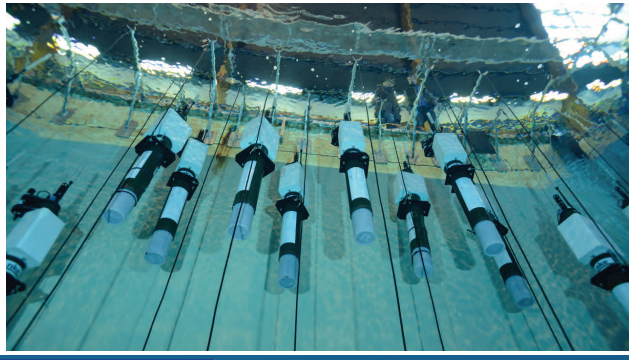




La lettre d'information du projet NAOS

n° 5 - Février 2016



Sommaire	
Editorial	Page 1
Actualités des workpackages	Pages 1 - 4
La campagne bio-Argo en Méditerranée	Page 4 -5
La nouvelle phase d'Argo en France	Page 5
Réunions et prochains évènements	Page 5

NAOS L'observation globale des océans - Préparation de la nouvelle décennie d'Argo

Editorial

Pierre-Yves Le Traon

Coordinateur du Projet NAOS
pierre.yves.le.traon@ifremer.fr



Le changement climatique a été au cœur des débats en 2015 avec la COP 21. Le rôle fondamental de l'océan sur le climat ainsi que le besoin impératif de pérenniser et renforcer les moyens d'observation de l'océan global ont été maintes fois répétés. Cela rappelle les enjeux majeurs associés au projet NAOS qui vise à renforcer la contribution de la France au programme international Argo. NAOS a directement contribué à renforcer le réseau Argo avec près de 70 flotteurs déployés depuis le début du projet dans le cadre du WP1. NAOS permet surtout de préparer la nouvelle phase d'Argo avec le développement des nouveaux flotteurs Argo et une extension des mesures à l'océan profond et aux paramètres biogéochimiques. Le début de l'année 2016 marque la fin des activités de prototypage des nouveaux flotteurs Argo français. Le bilan détaillé du WP2 illustre les principales réalisations. Les efforts principaux sont maintenant focalisés vers les expériences pilotes des WP3, WP4 et WP5. L'expérience du WP3 sur les flotteurs biogéochimiques en Méditerranée avait démarré dès 2012 et entre dans sa phase finale avec un dernier déploiement particulièrement réussi (voir encadré « campagne Bio-Argo Med »). Les données collectées apportent une moisson impressionnante de nouveaux résultats scientifiques. On ne peut que souhaiter une telle réussite pour les expériences des WP4 (flotteurs biogéochimiques en Arctique) et WP5 (flotteurs profonds avec capteur d'oxygène en Atlantique) qui viennent juste de démarrer. Il faut aussi dès maintenant préparer l'après NAOS et mettre en place sur la durée la nouvelle phase d'Argo (voir encadré « la nouvelle phase d'Argo en France »). Très bonne lecture !

le cadre de NAOS et en cours de traitement par le centre de données Coriolis. Les flotteurs ont été déployés sur une grande surface géographique (Atlantique Sud, Atlantique équatorial, Atlantique Nord, Golfe de Guinée, Pacifique S.O, Golfe du Bengale), et via des moyens variés : campagnes océanographiques (80%), déploiement d'opportunité (voiliers et marine marchande). Ces flotteurs fonctionnent correctement et ce sont au total environ 2200 profils verticaux effectués par les flotteurs NAOS depuis novembre 2012. La nouvelle version du suivi technique mise en opérationnel depuis l'automne 2014 (<http://www.coriolis.eu.org/Data-Products/At-sea-monitoring>) est utilisée en routine et permet un suivi de la flotte NAOS mais également française plus efficace et précis. Enfin grâce à l'expertise sur le traitement des données de trajectoires Argo, développée par le SO-Argo (LPO M. Ollitraud) pour produire l'Atlas de courant ANDRO (période 2000-2009), des guides méthodologiques ont été produits vers la communauté Argo sur l'amélioration du format des fichiers trajectoires et sur le traitement des données à partir des messages transmis par satellite (rédaction d'un « Cookbook » pour les DAC Argo). Ces recommandations ont été implémentées au centre de données Coriolis pour le traitement des flotteurs français et passées en opérationnel depuis mi-2015.

