



# Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité

---

Ottawa, Canada  
Le 28 février 2013  
[www.pbo-dpb.gc.ca](http://www.pbo-dpb.gc.ca)

Le directeur parlementaire du budget (DPB) a pour mandat de fournir au Parlement une analyse indépendante de l'état des finances nationales, des prévisions budgétaires de l'État et des tendances de l'économie. À la demande d'un comité ou d'un parlementaire, le DPB peut également évaluer le coût financier de toute proposition portant sur des questions qui relèvent de la compétence du Parlement.

Les députés de St. John's-Est et de Scarborough-Guildwood ont demandé au DPB une estimation indépendante des coûts du projet de navire de soutien interarmées (NSI). Le présent rapport a pour but de déterminer si les objectifs du projet des NSI peuvent être atteints dans les limites de l'enveloppe budgétaire établie.

Les estimations des coûts et les observations que renferme ce rapport constituent un ensemble de données préliminaire présenté à des fins de discussion. Des modifications peuvent y être apportées suivant la présentation au DPB de données financières et non financières détaillées par le ministère de la Défense nationale, par Travaux publics et Services gouvernementaux Canada et par les chantiers navals. Ces estimations et ces observations reflètent une vue d'ensemble à un moment précis dans le temps; elles ont été formulées à partir de quelques données de haut niveau provenant de documents publics. Il ne s'agit ni de conclusions au sujet du bien-fondé global des mesures législatives ni d'un aperçu des futurs coûts.

Les auteurs tiennent à remercier les membres du comité indépendant d'examen par les pairs de leurs observations judicieuses. Seuls les auteurs sont responsables des erreurs ou omissions.

#### **Comité indépendant d'examen par les pairs**

**Dr Daniel Nussbaum, CCEA®**

Professeur, Recherche sur les opérations  
Naval Postgraduate School

**Karen Richey**

Analyste principale des coûts  
Government Accountability Office

**Dr Eric Labs**

Analyste principal, Naval Weapons and Forces  
Congressional Budget Office

**Dr Norman Friedman**

Analyste de la technologie navale et historien  
U.S. Naval Institute

**Capitaine Per Bigum Christensen**

Directeur technique, Systèmes maritimes  
Organisme d'acquisition et de logistique en matière de défense du Danemark

#### **Examineur spécialisé**

**Arlene Minkiewicz, M.Sc.**

Scientifique en chef  
PRICE Systems

#### **Préparé par : Erin K. Barkel et Tolga R. Yalkin**

---

\* Les auteurs remercient Eric Wertheim, Andy Nicholls, ainsi que les nombreux experts navals qui ont bien voulu mettre à profit leurs connaissances; Peter Weltman, Sahir Kahn, Mostafa Askari, Jason Lee, de leurs précieux commentaires; Pat Brown, Jocelyne Scrim, de même Adam Pennell, pour leur appui. Les auteurs assument la responsabilité de toutes erreurs ou omissions. Pour de plus amples renseignements, prière de communiquer avec Erin Barkel (courriel : [erin.barkel@parl.gc.ca](mailto:erin.barkel@parl.gc.ca)).

## **Table des matières**

1	Résumé	1
1.1	Précis	1
1.2	Introduction	2
1.3	Méthodologie	4
1.4	Facteurs de coûts	5
1.5	Résultats	8
2	Analyse	9
2.1	Résumé	9
2.2	Méthodologie	11
2.3	Analyse	18
2.4	Observations	26
3	Appendice A : Interprétation des estimations paramétriques des coûts	27
4	Appendice B : Méthodes d'établissement des coûts	29
5	Appendice C : Exigence de haut niveau du NSI	32
6	Appendice D : Intrants du modèle	33
7	Appendice E : Calendrier actuel du projet	38
8	Appendice F : Liste de navires de ravitaillement	39
9	Appendice G : Risques utilisés pour définir l'intervalle de confiance	42
10	Appendice H : Hausse des coûts dans le domaine de la défense	44
11	Annexe A: Analyse des capacités du chantier naval de Vancouver (Seaspan)	48

## Liste des figures

Figure 1-1 : Coût total .....	2
Figure 1-2 : Courbe de productivité : compétence technique, construction et soutien (RAND).....	8
Figure 2-1 : Représentations de la répartition des produits .....	11
Figure 2-2 : Fiche d'entrée des composants matériels .....	12
Figure 2-3 : Méthode d'estimation des coûts .....	12
Figure 2-4 : Spécification d'opération .....	16
Figure 2-5 : Comparaison de la complexité de fabrication et du coût d'acquisition par unité de poids .....	16
Figure 2-6 : Complexité de l'ingénierie du NSI .....	18
Figure 2-7 : Complexité du projet du NSI .....	18
Figure 2-8 : Diagramme d'analyse de sensibilité de la complexité du projet .....	20
Figure 2-9 : Sensibilité du coût total sur la complexité de l'ingénierie .....	21
Figure 2-10 : Sensibilité du coût total sur la complexité de la fabrication.....	21
Figure 2-11 : Diagramme représentant la quantité de production .....	22
Figure 2-12 : Échéancier de coûts système (référence).....	23
Figure 2-13 : Échéancier des composants matériels (référence).....	23
Figure 2-14 : Échéancier de coûts système (sans contrainte).....	24
Figure 2-15 : Échéancier des composants matériels (sans contrainte).....	24
Figure 2-16 : Analyse de l'échéancier du NSI .....	24
Figure 2-17 : Contre-vérification du coût par kg.....	25
Figure 2-18 : Répartition cumulative du NSI .....	26
Figure 2-19 : Résultats ajustés en fonction du risque pour le NSI .....	26
Figure 3-1 : Précisions apportées aux estimations à mesure que les décisions sont prises .....	28
Figure 10-1 : Indices d'inflation de la Banque du Canada.....	45
Figure 10-2 : Budget corrigé en fonction des facteurs de hausse dans la marine .....	47
Figure 11-1 : Étapes générales de la conception d'un navire .....	52
Figure 11-2 : Relations entre les divers systèmes.....	52
Figure 11-3 : Conception et construction des navires .....	55
Figure 11-4 : Transformation du chantier naval de Seaspan .....	63
Figure 11-5 : Transformation du chantier naval de Seaspan .....	67
Figure 11-6 : Améliorations prévues au chantier naval de Victoria.....	68

## Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Comparaison entre les estimations et les budgets du MDN et du DPB pour le remplacement du Protecteur .....	1
Tableau 2-1 : Estimations ponctuelles (milliards) .....	10
Tableau 2-2 : Seuils de confiance .....	11
Tableau 2-3 : Sommaire de la collecte des données.....	14
Tableau 2-4 : Données normalisées .....	15
Tableau 2-5 : Résultats du calibrage .....	16
Tableau 2-6 : Coût base de données des navires.....	17
Tableau 2-7 : Nom de l'activité et résultats des étapes.....	19
Tableau 2-8 : Tableau de l'analyse de sensibilité de la complexité du projet.....	20
Tableau 2-9 : Valeurs de la complexité de l'ingénierie .....	20
Tableau 2-10 : Sensibilité du coût total sur la complexité de l'ingénierie .....	21

Tableau 2-11 : Sensibilité du coût total de la complexité de la fabrication.....	21
Tableau 2-12 : Résultats de la sensibilité à la quantité de production .....	22
Tableau 2-13 : Résumé de l'analyse de l'échéancier (milliards) .....	24
Tableau 2-14 : Contre-vérification du coût total (\$ Can courants) .....	25
Tableau 2-15 : Paramètres de risque .....	26
Tableau 7-1 : Grandes étapes .....	38
Tableau 8-1 : Liste de navires de ravitaillement .....	39
Tableau 9-1 : Fourchette des intrants.....	42
Tableau 11-1 : Navires construits par Seaspan .....	61
Tableau 11-2 : Améliorations de la cale sèche de Vancouver.....	65
Tableau 11-3 : Navires construits pour le gouvernement par Seaspan.....	69
Tableau 11-4 : Navires commerciaux construits par Seaspan .....	69

### **Liste des acronymes**

AICDS	Association des industries canadiennes de défense et de sécurité
AOR	Pétroliers ravitailleurs d'escadre
AR	Année de référence
CFS	Complexité de la fabrication de la structure
CS/GP	Conception des systèmes/gestion des programmes
DP	Demande de propositions
DPB	Directeur parlementaire du budget
GAO	Government Accountability Office des États-Unis
HVAC	Systèmes de chauffage, ventilation et de climatisation
IPC	Indice des prix à la consommation
MDN	Ministère de la défense nationale
NSI	Navires de soutien interarmées
PAC	Préavis d'adjudication de contrat
PIB	Produit intérieur brut
RCE	Rapports entre les coûts et les estimations
RPP	Rapports sur les plans et les priorités
SDCD	Stratégie de la défense Le Canada d'abord
SNACN	Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale
SRT	Structure de répartition du travail

## 1 Résumé

### 1.1 Précis

En 2004, le gouvernement du Canada a annoncé qu'il remplacerait les pétroliers ravitailleurs d'escadre de la classe *Protecteur* de la Marine royale canadienne. Trois navires de soutien interarmées (NSI) ont été proposés; le contrat devait être adjugé en 2008, le premier navire livré en 2012 et le projet terminé en 2016<sup>1</sup>. Le gouvernement a alloué 2,1 milliards de dollars pour la conception, la construction et l'acquisition des trois navires.<sup>2</sup>

En 2009, toutefois, le gouvernement a constaté que les 2,1 milliards de dollars ne suffiraient pas à la construction des trois navires. Il en a donc ramené à deux le nombre, repoussé les dates de livraison et modifié les exigences.<sup>3</sup>

Le nouveau budget a été fixé à 2,6 milliards de dollars (en dollars non indexés constants)<sup>4</sup>. Le gouvernement prévoit donc un montant de 2,6 milliards de dollars pour la conception et la construction des navires, mais aucun autre rajustement tenant compte de l'inflation.

Les députés de St. John's-Est et de Scarborough-Guildwood ont demandé au DPB d'étudier le budget de 2,6 milliards de dollars du NSI pour voir s'il était

suffisant. Le DPB a élaboré un modèle paramétrique des coûts afin d'accéder à leur demande. Comme les caractéristiques finales du NSI ne sont pas parfaitement claires, il a estimé le coût du remplacement des actuels AOR *Protecteur* par deux navires analogues, construits conformément aux règles gouvernementales régissant l'approvisionnement au Canada. Tous les chiffres qui figurent dans ces pages sont en dollars non indexés constants.

**Tableau 1-1 : Comparaison entre les estimations et les budgets du MDN et du DPB pour le remplacement du *Protecteur***

	MDN	DPB
<b>Estimation</b>	2,53 milliards de \$	3,28 milliards de \$
<b>Budget</b>	2,6 milliards de \$	4,13 milliards de \$

Sources : Défense nationale et les Forces canadiennes, précité, note 4; estimation du MDN extraite de *JSS Historical Options Analysis Costing Brief to PBO*, juin 2012<sup>5</sup>.

Comme le tableau 1-1 le montre, le MDN estime que le remplacement du *Protecteur* coûtera environ 2,53 milliards de dollars tandis que le budget prévu est de quelque 2,6 milliards de dollars. D'après le modèle du DPB, ces montants ne suffiront pas. Le BPD estime que le remplacement du *Protecteur* coûtera environ 3,28 milliards de dollars, mais que, étant donné le stade du programme et l'incertitude au sujet des caractéristiques, la pratique exemplaire du Government Accountability Office des États-Unis (GAO) aboutit à la recommandation de prévoir un budget de 4,13 milliards de dollars au moins.

<sup>1</sup> Secrétariat du Conseil du Trésor, *Rapports sur les plans et les priorités 2008-2009 : Défense nationale*, 2008, en ligne : <http://www.tbs-sct.gc.ca/rpp/2008-2009/inst/dnd/dnd-fra.pdf>.

<sup>2</sup> Sarah Gilmour, *Événements nationaux: Collaboration entre NSI et navires amphibies : la Marine prévoit des ajouts*, 23 novembre 2005, en ligne : Marine royale canadienne, [http://www.navy.forces.gc.ca/cms/3/3-a\\_fra.asp?category=7&id=481](http://www.navy.forces.gc.ca/cms/3/3-a_fra.asp?category=7&id=481).

<sup>3</sup> Défense nationale et les Forces canadiennes, *Vérification interne du Projet de navire de soutien interarmées (NSI)*, novembre 2011, en ligne : Défense nationale et les Forces canadiennes, <http://www.crs-csex.forces.gc.ca/reports-rapports/2011/176P0934-fra.aspx>.

<sup>4</sup> Défense nationale et les Forces canadiennes, Communiqués, NR-10.074, *Le gouvernement du Canada va acquérir des navires de soutien interarmées*, 14 juillet 2010, en ligne : Défense nationale et les Forces canadiennes, <http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?cat=00&id=3463>. Bien qu'un budget de 2,33 milliards de dollars soit indiqué, les représentants du MDN ont confirmé qu'un montant pour imprévus de 0,3 milliard de dollars avait été prévu, portant le budget total à 2,63 milliards de dollars.

<sup>5</sup> La séance d'information donnait deux estimations : 2,533 milliards de dollars pour un navire de conception nouvelle, et 2,518 milliards de dollars pour un produit militaire disponible sur le marché. Le DPB présente une moyenne des deux. À signaler que ces estimations sont inférieures à celle que le MDN a avancée en 2008 pour deux AOR canadiens : 2,96 milliards de dollars. MDN, *Preliminary Cost Analysis for PROTECTEUR Class Replacement*, 29 août 2008. Si on utilise l'indice d'actualisation du MDN, cette estimation serait portée au niveau de celle du DPB : 3,2 milliards de dollars.

**Remplacement du Protecteur** : Les résultats du DPB reposent sur le remplacement du Protecteur, qui semble satisfaire aux exigences minimums du MDN concernant le soutien logistique en mer.

**Tous les coûts d'acquisition** : Les résultats incluent tous les coûts, conformément à la pratique du Conseil du Trésor qui exige l'inclusion de tous les frais généraux, notamment les salaires des employés du MND, les pensions et les avantages, ainsi que l'impôt et les taxes.

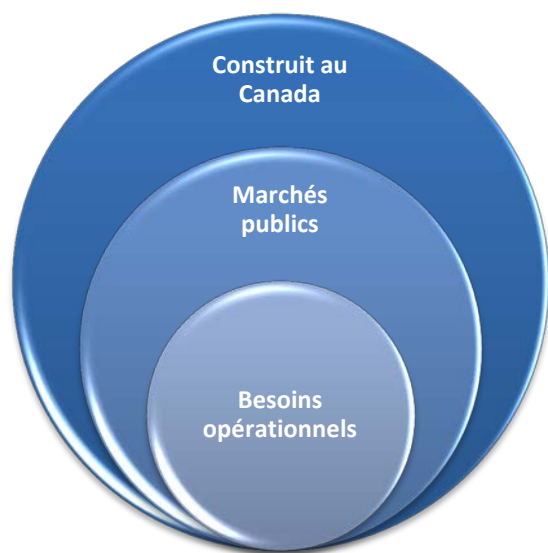
**Construction au Canada** : Les résultats sont fondés sur la condition prévue dans la Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale (SNACN) selon laquelle les navires doivent être construits au Canada et elle repose sur les taux de rémunération en vigueur au Canada.

but de créer une industrie nationale de construction navale vigoureuse afin d'aider le gouvernement à atteindre les objectifs énoncés dans la stratégie de défense Le Canada d'abord (SDCD) pour la Marine et la Garde côtière canadienne. Elle repose sur une approche qui fait appel à plusieurs ministères pour les acquisitions du gouvernement fédéral et qui vise à établir une relation stratégique à long terme entre le gouvernement et l'industrie grâce au choix de deux chantiers navals : un pour le lot de travaux relatif aux navires de combat et l'autre pour le lot relatif aux autres navires<sup>7</sup>.

En octobre 2011, on a annoncé que Seaspan's Vancouver Shipyards avait été choisi pour la construction des navires non destinés au combat et Irving Shipbuilding à Halifax pour la construction des navires de combat<sup>8</sup>.

En février 2012, le gouvernement et les chantiers navals désignés ont signé des ententes-cadres<sup>9</sup>. Pour l'essentiel, ces ententes ne lient ni le gouvernement ni les chantiers, sauf une disposition expliquant comment le gouvernement prévoit indemniser les

Figure 1-1 : Coût total



Source: PBO

## 1.2 Introduction

En juin 2010, le gouvernement a annoncé la Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale (SNACN)<sup>6</sup>. Cette stratégie a pour

<sup>6</sup> Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, *Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale (SNACN)*, 27 juillet 2011, en ligne : Travaux publics et Services

gouvernementaux Canada <<http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/app-acq/sam-mps/snacn-nsps-fra.html>>.

<sup>7</sup> Défense nationale et les Forces canadiennes, *Documentation : La Stratégie de défense « Le Canada d'abord »*, 12 mai 2008, en ligne : Défense nationale et les Forces canadiennes <<http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?cat=00&id=2645>> ; Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, précité, note 6.

<sup>8</sup> Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, *Résultats de la Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale*, 19 octobre 2011, en ligne : Centre des nouvelles du Canada, <<http://news.gc.ca/web/article-fra.do?mthd=tp&crtr.page=1&nid=629989>>. Les deux chantiers seront désignés comme sources d'approvisionnement pour les grands navires (jaugeant 1 000 tonnes ou plus) : un pour les navires de combat, dont les navires de guerre canadiens et les navires de patrouille en mer/en Arctique (NPEA), et un autre pour les navires non destinés au combat, dont les navires de soutien interarmées (NSI).

<sup>9</sup> Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, *Le Canada signe des ententes à long terme avec les chantiers navals sélectionnés dans le cadre de la SNACN*, 15 février 2012, en ligne : Centre des nouvelles du Canada : <<http://nouvelles.gc.ca/web/article-fra.do?mthd=tp&crtr.page=1&nid=656979&crtr.tp1D=1>>.

chantiers s'il décide d'éliminer ou de réduire les acquisitions prévues<sup>10</sup>.

En temps voulu, des contrats distincts et exécutoires seront conclus pour chaque catégorie de navires.

Les navires de soutien interarmées (NSI) remplaceront les pétroliers ravitailleurs d'escadre actuels de la Marine (classes Protecteur et Preserver). Les navires des classes Protecteur et Preserver sont en service depuis plus de 40 ans et leur durée de vie utile achève.

On espère que le nouveau NSI répondra aux principaux besoins en ravitaillement, assurera le soutien médical en route et des capacités limitées de transport en mer et de soutien des forces à terre<sup>11</sup>.

### 1.2.1 Historique du programme de NSI

Une lettre d'intérêt a été publiée en février 2005 pour inviter les entreprises à exprimer leur intérêt dans le projet des NSI<sup>12</sup>. Quatre équipes de l'industrie ont été retenues à la présélection pour présenter des soumissions<sup>13</sup>. Le gouvernement a

publié une demande de propositions (DP) le 1<sup>er</sup> juillet 2006<sup>14</sup>.

Le budget d'acquisition du projet s'établissait à 2,1 milliards de dollars et s'accompagnait d'un contrat de service d'une valeur de 800 millions de dollars.

À l'étape de la définition du projet, deux équipes – ThyssenKrupp Marine Systems AG (TKMS) et SNC-Lavalin Profac Inc. – ont obtenu chacune un contrat de 12,5 millions de dollars pour produire et présenter une proposition de mise en œuvre comprenant un plan de navire préliminaire, un plan de réalisation du projet et un plan de soutien en service. Il fallait ensuite déterminer laquelle des deux propositions offrait la meilleure valeur.

En août 2008, le gouvernement a mis fin au projet des NSI parce qu'aucune proposition ne respectait les exigences de la DP : l'une des propositions portait uniquement sur la construction de deux navires tandis que l'autre dépassait largement le budget<sup>15</sup>.

En juillet 2010, dans une deuxième tentative, le ministère de la Défense nationale (MDN) a publié des documents d'information en vue de réaliser le projet des NSI. Il y indiquait alors : « Le projet représente pour le gouvernement du Canada un investissement total d'environ 2,6 milliards de dollars<sup>16</sup> », incluant les taxes.

---

<sup>10</sup> Gouvernement du Canada, *Umbrella Agreement Between Vancouver Shipyards Co Ltd and Seaspan Marine Corporation and Her Majesty the Queen in right of Canada, as represented by the Minister of Public Works and Government Services*, Ottawa, Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale, 2012, art. 6.9.

<sup>11</sup> Le projet des NSI débouchera sur quatre produits principaux : (1) la conception d'une nouvelle classe de navire; (2) la construction de deux navires, avec option pour un troisième; (3) l'infrastructure nécessaire et autres mesures de soutien logistique pour faciliter la mise en service des nouveaux navires; (4) le contrat de soutien en service ayant trait à l'entretien, à la réparation et à la révision, aux pièces de rechange à long terme ainsi qu'au soutien technique pour la durée de vie utile des navires. Défense nationale et les Forces canadiennes, *Projet du navire de soutien interarmées (NSI)*, 8 août 2011, en ligne : Défense nationale et les Forces canadiennes, <<http://www.materiel.forces.gc.ca/fr/nsi.page?>>; Défense nationale et les Forces canadiennes, 12 mai 2008, précité, note 7.

<sup>12</sup> MERX, *Lettre d'intérêt (LI) – Projet de navires de soutien interarmées (NSI)*, 25 février 2005, en ligne : MERX <[http://www.merx.com/French/SUPPLIER\\_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=7&id=PW-\\$\\$\\$ML-007-11171&src=osr&FED\\_ONLY=0&ACTION=PAGE2&rowcount=13&lastpage=2&MoreResults=&PUBSORT=0&CLOSESORT=0&IS\\_SME=&langswitch=0&hcode=YU1q0bjHC21ptopdD5SWw%3d%3d](http://www.merx.com/French/SUPPLIER_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=7&id=PW-$$$ML-007-11171&src=osr&FED_ONLY=0&ACTION=PAGE2&rowcount=13&lastpage=2&MoreResults=&PUBSORT=0&CLOSESORT=0&IS_SME=&langswitch=0&hcode=YU1q0bjHC21ptopdD5SWw%3d%3d)>.

<sup>13</sup> MERX, *Projet de navires de soutien interarmées (NSI)*, 28 juin 2006, en ligne : MERX

---

<[http://www.merx.com/French/SUPPLIER\\_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=7&id=PW-\\$\\$\\$MD-007-13671&src=osr&FED\\_ONLY=0&ACTION=PAGE1&rowcount=13&lastpage=2&MoreResults=&PUBSORT=0&CLOSESORT=0&IS\\_SME=&langswitch=0&hcode=XZjY9udzP2wihmeHmMjtw%3d%3d](http://www.merx.com/French/SUPPLIER_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=7&id=PW-$$$MD-007-13671&src=osr&FED_ONLY=0&ACTION=PAGE1&rowcount=13&lastpage=2&MoreResults=&PUBSORT=0&CLOSESORT=0&IS_SME=&langswitch=0&hcode=XZjY9udzP2wihmeHmMjtw%3d%3d)>.

<sup>14</sup> *Ibid.*

<sup>15</sup> *Defense Industry Daily*, « Canada's C\$ 2.9B "Joint Support Ship" Project, Take 2 », 13 octobre 2010, « Canada's C\$ 2.9B "Joint Support Ship" », en ligne : *Defense Industry Daily* <<http://www.defenseindustrydaily.com/canada-issues-rfp-for-cdn-29b-joint-support-ship-project-updated-02392/>>.

<sup>16</sup> Défense nationale et les Forces canadiennes, *Le gouvernement du Canada va acquérir des navires de soutien interarmées* (14 juillet 2010), en ligne : Défense nationale et les Forces canadiennes,



### Comprendre les affectations budgétaires du gouvernement du Canada

Le budget est censé couvrir les coûts associés à l'acquisition, notamment les salaires, les contributions aux avantages et au régime de pension des employés, les frais de gestion des projets, les contrats, les honoraires des concepteurs, les droits de permis, les coûts liés à la gestion des retombées industrielles et régionales, l'assurance de la qualité, la planification d'urgence et les taxes applicables (environ 13 %).

Le MDN a commencé par évaluer les concepts existants de navires qui étaient en exploitation dans la Marine de l'OTAN et respectaient un ensemble minimum d'exigences du Canada.

En octobre 2010, un préavis d'adjudication de contrat (PAC)<sup>17</sup> a été affiché sur le babillard d'approvisionnement de MERX et indiquait que le gouvernement n'avait trouvé que deux concepts existants adaptés aux navires construits et en service pour le compte de pays membres de l'OTAN, soit les navires de la classe Berlin de ThyssenKrupp Marine Systems (TKMS) et les navires de la classe Cantabria de Navantia S.A.<sup>18</sup>

TKMS a reçu un versement de 3,65 millions de dollars pour évaluer le risque que présenterait la modification du Berlin de façon à répondre à l'énoncé des besoins. Une fois ce travail terminé avec succès, l'entreprise a reçu un montant supplémentaire pour entreprendre des activités de développement de la conception.

Les navires de la classe Cantabria répondaient également aux besoins, mais la Marine n'a pu conclure un accord avec Navantia.

Parallèlement, la Marine a passé un contrat avec BMT Fleet Technology, une filiale en propriété exclusive du groupe BMT, pour mettre au point un tout nouveau concept. Le groupe BMT a reçu à cette fin 9,8 millions de dollars<sup>19,20</sup>.

Le MDN doit par la suite évaluer les deux concepts et en choisir un avant d'attribuer le contrat de conception et de construction à Seaspan<sup>21</sup>. Dans les étapes suivantes, Seaspan achèvera le dessin de production et construira les navires.<sup>22</sup>

Au moment de la publication, TKMS Canada et BMT étaient sur le point de terminer l'étape des activités d'élaboration conceptuelle de sorte qu'aucune décision n'a encore été prise au sujet du concept définitif des NSI.

### 1.3 Méthodologie

Il y a quatre façons principales d'aborder l'établissement des coûts : l'analogie, l'approche paramétrique, l'accumulation des coûts, et l'opinion

<http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?cat=00&id=3463>.

<sup>17</sup> Le préavis d'adjudication de contrat est un mécanisme de passation de marchés utilisé par le gouvernement du Canada pour accélérer le processus d'approvisionnement; on s'en sert généralement lorsqu'on croit qu'un seul fournisseur peut satisfaire aux exigences en matière d'approvisionnement. Un avis est affiché pendant au moins 15 jours civils pour que d'autres parties puissent signaler qu'elles seraient en mesure de satisfaire aux exigences. Dans le cas qui nous occupe, un PAC a sans doute été affiché pour confirmer que seulement deux navires de l'OTAN répondaient aux exigences du projet des NSI. Se reporter à : Secrétariat du Conseil du Trésor, *Guide pour les gestionnaires – pratiques exemplaires liées aux préavis d'adjudication de contrat (PAC)*, janvier 2004, en ligne : Secrétariat du Conseil du Trésor : [http://www.tbs-sct.gc.ca/pubs\\_pol/dcgpubs/contracting/acan\\_guide01-fra.asp](http://www.tbs-sct.gc.ca/pubs_pol/dcgpubs/contracting/acan_guide01-fra.asp).

<sup>18</sup> MERX, *Concepts militaires disponibles sur le marché NSI – PAC*, 8 août 2010, en ligne : MERX, [http://www.merx.com/French/SUPPLIER\\_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=7&id=PW-5JSS-002-20533&src=osr&FED\\_ONLY=0&ACTION=PAGE1&rowcount=13&lastpage=2&MoreResults=&PUBSORT=0&CLOSESORT=0&IS\\_SME=&langswitch=0&hcode=p6%2fVTwiJ5LWcRK%2fSokv6LQ%3d%3d](http://www.merx.com/French/SUPPLIER_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=7&id=PW-5JSS-002-20533&src=osr&FED_ONLY=0&ACTION=PAGE1&rowcount=13&lastpage=2&MoreResults=&PUBSORT=0&CLOSESORT=0&IS_SME=&langswitch=0&hcode=p6%2fVTwiJ5LWcRK%2fSokv6LQ%3d%3d).

<sup>19</sup> BMT, *BMT Fleet Technology begins design work for Canada's Joint Support Ship*, 23 février 2011, en ligne : BMT <http://www.fleetech.com/News/?/1705/0/781>.

<sup>20</sup> BMT, *BMT Fleet Technology Continues Development of the Contract Design Option for Canada's Joint Support Ship*, 15 mars 2012, en ligne : BMT <http://www.fleetech.com/News/?/1705/0/972>.

<sup>21</sup> MERX, *CONCEPTS MILITAIRES DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ*, 25 janvier 2012, en ligne : MERX [http://www.merx.com/French/SUPPLIER\\_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=8&searchtype=&langswitch=1&id=1069046&src=osr&ForceLID=&PrevState=&hcode=ryWB8GPGUt5angFzTUQYpGw%3d%3d](http://www.merx.com/French/SUPPLIER_Menu.asp?WCE=Show&TAB=1&PORTAL=MERX&State=8&searchtype=&langswitch=1&id=1069046&src=osr&ForceLID=&PrevState=&hcode=ryWB8GPGUt5angFzTUQYpGw%3d%3d).

