



**HAL**  
open science

## Etude sur le transport maritime de pétrole brut

Bertrand Collomb, Jean-Louis Beffa

► **To cite this version:**

Bertrand Collomb, Jean-Louis Beffa. Etude sur le transport maritime de pétrole brut. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1966. hal-01910052

**HAL Id: hal-01910052**

**<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01910052>**

Submitted on 31 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

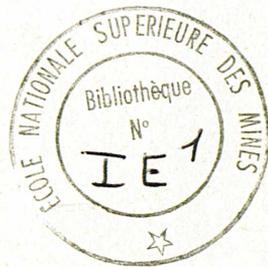
Juin 1966

---

ETUDE SUR LE TRANSPORT MARITIME DE  
PETROLE BRUT

-----

[11]



J. L. BEFFA  
B. COLLOMB

PLAN DE L'ETUDE

-----

I - Les problèmes actuels du transport maritime de pétrole brut. . . . .	3
II - La construction navale pétrolière	
A - L'évolution technique . . . . .	5
B - Les caractéristiques des navires . . . . .	8
C - Les coûts de construction . . . . .	13
III - Prix de revient . . . . .	16
A - Conditions d'exploitation . . . . .	17
B - Dépenses 1 - de l'armateur ) 2 - de l'affrêteur ) . . . . .	22
C - Exemples de prix de revient. . . . .	37
IV - Les grands ports pétroliers . . . . .	42
A - Problèmes . . . . .	43
B - Réalisations et projets . . . . .	49
V - Conditions d'utilisation des grands pétroliers pour le ravitaillement français . . . . .	58
VI - Conclusion . . . . .	65
Annexe I - Fiscalité portuaire . . . . .	66
Annexe II- Vitesse optimale . . . . .	72
Annexe III- L'utopie du Capitaine Andersen . . . . .	75

I - Les problèmes actuels du transport maritime de pétrole brut

L'expansion rapide de la consommation mondiale de pétrole depuis les dernières années et la part importante prise dans cette consommation par des pays non producteurs ou trop peu producteurs (Europe Occidentale notamment) ont entraîné un accroissement considérable des transports de produits pétroliers.

Le transport par voie maritime de pétrole brut, des lieux de production aux raffineries situées dans les pays consommateurs, a été la solution adoptée pour l'essentiel des tonnages utilisés.

C'est aux problèmes posés par le développement accéléré de ce transport et par l'évolution de ses caractéristiques techniques et économiques que sera consacrée la présente étude.

Le phénomène essentiel, qui domine ce sujet est l'accroissement de la taille maxima des pétroliers, passée de 20 ou de 25.000 tdw (⊗) à 300.000 tdw.

Nous nous attacherons donc essentiellement à l'étude des "grands pétroliers", que l'on n'ose plus appeler "supertanker", ni "géant" ni "mammoth", tous ces noms ayant été utilisés pour des tonnages qui paraissent maintenant faibles.

Les quelques chiffres ci-dessous donnent une idée du phénomène étudié

1 - Evolution des flottes pétrolières

Année	Flotte mondiale		Flotte française			
	Tonnage total (tdw)	Taux annuel d'accroissement	Tonnage total	Nbre de bateaux	Tonnage moyen	% de la flotte mondiale
31-12-60	64.000.000	7 %	2.840.000	110	25.800	4,4 %
31-12-65	90.000.000		3.700.000	140	26.400	4,1 %

.../

2 - Port en lourd moyen

Navires construits en 1965	En commandes pour 1966	En commande pour au delà de 1966
47.500 tdw	66.400 tdw	81.500 tdw

(N-B : Il faut tenir compte dans l'interprétation de ces derniers chiffres du fait que le tonnage moyen des navires construits sera inférieur à celui des commandes, les petits pétroliers étant commandés moins longtemps à l'avance que les gros. L'évolution n'en est pas moins significative).

3 - Navires de plus de 100.000 t en commande et  
en service au 1-1-66

	200.000 t	150.000t	100.000t
En commande	1	18	36
En service	0	0	14

A ces chiffres mis à jour au 1-1-66, on doit déjà ajouter la commande de 6 pétroliers de 300.000 t en cours de discussion par la Gulf Oil, commande dont nous reparlerons plus loin.

Nous examinerons successivement dans cette étude

- les problèmes posés par la construction de grands pétroliers,
- les conditions de leur exploitation et le prix de revient qui en résulte,
- la situation des ports français en face de l'évolution du trafic pétrolier.

Nous étudierons enfin comment, compte tenu de ces différents facteurs, peut être envisagé l'approvisionnement des raffineries françaises.

## II - LA CONSTRUCTION NAVALE PETROLIERE

### A) - L'EVOLUTION TECHNIQUE

Lorsqu'il y a quelques années on envisageait la construction de pétroliers de plus de 150.000 t., de nombreux problèmes techniques étaient posés, dont la solution ne paraissait pas évidente, et qui semblaient devoir limiter l'évolution vers des pétroliers "géants". Or l'on en est actuellement à des pétroliers de 300.000 t. déjà commandés, et des pétroliers de 500.000 t. et même 700.000 t. ne semblent pas du tout techniquement impossibles à construire.

Les raisons de ces progrès sont multiples mais reposent essentiellement sur deux faits :

- une meilleure connaissance des efforts mécaniques subis par les navires a permis de modifier les règles de construction fixées antérieurement de façon empirique;

- l'utilisation de matériaux et de procédés nouveaux a été introduite pour obtenir des performances supérieures.

#### 1 - Etude des sollicitations et des contraintes

On peut distinguer parmi les contraintes que doit supporter un navire ;

- des contraintes "locales" exercées sur les différentes parties constituant le navire et liées à la répartition locale des efforts (poids du chargement, de l'appareil propulsif, etc...)

- un moment fléchissant "d'ensemble" résultant de l'équilibre de la poutre constituée par le navire sous l'action de son poids et de la poussée d'Archimède

On distingue pour le calcul

- le moment en eau calme ou statique

- le moment dynamique résultant de l'action de la houle et des effets dynamiques

- enfin des contraintes de cisaillement et de flambement liées également à la répartition de l'ensemble des charges du navire.

D'autre part le choix des caractéristiques de construction doit tenir compte de la corrosion localement très variable .

D'une façon générale on peut dire que

- pour des navires de moins de 90 m. (c'est-à-dire environ 3000 T.), ce sont les problèmes de contraintes locales et de corrosion qui fixent les échantillonnages à adopter, sans que l'on ait à se préoccuper spécialement du problème des sollicitations d'ensemble du navire,

- pour des navires de 100 à 250 m, (soit < 120.000 t.), le problème essentiel est celui du moment fléchissant,

- enfin au dessus de 250 m, on doit tenir compte des contraintes de cisaillement et de flambement qui amènent à des échantillonnages supérieurs.

Les principaux progrès dans la connaissance des contraintes ont trait au moment dynamique . Il est en effet nécessaire d'adopter une définition des sollicitations maxima prévues compatible avec l'expérience.

Jusqu'alors on avait coutume de considérer des houles ayant comme longueur d'onde la longueur L du navire et amplitude  $\frac{L}{20}$  (soit 10 m pour un navire de 200m ). Avec l'allongement des navires on doit constater que les houles de plus de 200 m sont très rares (Atlantique Nord : houles de 300 m ) et qu'il est presque toujours possible d'en modifier la longueur apparente au prix d'un changement temporaire de cap.

L'extrapolation des anciennes règles de calcul paraît donc trop sévère. Le bureau Véritas a adopté comme amplitude maxima la valeur  $0,24 L^{2/3}$  (qui est égale à  $\frac{L}{20}$  pour  $L = 110$  m et est inférieure ensuite). Le "moment dynamique" que doit supporter le bateau se trouve donc réduit.

D'autre part l'utilisation d'ordinateurs permet de traiter complètement un grand nombre de cas de chargement et donc, en précisant les instructions de chargement des bateaux, évite l'obligation de coefficients de sécurité trop importants.

## 2 - Utilisation de matériaux et de procédés nouveaux

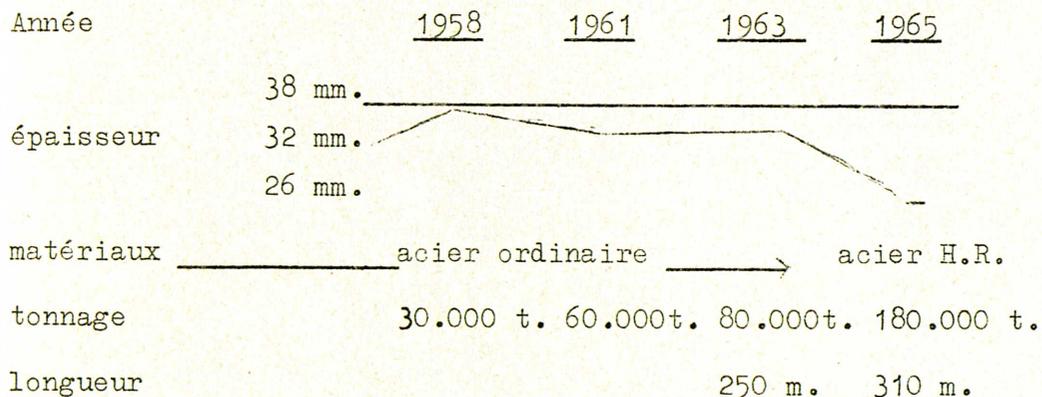
Différents progrès ont été réalisés dans les aciers utilisés, dans les procédés de liaison et dans les appareils propulsifs.

a) Jusqu'à une époque récente, on utilisait pour la construction navale uniquement de l'acier ordinaire, à environ 41 kg/mm<sup>2</sup>. Lorsqu'il fut nécessaire d'accroître la résistance des tôles, on a d'abord pu le faire par une augmentation d'épaisseur, puis on a introduit l'utilisation d'acier dit "Haute Résistance", à 50 kg/mm<sup>2</sup>.

Mais on sait qu'il existe des aciers encore plus résistants, à 65 ou même 80 kg/mm<sup>2</sup>, utilisés notamment pour les sous-marins.

On constate donc que l'évolution dans ce domaine, à peine amorcée, ne parait pas devoir être limitée.

Il paraît intéressant de remarquer l'évolution des épaisseurs de tôle utilisées. Lorsque la limite de fabrication actuellement admise de 38 mm (1 inch 1/2) a été atteinte, les progrès dans la connaissance des sollicitations puis l'amélioration du matériau ont permis de redescendre et de conserver une marge suffisante.



b) Il ne serait pas utile d'accroître la résistance du matériau utilisé si l'on ne pouvait simultanément assurer une liaison de solidité correspondante. Depuis déjà un certain temps le rivetage a été remplacé par le soudage et ce dernier procédé a pu progresser grâce à des études de laboratoire assez poussées. En choisissant les aciers en fonction de la meilleure utilisation de l'ensemble acier-soudure, et non pas de seules caractéristiques de l'acier, on a pu obtenir des résultats satisfaisants.

c) Enfin l'un des problèmes posés aux constructeurs de navires "supergéants" ou "mammoth's" était la réalisation d'un appareil propulsif d'une puissance convenable.

A vrai dire la puissance n'augmente pas proportionnellement au tonnage. On passe, pour une vitesse égale de 16,5 noeuds, d'environ 23.000 CV pour un 100.000 t. à 33.000 CV pour un 200.000 t. Néanmoins l'obtention de puissances aussi élevées n'était pas sans poser des problèmes.

La turbine a évidemment la possibilité de fournir toute puissance désirée.

Le moteur Diesel a fait d'énormes progrès depuis ces dernières années. De 15.000 CV maximum il y a 15 ans, on est passé actuellement à 28.000 CV, et un moteur nouveau est étudié, qui pourrait aller jusqu'à 35.000 voire 40.000 CV.

Quelques difficultés accessoires et très surmontables subsistent : par exemple fabrication et surtout transport d'hélices de dimensions et de poids considérables....

3 - La conclusion que l'on peut tirer de ce rapide tour d'horizon est qu'aucun facteur technique ne semble pour l'instant devoir limiter l'accroissement de la taille des pétroliers. Il serait très possible d'imaginer dès maintenant la construction de bateaux de 500.000 voire de 7 à 800.000 t., et même si des problèmes particuliers se posaient, on n'a pas de raison de penser qu'ils ne puissent être résolus comme dans le passé récent l'ont été des problèmes analogues.

S'il existe une limite de taille, c'est donc dans les conditions d'utilisation et les facteurs économiques qu'il faut la chercher.

## B) - ETUDE DES CARACTERISTIQUES DES NAVIRES

### 1 - Dimensions

La détermination des dimensions d'un pétrolier de tonnage donné T dépend d'un certain nombre de paramètres.

Si l'on appelle L la longueur entre perpendiculaires  
B la largeur  
T le tirant d'eau  
P la densité de la cargaison,

le volume transporté sera :

$$V = \frac{T}{P} \cdot C$$

le rapport  $C_b = \frac{V}{LB}$  (appelé bloc-coefficient)

et le rapport  $\frac{L}{B}$  sont les grandeurs caractéristiques du navire.

Il suffira donc, pour connaître les dimensions du navire de se fixer T, P,  $C_b$  et  $\frac{L}{B}$

- Le tirant d'eau est déterminé par les considérations de navigation.

Les navires passant en charge dans le Canal de Suez doivent avoir actuellement moins de 38 pieds, soit 11,6 m de tirant d'eau.

D'autre part les accès portuaires, le passage dans la Mer du Nord (20 m de fond) ou les détroits de Malacca (25 m) peuvent également limiter le tirant d'eau.

- Le rapport  $\frac{L}{B}$  caractérise la finesse du bateau. Il était, il y a une dizaine d'années, normalement de l'ordre de 7. Il est maintenant descendu à 6,5, voire 6 pour les constructeurs japonais. Il est possible de prévoir qu'il baisse encore jusqu'à 5,5 pendant les prochaines années.

En effet l'influence de cette variation du rapport  $\frac{L}{B}$  sur le poids de la coque, et donc sur le prix du navire est importante. Le poids de coque étant très approximativement proportionnel à  $L^{2,6}$  et à B, le passage de  $\frac{L}{B}$  de 6,5 à 6 peut permettre une économie de 15 %.

Par contre une diminution du rapport  $\frac{L}{B}$  provoque une augmentation de la résistance du navire, et donc la nécessité à vitesse égale d'une puissance supérieure. Dans le cas d'un 140 000 t. par exemple, on passerait, toutes choses égales d'ailleurs, de 26 500 CV à 28 500 CV (soit + 6 %).

En outre la largeur<sup>est</sup> également limitée dans certains cas par d'autres considérations (passage du Canal de Suez, cale sèche ...)

- Enfin le bloc-coefficient  $C_b$  varie assez peu, entre 0,80 et 0,82. C'est en atteignant des valeurs de 0,80 que les chantiers japonais récupèrent la puissance perdue par la diminution du rapport  $\frac{L}{B}$ . Dans l'exemple précédent, en effet, on retrouve une puissance de 26 000 CV avec un bloc-coefficient de 0,80 au lieu de 0,82.

(On peut admettre que, toutes choses égales d'ailleurs, le bloc-coefficient  $C_b$  est lié au "degré de vitesse"  $\frac{V}{\sqrt{L}}$  par la relation.

$$C_b + 1/2 \frac{V}{\sqrt{L}} = c^{te} )$$

Sous l'action de ces divers facteurs, les dimensions des navires construits actuellement varient donc - selon les conditions d'utilisation prévues par l'armateur (surtout tirant d'eau maximum, largeur maximum, et également influence de la densité du produit transporté)

- selon les chantiers constructeurs qui ont des habitudes différentes dans le maniement des divers paramètres.

Exemple :

Constructeurs	T ( tdw)	L (m)	B (m)	T (m)	vitesse (noeuds)	$\frac{L}{B}$
Kieler Howaldt	136 500	276	42,5	15,5	16,5	6,5
Hitachi	138 500	265	44,4	16,8	16,5	6

Les ordres de grandeur, pour des navires-type de différents tonnages, sont les suivants :

T (tdw)	L (m)	B (m)	T (m)	
25 000	190	24,5	10	
50 000	230	30,5	12,5	
100 000	entre 245	38	12,5	
	et 270	à 40	à 15	
200 000	325	50	17	(Idemitsu)
300 000	335	55	22,5	(Gulf Oil)

## 2 - Appareil propulsif

Les très grands pétroliers réclament des puissances considérables qui peuvent actuellement leur être fournies, comme on l'a vu, soit par des moteurs Diesel, soit par des turbines à vapeur.

Les compagnies anglo-saxonnes utilisent habituellement la turbine, tandis que des armateurs européens préfèrent le moteur.

La discussion entre ces deux procédés est complexe.

- Les moteurs Diesel ne peuvent tourner en dessous de 110 t/m, tandis que la turbine permet de faire tourner l'hélice à 100 t/m, voire, avec un turbo réducteur, 80 t/m.

La perte de rendement du Diesel par rapport à la turbine est de l'ordre de 5 à 10 %.

- Les prix des installations sont comparables dans les deux cas.
- Le poids d'un appareil propulsif à turbine est inférieur à celui d'un Diesel (1 200 t contre 2 000 t pour une puissance de 30 000 CV). Mais pour des bateaux de 200 000 t, cette différence tend à devenir négligeable.
- Les consommations en combustibles (de même qualité) atteignent actuellement 160 f/CVh pour le Diesel  
220 à 230 f/CVh pour les turbines classiques.

On construit maintenant des turbines à resurchauffe, où la pression atteint 60 Kg/cm<sup>2</sup>. La consommation peut alors baisser jusqu'à 200 f/CVh. Mais en contrepartie ces turbines présentent l'inconvénient de ne pas comporter deux chaudières identiques, et donc d'avoir une sécurité de marche peut-être moins grande.

- L'entretien serait moins coûteux pour la turbine, dans des proportions qui sont difficiles à estimer.

Dans ces conditions, il semble que les deux solutions soient économiquement fort voisines, et que les choix des uns et des autres sont liés

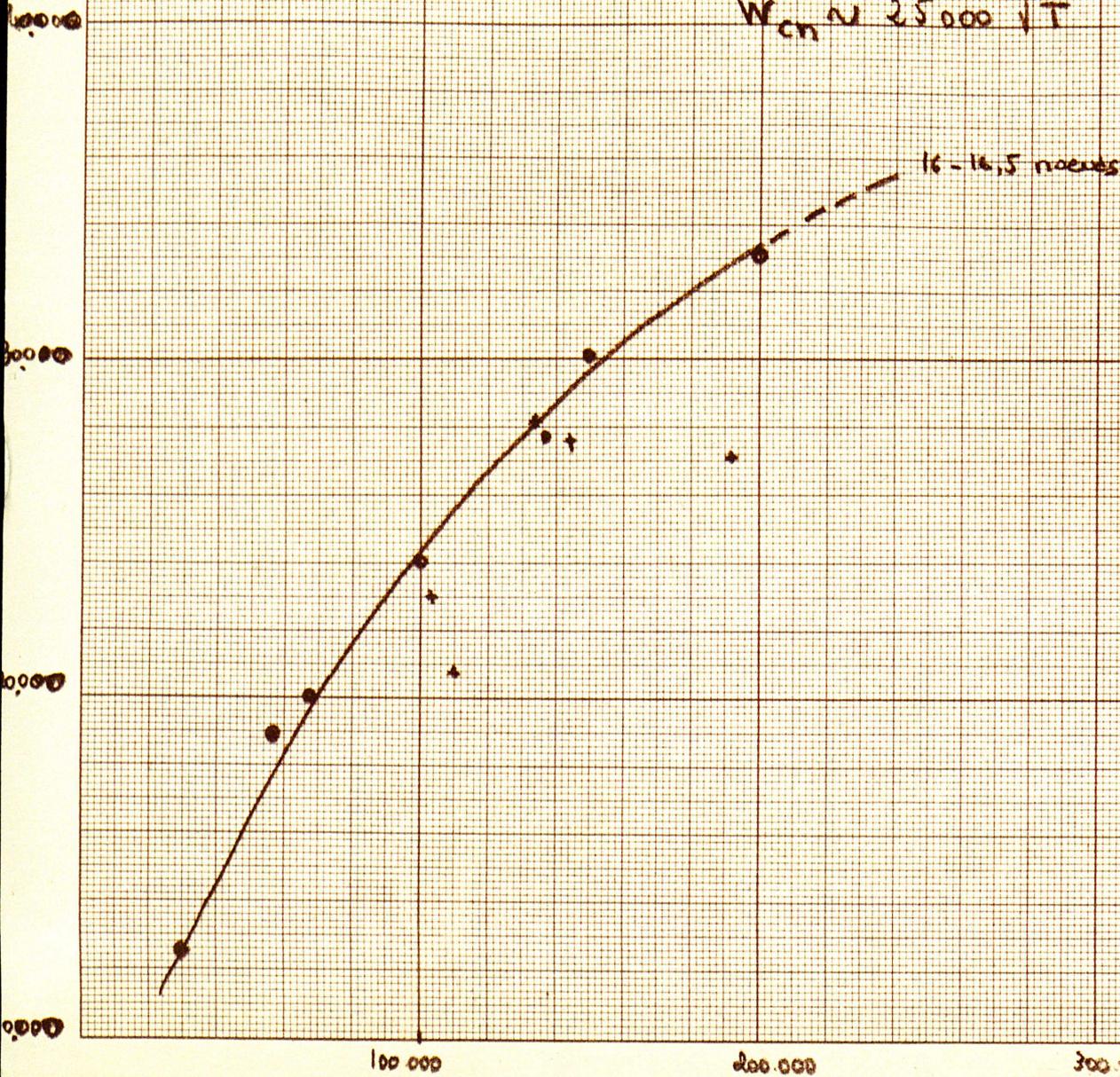
- aux habitudes de fabrication des différents pays,
- à l'existence chez les armateurs européens du personnel qualifié nécessaire pour l'entretien du Diesel, plus délicat que celui de la turbine,
- aux différences dans les coûts des combustibles comptabilisés par des compagnies intégrées (coût marginal de production) ou des armateurs indépendants (coût du marché des soutes),

# PUISSANCE NECESSAIRE en fonction du Tonnage

- NAVIRES marchant à 16-16,5 noeuds
- + autres Navires

$$W_{cn} \sim 25000 \sqrt{T}$$

$$T \text{ en } 10^5 \text{ t dw.}$$



- enfin au fait que jusqu'à présent, le moteur Diesel a suivi, avec du retard, l'accroissement des puissances demandées, et que les compagnies "en pointe" dans ce domaine ne pouvaient adopter que la turbine.

