

6

PREUVE TECHNIQUE

CHAPITRE 6 PREUVE TECHNIQUE

Un vaste programme d'enquête scientifique a été entrepris sur la conception structurale, électrique et mécanique de l'*Ocean Ranger*. Ce programme a été mené à terme sous la direction du Dr. Ewan Corlett, conseiller technique en chef de la Commission royale. Les résultats des travaux ont servi de preuve technique sur laquelle on a fondé l'analyse de la cause de la perte.

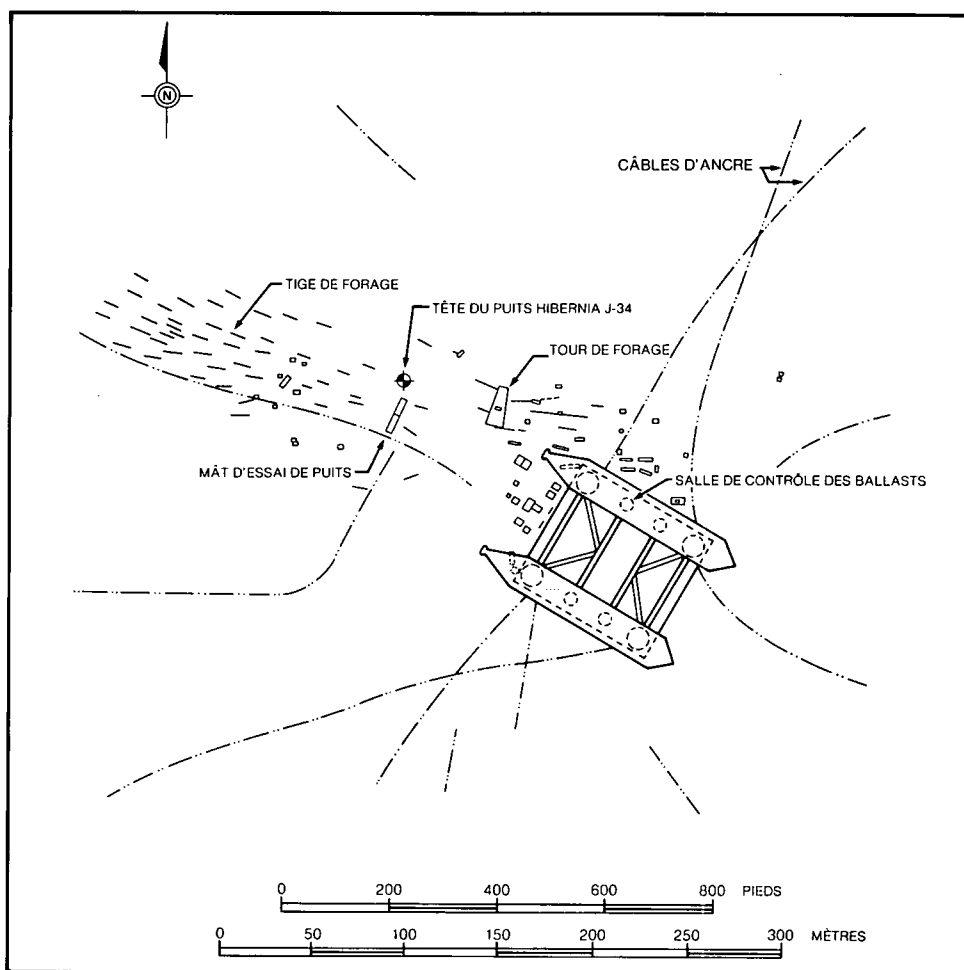
Pendant les mois de juillet et août 1982, on a effectué une inspection sous-marine de l'épave et de son emplacement. Les résultats du programme de plongées ont fourni des données importantes sur l'état de la plate-forme et sur les circonstances ayant contribué au chavirement. Le Laboratoire des techniques de sécurité aérienne (LTSA) de Transports Canada a procédé aux examens techniques de l'équipement récupéré de la salle de contrôle des ballasts et a entrepris des essais sur modèles afin de déterminer la cause et les effets des dommages constatés. Il a identifié les caractéristiques des systèmes électriques et mécaniques de l'installation qui ont pu rendre vaines les tentatives de l'équipage visant à corriger les problèmes qui ont mené au désastre.

Il était évident, dès le départ, qu'on devait procéder à l'examen de la stabilité de l'*Ocean Ranger* et de son comportement dans des conditions de tempête. On ne possédait que très peu de données concernant les réactions de la plate-forme face aux forces environnementales et l'on jugeait difficile, sinon impossible, de mettre au point des modèles mathématiques appropriés afin d'examiner les nombreux facteurs en cause. Par conséquent, il fut déterminé qu'un programme d'essais de modèles à l'échelle, appuyé d'analyses mathématiques, constituerait la méthode la plus efficace pour évaluer les effets des forces environnementales, des transferts de ballasts et de l'envahissement par les hauts sur la stabilité de l'installation, de même que le comportement de cette dernière à des angles d'assiette prononcés. Des analyses ont également porté sur le panneau de contrôle des ballasts et sur les systèmes de pompage.

INSPECTION DES LIEUX

Des relevés au sonar et des plongées d'inspection menés par Mobil Oil Canada Ltd. en février et mars 1982 ont permis de localiser l'épave retournée à quelque 500 pieds au sud-est de la tête du puits J-34 du champ Hibernia, à une profondeur de 255 pieds. La superstructure était écrasée dans le fond marin et la plate-forme reposait sur son pont supérieur. Un examen a été fait à l'aide d'un véhicule télécommandé doté d'une caméra de télévision en circuit fermé. L'équipe d'inspection de Mobil a repéré quatre zones de dommages structuraux sur la partie accessible de l'épave : dommages importants aux sections avant et aux coussinets d'ancre des deux pontons; un support latéral endommagé et une partie de plaque de sous-pont affaissée à la base de la troisième colonne de tribord; deux hublots cassés dans la salle de contrôle

6.1 Position des débris à l'emplacement J-34 du champ Hibernia, relevés par sonar et au cours des levés sous-marins. Les câbles des ancrs sont indiqués seulement à la limite du secteur inspecté.



des ballasts située dans la même colonne. On n'a relevé aucune rupture au niveau des nœuds critiques reliant les pontons, les colonnes, la coque supérieure et les jambes transversales. Une inspection par véhicule télécommandé de la tête de puits et de l'obturateur anti-éruption a révélé un amas important de débris près de la tête de puits, y compris un morceau de tige de forage logé contre l'obturateur lui-même. Cependant, ce dernier ne comportait essentiellement aucun dommage et le puits était bloqué correctement. Le puits J-34 a été subséquentment rentré et suspendu au cours du mois de juin 1982. Les résultats de ce programme sont énumérés à l'Appendice F-1.

La planification en vue des inspections sous-marines de la Commission royale a eu lieu au début de l'été de 1982. Une révision des «plans d'exécution» de l'installation a été faite en même temps qu'une étude des rubans magnétoscopiques et des enregistrements sonar provenant des inspections précédentes de Mobil. Un bateau-support, le *Balder Baffin*, a été engagé et équipé comme assistant de plongée pour les opérations sous-marines. L'objet des inspections était de vérifier les données obtenues par Mobil et de trouver sur l'épave d'autres indices de dommages structuraux. En outre, on devait également faire une inspection des débris et des amarres, ainsi que sonder les réservoirs des pontons. On a établi des plans afin de pouvoir pénétrer dans la salle de contrôle des ballasts, si possible, dans le but d'en récupérer des documents et de l'équipement se rapportant à l'enquête.

Les inspections ont débuté en juillet 1982 par un examen approfondi de la structure. Une équipe de plongeurs et une inspection au moyen d'un véhicule télé-

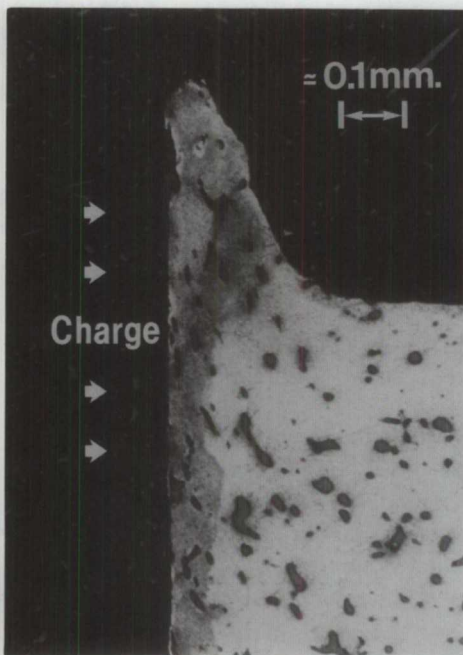
commandé ont confirmé les résultats de l'inspection de Mobil. Aucun dommage supplémentaire n'a été localisé. On a remarqué que les dommages subis par les coussinets d'ancre et les parties avant des deux pontons étaient identiques, quoique la superficie totale des dommages était légèrement plus grande sur la partie avant du ponton de bâbord. L'examen de ces dommages a révélé que la plate-forme avait frappé le fond marin alors qu'elle était inclinée vers l'avant à un angle considérable et qu'elle gîtait également à bâbord au moment de l'impact. Les réservoirs de ballast de bâbord et de tribord étaient tous les deux défoncés. Le support latéral endommagé et la partie de plaque de sous-pont affaissée à la base de la troisième colonne de tribord ont été inspectés de nouveau. Cette partie a été identifiée comme l'angle avant extérieur de la salle de la génératrice d'urgence. À l'examen, on a conclu que les dommages avaient résulté du chavirement de la plate-forme plutôt qu'ils n'en avaient été la cause.

La rupture du verre d'un des hublots dans la salle de contrôle des ballasts avait été signalée la nuit du 14 février; au moment de l'inspection, on a découvert deux vitres cassées. On a également constaté que les contre-hublots des quatre hublots étaient tous fermés. Les plongeurs ont retiré de la salle de contrôle des ballasts les deux hublots endommagés ainsi qu'un troisième en bon état. Ils ont été ultérieurement envoyés au LTSA pour être soumis à des examens et à des essais complets.

On a inspecté les débris et les amarres qui se trouvaient sur le fond marin afin de découvrir des indices révélateurs de la façon exacte dont le chavirement s'était produit. L'orientation de la tige de forage vers le nord-ouest de l'épave et la position de la tour et de l'équipement provenant du pont avant ont été jugées correspondre à une assiette prononcée de l'installation vers l'avant alors qu'elle se trouvait au-dessus de la tête du puits. Même si les inspections n'ont pas été suffisamment élaborées pour permettre de déterminer l'état exact des douze amarres et ancrs, il semblerait que, par une quelconque combinaison de dérapage des ancrs et de rupture des amarres, la plate-forme se soit déplacée directement au-dessus de l'endroit où elle fut retrouvée. La force de l'impact avec le fond marin a complètement détruit le plancher de forage, le secteur des logements et toutes les autres structures se trouvant au-dessus du pont supérieur. Les guindeaux d'ancre ont été arrachés de leurs bases et on les a retrouvés éparpillés sur le fond marin.

Les plongeurs ont découvert que les soupapes manuelles de prise d'eau de mer de bâbord et de tribord, qu'on laissait normalement ouvertes en tout temps, avaient été fermées. Ils ont également sondé les réservoirs des pontons afin de tenter de déterminer leur contenu immédiatement avant le chavirement. Le volume d'air piégé dans chaque réservoir a été déterminé et extrapolé ensuite afin d'obtenir le volume d'air équivalent à la surface. Plusieurs enquêteurs ont tenté de faire concorder les résultats des sondages des réservoirs avec le contenu consigné dans le rapport de stabilité du 14 février et récupéré par les plongeurs dans la salle de contrôle des ballasts. Toutes leurs tentatives ont été non concluantes. Il semblerait que pendant le chavirement et l'enfoncement subséquent de l'installation, le contenu de chaque réservoir ait subi des modifications importantes en raison de l'inondation par les tuyaux d'aération, du transfert du contenu par des soupapes de ballast ouvertes ou ayant des fuites, et de dommages possibles subis par les cloisons internes séparant les réservoirs. On a jugé que les sondages des réservoirs n'étaient pas suffisamment fiables pour servir de base aux conclusions relatives à la perte de l'installation de forage.

L'équipe de plongeurs a pénétré dans la salle de contrôle des ballasts et récupéré des documents incluant un document de travail du rapport de stabilité du 14 février. Le panneau schématique au complet provenant de la console de contrôle des ballasts et les 64 soupapes à commande par solénoïdes sous la partie inférieure de la console ont également été récupérés. On a trouvé qu'un coussinet et une tige de laiton étaient insérés dans le carter de dix-huit de ces soupapes. L'équipement a été récupéré dans un état essentiellement intact, quoique certains dommages ont été cau-



6.2 Cette photomicrographie montre la lèvre métallique caractéristique relevée sur toute la circonférence de la bague de blocage du hublot #4. La lèvre et le tracé de déformation à sa base indiquent que le verre du hublot a été cassé vers l'intérieur sous l'effet d'une charge élevée également distribuée sur toute la surface du verre.

sés pendant l'opération. Les plongeurs n'ont pas récupéré les panneaux de fusibles et de relais de la console de contrôle des ballasts de même qu'ils n'ont pu confirmer la position du disjoncteur principal ni celle de la soupape d'alimentation pneumatique (Appendice F-2).

EXAMEN DES HUBLOTS

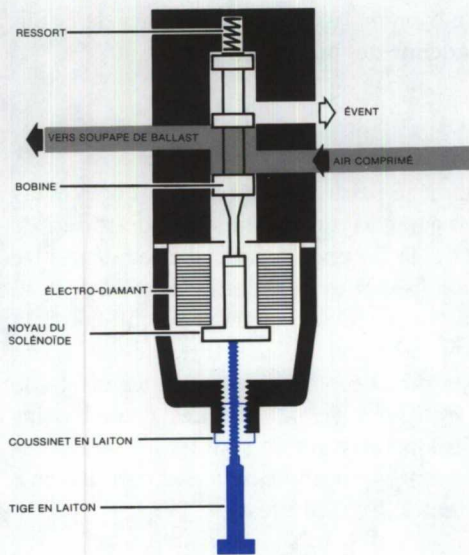
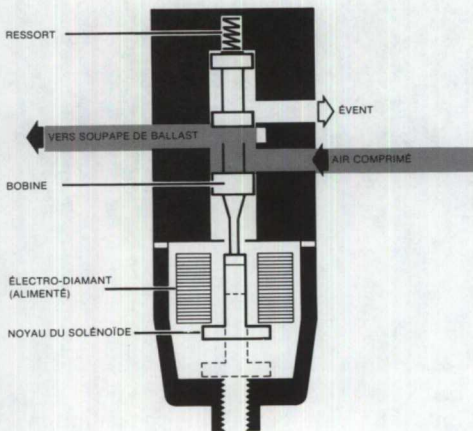
Les deux hublots endommagés ont été examinés afin de déterminer la cause de la défaillance de leur verre. Le hublot intact a été soumis à des essais visant à déterminer la résistance à la rupture du verre (Appendice F-3). Les deux hublots endommagés ont été démontés et les bagues de blocage qui retenaient les verres dans l'armature ont été inspectées afin de déceler des indices de déformation qui pouvaient révéler l'importance des forces requises pour faire éclater leur verre. La bague de blocage du hublot #4 présentait une «lèvre» métallique prononcée sur sa partie adjacente au verre; la bague de blocage du hublot #1 n'était pas endommagée. On a conclu après un examen métallurgique subséquent de la déformation que le verre du hublot #4 avait cédé sous l'impact de vagues de courte durée et de grande force. L'absence d'une déformation identique dans la bague de blocage du hublot #1 a révélé que le verre a été soumis à une lente pression augmentant sur une plus longue période, et qu'il a éclaté en raison de la pression statique de l'eau et possiblement à cause de l'impact des débris pendant que la plate-forme coulait.