<sup>22</sup> Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, *Navire de soutien interarmées (NSI)*, 25 mai 2011, en ligne : <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/app-acq/stamgp-lamsmp/nsi-jss-fra.html>.

d'experts. Lorsqu'il s'agit d'estimer les coûts, le stade du projet et la disponibilité de données guident le choix de la méthodologie<sup>23</sup>.

Comme le NSI en est toujours aux premiers stades de la conception (les devis détaillés et les chiffres réels ne sont pas disponibles) et qu'il n'y a pas eu d'acquisitions analogues récentes, la méthodologie qui convient le mieux est celle du modèle paramétrique<sup>24</sup>.

Pour établir un modèle paramétrique, on doit postuler des relations entre les coûts pour un ensemble d'intrants et vérifier ces relations au moyen de données réelles.

Pour élaborer et valider un modèle paramétrique, il faut beaucoup de temps et il faut avoir accès à un ensemble de données historiques. C'est pourquoi le DPB a eu recours à TruePlanning de PRICE System, progiciel utilisé pour estimer les coûts du matériel.

#### TruePlanning®

TruePlanning® est un outil en propriété exclusive d'estimation des coûts qui trouve des applications dans les domaines militaire et civil. Il est appuyé par une vaste expertise en estimation des coûts dans le domaine militaire. Parmi les clients, on remarque le département américain de la Défense, Sikorsky Aircraft, la NASA, BAE Systems, Gulfstream, United Technologies et Boeing. On trouvera la liste complète à l'adresse [http://www.pricesystems.com/success/customer\\_overview.asp](http://www.pricesystems.com/success/customer_overview.asp).

TruePlanning® est un logiciel largement reconnu et très respecté dans le monde comme un solide moyen d'estimer les coûts dans le domaine militaire.

Des données du domaine public et des données confidentielles ont été utilisées dans le modèle<sup>25</sup>. Le caractère raisonnable des hypothèses a été vérifié

<sup>23</sup> Voir Appendice B : Méthodes d'établissement des coûts.

<sup>24</sup> *Ibid.*

<sup>25</sup> Y compris l'énoncé des besoins, la documentation du Protecteur et les données portant sur des AOR semblables comprenant une gamme de solutions possibles pour assurer les missions. Voir l'Appendice C : Exigences de haut niveau du NSI. Les données confidentielles ont été obtenues au moyen de demandes d'information.

par le comité d'examen du DPB et une équipe de spécialistes chez PRICE Systems.

## 1.4 Facteurs de coûts

Le modèle tient compte d'un certain nombre de facteurs de coûts. Il en est question de façon détaillée en 2.2 Méthodologie et à l'Appendice D : Intrants du modèle.

Les principaux facteurs retenus dans le modèle sont le poids et la technologie, mais il y en a aussi d'autres qui influencent le modèle, bien qu'à un degré moindre<sup>26</sup>.

### 1.4.1 Poids

Le poids correspond au déplacement du navire. Plus le navire est grand, plus il risque de coûter cher à concevoir et à construire. Le DPB a adopté le poids du Protecteur pour établir son estimation ponctuelle.

### 1.4.2 Technologie

La technologie est une mesure de la complexité de la construction du matériel, dans ce cas-ci un navire. Le facteur de la technologie varie selon les cas. Par exemple, un navire est plus complexe qu'une voiture et moins qu'un avion de chasse.

Le facteur technologique regroupe quatre éléments principaux:

1. Complexité de fabrication de la structure
2. Le pourcentage de nouvelle structure
3. Complexité de l'ingénierie
4. Pourcentage de reprise de conceptions existantes pour la structure

Les variables sont définies et expliquées plus loin.

<sup>26</sup> Voir l'Appendice D : Intrants du modèle.

#### 1.4.2.1 Complexité de la fabrication de la structure

La complexité de la fabrication de la structure (CFS) représente d'une mesure de la technologie de la composante<sup>27</sup>, de sa productibilité (usinage du matériel et tolérances de montage, difficulté d'usinage, finition de la surface, etc.) et de son rendement<sup>28</sup>.

L'analyse donne à penser que ces valeurs peuvent varier de 11,81 dans le cas de sous-marins nucléaires à 4,02 dans celui de destroyers et des frégates; bien que, pour certains systèmes de pointe, elles puissent être beaucoup plus élevées, notamment en électronique.

Le DPB possédait des données sur les coûts de production et les devis pour un certain nombre de navires de soutien logistique<sup>29</sup>. Ces données ont servi de base à l'hypothèse sur la complexité de fabrication de la structure du Protecteur.

D'abord, les données ont été normalisées. Le tonnage de chaque navire a été converti en unités communes et les coûts ont été ramenés à une même année de référence (AR).

Deuxièmement, les coûts et le tonnage ont été saisis dans le modèle, qui a donné une valeur de complexité de la fabrication pour chaque navire.

La fourchette de valeurs de la complexité de la fabrication des navires était relativement étroite, si on la compare à celles de navires semblables signalés plus haut. Le pétrolier ravitailleur de la classe Henry J. Kaiser des États-Unis (pétrolier relativement simple qui transporte des vivres) avait la valeur la

plus faible, soit 3,39, tandis que le pétrolier britannique de classe Wave Knight avait la plus élevée, 4,25. La valeur du Protecteur a été établie entre la limite inférieure et le milieu de la fourchette, à 3,78.

Le DPB a retenu la valeur de CFS du Protecteur pour son estimation ponctuelle.

#### 1.4.2.2 Pourcentage de nouvelle structure

Le pourcentage de nouvelle structure correspond au nouvel effort de conception de structure nécessaire pour mener le projet à bien. Ce peut être moins de 100 % lorsque des conceptions existantes sont adaptées et réutilisées dans la nouvelle conception.

#### Réutilisation d'éléments de conception

Il est parfois logique de réutiliser des éléments de conception, puisque cela peut faire diminuer le volume de travail de conception nécessaire. Bien que chaque type de navire soit le fruit d'une conception globale unique par la taille, la forme et le volume, tous peuvent contenir des éléments de conception de navires antérieurement construits.

Toutefois, cette réutilisation d'éléments existants ne veut pas dire que le navire n'exigera pas un nouvel effort de conception. En réalité, la réutilisation de ces éléments peut aussi exiger un effort de conception, puisqu'ils doivent être adaptés à de nouvelles exigences<sup>30</sup>.

L'équipe qui sera retenue au bout du compte pour concevoir le NSI pourrait réutiliser des éléments de conception de projets antérieurs. Même là, cependant, il est probable qu'il faudra modifier ces éléments pour les adapter aux exigences opérationnelles du Canada et rendre possible la construction dans un chantier naval canadien<sup>31</sup>.

<sup>27</sup> La technologie représente l'impact de toutes les opérations de fabrication, y compris les matériaux, la main-d'œuvre, le processus, l'équipement, etc.

<sup>28</sup> Pendant toute opération de fabrication, il y a des composantes ou des sous-ensembles qu'il faut retravailler ou sacrifier, ce qui exige de nouvelles ressources en matériaux et en main-d'œuvre. Cela revêt une plus grande importance dans un prototype que dans un navire de série. Par exemple, si le rendement est de 50 % pour le prototype, cela veut dire que le constructeur doit engager des dépenses deux fois plus élevées pour les matériaux et la main-d'œuvre.

<sup>29</sup> Voir à l'Appendice F : Liste de navires de ravitaillement.

<sup>30</sup> À signaler qu'il est possible que l'utilisation d'éléments de conception existants ait en fait pour conséquence qu'il faille un effort de conception encore plus important, si on essaie d'adapter des éléments qui correspondent mal aux nouvelles exigences. À remarquer également que les spécialistes à qui TruePlanning® est familier ont confirmé n'avoir jamais vu un nouveau navire qui n'exigeait aucun effort de conception nouveau.

<sup>31</sup> Ainsi, TKMS devrait modifier la conception existante du système électrique de la classe Berlin pour l'adapter aux normes nord-américaines de tension et d'intensité, ajouter deux mâts (pour le ravitaillement) et adapter sa conception à une construction par module de taille bien

Le DPB a retenu une valeur de 85 % de nouvelle structure, ce qui traduit le fait que toute conception existante exigera un effort important pour faire en sorte que le navire réponde aux exigences du Canada et puisse être construit dans un chantier naval canadien. Ce chiffre a été corroboré grâce à un examen de la bibliothèque de structure de répartition du travail (SRT) et à la consultation d'experts, de membres de l'équipe de PRICE et de membres du groupe d'examen<sup>32</sup>.

#### 1.4.2.3 Pourcentage de reprise d'éléments de conception pour la structure

Le pourcentage de reprise d'éléments de conception est déterminé par le ratio de matériel répétitif par rapport au matériel unique.

##### Reprise d'éléments de conception

Supposons qu'une boîte d'engrenages contienne dix engrenages, dont cinq sont identiques. La composante a un apport de matériel en exemplaires multiples de quatre. Le taux de matériel en exemplaires multiples est de 40 % (quatre des dix engrenages sont des copies).

Le DPB a adopté un taux de reprise d'éléments de conception de la structure de 40 %, ce qui tient compte du fait qu'il y aura une symétrie, mais non complète, dans la conception du navire.

---

inférieure à ce qu'on utilise en Allemagne. Cela nécessitera un effort de nouvelle conception appréciable.

<sup>32</sup> La SRT a révélé qu'environ 22 % des éléments pouvaient provenir des bibliothèques de conceptions existantes, ce qui laisse 78 % de conception entièrement nouvelle. Cela ne veut pas dire pour autant que les 22 % ne nécessiteraient aucun effort nouveau de conception. En effet, il faudra déployer un effort de conception supplémentaire pour adapter ces éléments aux exigences opérationnelles du Canada et rendre leur exécution possible dans un chantier naval canadien.

---

#### 1.4.2.4 Complexité de l'ingénierie

La valeur de complexité de l'ingénierie reflète l'expérience et les compétences de l'équipe de conception technique.

Il dépend de deux facteurs :

1. l'ampleur de l'effort de conception.
2. l'expérience du personnel.

L'ampleur de l'effort de conception décrit la nature de la tâche entreprise par l'équipe de conception sous l'angle de la nouveauté de la tâche et de l'avancement technologique.

Le NSI a été identifié comme une nouvelle conception utilisant la technologie existante parce que le navire est une construction unique réalisée avec une technologie existante.

##### Expérience du personnel

L'expérience du personnel décrit l'expérience de l'équipe de conception à l'égard de la tâche de conception à entreprendre.

RAND a entrepris une recherche sur les compétences techniques des employés dans le cadre de son étude de la main-d'œuvre de l'industrie navale au Royaume-Uni. D'après cette recherche, il faut aux techniciens de six à huit ans pour atteindre une productivité optimale de 90 % (voir Figure 1-2).<sup>33</sup>

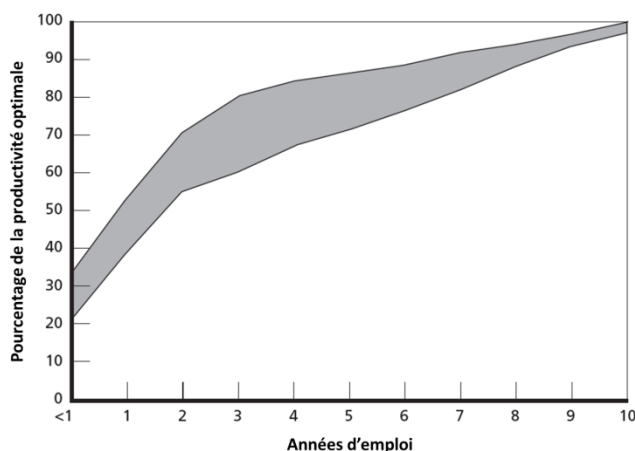
« Il est important de le comprendre, car la simple embauche d'un travailleur pour un travail spécialisé particulier n'équivaut pas en soi à posséder la capacité correspondante dans la main-d'œuvre. En effet, l'expérience est cruciale si on veut faire en sorte que la compétence technique devienne une capacité productive.»<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Hans Pung et coll., *Sustaining Key Skills in the UK Naval Industry*, Santa Monica (CA), RAND Corporation, 2008, p. 35.

<sup>34</sup> *Ibid.*

**Figure 1-2 : Courbe de productivité : compétence technique, construction et soutien (RAND)**



Source : Hans Pung et coll., précité, note 33, p. 35.

La zone ombrée correspond à la courbe de productivité des divers travailleurs techniques dans l'industrie de la construction navale. RAND dit que, en moyenne, il faudrait de six à huit ans pour que les travailleurs techniques atteignent au moins 90 % de la productivité optimale.

TKMS a déjà conçu et construit un navire semblable, mais BMT ne l'a jamais fait. Dans le cas présent, cependant, le finaliste choisi ne constituera qu'une partie de l'équipe de conception, qui comptera également Seaspan et une tierce partie.

Ainsi, le personnel d'au moins deux des parties en cause n'auront pas une expérience se rapportant expressément au projet. Et même si TKMS est choisie, cette entreprise n'a pas une expérience propre au projet, soit la conception et la construction dans des chantiers navals au Canada.

Par conséquent, le DPB a désigné cet apport comme « une expérience variée », ce qui donne une valeur de 1.1.

### 1.5 Résultats

Comme on l'a déjà dit, les principaux facteurs de coûts du modèle sont les suivants :

1. Poids;
2. Complexité de fabrication de la structure;
3. Pourcentage de nouvelle structure;

4. Pourcentage de reprise d'éléments de conception de la structure;
5. Complexité de l'ingénierie.

Tel qu'indiqué, les intrants de l'estimation ponctuelle ont été les suivants :

1. Poids de 18 469 520 livres (poids du Protecteur);
2. CFS de 3,78 (CFS du Protecteur);
3. Pourcentage de nouvelle conception de 85 % (à cause de l'important travail de révision nécessaire pour adapter toute conception aux besoins opérationnels et à la construction dans un chantier naval canadien);
4. Proportion de reprise d'éléments de construction de 40 % (étant donné que la symétrie ne sera pas complète dans la conception du navire);
5. Complexité de l'ingénierie de 1.1 (nouvelle conception reposant sur une technologie existante, créée et exécutée par une équipe d'expérience variée qui aura une certaine connaissance du produit, ce qui correspond à la situation actuelle de Seaspan).

Pour ces valeurs, le modèle a produit une estimation ponctuelle d'environ 3,28 milliards de dollars.

Cette analyse a été faite en fonction des dates prévues pour le début et la fin du projet. Si le projet est mis en veilleuse ou si le calendrier n'est pas respecté, l'estimation pourrait s'en trouver modifiée. En effet, la RAND Corporation estime que la hausse des prix dans le domaine de la défense se situe entre 7 et 11 % par année<sup>35</sup>.

<sup>35</sup> Mark Arena et coll., *Why Has the Cost of Navy Ships Risen? A Macroscopic Examination of the Trends in U.S. Naval Ship Costs Over the Past Several Decades*, Santa Monica (CA), RAND Corporation, 2006. Pour de plus amples détails, voir l'Appendice G : Risques utilisés pour définir l'intervalle de confiance.

Comme on l'a déjà vu, étant donné que le projet est aux premiers stades de développement et que les caractéristiques demeurent incertaines, le DPB a fait fluctuer les intrants pour donner une idée du montant à prévoir si on veut atténuer le risque que le programme ne se solde par un échec.

Fluctuations des intrants :

1. Poids : entre 18 469 520 et 22 833 440 livres (classe Berlin);
2. CFS : entre 3,39 et 4,25 (CFS le plus haut et le plus bas pour les navires de soutien logistique<sup>36</sup>);
3. Pourcentage de nouvelle structure : entre 50 et 85 %<sup>37</sup>;
4. Pourcentage de reprise d'éléments de conception de la structure : entre 20 et 50 %<sup>38</sup>;
5. Complexité de l'ingénierie : entre 0,9 et 1,1 (nouvelle conception, technologie existante conçue et exécutée par une équipe qui a une expérience considérable et connaît le produit et équipe ayant une expérience variée et qui a une certaine connaissance du produit).

Étant donné le stade où se trouve le programme et l'incertitude des intrants, la pratique exemplaire du GAO recommande que le budget soit fixé à un seuil de confiance qui n'est pas inférieur à 50 %<sup>39</sup>. À ce

seuil de confiance, le modèle du DPB donne une valeur de 4,13 milliards de dollars.

**Point de vue GAO sur les fourchettes de valeurs par opposition aux estimations ponctuelles**

« Il est plus utile aux décideurs que l'estimation ponctuelle soit assortie de cette fourchette de coûts, car cela révèle le degré de confiance qu'on peut avoir de respecter le coût le plus probable et donne de l'information sur les coûts, le calendrier et les risques d'ordre technique<sup>40</sup>. »

## 2 Analyse

### 2.1 Résumé

Le projet des NSI comprend l'acquisition de deux pétroliers ravitailleurs d'escadre de la classe Protecteur.

L'objectif de l'analyse est de déterminer si le budget de 2,6 milliards de dollars peut couvrir les coûts d'acquisition, incluant la gestion du projet, les imprévus et les taxes.

Le DPB a utilisé un modèle de REC pour effectuer l'estimation indépendante des coûts dans la base industrielle canadienne, en se fondant sur les programmes des ravitailleurs d'escadre ainsi que sur les besoins en matière de NSI.

L'analyse incluait les coûts de développement et d'acquisition des NSI, mais non les coûts de fonctionnement et de soutien.

<sup>36</sup> Voir 2.2.6, Calibrage de la valeur de complexité de fabrication.

<sup>37</sup> Bien qu'un pourcentage de 85 % de nouvelle structure soit raisonnable et traduise bien le travail à exécuter, il est possible que le pourcentage soit plus bas. Pour rendre la fourchette qu'il propose plus facile à défendre, le DPB a retenu un chiffre prudent pour ce qui est du pourcentage le plus faible de nouvelle structure, ce qui renforce la probabilité que la simulation donne des résultats correspondant à un coût plus faible.

<sup>38</sup> Le taux de 20 % correspond à un résultat pessimiste, mais qui reste néanmoins dans la fourchette des possibilités, étant donné les différents systèmes dont le navire pourrait en fin de compte être doté.

<sup>39</sup> Government Accountability Office des États-Unis, *GAO Cost Estimating and Assessment Guide: Best Practices for Developing and Managing Capital Program Costs*, mars 2009, en ligne : GAO, <http://www.gao.gov/assets/80/77175.pdf>. (Voir l'Appendice B : Méthodes d'établissement des coûts.)

<sup>40</sup> Ibid.

**Coûts de développement et de production**

Le développement correspond au processus de conception et de construction du premier navire d'une classe. La création d'un nouveau type de navire, même si on s'appuie sur des conceptions existantes, exige des ressources importantes. Il y a des coûts de lancement de l'initiative et de planification, de gestion et de contrôle de projet, d'assurance de la qualité, de génie du développement, d'outillage, d'essais et de construction du premier navire.

Les coûts de production sont ceux qui sont liés à la construction des exemplaires ultérieurs. Alors que le premier navire d'une classe ne comporte pas de coûts de production, les exemplaires qui suivent ont des coûts de développement qui diminuent.

Des données semblables concernant les dépenses relatives aux navires, dont la classe des navires, le déplacement à lège, l'année du contrat et le coût unitaire de production, ont été obtenues au moyen de demandes d'information et dans des sources accessibles au public. Le DPB a également obtenu des documents de l'industrie pour étayer son analyse.

L'estimation indépendante des coûts a été élaborée au moyen des données disponibles dans le domaine public et de données obtenues confidentiellement comme paramètres fondés sur le jugement de l'équipe d'estimation du DPB et de PRICE et les méthodes exemplaires de modélisation. Les résultats sont indiqués en dollars canadiens.

Les estimations ponctuelles sont présentées au Tableau 2-1. Les résultats ajustés en fonction des risques, qui modélisent la variabilité à l'intérieur de nombreux paramètres (poids de la structure, complexité de la fabrication, nouvelle structure, reprises de conception pour la structure et complexité de l'ingénierie), sont indiqués au Tableau 2-2.

Selon les estimations ponctuelles, il faudra compter 3,276 milliards de dollars pour remplacer le Protecteur par deux NSI, et la probabilité de réussite est de 15 à 20 %. Au 50<sup>e</sup> centile, il faudrait un budget de 4,1 milliards de dollars. Le Tableau 2-2 affiche les

valeurs de la fonction de distribution des probabilités.

Tableau 2-1 : Estimations ponctuelles (milliards)

Catégorie	Coût
Programme/Projet	0,98\$
Ingénierie	1,35\$
Outils & essais	0,13\$
Fabrication	0,50\$
Assurance de la qualité	0,33\$
<b>Total</b>	<b>3,28\$</b>

Source : DPB.

Trois analyses de sensibilité ont été effectuées pour quantifier l'impact d'un changement apporté à un facteur de coût dans l'estimation indépendante des coûts. Ces analyses étaient les suivantes :

1. **Complexité de l'ingénierie.** La complexité de l'ingénierie, qui mesure l'effort de conception et l'expérience du personnel des chantiers, a été modifiée à partir de la valeur de base pour en déterminer l'impact sur les coûts.
2. **Complexité du projet.** Le facteur de complexité du projet, qui tient compte des activités de planification et de surveillance, a été modifié à partir de la valeur de base pour en déterminer l'impact sur les coûts.
3. **Quantité.** La quantité d'approvisionnement est passée de deux à trois.

Il ressort de l'analyse de sensibilité que la complexité du projet et la complexité de l'ingénierie influent considérablement sur le coût d'acquisition des NSI (en particulier, l'expérience du personnel des chantiers est considérée comme le principal facteur de coût). La production d'un troisième navire n'augmente pas beaucoup les coûts du programme étant donné que la plupart des coûts se rattachent à la phase de développement.

Tableau 2-2 : Seuils de confiance

Confiance	Coût (milliards)
5 %	2,70 \$
10 %	2,96 \$
15 %	3,16 \$
20 %	3,32 \$
25 %	3,47 \$
30 %	3,60 \$
35 %	3,74 \$
40 %	3,87 \$
45 %	3,99 \$
50 %	4,13 \$
55 %	4,26 \$
60 %	4,40 \$
65 %	4,56 \$
70 %	4,72 \$
75 %	4,9 \$1
80 %	5,13 \$
85 %	5,39 \$
90 %	5,74 \$
95 %	6,31 \$

Source : DPB.

## 2.2 Méthodologie

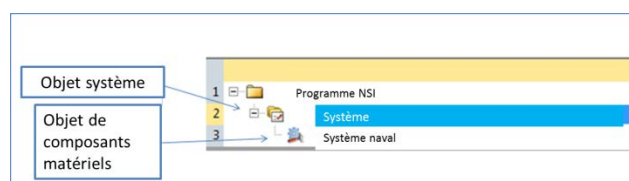
L'analyse porte sur les coûts de développement et d'acquisition de deux AOR de classe Protecteur produits par la base industrielle canadienne. Les frais d'exploitation et de logistique sont laissés de côté<sup>41</sup>. Ce remplacement est désigné comme le NSI. La partie suivante décrit les techniques et les méthodes utilisées pour estimer les coûts des NSI.

<sup>41</sup> La principale base des considérations a été l'énoncé des besoins de 2009, et les deux écarts ont été faits pour tenir compte de l'énoncé initial (2006) et des exigences minimums relatives aux AOR. Les calibrages nécessaires ont été faits dans le modèle pour tenir compte du contexte canadien de la construction navale.

### 2.2.1 Aperçu de l'estimation des coûts

La stratégie utilisée pour estimer le coût du NSI a consisté à modéliser la composante Conception des systèmes/gestion des programmes (CS/GP) (System Catalog) ainsi que les activités de conception, de développement et de fabrication des navires (Hardware Catalog). Le DPB a examiné et calibré d'anciens systèmes navals pour décomposer les relations entre les coûts et la taille des navires/technologie.

Figure 2-1 : Représentations de la répartition des produits



Les objets de coût susmentionnés ont un ensemble précis de paramètres, ou facteurs de coûts, qui sont décrits ci-dessous.

Source : TruePlanning®.

**Objet de coûts système (CS/GP) :** Le projet des NSI requière un objet de coûts système pour tenir compte de la composante CS/GP, définie dans le manuel MIL-HDBK-881 comme suit : « *englobe les tâches associées à la planification, à la direction et à la vérification de la définition, de l'élaboration et de la production d'un système [...], mais exclut l'effort de conception du système et de gestion du programme qui peut être associé en particulier avec l'équipement (matériel/logiciel)* ».

**Objet de composants matériels :** Le projet de NSI est modélisé à l'échelle globale du navire plutôt qu'à l'échelle inférieure de la SRT. Il arrive fréquemment qu'une estimation à grande échelle comprenne de nombreux composants matériels (comme la coque, le système de propulsion, etc.). Toutefois, puisqu'il était possible d'obtenir des données à l'échelle du navire (et non pas à l'échelle du sous-système), nous avons donc modélisé l'estimation du NSI à l'échelle du navire. Pour ce faire, nous avons utilisé l'objet de composants matériels du logiciel TruePlanning®, qui comprend des intrants matériels, comme le poids (mesuré par le déplacement du navire), et des



paramètres techniques, comme la complexité de fabrication, la complexité de l'ingénierie et le pourcentage de nouvelle structure. Voir la liste à la Figure 2-2 : Fiche d'entrée des composants matériels. En se fondant sur ces intrants, ainsi que sur la quantité héritée et les données de planification du système, le modèle a permis de calculer les coûts de l'ingénierie, de la fabrication, des outils et des essais pendant la phase de développement et de ces mêmes coûts pendant la phase de production.

Bref, le DPB a conçu une estimation du coût d'acquisition qui comprend les coûts de la composante CS/GP, de la conception et de la fabrication calibrée avec des programmes d'acquisition de navires semblables pour parvenir à une estimation approximative fondée sur des données et soutenue par le modèle de relation d'estimation des coûts fondé sur les intrants.

**Figure 2-2 : Fiche d'entrée des composants matériels**

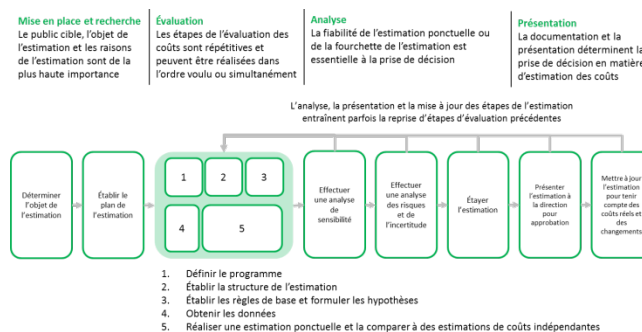
10	Type d'équipement	Aucun
11	Caractéristiques de fonctionnement	1,60
12	Poids de la structure	18 469 520
13	Poids des composants électroniques	0,000
14	Volume	1,000
15	Complexité de fabrication de la structure	3,780
16	Pourcentage de nouvelle structure	85 %
17	Pourcentage de reprise de la conception pour la structure	40 %
18	Complexité de fabrication des composants électroniques	7,000
19	Pourcentage de nouveaux composants électroniques	100%
20	Pourcentage de reprise de la conception pour les composants électroniques	0%
21	Complexité de l'ingénierie	1,100

Source : TruePlanning®.

## 2.2.2 Processus d'estimation des coûts

Le processus d'estimation des coûts est une adaptation de la méthode d'estimation en 12 étapes du GAO (Figure 2-3).

**Figure 2-3: Méthode d'estimation des coûts**



Source : U.S. Government Accounting Office, précité, note 39.

Les étapes de la méthode du GAO ainsi que certains aspects de l'estimation indépendante des coûts du projet de NSI sont présentés ci-dessous :

- Déterminer l'objet de l'estimation** : il s'agissait d'estimer les coûts d'acquisition des NSI.
- Établir le plan de l'estimation** : l'équipe responsable des coûts a utilisé le logiciel TruePlanning®.
- Définir le programme** : le programme a été défini comme le remplacement du Protecteur, les navires étant construits au Canada conformément aux règles d'approvisionnement du gouvernement du Canada.
- Établir la méthode d'estimation** : la méthode d'estimation de chaque objet de coût repose sur la disponibilité des données.
- Établir les règles de base et les hypothèses** : elles sont étayées pour toutes les possibilités.
- Obtenir les données** : nous avons obtenu les données physiques du Protecteur (taille, poids), qui ont servi de référence pour le projet de NSI. Des données sur le coût de production de navires semblables ont été obtenues et normalisées, ce qui a servi à

calibrer la complexité de fabrication de la structure<sup>42</sup>.