On a également envisagé la possibilité d'utiliser plusieurs petits moteurs à 4 temps. On obtiendrait ainsi (avec des réducteurs) une vitesse de l'hélice de 80 t/m, et une consommation plus faible. Mais la sécurité de marche d'un ensemble aussi complexe risque d'être faible. En outre, il faudrait s'attendre à un entretien, et à une consommation d'huile non négligeables.

### 3 - Vitesse

Les vitesses d'exploitation sont fixées par l'armateur qui recherche un optimum, compte-tenu de ses conditions propres d'exploitation.

Pour les flottes intégrées, les chiffres admis comme vitesse économiquement optimale varient entre 15,5 et 16 noeuds selon les trajets utilisés. Il est, en effet, évident que la recherche d'une vitesse plus grande est moins intéressante sur les trajets courts, où une grande partie du temps est consacrée aux séjours au port. Les armateurs indépendants prévoient souvent des vitesses supérieures allant jusqu'à 17,5 noeuds, qui leur procurent des conditions d'exploitation plus souples et plus profitables.

On trouvera en annexe quelques éléments de discussion sur cette notion de vitesse optimale.

Notons seulement ici que la puissance à installer sur un navire varie comme la puissance quatrième de la vitesse.

### 4 - Automatisation

Un des phénomènes remarquables de la construction navale pétrolière de ces dernières années est l'apparition de l'automatisation.

A cet égard, des essais sont en cours, et la généralisation d'équipements automatisés pose deux sortes de problèmes : - l'adaptation d'un personnel de traditions assez rigides à des techniques et à des fonctions nouvelles,

- la détermination du niveau d'automatisation "rentable".

Dans le domaine des "machines", selon la séparation traditionnelle - et aujourd'hui remise en cause -, on peut noter les réalisations suivantes :

- pour des navires à turbine, l'allumage automatique des chaudières qui économise 3 hommes à bord pour un investissement de l'ordre de 200.000 F.

- en allant plus loin la télécommande, voire l'asservissement des diverses vannes réglant la marche des circuits de vapeur.
- l'installation de "capteurs" permettant de détecter tout fonctionnement anormal d'un organe : détecteurs de température pour les paliers, de pression pour les turbines et les chaudières, de déplacement axial pour les arbres etc...  
Au delà de certaines valeurs fixées à l'avance, on peut prévoir une alarme, voire une intervention automatique pour stopper l'organe défaillant.
- la réunion de ces divers organes de commande et de surveillance dans une centrale machines, soit située à proximité du compartiment machines, soit remontée à côté de la passerelle de commandement.
- enfin pour un navire de la Shell, on a même installé un ordinateur qui peut calculer les caractéristiques du fonctionnement des organes (rendement des chaudières, des turbines etc...). Mais il est encore difficile d'envisager l'introduction d'un programme d'optimisation qui permettrait à ce calculateur d'agir sur la marche des machines. En effet on n'a pas, pour l'instant, une connaissance suffisamment précise des phénomènes intervenant dans la recherche de cet optimum.
- pour des navires à moteur on a, de la même façon, introduit des organes de surveillance et de télécommande du moteur principal et des auxiliaires. On a pu, d'autre part, rendre automatiques les bouilleurs à vapeur en utilisant des bouilleurs à simple effet, à très basse pression, et alimentés en chaleur par les gaz d'échappement du moteur.

Dans le domaine du "pont", on peut aussi relever d'importantes innovations réalisées ou en cours d'études.

- la télécommande des vannes de cargaison permet l'utilisation de la technique du "flot libre", c'est-à-dire la mise en communication des différentes citernes au cours du chargement et du déchargement.
- On envisage l'utilisation de l'ordinateur cité plus haut pour faire des calculs de chargement, et il est possible de prévoir l'automatisation complète des opérations de chargement.
- Des recherches sont en cours dans le domaine de l'amarrage (par utilisation de treuils automatisés et d'amarres en polypropylène) et dans celui du lavage des citernes (important au point de vue corrosion).
- Enfin en ce qui concerne la conduite du navire, la Shell a installé un dispositif de radar anti-collision. Il permet à l'officier de quart, en enregistrant la position des ombres radar, de faire calculer la trajectoire des navires, et également de simuler l'effet d'une manoeuvre de sa part.

En conclusion, on peut dire que pour l'instant, l'automatisation permet, ainsi qu'on le verra plus loin, de diminuer assez fortement l'équipage et de le ramener à 30 h pour des 150.000 à 200.000 t.

Mais cette économie de personnel ne justifierait qu'une automatisation relativement réduite (d'un coût de 150 à 200 millions).

Les réalisations de la Shell (d'un coût supérieur à 300 millions) peuvent être considérées comme des essais. Le principal bénéfice à en attendre est non pas surtout dans une réduction supplémentaire de personnel, mais dans une meilleure utilisation des installations qui aurait des conséquences sur la bonne marche du bateau et sur les dépenses d'entretien.

### C) - LES COUTS DE CONSTRUCTION

La courbe ci-contre montre quels sont approximativement les prix les plus récemment annoncés (1965-66) pour des tonnages de 50 000 à 300 000 t.

1. - Il faut remarquer que le prix global d'un navire n'est pas lié de façon stricte au coût réel de construction.

D'une part les gouvernements pratiquent le plus souvent une politique d'aide à la construction navale, qui se traduit en France par des prix de vente inférieurs aux prix de revient, et au Japon ou dans d'autres pays par des crédits très avantageux.

D'autre part, le marché portant sur un nombre de plus en plus restreint d'unités, des écarts de prix importants peuvent être acceptés, selon l'état du carnet de commandes des constructeurs.

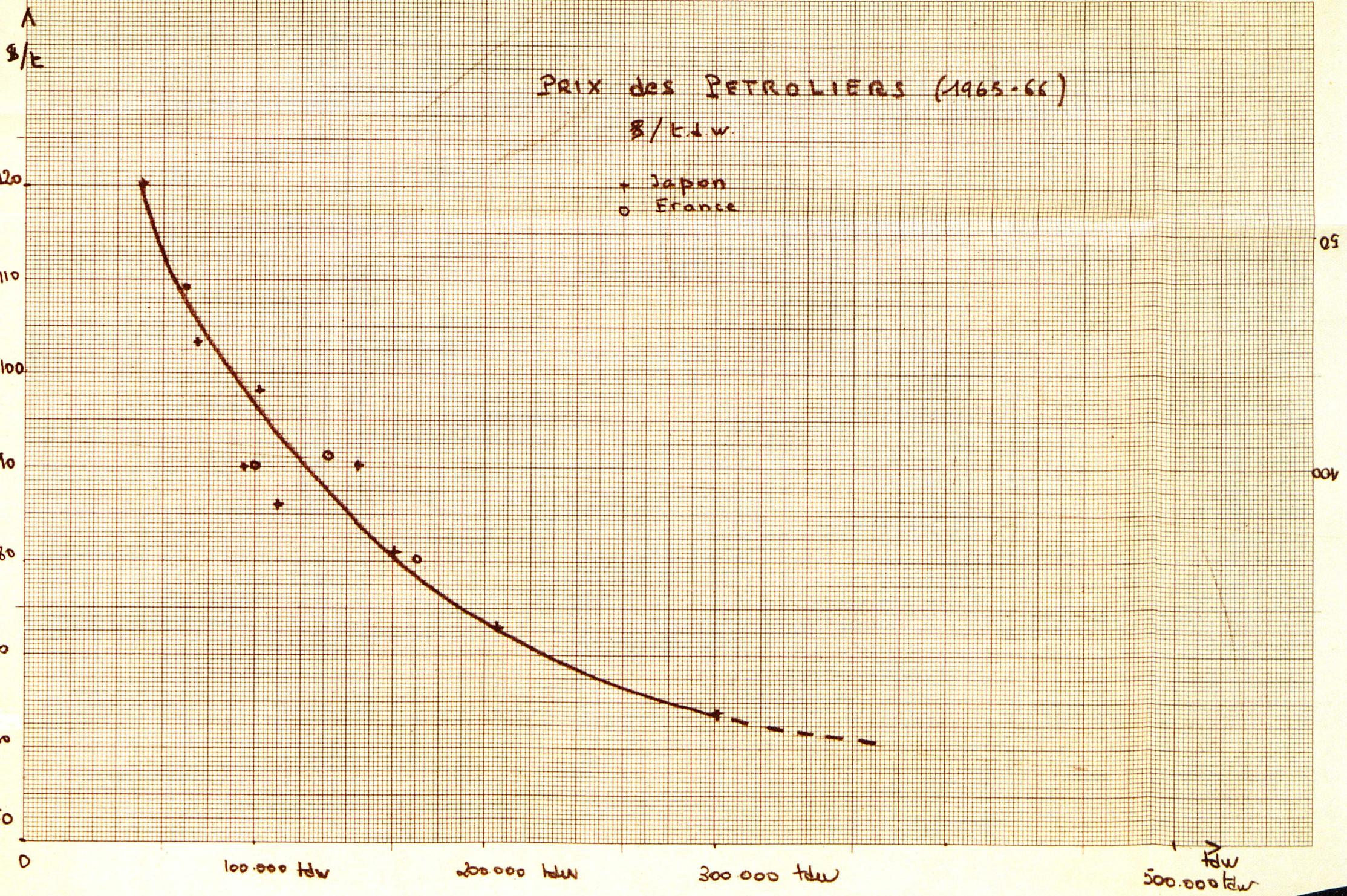
Enfin chaque navire est un cas particulier, et les habitudes commerciales des chantiers ou les préférences des armateurs pour certaines formules techniques peuvent créer de légères différences de prix entre des commandes analogues.

2. - Néanmoins la tendance générale est très nette : on assiste simultanément  
- à une baisse du coût à tonnage égal (on notait 110 \$/t pour un 100 000 t en 1963, 98 à 100 \$ à l'heure actuelle)  
- à une baisse plus importante encore due à l'accroissement du tonnage (de 100 \$ à 65 \$ en passant de 100 000 à 300 000 t).

Pour spectaculaires qu'ils soient, ces résultats ne sont pas surprenants. En effet, si l'on part d'un 75 000 t à 110 \$/t, coût se décomposant en :

{	coque .....	35 %
{	appareil pro-	
{	pulsif .....	28 %
{	armement et di-	
{	vers.....	37 %

.../



et si l'on admet très grossièrement que :

- le prix de la coque est proportionnel au tonnage  $T$ ,
- le prix de l'appareil propulsif est proportionnel à sa puissance, c'est-à-dire en gros à la racine carrée du tonnage  $\sqrt{T}$ ,
- les autres dépenses ne varient pas avec la taille du bateau,

on obtient pour des 150 000 t et des 300 000 t des coûts de 80 \$ et 64 \$ correspondant exactement aux prix annoncés.

3. - Compte-tenu des considérations techniques résumées plus haut, il n'y a pas de raison pour que l'évolution des prix soit renversée dans les prochaines années.

Le léger relèvement des prix observé, il y a trois ans sur les pétroliers de 40 000 à 60 000 Tdw ne s'est pas accentué.

En fait on peut penser que la baisse des prix, à tonnage égal, pourrait être moins sensible à l'avenir, les aides gouvernementales risquant d'être restreintes et la concurrence sur les très gros pétroliers moins vive. Mais par contre, les différences structurelles de coût entre les bateaux de tonnages différents semblent ne pouvoir que s'accroître avec les progrès techniques.

4. - Les chiffres publiés sur des commandes de pétroliers de plus de 100 000 t auprès de chantiers français sont peu nombreux - Sur ceux-ci il n'apparaît pas de décalage notable avec les prix internationaux.

Il n'en est pas de même des coûts. D'une façon générale, la C.E.E., dans une étude récente, estimait que les prix de revient des chantiers européens étaient supérieurs d'environ 10 % à ceux des chantiers japonais. Contrairement à ce qui a pu être dit, il ne semble pas que des différences de salaires soient la cause essentielle de ces écarts. C'est plutôt une industrialisation plus poussée, une technicité supérieure, et des normes de construction plus souples qui sont à l'origine des prix de revient très bas obtenus au Japon.

5. - Il ne suffirait pas de parler des coûts et des prix eux-mêmes sans évoquer les conditions de financement qui jouent un grand rôle dans le marché de la construction pétrolière. Les renseignements dont on dispose, à cet égard, sont parfois contradictoires, et il est difficile de se faire une idée précise de la situation, qui est souvent différente dans chaque cas particulier.

On peut dire que :

- pour des pétroliers commandés au Japon (par des armateurs étrangers), on obtient un crédit de 80 % sur 8 ans à un taux de l'ordre de 5,5 %

- pour des pétroliers commandés en France, le financement par le Crédit National peut comporter, pour une part, des prêts à court terme (5 à 7 ans) à un taux bonifié de 5 %, et aussi des crédits à long terme à un taux de 7 à 8 %. L'ensemble de ces prêts peut atteindre 75 % du total des dépenses.
- dans d'autres pays, l'intervention de sociétés financières spécialisées permet l'obtention de crédits assez variables.

### III - PRIX DE REVIENT

Il s'agit d'étudier ici la variation, selon la taille des navires, des différents éléments qui influent sur le coût de transport de la tonne de pétrole.

Seuls, seront examinés. les transports de pétrole brut. Les trafics de produits raffinés sont plus complexes car plus dispersés et s'effectuent avec des navires de tonnages plus faibles.

On distinguera :

A) - les éléments intervenant sur la durée du voyage.

- durée d'indisponibilité
- vitesse du navire
- temps d'attente (ports et canal de Suez)
- temps de chargement et de déchargement.

B) - les dépenses qui se répartissent en deux groupes.

a) les dépenses supportées par l'armateur

- frais financiers et amortissement
- frais d'équipage
- frais d'entretien
- frais d'approvisionnement
- frais d'assurances
- frais généraux

b) les dépenses à la charge de l'affrêteur

- dépenses de soutes (i.c.de combustibles) et de lubrifiants
- frais de ports et de canal.

Les premières dépenses sont indépendantes du trafic du navire, les secondes au contraire varient selon les liaisons effectuées. La distinction qui a été faite parmi les dépenses a de l'importance lorsqu'il s'agit de navires affrêtés. L'affrêteur paye évidemment en plus des soutes et des frais de ports les frais d'affrètement. Lorsque le navire est intégré dans la flotte d'une société pétrolière, tous les éléments de coûts entrent dans le compte d'exploitation de la société et il n'y a plus de distinction à faire.

Pour chaque catégorie de frais, on essaiera de fournir des ordres de grandeur pour 4 tonnages : 30.000 tdw, 60.000 tdw, 100.000 tdw et 150.000 tdw. Les "150.000 tdw" ne sont pas encore en service, il s'agit dans ce cas de prévision. On peut alors essayer de dégager des lois de variation des frais selon la taille. En conclusion, on essaiera de voir quel résultat on obtient en extrapolant ces lois au 300.000 tdw.

A 1 - Evaluation du tonnage transporté

Pour calculer un prix de revient, il faut connaître le nombre de tonnes de pétrole transportées. Pour cela, on considère la liaison pour laquelle on veut déterminer le coût du transport, on calcule la durée moyenne d'une rotation et le nombre de rotations effectuées par le bateau.

Dans ce but, on évalue les temps morts.

- a) la durée d'indisponibilité du navire.
- b) les temps d'attente en rade et de passage du canal de Suez.
- c) les temps de chargement et de déchargement.

On détermine ainsi le temps pendant lequel le bateau est disponible et le temps morts d'un voyage.

La vitesse du navire et la longueur de la liaison permettent le calcul de la durée effective du voyage.

## 2)-Durée d'indisponibilité

Le bateau n'est pas disponible pendant la durée annuelle d'arrêt pour les opérations de carénage, de dégazage et de réparation. Il faut également tenir compte des arrêts imprévus dus à de grosses avaries (par exemple, rupture d'arbre manivelle).

Les résultats varient donc suivant les bateaux et même en moyenne, il y a des variations suivant les durées. En moyenne générale, la durée d'indisponibilité est actuellement de 20 j par an, cette durée tend à diminuer avec le temps ce qui est dû à une meilleure prévention des avaries et à la recherche d'arrêts aussi courts que possible, le coût d'immobilisation augmentant avec la taille du navire.

L'arrêt dû au carénage, dure 12 jours en moyenne. 3 à 5 jours pour le carénage proprement dit, nettoyage et peinture de la coque, le reste du temps étant consacré à des réparations : entretien des moteurs, changement de tôles, etc... la durée du dégazage est de 1 jour environ, il s'effectue de plus en plus dans des stations spécialisées pour éviter la pollution.

Les arrêts pour avaries peuvent être considérables : 150 jours dans certains cas.

Pour une année et pour l'ensemble d'une flotte les arrêts pour avaries varient de 0 à 15 j./bateau en moyenne. Les 20 jours indiqués se décomposent donc en 12 jours pour carénage, 1 jour pour dégazage et 7 jours pour avaries.

.../

### A 3 - Temps de chargement et de déchargement

Le chargement se fait avec les installations du port et le déchargement avec les pompes du navire.

Il faut que les installations à terre, les dimensions, les tuyaux, la position des bacs soient adaptés au débit des pompes du navire.

Un ingénieur de la C.N.P. cite dans une publication la règle suivante universellement adaptée :

"Les installations terrestres doivent être disposées de façon à permettre le déchargement à un débit horaire de 1/10 de la cargaison, la pression aux brides des flexibles de déchargement ne dépassant pas 5 kg/cm<sup>2</sup>".

Par exemple l'Aldébaran est doté de 2 pompes turbocentrifuges de 4000 t/h de capacité unitaire.

Le temps de déchargement serait alors de 10 heures en théorie.

Si on ajoute le jaugeage, les arrêts éventuels pour ~~changer~~ les flexibles de place (temps supprimés par les systèmes à Flot libre), le ballastage on arrive à une durée de 16 heures.

En réalité, au total, entre l'arrivée du pétrole à bord et son départ, on compte pour un port de déchargement une durée de 24 heures. Pour un port de chargement on considère que les escales durent 12 heures.

Il faut donc compter au moins sur ~~des~~ durées d'escales de 36 heures par rotation. Pour des bateaux plus petits il faut compter 36 heures à 48 heures par escale de déchargement. Dans certains ports comme au Havre, il faut amener les soutes à bord à l'aide de chalands-citernes, ce qui est une perte de temps.

On peut remarquer que dans les contrats d'affrètement, on compte une durée totale pour les escales de 5 jours ce qui est assez large.

Une durée de 36 heures au total est assez faible.

Si on veut avoir une marge de sécurité pour un calcul on peut prendre 3 jours pour durée totale des escales au cours d'une rotation.

