

# Logistique du transport pétrolière



Dr. Abdellaoui Wassila

Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Faculté de technologie

Département de génie électrique et électronique

Email : [abdellaouiwgp@gmail.com](mailto:abdellaouiwgp@gmail.com)

# Table des matières



<b>I - Chapitre 2 : Transport dans CPP</b>	<b>3</b>
1. Mode du transport pétrolière .....	3
1.1. Camions citernes .....	3
1.2. Navires pétrolières : .....	3
1.3. Pipeline .....	6
2. Défis d'utilisation de pipeline multi-produits dans les compagnies pétrolière .....	9
2.1. Transport par pipeline multi-produits .....	10
2.2. Développement d'ordonnancement du pipeline multiproduits .....	12
3. Exercice 3 .....	13
<b>Abréviations</b>	<b>15</b>
<b>Références</b>	<b>16</b>

# Chapitre 2 : Transport dans CPP

I

## 1. Mode du transport pétrolière

Dans la logistique de CPP\*, le problème du transport s'apparaît dès que l'extraction de pétrole brut jusqu'aux raffineries puis vers les centres de stockage et de distribution localisés à des endroits proches des marchés locaux des consommateurs. Parmi l'une de plus importante caractéristique de CPP est que les zones de gisements de pétrole, de productions, de raffinage et de consommations sont situées dans des régions assez éloignées entre eux, ce qui rend, le **transport** une **étape cruciale** dans le **bon fonctionnement de processus de CPP** pour assurer la **satisfaction des clients** finaux en matière du **temps** et de **qualité**.

La liaison entre les différents secteurs de la chaîne, aussi les différents éléments de chaque segment et un point vital nécessitent une **infrastructure de transport adaptable** avec la **caractéristique des produits transportés** et le **type de distance parcourue**.

Dans cette chapitre nous avons voire les différentes modes du transport pétrolière, le pipeline multiproduits et le défis d'utilisation de technologie du transport MPP dans les compagnies pétrolières.

### 1.1. Camions citernes

Ils représente un moyen rationnel, rentable et flexible de livrer les carburants des centres de stockage vers les stations-service, peut être aussi utilisé pour transporter de pétrole brut des champs pétrolières aux raffineries lorsque aucun autre moyen de transport n'est disponible.

Parfois la citerne de camion est divisée, ce qui permet de transporter plusieurs produits en même temps.

Le major inconvénient de ce mode de transport de pétrole est le plus limité en matière de capacité de stockage, ce qui en même temps représente un point positif où il y a peu de pertes en cas de fuites de produits.

La capacité typique de citerne d'essence varie entre 15 et 35 m<sup>3</sup>.

### 1.2. Navires pétrolières :

#### Définition

- Les navires pétrolières (en anglais 'oil tankers' ou 'supertankers') sont des moyennes de transport maritime international des grands volumes de pétrole.
- Le **type des produits** transportés ( pétrole brut ou finis) et La **capacité de navire pétrolier** sont les **principaux facteurs** qui détermine le **nom de navire**.

Fig. 2.1 représente les différents navires de pétrole.

