

## Les moyens logistiques pour la recherche et l'exploitation du pétrole en mer, quelques données sur la mer du Nord

par M. CASTELAIN

Ir A.I.Ms.

Directeur à la S.A. PETROFINA Bruxelles

### INTRODUCTION

Si les réserves mondiales de pétrole et de gaz sont encore importantes, le rapport des réserves à la production annuelle accuse une baisse notable depuis quelques années et comme la demande ne diminuera pas à l'avenir, un effort soutenu s'avère nécessaire dans le domaine de l'exploration pour maintenir ce rapport à un niveau acceptable. C'est ainsi que, sans négliger pour autant la recherche sur les continents, l'effort majeur s'est porté sur la recherche en mer depuis de nombreuses années malgré les coûts extrêmement élevés. Aujourd'hui, 17 % de la production mondiale provient des gisements situés sous les mers et ce pourcentage ne fera qu'augmenter.

Le plateau continental à l'échelle du globe représente environ 30 millions de km<sup>2</sup> et correspond en gros à la zone submergée à partir des continents jusqu'à la cote — 200 m. De cette superficie, on estime actuellement que 10 millions de km<sup>2</sup> correspondent à des bassins sédimentaires favorables à la recherche pétrolière et l'on peut y ajouter 5 millions de km<sup>2</sup> en descendant jusqu'à la cote — 300 m sur le talus continental.

Les progrès de la technique, réalisés au cours de la dernière décennie, permettent aujourd'hui d'explorer sans difficultés par forage jusqu'à la limite du plateau continental et certaines unités sont déjà équipées pour les grandes profondeurs d'eau. Par contre, l'exploitation en mer est loin d'être aussi avancée et c'est pourquoi des firmes spécialisées en association avec certains groupes pétroliers étudient activement les problèmes complexes posés par l'exploitation en eau profonde.

Certaines zones jusqu'à 1000 m et au-delà ont déjà été concédées ou demandées, notamment au Labrador et en Méditerranée, ce qui implique à brève échéance le développement de la technologie qui permettra d'explorer et de développer éventuellement toute découverte effectuée dans les grandes profondeurs d'eau.

Les conditions particulières de travail en mer font que, au moins dans l'état actuel des techniques d'exploitation, seuls les gisements importants sont rentables, mais à l'avenir, la pénurie aidant, on attachera peut-être plus d'importance à la nécessité de s'assurer

des réserves d'énergie, qu'aux critères de rentabilité d'une exploitation.

Ces dernières années, l'attention du public a été attirée par l'annonce de découvertes importantes en Mer du Nord. Les recherches, qui avaient débuté en 1963 par des campagnes sismiques, se sont concrétisées par des forages à partir de 1965 dont le nombre atteint actuellement 675, soit 415 d'exploration et 260 d'évaluation et développement.

Plus de 60 % des forages d'exploration ont été réalisés essentiellement dans la partie sud du secteur anglais et 20 % en secteur norvégien. Comme en gros 25 gisements d'inégale importance ont été découverts jusqu'ici, il a donc fallu forer environ 16 puits par puits de découverte.

Les quelques 50 groupes pétroliers travaillant en mer du Nord ont déjà dépensé plus de 1250 millions de dollars en travaux géophysiques et en forages d'exploration et l'effort continue.

Vingt-deux unités étaient utilisées au début de cette année pour les forages d'exploration en Mer du Nord. Ce nombre pourrait doubler d'ici deux ans. Onze sont du type semi-submersible spécialement bien adapté aux conditions océanographiques et climatiques, neuf des plates-formes auto-élévatrices dont certaines suivant la saison sont utilisées dans des profondeurs d'eau allant jusqu'à 80 m et deux bateaux de forage. Cette terminologie sera définie dans la suite de l'exposé.

Depuis les premières découvertes importantes faites en 1969, on peut dire qu'actuellement dans le secteur anglais il y a eu autant de découvertes d'huile que de gaz tandis qu'en secteur norvégien les découvertes d'huile ont été largement supérieures à celles de gaz. La grande concentration d'efforts consentis sur le plan technologique et financier permet actuellement le développement de grands champs de pétrole découverts récemment, comme Ekofisk, Forties et Brent. Pour développer Ekofisk et ses satellites, on prévoit d'investir 2 milliards de dollars, pipe-lines compris.

Si la nécessité de forer pour trouver de l'huile ou du gaz paraît évidente, les non-initiés n'ont qu'une idée vague des moyens logistiques qui ont été et qui sont mis en œuvre dans cette branche de l'industrie et c'est pourquoi il nous a paru intéressant d'en faire brièvement l'historique.

L'histoire commence en 1923 dans le lac Maracaïbo au Venezuela où eut lieu la première production d'huile en milieu marin. A l'Est, à cette époque, des jetées en bois étaient utilisées dans la mer Caspienne pour l'installation d'appareils de forage. L'exploration sous-marine et l'exploitation au large des côtes et loin en mer se sont surtout développées à partir de 1946, d'abord aux U.S.A., ensuite dans les autres parties du monde.

Au cours de ce demi-siècle, les techniques et les moyens ont beaucoup évolué plus particulièrement en fonction d'impératifs géographiques et de l'influence du milieu marin qui se manifeste par les marées, la houle (sous forme de vagues dont les caractéristiques principales sont l'amplitude, la longueur d'onde et la période), les courants, les vents, les conditions climatiques et la nature des fonds marins. Ces différents éléments ont une incidence déterminante dans le calcul, dans le choix et la mise en œuvre d'une installation de forage en mer et c'est d'ailleurs la raison pour laquelle une campagne de forage est généralement précédée d'une étude océanographique et d'une reconnaissance des fonds marins.

A l'origine, dans les très faibles profondeurs d'eau, le support de l'appareil de forage était constitué par un appareil classique utilisé sur terre et placé sur une plate-forme fixe rudimentaire construite à l'aide de pieux entretoisés. Un ponton flottant ancré à côté de la plate-forme supportait les équipements auxiliaires.

Plus tard, des plates-formes submersibles constituées par un ponton flottant supportant l'ensemble de l'appareil de forage furent remorquées sur l'emplacement et immergées dans des profondeurs d'eau ne dépassant pas 5 m.

Apparurent ensuite les plates-formes auto-élévatrices, que l'on perfectionne depuis 20 ans, conséquence de la recherche en eau de plus en plus profonde et dont les caractéristiques principales sont la mobilité et l'appui sur le fond marin réalisé par l'intermédiaire de colonnes mobiles en translation verticale dont les parties inférieures sont posées sur le fond de la mer et les parties supérieures sont reliées à un ponton sur lequel est placé l'appareil de forage et les équipements auxiliaires.

