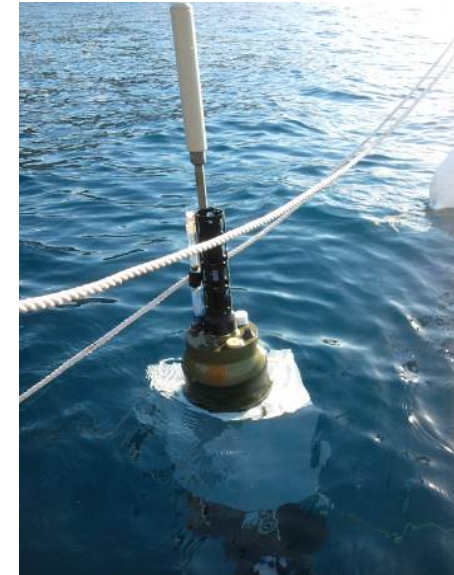
## ✓ *Travaux à venir*

Tests en rade de Villefranche en juin, puis au large, avec carte mesure actuelle

Utilisation dans d'autres projets (à partir de fin 2013) pour contribuer à valider la base Provor-CTS5

Carte mesure Osean à finaliser (fin 2013)

Déploiement opérationnel CTS5 pour WP3 (début 2014)



*Provor CTS5 en test sur mouillage en rade de Villefranche*

## ✓ *Points durs*

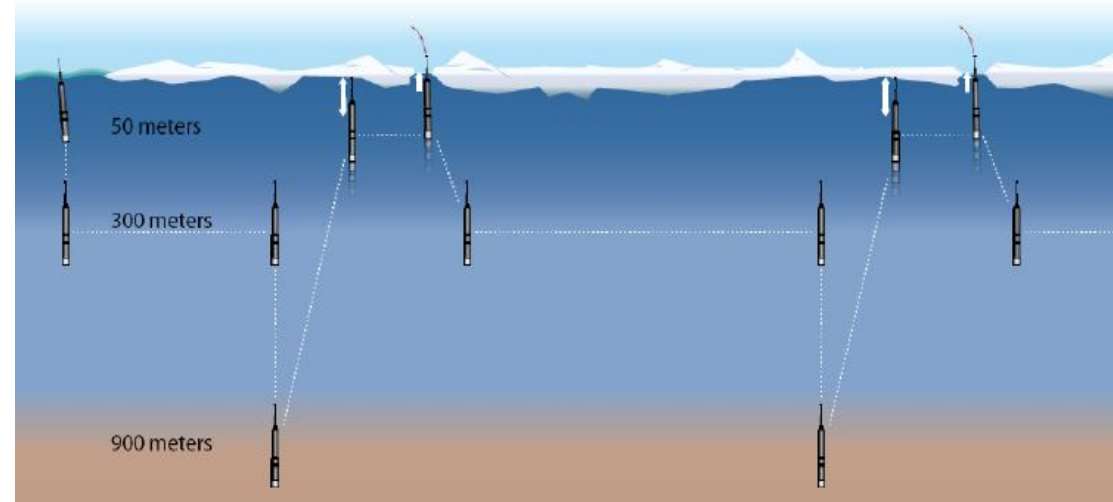
**Communication Iridium Rudics**

## **profileur bio-geochimique, opérable dans les régions arctiques**

✓ Evaluer les méthodes de détection de glace pour les implémenter dans le profileur

✓ Adapter les rétro-actions mesure-vecteur pour éviter la glace (travaux T2.4)

✓ Caractériser les capteurs bio-optiques en eau froide



✓ Développer le profileur bio-otique, détectant la glace, sachant retarder la transmission des données, équipé de capteurs « RemA »

-CTD, O2,

-Ecopuck (Fluo CDOM, fluo CHLA, Backscattering )

-OCR4 (Radiomètre 3 wavelenght, PAR 400-700nm)

## ✓ **Détection de glace**

Solution simple de détection de glace: Pinger, rétro-action ISA (partiel) testée sur simulateur matériel.

Solution « complexe »: acoustique passive, en attente (→ autre financement, fin 2014)

Solution « complexe »: optique (hors financement NAOS) . Collaboration Takuvik – RDDC- chaire industrielle optique univ Laval.

