

Transcription revue et corrigée par l'auteur de la 559^e conférence de l'Université de tous les savoirs donnée le 29 octobre 2004.

HIBERNIA : une plate-forme pétrolière
Par Michel Vaché

Hibernia est la première plate-forme conçue dans le monde pour résister aux impacts d'icebergs, et c'est la seule à exister à ce jour. D'autres plates-formes ont été conçues pour des zones sujettes aux icebergs, mais dans le but de les éviter. Il s'agit de plates-formes flottantes dont on largue les amarres lorsqu'un iceberg se fait trop menaçant. Plus de 15 000 personnes ont travaillé sur ce projet de par le monde avant qu'il soit mis en opération.



Le projet

DORIS Engineering est une société d'ingénierie para-pétrolière depuis environ 35 ans. Elle est à l'origine de la première plate-forme en béton en mer du Nord. Depuis, nous avons réalisé un certain nombre de projets pionniers dans le domaine para-pétrolier, dont la plate-forme Hibernia.

L'île de Terre-Neuve se situe dans l'estuaire du Saint Laurent et sa superficie représente à peu près un tiers de celle de la France. Le site d'Hibernia en lui-même se trouve au large de la côte Est du Canada dans l'océan Atlantique à 300 km de St. Jean de Terre-Neuve, (St John's) sur « les grands bancs », une ancienne zone de pêche. Plusieurs champs ont été découverts qui représentent des réserves relativement importantes. La profondeur est de 80 mètres. Cette zone affronte des conditions naturelles difficiles : de nombreuses tempêtes, des vagues pouvant atteindre 30 mètres de hauteur, et des icebergs provenant du Groënland pouvant déplacer jusqu'à dix millions de tonnes et atteindre une vitesse de 5 km/h. Ces conditions constituent une menace pour l'exploitation du pétrole en mer. Toutes ces données vont être

intégrées dans des modèles statistiques. Le sol sableux présente de plus des lentilles d'argile non favorables à la stabilité de la plate-forme sur le sol. En effet, Hibernia est une transposition adaptée à la glace des plates-formes gravitaires réalisées au cours des années 1970 pour le développement de la mer du Nord, ce qui signifie qu'elle repose sur le sol au fond de la mer, et est stable par son poids (d'où le nom de structure à embase-poids).

Le développement

Les forages ont permis d'identifier en 1979 deux nappes de pétrole : une dans les grès d'Avalon, par 2500 m de profondeur et une dans les grès d'Hibernia par 3 500 m de profondeur. Les champs se présentent sous la forme d'une "éponge" constituée de sable et de grès contenant du pétrole. L'extraction d'hydrocarbures va nécessiter un support fixe (ou flottant) ainsi que des puits déviés. Sur Hibernia, des puits déviés ont été forés horizontalement, ce qui a permis à partir d'un point fixe de drainer un champ sur un rayon de 15 km. A l'époque, les réserves avaient été évaluées à 500 ou 600 millions de barils de pétrole. Elles sont aujourd'hui estimées à 800 millions de barils. Ce volume constitue la quantité de pétrole récupérable avec les méthodes actuelles mais les réserves elles-mêmes sont de 3 milliards de barils. L'évolution des techniques permettra peut-être un jour d'augmenter le rendement d'extraction.

L'objectif de production avait été fixé à 110 000 barils par jour. Aujourd'hui, 180 000 barils sont produits quotidiennement et la production peut atteindre 220 000 barils en pic.

La durée de vie d'Hibernia est d'une trentaine d'année. L'opérateur a décidé que cette structure devrait résister aux impacts d'icebergs et qu'elle porterait hors d'eau un pont comprenant tous les équipements de forage et de production, mais aussi la base vie.