Le verre des hublots avait été fabriqué au Japon conformément à la norme industrielle japonaise JIS-F2410 (1955), mais on a constaté après examen, que son épaisseur était inférieure de 0,3 millimètre à celle spécifiée par cette norme (Appendice F-3). On a découvert que le verre intact était fortement piqué, ce qui est reconnu se produire avec l'âge et réduire la résistance du verre trempé. Comparativement aux échantillons de verres neufs de qualité équivalente achetés au Canada et au Japon, le verre de l'*Ocean Ranger* présentait un tracé plus inégal de contraintes internes, vu sous un éclairage polarisé. Cette variation des contraintes dans le verre, causée par un refroidissement inégal pendant le processus du trempage, n'a pas été jugée comme un facteur ayant contribué au désastre.

Afin de déterminer la pression requise pour faire éclater le verre récupéré de l'épave, le LTSA a réalisé un programme d'essais dans lequel il a utilisé une pression d'air pour exercer une force sur un côté du verre. À l'essai, le verre a cédé sous une pression de 68 livres au pouce carré (lb/po²). Selon la norme industrielle japonaise pertinente, le verre aurait dû pouvoir subir une pression constante de 99 lb/po². Les échantillons de verre canadien et japonais ont également été testés; les échantillons canadiens ont cassé à une pression moyenne de 105 lb/po², et les échantillons japonais à une pression moyenne de 97 lb/po². Le piquage intentionnel d'un échantillon a réduit sa résistance à la rupture à 54 lb/po². L'épaisseur réduite et le piquage en surface se sont combinés pour réduire la résistance du verre de l'*Ocean Ranger* à 30 % sous le minimum admissible. Non seulement le verre ne correspondait pas à la spécification relative à l'épaisseur indiquée dans les «plans d'exécution» et n'avait pas la résistance requise conformément à la norme industrielle, mais encore, même si le verre avait eu les deux, cette épaisseur et cette résistance normalisées étaient encore insuffisantes pour lui permettre de résister aux chocs des vagues auxquels l'on pouvait raisonnablement s'attendre, dans des conditions prévisibles de tempête, au niveau et à l'endroit où se trouvaient les hublots de la salle de contrôle des ballasts sur l'*Ocean Ranger*.

EXAMEN DES SOUPAPES À SOLÉNOÏDES

Les 64 soupapes à solénoïdes récupérées de la salle de contrôle des ballasts ont toutes été envoyées au LTSA pour fins d'examen et d'essai (Appendix F-3). Elles ont été réparties en six bancs, chacun en comprenant dix ou onze, et ont été numérotées par



6.3 L'actionnement des soupapes à commande par solénoïdes pouvait se faire par électricité ou à la main. On a relevé un tracé circulaire de résidu de laiton sur les faces des noyaux des 18 soupapes commandées manuellement qu'on a récupérées de l'épave.

ordre séquentiel au moyen d'étiquettes et de plaquettes en laiton de façon à correspondre aux numéros des soupapes du panneau schématique (P1 à P32, S1 à S32). Les soupapes à solénoïdes fonctionnaient ainsi qu'il suit : lorsque l'électro-diamant situé à la partie avant du boîtier était alimenté, il faisait rentrer le noyau qui déplaçait la tige contre un ressort et ouvrait la soupape. En coupant l'alimentation, le noyau et la tige revenaient à la position fermée sous l'effet du ressort. À la position ouverte, la soupape à solénoïdes dirigeait de l'air comprimé jusqu'à une soupape de ballast de la chambre des pompes, ce qui faisait ouvrir la soupape. À la position fermée, l'air comprimé était chassé de la soupape de ballast et un ressort la faisait fermer. La soupape à solénoïdes pouvait également être ouverte manuellement en enfonçant le noyau et la tige au moyen d'un outil que l'on insérait dans le trou fileté à l'avant du boîtier de la soupape.

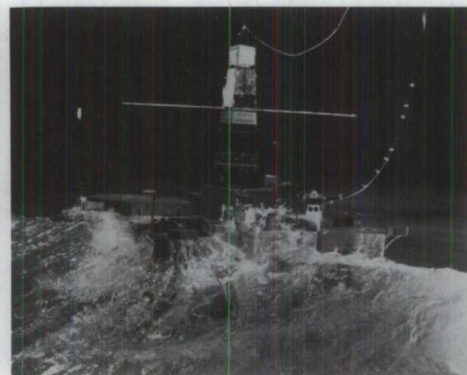
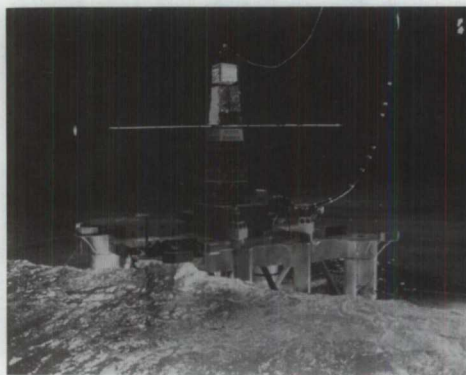
Les plongeurs ont découvert que 18 soupapes à solénoïdes étaient munies d'un coussinet et d'une tige de laiton. Beaucoup de ces tiges ont été courbées ou cassées pendant leur récupération et quatre d'entre elles ont été enlevées par inadvertance. Parmi les 64 soupapes reçues par le LTSA, 22 soupapes étaient munies d'un obturateur anti-poussière en caoutchouc inséré dans le trou fileté du boîtier, et 24 soupapes n'en avaient pas. On a mesuré la profondeur à laquelle les tiges de laiton étaient vissées afin de déterminer si les soupapes à solénoïdes étaient ouvertes ou fermées. On a constaté que toutes les soupapes sans coussinet ni tige étaient fermées, alors que toutes celles munies d'un coussinet ou d'une tige, sauf une seule, étaient ouvertes. La soupape P-13 qui était en position intermédiaire, a probablement eu le même effet qu'une soupape ouverte à fond.

Après le mesurage et l'enlèvement des tiges et des coussinets de laiton, les boîtiers des solénoïdes ont été ouverts afin de permettre l'examen de l'intérieur de chaque soupape. Dans tous les cas, le noyau et la tige du solénoïde étaient grippés parce que le lubrifiant à l'intérieur du boîtier s'était figé pendant la période de submersion des soupapes. Toutes les soupapes ont recommencé à fonctionner normalement après qu'on les a eues nettoyées et lubrifiées de nouveau.

Les noyaux des solénoïdes ont été examinés. Dans chacune des 18 soupapes utilisées, la face du noyau était marquée d'un dépôt de laiton circulaire correspondant au diamètre des tiges de laiton. D'entre les autres noyaux, quatre portaient des empreintes et des déformations circulaires, mais il n'y avait aucun dépôt de laiton, ce



6.4 Le modèle à l'échelle de 1:40 de l'*Ocean Ranger* dans le bassin d'essai aux Norwegian Hydrodynamic Laboratories à Trondheim, Norvège.



qui indique que ces marques ont été faites à l'aide d'un outil qui n'était pas en laiton. Il est probable que ces marques ont été faites pendant la construction et les essais de la plate-forme et qu'elles n'ont aucun rapport avec le désastre. Les 42 autres noyaux ne portaient aucune marque. Le LTSA conclut que toutes les 18 soupapes à solénoïdes munies de coussinets ont été ouvertes au moyen de tiges, et que les tiges de laiton n'ont pas été utilisées pour faire fonctionner aucune des autres soupapes.

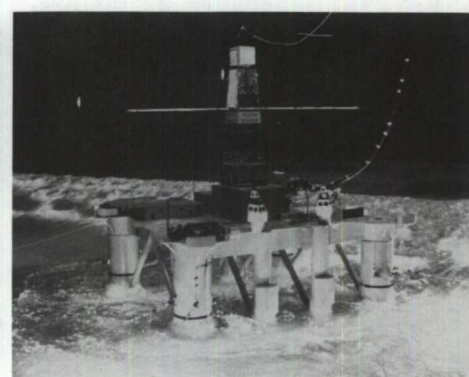
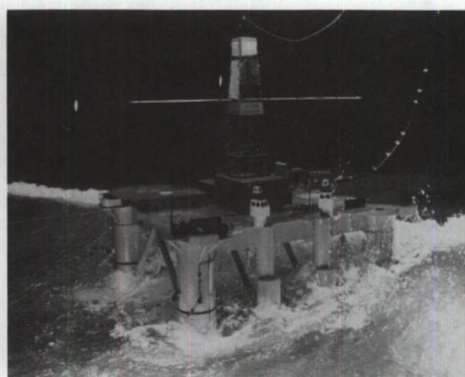
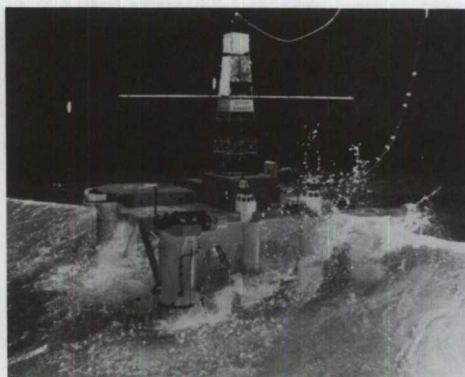
PROGRAMME D'ESSAIS DE MODÈLES

Le programme d'essais de modèles à l'échelle mené par le Conseil national de recherches au Canada à Ottawa (CNR) et les Norwegian Hydrodynamic Laboratories, de Trondheim (NHL), a porté sur une série de 182 essais distincts effectués entre novembre 1982 et septembre 1983 (Appendice F-5). Les modèles à l'échelle de 1:40 utilisés par les deux laboratoires ont été réalisés à partir des «plans d'exécution» de la plate-forme, et comportaient des dispositifs représentant les ouvertures des puits aux chaînes et les sections du système de ballasts afin de pouvoir simuler les effets de l'envahissement par les hauts et ceux des transferts de ballast. Les deux bassins d'essai des modèles étaient munis des dispositifs permettant de simuler les forces des vents¹ et des vagues déterminées à partir des données environnementales consignées à bord de la *Zapata Uglund* et de la *SEDCO 706* le 14 et le 15 février, 1982.

L'un des principaux objectifs du programme était de déterminer la susceptibilité de la plate-forme à l'envahissement par les hauts et l'effet possible de cet envahissement sur la stabilité de l'installation. Les deux modèles ont été construits de façon à permettre l'envahissement par les hauts dans les colonnes avant en passant par les ouvertures des puits aux chaînes qui ont été désignés par l'American Bureau of Shipping comme étant «le premier point d'envahissement par les hauts». L'ABS exige que l'angle auquel l'envahissement par les hauts commencerait soit conforme à ses règles. Il a été déterminé que l'angle d'envahissement par les hauts dans le cas de l'*Ocean Ranger*, ayant un tirant d'eau de 80 pieds, équivalait à une assiette avant de 27 degrés. À cet angle d'inclinaison, l'eau de mer entre dans les puits aux chaînes. Ce calcul se fondait sur une mer calme, sans égard au fait que de fortes mers peuvent entraîner l'envahissement par les hauts à un angle beaucoup moins prononcé.

Les essais ont démontré que l'installation n'était pas susceptible d'être envahie par les hauts alors qu'elle était considérablement équilibrée, les tirants pouvant aller jusqu'à 86 pieds. À de tels tirants, l'envahissement par les hauts a été observé uniquement lorsqu'on a donné aux modèles une assiette avant de 10 à 12 degrés ou lorsqu'ils ont été soumis à des vagues d'une amplitude supérieure à celle enregistrée

¹ Avant l'essai dans le bassin à houle, un modèle aérodynamique à l'échelle de 1:100 a été essayé en soufflerie à l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches afin de déterminer la réaction de l'installation aux vents et de recueillir des données servant à la simulation des forces des vents utilisées au CNR et aux NHL.



au cours de la tempête. Ces essais ont démontré que l'*Ocean Ranger* pouvait résister aux conditions environnementales consignées sur l'emplacement alors qu'elle était équilibrée au tirant de forage de 80 pieds. Pendant les essais au tirant d'eau de 93 pieds², les puits aux chaînes des modèles, lorsqu'ils étaient de niveau, ont été quelque peu inondés et, avec une assiette avant excédant 6 degrés, l'invasissement rapide par les hauts se produisait.

On a réalisé une série d'essais supplémentaires fondés sur la distribution du ballast que l'on présume avoir existée le soir du 14 février. Les essais visaient à étudier ce qui se serait produit si les soupapes à solénoïdes commandées manuellement avaient été réellement utilisées pour faire fonctionner les soupapes du système de ballasts. Les modèles, placés dans des bassins d'essai, ont été soumis à des vents et à des vagues simulés, puis les soupapes appropriées ont été ouvertes. Dans tous les cas, le transfert de ballast qui s'est produit par gravité, à partir des réservoirs substantiellement pleins à l'arrière dans les réservoirs substantiellement vides à l'avant, a donné des assiettes avant excédant 15 degrés et provoqué l'invasissement progressif des puits aux chaînes. En raison des difficultés que l'on a rencontrées lors du mesurage du contenu des systèmes de ballasts des modèles, on n'a pu calculer avec précision le temps requis pour un transfert complet par gravité. Cependant, les essais ont l'importance des transferts de ballast accidentels et ont donné une indication réaliste des mouvements et de la stabilité de la plate-forme lorsqu'elle avait une inclinaison vers l'avant.

L'un des éléments les plus difficiles du programme d'essais des modèles a été de tenter de reproduire le chavirement de l'installation de forage. Le fait que l'*Ocean Ranger*, ayant des pontons mesurant 406 pieds de l'avant à l'arrière, ait chaviré dans des eaux d'une profondeur de 255 pieds seulement, a entraîné des problèmes particuliers pendant les essais de modèles. Pour que la simulation soit réaliste, on devait tenir compte de l'interaction complexe entre les configurations des ballasts, des mouvements de la plate-forme, des conditions environnementales, du système d'amarrage ainsi que de l'inondation des puits aux chaînes et du pont inférieur; il fallait également établir un certain nombre d'hypothèses en l'absence d'une connaissance précise de l'état de la plate-forme avant et pendant le chavirement. Plus encore, les modèles ne pouvaient pas reproduire de façon précise les dernières phases du chavirement étant donné les difficultés rencontrées dans la simulation de l'inondation du pont inférieur, du déplacement du matériel en pontée et de l'invasissement par l'eau des espaces non comblés de la plate-forme. Pour simuler le chavirement, on a réalisé qu'on devait inonder considérablement le pont inférieur et les roufs, outre les puits aux chaînes, avant que la plate-forme n'atteigne le degré d'instabilité requis. Les essais des modèles ont révélé qu'à des assiettes avant prononcées, les structures

²Pendant tout le programme, une échelle de tirants d'eau de 72 pieds à 93 pieds a été étudiée, afin de tenir compte du fait que la plate-forme avait déballasté ou augmenté son tirant à cause d'une entrée accidentelle d'eau de mer de ballastage.

du pont étaient soumises à l'impact violent des vagues. Les dommages subis par les prises d'air à l'avant de l'installation et par la superstructure du secteur d'habitation auraient permis à l'eau de s'engouffrer facilement et d'inonder la réserve de sacs et, en passant par l'escalier de bâbord avant, le secteur d'habitation du pont inférieur.

