HOGERE ZEEVAARTSCHOOL ANTWERPEN

RIPAM pour navires autonomes, proposition d'adaptations et de modifications

Pierre Duhot

Mémoire présenté pour l'obtention
du titre de
Master en Sciences Nautiques

Promoteur: Christophe Sensen

année académique: 2020 - 2021.

Avant-propos :

Ce mémoire constitue la pièce finale pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Nautiques à la Haute Ecole de navigation d'Anvers. Il constitue une analyse des adaptations, modifications et interprétations qui devraient être apportées à la version actuelle du RIPAM afin de permettre aux navires de surface autonome de naviguer conformément aux règles comprises dans ce dernier.

Je tiens à remercier mon professeur et promoteur Monsieur C. Sensen pour son aide et ses conseils ainsi que Monsieur G. De Vries et ses collègues pilotes à Anvers pour leur participation à l'enquête réalisée ainsi que pour leurs retours et commentaires multiples m'ayant permis de mener à bien cette recherche.

Résumé :

Lorsque l'on analyse le RIPAM 1972 et que l'on envisage une potentielle implémentation des navires autonomes, il parait clair que la version actuelle du RIPAM doit être adaptée pour des navires n'ayant aucun officier à leur passerelle. Certaines règles nécessitent d'être modifiées ou amendées.

En se basant sur une enquête réalisée auprès d'officiers, de recherches effectuées et des discussions avec des pilotes de port, chaque règle est analysée et des changement/interprétations y sont fait afin de permettre l'implémentation des navires autonomes.

Ces changement consistent d'une interprétation de la notion de vue et de veille, de la définition et interprétation du « bon sens marin » pour les navires autonomes ainsi que de l'ajout et définition de certaines notions ou valeurs qui seront utilisées par les systèmes autonomes.

Suite à cette analyse, il semble clair que seul des modifications et/ou interprétations des règles permettront une implémentation des navires autonomes au sein de la flotte mondiale actuelle. Cette implémentation sera néanmoins progressive dans le temps afin de permettre aux différents changement d'être correctement mis en œuvre et éprouvés ainsi qu'aux différentes technologies d'être développées afin d'équiper les navires autonomes de demain.

Abstract :

When we analyze the 1972 COLREG's and we evaluate the possible introduction of autonomous vessels, it seems clear that the actual version of the COLREG needs to be adapted for vessels having no officers on their bridge. Some rules will thus need to be modified or amended.

Using a survey answered by deck officers, research made and discussions with port pilot's, each rule is deeply analyzed and changes/interpretations are made in order to allow the introduction of autonomous ships.

Those changes mainly consist of the interpretation of the notion of sight, look-out and good seamanship for autonomous vessels and the addition and definition of certain values that will be used by autonomous systems.

Following this research, it appears that some modifications and/or interpretations of the rules will be necessary in order to allow autonomous vessels to be used amongst the actual merchant fleet. The introduction of autonomous will however be gradual in the time to allow the different changes to be properly implemented and tested as well as to develop the technologies that will eventually be used by tomorrow's autonomous ships.

Table des matières

Avant-propos : i

Résumé : ii

Abstract : iii

Liste des figures : vii

Liste des tableaux : viii

Liste des abréviations : ix

Introduction : 1

1 Autonomie des navires : 3

1.1 Degré Un – Navire doté de processus et d'une aide à la décision automatisés : 5

1.2 Degré Deux – Navire commandé à distance avec gens de mer à bord : 6

1.3 Degré Trois – Navire commandé à distance sans gens de mer à bord : 7

1.4 Degré Quatre – Navire complètement autonome : 8

2 RIPAM 1972 : 9

2.1 Structure : 9

3 Partie A – Généralités : 11

3.1 Règle 1 – Champ d'application : 11

3.2 Règle 2 – Responsabilité : 11

3.2.1 Règle 2 a) : 11

3.2.2 Règle 2 b) : 14

3.3 Règle 3 – Définitions générales : 15

3.3.1 Définition de navire autonome : 15

3.3.2 Définition d'opérateur à distance : 18

3.3.3 Navires en vues les uns des autres : 18

3.3.4 Nouveau type de navire privilégié par défaut ? 19

4 Partie B – Règles de barre et de route : 21
4.1 Section 1 – Conduite de navires dans toutes les conditions de visibilité : 21
4.1.1 Règle 4 – Champ d'application : 21
4.1.2 Règle 5 – Veille : 21
4.1.3 Règle 6 – Vitesse de sécurité : 29
4.1.4 Règle 7 – Risque d'abordage : 30
4.1.5 Règle 8 – Manœuvres pour éviter les abordages : 35
4.1.6 Règle 9 – Chenaux étroits & Règle 10 – Dispositifs de séparation du trafic : 39
4.2 Section 2 – Conduite des navires en vue les uns des autres : 42
4.2.1 Règle 11 – Champ d'application : 42
4.2.2 Règle 12 – Navires à voiles : 43
4.2.3 Règle 13 – Navire qui en rattrape un autre : 44
4.2.4 Règle 14 – Navires qui font des routes directement opposées : 45
4.2.5 Règle 15 – Navires dont les routes se croisent : 47
4.2.6 Règle 16 – Manœuvre du navire non privilégié : 48
4.2.7 Règle 17 – Manœuvre du navire privilégié : 49
4.2.8 Règle 18 – Responsabilités réciproques des navires : 54
4.3 Section 3 - Conduite des navires par visibilité réduite : 55
4.3.1 Règle 19 - Conduite des navires par visibilité réduite : 55
5 Partie C - Feux et marques : 58
5.1 Ajout de feux et marques spécifiques aux navires autonomes : 58
5.1.1 Caractéristiques : 59
6 Partie D : Signaux sonores et lumineux : 61
6.1 Règle 33 – Définitions : 61
6.2 Règle 34 – Signaux de manœuvres et signaux d'avertissement : 61
7 Annexe 3 - Caractéristiques techniques du matériel de signalisation sonore : 63

7.1 2 - Cloche ou gong : 63

8 Modifications alternatives : 64

8.1 Constamment appliquer la règle 19 : 64

8.1.1 Complètement modifier le RIPAM et ne garder que la règle 19 : 67

8.2 Considérer les navires autonomes comme privilégiés par défaut : 68

9 Proposition de modification : 71

9.1.1 Règle 2 : 71

9.1.2 Règle 3 : 71

9.1.3 Règle 5 : 71

9.1.4 Règle 6 : 71

9.1.5 Règle 7 : 72

9.1.6 Règle 8 : 72

9.1.7 Règle 13 : 72

9.1.8 Règle 14 : 72

9.1.9 Règle 19 : 72

9.1.10 Règle 33 : 73

9.1.11 Annexe 3 – 2 : 73

Conclusion : 74

Bibliographie : 77

Liste des annexes : 81

Liste des figures :

Figure 1 Opinion d'un échantillon de marins sur la responsabilité en cas d'incidents avec un navire autonome 13

Figure 2 Comment considérer les navires autonomes selon un échantillon de marins. 19

Figure 3 Opinion de marins quant à l'ordre d'importance des outils disponibles pour effectuer une veille efficace 23

Figure 4 Opinion de marins quant à la confiance accordée aux appareils électroniques dans pour la veille autonome 26

Figure 5 Pourcentage de réponse des distances auxquels commencer la manœuvre d'anticollision pour deux navires naviguant à 15 nœuds 36

Figure 6 Pourcentage de réponse pour le CPA minimal en haute mer pour deux navires naviguant à 15 nœuds 37

Figure 7 Opinion de marins quant à l'imposition de voies spéciales pour les navires autonomes. 41

Figure 8 Vue schématique en plan des feux d'un NAPM faisant route 44

Figure 9 Diagramme de comparaison des secteurs lumineux et des types de routes de collision. 46

Figure 10 Ordre de privilège actuel selon la règle 18 54

Figure 11 Opinion de marins sur l'ajout de feux/marques propres aux navires autonomes 59

Figure 12 Proposition de feux de nuit pour navire autonome 59

Figure 13 Interprétation de la proposition de marque de jour pour les navires autonomes 60

Figure 14 Opinion de marins quant à l'application de la règle 19 lors d'une interaction entre plus de deux navires 66

Figure 15 Ordre de priorité en fonction des types de navires selon un échantillon de marins 69

Figure 16 Résultat du sondage auprès de marins quant à l'ordre de priorité en fonction des types de navires 70

Liste des tableaux :

Tableau 1 Comparatif des niveaux d'autonomies proposés par Lloyd's Register et ceux utilisé par l'OMI 4

Tableau 2 Niveaux d'autonomies pour l'exercice de définition règlementaire..... 5

Tableau 3 Changement de relèvement en fonction du changement de distance 33

Liste des abréviations :

ARPA	Automatic radar plotting aid Aide de pointage de radar automatique
CPA	Closest point of approach Point de rapprochement maximal
DGPS	Differential Global Positioning System Système mondial de positionnement différentiel
DST / TSS	Dispositif de séparation de trafic Traffic separation scheme
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ENC	Electronic navigational chart
GPS	Global positioning system Système mondial de positionnement
LOA	Length Overall Longeur hors-tout
M / NM	Mile (nautique) Nautical mile
MASS	Maritime Autonomous Surface Ships Navires de surface autonomes
MSC	Maritime Safety Committee Comité de la sécurité maritime de l'OMI
NAPM	Navire à propulsion mécanique
NSE	Navire sans équipage
NUC	Not under command Navire non maître de sa manœuvre
OMI / IMO	Organisation Maritime Internationale International Maritime Organisation
RAM	Restricted in her ability to maneuver Navire à capacité de manœuvre restreinte

RIPAM / COLREG	Règlement International pour prévenir les abordages en mer International Regulations for preventing collisions at sea
SOLAS	International convention for the the safety of life at sea Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer
TCPA	Time to closest point of approach Temps prévu pour arriver au point de rapprochement maximal
VHF	Very High Frequency (radio communication) Radiocommunication par très haute fréquence

Introduction :

Ce mémoire consiste en une analyse en profondeur de la version actuelle du RIPAM datant de 1972 afin de déceler, analyser et, dans la mesure du possible, résoudre les éventuels problèmes que celui-ci pose à l'introduction des navires autonomes au sein de la flotte mondiale de navire marchand actuelle.

Chacune des règles y est analysée une par une afin de repérer les possibles limitations et entraves que celles-ci pourrait poser aux navires autonomes. Chaque problème est ensuite développé afin de mettre en lumière la nature même de celui-ci. Suite à cela, des solutions sont proposées sur base de réflexion appuyées par des recherches effectuées, des discussions avec des officiers spécialisés dans le règlement de la navigation ou par les avis d'un échantillon d'officiers de la marine marchande ayant participé à une enquête réalisée préalablement.

Cette enquête a été réalisée à la suite de l'étude faites l'année précédente dans le cadre du mémoire de bachelier en Sciences Nautiques afin d'obtenir les opinions d'officiers expérimentés et leurs éventuels commentaires ou remarques vis-à-vis des problèmes présents dans le RIPAM ou des propositions faites pour essayer de solutionner les dit problèmes.

Ce mémoire n'analyse le RIPAM que d'un point de vue purement fonctionnel et non pas technique. Le fonctionnement des différents systèmes autonomes, leurs capacités et limitations ne sont pas discutées ici. La recherche est faite du point de vue du RIPAM et non pas de celles des navires autonomes.

Néanmoins, le premier chapitre est dédié à l'autonomie des navires et aux différents niveaux qui peuvent la composer ainsi que les différences qui existent entre elles. Les différentes règles du RIPAM sont par la suite analysées différemment en fonction de ces quatre niveaux ou pas en fonction de la nature des problèmes existants dans la règle en question.

La majeure partie de ce mémoire aborde le RIPAM et ses obstacles en utilisant comme assomption que les navires autonomes devraient être considéré comme des navires à propulsion mécanique standard.

Cette assomption découle de la question principale de l'enquête où trois propositions étaient faites aux participants afin de choisir comment considérer les navires autonomes et où le la proposition de les considérer comme des navires autonomes standards avait recueillie le plus de votes.

Malgré le fait que celles-ci n'aient pas reçu la majorité des votes, les deux autres propositions sont abordées afin de déterminer comment celles-ci pourraient fonctionner si elles venaient à être retenues dans le futur.

Pour conclure, une liste de propositions de modifications des règles jugées comme nécessitant des amendements est faites sur base des conclusions des analyses de ces mêmes règles.

Il est à noter que de manière générale, les navires autonomes, ou du moins la perception que les marins actuels en ont, paraissent particulièrement mauvais et menaçants aux yeux de ces derniers. Il est arrivé à plusieurs reprises que des personnes à qui il avait été proposé de participer à l'enquête refusent catégoriquement et de manière virulente ou essaie tout simplement de saboter celle-ci. Tous les résultats volontairement non pertinents ont donc été mis de côté pour cette analyse.

1 Autonomie des navires :

Le terme navire autonome peut être assez vague à première vue, on ne sait pas directement si l'on parle d'un navire ayant un équipage à bord et quelques instruments avec des fonctions autonomes, d'un navire étant contrôlé à distance ou alors d'un navire « robot » complètement autonome et sans personne à bord.

Dans le cadre de l'exercice de définition réglementaire des navires de surface autonomes, le comité de sécurité de l'OMI a défini un navire autonome comme étant " […] un navire qui, à divers degrés, peut être exploité sans interaction humaine[13]. »

Cette définition n'étant pas suffisamment précise afin de permettre les travaux nécessaires à la recherche sur les navires autonomes, divers classements de degrés d'autonomies ont été proposés par différentes organisations et pays membres. Les différents classements variaient chacun des uns des autres d'une manière ou d'une autre mais certaines caractéristiques communes existent malgré tout. Les pays membres se sont accordés à l'unanimité pour dire que les niveaux d'autonomies devraient être simple afin d'être applicable lors des différents projets.

Lors de sa centième réunion, le comité pour la sécurité de l'OMI a défini les niveaux de l'autonomie comme suit [13] [16]:

- *Degré Un : Navire doté de processus et d'une aide à la décision automatisés : des navigateurs se trouvent à bord du navire d'où ils exploitent et commandent les systèmes et fonctions de bord. Certaines opérations peuvent être automatisées.*

- *Degré Deux : Navire commandé à distance avec des gens de mer à bord : le navire est commandé et exploité à partir d'un autre endroit, mais des navigateurs sont à bord.*

- *Degré Trois : Navire commandé à distance sans gens de mer à bord : le navire est commandé et exploité à partir d'un autre endroit. Il n'y a pas de navigateurs à bord.*

- *Degré quatre : Navire complètement autonome : le système d'exploitation du navire est en mesure de prendre des décisions et de déterminer de lui-même quelles sont les mesures à prendre.*

Tableau 1 Comparatif des niveaux d'autonomies proposés par Lloyd's Register et ceux utilisé par l'OMI
Source : propre travail [22]

OMI	Lloyd's Register
	AL0
Degré 1	AL1 & 2
Degré 2	AL3
Degré 3	AL4
Degré 4	AL5

Ces niveaux d'autonomie ont été décidés par le MSC en se basant sur les nombreuses propositions des différents organisations et pays membres. Le classement a été fait en prenant en compte deux facteurs.

Le premier est le fait que les niveaux d'autonomies doivent être applicable à tous les équipements et systèmes différents présents à bord d'un navire moderne. Ceci tout en gardant à l'esprit que certains équipements peuvent être à un niveau d'autonomie plus élevé que d'autres équipements avec lesquels ils communiquent ou pas.

Deuxièmement, il fallait que le passage d'un niveau d'autonomie à un autre puisse être possible. Ceci nécessitant une désignation claire des transferts de responsabilité entre les différents acteurs, étant soit l'équipage, le système ou alors un opérateur à distance[9].

Toutefois, il est nécessaire de garder en tête que ces niveaux d'autonomie et leur description n'ont rien de définitif et n'ont été créé que dans le but de guider l'exercice de définition règlementaire pour l'exploitation des navires de surface autonomes.

Tableau 2 Niveaux d'autonomies pour l'exercice de définition règlementaire
Source : adaptation de MSC 102-5-3 [11]

	Niveau d'autonomie	**Contrôle du navire en temps normal**	**Présence humaine**	**Rôle du personnel / opérateur**
Degré 1	Navire doté de processus et d'une aide à la décision automatisés	Par l'équipage de bord et certains systèmes automatisés	A bord	Opération et supervision de certains systèmes
Degré 2	Navire commandé à distance avec gens de mer à bord	Par l'opérateur/système à distance	A bord et à distance	Supervision et reprise en main des systèmes si nécessaire
Degré 3	Navire commandé à distance sans gens de mer à bord	Par l'opérateur à distance	Station à distance	Contrôle à distance
Degré 4	Navire complètement autonome	Par les systèmes complètement autonomes	Non	Reprise en main des systèmes en cas d'urgence

1.1 Degré Un – Navire doté de processus et d'une aide à la décision automatisés :

> *« Navire doté de processus et d'une aide à la décision automatisés : des navigateurs se trouvent à bord du navire d'où ils exploitent et commandent les systèmes et fonctions de bord. Certaines opérations peuvent être automatisées[16]. »*

Ce premier niveau d'autonomie concerne des navires qui semblent être les plus facilement adaptable à la navigation en mer à l'heure actuelle.

Il conserve un équipage à bord dont le but et d'opérer les systèmes du bord et de superviser les automatismes qui peuvent prendre en charge certaines fonctions. L'équipage a cependant toujours la possibilité de reprendre en main le contrôle de l'entièreté des systèmes si besoin est.

Ce type de navire est ce qui se rapproche le plus des navires actuels. Dans le fond, le pilote automatique, l'auto acquire du radar et l'ECDIS sont des systèmes automatiques et/ou, dans certains cas, autonomes. Le meilleur exemple de ce type de navire reste néanmoins les navires étant équipé de système de position dynamique DP étant capable de maintenir le navire dans une certaine position sans intervention majeure de l'officier de quart.

Ce type de navire ne semble donc pas être le plus contraignant en vue de la version actuel du RIPAM. Tant qu'un équipage, même réduit, reste présent à bord pour superviser le système, celui-ci est capable de rendre le navire semblable à un navire actuel.

D'après le rapport présenté par les Îles Marshall dans le cadre de l'exercice de définition réglementaire concernant le RIPAM [11], la majorité des participants à l'exercice se sont accordés sur le fait qu'une révision en profondeur du RIPAM ne serait pas nécessaire afin de permettre l'implémentation de ce type de navire et de leur technologie.

1.2 Degré Deux – Navire commandé à distance avec gens de mer à bord :

> *« Navire commandé à distance avec des gens de mer à bord : le navire est commandé et exploité à partir d'un autre endroit, mais des navigateurs sont à bord[16]. »*

Ce deuxième type de navire ne semble être différent du précédent que dans le fait que le contrôle du navire est effectué à partir d'un autre endroit. Cependant, un équipage reste disponible à bord pour superviser le système et les opérations et pour éventuellement reprendre le contrôle si besoin.

Il semble néanmoins qu'il existe une zone d'ombre quant à ce que « commandé à distance » signifie exactement. Cela pourrait signifier que le navire est constamment supervisé et contrôlé par un opérateur humain qualifié depuis une station à terre. Il pourrait aussi l'être mais par un opérateur responsable de plusieurs navires simultanément (ce qui le rendrait incapable d'être constamment occupé avec le navire en question). Ou encore que celui-ci soit contrôlés par un système autonome installé dans une station à terre.

Dans le cas où le navire serait constamment supervisé et contrôlé par un opérateur humain, certaines règles du RIPAM pourrait poser un problème. La règle 5 par exemple nécessiterait une clarification quant à ce que signifie « une veille visuelle et auditive appropriée, en utilisant tous les moyens disponibles […] et adaptés[27]. »

Dans le second cas, où l'opérateur ne serait pas continuellement disponible pour superviser le navire et le contrôler, l'existence même de la règle 5 poserait un problème.

La troisième possibilité serait que le navire soit contrôlé par un système autonome installé à terre. Le système serait constamment actif lors de la navigation mais pourrait être désactivé par l'officier de quart au cas où ce dernier jugerait nécessaire de reprendre la main. Cette possibilité semble néanmoins être la moins probable.

Dans tous les cas, certaines modifications devraient être apportées au RIPAM afin d'introduire la notion de veille effectuée principalement à l'aide de capteur plutôt que via des moyens traditionnels[11].

Toutefois, la présence d'un équipage à bord disponible pour reprendre le contrôle du navire à la demande semblerait grandement simplifier l'adaptation qui devrait être faite pour ce type de navire.

1.3 Degré Trois – Navire commandé à distance sans gens de mer à bord :

> *« Navire commandé à distance sans gens de mer à bord : le navire est commandé et exploité à partir d'un autre endroit. Il n'y a pas de navigateurs à bord. »[16]*

Ici, un changement drastique s'effectue par rapport au précédent niveau d'autonomie. L'absence d'un équipage à bord capable de reprendre le contrôle et/ou de monitorer les systèmes complique énormément les éventuelles modifications qui devraient être apportés au RIPAM. Ce dernier étant majoritairement basé sur la présence de personnel à bord semblerait nécessiter une révision complète et en profondeur.

Non seulement la règle 5 poserait problème et nécessiterait une révision, mais les autres règles faisant référence à un humain ou une interprétation humaine aurait aussi besoin d'être revue. Par exemple la notion de «[…] précaution que commandent l'expérience ordinaire du marin […]» de la règle 2, ou «[…] exécutée franchement, largement à temps et conformément aux bons usages maritimes. » de la huitième règle [27] font référence à l'humain présent à bord et étant en charge de la navigation.

Toujours selon le rapport MSC 100/5/3 des Îles Marshall, certaines règles devront être réétudiées en profondeur mais certaines pourront simplement être interprétées et légèrement changées pour prendre en compte ces interprétations [11].

1.4 Degré Quatre – Navire complètement autonome :

> *« Navire complètement autonome : le système d'exploitation du navire est en mesure de prendre des décisions et de déterminer de lui-même quelles sont les mesures à prendre. [16] »*

C'est ici que le plus de problèmes se présentent, l'absence de personnel qualifié à bord et l'absence d'opérateur à distance effectuant une veille permanente pose plusieurs questions.

Etant donné que la majorité du RIPAM a été rédigé en se basant sur le principe qu'un opérateur humain est présent à bord semble indiqué qu'une révision en profondeur du RIPAM serait nécessaire.

