Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 10 (1976)

Artikel: Structures offshore en béton

Autor: Gerbault, M. / Xercavins, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-10443

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Structures offshore en béton

Offshore Bauwerke aus Beton

Concrete Offshore Structures

M. GERBAULT
Directeur Technique
SEA TANK CO
Paris, France

P. XERCAVINS
Directeur Général
Europe-Etudes
Paris, France

1. Généralités

L'exploitation offshore de gisements d'hydrocarbures a commencé il y a déjà quelques décennies dans le Golfe du Mexique, le Vénézuéla, la Mer des Caraïbes. Cette exploitation se fait à partir de plates-formes métalliques appelées "Jackets", structures généralement tubulaires, ancrées dans le sol de fondation par des pieux de grande profondeur.

Les fonds exploités ne dépassaient pas 50 m pour ces premières réalisations situées en des eaux relativement abritées.

L'extension des exploitations pétrolières à de plus grands fonds, de 70 à 150 m en Mer du Nord à ce jour, et les conditions marines infiniment plus sévères qu'on trouve en cette région, ont conduit à une nouvelle génération de structures gravitaires auto-stables, conçues de façon à supprimer pratiquement tout travail sur le site.

C'est ainsi que depuis la plate-forme réservoir d'EKOFISK, conçue en 1971 par la C.G.DORIS avec la collaboration d'EUROPE-ETUDES, une douzaine de structures gravitaires en béton ont été réalisées, ou sont en voie d'achèvement, pour les sites de la Mer du Nord, et sur cet ensemble la technique française est largement représentée puisque C.G.DORIS intervient pour 4 plates-formes et SEA TANK CO pour 3 plates-formes.

2. Avantages des structures gravitaires en béton

L'avantage fondamental lié au caractère gravitaire est l'absence de travail sur le site, le sol reconnu au préalable devant être sensiblement horizontal et ses caractéristiques compatibles avec les sollicitations assez modérées induites par la structure. On évite ainsi les opérations délicates tributaires des conditions météorologiques, telle que battage de pieux.

Les contraintes sous le radier y sont de l'ordre de 2 à 3 bars sous les actions permanentes - valeurs pouvant doubler sous les houles extrêmes avec cisaillements concommittants. Le béton confère une bonne résistance à la corrosion d'où résultent une importante économie d'entretien, une bonne tenue au feu, aux chocs, une absence de fragilité, liée au caractère massif des structures, à l'insensibilité du matériau vis-à-vis des basses températures dans les

climats les plus froids. Les masses en jeu les rendent peu sensibles aux impacts locaux, et ces structures peuvent être dimensionnées pour des houles centenaires à peine imaginables de 30 m de creux, imposées en Mer du Nord !

Le béton est un matériau courant, facile à obtenir, et sa mise en oeuvre nécessite peu de personnel qualifié.

Un autre avantage des structures gravitaires réside dans la possibilité d'utiliser leur infrastructure pour y stocker le pétrole. En effet, toutes les structures proposées comprennent un important volume creux, nécessaire pour la flottabilité lors du remorquage et utilisable, moyennant un certain aménagement, offrant une capacité de l'ordre de 100.000 à 200.000 m3.

Enfin, toujours grâce à cette réserve importante de flottabilité, il est possible de concevoir une structure équilibrant des charges importantes en tête, lors du remorquage et de l'immersion ; ces charges peuvent atteindre 20.000 t, voire 40.000 t. Si bien que la plate-forme peut être remorquée et placée sur son site de production, pratiquement complètement équipée, travail qui, lorsqu'il doit être fait sur le site, est tributaire des conditions météorologiques.

En contre-partie de ces avantages, la construction en flottaison de ces structures nécessite des sites abrités disposant de forts tirants d'eau, allant de 30 à 75 m environ pour les structures ci-après décrites. Plus grand est le tirant d'eau disponible, plus grande est la facilité d'équipement du pont, qui peut être en béton dans les cas les plus favorables. L'équipement de ces ponts avant échouage sur le site définitif nécessite un site abrité où puisse se faire une immersion provisoire, rendant accessible aux engins de manutention la plate-forme supérieure à équiper. Il faut ensuite un plus grand tirant d'eau pour le remorquage.

Ces conditions expliquent pourquoi les premiers sites utilisés pour la construction de telles plates-formes soient les fjords norvégiens, puis les lochs de la côte occidentale de l'Ecosse, puis un fjord suédois. Enfin, une autre structure gravitaire, non décrite dans ce papier, est une structure mixte, la partie supérieure étant métallique, afin d'être compatible avec le tirant d'eau réduit disponible à l'embouchure du Rhin, aux Pays-Bas (plate-forme ANDOC).

