

Titre: Exigences de la conscience de la situation du pilote de navire du fleuve Saint-Laurent durant les manœuvres de mouillage et d'ancrage au port
Title:

Auteur: Karima Haffaci
Author:

Date: 2023

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Haffaci, K. (2023). Exigences de la conscience de la situation du pilote de navire du fleuve Saint-Laurent durant les manœuvres de mouillage et d'ancrage au port [Master's thesis, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/53442/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/53442/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Philippe Doyon-Poulin
Advisors:

Programme: Maitrise recherche en génie industriel
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

**Exigences de la conscience de la situation du pilote de navire du fleuve Saint-Laurent
durant les manœuvres de mouillage et d'ancrage au port**

KARIMA HAFFACI

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Avril 2023

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Exigences de la conscience de la situation du pilote de navire du fleuve Saint-Laurent durant les manœuvres de mouillage et d'ancrage au port

présenté par **Karima HAFFACI**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Jean-Marc FRAYRET, Ph. D., président

Philippe DOYON-POULIN, Ph. D. membre et directeur de recherche

Martin TRÉPANIÉ, Ph. D., membre

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers toutes les personnes et les organismes qui ont contribué à la réalisation de cette recherche. Leur collaboration et leur soutien ont été essentiels pour la réussite de ce projet.

Tout d'abord, je tiens à remercier chaleureusement mon directeur de recherche, Philippe Doyon-Poulin, pour son support continu, ses conseils avisés et son expertise qui m'ont permis de mener à bien cette étude.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers l'Administration de Pilotage des Laurentides (APL) pour nous avoir donné l'opportunité de mener cette recherche et pour nous avoir offert un accueil chaleureux. Leur soutien, leur formation et leur ouverture m'ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions.

Je tiens également à remercier la Corporation de Pilotage du Saint Laurent Central (CPSLC) et du Bas Saint Laurent (CPBSL) pour leur collaboration active, leur engagement et leur participation précieuse à la collecte des données. Leur ouverture m'a permis de mener cette étude dans un environnement favorable.

Sans oublier d'exprimer toute ma gratitude et mon amour à mon mari, Amine Houimdi, ainsi qu'à mes deux merveilleux enfants. Votre soutien inconditionnel a été la clé de ma réussite dans ce projet de recherche. Il n'a pas été facile de jongler avec mes responsabilités de mère, mon travail à temps plein et mes études de maîtrise. Mais grâce à votre présence, à vos encouragements et à votre compréhension, j'ai pu surmonter toutes les difficultés et accomplir mes objectifs. Vos sourires, vos câlins et votre amour m'ont donné la force de continuer même dans les moments difficiles. Je suis très reconnaissante de vous avoir dans ma vie et je vous aime infiniment.

Enfin, je souhaite adresser mes sincères remerciements au corps professoral et administratif de l'école Polytechnique de Montréal pour leur collaboration et leur enseignement de qualité.

Encore une fois, je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes et les organismes qui ont contribué à cette étude. Leur collaboration et leur soutien ont été essentiels pour la réalisation de ce projet. Je vous ai infiniment reconnaissante.

RÉSUMÉ

La navigation maritime sur le fleuve Saint-Laurent est cruciale pour l'économie québécoise, mais soulève plusieurs défis liés à la sûreté des opérations. En effet, le fleuve Saint-Laurent est une zone de pilotage obligatoire, c'est-à-dire qu'un pilote local prend les responsabilités de commandement à bord du navire afin de pouvoir naviguer sécuritairement dans les eaux québécoises. Les tâches de pilotage sont cognitivement exigeantes, car le pilote doit anticiper suffisamment en avance les prochaines commandes à réaliser : à cause de leur inertie, certains navires prennent jusqu'à 30 minutes pour s'arrêter complètement.

Ces enjeux mettent de l'avant l'importance de la conscience de la situation (CS) du pilote. La CS la capacité à percevoir l'information pertinente (niveau 1), comprendre sa signification par rapport aux buts (niveau 2) et anticiper son évolution future (niveau 3). Une mauvaise CS a été identifiée comme un facteur contributeur dans les accidents maritimes passés. Il apparaît donc important d'étudier ce concept pour comprendre comment les pilotes prennent des décisions dans des environnements dynamiques tels que la navigation maritime. Cependant, la plupart des études précédentes ont porté sur des scénarios de navigation de dépassement et peu d'attention a été accordée à la conscience de la situation pour des manœuvres telles que l'accostage et l'amarrage, bien qu'elles soient très fréquentes et présentent des défis notables. Aucune étude n'a porté sur le pilotage obligatoire.

L'étude présentée dans ce mémoire a pour but d'identifier les exigences en matière de conscience de la situation pour les pilotes effectuant une manœuvre d'accostage ou d'amarrage sur le fleuve Saint-Laurent. Les données ont été recueillies auprès de pilotes de la Corporation des pilotes du St-Laurent Centrale (CPSLC) et de la Corporation des pilotes du Bas St-Laurent (CPBSL). Dans la première étude, huit pilotes ont participé à des entrevues pour déterminer les exigences en matière d'informations lors de la manœuvre d'accostage au quai 16 du port de Trois-Rivières. Dans la deuxième étude, les données ont été recueillies auprès de huit pilotes après leur participation à une simulation de manœuvre de mouillage au port de Québec. Les résultats ont montré les objectifs, sous-objectifs et exigences en information de CS de niveaux 1, 2 et 3 identifiés par les pilotes pour chaque scénario.

Cette étude est la première à avoir identifié les exigences en CS pour les tâches d'accostage et d'amarrage auprès de pilotes. Elle contribue à une meilleure compréhension de la conscience de la situation des pilotes lors des manœuvres d'accostage et d'amarrage sur le fleuve Saint-Laurent. À terme, nos résultats aideront à améliorer la sécurité, la formation et les performances humaines dans la navigation maritime.

ABSTRACT

Marine navigation on the St. Lawrence River is crucial to the Quebec economy, but raises several challenges related to the safety of operations. Indeed, the St. Lawrence River is a compulsory pilotage area, meaning that a local pilot takes the responsibilities on board the vessel in order to navigate safely in Quebec waters. Pilotage tasks are cognitively demanding, as the pilot must anticipate sufficiently in advance the next commands to be carried out: because of their inertia, some vessels take up to 30 minutes to come to a complete stop.

These issues highlight the importance of the pilot's situational awareness (SA). SA is the ability to perceive relevant information (level 1), understand its meaning in relation to goals (level 2), and anticipate its future evolution (level 3). Poor SA has been identified as a contributing factor in past marine accidents. Therefore, it appears important to study this concept to understand how pilots make decisions in dynamic environments such as maritime navigation. However, previous studies have focused on overtaking navigation scenarios and little attention has been paid to situational awareness for maneuvers such as docking and mooring, although they are common and present notable challenges. No studies have focused on compulsory pilotage.

The purpose of this study is to identify the situational awareness requirements for pilots performing a docking or mooring maneuver on the St. Lawrence River. Data was collected from pilots of the Corporation of Mid St. Lawrence Pilots (CPSLC) and the Corporation of Lower St. Lawrence Pilots (CPBSL). In the first study, eight pilots participated in interviews to determine the information requirements during the docking maneuver at Pier 16 in the Port of Trois-Rivières. In the second study, data was collected from eight pilots after they participated in a simulated berthing maneuver at the Port of Quebec. The results showed the objectives, sub-objectives and information requirements of CS levels 1, 2 and 3 identified by the pilots for each scenario.

This study is the first to have identified CS requirements for docking and mooring tasks with pilots. It contributes to a better understanding of the situational awareness of pilots during docking and mooring maneuvers on the St. Lawrence River. Ultimately, our results will help improve safety, training, and human performance in marine navigation.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	V
RÉSUMÉ	VI
ABSTRACT	VIII
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES FIGURES	XIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	XIV
LISTE DES ANNEXES	XV
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 CADRE THEORIQUE.....	3
2.1 Pilotage obligatoire.....	3
2.2 Conscience de situation.....	4
2.2.1 Définition	4
2.2.2 Modèle de CS à trois niveaux.....	5
2.2.3 Analyse de tâche orientée vers les buts.....	7
2.2.4 Mesure de la CS	8
2.3 CS dans le milieu maritime.....	9
CHAPITRE 3 OBJECTIFS DE RECHERCHE	12
3.1 Problématique	12
3.2 Objectifs	12
CHAPITRE 4 MÉTHODE	13
4.1 Étude 1 – Accostage au quai 16 de Trois-Rivières	13
4.1.1 Participants	15

4.1.2	Procédure	16
4.1.2.1	Entretiens avec les pilotes	16
4.1.2.2	Analyse de tâches orientées vers les buts (GDTA).....	16
4.2	Étude 2 – Mouillage au port de Québec.....	16
4.2.1	Participant	17
4.2.2	Matériel	18
4.2.3	Procédure	19
4.2.4	Observation des séances de formation.....	21
4.2.5	Entretiens avec les pilotes.....	21
4.2.6	Analyse de tâche orientée vers les buts (GDTA)	22
CHAPITRE 5 RÉSULTATS		23
5.1	Étude 1 – Accostage au quai 16 de Trois-Rivières	23
5.1.1	Complétion de la manœuvre.....	23
5.1.2	Analyse de tâche orientée vers les buts.....	26
5.1.3	Exigences de la conscience de la situation	28
5.2	Étude 2 – Mouillage au port de Québec.....	31
5.2.1	Complétion de la manœuvre.....	31
5.2.2	Analyse de tâche orientée vers les buts.....	31
5.2.3	Exigences de la conscience de la situation	33
CHAPITRE 6 DISCUSSION		37
6.1	Étude 1 – Accostage au quai 16 de Trois-Rivières	37
6.2	Étude 2 – Mouillage au port de Québec.....	38
6.3	Discussion générale.....	39
6.3.1	Conception d’un outil d’évaluation de la CS	39

6.3.2	Programme de formation	41
6.3.3	Évaluation de la timonerie	41
6.4	Limitations	42
CHAPITRE 7	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	43
BIBLIOGRAPHIE	44
ANNEXES	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 5-1 Éléments influençant la sélection de la stratégie d'accostage.....	23
Tableau 5-2 Décomposition des buts et sous-buts de la manœuvre	26
Tableau 5-3 Liste des éléments N1 par fréquence	29
Tableau 5-4 Liste des éléments N2 par fréquence	30
Tableau 5-5 Liste des éléments N3 par fréquence	30
Tableau 5-6 : Éléments influençant la sélection du plan d'ancrage.....	31
Tableau 5-7 Décomposition des buts et sous-buts de la manœuvre	32
Tableau 5-8 Liste des éléments N1 par fréquence - Étude 2.....	34
Tableau 5-9 Liste des éléments N2 par fréquence - Étude 2.....	35
Tableau 5-10 : Liste des éléments N3 par fréquence - Étude 2.....	36
Table A - 1 Interview guide structure	58
Table A - 2 Main goals of the docking maneuver at wharf 16.....	58
Table A - 3 Extract of the information requirements.....	59

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 Modèle de la conscience de la situation, traduit et adapté de (Endsley, 1995)	7
Figure 2-2 Analyse de buts pour un pilote d'avion commercial (adapté et traduit de Endsley et Jones 2012).....	8
Figure 4-1 Plan de la manœuvre d'accostage recommandée au quai 16 de Trois-Rivières (Gouvernement du Canada, 2013).....	14
Figure 4-2 Carte électronique pour l'accostage au quai 16 de Trois-Rivières	15
Figure 4-3 Simulateur Polaris de Kongsberg du CSEM, tiré de https://sim-pilot.com/visite-virtuel/	19
Figure 4-4 Manœuvre au port de Québec (affiché en trait noir) vue de l'ECDIS	20
Figure 4-5 Manœuvre de gyration à effectuer.....	21
Figure A - 1 Layout at wharf 16 and recommended berthing maneuver (from (Government of Canada, 2014)).....	57

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AHT	Analyse hiérarchique de tâches
APL	Administration de pilotage des Laurentides
CPBSL	Corporation des pilotes du Bas St-Laurent
CPSLC	Corporation des pilotes du St-Laurent Centrale
CS	Conscience de la situation
CSEM	Centre de Simulation et d'Expertise Maritime
ECDIS	<i>Electronic Chart Display and Information System</i>
GDTA	<i>Goal directed task analysis</i>
NASA-TLX	<i>NASA Task Load Index</i>
PPU	<i>Pilot personal unit</i>
SA	<i>Situation awareness</i>
SAGAT	<i>Situation awareness global assessment technique</i>

LISTE DES ANNEXES

Annexe A - Goal-Directed Task Analysis for Situation Awareness Requirements During Ship Docking in Compulsory Pilotage Area	53
Annexe B – Certificat éthique	62
Annexe C – Guide d’entretien.....	65
Annexe D – Étude 1 Analyse de tâche orientée vers les buts	73
Annexe E – Étude 2 Analyse de tâche orientée vers les buts.....	82

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Le transport maritime est un secteur vital de l'économie mondiale, en raison de son rôle prépondérant dans les échanges commerciaux, représentant environ 80% des échanges (Kosowska-Stamirowska, 2020). Au Québec, il joue également un rôle crucial en contribuant pour 2,3 milliards de dollars au produit intérieur brut, soit 0,75% du PIB québécois (*Étude de l'impact économique de l'industrie maritime au Québec*, 2012). Compte tenu de l'importance économique de cette activité, la sécurité revêt une grande importance en raison des conséquences potentiellement désastreuses d'un accident maritime.

Au cours de la dernière décennie, des avancées significatives ont été réalisées sur le plan technique, procédural et technologique pour minimiser les risques liés à la navigation maritime (Allianz, 2022). Malgré ces progrès, les accidents maritimes continuent de se produire (Celik & Cebi, 2009; Dominguez-Péry et al., 2021). De plus, l'impact potentiel de ces accidents est amplifié par l'augmentation continue de la taille des navires de transport en particulier dans les zones portuaires et les canaux de navigation étroits (Dominguez-Péry et al., 2021) ajoutant à ceci, l'augmentation du trafic et la complexification des outils à bord.

Les accidents maritimes sont souvent attribués à des facteurs humains. En effet, les opérateurs humains sont un élément crucial de la conduite sûre, résiliente et efficace des opérations de transport maritime pendant la phase de pilotage. Ils jouent un rôle essentiel dans la prise de décisions, la gestion des risques, la communication et la coordination des tâches (Yuen et al., 2020). Le succès des opérations de pilotage dépend de la performance efficace des membres de l'équipe de pont, comme l'ont démontré Bolstad et al. (2002).

En outre, la mauvaise conscience de la situation du pilote est un facteur causal commun dans les accidents maritimes selon plusieurs études (Baker & McCafferty, 2005; Barnett, 2005; Acejo et al., 2018; Ma et al., 2023). En effet, une étude menée par Cordon et al. (2017) a identifié cinq facteurs principaux à l'origine d'accidents parmi lesquels la conscience de la situation figurait en première position.

Bien que la conscience de la situation ait été largement étudiée dans d'autres secteurs tels que l'aviation (Endsley & Jones, 2012), le domaine militaire (Bolstad et al., 2002) et médical

(Boudreault et al., 2023), il y a eu relativement peu d'attention portée à la conscience de situation des pilotes de navire, en particulier dans le contexte de la navigation maritime réglementée, comme c'est le cas sur le fleuve Saint-Laurent.

Il est donc important d'étudier la conscience de situation des pilotes de navire pour améliorer la sécurité du transport maritime. Dans ce contexte, le modèle d'Endsley (1995) sur la conscience de situation est particulièrement pertinent pour comprendre comment les pilotes de navire construisent leur conscience de situation. Ce modèle suggère que la conscience de situation est composée de trois éléments : la perception de l'environnement, la compréhension de la signification de ces informations et la projection de l'évolution future de la situation.

Ce mémoire se veut être une étude exploratoire visant à extraire les exigences de la conscience de situation des pilotes de navire dans le contexte des eaux contrôlées du fleuve Saint-Laurent. Pour atteindre cet objectif, deux scénarios de manœuvres ont été sélectionnés : l'accostage et l'ancrage. L'analyse de tâches orientées vers les buts a été utilisée pour extraire les exigences de la conscience de situation des pilotes de navire lors de ces manœuvres.

L'ensemble de cette recherche est présenté dans les chapitres suivants. Tout d'abord, le chapitre 2 expose le cadre théorique, qui met en avant la conscience de situation dans le contexte de la navigation maritime. Il définit également le pilotage obligatoire et l'expertise des pilotes. Le chapitre 3 présente la problématique et les objectifs de la recherche. Le chapitre 4 détaille la méthode employée pour réaliser cette étude, qui consiste en l'analyse de deux scénarios distincts : l'un portant sur une manœuvre d'accostage au port de Trois-Rivières et l'autre sur une analyse d'un scénario d'ancrage au port de Québec. Le chapitre 5 présente les résultats obtenus à l'issue de ces deux études. Le chapitre 6 propose une discussion approfondie sur ces résultats, suivie d'une discussion générale sur les perspectives de recherche et les limites rencontrées. En annexe est joint l'article de conférence correspondant à l'étude portant sur l'analyse de scénario d'accostage au port de Trois-Rivières.

CHAPITRE 2 CADRE THEORIQUE

Ce chapitre présente la revue de littérature utile dans le cadre ce mémoire. D’abord, le chapitre présente le pilotage obligatoire au Canada et le rôle du pilote à bord du navire. Ensuite, le chapitre se concentre sur le modèle de conscience de la situation qui est central à ce travail, avec une revue du modèle de CS à trois niveaux, de ses méthodes d’évaluation et de l’analyse de tâche orientée selon les buts afin d’identifier les exigences en CS. Finalement, le chapitre se termine avec une revue des connaissances disponibles sur la CS des pilotes de navire.

2.1 Pilotage obligatoire

Le pilotage obligatoire est une pratique de navigation qui impose à tous les navires d’une certaine taille de faire appel à un pilote breveté pour assurer la conduite sécuritaire de leur navire dans les secteurs à risque de navigation (ex : risques de collision, d’échouement, etc). Au fleuve Saint-Laurent, cette pratique est imposée aux navires qui remontent ou descendent le fleuve entre Les Escoumins et Montréal, de même que dans la rivière Saguenay (APL, 2015). Cette obligation est couverte par la loi canadienne sur le pilotage¹.

En effet, en raison de sa topographie complexe et de sa dynamique hydrologique intense, les opérations maritimes sur le fleuve du Saint-Laurent sont exigeantes et inhospitalières. Dans un tel environnement, le rôle du pilote devient évident. La sûreté des opérations maritimes sur le fleuve Saint-Laurent repose largement sur les compétences et l’expertise du pilote car l’embarcation se trouve confrontée à plusieurs défis tels que des courants très variables en intensité, une faible profondeur des eaux, des chenaux sinueux et étroits, des conditions météorologiques imprévisibles, une densité élevée du trafic et des glaces hivernales. En outre, le pilote doit être en mesure de communiquer efficacement avec l’équipage, de surveiller l’état des navires et de prendre les mesures de sécurité appropriées pour éviter les collisions et les accidents. Le pilote fait preuve d’une expertise dans le domaine de maritime. En effet, il doit avoir une dizaine d’années d’expérience comme premier officier ou capitaine de navire avant d’appliquer à la

¹ Extrait 38.01 (1) de la loi sur le pilotage (législatifs, 2023) : « *La conduite d’un navire dans une zone de pilotage obligatoire est interdite sauf si elle est assurée par un pilote breveté, ou un membre régulier de l’effectif du navire, titulaire d’un certificat de pilotage pour cette zone* ». Extrait 38.01 (3) (législatifs, 2023) : « *Le pilote breveté ou le titulaire d’un certificat de pilotage qui assure la conduite d’un navire est responsable envers le capitaine de la sécurité de la navigation du navire* ».

formation de pilotage. Celle-ci dure 2 ans et l'amène à développer une connaissance exhaustive du secteur du fleuve Saint-Laurent sur lequel il naviguera.

L'Administration de pilotage des Laurentides (APL) est la société de la couronne responsable de faire respecter le pilotage obligatoire sur le fleuve Saint-Laurent. Elle travaille avec deux corporations de pilotes : la Corporation des pilotes du Bas Saint-Laurent (CPBSL) qui est responsable du territoire entre Les Escoumins et la ville de Québec, et la Corporation des pilotes du Saint-Laurent Central (CPSLC) qui couvre le secteur du port de Québec jusqu'au port de Montréal, y compris l'approche de la voie maritime jusqu'à l'écluse de Saint-Lambert.

Le rôle critique du pilote dans la sûreté des opérations maritimes sur le fleuve Saint-Laurent souligne donc l'importance d'avoir une bonne conscience de la situation et de comprendre l'environnement qui l'entoure. Les compétences et l'expertise du pilote sont essentielles pour naviguer en toute sécurité sur un cours d'eau aussi complexe et inhospitalier que le fleuve Saint-Laurent. Ce sujet est abordé à la sous-section suivante.

2.2 Conscience de situation

Le concept de la CS a connu ses prémices dans le domaine de l'aéronautique durant la première guerre mondiale initialement sous la forme d'un ensemble de principes expérientiels (Stanton et al., 2001). Le pilote allemand Oswald Boelcke a formulé plusieurs de ces principes simples de combats aériens, dont le plus célèbre fut : « gardez toujours un œil sur votre adversaire et ne vous laissez jamais tromper par des ruses. » Il mettait l'accent sur l'importance d'avoir conscience de son adversaire avant qu'il ne prenne conscience de soi pour assurer la réussite de la mission (Castellan, 1993).

Cependant, dans les années 80, plusieurs accidents industriels majeurs ont mis en évidence la faillibilité des opérateurs humains, et le besoin d'une définition claire de la CS pour en expliquer les causes. Ces accidents ont motivé la communauté scientifique à se concentrer sur le développement plus élaboré de définitions et de modèles de la conscience de la situation.

2.2.1 Définition

En raison de sa subjectivité, il est difficile de trancher sur une seule définition de la CS puisqu'elle se projette différemment dépendamment du contexte et de la perception de l'individu. Plusieurs définitions ont été proposées dans la littérature. Des compilations et synthèses des définitions ont été faites dans des revues, voir (M. Vidulich et al., 1994) et (Chalandon, 2015).

Un large consensus semble se dégager de la littérature quant à l'usage de la définition d'Endsley comme référence pour définir la conscience de la situation. Ainsi, la conscience de la situation selon Endsley est : *« la perception d'éléments dans l'environnement avec un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur état dans un futur proche »* (Endsley, 1988) traduction p. 792. Dit simplement, la conscience de la situation pour un opérateur est d'être conscient de ce qui se passe autour de lui, comprendre ce que cette information signifie et comment elle évoluera dans le temps.

Cette définition est à la base du modèle de CS à trois niveaux qui est aussi le modèle le plus influent dans la communauté scientifique.

2.2.2 Modèle de CS à trois niveaux

Endsley présente la conscience de la situation comme l'image mentale de l'opérateur sur son environnement dynamique dans lequel il évolue (Endsley, 1995). Elle a proposé un modèle de la conscience de la situation à trois niveaux, organisés de manière ascendante:

1. La perception des éléments pertinents à la situation dans un volume de temps et d'espace;
2. La compréhension de leur importance par rapport à l'atteinte des buts de l'opérateur;
3. L'anticipation de l'évolution de l'état du système dans un futur proche.

Niveau 1 : Perception des éléments dans l'environnement

Ce niveau est le plus bas niveau de la CS mais aussi le plus fondamental. Il est associé à la perception des éléments clés de l'environnement, soit de façon directe grâce aux sens, soit à partir des dispositifs de présentation de l'information. Pour un pilote, il s'agit de sa capacité de percevoir de manière continue, les éléments clés dans son environnement de navigation tel que la vitesse du navire, sa position sur le GPS, sa course, etc. Ici, les éléments clés font référence aux éléments pertinents à la compréhension d'une situation en particulier. Si l'attention est dirigée vers des éléments non pertinents à la situation en cours, la charge mentale augmente inutilement et la conscience de la situation diminue conséquemment.

Niveau 2 : Compréhension de la situation courante

Ce niveau réfère à la compréhension de la situation par l'opérateur en donnant un sens aux informations perçues au premier niveau. Lorsque la personne atteint ce niveau, elle acquiert une vue d'ensemble de la situation. Elle est capable de poser un jugement sur l'état de la situation par rapport à ses buts, c'est-à-dire si les buts visés sont respectés ou non.

Un processus interne de traitement d'informations est impliqué afin de comprendre la situation en cours. Dans cette étape, les informations sont combinées pour composer une image mentale, cette dernière est comparée à des situations prototypiques mémorisées en schémas dans la mémoire à long terme permettant la reconnaissance de patron (*pattern matching*, en anglais). Ce mécanisme de reconnaissance automatique en mémoire à long terme permet d'identifier plus facilement la situation dans laquelle la personne se trouve et dans certains cas cibler l'action appropriée à la situation (Endsley, 2015).