Vers 1955, vinrent les bateaux de forage et les barges de forage (sans propulsion propre) pour résoudre les problèmes d'exploration en eau profonde pour l'époque et plus tard les unités semi-submersibles qui présentent des avantages par rapport aux bateaux et aux barges, notamment sur le plan de la stabilité en mer agitée.

### INSTALLATIONS

Les installations de forage en mer peuvent être classées en 3 grandes catégories, à savoir : les installations semi-fixes, mobiles et fixes.

Les installations semi-fixes et mobiles sont essentiellement des outils utilisés en phase d'exploration

bien que les installations mobiles soient parfois utilisées pour la phase de développement et d'exploitation des champs dans les grandes profondeurs d'eau et pour lesquelles les têtes de puits sont situées au fond de la mer.

Les installations fixes, à quelques exceptions près, sont utilisées pour la phase de développement et de production des champs de pétrole et de gaz.

### PHASE EXPLORATION

#### — Installations semi-fixes

Ainsi définies parce qu'elles s'appuient sur le fond marin et peuvent être considérées comme fixes pendant la phase de forage tandis qu'elles flottent pendant la phase transport. Elles sont transférées soit par remorquage, soit qu'elles utilisent leurs propres moyens. Les deux catégories principales sont les plates-formes auto-élévatrices et les plates-formes submersibles.

En ce qui concerne les plates-formes auto-élévatrices, le principe est le suivant : un ponton métallique de forme, soit triangulaire, rectangulaire, pentagonale, supporte les installations de forage et tout le matériel annexe. Ce ponton est traversé par un certain nombre d'éléments verticaux ou légèrement inclinés par rapport à la verticale qui peuvent être déplacés par rapport au ponton. Le système de levage a une capacité suffisante pour, les piles prenant appui sur le fond, soulever au-dessus de l'eau le ponton et tout le matériel qu'il contient ou qu'il supporte. Pendant le transport, les piles sont relevées au maximum pour diminuer les efforts de remorquage, le ponton étant en position flottante.

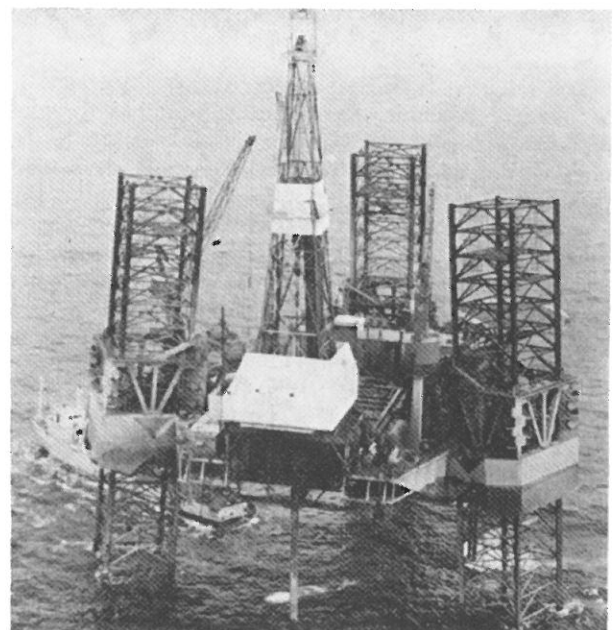


Fig. 1. — Plate-forme auto-élévatrice à 3 piles rectangulaires système Letourneau, en cours de forage.

Il existe différents systèmes auto-élévateurs d'ailleurs brevetés et dont les principaux sont le système Delong qui consiste en des piles de sections tubulaires ou carrées dont le mouvement vertical est commandé par des vérins de grande capacité, disposés par paires autour des piles, deux pour les piles tubulaires, 4 pour celles à section carrée tandis que le système Letourneau utilise 3 piles métalliques de section triangulaire, carrée ou rectangulaire dont chaque arrête est pourvue d'une crémaillère. Le mouvement vertical est obtenu par un train de pignons entraîné par des moteurs électriques. D'autres systèmes de levage existent mais sont essentiellement des variantes des systèmes décrits ci-dessus.

La capacité de ces plates-formes est définie par les dimensions du ponton, la longueur hors tout des piles et la profondeur d'eau admissible pour un région du

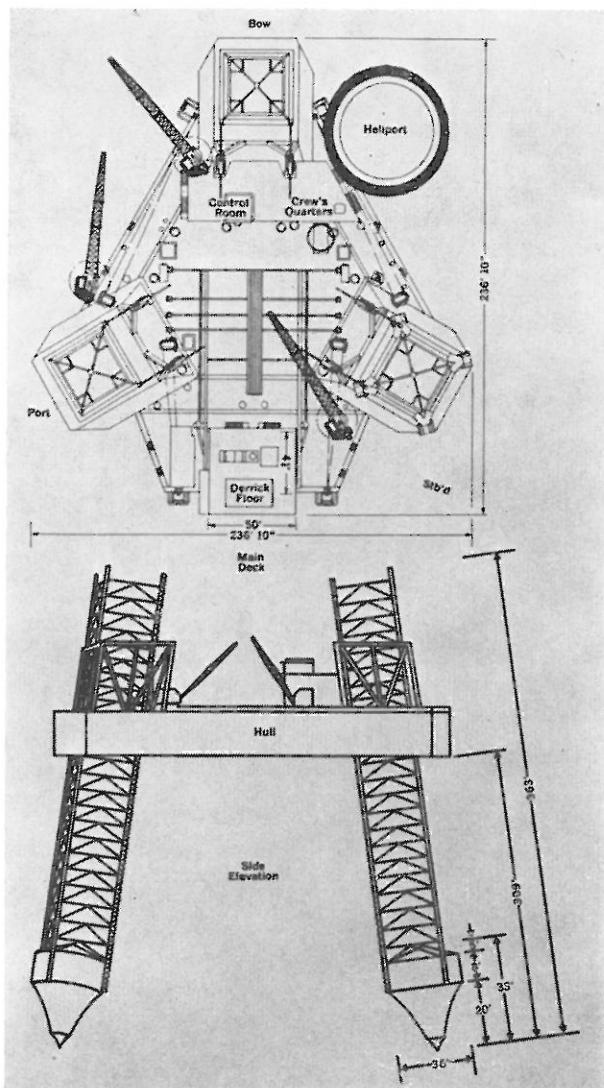


Fig. 2. — Schéma de principe des piles et du ponton de la même plate-forme auto-élévatrice avec dimensions principales en pieds.

globe déterminée. Elles sont utilisées dans des profondeurs d'eau comprises entre 15 et 100 m d'eau. Sur les grosses plates-formes, les équipements de forage sont prévus pour forer au moins à 7000 mètres. Le coût de la construction de telles unités varie entre 8 et 15 millions de dollars.