WP2 : Développer la nouvelle génération des flotteurs Argo

Serge Le Reste, serge.le.reste@ifremer.fr
Xavier André, xavier.andre@ifremer.fr
Vincent Dutreuil, vincent.dutreuil@ifremer.fr
Edouard Leymarie, leymarie@obs-vlfr.fr



2015 a été l'année de la validation à la mer des développements NAOS. L'Arvor NAOS a été testé avec succès, il devrait être plus fiable et plus performant sans augmentation de coût. On note un bon retour d'expérience sur la transmission Argos-3 implémentée sur l'Arvor, malgré les limites du système en termes de quantité de données transmises. Quatre Arvor profonds, de la première série de 12 flotteurs du WP5 ont subi quelques ajustements en phase de fabrication puis ont été déployés durant la campagne RREX en juin. Trois d'entre eux fonctionnaient nominale-ment en fin d'année. Le capteur NOSS est embarqué pour la première fois sur un profileur et fourni des données de qualité. Après des essais de validation en Méditerranée, le Provor CTS5 (Pro-Ice) a été déployé en mer de Baffin.

Actualités des workpackages

WP1 : Renforcer la contribution française à Argo

Sylvie Pouliquen
sylvie.pouliquen@ifremer.fr



Au total, ce sont 67 flotteurs Arvor achetés (30 en 2012/2013 et 37 en 2014/2015) et déployés dans

T2.1 - Fiabilisation de l'Arvor

L'Arvor NAOS est issu de travaux de fiabilisation : la procédure de déploiement a été simplifiée, les auto-tests étendus, la surveillance de la pression renforcée dans certaines phases critiques. Un mode «bi-mission» permet de programmer deux phases de vie du profileur. Deux nouveaux profileurs déployés en mars, avaient accompli près de 40 cycles en fin d'année en étant programmés en mode "bi-mission" (500dbars / 1000 dbars tous les deux jours puis 1000 dbars / 2000 dbars tous les dix jours).

T2.2 - Communications Argos-3

Les expérimentations relancées en 2015 sont venues confirmer les bons résultats de la transmission Argos-3 sur l'Arvor. Les flotteurs transmettent un profil Argo de ~110 points en quelques minutes seulement. Par rapport à Argos-2 qui doit émettre six à dix heures d'affilée, le bilan d'énergie est divisé par cinq, l'autonomie du profileur est augmentée de 25% et le coût de transmission se limite à une tranche de tarification. Les résultats de la transmission Argos-3 ont fait l'objet d'une publication.

T2.3 - Arvor Profond

Le Deep-Arvor permet de doubler la profondeur d'un profil Argo en allant jusqu'à 4000m, et de pouvoir ainsi explorer près de 90% du volume des océans. L'un des deux prototypes industriels, déployé en mai 2014, a cyclé avec succès jusqu'à épuisement de ses piles : 142 cycles CTD, dont 60 avec mesures d'oxygène entre 3500 et 4000m avec des échouages au fond gérés correctement. Le bilan d'énergie prévisionnel confirme un potentiel de 150 cycles à 4000m. Le procédé de fabrication industrielle des tubes composites a été amélioré et quatre profileurs ont été fabriqués pour la campagne RREX (juin 2015), dont les résultats en fin d'année étaient satisfaisants. Huit autres profileurs dédiés au WP5 ont été recettés en fin d'année. Une licence de fabrication et de commercialisation a été octroyée à NKE jusqu'à janvier 2019.



Figure 1 : Qualification en pression des tubes (composites) Deep-Arvor.

T2.4 - Architecture vecteur - mesure

L'architecture du profileur CTS5 est basée sur l'association d'une carte vecteur gérant le déplacement du profileur, et d'une carte mesure indépendante. Cette architecture a confirmé son bon comportement à la mer lors de déploiements tests en Méditerranée.