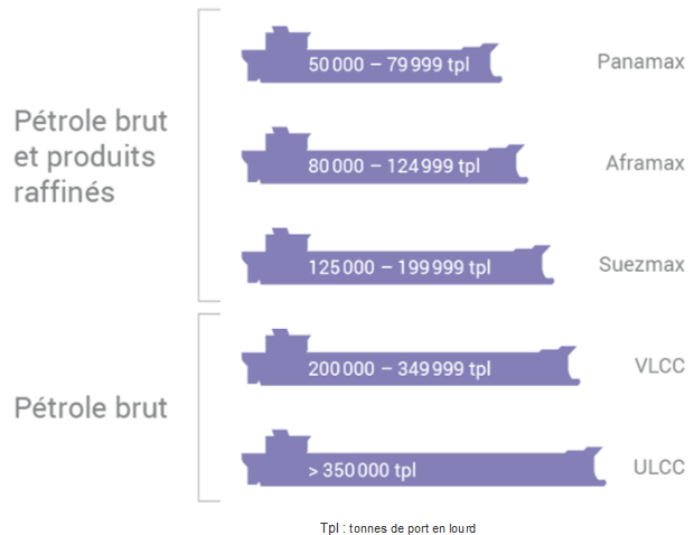


Fig. 2.1 Les types des navires de pétrole

### Complément

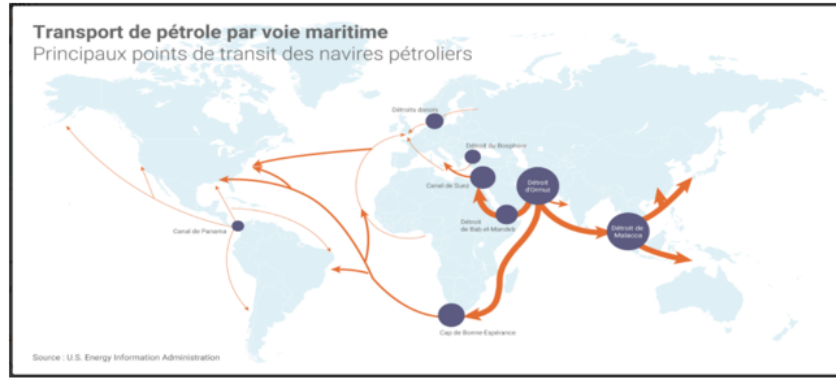
**Transport** par voie **maritime** assure principalement une **liaison** entre les pays **exportateurs** de **pétrole brut** et **différents consommateurs** dans le monde pour le **traiter** dans leurs **raffineries**. Dès qu'il n'y a pas des possibilités d'installer de réseau de pipeline dû à localisation géographique ou politique, ce mode est utilisé.

En point de vue de **sécurité environnementale** et d'**approvisionnement**, il est **moins faible**. cela est due à plusieurs raisons parmi lesquelles : Les risques nautiques, chavirage, collision, les déformations des citernes, l'explosion, La piraterie et les conditions météorologiques mener à ne pas livrer au bon moment. D'autre part, les capacités des navires pétroliers sont assez élevées. Les déversements de pétrole se répandent largement dans les écosystèmes marins et il est plus catastrophique que dans l'environnement terrestre. Dans ces situations, les compagnies pétrolières paient des amendes et des frais d'enlèvement et de nettoyage du pétrole.

Les passages stratégiques d'approvisionnement de pétrole par voie maritime

- **En Afrique** : le détroit de Bab El-Mandeb qui associe la mer Rouge au golfe d'Aden et le canal de Suez.
- **En Amérique** : le canal de Panama.
- **Au Moyen-Orient et en Asie** : le détroit d'Ormuz dans le golfe Persique, représente un point noir de trafic de pétrole au monde. Le détroit de Malacca entre Singapour et l'Indonésie alimente les pays de l'Asie : Chine, Corée du Sud, Japon et Inde.
- **En Europe**: le détroit du Bosphore entre la mer Noire et la Méditerranée qui est utilisée pour transporter le pétrole originaire de la mer Caspienne ou de Russie.

La *figure* (cf. p.4) suivante montre les points stratégiques de transit des navires pétroliers dans le monde.



*Fig.2.2 Passages stratégiques de pétrole par voie maritime*



## 1.3. Pipeline

### 1.3.1. Définition du pipeline

Le transport par **pipeline** ou on dit **canalisation** c'est un système industriel qui comprend principalement des gros tubes de diamètre varient de 42" à 66 " , des vannes, des stations de pompage et de compressions.

Les pipelines utilisés dans la chaîne d'approvisionnement pétrolier s'appellent les **oléoducs** ou **gazoducs** pour le gaz.

Géographiquement, politiquement et économiquement le **pipeline** est le mode du **transport** le plus **préférable** dans le transport **terrestre**.