Niveau 3 : Projection

La projection dans le futur est le plus haut niveau de la CS. En se basant, d'une part, sur les éléments perçus dans son environnement au moment présent (niveau 1) et sur sa compréhension de la situation actuelle (niveau 2) et, d'autre part, sur l'expérience personnelle, l'opérateur sera en mesure d'anticiper, à court terme, l'état futur des éléments perçus (niveau 3).

À priori, ce modèle de la CS semble simple par sa représentation sur trois niveaux distincts. Ce qui a d'ailleurs ressorti dans certaines publications en le catégorisant comme un modèle linéaire, c'est-à-dire qu'il faut compléter le niveau 1, afin de pouvoir développer le niveau 2, qui est lui aussi nécessaire pour développer le niveau 3 – voir par exemple (Chalandon, 2007). Dans son article (Endsley, 2015) l'auteure a tenu à corriger cette caractérisation en précisant que les trois niveaux sont ascendants et non linéaires ou sériels. Son exemple montre très bien cette nuance : Un expert peut rapidement évaluer l'état de la situation (niveau 2) et anticiper son évolution future (niveau 3) à l'aide des mécanismes de reconnaissance de patrons et son large répertoire de schémas emmagasinés en mémoire à long terme. La compréhension formée chez l'expert le conduit à diriger son regard vers les éléments clés d'informations (niveau 1) afin de valider ses attentes.

D'ailleurs, l'illustration du modèle de CS dans une prise de décision dynamique (Figure 2-1) présente d'autres processus adaptatifs, découlant des buts de l'opérateur et de son environnement, qui viennent s'ajouter aux simples transitions de niveaux (1, 2 et 3). Au bas de la figure se trouvent les facteurs individuels, qui mettent l'accent sur l'importance du traitement de l'information dans la construction de la CS en se basant sur les buts cognitifs de l'opérateur et de son expérience. Le haut de la figure présente les facteurs externes liés au système ou à la tâche qui peuvent influencer la CS de l'individu, tels que l'interface utilisateur, la complexité de la tâche et le degré d'automatisation du travail. Au centre de la figure se trouve la boucle de décision et d'action. Celle-ci débute par la construction de la CS à partir de l'état de l'environnement. On y remarque que les trois niveaux de CS sont emboîtés et non en série,

illustrant leur nature ascendante. Par la suite, la CS est un intrant majeur, mais distinct, de la prise de décision (Roth et al., 2021). En effet, il est attendu qu'une meilleure CS offrira l'information nécessaire pour une meilleure prise de décision. Cette relation n'est pas univoque, car la prise de décision nécessite elle aussi un répertoire de schémas de décision en mémoire à long terme, qui peut manquer à un individu ayant moins d'expérience dans la tâche. Puis l'exécution de l'action vient réaliser la décision prise.

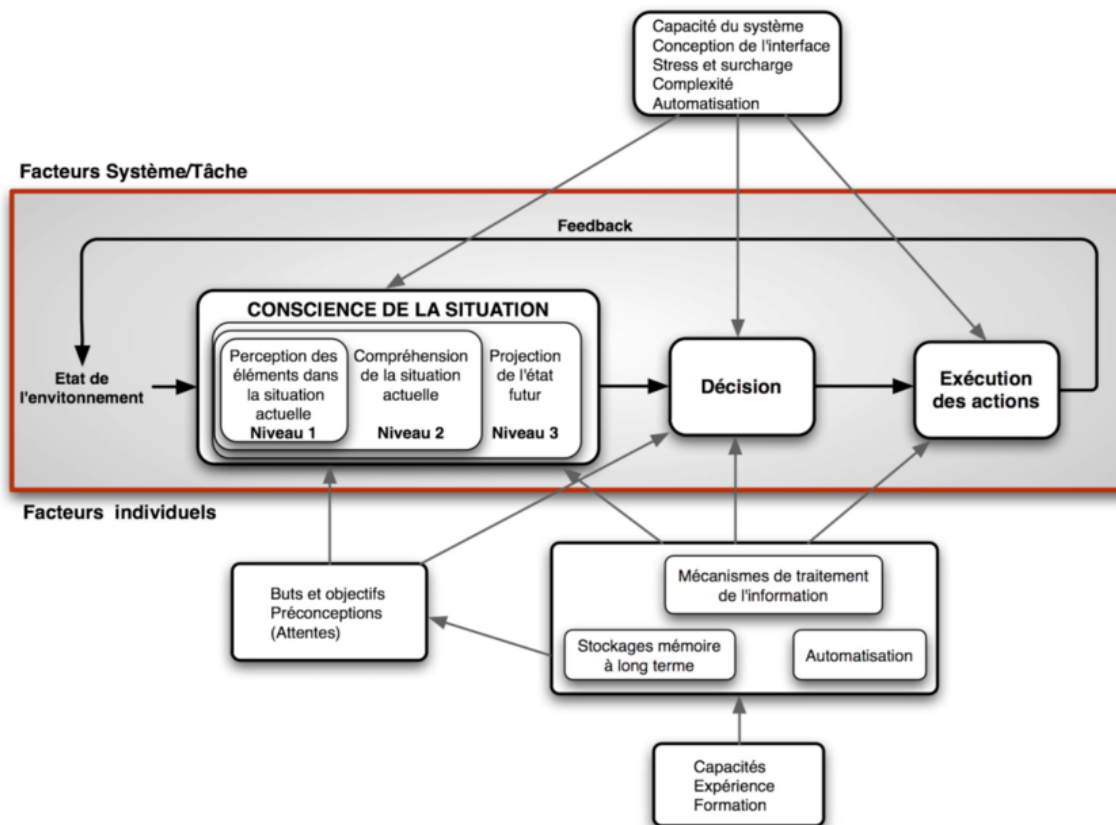


Figure 2-1 Modèle de la conscience de la situation, traduit et adapté de (Endsley, 1995)

Le modèle à trois niveaux de la CS met en évidence l'importance pour l'individu de connaître les éléments clés d'information afin de comprendre l'état de la situation. Ces éléments clés d'information sont appelés de manière formelle les **exigences en conscience de la situation** (*SA requirement*, en anglais). L'analyse de tâche orientée vers les buts est la démarche à suivre pour identifier ces exigences.

2.2.3 Analyse de tâche orientée vers les buts

La collecte d'information pour la conscience de la situation du pilote se fait par élicitation des connaissances du travail de la part d'experts du domaine. Il s'agit de l'analyse de tâche orientée vers les buts (*Goal directed task analysis, GDTA*) (Eurocontrol, 2012). Celle-ci ressemble à l'analyse de tâches

(Stanton et al., 2006) car elle réalise une décomposition hiérarchique du travail de l'opérateur, à la différence qu'elle met en évidence les **buts, sous-buts, les décisions de l'opérateur et les exigences en conscience de la situation** plutôt que les tâches et actions réalisées pour accomplir le travail. Elle permet d'identifier les **exigences en conscience de la situation**, soit les éléments d'informations nécessaires à l'opérateur pour la prise de décision et l'atteinte de ses buts. Ces exigences sont classées comme contribuant à un des trois niveaux de la conscience de la situation : niveau 1 perception, niveau 2 compréhension, niveau 3 projection.

La Figure 2-2 présente un exemple d'analyse de buts pour le travail d'un pilote d'avion commercial. Il s'agit ici d'un extrait d'une analyse plus importante qui présente le sous-but « évaluer le plan de vol latéral » et permet d'illustrer la relation hiérarchique avec les décisions renseignant sur l'atteinte du sous-but et les exigences de conscience de la situation permettant de prendre la décision.

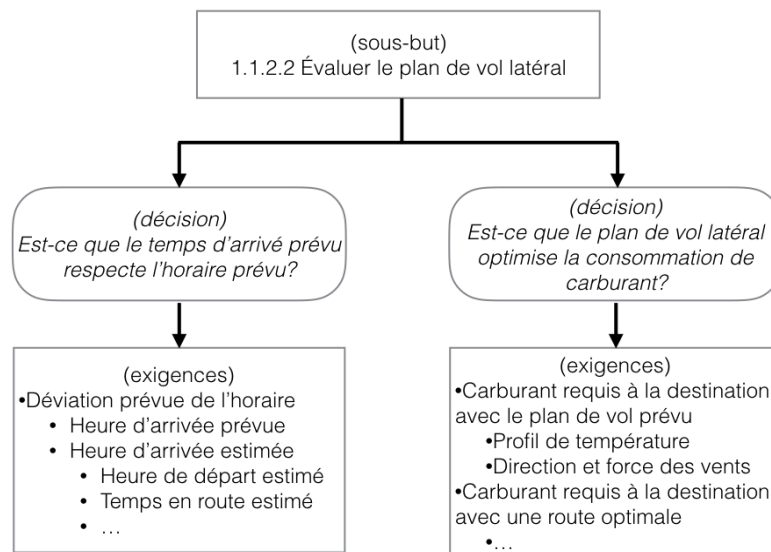


Figure 2-2 Analyse de buts pour un pilote d'avion commercial (adapté et traduit de Endsley et Jones 2012)

2.2.4 Mesure de la CS

Il existe plusieurs méthodes pour mesurer la CS d'un individu. Les revues de littératures sur les méthodes de mesure (Nguyen et al., 2019; Salmon et al., 2006) les regroupent en six catégories selon la technique de collecte de données utilisées :

- Le gel de situation;
- Échantillonnage en temps réel;

- Évaluation auto-rapportée après le test;
- Évaluation par un observateur externe;
- Évaluation des procédés de traitement d'information;
- Mesures comportementales de performance

Les méthodes d'évaluations peuvent aussi être catégorisées si elles mesurent la CS de manière directe ou indirecte (Orique & Despins, 2018). Les méthodes directes mesurent la connaissance de l'individu de la situation actuelle en utilisant des questions couvrant les trois niveaux de la CS (Wright, 2004). Ces méthodes peuvent être subjectives, p. ex. *Situation Awareness Rating Technique* (SART) (Taylor, 2017), ou objectives, p. ex. *Situation Awareness Global Assessment Technique* (SAGAT) (Endsley & Garland, 2000). Les méthodes indirectes évaluent l'efficacité de l'individu dans la complétion d'une tâche en utilisant d'autres construits cognitifs. En particulier, les mesures comportementales de performance à la tâche sont adéquates pour des tâches avec des actions clairement définies. L'analyse des protocoles verbaux d'un individu accomplissant une tâche permet d'identifier les procédés de traitement d'informations en jeu dans la construction de la CS de même que les informations à l'origine de l'action. Les méthodes indirectes assument qu'une meilleure CS se traduit en de meilleures performances comportementales et cognitives (Schuster & Nathan-Roberts, 2017).

Une revue récente de la littérature a montré que SAGAT, l'outil d'évaluation directe et objectif, est le plus utilisé et le plus validé (Endsley, 2021b). Le questionnaire se construit en échantillonnant les exigences de conscience de la situation identifiées précédemment. Son utilisation se réalise durant une situation dynamique de travail en questionnant l'opérateur sur sa connaissance des exigences de conscience de la situation sélectionnées. La réponse offerte par l'opérateur est comparée avec la valeur réelle des exigences au moment de l'évaluation et le pourcentage de bonnes réponses correspond au niveau de conscience de la situation de l'opérateur.

2.3 CS dans le milieu maritime

L'étude de la conscience de la situation dans le milieu maritime a fait l'objet de plusieurs recherches dans l'analyse des causes d'accidents marins, mais peu de travaux ont été réalisés concernant l'analyse de la tâche du pilote, les outils d'évaluation de la conscience de la situation ou la validation empirique des modèles.

La conscience de la situation est un facteur causal important dans les erreurs humaines à l'origine d'accidents marins (Baker & McCafferty, 2005; Barnett, 2005). Baker et McCafferty (2005) ont analysé les rapports d'accidents marins de l'Australie, du Canada, des États-Unis, de la Grande-Bretagne et de la Norvège. Ils ont trouvé que l'erreur humaine est le facteur dominant à l'origine de 80% des accidents et qu'une mauvaise conscience de la situation de l'équipage est le facteur causal principal de ces erreurs. Stratmann et Boll (2016) ont utilisé les 8 éléments causaux d'une mauvaise conscience de la situation, connus sous le nom des « démons de la conscience de la situation » (Endsley & Jones, 2012 chap. 3), pour y classer les erreurs humaines à l'origine de 535 rapports d'accidents du Bureau d'enquête d'accident de la marine britannique. Ils ont trouvé que 333 rapports d'accidents (62%) indiquent un des 8 démons de la conscience de la situation comme un facteur d'accident. Les études récentes classifiant les causes des accidents maritimes ont trouvé que les éléments de la conscience de la situation sont les principaux contributeurs pour la chute d'un homme à la mer (Akyuz & Celik, 2014) et la fuite de carburant d'un pétrolier (Akyuz, 2017). Bien qu'il existe des modèles d'analyse de l'erreur humaine et la contribution de la conscience de la situation aux accidents marins (Clostermann, 2014; Kim et al., 2010; Mazaheri et al., 2015), il n'y a que peu d'études empiriques pour l'évaluation de la conscience de la situation du pilote.

Les expériences réalisées pour évaluer la conscience de la situation d'un officier ont étudié le comportement d'officiers en formation durant un scénario de croisement de navire. Chauvin et son équipe (Chauvin et al., 2008) ont réalisé la seule étude avec un modèle de tâche de l'officier pour le scénario de croisement et ils ont développé un questionnaire SAGAT en 16 points pour mesurer la conscience de la situation. Ce travail a trouvé que les officiers ont une conscience de la situation faible pour les trois niveaux, avec des résultats moyens inférieurs à 50% pour toutes les exigences de conscience de la situation mesurées. D'autres travaux ont montré que la conscience de la situation pour un scénario de croisement s'améliore lorsque la charge mentale de l'officier est élevée (Nisizaki et al., 2017; Okazaki et al., 2016), mais l'outil d'évaluation n'a pas été validé et aucun modèle de tâche n'est présenté (Okazaki & Ohya, 2012). Finalement, l'étude de la performance d'un officier naviguant durant un scénario de croisement a permis d'identifier certaines caractéristiques physiologiques et comportementales associées à une meilleure conscience de la situation (Saus et al., 2012) et l'importance d'avoir un scénario de navigation réaliste en simulateur pour une mesure valide de conscience de la situation (Saus et al., 2010) mais ces travaux ont évalué la confiance qu'a l'officier d'avoir une bonne conscience de la situation, plutôt que d'utiliser une mesure directe comme SAGAT, et ils n'ont pas présenté de modèle de tâche ni le questionnaire employé.

En résumé, l'étude de la conscience de la situation dans le transport maritime a surtout été réalisée pour l'analyse des erreurs humaines à l'origine d'accidents marins. Les quelques études empiriques réalisées en simulateur ont étudié un seul scénario de tâche, soit le croisement d'un navire, et n'ont pas employé une mesure directe de la conscience de la situation. Seul le travail de l'équipe de Chauvin (2008) a présenté une évaluation crédible de la conscience de la situation d'un officier naviguant durant un scénario de croisement.

CHAPITRE 3 OBJECTIFS DE RECHERCHE

3.1 Problématique

La revue de littérature a permis d'identifier plusieurs opportunités de recherche. Le pilotage des navires sur le fleuve Saint-Laurent soulève des enjeux notables de sûreté et de performance humaine dans la prise de décision. En particulier lors des manœuvres d'accostage et de mouillage, en raison des risques élevés d'accidents et de l'exigence de ressources cognitives importantes. Connaître les informations à l'origine de la CS des pilotes durant ces manœuvres serait utile pour la formation et l'amélioration des opérations maritimes. Bien que ces enjeux soient reconnus, il existe peu de travaux scientifiques portant spécifiquement sur cette tâche, malgré l'augmentation de la taille des navires et l'intensification du trafic. Et encore moins dans des zones de pilotage obligatoire, tel que c'est le cas du fleuve du Saint-Laurent.

3.2 Objectifs

L'objectif principal de cette recherche est d'identifier les exigences en matière de CS pour les pilotes effectuant une manœuvre d'accostage et d'amarrage sur le fleuve Saint-Laurent. Pour atteindre cet objectif, deux études ont été menées: la première étude a impliqué huit pilotes qui ont participé à des entrevues pour déterminer les exigences en matière d'informations lors de la manœuvre d'accostage au quai 16 du port de Trois-Rivières; la deuxième étude a recueilli des données auprès de huit pilotes après leur participation à une simulation de manœuvre de mouillage au port de Québec. Pour chacune des études, les objectifs spécifiques sont:

- 1- Réaliser une analyse de tâches orientée vers les buts pour élucider les processus cognitifs et les prises de décisions impliquées dans la manœuvre.
- 2- Identifier les exigences en matière de CS selon les trois niveaux de perception (N1), de compréhension (N2) et de projection (N3).
- 3- Valider le contenu des exigences identifiées auprès des participants.

CHAPITRE 4 MÉTHODE

Ce chapitre traite de la méthodologie adoptée pour mener à bien notre étude sur les exigences de conscience de situation des pilotes marins. Nous avons réalisé deux études. La première étude a été menée auprès de pilotes de la Corporation des pilotes du St-Laurent Centrale (CPSLC) et visait à extraire les exigences informationnelles lors de la manœuvre d'accostage au quai 16 du port de Trois-Rivières. Ce type de manœuvre est complexe, limitée dans le temps et requiert la communication avec les remorqueurs. La collecte de données s'est faite par des entretiens à distance avec 8 pilotes. Cette étude a fait l'objet d'une publication par article (voir Annexe A).

La deuxième étude a été menée auprès des pilotes de la Corporation des pilotes du Bas St-Laurent (CPBSL) après leur participation à une simulation d'une manœuvre de mouillage au port de Québec. La collecte de données s'est faite en deux étapes. D'abord nous avons analysé l'enregistrement vidéo de la séance de formation en simulateur où 8 pilotes ont réalisé la manœuvre. Puis, nous avons réalisé des entretiens à distance avec chaque pilote où il expliquait le raisonnement cognitif de sa manœuvre.

Le chapitre présente la méthode de chaque étude. Au besoin, les éléments communs entre les études seront mis en évidence.

4.1 Étude 1 – Accostage au quai 16 de Trois-Rivières

Le scénario utilisé pour notre analyse est l'accostage au port de Trois-Rivières, quai 16. Cet accostage est particulièrement difficile car le quai est perpendiculaire à la rivière et nécessite une rotation de 90 degrés pour entrer dans le quai et nécessite des remorqueurs lorsque le navire est plus long que le quai (voir Figure 4-1).

En effet, la proposition du scénario venait de la CPLSC et ce, en raison de la configuration particulière du quai, le nombre de manœuvres simultanées ou consécutives requérant une charge mentale de travail importante et une bonne coordination entre le pilote et plusieurs membres d'équipages (Canada, 2013).

Un rapport d'accident qui s'est produit dans cette section (Gouvernement du Canada, 2013) résume la manœuvre d'accostage recommandée enseignée à tous les apprentis pilotes de la CPSLC de la manière suivante :

1- L'approche

Consiste à amener le navire de la section 10 de la rivière jusqu'à l'entrée du bassin à une distance d'environ 3 largeurs de navire des docks en maintenant une vitesse très faible. À ce stade, le pilote peut décider de faire appel à l'aide des remorqueurs ou d'attendre un point plus proche de la zone d'accostage.

2- L'utilisation de l'ancre

Près de la section 11 pour réduire la vitesse du navire ; Pour ce faire, il faut s'assurer de choisir l'emplacement approprié, en prenant en compte la profondeur de l'eau, la force du vent et des courants, ainsi que la proximité d'autres navires ou d'obstacles. La longueur de la chaîne d'ancre est aussi importante pour une bonne tenue.

3- La giration

À effectuer à 20 m du coin des sections 16 et 17 avec l'aide des remorqueurs et des manœuvres du pilote (barre, propulsion moteur) ;

4- Le positionnement final

Et ce fait en réduisant progressivement la vitesse du navire et en maintenant la proue en position avec l'aide des remorqueurs.

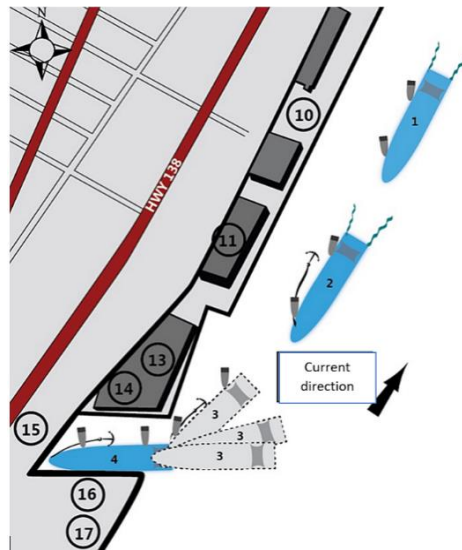


Figure 4-1 Plan de la manœuvre d'accostage recommandée au quai 16 de Trois-Rivières (Gouvernement du Canada, 2013).

4.1.1 Participants

Huit pilotes de la CPSLC ont pris part à l'étude. L'âge moyen des participants est de 51 ans. Ils ont en moyenne 13,9 ans d'expérience en tant que pilote (écart-type 8,3) et possèdent tous leur permis de classe A. Tous les participants ont été recrutés à partir de la liste d'adresses courriels des employés de la corporation.

Cisco Webex a été employé afin de procéder aux entretiens avec les participants par visioconférence. Ils se sont déroulés de mai à juillet 2020.

Une carte électronique anonymisée de la réalisation d'une mission type d'accostage au port de Trois-Rivières section 16 enregistrée au simulateur du Centre de Simulation et d'Expertise Maritime (CSEM) a été mise à la disposition des participants (voir Figure 4-2). Ceux-ci pouvaient l'utiliser ou non à titre d'aide visuelle pour illustrer leurs propos.

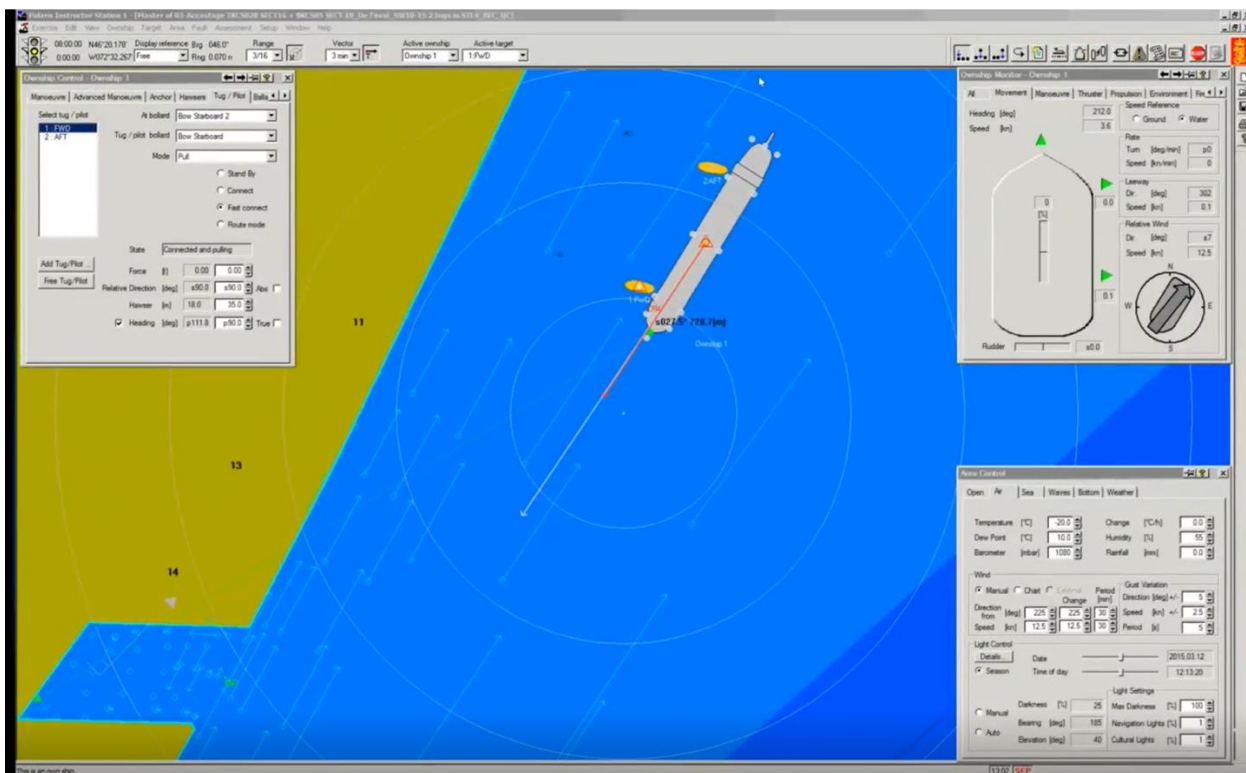


Figure 4-2 Carte électronique pour l'accostage au quai 16 de Trois-Rivières

Le projet de recherche a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal (Projet CER-1920-05-D) et tous les participants ont donné leur consentement écrit avant le commencement du projet (voir Annexe B).