3. Mode de construction et de mise en place

La construction d'une plate-forme est effectuée en deux phases. La première consiste à édifier dans une fouille asséchée au-dessous du niveau de la mer le radier de la fondation et l'amorce des murs verticaux, de façon à obtenir une boîte plate susceptible de flotter ; dès que cette condition est réalisée, la fouille est inondée et la structure est remorquée et ancrée dans un site abrité de profondeur suffisante pour mener la construction à son terme.

Les coffrages glissants sont largement utilisés. Ainsi, à EKOFISK, pour la première réalisation, on a réalisé un radier caissonné de 6 m de hauteur selon les techniques traditionnelles, tandis que les autres structures sont exécutées en coffrage glissant dès qu'un radier massif est bétonné, qu'il s'agisse de la 1ère phase à l'intérieur de la fouille, puis de la seconde en flottaison. L'expérience montre en effet que ce mode d'exécution est le plus favorable à tous égards, pour la continuité du bétonnage, sa rapidité, et qu'il permet d'obtenir une bonne qualité de béton : peut-être convient-il d'insister sur les épaisseurs minimales, rarement inférieures à 50 cm, retenues pour ce type de construction.

Le remorquage depuis le site de construction jusqu'à la destination finale est une opération spectaculaire, qui nécessite la mobilisation d'une véritable flotte de remorqueurs, pour une vitesse de route assez faible : un à deux noeuds en moyenne. Quant à l'immersion, sa difficulté croît, bien entendu, avec la profondeur, et c'est en général à ce stade que le béton de la structure est soumis aux contraintes les plus élevées.

L'immersion se fait par ballastage contrôlé des compartiments intérieurs de la structure.

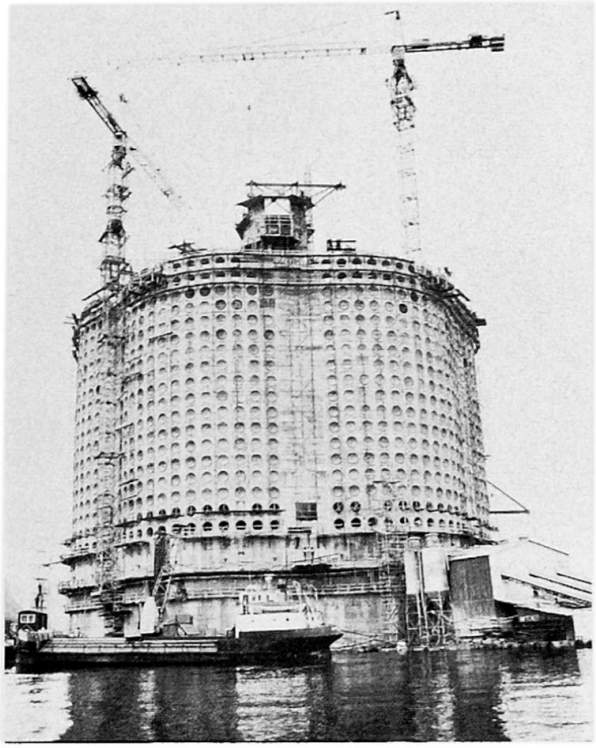


Plate-forme FRIGG

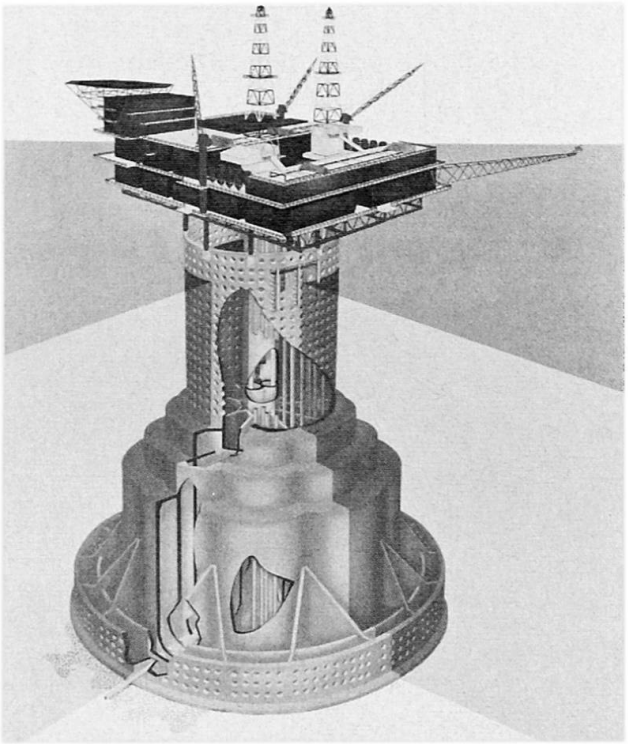


Plate-forme NINIAN

4. Description des plates-formes

Ces plates-formes sont de deux types bien distincts :