D'après le rapport rendu au comité de sécurité, les modifications qui seraient apportées au RIPAM devront néanmoins essayer de conserver un maximum de l'actuelle version du règlement [11].

2 RIPAM 1972 :

Le RIPAM - Règlement International pour Prévenir les Abordages en Mer, est une convention de l'OMI adoptée le 20 octobre 1972 et entrée en vigueur le 15 juillet 1977. La version de 1977 est une mise à jour des règles de 1960 qui avaient été annexées à la convention SOLAS la même année.

2.1 Structure :

La version actuelle du RIPAM datant de 1972 et consolidée en 2003 est constituée de 41 règles réparties dans 6 parties. La partie B du RIPAM 1972 est-elle même subdivisée en trois sections. Chacune de ces sections étant applicable en fonction des conditions dans lesquelles le ou les navires se trouvent.

- Partie A – Généralités
- Partie B - Règles de barre et de route
    - Section I : Conduite de navire dans toutes les conditions de visibilité
    - Section II : Conduite des navires en vue les uns des autres
    - Section III : Conduite des navires par visibilité réduite
- Partie C - Feux et marques
- Partie D - Signaux sonores et lumineux
- Partie E – Exemptions
- Partie F - Vérification du respect des dispositions de la convention

Elle est aussi complémentée de quatre annexes contenant des spécifications techniques supplémentaires :

- Annexe 1 - Emplacement et caractéristiques techniques des feux et marques
- Annexe 2 - Signaux supplémentaires des navires de pêche pêchant à proximité les uns des autres
- Annexe 3 - Caractéristiques techniques du matériel de signalisation sonore
- Annexe 4 - Signaux de détresse

Dans le cadre de ce mémoire, les 19 premières règles des parties A et B seront étudiées de manière approfondie de par le fait qu'elles constituent le corps du règlement. En effet, celle-ci régule les différentes manœuvres à effectuer en fonction de la situation, définissent

la majorité des termes utilisées dans ces règles, et gouverne la navigation de manière générale.

En supplément de cela, les règles 33 et 34 de la partie C – Feux et Marques seront étudiées ainsi qu'une partie de l'annexe 3, plus particulièrement les obstacles techniques que celles-ci posent quant à l'implémentation des navires autonomes.

Les parties D, E et F ne seront pas abordées sur base du fait qu'elles ne sont constituées que de directives techniques et de spécifications propres aux équipements et non pas de règles de barre ou de règles statutaires.

3 Partie A – Généralités :

3.1 Règle 1 – Champ d'application :

La première règle du RIPAM décrit à quels navires et dans quelles conditions ces règles sont applicables. Elle décrit que « […] tous les navires en haute mer et dans toutes les eaux attenantes accessibles aux navires de mer » doivent se soumettre aux règles. Néanmoins, ceux-ci ne peuvent se dérober des prescriptions spéciales édictées par les gouvernements afin d'augmenter le nombre et la position des feux et marques de jour pour des navires particuliers. A savoir des navires de guerre, de pêche en flottille ou en convoi.[20]

Ceci implique donc que tout navire autonome qui naviguerait en haute mer ou dans les eaux attenantes devrait bel et bien se soumettre aux règles du RIPAM.

3.2 Règle 2 – Responsabilité :

3.2.1 Règle 2 a) :

> *2a) Aucune disposition des présentes Règles ne saurait exonérer soit un navire, <u>soit son propriétaire, son capitaine ou son équipage</u> des conséquences d'une négligence quelconque quant à l'application des présentes Règles ou quant à toute précaution que commandent <u>l'expérience ordinaire du marin</u> ou les circonstances particulières dans lesquelles se trouve le navire[27]*

Ici, une multitude de problèmes se posent. En effet, la plupart des termes utilisé sont liés à un élément humain. Que ce soit lorsque l'on parle d'un capitaine, d'un équipage ou d'une quelconque expérience.

Navire du premier degré :

Dans le cas des navires faisant partie du premier degré d'autonomie, le problème ne semble être que très superficiel. En effet, tant qu'un équipage (et donc un capitaine) sont présents à bord et commandent le navire, on pourrait estimer que les règles actuelles continueraient à s'appliquer normalement. Seuls quelques systèmes seraient automatisés et autonomes à bord, ils ne serviraient que d'aide à la navigation. L'équipage et le commandant resterait donc responsable en cas d'incident au même titre qu'un navire actuel ayant un équipage.

Navire du second degré :

Le fait que les navires du second degré d'autonomie soient contrôlés à distance par un opérateur tout en ayant néanmoins un équipage présent à bord soulève plusieurs questions. Il faudrait premièrement qualifier exactement ce qui est entendu par « contrôlé à distance » :

Le navire est constamment contrôlé par un opérateur à distance :

Si l'on considère l'opérateur comme étant en charge de la navigation à tout moment il semblerait qu'une analogie puisse être faite avec le système de quart actuellement en place à bord des navires.

On pourrait considérer l'opérateur (qualifié) comme étant en charge de la navigation de la même manière qu'un officier de quart l'est normalement durant ses deux quarts journaliers. D'une certaine manière, il serait vu comme faisant partie intégrante de l'équipage et donc équitablement responsable par rapport à un officier de quart à bord. Le capitaine resterait alors l'ultime décisionnaire à bord et donc responsable de son navire en cas d'incident.

Le navire est partiellement contrôlé par un opérateur à distance :

Ici, la situation est différente : l'opérateur ne semblerait pas pouvoir être responsable de la navigation de la même manière qu'un officier de quart l'est normalement. Ceci est dû au fait que la totalité de l'attention de l'opérateur ne serait pas dirigée vers un seul navire. La charge sur l'officier de quart présent à bord serait donc accrue par rapport à la situation précédente. Le capitaine, une fois de plus resterait en charge et fautif en cas d'incident.

Le navire est constamment contrôlé par un système autonome installé à terre :

Dans ce cas, il semble que la réflexion serait semblable à celle d'un navire constamment contrôlé par un opérateur à distance. Le système pourrait être vu comme opérant le navire et l'officier de quart présent à bord ou l'opérateur à distance responsable du bon déroulement des opérations. Ils seraient capables de reprendre le contrôle lorsqu'ils estiment que la situation le nécessite. Une fois de plus, le commandant serait le responsable du bord et se devrait d'assumer les conséquences de l'incident.

Navire du troisième degré :

Ici, aucun marin n'est présent à bord. Ni officiers ni capitaine ne peuvent donc être tenu responsable des conséquences des actions du navire. Il semble donc logique de regarder du côté des opérateurs pour des responsables en cas d'éventuels incidents. La question qui se pose alors est de savoir si ces opérateurs peuvent être considéré comme des membres d'équipages comme l'entend actuellement la règle ? Si oui, celle-ci ne semblerait pas nécessité de modification mais seulement une interprétation du terme « équipage ». Dans le cas contraire, un amendement de la règle pourrait être nécessaire afin d'introduire la notion d'opérateur à distance comme potentiel responsable en cas d'accidents.

Navire du quatrième degré :

Ici, on pourrait imaginer un incident qui se déroulerait sans qu'aucune personne qualifiée n'ai repris les commandes du navire. Il n'y aurait non seulement personne à bord pour intervenir si nécessaire mais il pourrait ne pas y avoir d'opérateurs à terre.

Ceci compromet énormément la version actuelle de la seconde règle et nécessiterait très certainement un amendement de celle-ci. Qui devrait alors être tenu responsable ? Selon l'enquête réalisée auprès d'un échantillons de marins afin de savoir qui devrait être tenu responsable selon eux, ceux-ci ont répondu comme suit :

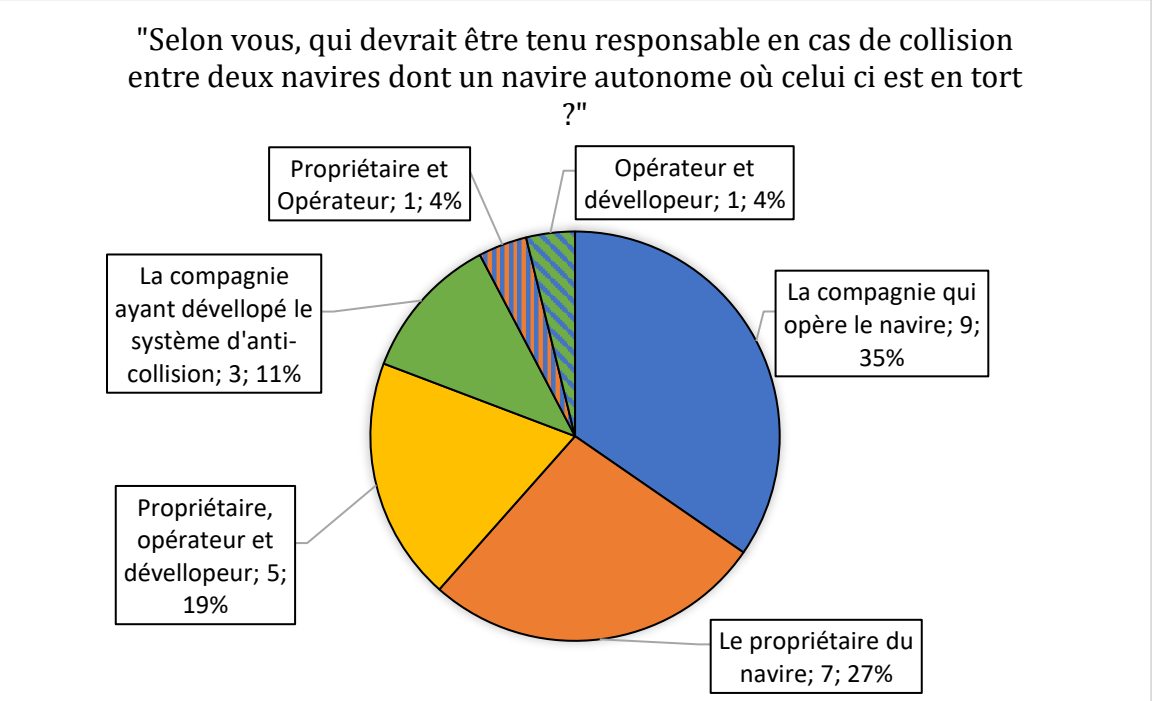


Figure 1 Opinion d'un échantillon de marins sur la responsabilité en cas d'incidents avec un navire autonome
Source : Propre enquête, voir Annexe 1

Lors de l'analyse de ces réponses, il ressort qu'une grande majorité des personnes estiment que le propriétaire et/ou la compagnie qui opère le navire devrai(en)t être tenu(s) pour responsable(s). En plus de cela, 34% des participants estiment que la société en charge du développement des systèmes autonome du navire devrait aussi être incluse dans les responsables.

Etant donné que le propriétaire est déjà cité dans la version actuelle de la règle 2, aucune modification ne devrait être faite pour ça. Par contre, il semblerait que l'introduction d'une référence à l'opérateur du navire et au développeur du système autonome valle la peine d'être envisagée.[1]

3.2.2 Règle 2 b) :

> *« b) En interprétant et en appliquant les présentes Règles, on doit tenir dûment compte de tous les dangers de la navigation et des risques d'abordage, ainsi que de toutes les circonstances particulières, notamment les limites d'utilisation des navires en cause, qui peuvent obliger à s'écarter des présentes Règles pour éviter un danger immédiat[27]. »*

Ici, la règle stipule le fait de s'écarter des règles afin d'éviter un danger immédiat. Cette seconde partie de la règle est très fortement lié à la notion de « bon sens marin » évoqué dans la première partie. En effet, si l'on se doit de dévier des règles prescrites et qu'aucune autres ne sont écrites pour ces situations, seul l'expérience du marin et son bon sens peuvent entrer en jeu lors de la prise de décision.

Le fait est que nulle part dans le RIPAM ne se trouve une définition ou une explication quant à ce qu'est le bon sens marin ni le bon sens de manière générale. Comment pourrait-on donc apprendre à un système autonome à se comporter de la sorte et est-ce que cela pourrait-il être une si grande entrave aux navires autonomes ? Comme souligné par H. Ringbom, la règle stipule qu'une déviation des règles n'est envisageable que lorsque le navire se trouve déjà dans une situation où le danger est imminent [26]. Dans ce cas, le risque de collision existe déjà.

[1] Ceci n'étant qu'une constatation et ne prenant pas en compte la faisabilité légale d'une telle modification car hors du contexte de cette recherche.

D’aucun pourrait expliquer que la version actuelle de la règle ne restreint pas l’implémentation des navires autonomes. En effet, comme expliqué par H. Ringbom, le RIPAM est neutre quant à la personne qui prend les décisions et le lieu où elle se trouve [26]. De plus, lorsqu’il devient permis de dévier des règles les navires sont déjà relativement proches les uns des autres. Un système autonome étant capable de maintenir un CPA le plus grand possible et étant capable d’alarmer un responsable à terre ou à bord à temps serait plus facile à intégrer dans l’actuelle définition de la seconde règle du RIPAM [26].

Si un officier à bord (premier et second degré d’autonomie) ou un opérateur à terre (troisième et quatrième degré) peuvent être avertis par le système suffisamment à temps que pour être capable de reprendre la situation en main et faire preuve de bon sens marin. Seul une interprétation de la version actuelle de la règle semble nécessaire.

Reste néanmoins à définir et mentionner clairement à partir de quel moment est-ce que le navire doit être considéré comme en « danger immédiat ». Une proposition de CPA et de TCPA minimum pourrait être envisagée pour contrer cela. Ces valeurs devraient être déterminées en se basant sur une multitude de facteurs mais une valeur de 1 mile nautique en haute mer et 0.5 mile nautique en eaux restreintes peuvent paraître raisonnable pour le CPA. 6 minutes pour alors être utilisé comme valeur de TCPA.

3.3 Règle 3 – Définitions générales :

La troisième règle du RIPAM défini une série de termes utilisés dans les règles suivantes. Ces définitions sont majoritairement relatives à des types de navires mais servent aussi à définir certaines conditions de navigation dans lesquelles ces navires pourraient se trouver.

3.3.1 Définition de navire autonome :

Dans l’état actuel des choses, les navires autonomes, s’ils venaient à être introduit, serait défini (selon la règle 3a et 3b)[27] comme des « navires, à propulsion mécanique » standard.

D’un point de vue littéraire, rien dans ces deux règles n’empêcherais les navires autonomes d’être défini ainsi. Il semble malgré tout que certaines précisions soient nécessaires afin de clarifier la présence ou non d’un équipage à bord ainsi que du transfert de responsabilité qui l’accompagne.

Etant donné que, d'après les marins ayant participé à l'enquête[2], il soit préférable de modifier le RIPAM le moins possible, il apparaît que garder la définition actuelle de « navire » soit préférable. Il faudrait donc ajouter le moins de nouvelle définition que possible. Néanmoins, une définition supplémentaire devrait être utilisé pour préciser s'il s'agit d'un navire autonome.

On pourrait donc proposer de préciser le fait que le navire peut être équipé en personnel ou non dans la règle 3a), celle-ci pourrait alors devenir :

> *« Le terme "navire" désigne tout engin ou tout appareil de quelque nature que ce soit, y compris les engins sans tirant d'eau, les navions et les hydravions, utilisé ou susceptible d'être utilisé [avec ou sans équipage] comme moyen de transport sur l'eau[27]. »*

En supplément de cela , une nouvelle règle définissant clairement les navires autonomes de surfaces devrait être ajoutée. Comme expliqué précédemment, le comité de sécurité de l'OMI a déjà choisi une définition (non définitive) de ce qu'est un navire autonome de surface. : *« un navire de surface autonome désigne un navire qui, à divers degrés, peut être exploité sans interaction humaine*[13]*. »*

Néanmoins, cette règle n'est pas assez précise et ne permet pas de signaler le transfert de responsabilité éventuel qui pourrait avoir lieu envers l'opérateur à distance.

Avant tout, on se doit de faire la distinction entre « navire autonome » et « navire sans équipage ». Selon Anaïs Chesneau [2], un navire autonome est défini comme *« navire qui aura vocation à naviguer seul grâce à un ordinateur de bord, sans aucune assistance humaine à bord ou à terre. »*

Celle-ci n'est néanmoins pas en accord avec les définitions des degrés d'autonomie données par l'OMI. En effet les trois premiers degrés bénéficient bel et bien d'une assistance humaine (totale ou partielle) à bord ou à terre sous la forme de l'équipage présent sur le navire (degré 1 et 2) ou de l'opérateur à distance (degré 3).

[2] Voir annexe 1

Différenciation des degrés d'autonomies ?

Bien que les différents niveaux d'autonomes aient déjà été abordés dans le chapitre consacré à l'autonomie des navires[3], dans le but d'être le plus clair possible, il paraît préférable de définir chaque niveau séparément au sein de la règle 3. De plus ceux-ci ne sont pas égaux face aux différentes règles et semblent nécessiter des interprétations et/ou modifications dépendamment de leurs caractéristiques.[4]

Les navires du premier degré pourraient simplement être considéré comme des navires à propulsion mécanique standard. L'équipage à bord étant toujours en charge du navire et de la navigation est simplement assisté par des systèmes partiellement autonomes.

Les navires du second degré pourraient être défini comme des « Navires téléguidé ». cette définition, inspirée de celle donnée par Anaïs Chesneau [2] serait alors :

> *« Navire contrôlé, partiellement ou totalement, à distance à partir d'un centre à terre par un opérateur en charge de la navigation. »*

Les navires du troisième degré seraient défini comme des Navires sans équipage ou NSE [2]. La définition proposée pourrait être :

> *« navire naviguant sans équipage, sans marin à son bord, mais en contact à terre avec un centre de contrôle capable d'intervenir à tout moment en cas de besoin et pour les opérations complexes qui ne pourront être effectuées par le navire seul » [2]*

Les navires du quatrième degré seraient alors appelés des « navires autonomes » comme on l'entend de manière générale. Leur définition toujours selon Mme Chesneau [2] serait alors :

> *« Navire ayant pour vocation à naviguer seul grâce à un ordinateur de bord, sans aucune assistance humaine à bord ou à terre [excepté en cas de situation critique ne pouvant être effectuée par le navire seul] »*

[3] Voir Autonomie des navires : page 3
[4] Voir chapitre sur les Degrés d'autonomies, page 3

3.3.2 Définition d'opérateur à distance :

Afin de pouvoir définir clairement l'opérateur à distance, il semble d'abord nécessaire de ré examiner les taches qu'il aura à effectuer et donc ses compétences.

Pour les navires du premier degré, aucun opérateur à distance n'est nécessaire.

Pour les trois autres types par contre, les tâches qui lui seront soumises varient. Pour les navires téléguidés du second degré, il sera responsable de la navigation ainsi que de la veille continuellement ou partiellement. Dans le cas des navires du troisième degré (NSE) et des navires complètement autonomes (4ème degré), l'opérateur serait l'unique personne capable de reprendre le contrôle du navire en cas de difficulté.

Il semble donc qu'en plus des compétences spécifiques nécessaires à l'utilisation d'équipements informatique, l'opérateur doive, au minimum être aussi qualifié et compétent qu'un marin présent à bord. Ceci afin de garantir le même niveau de conscience de la situation[5] que celui d'un marin à bord. En plus de cela, et toujours afin de garantir une conscience de la situation au moins aussi bonne qu'un marin présent à bord, il a été déterminé que l'opérateur à distance devrait avoir une expérience suffisante pour posséder une connaissance de la navigation et un bon sens marin[39].

Néanmoins, après une analyse approfondie du sujet, il semble que celui soit trop complexe pour être défini ici et nécessite une étude dédiée. Cette étude est actuellement en cours au sein de la Haute Ecole de la navigation d'Anvers.

3.3.3 Navires en vues les uns des autres :

> *k) Deux navires ne sont considérés comme étant en vue l'un de l'autre que lorsque l'un d'eux peut être observé visuellement par l'autre.[27]*

Cette partie de la règle 3 est d'une importance cruciale vis-à-vis de la seconde section de la partie B du RIPAM (Conduite des navires en vues les uns des autres). Si la règle 3k) n'est pas modifiée, la section 2 ne pourrait être appliquée aux navires autonomes. En effet, étant donné que ceux-ci utilisent des caméras, équipements radars et autres capteurs afin

[5] Situational awarness

d'effectuer la veille, ils ne peuvent être considéré comme « observant visuellement » au sens propre du terme.[6]

Afin de remédier à ce problème et considérer les différents capteurs comme capable de voir une autre navire la règle pourrait être modifiée de la sorte :

> *k) Deux navires ne sont considérés comme étant en vue l'un de l'autre que lorsque l'un deux peut être* ***physiquement ou instrumentalement*** *observé visuellement par l'autre.*

3.3.4 Nouveau type de navire privilégié par défaut ?

Dans l'enquête réalisée auprès d'un échantillon de 50 marins, il leur a été demandé leur avis sur la manière définir les navires autonomes. Trois choix étaient disponibles :

- Les considérer comme des navires « standard » et modifier la règle 5 afin de pouvoir effectuer la veille à l'aide de capteurs.
- Créer une nouvelle définition se rapportant aux navires autonomes leur donnant un privilège absolu de manière similaire aux navires non-maître de leur manœuvre.
- Toujours se comporter comme des navires en visibilité réduite et donc selon la règle 19.

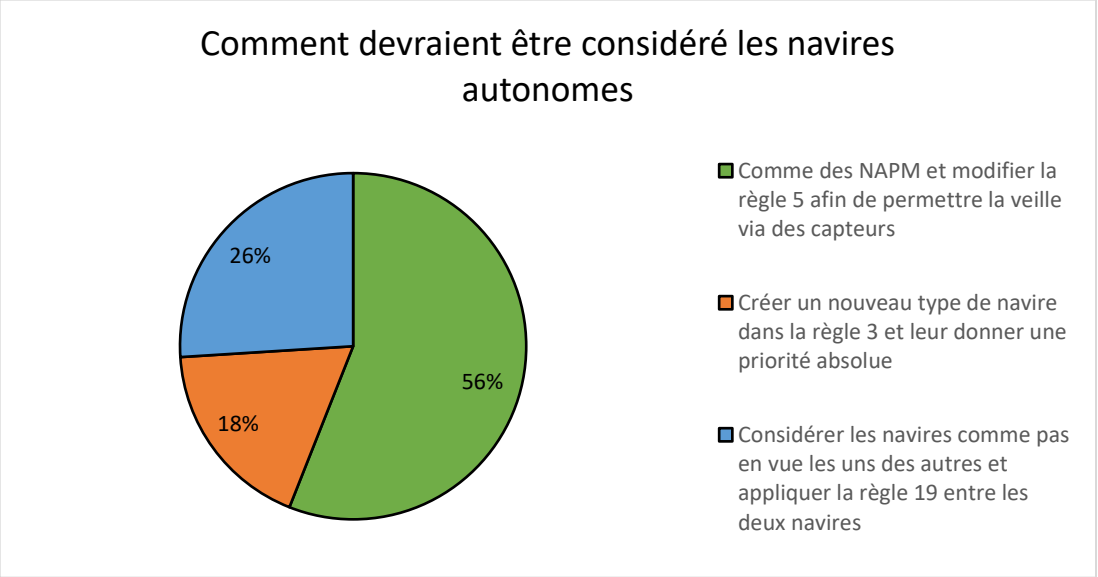


Figure 2 Comment considérer les navires autonomes selon un échantillon de marins
Source : Propre enquête, voir Annexe 1

[6] Voir Règle 5 – Veille, page 21 et [34]

La première proposition (ayant recueillie le plus de votes) est celle qui sera considérée comme d'application dans la suite de ce mémoire.

