FLOTTE OCÉANOGRAPHIQUE FRANÇAISE PAR L'IFREMER

Rapport préliminaire du Groupe de Travail Utilisateurs "Modernisation du *N/O Pourquoi pas*?"

Rapport préliminaire du Groupe de Travail Utilisateurs

“Modernisation du *N/O Pourquoi pas*?”

Contexte

La durée de vie des différents moyens navals hauturiers est d'environ 40 ans, avec une opération de modernisation ou de jouvence à mi-vie. Mis en opération en 2005, le N/O *Pourquoi pas ?* arrivera à mi-vie en 2025 et, lors de sa réunion du 27 Mars 2020, le Comité Directeur de la Flotte Océanographique a décidé de la constitution d'un groupe de travail utilisateurs (GTU) rassemblant les utilisateurs issus des communautés scientifiques académiques (7 membres de différentes disciplines) et de la Défense (5 membres du Shom).
Les travaux de modernisation du *Pourquoi pas ?* s'inscrivent à l'horizon 2024-2025 et la procédure se fera en plusieurs phases. Dans le cadre de la phase de définition et structuration du projet (phase 1) de ce processus, le GTU a pour objectif de :

- Confirmer les besoins actuels scientifiques et ceux de la Défense,
- Identifier les besoins émergents auxquels le navire devra répondre après sa modernisation en se projetant jusqu'à sa fin de vie,
- Proposer les évolutions de scenarii d'utilisation de référence (exploration, chantier, survey,…).

Tout en critiquant les capacités actuelles du navire, le GTU s'est concentré sur le besoin « utilisateur » en faisant abstraction dans un premier temps des contraintes financières et techniques actuelles afin d'identifier des objectifs scientifiques ambitieux qui permettront à l'équipe projet de la DFO de définir et d'évaluer des solutions adaptées. En fin de phase 1, le GTU sera conduit à valider la définition préliminaire proposée par l'équipe projet au regard des objectifs scientifiques recherchés. Le groupe accompagnera aussi le projet tout au long de son développement jusqu'à la phase d'essais et de validation des performances des équipements. Enfin le groupe de travail aura un rôle de conseil dès la rédaction des spécifications techniques du contrat de rénovation afin que les réponses à la consultation soient les plus pertinentes au regard du besoin scientifique.
Le GTU a aussi pour mission de proposer des évolutions permettant de limiter l'impact environnemental de l'utilisation du navire lors de ses activités scientifiques.

Les caractéristiques générales du navire telles que ses dimensions, son type de motorisation ou sa classe de navigation ne seront pas modifiées lors de sa jouvence. Ainsi, bien qu'il y ait une volonté de déployer le navire vers des zones de plus haute latitude, il ne saurait être doté de capacités brise-glace.

I. Avancement des discussions du GTU

A ce jour, deux réunions en visioconférence ont eu lieu pour des échanges entre les membres du GTU et les acteurs de la DFO.

1. Réunion de lancement et répartition des tâches

Lors de la réunion de lancement du GTU (11 Juin 2020), Pascal Morin a exposé le mandat du groupe, les membres ont pu commencer à échanger et un calendrier a été mis en place. Dans le souci d'efficacité des échanges scientifiques, des sous-groupes thématiques plus resserrés ont été formés :

- sous-groupe spécifique au Shom,
- sous-groupe Physique-Biogéochimie,
- sous-groupe Géosciences,
- sous-groupe Ecologie-Biologie.

Ces sous-groupes avaient pour mission de consulter leur communauté scientifique de façon très large pour recueillir les besoins et leurs évolutions pour les 10-20 ans à venir.

En plus de ces sous-groupes, les conclusions du groupe de travail carottage (en particulier pour le carottage profond) sont aussi prises en compte dans ce rapport (voir en fin de rapport).

Les membres du GTU et leurs responsabilités sont :

- Stéphane Hourdez (CNRS, LECOB, Banyuls-sur-Mer) et Marie-Anne Cambon (Ifremer) Présidence et responsables sous-groupe Ecologie-Biologie,
- Julien Simon (Shom) vice-présidence, responsable sous-groupe Shom,
- Vincent Riboulot (Ifremer), Elia d'Acremont (ISTEP, Sorbonne Université) et Jean-Frédéric Lebrun (Université de Montpellier, Université des Antilles), responsables sous-groupe Géosciences,
- Cécile Guieu (CNRS, IMEV, Villefranche) et Virginie Thierry (Ifremer), responsables sous-groupe Physique-Biogéochimie,
- Olivier Morio, Claire Bougeault, Rémi Labonde, Sébastien Beuchard, membres du sous-groupe spécifique au Shom

Les membres du GTU souhaitent faire remonter, à la suite de ces premières réunions, le besoin réel d'élargir dès à présent le GTU afin de garantir sa **représentativité** et de pouvoir recenser l'ensemble des besoins des utilisateurs et de bénéficier des compétences de chaque métier pour mener à bien ce travail qui s'inscrira dans la durée.

- Ifremer La Seyne sur mer, service SM chargé des développements engins sous-marins;
- Genavir pour les bords (commandant référent ou toute autre personne opérationnelle nommée par Genavir),
- Genavir DEC Brest pour les sondeurs, Penfeld, flute sismique…
- Genavir DSM La Seyne sur mer, opérateur des engins sous-marins (AUV, ROV, Nautile, MVP...).

2. Réunion du 15 Octobre 2020

En plus des membres du GTU qui pouvaient être présents par vidéoconférence (chaque sous-groupe étant représenté par une personne au moins), d'autres personnes ont pris part à cette réunion :

- B. Dennielou, groupe carottage,
- A. Pacault, S. Duduyer et G. Lancelin Ifremer NSE,
- P. Morin, Directeur scientifique Flotte.

Bien que tous les membres du GTU n'aient pas pu participer à la réunion, ce rapport a été partagé et validé avant de remonter à la DFO.

Lors de nos échanges, il a été rappelé que lors des phases de définition et de spécification du projet, certaines des discussions et choix devraient inclure des opérateurs Engins (sous-marins, Pénétromètre…), leur mise en œuvre et l'évolution de ces engins affectant aussi les choix à faire lors de la jouvence (pont, apparaux, communication, sondeurs…).

Le calendrier très serré, les conditions sanitaires et leurs conséquences sur l'emploi du temps des personnels ont compliqué la consultation de la communauté utilisatrice du navire. Malgré une consultation très large (instituts et universités) en métropole et dans les territoires d'outre-mer, les responsables académiques constatent un faible taux de réponse. Les différents sous-groupes ont cependant assemblé des rapports et les ont partagés avant la réunion du 15 Octobre. La section qui suit résume les besoins discutés lors de la réunion et des scenarios de campagne les impliquant sont donnés en fin de document puis le compte rendu « carottage profond ».

Nous avons organisé la discussion autour des besoins affectant :

- la coque,
- les ponts extérieurs,
- les laboratoires et emménagements,
- Mise en œuvre de drones.

A. Besoins affectant la coque

Sondeurs SMF/colonne d'eau

Les sondeurs (SMF et colonne d'eau 0-5000 m au moins) ont fait l'objet de discussions par les sous-groupes Shom et Géosciences.

Les sondeurs multifaisceaux actuellement en place sur le PP sont obsolètes et ne sont plus maintenus par leur fournisseur TELEDYNE, notamment le 7150 dont les pièces détachées ne sont plus disponibles. Ces instruments ne répondent par ailleurs pas de manière efficiente aux besoins opérationnels du Shom. Enfin, le retour d'expérience sur le contrat de maintenance est plutôt négatif.

Ils sont donc à changer et le souhait est d'harmoniser avec les sondeurs Kongsberg Maritime disponibles sur les autres navires hauturiers : le *Beautemps Beaupré* (BBP), la *Thalassa* et *L'Atalante*. Ce fournisseur est par ailleurs à même de garantir un contrat de MCO et de disponibilité de ses systèmes, comme c'est le cas pour le Shom sur les navires de la Marine nationale.

La question de la **portée du SMF grands fonds** a également été débattue. Même si les levés bathymétriques par 10 000 m sont rares, il convient de s'attarder sur la fauchée utile aux levés bathymétriques grands fonds classiques, entre 4 000 m et 6 000 m. Si l'EM304 0.5°x0.5° est plus résolu, sa fauchée est limitée à 12 km dès 2 000 m de fonds pour stagner jusqu'à 6 000 m puis diminuer par la suite. En revanche la fauchée de l'EM124 1°x1° atteint 25 km à 4000 m, 55 km par 6 000 m et jusqu'à 80 km à 11 000 m. Le SMF RESON 7150, en 12 kHz atteint quant à lui 22 km de fauchée entre 4 000 m et 6 000 m.

A périmètre égal, il convient donc d'installer un EM124 1°x1° pour remplacer le SMF RESON SeaBath 7150 (1°x1°).

Pour rappel, le couplage de l'EM124 au SBP29 est une option : le SMF peut être utilisé ou installé seul.

L'équipe CDTI de l'Ifremer et le SHOM préconisent ainsi un couplage entre un sondeur multifaisceaux type EM712 (jusqu'à 1500 m) **et** un EM124 (grand fond) pour répondre à leurs critères. Ce dernier, à 12 kHz, est indispensable à leurs travaux jusqu'à 10 000 m de profondeur. La question reste ouverte sur un EM304 plus précis jusque 7000 m. Pour l'EM712 le souhait est d'avoir des faisceaux Tx0,5° et Rx 0,5°. Penser aux options WC logging et extra detection.

Le GTU ne relève pas de besoin d'un EM2040 dédié aux petits fonds et donc adapté aux porteurs côtiers (200, 300, 400 kHz, limite à 250 m). Il est toutefois demandé de l'installer l'*Haliotis* qui est déployable à partir du N/O *Pourquoi pas ?*. Un point sera à faire avec les utilisateurs de sondeurs petits fonds.

Pour la **colonne d'eau**, il faudrait un mono-faisceau de type EK80 qu'on peut calibrer comme ceux de *L'Atalante* et la *Thalassa*. Les fréquences pour des applications généralisées sont comme pour le MD: 18 (fondamental), 38, 70, 120, et 200 kHz. Si possible ajouter un 333 kHz voire même un ~700 kHz comme sur le N/O *Thalassa* maintenant. Le ME70 SMF halieutique multifréquence pourrait aussi être intéressant mais limité en portée, il est cependant intéressant afin de permettre de couvrir plus de profondeur même loin des côtes (hauts fonds). Le GTU pense qu'il n'est pas prioritaire au vu des autres besoins (SMF de cartographie, grand et petit fond).

Le Shom fait savoir que son "seul" **besoin monofaisceau** est de disposer de sondes lors des calages de gravimètres à quai et de données brutes 38 kHz et 200 kHz (pour la dureté et rugosité) pour la SEDIM par moins de 200 m de fonds. Le monofaisceau 12 kHz, n'est que très peu utilisé, essentiellement pour du suivi de fonds lors des campagnes grands fonds, notamment si le SMF n'est pas en route (exemple de mouillages ou bathysondes grands fonds).

