

Radar maritime pour une meilleure détection des glaces

Barbara J. O'Connell

Garde côtière canadienne

Ottawa, Ontario, Canada

Barb.OConnell@dfo-mpo.gc.ca

RÉSUMÉ

Un radar maritime à grande vitesse, en combinaison avec un traitement numérique perfectionné, peut produire des images à haute résolution qui permettent à l'utilisateur d'identifier les glaces dangereuses et les petits icebergs qui seraient presque indétectables au moyen d'un radar classique. La Garde côtière canadienne (GCC) travaille en partenariat avec le Centre de développement des transports (CDT) de Transports Canada afin de mettre au point un « radar de détection des glaces dangereuses ». Le dispositif a été évalué au cours de trois essais dédiés à bord du brise-glace NGCC *Henry Larsen* dans le but de bien démontrer les capacités du radar dans une gamme de milieux opérationnels et de conditions des glaces. Le présent article présente les résultats de ces essais.

MOTS-CLÉS : Scanner haute vitesse; radar; détection; navigation; glace pluriannuelle.

INTRODUCTION

Un des problèmes que pose la navigation dans des eaux envahies par les glaces est l'incapacité des radars maritimes classiques de détecter de petits floes de glace pluriannuelle ou des glaces de glacier dangereuses, notamment des bergy bits ou des bourguignons, assez tôt pour éviter une collision. C'est particulièrement vrai dans le cas de grosse mer où ils ne peuvent être décelés dans un « clutter de mer ». Les fragments d'iceberg sont des fragments d'icebergs qui émergent de 1 à 5 m. au-dessus du niveau de la mer. Les bourguignons sont des fragments d'iceberg plus petits qui émergent de moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer. La détection au radar ou visuellement peut se limiter à peine à un demi-mille d'un navire, lorsqu'elle est possible. (GCC, 1999) Même des navires renforcés courent de grands risques d'endommager leur coque lorsqu'ils heurtent des glaces pluriannuelles ou des glaces de glacier. En outre, la consommation de carburant est élevée pour les navires qui se déplacent dans des glaces épaisses, de sorte qu'il est plus efficace d'éviter les glaces pluriannuelles et les glaces épaisses de première année.

En 2004, l'Initiative en matière de technologie et d'innovation appliquées au changement climatique (ITICC) a financé une étude de délimitation des domaines de recherche afin d'améliorer les transports dans l'Arctique pendant toute l'année. Quinze capitaines qui naviguent

régulièrement dans l'Arctique ont choisi à l'unanimité la détection de glaces pluriannuelles (PA) comme principal domaine de recherche. (Timco et coll., 2005) À la suite de ces résultats, un programme de recherche complet d'une durée de quatre ans a été proposé en vue d'améliorer l'information sur les glaces dans cette région. (Timco et coll., 2008). Pour la Tâche 3 du Projet sur les transports dans l'Arctique de l'ITICC, la GCC a choisi de mettre au point un radar maritime amélioré permettant de détecter les glaces dangereuses plus tôt et de façon plus exacte que les radars maritimes classiques. Ce radar sera évalué à bord d'un brise-glace de la GCC.

Dans le cadre de ce projet, diverses technologies radar de pointe, élaborées au cours des années par le Centre de développement des transports (CDT), sont intégrées en un système unique optimisé pour la détection des glaces, comprenant notamment :

- une interface modulaire radar (IMR) qui permet de saisir l'imagerie radar à haute résolution sur un ordinateur en vue d'un traitement avancé, ainsi que pour l'affichage. Le logiciel radar utilise des techniques de filtrage numériques, y compris le moyennage des balayages successifs, pour assurer une détection plus performante des cibles produisant un écho faible et améliorer l'affichage des images. (Sigma, 2003)
- un scanner haute vitesse dont la cadence de balayage est de 120 tours/minute, quatre fois supérieure à celle de radars classiques, afin d'améliorer la détection de petites cibles par grosse mer. (Rutter 2005)
- un système à polarisation croisée, transmettant horizontalement des impulsions radar et les recevant verticalement et horizontalement, qui sera en mesure de distinguer les glaces pluriannuelles dans des champs de glace de première année. (Sicom, 1998)

Le projet de « radar de détection des glaces dangereuses » a été divisé en deux phases afin de faire en sorte que les essais sur place dans l'Arctique soient menés en collaboration avec d'autres groupes de travail des autres volets du Projet sur les transports dans l'Arctique de l'ITICC, en 2006 et 2007. La phase 1, entreprise en août 2005 et terminée en mars 2008, portait sur la mise au point, l'installation et l'évaluation d'un radar haute vitesse. La phase 2 comprendra la mise au point d'un scanner à polarisation verticale en réception uniquement, synchronisé (en rotation, fréquence et synchronisation par impulsion) au radar haute vitesse principal polarisé horizontalement; l'élaboration d'une IMR à deux canaux; une capacité de traitement en temps réel pour les deux systèmes.