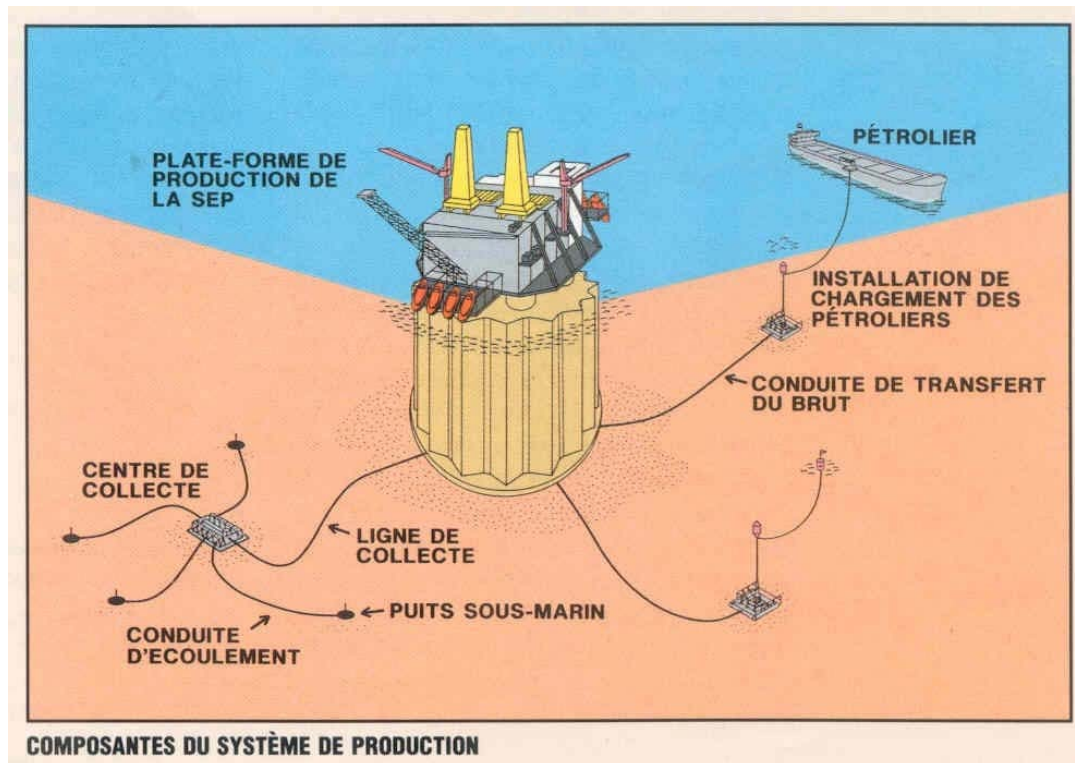
Le but de cette plate-forme est de protéger le pont et ses équipements contre les icebergs et les vagues. Elle se trouve une trentaine de mètres au dessus du niveau de la mer. Elle doit aussi stocker du pétrole car il n'y a aucune infrastructure pétrolière (pipeline) dans cette zone. La question s'est posée de l'évacuation du pétrole par un pipeline jusqu'à la terre, mais cette idée a été écartée du fait de la présence d'icebergs, ce qui aurait nécessité l'enfouissement du pipeline à 10 mètres de profondeur avec un coût exorbitant. Il y a donc un système de chargement autonome à proximité de la plate-forme. L'installation de chargement est une bouée sub-surface qui va permettre à un pétrolier navette de mouiller de temps en temps et de prendre la cargaison stockée à l'intérieur du réservoir. Cette bouée est reliée par un pipeline posé sur le fond de la mer sur 3 km (les risques vis-à-vis des icebergs sont donc bien moindres que sur 300 km) pour rejoindre la côte. L'ensemble du système comprend un certain nombre de vannes à la fois sur la plate-forme et sur la bouée de chargement, ce qui permet d'arrêter la production en cas d'endommagement du pipeline par un iceberg. Les pétroliers vont ensuite déposer leur cargaison dans un terminal sur l'île de Terre-Neuve. Elle est reprise par des pétroliers plus gros qui l'acheminent alors dans des raffineries nord-américaines.

Le pont repose sur des colonnes. Des tubes de forages descendant à travers ces colonnes se dispersent ensuite dans le sol pour aller drainer les nappes. Le stockage s'effectue par le déplacement huile eau : quand du pétrole est importé, de l'eau est chassée à la mer, et de l'eau est rentrée lorsque du pétrole est exporté par le système de pipeline et de bouée de chargement. Le réservoir est donc toujours plein de liquide et sans phase gazeuse ; tout autour de ce réservoir et des colonnes se trouve une enceinte circulaire qui est ballastée en eau et également en ballast solide qui donne à la structure son poids final sur le sol.

La capacité de stockage demandée par le client était de 1,3 millions de barils (une semaine de production), les bateaux ne pouvant pas prendre le chargement tous les jours, ainsi qu'une capacité d'export vers la bouée de chargement de 50 000 barils par heure. La densité du produit est de 0,84 et sa température de 45°C (il faut maintenir une température élevée car sinon il risquerait de figer).

Il est prévu que le champ puisse être agrandi en y connectant des têtes de puits sous-marines ou en les connectant à d'autres plates-formes par l'intermédiaire de conduites, sortes de pipelines posés sur le fond marin. Pour raccorder ces pipelines d'export ou d'import de produits pétroliers, des tubes en j descendant sur toute la hauteur de la plate-forme à travers les colonnes et s'ouvrant en bas à la mer équipent la plate-forme.

Le déroulement de l'opération, qui constitue le sujet de cette conférence, a consisté à fabriquer le pont dans un site de construction et la structure en béton à embase poids séparément puis de faire l'assemblage en flottaison des deux structures et d'emmener le tout au site de production. Le poids du pont au remorquage fait 39 000 tonnes et le poids du pont en opération fait 60 000 tonnes (l'équivalent de dix fois la tour Eiffel).



