

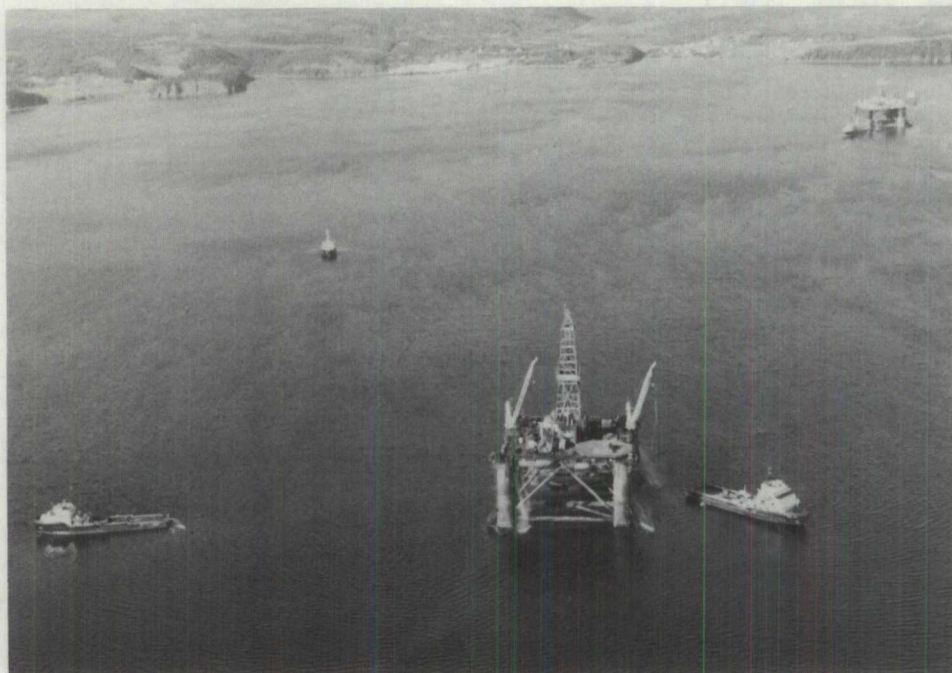
CONCEPTION ET CONSTRUCTION

CHAPITRE QUATRE CONCEPTION ET CONSTRUCTION

La conception d'une unité mobile de forage en mer est un processus visant à mettre au point une installation efficace qui puisse répondre le mieux possible aux exigences de son propriétaire, compte tenu de conditions environnementales données et dans le cadre de la réglementation pertinente et des règles établies par les sociétés de classification. L'évolution des installations de forage est soumise, et contribue, au progrès des connaissances dans de nombreuses disciplines relevant de l'ingénierie, de l'industrie et des sciences de la mer. L'ampleur qu'ont vite pris les travaux de forage et l'évolution parallèle des modèles de plates-formes destinées à être mises en exploitation dans des régions de plus en plus éloignées et dans un milieu de plus en plus hostile défient l'ingéniosité de tous ceux qui oeuvrent dans l'industrie du forage en mer ou font partie des organismes en assurant la réglementation. Pour déterminer si une MODU peut être mise en exploitation dans un milieu donné, il faut s'assurer que les méthodes et les principes appliqués à la conception des MODU garantissent un degré de sécurité satisfaisant, si les normes de construction sont acceptables et si la sécurité des opérations reste assurée dans des conditions défavorables. Une analyse des méthodes de construction confirme la possibilité d'écarts considérables dans la qualité des plates-formes, ce qui n'est guère étonnant dans une industrie dont la croissance est rapide et qui, de par son caractère international, est assujettie à des règlements différents.

À la lumière des événements tragiques qui sont survenus et par suite de l'accroissement des travaux de forage en mer dans des conditions parfois mal connues et difficiles à cerner, se pose, sur le plan pratique, le problème fondamental de la capacité des MODU d'être mises en exploitation sur le plateau continental canadien. Comme les installations qui sont exploitées dans nos eaux présentent des différences appréciables quant à leur conception, à leur construction et à leur exploitation antérieure, il faut absolument que les principes et la réglementation qui ont été appliqués aux deux premiers aspects fassent l'objet d'un examen et que l'on détermine dans quelle mesure les organismes de réglementation canadiens peuvent se fonder sur les pratiques reconnues à l'échelle internationale pour établir des normes de sécurité satisfaisantes. Il faut ensuite déterminer dans quelle mesure et de quelle façon on peut assurer et faire respecter une norme de sécurité appropriée à bord de toutes les plates-formes de forage relevant de l'autorité du Canada. Les conditions qui règnent au large de la côte est du Canada mettent les structures et les systèmes des installations de forage à rude épreuve; si les pratiques internationales actuelles ne peuvent garantir la qualité de ces installations ni leur capacité d'être exploitées dans de telles conditions, les organismes de réglementation de l'État riverain doivent chercher à obtenir cette garantie par les moyens les plus appropriés.

4.1 Sur les 12 MODU en activité au large de la côte est du Canada en mai 1985, sept étaient des semi-submersibles et cinq, des auto-élévatrices; aucun navire de forage n'était en activité dans la région à ce moment. Les submersibles n'ont jamais été employées sur la côte est, bien que des installations de ce type, renforcées contre les glaces, aient été utilisées avec succès dans les eaux relativement peu profondes de la mer de Beaufort.



Les MODU fixes comme les MODU flottantes ont prouvé leur efficacité dans les eaux à l'Est du Canada. On a ancré des navires de forage dans le détroit de Davis, dans la mer du Labrador et sur les Grands bancs; des plates-formes auto-élévatrices sont en service sur le plateau Scotian et les unités semi-submersibles sont encore les installations les plus utilisées pour le forage d'exploration au large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve. Normalement, les plates-formes flottantes favorisent la sécurité et l'efficacité des opérations dans ce climat rude du nord-ouest de l'Atlantique; elles peuvent se maintenir en position, c'est-à-dire en deçà de quelques mètres de la tête d'un puits, avec le minimum de mouvements pendant le forage et peuvent être chargées ou déchargées sans que cela ne modifie leur tirant d'eau et leur assiette. Les plates-formes auto-élévatrices, quant à elles, doivent résister à la force du vent, des vagues et des courants pendant le forage, tout en restant capables de passer en flottaison libre lorsque vient le temps de changer d'emplacement.

Un modèle de plate-forme de forage ne sera repris qu'en nombre limité, habituellement par plusieurs constructeurs, et mêmes les unités construites selon un même modèle général présenteront des différences appréciables quant aux détails, en raison de l'apport de certaines innovations technologiques ou des exigences particulières des organismes de réglementation et de chaque propriétaire. En définitive, c'est le propriétaire de la plate-forme qui doit assumer l'entière responsabilité de la qualité et de la sécurité de l'installation qu'il exploite. Toutefois, à la limite, on peut considérer que le degré de sécurité de l'unité de forage dépend également de l'apport d'autres parties, notamment aux étapes de la conception, de la construction, de l'inspection et de la certification. L'un des facteurs primordiaux à cet égard est celui du degré d'échange entre chacune des parties et de la participation de chacune à la planification, à la mise au point et à l'exploitation de l'installation.

Les ententes contractuelles conclues entre le concepteur, le constructeur et, finalement, le propriétaire ou l'exploitant peuvent prendre diverses formes. Le concepteur peut être à l'emploi du propriétaire, travailler sur un chantier naval ou pour un constructeur, ou encore être à son propre compte. Le degré et la qualité de la communication entre le concepteur de la plate-forme, le chantier naval où elle est construite et le propriétaire qui l'exploite varient pratiquement en fonction de chaque projet. Souvent, le concepteur est appelé à modifier les plans pour répondre aux exi-

4.2 Sur les 773 MODU en activité, en construction ou à l'état de projet en septembre 1984, il y avait 463 auto-élévatrices, 180 semi-submersibles, 91 navires ou barges de forage et 39 submersibles. À cette époque, c'est dans le golfe du Mexique, où 199 installations étaient en activité, qu'on retrouvait la plus grande concentration de MODU.



gences du propriétaire et du constructeur et à seconder le propriétaire dans la surveillance et l'inspection des travaux. Toutefois, son engagement peut prendre fin au moment de la vente des plans à un propriétaire ou à un constructeur (Appendice C, article 1).

Habituellement, le propriétaire de la plate-forme qui possède son propre service de conception commence par établir un ensemble de caractéristiques techniques fondées sur l'évolution prévue du marché et comportant une description des caractéristiques opérationnelles requises et des conditions du milieu où l'installation pourrait être exploitée. Souvent, la solution consiste à adapter un modèle existant dont le rendement opérationnel a été éprouvé. Lorsque cela n'est pas possible, on amorcera le processus plus long et plus coûteux de la conception d'un nouveau modèle.

Les concepteurs indépendants et ceux qui sont au service des constructeurs de plates-formes élaborent habituellement un modèle conceptuel correspondant aux caractéristiques générales des installations de forage en mer exploitées dans les différentes régions du globe et en modifient la structure au besoin, de façon à ce que ce modèle puisse être facilement réalisé dans des chantiers navals dont les moyens et l'équipement diffèrent. Les modèles conçus sont offerts aux clients éventuels en fonction des avantages qu'ils présentent sur le plan de la concurrence et des possibilités de les adapter à des exigences et à des besoins particuliers.

Quelle que soit l'entente qui lie le concepteur au constructeur et au propriétaire, il est rare qu'on sache exactement où la plate-forme sera utilisée après les premières années de service ou encore de quelle manière elle sera exploitée et entretenue. Aussi, le concepteur s'efforce-t-il de dessiner une plate-forme qui puisse fournir, en toute sécurité, un bon rendement dans les conditions les plus défavorables indiquées par le propriétaire, qui puisse être construite à un coût concurrentiel, qui réponde à toutes les exigences de la société de classification choisie et qui soit conforme aux normes édictées par le pays d'immatriculation (État du pavillon) et par les États riverains dont la réglementation pourrait s'appliquer. Entre les critères souvent contradictoires de la souplesse des opérations, de la restriction des coûts et du respect des règlements, il est toujours possible de composer en sacrifiant certains sites d'exploitation envisagés, au profit d'une position plus concurrentielle dans un marché plus sûr.

