

Lot E - Engins sous-marins

Responsable et partenaires :

Responsable scientifique et exploitant(s) : Ifremer (V. Rigaud) en partenariat avec la DT INSU (sur les Gliders et systèmes remorqués)

Partenaires : CNRS-LOPB (F. Carlotti, B Quéquigner), CNRS-LOV(P. Labat, P Mayszaud, G Gorsky), IRD Marseille (R. Arfi), COM-LMGEM (D. Lefèvre), David Doxaran, Gabby Gorsky, Hervé Claustre, Frabrizio d'Ortenzio (LOV-Villefranche), Didier Sausade (IFREMER La Seyne), Xavier Durrieu de Madron (CEFREM, Perpignan), Hubert Loisel (LOG-Wimereux), Christophe Rabouille (LSCE), B. Zakardjian (USTV), Patrick Raimbault (Service d'observation du COM), Richard Sempéré LMGEM-COM Marseille David Doxaran (LOV-Villefranche), Didier Sausade (IFREMER La Seyne), Xavier Durrieu de Madron (CEFREM, Perpignan), Hubert Loisel (LOG-Wimereux), Christophe Rabouille (LSCE), Patrick Raimbault (Service d'observation du COM), Groupe National Glider + ultérieurement Partenaires Allemands de l'Ifremer AWI,IFM-Geomar-Marum (sans budget) et Espagnol (CSIC)

Résumé scientifique

Ce lot consiste à acquérir et développer des systèmes sous marins mobiles autonomes remorqués et téléopérés qui seront mutualisés au niveau du CETSM. Ils le seront également au niveau national et international dans le cadre des programmes scientifiques nécessitant l'accès à des systèmes de cartographie et d'intervention (prélèvements) sous-marine pour l'investigation:

- a. de la *colonne d'eau et de ces paramètres physicochimiques* dans le cadre des programmes d'océanographie côtière en particulier en développant au CETSM un centre opérationnel de déploiement, de maintenance et d'ingénierie des *planeurs sous-marins (4 Gliders)*. Un partenariat fort entre l'Ifremer et la DT INSU résultera de ces actions
- b. *des paramètres physiques et biologiques* du milieu pélagique en zone hauturière et côtière par *engins rapides tractés (un système remorqués rapide lourd de type MVP et léger de type PVM)*, en innovant dans le domaine des *prélèvements et des mesures couplées des paramètres biogéochimiques*
- c. *des habitats*, et de la *cartographie par imagerie acoustique (Sonar Latéral)* du *plateau continental* dans le cadre d'un enrichissement instrumental de la filière des AUVs côtiers développés et mis en œuvre par Ifremer lors du précédent CPER (Projet CENDRARS, engins existants ASTERx et IDEFx).
- d. et dans le cadre du développement d'un nouveau système hybride (un ou deux engins AUV-ROV partageant de nombreux sous-systèmes communs), basé sur une spécification répondant à des modes d'usages autonomes et /ou téléopéré , par câble ou fibre optique pour réaliser *des études spatiotemporelles de paramètres biogéochimiques et physiques en milieu côtier et des cartographies optiques et/ou acoustiques des habitats et des zones d'intérêt géologique* .

Usage et services rendus

Planeurs sous-marins Gliders :

Les gliders (soit planeur en anglais) sont des planeurs sous-marins autonomes de petite taille (50kg, 2m) réutilisables. Ils ont été récemment développés aux Etats-Unis – il existe en France deux projets de développement de. Ils peuvent mesurer des paramètres physiques et biogéochimiques (température, salinité, courant moyenné sur la verticale, O₂, chlorophylle, rétrodiffusion optique...) le long de trajectoires en dents de scie à travers l'océan, réalisant ainsi un très bon échantillonnage le long d'une section verticale de l'océan. Les gliders offrent en effet des perspectives à la recherche en dynamique océanique et en biogéochimie marine mais aussi pour l'océanographie opérationnelle. Leurs utilisations en flottille devraient permettre d'accéder à la surveillance de régions océaniques des petites aux moyennes et grandes échelles, en continu et à un coût modéré. Complémentaires des flotteurs profileurs (type Provor), des mouillages et des AUV qui sont eux limités à des petites distances, les gliders peuvent réaliser de longues séries de mesures sur des zones définies selon un échantillonnage maîtrisé.