4.1.2 Procédure

4.1.2.1 Entretiens avec les pilotes

Les participants ont été rencontrés individuellement par visioconférence. Les entretiens de type semi-structurés avaient comme objectif d'éliciter les principaux processus cognitifs et prises de décision présents lors de la manœuvre. Le guide d'entretien a été développé en s'appuyant sur la méthodologie de l'analyse de tâches orientée vers les buts (*Goal directed task analysis*, GDTA) développée par Endsley et Jones (2012) permettant de mettre en évidence les buts, sous-buts, les décisions du participant et les exigences de la CS (Chauvin et al., 2008; Sharma et al., 2019). Le guide d'entretien complet est présenté à l'Annexe C.

Une fois le guide d'entretien complété, les chercheurs présentaient aux participants l'analyse de buts réalisée jusqu'à ce moment afin qu'ils puissent valider le contenu et le vocabulaire utilisé. Les entretiens étaient d'une durée variant de 60 minutes à 2 heures. Les entrevues ont été enregistrées pour permettre la retranscription des propos du participant.

4.1.2.2 Analyse de tâches orientées vers les buts (GDTA)

La transcription des entretiens a été analysée afin d'identifier les trois éléments centraux du GDTA : la hiérarchie de buts, les décisions renseignant sur l'atteinte des buts et les exigences en information. La distinction entre ces éléments a été effectuée selon les définitions et les critères fournis par Endsley et Jones (2012). Chaque but a été divisé en sous-buts, décisions et finalement exigences requises pour l'exécution. Les exigences de la conscience situationnelle ont également été divisées selon trois niveaux : la perception (N1), la compréhension (N2) et la projection (N3). Les buts et décisions similaires ont été groupés ensemble afin d'éviter la redondance.

4.2 Étude 2 – Mouillage au port de Québec

Afin de normaliser son dossier, le pilote doit réaliser quinze « missions types » sur un intervalle de cinq ans, telles qu'un accostage ou un ancrage. Les missions que le pilote n'a pas eu l'occasion de réaliser sur le fleuve sont faites en simulateur durant une séance de formation. La séance implique d'une à quatre missions types, selon les besoins du pilote, et dure d'une à trois heures.

Au cours de la séance, le personnel opérateur du simulateur configure le simulateur conformément à la mission type demandée. Par la suite, le pilote procède à l'exécution de la manœuvre de manière à simuler

la situation telle qu'elle se présenterait s'il était à bord d'un navire en opération. Il est autorisé à répéter la manœuvre autant de fois qu'il le souhaite jusqu'à ce qu'il juge sa performance satisfaisante. Pour enregistrer l'activité réalisée pendant la mission type, une caméra infrarouge est placée derrière le pilote. Bien que la séance ne fasse pas l'objet d'une évaluation externe, c'est le pilote lui-même qui détermine si la manœuvre a été exécutée avec succès. Toutefois, le pilote est informé que l'enregistrement vidéo de la manœuvre pourrait être examiné par un évaluateur pour confirmer sa réalisation. Une fois la séance terminée, le dossier du pilote est mis à jour pour indiquer les missions types réussies.

Dans le cadre de notre étude, nous étudions la manœuvre type de mouillage au Port de Québec au quai 502A, B. Cette manœuvre dure moins d'une heure. Nous avons sélectionné cette manœuvre car c'est la plus commune parmi les missions types que doivent réaliser les pilotes, permettant ainsi d'observer la même manœuvre faite par un plus grand nombre de participants. De plus, cette manœuvre est décrite par les pilotes comme dynamique et implique le jugement du pilote en offrant la possibilité de faire le choix entre deux stratégies de mouillage.

4.2.1 Participant

Les participants de l'étude étaient huit pilotes de la CPBSL. Ce nombre de participants est justifié car il s'agit d'une collecte de données qualitative (observation et entretien) et est un nombre similaire à celui retenu par d'autres projets en conscience de la situation où l'emphase est mise sur le temps consacré avec chaque participant et la qualité des informations obtenues (Bolstad et al., 2002; Sharma et al., 2019). Le recrutement s'est terminé lorsque le nombre de participants attendus à l'étude a été atteint.

Les critères de sélection à l'étude sont les suivants:

- Être pilote membre de la corporation des pilotes du Bas Saint-Laurent (CPBSL)
- Devoir réaliser la mission type du Port de Québec
- Être âgé de 18 ans ou plus
- Parler français

Notez que tous les pilotes membres de la CPBSL sont francophones.

L'âge moyen des participants est 43 ans \pm 19. Les participants ont en moyenne 15,25 années \pm 8 d'expérience en tant que pilote et possèdent tous leur permis de classe A.

Tous les participants ont été recrutés à partir d'une liste des pilotes qui devaient réaliser la formation de manœuvre type du Port de Québec au Centre de Simulation et d'Expertise Maritime (CSEM) durant la période estivale 2020.

Le projet de recherche a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal (Projet CER-1920-05-D) et tous les participants ont donné leur consentement écrit avant le commencement du projet (voir Annexe B).

4.2.2 Matériel

Le simulateur de navigation multidisciplinaire Polaris de Kongsberg du CSEM (voir Figure 4-3) a été employé afin de permettre aux participants d'effectuer la manœuvre type lors d'une séance de formation déjà prévue au courant de l'été 2020. Il s'agit d'un simulateur à base fixe reproduisant la timonerie d'un navire équipé avec les commandes de roue et de moteur, six écrans numériques configurables pour la navigation (Radar, ECDIS², synoptique, caméra extérieure) et une vue extérieure affichée sur 9 téléviseurs couvrant 330° sur le plan horizontal et 25° sur le plan vertical du champ visuel. Le pilote a utilisé le PPU (*Pilot personal unit*) de la compagnie NavSim© contenant le plan de navigation de la mission. Une caméra infrarouge située derrière le simulateur a permis d'enregistrer l'activité réalisée dans le simulateur durant la mission type.

² *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) est un affichage numérique des cartes et des informations de navigation maritime.



Figure 4-3 Simulateur Polaris de Kongsberg du CSEM, tiré de <https://sim-pilot.com/visite-virtuel/>

La manœuvre effectuée lors de la simulation est le mouillage de navire à l’ancrage Bravo au Port de Québec. Cette manœuvre a duré moins d’une heure. Le navire utilisé lors de la simulation a été un cargo *Rosaire A. Desgagnés*. Ce navire a une longueur de 168 mètres, une largeur de 23 mètres et un tirant d’eau avant-arrière de 8 mètres. De plus, il a un port en lourd de 12 750 tonnes. Il est équipé d’un propulseur d’étrave. Aucun remorqueur n’a été utilisé dans cette manœuvre. Les conditions extérieures étaient un courant de marée montante approximatif de 3 à 4 nœuds et des vents sud-ouest d’une intensité de 20 nœuds.

4.2.3 Procédure

Au début de chaque séance, l’opérateur du simulateur configure le simulateur selon la mission type du mouillage Bravo au Port de Québec au quai 502 B. Le pilote est seul dans le simulateur et il a la responsabilité de naviguer et piloter le navire (contrôler la roue, contrôler le moteur, jeter l’ancre, etc.) ou il peut donner des commandes à l’opérateur du simulateur pour descendre l’ancre. La simulation commence au point Ste-Pétronille où le navire est en mouvement, dans le même sens que le courant, à

une vitesse de 12 nœuds sur l'eau. Le pilote doit alors se diriger vers le mouillage Bravo, se trouvant à une distance approximative de 4 miles nautiques du point de départ, se positionner contre le courant et jeter l'ancre.

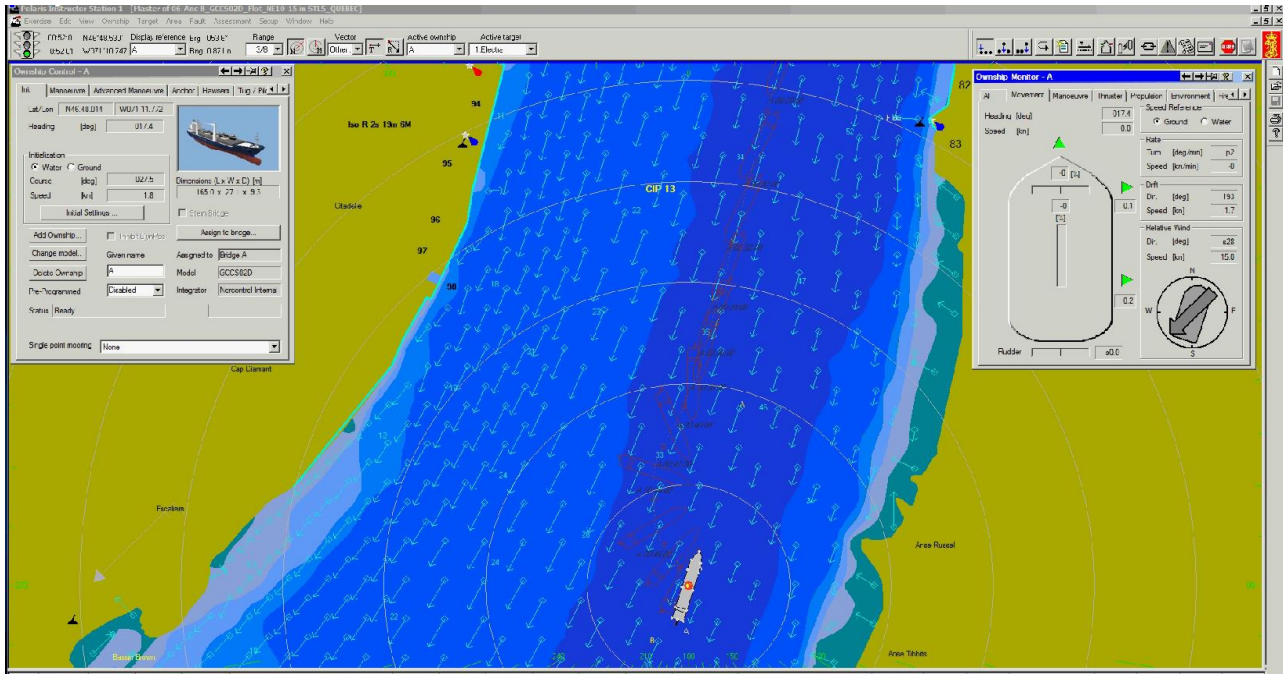


Figure 4-4 Manœuvre au port de Québec (affiché en trait noir) vue de l'ECDIS

Deux différentes stratégies d'ancrage pouvaient être employées selon les préférences du pilote. La première stratégie (plan d'ancrage 1) consistait à garder le nord durant l'approche, de se positionner contre le courant en effectuant une giration sur bâbord avant de se diriger vers l'ancrage Bravo et de s'y ancrer. La deuxième stratégie (plan d'ancrage 2) consistait à garder le sud durant l'approche afin de se diriger directement au point d'ancrage Bravo et de se positionner contre le courant en effectuant une giration du navire sur lui-même dans le sens tribord avant de s'ancrer.

Le pilote a pu répéter la manœuvre jusqu'à ce qu'il juge sa performance satisfaisante. La séance n'était pas évaluée par un examinateur externe.

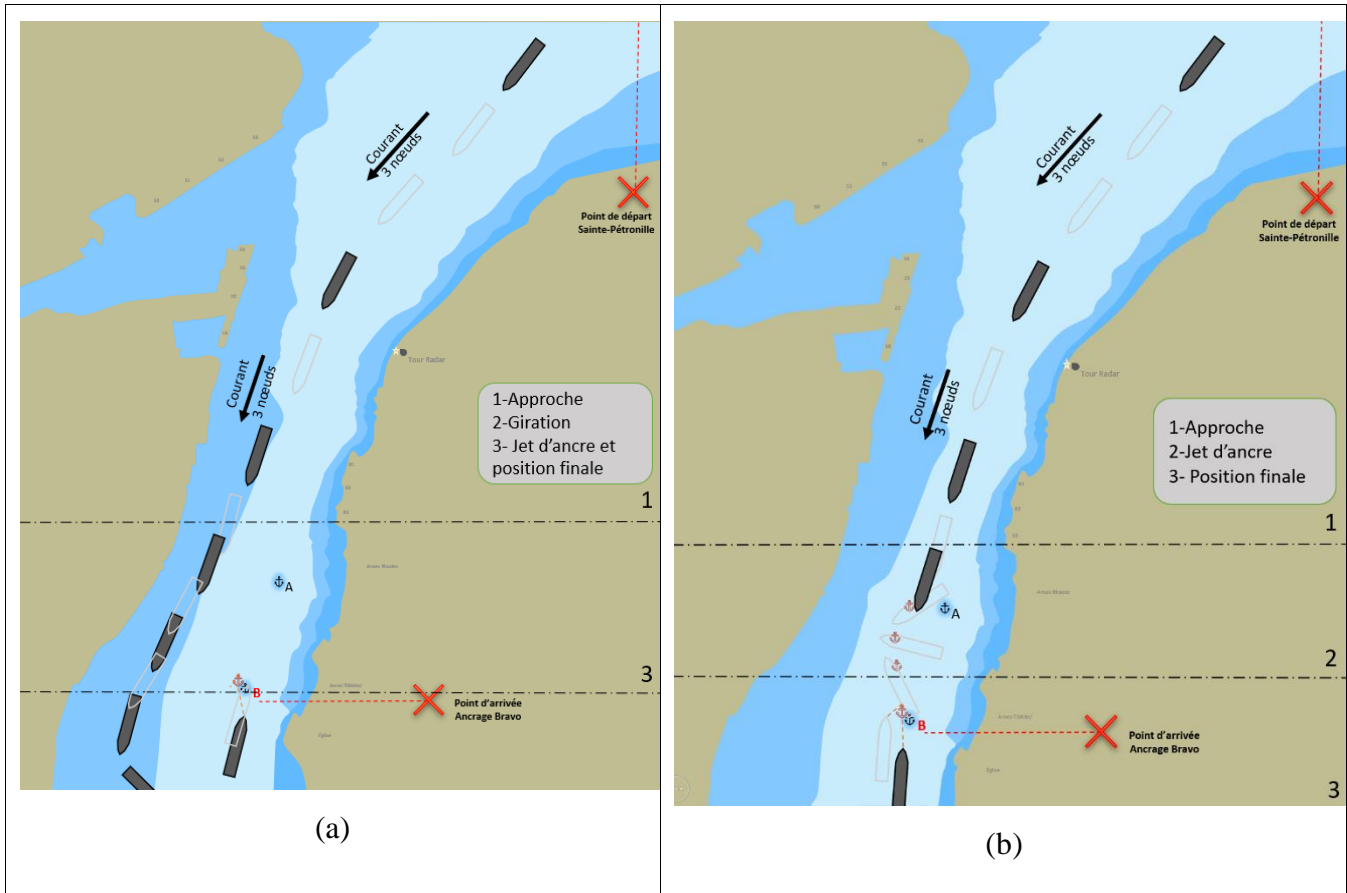


Figure 4-5 Manœuvre de gyration à effectuer (a- méthode traditionnelle, b- méthode non-traditionnelle)

4.2.4 Observation des séances de formation

Dû aux limitations liées à la pandémie de COVID-19, l'observation des séances de formation s'est faite à distance. La caméra infrarouge installée dans le simulateur a permis l'enregistrement vidéo des interactions du pilote dans la timonerie. Chacune des séances a été enregistrée par l'opérateur du simulateur et sauvegardée sous forme d'un fichier vidéo. Un second fichier vidéo contenant l'enregistrement de l'écran ECDIS de la manœuvre a permis l'analyse détaillée de l'évolution de la navigation. Les données de navigation du navire, telles que la vitesse et la position du navire avec un indicateur temporel, ont été enregistrées par le simulateur et exportées sous la forme d'un fichier texte (.csv).

4.2.5 Entretiens avec les pilotes

Les participants ont été rencontrés individuellement par visioconférence moins d'une semaine après leur séance en simulateur. Les entretiens de type semi-structuré avaient comme objectif de revenir sur les

principaux processus cognitifs et prises de décision durant la manœuvre. Le même guide d'entretien utilisé dans la première étude a été réutilisé et adapté pour la deuxième étude (voir Annexe C). Une fois le guide d'entretien complété, les chercheurs présentaient aux participants l'analyse de buts construits jusqu'à ce moment, afin qu'ils puissent valider le contenu et le vocabulaire utilisé. Les entretiens ont duré en moyenne 1 heure et 15 minutes, variant d'une durée de 45 minutes à 2 heures. Les entretiens ont été enregistrés pour permettre la retranscription des propos du participant.

4.2.6 Analyse de tâche orientée vers les buts (GDTA)

Nous avons utilisé la même méthode d'analyse GDTA que dans l'étude 1 afin d'identifier les exigences de la conscience situationnelle selon trois niveaux : la perception (N1), la compréhension (N2) et la projection (N3).

CHAPITRE 5 RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats obtenus pour l'analyse de tâche orientée vers les buts pour la première étude consistant en l'accostage au quai 16 de Trois-Rivières, suivi de la seconde étude pour le mouillage au port de Québec. Pour chaque étude, nous présentons d'abord les stratégies de complétion de la manœuvre selon le plan d'ancrage, suivi par la décomposition des buts et sous-but, et finalement la liste des exigences en CS identifiées. Notez que l'analyse de tâche complète de chaque étude est présentée en annexe à cause de sa longueur (8 à 10 pages chacune).

5.1 Étude 1 – Accostage au quai 16 de Trois-Rivières

5.1.1 Complétion de la manœuvre

Bien qu'une stratégie d'accostage soit documentée dans le rapport d'Accident du TSB, nous avons observé que les pilotes ont recours à deux stratégies lorsque le navire vient en aval. Elles sont décrites comme une méthode « traditionnelle » et « non traditionnelle ». Le choix entre ces deux méthodes est influencé par de nombreux facteurs, certains étant liés aux conditions de navigation environnantes tandis que d'autres sont liés aux préférences et compétences du pilote. (voir Tableau 5-1).

Dans la méthode traditionnelle, le navire doit dépasser le quai et faire une giration de 180 degrés avec le remorqueur ou l'ancre afin de positionner le navire en amont. Avec cette méthode, il y a deux façons de virer et entrer dans le bassin: **(a)** rester très proche des quais, entamer la giration quand le remorqueur avant est environ au milieu du bassin et entrer le nez du navire en même temps que la giration **(b)** se placer plus loin des quais, faire une giration quasi sur place (vitesse d'avant du navire très petite) et par la suite entrer dans le bassin.

Pour la méthode non traditionnelle, la giration est faite en aval de telle manière que le navire soit perpendiculaire au courant et parallèle au quai. Le remorqueur permet d'empêcher la dérive du navire dû au courant

Tableau 5-1 Éléments influençant la sélection de la méthode d'accostage.

Éléments	« traditionnelle »	« non traditionnelle »
Trafic	Faible	Élevé
Largeur d'eau navigable	Petite	Grande

Dimensions du navire	Petites	Grandes
Vitesse du vent et du courant	Plus élevées	Plus faibles
Présence d'un propulseur d'étrave efficace	Non	Oui
Effet du pas d'hélice	Cet effet est favorable à un sens de giration spécifique	
Point de marée et vents	Travailler avec ces éléments plutôt que contre eux	
Expérience du pilote	Degré de familiarité du pilote avec la manœuvre d'accostage	

L'une des principales distinctions entre les deux techniques d'accostage, traditionnelle et non traditionnelle, réside dans le caractère incessant de la méthode non-traditionnelle. En effet, cette dernière requiert une synchronisation minutieuse des mouvements de l'engin, une gestion experte des forces en jeu et une compréhension approfondie des risques encourus. Le pilote ne peut pas prendre de pause durant cette manœuvre. Elle est intrinsèquement risquée, car si un problème survient et n'est pas rapidement identifié, il est quasiment certain qu'un incident se produira, tel qu'une collision avec un quai ou une avarie quelconque. En revanche, la technique traditionnelle prévoit un moment de pause lors de la giration du navire, ce qui permet d'éviter tout danger potentiel. Le navire est alors immobilisé sur le fond et se déplace uniquement pour contrer le courant. Cette période de répit permet aux opérateurs de réévaluer la situation et, si nécessaire, d'ajuster leur intervention.

En ce qui concerne la méthode non traditionnelle, l'élan vient s'ajouter à la dérive, ce qui nécessite un effort supplémentaire de la part des remorqueurs pour y remédier.

Lors d'un entretien, un incident a été évoqué, survenu récemment, impliquant un navire réalisant l'approche non traditionnelle et un pilote confiant. Malgré des conditions météorologiques acceptables, le remorqueur à l'arrière a rencontré des difficultés pour s'attacher au navire. Pendant ce temps, le navire a continué à avancer sans que le pilote puisse se servir du remorqueur pour contrôler la dérive et tourner le bateau. L'incident s'est produit lorsque le navire est entré dans le port trop rapidement et que le remorqueur a finalement réussi à s'attacher. Malheureusement, à ce moment-là, le navire allait trop vite, entraînant le remorqueur sous l'hélice du navire et provoquant ainsi l'accident.

Une autre particularité a été mentionnée par les pilotes et qui concerne l'effet du courant lors de l'approche. Il a été reporté que la majorité des accidents arrivés lors de la mission d'accostage à la section 16 étaient dus à une collision avec le coin de la section 14 par effet de courant. La vitesse du navire joue un rôle important dans ce cas. Plus le navire ralentit, plus il dérive. Il faut alors se servir des forces mécaniques (les remorqueurs, le gouvernail et les forces de l'engin) pour annuler la dérive du bateau; ou bien profiter de la dérive pour positionner le navire à la destination.

Lors de la décision de la stratégie d'accostage, plusieurs facteurs doivent être pris en compte pour assurer une opération sûre et efficace. Tout d'abord, il est essentiel de consulter la carte de pilotage (*pilot card*) pour comprendre les caractéristiques et les particularités du port de Trois-Rivières. Ensuite, les conditions météorologiques au moment de l'arrivée doivent être évaluées avec attention, car elles peuvent avoir un impact significatif sur le processus d'accostage. De plus, les conditions de charge du navire, le niveau d'eau et la présence éventuelle d'autres navires à la section 13 et 14 doivent être pris en considération dans la prise de décision.

En outre, il est important de considérer le facteur du courant et de sa force, qui peuvent jouer un rôle crucial dans la détermination de la stratégie d'accostage. En effet, la méthode traditionnelle impliquant l'utilisation d'un seul remorqueur pour maintenir le navire en position peut s'avérer inefficace lorsque le courant est trop fort. Dans ces situations, une méthode non traditionnelle peut être préférable, impliquant l'utilisation de deux remorqueurs pour maintenir le navire en ligne avec la section 16 et entrer tranquillement. Cette méthode peut être particulièrement utile pour les navires imposants, car il peut être plus difficile pour ces derniers de déterminer s'ils vont effectuer une giration assez serrée pour se positionner correctement.

Cependant, il convient de noter que la méthode non traditionnelle est entièrement dépendante de l'efficacité des remorqueurs, qui doivent être suffisamment puissants pour maintenir le navire en position et assurer une opération en toute sécurité. Cette méthode nécessite donc une grande confiance dans les capacités des remorqueurs, mais elle est de plus en plus fréquemment utilisée grâce aux avancées technologiques dans la puissance des remorqueurs et la disponibilité de cartes électroniques précises pour aider à la prise de décision. En somme, une approche holistique et attentive à tous ces facteurs peut garantir un processus d'accostage efficace et sans danger.

5.1.2 Analyse de tâche orientée vers les buts

Nous avons identifié plusieurs exigences de la conscience de situation que nous avons classées en fonction des buts à atteindre et des trois niveaux de la CS.