ESSAI DANS L'ARCTIQUE EN AOÛT 2006

Le système d'affichage du radar de détection des glaces dangereuses a été installé dans la console de navigation du NGCC *Henry Larsen* en juin 2006. Ce système comprend un moniteur, un ordinateur, l'IMR « Sigma S6 » et le logiciel produit par la société Rutter Technologies Inc, de St. John's, (T.-N.-L.). La figure 1 illustre la configuration du radar. Le dispositif d'affichage du radar de détection des glaces dangereuses a été relié au radar Bridgmaster II en bande X, en mode asservi, pour l'essai de 2006.

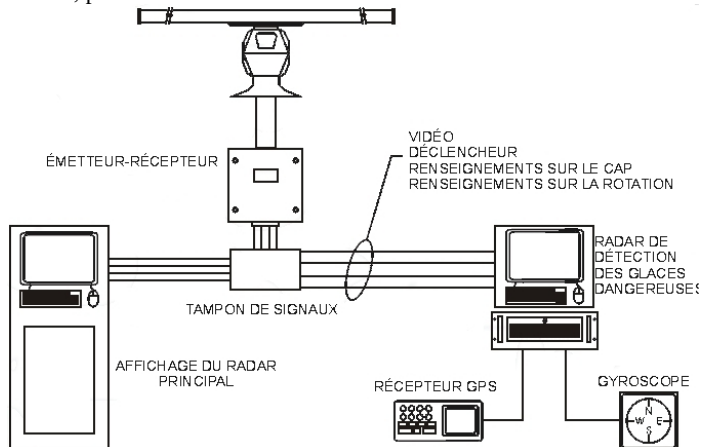


Figure 1 – Configuration du radar

Le premier essai a été réalisé du 9 au 19 août 2006, depuis Thulé au Groenland passant par le détroit de Nares, jusqu'à Alexandra Fiord, pour se terminer à Pond Inlet au Nunavut (Canada) (voir la figure 2). Pendant l'essai, l'état des glaces était variable, passant d'eaux bergées à un épais mélange de glaces de plusieurs années et de glaces épaisses de première année. La gamme des conditions météorologiques variait d'un ensoleillement intense à du temps couvert et à du brouillard. Par moments, les vents soufflaient en rafales de plus de 35 nœuds.



Figure 2 – Carte représentant la route suivie pour le premier essai.

Le signal analogique du radar en bande X est traité par le Sigma S6 et affiché sous forme d'une image vidéo numérique de 12 bits (1024 × 1024). La figure 3 est une photo obtenue à l'aide du radar en

bande X courant. La figure 4 présente une image prise par le radar de détection des glaces. Le NGCC *Henry Larsen* (voir la figure 5) se trouve au centre de l'écran radar. La comparaison entre ces deux images est frappante. Sur l'image obtenue au moyen du radar de détection des glaces dangereuses, le trait de côte apparaît plus clairement; les icebergs sont visibles à de plus grandes distances, de même que les bergy bits et les bourguignons plus petits. Les ombres sont visibles derrière les icebergs sur l'image du radar de détection des glaces dangereuses, ce qui s'explique par l'absence de rétrodiffusion radar derrière une cible produisant un écho fort.

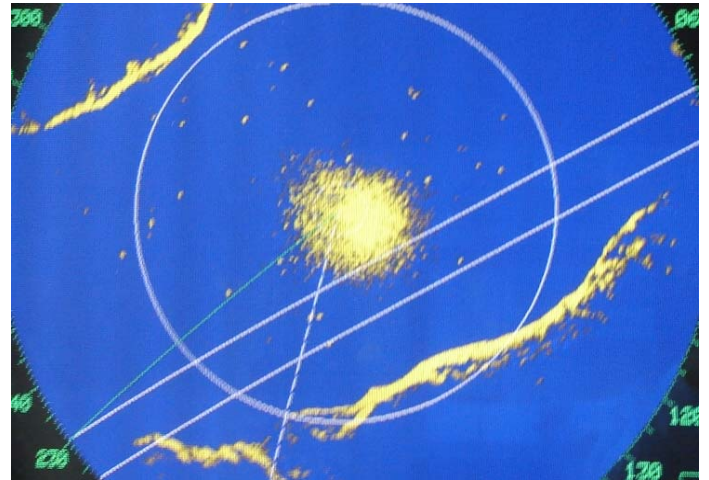


Figure 3 – Image du port de Thulé, au Groenland obtenue au moyen d'un radar en bande X courant.

