

Formulaire

I. Précisions sur l'organisme porteur

Ministère(s)

Ministère des Armées

Opérateur (le cas échéant)

EPA Shom

Direction(s)

Direction des opérations, de la production et des services

II. Résumé du projet

Intitulé du projet

Cartonaut : Tirer parti des ruptures technologiques permises par le numérique pour transformer la cartographie marine et l'information nautique

Résumé du projet

L'objectif du projet est de développer un nouveau système, notamment par apprentissage supervisé, capable de traiter dans un temps réduit le volume en forte augmentation de mesures des profondeurs des fonds marins qui servent à confectionner les cartes marines, indispensables à la fois à la navigation des 13 millions de plaisanciers en France, comme des navires de commerces qui transportent 20% du trafic mondial de marchandises en Manche ou des 15000 pêcheurs français, ... Ce système bénéfique pour les agents publics (cartographes nautiques et hydrographes), le sera aussi pour l'ensemble des usagers de la mer (marins de commerce, pêcheurs, plaisanciers, administrateurs portuaires), puisqu'il leur permettra de détecter au plus tôt, après les mesures en mer, les informations nautiques critiques à diffuser aux marins pour assurer leur sécurité en mer ; de soutenir l'innovation de l'e-navigation, concept de système d'information terre-mer défini par l'organisation maritime internationale (OMI), jusqu'à l'assistance aux navires autonomes ; de partager leurs observations en mer au profit de la sécurité de tous.

Montant total du projet

5 750 000

Montant demandé au FTAP

1 987 000

Participation à d'autres appels à projets

Néant

III. Détails du projet

Présentation détaillée du projet de transformation

LE CONTEXTE

Une mission régaliennne de service hydrographique national :

L'empreinte maritime de la France est à la mesure de l'étendue des zones maritimes de notre pays, réparties sur quatre océans et constituant le deuxième espace maritime au monde par la superficie. En tant que service hydrographique national au sens de la règle 9 du chapitre V de la convention internationale sur la sauvegarde de la vie humaine en mer (SOLAS), publié en droit national par le décret n° 2006-1159 du 18 septembre 2006,

le Shom collecte des informations sur l'environnement physique marin, les décrit et diffuse les produits correspondants. Le Shom réalise ainsi avec ses propres moyens (navires, capteurs de mesure spécialisés, personnels techniciens et ingénieurs hydrographes) des campagnes de mesures en mer (en particulier, des levés « bathymétriques », c'est-à-dire des mesures de profondeurs), collecte toutes informations extérieures intéressant la sécurité de la navigation (l'« information nautique »), et produit notamment des cartes marines et des modèles numériques de terrain (MNT = représentation numérique de la topographie d'une zone géographique suivant 3 dimensions) . Il est notable que la donnée est dorénavant l'affaire de tous au travers du développement de l'économie collaborative, rendue beaucoup plus facile par l'accès aux moyens numériques. Les utilisateurs de produits deviennent aussi des producteurs grâce aux modes collaboratifs tels que le community sourcing (autorités portuaires, départements, régions, pêcheurs, ...) et le crowd sourcing (plaisanciers) (1).

Les levés « extérieurs » doivent être adressés au Shom, en application de l'instruction du Premier Ministre N°228 SGMER et des codes miniers et du transport, pour qu'il puisse les prendre en compte sur les cartes et les documents. Les moyens de transmissions sont encore traditionnels (transmission des données numériques sur support physique, plan). Ces nouveaux modes de collaborations doivent conduire le Shom à exploiter au mieux ces sources d'informations hétérogènes, et aussi à garantir des niveaux de qualité et de sécurité des données pertinents, en utilisant des outils et des méthodes de traitement rigoureux et en maintenant la complétude.

Le Shom donne ainsi accès à un ensemble de données bathymétriques très riche (sous formes numérique et analogique, c'est-à-dire « papier ») et dispose d'une forte expertise en réalisation de produits et services de synthèse, telles que les cartes marines. Depuis plusieurs années, les volumes de données augmentent très significativement avec l'évolution des technologies de mesure en mer, et la tendance est à l'accélération pour les années à venir. Mais la diffusion de la connaissance via les produits de synthèse (les cartes marines) est lente, car les processus de confection de ces produits, guidés par un enjeu de sécurité, restent fortement adossés à une expertise manuelle. L'exploitation des campagnes de mesures peut prendre plusieurs années, au-delà de l'information engageant immédiatement la sécurité des biens et des personnes. Le Shom exerce également la responsabilité de coordonnateur national de l'information nautique.

L'instruction du Premier ministre n° 228/SGMer du 3 mai 2002, s'appuyant sur le code minier et le code des transports, précise ses attributions et ses responsabilités dans cette fonction. L'information nautique correspond à l'ensemble des renseignements de sécurité maritime (RSM), nécessaires ou utiles aux navigateurs pour leur permettre d'assurer leur sécurité et celle des autres usagers de la mer, qu'il s'agisse de choisir leur route, de déterminer leur position, de signaler des situations ou des dangers particuliers, de faciliter les secours en cas de besoin, ou encore de permettre la meilleure présentation dans les ports et mouillages. L'information nautique favorise le développement maritime national, régional et local, et soutient la gestion et le développement durable des zones maritimes. Actualisée et fiable dans les ports fréquentés par les navigateurs pour une relâche programmée ou imposée par l'urgence, elle est un gage de sécurité et d'attractivité. Un manque d'informations nautiques adéquates freine ou empêche le développement du commerce maritime, peut entraîner des trajets plus longs que nécessaire et peut empêcher le chargement optimum des navires, ce qui conduit à d'importants surcoûts. Un manque d'informations peut aussi, par la non diffusion dans les documents nautiques d'informations fondamentales (nouvelles obstructions détectées sur le fond marin pouvant être un danger pour la navigation) entraîner des préjudices importants à la pêche. La remontée d'informations nautiques au profit des usagers de la mer est l'affaire de tous. Le rôle de coordonnateur national est de la rendre plus efficace et rapide.

De nouveaux usages et besoins :

Les systèmes de navigation actuels s'appuient sur les cartes électroniques de navigation (« electronic navigational charts », ENC) pour assister les marins, notamment en déclenchant des alarmes à proximité de zones de dangers. La principale alarme concerne la proximité d'une zone de profondeur trop faible par rapport au tirant d'eau du navire. Or, les cartes marines actuelles sont adaptées à une lecture humaine, et présentent une faible densité d'informations. Celle-ci empêche d'affiner les conditions de déclenchement d'alarmes pour un usage spécifique à chaque navire. Des produits numériques « à haute densité » permettraient d'ajuster les alarmes pour un navire de 12 m de tirant d'eau de façon différenciée par rapport à un navire de 13 m de tirant d'eau. C'est pourquoi les pilotes et les autorités portuaires demandent de plus en plus la création de produits à haute résolution, et avec une haute fréquence temporelle. De plus, les premiers navires autonomes sont en cours d'expérimentation, tandis que les drones de surfaces et sous-marins sont de plus en plus populaires. Tous ces systèmes nécessitent la mise à disposition d'informations rapides, fiables, certifiées.

Des compétences :

Deux métiers sont mis en avant dans ce projet : hydrographe et cartographe.

Les hydrographes sont en charge de la conduite des levés (réaliser les mesures), de la qualification des données acquises, et de leur gestion pérenne pour valorisation dans les produits (cartes marines, MNT). Ils identifient dans les données collectées, les informations nautiques nouvelles engageant la sécurité nautique et nécessitant une diffusion d'information urgente ou rapide selon l'impact nautique.

Les cartographes marins sont en charge de la confection et de l'actualisation des cartes marines, cartes thématiques pour la navigation maritime, permettant d'identifier les dangers à éviter et les zones de navigation les plus adaptées au navire du point de départ au point d'arrivée. Ils exploitent les informations bathymétriques acquises et gérées par les hydrographes.

