

Université Mohamed khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et d'Hydraulique
Référence :...../ 2018

جامعة محمد خيضر - بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية و الري
المرجع:...../ 2018



Mémoire de Master
Spécialité : Hydraulique
Option : Ouvrage Hydraulique

Thème :

**Vérification des épaisseurs du transfert
 $\phi 34$ " HEH - SKIKDA "**

Etudiant:

MEREDDEF Hamza

Encadreurs:

• Pr . BOUZIANE Med Toufik

Promotion: Juin 2018

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercions Dieu Tout Puissant, Pour toute la puissance qu'il nous a donné pour réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons notre plus vif remerciement à notre encadreur T. BOUZIANE qui nous a aimablement orienté et assidûment dirigé notre travail.

Nous présentons aussi nos sincères remerciements au président du jury et le membre du jury examinateur qui ont l'honneur de participer au jury de ce travail.

Et enfin nous remercions l'ensemble, des enseignants et collègues de notre promotion, qui nous Ont aidés à réaliser ce modeste travail.

Hamza



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*En premier lieu à ma mère et à mon père qui ont
Consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de
Réaliser mes objectifs et Qu'ils trouvent ici toute ma
Reconnaissance et ma gratitude.*

A mes frères Chaouki et Ahmed et mes sœurs Sonia et Afaf et Raouia

A mon frère Oussama

A tous mes camarades et mes amis

Salah et Yazid et Ilyes et Saber et Saïd et Sifeddine et Rami

A tous mes enseignants

Merci beaucoup.

Hamza

Résumé :

La demande internationale en pétrole augmente jour après jour. Alors, il est nécessaire d'augmenter le débit de ses approvisionnements tout en augmentant la pression de fonctionnement ou l'augmentation du réseau de pipelines. Ceci est considéré comme très coûteux en raison des projets énormes et des problèmes géopolitiques qui peuvent être rencontrés. Ainsi, l'augmentation de la résistance de la conduite devient une nécessité. Par conséquent, l'épaisseur du tube doit être augmentée et ses caractéristiques mécaniques et chimiques doivent être améliorées, en prenant en considération les différents problèmes auxquels font face ces tubes tels que la corrosion qui participe en grande partie à la diminution de la pression maximale, à laquelle peut résister le tuyau.

Mots clés : Tubes en acier, Station de pompage, Corrosion, Pression interne, Pertes de charge.

ملخص:

يزداد الطلب العالمي على النفط يوماً بعد يوم. لذا، من الضروري زيادة تدفق إمداداتها مع زيادة ضغط التشغيل أو زيادة شبكة خطوط الأنابيب. يعتبر هذا مكلفاً جداً بسبب المشاريع الضخمة والقضايا الجيوسياسية التي قد تواجهها. وبالتالي، فإن زيادة مقاومة الأنابيب تصبح ضرورة. وبالتالي، يجب زيادة سماكة الأنابيب، ويجب تحسين خصائصه الميكانيكية والكيميائية، مع الأخذ في الاعتبار المشاكل المختلفة التي تواجه هذه الأنابيب، مثل التآكل، والذي يساهم إلى حد كبير في الحد من أقصى قدر من الضغط.

الكلمات المفتاحية: أنابيب الصلب، محطة الضخ، التآكل، الضغط الداخلي، ضياع حمولة.

Listes de tableaux :

Némuro de tableau	la signification de tableau	Page
Tab. (1)	Caractéristiques du pétrole brut	4
Tab. (2)	Nomenclature des aciers	7
Tab. (3)	Normalisation selon le type du matériau	8
Tab. (4)	Caractéristique d'une conduite - Conduite : SP ₁ – SP ₂	33
Tab. (5)	Caractéristique d'une conduite - Conduite : SP ₃ – SP ₄	34
Tab. (6)	Caractéristique d'une conduite - Conduite : SP ₄ – SKIKDA	35
Tab. (7)	Caractéristique d'une conduite - Conduite : SP ₂ – SP ₃	36
Tab. (8)	les catégories et les zones	43
Tab. (9)	Répartition des épaisseurs	44 - 47
Tab. (10)	Réparation des épaisseurs selon normalisation	47 - 48