La mise en œuvre de flottille de Glider est un enjeu opérationnel qui requiert une mutualisation entre tous les acteurs au sein d'une structure de mise en œuvre qui sera mutualisée en particulier dans le cadre d'une association entre les équipes Ifremer et DT INSU. La nécessité de créer une structure technique (ci-après le centre « glider » autour de ces instruments est largement partagée par l'ensemble des utilisateurs de gliders. Elle a notamment été recommandée dans le cadre des prospectives « Ocean Atmosphère » 2006-2011 (<http://www.insu.cnrs.fr/f1213pdf,prospective-2006-2011-nouvelle-organisation-nouveaux-moyens-recherche.pdf>), et s'est concrétisée en juillet 2007 par la mise en place d'un comité de pilotage inter-organismes (CNRS, IFREMER, IRD) .

Les gliders sont des capteurs innovants nécessitant une équipe technique formée à leur utilisation pour les points suivants demandant chacun des infrastructures dédiées:

Préparation de l'instrument (ballastage, calibration, changement des piles, ...),

Mission en mer (transport, douanes, déploiement, récupération),

Maintenance (mécanique, électronique et logiciel),

Maintien de l'infrastructure de communication et service de pilotage des flottes, incluant l'interfaçage du pilotage direct par les scientifiques,

Gestion de la charge utile (intégration de nouveau capteur sur étagère, développements plus amont, ...).

Ils nécessitent aussi d'infrastructures disponibles sur le CETSM regroupant :

Une piscine de ballastage existante,

Un atelier glider (mécanique et électronique incluant l'intégration de nouveaux capteurs),

Des serveurs (stockage, web, calcul), plusieurs lignes analogiques (plus abonnements), modem

Un taux d'usage à plein temps pour un Parc d'environ 15 gliders pour les principaux programmes scientifiques engagés est d'ores et déjà acquis sur la durée du CPER avec un pic d'activité en 2011 (MOOSE, LATEX ou OXYWATCH...)

Le CNRS, ainsi qu'IFREMER et la DGA à l'occasion d'un workshop à Brest en octobre 2006, se sont préoccupés des aspects sécurité et légaux. Une première présentation de ces questions a eu lieu auprès du Secrétariat Général de la Mer et de l'ABELOS (COI), ainsi qu'auprès des préfetures maritimes.

Quatre gliders seront acquis par Ifremer et exploités en commun avec l'INSU.

Engins remorqués :

- 1- **Le MVP** est un système de treuil à commande hydraulique qui permet de déployer un « poisson » avec ses capteurs en chute libre dans l'eau, à partir de l'arrière d'un navire pendant que celui-ci est en route. Le système est capable de tracter le « poisson » oscillant de la surface à 300 m à 12 nœuds en réalisant des coupes transversales permettant de voir les distributions des organismes planctoniques et les propriétés physiques et chimiques de l'eau qui les environne. Ces distributions peuvent varier de manière très prononcée de quelques kilomètres sur l'horizontale à quelques mètres sur la verticale. La connaissance de ces distributions est essentielle dans la compréhension du fonctionnement biogéochimique de l'écosystème pélagique et des transferts trophiques jusqu'aux petits poissons pélagiques exploités. Le MVP 300-3400 est prévu pour être utilisé dans des campagnes d'étude ciblant l'importance des structures physiques chimiques et biologiques de la mésoéchelle à la microéchelle pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème pélagique tant d'un point de vue biogéochimique que d'un point de vue de production halieutique. Il peut aussi être permettre de valoriser des transits de navire pour des campagnes à large couverture spatiale. Ses caractéristiques permettent de l'utiliser sur des navires de la flotte côtière de l'INSU (Téthys II) ou les navires hauturiers de l'IFREMER. Si les premières applications sont ciblées dans le cadre du chantier pluriorganismes Méditerranée (proposé par le CNRS sur la période 2011-2021), l'utilisation devrait être largement ouverte, les marques d'intérêt étant multiples (plusieurs laboratoires CNRS, IFREMER, IRD, laboratoires étrangers...).
- 2- **Le PVM** : De nombreux programmes nationaux et internationaux sont dédiés à l'échantillonnage du milieu marin à grandes, moyennes et petites échelles. Au cours des programmes comme JGOFS, la communauté scientifique s'est aperçue des lacunes dans la nature des données prélevées en mer. La composante biologique très active dans la transformation de la matière et dans les flux de carbone organique n'a pas été prise correctement en considération. C'est pourquoi le programme IMBER comprend une forte orientation écosystémique. En conséquence, il est proposé de développer des nouvelles approches technologiques :
 - 1) pour la description à haute résolution des paramètres biologiques dans la couche superficielle mais également dans les couches mésopélagiques et profondes,
 - 2) pour l'échantillonnage simultané des paramètres physiques, biologiques et géochimiques,
 - 3) pour le dépouillement des données biologiques à la vitesse proche des capteurs physiques.

