



LE PROJET DE BRISE-GLACE POLAIRE : ANALYSE FINANCIÈRE



BUREAU DU DIRECTEUR PARLEMENTAIRE DU BUDGET
OFFICE OF THE PARLIAMENTARY BUDGET OFFICER

Le directeur parlementaire du budget (DPB) appuie le Parlement en fournissant des analyses économiques et financières dans le but d'améliorer la qualité des débats parlementaires et de promouvoir une plus grande transparence et responsabilité en matière budgétaire.

Ce rapport présente une estimation indépendante des coûts des phases de développement et d'acquisition relatives au projet de brise-glaces polaires. Ce projet vise à remplacer la flotte actuelle de brise-glaces lourds de la Garde côtière canadienne par deux nouveaux brise-glaces lourds construits selon des spécifications modernes.

Analyste principal :

Christopher E. Penney, conseiller-analyste

Collaborateurs :

Eskandar Elmarzougui, analyste principal

Ce rapport a été préparé sous la supervision de :

Jason Jacques, directeur général

Nancy Beauchamp, Marie-Eve Hamel Laberge et Rémy Vanherweghem ont contribué à la préparation du rapport pour publication.

Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez nous rejoindre à l'adresse dpb-pbo@parl.gc.ca.

Yves Giroux

Directeur parlementaire du budget

Table des matières

Résumé	1
1. Introduction	3
2. Estimations	5
2.1. Données et méthodologie	5
2.2. Échéances présumées	6
2.3. Coûts totaux du projet	7
2.4. Analyse de sensibilité	8
2.5. Incertitude inhérente à la modélisation	9
Annexe A: Modélisation des coûts accessoires	11
A.1 Modélisation des coûts de gestion de projet	12
A.2 Modélisation des coûts de conception	13
Annexe B: Modélisation des coûts d'acquisition	14
B.1 L'approche analogique	15
Notes	20

Résumé

Le projet de brise-glace polaire, lancé par le gouvernement du Canada en 2008, vise à remplacer la flotte actuelle de brise-glaces lourds de la Garde côtière canadienne, notamment le navire vieillissant de la Garde côtière canadienne (NGCC) *Louis S. St-Laurent*, par une nouvelle classe de brise-glaces lourds modernes. À l'heure actuelle, le projet de brise-glace polaire prévoit l'acquisition de deux nouveaux navires; l'un sera construit au chantier naval de Vancouver et l'autre au Chantier Davie Canada Inc., après approbation de l'inclusion de ce dernier à titre de partenaire dans le cadre de la Stratégie nationale de construction navale du gouvernement fédéral.

Les récentes initiatives d'approvisionnement en navires du gouvernement du Canada et les priorités concurrentes des chantiers navals partenaires portent le DPB à croire que la construction du premier des deux navires débutera au cours de l'exercice 2023-2024 et que le second sera mis en chantier au cours de l'exercice 2024-2025. La livraison de ces navires est attendue pour 2029-2030 et 2030-2031, respectivement.

La dernière estimation rendue publique par le gouvernement pour le projet de brise-glace polaire remonte à 2013. Le coût d'approvisionnement initial d'un seul navire avait alors été estimé à 1,3 milliard de dollars.

Ce rapport présente une estimation indépendante du projet de brise-glace polaire. Nous incluons tous les coûts applicables des phases de développement et d'acquisition et nous effectuons une analyse de sensibilité pour chiffrer les répercussions financières d'un retard d'une année ou de deux dans la mise en chantier.

Afin de produire des estimations pour chacune de ces catégories de coûts, nous employons une combinaison de modèles. Nous adoptons, en particulier, une approche analogique fondée sur trois programmes d'approvisionnement et y intégrons les résultats d'une analyse de régression paramétrique.

Le tableau 1 du résumé présente les principaux résultats de l'analyse. Le coût total du projet est estimé à environ 7,25 milliards de dollars, soit des coûts de gestion de projet de 346 millions de dollars, des coûts de conception de 820 millions de dollars et des coûts d'acquisition de 6,1 milliards de dollars. Des retards d'une année ou de deux feraient augmenter le coût total du projet de 235 millions de dollars ou 472 millions de dollars, respectivement.

Tableau 1 du résumé

Projet de brise-glace polaire – estimations des coûts

<i>En millions de \$</i>	Estimation	Retard de 1 an	Retard de 2 ans
Gestion de projet	346	376	405
Conception	820	829	839
Acquisition	6 082	6 278	6 475
Total	7 248	7 483	7 720

Source : Calculs du DPB.

Notes : Tous les montants sont en dollars nominaux et excluent les taxes applicables.