## ✓ **Inventaire des infrastructures et sites de tests naturels**

Zones ciblées (ex: Nuuk Groendland) mais financements supplémentaires à trouver

## ✓ **Développement du Provlce 1, sur la base d'une détection de glace simple.**



## ✓ *Travaux à venir*

Poursuite développement Provlce1: 2 profileurs attendus en juillet

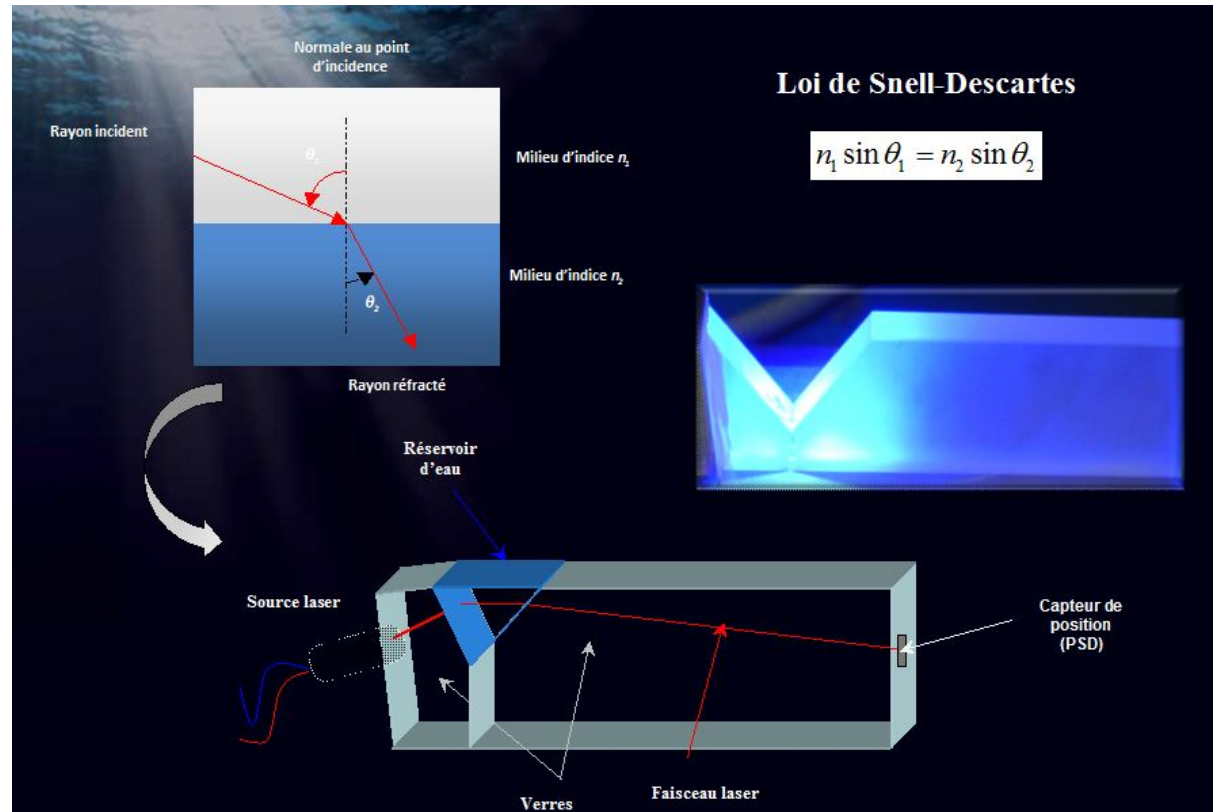
Implémentation pinger ( été 2013), validation algorithme ISA Arctique (fin 2013)

Tests profileurs à Villefranche à partir de septembre

Validation capteurs puis déploiements Arctique (été 2014)

## Évaluer le capteur optique NOSS sur profileur : mesure de l'indice de réfraction du milieu pour calcul de densité / salinité

Principe: Un faisceau laser traverse le milieu à caractériser et un capteur de position mesure sa déviation. → calcul de la salinité absolue



## ✓ **Avancement**

- Campagne SHOM Proteus (été 2012): 21 profils réalisés sur structure bathysonde.

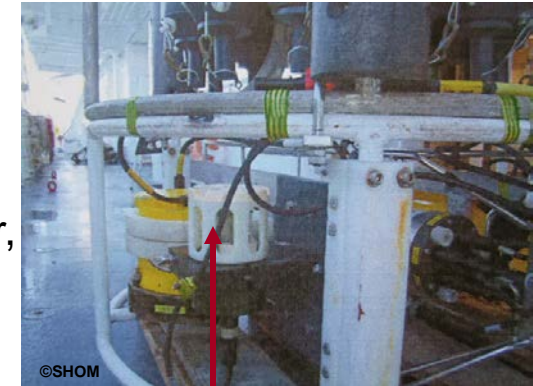
analyse conjointe SHOM, NKE, Ifremer, une bonne sensibilité du capteur, mais... des points perfectibles.