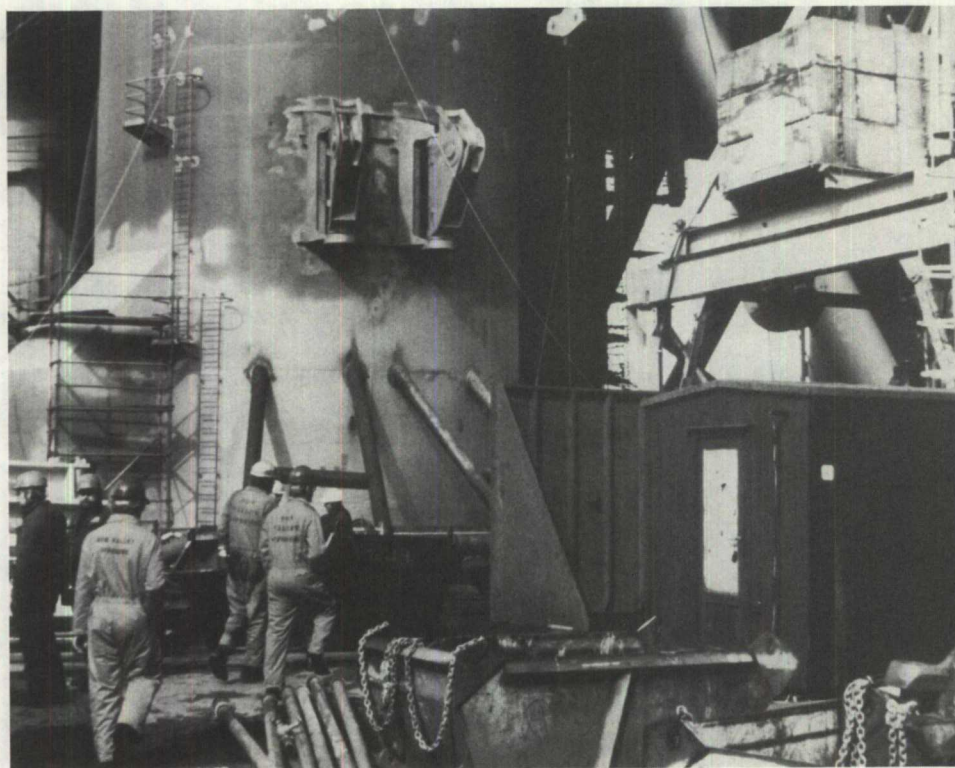
À l'instar de la plupart des projets d'ingénierie, le processus de la conception d'une plate-forme constitue un processus complexe, en plusieurs étapes, à l'intérieur duquel on peut envisager de nombreuses variantes quant à la forme de la structure et à la disposition de ses éléments. La première étape consiste à définir clairement les possibilités de l'unité de forage sur le plan opérationnel, après quoi, on élabore un modèle conceptuel. Ce concept est soumis ensuite à une analyse exhaustive, le concepteur devant faire appel à son jugement et à son expérience de même qu'à des techniques d'essai de modèles mathématiques et de modèles physiques pour en arriver au modèle optimal. On étudie la résistance et la stabilité de la structure afin de s'assurer que l'unité ne sera pas affectée par diverses charges et conditions environnementales et qu'elle est conforme aux règles de classification et aux règlements nationaux applicables. De plus, on évalue les caractéristiques relatives au mouvement pour les comparer ensuite aux critères concernant les opérations; on étudie les exigences quant à la résistance en remorquage et à la propulsion; et, enfin, on analyse les modifications à apporter au concept afin d'en déterminer l'incidence générale sur le rendement et le coût de la plate-forme. Une fois le modèle conceptuel accepté, des spécialistes en architecture navale, en techniques de construction, en génie mécanique et en génie électrique, ainsi qu'un personnel d'expérience dans l'exploitation des installations de forage élaborent un plan préliminaire. C'est, en général, à cette étape, parfois même avant, qu'on consulte les sociétés de classification. À mesure que le plan se précise, on sollicite l'approbation de principe des organismes et des groupes engagés dans la réglementation des opérations de la plate-forme, dans son exploitation et dans sa classification. Enfin, le concepteur élabore un ensemble de dessins et devis techniques afin que le propriétaire soit en mesure de lancer des appels d'offres pour la construction de l'unité de forage. Bien que cette étape puisse marquer la fin de l'engagement du concepteur d'origine, il faut bien se rendre compte que le processus de la conception est loin d'être terminé. En fait, une bonne partie du travail de conception revient au constructeur et au propriétaire. D'une part, c'est habituellement au constructeur qu'incombe la responsabilité d'élaborer tous les dessins d'exécution et plans détaillés nécessaires, et il peut le faire pratiquement sans l'intervention du concepteur initial. D'autre part, le propriétaire, en fournissant son propre équipement, influence dans les faits la conception de vastes parties de l'unité. Par exemple, c'est habituellement lui qui fournit tout l'équipement de forage et tout l'équipement de contrôle du puits.

Au fur et à mesure que progressent les travaux de conception et de construction d'une plate-forme, la société de classification choisie par le propriétaire assume une participation de plus en plus grande à titre d'organisme d'inspection indépendant. À l'étape du plan préliminaire, elle analyse la conception et accorde son approbation de principe. Une fois que le contrat de construction est signé, la société de classification dont les services ont été retenus par le constructeur¹ approuve la méthode de construction et les dessins d'exécution réalisés à partir du modèle initial et, de concert avec le constructeur, élabore un plan d'inspection et d'essai qui sera soumis à l'approbation du propriétaire. D'après les données statistiques concernant les constructions récentes et les données recueillies à la suite des vérifications annuelles, on choisit un échantillonnage de soudures à soumettre à des essais non destructifs. Les éléments et raccords dont dépend l'intégrité de la structure sont soumis à des essais distincts, plus poussés que dans le cas des sections de moindre importance.

La société de classification ne remplit la fonction de l'inspection et de l'approbation que dans la mesure où cela lui permet de faire respecter ses règles. Le propriétaire a toute latitude de formuler d'autres exigences en sus des critères d'inspection

¹Bien que ce soit le propriétaire qui choisisse la société de classification selon les règles de la concurrence, c'est généralement le constructeur qui en retient les services et en assume le coût. L'approbation, par la société de classification choisie, de l'unité de forage achevée, fait d'ailleurs l'objet d'une clause du contrat conclu entre le propriétaire et le constructeur.

4.3 La construction d'une nouvelle MODU est une opération complexe qui mobilise des centaines de travailleurs qualifiés. Durant ce processus, l'assurance de la qualité doit être de haut niveau pour garantir un niveau acceptable de sécurité.



de la société de classification et des critères de contrôle de la qualité appliqués par le constructeur. Le degré de participation des propriétaires à la supervision, à l'inspection et au contrôle de la qualité au cours de la construction varie considérablement. Ainsi certains affectent d'importantes ressources à ces fonctions alors que d'autres préfèrent s'en remettre au constructeur et à la société de classification. D'autres se situent entre ces deux extrêmes.

Pendant la construction, le plan détaillé de l'unité de forage continue à évoluer à mesure que des décisions sont prises en vue d'accélérer les travaux et d'en accroître l'efficacité, de réduire les coûts et d'améliorer la sécurité et le rendement du produit final. Toutes les modifications touchant des éléments de classification sont normalement soumises au représentant de la société sur le chantier et tous les changements à apporter sont assujettis à l'approbation du propriétaire. Souvent, ces changements feront l'objet de négociations entre le constructeur, le représentant du propriétaire et les inspecteurs de la société de classification. Même après que la plate-forme a été soumise à un test d'inclinaison ainsi qu'à des essais en cale sèche et en mer et qu'elle a reçu l'approbation de la société de classification et des organismes de réglementation nationaux appropriés, il est possible que l'armement ne soit pas terminé et que des modifications mineures soient toujours en cours lorsqu'elle arrive sur les lieux où elle sera mise en exploitation pour la première fois.

Certains documents doivent être rédigés afin d'assurer la sécurité et l'efficacité de l'unité de forage en exploitation. Bien que les organismes de classification et de réglementation n'aient pas les mêmes exigences quant à la portée, à la qualité et à l'approbation de ces documents, on doit au moins fournir au propriétaire les documents essentiels que sont le manuel d'exploitation et le dossier de construction. Le premier fera état des limites de conception de la plate-forme, des procédures à suivre pour assurer la sécurité des opérations et de tous les autres renseignements pertinents; le second contiendra l'ensemble des plans conformes à l'exécution et fournira des instructions quant à la fréquence, à l'objet et à la portée des inspections nécessai-

res pour confirmer l'intégrité structurelle de la plate-forme tout au long de sa période de service.