Le but principal a été identifié comme étant « Manœuvrer et accoster le navire au point cible » et huit sous-buts ont été extraits à partir du but principal :

1. Sélectionner un plan d'accostage sécuritaire et efficace
2. Obtenir l'autorisation d'accostage
3. Amarrer (accrocher) les remorqueurs au navire
4. Manœuvrer (conduire) le navire sur la route d'approche établie
5. Méthode traditionnelle : se positionner contre le courant (Effectuer une giration de 180 degrés)
6. Effectuer le virage dans le bassin en fonction de l'approche choisie (méthode traditionnelle : approche contre le courant / méthode non traditionnelle : approche dans le sens du courant)
7. Entrer de façon contrôlée dans le bassin et manœuvrer le navire à la position finale
8. Positionner le navire à l'endroit cible (au quai)

Nous remarquons ici que les sous-buts demeurent les mêmes pour les deux méthodes, sauf un sous-but qui s'ajoute pour la méthode traditionnelle (le positionnement contre le courant). Toutefois, les tâches – c'est-à-dire ce que le pilote fait – diffèrent selon la méthode. Il faut aussi souligner que l'ordre d'exécution des tâches n'est pas spécifié dans l'analyse GDTA comparativement à une analyse hiérarchique de tâches (AHT), car GDTA s'intéresse à la décomposition des buts (Hollnagel, 2021). Or cet ordre est un paramètre essentiel pour distinguer les deux méthodes.

Le Tableau 5-2 présente la décomposition des buts et sous-buts. Les résultats complets de l'analyse de tâche orientée vers les buts sont présentés à l'annexe D.

Tableau 5-2 Décomposition des buts et sous-buts de la manœuvre

<p>1. Sélectionner un plan d'accostage sécuritaire et efficace</p> <p>1.1. Évaluer les caractéristiques du navire</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1. Évaluer les équipements présents sur le navire 1.1.2. Déterminer la manœuvrabilité du navire <p>1.2. Évaluer les conditions externes</p> <p>1.3. Déterminer la méthode d'accostage choisie (méthode traditionnelle ou non traditionnelle)</p>
--

- 1.4. Déterminer l'approche qui sera effectuée par le navire (en fonction de la largeur choisie entre les quais et le navire)
- 1.6. Choisir et préparer la ou les ancres à jeter
- 1.7. Briefer l'équipage du plan d'accostage
- 2. Obtenir l'autorisation d'accostage**
- 2.1. Établir la communication
- 2.1.1. Communiquer avec l'autorité concernée par VHF
 - 2.1.1.1. Informer sur les informations du navire, le temps d'arriver au quai
 - 2.1.1.2. Vérifier la présence de trafic
 - 2.1.1.3. Vérifier niveau d'eau
 - 2.1.1.4. Aviser après l'accostage
- 2.2. Informer les autorités concernées quand un ou des remorqueurs sont nécessaires (Sous-but actif seulement quand le voyage avant l'approche finale est relativement long, sinon c'est l'agence qui exécute ce sous-but)
- 3. Amarrer (accrocher) les remorqueurs au navire**
- 3.1. Contrôler la vitesse du navire
- 3.2. Déterminer le moment où les remorqueurs viennent s'accrocher
- 3.3. Déterminer le positionnement et la séquence de travail des remorqueurs
- 3.4. Établir la communication avec les remorqueurs
- 3.4.1. Les informer de leurs positionnements respectifs
 - 3.4.2. S'assurer que la chaîne d'ancre ne nuit pas au travail du remorqueur avant
- 4. Manœuvrer (conduire) le navire sur la route d'approche établie**
- 4.1. Assurer la validité des différentes sources d'information
- 4.1.1. Déterminer la précision des instruments de mesure
- 4.2. Surveiller la valeur du signal et valider sa précision en combinant plusieurs sources d'information
- 4.3. Positionner le navire au large du quai de façon sécuritaire et contrôlée
- 4.4. Améliorer la manœuvrabilité du navire en effectuant un dragage volontaire
- 5. Méthode traditionnelle : Effectuer une giration de 180 degrés pour se positionner contre le courant**
- 5.1. Assurer la validité des différentes sources d'information (similaire au point 4.1)
- 5.2. Surveiller la valeur du signal et valider sa précision en combinant plusieurs sources d'information (similaire au point 4.2)
- 5.3. Manœuvrer le navire selon la route choisie
- 5.4. Effectuer la giration de 180 degrés
- 6. Effectuer le virage dans le bassin en fonction de l'approche choisie** (méthode traditionnelle : approche contre le courant / méthode non traditionnelle : approche dans le sens du courant)
- 6.1 Déterminer l'endroit cible où le navire débute son virage
- 6.2. Effectuer le virage
- 6.3 Déterminer si le navire se dirige à l'endroit cible de façon sécuritaire à une vitesse et un taux de giration contrôlé
- 6.4. Utiliser les remorqueurs (poussent le navire) (attention : les remorqueurs ont une puissance limitée)
- 6.4.1. Communiquer avec les remorqueurs pour contrôler leur puissance
 - 6.4.2. Vérifier que les remorqueurs ne sont pas trop près du quai (risques d'accidents, car si trop près, vont devoir partir et navire risque de collision avec le quai)
- 6.5. Contrôler la roue (la gouverne)
- 6.6. Contrôler la vitesse
- 6.7. Vérifier la position du navire (très important de faire attention à la distance entre le remorqueur avant et le coin du quai 14 et le devant du navire avec le coin de la 16 et 17)
- 6.7.1. Communication avec officier/ remorqueurs
- 7. Entrer de façon contrôlée dans le bassin et manœuvrer le navire à la position finale**
- 7.1. Utiliser des remorqueurs pour contrer le courant
- 7.2. Contrôler la roue (la gouverne)
- 7.3. Contrôler la vitesse, pour avoir une vitesse nulle sur le fond à la position finale
- 7.4. Communication officiers/ remorqueurs/ amarreurs
- 7.5. Commencer à envoyer les amarres (la garde montante avant surtout) à aide à réduire la vitesse avec tension sur le winch (Rétablir une situation qui a dérapé / manœuvre non recommandée surtout avec des navires étrangers)
- 8. Positionner le navire à l'endroit cible (au quai)**
- 8.1. Remonter l'ancre
- 8.2. Finaliser l'amarrage

5.1.3 Exigences de la conscience de la situation

Nous avons identifié 8 buts, 50 sous-buts ou décisions, 112 éléments de niveau 1 réduits à 64 éléments après regroupement des éléments redondants, 45 éléments de niveau 2 réduits à 22 éléments après regroupement, et 17 éléments de niveau 3, réduits à 8 éléments. Les exigences en informations sont présentées aux Tableau 5-3 (niveau 1), Tableau 5-4 (niveau 2) et Tableau 5-5 (niveau 3).

Tableau 5-3 Liste des éléments N1 par fréquence

Fréquence	Élément N1	Fréquence	Élément N1
7	Position actuelle/ désirée	1	Degré de visibilité
5	CAP actuel / désirée	1	Dimension du gouvernail
5	Conditions extemes	1	ECDIS (PPU)
5	Puissance de la machine	1	Équipements fonctionnels sur le navire
5	Roue	1	Erreur gyro
5	Vitesse sur le fond actuelle/ désirée	1	Erreur radar
4	Manœuvrabilité du navire	1	Façon de se positionner par rapport au quai
3	Condition de trafic	1	Index radar
3	Effet du pas d'hélice	1	Inertie du navire
3	Force et direction du courant	1	L'emplacement de la chaîne d'ancre
3	Force et direction du vent	1	La manœuvre à effectuer
3	Méthode choisie	1	Largeur entre le quai et le navire
2	Ampleur de la giration actuelle/ désirée	1	Largeur navigable
2	Ancre fonctionnelles	1	Moment précis où commencer la giration
2	Carte électronique	1	Moteur
2	Dérive	1	Niveau d'eau (dégagement sous quille)
2	Dimension du navire	1	Poids (tonnage) du navire
2	Dragage de l'ancre	1	Poids et puissance des remorqueurs
2	Exploration visuelle	1	Positionnement du navire par rapport au courant
2	Longueur de chaînes	1	Présence de glace
2	Puissance des propulseurs transversaux (si à vitesse effective)	1	Présence de remorqueurs
2	Vitesse/ taux de giration («rate of turn») actuelle/ désirée	1	Présence et vitesse effective du ou des propulseurs
1	Amarres à utiliser	1	Radar
1	Amers visuels	1	Rétroaction de l'officier situé à l'avant du navire
1	Bris ou des équipements défectueux	1	Saison hivernale (les amarres peuvent être gelées)
1	Capacité de propulsion du navire	1	Sens de giration
1	Capacité de retenue du câble pour l'amarrage	1	Sens de rotation et type d'hélice
1	Caractéristiques des remorqueurs	1	Temps de réaction du navire
1	Caractéristiques du navire (poids, grosseur, conditions de charge)	1	Tirant d'eau
1	Conditions de charges (tirant d'eau)	1	Type de remorqueurs
1	Contrôle du navire	1	Vitesse d'approche
1	Course actuelle/ désiré	1	Degré de visibilité

Tableau 5-4 Liste des éléments N2 par fréquence

Fréquence	Élément N2
4	Défection de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop élevé, trop faible
3	Défection de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop élevé, trop faible
3	Déviations entre la position actuelle et la position désirée
3	Déviations entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
3	Déviations entre le CAP actuel et le CAP désiré
2	Défection de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
2	Défection de la puissance du moteur pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et celle désirée : faible, neutre, élevé
2	Défection de la puissance du ou des propulseurs transversaux pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
2	Défection du dragage de l'ancre pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée
2	Déviations entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée
2	Impact de la dérive sur la vitesse/ taux de giration, l'ampleur de la giration, le CAP et la position : faible, neutre, élevé
2	Impact de la performance du navire et de ses caractéristiques sur le taux de giration : défavorable, neutre, favorable
2	Impact de la vitesse sur le fond sur la vitesse et l'ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
2	Impact des conditions externes (vents, courants) sur la position et le CAP du navire (dérive)
2	Impact des conditions externes (vents, courants) sur la vitesse/ taux de giration du navire
2	Impact des conditions externes sur la dérive du navire et l'ampleur de la giration : faible, neutre, élevé
2	Impact du dragage de l'ancre sur la vitesse/ taux de giration et ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
1	Défection de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée : neutre, trop élevé, trop faible
1	Défection de la roue pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée : neutre, trop élevé, trop faible
1	Impact de la chaîne d'ancre sur le travail du ou des remorqueurs
1	Impact de la contingence entre les différentes sources d'information sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
1	Impact de la précision des instruments sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé

Tableau 5-5 Liste des éléments N3 par fréquence

Fréquence	Élément N3
5	Position attendue
4	Ampleur et vitesse de la giration attendue
2	Dérive attendue
2	Vitesse sur le fond attendue pour débiter la giration
1	CAP attendu
1	Conditions extemes attendues au Port de Trois-Rivières
1	Course attendue
1	Vitesse attendue

5.2 Étude 2 – Mouillage au port de Québec

5.2.1 Complétion de la manœuvre

Deux stratégies différentes ont été observées durant la simulation. Six participants ont effectué la stratégie traditionnelle nommée « plan d’ancrage 1 » et deux participants ont effectué la stratégie non-traditionnelle nommée « plan d’ancrage 2 ». Le choix de la stratégie est influencé par la considération de plusieurs éléments (référer au Tableau 5-6).

Un seul participant s’est échoué lors de l’exécution de la manœuvre en simulateur. Il a employé « le « plan d’ancrage 1 ». Il a expliqué son échec par une mauvaise perception des caractéristiques du navire et une vitesse trop grande durant la giration. Il a réussi la manœuvre lors de son deuxième essai.

Quatre participants ont affirmé que le navire n’avait pas une bonne manœuvrabilité. Il a également été souligné par cinq participants que le navire avait une vitesse de départ trop rapide (12 N) par rapport à la normale (5 à 9 N) lors d’un changement de pilotes.

Tableau 5-6 : Éléments influençant la sélection du plan d’ancrage

Éléments	Plan d’ancrage 1	Plan d’ancrage 2
Trafic	Faible	Élevé
Largeur d’eau navigable	Grande	Petite
Dimensions du navire	Grandes	Petites
Présence d’un propulseur d’étrave efficace	Non	Oui
Effet du pas d’hélice	Cet effet est favorable à un sens de giration spécifique	
Point de marée et vents	Travailler avec ces éléments plutôt que contre eux	
Expérience du pilote	Degré de familiarité des plans d’ancrage	

5.2.2 Analyse de tâche orientée vers les buts

Lors de l’analyse, plusieurs exigences de la CS ont été identifiées comme étant importantes afin de réussir les buts durant une manœuvre d’ancrage. Ces exigences ont été classées selon chaque but et ce, pour chacun des trois niveaux de la CS : niveau 1 (perception), 2 (compréhension) et 3

(projection). Le but principal qui était reconnu comme « Manœuvrer et ancrer le navire à un point cible » a été décomposé en quatre buts nommés :

- (1) Sélectionner un plan d’ancrage sécuritaire et efficace
- (2) Obtenir l’autorisation d’ancrage
- (3) Positionner le navire contre le courant selon le sens de giration choisi
- (4) Jeter l’ancre selon le plan d’ancrage établi

Il y avait consensus parmi les participants pour les 4 buts décrivant la manœuvre d’ancrage et leurs sous-buts respectifs et ce, pour les deux plans d’ancrage. Le Tableau 5-7 présente la décomposition des buts et sous-buts. Les résultats complets de l’analyse de tâche orientée vers les buts sont présentés à l’annexe E.

Tableau 5-7 Décomposition des buts et sous-buts de la manœuvre

Manœuvrer et ancrer le navire à un point cible
<ol style="list-style-type: none"> 1. Sélectionner un plan d’ancrage sécuritaire et efficace <ol style="list-style-type: none"> 1.1.1. Évaluer les caractéristiques du navire <ol style="list-style-type: none"> 1.1.1.1. Déterminer l’équipement fonctionnel présent sur le navire 1.1.1.2. Évaluer la manœuvrabilité du navire 1.1.1.3. Évaluer la précision des instruments présents sur le navire 1.1.2. Évaluer les conditions externes 1.1.3. Déterminer son positionnement et son sens de giration 1.1.4. Déterminer la ou les ancres à jeter 1.1.5. Briefer l’équipage du plan d’ancrage 2. Obtenir l’autorisation d’ancrage <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Établir la communication <ol style="list-style-type: none"> 2.1.1. Communiquer avec l’autorité concernée par VHF <ol style="list-style-type: none"> 2.1.1.1. Aviser sur les informations du navire, le temps d’arriver à l’ancrage 2.1.1.2. S’informer sur la présence de trafic 2.1.1.3. Aviser avant et après l’ancrage 2.2. Évaluer la nécessité d’un remorqueur 2.3. Au besoin, aviser les autorités concernées (capitaine, Trafic Québec, Groupe Océan) de la nécessité d’un ou des remorqueurs 2.4. Prévoir un bateau pilote avec les autorités concernées (Trafic Québec) si le pilote quitte le navire après l’ancrage 3. Positionner le navire contre le courant selon le sens de giration choisi <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Manœuvrer le navire 3.2. Effectuer la giration 4. Jeter l’ancre selon le plan d’ancrage établi <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Immobiliser le navire 4.2. Jeter l’ancre 4.3. Étirer la chaîne d’ancre 4.4. S’assurer que le positionnement final du navire au point d’ancrage est contrôlé et sécuritaire

5.2.3 Exigences de la conscience de la situation

Nous avons identifié 4 buts, 35 sous-buts ou décisions, 110 éléments de niveau 1 (dont 59 éléments uniques), 74 éléments de niveau 2 et 28 éléments de niveau 3.

Les exigences en informations sont présentées aux Tableau 5-8 (niveau 1), Tableau 5-9 (niveau 2) et Tableau 5-11 (niveau 3).

La différence entre les deux techniques se situe au niveau de la composante temporelle. En effet, la méthode non-traditionnelle permet de raccourcir la phase de positionnement par l'usage de l'ancre. Cette technique consiste à jeter l'ancre à l'eau pour stabiliser le navire, puis à laisser le navire tourner autour de l'ancre jusqu'à ce qu'il se positionne correctement. Selon la littérature, cette méthode de positionnement est largement utilisée en raison de sa simplicité et de sa fiabilité dans de nombreuses conditions environnementales. Cependant, son utilisation est limitée dans des conditions marines difficiles, telles que des fonds marins rocheux, où l'ancre pourrait être endommagée ou ne pas avoir une bonne prise. Par conséquent, il est important pour les pilotes de navires de connaître les limites de cette technique de positionnement avant de faire son choix de méthode.

Tableau 5-8 Liste des éléments N1 par fréquence - Étude 2

Fréquence	Éléments N1	Fréquence	Éléments N1
8	Position actuelle/désirée	1	Erreur gyro
7	CAP actuel/ désiré	1	Exploration visuelle
7	Roue	1	Index radar
6	Force et direction du courant	1	Inertie du navire
6	Force et direction du vent	1	La façon de descendre l'ancre (mécaniquement ou par gravité)
5	Puissance de la machine	1	La façon de se positionner au point de mouillage
4	Effet du pas d'hélice	1	Largeur navigable
4	Vitesse sur le fond actuelle/ désirée	1	Le ou les ancres à utiliser
3	Dimension du navire	1	Manœuvrabilité du navire (voir section 2)
3	Longueur de chaîne	1	Mouvement élastique
2	Changement de marée	1	Nature du fond
2	Conditions externes (point de marée, vent, courant)	1	Préférence du capitaine (alterner ancre utilisée précédemment)
2	Dimension du gouvernail	1	Présence d'obstacles sous-marins (câbles)
2	Poids (tonnage) du navire	1	Présence et puissance du ou des propulseurs
2	Présence de trafic	1	Présence et vitesse effective du ou des propulseurs
2	Ancres fonctionnelles, libres et dégagées	1	Profondeur de l'eau
2	Course actuelle/ désirée	1	Puissance et vitesse effective du propulseur d'étrave
2	Puissance du ou des propulseurs transversaux (si à vitesse effective)	1	Rétroaction de l'officier en charge d'ancrage par VHF actuelle/ désirée
1	Ampleur de la giration actuelle/ désirée	1	Saisons
1	Ancres descendues sur le guindeau	1	Sens de giration choisi
1	Approche choisie	1	Sens de giration du navire
1	Bris ou objets défectueux	1	Sens de rotation et type d'hélice
1	Carte électronique	1	Temps de réaction du navire
1	Contrôle du navire	1	Tension dans la chaîne actuelle/ désirée
1	Dégagement sous quille	1	Tenue de l'ancre
1	Dérive	1	Tirant d'eau
1	Direction de la chaîne d'ancre par rapport au navire actuelle/ désirée	1	Type de fond
1	Dragage de l'ancre	1	Type de navire
1	Équipements sur le navire	1	Vitesse/ taux de giration («rate of turn») actuelle/ désirée
1	Erreur radar		

Tableau 5-9 Liste des éléments N2 par fréquence - Étude 2

Fréquence	Éléments N2	Fréquence	Éléments N2
6	Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée	1	Identification d'un déplacement : reste ou sort de la zone d'évitage déterminée
6	Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop faible, trop élevée	1	Identification du mouvement de rebond
6	Déviations entre la position actuelle et la position désirée	1	Impact de l'effet du pas d'hélice sur la position et le CAP du navire : faible, neutre, élevé
6	Déviations entre le CAP actuel et le CAP désiré	1	Impact de la contingence entre les différentes sources d'information sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
5	Ajustement de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé	1	Impact de la dérive sur la vitesse/ taux de giration, l'ampleur de la giration, le CAP et la position : faible, neutre, élevé
3	Déviations entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée	1	Impact de la manœuvrabilité du navire sur la performance et fonctionnalité du navire : défavorable, neutre, favorable
2	Impact des conditions externes (courants, vents, changements de marée) sur la position et le CAP du navire : défavorable, neutre, favorable	1	Impact de la performance du navire et de ses caractéristiques sur le taux de giration : défavorable, neutre, favorable
2	Impact des conditions externes (vents, courant) sur la vitesse sur le fond, la position, le CAP et la direction de la chaîne d'ancre : faible, neutre, élevé	1	Impact de la précision des instruments sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
2	Impact des conditions externes sur la dérive du navire et l'ampleur de la giration : faible, neutre, élevé	1	Impact de la présence et de la condition d'équipements spécifiques sur le navire : défavorable, neutre, favorable
1	Ajustement de la puissance des propulseurs transversaux pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée	1	Impact de la vitesse sur le fond sur la vitesse et l'ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
1	Ajustement de la puissance du moteur pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et celle désirée : faible, neutre, élevé	1	Impact des bris ou des objets défectueux sur la fonctionnalité du navire : faible, neutre, élevé
1	Ajustement de la puissance du ou des propulseurs transversaux pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé	1	Impact des conditions de trafic sur l'évaluation du plan d'ancrage approprié
1	Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée : neutre, trop élevé, trop faible	1	Impact des conditions externe sur l'évaluation du plan d'ancrage approprié : favorable, neutre, défavorable
1	Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la direction de la chaîne actuelle et la direction désirée : neutre, trop faible, trop élevé	1	Impact des conditions externes
1	Ajustement de longueur de chaîne avec l'officier en charge d'ancrage pour corriger l'écart entre les rétroactions actuelles et les rétroactions désirées : neutre, trop faible, trop élevée	1	Impact des conditions externes (changement de marées, type de fond, vents, courant) sur la tenue de l'ancre

Tableau 5-10 Liste des éléments N2 par fréquence - Étude 2 (suite)

1	Ajustement du dragage de l'ancre pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée	1	Impact des conditions externes sur la direction et l'angle entre la chaîne d'ancre et le navire
1	Déviations entre la direction de la chaîne d'ancre actuelle et la direction de la chaîne d'ancre désirée	1	Impact du dégagement sous quille sur l'évaluation du plan d'ancrage approprié
1	Déviations entre la tension dans la chaîne actuelle et la tension dans la chaîne désirée	1	Impact du dragage de l'ancre sur la vitesse/ taux de giration et ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
1	Déviations entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée	1	Impact du sens de giration choisi sur la direction et l'angle entre la chaîne d'ancre et le navire
1	Déviations entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée	1	Impact sur l'approche du navire (sud ou nord)
1	Déviations entre les rétroactions actuelles de l'officier et les rétroactions désirées	1	Réglementation des types de navire
1	Déviations pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée	1	Risque de dragage (courant/ vent)
1	Évaluation de l'impact du sens de giration dans le plan d'ancrage (tribord ou bâbord)		

Tableau 5-11 : Liste des éléments N3 par fréquence - Étude 2

Fréquence	Éléments N3	Fréquence	Éléments N3
6	Position attendue	1	Direction de la chaîne attendue
4	Plan d'ancrage attendu	1	Distance avant d'arriver au point cible
4	CAP attendu	1	L'évolution attendue des conditions externes dans le temps
2	Ampleur et vitesse de la giration attendue	1	Mouvement du navire attendu
2	Impact des conditions externes attendu	1	Position attendue au début et à la fin de la giration
2	Vitesse attendue	1	Tenue de l'ancre attendue
1	Course attendue	1	Trafic attendu à destination (au point d'ancrage)
1	Déplacement attendu	1	Vitesse sur le fond attendue pour débiter la giration
1	Dérive attendue (évaluation du vent, courant et caractéristiques du navire)		

CHAPITRE 6 DISCUSSION

Ce chapitre revient sur les principaux résultats obtenus dans cette maîtrise et les mets en perspective avec la littérature existante à ce sujet. Les limitations de la démarche expérimentale sont aussi mentionnées. Par la suite, une discussion générale met en évidence les implications de notre travail sur la conception d'un outil d'évaluation de la CS du pilote et l'évaluation des outils technologiques à bord de la timonerie.

6.1 Étude 1 – Accostage au quai 16 de Trois-Rivières

Grâce aux entretiens semi-structurés, nous avons pu acquérir une compréhension approfondie et détaillée du processus décisionnel. Cette méthode nous a également permis d'extraire une abondance d'informations pertinentes pour élaborer une structure GDTA complète. Malgré l'existence de deux approches distinctes pour le mouillage en aval, les objectifs principaux et les exigences en termes d'informations sont similaires pour tous les pilotes sauf pour l'objectif de se positionner contre le courant qui se fait dans la méthode traditionnelle. En effet, les entretiens ont mis en évidence que les pilotes ont des attentes et des besoins similaires en matière d'information pour prendre des décisions éclairées. Grâce à ces résultats, nous sommes en mesure de mieux comprendre le fonctionnement de la prise de décision dans ce contexte spécifique.

La principale différence entre les deux méthodes est le raccourci qui se fait dans la méthode non-traditionnelle en éliminant la phase de giration à 180 degrés pour se positionner contre le courant. Cette phase est importante compte tenu de l'impact de la vitesse qui s'ajoute par effet de courant. Ce dernier ne permet pas une immobilisation complète du navire et donc un faible contrôle sur le navire. En fait, le pilote doit avoir la capacité d'anticiper le mouvement du navire. Donc il doit pouvoir atteindre le niveau 3 de la CS (anticiper le futur proche). De plus, ce raccourci rend la durée de la manœuvre plus courte, ce qui amène le pilote à être plus prudent. En d'autres termes, la méthode non-traditionnelle est plus couteuse en ressources cognitives et demande une plus grande charge de travail.

