

Schéma Directeur de la Recherche et de l'Innovation

SDRI 2021-2024



Table des matières

CONTEXTE	3
LES ENJEUX DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION	4
La défense nationale	4
L'hydrographie et la sécurité de la navigation	5
Les politiques publiques maritimes	5
• La prévention des risques	5
• La DCSMM	5
• Les énergies marines renouvelables	5
La dispersion des zones géographiques	6
LES AXES SCIENTIFIQUES	7
AXE 1 : Renforcer la structuration des activités de R&I autour d'outils performants et partagés avec la communauté scientifique	8
• Océanographie : la stratégie de modélisation	8
• Contribution aux services et aux réseaux d'observation adaptés ainsi qu'aux Infrastructures de Recherche nationaux et internationaux	9
• Contribution au développement de nouveaux systèmes innovants	10
AXE 2 : Poursuivre les efforts pour assurer la meilleure représentation holistique et multi-échelle de l'environnement	11
AXE 3 : Améliorer l'exploitation de l'information : de la connaissance des phénomènes aux produits d'aides à la décision	13
• Fusion de données	13
• Produits d'aide à la décision	15
AXE 4 : Tirer parti des techniques d'IA et de big data pour améliorer la capacité de traitement et l'adapter aux enjeux du changement climatique et de la transformation digitale	16
GLOSSAIRE	17

Le schéma directeur de la recherche et de l'innovation (SDRI) est un document d'orientation et de structuration des activités scientifique et technologique du Shom. Ce document décrit les différents enjeux auxquels le Shom est confronté pendant la période du COP et au-delà. Le contrat d'objectif et de performance du Shom pour la période 2021-2024 affiche des orientations permettant de répondre aux enjeux maritimes relevant de sa compétence qu'ils soient militaires ou civils (cf encadré ci-dessous extrait du COP).



La Recherche et l'innovation durant l'exercice 2021-2024 seront portées par une dynamique nouvelle : la création d'un laboratoire de l'innovation au sein de la direction technique de la Recherche et de l'Innovation. Il contribuera au soutien des équipes sur la transition numérique et les nouvelles technologies ainsi que sur l'exploration de nouveaux services en s'appuyant sur des techniques de l'IA et du traitement de données massives. Le Shom poursuivra l'innovation continue liée aux différents programmes d'armement ou civils avec des objectifs bien identifiés et développera une innovation de rupture dans le laboratoire dédié.

CONTEXTE

Le Shom est un des acteurs du ministère des Armées dont les activités de R&I répondent aux ambitions affichées dans le domaine de l'innovation de défense décrite dans le document de référence de l'orientation de l'innovation de défense (DROID -2020.) Son périmètre est large et regroupe les activités en environnement marin de bas TRL et des travaux plus opérationnels.

«L'innovation de défense couvre ainsi l'ensemble des activités du ministère et intègre aussi bien les fonctions opérationnelles et organiques que les fonctions d'administration générale et de soutien.»

«Le retour de la compétition stratégique navale, dans les approches comme dans les zones d'intérêt françaises, impose de rester proactif dans l'évolution de nos capacités. »

«La France entend à ce titre, notamment au travers de son implication dans le FEDef et Horizon Europe, participer au développement d'une industrie européenne cohérente, innovante et compétitive, dans laquelle les pôles d'excellence français seront valorisés.»

«La forme prioritaire de la valorisation est le déploiement et le passage à l'échelle des innovations pertinentes, et donc leur utilisation opérationnelle par les états-majors, directions et services du ministère» - Extrait du DROID (2020)

L'ambition du Shom est de répondre au plus près aux enjeux du ministère des Armées et aux besoins des politiques publiques maritimes en favorisant la créativité par l'innovation et la recherche :

- améliorer la connaissance et la modélisation océaniques dans des zones stratégiques ;
- mener une recherche de qualité en associant les partenaires académiques et industriels ;
- préparer l'avenir en développant les activités liées à la transition numérique et écologique.

C'est pourquoi les axes stratégiques du SDRI balayent des aspects liés à l'acquisition de la connaissance (idées nouvelles, études universitaires, ANRs, Thèses etc..) et à des aspects de prototypage pour aller vers des produits opérationnels.

AXES DROID	ACTIONS R&I Shom
Détecter, Capter	Laboratoire d'innovation -Innovation participative, lien avec les acteurs du Minarm (cluster d'innovation Orion, Gimnote..), lien avec pôles de compétitivité
Susciter, programmer	Futures capacités du domaine naval (CHOF, Geode4d) Technologies émergentes et de rupture (IA, Big data, quantiques..)
Accélérer, passer à l'échelle	Décloisonner les projets, impliquer les innovateurs internes, culture de l'innovation, agilité, ...
Partager	Dualité des projets, partenariats avec la recherche académique, expérimentation à développer, montée en puissance de l'IA, lien avec les écoles du Minarm, développement à l'Europe (FED, Horizon Europe..)
Evaluer, Valoriser	Prototype, Publications, participation aux conférences internationales et nationales du domaine.
Nourrir	Transversalité – communication à l'intérieur du Shom (innovation participative), ateliers de réflexion, intelligence collective , vers une innovation managériale.