Le système tracté PVM ici répond à ces besoins. Il pourra être immergé aussi bien sur un câble électro porteur que sur un câble hydrologique. Il sera facile à mettre en œuvre et exploiter.

Le système PVM pourra être déployé aussi bien par des bateaux de façade (Tethys2) que des navires océanographiques hauturiers. Il pourra être tracté ou déployé verticalement. Son utilisation sera mutualisé. Compte tenu des programmes régionaux, nationaux et internationaux la pression d'usage sera grande.

Le PVM et le MVP partage des capteurs communs acquis en partie dans le lot A du CETSM et les interfaces communes seront spécifiées pour atteindre l'interopérabilité requise pour les capteurs

Les systèmes seront gérés par la DT INSU de La Seyne sur mer.

Charge Utile AUV – SMF

Le succès du développement des AUVs côtiers de l'Ifremer dans le cadre du précédent CPER-CENDRARS est aujourd'hui affirmé par un taux d'usage très important de la flotte des deux engins AsterX et IdefX, développés avec le soutien du FEDER et des collectivités locales entre 2003 et 2006. Avec un taux d'usage prévu en 2009 de 250 jours d'opérations à la mer pour une dizaine de campagnes scientifiques pluridisciplinaires, ces engins sont aujourd'hui gérés par Ifremer dans le cadre de sa mission et de ses structures d'agence de moyens océanographique nationale. Cette pression est particulièrement forte en géosciences avec une valorisation importante dans le domaine de la surveillance des risques géophysiques (coopération Geoscience Azur - Ifremer sur la zone de Nice avec mutualisation de charges utiles d'ores et déjà expérimentée).

Les demandes pour un renforcement instrumental sur ces AUVs concernent un sonar d'imagerie haute résolution Le CETSM contribuera par ce lot à accroître encore la pression d'usage donc la « rentabilisation » des investissements publics, dans un secteur où la valorisation par le service industriel est également très forte.

Système(s) hybride(s) de surveillance et de cartographie téléopérés et/ou autonomes

De nombreux programmes nécessitent des engins « pilotables » sur des trajectoires différentes des radiales en dent de scie des gliders et profileurs (loin du fond), avec une nécessité de maîtriser la trajectoire sous marine des engins et d'optimiser le coût des données acquises et le coût de possession des équipements, par exemple en favorisant le déploiement à partir de petits navires sans positionnement dynamique.

A ce stade les partenaires ne disposent pas de moyens adaptés aux nouveaux défis relatifs à l'étude des interfaces côtière et côte large, et pour la cartographie très haute résolution (Optique/acoustique) des zones de plateau. Ainsi les outils requis dans le cadre des investigations des zones des Aires Marine Protégées et dans celui de la Stratégie pour le Milieu Marin doivent se développer.