Les calculs des situations possibles de chavirement et l'analyse des essais ont indiqué que la possibilité de chavirement diminuait avec l'augmentation du tirant d'eau. Le seul essai où il a été possible de reproduire un chavirement a été réalisé par le CNR, le tirant d'eau moyen étant de 72 pieds. Le chavirement à des tirants d'eau excédant 80 pieds a été jugé peu probable étant donné que l'assiette de la plate-forme, à l'étape finale, serait limitée en raison du contact de la partie avant des pontons avec le fond marin.

Une comparaison des résultats du programme d'essais des modèles avec les analyses mathématiques réalisées pour le compte de la Garde côtière des États-Unis par le David W. Taylor Naval Ship Research and Development Center, a révélé que d'après les résultats mathématiques la plate-forme semblait moins susceptible à être envahie par les hauts dans des conditions dynamiques. Cette simulation a été affectée en raison de la possibilité limitée du programme informatisé de reproduire des vagues d'une façon réaliste et par les nombreuses hypothèses arbitraires qu'il a fallu établir au cours de l'élaboration du programme.

Un certain nombre d'études ont été entreprises afin de vérifier les données sur la stabilité contenues dans le *Manuel d'exploitation* de l'*Ocean Ranger*. Ces données étaient à la base des décisions opérationnelles quotidiennes touchant la stabilité de l'installation, et leur exactitude était primordiale relativement à l'exploitation sécuritaire de cette dernière. Les données d'ODECO sur la stabilité ont été jugées complètes et, en général, exactes. On a également tenu compte des effets du système d'amarrage sur la stabilité et de l'effet possible de «l'accroissement du poids»³ de la plate-forme. Il a été déterminé que ces facteurs n'ont pourtant pas contribué au désastre.

ÉTUDES DU SYSTÈME DE BALLASTS

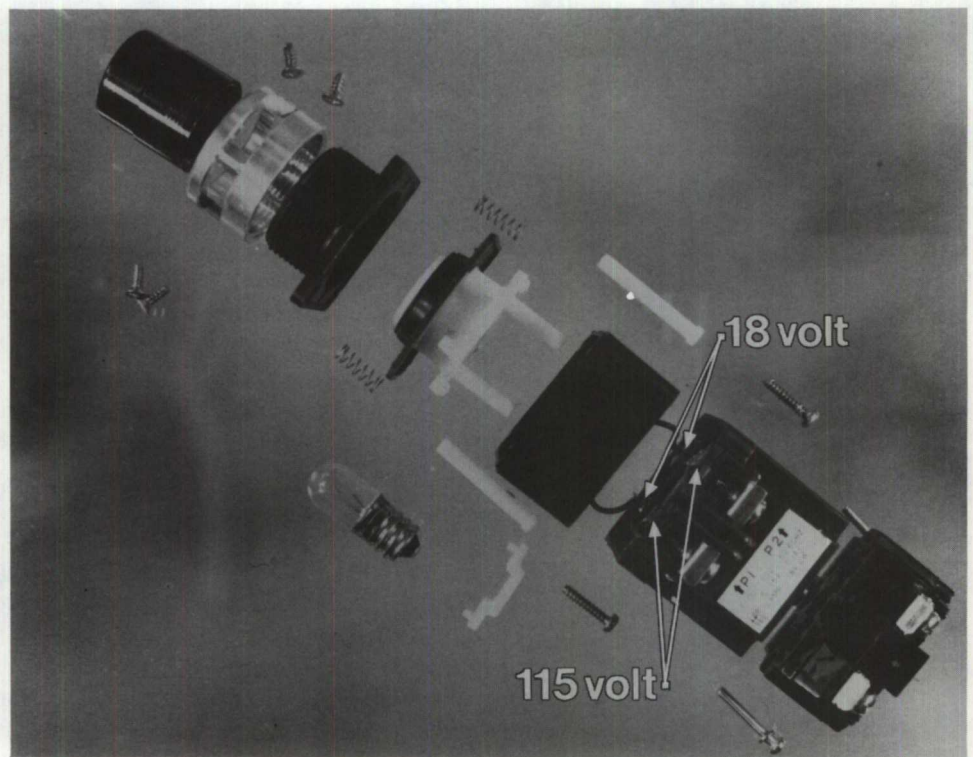
Dès le début, on soupçonnait que la cause du désastre était directement liée à une perte de contrôle du système de ballasts. L'assiette avant prononcée et la forte gîte par bâbord rapportées avant l'abandon de la plate-forme et l'impossibilité pour l'équipage de la remettre d'aplomb indiquent toutes deux qu'une grave défaillance s'était produite dans le système. Les résultats de l'examen des soupapes à solénoïdes fait par le LTSA renforcent ce soupçon. Le LTSA a également examiné les composants électriques et mécaniques du système de contrôle des ballasts (Appendice F-3).

Les sections des panneaux schématiques de bâbord et de tribord étaient essentiellement intactes lorsqu'elles ont été récupérées, sauf qu'il manquait les interrupteurs de commande P-2 et P-8, la lampe témoin S-35, et la douille de l'interrupteur P-17. On suppose que ces dispositifs ont été perdus pendant les travaux de récupération. Quatre des douze couvercles verts (marche) et dix des douze couvercles rouges (arrêt) des interrupteurs des pompes n'étaient plus sur le panneau; les bandes magnétoscopiques prises à l'intérieur de la salle de contrôle des ballasts de l'épave ont révélé que ces couvercles n'étaient pas en place avant que les travaux de récupération ne débutent. Apparemment, on n'a jamais essayé de les ouvrir ou de les remplacer.

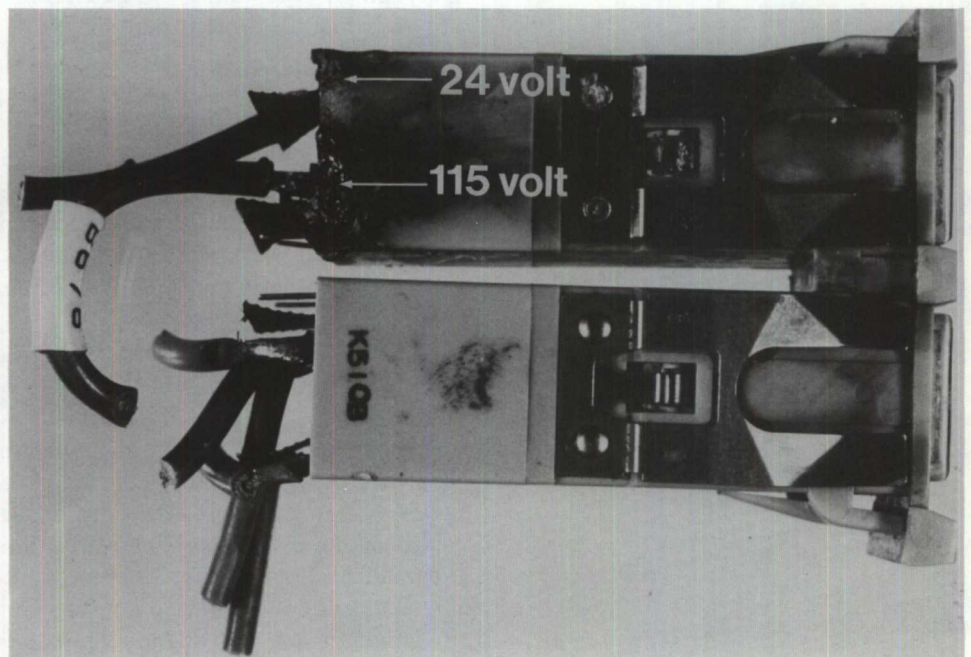
On a fait l'examen visuel des composants du panneau schématique afin de déceler tout signe de dommage pouvant avoir résulté d'une défaillance électrique. Un seul composant, l'interrupteur de commande de soupape P-19, était endommagé; la

³L'accroissement du poids d'un navire léger est une modification non consignée du poids d'un navire en raison de l'accumulation graduelle de peinture et autres matériaux. Une installation de la taille de l'*Ocean Ranger* peut voir son poids s'accroître annuellement de 20 tonnes.

6.5 Interrupteur de pompe démonté, identique aux interrupteurs utilisés dans le panneau schématique. La défaillance de certaines lampes témoins de ces interrupteurs est due à l'eau salée qui s'est infiltrée dans le boîtier du transformateur près de la base de l'interrupteur et qui a court-circuité les bornes du primaire de 115 volts et celles du secondaire de 18 volts.



6.6 L'interrupteur P-19 de commande de soupape était le seul composant visiblement endommagé du panneau schématique. La partie fondue à proximité de la base du boîtier résulte d'un court-circuit entre les borne de 24 volts et celles de 115 volts.



partie inférieure de son boîtier portait des traces d'amorçage d'arc et de brûlure, ce qui est le fait du court-circuit, en raison de l'eau salée, des bornes de 115 volts à la base de l'interrupteur.

La deuxième phase de l'examen du panneau consistait à examiner, au moyen d'un microscope optique à balayage électronique, toutes les ampoules des lampes

témoins. On a déterminé que sur les 184 ampoules⁴ examinées, 80 ampoules, soit 43 %, étaient hors d'usage parce que les filaments étaient cassés. Soixante-seize de ces dernières présentaient des signes de défaillance en raison d'une tension excessive. Les ampoules grillées étaient réparties au hasard sur l'ensemble du panneau. On a constaté que toutes les ampoules étaient usées, ce qui indique que personne n'a essayé de les remplacer la nuit du naufrage.

En évaluant les dommages de l'interrupteur P-19 et des lampes témoins de position des soupapes, les enquêteurs ont noté que les bornes du circuit des lampes témoins de 24 volts et celles du circuit de commande de 115 volts étaient très rapprochées les unes des autres à la base du boîtier de l'interrupteur. Ils ont conclu que l'eau de mer s'infiltrant dans l'interrupteur P-19 a créé un pont conducteur entre les circuits de 24 volts et 115 volts⁵, ce qui a entraîné la défaillance de plusieurs lampes témoins dans le circuit de 24 volts en raison d'une surtension. La répartition des ampoules intactes indique que l'eau de mer a pénétré dans un grand nombre d'interrupteurs de commande de soupapes, causant dans certains cas des courts-circuits qui ont empêché le courant de passer dans les filaments des ampoules, et conséquemment protégé ces dernières contre tout dommage. Il en a résulté une distribution erratique d'ampoules endommagées et d'ampoules intactes.

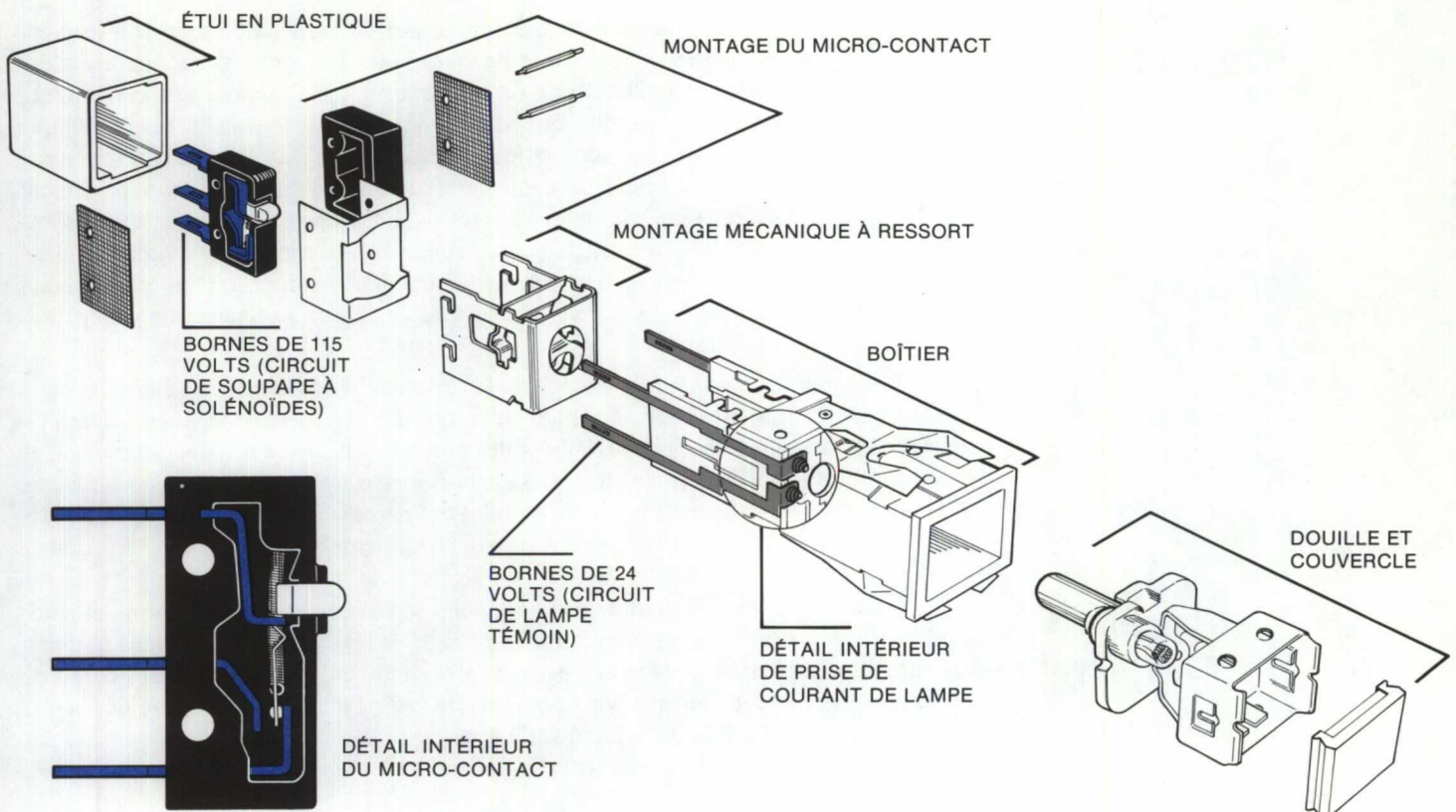
La défaillance des ampoules des interrupteurs des pompes, qui étaient reliées à un circuit distinct de 115 volts par l'intermédiaire d'un transformateur de 115 volts/18 volts monté à l'intérieur de chaque interrupteur de pompe, a été imputée au court-circuit des bornes de ces transformateurs. Chaque interrupteur de pompe comprenait un joint d'étanchéité en caoutchouc qui empêchait l'eau de mer à la surface du panneau schématique de s'infiltrer dans le boîtier de l'interrupteur. Toutefois, les essais ont démontré que l'eau pouvait s'infiltrer, à partir de la surface du panneau schématique, dans les ouvertures des interrupteurs et pénétrer dans les boîtiers des interrupteurs des pompes, court-circuitant les transformateurs et faisant griller les ampoules à cause d'une surtension.

Afin d'étudier les effets de l'eau de mer sur le circuit électrique du panneau schématique, le LTSA a mené une série d'essais avec des composants identiques neufs achetés auprès des fabricants de l'équipement d'origine au Japon. Ces essais ont démontré que l'eau de mer pouvait entrer facilement dans les interrupteurs de commande des soupapes. Même de petites quantités d'eau de mer réduisaient l'intensité des lampes témoins et les faisaient clignoter; dans certains cas, l'eau faisait allumer les voyants verts et les voyants rouges simultanément. Dans plusieurs de ces essais, on a constaté que l'eau de mer provoquait un court-circuit pouvant exciter le relais asservi et le solénoïde.