Les grands thèmes du DROID mis en relation avec les orientations de la recherche et de l'innovation du Shom.

LES ENJEUX DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION

La défense nationale

L'enjeu militaire est de se doter de moyens capacitaires pour répondre aux besoins des différents domaines de lutte : dissuasion, guerre des mines, lutte amphibie et lutte anti-sous-marine. Il est à noter que le nouveau concept de guerre sous-marine ou « seabed warfare » induit aussi le besoin de nouvelles connaissances environnementales de l'océan profond. La réponse à cet ensemble de besoin se traduit par le développement de capacités technologiques d'acquisition de mesures, d'établissement de modèles validés, de création de modèles de prévisions et d'assimilation de données océanographiques ainsi que de produits d'aide à la décision. Le Shom soutient les programmes d'armement nécessitant la connaissance de l'environnement marin et sous-marin et en particulier la dissuasion, et est plus directement impliqué dans deux programmes :

- le programme GEODE 4D destiné à mettre à disposition des forces armées des informations sur l'environnement géophysique (géographie, hydrographie, océanographie et météorologie), partagées de manière cohérente entre les différents acteurs ;
- le programme CHOF destiné au renouvellement de la capacité hydroocéanographique (observation et traitement) avec un souci d'optimisation financière, logistique et de performance des capteurs, intégrant des technologies plus ou moins matures (Lidar, Hyperspectral, AUV,...). Le programme CHOF se compose de 3 axes qui orientent fortement les travaux de R&I: les futurs porteurs, la charge utile, le traitement de la donnée.

Le Shom, contribue au domaine environnement géophysique par une convention cadre avec la DGA complétée par des conventions d'application, sur quatre points :

- le soutien en expertise au profit du métier « environnement géophysique » ;
- l'assistance à la maîtrise d'ouvrage aux opérations et programmes d'armement ;
- la programmation et conduite des études prospectives (programme technologique de défense, études à caractère technicoopérationnel) ;
- l'évaluation et le suivi des bourses de thèses DGA, des travaux de recherche et d'innovation Défense (RAPID, ASTRID, PSPC).

L'hydrographie et la sécurité de la navigation

L'hydrographie nationale ainsi que celle des zones sous responsabilités de la France est exercée par le Shom dans le cadre des normes internationales dictées par l'OHI. La R&I est développée au profit de deux axes :

- L'acquisition de la connaissance est un des points clés de l'hydrographie et concerne de nombreuses zones océaniques (voir les cartes du catalogue Shom et le Pnh).
- Les progrès techniques réalisés en matière de normalisation pour le cadre de la S-100 et l'interrelation avec le programme de e-navigation de l'OMI ont conduit l'OHI à lancer la décennie pour la mise en œuvre de la S-100. Ce nouveau cadre offre un potentiel d'innovation important pour les communautés hydrographique, maritime et SIG dont le Shom devra se saisir afin de renouveler son offre de produits et services numériques et d'élargir sa cible de clientèle.

Les politiques publiques maritimes

Le Shom soutient les politiques maritimes mises en œuvre par l'État notamment dans le domaine de la prévention des risques et de la protection de l'environnement. La décennie 2021-2030 des sciences de l'océan pour le développement durable des Nations Unies affiche aussi des ambitions fortes dans la lutte contre les impacts du changement global.

• La prévention des risques

Le Shom contribue au programme de la DGPR concernant la prévention des risques de submersion marine, de la prévention de l'érosion du littoral en coordination avec d'autres opérateurs (BRGM, Météo-France, IGN etc..).

• La DCSMM

La directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) établit un cadre d'action européen dans le domaine de la politique pour le milieu marin et conduit chaque État membre à élaborer une stratégie en vue de l'atteinte et du maintien du bon état écologique (BEE). Transposée dans le code de l'environnement en France, elle s'applique désormais aux zones sous juridiction française : Manche - Mer du Nord, mer Celtique, golfe de Gascogne, Méditerranée occidentale. Le Shom est responsable des descripteurs numéro 7 sur les conditions hydrographiques et numéro 11 sur le bruit sous-marin. Ces projets induisent des travaux de compilation, de modélisation, et sont intégrés aux activités de recherche du Shom.

• Les énergies marines renouvelables

Dans le cadre notamment de la PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Énergie) de l'État, le Shom est engagé dans les travaux de reconnaissance environnementale dans les zones d'implantation des éoliennes en mer ainsi que les zones de raccordement des futurs parcs éoliens en mer. Par ailleurs, le Shom est membre associé de l'institut France Énergie Marine pour la transition énergétique dédié aux énergies marines renouvelables (FEM).

La dispersion des zones géographiques

La couverture géographique enjeu de l'acquisition de la connaissance est diverse selon les besoins et représente une surface considérable. Cette diversité géographique contraint les études et leur objet. Les travaux relevant de la sphère civile sont naturellement réalisés dans les zones sous juridiction française, métropolitaines et outre-mer. Les cartes marines et les ENC (cartes électroniques de navigation) sont produites dans les eaux nationales et au-delà dans les zones sous responsabilité cartographique française (côtes d'Afrique occidentale et équatoriale, Madagascar, Liban, Djibouti et Union des Comores).