Listes de figures :

Némuro de figure	la signification de figure	Page
Fig. (1)	Triangle des vitesses à la sortie et à l'entrée de la roue	26
Fig. (2)	Triangle des vitesses à l'entrée de la roue	28
Fig. (3)	Triangle des vitesses à la sortie de la roue	29
Fig. (4)	Topographie HEH/SKIKDA	38
Fig. (5)	Schématisation du cycle de chargement et de la géométrie.	39
Fig. (6)	Types du soudures par machine des tubes	40
Fig. (7)	Le schéma de corps libre de la moitié	41
Fig. (8)	la pression au sol Cote piézométrique	42
Fig. (9)	Epaisseurs HEH / SKIKDA	53

Données du projet

Profil en long de HAOUD EL HAMRA à SKIKDA condition de service du pipeline :

Débit : $Q = 4734 \text{ m}^3/\text{h}$

Caractéristique du profil brut :

Poids spécifique à 15°C	0,825	kg/dm ³
Viscosité à 20°C	3,928	Cst
Viscosité à 37,8 °C	2,716	Cst
Viscosité à la température minimal de transport (10°C)	5,100	Cst
Diamètre extérieure de la conduite	34"	
Caractéristique des tuyaux employés (soudés en spiral longitudinalement)		
Rugosité moyenne	45,72	10 ⁶ m
Pression du pétrole brut an aval de la station	72	bars
Charge d'alimentation des stations	50	m
Résistivité moyen du sol		
Du Pk 300 au Pk 403,5	40	m
Du PK 403,5 au PK 516,62	100	m
Du PK 516,62 au PK 637,54	26	m
Accélération de la pesanteur	9,81	m/s ²

Notation

D_{ex} = diamètre extérieure de la conduit	[m]
D_i = diamètre intérieure de la conduit	[m]
Q = Débit de pétrole brute à véhiculer	[m ³ /h]
V = Vitesse d'écoulement de pétrole brute	[m/s]
PK = Point kilométrique	[km]
e = épaisseur	[m]
H_{ins} = Charge à installer	[m]
H_f = Perte de charge linéaire	[mce]
H_l = Perte de charge locale dans la conduit	[mce]
L_e = Longueur du point de départ jusqu'à point de control	[km]
R_e = Nombre de Reynolds	[]
H_g = Hauteur géométrique	[m]
T_t = Masse volumique à la température	[kg/m ³]
T_{to} = Masse volumique à la température connue (15°)	[kg/m ³]
H_{st} = Hauteur crée par la station	[mce]
H_a = Hauteur d'alimentation d'une station	[m]
K_e, K_r = coefficients de sécurité et rupture	
P_s = pression au sol	[bars]

INTRODUCTION GENERALE

L'industrie pétrolière, secteur clé peut être considérée comme le seul pilier pouvant supporter l'économie et le développement de notre pays qui possède d'importantes réserves en pétrole et gaz naturel.

SONATRACH est créé le 31 décembre 1963, répondant ainsi à l'exploitation de la rente pétrolière perçue très tôt comme un élément moteur dans le développement du pays. Au fil du temps elle devient l'une des puissantes entreprises pétrolières dans le continent africain contribuant ainsi à un développement économique et social du pays.

Grace à sa stratégie SONATRACH mérite notre :

- 1ère Compagnie Africaine.
- 3ème exportateur mondial de GPL.
- 4ème exportateur mondial de GNL.
- 5ème exportateur mondial de Gaz Naturel.
- 6ème Compagnie Mondiale en matière de Gaz Naturel (réserves et production).
- 12ème Compagnie pétrolière Mondiale.
- 13ème Compagnie Mondiale concernant les hydrocarbures liquides (réserves et production).

Le transport du fluide entre stations est un compromis entre les frais d'investissement (établissement de la canalisation de refoulement) et les frais d'exploitation (énergie dépensée pour vaincre les frottements le long du parcours)

L'analyse de ces transferts permet de mettre en évidence un mode de pensée de point de vue dépenses. L'équipement (stations, canalisations et protections) représente une dépense importante d'investissement et l'énergie consommée est la principale dépense d'exploitation.