1. Introduction

Le projet de brise-glace polaire, lancé par le gouvernement du Canada en 2008, vise à remplacer la flotte actuelle de brise-glaces lourds de la Garde côtière canadienne, notamment le navire vieillissant de la Garde côtière canadienne (NGCC) *Louis S. St-Laurent*, par une nouvelle classe de brise-glaces lourds modernes. Au départ, le projet consistait à construire un seul brise-glace polaire dont le coût était évalué à 720 millions de dollars et qui devait être prêt à mettre en service en 2017¹. Il a été reporté par la suite afin de permettre au chantier partenaire, Vancouver Shipyards (VSY), d'achever les travaux entrepris dans le cadre du programme de navire de soutien interarmées de la Marine royale canadienne. De nouvelles difficultés entourant l'approvisionnement des navires de soutien interarmées ont retardé davantage le projet de brise-glace polaire, de sorte qu'un programme de radoub de prolongation de durée a dû être mis en place pour le NGCC *Louis S. St-Laurent*².

À l'heure actuelle, le projet de brise-glace polaire prévoit l'acquisition de deux nouveaux navires, dont l'un sera construit au chantier naval VSY et l'autre au Chantier Davie Canada Inc., après approbation de l'inclusion de ce dernier à titre de partenaire dans le cadre de la Stratégie nationale de construction navale du gouvernement fédéral.

Les récentes initiatives d'approvisionnement en navires du gouvernement du Canada et les priorités concurrentes des chantiers navals partenaires portent le DPB à croire que la construction du premier des deux navires débutera au cours de l'exercice 2023-2024 et que le second sera mis en chantier au cours de l'exercice 2024-2025. La livraison de ces navires est attendue pour 2029-2030 et 2030-2031, respectivement.

La dernière estimation rendue publique par le gouvernement pour le projet de brise-glace polaire remonte à 2013. Le coût d'approvisionnement initial d'un seul navire avait alors été revu à la hausse (1,3 milliard de dollars).

Ce rapport présente une estimation indépendante du projet de brise-glace polaire. Nous incluons tous les coûts applicables des phases de développement et d'acquisition. Nous évaluons en particulier les coûts pour chacune des catégories suivantes :

- la gestion de projet gouvernementale pour les phases de développement et d'acquisition;
- la conception;
- les études, les analyses et le soutien technique;
- l'acquisition, y compris le coût des pièces de rechange initiales;
- les tests, essais et évaluations de système.

Afin de produire des estimations pour chacune de ces catégories de coûts, nous avons employé une approche analogique basée sur plusieurs programmes d'approvisionnement antérieurs et contemporains, notamment le programme de navire de patrouille extracôtier et de l'Arctique (NPEA), le programme de navire de soutien interarmées (NSI) et le programme de navire de soutien de la classe Lewis and Clark des forces navales des États-Unis. L'intégration ultérieure des résultats d'une analyse de régression nous a permis d'établir une projection des coûts finaux du programme.

Encadré 1 : Caractéristiques du brise-glace polaire

Poids en charge	23 500 tonnes
Longueur	150 m
Largeur	28 m
Vitesse de pointe	18+ nœuds
Équipage	100 (équipage et personnel)
Propulsion	Diesel-électrique
Cote glace	Classe polaire 2+
Hélicoptères	2

Source : Ministère des Pêches et des Océans

2. Estimations

Le projet de brise-glace polaire en est à sa phase de développement. Le premier des deux navires prévus devrait être mis en chantier en 2023-2024. Par conséquent, les échéanciers, les spécifications du projet et, dans une moindre mesure, les caractéristiques du navire peuvent encore changer. Les estimations présentées dans cette section sont adaptées aux spécifications fournies au DPB par le ministère des Pêches et des Océans (MPO) en date d'avril 2021. La section 2.4 présente les résultats d'une analyse de sensibilité, et la section 2.5 fait état des résultats d'une simulation Monte-Carlo qui permet de tenir compte de l'incertitude inhérente à la modélisation.

Il est plus difficile d'évaluer les coûts de grands brise-glaces polaires que de navires militaires, parce qu'il n'existe pas beaucoup de navires aux caractéristiques et capacités similaires. Ceux qui sont actuellement en service tendent à être anciens et destinés à être remplacés dans un proche avenir. La construction du NGCC *Louis S. St-Laurent*, par exemple, remonte à la deuxième moitié des années 1960, et les brise-glaces de classe polaire des États-Unis datent du milieu des années 1970. La garde côtière des États-Unis a mis sur pied un programme de garde-côte polaire pour le remplacement de ses brise-glaces de classe polaire vieillissants³.

Compte tenu de l'absence de données antérieures directement comparables sur des brise-glaces dont la taille et le profil des capacités s'apparentent à ceux du brise-glace polaire à construire, nous avons examiné différents programmes d'approvisionnement antérieurs et contemporains pour des navires qui correspondent à la taille, mais non à la mission, ou l'inverse, pour fonder notre évaluation des coûts⁴. La section 2.1 contient des détails concernant les données de base utilisées dans cette étude ainsi que les méthodes employées pour produire une estimation des coûts du projet de brise-glace polaire.

2.1. Données et méthodologie

Pour les besoins de cette analyse, les coûts totaux du projet de brise-glace polaire sont répartis en deux catégories : coûts accessoires et coûts d'acquisition. Ces coûts sont évalués séparément.

Une brève description des données de base et de la méthodologie employée dans cette étude suit. Ces éléments sont approfondis aux annexes A et B.

