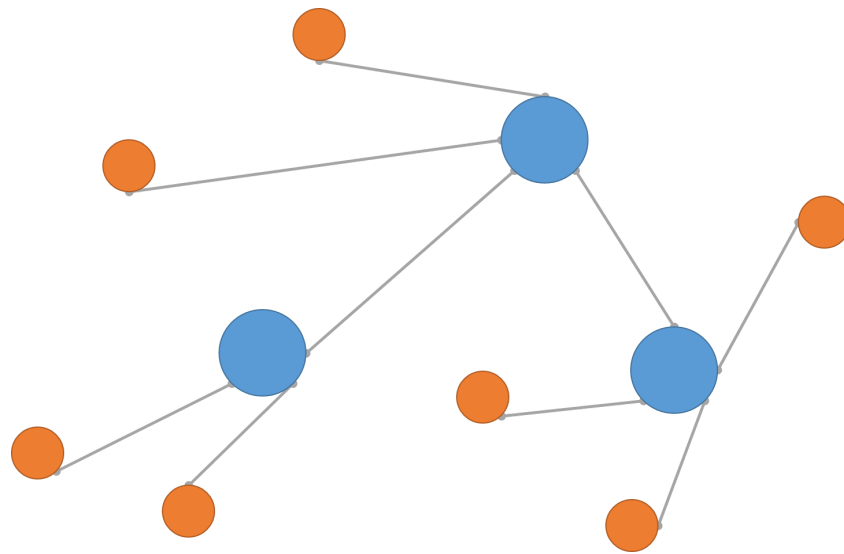


# Bathymétrie collaborative ciblée

*Depuis les contributeurs de confiance  
jusqu'à la carte*



**Un livre blanc préparé conjointement par**



**Danish Geodata Agency**



**Service Hydrographique du Canada**

21.6.2020

Edition 1.1

*Ce document a été co-rédigé par :*

- *Giuseppe Masetti, DGA*
- *Mathieu Rondeau, CHS*
- *Belén Jiménez Barón, DGA*
- *Peter Wills, CHS*
- *Yvonne Morville Petersen, DGA*
- *Juho Salmia, DGA*

## RÉSUMÉ

La maturité croissante du paysage technologique actuel rend enfin possible l'adoption de la bathymétrie collaborative ciblée (TCSB, Trusted Crowd-Sourced Bathymetry). En particulier pour les zones très sensibles comme la région arctique, la bathymétrie collaborative ciblée a le potentiel de devenir l'une des principales sources d'information hydrospatiale, tant pour la sécurité et la sûreté du territoire maritime que pour la recherche sur l'adaptation aux changements climatiques.

L'idée d'un réseau composé d'enregistreurs de données bathymétriques collaboratives fiables mais peu coûteux, installés à bord des navires de partenaires sélectionnés est non seulement déjà réalisable, mais les agences hydrographiques nationales devraient la considérer comme une réponse concrète à la demande croissante pour des cartes marines et des publications nautiques actualisées.

L'objectif de ce livre blanc est de combiner nos efforts pour concrétiser la mise en place d'une infrastructure moderne capable de traiter de grandes quantités de données de bathymétrie collaborative ciblée. Ce document présente une vision - développée en commun par le Service hydrographique du Canada et le Service hydrographique Danois (Danish Geodata Agency) pour supporter l'acquisition continue et le traitement automatisé des flux de données provenant d'un réseau de partenaires sélectionnés (les contributeurs de confiance) jusque sur les cartes marines et les publications nautiques.

## PROBLÉMATIQUE

Pour des pays littoraux comme le Canada et le Danemark, la sûreté et la sécurité sont étroitement liées à la capacité de surveiller, de contrôler et d'exploiter le territoire maritime en ce qui concerne en autres ses ressources et ses couloirs de navigation. En même temps, la connaissance des océans joue un rôle primordial dans la modélisation du climat et l'adaptation aux changements climatiques. Ainsi, il existe des exigences communes consistant à la fois à superviser la collecte et la gestion des données hydrospatiales (c'est-à-dire la propriété des données par les services hydrographiques) et à faciliter la disponibilité de ces données (distribution et accessibilité des données) pour la recherche et le développement.