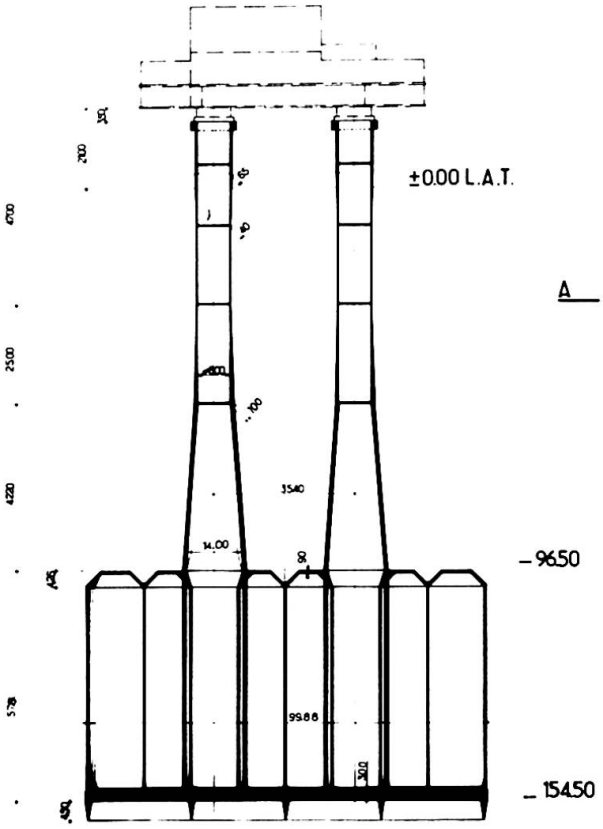
- les structures de type DORIS
- les structures de type SEA TANK CO.

Les structures DORIS sont très massives. Elles se présentent sous la forme d'un radier sur lequel s'encastrent d'une part une large cheminée centrale, d'autre part des murs verticaux rayonnant et circulaires, le tout remontant au-dessus du niveau de la mer. La partie supérieure des murs périphériques est munie de trous "JARLAN" permettant de dissiper une grande partie de l'énergie de la houle et par là d'en atténuer les efforts sur la structure. Sur les murs s'appuient des poteaux ou portiques supportant le ou les ponts, à un ou plusieurs niveaux. Les perforations sont provisoirement obturées pendant l'immersion afin d'assurer le contrôle de cette opération. La partie inférieure comporte également des perforations dont le but est de réduire l'effet des courants en pied de structures, et de ce fait, les risques d'affouillement, ce qui permet de limiter les protections faites assez couramment à la périphérie du radier (enrochements, bêches solidaires du radier).

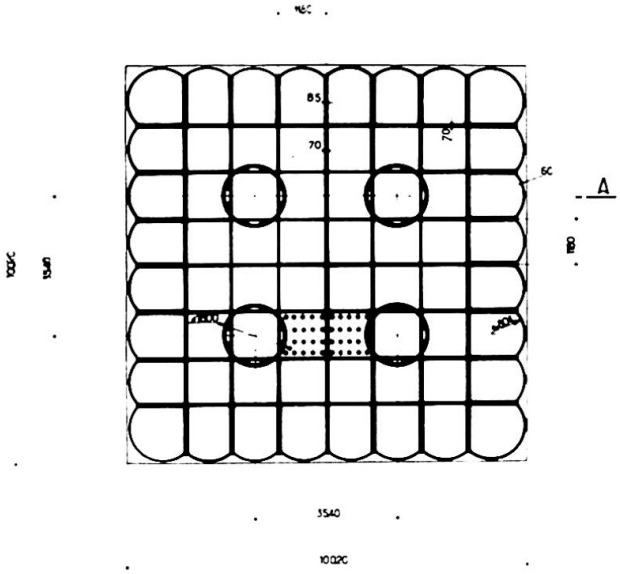
Le caractère très massif de ces structures nécessite un tirant d'eau à la construction sensiblement égal à la moitié de la profondeur d'immersion.

Les structures SEA TANK CO sont constituées essentiellement d'un grand caisson creux de forme carrée, cloisonné intérieurement de cellules carrées également, surmonté de plusieurs colonnes de faible diamètre en béton. Ces colonnes donnent une moindre prise aux efforts de houle, là où ils sont les plus importants, près de la surface. Elles servent d'appui à un pont, généralement en construction métallique, à plusieurs niveaux, situé à plus de 20 m au-dessus du niveau de la mer.

SHELL CORMORANT "A" PLATFORM SECTION A



SHELL CORMORANT "A" PLATFORM PLAN VIEW



75/843/8 ELF FRIGG T. P. 1. WITH SHELL BRENT 'C' IN BACKGROUND 6. 11. 75.