LA SITUATION ACTUELLE

Sans transformation profonde par le numérique des métiers de gestion des données et de la cartographie, le constat fait actuellement est que le Shom ne parviendra pas, à ressource constante, à faire face aux volumes de données collectées en forte augmentation. En effet, les capteurs de mesure sont plus résolus, se diversifient, sont embarqués sur des porteurs plus variés et plus nombreux (drones de surface et sous-marins, moyens aéroportés) et sont mis en œuvre par des acteurs toujours plus nombreux (dont community-sourcing et crowd-sourcing). Le Shom ne parviendra pas non plus à répondre aux besoins des usagers pour accéder à une connaissance plus fine, avec une actualisation plus fréquente.

Cependant, des travaux de recherche et développement conduits par le Shom depuis plusieurs années ont montré la maturité technique de solutions permettant d'isoler dans les processus de production des tâches pouvant faire l'objet d'assistances automatiques. D'autres services hydrographiques (ceux des Etats-Unis, du Danemark, du Royaume-Uni notamment) explorent aussi des voies d'automatisation qui confortent le Shom dans sa démarche.

Ces solutions techniques présentent de réels potentiels d'économie pérenne de charge, et d'accélération importante des processus. Des voies d'évolution méthodologiques ont également été explorées, et pourraient s'avérer très efficaces dans la durée.

Deux activités majeures, à fort potentiel d'amélioration et d'accélération pérennes, se dégagent :

1/ Généralisation cartographique

Première étape nécessaire du cartographe marin, il doit construire pour chaque action cartographique une surface de référence bathymétrique. En effet la connaissance bathymétrique du Shom est gérée par empilement successif de levés dans une base de données ou sous forme analogique (« papier ») dans les archives selon les années d'observation. Chaque levé est indépendant. Il est associé à des critères de qualités intrinsèques dépendant notamment de son âge, des capteurs d'acquisition mis en œuvre, des conditions de mer au moment du levé et de l'exhaustivité du levé. Si cette information est riche et nécessaire au Shom dans la conduite de ses missions, son exploitation est donc rendue complexe du fait du grand nombre de levés à prendre en compte par le cartographe en une même position. Lors de l'exploitation d'un levé pour l'édition d'une carte marine, le cartographe doit commencer par ordonner les levés suivant des critères de qualité et d'âge, pour ensuite résoudre des conflits entre les levés, et enfin pouvoir fusionner les données dans une surface de référence éphémère associée à la carte, le temps de son édition. Cette action est réalisée de façon manuelle à chaque production, sans pour autant capitaliser les règles de résolution de conflit. Une fois cette surface de référence bathymétrique construite de façon manuelle pour chaque action cartographique, le cartographe engage alors son activité majeure de généralisation cartographique. C'est l'exploitation de l'ensemble des données collectées, regroupées au sein de la surface de référence construite précédemment, pour confectionner des produits de synthèse (les cartes marines) à valeur ajoutée. Dans le volume de toutes les données disponibles (qui ne peuvent être directement affichées sur la carte marine), la généralisation consiste à sélectionner les informations nécessaires et suffisantes, à les simplifier sans exagération, à caricaturer certaines représentations de structures significatives du fond marin, tout en maintenant le respect fort de la contrainte de sécurité. Un objectif est d'améliorer/renforcer la lisibilité des produits dans un objectif de navigation efficace et sûre. Les règles fondamentales mises en œuvre par les experts de ces traitements et analyses sont individuellement bien définies, mais régulièrement incompatibles entre-elles. C'est le contexte nautique et la nature du produit qui conduira les cartographes à des choix et à des prises de décision, objets de compromis. Directement liée à l'usage et à la sécurité nautique qu'elle implique, cette tâche est étroitement contrôlée avant validation finale des produits. Le contrôle des résultats est conduit par les cartographes les plus expérimentés selon un processus manuel expert similaire.

2/ Identification d'information nautique critique pour la navigation

La diffusion des informations nouvelles, incohérentes avec la connaissance antérieure diffusée sur les cartes et engageant la sécurité de la navigation, est essentielle à la conduite des navires qui ne disposent que de ce

moyen pour percevoir des dangers sous-marins en avant de leur route de navigation (contrairement aux conducteurs routiers qui interagissent visuellement avec la route). Selon leur impact nautique, leur diffusion doit être réalisée de façon urgente (délai attendu de quelques minutes à heures) ou rapide (délai de quelques jours à un mois). Le temps d'analyse et de traitement est déterminant. Il est d'autant plus problématique que le volume de données acquises est grand. Or, une augmentation supérieure à 200 % en 5 ans du nombre de mesures collectées a été constatée. Et cette tendance est en croissance du fait de l'évolution des moyens de mesures. Cependant, cette action primordiale reste conduite manuellement par du personnel hydrographe expert. Cela génère des délais qui créent du risque pour la sécurité nautique des usagers de la mer et pour la sécurité juridique de l'Etat, dont le Shom exerce les attributions en matière d'hydrographie nationale.

LES BESOINS

Le besoin général est de transformer significativement les processus de traitement des données bathymétriques avec une rupture majeure dans les chaînes de production, par le numérique. Le Shom doit pouvoir répondre dans des temps réduits aux enjeux de production de produits aptes à répondre à ses missions de service hydrographique national, dans le contexte d'augmentation significative des volumes de données. Pour autant, cette efficacité ne doit pas nuire à la garantie de qualité des informations diffusées nécessaires à la sécurité de la navigation et à la tenue des engagements internationaux de la France. Pour répondre à cela, en lien avec les deux activités majeures identifiées dans la situation actuelle, les besoins se déclinent de la façon suivante :

1/ Système d'assistance à la généralisation cartographique

Pour permettre la mise en œuvre de processus efficaces de généralisation de la donnée par les producteurs des cartes et des MNT, et ainsi mettre à disposition du plus grand nombre les informations récentes grâce à l'actualisation rapide des produits, il est nécessaire de mettre en entrée des données directement exploitables pour le produit à confectionner. C'est l'enjeu de la construction d'un fonds bathymétrique unifié de référence (Tethys) fusionnant la meilleure information disponible en un point donné, sans conflit.

L'information pertinente à fusionner, en levant les conflits liées en particulier à des mesures conduites à des époques différentes, avec des niveaux de qualité différents, est soit numérique soit analogique. Dans ce dernier cas elle doit être numérisée afin de contribuer au fonds. Ce fonds permet alors de mettre en œuvre des processus automatiques sur une donnée homogène, non perturbée de nombreux artefacts liés aux discordances des données avant fusion dans le fonds bathymétrique.

Les producteurs exploitent alors le fonds bathymétrique unifié en entrée du processus de généralisation pour aboutir automatiquement à une première solution adaptée aux produits. Toute modification manuelle de la proposition par un expert est capturée, de façon à alimenter un processus d'apprentissage supervisé (machine learning). Ce dernier permet de prendre en compte des processus difficiles à exprimer de façon déterministe, mis en œuvre par les experts pour la confection des produits finaux. L'objectif de l'apprentissage supervisé est d'améliorer les résultats des propositions algorithmiques dans la durée. Ce besoin adresse aussi le contrôle des résultats.

Ce système est une source d'économie pérenne de ressources de cartographes. Ces experts rendus plus disponibles pourront être redéployés dans un premier temps pour rattraper le traitement des données actuellement structurellement en attente. Ils pourront ensuite réaliser une exploitation en flux tendu entre les levés acquis et collectés toujours plus volumineux et nombreux et les produits cartographiques, en réduisant ainsi le temps de mise à disposition de l'information aux usagers.

Ce système doit aussi répondre au besoin de produire de nouveaux produits bénéficiant de capacités de généralisation dans un temps réduit tout en fournissant de l'information bathymétrique haute résolution. Ces produits et services innovants seront adaptés à différents usages (par exemple : navigation de surface et sous-marine, y compris la navigation autonome ; évaluation de la profondeur sous quille avec évaluation en temps réel de la hauteur d'eau, pour ajuster au mieux la capacité de chargement des navires dans les ports en fonction de la marée, etc.). Tous ces produits resteront cohérents en termes de sécurité de la navigation : la bathymétrie représentée sur une carte marine (ENC « classique »), sera cohérente avec celle représentée sur des produits de modèle de terrain (ENC « haute résolution », S102) (2), ce qui permettra un usage coordonné (le capitaine du navire disposera de sa carte ENC classique, le pilote à bord sur son système dédié utilisera les produits haute-densité ; les décisions prises par les uns et les autres resteront cohérentes).