En complément des études d'intégration mécanique des nouveaux sondeurs, il conviendra de réaliser une **nouvelle étude hydrodynamique** permettant de visualiser les écoulements et lignes de courant sous la gondole et plus spécifiquement sur les faces actives des transducteurs. Les écoulements devront respecter les recommandations des fournisseurs de systèmes acoustiques : être laminaires et sans trains de bulles d'air.

VM-ADCP

Il y a une demande pour avoir des VM-ADCP 38 kHz, 150 kHz et 75 kHz, voire plus mais tout ne peut pas être mis en simultané sur la gondole. Le Shom demande le 75 kHz pour bénéficier d'une résolution plus fine que les systèmes actuellement utilisés en océanographie : les 38 kHz et 150 kHz.

NSE indique qu'un VM-ADCP RDI 500 kHz a été loué pour la campagne Protevs Gib 2020 sur *L'Atalante*. Il a été installé dans un des puits TVO mais les résultats ne sont pas encore disponibles. Ne disposant que de peu de retour encore sur l'utilisation de ces équipements, NSE

s’interroge sur la mutualisation de ces capteurs. Le Shom va reboucler avec les utilisateurs sur ce point. La communauté physique-biogéochimie est fortement intéressée par cet instrument qui dispose d’un cinquième faisceau « vertical » permettant de mesurer directement la composante W du courant, ce que ne fait pas un Loch Doppler travaillant à 600 kHz. Par ailleurs, les données permettraient de bien résoudre les couches supérieures de l'océan où les échanges air-mer et les processus qu'ils engendrent sont importants et leur compréhension est aujourd'hui clef pour l'amélioration des modèles de prévision à toutes les échelles de temps.
Dans le cadre du remplacement de ses VM-ADCP sur le *Beautemps Beaupré* en 2018, le Shom a constaté que les systèmes proposés par TELEDYNE n’avaient pas évolué depuis le neuvage du navire en 2002. Bien que les systèmes soient opérationnels, cela montre un manque d’investissement de ce fournisseur sur ce marché peu concurrentiel. Le Shom s’interroge donc sur la pertinence de pousser Kongsberg Maritime à développer une gamme complète de VM-ADCP, comme le système 150 kHz évalué par Ifremer par ailleurs.

Sondeur de sédiment

Il y a plusieurs gammes de sondeurs de sédiment selon les besoins et donc deux options sont proposées.

- **Option A : SBP29 :**
  Les systèmes Kongsberg Maritime, (SBP120 ou SBP27 (2 kHz à 7 kHz) couplés à l’EM122 et SBP29 couplé au EM124 dont ils partagent l’antenne de réception, sont les plus résolus mais compliqués à mettre en œuvre. Sur le *Marion Dufresne* (MD) il a aussi évolué avec une bande passante plus large (2 kHz à 9 kHz). Cette solution est très bonne pour le Shom et permettrait d’harmoniser les systèmes avec le *Beautemps Beaupré*.
- **Option B : ECHOES3500 et SUBOP :**
  Les systèmes ECHOES3500 associés à la suite SUBOP sont moins résolus mais plus modulables par les équipes scientifiques.

NSE rappelle également que les encombrements des antennes ne sont pas comparables : l’ECHOES 3500 étant circulaire de diamètre 98 cm quand l’antenne du SBP27 mesure 7 m de long, comme le EM124.

Une proposition pour tester les rendus de faire un passage au même endroit entre MD et *Le Pourquoi pas?* a été faite. Cette intercomparaison peut se faire près de Mayotte (le Pp? sera en

route sous peu) ou au large de Brest. V. Riboulot se charge de regarder les routes et récupérer les données pour les équipes académiques, le Shom fait de même.

Résultat : pour le sondeur de sédiment, après échange avec le Shom qui a quelques points de comparaison entre le sondeur du N/O *Pourquoi pas ?* et celui MD, montrerait qu'il faut prendre le SBP120.

Les comparaisons sur Mayotte (profils du N/O *Pourquoi pas ?* à 9 nds et à 5 et profils MD à 8 nds) montrent aussi une différence indéniable de qualité entre ces 2 sondeurs en faveur de celui du MD.

Il faudrait donc partir sur le SB29 de Kongsberg (successeur du SBP120)

Communication inter engins et positionnement sous-marins

La question de la communication avec les engins sous-marins (dont Uly'X) et des interférences avec les sondeurs (ADCP, SMF…) a été abordée mais il manque des collègues de Toulon dans ce groupe de travail (Ifremer et opérateurs Genavir pour les discussions de mise à l'eau ou de communication entre autres).

NSE indique que l'on reste avec Posidonia, comme sur le BBP.

MVP (Moving Vessel Profiler)

Ce système sous-marin tracté permet des mesures océanographiques en continu. Il permet ainsi de remplacer les tirs Sippican utilisés pour mesurer les paramètres de célérité dans l'eau lors des travaux de levés bathymétriques. Le remplacement des sondes perdables Sippican permettrait d'atténuer l'impact environnemental du navire et ceci est une recommandation forte pour l'avenir (les tirs Sippican sont polluants, avec notamment un corps plastique mais aussi le filament). L'idéal serait d'avoir un MVP300 (mesures continues et à haute fréquence sur toute la colonne d'eau), nettement plus gros que l'actuel MVP200 déployé par Genavir Toulon. Cette demande est soutenue par le Shom, le CNRS et aussi bien par les équipes de géosciences que de physique/biogéochimie car il permet de travailler avec de plus importantes profondeurs (à 0 Nds : 3400 m pour le MVP300 contre 600 m pour le MVP200 ; à 8 Nds : 740 m pour le MVP300 contre 265 m pour le MVP200).

Cependant, le MVP 300 est gros (2 m x 2 m pour 1T8), et son utilisation compliquée en simultané avec la sismique tant en termes de place que d'interférences. Il faudrait envisager la possibilité de tracter la sismique lourde en plage arrière et le MVP via sa potence fixée au sol soit en déporté de la coursive hydro ou plage arrière en parallèle de Sismique lourde. Le coût

est élevé pour le projet et donc à réfléchir en prenant bien en compte le risque non nul d'aller vers une interdiction un jour des tirs Sippican polluants. Son implantation et mise en œuvre pourrait demander des modifications du pont et/ou coursive hydro. Son utilisation pourrait être difficile (encombrement, nombre de place personnel à bord) dans le contexte de campagnes multi-engins (ex : carottages, ROV, Nautile et AUV) si les tirs Sippican devaient être interdits (voir les scénarii en fin de document). Les modifications si elles doivent avoir lieu doivent donc intégrer les autres besoins.

Ferrybox/Océano

L'océanographie physique aimerait un système de type Ferrybox (il n'existe pas actuellement et il n'est pas forcément prévu), avec des capteurs haute fréquence qui, après mise en place d'un débulleur, doivent pouvoir être couplés à la navigation et une station météo *ad hoc*. Le souhait de la communauté est que ce type d'installation soit harmonisé sur les navires de la FOF et le suivi des données fait via un comité expert *ad hoc* (proposition : via le CES ODATIS). Le système permettrait d'effectuer des mesures en continu en surface lors de toutes les opérations du navire: température salinité Seabird thermo salinomètre ; pH Seafet, pCO_2 Licor, O_2 Aenderaa pouvant évoluer ver RBR ou Rinko ; nutriments type NO_3 ou PO_4 n'ont pas de capteur défini actuellement ; Chlorophylle A via la mesure de fluorescence et turbidité capteur chez Turner Designs ou Wetlab ; méthane option de Licor chez SubCtech[1], et autres gaz dissous). A noter que pour la chimie des carbonates il y a aussi des solutions émergentes mais pas encore fiabilisées en routine, mais à envisager dans un moyen terme.

Pompage d'eau propre :

Une discussion a aussi eu lieu sur le prélèvement d'eau de mer non polluée en suivant diverses possibilités :

(1) le système de canalisation du navire s'il est parfaitement propre et sans trace de métal.

(2) une prise d'eau déportée, dite 'par poisson', relayée par tube téflon et pompe 'propre' pour prélever l'eau de surface. Un tel système doit être déporté de 3 m sur le côté du navire et pouvoir être déployé/remis à bord rapidement.

[1] A noter que SubCtech travaille aussi à un nouveau capteur METS basé sur des mesures infrarouges plus performantes – dossier suivi par Cédric Boulart, SBR Roscoff.

(3) une prise d'eau à quelques dizaines de cm sous la coque, via le puits TravOcéan, remontée par pompe en téflon (petit volume) ou pompe péristaltique (gros volumes).

(4) Un système de pompage d'eau de mer du bord pour ramener rapidement de grands volumes d'eau propre de la surface jusqu'à plusieurs centaines de mètres avec pompe péristaltique 'industrielle' (~2000 L/h) à bord.

Autres appareils de mesure

Différents autres capteurs et appareils de mesures sont actuellement disponibles sur le navire et donnent satisfaction aux utilisateurs. Il conviendra toutefois d'en assurer la jouvence en veillant à ce que les matériels remplaçants atteignent au moins les performances de ceux disponibles à bord actuellement.

Centrale d'attitude : IXSEA – PHINS
Système de localisation GNSS
Système d'augmentation GNSS : Marinestar
Bathythermographe : Sippican Lockeed Martin
Gravimètre : KSS 32M Bodenseewerk
Magnétomètre : SEASPY Marine Magnetics
Télécommande acoustique : TT801 - Ixsea
Thermosalinomètre : SBE 21 - SBE 38 Seabird
Pinger : Sepia - Sercel
Centrale horaire : ACEB M90
Célérimètre de coque : SVS Valeport
Centrale météo : Batos - Météo France
Centrale de mesure de bruits et vibrations : Sabrina - Ifremer
Synchronisation équipements acoustiques: OSEA - Ifremer

Il conviendra par ailleurs de vérifier l'ensemble des treuils et apparaux de ponts et mobiles permettant la mise en œuvre de ces équipements (notamment magnétomètre et sonar latéral remorqué), et de les gréer de nouveaux câbles électroporteurs.

B. Besoins affectant les ponts extérieurs

Places containers

A minima, maintenir le nombre de places actuel pour les containers engins et scientifiques.

Zone antérieure, évolution mât météo et études atmosphériques

NSE indique que le mât météo peut être complété et qu'il y a un petit espace laboratoire au pied mais il est peu connu. Il peut être agrandi et rendu plus accessible.
Effectivement, le local « atmo » du navire n'est pas utilisé au mieux et une optimisation de l'utilisation sera nécessaire (en pouvant notamment y placer un maximum d'instruments) notamment si la mise en place d'un container bien positionné à l'avant n'est pas possible. Cela permettrait d'installer des mesures en ligne en continu de bases atmosphériques pour certaines études c'est à dire:

- analyseurs de gaz qui sont peu exigeants en terme d'installation si ce n'est une prise de courant. Les prélèvements se font sur des lignes de tube téflon, idéalement il ne faut pas trop de coudes. Les passe-câbles coudés comme il existe sur le bateau (par exemple pour le cas du local aérosols) ne sont pas idéaux, il faudrait au moins qu'ils soient droits.