A 4 - Temps d'attente en rade et de passage de Canal

Passage du canal de Suez

Il y a deux convois par jour à Suez à la montée et un seul à la descente et la vitesse est réglementée pendant le passage. On considère que l'on perd 24 h pour chaque passage du Canal.

Temps d'attente en rade

Calcul des économies d'attente (source Port Autonome du Havre)

A l'heure actuelle la cote théorique des accès et du bassin de marée est de -11 m.

A partir de l'annuaire des marées, on détermine le nombre de périodes pendant lesquelles au cours d'une année, le plan d'eau n'atteint pas une cote donnée et la probabilité pour qu'un bateau ne puisse entrer immédiatement au port.

Le retard moyen sera égal à la moitié de la durée moyenne des périodes d'impossibilité augmentée d'une heure correspondant à la durée des manoeuvres.

Exemple de calcul (plafond à -11m)

Tirant d'eau	Pied de pilote	Hauteur d'eau minimum	Nbre d'heures où il y a insuffisance	Probabilité d'attente	Retard moyen	Attente par escale en heures
11	1,50	1,50	380	0,043	1,25	0,05
13,50	1,75	4,25	3.710	0,423	3,1	1,31
14,50	1,75	5,25	4.615	0,527	3,75	1,98
16	2	6,50	6.260	0,715	4,9	3,50

Les navires en construction de 165.000 tdw par exemple auront un tirant d'eau d'été de 16,50 m arriveront au Havre avec un tirant d'eau de 16m,20. Ils auront donc des attentes supérieures à 3 h 50 par escale.

Il faudrait donc porter la cote à -12m. C'est ce que l'on compte faire pour le Vème Plan (voir la partie consacrée aux ports). Dans ce cas là il n'y aurait pas d'attente.

Ce problème des durées d'attente risque d'être encore plus important pour les pétroliers au delà de 150.000 tdw, mais il est impossible de faire les prévisions car il faudrait connaître les équipements prévus.

A 5 - Vitesse des navires

Les derniers bateaux en commande et en service ont des vitesses à peu près identiques :

Idemiteu	Tanker	205.000 tdw	16.5 noeuds
Esso		171.000 tdw	16.5 noeuds
Shell		165.000 tdw	16.5 noeuds
C.N.P.		113.960 tdw	16.1 noeuds
S.F.T.P.		104.370 tdw	16.9 noeuds

d'après "The Motor Sling."

On peut considérer qu'en service ces bateaux ont une vitesse moyenne de 16 noeuds.

B 6 - Amortissement et frais financiers

Pour établir un prix de revient, il faut répartir arbitrairement le prix de la construction du navire selon sa durée de vie et tenir compte des charges financières. Des problèmes se posent : celui de la détermination de la durée de vie et celui du système de répartition.

a) Il est difficile de prévoir la durée de vie de navires nouveaux qui sont encore loin de leur terme. Ils peuvent avoir des fins diverses : certains sont vendus à la ferraille, d'autres sont transformés et font un autre commerce, celui des produits raffinés ou celui des grains. La durée de vie physique est de 20 ans environ (30 % des T2 livrés en 46 à la France fonctionnent encore). Il est impossible de faire des prévisions sérieuses sur la durée de vie des 170.000 tdw et au delà qui ne sont pas encore en service. On peut remarquer qu'à la suite de l'augmentation de la taille des pétroliers certains utilisent dès maintenant, de façon un peu inattendue leurs pétroliers de 60.000 tdw pour le commerce des grains.

b) Comme il n'y a pas de marché de l'occasion où l'on puisse parfaitement évaluer la valeur résiduelle du bateau il est difficile de faire un amortissement correct. Chaque bateau est un cas particulier et des navires d'un type identique sont parfois vendus pour des sommes notablement différentes.

c) Durée de vie : pour établir le prix de revient, on considèrera qu'un bateau pétrolier s'amortit en 15 ans (les conditions de crédit japonaises portant sur 8 ans). Pour évaluer les charges financières, on prendra un taux d'intérêt de 7 % par an. On arrive donc à une charge annuelle de 10 % de la valeur à neuf du navire.

On a donc les ordres de grandeur suivant :

	30.000 tdw	60.000 tdw	100.000 tdw	150.000 tdw
Prix de la tonne tdw	7,50 F/t	5,50 F/t.	5 F/t.	4 F/t.
Amortissement et frais financiers	2.250.000 F.	3.300.000 F	5.000.000F.	6.000.000 F

Pour les flottes existantes, ces frais correspondent à 30 % du prix de revient pour les 30.000 t. jusqu'à 40 % environ pour les 100.000, 30 % également pour les 50.000 t.

Note - Pour tenir compte de l'obsolescence, certains calculent l'amortissement sur 12 ans avec un taux d'intérêt de 7 % ce qui correspond à une annuité de 12,6 %.

- Du point de vue fiscal, qui ne nous intéresse pas ici, la durée autorisée est de 8 ans ce qui est généreux.

B 7 - Frais de personnel

Jusqu'à présent les frais d'équipage (dépenses d'armement) constitueraient une part importante du prix de revient.

Deux éléments sont venus limiter cette importance :

- les frais d'armement ne croissent pas proportionnellement à la taille du navire, l'effectif des équipages ayant même tendance à plafonner
- pour une même catégorie de navire, le nombre de marins à bord diminue comme on l'a déjà noté à cause de l'automatisation.

Celle-ci se heurte à deux difficultés :

- on ne peut pas pousser l'automatisation aussi bien qu'on le voudrait à cause de la sécurité et du coût d'entretien d'un matériel complexe.
- les marins s'opposent aux réductions de personnel et ont des difficultés psychologiques et pratiques à s'adapter aux nouvelles tâches imposées par les nouveaux équipements.

I) Importance des frais d'équipage et variation de ces frais selon la taille du navire

a) Le nombre de marins à bord

Sur de vieux navires comme les 20.000 t, on a des équipages de 39 hommes. Lorsque les bateaux de la taille des 50.000 t ont été mis en service, on les a doté de 49 hommes pour les premiers, pour les plus récents on ne met plus que 40 hommes. Pour un 100.000 t moderne on prévoit en équipage de 30 à 35 hommes. Le Roger-Gasquet a un équipages de 11 officiers et 28 maîtres, hommes d'équipage et novices. (\*) Les navires de 165.000 tdw commandés par Shell pourraient avoir 30 hommes et les 140.000 tdw d'Esso 32 hommes. Il ne semble pas que les navires de 200.000 tdw voire de 300.000 tdw soit beaucoup plus compliqués que ceux de 150.000 tdw en commande. Aussi peut-on admettre que d'un point de vue technique, en ne tenant pas compte des difficultés avec les marins, il y aura des équipages identiques sur tous les navires de 80 000 tdw à 200 000 tdw et même au delà.

b) Les charges salariales

Elles comprennent la solde, les charges accessoires (majoration pour service sur un navire pétrolier, heures supplémentaires, prime d'ancienneté) et les charges sociales.

.../

---

(\*) Note : Il y a un service "exploitation" chargé de la conduite du navire et de son exploitation commerciale qui comprend 1 officier chef de service, 3 officiers de navigation, 3 officiers mécaniciens, 1 radio, 3 timoniers, 6 hommes pour les services généraux. Le service "technique" qui assure le maintien en marche du navire se compose de 3 officiers, 4 maîtres et 14 hommes.

.../

Ce sont ces dernières qui ont le plus augmenté ces dernières années. Elles constituent environ 50 % des charges directes.

L'augmentation de qualification, entraînée par l'utilisation de nouveaux équipements complexes entraîne une augmentation de la rémunération moyenne.

On peut considérer qu'une fonction à bord coûte 24.000 F/an environ mais en tenant compte des congés, la charge par homme en moyenne est de 35.000 F/an. Il faut cependant prévoir pour bientôt une charge de 40.000 F/an.

c) La variation des frais selon la taille.

Sur les flottes existantes, les frais d'équipage représentent 26 % du prix de revient pour les 20.000 tdw, 13 à 16 % pour les 50.000 à 60.000 tdw, 12 % pour les 100.000 tdw.

Les ordres de grandeur sont les suivants :

Dépenses de	<u>30.000 tdw</u>	<u>60.000 tdw</u>	<u>100.000 tdw</u>	<u>150.000tdw</u>
personnel	1.400.000F	1.400.000F	1.200.000 F	1.200.000F

## II) Influence de l'automation

L'introduction d'instruments d'automation qui permettent le contrôle et la commande à distance a complètement bouleversé la vie à bord des navires et a permis d'importantes économies de personnel. Il est frappant de voir conduire les bateaux de 170.000 tdw avec 30 hommes alors que l'on conduit des 30.000 tdw avec 39 hommes.

Peut-on aller plus loin ?

Un spécialiste norvégien, le capitaine Franck Andersen a indiqué qu'il serait bientôt envisageable de descendre jusqu'à un équipage de 6 hommes (⊗). Les problèmes techniques pourraient sans doute être résolus ainsi que ceux concernant la formation et l'entraînement de ces nouveaux pilotes de navires, ces nouveaux officiers devant être préparés au diagnostic des pannes et aux méthodes de réparation. Ils auront donc de nombreuses connaissances de génie mécanique, électrique, électronique ainsi que de technologie d'instruments. Mais on atteindrait là l'extrême limite.

a) La sécurité de fonctionnement devra se payer. Il faudra trouver un compromis entre le coût d'investissement et le coût d'exploitation lié à un fonctionnement incertain.

Enfin et surtout, la réduction de l'équipage s'accompagnera du transfert à terre de travaux d'entretien à bord. Certains considèrent que, si tout l'entretien s'effectuait à terre, le prix s'en trouverait doublé.

.../

---

(⊗) Note - Voir l'annexe consacrée à l'utopie du capitaine Franck Andersen

L'immobilisation de bateaux de 300.000 tdw coûterait si cher que l'on peut se demander si la tendance ne va pas se renverser et si on ne va pas renforcer le nombre de marins à bord pour y faire de l'entretien (l'arrêt d'un bateau de 150.000 tdw coûte environ 27.000 F/j).

b) Pour les marins, l'automatisation pose de nombreux problèmes.

L'installation de systèmes automatiques s'accompagne de licenciements de personnel qui rencontre une opposition forte des syndicats de marins.

Par exemple dans le cas du pétrolier Shell "Isocardia", l'équipage comprenait avant la modernisation 45 officiers, maîtres et marins à bord, l'effectif de sécurité fut fixé à 32 hommes, un accord fut alors conclu pour l'embarquement de 37 hommes. Mais les syndicats admettaient que tout marin, quel que soit sa spécialité pourrait être appelé à travailler en quelle partie du nombre que ce soit. Ainsi petit à petit le caractère irréversible de l'automatisation est admis, les vieilles distinctions (par exemple entre officiers de pont et de machine) sont amenées à s'effacer.

En conclusion, si le rôle de l'automatisation augmente constamment les modalités de son introduction sont encore discutées par les armateurs et les marins. Les armateurs français restent prudents et leurs navires sont certainement moins automatisés que ceux de la Shell par exemple.

### III) Evolution des salaires dans le temps.

Ces dernières années, les salaires (à qualification constante) ont augmenté de 5 % par an avec une pointe en 1964 où l'augmentation a été plutôt de 8 %.

Pour cette année, les discussions n'ont pas encore abouti entre le Comité Central des Armateurs et les syndicats de marins. La hausse envisagée serait de 4 % environ. Reste également en discussion un projet tendant à répartir en 3 parts les bénéfices de l'automatisation : 1/3 à l'ensemble du personnel, 1/3 à l'armateur, 1/3 réservé à l'amortissement du matériel d'automatisation.

## 8 - Frais d'entretien

### A - Caractéristiques :

Les dépenses d'entretien sont dues aux frais occasionnés pour des pannes et des détériorations diverses et par les visites de vérifications et d'épreuves.

Les dépenses varient avec l'âge pour un même bateau, avec une pointe de hausse tous les quatre ans. Cette hausse est due à la classification. Tous les navires sont classés auprès d'un bureau spécialisé: American Bureau of Shipping, Lloyd Register, Bureau Veritas (en France). Le bateau doit être conforme à des normes pour pouvoir naviguer et il y a reclassification tous les 5 ans.

L'entretien est effectué lors des arrêts annuels : le bateau est alors livré à des équipes de spécialistes groupant parfois plus de 200 ouvriers, dans des chantiers de réparation équipés à cet effet. Certains travaux sont effectués par l'équipage. D'autre part, quand il y a une panne, il est souvent fait appel à un spécialiste qui fait la réparation à bord et quitte le navire lors d'une escale.

### B - Décomposition des dépenses d'entretien :

On peut distinguer les frais dus :

- a) au carénage : frais de ports, passage au bassin, nettoyage, peinture, etc...  
(150.000 F.) (⌘)
- b) à la coque : coque, accessoires de coques, certaines opérations de réchauffage, engins de levage (120.000 F.)
- c) à l'aménagement : cabines, lutte contre l'incendie, revêtements, etc...  
(5.000 F.)
- d) à l'appareil moteur (20.000 F.) : diesel ou turbine.
- e) aux appareils auxiliaires : chaudières, réchauffeurs, etc...  
(140.000 F.)
- f) aux pompes et aux tuyaux (90.000 F.)
- g) à la ventilation, réfrigération, climatisation (5.000 F.)
- h) à l'électricité et au radar (30.000 F.)

.../

(⌘) A titre d'exemple on a indiqué, entre parenthèses, la décomposition de frais d'entretien de 590.000 F/an d'un pétrolier de 50.000 t. suivant les différents postes.

### Evaluation des dépenses d'entretien

Il est difficile de faire une évaluation moyenne. Certaines dépenses (par exemple le changement de serpentins de réchauffage) peuvent être importantes mais particulières à certains navires. On ne peut faire des comparaisons. On indiquera cependant une méthode forfaitaire d'évaluation de ces frais.

Les dépenses d'entretien et de réparation peuvent être évaluées à un pourcentage fixe de la valeur à neuf du navire que l'on prendra égal à 2 % par an.

On obtient les ordres de grandeur suivants :

	30.000 tdw	60.000 tdw	100.000 tdw	150.000 tdw
(*)	450.000 F.	650.000 F	1.000.000 F	1.200.000 F

Ces dépenses correspondent à 9 % du prix de revient pour un bateau de 60.000 t.

### Conséquences de l'automatisation

L'introduction de l'automatisation doit entraîner l'augmentation des dépenses d'entretien :

- à cause de la complexité et du coût de remplacement des nouveaux équipements et de leurs pièces de rechange,
- à cause des spécialistes qui se font payer cher et qui sont indispensables à l'entretien des appareils d'automatisation,
- à cause de la réduction du personnel à bord qui obligera à effectuer, pendant les escales ou les périodes d'arrêt de l'exploitation, des opérations (par exemple de peinture) qui se faisaient normalement à bord.

.../

---

(\*) Note : les chiffres pour 100.000 tdw et 150.000 tdw sont peut-être légèrement surévalués.

B 9 - Frais d'approvisionnement

Caractéristiques

L'approvisionnement comprend l'ensemble des consommations nécessaires à la marche du navire à l'exception des combustibles.

On distingue :

- le ravitaillement du navire : matériel d'armement, outillage, matériel de cuisine
- peinture
- entretien des emménagements
- pièces de rechange

Une politique de gestion de stocks soigneusement menée permet de faire d'importantes économies, de même que le choix de matériels robustes parfois plus chers à l'achat.

Evaluation des dépenses

Pour une gamme de 30.000 tdw à 60.000 tdw les frais varient proportionnellement à la valeur à neuf du navire. On les évalue à 0,2 % par an de la valeur à neuf.

Au delà de 60.000 t, on peut considérer que ces dépenses sont plafonnées, l'équipage restant le même.

Les ordres de grandeur sont donc les suivants :

30.000 tdw	60.000 tdw	100.000 tdw	150.000 tdw
110.000 F.	150.000 F	150.000 F	150.000 F

B 10 - Frais d'assurance

Caractéristiques :

Les navires sont assurés en tant que biens immeubles. L'assurance en raison de son importance est contractée auprès d'un Comité composé de plusieurs compagnies qui elles-même se réassurent auprès de sociétés anglaises.

L'assurance est liée à la classification du bateau qui indique les caractéristiques techniques et qui fournit les garanties permettant de déterminer la prime d'assurance. C'est l'armateur qui assure le navire pour une valeur agréée largement supérieure à la valeur du bateau sur le marché d'occasion.

L'assurance garantit les dommages du navire, couvre l'armateur contre la faute du capitaine et comporte une franchise de l'ordre de 20.000 F. Une assurance spéciale couvre le plus souvent le frêt et garantit contre la perte liée à l'annulation du contrat d'affrètement.

Évaluation des frais

L'assurance correspond à 1,5 % de la valeur à neuf du navire par an.

Pour les flottes existantes, ces dépenses varient de 3 à 5 % du prix de revient.

On a les ordres de grandeur suivants :

30.000 tdw	60.000 tdw	100.000 tdw	150.000 tdw
350.000 F	500.000 F	750.000 F	900.000 F

B 11 - Frais généraux

Caractéristiques

La quote part de frais généraux à affecter au prix de revient du transport ne peut se calculer exactement.

L'affectation est arbitraire. De plus, ces dépenses varient selon l'armement.

Evaluation de la quote part de frais généraux

- Parfois, on ajoute 15 % des dépenses d'entretien, de salaires et de consommation pour tenir compte des frais généraux.

- On peut aussi compter 6 F/tdw/an jusqu'à 60.000 tdw et au delà considérer que ces dépenses n'augmentent plus.

Les frais généraux constituent quelques pour cent du prix de revient.

On a les ordres de grandeur suivants :

30.000 tdw	60.000 tdw	100.000 tdw	150.000 tdw
180.000 F	360.000 F	360.000 F	360.000 F

.../

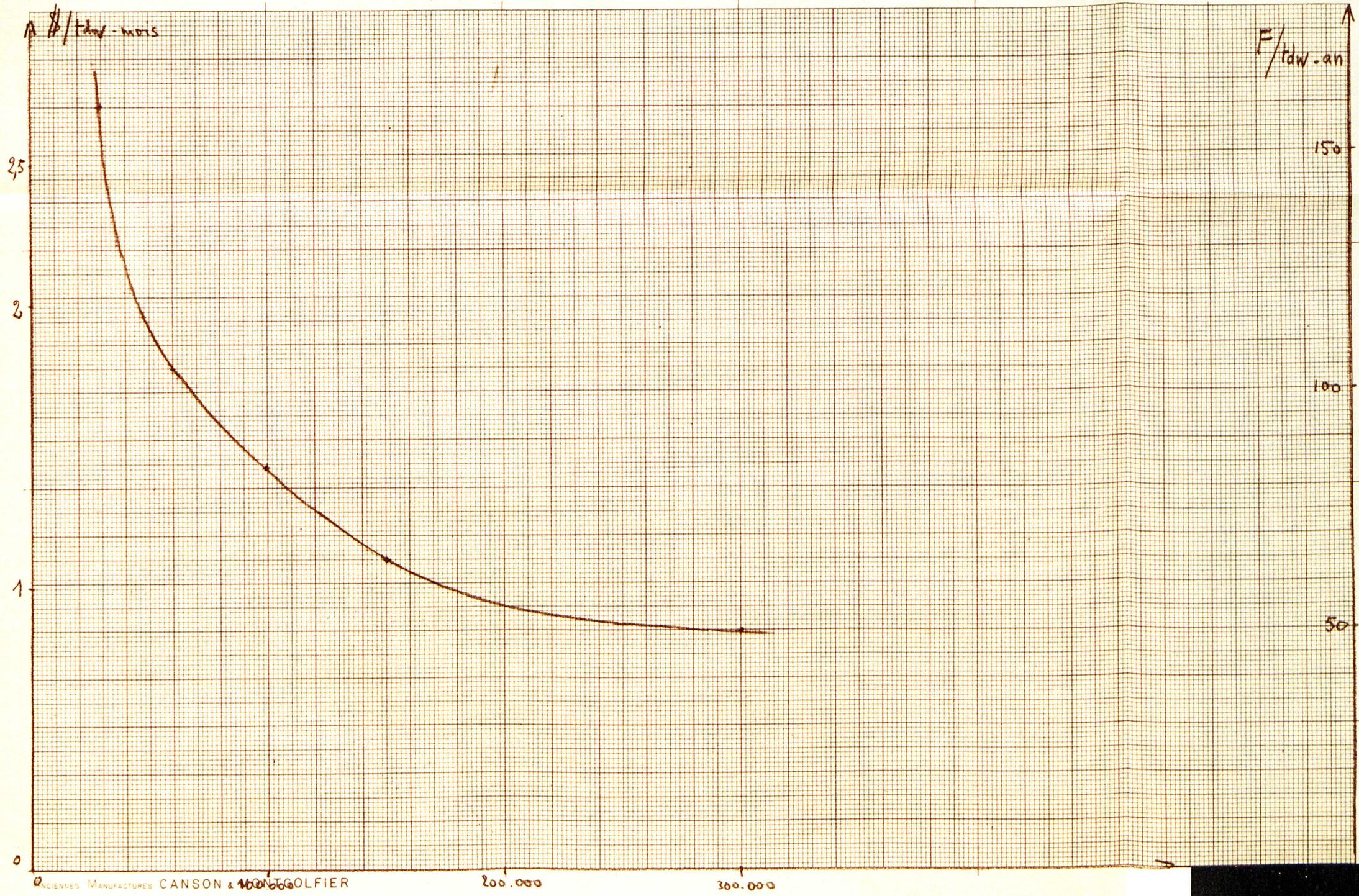
Récapitulation des dépenses fixes annuelles

On peut étudier la variation globale des dépenses annuelles avec la taille. On a effectué des évaluations pour des bateaux de 30.000, 60.000, 100.000 et 150.000 tdw. Pour trouver un ordre de grandeur, on évaluera ces dépenses pour un 300.000 tdw selon les règles utilisées pour un 150.000 tdw. On ramènera le résultat à la tonne de port en lourd. On convertira le résultat en \$/tdw/mois ce qui est l'unité utilisé dans les soutes.