Néanmoins les deux autres propositions seront abordées par la suite afin de cerner les problèmes et obstacles qu'elles posent.[7] Cependant, au vu des résultats de l'enquête il ne semblerait donc pas nécessaire de créer un nouveau type de navire privilégié par défaut ni de faire suivre la règle 19 aux navires peu importe les conditions de visibilité.

[7] Voir page 64 - Modifications alternatives :

4 Partie B – Règles de barre et de route :

4.1 Section 1 – Conduite de navires dans toutes les conditions de visibilité :

4.1.1 Règle 4 – Champ d'application :

Cette règle explique que les règles de la section 1 sont applicables dans toutes les conditions de visibilité[20].

Les navires autonomes devront donc, tous comme n'importe quel autre navire, s'y soumettre.

4.1.2 Règle 5 – Veille :

> *« Tout navire doit en permanence assurer une veille visuelle et auditive appropriée, en utilisant également tous les moyens disponibles qui sont adaptés aux circonstances et conditions existantes, de manière à permettre une pleine appréciation de la situation et du risque d'abordage [27]. »*

Cette règle est absolument primordiale et sert de pilier dans le fonctionnement du RIPAM. Sans elle, le « navire » ne peut être capable de d'évaluer la situation dans laquelle il se trouve et est donc incapable de prendre une décision afin d'éviter un éventuel abordage ou autre.

Le principal problème de cette règle réside dans la notion de « visuelle et auditive ». Jusqu'ici, cette règle s'est toujours basée sur le principe que la veille était effectuée par des officiers humains à bord du navire. En effet lorsque l'on regarde la définition exacte de « visuelle », on trouve que cela signifie « qui est relatif, qui se rapporte au sens de la vue » [34]. Une définition faisant aussi référence au sens de l'ouïe existe pour le mot « auditive ». On peut donc clairement dire que, dans sa version actuelle, le RIPAM sous-entend que la veille doit être effectuée par un être humain. Cela pose problème

Néanmoins, ce qui ne pose pas problème, et qui même, rend la règle plus abordable pour les navires autonomes est le fait que la règle ne fasse pas référence à des officiers, à un équipage ou au capitaine mais bien au « navire ».

D'après certains, la règle ne nécessiterait pas spécialement d'être modifiée afin de permettre l'implémentation des navires autonomes. Selon eux, les navires autonomes

pourraient s'adapter à la présente règle 5 du moment que leurs équipements sont d'une efficacité semblable à celle de l'œil humain [6]. Les standards minimums pour une veille efficace sont décrits dans la règlementation 22 du chapitre 5 du de la convention SOLAS. Ces standards font principalement référence aux angles de champ de vision minimum nécessaire en fonction de la position d'où est effectuée la veille. Une autre partie de ce règlement fait référence au fait que le bord de la coque du navire doit être visible depuis les ailes de la passerelle [31]. Etant donné que les caméras actuelles sont tout à fait capables de donner une image ayant un champ de vision bien plus large que celui prescrit ici, on peut imaginer que les exigences seront largement satisfaites.

Il est malgré tout nécessaire de se demander si certaines conditions météorologiques ne pourraient pas rendre les caméras inopérantes. Depuis quelques mois, un navire autonome contrôlé à distance navigue en Belgique sur l'Escaut entre Zeebrugge et Anvers [8]. Ce navire, le Deseo, opéré par la société SeaFar [10], est un porte container de 110 mètres naviguant principalement entre des ports belges. Lors du visionnage d'une vidéo promotionnelle pour ce navire et ses systèmes autonomes, il m'a été expliqué lors d'une discussion avec l'un deux que bon nombre de pilotes du port d'Anvers avait fait la même remarque concernant la qualité de l'image vidéo obtenue par les caméras. Ceux-ci ont directement pointé du doigt la détérioration de la qualité de l'image fournie par les caméras du navire lors de la navigation dans des zones pluvieuse. En effet, les goutes ruisselantes sur la vitre de ces caméras les rendaient, d'après les pilotes, inutilisables. Il serait donc nécessaire de prévoir des directives techniques obligeant l'installation de dispositif permettant de protéger l'objectifs de tels caméras des éléments naturels extérieurs. En plus de cela, il serait nécessaire de pouvoir permettre le nettoyage de ces objectifs sans intervention humaine afin de minimiser les effets néfastes d'éventuels tempête de sable ou de sel cristallisé sur ces caméras.

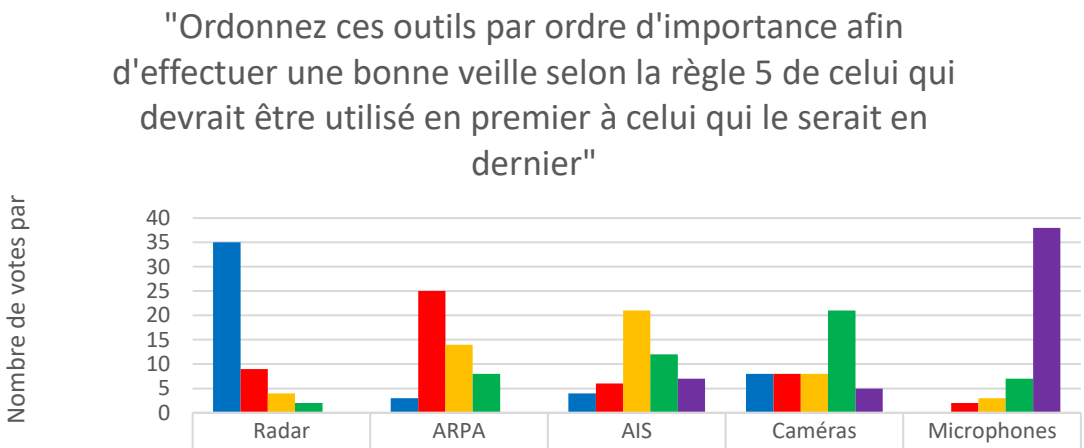
Il semble néanmoins qu'une attention trop particulière soit donnée à l'aspect visuel de la règle. Celle-ci stipule néanmoins que la veille doit être non seulement effectuée visuellement mais aussi auditivement et, en plus, en utilisant tous les moyens disponibles.

4.1.2.1 Outils et équipements :

De nos jours, les équipements disponibles sur une passerelle pour effectuer une veille et se rendre compte de l'environnement dans lequel le navire se trouve sont nombreux :

- Radar
- AIS
- Microphones
- ARPA
- Caméras

Lorsque l'on demande à des marins de classer ces outils par ordres d'importance afin d'effectuer une bonne veille, ceux-ci les classe comme suit :



	Radar	ARPA	AIS	Caméras	Microphones
Premier outil	35	3	4	8	0
Deuxième outil	9	25	6	8	2
Troisième outil	4	14	21	8	3
Quatrième outil	2	8	12	21	7
Cinquième outil	0	0	7	5	38

Figure 3 Opinion de marins quant à l'ordre d'importance des outils disponibles pour effectuer une veille efficace
Source : Propre enquête, voir Annexe 1

On constate très clairement que les marins auraient plutôt tendance à privilégier l'image donnée par le radar et le système de pointage de radar automatique avant des capteurs audio et visuels.

Cela semble surprenant dans le cas du radar quand on considère qu'une partie des réponses pointent du doigt le fait que l'image d'un radar n'est pas toujours parfaite et totalement représentative de la réalité. En effet, le radar nécessite certains ajustements de ses réglages afin de fonctionner de manière optimale lorsque les conditions

météorologiques sont mauvaises. Un système capable de détecter les conditions météorologiques et d'automatiquement adapter les réglages tels que le gain, sea-clutter, rain-clutter et le tune devrait donc être installé. Un autre problème pointé du doigt dans les réponses est le fait que certains navires, notamment les navires militaires, possède (intentionnellement ou non) un très mauvais écho radar. Cela pourrait les rendre invisible et/ou très difficilement détectable au radar et donc forcément plus difficile à éviter si besoin est. Il semble donc compliqué, voire impossible de conseiller le radar comme équipement de veille unique et/ou principal.

Concernant le système de pointage de radar automatique (ARPA), étant donné que celui-ci se base sur l'image obtenue par le radar, ce système semble également difficilement conseillable comme principal outil de veille.

Une partie non négligeable des participants considère aussi que l'AIS, le système d'authentification automatique pourrait être utile à la veille. De nouveau, plusieurs questions et problèmes se posent quant à cela. Premièrement, le fait est que l'AIS est un système dont les informations (identité du navire, position, cap, vitesse, destination, …) sont entrées manuellement dans le système par l'équipage. Il n'est donc pas rare que les informations d'un navire soient imprécises ou tout simplement fausses. Non seulement, les informations statiques propres au navire peuvent être incorrectes mais aussi les informations dynamiques telles que la vitesse, le cap, la position du navire, la vitesse de giration, … Cela est dû au fait que l'AIS recueille toutes ces informations d'autres systèmes comme le GPS qui peuvent ne pas être exact ou même intentionnellement brouillé.

Malgré tout cela, le principal problème de l'AIS reste néanmoins le fait que celui-ci ne soit pas obligatoire à bord de tous les navires (comme par exemple les navires de pêche de moins de 15 mètres ou les navires marchands de moins de 300 tonnage brut) et puisse être désactivé à tout moment (exemple des navires de pêche ne voulant pas révéler leur position ou des navires de guerre en mission)[18].

L'équipement considéré à la majorité comme pouvant être utilisé comme quatrième appareil de veille sont les caméras. Comme l'a expliqué l'autorité danoise [6], les caméras pourraient être utilisées comme appareil de veille efficace tant que celles-ci sont capables d'avoir une vision au moins équivalente à celle d'un œil humain. L'avantage de ces appareils

étant que, contrairement à un officier de quart à bord, l'attention de la caméra n'est jamais interrompue et reste constante tout au long des opérations. En plus de cela, certaines peuvent être équipée de capteur infrarouge et/ou thermique afin de détecter des objets dans des conditions de visibilité réduite. Comme signalé dans les résultats de l'enquête[8], il faudrait néanmoins que ces caméras soient capables de s'adapter aux conditions météorologiques d'elles même et soient en nombres suffisantes que pour être redondantes.

Dernièrement, l'utilisation de microphone, qui semble être un sujet discussion notable. Comme pointé du doigt par certains participants à l'enquête, de nos jours, l'ouïe n'est plus vraiment utilisée lors de la veille comme elle l'était à l'époque. En effet, aujourd'hui les passerelles sont le plus souvent séparées de l'extérieur par des parois métalliques ne laissant pas passer le son de manière optimale. Etant donné qu'il est très rare pour un officier d'effectuer son quart à l'extérieur ou d'avoir une vigie postée à l'extérieur de la passerelle, l'ouïe est devenue de moins en moins utilisée. Ceci explique surement pourquoi les microphones ne sont considérés que comme dernière source de veille appropriée dans le choix proposé.

Malgré cela, ceux-ci ne peuvent être laissés pour compte lorsque l'on parle de veille auditive. Ces microphones possèdent un atout non négligeable comparé à l'oreille humaine : Lorsqu'ils sont correctement installés et utilisés à bord, ceux-ci sont capable de fournir un relèvement relativement précis de la direction d'où venait le son perçu. Ceci n'étant pas facilement faisable par l'oreille humaine, l'importance de ces microphones ne peut être minimisée.

Il doit être noté que lorsque l'on demande aux marins leurs avis sur la fiabilité et la confiance qu'ils ont en des appareils électroniques pour effectuer une veille efficace, ceux-ci sont très critique à leur égard. Deux tiers d'entre eux estiment que les appareils envisagés pour la veille ne seront pas capables d'être aussi efficace qu'un officier de quart.

[8] Voir Annexe 1

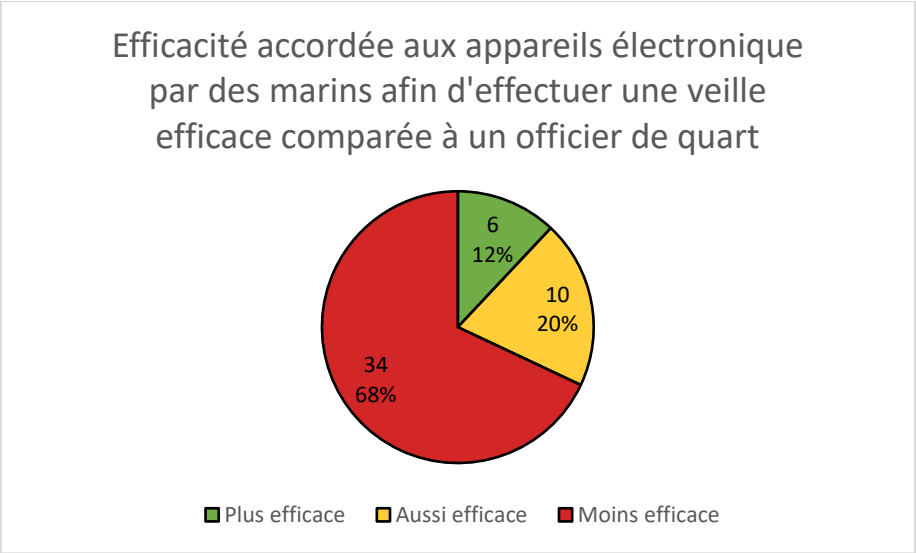


Figure 4 Opinion de marins quant à la confiance accordée aux appareils électroniques dans pour la veille autonome
Source : Propre enquête, voir Annexe 1

Une grande partie des explications données à la suite de ces réponses font part d'une inquiétude quant à la qualité et la fiabilité des appareils utilisés. Beaucoup de participants sont inquiets où estiment que les appareils seront incapables de ne pas tomber en panne ou de ne pas être abimé par les conditions dans lesquelles ils se trouvent. Une manière envisageable de parer ce problème pourrait être de considérer une redondance permettant de minimiser les risques de perte de vigie électronique à un niveau suffisamment bas.

4.1.2.2 VHF et « veille auditive » :

Lorsque l'on parle de la veille auditive, on pense principalement à l'ouïe et aux signaux sonores / cornes de brumes qui sont utilisés pour la communication entre navires. Néanmoins il ne faut pas oublier que la communication fait aussi partie de cette veille.

Le fait est que celle-ci est trop souvent oubliée. L'utilisation de la radiotéléphonie n'ayant pris son essor que dans les 1970 [3], le RIPAM n'y fit pas référence explicitement et ne le fait malheureusement toujours pas. En tout cas, pas de manière explicite. La seule notion y faisait référence implicitement est « par tous les moyens disponibles ».

Ceci est une des remarques faites à plusieurs reprises dans les réponses de l'enquête[9] et lors de discussions avec des marins expérimentés : de nos jours, aucuns d'entre eux ne se

[9] Voir annexe 1

verraient naviguer sans être capable de communiquer de manière directe avec un autre navire se trouvant à proximité.

Même sans considérer les navires autonomes, il semble que l'ajout d'une référence à l'utilisation de la VHF et autres équipements de communication soit indispensable à l'amélioration du RIPAM.

Vis-à-vis des navires autonomes, l'utilisation de la VHF créé une problématique plus qu'importante. Comment un système autonome pourrait-il être capable de communiquer verbalement avec un officier se trouvant sur un autre navire ?

Pour les navires autonomes ayant un équipage à bord et/ou un opérateur à distance en charge de la navigation, il peut être envisager que la communication inter navires soient leur responsabilité. On peut néanmoins se demander si un opérateur à distance responsable de plusieurs navires à la fois serait capable de répondre dans un délai raisonnable à un appel radio sans être parfaitement au courant de la situation de son navire.

Pour les navires totalement autonomes de degré 4, le problème est encore plus grand de par le fait qu'aucun humain n'est normalement en charge du navire. Il faudrait donc envisager des systèmes de communication autre que vocal ou auditif.

4.1.2.3 Degrés d'autonomie :

Premier degré :

En ce qui concerne les navires possédant encore un équipage à bord responsable de la navigation et aidé par certains systèmes autonomes, il n'est pas dur d'imaginer pouvoir utiliser la règle comme écrite actuellement. Les officiers resteraient en charge de la navigation et donc de la veille, ceux-ci utiliseraient leur vue et leur ouïe comme sur tous les autres navires actuellement en mer. Néanmoins, on pourrait imaginer que certains capteurs pourraient permettre de, par exemple, avertir l'officier de quart si un navire ou un objet lointain est détecté.

Il ne parait donc pas nécessaire de modifier la règle pour cela, et comme le prescrit le rapport du MSC 102-5-3 : « D'aucuns ont estimé qu'il pourrait être nécessaire d'élaborer des interprétations de l'instrument, ainsi que des recommandations d'utilisation, afin de

tenir compte des technologies nouvellement mises au point et de l'automatisation croissante »[11].

Second degré :

Ici, la situation semble être plus ou moins similaire à la précédente. Si l'on considère que le navire est constamment supervisé par un opérateur à terre disposant de capteurs et équipements lui permettant d'effectuer une veille au moins aussi efficace que celle faite par des officiers à bord, seul une interprétation de la règle semble nécessaire.

Dans le cas où l'opérateur serait responsable de plusieurs navires à la fois, et serait donc incapable d'effectuer une veille constante pour un seul de ces navires, la réponse n'est pas aussi simple. On pourrait imaginer que l'équipage présent à bord serait en partie ou entièrement responsable de la veille lorsque l'opérateur n'en est pas capable. Mais qui serait alors considéré comme en charge du navire ? Une autre possibilité, qui semble plus réaliste, serait d'utiliser les équipements et capteurs autonomes cités précédemment afin d'effectuer la veille en continu. Un amendement de la règle 5 et/ou une interprétation de la notion de « veille visuelle et auditive » serait alors nécessaire.

Troisième degré :

Dans ce cas, la situation semble similaire à celle des navires du second degré ayant un opérateur à distance disponible partiellement. La différence étant, qu'ici, aucun marin à bord ne pourrait être capable d'assumer un rôle dans la vigie ou la navigation. L'opérateur devrait donc être constamment occupé avec un seul navire pour lequel il serait en charge de la navigation. la vigie pourrait être faite par l'opérateur via des caméras ou alors via des capteurs autonomes pouvant avertir l'opérateur si nécessaire afin d'attirer son attention vers un élément en particulier.

Comme expliqué par le rapport rendu par les Îles Marshall, il semblerait nécessaire de considérer des amendements à la règle afin de prendre en compte l'utilisation de système autonome pour la vigie ou au moins des interprétations [11].

Quatrième degré :

N'ayant aucun marin à bord ou opérateur à distance en charge de la navigation et de la vigie, le système autonome serait donc entièrement responsable de celle-ci. Il semble donc

nécessaire et logique de devoir amender la version actuelle de la règle 5 afin d'inclure l'utilisation de capteurs et de d'équipement afin de réaliser la vigie. Comme proposé dans le rapport, l'utilisation d'un terme plus générique pour « veille visuelle et auditive » pourrait être considérer afin de palier à ce problème [11].

4.1.3 Règle 6 – Vitesse de sécurité :

Cette règle explique que tous navires se doit à tout moment de maintenir une vitesse raisonnable et sûre afin d'éviter une collision en fonction des conditions dans lesquelles il se trouve. Elle cite ensuite une série de facteurs à considérer par tous les navires pour décider de cette vitesse :

- la visibilité ;
- la densité de trafic et plus particulièrement la quantité de bateaux de pêches ;
- les capacités de manœuvre du navire dans les conditions ;
- de nuit, la présence d'un arrière-plan lumineux ;
- Les conditions météorologiques ;
- le tirant d'eau en fonction de la profondeur d'eau disponible.

Une seconde liste spécifique aux navires étant équipés de radar(s) cite une série de caractéristiques et de performances des radars à prendre en compte lors de la détermination de cette vitesse de sécurité [27].

Explicitement rien dans ses règles ne restreint la navigation des navires autonomes. Le problème réside dans la description la définition de « vitesse sûre ». Comme le fait remarqué le rapport rendu par les Îles Marshall [11], imposer une vitesse prédéfinie en fonction de certaines conditions est une tâche extrêmement difficile. Aujourd'hui, les marins et leur expérience arrivent à déterminer cette vitesse et à l'ajuster relativement aisément. Le problème pour les navires autonomes est qu'un système autonome programmé ne paraît pas capable de prendre en compte les éléments externes et de les évaluer de la même manière qu'un humain le ferait. Après tout, deux officiers n'ont pas spécialement la même notion de vitesse de sécurité pour les mêmes conditions.

Ce qui pourrait être proposé pour contrer cette situation serait de laisser les autorités locales (d'un port, chenal, fleuve ou autre) décider d'une vitesse maximale. Ce genre de règlementation existe déjà, le plus souvent dans des ports comme dans le port d'Hambourg qui limite la vitesse des navires marchands à 10 nœuds [25].

Dans le cas où le navire autonome ne se trouverait pas dans une zone contrôlée par une autorité locale, le système autonome pourrait alors décider sa propre vitesse en se basant sur celles des navires à proximité de taille similaire. De plus, il paraît plus probable qu'une zone non contrôlée soient une zone relativement ouverte et peu dangereuse pour la navigation.

On pourrait imaginer un ajout dans la règle 6 qui décrirait que « Les navires de surfaces autonomes se doivent de respecter les limites relatives à leur vitesse imposée par les autorités locales compétentes ».

