



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

Réunion annuelle,  
VILLEFRANCHE, 21 septembre 2016.

## Technologie des profileurs: bilan WP2



**Serge Le Reste**

septembre 2016, WP2, SLR





- ✓ *Rappel des objectifs*
- ✓ *Bilan des tâches*
- ✓ *conclusions*



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

### *Les 6 tâches du WP2*

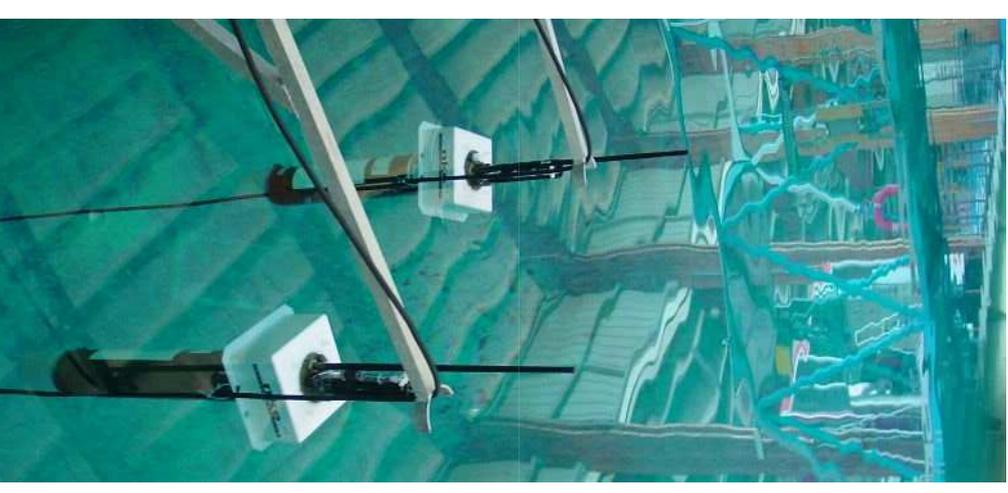
1. Fiabiliser et réduire le coût du profileur Argo standard (**NKE**)
2. Augmenter les performances de la transmission satellite Argos (**Ifremer**)
3. Atteindre de plus grandes profondeurs (**Ifremer**)
4. Architecturer le système profileur pour favoriser l'accueil de nouveaux capteurs et adapter le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



Arvor NAOS



# **T2.1- Fiabiliser et réduire les coûts de l'ARVOR NKE-Ifremer**



## Fiabiliser le profileur

### 1) La définition et le process de fabrication

Les aménagements mécaniques et les protocoles d'intégration (NKE + sous-traitants)

La fusion des versions logicielles des profileurs CTD (Arvor ou Provor déclinés en transmission Argos ou Iridium)

La prise en compte des évolutions des fournisseurs de capteurs: CTD, O2.

### 2) La robustesse du logiciel dans les différentes étapes de la vie du flotteur

des autotests renforcés, une surveillance accrue de la pression, le pilotage de la motorisation hydraulique.

### 3) Les performances et les aspects « utilisateur »

Un mode « bi-mission » qui permet d'enchaîner 2 séquences de cycles à périodes et profondeurs différentes.

Le mode d'acquisition en « spot sampling », la haute résolution (2000pts),

L'aide à l'analyse de comportement en phase de tests ou à l'exploitation opérationnelle: + d'informations techniques transmises avec de meilleures résolutions temporelles.

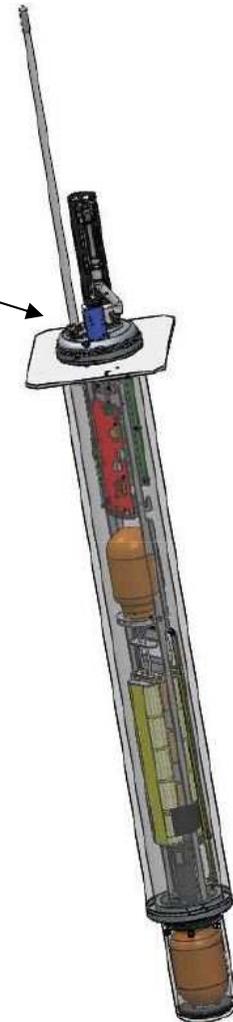
un protocole simplifié et sécurisé à la mise à l'eau et une aide à la programmation.

## Réduire les coûts

La re-conception totale d'un profileur s'est heurtée à des difficultés pour diminuer les coûts tout en maintenant les performances (e.g motorisation, antenne).

Des gains potentiels ont toutefois été identifiés (tête supérieure plane, tube composite & suppression mousse de flottabilité)

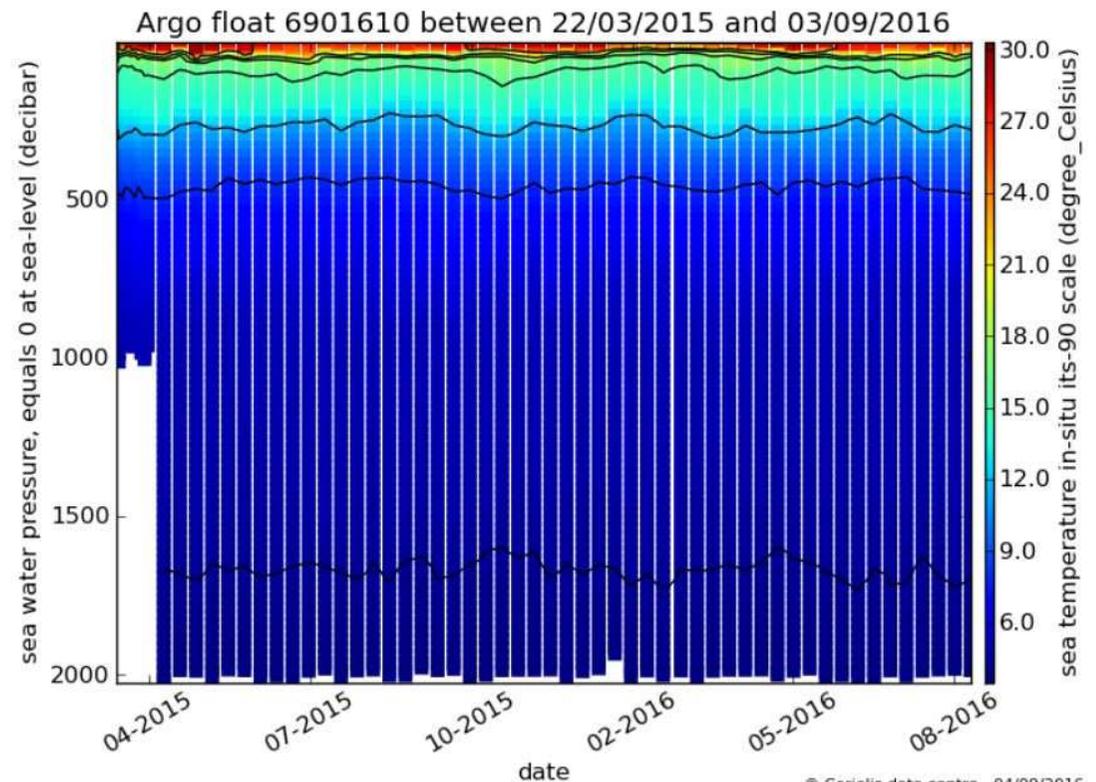
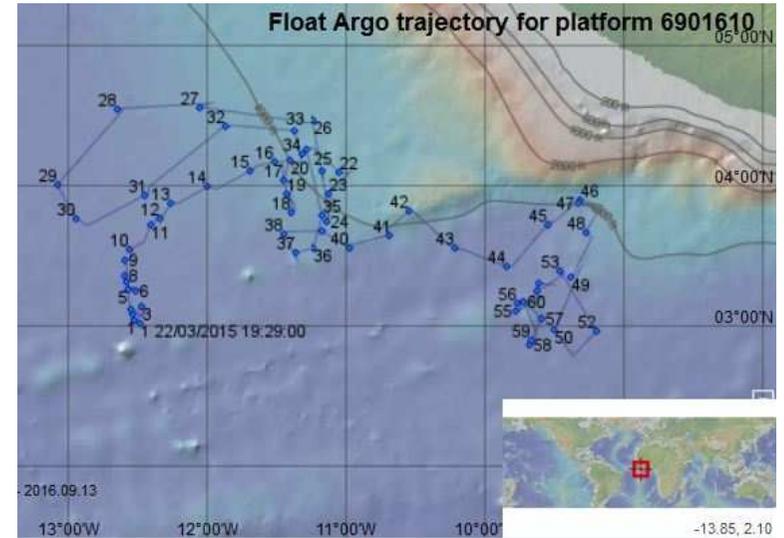
→ Des évolutions substantielles, tirées des travaux de re-conception, ont été portées (transmission satellite) ou vont l'être dans un avenir proche (motorisation, en lien avec le motoriste traditionnel).