	30.000	60.000	100.000	150.000	300.000
Amortissement et frais financiers	2 250.000	3 300 000	5 000 000	6 000 000	10 000 000
Frais d'équipage	1 400 000	1 400 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000
Frais d'entretien	450 000	660 000	1 000 000	1 200 000	2 000 000
Frais d'approvisionnement	150 000	150 000	150 000	150 000	150 000
Assurances	350 000	500 000	750 000	900 000	1 500 000
Frais généraux	180 000	360 000	360 000	360 000	360 000
Total	4 740 000	6 370 000	8 460 000	9 810 000	15 210 000
	160 F/tdw	105 F/tdw	85 F/Tdw	65 F/tdw	50 F/tdw
	2,65	1,75	1,4	1,1	0,83
	\$/tdw/mois	\$/tdw/mois	\$/tdw/mois	\$/tdw/mois	\$/tdw/mois
Indice	100	66	53	41	31

.../

VARIATION DES DEPENSES ANNUELLES  
EN FONCTION DU TONNAGE



B - 12 - Dépenses de combustibles

A) - Puissance du système de propulsion et consommation spécifique.

1°) - Comparaison diesel-turbine

Ainsi que nous l'avons vu, le moteur diesel, pour une même puissance est plus avantageux que la turbine du point de vue des consommations. Cependant, les uns et les autres ont fait de grands progrès ces dernières années.

Les meilleures consommations spécifiques obtenues à l'heure actuelle sont de 200 gr de carburant/CVh pour la turbine et de 170 gr/CVh pour le moteur diesel.

Les turbines et les moteurs utilisent le même combustible appelé fuel-oil lourd n° 2. C'est cette possibilité pour les diesels de brûler du combustible lourd dans de bonnes conditions qui explique le développement rapide de ces moteurs et leur utilisation sur des bateaux de très grande taille (100.000 tdw par exemple).

Une autre économie importante est due à la réduction de consommation spécifique du diesel par rapport à la turbine. La diminution du volume des soutes nécessaires à un voyage augmente le port en lourd utile. Des armateurs estiment que la différence de port en lourd utile entre un navire à vapeur et un navire à diesel peut aller jusqu'à 1 % pour des trajets suffisamment longs.

2°) - Puissance de l'appareil de propulsion

La puissance ne varie pas proportionnellement à la taille du navire.

Il n'y a pas à l'heure actuelle de course à la vitesse.

Celle-ci coûte cher car elle varie comme la racine cubique de la puissance. Les navires en construction sont prévus pour fonctionner à la vitesse moyenne de 16 noeuds, pour la plupart d'entre eux.

Ainsi que nous l'avons déjà vu dans la partie consacrée à la construction, la puissance n'augmente donc pas beaucoup avec la taille du navire. Rappelons que la plus grande puissance en commande est de 33.000 CV et correspond à un bateau de 205.000 tdw (le Idemitsu Maru). Mais des bateaux de 137.000 tdw à 150.000 tdw auront des puissances s'étageant de 24.000 CV à 30.000 CV.

On peut donner les ordres de grandeurs suivants :

	30.000 tdw	60.000 tdw	100.000 tdw	150.000 tdw
navires à moteur	50 t/j	70 t/j	100 t/j	110 t/j
navires à turbine	80 t/j	110 t/j	140 t/j	120 t/j (avec les turbines très modernes)

.../

Au port, lorsqu'on décharge, on consomme pour un 60.000 tdw 30 t/j et si l'on ne décharge pas 6 t/j.

B) - Prix des soutes

Les prix de soutes varient considérablement selon que le soutage s'effectue dans le Golfe Persique ou en Europe.

Il est difficile de connaître les prix réellement pratiqués.

Il existe deux sortes de rabais : ceux qui sont faits au moment du soutage et ceux faits à la fin de l'année en considération du tonnage total livré à une société. De plus, les sociétés pétrolières intégrées, bien entendu, ne supportent que le coût de revient des soutes.

Les chiffres indiqués sur les barèmes actuels sont les suivants pour les ports les plus importants :

Le Havre	126 sh/long ton.	1 long ton = 1,016 tonne
Lavéra	122 sh/long ton.	
Gènes	108 sh/long ton.	
Rotterdam	112 sh/long ton.	
Ras Tanura	85 sh/long ton.	

Les rabais sont au total environ de 20 %.

Si pour le Havre on considère donc un prix de soute de 70 F/t. on a le coût suivant par CVh.

1,19 centime pour le diesel

1,4 centime pour la turbine.

Il est enfin possible qu'au sein d'un groupe, les combustibles soient livrés à des prix d'ordre plus avantageux.

B 13 - Frais de Canal

Canal de Suez

Le tirant d'eau autorisé pour franchir le canal est à l'heure actuelle de 38'. Les projets des Egyptiens à l'origine étaient d'approfondir (38 pieds) et de corriger le tracé du Canal pour permettre le passage par Suez en direction du Golfe Persique de pétroliers de 160.000 tdw. Les travaux devaient être terminés pour 1968. Les projets actuels se limitent à vouloir obtenir un tirant d'eau de 40' pour 1970.

Calcul des péages

Les péages sont calculés sur une jauge spéciale : la jauge Suez. Elle s'exprime en tonneaux et représente le volume utile avec des corrections pour les machines et l'armement.

On peut établir les correspondances suivantes entre le port en lourd et la jauge Suez.

30.000 tdw	16.000 jauge nette Suez
45.000 tdw	22.000 " " "
60.000 tdw	29.000 " " "

La jauge nette Suez pour des navires de cette taille correspond environ à la moitié du port en lourd.

On peut donner les ordres de grandeur suivants pour les péages.

<u>T D W</u>	<u>60.000</u>	<u>100.000</u>	<u>150.000</u>
Péage (en charge	130.000		
(en ballast	70.000	110.000	170.000

On peut considérer que le péage est de 3,5 F/tonne transportée aller retour en comptant 1/3 l'aller à vide et 2/3 pour le retour à pleine charge.

Cela correspond aux tarifs suivants : (≠)

en charge	0,34 £	} par tonne de jauge Suez.
en ballast	0,155 £	

Les frais de canal sont extrêmement élevés puisque pour un navire de 90.000 t. effectuant 18 rotations ils s'élèvent à 4.800.000 F.

(≠) les tarifs ont été majorés au 1er juillet 1964 en moyenne de 5 % pour les navires ayant des produits de lavage à bord, de 1 % pour les pétroliers de moins de 37 pieds de tirant d'eau et de 3 % par pied supplémentaire au delà de 37 pieds. .../

B 14 - Frais de Ports

Les frais de Ports consistent en taxes et péages divers et en paiement des services d'exploitation (Remorquage .....

- A - Ports de chargement - (tout frais compris) en F

	30.000tdw	60.000	100.000	150.000t
TRIPOLI	6.500	14.000	22.000	30.000
MINA EL AHMEDI	6.500	10.500	13.000	20.000
BOUGIE	10.000	17.500		
LA SKHIRRA	6.000	7.600	8.000	10.000

- Ces frais comportent en général un forfait et une taxe proportionnelle au tonnage.

- Le remorquage et les services divers sont payés proportionnellement au tonnage.

- B - Ports de déchargement - Le Havre et Marseille-Lavéra

Les droits de quai s'élèvent à { 0,75 F/t long cours  
0,37 F/t cabotage international  
0,00 F/t cabotage national

Le péage sur le navire est de { 0,18 F/t au Havre  
0,16 F/t Lavéra

Le péage sur la marchandise se monte à { 0,38 F/t Havre  
0,45 F/t Lavéra

La taxe de Bassin { 0,48 F/t C.I.M. (Havre)  
0,30 F/t C.C.I.M. (Lavéra)

Les frais de fiscalité sont donc : en F/t

	Long cours	C.I.	C.N.
Le Havre	1,79	1,42	1,09
Lavéra	1,66	1,30	0,90

Il faut y ajouter 0,20 à 0,30 F/t de frais de remorquage - pilotage - sortie etc....

En conclusion les frais totaux payés par les pétroliers varient de 2,20 F/t pour une liaison Le Havre - Golfe Persique à 1,50 F/t pour Bougie-Lavéra.

La fiscalité portuaire française et la réforme à l'étude sont détaillées en annexe. (Voir partie concernant les ports).

C Exemples de prix de revient

On a calculé dans le tableau ci-contre le prix de revient du transport sur différentes liaisons, selon les hypothèses **exposées** plus haut.

Il importe de souligner que ces chiffres ont été obtenus avec une certaine approximation et sont relativement imprécis. (En outre pour les 150.000 t et 300.000 t, il s'agit de prévisions).

Plus que le niveau absolu des valeurs trouvées, c'est donc la comparaison des ordres de grandeur qui présente de l'intérêt

.../...

N-B - Les frais de port indiqués constituent une moyenne, puisqu'en toute rigueur, ils varient selon les ports de chargement et de déchargement, et le tonnage des navires.

En outre certaines liaisons ne sont pas effectivement possibles à l'heure actuelle pour les tonnages indiqués.

Mais il semble probable que l'on sera amené à plus ou moins long terme à un tarif dégressif pour les bateaux de gros tonnages.

COUT DE TRANSPORT  
SUR QUELQUES LIAISONS

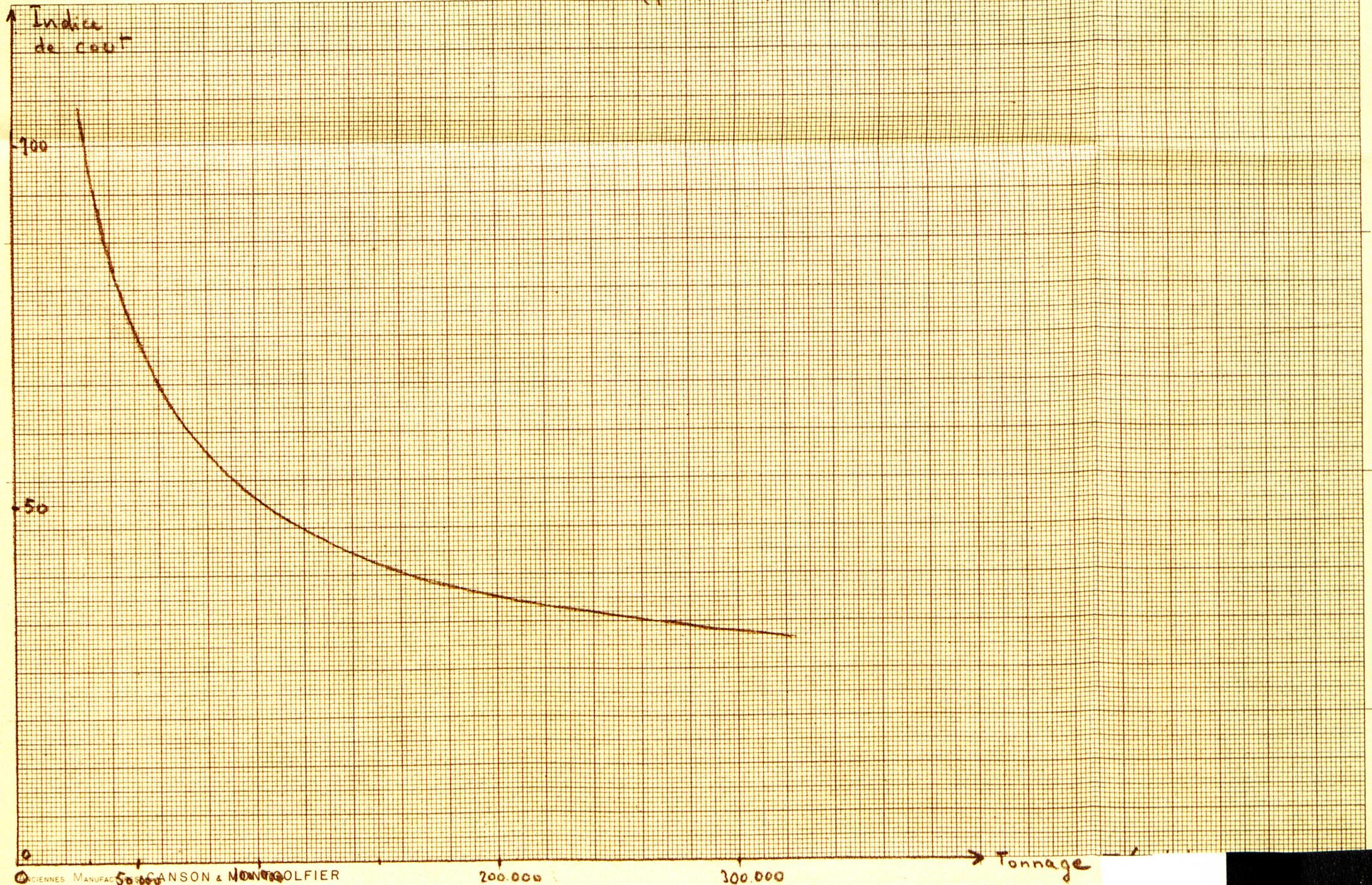
(couts totaux, péages de Suez inclus, mais frais de port exclus)

Trajets	Distance AR (miles)	Durée d'1 rota- tion (en jours)	Cout pour différents tonnages (en F/t)					Frais de port (en F/t.
			30.000t	60.000t	100.000t	150.000t	300.000t	
<u>Golfe Persique - Le Havre</u>								
A R Suez	12 720	38,1	24,3	17,2	"	"	"	} 2,2
A Suez R Le Cap	17 350	49,2	28,7	19,7	16,2	12,9	"	
AR Le Cap	22 160	61,0	34,9	23,2	18,0	14,4	10,8	
<u>Golfe Persique - Lavéra</u>								
AR Suez	9 700	30,3	20,1	14,4	"	"	"	} 2,0
A Suez R Le Cap	15 600	44,6	26,2	17,9	15,2	11,7	"	
AR Le Cap	21 500	59,0	33,1	22,5	18,1	13,9	10,4	
<u>Med. Orientale - Le Havre</u>								
Lavéra	6 400	19,7	11,3	7,5	6,2	4,8	3,6	} 2,0
	3 200	11,3	6,4	4,2	3,4	2,7	2,1	
<u>Bougie - Le Havre</u>								
Lavéra	3 400	11,9	6,7	4,5	3,7	2,8	2,1	} 1,6
	820	5,1	2,7	1,8	1,5	1,1	0,9	
<u>La Skirrah - Le Havre</u>								
Lavéra	4 500	14,7	8,3	5,6	4,7	3,5	2,7	} 2,0
	1 470	6,8	3,7	2,5	2,0	1,5	1,2	
<u>Libye - Le Havre</u>								
Lavéra	5 100	16,1	9,2	6,1	5,0	3,9	2,9	} 2,0
	2 250	8,9	4,9	3,3	2,6	2,1	1,6	

1 - On constate que, en passant d'un 30.000 t à un 300.000 t, et quel que soit la longueur du trajet, le cout est réduit dans la proportion de 3 à 1 - La variation en fonction du tonnage est d'ailleurs hyperbolique : en passant de 30.000 t à 60.000 t on gagne autant qu'en passant de 60.000 à 300.000 t

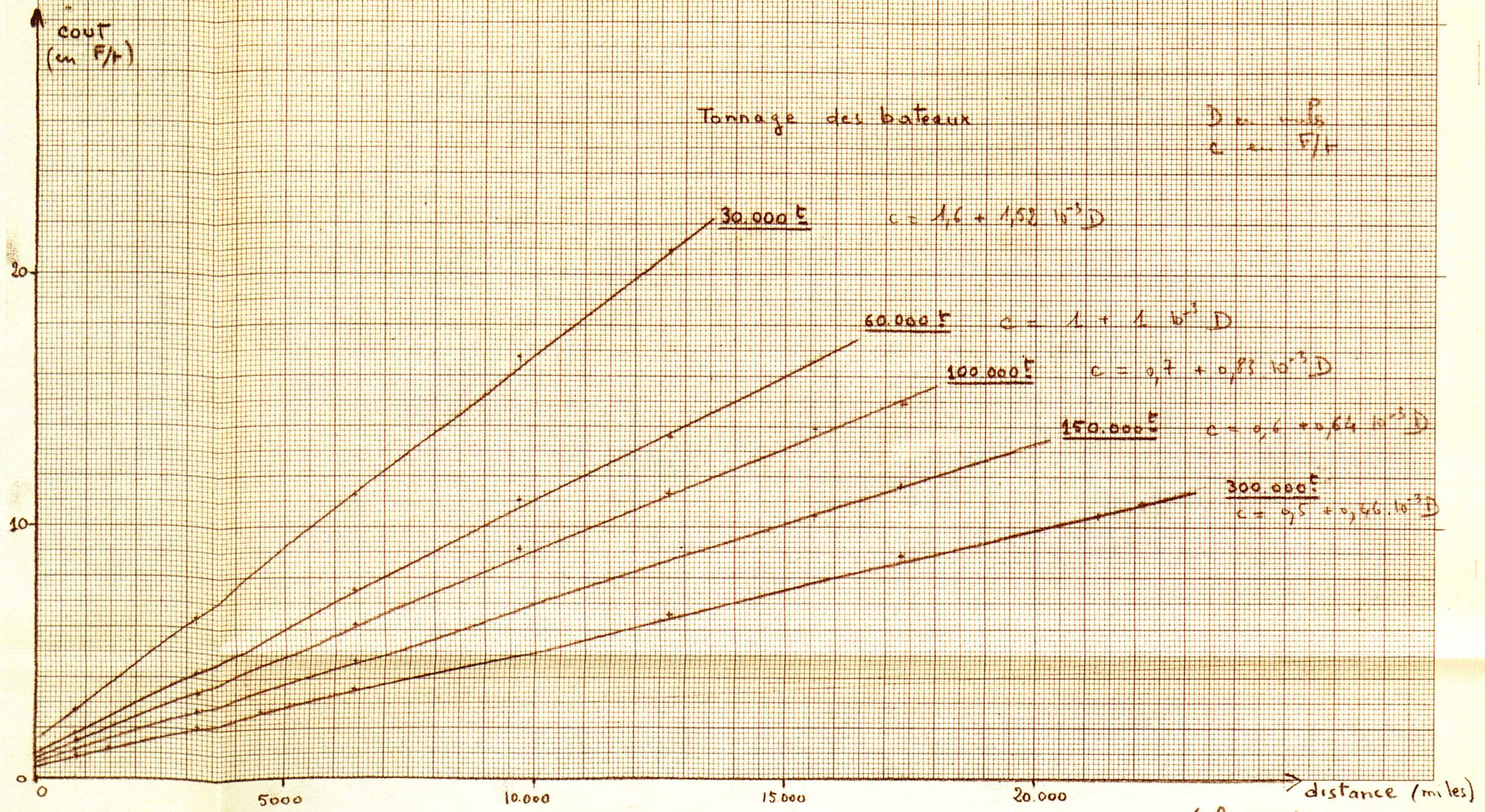
2 - La courbe ci-contre représente assez bien l'allure générale du phénomène. On y note que, si les économies prévisibles pour les derniers accroissements de tonnage sont plus faibles, la pente de la courbe n'est pas encore négligeable au point  $T=300.000$  t. Si l'on se borne à une simple extrapolation des estimations actuelles de nouveaux gains ne paraissent donc pas impossibles.