Le montage du projet

Une structure à embase poids s'imposait car un stockage tampon était nécessaire du fait de l'absence d'infrastructures de pipelines existant. Les opérateurs y ont réfléchi à deux fois, car les coûts d'investissement importants rendaient le projet tout juste rentable économiquement à l'époque. Les études prenaient en compte un baril à 18 \$, et le baril est descendu en cours de projet à 12 \$ le baril. Aujourd'hui, bien sûr, c'est très rentable.

Le chômage est très important à Terre-Neuve, et la décision d'installer cette plate-forme a été facilitée grâce à une fiscalité favorable, du fait de la volonté politique d'installer une économie pétrolière et para-pétrolière dans l'est canadien, en vue de reproduire le boom économique de la mer du Nord dans les années 1970.

L'opérateur s'appelle HMDC (Hibernia Management and Development Company). C'est un consortium composé de trois majors pétroliers nord Américains et de deux autres petits opérateurs ainsi que de la province de Newfoundland et Labrador. DORIS était associé au constructeur qui a construit la structure gravitaire et non à celui qui a réalisé le pont. En revanche, DORIS a réalisé le *mating*, c'est-à-dire l'assemblage entre la structure en béton et le pont. Le constructeur, NODECO (Newfoundland Offshore Development Contractor) créé en 1988, comprend deux filiales de sociétés françaises de travaux publics de l'époque et deux

filiales canadiennes. Concrete Products est le représentant industriel local, le fabricant de béton et le fournisseur des agrégats de St. Jean de Terre-Neuve. DORIS Engineering s'occupe de toute l'ingénierie et du management des opérations marines.

Le champ a été découvert en 1979, et MOBIL, le leader du consortium HMDC, nous a donné les premières études de faisabilité en 1984, puis une nouvelle étude d'essai en bassin en 1986 et a lancé un appel d'offre en 1988. Nous avons remporté le contrat avec une solution innovante face à un projet concurrent. Il s'est passé 10 ans entre la découverte du champ et le lancement véritable du projet. Le projet a été signé en 1990, les études ont été lancées tout de suite à Paris, puis une partie de l'équipe s'est déplacée à Terre-Neuve, et l'équipe a alors compris jusqu'à 350 ingénieurs et techniciens. Le contrat a été gagné notamment grâce à l'attention que NODECO a apportée au partenariat local (le fait de donner du travail aux populations locales). Dans notre contrat nous avons pour obligation de faire un transfert de technologie en formant des anciens pêcheurs à devenir des charpentiers pour les coffrages, des ferrailleurs pour la mise en place des armatures, des bétonneurs pour la mise en place du béton.

La structure

La structure elle-même se présente sous la forme de quatre colonnes qui supportent le pont, deux colonnes par lesquelles descendent les tubes de forage, et au travers desquelles on va forer à partir de deux derricks, une colonne utilité qui va rester sèche avec tous les équipements qui sont le cœur du stockage qui comprend tous les systèmes de pomperie, de mesure et de gestion du stockage et une couronne extérieure dentée. Cette couronne représente la véritable innovation : les efforts de glace étant proportionnels au volume de glace écrasé au cours d'un choc mais également à la surface projetée du front d'impact, le rôle des dents est de créer un gros volume d'écrasement tout en minimisant la surface d'impact. C'est l'originalité de cette couronne qui est constituée d'un mur extérieur de 1,40 m d'épaisseur sur un diamètre extérieur de 105 m et un diamètre intérieur de 70 m. Un réseau de voiles en V et en X permettent de trianguler le système, ce qui fait que tout impact à n'importe quel point de la couronne extérieure descend les charges vers les fondations sans pour autant créer de sollicitations importantes des colonnes qui supportent le pont hors d'eau. 2X32 puits seront forés au fur et à mesure de la vie de la structure à l'intérieur des colonnes. Le stockage est divisé en six compartiments opérables indépendamment les uns des autres. La structure sort de l'eau pour que même les petits icebergs ne viennent pas heurter les colonnes, mais cela conduit à des efforts de houle importants. La structure va donc être stabilisée au sol par du ballast solide sous forme de minerai de fer déversé dans les 80 cellules de la couronne extérieure.

La construction de la structure

Il n'était pas possible de construire l'ensemble de la structure à sec, car elle aurait eu à la fin un tirant d'eau de 60m, ce qui aurait nécessité le creusement d'une excavation de 60 m de profondeur, à un coût exorbitant. L'ingénierie a donc consisté à déterminer la partie de base pouvant être construite à sec pour la mettre ensuite en flottaison pour terminer l'ensemble de l'ouvrage. Une cale sèche a été spécialement aménagée sur la côte, isolée par deux talus de terre. Une fois la structure suffisamment avancée (une vingtaine de mètres de hauteur sur les murs extérieurs avec un tirant d'eau d'une quinzaine de mètres et un franc bord de quelques mètres pour ne pas être inondée en cas de clapot), les talus sont excavés. La structure flotte alors et elle est remorquée sur un mouillage dans un site profond abrité sur la côte de Terre-Neuve à proximité de la cale sèche. La construction se continue à flots. La structure s'enfonce petit à petit dans l'eau, au fur et à mesure que les voiles montent en coffrage glissant. De temps en temps un peu de ballast solide sous forme de sable ou de minerai de fer ou liquide

est rajouté pour assurer sa stabilité et réduire la hauteur au dessus de l'eau pour pouvoir y accéder plus facilement. Enfin la toiture et les colonnes sont construites.

