

CERCLE DE DOCUMENTATION ET D'INFORMATION

"CLUB DU TEMPS LIBRE"

Vendredi 22 Avril 1983

Mardi 26 Avril 1983

Mercredi 27 Avril 1983

Le Havre : Visites

- de la plus importante raffinerie de pétrole française,
- du port pétrolier d'Antifer,
- du port du Havre.

Les vendredi 22 avril, mardi 26 avril et mercredi 27 avril, trois cars sont partis de Garches : destination Le Havre.

Le départ a été donné à 8 heures. Vers 10 heures 30, nous sommes arrivés à la raffinerie de Pétrole à Gonfreville-l'Orcher, zone industrielle du Havre.

Là nous attendait Monsieur Mons, qui nous a guidés tout au long de la journée. Il nous fit pénétrer dans une salle de projection où il nous parla de la Compagnie Française de Raffinage, de l'Industrie du Pétrole en général et nous projeta une série de diapositives portant sur ces mêmes sujets. Nous nous sommes ensuite promenés en car et à pied à travers la raffinerie.

Vers 13 heures 30, nous sommes allés déjeuner à la Maison des gens de la mer au Havre.

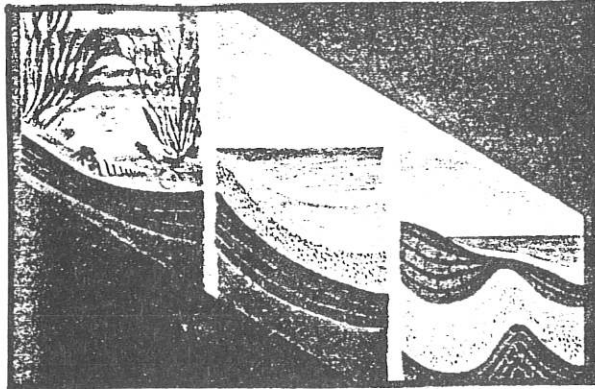
Vers 15 heures 30 nous avons rejoint le port d'Antifer où malheureusement il n'y avait pas de pétrolier. Seul le groupe du vendredi a été plus chanceux et a vu se vider de son chargement un pétrolier.

I.- LE PETROLE.-

1.- Formation.

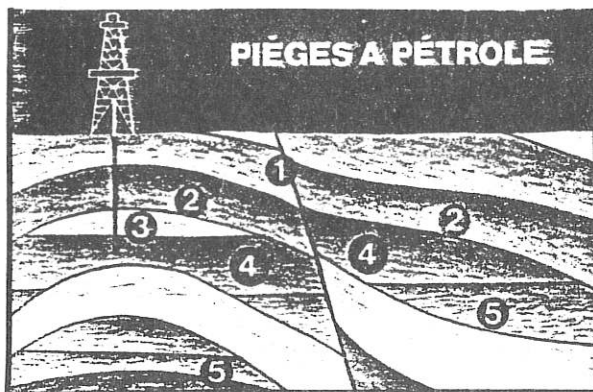
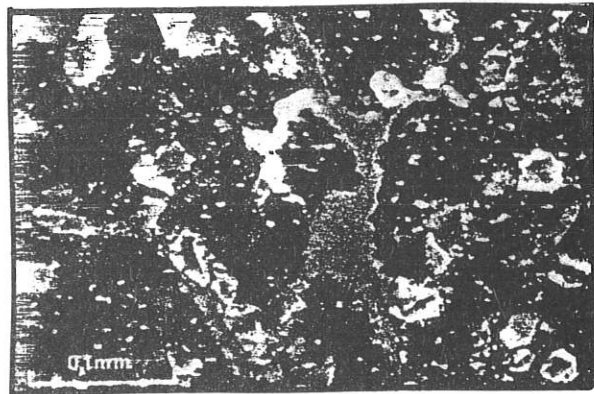
On a pu reconstituer, bien que certaines données soient encore controversées, les conditions de la genèse du pétrole. Le plancton, poussé par le courant vers des bassins côtiers, meurt et se dépose au fond avec les vases. Enfouie au fur et à mesure sous les sédiments plus récents, soumise à l'action des bactéries anaérobies, cette "gelée" de matière organique, ce proto-pétrole, évolue sous l'influence de la température et de la pression jusqu'à former, dans la roche-mère, les divers hydrocarbures qui constituent le pétrole-brut.

Le pétrole n'est généralement pas resté dans sa roche mère, car il a tendance à gagner la surface du sol en empruntant les fissures et les minuscules canaux des roches perméables. Cette migration peut le conduire jusqu'à la surface : en ce cas les produits légers qu'il contient s'évaporent, le reste s'oxyde en matières asphaltiques et il n'y aura pas formation d'un gisement. Mais si, sur sa route, le pétrole rencontre une couche de roche poreuse et perméable, surmontée d'une couche imperméable formant un "piège", alors il va s'accumuler dans cette roche-magasin et former un gisement plus ou moins important. Le pétrole n'emplit jamais des sortes de lacs souterrains, comme on a tendance encore à se le représenter quelquefois ; en réalité il imbibe toujours une roche, un peu à la manière du café dans le morceau de sucre qu'on y trempe (fig. 1).