Il est donc important que les concepteurs de stations soient suffisamment informés sur ces questions pour un choix judicieux.

INTRODUCTION GENERALE

En calculant la charge entre des deux terminaux celui du départ et celui de l'arrivé on' est dans l'obligation d'y installée des stations de pompage intermédiaire pour limiter les pressions de sortie.

Sur cette base nous proposons l'étude des épaisseur de la linge 34" du transfert **Haoud Elhamra** 'terminal de départ ' et **Skikda** 'terminal arrivé'

Notre étude se subdivisent en deux grandes parties une partie théorique sur l'état de l'art du transport du fuel-oil et une seconde partie sur le calcul et la vérification des épaisseurs le long du parcours.

La première partie comporte un chapitre qui traite des généralités sur le transport des hydrocarbures et les avantages spécifiques du transport par oléoduc, ainsi que le choix du type de matériaux pour le transport.

La seconde partie comporte deux chapitres, le premier traite les stations de pompage leurs dimensionnement ainsi que le choix des pompes et la justification du relèvement en plusieurs temps tout en tenant compte des images hydrauliques des réseaux.

Dans le second chapitre de la deuxième partie une étude détaillée des épaisseurs des tronçons entre stations, pour cela nous assimilons la conduite d'acier à un cylindre fermé aux deux extrémités par des fonts et soumis à une pression intérieure P exercée par le fuel.

Les valeurs exactes des épaisseurs le long du parcours ont été calculé à l'aide d'une application Excel.

Il a été tenu en compte du phénomène de la corrosion du métal sous l'action du milieu environnemental ou par le processus physico-chimique.

Notre étude se termine par une conclusion générale qui englobera l'ensemble des travaux effectués, et les perspectives envisagées pour la continuité de ce travail.

Sommaire

Remerciement	i
Dédicace.....	ii
Résumé.....	iii
Liste des Tableaux	iii
Liste des figures	iiii
Données du projet	iiii
Notation.....	iiii
Introduction générale	

Chapitre I : Généralité sur le transport des hydrocarbures

Introduction :.....	1
1.1 Les hydrocarbures :.....	1
1.2 Réserves.....	2
1.2.1 réserves prouvées.....	2
1.2.2 réserves probables et réserves possibles	2
1.2.3 réserve ultimes.....	2
1.2.4 réserves non conventionnelle	2
2. Les hydrocarbures en Algérie.....	3
3. Généralité sur le transport du pétrole	3
<i>A - Transport de pétrole :</i>	3
A-1 choix du mode de transport	4
A-1.1 pétrolier :.....	4
A-1.2- oléoduc.....	5
A-2- constitution d'un oléoduc :.....	5
A-3- Classification du pipeline.....	5
A-4- avantages spécifique du transport par oléoduc	6
A-5-choix des matériaux	6
A-6- la structure des aciers	6
A-7- critère de soudabilité	7
A-8-classification des aciers	7
B-1 classification des canalisations	8
B-2-Normalisation des canalisations	8

2- Transport du pétrole :	9
2-1 Tracé.....	9
Conclusion :	12

Chapitre II : Calcul des pompes

1 . Généralité.....	13
2. Description générale de l'oléoduc NK1	13
2-1 Dimensionnement d'une pompe de la station	14
3 – Paramètre de la pompe	16
3-1 Caractéristique géométrique.....	16
3-2 A l'sortie de la roue.....	16
3-2-1 vitesse périphérique à la sortie de la roue.....	16
3-2-2 Diamètre extérieure de la roue.....	17
3-2-3 vitesses débitent a la sortie de la roue	17
3-2-4 Largeur de l'aube	17
3-3 A l'entrée de la roue	17
3-3-1 Diamètre intérieur de la roue	17
3-3-2 Vitesse périphérique U_1 :.....	18
3-3-3 Vitesse débitante à la roue :.....	18
3-3-4 largeur de l'aube à l'entrée de la roue	18
3-3-5 Diamètre de moyeu :.....	19
3-4 triangles des vitesses	19
3-4-1 A l'entrée.....	19
3-4-2 A la sortie	20
3-5 Conclusion	22
4 Relèvement en plusieurs temps	22
4-1 Nombre de stations.....	22
4-2 positionnements des stations de pompe	23
5 – Nombre de pompes par station	23
6- Calcul des paramètres de la pompe.....	24
6-1 caractéristiques géométriques.....	24
6-1-1 A la sortie de la roue	24
6-1-2 A l'entrée de la roue	26
6-2 Triangle des vitesses.....	28
6-2-1 A l'entrée de la roue	28