Les paramètres essentiels qui influent sur le dimensionnement de ces structures sont :

- la profondeur à laquelle la structure doit être immergée ; les efforts provoqués par la houle en découlent. A ces efforts s'ajoutent ceux dus aux vents et aux courants, mais ils sont moins importants que ceux dus à la houle.

- les caractéristiques géotechniques des sols de fondation qui déterminent la surface d'appui au sol et la hauteur des bêches à disposer éventuellement sous le radier

- le poids du pont et des charges en tête que l'on doit emporter lors du remorquage, qui conditionne le déplacement de la structure et sa stabilité au remorquage et à l'immersion ; le tout doit rester compatible avec le tirant d'eau disponible sur le site de construction et à sa sortie.

Un autre paramètre qui peut influer sur le dimensionnement du béton, mais surtout sur les ferraillages ou la précontrainte, est le stockage de pétrole brut à l'intérieur de la structure, car le pétrole se trouve à une température voisine de 40°C, alors que l'eau de mer avoisinante se trouve à 5°C environ.

5. Calculs des structures gravitaires

Les calculs à effectuer sont très longs et il n'est pas question d'entrer ici dans le détail.

Les principes généraux restent toujours les mêmes. Il faut évaluer les forces extérieures appliquées à la structure et faire toutes les vérifications de stabilité et de résistance qui s'imposent.

Les calculs sont menés selon des réglements qui font appel aux dernières idées en matière de réglementation, c'est-à-dire selon les méthodes dites semi-probabilistes et les calculs aux états limites. Pour la Mer du Nord, par exemple, le code britannique CP 110 est souvent utilisé pour le secteur britannique, les règles du Det Norske Veritas (D.N.V.) pour la zone norvégienne. Un réglement français existe. Il a été établi par le Bureau Véritas. Ces réglements suivent d'assez près les recommendations de la F.I.P. pour les principes utilisés.

Pour ce qui est des forces extérieures appliquées, le problème le plus difficile consiste à déterminer les efforts provoqués par la houle. Il faut tout d'abord connaître la hauteur de vague maximale à admettre en cours d'exploitation (houle dite "opérationnelle") dont la période de retour selon les cas est de 1 à 3 mois et la hauteur extrême à prendre en compte, dont la période de retour est de 50 ou 100 ans.

La hauteur de la vague n'est pas suffisante. Il faut lui associer la période. En fait, il faut même aller au-delà et passer de la houle théorique et régulière, qui peut suffire pour certains cas simples de prédimensionnement, à la houle réelle dont la hauteur et la période sont des variables aléatoires respectant un certain spectre de houle caractéristique d'un état de mer considéré.

Des programmes de calculs électroniques existent à l'heure actuelle qui traitent ces problèmes sur une modélisation qui nécessairement présente des simplifications. Tous les résultats doivent être confirmés par des essais en bassin sur modèles réduits.

Les cas de sollicitations à examiner sont multiples : en cours de construction, en cours de remorquage, lors de l'immersion, et enfin en situation définitive. Les conditions à satisfaire sont nombreuses elles aussi : outre les conditions de limites de contraintes habituelles, il faut aussi vérifier la stabilité de l'équilibre en flottaison, et lors de l'immersion, avec une période propre d'oscillation suffisamment éloignée des périodes probables

de houle pour éviter une résonance dangereuse. Là encore, les calculs théoriques doivent être vérifiés par des essais de comportement en bassin.

Le calcul des efforts internes fait généralement appel aux programmes d'éléments finis les plus puissants.

Toutefois, le dimensionnement doit se faire selon des méthodes simples, grâce à des schématisations isolant des éléments de structures avec des conditions aux limites enveloppant les conditions réelles. C'est ainsi que pour la 1ère réalisation d'EKOFISK, les calculs d'ensemble n'ont été achevés qu'après la construction !

Certains points de l'analyse méritent une mention particulière.

Parmi ceux-ci le problème des fondations. Les caractéristiques des sols peuvent être assez bien connues, grâce à des prélèvements d'échantillons (qui donnent lieu à des essais de laboratoire) et des essais in situ, essentiellement des pénétromètres statiques. Toute préparation préalable du sol semble à peu près exclue dès que la profondeur dépasse une cinquantaine de mètres. On doit donc rechercher un sol aussi horizontal que possible. Un défaut de planéité du fond peut conduire à des pressions localisées très élevées dans le radier, qui doit être d'une rigidité suffisante pour répartir les efforts sur le sol sans donner lieu à des contraintes excessives dans le béton. Quand on commence un projet sans connaissance très précise de la topographie du site, une certaine marge de résistance doit être réservée pour ces pressions localisées.