Lorsque l'on demande à un échantillon de marin s'ils pensent que l'on devrait imposée des vitesses limitées aux navires autonomes à cause de l'absence d'humain à bord (donc applicable au degré 4), ceux-ci sont partagés. Environ 40% des participants pensent que oui, une vitesse limitée devrait être imposée alors que 40 autre pourcent des participants pensent le contraire. Les 20% restants ainsi qu'une grande majorité des partisans de ces limitations estiment en général que cette vitesse devrait être imposée principalement dans des zones de haute densité de trafic ou lors de mauvaise visibilité.[10]

4.1.4 Règle 7 – Risque d'abordage :

> *a) Tout navire doit utiliser tous les moyens disponibles qui sont adaptés aux circonstances et conditions existantes pour déterminer s'il existe un risque d'abordage. S'il y a doute quant au risque d'abordage, on doit considérer que ce risque existe [27].*

Premièrement, le fait que la règle stipule que « le navire » se doit d'utiliser les moyens disponibles permet directement aux navires autonomes de pouvoir suivre cette règle sans modifications à ce niveau.

Ensuite, la règle stipule que tous les moyens adéquats doivent être utilisés pour évaluer si un risque de collision existe. Quels sont donc, actuellement, ces outils ? Selon plusieurs sources [28] [4] [19], ces outils sont généralement les relèvements visuels, le radar, l'ARPA,

[10] Voire Annexe 1

la VHF, l'écoute de signaux sonores. C'est ici que des problèmes commencent à faire surface.

Bien que la notion de « visuel » utilisée ici fasse référence, une fois de plus, à la présence d'un humain à bord utilisant sa vue, ce problème a déjà été abordé dans le chapitre sur la règle 5[11]. Tant que les caméras ont des capacités de détection au moins aussi bonne que celle d'un œil humain, celles-ci devraient pouvoir remplacer la vision humaine et être utilisé dans le cadre de la règle 5 et donc aussi de la règle 7. Néanmoins, pour que ces caméras soient utilisables en accordance avec la règle 7, elle devrait être supplémentées d'un système permettant de suivre et de monitorer le changement de relèvement de l'objet traqué. Tant qu'elles sont capables de cela, seul une interprétation de la règle semble nécessaire.

En ce qui concerne l'utilisation du radar et de l'ARPA[12], ceux-ci sont actuellement utilisés d'une manière qui semble facilement faisable par un système autonome. Etant donné que le radar donne déjà des alarmes en cas de CPA, TCPA trop faible avec d'autres navires ainsi que de la perte de la cible, il semble raisonnable d'imaginer un système autonome utiliser ces capacités de manière optimale. La partie b de la règle est spécialement consacré à l'utilisation du radar à des fins d'anticollision. Elle explique que le radar, si équipé (ce qui devrait être le cas sur des navires autonomes), devrait être utilisé de manière optimale tout en favorisant l'utilisation du scan longue distance [27]. Ceci est tout à fait envisageable pour les navires autonomes. Il paraîtrait même logique de le rendre obligatoire pour ceux-ci. L'utilisation de l'ARPA est aussi conseillée afin d'automatiquement détecter des cibles. Une fois de plus, ceci devrait être obligatoire pour les navires autonomes. Comme conseillé par le North P&I club [19], l'utilisation de deux radars, chacun ayant des réglages différents est grandement conseillé. A des fins de redondance, il devrait être obligatoire d'avoir plus de deux radars différents à bord de tous navires autonomes. Ceci relève néanmoins non pas du RIPAM mais bien du SOLAS chapitre 5, reg 19 [32].

Là où la règle pose plus de problème est au niveau de l'utilisation de la VHF à des fins d'anticollision. De nos jours, la communication radio est l'un des outils les plus importants

[11] Voir Règle 5 – Veille : page 21
[12] Automatic radar plotting aid / Aide de pointage de radar automatique

à bord d'un bateau pour la navigation. Chaque communication fait avec la terre ou un autre navire utilise celle-ci. Bien qu'elle ne soit pas citée mot pour mot dans la règle, celle-ci en est une partie intégrante. Comment un navire autonome pourrait-il communiquer via radio avec d'autres navires.[13] Comme expliqué dans le chapitre consacré à la règle 5[14], pour les navires faisant partie des trois premiers degrés d'autonomie, ce problème semble pouvoir être solutionné par la présence de marin à bord ou d'opérateur à distance effectuant une veille continue. Ils seraient donc capables de s'occuper de l'éventuelle communication radio avec d'autres navires ou avec la terre. A côté de cela, les navires complètement autonomes du quatrième degré n'ont aucun officier ou opérateur constamment disponible afin de répondre ou d'émettre des appels. Le problème est encore plus grand par le fait que l'opérateur qui prendrait en charge le navire en cas de situation dangereux/particulière ne serait pas directement conscient de tous les éléments et facteurs propre à la situation. Directement répondre à la radio ne lui serait donc pas possible sans risquer de prendre une décision ou de transmettre des informations partiellement fausse et basée sur des informations insuffisantes.

Ceci étant exactement ce que la partie c de la règle tente d'éviter.

> *c) On doit éviter de tirer des conclusions de renseignements insuffisants, notamment de renseignements radar insuffisants [27].*

Ceci est un des arguments souvent utilisés par les participants à l'enquête lorsqu'on leur demande leurs craintes quant aux capacités des navires autonomes à évaluer les risques de collision.[15] Une grande partie d'entre eux estiment que les systèmes autonomes ne seront pas capables de déceler et de rejeter les mauvaises informations parfois obtenues par le radar. De nos jours, même pour un officier expérimenté ces faux échos peuvent être difficile à repérer. Tellement de facteurs[16], tous plus techniques et compliqués les uns que les autres peuvent causer ces mauvaises images radar et induire l'officier en erreur ou, dans notre cas, le système autonome [30].

---

[13] Ceci est aussi le moyen de prédilection utilisé par les marins quand il s'agit de dévier des règles (règle 2)
[14] Voir Règle 5 – Veille : VHF et « veille auditive » : page 26
[15] Voir annexe 1
[16] Sidelobe effect, écho indirect, multiple trace echoes,…

Une manière envisageable de palier à ce problème serait de croiser les informations des différents systèmes afin de vérifier l'exactitude de l'information. On pourrait imaginer croiser les informations venant du radar, des capteurs visuels, du GPS (via AIS, même s'il n'est pas équipé sur tous les navires),…

Les deux derniers problèmes présentés par la règle 7 se trouvent dans sa dernière partie :

> *i) il y a risque d'abordage si le relèvement au compas d'un navire qui s'approche ne change pas de manière appréciable ;*
>
> *ii) un tel risque peut parfois exister même si l'on observe une variation appréciable du relèvement, particulièrement lorsque l'on s'approche d'un très grand navire, d'un train de remorque ou d'un navire qui est à courte distance.[27]*

« Appréciable » :

Une fois, de plus « appréciable » est une notion qui n'est pas quantifiée et qui n'est donc pas interprétable par un système informatique autonome.

Bien entendu, au plus ce changement de relèvement est grand, au mieux la situation évoluera. Mais à partir de quand est ce que ce changement de relèvement devient-il suffisant ?

Selon les limites de CPA ayant été choisie dans la règle 8[17] (CPA de 1 mn en haut mer et de 0.5 mn en eaux plus fréquentées), on pourrait déterminer le changement de relèvement nécessaire via le tableau suivant.

Tableau 3 Changement de relèvement en fonction du changement de distance
Source : A. N. Cockcroft, J. N. F. Lameijer ; A Guide to the Collision Avoidance Rules [5]

Closest approach miles	*Range in nautical miles*														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.25	7.3°		2.4°	1.2°	0.7°	0.5°	0.3°	0.3°	0.2°	0.2°	0.1°	0.1°	0.1°	0.1°	0.0°
0.50	15.5°		4.9°	2.4°	1.5°	0.9°	0.7°	0.5°	0.4°	0.3°	0.3°	0.2°	0.2°	0.2°	0.1°
0.75	26.6°		7.5°	3.7°	2.2°	1.4°	0.8°	0.6°	0.5°	0.4°	0.3°	0.3°	0.2°	0.2°	0.1°
1.0	60.0°		10.5°	5.0°	3.0°	1.9°	1.4°	1.0°	0.9°	0.7°	0.6°	0.4°	0.3°	0.3°	0.3°
1.5			18.6°	8.0°	4.5°	3.0°	2.1°	1.5°	1.2°	1.0°	0.8°	0.6°	0.5°	0.4°	0.4°
2.0			48.2°	11.8°	6.4°	4.1°	2.9°	2.1°	1.6°	1.3°	1.0°	0.8°	0.7°	0.6°	0.5°
2.5				17.7°	8.7°	5.4°	3.7°	2.7°	2.0°	1.7°	1.4°	1.1°	0.9°	0.8°	0.7°

[17] A titre d'exemple. Ces valeurs ne sont pas des valeurs génériques utilisées de manière universelle.

Par exemple, le navire autonome prend deux relèvements successifs d'un même navire étant sur une route de collision. Le premier relèvement est pris à 10 M et le second à 8 M. Afin de maintenir un CPA de 1 M, le changement de relèvement devrait être de 0.7°+0.9°=1.6°. Tout changement de relèvement supérieur à 1.6° assurera un CPA supérieur à 1 mile nautique. Grâce à cette technique, on peut déterminer une valeur « appréciable » (égale ou supérieur à la valeur obtenue dans le tableau) utilisable par le système autonome afin de maintenir un certain CPA.

Néanmoins, seul, ce changement de relèvement n'est pas suffisant pour garantir un CPA minimal. D'une part, le navire pourrait être en train d'effectuer des légers changements de caps successifs n'étant pas spécialement observable à l'œil nu.[18] Pour éviter cela, le changement de relèvement, la distance et le cap de l'autre navire doivent être pris en compte.

Deuxièmement, la longueur du navire, de son train de remorque ou de son éventuel filet de pêche doit être pris en compte :

Grand navire, train de remoques, …

La solution présentée dans la précédente partie est en effet efficace pour des navires classiques de tailles modestes. Qu'en est-il des longs navires ? Des navires avec des remorques ? Des navires de pêches ayant des filets trainants derrière eux ?

En ce qui concerne la longueur des navires, on pourrait penser que le système autonome serait capable d'estimer la longueur de la cible en fonction de l'écho qu'il reçoit. En fonction de la taille de l'écho, une marge de sécurité supplémentaire pourrait être ajoutée à celle précédemment calculée. En ce qui concerne les navires en train de pêcher dont le filet n'est pas visible sur un écho radar, l'utilisation de réflecteurs radar pourrait être étudiée. Les informations obtenues via l'AIS pourrait aussi être utilisée mais comme expliqué précédemment, il n'est pas rare pour les navires de pêches de désactiver leurs transpondeurs AIS afin de ne pas attirer d'autres pêcheurs concurrents.

La conclusion de l'analyse de cette règle semblerait être que certaines interprétations pourraient être réalisée pour les premières parties de celle-ci. Néanmoins l'ajout d'une

[18] Voir rapport de collision entre le *British Aviator* et le *Crystal Jewel*

définition précise du terme « appréciable » serait nécessaire afin de permettre aux navires autonomes d'évaluer les risques de collision correctement.

4.1.5 Règle 8 – Manœuvres pour éviter les abordages :

Cette règle explique de quelle manière manœuvrer lorsqu'un risque d'abordage existe ou pour éviter que celui-ci ne se développe. Elle n'explique pas quel type de manœuvre est à faire mais plutôt de quelle manière la faire.

Pour cela elle stipule que toute manœuvre doit être réalisée à temps, franchement, de manière positive et conformément aux bons usages maritimes de manière à passer à une distance suffisamment grande de l'autre navire [27].

La dernière partie de la règle (f) explique le principe de « ne pas gêner ». Ceci veut dire qu'un navire doit manœuvrer de tel manière à ne pas créer de situation où un risque d'abordage existerait s'il n'en existe pas encore. Cependant, il se doit de suivre les autres parties de la règle au cas où une telle situation venait à être créée. [20]

Un grand nombre de notion pose problème dans cette règle de par leur manque de définition précise. Ces notions de « largement à temps », « bon usage marin »[19], « franchement », « assez important que pour être visible » et « distance suffisante » et autres semble nécessiter d'être définie clairement afin de pouvoir être utilisées par un programme informatique tel qu'un système autonome.

Largement à temps :

Bien qu'elle ne soit pas écrite clairement, c'est ici la notion de TCPA[20] à laquelle on fait référence. Ce temps est utilisé, comme son nom l'indique, pour déterminer quand est ce que les navires seront le plus proche les uns des autres. Dans le cas d'une route de collision, ce temps indique donc la durée avant la collision. Etant donné que cette durée est directement proportionnelle à la vitesse du navire, elle peut être remplacée par le CPA[21]. A partir de là, on peut imaginer se servir de modèle mathématique afin de déterminer à

[19] Bon sens marin, voir règle 2
[20] Time to closest point of approach / Temps prévu pour arriver au point de rapprochement maximal
[21] Closest point of approach / Point de rapprochement maximal

partir de quel moment et de quel distance les navires se doivent de manœuvrer. Un de ces modèles pourrait, par exemple, ressembler à celui développé par Mr Srđan Vujičić [36].

Une autre solution pourrait être de déterminer une valeur « arbitraire » moyenne plus grande que les différents TCPA généralement utilisé par les marins actuels. Prendre une valeur plus grande permettrait d'avoir du temps supplémentaire disponible pour une éventuelle correction de la manœuvre. Cette valeur pourrait être basée sur les résultats de l'enquête réalisé par Mr Srđan Vujičić et ses collègues[22][36]. Résultats qui sont comme suit :

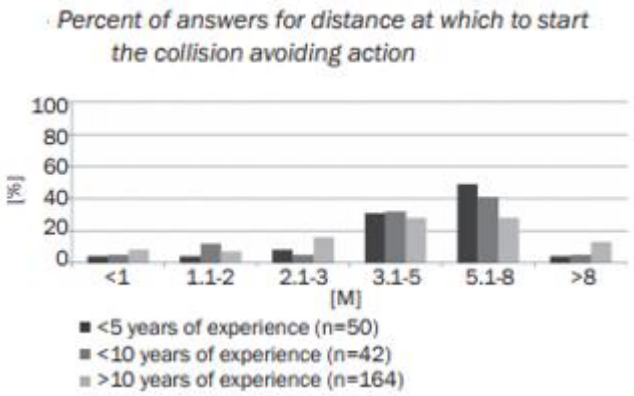


Figure 5 Pourcentage de réponse des distances auxquels commencer la manœuvre d'anticollision pour deux navires naviguant à 15 nœuds
Source : Vujicic Srdjan - A Model of Determining the Closest Point of Approach Between Ships on the Open Sea [36]

Dans ce cas, la valeur pourrait, par exemple, être choisie comme plus de 5 miles nautique.

Franchement & Assez important que pour être visible :

Ici, la règle fait référence à un changement de cap minimum nécessaire afin de permettre aux autres navires de voir notre manœuvre. On dit toujours qu'un changement de cap le plus grand possible tout en restant dans des limites raisonnables est préférable. Ceci n'aide toujours pas notre problème de définition de limites pour les systèmes informatiques. Peut-être qu'ici, tout comme précédemment, le choix d'une valeur plus grande que la moyenne des changements de cap actuellement effectué pourrait être choisie. Cette valeur pourrait se situer aux alentours de 30° ou 40° comme il est fréquemment conseillé [14].

[22] A noter que les résultats donnent des valeurs de CPA et non de TCPA, ceux si peuvent néanmoins être converti de l'un à l'autre en utilisant la vitesse du navire.

Distance suffisante :

Dans ce cas-ci, c'est la notion de point de rapprochement maximal (CPA) auquel on fait référence. Tout comme expliqué précédemment, cette distance est la distance minimale entre deux navires. En cas de route de collision, cette distance est nulle.

Une fois de plus on pourrait déterminer un CPA minimal à ne pas dépasser qui serait utiliser comme limite pour les systèmes autonomes. Aujourd'hui ce genre de valeur existe déjà dans les ordres permanents du capitaine.[23] Le plus souvent, en haute mer, ces ordres sont de maintenir un CPA de minimum 1.5 mile nautique avec tout navire ou objet [14]. Cette valeur n'est bien évidemment pas raisonnable dans des eaux plus fréquentées et pourrait donc être réduite, si possible, à 0.5 mile.

Selon une enquête réalisée par S. Vujičić, Đ. Mohović, R. Mohović [36], lorsque l'on demande à des marins plus ou moins expérimentés leur opinion sur le CPA minimal à respecter en haute mer (pour deux navires de 200 m LOA[24] naviguant à 15 nœuds), leur réponses sont les suivantes :

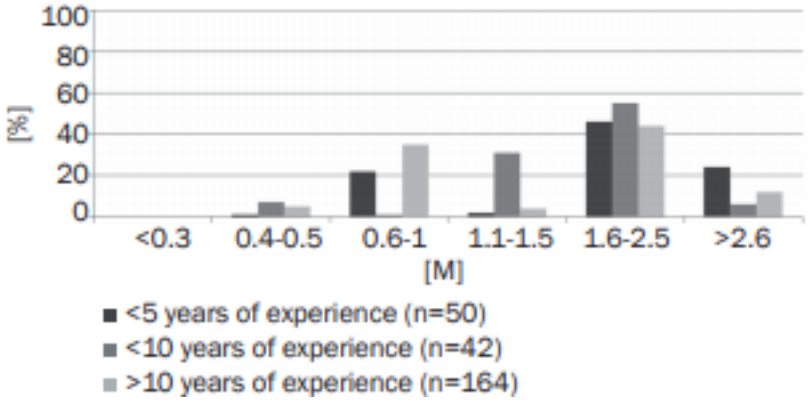


Figure 6 Pourcentage de réponse pour le CPA minimal en haute mer pour deux navires naviguant à 15 nœuds
Source : Vujicic Srdjan - A Model of Determining the Closest Point of Approach Between Ships on the Open Sea [36]

Cette valeur pourrait donc être supérieur à 1.5 mile en haute mer.

Il ne parait pas non plus inenvisageable d'imaginer les autorités locales imposer un CPA minimal pour les navires autonomes.

[23] Master standing orders
[24] Length Overall – Longueur Hors Tout

Des modèles mathématique pourrait aussi être utilisé en conjonction avec ces mesures.[36]

Bon usage marin :

La partie de cette règle semblant la plus problématique est à nouveau[25] la référence au bon sens marin. Comme expliqué dans le chapitre relatif à la règle 2, le bon sens marin n'est pas quelque chose qui semble implémentable dans un système autonome. Cela étant bien entendu à cause du principe même que le bon sens marin fait référence à l'interprétation humaine d'une situation et des réactions qui s'en suivent.

Dans le cas de la seconde règle du RIPAM, le problème avait été évité en imaginant un opérateur à terre ou un officier à bord reprenant le contrôle du navire en cas de nécessité. Pourrait-on imaginer la même chose dans le cas de la règle 8 ? Il semblerait que oui.

Le fait est que le bon sens marin est entièrement basé sur la connaissance et l'application des règles dans la mesure où la situation le permet. A partir de là, dévier des règles semble permit et logique selon le comportement normal d'un marin. La règle 8 stipule que « Toute manœuvre entreprise pour éviter un abordage […] doit être conforme aux bons usages marin »[27]. Un navire suivant donc le RIPAM à la lettre (faisable par un navire autonome) ferait donc preuve de bon sens marin. Ensuite, à nouveau, un officier à bord ou un opérateur à terre pourrait être averti et reprendre le contrôle du navire. Etant un marin qualifié et expérimenté, il pourrait de nouveau faire preuve de bon sens marin et décider de s'écarter des règles dans le but de garantir la sécurité de tous les navires et de la navigation. Il semble donc que, pour cette partie de la règle, seul une interprétation soit nécessaire.

4.1.5.1 Opinion et avis de marins :

Dans l'enquête proposée à un échantillon de marins[26], une question leur a été posé quant à la capacité des navires autonomes à suivre la règle 8. D'après eux, les navires autonomes pourraient-ils agir à temps, franchement, de manière positive tout en faisant preuve de bon sens marin ?

[25] Voir règle 2
[26] Voir annexe 1

D'après une grande majorité d'entre eux, non.

Hormis les craintes quant à la fiabilité des systèmes, une grande majorité d'entre eux sont particulièrement inquiets quant à la capacité des systèmes autonomes à réagir convenablement et de manière semblable à un humain étant dans une situation particulièrement complexe. Un exemple de ce genre de situation citée plusieurs fois est une situation où le navire se trouverait sur une route de collision incluant plusieurs navires différents.

4.1.6 Règle 9 – Chenaux étroits & Règle 10 – Dispositifs de séparation du trafic :

Ces deux règles expliquent les règles de barre à suivre lorsque le navire se trouve à l'intérieur d'un chenal étroit (règle 9) ou d'un dispositif de séparation de trafic (règle 10). Elles expliquent chacune les différentes manières de naviguer dans ou à proximité de ces dispositifs spéciaux en fonction des différents niveaux de privilège des navires en présence [27].[27]

Les différents paragraphes de ces deux règles ne sembleraient pas poser de problème quant aux navires autonomes dans la mesure où ceux-ci seraient techniquement capable de naviguer de la même manière qu'un navire traditionnel.

4.1.6.1 Clarification de « chenaux étroits » :

D'un point de vue littéraire, les règles possèdent un atout non négligeable quant aux navires autonomes : chacun des paragraphes des règles fait à chaque fois référence au « navire » et non pas à un équipage, un capitaine, un opérateur ou quel qu'autre personne physique. Ceci permettrait déjà de pouvoir appliquer celle-ci aux navires autonomes sans les changer en profondeur. Néanmoins, il existe quand même certaines précisions qui méritent d'être envisagée.

En effet, la règle 9 fait référence aux « chenaux étroits », le fait est qu'aucune définition précise d'un chenal étroit n'existe. Une des possibilités envisagée par le groupe mené par les Îles Marshall [11] serait de créer une définition qui se baserait sur les dimensions du dit chenal afin de permettre aux navires autonomes de déterminer si oui ou non ils se trouvent

[27] Voir règle 18 – Responsabilités réciproques des navires

à l'intérieur d'un chenal. Bien que l'idée semble légitime, elle paraît aussi difficile à mettre en œuvre. Le rapport propose de définir ces chenaux vis-à-vis de leurs dimensions comme suit : « profondeur d'eau sous quille ou marge de sécurité par rapport à la côte [11]. » Le problème réside dans le fait que cette définition fait référence au navire en lui-même or deux navires n'ont pas spécialement le même tirant d'eau ni largeur. Il n'est donc pas impossible d'imaginer que via cette définition, un navire de grandes dimensions soit considéré comme dans un chenal alors qu'un autre navire plus petit ne le soit pas. Ceci n'est pas envisageable.