6-2-2 A la sortie de la roue	28
6-3 Type et nombre des aubes	30
6-3-1 vérification du choix du nombre des aubes	30
6- 3 2 Rayon de courbure d'aube	30
6-3-3 Epaisseur des aubes :	30
6 -4 Calcule des volutes π	30
6-4-1 calcule des diamètres :	30
6 -4 2 Diamètre intérieure de la volute	31
7-Point de fonctionnement.....	31
7-1-Généralité	31
7-2 Caractéristique des conduits	31
7-3- méthode de trace de la courbe du point de fonctionnement.....	32
8-Détermination de la charge à installé	36
8-1- méthode de calcul	37
8-1-2 calcul des pertes hydrauliques	37
Conclusion :	38

Chapitre III : Calcule des épaisseurs

Introduction :	39
Dimensionnement d'un tube sous pression	39
Causes des défaillances des tubes.....	40
Calcule des épaisseurs.....	40
1 - Épaisseur.....	40
2-Contrainte	43
3- REPARTITION DES EPAISSEURE	44
4-Réparation des épaisseurs selon normalisation	47
5-Rappelle succincts concernant la corrosion	48
5-1 le processus de la corrosion.....	48
5-2 les moyens de lutte contre la corrosion.....	48
5-3protection des accessoires de canalisation :	49
6- fonctions des revêtements :	50
6-1 Procédés de protection :	50
6-2 Revêtement intérieurs :	51
7- Protection cathodique :	51
7-1 principes de la protection cathodique :	51
7-2 protections cathodiques par courant imposé :	51

7-3 protections cathodiques par anode galvanique	52
8- critère de protection cathodique :	52
8-1 le potentiel métal / solution :	52
Conclusion :	53
Conclusion générale	
Références bibliographiques	

Introduction :

Les hydrocarbures restent la source d'énergie la plus utilisée pour un bon fonctionnement de l'économie mondiale et ils continueront à jouer ce rôle stratégique aussi longtemps que l'homme n'aura pas trouvé d'autres sources d'énergies, qui pourront remplir leurs rôles avec plus de rentabilité et d'efficacité.

Ce chapitre a pour but d'expliquer le transport des hydrocarbures et les techniques utilisées pour le transfert de la localité de Haoud el Hamra (HEH) au terminal de Skikda via Ø 34

1.1 Les hydrocarbures :

Hydrocarbures composé organique ($C_x H_y$) constitués de carbone et d'hydrogène. Ce sont les composés organiques les plus simples, et on peut considérer que les autres composés organiques en sont dérivés. Les hydrocarbures présentent une grande importance commerciale, utilisés comme carburant, combustible, huiles lubrifiantes et comme produit de base synthèse pétrochimique.

On distingue les hydrocarbures à chaîne ouverte, ou les hydrocarbures aliphatiques, et les composés cycliques.

Dans les composés à chaîne ouverte contenant plusieurs atomes de carbone, ceux-ci sont reliés les uns aux autres pour former une chaîne ouverte pouvant présenter une ou plusieurs ramifications. Dans les composés cycliques, les atomes de carbone forment un ou plusieurs cycles fermés. Ces deux groupes sont subdivisés en composés saturés et insaturés.