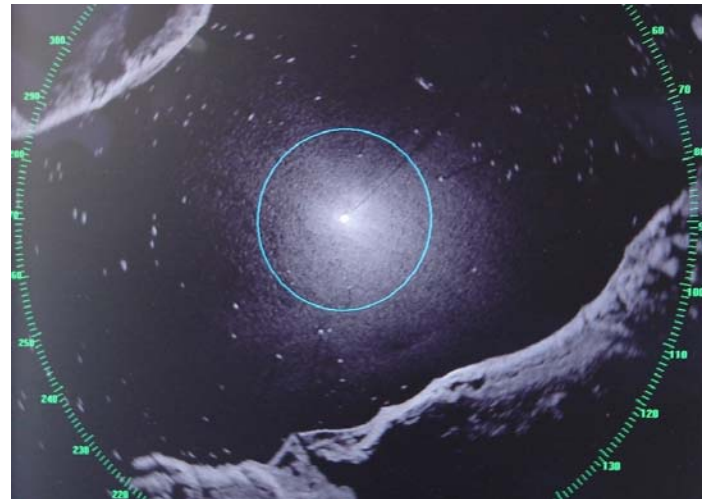


Figure 4 – Image du port de Thulé, au Groenland, obtenue au moyen du radar de détection des glaces dangereuses.



Figure 5 – Le NGCC *Henry Larsen* dans des glaces de plusieurs années, dans le passage Kennedy au large de la côte du Groenland.

Les formes des floes, des crêtes et de la glace empilée ainsi que des chenaux en eau libre sont également plus évidentes sur les images du radar de détection des glaces dangereuses, particulièrement lorsqu'on utilise de courtes impulsions radar (voir les figures 6 et 7).

Le capitaine, les officiers de bord et l'équipe ont évalué la capacité du système de traitement radar pour l'affichage des images sur les glaces. Le capitaine Vanthiel a déclaré : « Le radar s'avère un outil très utile pour l'information tactique sur l'état des glaces. Il permet à la personne de quart à la passerelle de distinguer les diverses caractéristiques des glaces et de discerner facilement les chenaux en eau libre ».

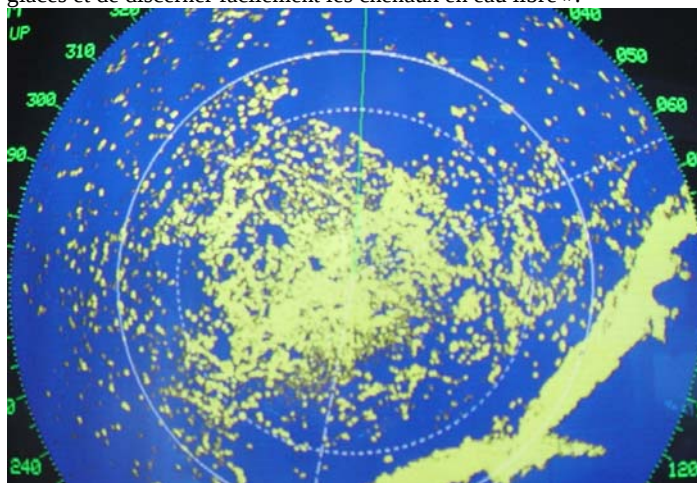


Figure 6 – Image du radar en bande X représentant des glaces de plusieurs années dans le passage Kennedy, au large du Groenland.