On a également procédé aux essais d'un modèle du panneau schématique d'origine afin d'évaluer les effets électriques possibles de l'eau de mer sur le panneau. On a versé de l'eau salée sur le modèle, mais on n'a tenté d'aucune façon de reproduire de façon exacte les conditions qui prévalaient la nuit du naufrage, c'est-à-dire la quantité d'eau de mer ou la vitesse de l'eau. L'inondation a d'abord court-circuité le circuit des lampes témoins de position des soupapes et fait griller le fusible. On s'est rendu compte plus tard qu'on avait utilisé par erreur un fusible de 5 ampères plutôt que le fusible approprié de 10 ampères. Les tentatives visant à rétablir le circuit pendant cet essai en insérant un nouveau fusible de 10 ampères ont été infructueuses, ce qui indiquait que des courts-circuits se produisaient toujours même lorsque l'eau s'était égouttée du panneau. Pendant les dix premières minutes de l'essai, 10 des 32 interrupteurs de commande des soupapes ont été court-circuités, ce qui a excité les

⁴Le panneau schématique comportait 168 ampoules de lampes témoins indiquant la position des soupapes et 24 ampoules d'interrupteurs des pompes. Pendant les travaux de récupération, huit ampoules de lampes témoins de soupapes ont été perdues.

⁵Cela a pu se produire à plusieurs endroits dans le panneau schématique, quoique l'endroit le plus plausible semble être celui de l'interrupteur P-19.



6.7 Composants de l'interrupteur de commande de soupape utilisé dans le panneau schématique. On a découvert qu'il y a eu court-circuit : entre les contacts de l'ampoule; entre les fils reliant les contacts de celles de 115 volts à la base de l'interrupteur; et dans le micro-contact lui-même.

relais associés dans le simulateur. Dans le circuit de l'*Ocean Ranger* cela aurait fait ouvrir les soupapes à solénoïdes montées sous la console, ce qui aurait conséquemment fait ouvrir les soupapes des ballasts télécommandées dans les chambres des pompes si l'alimentation de la console en air comprimé n'avait pas été coupée. Un examen ultérieur des interrupteurs touchés dans le panneau d'essai a révélé qu'il y avait des dépôts de sel à l'intérieur des micro-contacts associés, ce qui confirmait que de l'eau de mer avait pénétré dans les micro-contacts et entraîné un court-circuit interne.

A mesure que l'essai se poursuivait, on a vu de nombreuses lampes témoins du panneau («ouvert» et «fermé») clignoter et éclairer fortement de façon désordonnée, le tout accompagné de jaillissements d'étincelles à l'intérieur du panneau. Il n'y avait aucune source d'alimentation de 24 volts du circuit des lampes témoins à ce moment-là à cause de la défaillance du fusible. On a donc conclu que le circuit de 115 volts et celui de 24 volts ont été interconnectés par l'eau de mer. L'examen des ampoules des lampes témoins a révélé que nombre d'entre elles avaient grillé à cause d'une surtension tout comme celles qui ont été récupérées de l'épave, et qu'un certain nombre d'interrupteurs présentaient des dommages identiques à ceux de l'interrupteur P-19, également récupéré de l'épave. L'étendue des dommages dans le panneau soumis à l'essai était supérieure à celle du panneau schématique récupéré. Cela est probablement dû au fait que l'alimentation a été laissée en circuit plus d'une heure pendant l'essai, alors que l'alimentation à bord de l'*Ocean Ranger* a probablement été coupée peu après la rupture du verre du hublot.

La conception et les aspects opérationnels du système de contrôle des ballasts de l'*Ocean Ranger* ont été analysés au cours de l'enquête technique. Parmi les facteurs affectant l'utilisation appropriée de ce système étaient les signaux fournis à l'opérateur concernant l'état de l'équipement par l'intermédiaire de la console de commande des ballasts et son instrumentation associée ballasts. Le panneau schéma-

tique était conçu de façon à permettre à l'opérateur d'ouvrir ou de fermer les soupapes et d'utiliser les pompes (contrôle) et de déterminer l'état réel des soupapes et des pompes (surveillance). Les fonctions de contrôle et les fonctions de surveillance n'étaient pas séparées comme elles doivent normalement l'être, de sorte que chaque système puisse fonctionner de façon autonome. Le système de l'*Ocean Ranger* a été conçu de façon que les circuits de contrôle et de surveillance des soupapes soient interreliés par l'intermédiaire de relais montés dans la console;⁶ bien que cet agencement ait fonctionné correctement dans des conditions normales, il a limité inutilement les données accessibles à l'opérateur et a rendu les deux circuits vulnérables aux défaillances communes. Les conséquences de ce défaut de conception seront examinées au chapitre suivant.

L'examen du système de pompage des ballasts a également révélé un certain nombre de restrictions. Le principal facteur restrictif dans la conception de ce système était l'emplacement des chambres des pompes à l'arrière de l'installation. Une telle configuration rendait le déballastage de plus en plus difficile à mesure que l'assiette de la plate-forme s'inclinait vers l'avant parce que la distance verticale augmentait entre la crépine du réservoir de ballast et l'entrée de la pompe (Appendice F-4).

Inversement, le fait de donner une inclinaison arrière à la plate-forme améliorerait effectivement la performance du système. Les témoignages indiquent que non seulement les opérateurs connaissaient cet effet, mais qu'ils avaient aussi l'habitude d'incliner légèrement l'installation vers l'arrière pour faciliter le pompage des réservoirs avant. Il est d'ailleurs évident qu'une gîte par bâbord ou tribord n'aurait pas d'effet notable sur le fonctionnement du système.

Un autre facteur limitatif du système de pompage des ballasts découlait directement de sa conception mécanique. Elle contrevenait à la pratique technique normalisée d'équilibrer la capacité des pompes, le diamètre et la longueur des conduites d'entrée et plusieurs autres facteurs, afin de garantir un rendement adéquat sur toute la gamme de fonctionnement⁷ du système. L'utilisation de pompes très puissantes à grand débit avec des conduites d'entrée d'un diamètre relativement petit reliant les pompes et les réservoirs de ballasts a gravement restreint la gamme de fonctionnement sur laquelle le système de ballasts pouvait être utilisé avec succès. Un moyen quelconque d'«étrangler» ou de réduire le débit dans les pompes aurait grandement amélioré l'efficacité du système.⁸ Même si la nécessité d'ajouter un mécanisme d'étranglement avait été indiquée sur les plans de construction, on n'en a jamais installé. L'utilisation de conduites d'entrée d'un diamètre supérieur aurait également permis un meilleur rendement. ODECO a déclaré tenir compte de ce fait dans tous ses projets en cours.

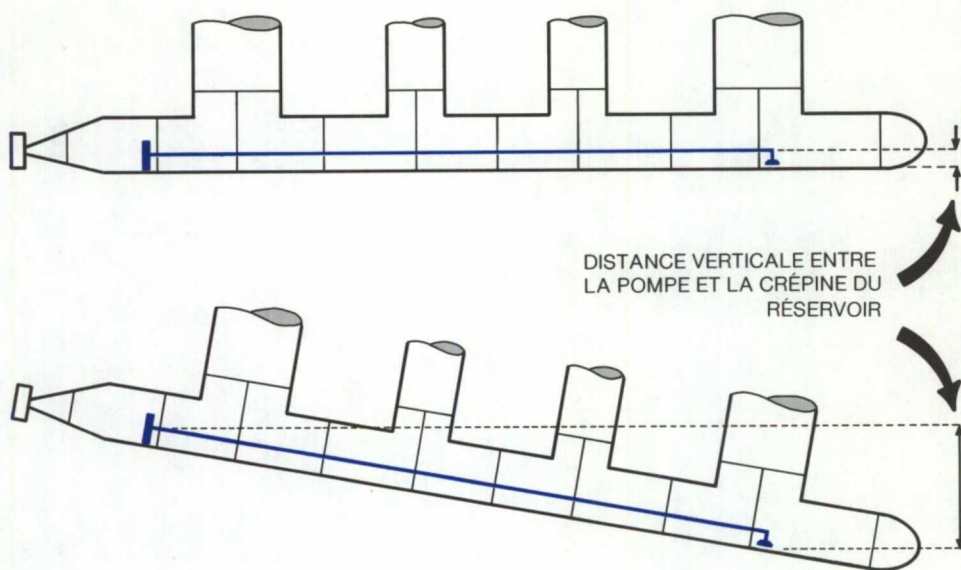
L'effet de ces faiblesses de conception sur le système de ballasts de la plate-forme aurait gêné considérablement toute tentative de redressement de l'installation à partir de l'inclinaison très prononcée rapportée la nuit du désastre. Le débit auquel le ballast pouvait être pompé à partir des réservoirs avant aurait été réduit à néant à mesure que l'inclinaison s'accroissait. Au cours des opérations normales, la vitesse de débit à partir d'un réservoir donné est sans importance; dans les conditions qui prévalaient la nuit du désastre, la vitesse de débit à partir des réservoirs avant était un facteur décisif.

⁶Les règlements courants des sociétés de classification interdisent ce type d'agencement.

⁷Dans ce contexte, l'expression «gamme de fonctionnement» s'entend du niveau du contenu des réservoirs et de l'attitude de l'installation que l'on peut raisonnablement prévoir dans des conditions normales ou en cas d'urgence.

⁸Le rendement du système aurait pu être amélioré en pompant à partir de plusieurs réservoirs de ballast en même temps, mais cela n'était généralement pas reconnu par les opérateurs de la salle de contrôle des ballasts qui pompaient normalement à partir d'un réservoir seulement à la fois.

6.8 A mesure que la plate-forme s'inclinait par l'avant, la distance verticale entre l'aspiration dans le réservoir et l'aspiration au niveau de la pompe augmentait, ce qui réduisait la capacité du système de pomper à partir des réservoirs avant.



7

PERTE DE L'INSTALLATION

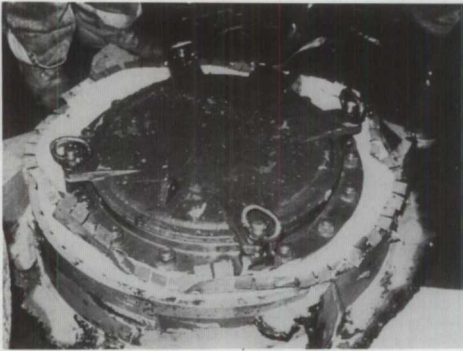
CHAPITRE 7 PERTE DE L'INSTALLATION

Au cours de son enquête, la Commission royale a recueilli un grand nombre de preuves techniques, inspecté la salle de contrôle des ballasts et les pontons de l'épave de la plate-forme, et entrepris une série d'essais de modèles afin de découvrir des données sur le comportement probable de l'*Ocean Ranger* dans diverses conditions de vent, de vague et de charge. On admettait cependant que la preuve technique seule n'expliquerait pas la cause de la perte et, en conséquence, de nombreux témoins ont été invités à fournir des renseignements sur les procédures courantes d'opération à bord de l'*Ocean Ranger* et sur les modes de comportement établis de ceux qui détenaient des postes clés. Ces témoignages, de même que les données techniques disponibles, ont fourni la base sur laquelle on a pu s'appuyer pour arriver aux conclusions relatives à la cause du désastre.

Il a été établi précédemment que l'*Ocean Ranger* forait encore à 16 h 30 l'après-midi du 14 février 1982, que le processus du débranchement et du désaccouplement avait débuté peu après cette heure-là et qu'il avait pris fin au plus tard à 18 h 47. Les témoignages ont révélé que c'est pratique courante, dans le champ Hibernia, de déballaster une installation de forage de cinq pieds ou plus après le désaccouplement afin d'augmenter l'espace d'air¹ et de réduire en même temps la possibilité que le tube conducteur marin n'endommage l'obturateur anti-éruption sur le fond marin. Cependant, des témoignages ont également révélé que l'*Ocean Ranger* n'avait jamais suivi cette pratique de déballastage et qu'elle avait, de fait, démontré qu'elle pouvait continuer de forer dans des conditions météorologiques tellement extrêmes qu'elles empêchaient les autres plates-formes d'en faire autant. En réalité, l'*Ocean Ranger* avait débranché en raison des conditions météorologiques le 16 janvier 1982 pour la première fois depuis les cinq années qu'elle était en opération. Ce jour-là, le pilonnement maximum rapporté était de 22 pieds, les mers atteignaient 49 pieds et la houle 25 pieds au maximum. Le tangage et le roulis maximum rapportés étaient de 4,5 degrés et de 5,5 degrés respectivement. Toutefois, l'*Ocean Ranger* n'avait pas déballasté mais avait conservé pendant tout ce temps son tirant d'eau de 80 pieds. Les témoignages ont révélé que les conditions météorologiques et les mouvements de la plate-forme n'étaient pas différents le 14 février.

Des témoins ont déclaré que s'il fallait augmenter l'espace entre le tube conducteur marin et l'obturateur après le désaccouplement pour que cet équipement ne soit pas endommagé, il faudrait décider, avant de procéder au déballastage, de relever le tube conducteur marin soit avec le moufle mobile soit avec le compensateur de mouvement. Même si l'on avait fait état de problèmes concernant les boyaux du

¹L'espace d'air s'entend de la distance entre le niveau moyen de la mer et le dessous du pont inférieur de l'installation de forage.



7.1 Un des trois hublots retirés de l'épave. Le contre-hublot était fermé et agrafé.

compensateur le 14 février, le tube conducteur aurait pu être remonté en utilisant le moufle mobile. Étant donné que l'*Ocean Ranger* n'avait jamais déballasté auparavant en raison des conditions de tempête, et en l'absence de tout rapport confirmant qu'elle en aurait fait autant à ce moment-là, on doit conclure que la plate-forme n'avait pas procédé au déballastage à partir de son tirant d'eau de 80 pieds avant que le hublot #4 de la salle de contrôle des ballasts ne fut défoncé.

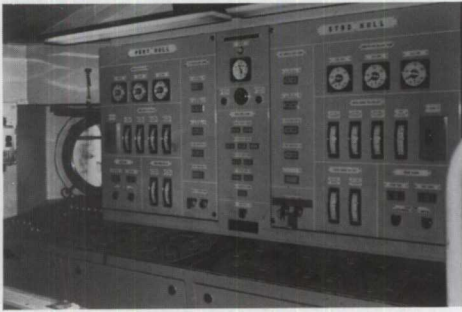
CASSE DU VERRE DU HUBLOT

Il n'y a aucun doute que la rupture du verre de ce hublot, entre 19 h 45 et 20 h, a été la première étape de la suite d'événements qui ont mené à la perte de l'*Ocean Ranger*. La preuve a révélé que l'épaisseur de verre, telle que spécifiée dans les plans qui ont été remis par le fournisseur du verre, était insuffisante pour supporter les forces des vagues dans des conditions prévisibles de tempête extrêmes et que, de plus, à mesure que le verre prenait de l'âge, le piquage de sa surface par les particules charriées par l'eau ou par l'air diminuait sa résistance. De plus, le verre en place dans le hublot ne répondait même pas aux critères d'épaisseur spécifiés dans les plans.