1.2 Réserves

L'estimation des réserves de pétrole et de gaz naturel dans le monde est l'objet de discussions continues. Il n'existe pas de définition des réserves admise par tous. Cependant, les experts retiennent généralement quatre catégories :

1.2.1 réserves prouvées

Les réserves prouvées correspondent aux quantités d'hydrocarbures récupérables avec une quasi-certitude à partir de réservoirs connus, forés aux conditions économique et technologique du moment. A la fin de l'année 1995, les réserves prouvées atteignaient 137,4 milliards de tonne, soit l'équivalent de quatre-vingt ans de production au rythme actuel. Le Proche-Orient possède 65,5 % des réserves mondiales, l'Amérique latine, 12,8 %, l'Europe, 7,4 %, l'Afrique, 7,3 %, extrême orient, 4,4 % et Etats-Unis, 2,7 %. Au total la part de L'OPEC atteignait 77,2 % du total mondial au début de 1996.

1.2.2 réserves probables et réserves possibles

Les réserves probables sont les quantités potentiellement récupérables des réservoirs connus. Les réserves possibles sont les quantités d'hydrocarbure susceptibles d'être découvertes à partir de réservoirs encore inconnus, et extraits à des conditions techniques et économiques envisageables pour les Trent années à venir

1.2.3 réserve ultimes

Les réserves ultimes sont constituées par l'addition des réserves prouvées, probables et possibles. Des études récentes évaluent ces réserves à 215 milliards de tonne de pétrole brut et à environ 278 000 milliards de m³ de gaz naturel.

1.2.4 réserves non conventionnelles

Les réserves non conventionnelles correspondent aux schistes bitumineux, aux sables asphaltiques et aux pétroles extra-lourds. Le potentiel théorique de ces réserves est de l'ordre de grandeur des réserves précédentes.

Caractéristiques	Valeurs
Densité apparente ($\text{Kg s}^2 / \text{m}^4$)	0,7980
Ethane	0,06
Propane	0,15
Iso butane	0,64
Normal butane	2,31
Viscosité cinématique à 20°C V20 (cst)	3,928
Masse volumique à 15°C f_{15} (kg / m^3)	825

Tableau n°1 : Caractéristiques du pétrole brut

A-1 choix du mode de transport

A-1.1 pétrolier :

La croissance rapide de la demande mondiale en pétrole, du XX^e siècle, ainsi que la découverte d'importants gisements dans des régions éloignées des pays consommateurs ont fait naître le besoin de navire spécialisé pour le transport des hydrocarbures liquide.

Ces pétroliers transportent principalement du pétrole mais également du gaz naturel liquéfié. Les pétroliers sont tous conçus de manière identique : les machines et le commandement se trouvent à l'arrière, tandis que le pont reste dégagé, **des pompes très puissantes** assurent le chargement et le déchargement des hydrocarbures. Pour maintenir le navire en équilibre, il est nécessaire de procéder au ballastage : au fur et mesure de leur vidange, les cuves doivent être partiellement remplies d'eau de mer, pour éviter que le poids du navire se concentre à l'arrière (équilibre).

A-1.2- oléoduc

Un oléoduc (du latin oleum : « huile » et ducere : « conduire ») est une canalisation destinée au transport du pétrole.

Un oléoduc est souvent désigné par l'anglicisme plus général pipeline. Mais pipeline englobe aussi bien les oléoducs que tous les autres tubes de transports de liquides (comme les aqueducs pour l'eau) ou de gaz (comme les gazoducs pour le gaz naturel).

La canalisation est le plus souvent enterrée et parfois posées et sur des supports comme en ALASKA afin d'isoler les conduites du sol et du gel, des stations de pompage sont installés sur le parcours de l'oléoduc pour assurer un débit convenable du fluide.

A-2- constitution d'un oléoduc :

- Bacs de collection (stockage) : Réception et stockage des quantités de pétrole à transporter des gisements.
- Terminal de départ : Refoulement vers le terminal arrivé
- Stations intermédiaire : Elever la pression et parfois le débit
- Terminal arrivé : Réception des quantités de pétrole venant du terminal de départ.