7. *Réaliser une estimation ponctuelle* : l'estimation a été élaborée de façon itérative à partir des valeurs connues (classe de navire, poids à lège) et des principaux paramètres ou facteurs de coûts comme la complexité de fabrication, la reprise d'éléments de conception, la complexité du projet et la complexité de l'ingénierie. Cette estimation indépendante des coûts reflète les « réalités canadiennes » (estimation en dollars canadiens, fiscalité canadienne et capacité des chantiers navals).
8. *Effectuer une analyse de sensibilité* : nous avons réalisé une analyse autour des principaux facteurs de coûts, mesurant l'impact de changements sur les coûts. Des analyses de sensibilité distinctes ont été effectuées pour la complexité de l'ingénierie, la complexité du projet, la complexité de fabrication de la structure et la quantité d'acquisitions.
9. *Effectuer une analyse des risques et de l'incertitude* : nous avons mené une évaluation/analyse des risques, une fois l'estimation ponctuelle réalisée, qui est expliquée à la section 2.3.5. L'analyse des risques a permis de modéliser une distribution triangulaire de valeurs probables pour le poids, la complexité de fabrication de la structure, le pourcentage de nouvelle structure, la reprise de la conception et la complexité de l'ingénierie.

La majorité du travail a porté sur les étapes 5 à 9 de la méthode du GAO. Les informations détaillées des étapes de collecte de données, de calibrage, de modélisation paramétrique, d'analyse de sensibilité et d'analyse des risques sont fournies ci-dessous.

L'équipe responsable des coûts a recueilli des informations de sources publiques et confidentielles. Les experts du domaine de PRICE Systems ont examiné et validé les données. De plus, des analyses comparatives de l'industrie, des programmes semblables et les données publiques disponibles ont été pris en compte et intégrés à l'estimation indépendante des coûts. Ces entrées de paramètres ont été validées. La liste complète des principaux paramètres d'entrée, pour chaque système de technologie de remplacement, est présentée à l'Appendice D : Intrants du modèle.

### 2.2.3 Collecte et source des données

La collecte de données est l'un des aspects clés de l'analyse des coûts. Le DPB a recueilli des données programmatiques, techniques et relatives au coût à différentes étapes des analyses. La liste des fichiers de données obtenus au cours de l'étude figure au Tableau 2-3.

---

<sup>42</sup> On présume que les données sur les coûts de production unitaire ne tiennent pas compte de la CS/GP au niveau du programme. Ainsi, le calibrage n'a pris en compte que les composants matériels, laissant de côté l'objet de coûts système. En revanche, l'objet de composants matériels englobe la CS/GP propre à l'équipement.

**Tableau 2-3: Sommaire de la collecte des données**

Documents/ entrevues	Source
Échéancier du projet de NSI	<a href="http://www.navy.forces.gc.ca/protecteur/1/1-s_fra.asp?category=17&amp;title=578">http://www.navy.forces.gc.ca/protecteur/1/1-s_fra.asp?category=17&amp;title=578</a>
Énoncé de besoin opérationnel du NSI, version 5.5, 25 mai 2009	MDN
An Analysis of the Navy's Fiscal Year 2013 Shipbuilding Plan, 7/2012	US Congressional Budget Office
Vérification interne du Projet de navire de soutien interarmées, Chef-Services d'examen, novembre 2011	<a href="http://www.crs-csex.forces.gc.ca/reports-rapports/pdf/2011/P0934-fra.pdf">http://www.crs-csex.forces.gc.ca/reports-rapports/pdf/2011/P0934-fra.pdf</a>
Échéancier du projet de NSI	<a href="http://www.materiel.forces.gc.ca/fr/nsi-ech.page?">http://www.materiel.forces.gc.ca/fr/nsi-ech.page?</a>
Brochure du chantier naval de Vancouver	<a href="http://seaspanforncsps.com/wp-content/uploads/2011/06/2011-Vanship-Brochure.pdf">http://seaspanforncsps.com/wp-content/uploads/2011/06/2011-Vanship-Brochure.pdf</a>
Brochure de la cale sèche de Vancouver	<a href="http://seaspanforncsps.com/wp-content/uploads/2011/06/2011-VDC-Brochure.pdf">http://seaspanforncsps.com/wp-content/uploads/2011/06/2011-VDC-Brochure.pdf</a>
Brochure de l'histoire de la cale sèche de Vancouver	<a href="http://seaspanforncsps.com/wp-content/uploads/2011/06/Vessels-built-at-Vancouver-Shipyards-June-16-2011.pdf">http://seaspanforncsps.com/wp-content/uploads/2011/06/Vessels-built-at-Vancouver-Shipyards-June-16-2011.pdf</a>
Rapport d'étape du projet de NSI	<a href="http://www.materiel.forces.gc.ca/fr/nsi.page?">http://www.materiel.forces.gc.ca/fr/nsi.page?</a>
Contrat d'acquisition du <i>Protecteur</i> , Conseil du Trésor, 16 décembre 1966	Conseil du Trésor

Source : DPB.

### 2.2.4 Principes de base et hypothèses

Les hypothèses et les principes de base suivants ont été appliqués :

- les estimations comprennent les coûts de développement et de production;
- les estimations des coûts sont en dollars canadiens de l'époque;
- le taux d'indexation annuel se chiffre à 2,7 %;
- un prototype et un système de production;
- le développement commence le 1<sup>er</sup> mars 2014;

- le premier article du développement (prototype) sera livré d'ici le 30 avril 2018;
- le premier article de la production (deuxième navire) sera livré d'ici le 30 septembre 2019;
- une taxe de 13 % en vigueur au Canada est applicable sur tous les coûts des entrepreneurs.

### 2.2.5 Processus de normalisation des données

Le DPB a obtenu une base de données des points de données des navires, qui comprenait les champs suivants :

- catégorie de navire
- marine (pays)
- type de navire
- nombre de navires construits
- pays d'origine
- chantier naval
- état
- année(s) de construction
- nombre de navires construits
- année du contrat
- dimensions (tonnes en lège)
- dimensions (tonnes avec charge complète)
- équipage
- coût de production par navire
- type de coûts
- notes sur le coût

La base de données comprenait les navires ravitailleurs d'escadre, les pétroliers de soutien logistique d'escadre, les navires de soutien interarmées, les ravitailleurs rapides de soutien de combat, les transporteurs de marchandises sèches T AKE, les ravitailleurs en munitions et les pétroliers construits entre les années 1980 et aujourd'hui. Comme les données historiques portaient sur les navires, le nettoyage des données, la normalisation et la calibration ont été effectués en fonction du navire. Par conséquent, l'estimation indépendante des coûts du NSI est également modélisée et estimée en fonction du navire. Les principales données nécessaires pour la calibration sont le poids et le coût de production unitaire. Les données historiques

relatives au coût donnaient le poids, l'année du contrat et le coût de chaque navire. Les coûts de production ont été normalisés en dollars des États-Unis de 2012 avant la calibration en fonction des indices du Naval Center for Cost Analysis. Les points de données ont été supprimés lorsque la construction navale était incomplète ou lorsque les coûts englobaient à la fois le développement et la production. L'objectif du processus de normalisation consistait à éliminer le caractère variable du coût attribuable à l'inflation et à établir des coûts de production connus en dollars indexés d'une année de base. Le Tableau 2-4 ci-dessous recense les données normalisées sur les navires.

Les données sur le Protecteur proviennent d'un contrat d'acquisition qui remonte à 1966. Ce contrat portait sur l'acquisition de deux navires au coût de 51,7 millions de dollars.

**Tableau 2-4 : Données normalisées**

Navire ou classe	Type de navire	Année	Tonnes en lège	Coût2012 (M \$)
Cantabria	Navire ravitailleur d'escadre	2005	9 800	293\$
Berlin	Pétrolier de soutien logistique d'escadre	1997	10 360	201\$
Berlin	Pétrolier de soutien logistique d'escadre	1998	10 360	180\$
Karel Doorman (JSS)	Navire de soutien interarmées	2009	20 703	408\$
Amsterdam	Ravitailleur rapide soutien de combat	1995	17 040	254\$
Henry J. Kaiser	Pétrolier	1992	40 000	149\$
Wave	Pétrolier auxiliaire	1997	31 500	320\$
Protecteur	Pétrolier	1966	8 380	116\$

Source: PBO

## 2.2.6 Calibrage de la valeur de complexité de fabrication de la structure

L'étape suivant la normalisation des données consistait à calculer les valeurs appropriées de CFS en fonction du poids d'eau déplacé en lège (poids du navire à l'exception du chargement, du carburant, du lest, des fournitures, des passagers et de l'équipage), de la spécification d'opération et du coût de production unitaire normalisé. Le processus de calibration donne la valeur optimale de CFS permettant d'obtenir un coût de production unitaire connu. La dernière étape du processus de calibration

consistait à sélectionner une valeur de CFS appropriée pour le NSI.

La valeur de la spécification d'opération établit les exigences de l'utilisateur final en fonction de l'environnement opérationnel où le matériel sera utilisé (sol, air, espace, mer). Il s'agit d'une mesure des exigences en matière de portabilité, de fiabilité, de structure, d'essai et de documentation afin d'assurer un rendement acceptable dans le cadre du contrat. La spécification d'opération a une grande incidence sur les coûts d'ingénierie liés au développement. La valeur de la spécification d'opération a été fixée à 1,6, soit la valeur des « navires militaires », comme l'illustre la Figure 2-4.

Le poids, fourni en tonnes métriques dans la base des données sur les navires du DPB, a été converti en livres à des fins de saisie dans le modèle. Les coûts de production unitaire, décrits au Tableau 2-4, ont été convertis en dollars de 2012 avant le calibrage.

Les valeurs de complexité de fabrication de la structure (CFS) figurent au Tableau 2-5. La colonne du coût de production unitaire (réel) donne les coûts de production unitaires provenant de la base de données tandis que celle du coût de production unitaire amorti donne les coûts de production calculés par le modèle à partir des valeurs de CFS calibrées.

La Figure 2-5 illustre la corrélation exponentielle entre la CFS et le coût unitaire en fonction du poids de tous les points de données connus des navires, et une valeur R au carré de 89 %. Les valeurs représentant la complexité de la fabrication variaient de 3,39 à 4,25; la valeur médiane se chiffrait à 3,9.

Les discussions entre le DPB et des experts du domaine ont mené à la conclusion qu'il était fort probable que la valeur de complexité du NSI soit équivalente à la valeur de complexité calibrée du Protecteur, soit 3,78 (Tableau 2-5). Le DPB a déterminé que le NSI serait très semblable au Protecteur et qu'il fournirait une méthode d'estimation du coût justifiable, car le seuil de confiance à l'égard des renseignements sur le coût du Protecteur est supérieur à celui des autres points

de données. Les coûts du Protecteur se fondent sur des données provenant d'un contrat d'acquisition. La valeur de CFS sélectionnée pour le NSI se rapproche de la valeur médiane des limites de points de données de navires semblables.

**Figure 2-4 : Spécification d'opération**

	Mobile (eau) : transporteurs de conteneurs et de chargement en vrac	
	Mobile (eau) : navires à passagers	
	Mobile (eau) : torpilles	
✓	Mobile (eau) : navires militaires	
	Mobile (eau) : sous-marins (équipage important)	
	Mobile (eau) : submersibles (équipage petit ou inexistant)	
	Mobile (eau) : objets statiques submergés	
	Aéroporté : commercial	
	Aéroporté : militaire	
	Aéroporté : missiles (air à air, au sol)	
	Espace - fiabilité élevée : sans équipage	
	Espace - fiabilité élevée : avec équipage (QPL)	
	Spécification d'opération (valeur habituelle) : 1,6	Ok ou annuler

Source : TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

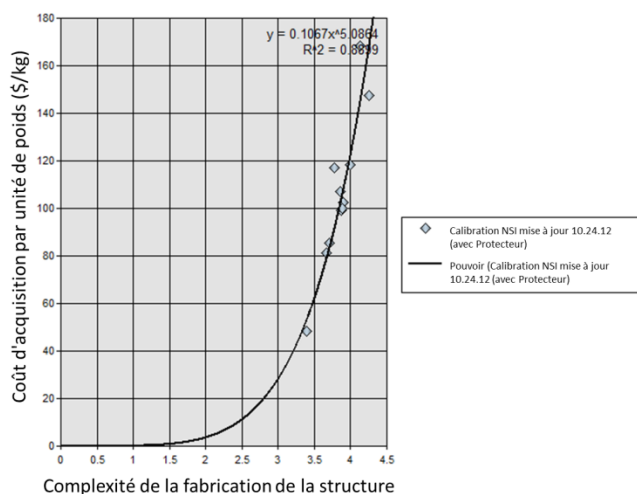
**Tableau 2-5 : Résultats du calibrage**

Nom de l'objet de coûts	Nom personnalisé de l'objet de coûts	Complexité de fabrication de la structure	Poids de la structure (LB)	Estimat de coût de développement	Coût de production
Dossier système					
Composants matériels	Cantabria	4.13	21,599,200	1,355,957,525 \$	293,580,924 \$
Composants matériels	Berlin	3.71	44,608,960	1,529,768,917 \$	201,268,043 \$
Composants matériels	Berlin (2)	3.67	44,608,960	1,463,061,180 \$	179,772,710 \$
Composants matériels	Karel Doorman (NSI)	3.99	45,629,164	2,043,902,043 \$	408,158,202 \$
Composants matériels	Amsterdam	3.86	37,556,160	1,570,897,691 \$	253,779,518 \$
Composants matériels	Lewis & Clark	4.03	52,569,808	2,333,265,242 \$	497,414,846 \$
Composants matériels	Henry J. Kaiser (2)	3.39	88,160,000	1,781,233,214 \$	148,851,420 \$
Composants matériels	Wave (2)	4.25	63,563,189	3,276,716,539 \$	975,502,209 \$
Composants matériels	Protecteur	3.78	18,771,200	881,608,890 \$	115,890,891 \$

Valeur minimale	3,39
Valeur médiane	3,89
Valeur maximale	4,25
Valeur sélectionnée ( <i>Protecteur</i> )	3,78

Source: TruePlanning®.

**Figure 2-5 : Comparaison de la complexité de fabrication et du coût d'acquisition par unité de poids**



Source : TruePlanning®.

**Tableau 2-6 : Coût base de données des navires**

	Coûts : Calibration NSI mise à jour 10.2 En dollars des É.-U. (dépensés)	Total	Développement	Production
1	Cantabria	1,649,538,4	1,355,957,525	293,580,924
2	Berlin	1,731,036,959	1,529,768,917	201,268,043
3	Berlin(2)	1,642,833,890	1,463,061,180	179,772,710
4	Karel Doorman (JSS)	2,452,060,245	2,043,902,043	408,158,202
5	Amsterdam	1,824,677,209	1,570,897,691	253,779,518
6	Lewis & Clark	2,830,680,088	2,333,265,242	497,414,846
7	Lewis & Clark(2)	2,440,586,637	2,071,667,115	368,919,522
8	Lewis & Clark(3)	2,384,754,492	2,032,887,787	351,866,705
9	Lewis & Clark(4)	2,363,411,405	2,017,980,666	345,430,739
10	Lewis & Clark(5)	3,323,163,918	2,643,096,511	680,067,407
11	Lewis & Clark(6)	3,298,838,653	2,628,233,884	670,604,769
12	Lewis & Clark(7)	2,382,709,386	2,031,461,484	351,247,903
13	Lewis & Clark(8)	3,734,700,666	2,886,903,814	847,796,853
14	Henry J. Kaiser(2)	1,930,084,634	1,781,233,214	148,851,420
15	Wave(2)	4,252,218,748	3,276,716,539	975,502,209
16	Protecteur	997,499,781	881,608,890	115,890,891

Source: TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

### 2.2.7 Développement du modèle paramétrique

Pour concevoir le modèle paramétrique, le DPB a choisi de créer une estimation à deux composantes afin de tenir compte d'une composante de système (CS/GP) et de composants matériels au lieu de faire une estimation détaillée à l'échelle du sous-système. Le calibrage de la CFS s'appuyait sur une base de données à l'échelle du système (c.-à-d. les coûts de production ont été donnés à l'échelle du système), qui a servi à appuyer la décision de faire l'estimation dans une structure semblable. Il était impossible d'effectuer une analyse à l'échelle du sous-système compte tenu des contraintes relatives aux données.

La quantité visée par l'acquisition a été établie à 2, le calendrier d'acquisition respectait le Rapport sur les plans et les priorités (RPP) et le poids du système a été établi en fonction de l'hypothèse selon laquelle le Protecteur pèse 8 380 tonnes en lège, soit 18 469 520 livres<sup>43</sup>. Le coût d'un prototype et d'un navire de production a été estimé en dollars

<sup>43</sup> Marine royale canadienne, *NCSM Protecteur – À propos du navire – Caractéristiques du navire*, 2 juin 2003, en ligne : Marine royale canadienne, [http://www.navy.forces.gc.ca/protecteur/1/1-s\\_fra.asp?category=17&title=578](http://www.navy.forces.gc.ca/protecteur/1/1-s_fra.asp?category=17&title=578).

canadiens en fonction d'un taux d'inflation annuel de 2 %, reflétant l'IPC.

Les principaux facteurs de l'objet de coûts du système sont la réalisation du développement à différents endroits, la complexité de l'interface du fournisseur et la complexité du projet.

En ce qui concerne la réalisation du développement à différents endroits, on a supposé qu'il y aurait deux ou trois endroits et des communications médiocres. On a supposé que les exigences relatives à l'interface du fournisseur et à la supervision étaient élevées. La complexité du projet correspond à la complexité du projet dans le contexte des activités de planification et de surveillance. La complexité du projet des NSI est présumée élevée Figure 2-7), et c'est ce niveau de complexité qui s'applique dans le cadre d'un projet complexe et de grande envergure<sup>44</sup>.

Les principaux facteurs de coûts de l'objet de composants matériels sont la spécification d'opération, le pourcentage de nouvelle structure, le pourcentage de répétition dans la conception de la structure et la complexité de l'ingénierie. La spécification d'opération a été établie à « Mobile-navire militaire ». La valeur de CFS, décrite au Tableau 2-5, a été fixée à 3,78. La complexité de l'ingénierie mesure l'ampleur de l'effort de conception et l'expérience du personnel du chantier naval (Figure 2-7).

Le DPB a sélectionné « Nouvelle conception/technologie existante » et « Expérience variée de l'équipe/certaines connaissances du produit » avec une valeur de 1,1. Si la valeur avait été fixée à 1, elle aurait indiqué que la complexité de l'ingénierie est moyenne ou habituelle. Par conséquent, la valeur 1,1 révèle que la complexité de

<sup>44</sup> Dans ce cas-ci, l'activité sera répartie entre trois endroits (le client (MDN), le concepteur (TKMS ou BMT) et Seaspan). Les règles fédérales sur l'approvisionnement imposent des restrictions aux communications entre les entrepreneurs et les fonctionnaires. Comme le gouvernement doit faciliter les communications entre le chantier naval et le concepteur, il est probable qu'il y aura des retards ou des restrictions. Lorsque la communication entre trois lieux d'activité est considérée comme médiocre, TruePlanning prescrit une valeur de 2,5.

l'ingénierie est supérieure et plus coûteuse. Le pourcentage de nouvelle structure a été fixé à 85 % et le pourcentage de répétition d'éléments de conception a été fixé à 40 %.

D'autres paramètres par défaut n'ont pas été modifiés. L'Appendice D : Intrants du modèle comprend une liste exhaustive et une description de tous les paramètres.

**Figure 2-6 : Complexité de l'ingénierie du NSI**

<p>La valeur de la complexité de l'ingénierie est une mesure des facteurs compliquant les efforts en matière de conception liés à l'expérience et aux compétences des membres de l'équipe de conception de l'ingénierie. La complexité de l'ingénierie est un facteur important dans l'ensemble de l'effort en matière de conception et dans l'échéancier. Il existe un tableau destiné à contribuer à déterminer la complexité de l'ingénierie en fonction d'une évaluation de la complexité de la tâche et des compétences requises en matière d'ingénierie.</p>		
Nom de la section	Zone de saisie	Description
<b>1. Ampleur de l'effort en matière de conception</b>		
<p>Veillez sélectionner une option parmi les suivantes :</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modification simple, conception existante</li> <li>• Modification importante, conception existante</li> <li>✓ Nouvelle conception, technologie existante</li> <li>• Nouvelle conception, nouvelle gamme de produits</li> <li>• Nouvelle conception, technologie inconnue</li> <li>• Nouvelle conception, technologie de pointe</li> </ul>	<p>Nouvelle conception, partie de la gamme de produits, suite de la technologie de pointe</p>
<b>2. Expérience du personnel</b>		
<p>Veillez sélectionner une option parmi les suivantes :</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expérience importante, connaissance du produit</li> <li>• Expérience normale, connaissance du produit</li> <li>✓ Expérience variée, certaine connaissance du produit</li> <li>• Expérience limitée, aucune connaissance du produit</li> </ul>	<p>Expérience variée, quelques personnes connaissent ce type de conception, d'autres non</p>
Complexité de l'ingénierie : 1,1		Ok ou annuler

Source : TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

**Figure 2-7 : Complexité du projet du NSI**

Facteur de complexité du projet		
<p>Le facteur de complexité du projet correspond à la complexité du projet dans le contexte des activités de planification et de surveillance. Ce facteur module le coût de la planification et de la surveillance ainsi que les efforts qui seront consacrés au projet décrit. En général, les calculs relatifs aux coûts de la planification et de la surveillance et aux efforts se fondent sur la taille et la complexité des objets de coûts descendants de l'objet de coûts de planification et de surveillance. Comme d'autres facteurs que la taille et la complexité ont une incidence sur l'ampleur de la planification et de la surveillance nécessaires, l'utilisateur peut ajuster le facteur de complexité du projet en fonction d'un renseignement précis sur le projet. La valeur « 0 » n'entraînera aucun calcul relatif à la planification et à la surveillance; la valeur « 50 » correspond aux valeurs habituelles représentant les activités de planification et de surveillance dans un projet de petite à moyenne envergure; la valeur « 100 » correspond aux valeurs habituelles pour un projet de grande envergure ou très complexe.</p>		
Nom de la section	Zone de saisie	Description
<b>1. Facteur de complexité du projet</b>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun</li> <li>• Faible</li> <li>• Minimal</li> <li>✓ Élevé</li> <li>• Très élevé</li> </ul>	<p>Ce facteur indique les niveaux de planification et de surveillance habituels dans le cadre d'un projet de moyenne ou de grande envergure ou dans le cadre d'un projet relativement complexe.</p>
Facteur de complexité du projet : 75		OK Annuler

Source : TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

## 2.3 Analyse

La section sur l'analyse comprend une estimation ponctuelle, une estimation ajustée en fonction des risques et une analyse de sensibilité.

### 2.3.1 Estimation ponctuelle

L'estimation ponctuelle du NSI se chiffre à 3,276 milliards de dollars, soit des coûts de développement de 3,044 milliards de dollars et des coûts de production de 0,232 milliard de dollars, comme le présente le Tableau 2-7. Les coûts de développement comportent les travaux d'ingénierie non périodiques et le développement d'un prototype. La production comprend les coûts de CS/GP et de fabrication du deuxième navire.

Plus précisément, les coûts de 0,232 milliard de dollars s'appliquent uniquement au deuxième navire.

**Tableau 2-7 : Nom de l'activité et résultats des étapes**

Coûts : Système - [Système] En dollars canadiens (dépensés)		Total	Développement	Production
1	Lancement du projet et planification du développement	75,215,363 \$	75,215,363 \$	0 \$
2	Gestion du projet et contrôle du développement	409,225,051 \$	409,225,051 \$	0 \$
3	Gestion de l'assurance de la qualité pour le développement	304,848,809 \$	304,848,809 \$	0 \$
4	Gestion de la configuration pour le développement	278,622,672 \$	278,622,672 \$	0 \$
5	Gestion des fournisseurs pour le développement	54,602,647 \$	54,602,647 \$	0 \$
6	Documentation pour le développement	107,455,046 \$	107,455,046 \$	0 \$
7	Lancement du projet et planification de la production	4,137,313 \$	0 \$	4,137,313 \$
8	Gestion du projet et contrôle de la production	18,698,027 \$	0 \$	18,698,027 \$
9	Gestion de l'assurance de la qualité pour la production	20,850,990 \$	0 \$	20,850,990 \$
10	Gestion de la configuration pour la production	17,160,943 \$	0 \$	17,160,943 \$
11	Gestion des fournisseurs pour la production	3,218,020 \$	0 \$	3,218,020 \$
12	Documentation pour la production	7,938,203 \$	0 \$	7,938,203 \$
13	Développement : ingénierie	1,320,388,586 \$	1,320,388,586 \$	0 \$
14	Développement : fabrication	365,961,985 \$	365,961,985 \$	0 \$
15	Développement : outils et essais	128,161,644 \$	128,161,644 \$	0 \$
16	Production : ingénierie	29,360,129 \$	0 \$	29,360,129 \$
17	Production : fabrication	129,538,803 \$	0 \$	129,538,803 \$
18	Production : outils et essais	1,100,276 \$	0 \$	1,100,276 \$
19	Total	3,276,484,505 \$	3,044,481,802 \$	232,002,703 \$

Source : TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

### 2.3.2 Analyse de sensibilité

Dans cette analyse de sensibilité, le DPB a analysé l'incidence de la complexité du projet, de la complexité de l'ingénierie, de la CFS et de la quantité sur le coût.

#### 2.3.2.1 Sensibilité de la complexité du projet

Dans cette analyse, à l'aide de l'application Sensitivity Analyzer de TruePlanning®, le DPB a fixé la valeur de la complexité du projet de très faible (valeur de 25) à très élevée (valeur de 100). Les définitions des valeurs de complexité du projet sont présentées en détail ci-dessous.

- Faible (25) : niveaux de planification et de surveillance habituels dans le cadre d'un projet simple ou de petite envergure.
- Minimale (50) : niveaux de planification et de surveillance habituels dans le cadre d'un projet de petite ou de moyenne envergure.
- Élevée (75) : niveaux de planification et de surveillance habituels dans le cadre d'un projet de moyenne ou de grande envergure ou dans le cadre d'un projet relativement complexe.
- Très élevée (100) : niveaux de planification et de surveillance habituels dans le cadre d'un projet de grande envergure ou très complexe.

Le Tableau 2-8 et la Figure 2-8 illustrent les résultats de l'analyse de la sensibilité de la complexité du projet (il faut souligner qu'à la base, le coût total de 3,276 milliards de dollars présume que la complexité du projet est élevée). Le delta entre la complexité minimale du projet et la complexité élevée du projet est estimé à 0,434 milliard de dollars.

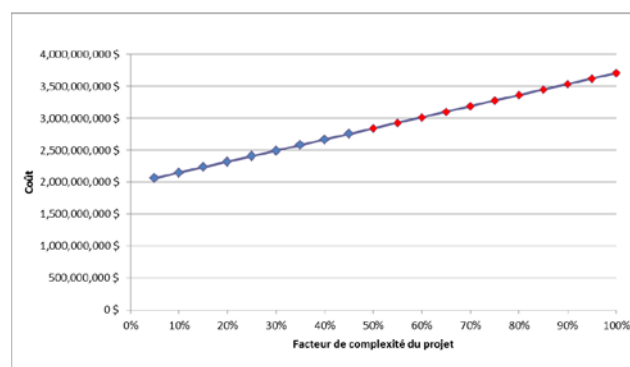


**Tableau 2-8 : Tableau de l'analyse de sensibilité de la complexité du projet**

Facteur de complexité du projet	Coût estimé (milliards)
0	1,97 \$
5	2,06 \$
10	2,15 \$
15	2,23 \$
20	2,32 \$
25	2,41 \$
30	2,50 \$
35	2,58 \$
40	2,67 \$
45	2,76 \$
50	2,84 \$
55	2,93 \$
60	3,02 \$
65	3,10 \$
70	3,19 \$
75	3,28 \$
80	3,36 \$
85	3,45 \$
90	3,54 \$
95	3,62 \$
100	3,71 \$

Source : DPB.

**Figure 2-8 : Diagramme d'analyse de sensibilité de la complexité du projet**



Source : DPB

### 2.3.2.2 Sensibilité de la complexité de l'ingénierie

La complexité de l'ingénierie mesure l'ampleur des efforts en matière de conception et l'expérience du personnel du chantier naval.

Dans cette analyse, à l'aide de l'application Sensitivity Analyzer de TruePlanning®, le DPB a fixé la valeur de la complexité de l'ingénierie de 0,1 à 1,5. Les paramètres de la complexité de l'ingénierie sont énumérés dans le Tableau 2-9.

**Tableau 2-9 : Valeurs de la complexité de l'ingénierie**

Ampleur de l'effort en matière de conception	Expérience du personnel			
	Importante, conn. du produit	Normale, conn. du produit	Variée, certaine conn. du produit	Limitée, aucune conn. du produit
Modification simple, conception existante	0,2	0,3	0,4	0,5
Modification importante, conception existante	0,6	0,7	0,8	0,9
Nouvelle conception, technologie existante	0,9	1	1,1	1,2
Nouvelle conception, nouvelle gamme de produits	1	1,2	1,4	1,6
Nouvelle conception, technologie inconnue	1,3	1,6	1,9	2,2
Nouvelle conception, technologie de pointe	1,9	2,3	2,7	3,1

Source : DPB.