2/ Système d'assistance à l'identification d'informations nautiques critiques pour la navigation

L'ensemble des règles et contraintes gérant le contrôle de la généralisation répondra, en modifiant le point de vue de l'analyse, au besoin d'identifier rapidement les informations nautiques critiques pour la navigation. Ce

système est une source d'économie pérenne de ressources d'hydrographes. Il permettra de rapidement identifier les nouvelles informations qui méritent une attention particulière et une diffusion urgente ou rapide selon l'impact nautique.

De plus, l'information nautique est l'affaire de tous, mais il est nécessaire d'en faciliter sa remontée d'information pour qu'elle puisse être diffusée sans effort par le producteur de l'information source, et exploitée par le Shom dans sa valorisation au titre de sa mission de service hydrographique national, coordonnateur national de l'information nautique. Il s'agira de permettre à tous de remonter un étonnement sur une incohérence entre l'information diffusée sur une carte et une mesure ou une observation effectuée. Il s'agit d'apporter une assistance au marin pour l'informer de cette incohérence, et si avérée, qu'elle remonte au plus vite au Shom pour être rediffusée afin d'améliorer la sécurité de tous. L'enjeu est double : améliorer directement la qualité des remontées d'information en réduisant l'incertitude de fausse alarme ; promouvoir les remontées d'information selon le principe « l'information nautique est l'affaire de tous ». Cette capacité allègera la charge du Shom et génèrera un gain qualitatif et quantitatif certain tout en améliorant la collecte de données en mode collaboratif (community et crowd sourcing) en ouvrant un véritable portail de transmission des données et de partage. Cette source d'information dispose d'un potentiel de croissance très fort, mais avec une qualité aujourd'hui très inégale. Elle est de fait trop rarement véritablement exploitable, car très coûteuse en temps d'analyse une fois collectée au Shom.

-
- (1) Community-sourcing/crowd-sourcing : Le community sourcing se distingue du crowd sourcing en ce qu'il recouvre l'acquisition de données au profit d'une communauté bien identifiée. L'acquisition de données d'opportunité par les unités de la Marine Nationale est littéralement un acte de community sourcing.
- (2) S-102 est la nouvelle norme développée par l'OHI (Organisation Hydrographique Internationale) pour le modèle numérique de surface bathymétrique
-

LES ACTIONS REpondant AUX BESOINS

1. Développement incrémental d'une chaîne de généralisation de la bathymétrie

1.1. Développement d'outils et de services numériques pour la construction d'un fonds bathymétrique unifié de référence

1.1.1. Outils d'assistance à la fusion de données et de résolution de conflits

Une étude réalisée en interne sur la méthodologie de constitution d'un fonds bathymétrique de référence a identifié plusieurs fonctionnalités métiers à développer pour résoudre des conflits entre les données d'origine et de qualité variée et dans la fusion des données : outils de mise en cohérence, de croisement et d'appariement de données.

1.1.2. Workflow de production

La zone à produire est très large : dans le temps du présent projet, elle se limite aux eaux françaises métropolitaines (zone économique exclusive, ZEE). Elle se décompose toutefois de 89 dalles de taille 1° par 1° de latitude et longitude, de complexité élevée : le nombre de lots de mesures (sous-ensembles de qualité homogène d'un levé) à traiter est conséquent, de l'ordre de 10 000 lots. Afin d'organiser et de fluidifier au mieux cette production, il est indispensable d'automatiser la circulation des flux d'informations et de données dans la chaîne de production. La performance de cette production, socle de données pour les exploitations cartographiques, passera nécessairement par une parfaite maîtrise des interfaces, des procédés et de sa supervision. Cette couche de workflow ajoute aussi de l'assurance dans la production, en intégrant notamment un circuit de validation, des garde-fous et des vérifications d'intégrité des données entre les différents stades de production.

1.1.3. Portail interne d'accès au fonds bathymétrique de référence pour permettre l'accessibilité à tous les exploitants

Afin de rendre accessible le fonds bathymétrique de référence aux agents du Shom, l'utilisation d'une solution web, qui évite l'installation d'un applicatif métier lourd sur chaque PC, est retenue. Le portail permet d'interroger géographiquement la connaissance bathymétrique, et de l'exploiter en aval.

L'exploitation et l'intégration des nouvelles données pour l'entretien du fonds bathymétrique sont facilitées. Une boîte à outils est associée au portail. Elle met à la disposition des agents des fonctions élémentaires de préparation des données bathymétriques.

1.2. Assistance à la construction d'un fonds bathymétrique unifié de référence

Le Shom dispose de près de 75 000 documents analogiques de mesures. Une grande partie du fonds bathymétrique du Shom est encore sous forme analogique, ce qui empêche une exploitabilité automatisée par les outils numériques. La première étape est d'établir un catalogage géospatial de l'ensemble des documents dans la zone d'intérêt de production du fonds bathymétrique. Cette étape permet de sélectionner et d'analyser les documents directement utiles à la constitution du fonds bathymétrique, puis de réaliser leur numérisation complète (sonde à sonde) (3).

Dès lors que les données utiles à la constitution du fonds sont numériques, il est nécessaire de gérer les conflits en un même point de plusieurs sources de données différentes. Le résultat est un fonds unifié de référence où, en chaque point une seule information cohérente est disponible et qualifiée. Ce fonds est désormais exploitable par des outils d'analyse hautement automatisés.

1.3. Industrialisation de résultats d'études existants sur les contrôles des traitements

Afin d'obtenir un retour sur investissement au plus vite, les développements de la première capacité, conduits en mode agile, s'appuient sur les résultats d'études conduites au Shom et sur celles publiées par d'autres services étrangers. Cela concerne les contrôles de sécurité des traitements manuels de généralisation d'un ensemble de sondes mises en cohérence manuellement. Un premier gain sur les temps de traitement est attendu, en lien avec l'évolution des méthodes associées (§1.7).

1.4. Développement d'une solution de généralisation d'un MNT à partir des contraintes de sécurité et des règles de densité des cartes marines

Sur la base de développements existants, de retours des cartographes et d'un état de l'art plus étoffé, notamment dans le domaine des mathématiques appliquées, une solution de généralisation d'un MNT est développée en mode agile, en prenant en compte les règles formelles qui s'imposent dans la généralisation pour la sécurité nautique. Cette étape développe en parallèle des outils de contrôle améliorés. Ce développement est une étape intermédiaire nécessaire pour la confection de nouveaux produits à haute densité, et pour conduire des travaux de généralisation sur les cartes. Un nouveau gain sur les temps de contrôle est attendu, en lien avec l'évolution des méthodes (§1.7).

Ces développements s'enrichissent de façon incrémentale des retours d'expérience de l'exploitation des résultats dans les travaux de généralisation des cartes (§1.5), et des produits bathymétriques haute-densité (§2.1).

1.5. Développement d'une solution de généralisation pour la production de cartes : outil de simplification de courbes, contrainte par des règles de sécurité, et combinée à l'influence des sondes retenues

A partir de la solution de MNT généralisée, des contraintes supplémentaires de représentation cartographique sont prises en compte, concernant les éléments de représentation du fond marin en éléments ponctuels (les sondes) et linéaires (les isobathes), avec notamment des nouvelles contraintes de lisibilité et d'exagération des points les plus remarquables au titre de la navigation. Un nouveau gain sur les temps de traitement est attendu, en lien avec l'évolution des méthodes (§1.7).

1.6. Développement d'une capacité d'apprentissage supervisé

Pour améliorer les résultats de la phase précédente et capturer les règles implicites mises en œuvre par les experts, un processus d'apprentissage supervisé est développé. Cela permet de converger vers une solution stable et fiable au plus vite.