## Validation à la mer

- 2 prototypes déployés en mars 2015: 62 cycles effectués à ce jour.
- L'Arvor NAOS, dit ARN » devient opérationnel:

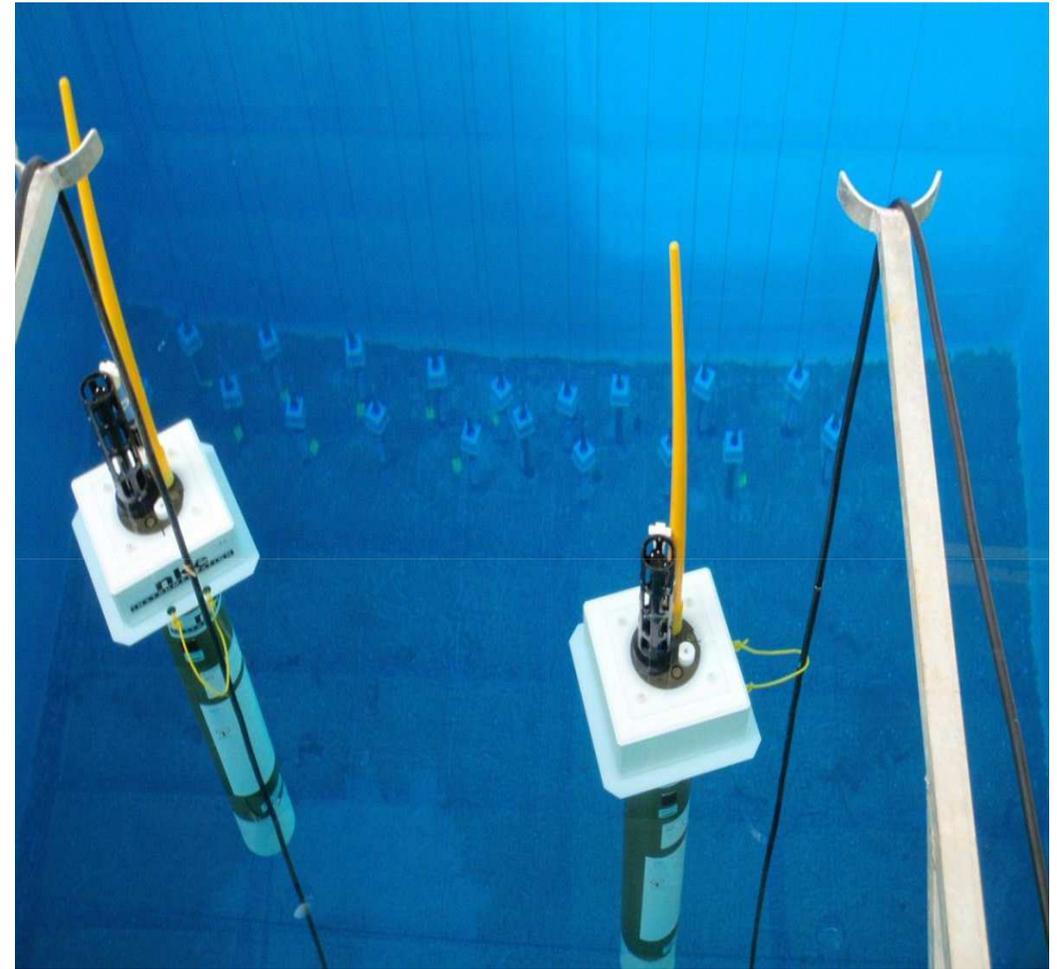
Environ 40 profileurs déployés en 2016 (tous projets et organismes confondus): pas de défaillance majeure relevée.



## Bilan de cette action

Les améliorations validées sur les prototypes, ont été portées sur l'« Arvor » de série.

Le coût de l'ARN se maintient au niveau de l'Arvor actuel (à quantité équivalente).



## T2.2 – Evaluer la transmission satellite Argos3 sur les profileurs

évaluer une solution alternative pour réduire le séjour en surface, transmettre plus de données en 1 seul passage satellite, piloter le profileur à distance.



Arvor-A3

*Argos3: liaison bi-directionnelle selon 2 modes dits « bas débit » (400 bits/s) et « haut débit » (4800 bits/s), embarquée à bord des satellites Metop et Saral.*

## Objectif : pouvoir transmettre un profil Argo sur rendez vous avec un passage satellite

- Le profileur Arvor a été équipé d'un transmetteur et d'une antenne spécifique (liaison bi-directionnelle)
- A chaque remontée en surface, l'Arvor récupère les prévisions de passage pour calculer l'heure de remontée du cycle suivant

## *Développement*

- 2 modes de fonctionnement ont été implémentés et évalués: le bas débit interactif (~1ko transmis par passage), le haut débit (>10ko par passage)

## *Résultats et difficultés rencontrées*

- La transmission d'un profil Argo standard et le pilotage à distance ont été démontrés.
- Le haut débit, pour permettre la haute résolution ou le multi-capteurs est abandonné: grande variabilité des performances, sensibilité au bruit radioélectrique.
- Coûts difficiles à réduire (e.g optimisation antenne).



## 2014-2016: 5 profileurs en fonction avec de bonnes performances en transmission bas débit

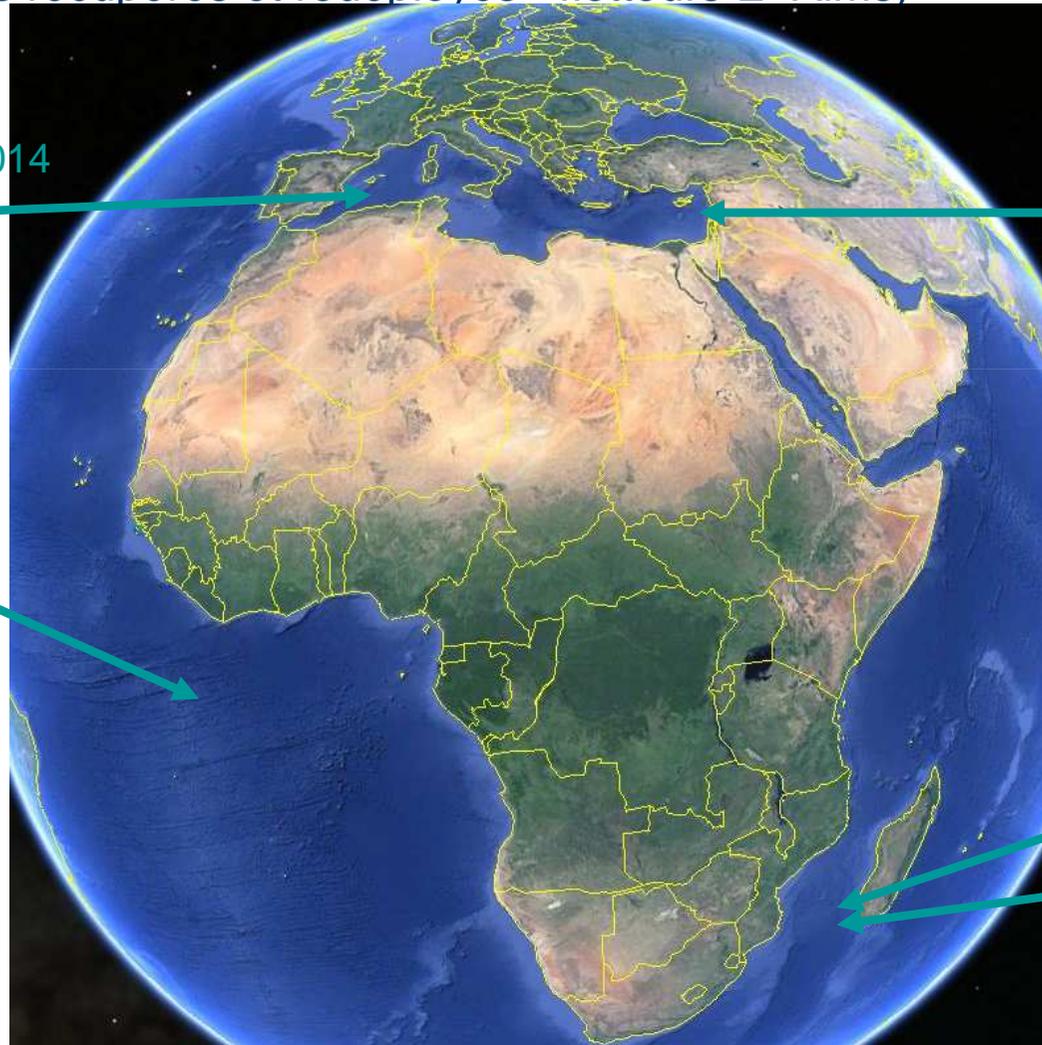
(flotteurs Naos récupérés et redéployés+ flotteurs E Aims)

Palma: WMO6901878,  
173 cycles depuis 18/6/2014

Chypre: WMO6901876  
57 cycles  
depuis juillet 2015

Golfe de Guinée:  
WMO6902682, 65  
cycles depuis août  
2015

Madagascar/  
Mozambique: 6902681/  
683, 77 cycles depuis août  
2015



## Bilan de cette action

Performances en bas débit: **moins de 5mn** pour transmettre un profil Argo (Méditerranée Ouest et Atlantique, Océan indien), moins de 9mn en Méditerranée Est... (versus 6 à 10h en Argos2).

Un gain en énergie divisé par 5 par rapport à Argos2 (autonomie du profileur +25%) et coût de transmission réduit (1 tranche de 6h).

Des résultats publiés.