Coûts accessoires

Les coûts accessoires englobent toutes les activités associées au projet qui ne sont pas directement liées à la construction. Ils comprennent la gestion de projet gouvernementale pour la phase de développement du projet, la

gestion de projet pendant la phase d'acquisition et les coûts de la conception.

Nous fondons nos estimations des coûts de gestion de projet du gouvernement sur les dépenses de gestion de projet réelles et prévues dans le cadre du programme de NPEA, en les rajustant pour tenir compte de l'inclusion d'un chantier naval additionnel. Les coûts de conception sont projetés en utilisant la relation entre les coûts de conception du NPEA et son poids léger.

Coûts d'acquisition

Les coûts d'acquisition comprennent toutes les activités de construction ainsi que les dépenses consacrées aux études, aux analyses et au soutien technique initiaux, aux pièces de rechange initiales, et aux tests, essais et évaluations de système.

Nos estimations des coûts de construction du projet de brise-glace polaire reposent sur trois programmes d'approvisionnement analogues : les programmes de NPEA et de NSI de la Marine royale canadienne et le programme de navire de ravitaillement en mer de la classe Lewis and Clark des États-Unis. Afin d'établir un coût d'acquisition estimatif pour le projet de brise-glace polaire, nous avons transposé les coûts du *premier navire*⁵ de chacun des trois programmes analogues à une année de référence commune, puis avons appliqué un facteur de progression pour tenir compte des différences de poids léger entre les navires analogues et le brise-glace polaire. Pour ce qui est du navire analogue des États-Unis (le navire de la classe Lewis and Clark), nous avons effectué des rajustements additionnels pour tenir compte des différences de productivité de la main-d'œuvre, de coût de la main-d'œuvre et de taux de change entre les États-Unis et le Canada.

Pour compléter les estimations obtenues des trois programmes d'approvisionnement analogues, nous avons produit une quatrième estimation fondée sur une étude d'Arena et coll.⁶ qui établit une corrélation entre les coûts d'acquisition de navires militaires et auxiliaires, d'une part, et les caractéristiques des navires, d'autre part, notamment le poids léger, la classe et la densité énergétique. L'estimation finale du coût d'acquisition correspond à la moyenne du coût des quatre modèles.

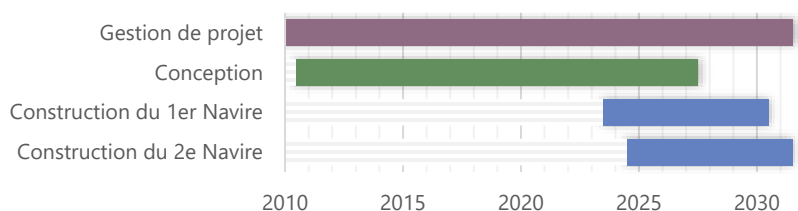
2.2. Échéances présumées

La figure 2-1 illustre le profil estimatif de l'avancement du projet de brise-glace polaire d'après les calculs du DPB et les renseignements obtenus du ministère des Pêches et des Océans, en tenant compte de l'expérience acquise dans le cadre du projet jusqu'à présent.

Le DPB présume que des dépenses importantes de gestion de projet ont commencé au cours de l'exercice 2009-2010. Ces activités se poursuivront

jusqu'à la livraison du dernier navire en 2030-2031. Il suppose que les activités de conception ont été amorcées peu après le début du programme et qu'elles prendront fin d'ici l'exercice 2026-2027. La construction du premier navire au chantier VSY devrait débuter en 2023-2024, et celle du second navire au Chantier Davie l'année suivante. La livraison de ces navires devrait avoir lieu en 2029-2030 pour le premier et en 2030-2031 pour le second.

Figure 2-1 Échéances du projet de brise-glace polaire



Sources : Calculs du DPB, ministère des Pêches et des Océans (MPO).

Note : L'axe horizontal représente les exercices financiers.

Les coûts relatifs à chaque catégorie ne sont pas répartis uniformément au cours de ces périodes. Nous avons réparti les coûts réels estimatifs entre les échéances en nous fondant sur l'expérience et les profils de dépenses prévus du programme de NSI. Ces coûts réels sont ensuite majorés de l'inflation à l'échelle de l'économie et, lorsqu'il y a lieu, de l'inflation spécifique à la construction navale afin de produire l'estimation finale des coûts du programme.

2.3. Coûts totaux du projet

Le coût estimatif du projet de brise-glace polaire est d'environ 7,25 milliards de dollars. Le tableau 2-1 présente une ventilation des éléments de coût du projet. Les coûts de gestion de projet des phases de développement et d'acquisition totalisent 346 millions de dollars. Les coûts de conception sont évalués à 820 millions de dollars. Les coûts d'acquisition, y compris tous les coûts liés à la construction, se chiffrent à environ 6,1 milliards de dollars.

