



**Latitude Blanche**

---

# ICE ACADEMY



Formation STCW et consulting

**CERTIFICAT POUR LES NAVIRES EXPLOITÉS  
DANS LES EAUX POLAIRES**



## AVANT PROPOS

### **Propriété intellectuelle**

Les contenus présentés sur ce document sont soumis à la législation relative aux informations publiques et sont couverts par le code de la propriété intellectuelle (CPI). Toute demande de réutilisation des photographies, des créations graphiques, des illustrations, des représentations iconographiques et des lexiques, ainsi que l'ensemble des contenus éditoriaux produits pour l'animation éditoriale du site doit être adressée à l'adresse suivante : [comm@latitudeblanche.com](mailto:comm@latitudeblanche.com)

### **Crédits photographiques et autres mentions relatives aux droits d'auteur**

Les photographies présentes, ainsi que l'ensemble des œuvres figurant sur ce site proviennent de sources différentes.

Les crédits photographiques et autres mentions relatives aux droits d'auteur, tels que spécifiés sur ce site, doivent être respectés.

### **Avertissement et décharge de responsabilité**

Les informations figurant sur ce documents et/ou accessibles par ce site proviennent de sources considérées comme étant fiables. Toutefois, ces informations peuvent contenir des inexactitudes techniques et des erreurs typographiques.

Les informations de ce documents sont susceptibles d'être modifiées à tout moment, et peuvent avoir fait l'objet de mises à jour. En particulier, ils peuvent avoir fait l'objet d'une mise à jour, entre le moment de leur téléchargement et celui où l'utilisateur en prend connaissance.

Latitude Blanche se décharge de toute responsabilité liée à l'utilisation de ce document .

# L'ESSENTIEL DE LA NAVIGATION DANS LES GLACES



---

**MANUEL DE  
FORMATION ET  
RECUEIL**

**Version 2 - 2020**



## REMERCIEMENTS

Ce manuel est dédié à M. Kenth Grandkvist, Armateur spécialiste des glaces, Commandant de navires d'expédition polaire, Ice Pilot, Ami et mentor.

Il a été l'un des pionniers du voyage d'expédition polaire, aux commandes du Lindblad Explorer en 1966, premier navire de croisière polaire au monde. C'est lui qui a assuré pour la première fois de l'histoire maritime une expédition à but touristique en Antarctique en 1966 puis inauguré le passage du Nord-Ouest en 1984. C'est à ce jour un des navigateurs détenant le record du monde du temps de navigation le plus long dans les différentes zones polaires et symbolise une référence qui était incontournable dans le milieu maritime polaire. Un destin hors norme pour un passionné des pôles au sens marin et aux qualités extraordinaires.

Nous avons eu la chance, à Latitude Blanche, d'avoir bénéficié de son support et d'une partie de son héritage relatif à ces zones vierges.

Nous souhaitons honorer sa mémoire en continuant dans un élan de transmission et de partage de connaissances de ces zones qui saisissent tous les marins par le défi et l'émerveillement.

## **Introduction**

### **A / TYPES DE GLACES, CLASSIFICATION ET CARACTERISTIQUES**

#### **I / GENERALITES**

- 1. Propriétés physiques et terminologie*
- 2. Glace de mer et glace de terre*
- 3. Types et concentration*
- 4. Déplacement des icebergs et de la banquise*
- 5. Pression de la glace*
- 6. Effet du vent et des courants, marées dans les glaces*

#### **II / CODAGE**

- 1. Codage par la couleur*
- 2. Code de l'œuf*
- 3. Autre*

### **B / TYPES DE NAVIRES CLASSES GLACES**

#### **I / GENERALITES SUR LES TYPES**

- 1. Caractéristiques des navires classés glace*
- 2. Brise-glaces*

#### **II / TYPES DE PROPULSIONS**

### **C / PERFORMANCE DU NAVIRE DANS LES GLACES ET A DES TEMPERATURES DE L'AIR BASSES**

#### **I / EFFET DE LA GLACE SUR LES PERFORMANCES DU NAVIRE**

- 1. Avantages et exigences de classe glace*
- 2. Surveillance de la pression exercée par la glace sur la coque*

#### **II / EFFET DES TEMPERATURES BASSES SUR LES PERFORMANCES DU NAVIRE**

- 1. Préparation du navire aux conditions hivernales*
- 2. Performances des systèmes électroniques, mécaniques à basse température*
- 3. Limitations du matériel et des machines dans les glaces et à basses températures*
- 4. Préparation et risques sur les ballast*
- 5. Givrage phénomène et gestion*
- 6. Limitations des dispositifs de lutte contre l'incendie et des engins de sauvetage dues à des températures de l'air basses*

### III / LIMITATIONS DU MATERIEL EN ZONE POLAIRE

1. *Identification des risques associés aux limitations des aides terrestres à la navigation dans les régions polaires*
2. *Erreurs de compas dues aux hautes latitudes*
3. *Limitations de la distinction des cibles radar*
4. *Limitations des systèmes électroniques de détermination de la position aux latitudes élevées*
5. *Limitations des cartes marines*
6. *Limitations des systèmes de communication*

### D / EXPLOITATION ET APTITUDE DE MANOEUVRE DU NAVIRE DANS LES GLACES

#### I / EXPLOITATION DU NAVIRE DANS LES GLACES

1. *Préparation et évaluation des risques avant de s'approcher des glaces*
2. *Conditions qui affectent la visibilité dans les eaux polaires*
3. *Communication entre navires et terre*
  - a- *Avec Brise-Glace et autres navires sur zone*
  - b- *Avec centres de coordination de sauvetage*
  - c- *Avec les navires du convoi sous escorte d'un brise-glace*

#### II / TECHNIQUES DE MANOEUVRE EN EAUX COUVERTES DE GLACES

1. *Vitesse*
2. *Ballast*
4. *Opérations liées aux cargaisons*
5. *Charge moteur et refroidissement*
6. *Mesures de sécurité pendant le passage dans les glaces*
7. *Approche et navigation dans les glaces – principes généraux et conditions requises pour la sécurité*
8. *Navigation dans différentes conditions et concentrations de glaces*
9. *Méthodes de remorquage et de l'assistance dans les glaces*
10. *Méthodes visant à éviter de coincer le navire dans la glace et à dégager le navire coincé*
11. *Mouillage dans les glaces*

#### III/ TECHNIQUES DE MANOEUVRE PORTUAIRE EN PRESENCE DE GLACE

1. *Embarquement du pilote*
2. *Manoeuvre d'accostage*
3. *Surveillance à quai*
4. *Manoeuvre d'appareillage*

#### **IV/ PLANIFICATION D'UN VOYAGE ET CONDUITE D'UN VOYAGE DANS LES EAUX POLAIRES**

1. *Sources de renseignements et régime de comptes rendu dans les eaux polaires*
2. *Planification d'un itinéraire sûr et planification de la traversée en vue d'éviter les glaces à risques*
3. *Limitation concernant les renseignements et les cartes hydrographiques dans les régions polaires*
4. *Modification de la route par rapport à la traversée planifiée en raison de l'état des glaces*
5. *Mesures de sécurité pendant le passage dans les glaces*

#### **E / PRESCRIPTION ELEMENTAIRE DES ASPECTS REGLEMENTAIRES**

1. *Traité de l'Antarctique*
2. *Recueil sur la navigation polaire*
3. *Règlementation en mer Baltique*
4. *Etude de rapport d'accidents*

#### **F / PREPARATION ET SECURITE DE L'EQUIPAGE, DES CONDITIONS DE TRAVAIL ET DU NAVIRE**

1. *Limitations de disponibilité et responsabilité des services SAR*
2. *Méthodes de travail pour l'équipage*
3. *Sensibilisation aux facteurs humains et formation*
4. *Gestion des problèmes liés à la fatigue et aux vibrations*
5. *PSK et GSK*
6. *Description d'avarie de coque et de matériel*
7. *Procédures et techniques d'abandon du navire et de survie dans les glaces*
8. *Procédures liées à la réalisation de situation d'urgences réelles ou d'exercices de situation d'urgence dans les glaces*

#### **G / PREVENTION DE LA POLLUTION ET DE SES RISQUES POUR L'ENVIRONNEMENT**

1. *Identification des zones*
2. *Limitation du matériel de lutte*
3. *Plan de gestion des déchets*
4. *Conséquences d'une pollution*

## INTRODUCTION

Tout comme la plupart des réglementations et des attitudes allant vers plus de sécurité, la formation à la navigation dans les glaces a commencé à prendre plus d'importance après le naufrage du Titanic en 1912. Dans certains pays où la navigation dans les glaces est courante, les administrations maritimes nationales et/ou les compagnies maritimes ont mis en place des cursus de formation qui ont été précurseurs de l'émergence du Polar Code qui internationalise ces processus depuis le 1er janvier 2017.

Dans les années 1990, la CAGIO (Circumpolar Advisory Group on Ice Operations) était l'autorité référente pour le développement des formations et des technologies relatives à la navigation dans les glaces. Ce groupe de travail comptait beaucoup de pays membres, de compagnies maritime et de partenaires administratifs. Leur rôle était de :

- Inciter les pays à adopter une législation internationale
- Harmoniser les règles des sociétés de classe, en particulier celles membres de l'IACS

L'IMO rejeta le projet de nouveau code en 2002 et accepta une partie de travail en guideline mais les sociétés de classe prirent en compte les études techniques pour améliorer la définition structurelle et technique des navires Ice class.

Ce n'est qu'en 2009 que l'IMO décida finalement d'étudier le développement d'un Polar Code. Le DNV GL fut l'un des plus grands consultants pour l'élaboration de ce groupe de travail et le Polar Code fût appliqué à partir du 1er janvier 2017. L'exigence en matière de formation (basique et avancée) entra en vigueur à partir de 2018.

Le contexte régalien crée à présent des bases d'information et de formation solides complémentaires à la transmission de connaissances empiriques et au développement de l'expérience personnelle de chaque navigant dans les glaces.

Le sommaire est construit à partir du référentiel français de formation de base et avancée des navires exploités en eaux polaires. Les thèmes relatifs à la formation de **base sont en bleu**, ceux propres à la formation **avancée en vert** et ce qui est externe au référentiel en noir. Les parties éditées par d'autres organismes ou personnes que Latitude Blanche ont leur source mentionnée lorsque c'est le cas.

Latitude Blanche se positionne comme expert consultant à travers son "Ice Academy" créée en 2019. Nous traitons et formons sur différents sujets liés à la navigation dans les glaces dans la plupart des zones polaires pour tous types de navires (brise-glaces, classes glace et sans classe glace). Nous avons un champ large de compétence de la logistique à la navigation avec des service de Ice piloting, ISM, étude de construction etc...

Nous réunissons l'expertise d'armement ayant la gestion d'un navire d'expédition polaire et celle de navigant ayant l'expertise de plusieurs types de navire et d'exploitation différentes dans les régions polaires.

Vous pouvez demander un devis pour un projet/formation/consultation précise sur [www.latitudeblanche.com](http://www.latitudeblanche.com)

*Ce manuel de formation a pour objectif de léguer un condensé de l'essentiel théorique de la formation à la navigation dans les glaces et en eaux polaires. Son contenu s'inspire de nombreux ouvrages relatant de la navigation en zones polaires connus et de l'héritage empirique de nombreux Commandants de navires divers exploités dans les glaces.*

# A / TYPES DE GLACES, CLASSIFICATION ET CARACTERISTIQUES

## I / GENERALITES

Plusieurs formes de glaces sont observées : glaces de mer, de lac ou de rivière, icebergs et îles de glace. L'eau douce et l'eau salée ont des processus de prise en glace différents.

La congélation de l'eau de mer se fait à plus basse température que celle de l'eau douce :

- 1,8°C environ. C'est la teneur en sel dissous de la mer qui abaisse la température de congélation.

L'eau perd sa chaleur en surface au contact de l'air froid, et en se refroidissant la densité augmente. Ainsi l'eau froide plonge sous l'eau plus chaude qui va par la suite également refroidir et s'enfoncer. Le cycle se répète ainsi jusqu'à atteindre la température de congélation et changer d'état. Plus la quantité de sel est importante dans l'eau de mer, plus le processus est lent puisque la densité augmente.

Lorsque la température se rapproche de celle de congélation, on remarque l'apparition de tout petits cristaux ou aiguilles de glace entre 0 et 10 cm de profondeur depuis la surface. Avec la chute de température, ces cristaux vont s'agglutiner pour former une sorte de pâte de glace : la glace frazil.

Ensuite les cristaux se soudent entre eux sous forme de plaques nommées pancake ice et des collisions répétées entre plaques exacerberont la forme de pancake avec rebords prononcés.

Enfin ces pancake ice fusionneront entre elles avec le gel pour créer des structures de glace de mer plus conséquentes.

La première couche de glace s'établit toujours plus rapidement que la croissance de cette surface puisqu'elle isolera une partie de sa structure du contact direct avec l'air.

La vitesse de congélation dépend :

-de la température de l'eau de mer avant l'hiver (ou avant la période où celle de l'air devient négative) : c'est à dire du processus de refroidissement de l'eau

- de la température extérieure qui va agir comme catalyseur. Avec des températures comprises entre -30°C et -40°C, les surfaces d'eau peuvent changer d'état en 24 heures.

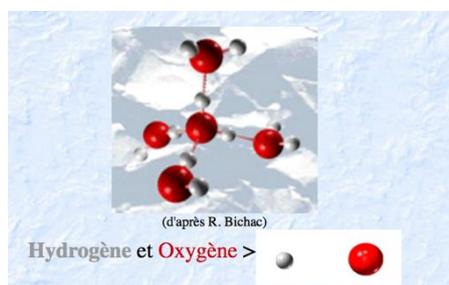
-du vent. Moins il y a de vent, plus la glace s'établira vite puisque la surface d'air en contact avec l'eau sera stable et n'aura pas tendance à casser les cristaux par friction.

-la présence de neige. La neige est un isolant pour la surface de glace et ralentit la croissance de celle-ci. Parfois, la couverture de neige peut être assez lourde pour enfoncer la glace qu'elle recouvre sous le niveau de la mer. Elle se sature alors d'eau et gèle, ajoutant ainsi à l'épaisseur de la glace. Ce phénomène est fréquent dans les Grands Lacs et dans le cours inférieur du fleuve Saint-Laurent.

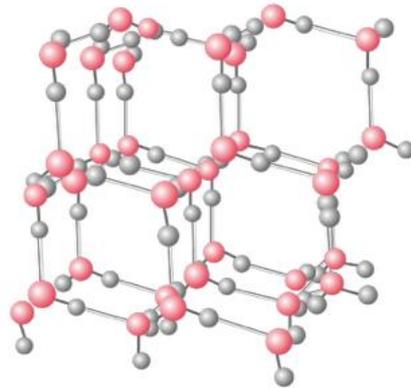
### 1. Propriétés physiques (source : [pravarini.free.fr/](http://pravarini.free.fr/) CNRS)

Si l'on refroidit l'eau liquide, l'agitation thermique des molécules d'eau diminue progressivement et les liaisons hydrogènes, qui pouvaient aisément se tordre dans le liquide, se raidissent progressivement pour devenir pratiquement rectilignes (droites). Les molécules d'eau forment alors une structure rigide très organisée : l'eau s'est transformée en glace.

Alors que dans l'eau liquide l'agitation thermique résiduelle permettait aux liaisons hydrogène de se tordre, donnant aux molécules d'eau une certaine liberté de mouvement, au sein de la glace, l'agitation thermique des molécules d'eau est réduite au minimum : les molécules ne peuvent plus changer de position, elles ne peuvent que vibrer autour de cette position. Elles forment un ensemble structuré où chaque atome d'oxygène est au centre d'un tétraèdre dont les sommets sont occupés par les atomes d'oxygène des 4 molécules d'eau voisines :



or, l'un des arrangements tétraédriques les moins compacts est la structure **hexagonale**, mais cette configuration crée des "trous" dans la glace, qui devient du coup, moins dense que l'eau liquide : la masse volumique de la glace est donc inférieure à celle de l'eau. D'autre part, contrairement à tous les autres corps, la température de fusion de la glace diminue quand la pression augmente : un autre comportement tout à fait étonnant, car le phénomène est différent pour la plupart des autres corps solides. Autrement dit, si l'on comprime la glace sans la réchauffer : elle fond. Ce sont encore les liaisons hydrogène qui sont à l'origine de ce phénomène : sous l'effet d'une compression, ces liaisons, en effet, s'affaiblissent et se tordent.



*Structure hexagonale de la glace*

Rappel : bien qu'il y ait autant de liaisons hydrogène dans la glace que dans l'eau liquide, dans la glace elles sont rectilignes alors que dans l'eau liquide elles sont "tordues" : les distances entre molécules d'eau sont donc légèrement supérieures dans la glace à ce qu'elles sont dans l'eau liquide.

Il y a donc plus de "vide" (de lacunes) dans la glace que dans l'eau liquide et c'est la raison pour laquelle la glace a un volume plus grand et est, de fait, moins dense (NB : l'augmentation de volume est de 9% sous pression atmosphérique normale).

#### Prise en glace (source : Académie de Nice) :

La salinité des mers est de l'ordre de 35. Le refroidissement de l'eau de mer s'accompagne donc d'une augmentation de densité jusqu'au changement d'état, contrairement au refroidissement de l'eau douce. Ceci explique en partie pourquoi la glace se forme plus facilement sur un lac qu'en mer. Sur un lac, les eaux les plus froides restent en surface et vont donc geler dès que la température devient négative. En mer les eaux refroidies en surface "plongent" et sont remplacées par de l'eau plus chaude. Pour créer une banquise il faut donc un refroidissement brutal.

Le premier signe de prise en glace sur la mer est un **aspect huileux** de l'eau, lequel est causé par la formation de **cristaux en forme d'aiguille**. Ces cristaux sont formés de glace pure exempte de sel.

Leur nombre augmente jusqu'à ce que la mer soit recouverte d'une gadoue de consistance épaisse, semblable quelque peu à de la soupe.



*Photo : Sophie Galvagnon*

En théorie, toute la masse d'eau doit être refroidie à son point de congélation avant que de la glace ne commence à s'y former. En réalité toutefois, les océans étant structurés en strates de salinité croissante, leur densité augmente donc avec la profondeur. Il suffit alors que les courants de convection atteignent un niveau où la densité est suffisante pour produire une strate stable. Puisque, en règle générale, les courants de convection atteignent 50 m, la glace commence à se former à la surface bien avant que l'eau à grande profondeur ait été refroidie à la température de congélation de l'eau en surface.

Cette glace est inhomogène, sous l'action des vagues et des oscillations de température, elle va renfermer des poches d'air et des poches de saumure (brines) ou de sel.

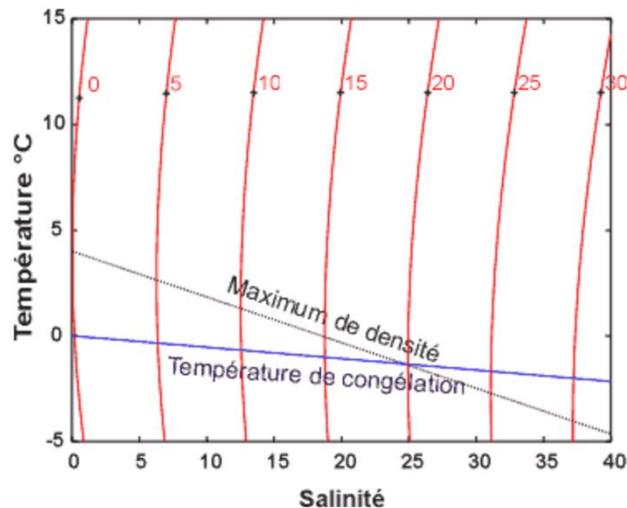
L'âge de la glace influe également sur sa résistance. Avec l'élévation des températures de l'air et l'approche du point de fusion, la saumure retenue commence à s'écouler et la salinité générale de la couche de glace diminue. Quand les températures retombent au-dessous du point de congélation avant que la glace n'ait entièrement fondu, l'englacement reprendra en faisant naître une glace plus pure et plus résistante. C'est pourquoi la glace de plusieurs années sera plus résistante que la glace de première année pour une même épaisseur et une même température. Ce facteur important doit être pris en compte en cas de navigation dans des régions susceptibles de contenir des vieilles glaces.

### **Où se forme d'abord la glace ?**

La glace se forme d'abord dans les eaux peu profondes, près des côtes ou au-dessus des hauts-fonds ou des bancs, et particulièrement dans les baies, les bras de mer et les détroits dans lesquels il n'y a pas de courant, et dans les zones de faible salinité (l'embouchure des rivières, par exemple). La glace se forme plus facilement dans les eaux peu profondes simplement parce qu'il y a moins d'eau à refroidir. Plus grande est l'épaisseur d'une couche d'eau de haute salinité, plus la formation de glace sera tardive. En fait, les eaux profondes peuvent ne jamais geler complètement, l'hiver n'étant pas assez long pour qu'elles perdent suffisamment de chaleur.

**EVOLUTION DE L'ETAT EAU/GLACE en fonction de la salinité de l'eau**  
**(Source : Académie de Nice)**

La température de congélation de l'eau, c'est-à-dire de l'eau douce-au repos est de 0°C. En revanche, **la température de congélation de l'eau de mer est inférieure à 0°C** ; de plus, elle varie avec le degré de salinité. Plus le degré de salinité est enlevé, plus la température de congélation est basse, comme l'indique le graphique ci-dessous :



***Evolution de la température de congélation en fonction de la salinité de l'eau***

*Maximum de densité en fonction de la salinité. Les courbes graduées de 0 à 30 représentent la densité*

Au stade initial de la formation des glaces, avec l'apparition de nouveaux cristaux et la croissance de ceux qui existent déjà, la saumure est piégée dans de petites cellules du réseau cristallin de la glace. La quantité ainsi retenue dépend du rythme de formation de la glace, la saumure étant plus abondante si la glace se forme plus rapidement. La croissance lente permet l'écoulement d'une grande partie de la solution salée. La quantité de saumure piégée joue beaucoup dans la résistance des glaces : plus la teneur en saumure est élevée, plus les glaces sont fragiles.

## 2. Terminologie

La terminologie pour définir les types et les différents stades de formation des glaces est très dense (dans certains pays plus de 300 mots pour définir la glace). Voici les termes essentiels qu'il faut retenir afin d'établir des descriptions et analyses correctes des paysages de glace.

### Banquette côtière

Étroite bande de glace attachée à la côte, qui ne bouge pas avec la marée et qui reste en place quand la banquise côtière est emportée au large.

### Banquise compacte

Banquise dont la concentration est de 10/10 et où il n'y a pas d'eau visible.



Photo : S. GALVAGNON

### Banquise consolidée

Banquise dont la concentration est de 10/10 et où les floes ont été soudés par le gel.

### Banquise lâche

Banquise dont la concentration est de 4/10 à 6/10 avec de nombreux chenaux et polymnies ; les floes ne sont généralement pas en contact les uns avec les autres.



Photo : S. GALVAGNON

### Banquise serrée

Banquise dont la concentration est de 7/10 à 8/10 et qui est composée de floes dont la plupart sont en contact.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Banquise/pack

Terme utilisé au sens large pour désigner toute zone de glace autre que la banquise côtière, quelle que soit sa forme ou sa disposition. Lorsque les concentrations sont élevées, par exemple 7/10 ou plus, on utilise normalement le terme « pack » ; sinon, on parle de « banquise ».



*Photo : S. GALVAGNON*

### Bourguignon= growler

Bloc de glace plus petit qu'un fragment d'iceberg, émergeant à moins de 1 m au-dessus de la surface de la mer et s'étendant habituellement sur une superficie d'environ 20 m<sup>2</sup>. De couleur blanche, mais parfois transparent ou bleu-vert, le bourguignon est difficile à reconnaître lorsqu'il est entouré de glace de mer ou flotte dans une mer agitée.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Ceinture

Vaste zone de banquise plus longue que large ; la largeur peut aller de 1 à plus de 100 km.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Chevauchement des glaces

Phénomène de pression par lequel un fragment de glace monte sur un autre. Se produit surtout dans la nouvelle glace et la jeune glace.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Concentration des glaces

Rapport, exprimé en dixièmes, indiquant quelle proportion de la surface de la mer, dans la zone considérée, est couverte de glace.

### Crête (Glace)

Ligne ou mur de glace brisée qui est soulevée par la pression. Peut-être récente ou érodée. Le volume correspondant de glace brisée poussée vers le bas par la pression au-dessous d'une crête est appelé « quille de glace ».



*Photo : S. GALVAGNON*

### Déglacement

Période de temps au cours de laquelle la glace se retire d'une zone donnée (en règle générale, de 1 à 2 semaines). Toutefois, le déglacement ne suppose pas nécessairement la décroissance ou la fonte de la glace, mais il peut indiquer le mouvement de la glace sur une zone donnée.

### Eau libre

Grande étendue d'eau librement navigable dans laquelle la glace de mer est présente à des concentrations inférieures à 1/10. Aucune glace d'origine terrestre n'est présente.

### Floe

Tout fragment de glace relativement plat ayant 20 m ou plus d'extension horizontale. Selon leur extension horizontale, les floes sont subdivisés comme suit :

- Petit : De 20 à 100 m d'extension
- Moyen : De 100 à 500 m d'extension
- Grand : De 500 à 2000 m d'extension
- Immense : De 2 à 10 km d'extension
- Géant : Plus de 10 km d'extension



*Photo : Thalassa FR 3*

Frasil

Fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau.



*Photo : Dennis Kalma*

### Glace de glacier

Glace faisant partie ou provenant d'un glacier, qu'elle soit sur terre ou flottant dans la mer sous la forme d'icebergs, de fragments d'iceberg, de bourguignons ou d'îles de glace.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Glace de mer

Toute forme de glace trouvée en mer qui résulte du gel de l'eau de mer.

### Glace de plusieurs années

Vieille glace qui a survécu à au moins deux étés de fonte. Les hummocks sont encore plus arrondis que dans le cas d'une glace de deuxième année et la glace est presque exempte de sel. Là où la glace est vive, la couleur est généralement bleue. La fusion entraîne une configuration caractérisée par de grandes mares irrégulières interconnectées et par un système de drainage bien développé.



### Glace de première année

Glace ayant au plus un hiver de croissance, provenant de jeune glace et dont l'épaisseur est d'au moins 30 cm. On peut la diviser en glace mince de première année – nommée parfois « glace blanche » –, en glace moyenne de première année et en glace épaisse de première année.

### Glace d'origine terrestre

Glace formée sur la terre ferme ou sur un plateau de glace, et flottant dans l'eau.



Photo : S. GALVAGNON

### Glace en crêpes

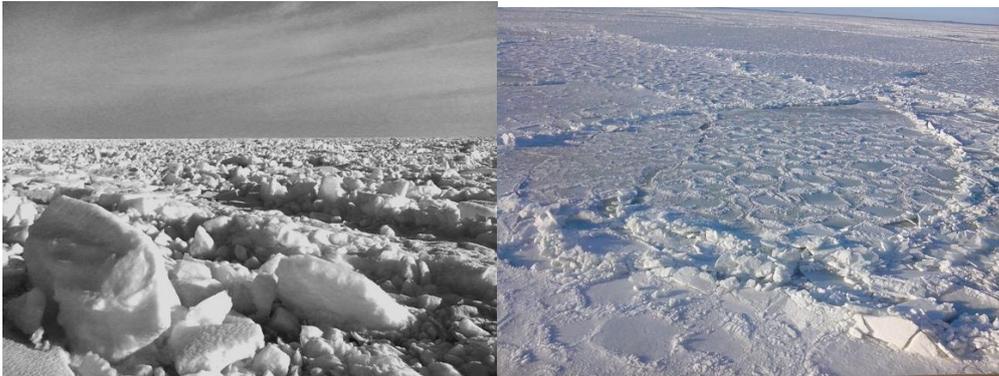
Morceaux de glace plutôt circulaires, ayant de 30 cm à 3 m de diamètre et jusqu'à 10 cm d'épaisseur, avec des bords relevés du fait du frottement des morceaux les uns contre les autres. Ils peuvent se former par houle faible à partir de sorbet, de gadoue ou de shuga ou du fait de la fragmentation de glace vitrée ou de nilas, ou encore à partir de glace grise s'il y a une forte houle ou de grosses vagues. La glace en crêpes se forme aussi parfois en profondeur, à l'interface entre deux masses d'eau ayant des caractéristiques physiques différentes, d'où elle remonte en surface. Elle peut rapidement couvrir de grandes étendues d'eau.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Hummock

Monticule de glace brisée qui a été soulevée par la pression. Peut-être récent ou érodé. Le volume de glace brisée qui s'est enfoncé sous l'effet de la pression et se trouve submergé sous le hummock est appelé « bummock ».



*Photos : S. GALVAGNON*

### Iceberg

Importante masse détachée d'un glacier, de forme très variable, émergeant de plus de 5 m au-dessus du niveau de la mer, et qui peut être flottante ou échouée. Les icebergs peuvent être tabulaires, en dôme, pointus, biseautés, érodés ou en bloc. Les icebergs peuvent être petits, moyens, gros ou très gros.



*Photo : leparisien.fr*

### Jeune glace

Glace au stade de transition entre le nilas et la glace de première année, d'une épaisseur de 10 à 30 cm. Peut se diviser en glace grise et en glace blanchâtre.

### Langue de glacier

Extension d'un glacier en mer, le plus souvent flottante. Dans l'Antarctique, les langues de glacier peuvent s'étendre sur plusieurs dizaines de kilomètres.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Libre de glace

Aucune glace n'est présente. S'il y a de la glace de quelque espèce que ce soit, ce terme ne doit pas être employé.

### Limite des glaces

Terme de climatologie désignant la position extrême minimale ou maximale de la lisière des glaces pour un mois ou toute autre période donnée déterminée sur la base d'observations portant sur de nombreuses années. Cette expression devrait être précisée au moyen des termes « minimale » ou « maximale », le cas échéant.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Névé

Vieille neige qui s'est recristallisée en un matériau dense. À l'encontre de la neige ordinaire, les particules en sont, dans une certaine mesure, soudées les unes aux autres mais, contrairement à ce qui se passe dans la glace, les espaces d'air y sont encore reliés les uns aux autres.

### Nilas

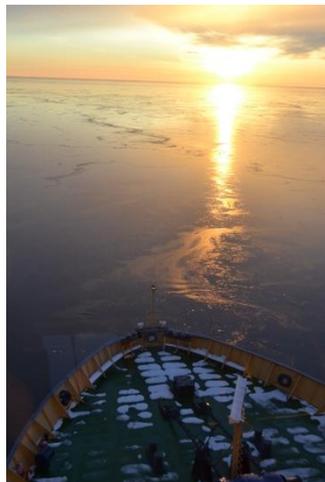
Couche de glace mince et élastique, ondulant facilement sous les vagues et la houle et formant, sous la pression, des avancées en forme de « doigts » entrecroisés. Cette couche a une surface mate et peut atteindre 10 cm d'épaisseur. On distingue le nilas sombre et le nilas clair.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Nouvelle glace

Terme général s'appliquant à toute glace formée récemment. Ce terme recouvre ceux de frasil, sorbet, gadoue et shuga, lesquels correspondent à différents aspects de la glace formée par des cristaux encore faiblement soudés entre eux par le gel (ou pas du tout, le cas échéant) et n'ayant un aspect défini que lorsqu'ils flottent en surface.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Petit iceberg

Bloc de glace de glacier qui émerge de 5 à 15 m et mesure de 15 à 60 m de longueur.



*Photo : S. GALVAGNON*

### Sarrasins (Brash)

Accumulation de glaces flottantes composées de fragments qui n'ont pas plus de 2 m d'extension et qui proviennent de la destruction d'autres formes de glace.



*Photo : Rayann Elzein (Polarfront)*

### Shuga

Accumulation de morceaux de glace blanche et spongieuse ayant quelques centimètres de longueur ; ils sont formés à partir de sorbet ou de gadoue et, quelquefois, de glace de fond remontant à la surface.



*Photo : Peter Lourie*

### Vélage

Séparation, par fracture, d'une masse de glace à partir d'un mur de glace, d'une falaise de glace ou d'un iceberg.



*Photo : Christian Kruse (Polarfront)*

### Vieille glace

Glace de mer ayant survécu à au moins un été de fonte. La plupart des accidents topographiques sont plus arrondis que sur la glace de première année. Peut être divisée en glace de deuxième année et en glace de plusieurs années.

Plus la glace vieillie, plus elle perd de l'oxygène et devient bleue.



*Photo : Uland of ice*

### Zone difficile

Expression qualitative générale indiquant que, relativement parlant, les conditions glacielles régnant dans cette région sont telles que la navigation y est difficile.

### Zone facile

Expression qualitative générale indiquant que, relativement parlant, les conditions glacielles régnant dans cette région sont telles que la navigation n'y est pas difficile.

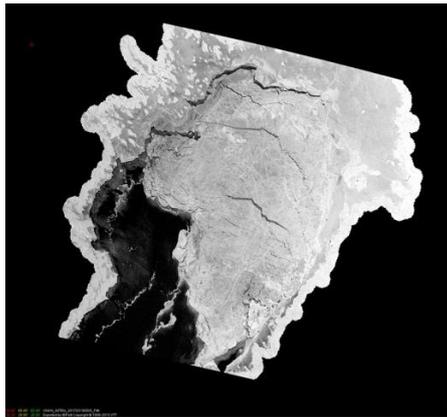
## 2. Glace de mer et glace de terre

### La banquise se forme en mer

La banquise se forme en mer, lorsque la température de l'eau de mer atteint  $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . À cette température, des cristaux de glace se forment puis se rejoignent pour former une couche de glace qui emprisonne des poches de saumure où les sels se sont concentrés.

Stade de formation des glaces :

1. Nouvelle glace
2. Nilas
3. Jeune glace
4. Glace de première année
5. Vieille glace



Source : SMHI/image satellite du Golfe de Botnie

### Le glacier se forme sur le continent

À l'inverse, un glacier se forme sur le continent, aux niveaux des pôles ou des montagnes, par compactage de la neige accumulée. Avec le temps, ce compactage chasse l'air contenu dans la neige tandis que les cristaux de glace se soudent pour former de la glace. Un glacier est donc constitué d'eau douce gelée.



Photo : S. GALVAGNON

### 3. Concentration

La concentration est le rapport exprimé en dixièmes, indiquant quelle proportion de la surface de la mer, dans la zone considérée, est couverte de glace.

La concentration partielle de la glace concerne la glace correspondant à un stade ou à une forme particulière et représente seulement une partie de la concentration totale.

La concentration de la glace prend en considération tous les stades de formation présents.