Les théâtres d'action pour l'hydrographie nationale et pour la Défense, s'étendent en métropole et outre-mer français, mais aussi dans les zones d'intérêt des Armées. Dans les études menées par le Shom, les modèles océanographiques sont ainsi ciblés sur des zones prioritaires, la Manche, le golfe de Gascogne, le golfe de Guinée, la Méditerranée, le nord-ouest de l'océan Indien et l'Atlantique nord. Le grand Nord est aussi un nouvel enjeu de souveraineté et d'exploration.

A cette extension surfacique se rajoute un accroissement du besoin de connaissance dans l'océan profond (voir plus haut la notion de seabed warfare).

Cette diversité géographique et cet aspect tridimensionnel ouvre un axe majeur de travaux de R&I concernant à la fois des capteurs plus efficaces (en terme de couverture, de fréquence de passage, de profondeur d'investigation, d'automatisation..) mais aussi des traitements performants et adaptés aux grandes quantités de données (données massives et community sourcing).

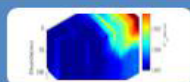


LES AXES SCIENTIFIQUES

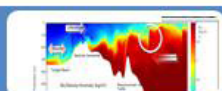
Les différents besoins exprimés se déclinent en termes d'objectifs scientifiques dans les thématiques de l'environnement maritime et dont on peut dégager des besoins transverses comme l'acquisition de la connaissance et les enjeux d'instrumentation et de mesure, d'optimisation des traitements de l'information ainsi que de la représentation de celle-ci ou l'aide à la décision. L'observation et la connaissance de l'environnement marin est un vaste sujet pluridisciplinaire et les enjeux de connaissance de l'océan se traduisent aussi par ses interactions avec l'atmosphère et les continents. Les questions scientifiques se déclinent sur des zones géographiques aux caractéristiques différentes et sur les thématiques de recherche du Shom. Le rapprochement des besoins exprimés en zones côtières et littorales que ce soit pour le développement durable des zones côtières (EMR, GIZC), pour la sécurité de la navigation (mouvement des dunes sous-marines), l'adaptation au changement climatique, la protection des espèces et habitats, la projection des forces de débarquement ou le renseignement, induit des axes de recherche, souvent duaux, dans chacune des thématiques abordées au Shom. Les méthodologies de rupture comme l'intelligence artificielle et le « big data », la notion de jumeau numérique étendu à l'océan (notamment côtier), sont aussi un objectif fort à développer au cours de ce COP pour améliorer les performances des processus de traitement et de modélisation.

Les thématiques scientifiques sont développées autour de l'hydrographie au sens large : les équipes ont développé ainsi des expertises en hydrographie-bathymétrie, géodésie-géophysique, océanographie physique, acoustique sous-marine, géologie, physique de la mesure et information géographique.

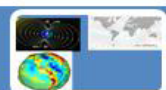
Les thématiques scientifiques majeures



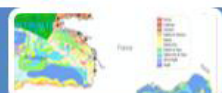
Acoustique sous-marine



Océanographie physique



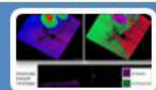
Géophysique : Gravimétrie-Magnétisme; Géodésie