**Limitations: des profils non localisés, impact d'un fort trafic sur les performances, quantité de données transmises limitées par le système (1 passage satellite).**



AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY  
AMS Journals Online

For Authors Information Online Help Quick Search Full Text Go

and Oceanic Technology > Early Online Releases > Argos-3 Satellite Communication System: Implementation on the Arvor Oc... Advanced Search

< Previous Article Next Article >

Add to Favorites Email Download to Citation Manager Track Citations

Glossary Permissions

PDF

Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 2015 ; e-View  
doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JTECH-D-14-00219.1>

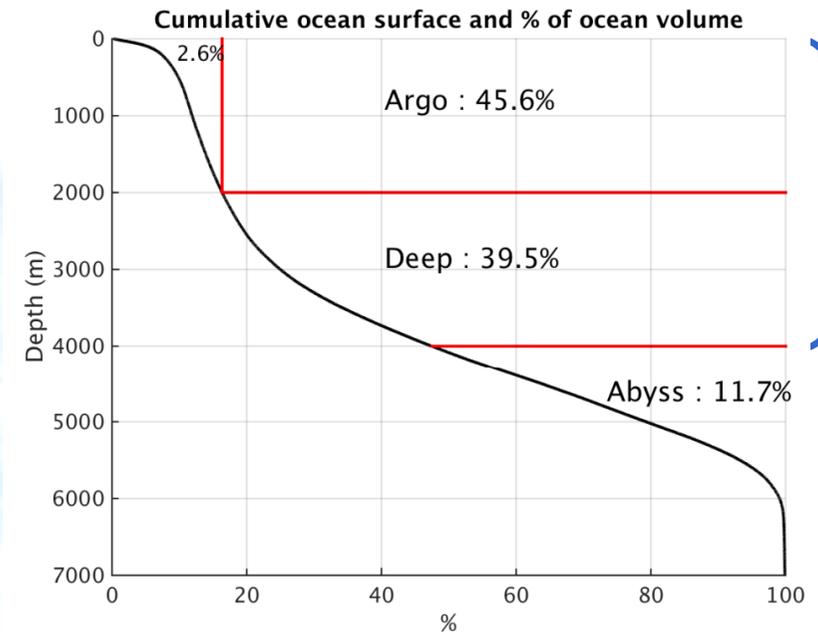
**Argos-3 Satellite Communication System: Implementation on the Arvor Oceanographic Profiling Floats**

Xavier ANDRE,<sup>a</sup> Bertrand MOREAU,<sup>b</sup> and Serge LE RESTE<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ifremer (Institut Français de Recherche et d'Exploitation de la Mer), Brest, France

<sup>b</sup> SII (Société d'Ingénierie et de conseils en technologies), Brest, France

## ***T2.3 - Atteindre de plus grandes profondeurs***



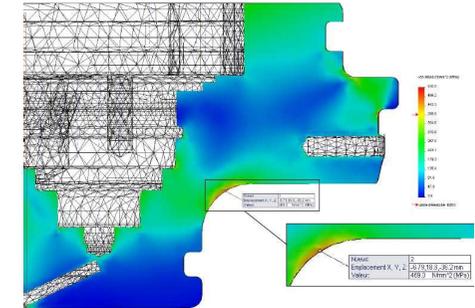
*Les profondeurs >4000m  
représentent près de 88%  
du volume des océans.*

## Deep-Arvor: du laboratoire au produit industriel

- 2011- 2012: 2 maquettes opérationnelles développées à l'Ifremer et testées à la mer
- 2013: transfert dossier technique et industrialisation chez NKE
- 2014: déploiement de 2 prototypes industriels
- 2015-2016: déploiement des premiers de série (WP5): des ajustements techniques ont été réalisés.



Calcul tape hydraulique



Instrumentation par jauges du tube composite



Banc de test hydraulique

## Expérimentations à la mer

- 2 profileurs ont réalisé plus de 140 cycles CTD ou CTD +O<sub>2</sub>.
- Des mesures de température satisfaisantes.
- Des biais de salinité du capteur Seabird détectés grâce à l'atteinte de masses d'eau profondes et stables.

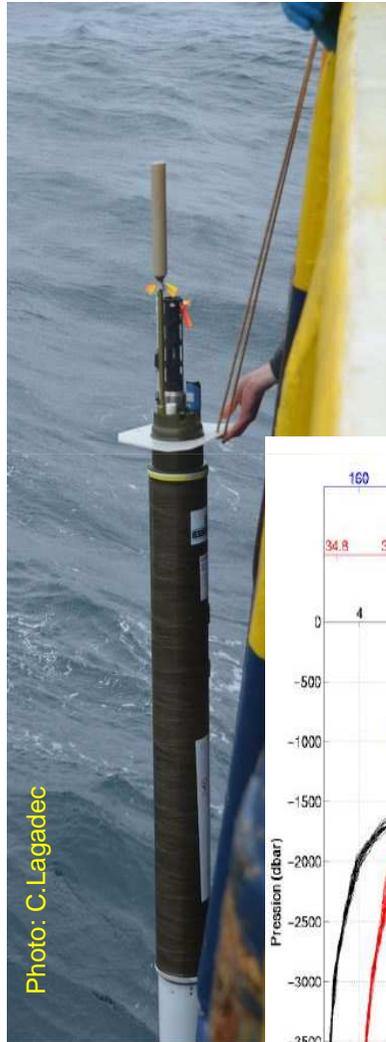
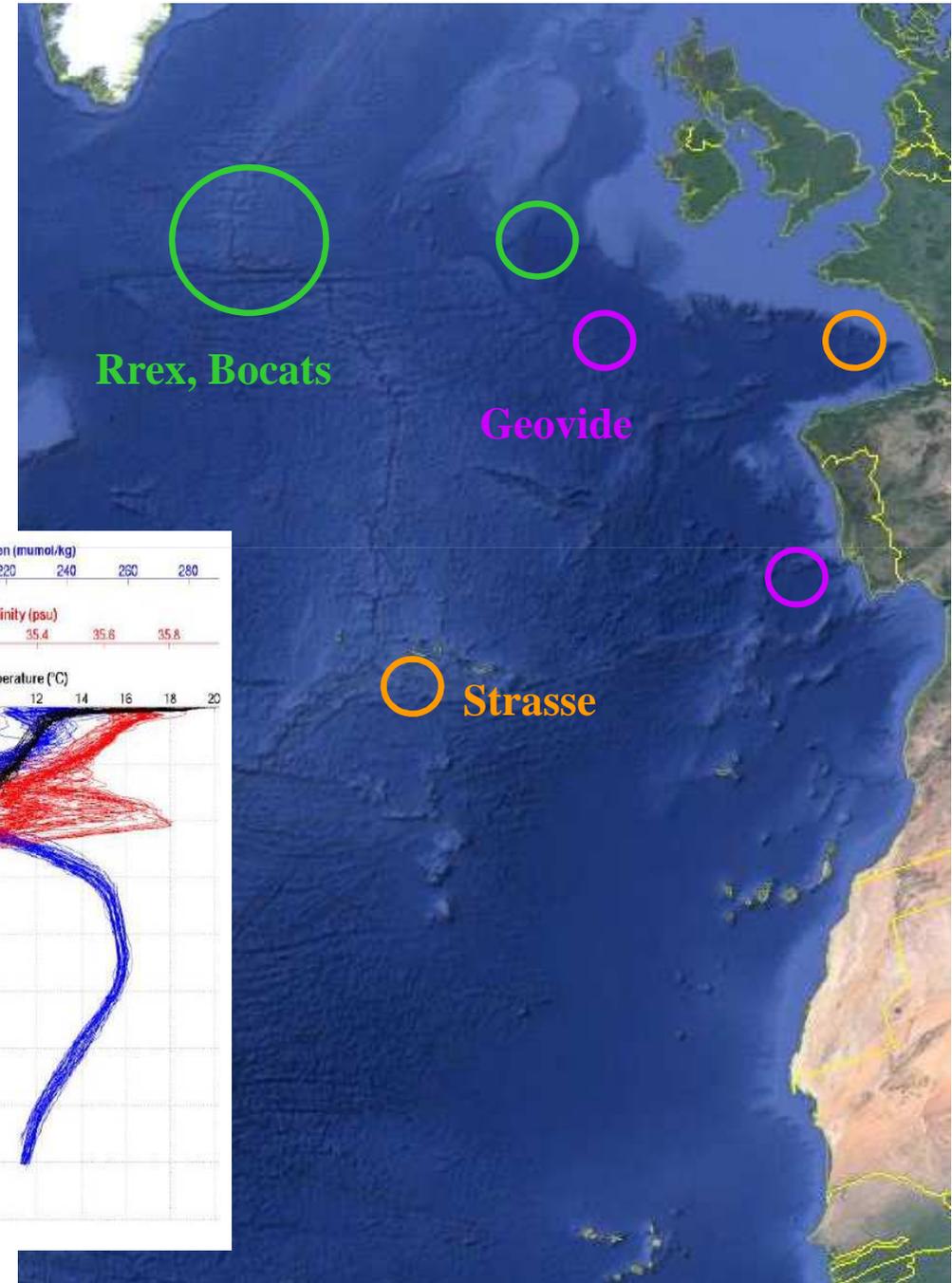
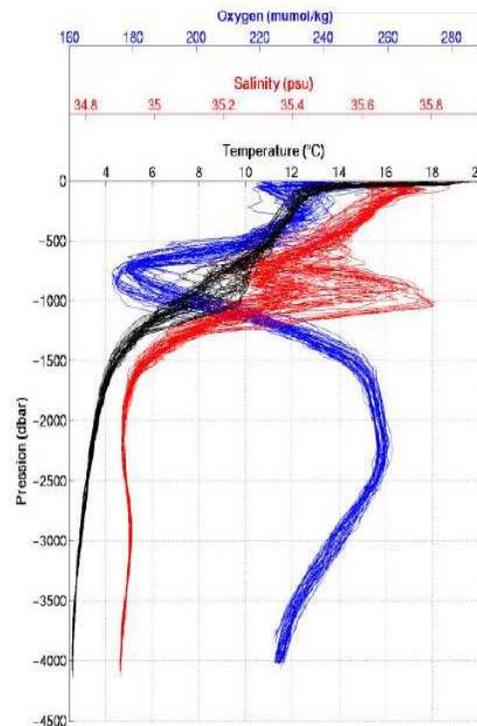
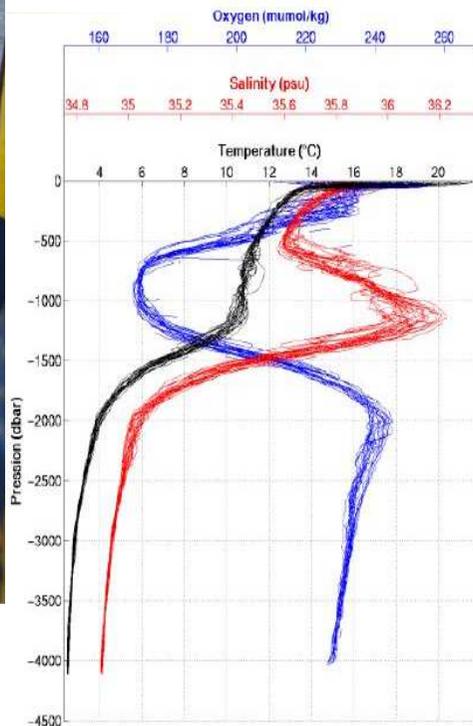