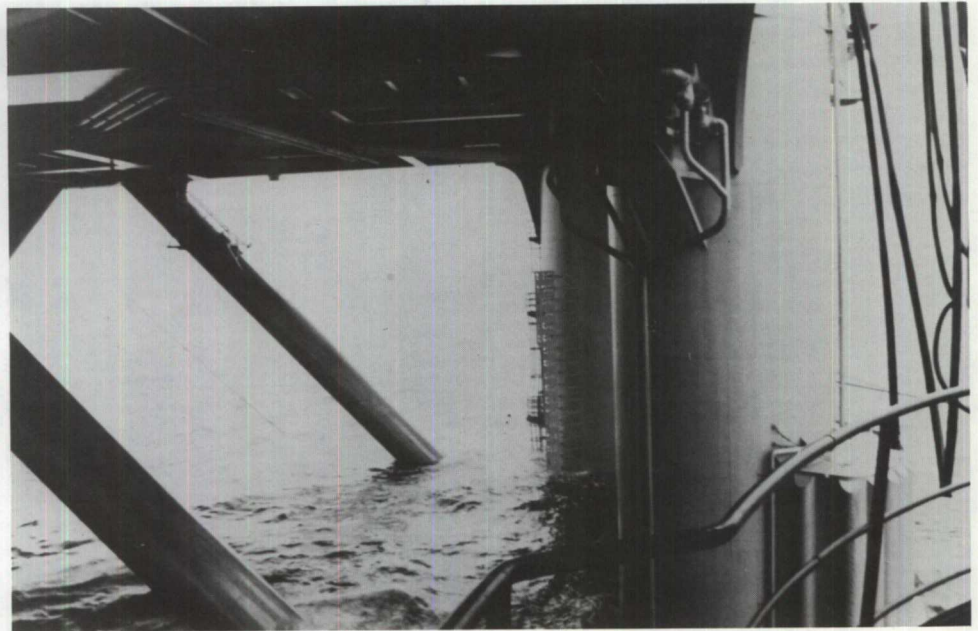
Les dimensions de la lèvre qui a été constatée sur la bague de blocage du hublot #4 qui a éclaté avant le chavirement, étaient approximativement deux fois supérieures à celles de la lèvre relevée sur le hublot #2 que l'on a récupéré intact, après que ce dernier fut soumis à des essais de pression atteignant 68 lb/po² avant d'éclater. La preuve a été fournie que la pression requise pour produire une lèvre ayant l'importance de celle que l'on a constatée sur le hublot #4 serait au moins égale au double de ce chiffre. L'avocat-conseil d'ODECO a avancé que la force d'une vague seule ne pouvait vraisemblablement pas atteindre cette pression, et il a soutenu que le verre du hublot avait été cassé par un lourd débris flottant. Il a fait valoir que puisque le débris flotterait nécessairement à la surface ou légèrement sous la surface de l'eau, le hublot n'aurait pas été soumis à une forte colonne d'eau et, par conséquent, la quantité de liquide qui serait entrée dans la salle de contrôle aurait été minimale. L'examen technique des hublots récupérés de l'épave contredit cette thèse. Les recherches sur les pressions de choc générées par des lames déferlantes indiquent que des pressions dynamiques excédant 140 lb/po² peuvent se produire pendant de courtes durées². L'examen du hublot récupéré a confirmé que le verre a éclaté sous l'effet d'une pression uniforme appliquée sur toute sa surface et non pas en raison de l'impact d'un débris.

Chaque hublot, tel que conçu et mis en place, était muni, du côté intérieur, d'un contre-hublot métallique que l'on pouvait abaisser et verrouiller sur le hublot lorsqu'on prévoyait que des vagues pourraient casser le verre; cependant, on ne disposait d'aucune instruction quant à l'utilisation des contre-hublots ni d'ordres permanents précisant de les fermer en cas de tempête. Les témoignages ont révélé que les instructions appropriées sont actuellement incluses au besoin dans tous les manuels d'ODECO. Malgré l'absence d'instructions, si l'équipage avait réagi suivant un comportement de marin et le bon sens, avait fermé les contre-hublots de la salle de contrôle des ballasts avant 19 h 45 le 14 février, le premier maillon de la chaîne des événements n'aurait pas été forgé et la perte de l'*Ocean Ranger* et de son équipage aurait été évitée. Néanmoins, il faut reconnaître que si on avait examiné à fond la conception de l'installation en fonction des conditions environnementales extrêmes dans lesquelles elle pourrait être exploitée, plusieurs autres maillons de la chaîne des événements qui ont entraîné le chavirement n'auraient pas été forgés. Si la console de commande avait été étanche, si elle avait été protégée contre l'eau qui pouvait entrer par un hublot cassé, si le verre en place dans les hublots avait pu supporter l'impact

²«Coastal Engineering – An Introduction to Ocean Engineering», pp. 97-100, K. Horikawa, University of Tokyo Press, 1978.



7.2 Ces photographies montrent la console de contrôle des ballasts et les marques de tirant d'eau à partir du hublot #3 situé à l'extrême gauche.

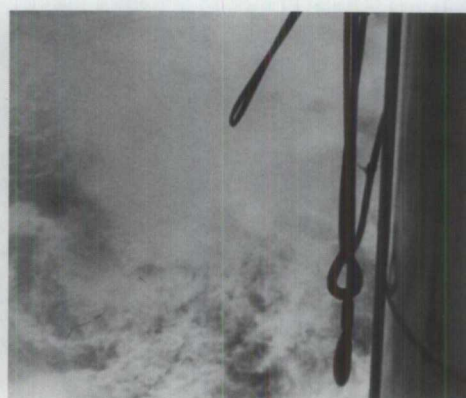
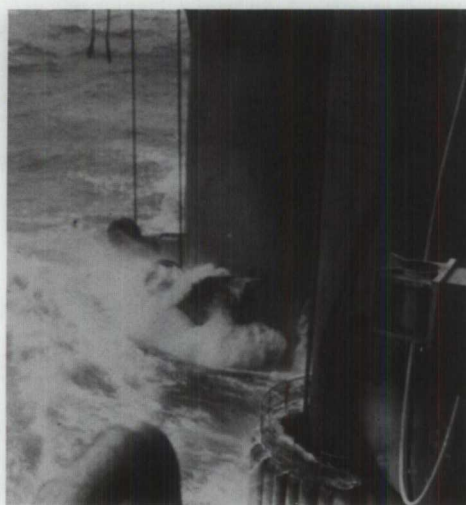


des vagues dans des conditions environnementales prévisibles, si la salle de contrôle des ballasts avait été située à un niveau plus élevé sur le pont supérieur et si un système plus sophistiqué que celui des échelles sur les colonnes avait été en place pour vérifier le tirant d'eau, il n'y aurait pas eu cette suite d'événements qui ont conduit à la perte.

De nombreuses dépositions ont été faites relativement à la quantité d'eau qui est entrée dans la salle de contrôle des ballasts après la rupture du hublot. Les estimations vont d'une demi-tonne à plus de 20 tonnes en se fondant sur diverses hypothèses qui peuvent se défendre ou non. Des facteurs inconnus comme la dimension, l'angle et la vitesse de la vague, l'assiette de la plate-forme au moment de l'impact et le temps nécessaire pour fermer le contre-hublot, se combinent tous pour donner toute latitude à ceux qui ont avancé ces estimations. Cependant, quelle que soit la quantité d'eau qui a pénétré dans la salle de contrôle des ballasts, elle était suffisante pour mouiller toute la surface du panneau et ainsi donner naissance à la séquence d'événements néfastes.

Les témoignages révèlent que, chose étonnante, le bris du verre du hublot ne serait pas jugé en soi d'une importance suffisante pour qu'on en fasse rapport à la base terrestre avant le lendemain alors qu'on en ferait mention dans le rapport quotidien sur l'état de l'équipement. Cela pourrait expliquer l'absence totale des communications entre le chef de chantier de forage et le personnel d'ODECO à terre. De la même façon, lorsque Graham a d'abord été avisé par Jacobsen à 20 h 45 qu'un hublot était défoncé, il n'a pas jugé la chose importante, vraisemblablement à cause du peu de préoccupation exprimée par Jacobsen. Au cours d'une autre communication qui a eu lieu à 22 h, Jacobsen l'a de nouveau assuré que l'*Ocean Ranger* n'était aux prises avec aucun problème dû à la rupture. Il est également surprenant qu'on n'ait à aucun moment fait mention de dommages résultant de l'incident, même si l'on avait appris par le biais de communications VHF entendues par hasard que le système de hauts-parleurs et de détection des gaz, et probablement le panneau de contrôle des ballasts, étaient endommagés ou défectueux. De fait, lorsque le chef de chantier de forage a demandé un rapport des conditions peu avant 22 h, l'opérateur de la salle de contrôle des ballasts a répondu que «tout allait bien» et cela a été transmis à Graham par Jacobsen qui a dit «tous les systèmes fonctionnent normalement». La preuve a démontré clairement l'imprécision de ces rapports. Les différences entre

7.3 Cette série de photographies fait voir les hublots de la salle de contrôle des ballasts obscurcis alors que la mer était relativement calme. Les photos ont été prises à partir de la salle de commande des guindeaux au niveau de la plate-forme d'amarrage sur tribord avant.



les conditions rapportées et les conditions réelles peuvent être attribuées à une évaluation erronée de la situation par l'équipage et à son incapacité de prévoir le danger latent. Le manque de rapports précis et opportuns sur les dommages, de la part de ceux qui se trouvaient à bord, a gêné l'enquête sur le désastre et nécessité l'élaboration d'un plus grand nombre d'hypothèses et de déductions que l'on aurait été tenu d'en faire dans le cas contraire.

Les conclusions concernant l'effet de l'eau sur l'équipement de la salle de contrôle des ballasts sont tirées des conversations radio VHF entendues entre 20 h et 22 h, de l'examen du panneau schématique et des interrupteurs récupérés de l'épave, ainsi que des essais du LTSA faits avec des interrupteurs neufs identiques à ceux qui ont été récupérés. Parmi ceux qui ont entendu par hasard des bribes de ces communications radio VHF, personne n'a ressenti un quelconque degré d'urgence ou d'inquiétude. En vérité, personne n'a tenté de communiquer avec la plate-forme pour s'enquérir du problème. Toutes ces conversations ont eu lieu à bord de l'*Ocean Ranger* entre ceux qui s'occupaient du nettoyage et de la réparation, et leurs chefs. Elles donnent une bonne idée de ce que pensaient ceux qui étaient à bord et, même si l'on peut contester la précision des témoignages concernant le contenu et l'heure exacte de ces conversations, il n'y a aucun doute quant à leur ton général.

Les conversations portaient sur le nettoyage de la salle de contrôle des ballasts et sur l'état de l'équipement de cette pièce. Les interlocuteurs ont indiqué qu'il fallait ramasser l'eau et la vitre et que le système de détection des gaz et le système de hauts-parleurs ne fonctionnaient pas. On a parlé du «panneau» mouillé et l'on a dit que quelqu'un, probablement l'électricien, «était en train d'y travailler» et «avait

enlevé le couvercle». On a averti le personnel d'un risque de décharges électriques et l'on a demandé aux préposés à l'entretien de se rendre à la salle de contrôle. Au cours de ces conversations, rien n'a laissé croire que l'équipage pressentait quelque danger. De toute évidence, le personnel croyait que les problèmes, quels qu'ils aient pu être, avaient été localisés et que les mesures correctives étaient appliquées.

Toutefois, il est manifeste qu'une évaluation erronée de la part de l'équipage a joué un rôle important dans la tragédie. Alors que l'équipage connaissait les dangers que couraient ceux qui tentaient de nettoyer l'équipement électrique mouillé, il ignorait la portée de l'effet potentiel que l'eau de mer pouvait avoir sur le fonctionnement du système de contrôle des ballasts. Cette ignorance du fonctionnement de l'équipement de contrôle des ballasts et des dangers que représentaient ses composants pour la plate-forme elle-même a été, selon toute probabilité, la raison pour laquelle on a omis de faire rapport des dommages à la base terrestre. L'analyse finale a révélé que c'est cette ignorance qui a été à la base des mesures ayant contribué à la perte de l'installation plutôt qu'à sa sauvegarde.

DOMMAGES SUBIS PAR LA CONSOLE DE CONTRÔLE DES BALLASTS

L'examen du panneau schématique et des interrupteurs récupérés a fourni une indication que l'on ne peut mettre en doute concernant la distribution de l'eau sur le panneau de contrôle des ballasts et sur l'étendue des dommages subis par ce dernier. Les essais ont démontré que les ampoules des lampes témoins qui *n'ont pas* fait défaut ont résisté parce que l'eau de mer qui se trouvait partout ailleurs dans le commutateur a permis au courant de 115 volts de passer par ce tracé de rechange qu'elle lui fournissait plutôt que de passer dans les filaments des ampoules de 24 volts, les protégeant ainsi des effets de la surtension. Ces ampoules intactes étaient réparties de façon erratique sur tout le panneau, indiquant de ce fait une vaste distribution horizontale de l'eau. Aucune des ampoules endommagées n'avait été remplacée, et la possibilité de courts-circuits continus dans les boîtiers des interrupteurs indique que le circuit des lampes témoins de 24 volts n'a jamais été remis en état de fonctionnement normal. Une autre indication des effets de l'eau de mer sur le panneau schématique a été fournie par les dommages visibles causés par brûlure et fusion au niveau de la base de plastique de l'interrupteur P-19 qui contrôlait une soupape télécommandée du côté du refoulement de la pompe d'eau de forage de bâbord. Ces dommages ont été causés par l'eau de mer qui s'est ramassée à la base de l'interrupteur en quantité suffisante pour entraîner une fusion aussi importante que celle qui a été décelée. Rien n'a indiqué que l'on avait fait une tentative quelconque pour remplacer cet interrupteur qui était hors d'état lorsqu'on l'a récupéré de l'épave.

On a découvert qu'une ampoule de 18 volts de chaque paire d'interrupteurs de pompes avait grillé, encore une fois en raison d'une surtension qui, dans ce cas, a eu lieu à l'intérieur de ces interrupteurs eux-mêmes. Pour que l'eau ait pu pénétrer dans les interrupteurs de pompes touchés, il a fallu qu'elle soit largement distribuée horizontalement sur tout le panneau. Seulement 10 des 24 interrupteurs de pompes étaient complètement assemblés lorsqu'on les a récupérés et, parmi ces derniers, seules les paires d'interrupteurs contrôlant les pompes de bâbord #3 et #5 étaient complètes. Quatorze interrupteurs ne comportaient pas de voyants de couleur et, dans certains cas, les protecteurs des voyants avaient également disparu. Il est difficile d'utiliser un interrupteur lorsqu'il n'est pas muni d'un voyant. D'après l'état de ces interrupteurs, il est évident qu'ils n'avaient pas été remis en état avant l'évacuation de la plate-forme.

Les essais effectués par le LTSA sur des interrupteurs de contrôle de soupapes neufs afin de déterminer leur sensibilité à l'eau de mer ont démontré que l'eau pouvait affecter le circuit des lampes témoins directement. Cet effet pourrait être causé soit par l'établissement d'un pont entre les contacts situés à la base de chaque

ampoule, soit par l'établissement d'un pont entre les tiges inférieures de ces contacts montés à l'intérieur même des boîtiers des interrupteurs. Il serait possible d'enlever l'eau des contacts des ampoules à la base de ces dernières en enlevant le plongeur du bouton-poussoir et en asséchant la cavité. Cependant, si bon nombre d'interrupteurs étaient touchés, il aurait été impossible d'enlever l'eau de l'intérieur de l'interrupteur lui-même dans l'intervalle dont l'équipage disposait. Il était possible d'atteindre, non sans difficultés, les connexions soudées à la base des interrupteurs à partir du dessous du panneau schématique. Sans casser ces connexions soudées, il était impossible soit de lever l'ensemble des interrupteurs du panneau schématique, soit de démonter ces derniers pour enlever l'eau de l'intérieur des boîtiers.

Les essais du LTSA ont également confirmé que de l'eau peut pénétrer dans les micro-contacts montés dans la base de l'interrupteur de commande d'une soupape et entraîner un court-circuit qui fait ouvrir la soupape télécommandée correspondante si et quand l'alimentation électrique et l'alimentation en air comprimé du panneau sont en circuit. L'ouverture d'une combinaison appropriée de ces soupapes permettrait à l'eau d'entrer dans un ou dans plusieurs réservoirs de ballast à partir de la mer, ou encore au lest de passer par gravité d'un réservoir à l'autre; par exemple, l'ouverture de la soupape télécommandée (#32) de prise d'eau de mer et de la soupape collectrice (#20) dans un ponton, en plus de n'importe quelle soupape de réservoir de ballast dans le même ponton, permettrait à l'eau de mer de noyer ce réservoir en particulier. L'ouverture de deux soupapes de réservoirs de ballast dans le même ponton permettrait le transfert entre ces réservoirs, compte tenu des quantités d'eau relatives dans ces derniers et de l'inclinaison de la plate-forme.