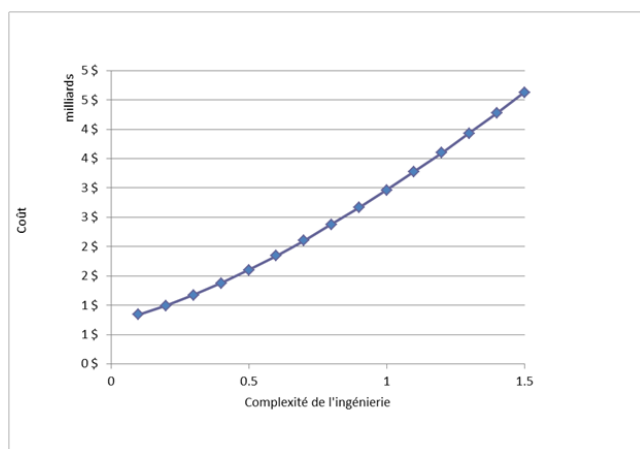
Le Tableau 2-10 et la Figure 2-9 illustrent l'incidence de la complexité de l'ingénierie sur le coût total. L'augmentation de la complexité de l'ingénierie de 1,0 (nouvelle conception, technologie existante, expérience normale, connaissance du produit) à 1,1 (nouvelle conception, technologie existante, expérience variée de l'équipe, certaine connaissance du produit) entraîne des répercussions se chiffrant à 0,311 milliard de dollars. Il importe de noter que le recours à du personnel de chantier naval moins expérimenté, sans toutefois changer l'ampleur des efforts en matière de conception, aura une grande incidence sur le coût du programme.

**Tableau 2-10 : Sensibilité du coût total sur la complexité de l'ingénierie**

Complexité de l'ingénierie	Coût estimé (milliards)
0,1	0,8435 \$
0,2	0,9920 \$
0,3	1,1721 \$
0,4	1,3766 \$
0,5	1,6017 \$
0,6	1,8447 \$
0,7	2,1038 \$
0,8	2,3775 \$
0,9	2,6648 \$
1	2,9647 \$
1,1	3,2765 \$
1,2	3,5994 \$
1,3	3,9330 \$
1,4	4,2767 \$
1,5	4,6302 \$

Source: PBO

**Figure 2-9 : Sensibilité du coût total sur la complexité de l'ingénierie**



Source: PBO

### 2.3.2.3 Sensibilité de la CFS

La valeur de CFS est un indice de technologie se rapportant à la structure du navire. Elle est une mesure de la technologie du navire, de sa productibilité (usinage des matériaux, tolérances de montage, difficulté de l'usinage, état de la surface, etc.) et du rendement. La CFS est un facteur important dans le coût et l'échéancier.

La valeur de la CFS (3,78) a été établie en fonction de la valeur calibrée du *Protecteur*. D'autres valeurs de complexité de la fabrication calibrées semblables du programme variaient de 3,38 à 4,25.

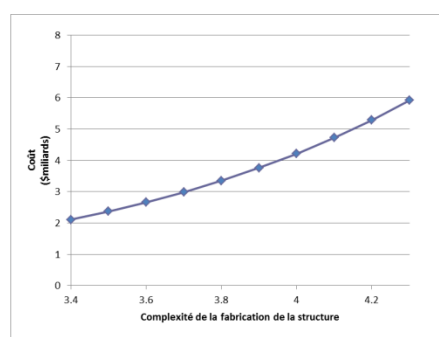
Dans cette analyse, à l'aide de l'application Sensitivity Analyzer de TruePlanning®, l'équipe de PRICE a fixé les valeurs de la complexité de la fabrication de 3,4 à 4,3. Le Tableau 2-11 et la Figure 2-10 illustrent l'incidence de la CFS sur le coût total. Le coût total établi en fonction des valeurs de CFS calibrées variait de 2,109 milliards de dollars (CFS : 3,4) à 5,285 milliards de dollars (CFS : 4,2). La Figure illustre la relation non linéaire entre la CFS et le coût d'acquisition total.

**Tableau 2-11 : Sensibilité du coût total de la complexité de la fabrication**

Complexité de la fabrication de la structure	Coût estimé (milliards)
3,4	2,11 \$
3,5	2,37 \$
3,6	2,66 \$
3,7	2,99 \$
3,8	3,35 \$
3,9	3,76 \$
4,0	4,22 \$
4,1	4,72 \$
4,2	5,28 \$
4,3	5,91 \$

Source: PBO

**Figure 2-10 : Sensibilité du coût total sur la complexité de la fabrication**



Source: PBO

### 2.3.2.4 Sensibilité à la quantité de production

Le dernier facteur de sensibilité visait à évaluer l'incidence qu'aurait la livraison d'un troisième navire sur le coût. Le premier navire est considéré comme un prototype. Les coûts de développement, qui comprennent le système du prototype, n'augmentent pas. Les coûts de production passent de 0,232 milliard de dollars à 0,357 milliard de dollars (une augmentation de 0,125 milliard de dollars, soit 54 %) en raison de la fabrication d'un autre navire. Le coût de deux navires n'équivaut pas au double d'un seul navire grâce aux économies d'échelle réalisées à l'étape de l'approvisionnement et aux connaissances acquises sur les travaux et les matériaux.

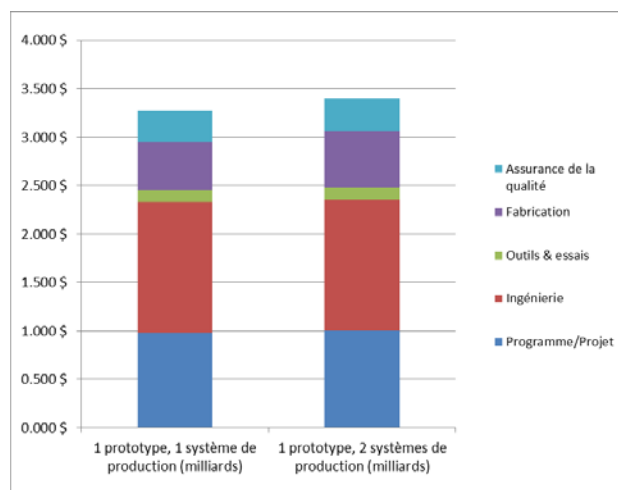
**Tableau 2-12 : Résultats de la sensibilité à la quantité de production**

<b>1 prototype, 1 système de production (milliards)</b>	
Programme/projet	0,976 \$
Ingénierie	1,350 \$
Outils & essais	0,129 \$
Fabrication	0,496 \$
Assurance de la qualité	0,326 \$
<b>Total</b>	<b>3,276 \$</b>

<b>1 prototype, 2 systèmes de production (milliards)</b>	
Programme/Projet	1,002 \$
Ingénierie	1,350 \$
Outils & essais	0,130 \$
Fabrication	0,583 \$
Assurance de la qualité	0,336 \$
<b>Total</b>	<b>3,401 \$</b>

Source: PBO

**Figure 2-11 : Diagramme représentant la quantité de production**



Source: PBO

### 2.3.3 Analyse de l'échéancier

L'analyse de l'échéancier a modélisé la pénalité monétaire associée au fait de limiter l'échéancier dans le but de livrer deux navires au plus tard en 2019 et fait une comparaison avec l'estimation du coût dans le cadre d'un « échéancier sans contrainte ».

L'échéancier de référence suppose que le programme commence le 1<sup>er</sup> mars 2014, que le premier jalon du développement (prototype) est le 30 avril 2018 et que le premier article de la production sera livré le 30 septembre 2019. L'échéancier sans contrainte prévoit simplement que le développement commence en mars 2014 et le modèle prévoit un échéancier optimal.

L'échéancier optimal prévoit la production du premier article en avril 2023, soit un écart de trois ans et demi par rapport à l'échéancier de référence. Les Figures 2-12 à 2-15 présentent les paramètres de l'échéancier de référence et de l'échéancier sans contrainte.

Ces résultats révèlent que les économies réalisées grâce à un prolongement de l'échéancier l'emportent sur les effets de la hausse des prix à la défense. Cela

ne veut toutefois pas dire qu'il faut prolonger l'échéancier, car les exigences opérationnelles et les ressources du fournisseur ne le permettent peut-être pas.

La « répercussion négative de l'échéancier », qui mesure l'augmentation des coûts associée au fait de réaliser le projet dans un délai de six ans, est de 0,852 milliard de dollars, comme le montre le Tableau 2-13 : Résumé de l'analyse de l'échéancier. Cette somme comprend les coûts attribuables à la réalisation des efforts de développement dans une période restreinte, à l'accélération de la chaîne de production et au respect de l'échéancier fondamental prévu. Il faut ajouter des ressources importantes tôt au cours de la période de développement et de production afin de respecter l'échéancier serré, ce qui entraîne une augmentation des coûts et des risques.

**Figure 2-12 : Échéancier de coûts système (référence)**

		Date de début	Date de fin
1	Lancement du projet et planification du développement	3/01/2014	9/30/2018
2	Gestion du projet et contrôle du développement		9/30/2018
3	Gestion de l'assurance de la qualité pour le développement		9/30/2018
4	Gestion de la configuration pour le développement		9/30/2018
5	Gestion des fournisseurs pour le développement		9/30/2018
6	Documentation pour le développement		9/30/2018
7	Lancement du projet et planification de la production		9/30/2019
8	Gestion du projet et contrôle de la production		9/30/2019
9	Gestion de l'assurance de la qualité pour la production		9/30/2019
10	Gestion de la configuration pour la production		9/30/2019
11	Gestion des fournisseurs pour la production		9/30/2019
12	Documentation pour la production		9/30/2019
13	Lancement du projet et planification pour opération et soutien		
14	Gestion du projet et contrôle pour opération et soutien		
15	Gestion de l'assurance de la qualité pour opération et soutien		
16	Gestion de la configuration pour opération et soutien		
17	Gestion des fournisseurs pour opération et soutien		
18	Documentation pour opération et soutien		

Source : TruePlanning®.

**Figure 2-13 : Échéancier des composants matériels (référence)**

		Date de début	Date de fin
1	Développement : ingénierie	3/01/2014	4/30/2018
2	Développement : jalon premier article	4/30/2018	4/30/2018
3	Développement : fabrication		4/30/2018
4	Développement : outils et essais		4/30/2018
5	Production : jalon premier article	9/30/2019	9/30/2019
6	Production : ingénierie		9/30/2019
7	Production : fabrication		9/30/2019
8	Production : outils et essais		9/30/2019

Source : TruePlanning®.

**Figure 2-14 : Échéancier de coûts système (sans contrainte)**

		Date de début	Date de fin
1	Lancement du projet et planification du développement	3/1/2014	
2	Gestion du projet et contrôle du développement		
3	Gestion de l'assurance de la qualité pour le développement		
4	Gestion de la configuration pour le développement		
5	Gestion des fournisseurs pour le développement		
6	Documentation pour le développement		
7	Lancement du projet et planification de la production		
8	Gestion du projet et contrôle de la production		
9	Gestion de l'assurance de la qualité pour la production		
10	Gestion de la configuration pour la production		
11	Gestion des fournisseurs pour la production		
12	Documentation pour la production		
13	Lancement du projet et planification pour opération et soutien		
14	Gestion du projet et contrôle pour opération et soutien		
15	Gestion de l'assurance de la qualité pour opération et soutien		
16	Gestion de la configuration pour opération et soutien		
17	Gestion des fournisseurs pour opération et soutien		
18	Documentation pour opération et soutien		

Source : TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

**Figure 2-15 : Échéancier des composants matériels (sans contrainte)**

		Date de début	Date de fin
1	Développement : ingénierie	3/01/2014	
2	Développement : jalon premier article		
3	Développement : fabrication		
4	Développement : outils et essais		
5	Production : jalon premier article		
6	Production : ingénierie		
7	Production : fabrication		
8	Production : outils et essais		

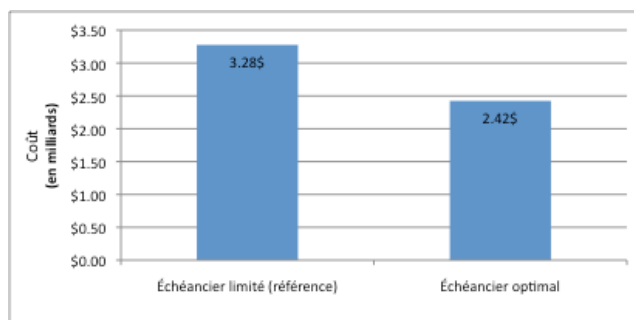
Source : TruePlanning® (traduction de l'interface du logiciel en anglais).

**Tableau 2-13 : Résumé de l'analyse de l'échéancier (milliards)**

Exercice financier	Référence	Échéancier sans contrainte	Répercussion négative de l'échéancier
2014	0,4933 \$	0,1519 \$	(0,3414)
2015	0,9548 \$	0,3201 \$	(0,6348)
2016	0,8973 \$	0,3390 \$	(0,5583)
2017	0,6406 \$	0,2973 \$	(0,3434)
2018	0,2410 \$	0,4226 \$	0,1816 \$
2019	0,0493 \$	0,4193 \$	0,3700 \$
2020		0,2329 \$	0,2329 \$
2021		0,1118 \$	0,1118 \$
2022		0,1139 \$	0,1139 \$
2023		0,0152 \$	0,0152 \$
Total	3,2765 \$	2,4240 \$	(0,8525)

Source : DPB.

**Figure 2-16 : Analyse de l'échéancier du NSI**



Source : DPB.

### 2.3.4 Contre-vérification

Pour contre-vérifier les résultats, le DPB a élaboré une estimation du coût d'acquisition du Cantabria, du Berlin, du Karel Doorman, de l'Amsterdam et du Lewis & Clark. Le modèle a permis d'estimer le coût de développement et de production de chaque navire avec les mêmes paramètres d'entrée sur le plan technique et programmatique que le NSI, à l'exception de la CFS (comme la quantité, l'échéancier, la complexité du projet, la complexité de l'interface du fournisseur, la complexité de l'ingénierie, le pourcentage de nouvelle structure, le pourcentage de répétition des éléments de conception). L'estimation de chaque navire se fondait sur l'hypothèse selon laquelle les navires étaient construits aujourd'hui, dans le même milieu de construction navale que le NSI. Le poids de chaque navire se fondait sur le poids réel du navire et

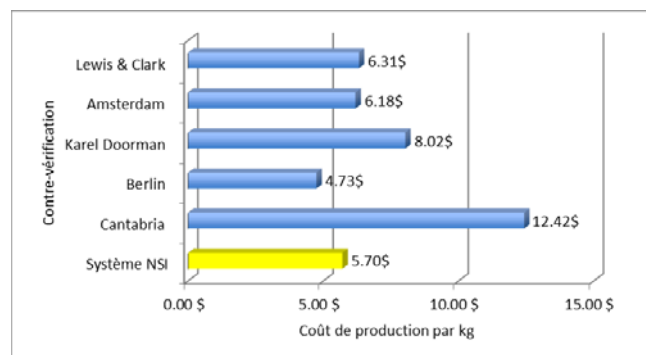
la CFS correspondait à la valeur de CFS calibrée. Selon l'hypothèse, le projet des NSI serait conçu et exécuté dans un milieu de construction navale n'ayant pas d'expérience dans la construction de navires semblables et dont l'équipe technique aurait une expérience limitée. Les résultats sont présentés au Tableau 2-14. Le coût du NSI en fonction du poids (kg) se situe dans un intervalle de 17 % du coût estimé pour les navires Berlin, Amsterdam et Lewis & Clark.

**Tableau 2-14 : Contre-vérification du coût total (\$ Can courants)**

	Coût (milliards)			Poids (livres)	CFS
	Total	Développement	Production		
NSI	4,1	3,8	0,3	18,469,520	3,9
Cantabria	5,8	5,3	0,5	21,599,200	4,1
Berlin	4	3,8	0,2	22,833,440	3,7
Karel Doorman	9,1	8,4	0,7	45,629,164	4,0
Amsterdam	6,9	6,4	0,5	37,556,160	3,9
Lewis & Clark	9,3	8,6	0,7	52,569,808	4,0

Source : DPB.

**Figure 2-17 : Contre-vérification du coût par kg**



Source : DPB.

Nota : Ces chiffres supposent qu'aucun travail de conception n'est nécessaire pour adapter le navire aux besoins opérationnels canadiens et à la construction au Canada.

### 2.3.5 Analyse des risques

Compte tenu de l'incertitude propre aux estimations de coûts exhaustives, l'équipe responsable des coûts a utilisé l'analyse des risques intégrée au modèle dans le but de quantifier les risques associés aux paramètres et aux hypothèses de façon individuelle.

L'outil d'analyse des risques a modélisé une distribution triangulaire d'une variété de possibilités quant au poids, à la CFS, au pourcentage de nouvelle structure, à la répétition dans la conception et à la complexité de l'ingénierie.

La gamme des valeurs de la CFS a été établie en fonction de la gamme de valeurs de complexité calibrées.

On présume que poids du NSI ne sera pas inférieur à celui du Protecteur, mais il pourrait augmenter d'environ 25 %.

Le pourcentage de nouvelle structure, établi à 85 %, est prudent (réutilisation minimale de la conception). Par conséquent, les valeurs ponctuelle et pessimiste sont identiques, et la valeur optimiste de 50 % se fonde sur le point de vue des experts.

Le pourcentage de répétition dans la conception présume l'utilisation optimiste d'une conception symétrique (répétition de 50 %), tandis que dans une estimation pessimiste, le pourcentage de répétition dans la conception est moindre, et de loin.

Sur le plan de la complexité de l'ingénierie, le scénario de référence et le scénario pessimiste se fondent sur l'hypothèse « Nouvelle conception/technologie existante » et « Expérience variée de l'équipe/certaine connaissance du produit ». Le scénario optimiste se fonde sur l'hypothèse « Nouvelle conception/technologie existante » et « Expérience approfondie/connaissance du produit ».

Il importe de souligner que plus l'incertitude concernant les paramètres d'entrée est grande, plus il est probable que l'estimation dépasse l'estimation « ponctuelle » ou « la plus probable ». L'incertitude s'exprime par le seuil de « confiance ».

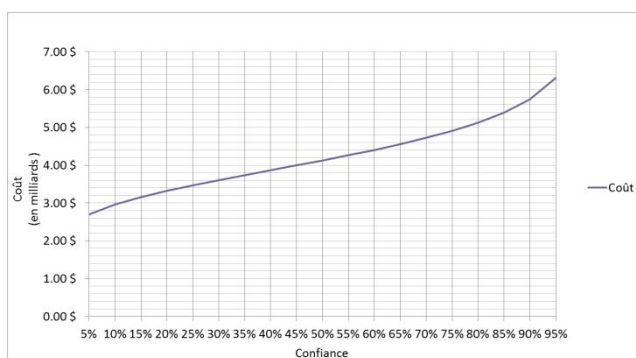
Si le seuil de confiance d'une estimation ponctuelle est de 80 %, l'estimation a 20% des chances d'être supérieure à l'estimation ponctuelle ou 80 % des chances d'être égale ou inférieure à l'estimation ponctuelle.

Tableau 2-15 : Paramètres de risque

	Référence	Pessimiste	Optimiste
Poids de la structure (lb)	18 469 520	22 833 440	18 469 520
CFS	3,78	4,25	3,39
% nouvelle structure	85 %	85 %	50 %
% reprise d'éléments de structure	40 %	20 %	50 %
Complexité de l'ingénierie	1,1	1,1	0,9

Source : DPB.

Figure 2-18 : Répartition cumulative du NSI



Source : TruePlanning®.

## 2.4 Observations

Selon l'analyse des risques, le risque financier varie de 2,7 milliards de dollars à 6,3 milliards de dollars. L'analyse révèle que le budget actuel ne permet pas de construire deux pétroliers ravitailleurs d'escadre en conservant les mêmes spécifications et données d'entrée. Il est fort improbable qu'il soit possible de respecter le budget de 2,6 milliards de dollars, compte tenu des réalités des chantiers navals au Canada, des contraintes relatives à l'échéancier et de valeurs inconnues qui n'ont pas encore été déterminées. De plus, il est optimiste de fixer la date de capacité opérationnelle totale à septembre 2019, et le respect de cet échéancier pourrait entraîner une augmentation des coûts pouvant atteindre 0,8 milliard de dollars.

Figure 2-19 : Résultats ajustés en fonction du risque pour le NSI

Confiance	Coût d'acquisition total (en milliards)
5 %	2,70 \$
10 %	2,96 \$
15 %	3,16 \$
20 %	3,32 \$
25 %	3,47 \$
30 %	3,60 \$
35 %	3,74 \$
40 %	3,87 \$
45 %	3,99 \$
50 %	4,13 \$
55 %	4,26 \$
60 %	4,40 \$
65 %	4,56 \$
70 %	4,72 \$
75 %	4,91 \$
80 %	5,13 \$
85 %	5,39 \$
90 %	5,74 \$
95 %	6,31 \$
Écart type	1,12 \$
Mode	3,86 \$
Moyenne	4,27 \$

Source : DPB.

Au seuil de confiance du 50e percentile, les coûts d'acquisition de deux NSI devraient se chiffrer à 4,13 milliards de dollars, soit une augmentation de 26 % par rapport à l'estimation ponctuelle. Cette augmentation marquée s'explique par la grande marge d'incertitude à l'étape préalable à la conception. À mesure que le programme progressera et que les intrants deviendront plus assurés, l'écart des valeurs prévu pour différents seuils de confiance se rétrécira (voir la Figure 3-1)

### 3 Appendice A : Interprétation des estimations paramétriques des coûts

Lorsqu'il produit une estimation paramétrique des coûts, l'estimateur peut choisir de présenter le résultat comme une estimation ponctuelle ou comme une fourchette de valeurs. Selon les circonstances, l'une ou l'autre des descriptions des résultats peut convenir. L'objet du présent appendice est d'amener le lecteur à mieux comprendre comment, en l'espèce, il a été décidé de présenter l'estimation des coûts du NSI comme une fourchette plutôt que comme une estimation ponctuelle.

#### **Extraits du Cost Estimating and Assessment Guide du GAO**

##### **Les estimations ponctuelles ne suffisent pas à elles seules à la prise de bonnes décisions (page 154)**

*Étant donné que les estimations des coûts sont entachées d'incertitude, il est difficile de bien prédire le montant des fonds dont un programme aura besoin pour connaître le succès. Aux premières étapes du programme, on ne sait pas très bien dans quelle mesure la technologie sera efficace, si les estimations sont exemptes de biais ni comment des facteurs externes peuvent influencer sur le programme. Pour que la direction prenne de bonnes décisions, il faut que l'estimation tienne compte du degré d'incertitude pour qu'on sache dans quelle mesure on peut lui faire confiance.*

*Le risque quantitatif et l'analyse de l'incertitude sont un moyen d'évaluer la variabilité de l'estimation ponctuelle. En ayant recours à ce type d'analyse, l'évaluateur des coûts peut modéliser des effets comme les décalages du calendrier, la modification de la mission ou le fait que les solutions proposées ne répondent pas aux besoins de l'utilisateur, ce qui permet d'obtenir une fourchette connue de coûts possibles. Il est plus utile aux décideurs que l'estimation ponctuelle soit assortie de cette fourchette de coûts, car cela révèle le degré de confiance qu'on peut avoir de respecter le coût le plus probable et donne de l'information sur les coûts, le calendrier et les risques d'ordre technique.*

*Les estimations ponctuelles sont plus incertaines au début d'un programme, car on connaît moins les exigences détaillées et les risques de changements sont plus importants. De plus, aux premiers stades du cycle d'un programme, on ne peut avancer que des énoncés généraux. Au fur et à mesure que le programme avance, ces énoncés généraux se transforment en des exigences plus claires et plus précises, ce qui fait diminuer la part d'inconnu. Toutefois, ces exigences plus précises se traduisent souvent en des coûts supplémentaires, ce qui déplace vers la droite la distribution des coûts possibles.*

##### **Budgétisation en fonction d'une estimation ponctuelle réaliste (page 158)**

*La direction peut se servir des données d'une courbe en S pour choisir un niveau justifiable de réserves pour éventualités. Bien qu'aucun seuil de confiance précis ne soit considéré comme exemplaire, les experts conviennent que les estimations des coûts d'un programme doivent permettre d'établir un budget avec un seuil de confiance d'au moins 50 %, mais une budgétisation en fonction d'un seuil supérieur (par exemple de 70 à 80 % ou la moyenne) est maintenant pratique courante. En outre, ils soulignent que des réserves pour éventualités s'imposent si on veut couvrir les coûts accrus découlant d'une complexité imprévue de la conception, d'exigences incomplètes, de l'incertitude sur le plan de la technologie et de préoccupations au sujet de la base industrielle, pour ne donner que quelques exemples des incertitudes qui peuvent influencer sur un programme.*

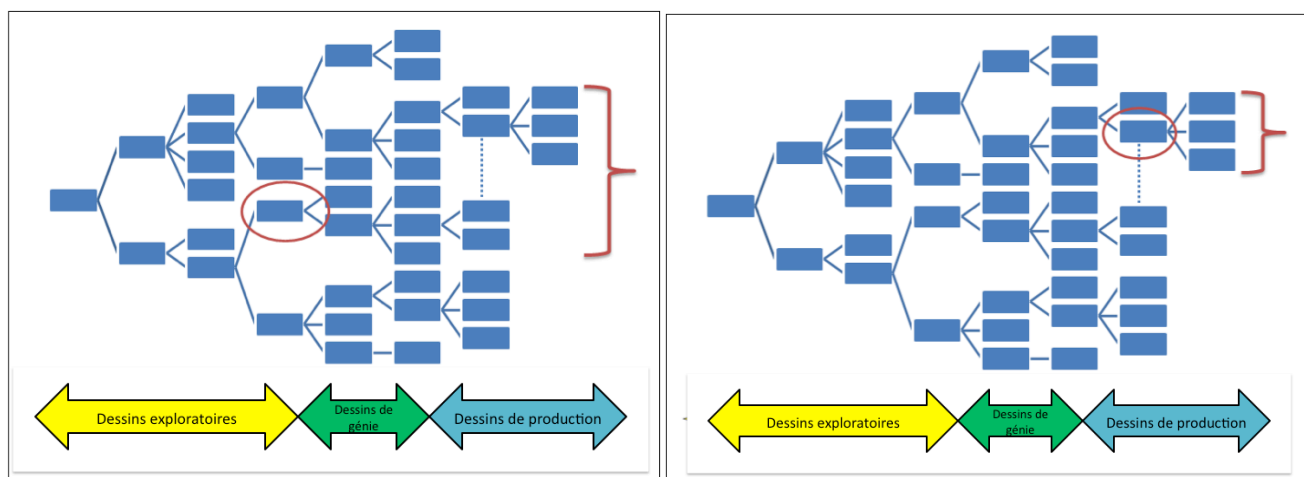
On peut concevoir l'acquisition du NSI comme une série de décisions, la première étant celle que le MDN a prise de remplacer l'AOR de classe Protecteur. Au moment où la nouvelle acquisition a été annoncée, un certain nombre d'autres décisions avaient été prises, dont les suivantes : le budget total du projet, le moment où la Marine prendrait possession du navire et les caractéristiques de haut niveau du bâtiment. Depuis l'annonce, d'autres décisions ont été prises au sujet des exigences que le navire doit respecter, du chantier où il sera construit et des bureaux d'étude technique qui seront en concurrence pour obtenir le marché de la conception finale.



Chacune des décisions prises jusqu'à maintenant a eu une conséquence positive ou négative pour le budget. Par exemple, la décision de laisser tomber une capacité peut faire diminuer le budget tandis que la décision d'abrèger les délais peut le faire augmenter.

Il reste encore beaucoup de décisions à prendre à cette étape du projet de NSI. Pour élaborer le modèle d'estimation des coûts, le DPB a tenu compte des éléments d'incertitude au moyen d'une analyse de sensibilité, et l'estimation à laquelle on aboutit varie beaucoup selon le seuil de confiance souhaité. En raison de l'incertitude qui règne, il était prudent de présenter les résultats comme une fourchette de valeurs plutôt que comme une valeur ponctuelle. Ainsi, les parlementaires pourront mieux comprendre les conséquences que peuvent avoir les décisions prises à ce jour et à venir.

**Figure 3-1 : Précisions apportées aux estimations à mesure que les décisions sont prises**



Source : DPB.

Lorsque d'autres décisions seront prises et qu'il sera possible de perfectionner le modèle, la fourchette des résultats possibles sera plus étroite (voir la Figure 3-1). Une fois que les exigences du projet seront mieux arrêtées, peut-être lorsque la conception sera rendue publique, il y aura davantage de renseignements détaillés pour étoffer le modèle et réduire la sensibilité de certaines variables. À ce moment-là, si les parlementaires le demandent, le DPB pourra mettre à jour son modèle d'estimation des coûts du NSI. Si les données disponibles le permettent, il pourra peut-être présenter une estimation ponctuelle avec le seuil de confiance qui convient.