Une alternative qui pourrait être envisagée serait de baliser, délimiter et faire connaitre les chenaux étroits comme tel. Si ceux-ci étaient reconnu comme chenaux étroits par les autorités responsables, on pourrait obliger l'application de la règle 9 dans ceux-ci. Tous les navires transitant dedans seraient donc obligés de suivre la même règle et de se comporter d'une manière similaire, peu importe qu'ils soient autonomes ou pas.

4.1.6.2 Envisager de nouvelles voies spéciales ? :

De nos jours il existe des dispositifs de séparation de trafic faisant la différence entre différent types de navires. C'est par exemple le cas du DST « Off Finistere » qui possède deux voies spécialement dédiées aux navires transportant des cargos dangereux [1].

Serait-il alors possible d'imaginer des voies spéciales dédiées aux navires autonomes afin de limiter les interactions entre ceux-ci et les navires traditionnels possédant un équipage ? La question a été posée aux marins lors dans l'enquête.

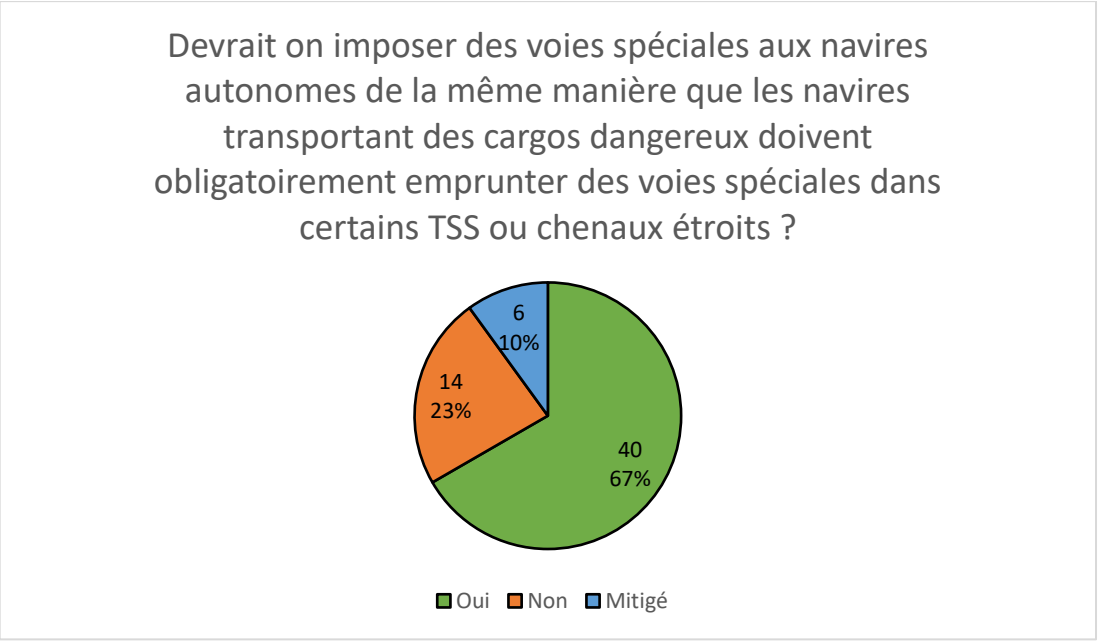


Figure 7 Opinion de marins quant à l'imposition de voies spéciales pour les navires autonomes. Source : Propre enquête, voir Annexe 1

On remarque donc qu'une grande majorité des répondants estiment que ces voies spéciales seraient une bonne idée. L'argument majoritaire justifiant cette réponse est le fait que les marins sembleraient préférer que les navires autonomes et les navires traditionnels soient séparés le plus possible. En particulier dans des zones de haute densité de trafic comme les chenaux étroits ou les DST. Les participants expliquent cette décision par le fait que, aujourd'hui, dans une zone avec beaucoup de trafic, il est fréquent pour deux navires ayant une interaction de s'arranger entre eux via la VHF afin de dévier des règles prescrites (comme autorisé par la règle 2-b). Ceci leur permet de manœuvrer le plus efficacement possible. C'est bien ici que le problème réside pour les navires autonomes : Comment communiquer avec ceux-ci et arranger une déviation des règles 9 et 10 ? Il semble que la complexité de cette question ai fait dire aux participants qu'il serait préférable pour les tout le monde que les navires autonomes interagissent les moins possible avec les navires traditionnels afin d'éviter toute confusion. Les voies spéciales dédiées aux navires autonomes semblent donc être la réponse.

Malheureusement la réalité n'est pas si simple. Bien que cette solution paraisse être efficace et pratique pour tout le monde, un problème majeur persiste. Le manque de place.

C'est ainsi que les 10% de réponses mitigées sont justifiées. En effet, l'idée de voies dédiées semble bonne mais n'est pas réalisable partout. L'Escaut en est un très bon exemple. Le

fleuve n'étant pas assez large que pour permettre l'installation de deux nouvelles voies (une dans chaque sens), une autre solution nécessite d'être trouvée.[28] Pourrait-on alors imaginer qu'un opérateur à distance reprennent le contrôle total du navire ? Faisant donc redescendre un navire d'autonomie de degré 4 au degré 3 ? Pourrait-on envisager l'utilisation de pilote à bord du navire comme cet aujourd'hui le cas sur l'Escaut ?

Il se fait que, de nos jours, en mer du Nord et sur l'Escaut, lors de conditions météorologiques particulièrement mauvaises ne permettant pas aux pilotes d'embarquer à bord des navires, ces derniers soient « contrôlés » à distance par ces mêmes pilotes qui communiquent alors avec eux par radio. Le pilote est alors en communication quasi constante avec un ou plusieurs navires sous sa responsabilité auxquels ils donnent des « ordres » de barre de manière similaire à ce qui se fait à bord. Le pilote obtient les informations de position, cap et vitesse des navires via des échos radar et des systèmes GPS, ces informations lui permettant de pouvoir suivre et guider ces navires en temps réel.

4.2 Section 2 – Conduite des navires en vue les uns des autres :

4.2.1 Règle 11 – Champ d'application :

Les règles de la présente section s'appliquent aux navires qui sont en vue les uns des autres [27].

Ici, la référence est très clairement faite à la règle 3-k)[29] du RIPAM. Comme précédemment expliqué sa version actuelle n'est pas utilisable dans le cadre des navires autonomes. Elle serait donc modifiée et/ou interprétée afin de permettre l'utilisation de capteurs tel que des caméras afin de considérer les navires comme « en vue ».

Dans ce cas, la règle 11, et donc la section 2 du RIPAM seraient applicables aux navires autonomes.

Il reste néanmoins à voir si certaines modifications ou interprétation devraient être effectuées dans celle-ci.

[28] A noter que ce genre de problème est moins important dans le cas des DST (règle 10) de par leur situation géographique étant généralement, mais pas toujours, dans des zones bien plus dégagées que les chenaux étroits.

[29] Voir Navires en vues les uns des autres : page 18

4.2.2 Règle 12 – Navires à voiles :

Cette règle ne définit que des règles de barre et de privilège entre navires à voiles. Les navires à voiles étant, selon la règle 3, « Tout navire marchant à la voile, même s'il possède une machine propulsive, à condition toutefois que celle-ci ne soit pas utilisée [20]. »

Bien qu'il soit difficile d'imaginer des navires autonomes naviguant à la voile, certains existent déjà et d'autres sont en projet. La plupart des navires à voiles autonomes servent actuellement de plateformes de développement pour les systèmes autonomes ou alors sont des engins de recherche et d'hydrographie . C'est par exemple le cas des navires Saildrone Surveyor et Saildrone Explorer. Ces deux navires sont deux voiliers complètement autonomes servant de plateforme de recherche sur la biodiversité marine et d'hydrographie [37]. Etant donné que ces navires sont capables de naviguer en haute mer et dans les eaux attenantes, ils doivent bien évidemment se soumettre aux règles du RIPAM selon la règle 1.

D'autres projets sont en cours comme notamment celui de Artemis Technologies visant à développer un catamaran à voile autonome servant au transport de marchandises et/ou de personnes [33].

Malgré le fait que plusieurs projets existent déjà ou sont en cours de développement, il semble prématuré de s'attarder sur les règles de barres concernant deux navires à voiles. La flotte étant si réduite que la probabilité qu'une telle situation se passe est minime.

De plus, ces navires, de par la nature de leur travail (étude hydrographique) sont parfois considérés comme des navires à capacités de manœuvres restreintes. Cela leur donnant, selon la règle 18, le privilège envers les NAPM, les autres navires à voiles et les navires engagés dans des opérations de pêche.

Les manœuvres que ces navires ont/auront donc à réaliser seraient relativement réduite comparé à un navire autonome marchand de taille moyenne.

Dans tous les cas, aucun amendement à cette règle ne semble être nécessaire. Ceci est également l'avis du comité de sécurité de l'OMI qui n'a pas jugé utile de l'étudier et de la ré-évaluer [11].

4.2.3 Règle 13 – Navire qui en rattrape un autre :

Dans sa version actuelle, cette règle ne pose, à première vue pas de soucis quant à l'implémentation de navires autonomes dans la mesure où ceux-ci sont capable de manœuvrer de manière semblable aux navires contemporains.

Les parties a) et b) de la règle explique qu'un navire doit se considérer comme rattrapant s'il « s'approche de l'autre navire en venant d'une direction de plus de 22.5° degrés sur l'arrière de ce dernier »[27]. Cela veut donc dire que le navire rattrapant ne pourrait être capable de voir que le feu arrière du navire qu'il rattrape sans voir aucun de ses feux de côté.

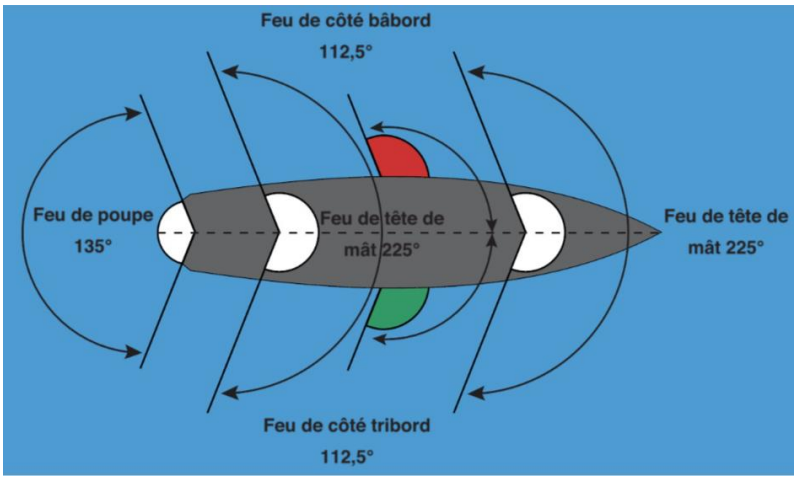


Figure 8 Vue schématique en plan des feux d'un NAPM faisant route
Source : OMI - RIPAM [27]

Tout cela semble relativement implémentable aux navires autonomes qui se servirait de caméras et de radar afin de déterminer l'aspect du navire avec lequel ils interagissent. Dans le cas où il serait déterminé qu'il ne s'agit pas d'un dépassement, le navire devrait alors déterminer s'il s'agit d'un croisement (règle 15) ou de navires qui se font face (règle 14).

La partie d) de la règle explique que la situation doit être considérée comme un navire rattrapant un autre jusqu'à ce que le navire rattrapant soit « paré et clair ». Le fait est que la règle ne précise pas quand est ce que l'on considère que le navire a rattrapé l'autre. Une clarification qui pourrait être proposée est tirée des cours donnés aux personnes apprenant le RIPAM pour la première fois [29] :

Un navire est considéré comme paré et clair lorsque :

- *La poupe du navire rattrapant a dépassé la proue du navire rattrapé*

- *Les navires ne se rapprochent plus l'un l'autre*
- *Le navire rattrapé peut changer son cap librement sans pour autant créer de nouveau danger de collision*

Néanmoins, la partie c) de la règle explique qu'un navire qui, en cas de doute quant au fait qu'il rattrape un navire, doit se considérer comme rattrapant et s'écarter de la route du navire qu'il rattrape. Cette partie de la règle essaie de régler les éventuels problèmes qui pourraient exister quant à l'interprétation de la situation. Ceci peut très bien fonctionner pour les navires ayant un équipage à bord mais ne semble nullement nécessaire pour les navires autonomes. Tant que ces derniers prennent uniquement en compte l'aspect du navire qu'il (pense) rattraper comme prescrit dans la règle 13b), aucune place pour l'interprétation n'est nécessaire.

4.2.4 Règle 14 – Navires qui font des routes directement opposées :

Ici, la règle explique la manœuvre à suivre par deux navires qui sont dans une situation de collision frontale. Tout comme dans la règle 13, il est précisé à partir de quel moment est-ce que la situation est considéré comme une situation où des navires ayant des routes directement opposées.

Le problème réside dans le fait que la règle n'est pas assez précise et laisse une certaine marge de liberté quant à l'interprétation de ce qui est ou n'est pas une situation « frontale ».

> *« Lorsque deux navires à propulsion mécanique font des routes directement opposées <u>ou à peu près opposées</u> de telle sorte qu'il existe un risque d'abordage.*
>
> *On doit considérer qu'une telle situation existe lorsqu'un navire en voit un autre devant lui <u>ou pratiquement devant lui</u> [27] »*

Les termes « ou à peu près opposées » et « pratiquement devant lui » ne sont pas interprétable par un système autonome de par leur manque de clarté. Ils devraient donc être supprimés ou une addition plus précise devrait y être fait. Une telle addition pourrait se baser sur la suite de la règle 14b) qui dit que « de nuit, il verrait les feux de mât de l'autre navire, l'un par [dessus] l'autre ou presque et/ou ses deux feux de côté et que, de jour, il verrait l'autre navire sous un angle correspondant. [27] »

En se basant la dessus, on peut aller voir que l'annexe 1 du RIPAM (Annexe 1, chap. 9-a-(i) [20]), celle-ci indique que les feux de cotés doivent se superposer de maximum 3° en dehors des secteurs de 112.5° normalement prescrits.

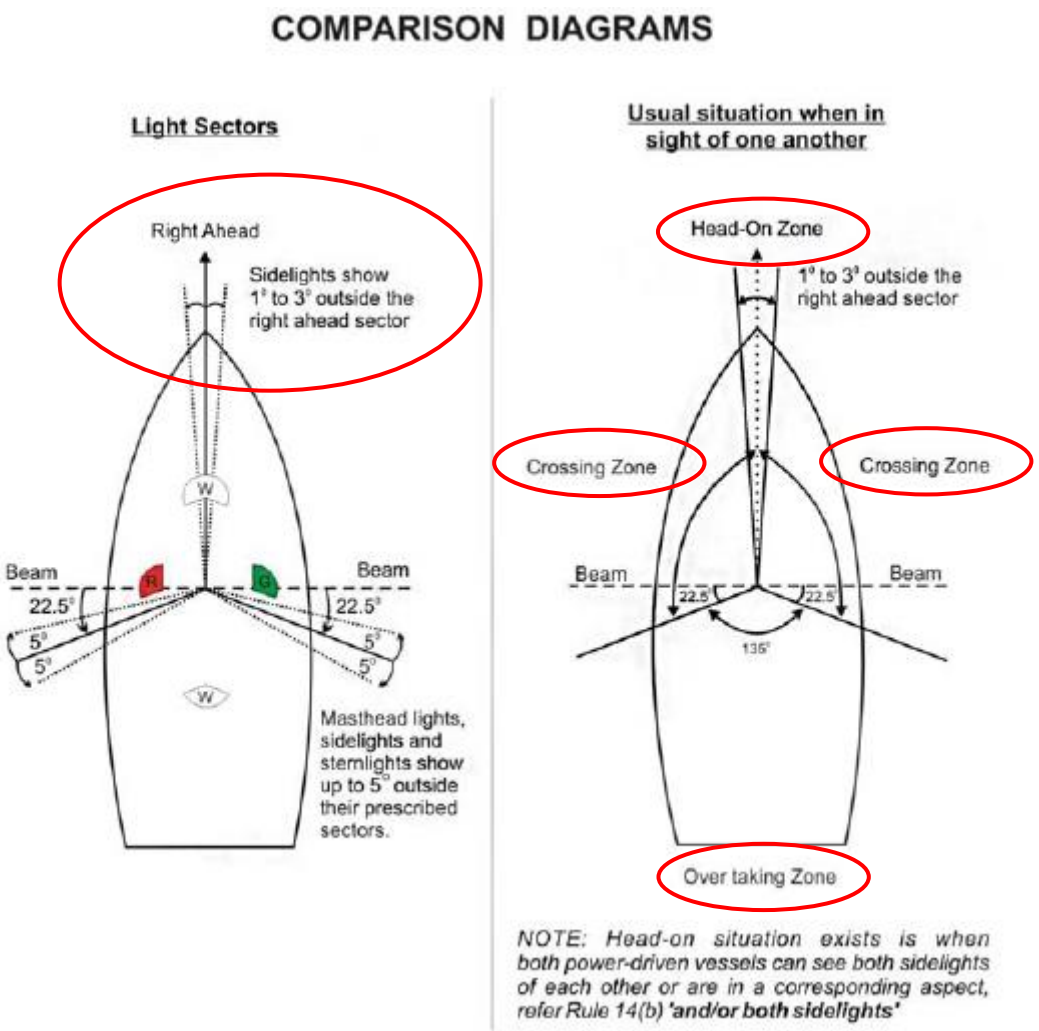


Figure 9 Diagramme de comparaison des secteurs lumineux et des types de routes de collision.
Source : Capt. Yashwant Chhabra - Preventing Collisions: Construing & Complying [21]

Tout comme dans la règle 13, la dernière partie, la partie c), explique qu'en cas de doute quant à l'existence de ce genre de situation, le navire doit considérer qu'elle n'existe pas et qu'il s'agit donc d'un croisement (règle15).

Ceci ne pose pas de problème et ne s'appliquerait pas aux navires autonomes étant donné qu'ils ne sont pas capables d'avoir de doutes. Selon ce qui a été énoncé précédemment ceux-ci manœuvreraient selon la règle 14 dès que les deux feux de côté du navire auquel ils font face seraient visible. Cette partie de la règle pourrait donc rester applicable sans pour autant être nécessaire aux navires autonomes.

Il faut aussi noter que le comité de sécurité de l'OMI a soulevé la question quant au terme « voir » qui est utilisé plusieurs fois dans la règle [11]. Ceci ne semble pas être un problème, ou du moins, n'être que minime. Surtout lorsque l'on prend en compte les amendements qui ont été effectués dans les règles 3 et 5.

4.2.5 Règle 15 – Navires dont les routes se croisent :

> *« Lorsque deux navires à propulsion mécanique font des routes qui se croisent de telle sorte qu'il existe un risque d'abordage, le navire qui voit l'autre navire sur tribord doit s'écarter de la route de celui-ci et, si les circonstances le permettent, éviter de croiser sa route sur l'avant. [27] »*

Premièrement, il a été déterminé lors de l'analyse de la règle 3[30] et selon les résultats de l'enquête[31] qu'il était préférable de catégoriser les navires autonomes, peu importe leur degré d'autonomie, comme des navires à propulsion mécanique standard. Ceci rend donc cette règle applicable aux navires de surface autonome.

Ensuite, la notion de « voir » doit être interprété afin de permettre l'utilisation de caméras et autres capteurs aux navires n'ayant pas d'équipage à bord (degrés d'autonomie 3 et 4). En plus de cela, il pourrait être précisé que le navire ne doit pas simplement voir l'autre navire sur son tribord. En effet, pour que ce soit une route de collisions impliquant deux navires qui se croisent, il faut que l'un des navires puisse observer l'autre à un relèvement compris en 0° et 112.5° sur son tribord ou son bâbord. Bien que cela ne soit pas explicitement indiqué actuellement, ce manque de précision ne semble néanmoins pas poser d'énormes problème, un amendement n'est donc peut-être pas strictement nécessaire.

[30] Voir Définition de navire autonome :page 15
[31] Voir annexe 1

4.2.6 Règle 16 – Manœuvre du navire non privilégié :

« Tout navire [non privilégié] qui est tenu de s'écarter de la route d'un autre navire [privilégié] doit, autant que possible, manœuvrer de bonne heure et franchement de manière à s'écarter largement [20] »

Une fois de plus, le manque de précision de la règle la rend inutilisable par les navires autonomes. On se doit de quantifier « de bonne heure », « largement », et « franchement ».

On pourrait aussi croire que « autant que possible » serait une notion dont la définition devrait être revue et clarifiée. Il apparait néanmoins qu'elle n'est là que pour essayer de forcer les navigants à agir de la manière la plus claire et franche que possible. La quantifier ne semble donc pas nécessaire à partir du moment où les adjectifs précédents sont clairement définis.

4.2.6.1 De bonne heure :

Une très grande similarité semble exister entre cette notion et celle utiliser dans la règle 8 (Largement à temps[32]). Elles servent toutes les deux à forcer les navigants à manœuvrer le plus tôt possible afin d'éviter la collision. A nouveau, c'est donc le TCPA qui est décrit ici.

Tout comme dans la règle 8, on pourrait imaginer utiliser un modèle mathématique servant à déterminer à partir de quel moment est-ce que le navire se devrait de manœuvrer. L'autre possibilité pourrait être de choisir une valeur arbitraire plus grande que la moyenne des TCPA de réaction actuellement utilisés par les marins. Le problème de ce choix étant bien évidemment le manque d'adaptation à l'environnement. Un navire en haute mer pourra se permettre de manœuvrer bien plus tôt afin de s'écarter d'une route de collision qu'un navire dans des eaux restreintes et/ou très fréquentées.