VARIATION DU COUT DE TRANSPORT  
EN FONCTION DU TONNAGE  
(frais de port exclus)



3 - Il est intéressant de remarquer que le coût est assez bien représenté par une fonction linéaire de la distance  $c = e + f D$  (voir courbe ci-contre)

Tonnage T (t)	30.000	60.000	100.000	150.000	300.000
Terme constant e (F/t)	1,6	1,0	0,7	0,6	0,5
Coefficient f en $10^{-3}$ F/mile t	1,52	1,0	0,83	0,64	0,46



VARIATION DU COUT DE TRANSPORT EN FONCTION DE LA DISTANCE

(frais de port et piages exclus)

4 - Enfin on a reporté sur le graphique ci-contre le coût de la liaison Golfe Persique Le Havre selon que l'on passe par Suez à l'aller et au retour, à l'aller seulement ou pas du tout.

Si, comme on peut le penser, l'accès du canal était possible dans l'avenir pour des bateaux de 80.000 tdw en charge et 200.000 tdw légers, il resterait avantageux de passer par Le Cap et plus précisément :

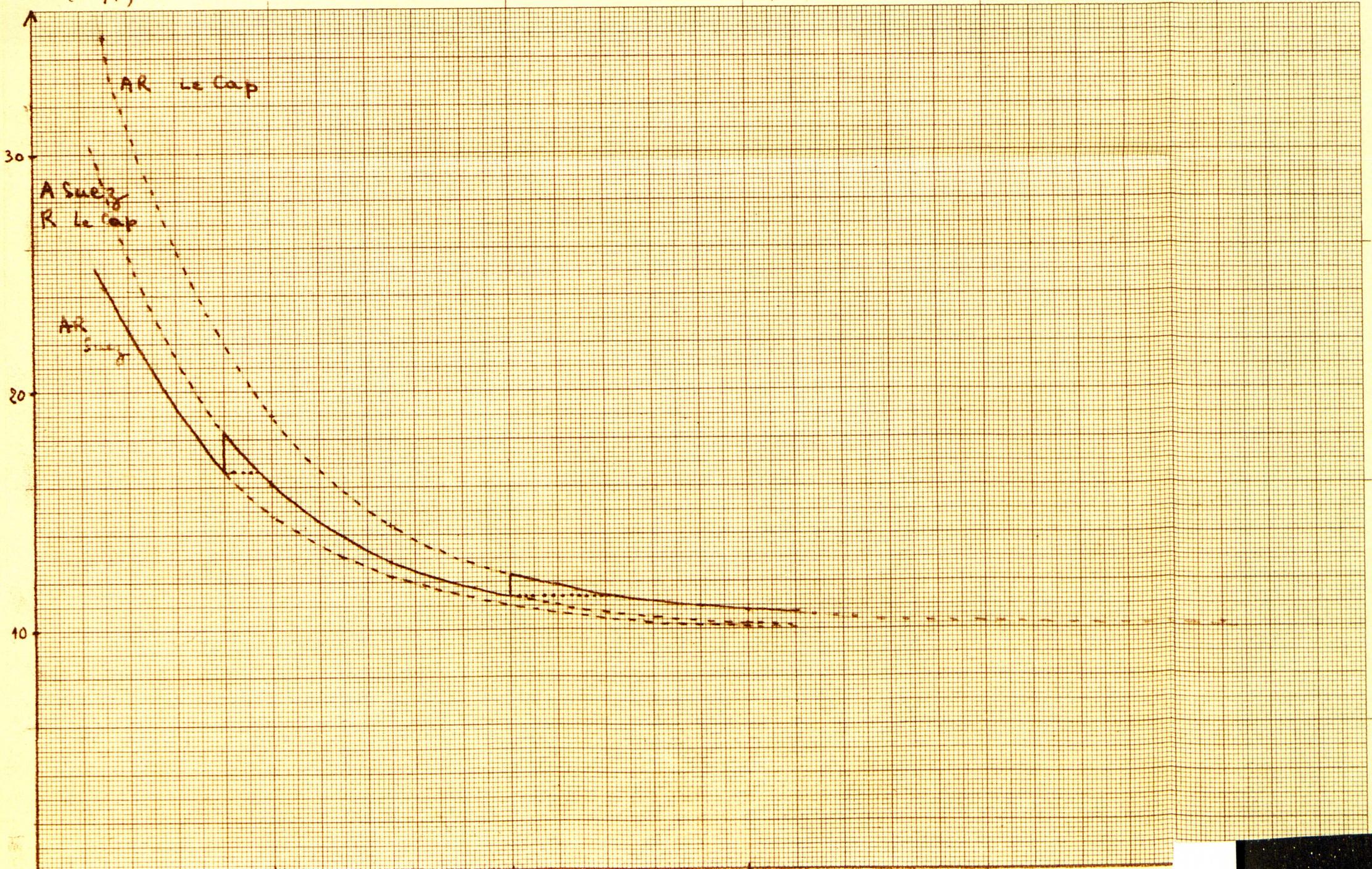
- des bateaux de 95.000 tdw revenant par Le Cap sont équivalents au point de vue coût à des bateaux de 80.000 t faisant l'aller et retour par Suez

- des bateaux de 245.000 tdw faisant l'aller et retour par le Cap sont équivalents à des 200.000 tdw passant léger à Suez.

Le gain obtenu entre des 200.000 tdw et des 300.000 tdw serait de cette hypothèse de 0,6 F/t.

COUTS DE TRANSPORT GOLFE-PERSIQUE — LE HAVRE  
 (sans frais de port - péages de Suez inclus)

Cout (en F/t)



## LES GRANDS PORTS PETROLIERS

---

Le dynamisme des armateurs qui font construire des pétroliers de plus en plus lourds jusqu'aux récentes commandes de 300.000 t. a forcé la main des autorités portuaires en matière d'aménagement des terminaux de déchargement. A l'alternative : construit-on des ports pour les bateaux ou les bateaux pour des ports ? Il semble bien que l'idée de bateau entraînant le port dans son évolution l'ait emporté.

Les ports de déchargement surtout ont donc du s'adapter aux exigences nouvelles et se lancer, les uns après les autres dans une course aux investissements qui augmentera considérablement leurs possibilités de réception et de stockage des produits pétroliers.

Dans cette courte étude, nous n'envisagerons que le trafic de pétrole brut, dans les ports de déchargement et plus spécialement en Europe et surtout en France. Avant de s'attaquer à cette tâche, qui s'articulera en deux parties : la première concernant les généralités et les problèmes des ports pétroliers, la seconde les réalisations en cours et les projets ; il est bon de situer le coût des ports dans l'économie pétrolière, pour ce faire, un rapide exemple illustrera bien l'importance relative des coûts portuaires.

Le montant des investissements en F. 1964 inscrits au Vème plan pour le complexe Lavéra Fos, s'élève à 106.7 MF sur 5 ans. Rapprochons ceci du prix d'un pétrolier de 200.000 t qui coûte à la construction 80 \$ soit 16M \$ et qui transporte 200.000 t de brut à 20 \$ la t. soit 4 M\$. En tout, le navire plus les cargaisons coûte à peu près autant (100 MF) que les investissements portuaires du V° plan à Marseille - Cette comparaison peut paraître superficielle et elle l'est très certainement mais elle donne un ordre d'idée des coûts relatifs en matière de Transports pétroliers.

.../

Ière PARTIE : PROBLEMES DES PORTS PETROLIERS

A) - OUVRAGES PORTUAIRES

1 - Infrastructure :

Par infrastructure portuaire, on entend les installations générales qui comprennent les chenaux, digues, accès, écluses, avant ports, données géométriques et nautiques qui ne peuvent être modifiées sans frais considérables. En général améliorer une partie de l'infrastructure portuaire revient simplement à reconstruire et à toujours démolir. Cette opération de démolition est très onéreuse compte tenu du fait qu'elle doit se faire sans gêner la libre circulation des navires dans le port. Aussi convient-il d'être d'une grande prudence lorsqu'il s'agit de concevoir et créer des ouvrages qui seront inamovibles par la suite, du moins non sans frais prohibitifs.

Seule importante exception à cette rigidité de l'infrastructure portuaire : les fonds, chenaux et passes peuvent être dragués et élargis. Encore est-on limité finalement pour les grandes profondeurs par les pentes des talus et les risques de glissement des quais et digues. C'est cependant sur ce point que se portent les efforts des autorités portuaires, qui mènent de front ces travaux d'approfondissement et la création de nouveaux ports, soit extérieurs au premier, comme l'Europort de ROTTERDAM, ou les nouveaux bassins de marée du Havre, soit totalement indépendants de l'infrastructure portuaire existante comme FOS.

Il existe des ports, où l'adaptation au trafic des grands pétroliers, par approfondissement ou agrandissement s'avère physiquement impossible. C'est le cas du port de Lavéra dont les accès nautiques et la forme géométrique ne peuvent autoriser la réception des navires d'un tonnage supérieur à 70.000 t. En effet la passe de Port de Bouc ne peut être déroctée sans frais considérables au dessus de - 14.60 m. où elle est actuellement, et les dimensions du port ne permettent pas les évolutions de navires de + 300 m. de long; devant cette impasse physique, les autorités portuaires ont donc dû se tourner vers la solution d'un port entièrement neuf dans le Golfe de Fos.

2 - Ouvrages d'Accostage :

A l'inverse des travaux d'infrastructure, les ouvrages d'accostage pour pétroliers sont relativement simples, et du fait de la manutention facile du pétrole, ne nécessitent pas la construction de quais très importants ou très onéreux.

Le terminal pétrolier doit répondre à deux besoins : Il doit résister aux efforts d'accostage du navire, et doit permettre le déchargement du pétrole. Ces deux fonctions, longtemps confondues à l'époque où un terminal pétrolier n'était qu'une extrapolation des quais ordinaires, sont devenues aujourd'hui parfaitement indépendantes.

Les efforts d'accostage sont supportés par un système de défenses et de duc d'Albe qui consistent dans les projets récents en des pieux soit de palplanches métalliques, soit de pieux cylindriques de grand diamètre. Ces duc d'Albe sont répartis autour de la plateforme proprement dite et le rôle est d'amortir, par élasticité, les efforts horizontaux que lui communiquent le navire à l'accostage. Les ouvrages secondaires d'amarrage sont installés afin de permettre la réception de navire de taille variable. Cependant il est assez difficile de concevoir un poste susceptible de recevoir successivement un 200.000 t. et un 30.000 t. et la solution la moins onéreuse consiste à classer et à construire les postes par taille moyenne de navire.

L'ouvrage permettant la manutention des flexibles qui relie le navire au port est devenu au fur et à mesure de l'évolution des terminaux de plus en plus léger en face des énormes systèmes d'accostage; Il consiste généralement en une plateforme de béton armé sur laquelle se trouve soit des portiques supportant des flexibles, soit des bras articulés commandés par un ouvrier sur le quai. La plateforme doit aussi permettre le passage des camions destinés à l'avitaillement des navires et comporter dans la mesure du possible des engins de levage.

La structure elle-même de cette plateforme ou du terminal est très variable et les raisons qui guident le choix sont diverses : facilité de manoeuvre, et sécurité en sont les principales. Les terminaux affectent différentes formes en I, L, U, T qui sont souvent imposées par la configuration du port. Le choix d'une forme U plutôt qu'une forme en T revient à doubler le prix du terminal; un terminal en I où les pétroliers accostent des deux côtés est souvent recommandé, du moins lorsque les dimensions géométriques du port le permettent.

### 3 - Coût des ouvrages portuaires :

Pouvoir exprimer le coût des ouvrages portuaires en fonction du port en lourd des navires reçus serait évidemment l'idéal. Si dans le chapitre construction navale ou exploitation, il est possible, sous certaines conditions d'exprimer ce coût et de déterminer ainsi une taille optimale, le problème est absolument sans solution générale pour les ouvrages portuaires.

Cela tient surtout à la particularité et à la spécificité de chaque port où les paramètres sont beaucoup trop nombreux pour être intégrables en une seule formule globale. Nous ne tenterons donc pas ici d'établir cette équation, mais nous donnerons quelques indications sur les modes de variation des coûts en fonction des dimensions du navire reçu :

Dans l'étude du prix des travaux de Génie Civil, on constate que le coût de l'ouvrage d'accostage varie proportionnellement à la puissance  $5/2$  de la hauteur libre de l'ouvrage et proportionnellement à sa longueur.

La hauteur libre comprend :

- Le tirant d'eau t
- Le marnage maximum m
- Le pied pilote p
- La revanche de l'ouvrage au dessus de la plus haute mer r.

On a proposé pour le tirant d'eau  $t = 0,255 L^{1/3} + 2,41$  (L = Port en lourd); le pied pilote est plus sujet à estimation subjective; et tient compte :

- D'une gite de quelques degrés, d'un tangage ou d'un pilonnage,
- De l'irrégularité des fonds qui subsiste après dragage et des apports solides entre deux campagnes de dragages,
- D'une hauteur d'eau minimale pour permettre les évolutions du navire; il est une loi en hydraulique qui veut que, moins le navire à d'eau sous sa quille, plus il tend à s'enfoncer davantage, à chasser en quelque sorte l'eau résiduelle.

On pourrait ainsi jeter ces bases de calcul dans chaque port particulier, pour déterminer la variation du coût de l'infrastructure auquel il faudrait ajouter le coût des équipements de surface; appareils de manutention, canalisations principales, vannes et réservoirs de stockage.

Des études ont été menées à ce sujet qui tendant à montrer que lorsque les accès nautiques conviennent sans modification aux grands tonnages, le coût du port pétrolier varie à peu près proportionnellement au port en lourd. Mais dans la mesure où les accès nautiques doivent être remaniés, et c'est là où intervient la difficulté d'appréciation, cette loi devient totalement erronée et les coûts croissent très vite avec le tirant d'eau du plus grand navire reçu.

## B) - LES SERVICES

Quand on parle d'un port, et d'un port pétrolier plus particulièrement, on a un peu tendance à ne considérer que les ouvrages fixes et l'infrastructure dont nous venons de parler et à oublier ce que l'on appelle les services portuaires. Un grand navire est un infirme dans un port et il demande de nombreux soins et surtout des soins très rapides et efficaces.

### 1 - Manoeuvre :

Avant d'arriver au port, en rade, un pilote, souvent deux successivement, montent à bord et conduisent le navire au port dans lequel il est incapable de naviguer seul. En effet, la question de taille et d'inertie mise à part, un bateau manoeuvre d'autant moins bien que sa vitesse est faible, et point aggravant pour les pétroliers, à la différence des paquebots, toute la puissance se trouve sur un seul arbre d'hélice. Quant exceptionnellement il se trouve muni de deux lignes d'arbre, les hélices sont beaucoup plus rapprochées que sur un paquebot et la puissance totale est inférieure à celle du paquebot de même tonnage. De plus la puissance en marché arrière est généralement très faible sur les grands pétroliers (1/5 de puissance en avant) et cela n'accroît pas leurs qualités de manoeuvres.

En conséquence ils nécessitent l'aide de plusieurs remorqueurs qui se chargent de l'ammener à poste. Avec l'évolution des tonnages se pose la question des remorquages : vaut-il mieux utiliser plusieurs remorqueurs classiques (1.000 Ch.) ou va-t-on construire des super remorqueurs de 10.000 ou 15.000 Ch. ? Des études sont menées actuellement et il semble que l'on s'oriente, au moins dans les ports susceptibles de les utiliser pleinement (grâce aux grands minéraliers et paquebots) vers la solution du remorqueur à grande puissance.

Le principe même du remorquage semble remis en cause. On a émis l'idée de pousseurs analogues à ceux de nos voies intérieures, qui s'appuieraient à des points déterminés et calculés du navire. En effet le système des amarres classiques pourrait être remis en question tant à cause de la taille énorme des amarres susceptibles de tirer un 200.000 t., que par leur mauvais coefficient d'utilisation au remorquage.

## 2 - Pompage - Stockage :

Lorsque le navire est à quai le port pétrolier met à sa disposition des installations permettant la liaison entre ses citernes et les canalisations à terre.

a) Ce moyen de liaison était traditionnellement des flexibles dont le diamètre est passé de 8' à 12' puis 16', tandis que leur nombre passait de 2 à 4 pour suivre l'évolution des tonnages. Un pétrolier en effet, quelle que soit sa taille doit décharger au moyen des pompes du bord sa cargaison en une vingtaine d'heures, plus le tonnage est important plus le débit de refoulement doit l'être et cette augmentation se fait sur la section des canalisations plus que sur la pression qui pour des raisons de sécurité ne dépasse 14 Kg/cm<sup>2</sup>, la pression normale d'utilisation étant d'environ 5 à 8 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ces flexibles installés sur un portique, qui dans certains cas était mobile, n'étaient pas d'un maniement aisé et présentaient toujours le risque de rupture. Rupture non point due à une pression interne trop forte mais à une usure ou à des coupures accidentelles. Quoique des progrès aient été faits dans ce domaine, en particulier sur la résistance à la pression une technique nouvelle semble devoir l'emporter : il s'agit du système de bras articulés monté sur des rotules qui permet toutes les positions de ces bras. Au moyen de commandes simples sur le quai, un ouvrier effectue très rapidement cette opération dans les meilleures conditions de rendement et de sécurité.

b) Une fois le brut refoulé sur la terre il reste à le stocker car dans la majeure partie des cas la raffinerie ne se trouve pas à proximité mais dispose dans l'enceinte du port de ses propres réservoirs. Là encore l'apparition des superpétroliers a soulevé des difficultés nouvelles. Un 200.000 tdw contient environ 250.000 m<sup>3</sup> de brut qu'il faut pouvoir stocker, à défaut d'évacuer dans les 24 h. Or si la journée d'immobilisation du pétrolier au port, par manque de réservoir, coûte cher, le prix du m<sup>3</sup> de réservoir est aussi très élevé (80 F/m<sup>3</sup>). La question de stockage optimum est donc cruciale. À ce problème principal se greffent quelques difficultés annexes : les réservoirs ne

sont pas banalisés c'est-à-dire que chaque compagnie pétrolière a ses propres dépôts et n'entend pas, sauf de très rares exceptions les laisser utiliser par un concurrent. De plus, certains bruts ne doivent pas se mélanger et quelques navires arrivent avec deux chargements différents. Il faut donc prévoir un système de dépôt pourvu d'une grande souplesse, c'est-à-dire un nombre suffisant de réservoirs de capacité moyenne. Par capacité moyenne, la tendance actuelle entend 30.000 à 50.000 m<sup>3</sup>, des réservoirs de 100.000 m<sup>3</sup> sont déjà construits à l'étranger et 60.000 m<sup>3</sup> sont en cours de construction au Havre.

Outre les obstacles économiques et techniques qui se dressent avec la croissance conjuguée des ports en lourd et des stockages, il en est un qui joue un rôle primordial dans l'industrie pétrolière : La sécurité. En effet, si l'on a pu se rendre compte des résultats d'un incendie de sphère de quelques milliers de m<sup>3</sup> on a beaucoup de mal à imaginer quelle serait l'effroyable catastrophe que représenterait un incendie de centaines de milliers de m<sup>3</sup>. Certes de nombreuses précautions ont été prises, notamment dans la disposition des réservoirs. Chacun d'eux est entouré d'une cuvette pouvant contenir le volume du réservoir supposé éventré, cependant dans le cas où deux réservoirs sont dans la même cuvette pour des raisons d'encombrement le volume de cette dernière n'est que les 3/4 du volume total. Les moyens d'extinction des incendies des produits pétroliers se sont fort heureusement beaucoup améliorés et très récemment un procédé nouveau a été mis au point qui permet l'extinction rapide sous une couche de mousse, d'un feu pétrolier; il n'en reste pas moins vrai que la présence d'un million de m<sup>3</sup> de pétrole au voisinage d'une ville n'est certainement pas la solution idéale.

### 3 - Opérations diverses :

Ces opérations diverses peuvent être regroupées soit en opération de ballastage et nettoyage, soit en avitaillement en eau ou soutage qui donnent lieu à des manipulations différentes.

Le temps où le pétrolier rejetait à la mer ses eaux polluées est révolu depuis la Convention de Londres, ce qui fait que débarrassage est devenu un problème important; il exige en effet une installation terrestre et des canalisations spécialisées. Un grand navire peut avoir quelques milliers de tonnes d'eau polluée à décharger et cette opération peut se faire dans le port de déchargement. Il faut donc prévoir des bacs décanteurs et un stockage. Le nettoyage est effectué au moyen de pompes rotatives et de lances à eau chaude alimentée par la terre, quelquefois par des chalands spécialisés comme à Lavéra.