Tableau 2-1 Coûts totaux du projet

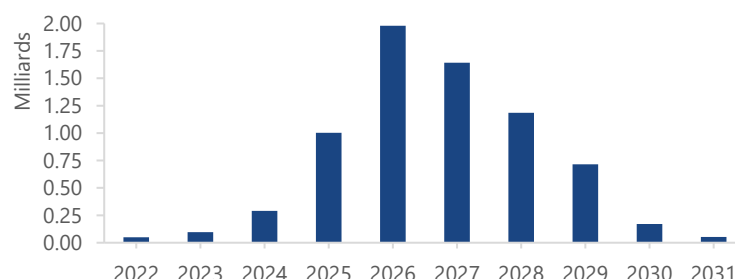
<i>En millions de \$</i>	Gestion de projet [†]	Conception	Acquisition	Total
Estimation ponctuelle	346	820	6 082	7 248

Sources : DPB et MPO.

Notes : [†] La catégorie « Gestion de projet » inclut le coût des phases de développement et d'acquisition du projet de brise-glace polaire.

Tous les coûts excluent les taxes applicables.

La figure 2-2 illustre le profil des dépenses du projet au fil du temps. Les dépenses augmentent en flèche à compter des exercices 2023-2024 et 2024-2025, au moment de la mise en chantier des deux navires, pour atteindre un sommet en 2025-2026. Les dépenses de projet diminuent progressivement vers la fin du cycle de construction, qui se termine par la dernière livraison en 2030-2031. Étant donné que le profil des dépenses présenté ici a été établi selon la comptabilité de caisse, il ne correspondra pas aux états financiers du gouvernement, qui sont présentés selon la comptabilité d'exercice.

Figure 2-2 Dépenses de projet au fil du temps, 2022-2031

Source : Calculs du DPB.

Notes : L'axe horizontal représente les exercices financiers.
Les dépenses des années antérieures ont été omises.

2.4. Analyse de sensibilité

Nous avons effectué une analyse de sensibilité afin de déterminer les répercussions financières d'un retard d'une année ou de deux. Nous avons supposé que le début de la construction était retardé pour les deux navires sur chaque chantier naval partenaire, et que le même retard touchait les coûts de conception. Nous tenons pour acquis que les coûts de gestion de projet augmentent en termes réels dans les deux scénarios de retard, et que le gouvernement continue de gérer le programme jusqu'à la fin.

Le tableau 2-2 montre les résultats de l'analyse de sensibilité. Un retard d'un an se traduit par une augmentation totale de 235 millions de dollars; un retard de deux ans entraîne une hausse de coûts de 472 millions de dollars.

Tableau 2-2 Analyse de sensibilité : retards d'une année ou de deux

<i>En millions de \$</i>	Estimation	Retard de 1 an	Retard de 2 ans
Gestion de projet	346	376	405
Conception	820	829	839
Acquisition	6 082	6 278	6 475
Total	7 248	7 483	7 720

Source : Calculs du DPB.

Notes : Tous les montants sont en dollars nominaux et excluent les taxes applicables.

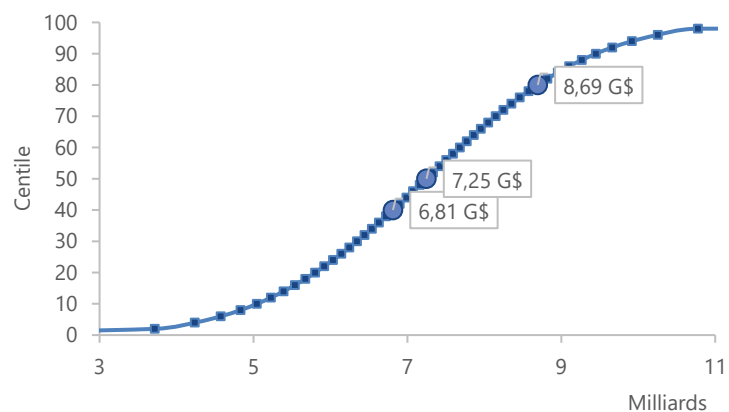
2.5. Incertitude inhérente à la modélisation

En ce qui concerne la principale catégorie de coûts de l'estimation des coûts totaux du projet, soit les coûts d'acquisition, nous avons employé diverses méthodes de calcul : trois programmes analogues, dont deux sont des programmes d'approvisionnement canadiens en cours et l'autre est un programme passé des forces navales des États-Unis, et une analyse de régression fondée sur des données antérieures concernant la construction de navires militaires aux États-Unis. La moyenne de ces diverses estimations a ensuite été utilisée comme estimation ponctuelle des coûts d'acquisition. Afin de tenir compte de l'incertitude inhérente à la modélisation que comporte cette approche, nous avons calculé une répartition des coûts totaux du projet en fonction de la variance des estimations constitutantes.

La figure 2-2 présente les résultats de ce calcul. Le 50^e centile correspond au coût le plus vraisemblable du projet (voir l'estimation ci-dessus des dépenses de projet totales). Le coût le plus faible est de 6,81 milliards de dollars, au 40^e centile de la répartition des coûts totaux du projet, et le coût le plus élevé, au 80^e centile, s'établit à 8,69 milliards de dollars. Ainsi, l'imprécision de la modélisation peut expliquer des dépenses totales inférieures de 0,4 milliard de dollars, ou supérieures de 1,4 milliard de dollars, par rapport à l'estimation ponctuelle principale de 7,25 milliards de dollars.