Photo: C. Lagaëc



## ***Caractéristiques principales du Deep-Arvor***

Profondeur opérationnelle 4000m (jusqu'à 4100 dbars)

Jusqu'à 150 cycles (CTD)

Légèreté: 26kg

CTD pompée avec profil continu à la remontée

O2 optionnel avec correction par mesure en air

Délivrance du profil remontée en quasi temps réel

Moyennage du profil par tranche et possibilité de transmission haute résolution

Gestion des échouages pour zones <4000m



## Bilan de cette action

Cohérence entre le bilan d'énergie prévisionnel (150 cycles à 4000m en T&S, CTD pompée en continu) et la réalisation à la mer.

Résultats publiés

Le Deep arvor est un produit concurrentiel sur le créneau 4000m (performance, coût)

Le transfert industriel est abouti (produit catalogue NKE).

Les performances de l'instrument restent toutefois à stabiliser (déplacement vertical, mesure de salinité)

AMS  
American Meteorological Society

Search the Site

JOURNALS ONLINE Journals Publ

Home > JTECH > May 2016 >  
"Deep-Arvor": A New Profiling Float to Extend the Argo Observations Down to 4000-m Depth

< Previous Article Next Article

**special icon 8 “Deep-Arvor”: A New Profiling Float to Extend the Argo Observations Down to 4000-m Depth**

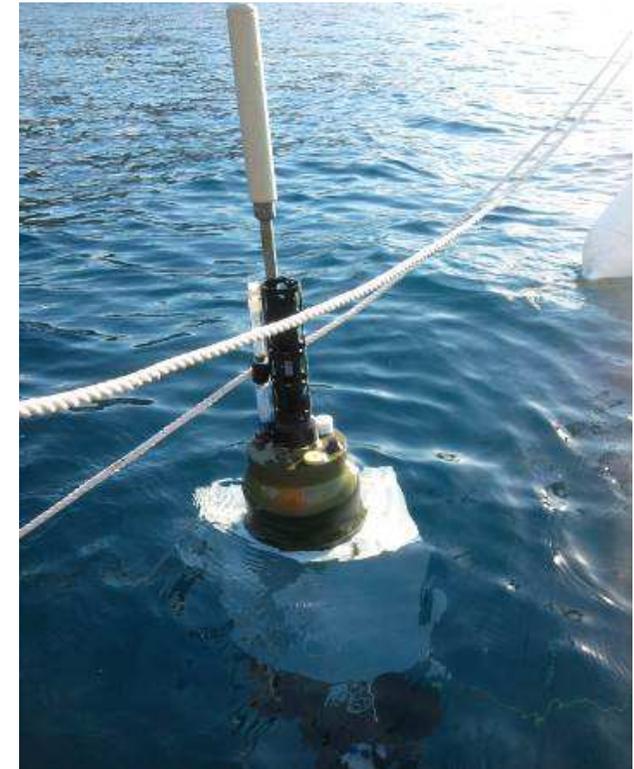
Serge Le Reste, Vincent Dutreuil, and Xavier André  
Ifremer, Brest, France

Virginie Thierry  
Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Ifremer, Plouzané, France

Corentin Renaut and Pierre-Yves Le Traon  
Ifremer, Brest, France

Guillaume Maze  
Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale, Ifremer, Plouzané, France

***T2.4 - Séparer vecteur et mesure pour faciliter l'accueil de capteurs complexes, et corriger le comportement du vecteur selon la mesure.***



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

## Architecture du Provor CTS5: dédié multi-applications

Communications  
Rudics rapide (>  
10 ko/mn)

Souplesse de  
programmation  
par script

Protocole générique

rétroaction



Carte Vecteur APMT (NKE)  
Gestion du déplacement vertical.

mémoire de données ++,  
tâches de sécurité,

Modification automatique de mission



Carte mesures (LOV, OSEAN)  
→ mesures et interprétations,  
détections d'évènements

Capteur

Capteur

Capteur

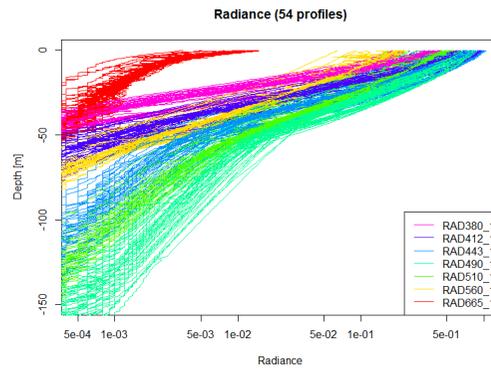
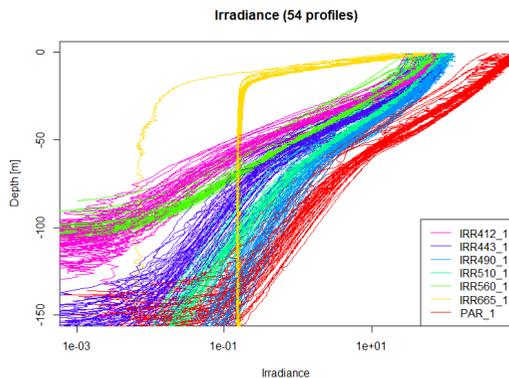
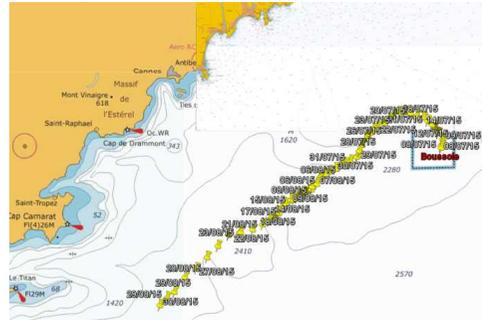
Capteur

....

+ Outils de simulation

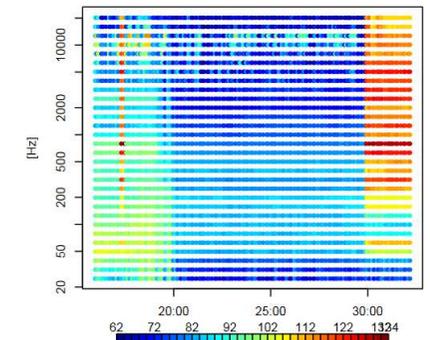
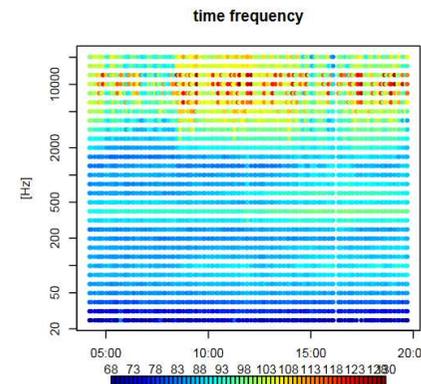
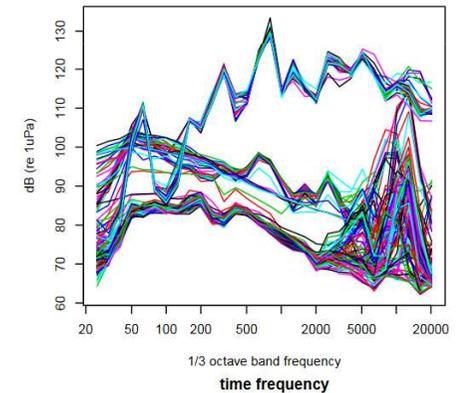
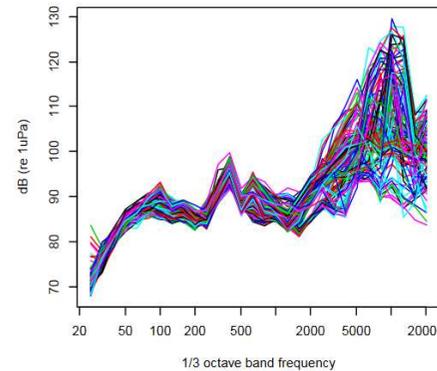
## Application : Flotteur ProVal