Les hydrocarbures sont d'origine organique.

Au fur et à mesure de l'enfouissement des roches-mères dans le sol, la matière organique qui s'y trouve se transforme en pétrole sous l'effet de la chaleur et de la pression.



- ① faille ② roche imperméable
 ③ gaz ④ PÉTROLE ⑤ eau salée

Fig. 1

Les matières organiques ainsi transformées se présentent dans la nature sous 3 formes : gaz, substances solides, liquide contenant du gaz dissout (pétrole brut). Ce dernier est un liquide noirâtre plus ou moins visqueux, d'odeur caractéristique, très facilement inflammable.

2.- Les Hydrocarbures.

Le raffinage du pétrole a pour but d'obtenir des produits d'une qualité bien déterminée tels que les essences, le gas-oil, les huiles de graissage, le fuel-oil, les bitumes, etc ...

Le pétrole brut contient tout cela en puissance car il est composé presque exclusivement d'hydrocarbures, dont les deux seuls éléments constitutifs sont le carbone et l'hydrogène (fig. 2), mais qui ont des propriétés physico-chimiques, très diverses du fait que leur structure moléculaire est d'une grande variété.

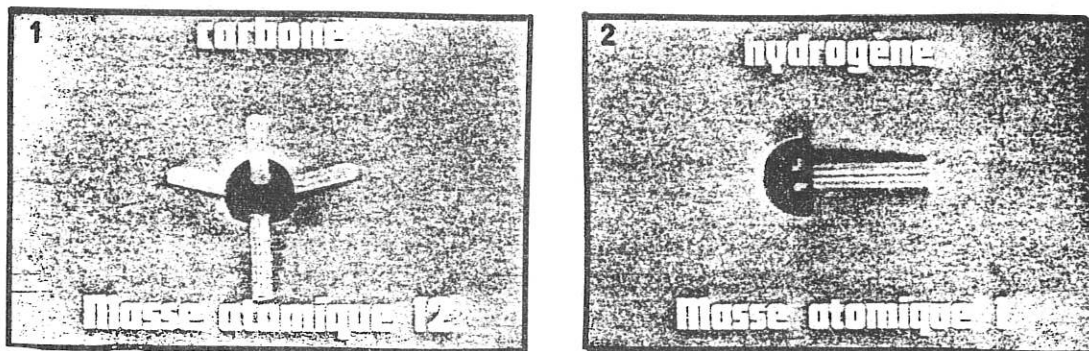


Fig. 2.- Le carbone possède 4 liaisons. L'hydrogène possède 1 liaison.

Pour constituer une molécule d'hydrocarbure, des atomes de carbone s'enchaînent par 1 ou 2, ou 3 de leurs liaisons et des atomes d'hydrogène se fixent sur les liaisons restées libres (fig. 3).

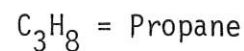
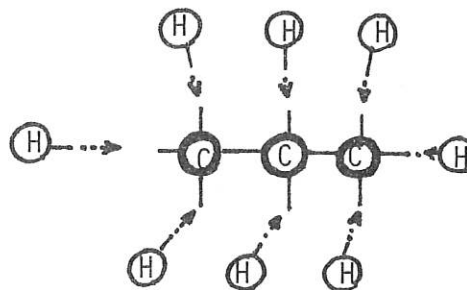


Fig. 3.

Il y a de multiples combinaisons possibles donnant d'innombrables types de molécules d'hydrocarbures.

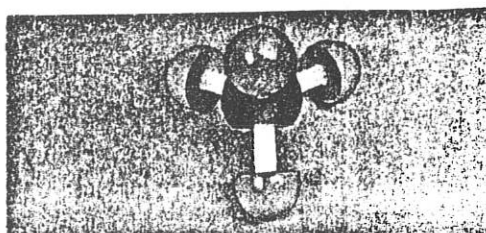
On les a classés selon deux grandes familles :

- les hydrocarbures saturés
où les atomes de carbone
n'ont qu'une liaison de
l'un à l'autre
 - les hydrocarbures non saturés
où les atomes de carbone s'u-
nissent par 2 ou 3 liaisons
- paraffiniques
→ naphténiques
→ oléfiniques
→ aromatiques

a) - Quelques exemples d'hydrocarbures paraffiniques.

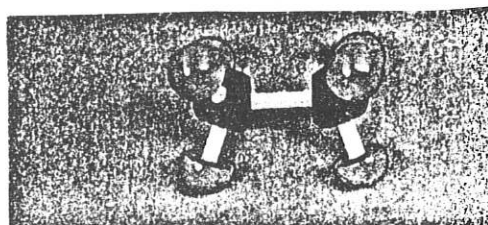
Le plus simple est le méthane
en C_1 (il ne possède qu'un atome de
carbone) (fig. 4)

Fig. 4

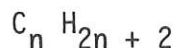


En allongeant la chaîne on
obtient l'éthane en C_2 (fig. 5)

Fig. 5



Et ainsi de suite avec le propane C_3 , le butane C_4 ,
pentane C_5 , hexane C_6 , octane C_8 ... Leur formule générale
est :



b) - Quelques exemples d'hydrocarbures naphténiques.