Lors de notre analyse, nous avons pu identifier deux types d'exigences : des exigences statiques et des exigences dynamiques.

Les exigences statiques sont liées à la réglementation et aux lois en vigueur, qui doivent être respectées à tout moment lors de la réalisation de la tâche d'ancrage. Ces exigences peuvent inclure des limitations de vitesse, des restrictions de mouvement, des exigences de sécurité, etc. Les exigences dynamiques, quant à elles, sont liées à la situation en cours et évoluent en fonction des changements dans l'environnement, de la tâche en cours et de l'individu qui la réalise. Ces exigences peuvent inclure la vitesse, la position, le cap, la distance par rapport aux autres navires, les conditions météorologiques, etc. Sharma et ses collègues (2019) ont souligné cette distinction entre les deux types d'exigences qui pourraient être intégrés dans la conception d'outils de navigation centrée sur la CS.

Notre étude s'est concentrée sur les exigences dynamiques, car elles sont les plus susceptibles de changer rapidement et de manière imprévisible, ce qui peut conduire à des erreurs ou des accidents si elles ne sont pas surveillées de manière adéquate. En identifiant ces exigences dynamiques, nous avons pu comprendre les facteurs clés qui affectent la conscience de situation du pilote lors de la manœuvre d'ancrage.

6.2 Étude 2 – Mouillage au port de Québec

Comme pour l'étude précédente, les résultats ont révélé le recours des pilotes à deux stratégies différentes (traditionnelle et non-traditionnelle) et ce, malgré le fait qu'ils ont été soumis aux mêmes conditions. Cette différence peut être due à une variabilité interindividuelle dans le degré de familiarité et d'importance attribué à chacun des éléments impliqués dans la manœuvre d'ancrage.

En outre, la majorité des pilotes ont souligné dans la méthode traditionnelle l'importance de réduire la vitesse graduellement avant de commencer la giration, de conserver le navire sur la rive nord du fleuve durant la manœuvre tout en gardant une distance sécuritaire avec le rivage, et de compter sur les amers visuels pour situer le navire par rapport à l'ancrage.

En termes des exigences informationnelles, nous avons constaté que le nombre de variables impliquées était élevé, ce qui est attendu pour une tâche complexe. De plus, certaines variables, telles que la vitesse, le cap et la position, étaient nécessaires pour plusieurs sous-buts, soulignant leur importance pour la CS globale du pilote.

Cependant, nous avons également noté que la redondance d'informations et d'instruments de navigation pouvait conduire à une variabilité dans la façon dont les tâches étaient réalisées par

différents pilotes. Par exemple, la vérification du cap du navire peut être effectuée à l'aide de deux gyroscopes affichés sur l'ECDIS, sur le radar et sur l'écran de contrôle de la gouverne. Bien que cette redondance d'informations soit utile pour les opérateurs, elle peut diversifier les méthodes de réalisation d'une tâche.

Comparée à d'autres études, cette recherche est unique en son genre car elle se concentre sur une manœuvre très spécifique, tandis que d'autres études ont traité des cas de navigation plus générale. En fin de compte, cette étude a des implications importantes pour l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité des manœuvres d'ancrage dans le milieu maritime.

En termes d'implications, la prochaine étape sera de construire et de valider un questionnaire SAGAT et de concevoir des équipements qui tiennent compte des exigences CS identifiées pour maximiser la CS des pilotes lors de la manœuvre d'ancrage.

6.3 Discussion générale

La section précédente est revenue sur les principaux résultats obtenus dans le cadre des deux études. La présente section présente trois implications de nos travaux afin d'améliorer la performance du pilotage maritime : la conception d'un outil d'évaluation de la CS; l'élaboration d'un programme de formation afin d'améliorer la CS du pilote; et l'évaluation des outils technologiques à bord de la timonerie.

6.3.1 Conception d'un outil d'évaluation de la CS

Les exigences en conscience de la situation obtenues pour les deux manœuvres représentent les éléments d'information que le pilote doit connaître afin d'avoir une bonne CS. Au contraire, un pilote ne connaissant pas les informations clés durant une manœuvre aurait une CS incomplète. La revue de littérature a mis en évidence le rôle d'une mauvaise CS dans les accidents marins. Nos résultats ont aussi montré que les exigences que le pilote doit connaître à un instant t sont liées aux buts actifs à ce moment. Par exemple, les exigences de la stratégie traditionnelle ne sont pertinentes que si le pilote réalise cette stratégie pour l'accostage.

Dès lors, nos résultats peuvent être convertis afin de concevoir un outil d'évaluation de la CS. En suivant le cadre de travail proposé par SAGAT, cet outil prend la forme d'un questionnaire demandant au participant de donner la valeur instantanée des exigences en CS au moment de la

complétion du formulaire, puis de comparer les réponses offertes avec leurs valeurs réelles durant la manœuvre. Le pourcentage de bonne réponse est la mesure de la CS.

Dans son récent ouvrage, Endsley (Endsley, 2021a) recommande que le questionnaire de CS contienne une vingtaine d'exigences à évaluer couvrant les trois niveaux de la CS. Il importe aussi que pour chaque évaluation, les exigences utilisées soient échantillonnées aléatoirement à partir de la liste complète des exigences de l'analyse de tâche. Finalement, il est commun de privilégier des questions à choix multiples (p. ex. plus vite, aussi vite, moins vite) plutôt que des questions ouvertes pour l'évaluation de la CS afin de refléter le modèle mental de l'utilisateur. Dans nos études, nous avons trouvé plus d'une centaine d'exigences en CS et pour chacune nous avons identifié le niveau de CS auquel elle correspondait. Cela offre une couverture complète des informations que le pilote doit connaître afin d'évaluer sa CS durant les deux manœuvres. De plus, le large nombre d'exigences identifiées prévient l'effet d'apprentissage chez le participant, car il est peu probable que deux questionnaires consécutifs contiennent le même échantillon d'exigences. Finalement, un effort particulier a été mis en place pour identifier les différents choix pour les exigences de niveau 2, en utilisant le vocabulaire des participants aux études. Par exemple, les participants de l'étude au quai de Trois-Rivières ont exprimé que leur jugement de la déflexion de la roue nécessaire pour corriger l'écart de la course peut être neutre, trop élevé ou trop faible (voir Annexe D, sous-but 5.3.1). Avoir cette énumération disponible simplifiera d'autant la création du questionnaire SAGAT.

Une dernière caractéristique des analyses de tâches réalisées gagne à être soulignée en lien avec l'outil d'évaluation. L'analyse a clairement identifié les buts et sous-buts auxquels sont associées les exigences en CS. Cette hiérarchie permet d'envisager la conception d'un questionnaire SAGAT qui soit sensible aux buts actifs au moment de l'évaluation. En effet, selon les événements se produisant au moment de la mesure, un expert pourrait reconnaître les buts et sous-buts actifs au moment t et générer un questionnaire évaluant les exigences en lien avec ces buts. Ce questionnaire sensible au contexte offrirait une mesure plus pertinente de la CS qu'une autre version qui sélectionnerait aléatoirement des exigences qui peuvent ne pas être utiles au moment t .

La sensibilité du questionnaire SAGAT développé pourrait être évaluée dans une étude expérimentale en simulateur. Les participants effectueraient la manœuvre étudiée (p. ex. accostage au quai 16 de Trois-Rivières) dans deux conditions variant selon l'astreinte de la tâche. Une

première condition imposerait une faible charge de travail où il est attendu d'obtenir une CS élevée, alors que la seconde imposerait une charge de travail élevée où la CS devrait diminuer (M. A. Vidulich & Tsang, 2012). Pour ce faire, l'expérimentateur pourrait modifier la densité du trafic, les conditions de visibilité (pilotage de nuit, ciel couvert), et les conditions environnementales (vents, marées, pluie) entre les deux essais. La mesure de la charge mentale de travail avec NASA-TLX (Grier, 2015; Hart, 2006) et la CS avec le questionnaire SAGAT devraient montrer la formation de deux groupes significativement différents entre les deux conditions. Cette étude devrait faire l'objet de travaux futurs.

6.3.2 Programme de formation

La seconde application des résultats de ce mémoire touche un programme de formation afin d'améliorer la CS des pilotes (Saus et al., 2012). Les analyses de tâches réalisées montrent les buts, sous-buts et exigences en information que le pilote doit connaître pour avoir une bonne CS durant une manœuvre. Ce matériel peut être modifié en un syllabus de formation afin d'explicitier les buts et sous-buts que le pilote doit évaluer selon la situation, de même que les informations à surveiller afin de réaliser ces buts (Endsley, 2004b; Endsley & Garland, 2000). La formation dans une mise en situation pratique, p. ex. sur un simulateur, a montré de bons résultats pour améliorer la CS et la qualité de la prise de décision des apprenants (Chauvin et al., 2009; Mason, 2020). En situation pratique, des mesures de la CS sont réalisées à intervalle régulier et une rétroaction immédiate est offerte à l'apprenant afin de diriger son attention vers les éléments d'informations pertinents à connaître pour maintenir sa CS. Le syllabus de formation requiert une attention particulière, car des auteurs rapportent n'avoir pas observé de gain en CS malgré une amélioration de la performance à la tâche (C. A. Bolstad et al., 2010).

6.3.3 Évaluation de la timonerie

La troisième application de nos résultats est l'évaluation de l'environnement technologie de la timonerie afin de soutenir la CS. La liste des exigences indique l'information que le pilote doit connaître selon le but actuel. Une prochaine étude peut utiliser cette liste afin d'identifier « où » dans la timonerie cette information est disponible (Endsley, 2004a). Une telle évaluation permet d'identifier les forces en CS de la timonerie avec les informations qui sont facilement disponibles, p. ex. le cap, la vitesse du courant et la vitesse du navire; de même que les lacunes de

l'environnement technologique si des exigences ne sont disponibles nulle part. Notre travail permet d'orienter la conception de nouveaux outils technologiques qui soutiennent la CS des pilotes, car nous avons identifié quelles informations doivent être présentées. De même, la hiérarchie des buts indique comment présenter cette information, c'est-à-dire de la structurer en fonction des buts en cours.

Bien que l'information soit présente à bord de la timonerie, cela ne garantit pas qu'elle soit facilement vue ni comprise par le pilote. Les principes d'ergonomie des interfaces doivent être respectés pour améliorer le traitement humain de l'information (Nogier et al., 2013). Les informations recueillies pourraient être présentées de manière claire et concise, en utilisant des représentations visuelles telles que des cartes interactives, des graphiques et des tableaux de bord. Les informations pourraient également être organisées de manière hiérarchique, en fournissant aux pilotes une vue d'ensemble de la situation globale et en leur permettant d'accéder aux détails spécifiques de chaque exigence en information.

6.4 Limitations

Ce mémoire comporte quatre limitations principales. Premièrement, dans l'étude 1 de l'accostage au quai de Trois-Rivières, les pilotes ont dû se fier à leur mémoire rétrospective et à leurs connaissances explicites pour décrire la manœuvre, et nous n'avons pas pu faire d'observations directes en raison des contraintes liées à la COVID-19. Cela pourrait introduire un biais de rappel des exigences en CS lié aux connaissances implicites. Deuxièmement, dans l'étude 2, nous n'avons pas pu valider la version finale de notre analyse avec un expert en formation ou un autre pilote. Cette étape de validation est importante pour assurer la pertinence et la fiabilité des exigences identifiées. Troisièmement, notre groupe de participants était composé uniquement de pilotes hautement expérimentés (c'est-à-dire de la catégorie A), ce qui pourrait avoir une incidence sur l'évaluation de la CS. Les pilotes les plus expérimentés peuvent ne pas orienter leur attention de la même manière que les pilotes moins expérimentés. Enfin, il est important de mentionner que même si l'aspect communicationnel est un élément majeur de la CS, nous nous sommes concentrés sur la CS du pilote. De futurs travaux devraient s'intéresser à la CS partagée, c'est-à-dire à la CS d'une équipe de travailleurs tels que les officiers de pont et le remorqueur, dans l'atteinte de leur mission.

CHAPITRE 7 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

La présente étude a porté sur les exigences de la CS des pilotes de navire du fleuve Saint-Laurent lors des manœuvres de mouillage et d'ancrage au port. Cette étude a permis de mettre en évidence les processus cognitifs impliqués dans ces tâches critiques et de comprendre les facteurs qui influencent la prise de décision. Les résultats ont montré la validité du modèle de Endsley et de la méthode d'extraction des exigences de la CS. En effet, il s'est avéré que la perception, la compréhension et la projection de la situation étaient des éléments clés de la conscience situationnelle des pilotes, et que la gestion de l'information était un facteur important dans la réussite de ces manœuvres.

Les objectifs de ce mémoire ont été atteints grâce à une méthodologie basée sur l'analyse de tâches orientée vers les buts, qui a permis de développer un guide d'entretiens semi-structuré pour l'élaboration de l'analyse. Les résultats ont été validés par les participants, ce qui a renforcé la validité des conclusions de cette étude.

Les implications pratiques de cette recherche sont multiples, notamment en termes de formation des pilotes et de conception des interfaces au bord des navires. Les résultats de cette étude pourront être utilisés pour améliorer la performance et la sécurité des manœuvres de mouillage et d'ancrage au port, ainsi que pour réduire le risque d'accidents dans le contexte de navigation en zones à pilotage obligatoire.

En conclusion, cette recherche a apporté une contribution significative à la compréhension des exigences de la CS des pilotes de navire lors des manœuvres de mouillage et d'ancrage au port sur le fleuve Saint-Laurent. Nous espérons que ces résultats seront exploités afin de contribuer à l'amélioration de la sécurité maritime dans cette région, ainsi que pour orienter des recherches futures dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

- Acejo, I., Sampson, H., Turgo, N., Ellis, N., & Tang, L. (2018). *The causes of maritime accidents in the period 2002-2016*.
- Akyuz, E. (2017). A marine accident analysing model to evaluate potential operational causes in cargo ships. *Safety Science*, 92, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.010>
- Akyuz, E., & Celik, M. (2014). Utilisation of cognitive map in modelling human error in marine accident analysis and prevention. *Safety Science*, 70, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.05.004>
- Allianz. (2012). Safety and Shipping 1912–2012 : From Titanic to Costa Concordia. *Allianz Global Corporate and Speciality AG, Munich*.
- Allianz. (2022). *Safety and Shipping Review*.
- APL. (2015). *Informations générales sur le pilotage—Fleuve Saint Laurent et rivière Saguenay / Administration de pilotage des Laurentides*. <https://www.pilotagestlaurent.gc.ca/fr/informations-generales-sur-le-pilotage.html>
- Baker, C. C., & McCafferty, D. B. (2005). Accident database review of human element concerns : What do the results mean for classification? *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Ship Design and Operation*, 8.
- Barnett, M. L. (2005). Searching for the root causes of maritime casualties : — Individual competence or organisational culture? *WMU Journal of Maritime Affairs*, 4(2), 131-145. <https://doi.org/10.1007/BF03195070>

- Bolstad, C. A., Endsley, M. R., Costello, A. M., & Howell, C. D. (2010). Evaluation of Computer-Based Situation Awareness Training for General Aviation Pilots. *The International Journal of Aviation Psychology*, 20(3), 269-294. <https://doi.org/10.1080/10508414.2010.487013>
- Bolstad, C., Riley, J., Jones, D., & Endsley, M. (2002). Using Goal Directed Task Analysis with Army Brigade Officer Teams. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 46. <https://doi.org/10.1177/154193120204600354>
- Boudreault, L., Hébert-Lavoie, M., Ung, K., Mahmoudi, C., Vu, Q. P., Jovet, P., & Doyon-Poulin, P. (2023). Situation awareness-oriented dashboard in ICUs in support of resource management in time of pandemics. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 11, 151-160. <https://doi.org/10.1109/JTEHM.2023.3241215>
- Canada, B. de la sécurité des transports du. (2013, novembre 14). *Un heurt survenu en 2012 dans le port de Trois-Rivières montre qu'il faut améliorer l'évaluation du rendement et de la compétence des pilotes du fleuve* [Communiqués de presse]. <https://www.canada.ca/fr/nouvelles/archive/2013/11/heurt-survenu-2012-port-trois-rivieres-montre-faut-ameliorer-evaluation-rendement-competence-pilotes-fleuve.html>
- Castellan, N. J. (1993). *Individual and Group Decision Making : Current Issues*. Psychology Press.
- Celik, M., & Cebi, S. (2009). Analytical HFACS for investigating human errors in shipping accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.09.004>
- Chalandon, X. (2007). *Conscience de la situation : Invariants internes et invariants externes* [Research Report]. Cnam. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00824020>

- Chalandon, X. (2015). *Conscience de la situation—Situation awareness (in French)*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2294.9605>
- Chauvin, C., Clostermann, J.-P., & Hoc, J.-M. (2008). Situation Awareness and the Decision-Making Process in a Dynamic Situation : Avoiding Collisions at Sea. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 2, 1-23. <https://doi.org/10.1518/155534308X284345>
- Chauvin, C., Clostermann, J.-P., & Hoc, J.-M. (2009). Impact of training programs on decision-making and situation awareness of trainee watch officers. *Safety Science*, 47(9), 1222-1231.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.03.008>
- Clostermann, J.-P. (2014). *The human factor at the heart of maritime safety*.
- Cordon, J. R., Mestre, J. M., & Walliser, J. (2017). Human factors in seafaring : The role of situation awareness. *Safety Science*, 93, 256-265.
<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.12.018>
- Dominguez-Péry, C., Vuddaraju, L. N. R., Corbett-Etchevers, I., & Tassabehji, R. (2021). Reducing maritime accidents in ships by tackling human error : A bibliometric review and research agenda. *Journal of Shipping and Trade*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s41072-021-00098-y>
- Endsley, M. R. (1988). Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 32(2), 97-101.
<https://doi.org/10.1177/154193128803200221>
- Endsley, M. R. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>

- Endsley, M. R. (2004a). Applying SA-Oriented Design to Complex Systems. Dans *Designing for Situation Awareness* (2^e éd.). CRC Press.
- Endsley, M. R. (2004b). SA Oriented Training. Dans *Designing for Situation Awareness* (2^e éd.). CRC Press.
- Endsley, M. R. (2015). Situation Awareness Misconceptions and Misunderstandings. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 9(1), 4-32.
<https://doi.org/10.1177/1555343415572631>
- Endsley, M. R. (2021a). *Situation awareness measurement : How to measure situation awareness in individuals and teams*. Human Factors and Ergonomics Society.
- Endsley, M. R. (2021b). A Systematic Review and Meta-Analysis of Direct Objective Measures of Situation Awareness : A Comparison of SAGAT and SPAM. *Human Factors*, 63(1), 124-150. <https://doi.org/10.1177/0018720819875376>
- Endsley, M. R., & Garland, D. J. (Éds.). (2000). *Situation Awareness Analysis and Measurement*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b12461>
- Endsley, M. R., & Jones G., D. (2012). *Designing for Situation Awareness : An Approach to User-Centered Design, Second Edition*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11371>
- Étude de l'impact économique de l'industrie maritime au Québec*. (2012).
- Eurocontrol. (2012, octobre 22). *Goal-Directed Task Analysis (GDTA) | HP repository*.
<https://ext.eurocontrol.int/ehp/?q=node/1603>
- Gouvernement du Canada, B. de la sécurité des transports du C. (2013, septembre 19). *Rapport d'enquête maritime M12L0095*. <https://www.tsb.gc.ca/fra/rapports-reports/marine/2012/m12l0095/m12l0095.html>

- Government of Canada, T. S. B. of C. (2014). *Marine Investigation Report M12L0095—Transportation Safety Board of Canada*. <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/marine/2012/M12L0095/m12l0095.html>
- Grier, R. A. (2015). How High is High? A Meta-Analysis of NASA-TLX Global Workload Scores. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 59(1), 1727-1731. <https://doi.org/10.1177/1541931215591373>
- Hart, S. G. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904-908. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>
- Hollnagel, E. (2021). The Changing Nature of Task Analysis. Dans *HANDBOOK OF HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS* (p. 358-367). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119636113.ch13>
- Kim, H., Na, S., Kim, H., & Ha, W. (2010). Marine Accident Investigation and Analysis with Focus on Human Factors. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 54(19), 1440-1444. <https://doi.org/10.1177/154193121005401918>
- Kosowska-Stamirowska, Z. (2020). Network effects govern the evolution of maritime trade. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(23), 12719-12728. <https://doi.org/10.1073/pnas.1906670117>
- LALLEMAND, C., & GRONIER, G. (2018). *Méthodes de design UX : 30 méthodes fondamentales pour concevoir des expériences optimales* (2^e éd.).
- législatifs, D. des services. (2023, janvier 14). *Lois codifiées, Loi sur le pilotage*. <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/P-14/page-3.html#h-1228984>

- Ma, X. F., Shi, G. Y., & Liu, Z. J. (2023). Unraveling the Usage Characteristics of Human Element, Human Factor, and Human Error in Maritime Safety. *Applied Sciences*, *13*(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/app13052850>
- Mason, S. (2020). Practice makes better? Testing a model for training program evaluators in situation awareness. *Evaluation and Program Planning*, *79*, 101788. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2020.101788>
- Mazaheri, A., Montewka, J., Nisula, J., & Kujala, P. (2015). *Usability of Accident and Incident Reports for Evidence-Based Risk Modeling—A case study on ship grounding reports*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.019>
- Nguyen, T., Lim, C. P., Nguyen, N. D., Gordon-Brown, L., & Nahavandi, S. (2019). A Review of Situation Awareness Assessment Approaches in Aviation Environments. *IEEE Systems Journal*, *13*(3), Article 3. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2019.2918283>
- Nisizaki, C., Okazaki, T., Yoshino, R., Takaseki, R., & Murai, K. (2017). A study on evaluation method for ship maneuvering simulator training. *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 3119-3124. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8123106>
- Nogier, J.-F., Bouillot, T., Leclerc, J. (Ergonome), Bouillot, T., & Leclerc, J. (2013). *Ergonomie des interfaces : Guide pratique pour la conception des applications Web, logicielles, mobiles et tactiles* (5e éditions). Dunod.
- Okazaki, T., Nishizaki, C., & Murai, K. (2016). Situation awareness and mental workload of navigator in ship maneuvering simulator. *2016 World Automation Congress (WAC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/WAC.2016.7582956>

- Okazaki, T., & Ohya, M. (2012). *A study on situation awareness of marine pilot trainees in crowded sea route*. 1525-1530. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2012.6377952>
- Orique, S. B., & Despins, L. (2018). Evaluating situation awareness : An integrative review. *Western journal of nursing research*, 40(3), 388-424.
- Roth, E., Klein, D., & Ernst, K. (2021). *Aviation Decision Making and Situation Awareness Study : Decision Making Literature Review*.
- Salmon, P., Stanton, N., Walker, G., & Green, D. (2006). Situation awareness measurement : A review of applicability for C4i environments. *Applied Ergonomics*, 37(2), Article 2. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.02.001>
- Saus, E.-R., Espevik, R., & Eid, R. (2010). Saus, E. R, Espevik, R. Eid, J. (2010). Situational Awareness and Shared Mental Models : . Implications for Training in Security Operations. Dans P. T. Bartone, B. H. Johnsen, J. Eid, & J. M. Violanti, *Enhancing human performance in security operations : International and law enforcement perspectives* (p. 161-179). Charles C Thomas.
- Saus, E.-R., Johnsen, B. H., Eid, J., & Thayer, J. F. (2012). Who benefits from simulator training : Personality and heart rate variability in relation to situation awareness during navigation training. *Computers in Human Behavior*, 28(4), 1262-1268. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.02.009>
- Schuster, D., & Nathan-Roberts, D. (2017). Situation Awareness, Sociotechnical Systems, and Automation in Emergency Medical Services : Theory and Measurement. Dans *Human Factors and Ergonomics of Prehospital Emergency Care*. CRC Press.