- Flotteur dédié à la validation des données satellites « couleur de l'eau »
- Environ 100 profils obtenus au large de Villefranche
- 2 ProVal seront déployés en Novembre 2016 sur SOCLIM (Kerguelen)



## Application : Flotteur Acoustique

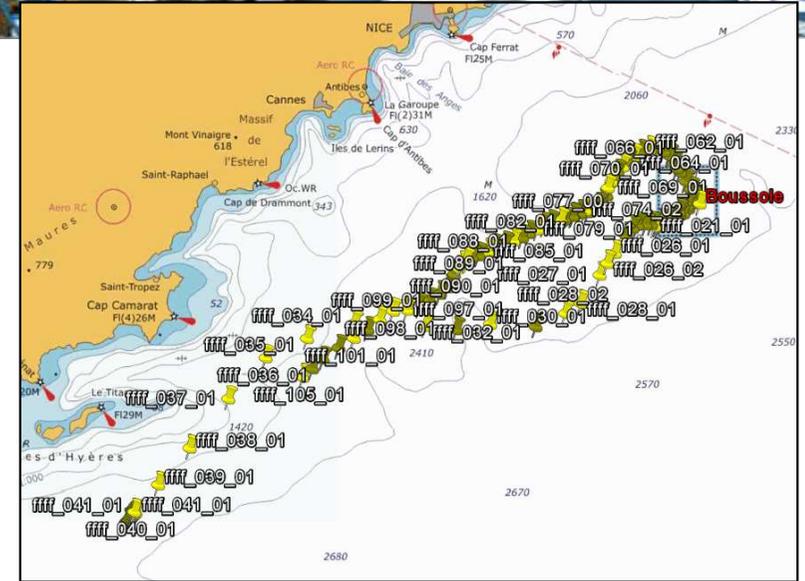
- Flotteur équipé d'un enregistreur acoustique passif basse consommation avec traitement intégré des données.
- Transmission Iridium des spectres FFT (en 1/3 d'octave)
- Stade prototype opérationnel (15 profils obtenus au large de Villefranche)



## Application détection de glace: validation Rétro-action:

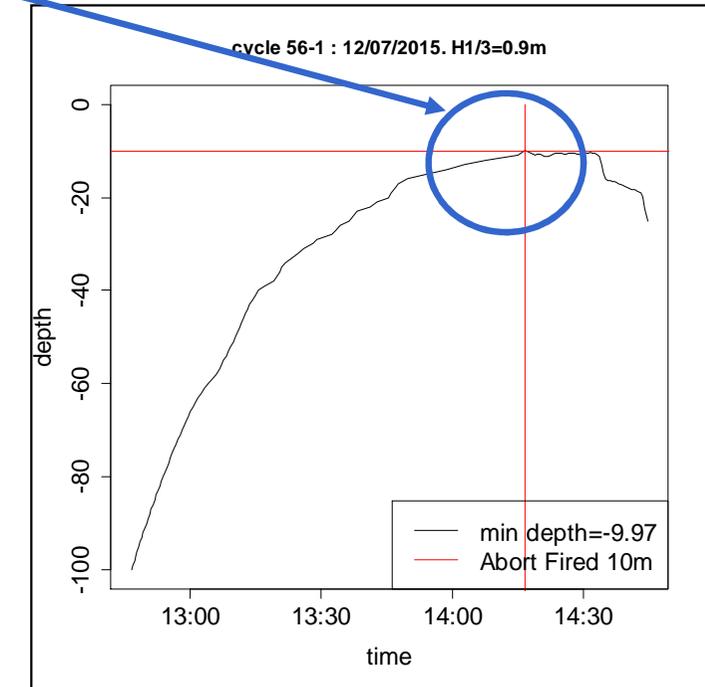
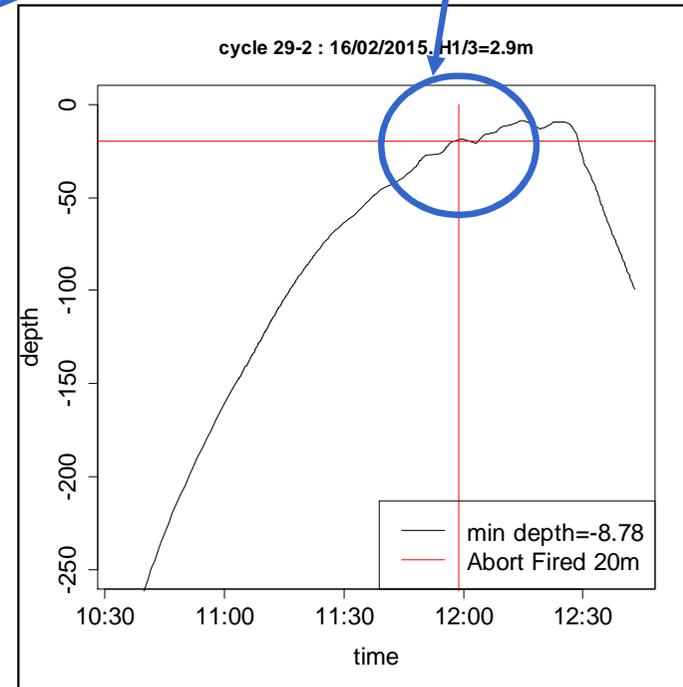
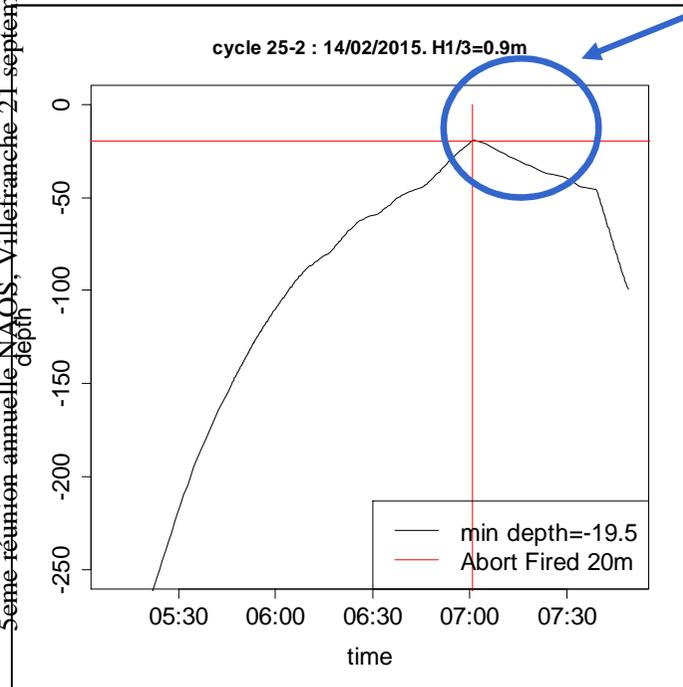
succès des 2 missions test du Prolce en février et juillet 2015:

La capacité du flotteur à inverser sa vitesse de remontée en cas de détection de glace (paramétrage des seuils adaptés pour test Méditerranée) a été validée



### Efficacité de freinage paramétrable

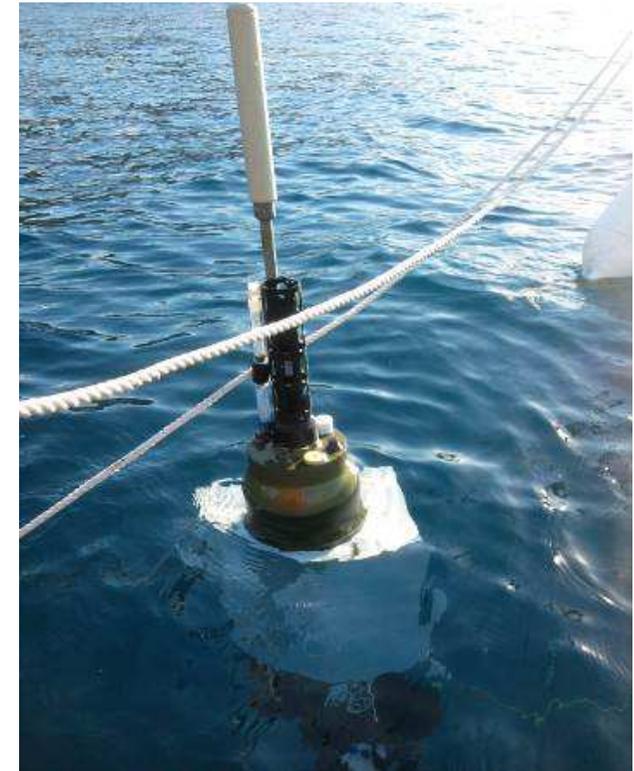
5eme réunion annuelle NAOS, Villefranche 21 septembre 2016, WP2, SLR



## *Bilan de cette action*

Le Provor CTS5 confirme son bon comportement à la mer.  
Différentes applications sont déjà opérationnelles.