Le cyclopentane en C_5 , le cyclotoxane en C_6 ...

Le méthylisooctylisopenthyl-cyclohexane en C_{20} ... fig. 6)

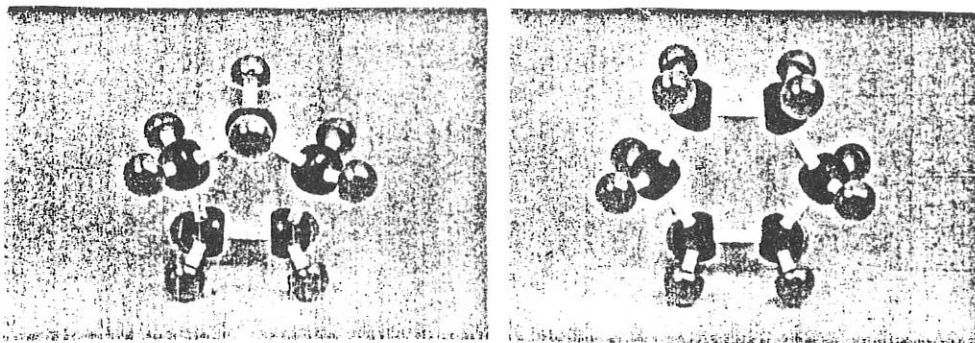


Fig. 6

c) - Quelques exemples d'hydrocarbures oléfiniques.

On peut citer l'éthylène en C_2 (fig. 7)

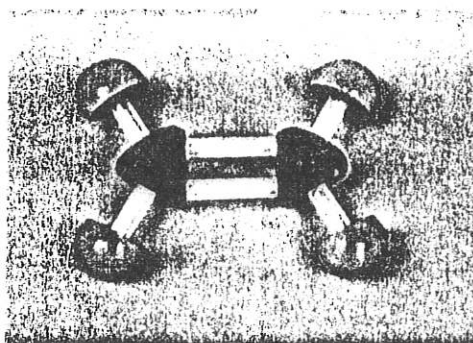
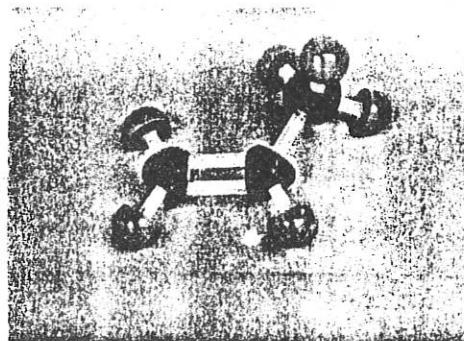


Fig. 7

le propylène en C_3 (fig. 8)

Fig. 8



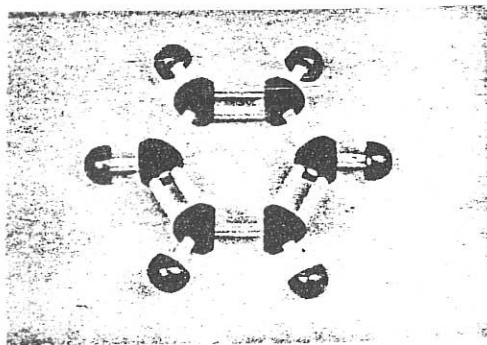
l'isobutène en C_4 , l'isooctène en C_8 ...

Leur formule générale est C_nH_{2n}

d) - Quelques exemples d'hydrocarbures aromatiques.

Le benzène en C_6 (fig. 9). La chaîne des atomes de carbone est fermée sous la forme d'un hexagone.

Fig. 9



Le toluène en C_7 , le naphthalène en C_{10} , le xylène en C_8 ...

3.- Les impuretés.

Les hydrocarbures ne sont pas tout à fait les seuls constituants du pétrole brut. Ce sont de très loin les plus importants puisque le carbone représente 83 à 87 pour cent du poids total et l'hydrogène 11 à 15 pour cent. Mais le soufre, l'azote, l'oxygène et des métaux existent dans la plupart des "bruts" sous forme de composés variés que les raffineries considèrent comme des impuretés.

II.- LE RAFFINAGE.-

1.- La distillation.

Les hydrocarbures, dont un mélange varié constitue le pétrole brut, ont tous des points d'ébullition différents et qui sont d'autant plus élevés que les molécules sont plus lourdes.

Ainsi le butane, dont la masse moléculaire* est 58 bout à $0^{\circ}C$ sous la pression atmosphérique, le xylène, dont la masse moléculaire est 106 bout à $144^{\circ}C$, le cétane dont la masse moléculaire est 226 bout à $286^{\circ}C$, etc ... C'est donc la distillation qui, dès l'origine, est apparue comme la méthode la plus simple pour fractionner le pétrole brut.