Figure 2-3

Répartition cumulative des coûts totaux du projet



Source : Calculs du DPB.

Note : Les 40^e, 50^e et 80^e centiles sont mis en relief.

Annexe A: Modélisation des coûts accessoires

Les coûts accessoires comprennent les coûts de conception et de gestion de projet. Ces deux catégories de coûts sont fondées sur le programme de NPEA. Bien que ce programme ne soit pas terminé, deux navires ont déjà été livrés à la Marine royale canadienne, et les coûts de conception sont entièrement connus. Nous supposons, sur la base des dépenses encourues, que les projections de coûts pour les activités de gestion de projet du gouvernement sont exactes.

Nous avons évalué séparément les coûts de gestion de projet et de conception. Les sections qui suivent décrivent les différents modèles successivement. Lorsqu'il y a lieu, les projections concernant l'inflation économique sont basées sur l'indice des prix à consommation (IPC) projeté du DPB⁷.

A.1 Modélisation des coûts de gestion de projet

Nous avons réparti les coûts de gestion de projet du NPEA sur la durée de vie du projet en utilisant une répartition des coûts basée sur celle du programme de NSI. Nous avons converti les coûts répartis à l'exercice 2019-2020 et les avons additionnés afin d'obtenir une estimation des coûts réels en dollars de 2019-2020. Nous avons dérivé ensuite une répartition théorique des coûts de gestion de projet des brise-glaces calquée sur la répartition des coûts du NSI et correspondant au profil des dépenses réelles du projet de NPEA. Par la suite, nous avons défalqué les dépenses de gestion de projet déjà engagées dans le cadre du projet de brise-glace des coûts totaux de gestion de projet du programme de NPEA. Les coûts ainsi obtenus ont ensuite été répartis sur la durée de vie prévue du projet de brise-glace polaire. Nous avons ensuite majoré les coûts répartis de l'IPC projeté du DPB et de l'inflation spécifique à la construction navale, puis les avons ajoutés aux dépenses déjà engagées dans le cadre du projet de brise-glace. Enfin, nous avons appliqué un facteur de progression d'environ 41,4 %⁸ pour tenir compte de l'inclusion d'un chantier naval additionnel.

A.2 Modélisation des coûts de conception

Le modèle des coûts de conception utilise les données antérieures sur les coûts de conception du programme de NPEA. Afin de bien transposer ces coûts antérieurs, nous les avons répartis sur une période de sept ans en fonction de la répartition des coûts du programme de NSI. Nous avons ensuite transposé ces dépenses à l'exercice 2019-2020. Compte tenu de la différence de taille entre le NPEA et les spécifications du brise-glace polaire, nous avons rajusté les coûts de conception en fonction du rapport entre le poids léger du brise-glace polaire et celui du NPEA. Les estimations ainsi obtenues ont ensuite été réparties selon une répartition théorique des coûts de conception du projet de brise-glace polaire⁹. Ces coûts ont ensuite été majorés en fonction de l'IPC du DPB pour tenir compte de l'inflation.

Annexe B: Modélisation des coûts d'acquisition

Les coûts d'acquisition comprennent toutes les activités de construction ainsi que les dépenses liées aux études, analyses et soutien technique initiaux, aux pièces de rechange initiales et aux tests, essais et évaluations de système. Nous avons employé deux approches complémentaires pour modéliser les coûts d'acquisition : l'une basée sur la modélisation analogique, l'autre sur la modélisation paramétrique.

La modélisation analogique est la principale méthode d'estimation des coûts des navires utilisée par le Congressional Budget Office des États-Unis¹⁰. Elle consiste à trouver un programme d'approvisionnement passé pour une classe de navires semblable à celle des navires à produire et dont les coûts sont entièrement connus. Cette approche utilise le coût par tonne métrique du navire analogue, puis le rajuste en fonction des différences de poids, de coûts de main-d'œuvre, de productivité et d'autres caractéristiques et capacités, afin d'évaluer le coût du brise-glace.

La modélisation paramétrique s'appuie sur un modèle développé par Arena et coll. (2006) qui permet d'estimer les coûts d'acquisition des navires militaires et auxiliaires en fonction des caractéristiques des navires, notamment le poids léger, la classe et la densité énergétique. Ces relations d'estimation des coûts sont adaptés aux spécifications du brise-glace polaire afin de produire une estimation hors échantillon.

L'estimation finale des coûts d'acquisition est ensuite basée sur la moyenne des estimations indépendantes résultant des modélisations.

Les détails de chaque approche de modélisation sont décrits successivement.

B.1 L'approche analogique

Rappelons que, faute de navires analogues directement comparables, nous avons choisi des programmes d'approvisionnement antérieurs et contemporains comme données de base pour établir nos estimations des coûts. Nous avons donc fondé notre approche analogique sur une série de navires ayant la bonne taille, mais la mauvaise mission, et l'inverse, de sorte que l'estimation repose sur des données adéquates. Nous avons ainsi recensé trois navires analogues : le NPEA et le NSI de la Marine royale canadienne, et le navire de ravitaillement en mer de la classe Lewis and Clark des États-Unis (désigné T-AKE).