#### Interprétation des cartes des glaces : Concentration



< 1/10 = Eau libre



9/10 = Banquise très serrée



1-3/10 = Banquise très lâche



9+/10 = Banquise très serrée



4-6/10 = Banquise lâche



10/10 = Banquise compacte/consolidée



7-8/10 = Banquise serrée

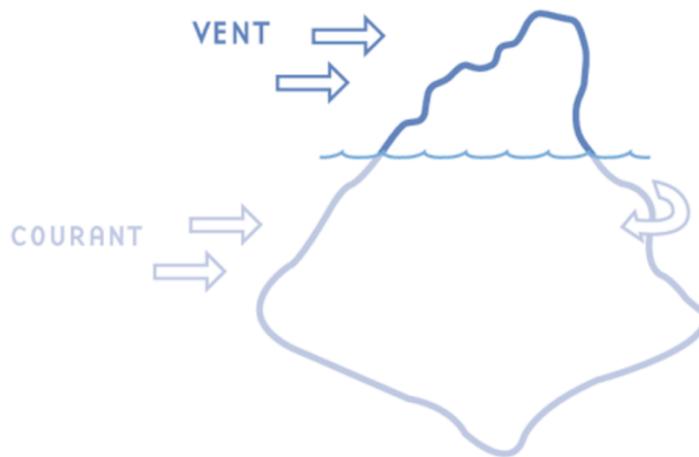
*Schéma, source ccg*

#### 4. Déplacement des icebergs et de la banquise (source : [www.canada.ca](http://www.canada.ca))

Les icebergs flottent parce que la densité de la glace (env. 900 kg par mètre cube) est moindre que celle de l'eau de mer (env. 1 025kg par mètre cube). Le rapport entre ces densités nous révèle que 7/8 de la masse de l'iceberg doit se situer sous l'eau. En règle générale, les icebergs se trouvent de 20 % à 30 % plus longtemps sous l'eau qu'au-dessus, et leur profondeur est moindre que leur longueur au niveau de l'eau.

Les gros icebergs sont dirigés par les courants marins. Les vents jouent un rôle plus important pour ce qui est des icebergs ayant un rapport voileure/tirant d'eau élevé (autrement dit un rapport élevé entre la partie au-dessus de l'eau et celle en dessous.) La fonte joue également un rôle sur le déplacement d'un iceberg, étant donné que ce phénomène est susceptible de réduire le volume de la voileure (ou de la partie se situant au-dessus de l'eau). La dérive d'un iceberg depuis son lieu d'origine sur la côte ouest du Groenland jusqu'aux Grands Bancs de Terre-Neuve prend en moyenne de deux à trois ans.

Le taux moyen de dérive méridionale des icebergs situés au nord de la latitude 67N est de 1,7 milles marins par jour. Du cap Chidley jusqu'à Belle Isle, le taux de dérive moyen est de 7,6 milles marins par jour.



*Schéma Canada.ca*

### **BOURGIGNON (source <http://www.ccq-gcc.gc.ca>)**

Du fait de leur relief lisse et de leur petite partie émergée, les bourguignons sont le type de glace de glacier le plus difficile à repérer (tant visuellement qu'au radar) et c'est pourquoi ils constituent la forme la plus dangereuse de glace. En eau libre ou bergée quand les conditions météorologiques sont bonnes, la détection visuelle des bourguignons est possible à 2 ou 3 milles marins du navire, contrairement à la détection radar, qui est possible à 0,5 mille marins seulement. Lorsque les conditions météorologiques sont très mauvaises, un bourguignon peut ne pas être repéré en haute mer ou parmi les échos parasites produits par la mer sur l'écran radar. De plus, dans une forte houle, un bourguignon peut être submergé pendant le passage de deux ou trois ondulations de la houle, rendant difficile sa détection, quelle que soit la méthode utilisée. La détection au radar ou visuelle peut se limiter à 0,5 mille marins d'un navire, lorsqu'elle est possible. Il importe de surveiller constamment le réglage radar et notamment le bouton d'accord (radar à accord manuel), pour s'assurer que l'appareil fonctionne à son plein rendement. Il peut être utile de varier les réglages, mais il faut veiller à accorder le radar à nouveau après toute modification. On a parfois intérêt à repérer un bourguignon visuellement, puis à accorder le radar pour un retour maximal.

Par temps clair, il peut être possible de repérer visuellement les bourguignons se trouvant dans une couverture de glace (parce qu'ils sont souvent d'un aspect transparent, vert ou sombre), mais il est souvent impossible d'en distinguer les échos parasites de ceux des glaces environnantes sur l'image radar. Comme on ne peut localiser avec précision chaque bourguignon parmi des floes, il faut établir une vitesse sécuritaire lorsqu'on navigue au radar dans des eaux couvertes de glaces.

### **Vieux floes (source <http://www.ccq-gcc.gc.ca>)**

Les vieux floes sont surtout repérés visuellement, car il est impossible de distinguer au radar de marine la glace de première année de la vieille glace. On peut réduire les distances parcourues dans de vieilles glaces en consultant des cartes d'analyse des glaces pour éviter les zones de forte concentration de vieilles glaces, mais les navigateurs doivent rester à l'affût de ces dernières, même dans des zones où les cartes n'en signalent pas. Lorsque les conditions météorologiques sont bonnes, la détection visuelle est possible jusqu'à 1 ou 2 milles marins du navire. Les vieilles glaces diffèrent des glaces de première année par leur surface arrondie et érodée, leur teinte bleutée, leur partie émergée plus haute et l'existence d'un réseau bien défini de canaux d'eau de fonte. La vieille glace se rencontre un peu partout dans l'Arctique canadien, la baie de Baffin, les détroits de Davis et d'Hudson et le bassin Foxe et elle s'observe à l'occasion dans la mer du Labrador, au large de la côte nord-est de Terre-Neuve et dans les Grands Bancs. Elle ne représente pas un danger dans le détroit de Cabot, dans le golfe du Saint-Laurent, dans les Grands Lacs et dans le fleuve Saint-Laurent.

## 5. *Pression de la glace (source : [www.ccg-gcc.gc.ca](http://www.ccg-gcc.gc.ca))*

La glace se forme normalement près des côtes d'abord et se développe ensuite vers le large. Une bande de glace plutôt plane s'attache au littoral et s'y immobilise. La progression en mer de la banquise côtière est limitée par des facteurs susceptibles de fournir des points stables d'ancrage aux glaces. Ainsi, les banquises côtières sont plus fréquentes dans les régions littorales de faible bathymétrie ou parsemées de nombreuses îles que dans les zones caractérisées par une augmentation abrupte de la profondeur à partir du littoral. Au-delà de la banquise côtière s'étend la banquise proprement dite, qui se meut librement sous l'effet des vents et des courants.

Généralement, les zones de glaces nouvellement formées ne restent pas longtemps dans leur état initial. Les vents, les courants, les marées et les forces thermiques soumettent les glaces à divers types de déformation. Le vent entraîne généralement les floes sous sa poussée à un rythme qui varie selon sa vitesse, la concentration de la banquise et l'ampleur du phénomène des crêtes ou de la rugosité de la surface des glaces. Une règle empirique servant souvent à évaluer le mouvement de la banquise estime que les glaces se déplacent de 30° à droite de l'axe de la direction du vent et à environ 3 % de la vitesse du vent.

Quand il souffle depuis la haute mer sur des glaces flottantes, le vent a notamment pour effet de comprimer les floes et d'ainsi les concentrer davantage le long de la lisière des glaces, accentuant de la sorte la ligne de démarcation entre banquise et eau libre. Quand il souffle des glaces vers la mer, il y aura dispersion des floes se trouvant à proximité de la lisière, diminution des concentrations et atténuation de la ligne de démarcation banquise-eau. Les glaces de mer étant partiellement submergées, elles bougeront également sous l'effet des marées et des courants superficiels de la mer. Le mouvement net des glaces est donc le produit complexe des forces éoliennes et aquatiques et, par conséquent, se prête difficilement aux prévisions.

Les forces thermiques déforment les glaces : quand les températures baissent, la glace se dilate. Si la température de la glace fléchit de -2 °C à -3 °C, les glaces d'une salinité de 10 parties par millier se dilatent de 0,3 mètre par 120 mètres de diamètre de floe. À la même température, le taux d'expansion est environ du tiers de cette valeur pour des glaces d'une salinité de 4 parties par millier. À des températures inférieures à -18 °C et à -10 °C respectivement, des glaces à teneur saline de 10 et de 4 parties par millier cessent de se dilater et, si les températures tombent encore plus bas, une contraction s'opère. Les valeurs d'expansion et de contraction thermiques peuvent paraître petites, mais elles peuvent déterminer la formation de crêtes de pression dans certaines circonstances.

L'énergie des forces atmosphériques et océaniques augmente la déformation de la banquise. Une glace soumise à la pression des vents ou des courants peut subir des fractures et des ondulations qui produisent une surface accidentée. Dans la glace nouvelle ou jeune, un chevauchement des glaces s'ensuit, les couches ayant tendance à se superposer. Dans la glace plus épaisse, la pression fait naître des crêtes et des hummocks. De gros morceaux de glace s'empilent au-dessus de la surface générale de la glace et de grandes quantités de glace s'étagent en profondeur pour que la formation glacée puisse supporter ce surcroît de poids.

En règle générale, la profondeur de la partie immergée dépasse de trois ou quatre fois la hauteur de la partie émergée.

La pression créée par de forts vents peut être importante et persiste d'ordinaire jusqu'à ce que ces vents s'apaisent ou changent de direction. L'ampleur de la formation de crêtes de pression dépend de la condition de la limite sous le vent du champ de glaces qui se trouvait, ou pas, soit contre la masse terrestre ou une banquise très serrée quand des vents du large se sont levés. Dans un tel cas, les floes d'un champ peuvent se comprimer, allant jusqu'à atteindre une concentration de 10/10, avec la pression qui s'exerce partout.

Les marées peuvent aussi créer de la pression dans un champ de glace. La pression de marée est d'ordinaire de courte durée, d'une à trois heures, et peut parfois, bien qu'elle soit moins forte que la pression éolienne plus longue, interrompre la navigation. Elle peut être particulièrement importante dans des chenaux étroits où l'effet de marée s'amplifie et où le mouvement des glaces est restreint.

Des fissures, des chenaux et des polymnies peuvent apparaître avec l'atténuation de la pression glacielle ou un mouvement de traction. Les vents de terre peuvent chasser les glaces de la côte, ouvrir un chenal côtier ou éloigner la banquise de la banquise côtière. Dans certaines régions où les vents de terre dominent en saison glacielle, la navigation locale peut être possible pendant le plus clair de la saison hivernale, mais de brefs épisodes de vent du large peuvent obstruer les chenaux et emprisonner les navires.



Faible Pression  
Photo : S. GALAVGNON



Forte pression, navire bloqué  
Photo : S. GALVAGNON

Le fait de se retrouver prisonnier des glaces sous pression peut engendrer des déformations de structure sur les navires. Plus la ice class du navire est faible plus le risque est grand.



*Déformation de structure*  
Photo : Sjöfartsverket



*Conséquence extrême de la déformation de structure  
Photo : Sjöfartsverket*

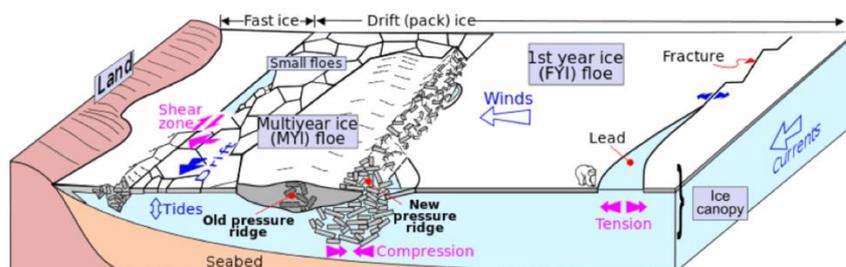
## 6. Effet du vent et des courants et marées dans les glaces

Le vent, les courants et les marées ont un effet sur la glace tout comme ces éléments ont un effet sur un navire à la dérive.

Dû à l'effet Coriolis de la terre, en l'absence d'autre influence, la glace dérivera à 30° à droite de la direction du vent avec une vitesse moyenne de 3% du vent. Nous verrons un peu plus tard comme naviguer dans les glaces en présence de vent. Les formes de glace qui ont une surface émergée importante auront plus d'inertie que celles ayant une faible surface de voilure.

Les courants de marée impactent également les mouvements des glaces et sont à prévoir dans les planifications de traversée. En effet si le courant se renverse lors d'un passage dans les glaces il faut anticiper le mouvement des glaces et la route en fonction. De la même manière, certaines glaces peuvent être échouées à marée basse et se déséchouer à marée haute. Il est nécessaire d'observer le paysage glaciaire et d'analyser les mouvements de la glace environnante afin de ne pas se faire surprendre.

Le courant influe sur la vitesse et la direction des glaces. Souvent il l'emporte sur la force du vent (lorsque le vent n'est pas très fort <5/6 beaufort).



*Schéma de principe des différentes structures de glaces  
Source : Wikipédia*

## I/ CODAGE

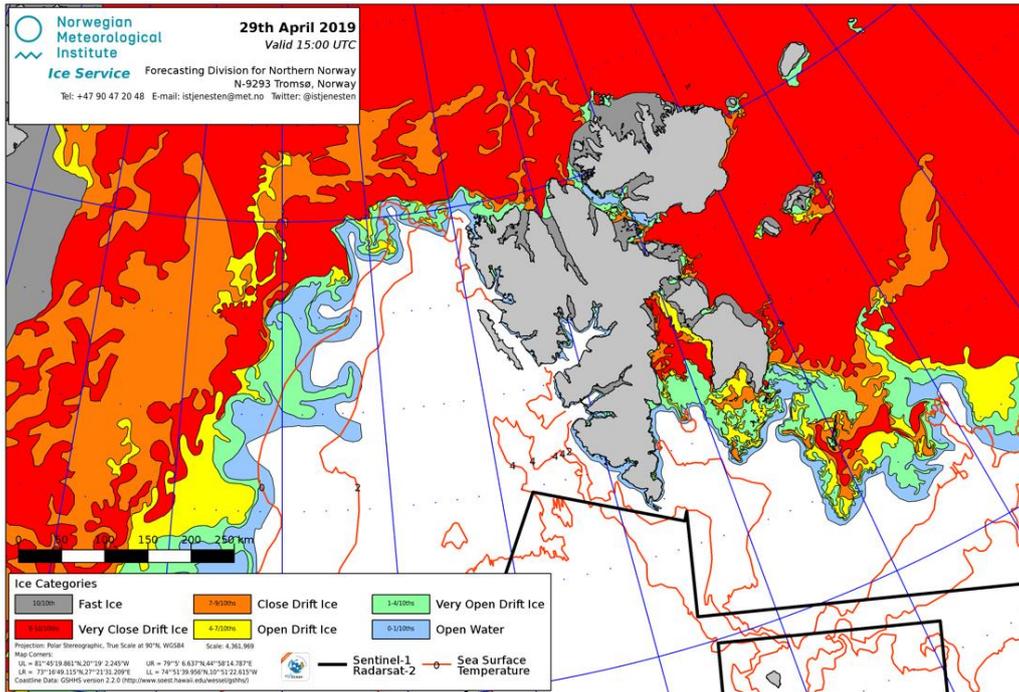
La glace est cartographiée et codifiée de manière différente selon les états responsables de l'édition de documents. Nous allons traiter les principaux codages qu'il existe.

### *1. Codage par couleur*

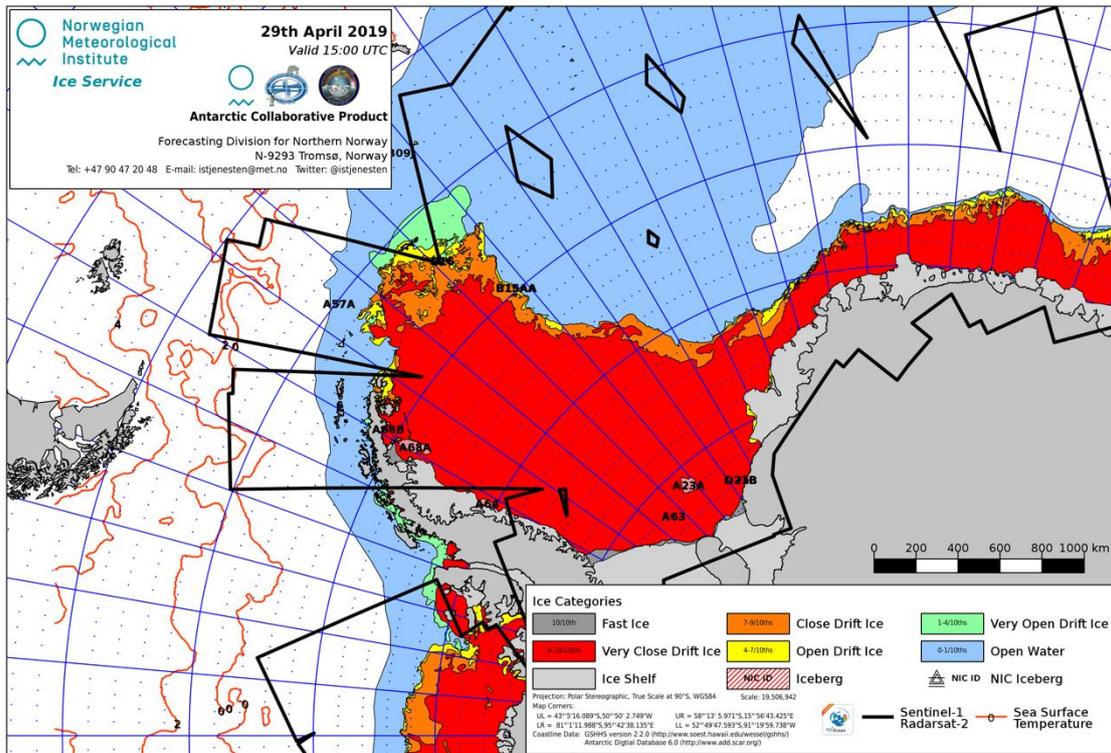
C'est probablement la méthode la plus utilisée dans le monde polaire à l'exclusion de l'Amérique du Nord. Ces cartes de couleurs permettent une analyse rapide et sont disponibles en téléchargement sur des sites comme polarview.met.no.

Selon les zones couvertes, les cartes sont actualisées quotidiennement ou de manière hebdomadaire tout au plus et les couleurs sont définies par un code mondial édité par l'organisation météorologique mondiale.

Couleur	Concentration totale
 Ou 	<u>Libre de glace</u>
	Moins d'un dixième (eau libre)
	1/10 - 3/10 (glace très libre)
	4/10 - 6/10 (glace libre)
	7/10 - 8/10 (glace serrée)
	9/10 - 10/10 (glace très serrée)
	Banquise côtière



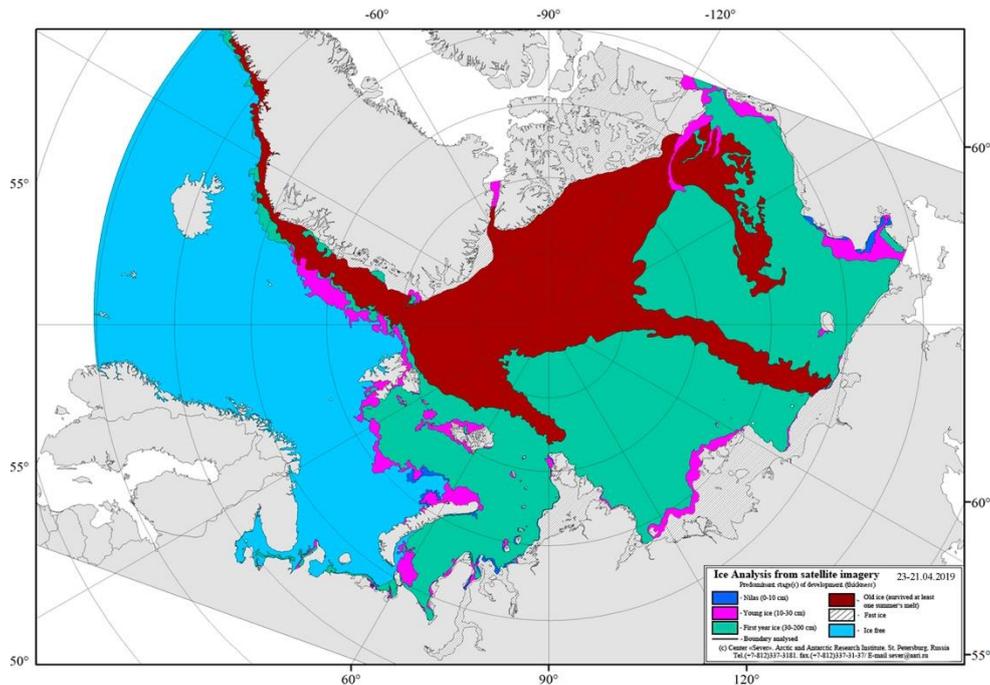
*Carte de glace du Svalbard / source polarview*



*Carte de la péninsule Antarctique / source polarview*



Pour le passage du Nord-Ouest, des cartes de couleur sont également éditées par l'administration Russe mais elles ne suivent pas le codage mondial. En revanche une légende explique leur système. Elles sont disponibles sur [www.nsr.ru](http://www.nsr.ru).

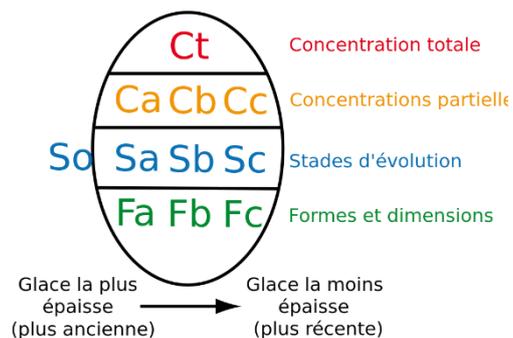


Carte de glace passage NW / source NSRA

## 2. Code de l'œuf

Le Code de l'œuf est surtout utilisé en Amérique du nord et a été développé par le Canada et adopté par l'organisation météorologique mondiale. L'œuf est constitué de 4 lignes et de 3 colonnes.

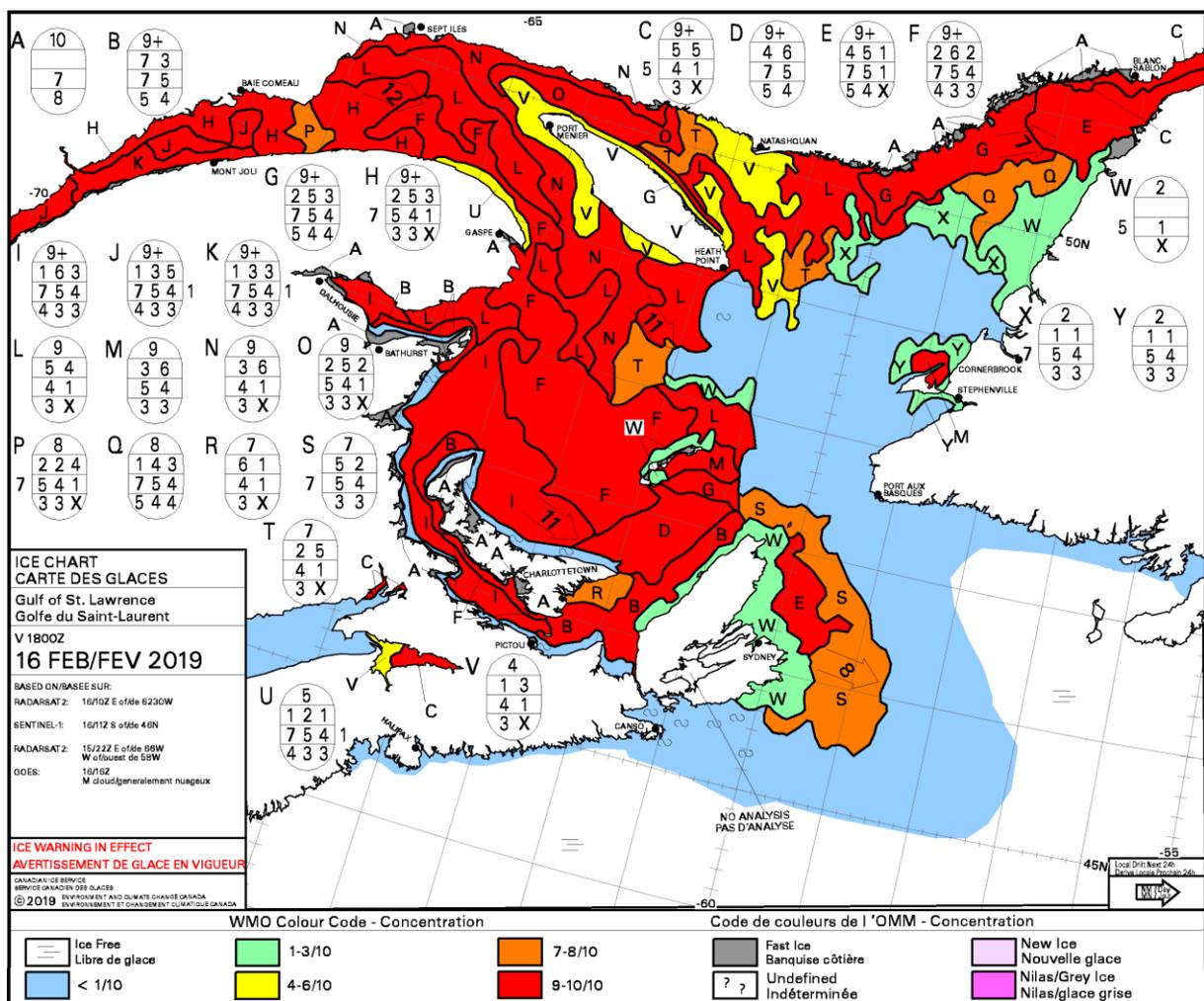
### Le code de l'œuf



Description du Code de haut en bas et de gauche à droite

- \* La ligne au sommet de l'œuf indique la concentration totale de glace (Ct), indiquée en dixième.
- \* La deuxième ligne représente les concentrations partielles des différents types de glaces présents sur la surface à analyser.
- \* La troisième ligne note les stades de formation des glaces à concentration partielle listés ci-dessus.
- \* La dernière ligne représente la taille des floes correspondant à la ligne du dessus.

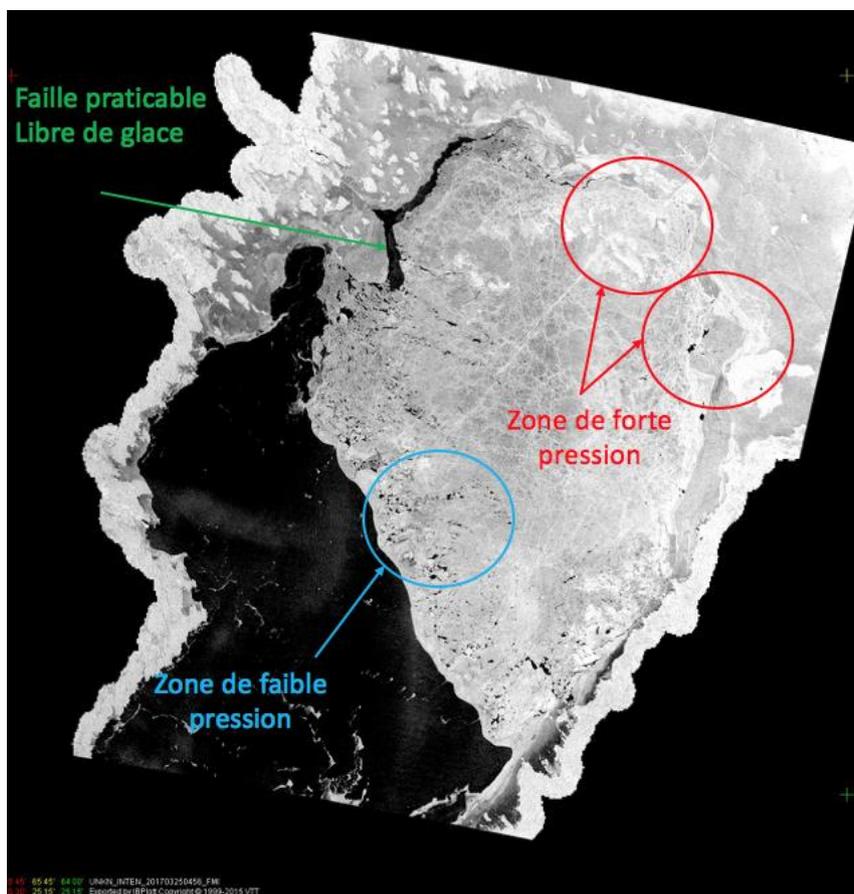
Ce code est plus complexe et plus précis mais aussi plus difficilement maîtrisable que le code couleur seul. Les cartes qui couvrent le nord de l'Amérique sont disponibles sur le site [www.canada.ca](http://www.canada.ca).



Carte de glace Saint Laurent / source Canada.ca

### 3. Autre

Outre les services publics, il est possible de faire appel à d'autres systèmes souvent privés. Ces alternatives sont souvent très coûteuses et utilisées afin d'obtenir plus de précision et plus de détails. Les navires brise-glaces font souvent appel à des prises d'images satellites de haute définition et à des repérages par hélicoptère d'une zone bien précise par exemple. Cela les aide à planifier l'assistance et repérer les surfaces très difficilement praticables de celles qui le sont plus et enfin à analyser l'évolution des glaces.



*Carte satellite du Golfe de Botnie*

# B / Type de navires classés glaces

## I / GENERALITES SUR LES TYPES

### *1. Caractéristiques des navires classés glace*

Il existe différentes nominations des catégories de « ice class » (classification glace) d'un navire en fonction de la société de classe du navire. Il existe des équivalences entre les classes glace de toutes les sociétés (voir tableau ci-dessous).

Mais les caractéristiques générales qui les démarquent d'un navire classique sont les suivantes :

- Une coque plus épaisse et une structure renforcée (l'ensemble des poutres, poutrelles et des cloisons devant offrir une résistance plus forte).
- Les aspirations d'eau de mer doivent être disposées différemment selon le niveau de certification et des grilles sont également nécessaires pour éviter que les réservoirs d'eau ne soient bloqués par la glace. Parfois des systèmes de recirculation ou de réchauffage sont obligatoires pour atteindre la bonne température ou pour faire fondre la glace.
- La plupart des certifications de haut niveau requièrent en outre plusieurs types de protection du gouvernail et des hélices. Deux mâches de gouvernail sont généralement exigées, ainsi que le renforcement de la pointe de l'hélice dans les niveaux de certification les plus élevés.
- Des cloisons étanches supplémentaires, en plus de celles requises dans un navire classique, sont généralement exigées.
- En sus, des dispositifs de réchauffage des capacités de carburant, des ballasts et d'autres capacités vitales au fonctionnement du navire, peuvent aussi être exigés selon la certification.
- Une machine parfois plus puissante pour optimiser le power ratio (Rapport Puissance/Déplacement). Le power ratio d'un navire est une bonne indication pour évaluer ses capacités à évoluer dans de la glace établie sur toute la surface de l'eau.

On attribue à chaque ice class, une épaisseur de couche de glace que le navire peut en théorie briser.

Class	Ice notation	General description	Ice thickness	
FSICR/ DNV Pt.5 Ch.1 Sec.3	IA Super/ ICE-1A*	Normally capable of navigating in difficult ice conditions without assistance of icebreakers	1.0m	
	IA/ ICE-1A	Capable of navigating in difficult ice conditions, with assistance of icebreakers when necessary	0.8m	
	IB/ ICE-1B	Capable of navigating in moderate ice conditions, with assistance of icebreakers when necessary	0.6m	
	IC/ICE-1C	Capable of navigating in light ice conditions, with assistance of icebreakers when necessary	0.4m	
DNV Pt.5 Ch.1 Sec.4	POLAR-30	Winter ice with pressure ridges and multi-year ice-floes and glacial ice inclusions	3.0m	
	POLAR-20		2.0m	
	POLAR-10		1.0m	
	ICE-15	Ice encountering in winter ice with pressure ridges. No ramming anticipated	1.5m	
	ICE-10		1.0m	
ICE-05	0.5m			
IACS Pt.5 Ch.1 Sec.8	PC-1	Year-round operation in all Polar waters	3.0m	
	PC-2	Year-round operation in moderate multi-year ice conditions	3.0m	
	PC-3	Year-round operation in second- year ice which may contain old ice inclusions	2.5m	
	PC-4	Year round operation in thick first-year ice, which may include old ice inclusions	1.2m	
	PC-5	Year-round operation in medium first-year ice, which may contain old ice inclusions	0.7 - 1.2m	
	PC-6	Summer/autumn operation in medium first-year ice, which may include old ice inclusions	0.7 - 1.2m	
	PC-7	Summer/autumn operation in thin first-year ice, which may include old ice inclusions	0.7m	
RS Pt.1 2.2.3.1	Arc9	Multi-year ice	3.5m	4.0m
	Arc8	Multi-year ice	2.1m	3.0m
	Arc7	Second year ice	1.4m	1.7m
	Arc6	Thick first-year ice	1.1m	1.3m
	Arc5	Medium first-year ice	0.8m	1.0m
	Arc4	Thin first-year ice	0.6m	0.8m
	Ice3	Non-arctic ships. Independent navigation in open pack ice at a speed of 5 knots	0.7m	
	Ice2		0.55m	
	Ice1		0.4m	

*Tableau d'équivalence des ice class*

## 2. Brise-glace



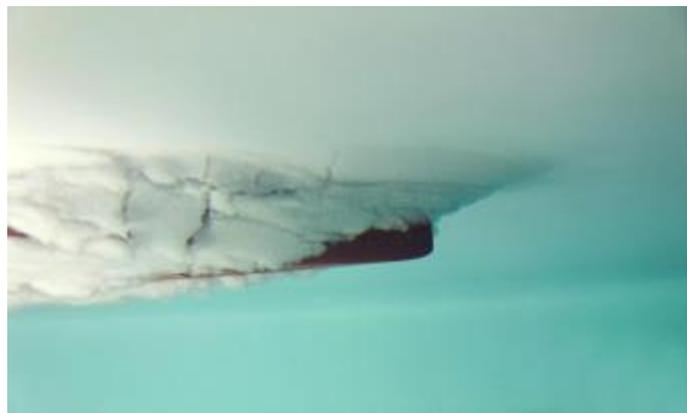
*Brise-glace suédois ATLE  
Photo : S. Galvagnon*

Leur fonction est de permettre aux navires marchands un transit en mer lorsque celle-ci est gelée.