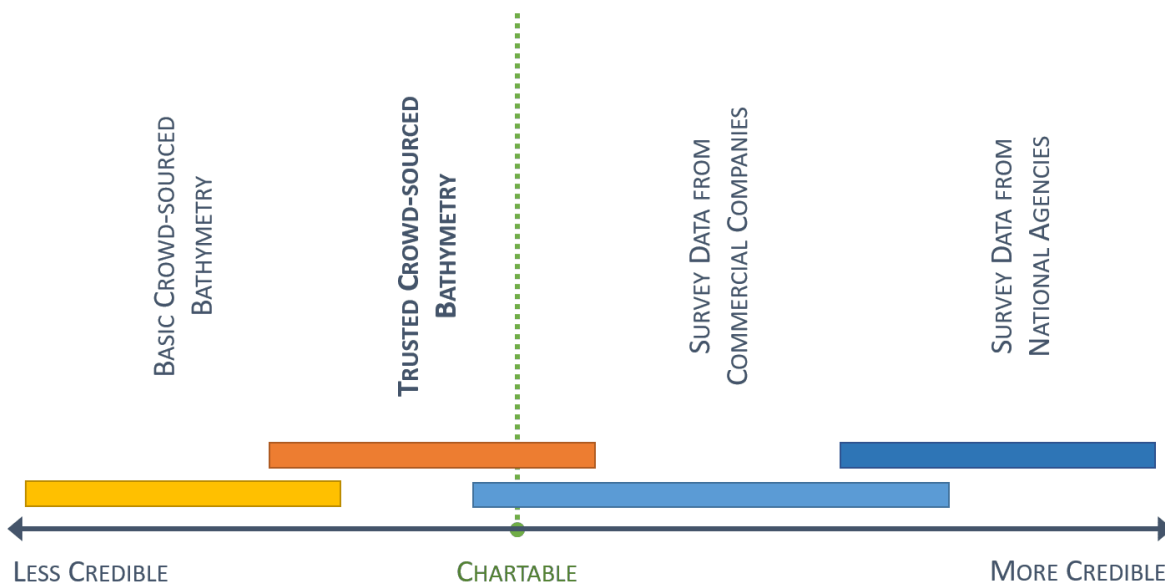
La protection de l'environnement et la résilience sont encore plus pertinentes pour la région arctique, qui est très sensible aux changements climatiques (par exemple, à l'élévation du niveau de la mer) et qui est fortement menacée par la pollution. L'utilisation de technologies avancées et sûres est un élément qu'il est essentiel de considérer pour guider adéquatement le développement des activités commerciales et de recherche dans un tel environnement. Par exemple, le tourisme le long des côtes et dans les fjords se développe en même temps que le défi de le faire de manière éco-responsable et sûr augmente.

Même si aujourd'hui l'exploitation de navires de surface autonomes commence à donner des résultats encourageants, il n'en demeure pas moins que la manière traditionnelle de mener des levés hydrographiques continue d'impliquer des coûts et des efforts qu'il n'est pas facile de réduire. Ces coûts et ces efforts deviennent encore plus élevés dans les zones éloignées, comme la région arctique, caractérisées par un manque de données collectées selon les normes hydrographiques et cartographiques modernes, associé à des saisons de relevés très courtes. Cette situation est en contradiction directe avec les attentes pour des publications nautiques précises et à jour qui ne cessent d'augmenter.

En misant sur la coopération et de la synergie entre les acteurs et les infrastructures en place, il est possible de proposer une approche différente pour faire la collecte de données hydrographiques : la bathymétrie collaborative ciblée (TCSB, Trusted Crowd-Sourced Bathymetry).

## POURQUOI DES CONTRIBUTEURS DE CONFIANCE ?

Les données hydrospatiales utilisées pour la mise à jour des produits nautiques et donc pour la sécurité de la navigation sont soumises à des exigences strictes, non seulement en ce qui concerne l'incertitude et la précision des mesures, mais aussi en ce qui a trait à la crédibilité des contributeurs. Historiquement, cette dernière a représenté un obstacle majeur à l'utilisation de la bathymétrie participative comme source de données pouvant se qualifier pour la mise à jour des cartes marines et des publications nautiques.



*Figure 1 - Exemple d'une échelle de crédibilité comparant différentes sources de données hydrographiques. Un éventuel seuil minimum de crédibilité requis pour que l'information hydrospatiale soit "cartographiable" est indiqué en pointillé vert.*

La figure 1 illustre un tel concept en fixant le seuil de "cartographiabilité" (c'est-à-dire le seuil minimum de crédibilité estimé nécessaire pour que les données hydrographiques puissent être utilisées pour mettre à jour une carte marine) en dehors de la plage de crédibilité de la bathymétrie participative "de base". Le terme "de base" est ici adopté pour différencier la bathymétrie participative de la bathymétrie collaborative ciblée lorsque des efforts significatifs sont fournis afin de soutenir les contributeurs, ainsi qu'à contrôler la qualité des données collectées, par comparaison avec d'autres contributeurs et des sources de données plus crédibles (c'est-à-dire les données hydrographiques

collectées par des compagnies de levé reconnues ou encore des agences hydrographiques nationales).

