

## Rapport annuel 2019 – 2020

**Juin 2020**



[www.cidco.ca](http://www.cidco.ca)

115 Rue Saint Germain O local 1,  
Rimouski, QC G5L 4B6  
Téléphone : 418-725-1732

## Table des matières

<i>Vision</i> .....	3
<i>Mission</i> .....	3
<i>Valeurs</i> .....	3
<i>Mot du président et de la direction</i> .....	4
<i>Conseil d'administration</i> .....	8
<i>Ressources humaines</i> .....	10
<i>ORIENTATIONS STRATÉGIQUES 2020-2030</i> .....	15
<i>Ententes stratégiques</i> .....	17
<i>Faits saillants</i> .....	19
<i>Comités / tables / sièges (conseils)</i> .....	28
<i>Projets réalisés</i> .....	29
<i>Sommaire financier 2019-2020</i> .....	41
<i>Partenaires financiers</i> .....	42
<i>Partenaires institutionnels</i> .....	43
<i>Partenaires privés</i> .....	46
<i>Annexe I Revue de presse</i> .....	49



## *Vision*

**Ê**tre un centre d'expertise de renommée mondiale et un partenaire de choix en hydrographie pour une économie bleue durable.

## *Mission*

**L**e CIDCO a pour mission de moderniser l'hydrographie par la recherche appliquée, le développement, la formation et le transfert technologique et d'en valoriser les résultats dans une démarche durable grâce à ses partenariats et à son expertise de pointe.

## *Valeurs*

- ≈ L'excellence
- ≈ La créativité et l'innovation
- ≈ L'engagement et l'intégrité
- ≈ Le respect et l'écoute
- ≈ La coopération



## *Mot du président et de la direction*

Une autre année fertile se termine au CIDCO, elle a été marquée entre autres par l'arrivée de nouvelles personnes, autant au sein de l'équipe que du conseil d'administration (CA). En effet, la moitié des membres de l'équipe d'hydrographes a été embauchée au cours des 12 derniers mois, soit trois hydrographes (sur un total de six). Un technicien en électronique et un responsable des communications se sont également ajoutés à notre personnel. D'autre part, lors de l'Assemblée générale tenue en juin 2019, quatre nouvelles personnes de l'extérieur de Rimouski (1 de Moncton, 2 de Montréal et 1 d'Ottawa), ayant chacune un bagage diversifié d'expertise et d'expérience dans le secteur maritime, se sont jointes au conseil d'administration. Nous devons également souligner le départ d'une administratrice en cours d'année. Donc, ce fut une bonne année d'apprentissage et de nouveauté pour l'ensemble du CA et de l'équipe du CIDCO.

Dès les débuts de l'automne 2019, le CA a entrepris, par l'entremise d'un groupe de travail, un exercice de renouvellement des orientations stratégiques de l'organisation, pour la période 2020-2030. Ces orientations ont été officiellement approuvées en début d'année 2020. L'équipe du CIDCO a également été très occupée en participant à plus d'une douzaine de conférences, dont les trois événements majeurs suivants, dans la même année :

- Le colloque Vecteur 2019 réalisé par le CIDCO en collaboration avec le Centre de géomatique du Québec CGQ, en avril. Cet événement a réuni plus de deux cents (200) participants à Rimouski.
- Le Forum québécois en sciences de la mer, en novembre, également à Rimouski, qui a regroupé plus de trois cents (300) participants.
- La Conférence hydrographique du Canada, en février 2020, qui a rassemblé près de quatre cents (400) participants, à Québec.

Ces trois événements ont permis à l'équipe CIDCO de faire une douzaine de communications scientifiques. De plus, deux articles scientifiques ont été publiés cette année.



Le CIDCO a aussi été partenaire de la première École internationale d'été en levés hydrographiques et LiDAR, organisée par le Département des sciences géomatiques de l'Université Laval. Cette formation s'est tenue du 26 mai au 7 juin 2019, à Québec. Pour l'occasion, le CIDCO a mobilisé sa vedette hydrographique, le FJ Saucier, avec son équipage, pour offrir aux participants la possibilité d'acquérir des données hydrographiques dans un contexte d'apprentissage pratique. En parallèle, le CIDCO a offert une quatrième formation en hydrographie de catégorie B : cinq personnes l'ont suivie. Deux d'entre elles ont immédiatement été recrutées par l'entreprise Géophysique GPR International, de Longueuil. Une nouvelle cohorte de huit étudiants a débuté la formation en septembre 2019. Il s'agit du groupe le plus important depuis que le CIDCO la dispense. Les étudiants inscrits proviennent de sept pays différents, soit deux de la Slovénie, un de la Russie, un de la Turquie, un de l'Inde, un du Maroc, un du Cameroun et un du Canada. Ce sera le dernier groupe à s'inscrire au programme de formation selon la certification actuelle, car une nouvelle demande de certification (valide pour cinq ans) est en préparation et doit être déposée en 2020 à l'Organisation hydrographique internationale (OHI).

Plusieurs étudiants de 2<sup>e</sup> et de 3<sup>e</sup> cycles, provenant de cinq universités canadiennes différentes (Université Laval, Université de Windsor, Université du Nouveau-Brunswick à Fredericton, Université Acadia en Nouvelle-Écosse et Université York en Ontario), ont participé à de nombreux projets de recherche d'importance réalisés dans la dernière année. L'un de ces projets porte sur une thématique d'actualité, soit la protection des baleines noires de l'Atlantique Nord. Ce projet de recherche pour la détection et la récupération des casiers à crabe des neiges abandonnés dans le golfe du Saint-Laurent a été préparé conjointement avec le Centre intégré de recherche appliquée dans les domaines de la pêche Merinov. Le CIDCO a obtenu un financement de plus de 850 000 \$ sur quatre ans pour la recherche et la mise en œuvre de nouvelles technologies de détection acoustique et le développement d'algorithmes d'identification automatique des casiers perdus, ainsi que pour le transfert d'expertise auprès des associations de pêcheurs.




Le CIDCO a aussi amorcé deux projets de valorisation technologique, soit le développement du Porteur hydrographique de deuxième génération l'HydroTOM™ et l'HydroBall® 2.0. Dans le cas du porteur hydrographique, il s'agit d'une plateforme tractée équipée d'un ordinateur de bord et des instruments de mesure comme un échosondeur multifaisceaux et une centrale d'altitude et de positionnement. Ce projet a été déposé au programme Innovation du MEI conjointement avec l'entreprise Multiélectronique de Rimouski et le Centre de Technologies avancées de l'Université de Sherbrooke (CTA). Dans le cas de l'HydroBall® 2.0, le CIDCO s'est associé à l'entreprise M2Ocean pour mettre en œuvre une nouvelle architecture électronique afin d'en faire une bouée connectée et intelligente, capable de recueillir des mégadonnées favorisant le développement de modèles d'intelligence artificielle (IA). Cette nouvelle technologie offrira une version pouvant être intégrée au sonar des navires marchands, l'HydroBlock™, pour acquérir des données hydrographiques d'opportunité « **Crowdsourcing** ». Dans ces deux cas, la commercialisation de nouveaux produits devrait se faire au plus tard à la fin de l'année 2021.

On ne peut passer sous silence que l'année actuelle du CIDCO s'est terminée en pleine pandémie du coronavirus. Outre la fermeture temporaire des bureaux, la plus importante conséquence a été l'annulation de la formation pratique en hydrographie, qui était prévue au printemps 2020. Autrement, l'équipe s'est rapidement ajustée aux exigences du télétravail afin de poursuivre ses travaux de recherche et de formation. À la suite de la tenue de deux réunions spéciales du CA, il a été décidé de ne pas réduire le personnel, le budget 2021 a été adopté et l'organisation du travail a été revue de façon à reprendre les activités conformément aux normes publiques de sécurité sanitaire, en appliquant des mesures strictes de distanciation et de protection individuelle adaptées au risque.

Nous tenons finalement à remercier l'ensemble des membres du conseil d'administration pour leur participation active et leur dévouement au développement et à la croissance du CIDCO. Nous tenons également à remercier nos nombreux partenaires institutionnels, privés et les établissements d'enseignement pour leur confiance et leur engagement envers le CIDCO. Finalement, la direction et les membres du conseil d'administration



remercient tout particulièrement le personnel du CIDCO pour l'excellence de son travail et la démonstration des valeurs de l'organisation tout au long de l'année dans un contexte sanitaire très particulier.



**Francis Roy, PhD., président**



**Jean Laflamme, directeur général**

## *Conseil d'administration*

<b>Membre</b>	<b>Rôle</b>	<b>Occupation</b>
<b>Francis Roy</b>	Président du conseil d'administration et membre du comité exécutif	Professeur titulaire Directeur du département des sciences géomatiques à l'Université Laval
<b>Denis Hains</b>	Vice-président du conseil d'administration et membre du comité exécutif	Consultant – Ancien hydrographe général du Canada et directeur général, Service hydrographique du Canada (SHC) - Retraité (2018)
<b>Carole-N. Côté</b>	Secrétaire-trésorière du conseil d'administration et membre du comité exécutif	Membre du conseil d'administration de la Caisse Desjardins de Rimouski
<b>Sylvie Daniel</b>	Responsable scientifique et membre du comité exécutif	Professeure titulaire et directrice du baccalauréat en génie géomatique à l'Université Laval
<b>Noémie Giguère</b>	Administratrice	Directrice générale, Technopole maritime du Québec (TMQ)
<b>Ariane Plourde</b>	Administratrice	Directrice, Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER)
<b>Richard Sanfaçon</b>	Administrateur	Président de l'Association canadienne d'hydrographie
<b>Alain Richard</b>	Administrateur	Directeur exécutif sécurité et efficacité maritime à l'Administration de pilotage des Laurentides
<b>Jean-Luc Bédard</b>	Administrateur	Consultant – Ancien Administration portuaire de Montréal (APM) Vice-président, opérations, et capitaine du port
<b>Ghislain Chouinard</b>	Administrateur	Vice-président, Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM)







**Réunions du comité exécutif (3) :**

✓ 15 mai 2019 / 16 octobre 2019 / 24 février 2020

**Réunions du conseil d'administration (4) :**

✓ 11 juin 2020 (2) / 13 septembre 2019 / 11 décembre 2019 / 17 mars 2020

**Réunion spéciale du CA (2) :**

✓ 21 janvier 2020 / 17 février 2020

**Assemblée générale annuelle :**

✓ 11 juin 2019

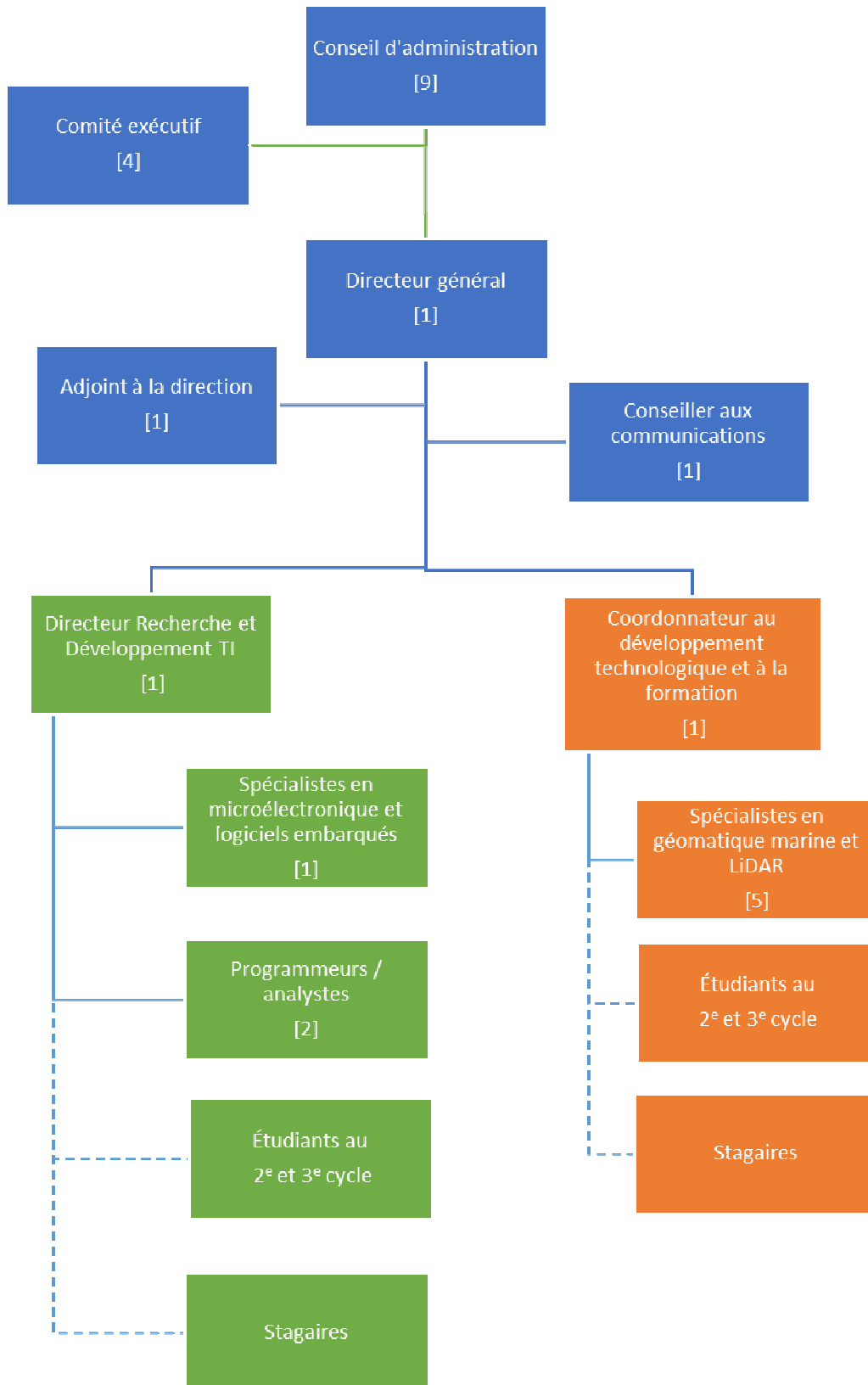
## Ressources humaines



Le CIDCO a embauché **31 professionnels et stagiaires** en 2019 – 2020 répartis comme suit :

- Quinze (15) employés permanents et trois (3) capitaines contractuels
- Coordination du travail de deux (2) étudiants au doctorat de l'Université Laval, d'un étudiant au postdoctorat à l'université de Windsor en Ontario, d'un étudiant à la maîtrise de l'Université du Nouveau-Brunswick, d'un étudiant à la maîtrise de l'Université Acadia en Nouvelle-Écosse et de deux (2) étudiants à la maîtrise de la York University.
- Deux (2) stagiaires de l'ENSTA Bretagne, deux (2) stagiaires en géographie de l'Université du Québec à Rimouski, un stagiaire en science géomatique de l'Université Laval, ainsi qu'un stagiaire en programmation du Cégep de Rimouski.

## Organigramme du CIDCO



## Équipe permanente CIDCO :

- ≈ Jean Laflamme : Directeur général
- ≈ Guillaume Morissette : Directeur Recherche et Développement TI
- ≈ Jean-Charles Ledeuil, CPA-CMA, M. Sc.  
Gestion des ressources maritimes :  
Adjoint à la direction
- ≈ Romain Balleydier : Conseiller aux communications
- ≈ Julien Desrochers, Hydrographe catégorie B :  
Spécialiste en géomatique marine
- ≈ Sylvain Gautier, M. Sc. Océanographie :  
Spécialiste en géomatique marine (fin de  
contrat en décembre 2019)
- ≈ Grégoire Ledoux, M. Sc. en Sciences  
géographiques : Spécialiste en géomatique  
marine
- ≈ Mohamed-Ali Chouaer, M. Sc. en sciences  
géomatiques : Spécialiste en géomatique  
marine
- ≈ Papa Médoune Ndir, M. Sc. Géomatique :  
Spécialiste en géomatique appliquée au lidar  
terrestre et marin
- ≈ Dominic Ndeh Munang, M. Sc. Petroleum  
Geophysics, Hydrographe catégorie B :  
Spécialiste en Hydrographie
- ≈ Simon Nadeau, M.Sc. Océanographie :  
Spécialiste en géomatique marine
- ≈ Christian Bouchard, PhD. Génie électrique et  
informatique : Spécialiste en microélectronique  
et logiciels embarqués
- ≈ Jordan McManus : Analyste logiciel
- ≈ Hugo Valcourt : Programmeur analyste (fin de  
contrat en novembre 2019)



≈ Dany Doiron : Technicien en électronique

**Équipe contractuelle :**

≈ Alain St-Pierre :  
Capitaine

≈ Mathieu Tapp :  
Capitaine

≈ Sylvain Leblanc :  
Capitaine

**Étudiants au 2<sup>e</sup> et au 3<sup>e</sup> cycles à l'Université Laval :**

≈ Mohsen Hassanzadeh Shahraji :  
Étudiant au doctorat en sciences géomatiques

≈ Willian Ney Cassol :  
Étudiant à la maîtrise en sciences géomatiques

**Étudiant au postdoctorat à l'Université de Windsor :**

≈ Phillipe Wernette, PhD :  
Étudiant au post-doctorat, Department of  
Earth and Environmental Sciences

**Étudiant au 2<sup>e</sup> cycle à l'Université du Nouveau-Brunswick :**

≈ Khaleel Arfen :  
Étudiant à la maîtrise en Geodesy and  
Geomatics Engineering

**Étudiant au 2<sup>e</sup> cycle à l'Université Acadia en Nouvelle-Écosse :**

≈ Daniel Mutton :  
Étudiant à la maîtrise, Department of Earth  
and Environmental Sciences

**Étudiante au 2<sup>e</sup> cycle à la l'Université York :**

≈ Sepideh Dibadin  
Étudiante à la maîtrise en Earth and Space  
Science and Engineering





- ≈ Xuyang Han  
Étudiant à la maîtrise en Earth and Space  
Science and Engineering

**Stagiaires en 2<sup>e</sup> année ENSTA Bretagne :**

- ≈ Alicia Maurice :  
Stagiaire ingénieure hydrographe catégorie A
- ≈ Thomas Pouliquen :  
Stagiaire ingénieur hydrographe catégorie A

**Stagiaire en géographie Université du Québec à Rimouski:**

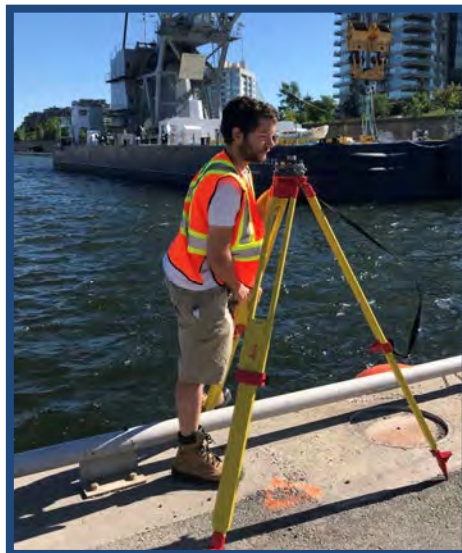
- ≈ Jimmy Mayrand : Stagiaire en géomatique  
marine
- ≈ Jean-Gabriel Auger : Stagiaire en géomatique  
marine

**Stagiaire en science géomatique Université Laval:**

- ≈ David Goulet : Stagiaire en géomatique  
marine

**Stagiaires en informatique :**

- ≈ Émile Gagné :  
Technicien en programmation - Cégep de  
Rimouski



# ORIENTATIONS STRATÉGIQUES 2020-2030

## OBJECTIFS QUALITÉ :

Les objectifs de qualité se mesurent par la rétroaction des partenaires, des clients et des employés associés à nos projets et services.

Les projets et services offerts sont :

- 1- ... de haut niveau, ils font l'objet d'un contrôle de qualité et sont livrés conformément aux échéanciers et aux budgets prévus;
- 2- ... reconnus dans le domaine des sciences de la mer et de l'hydrographie;
- 3- ... réalisés dans un milieu de travail sain et gratifiant.

## PLAN D'ACTION 2020-2023 :

### Vision de la gouvernance du CIDCO :

1. Valoriser la diversité des expertises des membres du conseil d'administration pour :
  - a. Assurer la santé financière
  - b. Actualiser chaque année les orientations stratégiques
  - c. Contribuer à la croissance de la recherche et du développement (R et D) du CIDCO
  - d. Agir comme représentants lors d'événements stratégiques
2. Établir le rôle et la portée de la coordination scientifique
3. Accroître la visibilité du CIDCO à l'échelle nationale et internationale

### Gestion et direction générale :

- 1- Livrer l'ensemble des projets en cours
- 2- S'assurer que le CIDCO soit un partenaire de choix en R et D, en transfert et en valorisation de technologies de pointe
- 3- Créer et entretenir des partenariats stratégiques avec des réseaux sectoriels et y contribuer
- 4- Exercer une veille stratégique, technologique, financière et commerciale dans le développement de la géomatique marine
- 5- Élaborer et soumettre des propositions de projets et de financement

### Formation technique de pointe :

- 1- Maintenir la certification de formation d'hydrographe Catégorie B
- 2- Accroître l'offre de services en formation spécialisée sur mesure
- 3- Déterminer les bases d'un programme de certification en intelligence artificielle appliquée à la géomatique marine



- 4- Promouvoir la formation pour l'obtention de la certification des hydrographes du Canada par l'Association des arpenteurs des terres du Canada (AATC) et y participer.

**Communiquer et diffuser le savoir-faire et l'expertise du CIDCO :**

- 1- Établir un plan de communication à l'intention de la communauté maritime régionale, nationale et internationale
- 2- Joindre des groupes de travail et des comités d'experts internationaux
- 3- Maintenir et accroître la représentation lors d'événements ciblés
- 4- Rédiger et publier des articles techniques en vue d'une diffusion internationale

**Être un employeur de choix :**

- 1- Mettre en œuvre une stratégie pour attirer et conserver du personnel talentueux et motivé
- 2- Offrir des affectations et organiser des stages de développement internes

**ORIENTATIONS CIDCO 2030 :**

À la fin de la prochaine décennie, le CIDCO sera un centre d'expertise :

- 1- ... ayant formé des leaders en géomatique marine;
- 2- ... reconnu au Canada et à l'international;
- 3- ... prestataire de formation en hydrographie appliquée aux sciences de la mer dans les secteurs privé, de l'enseignement et institutionnel;
- 4- ... participant activement au développement capacitaire en géomatique marine;
- 5- ... reconnu pour la R et D et la valorisation de technologies de pointe en géomatique marine en ce qui a trait à la bathymétrie collaborative, l'hydrographie embarquée dans des véhicules autonomes, l'inspection d'infrastructures sous-marines et côtières, la cartographie marine dans l'ère d'adaptation aux changements climatiques et à l'intelligence artificielle;
- 6- ... accompagnant les entreprises par le transfert de technologies et de connaissances et par son association aux autres centres d'expertises internationaux dans le domaine de la géomatique marine.





## Ententes stratégiques

Au cours de la dernière année, le CIDCO a signé trois ententes de financement et quatorze (14) ententes de partenariat pour favoriser le développement de son plan d'action :

### ENTENTES DE FINANCEMENT :

1. **Merinov** – Signature d'une entente de contribution non remboursable de **723 800 \$** sur quatre années, le 20 décembre 2019, à la suite d'un financement du programme Fonds de la nature du Canada pour les espèces aquatiques en péril (ci-après nommé FNCEAEP), du ministère Pêches et Océans Canada (MPO) pour la réalisation du projet « Réduction de la menace fantôme sur les espèces aquatiques en péril dans les zones de pêche au crabe des neiges du golfe du Saint-Laurent par la récupération des casiers abandonnés sur les fonds marins ».
2. **MEI** – Signature d'une convention d'aide financière de **95 876 \$** sur trois ans, le 25 novembre 2019, en vertu du volet Soutien aux activités et aux projets structurants du Programme d'appui au développement des secteurs stratégiques et des créneaux d'excellence. Dans le cadre du projet « Sensibilisation et formation pour la protection des espèces aquatiques en péril ».
3. **MAPAQ** – Signature d'une convention d'aide financière de **25 000 \$** sur trois ans, le 20 janvier 2020, dans le cadre du Programme Innovamer pour la réalisation du projet « Diffusion et transfert des travaux sur le développement de technologies de détection et de récupération d'engins de pêche perdus ».

### ENTENTES DE PARTENARIAT :

1. **Arnold Furlong, a professional engineer** – Signature d'une entente de confidentialité pour la négociation d'un transfert de technologie en Nouvelle-Écosse, le 24 avril 2019.
2. **Federal Maritime and Hydrographic Agency of Germany** – Signature d'une entente de confidentialité et de droits de propriété intellectuelle pour la réalisation d'un projet de recherche en collaboration, le 17 mai 2019.
3. **Riptide Autonomous Solutions, LLC** – Signature d'une entente de confidentialité pour négocier la réalisation d'un projet de recherche en collaboration, le 22 mai 2019.
4. **Canada's Ocean Supercluster** – Signature d'un accord de participation qui définit les droits en tant que membres de la société et régleme l'organisation et le fonctionnement de la société, le 13 juin 2019.



5. **Teledyne CARIS** – Signature d'un renouvellement du protocole d'entente de collaboration, le 6 septembre 2019.
6. **Le groupe Océan inc.** – Signature d'un contrat de collaboration pour le développement d'une plateforme hydrographique tractée, le 15 octobre 2019.
7. **WSP Canada Inc.** – Signature d'une entente de confidentialité et de non-divulgence mutuelle pour négocier la réalisation d'un projet conjoint, le 13 novembre 2019.
8. **Le groupe Cadoret, arpenteurs géomètres inc.** – Signature d'un contrat de collaboration pour le développement d'une plateforme hydrographique tractée, le 12 décembre 2019.
9. **IHO CSBWG** – Invitation officielle au CIDCO pour devenir membre du International Hydrographic Organization OHI Crowdsourced Bathymetry Working Group, le 30 janvier 2020.
10. **YNCRÉA OUEST** – Signature d'une entente-cadre avec pour objectif d'amorcer, de faciliter et d'intensifier les coopérations entre les deux organisations, tout particulièrement, mais sans s'y limiter, dans les domaines des technologies marines et des systèmes autonomes intelligents, le 13 février 2020.
11. **Multiélectronique** – Signature d'un contrat de collaboration pour le développement d'une plateforme hydrographique tractée, le 10 mars 2020.
12. **Multiélectronique** – Signature d'un contrat de licence de fabrication et de commercialisation d'une plateforme hydrographique tractée, le 10 mars 2020.
13. **Solutions M2Océan** – Signature du renouvellement d'un contrat de licence pour la commercialisation de l'HydroBall®, de l'HydroBox, du logiciel DepthStar™ et autres produits en développements, le 18 mars 2020.
14. **Seafloor Systems, Inc.** – Signature d'une lettre d'appui au projet d'intégration sonar-LiDAR sur un ASV avec un don d'un EchoBoat vehicles d'une valeur de 40 000 \$ américains.



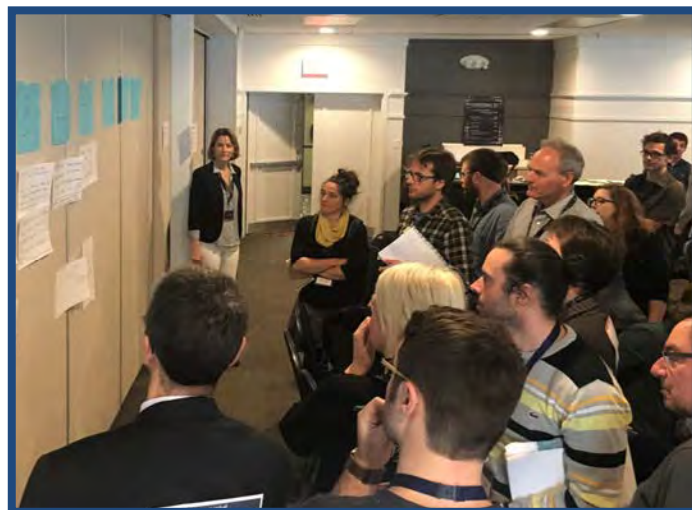
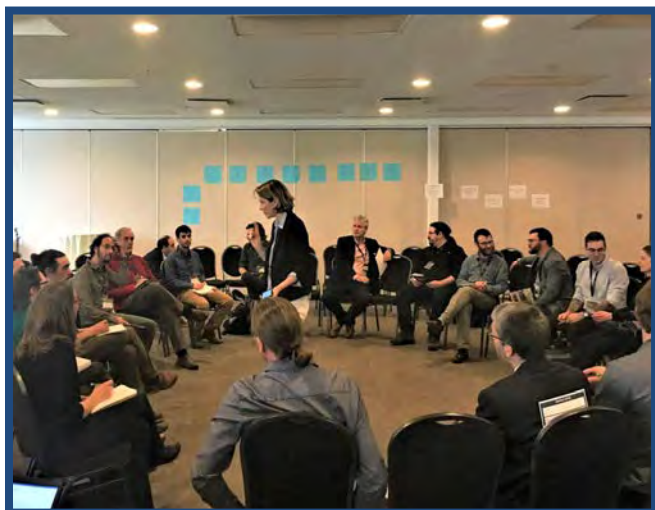
## Faits saillants

### Avril 2019

- ≈ **Rendez-vous en intelligence artificielle de Québec 2019** – Le lundi 8 avril 2019, au Port de Québec. Très pertinent comme veille stratégique et pour voir qui-fait-quoi en matière d'IA dans l'Est-du-Québec. Les établissements d'enseignement et de nombreuses entreprises en démarrage y participaient, plusieurs résultats de recherche intéressants ont été divulgués.
- ≈ **Colloque Vecteur 2019** – Du 15 au 17 avril 2019, à Rimouski. Le CIDCO s'est associé avec le Centre de géomatique du Québec (CGQ) et la Technopôle maritime du Québec (TMQ) pour offrir un colloque différent des quatre précédents, soit une couverture complète de l'innovation en matière de géomatique terrestre et marine. Le Colloque VECTEUR a permis de rassembler 204 participants, représentant 97 différentes organisations (organisations privées à 45 %, organisations publiques à 55 %) œuvrant dans les domaines de l'hydrographie et de la géomatique. La majorité des participants provenaient du Québec (90 % des inscriptions). L'évènement a donc accueilli 10 % de délégués venant de l'extérieur de la province (4 % d'autres provinces du Canada et 6 % de l'international). 93 % des répondants ont été très satisfaits ou satisfaits de l'ensemble du colloque. Tous les répondants étaient très satisfaits et satisfaits des possibilités de réseautage offertes lors du colloque (p. ex. : pauses, visites des exposants, activités sociales).



Plus d'une centaine de participants ont pris part à la journée d'atelier participatif sur l'érosion côtière qui a été organisée en ouverture du colloque le lundi 15 avril. La thématique de l'érosion côtière a suscité beaucoup d'engouement de la part des participants et plusieurs ont exprimé le besoin de continuer à échanger et à collaborer sur cette même problématique dans le futur, avec une si grande diversité d'intervenants.



Pour la plupart des participants, la journée a permis de :

- se rapprocher de personnes ou d'organisations méconnues;
- mieux connaître les défis, enjeux et problématiques liés à l'érosion côtière;
- découvrir de nouveaux outils et solutions;
- faire les premiers pas en vue d'actions communes visant la lutte contre l'érosion côtière.



## Mai 2019

≈ **Les Ports du Futur : Défis, Opportunités et Solutions** – Le 13 et le 14 mai 2019 à Montréal. Dans un effort continu pour développer un leadership au Québec sur le transport maritime et les ports intelligents, le CIRRELT s’est associé au port de Montréal, au Réseau Québec Maritime et au Secrétariat à la Stratégie maritime pour l’organisation de cette conférence sur invitation. Le CIDCO a eu la chance de pouvoir participer à cette réunion de réflexion sur les six thèmes suivants pour une nouvelle stratégie maritime au Québec :

1. Le port du futur : principaux facteurs, opportunités et défis
2. Transformation numérique : stratégies pratiques pour le secteur maritime
3. Transition énergétique : conséquences pour les ports
4. Technologies disruptives : un agenda d’innovation
5. Résilience logistique à l’ère numérique : les ports sont-ils prêts?
6. À la recherche de nouveaux talents

≈ **Réunion des directeurs du SHC à Mont-Joli** – Mardi 28 et mercredi 29 mai 2019. La directrice générale du SHC, Mme Geneviève Béchar, est venue faire une visite officielle du CIDCO le mardi 28 mai. Elle a reçu par la suite le directeur général du CIDCO, M. Jean Laflamme, le directeur Recherche et Développement TI du CIDCO, M. Guillaume Morissette et le professeur chercheur en hydrographie de l’Université du Nouveau-Brunswick, M. Ian Church à l’Institut Maurice-Lamontagne pour faire une présentation sur le projet « Crowdsourced Bathymetry in the Northern Canada area » à tous les directeurs régionaux du SHC.