Les caractéristiques principales d'une canalisation sont

- Diamètre,
  - Le type d'acier utilisé,
  - Capacité maximale de transport,
  - La pression de service,
  - L'épaisseur,
- Le mode de pose (aérien ou souterrain) (voir Fig.2.3 (cf. p.6) )



Fig.2.3 Type de mode de pose de pipeline

### 1.3.2. Fonctionnements de pipeline

Au sein de CPP, l'acheminement de pétrole brut des zones des productions vers les raffineries ensuite la distribution des produits pétroliers raffinés vers les centres de stockage localisés proche des marchés locaux de consommateurs, est assuré principalement par les pipelines.

La circulation de pétrole à l'intérieur de canalisation est faite à l'aide d'une station de pompage, son rôle est de comprimer les produits pétroliers et de l'élever à une certaine pression qui peut s'atteindre près de 70 bars. Le frottement de pétrole avec les parois de pipeline détermine cette pression, pour ça chaque 60 à 100 km une station de pompage est située en surface pour maintenir la pression.

Le nombre et la puissance de station dépendent de propriétés chimiques des produits pétroliers transportés tel que la densité, la viscosité et la température d'écoulement, ainsi que topographique géographique de terrain où se trouve le pipeline.

Selon la fonctionnalité économique de canalisation, on peut sélectionner deux grands types de réseaux de pipelines :

1. **Les réseaux de pipeline dans les grands pays producteurs & consommateurs** ( exemple des États-Unis et de l'ex-U.R.S.S ). La fonction principale de ces réseaux est de relier les gisements de pétrole aux raffineries.

2. **Les réseaux de pipelines dans les grands pays producteurs & exportateurs** sa mission est de transporter le pétrole brut de champs de gisements jusqu'aux terminaux de chargement ( navires pétroliers). Le plus connu pays dans cet axe est Alaska, l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient.

### Remarque

- Le **pipeline Druzhba**, qui traverse huit pays : la Russie, l'Ukraine, la Pologne, l'Allemagne, la République tchèque, la Hongrie et la Slovaquie, est le **plus long** pipeline du monde (5 327 km). Il sert à **transporter le pétrole brut**.
- En ce qui concerne la canalisation des transports des **produits pétroliers** le **plus long** est installé aux **États-Unis** (5327 km), reliant Bâton-Rouge à Greensboro.
- Au **moyen-orient**, il existe un réseau de canalisations de **débit le plus important au monde** qu'est peut s'atteindre 120 mt/an tel que le réseau de pipeline de Suez-Méditerranée (Sumed).

### 1.3.3. Avantage de transport par pipeline

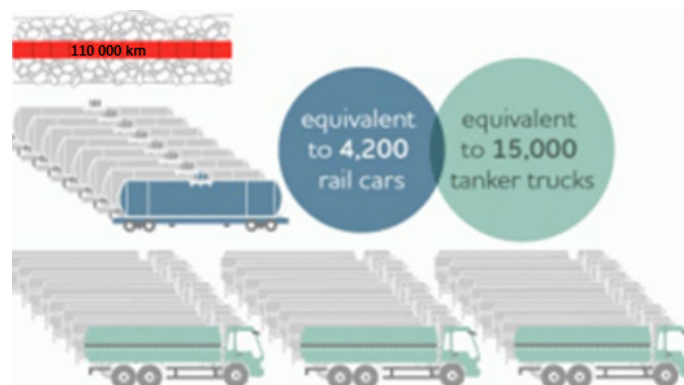
Les compagnies pétrolières préfèrent de transporter leurs produits par pipelines pour plusieurs raisons parmi eux :

- **En matière de coût** : le pipeline est le mode de transport le moins coûteux dans le transport des **grandes quantités** en **moyenne** et **longue distance** ( voir le tableau ci-dessous).