## 4 Appendice B : Méthodes d'établissement des coûts

Le directeur parlementaire du budget (DPB) a adopté une méthode paramétrique pour déterminer si le budget alloué au projet des navires de soutien interarmées (NSI) est suffisant. Pour décider de la méthode à suivre, on a évalué les avantages et les risques associés à quatre méthodes généralement acceptées<sup>45</sup>.

Voici un aperçu de ces quatre méthodes d'établissement des coûts et de leur utilité pour le projet.

### Méthode ascendante

L'établissement des coûts selon la méthode ascendante (ou méthode par regroupement) consiste à définir les coûts au plus petit niveau définissable, puis à établir une estimation des systèmes en additionnant ou en « regroupant » les estimations détaillées des éléments de coûts au niveau inférieur. Les heures de travail sont multipliées par les taux de rémunération, et il faut indiquer les coûts détaillés des pièces et du matériel – souvent dans le menu détail<sup>46</sup>. On se sert de la méthode ascendante quand on dispose d'informations détaillées au sujet d'un article à un bas niveau.

En établissant une estimation à un bas niveau, il est possible d'indiquer avec précision les éléments qu'englobe l'estimation, sans rien oublier. Le niveau élevé de détails permet aussi d'obtenir un tableau assez exact du processus de production de la pièce ou du système en question<sup>47</sup>.

Nous n'avons pas employé cette méthode parce que le NSI n'est pas suffisamment avancé dans les étapes de développement pour qu'on puisse connaître les composantes ou le nombre d'heures de travail qu'il exigera.

### Méthode par analogie

La méthode par analogie consiste à comparer le coût d'un article à celui d'un article semblable<sup>48</sup>. Une analogie peut être établie au niveau des systèmes, des sous-systèmes ou des composantes. Il est parfois possible de recourir à de multiples analogies aux niveaux inférieurs de la structure de répartition du travail pour ensuite constituer une estimation à un niveau supérieur.

Des ajustements sont apportés au coût de l'ancien article, y compris à l'information concernant le programme comme la quantité ou le calendrier; les caractéristiques physiques comme le poids ou le matériel; les caractéristiques de rendement comme la puissance et la précision directionnelle; les pratiques gouvernementales ou commerciales; le type de contrat, par exemple les contrats à prix fixe ou au prix de revient majoré. Les coûts sont normalisés et tiennent compte, entre autres, des taux de change. Les ajustements devraient être le plus objectifs possible; pour cela, il faut déterminer les facteurs de coût, la relation entre l'ancien article et le nouveau, ainsi que l'influence des facteurs de coût sur les coûts<sup>49</sup>.

La méthode d'établissement des coûts par analogie convient habituellement au début du cycle de vie d'un programme, quand celui-ci n'est pas bien défini et qu'on ne dispose pas d'un modèle de coûts préétabli. On peut également l'employer lorsque les données ou la définition du programme ne suffisent pas à

---

<sup>45</sup> Ces méthodes sont également adoptées par le ministère de la Défense nationale et sont définies dans le *Guide d'établissement des coûts* (2006).

<sup>46</sup> Cebok, module 2.

<sup>47</sup> Cebok, module 2.

<sup>48</sup> Cebok, module 1.

<sup>49</sup> Cebok, module 2.

l'établissement d'une estimation des coûts à l'aide d'une technique plus détaillée<sup>50</sup>. Pour que l'analogie soit exacte, l'ancien système doit ressembler beaucoup au nouveau.

Dans ce cas-ci, il n'y a pas d'analogies étroites; les différences entre les navires potentiellement comparables et le NSI sont trop grandes. De plus, les navires comparables n'ont pas été construits dans le même pays (certains l'ont été dans plusieurs pays), ni aux mêmes moments ou dans les mêmes conditions, ce qui complique la normalisation.

### **Méthode paramétrique**

Un modèle paramétrique est formé d'un certain nombre de rapports entre les coûts et les estimations (RCE), c'est-à-dire des relations mathématiques entre les coûts et un facteur technique, relatif au rendement ou au programme<sup>51</sup>. Les RCE sont établis à partir de données historiques et ils sont vérifiés en fonction de ces données.

La variable dépendante est le coût. La variable indépendante peut être n'importe quel nombre d'« éléments ou facteurs de coût ». Généralement, il s'agit de caractéristiques matérielles, de paramètres de rendement ou opérationnels, de variables de programme ou même d'autres coûts. Les RCE sont fondés sur l'hypothèse que le cadre historique demeurera relativement stable (c.-à-d. les technologies, les procédés de fabrication, etc. ne seront pas beaucoup modifiés)<sup>52</sup>.

Les modèles paramétriques sont polyvalents. Ils peuvent être élaborés à n'importe quel niveau pour peu qu'on dispose de données suffisantes. À mesure que le concept évolue, il est possible d'en saisir rapidement et aisément les effets sur les coûts en modifiant les paramètres. Ces modèles peuvent être utilisés dans diverses situations, de la planification initiale à la négociation du contrat définitif.

Les modèles paramétriques sont relativement objectifs. Les RCE sont établis à partir de données historiques et devraient être utilisés uniquement lorsqu'ils ont été vérifiés au moyen d'une analyse statistique indiquant qu'ils permettent de prévoir les coûts<sup>53</sup>.

Dans ce cas-ci, nous avons opté pour un modèle paramétrique parce que le projet est encore à l'étape de la conception. Comme le concept n'a pas encore été choisi et que les spécifications sont incomplètes, nous n'avons pas suffisamment de données pour adopter une approche fondée sur le regroupement.

### **Opinions d'expert**

La méthode des opinions d'expert fait appel à l'opinion de spécialistes de la question pour corroborer ou rajuster les estimations de coûts<sup>54</sup>. Cette technique est souvent considérée comme trop subjective, mais il est possible d'atténuer cet inconvénient si l'« opinion » des experts repose sur des données concrètes, qu'il est possible de revoir, et si l'expert ne fait pas d'estimations en dehors du champ de son expérience. Il peut également être utile de recourir à plusieurs experts ayant un champ de compétences semblable.

---

<sup>50</sup> Cebok, module 2.

<sup>51</sup> Cebok, module 1.

<sup>52</sup> Cebok, module 2.

<sup>53</sup> Cebok, module 2.

<sup>54</sup> Cebok, module 1.

Dans ce cas-ci, les opinions d'expert, sans justification sous-jacente, n'auraient pas été suffisamment objectives du point de vue budgétaire<sup>55</sup>. Néanmoins, le DPB consulte régulièrement des experts pour cerner les pratiques exemplaires pour l'établissement des coûts et il établit toutes les estimations de coûts à l'aide de méthodologies qui respectent les mêmes règlements, politiques et procédures que ceux qu'utilisent les ministères et organismes gouvernementaux. Bien que les avis d'expert puissent être utiles pour des estimations, il serait difficile de valider des estimations produites uniquement à partir de cette méthode, estimations qui, du reste, ne pourraient être reproduites. Au demeurant, cela ne cadrerait pas avec le niveau d'analyse attendu du DPB.

---

<sup>55</sup> Cebok, Module 2.

## 5 Appendice C : Exigence de haut niveau du NSI

Tableau adapté à partir de l'énoncé des besoins du NSI, version 5.5, novembre 2009<sup>56</sup>

Capacité		Exigence essentielle	Exigence souhaitable
Cargaison de carburant	F76 (diesel de qualité militaire)	7 000 tonnes	
	F44 (kérosène pour aviation de qualité militaire)	980 tonnes	
Ravitaillement en mer (REM)	Nombre de stations	4 (deux de chaque côté)	+ poste de ravitaillement à l'arrière
Aviation	Nombre d'hélicoptères	3	4
	Emplacements sur le pont d'envol	1	2
Vitesse maximale de croisière		20 kt <sup>57</sup>	22 kt
Survivabilité		DG NIXIE (leurre pour torpilles) CBRN (chimique, biologique, radiologique et nucléaire)	Gestion de signature – acoustique/IR/SER Stabilité renforcée en cas de dommage
Maniabilité		Propulseur d'étrave	
Résistance aux glaces		Possibilité d'accéder aux installations de Nanisivik pendant la saison estivale de navigation Règlement sur la prévention de la pollution des eaux arctiques par les navires (RPPEAN) type E	RPPEAN type C – peut pénétrer en zone 6, alors que les bâtiments de type E ne le peuvent pas.
Fonctions opérationnelles	C4I (commandement, contrôle, communications, ordinateurs et renseignement)	De base (actuel AOR 509)	Intégré/en réseau
	Autodéfense	2 systèmes d'armes de combat rapproché (CIWS) Contre-mesures électroniques (CME) Supports de défense contre les menaces de petits bateaux (DASBT)	CIWS CME Mesures de surveillance électronique (MSE) DASBT intégrée au système de commandement et de contrôle (SCC)
Capacité d'hébergement		250 personnes	320 personnes
Installations médicales		Rôle 2E (évacuation médicale tactique)	
Systèmes de transfert de cargaison	Conteneurs	TEU (équivalence de conteneurs de 20 pieds)	Autodéchargement le long du bord et à l'ancre
	Jetée bord à bord	Grues	
	À l'ancre	Grues et barge de débarquement de véhicules et de personnel (LCVP)	Chaland de débarquement tout usage
QGFOI en mer		Espace et poids seulement	Compatible mais non fourni – C4

<sup>56</sup> Le ministère de la Défense nationale a approuvé la version 5.6, mais ne distribue plus le document aux parties de l'extérieur. Les représentants du gouvernement ont indiqué que les besoins ont été légèrement modifiés, tout particulièrement en fonction des contraintes budgétaires.

<sup>57</sup> Le nœud (kt) correspond à un mille nautique à l'heure.

## 6 Appendice D : Intrants du modèle

Niveau	Variable	Intrant	Explication
Système	Nombre d'unités	2	<p>Le logiciel TruePlanning établit une différence entre les coûts associés à la production du prototype ou au premier navire d'une classe donnée et ceux de la production de série, c'est-à-dire les navires de la classe qui viennent après le prototype. La distinction est faite parce que les coûts de la production du prototype sont nettement supérieurs à ceux de la production des unités ultérieures.</p> <p>Conformément à la politique énoncée par le gouvernement, qui prévoit construire deux NSI avec possibilité d'un troisième, les intrants du modèle qui ont été retenus sont ceux d'un prototype et d'un ou deux navires par la suite.</p>
CS/GP	Spécification d'opération	1,60  Mobile (mer) : navires militaires	<p>Les spécifications d'opération désignent l'utilisation prévue du matériel (p. ex. militaire au sol, sous-marins, missiles air-air). Elles ont un impact sur le coût, car différentes spécifications d'opération entraînent des exigences différentes relativement à la portabilité, à la fiabilité, à la structuration, aux essais et à la documentation. TruePlanning attribue une valeur à chaque spécification d'opération, et cette valeur a un impact important sur les coûts d'ingénierie de développement. La valeur attribuée par défaut aux navires militaires est de 1,60 (point milieu de 1,4-1,8). Ce chiffre reflète les exigences supplémentaires en essais et en documentation associées aux navires militaires par opposition aux navires commerciaux.</p>
	Développement sur des sites multiples	2,5  Plusieurs endroits : de deux à trois lieux d'activité dans le même pays  Communications	<p>La valeur développement sur des sites multiples décrit les difficultés en matière de communication occasionnées par le fait que des équipes travaillent à des endroits différents. Les communications ont une incidence sur la productivité et deviennent plus importantes lorsque le personnel chargé du développement travaille à partir de plusieurs lieux différents sur le même matériel. Cette valeur est une fonction du nombre et de la qualité des communications entre les lieux où on travaille à la réalisation du programme.</p> <p>Dans le cas qui nous occupe, l'activité se déroulera à trois endroits (chez le</p>

		médiocres	client (MDN), chez le concepteur (TKMS ou BMT) et chez Seaspan). Les règles sur les marchés fédéraux imposent des restrictions à la capacité des entrepreneurs de communiquer avec des fonctionnaires fédéraux qui ont une influence sur le processus des marchés. Comme le gouvernement doit contribuer aux communications entre le chantier naval et le concepteur, des retards ou des restrictions sont probables. Lorsque les communications entre trois lieux entre lesquels les activités se répartissent sont décrites comme médiocres, la valeur retenue par le modèle est de 2,5.
	Complexité de l'interface avec les vendeurs	Grande complexité	<p>La complexité de l'interface avec les vendeurs décrit le degré et l'intensité de l'obligation d'assurer une interface avec les vendeurs ou les sous-traitants du projet. Elle varie entre faible et élevée.</p> <p>Les examens techniques, les vérifications et les exigences en matière d'assurance de la qualité dans le contexte de ce marché seront importants par comparaison avec les marchés non militaires. Les exigences seront contrôlées au moyen d'une série de « portes » ou de jalons utilisés pour suivre la réalisation du projet par rapport à ses objectifs. Par conséquent, la valeur de la complexité de l'interface avec les vendeurs sera élevée.</p>
	Facteur de complexité du projet	75  Grande complexité; niveaux de planification et de surveillance typiques d'un projet de taille moyenne ou importante ou modérément complexe	<p>Le facteur de complexité du projet reflète les activités de planification et de surveillance nécessaires afin de gérer correctement le projet.</p> <p>Ce facteur sert à prédire l'importance de la surveillance et de la planification nécessaires pour gérer le projet de façon fructueuse. La valeur de ce facteur varie entre 0 et 200, 0 correspondant à l'absence de planification et de surveillance, 50 aux valeurs typiques des activités de planification et de surveillance pour un projet d'importance faible à moyenne, et 100 aux valeurs typiques d'un projet d'envergure ou très complexe.</p> <p>Une valeur élevée a été retenue en raison de la complexité de la gestion d'un marché militaire portant sur un navire unique exigeant de nombreuses fonctions de vérification et d'autorisations.</p>
	Nombre de	1	Le nombre de vendeurs indique le nombre de sources externes qui fourniront

	vendeurs		du matériel, des logiciels ou des services. La valeur de cet intrant influence l'effort propre aux activités d'ingénierie système. Bien qu'on ignore le nombre exact des vendeurs qui contribueront au projet, il y en aura au moins un : Seaspan. Le nombre de vendeurs a donc été fixé à un, ce qui est une estimation prudente.
Acquisition	Date du début	1er mars 2014	La date est indiquée dans le plus récent Rapport sur les plans et les priorités (RPP).
	Poids de la structure	18 469 520 lb	Le poids de la structure indique le poids de la partie mécanique/structurelle du matériel. Lorsque le poids augmente, l'effort technique s'intensifie, mais il y a modulation selon l'impact de l'augmentation ou de la diminution du degré de maturité technologique. Les augmentations de poids se traduisent aussi par des efforts et des matériaux plus importants nécessaires au développement du prototype.
	Complexité de fabrication de la structure (CFS)	3,78	La CFS représente un indice technologique pour la partie structurelle du matériel et elle est reliée à la spécification d'opération. Il s'agit d'une mesure de la technologie du matériel, de sa productibilité (usinage, tolérances d'assemblage, difficulté de l'usinage, finition de la surface, etc.) et de son rendement. La valeur de cette variable devrait être déterminée soit au moyen d'un calibrage au moyen des données historiques de projets passés ou au moyen d'un des outils disponibles dans True H pour guider l'utilisateur vers la bonne valeur. Dans ce cas-ci, le DPB a eu recours au calibrage en utilisant les données historiques de l'AOR de classe Protecteur. Le résultat obtenu par cette méthode a été de 3,78.
	Pourcentage de nouvelle structure	85 %	Le pourcentage de nouvelle structure représente l'importance de l'effort de nouvelle conception structurelle en fonction des tâches de conception qui existent déjà ou qui peuvent être déjà achevées. Ce pourcentage est un facteur de coût de l'activité d'ingénierie de développement du matériel.  Le modèle suppose que la nouvelle structure exige une activité d'ingénierie complète du développement et que la structure existante n'exige aucun effort



			<p>d'ingénierie au niveau de la composante.</p> <p>Selon l'opinion des experts, cet effort de conception sera nécessaire, que le NSI soit élaboré ou non à partir d'un navire préexistant. L'adaptation d'une conception préexistante pour qu'elle réponde aux besoins du Canada exigera un important travail de modification de la conception.</p>
	Pourcentage de reprises de conception pour la structure	40 %	<p>Cet intrant correspond à la réutilisation de composantes de la conception reflétant la symétrie de la coque du navire. Le pourcentage de reprises de conception est déterminé par le rapport entre le matériel redondant et le matériel unique. Dans le cas d'un navire complètement symétrique, le pourcentage de reprises de conception serait de 50 %. Bien que la coque proprement dite soit symétrique, des composantes internes ne le sont pas, d'où une valeur inférieure à 50 %.</p>
	Complexité de l'ingénierie	<p>1,1</p> <p>Nouvelle conception, dans la ligne de produits établie, poursuite d'éléments modernes existants.</p> <p>Expérience mixte; ce type de conception est familier pour certains membres de l'équipe, alors que d'autres sont de nouveaux venus dans ce genre d'emploi.</p>	<p>La valeur de la complexité de l'ingénierie représente une mesure des facteurs de complication de l'effort de conception sous l'angle de l'expérience et des compétences de l'équipe de conception technique. La complexité de l'ingénierie est un facteur important de l'effort d'ingénierie de développement.</p> <p>Lorsque l'ensemble des compétences et de l'expérience nécessaires est à la baisse ou lorsque les difficultés techniques deviennent plus importantes, les coûts de l'ingénierie de développement augmentent. Les activités de fabrication et d'outillage de développement et d'essais augmentent aussi au gré de la complexité, lorsque les ingénieurs et les monteurs s'attaquent à la réalisation et à la vérification des prototypes conçus par du personnel peu expérimenté ou dans des conditions de conception qui ne sont pas idéales.</p> <p>Que le gouvernement opte pour une version adaptée d'un bâtiment de classe Berlin ou une conception entièrement nouvelle de BMT, le NSI sera le produit d'une nouvelle conception. Le facteur de complexité de l'ingénierie a été établi sur cette base, mais en laissant une marge de manœuvre en fonction du fait que le matériel s'inscrira dans une « ligne de produits établie » et dans « la</p>

			<p>poursuite de l'élaboration d'un produit de pointe ».</p> <p>L'expérience de Seaspans se situe dans le domaine des barges, des transbordeurs et des petits navires commerciaux. L'entreprise a fort peu d'expérience dans la construction de navires de la classe à produire. Par conséquent, la complexité de l'ingénierie a été décrite comme « expérience mixte », « ce type de conception étant familier » à certains membres de l'équipe.</p> <p>Le DPB estime, sur la foi de l'opinion des experts, que ces hypothèses sont prudentes (c'est-à-dire que l'estimation des coûts sera plus faible).</p> <p>La complexité de l'ingénierie n'a aucune incidence sur les coûts de production, mais elle a un impact non linéaire sur les coûts de développement. Une augmentation de 10 % de la complexité de l'ingénierie entraîne donc une augmentation des coûts de développement qui est supérieure à 10 %.</p>
	Ingénierie de développement	Début : 1 <sup>er</sup> mars 2014 Fin : 30 avril 2018	Ces dates sont indiquées dans les RPP <sup>58</sup> .
	Fabrication – Production	Fin : 30 septembre 2019	Cette date est indiquée dans les RPP <sup>59</sup> .
Autres	Taux de la main-d'œuvre	Conformément au modèle de PRICE	Le logiciel TruePlanning contient des taux unitaires de main-d'œuvre préexistants pour la production canadienne. Ces chiffres concordent avec les données de l'Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia et avec celles des conventions collectives.

<sup>58</sup> Voir l'Appendice E : Calendrier actuel du projet.

<sup>59</sup> *Ibid.*

## 7 Appendice E : Calendrier actuel du projet

**Tableau 7-1 : Grandes étapes**

Liste des grandes étapes	Date
Analyse des options	Automne 2009
Approbation révisée du projet (définition)	Juin 2010
Recommencement de la phase de définition du projet	Juillet 2010
Approbation de projet (mise en œuvre)	Février 2014
Adjudication du contrat de mise en œuvre	Mars 2014
Capacité opérationnelle initiale – Premier navire	Printemps 2018
Capacité opérationnelle totale	Automne 2019

Source: Secrétariat du Conseil du Trésor, *Rapports sur les plans et les priorités, 2012-2013, Défense nationale – Tableaux supplémentaires, 2012*, en ligne : Secrétariat du Conseil du Trésor, <http://tbs-sct.gc.ca/rpp/2012-2013/inst/dnd/st-ts04-fra.asp#jss-nsj>.

## 8 Appendice F : Liste de navires de ravitaillement

Tableau 8-1 : Liste de navires de ravitaillement

Navire	Marine	Type de navire	État	Année	Jauge (tonnage en pleine charge)
Cantabria	Espagne	Navire ravitailleur	En service	Cantabria Mise en construction <sup>60</sup> 2007 Lancement <sup>61</sup> 2008 Livraison juillet 2010	19 500
Patino	Espagne	Pétrolier logistique de flotte	En service	Patino Mise en construction 1993 Lancement juin 1994 Mise en service <sup>62</sup> juin 1995	17 045
Berlin	Allemagne	Pétrolier logistique de flotte	En service	Berlin Lancement avril 1999 Mise en service avril 2001 Frankfurt AM Main Lancement janvier 2001 Mise en service mai 2002 Bonn Mise en service prévue pour fin 2012	20 240
Karel Doorman (NSI)	Pays-Bas	Navire de soutien interarmées	Mise en construction Date de mise en service à déterminer	Mise en construction juin 2011	27 000
Amsterdam	Pays-Bas	Navire de soutien de combat rapide	En service	Mise en construction mai 1992 Lancement septembre 1993 Mise en service septembre 1995	17 040
Lewis & Clark	États-Unis	Ravitailleur en marchandises sèches et en munitions	En service	T-AKE-1 Lancement 2005 T-AKE-2 Lancement 2006 T-AKE-3 Lancement 2006	40 298

<sup>60</sup> Mise en construction : L'expression « mise en construction » marquait initialement le début de la construction de la quille d'un navire. Comme de nombreux navires modernes sont maintenant construits en modules, cette expression désigne maintenant de façon plus générale le début de la construction d'un navire.

<sup>61</sup> Lancement : Une fois la coque achevée, le navire est prêt à quitter le chantier.

<sup>62</sup> Mise en service : Un navire est mis en service lorsqu'il est jugé prêt à l'être.

Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité

Navire	Marine	Type de navire	État	Année	Jauge (tonnage en pleine charge)
				T-AKE-4 Lancement 2007 T-AKE-5 Lancement 2008 T-AKE-6 Lancement 2008 T-AKE-7 Lancement 2008 T-AKE-8 Lancement 2009 T-AKE-9 Lancement 2009 T-AKE-10 Lancement 2010 T-AKE-11 Lancement 2010 T-AKE-12 Lancement 2011 T-AKE-13 Lancement prévu 2013 T-AKE-14 Lancement prévu 2014	
Henry J. Kaiser	États-Unis	Pétrolier	En service	T-AO 187 Mise en construction 1984, mise en service 1986 T-AO 188 Mise en construction 1984, mise en service 1987 Désarmement 1996 T-AO 189 Mise en construction 1985, mise en service 1987 T-AO 190 Mise en service 1987 Désarmement 1996 T-AO 191 Mise en service 1991 Désarmement 1997 T-AO 192 Mise en service 1992 Désarmement 1998 T-AO 193 Mise en construction 1986, mise en service 1988 T-AO 194 Mise en construction 1989, mise en service 1991 T-AO 195 Mise en construction 1987, mise en service 1989 T-AO 196 Mise en construction 1989, mise en service 1991 T-AO 197 Mise en construction 1988, mise en service 1990 T-AO 198, Mise en construction 1989, mise en service 1992 T-AO 199, Mise en construction 1990,	42 000 (42 667,8 tonnes longues)

Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité

Navire	Marine	Type de navire	État	Année	Jauge (tonnage en pleine charge)
				mise en service 1993 T-AO 200, Mise en construction 1990, mise en service 1992 T-AO 201, Mise en construction 1991, mise en service 1995 T-AO 202, Mise en construction 1991, mise en service 1993 T-AO 203, Mise en construction 1994, mise en service 1996 T-AO 204, Mise en construction 1992, mise en service 1995	
Wave	R.-U.	Pétrolier ravitailleur	En service	Wave Knight Mise en construction octobre 1998 Lancement septembre 2000 Mise en service avril 2003 Wave Ruler Mise en construction février 2000 Lancement février 2001 Mise en service avril 2003	
MARS	R.-U.	Pétrolier de flotte	Prévu	Mise en service prévue 2016	
Durance	France	Pétrolier ravitailleur	En service	Meuse (A607) Mise en construction 1977, mise en service 1980 Var (A608) Mise en construction 1979 Mise en service 1983 Marne (A630) Mise en construction 1982 Mise en service 1987 Somme (A631) Mise en construction 1985 Mise en service 1990	(A607) 17 900 Toutes les variantes 18 500
Durance (Success)	Australie	Pétrolier ravitailleur	En service	Mise en construction 1980 Lancement 1984 Mise en service 1985	17 933
HMAS Sirius	Australie	Pétrolier ravitailleur	En service	Lancement 2004 Mise en service 2006	37 000 tonnes (port en lourd)

## 9 Appendice G : Risques utilisés pour définir l'intervalle de confiance

Le tableau qui suit présente un résumé des paramètres utilisés pour établir le seuil de confiance de l'estimation du NSI. Il explique les limites optimiste et pessimiste des fourchettes de valeurs.

**Tableau 9-1 : Fourchette des intrants**

Variable	Optimiste	Pessimiste	Explication de la fourchette
Poids de la structure	18 469 520 lb	22 833 440 lb	Il n'est pas possible de prédire avec exactitude le poids du navire à un stade aussi précoce de la conception. Néanmoins, en s'appuyant sur les exigences du ministère de la Défense nationale, le DPB a adopté une fourchette qui correspond aux valeurs supérieures et inférieures de navires d'une capacité comparable. Il a retenu le poids du navire de la classe Protecteur comme valeur optimiste (navire le plus léger) et celui du navire de classe Berlin (navire le plus lourd) comme valeur pessimiste.
Complexité de la fabrication de la structure	3,39	4,25	Pour établir les limites de la complexité de fabrication de la structure, le DPB a procédé au calibrage de navires comparables. (Voir le Tableau 2-5). Cette analyse a donné des valeurs variant entre 3,39 (correspondant au Henry J. Kaiser) et 4,25 (correspondant au Wave).
Pourcentage de nouvelle structure	50 %	85 %	Il n'est pas possible de prédire le pourcentage de nouvelle structure du navire tant qu'une partie importante des décisions en matière de conception n'auront pas été prises. Toutefois, s'inspirant de l'expérience de spécialistes de la question, le DPB a établi qu'une fourchette acceptable serait de 50 % à 85 %. Le chapitre du rapport portant sur la méthodologie traite de la sensibilité de cette variable.
Pourcentage de reprise de conceptions existantes pour la structure	50 %	20 %	Là non plus, il n'est pas possible de prédire le pourcentage de structure nouvelle du navire tant qu'une partie importante des décisions en matière de conception n'auront pas été prises. À supposer qu'il y ait une parfaite symétrie, il est impossible d'avoir une valeur supérieure à 50 % pour un navire. À la lumière des programmes de construction navale du passé, il est peu probable que la valeur soit inférieure à 20 %.

<b>Variable</b>	<b>Optimiste</b>	<b>Pessimiste</b>	<b>Explication de la fourchette</b>
Complexité de l'ingénierie	0,9	1,1	Cette variable est calculée au moyen de l'application TruePlanning. Elle se fonde sur l'assemblage de la technologie utilisée dans la construction du navire et sur l'expérience de ceux qui ont participé à la conception. L'intrant de l'ingénierie est fixe, car le NSI sera une conception nouvelle qui utilisera la technologie existante. D'après la capacité actuelle de concepteurs et du chantier naval, les niveaux d'expérience choisis pour le modèle sont une expérience mixte. Toutefois, si les concepteurs et le chantier naval peuvent fournir des spécialistes plus expérimentés, le processus pourrait être optimisé. La valeur optimiste de 0,9 repose sur un cas de figure où il serait possible d'obtenir des concepteurs d'expérience.



## 10 Appendice H : Hausse des coûts dans le domaine de la défense

Les indices d'inflation classiques ne conviennent pas à la budgétisation dans le domaine de la défense parce que des facteurs non liés au marché entraînent une hausse des coûts.

Le ministère de la Défense nationale (MDN) acquiert souvent des actifs qui sont complexes de nature, qui présentent des exigences uniques et dont les fournisseurs sont en nombre limité. En conséquence, un grand nombre d'acquisitions, comme celle du NSI, sont des projets qui s'étalent sur plusieurs années.

L'affectation et la gestion des budgets de projets pluriannuels exigent des rajustements en fonction de l'évolution du coût des biens et services pendant la durée du projet. Généralement, le terme « inflation » désigne les hausses de coûts dans le temps. Toutefois, les hausses annuelles des coûts dans le cas des acquisitions de la défense peuvent être nettement supérieures à ce qu'indiquent les indices courants de l'inflation, car la véritable inflation n'est qu'un des facteurs qui contribuent à la hausse des coûts des acquisitions de la défense.

