

## **DEVELOPPEMENTS OFFSHORE EN ZONES ARCTIQUES – SPECIFICITES DE CONCEPTION DE LA COQUE ET DES SUPERSTRUCTURES**

**Caroline LE FLOC'H**

DORIS Engineering – Ingénieur Projet, Architecture Navale et Opérations  
Marines – Paris (France)

### SOMMAIRE

La découverte de nouveaux champs pétroliers et gaziers dans les zones arctiques a conduit au développement de supports flottants adaptés pour le forage, l'extraction et la production dans ces régions particulièrement hostiles.

La conception de la coque de ces unités flottantes ainsi que l'opérabilité des Superstructures et des équipements de production de surface doivent intégrer de nouvelles contraintes liées à ces conditions extrêmes.

L'objectif de ce mémoire est de présenter les conditions environnementales et climatiques constatées dans ces zones et leur traduction en termes de conception de la plateforme, en ce qui concerne les équipements de production et installations de surface, le dimensionnement et les formes de coque, ainsi que les principes pour déconnecter la plateforme de son ancrage en cas de charges de glace pouvant compromettre l'intégrité de la plateforme.

Pour cela, le présent article s'appuiera sur l'étude de développement du champ gazier offshore de Shtokman situé en mer de Barents.

### SUMMARY

The discovery of new oil and gas fields in the Arctic areas has led to the development of floating supports adapted for drilling, extraction and production in these particularly hostile regions.

The design of the hull of these floating units and the operability of the Superstructures and the surface production equipment shall take into account new constraints linked to these extreme conditions.

The purpose of this paper is to describe the environmental and climatic conditions observed in these areas and their implications on the platform design, concerning the production equipment and surface installations, the hull sizing and hull shapes, as well as the philosophy chosen for the platform disconnection.

In this objective, the present report is based on the development study of the Shtokman offshore gas-condensate field located in the Barents Sea.

## 1. INTRODUCTION

Depuis quelques décennies, des campagnes d'exploration ont mis en avant la présence d'importantes ressources d'hydrocarbures dans la zone nord du globe, pouvant vraisemblablement représenter jusqu'à un quart des ressources mondiales restantes. Ces réserves sont d'autant plus intéressantes qu'elles sont sur le principe accessibles aux industries pétrolières et gazières internationales.

La découverte de ces nouveaux champs pétroliers et gaziers dans les zones arctiques a conduit au développement de supports flottants adaptés pour le forage, l'extraction et la production d'hydrocarbures dans ces régions particulièrement hostiles.



Figure 1 : Réserves et zones potentielles d'exploitation d'hydrocarbures en régions arctiques

La conception de la coque de ces unités flottantes doit donc intégrer de nouvelles contraintes liées à ces conditions extrêmes. Il en est de même pour l'opérabilité des Superstructures et des équipements de production de surface, qui doit prendre en compte des conditions climatiques inhabituelles.

L'objectif de ce mémoire est de décrire les conditions environnementales et climatiques observées dans les zones arctiques et leur traduction en termes de conception, que ce soit pour des plateformes de type FPU (Floating

Production Unit – unité flottante dédiée à la production) ou de type FPSO (Floating Production, Storage and Offloading unit – unité flottante pour la production, le stockage et le déchargement des hydrocarbures).

Plus particulièrement, le mémoire détaillera les spécificités dues aux conditions environnementales extrêmes, dans un premier temps en ce qui concerne les équipements de production et installations de surface, puis pour le dimensionnement et les formes de coque, et enfin les principes et la philosophie retenue pour la déconnexion de la plateforme en cas de présence de glace menaçant l'intégrité de la structure.

Le présent mémoire se réfère à l'étude qui a été conduite pour le développement du champ gazier offshore de Shtokman, situé à 610 km au large de Murmansk, en mer de Barents.

Le réservoir de gaz, situé à 2 000 m sous la surface du sol, est estimé à 3 700 GSm<sup>3</sup> et couvre une zone géographique d'environ 1 400 km<sup>2</sup>.

Le champ sera développé en trois phases. La production de gaz est censée débuter en 2013, avec une production de gaz estimée à 70 million Sm<sup>3</sup> par jour pour chaque phase.

SDAG (Shtokman Development AG), détenu par Gazprom, Total et Statoil, sera l'opérateur pour le développement de la première phase du champ de gaz et condensats de Shtokman.

Les installations offshore pour ce développement consistent en :

- une plateforme flottante avec des formes de navire,
- ancrée par le biais d'un touret interne,
- et connectée au système de production sous-marin via des lignes de production et des ombilics de contrôle d'équipements.