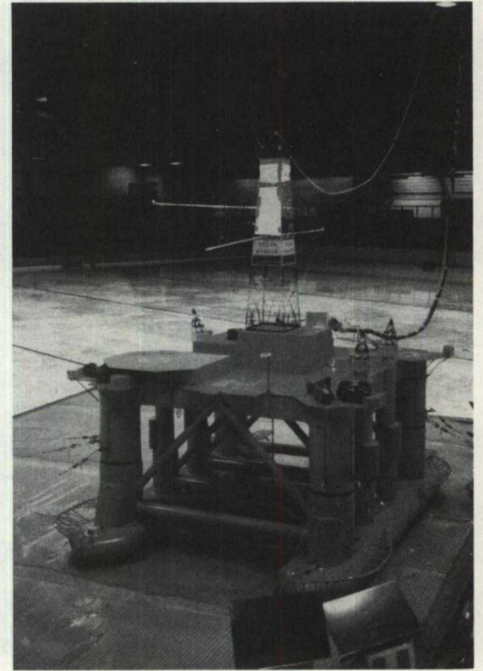
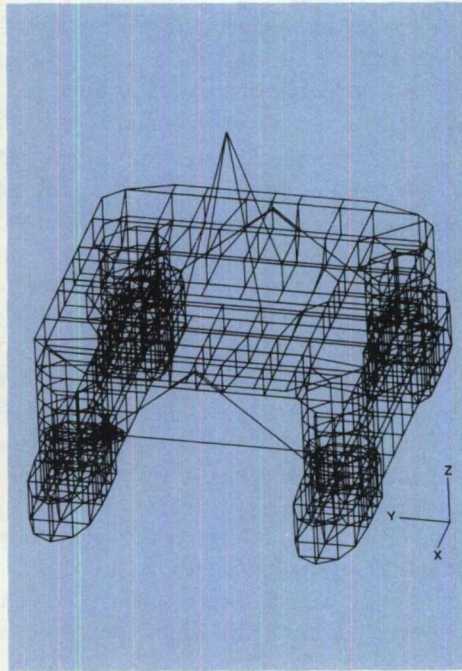
À sa sortie du chantier naval, la plate-forme ira gonfler les rangs de la «flotte» mondiale, qui compte près de 800 installations de forage. De nos jours, bon nombre sont conçues et construites en fonction d'une exploitation en milieu hostile, par temps froid et dans des eaux profondes; certaines seront mises en service dans les eaux canadiennes, tout comme d'autres plates-formes moins récentes qui font partie de la flotte actuelle. La sécurité de ces installations dépend en grande partie du soin apporté au processus de conception et de construction dont elles sont issues.

Les concepteurs, de même que les sociétés de classification qui approuvent leurs projets, rencontrent de nombreux points d'interrogation lorsqu'il s'agit de prévoir, par l'analyse détaillée du modèle, la résistance et le comportement de l'unité finie. Les limites des techniques d'analyse actuelles, le degré d'incertitude inhérent à la conversion de forces environnementales en charges et contraintes dans la structure, la possibilité de points faibles dans les matériaux et dans les techniques de construction et, à la limite, la compétence de ceux qui assureront l'exploitation de la plate-forme sont tous des aspects dont il faut tenir compte. On contourne ces difficultés en ayant recours à des facteurs de sécurité appropriés pour les membres et les raccordements de la structure dont dépend l'intégrité de la plate-forme; de plus, on y incorpore des éléments en double, de sorte qu'en cas de défaillance de l'un, les charges puissent être supportées par l'autre. Le recours aux facteurs de sécurité s'avère donc une façon de répondre aux interrogations et un moyen valable de combler les lacunes de l'analyse par l'expérience subjective.

En vertu des règles des sociétés de classification et, souvent, des règlements établis par l'État du pavillon et par les États riverains, l'installation de forage doit être capable de supporter un ensemble de conditions environnementales données. Cependant, le propriétaire éventuel peut, pour maintes raisons, imposer des conditions plus rigoureuses. Pour s'assurer, à l'essai, que le modèle répond à ces exigences, on aura recours à diverses méthodes d'analyse et de conception, certaines proposées explicitement ou exigées par les organismes de réglementation ou par les sociétés de classification, d'autres laissées à la discrétion du concepteur. Chaque concepteur, d'après son expérience personnelle, accorde plus d'importance à certaines techniques ou à certains procédés qu'à d'autres. Cependant, les techniques analytiques ou expérimentales de conversion des conditions environnementales en charges et forces appliquées à la plate-forme exigent une simplification des hypothèses qui rendent l'analyse possible et, par conséquent, engendrent un élément d'incertitude dans les résultats auxquels elles aboutissent. Du reste, il est souvent difficile de déterminer le degré de vulnérabilité d'un modèle soumis à un ensemble de conditions, toutes moins rigoureuses que les situations extrêmes prévues. Les forces maximales ne sont peut-être pas celles qui ont les effets les plus néfastes sur la structure. Les jambes de plates-formes auto-élevatrices et les poutres d'installations semi-submersibles ont déjà subi des dommages dus à la fatigue, et ce, dans des conditions de houle beaucoup moins difficiles que les situations extrêmes pour lesquelles elles avaient été conçues. C'est pourquoi le concepteur et la société de classification doivent s'entendre sur un certain nombre de cas représentant les pires charges auxquelles l'unité de forage sera exposée en situation réelle. Évidemment, il serait impensable d'analyser tous les cas possibles; de toute façon, cela n'est pas nécessaire.

Les essais de modèles physiques peuvent fournir des renseignements très utiles sur la résistance, le comportement et la stabilité d'une structure et confirmer ou compléter les résultats obtenus par d'autres méthodes, purement analytiques. Toutefois, ces essais comportent, comme dans la démarche analytique, de nombreuses limites et hypothèses destinées à simplifier le problème. Bien qu'on cherche à reconstituer les conditions réelles d'exploitation et, à une échelle appropriée, les éléments matériels qui composent la plate-forme, on ne peut reproduire la structure dans toute sa com-

4.4 Les techniques de modélisation mathématique et physique continuent d'évoluer à mesure que se développent la technologie de l'ordinateur et la compréhension du comportement des structures pleine grandeur. Cela dit, les deux méthodes comportent des incertitudes qui peuvent influencer sur le caractère sécuritaire global de la conception d'une installation.



plexité, le milieu où elle sera exploitée, ou encore l'ensemble des conditions auxquelles elle peut être exposée. En fait, la reproduction à l'échelle des facteurs nécessaires à une simulation valable pose de nombreux problèmes. On comprendra mieux les différences qui existent entre les essais sur modèle, l'établissement de modèles mathématiques et le comportement des plates-formes en situation réelle – et il sera plus facile de prévoir ce comportement – lorsqu'on se sera livré, à l'aide d'instruments de précision, à de plus amples contrôles et essais à grande échelle de MODU en service pour lesquelles il existe des données d'essais sur modèle (Appendice C, articles 2 et 6).

Des méthodes simplifiées et des critères de comparaison généraux ont été adoptés dans certains domaines où le fondement théorique de l'évaluation du comportement d'une plate-forme est insuffisant ou encore si complexe qu'on ne peut rien en tirer sur le plan pratique. C'est notamment le cas dans le calcul des forces imputables au vent et de l'inclinaison qui en résulte, en ce qui concerne les installations semi-submersibles. L'expérience a démontré que la méthode simplifiée permet d'établir une marge de sécurité raisonnable, et la comparaison entre les forces calculées à partir de cette méthode empirique et les données des essais sur modèle révèlent que ces résultats se situent un peu en deçà de la réalité. Mais ce qui est moins rassurant, c'est l'absence d'un fondement solide et rationnel en ce qui concerne ces critères de comparaison empiriques, de même que le manque de consensus quant à la façon d'envisager le problème sur le plan théorique.

De nos jours, avec l'utilisation de plus en plus répandue des aciers à grande résistance et grâce à des méthodes d'analyse structurale plus perfectionnées et, semble-t-il, plus précises, le concepteur est en mesure de réduire sensiblement le poids de l'unité de forage et d'en accroître le rendement, ce qui présente, évidemment, un avantage sur le plan commercial. Cependant, comparativement aux alliages courants, les aciers ultra-résistants exigent des méthodes et des matériaux de soudage plus raffinés, un alignement et un ajustement plus précis, ainsi que des inspections et des contrôles plus fréquents. Bien que les nouvelles méthodes d'analyse soient peut-être plus précises et permettent d'en arriver à des modèles plus efficaces, le contrôle de la qualité doit être plus rigoureux si l'on veut assurer le maintien de normes de sécurité acceptables. Aucune des méthodes connues ne peut nous assurer que toutes

les charges auxquelles une plate-forme de forage peut être soumise ont fait l'objet d'une analyse au cours du processus de conception. Néanmoins, ces méthodes analytiques nous permettent de déterminer les points critiques du processus et les éléments qui exigent une inspection approfondie.

L'avènement de nouveaux concepts et de nouvelles méthodes, notamment dans le domaine des analyses, qui sont presque toujours automatisées, permet au concepteur d'évaluer rapidement l'effet des modifications sur son modèle et sur l'ordre de grandeur ainsi que la fréquence des charges appliquées. Ces nouvelles méthodes constituent un moyen d'atténuer la marge d'incertitude inhérente aux modèles antérieurs et de réduire le poids et le coût des modèles actuels tout en améliorant leur rendement. De même, en appliquant ces méthodes, les concepteurs sont en mesure de satisfaire à des exigences tout à fait nouvelles et encore plus strictes sans avoir à modifier de façon importante leur modèle et, par conséquent, à en augmenter le coût. Toutefois, ce n'est qu'avec le temps, l'expérience et le contrôle suivi des unités en service que les nouveaux concepts et les nouvelles méthodes feront vraiment leurs preuves.