Par ailleurs, les efforts cycliques exercés par la houle sur la structure, donc sur le sol de fondation, peuvent entraîner une réduction sensible de résistance des argiles molles, ou si l'on trouve des couches de sable superficielles non draînées, augmenter la pression intersticielle de telle sorte que le frottement intergranulaire disparaisse. Le sable se comporte alors comme un pseudo-liquide. C'est le phénomène de "liquéfaction" des sables. Ces phénomènes sont encore assez mal connus et un vaste programme de recherche vient d'être lancé récemment. C'est pourquoi on dispose dans certains cas des bêches en dessous du radier de 2 à 4 m de hauteur, destinées à augmenter la résistance aux efforts horizontaux. Ces bêches assurent également un rôle d'anti-affouillement sous le radier.

Si les justifications relatives à la stabilité des fondations sont faites à l'état limite ultime, d'autres vérifications, apparentées à un état limite d'utilisation, doivent être faites qui concernent d'une part, les tassements à long terme et, d'autre part, les mouvements cycliques sous l'effet de la houle. Les amplitudes de ces derniers mouvements sont de l'ordre de 5 cm et les équipements de forages tels que les tubes qui traversent le caisson de part en part ou les canalisations qui pénètrent dans la structure doivent pouvoir supporter ces déplacements imposés.

Lorsque le fond n'est pas parfaitement plan, et que la structure vient d'être mise en place, un remplissage des vides sous le radier, avec un coulis dont les caractéristiques sont celles d'un bon sol, peut s'avérer nécessaire. Cela n'a été le cas ni pour EKOFISK, ni pour FRIGG.

Un second problème difficile est celui de la stabilité des coques, qui délimitent les parties de la structure jouant le rôle de flotteur, et qui sont soumises à de très fortes pressions hydrostatiques lors de l'immersion. Il s'agit plus, en fait, pour le béton, d'un problème de résistance compte tenu des déformations calculées par des théories du deuxième ordre, que d'un problème de flambement au sens Eulérien. Il importe que les tolérances d'exécution soient parfaitement définies, et maîrisées par le chantier. Pratiquement, nous avons été conduit à admettre des défauts de géométrie de 6 cm environ. Ceci implique une qualité et une surveillance de l'exécution qui sortent de l'ordinaire, d'autant plus que ces voiles verticaux sont construits en coffrages glissants et qu'ils représentent un linéaire extrêmement important.

Lorsque la structure comporte des colonnes, l'analyse dynamique revêt une grande importance. Elle intéresse la structure, lorsqu'elle est en place, et tient compte de la déformabilité du sol de fondation ; elle influe sur la précontrainte verticale des colonnes et les efforts dans le pont qui est encastré sur les colonnes.

L'analyse dynamique doit être refaite, à titre de vérification, pour la structure en cours de remorquage, car le comportement de la plate-forme est alors complètement différent. Ces analyses consistent d'abord à rechercher les modes propres de vibration, puis à étudier le comportement de la structure pour différents trains de houle, accompagnés de vent. Le but recherché est d'éviter toute fissuration dans le béton précontraint pour les conditions normales de houle et de limiter cette fissuration pour les conditions extrêmes. Le second but est de vérifier les éléments métalliques du pont à la fatigue. L'analyse dynamique est généralement faite sur ordinateur, mais elle est vérifiée sur modèle en bassin par des mesures d'accélération dans les différents cas de figure à envisager.

Les structures "DORIS" munies de parois perforées, donnent lieu à des calculs hydrauliques, confirmés par des essais sur modèle, afin de vérifier l'efficacité des dispositions retenues. Dans ces structures multi-lobées, le dimensionnement est fait de façon à limiter aussi étroitement que possible les incompatibilités de déformation entre les voiles travaillant essentiellement en membrane (précontraints s'ils risquent d'être tendus) et les plaques fléchies constituées par radier et toits. Grâce à une ceinture de rigidité appropriée dédoublant l'appui sur le radier, l'encastrement habituellement trop rigide a été ainsi transformé en un double appui élastique infiniment plus favorable.

Lorsque la plate-forme est appelée à jouer un rôle de stockage de pétrole (ce qui n'est pas toujours le cas) certains problèmes apparaissent, qu'il convient de maîtriser. En exploitation, le volume intérieur du réservoir doit être constamment maintenu rempli de liquide, eau ou pétrole, de façon à éviter la rupture par implosion ; de ce mode de fonctionnement du réservoir résulte dans la paroi une pression vers l'extérieur, si le fond du réservoir est en communication avec le milieu ambiant. En effet, la pression dans le pétrole moins dense que l'eau sera supérieure à la pression dans l'eau au même niveau. En service normal, les parois seraient donc tendues. D'autre part, le pétrole stocké est à une température de l'ordre de 40°C et le stockage peut être fractionné en plusieurs parties dans le caisson. Des gradients thermiques prennent naissance à travers les parois, ainsi que des dilatations différentielles gênées. Ces dernières entraînent également des forces de traction dans le béton.