En analysant les traces du système d'identification automatique (AIS) (voir figure 2), il est possible d'identifier non seulement les zones prioritaires (par exemple, les zones de fort trafic pour lesquelles les données hydrographiques disponibles sont limitées ou anciennes), mais aussi d'identifier les meilleurs partenaires qui, en navigant fréquemment dans ces zones, pourraient potentiellement être des contributeurs de choix pour servir la cause de la bathymétrie collaborative ciblée.

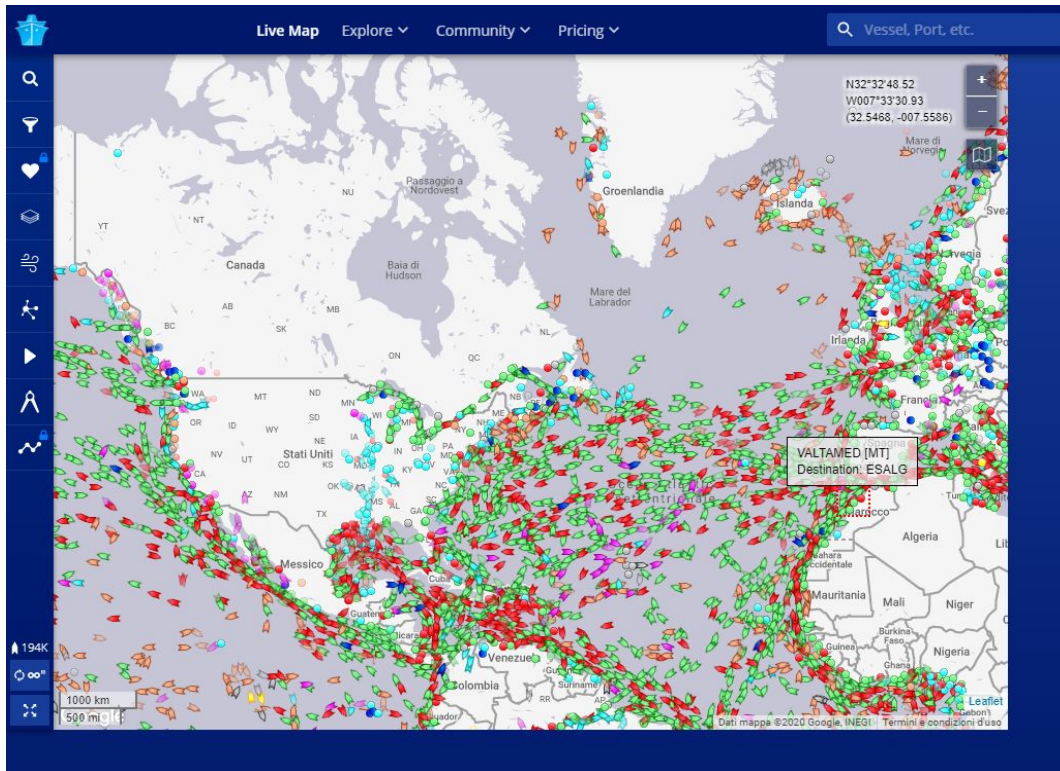


Figure 2 – Traces AIS telles que vues sur la carte en directe du site web MarineTraffic website (<https://www.marinetraffic.com>).

Nous anticipons la mise en place d'un réseau de centaines de contributeurs de confiance à même de fournir un flux constant de données de meilleure qualité que le tsunami potentiel de données de moindre qualité provenant des collecteurs de bathymétrie participative de base. Limiter le nombre de données de mauvaise qualité est également

une bonne stratégie pour maintenir un haut niveau de réactivité des agences hydrographiques nationales dans le cas où un danger potentiel pour la navigation serait identifié.

## DES ENREGISTREURS DE DONNÉES FIABLES À BAS COÛT

En s'appuyant sur les résultats obtenus dans le cadre de projets pilotes publiés récemment (par exemple, [1] et [4] ) ainsi que sur une évaluation préliminaire de la maturité des technologies actuelles, nous estimons qu'il est déjà possible d'assembler des enregistreurs de données bathymétriques collaboratives fiables mais peu coûteux.