- des mesures en ligne d'aérosols, comme les concentrations en masse et en nombre, ou la distribution granulométrique, voir idéalement de la chimie comme avec un ACSM ou un PILS, demande le plus de contraintes, car il est nécessaire d'avoir des voies de prélèvements pas trop longues et surtout non coudées, donc il faudrait un passe câble sur le haut du local en lien direct avec le mât qui permette un accès aux instruments par le dessus sans qu'il y ait le moindre coude (peut-être type presse-étoupe pour garantir l'étanchéité).

- prélèvement d'aérosols : si le local sert pour les pompes, il faut juste le courant. Si on imagine mettre les porte-filtres dans le local pour éviter qu'ils soient soumis aux intempéries et aussi pour éviter qu'on ait à monter à la passerelle, il faudrait à nouveau des passe-câbles qui permettent un accès direct des tuyaux de prélèvements sans coude par le dessus (dans ce cas les tubes de prélèvements sont en métal). Il faut veiller à une bonne ventilation du local car les pompes chauffent.

Le sous-groupe Biogéochimie/physique exprime donc le souhait de pouvoir installer un container à l'avant (afin de s'affranchir de la contamination par le navire), devant la passerelle,

intégrant un laboratoire pour des études couplant océano, météo et gaz aérosols. Cette demande permettrait d'avoir un laboratoire clef en main dès l'arrivée sur le navire et de minimiser au maximum la contamination par le navire lui-même, qui est un gros problème pour les études atmosphériques conduites à bord. Un chemin de câble et un accès jusqu'aux instruments de mesure le plus court possible est essentiel pour garantir la qualité des observations. Il faudrait donc renforcer la zone devant la passerelle pour envisager d'y positionner un container laboratoire. Ce type de container existe déjà, type Pegasus, déjà entièrement équipé en plug & play à l'arrivée sur le navire, donc opérationnel très rapidement malgré de l'instrumentation fragile.
Il y a aussi une demande pour la possibilité de déployer une caméra hyperspectrale pour l'étude de l'interface océan-atmosphère fixe ou déployée par mission.

Les **passages de câbles** nécessaires à l'intégration de capteurs supplémentaires sur les extérieurs (passerelle, plages avant et arrière, coursives) doivent par ailleurs être entretenus et maintenus accessibles et opérationnels. Si certains sont pleins, il conviendra d'y faire le ménage ou d'en créer de nouveaux.

En s'inspirant sur ce qui vient d'être fait sur le Marion Dufresne, il serait bien de conduire une réflexion similaire pour le *N/O Pourquoi pas ?* voir les autres gros navires de la FOF, afin de mettre en place des mesures atmosphériques embarquées pérennes (voir le projet MAP-IO pour le MD[2]). Si cet aspect qui répond au besoin de la communauté *Atmos* peut être entendu, les contacts sont : Karine Sellegri k.sellegri@opgc.univ-bpclermont.fr et Karine Desboeufs Karine.Desboeufs@lisa.u-pec.fr.

Besoins d'aménagement en plage arrière et coursive

Les scénarios de campagne envisagés (voir infra) sont souvent multi engins : MVP300, AUV grand fond avec Nautile ou ROV, carottage (Usnel, multi tubes…), bathysonde (classique et propre), mouillages, dragues, scie à roche, tri animaux… L'espace non seulement de la plage arrière mais aussi de la coursive hydro est et sera donc très demandé et il est très important de préserver cet espace libre, modulable et pluridisciplinaire. Les tables escamotables seraient souhaitables pour poser du matériel, réparer/préparer des capteurs, faire les tris (roches,

[2] Par analogie avec ce qui se fait sur les avions commerciaux du projet MOZAIC-IAGOS (https://www.aero.obs-mip.fr/observation/mozaiciagos-2/).

animaux…). L'accès aux laboratoires le long de la coursive hydro doit être validé avec ouverture des portes complètes et non entravées par exemple pour rentrer les bathysondes dans le laboratoire humide hydro.

Une évolution importante est la **capacité carottage** grand fond, 60 m. L'ensemble de ces réflexions sont par ailleurs portées par le GT CAROTTAGE dont les conclusions sont fournies en fin de document.
Il faudrait alors libérer toute la longueur de la coursive. Ce point est à étudier précisément du fait de l'utilisation de la zone latérale pour la mise à l'eau des engins (ascenseur, bathysonde propre, zodiac) en zone de calme (point calme du navire) par la grue océano ou la poutre latérale, incluant l'utilisation du ROV sur plusieurs jours en opération sous-marine. Si cette zone est revue, est-ce toujours compatible avec le point calme ? Ceci est notamment très important dans la volonté d'étendre les zones géographiques d'opération du navire vers les pôles avec potentiellement des mers plus agitées rendant nécessaires des déploiements par cette zone calme.
Le carottage long est très important car à l'heure actuelle seul le MD a cette capacité et ce navire arrive en fin de vie. De plus, le Penfeld est passé à 50 m avec plus de poids, plus de profondeur donc les carottiers doivent suivre.
Le MD devait être apte à déployer le carottier MEBO 70 m mais il semble que son positionnement dynamique (DP) ne soit pas suffisant. Il convient donc de réfléchir au déploiement de ce système sur le *Pourquoi pas ?,* MEBO 70 m et MEBO 200 m et ses containers (7).
Enfin, il serait bien de passer au Calypso 4, plus facile, sécurisant et rapide à mettre en œuvre.
Il est demandé de pouvoir déployer le carottier CASQ dans sa version 12 m (version 6 m déjà possible) déployé plage arrière est prévu pour passer en 12 m.

Le sous-groupe Océano demande de conserver la possibilité de relever les **bouées météo de 4T** via la plage arrière (encombrement important et donc limites physiques à prendre en compte). Il serait aussi important d'équiper le treuil de la CTD d'un système de compensation active du pilonnement pour améliorer la qualité des données.

Sur ce même thème, de déploiement de **mouillages hauts** (500 m) avec pièges, courantomètres… se font via la plage arrière et souffrent tant à la mise en place qu'à la

récupération du pilonnement du navire provoquant l'arrachement et perte de matériel. Là aussi un système compensant ces coups est à étudier.

La réalisation de mesures de flux de chaleur, avec capteurs positionnés de façon hélicoïdale le long d'une tige (déployé en mode pogo), depuis la plage arrière nécessiterait de prévoir des **rails** comme ceux pour le Piézomètre (matériel GM-Ifremer).

Le **déploiement de dizaines d'OBS** lors des campagnes de sismique réfraction est possible par la coursive latérale (prévoir de consulter les équipes si des modifications des laboratoires attenants sont envisagées), mais la récupération est toujours assez compliquée. Peut-on prévoir un dispositif de plateforme mobile ou rétractable sur le côté pour être plus proche de l'eau (à mi-hauteur de la coque) ?

Mettre **un treuil avec limiteur de force** pour récupérer des mouillages, des piézomètres restés au fond durant quelques jours, par exemple. En effet une fois la bouée de surface récupérée, il faut avaler le dyneema (2000 m voire plus, à enrouler avec une tension minimale de 5T, dans l'axe du navire pour éviter les poulies de renvoi) sur un treuil + arracher l'outil en étant à la verticale de celui-ci avant l'arrachement. Il faut un treuil de couple réglable à la demande, mesure de la longueur filée et de la charge, avec une vitesse de 0.1 à 1 m/s.

Il reste des questions sur les **vitesses de filage des treuils** (peut-on augmenter cette vitesse) et utilisation du **treuil propre** (vitesse très ralentie à revoir) qui est mis en place lors de l'utilisation de la bathysonde propre via le portique/poutre latéral/e.

La communauté scientifique voudrait pouvoir mettre en œuvre des **flûtes sismiques** plus longues (actuellement flûte de 6 km disponible, la longueur espérée pourrait aller jusqu'à 9 km) Faut-il renforcer le pont arrière ? Faut-il un propulseur additionnel ?

Les utilisateurs de la **sismique lourde** demandent depuis plusieurs années d'augmenter la capacité des compresseurs en pression et intervalles des tirs afin d'améliorer l'imagerie sismique réflexion profonde. Il faudra s'assurer que l'espace disponible sur la plage arrière sera configuré pour pouvoir accueillir et mettre en œuvre l'ensemble des containers compresseurs lors des campagnes d'acquisition sismique.

Enfin, la taille et le poids des **rosettes** pourraient évoluer (Couplage d'une CTD avec des Niskins propres pour la géochimie en ultratrace) avec filtration *in-situ* lors du prélèvement par exemple). Il faudrait prévoir un espace plus grand pour la rosette et un treuil qui pourrait prendre en charge ces rosettes plus grandes, plus lourdes si manipulées sur la coursive hydro. Si comme pour la manipulation actuelle de la rosette titane (treuil « propre » installé sur la plage arrière et mise à l'eau/relevage par la poutre télescopique tribord, il faudrait que ce bras puisse être déporté plus. C'est actuellement parfois limite par mauvais temps, la rosette peut être très proche de la coque, ce qui est aussi le cas pour les carottiers (ex : multitubes).

Dernier point, il faudrait penser à un système pour faciliter le **transport quotidien de caisses lourdes** contenant les échantillons dans le bateau. Ces échantillons sont prélevés à l'arrière au pont 3 et doivent être acheminés à l'avant au pont 5 (devant la passerelle), avec un cheminement qui n'est pas du tout direct et qui implique de passer sur plusieurs coursives et plusieurs escaliers, notamment quand des incubateurs sont installés à l'avant où l'ensoleillement est maximum pour la mesure des flux biogéochimiques.

Nuisances sonores plage arrière, coursive, Hangar et motorisation

La zone du hangar est bruyante lors des plongées avec ROV (treuil) ou bathysondes de nuit (parfois bruits dans les locaux de vie et laboratoires). Le ROV étant sous l'eau de longues heures on ne peut travailler sous le hangar.

NSE indique un contrôle des moteurs du Pp ?, comme *Thalassa*.

Le GTU relève le problème des bruits propres du navire sur le suivi du Nautile, qui pourrait aussi gêner les AUV profonds. Certains moteurs et le positionnement dynamique (DP) sont bruyants et font aussi vibrer le navire (très gros bruits et vibrations dans certaines cabines du pont 5 autour de la salle de réunion par exemple) lors des travaux de bathysonde profonde ou de suivi d'engin. En effet de navire est grand et haut avec une forte portée au vent. Le maintien en position est parfois difficile et bruyant. Les moteurs donnent globalement satisfaction en route comme en stations, qui sont longues, et le souhait est de maintenir la qualité en station en diminuant au maximum les bruits et vibrations.

Local gravimètres

Le Shom souhaiterait que les intégrations des gravimètres dans le local dédié soient réalisées sur des supports en acier et non pas en contreplaqué comme actuellement.

La création d'un troisième emplacement pour gravimètre serait par ailleurs intéressant en vue de l'arrivée des gravimètres absolus approvisionnés au titre du programme d'armement CHOF.