Quel que soit le genre d'analyse auquel le concepteur a recours, il est révélateur de constater que certaines des hypothèses formulées à l'appui de cette analyse franchissent le cap de l'approbation sans être contestées. Dans certains cas, cela s'est avéré désastreux. Ainsi, le naufrage de la plate-forme semi-submersible *Transocean III* dans les eaux de la mer du Nord, au large des côtes du Royaume-Uni, en 1974, fut la conséquence directe d'une hypothèse erronée concernant le transfert de charges des jambes à la structure principale. Cet accident n'a entraîné aucune perte de vie, car les membres de l'équipage avaient été évacués six heures avant le chavirement de l'installation. De même, la perte de l'unité semi-submersible *Alexander L. Kielland* dans les eaux norvégiennes de la mer du Nord, en 1980, est attribuable au fait qu'on ne se soit pas rendu compte, dans l'analyse de la structure ou au cours de la construction, qu'une ouverture pratiquée dans un élément de contreventement principal et destinée à recevoir un dispositif de support d'hydrophone serait soumise à une charge; cette erreur a entraîné le bris de l'entretoise dans des conditions en deçà des limites prévues, puis l'écartement d'une colonne entière et la mort de 123 personnes. Ces deux exemples illustrent bien la gravité des conséquences des erreurs humaines qui peuvent survenir dans ce genre d'entreprise. Le jugement professionnel n'est pas en soi un élément suffisant pour assurer un degré de sécurité acceptable et il doit être remis en question par une autorité indépendante et soumis à un examen minutieux à tous les niveaux. C'est en ce sens qu'on doit considérer comme un sérieux rappel le fait que la *Transocean III* et l'*Alexander L. Kielland* étaient toutes deux conformes aux normes de classification, avaient été approuvées par leur pays d'immatriculation respectif et inspectées par les États riverains dont relevaient les lieux de forage.

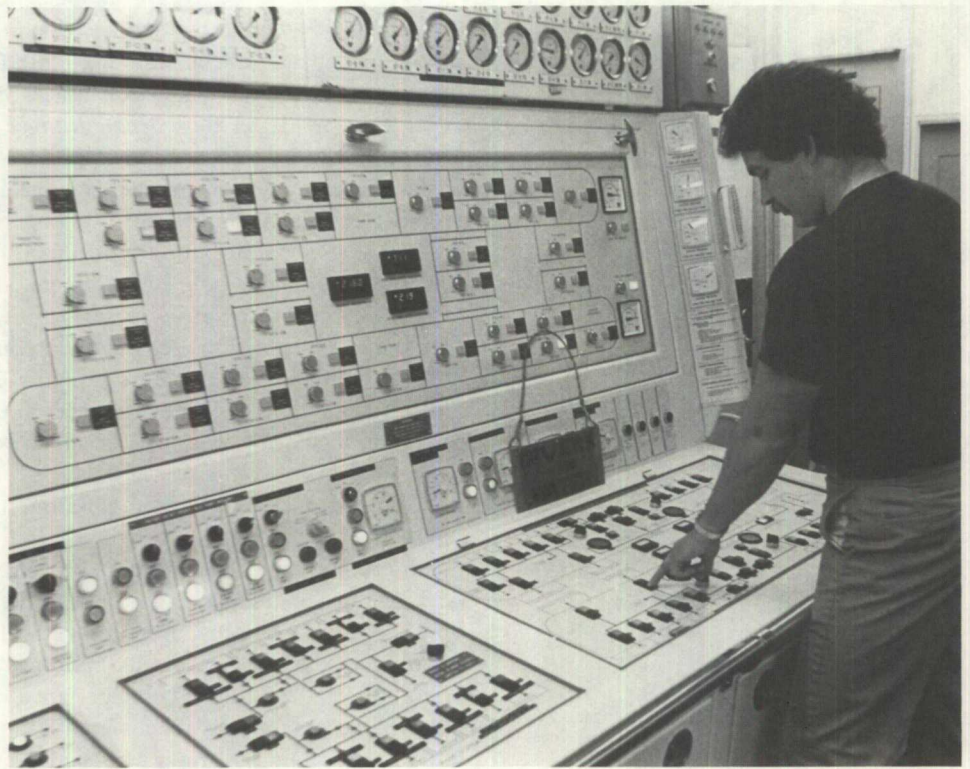
Par le choix du modèle, le propriétaire assume de fait la responsabilité d'évaluer la qualité de la plate-forme, son degré de sécurité et sa capacité de rendement. Le choix du chantier, la participation du propriétaire à la supervision et à l'inspection ainsi que la surveillance des travaux sont tous des éléments qui ont une grande influence sur la qualité de l'unité finie. Souvent, le concepteur n'a qu'un droit de regard limité, voire nul, sur le plan détaillé exécuté par le constructeur ou encore sur le choix et l'intégration du matériel fourni par le propriétaire. La portée de l'analyse de ces efforts de conception et d'armement visant à assurer la compatibilité de l'ensemble des éléments varie considérablement; les initiatives du constructeur ou du propriétaire, qui, prises individuellement, paraissent sans conséquence, peuvent introduire des déficiences imprévues dans le plan d'ensemble.

L'enquête sur le naufrage de l'*Ocean Ranger* illustre la grande influence du propriétaire et du constructeur sur le processus de conception. Les spécifications relatives à la conception de la plate-forme comportaient un devis descriptif faisant

«Il convient de rappeler aux autorités qui délivrent le certificat leur obligation de procéder à un examen critique de tous les détails de la conception et notamment de mettre en doute et de contrôler la validité de toutes les hypothèses formulées au cours de la conception; la présente recommandation prend une importance particulière dans le cas de conceptions ou de détails de conception qui font appel à des concepts inhabituels ou novateurs.»

Recommandation tirée du Report on the Loss of the Drilling Barge *Transocean III*. UK Department of Energy, Petroleum Production Inspectorate. 1975.

4.5 La complexe interaction entre les humains et les systèmes qu'ils contrôlent doit être minutieusement prise en compte au moment de la conception. Les tableaux de commande schématiques, comme le tableau de commande des ballasts ici illustré, ont été remplacés, à bord de certaines installations nouvelles, par des systèmes de contrôle par ordinateur et des terminaux de visualisation. On trouvera à l'appendice C, article 3 une analyse de quelques-uns des facteurs qui influent sur l'interaction entre l'homme et la machine.



état d'un panneau de commande des ballasts relié à des soupapes pneumatiques simples, à commande manuelle. Or, le constructeur a confié en sous-traitance la conception détaillée et le montage du panneau à une firme indépendante, qui proposa d'ajouter un système de commande électrique. Cette proposition fut acceptée par le propriétaire, qui y voyait l'équivalent du système décrit dans le devis, en dépit du fait qu'un panneau de commande manuelle moins complexe eût été installé sur les plates-formes qu'il possédait et eût déjà fait ses preuves. La vulnérabilité du système de commande électrique de l'*Ocean Ranger* en cas d'inondation est l'un des principaux facteurs qui ont contribué à la perte de la plate-forme. Celle-ci aurait-elle connu le même sort si les spécifications initiales avaient été respectées et qu'on avait installé un panneau de commande pneumatique? La réponse à cette question nous a été fournie en février 1984, lorsqu'une deuxième unité semi-submersible appartenant à ODECO, l'*Ocean Victory*, a été endommagée par les vagues au niveau de la salle de contrôle des ballasts, ce qui a causé la rupture d'un hublot et du contre-hublot et permis à l'eau de pénétrer dans la salle de contrôle. Un mémoire présenté par le *Department of Energy* du Royaume-Uni en venait à la conclusion suivante: «Il est heureux que, dans le cas de l'*Ocean Victory*, les commandes des ballasts aient été pneumatiques et que, par conséquent, elles n'aient pas été endommagées.»

L'examen du rôle du concepteur, du propriétaire et du constructeur dans la recherche de structures plus sûres, plus efficaces et plus rentables a maintes fois permis de mettre au jour des déficiences attribuables au fait qu'on n'ait pas tenu compte du facteur humain dans l'exploitation des installations de forage. Le degré de sécurité atteint en concentrant les efforts sur l'intégrité de la structure peut être considérablement amoindri si les systèmes de contrôle et l'équipement ne sont pas conçus en tenant compte de la façon dont l'opérateur reçoit les informations et y répond, de la façon de traiter et d'utiliser ces renseignements et des facteurs susceptibles de modifier ou de fausser le comportement du personnel devant les opérations critiques dont il assume le contrôle. Cette interaction de l'homme et de la machine est souvent compromise du fait que la conception et la disposition de l'équipement ne sont fondées

que sur des exigences techniques; certaines particularités du plan détaillé des systèmes dont dépend la sécurité de la plate-forme peuvent en limiter ou en empêcher le fonctionnement dans des circonstances défavorables prévisibles. L'enquête menée à la suite du naufrage de l'*Ocean Ranger* a mis au jour bon nombre de ces facteurs limitatifs. La position des soupapes principales, leur emplacement et la façon de les ouvrir ou de les fermer manuellement au besoin ne devraient pas laisser subsister la moindre équivoque dans l'esprit de l'opérateur. De plus, il faudrait reconnaître qu'en cas d'avarie et de gîte, il devient plus difficile pour quiconque d'exécuter des tâches sur une plate-forme inclinée qui bouge constamment, et en tenir compte dans la conception, la disposition et l'orientation des commandes et de l'équipement que l'opérateur doit actionner. On a rassemblé depuis de nombreuses années des connaissances dans le domaine des «facteurs humains», mais leur application à la conception des plates-formes de forage n'est pas encore pratique courante.

On ne saurait trop insister sur le rôle du constructeur dans l'évaluation finale de la qualité et du degré de sécurité de la plate-forme. Bien que, pendant la construction, ce soit à une société de classification et, souvent, au propriétaire qu'incombe l'inspection de la plate-forme, en définitive, l'efficacité de ce processus dépend dans une large mesure du programme de contrôle de la qualité établi par le constructeur, de l'ingéniosité du personnel chargé d'élaborer les plans et de la compétence des ouvriers. Comme beaucoup de modèles de plates-formes diffèrent complètement des bâtiments classiques quant aux matériaux utilisés, aux méthodes de construction et à la complexité des travaux, l'expérience du constructeur dans ce domaine revêt une importance capitale. L'avènement de nouveaux alliages d'acier extrêmement résistants a contribué au progrès des techniques de soudage et au perfectionnement des appareils de manutention et des outils d'alignement; néanmoins, les structures modernes et «élancées», susceptibles d'être exploitées presque à la limite de leurs possibilités dans des conditions environnementales difficiles, sont loin d'être exemptes des contraintes relatives à la construction et des défauts qu'on a pu constater dans les matériaux et les soudures des plates-formes de la génération précédente. Même les modèles les mieux conçus peuvent être compromis, sur le plan de la qualité et de la sécurité, à l'étape de la construction.