≈ **École internationale d'été en levés hydrographiques et LiDAR** – Du 26 mai au 7 juin 2019, à Québec. Cette école internationale d'été était coorganisée par : l'Université Laval (Département des Sciences Géomatiques, Département de Géographie [faculté FFGG]), le Centre de Recherche en Géomatique (CRG), le CIDCO, Rimouski (Qc) et l'Université Côte d'Azur (Nice, France). L'école internationale s'est déroulée en mode bilingue. Elle visait à offrir aux participants une expérience de formation unique, multi disciplinaire et en étroite interaction avec des scientifiques de haut niveau, des professionnels et intervenants du milieu hydrographique et maritime; le tout dans un cadre technologique de pointe. On visait également à ce que les participants puissent approfondir leurs connaissances et développer leurs compétences au moyen d'expérimentations pratiques à bord de vedettes de levés hydrographiques et avec une vaste gamme de capteurs. 14 participants y étaient inscrits, 7 étudiants et 7 personnes en emploi. Un professionnel de recherche du Centre de Géomatique du Québec (CGQ) à Chicoutimi et deux étudiants stagiaires du CIDCO se sont ajoutés au groupe. La première semaine était consacrée aux cours théoriques et aux conférences. La deuxième semaine était réservée aux levés hydrographiques et aux traitements des données recueillies. Quelques ateliers sur le LiDAR et sur le logiciel Qimera sont venus bonifier la formation.



## Juin 2019

≈ **The data effect 2019** – Le jeudi 6 juin, à Ottawa. D'une pertinence mitigée, surtout orienté vers la rédaction de politiques pour le gouvernement fédéral et les organisations qui veulent faire affaire avec ce dernier tout en respectant les nouvelles lignes directrices en matière de stratégie de données et les politiques connexes (collection, rétention, gestion, etc.). Cette conférence aura permis de connaître les exigences en matière de politiques de données afin de fournir des services de données au SHC.

## Novembre 2019

≈ **Réunion du réseau l'Initiative d'adaptation des transports dans le Nord (IATN)** – Le 5 et le 6 novembre 2019, à Montréal. Participation du CIDCO aux séances de discussions ayant trait au transport maritime. Plusieurs contacts pertinents pour de nouveaux partenariats en lien avec la cartographie dans le Nord.

≈ **Ocean super cluster Member Kickoff Event** – Le jeudi 7 novembre 2019, à Halifax. Extrêmement pertinent pour le CIDCO, rendez-vous des industriels et des organisations les plus influentes de l'est du Canada dans le domaine maritime. Il s'agit d'un modèle de grappe industrielle dans le domaine des technologies océaniques qui stimule la collaboration intersectorielle, accélère l'innovation et fait croître l'économie océanique du Canada. Les membres sont des grandes entreprises, mais aussi des PME, des organisations à but non lucratif, des établissements postsecondaires, des organisations autochtones et d'autres organisations partageant un intérêt commun pour l'innovation océanique et un engagement à la collaboration. Le CIDCO est membre de cette grappe.

≈ **Seabed 2030 Arctic – Antarctic – North Pacific Mapping Meeting 2019** – Le 9 et le 10 novembre 2019 à l'Université du New Hampshire, à Portsmouth. Présentation du projet « Crowdsourced Bathymetry in the Northern Canada area » par Julien Desrochers. Positionnement stratégique du CIDCO dans cette filière et opportunité de financement pour Seabed 2030

≈ **Le Forum québécois en sciences de la mer** – Du 11 au 13 novembre 2019, à Rimouski. La 12<sup>e</sup> édition du Forum québécois en sciences de la mer a permis de rassembler 301 participants, représentant 77 organisations différentes œuvrant dans les domaines des sciences de la mer. La majorité des participants provenaient du Québec et représentaient 31 villes de la province. L'événement a aussi accueilli une





délégation française composée de huit participants, dont un élu de la ville de Brest. Le CIDCO faisait partie du comité organisateur de l'événement. Il était responsable de la planification des présentations dans la thématique sur les Technologies marines et l'intelligence artificielle. L'équipe du CIDCO a fait trois présentations scientifiques :

- Une présentation du directeur de la Recherche et Développement TI, M. Guillaume Morissette, sur la Détection automatisée d'objets sous-marins grâce à l'IA.
- Une présentation de Sylvain Gautier, spécialiste en géomatique marine sur la bathymétrie au service de la caractérisation des fonds marins.
- Une présentation de Médoune Ndir, spécialiste en géomatique appliquée au LiDAR terrestre et marin, sur la Cartographie sonar-lidar des installations et infrastructures portuaires.

Le sondage montre que 93 % des répondants ont été très satisfaits ou satisfaits de l'ensemble du forum.

≈ **Connected-Week** – Du 16 au 24 novembre 2019, à Angers - France. La Connected-Week proposait une semaine d'ateliers, de conférences et de rencontres professionnelles dans les domaines du numérique et de l'innovation. Très pertinent en matière de veille technologique et de réseautage, surtout en matière d'objets connectés. Plusieurs technologies prometteuses peuvent être rapatriées et implantées dans les produits du CIDCO (Processeurs Particle, récepteurs GNSS ublox, réseaux maillés, LoRa, modèle Sigfox). Le CIDCO participait à une délégation de quatorze (14) organisations québécoises impliquée dans l'innovation numérique.





## Janvier 2019

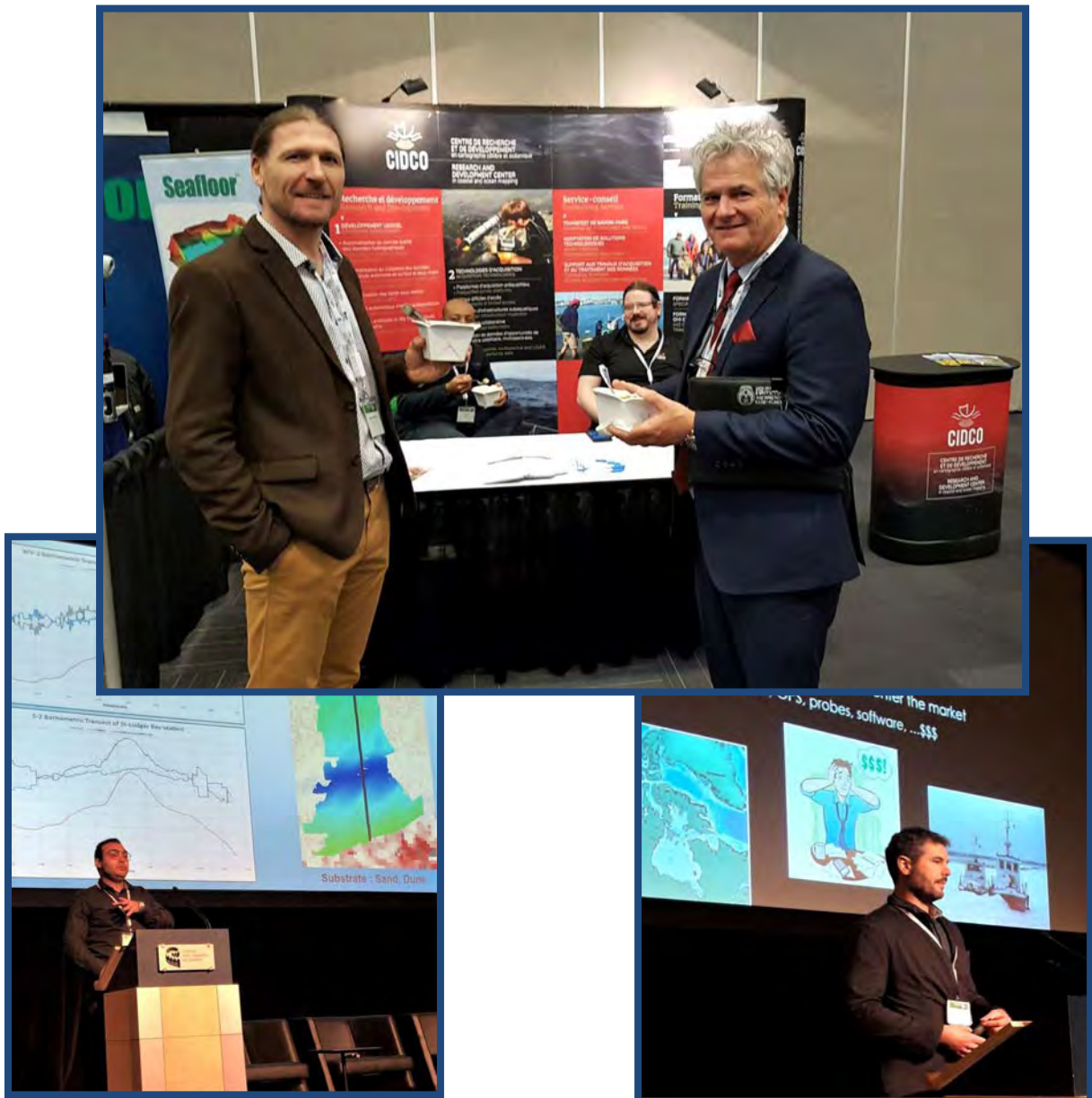
- ≈ **Blue Innovation Symposium** – Du 14 au 16 janvier, à Régina. Très pertinent en matière de réseautage. Nous avons rencontré les représentants des laboratoires de véhicules autonomes du MIT. Le CIDCO a présenté ses résultats intérimaires en IA et en détection d'objets. Il a pu susciter l'intérêt de plusieurs collaborateurs potentiels.
- ≈ **MARINERS' WORKSHOP 2020** – Du 29 au 30 janvier 2020, à Montréal. Le directeur général du CIDCO, M. Jean Laflamme, a fait une présentation sur le projet « Crowdsourced Bathymetry in the Northern Canada area ». Le vice-président du conseil d'administration, M. Denis Hains, était membre du comité organisateur de l'événement qui a permis d'établir des contacts importants pour de prochaines collaborations avec le CIDCO.



## Février 2019

- ≈ **Gear Innovation Summit 2020** – Du 11 au 12 février 2020, à Halifax. Certains volets furent instructifs, mais peu pertinents (technologies sans cordages ou orins [rope-less] pour les engins de pêche), car destinés au public des pêcheries. Cependant, les séances traitant du retrait et de la récupération d'engins de pêche fantôme se sont révélées essentielles pour le projet actuel du CIDCO avec Merinov. L'état de la procédure actuelle se résume à des opérations dirigées principalement par des plongeurs en eaux peu profondes (<100 m), et par des véhicules sous-marins téléguidés (ROV) en eau plus profonde. Ces informations permettent de bien positionner la stratégie du CIDCO et de Merinov dans l'écosystème.

≈ **CHC 2020** – Du 24 au 27 février 2020, à Québec. Participation du CIDCO (un kiosque et six [6] présentations) à la Conférence hydrographique du Canada qui a attiré 371 personnes et 38 exposants. Tous les hydrographes ont participé à l'événement et ont fait une présentation. Plusieurs contacts importants ont été établis et ont permis de concrétiser de nouveaux partenariats pour la réalisation de nouveaux projets de recherche. Par exemple, à la suite de discussions avec l'entreprise californienne Seafloor systems, qui occupait le kiosque voisin de celui du CIDCO, nous avons obtenu un ASV EchoBoat gratuit pour notre projet d'intégration LiDAR-Sonar pour l'inspection d'infrastructures portuaires. En raison de la pandémie de COVID-19, la CHC 2020 a probablement été le dernier événement d'importance en hydrographie pour l'année 2020.



## Mars 2019

≈ **Visite au CIDCO du groupe Poly-Monde 2020** – Le mercredi 4 mars 2020. La 31<sup>e</sup> mission Poly-Monde qui est composée d'un groupe d'une vingtaine d'étudiants et d'étudiantes de l'école Polytechnique de Montréal devait se dérouler en Islande et en Norvège, au printemps 2020. La mission 2020 avait prévu de se pencher sur trois secteurs de l'industrie historiquement très forts aussi bien au Canada qu'en Islande et en Norvège : le secteur énergétique, le maritime et les infrastructures nordiques. En préparation de leur mission, Poly-Monde a effectué une visite à caractère industrielle dans le but d'en apprendre davantage sur le CIDCO. Plusieurs membres de l'équipe du CIDCO ont fait des présentations et ont répondu aux questions des étudiants et étudiantes. Ce fut le dernier groupe de visiteur au CIDCO avant le début du confinement en raison de la COVID-19.





## *Comités / tables / sièges (conseils)*

- ≈ Le directeur général, M. Jean Laflamme, siège au conseil d'administration de l'Association francophone d'hydrographie AFHy.
- ≈ Le directeur général, M. Jean Laflamme, siège comme représentant du CIDCO au réseau Canada Ocean Mapping Research And Education Network (COMREN).
- ≈ Le directeur général, M. Jean Laflamme, siège comme représentant du CIDCO au Réseau Québec Maritime (RQM).
- ≈ Le directeur général, M. Jean Laflamme, siège au Comité de créneau ACCORD-Ressources, sciences et technologies marines [Rimouski].



## Projets réalisés

### PROJETS RÉALISÉS SELON LES AXES DU PLAN D'ACTION

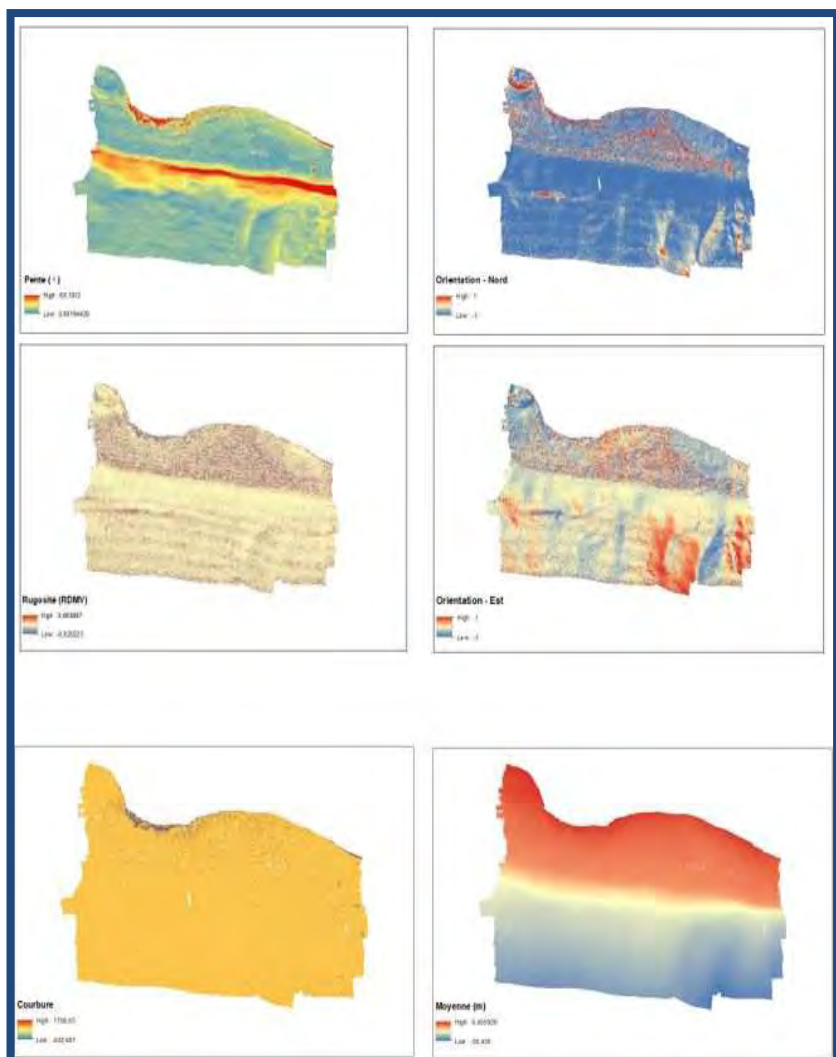
#### Axe 1 Développement de projets d'innovation ayant un fort potentiel d'appropriation par la communauté des hydrographes.

- 1) **Réduction de la menace de pêche fantôme sur les espèces aquatiques en péril dans les zones de pêche au crabe des neiges du golfe du Saint-Laurent par la récupération des casiers abandonnés sur les fonds marins** – Les pêcheurs de crabe des neiges perdent des casiers chaque année. Comme la pêche au crabe se pratique depuis plus de 30 ans, on estime que plusieurs dizaines de milliers de casiers reposent sur le fond marin. Ces casiers continuent de pêcher, générant ainsi une pêche fantôme. De plus, comme leurs cordages demeurent en suspension pendant plusieurs années dans la colonne d'eau, ils continuent de présenter un risque d'empêchement pour les baleines noires. Plus de 80 % des baleines noires de l'Atlantique Nord se sont empêtrées au moins une fois dans leur vie dans des engins de pêche. Le CIDCO s'est associé au centre de recherche Merinov pour développer des méthodes de détection et de récupération des engins de pêche perdus en mer. De façon plus spécifique, le CIDCO est responsable du déploiement des solutions opérationnelles appliquées à la détection et la localisation des casiers à crabe, il assurera la recherche et le développement des outils de détection et de localisation ainsi que le développement d'algorithmes automatiques de détection. Le CIDCO assurera la formation des pêcheurs aux technologies opérationnelles pour répondre aux besoins du projet d'une durée de quatre ans.



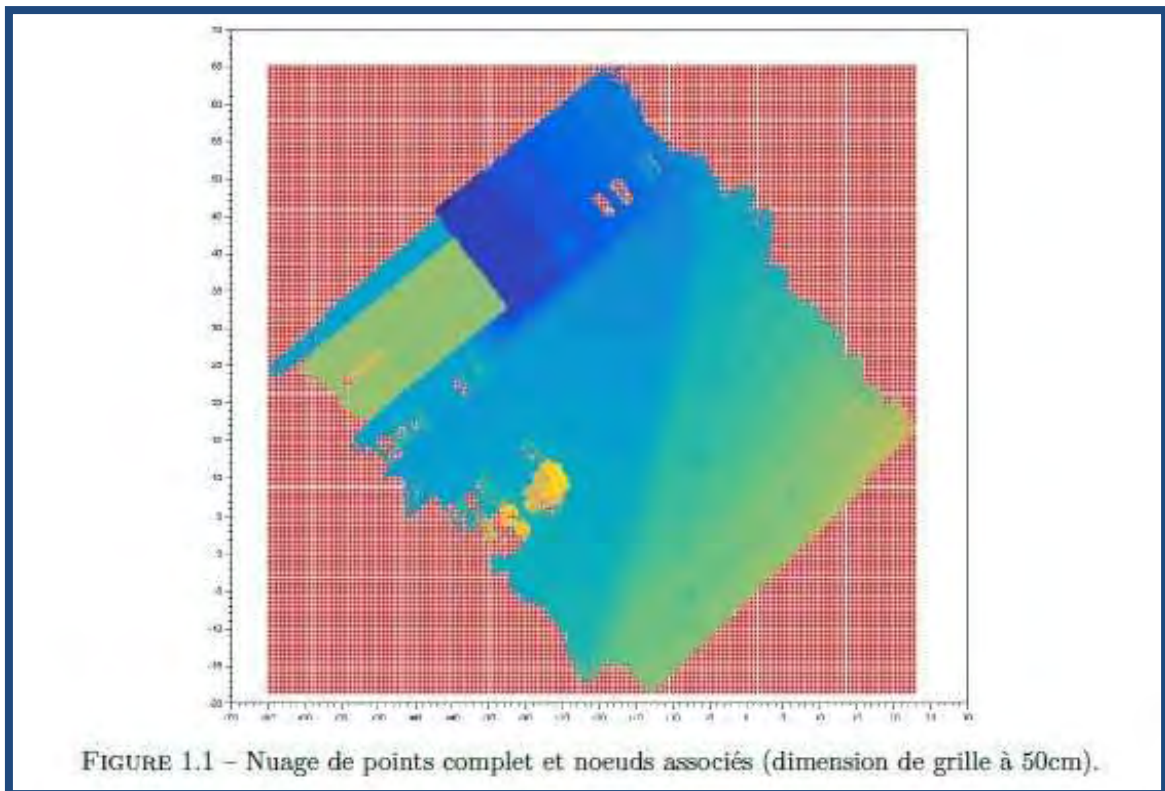
2) **Caractérisation de fonds marins entre Tadoussac et Baie-Comeau à partir des données LiDAR acquises par le Service hydrographique du Canada** – Dans l'objectif de caractériser des habitats marins à partir des données MBES, nous avons testé une dizaine de paramètres géomorphométriques pour extraire les différentes structures présentes dans la zone de Godbout à partir des surfaces bathymétriques. De plus, d'après les résultats d'analyse des produits bathymétriques satellitaires, on peut conclure que l'utilisation de la SDB serait une solution envisageable pour la caractérisation des habitats, la gestion des écosystèmes en eaux peu profondes et le suivi de l'évolution de la géomorphologie du fond. Nous travaillons actuellement sur une méthode de classification orientée objet supervisée pour les zones de Godbout, Franklin et Saint-Pancras à partir des données MBES et LiDAR. Nous sommes en train d'étudier également d'autres méthodes de classification orientée sous-pixel qui utilisent des classificateurs doux (*soft classifiers*). Ce projet est effectué en collaboration entre le Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans (CIDCO), le Nova Scotia Community College (NSCC), le Ministère des Pêches et Océans (MPO), le Service hydrographique du Canada (SHC) et l'entreprise Hytech-Imaging. Il a pour but de développer une méthodologie pour caractériser les habitats côtiers immergés en mettant l'accent sur l'exploitation optimale des données existantes.

*Paramètres géomorphométriques sélectionnés pour la zone de Godbout (données MBES de 1 m de résolution).*





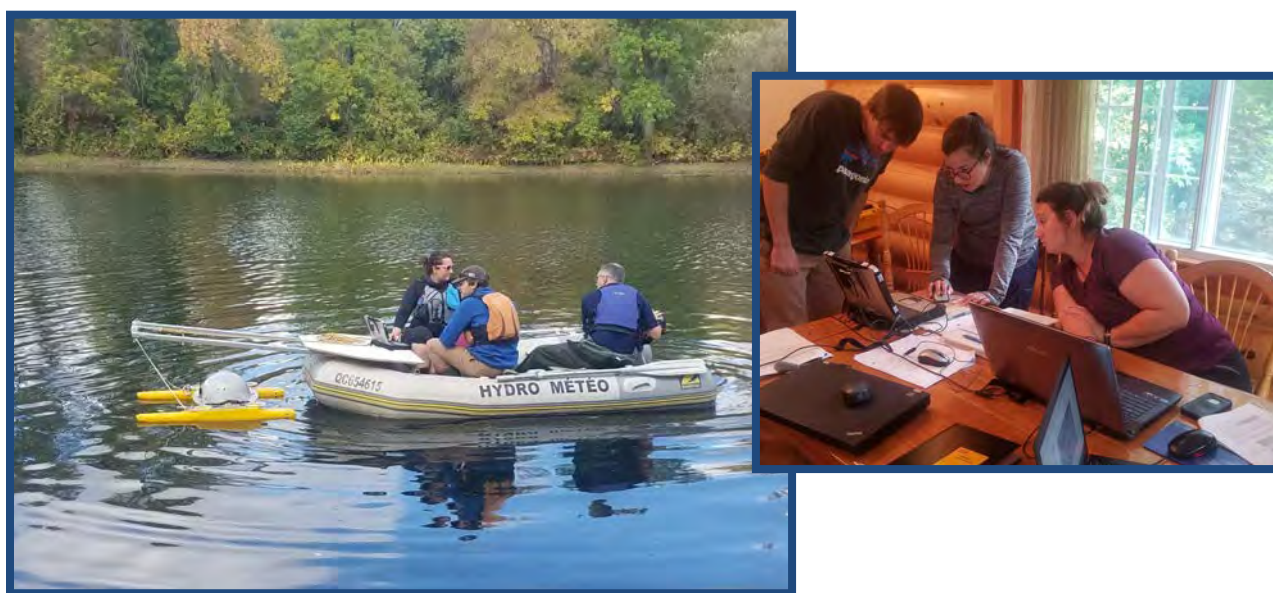
**3) Traitement de données automatisé pour véhicules autonomes de sondage hydrographique par sonar multifaisceaux. (PSR-SIIRI-964)** – Durant la troisième année du projet, nous avons développé un algorithme permettant de déterminer sans supervision les régions d'une zone couverte par un levé multifaisceaux pour lesquelles la présentation des estimateurs statistiques détermine la précision du système. Ensuite, nous avons testé l'utilisation du gradient de célérité constant équivalent pour lequel les erreurs de célérité relative sont réduites. Ce gradient permettra de s'affranchir des profils de célérité réels pour le calcul de la profondeur dans les zones de levé où les données de célérité de la colonne d'eau manquent. Nous avons également testé l'application de l'estimateur de EEG sur un fond en pente en utilisant des méthodes d'analyse morphologique et de simulation de pentes. Nous avons demandé une prolongation d'une année pour compléter le projet au Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec. Elle nous a été accordée jusqu'au 31 mars 2021.



## Axe 2 Construire notre offre de formation et de développement capacitaire en hydrographie

### 1) Formation et acquisition de données avec l'HydroBall® – Solutions M2Ocean a sollicité le CIDCO pour la formation sur l'utilisation de la bouée HydroBall® auprès de quatre (4) organisations :

- Accompagnement de La Société Aqqiumavvik pour 3 jours de formation dans la communauté d'Arviat, au Nunavut, située sur la rive ouest de la baie d'Hudson pour la réalisation de travaux d'acquisition de données d'opportunité CSB.
- Formation à l'opération d'une bouée HydroBall® et du traitement des données pour l'entreprise Hydro Météo qui est aujourd'hui un acteur de premier plan dans la gestion des risques liés aux inondations.
- Formation pour L'entreprise Laberge Guérin LGA arpenteurs-géomètres, pour des travaux exigés par la Direction du Saguenay–Lac-Saint-Jean–Chibougamau du ministère des Transports du Québec et directement pour la formation de techniciens du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).



### 2) Formation professionnelle sur l'acquisition de données multifaisceaux –

- a. **Groupe Cadoret** a sollicité le CIDCO pour la formation sur la procédure d'acquisition de données bathymétriques avant la réalisation d'un relevé bathymétrique multifaisceaux au Port de Sept-Îles avec le F.J. Saucier dans la semaine du 22 avril 2019.



3) **Formation en hydrographie OHI catégorie B du CIDCO** – Le quatrième groupe de cinq étudiants a terminé sa formation en juin 2019. Un cinquième groupe de huit étudiants a débuté en octobre 2018. La formation de sept semaines en présentiel à Rimouski a cependant dû être annulée pour l'année 2020 en raison de la Covid-19.

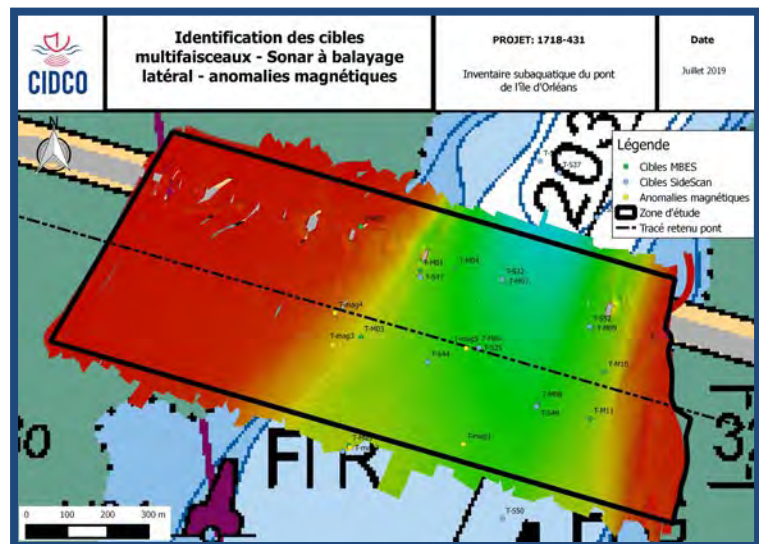


### Axe 3 Construire notre stratégie de suivi et de renforcement des partenariats.

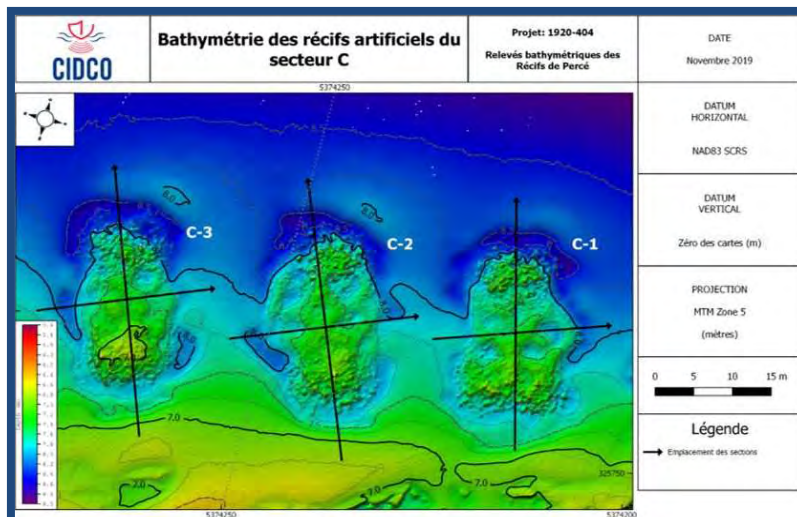
- 1) WSP Global, une firme de génie-conseil québécoise, a été mandaté par Hydro-Québec pour effectuer des relevés sous-marins. L'objectif consiste à déterminer le tracé préliminaire du câble sous-marin qui acheminera de l'électricité de Percé aux Îles-de-la-Madelaine. Dans ce projet, le CIDCO a été mandaté pour accompagner la mission sur le Coriolis II et effectuer le traitement des données multifaisceaux acquises à l'aide du sonar EM2040.
- 2) Dans le cadre du Pôle d'expertise en inspection d'infrastructures, le CIDCO a réalisé cinq projets avec quatre partenaires différents :
  - a. **L'Administration portuaire de Montréal (APM)** a sollicité le CIDCO pour obtenir des données numériques continues immergées-émergées couvrant environ 18 km linéaires de ses infrastructures afin de valider et d'augmenter les données de son module inventaire du système de gestion et d'inspection des quais (SGIQ). Le **Groupe Alphard** s'est associé au CIDCO pour réaliser ce mandat. L'utilisation combinée d'un sonar multifaisceaux et d'un scanner laser a permis un balayage numérique complet de ces infrastructures et la production d'un modèle tridimensionnel.



b. L'Institut de Recherche en Histoire Maritime et Archéologie Subaquatique (IRHMAS) a sollicité les services du CIDCO pour une assistance technique relative à un levé bathymétrique, magnétométrique et au sonar à balayage latéral dans le cadre de deux projets d'inventaire subaquatique. L'objectif consiste à faire l'inventaire des artefacts potentiellement anthropiques en élévation au-dessus du fond et les artefacts ferreux enfouis dans le sédiment. Un premier projet a été réalisé autour du pont de l'île d'Orléans et un second projet à l'île aux Tourtes. Pour ce faire, le CIDCO a travaillé en partenariat avec l'ISMER pour la partie détection des anomalies magnétiques.



c. Dans le cadre du projet de protection et de réhabilitation du littoral, la Ville de Percé a fait installer neuf (9) récifs artificiels pour le homard d'Amérique à l'automne 2018 dans le but de soutenir les stocks de homards gaspésiens et d'assurer la pérennité de cette industrie. Elle a mandaté le CIDCO pour effectuer un levé bathymétrique à haute résolution de ces récifs et assurer la surveillance de l'évolution de l'état de leurs structures entre 2018 et 2019.