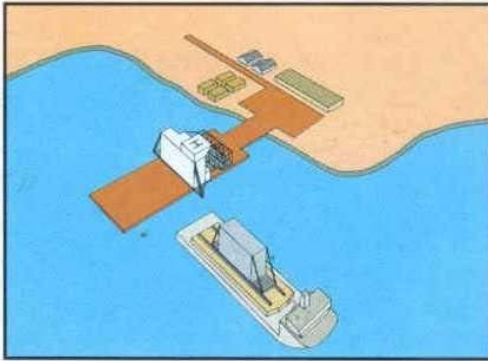
Le pont est construit parallèlement à l'embase (du support). Il est fabriqué en modules réalisés dans des chantiers à travers le monde. Il y a eu cinq gros modules, pesant chacun entre 3 et 5 000 tonnes : l'un a été fabriqué à Terre-Neuve, les quatre autres à l'étranger : deux en Italie, et deux en Corée.

Pour l'assemblage de ce pont, un quai artificiel a été réalisé sous forme de caissons préfabriqués qui sont construits parallèlement à la structure. Les modules amenés de l'étranger sur des cargos barges et ripés sur le quai sont assemblés côte à côte, pour donner la structure finale de pont. Il est ensuite transporté au dessus de l'embase partiellement immergée, et positionné très précisément. Une fois l'embase déballastée, tout s'assemble. L'ensemble une fois connecté et réceptionné est remorqué sur le site.

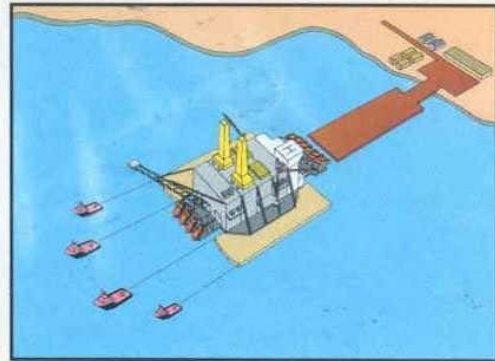
L'ensemble de cette structure est relativement complexe. Différentes analyses ont donc été réalisées, notamment une analyse aux éléments finis par éléments volumiques (280 000 nœuds, 800 000 degrés de liberté, 354 charges élémentaires qui comprennent les différents stockages à différents niveaux avec les températures associées, différents chocs d'icebergs dans toutes les directions). La technique des super éléments (une technique de résolution efficace qui réduit les temps de calcul) a été utilisée. La structure a été analysée dans ses deux phases principales : celle où elle est construite en cale sèche et celle lorsqu'elle est installée sur le fond de la mer. Chaque point, ou groupe de calcul, a fait l'objet de plusieurs centaines de milliers de combinaisons de charges, aussi bien pour les états de service que pour les états limites ultimes.

Le constructeur voulait qu'une fois à flots, l'érection des colonnes se fasse le plus vite possible pour que ces équipements soient mis en place rapidement. Cependant si le centre était trop chargé, la flottabilité n'était plus assurée. Il fallait donc remonter les voiles à l'extérieur pour que l'on garde un franc bord et une flottabilité suffisante. Une séquence de construction a été imaginée pour que la construction soit la plus rapide possible. Toutes les phases ont été simulées par des petits modèles aux éléments finis, en tenant compte de l'enfoncement de la structure à flots, des nouveaux matériaux qui y étaient apportés, de la différence de module d'élasticité entre les différentes couches, de béton et des phénomènes de fluages afin d'évaluer comment se redistribuaient les efforts dans la structure, de façon à ne pas créer des points critiques préjudiciables à l'intégrité de l'ouvrage.