Un tel enregistreur doit comprendre minimalement les composantes suivantes :

- Un mini-controller capable d'assurer l'horodatage précis de toutes les données issues des différents capteurs.
- Un récepteur GNSS supportant les constellations GPS, GLONASS et Galileo. L'enregistrement des données d'observations brutes est nécessaire afin de permettre une augmentation de l'exactitude du positionnement par post-traitement PPP (Positionnement Ponctuel Précis) ou PPK (Post-traitement cinématique différentiel).
- Une mini centrale inertielle fournissant les données de tangage et de roulis pour le navire.
- Un moyen de communication entre la mer (l'appareil) et la terre (le centre de contrôle pour les données de bathymétrie collaborative ciblée). Un gestionnaire de connectivité doit être chargé de gérer le passage dynamique entre les communications par satellite coûteuses (en adoptant un mode de fonctionnement qui minimise l'échange de données) et les solutions à faible coût (par exemple, le GSM) qui permettent un accès plus large aux données lorsque la couverture du service est disponible.

L'enregistreur de données bathymétriques collaboratives décrit plus haut doit être connecté au sondeur du navire hôte pour recevoir la mesure de profondeur (par exemple, en utilisant les messages NMEA). La fusion des données issues des trois capteurs (récepteur GNSS, mini-centrale inertielle et sondeur) par l'intermédiaire du mini-controller embarqué permet de géoréférencer la profondeur du fond marin. Les formats ouverts pour les données brutes et traitées seront favorisés.

L'une des principales exigences de ces enregistreurs est de garantir la collecte de données bathymétriques de qualité suffisante pour être utilisées pour la production ou la mise à jour de cartes de navigation. Les spécifications minimales des composantes devraient donc être évaluées en fonction de la précision atteinte en sortie de la chaîne d'intégration complète des données. Toutefois, les composantes retenues devraient aussi accommoder un compromis acceptable sur la base d'un prix cible pour l'enregistreur de l'ordre de quelques milliers d'euros.

Nous suggérons que ces enregistreurs soient élaborés dans un cadre de développement ouvert afin de pouvoir profiter d'une libre concurrence sur le marché ainsi que de contributions du milieu de la recherche. En outre, un enregistreur de données bathymétriques collaboratives en source ouverte pourrait être facilement adopté et amélioré par d'autres agences hydrographiques nationales.

## **VALIDATION AUTOMATIQUE DES DONNÉES : OU COMMENT TRADUIRE CRÉDIBILITÉ EN QUALITÉ**

Comme mentionné précédemment, la crédibilité accordée aux données collectées est une exigence clé. Comme le flux de ces données sera continu, une procédure automatisée doit être développée afin de valider la qualité des données [3] et, en même temps, mettre à jour la crédibilité des différents contributeurs de confiance (par exemple [6]).

Lorsqu'un contributeur de confiance pénètre dans des zones où il existe des cartes marines modernes (par exemple, basées sur des données multi-faisceaux récemment acquises, avec une couverture complète du fond marin), les données collectées peuvent être évaluées par rapport aux informations hydrospatiales disponibles. De plus, lorsque la trajectoire d'un enregistreur de données bathymétriques collaboratives intersecte une surface de référence, un étalonnage plus précis du dispositif est possible et doit donc être appliqué. Par exemple, un processus de calibration en deux étapes a été décrit dans [2]. Il a été prouvé que ce processus d'étalonnage des bras de levier X et Z, combiné à un post-traitement de la navigation PPP ou si possible PPK, permettait d'améliorer considérablement la qualité des données en réduisant à la fois l'imprécision et l'incertitude (voir figure 3).