Quant aux plates-formes submersibles, toujours autonomes, elles ont beaucoup été utilisées dans le passé en Gulf Coast dans des profondeurs d'eau ne dépassant pas 20 m. Elles consistent à la partie basse en un ponton de forme généralement parallélépipédique relié par des éléments rigides à un plancher de travail supportant l'installation de forage. Pendant le transport le ponton est en position flottante. Le passage à la position de travail se fait par remplissage progressif du ponton par de l'eau de mer pour finalement reposer au fond. La stabilité de l'ensemble est assurée par des colonnes de grand diamètre. Leur utilisation est devenue peu fréquente et l'on n'en construit pratiquement plus.

#### — Installations mobiles

Sont ainsi appelées parce qu'elles se déplacent par leurs propres moyens ou sont remorquées pendant leur transport et qu'elles sont mobiles jusqu'à un certain degré pendant les opérations de forage. Maintenus à la verticale du trou par un dispositif d'ancrage statique ou dynamique, elles sont donc sensibles aux mouvements de la mer, provoqués par la houle et les courants agissant sur les structures immergées et par le vent agissant sur les super-structures.

On distingue les unités à coque flottante, qui sont généralement constituées par des pontons à simple ou double coque, auto-moteurs ou non, supportant l'installation de forage. La tour de forage peut être placée soit au centre, soit à l'extérieur, soit entre les deux coques. L'inconvénient majeur est leur sensibilité à l'influence du milieu marin et leurs principaux avantages surtout pour les pontons auto-moteurs sont la mobilité et la possibilité de stocker à bord tout le matériel et les produits nécessaires pour des périodes relativement longues. Leur coût varie dans de grandes proportions et peut atteindre 15 à 20 millions de dollars.

Les unités à coque immergée et piles verticales appelés aussi semi-submersibles, ont été construits en vue de soustraire la coque aux efforts de la houle en augmentant les dimensions et le poids de l'unité, pour accroître la période propre de l'installation et assurer une stabilité beaucoup plus grande qu'avec les pontons. C'est un facteur important surtout lorsque l'on travaille dans des mers peu favorables car les temps morts sont ainsi considérablement réduits mais l'immobilité de l'unité n'est pratiquement jamais assurée. L'ancrage statique de ces unités est constitué par un ensemble d'ancres, de câbles, de chaînes et de bouées. Le

nombre de lignes, le poids et les dimensions des ancrs sont fonctions de la taille de l'unité, des mouvements de la mer et de la nature des fonds. L'ancrage statique est limité par la longueur des lignes d'ancres donc par la profondeur d'eau. La plupart des semi-submersibles, barges et bateaux sont équipés pour travailler dans 150 à 200 mètres d'eau, mais la limite de ce type d'ancrage se situe vers 300 mètres.

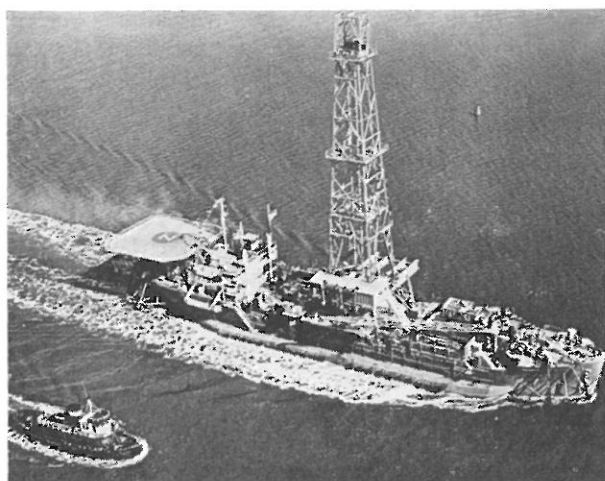


Fig. 3. — Bateau de forage arrivant sur son emplacement (103 m  $\times$  20 m, tirant d'eau 5,20 m, déplacement 7000 T.).

L'ancrage dynamique est en principe utilisé là où l'ancrage statique ne peut plus l'être, mais si l'unité a été équipée en conséquence rien n'empêche son utilisation quelle que soit la profondeur d'eau. Il est constitué par des propulseurs localisés aux quatre coins de l'unité et pouvant être utilisés simultanément, l'effort combiné tend à s'opposer à l'effort résultant du milieu marin, le but étant de maintenir la table de rotation de l'appareil de forage pratiquement à la verticale du sondage, ce qui se fait à partir d'une cabine de contrôle à l'aide de moyens électroniques.

Si ce type d'ancrage a l'avantage de libérer complètement du fond de la mer l'installation de forage, il nécessite cependant une puissance motrice importante pour respecter les contraintes imposées.

Sur la plupart des unités on a installé de nombreux équipements spéciaux dont les principaux sont des compensateurs de roulis et tangage, compensateurs des mouvements verticaux de l'unité de forage installés, soit en surface, soit incorporés dans le train de sonde, gerbages automatiques à l'horizontale, etc. L'utilisation des semi-submersibles ultra perfectionnés munis d'ancrages dynamiques s'imposera de plus en plus à l'avenir lorsque les recherches s'effectueront dans les grandes profondeurs d'eau du talus continental, voire même des grands fonds marins. Soit dit en passant, c'est ce genre d'unité équipée actuellement d'ancrages statiques qui répond le mieux aux conditions mer du Nord lorsque les profondeurs d'eau ne permettent plus

d'utiliser les plates-formes auto-élévatrices. A noter que le semi-submersible en position flottante s'utilise peu dans moins de 40 mètres de profondeur d'eau et chaque fois que la profondeur d'eau et les disponibilités permettent d'utiliser une plate-forme auto-élévatrice on le fera, parce que les arrêts dus au mauvais temps sont pratiquement nuls et que les problèmes techniques de forage sont moins compliqués. Le coût des semi-submersibles a doublé en 8 ans et actuellement il est courant d'investir 23 à 30 millions de dollars pour les unités les plus sophistiquées. Les frais de fonctionnement pour la compagnie pétrolière utilisant de telles unités se situent entre 25 et 35 dollars à la minute, par unité, suivant les cas.