C. Besoins affectant les laboratoires et les locaux Vie

Capacités d'accueil à bord

Sauf à ce que la formation des agents de Genavir ne permette de disposer d'opérateurs multi engins (à étudier avec Genavir), l'évolution des équipements mis en œuvre (passage au MVP300, nouveaux sondeurs, treuil propre, AUV et USV accompagnant + engins sous-marins et ascenseurs…) pourrait nécessiter de faire embarquer plus d'opérateurs techniques (sédentaires Genavir) qu'actuellement.

La communauté scientifique souhaitant à minima conserver la capacité d'embarquement actuelle, elle s'interroge sur la pertinence et la faisabilité d'une augmentation de la capacité d'accueil actuelle du Pp ? et son impact sur les équipements et la drome de survie. La CNFH a aussi lancé un AO national pour la formation des étudiants en science de la mer au travers de l'organisation d'Universités Flottantes (UF). Seul le MD a réussi à accueillir des UF. L'accueil d'UF sur le Pp ? pourrait nécessiter d'augmenter le nombre de places à bord mais cela doit être vu avec les Universitaires responsables d'enseignement dans un GT à part (ont été évoqués les problèmes de coût de déplacement des étudiants pour se rendre aux ports d'escales).

NSE a indiqué que le navire peut accueillir 5 personnes de plus qu'actuellement, sans révision de la drome initiale. Au-delà, il faudrait changer la catégorie du navire ce qui n'est pas envisagé. Ce potentiel humain supplémentaire ne serait toutefois pas au seul bénéfice des scientifiques puisque selon les règles de transport maritime, un ratio doit être respecté entre le nombre de marins et celui des sédentaires (scientifiques + opérateurs d'engins, opérateurs treuil ou sondeurs). Ainsi, cela représenterait 3 sédentaires et 2 marins de plus. Le GTU demande un point avec Genavir afin de voir combien de sédentaires on peut rajouter sans pour autant rajouter de marins, et voir si les opérateurs peuvent être formés à la mise en œuvre multi engins.

La possibilité d'ajouter des cabines supplémentaires a été discutée. Les lieux de potentielles futures cabines sont : le salon officier très grand et peu utilisé, la cabine du chef de mission avec grand bureau qui pourrait être enlevé, et réduire la salle de réunion/amphi pont 5.

Attention cependant :

- La coursive cafétéria et les salons sont des lieux d'échanges et de vie (les seuls de ce navire en intérieur), bruyants (buanderie, repas à toute heure avec les quarts, babyfoot au forum…) et ceci n'est pas du tout le concept du navire qui présente des cabines en zones 'isolées'. La présence de cabines dans cette zone de vie risque d'entrainer des tensions si les gens sont dérangés pendant leur sommeil (travaux en quart H24) et en retour pénaliserait la seule zone de convivialité du navire.
- La salle de réunion n'est pas trop grande pour nombre de missions pluridisciplinaires, les réunions bord de sécurité, les exposés scientifiques et les cabines seraient alors aveugles.
- Si la cabine du chef de mission peut sembler grande lors de certaines missions, elle est aussi dans certains cas le lieu de réunion quotidien du chef de mission, commandant et chef opérateur afin de préparer les opérations de surface, les plongées. Le coin bureau permet de se réunir rapidement alors que la salle de conférence est souvent occupée entre autres lors des missions avec engin (visionnage de vidéo toute la journée). De plus sur les lissions pluridisciplinaires et en H24 navire, le chef de mission peut être réveillé à toute heure et une cabine avec salle de toilette seul n'est pas de trop pour pouvoir alors aussi se reposer à toute heure.
- Les cabines sont doubles. Là aussi lors de certaines missions cela peut paraitre grand mais en missions avec quarts (plongées engins, carottages, bathysondes…) une personne peut se trouver à dormir à toute heure du jour ou de la nuit. Des cabines à 4 ou 6 sont peu envisageables, tel que peut le montrer l'exemple passé du container logement.

Téléprésence

Il y a une volonté de développer et de proposer des universités flottantes, les transferts de données volumineuses (type bathymétrie, vidéo…) et d'effectuer de la téléprésence mais le problème reste la limitation de la bande passante pour permettre les liaisons entre le navire et la terre.

Bien que le financement des embarquements de type université flottante ne soit pas acté, la problématique doit être étudiée et notamment son impact sur les capacités d'accueil et de communication du navire.

Pour les étudiants, la formation au travers d'un embarquement est un réel plus. Ceci peut se faire comme actuellement avec des étudiants (Master, doctorants, post-doctorants), qui embarquent avec leur responsable/directeur qui assure ainsi leur encadrement dans le cadre des campagnes. A l'heure actuelle il n'y a pas d'information laissant supposer que les universités puissent payer des campagnes dédiées pour former une promotion entière (type Master II) ou alors il faut envisager de prendre ces financements sur le fonds de la flotte, et donc en moins pour des campagnes classées P1 CNFH. A discuter avec les enseignants, la CNFH, les utilisateurs.

Laboratoires

L'ensemble des laboratoires et chambres froides donnent satisfaction et sont à conserver en taille et nombre (séparation des manip). Ils doivent rester modulables avec une partie de paillasses fixes et une partie mobile.

De manière générale, les préconisations suivantes sont à respecter :

- Les **paillasses** (matériaux de revêtements) ont été choisies pour être résistantes aux chocs, rayure et surtout chimie. Il faut bien garder les mêmes matériaux et disposer de planches martyres pour les travaux extrêmes (choc, scie, coupes) et la sécurisation de certains instruments qui ne peuvent être fixés aux murs. Prévoir un très grand évier par pièce pour laver et manipuler les gros objets, les éviers actuels sont trop petits.
- Les **sols** doivent être facilement lavables mais non glissant, avec des fontaines de fixation du matériel (y compris paillasses amovibles).
- Les grandes **portes** communicantes entre laboratoires et vers dehors sont à conserver.

Plus spécifiquement, il conviendra de respecter les spécifications suivantes dans chacun des locaux concernés.

Les **laboratoires humides** sont trop petits dans certaines campagnes pluridisciplinaires et il y a une volonté de rentrer les bathysondes afin de manipuler les bouteilles Niskin en intérieur. Il faut donc pouvoir rentrer et saisiner (maillage de fontaines au sol) facilement la rosette à l'intérieur du laboratoire humide tout en garantissant une circulation fluide autour de la rosette et donc étudier la possibilité d'agrandir éventuellement cet espace.

Les laboratoires humide, hydro et sec en enfilade sont bien mais pas trop grands. Les scientifiques rajoutent alors souvent des containers laboratoires pour compenser des problèmes d'espace.

Il faudrait voir à rajouter des **hottes** chimie.

La **salle de contrôle CTD** a une partie de paillasses plus basses à conserver pour les travaux de loupe et microscopie.

La stabulation tempérée gagnerait avec un **évier** plus grand, des paillasses avec récupération d'eau pour les aquariums. Afin d'optimiser l'utilisation de cet espace, il faudrait trouver un système pour que la climatisation ne goutte pas.

Les laboratoires au pont 4 pourraient bénéficier de hottes en plus. Il faut en conserver à minima la taille, fonctionnalité (zone propre " chimie" qui sert aussi en microbiologie) et paillasses (incluant matériaux).
Les laboratoires « biologie » (pont 4) et « sec » (pont 3) ont chacun une paillasse longue derrière la porte et avant la hotte. Ces paillasses sont à conserver pour les instruments longs (par exemple enceintes anaérobies).

Afin d'améliorer l'utilisation des **laboratoires 'propres'** du pont 4, ou au moins "gris", il faudrait de nouvelles hottes à flux laminaire (avec récupération de l'air, et non avec retour vers l'utilisateur). Globalement le nombre de **hottes** (chimie ou flux laminaire) est juste suffisant, il en faudrait une de chaque en plus ou demander aux scientifiques de venir avec des hottes portatives car plus de hotte réduit de facto le linéaire de paillasse. Par ailleurs, il faudrait installer un **sas** pour éviter de ramener des "contaminants" extérieurs dans les labos de 'propres' du pont 4 et éviter les chaussures de sécu dans ces zones "propres" et disposant d'une zone pour les déposer et en changer.

Le **monte-charge**, dans ses dimensions et capacités actuelles est à conserver et réviser.

Stockages des produits chimiques et gestion des déchets

L'envoi maritime de produits chimiques et des déchets devient de plus en plus problématique pour les scientifiques. De plus, les filières de traitement de déchets dans beaucoup de pays visités aux escales ne sont pas satisfaisantes pour un comportement exemplaire de nos navires.
Gestion des déchets : il faudra inclure le guide du *Pourquoi pas ?* et les résultats des travaux en cours par le service hygiène et sécurité d'Ifremer dans notre dossier finalisé (action NSE).

MA Cambon et NSE pourront voir ensemble car il y a aussi un travail en cours avec service hygiène et sécurité Ifremer.
Les normes sur les espaces de stockage et de charge et les produits dangereux (notamment batteries lithium, y compris pour les AUV) évoluent.
Les espaces de **stockage des produits chimiques** sont essentiels à conserver, voire à adapter et développer :

- Les **armoires chimie** sont toutes sollicitées (tous ponts) et leurs capacités mériteraient d'être augmentées,
- Il y a un manque récurrent de place en **rack de bouteilles de gaz,**
- Un passage de **tuyaux inox fixes d'acheminement des gaz** (N_2, CO_2, H_2S, mélanges, He…) est à prévoir pour les différents laboratoires depuis les zones de stockage en coursive. Ces installations permettraient notamment de réduire les déchets de lignes de tuyaux plastiques à chaque mission.

Il faut conserver le **local 'mission'** au moins pour certaines campagnes pour ranger caisses et réserves de consommables mission (ex plastiques, consommables de labo…).

Il faudrait également avoir **un accès facilité en cale** qui soit dédié au stockage matériel scientifique pour ranger les caisses de transport du matériel et les outils sur plusieurs campagnes afin de s'affranchir des difficultés (formalités), risques et coûts de transport de matériels entre la France métropolitaine et les ports de mobilisation/démobilisation étrangers ou iliens. Cet accès en cale se fait préférentiellement en période de démobilisation et mobilisation (accès plage arrière) mais un accès en cours de mission doit rester possible.

Les envois d'échantillons congelés sont aussi problématiques en dehors de la métropole. Il faudrait **augmenter les volumes des congélateurs** -20˚C et -80˚C pour pouvoir y stocker des produits et des échantillons. L'évolution des besoins doit être évaluée, notamment dans le cadre du développement de la téléprésence (prélèvements multipliés pour plusieurs équipes) pour compléter l'existant pont 3 et pont 4 (congélateurs -20˚C, -80˚C, frigo 4˚C et machine à glace). Un nouvel emplacement de congélateur -80°C est d'ailleurs demandé depuis près de 5 ans par les équipes scientifiques.

Azote liquide

Il faudrait créer un local adapté (avec ventilation) pour une **machine de production d'azote liquide**. Ces besoins sont récurrents pour toutes les missions de biologie et certaines de géologie.