Dans les structures du type "SEA TANK CO" le caisson est en béton armé. Afin d'assurer une bonne étanchéité du réservoir, il faut éviter que des fissures de traction simple ne s'ouvrent. C'est la raison pour laquelle la colonne d'eau qui équilibre le stockage n'est pas en communication avec le milieu extérieur mais est en dépression par rapport au niveau de la mer, ce qui provoque une compression hydrostatique d'ensemble appliquée à la structure qui évite l'ouverture de ces fissures en fonctionnement normal.

Au contraire, pour EKOFISK, le mode de régulation de la pression à l'intérieur du réservoir, avec un château d'eau situé au-dessus du niveau de la mer, conduit à une surpression interne équilibrée en membrane grâce à la précontrainte des parois lobées et des diaphragmes jouant le rôle de tirants. Le calcul est alors conduit de sorte que les parois stockantes ne soient jamais en traction de membrane. Les tractions de flexion y sont admises avec des règles analogues à celles du béton armé, limitant très étroitement les contraintes dans les armatures.

6. Choix des matériaux. Problèmes d'exécution

Le béton doit présenter :

- une résistance élevée, compatible avec des contraintes dépassant 20 N/mm2, lors de l'immersion, près de 25 N/mm2 en tenant compte des termes du second ordre
- une bonne étanchéité à l'eau de mer et aux hydrocarbures
- une bonne durabilité,

et sa composition être compatible avec l'exécution , en grande partie, en coffrage glissant.

Notons que selon les structures, le béton a été amené par pompage, ou de façon traditionnelle à la benne. Les défauts d'étanchéité sont directement visibles du fait de l'exécution en flottaison. Les différentes structures ainsi exécutées ont confirmé la confiance que l'on peut faire en un béton convenablement dosé, les zones de suintement ne se résorbant pas naturellement et qu'on a supprimées par injection, étant restées très limitées.

On a utilisé des dosages en ciment assez élevé, de 400 à 430 kg/m3, avec plastifiant entraineur d'air, donnant de 2 à 4 % d'air occlus. Les ciments retenus sont des ciments portlands à faible teneur en aluminate tricalcique (moins de 7 %) et cette précaution, jointe à la compacité du béton, est suffisante pour assurer la durabilité à la mer. Les résistances obtenues ont toujours été supérieures à 400 kg/cm2(sur cylindre, à 28 jours).

Le comportement du béton en contact avec le pétrole brut commence à être bien connu grâce à des essais récemment effectués. Les résultats montrent que le béton sera mieux protégé s'il est plus étanche, donc plus compact, ainsi que nous l'avons déjà dit. Dans ce cas, ses caractéristiques mécaniques ne sont pratiquement pas affectées. Il faut signaler de plus que le pétrole brut est chargé en paraffines qui provoquent naturellement un dépôt protecteur du béton.

La protection des armatures contre la corrosion est recherchée par un enrobage assez élevé dans un béton de haute qualité, enrobage minimal 5 cm pour les aciers ordinaires, 8 à 10 cm pour les câbles de précontrainte dont l'injection est particulièrement soignée. Ainsi les câbles verticaux sont généralement disposés sous tubes d'acier doux à joints emboités étanches, disposition qui complète la protection par injection de ces câbles et facilite cette opération, plus délicate du fait de la grande hauteur des câbles pouvant dépasser 100 m. L'injection de ces câbles est complétée en partie haute par une recharge destinée à compenser la décantation : des contrôles faits à EKOFISK en particulier sur de nombreux câbles verticaux ont permis de contrôler le bon remplissage. Les câbles horizontaux sont disposés en général sous gaine spiralée classique avec une épaisseur de feuillard de 0.6 mm.

Tous les câbles doivent être enfilés après bétonnage, ce qui impose une haute qualité de gainage, elle-même facteur de bonne injection. Sur les structures DORIS, la forte densité de précontrainte et l'inaccessibilité des extrémités situées au voisinage du fond ou des parois immergées ont conduit à faire un très large emploi de câbles bouclés en U, avec des boucles d'assez faible rayon (s'abaissant à 1 m pour des câbles 12T13), afin d'enfiler ces câbles à partir de la seule extrémité accessible. On a pu ainsi dissocier les opérations de bétonnage, avec placement des gaines vides, des opérations ultérieures d'enfilage des câbles, puis de précontrainte et d'injection malgré les tracés les plus divers et la longueur des câbles à mettre en oeuvre.

L'enfilage des câbles se fait par traction au treuil. On a utilisé des treuils de 2 t et plus rarement de 5 tonnes, certains câbles courts (20 m environ) étant simplement poussés manuellement dans leur gaine.

Les ancrages constituant des zones préférentielles de pénétration de l'eau de mer sont soigneusement cachetés avec enduit de résine : à noter l'intérêt des dispositions par boucles au voisinage des parements mouillés, qui supprime ce cachetage.