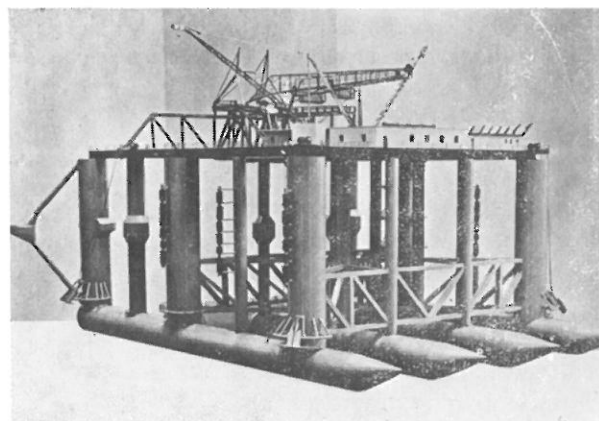


Fig. 4. — Schéma de principe d'un semi-submersible.

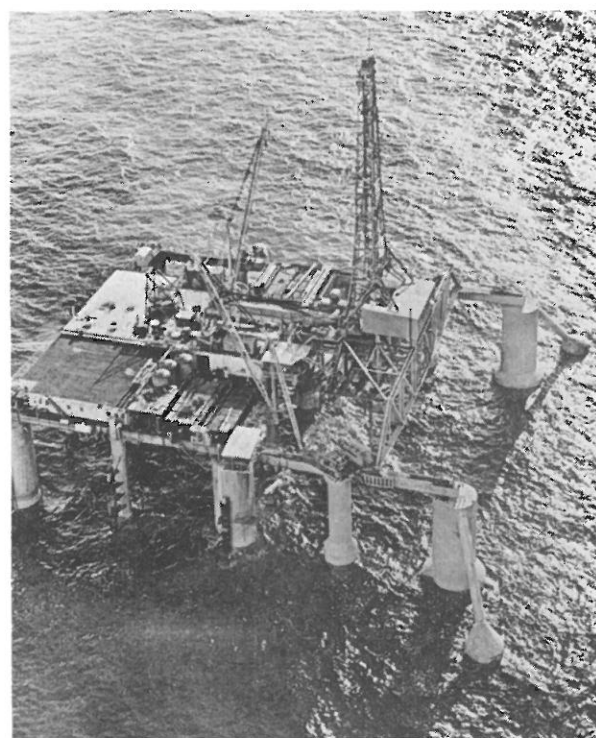


Fig. 5. — Semi-submersible en cours de forage (Dimension 110 m  $\times$  66 m, hauteur 43 m, déplacement 12000 T.)

PHASE DEVELOPPEMENT-PRODUCTION

— Installations fixes

Aux U.S.A., depuis le début des opérations, environ 80 % des sondages exécutés en mer à proximité des côtes et dans les bayous de Louisiane, l'ont été à partir de plates-formes fixes installées dans des profondeurs d'eau variables mais dépassant rarement 20 m, mis à part quelques réalisations d'îles artificielles notamment sur les côtes de Californie, on peut dire que la plupart des plates-formes sont en acier (certaines sont en aluminium) et sont constituées par trois parties distinctes :

- une charpente métallique tubulaire immergée à éléments verticaux entretoisés.
- des tubes ou des piles traversant la charpente tubulaire et profondément enfoncés dans le sol.
- un pont à un ou plusieurs étages placé au-dessus de l'eau et supporté par les piles enfouies dans le sol. Sur les ponts se trouvent l'appareil de forage et ses équipements annexes.

Les plates-formes dites assistées sont utilisées jusqu'à des profondeurs d'eau de l'ordre de 60 m. Elles supportent le derrick, le treuil, les moteurs et quelques accessoires. Les équipements annexes sont placés sur un tender flottant ancré près de la plate-forme et relié à celle-ci par des conduites flexibles et des câbles permettant le transfert des fluides et de l'énergie. Sur les plates-formes assistées le nombre de forages effectués dépasse rarement 6, l'appareil et ses installations sur la plate-forme pouvant être ripés au droit du conducteur-guide de chaque puits, le tender restant en place.

Sur les plates-formes autonomes qui sont des plates-formes fixes généralement de grandes dimensions installées ou à installer prochainement dans des profondeurs d'eau allant jusqu'à 105 m, certaines sont à l'étude pour 150 m d'eau, à construire en béton et/ou combinaison acier-béton, un grand nombre de sondages de développement (dont la plupart sont déviés par rapport à la verticale pour couvrir toute la structure) peuvent être exécutés au moyen de un ou plusieurs appareils travaillant simultanément. Les installations de production sont parfois intégrées à des niveaux différents de la plate-forme suivant les projets, ainsi que les quartiers d'habitation.

Les plates-formes fixes de production sont du même type que les précédentes et servent essentiellement à l'installation des équipements de séparation, de traitement, éventuellement à stocker les hydrocarbures et permettent le transfert à des stations de pompage de pipe-line vers des pétroliers chargeant en mer ou relié à la côte ainsi qu'aux stations de compression pour l'évacuation par gazoduc du gaz associé au pétrole. En général des quartiers d'habitation y sont également installés.

La mise en place de telles plates-formes nécessite des moyens de manutention très puissants et coûteux.

Cinq grandes plates-formes fixes dont trois de forage, une de production et une servant de quartiers d'habitation sont en place à Ekofisk où les premiers forages de développement ont commencé.

Au cours des prochaines années d'autres plates-formes similaires seront installées sur les champs satellites et reliées par pipe-lines à la centrale de production située à Ekofisk.

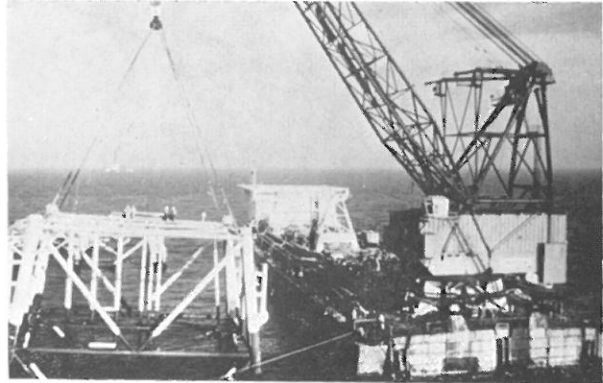


Fig. 6. — Mise en place dans 73 m d'eau par une grue ponton d'un élément de charpente métallique d'une plate-forme fixe de forage destinée à Ekofisk.