1.6.1. Initialisation par l'analyse des cartes en superposition à des échelles différentes

Afin d'alimenter le système en cas nombreux, la phase d'apprentissage est initiée par la comparaison des cartes couvrant les mêmes zones, mais à des échelles différentes. Elles ont fait l'objet d'une généralisation par des experts, et respectent les règles explicites et implicites de la généralisation nautique.

1.6.2. Mise en œuvre de l'apprentissage dans le processus de généralisation à partir des solutions proposées et des corrections apportées par les experts

Le système s'enrichit à partir des cas d'analyse conduits lors des phases de développement, puis en production, pour converger vers une solution stable. Les cas divergents sont également analysés pour alimenter les travaux

méthodologiques qui accompagnent la mise en œuvre des résultats. Un nouveau gain sur les temps de traitement est attendu, en lien avec l'évolution des méthodes (§1.7).

1.7. Accompagnement du changement dans les méthodes de production pour exploiter au mieux les évolutions

L'accompagnement est essentiel puisque les développements envisagés vont transformer profondément les métiers des cartographes. L'objectif est d'apporter une solution raisonnable, qui garantisse le respect de la sécurité, et qui libère le cartographe des tâches automatisables, pour qu'il se concentre sur les éléments de rendu de l'information en lien avec l'usage (navigation, sécurité). Le temps gagné sera très significatif, ce qui pourrait susciter des doutes sur la méthode et les outils. L'accompagnement sera là pour rassurer les agents, objectiver la qualité obtenue et mettre en place le processus opérationnel, garant dans la durée de l'adhésion des agents, de la qualité du processus et de son efficacité.

2. Développement d'une chaîne d'assistance à l'analyse de l'information nautique

2.1. Développement d'un assistant à l'analyse des observations nouvelles, au regard de la connaissance antérieure cartographiée et de la sécurité nautique

A partir de la solution de généralisation, apprentissage compris (§1), développée pour les cartographes, il est possible de mettre en place un système de détection dans de nouveaux levés des anomalies en terme de sécurité pour les hydrographes. Moyennant des adaptations, il s'agit de prendre en entrée du processus la carte en vigueur et non plus celle en construction et de comparer le nouveau levé à la carte et son modèle bathymétrique reconstruit. Cette détection d'information nautique est une action systématique et indispensable dans la conduite des levés, aussi bien pour le Shom que les producteurs externes qui doivent informer de tous dangers potentiels en mer. Selon la gravité de l'anomalie, le délai de diffusion vers les usagers doit être rapide, détection comprise.

2.2. Accompagnement du changement dans les méthodes de production pour exploiter au mieux les évolutions

Comme dans le cas de la généralisation, la transformation du métier d'hydrographe est significative dans le cadre de l'analyse de l'information nautique. Compte tenu de la criticité de l'action conduite en mode expert aujourd'hui, la confiance dans les processus d'assistance est primordiale. Elle se gagne par un effort spécifique en termes de méthode. Ce travail est à conduire tout au long du développement de la nouvelle chaîne de production.

3. Développement d'une chaîne rapide de production de produits bathymétriques haute densité (MNT et d'ENC bathymétriques)

Cette chaîne met en œuvre directement les résultats de la modélisation décrite au §1.4 pour la production de MNT conformes à la norme S102. Ces produits sont destinés à une exploitation par un système de navigation, dans l'esprit de l'e-navigation (5), définie par l'Organisation maritime internationale. Elle doit être la plus fluide possible, en visant un processus d'exploitation simple qui définit la zone concernée, la résolution souhaitée, et éventuellement les usages concernés (niveau de contrainte adapté). Le résultat est un MNT. La fonction d'apprentissage du § 1.6 est utilisée pour capturer les adaptations et améliorer les solutions.

Pour la production d'ENC bathymétriques haute densité, la chaîne de production prend en compte les travaux de généralisation pour les cartes avec des contraintes moindres sur les inter-sondes et les isobathes, puisque la densité des isobathes est telle que le nombre de sondes est très réduit. Elle doit être la plus fluide possible en visant un processus d'exploitation simple qui définit la zone concernée, la résolution souhaitée, et éventuellement les usages concernés (niveau de contrainte adapté). Le résultat est constitué des isobathes calculées denses, et du lot de sondes caractéristiques nécessaires, en fonction des structures remarquables du fond marin. La fonction d'apprentissage du § 1.6 est utilisée pour capturer les adaptations et améliorer les solutions.

4. Développement d'une capacité de portail pour faciliter la collecte et l'analyse de l'information nautique (community et crowd-sourcing)

4.1. Rendre accessible les fonctions au public

L'information nautique étant l'affaire de tous, une fois la capacité de détection hautement automatisée, il est indispensable de permettre aux producteurs externes de confronter leurs données avec la cartographie marine officielle en vigueur. Un portail est développé permettant de mettre en œuvre les processus d'analyse infonaut précédents (§2) sur les levés (community et crowd sourcing) et les cartes officielles du Shom. Le résultat de

l'analyse est présentée et transmise au Shom pour exploitation. Le Shom valide sur le portail les informations à exploiter dans la documentation nautique officielle. Le système permet, selon l'urgence de la diffusion de l'information, de préparer un projet d'avis urgent qui sera transmis directement à l'autorité en charge de la diffusion urgente ou, sinon, de préparer l'information pour la correction des cartes. Le contributeur initial reste informé de la suite donnée à sa transmission. Cela facilitera la remontée des informations vers le Shom, conformément au code minier et à l'instruction du Premier ministre n°228/SGMER, en apportant une plus-value incitatrice aux producteurs.

4.2. Accompagnement du changement, en particulier dans les grands ports maritimes, mais aussi au niveau

de tous les contributeurs à l'information nautique, pour exploiter au mieux les évolutions. Le changement est à la fois interne au Shom, avec des remontées d'informations qui changent éventuellement de canaux et de formes, mais aussi externe puisque les producteurs seront pratiquement incités à partager plus vite les données bathymétriques pour en retirer un intérêt immédiat, et ainsi répondre à leur obligation de transmission. Il s'agit dans ce cas de populariser l'usage de la nouvelle capacité pour la rendre la plus efficace possible.

(3) Sonde : mesure de la profondeur du fond marin, référencée verticalement

(4) Isobathe : ligne d'égale profondeur

(5) La e-navigation est un concept défini par l'OMI comme étant la collecte, l'intégration, l'échange, la présentation et l'analyse harmonisées des informations à bord des navires et à terre par tout moyen électronique afin d'améliorer la sécurité et la sûreté de la navigation et la protection de l'environnement marin

Détail des économies attendues

Le système développé est une source d'économie pérenne de ressources de cartographes et d'hydrographes experts. Ces experts rendus plus disponibles pourront être redéployés dans un premier temps pour rattraper le traitement des données actuellement structurellement en attente. Ils pourront ensuite réaliser une exploitation en flux tendu entre les levés acquis et collectés et les produits cartographiques, en réduisant ainsi le temps de mise à disposition de l'information aux usagers, alors que les volumes à traiter vont augmenter très sensiblement.

LES ECONOMIES PERENNES VALORISEES :

1/ Système d'assistance à la généralisation cartographique Nature

Le système génère des économies de façon pérenne sur le temps de conception de la carte (constitution de la surface de référence et généralisation cartographique) et son contrôle. Dans le contexte d'augmentation significative des volumes de données observée et à venir, cette économie est du gain de productivité pour chaque agent de la chaîne de traitement (technicien, valideur, manager) obtenu par la rupture numérique (technique et méthode). Ce potentiel gagné est redéployé pour rattraper le traitement des données actuellement structurellement en attente et ensuite réaliser une exploitation en flux tendu des levés acquis et collectés toujours plus volumineux et nombreux. Cette économie est nécessaire au Shom pour résoudre l'équation de la contrainte en ressource humaine et de l'augmentation significative des données à traiter pour maintenir sa mission de service hydrographique national. Elle est nécessaire également pour confectionner les produits numériques adaptés aux nouveaux usages.