Leurs rôles seront donc d'accompagner les navires en convoi ou en remorquage en frayant des chemins à travers la glace et d'assister les navires prisonniers des glaces.

Pour remplir ces fonctions, certaines caractéristiques de construction sont indispensables et communes à tous les brise-glace :

Un pont en lourd disproportionné par rapport à leur taille de manière que la glace cède sous leur poids.



*Bassin de modélisation de Akker Arctic  
Etrave de brise-glace vu sous glace  
Source : Akker Arctic*

- La coque est faite de métal capable de résister à de très basses températures (**cold-proof welding hull steels** = acier +azote, résiste à  $-60^{\circ}$ ) et très épais au niveau de l'étrave, de la ligne de flottaison et du couple safran-hélice
- Le compartimentage est très dense
- Le profil de l'étrave est très incliné de manière à aider le navire à chevaucher la glace avant qu'elle ne cède sous son poids.



- La présence d'un renfort de protection en aval du couple hélice safran qui sert à le protéger des glaces lorsque le navire bat en arrière.
- La présence d'un « couteau » à l'avant à la place du bulbe (qui ressemble à une sorte de renfort de forme verticale) ; celui-ci permet de casser l'erre du navire lorsqu'il monte sur la glace.
- Une propulsion pour la plupart des brise-glace suédois qui est électrique (plus flexible pour les manœuvres, moins de contraintes liées à la température basse de l'eau)
- La plupart disposent de systèmes permettant de tenir à l'écart les glaces du bordé (par ex : air comprimé)

## II/ TYPES DE PROPULSION

Il existe de plus en plus de type de propulsion varié sur les navires classés glace.

### **Brise-glace**

Les brise-glaces ne sont pas tous propulsés de la même manière en fonction de leur exploitation prévue et du type de glace avec lequel le navire va travailler.

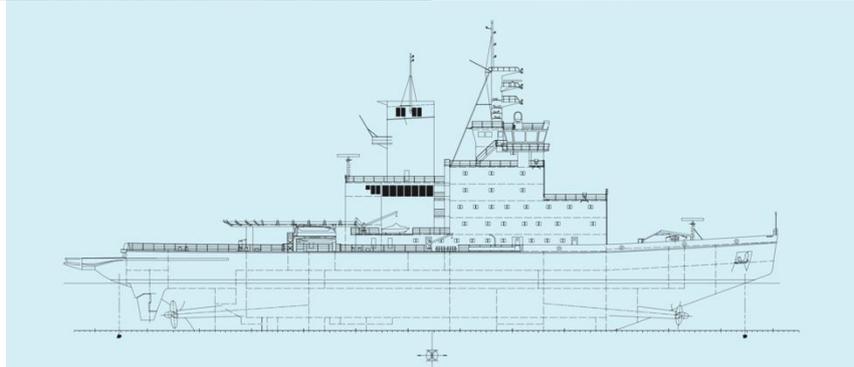
La Suède par exemple a une flotte de 5 brise-glaces. 4 d'entre eux sont majoritairement exploités en mer Baltique et sont équipés de diesel électrique alimentant les moteurs des 4 hélices à pâles fixes tandis que le 5<sup>ème</sup> brise-glace est plutôt exploité dans les pôles pour des missions scientifiques est propulsé par deux hélices à pâles orientables protégées par des tuyères.

Chacun de ces modèles est plus performant que l'autre pour son type d'exploitation.

Il est donc essentiel de bien définir le contexte, le type de glace à affronter et les besoins avant de définir le type de propulsion à la conception du navire. Il existe autant du type de brise-glaces que de type d'utilisation.

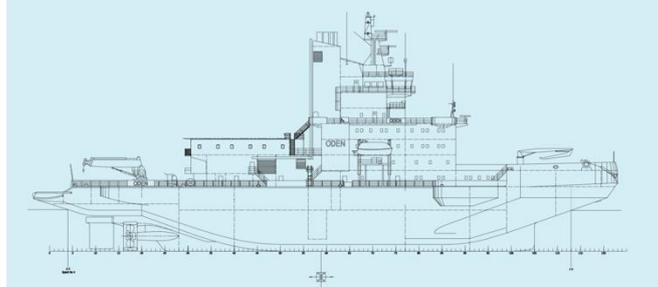
Le bureau de conception le plus connu au monde pour développer et modéliser des navires capables d'aller dans les glaces est AkerArctic.

Aujourd'hui la tendance va au développement des propulsions avec Azipods comme le nouveau brise-glace finlandais POLARIS.



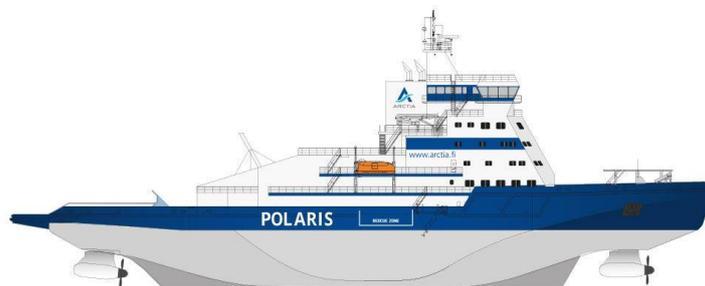
*Brise-glace d'assistance suédois YMER, à étrave saillante pour les glaces déstructurées de la Baltique. Propulsé par du Diesel électrique, 4 hélices à pâles fixes (2 avant + 2 arrière)*

*Source : Sjöfartsverket*



*Brise-glace polaire Oden, à étrave large pour les glaces lisses et robustes polaires. Propulsé par du Diesel électrique, 2 hélices à pas variable, protégées par une tuyère.*

*Source : Sjöfartsverket*



*Polaris, nouveau brise-glace finlandais à Pod*

*Source : Arctia.fi et kaleva.fi*

Les russes sont les seuls à utiliser la propulsion nucléaire. C'est la propulsion la plus fiable et la plus puissante mais elle n'est pas validée par tous les gouvernements pour des raisons politiques et éthiques.

### **Navires classés glace**

Aussi en fonction de l'exploitation envisagée pour des navires classés glace, il faudra adapter la propulsion adéquate.

Bien que les besoins en termes de résistance et de puissance soient sous dimensionnés par rapport à ceux des brise-glaces il faut pouvoir leur garantir un équipement sûr et adapté.

Il faudra donc choisir entre pôle fixe et variable, propulsion électrique ou classique, tuyère ou non, type de métal des pâles d'hélice, power ratio etc...

Dans toutes les configurations, les éléments suivants doivent être pris en compte pour l'adaptation de la propulsion la mieux calibrée pour un type de navire :

- Type de Glace à rencontrer
- Power ratio
- Résistance et protection du coupe hélice safran par rapport à la glace
- Flexibilité de manœuvre – définir un besoin
- Flexibilité de composition de puissance par rapport à la glace à affronter
- Taille du Safran et des pâles

Photo de navires classés glaces :



Vraquier



Navire d'expédition



Chimiquier



Ferry

## C / Performance du navire dans les glaces et à des températures de l'air basses :

Les risques les plus notables sont les suivant :

### Risques dus à glace

- . Difficulté à mouvoir le navire + perte de vitesse
- . Difficulté à manœuvrer
- . Obligation de se dérouter de la route initiale (perte de temps)
- . Impact de la glace sur le navire dû à l'erre du navire dans la glace
- . Perte de temps due aux procédures d'acheminement du navire de l'entrée de la mer baltique au port de destination.

### Risques dus aux blocs de glace flottants (= growlers)

- . Échos supplémentaires sur le radar qui mènent souvent à sa saturation
- . Risque de passage sous la coque ainsi que dans les hélices ou propulseur d'étrave
- . Blocage du safran
- . Dysfonctionnement du sondeur
- . Aspiration de glace dans les filtres EDM

### Risques dus à la neige :

- . Diminution de la visibilité
- . Saturation du radar
- . Obstruction des projecteurs de surface
- . Poids supplémentaire sur les superstructures si la neige gèle (diminution importante de la stabilité)

### Risques dus au froid

- . Gel (équipements, antennes, tuyaux)
- . Rétraction thermique des tuyaux
- . Augmentation de la viscosité de l'huile et du combustible
- . Difficulté d'utilisation des équipements alimentés par batterie

## **I/ EFFET DE LA GLACE SUR LES PERFORMANCES DU NAVIRE**

### *1. Avantage et exigence de la classe glace*

La résistance d'un navire est plus grande en glace plane qu'en eau libre. Plus l'épaisseur et la force des glaces augmente, plus un navire doit accroître sa puissance pour maintenir sa vitesse. Toutefois, même parmi les banquises lâches ou dans des glaces de forte concentration, le navigateur doit faire preuve de prudence et éviter les vitesses excessives.

En règle générale, on peut affirmer que la glace empilée, cassée et reformée constitue de sérieuses entraves à la progression d'un navire. La circonspection est également de mise quand on navigue dans des glaces planes où se dressent çà et là des hummocks ou dans des zones où se trouvent des glaces empilées ou un mélange de vieilles glaces.

Lorsque l'épaisseur de la glace excède celle où le navire peut continuer sa progression, on pourrait devoir recourir à l'éperonnage si la structure du navire le permet.

Il importe que l'officier de navigation dans les glaces connaisse bien les limites de la résistance de son navire aux impacts avec la glace sans subir d'avaries, et à quelle vitesse la coque risque d'être endommagée par les glaces dans la zone sur laquelle il navigue.

L'influence de la neige sur le rendement d'un navire varie directement selon l'épaisseur et le type de neige et augmente largement la résistance du navire. Le coefficient de frottement entre la neige et la coque est fonction de la consistance et de la charge d'humidité de la neige, la neige plus mouillée se caractérisant par un coefficient plus élevé que la neige sèche. Dans certaines conditions ambiantes, la neige sera très « collante » et, dans d'autres, très sèche et très poudreuse. De façon empirique, on peut estimer la résistance liée à la couverture nivale en ajoutant la moitié de l'épaisseur de la neige à l'épaisseur observée de la glace, puis évaluer le rendement dans les glaces d'après ce calcul de l'épaisseur ajoutée. Dans une neige « collante », cette résistance est très difficile à prévoir, mais peut se révéler très grande, voire égale ou supérieure à la résistance de rupture de la glace. Les revêtements à faible coefficient de frottement et la forme de la coque jouent un grand rôle dans le rendement naval en zone de glace à couverture nivale. Durant des manœuvres d'éperonnage, un revêtement à faible coefficient de frottement permettra le dégagement de la glace vers l'arrière après chaque poussée du brise-glace plus facilement qu'avec une coque en acier sans ce type de revêtement.

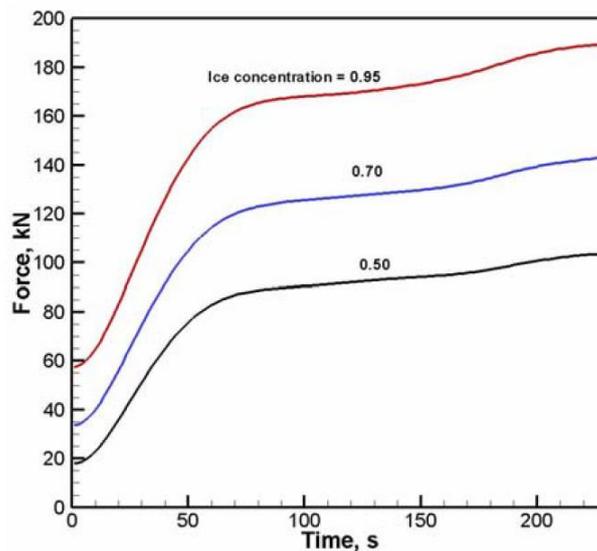
Le rendement d'un navire en zone de glace peut être limité par la capacité de la coque de résister aux impacts des glaces. Le degré des forces d'impact des glaces variera selon les modes d'exploitation et les régimes des glaces. Par exemple, un navire qui se trouve dans de la glace de première année s'exposera moins aux impacts des glaces qu'un navire qui se trouve dans de vieilles glaces. Un navire – généralement un brise-glace – qui doit avoir recours à une importante manœuvre d'éperonnage pour protéger des navires ou des structures de moindre résistance aux glaces s'exposera nécessairement, pour briser la glace, à des impacts plus violents, susceptibles de causer des dommages aux navires qu'il protège. Sur le plan de l'intensité générale d'impact, les manœuvres d'éperonnage sont celles qui génèrent les plus grandes forces contre la structure d'un navire et si ces manœuvres sont effectuées à répétition, elles risquent de causer des dommages cumulatifs.

## 2. Surveillance de la pression exercée par la glace sur la coque

Lors de navigation dans les glaces, la pression exercée par les glaces est un paramètre essentiel à analyser et surveiller pour la navigation mais aussi pour la sécurité et la sauvegarde structurelle du navire.

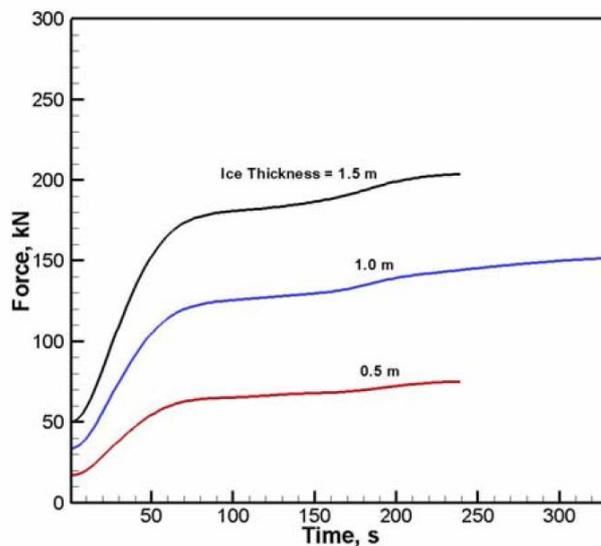
La dérive observable sur le plan d'eau, la perte de vitesse due aux frottements sont les premiers indicateurs à prendre en compte.

Si la pression est trop élevée, le navire peut se retrouver bloqué dans les glaces et dans le pire des cas être sujet à des déformations de structures. Dans des cas d'urgence ou si la situation se détériore en attente d'assistance, il est nécessaire d'organiser des rondes pour surveiller la structure et sonder régulièrement les ballasts. Les parties les plus faibles du navire seront ses flans ; c'est en général à ce niveau-là que les premières déformations apparaissent.



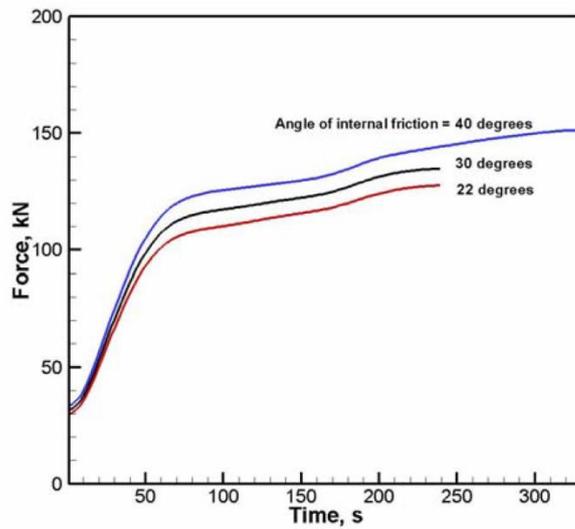
Force exercée par la glace avec différentes concentrations

Source : études Ice Tech

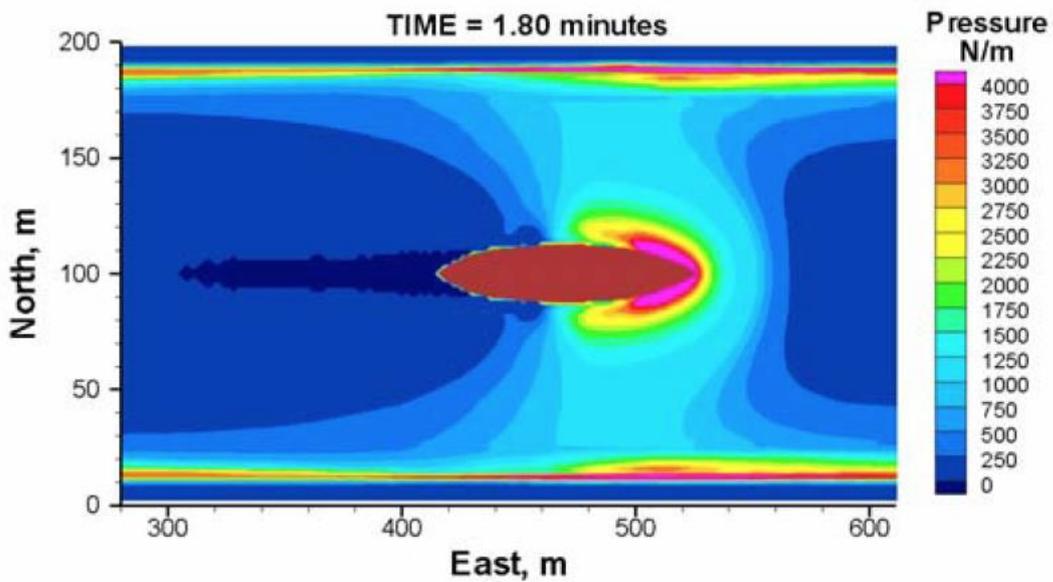


Force exercée par la glace avec différentes épaisseurs

Source : études Ice Tech



*Force exercée par la glace avec différents angles de contact par rapport à la coque*  
Source : études Ice Tech



*Répartition de la pression exercée sur la coque sur un navire faisant route*  
Source : études Ice Tech



*Navire bloqué par de la glace sous pression. On observe la pression avec les morceaux de glace qui s'agglutinent et commencent à se chevaucher sur la coque du navire.*

*Photo : S. Galvagnon*



*Glace grimpante sous pression*

*Source : Sjöfartsverket*

## **II / EFFET DES TEMPERATURES BASSES SUR LES PERFORMANCES DU NAVIRE**

### *1. Préparation du navire aux conditions hivernales*

#### **Matériel de navigation**

Les check-lists et autres documents liés à la navigation dans les glaces doivent être sortis. Tout instrument doit être testé et opérationnel avant de pénétrer une zone de glace. Une attention particulière doit être prêtée aux projecteurs de glace ainsi qu'aux radars.

Les sabords de passerelle doivent disposer d'un moyen de réchauffage afin d'éviter qu'ils ne gèlent. Pour la plupart des navires se seront des bouches de soufflage d'air chaud en haut et en bas de chaque sabord.

Le projecteur de glace doit être monté de façon à pouvoir éclairer jusqu' à 90m sur l'avant et il devrait si possible y en avoir 2. Ils sont obligatoires en cas de navigation dans les glaces de nuit.

Les antennes peuvent également être recouvertes par la glace avec le risque de ne plus émettre. Il faut donc les surveiller et les libérer de la glace régulièrement.

#### **Circuit incendie**

Le circuit incendie doit être entièrement purgé et les vannes exposées à l'air extérieur doivent être laissées légèrement ouvertes avant de rentrer dans les glaces. Si celles-ci restent fermées, elles risquent de geler et de se gripper et par la suite de déformer les corps de vannes.

Si un incendie a lieu il faudra de nouveau purger les circuits une fois maîtrisé. Les navires exposés à des températures d'exploitation très basses ont leurs bouches incendie encastrées dans la structure du navire et ne sont donc pas directement en contact avec l'air extérieur pour éviter le gel.



*Bouche incendie avec conduit et corps de vanne protégés*

*Photo : S. GALVAGNON*

## **Drome de sauvetage**

### a- Embarcations

Il est nécessaire de rajouter un additif à l'eau du moteur afin d'éviter le gel.

Il est également fortement conseillé de vider 1/3 des bouteilles d'eau (ou ballast) destinées à la consommation pour éviter une expansion (pouvant mener à la rupture) de leur réservoir. Certains commandants habitués à la navigation dans les glaces préfèrent vider entièrement la réserve d'eau de manière à s'affranchir de tout problème de gel.

L'huile des bossoirs doit, soit être munie d'un système de réchauffage, soit contenir un additif lui permettant de résister au gel. Les câbles doivent être correctement graissés (en plus d'assurer un meilleur usage du câble cela crée une couche protectrice isolante).

Il faut aussi évidemment garder l'embarcation fermée pour la préserver de la neige.

### b- Radeaux

Il est conseillé de couvrir les radeaux avec une bâche qui les protégera de la neige et du gel, c'est le moyen le plus simple et le plus répandu à bord des navires.

De la même manière que pour les embarcations, le câble de la grue doit être graissé.

Il est très important d'effectuer des rondes journalières autour des embarcations et des radeaux. Elles permettent de détecter toute anomalie mais donnent aussi l'occasion d'enlever la neige ou la glace présente sur les bossoirs ou sur les grues.

## **Prise Eau de Mer**

Dans le cas des prises d'eau de mer, c'est surtout la glace « frazil » qui peut amener à poser des problèmes. Cette glace est constituée de cristaux très fin (moins d'un millimètre) en suspension et se trouve en présence d'eau avoisinant zéro degré, entre 0 m et 5 m en dessous de la surface.



La glace frazil n'est pas dense et reste très friable. En revanche, elle se solidifie très vite si la température baisse. En mer Baltique, les navires se retrouvent fréquemment avec leur circuit eau de mer colmaté ou les pompes grippées ce qui peut donner lieu à un arrêt par sécurité de la propulsion.

Pour lutter contre ce phénomène, quelques mesures sont indispensables :

- Garder la prise haute edm fermée
- La prise basse ouverte à partiellement ouverte
- La vanne de coque de sortie edm doit être quasiment fermée afin d'avoir une recirculation maximale

Il faut constamment vérifier la pression dans le circuit eau de mer afin de détecter au plus vite une éventuelle obstruction.

Sur les navires ice-class, il est obligatoire d'avoir un secours sur le circuit de réfrigération qui est pris sur des ballasts (latéraux, peak avant).

### **Identification des besoins en ressources supplémentaires**

Il faut prévoir de grandes quantités de combustible, d'eau et de provisions lors d'un transit en mer Baltique. En effet, il faut avoir assez de combustible en vue des nombreuses manœuvres et prendre en compte l'éventualité de rester immobilisé plusieurs jours dans la glace en attente d'assistance. L'administration maritime suédoise préconise une réserve de 10 jour supplémentaire en combustible, en eau et en provisions.

### **Ponts**

Le pont supérieur et les plages de manœuvre sont parmi les premières zones touchées par le gel. Si le navire dispose d'un système de réchauffage desservant également le tuyautage sur les ponts ou les appareils, il faut le mettre en service. Il est également très courant de protéger les treuils en les recouvrant d'une bâche ; ceci reste la pratique de protection la plus efficace mais ralentit l'accès aux éléments recouverts en cas d'urgence.

En ce qui concerne la maintenance, il faut prévoir d'utiliser de la graisse et de l'huile hydraulique pour basse température pour tous les éléments exposés à l'extérieur (treuils, chaumards à rouleaux, taquets de porte, etc...).



## *2. Performances des systèmes électroniques, de navigation et mécaniques à basse température*

### **Balisage**

Dans les zones isolées et éloignées, la plupart du balisage est terrestre. C'est à dire essentiellement composé d'amer qui ne sont pas sujet à la menace des glaces.

Pour les zones plus fréquentées et balisées, les états responsables de la zone maritime ont souvent un service de phares et balises qui se charge de retirer les éléments physiques avant l'établissement des glaces. Celles-ci sont remplacée par des AIS-Aton, c'est à dire des cibles AIS qui apparaissent sur les instruments de navigation munis d'un AIS (AIS/RADAR/ECDIS). Ce système de balise-ais est de plus en plus fréquent notamment en mer Baltique et au Canada. Dans les eaux territoriales russes, il arrive encore de trouver des bouées qui ne sont pas retirées lors de l'établissement des glaces, elles sont à ce moment-là souvent équipées d'un réflecteur radar qui permet de les détecter à temps et de constater leur éventuel déplacement par rapport à la carte si celles-ci ont dérivées avec les glaces.

Dans le cas où elles résistent à la force des glaces, elles sont un élément idéal pour estimer la dérive des glace en direction et en force.



*Observation de la dérive des glaces grâce au balisage*

*Photo : S.GALVAGNON*

### **Système de navigation satellitaires et limites des compas gyroscopiques et magnétiques**

L'Antarctique, le Canada, la Baltique et la Russie sont rarement des zones qui posent un problème à ce niveau là puisque les latitudes sont relativement « hautes » dans la mesure où elles dépassent rarement les 70°S/N par les navires de commerces qui fréquentent ces zones-là. Les communications sont même pour la plupart du temps réalisables par V-SAT.

En Arctique, on navigue fréquemment au-delà des 70°N (c'est le cas du Svalbard et d'une partie du Groenland). Aujourd'hui les systèmes GPS, GLONASS, Galileo et BeiDou peuvent couvrir la totalité des surfaces navigables en Arctique par leurs satellites en orbite polaire.

La position peut donc être assurée sans erreur.



Ainsi le compas satellitaire reste l'élément le plus fiable pour la navigation polaire puisqu'il donne l'indication de cap grâce à 3 antennes GPS. Tous les navires qui naviguent au-delà des 70°S/N sont aujourd'hui munis d'au moins un voir deux compas GPS.

Contrairement à ces confrères classiques, gyroscopiques et magnétiques, qui atteignent leur limite de fiabilité autour des 70/75° (erreur de plus de 20° due à l'inclinaison de la terre/ en 1991 le brise-glace Oden reporte l'inefficacité de leur compas gyroscopique une fois franchi les 84°N), le compas satellitaire assure une couverture globale.

### **Communications**

Les systèmes de communication par ondes VHF/MF/HF fonctionnent dans les zones polaires mais le trafic est la fréquentation est faible.

INMARSAT atteint ses limites dans les 70°S/N.

Le seul système assurant aujourd'hui une garantie de couverture phonie et data est IRRIDIUM.

### **ECDIS et cartes électroniques**

Le problème principal des cartes, qu'elles soient électroniques ou pas, est le manque d'information ; voir la non-cartographie de certaines zones.

Le reste des informations étant liées au GPS ne change pas par rapport à la configuration hors zone polaire.

Dans les zones mal cartographiées, il est nécessaire de naviguer avec prudence et de choisir une route qui passe autant que possible sur des sondes répertoriées.

La plupart des navires d'expédition créent leurs propres cartographie et historique.

Ces documents restent officiels et la véracité des informations est à prendre avec des pincettes.

### ***3. Limitations du matériel et des machines dans les glaces et à basses températures***

Les limites de la machine sont abordées dans le chapitre C/I/ un peu plus bas.

Au niveau du matériel, outre le matériel de sécurité et la drome de sauvetage évoqués un peu plus haut, il faut prendre conscience qu'en dessous de -10/-15° tout matériel peut geler s'il n'est pas adapté.

Ce n'est pas forcément un problème mais il faut y penser et adapter l'utilisation du matériel en fonction de cela.

Par exemple :

\*un cadenas va geler en extérieur, il est donc préconisé d'utiliser des cadenas à code ou bien d'avoir des petits chalumeaux portatifs pour enlever le gel et pouvoir ouvrir. Ces deux méthodes sont largement utilisées à bord des brise-glace par exemple.

\*les bouts situés en extérieur seront gelés et il faudra utiliser un chalumeau pour les rendre plus flexibles et manœuvrables.

\*tous les appareils hydrauliques (même avec additifs antigel) seront plus lents dans leurs mouvements et méritent un temps de préchauffage plus long.

Il est donc recommandé de laisser un minimum de matériel exposé à l'extérieur et d'adapter l'utilisation de ceux qui le sont. Le principe général est de trouver le moyen le plus adapté pour les réchauffer.

#### *4. Préparation et risques sur les ballasts*

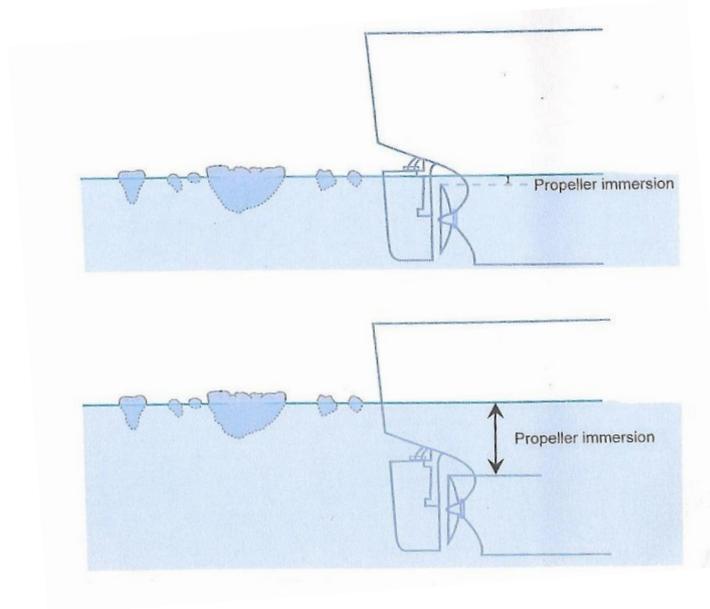
Le navire doit avoir un tirant d'eau aussi grand que possible afin d'avoir l'ensemble hélice safran immergé et par là-même protégé des growlers ou de la glace environnante.

Pour atteindre cet enfoncement optimal, on remplit habituellement les ballasts à 90% de leur capacité ; ce qui laisse une marge de sécurité de 10% en vue de l'expansion de l'eau lors de gel. Le gel se produit en présence de températures très basses mais grâce aux mouvements constants de l'eau dans le ballast (carènes liquides) il met beaucoup de temps à s'établir. En revanche, il peut arriver beaucoup plus vite sur les éléments de renfort (raidisseurs, membrures...) ainsi que sur les trous de sonde. Il faut donc prévoir un système de réchauffage pour ces éléments en vue d'une longue période de navigation dans les glaces, en particulier pour les ballasts proches du bordé et ceux situés au-dessus de la ligne de flottaison (l'effet du vent baisse la température ressentie).

Le gel conduit à l'expansion du volume d'eau initial et donc à la déformation de la structure du ballast et dans des cas extrêmes à la fissure de celui-ci.

L'eau de mer ( $d= 1.025$ ) gèle à $-1.8^{\circ}\text{C}$
---

Pour ce qui est de l'assiette, le navire doit être sur le cul toujours dans le but de garder l'ensemble hélice safran immergé tout en gardant en tête que le navire doit rester aussi manœuvrant que possible. Il faut donc trouver un compromis entre l'enfoncement de l'ensemble hélice safran et ses conséquences sur l'effet du safran en manœuvre.



Source : the Ice Navigation Manual, Witherby Seamanship



Exemple de danger pour le couple hélice/safran

Source : Sjöfartsverket



Avarie sur coque et hélice d'un ferry Ice class 1A super

Source : Sjöfartsverket

## 5. Givrage phénomène et gestion

Le givrage de la superstructure est un processus complexe tributaire des conditions météorologiques, du chargement et du comportement du navire par tempête, de même que de la taille et de l'emplacement de la superstructure et du gréement. La cause la plus courante de la formation de glace est le dépôt de gouttelettes d'eau sur la structure du navire. Ces gouttelettes proviennent des embruns créés à la crête des vagues ou par le navire lui-même. La neige, le brouillard (y compris la fumée de mer arctique), les chutes de température ambiante et le gel des gouttes de pluie au contact de la structure du navire peuvent aussi être à l'origine de la formation de givre. Parfois, l'eau embarquée et retenue sur le pont peut aussi contribuer à la formation de givre.



*Début de givrage sur grumier*

*Photo : S. Galvagnon*

Le givre se forme en fonction de la route du navire par rapport au vent et à la mer et il est généralement plus sévère lorsqu'il se forme sur l'étrave, les pavois et les lisses de pavois, le côté au vent de la superstructure et du rouf, les manchons d'écubier, les ancres, les engins de pont, le pont de gaillard et le pont supérieur, les sabords de décharge, les conteneurs, panneaux d'écouilles, les antennes, les étais, les haubans de mât, les mâts, les mâtereaux et sur d'autres éléments de gréement. Il faut s'assurer que le guindeau demeure exempt de givre de façon à pouvoir jeter l'ancre à tout moment en cas d'urgence. Les embruns qui pénètrent constamment dans les manchons d'écubier peuvent former un givre épais à l'intérieur du conduit et les ancres rangées dans les logements encastrés peuvent geler en place, ce qui empêcherait de jeter l'ancre. Il est de bonne pratique dans des conditions d'embruns de laisser les ancres légèrement plus basses que les écubiers de façon à pouvoir les dégivrer au besoin. Aussi, il est conseillé de maintenir une serre de sécurité en place pour empêcher le glissement des freins, ce qui permettra de libérer l'ancre rapidement dans le cas d'une panne.

Si la température de l'air est égale ou inférieure à  $-2,2\text{ °C}$  et qu'en même temps le vent souffle à 17 nœuds ou plus, la superstructure peut givrer. En eau douce, comme sur les Grands Lacs ou le fleuve Saint-Laurent, la superstructure peut givrer à une température égale ou inférieure à  $0\text{ °C}$ , et le givre s'accumule plus rapidement qu'en eau salée.

En règle générale, les vents de force 5 sur l'échelle de Beaufort causent un faible givrage, les vents de force 7, un givrage modéré et ceux d'une force supérieure à 8, un givrage fort.

Dans de telles circonstances, la formation de givre est la plus intense quand le navire se dirige face au vent et à la mer. Par vent de travers ou par vent trois-quarts, le givre s'accumule plus vite du côté du navire exposé au vent, causant ainsi une inclinaison constante extrêmement dangereuse puisque dans le cas d'un navire chargé, le niveau d'immersion du pont pourrait facilement être atteint.

Il est possible de réduire au minimum les effets des embruns verglaçants en ralentissant les machines en mer houleuse pour diminuer le battage de l'avant, en adaptant le mouvement du navire à celui de la mer ou en recherchant des conditions plus modérées près de la côte ou dans des glaces de mer. Une autre option serait de se diriger vers des eaux plus chaudes, bien que cela soit impossible dans bien des régions maritimes du Canada.

Dans des conditions de givrage sévère, le dégivrage à la main peut être la seule façon d'empêcher le navire de chavirer. Il importe que le capitaine tienne compte de la durée prévue d'une tempête givrante et du rythme d'accumulation de givre sur son navire au moment d'établir une stratégie.