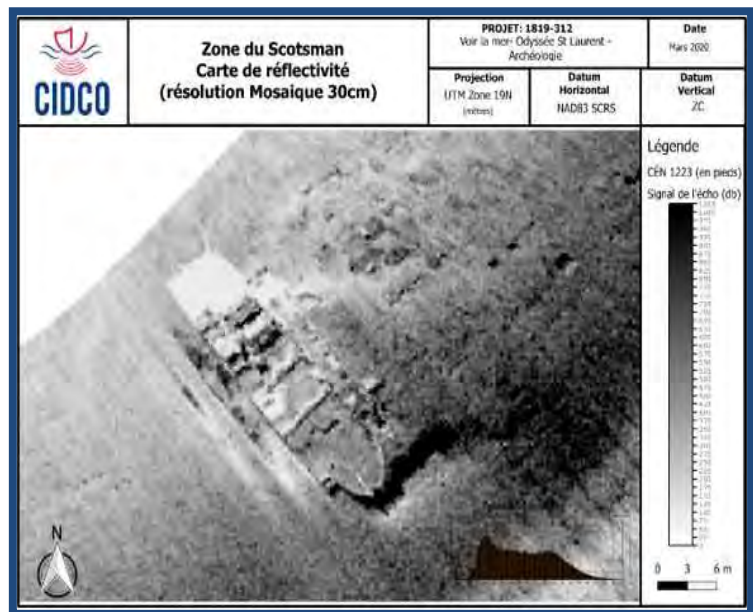
- d. **SALAWEG**, une entreprise d'algoculture créée par l'association de gestion halieutique autochtone Mi'gmaq et Malécite (**AGHAMM**), et le **RPPSG** s'associent dans un projet de nettoyage d'un ancien site aquacole situé à Paspébiac. SALAWEG va utiliser une grande partie du site pour installer ses filières de culture d'algue et les pêcheurs du RPPSG de cette région vont pouvoir remettre leurs engins de pêche dans la partie non utilisée et nettoyée. Le CIDCO a été sollicité pour effectuer une cartographie précise des endroits où se trouvent les enchevêtrements de cordages, poids et bouées dans le vieux site aquacole, avant d'y envoyer des plongeurs.



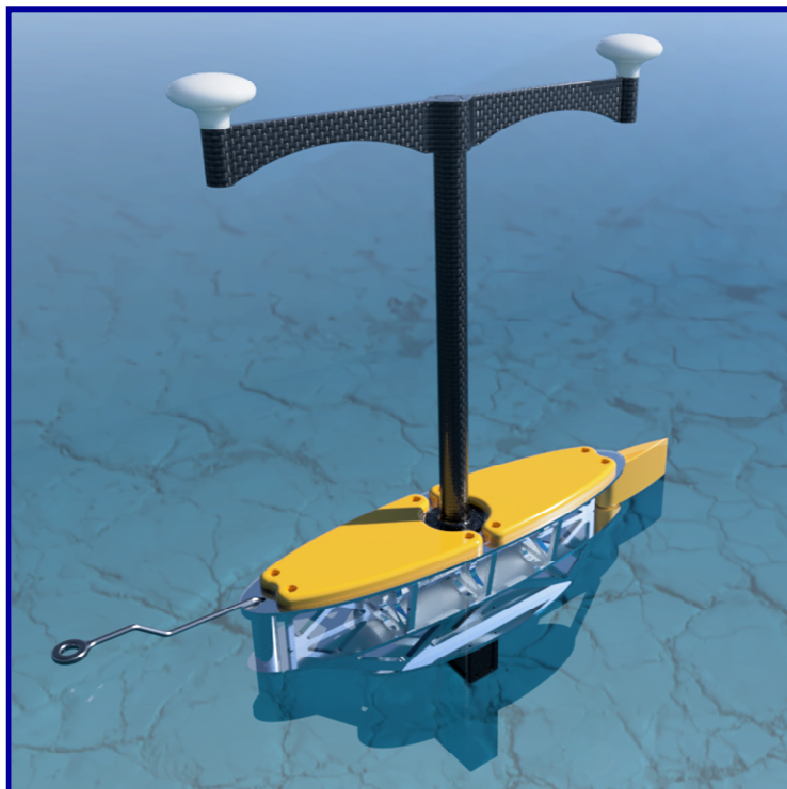
- 3) Dans le cadre de l'entente de collaboration avec **REFORMAR**, le CIDCO a réalisé le mandat suivant :
- a. **Mission RQM Glissements sous-marins de l'estuaire du Saint-Laurent par Patrick Lajeunesse de l'Université Laval** – L'objectif principal de cette expédition était de réaliser des sondages bathymétriques multifaisceaux et de profileur de sous-surface (Chirp) dans l'estuaire du Saint-Laurent à bord du N/R Coriolis II afin de cartographier à haute résolution des glissements sous-marins générés par des séismes depuis la déglaciation, soit il y a plus de 12 000 ans. Le CIDCO était responsable du fonctionnement des systèmes multifaisceaux.

4) Dans le cadre de sa collaboration avec l'UQAR-ISMER, le CIDCO a collaboré aux deux projets suivants :

- a. **WISE-Man project** : Simon Bélanger, professeur/chercheur à l'UQAR est responsable du projet d'utilisation du spectromètre imageur WaterSat (WISE) pour l'évaluation des eaux intérieures et côtières peu profondes (projet WISE-Man) pour démontrer le potentiel de l'imagerie hyperspectrale dans la cartographie de la bathymétrie, la qualité de la colonne d'eau (ou les propriétés optiques inhérentes) et l'analyse des propriétés du fonds. Cet usage vise à répondre aux besoins de la science (par exemple l'écologie, la géomorphologie, le risque côtier). Le CIDCO a participé au projet en louant la vedette hydrographique F.J. Saucier pour l'acquisition de données multifaisceaux dans la région de Baie-Comeau et pour une formation sur l'utilisation de la bouée HydroBall® et le traitement des données.
- b. **Projet Voir la mer – Odysée Saint Laurent - Archéologie** : Dany Dumont, professeur/chercheur à l'ISMER est responsable du projet pluridisciplinaire couvrant trois disciplines d'intérêt : la géologie, la géomorphologie et l'archéologie. Les levés terrain réalisés à des fins archéologiques ont été exécutés sous la surveillance de l'IRHMAS. Cette étude a permis de mettre en relief l'apport de différentes technologies à des fins de cartographie et d'inventaire des ressources archéologiques subaquatiques dans le secteur du Bic maritime. Le CIDCO était responsable de l'acquisition des données hydrographiques. Le multifaisceaux a fourni une position et des mesures précises des anomalies rencontrées; le sonar latéral a fourni des images haute résolution. Les données bathymétriques récoltées serviront de base à la construction d'un modèle numérique simulant les vagues, la glace et la circulation océanique à haute résolution. Ces données seront ensuite intégrées dans le développement de la mer numérique, un environnement virtuel photoréaliste permettant d'explorer en quatre dimensions la dynamique, l'histoire et les richesses du milieu marin du Bic.



- 4) **Développement du Porteur hydrographique de deuxième génération HydroTOM™**– Depuis 2015, le Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans (CIDCO) travaille sur l'élaboration d'une plateforme hydrographique tractée. Cette plateforme consiste en une structure flottante pouvant être tirée depuis une embarcation et sur laquelle sont installés un ordinateur de bord et des instruments de mesure comme un échosondeur multifaisceaux et une centrale d'attitude et de positionnement qui mesure les mouvements et la position de la plateforme. Cette plateforme, du nom de porteur hydrographique, a l'avantage de pouvoir être déployée rapidement et facilement, puis tractée depuis presque n'importe quelle embarcation pour réaliser des levés bathymétriques. Le CIDCO s'est associé à l'entreprise Multiélectronique et au Centre de Technologies avancées de l'Université de Sherbrooke (CTA) pour réaliser un prototype préindustriel. Le CIDCO sera responsable du choix des capteurs, des essais de flottabilité et d'étanchéité du porteur, de confirmer le comportement dynamique de la technologie, ainsi que la qualité des résultats d'acquisition des données hydrographiques. Le CIDCO aura également la responsabilité d'établir le protocole d'utilisation du porteur hydrographique et de rédiger le manuel d'instruction, de monter le programme de formation pour les futurs utilisateurs et de certifier le respect des normes hydrographiques internationales de la nouvelle technologie. La réalisation de ce projet sur deux ans est rendue possible grâce à une contribution du programme Innovation du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.





5) **Développement de l'HydroBall® 2.0 et l'HydroBlock™**– Le CIDCO s'est associé avec l'entreprise M2Ocean pour développer une nouvelle version de la bouée HydroBall®. Initialement conçu comme instrument de mesure spécialisé pour la bathymétrie de zones difficiles d'accès, l'appareil a généré, par son utilisation et sa démocratisation, la découverte d'un nombre grandissant d'applications. En fait, sa facilité d'utilisation, ainsi que son caractère monolithique et précalibré permettent de rendre accessible l'exécution de levés hydrographiques à des utilisateurs non experts. Les travaux proposés par le CIDCO visent à mettre en oeuvre une nouvelle architecture afin d'en faire un objet connecté intelligent capable de collecter des mégadonnées permettant d'entraîner des modèles d'intelligence artificielle (IA). Ceci aura pour effet d'en diminuer les coûts de fabrication, d'en accroître la performance, et d'augmenter le nombre d'applications sur le marché. La réalisation de ce projet sur deux ans est rendue possible grâce à une contribution du programme Innovation du Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec.



**1) Redevance de l'entreprise Solutions M2Ocean :** À la suite de la création, en début d'année 2018, de l'entreprise Solutions M2Océan inc., ayant pour but la commercialisation, la vente et la location d'équipements pour levés océanographiques et à la signature, le 29 mai 2018, d'une licence de commercialisation, le CIDCO a obtenu des redevances totales de 18 000 \$ pour l'année 2019 – 2020 en lien avec les activités de Solutions M2Océan.





## Sommaire financier 2019-2020

### ÉTAT DES RÉSULTATS

Pour l'exercice terminé le 31 mars

2020

2019

#### PRODUITS

Subventions :

Développement économique Canada	243 212 \$	226 834 \$
Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation	128 289 \$	288 094 \$
Pêches et Océans Canada	172 846 \$	492 875 \$
Autres subventions	21 962 \$	9 559 \$
Apports sous forme de biens et de services (en nature)	94 155 \$	67 800 \$
Services	325 052 \$	203 118 \$
Commercialisation technologie et redevances	21 978 \$	19 575 \$
Recherche et développement	207 871 \$	70 332 \$
Formation	95 482 \$	83 504 \$
Intérêts	915 \$	831 \$
Autres revenus	15 254 \$	9 725 \$

TOTAL

1 327 016 \$

1 472 247 \$

#### DÉPENSES

Frais d'exploitation	1 260 561 \$	1 326 219 \$
Frais d'administration	319 721 \$	323 234 \$
Frais financiers	8 632 \$	5 235 \$
Amortissement — subventions reportées	(135 737 \$)	(160 105 \$)

TOTAL

1 453 177 \$

1 494 583 \$

Excédent (insuffisance) des produits sur les dépenses avant autres éléments

(126 161 \$)

(22 336 \$)

Gain sur cession d'immobilisations corporelles

Quote-part de la filiale (CIDCO France)

à la valeur de consolidation

(1 532 \$)

Quote-part de la société Solutions M2Océan

à la valeur de consolidation

19 690 \$

(34 575 \$)

**Excédent (insuffisance) des produits sur les dépenses**

(106 471 \$)

(58 443 \$)

\* États financiers audités par un auditeur indépendant



## Partenaires financiers

Économie, Science  
et Innovation

Québec 



 Hydro  
Québec







 Développement  
économique Canada  Canada Economic  
Development  
Canada 

 UNIVERSITÉ  
LAVAL

 Pêches et Océans  
Canada  Fisheries and Oceans  
Canada

 Travaux publics et  
Services gouvernementaux  
Canada  Public Works and  
Government Services  
Canada

 **Desjardins**  
Caisse de Rimouski



## Partenaires institutionnels

\* Nouveaux partenaires institutionnels 2019-2020

- ≈ **Agence Mamu Innu Kaikusseth (AMIK)\***
- ≈ Association canadienne d'hydrographie section Québec
- ≈ Association de gestion halieutique Mi'kmaq et Malécite (AGHAMM)
- ≈ Association des Arpenteurs des Terres du Canada
- ≈ **Association des Pilotes Maritimes du Canada | APMC\***
- ≈ British Columbia Institute of Technology BCIT
- ≈ BSH
- ≈ Canada's Ocean Supercluster
- ≈ Center for Coastal and Ocean Mapping/NOAA-UNH
- ≈ Centre de développement et de recherche en imagerie numérique (CDRIN)
- ≈ Centre de géomatique du Québec CGQ
- ≈ **Centre de recherche en milieu insulaire et maritime (CERMIM)\***
- ≈ **Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM)\***
- ≈ Centre de technologies avancées CTA
- ≈ Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT)
- ≈ **Comité ZIP de la rive nord de l'estuaire\***
- ≈ **Comité ZIP Côte-Nord du Golfe\***
- ≈ Commission géologique du Canada
- ≈ Croisières du Saint-Laurent
- ≈ Dalhousie University
- ≈ Défense R&D Canada
- ≈ Direction de l'expertise hydrique (MDDELCC)
- ≈ Emploi Québec
- ≈ Énergies Marines Renouvelables Québécoises INC. (EMARQ)
- ≈ ENSTA Bretagne
- ≈ Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud HEIG-VD
- ≈ IMT Atlantique
- ≈ Innovation maritime
- ≈ Institut des sciences de la mer de Rimouski
- ≈ Institut interdisciplinaire d'innovation technologique 3IT
- ≈ Institut maritime du Québec
- ≈ Institut Maurice-Lamontagne
- ≈ Institut national de la recherche scientifique (INRS)



- ≈ **Institut national d'optique (INO)\***
- ≈ Institut universitaire européen de la mer (IUEM)
- ≈ Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)
- ≈ La société des ponts Jacques-Cartier et Champlain
- ≈ Les Armateurs du Saint-Laurent
- ≈ Living Lab en innovation ouverte LLio
- ≈ Memorial University
- ≈ MEOPAR
- ≈ Merinov
- ≈ Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ)
- ≈ Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation - Québec
- ≈ Ministère des Affaires étrangères et du Commerce international du Canada (MAECI)
- ≈ Ministère des Transports du Québec
- ≈ Ministère de la Sécurité publique du Québec
- ≈ Mitacs
- ≈ Musée maritime du Québec
- ≈ **National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA)\***
- ≈ Nova-Scotia Community Collège
- ≈ Ouranos
- ≈ Parcs Canada
- ≈ Parc marin du Saguenay – Saint-Laurent
- ≈ Patrimoine Canada
- ≈ Québec Océan
- ≈ QuébecInnove
- ≈ **Regroupement des organismes de bassins versants du Québec (ROBVQ)\***
- ≈ Réseau Convergence
- ≈ Réseau Québec maritime (RQM)
- ≈ Ressources naturelles Canada
- ≈ Service hydrographique du Canada
- ≈ Service public et approvisionnement Canada
- ≈ SHOM
- ≈ SODIM
- ≈ SOVAR
- ≈ Takuvik
- ≈ Technocentre-Tic
- ≈ Technopôle Brest-Iroise
- ≈ Technopole maritime du Québec
- ≈ Transport Canada
- ≈ Université Côte d'Azur
- ≈ **Université Dalhousie\***
- ≈ Université de Sherbrooke
- ≈ Université du Nouveau-Brunswick
- ≈ Université du Québec à Rimouski



≈ Université Laval

≈ Université King Abdul Aziz

≈ **University Of New Hampshire  
(UNH)\***

≈ Ville de Percé

≈ **YNCRÉA OUEST\***

≈ York University





## Partenaires privés

\* Nouveaux partenaires privés 2019-2020

- ≈ 2G Robotics Inc.
- ≈ 3DReshaper
- ≈ AB5 Consulting Ltd
- ≈ AECOM
- ≈ AML Oceanographic
- ≈ Amundsen
- ≈ **Archeoconsultant\***
- ≈ Arctus
- ≈ Armateurs du Saint-Laurent
- ≈ **Audet Arpenteurs-Géomètres\***
- ≈ AXOR experts conseils
- ≈ AXSUB
- ≈ BioSonics Inc.
- ≈ BlueView Technologies
- ≈ Canal Geomatics Inc.
- ≈ Can-Explore
- ≈ Cansel
- ≈ CARIS
- ≈ CIMA+
- ≈ COMEX SA
- ≈ Compagnie Nationale du Rhône
- ≈ Consultants Ropars Inc.
- ≈ **Corbo Génie Conseil\***
- ≈ CREAFORM
- ≈ Dasco Equipment Inc.
- ≈ Dimeye Corporation
- ≈ ECA
- ≈ Ecce Terra
- ≈ Électricité de France EDF
- ≈ Énergies Marines Renouvelables Québécoises EMARQ
- ≈ Energy Ottawa
- ≈ Englobe
- ≈ Environnement Illimité
- ≈ Esri Canada
- ≈ Expertech Marine
- ≈ FUGRO
- ≈ GASPA
- ≈ Génidrone
- ≈ Geophysics GPR International
- ≈ Geosweep
- ≈ Géosphair Aviation Inc.
- ≈ Geown Data Solutions
- ≈ Gestion de la Voie Maritime du Saint-Laurent
- ≈ Golder Associés Ltée
- ≈ Groupe Alphard inc.
- ≈ Groupe Cadoret, arpenteurs-géomètres Inc.
- ≈ Groupe Océan
- ≈ Groupe Trifide



- ≈ Highland Geo Solutions
- ≈ **Hydro Météo\***
- ≈ Hydro Québec
- ≈ HyTECH-Imaging
- ≈ IXBLUE
- ≈ JAKARTA
- ≈ Jasco
- ≈ Kongsberg Maritime
- ≈ **Kraken Robotics\***
- ≈ Le Cimetière du Saint-Laurent
- ≈ **Mapgears\***
- ≈ McQuest Marine Sciences Limited
- ≈ Méridien Maritime Inc.
- ≈ MG3
- ≈ Microdrones
- ≈ MISTRAS Services Inc.
- ≈ Mosaic3D
- ≈ MSI3D
- ≈ MultiÉlectronique
- ≈ MVC Océan Inc.
- ≈ Navigation Boréal
- ≈ **NEAS\***
- ≈ Nippour
- ≈ NKE Instrumentation
- ≈ NORBIT
- ≈ OBV du fleuve Saint-Jean
- ≈ Ocean Server
- ≈ **ORPC Canada\***
- ≈ Pesca Environnement
- ≈ Ping DSP
- ≈ Port de Montréal
- ≈ Port de Québec
- ≈ Port de Trois-Rivières
- ≈ PMI Produits Métalliques Inc.
- ≈ QPS Canada
- ≈ R2Sonic
- ≈ RBR
- ≈ REFORMAR
- ≈ RESON
- ≈ **Riptide Autonomous Solutions\***
- ≈ Robotics Industry
- ≈ ROMOR
- ≈ Royal & Sun Alliance
- ≈ RPPSG
- ≈ SBG SYSTEMS
- ≈ Seafloor Systems
- ≈ Seahorse Geomatics
- ≈ Semantic TS
- ≈ Smart Navigation
- ≈ **Smart Sailors\***
- ≈ SNC-Lavalin
- ≈ Solutions M2Ocean
- ≈ Spyboat
- ≈ SubC-Marine



≈ Sygif International

≈ Synergis

≈ Techniarp

≈ **Tetra Tech\***

≈ TOXA

≈ Urbania TV

≈ Water Power

≈ WSP Canada



# *Annexe I*

## *Revue de presse*



**CIDCO**

[www.cidco.ca](http://www.cidco.ca)



# ACTUALITÉS

[< Retour](#) 16 avril 2019Charles Lepage - [clepage@lexismedia.ca](mailto:clepage@lexismedia.ca)

## Rencontre de 200 spécialistes de la géomatique et de l'hydrographie à Rimouski

### COLLOQUE VECTEUR 2019



En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. [Pour en savoir plus, cliquez ici.](#)

Poursuivre

Provenant de partout au Québec, environ 200 spécialistes de la géomatique terrestre et marine se rencontrent à Rimouski jusqu'au 17 avril pour échanger sur les thématiques et les enjeux touchant différentes sphères d'activités dont l'érosion côtière.



©Photo : Charles Lepage - L'Avantage Rimouski  
Noémie Giguère, directrice générale de Technopole Maritime du Québec (TMQ);  
Josée Dallaire, directrice générale CGQ; Jean Laflamme, directeur général  
CIDCO.

Organisé par le Centre Interdisciplinaire de Développement en  
Cartographie Océanique (CIDCO) et le Centre de géomatique du Québec

**En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre  
visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. Pour en savoir plus, cliquez ici.**

**Poursuivre**

« C'est assez particulier qu'une ville de 50 000 habitants comme Rimouski ait su développer tant d'expertise dans le domaine de l'innovation maritime, la cartographie, le CIDCO. C'est une grande fierté et on récolte le fruit de 40 années de travail dans le domaine maritime. On se démarque ainsi sur la scène nationale et internationale. Les travaux de recherche qui émanent de toute cette communauté nous permettent de planifier la période avant que certaines infrastructures municipales ou privées soient affectées par l'érosion côtière, ce qui nous permet de prioriser nos interventions », exprime Marc Parent.

La journée du 15 avril a été consacrée à un atelier sur le thème de l'érosion côtière, permettant aux experts présents de faire avancer la réflexion et la recherche de solutions sur cette thématique dans un contexte de changements climatiques grandissants. Les journées du 16 et 17 avril aborderont des sujets variés tels la bathymétrie satellitaire, les drones et leurs applications, l'hydrographie et la cartographie collaborative, l'inspection d'infrastructures, l'agriculture de précision, etc.

**En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. Pour en savoir plus, cliquez ici.**

**Poursuivre**



©Photo : Charles Lepage - L'Avantage Rimouski

Cette carte de l'UQAR démontre les pertes de terrains en mètre par année pour différents secteurs de l'Est-du-Québec. Par exemple, aux îles-de-la-Madeleine, la perte de terrain annuelle due à l'érosion côtière est de -0,73 M/A.

## Un secteur d'emploi en forte demande

« Les possibilités de travail dans ces domaines sont multiples et les possibilités d'emplois sont énormes », mentionne Josée Dallaire, directrice générale du CGO. « La géomatique peut toucher les agriculteurs autant que la sécurité publique. Les champs d'applications sont très vastes et on retrouve ces emplois dans les ministères, dans les entreprises privées et dans les maisons d'enseignement entre autres. »

En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. Pour en savoir plus, cliquez ici.

Poursuivre





## ICI Bas-Saint-Laurent

# Le « qui fait quoi » de l'érosion côtière, pour mieux lutter ensemble

Publié le mardi 16 avril 2019 à 15 h 36



**Julie Tremblay**

**92 représentants du gouvernement, du milieu universitaire et de l'entreprise privée ont participé à une journée de travail sur l'érosion côtière.**

Cette journée avait lieu dans le cadre du colloque Vecteur, organisé par le Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des Océans (CIDCO) et le Centre de géomatique du Québec (CGQ), présenté jusqu'à mercredi au Centre des congrès de Rimouski.



L'atelier sur l'érosion côtière a attiré deux fois plus de participants que prévu. « On attendait environ 50 personnes, finalement il y a eu près de 100 personnes », explique le directeur général du CIDCO, Jean Laflamme, qui estime que cela démontre l'intérêt et les préoccupations que suscite le sujet.



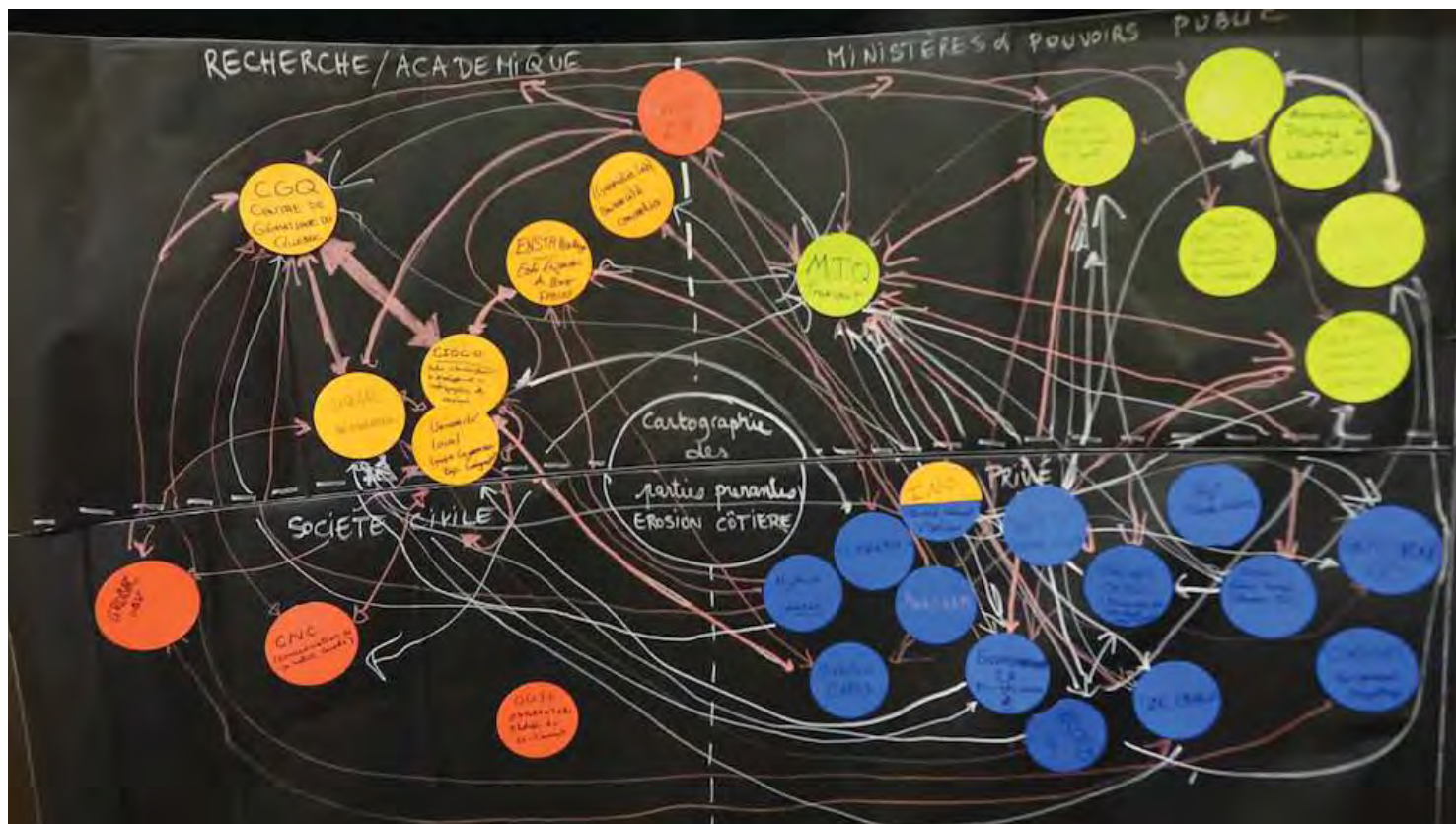
La directrice de la Technopole maritime, Noémie Giguère, la directrice générale du CGQ, Josée Dallaire et le directeur général du CIDCO, Jean Laflamme Photo : Radio-Canada / Julie Tremblay

*« Ça a permis que tout ce monde-là se voie et puisse échanger; des gens du privé, du municipal, du gouvernemental, etc. Les gens ont tellement aimé ça qu'une des propositions qui est ressortie, c'est que ça se reproduise tous les ans. »*

— Jean Laflamme, directeur général du CIDCO

## Une plateforme web pour favoriser le partage des connaissances

L'agente de développement au Centre de géomatique du Québec (CGD), Mahault Ricciardi-Rigault, explique pour sa part que cette rencontre avait pour but de réseauter les différents intervenants autour du même enjeu.



Les participants à la journée consacrée à l'érosion des berges ont fait la cartographie des divers intervenants en érosion des berges. Le jaune représente le milieu de la recherche, le rouge les organismes non gouvernementaux, le vert les instances gouvernementales et le bleu les entreprises privées. Photo : Radio-Canada / Julie Tremblay

Une plateforme web, instaurée par le CGD, permettra par la suite de relier les intervenants entre eux et de leur permettre de poursuivre la réflexion en ligne.

*« Les gens vont avoir des connexions, toutes les coordonnées des participants et ceux qui sont intéressés à tel ou tel projet vont savoir qui est intéressé à travailler avec eux en ce sens. »*

— Mahaut Ricciardi-Rigault, agente de développement, CGQ

Les participants au colloque Vecteur sont d'ailleurs invités à réfléchir à des projets pouvant permettre aux communautés de mieux s'adapter à l'érosion côtière pendant tout le colloque et pendant les mois qui suivront.

« On souhaite faire le même exercice dans un an et savoir où sont rendus ces projets-là », affirme Mme Ricciardi-Rigault.

Le colloque Vecteur se poursuit jusqu'à jeudi. 200 personnes et 60 conférenciers y participent.



## HYDROGRAPHIE



Denis Hains, B. Sc., a.-g.

Denis Hains est arpenteur-géomètre retraité. Il est le président-directeur général de HZI. Il est le représentant de la Commission hydrographique États-Unis Canada au conseil éditorial de la Revue hydrographique internationale de l'Organisation hydrographique internationale. Il est chercheur associé à l'Université du New Hampshire aux États-Unis. Il est également vice-président du conseil d'administration du Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans. Riche d'une carrière de plus de 35 ans au sein de la fonction publique du Canada, dont dix-huit ans au Service hydrographique du Canada de Pêches et Océans Canada, deux ans pour la Garde côtière canadienne et quinze ans pour Ressources naturelles Canada, particulièrement en tant que directeur national de Levés géodésiques du Canada, il a pris sa retraite en 2018 alors qu'il était Hydrographe général du Canada à Ottawa.

**Les jeux de données qui peuvent nous apparaître présentement incomplets et imprécis pourraient, dans le contexte de l'IA, permettre aux données hydrographiques d'atteindre une maturité inattendue par répétition et analyses corrélatives statistiques dans l'avenir.**

Cet article a été publié le 1<sup>er</sup> août 2019 en anglais dans *Hydro International Magazine* July/August 2019 / Volume 24 number 4.

18

## Le succès est tributaire de la quantité et de la qualité de toutes les données disponibles

Comment se préparer à l'arrivée des systèmes et du réseau d'intelligence artificielle (IA) en hydrographie?

Du 15 au 17 avril 2019, à Rimouski, s'est tenu le colloque Vecteur 2019 qui a réuni plus de 200 participants. Cet événement a été organisé par Technopole maritime du Québec (TMQ) en collaboration avec le Centre de géomatique du Québec (CGQ) et le Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans (CIDCO). J'ai eu l'honneur d'y être invité en tant que conférencier de prestige pour présenter le sujet dont il est ici question et dont je résume les faits saillants dans cet article.



Avec la disponibilité croissante des données (*big data*) et la capacité extraordinaire des ordinateurs à les traiter et à les emmagasiner, l'émergence de l'intelligence artificielle (IA) en géomatique marine, en sciences de la mer et en hydrographie est palpable.

Les modèles mathématiques sont très puissants, mais leur fiabilité doit être validée et démontrée à l'aide de points de calage. Il en est de même pour l'IA: elle ne peut permettre d'émuler ni d'appréhender adéquatement si elle ne s'appuie pas sur des observations qui représentent la réalité.

Dans le monde de la navigation commerciale, des technologies basées sur l'intelligence artificielle (IA) sont sur le point d'être testées, ce qui entraînera des besoins additionnels en bathymétrie et en hydrographie qui deviendront rapidement critiques.

Des navires de surface autonomes commerciaux comme le prototype développé par la compagnie Rolls-Royce-Kongsberg illustré (image 1) sont des prototypes en développement et seront ultérieurement mis à l'essai en Europe. La Norvège est un chef de file dans le domaine. Plusieurs considèrent que ces navires autonomes de surface commerciaux permettent des économies d'échelle en carburant, l'optimisation de routes de transport, la réduction d'émissions de gaz à effet de serre et la minimisation de risques en raison du

respect automatisé des nombreuses règles strictes de navigation qui s'appliquent dans le monde.

Comment les navires de surface autonomes commerciaux pourront-ils obtenir des données hydrographiques sur les fonds marins cartographiés et non cartographiés si elles sont insuffisantes, voire absentes? J'estime que le succès de l'IA en hydrographie est fondamentalement dépendant de la quantité et de la qualité de l'ensemble des données bathymétriques et hydrographiques disponibles, qu'elles soient statiques, en prédiction, en temps quasi réel ou en temps réel.



Source:

<https://worldmaritimeneeds.com/archives/266898/imo-msc-identifies-4-deg>

### Manque de données de base

Dans le monde des sciences de la mer, de la bathymétrie et de l'hydrographie, il manque beaucoup de données de base recueillies à l'aide de technologies modernes rencontrant les normes minimales attendues. Cependant, celles acquises avec les sondeurs multifaisceaux depuis quelques décennies sont localisées et de plus en plus denses et volumineuses que jamais. De plus, les données additionnelles (*backscatter and reflectance*) qui s'y rattachent amplifient davantage leur densité. J'insiste sur le fait que beaucoup de données sont inconnues ou non disponibles et que, lorsqu'elles sont connues et rendues disponibles, elles sont souvent non standards





et de faible précision. Les professionnels de la mesure ont donc tendance à ne pas les utiliser ou à les rejeter!