L'azote liquide permet de cryogéniser les échantillons très rapidement. A l'heure actuelle, l'azote est acheté au port de mobilisation (ce qui est parfois impossible, ou alors avec des jours de livraison incompatibles avec le calendrier de campagne). Cet azote s'évapore et les pertes sont importantes (autonomie des containers dépassant rarement 3 semaines). La production à bord est donc la seule façon de pouvoir assurer d'en avoir en quantité suffisante. Une première machine a été commandée sur investissement flotte pour être disponible sur l'ensemble de la flotte hauturière déployée depuis la métropole (d'ores et déjà *L'Atalante* et le *Pourquoi pas ?*), comme les hottes ou autoclaves mais une seconde pourrait équiper le Pp ? de manière permanente.

Pour information, ce type de machine, dans un local dédié, et entretenue par le bord, fait partie de l'équipement de base de tous les grands navires de la flotte allemande.

A noter par ailleurs que lorsque les scientifiques amènent ce type de machine, le bord demande fréquemment à pouvoir l'utiliser pour refroidir à très basse température des pièces mécaniques. Nous demandons donc un local ventilé et une machine de production à poste.

PC scientifique et salle de traitement

Ces deux locaux sont multi-usages et leur utilisation est contrastée selon les campagnes.

Tout en gardant un espace dédié à l'acquisition de la donnée et aux opérateurs de quart, il faudrait avoir un **PC science** plus aéré avec plus de postes de travail libres d'accès et équipés des logiciels gratuits et à jour. Mettre des écrans à disposition pour y brancher les portables, mettre des sièges adaptés (réglables et sans roulettes). Ajouter des casiers de rangement en hauteur.

Il conviendrait donc dans la mesure du possible déplacer les baies informatiques (sous climatisation et isolation phonique) pour libérer de l'espace comme sur *L'Atalante* et le MD. Avoir une grande table a carte, des écrans S-DIV (de façon générale à mettre dans tous les locaux scientifiques), un tableau numérique interactif ou un rétroprojecteur pour les débriefings journaliers qui ne se font pas en salle de conférence.

Attention à garder une pièce dédiée au '*suivi de quart engin'*, à part pour pouvoir préserver le calme lors de campagnes engins ROV, Nautile ou AUV.

Est –il possible d'augmenter le nombre de sabords pour avoir plus de lumière naturelle ?

La **salle de traitement** doit être conservée et présenter à minima une zone dépouillement des plongées avec 2 postes dédiés et à jour (c'est un minimum), et une zone ouverte avec table à carte. Lors des missions avec des opérations en quart, les personnels ne travaillent pas dans leur cabine (cabines à 2 avec souvent rotation de sommeil pour les quarts) et lors des missions Shom, ce sont 5 à 7 opérateurs qui y travaillent en permanence sur des ordinateurs à double écrans.
Cette salle est donc très utilisée, et des réunions informelles de plongées ou préparation de travaux avec les gens des laboratoires et opérateurs engins y ont aussi lieu. Il faut donc rester au pont principal (aller-retours en zones de labo/hangar).

Salle de réunion/amphi sert pour les conférences missions, suivi des plongées chaque jour et donc très utilisée et n'est pas trop grande non plus. Cette salle de réunion sert aussi à de nombreuses réunions bord (sécurité etc…).

Transfert de données et télé-présence

Cette capacité est très limitée actuellement avec les débits internet, tant pour les **échanges de données** navire-terre-navire (ex : jeux de données bathy, vidéo…), que pour faire de la **télé-présence** type université, scolaire, grand public…
Les débits nécessaires à ces communications satellites pourront également intéresser les équipes spécialisées restées à terre, notamment pour les engins sous-marins, dans le cadre de la **télémaintenance** et de la **télé-opération** des systèmes. C'est une piste pour optimiser les déploiements et les temps de présence à bord.

NSE précise que même si l'investissement lié à l'approvisionnement et à l'installation de ce système de communication peut être absorbé au titre de la rénovation à mi vie du Pp ?, son utilisation par les utilisateurs de la FOF aura un coût à définir par campagne (abonnement)… Une solution sera proposée et la mise à niveau sera faite.

Courant à bord

Besoin de courant 'neutre' pour pouvoir installer de nouveaux instruments qui sont aux normes actuelles. C'est le cas pour les nouveaux containers laboratoires. Ceci est un besoin absolu.

D. Utilisation de drones

L'évolution des moyens de recherche implique la multiplication des drones, qu'ils soient aériens, de surface (USV) ou sous-marins (AUV).

Il convient donc de disposer de la capacité d'intégrer sur la plage arrière les systèmes de mise à l'eau et de récupération des USV et AUV. Les **maillages de fontaines** disponibles sur le pont de la plage arrière doivent donc rester disponibles et opérationnels.

Des scénarios de campagne pourraient impliquer le déploiement simultané de certains de ces engins. Par exemple, le navire doit actuellement rester à proximité de l'AUV pour garantir son positionnement précis. A l'avenir un ou plusieurs USV pourraient remplir ce rôle, libérant ainsi le navire pour effectuer d'autres opérations à distance des zones de plongée (type survey, bathysonde, dragues, suivi engin câblé ou non…).

Dans le cadre de ses missions à venir, le Shom devrait acquérir des drones, notamment sous-marins. Outre les systèmes de mise à l'eau et de récupération qui devront être adaptés à la plage arrière, il convient de disposer d'un **puits traversant indexé** permettant la répétition de l'installation du système de positionnement sous-marin.

Pour le pilotage des drones de surface, une installation ponctuelle du système de communication dans le nid de pie est suffisante. Il convient dans ce cas de maintenir accessibles et opérationnels les passages de câbles de type Roxtec entre la passerelle supérieure et la passerelle.

Concernant les drones aériens, il convient de définir une **zone d'atterrissage** de ces systèmes, notamment pour les drones à voilure tournante.

II. Scénarios de campagne

Des scénarios de campagne ont été assemblés pour les différentes disciplines afin d'expliciter et d'anticiper les besoins et les possibles conflits lors de la mise en œuvre d'instruments et d'engins. Ces scénarii font ressortir au moins deux points qu'il conviendra d'étudier précisément :

- L'utilisation forte de la poutre latérale en coursive hydro arrière (zone calme pour Bathysonde, carottier multitube et ROV sur plusieurs jours) et la demande de carottage profond
- Le besoin d'**AUV réellement autonomes**, suivi en surface par des USV afin de libérer le navire pour d'autres tâches parallèles, surtout avec l'entrée en flotte d'Uly'X qui pourra rester de longues heures sous l'eau (48h d'autonomie).

1. Scenarii de campagne Shom

A. Levés hydrographiques côtiers, plateau continental, talus

Sciences : Bathymétrie, sédimentologie, hydrographie

Zone de déploiement : toutes zones d'intérêt de la Marine et de l'Etat. Maintien des capacités actuelles, incluant les zones polaires.

Type de travaux :

Levés bathymétriques SMF + imagerie SMF + sonar latéral remorqué +magnétomètre remorqué + sondeur de sédiment de coque.

Mise en œuvre simultanée vedette hydrographique (même capteurs).

Gamme de profondeur : 3 m à 100 m pour la vedette. 10 m à 1000 m pour le navire."

Matériels, instruments et capteurs mis en œuvre :

Sondeurs multifaisceaux, sonars latéraux remorqués, magnétomètres remorqués, sondeurs de sédiment de coque, mouillages d'instruments scientifiques.

Bossoir vedette. Tangon pour mise à l'eau vedette. Portique pour mise à l'eau / relevage et remorquage engins.

Mesure du profil de célérité en route. Mesure de la célérité de coque.

Systèmes de prélèvement de sédiment de surface. Mesure du profil de célérité en station

Contraintes particulières *:* Capacité de stockage carburant vedette et pompe à gasoil pour faire les pleins.

Besoins en locaux : PC scientifique. Salle de traitement.

Chambres froides pour stockage échantillons sédiment.

Besoins en matériels informatiques et de télécommunication :

Supervision de l'acquisition temps réel au PC scientifique (tous capteurs). Moyens informatiques de planification des travaux (routes / profils / stations). Interface immédiat avec ECDIS passerelle.

Machines de traitement en salle de traitement. Connexion réseau directe avec PC scientifique tout en conservant 2 réseaux séparés : Acquisition et Traitement.

Moyens de calcul lourd pour travaux gourmands en ressource, en temps masqué.

Serveurs de sauvegarde des données permettant leur stockage redondé, avec capacité à héberger jusqu'à 6 mois d'acquisition navire + vedette.

Moyens de télécommunications : maintien de la capacité existante : accès à internet depuis la mer.

Besoins et capacités divers à prendre en compte :

La mise en œuvre de l'ensemble des équipements et systèmes, de l'acquisition au traitement, doit être immédiate pour les équipes embarquées du Shom, afin de ne

nécessiter aucun effort coûteux de formation, ni ralentir traitement et mise en œuvre des systèmes. Ainsi, l'interopérabilité avec les systèmes en service au Shom doit être complète : pas de surcouche entre systèmes d'acquisition et chaînes de traitement Shom, interopérabilité des systèmes d'acquisition, pas de surcouche logicielle d'acquisition.
Par ailleurs, les performances et fonctionnalités des systèmes (SMF en particulier) doivent être à minima identiques à celles déployées sur le *Beautemps-Beaupré* et sur *L'Atalante* qui sont les deux derniers navires refondus et devant servir de benchmark.
La confidentialité et la protection des données doit pouvoir être assurée, tant sur le réseau Acquisition que sur le réseau Traitement.
La disponibilité opérationnelle des équipements critiques (SMF en particulier) doit être assurée quelle que soit la mission et le type d'avarie rencontrée, avec capacité d'intervention de l'industriel 7j/7 avec préavis bref (typiquement moins de 48 heures) et soutien à distance de type hotline 7j/7."

B. Levés hydrographiques et géophysiques grands fonds

Sciences : Bathymétrie, sédimentologie, hydrographie, géophysique
Zone de déploiement : toutes zones d'intérêt de la Marine et de l'Etat. Maintien des capacités actuelles, incluant les zones polaires.
Type de travaux : levés bathymétriques SMF + imagerie SMF + gravimètre marin embarqué + magnétomètre remorqué + sondeur de sédiment de coque.
Gamme de profondeur : 100 m à 10 000 m.

Matériels, instruments et capteurs mis en œuvre : Sondeurs multifaisceaux, gravimètre marin, magnétomètres remorqués, sondeurs de sédiment de coque, mouillages d'instruments scientifiques.
Portique pour mise à l'eau / relevage et remorquage engins.
Mesure du profil de célérité en route. Mesure de la célérité de coque. Mesure du profil de célérité en station.
Besoins en locaux : PC scientifique. Salle de traitement.
Besoins en matériels informatiques et de télécommunication :
Supervision de l'acquisition temps réel au PC scientifique (tous capteurs). Moyens informatiques de planification des travaux (routes / profils / stations). Interface immédiat avec ECDIS passerelle.
Machines de traitement en salle de traitement. Connexion réseau directe avec PC scientifique. Moyens de calcul lourd pour travaux gourmands en ressource, en temps masqué.
Serveurs de sauvegarde des données permettant leur stockage redondé, avec capacité à héberger jusqu'à 6 mois d'acquisition.
Moyens de télécommunications : maintien de la capacité existante : accès à internet depuis la mer.
Besoins et capacités divers à prendre en compte :
La mise en œuvre de l'ensemble des équipements et systèmes, de l'acquisition au traitement, doit être immédiate pour les équipes embarquées du Shom, afin de ne nécessiter aucun effort coûteux de formation, ni ralentir traitement et mise en œuvre des systèmes. Ainsi, l'interopérabilité avec les systèmes en service au Shom doit être complète : pas de surcouche entre systèmes d'acquisition et chaînes de traitement Shom, interopérabilité des systèmes d'acquisition, pas de surcouche logicielle d'acquisition.