Il y a plusieurs façons de réduire au minimum la menace du givrage sur les bateaux :

- Adapter la route de manière à diminuer la voilure sujette aux embruns glacés
- Réduire l'allure
- Recouvrir les appareils sensibles ;
- Rajouter des additifs antigels et du sel non corrosif sur toutes les surfaces possibles



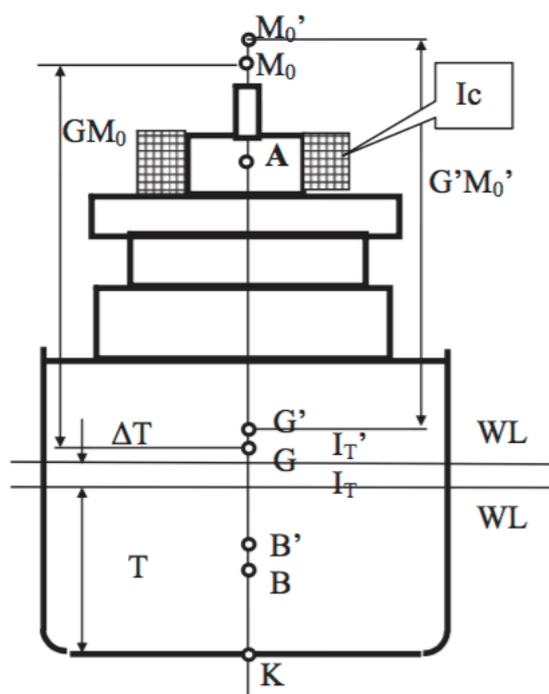
*Navire victime de givrage*

*Source : Sjöfartsverket*

Une fois le givrage établi, il faut enlever la glace le plus rapidement possible. Si la navigation se prolonge dans des zones à température basse alors il faudra physiquement l'extraire avec des masses en bois pelles et extracteurs.

Ce travail est laborieux et long, c'est aussi pour cela qu'il vaut mieux empêcher la formation de givrage en prenant toutes les précautions nécessaires.

Un givrage important peut présenter un risque pour la stabilité du navire.



*Schématisme d'accrétion de glace sur le navire*

*Source : Shipstab.org*

Si la glace s'accumule sur les ponts cela équivaut à rajouter du poids plus ou moins en hauteur selon l'emplacement. Avec la contrainte que ce n'est pas un poids facile à enlever (d'où l'intérêt de rapidement évacuer la glace qui se forme).

Il est difficile de faire des calculs exacts de stabilité une fois dans le cas réel car il n'est pas évident de quantifier le poids et le volume.

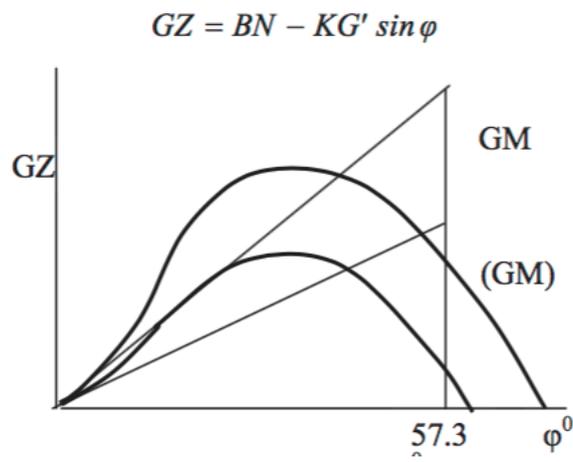
Il est rare que la masse totale accumulée dépasse 10% du déplacement du navire.

Une fois que l'on estime le poids et les coordonnées du poids, la nouvelle hauteur métacentrique est définie et l'on peut tracer une courbe avec les nouveaux bras de levier.

$$G'M_0' = GM_0 + \frac{m}{\rho\nabla + m} \left( T + \frac{\Delta T}{2} - KA - GM_0 \right)$$

Because when ice is accrued always:

$$KA > T + \frac{\Delta T}{2} - GM_0$$



*Calcul de la nouvelle hauteur métacentrique et courbe des bras de levier*

Source : [Shipstab.org](http://Shipstab.org)

La méthode est strictement similaire à celle d'un ajout de poids en hauteur.

## ***6. Limitations des dispositifs de lutte contre l'incendie et des engins de sauvetage dues à des températures de l'air basses***

Comme évoqué dans la partie 1, il est nécessaire à la construction/au refit ou à l'entretien de prévenir le conduit et le matériel du gel. Il faut inclure une ronde des bouches incendie extérieures au moins deux fois par jour lorsque le gel s'établit vite.

Il suffit d'un embrun verglacé pour recouvrir la bouche de gel. Il est même parfois conseillé de bâcher les bouches incendie extérieures dans la mesure où la perte de temps à retirer la bâche ou la protection en cas d'incendie reste inférieure à une procédure de dégel.

Il faut également garder en tête que toute eau rependue sur les ponts à des températures basses est susceptible de geler et donc de rajouter de la surface de givrage sur le navire.

Certains brise-glaces sont équipés de manches avec ejectair qui permettent d'absorber de l'additif antigel sur le même principe que les lances à mousse.

**Les incendies extérieurs dans des milieux de température basse restent rares mais ne sont pas impossible.**

En ce qui concerne la lutte en intérieur comme en extérieur, le deuxième facteur de risque est le remplissage et bouchage du conduit Eau de mer par la glace.

Pour limiter le risque, la plupart des navires glaces ou brise-glaces sont équipés de grilles d'aspiration très basses et fines. En plus de cela certains navires sont équipés de système de chauffage en amont de la pompe et certains même ont deux prises d'aspiration disponibles.

A priori la pompe est protégée par les constructions en amont, un morceau de glace très dense pourrait néanmoins l'endommager.

## **III / LIMITATION DU MATERIEL EN ZONE POLAIRE**

### ***1. Identification des risques associés aux limitations des aides terrestres à la navigation***

Le développement de l'AIS a permis d'étendre son utilisation au système de balisage. En effet, de plus en plus de balises disposent d'un émetteur AIS, on appelle ce couple balise/AIS, l'AIS ATon (AID to NAVIGATION).

L'AIS AToN permet d'obtenir des informations sur le type de bouée, feu (ou tout autre aide à la navigation), sa position, son MMSI puis parfois des informations concernant la météorologie à sa position. Ce système est très utile en navigation dans les glaces pour trois raisons :

- Il permet aux navires d'avoir la position réelle des balises sur le radar et sur l'ECDIS lorsqu'elles sont soit immergées sous la glace soit déplacées par les glaces.
- Il permet de remplacer le balisage en hiver. En effet pour ne pas endommager le balisage l'administration maritime suédoise décide d'en retirer certaines et les remplace donc par des AToN.
- L'image AIS de la balise et des feux permet aux navires de se situer plus facilement lorsque la côte se confond avec les échos des glaces sur le radar ou lorsqu'il faut naviguer dans un chenal ou encore lors de mauvaises conditions météorologiques (mauvaise visibilité, gros temps, glace...)

Il existe trois types d'AToN :

- L'AToN **réel** : Un émetteur AIS est physiquement présent sur les phares et balises, et envoie directement le signal aux navires. Il permet donc d'assurer la fonction première de l'AToN : avoir une image virtuelle de la balise sur le radar ou l'ECDIS pour faciliter la navigation lors de mauvaises conditions météorologiques.

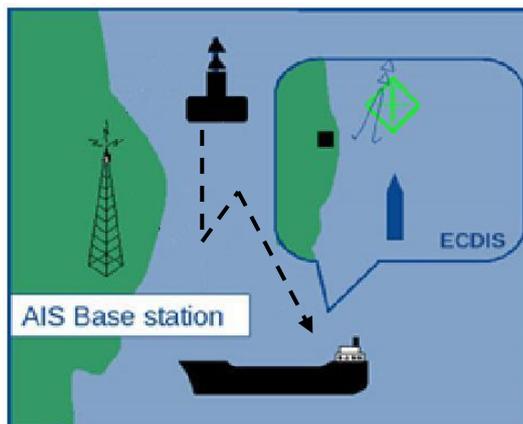
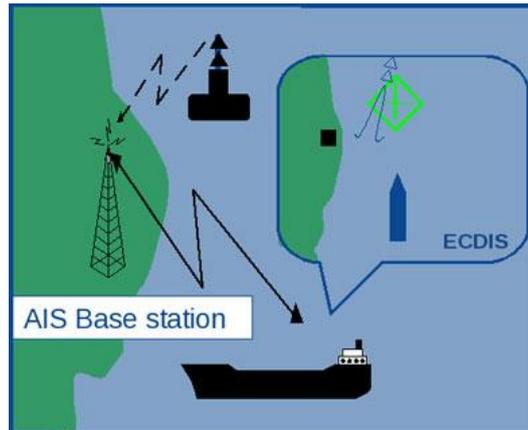


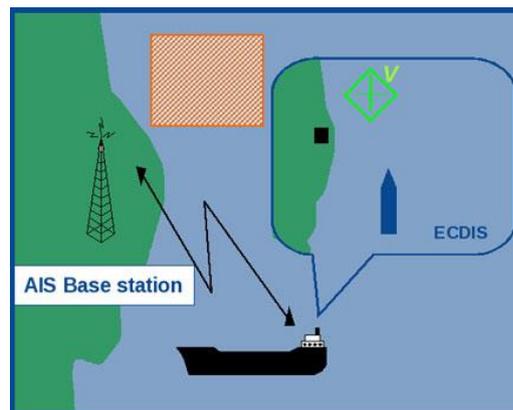
Schéma de principe de fonctionnement de L'AIS AToN réel

- L'AToN **synthétique** : Il est le plus répandu. Dans le cas d'un phare par exemple, un système physiquement présent sur celui-ci se chargera de rassembler les informations voulues puis de les diffuser à une station côtière AIS, qui à son tour transmettra ce signal aux navires.



**Schéma de principe de fonctionnement de L'AIS AToN synthétique**

- L'AToN **virtuel** : Il permet de prévenir d'un danger très rapidement en apparaissant sur l'ECDIS ou le radar avant qu'une balise soit réellement installée. Il n'y a pas d'émetteur AIS physique à la position du danger, le signal est directement émis par une station côtière AIS aux navires.



**Schéma de principe de fonctionnement de L'AIS AToN virtuel**

Toutes les administrations maritimes n'équipent pas leurs eaux avec ces moyens modernes. Pour les pays aux technologies un peu moins développées, il est courant de trouver des réflecteurs radar sur les balises et amers.

En ce qui concerne les amers, il se peut que le paysage glacier altère la forme apparente de l'amer et donc qu'il ne soit pas ou que partiellement visible. C'est le cas au Svalbard où certains amers ne sont pas visibles avant l'été.

## 2. Erreurs de compas dues aux hautes latitudes

### Compas magnétique

Plus on se rapproche du Nord magnétique, plus la composante verticale du champs magnétique augmente. La composante horizontale dont l'orientation de l'aiguille du compas dépend devient, elle, de plus en plus faible.

Il est donc nécessaire de garder un œil sur l'erreur du compas magnétique en sachant qu'elle sera très significative à l'approche du pôle magnétique. On considère que le compas magnétique reste relativement fiable jusqu'à 900 NM du pôle magnétique, ensuite l'erreur devient trop grande.

### Compas gyroscopique

Les compas gyroscopiques asservis électroniquement restent assez fiables jusqu'à 80° N/S tout au plus et présente souvent des erreurs et des disfonctionnements de 70 à 80°N/S.

La précision du compas gyroscopique sera plus longue plus la latitude est élevée. Ainsi des erreurs de cap peuvent surgir plus de 20 min après la fin d'une grande giration.

De manière plus détaillée, l'erreur du compas peut avoir 2 causes :

#### \*Période de précession

Celle-ci étant directement liée à la latitude par la formule :

$T=2\pi$  (intégrale de  $H/ (B_x \cos \text{latitude})$ )

En se rapprochant des 90°, la précession a du mal à se terminer et le compas perd en fiabilité et en précision.

#### \*Erreur liée à la vitesse

L'effet de la vitesse sur l'erreur gyroscopique est lié à la vitesse du navire, à celle de la rotation de la terre et à la latitude.

$$\tan \theta = \frac{V \cos \phi}{900 \cos(\text{Latitude}) + V \sin \phi}$$

At most latitudes:  $V \sin \phi \ll 900 \cos(\text{latitude})$

Therefore:

$$\tan \theta = \frac{V \cos \phi}{900 \cos(\text{Latitude})}$$

Les constructeurs garantissent en général un fonctionnement normal jusqu'à 75°.

Il n'est pas rare en Arctique, au Svalbard par exemple, de naviguer au-delà de ces latitudes. Il faut alors choisir d'autres compas comme les satellitaires.

Le brise-glace suédois Oden rapporte dans un compte rendu d'expédition polaire de 1991 que ses 2 compas gyroscopiques sont restés fiables jusqu'à 84°Nord, d'autres navires rapportent des anomalies de fonctionnement avant.

### **Compas satellitaires**

Les compas satellitaires sont désormais les plus utilisés en navigation polaire. En effet, la couverture du signal est totale dans ces zones extrêmes et l'erreur seulement soumise à une altération du DGPS comme dans toute autre zone de navigation.

Les navires habitués des zones polaires sont souvent munis de 2 compas GPS aussi reliés au pilote automatique.

Le polar code exige désormais l'utilisation de compas satellitaires pour des navigations au-delà des 80°N.

### ***3. Limitation de la distinction des cibles radar***

Les radars restent le meilleur outil après la vue pour détecter les glaces et parfois planifier des traversées dans des zones de glace. Il faut toujours essayer de trouver un réglage qui permette de détecter le plus petit morceau de glace possible sans pour autant saturer l'image.

Il faut garder en tête que même s'il n'y a pas d'écho, il peut y avoir de la glace en surface. Il existe principalement deux cas :

-la glace est trop petite pour être détectée

-la surface de la glace est trop plate pour être détectée (fréquent en début de glaciation de mer)





*Voies tracées par les brise-glace en archipel / chenelage*

*Photo : S. Galvagnon*

Il existe de plus en plus d'options « glace » développées par les constructeurs. Leur plus-value est parfois remise en cause par les navires en fonction de leur exploitation.

L'option la plus courante permet d'avoir une image où la glace est codifiée en couleur en fonction de sa densité (de l'intensité de l'écho qui revient).

Outre les prescriptions d'utilisation ci-dessus, il convient de songer au secteur mort du radar qui ne renverra pas d'écho sur la zone concernée et au gel de l'antenne qui détériore ou anéantit le fonctionnement des radars.

En cas de gel il n'y a pas d'autre option que de temporairement stopper le radar et retirer la glace avant la remise en service. Certaines antennes sont munies de câbles chauffants qui peuvent aider mais n'affranchissent pas toujours du risque de givrage

#### 4. Limitation des systèmes de détermination de la position aux latitudes élevées

Aujourd’hui les systèmes de détermination de la position satellitaires (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) sont tous capables d’assurer un positionnement fiable sur la globalité des pôles. C’est d’ailleurs pour cette raison là que le polar code exige d’avoir un compas satellite au-delà des 80°

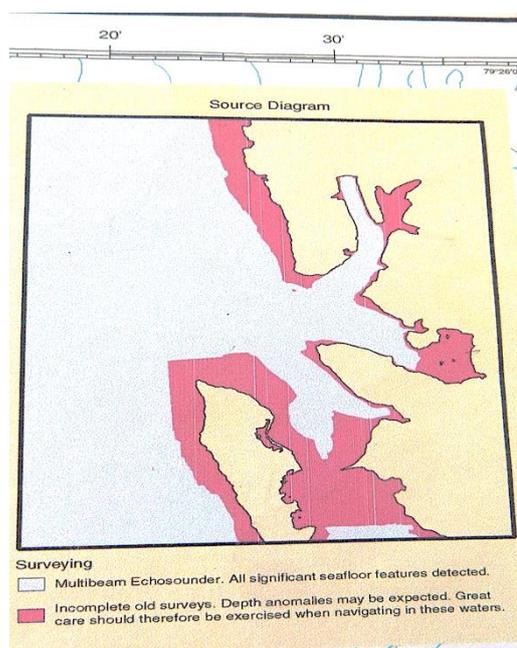
Le DGPS a une couverture partielle de l’arctique qui s’appuie sur des systèmes annexes comme WAAS, EGNOS et MSAS. Les corrections pourraient en théorie se transmettre par ce biais. Dans la réalité, cela ne fonctionne pas sur toutes les zones.

Il est également possible d’acheter des corrections à des acteurs privés comme Fugro.

#### 5. Limitations des cartes marines

##### Datation des informations

Plus on se dirige dans les extrêmes, moins la cartographie est renseignée et lorsqu’elle l’est les informations/sondes recensées peuvent être très anciennes. Il faut donc prendre en compte d’éventuel changements liés à un manque de précisions des équipements alors utilisés, plus rarement à des mouvements de terrain et à l’ancienneté des informations. C’est pour cela qu’il est important de bien prendre connaissance de toutes les informations données par les cartes et de leurs sources.



*Indication sur la source des informations de sondes sur carte*

*Carte norvégienne/Svalbard – Source Karteverket*

## Référentiels

Même si la plupart des cartes de l'Arctique et de L'Antarctique sont en WGS-84, il faut faire attention à certaines zones cartographiées par les institutions locales comme la Russie. La plupart des cartes couvrant les eaux territoriales russes sont basées sur l'ellipsoïde de Krassowski (Pulkova-42). Les systèmes de navigation moderne comme l'ECDIS peuvent la plupart du temps convertir les cartes au référentiel WGS-84. Mais il faut être vigilant.

## Échelles

Beaucoup de régions ne proposent qu'une échelle cartographiée et elle n'est pas toujours réduite. Au Svalbard par exemple, les cartes qui couvrent l'archipel sont presque toutes à l'échelle 1 :100 000. Il est donc parfois impossible d'avoir une carte officielle précise de passage resserré.

## Densité de renseignements

De nombreuses zones sont très mal renseignées ou alors pas du tout renseignées « uncharted area ». La plupart des navires ont alors une cartographie propre mais non officielle de certaines de ces zones mais pas toujours. Il convient de prendre toutes les précautions nécessaires avant de naviguer dans une zone non cartographiée et de s'assurer d'avoir l'aval des assureurs et de la compagnie pour prévenir de toute catastrophe.

Lors de navigation à l'approche de glacier, on évolue de plus en plus en zone non cartographiée du fait de la fonte des glaciers. Il convient là aussi de rester vigilant car on ne peut savoir avec certitude s'il y a des hauts fonds ou non. Certains reculs ont dévoilé la présence d'îles et de hauts fonds sous les glaciers.

Le RV Lance (navire océanographie de l'institut polaire norvégien – responsable de la cartographie en zone polaire) s'est lui-même échoué en naviguant dans une zone non cartographiée à Kvitoya, Svalbard.

## *6. Limitation des systèmes de communication*

Aujourd'hui le seul système capable de fonctionner au-delà des 70°S/N est l'iridium.

En dessous ou au-dessus de ces zones-là, les communications satellitaires passent très bien par des systèmes plus classiques comme le V-SAT. Ainsi on peut avoir internet de manière très confortable en péninsule Antarctique mais on ne peut y accéder au Svalbard en l'absence d'iridium ou d'émetteur venant de la terre.

C'est pour cela que certains pavillons commencent à intégrer l'iridium dans les équipements GMDSS par dérogation souvent. C'est aujourd'hui le moyen le plus sûr et le plus fonctionnel dans les latitudes extrêmes.

En dehors des communications satellitaires, les ondes sont opérationnelles mais ne trouvent pas toujours de récepteurs dans la mesure où le trafic de navire reste relativement rare. La communication entre navires se fait beaucoup par le biais de la VHF.

La plupart des pays imposent un rapport quotidien de la position du navire au MRCC responsable afin de pouvoir suivre ou avoir une position estimée de ce dernier en plus de l'émission LRIT.

# D / Exploitation et manœuvre du navire dans les glaces

## I / EXPLOITATION DU NAVIRE DANS LES GLACES

### *1. Préparation et évaluation des risques avant de s'approcher des glaces*

La règle d'or est de ne jamais pénétrer dans une zone couverte de glace sans être certain de pouvoir en sortir, ou du moins avoir un risque vraiment très bas de ne pas pouvoir en sortir.

Pour cela, il est essentiel d'avoir une météo fiable qui permettra de faire des pronostics sur l'évolution de la glace durant la période de transit et évaluer le risque de se retrouver bloqué ou pas. Le vent est le paramètre à prioriser dans l'analyse mais il faut garder en tête qu'il est très dangereux de pénétrer dans une zone couverte de glace en présence de houle. La vitesse relative des impacts est alors augmentée et les mouvements des glaces moins prévisibles.

Il est également primordial de savoir quels types de glaces seront rencontrés et d'évaluer la possibilité ou non du navire en question de transiter à travers ces types de glaces et d'évaluer les risques encourus par une éventuelle collision.

Ces deux axes sont les principaux à prendre en compte. Ensuite il faut penser aux risques subsidiaires :

- Capacité intacte du navire à manœuvrer ou non
- Fatigue de l'équipage
- Visibilité

La planification de traversée de manière plus détaillée est traitée un peu plus loin dans le manuel.

### *2. Conditions qui affectent la visibilité dans les eaux polaires*

Les éléments pouvant affecter la visibilité en zone polaire sont :

\*le brouillard

\*les chutes de neige

## BROUILLARD

Il existe plusieurs formes de brouillard à considérer :

### - Le brouillard d'advection

Un brouillard d'advection se forme lorsqu'une masse d'air chaud et humide se déplace sur une surface relativement froide. La base de cette masse d'air se refroidit au contact de la surface froide et ce refroidissement se propage sur une certaine épaisseur. Le refroidissement entraîne la condensation de la vapeur d'eau en minuscules gouttelettes maintenues en suspension par la turbulence et le vent léger.

Ce brouillard est rarement très dense (visibilité rarement inférieure à 100 m), mais son épaisseur verticale est importante et il peut se former à tout moment de la journée.

*(Source météo France)*

En zone polaire c'est un brouillard fréquent en début de printemps lorsque le navire brise la glace et que la surface d'eau très froide rentre en contact avec la masse d'air chaud. Cela peut être gênant lors d'assistance par brise-glace où les distances sont faibles.



*Brouillard créé par le contact de la masse d'air chaude sur la surface d'eau froide*

*Photo : S. Galvagnon*



*Assistance Brise-glace en mer Baltique  
Source : Sjöfartsverket*

- **Le brouillard d'évaporation**

Ce brouillard se forme sur les surfaces maritimes, surtout en automne et en hiver. Il est très souvent associé à la brise de terre établie la nuit qui amène de l'air froid sur une surface maritime chaude et humide. Il se forme jusqu'à 5 milles de la côte, la limite de l'influence de la brise de terre. *(Source météo France)*

En zone polaire, ce brouillard est souvent rencontré en début de formation des glaces.



*Navire transitant en mer Baltique en présence de glace*

*Source : Sjöfartsverket*

#### - Le brouillard de mer arctique

(Aussi appelé **fumée de mer arctique ou antarctique**) :

En hiver, lorsque l'air est sous les -15 degrés Celsius, la couche superficielle des plans d'eau, où la glace n'est pas encore formée, va s'évaporer. Si le vent est faible ou nul, la vapeur d'eau sera captive de l'inversion de température dans la basse couche d'air et le saturera rapidement, formant un brouillard givrant

(Source Wikipédia)

#### **NEIGE**

Lorsque les températures sont proches de zéro on peut avoir des chutes de neiges plus ou moins prononcées. Certaines zones polaires sont plus humides que d'autres et présentent un risque plus élevé.

La neige peut réduire la visibilité jusqu'à ce qu'elle soit quasi nulle lors de grosses tempêtes de neige. Il y a un risque que la neige recouvre les sabords. En général les navires sont équipés de système de chauffage sur les sabords permettant de faire fondre cette couche de neige.

Dans certains cas, si la neige n'est pas trop dense, on peut aussi utiliser les essuies glaces pour la retirer.

Il faut être vigilant et retirer la neige de toutes les surfaces au plus vite dans le cas où il y aurait des variations de températures extérieures et que la neige fonde puis gèle et se transforme en glace.

Les systèmes pour retirer la neige restent mécaniques : pelles ou aspirateur à neige.

### *3. Communication entre navires et terre*

#### *a- Avec brise-Glace et autres navires sur zone*

Lorsqu'un navire prépare son passage dans une zone où l'assistance par brise-glace est obligatoire ou attendue, le contact VHF et téléphone satellite du brise-glace lui sera communiqué par l'administration maritime locale ou par le VTS en charge de la régulation du trafic. Aujourd'hui on trouve ces contacts sur le site internet des différentes autorités maritimes responsables de l'assistance par brise-glace.

Les brise-glaces n'ont pas seulement une mission d'assistance pure, ils surveillent et dirigent le trafic dans leur zone de responsabilité. Ainsi, c'est plutôt le brise-glace qui contacte le navire assisté que l'inverse.

Il lui donnera la route directionnelle à suivre pour transiter un maximum tout seul et/ou un point de rencontre en vue de l'assistance.



Chaque brise-glace a un canal VHF propre de travail sur lequel les navires qui sont sous sa responsabilité doivent assurer la veille.

Certains échanges comme l'envoi de routes directionnelles ou autres consignes se font également par mail aujourd'hui.

Les brise-glaces veillent au minimum 3 canal :

\*leur canal de travail

\*le canal de travail commun

\*le 16

Le brise-glace donnera les instructions à suivre aux navires lors de l'assistance et les navires reporteront en cas de problème ou de questionnement.

Il existe un code de signaux morses entre brise-glace et navire assisté. Ce mode de communication est aujourd'hui obsolète et n'est plus utilisé.

#### *b- Avec centres de coordination de sauvetage*

Il n'y a pas de différence dans les communications avec les centres de coordination de sauvetage en eau libre de glace ou en eaux polaires.

Il se peut en revanche que si la communication doit s'établir lors d'une assistance par brise-glace, ce soit ce dernier qui prenne le relais et assure le contact ou alors qu'il soit aussi invité à la conversation sur un canal commun.

Si les ondes ne fonctionnent pas, il faut utiliser l'iridium.

#### *c- Avec les navires du convoi sous escorte d'un brise-glace*

### **PHONIE**

Le brise-glace décide du canal VHF commun à l'assistance en escorte ou en convoi et donne les consignes de communication.

### **Dans le cas de l'escorte**

Le brise-glace donnera des indications d'allure machine ou de vitesse à tenir au navire assisté. C'est ensuite le brise-glace qui fait varier sa vitesse pour ajuster la distance en fonction de la condition des glaces.

Si le brise-glace doit procéder à des changements de distance important, il prévient le navire assisté en amont pour ne pas le surprendre.

Si le brise-glace se retrouve face à une difficulté il prévient également le navire assisté en lui demandant de rester clair de lui.

Il est important que le navire assisté suive les directives du brise-glace et ne réduise pas en allure de peur de voir la distance diminuer car il risque au contraire de rester prisonnier des glaces.

Plus la pression augmente plus le navire assisté devra mettre de la machine et plus la distance entre les deux sera rapprochée. Si la pression est très élevée la distance entre les deux navires peut être visuelle, cad une dizaine de mètres (si c'est une courte distance sinon, on préférera remorquer).

Il existe plusieurs techniques pour un brise-glace pour délivrer un navire prisonnier et celui – ci prévient le navire assisté de sa manœuvre et lui donnera à certains instants des ordres de barre et des ordre machine à suivre.

### **Dans le cas du convoi**

Le principe est le même mais il y aura plusieurs navires sur le même canal et le brise-glace donnera un second canal pour des communication privées, cad qui ne concerne pas les autres navires.

Le brise-glace donnera une vitesse de convoi et ce sont ensuite les navires entre eux qui veillent à la distance de sécurité.

Le brise-glace donnera toute sorte de consignes à suivre et prévient des changements de cap important. Les navires assistés doivent confirmer avoir reçu les informations individuellement.



*Assistance longue distance, pression faible*

*Photo : S. Galvagnon*



*Assistance distance moyenne, pression moyenne*

*Photo : S. Galvagnon*

**Au Canada, les brise-glaces ont la spécificité d'utiliser un code de communication qui reste le suivant (source [ccg-gcc.com](http://ccg-gcc.com)) :**

Lorsqu'un navire a demandé l'aide d'un brise-glace, il doit maintenir une veille radio sur 2 182 kHz et sur le canal 16 (156,8 MHz). Les brise-glaces ont souvent de la difficulté à établir le premier contact avec ces navires. Il s'ensuit une perte de temps et une consommation non nécessaire de carburant. Les communications MF et VHF ayant fait leurs preuves, il serait bon d'utiliser ces fréquences pour entrer en communication avec les brise-glaces.

Une veille radio continue sur une fréquence convenue doit être maintenue sur la passerelle de chaque navire escorté par un brise-glace de la Garde côtière canadienne. Les navires doivent pouvoir faire usage d'au moins une des fréquences MF et VHF suivantes :

- 2 237 kHz - MF
- 2 134 kHz - MF
- 2 738 kHz - MF
- 156,3 MHz - VHF Channel 6

Le tableau 8 énumère les signaux alphabétiques, acoustiques, visuels ou radiotéléphoniques servant aux communications entre un brise-glace et un navire escorté. Ces signaux sont convenus internationalement et n'ont que le sens qu'indique le tableau.

En situation d'escorte, des communications permanentes et étroites doivent être maintenues, normalement par radiotéléphone sur une fréquence de travail VHF choisie et convenue pour la liaison entre navires. En attendant l'arrivée du brise-glace, on doit aviser les centres des opérations dans les glaces et le brise-glace de tout changement de l'état du navire.

## VISUEL

Les brise-glaces ont un feu clignotant rotatif rouge sur leur arrière. Ce feu s'allume lorsque le brise-glace rencontre une difficulté et que le navire assisté doit manœuvrer pour rester clair.

**Tableau 8 : Signaux de manoeuvre à utiliser pour élargir les communications radiotéléphoniques entre un brise-glace et le ou les navires escortés**

Lettres ou chiffres de code	Instruction provenant du brise-glace	Réponse provenant du ou des navires escortés
WM	Le brise-glace commence ses manoeuvres. Utiliser les signaux spéciaux et attendre continuellement d'autres signaux sonores, visuels ou radiotéléphoniques.	
A	Allez de l'avant (faites route le long du chenal dans les glaces).	Je vais de l'avant (je fais route le long du chenal dans les glaces).
G	Je vais de l'avant, suivez-moi.	Je vais de l'avant. Je vous suis.
J	Ne me suivez pas (faites route le long du chenal dans les glaces).	Je ne vous suivrai pas (je fais route le long du chenal dans les glaces).
P	Ralentissez.	Je ralentis.
N	Stoppez vos machines.	Je stoppe mes machines.
H	Faites marche arrière.	Je fais marche arrière.
L	Stoppez votre navire immédiatement.	Je stoppe mon navire.
4	Stoppez. Je suis pris dans les glaces.	Je stoppe mon navire.
Q	Réduisez la distance entre navires.	Je réduis la distance entre navires.
B	Augmentez la distance entre navires.	J'augmente la distance entre navires.
Y	Soyez prêt à recevoir (ou à envoyer) la remorque.	Je suis prêt à recevoir (ou à envoyer) la remorque.
FE	Stoppez votre erre (signal qui n'est donné qu'à un navire dans un chenal dans les glaces se trouvant devant un brise-glace).	Je stoppe mon erre.
WO	Mission du brise-glace terminée. Faites route vers votre destination.	
5	Attention.	Attention.

**Signaux pouvant être utilisés durant les opérations de déglçage.**

Lettres ou chiffres de code	Instruction provenant du brise-glace	Réponse provenant du ou des navires escortés
E	Je change de cap et viens sur tribord.	Je change de cap et viens sur tribord.
I	Je change de cap et viens sur bâbord.	Je change de cap et viens sur bâbord.
S	Je fais marche arrière.	Je fais marche arrière.
M	Mon navire est stoppé et n'a plus d'erre.	Mon navire est stoppé et n'a plus d'erre.

## II / TECHNIQUES DE MANOEUVRE EN EAUX COUVERTES DE GLACES

### 1. *Vitesse*

La vitesse est le facteur le plus déterminant dans la force de l'impact avec la glace :

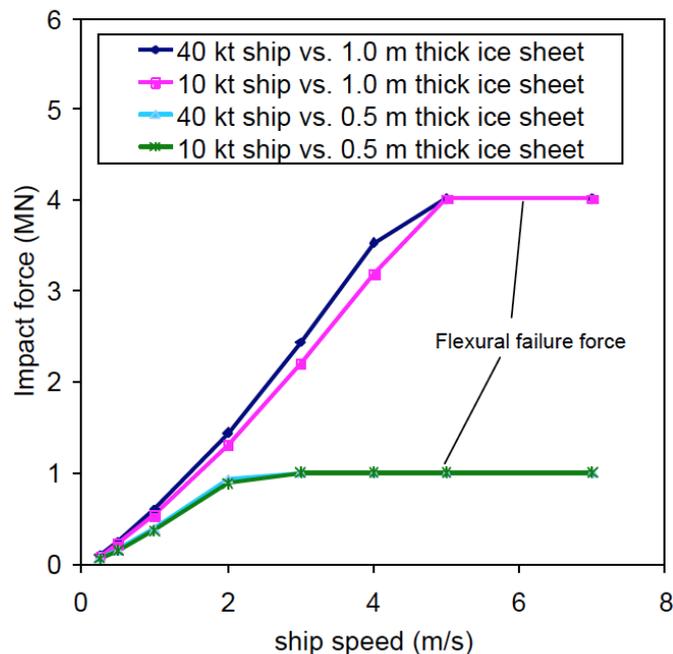
$$\text{Force impact} = \text{Déplacement du navire} \times \text{vitesse}^2$$

VITESSE (en nœuds)	Multiplicatif de la Force de l'impact
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
10	100
15	225

**Ainsi, si le navire renter en contact avec de la glace à 4nds, la force de l'impact sera 16 fois supérieure à celle à 1 nœud et 225 fois supérieure à 15 nœuds.**

Les conséquences sont largement imaginables.

Un navire qui navigue avec une vitesse trop élevée causera plus de dégât structurel qu'un petit navire à la même vitesse. Il est donc bien plus dangereux pour les gros navires de transiter à vitesse élevée que pour les petits du fait du déplacement mais aussi du fait de l'avance du navire à casser lorsqu'il faut stopper le navire (en particulier lors de visibilité réduite ou la nuit).



*Force de l'impact en fonction de la vitesse du navire et de l'épaisseur de glace*  
Source : étude Ice Tech

## 2. Ballast

Comme évoqué dans le chapitre précédent, il convient d'anticiper l'exploitation en basse température pour la gestion des ballasts et de suivre les consignes évoquées.