Le navire de patrouille extracôtier et de l'Arctique

Le NPEA, comme son nom l'indique, est une classe de navires de patrouille armés ayant la capacité de mener des opérations armées de présence et de surveillance dans les eaux canadiennes, y compris dans l'Arctique. Comparativement aux spécifications du brise-glace polaire, il est plus petit et son profil de mission est différent, visant à mener des opérations de soutien, de patrouille et de souveraineté. Il possède toutefois la capacité de naviguer dans les glaces, ayant la classe polaire 5¹¹.

Encadré B.1 : Caractéristiques du NPEA

En service	2 navires actuellement en service
Poids en charge	6 427 tonnes
Longueur	103 m
Largeur	19 m
Vitesse de pointe	17 nœuds
Équipage	85 (équipage et personnel)
Propulsion	Diesel-électrique
Cote glace	Classe polaire 5+
Hélicoptères	1

Source : Ministère de la Défense nationale

Le navire de soutien interarmées

Le navire de soutien interarmées est un navire polyvalent pouvant soutenir les navires de guerre de la Marine royale canadienne en mer, notamment en les ravitaillant en combustible, en munitions et en provisions. Ce navire possède également la capacité de soutenir les forces à terre, grâce à ses

capacités de transport par mer. Bien que ses missions diffèrent de celles du brise-glace polaire, ses dimensions sont comparables et il peut être exploité dans des conditions de glace minimales. Une fois en service, le NSI possédera une certification polaire pour naviguer dans l'Arctique, au nord du 60^e parallèle.

Encadré B.2 : Caractéristiques du NSI

En service	Prévu pour 2025
Poids en charge	20 933 tonnes
Longueur	174 m
Largeur	24 m
Vitesse de pointe	20 nœuds
Équipage	239 (équipage et personnel)
Propulsion	Diesel-électrique
Cote glace	s. o., classe polaire à venir
Hélicoptères	6

Source : Ministère de la Défense nationale

Le navire de ravitaillement en mer de la classe Lewis and Clark

Le cargo de la classe Lewis and Clark est un navire de ravitaillement dont le profil de mission est semblable à celui du NSI. Construit aux États-Unis, le navire est exploité dans le monde entier pour soutenir les opérations militaires des États-Unis sur le théâtre et en mer. Il est beaucoup plus lourd que le brise-glace polaire.

Encadré B.3 : Caractéristiques du T-AKE

En service	14 navires de la classe en service
Poids en charge	41 700 tonnes
Longueur	210 m
Largeur	32 m
Vitesse de pointe	20 nœuds
Équipage	135 (équipage et personnel)
Propulsion	Diesel-électrique
Cote glace	s. o.
Hélicoptères	2

Source : Congressional Budget Office des États-Unis

Méthodologie analogique

Pour chacun des trois navires analogues, la première étape de l'établissement d'une estimation des coûts d'acquisition consiste à transposer les coûts du *premier navire de chaque programme d'approvisionnement* à une année de référence commune. Dans le cas du NPEA, nous avons choisi le deuxième navire de la classe et utilisé une courbe d'apprentissage inversée pour obtenir le coût théorique du premier navire. Nous avons transposé tous les coûts à l'exercice se terminant en 2020¹², en tenant compte de l'inflation économique¹³, de l'inflation spécifique à la construction navale¹⁴ et, si nécessaire, de l'inflation attribuable à l'amélioration des capacités entre générations¹⁵.

À l'étape suivante, il faut rajuster les coûts transposés en fonction des différences entre les caractéristiques des navires, en particulier la différence de poids léger. Ces chiffres sont divisés par le nombre de tonnes de poids léger pour obtenir une valeur équivalant au coût par tonne. Cette valeur est ensuite multipliée par le poids lège prévu du brise-glace polaire pour produire une estimation intermédiaire du coût de la phase d'acquisition.

Des rajustements doivent alors être effectués pour tenir compte de différences entre les juridictions respectives des chantiers navals. En particulier, le T-AKE a été construit aux États-Unis, de sorte qu'il faut tenir compte du coût de la main-d'œuvre, de la productivité et des taux de change.

Nous avons mesuré la différence des coûts de main-d'œuvre entre les deux pays en utilisant la rémunération totale par heure, qui comprend les traitements, les salaires et les cotisations sociales de l'employeur¹⁶. Pour mieux refléter les différences propres au secteur, nous avons calculé la rémunération horaire totale pour le secteur américain de la « Fabrication

d'autres types de matériel de transport », figurant dans le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) sous le code 3364OT¹⁷. Nous estimons que la rémunération totale moyenne des travailleurs américains dans ce secteur était de 57,02 \$ US l'heure au cours des années civiles de 2015 à 2019, contre 51,62 \$ CA l'heure pour les travailleurs canadiens. Nous avons corrigé à la baisse la part du coût de la main-d'œuvre pour les brise-glaces en utilisant un facteur de 0,91.