T2.5 - Flotteur Provor avec capteur de densité NOSS

Le capteur NOSS mesure la déviation d'un faisceau laser traversant le milieu à analyser et calcule un indice de réfraction, une densité et une salinité. Deux Provor et leurs capteurs NOSS ont été déployés en avril 2015 à partir du navire Téthys au cours d'une mission Moose sur la zone Dyfamed / Boussole. Le test a été complété de prélève-

ments d'échantillons et de mesures de référence. Ils ont été récupérés une semaine plus tard et le SHOM a procédé à une post-calibration. Cinq profils ont été réalisés entre 1000 et 2000m, de bonne qualité, et répétable pour la température (~0.001°C) et la pression. Des écarts de salinité en zone profonde NOSS - Salinité de Référence (Teos10) restent ≤ 0.02 g/kg (en dessous de 300 m) après post-étalonnage. Les deux prototypes devraient être re-déployés en 2016, selon un plan d'es- sai à définir.



Figure 2: Déploiement du Provor-Noss

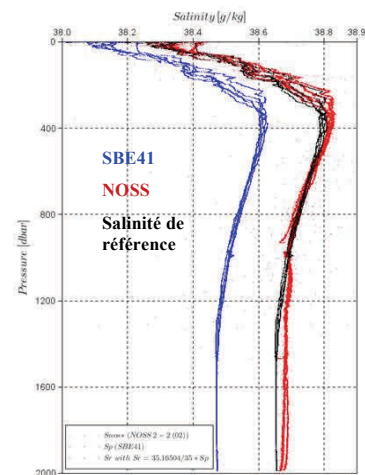
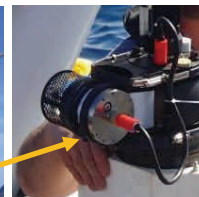


Figure 3 : Profils de salinité (Dyfamed, avril 2015)

T2.6 - Bio Arctique

Le profileur Pro-Ice vise une utilisation en zone Arctique. Ce profileur a été déployé en Méditerranée et a exécuté une centaine de profils lors de deux missions de tests sur la zone Boussole. La capacité du flotteur à inverser sa vitesse de remontée en cas de détection de glace a été validée. La stratégie de détection et d'évitement de la glace est basée sur deux dispositifs. L'algorithme ISA (Ice sensing Algorithm) compare la température médiane proche de la surface et une température critique. Il a été adapté pour la baie de Baffin sur la base de données regroupant 392 profils CTD. Par ailleurs, une mesure de distance du profileur à la surface par altimètre inversé est comparée à la profondeur (calculée à partir de la pression). Les deux algorithmes (ISA et altimétrie) fournissent chacun un indicateur servant à la décision de faire surface. Enfin, une stratégie différente est



Figure 4 : Test captif d'un profileur ProIce au camp de glace de Qikiqtarjuaq. Crédit photo : Claudie Marec.

adoptée selon la saison (remontée interdite, ou à périodicité modulée). Le test du profileur Pro-Ice par l'équipe de Takuvik en lac à Québec, ainsi que lors du camp de glace « Green Edge » à Qikiqtarjuaq, a permis de corriger quelques points liés aux conditions de froid intense.

Informations complémentaires sur le blog de GreenEdge : <https://greenedgeproject.wordpress.com/2015/04/27/zoom-experimental-pro-ice/>.

WP4 : Flotteurs biogéochimiques en Arctique

Marcel Babin,

marcel.babin@takuvik.ulaval.ca

Claudie Marec,

claudie.marec@takuvik.ulaval.ca



L'objectif du WP4 est de déployer des flotteurs biogéochimiques en Arctique (Baie de Baffin) afin de comprendre la formation des efflorescences de marge de glace et de caractériser les sources de nutriments. Takuvik a effectué deux séries de tests pour la validation au froid des Pro-Ice (voir ci-dessus). La détection de glace est impérative (algorithme ISA, altimètre). La glace fine ne peut être détectée que par système optique. Hors financement NAOS (soutien du « Défi Instrumentation aux limites de l'INSU »), Takuvik (J. Lagunas) a développé un capteur de détection de glace par optique. L'implémentation sur un premier flotteur est envisagée pour l'été 2016.