L'avitaillement surtout en eau douce se fait généralement au port de déchargement et doit se faire dans un temps limité ce qui implique un système de pompage puissant et des canalisations spéciales. De même si pour des raisons économiques le soutage doit se faire aux ports européens, il est nécessaire de prévoir soit des chalands soit des canalisations.

Parmi les problèmes portuaires posés par les grands pétroliers se pose celui des réparations. Si certaines petites réparations peuvent être faites moyennant une perte de temps au port de débarquement, il n'en est pas de même des grosses réparations de coques ou d'hélices qui nécessitent la mise à sec de ces navires. La construction de cales ou formes de radoub peut s'envisager soit dans les ports traditionnels soit dans les rades abritées. Si les ports français comme Le Havre ou Brest ont pu s'intéresser à la construction éventuelle de forme de radoub pour 200.000 t, les ports étrangers ont fait aussi de gros efforts. Un centre de réparation en Sicile et en Afrique du Sud sont en voie de création. Le coût d'un tel ouvrage (une dizaine de millions de francs) doit donc s'intégrer dans les coûts du transport pétrolier maritime.

Ainsi la complexité d'un port pétrolier tend à s'accroître, car les exigences de plus en plus grandes des navires, impliquent une adaptation constante du port au navire et c'est là un caractère de concentration importante. En France, cette concentration s'est cristallisée sur deux pôles : Le Havre d'une part, Marseille-Lavéra-Fos d'autre part que nous allons examiner plus en détail pour pouvoir les comparer à d'autres projets.

2ème PARTIE : REALISATIONS RECENTES ET PROJETS

A) - LES REALISATIONS FRANCAISES

L'importation du pétrole brut en France se fait par 7 ports d'importance très inégale : Dunkerque, Le Havre - Rouen, Nantes - St Nazaire, La Pallice, Bordeaux, Sète et Marseille-Lavéra. Le trafic pétrolier s'est en fait concentré sur deux pôles : Le Havre et Marseille qui représentent presque 80 % des importations de brut. Les autres ports n'en jouent pas moins un rôle dans l'économie nationale, et quelques aménagements y seront fait dans le Vème Plan.

- DUNKERQUE, (4.7 Mt.) port minéralier récent, de par sa position en mer du nord et les installations portuaires existantes (écluse) ne pourra pas recevoir de navires de tonnage supérieur à 100.000 t. (Un projet de Sea line alimentant les Raffineries à Anvers est à l'étude et pourrait autoriser la réception de 200.000 t.)

- NANTES - ST NAZAIRE, c'est-à-dire le port pétrolier de Donges, alimentant la raffinerie Antar-Donges, va voir son trafic, actuellement de 4.2 Mt. augmenter de 1.2 Mt. avec la mise en route de la raffinerie en construction à Rennes. Le plus grand navire reçu est de 40.000 t. et l'estuaire de la Loire approfondi à 38' 6" dans les années à venir, permettra de recevoir des navires de 70.000 t. en 1968.

- LA PALLICE ET BORDEAUX, (2.4 Mt.) se sont opposés au moment où il fut question de créer un terminal pour 100.000 t. c'est finalement le site de VERDON, équipé depuis 1933 d'un môle pour recevoir les grands paquebots, môle pour recevoir les grands paquebots, môle détruit en 1944, qui l'a emporté. Les restes de l'ancien appontement seront utilisés, une fouille de 600 m x 80 m sera draguée à - 14 m. puis - 17 m., tandis que la zone d'évolution le sera de - 12 m. à - 15 m. Le Verdon (dépendant du port de Bordeaux) espère ainsi recevoir en 1967 des 70.000 t. puis des 100.000 t.

- SETE (1.4 Mt.) alimenté par le sea line de Frontignan ne sera alimenté que par des navires de petite taille 25.000 t. maximum dans l'optique du Vème Plan du moins. (Un doublement de Sea line est cependant envisagé)

Les efforts français en matière d'infrastructure portuaire se sont donc portés d'avantage sur Lavéra-Fos et Le Havre que nous allons ici étudier plus en détail.

1°) - MARSEILLE :

Le port pétrolier de Marseille situé à LAVERA en face du Port de Bouc est actuellement avec 43.3 Mt. le premier importateur de brut français. Le trafic, partagé entre le pipeline sud Européen 27.5 Mt. et les quatre raffineries de l'étang de Berre 15.8 Mt., en progression rapide depuis plusieurs années, va dépasser les capacités du port de Lavera. Aussi a-t-on décidé la construction d'un nouveau port pétrolier à quelques kilomètres de Lavéra dans le site de Fos.



2°) - LE HAVRE :

19 millions de tonnes de pétrole soit le 1/3 des importations françaises sont passées par LE HAVRE en 1965 ce qui en fait le deuxième port pétrolier de France. En 1970, si l'évolution se poursuit à la cadence actuelle il est prévu de recevoir 33 Mt. destinées à 7 raffineries de la Basse Seine et de la région parisienne, au lieu de 4 actuellement. Cette très rapide expansion n'est évidemment possible qu'à l'aide de gros efforts d'investissements portuaires, en partie pour permettre la réception de tonnages de plus en plus forts. Ces investissements portent non seulement sur l'amélioration et l'agrandissement du port actuel, mais aussi sur la construction d'un nouveau bassin de marée à l'est du premier. Ce bassin, destiné à recevoir minéraliers et pétroliers, comportera aussi des terre-pleins concédés à la CIM pour l'extension des dépôts de brut.

Les installations existantes consistent en 7 postes de déchargement et chargement de grandeurs et caractéristiques très variables. Les accès et chénaux sont ou seront avant fin 1966 dragués à la cote - 11,50. La profondeur d'eau disponible sera donc de 17,30 m en pleine mer de mortes-eaux et de 19,50 m en pleine mer de vives-eaux. Si l'on admet un pied pilote de 1,50 m, Le Havre sera accessible en décembre 1966 aux pétroliers de 15,80 m de tirant d'eau en mortes-eaux et de 18 m en vives-eaux, ce qui autorisera l'accostage au Poste 8, pratiquement en toutes marées, de navires de 150.000 t.

Un programme d'approfondissement des plans d'eaux extérieurs a été inscrit au V° Plan. Prévu pour être exécuté en 1968 et 1969, il aura pour objet de porter le plafond de ces plans d'eau à la cote - 13,50 m, afin de permettre l'accès de pétroliers de 17,80 m de tirant d'eau en mortes-eaux et 20 m en vives-eaux. Les caractéristiques nautiques du poste 8 de la CIM sont compatibles avec l'objectif cherché; les Pétroliers de 200.000 t de port en lourd pourront être reçus en 1970, pratiquement à toute marée, au prix d'une dépense de 35 millions de F.

Un programme complémentaire destiné à porter la cote du chenal, de l'avant port et du bassin de marée à - 15 m, devrait être inscrit au VI° plan et entrepris en 1971, 1972 de manière à permettre l'accès de navires de 19 m de tirant d'eau en mortes-eaux et 21 m en vives-eaux. Les navires accosteraient à un nouveau poste de la CIM, poste 9, dont la construction justifiée par l'accroissement de Trafic (33 MT en 1970) inscrite au V° plan, devrait être entreprise en 1969. Ce programme est en cours d'étude et la dépense à envisager est de l'ordre de 50 MF.

Si les installations portuaires infrastructures et services arrivent à s'adapter à la croissance des tonnages, les dépôts de la CIM arrivent à saturation et sont dans l'impossibilité de s'agrandir avant l'achèvement du nouveau terre-plein longeant le bassin de marée. La capacité du stockage de brut, actuellement de 650.000 m<sup>3</sup>, doit passer ainsi à plus d'un million de m<sup>3</sup> et supprimer les attentes sur rade par manque de stockage.

La base sous-marine allemande qui constitue un danger important pour les grands pétroliers va être en partie déblayée (entre 1966 et 1969) pour éviter le risque collision entre pétroliers ou contre la bétonature de la base. Enfin signalons l'absence de zone de mouillage sûre dans la Rade pour ces très grands navires: la rade a été nettoyée d'épaves jusqu'à - 12 m. mais cela ne constitue pas une sécurité suffisante pour des navires d'un tirant d'eau supérieur à 16 m.

Peut-on dans ces conditions pousser plus loin encore ? L'aire d'évitage du bassin de marée verra, après démolition de la base sousmarine, son diamètre passer de 560 m à 620 m, compatible avec la manoeuvre de navires de 400 m de longueur environ. L'approfondissement obligera à des protections des ouvrages contre les affouillements. Le banc calcaire de l'Eclat paraît aisé à approfondir à la drague à godets; il ne représente d'ailleurs qu'un faible développement. On est moins bien renseigné sur l'état exact des épaves qui pourraient être gênantes. Le chenal devrait être prolongé dans la direction du bateau-feu sur une longueur de 3 ou 4 miles pour passer de la courbe naturelle - 15 à - 16 sur - 17. Le draguage paraît ici encore relever du moyen classique. Cependant dans l'état actuel de nos connaissances d'avancer le montant de la dépense, mais on peut être assuré qu'un approfondissement de 1,50 m au delà du programme complémentaire est possible.

L'exécution de ce dernier programme rendrait Le Havre accessible à des navires de tirant d'eau de 20,50 en mortes eaux et 22,50 m en vives eaux. On peut donc conclure que le port du Havre peut être rendu accessible à des navires de 400 m de longueur et 21 m de tirant d'eau.

A - PORTS EUROPEENS - FRANCE EXCLUE

	Situation actuelle 1965-1966	Modifications prochaines	Evolution prévue 1970	Observations
WILHELMSHAFEN	3 postes de 50.000 t. 38' - Portés mi 65 à 47', d'où 1 ou 2 postes de 100.000 t.			1964 : 565 tankers tonnage moyen 16.2 Mt, durée moyen- ne de l'escale 46h.30.
ANVERS	50.000 t.	70.000 t.	100.000 t.	Limites = seuils de l'escaut et écluse Baudoin seront by- passés.
GENES	Vieux port = 2x35.000 t. Multedo = 52.000 t.	80.000 t.		Les petites installations pé- trollières sont reliées à l'ancien port.
La SPEZIA	50.000 t.			Sea line
ROME		70 à 80.000 hiver 50.000		Ile artificielle sur pieux à 3 km de la côte.
TRIESTE	40.000 t.	2 x 100.000 2 x 160.000	200.000 t.	Stockage 800.000 m3 (T.A.L.)
THAMES HAVEN ISLE OF GRAIN CORYTON	65.000 t.	65.000 t.		Shell ) compter 10.000 t. B.P. ) de plus par beau Mobil ) temps
TEESPORT HUMBER TRANMERE		65.000 t. 70.000 t. 65.000 t.	100.000 t.	Shell
FAWLEY FRIMART MILFORT HAVEN	90.000 t. 100.000 t. 100.000 t.		200.000 t.	Esso (46' 1/2)
ROTTERDAM	100.000 t.	165.000 t.	200.000 t.	Europort.
OSLO		100.000 t. 1967		

B) - SEA LINES

-----

Le problème des Sea lines est assez délicat et difficile à résoudre dans la généralité. Il existe de farouches défenseurs du sea line et de nombreux détracteurs de ce système qui, à priori, pour le commun des mortels, semble une solution élégante aux difficultés que soulève l'apparition des forts tonnages pétroliers.

Un sea line, c'est à proprement parler une "ligne maritime" qui consiste, dans le cas des sea lines pétroliers au moins, (il en existe d'autres: eau potable par exemple), en un ouvrage d'amarrage ou d'accostage extrêmement restreint et en un ou plusieurs tuyaux sous-marins, posés sur le fond de la mer, faisant la liaison avec un stockage ou une raffinerie. L'ensemble est très simple, et, c'est là son gros avantage, relativement économique.

I - Implantation

Mis à part certains cas où le sea line s'avère indispensable, soit parce que c'est la solution de rechange, provisoire, qui permet de capter un trafic en attendant la construction d'un véritable port pétrolier comme c'est le cas du sea line de LAVERA posé en 1962 pour recevoir les 100.000 t. que Fos ne pourra recevoir qu'en 1967-68, soit parce que les conditions nautiques conduiraient à un port d'un coût prohibitif (Frontignan), la comparaison économique s'impose avec d'autres projets.

Les comparaisons économiques sea line - port pétroliers ne sont une vue de l'esprit, puisqu'elles ont été faites pour le port d'ARZEW, il y a quelques années où l'on envisageait de faire aboutir un 3ème pipeline saharien. Cependant certains inconvénients des sea lines sont très difficiles à estimer et c'est certainement un facteur important qui entraîne la méfiance des adversaires de cette méthode.

II - Inconvénients

En effet, s'il présente l'incontestable avantage d'être en général plus économique et plus rapide à poser, le sea line n'en est pas moins très handicapé par quelques sujétions, dont la plus importante est certainement le facteur météorologique.

a) Météorologie -

Dans un port abrité par des digues, où en général le courant est faible, les évolutions d'un 200.000 t. ne sont déjà pas très aisées, compte tenu de l'inertie du navire et de ses propres possibilités de manoeuvre. Que dire du même pétrolier qui doit s'amarrer sur un ou plusieurs coffres, quasiment en pleine mer, soumis aux vents, courants et marées !

Par houle, on admet que le pétrolier normal ne peut prendre le mouillage que par un creux inférieur à 2 m. et y rester que par un creux ne dépassant pas 3m.; le coefficient d'utilisation dépend donc essentiellement des conditions météorologiques et on trouverait difficilement des sites profonds et abrités où une houle de 3 m. n'est pas à craindre plus de 50 jours par an. A titre d'exemple, le sea line OTAN qui relie La Turballe (L.A.) à l'Allemagne, n'est pas utilisé en hiver en raison du mauvais temps. En conséquence une raffinerie alimentée par ce seul moyen risquerait de se voir en rupture de stock à la suite d'une

période un peu longue de mauvais temps, et les frais d'immobilisation du navire qui attend en rade ne doivent pas être oubliés. A ce risque de rupture de stock, il convient aussi de tenir compte du risque de voir le sea line endommagé par un pétrolier. Et, cela est encore relativement fréquent et quelquefois très grave, dans le cas de la rupture de conduite, le sea line doit être immobilisé longtemps et la réparation est difficile. De plus les réactions d'un navire amarré à un ou plusieurs coffres, exposé à des oscillations, sont très mal connues théoriquement, et certaines ruptures d'amarrages par beau temps restent sans explications valables.

b) Avitaillement et services -

Un deuxième inconvénient majeur est celui de l'avitaillement et des services. Si en effet, il est très justifié d'équiper certains ports de chargement au moyen de postes de mouillage et de sealine lorsque le site se prête à un mouillage proche de la côte et permet une cadence élevée au chargement et surtout, comme c'est le cas dans les pays producteurs, lorsque les navires n'ont aucun service à demander à la terre : eau, vivres, menues réparations, il paraît tout à fait impossible d'utiliser aussi et régulièrement un sea line au déchargement. On pourrait penser que ces opérations d'avitaillement puissent se faire après le déchargement dans un port abrité et proche. Mais cette pratique irait à l'encontre de cette rapidité capitale pour le bon équilibre des frais d'exploitation. La question de l'équipage est lui aussi très délicate. Le pétrolier en effet, est le plus favorisé de ses confrères; l'escale au chargement se fait, comme nous venons de le dire, en mer; la plupart du temps elle est de durée très limitée. Au déchargement actuellement les équipages disposent rarement de plus de 24 h. à l'escale pour des voyages qui dépassent souvent 2 mois. Quelle serait l'attitude de cet équipage qui irait de sea line oriental à sea line occidental pendant toute la durée de son embarquement?

Des services réclamés par un tanker au déchargement, le remorquage n'est pas le moins important. Et dans le cas d'un sea line à eau profonde, cela nécessiterait pratiquement quelques remorqueurs, soit sur place, soit dans un port abrité non loin du sea line, entraînant des frais supplémentaires qui ne manqueraient pas de grever le budget du sea line.

c) Difficultés techniques -

Enfin, du pur point de vue technique, le sea line freine déchargement des grands navires : un sea line long et profond offre une résistance au passage du pétrole, et certains pétroles très visqueux (Venezuela) y passent difficilement sans réchauffage. Un grand navire décharge sa cargaison en un temps moyen du même ordre qu'un petit et par conséquent nécessite une plus forte section de pipe ou plusieurs pipes. Or la canalisation sous-marine coûte cher et les multiplier revient à faire baisser la rentabilité de l'ensemble.

III - Perfectionnements -

Depuis 1935, d'où datent les premiers balbutiements français en matière de sea-line, la technique s'est très améliorée tant au point de vue du pipeline sous marin lui-même, que du point de vue de l'amarrage. La canalisation elle-même est en acier renforcé, une protection cathodique est prévue, et le plus souvent le pipe est recouvert de béton.

Mais c'est surtout dans le poste d'accostage que des améliorations ont été effectuées : le système classique consistait à amarrer le navire sur des coffres retenus eux-mêmes par un système d'ancres et de corps morts reliés par des chaînes marines d'une centaine de mètres de longueur, ces chaînes exerçant une force de rappel sur le navire pétrolier. Ce système avait le gros inconvénient de tenir le navire dans une position à peu près fixe, quel que soit le vent ou le courant et de soumettre ainsi ses amarres à des efforts anormaux. La Royal Deutch Schell a étudié en 1957 un projet d'amarrage sur une seule bouée (Single Bouy Mooring SBM) qui permet au pétrolier attaché par l'avant de trouver son équilibre sous le libre jeu des forces extérieures. Ce système est déjà utilisé en 4 endroits dans le monde : Qatar, Japon, Malaisie, et semble donner satisfaction. Un inconvénient important de ce système est l'encombrement : si l'aire est congestionnée, les rayons des cercles d'évitage étant très grands, il faut beaucoup de place s'il y a plusieurs postes.

La question des sea lines fait partie de ces problèmes si souvent débattus et où les facteurs subjectifs rentrent en considération à défaut d'une connaissance théorique très bien connue. La Technologie du sea line a fait de grands progrès et il n'est pas douteux qu'elle continuera à s'adapter à cette évolution vers les grands tonnages et qu'elle fournira dans un certain nombre de cas une solution rapide et ne nécessitant que des investissements modérés.

### C) - PORTS EN EAU PROFONDE

Aux tentatives d'aménagement et d'amélioration des systèmes portuaires ou des sea lines, il convient d'opposer l'audacieux projet de la Gulf Oil qui construit au large de l'Irlande un port pétrolier profond, susceptible de recevoir des 300.000 t. qui servira de base à une flottille de "caboteurs" (80.000 - 100.000 t.) alimentant les raffineries européennes. Cette idée, émise depuis quelques temps déjà, de rassembler sur un trajet commun, de très grosses cargaisons pour les éclater ensuite en les dispersant vers leurs destinations propres, peut trouver son application non seulement dans le trafic pétrolier, mais aussi minéralier, ou encore dans le trafic de marchandises diverses par containers. Il y a donc là un facteur important de succès, car si le projet de la Gulf Oil s'intéresse uniquement au pétrole, il n'est pas douteux qu'une concentration de trafics différents dans un port éventuel en haute mer sera favorable à sa réalisation et à sa rentabilité.

#### I - Implantation -

Certes, quelques difficultés sont soulevées et des problèmes, nouveaux ou extrapolation des anciens, se posent avec plus d'acuité avec l'apparition de ce nouveau système et des super pétroliers de 300.000 t.

Tout d'abord s'il est possible de trouver sur les côtes européennes des emplacements susceptibles de convenir à des projets analogues, il n'en est pas de même pour les Pays producteurs, où, ces ports de chargement ne sont pas tous, tant s'en faut en eau profonde. Si les ports de Libye, d'Arzew, Saïda peuvent s'adapter facilement aux grands tirants d'eau, il faudrait en revanche imaginer, dans le Golfe Persique, un pipeline collecteur qui s'avancerait à peu près jusqu'à l'Ilot de Barhein où les fonds permettant la réception de nos tankers. Le Golfe Persique étant relativement calme on peut concevoir une installation sans infrastructure très importante, du type sea line par exemple.