Mode	coût (10*100)
Pipeline	[1.8,2.1]
Train (2000 tonnes)	2.7
Camion (38 tonnes)	4.1

En réseau de canalisation, la consommation d'énergie est limitée à celle de mouvement des produits transportés où les produits circulaient ne sans pas besoin des conducteurs, wagon ou des camions. L'acheminement de produits est contrôlé automatiquement et ne nécessite pas d'opération de manutention.

Un pipeline de longueur de 110 000 km est équivalent presque de 15 000 camions-citernes ou 4 200 wagons ( **CEPA, 2016**, voir Fig.2.4). Ce dernier avantage de capacité de pipeline, Il nous aide à éviter une consommation excessive de carburants.



FigFig.2.2 Exemple de comparaison de mode de transport des carburants

- Il assure un moyen d'**approvisionnement direct** entre les zones des productions et de raffinage ensuite d raffineries vers les villes des consommateurs. Selon [9]<sup>\*</sup> les clients de pétrole brut et des produits pétroliers finis reçoivent leurs demandes transportées par pipeline par un pourcentage de 99.99%. Il permet de travail 7 jr/24h dans les quatre saisons. Les tubes de canalisation sont enterrés et la distance entre les stations de pompage est de plusieurs dizaines de kilomètres, ce que diminuaient les risques routiers, rend le fonctionnement de pipeline silencieux et fiable.
- **En matière de sécurité humanitaire et environnementale**, les risques générés par pipeline sont extrêmement faibles. Il ne dégage pas de carbones qui influe négativement sur la qualité d'aire. De plus, les canalisations traversent des zones moins peuplées, ce qui rend les conséquences des accidents beaucoup moins catastrophiques pour les zones touchées. Fréquemment, le pipeline est inspecté et contrôlé afin de détecter les fuites et défaillance métallurgique.



## 2. Défis d'utilisation de pipeline multi-produits dans les compagnies pétrolière

## 2.1. Transport par pipeline multi-produits

### 2.1.1. Définition et fonctionnement de pipeline multiproduits

Le besoin croissant des consommateurs des produits pétroliers a poussé les compagnies pétrolières à trouver des techniques tel que l'utilisation de transport multiproduits par pipeline qui permet d'atteindre mieux les demandes clients. Principalement, ce système est trouvé dans la partie en aval de la chaîne d'approvisionnement pétrolière entre les raffineries et les centres de stockage et distribution, il permet de transporter dans la même ligne différentes familles et qualités d'hydrocarbures exemple essences, gasoil, carburacteur, fioul domestique, naphta.

L'ajout de l'option multiproduits dans le transport des hydrocarbures par pipelines permet de servir différents clients dans différents endroits en même temps, réduisant ainsi le coût du transport individuel pour chaque produit et assurant la satisfaction des clients au bon moment.

La technique de batching est utilisée pour injecter différent lot de produits séquentiellement dans un ordre bien défini de la raffinerie vers plusieurs centres localisés le long du pipeline. Cette technique permet d'améliorer la flexibilité et optimiser l'exploitation de pipeline.

### 2.1.2. Gestion des interfaces

#### *Technique de batching*

Les batches des différents produits sont circulés dans le pipeline sans aucune séparation physique, qui conduit à un certain mélange entre les limites de chaque deux lots consécutifs. Interface /contaminât sont les noms les plus populaire de ces zones de mélange (Fig.2.5). Ces pertes d'interface provoquent des grands problèmes d'exploitation.

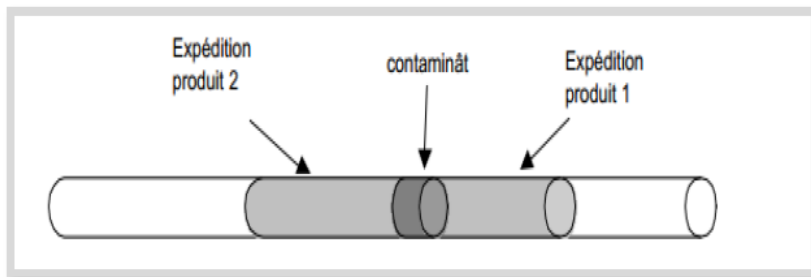


Fig.2.5 Contaminât résulte entre deux batches produites

La **structure physique de pipeline**, le **débit d'injection** des batches, la distance parcourue, la **topographie** et les **types de produits adjacents** sont les principaux paramètres qui **affectent le volume d'interface**.