Géologie



Physique de la mesure



Hydrographie - Bathymétrie



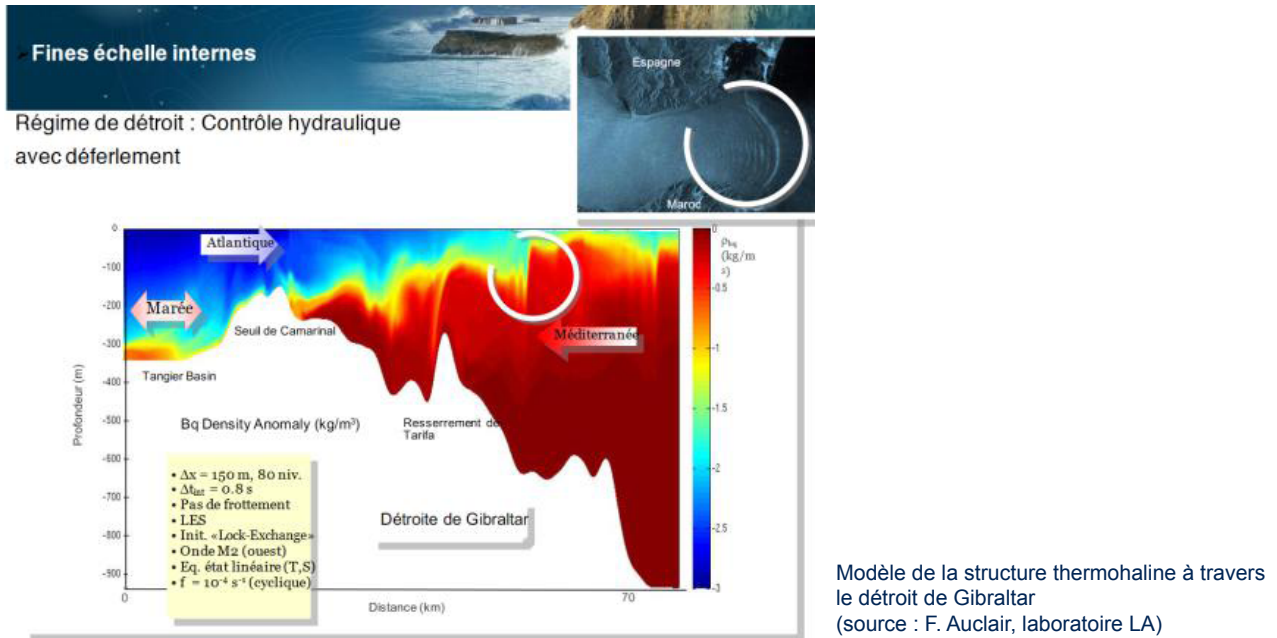
Information géographique

AXE 1 : Renforcer la structuration des activités de R&I autour d'outils performants et partagés avec la communauté scientifique

• Océanographie : la stratégie de modélisation

Pour se doter d'une capacité de prévision de l'océan hauturier au littoral, le Shom développe des maquettes régionales et s'intéresse principalement à des processus de méso-échelle. L'apport de la modélisation non-hydrostatique est étudié dans les zones littorales et de détroits. Les perspectives d'utilisation des services de prévisions d'ensemble (prévisions stochastiques) de Mercator Ocean seront analysées que ce soit pour améliorer la modélisation ou pour déterminer des niveaux d'incertitude. Le modèle HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model) désormais en phase pré-opérationnelle ne fera plus l'objet de développement innovant. Les travaux sur ce modèle concernent des briques technologiques pour l'adapter au mieux aux différentes zones océaniques d'application.

Le Shom privilégiera l'initiative CROCO (Coastal and regional Ocean COmmunity model) autour d'un modèle plus efficient en proche côtier (océanographie à fine échelle et composante d'un système couplé du régional au littoral). Le Shom continuera son effort dans le pilotage de l'animation de la communauté scientifique autour de ce modèle via le groupement de recherche (GDR) ainsi que dans le développement d'une configuration pilote de ce modèle en Méditerranée.



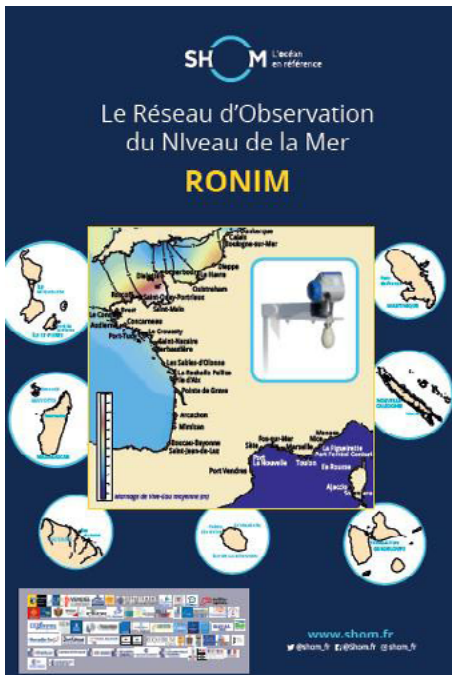
L'étude des surcotes, sera réalisée à partir d'un modèle adapté (TOLOSA) et couplé au modèle de vagues WW3 en grille non structurée. La modélisation des phénomènes de haute fréquence, motivée initialement pour la défense et pour les problématiques de submersion est de plus en plus mobilisée au profit d'autres enjeux comme ceux relatifs aux énergies marines renouvelables. Dans ce cadre, la modélisation vague à vague (ou à phase résolue, par opposition à la modélisation spectrale) sera développée et permettra de mieux comprendre l'hydrodynamique littorale et développer des paramétrisations dans les modèles d'emprise plus grande.

- Contribution aux services et aux réseaux d'observation adaptés ainsi qu'aux Infrastructures de Recherche nationaux et internationaux :

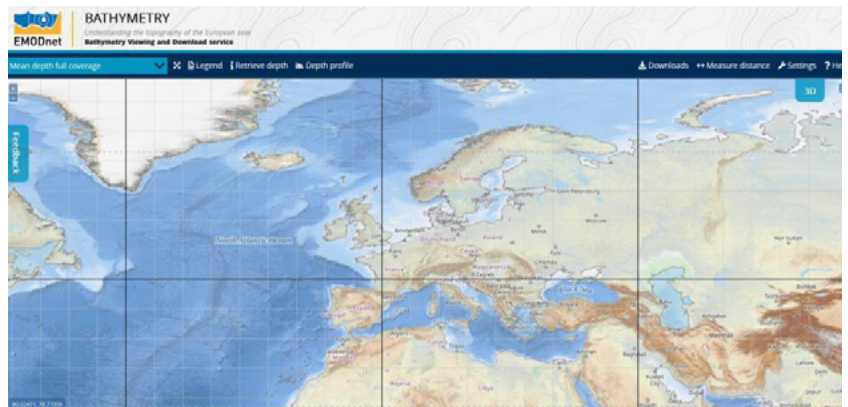
L'objectif est de poursuivre les efforts d'observation et améliorer les services en soutenant l'innovation technologique, le référencement métrologique ainsi que la mise en réseaux et les infrastructures de recherche nationales et internationales:

Le Shom est membre du TGIR Euro-Argo déclinaison française de l'ESFRI du même nom, de l'IR ILICO (pour le SNO Sonel auquel appartient le réseau des marégraphes du Shom RONIM), de l'IR DATATERA avec plus particulièrement les pôle de données Odatis et Form@Ter. Il est Impliqué dans Coriolis, et dans sa transformation et son intégration future au niveau européen. (centre de données OHIS et French goos.

Le Shom est aussi membre de Eurogoos (Global Ocean Observation Services), du consortium européen EMODNET (European Marine Observation and Data Network). Il contribue aussi activement à l'animation des groupes d'experts de l'Organisation Hydrographique Internationale ainsi que de la Commission Océanographique Internationale (COI). Dans le cadre des initiatives liées à la GEBCO et à la décennie des sciences de l'océan des nations unies les experts du Shom contribuent aussi à l'initiative SEABED2030.



(©refmar.shom.fr)



(©EMODnet Bathymetry Consortium (2018))

- Contribution au développement de nouveaux systèmes innovants :

Le Shom contribue à la conception et au développement de nombreux systèmes d'acquisition : développement de systèmes d'acquisition spécifiques comme les capteurs de salinité – densité NOSS et autres systèmes permettant d'approcher la notion de salinité absolue ; système déployable d'hydrographie militaire (SDHM) ;

- Contribution aux études et aux développements de capteurs quantiques de nouvelles générations dans le domaine de la géodésie et de la gravimétrie ;
- Soutien au développement et à l'industrialisation de la gravimétrie marine par atomes froids : expérimentation maritime et aéroportée ;
- Soutien au développement de la géodésie chronométrique (horloge atomique, réseau temps/fréquence)
- Contribution aux études concernant l'exploitation de la fibre optique sous-marine pour la détection des ondes acoustique et sismique, turbidité ;
- Expérimentation et intégration de porteurs autonomes et intelligents surfacique et sous-marins (AUV, USV, Gliders..) dans le cadre du programme CHOF.



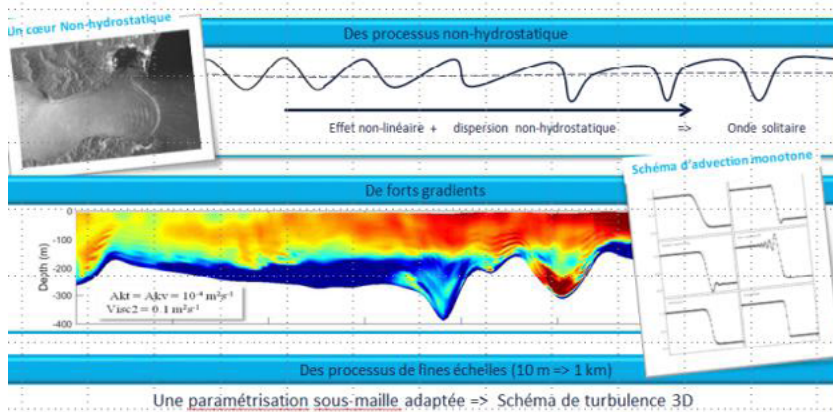
Gravimètre absolu marin Girafe (de D Rouxel et al., 2019)



AXE 2 : Poursuivre les efforts pour assurer la meilleure représentation holistique et multi-échelle de l'environnement

Le littoral fait l'objet d'un effort croissant et les études dans ce domaine nécessitent outre de meilleures observations mais aussi l'amélioration de la connaissance des phénomènes de couplages (océan-continent-atmosphère) avec une modélisation à plus haute résolution spatiale et temporelle.

Le développement de modèles de couplage océan-atmosphère pour les vagues, océan-sédiment pour la dynamique des sédiments et la turbidité et océan-continent pour les phénomènes de surcotes est un axe important des travaux du Shom. Les échanges avec l'atmosphère (flux de masse et de chaleur) induisent des variations des paramètres de la couche d'eau (température, pression, salinité) qui entraîne une circulation profonde et des phénomènes de convection. Les vents agissent en surface induisant des courants de surface et enfin la gravité et la rotation de la Terre induisent une circulation géostrophique à l'échelle des océans, une circulation verticale ainsi que les phénomènes de marée. Les études de couplages seront poursuivies en tirant parti des partenariats au sein du groupement de recherche CROCO .



Modélisation explicite processus de fine échelle CROCO (de JIST2019 ; L Bordoïs et al.)