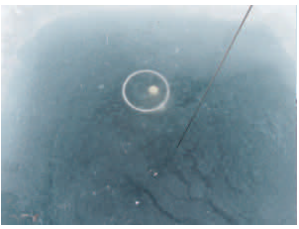


Figure 5 : Flotteur essayant de surfacer.



Figure 6 : Détecteur de glace par optique.



Pour optimiser la stratégie de déploiements des flotteurs en Baie de Baffin, un outil de simulation des trajectoires a été mis au point. Basé sur l'outil Ariane (LPO), il est le fruit d'un travail collaboratif avec CONCEPTS. Ces simulations sont couplées aux observations de cartes de couverture de glace (climatologie et cartes temps réel) afin de sécuriser le déploiement.

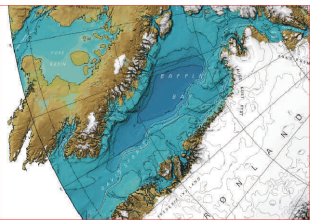


Figure 7 : Baie de Baffin

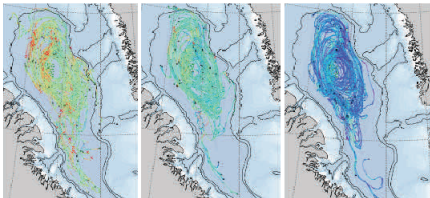


Figure 8 : Simulations de déploiements des flotteurs avec parkings à différentes profondeurs.

Les deux premiers flotteurs ont été déployés en mer de Baffin en 2015. Ces deux flotteurs ont fourni de très bonnes données pendant respectivement sept et dix profils. Malheureusement, un conflit d'origine logicielle a conduit à une perte des profileurs. Des analyses et des actions correctrices ont été effectuées. Les prochains déploiements seront effectués en 2016 et 2017 dans le cadre scientifique de Greenedge.

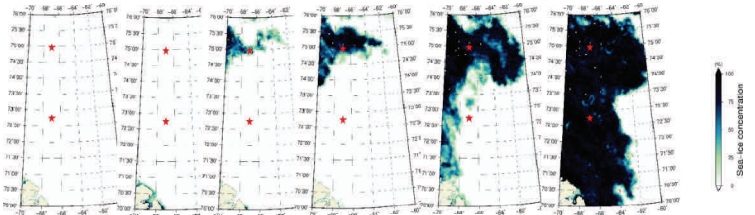


Figure 9 : Exemple de cartes de couverture de glace générées à partir de données journalières AMRS2 (1er octobre -15 novembre 2014).

WP5 : Flotteurs profonds /oxygène Atlantique Nord

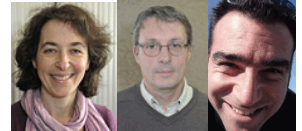
Virginie Thierry,

virginie.thierry@ifremer.fr

Herlé Mercier,

herle.mercier@ifremer.fr

Guillaume Maze, guillaume.maze@ifremer.fr



L'année 2015 a été marquée par des avancées significatives concernant les trois objectifs majeurs de ce WP qui sont de démontrer la faisabilité d'obtenir des mesures de qualité au-delà de 2000 m de profondeur avec des flotteurs Argo, d'étudier la ventilation de l'océan intérieur, la formation et le devenir des eaux intermédiaires et profondes dans le gyre subpolaire, de contribuer à l'extension du réseau Argo vers la mesure d'oxygène et vers les grandes profondeurs.

Ainsi, quatre des 12 flotteurs Deep-Arvor du lot 1 ont été déployés en juin 2015 au cours de la campagne RREX. Trois de ces profileurs fonctionnent bien et gèrent avec succès les multiples échouages au fond. Ces échouages sont inévitables dans cette région à la topographie chahutée mais également indispensables pour atteindre les masses d'eau les plus denses de la région et qui se trouvent à quelques dizaines de mètres du fond (figure 10). Mi-février, ils avaient réalisé 22 ou 126 cycles suivant leur programmation (cycles de dix ou deux jours). L'un des quatre profileurs a eu une défaillance probablement d'origine hydraulique après le cycle 10. Après correction d'un biais peu salé par comparaison avec des données de référence acquises au déploiement, les mesures effectuées sont remarquables. Trois de ces flotteurs ont été déployés simultanément dans la zone de fracture Charlie-Gibbs mais aucun d'eux n'a suivi la même trajectoire et la dispersion est remarquable après six mois de mesures (figure 11).