Dans le cas de l'application « glace », l'ordre d'arrêt de remontée en provenance de la carte mesure est traité efficacement par le vecteur.



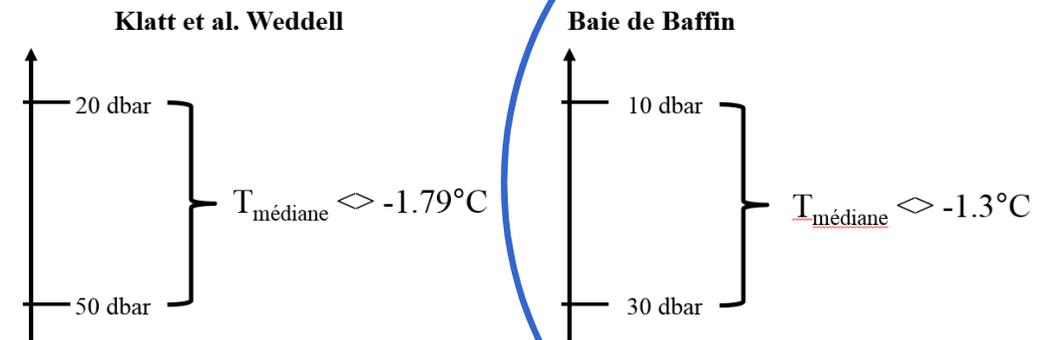
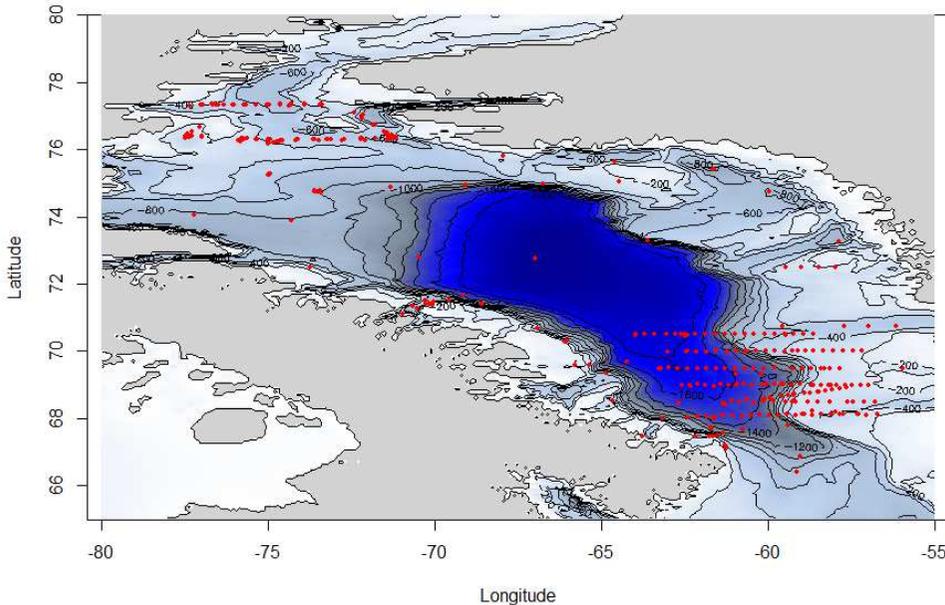
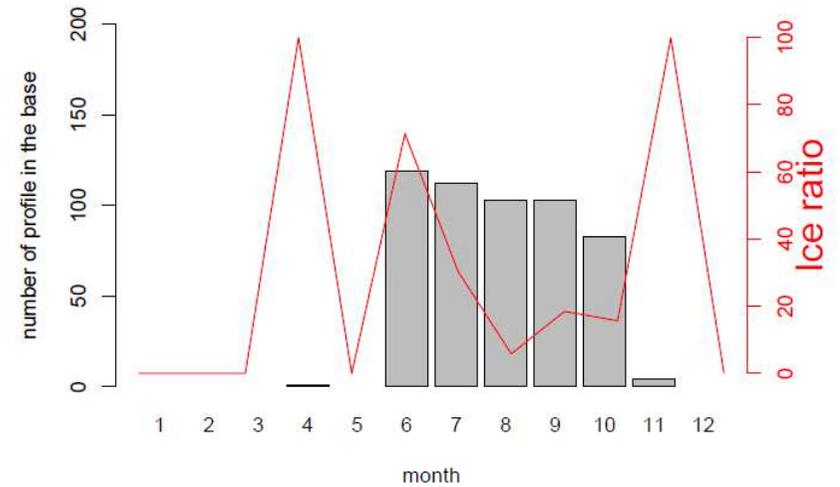
## ***Tâche 2.6 : Disposer d'un profileur opérable dans les régions arctiques***

***Etudier et concevoir des systèmes de détection de glace de mer et adapter le comportement du vecteur à la présence éventuelle de glace (résultats T2.4).***

## Detection ISA (Ice Sensing Algorithm) et adaptation à la baie de Baffin

L'ISA est basé sur la comparaison de la température médiane proche de la surface et une température critique.

Takuvik l'a adapté à la baie de Baffin sur la base de 525 profils CTD (dont 194 de Green-Edge).

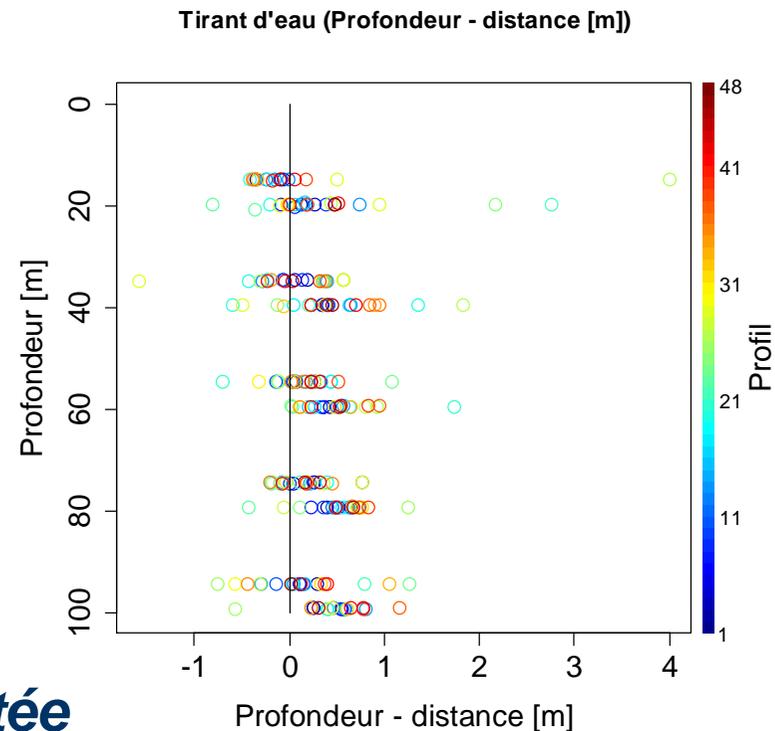


## Detection d'iceberg par altimetre

Principe: En l'absence de glace, il y a coïncidence de la profondeur (capteur de pression) et de la distance à la surface (altimètre). Le tirant d'eau (profondeur – distance) est proche de zéro.