Pour les structures métalliques immergées, il est courant de recourir à la protection cathodique, pour éliminer le danger de corrosion. Or, de nombreuses parties qui se trouvent dans le caisson et les colonnes sont métalliques. Elles sont protégées cathodiquement ; il peut en résulter un danger pour les armatures en raison de la différence de potentiel qui existe entre elles. Il faut alors envisager des dispositions particulières qui peuvent être, soit la protection des armatures de la structure en béton, soit, de préférence, la mise en place de masses métalliques pouvant jouer le rôle d'anodes solubles, en certains points judicieusement choisis.

7. Conclusion

Dans le domaine des structures en béton destinées à l'off-shore, la France a assurément tenu le rôle de pionnier. Les premières réussites ont confirmé les possibilités du béton dans ce domaine, son intérêt technique et économique, et la compétition maintenant se développe entre différents constructeurs afin de rendre encore plus économique cette technique et d'en étendre le champ d'application à des profondeurs toujours plus grandes, de l'ordre de 200 m.

Tout ceci n'a été possible que grâce à une somme de progrès technologiques de détail, assurant une régularité de qualité du béton et de la précontrainte les mettant à l'égal, à ce titre, des techniques industrielles les plus évoluées. Et l'échelle croissante des réalisations off-shore exploite ainsi au mieux les avantages de matériaux pondéreux qui peuvent être mis en oeuvre de façon continue à l'intérieur de structures monolithiques.