Comme l'IA est basée sur la capacité informatique, sur les mathématiques statistiques et sur les données (surtout le *big data*), l'apprentissage automatique par ordinateur et l'apprentissage profond (*machine learning* et *deep learning*) sont assujettis à la disponibilité de ces données.

#### Le respect des normes et des standards

La mise en service de navires autonomes de surface commerciaux aura pour effet de stimuler et de catalyser l'IA en hydrographie. La clé du succès reposera sur le même enjeu fondamental que celui connu en hydrographie depuis longtemps, soit l'obtention de données bathymétriques et hydrographiques associées mesurées dont la qualité est connue et qui respectent des standards! La réponse à cet enjeu représente un défi de taille puisque des données hydrographiques modernes de quantité et de qualité suffisantes sur la vaste majorité des océans et des zones côtières de la planète n'ont pas fait l'objet de levés. Cependant, la vague technologique actuelle offre de nouvelles opportunités...

Se préparer à l'utilisation de l'IA en hydrographie implique de disposer du maximum de données dont la qualité est connue même si elles ne rencontrent pas toujours les standards. C'est préférable à disposer d'aucune ou de peu de données, surtout dans des régions éloignées où de nouveaux besoins de navigation et de protection des ressources marines et de l'environnement émergent avec l'accroissement des activités de navigation commerciale.

#### Sources de données alternatives

Il faut encourager et adopter la bathymétrie participative (*crowdsourced bathymetry*) et l'utilisation sans réserve de sources alternatives telles que bathymétrie par satellite, lidar hydrographique aéroporté et véhicules d'acquisition de données autonomes aériens (drones), de surface et sous-marins.

Les données hydrographiques idéales sont les plus précises et les plus exactes. Par contre, dans le contexte de l'IA en hydrographie, je considère que toutes les données, même celles qui sont imprécises ou inexactes, sont d'intérêt. Plutôt que d'être obsédés par la précision et l'exactitude, il faut accepter des données dont la précision et l'exactitude peuvent ne pas être suffisantes pour atteindre les standards traditionnels. Ces données dont la précision et l'exactitude seraient qualifiées permettraient aux algorithmes du *machine learning* et du *deep learning* d'identifier les zones à risques que certains navires actuels et autonomes de surface devraient éviter.

#### Défis et opportunités

Les jeux de données qui peuvent nous apparaître présentement incomplets et imprécis pourraient, dans le contexte de l'IA, permettre aux données hydrographiques d'atteindre une maturité inattendue par répétition et analyses corrélatives en mathématiques statistiques dans l'avenir.

L'émergence de l'IA en hydrographie pose des défis et présente des opportunités. C'est un dossier des plus excitants et importants à suivre. Avec trois océans et le plus long littoral du monde, le Canada devrait clairement jouer un rôle pivot dans cet enjeu, mais d'abord se préparer à l'arrivée des systèmes et du réseau d'intelligence artificielle (IA) en hydrographie. ◀



**LAISSEZ VOTRE  
MARQUE  
DANS LE TEMPS**

**POUR TOUS VOS BESOINS EN REPÈRES  
D'ARPENTAGE ET DE GÉODÉSIE**

- repères fédéraux, provinciaux, piquetage, légal, cimetière
- stations, clous MAG NAILS
- balises témoin, marquage de ligne de lot, accessoires
- cible pour photogrammétrie

**PEU IMPORTE LE BESOIN, UNE SEULE ADRESSE :**

**J.P. MORASSE INC.**

1321, MARIE-VICTORIN, LÉVIS, QC G7A 4G4

Tél.: 418.831.3811    1 800 463.6866

Fax: 418.831.7827    1 800 463.8138

[www.morassee.com](http://www.morassee.com)    [morasse@morasse.com](mailto:morasse@morasse.com)





**ARPENTEUR-  
GÉOMETRE**  
JEAN-PHILIPPE GRONDIN

Pour un service axé  
sur vos besoins,  
faites confiance à  
une équipe de lions.

**514 508-3497**

info@jpgrondin.com  
jeanphilippegrondin.com

 arpenteurgeometre



Grand Métropolitain et ses rives

# *SUCCESS DEPENDS ON THE QUANTITY AND QUALITY OF ALL AVAILABLE DATA*

## Preparing for Hydrographic Artificial Intelligence Network and Systems



With the ever-increasing and affordable availability of capacity and computing power to process and store data, the emergence of artificial intelligence (AI) in marine geomatics, ocean sciences and hydrography is palpable.

Mathematical models are very powerful, but their reliability must be validated and demonstrated using calibration points. It's the same thing for AI. It cannot emulate and learn properly if it cannot rely on observations that represent reality. In the commercial shipping world, AI-based technologies are about to be tested, resulting in additional bathymetry and hydrography needs that will quickly become necessary and critical.

Commercial Marine Autonomous Surface Ships (MASS) such as the “Rolls Royce-Kongsberg” are prototypes in development and will eventually be tested in Europe – Norway is a leader in the field. Many see these commercial MASS as providing for economies in terms of fuel consumption, optimization of transportation routes, reduction of greenhouse gas emissions and reduced risks to navigation by respecting many rigid and strict rules of navigation in the world.

How can commercial MASS learn, if indeed they can learn, from the charted and uncharted seabed where hydrographic data is insufficient or even absent? I suggest that the success of AI in hydrography is fundamentally dependent on the quantity and quality of all available bathymetric and hydrographic data, whether static, predictive, near real-time, or real-time (dynamic).

### **Lack of Basic Data**

In the world of ocean sciences (bathymetry and hydrography), there is a lack of basic data that meets modern technological standards. However, the data acquired with multibeam echo sounders (MBES) for some decades are localised and increasingly dense and more voluminous than ever. Also, the additional data coming from MBES and specifically its multiplier effect of backscatter data signal and the Lidar and Satellite-Derived Bathymetry (SDB) multiplier effect of reflectance data signal amplify them further.

I emphasize that there is also a lot of unknown, unavailable data, and when it is known and made available, it is often non-standard and low precision. For this reason, they tend to be unused or rejected. Since AI is based on computing ability and the power of mathematics and statistics, the availability of all data, especially big data, plays a key role in computer learning, machine learning and deep learning.

### **Respecting Established Standards**

AI in hydrography will be stimulated and catalyzed by MASS. The key to success will be based on the same fundamental issue known in hydrography for a long time (i.e. associated bathymetric and hydrographic data of known quality and respecting established standards). This represents a major challenge considering that the vast majority of the world's oceans and coastal



areas have little or no modern hydrographic data of sufficient quantity and quality. However, there are several opportunities with the current technological wave that we are encountering.

To prepare for hydrographic AI, it is better to have the maximum quantity of data where the quality is KNOWN, even if it does not always meet the standards, than not having the data, or having just a little data. This is especially true in remote areas where new needs emerge.

## **Alternative Data Sources**

In this context, promoting and adopting Crowd-Sourced Bathymetry (CSB) and the unreserved use of alternative data sources such as Satellite-Derived Bathymetry (SDB), Airborne hydrographic Lidar, autonomous data acquisition vehicles; airborne (drones), surface and submarine, is a must and will even be forced and accelerated more than ever.

For hydrographic data, ideally, the most accurate and exact data is needed. On the other hand, in the context of AI in hydrography, I suggest that all data, even those that are inaccurate or not precise, are of interest. Rather than being obsessed with precision and accuracy, we must accept data for which the accuracy and precision would not be sufficient for traditional standard purposes. By knowing or even 'qualifying' the precision and accuracy, this data will allow the machine and deep learning algorithms to identify areas of risk to avoid for some current and future MASS.

## **Challenges and Opportunities**

What currently appears to be incomplete and imprecise could, in the context of AI, enable a paradigm shift in which hydrographic data reaches unexpected maturity through repetition and mathematical/statistical correlation in the future.

The emergence of AI in hydrography is full of challenges and more importantly opportunities. This is an exciting and important developing field to follow everywhere in the world and especially in the Hydrographic community. With three oceans and the longest coastline in the world, Canada should clearly have an interest in playing a pivotal role in the issue of 'How to prepare for Hydrographic Artificial Intelligence Network and Systems'.

### **VECTOR 2019 Symposium**

More than 200 participants gathered for the VECTOR 2019 Symposium, from 15-17 April 2019, in Rimouski, Canada. This event was coordinated by the Technopole maritime du Québec (TMQ) in collaboration with the Centre de la géomatique du Québec (CGQ) and the CIDCO. The author was invited as a special guest speaker on 'How to prepare for Hydrographic Artificial Intelligence (AI)'. This article is an extract of this presentation and summarises the highlights.

---

<https://www.hydro-international.com/content/article/preparing-for-hydrographic-artificial-intelligence-network-and-systems>

---



# Q&A

with **Denis**  
**Hains**

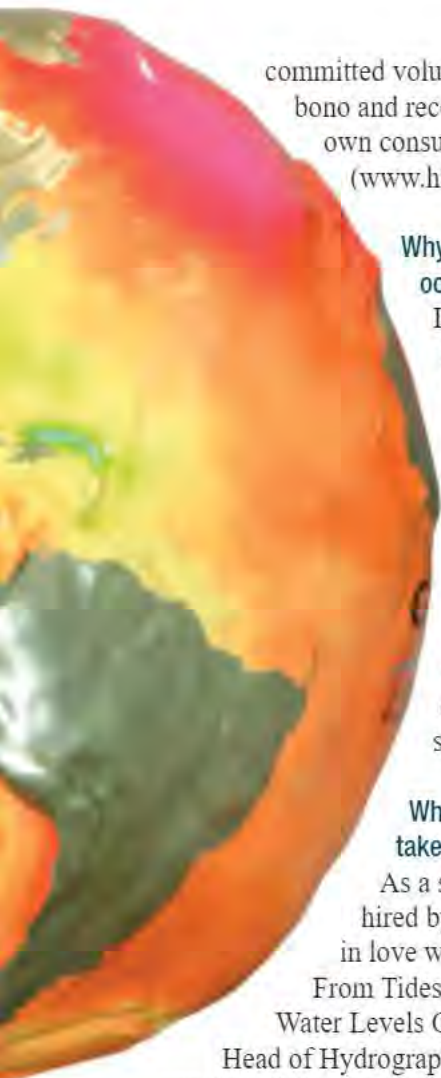
*Former Hydrographer General of Canada and Director General, Canadian Hydrographic Service. U.S.-Canada representative on the International Hydrographic Review of the International Hydrographic Organization. Affiliate Research Scientist at the University of New Hampshire-Center for Coastal and Ocean Mapping. Vice President of the Board of Directors, Interdisciplinary Centre for Development in Ocean Mapping (CIDCO). Founder, President, and CEO at H2i.*

**Where were you born? Where is home today?**

I am a proud French-speaking Canadian born in Québec City. Home today is Ottawa, Ontario.

**What is your occupation?**

After a vibrant 35-plus year career with the Government of Canada, I retired in 2018 as Hydrographer General of Canada and Director General of the Canadian Hydrographic Service (CHS). Today I am a



committed volunteer working pro bono and recently founded my own consulting company, H2i ([www.h2i.ca](http://www.h2i.ca)).

**Why did you choose this occupation?**

It was the intersection of three interests: mathematics, geographic visualization, and field work. Hydrography awakened within me a whole new dimension of dynamic marine surveying.

**Where has your career taken you?**

As a student, I was hired by CHS and I fell in love with hydrography. From Tides, Currents, and Water Levels Officer, I became Head of Hydrographic Surveys, and appointed Director of Hydrography in Mont-Joli, Canada. I moved to Ottawa to lead the Canadian Geodetic Surveys. Then I became Director General of Audit and Evaluation for Natural Resources Canada, before rejoining CHS as acting Hydrographer General of Canada, and with the Canadian Coast Guard as Director General, Integrated Business Management Services. Later, I joined the Canada Centre for Remote Sensing as National Director of the Atlas of Canada plus Earth Observation and GeoSolutions. I returned as National Director of the Canadian Geodetic Surveys before being appointed as the Hydrographer General of Canada and Director General of the CHS. These exciting experiences brought me around the globe.

**If you had to choose another career, what would it be?**

Foreign officer and negotiator working in Canadian embassies around the world representing and promoting Canada's vision, values, objectives, and commitments.

**What is your personal motto?**

I like quotes, not in theory, but in action. One that motivates me the most is by William Johnsen: "If it is to be, it is up to me."

**Where do you like to vacation?**

I like vacationing with my spouse and family to relax and enjoy life; and discovering the beauty and cultures of the world by visiting and exploring new locations. My business trips were focused on work; today, travels with my spouse are part of my priorities.

**Who inspires you?**

People who are kind, respectful, and trustworthy; who deliver quality and efficiency. My father's intensity and dedication coupled with the wisdom and tolerance of my mother have been inspiring to me. My spouse, three sons, and my extended family have helped me grow as a person. I had successful and challenging experiences both personally and professionally, along with outstanding coaches and mentors. One key individual who has professionally inspired me is Paul Bellemare (former Director of Hydrography with CHS) for his leadership, integrity, commitment, drive, and innovation.

**What has been the highlight of your career?**

I could name many professional achievements, but my career highlight is establishing and maintaining a network of committed and passionate people around the world, with whom I continue to meet and interact.

**What do you like most about working in this field?**

The people with their passion, intensity, and commitment to working with the unknown.





The discoveries, challenges, and technological advancements in the geospatial world: ocean science, hydrography, and hydrospace. Ocean science is challenging, exciting, and so much is still needed!

**What are some of the biggest challenges your job presents?**

Influencing cultures and shifting paradigms *vis-à-vis* the known and secure past and the present in order to proceed with excitement and curiosity into the challenges of the unknown: experimentation, discoveries, and the establishment of new ways of addressing issues and improving knowledge for the future.

**What technological advancements have you witnessed during your career?**

There have been many. From traditional geodesy to accurate GPS for dynamic positioning; single beam to multibeam echo sounder; automation of marine cartography; lithography printing to print-on-demand; real-time tides, currents and water levels measurements, predictions and forecasting; differential to wide area GPS corrections to precise point positioning; adoption of the Canadian Vertical Geodetic Datum 2013 and Continuous Hydrographic Vertical Datum; remote sensing techniques applied to ocean sciences and hydrography.

**What does the future hold for this industry?**

**For you?**

For the industry: the implementation of coastal and marine spatial data infrastructure; crowd-sourced bathymetry; satellite-derived bathymetry; autonomous aerial, surface, and underwater vehicles in ocean sciences; hydrosatial artificial intelligence network and system to support future marine autonomous operations and surface ships.

For me: I want to participate, contribute, and influence the creation of a safer, more efficient, and sustainable blue economy!

**What new technologies would you like to see?**

The integration of technologies into artificial intelligence to decrease repetitive activities, allowing more time to dedicate to strategy, people, and action.

**What advice do you have for those just starting their careers?**

Be curious, humble, and excel in everything you do – especially with tasks that might not be glamorous. Stick to and stand for high ethical values. Produce quality results to make a difference for your organization, the people you work with, and your clients. Always improve yourself. Be kind, no matter what, and have fun. Life is beautiful!

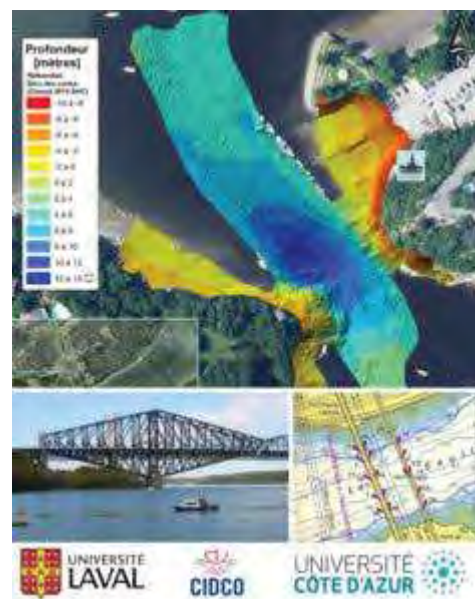




## ***Hydrographic and Lidar Summer School Recap***

Written By: Daniel Mutton

The first ever International Hydrography and LiDAR survey summer school (Ecole internationale d'été en levés hydrographiques et LiDAR) concluded June 7<sup>th</sup> ending two weeks of presentations and practical work designed to give both students of all levels and industry professionals an introduction to: hydrographic surveying with acoustic echosounders, the theory behind underwater acoustics, bathymetric LiDAR, and their applications to both hydrography and physical oceanography. The school was hosted at Laval University in Quebec City, Quebec Canada – by the Department of Geomatic Science, organized by Dr Sylvie Daniel.



The first week of the course consisted of lectures on the theory and applications of hydrography with presentations covering topics such as 'Vertical Referencing of Ocean Mapping Data' (Dr Ian Church, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick), 'Computer Assisted Bathymetric Processing, Uncertainty Representation and Resolution' (Dr Brian Calder, Centre of Coastal and Ocean Mapping, Chase Ocean Engineering Lab, University of New Hampshire), and 'Multibeam Echosounders as a tool for the recognition and morphological characterization of submarine landslides' (Dr Jacques Locat, Professor Emeritus, Laboratoire d'Etudes sur les Risques Naturels, Department of Geology and Geological Engineering, Laval University).

The school was primarily focused on acoustic multibeam systems. However, Kevin McGuigan (Research Associate, Applied Geomatics Research Group, Nova Scotia Community College) gave a presentation on bathymetric LiDAR and its application in coastal and shallow waters for habitat mapping, bathymetry, and marine geology.

The first week of the course concluded with a day-long seminar by Mike Brissette of R2Sonic, where he introduced underwater acoustic theory in its application to marine geomatics, and how echosounders operate.

The second week of the summer school was focused on applying the knowledge from the first week. To this end we performed a half-day survey of a section of the Saint Lawrence River using either a Kongsberg or R2Sonic system. In addition to the survey, we used a FARO terrestrial laser scanner to conduct a survey with the purpose of taking three-dimensional distance measurements between different targets and objects. The remainder of the week was spent cleaning and processing the data

from both the two surveys we conducted, and from a third hydrographic survey conducted in prior years.

The course served as a fantastic introduction to hydrography, its theory, laws, and technologies – to both students and industry professionals. Additionally, it was a great way to network with leading researchers from around Canada, the United States, and Europe.

Contact information: Daniel.Mutton@hotmail.com

**Note – If you liked this post click [here](#) to stay informed of all of the 3D laser scanning, UAS, autonomous vehicle and Lidar News. If you have an informative 3D video that you would like us to promote, please forward to [editor@lidarnews.com](mailto:editor@lidarnews.com).**

tagged with [3d](#), [bathymetric](#), [canada](#), [Featured](#), [Hydrographic](#), [lidar](#), [QUEBEC](#), [summer school](#)



## Des Québécois à la Connected week

Partagez



Une délégation québécoise est présente à Angers à l'occasion de la Connected week dans le cadre d'un programme d'échanges avec l'écosystème numérique angevin.

Depuis le lundi 18 novembre 2019, **une délégation de 14 Québécois** est présente à Angers à l'occasion de la **Connected week**. Au nom d'Angers Loire Métropole, **Aldev accueille** la délégation et coordonne son programme. L'objectif est de permettre aux Québécois de participer aux différents temps forts de la semaine angevine dédiée au numérique et de profiter de cette occasion pour leur faire **découvrir l'écosystème angevin**.

### Institutions et entreprises

La délégation québécoise est composée de représentants de différents **organismes institutionnels ou académiques**([Québec numérique](#), [Québec international](#), [Université Laval](#), [Cidco](#), [Tourisme Saguenay-Lac-Saint-Jean](#)), ainsi que d'**entreprises numériques**([Libéo](#), [MamboMambo](#), [XpertSea](#), [GoSeeYou](#), [Valéria Landivar](#)).

Cette venue intervient dans le cadre du **programme NIAQ** : Numérique et Innovation entre Angers et Québec. Entre Angers et la belle province, les premiers échanges sur la question du numérique remontent à 2016. Depuis cette date, différentes délégations angevines et québécoises ont traversé l'Atlantique pour aller découvrir l'écosystème de l'autre.

### Un partenariat formalisé dans le cadre d'un appel à projet

Et depuis 2019, ce partenariat a pris encore plus d'ampleur. En effet, **Angers Loire Métropole et le cluster Québec Numérique ont été retenus par le Fonds Franco-Québécois de Coopération Décentralisée** mis en place par le Ministère français de l'Europe et des Affaires Etrangères et le Ministère des Relations internationales et de la Francophonie du gouvernement du Québec. Ce programme vise à développer sur deux années, 2019 et 2020, les relations économiques et académiques entre les deux parties, notamment à travers leurs événements respectifs que sont d'un côté la **Connected week** pour Angers et la **Semaine numériQC** pour Québec.

### Les Angevins de nouveau au Québec en 2020



## RENCONTRE AVEC LE **VICE-PRÉSIDENT POLITIQUES ET COMMUNICATIONS** CHEZ DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE CANADA

Une rencontre porteuse s'est tenue le 2 mai avec M. Jean-Frédéric Lafaille, Vice-président Politiques et Communications chez Développement économique Canada (DEC). Une belle occasion de présenter le dynamisme de la grappe maritime innovante du Québec et de souligner le soutien de DEC à celle-ci!



[Inscrivez-vous  
à notre infolettre](#)

# L'actualité

**ABONNEZ-VOUS**  
à partir de 1,87\$ / mois



[L'ACTUALITÉ DE JANVIER 2020](#) [LES PERSONNALITÉS DE L'ANNÉE 2019](#) [PRIX LITTÉRAIRES DU GOUVERNEUR GÉNÉRAL](#)



## À la recherche des épaves du Saint-Laurent

Pour la première fois au Québec, des archéologues, des hydrographes et des océanographes s'unissent pour reconstituer en 3D une section du fleuve, en face du parc national du Bic. Cette zone de récifs a-t-elle conservé des traces de la soixantaine d'accidents maritimes répertoriés dans les archives ? Notre journaliste a suivi l'équipe qui tente de percer ce mystère.

[Santé et Science](#)

par [Laura Martinez](#)

4 décembre 2019



Photo : Laura Martinez

**L**e F.-J.-Saucier, un catamaran de 8,5 m parti une heure plus tôt de la marina de Rimouski, s'immobilise dans la brume à quelques kilomètres du parc national du Bic. La température a chuté d'une dizaine de degrés depuis le départ, aussi les quatre membres d'équipage s'empressent-ils d'enfiler leur coupe-vent. La visibilité limitée à une centaine de mètres ajoute au danger des forts courants marins et des vents qui s'engouffrent dans cette région montagneuse. L'île Bicquette, à environ quatre kilomètres au sud-ouest, a beau avoir été dotée d'un phare en 1844, les récifs bordant la côte ont causé de nombreux naufrages à l'époque où l'île du Bic était un relais de navigation, de 1730 à 1905.

La zone a-t-elle conservé des traces de la soixantaine d'accidents répertoriés par l'Institut de recherche en histoire maritime et archéologie subaquatique ?

L'équipe de Dany Dumont et Guillaume St-Onge, professeurs-chercheurs à l'Institut des sciences de la mer de l'Université du Québec à Rimouski (ISMER-UQAR), a 10 jours en cet été 2019 pour répondre à cette question.

Pour la première fois au Québec, des archéologues, des hydrographes, des océanographes et même des créateurs de jeux vidéos unissent leurs forces pour reconstituer en 3D cette section du fleuve riche en histoire. Cette future mer virtuelle aidera entre autres les scientifiques à mieux comprendre certains aspects de la dynamique océanique difficiles à observer. Elle permettra aussi de résoudre des mystères qui planent encore sur les nombreux naufrages.



Sylvain Gauthier, hydrographe au CIDCO, connecte l'ordinateur au sonar à balayage latéral. Photo : Laura Martinez

« On va descendre le poisson », lance Sylvain Gauthier, spécialiste en cartographie marine au Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans (CIDCO), en parlant du sonar à balayage latéral, un appareil de télédétection tracté derrière le catamaran. Bien que le capitaine ait immobilisé le bateau, le mouvement régulier des vagues rend difficile la descente de l'instrument. Une quinzaine de minutes plus tard apparaît sur l'écran d'ordinateur l'image en noir et blanc d'un navire marchand, gisant à une trentaine de mètres sous l'eau. « Je ne pensais pas qu'on verrait l'épave aussi bien. C'est vraiment cool ! » s'exclame avec enthousiasme Vincent Delmas, un archéologue sous-marin de 35 ans travaillant pour l'Institut de recherche en histoire maritime et archéologie subaquatique (IRHMAS).

Le *Scotsman* faisait route vers Liverpool, en Angleterre, lorsqu'il a sombré, le 20 novembre 1846, après avoir heurté l'un des récifs de l'île du Bic. Ce que le voilier de 25 m de longueur transportait ce jour-là reste un mystère, tout comme ce qui a causé l'accident. « Avec plusieurs images, on devrait être capables de poser quelques hypothèses », dit Vincent Delmas.

En ce septième jour sur le F.-J.-Saucier, les chercheurs du projet « Voir la mer » savaient où trouver le *Scotsman*. L'épave avait été localisée pour la première fois en 2002 par le Service hydrographique du Canada, puis en 2015, le Rimouskois Samuel Côté, en collaboration avec le CIDCO, l'avait repérée pour son émission *Chasseurs d'épaves*, présentée à Historia. Si l'équipe disposait d'un point GPS pour retrouver le *Scotsman*, il existe moins d'informations pour la majorité des quelque 65 accidents survenus entre l'île du Bic et l'île Bicquette. « Un navire va souvent s'échouer plus loin que le lieu de son accident », explique Vincent Delmas.

Ce jour-là, l'équipe n'obtiendra aucune image du *Germanicus*, un navire en acier et en bois qui s'est échoué le 7 novembre 1919 sur les récifs au large de l'île Bicquette, et dont la position GPS est aussi connue. L'équipage décide en effet de ranger pour la journée le sonar à balayage latéral : la houle grandissante pourrait abîmer l'instrument.

Le bateau repart donc vers le sud-est en direction du havre du Bic. En chemin, comme par magie, la brume disparaît. Se dessinent alors à l'horizon les côtes montagneuses du parc national du Bic. Protégée du vent et de la houle par la baie, l'équipe installe un autre appareil de télédétection. Fixé entre les deux coques du F.-J.- Saucier, le sondeur multifaisceau va permettre de cartographier en 3D les fonds marins à 10 cm près.

Une fois l'instrument installé, le catamaran longe les côtes du parc national vers l'une des « zones propices pour qu'un bateau puisse s'y échouer, un récif à fleur d'eau proche du cap à l'Original », dit Sylvain Gauthier. Ce n'est pas le moment d'avoir une avarie de moteur, plaisante-t-il.



L'archéologue sous-marin Vincent Delmas se prépare à descendre dans l'eau le sonar surnommé « le poisson ».

Photo : Laura Martinez

Le capitaine entame une dizaine d'allers-retours parallèles à la côte. Lors de chaque passage, une bande de relief marin de 90 m de largeur s'ajoute à l'écran. L'équipe est à la recherche d'anomalies qui pourraient résulter d'activités humaines – comme un agencement particulier de roches. Sur la trentaine détectées depuis le premier jour, il faut s'attendre à ce que seulement une demi-douzaine correspondent à des restes d'épaves, selon Vincent Delmas. En retournant étudier ces anomalies à l'aide du sonar à balayage latéral, qui produit une image des objets enfouis plus précise que le sondeur multifaisceau, les chercheurs devraient découvrir lesquelles proviennent d'épaves.

Les données collectées au cours de l'été – depuis le catamaran pour les eaux profondes, un drone pour les zones côtières et un bateau pneumatique pour les alentours des récifs – permettront notamment de

mettre à jour les cartes de navigation, en plus de construire des modèles numériques de circulation océanique, de dynamique de vagues et de glaces. Ces informations pourraient servir à mieux comprendre les conditions de navigation de l'époque et à expliquer ces naufrages, selon les scientifiques à bord.

Les données seront également utilisées par le Centre de développement et de recherche en imagerie numérique (CDRIN) de Matane pour créer une mer virtuelle en 3D, souligne Dany Dumont. « L'idée est de rendre ce fond marin réel, en ajoutant par exemple des roches éclairées avec de la lumière marine, précise l'océanographe. Ce moteur de jeu servira des intérêts scientifiques, mais aussi éducatifs, comme la sensibilisation du grand public à la beauté du milieu marin, à sa fragilité », note le chercheur.

Tout le monde devrait pouvoir visiter virtuellement cette section du fond du Saint-Laurent dans quelques années.

---

## Des épaves dans le Saint-Laurent

Parmi les centaines d'épaves qui pourraient être enfouies au fond du Saint-Laurent, 76 ont reçu un code Borden (du nom de l'inventeur du système, l'archéologue Charles Borden), la numérotation archéologique utilisée au Canada pour identifier les sites archéologiques et leurs artefacts. Au Québec, c'est [le ministère de la Culture qui les répertorie](#). Voici les plus connues.



---

### **SUR LE MÊME SUJET**

**[Au sommaire du mois de janvier 2020](#)**

**[Le Québec, une province comme les autres ?](#)**

**[Les 5 grands travaux du recyclage](#)**

**[Révolution verte aux Îles-de-la-Madeleine](#)**



# ACTUALITÉS

[< Retour](#)

📅 06 février 2020

Jean-Philippe Langlais - [jplanglais@lexismedia.ca](mailto:jplanglais@lexismedia.ca)

## Des algorithmes pour détecter la pollution des fonds marins

**Intelligence artificielle**

©Gracieuseté

L'équipe du CIDCO a développé une expertise permettant de retracer des engins de pêche abandonnés dans les fonds marins.

En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. Pour en savoir plus, cliquez ici.

[Poursuivre](#)

## **capables de détecter des engins de pêche perdus au fond des océans.**

Grâce à des images acoustiques, issues de sonars à haute-précision, ces algorithmes permettent de repérer et cartographier les déchets de pêche tels que des filets, cordages, casiers et autres éléments représentant un danger pour les espèces marines. Les résultats des recherches menées par Guillaume Labbé-Morissette et Sylvain Gautier seront publiés dans le prestigieux Journal Of Ocean Technology. Elles seront ensuite intégrées dans des véhicules autonomes afin de couvrir rapidement de grandes surfaces et ainsi faciliter le retrait de ces dangers pour la faune aquatique.

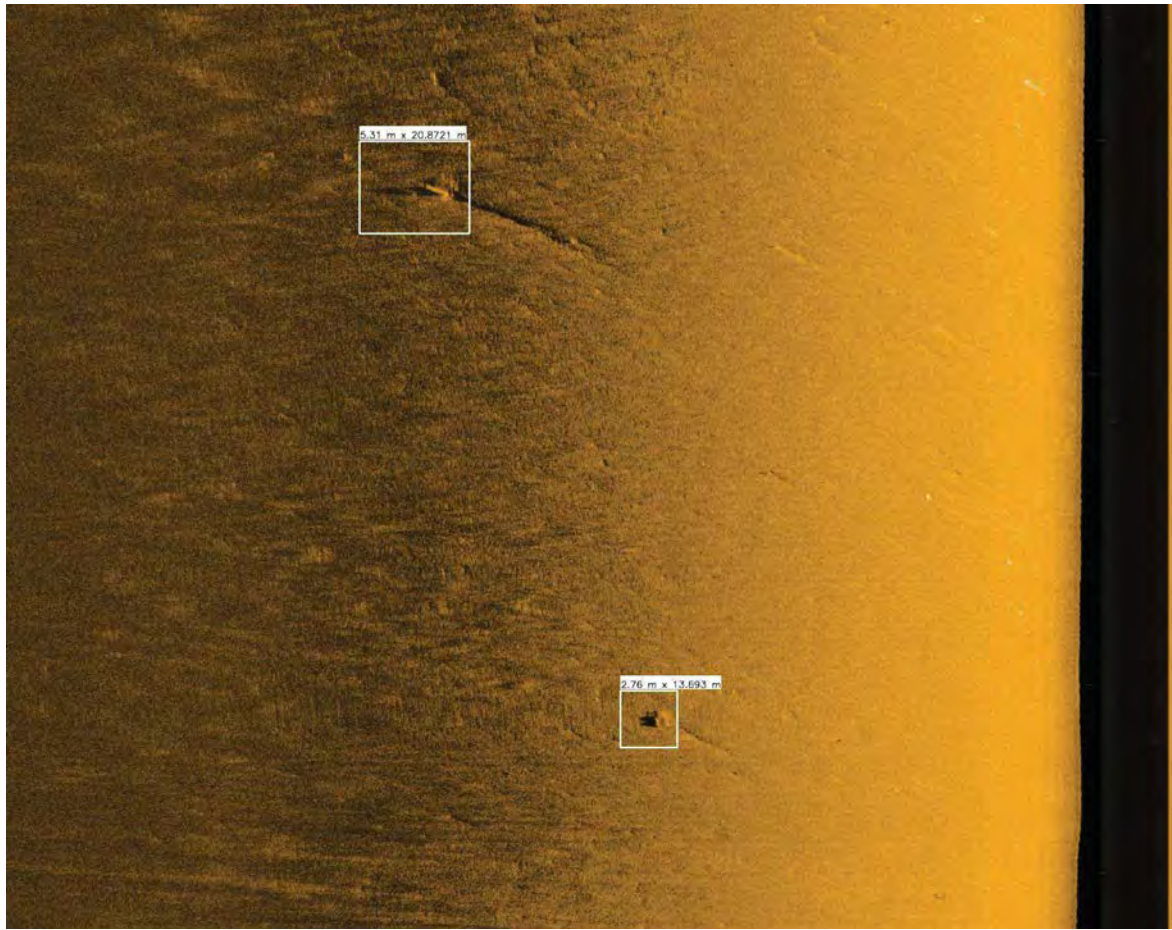
L'équipe du CIDCO travaillera en partenariat avec les chercheurs du centre Mérimov et de l'Institut technologique de maintenance industrielle afin d'exploiter cette technologie au sein d'une technique unique au monde, consistant à la détection et au retrait des déchets marins des zones de pêche. Ce procédé vise à éliminer la menace auprès d'espèces marines en péril, dont les baleines noires. « Il est estimé que des millions de tonnes d'engins et accessoires de pêche perdus ou abandonnés parsèment les fonds marins et continuent leurs activités de pêche de façon non supervisée », affirme le CIDCO.