- Sharma, A., Nazir, S., & Ernstsen, J. (2019). Situation awareness information requirements for maritime navigation: A goal directed task analysis. *Safety Science*, *120*, 745-752. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.016>
- Stanton, N. A., Chambers, P. R. G., & Piggott, J. (2001). Situational awareness and safety. *Safety Science*, *39*(3), 189-204. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00010-8)
- Stanton, N. A., Harris, D., Salmon, P. M., Demagalski, J. M., Marshall, A., Young, M. S., Dekker, S. W., & Waldmann, T. (2006). Predicting design induced pilot error using HET (Human Error Template)—A new formal human error identification method for flight decks. *The aeronautical journal*, *110*(1104), 107-115.
- Stratmann, T., & Boll, S. (2016). *Demon Hunt—The Role of Endsley's Demons of Situation Awareness in Maritime Accidents*. 9856, 203-212. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44902-9_13
- Taylor, R. M. (2017). *Situational Awareness Rating Technique (Sart) : The Development of a Tool for Aircrew Systems Design*. 111-128. <https://doi.org/10.4324/9781315087924-8>
- Vidulich, M. A., & Tsang, P. S. (2012). Mental Workload and Situation Awareness. Dans *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (p. 243-273). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118131350.ch8>
- Vidulich, M., Dominguez, C., McMillan, G., & Vogel, E. (1994). *Situation Awareness : Papers and annotated bibliography* (Rapport Technique AL/CF-TR-1994-0085; p. 172). Armstrong Laboratory.
- Wright, M. (2004). Objective measures of situation awareness in a simulated medical environment. *Quality and Safety in Health Care*, *13*, i65-i71. <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009951>

Yuen, K. F., Bai, X., & Wang, X. (2020). Safety behaviour at sea : Policy implications for managing seafarers through positive psychology. *Marine Policy*, *121*, 104163. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104163>

ANNEXE A ARTICLE 1: - GOAL-DIRECTED TASK ANALYSIS FOR SITUATION AWARENESS REQUIREMENTS DURING SHIP DOCKING IN COMPULSORY PILOTAGE AREA

Karima Haffaci¹, Mia-Claude Massicotte², Philippe Doyon-Poulin¹

¹ Polytechnique Montréal, Montréal QC H3T 1J4, Canada

² Montreal University, Montréal QC H3T 1C5, Canada

karima.haffaci@polymtl.ca

Article publié dans : Haffaci, K., Massicotte, M.-C., & Doyon-Poulin, P. (2021). Goal-Directed Task Analysis for Situation Awareness Requirements During Ship Docking in Compulsory Pilotage Area. Dans N. L. Black, W. P. Neumann, & I. Noy (Éds.), *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)* (Vol. 221, p. 647654). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74608-7_79

7.1 Abstract

In this paper we present the results from a Goal Directed Task Analysis (GDTA), a variant of cognitive task analysis techniques, to extract the operator's situation awareness requirements. This analysis is done with 8 pilots from the Mid Saint-Laurence Pilots Corporation (CPSLC) on a ship docking scenario in a compulsory pilotage area. These findings are used to develop a tool to measure the pilot's situation awareness during the maneuver using SAGAT questionnaire.

Keywords: Situation awareness, SAGAT, GDTA, pilotage, ship, marine navigation, docking.

7.2 Introduction

Marine navigation is a cognitively demanding task that requires the pilot to anticipate maneuvers long in advance, as the ship can take up to 30 minutes to come to a full stop due to its inertia. The pilot's situation awareness (SA) of the ship's surroundings and upcoming maneuver – or lack thereof – has been identified as a major factor in maritime accidents, but to this day only few studies have identified SA requirements for ship navigation and even fewer studies proposed a reliable tool to measure it (Chauvin et al., 2008), (Sharma et al., 2019). Moreover, there exist no study on

pilot's SA in compulsory pilotage area, where the bridge authority is put under the responsibility of an expert pilot to maneuver in challenging seas, such as the Saint-Lawrence river in Qc, Canada.

In this study, we conducted a goal-directed task analysis (GDTA) during docking to identify the SA requirements and strategies adopted by pilots in a compulsory pilotage area. The article is organized as follows. Section 2 reviews previous works on situation awareness on ship pilotage. Section 3 presents the docking scenario and the interviewing methods used for data collection and section 4 presents the main situation awareness requirements found using GDTA. Section 5 puts the results into perspective and offers direction for future works.

7.3 Previous work

7.3.1 Situation Awareness

SA is defined as a person's perception of the elements in the environment within a volume of space and time, the understanding of their meaning, and the projection of their status in the near future (Endsley, 1995).

This definition is based on a three-nested-level model developed by Endsley (Endsley, 1995). Level 1 consists of perceiving and attending the status and dynamics of element in the environment and is fundamental in achieving SA. Level 2 is the comprehension of the perceived information. This phase involves integrating all cues collected in level 1 to determine their operational significance in view of pilot's goals. Level 3 is the highest in term of cognitive effort since it requires anticipating near future events based on the information collected from level 1 and 2.

Amongst the various cognitive task analysis methods, GDTA is a reliable method to extract SA requirements (Endsley & Jones G., 2012). Rather than studying the pilot's task as with common task analysis methods (i.e., what the pilot does), GDTA focuses on the pilot's goals, decisions, and information requirements to fulfill the goals at the three levels of SA.

7.3.2 Ship pilotage

So far, the SA research in the maritime navigation domain is in an early exploratory stage. For example, Okazaki and colleagues (Okazaki & Ohya, 2012) proposed the Situation Awareness Global technique (SAGAT) as a method for evaluating the performance of apprentice pilots. To this end, he considered a dense traffic scenario and the key variable was to evaluate the pilots'

recognition of the surrounding vessel during a crossing manoeuvre. Results showed the importance of integrating SAGAT technique in pilots' training programs. However, the research has tended to focus on one information to measure the SA (the recognition rate of crossing ships).

Chauvin and colleagues (Chauvin et al., 2008) measured the SA of officer-in-training having less than 2 year of sea time using goal-directed probes with 11 SA requirements in a crossing scenario in open sea on a ship simulator. Participants were exposed to a challenging interaction situation in which they need to make a decision among various options. The study demonstrates that perception of the elements of the environment is not a significant factor in the decision-making process. Interpretation of the rules and anticipation of the other vessel's intention seemed to have a higher priority in the decision-making process. Both of studies (Chauvin et al., 2008) and (Okazaki & Ohya, 2012) are putting more emphasis on the impact of a poor recognition of the key elements in the decision making process. However, it's not clear whether the findings generalize to the work of more experienced pilots. Sharma and colleagues (Sharma et al., 2019), who qualified their study as exploratory given the novelty of research in the maritime domain, conducted a GDTA analysis with 7 experienced officers during pilotage phase in open sea and presented SA information requirements at all three levels. However, the docking maneuver was not analyzed, neither was the context of compulsory pilotage.

7.3.3 Compulsory pilotage

Compulsory pilotage areas are challenging navigation regions where incoming ships are required to be boarded and conducted by a marine pilot to its port of call. Marine pilots are highly trained officers who are intimately familiar with the coastlines, inland waters, shoals, and ports of the pilotage area in which they are licensed. The bridge authority is put under the pilot's responsibility whose role is equally important to the captain.

The Saint-Lawrence river is one of the four compulsory pilotage areas in Canada spanning over 500 km of navigable water. It is administered by the Laurentian Pilotage Authority and licenses pilots are membered of one of two professional corporations: Mid Saint-Lawrence Pilots Corporation and Lower Saint-Lawrence Pilots Corporation.

7.4 Method

We conducted a GDTA study during docking at Trois-Rivières port, wharf 16 to collect the pilot's SA information requirements at all three levels.

7.4.1 Participants

8 pilots from the Mid Saint-Lawrence Pilots Corporation (*Corporation des Pilotes du Saint-Laurent Central, CPSLC*) took part in the study, with an average experience of 13.9 years of pilotage (std 8.3). They all had class-A pilotage license (ship over 210 m in length). The study received the approval of Polytechnique Montréal Ethics Research Board (CER-1920-05-D).

7.4.2 Scenario

The scenario used for the analysis is the docking at Trois-Rivières port, wharf 16. This docking is particularly challenging as the wharf is perpendicular to the river requiring 90 deg gyration to enter the dock and requires tugboats when the ship is longer than the wharf - Figure A - 1.

An incident report that occurred in this section (Government of Canada, 2014) summarizes the recommended docking maneuver as taught to all CPSLC apprentice pilots as follows:

1. **The approach** where the vessel should be brought from section 10 of the river until the entrance of the basin at an approximate distance of 3 vessel widths off the docks while maintaining a very low speed. At this point the pilot can decide whether to call for the help of tugs or wait for a closer point from the berthing zone ;
2. **The use of anchor** near section 11, to reduce the vessel's speed ;
3. **The turn** to be performed at 20 m from the corner of sections 16 and 17 with the help of tugs and the pilot's maneuvers (helm, engine propulsion) ;
4. **Final position**, decreasing gradually the vessel's speed and maintaining the bow on position with tugs assistance.

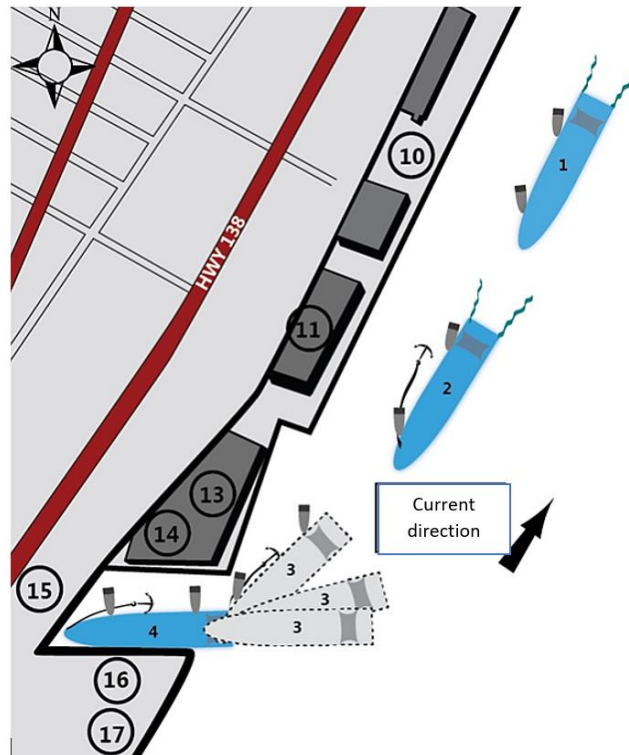


Figure A - 1 Layout at wharf 16 and recommended berthing maneuver (from (Government of Canada, 2014)).

7.4.3 Interviews

We conducted individual semi-structured interviews remotely using videoconference software to respect COVID-19 limitations. Interviews lasted from 60 min to 120 min and were recorded. Semi-structured interviews allowed us to extract a maximum of information from pilots and elicit their decision-making and cognitive processes during the maneuver. We used an interview guide that covered the main themes of SA requirements during a docking maneuver.

We constructed a preliminary interview guide and a hierarchical task analysis (HTA) of the docking with the help of a subject matter expert (SME) having over 20 years of experience. It was improved by making sure it covered themes from existing interview guides in literature (LALLEMAND & GRONIER, 2018), (Sharma et al., 2019), (Chauvin et al., 2008)

The interview guide structure is illustrated in Table A - 1.

To support the pilot's recollection of the docking, we presented a video recording of the docking alongside navigation maps of wharf 16

Table A - 1 Interview guide structure

Phase	Themes	Comments and data collection
1	Briefing	Presenting the research, record verbal authorization
2	Presentation	Determining the pilot's profile
3	Summary of the maneuver	Extracting the main goals and the priorities
4	Questionnaire based on the recorded video	Participants describe the video and answers to the SA questionnaire
5	Preliminary GDTA presented	Adapt the GDTA according to participants' perspective

7.4.4 Goal Directed Task Analysis (GDTA)

The interview transcripts were analyzed to identify the three main elements of the GDTA: the goal hierarchy, decisions about goal achievement, and information requirements. The distinction between these elements was made according to the definitions and criteria provided by Endsley and Jones [4]. Each goal was broken down into sub-goals, decisions, and ultimately requirements needed for its execution. The requirements of situational awareness have also been divided into three levels: perception (L1), comprehension (L2) and projection (L3). Similar goals and decisions were grouped together to avoid redundancy. During interviews, we also presented to participants the intermediary GDTA results to validate the analysis and the vocabulary used.

7.5 Results

For the situation awareness requirements, we found 8 main goals, 50 sub-goals and decisions, 80 level-1, 26 Level-2 and 10 level-3 information requirements. The main goals are presented in Table A - 2

Table A - 2 Main goals of the docking maneuver at wharf 16

Overall main goal: Perform a safe docking mission in a reasonable delay	
1.	Prepare a safe and efficient docking plan
2.	Obtain docking permission
3.	Moor the tugs to the vessel
4.	Maneuver the vessel on the established approach course
5.	Perform a 180 deg turn to position against the current
6.	Make the turn in the basin according to the chosen approach
7.	Enter the basin safely
8.	Position the vessel at the dock

An extract of the information requirements is presented at Table A - 3.

Table A - 3 Extract of the information requirements.

Extract of the information requirements from the sixth main goal

6. Make the turn in the basin based on the chosen approach

- 6.1. Determine the target location where the vessel begins its turn
(at which position to start the vessel's gyration?)

Level 1 queries (L1)

- 6.1.1. Visual exploration
6.1.2. Electronic Chart Display and Information System
(ECDIS)
6.1.3. Feedback from the officer at the bow of the vessel

- 6.2. Make the turn

Level 1 queries (L1)

- 6.2.1. Force and direction of flow
6.2.2. Wind force and direction
6.2.3. Vessel manoeuvrability
6.2.4. Current/desired vessel position
6.2.5. Speed over the current/desired background
6.2.6. Steering wheel
6.2.7. Engine power

Level 2 queries (L2)

- 6.2.8. Impact of external conditions on vessel drift and extent
of turning: low, neutral, high
6.2.9. Impact of the vessel's performance and characteristics
on the rate of turn: unfavorable, neutral, favorable
6.2.10. Impact of ground speed on the speed and magnitude of
turning: unfavourable, neutral, favourable
6.2.11. Deviation between current and desired bottom speed
6.2.12. Control of engine power to correct the difference
between the actual and desired ground speed: low, neutral,
high

Level 3 queries (L3)

- 6.2.13. Expected speed over the ground at the turn
6.2.14. Expected position at the turn
6.2.15. Magnitude and speed of the expected gyration
-

For decision-making processes, we found that pilots use two strategies for docking when coming downstream. The traditional method implies to overpass the wharf and to complete a 180 deg gyration with the tugboat or the anchor to position the ship upstream, whereas in the non-traditional method the gyration is done downstream such that the ship is perpendicular to the river current when facing the dock and the tugboat is used to stop the ship from drifting. The decision criteria for the method selection are the ship dimension and weight – where larger and heavier ships would benefit from the non-traditional method as their gyration speed could be insufficient for such a swift turn –, wind speed and water speed – traditional method is preferred with increased speed –,

traffic, draught, manoeuvrability, propeller rotation and ship propulsion. When coming from upstream, the pilot can stay close to the wharf and start the gyration nose-in when the tugboat is midway into the dock; or stay further away from the wharf with negligible ground speed such that the gyration is done almost stationary.

7.6 Discussion

The semi-structured interviews provided us with a rich and detailed insight into how decisions were made and allowed us to collect a large amount of relevant information in order to develop a highly comprehensive GDTA structure.

It is interesting to note that even though there are two different strategies that can be used for docking when coming downstream, the 8 main goals and the information requirements are similar among all pilots.

To this day, few studies have identified situation awareness requirements for ship navigation and even fewer studies proposed a reliable tool to measure it (Chauvin et al., 2008), (Sharma et al., 2019). In both of these studies, the participants were unexperienced or experienced (Sharma et al., 2019) navigators. Sharma and his colleagues (Sharma et al., 2019) noted a significant dependency upon pilot to provide certain information that would have a major impact on the navigators' SA. Therefore, it seemed fundamental to have access to the pilot SA in order to fully understand the impact of SA and information requirements on the decision making. To the best of our knowledge, our study is the first to target a specific maneuver (i.e., docking) in compulsory pilotage area, where the bridge authority is put under the responsibility of an expert pilot to maneuver in challenging seas.

There are three limitations to our study. First, pilots relied on their retrospective memory and explicit knowledge to describe the maneuver and we were unable to make direct observations due to COVID-19 constraints. This could introduce a recollection bias of SA requirements related to implicit knowledge. Second, our participants pool was only composed of highly experienced pilots (i.e., range A) which could have an impact on the evaluation of the situation awareness. Pilots with more experience may not orient their attention to the same elements and in the same way of pilots with less experience. Finally, it is important to mention that even though communicational aspect is a major element of the situation awareness as mentioned before, we did not analyze shared

situation awareness between bridge officers and the tugboat, as we focused on the pilot's situation awareness.

Altogether, the results of this study will allow us to develop the first Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) questionnaire evaluating the pilot's situation awareness for the maneuver of docking. The questionnaire will be validated on a ship simulator in future work.

7.7 Conclusion

In this study, we conducted a goal-oriented task analysis to extract the SA information requirements of marine pilots in compulsory pilotage area during the docking at Trois-Rivières port wharf 16. We identified 80 level-1, 26 Level-2 and 10 level-3 information requirements and found that pilots use two berthing strategies based on the environmental conditions. The SA information requirements found will be used to develop a SAGAT questionnaire to measure the pilot's SA during docking.

Acknowledgements

The study was supported financially in equal parts by the Mitacs Accelerate program and the Laurentian Pilotage Authority. This research was also carried out as part of the activities of the IVADO Institute, thanks, in part, to financial support from the Canada First Research Excellence Fund.

ANNEXE B – CERTIFICAT ÉTHIQUE

CER-1920-05-D



Montréal, le 13 octobre 2020

Objet: Renouvellement de l'approbation éthique - « Analyse du travail et conscience de la situation des pilotes de navire du Saint-Laurent » - Projet CER-1920-05-D(1)

M. Philippe Doyon-Poulin,

J'ai le plaisir de vous informer que le Comité d'éthique de la recherche, selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le rapport annuel du projet de recherche susmentionné et conclu que votre projet de recherche répond toujours aux normes en vigueur au chapitre de l'éthique de la recherche énoncées dans la *Politique en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains* de Polytechnique Montréal.

Veillez noter que le présent certificat est valable **jusqu'au 14 octobre 2021**, pour le projet tel qu'approuvé au Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains ainsi que les modifications portées à l'attention du comité et approuvées par ce dernier..

Veillez noter que conformément aux exigences auxquelles l'institution et son personnel sont assujettis afin d'être admissibles aux fonds des organismes subventionnaires, il est de votre responsabilité de déposer au CÉR un rapport annuel ou un rapport final avant l'expiration du présent certificat afin de l'informer de l'avancement de vos travaux. Le formulaire à remplir est disponible à l'adresse suivante : (<http://www.polymtl.ca/recherche/formulaires-et-guides>).

Nous vous rappelons qu'il est de votre responsabilité d'informer le CÉR de toute modification importante qui pourrait être apportée au protocole expérimental avant sa mise en œuvre, de même que de tout élément ou événement imprévu pouvant avoir une incidence sur le bien-être ou l'intégrité des participant(e)s impliqué(e)s dans le projet de recherche. Nous vous invitons aussi à nous signaler tout problème susceptible d'avoir une incidence sur les membres de l'équipe de recherche.

Je vous souhaite bonne chance dans la poursuite de vos travaux.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

Farida Cheriet, présidente
Comité d'éthique de la recherche
Polytechnique Montréal

c.c. Direction de la formation et de la recherche ; Service des Finances

Cochercheurs
p.j. Certificat # CER-1920-05-D(1)

Comité d'éthique de la recherche
avec des êtres humains
Tél.: 514 340-4711 poste : 3755
Fax : 514 340-4992
Courriel : ethique@polymtl.ca

<p>Adresse postale C.P. 6079, succ. Centre-Ville Montréal (Québec) Canada H3C 3A7</p>	<p>Campus de l'Université de Montréal 2900, boul. Édouard-Montpetit 2500, chemin de Polytechnique Montréal (Québec) Canada H3T 1J4</p>
---	--

CER-1920-05-D

**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIEURIE



CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE
- Renouvellement -

Le Comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal, selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans sa Politique en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains.

Projet

Titre du projet	Analyse du travail et conscience de la situation des pilotes de navire du Saint-Laurent CER-1920-05-D(1)
Chercheur requérant	Philippe Doyon-Poulin , Professeur adjoint, Département de mathématique et génie industriel

Avec la collaboration de: Alain Richard (APL), MiaClaude Massicotte (UdeM)

Étudiant(e)s couvert(e)s: Karima Haffaci

Historique des modifications : Observation à distance en raison de la Covid-19, ajout d'une entrevue audio à distance et ajout d'une étudiante (Mai 2020).

Financement

Organisme	SPIIE
No de UBR	3520015; 3320452
Programme	Apogée Canada (IVADO-Fonds de démarrage); Mitacs
No d'octroi:	Mitacs IT15503 (Karima Haffaci)
Titre original de l'octroi:	
Chercheur principal:	

MODALITÉS D'APPLICATION

Toute modification importante qui pourrait être apportée au protocole expérimental doit être transmise au Comité avant sa mise en œuvre.

L'équipe de recherche doit informer le Comité de tout élément ou évènement imprévu pouvant avoir une incidence sur le bien-être ou l'intégrité des participant(e)s impliqué(e)s dans le projet de recherche ainsi que tout problème susceptible d'avoir une incidence sur les membres de l'équipe de recherche.

Selon les règles universitaires en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi est disponible sur la page web du Comité.

Farida Cheriet, présidente
Comité d'éthique de la recherche
Polytechnique Montréal

Date du renouvellement ou
de la réémission* :
13 octobre 2020

Date du prochain suivi :
14 octobre 2021

Date du certificat initial :
29 octobre 2019

Date de fin de validité :
1^{er} novembre 2021

*Le présent renouvellement est en continuité avec le précédent certificat

Titre du projet : « Analyse du travail et conscience de la situation des pilotes de navire du Saint-Laurent »

Projet CER-1920-05-D

Chercheur requérant : Philippe Doyon-Poulin

Avec la collaboration de: Alain Richard (APL), MiaClaude Massicotte (UdeM)

Membre(s) de la communauté étudiante couvert(s) par l'approbation éthique: Karima Haffaci

Source de financement : SPIIE, No d'octroi Mitacs IT15503 (Karima Haffaci) (UBR: 3520015; 3320452; Projets: 051428; 094717)

Bonjour,

Vous trouverez ci-joint le renouvellement du projet susmentionné. Comme l'an passé, il y apparaît une mention relative à l'évaluation éthique continue et le certificat d'approbation éthique comporte une date de fin de validité qui est fixée au 14 octobre 2023 . Prière donc de prendre connaissance des modalités d'application inscrites au certificat. Veuillez noter que le formulaire d'évaluation éthique continue (suivi annuel) est disponible sur notre site Web

En vous remerciant de votre collaboration, nous vous souhaitons bonne poursuite de vos travaux.

Andrée Laliberté

Secrétaire de direction | Direction de la recherche et de l'innovation

Téléphone : 514 340-4711, poste 4420 | Local B-208

Polytechnique Montréal

C.P. 6079, succ. Centre-ville, Montréal (Québec), CANADA, H3C 3A7



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE

ANNEXE C – GUIDE D'ENTRETIEN

Guide d'entrevues pour les pilotes de la CPSLC – Étude 1 Accostage au quai 16 de Trois-Rivières.

PRÉAMBULE

Merci beaucoup de votre participation à cette étude qui se fait en collaboration avec l'Administration de pilotage des Laurentides (APL), la Corporation des Pilotes du Bas St-Laurent (CPBSL), et celle du Saint-Laurent Central (CPSLC). Comme il a été mentionné dans le courriel que vous avez reçu, cet entretien va nous permettre de comprendre le travail d'un pilote de navire et comment les tâches évoluent selon la phase de navigation. L'objectif principal de notre étude est de mieux comprendre la conscience situationnelle lors de manœuvres type en analysant l'ensemble des tâches exécutées et remonter vers les buts et sous buts visés.

Pour se faire, nous commencerons d'abord par vous poser quelques questions sur votre expérience professionnelle comme pilote de navire afin de vous identifier.

Par la suite, nous vous demanderons de nous résumer les tâches que vous effectuez généralement durant la manœuvre d'accostage au port de Trois-Rivières, section 16, pour les navires de classe B de façon la plus détaillée possible : Les différentes étapes, les décisions que vous avez dû prendre, les éléments que vous avez dus considérer à chacune de ces étapes, etc. Finalement, on va revenir sur la hiérarchie des buts que nous avons construit.

Il est important que vous sachiez que nous n'évaluons pas votre performance durant cet entretien. Vous avez pu prendre connaissance du formulaire de consentement qui présente les conditions de confidentialité et anonymat. Avez-vous des questions par rapport au formulaire de consentement ou des termes qui n'étaient pas clairs?

Avec votre accord, l'entretien sera enregistré afin de pouvoir l'analyser au besoin.