En sédimentologie, le forçage hydrodynamique doit pouvoir prendre en compte les courants de marée, les vagues et les ondes internes sur le plateau continental pour pouvoir simuler les flux sédimentaires à long terme. Il doit aussi avoir la capacité de traiter des échelles de temps et d'espace allant jusqu'aux fines échelles pour représenter la morphodynamique littorale le temps d'un événement de tempête (approche « vagues à vagues » non hydrostatique). Concernant l'étude des surcotes, les développements réalisés sur le modèle TOLOSA permettront d'améliorer la réponse des prévisions de Météo-France en terme de vigilance –vagues-submersion. Le Shom alimente la réflexion nationale en contribuant aux feuilles de route ministérielle (MTE) sur la prévention des risques submersion ainsi qu'à l'érosion.

De nombreux systèmes d'observation satellites ou aéroportées peuvent compléter en zone côtière les observations in situ avec des résolutions spatiale de plus en plus fines. En ce qui concerne la dynamique de l'océan et la connaissance de sa surface moyenne (SMO), les travaux en cours liés à l'assimilation de données satellite (SARAL, CRYOSAT) seront poursuivis notamment avec l'arrivée en océanographie de satellites haute résolution comme le satellite SWOT.

La télédétection spatiale avec les satellites comme par exemple ceux de la gamme SENTINEL, Pleiades, ou futur comme CO3D fait (fera) l'objet d'études car elle peut apporter dans certaines zones, des données complémentaires pour le calcul du trait de côte, du relief bathymétrique ou de la turbidité. L'apport de l'imagerie hyperspectrale des levés aéroportés au LIDAR sera étudiée pour la connaissance bathymétrique et de la nature du fond.

En géophysique et géodésie, les travaux sur les surfaces de références présentent un enjeu fort en hydrographie et pour la navigation. En gravimétrie et géodésie, des mesures gravimétriques aéroportées couplées avec des mesures de hauteur d'eau in situ ou satellite seront exploitées pour améliorer la caractérisation de la transition terre-mer (l'amélioration des surfaces de référence, du géoïde, de la déviation de la verticale ou d'anomalie à l'air libre). La modélisation magnétique se poursuivra notamment à partir de capteurs de type AUV. L'effort portera notamment sur la caractérisation des erreurs liées aux différents systèmes d'acquisition pour permettre une modélisation adaptée au besoin.



AXE 3 : Améliorer l'exploitation de l'information : de la connaissance des phénomènes aux produits d'aides à la décision

L'exploitation des mesures océaniques pour les systèmes opérationnels nécessite une continuité dans la couverture géographique. La connaissance précise des océans est parcellaire ; il est donc nécessaire de développer des techniques de fusion des différents types d'informations disponibles. Les modélisations à quelque échelle que ce soit devront aussi permettre d'estimer des niveaux de confiance exploitables ensuite dans les systèmes (estimation de bilan d'erreur).

- Fusion de données

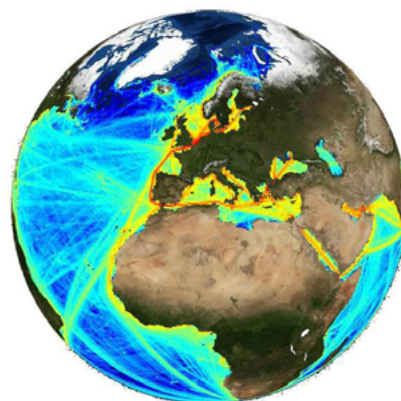
Les observations nécessaires à la modélisation de l'environnement sont de diverses origines selon les longueurs d'onde ou les précisions requises. Selon les capteurs et les porteurs utilisés, l'acquisition de la connaissance se fait sur une surface géographique et une résolution spatiale différente.

En bathymétrie, un effort particulier sera mis sur l'automatisation des capacités de traitement de l'information (notamment issue de Lidar aéroporté ou de sondeurs multifaisceaux) mais aussi provenant d'autres capteurs permettant l'estimation de la bathymétrie à des échelles plus grandes et/ou avec une répétabilité accrue (satellite) et/ou dans des zones d'accessibilité limitée. En parallèle, l'effort de qualification (estimation de l'incertitude, en particulier) reste une priorité afin de connaître les limites d'utilisation de l'information.

En ce qui concerne les champs géophysiques, Les travaux seront focalisés en particulier sur les méthodologies de fusion de données d'origine différentes (satellite, in-situ en mer, aéroportées, auv) pour lesquelles les précisions et les résolutions sont variables. Les travaux sur les mesures magnétiques sur engin autonome seront l'occasion d'étudier la fusion de ces données dans la réalisation des anomalies magnétiques issues de mesures de surface.

En océanographie physique et en hydrodynamique en général, le défi de la résolution spatiale s'ajoute à celui de la haute fréquence temporelle. Il implique alors à la fois l'imbrication des modélisations et l'assimilation de données. Les possibilités d'assimilation de données seront étudiées et constituent une priorité, notamment au regard du développement des engins autonomes de type gliders qui pourraient à terme augmenter très significativement les données in situ acquises sur les théâtres d'opération.