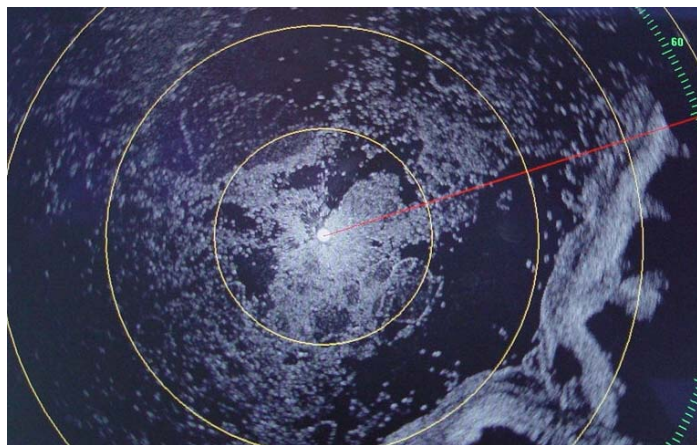


Figure 7 – Image du radar de détection des glaces dangereuses représentant des glaces de plusieurs années, au large du Groenland.

ESSAI DANS L'ARCTIQUE EN JUILLET 2007

Les radars maritimes classiques étaient destinés à servir de détecteurs de cibles (autres navires, côtes et dangers) utilisant un scanner courant avec une cadence de balayage de 25 à 30 tours/minute. Ces radars n'arrivent pas nécessairement à détecter dans un clutter de mer les petits floes de glace de plusieurs années, les bergy bits ou les bourguignons (fragments d'icebergs), suffisamment tôt pour éviter une collision. Un radar à vitesse plus élevée, combiné à un processeur de radar numérique, permet d'augmenter considérablement les probabilités de détecter de petites cibles (Rutter 2005).

En 2006, le CDT a retenu les services d'un entrepreneur pour l'élaboration d'un progiciel de conversion pour un radar maritime

disponible dans le commerce à utiliser comme scanner haute vitesse dans un système radar de pointe à prix abordable. Un scanner radar Bridgemaster E en bande X a été modifié pour obtenir une cadence de 30, 60 et 120 tours/minute. Il a ensuite été mis à l'essai en fonctionnement continu et sous des conditions de vent atteignant 180 km/h (Massicotte, 2008). En juin 2007, le scanner haute vitesse a été installé à bord du NGCC *Henry Larsen* et relié au système d'affichage du radar de détection des glaces dangereuses.

Du 4 au 12 juillet 2007, le système a été évalué dans le cadre d'essais dédiés effectués à bord du brise-glace, entre St. John's (T.-N.-L.) et Iqaluit (Nunavut) (voir la figure 8). Pendant le voyage vers le nord, le brise-glace a rencontré quelques icebergs, des bourguignons et des bergy bits. Les baies d'Hudson et Frobisher présentaient des concentrations de 3/10 à 5/10 de glace épaisse de première année avec des plaques de glace de plusieurs années. Il y avait une banquise côtière depuis le chenal Pike-Resor jusqu'à l'arrivée à Iqaluit.

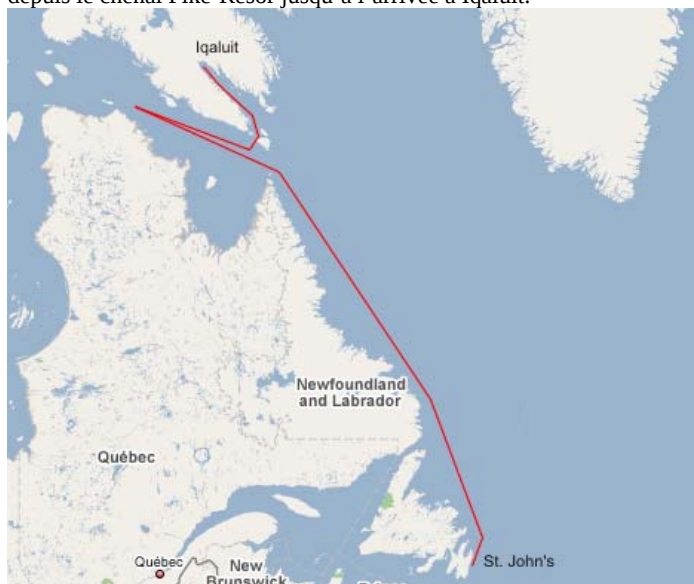


Figure 8 – Carte représentant la route suivie pour le deuxième essai

Le radar haute vitesse, combiné à des techniques de traitement perfectionnées comme le moyennage de balayages successifs (jusqu'à 128 balayages radar consécutifs), était en mesure de détecter de grosses cibles comme des navires et des icebergs à de plus grandes distances que le radar classique. Lorsqu'il tournait à 120 tours/minute, le radar arrivait à détecter des bergy bits et des bourguignons d'icebergs en décomposition à plus de trois milles marins (points plus petits sur la figure 9). Le radar classique ne pouvait pas détecter les bourguignons à une distance supérieure à environ 0,5 NM.