Montant

Le projet apportera, à son achèvement, de façon pérenne, une économie conduisant un redéploiement de 11.2 ETPT

$[(50\% \cdot 9 + 75\% \cdot 43) \cdot 50\% + 52 \cdot 20\% \cdot 90\%] \cdot 60 \cdot 1,35 / 200 = 11.2$ ETPT an à la fin du projet.

Toutefois, l'effet du projet est nécessairement progressif, le temps de passer des marchés selon le code des marchés publics, développer et mettre en place les systèmes, modifier les méthodes en accord avec les nouveaux moyens, conduire sur une durée minimum les travaux de production avec ces nouveaux moyens pour commencer à en mesurer les bénéfices. Une courbe de progression est donc estimée sur la base des niveaux d'amélioration envisagés. Celle-ci atteint son plein effet à la quatrième année.

- Année 2020 : 2,1 agents redéployés (1,5 techniciens ; 0,5 valideur ; 0,1 manager)
- Année 2021 : 5,05 agents redéployés (3,6 techniciens ; 1,2 valideurs ; 0,25 manager)
- Année 2022 : 9,2 agents redéployés (6,7 techniciens ; 2,15 valideurs ; 0,35 manager) - Total d'économies sommées sur 3 ans : 16,35 agents
- Année 2023 : 11,2 agents redéployés (8,3 techniciens ; 2,5 valideurs ; 0,4 manager) - Total d'économies sommées sur 4 ans : 27,55 agents

Modalités de calcul

activité des cartographes (référence juin 2019) : 3 valideurs (IEF) ; 4 contrôleurs (TSEF) ; 19 cartographes (TSEF) ; 1,25 manager (ingénieur hydrographe) ;

- part du cartographe consacrée à la généralisation dans le cadre d'une action cartographique de type publications : 50% ; ou éditions : 75 % ;
- part du cartographe consacrée à la « déconfliction » dans le cadre d'une action cartographique de type publications ou éditions : 20 % ;
- coût moyen d'un préparateur pour une action cartographique de type publications ou éditions : 60 jours ;
- volume annuel de 52 actions par an (prévisions à court et moyen terme suivant projection RH) : publications : 9 ; éditions : 43 ;
- coût moyen d'un contrôleur : 0,3 * coût d'un cartographe ;
- coût moyen d'un manager : 0,05 * coût d'un cartographe ;
- Taux d'économie sur la généralisation: 50 % ; sur la construction du fonds bathymétrique : 90%

2/ Système d'assistance à l'identification d'informations nautiques critiques pour la navigation

Nature

Temps d'analyse de l'information nautique des levés : ce temps est très long aujourd'hui (que ce soit pour les levés par moyens nautiques ou pour les levés aéroportés par technologie Lidar) avec une ressource très peu disponible. Le système permet de générer des économies pérennes de façon significative. C'est une composante essentielle de la capacité d'absorber plus de données collectées.

Dans le contexte d'augmentation significative des volumes de données observée et à venir, cette économie est du gain de productivité pour chaque agent de la chaîne de traitement (technicien, ingénieur hydrographe) obtenu par la rupture numérique (technique et méthode). Ce potentiel gagné est redéployé pour assurer la permanence de la capacité d'analyse de l'information nautique des levés acquis et collectés toujours plus volumineux et nombreux, ouverts de plus en plus au community sourcing.

Montant

Le projet apportera de façon pérenne une économie conduisant un redéploiement de 0.8 ETPT / an $((115*0.5+35*1)/200+0,5+0,2)*70\% = 0,8$ ETPT/an à la fin du projet

Toutefois, l'effet du projet est nécessairement progressif, le temps de développer et mettre en place les systèmes, modifier les méthodes en accord avec les nouveaux moyens, conduire sur une durée minimum les travaux de production avec ces nouveaux moyens pour commencer à en mesurer les bénéfices. Une courbe de progression est donc estimée sur la base des niveaux d'amélioration envisagés. Celle-ci atteint son plein effet à la troisième année. L'action d'identification et de diffusion de l'information nautique urgente et rapide est par nature plus rapide que l'entretien complet des cartes marines qui intègrent l'ensemble des données sur la zone de la carte. L'effet est donc obtenu plus vite que sur le premier axe.

- Année 2020 : 0,6 agents (0,4 technicien hydrographe ; 0,2 ingénieur hydrographe)
- Année 2021 : 0,7 agents (0,4 technicien hydrographe ; 0,3 ingénieur hydrographe)
- Année 2022 : 0,8 agents (0,45 technicien hydrographe ; 0,35 ingénieur hydrographe) Total d'économies sommées sur 3 ans : 2.1 agents

Modalités de calcul

- part du technicien hydrographe consacrée à l'analyse de l'information nautique dans le cadre d'un levé par moyens nautiques : 0.2j/levé petits fonds, 0.3j/levés grands fonds
- part de l'ingénieur hydrographe consacrée à l'analyse de l'information nautique dans le cadre d'un levé par moyens nautiques: 0.3j/levé petits fonds, 0.7j/levés grands fonds
- part du technicien hydrographe consacrée à l'analyse de l'information nautique dans le cadre d'un levé aéroporté : 50%/an,
- part de l'ingénieur hydrographe consacrée à l'analyse de l'information nautique dans le cadre d'un levé aéroporté : 20%/an
- nombre de levés annuels : 90 levés Shom/an (60 levés petits fonds ; 30 levés grands fonds) ; 60 levés extérieurs (55 levés petits fonds, 5 levés grands fonds) - Taux d'économie : 70 % ;

Valorisation des RH (T2) du Shom :

La valorisation des coûts complets des personnels du Shom se base sur un système de comptabilité analytique entretenu par la cellule pilotage et contrôle de gestion du Shom. Elle permet de calculer et d'imputer l'ensemble des coûts selon les catégories de personnels (niveaux 1 à 3, militaires/civils), et leurs entités d'appartenance (frais de structure et d'encadrement). Ainsi, les coûts directs incluent les salaires bruts plus charges patronales et taxes sur les salaires payés par l'employeur, s'y ajoutent l'ensemble des frais de structure affectés à chacune des entités. Ces derniers peuvent être différents selon les entités d'affectation de ces personnels, ce qui peut induire de petites différences pour des catégories identiques (technicien ou ingénieur). Dans le tableau « économies prévisionnelles liées au projet », les coûts unitaires complets sont les suivants (base 1500 h/an) :

Volet	Catégorie	Coût horaire HT	Coût annuel TTC
1	Manager (ingénieur)	91,26 €	164 k€
1	Contrôleur/validateur ingénieur	72,51 €	130 k€
1	Préparateur cartographe - technicien	65,17 €	117 k€
2	Ingénieur (hydro)	93,81 €	169 k€
2	OMH (technicien)	68,62 €	124 k€

LES ECONOMIES PERENNES NON VALORISEES :

1/Nature

La production rapide de nouveaux produits bathymétriques à haute densité améliore l'offre du Shom pour mieux répondre à l'évolution des besoins et des usages. Cette meilleure offre est susceptible de dégager des recettes significatives supplémentaires.

2/Nature

La mise en place du portail relatif à l'information nautique, pour améliorer la qualité du community et crowd-sourcing, est une source pérenne d'économie, car il allège la charge du Shom de recherches proactives coûteuses des levés externes qui ne remontent pas suffisamment spontanément, malgré l'instruction du Premier ministre n° 228/SGMer. Le Shom peut ainsi mieux se concentrer sur les traitements et la valorisation des informations.

3/Nature

L'économie pérenne de moyens humains obtenue permet de renforcer le compagnonnage des jeunes cartographes par les cartographes experts, pour les faire progresser plus rapidement au niveau d'expertise nécessaire. Cette compétence est un élément essentiel de la performance des processus qui seront donc plus efficaces.