4.2.6.2 Franchement :

Ici, le raisonnement est à nouveau le même que dans la règle 8 lorsque l'on parlait de «Franchement & Assez important que pour être visible ». Etant donné que chaque manœuvre et chaque environnement est différent, il semble difficile de quantifier précisément un changement de cap minimal à effectuer. On pourrait se baser sur une

[32] Voir Règle 8 – Manœuvres pour éviter les abordages :page 35

moyenne des changements de cap actuellement effectués par les marins à bord. Bien évidemment cet angle, qui sera relativement grand, ne sera pas utilisable à chaque fois.

Préciser alors que le changement de cap devrait être « le plus grand possible et d'environs x degrés » pourrait permettre de laisser suffisamment de liberté au système autonome. L'important étant que ce changement de cap devrait être le plus grand possible.

A noter que lorsqu'un changement de cap n'est pas possible, le navire a encore la possibilité de moduler sa vitesse et/ou de s'arrêter.

4.2.6.3 S'écarter largement :

Une fois de plus, tout comme dans la règle 8, une référence est faite au CPA minimal qui devrait exister entre deux navires.

Il avait été décidé dans la règle 8 que la valeur de ce CPA minimal pouvait être déterminée de quatre manières différentes :

- Utiliser une valeur basée sur les ordres permanents de capitaine habituellement utilisés de nos jours.
- Utiliser un modèle mathématique.
- Utiliser une valeur plus grande que la moyenne des CPA actuellement utilisés par les marins à bord.
- Et/ou laisser les autorités locales décider de CPA minimum dans les eaux plus fréquentées.

Au vu de ces résultats il ne semble pas nécessaire d'amender la règle 16 pour les navires autonomes, étant donné que la règle 8, servant à décrire les manières de manœuvrer, a déjà été modifiée pour les prendre en compte.

4.2.7 Règle 17 – Manœuvre du navire privilégié :

Cette règle est composée de quatre parties décrivant chacune les différentes « phases » de manœuvre devant être suivie par un navire privilégie. Les trois phases sont réparties et expliquées comme suit :

4.2.7.1 Phase 1 :

La première partie (a-i) décrit la phase où le navire privilégie est obligé de maintenir son cap et sa vitesse afin de permettre au navire non privilégié d'agir adéquatement. Cette

partie ne pose, en elle-même, pas de soucis aux navires autonomes. Rien dans le texte ne fait référence à des actions ou termes qui ne pourraient ou ne seraient être fait pas un navire autonome à partir du moment où le navire autonome a repéré et « compris » que le navire avec lequel il interagit est le navire devant s'écarter de sa route.

4.2.7.2 Phase 2 : Manœuvre permissive

La seconde partie (a-ii) décrit la phase décrite comme la « manœuvre permissive » du navire privilégié :

> *ii) Néanmoins, ce dernier <u>peut</u> manœuvrer, afin d'éviter l'abordage par sa seule manœuvre, <u>aussitôt qu'il lui parait évident</u> que le navire qui est dans l'obligation de s'écarter de sa route n'effectue pas la manœuvre appropriée prescrite par les présentes Règles.[27]*

Le premier problème de cette seconde phase est le choix qui est laissé au navire privilégie de manœuvrer ou non. En effet, rien ne l'oblige techniquement à manœuvrer à ce stade-ci. Mais le fait est que dans tous les cas, cette décision ne peut être prise si on ne définit pas à partir de quand est ce que le navire non privilégié est considéré comme n'ayant pas manœuvrer.

Définir ceci n'est pas quelque chose qui semble faisable facilement de par le fait que chaque officier naviguant prend actuellement en compte une multitude de facteurs afin de prendre sa décision. Ces facteurs peuvent être externes tels que les conditions météorologiques, les types de navires, l'espace disponible pour la manœuvre,… Mais aussi des facteurs beaucoup plus personnels comme son expérience, l'éventuelle connaissance préalable du lieu, son état de fatigue, de stress,… Deux officiers différents ne prendront donc jamais leur décision au même moment et ne considèreront pas la phase permissive comme ayant lieu au même moment.

Une chose certaine est le fait que le début de cette phase permissive, qui peut être décompté jusqu'au moment de l'éventuelle collision, doit avoir lieu après le moment où l'on attend du navire non privilégié d'avoir manœuvrer. Comme déterminé dans le chapitre traitant de la règle 8[33], cette distance (ou durée si l'on prend en compte la vitesse) devrait

[33] Voir page 35

être inférieure aux 5 miles nautiques ayant été désigné comme distance moyenne de réaction. En dessous de cela, il pourrait être considéré que le navire privilégié pourrait avoir le droit de manœuvrer selon la règle 8-a-ii).

Bien entendu, tout éléments externes limitants et propre à la situation devraient être pris en compte si nécessaire. Certains de ces éléments pourrait être le manque d'espace disponible dans une certaine zone, la présence d'autres navires restreignant la manœuvre du navire non privilégié,…

Zones de sécurité :

Une autre proposition pour remédier à ce problème est celle de T. Porathe. Celle-ci consiste à faire étudier un maximum de donnée d'AIS d'une zone au programme autonome afin que celui-ci puisse déterminer le moment où la phase permissive pourrait commencer [23]. L'étude de ces données AIS permettrait au programme de déterminer une zone de sécurité autour de chaque navire. Ces zones, décrites dans le manuel des VTS de l'IALA, sont définies comme suit :

> *"A zone around a vessel within which all other vessels should remain clear unless authorised. The size of the Ship Safety Zone may vary depending upon such factors as: the dimensions of the waterway; ship size; ship characteristics, cargo, and the degree of risk. The dimensions selected should be determined taking into account these details and a relevant risk assessment.[34] [35]"*

Tout navire qui viendrait à pénétrer dans la zone de sécurité d'un autre permettrait donc à ce dernier de manœuvrer afin d'éviter un éventuel risque de collision selon la règle 8-a-ii). Bien entendu cette zone serait plus grande en haute mer que dans des eaux restreintes. Dans le cas des navires autonomes, cela voudrait dire qu'avant qu'un navire ne pénètre dans la zone de sécurité du navire autonome (celui-ci étant privilégié), les deux navires devraient suivre la règle 8-a-i). Le navire autonome serait donc obligé garder son cap et sa vitesse afin de permettre à l'autre de manœuvrer. Dès que ce dernier pénètre dans la zone

[34] Zone autour de chaque navire dont tous les autres navires devraient être exclu, sauf précisé autrement. La taille de cette zone de sécurité peut varier en fonction de facteurs tels que : Taille du plan d'eau, caractéristiques du navire, cargo et degré de risque. Les dimensions doivent être déterminée en prenant en compte tous ces éléments et en conduisant une analyse de risque.

de sécurité, la phase permissive commencerait et le navire autonome serait autorisé à manœuvrer selon la règle 8-a-ii).

L'avantage principal de ce système serait le fait que la taille de ces zones serait propre à chaque endroit et adaptable en fonction de la situation, dynamique donc. Elle semblerait être beaucoup plus représentative et semblable à l'interaction entre deux navires actuels.

Néanmoins un problème persiste : comme expliqué dans le chapitre de la règle 5[35], l'AIS n'est aujourd'hui pas considéré comme un équipement totalement fiable. Ceci est dû au fait qu'il n'est pas obligatoire, un bon nombre de navire n'en sont pas équipé, ne l'utilise pas ou vont même jusqu'à fausser les données. Cela pourrait mener le système autonome à prendre des décisions et déterminer la taille de ces zones en se basant sur de fausses données ou des données incomplètes, pouvant alors mener à des erreurs et donc des incidents.

4.2.7.3 Phase 3 : Double action

La dernière phase décrite par la règle 17 est celle où les deux navires se doivent de manœuvrer afin d'éviter une collision imminente. Ces manœuvres sont appelées les manœuvres de dernière minute.

> *b) Quand, pour une cause quelconque, le navire qui est tenu de maintenir son cap et sa vitesse se trouve tellement près de l'autre que l'abordage ne peut être évité par la seule manœuvre du navire qui doit laisser la route libre, il doit de son côté faire la manœuvre qui est la meilleure pour aider à éviter l'abordage [20].*

Ici, de par l'urgence de la situation, les navires sont tenus de manœuvrer de la manière qui leur semble la plus efficace afin d'éviter une collision imminente qui ne peut être empêcher par la manœuvre d'un seul des navires. La logique voulant que cette manœuvre écarte les deux navires l'un de l'autre le plus possible.

De nouveau, rien dans le texte n'empêche les navires autonomes de pouvoir l'appliquer dans la mesure où ceux-ci sont capables de déterminer à partir de quand est ce que ces manœuvres peuvent avoir lieu. Il ne semble pas non plus surréaliste que dans le futur , un ordinateur soit en mesure de calculer avec une précision au moins aussi bonne qu'un

[35] Voir page 21

humain quand est ce que cette manœuvre deviendrait nécessaire et comment devrait-elle être conduite.

NAVDEC – Navigation Decision Supporting system :

De tel systèmes sont actuellement en développement, c'est par exemple le cas du système NAVDEC [38]. Ce système d'aide à la prise de décision est à la base destinée à l'utilisation à bord de navire ayant un équipage. Avec certaines adaptations, il semble raisonnable d'imaginer ce système étant utilisé sur des navires autonomes de degré 1 et/ou 2 ou encore 3.

Le système n'est pas un système autonome prenant des décisions par lui-même mais bien un outil d'aide proposant différentes possibilités de manœuvre à l'officier de quart en fonction de la situation dans laquelle le navire se trouve. Afin de fournir ces différentes possibilités au navigateur, le système récolte, en temps réel, une multitude de données des équipements et capteurs du navire. Dans la version testée en simulateur, les données utilisées par le système étaient les suivantes : Vitesses log, cap du compas gyroscopique, radar & ARPA, position GPS & DGPS, AIS et ENC.

Lors des essais en simulateur, le système a été capable de :

- Calculer avec succès les CPA et TCPA avec les différents navires.
- Calculer de nouvelles routes menant à des CPA de plus d'un mile nautique (valeur choisie pour les tests) avec les autres navires.
- Présenter, pour chaque nouvelle route proposées, la liste des règles du RIPAM applicable à chaque navire.
- Donner une alternative à la route prévue jusqu'au prochain point de passage tout en passant à une distance d'un mile des autres navires.
- Calculer des secteurs de routes recommandées pour les CPA et TCPA sélectionné ainsi que pour les conditions météorologiques en prenant en compte les routes de 40 autres navires.

Au vu des résultats de ces tests ainsi que des avancées ayant été faite depuis[36], il semblerait tout à fait envisageable d'utiliser des systèmes autonomes à bord étant capable de

[36] Voir projet MUNIN - [17]

manœuvrer en accordance avec les prescriptions de la règle 17. Néanmoins certaines interprétations ou éventuelles modifications pourrait être envisagée afin de permettre cela. Ces modifications ou interprétations devront néanmoins être étudiée lorsque de tels systèmes deviendront disponible commercialement et seront déterminer par la nature même de ces outils.

4.2.8 Règle 18 – Responsabilités réciproques des navires :

La règle 18 décrit l'ordre de privilège des différents types de navires définis dans la règle 3. Elle explique la « hiérarchie de privilège » envers les différents types de navires et de leur situation.

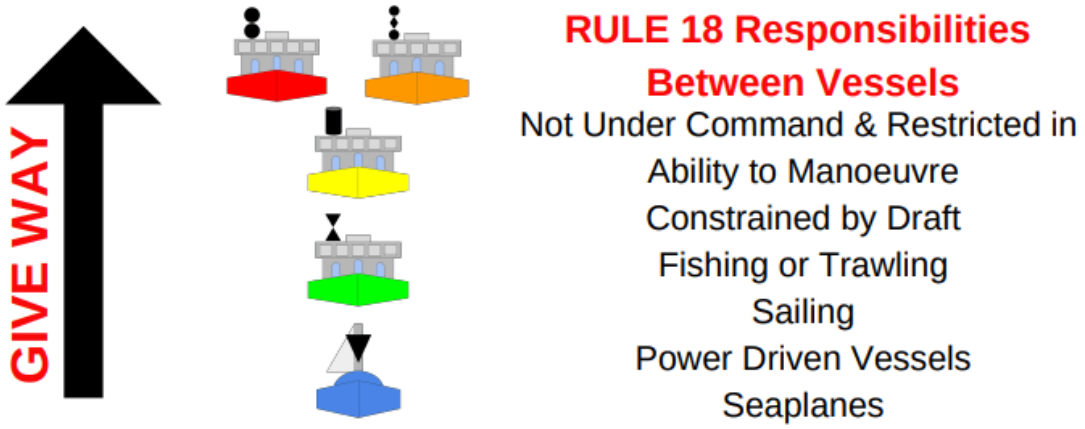


Figure 10 Ordre de privilège actuel selon la règle 18
Source : Noel Hutchinson - Day Shapes – Guide and Free Download [7]

A nouveau, rien n'empêche explicitement les navires autonomes à prendre part à la navigation selon la règle 18. La question qui se pose néanmoins est de savoir à quelle « catégorie » de navires, les navires autonomes appartiennent ils.

Comme précisé dans le chapitre sur la règle 3, les navires autonomes appartiendraient à la catégorie des navires à propulsion mécanique standard. Il devrait donc suivre la règle comme tel.

Il avait été demandé à un échantillon de 50 marins de choisir parmi trois propositions quant à comment considérer les navires autonomes. Une de ces propositions étaient de créer une nouvelle catégorie de navire dans la règle 3 étant privilégié par défaut selon la règle 18.[37]

[37] Voir Nouveau type de navire étant privilégié par défaut ? - page 19

De par le fait que cette option n'ai pas recueilli le plus de choix, elle n'a pas été considérée pour la réévaluation du RIPAM. Un chapitre complet lui sera néanmoins consacré par la suite[38].

4.3 Section 3 - Conduite des navires par visibilité réduite :

4.3.1 Règle 19 - Conduite des navires par visibilité réduite :

Partie a :

a) La présente règle s'applique aux navires qui ne sont <u>pas en vue les uns des autres</u> et qui naviguent à l'intérieur ou à proximité de zones de visibilité réduite [27].

Comme pointé du doigt dans le rapport du MSC [11], cette partie de la règle nécessite quelques interprétations et/ou adaptations afin de permettre l'implémentation des navires autonomes.

« En vue les uns des autres » fait référence à l'utilisation de la vision humaine. Ceci n'est bien évidemment pas possible pour les navires autonomes. Particulièrement ceux de degrés 3 et 4. On ne pourrait donc pas savoir quand est ce que les navires autonomes sont en vues les uns des autres ou pas.

Comme précédemment expliqué dans le chapitre sur la règle 3 – Définitions Générales[39], et précisé dans la règle 11[40], la définition de « en vue les uns des autres » a été modifiée pour permettre l'utilisation d'appareil électronique comme outils visuels. Grâce à cela, la section 2 du RIPAM est applicable aux navires autonomes lorsque ceux si sont en vue les uns des autres. La section 3 l'est alors lorsqu'ils ne le sont pas, ceci réglant le problème d'application.

Partie b :

b) Tout navire doit naviguer à une vitesse de sécurité adaptée aux circonstances existantes et aux conditions de visibilité réduite. Les navires à propulsion mécanique doivent tenir leurs machines prêtes à manœuvrer immédiatement [27].

[38] Voir Considérer les navires autonomes comme privilégiés par défaut : page 68
[39] Voir : Navires en vues les uns des autres : page 18
[40] Voir Règle 11 – Champ d'application : page 42

La partie b de la règle stipule que les navires doivent naviguer à une vitesse réduite et sûre, adaptée aux conditions. Le problème qui se pose ici est le manque de précision de ce qui doit être considéré comme une vitesse sûre. Une des possibilités pourraient être de déterminer cette vitesse de sorte que le navire soit capable de s'arrêter sur une distance égale au rayon de visibilité. Ceci ne serait néanmoins pas possible car il arrive très souvent que des navires naviguent dans des conditions de visibilité telle que leur propre proue n'est pas visible depuis la passerelle [23].

Dans ce cas, on pourrait obliger les navires, dans leur totalité ou seulement les navires autonomes, à naviguer à la vitesse minimale qui leur permet de rester manœuvrable. Ceci serait similaire aux précisions de la règle 8 (applicable dans ce cas-ci) qui précise que

> *« Si cela est nécessaire pour éviter un abordage ou pour laisser plus de temps pour apprécier la situation, un navire doit réduire sa vitesse ou casser son erre en arrêtant son appareil propulsif ou en battant en arrière au moyen de cet appareil. » [27].*

Partie c :

> *c) Tout navire, lorsqu'il applique les règles de la section I de la présente partie, doit tenir dûment compte des circonstances existantes et des conditions de visibilité réduite [27].*

Cette partie ci précise simplement qu'une attention supplémentaire doit être portée à la veille, la vitesse du navire, l'évaluation des risques d'abordages ainsi que les règles régulant les chenaux étroits et dispositifs de séparation de trafic. Comme pointé du doigt par l'un des participants à l'enquête[41], un dispositif électronique est capable de maintenir une attention maximale durant toute la durée de fonctionnement contrairement à un humain dont l'attention peut être détournée par n'importe quel élément externe. L'attention humaine est aussi sujette à la fatigue et au stress. Ceci n'est pas le cas pour un système autonome. On peut donc imaginer le système ayant une attention maximale non seulement dans des conditions de visibilité réduite mais aussi durant tout le reste de la navigation.

[41] Voir annexe 1

Cette partie de la règle ne semble donc pas nécessaire vis-à-vis des navires autonomes mais reste néanmoins primordiale pour les navires standard ayant un équipage à bord.

Partie d :

> *d) Un navire qui détecte au radar seulement la présence d'un autre navire doit déterminer si une situation très rapprochée est en train de se créer et/ou si un risque d'abordage existe. Dans ce cas, il doit prendre largement à temps les mesures pour éviter cette situation; […] [27].*

Cette partie énumère les règles de barres à suivre en fonction de la position de l'autre navire au cas où celui-ci serait détecté uniquement à l'aide du radar. Ces manœuvres, devant être réalisables par les navires autonomes, ne posent pas de problèmes quant à leur implémentation.

Etant donné que les navires autonomes utilisent principalement le radar à des fins d'anticollision et de détection, ils seraient tout à fait capables de suivre cette règle. Aucunes modifications ni interprétations ne semble donc nécessaire afin de permettre l'implémentation de ceux-ci.

Partie e :

> *e) Sauf lorsqu'il a été établi qu'il n'existe pas de risque d'abordage, tout navire qui <u>entend</u>, dans une direction qui lui paraît être sur l'avant du travers, […][27]*

Le problème de cette règle est le fait qu'elle fait référence à l'ouïe humaine à des fins de détection auditive. N'étant pas réalisable par un navire autonome n'ayant pas d'équipage à bord (degré 3 et 4), il faudrait donc modifier ou interpréter la règle pour permettre l'utilisation de microphones.

Ce genre d'outils étant déjà utilisés à bord des navires actuels, une interprétation semblerait donc suffisante. Néanmoins une version modifiée de cette partie sera tout de même proposée dans le chapitre 9.1.9.

5 Partie C - Feux et marques :

Dans sa version actuelle, cette partie du RIPAM décrit les types de feux et de marques de jours devant être porté/montré par chaque type de navire en fonction de sa situation.

La règle 20 (Application) explique clairement que ces règles doivent être suivies par tous les navires et dans toutes les circonstances, indépendamment de la météo, du type de navire, …

Les feux doivent être visible du coucher du soleil jusqu'au lever du soleil et aussi du lever au coucher du soleil en cas de mauvaise visibilité.

Les marques de jour quant à elles, doivent être visible du lever au coucher du soleil.

Cette version actuelle de la partie C ne pose, en soit, aucun problème quant à l'implémentation des navires autonomes. Rien dans ces règles ne bloquent ou ne fait barrière à ces nouveaux types de navire. Il est néanmoins légitime de se demander si une nouvelle règle, propre aux navires autonomes ne devrait pas y être ajoutée afin de leur imposer de nouvelles marques de jour et/ou de nouveaux feux.

5.1 Ajout de feux et marques spécifiques aux navires autonomes :

Au vu des avancées faites dans cette recherche, il semble légitime de se demander si les navires autonomes ne devraient pas avoir à porter de nouvelles maques de jour et feux de nuits.

La question a été posée dans l'enquête auprès des marins et ceux-ci ont majoritairement répondu que, oui, les navires autonomes devraient être différenciable visuellement de la même manière que les autres types de navires définis dans la règle 3 le sont.

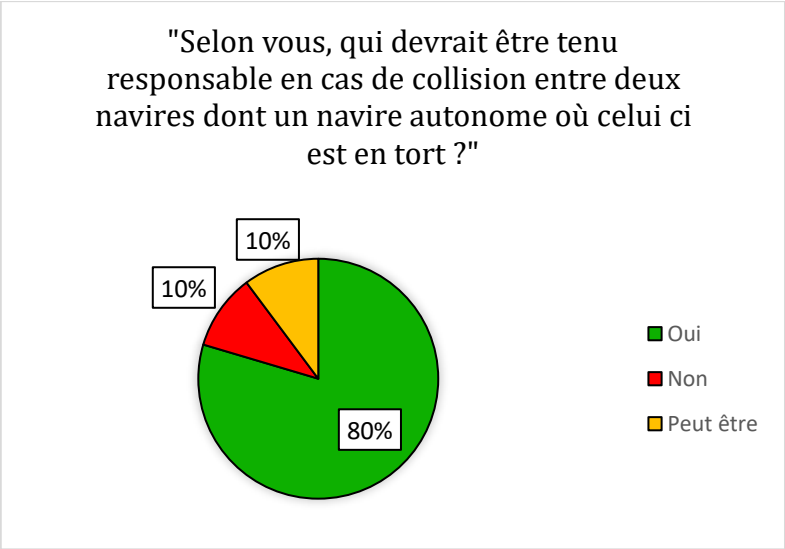


Figure 11 Opinion de marins sur l'ajout de feux/marques propres aux navires autonomes
Source : Propre enquête, voir annexe 1

5.1.1 Caractéristiques :

Feux de nuit :

En ce qui concerne les feux de nuits, plusieurs propositions ont été faites. Dans tous les cas, il semble clair que la volonté soit d'utiliser une identification neuve et qui ne pourrait être confondue avec une autre actuellement utilisée.

T. Porathe propose d'utiliser un feu tout horizon mauve par-dessus le feu le feu de tête de mât standard des navires à propulsion mécanique. Le mauve n'étant actuellement utilisé par aucun navire conviendrait donc [24].