La bonne **localisation** des **produits dans les batches** de séquence de pompage permet de **diminuer le volume d'interface** et **éviter la pire dégradation de qualité des produits**.

#### Remarque

Généralement dans le système de pipeline, les contaminâtes sont réceptionnés uniquement par le dernier dépôt où il y a des réservoirs spéciaux pour le stocker. Les mélanges compatibles qui résultent entre les mêmes types des produits, qualités différentes. Ces derniers sont injectés dans l'un des réservoirs de produits purs près de lui en termes de caractéristiques chimiques. Lorsque l'injection est impossible, les interfaces sont retournées aux raffineries pour le retraité dans un processus spéciales.

### ✂ Méthode : Calcul de longueur d'interface

Le formulaire général de calcul longueur de contaminât est la suivante

$$I = KL^n$$

Avec

**I**: Longueur de l'interface (Contaminât), [m] ;

**L** : Longueur totale de la conduite, [m] ;

**K** et **n** : Constantes dépendant de la nature des produits pompés.

#### 2.1.3. Structure de réseau pipeline multi-produits

La forme de pipeline, direction de flux d'acheminement des produits, le nombre des raffineries et dépôts sont les éléments qui déterminent la structure de système, on peut le regrouper en deux groupes.

##### a) Pipelines droits unidirectionnels / bi-directionnels multi-produits :

Dans ce système, il y a un seul pipeline droit relie une ou plusieurs raffineries à des dépôts (voire Fig.2.6). Les produits circulent à l'intérieur de pipeline dans un seul sens de gauche à droite s'appelant des pipelines unidirectionnels. Si le flux des produits est en deux sens (raffinerie- dépôts- raffinerie) on dit un système de pipeline bidirectionnel ou le dépôt peut à la fois recevoir et envoyer vers et depuis le pipeline.

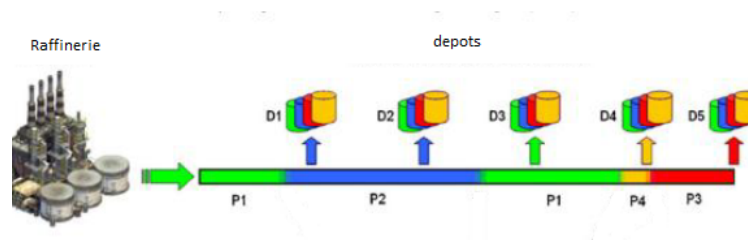


Fig.2.6 Exemple d'un pipeline droit unidirectionnel

##### b) Réseau des pipelines multi-produits

Le système contient plus d'un pipeline où ils prendra la forme d'un arbre, dans chaque branche qui s'appelle segment se localise un dépôt de réception et parfois une source d'injection (Fig.2.7 (cf. p.11)).

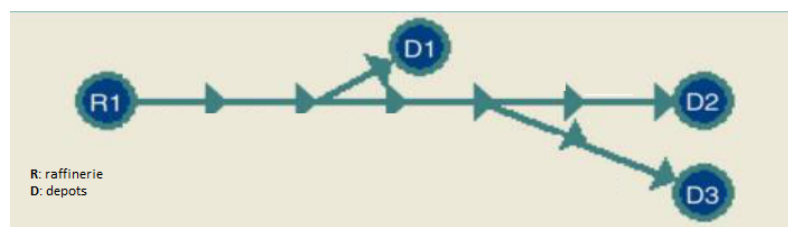


Fig.2.7 Exemple d'un réseau de pipelines

## 2.2. Développement d'ordonnement du pipeline multiproduits

### 2.2.1. Challenge de compagnies pétrolières

Au niveau des compagnies pétrolières, la plupart des opérations de planification et d'ordonnement du système de pipeline multiproduit sont décidées par les responsables des opérations sur la base de leurs expériences, archive, et sur la base de calculs ad hoc. Par conséquent, l'optimalité des plans obtenus n'est pas assurée ce qui peut conduire à des coûts d'exploitation beaucoup plus élevés [10\* -11\*].