4/Nature

L'économie pérenne de moyens humains obtenue permet d'améliorer la programmation coordonnée des levés et de la production cartographique. Cela permettra d'envisager des déclenchements d'actions coordonnées efficaces avec des levés en mer rapidement intégrés dans les cartes aux différentes échelles où la zone du levé est couverte, ce qui est un axe d'efficacité certain : l'étalement dans la durée des travaux de l'acquisition à la confection de la carte, à action identique effectivement conduite, à un coût structurel qui est ainsi réduit.

Bénéfices attendus pour les usagers

La mise en œuvre des actions permettra d'accélérer très significativement le temps d'exploitation cartographique pour une diffusion des informations utiles à la navigation vers les usagers et réduira le temps de diffusion des informations critiques à diffusion rapide. La conséquence est un renforcement des conditions de sécurité en mer, celle-ci étant un élément essentiel du développement économique.

Les économies obtenues permettront de dégager des marges de manœuvre pour mettre en place des chaînes de production de produits bathymétriques haute densité, dont la demande est croissante, pour permettre une navigation de plus en plus assistée allant jusqu'au navire autonome et avec une optimisation dynamique de la capacité d'accueil des ports.

Ces actions permettront de faciliter la remontée d'information de l'information nautique vers le Shom pour accélérer le processus d'intégration dans les produits diffusés aux usagers.

En France le nombre de plaisanciers atteint aujourd'hui les 13 millions et les immatriculations de bateaux de plaisance augmentent d'environ 12 000 unités par an ; sur le littoral, près de 473 installations portuaires sont destinées à l'accueil des navires de plaisance [source -21 mai 2019- <https://www.ecologiquesolidaire.gouv.fr/secteur-plaisance-et-des-loisirs-nautiques>].

Par ailleurs 90% du commerce mondial s'effectue par transport maritime et la Manche concentre près de 25% de ce trafic international exigeant une navigation sur les cartes françaises, soit près de 60 000 navires par an, transportant hydrocarbure, matières dangereuses, marchandises....

Plus de 17 millions de passagers traversent tous les ans la Manche et le détroit du Pas de Calais [source - 28 juin 2017 – étude relative à l'objectivation du risque maritime en Manche – mer du Nord – préfecture maritime de la Manche et de la mer du Nord et direction des affaires maritimes].

La marine nationale, une des toutes premières marines militaires mondiales, et les 15000 pêcheurs professionnels sont aussi des usagers directs impactés. Tous ces usagers sont directement bénéficiaires des réductions de temps de traitement pour bénéficier d'une information actualisée plus fraîche.

Bénéfices attendus pour les agents

Les actions d'économie conduites permettront de valoriser le travail d'expertise des agents en les libérant de tâches très largement automatisées à l'issue du projet. L'assistance apportera de la confiance dans les traitements et les décisions prises par ces agents qui ont des conséquences directes sur la sécurité de la navigation. C'est donc un facteur important d'amélioration de la qualité de vie au travail, puisque la reconnaissance des compétences des agents sera améliorée, et le risque inhérent à leur responsabilité en cas d'accident de mer lié à un défaut de la carte sera réduit.

La construction du fonds bathymétrique unifié de référence générera également plus de travail collaboratif entre les acteurs de la chaîne d'acquisition, de gestion et d'exploitation des informations, renforçant l'esprit collectif au sein de l'établissement.

Le nombre de bénéficiaires, hydrographes et cartographes techniciens et ingénieurs, est potentiellement de 106 pour un effectif du Shom au 30 avril 2019 de 496 ETP, soit ~22 %.

Caractère stratégique du projet

Le projet "Cartonaut" s'inscrit naturellement dans le programme Action Publique 2022, lancé par le Premier ministre le 13 octobre 2017, visant à transformer l'administration selon les trois axes : améliorer la qualité des services publics, offrir un environnement de travail modernisé aux fonctionnaires, maîtriser les dépenses publiques en optimisant les moyens.

C'est en effet le cas pour l'amélioration des services publics en accélérant les temps d'exploitation cartographique pour la diffusion (ou la remontée) des informations utiles ou critiques à la navigation vers les usagers, et en proposant de nouveaux produits (par ex : MNT haute densité).

Le travail des agents sera amélioré (automatisation, objectivation) et leurs compétences mieux utilisées et reconnues.

Enfin, la maîtrise des dépenses publiques est inhérente au critère même de l'AAP qui impose un ROI ambitieux, mais réaliste pour le projet Cartonaut.

Caractère novateur du projet

Le projet vise à apporter une solution automatique supervisée à l'analyse cartographique et à l'identification des informations nautiques par les hydrographes. Ces deux actions sont au cœur de la mission de service hydrographique national, et sont en rupture avec l'approche actuelle largement supportée par l'expertise humaine « manuelle ». Le système permettra de gagner en efficacité, en capturant des règles implicites mises en œuvre par les experts, qui ne peuvent pas être rendues sous forme algorithmique. Cette approche aussi poussée et intégrée n'existe pas dans les services hydrographiques étrangers ni dans l'industrie.

D'un point de vue technique, l'innovation porte sur la génération d'une surface continue de la représentation cartographique de la bathymétrie, qui permettra de mettre en place des services de contrôle de la production et d'identification automatique d'anomalies, pouvant générer des informations nautiques à publier. Cette surface continue est basée sur une reconstruction à partir d'informations lacunaires (points et lignes) dépendantes de règles de sélection pas totalement formalisées (« art » du cartographe). En mettant en place une stratégie d'apprentissage supervisé (machine learning) sur les résultats des validations humaines des choix proposés par les algorithmes, on pourra capturer les règles non exprimées dépendant de critères mal définis a priori, pour améliorer la représentation. Cette innovation bénéficiera directement à l'efficacité des processus de production qui deviendront toujours plus performants en mode automatique. De fait, l'exploitation cartographique des levés sera accélérée, ce qui permettra à terme de traiter l'ensemble des données acquises dans un temps court, une fois les données sources qualifiées et validées. Ainsi il sera possible d'informer très rapidement les usagers de la mer du résultat des levés conduits dans leurs zones d'intérêt.

Ces développements sont accompagnés par une ouverture nouvelle vers le community-sourcing et le crowdsourcing. Il s'agit en particulier de permettre à tout producteur d'informations de confronter ses données avec les données de référence connues par le Shom, pour détecter les anomalies qui mériteraient une attention particulière et une diffusion selon les principes de la gestion de l'information nautique. Le caractère innovant est la mise à disposition d'un service qui aide le contributeur à évaluer la qualité de son information pour assurer une remontée d'information efficace et de qualité, et ainsi améliorer encore le service au profit de la sécurité nautique.

Cette approche est en rupture avec la situation actuelle, car elle permet de prendre en compte une cadence de collecte élevée correspondant à l'évolution des technologies actuelles, et d'assurer une cartographie actualisée de façon réactive, pour répondre aux enjeux de sécurité et aux enjeux économiques.

Apports particuliers du FTAP

Le FTAP apporte le moyen de mener une action concentrée dans le temps et efficace pour constituer le fonds bathymétrique unifié de référence : la métropole peut être couverte avec l'aide du FTAP en 3 ans, là où 10 ans minimum sont actuellement envisagés sinon. Un second effet de levier est induit. En permettant un retour sur investissement rapide le FTAP encourage la persistance de l'action dans les autres zones géographiques marines sous responsabilité française, dont la durée estimée d'achèvement sans le FTAP est de l'ordre de 25 ans.

Le FTAP apporte des moyens pour contribuer à l'enjeu stratégique du Shom du traitement efficace d'un volume d'informations toujours plus conséquent, avec un délai réduit et une précision augmentée. Par exemple, le navire autonome a besoin de données exhaustives et hautement résolues pour permettre à son système de navigation de prendre les décisions adaptées aux situations complexes qu'il rencontre. Ces enjeux obligent le Shom à changer significativement ses méthodes de travail en réduisant la charge des experts consacrée à des traitements répétitifs. Ce changement de paradigme doit cependant toujours garantir une sûreté de fonctionnement inhérente à la navigation maritime.