La conception et la construction des plates-formes de forage sont assujetties aux règles des sociétés de classification, aux accords internationaux et aux règlements établis par le pays d'immatriculation. Bien que différentes à certains égards, les grandes sociétés de classification remplissent généralement une fonction identique et assument des responsabilités semblables. Elles établissent, pour le compte des propriétaires et autres parties intéressées, tels les assureurs, les fournisseurs d'équipement et les aciéries, des règles concernant la conception, la construction et les matériaux des plates-formes de différentes classes et effectuent l'analyse des plans ainsi que l'inspection des nouveaux travaux de construction, de modification, de maintenance et de répartition afin de faire observer ces règles. À ces fins, les grandes sociétés de classification puisent à même une longue expérience, un vaste bassin de données statistiques et des ressources considérables dans le domaine de la recherche et du développement.

La conformité initiale et ultérieure de l'unité de forage avec les règles de classification constitue habituellement l'une des exigences du propriétaire, de l'assureur et, souvent, du pays d'immatriculation.² Cela signifie que le bâtiment est conforme à une norme de construction qui garantit le degré de résistance nécessaire de la structure, dans les conditions pour lesquelles elle a été conçue. Cette norme garantit également que les systèmes électriques et mécaniques donnés sont conformes aux règles

²Par exemple, les *Normes provisoires canadiennes concernant les unités mobiles de forage en mer*, auxquelles toutes les MODU immatriculées au Canada doivent satisfaire, prévoient l'acceptation des normes de construction publiées par le *Lloyd's Register of Shipping*, l'*American Bureau of Shipping*, le Bureau Veritas et *Det norske Veritas*, quatre des grandes sociétés de classification.

et ont été installés comme il se doit, que le propriétaire assure la maintenance du bâtiment dans la mesure où l'exigent les normes de classification, et enfin, que toutes les réparations ou modifications majeures de la structure sont conformes aux règles établies par la société de classification.

Le processus de classification assure le respect des règles établies en ce qui concerne les plans et l'intégrité de la structure principale et de certains systèmes de l'installation de forage, mais ne touche pas les éléments de la sécurité tributaires du bon fonctionnement des nombreux systèmes non assujettis aux règles de classification. Les systèmes d'amarrage, par exemple, qui jouent un rôle primordial dans le maintien de la position et qui sont susceptibles d'être désaccouplés rapidement pour éviter les glaces à la dérive dans les eaux de l'Est du Canada, ne sont pas toujours soumis aux règles de la société de classification. Les systèmes de communication et d'évacuation, qui peuvent être d'une importance vitale en cas d'urgence, échappent également à l'autorité des sociétés de classification, tout comme l'équipement de forage et de contrôle du puits, dont la défaillance peut s'avérer désastreuse. Les règles de classification sont établies d'abord en fonction de la structure et de l'équipement des plates-formes de forage. En ce qui concerne l'équipement, ces règles portent surtout sur le bon fonctionnement de chaque appareil et de chaque composant électrique et ne font que peu de cas de l'intégration de ces éléments dans des systèmes fiables et fonctionnels.

C'est habituellement avant le début des travaux de construction qu'on choisit le pays d'immatriculation, c'est-à-dire celui dont la réglementation s'appliquera à ces travaux. Chaque État exerce à un degré différent son autorité sur la conception et la construction des plates-formes pour lesquelles il délivrera un certificat d'immatriculation. Bien que les règles concernant la stabilité soient depuis longtemps du ressort du pays d'immatriculation, de nombreux États exigent seulement que la plate-forme satisfasse aux critères de stabilité de la société de classification et délèguent à cette dernière le pouvoir de délivrer le certificat d'immatriculation. Parfois, les seules conditions requises pour l'immatriculation sont la classification et la conformité avec les dispositions de la *Convention internationale sur les lignes de charge* et de la *Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer*. Il est révélateur que ces deux Conventions aient été destinées aux bâtiments classiques et ne soient guère pertinentes dans le cas des MODU. D'une part, bien qu'elle touche les navires de forage et les plates-formes auto-élévatrices en transit, la *Convention internationale sur les lignes de charge* ne peut être appliquée logiquement aux unités semi-submersibles, étant donné la configuration de leur structure. D'autre part, la *Convention pour la sauvegarde de la vie humaine en mer* traite de l'incidence de la conception d'un navire sur la protection de la vie humaine, et notamment des appareils de communication et de l'équipement de sauvetage; or, l'histoire récente nous démontre que même les installations de forage dotées d'un équipement bien supérieur aux exigences de cette convention ne peuvent assurer l'évacuation complète de leur personnel dans des cas d'urgence pourtant prévisibles.

De nombreux États du pavillon exigent le respect des normes établies dans le *Code des MODU de l'Organisation maritime internationale (OMI)*, qui a été adopté en 1980. Certains pays, comme le Canada, ont renforcé ces normes, tandis que d'autres ont élaboré des exigences qui se démarquent suffisamment du *Code de l'OMI* pour constituer, dans les faits, une nouvelle réglementation. C'est d'ailleurs l'orientation qu'a choisie la Norvège lorsqu'elle a instauré, à la suite du naufrage de l'*Alexander L. Kielland*, certaines exigences, dont l'obligation pour une unité semi-submersible de pouvoir « survivre » à une perte de flottaison équivalant à celle d'une colonne principale. Nombreux sont ceux qui contestent l'attitude actuelle consistant à se fier à la flottabilité du pont pour satisfaire aux exigences de la Norvège, et ce, parce que l'étanchéité du pont dépend beaucoup de l'efficacité des dispositifs de fermeture et que l'équipage doit suivre les procédures d'exploitation à la lettre. Or, ces

«La mise en application de critères réalistes à l'égard des fuites ou de la perte de stabilité pour certains types de plates-formes donnera lieu à des exigences portant obligation de rendre flottantes certaines parties de la structure du pont . . .

L'emploi (d'une partie) du pont des plates-formes de type classique comme élément flottant en cas de fuite ou d'avarie . . . doit dans une large mesure être considéré comme étant l'application d'un principe nouveau. L'introduction de types nouveaux de plates-formes peut aussi représenter un changement des conditions d'opération.»

The Alexander L. Kielland Accident.
Norwegian Public Reports. Mars 1981.

deux conditions n'ont pas toujours été observées par le passé. En outre, les exigences relatives à l'étanchéité du pont peuvent imposer des restrictions quant au nombre et à l'emplacement des voies d'évacuation vers le périmètre de la plate-forme. Beaucoup sont d'avis que ces écarts considérables par rapport aux principes établis dans le *Code de l'OMI* ne contribuent pas nécessairement à la sécurité du personnel affecté aux opérations de forage en mer.

Bien qu'aucune perte de semi-submersible n'ait été attribuée, par exemple, à une lacune dans les règles relatives à la stabilité à l'état intact, les tableaux présentés à l'Appendice C, article 4 indiquent bien qu'il existe des écarts dans les règles établies par les différents organismes. Le calcul des effets du vent sur les MODU est un autre exemple du manque de concertation entre ces organismes; les méthodes varient beaucoup, bien que les procédés de calcul des moments d'inclinaison dus au vent, formulés dans les règles plus détaillées, soient supposément satisfaisantes et consacrés par l'usage. De plus, on constate un manque d'uniformité dans les exigences relatives à la hauteur métacentrique (GM) minimale, et certains organismes de réglementation n'imposent aucune limite d'inclinaison statique dans le vent. Il est nécessaire de connaître chacune des conditions individuelles de stabilité et d'en tenir compte pour établir des limites sécuritaires pour la stabilité d'une installation de forage. La hauteur métacentrique minimale constitue un facteur de sécurité raisonnable en ce qui a trait à la stabilité des plates-formes de forage; ce paramètre est proportionnel aux forces nécessaires pour redresser une plate-forme inclinée et il varie en fonction de la forme des parties submergées et du centre de gravité de l'installation dans des conditions d'exploitation données. Notons qu'une augmentation de la hauteur métacentrique minimale à un tirant d'eau donné entraîne une réduction de la charge qui peut être supportée par le pont de la plate-forme et, par conséquent, un ravitaillement plus fréquent.

Les règles actuellement en vigueur dans le monde, en ce qui concerne la capacité d'une unité semi-submersible de demeurer stable et à flot après qu'elle a subi des dommages et que des compartiments étanches ont été inondés, suscitent également des divergences d'opinion, d'abord quant à l'ampleur des dommages présumés et ensuite quant à la façon de déterminer l'angle d'inclinaison maximal qui peut résulter de ces dommages. La plupart des autorités en cette matière ont fondé l'ampleur des dommages présumés sur l'hypothèse la plus vraisemblable, soit celle d'une collision entre une plate-forme et un navire de service. Comme ces navires manoeuvrent à proximité du périmètre extérieur de la plate-forme, on n'a tenu compte que des compartiments étanches situés à l'extérieur des pontons et des colonnes; ce raisonnement ne peut donc s'appliquer au problème particulier d'une collision entre la plate-forme et les glaces, qui, le cas échéant, pourraient endommager les compartiments situés du côté intérieur des pontons et des colonnes, et on doit d'abord tenir compte de cette éventualité dans le cas des unités de forage exploitées dans des eaux exposées aux glaces. Par ailleurs, bien que le *Code de l'OMI* ne fasse pas mention d'un angle d'inclinaison spécifique qui puisse résulter des dommages présumés, les *Normes provisoires canadiennes* considèrent que, dans le cas des plates-formes de forage, l'angle d'inclinaison maximal admissible est de 15°.