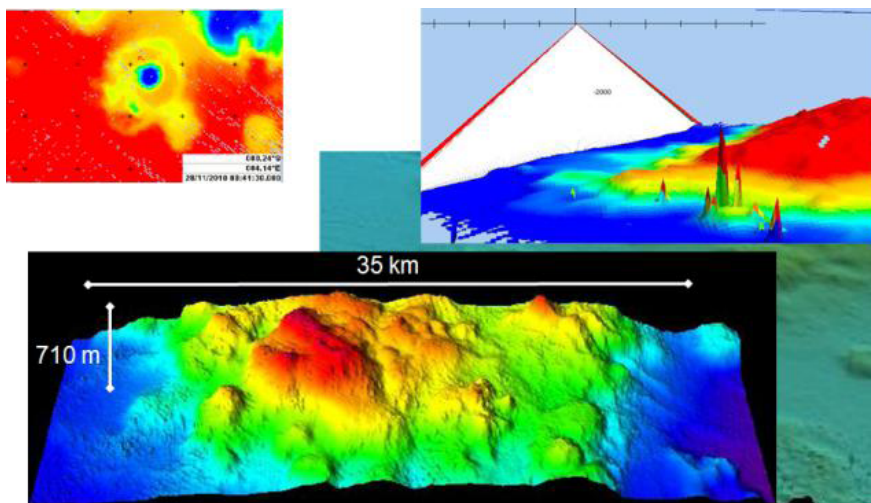
Les études sur la modélisation des données historiques de hauteurs d'eau et de cartes anciennes sont également poursuivies notamment dans le but de décrire l'impact du changement climatique sur la modélisation de la marée.



©shom bruit ambiant lié à la navigation maritime

En acoustique sous-marine, un objectif est la prise en compte dans les modèles de bruit ambiant des sources de bruit autres que les navires et l'état de mer (autres sources anthropiques, bruits biologiques, phénomènes géophysiques,...). Il s'agit dans un premier temps d'évaluer la propagation de sources très basses fréquences des biologiques ou plateformes pétrolières par exemple pour une fusion des bruits d'origine diverses. Des outils de prédiction du trafic maritime seront mis en place à partir d'un flux temps réel des données AIS, première étape de la prédiction du bruit ambiant. Un effort particulier sera porté sur la compréhension de la propagation acoustique en ultra basses fréquences où l'interaction des structures sédimentaires profondes avec les ondes acoustiques peut devenir prépondérante.

En sédimentologie la fusion de données multi capteurs se fera dans le cadre de la modélisation du fond dans les milieux à forte turbidité mais aussi les phénomènes d'enfouissement d'un objet posé au fond en passant par la dynamique dunaire le temps d'une tempête. Les études des propriétés géo-acoustiques des sédiments par grands fonds permettront la mise à jour des cartes mondiales de l'épaisseur et de la nature des sédiments ainsi qu'une base de connaissance pour la propagation des ondes acoustiques UBF.



Relief sous-marin et pockmarks (T Garlan)

• Produits d'aide à la décision

Le défi à relever pour cet axe est la fourniture à l'utilisateur d'une information adaptée à son besoin c'est-à-dire fiable, facile à exploiter et délivrée à temps notamment. Cela nécessite de maîtriser les processus de croisement, traitement et enrichissement de données hétérogènes d'une part et de représentation pertinente, ergonomique par rapport à un contexte d'usage d'autre part. Construire ces services d'intelligence de la donnée nécessite un important travail amont de modélisation et de structuration des connaissances métiers ainsi qu'une juste appréhension des besoins. La plupart des travaux de chaque thématique se conclue par des prototypes ou des démonstrateurs fournissant une aide à la décision de bas niveau (élaboration de synthèses de modèles, de cartes etc..). Ce n'est pas toujours suffisant pour répondre au plus près au besoin opérationnel. Dans le domaine de la navigation maritime, il s'agit alors de travailler sur la e-navigation et la normalisation S100. En physique de l'océan, il est nécessaire de travailler sur une réponse plus adaptée: c'est-à-dire favorisant une prise de décision rapide en milieu océanographique complexe et en contexte contraint (produit d'aide à la décision de haut niveau). Quatre projets d'études ont plus précisément été élaborés :

- L'évaluation du gain versus de la perte d'efficacité opérationnelle dû aux produits environnementaux d'aide à la décision ; c'est le concept de 'la réponse au juste besoin.
- La représentation de l'environnement par apprentissage et détection de situations à risques vis-à-vis d'un contexte opérationnel ;
- L'aide à la planification des levés hydrographiques ;
- La création de bases de connaissances géoréférencées à partir de textes par analyse sémantique intégrant à la fois du référencement spatial direct et indirect pour le développement de nouveaux services numériques.