Gouvernance et moyens de conduite du projet

Composition du comité de pilotage

comité de pilotage restreint du comité de pilotage du programme Référentiels

Président Directeur des opérations, de la production et des services

Membres Responsable de programme « Référentiels », chef de projet

Chef de la division produits nautiques

Chef de la DSI (direction des systèmes d'information)

Chef de la division produits mixtes

Chef de la division affaires

Chef du département cartographie Chef
du département bathymétrie

Composition de l'équipe projet

L'organisation s'appuie sur une approche en plateau

*rôle *profil

- Responsable du projet : responsable du programme « référentiels » du Shom, ingénieur expérimenté - Conduite des développements et des évolutions des méthodes [généralisation et extension information nautique] : 1 ingénieur et 1 technicien
- Conduite des développements et des évolutions des méthodes [information nautique]: 1 ingénieur et 1 technicien
- Conduite des développements et des évolutions des méthodes [constitution du fonds bathymétrique]: 1 ingénieur et 1 technicien
- Conduite des développements et des évolutions des méthodes [portail information nautique - crowd sourcing]: ingénieur Responsable du programme diffusion du Shom, 1 ingénieur et 1 technicien
- Conduite des développements et des évolutions des méthodes [chaîne de production de produits bathymétriques haute résolution]: 1 ingénieur et 1 technicien -Soutien informatique: 1 ingénieur et 1 technicien

Cette équipe projet sera complétée des équipes de traitements et de production ainsi que de moyens de la DSI du Shom pour les évaluations, les retours d'expérience, les phases de validation, et des moyens de la division « communication » (axe portail pour community et crowd sourcing). Elle s'appuiera aussi sur des marchés publics.

Cadence de réunion : trimestrielle

MODALITES D'ASSOCIATION DES AGENTS / USAGERS

Une présentation générale ouverte aux agents du Shom sera organisée avant le lancement pour préciser la démarche, les objectifs et les éléments d'organisation du projet.

Une réunion de lancement avec l'équipe projet concernée par les développements, les recettes et l'exploitation sera organisée pour préciser les modalités pratiques du déroulement du projet.

Un atelier dédié sera organisé auprès des grands ports maritimes et des régions responsables de l'exploitation des ports (community sourcing) en complément des relations techniques régulières entretenues actuellement par le Shom. Des communications sur des réseaux sociaux et des publications de plaisance spécialisées (crowd sourcing) seront assurées pour promouvoir l'usage du portail d'information nautique.

CALENDRIER PREVISIONNEL, T0 LANCEMENT DU PROJET :

Remarque liminaire :

La bonne exécution du projet Cartonaut repose sur le lancement de plusieurs marchés publics (sur financement FTAP) prévus sur les deux axes, dont le calendrier devra être respecté afin de garantir la tenue des délais et la montée en régime des économies.

Axe assistance à la généralisation cartographique :

- tâche 1.1 : Développement de l'outil d'assistance à la constitution du fonds bathymétrique unifié (150k€), à partir de T0 + 6 mois ;
- tâche 1.2 : Assistance à la constitution du fonds bathymétrique unifié (1037k€), à partir de T0 + 9 mois.
- tâche 1.3 à 1.6 : développement d'une solution de généralisation (700k€), incluant la tâche 2.1 ci-dessous

Axe identification de l'information nautique critique :

- tâche 2.1 : Développement d'une chaîne d'assistance à l'analyse de l'information nautique (cf. marché ci dessus)

- tâche 4.1 : développement du portail infonaut de community et crowd sourcing (100k€), à partir de T0+30mois.

Le démarrage de ces marchés conditionne significativement la capacité de rupture à créer et donc l'économie visée. Ils supposent une anticipation dès l'automne 2019 pour la préparation et la consultation des marchés publics, et leur lancement aux échéances fixées précédemment. Au vu des règles définies par le code de la commande publique, ces délais ne peuvent pas être plus réduits. C'est la raison pour laquelle le calcul des économies est étendu jusqu'à mi 2023, année d'atteinte de l'ensemble des économies pérennes.

- T0+3mois :

Lancement d'une démarche contractuelle pour le fonds bathymétrique unifié (construction et développement d'outils d'assistance) et pour la généralisation (inclus les chaînes de production de produits et d'information nautique, et le portail public).

- T0+6mois :

Définition d'une première méthode (fonds bathymétrique unifié, assistance à la généralisation, assistance à la détection d'infonaut) avec les moyens existants ou développés en internes

Début des travaux de développement des outils d'assistance à la constitution du fonds bathymétrique unifié.

- T0+9mois :

Consolidation de la méthode et premiers résultats internes. Consolidation des règles explicites des experts.

Début des renforcements des travaux de peuplement du fonds bathymétrique unifié.

Début des développements industriels (premier incrément) des résultats d'études existant sur le contrôle de la généralisation et la détection d'informations nautiques.

- T0+15mois :

Deuxième incrément d'une solution algorithmique pour la généralisation et son contrôle.

Développement parallèle de la méthode de détection d'informations nautiques.

Consolidation de la méthode associée pour la généralisation et l'analyse d'informations nautiques.

Poursuite de la construction du fonds bathymétrique unifié.

- T0+18mois :

Sur la base du deuxième incrément, développement d'une solution algorithmique améliorée pour la généralisation de la bathymétrie d'une carte marine (représentation du fond marin en mesures ponctuelles, sondes, et courbes d'iso-profondeurs, isobathes) : à partir du MNT généralisé calculé avec le deuxième incrément, développement des fonctions de simplification de courbes, contraintes par des règles de sécurité, et combinées à l'influence des sondes retenues.

Définition de la capacité d'apprentissage supervisée, complétant la solution algorithmique et définition d'un mode opératoire, notamment d'initialisation.

Poursuite des travaux méthodologique accompagnant les évolutions techniques, avec recherche d'un retour sur investissement significatif tout en garantissant la qualité des résultats, en particulier en terme de sécurité de la navigation.

- T0+21mois :

Développement de la capacité de généralisation et d'analyse de l'information nautique, complétée de l'apprentissage supervisé.

Consolidation de la méthode opérationnelle et recherche d'intégration dans les processus cartographique et d'information nautique.

Mise en œuvre opérationnelle d'une première solution de généralisation complète avec retour d'expérience régulière des utilisateurs, et exploitation en mode d'assistance supervisée pour chercher une amélioration des processus et donc un retour sur investissement rapide.

Mise en œuvre opérationnelle associée de la méthode de détection d'information nautique.

Renforcement des méthodes d'apprentissage et affinement des cas. Poursuite de la construction du fonds bathymétrique unifié.

- T0+27mois :

Développement du deuxième incrément de la solution complète de généralisation et d'analyse de l'information nautique par méthode algorithmique et apprentissage supervisé, contrôle compris.

Consolidation de la méthode opérationnelle et recherche d'intégration dans les processus cartographique et d'information nautique.

Mise en œuvre opérationnelle de la solution développée de généralisation complète avec retour d'expérience régulière des utilisateurs et exploitation en mode d'assistance supervisée pour chercher une amélioration des processus et donc un retour sur investissement rapide.

Mise en œuvre opérationnelle associée de la méthode de détection d'information nautique.

Poursuite de la construction du fonds bathymétrique unifié.

Développement de la chaîne rapide de produits bathymétriques haute densité (ENC bathymétrique haute densité, produits S102), à partir de la capacité en généralisation développée.

- T0+30mois :

Développement d'une solution de portail de remontée de l'information bathymétrique s'appuyant sur une solution existante dédiée à la remontée de l'information nautique de façon générale.

Poursuite de la construction du fonds bathymétrique unifié.

- T0+33mois :

Développement du troisième incrément de la solution complète de généralisation et d'analyse de l'information nautique par méthode algorithmique et apprentissage supervisé, contrôle compris.

Consolidation de la méthode opérationnelle et recherche d'intégration dans les processus cartographique et d'information nautique.