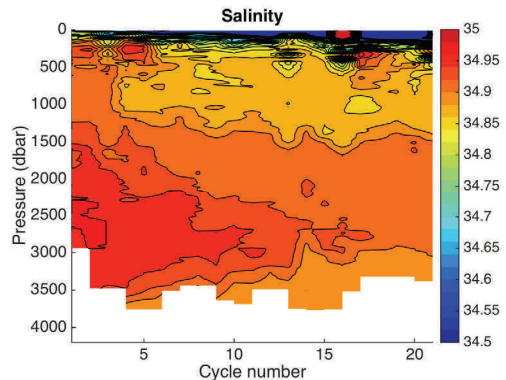


Figure 10 : Section de salinité du flotteur allant vers l'ouest et le sud. La figure illustre bien les échouages successifs et la nécessité d'aller au plus près du fond pour échantillonner les différentes masses d'eau présentes en dessous de 2000 m de profondeur.

Le second lot de flotteurs Deep-Arvor (11 unités) a été commandé en fin d'année 2015. Les flotteurs seront livrés au printemps 2016. Ces flotteurs, ainsi que les huit flotteurs restants du lot 1 reçus et recettés en décembre 2015, seront capables de mesurer avec une grande précision l'oxygène dans l'air. Ces 19 flotteurs seront déployés en 2016 et 2017.

Les mesures d'oxygène acquises par des flotteurs Argo ont permis de mettre en évidence un évènement de convection profonde en Mer d'Irminger au cours de l'hiver 2011-2012 (Piron et al. 2016). Cet hiver là, les couches de mélange profondes atteignaient 1000m de profondeur sur une large zone de la Mer d'Irminger.

Enfin, nous avons largement contribué à la réflexion sur la mise en place d'un réseau Argo profond en tant que co-chair du Workshop Deep-Argo organisé à Hobart du 5 au 7 mai 2015 (Zilberman et Maze, 2015).

- Piron A., Thierry V., Mercier H., Caniaux G., 2016: «Argo float observations of basin-scale deep convection in the Irminger Sea during winter 2011-2012». Accepté pour publication dans Deep-Sea Research I, doi:10.1016/j.dsr.2015.12.012.
- Zilberman N., Maze G. 2015 : Rapport sur l'exécution du Workshop Deep Argo. Hobart, 5-7 mai 2015, <http://archimer.ifremer.fr/doc/00281/39238/>.

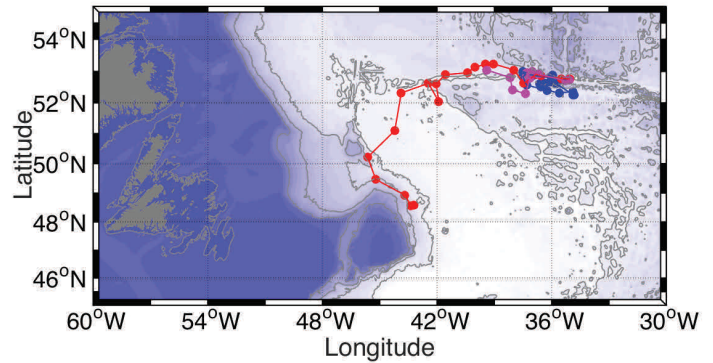
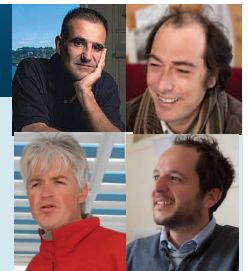


Figure 11 : Trajectoires des trois Deep-Arvor déployés simultanément dans la zone de Fracture Charlie Gibbs. Le premier flotteur (bleu) fait demi-tour après quelques cycles, le deuxième (rouge) est parti vers l'ouest puis rapidement vers le sud, le dernier (magenta) a cessé de fonctionner prématurément.