Les effluents seront traités à bord par des installations de surface situées sur le pont du navire, puis envoyés à terre par des lignes de transfert de grand diamètre.

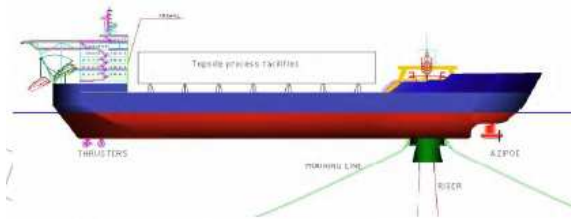


Figure 2 : Plateforme de type FPU : coque ; touret avec les lignes de production et les lignes d'ancrage ; installations de production de surface et quartiers vie

## 2. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES ET CLIMATIQUES EN ZONES ARCTIQUES

### 2.1. Présentation et localisation du champ gazier de Shtokman

La zone du champ de gaz et condensats de Shtokman est située dans la partie est de la Mer de Barents, à environ 260 km de Novaya Zemlia et 600 km au nord-est de Murmansk (Russie), à une latitude de 73° N. Les profondeurs d'eau du site varient entre 300 et 340 m.

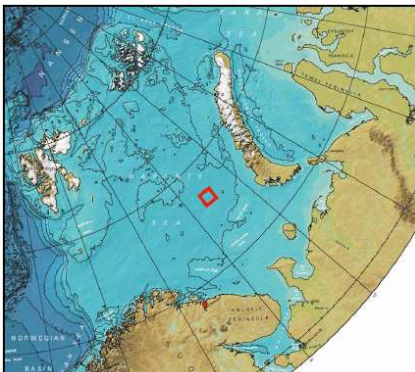


Figure 3 : Plan de la Mer de Barents – carré rouge : champ de Shtokman, point rouge : Murmansk

Les défis que doit relever le développement de ce champ sont son isolement, son éloignement des côtes, et des conditions environnementales particulièrement rigoureuses.

En ce qui concerne les conditions météorologiques et océanographiques, le vent et les vagues peuvent être presque aussi sévères que ceux constatés dans la partie nord de la Mer du Nord, mais avec des défis supplémentaires liés à la présence d'une couverture de glace sur la mer et d'icebergs dans le voisinage du champ.

### 2.2. Conditions climatiques du site de Shtokman

La zone de Shtokman subit un environnement arctique sévère. En fonction des saisons, les conditions atmosphériques varient beaucoup. Elles sont caractérisées par les éléments décrits ci-dessous.

#### 2.2.1. Ensoleillement

La latitude très nord du champ de Shtokman engendre une absence de rayonnement solaire pendant la nuit polaire, et des rayonnements solaires à basse altitude en été durant le jour polaire. Le site connaît donc de longues périodes d'obscurité durant les mois d'hiver.

#### 2.2.2. Températures de l'eau et de l'air

Les installations et équipements situés dans cette région peuvent être sujets à des températures de l'air ambiant et de l'eau très faibles.

La température mensuelle moyenne de l'air est de -6.7°C en février, le mois le plus froid, avec des températures extrêmes pouvant descendre en-dessous de -35°C.

La température de l'eau varie avec les saisons : le maximum de la moyenne mensuelle est constaté en août, et la valeur moyenne minimale est observée en mars. Le maximum absolu peut dépasser 9°C et le minimum absolu peut descendre sous la barre des 0°C à la surface de l'eau.

#### 2.2.3. Humidité, vent, précipitations et neige

Une humidité relative de l'air élevée peut être constatée, spécialement en été. La valeur annuelle moyenne de l'humidité relative est proche de 80%, variant entre 74 et 90%.

Des nuages, de la bruine et du brouillard, des précipitations, des tempêtes et chutes de neige abondantes entraînent des épisodes fréquents de faible visibilité. La quantité maximale de précipitation a lieu entre octobre et février, avec une moyenne de 70 mm par mois. Le taux de neige est quant à lui supérieur à 50 cm par mois entre décembre et mars.

Par ailleurs, de forts vents froids avec passage de cyclones sont également observés dans la zone.

## 2.3. Conditions de glace

### 2.3.1. Présence et fréquence de la glace dans la région de Shtokman

La zone peut être recouverte d'une couche de glace ; elle est également connue pour ses icebergs. En effet, il n'est pas rare de constater la présence de banquise, de débris et blocs de glace, ou plus sporadiquement d'icebergs de taille importante.

Il est estimé que la couverture de glace sur la mer se produit une fois tous les trois ans. Il a été par ailleurs observé que la couverture de glace apparaît en moyenne à la fin du mois de mars et disparaît à la fin du mois de mai, avec une période de glace d'une durée moyenne de 58 jours.