Mise en œuvre opérationnelle de la solution développée de généralisation complète avec retour d'expérience régulière des utilisateurs et exploitation en mode d'assistance supervisée pour chercher une amélioration des processus et donc un ROI rapide.

Mise en œuvre opérationnelle associée de la méthode de détection d'informations nautiques.

Poursuite de la construction du fonds bathymétrique unifié.

Développement du deuxième incrément de la chaîne rapide de produits bathymétriques hautes densité (ENC bathymétrique haute densité, produits S102), à partir de la capacité en généralisation développée.

SCENARIO SANS FTAP :

Sans le FTAP, le Shom ne pourra pas mener complètement sa mutation numérique dans un délai raisonnablement court. Le fonds bathymétrique unifié de référence ne pourra pas être achevé avant 10 ans sur la métropole avec les moyens actuels. Le processus de généralisation restera profondément basé sur l'expertise manuelle, et même si des améliorations limitées pourront être développées au fil de l'eau, aucune rupture de capacité ne permettra de répondre à l'afflux massif de données prévues dans les années à venir. Le retard dans le traitement des campagnes de mesures s'accroîtra. Sur la base d'une augmentation de 20 % de données collectées en plus chaque année, le retard de traitement de 100 levés en 2018 sera de l'ordre de 280 levés en 2024.

Les produits de bathymétrie haute définition impliquant des délais courts de confection et de réactualisation ne seront pas produits.

Shom

Cartonnet : tirer parti des ruptures technologiques permises par le numérique pour transformer la cartographie marine et l'information nautique

I - Financement du projet (le cas échéant, distinguer les phases (expérimentation, généralisation...) (k€ TTC)

Nature de dépenses	Catégorie de dépenses	Programme budgétaire	Action/ligne budgétaire porteuse de la dépense	2019		2020		2021		2022		2023			
				AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP		
RH Shom (total)	F2		shom	158	158	1048	1048	1008	1008	1033	1033	516	516		
RH Shom - gestion de projet - ing	F2		shom	7	7	41	41	41	41	41	41	21	21		
RH Shom - ing dev agile	F2		shom	8	8	49	49	49	49	49	49	25	25		
RH Shom - technicien sysprod	F2		shom	12	12	12	12	12	12	12	12	6	6		
RH Shom - carto manager (ing)	F2		shom	3	3	16	16	16	16	16	16	8	8		
RH Shom - carto controleurs/validateurs (ing IEF)	F2		shom	1	1	7	7	13	13	26	26	13	13		
RH Shom - carto préparateurs (technicien)	F2		shom	6	6	6	6	13	13	23	23	13	13		
RH Shom - hydro fonds bathy unifié (ing)	F2		shom	6	6	34	34	34	34	34	34	17	17		
RH Shom - ing dev fonds bathy unifié (ing)	F2		shom			68	68	14	14	14	14	7	7		
RH Shom - hydro fonds bathy unifié (technicien)	F2		shom	113	113	679	679	679	679	679	679	340	340		
RH Shom - carto fonds bathy unifié (technicien)	F2		shom	20	20	122	122	122	122	122	122	61	61		
RH Shom - hydro infonaut (ing)	F2		shom					5	5	5	5	3	3		
RH Shom - hydro infonaut (technicien)	F2		shom	6	6	4	4	4	4	4	4	2	2		
RH Shom - expert infonaut (ing)	F2		shom					7	7	7	7	4	4		
dont financement FTAP															
P349															
système d'assistance à la généralisation cartographique et l'infonaut critique															
Développement outil fonds bathy unifié						150	30		50		50		20		
dont financement FTAP							250	30			50		20		
F3						1036,8	173		346		346		173		
Assistance constitution fonds bathy unifié															
dont financement FTAP															
F3						1036,8	173		346		346		173		
développement d'une solution de généralisation par apprentissage						700	60		290		250		100		
dont financement FTAP							60		290		250		100		
F3						700	60		290		250		100		
portail infonaut pour le crowd sourcing								100	30		50		20		
développement portail crowd sourcing															
dont financement FTAP															
F3															
TOTAL						316	316	1935	1311	1108	1723	1033	1728	516	529
TOTAL dont financement FTAP						316	316	1887	263	100	712	0	692	0	312

Cumul 2019-2022	
AE	CP
3247	3247
130	130
156	156
35	35
52	52
47	47
41	41
107	107
95	95
2151	2151
388	388
19	19
14	14
0	0
150	130
150	130
1037	864
1037	864
700	600
700	600
100	80
5233	4921
1987	1674

Cumul 2019-2023	
AE	CP
3763	3763
151	151
181	181
41	41
60	60
60	60
53	53
124	124
101	101
2491	2491
447	447
21	21
15	15
18	18
0	0
150	150
150	150
1037	1037
1037	1037
700	700
700	700
100	100
5750	5750
1987	1987

II - Economies prévisionnelles liées au projet (k€ TTC)

Nature de l'économie	Catégorie de dépenses	Programme budgétaire	Action/ligne budgétaire porteuse de l'économie	2019		2020		2021		2022		2023	
				AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP
système d'assistance à la généralisation cartographique													
généralisation cartographique - manager (ing)						16	16	41	41	57	57	66	66
généralisation cartographique - contrôleur/validateur (ing)						65	65	157	157	281	281	326	326
généralisation cartographique - préparateur (technicien)						176	176	422	422	786	786	974	974
système d'assistance à l'identification d'informations nautiques critiques pour la navigation													
ingénieur hydrographe						34	34	51	51	59	59	59	59
technicien hydrographe						49	49	49	49	56	56	56	56
TOTAL						0	0	341	341	700	700	1238	1238

Economies perennes constatées au 2022	
AE	CP
57	57
281	281
786	786
0	0
59	59
56	56
1238	1238

Economies perennes constatées au 2023	
AE	CP
66	66
326	326
974	974
0	0
59	59
56	56
1480	1480

Cumul économies 2019-2023	
AE	CP
181	181
829	829
2358	2358
0	0
203	203
210	210
3788	3788

III - Dépenses budgétaires sans réalisation du projet (OPTIONNEL)

Nature de dépenses	Catégorie de dépenses	Programme budgétaire	Action/ligne budgétaire porteuse de la dépense	2019		2020		2021		2022		2023	
				AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP
RH Shom (total)	F2		shom			8	8	8	8	8	8	8	8
RH Shom - ing dev agile	F2		shom			4	4	4	4	4	4	4	4
RH Shom - technicien sysprod	F2		shom			8	8	8	8	8	8	8	8
RH Shom - carto manager (ing)	F2		shom	1	1	8	8	8	8	8	8	8	8
RH Shom - carto controleurs/validateurs (ing IEF)	F2		shom	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
RH Shom - carto préparateurs (technicien)	F2		shom	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
RH Shom - hydro fonds bathy unifié (ing)	F2		shom	3	3	17	17	17	17	17	17	17	17
RH Shom - ing dev fonds bathy unifié (ing)	F2		shom			68	68	14	14	14	14	14	14
RH Shom - hydro fonds bathy unifié (technicien)	F2		shom	62	62	371	371	371	371	371	371	371	371
RH Shom - hydro infonaut (ing)	F2		shom			2	2	2	2	2	2	2	2
RH Shom - hydro infonaut (technicien)	F2		shom										
RH Shom - expert infonaut (ing)	F2		shom					7	7	7	7	7	7
dont financement FTAP													
P349													
Coût total						64	66	479	479	432	432	432	432

Cumul 2019-2022	
AE	CP
1409	1409
25	25
11	11
26	26
4	4
6	6
53	53
95	95
1173	1173
8	8
0	0
14	14
0	0
1409	1409

IV - Dépenses budgétaires en prenant en compte la réalisation du projet (OPTIONNEL)

Nature de dépenses	Catégorie de dépenses	Programme budgétaire	Action/ligne budgétaire porteuse de la dépense	2019		2020		2021		2022		2023	
				AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP	AE	CP
Dépenses 22													
Dépenses 11													
Coût total				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cumul 2019-2022	
AE	CP
0	0