**Test en eau libre  
(Méditerranée)**

$$z \approx \frac{1}{\rho * g} P = 0.9924 * P$$

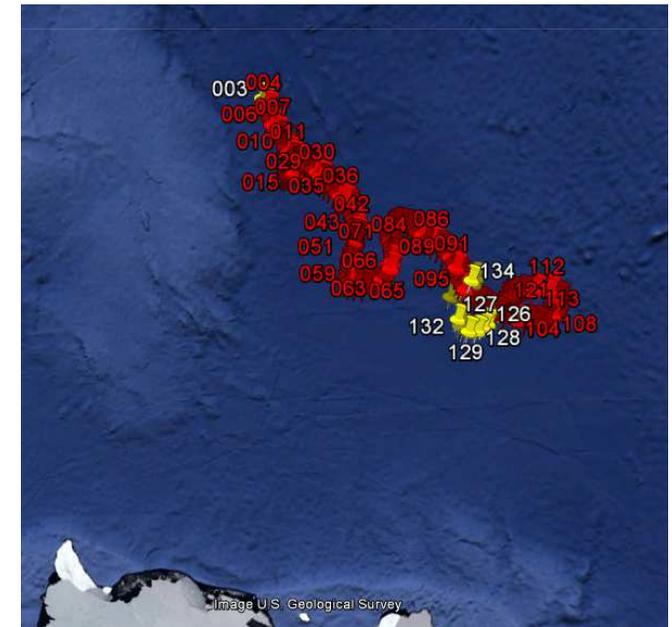
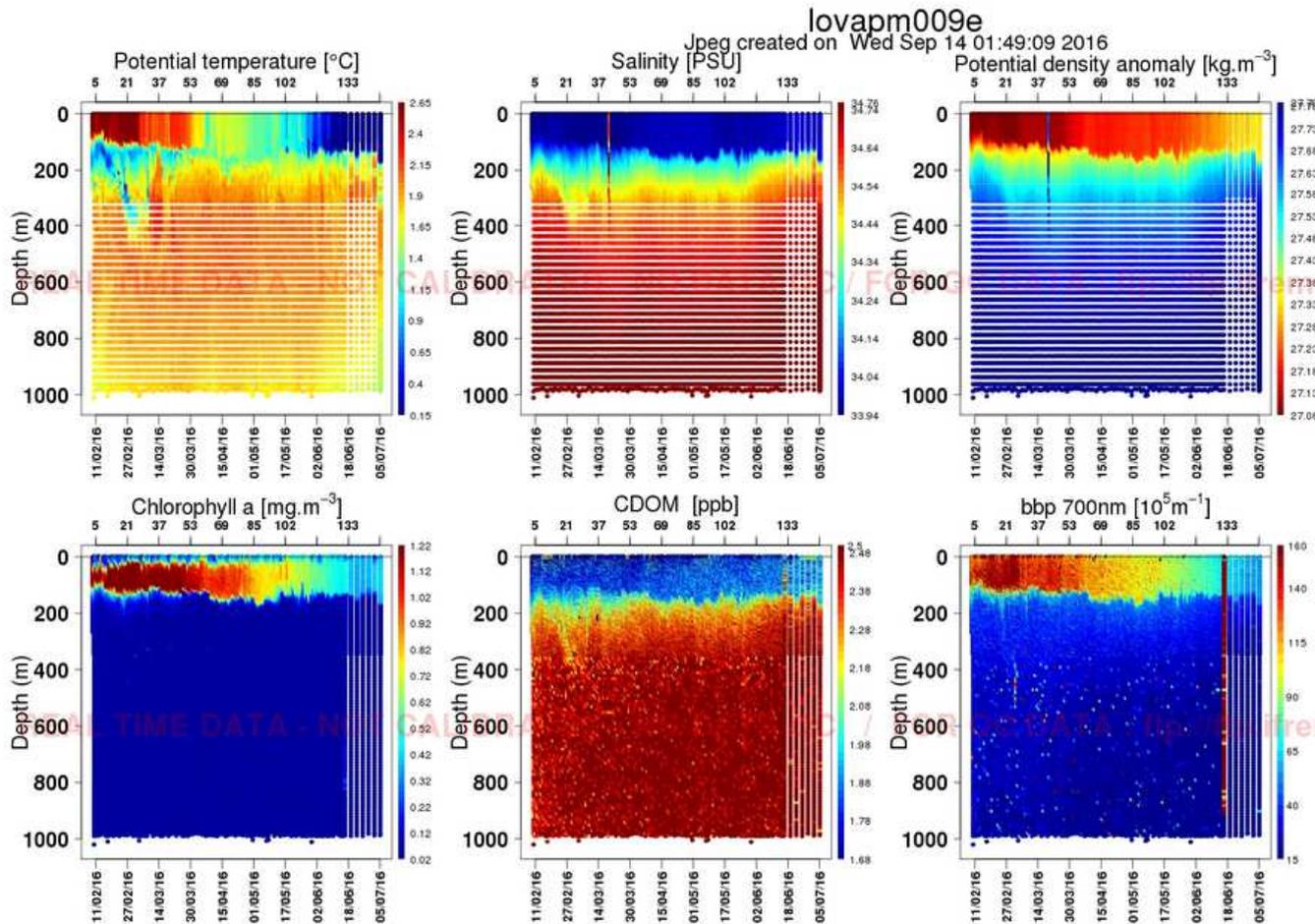


## Décision de stopper la remontée

Les 2 Algorithmes ( ISA et Altimétrie) fournissent chacun un indicateur. Si les 2 indicateurs sont concordants (absence de glace), la remontée vers la surface est effectuée.

## Stockage des données sous glace

- Déploiement d'un flotteur test en Antarctique (plateau Kerguelen) en Février 2016
- Après une déconnexion accidentelle du serveur informatique (4 mois), 121 profils ont été intégralement récupérés. (rapatriement de 6 Mo de données sans perte).



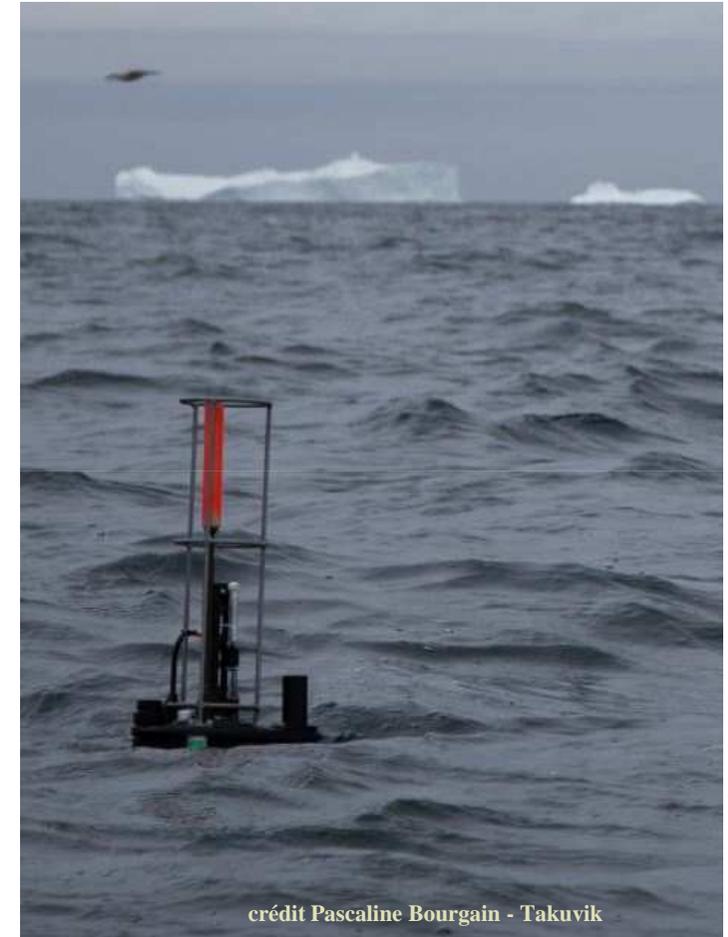
## Bilan de cette action

Le profileur Prolce a réussi ses tests préliminaires en Méditerranée, puis en condition polaire (Camp de glace Qikiqtarjuaq).

Il a été déployé en Antarctique en Février 2016 pour bénéficier d'un décalage été/hiver pour les tests.

Le Prolce est industrialisé. 19 Profileurs sont pratiquement achevés. (10 NAOS et 9 Takuvik).

Tests en bassin prévus en décembre prochain pour les NAOS.