L'avocat-conseil d'ODECO a fait remarquer que les micro-contacts récupérés de l'épave ne présentaient aucun signe de jaillissement d'étincelles, de brûlure ou de court-circuitage dus à l'eau de mer. Il a cherché à démontrer, comme on l'a vu précédemment, qu'une faible quantité d'eau avait pénétré dans la salle de contrôle des ballasts et que, par conséquent, aucun micro-contact n'avait jamais été court-circuité par l'eau de mer. Même s'il n'a pas été possible, après un examen des micro-contacts récupérés, de déterminer si de l'eau avait pénétré dans les interrupteurs avant le chavirement³, les essais du LTSA ont clairement démontré que de l'eau peut facilement s'infiltrer dans ces dispositifs et les court-circuiter. Il a été déterminé que de l'eau avait de fait pénétré dans certains micro-contacts du panneau schématique. Une fois que de l'eau s'est infiltrée dans un micro-contact, il est virtuellement impossible de la faire disparaître avant d'avoir sorti le micro-contact du boîtier de l'interrupteur et l'avoir fait sécher longtemps. La preuve démontre clairement que les micro-contacts n'ont pas été retirés du boîtier des interrupteurs ni démontés de quelque manière, et que toute l'eau qui aurait pénétré dans les micro-contacts y était toujours au moment du naufrage.

La sensibilité de la console de contrôle des ballasts et de ses composants à l'eau de mer constituait, comme on l'a vu plus haut, une déficience dans sa conception. Si tous les composants sans exception avaient été scellés et destinés à un usage en milieu marin, la possibilité d'infiltration d'eau dans les interrupteurs aurait été éliminée. Le panneau schématique a été conçu de façon à ce que l'opérateur puisse commander les soupapes et les pompes au moyen d'interrupteurs et surveiller leur fonctionnement au moyen de lampes témoins. Les dommages subis par le panneau ont affecté le fonctionnement tant du circuit de surveillance que celui du circuit de commande. Si l'on avait prévu séparer ces fonctions, la possibilité d'erreur humaine aurait été grandement réduite.

³L'examen des interrupteurs soumis aux essais et qui ont été court-circuités n'a révélé aucun indice de jaillissement d'étincelles ni de dommages par brûlure, et en conséquence l'état des micro-contacts récupérés ne permet pas, en lui-même, de confirmer ou de rejeter la possibilité d'une infiltration.

Les témoignages entendus et la preuve technique permettent de tirer un nombre de conclusions fermes concernant les événements des 14 et 15 février 1982. Cependant, en l'absence de preuve directe, certaines conclusions sont fondées sur des hypothèses dérivées de modes de comportement et de pratiques établis.

Au cours des audiences publiques, la réaction immédiate probable de l'opérateur de la salle de contrôle des ballasts face à l'éclatement du hublot, a reçu beaucoup d'attention. Pendant les travaux de plongée, on a constaté que tous les contre-hublots étaient fermés. Il est généralement convenu que la première réaction de l'opérateur aurait été de fermer le contre-hublot du hublot endommagé afin d'arrêter l'inondation de la salle de contrôle. Il se serait probablement trouvé devant un panneau de contrôle des ballasts non éclairé, exception faite de l'ampoule de 115 volts et possiblement des ampoules d'un ou de plusieurs interrupteurs de pompes. L'eau de mer aurait immédiatement court-circuité la plupart des ampoules, sinon toutes, en se ramassant soit au niveau de leurs contacts soit dans le boîtier des interrupteurs. Ces courts-circuits auraient entraîné une charge 20 fois supérieure à la charge normale et fait griller les fusibles du circuit des ampoules de 24 volts⁴.

Il est peu probable que l'opérateur en poste aurait coupé immédiatement l'alimentation électrique ou pneumatique du panneau étant donné que ces deux mesures auraient nécessité l'ouverture de la console de contrôle des ballasts au risque de toucher à l'équipement électrique mouillé. L'opérateur aurait normalement demandé de l'aide en utilisant le système de hauts-parleurs, mais ce dernier avait été mis hors d'état par l'eau de mer. Le poste radio VHF portatif de la salle de contrôle a été utilisé pour rapporter qu'il y avait de l'eau et de la vitre dans la pièce et le chef de chantier de forage, Thompson, a ordonné à l'équipage «de descendre dans la salle et de la nettoyer». L'électricien aurait rapidement coupé l'alimentation électrique du panneau probablement en utilisant le disjoncteur monté à l'intérieur du panneau, ou peut-être au niveau du tableau de secours situé dans la salle des génératrices au niveau du pont inférieur.

Dans les conversations radio VHF entendues par hasard, il était également question de rapports faits au chef de chantier de forage concernant l'état de l'équipement de la salle de contrôle des ballasts. On a parlé du mauvais fonctionnement du système de hauts-parleurs, du panneau de détection des gaz, ainsi que de décharges électriques, ou du risque de recevoir des décharges d'autres appareils. Un commentaire portait sur des «soupapes qui s'ouvraient d'elles-mêmes». D'autres témoignages ont révélé qu'on avait parlé de soupapes «qui s'ouvraient et se fermaient». À cause du montage de l'équipement électrique de la console de contrôle des ballasts, il est impossible qu'une soupape se ferme électriquement d'elle-même après qu'un court-circuit l'ait fait ouvrir⁵. Au cours des opérations normales, la soupape se ferme et reste fermée une fois que l'interrupteur «close» est enfoncé momentanément. Cependant, lorsque de l'eau s'est infiltrée dans le micro-contact dans l'interrupteur «open», l'interrupteur «close» doit être enfoncé et maintenu en position manuellement pour que la soupape se ferme, car autrement, cette dernière revient à la position ouverte dès que le bouton-poussoir est relâché.

Nous croyons que, quels que soient les mots utilisés lorsqu'il a été question de «soupapes qui s'ouvraient d'elles-mêmes», l'opérateur a réagi au scintillement ou à l'extinction désordonné des lampes témoins de position des soupapes. Dans les minu-

⁴Le circuit des ampoules de 24 volts alimentant les lampes témoins comportait des fusibles de 20 ampères de chaque côté. Chaque ampoule portait normalement un courant de 0,04 ampère. Un court-circuit entraîné par l'eau salée crée un courant de 0,6 à 0,8 ampère au niveau de chaque court-circuit. Des courts-circuits localisés à environ 30 endroits suffiraient donc à surcharger le circuit et feraient griller le fusible.

⁵Le micro-contact dans l'interrupteur «open» était câblé en configuration «normalement ouvert». Un court-circuit dans ce micro-contact aurait le même effet que si l'opérateur enfonçait l'interrupteur. Le micro-contact dans l'interrupteur «close» était câblé en configuration «normalement fermé». Un court-circuit dans ce micro-contact aurait rendu la fermeture de la soupape associée en enfonçant l'interrupteur.



7.4 Une des quatre sections du panneau schématique récupérées de l'épave. Plusieurs dispositifs de mise en place en plexi-glass ont été enlevés et perdus pendant les travaux de récupération.

tes qui ont suivi, il a rapporté que «tout allait bien». Ces propos au sujet des soupapes qui s'ouvraient pourraient avoir été tenus pour l'une ou l'autre des raisons suivantes :

1. scintillement et affaiblissement des ampoules d'une façon erratique à mesure qu'elles grillaient en raison de la surtension provenant du circuit de 115 volts, probablement causée par un court-circuit au niveau de P-19, ou
2. court-circuit erratique des micro-contacts entraînant l'extinction des ampoules lorsque les soupapes ont commencé à s'ouvrir (seulement si le circuit de 24 volts fonctionnait).

L'un ou l'autre de ces effets est possible mais le premier est le plus vraisemblable. La réaction immédiate de l'opérateur en voyant les lampes témoins changer aurait été de croire que les soupapes s'ouvraient. Le refus de toute lampe témoin verte (open) de s'allumer en 20 à 40 secondes, couplé peut-être avec l'arrêt de l'alimentation électrique du panneau, aurait fait dire à l'opérateur que les soupapes fonctionnaient correctement. Bien qu'un ou plusieurs micro-contacts puissent avoir été court-circuités pendant ce court intervalle avant l'arrêt de l'alimentation électrique, il n'y a pas d'indice d'un changement quelconque dans l'assiette de la plate-forme à cet instant, et l'on juge que si les soupapes télécommandées avaient été ouvertes, elles n'auraient pas permis qu'une quantité d'eau notable pénètre dans les réservoirs de ballasts ou passe entre ces derniers par gravité. Cependant, il se peut que pendant les quelques minutes précédant l'arrêt de l'alimentation, un court-circuit produit par l'eau à la base de l'interrupteur P-19 ait entraîné une fuite de 115 volts dans le circuit des lampes témoins de 24 volts, ce qui a fait griller, à cause de la surtension, 64 ampoules non protégées. George Granger, un électricien de l'*Ocean Ranger*, a déclaré croire que l'équipage aurait probablement pensé que le problème se situait au niveau des lampes témoins, causé par l'eau qui s'était ramassée dans les contacts électriques à la base de chaque ampoule.

Selon les conversations entendues, l'équipage s'est d'abord occupé du nettoyage de l'eau et de la vitre et a vérifié l'état de l'équipement de la salle de contrôle des ballasts. Après avoir évalué ce qui ne fonctionnait pas dans la console de contrôle des ballasts, la première chose que ferait l'électricien serait d'enlever les couvercles des 192 interrupteurs⁶ et lampes témoins du panneau schématique et d'assécher chacune des cavités des douilles des ampoules et des interrupteurs, tâche qui prendrait plusieurs heures. Le technicien en électronique serait également présent dans la salle de contrôle des ballasts, procédant à des tests et réparant, le cas échéant, le circuit des hauts-parleurs et le panneau de détection des gaz. Étant donné qu'aucune des lampes témoins n'a été remplacée et que 14 des 24 interrupteurs de pompes étaient démontés dans le panneau qui fut récupéré, il est manifeste que les travaux de maintenance n'étaient pas terminés au moment de l'abandon de la plate-forme.

L'avocat-conseil d'ODECO a laissé entendre que, compte tenu du rapport de Jacobsen fait à 22 h ce soir-là disant que tout fonctionnait normalement, la console de contrôle des ballasts avait été, à ce moment-là, remise en état de fonctionner normalement. Ce rapport, de même que la déclaration de Jacobsen affirmant que les tensions des ancres étaient de l'ordre de 240 000 livres, ne peuvent pas être acceptés sans réserve. Dans les conditions de tempête qui prévalaient, les tensions des ancres différeraient largement, alors que l'état du panneau récupéré indique clairement qu'après la rupture du hublot, le panneau n'a été en aucun temps remis en état normal de fonctionnement.

L'avocat-conseil d'ODECO a également avancé que l'*Ocean Ranger* avait fini de déballaster à un tirant d'eau de 72 pieds, peu après 22 h 15 le 14 février, afin de prévenir tout dommage supplémentaire aux hublots de la salle de contrôle des ballasts ainsi qu'aux structures et à l'équipement du pont supérieur, et que ce déballas-

⁶Le panneau de contrôle des ballasts comprenait 168 lampes témoins de position des soupapes et 24 lampes témoins d'interrupteurs de pompes.

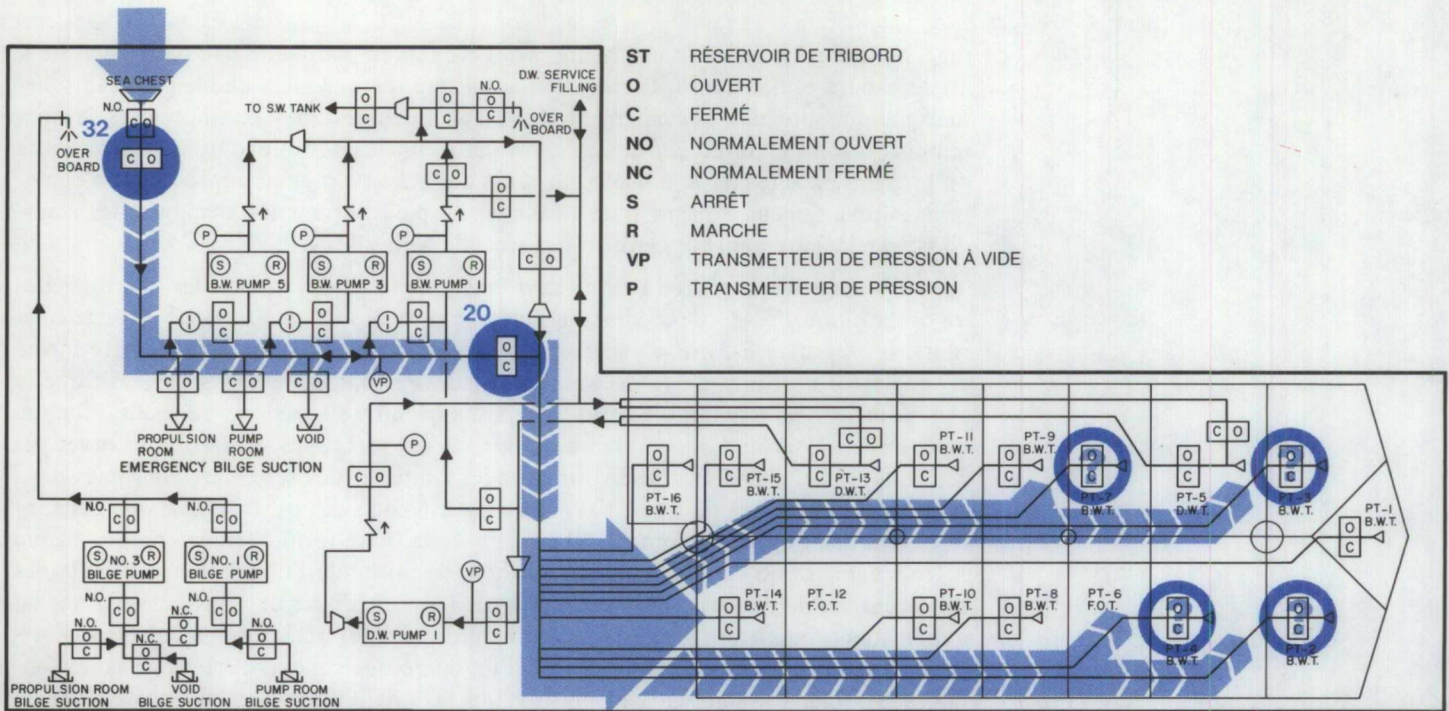
tage, qui a duré à peu près une heure, avait été fait en pompant l'eau des réservoirs # 10 de bâbord et de tribord. L'opération aurait été réalisée alors que le panneau schématique fonctionnait normalement, bien que quelques-unes ou toutes les lampes témoins fussent éteintes. Il a soutenu que cette conclusion se fondait sur les résultats du programme d'essais de modèles au cours duquel on a réussi à reproduire un chavirement uniquement à partir d'un tirant de 72 pieds, et sur les sondages des réservoirs, particulièrement sur ceux du réservoir de ballast PT-10.