Les travaux relatifs à la notion de paysages marins (analyse et combinaison de métriques physiques et hydrologiques) sur des données hydrologiques et océanographiques réalisés dans le cadre de la DCMM seront une base de départ pour définir des nouveaux services



De l'océanographie opérationnelle aux paysages marins (M Cachera)

AXE 4 : Tirer parti des techniques d'IA et de big data pour améliorer la capacité de traitement et l'adapter aux enjeux du changement climatique et de la transformation digitale

Les techniques d'intelligence artificielle apparaissent comme un facteur de rupture pouvant à terme changer la donne en matière de connaissance de l'environnement marin et par voie de conséquence de supériorité tactique sur les théâtres d'opération. Dans le domaine de l'environnement océanique elles seront étudiées pour l'amélioration du traitement des données, l'innovation vers de nouveaux services aux utilisateurs et dans leur intégration dans les phases de modélisation notamment en océanographie, en bathymétrie et en magnétisme et gravimétrie. Cet axe sera accompagné fortement par le laboratoire d'innovation en termes de formation des personnels et/ou de développement de nouvelles solutions adaptés aux enjeux de l'océan.

Pour le traitement des mesures, les capteurs actuels (SMF, Lidar) et futurs (SDB, community -crowd-sourcing, AUV, USV, meute robotique) génèrent et généreront des volumes de données toujours plus conséquents. Leur exploitation doit donner lieu à des changements de méthodologie d'analyse et de traitement pour en extraire les informations pertinentes. Il s'agit de franchir un saut technologique pour développer et faire évoluer les chaînes d'acquisition dans ce nouveau contexte, en utilisant des techniques d'Intelligence Artificielle et de Big Data. Ces études contribuent à l'axe traitement de la donnée du programme CHOF.

L'apport de ces techniques sera aussi étudié en modélisation océanographique. Une des approches envisagées consiste à corriger les prévisions issues de modèle en tenant compte de l'historique d'observation et des prévisions non corrigées. De nouvelles études amont relatives à l'application des techniques d'intelligence artificielle à la compression et au traitement embarqué d'information océanographique seront menées. Elles proposeront des évolutions majeures sur le traitement et l'exploitation embarquée des informations fournies par SOAP (Système Opérationnel d'Analyse et de Prévision). D'autres études permettront d'améliorer la maîtrise de l'impact des phénomènes océanographiques sur la propagation acoustique sous-marine.



SOAP

Les mesures historiques de hauteurs d'eau ainsi que les cartes anciennes représentent une réserve précieuse de connaissance pour améliorer la connaissance des risques littoraux et du changement climatique. A l'aune des possibilités accrues en calcul (IA, Big data), le Shom poursuivra son engagement dans l'animation d'une communauté pour l'exploitation et de valorisation des archives dans ce domaine.

En géophysique marine, l'apport des techniques neuronales a déjà fait ses preuves en ce qui concerne la modélisation gravimétrique. Les travaux seront poursuivis et adaptés à de nouvelles problématiques (champ magnétique, méthodes inverses).

Dans le domaine de la cartographie, un projet est aussi mené pour transformer la cartographie marine et l'information nautique notamment en réduisant grâce à un apprentissage supervisé les temps de traitement du volume de mesures des profondeurs des fonds marins.



Glossaire

AID	Agence de l'Innovation Défense http://defense.gouv.fr/aid
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
CHOF	Capacité Hydro-Océanographique du Futur https://www.colsbleus.fr/articles/11378
CROCO	Coastal and Régional Ocean Community model https://croco-ocean.org
CMRE	Centre for Maritime Research & Experimentation https://www.cmre.nato.int
DCSMM	Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin https://dcsmm.milieumarinfrance.fr
DROID	document de référence de l'orientation de l'innovation de Défense 2020 (DrOID) file:///C:/Users/mflqc/AppData/Local/Temp/mini-DrOID.pdf
EMR	Energie Marine renouvelable
FEM	Institut France Energie Marine https://www.france-energies-marines.org
GIZC	Gestion Intégrée de la Zone Côtière
HYCOM	HYbrid Coordinate Ocean Model https://www.hycom.org
PNH	Programme National d'Hydrographie du Shom
OHI	Organisation Hydrographique Internationale https://iho.int/
OMI	Organisation Maritime Internationale https://www.imo.org
SDB	Satellite Derived Bathymetry : La bathymétrie dérivée par satellite (SDB) est une technique en hydrographie qui permet de créer des cartes nautiques et des cartes bathymétriques des eaux peu profondes et des régions côtières à partir d'image satellite.
SMF	Sondeur Multi-Faisceaux
S100	La norme S-100 est un document cadre pour le développement de produits et services numériques pour les communautés hydrographique, maritime et SIG.
SMO	Surface Moyenne de l'Océan
SOAP	Système Opérationnel d'Analyse et de Prévision https://www.shom.fr/fr/nos-domaines-dexpertise/oceanographie
SBWF	Seabed Warfare
TOLOSA	Tools Library for unstructured Ocean models and Surge
USV	Underwater submarine Vehicle



L'océan en référence

Adresse postale

13, rue du Chatellier - CS 92803
29228 BREST Cedex 2

Renseignements

Tél : +33 (0) 2 56 312 312

Service Commercial

Tél : +33 (0) 2 56 31 25 00
Mél : distribution@shom.fr

Internet

www.shom.fr
data.shom.fr
diffusion.shom.fr

Le Shom est certifié ISO 9001 pour l'ensemble de ses activités.