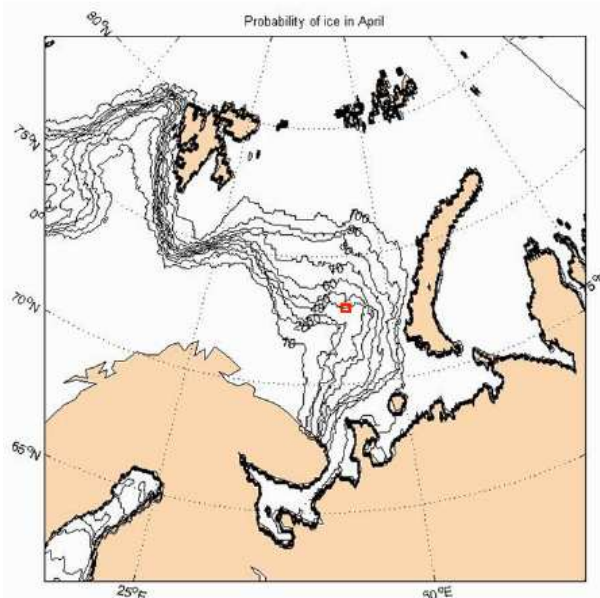


Figure 4 : Probabilité de « glace d'un an » à la fin du mois d'avril (%)  
(Kvingedal, 2005, Ref. [1])

### 2.3.2. Description des différents types de glace

Différents types de glace peuvent être observés, que l'on peut différencier et catégoriser par leurs propriétés physiques, morphologiques et mécaniques. Le fait que plusieurs types de glace apparaissent sur le site rajoute une difficulté supplémentaire pour le concepteur d'une plateforme, puisque les formes des supports flottants devront être adaptées à ces divers types de glace.

La couverture de glace qui existe sur le champ de Shtokman consiste principalement en une glace de « première année » (glace qui ne dure qu'un an). Cette glace se présente soit sous forme de banquise (couche d'épaisseur uniforme), soit sous forme de blocs ou débris de glace.

Cependant, quelques morceaux de glace de « seconde année » (glace qui subsiste pendant deux ans) ont également été observés dans la région, représentés par des fragments de 20 à 100 mm de diamètre, gelés dans la glace de première année.



Figure 5 : Différents types de formations de glace : glace de « première année » (image de gauche) ; icebergs pris dans la banquise (images de droite)

Comme expliqué plus haut, les formations de glace peuvent être constituées d'un ensemble de débris de glace amalgamés entre eux. Ils forment alors un plus gros bloc de glace, qui se décompose en trois parties : une couche d'épaisseur homogène, dite « couche consolidée », des crêtes émergées au-dessus de cette couche, et des quilles immergées en-dessous. La couche consolidée fait en moyenne 1.5 m d'épaisseur en conditions centennales, et peut atteindre jusqu'à 2.8 m en certains endroits. Les quilles présentes dans les blocs de glace de première année en conditions centennales ont, pour leur part, une hauteur moyenne de 15 m environ, et peuvent atteindre 21 m localement.

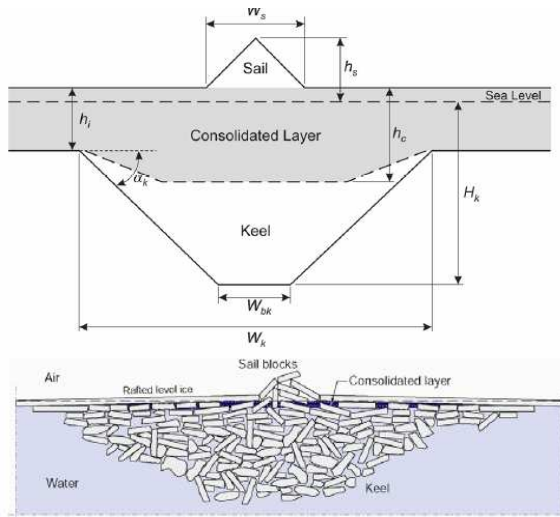


Figure 6 : Illustrations schématiques d'un bloc de glace typique

### 2.3.3. Icebergs

Des icebergs sont également de passage dans la zone de Shtokman. Cependant, la probabilité de collision avec une structure est faible (0.4 collisions en 100 ans).

Les deux tiers environ des icebergs observés en Mer de Barents sont des fragments d'icebergs (moins de 11 000 t). Cependant, certains gros icebergs peuvent atteindre 3 millions de tonnes.