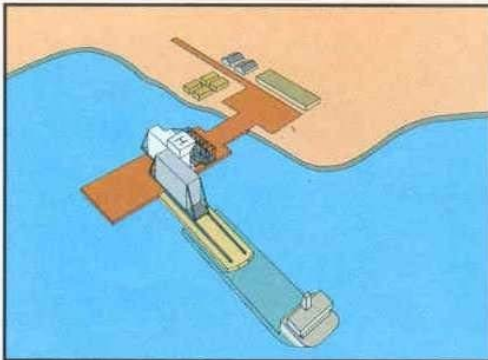
CONSTRUCTION ET ASSEMBLAGE DES INSTALLATIONS DE SURFACE



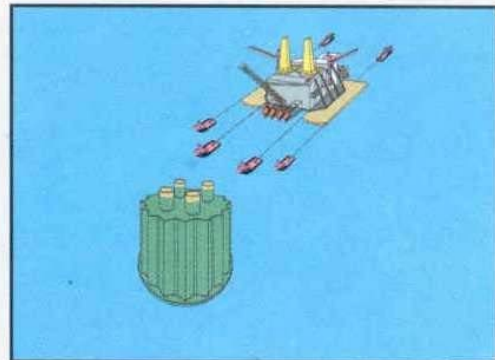
1. TRANSPORT DU MODULE



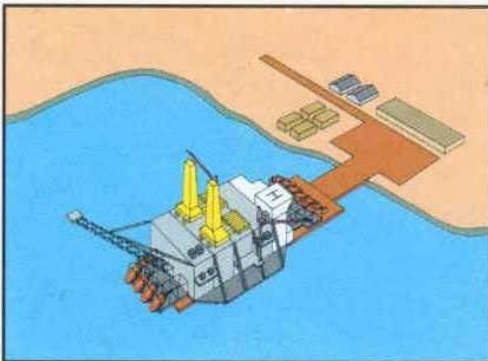
4. REMORQUAGE



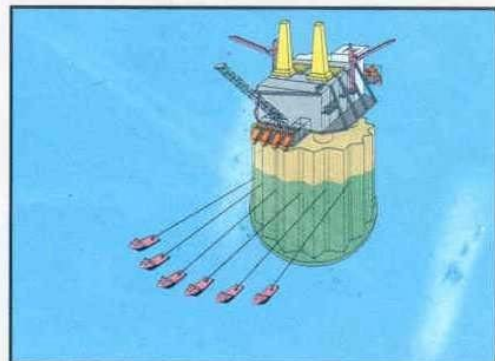
2. ASSEMBLAGE DES INSTALLATIONS DE SURFACE