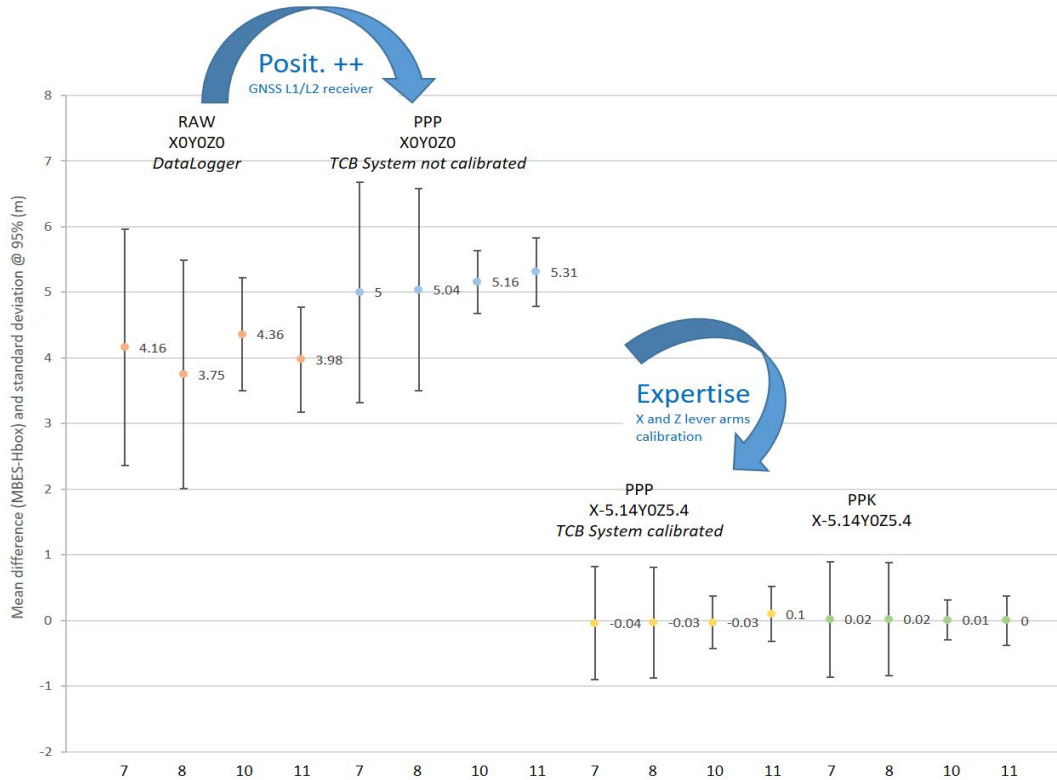


Figure 3 – Preuve d'une qualité de donnée accrue après le post-traitement des données de navigation et la calibration du dispositif selon les techniques décrites dans [2]

Parallèlement, nous étudierons les mécanismes permettant d'encourager la participation. Par exemple, un retour d'information positif pourrait être fourni aux contributeurs de confiance qui ont soumis des données de bonne qualité.

Nous prévoyons de mettre en oeuvre en interne le processus de validation décrit. En suivant un paradigme de développement ouvert, le processus résultant pourrait ainsi être facilement adopté par le modèle des noeuds de confiance proposé par le CSBWG de l'OHI [5].

## CONCLUSIONS

Ce livre blanc recueille et analyse les besoins et opportunités découlant des politiques nationales, des communautés d'utilisateurs et des parties prenantes afin de favoriser l'adoption de la bathymétrie collaborative ciblée (TCSB, Trusted Crowd-Sourced

Bathymetry) comme source importante d'informations hydrospatiales.

Son objectif est de motiver des actions concrètes (études, projets pilotes et programmes) susceptibles de faciliter l'adoption de la bathymétrie collaborative ciblée. Nous espérons que plusieurs agences hydrographiques nationales partageront les mêmes souhaits que ceux identifiés dans ce livre blanc et que l'approche envisagée aura même le potentiel de contribuer à la couverture des océans du globe.

Enfin, nous pensons que plusieurs des concepts décrits dans ce livre blanc (par exemple, le processus de validation automatisée) représentent également une contribution significative dans le contexte de l'hydrographie à distance.

## REFERENCES

1. Rondeau, M., and Malouin, M.-A., “*Bad Information Is Better Than No Information At All - Assessing the uncertainty of bathymetric collaborative data collected with a HydroBox system*”, Vecteur 2019.
2. Rondeau, M., and Dion, P., “*Potential of a HydroBox crowd-sourced bathymetric data logger to support the monitoring of the Saint-Lawrence Waterway*”, Canadian Hydrographic Conference 2020.
3. Masetti, G., Faulkes, T., and Kastrisios, C., “*Automated Identification of Discrepancies Between Nautical Charts and Survey Soundings*”, ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 7, 2018.
4. Calder, B., et al., “*A Design for a Trusted Community Bathymetry System*”, Canadian Hydrographic Conference 2018.
5. IHO CSBWG, *B-12 Guidance on Crowdsourced Bathymetry*, 2.0.0 draft.
6. Calder B., and Hoy, S., “*Estimating Crowdsourced, Authoritative Observer, and Data Reputation*”, Canadian Hydrographic Conference 2020.