### **Impacts environnementaux et économiques**

L'initiative s'inscrit dans le cadre d'un grand chantier financé par Pêches et Océans Canada, qui consiste à trouver des solutions pratiques à la problématique des espèces menacées par les déchets issus des activités de pêche commerciale. La présence de ces déchets entraîne des conséquences sur l'ensemble de la chaîne de valeur des pêcheries. Le CIDCO ajoute que des études révèlent que les fermetures des zones de pêche liées aux baleines noires entraînent des pertes de plusieurs millions de dollars aux pêcheurs. Ce manque à gagner a un effet auprès des industries secondaires telles que les usines de transformation des produits de

En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. Pour en savoir plus, cliquez ici.

[Poursuivre](#)



©Gracieuseté - CIDCO  
Exemples de casiers à crabes détectés au fond du fleuve Saint-Laurent.

En poursuivant votre navigation sur ce site, vous acceptez l'utilisation des cookies pour faciliter votre visite et nous permettre d'évaluer l'audience du site. Pour en savoir plus, cliquez ici.

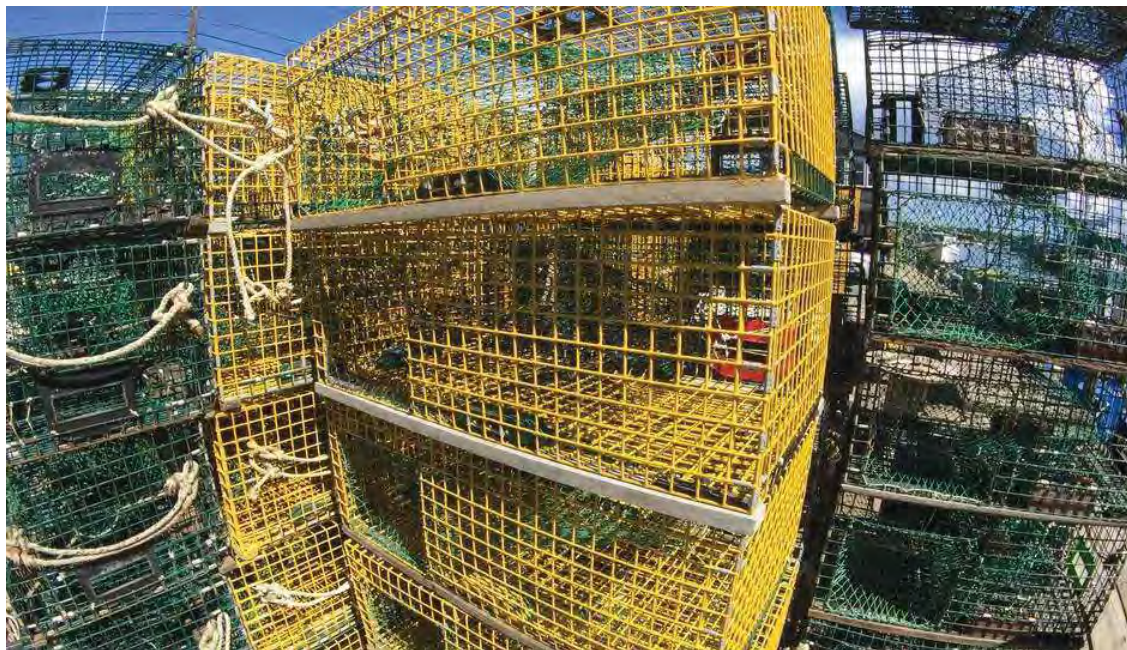
**Poursuivre**



# L'intelligence artificielle pour faire le ménage des fonds marins

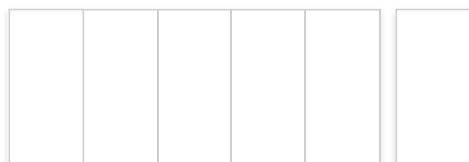
Publié hier à 17 h 03 [Rattrapage du jeudi 6 février 2020](#)

16 h 21 Entrevue avec le directeur général du CIDCO, Jean Laflamme 9:07

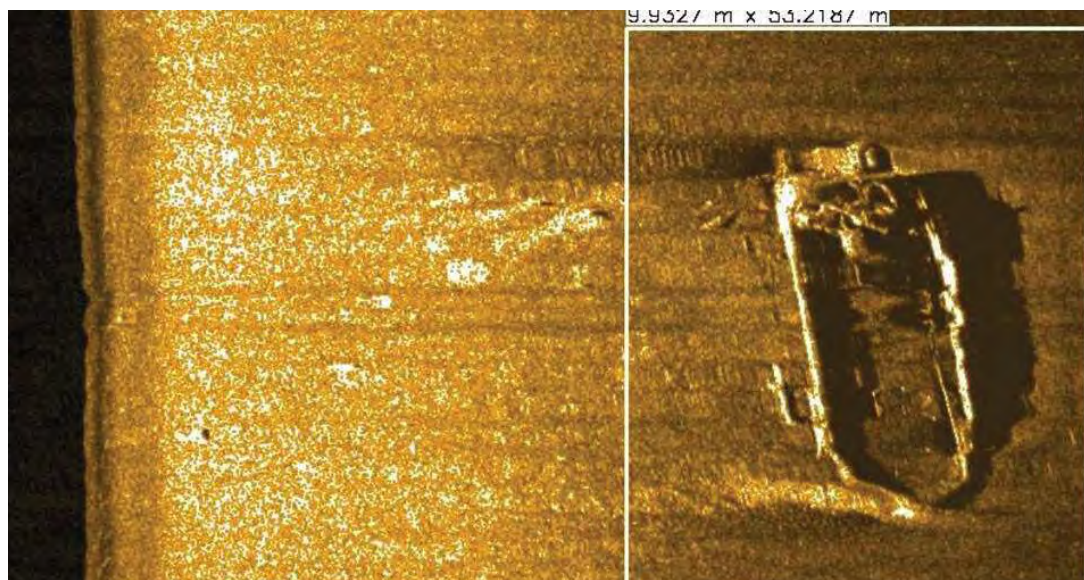


Des cages à homard

PHOTO : RADIO-CANADA / STÉPHANE GRAVEL



Des chercheurs rimouskois du Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans (CIDCO) ont créé des algorithmes intelligents pouvant, à l'aide de sonars, détecter les filets de pêche, les cordages et autres engins de pêche abandonnés dans les fonds marins. L'élimination de ces débris, espère-t-on, permettrait de mieux protéger les mammifères marins menacés, comme les baleines noires, ce qui aurait notamment pour effet d'éviter la fermeture de zones de pêche, explique le directeur général du CIDCO, Jean Laflamme.





## Une nouvelle technologie pour repérer les engins de pêche

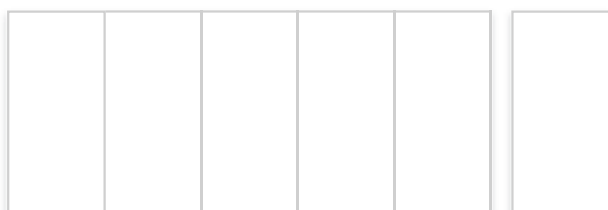
Publié à 10 h 31 [Rattrapage du vendredi 7 février 2020](#)

07 h 46 Une nouvelle technologie pour repérer les engins de pêche 6:34



L'équipement de pêche est une grande menace pour les baleines noires de l'Atlantique Nord, qui se retrouvent souvent empêtrées dans les cordages.

PHOTO : NOAA



Des chercheurs du Centre Interdisciplinaire de Développement en Cartographie des Océans (CIDCO) à Rimouski, ont créé des algorithmes intelligents capables de détecter automatiquement les engins de pêche perdus au fond des océans. Pourrait-il s'agir d'une solution innovante pour diminuer la mort des baleines noires suite à un empêtrément dans des cordages? On s'intéresse à cette technologie avec Guillaume Labbé-Morissette, directeur Développement logiciel (CIDCO).

# Ménage dans les fonds marins du Saint-Laurent

Gilles Turmel | TVA Nouvelles  
| Publié le 7 février 2020 à 16:45



Le gouvernement fédéral part en guerre contre les engins de pêche perdus ou abandonnés dans les profondeurs du fleuve Saint-Laurent.

Cordages, filets et cages de pêche, ce sont des tonnes et des tonnes d'équipements, souvent en plastique, qui polluent, empoisonnent les poissons et dans lesquels les baleines s'empêtrent.

Des déchets sous-marins qui nuisent aussi aux activités de pêche. Bref, le fédéral veut faire le ménage dans les fonds marins du Saint-Laurent. Mais trouver des engins de pêche jusqu'à 100 mètres de profondeur, dans la noirceur la plus totale représente tout un défi.

Cependant, grâce à des sonars et à l'intelligence artificielle, des spécialistes du Centre de recherche et de développement en cartographie des océans de Rimouski ont réussi à générer des images de synthèse très détaillées des fonds marins.

«On est à la recherche d'objets qui sont très endommagés ou partiellement ensevelis. Ils sont aussi dans des zones où il n'y a pas de pénétration lumineuse, donc on doit se résoudre à des méthodes acoustiques pour détecter ces objets-là» explique Guillaume Labbé-Morissette qui est directeur en développement logiciel au Centre.

Le gouvernement fédéral investit au total près de 1,5M\$ dans ce projet. L'industrie de la pêche collabore aussi puisqu'éventuellement, ce sera elle qui sera appelée à jouer les éboueurs des fonds marins.

Les engins récupérés pourront ensuite être réutilisés ou recyclés. Une grosse opération de nettoyage qui se fera sur le long terme.

«Nous on est là pour développer les méthodes, les façons de faire. Maintenant il faut que les gouvernements soient derrière. On sait déjà que le fédéral a prévu des sommes pour payer la récupération des équipements perdus. Ça, c'est un bon signe», affirme Jean Laflamme qui est directeur général du CIDCO.

Des tests en mer doivent d'ailleurs être réalisés l'automne prochain.

Actualités &gt; L'intelligence artificielle au service de l'environnement

Environnement

# L'intelligence artificielle au service de l'environnement



Des chercheurs du CIDCO. (Photo: courtoisie)



Par **Pierre Michaud** 06.02.2020 15:00

**Des chercheurs rimouskois ont créé des algorithmes intelligents capables de détecter automatiquement les engins de pêche perdus au fond des océans.**

Il s'agit de scientifiques du Centre Interdisciplinaire de Développement en Cartographie des Océans (CIDCO), un centre de recherche à but non-lucratif basé à Rimouski.

« Grâce à des images acoustiques, issues de sonars à haute-précision, ces algorithmes permettent de repérer et cartographier les déchets de pêche tels les filets, cordages, casiers et autres débris dangereux pour les espèces marines », estime le directeur général du CIDCO, Jean Laflamme.

Les résultats des recherches menées par Guillaume Labbé-Morissette et Sylvain Gautier seront publiés dans le prestigieux « Journal Of Ocean Technology ». Celles-ci seront ensuite intégrées dans des véhicules autonomes afin de couvrir rapidement de grandes surfaces de façon autonome et ainsi faciliter le retrait de ces dangers pour la faune aquatique.

## Une mobilisation scientifique

L'équipe du CIDCO travaillera de pair avec les chercheurs du centre de recherche Mérimov et l'Institut Technologique de Maintenance Industrielle afin d'exploiter la technologie rimouskoise au sein d'une technique unique au monde de détection et de retrait des déchets marins des zones de pêche afin d'éliminer la menace auprès de nombreuses espèces marines en péril, notamment les baleines noires.

Selon les chercheurs, il est estimé que des millions de tonnes d'engins et accessoires de pêche perdus ou abandonnés parsèment les fonds marins et continuent leurs activités de pêche de façon non-supervisée.

## Un problème aux lourdes conséquences



Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'un grand chantier financé par Pêches et Océans Canada via le Fond Canadien de la Nature pour les Espèces Aquatiques en Périil, qui vise à trouver des solutions pratiques à la problématique des espèces menacées par les déchets issus des activités de pêche commerciale.

« Cette problématique complexe engendre de nombreux impacts sur l'ensemble de la chaîne de valeur des pêcheries, avec de lourdes conséquences au niveau économique et social. Selon des études, les fermetures des zones de pêche liées aux baleines noires engendrent des pertes de plusieurs centaines de millions de dollars aux pêcheurs », ajoute monsieur Laflamme.

Ce manque à gagner a un effet direct auprès des industries secondaires telles les usines de transformation des produits de la mer, qui emploient des dizaines de milliers de travailleurs dans l'est du pays.

Les répercussions se font ressentir jusqu'à l'industrie touristique et aux exportations, qui dépendent directement de cette offre de produits de la mer unique au monde qui fait la fierté de l'Est du pays.

Actualités / Actualité

29 février 2020 - 10:24 | Mis à jour : 3 mars 2020 - 14:25

## L'intelligence artificielle au service de l'environnement



**Des chercheurs rimouskois du Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des Océans (CIDCO), un centre de recherche à but non-lucratif basé à Rimouski, ont créé des algorithmes intelligents capables de détecter automatiquement les engins de pêche perdus au fond des océans.**

Grâce à des images acoustiques, issues de sonars à haute-précision, ces algorithmes permettent de repérer et de cartographier les déchets de pêche tels les filets, cordages, casiers et autres débris dangereux pour les espèces marines. Les résultats des recherches menées par Guillaume Labbé-Morissette et Sylvain Gautier seront publiés dans le Journal Of Ocean Technology. Cette technologie sera ensuite intégrée dans des véhicules autonomes afin de couvrir rapidement de grandes surfaces de façon autonome et ainsi faciliter le retrait de ces dangers pour la faune aquatique.

L'équipe du CIDCO travaillera de pair avec les chercheurs du centre de recherche Merinov et l'Institut technologique de maintenance industrielle afin d'exploiter la technologie rimouskoise au sein d'une technique unique au monde de détection et de retrait des déchets marins des zones de pêche afin d'éliminer la menace auprès de nombreuses espèces marines en péril, notamment les baleines noires. Selon les chercheurs, il est estimé que des millions de tonnes d'engins et accessoires de pêche perdus ou abandonnés parsèment les fonds marins et continuent leurs activités de pêche de façon non-supervisée.

Cette démarche s'inscrit dans le cadre d'un grand chantier financé par Pêches et Océans Canada via le Fonds de la nature du Canada pour les espèces aquatiques en péril, qui vise à trouver des solutions pratiques à la problématique des espèces menacées par les déchets issus des activités de pêche commerciale.

Cette problématique complexe engendre de nombreux impacts sur l'ensemble de la chaîne de valeur des pêcheries, avec de lourdes conséquences au niveau économique et social. Selon des études, les fermetures des zones de pêche liées aux baleines noires engendrent des pertes de plusieurs centaines de millions de dollars aux pêcheurs. Ce manque à gagner a un effet direct auprès des industries secondaires telles les usines de transformation des produits de la mer, qui emploient des dizaines de milliers de travailleurs dans l'est du pays. Les répercussions se font ressentir jusqu'à l'industrie touristique et aux exportations, qui dépendent directement de cette offre de produits de la mer unique au monde qui fait la fierté de l'est du pays.

# Detecting Underwater Objects



Guillaume Labbe-Morissette



Sylvain Gautier

*Labbe-Morissette and Gautier describe a new method to detect underwater regions of interest in real-time side scan sonar imagery.*

## **Who should read this paper?**

Sonar operators, hydrographers, biologists, environmentalists, academics, archaeologists, and industrials wishing to automate underwater object detection will be interested in this paper.

## **Why is it important?**

The paper describes an algorithm that can be applied to a large number of detection scenarios that are yet to be explored. It also quantifiably demonstrates promising results for further research, optimization, and comparison by releasing a reference implementation in the public domain in order to foster collaboration and open science.

The technique described allows users to rapidly detect unknown objects and regions of interest from side scan sonar images in order to increase situational awareness, increase the amount of automation, and ultimately reduce costs and delays between data acquisition, interpretation, and actionable results. The paper also shows two major use cases. The first use case is underwater archaeology where automatically finding shipwrecks is demonstrated to be feasible. The second application is in the field of ocean waste management; more specifically, ghost fishing gear, where it shows that detecting lost, abandoned, or derelict fishing gear is also technically feasible. While still in beta, a reference implementation is available as part of the open source side scan sonar toolkit at <http://opensidescan.cidco.ca>.

## **About the authors**

Guillaume Labbe-Morissette studied mathematics at the University of Montreal and transitioned to software engineering at the University of Quebec in Montreal where he obtained his B.Sc. In 2010, he founded Omnibus Technologies, one of the first data science and distributed computing companies in Canada, where he developed operations research software solutions for the medical, logistics, manufacturing, scientific, and retail sectors. His research interests include artificial intelligence, machine learning, embedded systems, and cybersecurity. He is currently a director at CIDCO – Development Center for Ocean Mapping, a nonprofit research centre dedicated to hydrographic research and development based in Rimouski, QC, Canada. Sylvain Gautier graduated in oceanography from the Institut national des sciences et techniques de la mer (INTECHMER) in Cherbourg (France) and Glamorgan University (United Kingdom) in 2008. He obtained his M.Sc. in underwater acoustics and marine ecology in 2012 at the University of Quebec in Rimouski and has developed expertise in sensor integration, calibration, data acquisition, and processing for hydrographic and geophysical systems. He is currently employed as a marine geomatician at the Canadian Hydrographic Service. His research interests include hydrography, benthic habitat classification, underwater acoustics, and submerged infrastructure inspection.

# UNSUPERVISED EXTRACTION OF UNDERWATER REGIONS OF INTEREST IN SIDE SCAN SONAR IMAGERY

Guillaume Labbe-Morissette and Sylvain Gautier

*CIDCO – Development Center for Ocean Mapping, Rimouski, QC, Canada*

## ABSTRACT

This paper details a new method to detect underwater regions of interest (ROI) in real-time side scan sonar imagery, with examples of applications for underwater archaeology and ocean waste management. First, images are synthesized from sonar data, then 2D feature detection algorithms are used to generate point clouds of descriptive visual micro features such as corners and edges. Finally, a clustering algorithm is run on the feature point clouds to detect regions of higher visual feature density. It will be shown that these regions correspond to regions of interest and submerged objects.

## KEYWORDS

Hydrography; Artificial intelligence; Computer vision; Pattern recognition; Side scan sonar; Underwater archaeology; Ghost fishing gear

## INTRODUCTION

The problem of detecting underwater objects is a recurring issue in many fields, such as hydrography, search and rescue (SAR), underwater archaeology, marine sciences, and many more. Unfortunately, the hostile nature of the underwater environment for human beings, the weak penetration of light, and the difficulty of acquiring high-quality images, along with the high mobilizing costs of scuba or remotely-operated solutions make this endeavour difficult to fulfill.

The shift towards autonomous vehicles equipped with acoustic imaging technology as force multipliers brings along new problems with the multiplication of data sources and

produced data. This explosion of data justifies the need for real-time automation to cut costs and delays between data acquisition, interpretation, and actionable results. State of the art autonomous vehicle smart search techniques still require human interaction in the image analysis pipeline to identify areas to investigate [Rutledge et al., 2018].

Furthermore, not all object detection and recognition technologies are suitable for all applications. First, many disciplines rely on information that is inferred through indirect evidence. For example, archaeology is mainly driven by debris, traces, and/or broken vessel parts that would be extremely hard and resource intensive to train a classifier to do. Current trends exploit a basic descriptor and



use machine learning, bootstrapping, and other techniques to introduce randomness in matching the training sample so that noisy, imperfect, and partial signatures can be picked up from the noise by finely tuned detectors. Such techniques happen to be successful in scenarios with low geometric variability – for example, the unearthing of Saka tombs in Central Asia – usually discovered under regularly sized round mounds and now found by a convolutional neural network (CNN) fed with satellite imagery [Caspari and Crespo, 2019].

Plenty of work has been done into the area of detecting and recognizing known objects inside images using various descriptors, such as scale-invariant feature transforms (SIFT) [Lowe, 1999], speeded up robust features (SURF) [Bay et al., 2008], binary robust independent elementary features (BRIEF) [Calonder et al., 2010], and even compound methods such as oriented features from accelerated segment test (FAST) and rotated BRIEF (ORB) [Rublee et al., 2011]. Unfortunately, all of these methods require a priori knowledge of the objects to be found and a preliminary training stage using known data in order to adequately detect those objects in new data. More recently, the rise in popularity of CNN methods has given birth to many interesting classifiers and detectors such as AlexNet [Krizhevsky et al., 2012] and Visual Geometry Group (VGG) [Simonyan and Zisserman, 2015] to name only a few who, while sporting remarkable figures, still suffer from the a priori knowledge pitfall and require non-negligible training time and resources.

Finally, many other disciplines rely on finding objects that fall into an unquantifiable amount of categories. For example, ocean waste

management has to deal with the detection and retrieval of waste objects that can range from consumer goods, household appliances, vehicles, ghost fishing gear, industrial containers, and many more. As such, a generic waste detector based on object detection and classification would be highly impractical.

The algorithm described in this paper aims to cater to those pitfalls by using an unsupervised approach for domains where direct recognition is not always possible or warranted, either because of the difficulty of accumulating enough data to reliably train CNNs or because of the overwhelming diversity of possible targets. The algorithm builds upon the premises exposed in Viola and Jones [2004] that objects can be represented as cascades of elementary features. It also uses elements found in Fakiris and Papatheodorou [2010], and Masetti and Calder [2012] of using clusters of features found in feature point clouds to detect regions of interest. However, the method disgresses from the use of Haar-like features, local binary features, or grey-level co-occurrence matrix statistics (GLCM) as feature descriptors, and instead uses more robust geometrical features such as FAST [Rosten and Drummond, 2006] and maximally stable external regions (MSER) [Matas et al., 2002; Nistér and Stewénus, 2008]. The clustering algorithm was also changed to density-based spatial clustering of applications with noise (DBSCAN) [Ester et al., 1996] to include noise-rejection, avoid the cluster count problem of k-means, and do away with the need for principal or independent component analysis (PCA/ICA).

Along with benchmarks, two case studies of applications in the field are provided, one

where underwater archaeologists need to detect hardly categorizable ship debris and parts, and another one where ocean waste managers need to detect the countless models of fishing gear abandoned or lost at sea. We will show that our method allows users to rapidly detect unknown objects and regions of interest from side scan sonar images in order to increase situational awareness, increase the amount of automation, and ultimately reduce costs and delays between data acquisition, interpretation, and actionable results.

## METHODOLOGY

A three-stage workflow was devised to quickly go from raw sensor stream data to actionable object information (Figure 1). In the first phase, images are synthesized from XTF data, which can be either streamed directly through a network connection for real-time analysis

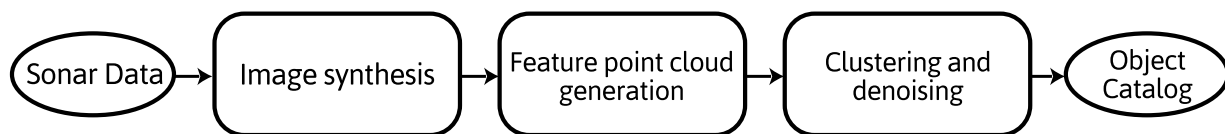


Figure 1: The complete data processing workflow.

or bundled into files by a data acquisition system for post-processing purposes. Either way, the resulting output is a geometrically and radiometrically corrected image suitable for automated analysis.

In a second phase, visual feature point clouds are generated to detect areas of interest. Since it has been demonstrated that objects in images can be expressed as a large set of smaller visual features [Viola and Jones, 2004], it can be reasonably expected to see dense feature clusters to appear in regions

where objects are present, along with a fairly substantial amount of noise.

Consequently, in a third phase, a clustering algorithm is run on the feature point cloud to find areas of higher feature density, which directly correlate with the presence of objects in the image. While the choice of a noise-tolerant clustering algorithm such as DBSCAN allows a single pass, this stage could be broken down into two separate tasks of outlier-rejection and clustering, respectively. Finally, computing the centroid of each feature cluster yields a well-defined and easily georeferenced ROI for each cluster.

### Image Synthesis

Due to its fast data acquisition rate, wide area of surveying, relatively low price point, and relative ease of deployment, the side scan sonar has traditionally been a staple for

rapidly imaging large bodies of water [Blondel, 2009], especially in fields such as archaeology [Klein, 2002]. The sonar sends acoustic waves through the water and takes signal strength measurements of the received echoes, either amplitude or phase-based, through several transducer arrays known as channels. Each channel receives sequences of vectors of quantized echo samples of the form:

$$\vec{ping} = \{sample_1, \dots, sample_n\} \quad (1)$$

The sample count and resolution vary from

model to model, but as such they can be used as row pixels by using their value as the pixel intensity, while the vectors can be stacked vertically to generate a full-size greyscale image of the channel. Typically, side scan sonars provide at least two channels, port and starboard.

$$Image_{n \times m} = \begin{bmatrix} ping_1 \\ ping_2 \\ \dots \\ ping_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sample_{1,1} & \dots & sample_{1,n} \\ sample_{2,1} & \dots & sample_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots \\ sample_{m,1} & \dots & sample_{m,n} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Assuming a stable surveying platform, few corrections are necessary to synthesize intelligible images suitable for automated analysis. To keep preprocessing time to a minimum, we only apply slant-range correction and histogram equalization [Blondel, 2009] (Figure 2).

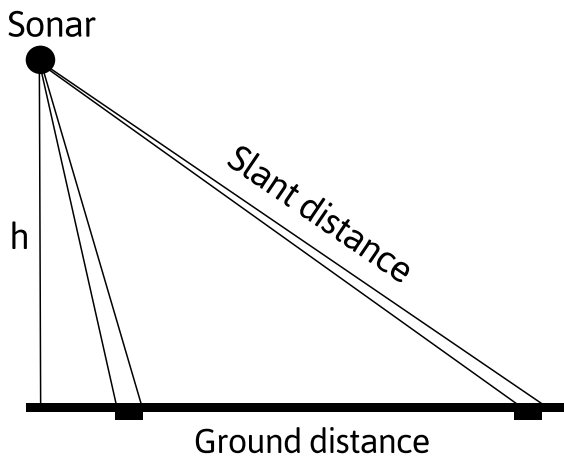


Figure 2: Slant-range scale distortion.

### Slant-range Correction

Side scan sonar data contains noticeable visual aberrations due to slant-range scale distortion (Figure 3), which causes identically sized objects to vary in size depending on their distance from the sonar (Figure 2). The correction between the true distance along the ground as a function of the distance along

the slant can be found through the following equation [Blondel, 2009].

$$Distance_{Ground} = \sqrt{Distance_{Slant}^2 - h^2} \quad (3)$$

with  $h$  being the height of the sonar taken at the nadir, and the slant distance either obtained directly through XTF data or computed as follows:

$$Distance_{Slant} = \frac{ct_{twt}}{2} \quad (4)$$

using the sound speed as  $c$  and  $t_{twt}$  as the two-way travel time of the acoustic beam from the sonar to the bottom. Should  $h$  be unavailable, it can be computed using the sonar beam's tilt and roll angles (if available) along with the slant or ground range through elementary trigonometry.

### Histogram Equalization

The histogram equalization technique is a method to enhance the contrast in an image [Blondel, 2009]. The process implies mapping the image's intensity histogram to another distribution with a wider and more uniform distribution of intensity values such that the distribution covers the entire range of image values (Figure 4). This transform is readily available in OpenCV [Bradski, 2000].

### Feature Cloud Generation

The algorithm rests on the premise that the density of visual features increases inside regions of interest. While most of the Harris [Harris and Stephens, 1988] or Smallest Univalued Segment Assimilating Nucleus (SUSAN) [Smith and Brady, 1995] family of feature detectors could be suitable,

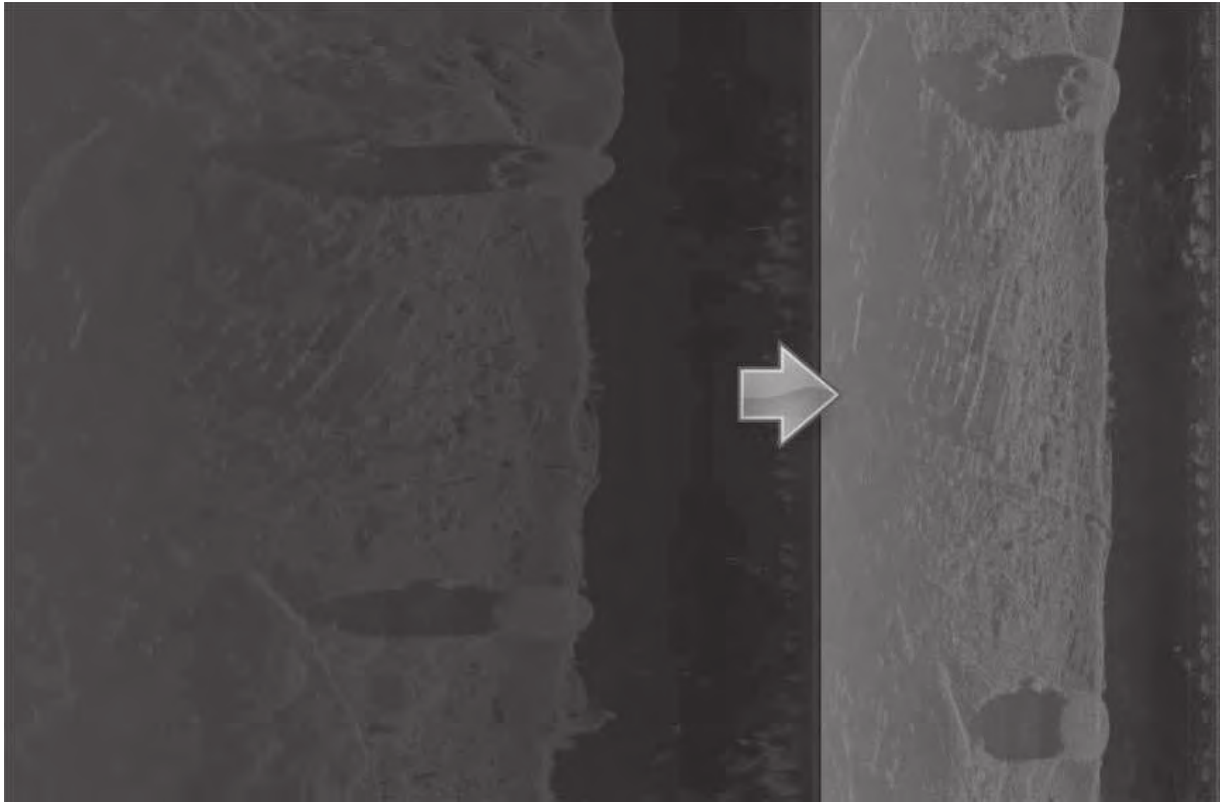


Figure 3: Slant-range scale correction.