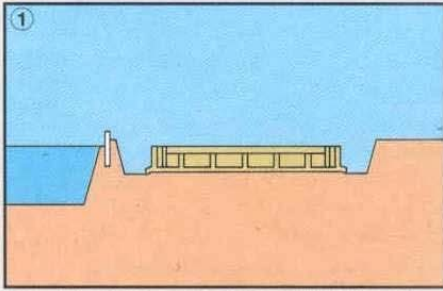
5. OPÉRATION DE MONTAGE



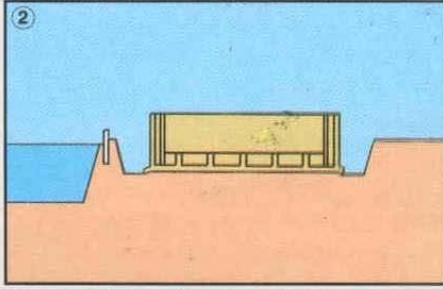
3. INSTALLATIONS DE SURFACE ACHÉVÉES



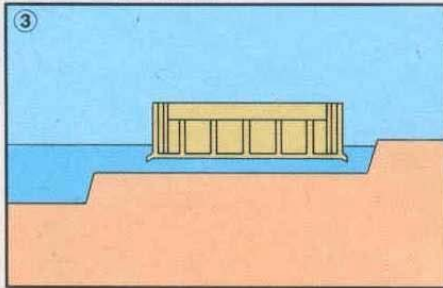
6. REMORQUAGE VERS LE SITE HIBERNIA



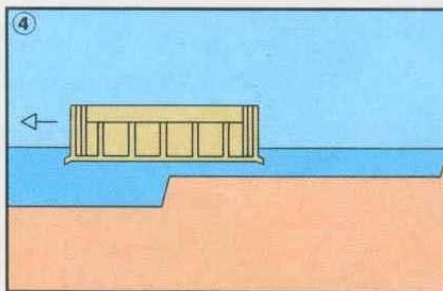
① CONSTRUCTION DE LA BASE FLOTTANTE EN CALE SÈCHE



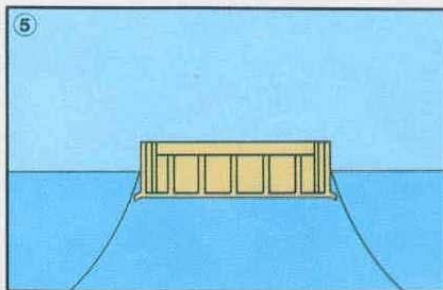
② FAÇONNAGE PAR GLISSEMENT DES PAROIS INTÉRIEURES INFÉRIEURES



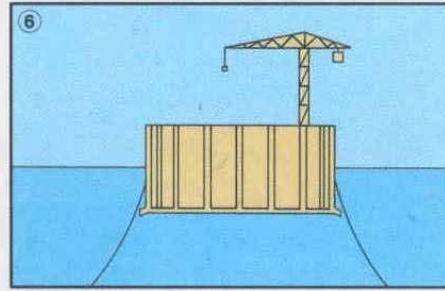
③ ELIMINATION DU BÂTARDEAU



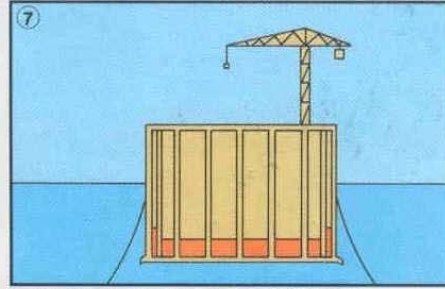
④ MISE À L'EAU



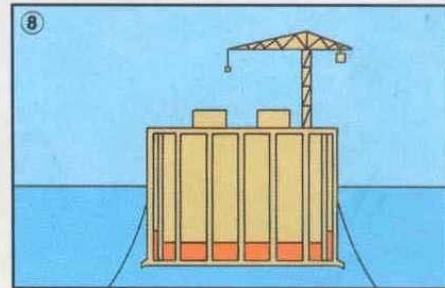
⑤ AMARRAGE AU SITE EN EAU PROFONDE



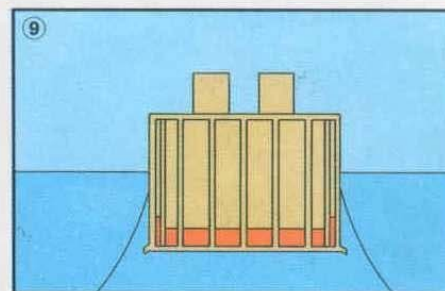
⑥ FAÇONNAGE DU CAISSON



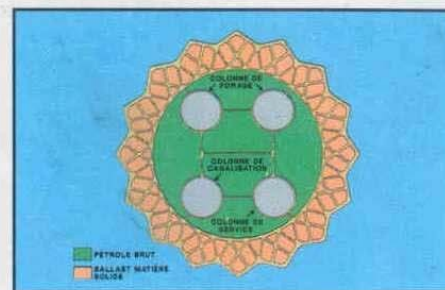
⑦ CONSTRUCTION DE LA DALLE SUPÉRIEURE



⑧ FAÇONNAGE PAR GLISSEMENT DES COLONNES



⑨ SEP ENTièrement CONSTRuite



COUPE HORIZONTALE DE LA SEP

■ PÉTROLE BRUT
■ BALLAST MATIÈRE
■ POLICE

Quelques chiffres

Plus d'un million d'heures d'études ont été nécessaires pour l'ingénierie de la structure d'embase. La pression d'icebergs envisagée est de 6MPa (600 Twingos empilées sur une table de cuisine). Les efforts d'iceberg extrêmes (130 000 tonnes appliqués n'importe où sur l'extérieur de la structure) sont très concentrés, mais moins pénalisant pour la stabilité globale de l'ouvrage au sol que les efforts de houle (150 000 tonnes). 165 000 m³ de béton ont été utilisés dans lesquelles sont intégrés 90 000 tonnes d'acier : une moyenne de 500-550 kg/m³ avec des zones qui étaient ferraillées à plus de 1000 kg/m³. A titre d'exemple, un pont comprend souvent entre 150 et 200 kg/m³ et un bâtiment, de l'ordre de 60 à 70 kg/m³. 7 000 tonnes d'acier de précontrainte ont été nécessaires, 500 000 tonnes de ballast sous forme de minerai de fer, dont 50 000 tonnes mises en flottaison, et 450 000 tonnes installées en mer une fois la plate-forme posée sur le fond. La plate-forme a un déplacement et un poids quand elle est flottante de 600 000 tonnes, ainsi qu'un poids apparent sur le sol de 600 000 tonnes également, ce qui représente environ 1,3 million de tonnes dans l'air.

La construction à sec en cale sèche « *dry dock* »

Bull Arm, le bras de mer dans lequel a été construite la cale sèche (le *dry dock*) se trouve à 150 km de St. Jean de Terre-Neuve, au fond de la baie de Trinité qui ouvre sur la mer côté Est, à quelques kilomètres de la trans-canadienne, bref, au milieu de nulle part. Tout un chantier a été construit de toutes pièces. Un camp (base vie) a été créé avec des baraquements sous forme de cabines préfabriquées, avec piscine, cinéma, ainsi que toutes les nécessités de récréation pour recevoir plus de 3 000 personnes. Le *dry dock* a été étanché à l'aide de deux barrages en terre car cette zone était durant l'été sujette aux icebergs. C'est à proximité de ce site que se trouvait le quai d'assemblage du pont ainsi que le site en eau profonde où a été réalisé la construction à flot et l'assemblage.