En dehors du facteur de risque et de prévention l'utilisation du ballastage peut être une aide à la navigation dans les glaces.

En effet, l'utilisation qu'en font les brise-glaces peut se décliner aux navires de commerce aussi à moindre échelle.

Le ballastage peut servir dans deux cas de figure :

- Libérer le navire de la pression exercée par la glace sur la coque. Pour avoir un effet suffisant il est nécessaire d'avoir un système capable de rapidement déplacer de gros volume d'eau d'un bord à l'autre afin de donner un mouvement de roulis paramétrique voulu et maîtrisé au navire pour que la glace ne prenne pas. Les brise glaces sont en général capables de déplacer suffisamment de volume pour atteindre une gîte de 30° en 15 secondes. Sur les navires de commerce le ballastage ne permet pas de telles performances mais reste utile.
- Donner une inclinaison au navire pour lui permettre de diminuer son cercle de giration dans les glaces. En effet la forme de la glace et son caractère résistant peuvent parfois présenter une résistance supplémentaire à la giration qui peut ne pas se faire ou se réaliser plus difficilement. Il convient donc de faire giter le navire du bord où l'on veut tourner pour améliorer la situation.

## 3. Opérations liées aux cargaisons

Les opérations liées à la cargaison peuvent être soumises à des contraintes dues aux basses températures ou à la présence de glace.

Les opérations commerciales sont souvent retardées pour plusieurs raisons :

- Présence de glace dans le port / manœuvre plus longue (ou transit long du aux aléas de la navigation dans les glaces)
- Tempête de neige (certaines opérations de chargement /déchargement sont interrompues lors de chute de neige (cas du charbon/ minerais /grains...))
- La plupart des infrastructures portuaires sont adaptées à des conditions d'exploitation en basse température mais il arrive parfois que des chutes de températures extrêmes paralysent les opérations commerciales.

Il convient de préparer les ponts et l'équipages aux situations extérieures et de les sensibiliser aux risques encourus.

#### *4. Charge moteur et refroidissement*

Il existe essentiellement deux facteurs de risqué pour le moteur :

- Que la glace type "frazil" bouche les aspirations Edm. Si la glace colmate les aspirations ou le système eau de mer, le moteur peut se retrouver en surchauffe.
- Que la température EdM soit trop froide pour que le moteur monte suffisamment en température. En général ce problème est aujourd'hui éradiqué par la capacité de la plupart des navires glace à avoir une recirculation.

Il convient néanmoins d'attacher plus d'importance à la surveillance des températures machine et à moduler la charge en fonction.

Attention : si l'on réduit la charge pour préserver le moteur, on peut se retrouver prisonnier des glaces selon la situation.

#### *5. Mesures de sécurité pendant le passage dans les glaces*

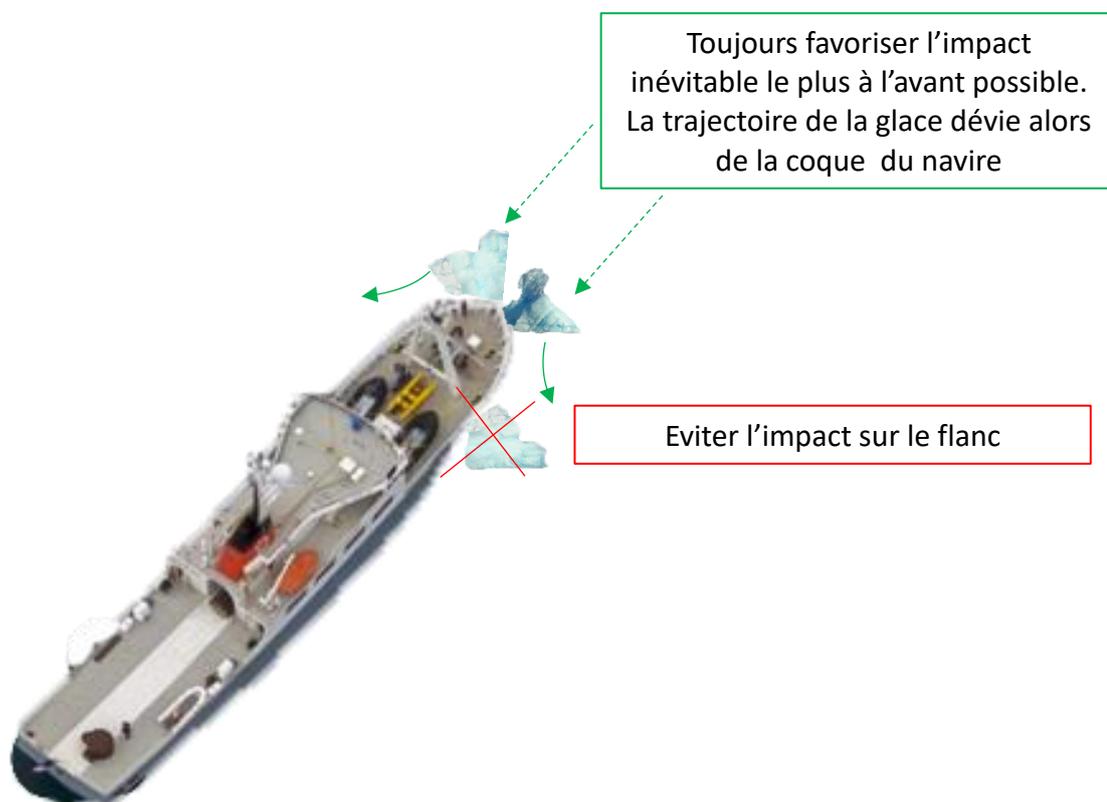
Certaines mesures de sécurité sont évoquées dans d'autres chapitres de ce manuel mais il existe aussi des réglementations locales/nationales des zones polaires couvertes par le polar code qui exigent des mesures supplémentaires. Il est donc essentiel de se renseigner au préalable auprès des autorités maritimes locales sur les dispositions exigées en matière de sécurité lors d'un transit dans les glaces.

#### *6. Approche et navigation dans les glaces – principes généraux*

Lorsque la glace ne couvre pas toute la surface, le principe général est évidemment de l'éviter ou d'éviter de rentrer en contact avec les morceaux de glace présentant un risque pour le navire. C'est pour cela qu'il est essentiel de savoir identifier les types de glace présents sur la surface se présentant au navire et de toujours veiller à adapter une route et naviguer de façon à diminuer les risques.

Voici certaines généralités de technique de navigation à respecter.

## APPROCHE DE LA GLACE



La partie la plus renforcée est l'étrave, c'est pourquoi il faut favoriser cette zone lors de contact avec la glace. En plus de l'aspect structurel on peut espérer que les remous créés par la vague d'étrave dévient légèrement la trajectoire de la glace pour l'éloigner de la coque. La partie la moins renforcée du navire est son côté, il faut donc absolument éviter de rentrer en contact sur ces surfaces-là du navire.

## NAVIGUER ENTRE GROWLERS ET ICEBERGS

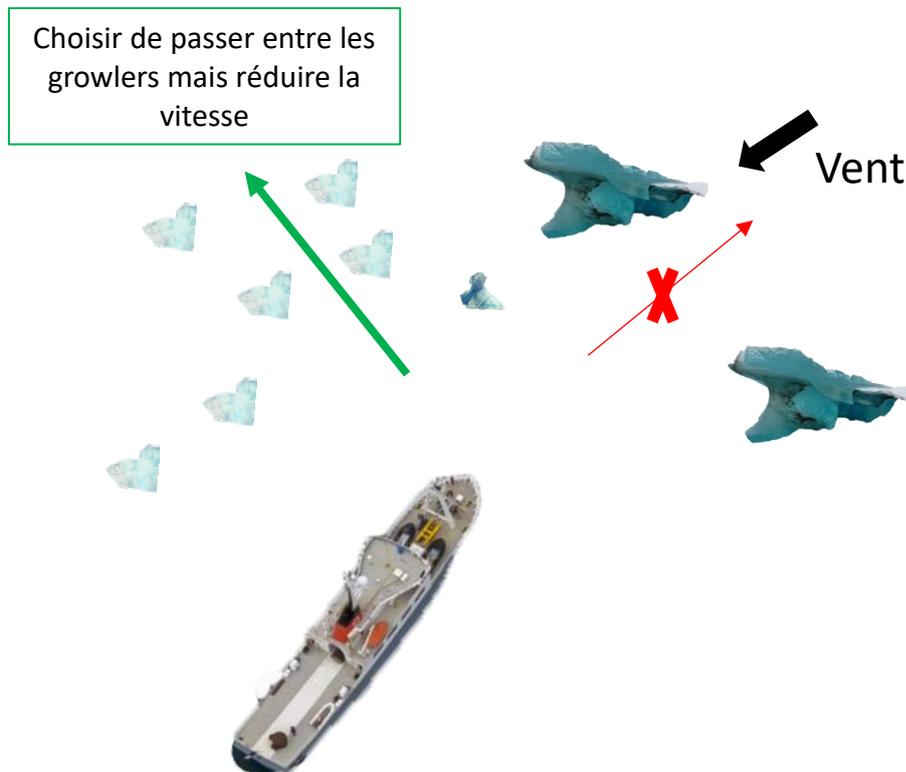
Le vent et les courants influent énormément sur la dérive des glaces puisque 10% de la surface de voilure se trouve au-dessus de l'eau et 90% sous la surface de l'eau.

En plus du vent et des courants, la force Coriolis influe également sur la direction et la vitesse. La glace dérivera avec un angle de 30° à droite de la direction du vent et avec une vitesse de 3% de celle de la vitesse moyenne du vent (pour un courant nul). Cette constante est évidemment altérée en présence de courants significatifs.

Lorsque l'on passe près de gros icebergs, il est nécessaire de réduire la vitesse afin de diminuer l'effet de succion induit par leurs mouvements verticaux en présence de houle. Ces mouvements ne sont parfois pas observables à l'œil nu sur l'immensité de la masse lorsque la houle est très petite.

Lorsque les conditions ne permettent pas de passer à une large distance de la glace, il faut toujours favoriser un passage sous le vent. Un passage au vent présente un risque de dérive sur la glace à éviter et par là même de collision ou contact indésirable.

Lorsque la densité de glace est peu élevée, il suffit de rester clair de la glace et de modifier la trajectoire pour naviguer "entre les morceaux de glace".



### **ANALYSER LE PAYSAGE DE GLACE EN PRESENCE DE HAUTS FONDS**

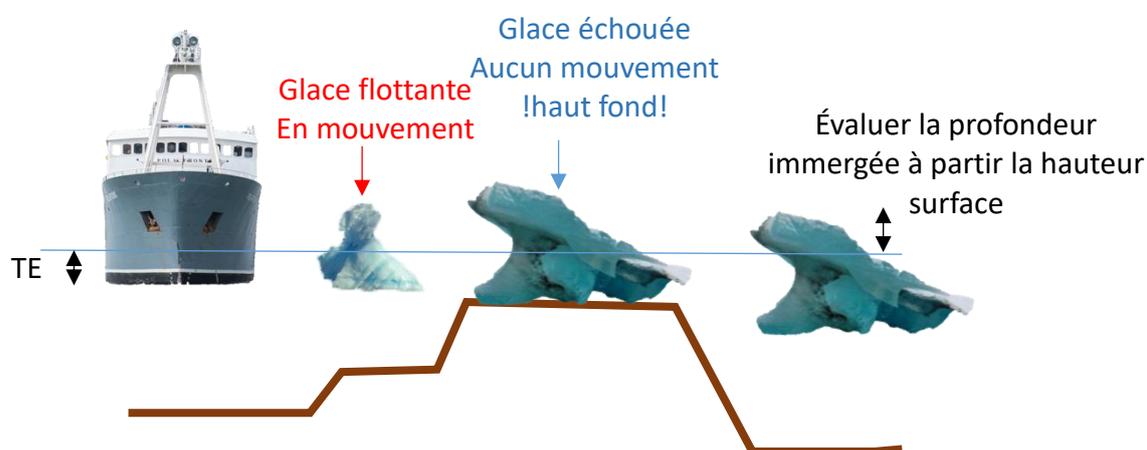
Lorsque le navire rentre dans une zone de navigation étroite ou en présence de hauts fonds il est vital de bien observer le mouvement de la glace en surface et de l'anticiper.

De nombreuses zones ne sont pas cartographiées dans les zones polaires et le paysage de glace peut être un bon indicateur de fond et de "no go areas".

En présence de hauts fonds certains growlers ou bergy bits seront échoués et ne dériveront pas. Puisque 90% du volume de glace est immergée, on peut estimer la profondeur à l'endroit de l'échouement en évaluant la hauteur en surface. On saura donc aussi que les morceaux échoués ne dérivent pas et qu'il faudra l'intégrer dans l'anticipation du mouvement du paysage.

Lors de l'approche de glacier, le passage de moraine doit être source de méfiance puisque la malléabilité du fond et les mouvements du glacier peuvent la faire évoluer d'année en année. Il est donc très pratique d'observer les glaces échouées à proximité des glaciers pour se faire une idée de son dessin et de sa profondeur.

!!!!ATTENTION!!!! Les glaces échouées peuvent se déséchoier: soit lors de gros changement en direction et force du vent/courant soit lorsqu'un morceau se détache de la glace et qu'elle bascule pour trouver un nouvel équilibre.



### PARTIES NON VISIBLES

Chaque morceau de glace est différent et sa structure évolue constamment. Les icebergs et bergy bit ont toujours une partie de glace bleue (parfois de plusieurs années) immergée. La dureté de cette glace est capable de créer une voie d'eau sur le navire en cas de collision non maîtrisée. Il faut toujours étudier la glace présente dans le champ de navigation et évaluer ses risques et son évolution AVANT de rentrer dans la zone de glace.

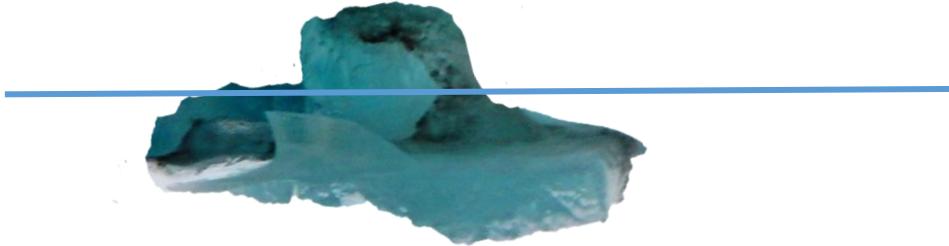
Ensuite pour chaque glace présentant un risque, il est nécessaire d'observer sa structure (régulière ou non, forme géométrique ou éclectique, poreuse ou pas, variation de couleurs ou non ...)

On peut toujours tenter de deviner et d'avoir une idée de l'aspect de glace immergée par rapport à la partie visible en surface mais ce n'est JAMAIS une garantie ni une analyse fiable.

C'est pour cela que la navigation à proximité de gros growlers, d'icebergs ou de bergy bits doit se faire à allure réduite avec une distance de sécurité optimisée au maximum.  
Si la densité de pièces de glace menaçantes est élevée on peut garder le propulseur d'étrave ou autre aide à la manœuvre en standby.

Naviguer en gardant en tête que 90% de la  
glace est immergée.

Cette partie peut avoir n'importe quelle  
forme et n'est pas toujours visible surtout si  
l'eau est trouble



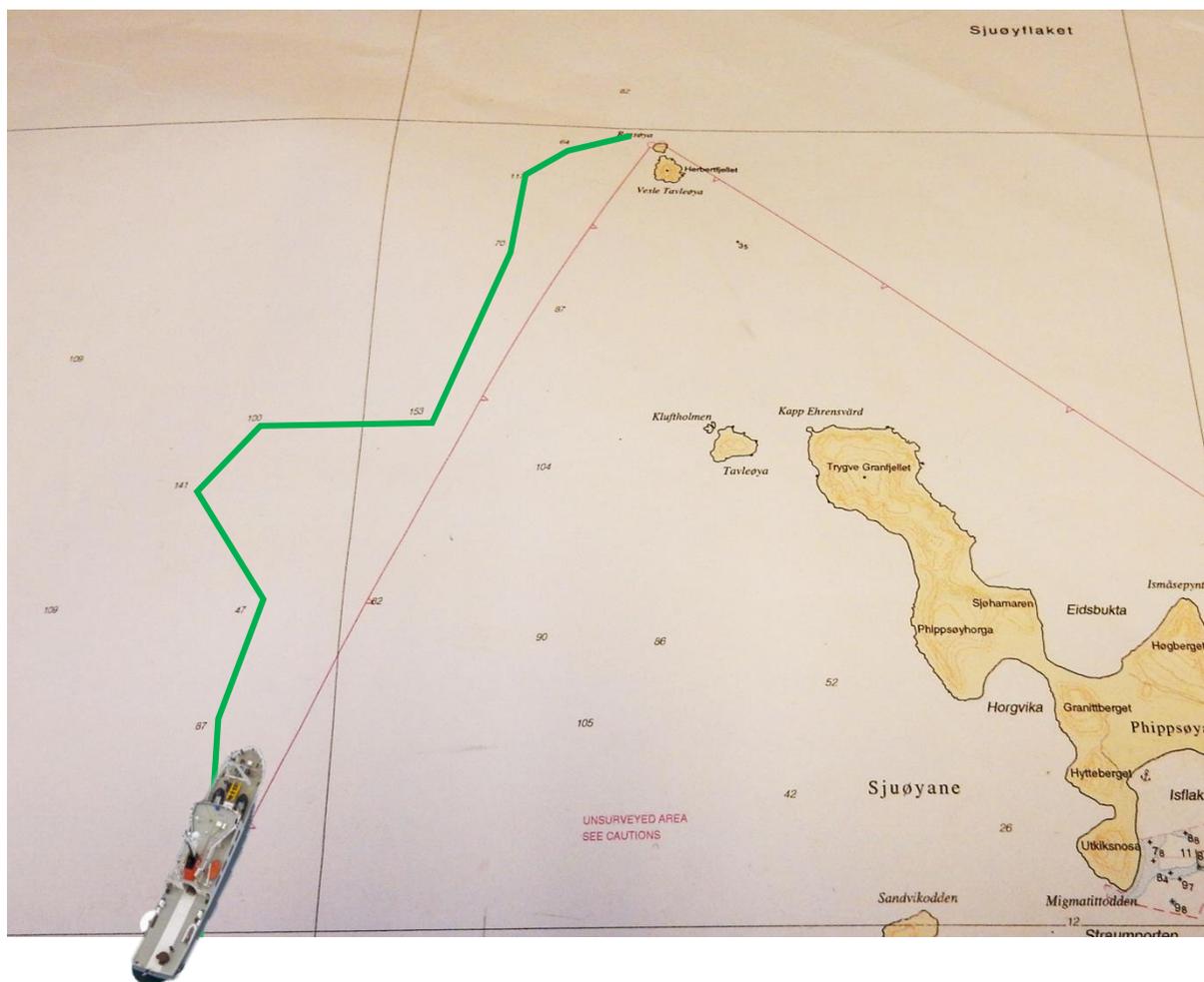
Contact !  
Attention à la partie  
immergée

## CARTOGRAPHIE

De nombreuses zones de navigation sont peu cartographiées et l'échantillonnage de sonde est faible. Il faut toujours rester prudent et vigilant en eaux polaires.

Il existe des hauts fonds non répertoriés sur des zones fréquentées et d'autres qui le sont moins. C'est pour cela qu'il faut adapter la route de manière à naviguer un maximum sur les sondes répertoriées sur la carte (même si elles ne sont pas alignées ou ne sont pas sur la ligne la plus courte).

Lors de passage de zone non cartographiée, il est fortement conseillé d'envoyer une sentinelle (type zodiac) avec un sondeur pour sonder la zone à franchir et créer un historique de sonde à bord avant de prendre cette route avec le navire. Même si une cartographie bord annonce un passage clair, il est nécessaire de réduire l'allure et d'assurer une veille renforcée du sondeur et des profondeurs qu'il transmet.



Il est également possible de créer ses "propres" dans des zones non cartographiées. Pour cela le principe est le suivant :

- envoyer une ou deux sentinelles (par exemple des zodiacs) avec des sondeurs à main
- les équiper d'un réflecteur radar

Les sentinelles balient la zone de navigation envisagée.

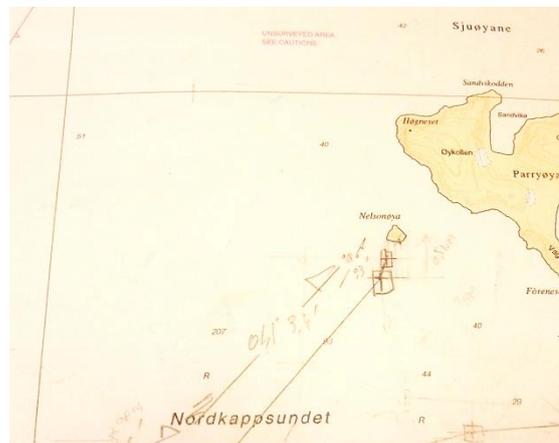
Depuis la passerelle :

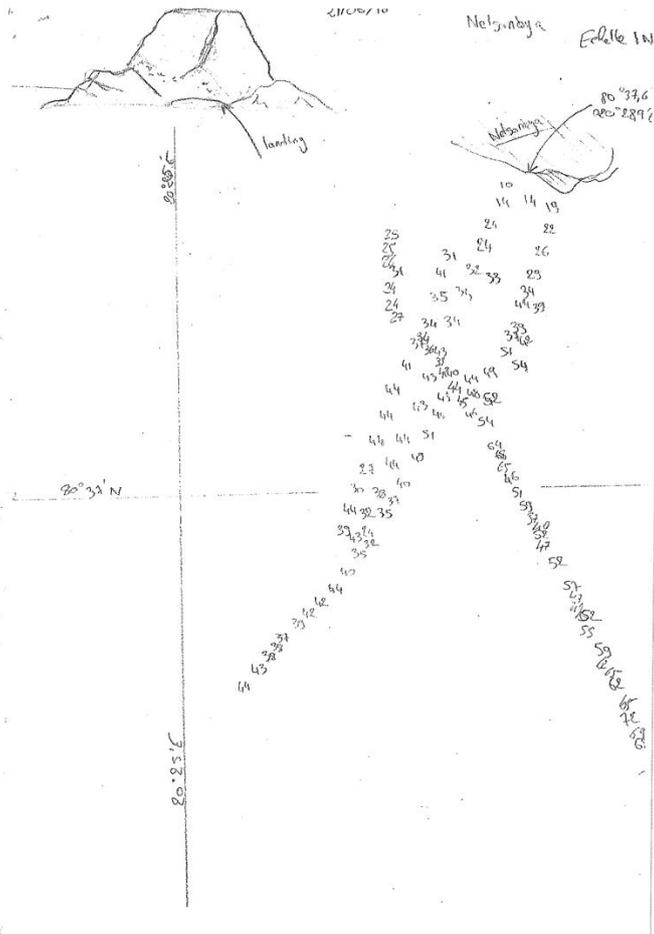
- Mettre le radar en true motion avec une échelle qui permet de couvrir la zone à cartographier
- Poser un calque sur le radar et y noter : un repère longitude/latitude, la date, le nom du lieu, l'échelle du radar
- Repérer les échos des sentinelles et noter les sondes à leur position lorsqu'ils les annoncent.

ATTENTION CETTE PROCEDURE NE PERMETS PAS D'OBTENIR UNE CARTOGRAPHE OFFICIELLE.

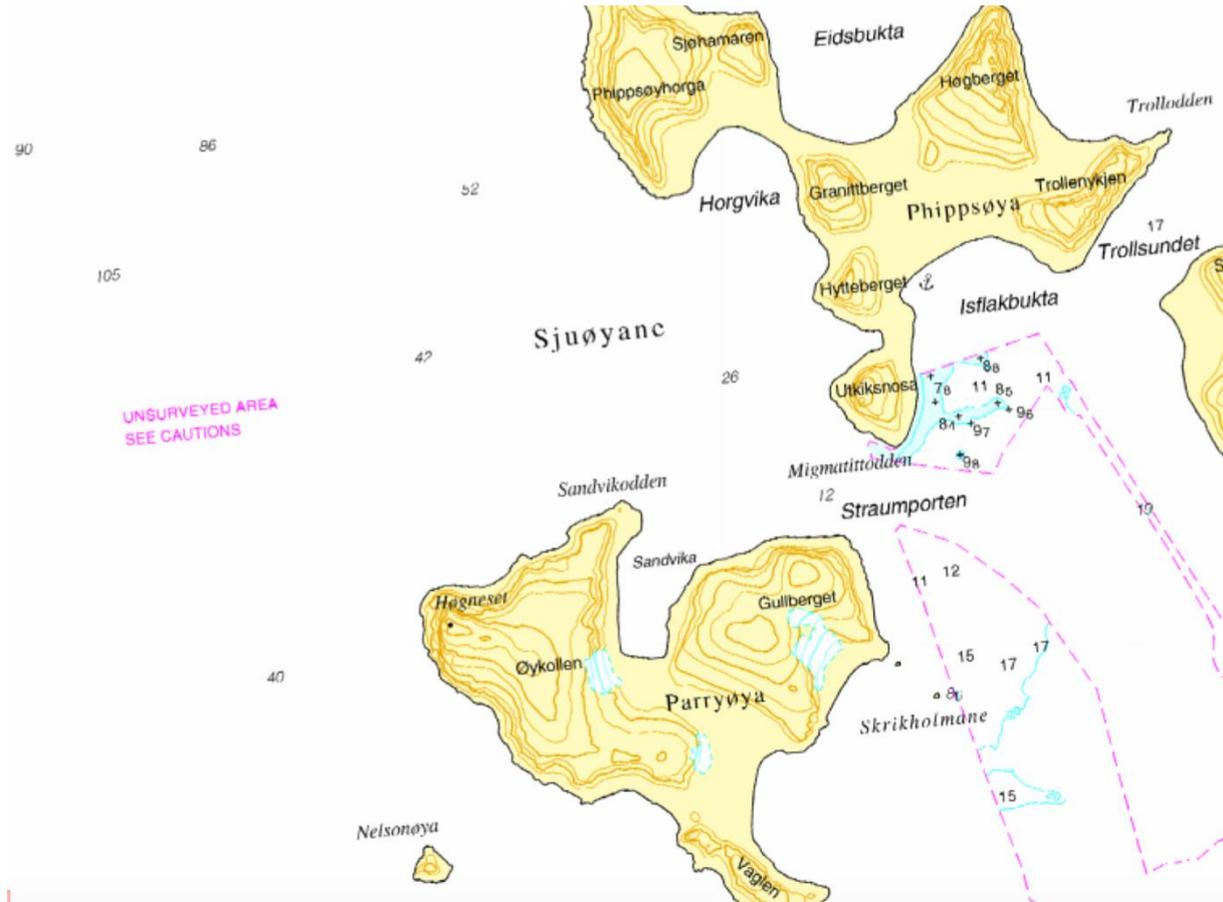
Il est nécessaire de prendre un pied de pilote quant aux sondes rapportées et de naviguer à très faible allure dans ces zones-là.

Il existe différents systèmes de mémorisation de traces de passage (Olex, Adveto ou autres cartes électroniques ) qui permettent une fois que le navire a transité dans une zone non cartographiée de garder la route et les sonde en mémoire pour un passage futur.





Exemple de calque, route vers mouillage à Nelsonöya (Svalbard)  
Source: Polarfront- historique



Extrait de carte avec zone non cartographiée, Svalbard  
Source: Karteverket

## PRINCIPE DE MANOEUVRE DANS LES GLACES

**La vitesse est le facteur principal de risque puisque:  
Force impact = déplacement du navire x vitesse <sup>2</sup>**

Il faut trouver le bon compromis entre la maîtrise du risque de collision et le maintien d'une vitesse suffisante à la manœuvre. Et si le contact avec la glace est inévitable, il faut toujours le faire à vitesse réduite. C'est seulement lorsque le contact est établi que vous pourrez remettre de la puissance afin de pousser le morceau de glace qui vous gêne ou de l'utiliser pour en pousser un plus gros qui présente un risque pour le navire.

Lorsque l'on pénètre une zone de glace après avoir analysé le paysage, ses mouvements, ses risques pour le navire et la météo à prévoir lors de la navigation, il faut également toujours prévoir le plan de route pour en sortie également en suivant le même cheminement.

Il est obligatoire de toujours penser à un plan B (éventuellement C et D) dans le cas où A s'avère trop dangereux ou irréalisable.

Il n'est jamais recommandé de sortir des glaces en marche arrière et il faut toujours privilégier la marche avant qui expose moins le couple hélice/safran à la glace.

Dans le cas où la marche arrière est le seul recours, il faut en informer les officiers seniors avant d'entamer la manœuvre. La barre doit toujours être à zéro. Si la barre a de l'angle en marche arrière, le risque que la glace rentre en collision avec une grosse surface est augmenté en plus de potentiellement se coincer et tordre le safran involontairement.

Selon le tirant d'eau du navire, cette manœuvre peut présenter un risque pour l'hélice également qui sera exposé à la collision avec la glace.

Il est conseillé d'avoir un membre d'équipage posté à l'arrière du navire pour commenter le plan de surface et alerter de dangers éventuels si la visibilité n'est pas suffisante depuis la passerelle.





*Avarie sur un appareil à gouverner lors d'une mauvaise maîtrise de la marche arrière  
Source: sjöfartsverket*

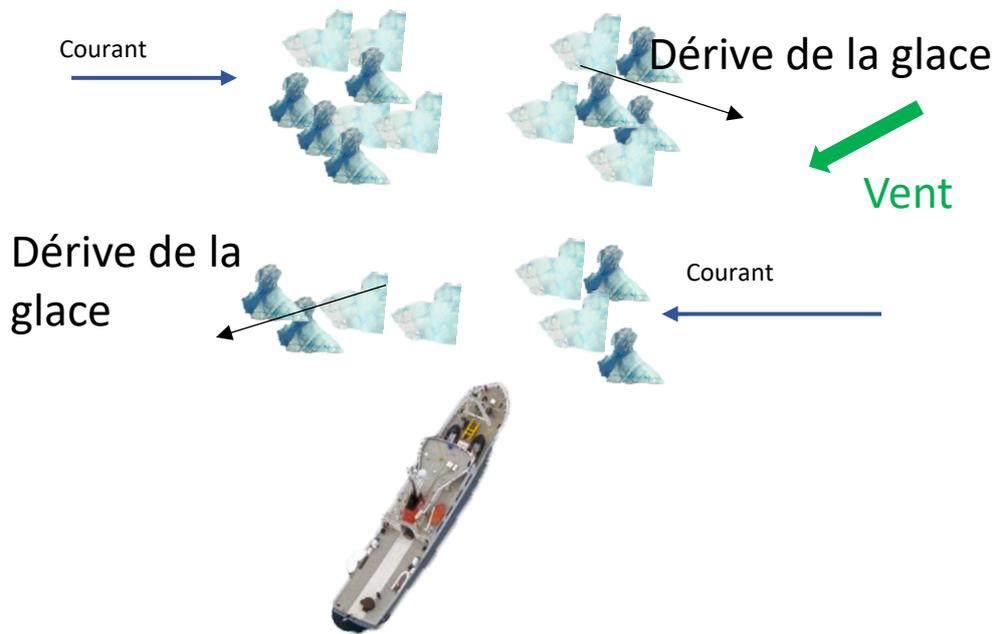
### **Préparer le passage d'un front de glace**

On rencontre souvent des fronts de glace plus ou moins large créés par les courants. Les contourner est parfois inévitable mais si le risque est maîtrisé on peut les franchir en respectant certains principes afin de ne pas perdre plusieurs heures de navigation.

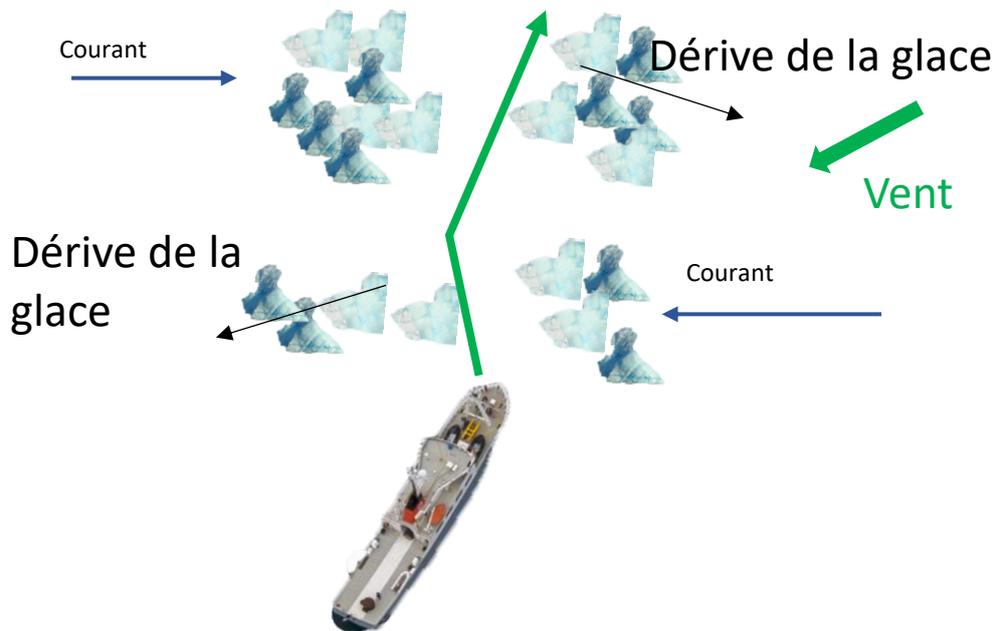
Il faut observer le front avec des jumelles et sur le radar pour essayer de détecter une zone où la glace est moins dense ou constituée de petits morceaux. La répartition n'est jamais égale, il est toujours possible de trouver un endroit plus confortable pour assurer un passage en sécurité. Vous pouvez même dans certains cas trouver des ouvertures avec des surfaces libres de glace assez larges pour le passage du navire.

Si aucune ouverture en eau libre n'est visible suivre les instructions suivantes :

- Analyser le courant. Ce genre de formation est majoritairement du au courant (et un peu au vent si la force beaufort est supérieur à 6 en moyenne), il est nécessaire d'évaluer sa direction et sa force car le navire y sera également sujet lors de son passage
- Évaluer la force majeure entre le vent et le courant et penser à adopter une route qui diminue l'angle avec cette direction de manière à limiter la dérive latérale (et par là même la collision de glace sur les côtés du navire)
- Constamment adapter l'allure en optimisant le compromis limitation de vitesse de collision et vitesse de manœuvre
- Garder la barre en manuel
- Dans la mesure du possible, favoriser l'entrée avec un angle perpendiculaire par rapport à la glace



Le courant peut être dans le sens du vent ou opposé au vent. Sur un même plan d'eau on peut même avoir les deux situations lors du passage de front. Cette configuration n'est pas rare dans l'archipel du Svalbard par exemple. Il faut alors bien observer les mouvements de glace et la force dominante avant de passer le front de glace.