Campagne BioArgoMed

WP3 : Flotteurs avec capteurs biogéochimiques en Mer Méditerranéenne

Fabrizio d'Ortenzio, dortenzio@obs-vlfr.fr
 Hervé Claustre, herve.claustre@obs-vlfr.fr
 Edouard Leymarie, leymarie@obs-vlfr.fr
 Vincent Taillandier, taillandier@obs-vlfr.fr



Dans le cadre du développement et du maintien d'un réseau pilote des flotteurs biogéochimiques BioArgo (objectif principal du WP3 NAOS), une campagne océanographique de trois semaines (campagne BioArgoMed, navire Tethys-II de l'INSU, Pls F. D'Ortenzio & V. Taillandier) a été réalisée par les équipes du LOV, du MIO et du LOCEAN en Mer Méditerranée en mai 2015 (figures 12 et 13).



Figure 12 : Le personnel embarqué sur la campagne BioArgoMed au port d'Héraklion, Crète.

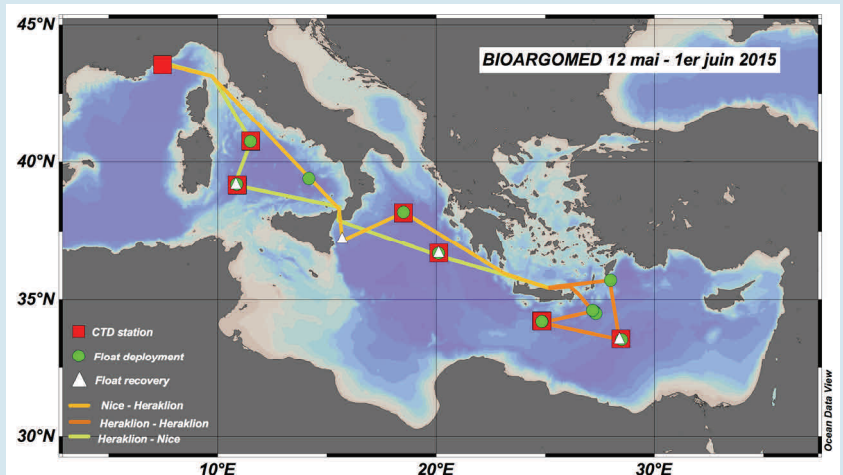


Figure 13 : Parcours du Tethys-2 et positions des déploiements et des récupérations de flotteurs.

Le WP3 du projet NAOS prévoyait deux phases d'ensemencement en flotteurs du bassin. La première phase, réalisée en 2012-2013, a été effectuée à partir des bateaux d'opportunité, sur la base des collaborations nationales et internationales (14 flotteurs déployés). Pour la deuxième phase, une campagne dédiée a été préférée, à la fois pour mieux cibler les zones de déploiement, mais aussi pour effectuer des récupérations de flotteurs déjà opérationnels. Dix flotteurs ont ainsi été déployés, et quatre de la première phase récupérés (voir figure 14), ce qui a permis leur refitting et leur possible utilisation ultérieure.

La campagne BioArgoMed a aussi permis de tester un certain nombre de méthodes pour la calibration des capteurs biogéochimiques des flotteurs BioArgo. Des tests de mesure de l'oxygène dans l'air ont été aussi réalisés, ainsi que des inter-calibrations entre flotteurs pour la mesure de Nitrate, en montant deux flotteurs sur la rosette (expérience « Bicornes », voir figure 15).

La campagne, qui a traversé la Méditerranée sur l'axe Nord-Ouest-Sud-Est, a permis aussi d'entamer de fortes collaborations avec des équipes étrangères (six flotteurs italiens et trois allemands ont été déployés).

Une équipe cinématographique a également embarqué pendant une semaine pour filmer la plupart des opérations, avec l'objectif de réaliser un documentaire sur le projet NAOS.



Figure 14 : Un des flotteurs Bio Argo récupéré dans la Mer Ionienne, après 2 ans de vie.