* Une molécule est un ensemble d'atomes (ici de carbone et d'hydrogène).

La masse moléculaire est la masse d'une molécule.

On commence par chauffer le brut dans un four de telle manière que toutes les fractions soient vaporisées. Vapeurs et résidus épais sont introduits dans une tour atmosphérique constituée d'étages successifs maintenus à une température différente, d'autant moins élevée qu'on s'approche du sommet.

Chacune des fractions contenues dans le mélange vaporisé se condense dès que la température s'abaisse au dessous de celle du point d'ébullition et chaque produit non encore liquéfié, passant d'un étage à l'autre par des trous sous des calottes de barbotage, peut ainsi reprendre à son tour la forme liquide et être recueilli : d'abord le diesel oil, plus haut le pétrole lampant, ensuite les essences lourdes ; vapeurs d'essence légère et gaz sont recueillis au sommet et séparés dans un "refroidisseur".

Le résidu épais, soutiré au bas de la tour, subit un traitement comparable dans une "tour sous vide" où les vapeurs se condensent à une température plus faible qu'à la pression atmosphérique : distillats à craquer, bases d'huiles lubrifiantes, fuels, bitumes (fig. 10)

2.- Le réformage catalytique ou reforming.

Le reformage catalytique procède à un réarrangement moléculaire.

Le catalyseur * est à base de platine sur support alumineux opérant sous des pressions de 15 à 39 atmosphères à 500°.

Les essences de distillation ne sont pas directement utilisables comme carburants. Par ce procédé on confère aux essences un pouvoir anti-détonant permettant d'éviter dans les moteurs une inflammation spontanée sous l'effet de la compression avant l'étincelle d'allumage. Ce pouvoir anti-détonant est mesuré entre 0 et 100 par l'indice d'octane. (fig. 11).

Le catalyseur utilisé étant très sensible au soufre, l'essence lourde avant d'être réformée ne devra plus en contenir. Elle subira donc au préalable un hydrotraitement, procédé destiné à éliminer le soufre.

Cet hydrotraitement se fait par réaction avec de l'hydrogène sous pression vers 300° en présence d'un catalyseur. L'hydrogène sulfuré (H_2S) produit est extrait puis transformé en soufre.

* Catalyseur : matière qui favorise et oriente des réactions chimiques sans subir elle-même de transformation.

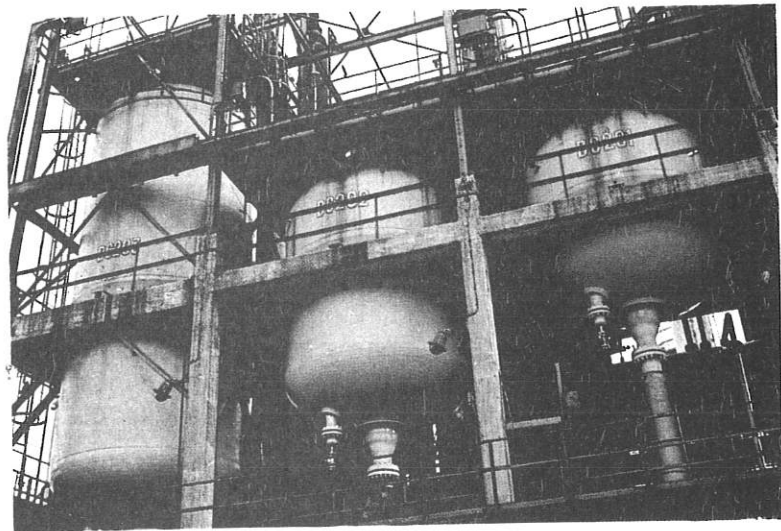
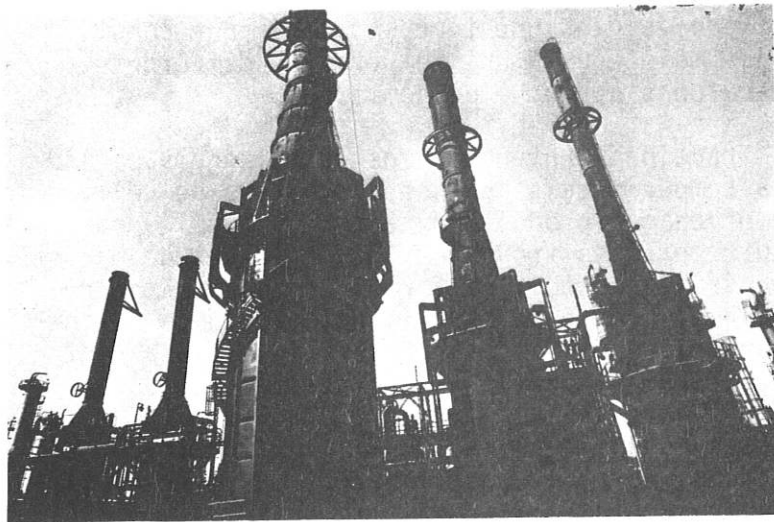