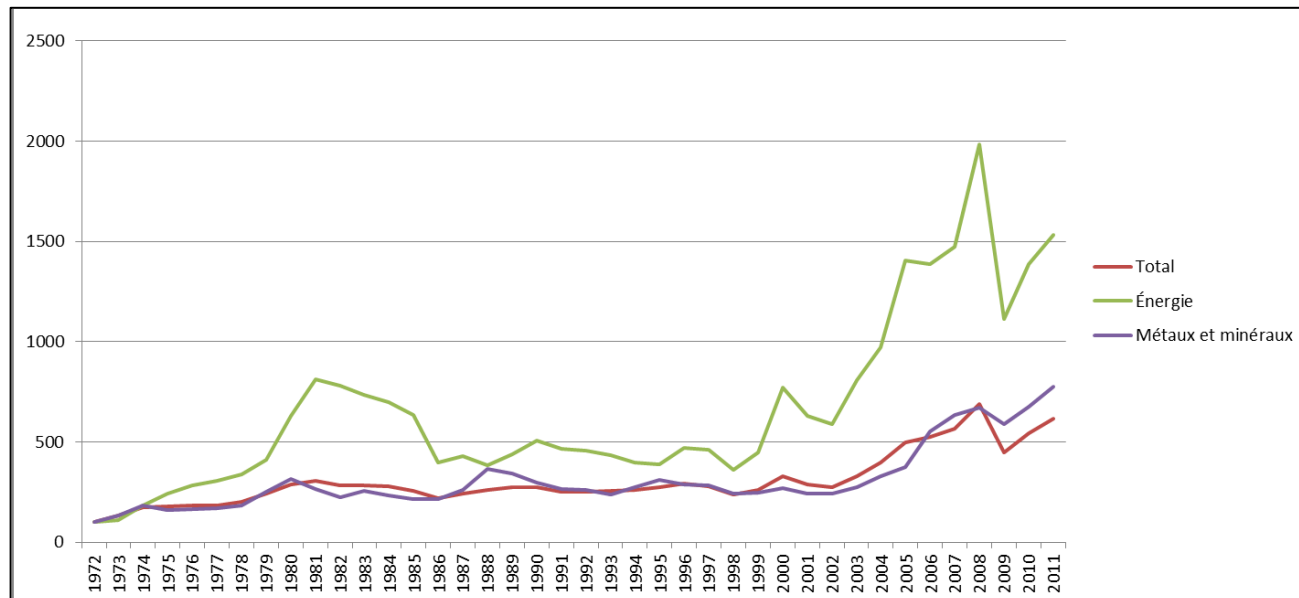
La mesure la plus courante de l'inflation, l'indice des prix à la consommation (IPC), se calcule d'après l'évolution du coût d'un panier de biens de consommation et de services. Bien que le coût de divers biens et services fluctue à des taux différents, l'IPC est resté relativement stable, ces dernières années, aux environs de 2 %.<sup>63</sup> Cependant, l'IPC n'est pas une mesure exacte de la hausse des coûts dans l'industrie de la défense, car le panier pondéré de biens et services utilisés pour calculer l'IPC n'est pas représentatif des intrants nécessaires pour fabriquer de l'équipement militaire.<sup>64</sup> Alors que l'indice de référence est surpondéré en articles du ménage, les principaux intrants du matériel de défense sont des matériaux (minéraux et énergie) et de la main-d'œuvre. Comme l'augmentation du coût de l'énergie a dépassé en moyenne les 2 % par année,<sup>65</sup> il est normal que la hausse des coûts de la défense soit supérieure dans une certaine mesure à celle de l'IPC.

---

<sup>63</sup> Banque du Canada, *L'indice des prix à la consommation depuis 2000*, 2012, en ligne : Banque du Canada, <http://www.banqueducanada.ca/taux/indices-des-prix/ipc/>

<sup>64</sup> David Kirkpatrick, *Is Defence Inflation Really as High as Claimed?*, octobre 2008, RUSI Defence Systems 66, p. 71.

<sup>65</sup> Banque du Canada, *Inflation*, 2012, en ligne : Banque du Canada, [http://www.banqueducanada.ca/politique-monetaire-introduction/inflation/?\\_\\_](http://www.banqueducanada.ca/politique-monetaire-introduction/inflation/?__)

**Figure 10-1 : Indices d'inflation de la Banque du Canada**

Source : Banque du Canada.

Un autre moyen de rendre compte de l'évolution des coûts dans le temps est le déflateur du produit intérieur brut (PIB). Pas plus que l'IPC, le PIB n'est représentatif des intrants des matériels militaires. Par exemple, la catégorie « machines et matériel » représente environ 20 % des dépenses dans le domaine de la défense, mais seulement 8 % du PIB.<sup>66</sup> En outre, les matériels acquis dans le domaine de la défense sont exposés à des fluctuations du taux de change dont le PIB ne tient pas compte.<sup>67</sup>

### Facteurs non liés au marché qui contribuent à la hausse des coûts dans le domaine de la défense

Étant donné les raisonnements qui précèdent, il semblerait logique de conclure qu'il faut créer un indice propre au domaine de la défense à partir d'un panier représentatif de biens et l'assortir d'un rajustement pour tenir compte de la fluctuation des taux de change. Toutefois, les données sur les acquisitions de la défense ont mis en évidence une tendance plus prononcée que ce que peuvent expliquer les seuls indices des prix.<sup>68</sup>

La RAND Corporation a entrepris une analyse approfondie de l'inflation dans la construction des navires militaires et constaté que l'inflation dans l'industrie de la construction navale militaire sur une période de 50 ans s'établissait entre 7 et 11 % par année selon la catégorie de bâtiment.<sup>69</sup> RAND et divers économistes qui s'intéressent à la défense et qui ont étudié cette tendance ont relevé deux importants facteurs non liés au marché qui contribuent à cette hausse supplémentaire des coûts : 1) la dynamique de la relation entre consommateur et fournisseur, et 2) le comportement du consommateur.<sup>70</sup>

<sup>66</sup> Binyam Solomon, « Defence Specific Inflation: a Canadian Perspective », 2003, 14 Defence and Peace Economics 19, p. 23.

<sup>67</sup> *Ibid.*

<sup>68</sup> David Kirkpatrick, précité, note 64.

<sup>69</sup> Mark Arena et coll., précité, note 35.

<sup>70</sup> *Ibid.*, p. 8; Binyam Solomon, précité, note 66.

Il y a peu d'acheteurs et peu de fournisseurs de matériel de défense. Bien des matériels militaires, dont les navires, nécessitent une personnalisation partielle ou complète de l'acquisition, de sorte qu'on se retrouve avec un produit unique pour lequel il n'existe qu'un client. Cette relation, décrite par un économiste comme monopsonne-oligopole,<sup>71</sup> a pour conséquence que le consommateur paie plus cher, car le fournisseur doit s'assurer de rentrer dans ses frais et de réaliser un bénéfice sur un produit qu'aucun autre consommateur n'achètera.

Outre le surcroît de prix attribuable à la relation entre consommateur et fournisseur, d'autres coûts découlent des façons de procéder des ministères de la Défense. La RAND Corporation a constaté que la Marine américaine avait, comme consommateur, contribué à la hausse des coûts par son utilisation de normes militaires,<sup>72</sup> des attentes plus importantes en matière de technologie,<sup>73</sup> et des exigences constantes en matière de révision de la conception.<sup>74</sup>

### **Conséquences pour le projet de NSI**

L'enveloppe budgétaire du projet de NSI a été annoncée en « dollars de l'année du budget ». En d'autres termes, aucun rajustement ne sera apporté au budget pour tenir compte de l'inflation – propre à la défense ou autre. La Figure 10-2 illustre comment le budget de 2,6 milliards de dollars a diminué, en valeur réelle, depuis l'annonce du projet en 2010. Ainsi, lorsque le projet de NSI a été relancé avec un nouveau budget de 2,6 milliards de dollars (augmentation de 500 millions de dollars par rapport au budget initial), le budget a, dans les faits, été réduit.

---

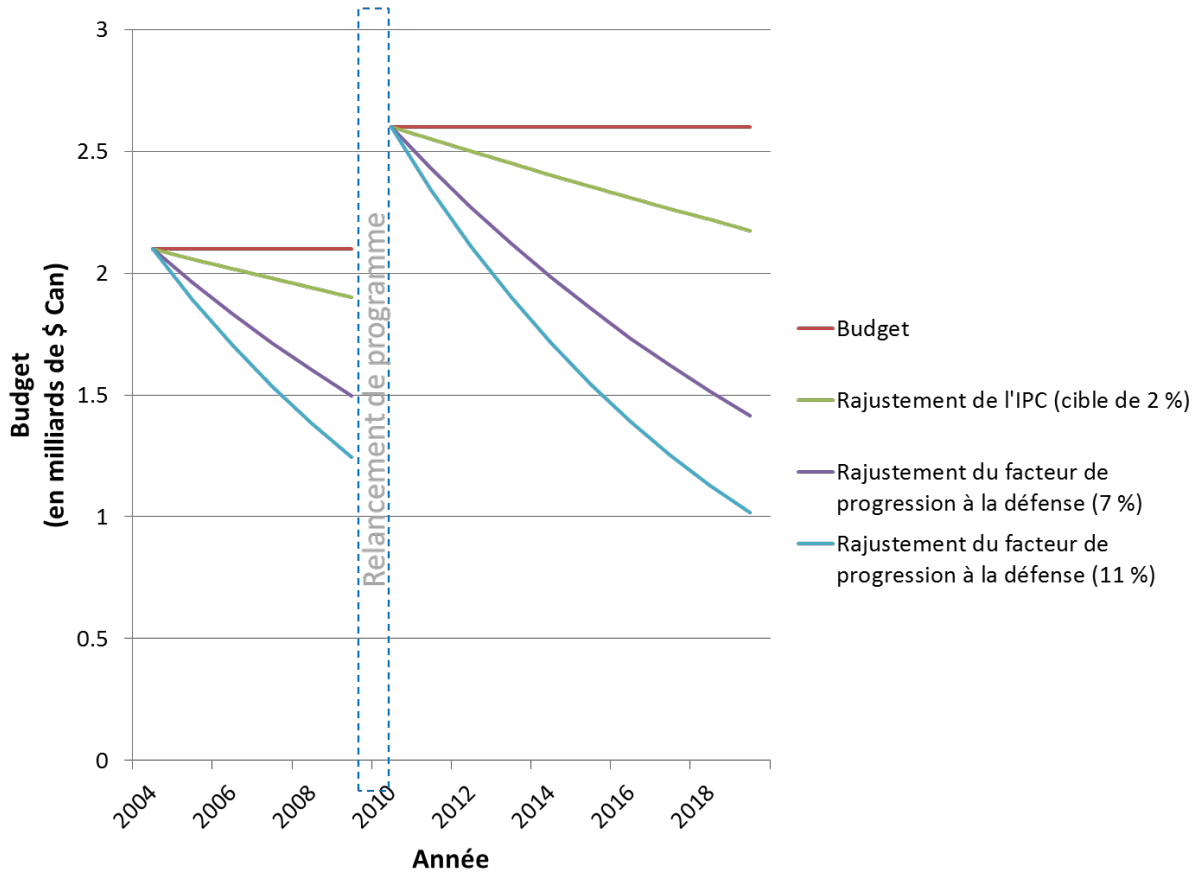
<sup>71</sup> Il y monopsonne-oligopole lorsqu'il y a un seul acheteur et peu de vendeurs.

<sup>72</sup> Mark Arena et coll., précité, note 35, p. 42.

<sup>73</sup> *Ibid.*, p. 11.

<sup>74</sup> *Ibid.*

Figure 10-2 : Budget corrigé en fonction des facteurs de hausse dans la marine



Source : DPB.

**11 Annexe A: Analyse des capacités du chantier naval de Vancouver (Seaspan)**

**Analyse des capacités du chantier naval de Vancouver  
(Seaspan)**

Préparé pour le  
directeur parlementaire du budget

George Petrolekas et David Perry

© novembre 2012

## **Introduction**

En octobre 2011, le gouvernement a annoncé que Irving Shipbuilding Inc. avait été sélectionnée pour les travaux de construction du lot relatif aux navires de combat et Vancouver Shipyards Co. Ltd., pour les travaux de construction du lot relatif aux navires non destinés au combat de la Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale. En février 2012, le gouvernement a signé des ententes-cadres avec ces deux sociétés.

En remportant le marché pour les gros navires non destinés au combat, Seaspan construira une classe de navires pour le MDN et trois pour Pêches et Océans Canada/Garde côtière canadienne, pour un total prévu de sept navires :

- 2 (avec l'option d'un troisième) navires de soutien interarmées (NSI);
- 1 navire hauturier de sciences océanographiques;
- 3 navires hauturiers de recherches sur les pêches;
- 1 brise-glace polaire.

Le 10 juillet, le gouvernement a annoncé la signature d'un contrat préliminaire de 9,3 millions de dollars avec Irving afin de permettre à l'entreprise de « réaliser un examen des plans et des devis existants pour les navires de patrouille extracôtiers et de l'Arctique et d'établir une stratégie d'exécution » et de présenter « une proposition décrivant en détail la portée et la valeur du contrat de définition ». Le contrat de définition permettrait « l'achèvement des plans et des dessins de conception des navires de patrouille extracôtiers et de l'Arctique » et serait suivi d'un contrat de mise en œuvre pour la construction et la livraison des navires. En novembre 2012, le gouvernement n'avait pas encore signé avec Seaspan ce contrat relatif au programme NSI. Pour éviter que les plans définitifs ne soient difficiles à exécuter ou onéreux, il a cependant signé un contrat auxiliaire avec Seaspan afin de savoir ce que l'entreprise pensait des plans.

## **Seaspan**

Seaspan est une association d'entreprises canadiennes actives dans les domaines du transport maritime côtier, des services maritimes, et de la construction et la réparation de navires créée par une série d'acquisitions et de fusions réalisées en Colombie-Britannique depuis plus de 40 ans. Seaspan comprend actuellement Seaspan Marine (transport maritime côtier et services d'amarrage), Seaspan Ferries (services de transbordeurs rouliers commerciaux), Seaspan Shipyards (qui comprend la cale sèche de Vancouver, le chantier naval de Vancouver et le chantier naval de Victoria) et Marine Petrobulk (qui fournit des services de mazoutage aux navires entrant dans les ports de Vancouver, New Westminster, Victoria, Prince Rupert, Kitimat et Nanaimo).

La première entreprise portant le nom de Seaspan Marine Corporation a été fondée en 1970 par la fusion de deux entreprises de remorquage côtier très connues : Vancouver Tug Boat Company et Island Tug & Barge. En plus d'être le plus gros exploitant de remorqueurs et de barges au sud de la province, Vancouver Tug Boat Company possédait aussi Vancouver Shipyards.

Fondée en 1902, Vancouver Shipyards a été principalement un constructeur de petits bateaux de pêche et de plaisance, mais elle a aussi construit deux sondeurs pour la Marine royale canadienne durant la Deuxième Guerre mondiale. Depuis, l'entreprise a construit, armé ou converti 170 remorqueurs, barges et traversiers dans son chantier naval.

Seaspan a acquis un grand nombre des actifs de l'ancien chantier naval Versatile Pacific Shipyards en deux transactions distinctes. Seaspan et Allied Shipbuilders ont d'abord établi un partenariat et, avec l'aide des gouvernements fédéral et provincial, elles ont créé Vancouver Drydock Company afin d'acquérir les docks flottants de Versatile Pacific et quelques installations à terre à North Vancouver lorsque l'entreprise a cessé ses activités. Puis, Seaspan a acquis l'intérêt de son partenaire dans l'entreprise.

En 1994, Vancouver Shipyards (Esquimalt) Ltd. (appelée maintenant Victoria Shipyards) a été créée à la cale sèche d'Esquimalt, après l'acquisition des actifs de l'ancien chantier naval Yarrows, lorsque ce dernier est devenu insolvable. Depuis, Victoria Shipyards est devenue une importante entreprise de carénage et de réparation de bateaux de croisière et de navires de la Marine royale canadienne. Victoria Shipyards a effectué les travaux de prolongation de la durée de vie des cinq frégates de la classe Halifax basées à la BFN Esquimalt et assuré soutien en service des sous-marins de la classe Victoria. Victoria Shipyards a également construit les patrouilleurs d'instruction (PI) Orca pour la Marine royale canadienne et plus de deux douzaines de bateaux de recherche et sauvetage pour la Garde côtière canadienne, en plus d'effectuer des travaux sur de petits traversiers côtiers.

Principaux jalons :

- 1996—Dennis Washington du Montana et son groupe Washington achètent Seaspan.
- 1998—Washington achète le service de traversier pour wagons et camions de la division Coastal Marine Operations des Chemins de fer Canadien Pacifique, le transforme en une filiale de Seaspan et le renomme Seaspan Coastal Intermodal.
- 1999—Seaspan, Cates, Seaforth, Norsk et Kingcome sont amalgamées dans Seaspan International. Dennis Washington crée le Washington Marine Group et des divisions distinctes pour les services de remorquage, de construction et de réparation de navires, de transport intermodal côtier et de mazoutage.
- 2010—Vancouver Shipyards est présélectionnée dans le cadre de la Stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale (SNACN) du gouvernement du Canada. Ce programme d'une valeur de 35 milliards de dollars visera à construire des navires de remplacement pour la Marine royale canadienne et pour la Garde côtière canadienne sur une période de 30 ans. Deux lots de travaux, le premier relatif aux navires de combat et le second relatif aux navires non destinés au combat font l'objet d'appels d'offres. Seaspan soumissionne pour les deux lots.
- 2011—À l'occasion d'une restructuration, Washington Marine Group devient Seaspan Marine Corporation; les services de construction navale, de traversiers côtiers et de mazoutage deviennent des filiales de la division de remorquage.
- 2011—Soumissionnaire retenu le 19 octobre 2011 pour le lot de 8 milliards de dollars de travaux relatifs aux navires non destinés au combat, Seaspan Marine construira sept (et peut-être huit) navires pour la Garde côtière canadienne et le ministère de la Défense nationale.

## La fabrication au Canada et ses implications pour le chantier naval

Le processus de la SNACN exige que les navires construits dans le cadre de cette stratégie soient « fabriqués » au Canada. Autrement dit, la fabrication de la coque, des ponts, de la superstructure, des mâts et des modules constituant ces éléments, achevés, non assemblés, désassemblés, non finis ou inachevés, s'effectuera dans des installations au Canada, et le navire sera assemblé au Canada<sup>75</sup>. Il convient cependant de souligner que la construction du navire ne représente que de 35 à 50 % du coût d'un navire de complexité faible à moyenne<sup>76</sup>. Les systèmes, les logiciels, les composants secondaires, les capteurs et l'armement qui complètent le navire représentent le reste de la valeur du contrat. Les sous-contrats pour les autres composantes des navires et les retombées industrielles et régionales (RIR) connexes pourraient constituer les éléments de coûts les plus importants du projet. Mais la manière dont ces sous-systèmes seront obtenus n'est pas connue.

## Modèles de construction de navires militaires

La conception d'un navire militaire est un processus complexe. Un navire militaire est un véritable écosystème. De nombreux navires ont pour principale fonction de servir de plate-forme à des systèmes d'armement. Dans le cas d'un pétrolier ravitailleur (AOR), sa principale fonction consiste à servir de système de distribution de nourriture, de carburant et de munitions pour la flotte, mais il y a également à bord les systèmes connexes de capteurs, d'armement défensif, de commande et de communication. Un navire militaire doit aussi héberger les équipages pendant de longues périodes, ce qui signifie que la conception doit prévoir des caractéristiques « hôtelières » comme des cabines et des mess, le chauffage et la ventilation, etc. Enfin, certains facteurs de conception sont liés aux conditions de fonctionnement de base, comme les opérations dans des états de la mer particuliers, et aux conditions environnementales. Ces facteurs comprennent notamment la forme de la coque, les facteurs humains, les systèmes de mission et la propulsion.

Les navires militaires sont donc des plates-formes uniques, ils sont généralement fabriqués en petit nombre et leur fonction est très spécialisée. Contrairement à d'autres plates-formes militaires comme les chars d'assaut ou les avions, qui sont fabriqués en plus grand nombre, les navires profitent généralement beaucoup moins de l'efficacité d'une chaîne de production.

Ces caractéristiques uniques de conception, de fonction et de production font que les navires sont construits selon un modèle complètement différent de celui des autres types de matériel militaire.

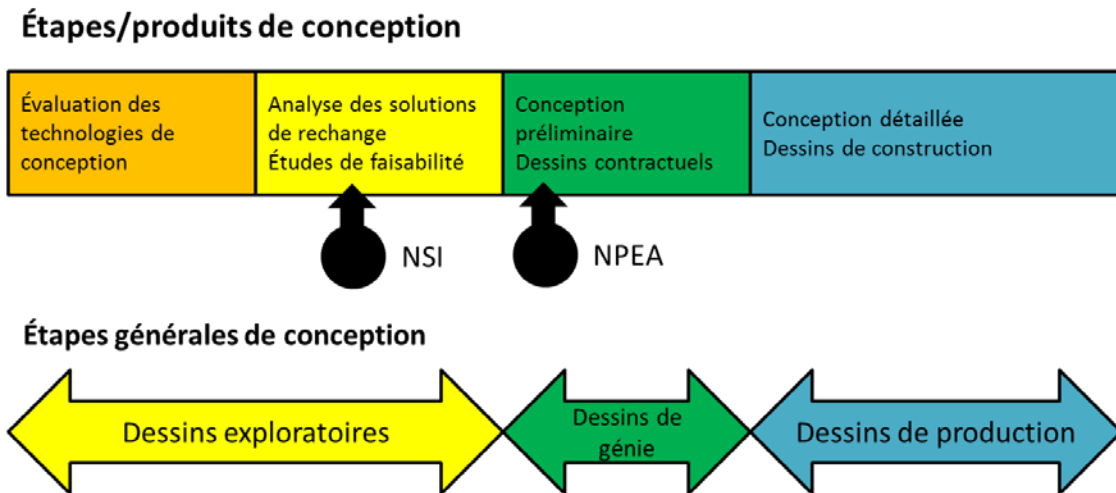
---

<sup>75</sup> Canada, NSPS Bid Certificate F, 7 février 2011, N° de l'invitation EN578-111588/B.

<sup>76</sup> CADSI Marine Studies Working Group, *Sovereignty, Security and Prosperity*, mai 2009, en ligne : <http://www.defenceandsecurity.ca/UserFiles/File/pubs/cadsi-mir.pdf>.



Figure 11-1: Étapes générales de la conception d'un navire



Source: Naval Surface Warfare Center, The Navy Ship Design Process, 1<sup>er</sup> juin, 2012, en ligne : Naval Sea Systems Command. [http://www.navsea.navy.mil/nswc/carderock/docs/4368\\_Ship\\_Design\\_Process\\_B\\_Section\\_A.pdf](http://www.navsea.navy.mil/nswc/carderock/docs/4368_Ship_Design_Process_B_Section_A.pdf).

Figure 11-2: Relations entre les divers systèmes

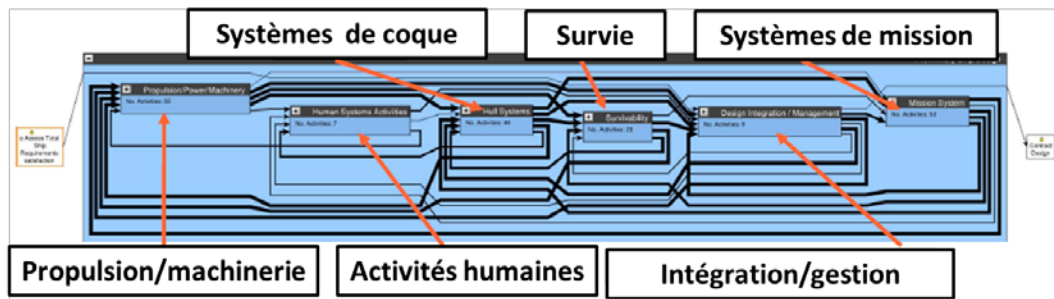


Illustration agrandie de la conception préliminaire. La conception préliminaire comprend six domaines généraux :

- |                          |      |             |
|--------------------------|------|-------------|
| 1. Systèmes de coque     | pour | flotter     |
| 2. Systèmes de mission   | pour | se battre   |
| 3. Propulsion/machinerie | pour | se déplacer |
| 4. Systèmes humains      | pour | pouvoir     |
| 5. Survie                | pour | survivre    |
| 6. Intégration/gestion   | pour | intégrer    |

Il faut des interactions entre les domaines de conception, ainsi que des itérations et des compromis pour converger vers une base.

Source: Naval Surface Warfare Center, The Navy Ship Design Process, 1<sup>er</sup> juin 2012, en ligne : Naval Sea Systems Command. [http://www.navsea.navy.mil/nswc/carderock/docs/4368\\_Ship\\_Design\\_Process\\_B\\_Section\\_A.pdf](http://www.navsea.navy.mil/nswc/carderock/docs/4368_Ship_Design_Process_B_Section_A.pdf).

Relations entre divers systèmes conçus séparément mais qui doivent être intégrés pour fonctionner efficacement dans l'écosystème. Dans l'étape de conception, l'intégration réussie des systèmes séparés est cruciale pour contrôler les coûts ultérieurs.

## **Intégration des systèmes dans les étapes de la conception et de l'intégration – Guide simplifié**

L'intégration des systèmes dans les navires (et d'autres véhicules militaires terrestres et aériens) est une tâche longue et complexe qui représente habituellement une grande partie du coût du produit final. Il y a deux grandes phases d'intégration. La première a lieu durant l'étape de la conception, lorsque les systèmes et leurs interfaces sont conçus en pensant à l'automatisation et au fonctionnement sur diverses plates-formes. La deuxième intégration a lieu pendant l'étape de la construction, lorsque ces systèmes sont installés puis testés afin de s'assurer qu'ils fonctionnent selon les exigences. Souvent, la première intégration matérielle s'effectue en laboratoire afin d'assurer le fonctionnement avant l'installation définitive à bord du navire.

Les systèmes illustrés dans la Figure 11-2 sont tous munis de capteurs qui produisent des renseignements sur différents aspects du fonctionnement d'un navire. Certains de ces renseignements sont partagés entre les systèmes. Par exemple, les données de localisation (relatives à la position du navire) sont pertinentes pour la navigation sûre du navire, ainsi que pour les systèmes de survie (comme le fonctionnement des signaux de détresse) et elles sont absolument nécessaires pour les données de ciblage fournies aux systèmes d'armement.

De même, les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation (HVAC) sont reliés à des systèmes de lutte contre les avaries et nécessaires pour assurer le fonctionnement efficace des machines, en plus de leur rôle important dans le confort et la survie de l'équipage. Par exemple, des capteurs de température indiqueront si les machines fonctionnent selon les exigences et signaleront les problèmes, et le système HVAC contribue à lutter contre les avaries et les limiter en fermant ou détournant des conduites d'air et en fournissant des renseignements aux systèmes de lutte contre les avaries. D'autres systèmes surveillent le flux de liquides comme le carburant et l'eau et de marchandises comme la cargaison afin de rééquilibrer sans cesse l'entreposage dans l'ensemble du navire et de maintenir le bon équilibre entre le ballast et l'assiette qui contribue à la stabilité. Ces exemples sont loin d'être exhaustifs, mais ils illustrent les relations entre les nombreux systèmes d'un navire.

À un moment donné, tous ces divers systèmes convergent vers un point d'interface homme-machine. Sans intégration, il faudrait des systèmes complètement séparés (réseaux) pour surveiller et gérer les différentes composantes du fonctionnement d'un navire illustrées à la Figure 11-2. Sur le pont, il y aurait des moniteurs distincts et des renseignements pour chaque système, et les opérateurs devraient faire les liens entre divers renseignements avant de prendre des mesures distinctes pour gérer chaque système séparément, ce qui pourrait non seulement provoquer une surabondance d'information mais aussi accroître les besoins en personnel.

Pendant la conception, les ingénieurs s'efforcent de fusionner le plus possible les données provenant de différents systèmes dans une présentation unifiée des renseignements afin de simplifier les tâches humaines et la compréhension à l'interface homme-machine. En pratique, c'est un défi technique complexe et délicat. Dans le cas d'un navire de guerre, il ne s'agit pas simplement d'intégrer les systèmes qui gèrent le fonctionnement du navire, mais aussi d'intégrer les capteurs et armements qui permettent au navire de se défendre ou d'attaquer.

Il faut connaître la situation à 360 degrés, en trois dimensions et dans des environnements très différents : sous-marin, marin et aérien. Des données doivent donc être fournies par divers types de capteurs (radar, sonar, interception électronique et autres détecteurs), souvent à l'aide d'interfaces de données qui doivent être intégrées aux fins de la connaissance de la situation, puis converties dans des renseignements de ciblage très différents, qui exigent parfois des renseignements environnementaux, et qui peuvent ensuite être transmis à une plate-forme d'armement.