Figure 12 Proposition de feux de nuit pour navire autonome
Source : T. Porathe - Safety of autonomous shipping: COLREGS and interaction between manned and unmanned ships - [24]

Une autre proposition est celle du groupe de l'université de Sciences Appliquées de Rotterdam Mainport [15] qui propose l'utilisation de feu tout horizon superposés blanc-bleu-blanc. De nouveau, la couleur bleue n'étant pas utilisée pourrait fonctionner. D'après leurs recherches, le bleu serait une couleur facilement détectable à l'œil nu, même dans des conditions de visibilité réduite.

Marques de jours :

Toujours selon ce groupe, les marques de jours utilisées par les navires autonomes pourrait alors être un assemblage d'un triangle pointé vers le bas au-dessus d'une boule elle-même au-dessus d'un triangle pointé vers le haut [15].

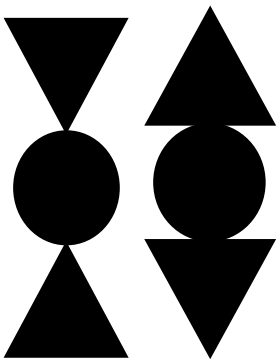


Figure 13 Interprétation de la proposition de marque de jour pour les navires autonomes[42]
Source : Adaptation de Mast et al. - Autonomous sailing Safety, liability and legislation - [15]

AIS :

M. Porathe avait quant à lui proposé l'ajout d'une identification spécifique de l'AIS pour les navires autonomes. Son idée étant que la lettre « A » soit affichée à côté du symbole du navire qui serait visible sur l'écran d'un ECDIS ou du radar [24].

[42] Deux exemples de marques de jour sont présentés à cause du manque de précision dans le document proposant l'idée. La description n'est pas assez précise que pour savoir si le triangle supérieur devrait pointer vers le haut ou vers le bas et inversement pour le triangle inférieur.

6 Partie D : Signaux sonores et lumineux :

6.1 Règle 33 – Définitions :

> *a) […] La cloche ou le gong, ou les deux, peuvent être remplacés par un autre matériel ayant respectivement les mêmes caractéristiques sonores, à condition qu'il soit toujours possible d'actionner manuellement les signaux prescrits [27].*

La règle 33 de partie D du RIPAM a été relevée par le comité de sécurité de l'OMI dans son rapport 102-5-3 [11] comme possédant un élément pouvant empêcher les navires n'ayant pas d'équipage à bord d'être en accordance avec le RIPAM.

La règle dit que tout signal sonore remplaçant le cloche ou le gong doit pouvoir être actionner manuellement. Ceci n'est pas possible au sens propre sans qu'il n'y ai personne à bord pour effectuer l'action. Une modification serait donc nécessaire selon le rapport afin de permettre l'utilisation d'un système autonome actionnant au coup par coup l'instrument.

De plus le rapport explique que, outre pour les navires autonomes, une telle modification devrait être nécessaire de manière générale pour permettre l'utilisation de tel systèmes étant déjà installés à bord de navires naviguant actuellement [11].

6.2 Règle 34 – Signaux de manœuvres et signaux d'avertissement :

> *« d) Lorsque deux navires en vue l'un de l'autre s'approchent l'un de l'autre et que, pour une raison quelconque, l'un d'eux ne comprend pas les intentions ou les manœuvres de l'autre, ou se demande si l'autre navire prend les mesures suffisantes pour éviter l'abordage, le navire qui a des doutes les exprime immédiatement en émettant au sifflet une série rapide d'au moins cinq sons brefs. [27] »*

Tout comme expliqué dans le chapitre consacré à la règle 14[43], le navire autonome n'est pas et ne devrait pas être capable d'être dans le « doute ».

Le fait est que les capacités techniques devraient être suffisantes que pour être capable de déterminer, peu importe la situation, de quel type de situation est ce qu'il s'agit et les manœuvres qui doivent être attendues en fonction. Pour cela, les règles doivent être

[43] Voir Règle 14 – Navires qui font des routes directement opposées : page 45

modifiée afin de clairement délimiter et déterminer les limites de chacune de ces situations[44].

En imaginant que tous les navires utilisent les signaux sonores relatifs à chaque manœuvre, il pourrait être imaginé que le navire autonome ne soit parfois pas capable d'entendre ou de comprendre correctement le signal et doive utiliser la règle 34 afin de demander de répéter le signal en question. En réalité, ceci ne semble pas réaliste de par le fait qu'une majorité de navires actuels n'utilisent pas les signaux sonores lors de changements de cap ou de manœuvres. De plus, les équipements de détection sonore actuellement équipés à bord sont capable d'entendre des sons et de fournir un relèvement de manière bien plus précise que l'oreille humaine, surtout lorsque l'humain en question se trouve à l'intérieur d'une passerelle fermée.

[44] Voir règle 7 à 19 – Page 30 à 55

7 Annexe 3 - Caractéristiques techniques du matériel de signalisation sonore :

7.1 2 - Cloche ou gong :

b) Construction : Lorsque cela est possible, il est recommandé d'installer un battant de cloche à commande mécanique, de manière à garantir une force d'impact constante, mais il doit être possible de l'actionner à la main [27].

Comme pointé du doigt dans le rapport du comité de sécurité de l'OMI [11], la précision expliquant que le gong doit pouvoir être actionner à la main devrait être amendée. Bien entendu, les navires autonomes, particulièrement ceux de degré 3 et 4 n'ayant pas d'équipage à bord ne pourrait être capable d'actionner un tel équipement à la main.

Afin de remédier à cela, la modification de ce passage semble être la meilleure solution. Ce passage n'étant pas d'une importance primordiale de par le fait qu'il ne fasse référence qu'à une spécificité technique. De plus, la cloche et le gong n'étant pas les instruments les plus utilisés lors des opérations quotidiennes[45], une modification des directives relatives à leur construction paraît envisageable.

« Possible d'être actionné à la main » pourrait alors être remplacé par « possible d'être actionner au coup par coup ou analogiquement[46] ». Cela permettrait à l'utilisateur à distance et/ou au système autonome de pouvoir les actionner manuellement mais à distance malgré tout.

[45] Bien que restant nécessaire et utile dans certaines situations

[46] « Se dit de systèmes, dispositifs ou procédés qui représentent, traitent ou transmettent des données sous la forme de variations continues d'une grandeur physique. » [12] (Par opposition à numérique.)

8 Modifications alternatives :

Dans l'enquête soumise à un échantillon de 50 marins, une des principales questions était de choisir comment considérer les navires autonomes.

Comme expliqué dans le chapitre parlant de la règle 3[47], les trois propositions et leurs pourcentages de réponse respectif était comme suit[48] :

- Les considérer comme des navires « standard » et modifier la règle 5 afin de pouvoir effectuer la veille à l'aide de capteurs.
    - Résultat = 56% des votes avec 28 votes
- Créer une nouvelle définition se rapportant aux navires autonomes et leur donnant le privilège absolu de manière similaire aux navires non maître de leur manœuvre.
    - Résultats = 18% des votes avec 9 votes.
- Toujours se comporter comme des navires pas en vue les uns des autres et donc selon la règle 19.
    - Résultats = 26% des votes avec 13 votes.

Etant donné que la majorité de ce mémoire s'est consacré à l'analyse du RIPAM en considérant les navires autonomes comme des navires standard (choix ayant reçu la majorité des voies), seules les deux autres propositions seront analysées dans ce chapitre en commençant par celle ayant reçu la plus grande partie des votes restants. C'est-à-dire de considérer les navires autonomes comme en visibilité réduite par défaut et leur faire appliquer la règle 19 de manière générale.

8.1 Constamment appliquer la règle 19 :

Une des alternatives proposées était de faire en sorte que seule la section 3 de la partie B (règle 19 – Conduite de navire par visibilité restreinte) soit appliquée aux navires autonomes et à l'autre navire avec lequel ils interagissent. Ceci serait fait peu importe les conditions de visibilité ou la situation des navires afin de simplifier les différents possibilités d'interaction et de manœuvres s'y rapportant.

[47] Voir page 19
[48] Voir annexe 1

Il est clair que dès le départ, cette idée ne constitue pas une solution miracle. Elle pose beaucoup de problèmes quant à certaines situations « particulières » mais pas pour autant rare. C'est notamment le cas des situations impliquant un navire non maitre de sa manœuvre, un navire restreint par son tirant d'eau ou encore un navire à capacité de manœuvre restreinte. En plus de ceux-ci, les cas impliquant plus de deux navires peuvent encore et toujours poser problème.

Malgré cela et aux vues des réponses de l'enquête n'étant pas défavorable à cette idée, celle-ci mérite d'être étudiée. En effet, sur un échantillon de 50 personnes, 26% des réponses semblaient favorable à cette idée[49]. A noter que trois des treize répondants ont choisi cette option parmi celles proposées car ils n'étaient d'accord avec aucune des trois propositions[50].

Application :

Selon la version actuelle de la règle 3 [27], deux navires sont considérés en vue les uns des autres lorsque ceux-ci peuvent s'observer visuellement l'un l'autre.

A l'heure actuelle, et selon les définitions de l'OMI [11], les navires autonomes de degré 3 et 4 ne possède pas d'équipage à bord capable d'effectuer une veille visuelle. Ils devraient donc appliquer la règle 19 lors de la moindre interaction avec un autre navire de par le fait qu'ils ne peuvent pas l'observer visuellement.

La règle 19, étant une règle basée sur la double action des navires, ferait alors en sorte que, peu importe où se trouve l'autre navire ayant une route de collision avec le navire autonome, celui-ci se devrait de manœuvrer afin d'éviter la collision. Dans ce cas, aucuns des deux navires ne serait considérés comme « privilégié » ou « devant laisser la priorité ».

Ceci réduirait donc le risque de mauvaise interprétation des actions d'un navire par une autre navire ayant une route de collision avec celui-ci sans que ce dernier ne puisse agir ou agisse trop tard comme c'est actuellement le cas avec le principe de navire qui « doit maintenir son cap et sa vitesse » de la règle 17 [27].

[49] Voir annexe 1

[50] A noter qu'ils ne proposaient pas d'autres solutions supplémentaires

Une question qui se pose alors serait de savoir quel(s) navire(s) devrai(ent) suivre la règle 19 en cas de routes de collision entre plus de deux navires dont un étant un navire autonome.

La question a été posé aux participants à l'enquête et ceux-ci ont répondu ceci :

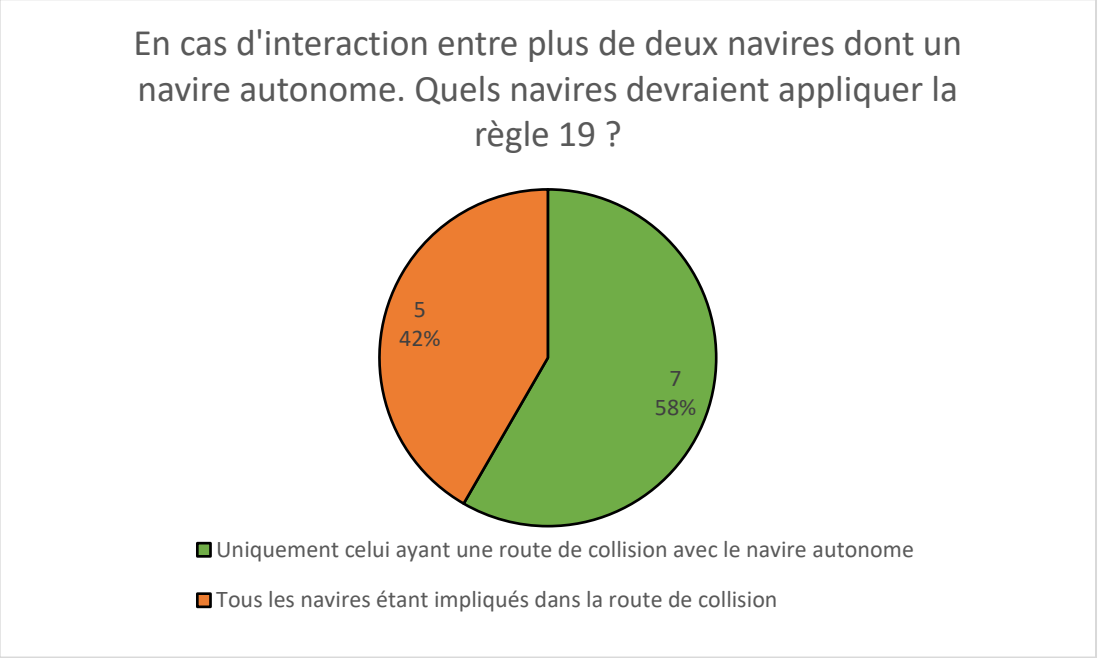


Figure 14 Opinion de marins quant à l'application de la règle 19 lors d'une interaction entre plus de deux navires
Source : Propre enquête, voir annexe 1

De par le nombre de réponses assez faible, il semble difficile de tirer une conclusion quant à la généralisation de l'application de la règle 19 à tous les navires impliqués. De plus, une partie des répondants semblent avoir choisir cette option par manque de compréhension de la question originale[51].

Malgré cela, bon nombre de participants expliquent que, si le RIPAM venait à être modifié, ils préfèreraient que celui-ci oblige les navires autonomes à toujours laisser la priorité aux navires avec lesquels ils interagissent, peu importe la situation où le type de navire avec lequel ils interagissent.

Lors de l'analyse des réponses à cette question, il semble clair que les participants ne sont pas prêts à avoir une confiance envers les navires autonomes semblable à celle qu'ils accordent à des navires ayant un équipage à bord. Ceci paraît donc être un des arguments

[51] Voir réponse écrite, annexe 1.

justifiant le souhait que les navires autonomes laissent la priorité et s'écartent de la route des navires avec lesquels ils interagissent.

Comme expliqué précédemment, le principe serait de remplacer les règles de la Section 2 – Conduite des navires en vues les uns des autres (règle 11 à 18) par la règle 19 actuellement utilisée en cas de visibilité restreinte.

En termes de manœuvre, seul le principe d'action réciproque[52] de la règle 19 serait donc applicable. Cela signifie que dans tous les cas, les deux navires se doivent de manœuvrer peu importe la situation. Leur position relative l'un par rapport à l'autre décide par contre de la manœuvre qu'ils doivent chacun faire.

Dans sa version actuelle [27], la règle est applicable seulement si les navires ne sont pas « en vue les uns des autres » et proche/dans une zone de visibilité réduite. Dans le cas où cette règle serait constamment appliquée, ces deux notions devraient être supprimée.

8.1.1 Complètement modifier le RIPAM et ne garder que la règle 19 :

Parallèlement à la proposition faites ci-dessus, il a été demandé aux participants ce qu'ils penseraient du fait de complètement remanier le RIPAM dans son ensemble, supprimer l'ensemble de la section 2 et de ne garder que la règle 19. Celle-ci serait alors applicable de manière généralisée, par tout temps, peu importe le type de navires, sans égard au lieu et à l'environnement alentour.

Bien que la proposition puisse paraître presque miraculeuse pour un officier ou aspirant ayant très peu d'expérience de par sa simplicité, celle-ci n'est absolument pas une solution raisonnable comme l'ont fait comprendre les répondants à l'enquête. 80% d'entre eux pensent qu'autant modifier le RIPAM n'est pas une option viable alors que les 20% restants pensent le contraire[53].

Une majorité des détracteurs de cette idée justifie leur choix par le fait que la règle 19 seule ne serait pas capable de régler les problèmes de navigation entre des navires plus ou moins privilégiés. Un des exemples souvent donnés est celui d'un navire engagé dans des opérations de dragage qui devrait alors s'écarter de la route d'un navire à propulsion

[52] Dual action
[53] Voir enquête – Annexe 1

mécanique naviguant sur une route de collision avec lui. Bien entendu, ceci n'est absolument pas concevable et rend déjà cette idée caduque.

En plus de cela, bon nombre de participants ne veulent pas voir le RIPAM être modifié plus que nécessaire. D'après eux, celui-ci est déjà suffisamment compliqué à comprendre, apprendre et enseigner en l'état. Le modifier de trop rendrait donc le RIPAM beaucoup trop compliqué à leurs yeux que pour être utilisable et efficace. Il est néanmoins à noter que plus d'une réponse positive à cette modification était justifiée par le fait que le RIPAM serait beaucoup plus simple à enseigner a de nouveau officier n'ayant pas connu la version actuelle de celui-ci.

8.2 Considérer les navires autonomes comme privilégiés par défaut :

Le troisième choix de réponse au questionnaire présentait la création d'une nouvelle définition propre aux navires autonomes au sein de la règle 3. Cette définition aurait été faite de sorte à modifier les règles 17 et 18 afin de donner la priorité absolue aux navires autonomes. Les navires autonomes auraient donc été privilégiés par rapport à tous les autres types de navires avec lesquels ils auraient pu interagir. Leur permettant donc de ne pas ou presque pas manœuvrer afin d'éviter une collision.

Comme expliqué plus haut, une minorité de répondant ont choisi cette option parmi les trois choix disponibles. Lorsqu'il leur a été demandé d'expliquer pourquoi ils avaient néanmoins préféré cette proposition, une majorité d'entre eux ont expliqué qu'il leur semblait plus simple d'agir eux même, à bord de navire ayant un équipage traditionnel, afin d'éviter un navire autonome plutôt que le contraire. Ils justifient cela par le fait qu'ils n'accordent pas une confiance équivalente aux navires autonomes qu'à celle qu'ils accordent aux navires ayant un équipage et à leurs officiers.

Comme vu dans le chapitre précédent concernant l'application de la règle 19, le manque de confiance envers les systèmes autonomes semble être assez généralisé auprès des marins. Cela paraît même être une des raisons principales qui justifient leur volonté d'accorder une priorité par défaut aux navires autonomes. De cette manière, les marins seraient donc capables d'être maître de la situation et capable d'agir de manière à rester le plus à l'écart des navires autonomes.

En imaginant alors que cela viendrait à être appliqué, il reste à déterminer où se trouverait alors les navires autonomes dans la « chaîne de privilège » existant actuellement. De nos jours les navires à propulsion mécanique sont tenus de laisser la priorité à tous les autres types de navires alors que les navires n'étant pas maître de leur manœuvre sont privilégiés vis-à-vis de tous les autres.

Cette question a également été posée aux marins ayant choisi cette proposition alternative et leurs réponses se répartissent comme suit :

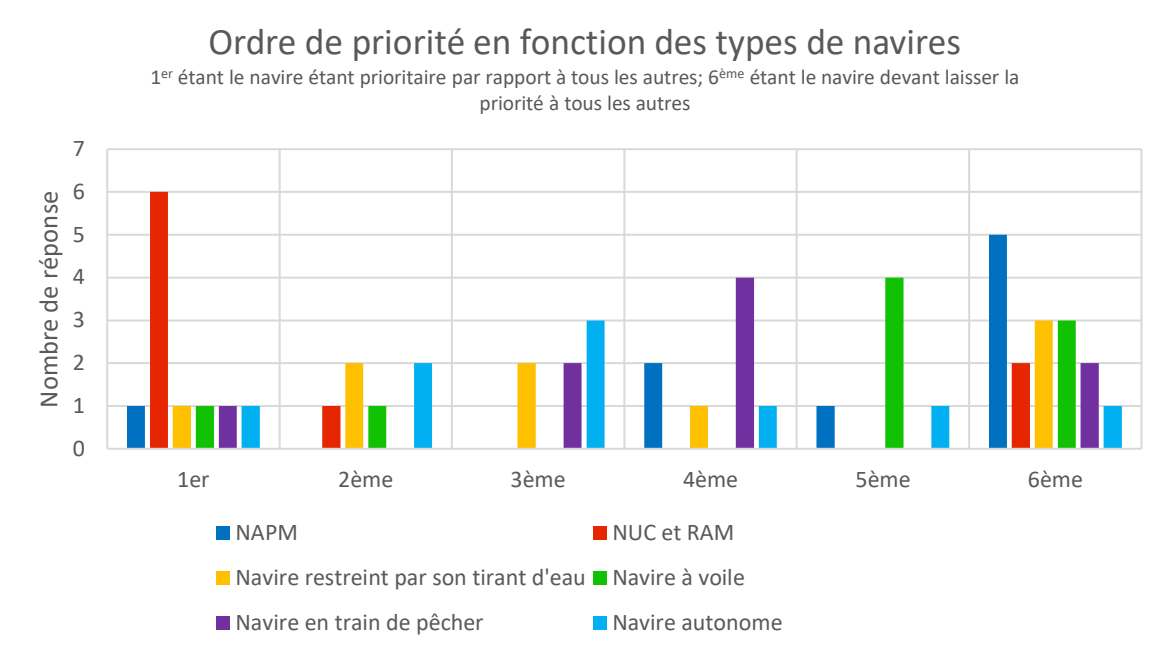


Figure 15 Ordre de priorité en fonction des types de navires selon un échantillon de marins
Source : Propre enquête, voir annexe 1

Lors de l'analyse de ces réponses, on constate que, fort heureusement, une grande majorité de répondants garderaient l'ordre actuelle pour les navires autres que les navires autonomes. Au sein de cet ordre, ils insèreraient les navires autonomes soit en deuxième ou troisième position avec une légère préférence pour cette dernière.

Si les navires autonomes venaient à être introduit comme second dans l'ordre de priorité, il semblerait qu'une multitude de situation poseraient problème vis-à-vis des navires restreints par leurs tirants d'eau. En effet, ceux-ci n'étant pas manœuvrant à l'intérieur de chenaux étroits de par nature se retrouveraient à devoir laisser la priorité aux navires autonomes. Dans le cas d'une interaction au sein d'un chenal, cela serait impossible à réaliser pour le navires restreint par son tirant d'eau.