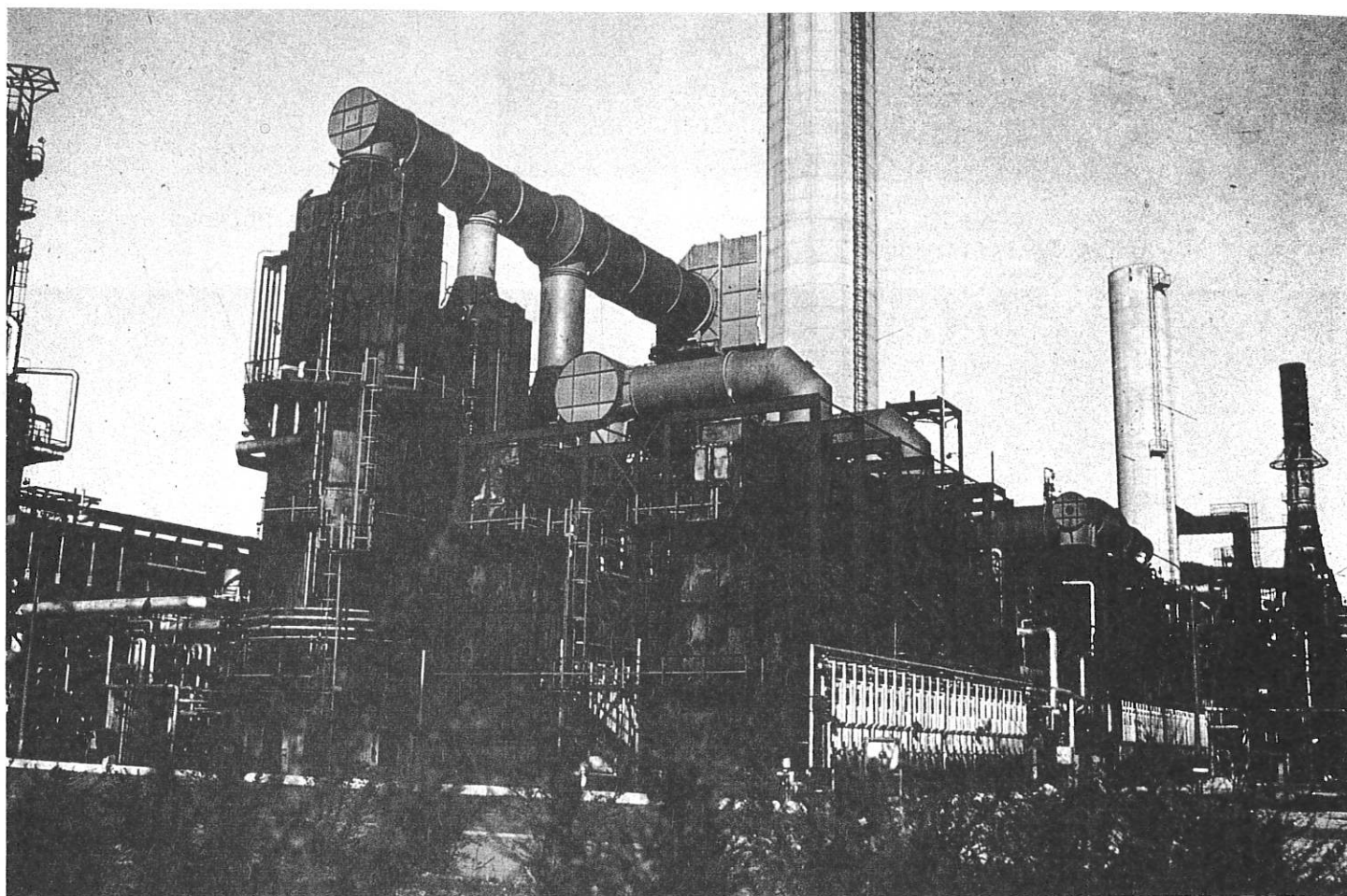
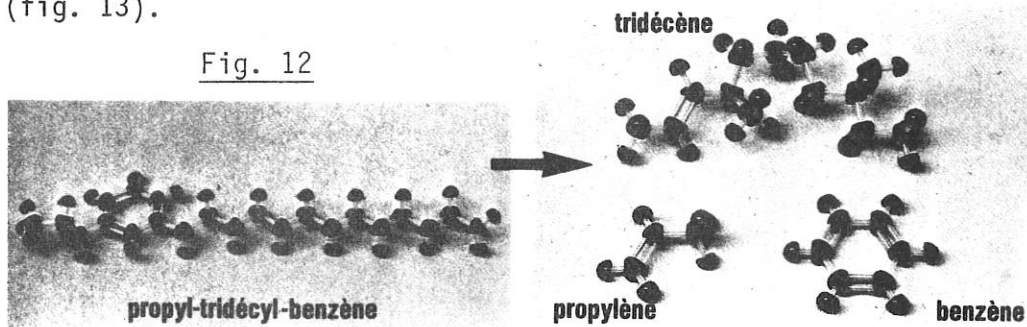
Fig. 11.- Fours et réacteurs où a lieu
le réformage

3.- Le craquage.