La position du port de chargement fixé, il importe surtout de se préoccuper de celle du centre de "dispatching". Il est a priori assez évident que plus les navires sont gros, plus lourds sont les frais d'exploitation et plus il est rentable de les utiliser sur les longs parcours. C'est pourquoi, il ne me semble pas, dans l'état actuel des choses, intéressant de rechercher des sites dans la Méditerranée; faire passer un pétrolier du Golfe Persique à Marseille par exemple, en doublant le cap, semble un peu une hérésie, quant on pense à la très courte distance Banias (terminal du pipe-line syrien) - Marseille. Cependant si la solution d'un 300.000 t. sur Banias-Marseille par exemple s'avérait rentable, sur les côtes françaises de la Méditerranée, la rade bien abritée de Hyères (30 m.) pourrait convenir.

Mais les attentions portent sur la façade atlantique de l'Europe. La double condition d'être en eau profonde et abrité, et d'être le chemin le plus court aux raffineries de destination limite le nombre de sites utilisables. La question se pose immédiatement de savoir quels seront les points de destination des cargaisons et s'il y aura place en Europe pour plusieurs grands ports de haute mer. Si la Gulf Oil a construit son propre port pour ses propres raffineries, il n'est pas évident que des concurrents ne recourent pas à la concentration, au moins dans le domaine portuaire. Mise à part l'île de Whiddy, dans la baie Bantry sur la côte Sud-Ouest de l'Irlande, déjà utilisée par la Gulf Oil, on a cité sur les côtes françaises : Brest (> 20 m.), le Cotentin ou encore les Glénans (30 m.). Les rades traditionnelles de la mer du Nord et de la Manche : le Havre, Dunkerque, Anvers, Rotterdam, Hambourg, ne peuvent être aménagées, et plus haut au Nord, les fjords de Norvège, encombrés par les glaces en hiver, sont un peu éloignés des industries européennes; restent donc en compétition la Grande-Bretagne (Irlande-Ecosse) et la France (Bretagne-Cotentin).

La création d'un port, ex nihilo, en pleine mer mais en un point choisi en fonction de sa position stratégique, enlèvera peut être le projet; cependant il semble que l'on s'oriente à l'heure actuelle d'abord vers l'aménagement des rades naturelles très profondes.

## II - Construction -

La construction de tels ports, même totalement artificiels, ne soulève pas de difficultés insurmontables, les plates formes de recherche pétrolière utilisées en mer du Nord en sont peut être les premiers balbutiements, et leur coût quoique élevé peut être compensé par l'économie de frais de transport par gros tonnage. Comme nous l'avons indiqué au début de cette étude, le coût des infrastructures portuaires sont une faible part des coûts de transports pétroliers. De même le stockage, très important, qui devrait exister sur notre île, et la double manutention qu'impose ce deuxième maillon dans le circuit ne semblent pas devoir grever l'ensemble du projet dans la mesure où la première partie du transport (Production - dispatching) se fait sur de très grands navires 300.000 t., 500.000 t. voire 700.000 t.

Aussi cette idée d'insérer dans les transports maritimes et pétroliers en particulier, un relai est appelé à un avenir certain pour les marchandises dont le volume est suffisant pour justifier de tels investissements. D'aucuns ont cru voir là un coup d'arrêt donné à la course aux investissements portuaires et s'il est certain que ces ports traditionnels ne pourront, sauf exceptions, recevoir des tonnages supérieurs à 200.000 t. il n'en est pas moins vrai que ces travaux réalisés ou en cours permettront d'abaisser encore le coût des transports pétroliers.

V - CONDITIONS D'UTILISATION DES GRANDS  
PETROLIERS POUR LE RAVITAILLEMENT FRANCAIS

On a vu au cours des pages précédentes que l'utilisation de gros pétroliers permet, sur le coût de transport lui-même, des économies substantielles.

Mais il convient de considérer un bilan global incluant le coût des investissements nécessaires à l'accueil de ces navires = ports et stockages.

D'autre part, les gros pétroliers ne peuvent être utilisés de façon aussi souple que les petits et on doit examiner les contraintes de tout ordre qui en résultent.

1 - Investissements portuaires

On a déjà noté que le coût des ports paraît a priori assez faible au regard du "chiffre d'affaires" du transport pétrolier maritime.

Afin de préciser cette notion, on calcule sur un exemple l'influence d'une augmentation du tonnage des bateaux.

On considère le trafic actuel (1965) du port de Lavéra, soit 43,6 Mt.

Dans ce trafic n'ont été retenues que les relations portant sur des quantités annuelles supérieures à 1 Mt, soit 37,6 Mt (85 % du total). Et compte tenu des provenances diverses de ce pétrole, on a reconstitué les économies réalisées par le passage

- d'un trafic supposé effectué uniquement par des bateaux de 60.000 t à un trafic par 150.000 t.

- d'un trafic par 150.000 t à un trafic par 300.000 t.

Provenance	Quantités	Passage de 60.000 à 150.000		Passage de 150.000 à 300.000	
		Economies		Economies	
		à la t(F)	totales MF	à la t(F)	totales MF
Golfe Persique	14,0	2,8	39,2	1,2	16,8
Méditerranée Orientale	1,3	1,5	2,0	0,6	0,8
AFN Bougie	5,7	0,7	4,0	0,3	1,7
La Skhirra	3,2	0,9	3,9	0,3	1,0
Libye	13,4	1,1	14,7	0,5	6,7
<b>TOTAL</b>	<b>37,6</b>	<b>1,7</b>	<b>62,8</b>	<b>0,6</b>	<b>27,0</b>

On peut comparer l'économie annuelle de 63 MF procurée par le passage de 60.000 t à 150.000 t avec les dépenses nécessitées à Lavéra par l'accueil de 200.000 t = 100 MF au V° plan.

Certes il faut remarquer que l'approvisionnement de Lavéra ne se fera pas uniquement avec des pétroliers de 150.000 t et plus, même pour les trafics de plus de 1 MF/an. Mais l'ordre de grandeur des chiffres est suffisant pour éviter toute hésitation sur l'intérêt de l'opération.

Pour passer de 150.000 à 300.000 t, on ne peut encore chiffrer de façon précise le cout des travaux à effectuer. Il ne paraît pas absurde de penser qu'il serait inférieur à 100 MF.

Compte tenu de l'accroissement du trafic et la répartition des provenances géographiques prévues par le V° plan, cet investissement aurait donc toutes les chances d'être couvert en moins de 4 ans.

(en 1970 le trafic de Lavéra prévu dans l'hypothèse faible du V° plan est de 50 Mt).

Un calcul analogue pourrait être fait pour le port du Havre, les ordres de grandeur **é t a n t** comparables.

On peut donc confirmer notre premier jugement, en estimant que l'aménagement des ports ne doit pas constituer un obstacle à l'accroissement des tonnages.

## 2 - Problèmes de stockage

L'utilisation de navires de gros tonnage nécessite évidemment l'installation de capacité de srockage importantes.

Elles sont nécessaires d'une part au terminal de chargement, d'autre part au port de déchargement.

Ce dernier stockage pose des problèmes complexes, en raison des provenances diverses des bruts reçus. Dans les ports français, les capacités de stockage sont affectées de façon exclusive et non banalisée à chaque raffinerie, soit qu'elles se trouvent dans **son** enceinte même, soit qu'elles soient gérées en commun (CIM au Havre, SPLSE pour le futur port de Fos).

La question du stockage et de sa variation en fonction du tonnage des bateaux utilisés est affaire de cas particulier, puisqu'elle fait intervenir

- la nature des bruts utilisés, et les conditions de leur utilisation par les raffineries

- la loi d'arrivée des bateaux, qui dépend des conditions d'approvisionnement (flotte intégrée, affrètements "spot" ).

Dans le cas des ports du Havre et de Lavéra, les capacités envisagées pour l'accueil des 200.000t sont de l'ordre de 1.000.000 m3. Le coût de construction de grosses unités (bacs de 60.000 m3) étant actuellement d'environ 65 F/m3, on peut estimer que le coût des immobilisations de stockage serait en 1970 dans ces ports de 0,2 F/t. (amortissement des bacs sur 15 ans).

La comparaison de ce coût avec les économies de transport escomptées est significative.

On pourrait se demander si le stockage ne peut pas constituer une limite dans le cas de trafics plus faibles que ceux des grands ports en question. Afin d'illustrer de façon très schématique, la façon dont se pose ce problème, on a considéré le cas d'un gisement alimentant une seule raffinerie isolée. Pour une raffinerie, la capacité de stockage nécessaire serait de 1,5 T à 2 T, si T est le tonnage du bateau utilisé. On a retenu 2 T, et le tableau suivant résume les coûts des capacités de stockage à envisager pour passer de 100.000 t à 175.000 t et à 300.000 t. En comparant ces chiffres avec les économies de transport réalisées sur deux trajets, l'un court, l'autre long, on peut en déduire le trafic minimum nécessaire à la rentabilité de l'opération (en ne tenant pas compte ici des questions de port)

Tonnage des bateaux utilisés :	100.000 t	175.000 t	300.000 t
Capacités de stockage à chaque extrémité :	250.000m3	440.000 m3	750.000 m3
Différences :	190.000 m3		310.000 m3
Coût d'investissement total :	24,7 MF		40,4 MF
Dépenses annuelles :	2,47 MF		4,04 MF
Economie sur le coût de transport :			
{ Golfe Persique-Le Havre :	4,2 F/t		0,8 F/t
{ Bougie-Lavéra :	0,5 F/t		0,15F/t
Trafic minimum nécessaire :			
{ G.P.-L.H. :	0,6 Mt		5,0 Mt
{ B. L. :	5,0 Mt		27 Mt

On constate que le passage à des 300.000 t pour l'alimentation d'une raffinerie isolée, par un gisement de faible production situé à très courte distance, pourrait être désavantageux, du seul fait des problèmes de stockage.

Mais par contre il suffit de trafics assez faibles portant sur de longues distances, pour que les frais de stockage soient négligeables devant les économies réalisées par le passage aux 175.000 t (A Suez R Le Cap) et à un moindre degré, aux 300.000 t (AR Le Cap).

### 3 - Conditions physiques d'utilisation

Des problèmes sont posés par l'utilisation de grands pétroliers en ce qui concerne

- d'une part les limites naturelles imposées par les conditions nautiques à leur circulation

- d'autre part les tonnages importants à transporter qui sont nécessaires pour leur emploi normal et habituel.

3-1 - La circulation des pétroliers dans la Mer du Nord et le Pas-de-Calais, semble être limitée par des fonds situés à - 20 m. Encore faut-il noter que les fonds à ces profondeurs sont assez mal connus. La Shell effectue actuellement avec certains de ses navires des relevés systématiques qui permettront une amélioration notable des cartes actuellement disponibles.

Mais même pour des fonds connus de - 20 m, il est difficile de fixer une limite correspondante de tirant d'eau.

Plusieurs phénomènes entrent en jeu

- d'une part le tangage pour de très longs bateaux entraîne des débattements verticaux importants. Pour situer les idées, un tangage de  $1^\circ$  pour un 200.000 t abaisse l'extrémité du bateau de 3 m.

Mais il faut rappeler que la longueur d'onde des houles de Mer du Nord est inférieure à la longueur de ces bateaux. La question du tangage maximum qui en résultera ne peut pratiquement être résolue que par l'expérience.

- d'autre part le roulis peut aussi avoir une influence sensible du fait de la forme et de la grande largeur des bateaux. Un roulis de  $5^\circ$  abaisserait le bord du bateau de 2,5 m environ.

- enfin et surtout on doit tenir compte d'un effet dit "de fond" ou de déjaugage. Lorsque la profondeur d'eau sous quille diminue trop, le bateau a tendance à s'enfoncer, et cela d'autant plus que sa vitesse est grande (de 2 à 3 pieds pour une vitesse de 12 noeuds). Il pourra donc être nécessaire de ralentir considérablement la marche des navires dans certaines zones, avec les conséquences économiques que cela comporte.

De ces diverses considérations il résulte une certaine incertitude. On admettait il y a quelques années un tirant d'eau maximum de 15 m en Mer du Nord-Pas de Calais (soit 5 m de pied de pilote).

Actuellement on sait que des bateaux de 16 m 50 (soit des 165.000 t) pourraient passer, mais on pense que pour un tirant d'eau de 18 m 50 (soit des 185.000 t) cela sera difficile.

Il semble en tout cas hors de question que des bateaux de plus de 200.000 t puissent circuler dans le Pas de Calais et la Mer du Nord.

3-2 - Il est intéressant d'étudier quels sont les volumes de trafics nécessaires à l'utilisation normale d'un gros bateau. Le problème se pose en effet:

- pour les compagnies pétrolières qui ne s'équiperont en gros bateaux que dans la mesure où elles devront assurer des transports de quantités suffisantes,

- pour les chantiers navals qui peuvent se demander sur quel nombre de grands bateaux ils doivent compter pour l'amortissement des installations importantes nécessaires à leur construction.

Si l'on considère l'approvisionnement français de 1965, en ne retenant que les trafics de quelque importance aboutissant au Havre ou à Lavéra, on constate qu'il pourrait être assuré par moins de 10 bateaux de 300.000 t.

Il apparait donc que toutes les compagnies n'atteignent peut-être pas actuellement le volume de trafic nécessaire pour utiliser régulièrement (soit dans leur propre flotte, soit par affrètement à long terme) de navires de cette taille.

Quant aux chantiers navals français, ils ne peuvent s'attendre qu'à un nombre limité de commandes.

On peut noter à ce sujet que les Chantiers de l'Atlantique ont un projet de cale pour très grands pétroliers, qui pourrait permettre la construction annuellement de 5 navires de 100.000 t ou d'un nombre inférieur de bateaux de 200.000 t ou plus.

Bien que l'investissement soit considérable il ne représente en fait que moins de 2 % du prix de revient des navires. Et son utilisation peut donc avoir une certaine souplesse, sans que les charges qui en résultent constituent un handicap sérieux.

Les Chantiers de la Ciotat ont également un projet de cale pour navires de plus de 150.000 tdw.

#### 4 - Solution du transbordement

Les décisions prises par la Gulf ont mis en relief l'intérêt éventuel d'un transport par très gros navires (300.000 t.) jusqu'à un port d'éclatement, chargé de la répartition, au moyen de navires plus petits (de l'ordre de 100.000 t.), dans les ports de consommation.

Il est évident que cette solution ne peut être envisagée que pour les transports à longue distance, c'est-à-dire par exemple pour l'approvisionnement de l'Europe Occidentale en pétrole du Moyen-Orient.

On ne peut a priori juger de l'intérêt d'une telle solution sans une étude précise et détaillée, et nous n'avons pas disposé des éléments nécessaires à une telle étude.

Néanmoins il est possible de faire quelques remarques en se contentant d'utiliser les ordres de grandeur des chiffres que nous avons précédemment obtenus.

Il s'agit de comparer l'approvisionnement direct des grands ports actuels en bateaux de 100.000 t. ou 200.000 t. avec la solution du port de transbordement.

Sur les trafics du Moyen Orient, le gain à attendre d'un passage de 200.000 t. à 300.000 t. serait de l'ordre de 0,6 F/t. si l'on admet le passage lege par Suez du 200.000 t. C'est inférieur au coût fixe d'un voyage par 100.000 tdw.

Par contre si l'on compare des trafics effectués par des 100.000 tdw (qui sont les plus gros tonnages pouvant accéder à de nombreux ports européens) et des 300.000 tdw l'économie est de 5,4 F/t.

Or, le coût du port de transbordement peut être estimé à 0,5 F/t. (En effet l'investissement prévu par la Gulf est de 130 MF que l'on peut amortir sur 30 ans, et avec un trafic initial de 10 Mt.).

Donc il serait possible d'envisager un trajet supplémentaire de 5 000 miles AR pour des 100000 t., ce qui permet pratiquement de desservir tous les ports européens.

Ainsi s'explique le choix de la Gulf Oil qui doit approvisionner des raffineries situées dans des ports limités à la réception des 100.000 tdw.

Mais pour ce qui concerne l'approvisionnement français, qui s'effectue à plus de 80 % par les deux grands ports pétroliers accessibles bientôt aux 200.000 tdw, une telle solution ne paraît pas intéressante.

Par contre on peut envisager l'utilisation d'unités encore plus importantes de 500.000 t. ou 750.000 t. Une extrapolation pure et simple de la courbe des coûts permettrait d'estimer à environ 1,50 F/t. l'économie maximum attendue du passage du 200.000 t. au 500.000 t. (et peut-être 2 F/t en allant jusqu'au 750.000 t.)

En comptant toujours pour 0,50 F/t les frais de transbordement, on pourrait avec bénéfice effectuer un transport

- de 500 miles (1 000 miles A.R) par bateau de 200.000 t.

- de 140 miles (280 miles A.R.) par bateau de 100.000 t.

-- de 100 km par pipe si l'on admet comme coût approximatif d'un tel pipe 0,01 F/t./km.

La marge de gain probable n'est donc pas considérable, mais cette solution paraît possible.

On sait que le site de Brest a été cité comme pouvant abriter un port accessible aux bateaux de 500.000 ou 750.000 t.

Il faut, pour apprécier la portée des remarques précédentes, faire les observations suivantes :

- Comme on l'a vu les 200.000 t. et 300.000 t. ne pourront pas accéder à certains ports de mer du Nord. C'est donc pour les pays concernés la comparaison avec les 100.000 t. qui doit être retenue. Or dans ce cas le bénéfice de l'opération est important.

- Les chiffres indiqués sont de simples extrapolations sur la base des valeurs prévues à l'heure actuelle pour les 200 et 300.000 t. Or il semble que l'évolution technique accroisse la variation des coûts avec le tonnage. Il est donc possible que le passage aux 500.000 t. se révèle plus avantageux dans l'avenir.

- Enfin les hypothèses faites concernant l'approvisionnement d'un réseau de raffinage et de distribution existant. A long terme l'intervention de nouveaux ports tels que Brest modifiera peut-être le schéma général de ce réseau. Le taux d'expansion de la consommation pétrolière est suffisant pour permettre des évolutions rapides en ce domaine.

C O N C L U S I O N

On peut retirer de cette étude les principales idées suivantes.

- L'utilisation de bateaux de 200 à 250.000 tdw paraît d'ores et déjà un fait acquis et leur généralisation doit permettre des économies de frais de transport, avec en contrepartie des charges de port et de stockage relativement faibles.

- Pour cette gamme de tonnage des améliorations techniques dans leur conception et surtout dans leur utilisation (automatisation) sont susceptibles de conduire à de nouveaux progrès.

- Quant au passage à des navires de 500.000 t. ou plus, les prévisions actuelles ne permettent pas d'en escompter à coup sûr une amélioration aussi considérable. Les problèmes de construction ne sont pas un obstacle, mais il faudra sans doute attendre que l'évolution technique ait accentué les différences de couts, et que les ports pétroliers actuels aient atteint leur limite physique d'approfondissement, pour voir se généraliser la solution du "port d'éclatement".

FISCALITE DES PORTS ET INCIDENCE SUR LA NAVIGATION PETROLIERE

A - AVANT-PROPOS -

Le texte de la loi du 29 Juin 1965 prévoyant la création des Ports Maritimes Autonomes, a fait l'objet, tant à l'Assemblée Nationale qu'au Sénat, de débats remarquables qui ont mis en relief la volonté du Législateur de rendre les grands ports français compétitifs vis-à-vis des autres principaux ports européens.

Les considérants de cette loi montrent clairement qu'une large étude comparative a été menée aboutissant à une prise de conscience des raisons profondes qui ont entraîné jusque là le développement des ports français.

En effet, l'escale d'un navire fournit au trésor français l'occasion de percevoir des taxes fiscales, alors que les autres pays européens considèrent que, pour la plupart, non seulement les taxes levées sur les navires ne doivent pas alimenter le trésor public, mais qu'ils ne doivent pas forcément équilibrer les dépenses occasionnées par le développement et la gestion des ports.

Cette étude comparative a montré que, vraisemblablement, par manque d'ouverture sur les problèmes maritimes, la France avait fait de ses ports des instruments incapables de retenir le trafic international qui s'est enfui, chaque fois qu'il en avait la possibilité, vers des pays plus hospitaliers. Cette navrante constatation est devenue d'autant plus vraie que, par suite de la faiblesse des frêts sur le marché international contraignant les armateurs à une plus grande recherche de l'économie, la disparition de la plupart des protections dont pouvaient bénéficier indirectement les ports français pour certains trafics est venue également aggraver cette situation.

Les exemples de la cherté des ports français sont déjà significatifs pour les cargaisons sèches, mais ceux que l'on peut emprunter à la navigation pétrolière deviennent étonnants, ainsi, alors que par un effort continu les armateurs pétroliers s'emploient à réduire considérablement les frais de transport par l'accroissement de la taille unitaire des navires, évitant ainsi une augmentation proportionnelle des charges de toutes sortes, les droits de quai continuent à être perçus proportionnellement au nombre de tonnes débarquées sans aucune dégressivité.