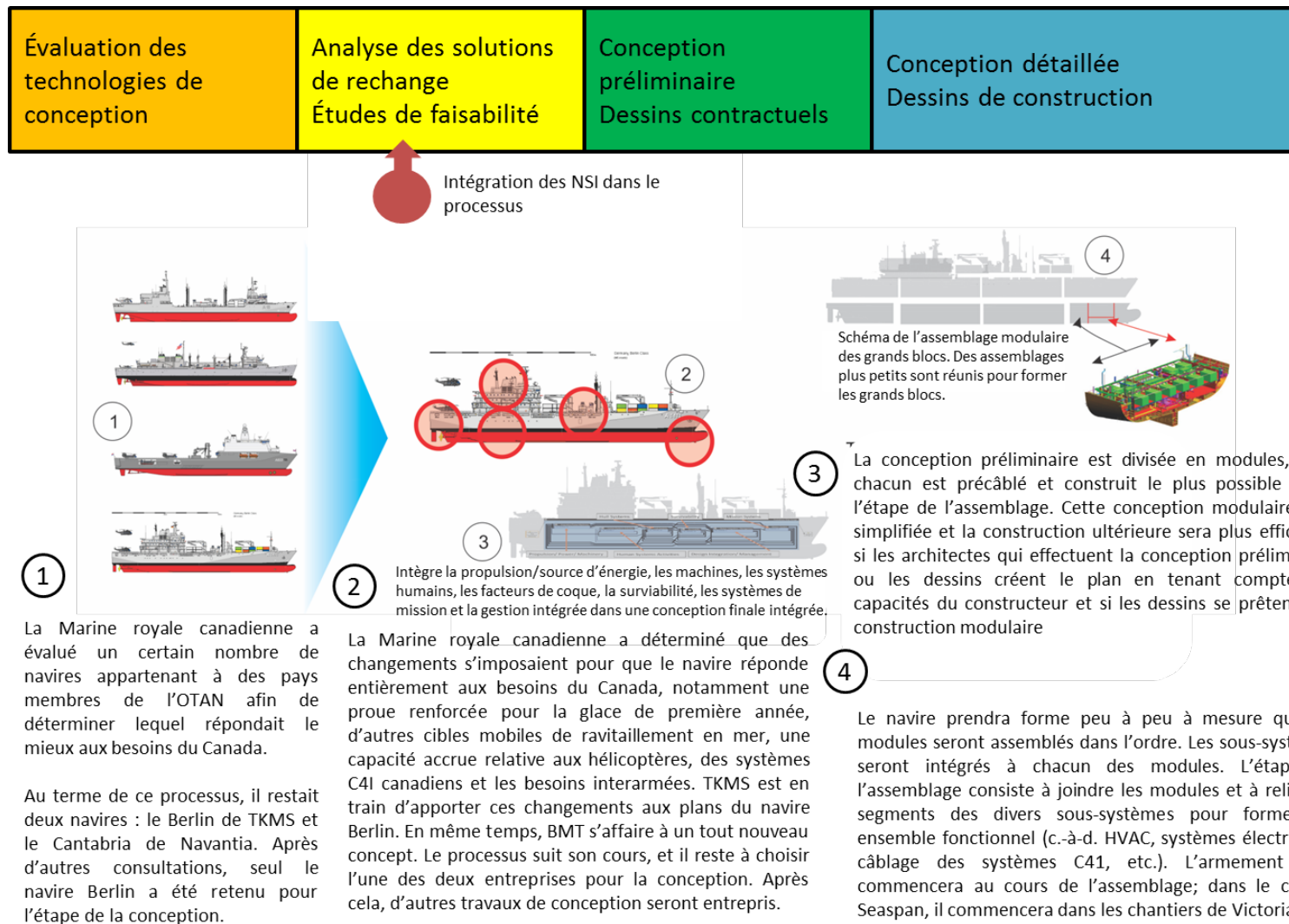
La tâche des intégrateurs est aussi compliquée par le fait que la plupart des systèmes des navires de guerre, contrairement à ceux des navires civils, doivent se dédoubler. Des systèmes pourraient être endommagés d'une manière qui nuirait à leur fonctionnement, ce qui constitue un problème de génie qui ne se pose habituellement pas dans des navires civils. Par conséquent, l'exigence de l'intégration des systèmes dans les navires de guerre est beaucoup plus complexe, parce qu'il faut intégrer de multiples redondances.

Les navires de guerre doivent être conçus en se fondant sur l'hypothèse que de nombreux systèmes différents proviennent de fabricants différents et utilisent des systèmes de gestion différents ainsi que différents langages informatiques pour communiquer l'information. La plupart du temps toutefois, des normes de l'industrie facilitent l'intégration. Par exemple, les données de localisation GPS se conforment largement à une norme commune, de sorte que les systèmes de navigation, de sécurité ou d'armement GPS peuvent utiliser des données communes. L'architecture de conception et l'intégration ultérieure consistent à établir des liens entre les plates-formes par des bus de données et de logiciels qui permettent la migration des données d'une plate-forme à l'autre et présentent finalement ces liens à l'interface homme-machine dans une forme exploitable. S'il y a un langage de données standard commun, il faut écrire un logiciel d'atténuation pour traduire les différents intrants dans un système d'usage commun.

L'architecture réussie de systèmes intégrés à l'étape de la conception reste « théorique » jusqu'à l'étape de la construction.

Par analogie, on pourrait penser à un réseau de télécommunications et à tous ses câbles, commutateurs, routeurs et terminaux qui peut être conçu et fabriqué selon certaines exigences ou pour une fonction donnée. Ce ne serait cependant pas avant l'intégration de la production que la fonction de ces systèmes deviendrait évidente dans la réalité.

Figure 11-3 : Conception et construction des navires



## Modèle de conception et de fabrication

Les États suivent généralement trois modèles de construction de leur flotte navale pour attribuer les rôles de conception et de construction des navires. Bien qu'il existe des variantes selon la situation particulière et les objectifs budgétaires de chaque nation, ces modèles généraux sont les suivants : i) une approche de conception-fabrication « intégrée »; ii) une approche « hybride », où des parties de la fabrication ne sont pas réalisées par l'entreprise chargée de la conception; et iii) un processus « séparé » de conception-fabrication.

En adoptant la troisième approche, le projet de navires de soutien interarmées s'écarte tant des pratiques de construction navale canadiennes antérieures que des normes internationales adoptées par de grands pays constructeurs de navires comme les États-Unis, la France et l'Espagne. Dans le processus canadien actuel, la conception du NSI s'effectue indépendamment du chantier naval qui construira le navire. Deux conceptions sont actuellement à l'étude. En mars 2012, le gouvernement a accordé un contrat à TKMS, pour la production d'une conception adaptée, fondée sur le navire de la classe *Berlin*. Un deuxième contrat de conception a été accordé au cabinet de génie britanno-canadien BMT Fleet Technology pour la production d'une conception de NSI personnalisée, généralement qualifiée de conception « épurée ». Tandis que BMT Fleet Technology se spécialise en génie maritime et en architecture navale, TKMS conçoit et construit des navires et est l'un des plus gros constructeurs de navires militaires destinés à l'exportation<sup>77</sup>. La conception de BMT est essentiellement une conception spécialisée, adaptée aux exigences du Canada; celle de TKMS, si elle est adaptée à l'énoncé des besoins opérationnels canadiens, sera probablement très différente de la classe Berlin.

Lorsque les premiers dessins seront achevés, ils seront envoyés à Seaspan pour une validation qui comprendra une évaluation de leurs coûts prospectifs afin de s'assurer que les dessins finaux sont efficaces et abordables<sup>78</sup>. Après cette évaluation, le chantier naval obtiendra deux contrats distincts pour effectuer les travaux relatifs à la conception avant que la construction commence. Il y aura d'abord un contrat auxiliaire pour permettre au chantier naval de mieux comprendre les besoins et la conception retenue. Suivra un contrat de génie de production ou de construction afin de faire évoluer la conception vers des dessins de production, avant qu'un contrat soit signé pour la construction proprement dite<sup>79</sup>. Il s'agit essentiellement de décomposer la conception de génie en dessins qui guideront la production et l'ordonnancement de la construction modulaire, l'assemblage, puis l'armement. Il convient de souligner qu'il y a un risque que le navire nécessite d'autres travaux de conception si le chantier naval se heurte à des obstacles ou des coûts accrus pour construire le navire parce que la conception n'est pas optimisée en fonction des capacités du chantier naval.

Ce processus s'écarte des pratiques antérieures des programmes de construction navale canadiens, qui ont normalement accordé les contrats de conception et de construction à la même entreprise. Par exemple, Saint John Shipbuilding Limited a d'abord obtenu un contrat pour la conception et la construction de six frégates pour le Programme de la frégate canadienne de patrouille. Même si le contrat a été modifié par la suite pour que trois frégates soient construites par un chantier naval différent et que la commande globale a été portée à un total de 12, Irving était chargée « de concevoir, de mettre au point, de produire et de livrer 12 frégates dont

---

<sup>77</sup> BMT Fleet Technology, « Services », (2012), en ligne : <http://www.bmtfleet.com/?/1739>; ThyssenKrupp Marine Systems, « Products & Services », 8 novembre 2012, en ligne : [https://www.thyssenkrupp-marinesystems.com/index\\_en.php?level=1&CatID=3&inhalt\\_id=3](https://www.thyssenkrupp-marinesystems.com/index_en.php?level=1&CatID=3&inhalt_id=3) ; John Birkler, et coll., *Differences Between Military and Commercial Shipbuilding*, 2005, en ligne : [http://www.rand.org/pubs/monographs/2005/RAND\\_MG236.pdf](http://www.rand.org/pubs/monographs/2005/RAND_MG236.pdf).

<sup>78</sup> Ken Bowering, « National Shipbuilding », 2012, 8 *Canadian Naval Review*, p. 19-23.

<sup>79</sup> Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, *Document d'information : le point sur la SNACN, octobre 2012*, 18 octobre 2012, en ligne : <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/app-acq/sam-mps/fiche-backgrounder-fra.html>.

le soutien était complètement assuré, sans dépasser un prix plafond de 6,2 G\$ (\$ AR)<sup>80</sup> ». Le projet de développement d'une capacité de défense côtière dans les années 1990 combinait lui aussi la conception et la construction. Un contrat de 650 millions de dollars pour la conception et la construction de 12 navires a été accordé à SNC-Lavalin<sup>81</sup>.

Cette approche de conception et de fabrication « intégrée » est la méthode de construction des gros navires militaires la plus courante dans le monde, bien qu'elle puisse prendre diverses formes. Aux États-Unis surtout, les chantiers navals militaires sont devenus des entreprises de production de défense de haute technologie<sup>82</sup>, qui combinent les installations de construction aux éléments d'intégration des systèmes et aux autres éléments de haute technologie. Par conséquent, les conglomérats de défense américains Northrup Grumman, Lockheed Martin et General Dynamics sont tous d'importants chantiers navals qui effectuent des travaux de conception et de construction, et souvent d'intégration des systèmes. Par exemple, le programme de navire de combat en zone littorale (LCS) de la Marine américaine comprend deux contrats pour la conception et la fabrication de variantes uniques du LCS accordés à Lockheed Martin et General Dynamics<sup>83</sup>.

Le chantier naval espagnol Navantia, cinquième en importance en Europe, est l'une des très rares sociétés qui possèdent un éventail complet de capacités dans les domaines de la conception, du développement, de la production, de l'intégration, de la propulsion et des systèmes de combat naval, ainsi que la capacité de livrer des navires entièrement opérationnels. L'État espagnol en est propriétaire par l'entremise d'une société commerciale indépendante (SEPI – semblable à une société d'État canadienne). L'Espagne applique aussi cette approche intégrée à la conception, à la construction et au soutien des navires. Contrairement au modèle privé américain et au modèle d'État espagnol, la société française DCNS est un exemple de partenariat privé-public (65 % État/35 % Thales), qui offre néanmoins des services complets et intégrés à la Marine française.

Une variante de ce modèle est celle des chantiers navals qui sont devenus des entreprises de l'industrie lourde plus généralisées, comme ThyssenKrupp en Allemagne, qui se spécialisent dans quelques travaux de production industrielle généraux en plus de construire des navires militaires et commerciaux. Enfin, il existe également des installations plus spécialisées qui effectuent des travaux de conception et de construction pour des types de navires spécialisés. Ces installations spécialisées comprennent Newport News Shipbuilding, qui assume la responsabilité exclusive des porte-avions de la Marine américaine et General Dynamics Electric Boat, une division de General Dynamics, qui est l'entrepreneur exclusif pour les sous-marins américains<sup>84</sup>. Le dénominateur commun entre toutes ces approches est qu'une seule société se charge de la conception et de la construction, ainsi que, la plupart du temps, du soutien pendant le cycle de vie ou en service.

D'autres modèles de construction navale ont combiné un modèle de conception-fabrication à une approche consortiale de la construction navale. Par exemple, dans le cadre du projet britannique d'acquisition du destroyer de type 45, BVT a obtenu un contrat pour la conception et la construction du navire, tandis que MDBA a obtenu un contrat direct pour le système d'armement<sup>85</sup>. De même, à cause de l'ampleur des tâches de conception et de construction dans le programme de porte-avions britanniques, le ministère de la Défense

---

<sup>80</sup> Chef du Service d'examen, *Examen interministériel du projet des frégates canadiennes de patrouille*, 26 mars 1999, en ligne : <http://www.crs-csex.forces.gc.ca/reports-rapports/pdf/1999/framework-cadre-eng.pdf>, p. 27.

<sup>81</sup> CADSI Marine Studies Working Group, précité, note 76, p. 10.

<sup>82</sup> John Birkler, et coll., précité, note 77, p. 52.

<sup>83</sup> Ronald O'Rourke, *Navy Littoral Combat Ship (LCS) Program*, Washington, Congressional Research Service, 6 avril 2012.

<sup>84</sup> Newport News Shipbuilding, *US Navy Aircraft Carriers*, 2012, en ligne : <http://nns.huntingtoningalls.com/products/carriers/index>.

<sup>85</sup> National Audit Office, *Ministry of Defence: Providing Anti-Air Warfare Capability*, 13 mars 2009, en ligne : [http://www.nao.org.uk/publications/0809/the\\_type\\_45\\_destroyer.aspx](http://www.nao.org.uk/publications/0809/the_type_45_destroyer.aspx).

a établi une alliance de porte-avions avec les principaux partenaires industriels, soit BAE Systems, Thales et Babcock Marine<sup>86</sup>. Six chantiers navals ont participé à la construction des navires, mais l'alliance était collectivement responsable de la conception et de la construction. Cette façon de procéder reflète cependant une tendance britannique à consolider les chantiers navals privés restants en une seule société qui conclut une entente stratégique avec le ministère de la Défense. Une consolidation semblable avait été effectuée dans l'industrie aéronautique des décennies plus tôt.

L'Australie utilise un modèle où des contrats de conception et de construction sont accordés à des chantiers navals intégrés lorsqu'il existe une capacité nationale. Des contrats sont accordés à des chantiers navals étrangers pour les navires dont la construction dépasse les capacités de l'industrie navale australienne. Au début des années 1980, il y avait des chantiers navals publics, principalement pour la réparation et l'entretien de navires construits à l'étranger. Dans les années 1990, le gouvernement a privatisé ses infrastructures navales, en partie à cause de la décision de construire les frégates et les sous-marins Collins Bay en Australie, afin de faciliter une industrie navale nationale viable. Quelques navires et sous-marins se sont inspirés de dessins étrangers (par exemple, le Collins Bay est un dessin suédois modifié). Mais le génie détaillé et le génie de production ont été exécutés par les constructeurs des navires. Exceptionnellement, l'Australie accorde des contrats pour la conception et la construction de la coque de navires spécialisés ou particulièrement gros, comme son porte-hélicoptères LHD, à des chantiers navals étrangers, mais l'intégration finale et l'armement sont effectués par les chantiers navals australiens.

### **Le modèle hybride**

Contrairement à cette approche intégrée, une approche hybride a été adoptée récemment par quelques pays pour séparer quelques composantes de la conception et la construction. Par exemple, dans le programme britannique de pétrolier ravitailleur MARS, le contrat de construction a été accordé à Daewoo Shipbuilding and Marine Engineering de la Corée du Sud, mais les navires seront conçus par une société britannique, BMT<sup>87</sup>. Cette approche a été retenue en partie parce qu'aucune entreprise britannique n'a répondu à l'appel d'offres, mais aussi parce que construire les coques des navires en Corée permet de réaliser d'importantes économies de coûts, à cause de la plus grande compétitivité de la main-d'œuvre de Daewoo<sup>88</sup>. Une approche semblable a été adoptée par la société néerlandaise Daeman Schelde Naval Shipbuilding, qui a conçu des navires, mais fabriqué des parties des coques en Europe de l'Est pour réaliser des économies. Il faut souligner cependant que les chantiers navals à l'étranger sont reliés à Daeman Schelde.

En résumé, séparer les contrats de conception et de construction au Canada est une façon de procéder relativement unique comparativement aux programmes navals des autres pays examinés ci-dessus.

Pour atténuer l'effet de contrats séparés pour la conception et la construction des navires dans le cadre de la SNACN, le gouvernement a signé un contrat auxiliaire avec Seaspan afin d'obtenir, dès l'étape de la conception, l'avis du constructeur de navires au sujet des plans élaborés et d'éviter ainsi de recevoir des plans définitifs difficiles à exécuter ou onéreux.

---

<sup>86</sup> National Audit Office, *Ministry of Defence: Carrier Strike*, 11 juillet 2011, en ligne : [http://www.nao.org.uk/publications/1012/carrier\\_strike.aspx](http://www.nao.org.uk/publications/1012/carrier_strike.aspx).

<sup>87</sup> Très hon. Peter Luff, « Keynote Presentation », (discours prononcé à la Defence, Industries and Society Conference à Londres, 28-29 juin 2012), <http://www.rusi.org/events/past/ref:E4F294A03A577A/info:public/infoID:E4FEC82B6D2C72/>.

<sup>88</sup> John Birkler, et coll., précité, note 77, p. 59.

## Conception/fabrication et soutien en service

L'autre grande différence entre l'approche de la SNACN pour la construction du NSI et les pratiques exemplaires de l'industrie est la séparation du contrat de construction du navire et de l'entente relative au soutien en service. Par exemple, le programme britannique de destroyer de type 45 se fonde sur un niveau contractuel de disponibilité du chantier naval. Alors qu'auparavant, le gouvernement achetait un navire et continuait ensuite d'acheter des pièces de rechange et des services auprès de l'industrie pour assurer son entretien, dans le cadre actuel, le fabricant doit garantir un certain niveau de disponibilité du matériel. Cette approche a été adoptée pour inciter l'industrie à réduire le coût du soutien, notamment en mettant au point du matériel fiable plus facile à entretenir<sup>89</sup>. Le gouvernement canadien a adopté une approche semblable pour tous ses grands approvisionnements en immobilisations depuis 2006 pour la même raison. Les acquisitions de C-17, de C-130 J, d'hélicoptères Chinook et de camions logistiques ont toutes été annoncées dans le cadre d'un contrat combiné d'approvisionnement et de soutien en service avec le fabricant de l'équipement d'origine<sup>90</sup>. Quand le projet NSI a été lancé en 2006, il prévoyait lui aussi d'accorder le contrat d'approvisionnement et le contrat de soutien en service à la même entreprise<sup>91</sup>. La SNACN, toutefois, considère séparément les contrats de soutien en service et les contrats de conception et de construction.

## Capacité de conception

La décision de séparer les contrats de conception et de construction est notable parce que les concepteurs canadiens n'ont pas effectué de grands travaux de conception de navires pour le gouvernement depuis plus d'une décennie<sup>92</sup>. Par conséquent, des groupes de l'industrie de la défense estiment que la capacité de concevoir de nouveaux navires est faible. D'après l'Association des industries canadiennes de défense et de sécurité (AICDS), il y a cinq composantes dans la conception d'un navire : exploration du concept; études de faisabilité; conception fonctionnelle; dessins détaillés; et soutien en service. Seulement deux chantiers navals canadiens, JD Irving Group et Fleetway Inc. combinent des compétences de construction navale ou d'entrepreneur principal à des compétences en conception. Cela pourrait s'expliquer en partie par l'application générale des règles du gouvernement du Canada sur les conflits d'intérêts. Ces règles empêchent les entrepreneurs d'effectuer des travaux pour le gouvernement aux étapes de l'exploration du concept et des études de faisabilité et de participer ensuite aux contrats de conception et de construction ou de soutien en service s'ils participent aussi à la structuration de la gestion du projet. Malgré ces limites, la grande étude de l'AICDS sur la construction navale recommandait que le gouvernement exige que les services de conception pour tous les aspects de la conception, sauf les dessins détaillés, soient fournis par des entreprises canadiennes.

---

<sup>89</sup> National Audit Office, précité, note 85, p. 24.

<sup>90</sup> Défense nationale et les Forces canadiennes, « *Le Canada d'abord* » pour l'approvisionnement de la défense – transport aérien tactique, 29 juin 2006, en ligne : <http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?id=1970>; Défense nationale et les Forces canadiennes, « *Le Canada d'abord* » pour l'approvisionnement de la défense – transport aérien stratégique, 29 juin 2006, en ligne : <http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?id=1969>; Défense nationale et les Forces canadiennes, « *Le Canada d'abord* » pour l'approvisionnement de la défense – hélicoptères de transport moyen à lourd, 28 juin 2006, en ligne : <http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?id=1968>.

<sup>91</sup> Défense nationale et les Forces canadiennes, « *Le Canada d'abord* » pour l'approvisionnement de la défense – navire de soutien interarmées, 29 juin 2006, en ligne : <http://www.forces.gc.ca/site/news-nouvelles/news-nouvelles-fra.asp?id=1958>.

<sup>92</sup> CADSI Marine Studies Working Group, précité, note 76, p. iii.



## **Inventaire des projets**

Seaspan exploite deux installations distinctes à North Vancouver : la cale sèche de Vancouver, qui sert l'industrie maritime en général, et le chantier naval de Vancouver, qui sera le principal chantier naval de Seaspan dans le cadre de la SNACN.

Depuis sa fondation en 1968, Vancouver Shipyards a effectué des travaux ou construit 170 navires de tous les types. La construction de barges pour les entreprises sœurs de Seaspan Marine a représenté la plus grande partie des travaux du chantier naval, puisque la centaine de barges construites jusqu'ici représentent 60 % de tous les travaux de construction du chantier naval. Vancouver Shipyards a aussi été entrepreneur principal pour B.C. Ferries Corporation. Ces travaux comprennent la construction, le radoub ou la remotorisation de 24 traversiers, et représentent un autre 14 % des travaux du chantier.

Les traversiers constituent les plus gros navires construits par le chantier naval. En ce qui concerne la taille des navires, 6 % de la production globale du chantier est constitué de navires de plus de 100 mètres, le plus long navire jamais construit à ce jour mesurant 120 mètres. D'après les recherches, le navire ayant le plus fort tonnage avait un tonnage de 6 422 tonnes. L'expérience principale de Vancouver Shipyards porte sur des navires de 50 à 100 mètres, qui représentent 64 % de la production du chantier naval jusqu'ici. À titre de comparaison, le navire de la classe Berlin mesure 173 mètres et déplace 20 240 tonnes.

En guise d'illustration, le tableau ci-dessous compare les gros navires construits par Seaspan à la taille projetée du NSI. Avec une longueur de 24 % supérieure et un déplacement de 215 % plus lourd, le NSI sera nettement plus gros que tout autre navire déjà construit dans des installations de Seaspan.

Tableau 11-1 : Navires construits par Seaspan

	Berlin	Gros traversiers	Autres traversiers	MV	Classe Pacificat
<b>Navires typiques de la classe</b>		Queen of Alberni Queen of Westminster (traversiers de la classe V)	Queen of Capilano Queen of Cumberland	MV Island Sky	Explorer Discovery Voyager
<b>Longueur</b>	173m	139m	96m	102m	122,5m
<b>Tonnage</b>	20 240	6 422	2 500	3 397	1 900
Nota : Bien que les traversiers soient les plus gros navires construits par Seaspan, tous les navires de cette classe n'ont pas été construits à Vancouver, puisque quelques navires de classes particulières ont été construits dans le chantier naval de Seaspan à Victoria.					

Lorsque les travaux commenceront à s'accélérer pour le lot relatif aux navires non destinés au combat, les travaux d'entretien et de réparation partagés actuellement entre les chantiers navals de North Vancouver et d'Esquimalt passeront à la cale sèche de Vancouver, afin de permettre à Vancouver Shipyards de se concentrer sur la construction des navires reliés à la SNACN.

Un peu moins de 150 personnes travaillent actuellement à Vancouver Drydock, mais le nombre d'employés augmentera à mesure que les autres installations commenceront à effectuer des travaux relatifs à la SNACN. Vancouver Drydock effectue actuellement des travaux d'entretien et de réparation sur quatre ou cinq navires dans un mois<sup>93</sup>.

### Améliorations des infrastructures et renforcement des effectifs

S'étant engagé à maintenir sa politique de longue date de construire les navires fédéraux dans des chantiers navals canadiens, le gouvernement du Canada a reconnu qu'il aurait beaucoup de mal à le faire. Sans projet de construction de navires depuis l'achèvement des navires de défense côtière en 1999, l'industrie navale canadienne tournait au ralenti et survivait grâce aux travaux de réparation, d'entretien et de conversion, ainsi qu'aux travaux commerciaux. Il était établi que les chantiers navals canadiens n'étaient pas bien placés pour réaliser le projet de la SNACN, cette observation étant reconnue dans le processus d'évaluation de la SNACN.

<sup>93</sup> Simpson Scott, « Seaspan expects spillover from Coast Guard contract », *Vancouver Sun*, 27 février 2012.

La First Marine International a effectué une comparaison des chantiers navals présélectionnés afin d'évaluer leurs capacités respectives concernant 159 éléments, y compris :

- l'aménagement du chantier naval et l'acheminement des matériaux;
- le coupage de tôles d'acier;
- la tôlerie;
- le soudage;
- le recrutement des fournisseurs;
- la planification stratégique en matière de marketing;
- l'attitude par rapport au changement et à la nouvelle technologie;
- la fabrication des composantes;
- le prémontage;
- l'aménagement du chantier naval, la conception, le génie et les systèmes d'exploitation;
- les ressources humaines;
- les achats;
- le marketing; et
- l'amélioration du rendement<sup>94</sup>.

Cette évaluation a comparé les chantiers navals soumissionnaires à une norme internationale établie par la First Marine. L'évaluation et les plans du chantier naval pour s'améliorer et atteindre la norme, représentaient 60 % des exigences notées employées pour évaluer les soumissionnaires, soit 36 % pour l'état actuel du chantier naval et 24 % pour les plans d'amélioration. Les coûts que le gouvernement du Canada devrait payer pour aider les chantiers navals retenus à atteindre l'état cible final représentaient 20 % de la note. Par conséquent, « quatre-vingts pour cent (80 %) de la note totale de la soumission [était] directement liée à la situation actuelle du chantier naval ainsi qu'aux mesures qu'il [prévoyait] prendre et au coût pour le Canada pour combler les lacunes éventuelles, de manière à atteindre l'état cible fixé par la First Marine International<sup>95</sup> ».

---

<sup>94</sup> Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, *Document d'information - Obtenir le meilleur rapport qualité-prix lors de la sélection des chantiers navals*, 14 août 2012, en ligne : <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/app-acq/sam-mps/ddi-bkgr-6-fra.html>.

<sup>95</sup> *Ibid.*

Figure 11-4 : Transformation du chantier naval de Seaspan



Installations actuelles



Installations après la modernisation

Source: Présentation de Seaspan à la réunion technique conjointe de la Society of Naval Architects and Mechanical Engineers (SNAME) et la Canadian Institute of Marine Engineering (CIMarE).

## Main-d'œuvre

Avant l'annonce de la SNACN, il était largement reconnu que le plus important défi que présentait ce cycle de construction de navires serait que les chantiers navals retenus trouvent de la main-d'œuvre et la forment<sup>96</sup>. Vu qu'environ 70 millions d'heures-personnes de travail devraient être nécessaires dans le programme de la SNACN, la demande de travailleurs qualifiés est extrêmement élevée<sup>97</sup>. De plus, le type de compétences requises apportera aussi son lot de difficultés. Le chantier naval de Vancouver de Seaspan s'est traditionnellement concentré sur la construction de navires commerciaux, tandis que le chantier de Victoria s'est occupé de la plus grande partie du programme de construction navale militaire. C'est néanmoins le chantier naval de Vancouver qui réalisera la première phase de la construction du NSI, celui de Victoria n'intervenant qu'après la construction (voir ci-dessous). La construction de navires militaires exige cependant une intensité en technologie beaucoup plus élevée que dans la construction de navires commerciaux<sup>98</sup>. Alors que le ratio des cols blancs aux cols bleus est d'environ 1:6 pour les navires commerciaux, il est d'environ 1:1,7 dans les programmes militaires. Cet écart s'explique surtout par les besoins plus élevés de soutien en génie et de soutien professionnel dans les programmes militaires, bien qu'il soit moins prononcé pour les navires auxiliaires que pour les navires de guerre<sup>99</sup>.