Si l'on ne s'en tenait qu'aux procédés de distillation en tour de fractionnement, les produits obtenus ne correspondraient pas toujours en quantité et qualité aux multiples exigences des demandes. Ainsi, l'essence, produit léger le plus demandé, n'entre que pour 20% environ dans la composition du brut, tandis que les produits plus lourds sont obtenus en abondance à la première distillation, mais en quantité parfois trop forte pour les besoins du marché. En forçant la nature, en intervenant sur les architectures moléculaires, on est arrivé à ne plus dépendre uniquement des tempéra-

tures de condensation : le craquage est un des moyens employés par le raffineur pour arracher des gaz, des essences, du gas-oil, aux grosses molécules des produits lourds. Le produit à craquer est envoyé dans un réacteur où il rencontre un catalyseur surchauffé ; à ce contact, les molécules se brisent (fig. 12), puis se recombinent ; les produits obtenus gagnent le fractionnateur où ils sont départagés. Quant au catalyseur, il va se "désintoxiquer" au régénérateur, puis il retourne au réacteur (fig. 13).

Fig. 12



Craqueur 7

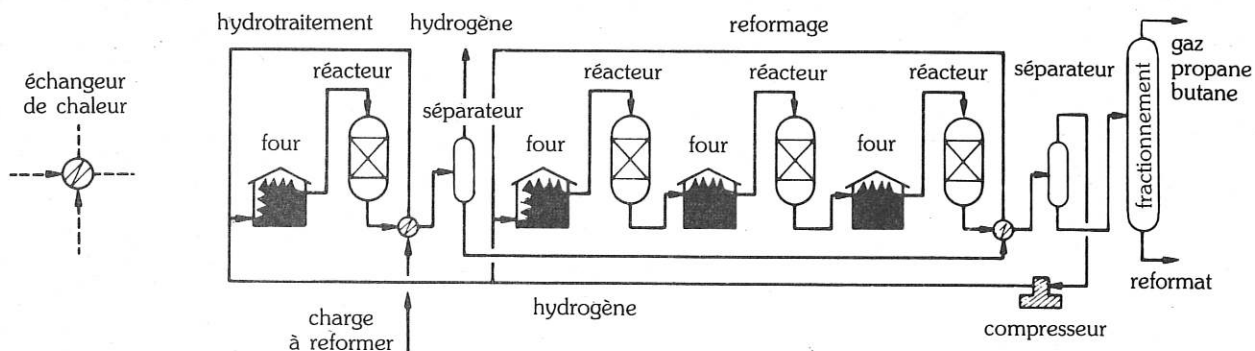


Fig. 13

4.- Les traitements finisseurs.

Ces traitements consistent à éliminer le soufre contenu dans les fractions légères issues de la distillation et non hydrogénés. Le soufre peut se présenter sous forme d'hydrogène sulfuré (H_2S) ou de composés corrosifs et nauséabonds : les mercaptans. L'hydrogène sulfuré contenu dans les gaz liquéfiés est retenu par des "tamis moléculaires" ; les mercaptans contenus dans les essences et le butane non hydrotraités sont transformés par oxydation. (procédé Merox) (fig. 14).

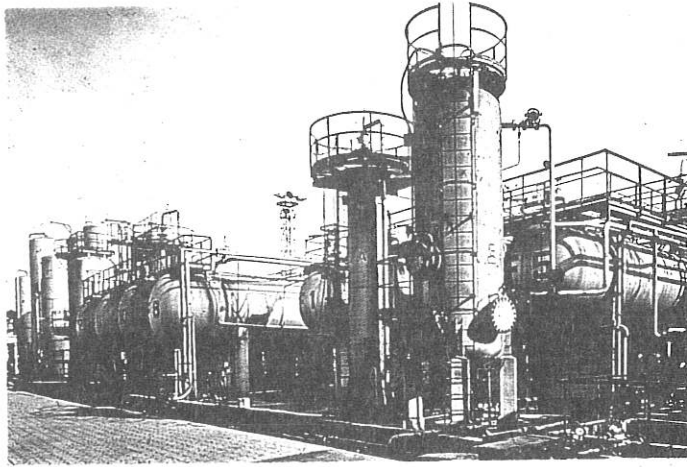


Fig. 14
Installation MEROX

Sur la figure 15 nous voyons résumé les produits obtenus après le raffinage.