L'étude spatiotemporelle de variables biogéochimiques en zone côtière sur des fonds peu profonds à forte dynamique nécessite ce type de système. Un autre aspect de ces études concerne le suivi de la pollution issue des émissaires urbains de type Cortiou en baie de Marseille ou d'installations portuaires. Les capteurs d'hydrocarbures et de particules déjà disponibles (LMGEM) semblent particulièrement adaptés pour ce type de travaux, mais il manque à ce stade un engin mobile léger et facile à déployer pour mettre en œuvre ces capteurs.

Dans ce cadre le CETSM propose un système hybride permettant des modes de déploiement téléopérés par câble ou fibre optique (type ROV H1000) pour le plateau et des modes autonomes (type REMUS) pour les missions de surveillance de zones spécifiques. Un système de plateforme sera spécifié, acquis et adapté pour répondre à un besoin élargi, pour lequel la pression d'usage apparaît d'ores et déjà comme très forte.

Cette étude nécessite une phase zéro plus complexe que les lots instrumentaux sur « étagères », ce qui explique que les investissements proposés sur ce lot du CETSM soient planifiés en fin d'exécution en 2011 et 2012.

Le CETSM financera à ce stade les plateformes, les capteurs étant d'ores et déjà disponibles en mutualisation dans les laboratoires (LMGEM déjà équipé de capteurs d'hydrocarbures, de pigments phycoérythrine et de Particules, LOV déjà équipé de capteurs CDOM, chlorophylle, et de particules, Ifremer de capteurs de cartographie mutualisables avec les AUVs côtiers existants).

Programmes

Gliders

Les séries de données le long et au large des côtes françaises méditerranéennes sont multiples (services d'observation des stations marines, SOMLIT, DYFAMED, ...). Dans le cadre du chantier Méditerranée, le projet « Mediterranean Ocean Observation multi-Sites on Environnement » (MOOSE) ambitionne de fédérer et étendre cette activité d'observation. MOOSE va en particulier rassembler plusieurs gliders, le but étant d'abord de montrer leur efficacité pour le monitoring, puis de les maintenir dans un réseau de mesures composés de mouillages côtier et au large, de profileurs et de radars (cf Lot D).

Enfin ses outils sont utilisés dans les principaux programmes scientifiques relatifs à l'océanographie opérationnelle (IP-MERSEA, MyOcean ...). Le LPO de l'Ifremer est engagé sur les programmes internationaux de référence dans le domaine de l'océanographie opérationnelle et tous les acteurs sont membre du European Glider Organisation (EGO).

Systemes remorqués

Le MVP est potentiellement important pour tous les programmes concernant les études de l'environnement marin. L'information obtenue est particulièrement pertinente pour les questions scientifiques liées au programme IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research).

Les programmes nationaux de rattachement seront les programmes de LEFE-CYBER et d'EC2CO-PNEC. Mais d'autres programmes européens, nationaux (ANR, futur programme MERMEX), régionaux (programme d'études des zones côtières, des apports du Rhône, etc.), et institutionnel (par exemple MEDICIS de l'IFREMER) sont concernés par ce type d'approche.

Le PVM sera en particulier utilisé dans le contexte national dans les soutenues par le programme CYBER (LEFE) i.e. MALINA, dans le cadre du programme intégré Européen SESAME, dans le projet MOOSE, dans le futur Chantier Méditerranée, dans les campagnes IMBER et autres. En 2009 il est prévu dans les campagnes MALINA en Arctique et MINOX un programme mexicain au large de Baja California.

Charge utile AUV

Cet outil, dont l'usage est très transversal concerne l'ensemble des programmes scientifiques et institutionnels de cartographies (ZEE, zone minières et pétrolière, zone de risques, habitats, AMP, Sanctuaires...) et d'intervention (mise en œuvre et maintenance des équipements fonds de mer- par exemple lot B Frame du CETSM).