Par ailleurs, les performances et fonctionnalités des systèmes (SMF en particulier) doivent être a minima identiques à celles déployées sur le Beautemps-Beaupré et sur l'Atalante qui sont les deux derniers navires refondus et devant servir de benchmark.
La confidentialité des données doit pouvoir être assurée.
La disponibilité opérationnelle des équipements critiques (SMF et gravimètre en particulier) doit être assurée quelle que soit la mission et le type d'avarie rencontrée, avec capacité d'intervention de l'industriel 7j/7 avec préavis bref (typiquement moins de 48 heures) et soutien à distance de type hotline 7j/7.
Le risque de rupture capacitaire sur le gravimètre marin doit être maîtrisé et minimisé.

C. Levés hydrographiques et géophysiques grands fonds par AUV

Sciences : Bathymétrie, sédimentologie, hydrographie, géophysique
Nota : Ce scénario complète le cas échéant l'un des deux scénarios d'hydrographie.
Zone de déploiement : toutes zones d'intérêt de la Marine et de l'Etat. Maintien des capacités actuelles, incluant les zones polaires.
Type de travaux : levés bathymétriques SMF + imagerie SMF + sonar imageur + sondeur de sédiment, tous capteurs embarqués sur AUV.
Gamme de profondeur : 10 m à 6 000 m.
Matériels, instruments et capteurs mis en œuvre :

Sur AUV : sondeurs multifaisceaux, sondeurs de sédiment de coque, sonar imageur, magnétomètre.
Depuis le navire, en plus de ce qui est nécessaire pour les scénarios d'hydrographie : positionnement de l'AUV par système acoustique, communication avec l'AUV, mouillages d'instruments scientifiques. Moyens spécifiques de mise à l'eau / relevage.
Local de maintenance et reconditionnement de l'AUV, sachant qu'un AUV 6000m fait 90cm de diamètre, 7m de long et 2,2T. Capacité de déplacement de l'AUV depuis son système de récupération vers ce local.

Contraintes particulières : Batteries : stockage et rechargement.
Besoins en locaux : PC scientifique. Salle de traitement.

Surface de pont permettant d'accueillir l'AUV et son système de mise à l'eau et de relevage. Non défini précisément à ce stade, une surface équivalente à un conteneur 40 pieds, dans l'axe du navire et s'achevant à l'aplomb de la plage arrière est a minima nécessaire. Si possible moyens de levage autonomes du navire pour mobilisation / démobilisation du système AUV.
Interface mécanique entre système AUV et pont de type standard twist lock.
Interface mécanique d'intégration du système USBL dans le puits traversant adéquat.

Besoins en matériels informatiques et de télécommunication :

En plus des moyens nécessaires aux scénarios d'hydrographie : Supervision de la navigation (sous-marine et de surface) de l'AUV et de son acquisition (communication sous-marine) en temps réel depuis le PC scientifique (tous capteurs embarqués sur AUV).
Moyens informatiques de planification des travaux (routes / profils / stations). Interface immédiat avec ECDIS passerelle.
Interface entre PC scientifique et moyens acoustiques de pilotage, contrôle, communication avec l'AUV.
Serveurs de sauvegarde des données permettant leur stockage redondé, avec capacité à héberger jusqu'à 6 mois d'acquisition.

Connexion réseau haut-débits vers la plage-arrière pour la récupération rapide des données.
Le système AUV déployable sera celui qui sera défini pour la future capacité hydro-océanographique dans le cadre du programme CHOF. Ce système est encore inconnu, mais son intégrabilité sera basée sur des systèmes standard : la refonte du Pp? doit s'assurer de disposer de la capacité d'accueil (place sur le pont, puits d'installation des systèmes de communication, alimentation en énergie et fluides sur le pont, passages de câbles pont / PC scientifique).
La confidentialité des données doit pouvoir être assurée.

D. Campagnes carottages

Sciences : Sédimentologie

Zone de déploiement : toutes zones d'intérêt de la Marine et de l'Etat. Maintien des capacités actuelles de la FOF en prévision du retrait du service actif Marion Dufresne 2.

Type de travaux : carottages longs.

Réalisation de carottes de longueur supérieure à 45 m.
Mise en œuvre de carottiers longs, voire du MEBO.
Tous carottiers : Kullenberg, CASQ, Calypso, MEBO…

Contraintes particulières :

Les carottiers longs vont nécessiter une modification du treuil, une capacité d'arrachement plus importante et un déplacement du portique latéral de carottage (vers l'arrière) pour remonter la carotte sur la coursive.
Conserver la capacité à réaliser des carottages tout en étant en configuration sismique lourde.

E. Disciplines ayant de nouveaux besoins

Océanographie physique et Acoustique sous-marine

Zone de déploiement : Méditerranée, Indien, Atlantique dont mers nordiques (possibilité d'amélioration de la navigation en zone légèrement englacée ?)

Matériels, instruments et capteurs mis en œuvre :

a) ADCP embarqués : intérêt pour un 75 kHz en complément du 38 kHz et du 150 kHz, intérêt d'un ADCP complémentaire de haute fréquence (500 kHz sous réserve de confirmation de l'intérêt lors de la campagne 2020.) Mise à niveau des logiciels d'exploitation.
b) Gliders : réflexion à mener sur ce qui pourrait faciliter/accélérer les mises à l'eau et récupération (plateformes plus basses sur l'eau que le pont arrière ayant un franc bord très haut, rampes de mise à l'eau et de relevage, cage/filet de récupération…)
c) MVP avec une utilisation facilitée. Robustification du container, intégration du contenu du container au porteur ?

Contrainte : navigation polaire

Besoins en matériels informatiques et de télécommunication : Capacité de récupération/enregistrement des trames AIS

Bathymétrie

a) Remplacer les SMF Reson par des SMF éprouvés et soutenus par le fabricant (par exemple EM124 et EM712 de Kongsberg Maritime)

b) Installer à poste fixe (électronique de contrôle rackée au PC scientifique) un MVP300 pour faire des économies de sondes perdables Sippican

Géophysique

Installation d'un capteur permanent en campagne GEOPHY, de type gradiomètre magnétique vectoriel marinisé, en mâture

Contrainte : A installer en mature, au plus loin des masses métalliques.

Besoins en matériels informatiques et de télécommunication : Interfacé avec TECHSAS Passages de câbles à maintenir (Roxtec) entre PC science et mâture.

2. Scénarii de campagnes Bio/Géosciences Océan profond

Les campagnes dédiées à l'étude de l'Océan profond et fond de mer sont en général très pluridisciplinaires et adaptées au navire *Pourquoi pas ?* en utilisant toutes ses capacités H24 et multi engins/outils. Nous avons, pour simplifier le propos, détaillé en quatre grandes opérations ce type d'approche : exploration générale ; exploration régionale, les chantiers et le transit valorisé.

Les campagnes peuvent être alors soit d'un type, transit valorisé simple ou exploration générale sans sous-marin par exemple, ou multiples avec des phases d'exploration générale de surface, d'exploration régionale de recherche de site sur cible mise en évidence par Bathysonde/SMF/colonne d'eau/géophysique et chantier avec travaux sur le site découvert ou sur site connu dans la zone.

Pour finir nous détaillons une campagne type telles qu'elles se construisent aujourd'hui basées sur 45 jours de mer et avec les disciplines de cartographie, géosciences, biologie à bord.

A. Exploration générale

Ces campagnes ont pour but de couvrir une grande zone (100ne de kilomètres) afin d'y identifier des points remarquables d'études, telles des sources hydrothermales, des monts sous-marins, d'imager les structures profondes …. Cette première approche comprend :

Acquisition navire :

Exploration avec multi engins (cf infra) : SMF coque pour la bathymétrie générale, Sondeur de sédiment, Acoustique colonne d'eau, Sonar Grand Fond, gravimètre, magnétomètre,

Campagne dédiée sismique: Acquisition navire et Sismique rapide, HR et/ou SMT/grand angle sans autre engin (éventuellement carottage, et OBS).

Plage arrière et coursive hydro

Cas Sismique : Déploiement d'OBS, carottier (rare)

Cas multi engins (couplage exploration et prélèvements, pas de sismique)

MVP 300

Bathysondes devant laboratoire hydro

Carottes multitubes, USNEL et Calypso, voire Penfeld allant du carottage simple au carottage long (+60m)

Dragages (roches et traineau benthique sur sédiment pour la faune)

En journée, possibilité d'exploration avec engin autonome Nautile plage arrière avec zodiac arrière coursive (Le ROV câblé est moins recommandé ici car moins de possibilités en plongées longues tout en menant les autres travaux de surface sur de grandes distances avec déplacements du navire chaque jour).

Nouveaux outils :

Carottier autonome benthique.

Couplage AUV Gd fond en autonomie et suivi par un USV de surface afin de mener les travaux de bord pendant acquisition AUV.

Déploiement mouillages autonomes via plage arrière (Flotteurs, piège à particule ou sédiment, BUC, ou courantomètre….). Hauteur 500m.

Pompe à larve autonome sur câble ou sur AUV (Gd fond) ;

Système prise de vue sur le fond, reconnaissance (IA) via AUV grand fond ou système tracté.

B. Exploration Régionale et travail sur le fond

Dans le cadre de ces études nous sommes en zone plus réduite (10nes de kilomètres), avec une définition des cibles suite à une première campagne de type exploration générale. Ces études sont plus en statique et sur DP pour presque toutes les manipulations.

Acquisition navire :

SMF coque pour la bathymétrie générale, Sondeur de sédiment, Acoustique colonne d'eau, Sonar Grand Fond pour affiner les premières données. Se fait entre les travaux de surface, donc quelques heures/jour.

Plage arrière et coursive hydro et portique latéral

Bathysondes devant le laboratoire hydro (1/j environ) et bathysonde propre (treuil propre) arrière coursive hydro (zone calme navire) avec carottier multitube.

Carottes multitubes / Calypso, USNEL voire Penfeld selon campagnes allant du carottage simple au carottage long (+60m ?)

Dragages (roches et traineau benthique sur sédiment pour la faune) en plage arrière.

Chalutage

Zodiac

Plongées AUV profond la nuit si possible autonome avec USV permettant de faire dragues et carottage en même temps.

Plongée submersible journalière de reconnaissance/identification des cibles identifiées par SMF coque-sonar / bathymétrie de fond AUV, avec engin autonome Nautile ou le ROV câblé.

Prélèvements eau, animaux, roches, sédiments, photo / vidéo et observation couplés aux mesures *in situ*. Emport lourd nécessaire.