→ L'embarquement du capteur sur Provor est reporté, l'objectif est la validation du capteur avant.

- cette année, fourniture de 2 capteurs (v2.2) présentant une exactitude à +/- 0.005 PSU en salinité dans la gamme 15 à 42 PSU (en statique)

Des voies d'améliorations identifiées et partiellement validées à ce jour:  
influence de la lumière du jour, centrage capteur PSD, renforcement de la mécanique, rapport S/B, dérive et constante de temps de la mesure de T°, ...

Un programme complet de qualification a démarré (pression, vibrations, étalonnages, contrôles aux différentes étapes...



Capteur NOSS, lors de proteus 2012

## ✓ *Travaux à venir*

- La poursuite de la qualification des 2 capteurs NOSS v2.2

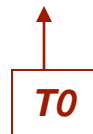
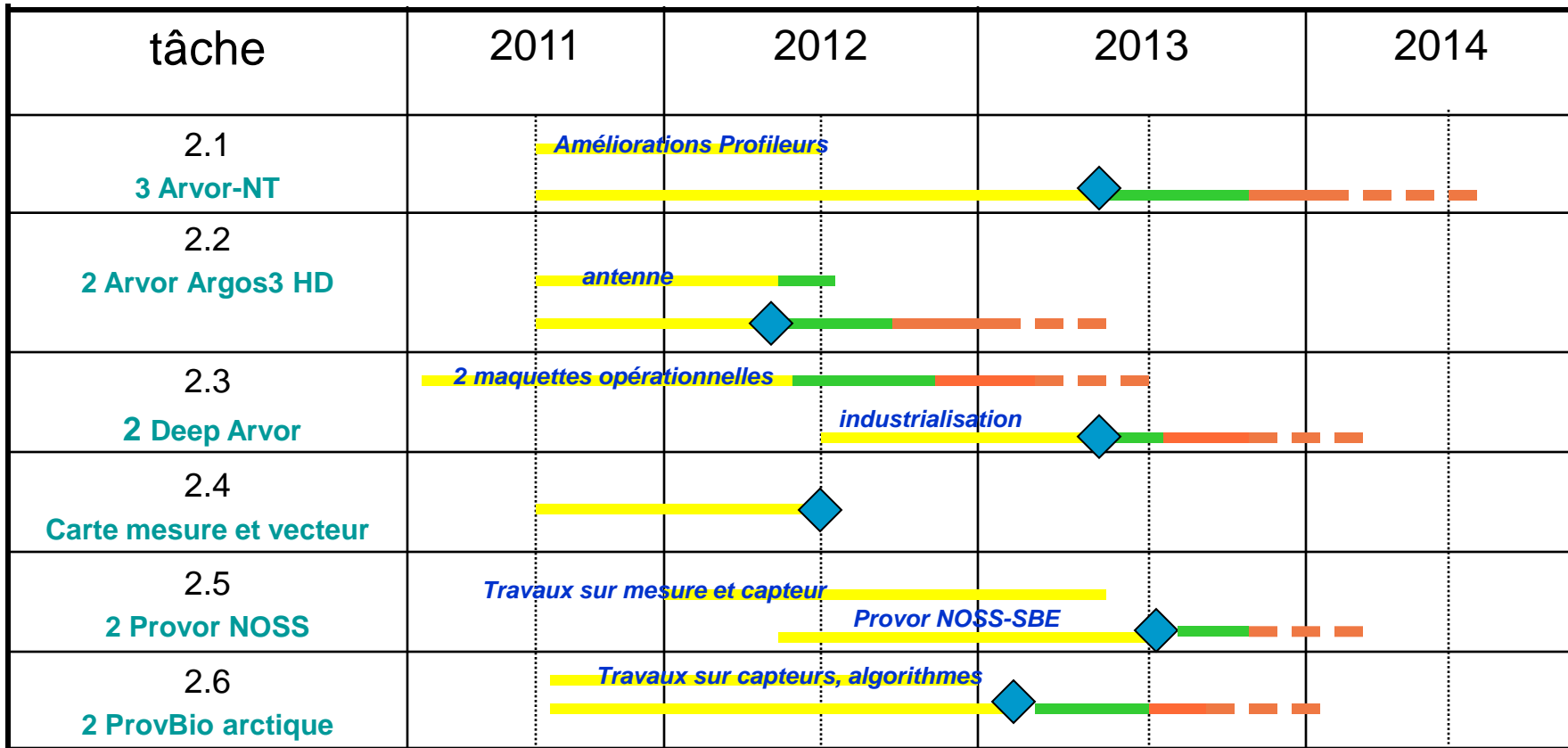
Validation finale de la mesure et du calcul de salinité, par rapport à une CTD SBE37 en pression (caisson hyperbare)