Sans s'attaquer aux principes mêmes qui conduisent les taxes portuaires, (par exemple celui cité plus haut de la proportionnalité des droits à un tonnage) le projet de réforme sur la fiscalité portuaire n'en amène pas moins une simplification importante du régime actuel qui ne comporte pas moins de douze taxes aux rendements très différents, et dont la perception oblige les assujettis à de nombreuses démarches successives. La réforme faisant table rase de ce régime, le remplace par un nouveau ne comportant que quatre taxes.

Cette réforme de la fiscalité des ports français unanimement souhaitée ne devrait être que bien accueillie, mais à la condition essentielle qu'elle s'accompagne également d'un allègement des charges supportées par le trafic portuaire. Il semblerait effectivement que le nouveau régime, outre la simplification attendue, apporte une réduction légère des recettes fiscales totales dues au trafic portuaire, mais cette réduction n'affecte pas uniquement tous les types de trafic, et en ce qui concerne le trafic pétrolier, Pétrole brut en particulier, la réforme provoque au contraire, comme nous le montrerons ultérieurement une augmentation des charges fiscales de l'ordre de 30 % à 50 %.

La profession pétrolière s'est émue devant une telle perspective : En effet, si, au point de vue des ventes sur le marché intérieur, elle ne subit aucun préjudice direct puisque les charges fiscales portuaires sont répercutées dans les prix paritaires et qu'en fin de compte c'est le consommateur qui les paie, il n'en est pas de même de ses possibilités d'exportation et de sa position concurrentielle, car cette augmentation des charges sur le pétrole brut n'est pas paradoxalement compensée par une augmentation aussi importante des charges supportées par les produits raffinés. Une autre conséquence extrêmement fâcheuse, concerne le trafic en transit, c'est-à-dire à destination des raffineries étrangères, c'est le cas actuellement du pipe line Sud Européen où de fortes exonérations sont appliquées, ce qui n'est a priori pas la meilleure solution puisqu'il suffit qu'une raffinerie se trouve de l'autre côté de la frontière française pour bénéficier d'un avantage qui est refusé à son vis-à-vis, mais qui présente, en revanche, l'intérêt d'attirer un trafic supplémentaire dans les ports français.

La Réforme ne prévoyant que des exonérations minimales, compromet l'extension de ce genre de trafic, et risque de le détourner au profit d'autres tracés de pipe line dans des pays voisins. La construction du pipe line Trieste-Bavière (TAL) concurrent direct du PLSE vient rappeler la réalité d'une telle préoccupation.

B - ANALYSE DES TAXES PORTUAIRES -

I - Le Régime Actuel -

Dans le régime actuel les taxes portuaires qui ont une incidence sur le trafic pétrolier (pour le pétrole brut) sont au nombre de trois : droit de quai, péage navire et péage marchandises.

Le droit de quai est uniforme sur toute la France et se décompose en un droit de quai applicable au navire, fixé en francs par tonneau de jauge net, et un droit de quai applicable à la marchandise, fixe, en francs par tonne de marchandise débarquée.

Ce droit de quai est appliqué au taux plein du trafic au long cours et au taux réduit de 50 % au trafic de cabotage international, tandis que celui de cabotage national en est exonéré.

Le droit de quai sur le navire est de 0.42 F. par tonneau de jauge net (1 tjn = 2.83 m<sup>3</sup>) ce qui, ramené en Francs, par tonne de pétrole brut est de l'ordre de 0.17/0.18 F.; cette valeur variant évidemment avec la densité du brut et du coefficient de remplissage du navire.

Le droit de quai sur la marchandise est de 0.58 F/t débarquée.

Finalement le droit de quai ramené à la tonne de marchandise est d'environ :

0.75 F/t.	pour le	long cours,
0.37 F/t.		Cabotage international,
0.00 F/t.		Cabotage national.

Ce droit de quai est versé à l'Etat.

Le péage sur le navire est variable suivant les ports. Il est fixé par arrêté du Ministre de l'Equipement après consultation du Ministre de l'Industrie. Il est établi en francs par tonneau de jauge net, et est applicable au taux plein quelle que soit l'origine du pétrolier. Comme pour le droit de quai, pour ramener ce droit en francs par tonne, il faut tenir compte de la densité du brut et du coefficient de remplissage qui implique de légères variations.

Pour le Havre	: 0.48 F./tjn - 0.18 F./t.
Pour Lavéra (Marseille)	: 0.39 F./tjn - 0.16 F./t.

Le péage sur la marchandise variable suivant le port, est fixé en francs par tonne de marchandise. Il est applicable au taux plein quelle que soit l'origine du brut, mais le trafic en transit en est exonéré comme c'est le cas à Marseille - Lavéra pour le pétrole brut à destination de l'étranger par le pipe line Sud Européen; les péages sur marchandises applicables au pétrole brut sont de :

0.38 F/t.	au Havre
0.45 F/t.	à Marseille - Lavéra.

En conséquence, le Pétrolier long cours (c'est-à-dire Golfe persique) susceptible de débarquer du brut paie actuellement uniquement en taxes et droits :

Au Havre = 0.75 + 0.18 + 0.38 = 1.31 F/t.

A Lavéra = 0.75 + 0.16 + 0.45 = 1.36 F/t.

Ces tarifs ne tiennent pas compte ni des frais d'exploitation du port (remorquage, pilotage, lamanage ...) ni de la taxe de bassin à la C.I.M. au Havre de 1.181 F/tnj soit 0.48 F/t., ou à la Chambre de Commerce de Marseille de 0.34 F/t.; ce qui donne un total de :

Au Havre = 1.31 + 0.48 = 1.79 F/t.

A Lavéra = 1.36 + 0.30 = 1.66 F/t. (frais d'exploitation : remorquage, pilotage, Carrenage, excuus.)

II - Régime Proposé =

Des quatre taxes créées dans le projet de loi (droit de Francisation, droit de port, taxe sur le trafic, redevance pour les ports de pêche) deux seulement sont applicables au trafic de pétrole brut : ce sont le Droit de port et la Taxe sur la Marchandise (trafic).

Le Droit de port : Il sera perçu sur le tonnage brut, il tiendra compte en fait des droits actuellement payés par l'armateur sous forme de droits de quai ou taxes de péage sur la jauge. Le projet de loi institue un barème unique, mais laisse l'option entre un certain nombre de taux, et prévoir que des arrêtés fixeront pour chaque port les taux effectifs à appliquer parmi ceux figurant sur le barème. Pour le brut, le barème suivant a été avancé : corrigé avec les précautions d'usage en francs par tonne de brut.

Zone de provenance	F/tonne de pétrole brut				
	A	B	C	D	E
Cabotage international	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
Long - cours	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40

Le produit de ce droit de port sera affecté au budget du port.

La Taxe sur le Trafic destinée à remplacer les taxes de péage sur les marchandises sera l'inverse du droit de port uniforme pour tous les ports : il paraît en effet, nécessaire que cette taxe n'influe pas sur le choix du port de passage de la marchandise. Grâce à cette neutralité fiscale, l'acheminement du trafic restera guidé par le libre jeu des facteurs économiques, dans la mesure évidemment où elle ne favorise pas les ports étrangers.

Cette taxe sur la marchandise sera fixée Ad Valorem, mais à un taux différent suivant les marchandises. Celui-ci est de 5 % pour le pétrole brut ce qui en fait le plus élevé de tous les taux (charbon 3 %; produits raffinés 3 %).

Elle est variable suivant la valeur de la cargaison et si nous retenirons une valeur moyenne de 100 F pour une tonne de brut, cela donne une taxe de 0.50 F/t (un taux réduit de 50 % est applicable au trafic en transit). Par conséquent, suivant le taux choisi pour le droit de port, le montant des taxes afférant à une tonne de brut est le suivant :

	A	B	C	D	E
<u>Cabotage National</u>					
droit de port	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20
taxe marchandise	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	0.90	1.10	1.30	1.50	1.70
<u>Long - Cours</u>					
droit de port	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40
taxe marchandise	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	1.10	1.30	1.50	1.70	1.90

Ces taxes sont applicables au trafic à destination des raffineries françaises, pour celui des raffineries étrangères, il faut diminuer le total de 0.25 F/t.

### III - Comparaison des frais de port d'un pétrolier -

Ainsi cette irritante question de la cherté des ports français ne semble pas trouver sa solution dans le projet de loi. Il est vrai et il est bon de le signaler avant d'illustrer par des exemples l'exposé précédent, qu'il est très difficile de comparer le compte d'escale d'un pétrolier à Rotterdam ou Wilhemhafen avec Le Havre ou Lavéra.

En effet, si les services rendus à terre par le gestionnaire du port pétrolier, dont les charges sont couvertes par les taxes facturées à la raffinerie réceptionnaire, ne donnent en général pas lieu à des difficultés, les prix pratiqués étant voisins de ceux qu'obtiennent ces raffineries gérant elles-mêmes leurs installations, au contraire les différents droits et taxes payés par le navire atteignent et souvent dépassent le double des droits perçus dans les ports étrangers. On peut expliquer ces différences par une intervention plus généreuse de certains Etats en matière de financement des accès, par un certain décalage du coût de la construction, d'entretien, d'exploitation, mais surtout par l'absence de ports publics à l'étranger et par une coutume très générale selon laquelle une raffinerie qui construit et exploite des ouvrages portuaires privés ne fait pas payer les navires qui viennent s'y décharger; la contre partie des charges correspondantes reste ainsi intégrée dans le compte d'exploitation.

Actuellement un pétrolier débarquant 48.000t. de brut paye 96.000 F. au Havre et 30.000 F à Rotterdam. Dans un port français un 90.000 t. acquitte pour plus de 65.000 F. de droits de quai sur 115.000 F. de frais d'escale. Autrement dit les taxes publique représentent pour ce 90.000 t. 80 % du compte d'escale. La différence va s'aggravant avec les 150.000 t. et les 200.000 t. Dans le projet de loi étudié les taux de base sont tels que dans le cas d'un 50.000 t. la taxe publique passe de 48.500 F. à 63.800 F.

Si le même navire ne provient pas du long cours mais du cabotage international (Libye - Liban) la taxe passe de 32.000 F. aujourd'hui à 41.500 F. et si le port est algérien de 14.000 F. à 41.500 F. !

CONCLUSION -  
=====

Prétendre tirer de cette très succincte étude des tarifs portuaires pétroliers, des conclusions définitives n'est pas ici notre but, tout au plus voudrions-nous souligner quelques points qui le méritent :

1 - Que ce soit dans le nouveau ou l'ancien système de tarification, le principe fondamental reste celui de taxer à la tonne débarquée où ce qui revient au même à la valeur de la marchandise, sans aucun abattement pour les grands tonnages. Or, si, en effet, un 200.000 t. nécessite plus d'infrastructure portuaire qu'un 50.000 t. son séjour au port n'est guère plus long et le total des services qu'il exige est certainement inférieur à ceux de quatre 50.000 t.

2 - Dans le projet de loi, le brut pétrolier est le plus taxé de toute les marchandises à 5 % de sa valeur, alors qu'il représente pour les deux ports étudiés plus de la moitié du trafic total. Par conséquent les pétroliers paient plus que tout autre transporteur malgré le volume important des manutentions. On concevrait mieux le contraire et cela serait une seconde manière d'appliquer cette dégressivité des prix évoquée précédemment en comparant deux pétroliers entre eux.

3 - Les diverses études faites sur le projet de réforme de fiscalité montrent que sauf dans le cas où le barème A pour la taxe sur le trafic serait appliquée aux ports français, la taxation serait plus importante que par le passé. Il est vrai que le projet prévoit que la taxe de base pourrait être augmenté ou diminuée de 50 % par fraction de 10 % selon la décision qui serait prise dans chaque port et en tenant compte des cas particuliers.

Une juste application de cette réforme projetée devrait donc permettre aux ports français, sinon de combler le décalage avec leurs concurrents mais au moins de ne l'augmenter.

A N N E X E II

---

Eléments de discussion pour la détermination d'une vitesse optimale.

-----

1 - FORMULE DE COUT -

Nous considérerons un pétrolier affecté à une liaison donnée. Si l'on appelle

D la distance AR (en miles)

v la vitesse de marche moyenne en pleine mer (en noeuds)

r le nombre de jours passés au port ou au canal de Suez  
(a = 3,4, ou 5 jours selon qu'il y a 0, 1, ou 2 passages à Suez)

A les frais fixes annuels du navire (en F)

T le tonnage (en tdw)

K la valeur du combustible consommé par unité de temps (en F/h)

K' la valeur du combustible consommé au port pendant les r jours  
(en F)

s les frais de passage du canal (en F/t)

p les frais de port (en F/t).

On peut alors écrire :

durée de la rotation :  $t = \frac{D}{24v} + r$

nombre de rotations par an :  $n = \frac{340}{t}$

quantité de pétrole transportée :  $Q = nT$

Cout de transport:

$$c = \frac{A}{nT} + \frac{K}{T} \frac{D}{v} + \frac{K'}{T} + s + p$$

$$\text{Ou } c = \frac{a}{n} + \frac{kD}{v} + k' + s + p \quad (1)$$

$$\text{si } a = \frac{A}{T} \quad k = \frac{K}{T} \quad k' = \frac{K'}{T}$$

## 2 - RECHERCHE DE LA VITESSE OPTIMALE

Une variation de vitesse de marche  $dv$  est obtenue par une variation de la puissance installée sur le navire, donc une variation  $dA$  des coûts fixes (amortissement du cout de l'appareil propulsif),

et une variation  $dK$  de la consommation horaire.

En outre cette variation  $dv$  entraîne une variation du nombre de voyages.

On a

$$dt = - \frac{D}{24 v^2} dv$$

$$\frac{dn}{n} = - \frac{dt}{t} \quad dn = \frac{n}{t} \cdot \frac{D}{24 v^2} dv$$

$$dc = - \frac{Adn}{T n^2} + \frac{dK}{T} \frac{D}{v} - \frac{KD}{Tv^2} dv + \frac{dA}{nT}$$

L'optimum est atteint pour  $dc = 0$

soit

$$- \left( \frac{A}{tn} \frac{D}{24v^2} + \frac{KD}{v^2} \right) dv + \frac{D}{v} dK + \frac{dA}{n} = 0$$

$$\left( \frac{A}{340 \times 24} + K \right) \frac{I}{V^2} - \frac{dK}{dv} \frac{I}{V} - \frac{I}{nD} \frac{dA}{dv} = 0$$

Cette équation permet de déterminer la vitesse optimale  $V_0$  (en tenant compte du fait que  $m$  est fonction de  $v$ )

## 3 - APPLICATION

Nous considérerons un navire de 100.000 t. utilisé:

- sur la liaison golfe Persique-Le Havre (Aller par Suez-Retour par Le Cap)
- ou sur la liaison Bougie-Lavera

Nous admettrons que la puissance installée est  $W = 24\ 000$  CV pour  $v = 16$  noeuds et qu'une augmentation de 2000 CV ( $\frac{dW}{W} 8\%$ ) entraîne une augmentation de vitesse de 0,4 noeud ( $\frac{dv}{v} = 2,5\%$ ). Le coût supplémentaire en investissement est de 700.000 F.

La consommation est de 170 g/cv-h de fuel pris à 65 F/t.

.../

Il est évident qu'un calcul ainsi fondé sur une seule donnée chiffrée n'a qu'une valeur très relative. Nous allons cependant pouvoir en tirer une idée approximative et un ordre de grandeur.

$$\begin{aligned} \text{On a} \quad A &= 8.500.000 \text{ F.} \\ K &= 266 \text{ F/h} \\ \frac{dK}{dv} &= 55 \text{ F/h.noeud} \\ \frac{dA}{dv} &= 175.000 \text{ F/noeud} \end{aligned}$$

La résolution de l'équation (2), graphiquement ou par itération, donne les résultats suivants.

#### Golfe Persique- Le Havre

$$D = 17\,500 \text{ miles} \qquad V_0 = 16,5 \text{ noeuds}$$

#### Bougie-Lavera

$$D = 820 \text{ miles} \qquad V_0 = 13 \text{ noeuds}$$

Comme on pouvait s'y attendre la vitesse optimale est plus faible pour un bref parcours, où le temps passé au port est plus important que la durée de traversée. L'écart est plus important que ce qui est généralement admis (Mais il faut remarquer que nos données numériques ont été prises autour de  $v = 16$  noeuds et devraient être révisées pour un optimum situé autour de 14 noeuds).

#### Influence du tonnage

Si  $T$  augmente,  $a$  et  $b$  diminuent simultanément, et le résultat n'est pas évident,

pour  $T = 200.000 \text{ t.}$  un calcul analogue donne

$$V_0 = 17,5 \text{ noeuds}$$

On a donc une augmentation de la vitesse optimale avec la taille du navire.

L'UTOPIE DU CAPITAINE FRANCK ANDERSEN

---

I - La thèse du Capitaine Andersen.

Ce spécialiste de l'automatisation en Norvège estime qu'il convient de se fixer comme but de réduire à six hommes l'équipage d'un pétrolier de 100.000 t. Cet équipage serait réparti en trois quarts, chaque quart étant composé de deux hommes. Leurs fonctions seraient semblables à celles de pilotes d'avion. Cette idée est dans la ligne de l'évolution du nombre des marins à bord. Par exemple, Esso a réduit à 23 hommes les effectifs de ses pétroliers ; en Angleterre, on envisage d'embarquer 20 hommes à bord d'un 100.000 t.

Il y aura bien sûr les difficultés techniques mais on peut penser qu'il sera possible de construire un bateau prêt à recevoir six hommes seulement. En effet, on a déjà concentré la salle des machines et la passerelle à l'arrière sans que le bateau soit plus difficile à manoeuvrer. Il y a en service des pétroliers où l'appareil propulsif et l'hélice principale sont télécommandés depuis la passerelle. On se règle sur la vitesse requise et on surveille l'appareil propulsif sur un écran de télévision. La distance n'est donc pas trop grande jusqu'à un navire qui serait piloté par deux hommes depuis un cockpit.

Il faut se rappeler qu'il s'est écoulé dix ans seulement entre l'époque où un navire de 30.000 t. devait avoir un équipage de 60 hommes et celle où un navire d'un tonnage triple peut se contenter de 30 hommes.

S'il y a une panne, la situation sera moins grave que dans un avion et une équipe de réparation pourra intervenir rapidement. Il s'agit d'augmenter la fiabilité des organes du navire et les progrès de l'aviation dans ce domaine montrent que c'est possible.

Pour les manoeuvres dans les canaux et les eaux resserrées, on fera monter à bord un équipage comme à l'heure actuelle on fait monter un pilote.

Pour l'entretien, des équipes qui ne resteront pas en permanence à bord viendront à bord à intervalles réguliers, c'est en effet la permanence de l'embarquement qui est la source de difficultés de recrutement et qui coûte cher. Les constructeurs seront sans doute amenés à développer leur service après vente.

Pour la nourriture, la solution est dans le self service et les plats cuisinés surgelés que les pilotes utiliseront dans une cuisine ultra moderne.

Il faut repenser le navire pour qu'il soit simple et le débarrasser de tout ce qui ne sert pas à assurer le frêt d'un port à l'autre le plus rapidement possible. Le pont sera peut être complètement nu avec des superstructures limitées aux cabines et aux salles nécessaires. L'avant et l'arrière seront simples et sans obstruction (mats, engins de levage).

Les critiques

La position du capitaine Andersen est attaquée sur le plan de la psychologie et sur celui de l'économie.

a) Pour certains opposants, la proposition faite signifie la mort morale et matérielle du navire. Selon eux, en aucun cas, on peut comparer un bateau à un avion car le premier est plus difficile à conduire et le marin n'a pas de tour de contrôle pour le guider. De plus le métier de marin est déjà épuisant pour les nerfs, on ne peut sans grave danger augmenter encore cette tension. Il est enfin ridicule de proposer à un marin, quand il a fait son quart, de se faire cuire un morceau ou de prendre le balai.

b) D'autres font remarquer qu'il est peut être possible de tout automatiser mais à quel prix ? Les spécialistes de l'entretien et les équipages que l'on fera monter dans les moments difficiles risquent de coûter cher. Il n'est pas sûr que le bilan de l'opération soit positif.

En conclusion, les idées du Capitaine Andersen ne sont peut-être pas aussi tragiques qu'elles apparaissent à première vue mais, de l'avis même de leur auteur, elles ne verront pas de réalisation pratique avant une quinzaine d'années.