## Passage à travers la glace

Lorsque l'on prend la décision de naviguer à travers la glace, il faut ajuster la vitesse à la situation. Les facteurs déterminants seront le type de glace (type, concentration, dérive, pression) à affronter et les conditions météorologiques présentes. Ensuite il faudra préparer la présentation du navire et en particulier de l'étrave et anticiper les contacts éventuels du navire avec les glaces (où, quand, quelles glaces).

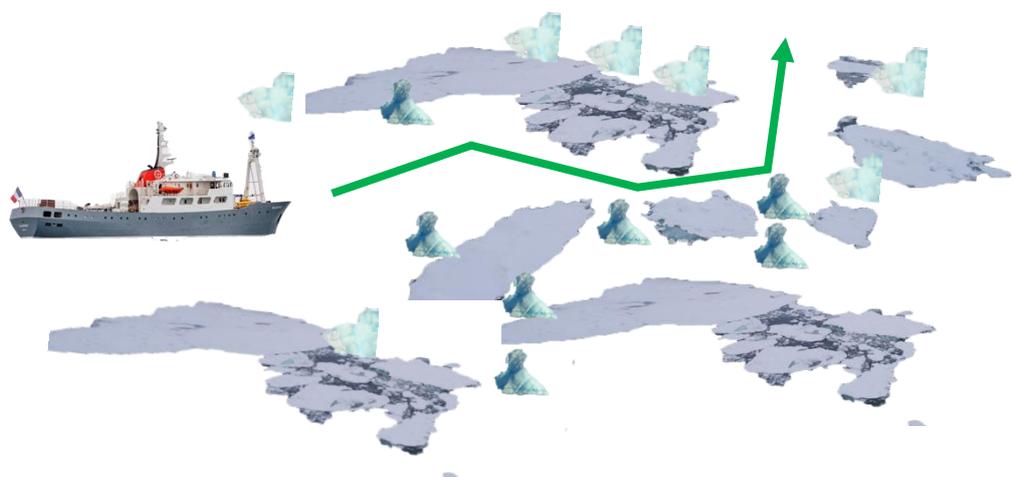
La pression exercée par la glace sur la coque du navire prend le dessus dans la hiérarchisation des risques. En effet, une zone avec de la glace de plusieurs années sans dérive (=sans pression) sera plus simple à pratiquer et moins dangereuse qu'une zone de glace de première année qui dérive fortement et qui crée des zones de forte pression capable d'endommager ou de bloquer le navire dans les glaces. Il est vital de déterminer les zones de pression à l'aide du radar ou de manière visuelle dans le paysage afin de les éviter ou d'adapter la manœuvre du navire en fonction.

La procédure classique à suivre est la suivante :

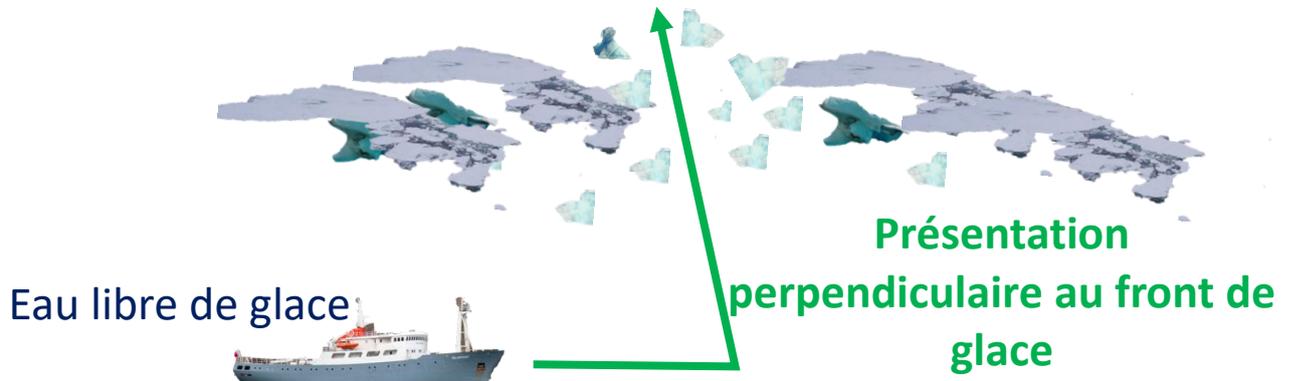
- Analyser le paysage de manière visuelle avec des jumelles
- Éviter les growlers et autres morceaux à risque (comme la glace bleue) ainsi que les zones de pression

Si le contact avec la glace est trop violent, c'est que vous n'avez pas assez bien adapté la vitesse du navire ! Il faut constamment jouer avec la barre et la machine pour limiter la vitesse lors du contact puis l'augmenter sous forme de coup de fouet lorsque la capacité de manœuvre est nécessaire.

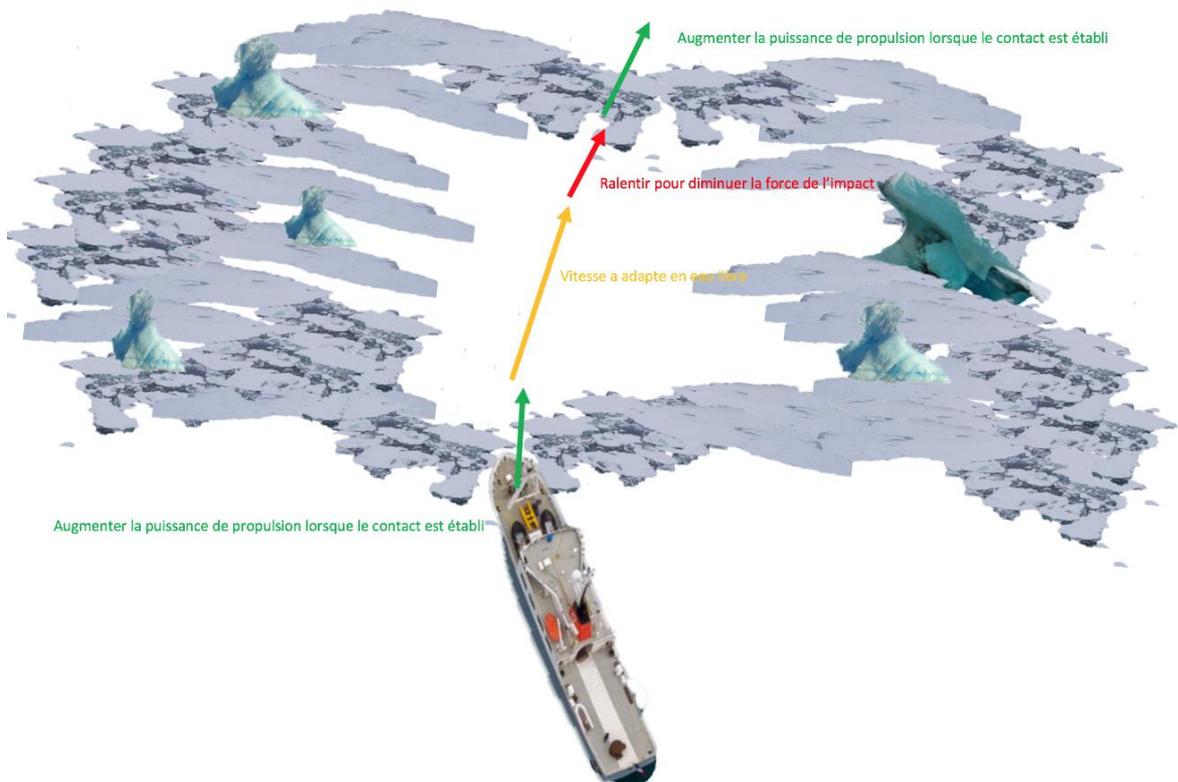
Il faut toujours surveiller l'évolution de l'arrière du navire lors d'évitage et regarder que le balayage de cette partie ne rende pas en contact trop violemment avec la glace. Les navigateurs inexpérimentés ont tendance à rentrer en contact avec la glace multiyear avec une trop grande vitesse !



*La route la plus courte n'est pas toujours la meilleure alternative*

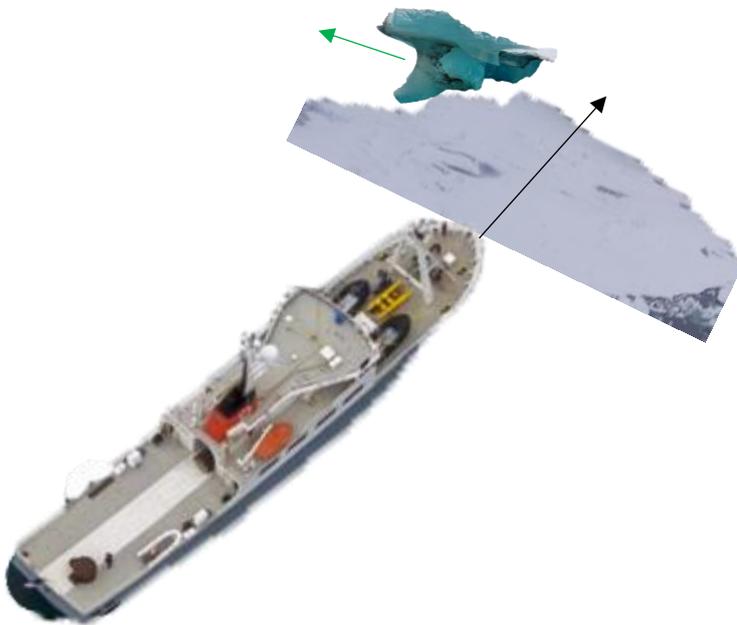


*Se présenter perpendiculaire et à un endroit où la pression est faible et les glaces à moindre risque*



*Adapter la vitesse à la condition de glace*

Il arrive qu'il soit difficile de trouver un passage à travers des glaces impraticables pour le navire. L'une des options parfois utile est d'utiliser un morceau de glace "sacrificiel" peu dangereux pour le navire pour en écarter un autre plus menaçant et sur la trajectoire idéale. Typiquement on choisira de pousser un morceau de glace de mer plat avec une grande surface (qui ne présente pas de risque de retournement) pour écarter un growler.



*Utiliser un élément sacrificiel pour pousser une glace menaçante*

### **ARRIERE DU NAVIRE**

- 1-Lorsque l'on cule dans la glace il faut faire particulièrement attention à l'hélice et au safran
- 2-Avant de culer dans la glace il faut regarder le plan d'eau et s'assurer qu'aucun morceau menaçant peut rentrer en collision avec le navire en gardant en tête l'évaluation de la profondeur d'immersion de l'hélice.
- 3- toujours garder la barre à 0

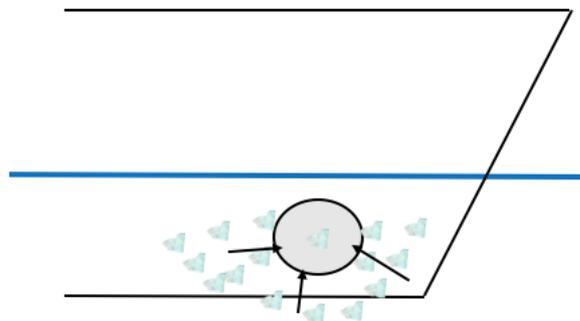
Seul le Commandant doit prendre la décision de ne pas garder la barre à 0 pour cette manœuvre en étant conscient des risques encourus pour le couple hélice safran.

## UTILISATION DU PROPULSEUR D'ETRAVE

De manière générale, il vaut mieux éviter d'utiliser le propulseur d'étrave pour le préserver.

Le conduit du propulseur peut se bloquer par du brash ice et le faire disjoncter ou dans le pire des cas créer un blackout. Des morceaux de glaces un peu plus denses pourraient eux endommager l'hélice.

Si le navire doit effectuer une giration, privilégier le coup de fouet à l'utilisation du propulseur d'étrave.



Aspiration de la glace d'un bord du navire  
!danger! Petits morceaux qui passent à travers la  
grille

## PRISONNIER DES GLACES

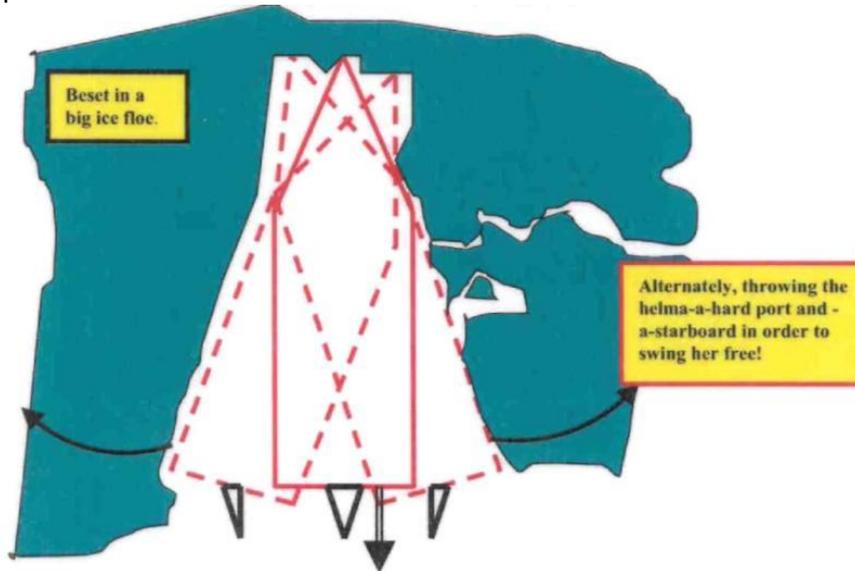
Il est possible, malgré une bonne analyse de se retrouver bloqué par les glaces. En effet, la météo n'est pas toujours fiable dans ces régions là et si la pression des glaces augmente au moins de créer trop de friction sur la coque du navire celui-ci se bloque. Dans ce cas-là, la route empreintée pour se rendre à cette position sera elle aussi probablement refermée et recouverte de glace sous pression. La situation peut changer très rapidement c'est pourquoi il faut veiller aux tendances au préalable et tenter de s'extraire d'une situation avant qu'elle ne devienne inconfortable.

Si toutefois l'on se retrouve prisonnier des glaces, il existe 2 cas:

\*la cas "simple" : pas de danger à la navigation à proximité. Dans ce cas-là il suffit de garder la machine en Avant très lente de manière à conserver l'hélice en mouvement et éviter son emprise par les glaces, à renforcer les rondes structurelles et se laisser dériver avec les glaces jusqu'à ce que le vent change de direction et que la pression se relâche, il sera alors à nouveau possible de naviguer dans les glaces.

\*le cas où il existe des dangers à la navigation (côte/hauts fonds/ icebergs etc.). Il faut alors tenter de s'extraire de la zone dans tous les cas afin de ne pas se retrouver échoué. A ce moment-là, il sera nécessaire d'utiliser la puissance de la machine autant que possible pour

palier à la résistance à l'avancement dû à la pression des glaces. Si cette technique ne marche pas il faut tenter de créer une zone libre en effectuant des mouvement AV/AR pour pousser les glaces puis prendre de la vitesse et percer le front de glace devant le navire. Il est également possible de tenter de mettre la barre tout d'un bord puis de l'autre pour libérer et balayer le plan d'eau.



*Option de Manoeuvre pour se libérer des glaces*  
Source : Sjöfartsverket

Une troisième méthode un peu moins courante fait usage de l'ancre. Cette méthode ne marche que lorsque le navire est prisonnier de gros ice floes (première année, 30cm à 1m). Le principe est de descendre une ancre avec une amarre bossée sur la pelle, guindeau embrayé à faible allure pour la poser sur un floe en arrière du navire sans le traverser.

Ramener l'ancre avec l'amarre le plus à l'arrière possible du navire. Le plus simple est d'utiliser une amarre de la plage arrière et de la virer au treuil.

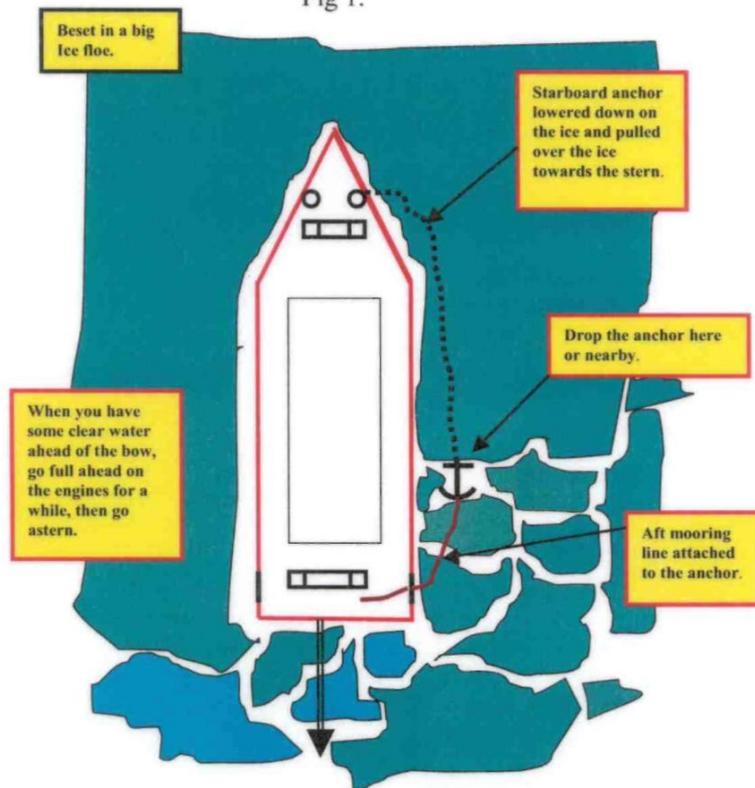
Une fois l'ancre posée à l'arrière du navire sur un floe. Choquer l'amarre et virer au guindeau, machine en arrière toute (barre à 0), le navire commencera à culer.

A un moment ou un autre l'ancre traversera la glace, c'est pour cela qu'il est important de virer au maximum au fur et à mesure.

Cette manœuvre va libérer le plan d'eau à l'avant du navire. Il faudra alors remonter l'ancre puis mettre en avant toute afin de prendre l'inertie suffisante pour tenter de passer au-delà de la glace qui bloque le navire.

Ou s'il paraît plus simple de continuer en marche arrière alors il faudra tout de même mettre en avant toute afin de dégager le plan d'eau à l'arrière du navire et répéter la manœuvre si nécessaire.

Fig 1.

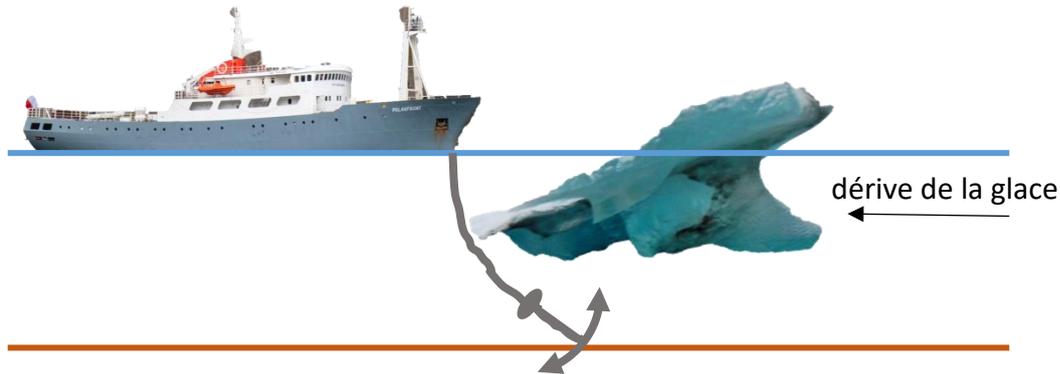


*Option de Manoeuvre pour se libérer des glaces  
Source : Sjöfartsverket*

## **DANGER DU MOUILLAGE DANS LES GLACES**

Si un iceberg ou un growler dérive au-dessus de votre mouillage, c'est que vous n'avez pas été assez vigilant sur la veille du plan de surface et l'évolution des glaces.

Il faudra tenter de remonter l'ancre en espérant que l'ancre ou la chaîne ne soit pas trop engagée dans la glace. Si ce n'est pas le cas, il y a de forte chance que l'iceberg vèle lorsque vous remontez la chaîne et perturbez son équilibre. Dans ce cas-là, il faudra être très vigilant car le risque de collision est élevé et le navire risque d'être percuté par de la glace veille avec de l'inertie. ATTENTION !



Lorsque vous réalisez que votre chaîne est sous un iceberg, il faut remonter la chaîne au plus vite en s'approchant de l'ancre autant que possible. Toujours rester perpendiculaire à l'iceberg lors de l'opération dans le cas où il y aurait contact.

(Si l'iceberg est de taille modérée et qu'il reste une réserve suffisante de maillons, on peut également laisser filer la chaîne et battre en arrière en espérant que la glace passe par-dessus. C'est une opération très risquée et déconseillée que la première dans la mesure où il n'y a plus de marge de manœuvre une fois la chaîne déroulée).

Lorsque la chaîne est dérapée, tenter de s'extraire de la situation au plus vite en continuant à remonter l'ancre.

Cette situation est hautement inconfortable et il est fortement recommandé de veiller à ne pas y arriver.



## 9. Méthodes de remorquage et d'assistance dans les glaces

Le passage à travers les glaces peut se faire de manière indépendante jusqu'à une certaine limite ; au-delà de cette limite l'assistance par brise-glace est nécessaire. Ce sont les brise-glaces qui décident de manière interne de la nature de cette assistance.

### CONVOI

L'assistance par brise-glace devient un convoi dès lors qu'au moins deux navires sont assistés en même temps. On trouve :

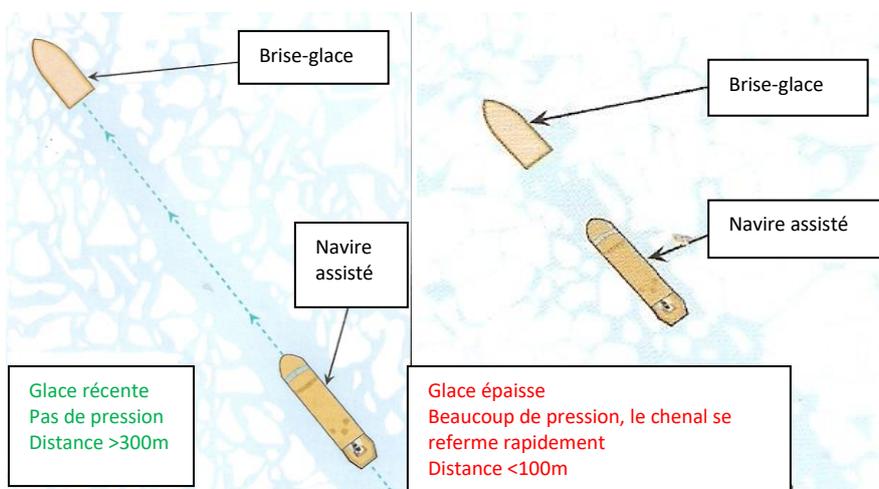
- Des convois simples : un groupe de navires escortés par un brise-glace
- Des convois complexes : un groupe de navires assistés par plusieurs brise-glaces.

Un convoi complexe peut être constitué de plusieurs convois simples effectuant une même route.

Le point de rencontre en vue de la formation du convoi est établi par le capitaine du brise-glace qui choisit un endroit :

- En fonction de la météo
- A l'abri de glaces à la dérive et de surface assez grande pour rassembler tous les navires
- Proche de la position du brise-glace

Une fois les navires sur zone, le brise-glace leur transmettra les instructions à suivre lors du convoi notamment en ce qui concerne la vitesse de transit (environ 10nds) et la distance minimum à conserver entre chaque navire. Cette distance dépend de la qualité de la glace présente dans la zone de navigation. Si la glace est récente et fragile la distance sera plus grande que si elle est plus ancienne et plus épaisse.



*Distance entre les navires lors d'un convoi*

*Source ice navigation , witherby seamanship*

Il arrive souvent que le convoi soit constitué de différents navires pris par la glace; ensuite libérés un par un par un brise- glace les menant à bon port. Dans ce cas-là, les différents points de rencontre sont évidemment les positions des navires bloqués.

Le brise-glace est à l'avant du convoi créant une voie d'accès dans la glace que les autres navires suivront. Ce chenelage se fait à une vitesse d'environ 10nds en gardant une distance moyenne de 0.5M entre chaque navire.



*Convoi de deux navires assistés*

*Photo : S.Galvagnon*



*Convoi simple ou escorte*

*Photo : S.Galvagnon*

Lors de convois complexes (assistance par plusieurs brise-glace), le premier brise-glace assure toujours le rôle de meneur. Les autres brise-glaces empruntent la même route ce qui permet de casser la nouvelle couche de glace se formant sur le chenal et de l'empêcher de se refermer. On trouve au maximum trois navires assistés entre chaque brise-glace. Dans ce type de convoi, c'est le brise-glace en tête qui décide de l'ordre des navires du convoi.

Il arrive souvent que la voie d'accès créée par le brise-glace soit plus étroite que la largeur de navire assisté. Lorsque cette largeur diffère de quelques mètres seulement la glace cèdera quand même lors du passage du navire assisté ; si la largeur de celui-ci est nettement supérieure à celle du brise-glace, il arrive que deux brise-glaces travaillent en parallèle afin d'élargir le chenal.

Quel que soit le type de convoi, c'est donc toujours le brise-glace qui est en tête qui décide de l'ordre de passage des navires au sein du convoi. Cet ordre est établi selon deux principes :

- Les navires sont classés du moins large à l'avant au plus large à l'arrière de manière à empêcher le chenal de se resserrer et de rendre le passage aux navires en aval impossible.
- Le navire situé en fin de convoi rencontrera des conditions plus difficiles que les autres et sera donc choisi en fonction de l'expérience dans les glaces du capitaine, de la *ice class* et de la puissance de propulsion.

En fonction de la situation de glace, les distances seront très faibles et les vitesses du convoi élevées. Le risque de collision est donc augmenté, il faut rester vigilant et alerte sur tout changement de conditions extérieures et veiller à l'évolution des vitesses des navires en convoi.



*Collision entre navires d'un même convoi*

*Source : Sjöfartsverket*



*Collision entre brise-glace et navire convoyé*

*Source : Sjöfartsverket*

## REMORQUAGE

Le remorquage est une option qui est souvent choisie en cas d'avarie sur le navire demandant l'assistance. Le choix du remorquage peut donc venir du chef de quart du brise-glace mais également du navire assisté.

Dans le cas où cette assistance est demandée pour un transit et non pour une détresse il est important de faire la demande à l'avance auprès des autorités portuaires, du capitaine de port ou du brise-glace afin de ne pas payer le supplément qui incombe aux urgences ou aux détresses.

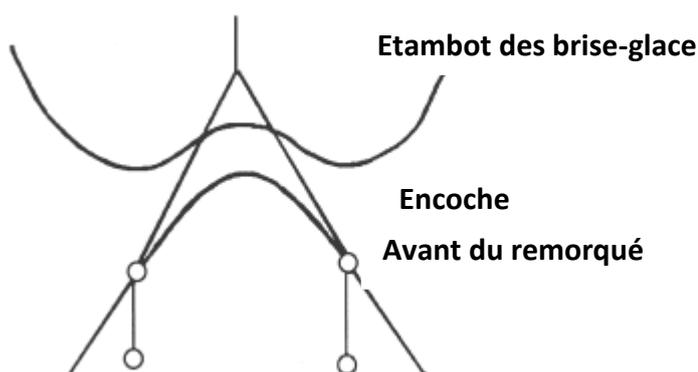
Dans le cas le plus classique, c'est le chef de quart du brise-glace qui décidera du type d'assistance et donc du remorquage si besoin.

Le remorquage a souvent lieu lorsque le navire se retrouve coincé plusieurs fois. Dans un souci d'optimisation de l'assistance, au lieu de perdre du temps à manœuvrer pour libérer le navire à plusieurs reprise, le brise-glace favorisera le remorquage sur le passage qui pose des problèmes.

Il pourra aussi d'office choisir de remorquer le navire s'il sait qu'il n'a pas les capacités à transiter sans problèmes à travers la glace qui les attend.

Une fois la décision prise, le brise-glace prévient le navire et lui demande de se préparer à réceptionner la remorque. Le brise-glace donne ensuite les ordres machine au navire assisté lors de sa manœuvre pour se rapprocher du navire.

Le brise-glaces vient alors poser son arrière en forme de V sur l'étrave du navire assisté (qui à l'ordre de stopper les moteurs et de garder la barre à zéro lors de cette opération). Le brise-glace envoie ensuite deux câbles de remorque qui devront être capelés par le navire assisté.



*Disposition classique type du câble de remorquage du brise-glace*

*Source : Sjöfartsverket*

Certains brise-glace n'ont pas d'arrière en forme de V, à ce moment-là le principe est similaire mis à part que le remorquage se fera d'office avec une distance entre les deux navires et non fusionnés.



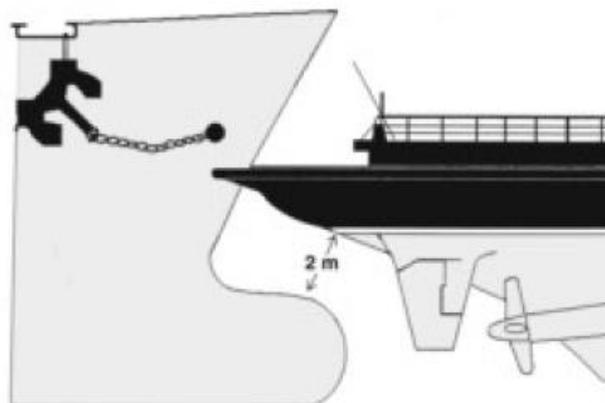
*Cable de remorque en patte d'oie*

*Photo : S. Galvagnon*

Une fois les câbles capelés à la bitte de remorquage, le remorqueur reprend le mou jusqu'à ce que son arrière se pose sur l'étrave du navire assisté. Les treuils de remorquage sont situés le plus à l'avant possible de manière à réduire l'angle formé par les câbles dans le plan vertical afin de réduire le poids supporté par les câbles.

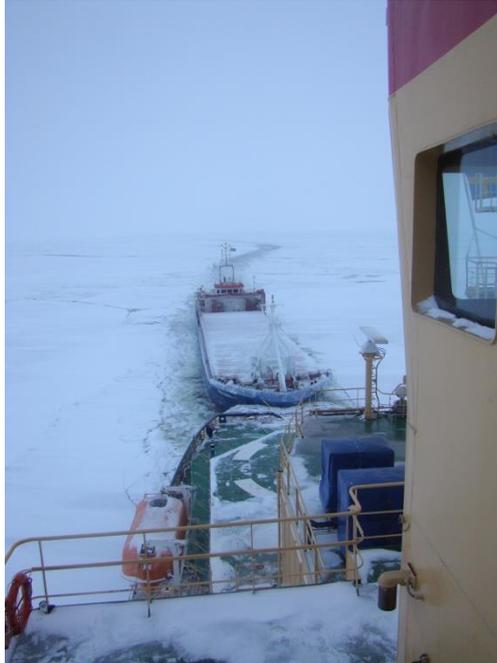
Le navire assisté devra ensuite suivre les instructions du brise-glace tout le long du transit.

Lors de passage de glace épaisse le brise-glace est amené à monter plus haut sur la glace afin de la briser. Il en résulte un mouvement vertical de plus d'un mètre d'amplitude. Le brise-glace laisse donc une distance minimale de 2m entre son arrière et le bulbe du navire assisté afin de prévenir tout abordage.



*Distance de sécurité lors d'un remorquage*

*Source : Sjöfartsverket*



*Remorquage classique*

*Photo : S.Galvagnon*

L'option favorisée pour le remorquage est celle ci-dessus, où le navire assisté est pris par l'arrière en forme de V du Brise-glace et le câble à une longueur faible.

En général la remorque tire entre 60 et 90 Tonnes et les systèmes hydrauliques récents permettent d'ajuster la longueur de câble pour que la tension exercée soit régulière.

Le navire assisté agit comme safran sur le brise-glace. Le brise-glace transmet alors aussi les ordres de barre et de machine à tenir par le navire assisté.

Il arrive parfois pour des raisons nautiques ou des incompatibilités entre forme d'étrave et arrière du brise-glace que le remorquage se fasse « à longue distance » avec une longueur de câble plus importante. A ce moment-là, les mouvements sont moins maîtrisés et les variations de tension sur le câble fluctuent plus.



*Assistance remorquée longue distance*

*Photo : S. Galvagnon*

### **III/ TECHNIQUES DE MANOEUVRE PORTUAIRE EN PRESENCE DE GLACE**

#### **1. Embarquement du pilote**

L'embarquement ou débarquement du pilote après une manœuvre portuaire peut se faire de trois différentes façons :

- Par la pilotine : ce sont des pilotines avec une coque renforcée capable de naviguer dans la glace quand celles-ci ne sont pas trop dense ni trop épaisse. Ou alors des Hovercrafts avec coussin d'air.

- Par l'échelle de coupée : en cas de glace trop épaisse pour accéder au navire avec la pilotine, le pilote est escorté en scooter des neiges. Avant l'arrivée du navire la station de pilotage aura demandé au navire de disposer la coupée et de se maintenir à une vitesse nulle.

Certains ports disposent également de pilotine à coussin d'air naviguant donc sur la glace.

- Par brise –glace : le navire aura comme instruction de rester à la dérive et de suivre les instructions du brise-glace transportant le pilote. Le brise –glace approchera le navire de face ou en arrière de façon à lui être perpendiculaire. Le pilote montera ensuite par l'échelle de pilote.



*Embarquement du pilote par Hovercraft et échelle de coupée*

*Photo : S. Galvagnon*

## 2. Manœuvre d'accostage

Les manœuvres portuaires en présence de glaces sont analysées à l'avance. Le pilote se renseigne sur l'état de la mer et de la glace dans le port et discute de la manœuvre avec le commandant et le remorqueur brise-glace. Ce remorqueur doit broyer ou éloigner la glace autant que possible avant l'arrivée du navire. Dans le cas où il n'y aurait pas de remorqueur (ex : ferry), le navire doit « broyer » et éloigner la glace lui-même (machine avant lente avant-arrière).