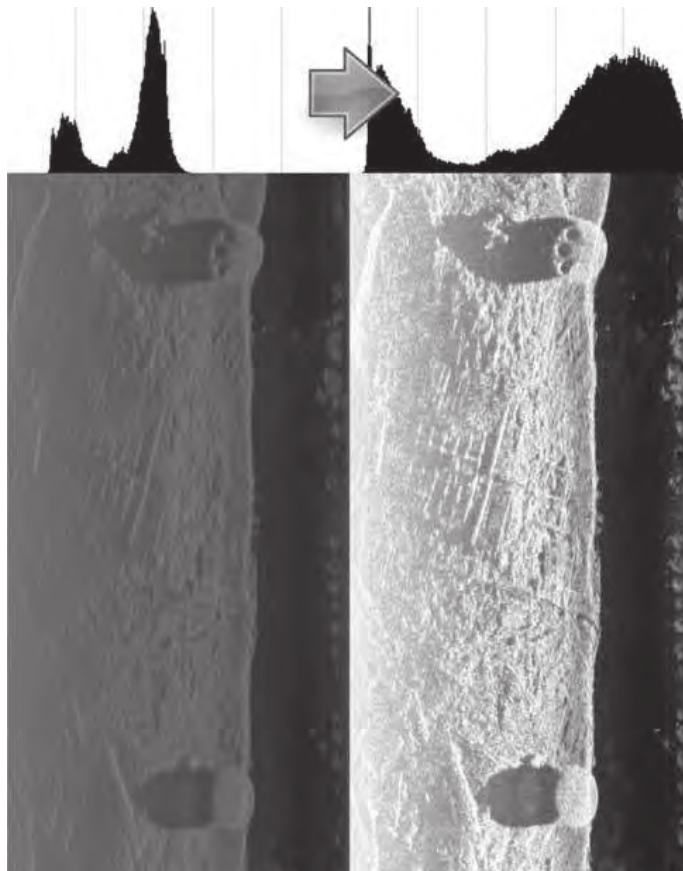


Figure 4: Contrast improvement through histogram equalization clearly enhances the definition and visibility of the shipwreck's boilers.



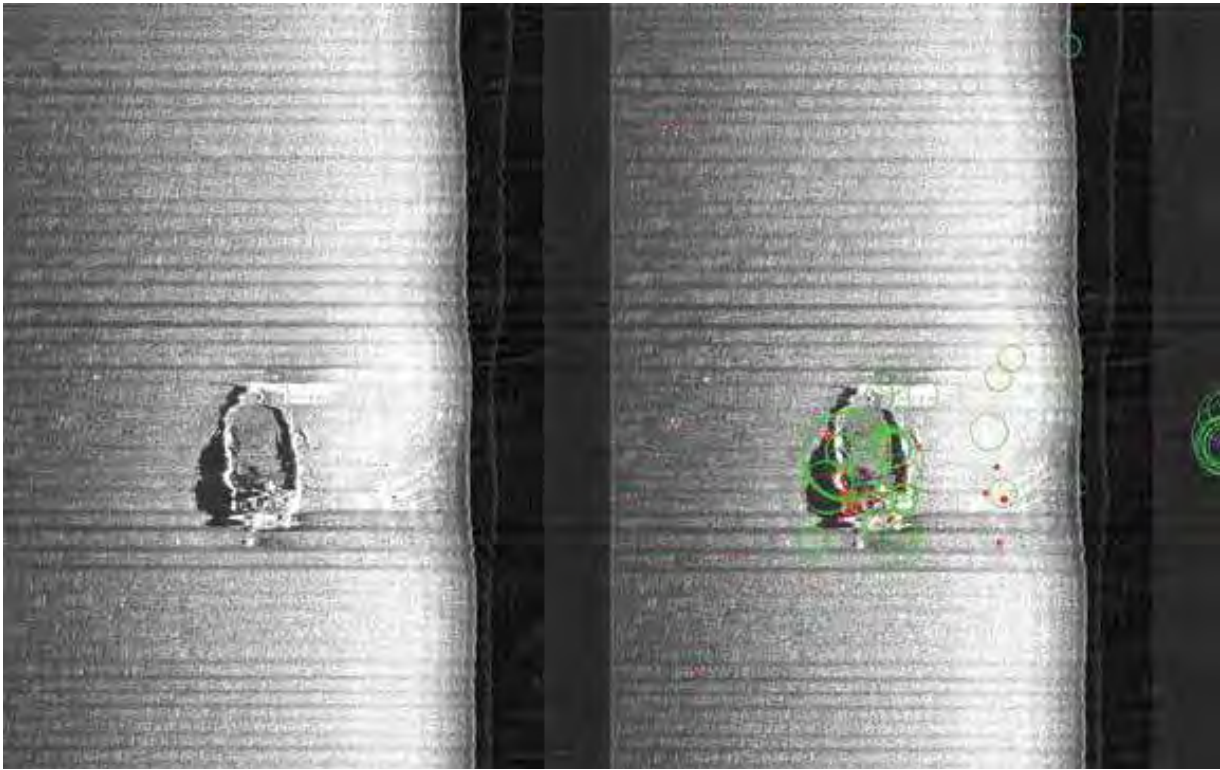


Figure 5: Features from accelerated segment test (FAST) (red) and maximally stable external regions (MSER) (green) features showing strong clusters around the region of interest containing the shipwreck and its nearby debris field.

the FAST [Rosten and Drummond, 2005; 2006] and MSER [Nistér and Stewénus, 2008] algorithms have displayed improved speed of execution, making them especially suitable for embedding into autonomous systems for real-time analysis. Furthermore, since they respectively describe the complementary concepts of corners and colour blobs, it intuitively follows that the combination of both should capture the image's objects' geometry better than a single type of features (Figure 5).

### Clustering and Denoising

While many clustering algorithms would be adequate, DBSCAN [Ester et al., 1996] provides a quick and practical solution to our clustering need due to its ease of use, its ability to reject noise-like features, and its support for an arbitrary number of clusters

without a priori knowledge. This allows for rapidly searching the sonar images for an arbitrary amount of clusters while discarding noise at the same time (Figure 6). Once the point cloud is clustered, the centroid can be used to define a bounding box for the ROI.

### PERFORMANCE

#### Calibration Parameters

The algorithm is sensitive to several parameters that can be tuned to optimize the performance for a given application. Namely, feature generation parameters (FAST and MSER) allow finely-grained control over what kind of features should be noticed. Furthermore, the clustering parameters (DBSCAN) allow flexible aggregation of the detection results based on the density of the features and their surroundings.

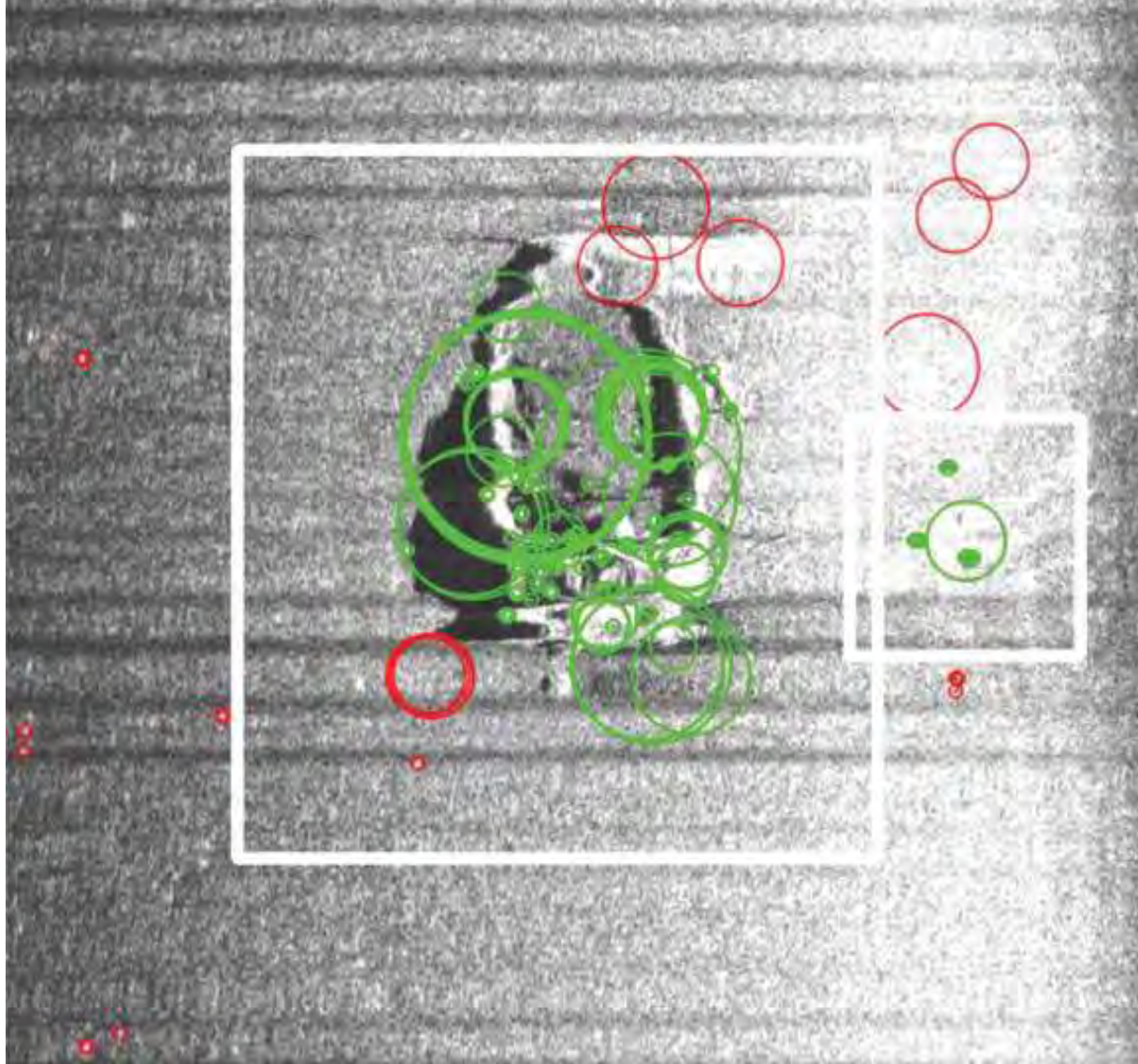


Figure 6: Effective noise rejection through feature clustering, with region of interest (ROI) bounding boxes (white), clustered features (green), and features rejected as noise (red).

#### *FAST Threshold*

In the FAST feature generation algorithm, it defines the intensity threshold value  $t$  such that a given pixel  $p$  is a corner if there exists a set of 12 contiguous pixels on the 16 pixel Bresenham circle around  $p$ , whose intensity is all larger (brighter) than  $I(p) + t$  or all lower (darker) than  $I(p) - t$  [Rosten and Drummond, 2006].

#### *MSER Delta*

In the MSER feature generation algorithm, the delta parameter is used when determining if a region of connected components is maximally stable [Matas et al., 2002; Nistér and Stewénus, 2008].

#### *MSER Minimum Area*

In the MSER feature generation algorithm, the minimum area parameter is the minimum pixel count for a region to be considered a MSER [Matas et al., 2002; Nistér and Stewénus, 2008].

#### *DBSCAN Epsilon*

In the DBSCAN clustering algorithm, the epsilon parameter is the maximum distance between neighbouring features [Ester et al., 1996].

#### *DBSCAN Minimum Points*

In the DBSCAN clustering algorithm, the minimum points parameter is the minimum number of neighbouring features for a feature

Dataset	Precision (%)	Recall (%)
Shipwrecks	100	100
Crab Traps	72.7	100

Table 1: Dataset benchmarks.

to be considered part of a cluster (zone of interest) [Ester et al., 1996].

### Benchmarks

The benchmarking methodology involved two datasets, one consisting of plane and ship wrecks (n=10) and another one with lost/abandoned fishing gear (n=6). Both have been manually investigated by a human operator who identified regions of interest and pinpointed their centres. Comparison with the automatic detection results yielded the precision and recall figures contained in Table 1. A genetic algorithm was created to fit optimal parameters on the two datasets, using the sum of precision and recall as a fitness function.

One of the main takeaways from Table 1 is the interestingly high recall figures. This shows a clear aptitude at sifting through large quantities of data and highlighting regions of interest without missing any detections while keeping the false-positive rate relatively low, if any.

### APPLICATIONS

Automatically detecting and mapping underwater regions of interest yields many interesting applications in terms of surveying automation and generating added value from sonar data.

#### Underwater Archaeology

In August 2019, IRHMAS and CIDCO were

involved in an archaeological campaign to find remains of the SS *Germanicus*, a large cargo steamer that ran aground in 1919, and of the SS *Scotsman*, one of the oldest shipwrecks in the Saint Lawrence seaway, sunk in 1846, both located near Le Bic, Canada (Figure 7).

The presence of large salient objects such as large hull pieces, boilers, and large debris fields made this a perfect training ground for the automatic detection algorithm, which detected the large components without issues, even against irregular backgrounds with numerous features (Figure 8).

#### Ocean Waste Management

In 2018, CIDCO, based on advisories from Fisheries and Oceans Canada, started testing different methodologies for detecting ghost fishing gear to facilitate retrieval operations.

Ghost fishing gear is defined as fishing equipment – either abandoned, lost, or thrown away – that continues to be functional in the water, therefore continuing to fulfill its function of trapping, mutilating, or killing marine life in an unsupervised fashion.

Encounters and entanglement with ghost fishing gear are among the main lethal threats for many endangered species, such as large mammals who can easily become entangled in vertical ropes suspended in the water. For example, more than 80% of right whales in the North Atlantic (*Eubalaena glacialis*) become



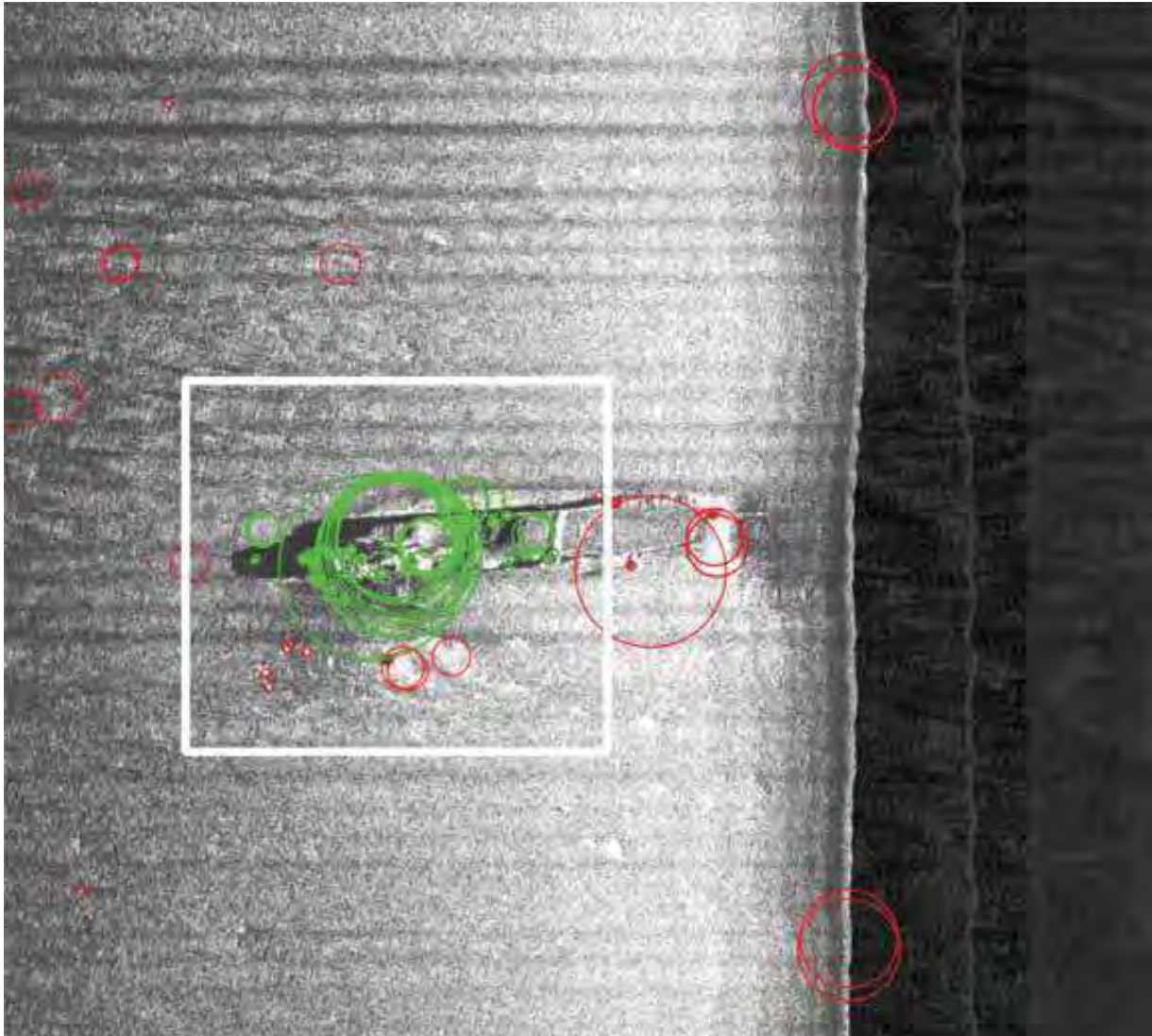


Figure 7: The wreck of the SS *Scotsman*.



Figure 8: Boilers from the SS *Germanicus* surveyed with a StarFish 990F side scan sonar.



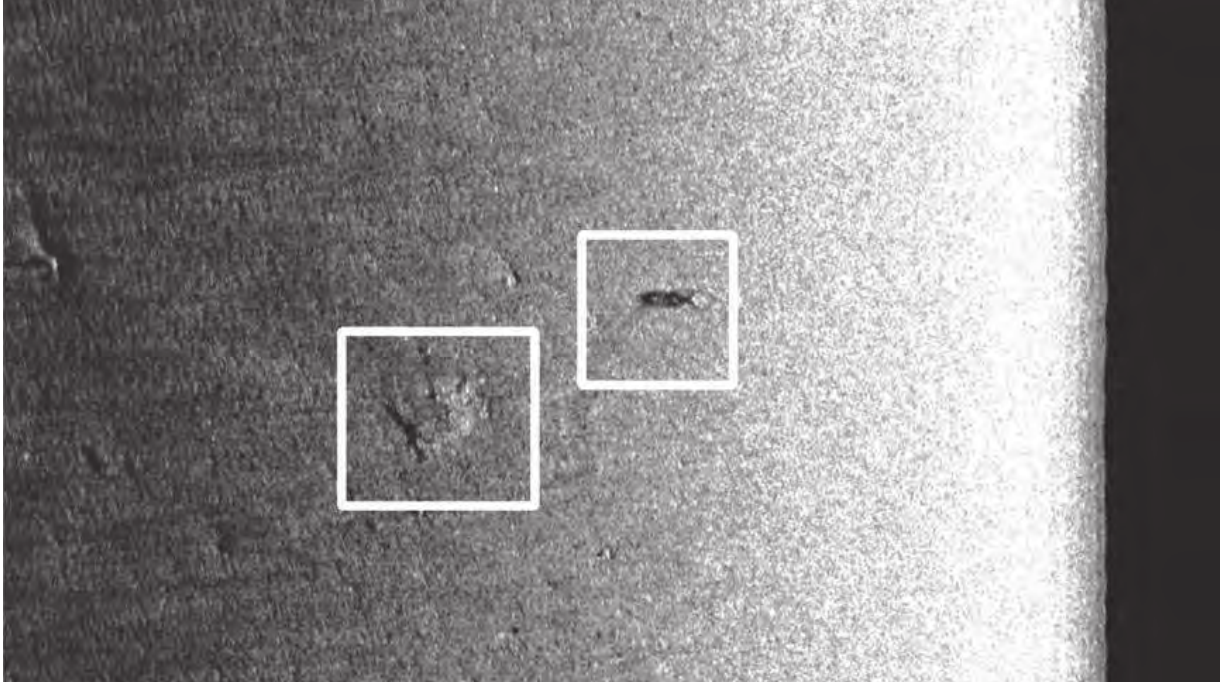


Figure 9: A crab trap along with its rope hanging in the water column scanned using an Edgetech 272-TD analog side scan sonar.

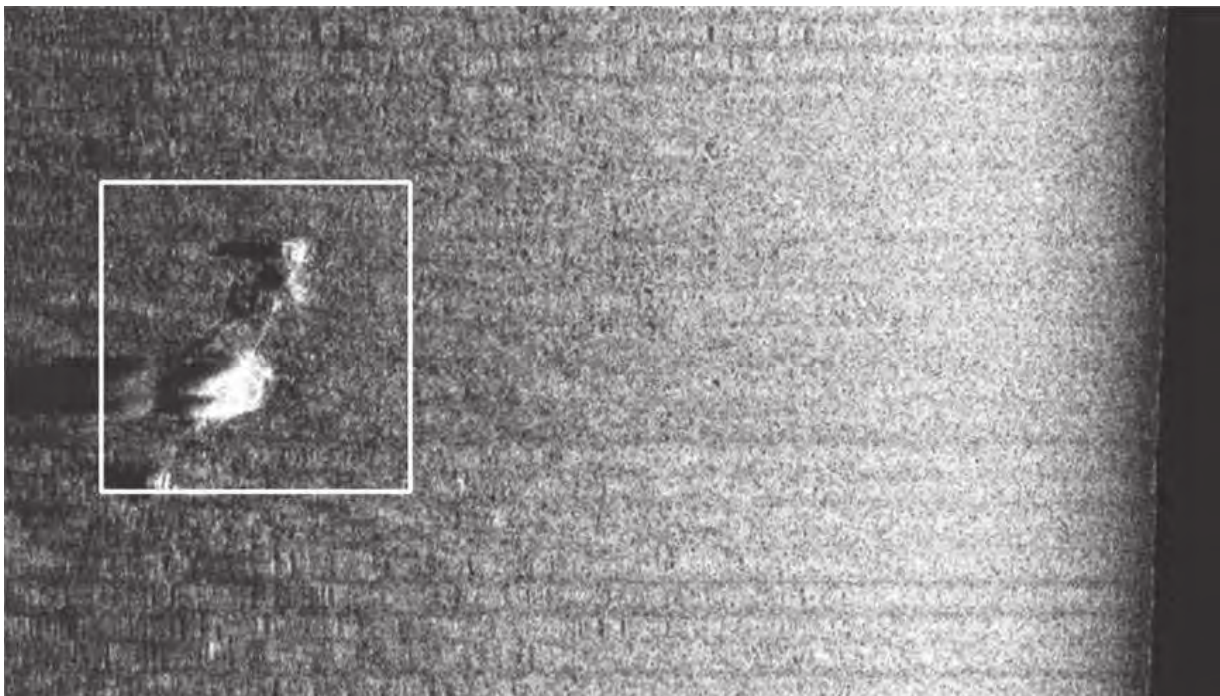


Figure 10: Abandoned aquaculture long-lines with sunken concrete blocks scanned with a Klein 3000 side scan sonar.

entangled in fishing gear at least once in their lifetimes [Knowlton et al., 2012].

The highly variable geometry of fishing gear such as crab pot models (Figure 9), nets, or long-lines (Figure 10) makes a strong case for the relevance of unsupervised algorithms such as this one in the context of ghost fishing gear detection.

## DISCUSSION

The algorithm definitely shows promising performance, especially with its high recall figures. However, this could be influenced by the small sample size of the test dataset. Additional data could be used to strengthen this claim.

Furthermore, the high recall figures come at the cost of an increased false-positive rate, which, depending on the application, can result in additional costs. Therefore, care should be taken when implementing the algorithm into a process so that false-positives can be efficiently handled. For example, such a process could have a human operator manually weed out false-positives, which would still result in a net gain over manually processing the entire data stream.

Moreover, while side scan technology has been our main focus in the context of this research, the algorithm can be readily generalized to other imaging technologies such as synthetic aperture sonar, multibeam backscatter, satellite imagery, and other imaging technologies by simply adapting the image synthesis phase. This opens interesting possibilities in terms of future applications.

Additionally, an interesting consequence of the high recall figures is a potential use case as an attention mechanism that could be leveraged to focus more specific detectors onto restricted regions of interest, a feature which could have some interesting benefits in scenarios with a lot of noise. For example, it could be used to select regions in a first pass for specialized classifiers such as convolutional neural networks to classify their contents in a second pass. More research in that direction is currently underway.

Finally, while special care has been taken to make the technology embeddable into real-time computers, this feature is untested at the time of writing. However, the use of XTF files, and more specifically, conformity to the XTF file format specification ensures that the data can

be readily picked up from a live acquisition system's output files and treated on the fly on board a boat or autonomous vessel exactly the same way that it can be post-processed in the lab from data brought back from the boat at the end of the day.

The goal of this paper is thus to describe the method and quantifiably demonstrate promising results to open the door for public use and further research, optimization, and comparison by releasing a reference implementation in the public domain.

## CONCLUSION

The ability to automatically extract underwater regions of interest in large quantities of data brings about new possibilities in terms of underwater surveying automation.

Our algorithm opens up interesting applications in the field of underwater archaeology, such as fully automated underwater inventories that can significantly lower the cost of surveying large areas with high-speed vessels. This allows archaeologists to do more work, and partially frees them from the dependency on hydrographers to post-process their field data.

In the case of ghost fishing gear, field testing of our algorithm has shown efficient detection capabilities. This opens the way for major improvements in the efficiency of ocean cleaning methods by allowing real-time detection and geolocation of waste retrieval zones over large surfaces, thus lowering the costs and data post-processing times compared to a human operator.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank MERINOV and the IRHMAS for providing CIDCO with the opportunity to acquire the shipwreck and ghost fishing gear data required to conduct the field testing of the algorithm described in this paper. CIDCO would also like to extend its gratitude to Fisheries and Oceans Canada and Canadian Hydrographic Service for their continuous support of hydrographic research and development, along with Technopole Maritime du Quebec for its continuous efforts at bringing ocean research and industry together to help solve tomorrow's marine challenges.

## SOFTWARE

A reference implementation under MIT license is available as part of the OpenSidescan toolsuite at <http://opensidescan.cidco.ca>.

## REFERENCES

- Bay, H.; Ess, A.; Tuytelaars, T.; and Van Gool, L. [2008]. *Speeded-up robust features (SURF)*. Computer Vision and Image Understanding, Vol. 110, No. 3, pp. 346-359.
- Blondel, P. [2009]. *The handbook of sidescan sonar*. Praxis.
- Bradski, G. [2000]. *The opencv library*. Dr. Dobb's Journal of Software Tools.
- Calonder, M.; Lepetit, V.; Strecha, C.; and Fua, P. [2010]. *Brief: binary robust independent elementary features*. In: Proceedings of the 11th European Conference on Computer Vision: Part IV. ECCV'10. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 778-792.
- Caspari, G. and Crespo, P. [2019]. *Convolutional neural networks for archaeological site detection - finding "princely" tombs*. Journal of Archaeological Science, Vol. 110.
- Ester, M.; Kriegel, H.-P.; Sander, J.; and Xu, X. [1996]. *A density-based algorithm for discovering clusters a density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise*. Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, pp. 226-231.
- Fakiris, E. and Papatheodorou, G. [2010]. *Automatic target detection in side-scan sonar imagery, using feature based acoustic classification and independent component analysis*. In: 4th International Conference and Exhibition on Underwater Acoustic Measurements.
- Harris, C. and Stephens, M. [1988]. *A combined corner and edge detector*. In: Proceedings of the Fourth Alvey Vision Conference, pp. 147-151.
- Klein, M. [2002]. *International handbook of underwater archaeology*. The Springer Series in Underwater Archaeology.
- Knowlton, A.; Hamilton, P.; Marx, M.; Pettis, H.; and Kraus, S. [2012]. *Monitoring North Atlantic right whale eubalaena glacialis entanglement rates: a 30 year retrospective*. Marine Ecology Progress Series, Vol. 466, pp. 293-302.
- Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. [2012]. *Imagenet classification with deep convolutional neural networks*. In: Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems – Volume 1. NIPS'12. Curran Associates Inc., USA, pp. 1097-1105.



- Lowe, D.G. [1999]. *Object recognition from local scale-invariant features*. In: Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1150-1157.
- Masetti, G. and Calder, B. [2012]. *Remote identification of a shipwreck site from MBES backscatter*. Journal of Environmental Management, Vol. 111, pp. 44-52.
- Matas, J.; Chum, O.; Urban, M.; and Pajdla, T. [2002]. *Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions*. In: Rosin, P.L. and Marshall, A.D. (eds.), British Machine Vision Association.
- Nistér, D. and Stewénius, H. [2008]. *Linear time maximally stable extremal regions*. In: Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part II. ECCV'08. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 183-196.
- Rosten, E. and Drummond, T. [2005]. *Fusing points and lines for high performance tracking*. In: IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 1508-1511.
- Rosten, E. and Drummond, T. [2006]. *Machine learning for high-speed corner detection*. In: Leonardis, A.; Bischof, H.; and Pinz, A. (eds.), Computer Vision – ECCV'06. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 430-443.
- Rublee, E.; Rabaud, V.; Konolige, K.; and Bradski, G. [2011]. *Orb: an efficient alternative to sift or surf*. In: Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision. ICCV'11. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 2564-2571.
- Rutledge, J.; Yuan, W.; Wu, J.; Freed, S.; Lewis, A.; Wood, Z.; Gambin, T.; and Clark, C. [2018]. *Intelligent shipwreck search using autonomous underwater vehicles*. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation. ICRA 2018.
- Simonyan, K. and Zisserman, A. [2015]. *Very deep convolutional networks for large-scale image recognition*. In: International Conference on Learning Representations.
- Smith, S.M. and Brady, J.M. [1995]. *SUSAN - a new approach to low level image processing*. International Journal of Computer Vision, Vol. 23, pp. 45-78.
- Viola, P. and Jones, M.J. [2004]. *Robust real-time face detection*. International Journal of Computer Vision, Vol. 57, No. 2, pp. 137-154.





# Wave measurements with a modified HydroBall<sup>®</sup> buoy using different GNSS processing strategies

Benoit Crépeau Gendron, Mohamed Ali Chouaer, Rock Santerre, Mathieu Rondeau, and Nicolas Seube

**Abstract:** One of the CIDCO's (The Interdisciplinary Center for the Development of Ocean Mapping) HydroBall<sup>®</sup> GNSS buoys has been specifically adapted to evaluate its potential for wave measurement at centimeter accuracy level. Multiple GNSS processing strategies were tested, namely PPK (Post-Processed Kinematic), PPP (Precise Point Positioning), and TRP (Time Relative Positioning). Experiments were carried out in a hydraulic flume where waves of different amplitudes and periods were generated in a controlled environment. The wave heights obtained by the various GNSS solutions were compared with ultrasonic gauge measurements placed along the flume. The best results were obtained with the PPK and TRP solutions with root mean squared (RMS) values of 2 cm (on average). The main advantages of the TRP solution are that it does not require any reference station nearby (contrary to PPK) or precise ephemerides (required by PPP). A sinusoidal regression comparison of the wave height time series allowed determination of the wave period and amplitude with mean errors of 0.06 s and 0.8 cm, respectively.

*Key words:* GNSS buoy, wave measurements, PPK, PPP and Time Relative Positioning comparison.

**Résumé :** L'une des bouées HydroBall<sup>®</sup> du GNSS du CIDCO (Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans) a été spécialement adaptée dans le but d'évaluer son potentiel pour mesurer les vagues à un niveau de précision centimétrique. De nombreuses stratégies de traitement du GNSS ont été testées, notamment le PPK (positionnement cinématique post-traité), le PPP (positionnement précis) et le TRP (positionnement relatif au temps). Des expériences ont été effectuées dans un canal hydraulique où les vagues de différentes amplitudes et périodes étaient générées dans un environnement contrôlé. La hauteur des vagues obtenue par diverses solutions du GNSS a été comparée aux mesures d'une jauge ultrasonique placée dans le canal. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les solutions du PPK et du TRP avec des valeurs quadratiques (VQ) de 2 centimètres (en moyenne). Les principaux avantages de la solution du TRP sont qu'elle n'a pas nécessité de station de référence à proximité (contrairement au PPK) ou d'éphémérides précises (requises par le PPP). Une comparaison de régression sinusoidale de la série chronologique de la hauteur des vagues a permis de déterminer l'amplitude et la période des vagues avec des déviations standard de 0.06 seconde et de 0.8 centimètre respectivement. [Traduit par la Rédaction]

*Mots-clés :* bouée du GNSS, mesure des vagues, comparaison du PPK, du PPP et du positionnement relatif au temps.

Received 22 October 2018. Accepted 15 April 2019.

**B.C. Gendron, M.A. Chouaer, and R. Santerre.** Department of Geomatics Sciences, Laval University, Québec, QC G1V 0A6, Canada.