La tentative de reproduire le chavirement a été un des aspects les plus difficiles du programme d'essais de modèles, et seulement un des 88 essais réalisés à cette fin a réussi (Appendice F-5). Il a été déterminé qu'il est peu probable que la plate-forme ait chaviré à un tirant d'eau excédant 80 pieds. Par conséquent, il semblerait que le chavirement s'est produit à un tirant se situant entre 80 pieds et 72 pieds. Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, toutes les tentatives de faire concorder les résultats des sondages des réservoirs avec les contenus des réservoirs consignés dans le rapport de stabilité du 14 février, n'ont pas été concluantes. Il semble que pendant le chavirement et l'enfoncement subséquent de la plate-forme, le contenu de chaque réservoir a subi un changement considérable en raison de l'inondation par les lignes d'évacuation, ou du transfert du contenu par l'intermédiaire de soupapes ouvertes ou qui fuyaient, ou encore à cause de dommages possibles aux cloisons entre les réservoirs. Il n'y a également pas de preuve d'un degré quelconque d'erreur dans les sondages eux-mêmes, soit dans la position de la jonction air-eau ou encore dans la mesure de la profondeur d'eau jusqu'à la quille. La possibilité d'erreur est particulièrement évidente dans le cas de PT-10, car lorsqu'on a extrapolé de nouveau le volume d'air qui se trouvait piégé à l'intérieur afin d'obtenir le volume d'air équivalent à la surface de la mer, le volume résultant était supérieur au volume d'air du réservoir. Il a été convenu sur la base de ces facteurs que les sondages des réservoirs n'étaient pas suffisamment exacts pour servir de fondement aux conclusions concernant la perte de l'installation de forage.

LA PREMIÈRE GÎTE

Il a été déduit que l'alimentation électrique du panneau a été remise en circuit entre 0 h 30 et 0 h 45. On ne connaîtra jamais avec certitude la raison de cette mesure, mais il se peut que l'on ait agi ainsi afin de pouvoir juger de l'état des ampoules tant des interrupteurs des soupapes que des interrupteurs des pompes. Les témoignages ont révélé qu'il est impossible de déterminer à l'oeil nu si un filament est cassé ou non. En conséquence, il faudrait que l'alimentation électrique soit en circuit afin de pouvoir constater l'état des ampoules. Il est également possible que le panneau ait été remis sous tension, même sans lampes témoins, pour déballaster à un tirant moindre, afin que l'équipement sous-marin ne soit pas endommagé à cause du tangage accru, ou encore afin de neutraliser la direction et l'intensité du vent et des vagues. La preuve documentaire révèle que, tel que la *Zapata Uglund* l'a consigné, le tangage a continué d'augmenter jusqu'à minuit, alors que le tangage enregistré à bord de la SEDCO 706 atteignait son maximum à 23 h. Il est possible que l'*Ocean Ranger* puisse avoir été touché de la même manière mais, comme nous l'avons vu plus haut, la plate-forme n'avait jamais déballasté auparavant pour cette raison. Cependant, si l'équipage avait relâché les amarres sous le vent en raison des tensions croissantes auxquelles elles étaient soumises, ou s'il avait jeté par-dessus bord ou déplacé de la boue ou de l'eau de forage, du mazout ou du chargement en pontée à cause de la forte tempête qui sévissait, peut-être a-t-il fallu faire fonctionner le système de ballasts pour compenser le déplacement de ces forces ou de ces poids.

Quelle qu'ait pu être la raison de la mesure prise, la remise en circuit de l'alimentation électrique a court-circuité des micro-contacts au hasard, ce qui a fait ouvrir les soupapes télécommandées associées. On sait que la plate-forme a donné



7.5 L'ouverture accidentelle des soupapes de ballast P-32 et P-20 a permis à l'eau de mer d'entrer dans le collecteur commun menant aux réservoirs du ponton de bâbord. L'ouverture des soupapes menant à un ou à plusieurs des réservoirs avant a rapidement entraîné une gîte de 4 à 5 degrés par bâbord avant.

PT
 RÉSERVOIR DE BÂBORD

DW SERVICE FILLING
 TUYAUTERIE DE SERVICE EAU DE FORAGE

OVERBOARD
 REFOULEMENT PAR DESSUS-BORD

BW PUMP
 POMPE D'EAU DE BALLAST

BWT
 RÉSERVOIR D'EAU DE BALLAST

DWT
 RÉSERVOIR D'EAU DE FORAGE

FOT
 RÉSERVOIR DE COMBUSTIBLE

DW PUMP
 POMPE D'EAU DE FORAGE

PUMP ROOM BILGE SUCTION
 ASSÈCHEMENT CHAMBRE DES POMPES

VOID BILGE SUCTION
 ASSÈCHEMENT ESPACE VIDE

PROPULSION ROOM BILGE SUCTION
 ASSÈCHEMENT CHAMBRE DE PROPULSION

VOID
 ESPACE VIDE

TO SW TANK
 VERS RÉSERVOIR D'EAU DE MER

PUMP ROOM
 CHAMBRE DES POMPES

EMERGENCY BILGE SUCTION
 POMPE DE CALE DE SECOURS

PROPULSION ROOM
 CHAMBRE DE PROPULSION

SEA CHEST
 PRISE D'EAU DE MER

BILGE PUMP
 POMPE DE CALE

soudainement de la gîte par bâbord avant, et l'on a conclu que la cause de cette gîte était due à l'entrée de l'eau de mer dans le ponton de bâbord. Pour qu'une telle chose ait pu se produire, les micro-contacts court-circuités doivent avoir inclus au moins P-32 (la soupape télécommandée de prise d'eau de mer), P-20 (la vanne à quatre voies ou soupape collectrice) et au moins un réservoir de ballast avant dans le ponton de bâbord. L'ouverture de ces trois soupapes ferait immédiatement entrer de l'eau de mer dans un réservoir de ballast de bâbord avant. L'incident du 6 février mettait en cause une inondation accidentelle par l'eau de mer pendant le pompage et, en moins de quelques minutes, il en avait résulté une inclinaison contraire de 6 degrés par bâbord⁷. Sans le pompage compensateur, la réaction de la plate-forme à une inondation par l'eau de mer serait évidemment beaucoup plus rapide.

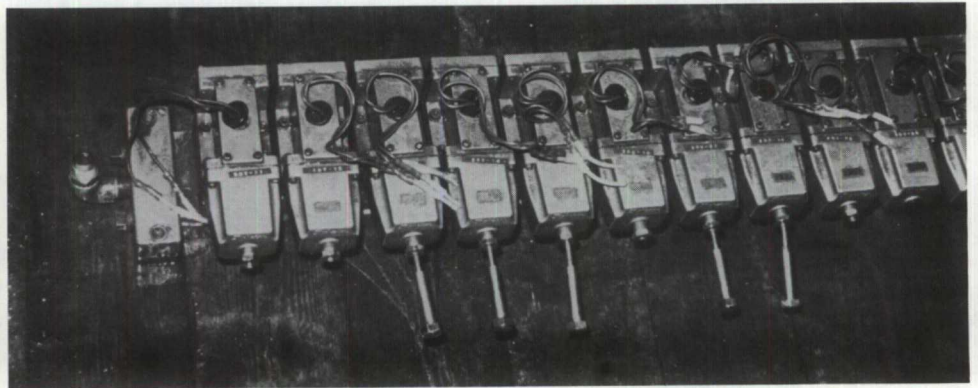
En remarquant l'assiette, l'opérateur de ballasts aurait encore coupé l'alimentation électrique du panneau, fermant ainsi toutes les soupapes ouvertes en moins de 20-40 secondes. Avant que l'alimentation ne soit coupée et même si quelques minutes seulement s'étaient écoulées, l'eau aurait pénétré en quantité suffisante dans le ponton de bâbord pour entraîner une gîte par bâbord et probablement une inclinaison de 4 ou 5 degrés par l'avant. Cette assiette qui excédait probablement 4 degrés dans les conditions de mer et de vent qui prévalaient, combinée au tangage et au roulis naturels de la plate-forme, donnerait une inclinaison avant maximale d'entre 8 et 10 degrés, chiffre dont Jacobsen a fait part à Graham à 01 h. Toutefois, l'appel de Jacobsen en était un «d'avertissement» seulement, sans qu'il fut question d'un Mayday ou d'une évacuation à ce moment-là, ce qui indique que, quelle qu'ait été la défektivité, l'équipage croyait pouvoir la localiser et la corriger. Après avoir coupé l'alimentation, toutes les soupapes qui s'étaient ouvertes se seraient refermées et la plate-forme aurait semblé se stabiliser. On aurait alors pris les mesures pour la remettre d'aplomb. Dans pareil cas, il est évident qu'on aurait tenté de chasser l'eau du ou des réservoirs de bâbord avant.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, l'avocat-conseil d'ODECO a soutenu que les micro-contacts n'avaient pas été court-circuités. Il a plutôt suggéré

⁷Cet incident est examiné au chapitre 4.

que vers 0 h 30 le 15 février, l'opérateur des ballasts a inséré 18 tiges de commande manuelle comme mesure de précaution afin de s'assurer que les soupapes restent fermées. Nous avons vu précédemment que l'équipage croyait, à tort, que l'insertion d'une tige ferait fermer une soupape. Le contraire était exact. Les calculs par ordinateur faits par M. Ralph Loomis, ingénieur d'ODECO, indiquent qu'après l'insertion des tiges de laiton, le transfert par gravité du contenu des réservoirs entre ces derniers aurait finalement entraîné une inclinaison prononcée de 18 à 22 degrés par l'avant, angle auquel les puits aux chaînes et les espaces avant de la coque supérieure pourraient être inondés. Ce transfert par gravité se produirait presque imperceptiblement pendant environ 20 minutes et, par la suite, l'inclinaison s'accroîtrait d'approximativement un degré par minute jusqu'à ce que le transfert par gravité soit terminé. Une inclinaison de 6 à 8 degrés aurait été atteinte après quelque 30 minutes. Réagissant à cette inclinaison dès qu'elle serait devenue évidente, l'opérateur des ballasts aurait alors coupé l'alimentation électrique du panneau. Les jauges de niveau des réservoirs, placées dans la salle de contrôle, auraient porté à confusion, étant donné qu'elles ne fournissaient pas une lecture précise lorsque la plate-forme était inclinée, et qu'elles indiquaient un transfert apparent de ballast alors qu'il ne s'en était produit aucun. L'avocat-conseil a prétendu que l'alimentation électrique du panneau aurait alors été remise en circuit afin de faire fonctionner les pompes pour ré-équilibrer l'assiette de la plate-forme.

Il est difficile d'admettre l'argument de l'avocat-conseil d'ODECO prétendant que l'opérateur des ballasts insérerait les tiges de commande manuelle comme mesure de précaution si la console de contrôle des ballasts fonctionnait normalement. Les opérateurs à bord n'avaient jamais utilisé les tiges et, en conséquence, il est fortement improbable qu'ils les auraient utilisées, surtout, comme ODECO l'a laissé entendre, au moment où le déballastage était terminé et où aucune autre opération de ballastage n'était nécessaire ou prévue. L'insertion des tiges comme mesure de précaution suppose un degré de planification et de réflexion qui ne correspond pas à la manière dont les tiges ont été réellement utilisées. Puisque l'équipage a dû se rendre compte qu'il n'y avait pas assez de tiges pour terminer le travail, il est illogique de prétendre qu'on aurait utilisé ses tiges pour réaliser une opération planifiée. L'insertion de trois tiges dans les soupapes à commande par solénoïdes contrôlant les réservoirs d'eau de forage révèle également un travail fait à la hâte et non planifié. En outre, l'équipage savait que l'alternative consistant à couper l'alimentation électrique du panneau entraînerait la fermeture de toutes les soupapes. Par conséquent, il est peu probable qu'il aurait eu recours à une mesure de précaution jamais appliquée auparavant. Si les tiges avaient été insérées comme mesure de sûreté après l'utilisation du panneau pendant une heure pour déballaster, cela aurait été à l'encontre des modes de comportement établis des opérateurs des ballasts dans des conditions normales. De plus, puisque l'avocat-conseil d'ODECO prétend que le panneau fonctionnait normalement, l'insertion des tiges aurait été la seule mesure inhabituelle



7.6 Un des six bancs de soupapes à solénoïdes retirés de la console de contrôle des ballasts. Plusieurs tiges de laiton ont été cassées au cours des opérations de récupération, ne laissant que le coussinet de laiton et une partie de la tige filetée à la partie avant du boîtier de la soupape. La soupape à l'extrême droite comporte un obturateur anti-poussière en plastique.

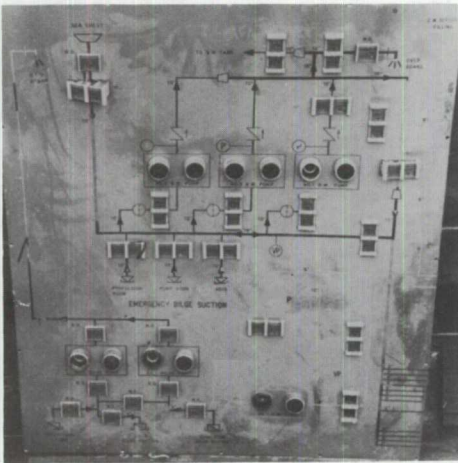
prise affectant le panneau. Par conséquent, il est possible qu'on se serait rendu compte que l'insertion de ces tiges contribuait au déséquilibre et, dans ce cas, l'équipage les aurait sans doute retirées. La preuve a révélé qu'aucune des tiges n'était de fait enlevée et que l'équipage «essayait de localiser le problème». L'insertion des tiges, comme on les a trouvées, ne pouvait résulter qu'en un transfert par gravité. Cela modifie le moment longitudinal du ballast mais n'a pas d'effet sur le moment transversal, c'est-à-dire qu'un mouvement de l'eau vers l'avant dans le ponton de bâbord entraînerait une inclinaison avant et non pas une gîte par bâbord. Les rapports faisant état d'une gîte par bâbord sont incompatibles avec les problèmes causés uniquement par transfert par gravité sans envahissement par l'eau. Par conséquent, il faut que la plate-forme ait embarqué de l'eau de mer et qu'il n'y ait pas eu uniquement un transfert par gravité comme ODECO l'a laissé entendre.

LES CONTRE-MESURES DE L'ÉQUIPAGE

En tenant compte de la suite des événements après la remise du panneau sous tension entre 0 h 30 et 0 h 45, l'équipage peut bien avoir cru qu'une défaillance électrique s'était produite dans le système de commutation. Le souvenir de l'incident du 6 février étant encore frais, l'équipage aurait empêché tout envahissement supplémentaire par l'eau de mer, puis il aurait pompé. Étant donné que le panneau avait fait défaut et que, selon les membres de l'équipage, les soupapes s'étaient ouvertes, ils auraient, par mesure de sécurité, fermé les deux soupapes manuelles de prise d'eau de mer avant de remettre le panneau sous tension pour faire fonctionner les pompes. La fermeture de ces soupapes aurait prévenu tout envahissement supplémentaire par l'eau. L'équipage aurait cru que l'état de la plate-forme s'était stabilisé et qu'il n'y aurait pas de danger à réalimenter le panneau. Bien que dans d'autres conditions la possibilité de transfert par gravité du contenu des réservoirs puisse avoir été envisagée, il est peu probable que l'on ait jugé cela possible si les pompes avaient fonctionné au même moment.