Sous la plate-forme se trouvent des petites bèches en béton de deux mètres qui pénètrent dans le sol afin de créer des compartiments entre le sol et la surface de la plate-forme, le sol n'étant pas forcément plat. Ces compartiments sont ensuite remplis d'un coulis de ciment de manière à assurer une portance uniforme de la plate forme pour ne pas créer de point dur. Le fond de l'excavation est à -16,5 m sous le niveau de la mer. Les tubes des futurs puits de forage sont bétonnés et il n'y a pas de ferrailage à l'intérieur, pour que les foreurs puissent par la suite forer les puits. Des coffrages ont été posés sur les bèches préfabriquées pour réaliser la dalle inférieure. Parallèlement des caissons ont été construits pour fabriquer les éléments du quai d'assemblage du pont. En raison des efforts importants, les zones de ferrailage sont très denses et 80 % des aciers utilisés sont des barres de très gros diamètre. Toute une logistique a été mise en place avec des rampes d'accès pour les camions. Les lignes d'ancrage sur lesquelles la structure sera mouillée durant la construction à flot étaient au nombre de six, identiques, composées de maillons en acier de 13 cm de diamètre et mesurant chacun un mètre. Au fond des cellules se trouvent tous les équipements de ballastage et de tuyauterie qui vont servir à la fois pour les opérations marines, le ballastage pendant le transport de la structure et pour gérer le stockage huile-eau une fois que la structure sera en service. Ces chantiers tournaient nuit et jour : il y a des jours où plus de 1 000 personnes y travaillaient en même temps. Des modèles de taille réelle de la structure ont été réalisés pour permettre aux ouvriers (souvent des anciens pêcheurs) de se familiariser avec la technique des coffrages glissants. Dans le même temps, dans un hangar, l'un des modules du pont était construit. A l'issue de la dernière période d'icebergs le talus extérieur a été enlevé et le talus intérieur renforcé avec des palplanches afin de réduire à deux mois au lieu de cinq la mise en eau et l'ouverture de la cale sèche.



La mise à flot

La partie de structure terminée en *dry dock*, elle doit être mise à flots et installée sur le site de construction en flottaison. De l'eau est pompée dans le *dry dock* pour équilibrer les pressions de part et d'autre du talus. La plate-forme est alors flottante (il aurait fallu la ballaster pour qu'elle reste posée au fond du *dry dock*), mais retenue et guidée par des piles. Le jour j lorsque tout le talus a été enlevé, on sort la plate-forme à l'aide de petits remorqueurs de port et de treuils. Ce petit morceau de plate-forme de 100 mètres de diamètre déplace déjà 120 000 tonnes avec 15 mètres de tirant d'eau. Un remorqueur de 15 à 20 000 chevaux permet ensuite de tracter la structure jusqu'au site de construction à flot. Un certain nombre de barges sont déjà accouplées à la plate-forme. Ces barges vont constituer la logistique qui va servir à construire la plate-forme à flots (des bureaux, une centrale à béton, les tuyauteries, les ferrillages,...). Une quinzaine de barges seront finalement reliées à la plate-forme à flots.



La construction de la structure à flot

Toutes les barges sont en position. Les équipes font la navette par ferry du terminal à la côte (à 1 km) jusqu'aux baraquements qui sont sur une barge, mouillée sur la structure flottante. Le site à flot présente, 150 mètres de profondeur d'eau. Trois équipes de 8 heures placent les aciers, installent les étriers, au fur et à mesure que le coffrage glissant monte à une vitesse moyenne d'1,5 mètre par jour. Les équipements (9 modules de 11 à 12 mètres de haut, pesant chacun entre 250 et 420 tonnes) sont installés dans la colonne sèche (le cœur de la plateforme) à l'aide d'une grue flottante et connectés par des équipes de techniciens. Toutes les tuyauteries ont été conçues à l'aide de logiciels de dessins 3D de manière à s'assurer qu'il n'y ait pas d'interférences entre les différentes tuyauteries qui sortent de la structure. Pour faire face aux efforts de cisaillements importants, dans le voile extérieur sous l'action des icebergs, des T barres ont été utilisées. Les aciers utilisés sont des barres de 35 mm, qui nécessitent des longueurs de recouvrement très importantes. Au lieu de cela, on a préféré utiliser des coupleurs (plus de 1,2 millions d'unités) afin de réduire les poids d'acier.

Dans les colonnes de forage se trouvent les inserts au travers desquels les foreurs vont forer les puits. Les J-tubes sont installés, ainsi que les conduites qui emmènent le brut vers les bouées de chargement. La dalle supérieure est bétonnée.

Un chemin de roulement est installé sur le toit de la structure. Une fois que l'ouvrage sera en mer, ce dernier servira à l'installation d'un chariot permettant de pomper sous forme hydraulique le ballast (le minerai de fer pulvérulent) et de le distribuer à l'intérieur des 80 cellules constituant la couronne extérieure.