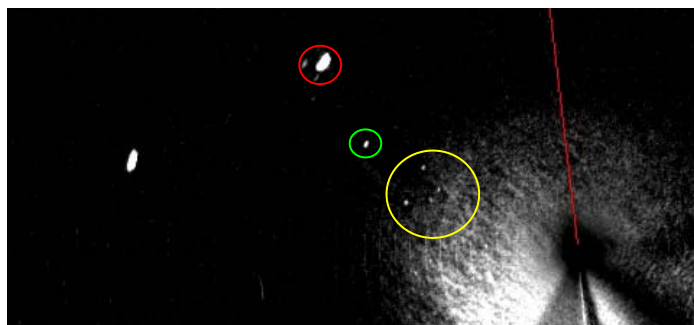


Figure 9 – Image de deux icebergs, d'un bergy bit et de bourguignons. L'iceberg le plus proche se trouve à 3,6 NM. Le bergy bit (au centre) est à 2,75 NM. Quant au groupe de bourguignons, les distances varient

de 2 à 1,5 NM du navire. Le vent souffle à 10 nœuds.

Les floes sont plus évidents sur les images du radar de détection des glaces dangereuses que sur celles du radar classique en bande X, particulièrement lorsqu'on utilise de courtes impulsions radar (comparer les figures 10 et 11). Le capitaine Broderick a fait le commentaire suivant : « Le radar de détection des glaces offrait un avantage considérable pour la navigation dans une mer envahie d'icebergs lorsque la visibilité était réduite. De façon constante, nous pouvions détecter les icebergs à une plus grande distance avec le détecteur des glaces. Cela nous donnait plus de temps pour déterminer la meilleure route permettant de traverser de grandes concentrations de glaces. En outre, nous étions en mesure de distinguer la taille des icebergs et des bergy bits. Nos radars de navigation ne nous permettaient pas d'obtenir une détection à grande distance, ni une résolution et une définition comparables. Mes commentaires à l'endroit de la version de cette année du projet de radar seront très élogieux et j'espère que nous pourrions continuer à améliorer le dispositif actuel. »



Figure 10 – Image du chenal Pike-Resor, obtenue au moyen du radar en bande X.

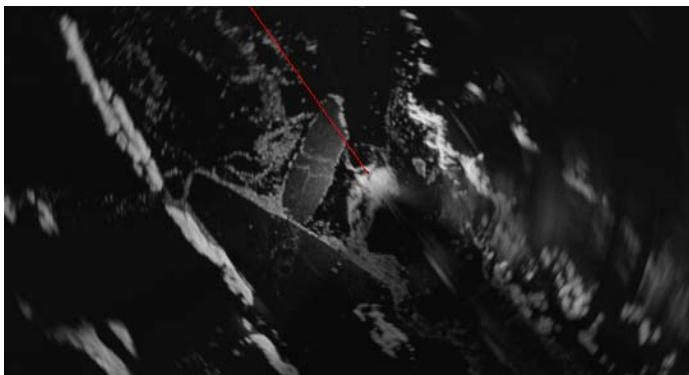


Figure 11 – Image des glaces dans le chenal Pike-Resor, obtenue au moyen du radar de détection des glaces dangereuses.

ESSAI EN HIVER, MARS 2008

Un troisième essai pratique a eu lieu du 20 au 26 mars 2008, au large de la côte nord-est de Terre-Neuve. Cet essai avait pour but d'évaluer le système de détection des glaces dans des conditions hivernales (voir la figure 12). L'essai a été réalisé dans divers régimes de glaces, de la banquise côtière à une concentration de plus de 9/10 d'un mélange de glace moyenne et épaisse de première année sous une pression considérable.

Après un an et demi d'utilisation du système, il paraissait évident que le radar de détection des glaces dangereuses était devenu un outil faisant partie intégrante du système de navigation pour l'équipe de la passerelle. Les utilisateurs étaient en mesure de se servir du système

avec facilité et en toute confiance. Ils l'ont également trouvé utile pour comparer les images radar aux images satellites de la zone, afin de trouver des chenaux en eau libre au-delà de la portée du radar. En outre, le système se révèle utile pour escorter des navires de taille et de capacités diverses, particulièrement lorsque la visibilité est médiocre.