Nous autorisez-vous à enregistrer l'entretien? --- Rép : Oui

Merci. Si vous souhaitez arrêter l'enregistrement durant l'entretien, vous n'avez qu'à nous le demander. Notez que vous pouvez activer/désactiver votre caméra si vous le préférez.

Avez-vous des questions avant de débiter l'entretien ?

ÉTAPE 1 : Entretien d'identification

1. Quel est votre âge? Combien d'années d'expérience avez-vous comme pilote ?
2. Pouvez-vous estimer le nombre d'heures de navigation que vous avez réalisé?
3. Quelle est la classe et le tonnage (longueurs des navires pour le CPSLC) des navires que vous pouvez piloter?
4. Pouvez-vous décrire les classes de navires que vous conduisez le plus souvent ? Quel type de marchandise transportent-ils ?
5. Quand vous allez au Port de Trois-Rivières, partez-vous normalement de Montréal ou de Québec?

ÉTAPE 2 : Mission

Maintenant, j'aimerais que l'on se concentre sur la manœuvre d'accostage au port de Trois-Rivières, section 16, pour les navires de classe B. Racontez-moi comment vous faite la manœuvre de votre arrivée au port jusqu'à la position finale.

1. Est-ce que pour vous inertie du navire et condition de charge du navire sont des termes qui peuvent s'interchanger?
2. Quand vous arrivez à la timonerie, comment décidez-vous de l'endroit où vous voulez vous positionner? Pourquoi? Lors de la manœuvre, est-ce que vous allez vous déplacer à d'autres endroits? Pourquoi?
3. Selon vous, est-ce qu'il y a différentes méthodes qui peuvent être employées pour effectuer cette manœuvre? Si oui, que devez-vous considérer pour vous permettre de faire un choix?
4. Expliquez-moi les principales actions que vous réalisez. Comment le faites-vous?
5. Lorsque vous réalisez cette tâche, que cherchez-vous à réaliser? Quel est votre but? Qu'essayez-vous de faire?
6. Comment savez-vous que vous avez atteint votre but ou que la situation est sous contrôle? Qu'est-ce qui vous indiquerait qu'au contraire vous êtes en train de dévier de votre but? Comment le savez-vous? À partir de quel moment, est-ce que vous savez que le but ne sera pas atteint?
7. De façon générale, qu'est-ce qui se passe généralement bien lors de l'accostage? Pourquoi?

8. Pareillement, quels sont les actions qui représentent un plus gros défi lors de l'accostage? Pourquoi? Que devez-vous faire ou considérer pour vous assurer que ces tâches soient bien réalisées?
9. Pouvez-vous me raconter un exemple spécifique qui s'est bien déroulé où, durant votre travail, vous avez réalisé l'accostage au port de Trois-Rivières, section 16, avec un navire de classe B.? Comment saviez-vous que ça l'a bien été?
10. Pareillement, pouvez-vous me raconter des manœuvres du scénario où vous avez éprouvé des difficultés à réaliser? Que s'était-il passé? Que recherchiez-vous à faire? Comment avez-vous pu rétablir la situation?
11. Si vous aviez une baguette magique et que vous pouviez tout changer sur le navire, que changeriez-vous pour faciliter votre travail? Pourquoi?

J'imagine que les conditions météo changeantes ajoutent une nouvelle difficulté à cette manœuvre. Pouvez-vous identifier les principales difficultés auxquelles fait face le pilote de navire durant l'accostage au port de Trois-Rivières?

1. Pourquoi est-ce une difficulté? Lequel des buts ou des tâches du pilote sont affectés par cette difficulté?
2. Que faites-vous pour régler ce problème? Comment savez-vous que vous avez rétabli la situation ou que vous avez la situation sous contrôle?
3. Avez-vous déjà vécu une telle situation? Que s'est-il passé?

Selon les réponses du participant, le relancer sur les aspects suivants:

- Météo
- Courant (tirant de l'eau), profondeur du bassin, collision
- Bris, panne, problèmes liés au navire
- Capacités du navire
- Communication avec l'équipage
- Pression temporelle ou de performance

ÉTAPE 3 : Revue de la hiérarchie

Je vous présente maintenant la hiérarchie des buts que nous avons développé avec la connaissance que nous avons du travail du pilote jusqu'à présent. Il s'agit du document que nous vous avons transmis par courriel avant l'entretien. C'est un brouillon de travail, il est en révision et nous avons besoin de votre aide pour le corriger.

1. J'aimerais que vous révisiez la hiérarchie. Représente-t-elle les principaux buts du pilote?
2. En réfléchissant à l'entretien que nous venons d'avoir sur le travail de pilote, pensez-vous à des buts qui sont absents de la hiérarchie? Faut-il modifier certains buts identifiés?
3. (En présentant un but) Utilisez-vous ce vocabulaire pour ce but? Quels mots sont les plus communs dans ce cas?
4. Auriez-vous classé les éléments dans cet ordre? Quel ordre serait plus logique pour vous?
5. Le point de décision correspond aux questions que le pilote se pose pour savoir s'il peut atteindre son but. Quelles questions avez-vous pour ces scénarios? Comment savez-vous si vous avez la situation sous contrôle?
6. (En présentant la liste d'exigences de CS) La liste suivante contient les éléments de la timonerie ou de l'environnement que le pilote utilise pour savoir s'il atteint son but. Lorsque vous réalisez ce but, quelle information utilisez-vous? Cela peut être un indicateur de la timonerie ou de l'information provenant de l'équipage. Que faites-vous avec cette information? En quoi est-elle utile?

Guide d'entrevues pour les pilotes de la CPBSL – Étude 2 Mouillage au port de Québec

PRÉAMBULE

Merci beaucoup de votre participation à cette étude qui se fait en collaboration avec l'Administration de pilotage des Laurentides (APL), la Corporation des Pilotes du Bas St-Laurent (CPBSL), et celle du Saint-Laurent Central (CPSLC). Comme il a été mentionné dans le courriel que vous avez reçu, cet entretien va nous permettre de comprendre le travail d'un pilote de navire et comment les tâches évoluent selon la phase de navigation. L'objectif principal de notre étude est de mieux comprendre la conscience situationnelle lors de manœuvres type en analysant l'ensemble des tâches exécutées et remonter vers les buts et sous buts visés.

Pour se faire, nous commencerons d'abord par vous poser quelques questions sur votre expérience professionnelle comme pilote de navire afin de vous identifier.

Par la suite, nous allons revenir avec vous sur le scénario reproduit durant votre formation, nous vous demanderons de nous résumer les tâches que vous avez effectué durant la manœuvre de mouillage au Port de Québec 502 B. de façon la plus détaillée possible : Les différentes étapes, les décisions que vous avez dû prendre, les éléments que vous avez dû considéré à chacune de ces étapes, etc.. Finalement, on va revenir sur la hiérarchie des buts qu'on vous a envoyé par courriel.

Il est important que vous sachiez que nous n'évaluons pas votre performance durant cet entretien. Vous avez pu prendre connaissance du formulaire de consentement qui présente les conditions de confidentialité et anonymat. Avez-vous des questions par rapport au formulaire de consentement ou des termes qui n'étaient pas clairs?

Avec votre accord, l'entretien sera enregistré afin de pouvoir l'analyser au besoin.

Nous autorisez-vous à enregistrer l'entretien? --- Rép : Oui

Merci. Si vous souhaitez arrêter l'enregistrement durant l'entretien, vous n'avez qu'à nous le demander. Notez que vous pouvez activer/désactiver votre caméra si vous le préférez.

Avez-vous des questions avant de débiter l'entretien ?

ÉTAPE 1 : Entretien d'identification (5 min)

6. Quel est votre âge? Combien d'années d'expérience avez-vous comme pilote ?
7. Pouvez-vous estimer le nombre d'heures de navigation que vous avez réalisé?
 - Nombre d'années, nombre de voyages
8. Quelle est la classe et le tonnage des navires que vous pouvez piloter?
 - Hiérarchie des classes permet de savoir l'expérience du pilote (aller voir dans règlement sur pilotage APL)
9. Pouvez-vous décrire les types de navires que vous conduisez le plus souvent ?

ÉTAPE 2 : Mission (20-25 min)

Maintenant, j'aimerais que l'on se concentre sur le scénario effectué durant la formation, soit le mouillage Bravo au Port de Québec 502 A, B, C, et D. Pouvez-vous me résumer les différentes actions que vous avez effectuées durant votre mouillage?

1. Pourquoi avoir choisi cette méthode plutôt qu'une autre?
2. Quelles sont les actions qui se sont bien passées? (Ex. Approche)
3. Comment savez-vous que vous avez bien réussi la tâche X? (Ex. se positionner contre le courant → Amers visuels à ne pas dépasser + radars)
4. Au contraire, comment savez-vous que vous n'avez pas bien réussi la tâche X? (Ex. se positionner contre le courant)
5. **Comment pourriez-vous rétablir la situation?**
6. Quelles sont les actions qui se sont moins bien passées ou qui sont plus difficiles à effectuer? (Ex. se mettre face au courant)
 - a. Pourquoi? (Ex. risque de collision avec le quai si ne tourne pas assez)
 - b. Que devez-vous faire ou considérer pour vous assurer que ces tâches soient bien réalisées? (Ex. augmenter les points de validation à chaque ordre regarder les mains du timonier et le Gyro et il faut que le timonier répète l'ordre pour assurer une bonne compréhension)
7. Qu'est-ce que vous surveillez? Que regardez-vous dans la timonerie durant cette tâche?
8. Pourquoi est-ce que vous effectuez la tâche X? (Ex. se positionner contre le courant → Avoir une meilleure manœuvrabilité)
9. Quelles sont les difficultés que vous rencontrez quand vous effectuez la tâche X? (Ex. positionner contre le courant → vent du sud-ouest vient impacter la vitesse de giration/ impact lorsqu'on met le moteur vers l'arrière)
 - a. Pourquoi est-ce une difficulté? (Ex. se retrouver trop loin)
 - i. Possibilité de relancer sur les aspects suivants :
 1. Météo
 2. Courant (tirant de l'eau), profondeur du bassin, collision
 3. Bris, panne, problèmes liés au navire
 4. Capacités du navire
 5. Communication avec l'équipage
 6. Pression temporelle ou de performance

- b. Comment devez-vous vous ajuster pour bien réussir à effectuer la tâche X lorsque cette difficulté est présente? (Ex. plus de propulseurs transversaux, mettre moins longtemps le pitch négatif)
- c. Dans le cas où cette tâche n'est pas bien réussie (p.ex. vous vous êtes retrouvé trop loin après la giration à cause du vent) que pourriez-vous faire pour régler le problème?

Autres questions pertinentes :

1. Pouvez-vous me raconter un exemple spécifique qui s'est bien déroulé où, durant votre travail, vous avez réalisé le mouillage au Port de Québec 502 A, B, C, et D? Comment saviez-vous que ça l'a bien été?
2. Pareillement, pouvez-vous me raconter des manœuvres du scénario où vous avez éprouvé des difficultés à réaliser? Que s'était-il passé? Que recherchiez-vous à faire? Comment avez-vous pu rétablir la situation?
3. Si vous aviez une baguette magique et que vous pouviez tout changer sur le navire, que changeriez-vous pour faciliter votre travail? Pourquoi?

ÉTAPE 3 : Revue de la hiérarchie (10 à 15 min)

Je vous présente maintenant la hiérarchie des buts que nous avons développé avec la connaissance que nous avons du travail du pilote jusqu'à présent. Il s'agit du document que nous vous avons transmis par courriel avant l'entretien. C'est un brouillon de travail, il est en révision et nous avons besoin de votre aide pour le corriger.

7. J'aimerais que vous révisiez la hiérarchie. Représente-t-elle les principaux buts du pilote?
8. En réfléchissant à l'entretien que nous venons d'avoir sur le travail de pilote, pensez-vous à des buts qui sont absents de la hiérarchie? Faut-il modifier certains buts identifiés?
9. (En présentant un but) Utilisez-vous ce vocabulaire pour ce but? Quels mots sont les plus communs dans ce cas?
10. Auriez-vous classé les éléments dans cet ordre? Quel ordre serait plus logique pour vous?

11. Le point de décision correspond aux questions que le pilote se pose pour savoir s'il peut atteindre son but. Quelles questions avez-vous pour ces scénarios? Comment savez-vous si vous avez la situation sous contrôle?
12. (En présentant la liste d'exigences de CS) La liste suivante contient les éléments de la timonerie ou de l'environnement que le pilote utilise pour savoir s'il atteint son but. Lorsque vous réalisez ce but, quelle information utilisez-vous? Cela peut être un indicateur de la timonerie ou de l'information provenant de l'équipage. Que faites-vous avec cette information? En quoi est-elle utile?

ANNEXE D – ÉTUDE 1 ANALYSE DE TÂCHE ORIENTÉE VERS LES BUTS

Étude 1 – Accostage au port de Trois-Rivières.

1. Sélectionner un plan d'accostage sécuritaire et efficace

1.1. Évaluer les caractéristiques du navire

1.1.1. Évaluer les équipements présents sur le navire

1.1.1.1. N1

1.1.1.1.1. Bris ou des équipements défectueux

1.1.1.1.2. Équipements fonctionnels sur le navire

1.1.2. Déterminer la manœuvrabilité du navire

1.1.2.1. N1

1.1.2.1.1. Temps de réaction du navire

1.1.2.1.2. Contrôle du navire

1.1.2.1.3. Inertie du navire

1.1.2.1.4. Tirant d'eau

1.1.2.1.5. Effet du pas d'hélice

1.2. Évaluer les conditions externes

1.2.1. N1

1.2.1.1. Force et direction du courant

1.2.1.2. Force et direction du vent

1.2.1.3. Degré de visibilité

1.2.1.4. Niveau d'eau (dégagement sous quille)

1.2.1.5. Présence de glace

1.2.1.6. Condition de trafic

1.2.2. N3

1.2.2.1. Conditions externes attendues au Port de Trois-Rivières

1.3. Déterminer la méthode d'accostage choisie (méthode traditionnelle ou non traditionnelle)

1.3.1. N1

1.3.1.1. Dimensions du navire

1.3.1.2. Conditions de charges (tirant d'eau)

1.3.1.3. Conditions de vents

1.3.1.4. Conditions de courants

1.3.1.5. Conditions de trafic

1.3.1.6. Manœuvrabilité du navire

1.3.1.7. Effet du pas d'hélice

1.3.1.8. Capacité de propulsion du navire

1.4. Déterminer l'approche qui sera effectuée par le navire (en fonction de la largeur choisie entre les quais et le navire)

1.4.1. N1

1.4.1.1. Positionnement du navire par rapport au courant

1.4.1.2. Sens de rotation et type d'hélice

- 1.4.1.3. Poids (tonnage) du navire
 - 1.4.1.4. Dimension du navire
 - 1.4.1.5. Présence et vitesse effective du ou des propulseurs
 - 1.4.1.6. Dimension du gouvernail
 - 1.4.1.7. Largeur navigable
 - 1.4.1.8. Conditions de trafic
 - 1.4.1.9. Méthode choisie
 - 1.5. Évaluer si un ou des remorqueurs sont nécessaires
 - 1.5.1.N1
 - 1.5.1.1. Manœuvrabilité du navire (semblable au point 1.1.)
 - 1.5.1.2. Conditions externes (vents très forts et marée)
 - 1.5.1.3. La manœuvre à effectuer (méthode et quai en question, conditions de trafic, largeurs navigable, marge de manœuvre)
 - 1.6. Choisir et préparer la ou les ancrés à jeter
 - 1.6.1.N1
 - 1.6.1.1. Ancres fonctionnelles
 - 1.6.1.2. Méthode choisie
 - 1.6.1.3. Sens de giration
 - 1.6.1.4. Largeur entre le quai et le navire
 - 1.6.1.4.1. Présence de remorqueurs
 - 1.6.1.5. N2
 - 1.6.1.5.1. Impact de la chaîne d'ancre sur le travail du ou des remorqueurs
 - 1.7. Briefer l'équipage du plan d'accostage
 - 1.7.1.N1
 - 1.7.1.1. Ancre(s) à utiliser
 - 1.7.1.2. Longueur de la chaîne
 - 1.7.1.3. Façon de se positionner par rapport au quai
 - 1.7.1.4. Méthode choisie
 - 1.7.1.5. Vitesse d'approche
 - 1.7.1.6. Moment précis où commencer la giration
 - 1.7.1.7. Amarres à utiliser
- 2. Obtenir l'autorisation d'accostage**
- 2.1. Établir la communication
 - 2.1.1. Communiquer avec l'autorité concernée par VHF
 - 2.1.1.1. Informer sur les informations du navire, le temps d'arriver au quai
 - 2.1.1.2. Vérifier la présence de trafic (trafic montant/ descendants et présence de navires au quai et quais avoisinants)
 - 2.1.1.3. Vérifier niveau d'eau
 - 2.1.1.4. Aviser après l'accostage
 - 2.2. Informer les autorités concernées quand un ou des remorqueurs sont nécessaires (Sous-but actif seulement quand le voyage avant l'approche finale est relativement long, sinon c'est l'agence qui exécute ce sous-but)
- 3. Amarrer (accrocher) les remorqueurs au navire**

- 3.1. Contrôler la vitesse du navire
 - 3.2. Déterminer le moment où les remorqueurs viennent s'accrocher
 - 3.2.1.N1
 - 3.2.1.1. Vitesse sur le fond
 - 3.2.1.2. Conditions externes (vents, courants)
 - 3.2.1.3. Saison hivernale (les amarres peuvent être gelées)
 - 3.2.1.4. Type de remorqueurs (certains prennent plus de temps à s'attacher que d'autres)
 - 3.3. Déterminer le positionnement et la séquence de travail des remorqueurs
 - 3.3.1.N1
 - 3.3.1.1. L'emplacement de la chaîne d'ancre
 - 3.3.1.2. Caractéristiques des remorqueurs (capacité de manœuvre/ de propulsions, conventionnel un ou deux hélices, dimensions)
 - 3.4. Établir la communication avec les remorqueurs
 - 3.4.1. Les informer de leurs positionnements respectifs
 - 3.4.2. S'assurer que la chaîne d'ancre ne nuit pas au travail du remorqueur avant
- 4. Manœuvrer (conduire) le navire sur la route d'approche établie**
- 4.1. Assurer la validité des différentes sources d'information
 - 4.1.1. Déterminer la précision des instruments de mesure
 - 4.1.1.1. N1
 - 4.1.1.1.1. Erreur gyro
 - 4.1.1.1.2. Erreur radar
 - 4.1.1.2. N2
 - 4.1.1.2.1. Impact de la précision des instruments sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
 - 4.2. Surveiller la valeur du signal et valider sa précision en combinant plusieurs sources d'information
 - 4.2.1.1. N1
 - 4.2.1.1.1. CAP signalé/ réel
 - 4.2.1.1.2. Position signalée / réelle
 - 4.2.1.1.3. Exploration visuelle (transits latéraux et longitudinaux)
 - 4.2.1.1.4. Carte électronique
 - 4.2.1.1.5. Index radar
 - 4.2.1.2. N2
 - 4.2.1.2.1. Impact de la contingence entre les différentes sources d'information sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
 - 4.3. Positionner le navire au large du quai de façon sécuritaire et contrôlée
 - 4.3.1.N1
 - 4.3.1.1. Cap
 - 4.3.1.2. Vitesse sur le fond
 - 4.3.1.3. Position
 - 4.3.1.4. Poids et puissance des remorqueurs
 - 4.3.1.5. Moteur

4.4. Améliorer la manœuvrabilité du navire en effectuant un dragage volontaire

4.4.1.1. N1

- 4.4.1.1.1. Longueur de chaînes
- 4.4.1.1.2. Caractéristiques du navire (poids, grosseur, conditions de charge)
- 4.4.1.1.3. Conditions externes (profondeur, type de fonds)

5. Méthode traditionnelle : Effectuer une giration de 180 degrés pour se positionner contre le courant

5.1. Assurer la validité des différentes sources d'information (similaire au point 4.1)

5.2. Surveiller la valeur du signal et valider sa précision en combinant plusieurs sources d'information (similaire au point 4.2)

5.3. Manœuvrer le navire selon la route choisie

5.3.1. Est-ce que le navire se dirige de façon sécuritaire sur la course désirée à une vitesse contrôlée?

5.3.1.1. N1

- 5.3.1.1.1. Position actuelle/ désirée
- 5.3.1.1.2. CAP actuel/ désiré
- 5.3.1.1.3. Course actuelle/ désiré
- 5.3.1.1.4. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée
- 5.3.1.1.5. Effet du pas d'hélice (**si le navire doit être mis en marche arrière)

5.3.1.1.6. Puissance de la machine

5.3.1.1.7. Roue

5.3.1.2. N2

- 5.3.1.2.1. Déviation pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée
- 5.3.1.2.2. Défection de la roue pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée : neutre, trop élevé, trop faible
- 5.3.1.2.3. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
- 5.3.1.2.4. Défection de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop élevé, trop faible
- 5.3.1.2.5. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 5.3.1.2.6. Défection de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop élevé, trop faible
- 5.3.1.2.7. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée

5.3.1.2.8. Défection de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée : neutre, trop élevé, trop faible

5.3.1.3. N3

- 5.3.1.3.1. CAP attendu
- 5.3.1.3.2. Position attendue
- 5.3.1.3.3. Course attendue
- 5.3.1.3.4. Vitesse attendue

5.4. Effectuer la giration de 180 degrés

5.4.1. Déterminer l'endroit cible où le navire débute sa giration (Quelle est la position du navire à laquelle la giration devrait débiter?)

5.4.1.1. N1

5.4.1.1.1. Force et direction du courant

5.4.1.1.2. Force et direction du vent

5.4.1.1.3. Manœuvrabilité du navire (voir section 1.1.1.2)

5.4.1.1.4. Position du navire actuelle/ désirée

5.4.1.1.5. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée

5.4.1.1.6. Roue

5.4.1.1.7. Puissance de la machine

5.4.1.2. N2

5.4.1.2.1. Impact des conditions externes sur la dérive du navire et l'ampleur de la giration : faible, neutre, élevé

5.4.1.2.2. Impact de la performance du navire et de ses caractéristiques sur le taux de giration : défavorable, neutre, favorable

5.4.1.2.3. Impact de la vitesse sur le fond sur la vitesse et l'ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable

5.4.1.2.4. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée

5.4.1.2.5. Défection de la puissance du moteur pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et celle désirée : faible, neutre, élevé

5.4.1.3. N3

5.4.1.3.1. Vitesse sur le fond attendue pour débiter la giration

5.4.1.3.2. Position attendue au début et à la fin de la giration

5.4.1.3.3. Ampleur et vitesse de la giration attendue

5.4.2. Est-ce que le navire se dirige à l'endroit cible de façon sécuritaire à une vitesse et un taux de giration contrôlé?

5.4.2.1. N1

5.4.2.1.1. CAP actuel / désirée

5.4.2.1.2. Position actuelle/ désirée

5.4.2.1.3. Roue

5.4.2.1.4. Vitesse/ taux de giration (« rate of turn») actuelle/ désirée

5.4.2.1.5. Ampleur de la giration actuelle/ désirée

5.4.2.1.6. Dérive

5.4.2.1.7. Puissance de la machine

5.4.2.1.8. Puissance des propulseurs transversaux (si à vitesse effective)

5.4.2.1.9. Dragage de l'ancre

5.4.2.2. N2

5.4.2.2.1. Impact de la dérive sur la vitesse/ taux de giration, l'ampleur de la giration, le CAP et la position : faible, neutre, élevé

5.4.2.2.2. Impact du dragage de l'ancre sur la vitesse/ taux de giration et ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable

- 5.4.2.2.3. Déviation entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée
- 5.4.2.2.4. Défection de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
- 5.4.2.2.5. Défection de la puissance du ou des propulseurs transversaux pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
- 5.4.2.2.6. Défection du dragage de l'ancre pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée
- 5.4.2.2.7. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la vitesse/ taux de giration du navire
- 5.4.2.2.8. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 5.4.2.2.9. Défection de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 5.4.2.2.10. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
- 5.4.2.2.11. Défection de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée
- 5.4.2.2.12. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la position et le CAP du navire (dérive)
- 5.4.2.3. N3
- 5.4.2.3.1. Ampleur et vitesse de la giration attendue
- 5.4.2.3.2. Dérive attendue (évaluation du vent, courant et caractéristiques du navire)
- 5.4.2.3.3. Position attendue

6. Effectuer le virage dans le bassin en fonction de l'approche choisie (méthode traditionnelle : approche contre le courant / méthode non traditionnelle : approche dans le sens du courant)

6.1. Déterminer l'endroit cible où le navire débute son virage (Quelle est la position du navire à laquelle la giration devrait débiter?)