Le pont

Le pont est constitué de cinq gros modules :

- le module M20 qui est le module des têtes de puits, construit à St. Jean de Terre-Neuve
- les modules M10 qui sont les modules de traitement (séparation de l'eau, de gaz, de sable, de pétrole que l'on extrait du gisement)
- le module M30 qui est le module des boues de forage, qui est situé à proximité de la zone de forage et des derricks de forage
- le module M40 qui est le module de service (climatisation, électricité)
- le quartier d'habitation (150 à 200 personnes vivent à bord en permanence)

A cela s'ajoutent des annexes : les bateaux de secours, la torchère (en cas d'incident, le gaz doit parfois être libéré et brûlé).

Le module construit sur le chantier à Bull Arm a été sorti à l'aide d'un équipage de 130 chariots autonomes téléguidés, ce qui permet de manœuvrer cette masse de plus de 3000 tonnes. Une fois les gros modules mis en place, les différents équipements comme la torchère sont mis en place grâce à une grue flottante pouvant lever jusqu'à 500 tonnes. Des barges prennent le pont de chaque côté sur des encorbellements. Ces opérations sont très lentes compte tenu des masses manipulées.

La prise de pont (ou "mating")

Une fois le pont et la structure gravitaires prêts, l'assemblage est fait. La structure gravitaire est immergée. Seuls six mètres des colonnes dépassent de l'eau, soit 1 % de flottabilité de l'ensemble. Elle a alors un tirant d'eau de 105 mètres beaucoup plus profond que le tirant d'eau auquel elle opérera (80 mètres). Cette opération permet de tester la plate-forme à la pression hydrostatique et de s'assurer qu'il n'y a pas de défaillances structurelles qui risquent de la faire imploser. Des petits remorqueurs de ports viennent installer les barges sous les encorbellements du pont qui sont spécialement renforcés pour cela. On les déballaste en reprenant tout le poids du pont. Une fois le pont repris par les barges, un remorqueur vient le prendre en charge et l'amener au dessus de la structure en béton qui a été immergée. Le pont est positionné au dessus de la structure avec des treuils, et des petits remorqueurs de ports, à 2 ou 3 cm près. La plate-forme est alors remontée par déballastage. Les remorqueurs sont toujours là par sécurité au cas où il y aurait du vent car la voilure est importante. Le contact entre le pont et les colonnes est réalisé par l'intermédiaire de ce que l'on appelle des "crushing tubes", c'est-à-dire des tubes de forte épaisseur qui s'écrasent pour redistribuer le poids du pont uniformément sur les différentes colonnes.

Le contrat a été obtenu fin 1990. La construction a commencé fin 1991. L'opération de "mating" a été réalisée en février 1997.



Le remorquage final

Le 23 mai 1997 la plate-forme est finalement prête. Toutes les connexions entre le pont et l'embase ont été faites et testées. Le jour du remorquage final, neuf des plus gros remorqueurs au monde (entre 15 et 20 000 chevaux) sont positionnés en "étoile" pour aider à sortir la plate-

forme de la baie. Les vitesses sont de 1 ou 2 nœuds. Une fois en pleine mer, les remorqueurs se redéplient pour tirer dans le même sens, avec deux remorqueurs latéraux pour contrôler les déplacements de côté et un remorqueur de secours pour faire face à une éventuelle panne d'un remorqueur d'avance. Arrivés sur le site, les remorqueurs se redéplient en étoile pour positionner la plate-forme, avec une précision extrême : par rapport à ce qui avait été prévu, la structure a été posée à moins d'un mètre, à moins d'un degré d'orientation, et avec une verticalité de 0,2 degré. Le remorquage a duré deux semaines, attente des conditions climatiques favorables comprise. La structure est ensuite ballastée en eau et posée sur le sol. Le ballast solide définitif sera installé plus tard pour donner à la structure son poids final et sa stabilité au sol.



Les à-côtés

La structure n'est pas uniquement composée de la plate-forme et du pont. Des bateaux de sauvetage insubmersibles ont été spécialement conçus pour cette zone peu clémente. Ces bateaux sont largués de la plate-forme, plongent dans l'eau et s'éloignent à quelques centaines de mètres de la plate-forme. Les employés qui vont à bord subissent des tests pour se familiariser avec ces engins de sauvetage et avec l'ensemble des consignes de sécurité.

La bouée pour l'export du pétrole est une grosse structure métallique "clouée" au fond de la mer qui comprend un certain nombre de pompes et de vannes de façon à recueillir l'extrémité du pipeline qui vient de la plate-forme et transférer le pétrole à des *tankers* "navettes".

Les *tankers* au nombre de trois, déplacent 127 000 tonnes. Ils sont à double coque, renforcée au niveau de la ligne de flottaison pour résister aux glaces dérivantes de la banquise. Ces bateaux font la navette entre la bouée de chargement et le terminal pétrolier qui se trouve sur la côte sud-ouest de Terre-Neuve.

Les navires de service sont des bateaux qui par tous les temps peuvent venir ravitailler la plate-forme. Il y en a eu trois de construits, ce qui a donné du travail à quelques centaines d'ouvriers des chantiers naval locaux.