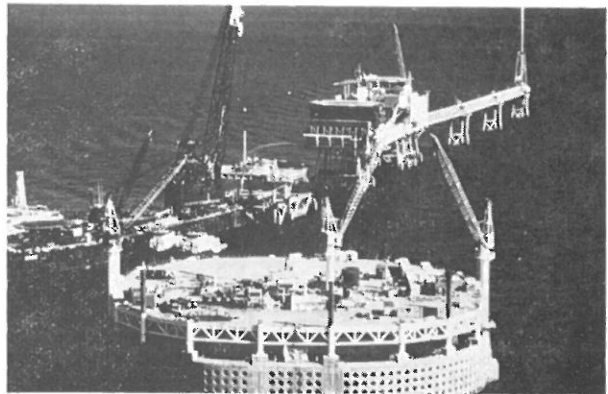


Fig. 7. — Complexe actuel d'Ekofisk, à l'avant plan le réservoir de stockage coiffé de son pont inférieur, à l'arrière-plan en commençant par la droite : la torchère, les passerelles et supports tripodes, la plate-forme terminale de production (53 m X 41 m), les quartiers d'habitation (21 m X 33 m) et une des trois plates-formes de forage (53 m X 42 m) sur le pont de laquelle des colis pré-fabriqués sont en cours d'installation par une grue ponton.

On ne peut passer sous silence le réservoir de stockage d'une capacité de 160.000 m<sup>3</sup> remorqué en juin dernier de Stavanger à Ekofisk et qui peut être considéré comme une installation fixe.

Il a été réalisé en béton précontraint et son poids est de 180.000 tonnes. Il consiste essentiellement en

une semelle épaisse sur laquelle repose une paroi extérieure alvéolaire de 92 m de diamètre et de 82 m de haut destinée à absorber une grande partie de l'énergie des vagues protégeant ainsi le réservoir de stockage situé à l'intérieur dont les dimensions sont de 53 × 53 × 91 m de haut. Ce réservoir qui servira

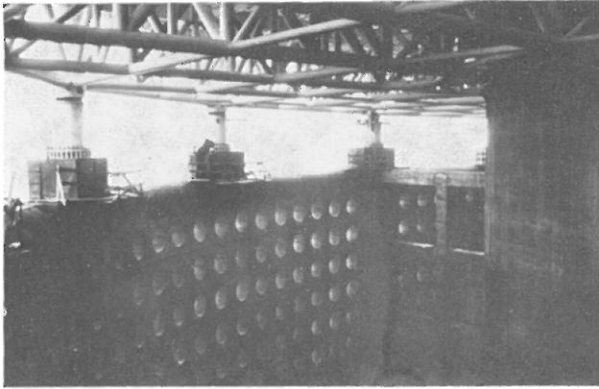


Fig. 8. — EKOFISK - Réservoir de stockage, vue de la paroi extérieure alvéolaire, de la paroi du réservoir et d'une paroi alvéolaire intermédiaire.

au stockage de brut sera coiffé par deux ponts superposés espacés de 10 m qui supporteront les installations de séparation et de traitement de la production des champs satellites d'Ekofisk ainsi que les compresseurs du pipe-line pour le gaz acheminé vers l'Allemagne.

Plus de 1000 personnes ont participé à la construction du réservoir, lequel sera mis en service en 1974 et aura coûté 40 millions de dollars tandis que les équipements qu'il supportera et dont la mise en service est prévue en 1975-1976, représentent un investissement dépassant 100 millions de dollars.

#### APPAREIL DE FORAGE, TECHNIQUES UTILISEES EN FORAGE ET PRODUCTION

L'appareil de forage adapté au milieu marin et utilisé sur les différentes unités décrites ci-dessus n'a pas subi de transformation majeure, cependant la tendance sur les grosses unités modernes est à l'installation de puissances de plusieurs milliers de CV pour les treuils de manœuvre et les pompes à boue. L'utilisation d'une transmission diesel électrique est courante, ce qui a notamment l'avantage de réduire le poids et l'encombrement de l'ensemble du treuil et de le désolidariser de l'ensemble des pompes à boue et de la table de rotation sans augmentation de la puissance installée.

L'espace étant limité sur une plate-forme, qu'elle soit auto-élévatrice ou semi-submersible, de vrais tours de force ont été accomplis dans la conception et l'installation des équipements annexes, sans parler des salles de contrôle, des postes de commandes, des quartiers d'habitation et des moyens de manutention et de transports.

#### — Installations fixes et semi-fixes

L'exécution du forage à partir d'une plate-forme fixe ou semi-fixe est pratiquement identique au sondage exécuté sur la terre ferme. La tête de puits et les obturateurs classiques sont placés sous le derrick au-dessus de la surface de l'eau. En cas de production, la tête de puits est généralement raccordée aux installations de traitement situées sur la plate-forme.

#### — Installations mobiles

Lorsque l'installation utilisée est mobile, le problème est différent car pendant le forage, que ce soit en exploration ou en développement, il s'agit de relier l'élément fixe qui est le sommet du trou au fond de l'eau à l'appareil de forage qui est mobile. Cela implique la réalisation d'un élément de liaison (ensemble tube-guide) entre le fond et la plate-forme qui permet le déplacement vertical de celle-ci et un déplacement limité dans le plan horizontal. Cet élément de liaison doit aussi assurer le guidage des outils ainsi que le retour des fluides de circulation en cours de forage.

Comme il ne peut supporter des pressions extérieures élevées, les éléments de suspension des tubages et les obturateurs de sécurité sont placés au fond de la mer et leur ensemble constitue la tête de puits sous-marine en phase forage dont le rôle est d'assurer le support des différents tubages descendus et cimentés au cours du forage et la fermeture éventuelle du puits en vue de contrôler toute manifestation intempestive du gisement.