La plupart des règles actuelles relatives à la stabilité après avarie présentent une autre lacune: elles n'évaluent l'ampleur de l'inondation par les hauts qu'en fonction de l'inclinaison statique résultant des dommages et d'un vent d'une force donnée, sans tenir compte des mouvements de l'unité semi-submersible et de l'action des vagues. En vertu de ces règles, la plate-forme doit être conçue de façon à ce que, dans les conditions d'endommagement et de vent précisées, son inclinaison ne dépasse pas l'angle d'envahissement par les hauts, qui est défini comme l'angle auquel une ouverture non protégée dans la structure atteint le niveau moyen de la mer. Compte tenu du fait que l'oscillation de la plate-forme et l'action des vagues peuvent entraîner une inondation bien avant que ce point soit atteint, les codes de

4.6 Nombre d'abordages mettant en cause installations de forage et navires de soutien ont été signalés pour la côte est du Canada. Pour les opérations de transfert de marchandises et de manipulation des ancrs, les navires de soutien doivent manoeuvrer tout près de la périphérie extérieure de l'installation. Beaucoup d'installations sont dotées de pare-chocs destinés à limiter les dégâts causés par un éventuel impact. Sur cette photo de l'*Ocean Ranger*, qui a ici adopté le tirant d'eau de transfert, on remarquera les pare-chocs placés bien au-dessus de la ligne de flottaison.



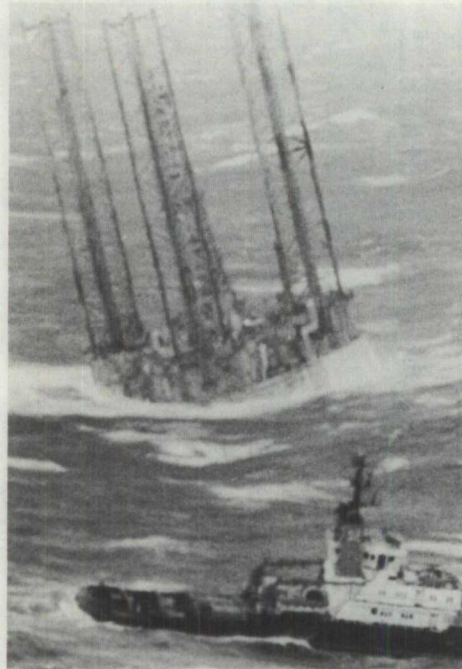
réglementation devraient comporter des dispositions quant au franc-bord des points d'inondation éventuels ou exiger l'installation de dispositifs de fermeture tout à fait étanches pour protéger les ouvertures susceptibles d'être submergées.

Les plates-formes auto-élévatrices sont particulièrement vulnérables lorsqu'il faut les remorquer sur de grandes distances, car il est impossible de naviguer dans leurs parages par mauvais temps. Elles ont normalement un franc-bord peu élevé et présentent une grande amplitude de mouvement par grosse mer, étant donné la forme typiquement carrée et trapue de leur coque. Au cours d'une tempête, elles peuvent embarquer de grandes quantités d'eau, ce qui peut endommager les installations de pont ou déplacer la cargaison et causer des avaries et des inondations. Bien que l'on tende de plus en plus à transporter les plates-formes auto-élévatrices à bord de barges, on devrait prêter plus d'attention à l'étanchéité de ces plates-formes et à leur protection contre les intempéries.

Les installations de forage conçues et construites en fonction des règles précitées sont régies par les conventions internationales, les règles des sociétés de classification et les exigences du pays d'immatriculation. Le problème fondamental qui se pose aux États riverains au large desquels une plate-forme de forage doit entrer en service consiste à déterminer si cette plate-forme est apte à l'exploitation dans les conditions qui règnent à cet endroit. Chacun des États riverains qui ont fait l'objet de notre étude comparative envisage cette question d'une façon différente.

Aux États-Unis, l'approbation des installations de forage relève de deux organismes: la *U.S. Coast Guard* et le *Geological Survey*. La garde côtière des États-Unis fait des inspections pour évaluer l'intégrité structurelle et la stabilité de la plate-forme, ainsi que sa conformité avec des règles fondées entre autres sur les normes de l'*American Bureau of Shipping (ABS)*, l'*American National Standards Institute* et l'*American Petroleum Institute*. Certaines tâches d'évaluation et d'inspection peuvent être confiées à l'ABS, lorsqu'il s'agit d'une plate-forme immatriculée aux États-Unis et pour laquelle cet organisme a délivré un certificat de classification. Quant aux plates-formes battant pavillon étranger, elles doivent détenir un certificat

4.7 L'installation de forage auto-élevatrice *Dan Prince*, alors que, prise en remorque à destination de l'Afrique de l'Ouest, elle se trouvait à 600 milles marins au sud de l'Alaska, en octobre 1980. Des vents soufflant en ouragan et une mer démontée ont assailli l'installation pendant six jours au bout desquels celle-ci a chaviré et coulé. Le naufrage a été attribué à l'envahissement par les eaux causé par des avaries à la structure et des dommages causés par le déplacement d'équipement et de charges en pontée.



valide de conformité avec le *Code des MODU de l'OMI* ou encore se soumettre à l'inspection de la *U.S. Coast Guard*, qui délivrera alors une lettre de conformité indiquant qu'un degré de sécurité équivalent a pu être établi. De son côté, le *Geological Survey* a des exigences supplémentaires destinées à établir l'aptitude d'une plate-forme à supporter certaines conditions océanographiques et météorologiques, ainsi que certaines conditions relatives au fond marin.

En Norvège, le *Norwegian Maritime Directorate* ou un organisme délégué, tel *Det norske Veritas*, effectue une évaluation de toute unité de forage existante ou en voie de construction qui est appelée à être en exploitation dans les eaux territoriales. Cette vérification vise à assurer le respect des *Mobile Drilling Platform Regulations*. Une fois l'unité de forage approuvée, on fait des vérifications intérimaires une fois l'an et une révision ainsi qu'une inspection exhaustives tous les quatre ans.

Au Royaume-Uni, on a établi un processus d'approbation pour s'assurer que tous les aspects de la conception et de la construction des MODU sont soumis à un examen rigoureux de la part d'un organisme indépendant, après quoi on délivre un certificat d'aptitude pour le secteur d'exploitation prévu. Les autorités chargées de l'application de la réglementation ont approuvé le choix de six organismes de certification, dont cinq sociétés de classification, pour mener à bien cette tâche. Jusqu'à maintenant, seules ces sociétés ont délivré des certificats d'aptitude et, dans la plupart des cas, il s'agissait des organismes qui avaient déjà délivré le certificat de classification. Le processus de la certification a pour but d'évaluer le degré de conformité de la plate-forme avec un vaste ensemble de normes de rendement publié sous le titre *Offshore Installations: Guidance on Design and Construction* et qu'on appelle habituellement le «Blue Book».

Au Canada, on a apporté des modifications considérables au processus d'approbation des MODU depuis le naufrage de l'*Ocean Ranger*, tout comme cela avait été le cas en Norvège après la perte de la plate-forme *Alexander L. Kielland*. Lorsqu'on lui a présenté une demande en vue d'exploiter l'*Ocean Ranger* au large de la côte est du Canada, en mars 1980, l'Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (APGTC) a accepté la proposition sur la foi du certificat de classification de la plate-forme, des certificats délivrés en vertu de la *Convention internationale pour la sauvegarde de la vie humaine en mer* et de la *Convention internationale sur les*

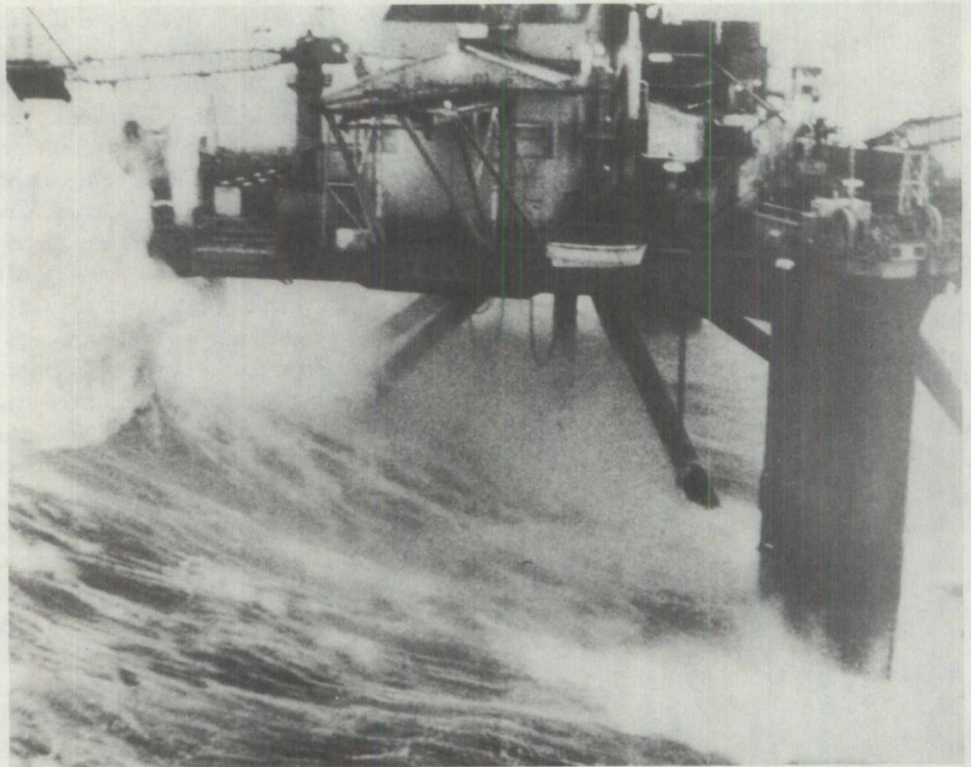
lignes de charge ainsi que des certificats d'immatriculation aux États-Unis. Aucun organisme de réglementation canadien n'a mené d'enquête pour s'assurer que l'unité de forage était apte, dans l'ensemble, à être mise en exploitation sur le plateau continental canadien. L'APGTC n'a effectué des inspections que dans la mesure où cela était nécessaire pour confirmer que le programme de forage comme tel était exécuté en toute sécurité et conformément aux pratiques établies.