**M. Rondeau and N. Seube.** CIDCO, Rimouski, Québec, QC G5L 3A1, Canada.

**Corresponding author:** Benoit Crépeau Gendron (email: [benoitgendron@hotmail.com](mailto:benoitgendron@hotmail.com)).

Copyright remains with the author(s) or their institution(s). Permission for reuse (free in most cases) can be obtained from [RightsLink](#).

## 1. Introduction

Accurate wave measurement is crucial in a wide range of environmental studies related to bank erosion and its potential impacts to properties and riparian roads. It is also useful in the analysis of future coastal development sites, offshore constructions, new ports and marinas, and in the context of fish farming and mariculture. Wave information is also important to nautical sports fellows and even for professional surfing competitions, as an example.

Wave measurement typically involves surface buoys (including GNSS buoys), Doppler acoustic current profilers (ADCP), and synthetic aperture radars (Pandian et al. 2010). We focus on GNSS buoys which are easily accessible and relatively inexpensive. Several companies and research centers have developed such GNSS buoys to measure waves such as Datawell (de Vries et al. 2003) and CIDCO (The Interdisciplinary Center for the Development of Ocean Mapping) (Rondeau et al. 2016). Other GNSS buoys have been developed for altimetry purposes (Watson 2005; André et al. 2013; Fund et al. 2013) to name just a few of their uses. The rationale of measuring waves using GNSS buoys is strengthened by the capabilities of such instruments to measure two phenomena (waves and tides) with one instrument.

Several publications on wave measurement using GNSS observations have been published by different research groups such as de Vries et al. (2003) who present Datawell GPS wave buoys, which describe the motion of the GPS antenna using buoy speed computed from Doppler-shifted frequency. Doong et al. (2011) also present the use of GPS output velocity signals to calculate wave parameters. Joodaki et al. (2013) show the application of high-pass filtering to GPS data in conjunction with directional wave spectral theory to enhance the accuracy of estimated wave parameters. Herbers et al. (2012) present the capabilities of several GPS sensors mounted on surface-following buoys with field observations in wind–sea and swell conditions off the California coast. Finally, Patra and Jena (2014) compare the performance of Datawell’s accelerometer and GPS buoy.

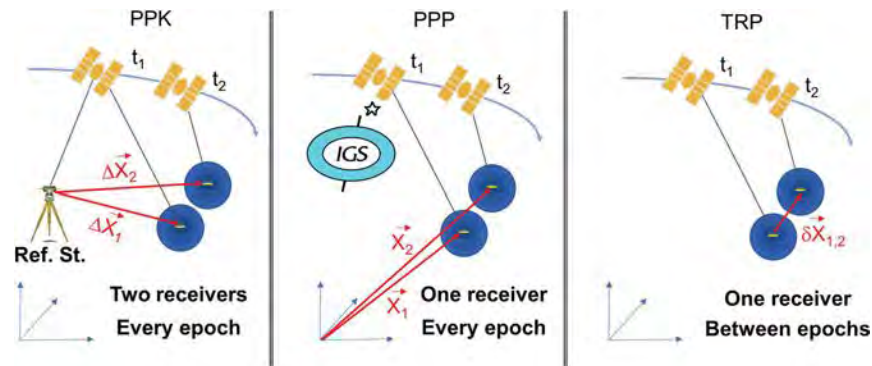
Different methodologies and algorithms for processing GNSS observations make it possible to achieve centimeter level of accuracy, even in kinematic mode, namely PPK (Post-Processed Kinematic), PPP (Precise Point Positioning), and TRP (Time Relative Positioning). Those three approaches will be tested and compared, using the CIDCO’s modified HydroBall® GNSS buoy, to quantify their accuracies in measuring waves of controlled amplitude and period generated in a hydraulic flume.

The following sections present: (i) the comparison of different GNSS methodologies to achieve centimetric accuracies, (ii) the modifications made to the HydroBall® to adapt and optimize it for wave measurements, (iii) the description of the tests carried out in the hydraulic flume, and (iv) the analysis of the results obtained.

## 2. Comparison of GNSS methodologies

The Global Navigation Satellite Systems (GNSS) mainly include signals from American (GPS), Russian (GLONASS), European (Galileo), and Chinese (BeiDou) satellites (UNAVCO 2019). Among GNSS methodologies, relative positioning is best-known, exploiting phase measurements collected by at least two geodetic receivers, one acting as a reference station (base) nearby the observation site. The more recent technique PPP uses single-receiver phase and pseudorange measurements in an absolute mode of positioning, thus requiring precise satellite ephemerides and clock corrections as calculated by the International GNSS Service (IGS) (Kouba 2015). This technique is increasingly used for diverse types of surveys (Fund et al. 2013; Banville 2016). However, PPP requires several tens of minutes to converge to a centimetric level of accuracy. To reduce this convergence period and to

**Figure 1.** Different strategies for GNSS observation processing. [Colour online.]



improve PPP accuracy, phase Ambiguity Resolution (AR) algorithms have been developed and adapted to PPP (Ge et al. 2008; Geng et al. 2010a, 2010b; Laurichesse 2015; Banville 2016). Another technique named TRP allows the determination of three-dimensional displacements (that is position variation, see Fig. 1) of a receiver using temporal variation of phase measurements between consecutive observation epochs without the needs of a nearby reference station nor precise ephemerides (Michaud and Santerre 2001; Balard et al. 2006; Traugott et al. 2008; Chouaer 2017). Its main disadvantage is that GNSS errors vary over time, which affects the calculated displacements. Nevertheless, for up to 20 min intervals, the error impact behaves in a linear manner (Balard et al. 2006) and can be considered by estimating this drift (i.e., by removing the slope presents in the time series displacements obtained from TRP). For real-time operation of TRP and to manage the error accumulation over time, we suggest restarting the accumulation of the antenna displacement every 1 min for a maximal duration of 20 min for each time series. In this manner, 20 parallel time series are produced, but the beginning of each time series would not be significantly affected by the time drift of the TRP solutions.

The observation equation of TRP is

$$(1) \quad \delta\phi_{12} = \delta\rho_{12} + c\delta dt_{12} - c\delta dT_{12} - \delta dion_{12} + \delta dtrop_{12} + \delta\varepsilon$$

where  $\delta\phi_{12}$  is the phase difference between two epochs 1 and 2,  $\delta\rho_{12}$  is the range difference between the two epochs,  $\delta dt_{12}$  and  $\delta dT_{12}$  are, respectively, the satellite and receiver clock's error variation,  $\delta dion_{12}$  and  $\delta dtrop_{12}$  are, respectively, the ionospheric and tropospheric error variation,  $\varepsilon$  is the phase observation noise, and  $c$  is the speed of light in vacuum.

Chouaer (2017) have adapted the TRP method, initially developed to measure structural health monitoring and wave measurements to detect displacements, over a short time interval, with an accuracy better than 1 cm for the horizontal component and 2 cm for the vertical component, using exclusively broadcast ephemeris. His work is mainly inspired by Michaud and Santerre (2001) and Balard et al. (2006). Another approach comparable with TRP has been developed by Colosimo (2012). In this case, Doppler observations are used to determine the instantaneous velocity of the GNSS antenna, and then, the antenna displacement is calculated with the inferred velocity. The TRP method uses phase differences to directly calculate the GNSS antenna displacements.

Figure 1 illustrates these three concepts, and Table 1 summarizes the main distinctions between them. The software used for GNSS observation processing is also found in Table 1.

**Table 1.** Comparison of technologies PPK, PPP, and TRP.

Methodology	PPK	PPP	TRP
Geodetic receiver	At least 2	Only 1	Only 1
Observation	$\Delta\Phi1$ and $\Delta\Phi2$	P3 and $\Phi3$	$\delta\Phi1$
GNSS error	Eliminated between receivers, if common	Must be all modeled at the source	Eliminated between epochs, if constant
Satellite orbit	Broadcast	Precise (IGS)	Broadcast
Satellite clock correction	Broadcast	Precise (IGS)	Broadcast
Ionosphere	$\Phi3$ ( $D > 15$ km)	P3 and $\Phi3$	$\Phi1$ ( $\Phi3$ option)
Troposphere	Tropospheric model	$dtr^z$ estimated at 1 h	Hopfield model
Ambiguity	Fixed ( $D < 15$ km)	Estimated (float) <sup>a</sup>	Eliminated
Estimated parameters	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta dT$	$X, Y, Z, dT, dtr^z$	$\delta X, \delta Y, \delta Z, \delta dT$
Disadvantages	Position error increases by approximately 1 ppm (depending on distance from the base)	Convergence time of several tens of minutes for centimeter accuracy <sup>b</sup>	Temporal linear drift over short intervals (<20 min)
Software used	TBC, <a href="#">Trimble (2012)</a>	CSRS-PPP, <a href="#">NRCAN (2017)</a>	CRG-U. Laval, <a href="#">Chouaer (2017)</a>

<sup>a</sup>Fixed with PPP-AR solution (with satellite phase bias calibration).

<sup>b</sup>PPP-AR reduces this convergence time and improve PPP accuracy.

The symbols  $\Delta\Phi1$ ,  $\Delta\Phi2$ , P3,  $\Phi3$ , and  $\delta\Phi1$  denote the difference between receivers ( $\Delta$ ), phase ( $\Phi$ ), or pseudorange ( $P$ ) measurements on L1 and L2 frequencies. The combination without ionospheric effect is denoted L3. The temporal variation of phase (or coordinate) measurements is represented by the  $\delta$  symbol.  $X, Y, Z, dT, dtr^z$  denote, respectively, the three coordinates, the receiver clock error, and the zenith ( $z$ ) tropospheric delay error.

### 3. Specifications and HydroBall<sup>®</sup> modifications

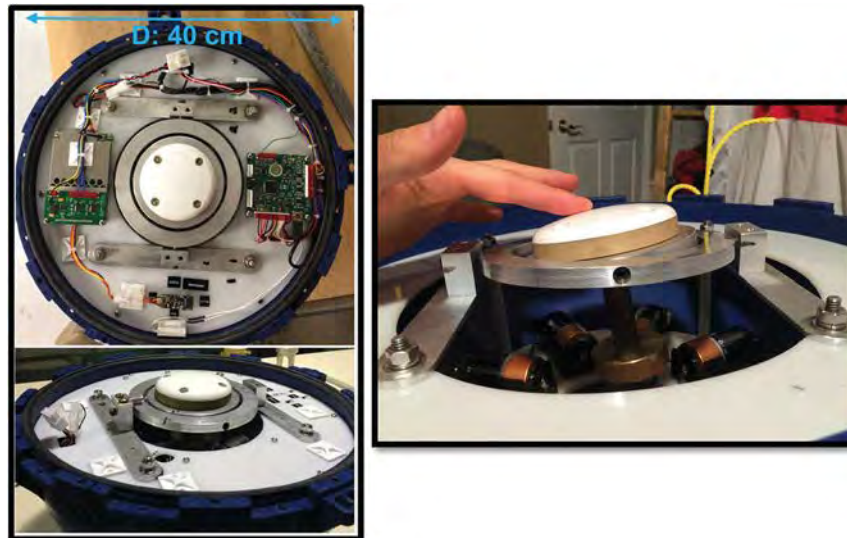
The CIDCO has developed a bathymetric buoy named HydroBall<sup>®</sup>. In its original version, the HydroBall<sup>®</sup> includes the following components ([Rondeau et al. 2016](#)): a single-beam echosounder for bathymetry, a GNSS receiver and antenna for positioning, an attitude sensor to reduce soundings to vertical, and a processor and datalogger module with Bluetooth capabilities. Its spherical shell has a diameter of 40 cm for a weight of about 13 kg (including batteries) and an autonomy of 24 h. To date, the HydroBall<sup>®</sup> buoy has been used for diverse types of field work such as riverbed transect survey, beach profiling and bathymetry of rivers, and hydroelectrical reservoirs ([Rondeau et al. 2016](#)).

The HydroBall<sup>®</sup> buoy has been adapted for the specific purposes of measuring waves ([Gendron 2017](#)). First, the antenna was lowered to be close to the buoy's waterline and secured to a gimbaled platform ([Fig. 2](#)). This configuration makes it possible to keep the antenna horizontal even if the hull of the buoy rolls and pitches, providing a better continuity in the reception of GNSS signals from satellites, thus reducing gaps or cycle slips in phase measurements. In addition, the height of the antenna above the waterline, which is about 5 cm, remains stable, eliminating the need for an attitude sensor. This attitude sensor and the echosounder have been removed in this configuration of the HydroBall<sup>®</sup>. In the tests described below, the antenna used is the Antcom G5ant-3AT1 model and the GPS-GLONASS receiver is the Eclipse II P320 model from Hemisphere.

The HydroBall<sup>®</sup> is usually attached to a small boat or left drifting in open water. For in situ wave measurement, a specific anchorage system inspired by [Girardot \(2001\)](#), has been used. This system consists of a passive buoy anchored to the seabed by a chain held by a mooring load. It is this passive buoy that absorbs the vertical force generated by the anchor, leaving the HydroBall<sup>®</sup> free to follow the movement of the waves. The HydroBall<sup>®</sup> is



**Figure 2.** HydroBall<sup>®</sup> electronic components and gimbaled stabilization of the GNSS antenna. [Colour online.]



attached horizontally to the passive buoy by a semi-rigid line of about 3 m to avoid collisions between the two buoys and to keep them away from each other thus also limiting obstructions of the GNSS signals.

#### 4. Tests description

The LHE (Laboratoire Hydraulique Environnemental) of the INRS (Institut National de la Recherche Scientifique) owns a multifunctional large-scale wave flume (INRS 2017). Located in the Québec Metro High Tech Park, the flume is 120 m long and has a depth and a width of 5 m. It is the largest of its kind in North America. The wave generator can create several types of waves, with periods varying from 1.5 to 12 s and wave amplitudes that can reach up to 75 cm. We chose to generate sinusoidal form waves. In our tests, three ultrasonic gauges, spaced 5 m apart, were placed along the flume near the HydroBall<sup>®</sup> anchor spot (see Fig. 3). This device developed by the company General Acoustics include a controller module (model UltraLab ULS Advance) and three gauges (model USS 10). It has a precision of 1 mm and recorded the water level every 0.1 s (General Acoustics 2016).

In our tests, sinusoidal waves of varying periods (2, 3, and 4 s) and amplitudes (5, 10, and 20 cm) were generated. Sinusoidal waves are easier to be interpolated spatially than other types of waves. Spatial interpolation was required because the HydroBall<sup>®</sup> was not always in front of one of the three ultrasonic gauges. The spatial interpolation model is described in Gendron (2017). Knowing the location of the ultrasonic gauges positioned by GNSS using Trimble Can-Net (RTK using Virtual Reference Network) (Can-Net 2016) and estimating the wave's speed as determined by wave's crest travelling time between the ultrasonic gauges allowed to us to spatially interpolate gauge measurements at the HydroBall's position. In this way, the phase shift between the GNSS buoy and the gauge locations is properly considered. Periods of 2, 3, and 4 s were chosen because they typically correspond to the smallest wave periods encountered in the St. Lawrence Estuary (Gagnon 2008). Slight amplitudes have been selected to demonstrate the resolution of GNSS phase measurements to detect small vertical displacements, even in kinematic mode. A total of nine tests with waves of sinusoidal forms were performed, the last two tests being conducted without

**Figure 3.** INRS hydraulic wave flume. Map data: Google, DigitalGlobe. [Colour online.]



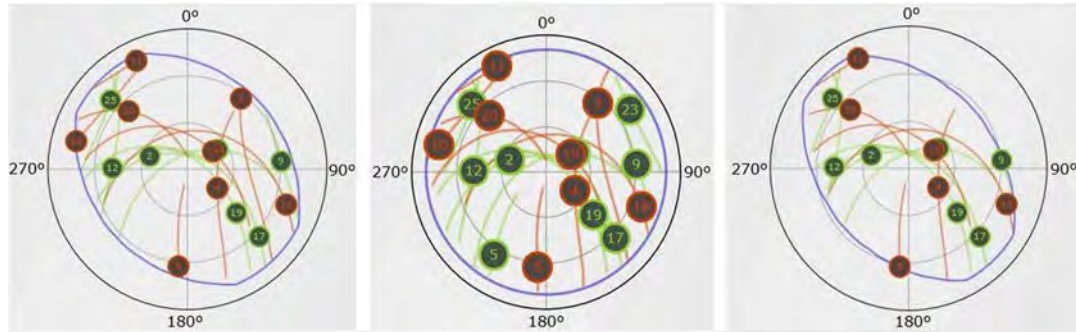
**Figure 4.** Wave measurement in INRS's hydraulic flume using the HydroBall<sup>®</sup>. [Colour online.]



enabling the gimballed platform of the GNSS antenna. For periods of 3 and 4 s, test results are presented in the next section. However, the two tests with a 2 s wave period did not provide the sought centimeter level of accuracy. In fact, the water displacement generated by the waves with a 2 s period quickly generated in the enclosed flume abrupt and shaky movements of the buoy. Consequently, GNSS observations were lost about 25% of the time, which degrades GNSS solutions making phase ambiguity resolution or convergence solutions difficult or impossible. In comparison, for the wave periods of 3 and 4 s, almost no signal loss happened (only 2%, in the worst case). Recommendations are presented in the last section of the article to improve the performance of HydroBall<sup>®</sup> in such a situation.

Figure 4 shows the HydroBall's setup inside the wave flume (disposition of the anchor buoy and the ultrasonic gauges). A video taken during one of the tests can be found on YouTube (INRS 2016). The average water level inside the flume during the experiments was 3.5 m. As an example, this implies that for 20 cm amplitude waves, the height of the basin wall would vary between 1.3 and 1.7 m, from the point of view of the HydroBall<sup>®</sup>. Figure 5 illustrates an example of the GPS satellites visibility (green circles) and GLONASS (red circles) at the beginning of the afternoon of 9 September 2016 (the day of the tests at the INRS flume). The parts of the sky mostly obstructed by the basin walls are in the transversal direction of the flume, which is oriented on the NW–SE direction. Typically, the basin walls obstructed about one-third (33%) of available satellites at that time. On average, 11 satellites have been tracked in the flume on a total of 16 available satellites.

**Figure 5.** Visibility of the GPS satellites (green circles) and GLONASS (red circles) for heights of the basin walls of 1.3 m (left), 0 m (center), and 1.7 m (right). Source: Trimble 2017. No scientific content have been added. [Colour online.]



Experiments in an environment, without obstructions created by the flume walls, would have been more favorable for GNSS signal acquisition. A GNSS reference station (for PPK solutions) was placed about 60 m from the flume (Fig. 3). At the reference station, a Trimble R8 GNSS geodetic receiver observed GPS and GLONASS satellites at a sampling rate of 10 Hz, which is the same rate used in the HydroBall's receiver. An elevation mask of  $10^\circ$  has been used in all GNSS solutions presented in this article.

## 5. Comparison and analysis of results

Seven tests were performed with wave periods of 3 and 4 s. During the first five tests, the gimballed antenna platform was active, and during tests 6 and 7, it was locked. Table 2 is a comparison of the different GNSS solutions compared with the measurements of gauges 2 and 3 (spatially interpolated at each time).

The first column of Table 2 contains the test number and the number of values compared for each test. Columns 2 and 3 give the nominal values of the period ( $P$ ) and amplitude ( $A$ ) of the generated waves in the flume (the actual produced values are reported in Tables 3 and 4). Columns 4–8 contain the RMS of the differences between the wave heights measured by the gauges (interpolated) and the value calculated at each epoch (every 0.1 s) according to PPK, TRP-L1, TRP-L3, PPP, and PPP-AR solutions, respectively. The correlation coefficient (corr) acts as an indicator of coherence between the time series so compared. The last column contains the comparison between GNSS solutions PPK and TRP-L1, which will be analyzed later. The minimum, average, and maximum values of the RMS and the correlation coefficients of each comparison (for the five tests with the gimballed stabilization) are shown at the bottom of Table 2. As already mentioned, two other tests were carried out with 2 s periods, but none of the proposed GNSS solutions (not even PPK) yielded acceptable results (in fact, decimeter rather than centimeter accuracy were obtained), due to the harsh movements of the buoy through the waves in the flume, which make difficult and even impossible the convergence of the solution or the GNSS phase ambiguity resolution.

The PPK and TRP-L1 solutions give comparable results of about 2 cm (average value) for the RMS and 96% for the correlation coefficients. These accuracies obtained are compatible with the vertical accuracies of RTK (Real-Time Kinematic) which are typically 2 cm + 1 ppm (RMS). The results deteriorated when gimballed stabilization was locked (not used) and when the wave amplitude was 20 cm (test 7), with a RMS of 4 cm.

**Table 2.** Comparison of GNSS solutions vs. (interpolated) gauge values.

Test (epoch)	P (s)	A (cm)	RMS (cm), corr (%)					
			PPK vs. gauges	TRP-L1 vs. gauges	TRP-L3 vs. gauges	PPP vs. gauges	PPP-AR vs. gauges	PPK vs. TRP-L1
1 (157)	4	20	±1.2, 99.6	±1.5, 99.4	±4.4, 94.4	±3.8, 95.8	±3.4, 96.6	±0.9, 99.8
2 (76)	3	5	±2.1, 94.9	±1.5, 95.9	±3.5, 91.2	±5.7, 90.1	±3.9, 92.5	±1.1, 98.9
3 (177)	3	10	±3.4, 94.9	±3.1, 94.5	±4.2, 89.8	±4.7, 90.6	±4.4, 91.1	±1.5, 99.5
4 (192)	4	10	±1.9, 95.5	±2.1, 94.6	±3.5, 83.5	±4.1, 77.8	±4.8, 71.5	±1.0, 98.8
5 (161)	4	20	±3.4, 96.8	±2.3, 98.6	±3.8, 96.1	±4.7, 93.9	±4.0, 95.7	±2.6, 98.1
6 (170)	4	10	±2.3, 94.6	±2.2, 94.9	±2.4, 94.4	±2.7, 93.2	±2.3, 95.0	±0.6, 99.7
7 (151)	4	20	±4.0, 96.6	±4.3, 95.2	±4.9, 94.3	±3.4, 97.2	±3.4, 97.4	±0.9, 99.8
<b>RMS (cm)</b>								
Minimum			±1.2	±1.5	±3.5	±3.8	±3.4	±0.6
Mean			±2.4	±2.1	±3.9	±4.6	±4.1	±1.2
Maximum			±3.4	±3.1	±4.4	±5.7	±4.8	±2.6
<b>Corr (%)</b>								
Minimum			99.6	99.4	96.1	95.8	96.6	99.8
Mean			96.3	96.6	91.0	89.6	89.5	99.2
Maximum			94.9	94.5	83.5	77.8	71.5	98.1

**Table 3.** Comparison of periods (P) obtained from sinusoidal regressions.

Test (epoch)	P (s)	Gauge 2 (s)	Gauge 3 (s)	Distance to G2 (m)	Interpolated gauges (s)	PPK (s)	ΔP PPK – gauges (s)
1 (157)	4	4.0 ± 0.01	3.9 ± 0.01	2.5	4.0	4.0 ± 0.01	0.0
2 (76)	3	2.8 ± 0.01	2.9 ± 0.02	2.2	2.8	2.9 ± 0.03	0.1
3 (177)	3	3.0 ± 0.01	3.0 ± 0.01	2.9	3.0	3.0 ± 0.01	0.0
4 (192)	4	3.8 ± 0.02	3.8 ± 0.02	0.3	3.8	3.8 ± 0.02	0.0
5 (161)	4	3.8 ± 0.01	3.8 ± 0.02	2.4	3.8	3.9 ± 0.02	0.1
6 (170)	4	3.8 ± 0.02	3.9 ± 0.02	2.5	3.9	4.0 ± 0.02	0.1
7 (151)	4	4.2 ± 0.01	4.1 ± 0.02	1.6	4.2	4.1 ± 0.02	-0.1

Note: Mean |ΔP| = 0.06 s.

**Table 4.** Comparison of amplitudes (A) obtained from sinusoidal regressions.

Test (epoch)	A (cm)	Gauge 2 (cm)	Gauge 3 (cm)	Distance to G2 (m)	Interpolated gauges (cm)	PPK (cm)	ΔA PPK – gauges (cm)
1 (157)	20	17.9 ± 0.3	18.4 ± 0.3	2.5	18.2	18.9 ± 0.3	0.7
2 (76)	5	7.5 ± 0.2	6.5 ± 0.3	2.2	7.1	8.5 ± 0.4	1.4
3 (177)	10	13.2 ± 0.3	13.1 ± 0.3	2.9	13.1	15.2 ± 0.3	2.1
4 (192)	10	9.1 ± 0.3	9.4 ± 0.3	0.3	9.1	9.3 ± 0.2	0.2
5 (161)	20	18.0 ± 0.5	19.1 ± 0.6	2.4	18.5	18.1 ± 0.5	-0.4
6 (170)	10	9.2 ± 0.3	9.0 ± 0.4	2.5	9.1	9.2 ± 0.3	0.1
7 (151)	20	17.3 ± 0.4	20.1 ± 0.5	1.6	18.2	18.7 ± 0.4	0.5

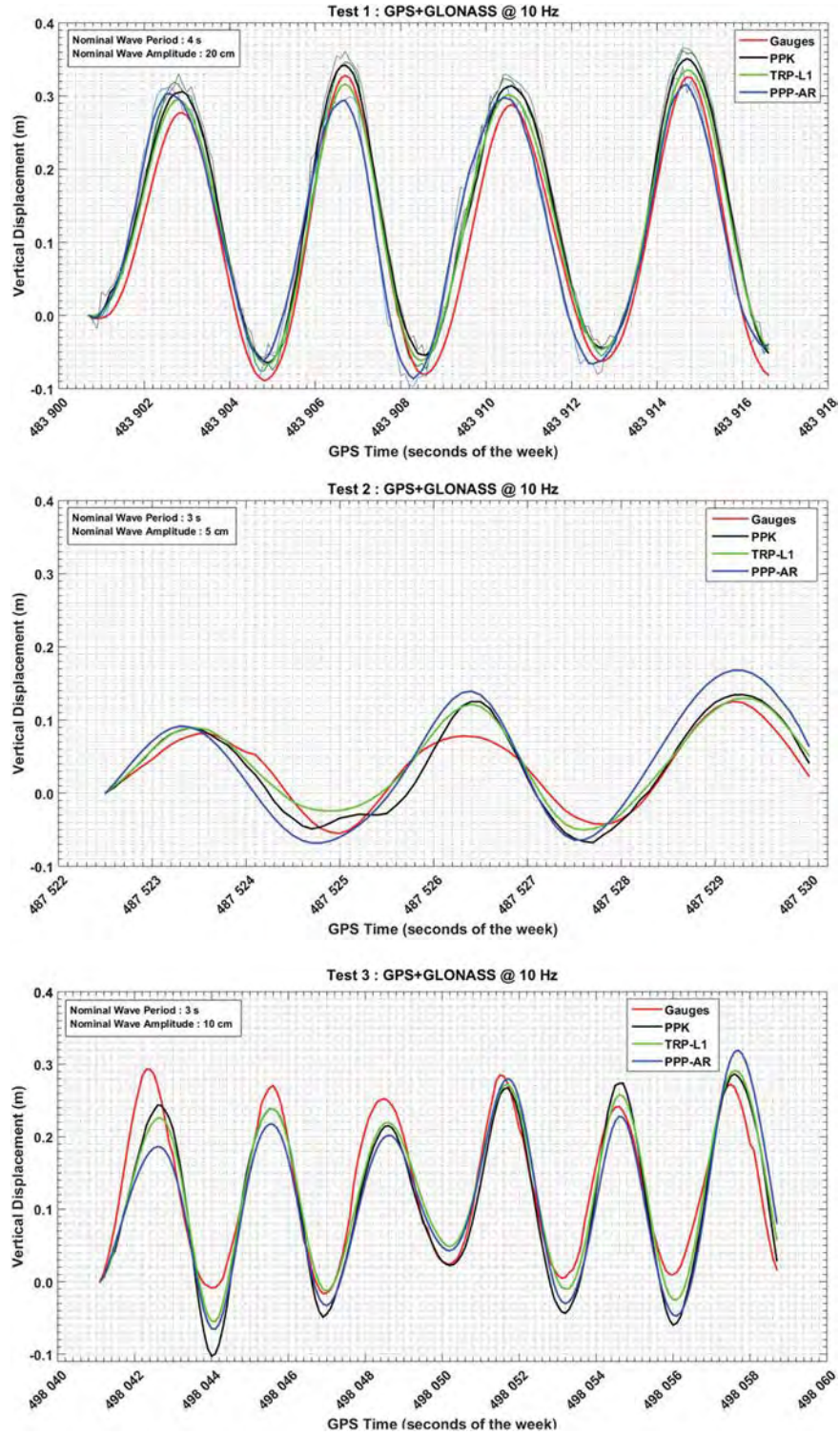
Note: Mean |ΔA| = 0.8 cm.

The other three GNSS solutions (TRP-L3, PPP, and PPP-AR) give average values for RMS of about 4 cm and 90% for the correlation coefficients. Between the two types of PPP solutions, the PPP-AR solution gives slightly better results than the conventional PPP solution. The TRP-L3 solution is degraded mainly by the fact that the L3 combination amplifies the noise by a factor of 3 (Santerre 1991) and that the temporal variation of the ionospheric delay is small (and the impact is linear) over short periods of time for TRP solutions.

The graphs for test 1 (best result), test 2 (with the smallest wave amplitude), and test 3 (worst result with gimbaled platform) are shown in Fig. 6. To reduce the variations in



**Figure 6.** Wave heights measured by the gauges and HydroBall<sup>®</sup> buoy using various GNSS solutions for (a) test 1 (18 s), (b) test 2 (8 s), and (c) test 3 (20 s). Pale colour: raw solution; Dark colour: MA solution. [Colour online.]



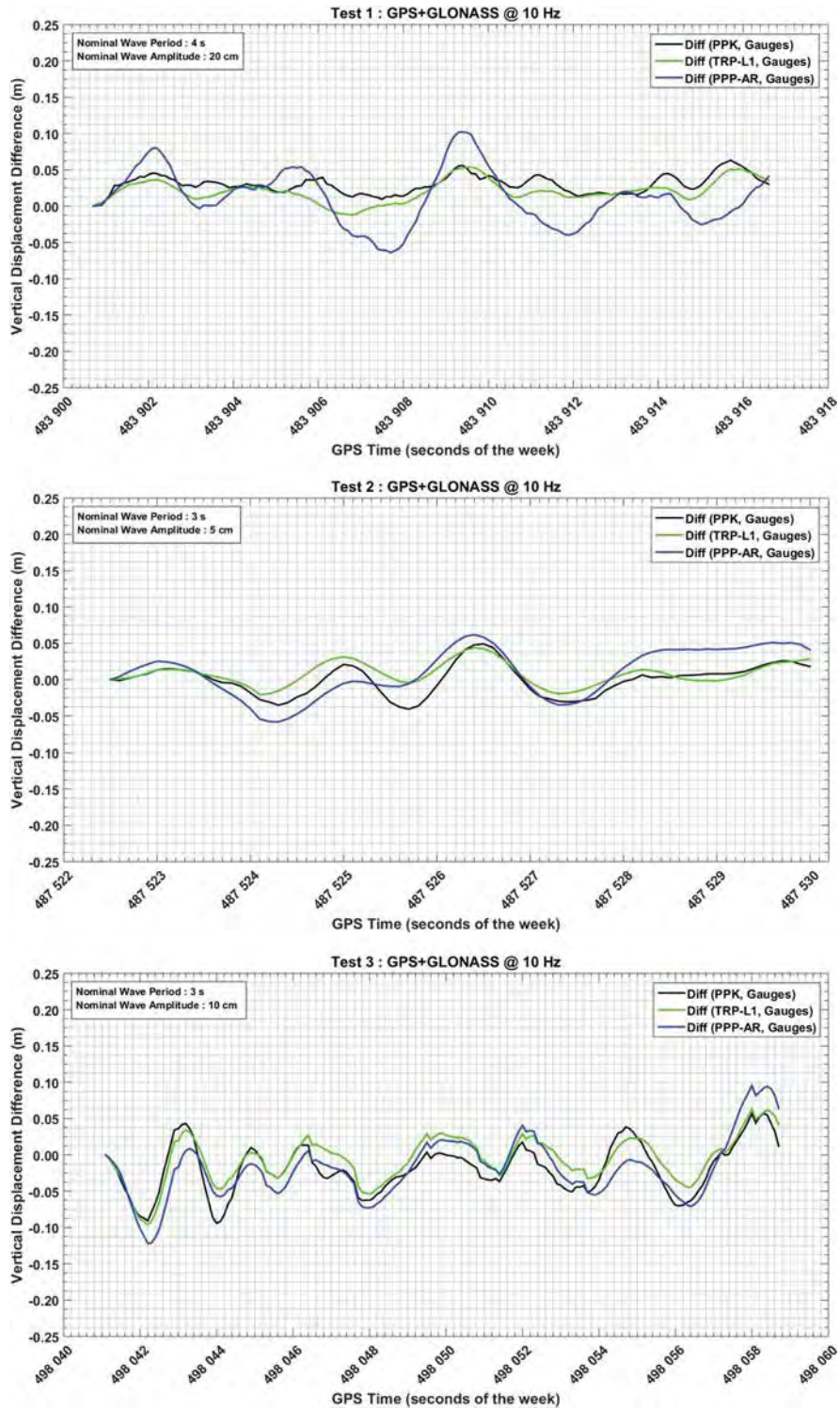
heights generated by GNSS observation's noise and the effect of multipath, all GNSS solutions were smoothed with a moving average (MA) using a five values window (i.e., two values before and two values after the current epoch). For comparison, we superimposed the raw solution (pale colour) on the MA solution (dark colour) for test 1. The vertical resolution of these GNSS solutions can be further appreciated in [Fig. 6](#) (center). Indeed, these GNSS solutions can easily detect waves of only 5 cm in amplitude, even if the determination of GNSS altitudes is 2–3 times less accurate than the determination of the horizontal displacements ([Santerre 1991](#)). The difference between GNSS vertical displacements and gauge's measurements are also plotted in [Fig. 7](#). The RMS values of these differences have been reported in [Table 2](#).