Il faut également noter que 44% des icebergs observés sont imbriqués dans la banquise. C'est un aspect important à prendre en compte lors des opérations de la plateforme, étant donné que les icebergs pris dans la banquise sont alors beaucoup plus difficiles à détecter que lorsqu'ils dérivent isolés sur la mer.



Figure 7 : Comparaison entre les tailles d'un FPU de 300 m, d'un fragment d'iceberg (11 000 t) et d'un iceberg (1 million t)

### 2.3.4. Dérive de la glace

Les éléments de glace et les icebergs sont gouvernés par le vent et les courants. De plus, les icebergs libres de dériver dans l'eau sont également affectés par le mouvement des vagues. Les vents du Nord étant prédominants

en automne et en hiver, ils engendrent le déplacement des glaces des régions du nord vers le sud.

Par ailleurs, il est important de souligner que la dérive des blocs de glace voit souvent des changements de direction très soudains.

## 3. PROTECTION DES EQUIPEMENTS POUR LEUR OPERABILITE SOUS CONDITIONS EXTREMES

Afin de réduire au maximum les plages de temps où l'accès aux équipements est rendu limité voire impossible en raison des conditions climatiques, il est nécessaire de prendre des mesures d'aménagement afin de parer aux effets de ces conditions extrêmes. L'ensemble de ces dispositions est usuellement regroupé sous le terme anglais de « winterisation ».

Concernant les équipements de production et les installations situées sur le pont de la plateforme, les principes suivants doivent être appliqués :

- Toutes les zones de production doivent être couvertes d'un toit afin de protéger des chutes de neige
- Les zones sans risque d'explosion doivent être fermées, chauffées et ventilées mécaniquement
- Les zones où un risque d'explosion dû au gaz existe doivent rester ouvertes. Il est donc nécessaire que les équipements présents soient maintenus à une température compatible avec leur fonctionnement
- Il faut mettre en place des dispositifs de chauffage afin d'éviter que les équipements, planchers et ponts gèlent suite à des projections d'eau de mer à bord
- Des systèmes de chauffage doivent être également mis en place pour les produits stockés dans les cuves, au niveau des prises et échappements d'air, des décharges d'eau de mer, pour les divers équipements et machines, etc...
- Les canalisations doivent être isolées thermiquement. De plus, elles doivent

pouvoir être réchauffées (avec de la vapeur, des passages de fluides chauds ou de manière électrique) si la température mesurée au niveau de la conduite est inférieure à la température optimale

- Il est nécessaire de prendre en compte l'effet des températures basses sur les dispositifs de sécurité

Enfin, des mesures de protection pour les zones ouvertes où du personnel peut être présent (plateformes de travail, zones de circulation, escaliers et échelles, etc...) doivent être prévues afin d'assurer la sécurité des personnes.

Il est à noter que toutes ces mesures de protection spécifiques aux développements en zones arctiques engendrent des poids additionnels non négligeables. Sur le FPU développé pour le champ de Shtokman, le poids total des Superstructures en opération s'élève à 66 500 t, dont 4 000 t sont dédiées à la « winterisation ».

#### **4. SPECIFICITES DE DESIGN DE LA COQUE**

Les contraintes environnementales sévères, et notamment la présence de glace dans le voisinage du site de Shtokman, impliquent une conception spécifique de la coque. Il s'agit donc de définir une coque résistant aux charges de glace et aux éventuels impacts, de part sa structure et ses formes, tout en garantissant un compromis acceptable en terme de tenue à la mer.

Le dimensionnement structurel de la coque et de l'ancrage est donc défini de telle sorte qu'ils résistent à un seuil de charges préalablement défini, en termes de pressions locales de glace ou d'impacts de blocs de glace. Au-delà de ces limites structurelles, il a été choisi de déconnecter la plateforme de sa bouée d'ancrage afin d'éviter tout risque pour la sécurité des personnes et l'intégrité de l'unité flottante. En effet, la conception d'une coque et de son ancrage résistant à toutes les conditions de glace possible sur le site de

Shtokman conduirait à des solutions techniques irréalistes ou irraisonnables, et à un concept non rentable économiquement.

Le choix d'un support flottant déconnectable est donc un des premiers critères pour la conception de la plateforme. Cela permet de définir une unité plus légère et d'accroître la sécurité face à des efforts de glace qui restent mal connus et difficiles à apprécier.

#### **4.1. Formes de coque**

La plateforme conçue pour le champ de Shtokman s'apparente à une unité de type FPU, mais avec des formes de navire un peu plus élaborées. Etant donné que les directions de dérive des glaces sont très aléatoires et changeantes, les formes avant et arrière de la coque, mais aussi les murailles, doivent être optimisées afin de briser la glace ou lui permettre de « glisser » le long de la coque lorsque la plateforme est ancrée sur le champ. Ainsi, les sections transversales de la coque présentent des formes typiques avec redans, afin de permettre aux débris de glace de s'enfoncer sous l'eau vers la quille du navire.