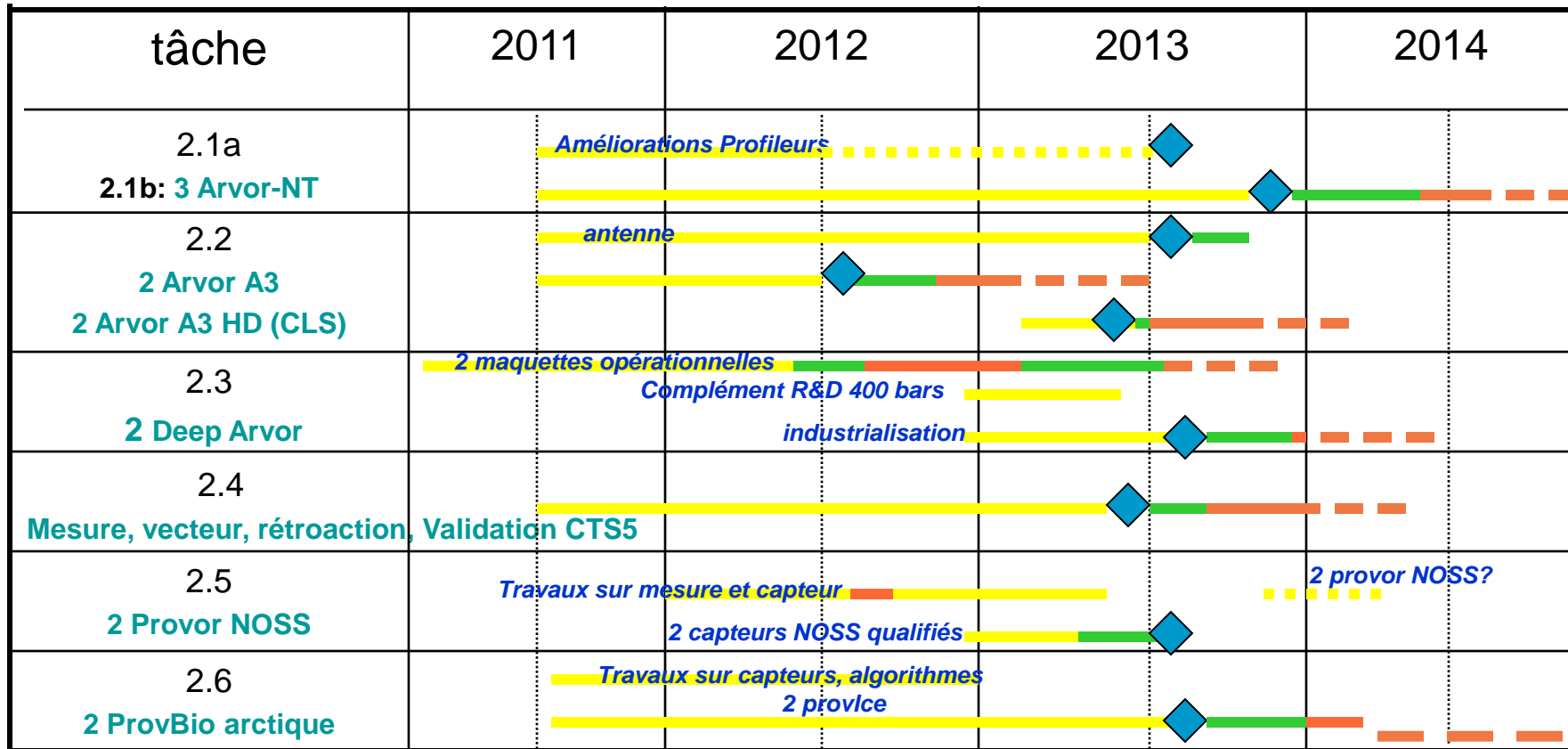
- ✓ *La décision du portage du capteur sur le Provor équipé d'une CTD SBE*