The ultimate column of [Table 2](#) is the direct comparison of the two best GNSS solutions (PPK vs. TRP-L1). In this comparison, gauge measurements are not used and no spatial interpolation is required. The seven tests (with or without stabilization of the antenna) can all be grouped because even if the antenna rolls or pitches, the GNSS solutions are not compared with the gauges measurements. It is the same GNSS observations (containing the same noise and multipath) collected by the HydroBall's receiver that are processed but with entirely different algorithms (see [Fig. 1](#) and [Table 1](#)). In this case, the average value of the RMS obtained is 1.2 cm and the average of the correlation coefficients is 99%. These results demonstrate that the proposed new TRP-L1 solution is fully compatible with the PPK solution that has been used for decades. Recall that the TRP solution only gives the displacement of a mobile GNSS antenna. Furthermore, for the PPK solution, the reference station of the PPK solution was advantageously placed very close (60 m) to the HydroBall<sup>®</sup>, which would rarely be the case in real-life wave measurement situations. The impact of the distance from the reference station increases by approximately 1 cm per 10 km (a relative error of 1 ppm) ([Hemisphere GNSS 2013](#)). The TRP solution (like the PPP) does not require a reference station and is therefore not restricted by the proximity of a GNSS reference station.

To determine wave periods and amplitudes, consistent with the sinusoidal wave pattern that we chose, a sinusoidal regression on the altitude time series has been used. This approach makes it possible to evaluate four parameters (period, amplitude, vertical offset, and phase shift) from the time series of a few hundred wave height values. The NLIN procedure (fits nonlinear regression models) of the SAS (Statistical Analysis System) software ([SAS 2017](#)) was used to estimate these periods and these amplitudes and their respective precisions. The values are reported in the second-last columns of [Tables 3](#) and [4](#). The PPK solution, one of the two optimal solutions (see [Table 2](#)), was used for this analysis. In a real-life situation, the wave pattern will not always have a sinusoidal shape. In general, Fast Fourier Transform (FFT) could be used to detect the main period, amplitude, and phase of the compound wave signals.

These values are compared with the sine-wave regression values also applied to the time series of wave height measurements of gauges 2 and 3 (columns 3 and 4). These values were spatially interpolated at the position of the HydroBall<sup>®</sup>, which was between the gauges 2 and 3 (which are 5 m apart). The longitudinal distance of the HydroBall<sup>®</sup> with respect to the gauge 2 is given in column 5. Column 6 contains the values of the period ([Table 3](#)) and the amplitude ([Table 4](#)) thus spatially interpolated. These values were used as a comparison with the corresponding values obtained from the PPK solution and reported in the last column of [Tables 3](#) and [4](#). The average of the period differences is 0.06 s. This result is excellent considering that the measurements were made at a rate of 10 Hz, i.e., at a temporal resolution of 0.1 s. With this sinusoidal regression approach (which uses all the wave height values to estimate only four parameters), test results with or without the stabilization of the GNSS antenna shows comparable values. The average difference in

**Figure 7.** Wave height differences between the gauges and the HydroBall<sup>®</sup> buoy using various GNSS solutions for (a) test 1 (18 s), (b) test 2 (8 s), and (c) test 3 (20 s). [Colour online.]





amplitude (in absolute value) is 0.8 cm, which is <1 cm. Recall that when the differences in height were compared between PPK and gauges (Table 2), the average value of the RMS was 2 cm. This improvement (by more than 50%) could be explained by the greater redundancy of a few hundred observations, which improves the estimation of the four parameters of the sinusoidal regression, including the amplitude of the waves. Note that there is no moving average applied to the raw data before estimating the sinusoidal parameters.

## 6. Conclusions and recommendations

Various GNSS processing strategies (PPK, PPP, and TRP) were compared for wave measurements using a modified version of the CIDCO GNSS HydroBall<sup>®</sup>. Tests took place at the INRS wave flume, where sinusoidal waves of given periods and amplitudes were generated in a controlled environment. The results of the GNSS solutions were compared with the wave heights measured independently by ultrasonic gauges. The best results were obtained from PPK and TRP-L1 solutions when the antenna was gimbal stabilized. In this case, the average value of the RMS is 2 cm and the correlation coefficient is 96%. When compared with each other, the PPK and the TRP-L1 solutions gave an average height difference value of 1.2 cm and a correlation coefficient of 99%. The advantage of the TRP solution over PPK solution is that no nearby GNSS reference station is required. However, the temporal variation of GNSS errors, which is practically linear for time intervals smaller than about 20 min, must be considered. Recall that the TRP solution, unlike the PPP, does not required external information like precise IGS ephemerides (Kouba 2015) and that its algorithm is much simpler and carrier phase ambiguities do not have to be estimated.

Sinusoidal regression modeling on the GNSS time series of wave heights provided the estimation of wave period and amplitude with mean errors of 0.06 s and 0.8 cm, respectively. These improved results are explained by the fact that over 100 values are used to estimate only four unknown parameters in the sinusoidal regression.

The above results are from the measurement of waves that had a period of 3–4 s and amplitudes as small as 5 cm. This last criterion was to confirm the performance of GNSS to detect small vertical displacements, even if the determination of GNSS's altitudes is known to be 2–3 times less accurate than the determination of horizontal components. None of the GNSS solutions gave satisfactory results (centimeter accuracy) for our tests with a wave period at 2 s, as the water displacement through the flume generated abrupt and shaky movements of the buoy, engendering many GNSS signals cuts. Moreover, it should be noted that the tests were done in a narrow basin and that the antenna was surrounded by two masking walls, which reduced by one-third the acquisition of the number of GPS and GLONASS satellites that were available. Experiments in an environment without obstructions created by the flume walls would have been more favorable for GNSS signal acquisition. Moreover, the addition of the European Galileo and Chinese BeiDou constellations, as well as the use of a higher sampling rate at 20 Hz (some receivers operate up to 100 Hz), are options that would favor the determination of waves of short periods. In addition, for the measurement of shaky waves, the integration of an accelerometer placed under the gimballed platform of the GNSS antenna could offer an even more robust solution.

## Acknowledgements

We thank our partners in this project, namely Hydro-Québec (Geomatics Group) and NSERC (R. Santerre's grants) for their financial support and the INRS for access to their flume, as well as Multi-Electronics (MTE) for modifications to the electronic components of the HydroBall<sup>®</sup>. Thanks also to Guy Montreuil of the Université Laval Metrology Laboratory for mounting the gimballed antenna platform and for his help during the



planning of the field experiments. Dr. Simon Banville (NRCan) is thanked for the data processing in PPP-AR mode and Dr. Marc Cocard (U. Laval) for his co-supervision of M.A. Chouaer's Master Thesis on the TRP technique.

## References

- André, G., Martín Míguez, B., Ballu, V., Testut, L., and Wöppelmann, G. 2013. Measuring sea level with GPS-equipped buoys: a multi-instruments experiment at Aix Island. *Int. Hydrogr. Rev.* (10): 27–38.
- Balard, N., Santerre, R., Cocard, M., and Bourgon, S. 2006. Single GPS receiver time-relative positioning with loop misclosure corrections. *GPS Solutions*, **10**(1): 56–62. doi:10.1007/s10291-005-0008-2.
- Banville, S. 2016. GLONASS ionosphere-free ambiguity resolution for precise point positioning. *J. Geod.* **90**(5): 487–496. doi:10.1007/s00190-016-0888-7.
- Can-Net. 2016. Trimble Can-Net network — VRS explained. [Online]. Available from [http://www.can-net.ca/index.php?option=com\\_content&view=article&id=36&Itemid=230&lang=en](http://www.can-net.ca/index.php?option=com_content&view=article&id=36&Itemid=230&lang=en).
- Chouaer, M.A. 2017. Utilisation du Positionnement Relatif Temporel GNSS pour l'auscultation topographique et la mesure des vagues. Mémoire de maîtrise, Département des sciences géomatiques, Université Laval, Québec, QC, Canada. 103 pp.
- Colosimo, G. 2012. VADASE variometric approach for displacement analysis stand-alone engine. Ph.D. thesis, Sapienza University of Rome, Rome, Italy. 190 pp.
- de Vries, J.J., Waldron, J., and Cunningham, V. 2003. Field tests of the new Datawell DWR-G GPS wave buoy. *Sea Technol.* **44**(12): 50–55.
- Doong, D.-J., Lee, B.-C., and Kao, C.C. 2011. Wave measurements using GPS velocity signals. *Sensors*, **11**: 1043–1058. doi:10.3390/s110101043. PMID:22346618.
- Fund, F., Perosanz, F., Testut, L., and Loyer, S. 2013. An Integer Precise Point Positioning technique for sea surface observations using a GPS buoy. *Adv. Space Res.* **51**: 1311–1322. doi:10.1016/j.asr.2012.09.028.
- Gagnon, M. 2008. Caractérisation des courants et des vagues dans les principaux sites maricoles du Québec. Rapport de Biorex inc. à la Société de développement de l'industrie maricole (SODIM). 57 pp.
- Ge, M., Gendt, G., Rothacher, M., Shi, C., and Liu, J. 2008. Resolution of GPS carrier-phase ambiguities in Precise Point Positioning (PPP) with daily observations. *J. Geod.* **82**(7): 389–399. doi:10.1007/s00190-007-0187-4.
- Gendron, B.C. 2017. Mesure des marées et des vagues à l'aide d'une bouée GNSS. Mémoire de maîtrise, Département des sciences géomatiques, Université Laval, Québec, QC, Canada. 121 pp.
- General Acoustics. 2016. UltraLab ULS Advanced — Lab Wave Gauge. General Acoustics Datasheet. 2 pp. [Online]. Available from <https://www.generalacoustics.com/ultralab-uls-advanced/>.
- Geng, J., Meng, X., Dodson, A.H., Ge, M., and Teferle, F.N. 2010a. Rapid re-convergences to ambiguity-fixed solutions in precise point positioning. *J. Geod.* **84**(12): 705–714. doi:10.1007/s00190-010-0404-4.
- Geng, J., Meng, X., Dodson, A.H., and Teferle, F.N. 2010b. Integer ambiguity resolution in precise point positioning: method comparison. *J. Geod.* **84**(9): 569–581. doi:10.1007/s00190-010-0399-x.
- Girardot, J.-P. 2001. Mouillages : Techniques de mouillages utilisés en océanographie. Université de Bretagne Occidentale, Brest, France. [Online]. Available from <http://manualzz.com/doc/5016086/mouillages-universit%C3%A9-de-bretagne-occidentale>.
- Hemisphere GNSS. 2013. P320 specifications. Eclipse OEM Board Integrator Guide. 74 pp. [Online]. Available from <https://hemispheregnss.com/Resources-Support/Technical-Documentation>.
- Herbers, T.H.C., Jessen, P.F., Janssen, T.T., Colbert, D.B., and MacMahan, J.H. 2012. Observing ocean surface waves with GPS-tracked buoys. *J. Atmos. Ocean. Technol.* **29**(7): 944–959. doi:10.1175/JTECH-D-11-00128.1.
- INRS. 2016. YouTube video. [Online]. Available from <https://www.youtube.com/watch?v=BdPwkoVAJ2U>.
- INRS. 2017. Environmental Hydraulics Laboratory. [Online]. Available from <http://lhe.ete.inrs.ca/en/facilitywaveflume>.
- Joodaki, G., Nahavandchi, H., and Cheng, K. 2013. Ocean wave measurement using GPS buoys. *J. Geod. Sci.* **3**(3): 163–172. doi:10.2478/jogs-2013-0023.
- Kouba, J. 2015. A guide to using International GNSS Service (IGS) products. International GNSS Service (IGS). 34 pp.
- Laurichesse, D. 2015. Carrier-phase ambiguity resolution — handling the biases for improved triple-frequency PPP convergence. *GPS World*, **26**(4): 42–49.
- Michaud, S., and Santerre, R. 2001. Time-relative positioning with a single civil GPS receiver. *GPS Solutions*, **5**(2): 71–77. doi:10.1007/PL00012888.
- NRCan. 2017. Natural Resources Canada CSRS-PPP ToolBox. [Online]. Available from <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/geodetic-reference-systems/tools-applications/10925#ppp>.
- Pandian, P.K., Osalusi, E., Ruscoe, J.P., Side, J.C., Harris, R.E., Kerr, S.A., and Bullen, C.R. 2010. An overview of recent technologies on wave and current measurement in coastal and marine applications. *J. Oceanogr. Mar. Sci.* **1**(1): 1–10.
- Patra, S.K., and Jena, B.K. 2014. Inter-comparison of wave measurement by accelerometer and GPS wave buoy in shallow water off Cuddalore, east coast of India. *Indian J. Mar. Sci.* **43**(1): 45–49.
- Rondeau, M., Seube, N., and Le Denuf, J. 2016. Surveying in hostile and non accessible areas with the bathymetric HydroBall® buoy. Pages 47–56 in B. Zerr, L. Jaulin, V. Creuze, N. Debese, I. Quidu, B. Clement, and A. Billon-Coat, eds. Quantitative monitoring of the underwater environment. Ocean Engineering and Oceanography. Vol. 6. Springer, Cham, Switzerland.
- Santerre, R. 1991. Impact of GPS satellite sky distribution. *Manuscripta Geodaetica*, **16**(1): 28–53.

- SAS. 2017. Statistical Analysis System — NLIN nonlinear regression procedure. [Online]. Available from [https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#nlin\\_toc.htm](https://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#nlin_toc.htm).
- Traugott, J., Dell’Omo, G., Vyssotski, A.L., Odijk, D., and Sachs, G. 2008. A time-relative approach for precise positioning with a miniaturized L1 GPS logger. Proc. 21st International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2008), Savannah, GA, USA, 16–19 September 2008. pp. 1883–1894.
- Trimble. 2012. Trimble HD-GNSS processing. Trimble Survey Division White Paper. 13 pp.
- Trimble. 2017. Trimble GNSS Planning Online. Trimble Terrasat GmbH, Trimble Inc., Munich, Germany. [Online]. Available from <http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline/>.
- UNAVCO. 2019. What is the difference between GPS and GNSS. [Online]. Available from <https://kb.unavco.org/kb/article/what-is-the-difference-between-gps-and-gnss-167.html> [20 Jan. 2019].
- Watson, C.S. 2005. Satellite altimeter calibration and validation using GPS buoy technology. Ph.D. thesis, University of Tasmania, Hobart, Australia. [Online]. Available from <http://eprints.utas.edu.au/254/2/02Whole.pdf>.

# Crowd sourced bathymetry in Northern Canada

Julien Desrochers

Marine geomatics specialist

CIDCO

Rimouski, Canada

julien.desrochers@cidco.ca

*Abstract— Approximately 47% of the 4.4M square kilometers of the Canadian Arctic is under water. Only 13% (2018) of these waters are adequately surveyed. Alternatives to supplement traditional surveying methods in order to support the charting requirements of such a vast area are required.*

*Crowd-Sourced Bathymetry (CSB) is envisioned by some International Hydrographic Organization (IHO) member states as a means to supplement hydrographic databases with measurements from vessels of opportunity. In 2014, the IHO created the Crowd-Sourced Bathymetry Working Group (CSBWG) to examine how to best incorporate, manage, and utilise bathymetric data acquired by non-conventional means.*

*In 2017, a pilot project was funded by the DFO (Department of Fisheries and Ocean Canada) OFSCP (Ocean and Freshwater Science Contribution Program) in order to collect crowd-sourced data in Northern Canada. The objective was to develop tools and methods allowing the collection, processing, and dissemination of hydrographic data in the Arctic through a crowd-based platform with the involvement of Inuit communities.*

*This presentation will describe the measurable successes of the pilot project, the challenges and lessons learned, and the steps that will be taken to further stimulate the CSB initiative in Northern Canada in the coming year.*

**Keywords—**Crowd-Sourced Bathymetry; Arctic; Northern Canada; Inuit; COMREN; HydroBall (key words)

## I. INTRODUCTION

With climate change having a significant impact in the Canadian Arctic, one of these impacts is the acceleration of ice melt. The ice melt will have an impact on sea level rise and will also give more access to open water for marine navigation by the coastal communities as well as harvesting. With very few of the areas being adequately surveyed, work needs to be done to contribute to increase knowledge of the seabed. One of the key hopes to contribute to charting remote marine areas of Canada is Crowd-Sourced Bathymetry (CSB). As defined by the International Hydrographic Organisation (IHO): “CSB is the collection of depth measurements from vessels, using standard navigation instruments, while engaged in routine maritime operations.”

[https://www.iho.int/iho\\_pubs/draft\\_pubs/CSBGuidance\\_Document-Ed1.0.0.pdf](https://www.iho.int/iho_pubs/draft_pubs/CSBGuidance_Document-Ed1.0.0.pdf)

To face the huge challenge of collecting hydrographic data in the Northern Canada area, part of Canada’s strategy is to develop a CSB approach to increase the knowledge of the sea floor. The Fisheries and Oceans Canada’s (DFO) Canadian Hydrographic Service (CHS) is interested in assessing possible alternative and complementary methods to the traditional surveying approaches (which are costly and time consuming) in order to help with the challenge of surveying these vast areas. A pilot project tested the feasibility of CSB methodology. The next step is to provide a robust solution for the life cycle of CSB data for Northern communities.

## II. FIGURES



Figure 1: HydroBall survey in Kuujjarapik, QC



Figure 2: CSB trainees in Gjoa Haven, NU

# Sonar-lidar mapping of harbor facilities:

## concept, payload and method

Medoune Ndir, Gregoire Ledoux  
Hydrographic and terrestrial lidar specialist  
CIDCO, Research and Development Center in coastal and ocean mapping  
Rimouski, Canada  
papa-medoune.ndir@cidco.ca

**Abstract**— To ensure better management and monitoring of harbors facilities (mainly quays), the inspections of this submerged and emerged infrastructure carried out using lidar and sonar technologies are increasingly being considered. CIDCO, specialized in the acquisition and processing of sonar and lidar data, carried out a lidar and bathymetric survey on part of this type of harbor facility located 1600 kilometers inland. The presentation will first highlight the concept of digital twins, which is defined as a virtual product that allows infrastructure systems to be analyzed and monitored to prevent problems before they occur, prevent downtime, track wall evolution and deformations, and even plan in the future through the use of simulations. Then, the hydrographic platform and acquisition systems used to capture this reality (multibeam sonar system, laser scanner, orientation and positioning system, sound profiler) are presented. Finally, a brief description of the datasets is discussed, and added-value products are presented in order to meet the existing needs of port authorities located along the St. Lawrence River.

**Keywords**— *high definition mapping system, hydrographic vessel, harbor facilities inspection, maritime economy and transport, maritime technology, on-board technologies, marine inventory*

### I. INTRODUCTION

Let us take the place of a manager in charge of the maintenance and integrity of an harbor, a bridge or a dam for a few moments. What would we like to know? We would like to know the overall condition of the infrastructure, where its possible weaknesses lie, assess the extent of potential damage and plan the necessary work as well as possible. In recent years, "remote" inspection using multibeam sonars, mechanical scanning sonars, acoustic cameras, optical cameras (photogrammetry) and underwater lasers has been growing. These technologies make it possible to increase the speed of inspections by collecting 3D datasets (point clouds) for global modelling of deformations or even a local analysis of some structural failures.

During a 15 days survey, CIDCO performed a series of high-resolution multibeam surveys in order to demonstrate the bathymetry of the dredged areas and vessel berths. Another objective of the project was to survey the foundation structures of the quay wall and revetments. In order to achieve the best

coverage, multibeam data was combined with a lidar point cloud. The surveyed area comprised approximately 18km of dock wall, and 2km of riverbanks area.

The surface and underwater survey was carried out simultaneously. The two datasets combined offered a complete overview of all significant assets, below as well as above surface. The construction of the port was finalized in 1992, highlighting the need of assessing the overall condition about some of the assets. According to the purposes of this survey, a comprehensive set of deliverables was compiled which was handed over to the harbor commission. The deliverables will eventually be used for in-depth analysis in order to plan the potentially required construction works of the maritime facilities.

### II. FIGURES

A. Raw laser and mbes point cloud colorised with time frame (RGB)



B. Hydrographic specialist monitoring real-time streamed data (mbes&lidar)





# Développement du porteur hydrographique de deuxième génération

Grégoire Ledoux<sup>1</sup> et Charles Massicotte<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIDCO, Rimouski, Canada

<sup>2</sup>Multi-Électronique., Rimouski Canada

## I. INTRODUCTION

Depuis 2015, le Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans (CIDCO) travaille sur l'élaboration d'une plate-forme hydrographique tractée. Celle-ci consiste en une structure flottante pouvant être tirée depuis une embarcation et sur laquelle un système hydrographique peut y être installé. Ce porteur hydrographique a l'avantage de pouvoir être déployé rapidement et facilement puis tracté depuis presque n'importe quelle embarcation.

Les levés bathymétriques conventionnels impliquent une installation complexe des instruments à même l'embarcation. Les instruments doivent y être fixés solidement, puis les distances et les angles entre les différents capteurs et entre les capteurs et certains points sur l'embarcation doivent être mesurés avec précision. Les ordinateurs d'acquisition doivent être installés dans l'embarcation, à l'abri des intempéries, afin de procéder au contrôle et à l'enregistrement des données. Ces embarcations deviennent ainsi des systèmes d'acquisition hydrographiques en soit. L'investissement nécessaire pour se procurer une telle infrastructure, en plus des connaissances approfondies pour procéder à un tel montage est un frein au potentiel de développement des acteurs économiques. Aussi, la taille de ces navires hydrographiques limite souvent les possibilités quand des besoins en bathymétrie se font sentir en région éloignée, difficile d'accès ou en zone peu profonde.

Le porteur hydrographique est donc une alternative aux systèmes hydrographiques conventionnels impliquant l'utilisation d'une embarcation dédiée. Il s'agit d'une plate-forme hydrographique portative pouvant être utilisée avec une embarcation d'opportunité. En effet, les instruments peuvent être installés sur cette structure modulable et pré-qualifiée, et le tout peut être transporté facilement jusqu'au site des travaux. Une fois sur site, le porteur est assemblé, mis à l'eau et tracté depuis une embarcation sans particularités propres à un navire hydrographique, que ce soit un bateau de pêche, une chaloupe, un pneumatique, etc. La très petite taille du porteur hydrographique rend la calibration beaucoup plus simple que sur des embarcations de grande dimension, ce qui diminue

grandement le risque d'erreurs de calibration et augmente ainsi la qualité des données acquises. De plus, le coût associé au porteur hydrographique est de loin inférieur à l'achat d'un navire hydrographique, le rendant accessible aux entreprises voulant accroître leur part de marché dans ce domaine.

Le CIDCO a procédé à la conception, la fabrication et aux essais d'une première génération de prototype visant à démontrer le potentiel du concept. Ce prototype a été testé avec différents instruments, de tailles et de poids variées, et a démontré un énorme potentiel. Cependant, le premier prototype du porteur hydrographique a révélé certaines limitations notamment quant à son comportement dynamique à haute vitesse.

Le porteur hydrographique de seconde génération vise une stabilité dynamique accrue, une réduction des coûts de fabrication, une instrumentation embarquée et ultimement une intelligence logicielle embarquée permettant un filtrage et une analyse de la qualité en temps réel.

## II. ORGANIGRAMME DE CONCEPTION

Ce projet de conception du porteur hydrographique de deuxième génération s'agit d'un projet collaboratif et sera réalisé conjointement entre Multi-Électronique (MTE), le Centre de Technologies avancées BRP-Université de Sherbrooke (CTA) et le CIDCO. La compagnie Multi-Électronique est spécialisée dans les systèmes d'instrumentation à bord de navires. Son expertise en conception sur mesure de systèmes embarqués, notamment dans la conception de bouées océanographiques, sera mise à contribution. Le CTA est spécialisé dans le développement de véhicules spécialisés et de technologie avancées, notamment dans le comportement dynamique de véhicule et en simulation d'écoulement de fluides par éléments finis. Le CIDCO vise à moderniser l'hydrographie par la recherche et le développement. Son expertise de pointe en hydrographie sera mise à contribution dans le choix de l'instrumentation à bord du porteur, et dans la qualification du porteur en tant que système hydrographique pré-calibrer. Le CIDCO sera également responsable de concevoir et de développer une nouvelle architecture logicielle et de traitements embarqués.

# Using AI to improve automated recognition of underwater objects in sidescan sonar imagery

*Guillaume Labbé-Morissette, Sylvain Gauthier*

CIDCO – Development Center for Ocean Mapping  
115 St-Germain, Local 1, Rimouski, QC, Canada, G5L4B6  
{guillaume.morissette,sylvain.gauthier}@cidco.ca

**Abstract**—This paper details a new method to recognize and detect underwater objects in real-time sidescan sonar data imagery streams, with case-studies of applications for underwater archeology, and ghost fishing gear retrieval. We first synthesize images from sidescan data, apply geometric and radiometric corrections, then use 2D feature detection algorithms to identify point clouds of descriptive visual microfeatures such as corners and edges in the sonar images. We then apply a clustering algorithm on the feature point clouds to group feature sets into regions of interest, reject false positives, yielding a georeferenced inventory of objects.

**Keywords**—Hydrography; Artificial Intelligence; Computer Vision; Pattern Recognition; Sidescan Sonar; Underwater Archaeology; Ghost Fishing Gear

## I. INTRODUCTION

The problem of finding underwater objects is a recurring issue in many fields, such as hydrography, search and rescue (SAR), underwater archaeology, marine sciences, and many more. Unfortunately, the hostile nature of the underwater environment for human beings, the weak penetration of light and the difficulty of acquiring high-quality images, along with the high mobilizing costs of SCUBA or remotely-operated solutions only makes this endeavour harder to fulfill.

The shift towards autonomous vehicles equipped with acoustic imaging technology as force multipliers during such operations brings along new problems with the multiplication of data sources, such as an exponential increase in required resources for post-processing the data. This justifies the need for real-time automation to cut costs and delays between data acquisition, interpretation and actionable results.

Therefore, we hereby propose a novel method to rapidly detect objects from sidescan sonar images to provide a real-time georeferenced catalog of objects in order to increase situational awareness and lower the cost of underwater inventories.

## II. PREVIOUS WORK

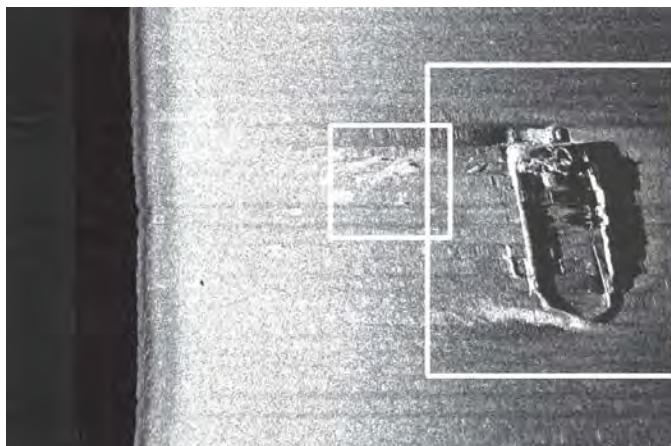
Much work has been done into the area of detecting known objects inside images using various descriptors, such as SIFT (Lowe1999), SURF (Bay2008), BRIEF (Calonder2010) or ORB (Rublee2011). Unfortunately, all of these methods

require apriori knowledge of the objects to be found, and require a preliminary training stage using known data in order to adequately detect those objects in new data.

More recently, the rise in popularity of convolutional neural network (CNN) methods have given birth to interesting detectors such as AlexNet (Krizhevsky2012), VGG (vgg2015), or GoogLeNet, to name only a few who, while sporting very respectable classification figures, still suffer from the apriori knowledge pitfall and require non-negligible training.

Our algorithm aims to cater to those pitfalls for domains where exact detection is not always possible, or warranted, either because of the difficulty of accumulating enough data to reliably train CNNs, or because of the diversity of possible targets. We build upon the ideas of using feature clouds clustering (Fakiris2010). However, we disgress from the use of texture as a feature descriptor described by grey-level co-occurrence matrixes (GLCM), and use more robust geometrical features such as FAST (Rosten2006) and MSER (Nister2008). We also changed the clustering method to DBSCAN (Ester1996) to include noise-rejection, avoid the cluster count problem of k-means, and do away with the need for independent component analysis (ICA).

As an benchmark, we provide two case-studies, one where underwater archaeologists need to track hardly categorizable ship debris and parts, and another one where ocean resource managers need to track the countless models of fishing gear abandoned or lost at sea.



# Utilisation des méthodes et algorithmes d'autoapprentissage OPENCV

Classification des données de rétrodiffusion des sondeurs multifaisceaux  
bathymétriques en vue de la caractérisation des fonds marins

Nicolae Fugaru, B.Sc. et Pascale Pierre, ing., Ph.D.

Innovations, Groupe Alphard

Québec, Canada

[nfuagru@alphard.com](mailto:nfuagru@alphard.com); [ppierre@alphard.com](mailto:ppierre@alphard.com)

Papa Médoune Ndir, a-g, M.Sc.

CIDCO, Centre interdisciplinaire de développement en cartographie des océans

Rimouski, Canada

[papa-medoune.ndir@cidco.ca](mailto:papa-medoune.ndir@cidco.ca)

**Résumé**— Récemment, l'analyse de données de rétrodiffusion issues de système d'échosondeur multifaisceau bathymétrique pour la classification du fond marin a entraîné beaucoup d'échanges. Dans cette étude, sont présentés les résultats des essais de l'application des 2 algorithmes d'autoapprentissage basés sur les bibliothèques « Open Computer Vision » qui sont de plus en plus intéressants pour l'analyse de données spatiales, en particulier pour réaliser des prédictions spatiales ou pour détecter des patrons de fond marin.

En fait, les algorithmes d'autoapprentissage KNN et la classification par l'entropie maximum ont été appliqués sur les données de rétrodiffusion normalisées obtenues lors d'une campagne de levés bathymétriques du fond marin réalisé dans une partie côtière du fleuve St-Laurent. Les résultats obtenus lors des essais offrent d'importantes possibilités d'application dans le domaine de la cartographie des habitats marins et de la caractérisation des fonds marins. Il reste encore beaucoup de recherche à faire dans ce domaine, notamment avec la réalisation d'essais supplémentaires, et une validation avec des échantillons du fond marin est requise afin de confirmer la méthodologie proposée. Cependant, les avantages de cette approche pour la cartographie sédimentaire et de l'habitat du fond marin sont potentiellement très nombreux et remarquables dans ce domaine d'étude.

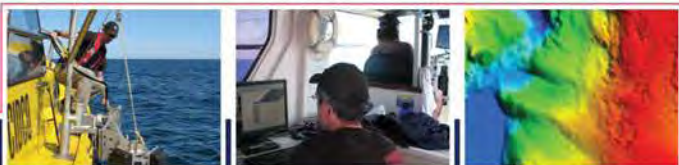
**Mots clés**— sondeurs multifaisceaux, rétrodiffusion, autoapprentissage, cartographie sédimentaire, fonds marins, classification, OpenCV



# CIDCO

Centre interdisciplinaire de développement  
en cartographie des océans

Interdisciplinary Centre for the Development  
of Ocean Mapping



[www.cidco.ca](http://www.cidco.ca)