Déploiement ascenseur plage arrière ou coursive arrière.

Nouveaux outils :

MVP 300 (si arrêt des tirs Sippican)

Carottier autonome benthique.

Couplage AUV Gd fond en autonomie et suivi par un USV de surface afin de mener les travaux de bord pendant acquisition AUV.

Déploiement et récupération de mouillages autonomes long terme (1 à 2 ans) (Flotteurs, piège à particule ou sédiment, BUC, ou courantomètre…). Hauteur 500m et petits mouillages à la journée ou pour 2 ou 3j.

Pompe à larve autonome sur AUV (Gd fond) ;

Système prise de vue sur le fond, reconnaissance (IA) via AUV grand fond ou système tracté.

C. Travaux en mode chantier

Ces travaux sont sur une zone bien précise sur quelques km^2, un site ou des sites proches au cours d'une même campagne. Les sites sont identifiés et les travaux portent sur la caractérisation fine de la zone, habitats, diversité, géologie, géochimie…
On considère ici que la bathymétrie et cartographie sont acquises au cours des campagnes d'exploration explicitées ci-dessus. Ces sites sont les zones privilégiées pour la mise en place d'observatoire de fond de mer déployés pour plusieurs années.

Acquisition navire :

Sondeur de sédiment préalable au carottage avec SMF

Plage arrière et coursive hydro :

MVP 300 (si arrêt de tirs Sippican)

Carottage profond ou classique, multitubes, USNEL, Penfeld, Calypso…. Coursive hydro ou plage arrière.

Bathysondes et bathysonde propre en coursive

Dragues et traineau épibenthique/chalutage plage arrière

Ascenseur (1 à 2 par jour) coursive ou plage arrière

Déploiement de mouillages en plage arrière

Zodiac coursive

AUV autonome avec pompe à larve et mesure *in situ* en continu avec géoréférencement et photo. Idéalement suivi par USV pour autonomie.

Plongées avec engin sous-marin ROV sur de longues durées ou Nautile sur la journée avec outils de mesures et de prélèvement. Travaux de caractérisation des écosystèmes, des substrats, fluides…. Prélèvements, vidéo/observation et mesures *in situ*. Travaux avec Ascenseur (plage arrière ou coursive).

Déploiement et récupération d'observatoire de fond de mer avec manipulation double câble (*ie* deux treuils): câble pour remonter la station sans laisser sur le fond des lests par largage acoustique et câble du ROV qui vient accrocher la station.

Le travail en double câble sera aussi à envisager lors de nettoyage de zones (recommandation internationales de ne rien laisser au fond) avec ascenseur câblé/ ROV.

D. Transit Valorisé

Les transits valorisés sont entendus comme une valorisation d'un passage sur une zone précise du bateau entre deux ports d'escale, par exemple en transatlantique, transpacifique, réduisant ainsi le coût d'une opération courte parfois localisée à 5 jours des côtes. Au cours de ces transits valorisés, des acquisitions de bathymétrie coque peuvent avoir lieu à vitesse réduite, mais aussi des levés avec le sondeur de sédiments, sondeur de colonne d'eau pour recherche une anomalie. Quelques bathysondes peuvent alors être déployées et/ou carottier multitube. Un relevage de mouillage long terme (1 an) peut aussi bénéficier de ce type de transit.

Acquisition navire :

SMF, ADCP, Chirp, Gravi, Mag, CTD, MVP 300 (si pas de tir Sippican)

Plage arrière et coursive hydro :

Carottier multitubes
Relevage de mouillage
Mesures Atmosphériques ? Prélèvement d'eau ?

E. Chantier et exploration locale voire régionale, Etude simultanée multi échelles Géobiologie profond

Campagnes à la fois en exploration régionale sur des transits de 1 à 2 jour(s) inter sites et sur chantier sur cibles. Tous laboratoires occupés avec containers laboratoires et container radio-isotope en plus. PC science en suivit acquisition et suivi engins. Salle de traitement en dépouillement de plongées et travaux informatique, réunions de finalisation de plongée. Salle de réunion de l'équipe science, engin et bord chaque jour pour debrief plongée, travaux de nuit et préparation de la suite. Présentations scientifiques des travaux et résultats chaque jour sous forme de séminaire.

Acquisition navire : acquisition entre les sites connus de travail afin de compléter les connaissances des zones périphériques, et pendant les transits port-zone avec carottage possible.

Tous sondeurs (SMF, colonne d'eau, sédiments)

Plage arrière et coursive hydro :

Plongées AUV (bathymétrie, photo, mesures en continu et géo référencées) et sous-marin avec vidéo, mesures / prélèvements en simultané sur engin avec ascenseurs jusque 2/j
MVP 300 remplace tirs Sippican
Carottages multitube, Calypso, USNEL…
Bathysondes propre et/ou classique, chaque jour en alternance avec drague/carottage et en remplacement de plongée si mauvais temps.
Dragues et chalutage/traineau épibenthique
Déploiement des grands mouillages pièges (500m), laissés 1 à 2 ans plage arrière
Coursive hydro pour scie à roche, tri de la faune, carottage, bathysonde, ascenseur, zodiac ; déploiement ROV (poutre latérale),
Plage arrière mise à l'eau et récupération engins, dragues, mouillages, carottiers.
Tous les laboratoires utilisés et containers laboratoires sur le pont.
Déploiement et récupération d'observatoire/Station de fond de mer avec manipulation double câble afin de remonter la station sans laisser sur le fond des lests par largage acoustique.et ROV en même temps.
Travaux H24 en enchaînant les disciplines et travaux sur le pont ; mises à l'eau et récupérations, laboratoires en continu avec maintien animaux vivants en stabulation et aquariums sous pression ; acquisitions au PC science et suivi engin ; dépouillement et traitement des plongées en salle de traitement.
Travaux utilisant de nombreux de produits chimiques, gaz, radioéléments….
Le travail en double câble sera aussi à envisager lors de nettoyage de zones (recommandation internationales de ne rien laisser au fond) avec ascenseur câblé et ROV, action en fin de campagne

Travaux avec la terre :

Transfert de données (bathymétrie, profils…), vidéo, interaction avec écoles, universités…Téléprésence.

3. Scénarii de campagnes Physique/biogéochimie

Les campagnes dédiées à l'étude de la colonne d'eau (de la surface au fond), incluant aussi les interfaces avec les sédiments et l'atmosphère, peuvent être mono ou pluridisciplinaires. Le *Pourquoi pas ?* est bien adapté à ce type de campagne pour ses capacités H24, ses outils et ses capacités d'accueil (notamment vu le grand nombre de container labo et stockage que ces campagnes impliquent). Par soucis de simplification et de clarté, nous proposons trois grands types de campagnes : campagnes basées sur de longs transects (type GOSHIP/GEOTRACES par exemple) ou des études de processus; étude de des cycles biogéochimiques dans la colonne d'eau et aux interfaces et transit valorisé.
Les campagnes peuvent être une combinaison de ces trois grands types.
Pour finir nous détaillons des campagnes type telles qu'elles se construisent aujourd'hui basées sur 30 ou 45 jours de mer et avec les disciplines de physique, chimie, géochimie, biologie, et mesures atmosphériques à bord.

A. Campagnes de type GOSHIP/GEOTRACES ou études de processus

Ces campagnes correspondent à de long transects océaniques centrés sur la réalisation de station hydrographiques espacés ~dizaines de miles nautiques ou des sections plus courtes dans une zone d'étude données. Suivant le nombre de paramètres mesurées, ces campagnes peuvent nécessiter un investissement du navire important en terme d'espace (containers laboratoires notamment, et d'embarquants).

<u>Acquisition navire</u> :

Sondeur, ADCP de coque (38 et 150kHz), SMF coque pour la bathymétrie dans certains cas

<u>Plage arrière et coursive hydro et portique latéral</u>

Bathysondes devant le laboratoire hydro (4-5/j), parfois couplées à des bathysondes propres (treuil propre)

Mises à l'eau d'instruments autonomes propres aux équipes récupérables (VMP,..) ou non (Flotteurs Argo, SVP, XBT)

Déploiement et récupération de mouillages autonomes long terme (1 à 2 ans) posés sur le fond ou long de quelques centaines à plusieurs milliers de mètre et équipés de Flotteurs, piège à particule ou sédiment, BUC, ou courantomètres, capteurs T/S….

Mises à l'eau et récupération de drones de surface, sous-marin (eg glider) ou aériens

Zodiac

<u>Plage avant</u>

Mesures atmosphériques

<u>Nouveaux outils :</u>

MVP 300 (si arrêt des tirs Sippican)

B. Campagnes de type études des cycles biogéochimiques (colonne d'eau, interfaces (atmosphère/océan – colonne d'eau –sédiments)

Ces campagnes sont par essence pluridisciplinaires et nécessite un investissement du navire important en terme d'espace (containers laboratoires notamment, mais bien sur embarquants), l'utilisation de plusieurs rosettes (CTD classique et propre), la mise à l'eau et la récupération de mouillage, l'utilisation d'engins tractés (MVP). .

Acquisition navire :

Sondeur, ADCP de coque (38 et 150kHz), SMF coque pour la bathymétrie/sorties de fluides dans certains cas

Plage arrière et coursive hydro et portique latéral

Bathysondes devant le laboratoire hydro (4-5/j), treuil bathy

Filets zooplancton sur treuil hydro

Bathysondes propres (sur treuil 'propre') (mise à l'eau bras tribord, treuil et container 'chimie propre' sur la plage arrière)

Pompage avec pompes à bord

Pompages avec pompes in situ

Pompage eau par puits TravOcean

Sédiments par multitube

Instruments tractés : MVP avec différents types de poisson et son treuil propre

Mises à l'eau d'instruments autonomes propres aux équipes récupérables (VMP, pièges dérivants..) ou non (Flotteurs Argo, SVP, XBT)

Mises à l'eau et récupération de drones de surface, sous-marin (eg glider) ou aériens

Déploiement et récupération de mouillages autonomes long terme (1 à 2 ans) ou court termes (le temps de la campagne) fixes ou dérivants ou long de quelques centaines à plusieurs milliers de mètre et équipés de Flotteurs, piège à particule ou sédiment, BUC, ou courantomètres, capteurs T/S….

Zodiac pour par ex la collecte d'échantillons de la microcouche

Plage avant

Mesures atmosphériques (pour le moment, on a installé le container PEGASUS dédié aux mesures atmosphériques au pont 7 à Tb mais 30 % des données non utilisables du fait de la contamination par le navire (panache bateau + cuisine notamment) : l'idéal serait de pouvoir l'installer à l'avant du navire.

Nouveaux outils :

MVP 300 (si arrêt des tirs Sippican)

C. Campagnes de type transit valorisé

Les transits valorisés sont entendus comme une valorisation d'un passage sur une zone précise du bateau entre deux ports d'escale, par exemple en transatlantique, transpacifique, réduisant ainsi le coût d'une opération courte parfois localisée à 5 jours des côtes. Un relevage de mouillage long terme (1 an) peut aussi bénéficier de ce type de transit. Des prélèvements d'eau de surface (continu ?) peuvent alimenter des capteurs installés en série, pour des mesures continues ou faites automatiquement ou discrètement à pas de temps défini, (doit-on mettre tous les capteurs que cela peut concerner, incluant ceux d'1 ferrybox ?) être demandés pour analyse à terre et calibration des sondes de la ferrybox.