En gros, la composition d'un ensemble tube guide-obturateurs - tête de puits se présente comme suit, du fond de la mer à la surface :

- une grande structure de base à laquelle sont fixés les câbles de guidage attachés à la plate-forme mobile par l'intermédiaire de treuils à tension constante.
- un élément de suspension pour les différents tubages.
- un adapteur-connecteur à commande hydraulique.
- l'ensemble des obturateurs de sécurité, leurs commandes hydrauliques, les conduites permettant le contrôle du puits sous les obturateurs ainsi que les caméras de télévision.
- un adapteur-connecteur hydraulique avec joint à rotule ou flexible permettant un déplacement limité du tube guide par rapport à la verticale et dans tous les azimuts.
- un tube de grand diamètre pour le guidage des outils et retour de la boue, constitué d'éléments assemblés par raccord rapide.
- à la partie supérieure de ce tube un joint coulissant, car l'immobilité de l'unité n'est pratiquement jamais réalisée et il faut absorber des déplacements verticaux importants, les éléments de suspension et le tube-fontaine pour guider les fluides vers les tamis vibrants pour l'échantillonnage et la détection des hydrocarbures.

En cas de production, si une plate-forme fixe ne peut être installée, l'on procède à des complétions sous-marines, les différentes têtes de puits de production et leurs commandes hydrauliques étant situées au fond de la mer. Une exception cependant, les 4 premiers puits d'Ekofisk qui sont ainsi équipés et produisent actuellement 40.000 barils/jour dans 73 m d'eau. Ils sont reliés provisoirement à une plate-forme auto-élevatrice servant de centrale de production avant d'être raccordés aux nouvelles installations en 1974.

Initialement, des complétions sous-marines dans 146 m d'eau avaient été envisagées pour le développement du champ de Brent en secteur anglais mais la décision a maintenant été prise de construire deux plates-formes fixes, la première en acier, la seconde peut-être en béton, à partir desquelles seront forées des puits déviés.

### MANUTENTION, TRANSPORTS

Les engins de manutention sont principalement utilisés pour la mise en place des installations fixes. Ils doivent avoir une très grande capacité de levage. Certains peuvent lever des éléments de 1000 tonnes et plus.

On utilise des bateaux-grues remorqués ou auto-propulsés et dont le ponton métallique flottant supporte essentiellement la grue, pratiquement toujours à flèche mobile. L'immobilisation en mer est réalisée par un ensemble treuils-lignes d'ancrages. Des grues sont également installées sur le pont des plates-formes fixes ou semi-fixes de forage et de production. Elles permettent la mise à bord des consommables en charges moins importantes. On utilise également des grues marines classiques mobiles en rotation ainsi que les grues à haubans fixes de moyenne et de grande capacité. Les bateaux ou remorqueurs de manutention sont utilisés pour la mise en place des moyens d'ancrage des plates-formes mobiles. Ils sont équipés de puissants treuils de halage et d'un portique arrière pour lever et mettre les ancres en place ainsi que les bouées et les lignes d'ancres et pour remorquer sur de courtes distances.

Les moyens de transport sont très diversifiés et on utilise des barges de grande dimension pouvant être remorquées en haute mer et qui sont utilisées pour le transport de grands ensembles, en particulier des charpentes métalliques de plates-formes fixes ainsi que des colis très lourds pré-fabriqués.

Les bateaux de service et d'approvisionnement disposent d'une grande surface derrière le poste de commande permettant le transport en pontée des consommables à partir d'une base terrestre. Ils sont équipés de réservoirs à carburants et à eau potable pour le ravitaillement des différentes installations de forage en mer. Ils peuvent servir également aux relèves du personnel mais généralement ce sont les hélicoptères qui assurent des liaisons rapides pour les envois de matériel urgent et l'évacuation en cas d'accident du personnel et pour les relèves.

Les remorqueurs assurent le transfert et la mise en place des installations mobiles et semi-fixes qui ne sont pas auto-propulsées ainsi que les transferts d'une région du globe à une autre des installations mobiles ou semi-fixes non autonomes.



Fig. 9. — Soudure, à bord d'une barge de pose, de deux éléments du pipe-line à huile 34" Ekofisk-Teesside long de 360 km.

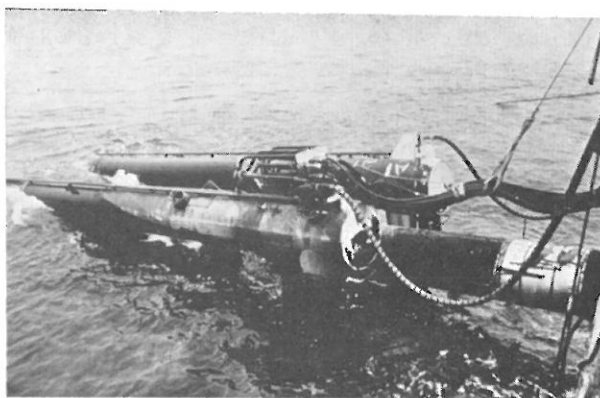


Fig. 10. — Même pipe-line sur sa rampe de lancement, pour pose dans 70 m d'eau.

Il faut également citer les bateaux de pose des pipe-lines dont certains sont aujourd'hui capables de poser et d'enfouir plusieurs mètres sous le fond de la mer des tuyaux de 36" de diamètre dans des profondeurs d'eau de 100 m.

### PERSONNEL

Les équipes de forage doivent vivre à même l'installation dans des quartiers d'habitation créés à cet effet. Quatre équipes sont généralement affectées à une installation, 2 sont en mer et assurent des postes de 12 heures pendant 8 jours tandis que 2 équipes sont en repos à terre pendant le même temps. L'intendance est assurée par une société de service.

En ce qui concerne l'unité de forage elle-même l'importance et la complexité des moyens mécaniques

et électriques nécessite la présence d'un personnel nombreux et spécialisé. De plus, lorsqu'il s'agit de bateaux de forage ou de semi-submersibles auto-propulsés en plus de l'équipe de forage de l'entrepreneur et de l'intendance, soit environ 65 personnes, un équipage supplémentaire est requis pendant les périodes de navigation.

Ce tour d'horizon est loin d'être complet, il aurait fallu parler d'une foule d'autres choses, des plongeurs dont la présence à bord des plates-formes de forage est toujours nécessaire, de la plongée en saturation, des cloches d'intervention à la pression atmosphérique pour les grandes profondeurs, des connexions électriques sous-marines à grandes profondeurs, de la soudure par 150 m de fond à l'aide d'habitats pressurisés, des installations entièrement sous-marines il est vrai

pour un avenir moins immédiat, qui font des opérations en mer un domaine technologique pratiquement illimité.