Cela motive les chercheurs à développer des techniques d'optimisation et des outils de calcul permettant d'améliorer le processus et de bien gérer ces ressources qui conduisent à une augmentation du profit. Dans ce contexte, l'utilisation d'outils d'optimisation est cruciale puisque ceux-ci peuvent fournir des procédures systématiques pour obtenir des solutions réalisables de haute qualité.

En outre, les problèmes d'ordonnement du pipeline multi-produit sont classés parmi les trois problèmes d'ordonnement qu'ont reçu une attention particulière des chercheurs au cours des deux dernières décennies. Ils sont classés en troisième position après l'ordonnement à court terme des problèmes de traitements par lots et le problème de tournée de véhicules[12\*].

Tout ça, a motivé les compagnies pétrolières a utilisés des outils d'aide de décision à base des techniques d'optimisation pour présenter des plans d'ordonnements optimal et réalisable pour le système du transport multiproduits par pipeline.

### 3. Exercice 3

Exercice : Exercice 3\_1

La capacité de stockage est très limitée.

Géographiquement, politiquement et économiquement c'est est le mode du transport le plus préférable.

En point de vue de sécurité environnementale et d'approvisionnement, il est moins faible.

Il est utilisé pour transporté le pétrole brute de champs vers la raffinerie brute lorsque aucun mode disponible.

Dans le CPP, il y'a les oléoducs et gazoducs.

Le type de produit et la capacité du transport sont les principaux facteurs qui détermine le nom de mode du transport.

Système industriel qui comprend: des gros tubes , des vannes, des stations de pompage et de compressions.

Moyen flexible, rentable et rationnel de distribuer les carburants des dépôts vers les stations-service.

Moyenne de transport international entre les pays exportateurs et consommateurs.

Camions citernes	Navires pétrolière	Pipelines

## Exercice : Exercice 3\_2

Le pipeline multi-produits :

- Permet du [ ] dans la [ ] ligne différentes [ ] et [ ] d'hydrocarbures.
- Généralement, ce système est trouvé dans la partie en [ ] de CPP.
- Permet de servir [ ] dans différents [ ] en [ ] temps, [ ] ainsi le coût du [ ] pour chaque produit et assurant [ ] des clients au [ ] .
- la technique de [ ] est utilisée pour [ ] différent lot de produits [ ] dans un [ ] bien défini de la source vers plusieurs [ ] localisés le long du pipeline.

## Exercice : Exercice 3\_3

Quel est le challenge de l'industrie pétrolière dans le secteur de CAA ?

# Abréviations



**CPP** : Chaine d'approvisionnement pétrolière



# Références



- [10] R. Barzin, J. J. Chen, B. R. Young, and M. M. Farid, “Peak load shifting with energy storage and price-based control system,” *Energy*, vol. 92, pp. 505–514, 2015.
- [11] S. Mitra, L. Sun, and I. E. Grossmann, “Optimal scheduling of industrial combined heat and power plants under time-sensitive electricity prices,” *Energy*, vol. 54, pp. 194–211, 2013.
- [12] M. E. Coccola, V. G. Cafaro, C. A. Mendez, and D. C. Cafaro, “Enhancing the general precedence approach for industrial scheduling problems with sequence-dependent issues,” *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 53, no. 44, pp. 17 092–17 097, 2014
- [9] A. Leibel, C. Seagram, C. McMann, M. McLellan, H. Oliveira, T. Sava-liya, and K. Bhandal, “Transportation of oil and gas