Le navire étant ancré via un touret interne, il est libre de tourner autour de son point d'ancrage lorsqu'il est en opération. Les formes de coque doivent donc également permettre au navire de s'orienter au mieux suivant la direction du courant ou de dérive de la glace.

De plus, au cas où la plateforme doit se déconnecter de son ancrage si une menace de collision avec un iceberg apparaît, les formes de la coque doivent aussi autoriser une navigation sur mer sans glace, dans les deux sens d'avance (navigation par l'avant et par l'arrière du navire).

Le tableau présenté page suivante synthétise les différentes formes de carène qui peuvent être envisagées pour la conception de supports flottants dans les zones arctiques. Les formes arrière, milieu et avant peuvent être associées entre elles suivant différentes combinaisons. Les avantages et points négatifs de chacune des solutions sont décrits brièvement.

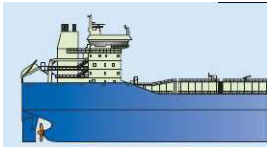


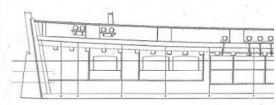



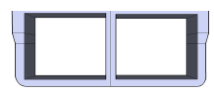

Arrière	Section milieu	Avant
<u>Arrière traditionnel :</u> 	<u>Section rectangulaire (murailles verticales) :</u>  - coefficient bloc élevé (formes pleines) - la glace s'écrase contre les murailles	<u>Brise-glace « extrême » :</u>  - capable de briser seul la glace - navigation limitée en mer ouverte
<u>Type prame</u> 	<u>Murailles inclinées :</u>  - coefficient bloc réduit - les fragments de glace ont plus tendance à s'infléchir - manœuvrabilité améliorée	<u>Brise-glace :</u>  - capable de briser quasiment seul la glace - navigation acceptable en mer ouverte
<u>Arrière brise-glace :</u>  - friction réduite	<u>Murailles avec redan :</u>  - les fragments de glace fléchissent facilement et glissent le long de la coque - manœuvrabilité améliorée - coûts de construction plus élevés	<u>Bulbe :</u>  - nécessite un couloir préalablement dégagé pour naviguer dans la glace - peut être conçu pour briser la glace dans les conditions de la mer Baltique, avec une forte puissance installée à bord

Figure 8 : Choix des formes avant, arrière et section milieu

D'autre part, des essais en bassin avec conditions de glace peuvent être prévus lors de la phase de conception. Les résultats de ces essais, associés aux études de sécurité opératoires, doivent permettre de définir les conditions environnementales limitant les opérations.



Figure 9 : Tests en bassin avec conditions de glace

#### 4.2. Exigences requises pour le touret

Comme mentionné précédemment, la plateforme est ancrée par le biais d'un touret pour permettre une libre rotation de la coque sous l'effet de l'environnement et de la glace. La position longitudinale du touret doit donc être optimisée afin d'obtenir le meilleur bras de levier sous l'effet du courant de dérive.

Par ailleurs, le touret, au niveau duquel sont connectées les lignes de production, les ombilics de contrôle d'équipements et les lignes d'ancrage, doit être positionné et conçu de manière à assurer la protection de ces diverses lignes vis-à-vis des effets de la glace. La définition du tirant d'eau minimal doit elle aussi garantir que le risque de blocs de glace glissant le long de la coque et impactant les

quilles anti-roulis, la bouée, les lignes d'ancrage et de production soit minimisé.

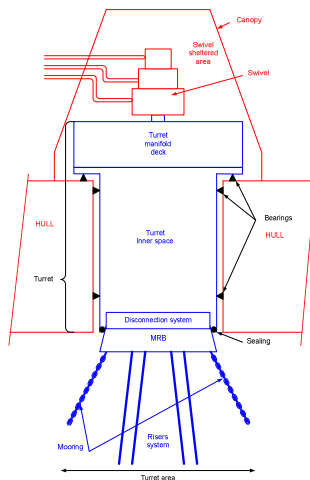


Figure 10 : Configuration du touret interne avec sa bouée

### 4.3. Structure de la coque

La coque du FPU doit être conçue de manière à résister aux conditions de glace définies dans les spécifications du projet. L'échantillonnage de la structure de la coque et de l'ancrage est ainsi basé sur des valeurs de pression locale de glace, ainsi que sur les impacts potentiels de blocs de glace.