Mis à part le coût élevé de la recherche pour développer la technologie de demain, il nous paraît essentiel de rappeler que l'exploration nécessite des investissements importants (le chiffre global de 1250 millions de dollars cité au début pour la seule mer du Nord entre 1963 et 1972 n'est-il pas éloquent) et qu'elle comporte un certain nombre de risques que l'on ne rencontre pas dans d'autres industries car la réussite est rarement pour demain, parfois pour jamais et l'acceptation de faire face à de grosses pertes, la capacité de les supporter, la persévérance sont les conditions essentielles du succès des entreprises engagées dans l'aventure pétrolière.

### Flashes Industriels

#### MICROELECTRONIQUE

Le laboratoire de Microélectronique de l'Université Catholique de Louvain organise du 27 au 31 août 1973, un cours d'été en langue anglaise sur le sujet: « Semiconductor Memory Devices and Circuits ».

Pour toutes indications complémentaires, s'adresser à F. VAN de WIELE, Professor à (1348) Louvain-la-Neuve.

#### UN EMBRAYAGE MINIATURE

La Société TORRINGTON, vient de mettre au point une nouvelle pièce d'équipement assez extraordinaire par sa miniaturisation.

Il s'agit d'un petit embrayage à aiguilles pour arbres de 3 mm.

Pour toutes indications supplémentaires, s'adresser à MARKCOM, Service des Relations Publiques - 26, rue de la Loi, B-1040 Bruxelles.

## INGENIEURS CIVILS!

si vous appréciez notre action affiliiez-vous à

## L'URTB

(Association pour l'Encouragement à l'Union des Revues Techniques Belges)

pour la somme de

**125 FRANCS PAR AN**

cotisation réduite à 75 francs pour les jeunes ingénieurs et ingénieurs pensionnés  
à verser à son C.C.P. 3494.23

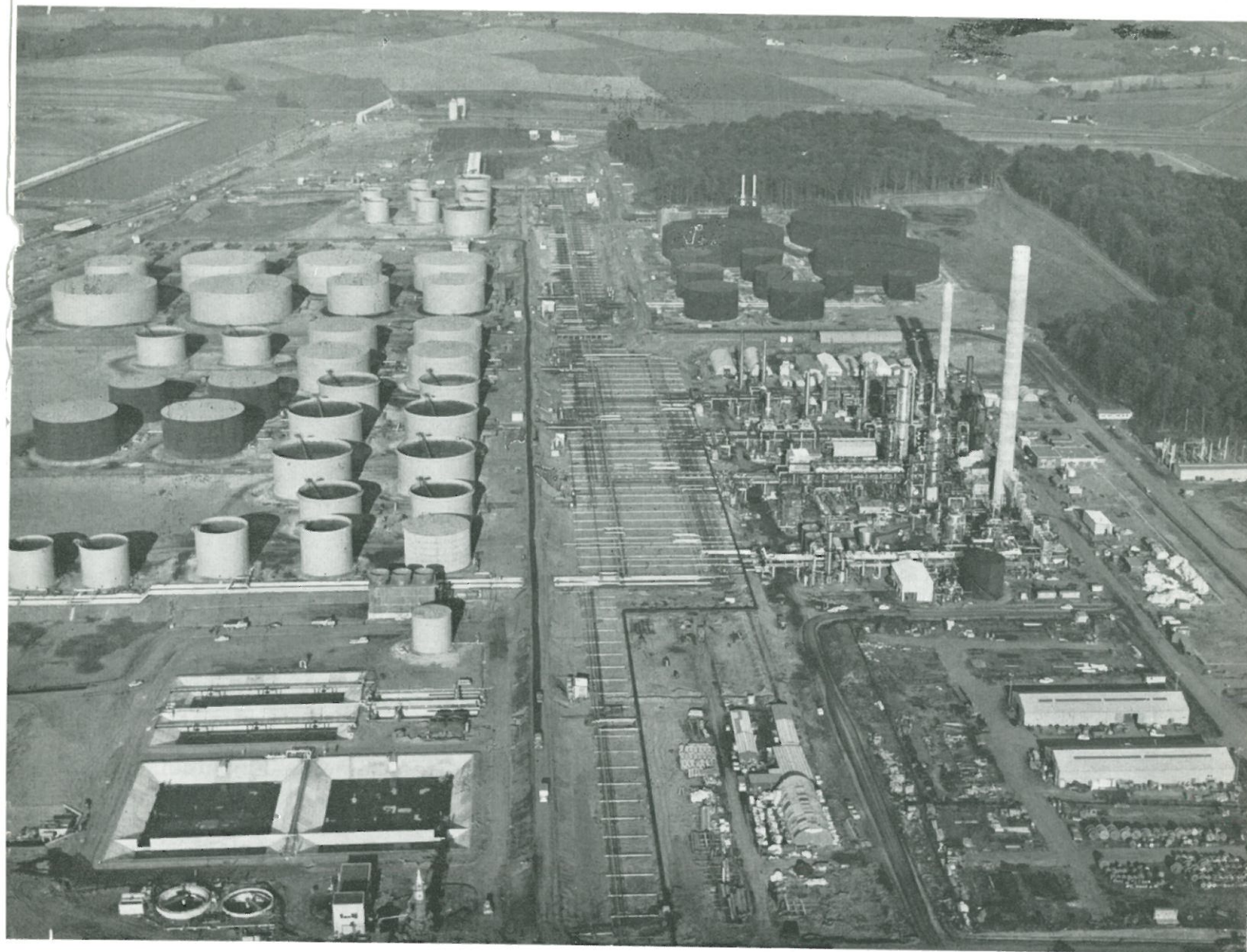
### AVANTAGES RESERVES AUX MEMBRES :

- a) service gratuit du Journal des Ingénieurs;
- b) service à demi-tarif des revues spécialisées (les membres des associations d'ingénieurs en reçoivent une gratuitement par le truchement de leur association).

Versez votre cotisation aujourd'hui même. Merci.







CHEVRON

FELUY

## Une raffinerie de pétrole est sortie de terre en 18 mois

Printemps 1970, des prairies et des bois en bordure du canal du Centre à Feluy... Automne 1971, une raffinerie de pétrole de 130.000 barils par jour.

Cette raffinerie est celle de Chevron.

Chevron Oil Belgium est la première société pétrolière à avoir implanté une raffinerie en dehors des zones portuaires belges traditionnelles.

C'est ASTROBEL (anciennement Auxeltra Génie Civil) que le bureau d'engineering Bechtel a sélectionné pour cette commande. L'exécution de l'ouvrage requérait, outre un travail de qualité, le respect du délai final de livraison et de différents délais partiels : la terminaison de certains éléments conditionnait, en effet, le début du montage mécanique, et par conséquent, le démarrage de toute la raffinerie.