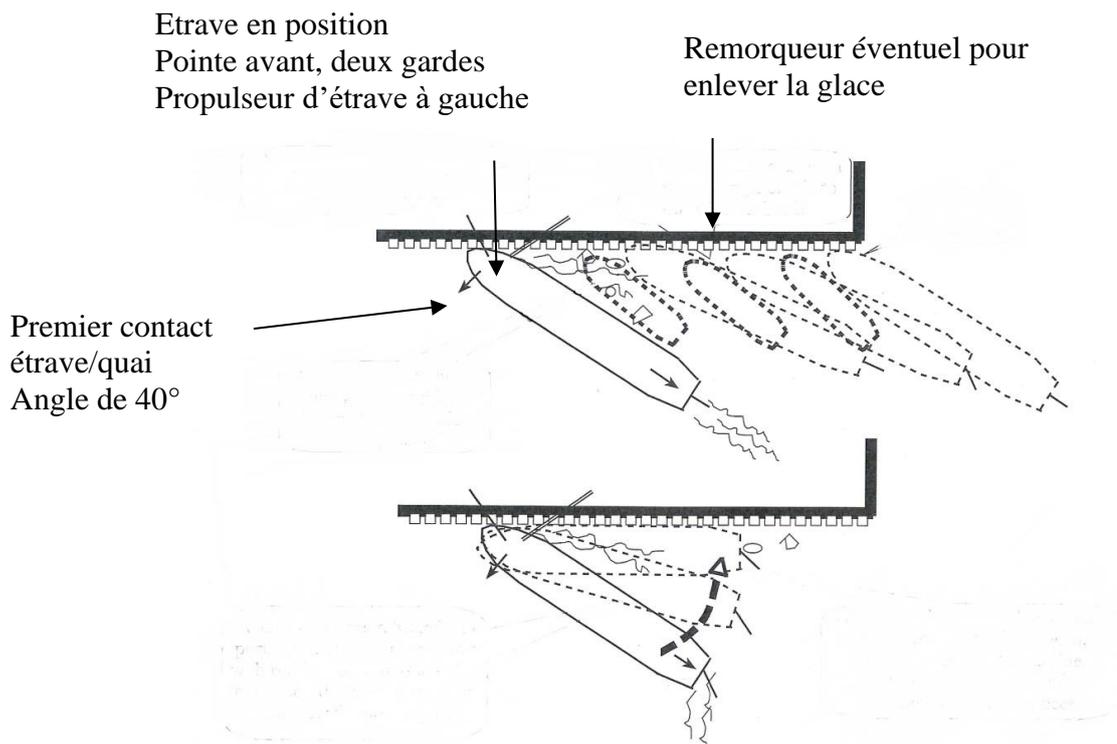
Voici quelques principes à respecter :

- Présenter l'avant ou l'arrière avec un grand angle par rapport au quai
  - Avancer ou reculer en faisant glisser l'avant ou l'arrière parallèlement au quai de manière à tenir à l'écart la glace et éviter qu'elle ne se glisse entre le navire et le quai.
  - Une fois que la longueur du navire est claire de la glace, ramener l'avant ou l'arrière.
- (Image)

Il faut éviter autant que possible l'utilisation du propulseur d'étrave pour ne pas l'endommager. Si son utilisation est indispensable il est important de surveiller qu'il ne parte pas en surcharge.

Si la manœuvre ne permet pas d'éloigner la glace, il existe deux solutions :

- Le remorqueur brise-glace se charge de dégager le long du quai. Cette intervention sera facturée.
- Les quais possèdent souvent des grues sur rail qui permettent de balayer le long du quai par l'intermédiaire d'éléments horizontaux coincés dans le bec de la grue.



Source : *Handling ships in ice, tech nautical Institute*

### **3. Surveillance à quai**

Une fois à quai, il est important de surveiller l'évolution de la glace entre le navire et le quai. Si la glace s'étend elle risque d'éloigner le navire du quai (éventuellement de rompre les amarres) c'est pourquoi il est nécessaire de garder la machine parée à manœuvrer tout au long de l'escale (dans le cas où la manœuvre serait à refaire).

### **4. Manœuvre d'appareillage**

Pour appareiller, il est nécessaire que le navire ne soit pas prisonnier des glaces. Si c'est le cas :  
-soit le navire a les capacités de se libérer des glaces tout seul par l'utilisation de sa propulsion  
-soit il faut faire appel à un remorqueur brise-glace qui libèrera le navire des glaces

Une fois le navire libéré, la manœuvre n'a pas de particularité outre le fait d'être très vigilant sur l'utilisation de la barre en arrière.

## **IV/ PLANIFICATION D'UN VOYAGE ET CONDUITE D'UN VOYAGE DANS LES EAUX POLAIRES**

### **1. Sources de renseignements et régime de comptes rendus dans les eaux polaires**

Les sources de renseignements sont variées mais pour la plupart du temps toujours accessibles par le biais des autorités maritimes régaliennes dans les eaux polaires traversées. On peut avoir accès à tous les documents nécessaires par internet et la majorité des administrations ont sur leur site internet les directives et consignes spécifiques à une traversée en eaux polaires. Il est nécessaire de se renseigner avant la planification de traversée sur les exigences et recommandations locales.

Pays limitrophes de la mer Baltique :

<http://baltice.org>

<https://www.sjofartsverket.se/en/Maritime-services/Winter-Navigation/Winter-Navigation/>

Svalbard:

<https://www.sysselmannen.no>

Groenland:

<https://www.dma.dk/SikkerhedTilSoes/Arktis/SejladsGroenland/Sider/default.aspx>

Canada:

<http://www.ccg-gcc.gc.ca/Icebreaking/Ice-Navigation-Canadian-Waters/Regulations-and-Guidelines>



Russie, routes du Nord :

[http://www.nsra.ru/en/ofitsialnaya\\_informatsiya/pravila\\_plavaniya.html](http://www.nsra.ru/en/ofitsialnaya_informatsiya/pravila_plavaniya.html)

Antarctique :

Traité de l'Antarctique :

<https://www.ats.aq/e/ats.htm>

IAATO pour les navires à passagers :

<https://iaato.org/home>

Pour les navires à passagers membres de l'association des tours operators en Arctique AECO

:

(Non obligatoire aujourd'hui contrairement à IAATO)

<https://www.aeco.no>

## *2. Planification d'un itinéraire sûr et planification de la traversée en vue d'éviter les glaces à risques (source : [www.ccg-gcc.ca](http://www.ccg-gcc.ca))*

*La description de planification par étape ci-dessous a été éditée par les Coast Guard Canadien et résume très bien les étapes à analyser pour assurer une traversée sûre.*

Cette section vise à fournir la marche à suivre en matière d'acquisition et d'utilisation de renseignements pouvant servir à planifier des traversées dans les glaces ou aux environs. Rien dans les consignes présentées ici ni dans ce qui en découle ne peut primer sur l'autorité du capitaine ni dispenser l'officier de quart d'exercer ses responsabilités normales et d'observer les bonnes pratiques en matière de matelotage.

Pour les traversées d'eaux couvertes de glaces, la planification de la route est fondée sur des principes normalisés de navigation (résolution A.893(21) de l'Organisation maritime internationale, intitulés *Directives pour la planification du voyage* et adoptée le 25 novembre 1999). L'existence de glaces de mer le long de l'itinéraire planifié donne plus d'importance à la pratique traditionnelle de planification des traversées, rendant nécessaire un examen constant de la planification en cours de route.

La planification des traversées comporte deux étapes :

1. La phase stratégique, lorsque le navire est dans un port ou en eau libre ;
2. La phase tactique, lorsque le navire se trouve à proximité ou à l'intérieur d'une zone d'eau couverte de glaces.

La planification, tant stratégique que tactique, se divise en quatre étapes :

- L'évaluation ;
- La planification ;
- L'exécution ;
- La surveillance.

La phase stratégique peut être considérée comme étant à petite échelle (grand secteur), dans l'hypothèse où le navire sera à l'extérieur d'une zone d'eaux couverte de glaces et à des jours ou des semaines de rencontrer de la glace. Elle peut être revue plusieurs fois avant que ne commence la phase tactique, qui elle peut être considérée comme à grande échelle (petit secteur) et revue continuellement au fur et à mesure que la traversée se déroule.

La planification des traversées en eau libre est un processus fixe dans lequel les renseignements sont recueillis en majeure partie, sinon en totalité, avant que le navire ne quitte le quai. Le caractère localisé de certaines données de planification de traversée dans les glaces en zone arctique indique qu'il se peut que les renseignements ne soient disponibles que lorsque le navire s'engage dans les eaux canadiennes. La quantité et l'étendue de ces données dépendent du type de traversée. Les traversées les plus difficiles, celles qui se font, par exemple, en début ou en fin de saison, mobilisent donc plus de ressources comme les brise-glaces, et nécessitent des rapports plus fréquents sur l'état actuel des glaces et des prévisions appropriées sur l'état des glaces. En ce qui concerne la planification des traversées en eaux couvertes de glaces, particulièrement dans l'Arctique, il s'agit d'un processus évolutif qui exige de la souplesse au niveau de la planification et de l'exécution.

## Phase stratégique

### *Évaluation*

À ce stade, toutes les sources de renseignements utiles à la planification de traversée en eau libre sont exploitées, ainsi que toutes les sources permettant de dresser un tableau de l'état des glaces le plus complet possible. Il faut donc s'enquérir de la disponibilité des données sur les glaces du Service canadien des glaces auprès des centres des Services de communications et de trafic maritimes (SCTM) de la Garde côtière canadienne (indicatif d'appel VFF pour Iqaluit et VFR pour la baie Resolute en ce qui concerne les eaux arctiques, et VFH pour Halifax en ce qui concerne le secteur maritime de l'Est), par télécopieur (éventuellement) en passant par l'Organisation internationale de télécommunications maritimes par satellite (INMARSAT), au moyen du satellite de télécommunications du service mobile (MSAT), ou auprès de sites Web spécialisés comme le site d'[Environnement Canada](#), où l'information relative à l'état des glaces est disponible en tout temps.

## *Planification*

La planification stratégique est un exercice prospectif qui vise à évaluer les conditions glacielles qu'un navire est susceptible de rencontrer le long de l'itinéraire prévu. Elle repose sur les prévisions météorologiques et les publications disponibles sur la climatologie des glaces de la région à traverser, ainsi que sur les documents nautiques habituels. La planification peut durer des heures, des jours ou même des mois selon les routes, les destinations et la nature de l'environnement de glace à traverser.

Le capitaine élaborera une route vers sa destination en s'appuyant sur les données issues de l'étape de l'évaluation et tracera cet itinéraire sur les cartes appropriées. Les principes qui entrent en jeu à ce stade sont ceux qui régissent la planification d'une traversée en eau libre. Il faut établir l'itinéraire en ayant à l'esprit les limites suivantes des éléments du système de navigation dans les glaces :

- Disponibilité des renseignements sur les glaces ;
- Efficacité amoindrie du repérage visuel des dangers glaciels lors des traversées en fin de saison ou en période hivernale ;
- Difficulté accrue du repérage des dangers glaciels dans les cas où une banquise lâche est conjuguée à une visibilité restreinte.

Autres renseignements pouvant être portés sur les cartes :

- Lisière de glace prévue, zones de banquise serrée et lisière de la banquise côtière ;
- Zones d'eau libre où on peut avoir à affronter une banquise d'une certaine taille, comme les glaces de l'Est du Groenland aux abords méridionaux du massif groenlandais ;
- Distance sécuritaire d'évitement de zones dont on sait qu'elles sont infestées d'icebergs, comme les eaux au large du cap Farvel et de l'île Disko, au Groenland ;
- Régions importantes sur le plan écologique où le cap, la vitesse ou les activités sur les glaces peuvent faire l'objet de restrictions. Par exemple, la pêche sur la glace dans le fleuve Saint-Laurent et dans la rivière Saguenay, ou les traditionnelles routes de glace des Inuits dans l'Arctique.

## *Exécution*

Une fois la planification de la traversée terminée, il faut arrêter le cadre tactique de l'exécution du plan. Pour estimer le moment de l'arrivée à destination, il est possible de se fonder sur les conditions glacielles auxquelles s'attendre en route. Il faut tenir compte des réductions de vitesse prévues ou des changements de cap importants dus à une visibilité restreinte, à la traversée d'une banquise consolidée, à des zones de forte concentration de vieille glace et aux retards d'obtention des renseignements. Il faut également songer au point de l'itinéraire où il sera nécessaire de ballaster le navire jusqu'au tirant d'eau glacial et de ralentir la marche.

Enfin, il faut penser au moment où il faudra renforcer les vigies ou doubler les postes de quart en prévision d'une pénétration dans les glaces ou d'une approche de zones de visibilité restreinte ou de zones infestées d'icebergs, de fragments d'iceberg ou de bourguignons.

### *Surveillance*

Il faut continuer à surveiller la route jusqu'à l'atteinte de la zone couverte de glaces. À l'approche d'une telle zone, on dispose de renseignements sur les glaces plus nombreux et de meilleure qualité (grâce aux analyses et aux prévisions du Service canadien des glaces), ce qui permet d'estimer plus précisément la date d'arrivée et aussi de déterminer un changement de cap.

Il faut refaire une ou plusieurs fois l'évaluation stratégique à l'approche d'une zone de glaces selon la quantité de nouveaux renseignements que l'on reçoit.

### **Phase tactique**

Si on ne dispose pas de renseignements détaillés sur les glaces avant d'atteindre des eaux couvertes de glaces, le navire peut être limité à la route tracée lors de la planification stratégique plutôt qu'à une route proprement tactique. Il faut tout mettre en œuvre pour obtenir des données détaillées sur l'état des glaces, particulièrement lorsqu'on est susceptible de rencontrer une banquise consolidée, de grandes concentrations de vieille glace ou des glaces très mobiles.

### *Évaluation*

L'obtention de renseignements tactiques se fait principalement (mais non pas exclusivement) par l'acquisition de cartes d'observations et d'analyse des glaces du Service canadien des glaces. Pour recevoir ces cartes, il faut disposer à bord du navire d'un télécopieur pouvant être calé sur les fréquences requises. D'autres données peuvent provenir du radar de marine (bandes X et S), d'observations visuelles et d'images radar traitées. Les cartes des glaces sont téléchargeables à partir du site Web du Service canadien des glaces lorsqu'une liaison téléphonique par satellite est disponible.

Les données d'observation (visuelle) héliportée peuvent aussi s'avérer précieuses, lorsqu'il y en a.

### *Planification*

La planification tactique peut se faire de la même façon que celle des traversées en eau libre sur des cartes à grande échelle, mais si on a pu obtenir d'autres renseignements, il est possible de tracer la route sur une carte à petite échelle. Une planification ainsi enrichie de données supplémentaires signifie que l'on trace son itinéraire pour tirer avantage de conditions glacielles optimales. Il s'agit dans ce cas :

- De trouver des chenaux d'eau libre;
- De trouver des chenaux de glace de première année dans une banquise serrée ou dans des champs de vieille glace;
- D'éviter les zones de glace tourmentée;
- D'éviter les zones de pression effective ou éventuelle.

Une fois l'itinéraire tracé, il faut le reporter sur des cartes à grande échelle et vérifier si la bathymétrie convient. Les deux sources doivent être conciliées pour que la meilleure route

soit également la plus sûre. L'itinéraire étant établi, on peut juger nécessaire de recueillir d'autres données.

### *Exécution*

Une fois la route déterminée, on peut réviser le moment prévu de l'arrivée. Il faut tenir compte de toute variation des conditions météorologiques, et notamment de la visibilité ou de la direction et de la vitesse des vents avant de mettre le plan à exécution, car ces aspects sont importants pour l'évaluation des zones de pression ou le repérage des chenaux d'eau libre.

### *Surveillance*

Il faut surveiller la progression de la traversée sur la carte par les moyens traditionnels pour pouvoir poursuivre la navigation dans les glaces.

### *3. Limitation concernant les renseignements et les cartes hydrographiques dans les régions polaires*

Comme évoqué précédemment (dans le chapitre C/III.) l'accès aux renseignements et à la communication peut être très limité. Il faut donc anticiper et s'assurer d'avoir un maximum d'éléments en main avant de rentrer dans les eaux polaires.

### *4. Modification de la route par rapport à la traverse planifiée en raison de l'état des glaces*

Lorsque l'on évolue dans une zone couverte de glace, on ne peut s'affranchir totalement d'un changement de situation notamment dû à l'évolution de la météo. L'évolution de l'état des glaces peut amener à changer d'itinéraire.

Une très bonne connaissance de la zone de navigation dans sa globalité est donc recommandée avant d'y naviguer afin d'avoir plus de facilité à trouver des plans de secours.

En général, dans ce cas-là on cherche à trouver une alternative qui n'a pas d'impact réel sur le temps de navigation (ou l'exploitation). Parfois c'est malheureusement impossible de concilier les 3, à ce moment-là la priorisation est la suivante :

- sécurité du navire et de la navigation
- durée du voyage / exploitation (celui qui engendre le moins de surcoût pour la compagnie est à favoriser)

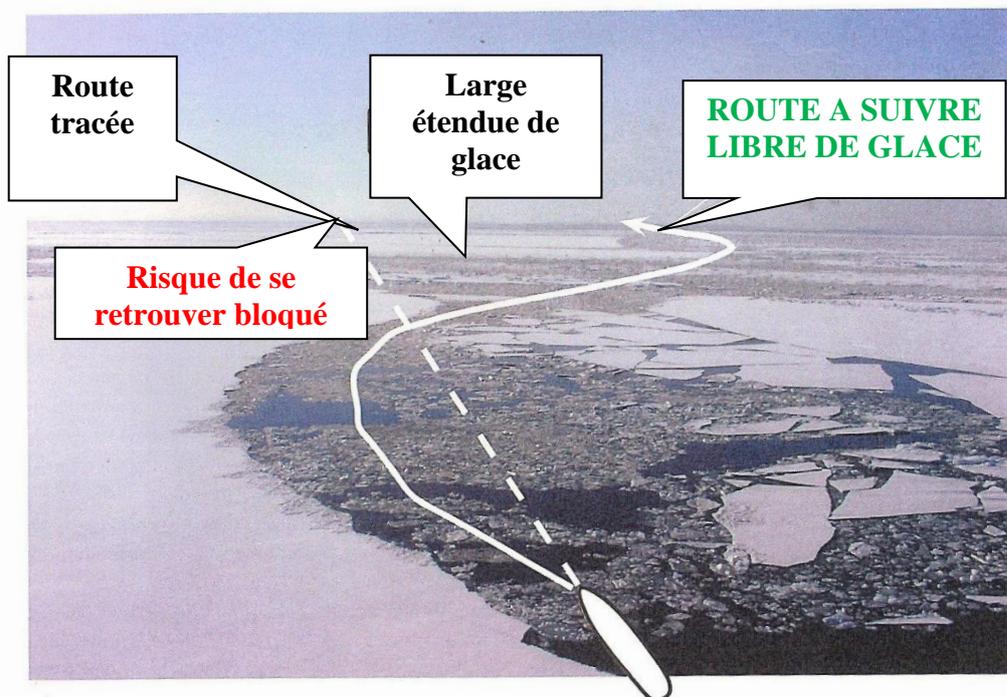
Une fois la nouvelle route décidée par le commandant il faut reprendre les étapes de planification évoquées précédemment pour cette nouvelle alternative.

Ex :

En juin 2018 lors d'un de ces premiers voyages, le POLARFRONT devait initialement se rendre au sud de Nordaustlandet puis remonter par le détroit de Hinlopen. Un changement de direction et force de vent non anticipée par les modèles météo ont poussé la glace à bloquer le détroit. La décision fût alors prise de faire le tour de l'île par

l'Est avec un changement d'itinéraire et d'escales adapté pour maintenir la même durée d'expédition.

Il est important de garder en tête que les planifications de traversée et les itinéraires sont rarement immuables en présence de glace.



*Schéma de principe sur une petite échelle  
Source : Handling ships in ice, the Nautical Institute*

### **5. Mesures de sécurité pendant le passage dans les glaces**

Les mesures de sécurité du navire et des personnes sont évoquées dans le chapitre D. En ce qui concerne la navigation et la planification de traversée, il est nécessaire de prendre plus de pieds de pilote qu'en navigation en eaux libres. Plus précisément sur les points suivants :

- ETA/ETD : souvent affectés avec du retard

- safety distance : en effet la présence de glace peut empêcher le navire de prendre sa route initiale, il faut trouver une alternative qui malgré tout prend en compte en priorité les dangers environnants. Ce n'est pas toujours évident lors de passages étroits ou avec beaucoup de hauts fonds et beaucoup de glace

- anticiper l'évolution théorique de la glace en fonction de la météo. Ne jamais continuer à évoluer dans une zone dans laquelle, on n'est pas sûr de pouvoir sortir. Sortir d'une zone dont la surface est majoritairement couverte de glace si le vent se lève.

- vitesse: adapter la vitesse au paysage de glace

## E / Prescription élémentaire des aspects réglementaires

### 1. *Traité de l'Antarctique et normes OMI relatives à l'exploitation des navires dans les zones éloignées*

De nombreux pays ont un passé historique liée à l'expédition, la recherche et la navigation en Antarctique.

Le traité de l'Antarctique rentre en vigueur en 1961 pour légiférer sur les droits et devoirs de ce continent. La juridiction fait foi en deca des 60°S et interdit toute présence nucléaire et condamne également toute exploitation non pacifiste. La recherche est en revanche un droit étendu à tous les pays au même titre. Il y a deux catégories dans les pays signataires du traité : les pays au titre de consultant et ceux qui n'ont pas ce titre. En 2017, on compte 16 pays signataires dont 12 ayant le statut de consultants.

Les premiers états membres étaient : la France, l'Argentine, le Chili, la Russie, le Japon, la Nouvelle Zélande, la Norvège, la Grande Bretagne, les USA et l'Afrique du Sud.

A cette réglementation de base s'ajoute une norme, en 1991, interdisant les exploitations minérales du continent pour les 50 ans à venir. Puis l'Antarctique est assimilé à une zone spéciale de MARPOL et enfin au Polar Code en 2017.

### 2. *Recueil sur la navigation polaire / POLAR CODE (source OMI)*

**Organisation maritime internationale, 1er janvier 2017** – Compte tenu de l'augmentation du nombre de navires exploités dans les eaux polaires, l'Organisation Maritime Internationale (OMI) a décidé d'agir pour répondre aux préoccupations internationales concernant la protection du milieu polaire et la sécurité des gens de mer et des passagers, avec l'introduction de nouvelles règles auxquelles tous les navires naviguant dans ces eaux hostiles doivent se conformer.

Le **Recueil sur la navigation polaire**, un instrument obligatoire pour les navires exploités dans les eaux de l'Arctique et de l'Antarctique, est entré en vigueur le 1er janvier 2017, marquant une étape historique dans les travaux menés par l'OMI pour répondre à ces questions essentielles. Les prescriptions du Recueil, conçues spécialement pour les milieux polaires, s'ajoutent et dépassent le cadre des prescriptions prévues par les conventions existantes de l'OMI, comme MARPOL et la Convention SOLAS, lesquelles sont applicables à l'échelle mondiale et continueront de régir la navigation maritime dans les régions polaires.

Les différentes tendances et prévisions montrent que, au cours des années à venir, la navigation dans les eaux polaires sera de plus en plus dense et diversifiée. Dans la zone arctique, les navires de commerce peuvent réduire les distances séparant l'Europe et l'Extrême-Orient de manière significative en empruntant les routes maritimes du Nord. Les zones de l'Arctique et de l'Antarctique sont, de surcroît, des destinations de plus en plus

prisées par les touristes. Ces défis doivent être relevés sans que la sauvegarde de la vie humaine en mer et le caractère durable du milieu polaire ne soient compromis.

Les navires exploités dans les régions polaires sont exposés à un certain nombre de risques sans pareils. Les conditions météorologiques et le manque de cartes marines fiables, de systèmes de communication et d'autres aides à la navigation sont problématiques pour les gens de mer. Ces régions étant isolées, les opérations de sauvetage ou de nettoyage y sont difficiles et onéreuses.

De plus, les basses températures peuvent diminuer l'efficacité d'un grand nombre des éléments du navire, allant des auxiliaires de pont aux équipements de secours. En présence de glace, des charges supplémentaires peuvent être imposées à la coque et au système de propulsion.

Afin de répondre à ces enjeux, le Recueil sur la navigation polaire fixe des normes obligatoires qui couvrent l'ensemble des questions de conception, de construction, d'équipement, d'exploitation, de formation et de protection de l'environnement relatives à l'exploitation des navires dans les eaux inhospitalières qui entourent les deux pôles.

En vertu de plusieurs prescriptions de sécurité obligatoires prévues par le Recueil, les navires naviguant dans les eaux polaires sont tenus d'avoir à leur bord des vêtements thermiques de protection, du matériel permettant d'enlever la glace, des embarcations de sauvetage fermées et des moyens de garantir une bonne visibilité dans des conditions de glace, de pluie verglaçante ou de neige.

Ces règles s'appliquent également aux matériaux utilisés pour la construction des navires devant être exploités dans les eaux polaires. De même, tous les navires-citernes visés par le Recueil seront tenus d'être équipés d'une double coque. D'un point de vue environnemental, le Recueil interdit ou limite strictement les rejets d'hydrocarbures, de produits chimiques, d'eaux usées, d'ordures, de déchets alimentaires et de nombreuses autres substances.

Le Recueil sur la navigation polaire permettra de rendre l'exploitation des navires dans les eaux polaires plus sûre, en protégeant notamment la vie des équipages et des passagers. Il permettra aussi de mettre en place un régime solide pour minimiser l'incidence de l'exploitation des navires sur les régions polaires. Cet instrument, qui constitue une réalisation majeure, est le fruit des travaux menés par l'OMI pour promouvoir des transports maritimes sûrs et durables dans toutes les régions du monde, y compris les plus dangereuses et les plus hostiles d'entre elles.

### **Contexte technique**

Le **Recueil sur la navigation polaire** comprend des mesures obligatoires concernant la sécurité (partie I-A) et la prévention de la pollution (partie II-A), ainsi que des dispositions ayant valeur de recommandation pour les deux parties (parties I-B et II-B).

Les règles de sécurité prévues par le Recueil sur la navigation polaire s'appliqueront aux navires neufs construits après le 1er janvier 2017. Quant aux navires construits avant cette date, ils seront tenus de satisfaire aux prescriptions pertinentes du Recueil au plus tard à la date de la première visite intermédiaire ou de renouvellement, selon celle qui intervient en premier, après le 1er janvier 2018.



Les dispositions environnementales du Recueil sur la navigation polaire s'appliquent à la fois aux navires existants et aux navires neufs.

Le Recueil exigera que les navires destinés à l'exploitation dans les eaux définies de l'Antarctique et de l'Arctique déposent une demande pour l'obtention d'un Certificat pour navire polaire. Ce dernier recense trois catégories de navires :

- La catégorie A – qui désigne un navire conçu pour être exploité dans les eaux polaires dans au moins de la glace moyenne de première année pouvant comporter des inclusions de vieille glace ;
- La catégorie B – qui désigne un navire autre que de la catégorie A qui peut être exploité dans les eaux polaires dans au moins de la glace mince de première année pouvant comporter des inclusions de vieille glace ; et
- La catégorie C – qui désigne un navire conçu pour être exploité dans des eaux libres ou dans des conditions de glace moins rigoureuses que celles qui sont indiquées pour les navires des catégories A et B.
- La délivrance d'un certificat sera soumise à une évaluation, laquelle prendra en compte la portée prévue des conditions et des dangers d'exploitation que le navire pourrait rencontrer dans les eaux polaires.

Les navires devront être équipés d'un Manuel d'exploitation dans les eaux polaires dans le but de fournir des renseignements suffisants au propriétaire, à l'exploitant, au capitaine et à l'équipage au sujet des capacités et des limitations en matière d'exploitation du navire afin de les aider lors de leurs prises de décisions.

Les chapitres du Recueil fixent des objectifs et des prescriptions fonctionnelles couvrant les éléments suivants : la structure du navire ; la stabilité et le compartimentage ; l'étanchéité à l'eau et aux intempéries ; les installations de machines ; la protection contre les incendies ; les engins et dispositifs de sauvetage ; la sécurité de la navigation ; les communications ; la planification du voyage ; le personnel et la formation ; la prévention de la pollution par les substances liquides nocives transportées en vrac ; la prévention de la pollution par les substances nuisibles transportées en colis ; la prévention de la pollution par les eaux usées des navires ; et la prévention de la pollution par les rejets d'ordures provenant des navires.

Les amendements au Recueil sur la navigation polaire et à la Convention SOLAS ont été adoptés lors de la 94<sup>ème</sup> session du Comité de la sécurité maritime (MSC) de l'OMI, en novembre 2014. Les amendements aux dispositions relatives à l'environnement et à la Convention MARPOL ont, quant à eux, été adoptés lors de la 68<sup>ème</sup> session du Comité de la protection du milieu marin (MEPC), au mois de mai 2015.

### **Prescriptions en matière de formation**

Des prescriptions minimales obligatoires concernant la formation et les qualifications des capitaines et des officiers de pont des navires exploités dans les eaux polaires ont été adoptées par le Comité de la sécurité maritime (MSC) de l'OMI, au mois de novembre 2016.

Elles deviendront obligatoires, en vertu de la Convention internationale sur les normes de formation des gens de mer, de délivrance des brevets et de veille (STCW) et de son Code STCW, à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2018.

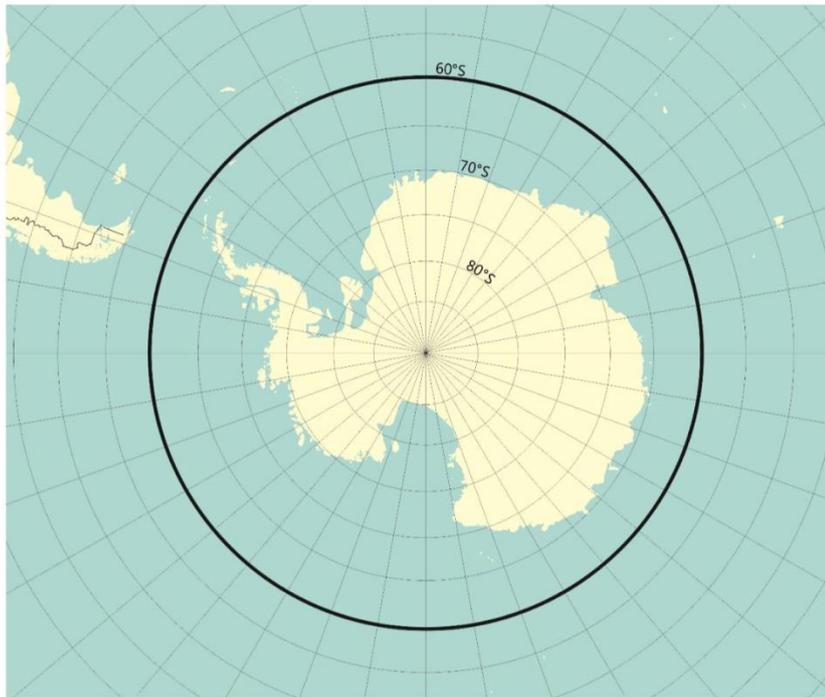
Le Code polaire contient deux parties :

- la partie I est divisée en une partie I-A, qui contient des dispositions obligatoires relatives aux mesures de sécurité (structure du navire, compartimentage, étanchéité, incendie...), et une partie I-B, qui contient des recommandations relatives à la sécurité ;

- la partie II est divisée en une partie II-A, qui contient des dispositions obligatoires relatives à la prévention de la pollution, et une partie II-B, qui contient des recommandations relatives à la prévention de la pollution.

<b>Partie I – A : Mesures de sécurité</b>	<b>Partie II – A : Mesures de prévention de la pollution</b>
Chap. 1 – Généralités	Chap. 1 - Prévention de la pollution par les hydrocarbures
Chap. 2 - Manuel d'exploitation dans les eaux polaires	Chap. 2 - Prévention de la pollution par les substances liquides nocives transportées en vrac
Chap. 3 - Structure du navire	Chap. 3 - Prévention de la pollution par les substances nuisibles transportées par mer en colis
Chap. 4 - Compartimentage et stabilité	Chap. 4 - Prévention de la pollution par les eaux usées des navires
Chap. 5 - Etanchéité à l'eau et aux intempéries	Chap. 5 - Prévention de la pollution par les ordures
Chap. 6 - Installations de machines	
Chap. 7 - Protection contre l'incendie	
Chap. 8 - Engins et dispositifs de sauvetage	
Chap. 9 - Sécurité de la navigation	
Chap. 10 – Communications	
Chap. 11 - Planification du voyage	
Chap. 12 - Niveau des effectifs et formation	
<b>Partie I – B Recommandations additionnelles</b>	<b>Partie II – B Recommandations additionnelles</b>

Champs d'application (source MEPC 68)



**Figure 1 – Étendue maximale du champ d'application  
du Recueil dans la zone de l'Antarctique<sup>2</sup>**



**Figure 2 - Étendue maximale du champ d'application du Recueil dans les eaux arctiques<sup>3</sup>**

### 3. *Règlementation en mer Baltique*

La formation de glace commence habituellement dans le golfe de Botnie au cours du mois de novembre et au mois de décembre dans le golfe de Finlande. L'extension des glaces se fait majoritairement du nord vers le sud pour le golfe de Botnie et d'est en ouest pour le golfe de Finlande et la mer Baltique.

On atteint une couche de glace maximale entre la fin février et le début du mois de mars puis la glace commence à régresser à partir de la mi-mars jusqu' à libérer le Skagerrak, Kattegat et la mer Baltique fin février/début mars, le Golfe de Finlande et celui de Botnie en mai.

Les administrations maritimes des pays Baltes et Scandinaves se sont réunis pour décider d'une politique régalienne commune. Les réglementations sont disponibles auprès de chaque pays ou aussi à travers l'organisme qui les regroupe pour l'organisation du trafic maritime en hiver : le BIM, Baltic Icebreaking Management. Ils évoluent et travaillent ensemble tant au niveau de l'édition des textes, que de l'organisation et la collaboration sur le plan opérationnel (assistance, édition des restrictions d'accès etc.). Les administrations maritimes sont chargées de décider des restrictions d'accès aux ports par les navires. En effet, au cours de l'hiver l'accès aux ports est limité aux navires d'une certaine *ice class* et d'un certain tonnage. Seuls les navires conformes aux restrictions pourront bénéficier de l'assistance d'un brise-glace. Le but étant de garantir la fluidité du trafic, la sécurité des navires et une qualité reconnue de service et d'assistance à la navigation dans ces zones.