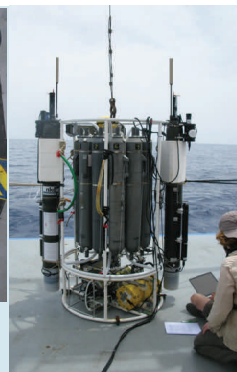


Figure 15 : Préparation du déploiement « Bicornes » au sud de Crète. Ce déploiement permet la mesure simultanée des paramètres biogéochimiques par la rosette et par un couple de flotteurs.

La nouvelle phase d'Argo en France

Pierre-Yves Le Traon, Coordinateur du Projet NAOS, pierre.yves.le.traon@ifremer.fr



Les objectifs principaux d'Argo pour la prochaine décennie sont de consolider et pérenniser le réseau et mettre en place une nouvelle phase du programme avec les évolutions suivantes : couverture des zones polaires et des mers marginales, extension aux plus grandes profondeurs (Deep Argo) et ajout de capteurs biogéochimiques (Bio-Argo). NAOS a permis de préparer les évolutions technologiques nécessaires à cette nouvelle phase et de mettre en place des expériences pilotes pour ces différentes extensions. Après celles-ci, il faudra entrer dans une phase de suivi systématique.

La contribution française à Argo (Argo France) est une TGIR labellisée par le Ministère de la Recherche (MESR) (TGIR Euro-Argo). C'est la contribution française à l'infrastructure de recherche européenne Euro-Argo et son entité légale Euro-Argo ERIC dont le siège est à Brest.

Dans ce contexte deux phases sont proposées pour Argo France :

- Phase 1 : 2011-2016 - Mission de base Argo (température et salinité - 0 à 2000 m) et expériences pilotes sur l'évolution d'Argo (notamment via NAOS).
- Phase 2 : 2017-2021 - Poursuite de la mission de base Argo et addition d'une mission étendue.

Il est proposé que pour la phase 2 de l'infrastructure la contribution pérenne française (TGIR) reste au même niveau en nombre de flotteurs (70 à 80 flotteurs/an) mais évolue dans sa répartition : 30 flotteurs T&S, 10 à 15 flotteurs profonds, 15 à 20 flotteurs avec capteurs d'oxygène, 15 flotteurs avec capteurs biogéochimiques. Le volet biogéochimique pourrait aussi inclure à terme la mesure du pH.

Un financement du CPER Bretagne va permettre de mettre en place pour les cinq prochaines années les extensions pour les volets Deep et oxygène. Les extensions pour les volets biogéochimiques seront très partiellement couvertes via un projet CPER PACA mais de nouvelles sources de financement doivent encore être trouvées.



Figure 16 : Flotteurs Arvor standard.

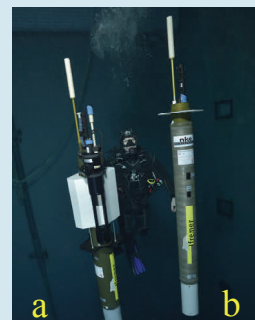


Figure 17 : a) Flotteur bio-Argo (Provior bio). b) Flotteur Deep Arvor.

Réunions et prochains événements

- 16^{ème} réunion du Comité de Pilotage NAOS, 10 mars 2016, Ifremer, Brest.
- Réunion du Council, du Management Board et du STAG de l'ERIC Euro-Argo, 27-29 avril, Ifremer, Brest.
- Réunion du Groupe mission Mercator Coriolis (GMMC) et workshop Argo France, 7-10 juin 2016, Toulon.
- 5^{ème} réunion annuelle NAOS, 21-22 septembre 2016, Villefranche-sur-Mer.
- 8^{ème} réunion du Comité Directeur NAOS, décembre 2016, Ifremer, Issy-les-Moulineaux.

Site WWW :
<http://www.naos-equipex.fr/>
Contactez-nous :
naos@ifremer.fr



Convention ANR-10-EXPQ-40-01

Bureau de coordination NAOS
Ifremer, Z.I. de la Pointe du Diable,
CS 10070, 29280 Plouzané, France
Tel. : 02 98 22 41 78