Aménagement du site, fondations des tanks dont les contenances se situent entre

160.000 et 810.000 m<sup>3</sup>, poste d'arrivée du fuel, fondations des supports de tuyauteries, génie civil de l'unité de production proprement dite, fondations des pompes, stations de chargement de wagons et de camions, routes et bâtiments divers, réfrigérant, bassin de rétention, station d'épuration des eaux couvrant à elle seule 5 ha etc..., tels sont les travaux réalisés par Astrobel de mai 1970 à octobre 1971, avec un effectif moyen de 500 hommes.

Chevron n'est pas la première réalisation d'Astrobel dans le domaine des raffineries : déjà en 1951, elle s'était vu confier le génie civil de la raffinerie Esso à Anvers ; plus récemment, en 1967 celui de la raffinerie Texaco à Gand-Zelzate et en 1969, celui de la raffinerie Mobil à Karlsruhe.

ASTROBEL General Contractors s.a. est une entreprise moderne à même d'offrir aux clients comme aux architectes et aux bureaux d'études les plus solides garanties

de responsabilité intégrée et de respect des délais.

Pour toute information complémentaire contacter

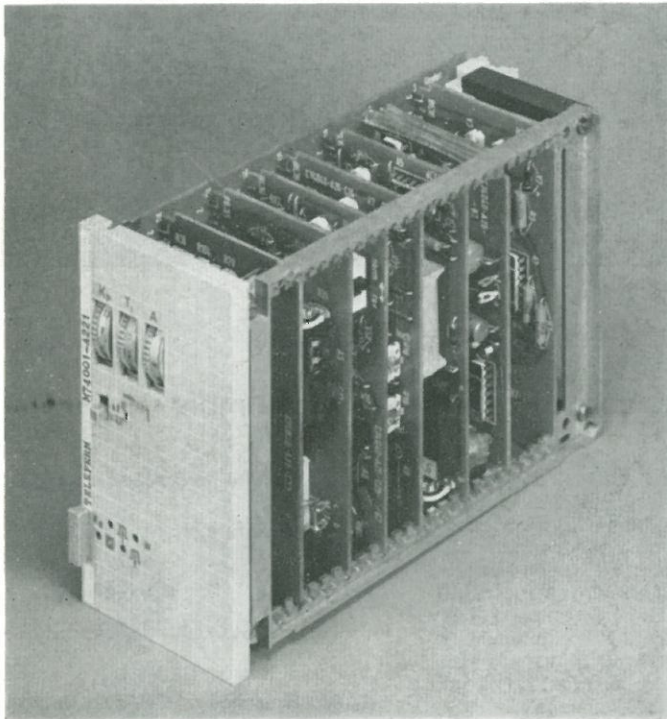
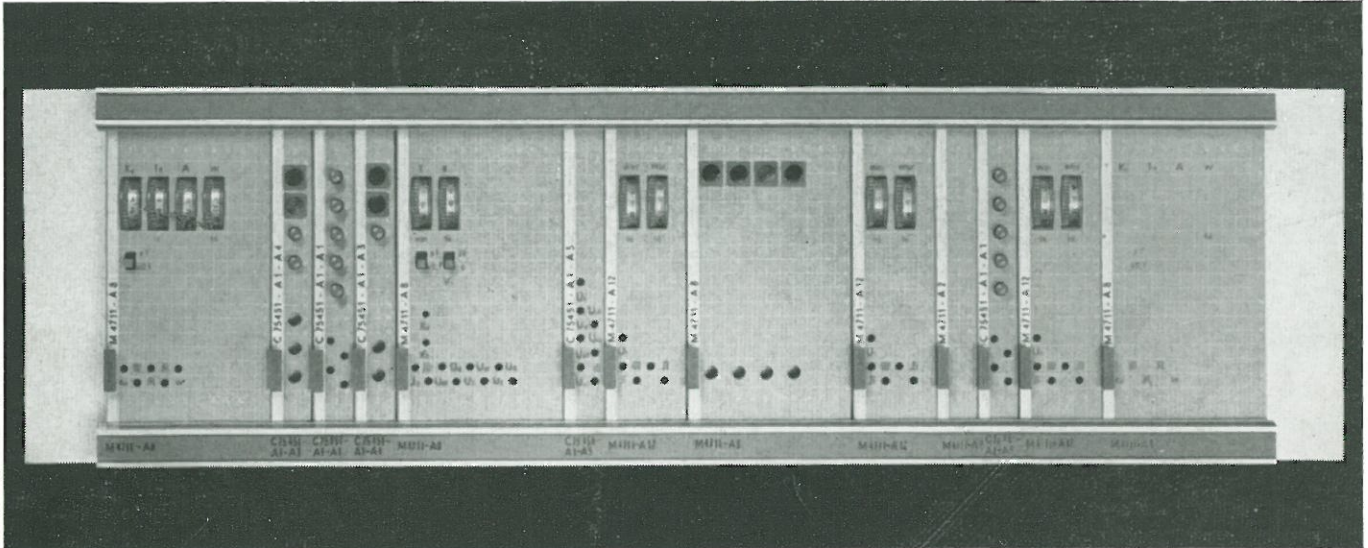
**A S T R O B E L**  
(anc. AUXELTRA G.C.)

Avenue Galilée 5  
B-1030 Bruxelles Tél. (02) 18.80.90



Réf. 313

# Réalisez vos modèles mathématiques les plus sophistiqués grâce aux règles simples du calcul analogique



Le système Téléperm C se caractérise en ce qui concerne ses éléments constitutifs d'amplificateurs opérationnels intégrés. Grâce à ce système, le calcul de fonctions et de boucles de régulation complexes se réalise aisément suivant la technique du calcul analogique.

De ce fait, lors de l'élaboration de circuits maillés et de modèles mathématiques, l'ingénieur peut faire appel aux règles simples et universelles du calcul analogique qui facilitent sa tâche. Si vous voulez de plus amples informations sur ce nouveau calculateur Siemens, contactez-nous. Nos ingénieurs sont à votre entière disposition.

SIEMENS SOCIETE ANONYME  
Département E6  
chaussée de Charleroi 116 - 1060 Bruxelles  
tél.: (02) 38.60.80

## Téléperm C, calculateur à amplificateurs opérationnels intégrés.