L'absence des lampes témoins n'aurait pas nécessairement empêché l'équipage de remettre le panneau sous tension afin de chasser l'eau. Une inclinaison atteignant 8 à 10 degrés pendant une tempête susciterait de l'effroi, et priorité serait donné au rétablissement de l'équilibre⁸. En outre, l'opération de pompage n'était pas complexe, nécessitant uniquement l'ouverture de quatre soupapes pour chasser l'eau d'un réservoir en utilisant une pompe. L'autre mesure serait de remonter un ou plusieurs interrupteurs de pompes. Sur le panneau récupéré de l'épave, seuls les interrupteurs des pompes #3 et #5 de bâbord étaient complètement assemblés. Manifestement, l'équipage avait l'intention de pomper à partir du côté bâbord de la plate-forme. Ces interrupteurs étaient remontés même si leurs voyants rouges ou «stop» étaient cassés. Les soupapes manuelles de prise d'eau de mer étant fermées, l'alimentation a été remise en circuit et l'on a enfoncé les interrupteurs des soupapes et des pompes appropriées pour commencer le pompage à partir d'un ou de plusieurs réservoirs de bâbord avant, probablement en utilisant une seule pompe pour commencer. Aucune lampe témoin n'aurait été visible ou allumée, à l'exception peut-être du voyant «run» des pompes. La remise de l'alimentation aurait provoqué encore une fois des courts-circuits dans tous les micro-contacts affectés et, par voie de conséquence, l'ouverture de nouveau des soupapes des ballasts. Les interrupteurs des réservoirs de bâbord arrière étaient très rapprochés du hublot défoncé et il est très probable que les micro-contacts contrôlant les soupapes d'un ou plus des réservoirs P14, 15 et 16 étaient court-circuités. Le matin du 14 février, PT-15 et 16 étaient pleins à 100 % alors que PT-14 ne l'était qu'à 67,9 %. PT-10 et 11, situés tous deux à l'arrière de la ligne médiane, étaient également pleins à 100 %.

⁸Lors de l'incident du 6 février, on avait ordonné à l'équipage de se rendre aux postes d'abandon.



7.7 Une des quatre sections du panneau schématique retirées de la console de contrôle des ballasts. Seuls les interrupteurs des pompes #3 et #5 de bâbord ont été remontés.

La plate-forme étant inclinée de 8 à 10 degrés par bâbord avant et les réservoirs arrière étant plus près de la chambre des pompes que les réservoirs avant, toute tentative de chasser l'eau d'un réservoir avant aurait été futile tant qu'un réservoir plein ou partiellement plein était ouvert sur la canalisation de l'aspiration. L'eau aurait été aspirée d'abord du réservoir arrière et cela aurait eu pour effet d'augmenter l'inclinaison avant et d'accroître le tirant moyen de la plate-forme. L'équipage aurait constaté que les jauges d'entrée et de refoulement de la pompe, ainsi que l'ampèremètre, indiquaient un débit positif mais que l'inclinaison vers l'avant s'accroissait toujours. La réaction probable serait d'ajouter une autre pompe. Ceci augmenterait le débit à partir des réservoirs arrière et accélérerait le rythme de l'inclinaison.

Le débit des pompes déterminerait si un transfert par gravité se produisait ou non dans le ponton de bâbord entre les réservoirs ayant leurs soupapes ouvertes. Il n'y a pas de preuve qu'il y ait eu pompage à partir du ponton de tribord et, en conséquence, il est très probable qu'il y a eu transfert par gravité entre des réservoirs ouverts par mégarde dans ce ponton. Tout transfert avant par gravité n'aurait fait naturellement qu'accroître le rythme de l'inclinaison avant. Qu'un pompage à partir du ponton de bâbord ait été tenté avec un certain succès est confirmé par le fait qu'au moment où le *Boltentor* s'est approché de l'arrière de l'*Ocean Ranger*, la plate-forme semblait équilibrée transversalement. La gîte par bâbord avait été apparemment corrigée, et la seule conclusion valable est que cela a été fait en chassant l'eau de ce ponton-là.

L'opération de pompage ou l'opération prévue de pompage a peut-être été relayé par Jacobsen à Graham à 01 h. En parlant au SAREC juste après la conversation qu'il a eu avec Jacobsen, Graham dit :

Oui, et ils sont enfoncés de 8 ou de 10 pieds. Ils essaient de ballaster – essaient de localiser . . . euh . . . le problème, mais . . . euh . . . jusqu'à présent, ils n'ont pas . . . euh . . . n'ont pas été capables de le trouver . . . euh . . . ils ne savent pas où – où se trouve le problème.

Si Graham ne se souvenait pas d'avoir parlé de «ballastage», et puisqu'il répète les paroles de Jacobsen en parlant de «pieds» et de «localiser le problème», il est très probable que Jacobsen a dit «ils essaient de ballaster». Étant donné les mesures correctives appliquées pour fermer les soupapes manuelles de prise d'eau de mer et comme l'équipage réalisait que le pompage était sans effet, on a demandé au *Seaforth Highlander* à 01 h 05 de se rapprocher de la plate-forme. L'inclinaison s'accroissant toujours, on a lancé le Mayday à 01 h 09.

À ce moment-là, l'équipage aurait été incapable d'expliquer pourquoi l'assiette s'accroissait toujours et il aurait peut-être pensé que la structure était endommagée ou que des soupapes avaient été ouvertes par mégarde. Comme première réaction, on aurait laissé les pompes fonctionner et inséré les tiges de commande manuelle en laiton afin de tenter de fermer les soupapes que l'on croyait grippées en position ouverte. En fait, on les a ouvertes en insérant ces tiges.

Bien des gens ont réfléchi sur la configuration des tiges de laiton insérées dans les soupapes afin de trouver une explication ou des preuves des intentions de l'équipage. On s'accorde généralement pour dire qu'on ne peut expliquer la raison de la configuration relevée si ce n'est qu'une tentative de dernière minute a été faite pour fermer toutes les soupapes. Les tiges étaient insérées du côté gauche, à partir du côté droit du banc de solénoïdes où se trouvait la boîte de tiges.

On peut également supposer que lorsque l'équipage a cru que les problèmes étaient dus à des soupapes «grippées en position ouverte», il a décidé de laisser ouverts uniquement les réservoirs appropriés pour chasser l'eau du côté bâbord. L'insertion des tiges indique une certaine confusion relativement aux soupapes à

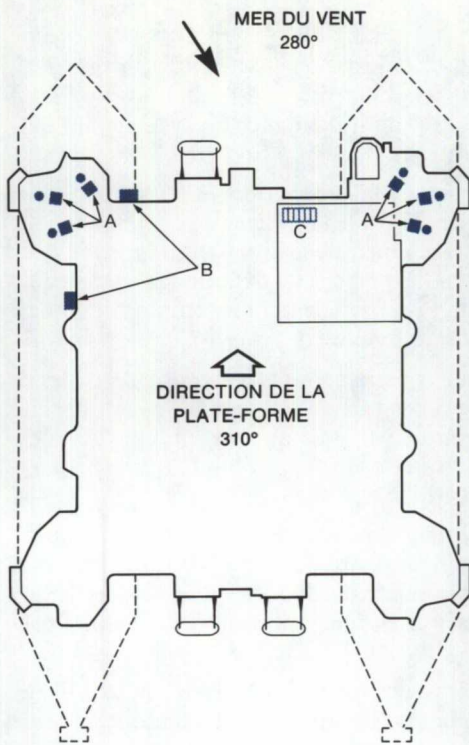
commande par solénoïdes associées aux réservoirs d'eau de forage, mais généralement les réservoirs de ballast de tribord sont «fermés» tout comme c'est le cas de la plupart des réservoirs de bâbord arrière. On n'a pas «fermé» tous les réservoirs de bâbord arrière peut-être bien parce qu'on ne disposait pas de toutes les tiges nécessaires. On ne peut expliquer pourquoi on a inséré la tige commandant le réservoir #2 de bâbord avant.

Quoi qu'il en soit, l'insertion des tiges manuelles ferait ouvrir toutes les soupapes associées qui ne seraient pas encore ouvertes, ajoutant ainsi à la possibilité d'un transfert par gravité vers l'avant et accentuant l'assiette. À 01 h 09 ou avant, l'équipage aurait constaté que malgré le pompage, le fait de fermer et les soupapes manuelles de prise d'eau de mer et la plupart des soupapes des réservoirs de ballast, faisait empirer l'état de la plate-forme et, en conséquence, on a rapporté une forte gîte de 12 à 15 degrés par bâbord comme «s'accroissant». Les essais des modèles ont démontré qu'à ce point, les puits aux chaînes commenceraient à être inondés, ce qui accélérerait le rythme du déséquilibre.

Lorsque la partie avant du pont supérieur s'est abaissée, le matériel et les installations qui s'y trouvaient ont été exposés à la rigueur des vagues. Les hangars des tiges de forage et de stockage auraient été balayés par-dessus bord et les tuyaux d'air menant au secteur d'entreposage des sacs du pont inférieur auraient été cassés, permettant ainsi à l'eau d'inonder ce secteur. L'un de ces tuyaux d'air se trouvait sur la proue du côté bâbord, alors qu'un autre était situé du côté bâbord à l'avant. Nous croyons qu'un ou les deux tuyaux d'air ont été cassés par les vagues ou par la marchandise en pontée qui se déplaçait. Il est également probable que l'eau, à partir du pont inférieur, a noyé les espaces des colonnes situés au-dessus des puits aux chaînes, les secteurs des logements par les parties endommagées de la superstructure et de là le secteur du pont inférieur, puis les réservoirs de la coque inférieure par les tuyaux d'air exposés. Nous ne savons pas si ces dommages ou cette inondation se sont produits avant la décision d'abandonner la plate-forme. L'envahissement par l'eau aurait entraîné une situation instable et l'*Ocean Ranger*, soumis aux mouvements dynamiques des vagues, a chaviré et sombré vers 03 h 15 le 15 février 1982.

FACTEURS AYANT CONTRIBUÉ AU DÉSASTRE

Des trois plates-formes en exploitation sur les Grands bancs le 14 février 1982, seule l'*Ocean Ranger* a péri. Les facteurs particuliers ayant contribué à la perte étaient à l'état latent à bord de la plate-forme tout le temps pendant lequel elle fut exploitée, mais ce fut leur combinaison active unique les 14 et 15 février 1982 qui a été à la base de la tragédie. Diverses caractéristiques de la conception de l'*Ocean Ranger* ont rendu la plate-forme plus vulnérable qu'elle aurait dû l'être : l'endroit exposé de la salle de contrôle des ballasts; la faiblesse du verre du hublot; le manque de protection de la console et du panneau de contrôle des ballasts contre l'eau de mer; l'absence d'un système approprié de commande manuelle dans la salle de contrôle, et la vulnérabilité des puits aux chaînes à l'inondation. Certains aspects de la gestion ont également été des facteurs qui ont contribué au désastre : absence de procédures appropriées en cas d'urgence, absence de manuels et d'instructions techniques relatifs à la console de contrôle des ballasts et manque de programmes de formation appropriés à l'intention du personnel-clé. L'erreur humaine, l'ignorance de la vulnérabilité de la plate-forme et de son système de ballasts, ainsi qu'une mauvaise réaction face à la défaillance de l'équipement, ensembles avec ces faiblesses dans la conception ont mené directement au désastre. Si l'on avait fermé les contre-hublots de la salle de contrôle des ballasts avant que la tempête n'ait pris de l'ampleur, on aurait définitivement évité la perte de l'installation. Même après la rupture du hublot, si l'équipage avait pris les mesures instruites pour remédier aux effets de l'eau de mer sur la console de contrôle des ballasts, la tragédie n'aurait pas eu lieu.



7.8 Cette illustration montre la position des ouvertures des puits aux chaînes (A), les manches à air (B) et l'escalier de la zone habitée (C); la photographie montre l'un des manches à air à l'arrière de la plate-forme qui conduit au stockage de sacs qui se trouve en-dessous. Dans le cas d'une importante inclinaison avant par bâbord, la tige de forage et le matériel de charge auraient glissé et endommagé le manche à air permettant ainsi à l'eau de mer d'inonder le pont inférieur.

Tout événement ou mesure ayant contribué à la perte de l'*Ocean Ranger* a été soit le résultat des faiblesses dans sa conception soit le fait de l'équipage. Le désastre aurait pu être évité en apportant des modifications relativement mineures dans la conception de la plate-forme et de ses systèmes et, en tout état de cause, il ne serait pas produit si ceux qui se trouvaient à bord avaient pris les mesures appropriées et réfléchies. En raison de la formation déficiente, du manque de manuels et d'instructions techniques, l'équipage n'a pu interrompre la suite fatale des événements qui ont mené au naufrage de l'*Ocean Ranger*. Néanmoins, c'est l'essence d'une bonne conception de réduire la possibilité des erreurs humaines, et celle d'une saine gestion de s'assurer que les employés reçoivent une formation appropriée à leurs responsabilités :

Voici un résumé des facteurs ayant contribué au désastre :

1. Décision des concepteurs de placer la salle de contrôle des ballasts dans la troisième colonne de tribord sous le pont inférieur.
2. Non-évaluation des charges potentielles sur le verre du hublot et défaut de spécifier un verre d'une résistance suffisante.
3. Non-protection de la console de contrôle des ballasts et de ses composants devant être utilisés dans un environnement marin et pouvant être affectés par l'eau de mer.
4. Non-fermeture par l'équipage des contre-hublots de la salle de contrôle des ballasts alors qu'on se trouvait en pleine tempête.
5. Absence, de la part de l'équipage, d'une compréhension suffisante du fonctionnement du système de contrôle des ballasts et d'instructions appropriées à cette fin, afin de pouvoir faire une évaluation précise et opportune de l'effet réel et possible de l'eau de mer sur la console de contrôle des ballasts. En coupant l'alimentation électrique et l'alimentation pneumatique du panneau de la console puis en utilisant une seule de ces sources d'alimentation à un moment donné, on aurait pu faire fonctionner les soupapes temporairement et de façon sécuritaire pendant l'essai et la remise en état du panneau. La remise en circuit

des deux sources d'alimentation du panneau peu avant 01 h le 15 février 1982 a entraîné la première inclinaison à partir de laquelle la plate-forme ne s'est jamais rétablie.

6. Interconnexion des circuits de contrôle et de surveillance du système des ballasts qui a causé des problèmes à l'opérateur.
7. Absence d'un autre moyen bien compris de faire fonctionner les soupapes des ballasts à partir de la salle de contrôle des ballasts. Les tiges de commande manuelle en laiton, si on les utilisait correctement, constituaient un moyen de secours de commander les soupapes de ballast en cas de défaillance électrique du panneau, mais leur utilisation n'était pas officiellement reconnue et l'on ne possédait pas de documents concernant leur emploi.
8. Ignorance, de la part de l'équipage, du fonctionnement approprié des tiges de commande manuelle et impossibilité de juger jusqu'à quel point l'eau de ballast pouvait passer, par gravité, d'un réservoir de ballast à un autre. L'insertion des tiges de commande manuelle a produit l'effet contraire à l'effet recherché par l'équipage et a accéléré la progression de l'inclinaison avant.
9. Absence d'un système de communications secondaire entre la salle de contrôle des ballasts et les chambres des pompes, système qui, en cas de défaillance du système de hauts-parleurs, aurait permis de coordonner le fonctionnement manuel du système des ballasts depuis les chambres des pompes de chaque ponton.
10. L'ignorance, de la part de l'opérateur de contrôle des ballasts, qu'une assiette avant s'accroîtrait si une ou plusieurs soupapes menant aux réservoirs arrière étaient ouvertes pendant le pompage à partir d'un réservoir avant.
11. Absence de protection des puits aux chaînes contre l'envahissement par l'eau de mer, absence d'un système d'alarme d'envahissement par les hauts, ce qui s'est effectivement produit, et absence de moyens efficaces de chasser l'eau des puits aux chaînes le cas échéant.
12. Non-étanchéité à l'eau de la coque supérieure en raison des tuyaux d'air et de la structure légère du secteur des logements.