La productivité se mesure en calculant le produit intérieur brut (PIB) réel par heure¹⁸. Comme pour les coûts de main-d'œuvre, nous avons fait une estimation de la productivité pour le SCIAN 3364OT au cours des années civiles de 2015 à 2019 et l'avons utilisée pour avoir une approximation de la valeur en 2020. Nous avons établi une estimation de la productivité des travailleurs canadiens au cours de la même période. Les travailleurs canadiens du secteur de la « Fabrication d'autres types de matériel de transport » étaient moins productifs que leurs homologues américains selon un facteur de 0,59. C'est pourquoi nous avons ajusté à la hausse la part du coût du travail pour les brise-glaces en appliquant un facteur de 1,70¹⁹.

Ces calculs permettent d'obtenir un « coût unitaire de main-d'œuvre ». Nous avons utilisé ce facteur pour rajuster la proportion des coûts d'acquisition que représentent les coûts de main-d'œuvre. Le total des coûts de main-d'œuvre et de matériel a ensuite été rajusté en fonction du taux de change entre le dollar américain et le dollar canadien. Nous avons utilisé à cette fin le taux de change annuel moyen de l'exercice se terminant en 2020, soit 1,33²⁰.

La dernière étape du processus analogique d'estimation consiste à reporter les coûts selon la répartition des coûts d'acquisition prévus sur l'échéancier de construction présumé des deux brise-glaces polaires, puis à majorer les coûts ainsi répartis en fonction de l'IPC projeté du DPB et de l'inflation spécifique à la construction navale.

Méthodologie paramétrique

La modélisation paramétrique repose sur un modèle développé par Arena et coll. (2006) qui permet d'évaluer les coûts de construction d'un navire d'après ses caractéristiques de système²¹. Les relations d'estimation des coûts de cette régression nous ont permis d'évaluer le coût du brise-glace en fonction de son poids léger, de sa densité énergétique et de sa classe.

L'équation est la suivante :

$$\ln(C_9) = \beta_0 + \beta_1 \ln(LSW) + \beta_2 \ln(Densité\ énergétique) + \beta_3 Auxiliaire$$

Auxiliaire est une variable binaire utilisée pour déterminer si le navire est un navire auxiliaire, et l'indice « 9 » indique que c'est le 9^e navire construit. Les relations d'estimations des coûts, dans l'équation, ont été calculées en dollars de l'exercice 2005 aux États-Unis (qui va d'octobre à septembre).

Comme le modèle est conçu pour estimer le coût du 9^e navire – quand le chantier naval a franchi la partie la plus abrupte de la courbe d'apprentissage et les réductions de coût restantes sont beaucoup moins importantes –, nous avons rajusté le coût en tablant sur une courbe d'apprentissage standard de 85 %²².

Comme dans l'approche analogique, les coûts estimés obtenus pour le premier navire ont ensuite été majorés en prenant l'inflation économique et celle spécifique à la construction navale appliquées à l'exercice financier canadien 2019-2020. Nous avons ensuite procédé à des rajustements pour tenir compte des différences dans les coûts de main-d'œuvre et de productivité comme pour le T-AKE, le navire des forces navales américaines, dans l'approche analogique. Enfin, nous avons réparti les coûts de construction estimés sur le calendrier prévu pour les deux brise-glaces et les avons majorés en fonction de l'IPC projeté du DPB et de l'inflation spécifique à la construction navale afin d'évaluer les coûts de construction totaux des deux brise-glaces.

Notes

1. Nunatsiaq News, 2008, « Feds to replace old icebreaker », https://web.archive.org/web/20080303122736/http://www.nunatsiaq.com/news/nunavut/80229_964.html, consulté le 23 novembre 2021 [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT].
2. Le NGCC *Louis S. St-Laurent* doit faire l'objet de trois périodes de radoub de prolongation de durée au cours des années 2020.
3. Description du programme de garde-côte polaire, Garde côtière des États-Unis, <https://www.dcms.uscg.mil/Portals/10/CG-9/Acquisition%20PDFs/Factsheets/POLAR.pdf?ver=2017-10-10-125654-090>, consulté le 26 novembre 2021 [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT].
4. Cette pratique est conforme à l'approche employée dans les études de l'OTAN sur l'estimation des coûts d'approvisionnement en construction navale. Voir, par exemple, « NATO Independent Cost Estimating and the Role of Life Cycle Cost Analysis in Managing the Defence Enterprise » (Estimation indépendante des coûts de l'OTAN et rôle de l'analyse des coûts globaux de possession au sein de l'OTAN), OTAN SAS-076, 2012.
5. Il s'agit du premier navire achevé du programme d'approvisionnement. Dans le cas du NPEA, les données concernant le deuxième navire ont été utilisées pour évaluer le coût du premier navire, après application d'une courbe d'apprentissage inverse de 85 %.
6. M.V. Arena, I. Blickstein, O. Younossi, et C.A. Grammich, *Why Have Navy Ship Costs Risen?*, 2006. https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2006/RAND_MG484.pdf [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT].
7. L'IPC projeté est conforme au modèle des *Perspectives économiques et financières* du DPB, au 12 août 2021.
8. Pour effectuer ce calcul, on prend la racine carrée du nombre de chantiers navals participants pour rajuster le coût estimatif. K. Hartley et D. Braddon, « Collaborative Projects and the Number of Partner Nations », *Defence and Peace Economics*, vol. 25, n° 6, décembre 2014.
9. La répartition du coût de conception est fondée sur l'expérience antérieure du navire de soutien interarmées et du navire de combat canadien. Les coûts de la phase de conception précèdent généralement ceux de la phase de construction de trois ou quatre ans.
10. Congressional Budget Office, « How CBO Estimates the Cost of New Ships », avril 2018, <https://www.cbo.gov/system/files/115th-congress-2017-2018/reports/53785-cost-estimates-new-ships.pdf> [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT], et « An Analysis of the Navy's Fiscal Year 2017 Shipbuilding Plan », février 2017, <https://www.cbo.gov/sites/default/files/115th-congress-2017-2018/reports/52324-shipbuildingreport.pdf> [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT], consulté le 16 novembre 2021.
11. Voir : <https://www.naval-technology.com/projects/harry-dewolf-class-arcticoffshore-patrol-ships-aops/>, consulté le 26 novembre 2021 [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT].