Engins de surveillance et de cartographie téléopérés et/ou autonomes

L'engagement avec les AUVs côtiers vers des systèmes sous-marins adaptés aux contraintes d'optimisation des performances et des coûts pour la surveillance du milieu, doit être consolidé par des développements instrumentaux complémentaires et complété d'une capacité d'intervention légère hybride (ROV-AUV) pour les besoins plateaux en cohérence avec les capacités de la flotte côtière

Mutualisation

L'ensemble des systèmes, de part leurs mode de gestion décrit ci-dessous, sera par essence administré dans le cadre de contrats de mutualisations explicites entre partenaires,

utilisateurs/opérateurs/propriétaires, dans une logique qui visera à garantir maintenance et accès aux engins sur la base d'une gestion mutualisée qui s'accordera à en optimiser l'usage, au travers des comités ad hoc existant au niveau national dans ce domaine.

Mode de Gestion proposé

L'Ifremer prendra en charge la gestion (maintenance, programmation, mise en œuvre) des lots charges utiles AUV et « engins de surveillance et de cartographie téléopérés ou autonomes » dans le cadre des procédures en vigueur dans sa mission d'agence de moyen.

Pour les lots « Gliders » et « systèmes remorqués » des contrats de mutualisation spécifiques seront négociés avec l'INSU pour la mise en œuvre et pour la maintenance.

Positionnement National et international

Cf dans les descriptifs par lots ci dessus

Le Centre Ifremer de Brégaillon est sur cette thématique déjà réputé comme un centre actif et reconnu au niveau international pour le déploiement de Gliders et d'AUVs (nombreuses campagne Franco-allemande et Franco-Espagnol de déploiement et de développements croisés dans ce domaine). Le projet CETSM consolidera ce positionnement.

Innovation Technologique et scientifique

Pour les gliders l'innovation réside dans l'usage opérationnel de flottilles en routine en environnement côtier.

Pour le MVP, l'innovation scientifique est de pouvoir cartographier en temps réel des structures physiques et biologiques, des producteurs primaires au macrozooplancton. L'approche permet de cartographier finement des structures à méso-échelles et leurs composantes biologiques principales. Une telle information est primordiale pour les stratégies d'échantillonnage associées, et également pour la validation de modèles couplés physique-biogéochimie tel que le modèle ECO3M de la Méditerranée Nord Occidentale développé au LOPB

Pour le PVM le concept du système est également inédit. En effet, il n'existe pas d'outil permettant à la fois échantillonner les organismes vivants et des particules dans la gamme de tailles 1,5 μm – 5 cm. Estimer le macroplancton et des macroparticules, avoir un échogramme du milieu prélevé ainsi que les données physiques et biologiques du milieu échantillonné.

Pour les AUVs l'innovation réside dans une intégration très opérationnelle des charges utiles mutualisables d'un engin à l'autre grâce à des blocs logiciels et matériels adaptables

Pour le système hybride AUV-ROV l'innovation réside dans la capacité d'adaptation des engins aux conditions de déploiement en fonction des missions (téléopérés ou autonome) et à l'intégration en maîtrise d'œuvre par l'Ifremer des résultats des RetD menées dans le domaine des communications par fibre optique (valorisation de brevet en cours et à venir) et dans le domaine de la robotisation des engins autonomes

Valorisation

Pour l'ensemble des engins mobiles, les données recueillies seront mises à disposition de la communauté scientifique par le biais de site web et de bases de données identifiés dans les projets ad hoc de référence (Mercator ...).

Les résultats scientifiques majeurs issus de ces données seront diffusés par le biais de publications et de présentations à des congrès.

Enfin le savoir-faire d'utilisation des appareils sera valorisé dans le cadre de programmes internationaux favorisant les coopérations.

Les clauses de valorisation et de partenariats industriels seront identifiées et appliquées avec attention, en interrogeant en particulier les équipes des pôles de compétitivités et les directions de la valorisation de l'Ifremer et des partenaires, au cas par cas afin d'identifier les industriels à consulter et les synergies possibles à envisager. Ainsi à titre d'exemple la société ACSA actuellement en phase de prototypage d'un futur glider industriel « Français » sera interrogée pour répondre au cahier des charges du CETSM sur ce lot, sans préjuger à ce stade de sa capacité à fournir un produit en adéquation avec le besoin dans la période du projet.