#### 4.3.1. Dimensionnement de la structure aux charges de glace

Les efforts de glace qui doivent être considérés pour le dimensionnement structurel de la coque sont de deux niveaux : global et local. On différencie également les efforts en fonction de leur incidence et de leur intensité :

- impacts de petits éléments de glace sur l'avant de la plateforme
- pression de glace sur les murailles, la plateforme étant libre de tourner sous l'effet de cette force
- pression de glace sur les murailles, la plateforme étant bloquée en rotation
- impacts de gros icebergs

Dans les deux derniers cas, si l'amplitude des efforts dépasse un seuil de contraintes maximales préalablement défini, il y a nécessité de déconnecter la plateforme.

Les actions de glace suivantes doivent être prises en compte pour le design de la coque vis-à-vis des charges globales :

- Interaction avec une masse de débris de glace ayant été préalablement brisés
- Interaction de face avec des fragments de glace de première année
- Interaction avec la banquise venant de n'importe quelle direction, et en considérant tout changement brusque dans la direction de dérive de la glace
- Interaction avec un iceberg

Les actions de glace ci-dessous doivent être considérées pour le dimensionnement de la coque vis-à-vis des charges locales :

- Pressions locales de la glace sur une portion de carène
- Impact local d'un iceberg sur une portion de carène

Ces recommandations de design sont considérées comme représentatives de la probabilité d'occurrence des différents scénarios de glace envisageables sur le site de production. Pour toute autre condition plus sévère, les mesures de gestion des dangers de glace permettront d'y remédier, et en dernier recours, une déconnexion de la plateforme sera engagée.

Il faut noter que, comme le navire doit pouvoir manœuvrer dans un sens comme dans un autre, les formes avant mais aussi arrière doivent résister aux efforts mentionnés plus hauts.

#### 4.3.2. Charges dimensionnantes

Dans le cas d'un effort horizontal important dû à la glace, les spécifications mentionnent que le système d'ancrage soit le point le plus faible de la structure complète, et doit donc casser le premier. Cela implique les aspects suivants :

- La résistance de la bouée, du touret et de sa structure et de tous les éléments d'interface doit être supérieure à celle du système d'ancrage
- Les performances de stabilité du FPU doivent être telles que la coque ne chavire pas lorsque l'ancrage est soumis à sa charge maximale



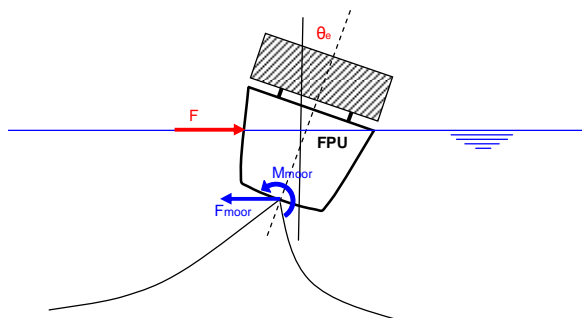


Figure 11 : Charge horizontale de glace et angle de gîte

#### 4.3.3. Double coque, zones structurales, ceinture de glace

Une double coque et un double fond sont imposés sur toute la longueur de la coque. Il s'agit d'espaces vides d'au minimum 2.5 m de largeur.

Comme mentionné plus haut en section 4.3.1, différents types d'efforts sont identifiés, en fonction de leur type, leur incidence et leur intensité. A partir de cela, il est possible de définir différentes zones pour le dimensionnement structural de la coque : zones avant subissant des impacts de glace venant de front, partitionnement vertical des murailles, etc...

En particulier, l'épaisseur de tôle de la coque et l'échantillonnage des éléments de structure autour des différents tirants d'eau opératoires doivent être surdimensionnés. Cette zone, dénommée « ceinture de glace », correspond à la partie des murailles qui doit être renforcée afin de résister aux impacts de glace dérivant sur l'eau.

D'autre part, afin de garantir une bonne protection contre la corrosion et l'érosion, le matériau utilisé pour cette portion de coque doit être de l'acier revêtu.

Enfin, les décharges d'eau de ballast vers l'extérieur doivent être situées au-dessus du niveau supérieur de la ceinture de glace pour des raisons évidentes de gel.