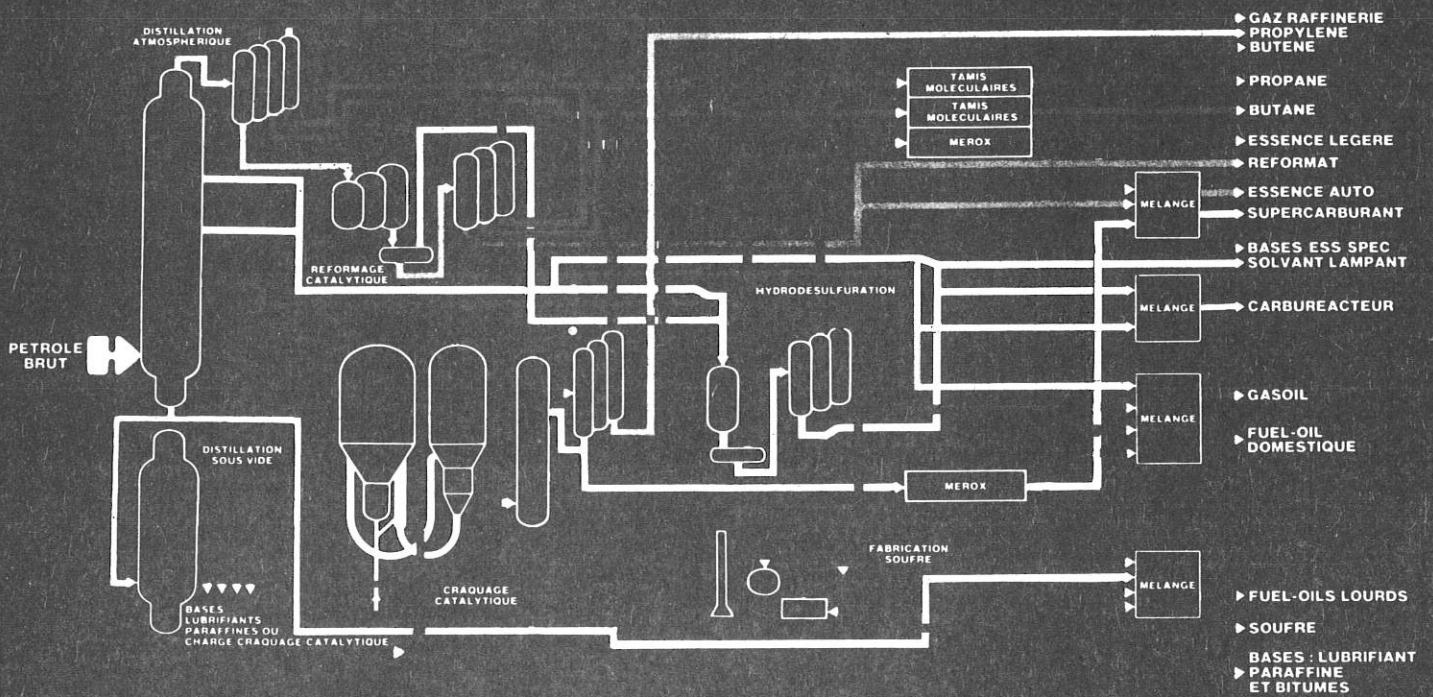


Fig. 15

III.- LA RAFFINERIE DE NORMANDIE.-

La raffinerie de Normandie fait partie de la Compagnie Française de Raffinage, elle-même filiale de la Compagnie Française des Pétroles, maison-mère du groupe TOTAL. La C.F.R. a pour vocation essentielle le raffinage et la commercialisation, sous la marque TOTAL, des produits pétroliers sur le marché intérieur français.

En 1931, la Compagnie Française de Raffinage choisit à 10 km du Havre dans la plaine alluviale de l'estuaire de la Seine, l'emplacement de la raffinerie de Normandie.

Elle s'étendait sur 126 hectares et était bâtie sur pieux.

Sa capacité annuelle de traitement était de 500 000 tonnes.



Fig. 16.- Raffinerie de Normandie

Pendant la dernière guerre le matériel fut démonté et emmené en Allemagne, le reste fut incendié.

Puis au cours des ans la raffinerie s'est développée et couvre actuellement 420 hectares sur une longueur de 4 km et une largeur d'1 km.

Elle dispose d'une partie du canal de Tancarville.

Elle possède 70 km de routes dans la raffinerie et 5000 km de tuyauteries.

	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Importations françaises	14.302.049 tonnes	12.879.274 tonnes
Traitement	14.209.000 tonnes	12.779.208 tonnes

Origine des Importations Françaises

	<u>1980</u>	<u>1981</u>
Moyen-Orient	82,3%	84,02%
Afrique	11,7%	4,86%
Mexique	2,9%	6,45%
U.R.S.S.	1,7%	0,55%
Mer du Nord	1,4%	4,12%

Capacité de traitement de la raffinerie (tonne par an)

1933	500 000	1972	23 500 000
1939	1 500 000	1974	19 500 000
1946	600 000	1975	12 300 000
1950	3 500 000	1976-1980	14 800 000
1960	6 000 000	1982	10 000 000 (incendie)
1964	10 000 000	1983	8 700 000 (prévu)
1967	14 000 000		

Organisation générale

- Direction principale,
- Division d'exploitation Ouest
- Division d'exploitation Nord
- Division d'exploitation des Huiles
- Division d'exploitation Sud
- Division d'exploitation des programmes

Expéditions des produits

Pipe-line	82%	vers ports usines Paris Tours
Wagons Citernes	5%	
Camions Citernes	7%	
Port	6%	

La Sécurité.-

44 pompiers veillent à la sécurité, 7 sont toujours présents.