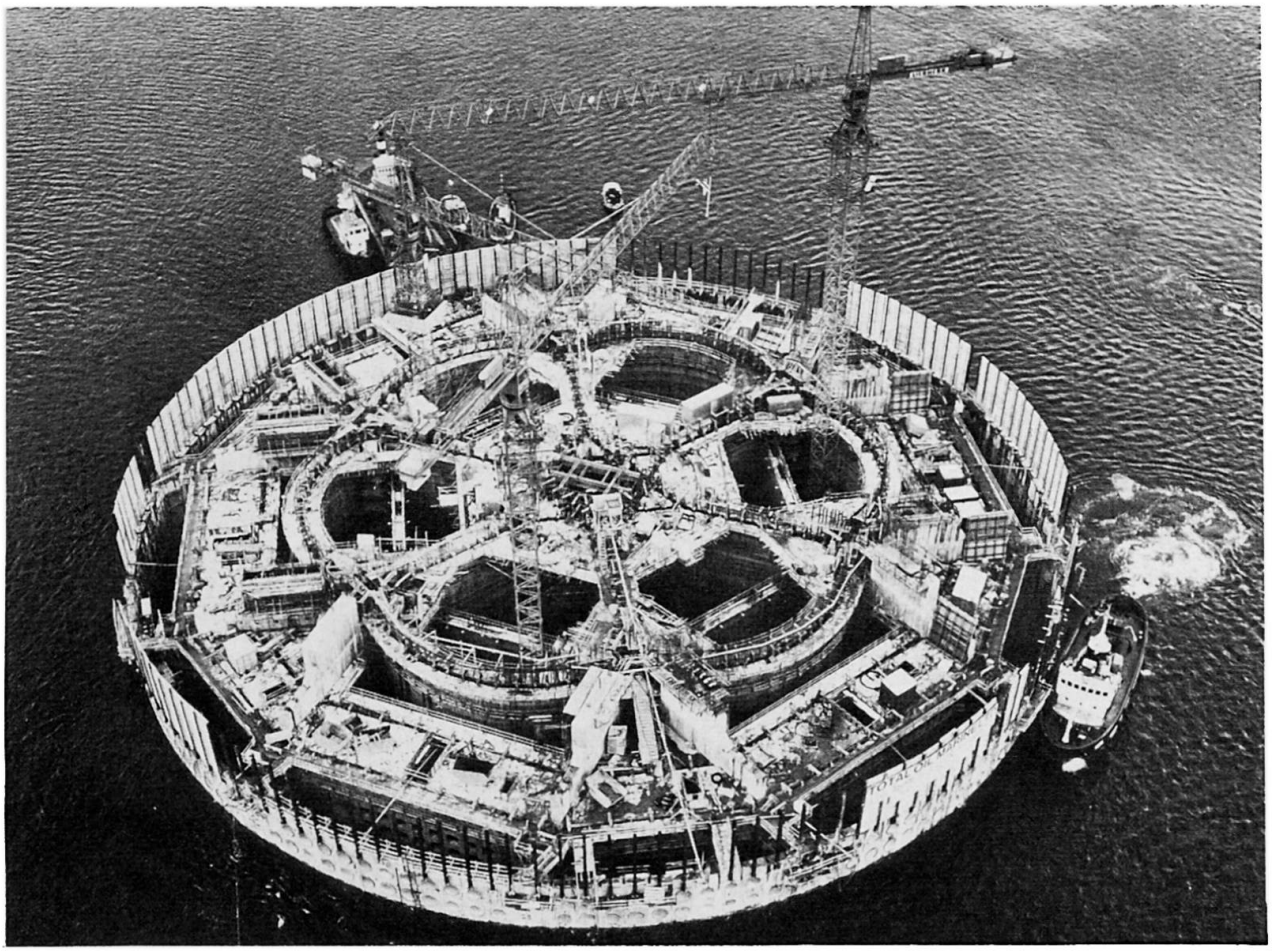


Plate-forme FRIGG CDP.1- début de construction en flottaison

Caractéristiques principales des plates-formes

1°) réalisées par SEA TANK CO

Ces plates-formes sont en cours de construction sur le chantier d'ARDYNE, près de GLASGOW en Ecosse. Elles sont réalisées, pour les opérations de Génie Civil, par l'Entreprise Mc ALPINE & SONS LTD.

- La Plate-forme de FRIGG TP.1 commandée par ELF NORGE
  . hauteur d'eau 100 m
  . caisson carré de 70 m de côté et de 35 m de hauteur
  . 2 colonnes en béton de 90 m de hauteur
  . volume de béton : 45.000 m3
  . acier ordinaire : 5.000 t - acier de précontrainte : 500 t.
- La Plate-forme de BRENT C commandée par SHELL-ESSO
  . hauteur d'eau 145 m
  . caisson carré de 105 m de côté et 56 m de hauteur
  . capacité de stockage de 100.000 m3 (pouvant être portée à 200.000 m3)
  . 4 colonnes en béton
  . volume de béton : 105.000 m3
  . acier ordinaire : 15.000 t - acier de précontrainte : 1.100 t.
- La Plate-forme de CORMORANT A commandée par SHELL-ESSO également caractéristiques comparables à la précédente : hauteur d'eau 150 m.

2°) réalisées par C.G.DORIS, avec la collaboration d'EUROPE-ETUDES pour l'étude des structures béton

- Plate-forme réservoir d'EKOFISK, commandée par PHILLIPS PETROLEUM CY en 1971, mise en place en 1973, site de construction STAVANGER (Norvège).
  Entreprises de Génie Civil : SELMER et HOYER ELLEFSEN.
- Plate-forme FRIGG CDP.1, commandée par TOTAL en 1973, mise en place en 1975, site de construction ANDALSNES (Norvège).
  Entreprise de Génie Civil : NORVEGIAN CONTRACTORS.
- Plate-forme FRIGG-TOTAL MP2, commandée par TOTAL en 1974 pour mise en place en 1976, site de construction GOTEBORG (Suède).
  Entreprises de Génie Civil : DORIS / SKANSKA.
- Plate-forme réservoir NINIAN, commandée par CHEVRON pour mise en place en 1977, site de construction LOCH KISHORN (Ecosse, U.K.).
  Entreprise de Génie Civil : DORIS / HOWARD.

Ces différentes plates-formes sur plan général multi-lobé sont munies de parois perforées JARLAN au moins en partie supérieure et en partie basse, EKOFISK sur toute sa hauteur.

		EKOFISK	FRIGG CDP.1	FRIGG MP.2	NINIAN
hauteur d'eau	m	70	96	94	140
diamètre : base et	m	92	100	100	143
sommet		92	62	62	45
capacité de stockage	m3	160.000	-	-	160.000
acier de précontrainte	t	3.000	2.600	2.600	4.000
acier haute adhérence	t	9.000	7.000	7.000	18.000
béton	m3	80.000	60.000	60.000	160.000

RESUME - Les structures off-shore gravitaires en béton se sont largement développées à partir des techniques françaises mises en oeuvre dès 1971 sur la plate-forme réservoir d'EKOFISK. Les conditions de site, le tirant d'eau disponible, la recherche d'un maximum d'équipements mis en place on-shore, avant échouage en haute mer, conduisent à deux types principaux de structures présentant de nombreux aspects communs faisant l'objet de la communication

ZUSAMMENFASSUNG - Schwere Off-shore Bauwerke aus Beton gehen auf französische Baumethoden zurück, welche seit 1971 für die EKOFISK Tankbauwerke benützt werden. Die Baustellenverhältnisse, der verfügbare Tiefgang, sowie das Bestreben, möglichst viele Einrichtungen bereits an der Küste vor dem Absetzen im Meer einzubauen, führen zu zwei Bauwerktypen, die viele ähnliche Eigenschaften besitzen und über die hier berichtet wird.

SUMMARY - Heavy concrete offshore structures have been widely developed from French techniques, which have been used since 1971 on EKOFISK oil storage tank. Site conditions, available water draught, search for a maximum of equipments installed on-shore before stranding in high seas have lead to two principle types of structure, which present similar common properties.