6.1.1.N1

- 6.1.1.1. Exploration visuelle
- 6.1.1.2. Carte électronique
- 6.1.1.3. Rétroaction de l'officier situé à l'avant du navire

6.2. Effectuer le virage

6.2.1.N1

- 6.2.1.1. Force et direction du courant
- 6.2.1.2. Force et direction du vent
- 6.2.1.3. Manœuvrabilité du navire (voir section 1.1.1.2)
- 6.2.1.4. Position du navire actuelle/ désirée
- 6.2.1.5. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée
- 6.2.1.6. Roue
- 6.2.1.7. Puissance de la machine

6.2.2.N2

- 6.2.2.1. Impact des conditions externes sur la dérive du navire et l'ampleur de la giration : faible, neutre, élevé
- 6.2.2.2. Impact de la performance du navire et de ses caractéristiques sur le taux de giration : défavorable, neutre, favorable
- 6.2.2.3. Impact de la vitesse sur le fond sur la vitesse et l'ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
- 6.2.2.4. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
- 6.2.2.5. Défection de la puissance du moteur pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et celle désirée : faible, neutre, élevé

6.2.3.N3

- 6.2.3.1. Vitesse sur le fond attendue pour débiter la giration
- 6.2.3.2. Position attendue au début et à la fin de la giration
- 6.2.3.3. Ampleur et vitesse de la giration attendue

6.3. Déterminer si le navire se dirige à l'endroit cible de façon sécuritaire à une vitesse et un taux de giration contrôlé

6.3.1.N1

- 6.3.1.1. CAP actuel / désirée
- 6.3.1.2. Position actuelle/ désirée
- 6.3.1.3. Roue
- 6.3.1.4. Vitesse/ taux de giration (« rate of turn») actuelle/ désirée
- 6.3.1.5. Ampleur de la giration actuelle/ désirée
- 6.3.1.6. Dérive
- 6.3.1.7. Puissance de la machine
- 6.3.1.8. Puissance des propulseurs transversaux (si à vitesse effective)
- 6.3.1.9. Dragage de l'ancre

6.3.2.N2

- 6.3.2.1. Impact de la dérive sur la vitesse/ taux de giration, l'ampleur de la giration, le CAP et la position : faible, neutre, élevé
- 6.3.2.2. Impact du dragage de l'ancre sur la vitesse/ taux de giration et ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
- 6.3.2.3. Déviation entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée
- 6.3.2.4. Défection de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
- 6.3.2.5. Défection de la puissance du ou des propulseurs transversaux pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
- 6.3.2.6. Défection du dragage de l'ancre pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée

- 6.3.2.7. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la vitesse/ taux de giration du navire
- 6.3.2.8. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 6.3.2.9. Défection de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 6.3.2.10. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
- 6.3.2.11. Défection de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée
- 6.3.2.12. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la position et le CAP du navire (dérive)
- 6.3.3.N3
 - 6.3.3.1. Ampleur et vitesse de la giration attendue
 - 6.3.3.2. Dérive attendue (évaluation du vent, courant et caractéristiques du navire)
 - 6.3.3.3. Position attendue
- 6.4. Utiliser les remorqueurs (poussent le navire) (attention : les remorqueurs ont une puissance limitée)
 - 6.4.1. Communiquer avec les remorqueurs pour contrôler leur puissance
 - 6.4.2. Vérifier que les remorqueurs ne sont pas trop près du quai (risques d'accidents, car si trop près, vont devoir partir et navire risque de collision avec le quai)
- 6.5. Contrôler la roue (la gouverne)
- 6.6. Contrôler la vitesse
- 6.7. Vérifier la position du navire (très important de faire attention à la distance entre le remorqueur avant et le coin du quai 14 et le devant du navire avec le coin de la 16 et 17)
 - 6.7.1. Communication avec officier/ remorqueurs
 - 6.7.1.1. Plus on se rapproche du quai, plus la communication est fréquente
 - 6.7.2. Amers visuels
 - 6.7.3. ECDIS (PPU)
 - 6.7.4. Radar (très limité comparé aux amers visuels – certaine limite proximité)
 - 6.7.4.1. Si conditions extrêmes, attendre un autre moment
 - 6.7.4.2. Équipement supplémentaire + pour voir la vitesse ou le CAP
- 7. Entrer de façon contrôlée dans le bassin et manœuvrer le navire à la position finale**
 - 7.1. Utiliser des remorqueurs pour contrer le courant
 - 7.2. Contrôler la roue (la gouverne)
 - 7.3. Contrôler la vitesse, pour avoir une vitesse nulle sur le fond à la position finale
 - 7.4. Communication officiers/ remorqueurs/ amarreurs
 - 7.5. Commencer à envoyer les amarres (la garde montante avant surtout) → aide à réduire la vitesse avec tension sur le winch (Rétablir une situation qui a dérapé / manœuvre non recommandé surtout avec des navires étrangers)
 - 7.5.1. Normalement, amarres sorties à position finale
 - 7.5.2.N1
 - 7.5.2.1. Capacité de retenue du câble pour l'amarrage

8. Positionner le navire à l'endroit cible (au quai)

8.1. Remonter l'ancre

8.2. Finaliser l'amarrage

ANNEXE E – ÉTUDE 2 ANALYSE DE TÂCHE ORIENTÉE VERS LES BUTS

Étude 2 – Mouillage au port de Québec.

1. Sélectionner un plan d’ancrage sécuritaire et efficace

1.1. Évaluer les caractéristiques du navire

1.1.1. Vérifier les équipements présents sur le navire

1.1.1.1. N1

1.1.1.1.1. Bris ou objets défectueux

1.1.1.1.2. Équipements sur le navire

1.1.1.1.2.1. Puissance et vitesse effective du propulseur d’étrave

1.1.1.1.2.2. Ancres fonctionnelles

1.1.1.1.2.3. Dimension du gouvernail

1.1.1.2. N2

1.1.1.2.1. Impact des bris ou des objets défectueux sur la fonctionnalité du navire : faible, neutre, élevé

1.1.1.2.2. Impact de la présence et de la condition d’équipements spécifiques sur le navire : défavorable, neutre, favorable

1.1.1.3. N3

1.1.1.3.1. Plan d’ancrage attendu

1.1.2. Déterminer la manœuvrabilité du navire

1.1.2.1. N1

1.1.2.1.1. Temps de réaction du navire

1.1.2.1.2. Contrôle du navire

1.1.2.1.3. Inertie du navire

1.1.2.1.4. Effet du pas d’hélice

1.1.2.1.5. Dimensions du navire

1.1.2.1.6. Poids (tonnage) du navire

1.1.2.1.7. Tirant d’eau

1.1.2.2. N2

1.1.2.2.1. Impact de la manœuvrabilité du navire sur la performance et fonctionnalité du navire : défavorable, neutre, favorable

1.1.2.3. N3

1.1.2.3.1. Plan d’ancrage attendu

1.2. Évaluer les conditions externes

1.2.1. N1

1.2.1.1. Force et direction du courant

1.2.1.2. Force et direction du vent

1.2.1.3. Présence de trafic

1.2.1.4. Dégagement sous quille

1.2.2. N2

- 1.2.2.1. Impact des conditions externe sur l'évaluation du plan d'ancrage approprié : favorable, neutre, défavorable
- 1.2.2.2. Impact des conditions de trafic sur l'évaluation du plan d'ancrage approprié
- 1.2.2.3. Impact du dégagement sous quille sur l'évaluation du plan d'ancrage approprié
- 1.2.3. N3
 - 1.2.3.1. Plan d'ancrage attendu
 - 1.2.3.2. L'évolution attendue des conditions externes dans le temps
 - 1.3. Déterminer le sens de giration qui sera effectuée par le navire
- 1.3.1. N1
 - 1.3.1.1. Sens de rotation et type d'hélice
 - 1.3.1.1.1. Effet du pas d'hélice
 - 1.3.1.2. Poids (tonnage) du navire
 - 1.3.1.3. Dimension du navire
 - 1.3.1.4. Présence et vitesse effective du ou des propulseurs
 - 1.3.1.5. Dimension du gouvernail
 - 1.3.1.6. Largeur navigable
 - 1.3.1.7. Approche choisie
- 1.3.2. N2
 - 1.3.2.1. Évaluation de l'impact du sens de giration dans le plan d'ancrage (tribord ou bâbord)
- 1.3.3. N3
 - 1.3.3.1. Trafic attendu à destination (au point d'ancrage)
 - 1.4. Déterminer l'approche qui sera effectuée par le navire
- 1.4.1. N1
 - 1.4.1.1. Sens de giration du navire
 - 1.4.1.2. Présence de trafic
 - 1.4.1.3. Conditions météorologiques (vents et courants)
- 1.4.2. N2
 - 1.4.2.1. Impact sur l'approche du navire (sud ou nord)
- 1.4.3. N3
 - 1.4.3.1. Plan d'ancrage attendu
 - 1.5. Déterminer la ou les ancrés à jeter
- 1.5.1. N1
 - 1.5.1.1. Préférence du capitaine (alterner ancre utilisée précédemment)
 - 1.5.1.2. Conditions externes (point de marée, vent)
 - 1.5.1.3. Sens de giration choisi
- 1.5.2. N2
 - 1.5.2.1. Impact des conditions externes sur la direction et l'angle entre la chaîne d'ancre et le navire
 - 1.5.2.2. Impact du sens de giration choisi sur la direction et l'angle entre la chaîne d'ancre et le navire
- 1.6. Briefer l'équipage du plan d'ancrage
 - 1.6.1. N1
 - 1.6.1.1. Le ou les ancrés à utiliser

- 1.6.1.2. Longueur de la chaîne
- 1.6.1.3. La façon de se positionner au point de mouillage
- 1.6.1.4. La façon de descendre l'ancre (mécaniquement ou par gravité)
 - 1.6.1.4.1. Profondeur de l'eau
 - 1.6.1.4.2. Nature du fond
 - 1.6.1.4.3. Présence d'obstacles sous-marins (câbles)

2. Obtenir l'autorisation d'ancrage

- 2.1. Établir la communication
 - 2.1.1. Communiquer avec l'autorité concernée par VHF
 - 2.1.1.1. Informer sur les informations du navire, le temps d'arriver à l'ancrage, la durée de l'ancrage
 - 2.1.1.2. S'informer sur la présence de trafic
 - 2.1.1.3. Aviser avant et après l'ancrage
 - 2.2. Évaluer la nécessité d'un remorqueur
 - 2.2.1. N1
 - 2.2.1.1. Dimensions du navire
 - 2.2.1.2. Présence et puissance du ou des propulseurs
 - 2.3. Au besoin, aviser les autorités concernées de la nécessité d'un ou des remorqueurs (capitaine, Trafic Québec, Groupe Océan)
 - 2.4. Prévoir un bateau pilote avec les autorités concernées (Trafic Québec) si le pilote quitte le navire après l'ancrage
 - 2.4.1. Est-ce sécuritaire de laisser le navire sans pilote après l'ancrage?
 - 2.4.1.1. N1
 - 2.4.1.1.1. Saisons
 - 2.4.1.1.2. Force et direction du vent
 - 2.4.1.1.3. Force et direction du courant
 - 2.4.1.1.4. Type de navire
 - 2.4.1.2. N2
 - 2.4.1.2.1. Impact des conditions externes
 - 2.4.1.2.1.1. Risque de dragage (courant/ vent)
 - 2.4.1.2.2. Réglementation des types de navire

3. Positionner le navire contre le courant selon le sens de giration choisi

- 3.1. Assurer la validité des différentes sources d'information
 - 3.1.1. Déterminer la précision des instruments de mesure
 - 3.1.1.1. N1
 - 3.1.1.1.1. Erreur gyro
 - 3.1.1.1.2. Erreur radar
 - 3.1.1.2. N2
 - 3.1.1.2.1. Impact de la précision des instruments sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
 - 3.1.2. Surveillance de la valeur du signal
 - 3.1.2.1. N1
 - 3.1.2.1.1. CAP signalé/ réel

- 3.1.2.1.2. Position signalée / réelle
- 3.1.2.1.3. Exploration visuelle
- 3.1.2.1.4. Carte électronique
- 3.1.2.1.5. Index radar
- 3.1.2.2. N2
- 3.1.2.2.1. Impact de la contingence entre les différentes sources d'information sur l'évaluation de la position et du CAP du navire : faible, neutre, élevé
- 3.2. Manœuvrer le navire selon la route choisie
- 3.2.1. Est-ce que le navire se dirige de façon sécuritaire sur la course désirée à une vitesse contrôlée
- 3.2.1.1. N1
- 3.2.1.1.1. Position actuelle/ désirée
- 3.2.1.1.2. CAP actuel/ désiré
- 3.2.1.1.3. Course actuelle/ désiré
- 3.2.1.1.4. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée
- 3.2.1.1.5. Effet du pas d'hélice (**si le navire doit être mis en marche arrière)
- 3.2.1.1.6. Puissance de la machine
- 3.2.1.1.7. Roue
- 3.2.1.2. N2
- 3.2.1.2.1. Déviation pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée
- 3.2.1.2.2. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la course actuelle et la course désirée : neutre, trop élevé, trop faible
- 3.2.1.2.3. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
- 3.2.1.2.4. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop élevé, trop faible
- 3.2.1.2.5. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 3.2.1.2.6. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop élevé, trop faible
- 3.2.1.2.7. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
- 3.2.1.2.8. Ajustement de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée : neutre, trop élevé, trop faible
- 3.2.1.3. N3
- 3.2.1.3.1. CAP attendu
- 3.2.1.3.2. Position attendue
- 3.2.1.3.3. Course attendue
- 3.2.1.3.4. Vitesse attendue
- 3.3. Effectuer la giration
- 3.3.1. Quelle est la position du navire à laquelle la giration devrait débiter?
- 3.3.1.1. N1
- 3.3.1.1.1. Force et direction du courant
- 3.3.1.1.2. Force et direction du vent
- 3.3.1.1.3. Manœuvrabilité du navire (voir section 1.1.1.2)
- 3.3.1.1.4. Position du navire actuelle/ désirée

- 3.3.1.1.5. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée
- 3.3.1.1.6. Roue
- 3.3.1.1.7. Puissance de la machine
- 3.3.1.2. N2
- 3.3.1.2.1. Impact des conditions externes sur la dérive du navire et l'ampleur de la giration : faible, neutre, élevé
- 3.3.1.2.2. Impact de la performance du navire et de ses caractéristiques sur le taux de giration : défavorable, neutre, favorable
- 3.3.1.2.3. Impact de la vitesse sur le fond sur la vitesse et l'ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
- 3.3.1.2.4. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
- 3.3.1.2.5. Ajustement de la puissance du moteur pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et celle désirée : faible, neutre, élevé
- 3.3.1.3. N3
- 3.3.1.3.1. Vitesse sur le fond attendue pour débiter la giration
- 3.3.1.3.2. Position attendue au début et à la fin de la giration
- 3.3.1.3.3. Ampleur et vitesse de la giration attendue
- 3.3.2. Est-ce que le navire se dirige à l'endroit cible de façon sécuritaire à une vitesse et un taux de giration contrôlé?
- 3.3.2.1. N1
- 3.3.2.1.1. CAP actuel / désirée
- 3.3.2.1.2. Position actuelle/ désirée
- 3.3.2.1.3. Roue
- 3.3.2.1.4. Vitesse/ taux de giration (« rate of turn») actuelle/ désirée
- 3.3.2.1.5. Ampleur de la giration actuelle/ désirée
- 3.3.2.1.6. Dérive
- 3.3.2.1.7. Puissance de la machine
- 3.3.2.1.8. Puissance des propulseurs transversaux (si à vitesse effective)
- 3.3.2.1.9. Dragage de l'ancre
- 3.3.2.2. N2
- 3.3.2.2.1. Impact de la dérive sur la vitesse/ taux de giration, l'ampleur de la giration, le CAP et la position : faible, neutre, élevé
- 3.3.2.2.2. Impact du dragage de l'ancre sur la vitesse/ taux de giration et ampleur de la giration : défavorable, neutre, favorable
- 3.3.2.2.3. Déviation entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée
- 3.3.2.2.4. Ajustement de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
- 3.3.2.2.5. Ajustement de la puissance du ou des propulseurs transversaux pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée : faible, neutre, élevé
- 3.3.2.2.6. Ajustement du dragage de l'ancre pour corriger l'écart entre la vitesse/ taux de giration actuelle et la vitesse/ taux de giration désirée

- 3.3.2.2.7. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la vitesse/ taux de giration du navire
- 3.3.2.2.8. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 3.3.2.2.9. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 3.3.2.2.10. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
- 3.3.2.2.11. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée
- 3.3.2.2.12. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la position et le CAP du navire (dérive)
- 3.3.2.3. N3
- 3.3.2.3.1. Ampleur et vitesse de la giration attendue
- 3.3.2.3.2. Dérive attendue (évaluation du vent, courant et caractéristiques du navire)
- 3.3.2.3.3. Position attendue

4. Jeter l'ancre selon le plan d'ancrage établi

4.1. Immobiliser le navire

- 4.1.1. Est-ce que le navire est positionné correctement au point d'ancrage à une vitesse contrôlée?
 - 4.1.1.1. N1
 - 4.1.1.1.1. Position actuelle/désirée
 - 4.1.1.1.2. CAP actuel/ désiré
 - 4.1.1.1.3. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée
 - 4.1.1.1.4. Roue
 - 4.1.1.1.5. Puissance de la machine
 - 4.1.1.2. N2
 - 4.1.1.2.1. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
 - 4.1.1.2.2. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.1.1.2.3. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
 - 4.1.1.2.4. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.1.1.2.5. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
 - 4.1.1.2.6. Ajustement de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
 - 4.1.1.2.7. Impact des conditions externes (vents, courants) sur la vitesse sur le fond du navire
 - 4.1.1.3. N3
 - 4.1.1.3.1. Position attendue
 - 4.1.1.3.2. Vitesse attendue
 - 4.1.1.3.3. Distance avant d'arriver au point cible
 - 4.1.1.4. Est-ce que la ou les ancres sont prêtes à être jeter à l'eau?
 - 4.1.1.4.1. N1

- 4.1.1.4.1.1. Ancres libres et dégagées
- 4.1.1.4.1.2. Ancres descendues sur le guindeau
- 4.2. Jeter l'ancre et surveiller son exécution
 - 4.2.1. Est-ce que l'officier en charge d'ancrage effectue l'ordre de jeter l'ancre?
 - 4.2.1.1. N1
 - 4.2.1.1.1. Rétroaction de l'officier en charge d'ancrage par VHF actuelle/désirée
 - 4.2.1.1.2. Longueur de chaîne
 - 4.2.1.1.3. Tenue de l'ancre
 - 4.2.1.2. N2
 - 4.2.1.2.1. Déviation entre les rétroactions actuelles de l'officier et les rétroactions désirée
 - 4.2.1.2.2. Ajustement de longueur de chaîne avec l'officier en charge d'ancrage pour corriger l'écart entre les rétroactions actuelles et les rétroactions désirées : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.2.1.3. N3
 - 4.2.1.3.1. Tenue de l'ancre attendue
- 4.3. Étirer la chaîne d'ancre
 - 4.3.1.1. Est-ce que le navire recule de façon sécuritaire et contrôlée sur son ancre?
 - 4.3.1.1.1. N1
 - 4.3.1.1.1.1. Vitesse sur le fond actuelle/ désirée
 - 4.3.1.1.1.2. Position actuelle/ désirée
 - 4.3.1.1.1.3. CAP actuel/ désirée
 - 4.3.1.1.1.4. Direction de la chaîne d'ancre par rapport au navire actuelle/désirée
 - 4.3.1.1.1.5. Roue
 - 4.3.1.1.1.6. Puissance de la machine
 - 4.3.1.1.1.7. Effet du pas d'hélice (**si la machine est mise en marche arrière)
 - 4.3.1.1.1.8. Force et direction du courant
 - 4.3.1.1.1.9. Force et direction du vent
 - 4.3.1.1.2. N2
 - 4.3.1.1.2.1. Impact des conditions externes (vents, courant) sur la vitesse sur le fond, la position, le CAP et la direction de la chaîne d'ancre : faible, neutre, élevé
 - 4.3.1.1.2.2. Impact de l'effet du pas d'hélice sur la position et le CAP du navire : faible, neutre, élevé
 - 4.3.1.1.2.3. Déviation entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée
 - 4.3.1.1.2.4. Ajustement de la puissance de la machine pour corriger l'écart entre la vitesse sur le fond actuelle et la vitesse sur le fond désirée : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.3.1.1.2.5. Déviation entre la position actuelle et la position désirée

- 4.3.1.1.2.6. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée
- 4.3.1.1.2.7. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 4.3.1.1.2.8. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré
- 4.3.1.1.2.9. Déviation entre la direction de la chaîne d'ancre actuelle et la direction de la chaîne d'ancre désirée
- 4.3.1.1.2.10. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la direction de la chaîne actuelle et la direction désirée : neutre, trop faible, trop élevé
- 4.3.1.1.3. N3
 - 4.3.1.1.3.1. Direction de la chaîne attendue
 - 4.3.1.1.3.2. Position et CAP attendus
 - 4.3.1.1.3.3. Impact des conditions externes attendu
- 4.3.1.2. Est-ce que l'ancre drague?
 - 4.3.1.2.1. N1
 - 4.3.1.2.1.1. Mouvement élastique
 - 4.3.1.2.1.2. Position actuelle/ désirée
 - 4.3.1.2.1.3. CAP actuel/ désirée
 - 4.3.1.2.1.4. Tension dans la chaîne actuelle/ désirée
 - 4.3.1.2.1.5. Changements de marées
 - 4.3.1.2.1.6. Force et direction du courant
 - 4.3.1.2.1.7. Force et direction du vent
 - 4.3.1.2.1.8. Type de fond
 - 4.3.1.2.1.9. Longueur de chaîne
 - 4.3.1.2.1.10. Roue
 - 4.3.1.2.2. N2
 - 4.3.1.2.2.1. Identification du mouvement de rebond
 - 4.3.1.2.2.2. Impact des conditions externes (changement de marées, type de fond, vents, courant) sur la tenue de l'ancre
 - 4.3.1.2.2.3. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
 - 4.3.1.2.2.4. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.3.1.2.2.5. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désirée
 - 4.3.1.2.2.6. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.3.1.2.2.7. Déviation entre la tension dans la chaîne actuelle et la tension dans la chaîne désirée
 - 4.3.1.2.2.8. Ajustement de la longueur de chaîne donnée pour corriger l'écart entre la tension dans la chaîne actuelle et la tension dans la chaîne désirée : neutre, trop faible, trop élevée

- 4.3.1.2.3. N3
 - 4.3.1.2.3.1. Mouvement du navire attendu
 - 4.3.1.2.3.2. Position et CAP attendu
 - 4.3.1.2.3.3. Impact des conditions externes attendu
- 4.4. S'assurer que le positionnement final du navire au point d'ancrage est contrôlé et sécuritaire
 - 4.4.1. Est-ce que le navire se déplace sur le fleuve de façon non contrôlé ou sort de la zone d'évitage établie selon le plan d'ancrage
 - 4.4.1.1. N1
 - 4.4.1.1.1. Déplacement actuel/ désirée
 - 4.4.1.1.2. Position actuelle/ désirée
 - 4.4.1.1.3. CAP actuel/ désiré
 - 4.4.1.1.4. Force et direction du courant
 - 4.4.1.1.5. Force et direction du vent
 - 4.4.1.1.6. Changement de marée
 - 4.4.1.1.7. Roue
 - 4.4.1.1.8. Puissance du ou des propulseurs transversaux
 - 4.4.1.2. N2
 - 4.4.1.2.1. Identification d'un déplacement : reste ou sort de la zone d'évitage déterminée
 - 4.4.1.2.2. Impact des conditions externes (courants, vents, changements de marée) sur la position et le CAP du navire : défavorable, neutre, favorable
 - 4.4.1.2.3. Déviation entre la position actuelle et la position désirée
 - 4.4.1.2.4. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.4.1.2.5. Ajustement de la puissance des propulseurs transversaux (**moins efficace lorsque le navire est ancré**) pour corriger l'écart entre la position actuelle et la position désirée : neutre, trop faible, trop élevée
 - 4.4.1.2.6. Déviation entre le CAP actuel et le CAP désiré
 - 4.4.1.2.7. Ajustement de l'alignement de la roue pour corriger l'écart entre le CAP actuel et le CAP désiré : neutre, trop faible, trop élevé
 - 4.4.1.3. N3
 - 4.4.1.3.1. Position et CAP attendus
 - 4.4.1.3.2. Déplacement attendu