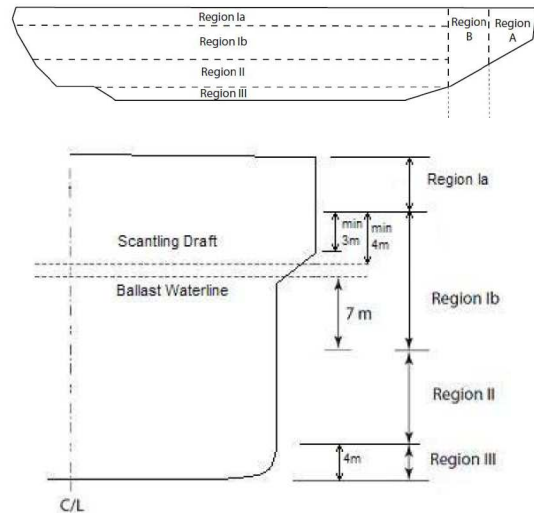


Figure 12 : Exemple de définition des zones structurales de la coque (en longitudinal et en vertical)

Du fait de l'existence du phénomène de changement de direction de la dérive des blocs de glace, aussi bien l'avant que l'arrière de la coque peuvent subir l'action de la glace. L'avant et l'arrière seront donc dimensionnés de la même façon.

## 5. GESTION DES CHARGES DE GLACE ET DES MENACES DE COLLISION – NOTION DE DECONNEXION

### 5.1. Principe de la déconnexion et reconnexion

Le système de déconnexion est composé des éléments suivants :

- Une bouée déconnectable, située dans la partie basse du touret, et qui inclut le système de lignes de production, les ombilics et les lignes d'ancrage
- Tous les systèmes intégrés dans le touret qui assurent les fonctions de déconnexion structurelle

- Des systèmes de connexion / déconnexion rapide (QCDC) qui assurent en temps normal le transfert des fluides et des informations entre le système de production sous-marin et la plateforme, et permettent d'effectuer une déconnexion individuelle des lignes de production et des ombilics lors d'une déconnexion de la plateforme

Un fois déconnectée de sa bouée d'ancrage, la plateforme est donc libre de tout amarrage et peut s'éloigner de la menace de glace, manœuvrée aux moyens de propulseurs. Une fois le danger passé, la plateforme pourra se reconnecter à sa bouée d'ancrage, à l'aide de ces mêmes propulseurs qui assurent alors le positionnement dynamique de la coque au-dessus de la bouée.

Lorsqu'elle est déconnectée, la bouée doit s'enfoncer d'elle-même sous l'eau jusqu'à sa position d'équilibre, et ainsi maintenir les lignes de production et d'ancrage à un niveau tel qu'elles ne soient pas atteintes par un impact de glace, mais sans qu'elles touchent le fond.

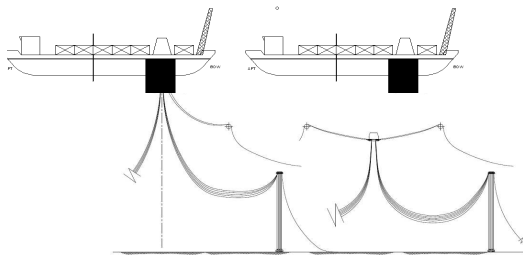


Figure 13 : FPU en opération (à gauche) et déconnecté (à droite)

## 5.2. Menaces de glace, philosophie de déconnexion

Une philosophie de déconnexion doit être définie, qui spécifie les seuils opératoires d'alerte et de déconnexion, en termes de taille d'iceberg, de vitesse d'avance du bloc de glace et de direction de dérive.

### 5.2.1. Types de déconnexion

Deux types de déconnexion peuvent ainsi être mis en avant :

- Déconnexion planifiée (la plus courante, lorsque le danger est détecté suffisamment

tôt pour que la procédure de déconnexion se passe de façon contrôlée)

- Déconnexion d'urgence (si la menace de glace ne laisse pas le temps nécessaire pour toutes les étapes normales de déconnexion planifiée)

### 5.2.2. Description des menaces de glace

Les dangers potentiels dus à la présence de glace et qui doivent être constamment surveillés et enregistrés afin de garantir le bon déroulement des opérations sont les suivants :

- Changement de direction de la dérive des éléments de glace
- Fragments de glace coincés sous la coque qui peuvent endommager les lignes de production et les ombilics
- Impact de gros blocs de glace
- Interaction d'icebergs avec les lignes d'ancrage
- Impact local d'iceberg sur la coque
- Charges globales de glace sur l'ancrage

### 5.2.3. Philosophie de déconnexion

Afin de parer aux dangers, ou de préparer une opération de déconnexion le cas échéant, la gestion des charges de glace repose sur une détection et une surveillance des dangers, ainsi que sur la définition de zones de menace avec leurs frontières propres.

La surveillance des éléments de glace consiste à évaluer au mieux leur taille, morphologie, vitesse d'avance, etc... Ces menaces sont alors traduites en temps restant entre la position de la menace et la position de la plateforme, et ce temps est comparé à la durée prévue pour effectuer toutes les opérations de déconnexion.