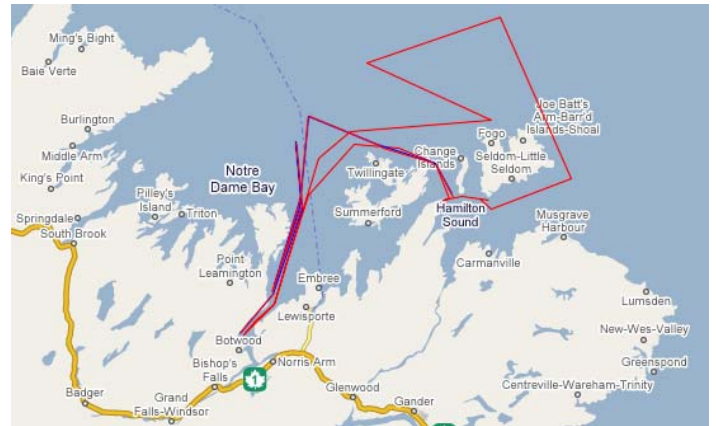


Figure 12 – Carte représentant la route suivie pour le troisième essai.

Les images et les photographies suivantes illustrent l'utilité du radar lors d'opérations d'escorte. Le NGCC *Henry Larsen* (figures 13 et 14) ouvre une voie dans la banquise consolidée sur une distance de quatre milles marins (4 NM) pour attendre la banquise côtière dans le chenal menant à Botwood. L'hélicoptère a effectué une reconnaissance de l'état des glaces pour évaluer la situation.



Figure 13 – Banquise consolidée au large de l'entrée de Botwood.

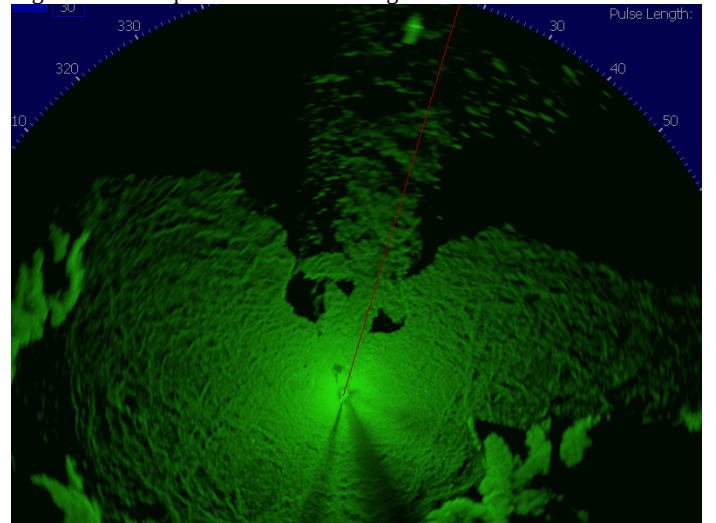


Figure 14 – Brise-glace ouvrant une large voie à travers la glace en

fragments au large de l'entrée de Botwood. Le navire escorté est en haut de l'image. On aperçoit les débris de glace qui sont emportés par le courant.

Pendant qu'un navire de charge était escorté vers Botwood, un autre navire s'apprêtait à partir. Au large, comme la glace était sous pression, le radar de détection des glaces dangereuses s'est avéré essentiel pour trouver des chenaux d'eau libre à travers la glace (figure 15).



Figure 15 – Le capitaine et le capitaine en second cherchent des chenaux à l'aide du radar.

Les figures 16 et 17 permettent de comparer les images du radar amélioré et du radar classique.

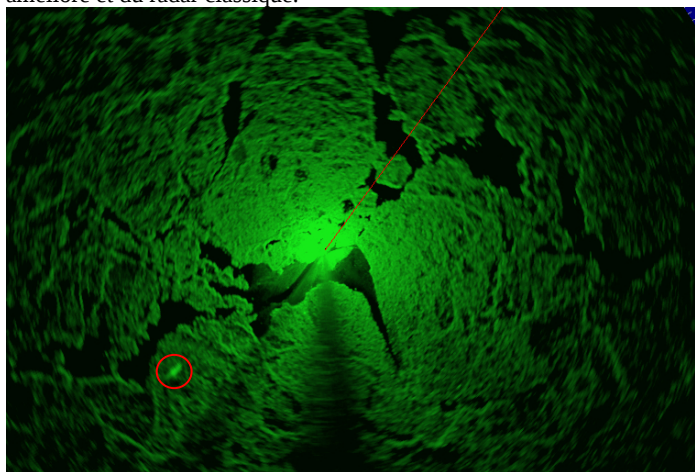


Figure 16 – Escorte d'un navire de charge (encerclé) dans des chenaux en eau libre, apparaissant comme des zones noires sur l'image.