Ces restrictions sont différentes pour chaque port et évoluent en fonction des saisons et de l'état de la glace. On peut les trouver :

- dans les rapports de glace « *ice report* »
- sur les cartes des glaces « *ice chart* », dans les encadrés
- sur le site de la SMA: entrer sur la page principale [www.sjöfartsverket.se](http://www.sjöfartsverket.se) puis dans "Our activities" et enfin "Winternavigation"

Lors d'hivers très rudes le BIM peut décider de la fermeture de plus petits ports à tous les navires et les orienter vers d'autres ports afin de diminuer la zone de travail des brise-glaces pour rendre l'assistance possible et plus efficace.

En général, les premières restrictions apparaissent au mois de Décembre en n'autorisant l'accès aux ports qu'aux navires de *ice class* II (very easy ice conditions) et de 2000 UMS. Le tableau ci-dessous montre l'évolution moyenne des restrictions au cours d'un hiver normal :

<i>Minimum Ice Class/Min. dwt</i>	<i>Bay of Bothnia</i>	<i>Sea of Bothnia</i>
II / 1 300	1/12	1/1
II / 2 000	15/12	15/1
1C / 1 300		
1B / 2 000	1/1	1/2
1A / 3 000	15/1	15/2
1A / 4 000	31/1	–
1A / 3 000	10/4	–
1B / 2 000	10/5	1/4
II / 2 000	15/5	15/4
1C / 1 300		

*Evolution générale des restrictions au cours d'un hiver en mer et dans le golfe de Botnie (les dates figurant dans le tableau sont à titre indicatif et restent des moyennes)*

*Source : Sjöfartsverket*

Les équivalences entre *ice class* du monde entier sont publiées dans « winternavigation » (édité par l'administration Maritime suédoise) chaque année et également disponibles sur internet.

Toutes les informations nécessaire à la préparation d'un transit sont disponibles sur [www.Baltice.org](http://www.Baltice.org)

En général, sur le terrain ce seront majoritairement la Suède et la Finlande qui cogèreront l'organisation du trafic et les assistances puisque la glace est surtout présente sur leur côté et qu'ils possèdent les brise-glaces les plus adaptés pour cela.

## 5. Etude de rapport d'accidents

Outre le Titanic, voici les fortunes de mer les plus connues en zone polaire.

### **COLLISION ET VOIE D'EAU**

M/S *Explorer* qui sombra en 2007, à la suite d'une erreur d'évaluation de son capitaine, heureusement sans faire de morts.

Le rapport d'enquête du bureau d'investigation libérien statue sur une erreur d'analyse du paysage de glace du Commandant. Ce dernier pensait naviguer dans une zone recouverte de glace de première année alors que celle-ci était bien plus dense et solide.

*Etude de cas à développer en formation (partie navigation/analyse/ - conséquences/risque)*

*Lien vers rapport*

*<http://www.photobits.com/dl/Explorer%20-%20Final%20Report.PDF>*

### **PRISONNIER DES GLACES**

L'autre risque encouru par les navires en zone polaire concerne l'éloignement des zones peuplées et donc des centres de secours, susceptibles d'intervenir dans des délais suffisamment rapides. Nous pourrions citer le cas du brise-glace MV *Akademik Chokalskiï* qui, en décembre 2013, est resté bloqué dans les glaces pendant plusieurs jours dans une zone qui n'aurait pas dû poser de problème de navigation.

Cet incident, qui aurait coûté 2,4 millions de dollars US, met en avant le danger que font peser les rapides changements de conditions de navigation et l'isolement sur un navire. Ce navire était heureusement d'une construction suffisamment solide et adaptée pour ne pas risquer la voie d'eau ou une avarie plus dramatique.

*Etude de cas à développer en formation (partie navigation/analyse/conséquences/risque)*

### **CHANGEMENT DE CONDITIONS METEOROLOGIQUES**

En 2013, le pétrolier *Nordvik* fut quant à lui victime de dommages, à la suite d'un changement de conditions de navigation, et cela malgré l'expérience de son capitaine et la classe glace du navire. Le changement de conditions de glace l'a emprisonné dans des floes sous pression qui ont déformé la coque puis créé une voie d'eau maîtrisée. Le risque principal était la pollution et la voie d'eau maîtrisée en cas de difficulté à se libérer à temps.

*Etude de cas à développer en formation (partie navigation/analyse/conséquences/risque)*

## ERREUR SUR INSTRUMENTS DE NAVIGATION

En 1996 le Hanseatic s'échoue en raison d'une mauvaise position /course due à une erreur de compas gyro (point effectué sur la base d'un relèvement gyro). L'échouement a pour conséquence une pollution et l'évacuation des passagers par hélicoptère.

*Étude de cas à développer en formation (partie navigation/analyse/conséquences/risque)*

# F / État de préparation de l'équipage, des conditions de travail et de la sécurité

## QUE SIGNIFIE LE RECUEIL SUR LA NAVIGATION POLAIRE DU POINT DE VUE DE LA SÉCURITÉ DES NAVIRES?



### ÉQUIPEMENT

- FENÊTRES DE LA PASSERELLE**  
Les fenêtres sont dotées de dispositifs permettant d'enlever la glace fondue, le givre, la neige, la buée, les embruns et la condensation
- EMBARCATIONS DE SAUVETAGE**  
Toutes les embarcations de sauvetage sont partiellement ou complètement fermées
- VÊTEMENTS 1**  
Une protection thermique satisfaisante est prévue pour toutes les personnes à bord
- VÊTEMENTS 2**  
À bord des navires à passagers, une combinaison d'immersion ou un moyen de protection thermique est prévu pour chaque personne à bord
- MOYEN D'ENLEVER LA GLACE**  
Équipement spécial pour enlever la glace (appareils électriques et pneumatiques, outils spéciaux, par exemple des haches ou des pieux de bois)
- PROTECTION CONTRE L'INCENDIE**  
Matériel d'extinction pouvant fonctionner à des températures basses (à protéger contre la glace). Peut être utilisé par des personnes portant des vêtements chauds, épais et encombrants

### CONCEPTION ET CONSTRUCTION

- STRUCTURE**  
La structure des navires à coque renforcée pour la navigation dans les glaces doit être conçue de manière à résister aux charges globales et locales s'exerçant sur la structure
- CATÉGORIES DE NAVIRES**  
Trois catégories de navires peuvent être exploitées dans les eaux polaires en fonction des conditions de glaces:  
A) glace moyenne de première année  
B) glace mince de première année  
C) eaux libres/conditions de glace moins rigoureuses que pour les catégories A et B
- MATÉRIAUX**  
Les navires destinés à être exploités à des températures basses doivent être construits dans des matériaux adaptés pour fonctionner à la température de service pour la navigation polaire du navire
- STABILITÉ À L'ÉTAT INTACT**  
Les navires doivent avoir une stabilité à l'état intact suffisante pour résister à une accumulation de glace et il faut tenir compte de l'accumulation de glace dans les calculs de stabilité

### EXPLOITATION ET EFFECTIFS

- NAVIGATION**  
Il faut pouvoir recevoir des renseignements sur les conditions de glace
- CERTIFICAT ET MANUEL**  
Le navire est tenu de détenir un Certificat pour navire polaire et doit avoir à bord également le Manuel d'exploitation dans les zones polaires
- FORMATION**  
Les capitaines, seconds et officiers chargés du quart à la passerelle doivent avoir suivi la formation élémentaire appropriée (pour l'exploitation en eaux libres), ainsi que la formation avancée pour l'exploitation dans les autres eaux, y compris dans les eaux couvertes de glace

### RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

- LE RECUEIL INTERNATIONAL DE RÈGLES APPLICABLES AUX NAVIRES EXPLOITÉS DANS LES EAUX POLAIRES A ÉTÉ ADOPTÉ EN NOVEMBRE 2014 PAR LE COMITÉ DE LA SÉCURITÉ MARITIME DE L'OMI
- LE RECUEIL S'APPLIQUE AUX NAVIRES EXPLOITÉS DANS LES EAUX ARCTIQUES ET ANTARCTIQUES
- LE RECUEIL VISE À ASSURER LA SÉCURITÉ DE L'EXPLOITATION DES NAVIRES ET LA PROTECTION DU MILIEU POLAIRE EN TRAITANT LES RISQUES QUI EXISTENT DANS LES EAUX POLAIRES ET NE SONT PAS ATTENUÉS DE FAÇON SATISFAISANTE PAR D'AUTRES INSTRUMENTS



## 1. *Limitations de disponibilité et responsabilité des services SAR*

Visionnage de la vidéo “IMO in the Polar environnement: search and rescue” réalisée par l’OMI.

Les moyens de SAR sont plus difficilement accessibles en zones polaire et le recueil demande que “Des installations permettant d’émettre et de recevoir des communications sur place et aux fins de la coordination des opérations SAR aux fins de la recherche et du sauvetage, y compris sur les fréquences aéronautiques, doivent être prévues. «

Ainsi les navires doivent d’être équipé d’une VHF aéro pour rester conforme à cette exigence du recueil.

La vidéo illustre bien les difficultés d’accès à toute assistance, il est donc nécessaire de redoubler d’effort sur la prévention à tous les niveaux et dans tous les départements à bord.

## 2. *Méthodes de travail pour l’équipage*

Il est nécessaire que l’équipage soit sensibilisé aux risques liés à la présence de glace et aux basses températures. L’équipage doit travailler avec des équipements de protections adaptés aux conditions extérieures.

### Effectif passerelle

Il est recommandé de renforcer la surveillance lorsqu'on s'engage dans une zone de glace ou s'en approche, en raison des dangers liés à la navigation dans les eaux couvertes de glace. Une telle navigation peut être épuisante et les capitaines doivent veiller à ne pas présumer de leurs forces, même s'ils doivent pour ce faire doubler le nombre d'officiers de quart sur la passerelle ou stopper leur navire la nuit pour ménager une période de repos suffisante, non seulement pour le personnel sur la passerelle, mais aussi pour celui de la salle des machines, qui pourrait être appelé à effectuer des manœuvres ou à dégager les crépines d'aspiration, par exemple, pendant de longues périodes.

### 3. *Sensibilisation aux facteurs humains et formations*

Un autre aléa doit être pris en considération : le facteur humain. Dans de nombreux cas, un manque d'expérience et/ou de compétence du capitaine ou des officiers peut amener un navire à s'échouer, à subir un dommage important sur la coque, ou sur le système propulsif.

Ces risques peuvent déboucher sur un évènement majeur, allant jusqu'à la perte totale du navire. L'un des exemples les plus frappant est la perte totale, mais sans gravité, du M/S *Explorer* en 2007, conséquence d'une mauvaise appréciation de la glace par le capitaine, pourtant expérimenté.

Une attention toute particulière doit donc être portée aux équipages. Le code polaire, entré en vigueur en janvier 2017, impose aux navires exploités dans les eaux polaires de se doter de « suffisamment de personnel ayant à la fois la formation et l'expérience nécessaires permettant de limiter les erreurs humaines ». Au-delà de la qualification des équipages, la psychologie des individus est un point à ne pas négliger, car toute fragilité pourrait mettre en danger l'ensemble de l'équipage.

Par ailleurs, un risque envisageable lors de la navigation en zone polaire est un conflit social. En matière de gestion des ressources humaines, les conflits sociaux sont des risques identifiés. Ils sont amplifiés en environnement clos. Les personnalités des membres de l'équipage vont alors entrer en jeu.

Lors de l'expédition *Endurance* dans l'Antarctique (1914-1917), Ernest Shackleton vit son navire et son équipage faits prisonniers des glaces. Pour sauver ses compagnons, l'explorateur accomplit une série d'actes de management et de bravoure : contraints de quitter le navire, Shackleton et ses 27 hommes d'équipage vont passer plusieurs mois ensemble sur la glace de l'Antarctique.

Un équipage sans espoir, bloqué, devant affronter des températures jusqu'à  $-60^{\circ}\text{C}$  ! Son leadership et ses qualités de meneur d'hommes lui ont permis de sauver l'équipage. Il appuyait ses prises de décision sur trois critères : l'avis technique de ses équipes, sa propre expérience et surtout, il laissa une grande part à son intuition.

Enfin, découlant directement d'une erreur humaine, une vitesse inadaptée peut entraîner le navire par le fond, ou du moins engendrer divers dégâts. Nous pourrions citer l'exemple du navire de croisière *Maxim Gorki*, qui sombra en 1989, à la suite d'un choc avec une plaque de glace inévitable à cause d'une vitesse inadéquate.

### 4. *Gestion des problèmes liés à la fatigue et aux vibrations*

La fatigue est un facteur à risque dans la navigation dans les glaces. En effet, c'est une navigation qui suscite une très forte concentration et des capacités de manœuvre et d'analyses à chaque instant.

Pour limiter la chute de performances, les compagnies maritimes mettent en place différents systèmes: renforcement de la veille/de l'effectif, durée d'embarquement plus courte, allongement des temps de repos...

Quelque soit le navire, la propulsion induit des vibrations dans toute la structure. Celles-ci sont plus ou moins perceptibles selon le type de navire, le type de propulsion et le type de navigation. En navigation dans les glaces, les frictions et contacts avec les glaces rajoutent des vibrations plus perceptibles en plus des variations d'allures fréquentes. Cette stimulation supplémentaire du corps s'ajoute à la fatigue et aux nuisances sonores.

## 5. PSK et GSK

Les PSK (Personal Survival Kit) et GSK (Group Survival Kit) sont des équipements de survie additionnels à la dotation en eaux libres des engins de sauvetage des navires. Le chapitre 8 du recueil impose leur présence à bord des navires soumis au Code Polaire.

Voici la suggestion éditée par la MEPC 68 de leur contenu :

### PSK

Équipement suggéré
Vêtements de protection (chapeau, gants, chaussettes, protection du visage et du cou, etc.)
Crème de protection cutanée
Moyen de protection thermique
Lunettes de soleil
Sifflet
Grande tasse
Canif
Manuel de survie en région polaire
Vivres de survie
Sac de rangement

### GSK

Équipement suggéré
Abris – tentes ou abris contre la tempête ou équivalent – en nombre suffisant pour le nombre maximal de personnes
Moyens de protection thermique ou autre dispositif analogue – en nombre suffisant pour le nombre maximal de personnes
Sacs de couchage - au moins un pour deux personnes
Matelas en mousse ou autre matériel analogue – au moins un pour deux personnes
Pelles – au moins deux
Hygiène (par exemple, papier hygiénique)
Réchaud et combustible – en quantité suffisante pour le nombre maximal de personnes à terre et le délai maximal de sauvetage prévu
Vivres de survie - en quantité suffisante pour le nombre maximal de personnes à terre et le délai maximal de sauvetage prévu
Lampes de poche – une par abri
Allumettes étanches à l'eau et résistantes au vent – deux boîtes par abri
Sifflet
Miroir de signalisation
Bidons d'eau et comprimés pour purifier l'eau
Équipement individuel de survie de rechange
Conteneur de l'équipement collectif de survie (étanche à l'eau et capable de flotter)

## 6. Description d'avarie de coque et de matériel

Le matériel en cas d'avarie de coque et de voie d'eau ne diffère pas de celui en navigation "classique". Il peut même arriver que la glace obstrue partiellement la voie d'eau et limite le débit d'eau entrant. Il faut néanmoins garder en tête que l'eau est proche de 0° et qu'il faut donc équiper l'équipage chaudement lors des interventions.

La température basse de l'eau ne pose pas de problème d'utilisation au matériel classique de voie d'eau, le risque est plutôt situé au niveau de l'équipage.

## 7. Procédures et techniques d'abandon du navire et de survie dans les glaces

Pour l'abandon, il faudra s'adapter à la situation : présence de glace ou non.

### Si la zone est totalement recouverte de glace :

L'utilisation d'une partie de la drome n'est plus possible comme les embarcations de sauvetage par exemple. Il faut alors évacuer par une échelle de coupée ou par MES si le navire en est équipé.

Les radeaux deviennent alors le moyen idéal d'abandon.

Il faut les percuter puis les emmener au large du navire sur la glace, sur de la glace ne présentant pas de danger. Ils auront alors une fonction de tente de protection en attendant les secours.

### Si la zone est partiellement recouverte de glace :

#### - **Banquise dérivante**

L'utilisation des radeaux comme tente hissé sur un morceau de banquise suffisamment stable et grand peut valoir l'utilisation des embarcations de survie dans la mesure où celles-ci restent très fragile au contact de la glace (même les modèles conformes au Polar Code). Il faudra donc voir quel moyen représente le moins de risque

#### - **Présence de growler**

L'utilisation de l'embarcation de sauvetage déviant, dans ce cas, favorable puisqu'elle va potentiellement permettre de s'extraire de la zone couverte de glace. Avec les embarcations de sauvetage il est impératif de ne jamais rentrer en contact avec la glace. Le risque de voie d'eau est très important sur ces unités.

Dans le cas d'un abandon en zone polaire, comme le prévoit le Polar Code, il faut rajouter des éléments de survie et de manière générale tout ce qui peut aider à lutter contre le froid est bon à prendre.

Bien que les zones polaires soient de plus en plus fréquentées et donc que les possibilités d'assistances augmentent ; certains endroits et certaines périodes ne permettent pas d'y prétendre rapidement.

Bien que le Polar Code n'impose pas d'avoir une combinaison de survie pour toutes les personnes à bord (équipage et passagers), c'est le moyen le plus utile et le plus efficace pour lutter contre le froid. Il est donc fortement recommandé d'en avoir un maximum...

### PS2007 VIKING Immersion suit, Neoprene, with buoyancy head support



PS2007 is a neoprene immersion suit with built-in buoyancy. The built-in buoyancy gives excellent freeboard and ensures that the suit can be used without a lifejacket. This is an advantage in emergency situations with little time to put on a lifejacket. The suit is made of highly flexible, high quality neoprene to ensure easy donning and fit. This also gives the product a longer lifespan. The suit has extended zipper providing the suit a better in-water performance and ensures quick donning. The extended zipper provides more comfort for the user and minimizes water ingress. The yellow colour ensures high visibility. Some of the main features are integrated neoprene boots with rubber soles, three fingered neoprene gloves, buddy line, lifting becket and a SOLAS approved emergency light. All suits are produced in-house according to stringent manufacturing requirements.

#### Approvals

- MED SOLAS
- RMRS
- Transport Canada

#### Outer material

Neoprene, 5 mm

#### Retro-reflective trim

Grey

#### Colour options

02 high visibility yellow

#### Design features

- Lifting becket with snap hook and covered D-ring on breast
- Buddy line
- Semi-integrated neoprene gloves
- SOLAS approved emergency light
- Extended zipper
- Whistle
- Comes in a bag

#### Application areas

- Cargo vessels
- Fishing vessels
- Navy
- Offshore personnel

#### Sizes

- 54/Universal: Height from 140 cm to 200 cm, weight from 50 kg to 100 kg
- 58/Oversize: Height from 170 cm to 210 cm, weight from 80 kg to 160 kg

#### Service interval

3 years

#### Outer washing



#### Special instructions

The suit can be used without a lifejacket

#### Options

Air tight packing optional

#### Spare parts

Lifting strap and buddy line: Size 54: 1024179 and Size 58: 1024181  
Whistle: 1058946  
Light: 1064996 (Light) and 1065012 (clip)  
Bag prepared for instruction for size 54 red: 1013813 and size 58 blue: 1051539

*Exemple de combinaison d'immersion approuvée pour le Polar Code*

*Source: Viking Life*

Le Polar Code ne mentionne pas non plus des pics à glace qui peuvent être très utilisés pour se hisser sur la glace une fois dans l'eau. Cet équipement est obligatoire sur certains brise-glace. Il est presque impossible d'y arriver sans y ancrer un point fixe.



#### *8. Procédures liées à la réalisation de situations d'urgences réelles et d'exercices de situation d'urgence dans les glaces*

Il convient d'amender les procédures ISM concernées avec des suppléments d'action relatifs aux zones polaires, en particulier pour les situations d'urgence.

Cela peut être du matériel à rajouter ou du matériel spécifique à utiliser. Il conviendra alors aussi de modifier les fiches de rôle des personnes concernées en fonction (par exemple celles qui sont responsables des PSK et GSK).

Bien que des rondes soient effectuées régulièrement pour libérer les engins de sauvetage de la glace ou de la neige et garantir leur utilisation, il est toujours utile de se munir d'équipements supplémentaires à ces fins lors d'exercices ou de vraie situation.

L'expérience a également prouvé qu'il est bon de rappeler aux personnes de s'équiper chaudement avant de rejoindre leur poste d'urgence.

Au niveau de la situation nautique, la configuration peut être délicate en assistance par exemple et il faudra prévenir au plus vite les navires sur zone ou en convoi de toute situation d'urgence.

# G / Prévention de la pollution et de ses risques pour l'environnement

## COMMENT LE RECUEIL SUR LA NAVIGATION POLAIRE PROTÈGE L'ENVIRONNEMENT



### HYDROCARBURES

**REJETS**  
Le rejet à la mer d'hydrocarbures ou de mélanges contenant des hydrocarbures provenant d'un navire, quel qu'il soit, est interdit.

**STRUCTURE**  
Tous les pétroliers, y compris ceux d'un pont en lourd inférieur à 5 000 tonnes (navires des catégories A et B construits le 1er janvier 2017 ou après cette date) doivent avoir une double coque et un double fond.

**FUEL-OIL LOURD**  
Le fuel-oil lourd est interdit dans l'Antarctique (en vertu de MARPOL). Les navires sont encouragés à ne pas utiliser ou transporter du fuel-oil lourd dans l'Arctique.

**LUBRIFIANTS**  
Envisager d'utiliser des lubrifiants biodégradables non toxiques ou des systèmes à base d'eau pour les éléments lubrifiés en dehors de la partie immergée de la coque qui sont en interface directe avec l'eau de mer.

**ESPÈCES ENVAHISSANTES**  
**ESPÈCES AQUATIQUES ENVAHISSANTES**  
Des mesures doivent être prises pour réduire au minimum le risque de transfert d'espèces aquatiques envahissantes par le biais des eaux de ballast et de l'encrassement biologique des navires.

### REJETS I

Aucun rejet d'eaux usées dans les eaux polaires n'est autorisé (sauf dans des conditions spécifiques).

### INSTALLATIONS DE TRAITEMENT

Le rejet est autorisé si le navire est doté d'une installation de traitement des eaux usées d'un type approuvé et si le rejet des eaux usées traitées est effectué aussi loin que possible dans la pratique de la terre la plus proche, de toute banquise côtière, de tout plateau de glace ou des zones présentant une concentration de glace spécifique.

### REJETS II

• Les eaux usées qui n'ont pas été broyées ou désinfectées peuvent être rejetées à une distance de plus de 12 milles marins de tout plateau de glace ou toute banquise côtière.  
• Les eaux usées qui ont été broyées et désinfectées peuvent être rejetées à une distance de plus de 3 milles marins de tout plateau de glace ou toute banquise côtière.

### ORDURES

**MATIÈRES PLASTIQUES**  
Tout rejet de matière plastique est interdit (en vertu de MARPOL).

**DÉCHETS ALIMENTAIRES I**  
Le rejet de déchets alimentaires sur les glaces est interdit.

**DÉCHETS ALIMENTAIRES II**  
Le rejet de déchets alimentaires qui ont été broyés ou concassés (pour pouvoir passer à travers un tamis dont les ouvertures ne dépassent pas 25 mm) est uniquement autorisé lorsque le navire se trouve à une distance supérieure à 12 milles marins de la terre la plus proche, du plateau de glace le plus proche ou de la banquise côtière la plus proche.

**CARCASSES D'ANIMAUX**  
Le rejet de carcasses d'animaux est interdit.

**RÉSIDUS DE CARGAISON**  
Les résidus de cargaison et les agents ou additifs de nettoyage présents dans les eaux de lavage des cales peuvent uniquement être déchargés si : ils ne sont pas nuisibles pour le milieu marin, le port de départ et le port sautier de destination se trouvent tous deux à l'intérieur des eaux arctiques, et aucune installation de réception adéquate n'est disponible dans ces ports. Les mêmes prescriptions s'appliquent pour la zone arctique en vertu de MARPOL.

### REJETS II

Le rejet de substances liquides nocives ou de mélanges contenant de telles substances est interdit dans les eaux polaires.

### RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

LE RECUEIL INTERNATIONAL DE RÈGLES APPLICABLES AUX NAVIRES EXPLOITÉS DANS LES EAUX POLAIRES ENTRERA EN VIGUEUR LE 1ER JANVIER 2017.

LE RECUEIL S'APPLIQUE AUX NAVIRES EXPLOITÉS DANS LES EAUX ARCTIQUES ET ANTARCTIQUES, COMPLÉMENT AUX PRÉSCRIPTIONS EXISTANTES DE MARPOL.

LE RECUEIL VEUT ASSURER LA SÉCURITÉ DE L'EXPLOITATION DES NAVIRES ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT EN TRAITANT LES RISQUES SPÉCIFIQUES QUI EXISTENT DANS LES EAUX POLAIRES ET NE SONT PAS COUVERTS PAR D'AUTRES INSTRUMENTS.

### DÉFINITIONS

**CATÉGORIES DE NAVIRES**  
Il existe trois catégories de navires conçus pour être exploités dans les eaux polaires :

- A**) dans au moins de la glace moyenne de première année
- B**) dans au moins de la glace mince de première année
- C**) dans des eaux libres ou dans des conditions de glace moins rigoureuses que celles des catégories A et B

**BANQUISE CÔTIÈRE** : glace de mer qui se forme et reste fixe le long de la côte, où elle est attachée soit au rivage, soit à un mur de glace, soit à une falaise de glace, entre des hauts fonds ou des icebergs échoués.

**PLATEAU DE GLACE** : glacier plat flottant, d'une épaisseur considérable, qui émerge de 2 à 50 m ou plus et est fixé à la côte.

## 1. Code polaire et protection environnementale

La sécurité concerne indirectement la protection des eaux polaires mais les actions de protection directement légiférées sont celles de la MARPOL et reprises dans la partie II du Polar Code.

Nouvelles règles de prévention de la pollution dans les régions polaires

Le Code polaire contient 5 chapitres sur les mesures de prévention de la pollution par :

- les hydrocarbures : il est posé le principe d'interdiction de tout rejet à la mer d'hydrocarbures ou de mélanges contenant des hydrocarbures provenant d'un navire, quel qu'il soit (sauf les rejets du ballast propre ou du ballast séparé) dans les eaux arctiques. Des normes de construction particulières à respecter sont également fixées pour les navires construits après le 1<sup>er</sup> janvier 2017 ;

- les substances liquides nocives transportées en vrac : tout rejet à la mer de substances liquides nocives (NLS) ou de mélanges contenant de telles substances est interdit dans les eaux arctiques. De plus, dans certaines conditions, le transport de NLS dans des citernes à cargaison à bord doit être soumis à l'approbation de l'administration ;
- les substances nuisibles transportées par mer en colis;
- les eaux usées des navires : les rejets d'eaux usées dans les eaux polaires sont interdits, sauf s'ils sont effectués conformément à l'Annexe IV de la convention MARPOL et à certaines prescriptions fixées par le Code polaire (critères de broyage ou de désinfection des eaux usées et critère de distance de tout plateau de glace ou de toute banquise côtière) ;
- la pollution par les ordures : dans les eaux arctiques, le rejet d'ordures à la mer, autorisé conformément à la règle 4 de l'Annexe V de la convention MARPOL, doit satisfaire aux prescriptions additionnelles fixées par le Code polaire : conditions de distance, de broyage ou de concassage, interdiction du rejet des déchets alimentaires sur les glaces, interdiction de tout rejet de carcasses d'animaux, autorisation du rejet de résidus de cargaison qui ne peuvent pas être récupérés en vue de leur déchargement uniquement lorsque le navire est en route et sous certaines conditions.

L'OMI rappelle que les navires exploités dans les environnements Arctique et Antarctique sont exposés à un certain nombre de dangers particuliers comme la glace, les conditions météorologiques extrêmes, les périodes d'obscurité, la latitude élevée qui affecte les systèmes de navigation, l'isolement ainsi qu'au risque de polluer cet environnement polaire vulnérable.

Le Code polaire a ainsi été élaboré pour compléter les instruments de l'OMI existants et couvrir l'ensemble des questions de conception, de construction, d'équipement, d'exploitation, de formation, de recherche et de sauvetage, et de protection de l'environnement relatives à l'exploitation des navires dans les eaux inhospitalières qui entourent l'Arctique et l'Antarctique.

Il impose aux navires, à leurs systèmes et à leur exploitation des exigences supplémentaires qui sont plus contraignantes que les prescriptions actuelles de la convention SOLAS, de la convention MARPOL et d'autres instruments obligatoires pertinents de l'OMI. Toutefois, précision que le Code polaire ne fait que compléter ces deux conventions internationales, qui continuent donc de régir la navigation maritime dans les régions polaires.

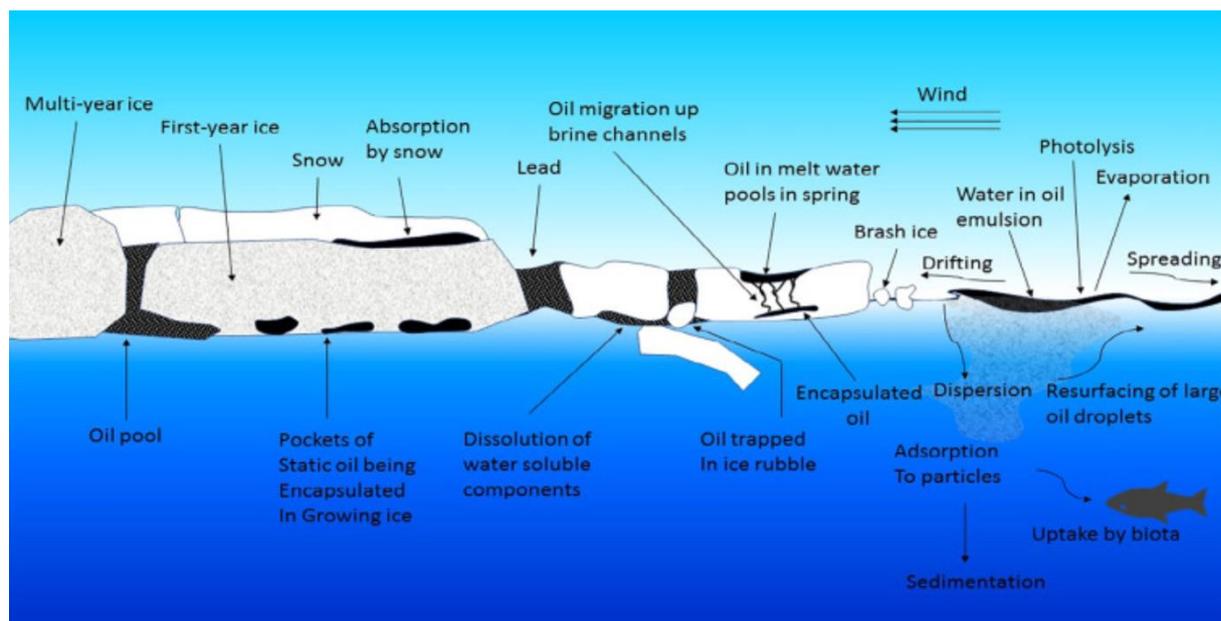
## ***2. Limitation du matériel de lutte***

La lutte antipollution en eau recouverte de glace est plus complexe qu'en eau libre. En effet le matériel est plus difficile à mettre en place et les conditions de navigation sont complexes aussi. Certains matériels ne sont pas forcément adaptés et utilisables (buvards, barrages etc...)

Il faut donc que la compagnie prévoit une évaluation du risque pollution dans son ISM et prévoir des mesures adaptées pour la contenir.

De plus en plus de navires utilisés par des opérations polaires SAR comme des brise glaces s'équipent de matériel de lutte SOPEP adapté aux glaces.

Encore une fois, l'analyse du paysage glaciaire et de la dérive des glaces est essentiel pour la stratégie de lutte anti-pollution dans la mesure où le comportement et la forme de la matière polluante dépend directement de la glace.



Aujourd'hui les solutions les plus efficaces sont :

\*Mécanique. Certains navires sont équipés de pelles/grue ou autres moyens de manutention capable de récolter la glace ou la neige polluée. C'est le cas de beaucoup de brise glaces ou coast guards qui peuvent physiquement récolter la glace souillée puis la contenir dans des capacités de stockage énormes.

Les solutions mécaniques sont les plus saines et celles que l'on essaie de développer et d'optimiser. En revanche elles sont difficiles à mettre en œuvre et la lutte est souvent longue.



\*Chimiques. La recherche avance pour créer des dispersants efficaces sur la glace aussi.

\*Combustion in situ. Cette méthode est très controversée puisqu'elle pollue l'air mais permet d'éviter des catastrophes sur la biodiversité des pôles. La combustion "in situ" du fuel est maîtrisée par la glace environnante qui contient le feu. Cette méthode est un dernier recours et les recherches ainsi que la réglementation tend à la faire disparaître.



### 3. *Plan de gestion des déchets*

La gestion des déchets est prévue dans la MARPOL et le POLAR CODE qui définissent également les zones où aucun rejet n'est toléré (c'est le cas de l'Antarctique par exemple). Ensuite les réglementations locales s'appliquent pour toutes les régions polaires appartenant à un état ou sous la gouvernance d'un état.

### 4. *Conséquences d'une pollution*

La pollution a des conséquences directes en zone polaire, terre vierges et sauvages. La biodiversité (faune et flore) peut rapidement être impactée. La pollution par comburant est celle qui nous paraît la plus importante lorsque l'on parle du secteur maritime mais en réalité la pollution de plastique est un phénomène de plus en conséquent. En effet les courants maritimes ramènent beaucoup de déchets plastiques en zone polaire. Il se trouve que presque 50% des déchets plastiques retrouvés en zone polaire semblent être issus des navires de pêche.

Il faut sensibiliser les équipages et les passagers à leur impact environnemental dans ces zones vierges.

L'augmentation du trafic dans ces zones augmente également le risque de pollution.

**Sources :**

*Fremføring av skip , Norvald*  
*Isbrytarutbildning (ice breaker training manual) , Sjöfartsverket*  
*Polar ship operation , nautical institute*  
*The ice navigation manual, witherby seamanship*  
*Handling ship in ice, nautical intitute*  
*Imo.org*  
*Baltice.org*  
*Swedish Basic and advanced polar code training manual*  
*Ice management manual, Sjöfartsverket*  
*Ice navigation in Canadian waters, Canadian coast guards*  
*Winternavigation, Sjöfartsverket*  
*Recherche Ice Tech*