<sup>96</sup> CADSI Marine Studies Working Group, précité, note 76, p. iii.

<sup>97</sup> Déclaration de la ministre sur la stratégie nationale d'approvisionnement en matière de construction navale, Ministre des travaux publics et des Services gouvernementaux et ministre de la Condition féminine, 19 octobre 2011, en ligne : <http://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/medias-media/ds/2011-10-19-00-fra.html>.

<sup>98</sup> Mark V. Arena, et coll., précité, note 35

<sup>99</sup> John Birkler, et coll., précité, note 77

Par conséquent, Seaspan devra relever trois types de défis en matière de main-d'œuvre :

- i) accroître le nombre total de travailleurs;
- ii) ajuster la composition des effectifs afin de les réorienter de la construction de navires commerciaux vers la construction de navires militaires; et
- iii) accroître la capacité des effectifs.

Sur le premier front, Seaspan aura du mal à accroître la taille de ses effectifs. Dès novembre 2009, l'entreprise réduisait ses effectifs à cause du ralentissement économique, y compris ceux reliés directement aux chantiers<sup>100</sup>. Par conséquent, au 25 avril 2012, les effectifs de Seaspan au chantier de North Vancouver s'élevaient à 338 personnes. L'entreprise prévoit que ses effectifs augmenteront à environ 500 travailleurs d'ici la fin de 2012 ou le début de 2013, lorsqu'elle commencera à construire la coque des quatre navires de sciences océanographiques et de recherches sur les pêches. La plupart des nouveaux postes exigeront des compétences comme celles de soudeur, d'électricien, de charpentier de marine et de personnel de bureau. Ce groupe devrait augmenter à nouveau et être porté à 1 000 personnes pour la construction du NSI et du brise-glace Polar. Mais ces chiffres semblent être de simples approximations, vu que le PDG de Seaspan a déclaré récemment que les effectifs pourraient monter à environ 1 200 personnes d'ici 2016<sup>101</sup>. À Victoria, les effectifs actuels se situent à 800 employés et ils ne dépasseront pas 1 000 employés. Un total de 1 222 travailleurs sont employés actuellement à la cale sèche d'Esquimalt, y compris ceux qui travaillent pour Travaux publics et Services gouvernementaux Canada et d'autres entreprises.

Ajuster l'éventail des compétences des employés de Seaspan pourrait prendre un certain temps, vu que le programme SNACN exige un plus grand nombre de travailleurs très qualifiés. La plus forte demande dans la construction navale devrait se concentrer dans des métiers comme la soudure, la fabrication de produits en métal, la plomberie, la tuyauterie, la mécanique et l'électricité<sup>102</sup>. À cette fin, de nouveaux programmes de formation sont mis en place avec le British Columbia Institute of Technology (BCIT) pour combler les lacunes projetées. Le BCIT créera un centre d'excellence en construction navale avec le Camosun College de Victoria, afin d'ajouter un contenu propre à la construction navale dans les programmes existants de gestion et de formation professionnelle. On enseignerait par exemple aux soudeurs comment travailler sans danger dans des espaces confinés, comme le ventre d'un navire<sup>103</sup>. D'importantes améliorations doivent être apportées aux programmes de formation parce que plusieurs aspects des métiers liés à la construction navale, y compris les programmes à l'intention des charpentiers de marine et des ajusteurs maritimes, n'ont pas été offerts en Colombie-Britannique depuis un certain temps<sup>104</sup>. La robotique et l'informatique sont devenues plus intégrées récemment dans le programme de construction navale, ce qui pourrait aussi accroître la demande de techniciens et de technologues<sup>105</sup>.

Enfin, Seaspan s'efforce aussi d'accroître les capacités de ses effectifs en embauchant des travailleurs chevronnés. Par conséquent, les syndicats de l'industrie maritime cherchent à attirer des gens de métier chevronnés dans des métiers liés aux chantiers navals afin de les perfectionner et d'accroître les effectifs.

---

<sup>100</sup> Rajesh Joshi, « Washington Marine Group axes staff », *Lloyds List*, 20 novembre 2009.

<sup>101</sup> Gordon Hamilton, « Seaspan launches \$200-million shipyard upgrade », *Vancouver Sun*, 20 octobre 2012, en ligne : [http://www.leaderpost.com/story\\_print.html?id=7421454&sponsor=](http://www.leaderpost.com/story_print.html?id=7421454&sponsor=).

<sup>102</sup> Carla Wilson, « 10M from BC will aid shipbuilding », *Times Colonist*, 6 décembre 2011.

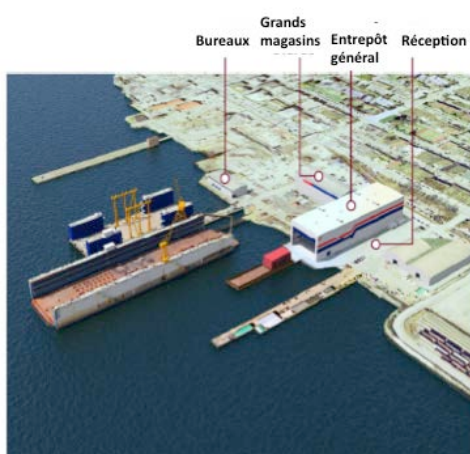
<sup>103</sup> Christopher Pollon, « Seaspan Whipped into Ship Shape », *BC Business* (ND), en ligne : <http://www.bcbusinessonline.ca/transportation/seaspan-whipped-ship-shape>.

<sup>104</sup> Carla Wilson, précité, note 102.

<sup>105</sup> Christopher Pollon, précité, note 103.

Seaspan croit donc qu'il ne sera pas nécessaire de faire venir la plupart de ses gens de métier de l'étranger. La société cherchera cependant des travailleurs étrangers pour des métiers précis comme des ingénieurs, des gestionnaires de projet et des architectes navals<sup>106</sup>. Même si les travailleurs seront généralement chevronnés, ils auront moins d'expérience directe en construction navale que ce qui serait souhaitable. D'après un représentant syndical, il faut tout créer à partir de rien. Il n'y a pas d'assises existantes<sup>107</sup>.

**Tableau 11-2 : Améliorations de la cale sèche de Vancouver**



## Relations de travail

Seaspan vient de conclure des ententes collectives avec ses syndicats, qui négocient pour la plupart dans le cadre d'un regroupement syndical particulier à la Colombie-Britannique. À l'appui de l'offre de Seaspan dans le cadre de la SNACN, les syndicats se sont engagés à collaborer pour trouver la main-d'œuvre dont le chantier naval aura besoin dans tout le Canada et plus particulièrement dans l'Ouest canadien. Les syndicats se sont aussi engagés à participer à divers programmes de formation et d'apprentissage afin que le chantier naval dispose des compétences requises pour pouvoir construire les navires. Les syndicats se sont en outre engagés à assurer la paix syndicale et la stabilité de la main-d'œuvre durant la réalisation du programme de la SNACN, y compris par les dispositions sur l'absence de grève et de lock-out prévues dans leurs ententes collectives. Au moment de rédiger ces lignes, Seaspan est en train de négocier une nouvelle entente collective avec l'un de ses syndicats, le SEPB (la section 378 du Syndicat canadien des employés et employés professionnels et de bureau), qui a un mandat de grève mais respecte l'entente collective antérieure.

## Infrastructures

En plus de renforcer considérablement ses effectifs, Seaspan devra aussi accroître grandement ses infrastructures. Ces travaux se fonderont sur les exigences fixées dans la demande de propositions de la SNACN, ainsi que sur les plans des travaux industriels à long terme de Seaspan après la SNACN. En ce qui concerne ce deuxième facteur, Seaspan croit que son avenir comme chantier naval commercial dépend de sa capacité de s'établir sur le créneau des navires de taille moyenne, et plus particulièrement les brise-glace de la

<sup>106</sup> Gordon Hamilton, précité, note 101.

<sup>107</sup> Darah Hansen et Brian Morton, « Deal with federal government pulls B.C. shipyard industry out of long slump », *Vancouver Sun*, 11 octobre 2011.

garde côtière<sup>108</sup>. Pour pouvoir effectuer ces travaux à long terme, Seaspan vise à ce que les contrats du gouvernement du Canada dans le cadre de la SNACN servent de point d'ancrage du chantier naval. Ainsi, le gouvernement fédéral partagera le coût des infrastructures de Seaspan d'une manière qui devrait permettre au chantier naval d'être commercialement concurrentiel.

En février 2012, Seaspan a signé une entente-cadre avec le gouvernement. S'appuyant sur cette garantie, Seaspan a commencé à apporter diverses améliorations pour se préparer. Même si les détails varient un peu selon les sources, ces améliorations pourraient représenter des changements aux installations évalués à environ 200 millions de dollars.

Au chantier naval de Vancouver, les modifications des infrastructures consisteront à ajouter quatre bâtiments spécialisés et à installer du nouvel équipement dans plusieurs autres. De nouvelles chaînes de coupage des profilés, de sous-assemblage et de fabrication de panneaux seront ajoutées en construisant un nouvel atelier de fabrication de panneaux, qui intégrera la chaîne de profilage par robotique et la chaîne de fabrication de panneaux plats. Un nouvel atelier d'assemblage de blocs courbés sera aussi construit et il comprendra du matériel de façonnage de pièces plates, deux grues de 40 tonnes, des gabarits spécialisés et des outils pour les blocs courbés complexes et des postes de service spécialisés. Le nouvel atelier de ponçage et de peinture pour appuyer la construction et la réparation de navires séparera le ponçage et la peinture. Un nouvel atelier de préassemblage sera construit et comprendra deux grues de 25 tonnes et une grue de 10 tonnes. De plus, l'atelier d'assemblage des blocs plats sera reconfiguré pour héberger du nouveau matériel et de nouveaux services, y compris des postes d'assemblage des blocs plats et des grandes pièces, des gabarits roulants modulaires pour l'assemblage des blocs plats, des postes de service et des rampes de distribution, et un portique de 300 tonnes. De plus, on ajoutera dans les installations existantes où les pièces plates et les profilés sont façonnés des lamineurs, une cintrreuse de 400 tonnes, une plieuse de 900 tonnes, une grue de 9 tonnes et un tablier électrique afin de livrer les pièces directement aux ateliers d'assemblage des blocs plats et courbés.

Les installations d'assemblage et de montage des grands blocs seront améliorées elles aussi. L'atelier d'assemblage des grands blocs comprendra des systèmes de fabrication à froid, et pourra réunir plusieurs blocs de coque dans de grands blocs. Il comprendra également deux grues de 60 tonnes, une grue de 20 tonnes et des postes de service. L'installation de montage sera renforcée pour permettre le chargement du navire, offrir un abri temporaire contre les intempéries et installer un transporteur modulaire autopropulsé afin de positionner les grands blocs et de transférer le navire au bassin de lancement.

Un nouvel entrepôt central sera également ajouté afin d'accroître l'entreposage sur place de pièces utilisées en grand nombre et d'établir un meilleur système de suivi et de contrôle. De plus, des installations existantes seront converties en entrepôts supplémentaires pour permettre le rangement à haute densité, l'entreposage de pièces lourdes comme les moteurs principaux, avec l'aide d'un portique de 40 tonnes (au chantier naval de Vancouver), ainsi que des locaux supplémentaires d'entreposage à température contrôlée.

---

<sup>108</sup> Christopher Pollon, précité, note 103.

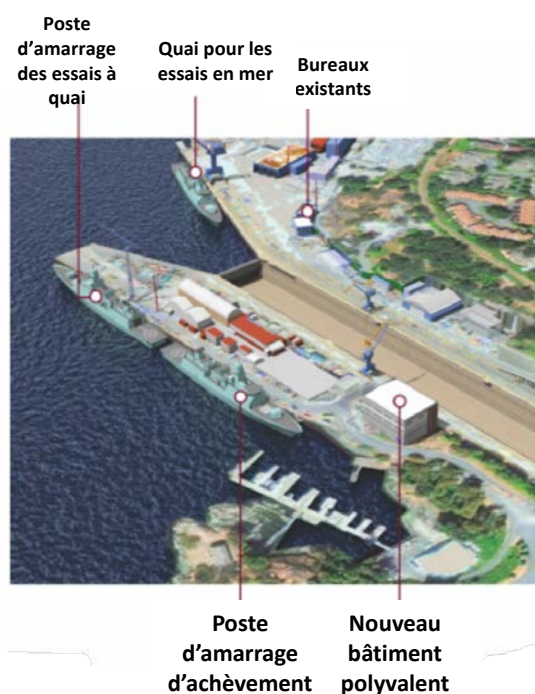
Figure 11-5 : Transformation du chantier naval de Seaspan

**Chantier naval de Vancouver – Modifications, modernisation et cheminement des travaux**





**Figure 11-6 : Améliorations prévues au chantier naval de Victoria**



Les principaux travaux de construction seront effectués au chantier naval de Vancouver, mais une fois mis à l'eau, les navires de la SNACN seront remorqués jusqu'au chantier de Victoria pour y être achevés. La mise en place finale des systèmes, l'intégration des systèmes, les activités de mise en marche, les essais à quai et en mer et les activités de soutien en service seront effectués à Victoria. Afin de faciliter ces travaux, le chantier naval de Victoria aura besoin d'un nouveau bâtiment polyvalent qui comprendra un entrepôt sécurisé, des ateliers et des armoires à outils, les installations de premiers soins et des bureaux supplémentaires. Les travaux d'amélioration du chantier de Victoria devraient coûter entre 15 et 30 millions de dollars. Les travaux d'amélioration devraient débuter en octobre 2012 et être terminés d'ici 2015. Il s'agit de l'investissement financier de la société privée, comme l'exige la SNACN<sup>109</sup>.

Par ailleurs, on a annoncé récemment que 101 millions de dollars seront investis sur cinq ans pour améliorer la cale sèche<sup>110</sup>.

Dans le cadre de cette réorganisation globale, Seaspan a conclu une entente de soutien technologique avec la société coréenne STX Offshore and Shipbuilding Company Ltd. Cette entreprise où travaillent principalement d'anciens constructeurs de navires de Daewoo, fournit à Seaspan sa connaissance de l'un des chantiers navals les plus productifs au monde, afin de l'aider à moderniser ses installations. L'entente conclue avec STX visera au départ à optimiser l'aménagement des ateliers, le flux des matériaux, ainsi que les méthodes et processus de production. Essentiellement, les travaux de modernisation des installations seront conçus par STX<sup>111</sup>.

<sup>109</sup> Christopher Pollon, précité, note 103.

<sup>110</sup> Gouvernement du Canada, Le gouvernement Harper annonce un investissement pour la cale sèche d'Esquimalt, 27 juin 2012, en ligne : <http://news.gc.ca/web/article-fra.do?nid=682889>

<sup>111</sup> R. Bruce Striegler, « Seaspan gears up for NSPS construction », *Canadian Sailings*, 14 mai 2012.

Tableau 11-3 : Navires construits pour le gouvernement par Seaspan

Coque n°	O.N.	Nom original	Premier propriétaire	Type de navire	Année de construction	Longueur du navire (mètres)
142	821039	Osprey 2000	B.C. Ministry of Highways	Traversier	2000	76,50 m
137	821047	Pacifcat Voyager	B.C. Ferry Corporation	Traversier rapide	1998	122,7 m
136	821018	Pacifcat Discovery	B.C. Ferry Corporation	Traversier rapide	1998	122,7 m
135	820007	Pacifcat Explorer	B.C. Ferry Corporation	Traversier rapide	1997	122,7 m
130	322953	Queen of New Westminster	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1991	120,24 m
127	815254	Queen of Cumberland	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1992	95,98 m
126	812656	Queen of Capilano	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1991	95,98 m
125	812626	Needles	B.C. Dept. of Highways	Traversier	1990	49,99 m
102	801691	Quinsam	B.C. Dept. of Highways	Traversier	1982	86,84 m
99	368854	Queen of the North	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1981	125,0 m
79	318636	Queen of Vancouver (Remotorisation)	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1978	120,24 m
78	314040	Queen of Victoria (Remotorisation)	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1978	nlic
71	Aucun	Sans nom	B.C. Dept. of Highways	Remorque tubulaire	1977	27,43 m
70	383249	Quinitsa	B.C. Dept. of Highways	Traversier	1977	74,52 m
62	370066	Queen of Alberni	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1976	133,50 m
49	347780	Kahloke	B.C. Dept. of Highways	Traversier	1973	54,71 m
39	347141	L. Pacifica	Dept. of the Environment	Barge de recherche	1973	26,52 m
34	319730	Howe Sound Queen	B.C. Ferry Corporation	Traversier	1972	63,09 m
30	345965	Denman Queen/Klitsa	B.C. Dept. of Highways	Traversier	1972	45,06 m
29	345961	Klatawa	BC Dept. of Highways	Traversier	1972	47,46 m
28	345956	Kulleet	BC Dept. of Highways	Traversier	1972	47,46 m
27	331716	Merv Hardie (Modifications)	Min. of North & Indian Affairs	Traversier	1972	40,96 m
25	318636	Queen of Vancouver	BC Ferry Corporation	Traversier	1972	120,24 m
24	331716	Merv Hardie	Min. of North. & Indian Affairs	Traversier	1971	40,96 m
10	344744	Prince Rupert Airport Ferry	City of Prince Rupert	Traversier	1970	34,29 m

Tableau 11-4 : Navires commerciaux construits par Seaspan

Coque n°	O.N.	Nom original	Premier propriétaire	Type de navire	Année de construction	Longueur du navire (mètres)
171	833507	P.B. 34	Marine Petrobulk	Chaland citerne	2009	82,79 m
170	833151	Seaspan 827	Seaspan International	Chaland citerne	2008	70,37 m
169	832118	Smit MSG 2802	Smit Marine Canada	Barge	2007	58,50 m
167	832720	Island Sky	B.C. Ferry Services	Traversier	2008	95,72 m
166	828618	Smit MSG 2801	Smit Marine Canada	Barge	2006	58,51 m

Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité

165	827776	Seaspan 534	Seaspan International	Barge	2005	58,52 m
164	827728	Seaspan 533	Seaspan International	Barge	2005	58,52 m
163	827539	Seaspan 532	Seaspan International	Barge	2005	58,52 m
162	827283	Seaspan 531	Seaspan International	Barge	2005	58,52 m
161	826798	Seaspan 642	Seaspan International	Barge	2004	74,91 m
160	826370	Seaspan 530	Seaspan International	Barge	2004	58,52 m
159	826369	Seaspan 529	Seaspan International	Barge	2004	58,52 m
158	826091	Seaspan 528	Seaspan International	Barge	2004	58,52 m
157	825863	Seaspan 527	Seaspan International	Barge	2004	58,52 m
156	825614	Seaspan 526	Seaspan International	Barge	2003	58,52 m
155	825381	Seaspan 525	Seaspan International	Barge	2003	58,52 m
154	825380	Seaspan 524	Seaspan International	Barge	2003	58,52 m
153	822114	P.B. 32	Marine Petrobulk	Chaland citerne	2003	79,68 m
149	823140	GMS 620	Gemini Marine Svc.	Barge	2001	58,38 m
148	822731	Seaspan 641	Seaspan International	Barge	2001	65,55 m
147	825259	Seaspan 523	Seaspan International	Barge	2003	58,52 m
146	822730	Seaspan 510	Seaspan International	Barge	2001	58,52 m
144	822609	Seaspan 509	Seaspan International	Barge	2000	58,52 m
143	822588	Seaspan 508	Seaspan International	Barge	2000	58,52 m
141	820069	Seaspan 553	Seaspan International	Barge	1998	62,04 m
140	820068	Seaspan 552	Seaspan International	Barge	1998	62,04 m
139	820067	Seaspan 551	Seaspan International	Barge	1998	62,04 m
138	820066	Seaspan 550	Seaspan International	Barge	1998	62,04 m
134	818048	ITB Pioneer	Island Tug & Barge	Chaland citerne	1994	60,96 m
133	816602	Seaspan Falcon	Seaspan International	Remorqueur	1993	22,36 m
132	816601	Seaspan Hawk	Seaspan International	Remorqueur	1993	22,36 m
131	Foreign	Seaspan 271	Seaspan International	Barge	1992	
129	814185	Seaspan 507	Seaspan International	Barge	1990	60,96 m
128	814153	Seaspan 506	Seaspan International	Barge	1990	60,96 m
124	812817	Seaspan 505	Seaspan International	Barge	1989	60,96 m
123	812795	Seaspan 504	Seaspan International	Barge	1989	60,96 m
122	812762	Seaspan 503	Seaspan International	Barge	1989	60,96 m
121	812761	Seaspan 502	Seaspan International	Barge	1989	60,96 m
120	810112	Seaspan 501	Seaspan International	Barge	1989	60,96 m
119	810111	Seaspan 500	Seaspan International	Barge	1989	60,96 m
118	811187	Seaspan 499	Seaspan International	Barge	1988	60,96 m
116	809691	Seaspan 498	Seaspan International	Barge	1987	60,96 m

Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité

115	331288	Evco 91 (rallongé de 56 pieds)	Ocean Construction Supplies	Barge	1986	82,91 m
113	805628	Seaspan 497	Seaspan International	Barge	1985	60,96 m
112	805627	Seaspan 496	Seaspan International	Barge	1985	60,96 m
111	805626	Seaspan 495	Seaspan International	Barge	1985	60,96 m
110	804843	Seaspan 494	Seaspan International	Barge	1985	60,96 m
109	804842	Seaspan 493	Seaspan International	Barge	1985	60,96 m
108	804841	Seaspan 492	Seaspan International	Barge	1984	60,96 m
107	804174	Seaspan Discovery	Seaspan International	Remorqueur	1984	32,71 m
106	803537	Miscaroo	Beaudril (Gulf Oil Canada)	AHTS	1983	79,25 m
105	801807	Arctic Ublureak	Arctic Transportation	AHTS	1982	42,37 m
104	Export	Western Polaris	Western Geophysical Co.	Navire de recherche	1982	44,60 m
103	Export	Western Aleutian	Western Geophysical Co.	Navire de recherche	1982	44,60 m
101	Export	Heron	Mar Fishing	Chalutier	1982	39,01 m
100	Export	Ibis	Mar Fishing	Chalutier	1982	39,01 m
98	Aucun	Sans nom	Crown Zellerbach	Remorques tubulaires	1980	
97	348609	Ocean King	Jake Egeland Fish Co.	Chalutier	1980	28,19 m
96	393934	Jennifer Gayle	Banks Marine	Ligneur	1980	16,25 m
95	800112	Seaspan 491	Seaspan International	Barge	1981	60,96 m
94	800111	Seaspan 490	Seaspan International	Barge	1981	60,96 m
93	395920	Seaspan 489	Seaspan International	Barge	1980	60,96 m
92	395919	Seaspan 488	Seaspan International	Barge	1980	60,96 m
91	369689	Swiftsure II	Swiftsure Towing	Remorqueur	1979	25,09 m
90	Export	Satro 25	Astro Maritima	Navire hauturier de ravitaillement	1980	54,86 m
89	393357	Sea Crest	D. Knotts	Chalutier	1980	23,84 m
88	395390	Seaspan Rigger	Seaspan International	Barge	1980	120,79 m
87	392782	Seaspan 487	Seaspan International	Barge	1979	60,96 m
86	392234	Seaspan 486	Seaspan International	Barge	1979	60,96 m
85	392181	Seaspan 485	Seaspan International	Barge	1979	60,96 m
84	331830	Seaspan 191	Seaspan International	Barge	1979	72,05 m
83	392947	Free Enterprise No. 1	Phil Burgess	Chalutier	1979	23,65 m
82	391368	Downie No. 2	Downie Street Sawmills Ltd.	Traversier	1978	27,43 m
81	Export	Ultra Processor No. 1	Norlympia Seafoods	Barge usine	1979	62,18 m
80	189270	Seaspan 621	Seaspan International	Barge	1979	71,63 m
77	391362	Seaspan 931	Seaspan International	Barge	1978	103,33 m
76	383466	Seaspan 484	Seaspan International	Barge	1978	60,96 m
75	383465	Seaspan 483	Seaspan International	Barge	1978	60,96 m
74	383464	Seaspan 482	Seaspan International	Barge	1978	60,96 m

*Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité*

69	371179	Seaspan 193	Seaspan International	Barge	1976	72,02 m
68	371166	Seaspan 192	Seaspan International	Barge	1976	72,02 m
67	Export	Boqueron	Eximbal/Guatemala	Barge	1976	64,01 m
66	Export	Setal	Eximbal/Guatemala	Barge	1976	64,01 m
65	Export	Seaspan Royal	Seaspan International	Remorqueur	1976	42,67 m
64	370250	Seaspan Cutlass	Seaspan International	Remorqueur	1975	23,99 m
63	370217	Seaspan Corsair	Seaspan International	Remorqueur	1975	23,99 m
60	348027	NT 1804	Northern Transportation	Chaland citerne	1974	64,01 m
59	348026	NT 1803	Northern Transportation	Chaland citerne	1974	64,01 m
58	348875	S.N.No. 3	Egmont Towing & Salvage	Barge	1974	71,63 m
55	329223	Gulf Hathi	Gulf of Georgia Towing	Barge	1974	94,79 m
54	329216	Gulf Horpe	Gulf of Georgia Towing	Barge	1974	94,79 m
53	369522	Seaspan Cavalier	Seaspan International	Remorqueur	1975	23,99 m
52	368748	Sea Mark XV	W.S. Brodie & Sons	Ponton de flottage du bois	1974	12,19 m
51	348453	Evco 71	Ocean Construction Supplies	Barge	1973	74,46 m
50	348431	Evco 70	Ocean Construction Supplies	Barge	1973	74,46 m
48	369068	Seaspan Commodore	Seaspan International	Remorqueur	1974	40,38 m
47	348499	Seaspan Crusader	Seaspan International	Remorqueur	1974	23,99 m
46	347534	NT 1520	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
45	347533	NT 1520	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
44	347532	NT 1519	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
43	347531	NT 1518	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
42	346530	NT 1517	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
41	346529	NT 1516	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
40	346528	NT 1515	Northern Transp.	Chaland citerne	1973	76,23 m
38	330833	Bute No. 6 (rallongé)	Bute Towing Co.	Barge	1973	63,40 m
37	331169	Peace Prince	Seaspan International	Remorqueur	1973	11,06 m
36	330607	Peace Piper	Seaspan International	Remorqueur	1973	9,94 m
35	330401	Seaspan 822	Seaspan International	Chaland citerne	1972	73,15 m
33	347011	G. of G. 382	Gulf of Georgia Towing	Barge	1972	54,86 m
32	346705	G. of G. 381	Gulf of Georgia Towing	Barge	1972	54,86 m
31	346690	G. of G. 380	Gulf of Georgia Towing	Barge	1972	54,86 m
26	345722	V.P.D.No. 32	Vanc. Pile Driving Co.	Barge	1971	15,24 m
21	345188	Transporter 5	North Arm Transp.	Barge	1971	58,52 m
20	198820	G.C.26	North West Dredging	Barge	1969	
19	345120	S.N. No. 2	Shields Navigation Ltd.	Chaland citerne	1970	51,69 m
18	344688	G. of G. 500	Gulf of Georgia Towing	Barge	1970	63,40 m

*Budget d'acquisition de deux navires de soutien interarmées – Faisabilité*

17	323296	Rivtow 104	Rivtow Straits Ltd.	Barge	1970	53,34 m
16	319418	V.T.No. 150	Vanc. Remorqueur Boat Co.	Barge	1970	83,82 m
15	345249	Hecate Straits	Rivtow Straits Ltd.	Remorqueur	1971	21,12 m
14	331888	V.T.No. 197	Vanc. Remorqueur Boat Co.	Barge	1969	55,47 m
12	331868	V.T.No. 196	Vanc. Remorqueur Boat Co.	Barge	1969	55,47 m
11	331305	V.P.D.No. 35	Vanc. Pile Driving Co.	Chaland à bascule	1969	49,99 m
9	345112	La Garde	Vanc. Tug Boat Co.	Remorqueur	1970	23,56 m
8	331830	V.T.No. 156	Vanc. Tug Boat Co.	Barge	1969	72,05 m
7	331264	Pacific Barge 101	Vanc. Tug Boat Co.	Barge	1969	73,15 m
6	330833	Bute No. 6	Bute Towing Co.	Chaland citerne	1969	63,40 m
5	330890	N.T.1009	Northern Transportation	Barge de rivière	1969	60,96 m
4	330754	V.T.No. 189	Vanc. Tug Boat Co.	Barge	1968	54,86 m
3	330421	V.T.No. 188	Vanc. Tug Boat Co.	Barge	1968	54,86 m
2	330387	V.T.No. 187	Vanc. Tug Boat Co.	Barge	1968	54,86 m
1	330346	V.T.No. 186	Vanc. Tug Boat Co.	Barge	1968	54,86 m