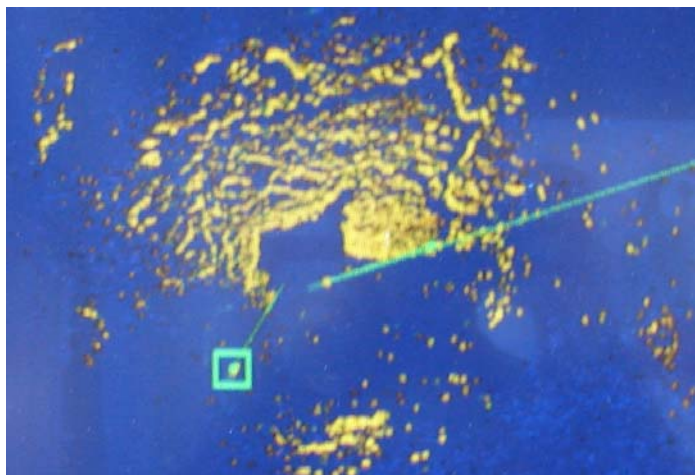


Figure 17 – Escorte d'un navire de charge (dans le carré) sur l'image d'un radar en bande X.

La navigation de nuit peut être difficile à l'aide de projecteurs et de radars dans de la glace sous pression (figures 18 et 19). Deux petits navires de pêche sont restés coincés dans la glace après avoir suivi la route d'un plus gros navire. Le brise-glace a pu se rendre sans problème jusqu'aux navires, puis les a escortés un à la fois jusqu'à la lisière des glaces.

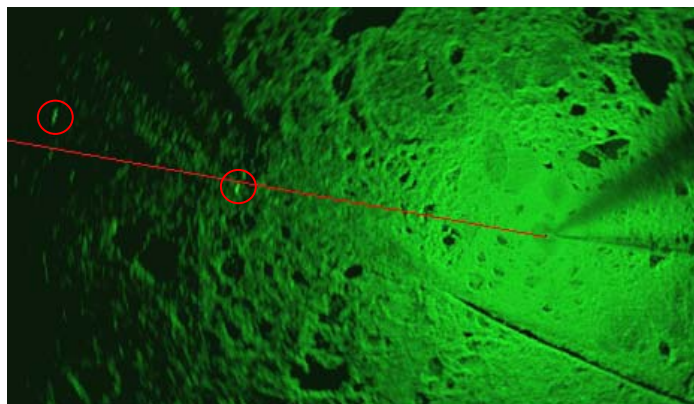


Figure 18 – Image de deux petits navires de pêche qui doivent être escortés.



Figure 19 – Navire de pêche coincé, éclairé par le projecteur d'un brise-glace, dont la proue est visible à droite à l'avant-plan; le deuxième navire apparaît comme une faible lueur au loin.

CONCLUSION

Les essais ont facilité l'évaluation de la performance et de la robustesse du logiciel et du matériel dans de réels contextes opérationnels. Les réactions des utilisateurs concernant la fonctionnalité et l'efficacité opérationnelle du système ont été recueillies à plusieurs étapes de l'élaboration et des essais. Cette rétroaction a permis d'identifier quelques fonctions et aspects techniques qu'il faudrait améliorer.

Le système radar de détection des glaces dangereuses fournit des images très détaillées de l'état des glaces de mer à proximité du navire, permettant ainsi de contourner des zones difficiles et, ce faisant, de réaliser des économies de temps et de carburant tout en réduisant au minimum les risques d'endommager le navire.

Le scanner radar haute vitesse permet également de détecter des glaces

de petite taille, dans diverses conditions en mer, beaucoup plus tôt qu'il n'est possible avec les systèmes radar classiques et la détection visuelle. Au cours de l'été, il fait jour pendant 24 heures dans l'Arctique. Toutefois, des épisodes de brouillard, de neige et de visibilité réduite sont assez fréquents. Il est possible de réduire les risques de dommages aux navires, pourvu que l'on détecte les glaces dangereuses assez tôt pour les éviter. La figure 20 illustre de nombreux icebergs et bergy bits au large de la côte du Groenland.