Depuis le naufrage de l'*Ocean Ranger*, l'APGTC exige que toutes les installations de forage appelées à être exploitées dans les eaux canadiennes soient conformes aux *Normes provisoires concernant les unités mobiles de forage en mer*, et, par un *Protocole d'entente*, elle a investi la Garde côtière canadienne du pouvoir d'inspecter les plates-formes pour s'assurer qu'elles sont conformes à ces normes. En gros, ces dernières renferment les exigences établies dans le *Code des MODU de l'OMI*, auxquelles sont venues s'ajouter d'autres exigences plus rigoureuses en ce qui concerne la stabilité et la commande des ballasts, et ce, par suite des événements qui ont conduit à la perte de l'*Ocean Ranger*. Les plates-formes immatriculées au Canada sont, en outre, assujetties aux dispositions de la *Loi sur la marine marchande du Canada*; par ailleurs, toutes les plates-formes doivent satisfaire aux exigences prévues dans le *Règlement concernant le forage des puits de pétrole et de gaz naturel au Canada* et dans les directives qui l'accompagnent.

Le point central du processus de certification actuel, tel qu'appliqué aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Norvège et au Canada, réside dans l'intégrité structurelle et dans la stabilité de la plate-forme. Le processus englobe également l'évaluation des génératrices de secours, du matériel de lutte contre les incendies, des systèmes de communication et des appareils de sauvetage, ainsi que l'entretien de l'équipement. Toutefois, la sécurité et, par conséquent, l'aptitude d'une plate-forme à mener des opérations de forage sur le plateau continental canadien ne dépendent pas uniquement de l'intégrité de la structure et de l'équipement mais également des systèmes critiques ainsi que du personnel de direction et de l'équipage. Aussi peut-on constater la nécessité d'élaborer un processus de vérification ou d'approbation de la sécurité en trois phases, soit une pour chacun des critères d'aptitude essentiels. La première phase consisterait en une évaluation de l'intégrité structurelle et de la stabilité de la plate-forme; la deuxième, en une évaluation du degré d'exploitation possible des systèmes critiques; et la troisième, en une évaluation des aptitudes et de la compétence du personnel de direction et de l'équipage.

Avant d'aborder la première phase du processus d'approbation, il faut élaborer un vaste ensemble de règlements et de directives sur lequel fonder l'évaluation de la plate-forme. Le «Blue Book» au Royaume-Uni et les *Mobile Drilling Platform Regulations* en Norvège réunissent un large éventail d'exigences qui permettent à l'organisme d'inspection et au propriétaire de la plate-forme de bien saisir la portée du processus d'approbation. Au Canada, la réglementation dans ce domaine est moins avancée et moins étendue. C'est pourquoi il est nécessaire d'effectuer une révision des règlements et de les étoffer, particulièrement en ce qui a trait à la conception, aux normes relatives aux matériaux et aux normes de construction, aux dangers que posent les conditions du milieu, notamment les glaces et le givre, aux systèmes d'évacuation et de sauvetage, aux systèmes de maintien de la position et aux systèmes d'amarrage, ainsi qu'à la maintenance préventive. À cet égard, la résistance à la fatigue de certains membres de la structure, soumis à des vibrations dont l'effet est difficile à prévoir, revêt une importance particulière. De même, les raccords par soudure des poutres et des colonnes sont particulièrement vulnérables et devraient être inspectés avec plus de soin. Il est intéressant de noter, au passage, que la Direction générale du pétrole de Terre-Neuve et du Labrador a promulgué, en 1982, des règlements sur la conception et la construction des plates-formes, en s'inspirant certes de la réglementation des États déjà mentionnés (États-Unis, Royaume-Uni et Norvège) mais en y ajoutant d'autres dispositions en ce qui a trait à l'équipe-

4.8 Les conditions environnementales extrêmes qui règnent au large de la côte est du Canada commandent que l'on accorde une attention particulière au caractère approprié de la structure, des systèmes d'importance vitale, de la compétence du personnel et des modalités d'exploitation de chaque installation de forage.



ment de forage, aux systèmes d'amarrage et aux conditions du milieu, notamment les glaces. Dans la formulation du vaste ensemble d'exigences visant à assurer l'intégrité structurelle et la stabilité de la plate-forme, les organismes de réglementation canadiens devraient tirer profit des services d'experts mis à leur disposition par les autres ministères et organismes gouvernementaux, travailler en étroite collaboration avec l'industrie et adapter aux besoins spécifiques de celle-ci les connaissances et les expériences d'autres pays.

Souvent, l'évaluation du degré de conformité d'une plate-forme avec les exigences et directives pertinentes est confiée, en totalité ou en partie, aux sociétés de classification, c'est-à-dire *Det norske Veritas* en Norvège et l'*American Bureau of Shipping* aux États-Unis. Au Royaume-Uni, comme nous l'avons déjà souligné, les sociétés de classification servent à certifier les plates-formes destinées à être mises en exploitation sur le plateau continental. En effet, étant donné que les techniques de conception et de construction des MODU évoluent rapidement et que l'examen de ce processus fait appel à l'expérience et à la compétence de spécialistes secondés par des équipes multidisciplinaires et travaillant en laboratoire, les autorités britanniques ont préféré confier cette tâche à des organismes non gouvernementaux qui possèdent déjà les ressources nécessaires. Au Canada, par contre, c'est un organisme gouvernemental, la Direction de la sécurité des navires de la Garde côtière canadienne, qui est chargé de l'évaluation de la conformité des plates-formes. Avec l'avènement de nouvelles exigences plus détaillées et un champ d'application plus vaste, il semblerait souhaitable d'avoir recours aux services des sociétés de classification, qui jouissent d'une longue expérience dans le domaine et ont à leur disposition un bassin de données statistiques ainsi que des ressources considérables sur le plan des enquêtes, plutôt que d'envisager la mise sur pied d'organismes gouvernementaux pour évaluer le degré de conformité de la plate-forme par rapport aux exigences relatives à son intégrité structurelle et à sa stabilité. Le cas échéant, la société de classification serait en mesure de confirmer à l'organisme de réglementation que tous les règlements et tou-

tes les directives sont observés. Cette confirmation marquerait alors la fin de la première phase du processus de vérification ou d'approbation de la sécurité.

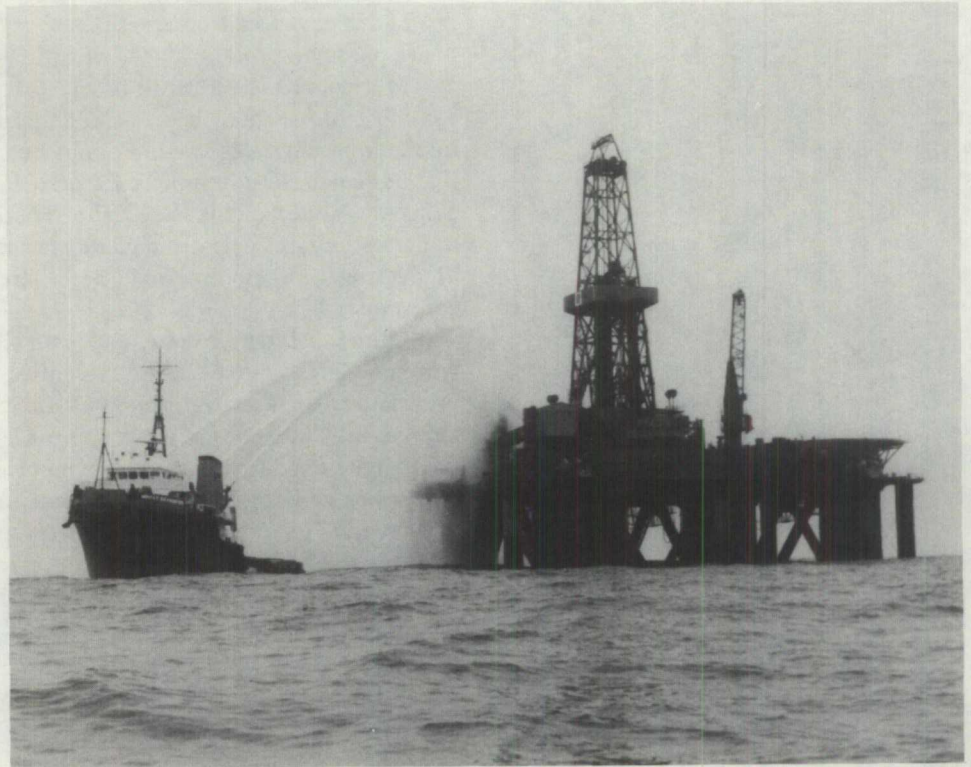
La deuxième phase du processus consisterait à évaluer les systèmes considérés comme critiques pour la sécurité de la plate-forme, y compris les corrélations et les interactions entre ces systèmes ainsi que les procédures d'exploitation, et ce, en fonction des conditions du milieu. La portée de cette analyse serait proportionnée à l'incidence des systèmes sur la sécurité. Toutefois, avant d'entreprendre une telle évaluation, les organismes de réglementation doivent élaborer, en collaboration avec l'industrie, un vaste ensemble de critères et de normes de rendement qui soit sans équivoque.