Acquisition navire :

SMF, ADCP, MVP 300 (si pas de tir Sippican), Ferrybox, données météo

Plage arrière et coursive hydro :

Relevage de mouillage

Mesures Atmosphériques, Prélèvement d'eau

4. Scénarii de campagnes et évolution du carottage profond

L'objectif : Rallonger la longueur du carottage sur le Pp ? afin de répondre aux besoins de la communauté scientifique et de préserver la capacité de carottage à piston long/géant au sein de la FOF. La fin de vie du Marion Dufresne, probablement prévue en 2032, voire avant, ne permettra plus à la FOF de mettre en œuvre du carottage long supérieur à 36 m. Et nous n'avons aucune vision concernant le navire qui remplacera le MD et l'Atalante.

- Un carottier Calypso « géant » jusqu'à 60 m
- Un lest adaptable jusqu'à 10 tonnes
- Une capacité d'arrachement de 35 tonnes

Qu'est-ce que le carottage « long/géant » ?
Ici nous parlons de carottage « long » entre 30 et 50 m et de carottage « géant » au-delà de 50 m. La pénétration d'un carottier gravitaire à piston est limitée. A ce jour le record de pénétration est de 70 m. Au-delà d'une telle longueur seul le forage carotté permet d'échantillonner le sédiment, or le forage est très cher et très peu accessible. Le carottage long permet d'échantillonner la couverture sédimentaire océanique de manière rapide, moins couteuse que le forage et avec une grande facilité d'accès pour la communauté.

Importance de faire des carottages géants
- L'objectif ici est de rappeler très rapidement la nécessité scientifique de prélever du sédiment et plus spécifiquement de carotter et de préserver cette capacité de carottage à piston géant au sein de la FOF. Dans la prospective FOF 2017-2018[3], il est mis en avant la préoccupation sociétale suivante : « *décrypter à haute résolution les archives marines (sédimentaires et biologiques fossiles) pour mieux contraindre les changements climatiques et les impacts anthropiques et mieux dater les évènements catastrophiques, atmosphériques ou telluriques; améliorer la compréhension et la quantification des proxies qui permettent de reconstruire les changements océaniques passés* ». Le carottage est l'outil privilégié pour répondre à cette préoccupation car il permet de prélever sur le fond des océans une colonne de sédiment qui représente la matière première, souvent unique, pour les travaux de recherche concernant la connaissance des paléo-océans et des paléoclimats. Les échantillons collectés sont également absolument indispensables pour apporter une « vérité terrain » pour compléter les données bathymétriques et géophysiques et acquérir, par exemple, des paramètres géotechniques pour des objectifs de connaissance de la stabilité des pentes et de circulation des fluides. Si besoin tous les arguments sur ce sujet ont été développés dans de multiples documents prospectifs.

- En outre, la capacité de pénétration du Pénétromètre Penfeld a été étendue de 30 m à 50 m depuis 2015. Son utilisation dans les projets scientifiques est toujours associée au besoin de connaître la vérité terrain et à la nécessité d'acquérir des données mécaniques et lithologiques complémentaires. Il est donc indispensable de pouvoir prélever des carottes de 50 m en routine sur le Pourquoi pas ?. C'est une demande forte de la part des scientifiques étudiant les aléas géologiques.

---

[3] https://www.flotteoceanographique.fr/Nous-connaitre/Gouvernance/Conseil-scientifique/Prospective-Flotte-oceanographique-francaise.-2017-2030

Recommandations en fonction des limitations du carottage « géant »

<u>Disposer d'un lest suffisamment lourd</u> pour récupérer au moins les 50 premiers mètres en routine dans des sédiments pélagiques, généralement de faible résistance, mais aussi dans des environnements géologiques complexes avec des lithologies très variées et des résistances de sédiment plus élevées pour permettre, par exemple, une complémentarité avec le pénétromètre PENFELD. La pénétration d'un carottier gravitaire à piston est limitée par l'énergie fournie par le poids du lest. Il est important de préciser qu'un grand nombre de carottes réalisées à bord du MD2 de 20-50 m, dans des sédiments résistants ont pu être réalisées grâce au déploiement d'un lest lourd dont n'est pas équipé le carottier du Pp ?. En l'absence d'un Calypso lourd ce sédiment plus superficiel et résistant n'aurait été accessible qu'à l'aide du forage. Il est donc important de disposer d'un lest suffisamment lourd pour assurer la pénétration du carottier. Recommandation du GT carottage : **Le lest à envisager sur le Pourquoi pas ? devra être supérieur à celui du Marion Dufresne et augmenté à 10 tonnes (le lest actuel est de 6 tonnes).**

<u>La longueur du carottier</u> est conditionnée par la taille et la longueur du navire afin de pouvoir gréer, manipuler et extraire un tube et une chemise. Sur le Pp ?, il serait envisageable, sous réserve de modifications de pouvoir gréer **un tube de 60 m** et donc de conserver globalement les capacités de carottage « géant » de la FOF.

<u>Disposer d'une capacité de traction suffisante</u> : La capacité de traction pour assurer l'extraction du carottier est primordiale. C'est déjà une limite important de la capacité à faire du 36 m sur le Pp ?. Une capacité de traction de 25-30 tonnes est le minimum nécessaire pour assurer l'extraction d'un tube de 60 m. Il faut cependant prendre en compte la possibilité de sédiments très particuliers (thixotropes) ou la présence d'hydrates de gaz et de concrétions carbonatées qui peuvent augmenter de manière importante la tension d'arrachement nécessaire. En prenant en compte un coefficient de sécurité en fonction de la réglementation et le vieillissement du treuil qui aboutira à une baisse de la capacité de traction dans le temps, **une capacité de traction de 35 tonnes est donc souhaitable sur le Pourquoi Pas ? pour extraire sereinement un tube de 60 m avec un poids total de carottier de 12 tonnes sur la durée de vie du navire.**

Rq : Actuellement le « plafonnement » à 24 m des carottes faites sur le Pp ? (seulement 7% des carottes sont > 24 m) est une conséquence d'une sous-capacité de pénétration liée à un lest trop léger pour des longueurs de tube >24 m, mais également d'une trop faible capacité de traction (maximum 15T) pour l'extraction du carottier. Cette faible capacité génère une réticence à gréer des tubes longs par crainte de ne pouvoir les extraire.

Dans le document en annexe réalisé par le groupe de carottage, vous trouverez l'argumentaire détaillé conduisant à ces recommandations (cf. doc joint).

A Évolution du système de carottage (Calypso IV)

Objectifs : Améliorer la mise en œuvre (sécurité) et réduire le temps de déploiement du carottier géant.

La modernisation du Pourquoi pas ? vers du carottage long jusqu'à 60 m va nécessiter de faire évoluer le positionnement et les procédures de manipulation du carottier. Le Calypso IV se caractérise par la disparition du système de déclenchement mécanique (bras levier et poids pilote) qui est remplacé par un largueur à déclenchement acoustique (Figure).

- ***Gain de temps :*** particulièrement appréciable car les opérations de carottages géants génèrent une hausse des temps d'opérations (Fiches d'Évaluation de Fin de Campagne ex : CROTALE, ACCLIMATE 2).
- ***Simplification et sécurisation des opérations :*** la suppression du déclenchement mécanique est un progrès en termes de sécurité car il enlève, par exemple, le risque de déclenchement lors de la manipulation du carottier sur le bord du navire à la mise à l'eau et le risque de déclenchement intempestif lors d'une mer formée par exemple.
- ***Augmentation de la qualité des carottages :*** le Calypso IV donne l'information précise de hauteur de chute du carottier, jusqu'alors estimée mais inconnue précisément. C'est une donnée majeure pour le calcul par CINEMA de la déformation des couches et l'évaluation de la qualité de la carotte.

B Mesure du flux de chaleur

Objectifs : Optimiser/sécuriser le déploiement 1- du carottier Calypso en mode « flux de chaleur » et 2- d'une tige instrumentée pour la mesure des flux de chaleur en mode « pogo ».

Les carottiers servent de support à la mesure de flux de chaleur en intégrant des sondes de température le long du tube. La carotte extraite est ensuite utilisée pour déterminer la conductivité thermique du sédiment, nécessaire au calcul du flux de chaleur. Les longueurs de tube déployées ne dépassent généralement pas 10-15 m. Plusieurs points devront être pris en compte pour permettre le déploiement :

- ***Système d'accroche des sondes :*** les mises à l'eau et à bord de carottier équipé avec des capteurs thermiques sont compliquées parce que ces capteurs gênent la manipulation du tube lors du basculement de carottier et de son retour sur les supports le long de la coursive. **Il est souhaitable d'imaginer un système qui sécurise ces opérations et évite d'endommager les sondes**.

- ***Sécurisation des équipements lors de l'acquisition des données :*** la mesure du flux de chaleur nécessite de garder le carottier planté dans le sédiment pendant 10 minutes. L'opération implique de filer suffisamment de câble pour éviter toute traction pendant la station. Il n'est pas rare que le câble s'enroule autour du lest, voire du carottier, endommageant certaines sondes et rendant complexe et dangereux la mise à bord du carottier. **Il est souhaitable de prévoir un système (flottaison sur le câble ?) qui évite au câble relâché de se poser.**

- ***Système de déploiement en mode « pogo » :*** la mesure de flux de chaleur est fréquemment faite sans carottage, avec une tige instrumentée. Ce système, plus léger, est déployé en mode « pogo » c'est à dire plusieurs plantés consécutifs sans remise à bord. Il est nécessaire d'avoir

une communication acoustique avec la tige instrumentée. L'immersion de la sonde par le coté, en fonction de la météo ne permet pas toujours une bonne communication. **Il est souhaitable de pouvoir déployer ce système de la plage arrière avec des rails de guidage et de pouvoir immerger la sonde à partir d'un *moon pool*.**

C. Déploiement d'un carottier CaSq de 12 m

Objectifs : Nécessité de pouvoir déployer un carottier CaSq de 12 m, en alternance avec le carottage long Calypso.

Le carottier CaSq (Calypso Square) est un système de carottage gravitaire à section carrée de 25 centimètres (intérieur) de côté, de longueur variable de 6 à 12 mètres. Il se monte sous un porte-lest de Calypso. Il est fréquemment utilisé pour des objectifs de paléoocéanographie car sa large section interne permet des prélèvements non perturbés – notamment sans étirement – sur de grandes longueurs. Il est particulièrement apprécié pour sa grande capacité de récupération (« plusieurs carottes en une ») et offrir ainsi un volume très important de sédiment, indispensable pour des études multi-proxy dans le domaine de la paléoocéanographie et paléoclimatologie. Le SHOM a également exprimé le souhait de pouvoir déployer ce carottier pour des objectifs de mesure de célérité du son dans les sédiments.