Capteur Noss  
2013

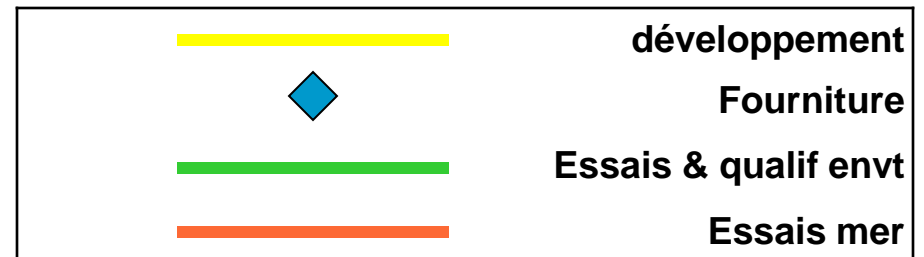


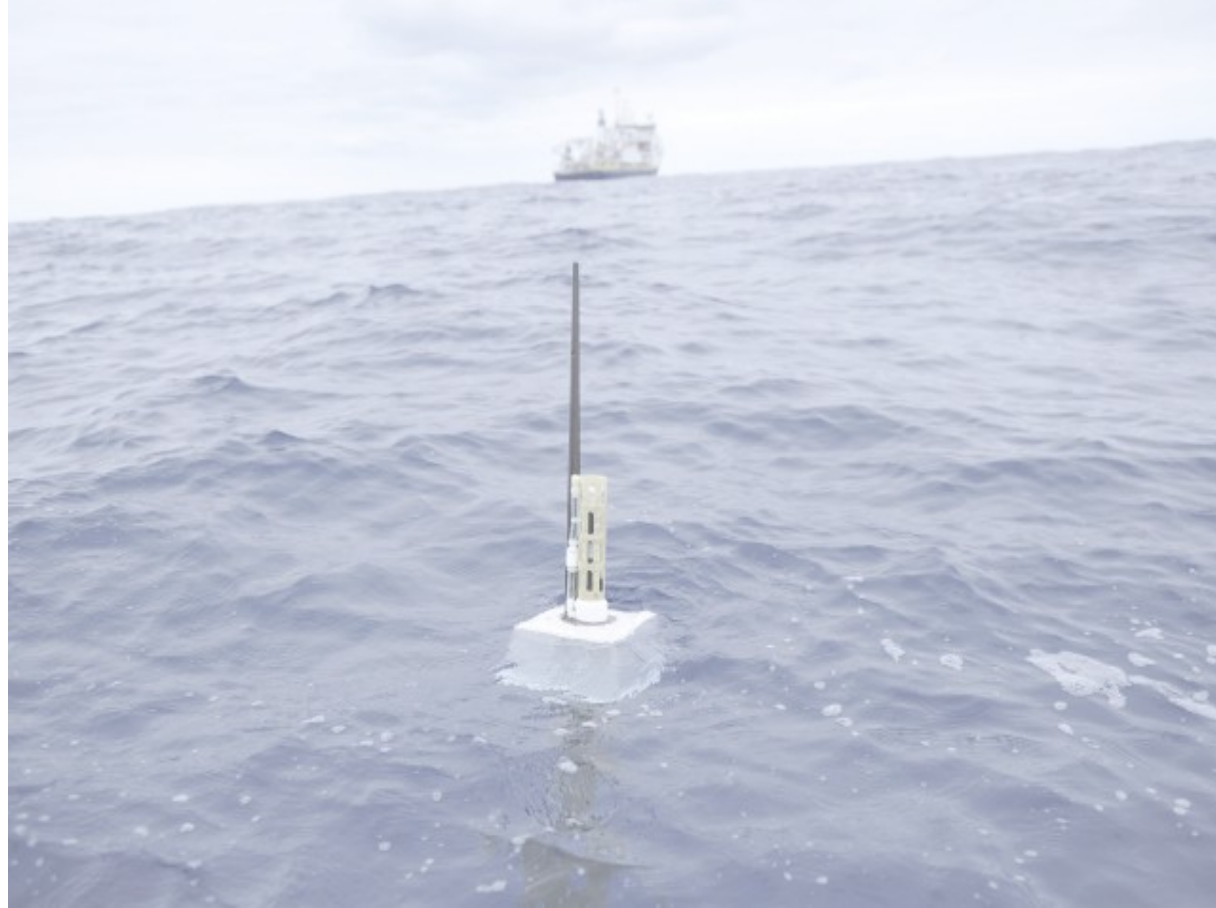




**Reste en 2013:**

20% contrat 3 Arvor NT,  
30% contrat 2 deep Arvor,  
30% 2 Provor NOSS,  
20% 2 ProIce.





Merci