La réalisation de cette deuxième phase du processus de vérification ou d'approbation de la sécurité devrait être confiée à une équipe de vérificateurs nommés par le propriétaire de la plate-forme, sous réserve de l'approbation de l'organisme de réglementation. Cette équipe serait composée de personnes dont le jugement s'appuie sur une longue expérience, qui ont démontré leurs connaissances dans les domaines des opérations de forage, de l'analyse de la qualité des systèmes et de l'évaluation des risques et qui sont versées dans tous les aspects de la gestion de la sécurité. Comme cette tâche est, de par sa nature, tout à fait différente de celle des sociétés de classification, il n'est pas recommandé de la confier à ces dernières. La vérification de la sécurité doit être orientée vers la recherche d'améliorations plutôt que vers l'attribution de blâmes et porter sur l'analyse des conséquences des lacunes mises au jour de même que sur l'examen des mesures nécessaires pour y remédier. Cet objectif ne peut être entièrement réalisé que si le propriétaire l'intègre à son propre programme de contrôle de la qualité et de la sécurité. Le fait de nommer les vérificateurs devrait l'aider à atteindre ce but.

Toutes les installations de forage en exploitation ou destinées à être exploitées sur le plateau continental canadien, qu'il s'agisse des plates-formes actuellement en service ou encore des plates-formes en construction dans les chantiers canadiens ou à l'étranger, devraient faire l'objet d'une vérification sur le plan de la sécurité. Toutefois, les plates-formes soumises à la vérification sont, en général, celles qui existent déjà et qui sont appelées à être exploitées au Canada. Comme il ne serait ni juste ni pratique de demander au propriétaire d'amener sa plate-forme au Canada, et de rejeter ensuite sa demande, la majeure partie de la vérification devrait être effectuée au cours des six mois précédant l'arrivée de l'unité de forage en eaux canadiennes. Il faudrait, bien entendu, prendre en considération le cas des plates-formes qui sont déjà approuvées et en pleine activité sur le plateau continental, mais on devrait éviter autant que possible d'appliquer des clauses d'ancienneté.

La deuxième phase du processus de vérification ou d'approbation de la sécurité ne doit pas reprendre l'évaluation de l'intégrité structurelle de la stabilité de la plate-forme, effectuée au cours de la première phase. Néanmoins, il serait normal que les vérificateurs discutent, avec les représentants des parties intéressées, de tout problème soulevé dans les documents qui leur sont soumis. Leur première tâche consiste, en effet, à réunir et à étudier toute l'information disponible sur la plate-forme, sa conception et sa construction, ses systèmes critiques, son personnel de direction et son équipage. Les vérificateurs doivent également faire l'examen critique de la documentation suivante: tous les certificats délivrés au cours de la première phase du processus d'approbation ainsi que les autres documents autorisant la mise en service de la plate-forme, les manuels d'exploitation et de procédure en cas d'urgence, le registre des inspections et des modifications qui ont été apportées, les livres de maintenance préventive, ainsi que la documentation sur le programme de formation des membres d'équipage, les exigences relatives à la qualification du personnel et les procédures administratives. De plus, on fournira à l'équipe de vérificateurs tous les documents relatifs à l'évaluation de l'intégrité structurelle de la plate-forme, issue de la première phase du processus. Si l'examen de cette documentation ou d'autres indices

4.9 Des éruptions survenues récemment sur le plateau Scotian, sur la semi-submersible *Vinland* et sur l'auto-élévatrice *Zapata Scotian*, ont été attribuées à une combinaison de pannes mécaniques et d'erreurs humaines dans l'utilisation des systèmes de contrôle du puits. Les deux éruptions prouvent bien la nécessité d'examiner de plus près la conception et le bon état de fonctionnement des systèmes d'importance vitale installés à bord des MODU.



révélaient des lacunes, il pourrait s'avérer nécessaire d'effectuer des analyses indépendantes de même que des inspections et des évaluations approfondies de la structure et de l'équipement.

L'étude de la documentation devrait être suivie de l'inspection de la plate-forme. En plus d'inspecter l'équipement et les systèmes et d'en évaluer le rendement à l'essai, les vérificateurs devraient déterminer dans quelle mesure les procédures d'exploitation réelles correspondent à celles qui ont été établies par le personnel de direction. S'ils découvrent des lacunes et envisagent de formuler des recommandations à cet égard, les vérificateurs devraient rencontrer les représentants du propriétaire, de l'exploitant et de l'organisme de réglementation pour discuter des solutions possibles, de l'urgence d'une intervention, de l'établissement d'un calendrier pour l'application de toute mesure adoptée et des restrictions qui pourraient être imposées dans l'intervalle.

Le rapport issu de la deuxième phase du processus de vérification devrait faire état de tout élément de la plate-forme qui, dans des circonstances prévisibles, est susceptible d'en interdire ou d'en restreindre outre mesure le fonctionnement en toute sécurité sur le plateau continental canadien. Ce rapport devrait être présenté au propriétaire de la plate-forme, à l'exploitant ainsi qu'à l'organisme de réglementation. On pourrait y certifier que l'unité de forage est tout à fait conforme aux exigences établies, la rejeter catégoriquement ou encore en reconnaître la conformité sous certaines conditions, en recommandant que la délivrance des permis ou l'autorisation d'exploiter la plate-forme au delà de certaines limites ou dates précisées soit assujettie à l'exécution de certains travaux de modification ou à l'établissement de nouvelles procédures d'exploitation. Dès la réception d'un rapport satisfaisant, l'organisme de réglementation délivrerait un certificat d'approbation conditionnelle donnant au propriétaire l'assurance que la plate-forme sera autorisée à opérer dès son arrivée en eaux canadiennes; dans le cas contraire, le propriétaire pourrait choisir de ne pas amener la plate-forme au Canada, s'il n'est pas prêt à corriger les lacunes relevées par les vérificateurs.

La troisième phase du processus de vérification ou d'approbation de la sécurité serait réalisée par l'équipe de vérificateurs une fois la plate-forme en service dans les eaux canadiennes. Leur travail consisterait alors à confirmer que toute lacune ou tout point faible mentionné dans leur rapport précédent a été corrigé conformément aux exigences de l'organisme de réglementation. Les vérificateurs s'assureraient ensuite que les procédures d'exploitation approuvées sont mises en pratique par un équipage qualifié et compétent. Ce volet de leur mandat comporterait une évaluation de la formation, des connaissances et des aptitudes du personnel affecté au contrôle et à l'exploitation des systèmes critiques et une analyse du rendement de ce personnel dans l'exécution des tâches courantes comme des exercices d'urgence. Cette vérification est nécessaire en raison de la pratique courante consistant à apporter des changements importants à l'équipage lorsque la plate-forme passe d'un pays à un autre. Dès la réception d'un rapport de vérification favorable, l'organisme de réglementation délivrerait un certificat d'approbation sans condition.

D'autres vérifications peuvent s'avérer nécessaires, que ce soit au bout d'un certain nombre d'années ou à l'occasion d'un déplacement vers une région présentant plus de risques. En fait, il se peut que cette nécessité découle des conclusions de la vérification initiale ou s'impose à la lumière de l'expérience acquise au fil des opérations et à la suite «d'incidents importants». L'envergure de ces vérifications sera établie en collaboration avec le propriétaire et l'exploitant.

On ne saurait trop insister sur l'importance de bien établir les responsabilités et les obligations de chacune des parties engagées dans des activités de forage de puits de pétrole en eaux territoriales canadiennes. La complexité sans cesse croissante de cette industrie a amené la prolifération de clauses contractuelles et de dispositions administratives favorisant le morcellement et la dispersion des responsabilités et des obligations en matière de sécurité. Néanmoins, il ne devrait subsister aucune équivoque quant à la responsabilité et aux obligations du propriétaire de la plate-forme et de l'exploitant.

Il devrait être clairement établi que le propriétaire assume la responsabilité de l'intégrité de la plate-forme et qu'il a l'obligation d'en assurer l'exploitation en toute sécurité. C'est pourquoi il doit être convaincu de la qualité de la construction et prendre toutes les mesures raisonnables pour en déceler les lacunes susceptibles de porter atteinte à la sécurité de la plate-forme. Il doit, en outre, s'assurer que celle-ci est conforme aux principes de conception, aux normes de rendement et aux critères établis par l'organisme de réglementation, faire exécuter, à cette fin, les vérifications requises par cet organisme et lui signaler, le cas échéant, les incidents qui ont pu mettre en danger la vie des membres du personnel ou le fonctionnement de l'équipement, ou encore qui ont révélé la nécessité d'apporter des modifications à l'équipement ou aux procédures d'exploitation.

De son côté, l'exploitant est responsable, devant la loi, de tous les aspects des opérations mentionnés dans son permis. C'est lui qui loue l'installation et, de ce fait, il ne peut ignorer la responsabilité qui lui incombe quant à la qualité et au rendement de la plate-forme. En définitive, il a le pouvoir d'influencer, par le biais des contrats de service qu'il octroie, l'attitude des entrepreneurs en ce qui a trait à la sécurité des opérations. Néanmoins, il doit être bien établi que le propriétaire assume la responsabilité de l'aptitude et de la sécurité de la plate-forme de forage et le contrat qui le lie à l'exploitant doit faire état de son obligation d'en assurer, à un degré de sécurité raisonnable, la direction et la maintenance, conformément aux exigences de l'organisme de réglementation.

En fin de compte, ce sont les connaissances, les aptitudes et l'attitude de tout le personnel affecté aux multiples tâches diverses que requiert l'exécution d'un programme de forage au large de la côte est du Canada qui seront déterminantes sur le plan de la sécurité de la plate-forme et de son équipage. Dans les conditions environnementales qui règnent au large de nos côtes, aucun équipement, – peu importe la

qualité de sa conception et de sa construction – n'est à l'abri d'une faiblesse ou d'une erreur humaine. En définitive, la sécurité de la plate-forme dépend autant du «facteur humain» que de la fiabilité de l'équipement.