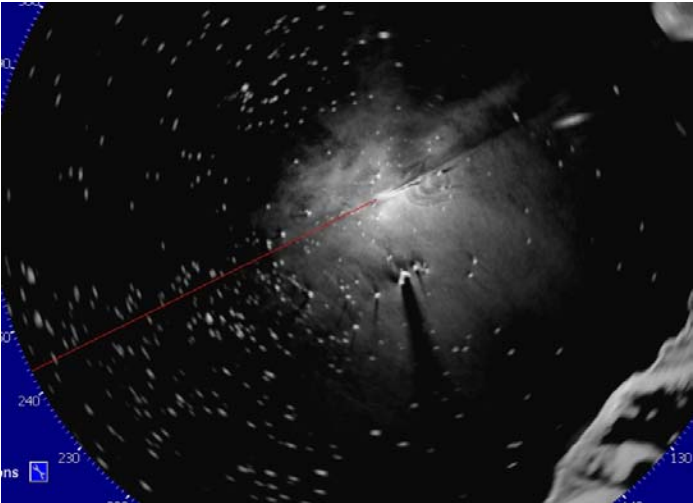


Figure 20 – Image du « couloir d’icebergs » sur une distance de trois milles.
Le tableau suivant (figure 21) indique la taille la taille des glaces détectées et la distance à laquelle elles sont visibles sur le radar classique et le radar amélioré, pour des vents de 10 à 15 nœuds. Pendant les essais du scanner radar haute vitesse, le navire n’a pas été soumis à des mers agitées.

Type de glace	Taille (hauteur au-dessus du niveau de la mer)	Distance à laquelle les glaces sont visibles sur le radar de détection des glaces dangereuses	Distance à laquelle les glaces sont visibles sur le radar en bande X
Bergy bit	1 à 5 m	> 4 NM	1 à 0,5 NM
Bourguignon	< 1 m	> 2 NM	< 0,5 NM

Figure 21 – Comparaison des capacités de détection des glaces dangereuses.

La technologie a démontré qu’il s’agissait d’une amélioration importante par rapport au radar maritime classique.

REMERCIEMENTS

Des remerciements s’adressent particulièrement aux capitaines, aux officiers et à l’équipage du NGCC *Henry Larsen* qui ont accordé leur appui entier au projet et aux essais. L’appui des Services techniques de la GCC à St. John’s a été primordial pour la réussite du projet.

Charles Gautier, du Centre de développement des transports de Transports Canada, a apporté un important soutien technique pendant toute la durée du projet, contribuant ainsi à faire de ce projet une réalité.

L’ITICC, la Direction générale de la sécurité maritime dans l’Arctique de Transports Canada, le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE) et la Garde côtière canadienne ont été les principales sources de financement pour ce projet, auquel ont également participé le Centre d’hydraulique canadien, le Service canadien des glaces d’Environnement Canada et Enfotec Technical Services.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Garde côtière canadienne, Programme de déglçage, *Ice Navigation in Canadian Waters = Navigation dans les glaces en eaux canadiennes*, 1999, Cat. No. T31-73/199E, ISBN 0-660-17873-7, Ottawa, Ontario, Canada.

Massicotte C., Innovation maritime, *Spécification de modification d'un scanner haute vitesse*, TP 14731F, 2007, Rimouski, Québec, Canada.

Rutter Technologies Inc., *Iceberg detection performance analysis*, TP 14391E, 2005, St. John’s, Terre-Neuve-et-Labrador, Canada.

Sicom Systems Ltd., *Cross-polarized radar system*, TP 13263E, 1998, Fonthill, Ontario, Canada.

Sigma Engineering Limited, *RSi4000 validation tests*, TP 14203E, 2003, St. John’s, Terre-Neuve-et-Labrador, Canada.

Timco, G.W., Gorman, B., Falkingham, J. et O’Connell B., 2005 *Scoping Study: Ice Information Requirements for Marine Transportation of Natural Gas from the High Arctic*, Rapport du CHC-CNRC CHC-TR-029, 2005, Ottawa, Ontario, Canada

Timco G.W., Kubat, I., Johnston, M.E., O’Connell, B. et Carrieres T. 2008, *The CCTII Arctic Transportation Project*. Compte rendu du Symposium de l’AIRH sur les glaces, Vancouver, C.-B., Canada (sous presse), Ottawa, Ontario, Canada.