Le choix se porterait alors sur l'introduction des navires autonomes en troisième place dans l'ordre de priorité. Ils devraient alors s'écarter de la route des navires restreints par leur tirant d'eau ainsi que des RAM et NUC. De ce fait, seuls les navires étant « légèrement » restreint dans leur manœuvre comme les navires à voiles et en train de pêcher ainsi que les navires à propulsion mécanique se verraient contraints de manœuvrer pour éviter les navires autonomes. Le nouvel ordre de hiérarchie ressemblerait alors à ceci :

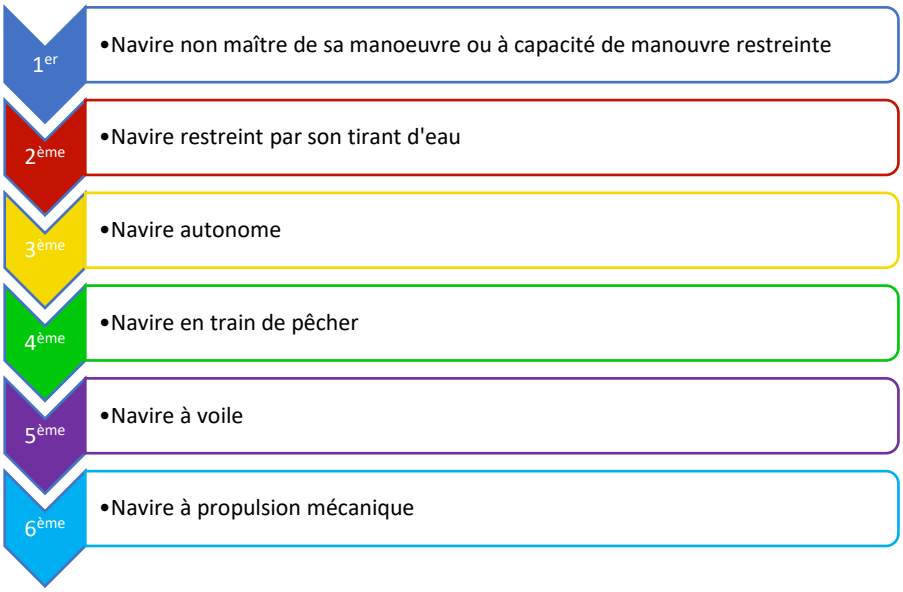


Figure 16 Résultat du sondage auprès de marins quant à l'ordre de priorité en fonction des types de navires
Source : Propre travail

9 Proposition de modification :

Seules les règles nécessitantes des modifications sont reprises dans ce chapitre.

9.1.1 Règle 2 :

a) Aucune disposition des présentes Règles ne saurait exonérer soit un navire, soit son propriétaire, son capitaine**, son équipage ou son opérateur à distance et/ou les développeurs du système autonome** des conséquences d'une négligence quelconque quant à l'application des présentes Règles ou quant à toute précaution que commandent l'expérience ordinaire du marin ou les circonstances particulières dans lesquelles se trouve le navire.

b) […] qui peuvent obliger à s'écarter des présentes Règles pour éviter un danger immédiat **à partir du moment où le CPA est inférieur à 1 M en haut mer et à 0.5 M en eau restreintes et que le TCPA est inférieur à 6 minutes.**

9.1.2 Règle 3 :

a) Le terme "navire" désigne tout engin ou tout appareil de quelque nature que ce soit, y compris les engins sans tirant d'eau, les navions et les hydravions, utilisé ou susceptible d'être utilisé **[avec ou sans équipage]** comme moyen de transport sur l'eau.

k) Deux navires ne sont considérés comme étant en vue l'un de l'autre que lorsque l'un deux peut être **physiquement ou instrumentalement** observé visuellement par l'autre.

n) Le terme *Navire téléguidé* désigne un navire contrôlé, partiellement ou totalement, à distance à partir d'un centre à terre par un opérateur en charge de la navigation.

o) Le terme *Navire sans équipage* désigne un navire naviguant sans équipage, sans marin à son bord, mais en contact à terre avec un centre de contrôle capable d'intervenir à tout moment en cas de besoin et pour les opérations complexes qui ne pourront être effectuées par le navire seul.

p) Le terme *Navire autonome* désigne un navire ayant pour vocation à naviguer seul grâce à un ordinateur de bord, sans aucune assistance humaine à bord ou à terre excepté en cas de situation critique ne pouvant être effectuée par le navire seul.

9.1.3 Règle 5 :

Tout navire doit en permanence assurer une veille visuelle et auditive **et/ou instrumentalisée** appropriée, en utilisant également tous les moyens disponibles qui sont adaptés aux circonstances et conditions existantes, de manière à permettre une pleine appréciation de la situation et du risque d'abordage.

9.1.4 Règle 6 :

c) Tout navire de surface autonome se doit de suivre les directives imposées par les autorités locales et compétentes relatives à leur vitesse dans les zones contrôlées par celles-ci.

9.1.5 Règle 7 :

d) i) il y a risque d'abordage si le relèvement au compas d'un navire qui s'approche ne change pas de manière appréciable **et/ou de manière à pouvoir garantir un CPA suffisant si défini.**

9.1.6 Règle 8 :

a) i) Dans la mesure du possible, cette manœuvre devrait être initiée lorsque les navires se trouvent à une distance égale ou supérieure à 5 mile nautique.

ii) Le changement de cap devrait, si possible, être d'au moins 30°

iii) Cette manœuvre devrait, dans la mesure du possible, amener les deux navires à passer à une distance minimale de 1.5 mile nautique l'un de l'autre en haute mer et 0.5 mile nautique en eaux restreinte. D'autres valeurs peuvent être instaurées par les autorités locales compétentes dans les zones sous leur juridiction.

9.1.7 Règle 13 :

d) i) Un navire est considéré comme paré et clair lorsque :
- La poupe du navire rattrapant a dépassé la proue du navire rattrapé
- Les navires ne se rapprochent plus l'un l'autre
- Le navire rattrapé peut changer son cap librement sans pour autant créer de nouveau danger de collision

9.1.8 Règle 14 :

b) On doit considérer qu'une telle situation existe lorsqu'un navire **suit une route étant différente de 180° +/- 3° par rapport à un autre.** ~~en voit un autre devant lui ou pratiquement devant lui, de sorte que, de nuit, il verrait les feux de mât de l'autre navire, l'un par l'autre ou presque et/ou ses deux feux de côté et que, de jour, il verrait l'autre navire sous un angle correspondant.~~

9.1.9 Règle 19 :

b) Tout navire doit naviguer à une vitesse de sécurité adaptée aux circonstances existantes et aux conditions de visibilité réduite **et/ou lui permettant de maintenir son cap**. Les navires à propulsion mécanique doivent tenir leurs machines prêtes à manœuvrer immédiatement

e) Sauf lorsqu'il a été établi qu'il n'existe pas de risque d'abordage, tout navire qui entend **avec ou sans l'aide de microphones ou autres appareil semblable**, dans une direction qui lui paraît être sur l'avant du travers, le signal de brume d'un autre navire, ou qui ne peut éviter une situation très rapprochée avec un autre navire situé sur l'avant du travers, doit réduire sa vitesse au minimum nécessaire pour maintenir son cap. Il doit, si nécessaire, casser son erre et, en toutes circonstances, naviguer avec une extrême précaution jusqu'à ce que le risque d'abordage soit passé.

9.1.10 Règle 33 :

a) […] La cloche ou le gong, ou les deux, peuvent être remplacés par un autre matériel ayant respectivement les mêmes caractéristiques sonores, à condition qu'il soit toujours possible d'actionner ~~manuellement~~ les signaux prescrits **au coup par coup**.

9.1.11 Annexe 3 – 2 :

b) Construction : Lorsque cela est possible, il est recommandé d'installer un battant de cloche à commande mécanique, de manière à garantir une force d'impact constante, mais il doit être possible d'être actionner au coup par coup ou analogiquement.

Conclusion :

Comme expliqué dans la conclusion du mémoire de bachelier effectué l'année précédente, la version actuelle du RIPAM de 1972 n'est bel et bien pas propice à l'introduction et l'implémentation des navires autonomes.

Un nombre conséquent de notions utilisées dans ces règles posent des problèmes plus ou moins grands aux navires autonomes et à leur fonctionnement au sein d'une flotte de navires marchands ayant un équipage d'officiers à bord.

Une des causes principales de ces problèmes réside dans le fait que les navires autonomes n'ont pas encore été catégorisés clairement au sein du RIPAM. Ce mémoire analysait le RIPAM en se basant sur le fait que les navires autonomes viendraient à être considérés comme des navires à propulsion mécanique standards au sein de la flotte. Ceci ne leur donnant aucun privilège par rapport aux autres navires. Cette assomption a été faite en se basant principalement sur les résultats de l'enquête qui étaient majoritairement positifs quant à cette idée. En plus de cela, bon nombre d'officiers expérimentés ou même spécialisés dans le RIPAM prônait cette proposition de par sa simplicité comparée aux autres et de par le nombre réduit de changements qui devraient être apportés au RIPAM afin de la mettre en œuvre. Après une analyse approfondie, il me parait également que cette option est la plus réaliste et efficace. Grâce à celle-ci, un minimum de changements impacteront les navires « non-autonomes ».

Lorsque le problème de la catégorisation des navires autonomes a été résolu, chacune des règles a pu être analysées et plusieurs notions et problèmes communs aux règles ont fait surface.

Une des notions principales nécessitant une révision pour les navires autonomes est le principe de « en vue ». Etant donné que ceux-ci ne sont pas capable d'observer visuellement d'autres navires de la même manière qu'un officier de quart en est capable, il faudrait absolument amender cette notion afin de permettre l'utilisation d'équipements électroniques. La même constatation a été faites en ce qui concerne la veille. Si des équipements techniques et électroniques venaient à être autorisé à des fins de veille, un des principal problème du RIPAM serait résolu.

Un autre des problèmes récurrents du RIPAM est le manque de précision de celui-ci lorsqu'il s'agit de manœuvres. A l'époque, celui-ci ai été écrit en se basant sur le principe de bon sens marin et d'interprétation dont l'officier de quart peut faire preuve quant à la situation dans laquelle il se trouve et à la réaction que celle-ci nécessite. Un programme informatique, de par sa nature, n'est pas capable de faire preuve d'interprétation ou de doutes quant à ce qu'il se passe ou la manière dont il devrait réagir. Le bon sens marin n'est pas quelque chose d'implémentable dans un programme responsable d'un navire autonome.

Ce problème pourrait être relativement simplement solutionné pour les navires de degré 1, 2 et 3 en justifiant que l'opérateur à distance et/ou les marins présents à bord auraient la capacité de reprendre le contrôle du navire si besoin est et de faire preuve ce bon sens. Ceci nécessiterait néanmoins des interprétations des règles et/ou amendements dépendamment du degré d'autonomie et des règles applicables.

Pour ce qui est des navires complètements autonomes de degré 4, à l'heure actuelle et à moins qu'un opérateur à distance ne soit disponible pour reprendre en charge le navire lorsque celui se trouve dans une situation nécessitant de dévier des règles ou de les interpréter, il semble difficilement envisageable de solutionner ce problème.

De manière générale, les navires complètement autonome de degré 4 semblent poser un nombre de problème suffisant que pour ne pas paraître réaliste à l'heure actuelle. Trop de situations pourraient poser problème lors de la navigation au sein d'une flotte mixte composée en grande partie de navires ayant des équipages à bord.

Si la flotte mondiale venait à être entièrement remplacée par des navires complètement autonome, l'interaction entre ses navires pourraient être régulée efficacement mais ceci n'est, à l'heure actuelle, qu'une vision qui semble fort utopique.

En plus de ceci, il est absolument nécessaire de clairement définir les responsabilités qui incombent aux opérateurs à distance. Quels seront leurs devoirs/tâches et quels seront leurs responsabilités au cas où quelque chose tournerait mal ? Ceci est néanmoins une question bien trop complexe, qui ne peut être répondue dans un seul chapitre et qui nécessite donc une étude dédiée.

Pour en revenir aux navires autonomes et à leur incapacité à interpréter et faire preuve de bon sens marin, il est également nécessaire de clairement définir certains valeurs pour des notions qui ont été volontairement laissées libre à l'interprétation de chacun au sein des règles. Ces notions sont, par exemple, le CPA minimal suffisant entre deux navires, leurs vitesses de sécurité, le nombre de degrés nécessaires pour qu'un changement de cap soit suffisant et franc,…

De tels valeurs pourraient être statiques ou dynamiques. Des valeurs statiques devraient être déduites de celles actuellement utilisées par des officiers de quart expérimentés à bord. Alors que des valeurs dynamiques pourraient être déterminées par un programme basé sur un algorithme analysant les paramètres à prendre en compte et donnant une valeur différente en fonction de ceux-ci.

Parallèlement, des ajouts devraient être fait à certaines partie du RIPAM afin d'imposer l'utilisation de marque de jour et feux de nuits propres aux navires autonomes. Ces feux et marques seraient utilisés afin de pouvoir distinguer les navires autonomes des autres navires à propulsion mécanique ayant un équipage présent à bord. Ces feux et marques ne leur donneront néanmoins pas de privilèges par rapport aux autres navires.

Pour terminer, l'implémentation de certaines voies spéciales dédiées aux navires autonomes devraient être envisagée. Ces voies permettraient aux navires autonomes d'être séparés du reste du trafic. Cela pourrait peut-être permettre de rassurer les marins ayants actuellement une confiance extrêmement limitée envers les navires autonomes.

Pour conclure, il me semble que l'implémentation des navires autonomes n'est pas inenvisageable mais nécessitera bon nombre de modifications et de changement qui devront être mis en œuvre graduellement et simultanément au développement des différentes technologies qui équiperont les navires autonomes du futur.

Bibliographie :

[1] « 957(23) Amended Traffic Separation Scheme “Off Finisterre” - Netherlands Regulatory Framework (NeRF) – Maritime » (s. d.) https://puc.overheid.nl/nsi/doc/PUC_1423_14/1/ (Consulté le 2 avril 2021).

[2] Anaïs Chesneau (2016) « Les « NAVIRES AUTONOMES » Enjeux et impacts d’une navigation sans équipage dans le monde maritime ». Mémoire pour l’obtention du Master 2 Droit Maritime. AIx-Marseille: Faculté de droit et de science politique CDMT-IFURTA AIx-Marseille Université. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01622134/document#:~:text=La%20notion%20de%20smart%20ship,%C3%A0%20bord%20ou%20%C3%A0%20terre. (Consulté le 9 avril 2021).

[3] arlomaritime (s. d.) « History of Marine radio – Arlo Maritime AS ». http://www.arlomaritime.com/history-of-marine-radio/ (Consulté le 13 mai 2021).

[4] Centre, S. (2019) « Col Regs – Rule 7 Risk of Collision ». *The Seamanship Centre*. https://seamanship.ie/col-regs-rule-7-risk-of-collision/ (Consulté le 7 avril 2021).

[5] Cockcroft, A. N. et Lameijer, J. N. F. (2011) *A Guide to the Collision Avoidance Rules*. Elsevier Science. https://books.google.be/books?id=eCQNZZxPJtUC

[6] Danish maritime authority (2017) *Analysis of regulatory barriers to the use of autonomous ships*. Final report. Ramboll; CORE Advokatfirma. https://www.dma.dk/Documents/Publikationer/Analysis%20of%20Regulatory%20Barriers%20to%20the%20Use%20of%20Autonomous%20Ships.pdf (Consulté le 20 mars 2020).

[7] « Day Shapes - Guide and Free Download » (2019) *Get Lost Power Boat Training*. https://www.getlostpowerboattraining.com/day-shapes/ (Consulté le 19 avril 2021).

[8] « Eerste containerschip op afstand bestuurd tussen Zeebrugge en Antwerpen » (s. d.) https://www.gva.be/cnt/dmf20210218_95611503 (Consulté le 13 mai 2021).

[9] Finland (2018) « REGULATORY SCOPING EXERCISE FOR THE USE OF MARITIME AUTONOMOUS SURFACE SHIPS (MASS) Considerations on definitions for levels and concepts of autonomy ». https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=109174

[10] « Home » (s. d.) *Seafar*. https://seafar.eu/fr/ (Consulté le 13 mai 2021).

[11] Îles Marshall (2020) « EXERCICE DE DÉFINITION RÉGLEMENTAIRE POUR L’EXPLOITATION DES NAVIRES DE SURFACE AUTONOMES Résumé des résultats de la seconde étape et conclusion de l’exercice de définition réglementaire concernant le Règlement international de 1972 pour prévenir les abordages en

mer (Règlement COLREG) ».
https://docs.imo.org/Shared/Download.aspx?did=123146

[12] Larousse, É. (s. d.) « Définitions : analogique - Dictionnaire de français Larousse ». https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/analogique/3223 (Consulté le 27 avril 2021).

[13] « L'Organisation maritime internationale s'attaque à la question des navires autonomes » (s. d.) https://imo.org/fr/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MSC-99-MASS-scoping.aspx (Consulté le 23 mars 2021).

[14] « MAROPS 01-MASTER STANDING ORDER.pdf » (s. d.) http://www.siamluckymarine.com/MAROPS%2001-MASTER%20STANDING%20ORDER.pdf (Consulté le 6 avril 2021).

[15] Mast, M., Pigmans, F., Verbeek, R., van, R. et van Zuijdam, M. (s. d.) « Project supervisor: Mrs van der Drift ». , p. 44.

[16] « MSC-100_20-Annex-20-1.pdf » (s. d.) https://mlaus.org/wp-content/uploads/bp-attachments/8674/MSC-100_20-Annex-20-1.pdf (Consulté le 23 mars 2021).

[17] « MUNIN | MUNIN – Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks » (s. d.) http://www.unmanned-ship.org/munin/ (Consulté le 18 avril 2021).

[18] Navigation, C. (s. d.) « What Are The Limitations Of AIS? | Casual Navigation ». https://casualnavigation.com/what-are-the-limitations-of-ais/ (Consulté le 30 mars 2021).

[19] North P&I club (s. d.) « COLREGs Rule 7 Risk Of Collision ». https://www.nepia.com/publications/colregs-rule-7-risk-of-collision-poster/

[20] OMI (2003) *Règlement international pour prévenir les abordages en mer : 1972 RIPAM* 4 édition, édition consolidé 2003. Londres: Organisation Maritime internationale. https://www.yachter.fr/shom/html5/ripam/index.html#75/z

[21] « piece-for-globalmet-march-2015-bow-wave-reprint-as-published-1page.pdf » (s. d.) https://www.kystverket.no/globalassets/e-navigation/piece-for-globalmet-march-2015-bow-wave-reprint-as-published-1page.pdf (Consulté le 13 avril 2021).

[22] Pierre Duhot (2019) « RIPAM pour navires autonomes, implémentation et adaptation ». Mémoire de Bachelier. Antwerp: Antwerp Maritime Academy.

[23] Porathe, T. (2019) « Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) and the COLREGS: Do We Need Quantified Rules Or Is "the Ordinary Practice of Seamen" Specific Enough? » *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 13(3), p. 511-518. doi:10.12716/1001.13.03.04

[24] Porathe, T. (2019) « Safety of Autonomous Shipping: COLREGS and Interaction between Manned and Unmanned Ships », in *Proceedings of the 29th European*

Safety and Reliability Conference (ESREL), Research Publishing Services, p. 4146-4153. http://rpsonline.com.sg/proceedings/9789811127243/html/0655.xml (Consulté le 14 mai 2021).

[25] « Port-Information-Guide_2017.pdf » (s. d.) https://www.hamburg-port-authority.de/fileadmin/user_upload/Port-Information-Guide_2017.pdf (Consulté le 26 mars 2021).

[26] Ringbom, H. (2019) « Regulating Autonomous Ships—Concepts, Challenges and Precedents ». *Ocean Development & International Law*, 50(2-3), p. 141-169. doi:10.1080/00908320.2019.1582593

[27] « Ripam Règlement International pour Prévenir les Abordages en Mer » (s. d.) https://www.yachter.fr/shom/html5/ripam/index.html#11/z (Consulté le 23 mars 2021).

[28] « Rule 7 - Risk of collision » (2015) *Cult of Sea*. https://cultofsea.com/colregs/part-b-steering-and-sailing-rules-4-19/rule-7-risk-of-collision/ (Consulté le 7 avril 2021).

[29] « Rule 13 Overtaking - Maritimeknowhow » (s. d.) http://www.maritimeknowhow.com/home/colregs/colregs-questions-and-answers-q-a/rule-13-overtaking (Consulté le 12 avril 2021).

[30] Sharma, A. (2016) « What are unwanted echoes and signals appear on Radar screen? | | MarineGyaan ». https://marinegyaan.com/what-are-unwanted-echoes-and-signals-appear-on-radar-screen/ (Consulté le 7 avril 2021).

[31] « solas_v_on_safety_of_navigation.pdf » (s. d.) https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/343175/solas_v_on_safety_of_navigation.pdf (Consulté le 30 mars 2021).

[32] « solas_v_on_safety_of_navigation.pdf » (s. d.) https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/343175/solas_v_on_safety_of_navigation.pdf (Consulté le 7 avril 2021).

[33] Technologies, A. (s. d.) « Zero Emissions Vessels ». *Artemis Racing | Professional sailing team*. http://artemis-racing.americascup.com/en/technologies/products/zero-emissions-vessels (Consulté le 8 avril 2021).

[34] « Visuel : définition de « visuel » | Dictionnaire - La langue française » (s. d.) *Visuel : définition de « visuel » | Dictionnaire - La langue française*. https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/visuel (Consulté le 29 mars 2021).

[35] « vts_manual_2008_final_v2_0.pdf » (s. d.) https://technokontrol.com/pdf/maritime/vts_manual_2008_final_v2_0.pdf (Consulté le 18 avril 2021).

[36] Vujicic, S., Mohović, Đ. et Mohović, R. (2017) « A Model of Determining the Closest Point of Approach Between Ships on the Open Sea ». *PROMET - Traffic&Transportation*, 29, p. 225. doi:10.7307/ptt.v29i2.2197

[37] « Wind & Solar Powered Autonomous Vehicles - Saildrone » (s. d.) https://www.saildrone.com/technology/vehicles (Consulté le 8 avril 2021).

[38] Wołejsza, P., Magaj, J. et Gralak, R. (2013) « NAVIGATION DECISION SUPPORTING SYSTEM (NAVDEC) — TESTING ON FULL MISSION SIMULATOR ». *Annual of Navigation*, 20(1), p. 149-162. doi:10.2478/aon-2013-0010

[39] Yoshida, M., Shimizu, E., Sugomori, M. et Umeda, A. (2020) « Regulatory Requirements on the Competence of Remote Operator in Maritime Autonomous Surface Ship: Situation Awareness, Ship Sense and Goal-Based Gap Analysis ». *Applied Sciences*, 10(23). https://www.mdpi.com/2076-3417/10/23/8751

Liste des annexes :

Annexe 1 : COLREG and autonomous ships survey - Excel responses

Annexe 2 : COLREG and autonomous ships survey - Google Forms answers

Annexe 3 : COLREG and autonomous ships survey - Google Forms questions