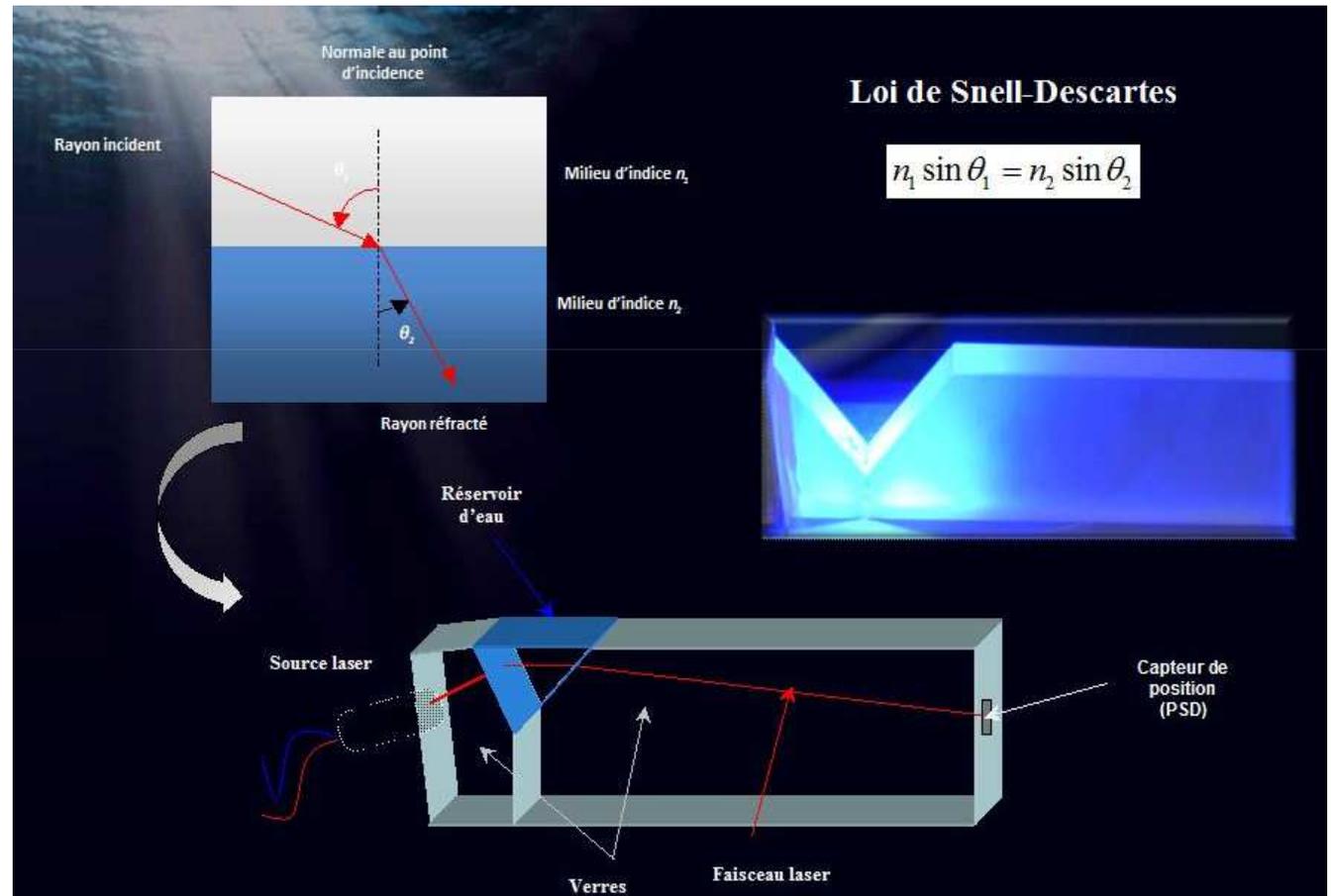


crédit Pascaline Bourgain - Takuvik

## T2.5 - Evaluer le capteur optique NOSS sur un profileur

*mesure de l'indice de réfraction du milieu pour calcul de densité / salinité*

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



## Développement

- 2012- Le capteur initial est évalué (campagne Proteus du SHOM)
- 2013- Re-design du capteur Noss initial pour l'embarquer sur profileur → V2.2 (NKE)
- 2014- Etalonnage de 2 capteurs NOSS (SHOM) et essais en pression (NKE / Ifremer): décision de porter les capteurs sur le profileur Provor, pour comparer ses mesures à la CTD.
- Fin 2014- 2 profileurs Provor-Noss font l'objet d'une qualification fonctionnelle en environnement à l'Ifremer.
- 2015- Déploiement à la mer et analyse.



Design NKE  
du capteur



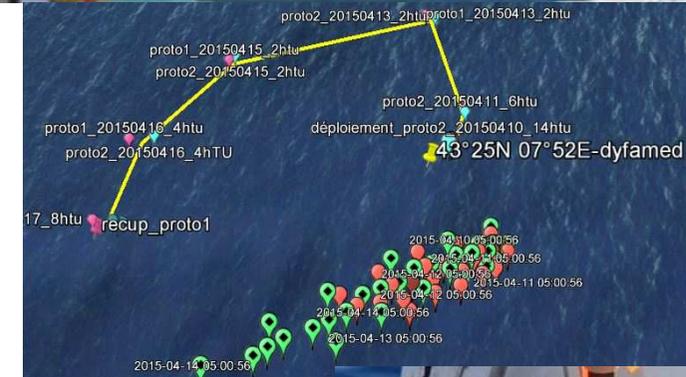
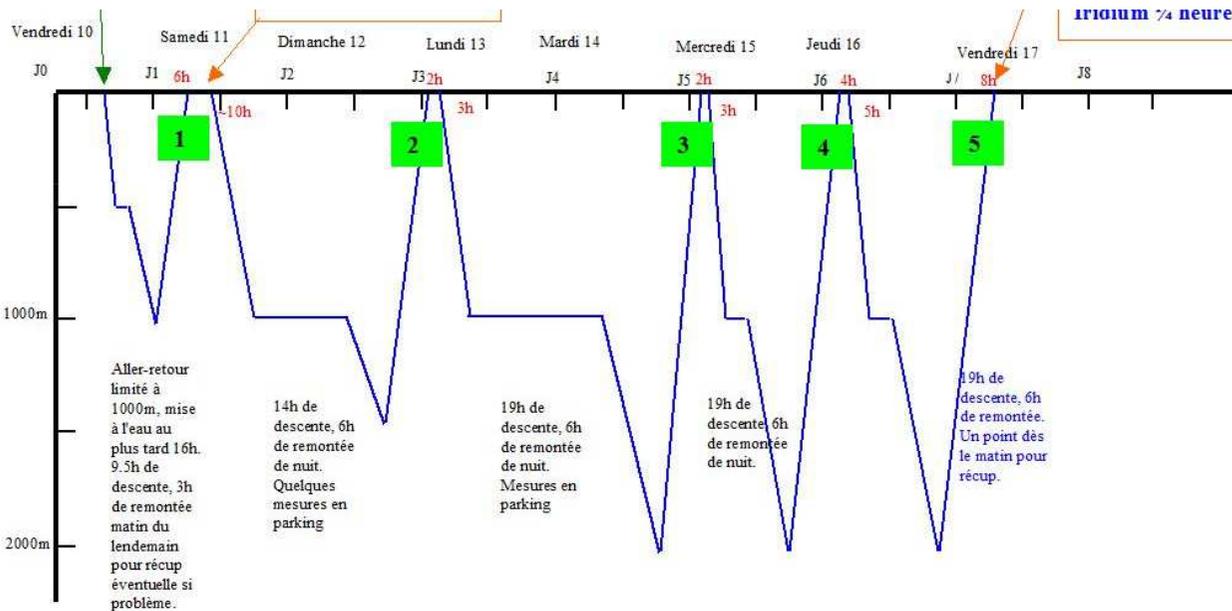
Capteur NOSS V2.2, lors des essais hyperbares à l'Ifremer



Montage du Noss sur le Provor CTS4

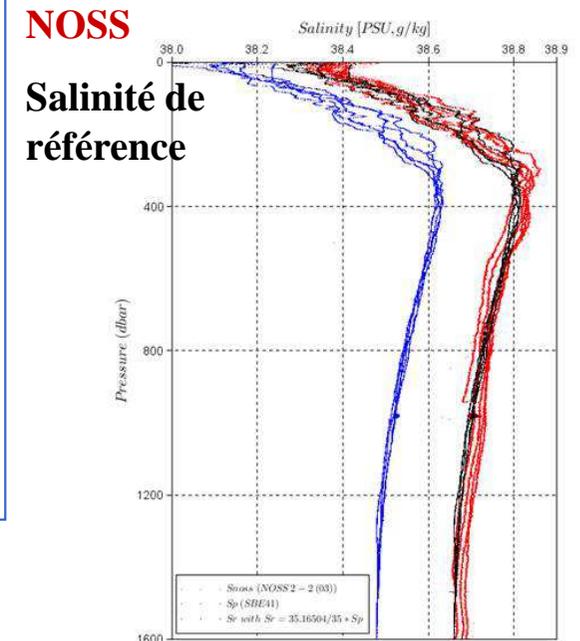
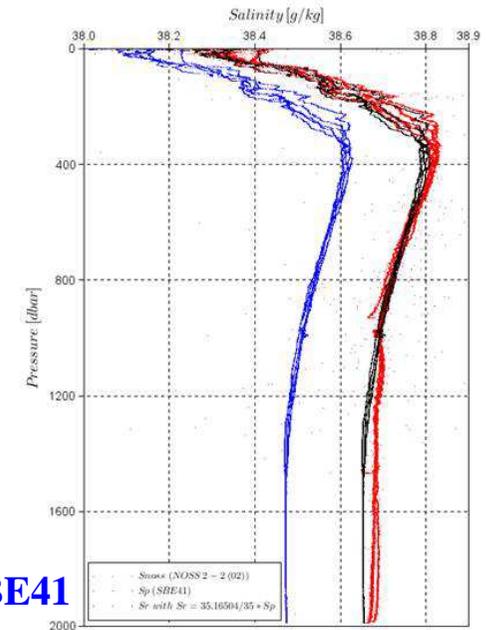
## Déploiement de 2 instruments

- 2 instruments sont déployés en avril 2015, à partir du navire Téthys (concours du LOV) sur la zone Boussole, à ~30 nm au sud-est de Nice par des fond > 2000m. Des mesures annexes sont réalisées à partir du navire (CTD et néphélogétrie)



## Bilan de cette action

- 2 x 5 profils de 1000 à 2000m réalisés avec succès
- Des profils de température et masse volumique de bonne qualité et répétables.
- Les écarts de salinité en zone profonde NOSS- Sref (Teos10)  $\leq 0.02$  g/kg. Ils tendent à montrer que le Noss « voit » les anomalies de salinité.
- Communications (colloque C2i, janv 2016, SHOM) et article en cours de parution dans I2M (SHOM).
- La réunion bilan de janvier 2016 a conclu à l'intérêt de poursuivre le travail par:
  - Le ré-étalonnage en salinité des capteurs (nouvelle procédure)
  - Corrections additionnelles pour réduire les biais
  - L'amélioration de l'exactitude de l'algorithme Seaver-Millard pour le calcul de salinité
  - Un nouveau déploiement à la mer.



- T2.1 – L'Arvor Naos est passé du prototype à la série et est maintenant proposé au catalogue NKE.
- T2.2 – Un bon retour d'expérience sur la transmission Argos3, alternatif à Argos2, mais une position difficile / concurrence.
- T2.3 – Le produit « Deep Arvor », avec son potentiel de couverture des océans, promet d'être concurrentiel sur les applications Deep-Argo 4000m.
- T2.4 - Le Provor CTS5 renforce son expérience à la mer
- T2.5 – Le capteur NOSS sur profileur pour la 1ere fois en mer a montré des mesures de bonne qualité.
- T2.6 – Le Prolce est industrialisé. Il est déployé en conditions réelles et démarre son utilisation opérationnelle.

# Merci de votre attention.