On peut ainsi définir, de la plus lointaine à la plus proche de la plateforme, les zones suivantes :

- Zone de surveillance générale
- Zone d'évaluation du danger
- Zone de management de la glace

- Zone de protection
- Zone de déconnexion d'urgence
- Zone d'exclusion (rayon de 500 m autour de la plateforme)

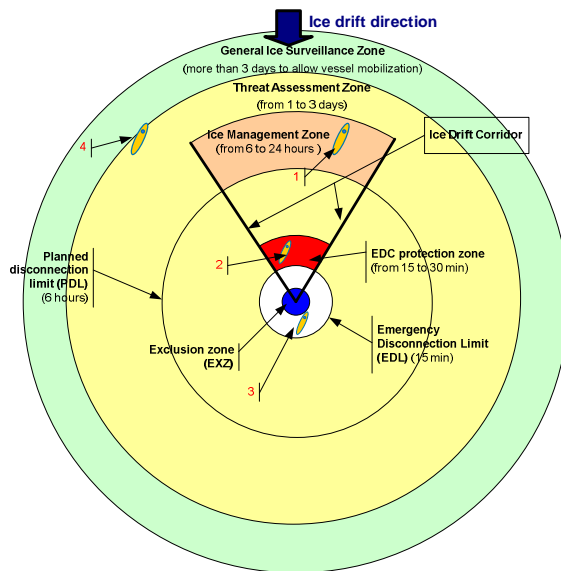


Figure 14 : Zones de gestion des menaces de glace et limites de déconnexion autour du FPU

La déconnexion planifiée est basée sur une durée de 6 heures pour effectuer l'ensemble des étapes, alors que la déconnexion d'urgence peut être faite en 3 minutes environ.

Il est bien entendu déterminant que les séquences de connexion et de reconnexion de la plateforme se déroulent le plus rapidement possible, afin de limiter le temps d'arrêt de la production.

### 5.3. Gestion des dangers de glace

En amont de la déconnexion, des opérations visant à détruire ou réduire le danger, regroupées sous le terme anglais « d'ice management », peuvent être envisagées :

- Systèmes (externes à la plateforme) pouvant briser la glace emprisonnant la plateforme en fragments assez petits, afin de libérer le FPU et autoriser de nouveau sa libre rotation
- Systèmes (externes à la plateforme) pouvant briser la glace afin de réduire les charges de pression sur la coque et l'ancrage
- Les propulseurs de la plateforme elle-même peuvent également être utilisés pour briser ou dégager la glace dans le voisinage de la coque
- Présence de bateaux dédiés (type brise-glaces) pouvant dévier et remorquer des icebergs



Figure 15 : Propulseurs permettant de briser des blocs de glace en plus petits fragments

## 6. CONCLUSION

La zone arctique est une des dernières frontières quant à l'exploration des ressources énergétiques, mais c'est en même temps la plus méconnue. C'est une région qui, pour être exploitée, requiert une forte expertise technologique.

Avec la hausse du prix des hydrocarbures, les projets d'exploitation de ces ressources sont désormais plus rentables et réalistes.

De nombreux développements pétroliers et navals ont vu le jour récemment dans ces régions arctiques. Ils ont posé de nouveaux défis technologiques pour la conception de supports flottants en conditions extrêmes, et ouvert de nouvelles discussions entre opérateurs pour les années à venir.

## 7. ACRONYMES

FPSO :	Floating Production, Storage and Offloading unit
FPU :	Floating Production Unit
GSm <sup>3</sup> :	Giga Standard mètre cube
QCDC :	Quick Connect DisConnect
SDAG :	Shtokman Development AG

## 8. REFERENCES

- [1] B. Kvingedal – Sea Ice Extent and Variability in the Nordic Seas, 1976-2002 – The Nordic Seas: An Integrated Perspective, AGU Geophysical Monograph Series No. 158 – W. American Geophysical Union, Washington DC – 2005
- [2] Captain K. Backstrom – 3<sup>rd</sup> Aker Arctic Passion Seminar – Frontier Drilling USA Inc. – Helsinki – Mars, 2008
- [3] A. Kjærnes – 3<sup>rd</sup> Aker Arctic Passion Seminar – Moving Forward in the Arctic: Shtokman, Paving the Way – Helsinki – Mars, 2008
- [4] R.-A. Suojanen – 3<sup>rd</sup> Aker Arctic Passion Seminar – A Pioneering Evolution of Arctic Tankers; from “Tempera” to Admiralty NB 02750 “Michael Ulyanov” and Sovcomflot’s “Vasily Dinkov” on the Way to Arctic LNG – Helsinki – Mars, 2008