12. Cet aspect n'est pertinent que pour les étapes intermédiaires du calcul, car les coûts finaux sont répartis sur le calendrier de construction et majorés en conséquence.
13. Les estimations de l'inflation économique sont conformes aux *Perspectives économiques et financières* du DPB, au 12 août 2021.
14. L'inflation spécifique à la construction navale est évaluée, conformément aux estimations du Congressional Budget Office des États-Unis, à 1,2 % par année de 2000 à 2016, à 0,9 % de 2016 à 2020 et à 1,2 % par année par la suite.
15. L'inflation entre les générations tient compte de l'amélioration des capacités entre générations de navires militaires. Dans cette analyse, elle n'est appliquée qu'au T-AKE, les programmes de NPEA et de NSI étant des programmes d'approvisionnement contemporains.
16. Nous avons utilisé la rémunération totale par secteur provenant des tableaux de Statistique Canada, qui sont plus à jour que les tableaux des ressources et des emplois.
17. Dans la classe « Fabrication de matériel de transport » se trouvent la « Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces » (SCIAN, 3664XX), la « Fabrication de matériel ferroviaire roulant » (SCIAN, 3354XX), la « Construction de navires et d'embarcations » (SCIAN, 3366XX) et la « Fabrication d'autres types de matériel de transport » (SCIAN, 3369XX); le « X » indique tous les secteurs d'activité couverts par ce code à 4 chiffres.

Le DPB a tenté d'estimer précisément le coût de la main-d'œuvre pour la « Construction de navires et d'embarcations » (SCIAN, 3366XX), mais plusieurs facteurs rendaient cette option moins fiable que d'autres. Premièrement, les données américaines pour ce code du SCIAN n'étaient disponibles que pour 2007 et 2012, ce qui compliquait toute projection ou comparaison pour les années plus récentes. Deuxièmement, les données correspondantes pour le Canada en 2012 ont coïncidé avec le début d'investissements importants dans la construction navale. Nous croyons que les données canadiennes pour cette année-là n'auraient pas été représentatives d'une année type pour ce qui est des coûts de la main-d'œuvre, de la productivité ou de la courbe d'apprentissage dans le secteur de la construction navale. Nous avons donc décidé d'utiliser le niveau d'agrégation le plus élevé suivant afin d'obtenir une approximation des données relatives au secteur de la construction navale.

Nous avons utilisé les données pour la période de 2015 à 2019 – la plus récente pour laquelle des données ordinaires étaient disponibles aux États-Unis et au Canada, et avons exclu les données de 2020 en raison de la pandémie.

18. Le PIB canadien par industrie est présenté aux prix de base, tandis que les États-Unis rapportent les prix du marché. Le DPB a utilisé l'écart entre le PIB total du Canada (prix du marché) et le PIB total du Canada pour toutes les industries (prix de base) pour ajuster le PIB par industrie afin de refléter les prix du marché. Le PIB enchaîné (2012) a été utilisé pour les deux pays, le PIB canadien étant converti en dollars américains à la parité de pouvoir d'achat (PPA) à l'aide d'un indice PPA. L'indice est consultable ici : OCDE (2021), Parités de pouvoir d'achat (PPA) (indicateur), doi : [10.1787/c0bc06bafr](https://doi.org/10.1787/c0bc06bafr), consulté le 25 octobre 2021.
19. Cela équivaut à 1 sur 0,59.
20. Calcul effectué au moyen des *Perspectives économiques et financières* du DPB.

21. M.V. Arena, I. Blickstein, O. Younossi, et C.A. Grammich, *Why Have Navy Ship Costs Risen?*, 2006.
https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2006/RAND_MG484.pdf [DISPONIBLE EN ANGLAIS SEULEMENT].
22. G.K. Mislick et D.A. Nussbaum, *Cost Estimation: Methods and Tools*, 2015.