Tout le personnel est formé pour la lutte contre l'incendie.

Partout sont disposés des détecteurs de gaz. Un matériel important de lutte contre l'incendie ainsi que deux héliports se trouvent dans la raffinerie.

En 4 ans il y a eu 3 explosions dont une a provoqué la mort d'un homme.

Après cette présentation, Monsieur Mons nous fait visiter la raffinerie.

Nous passons devant le poste de garde, de douane, un des héliports, le matériel de sécurité (4 autopompes, une plate-forme élévatrice, camions citernes ...).

La raffinerie est déserte, car tout est tellement automatisé qu'il y a seulement quelques hommes devant des cadrans de contrôle.

A notre droite une tour de distillation sous vide, premier maillon du traitement des huiles. On fabrique ici 70 huiles, mais la capacité est de 350.

Partout des chemins de canalisations. Toutes les tuyauteries ont été relevées dans des caniveaux bétonnés, alors qu'elles étaient auparavant enterrées.

Y maintenir la chaleur et le contrôle était difficile et coûtait très cher.

Tous les tuyaux sont numérotés.

Nous passons devant d'innombrables autres tours, tuyaux ...

Nous sommes dans une période de travaux d'entretien.

Une partie des unités est arrêtée. Tous les ans, elles sont stoppées afin de changer le matériel déficient.

La consommation d'eau de la raffinerie correspond actuellement à celle d'une ville de 400 000 habitants.

Tout est réglé par des ordinateurs.

Après une courte promenade à pied, nous regagnons le car et nous nous dirigeons vers la maison des Gens de la mer pour déjeuner.

En fait, de la raffinerie nous n'avons vu que des tours, et surtout des tuyaux, des vannes, des pompes, des fours, etc ...

La seule chose qu'on ne voit jamais, c'est le pétrole lui-même.

Pour parvenir au restaurant nous passons devant les nouveaux bassins où accostent les plus gros navires porte conteneurs que le Havre reçoit, l'écluse François 1er, la plus grande du monde.

Le trafic des conteneurs est passé de 50 000 en 1965 à 627 000 en 1981.

On aperçoit au loin, le début du port pétrolier du Havre qui s'étend sur 4 km. Le Havre alimente 7 raffineries (Shell, BP, Elf, CFR, Mobil, Esso, Total).

Devant nous la grande centrale E.D.F., des chantiers de construction navale ...

Nous traversons le quartier St François. Le Havre a presque totalement été détruit lors de la deuxième guerre mondiale. Aussi c'est actuellement une ville de béton. Seuls subsistent l'église et le musée.

15 heures 30, nous partons vers le port d'Antifer. Nous passons devant "le pot de yaourt" (maison de la culture construite par Niemeyer, l'architecte de Brasilia), devant la plage ...

Nous montons vers Sainte Adresse qui fut la capitale de la Belgique entre 1914 et 1918.

Le port d'Antifer a été envisagé en 1964-1965, période où l'on commençait à construire des pétroliers de plus en plus gros. Après des études géologiques, on s'est aperçu que dans la zone entre le Havre et Dunkerque, cet endroit est le seul où les fonds atteignent 25m aux plus basses mers et 31,32m aux plus hautes permettant donc l'accès aux superpétroliers. De plus les courants sont parallèles à la côte ce qui favorise les manoeuvres.

Le 18 novembre 1975, le port pétrolier était opérationnel, mais les remorqueurs du Havre ne voulurent pas porter assistance aux pétroliers d'Antifer, sans toucher une prime de haute mer. Les discussions aboutirent en février 1976.

En juin 1976, le port a été baptisé (Antifer est le nom d'un cap proche du port), en même temps qu'un superpétrolier français "le Batilus" faisant un tonnage de 530 000 tonnes. Actuellement ce bateau est en attente technique dans le golf Persique où il sert de réservoir. Un autre qui naviguait pour Elf a pris le chemin des Fjords norvégiens, son frère jumeau est désarmé dans la région de Brest.

Les superpétroliers débarquent leur pétrole dans des bacs relais à toits flottants que nous pouvons voir et qui mesurent 100m de diamètre et 23m de haut.

La pomperie est protégée par des roches naturelles apportées de la région de Boulogne et par des blocs artificiels.

La digue fait 200m de large à la base, 26m au sommet, 37m de hauteur, 3,512 km de longueur. Elle est protégée par des blocs de 12,24 et 30 tonnes. La construction du port a coûté 900 millions de francs.

Le commandant de port et deux officiers sont en permanence à Antifer pour commander les manoeuvres et en contrôler le chenal.

Les pétroliers qui arrivent sont gardés par un hélicoptère. Il y a 2 pilotes par pétrolier, un à babord, l'autre à tribord. Il faut 2 heures pour que le pétrolier accoste à partir du moment où il est pris en charge par le remorqueur.

Vers 17 heures 30 nous quittons Antifer pour regagner Garches.