A-3- Classification du pipeline

On peut classer les pipelines :

a) d'après leur destination :

- pipeline de pétrole (oléoduc) : pipeline servant au transport du pétrole brut.
- pipeline a gaz naturel (gazoduc) : canalisation destiné au transport à longue distance du gaz naturel.

b) d'après la pression de service :

- Haute pression
- Basse pression

A-4- avantages spécifique du transport par oléoduc

- la forme liquide au produit pétrolier s'adapte très facilement a un transport par pipeline ;
- le trajet rectiligne des pipelines permet une diminution notable des distances et de délais de transport.
- totalement enterrée l'oléoduc autorise l'implantation des agricultures et augmente la sécurité.
- L'exploitation de la conduit ne connaît pas d'entraves ni d'alternance de jour comme de nuit, ainsi que les influences météorologiques.
- Ce mode transport se prête à l'automatisation.

A-5-choix des matériaux

Les oléoducs sont constitués de tube d'acier assemblé par soudage sur chantier, L'acier liquide est solidifié par moulage dans une machine de coulée continue (procédé récent et prédominant, permettant d'obtenir directement des demi-produits sans l'étape de laminage) ou en lingots (méthode en régression). On obtient des demi-produits (brames (ébauches de produits plats), blooms (futur produits longs, section rectangulaire), billettes (section carrée)), qui sont des ébauches des formes finales.

A-6- la structure des aciers

- Fer (aciers à très bas carbone) : <0.1% de carbone
- Acier : de 0.1 à 2% de carbone
- Fonte : de 2.5 à 6% de carbone ; très résistante en compression, mais cassante. Résistance remarquable à la corrosion et coefficient de dilatation thermique très bas.

Parmi les aciers au carbone, on distingue 4 types voir tableau suivant :

	Teneur en carbone	Résistance à la traction	Utilisation
doux	0,15 à 0,2%	400 MPa	Aciers de constructions (profilés, tôles)
mi-doux	0,2 à 0,3%	500 MPa	Pièces moulées ou forgées
mi-durs	0,3 à 0,6%	600 MPa	Rails, armatures de béton armé
durs	0,6 à 0,75%	700 MPa	outils

Tableau n°2 : Nomenclature des aciers

A-7- critère de soudabilité

Le critère retenu pour caractériser la soudabilité globale est la sensibilité de la soudure à un défaut grave d'origine métallique :

- fissuration à chaud
- fissuration à réchauffage
- corrosion fissurant par l'hydrogène
- arrachement lamellaire
- fissuration à froid

A-8-classification des aciers

On peut classer les aciers selon leur mode de réparation, leurs compositions et leurs structures, leurs emplois ou leurs destinations, ou suivant leur teneur en carbone :

- Acier ordinaires
- Acier spéciaux
- Acier au nickel
- Acier au chrome
- Acier au nickel-chrome (acier inoxydables)

Les aciers inoxydables sont employés dans la fabrication des tuyaux, et des réservoirs des raffineries de pétrole, l'acier inoxydable n'altère pas la nourriture et se nettoie facilement.

B-1 classification des canalisations

Canalisation en fonte

Canalisation en acier inoxydable

Canalisation en béton

Canalisation en aimante ciment

Canalisation en poly chlorure de vinyle (PVC)

Canalisation en poly éthylène (PEHD)

B-2-Normalisation des canalisations

Matériaux	Diamètre max (mm)	Pression max (bar)	Long max (m)
la fonte	1250	50	06
acier inoxydable	400	90	16
béton	2000	02	06
pvc	/	/	/
Aiment ciment	600	/	06

Tableau n°3 : Normalisation selon le type du matériau

2- Transport du pétrole :

Sous sa forme la plus simple le problème se présente de la façon suivante : Transporter chaque année une quantité donnée de pétrole entre un point source connu terminale de départ et un point de livraison également défini terminale d'arrivée (centre de raffinage. ...)

Il en résulte que la définition du problème de transport par la connaissance d'un certain nombre d'éléments de nature physique, technique ou économique permettant de préciser :

- la nature (qualité) de pétrole et les quantités à transporter ;
- la canalisation du point source et les conditions de mise à disposition du pétrole en ce point.
- la localisation du point de livraison et les conditions de livraison.
- les données techniques (réglementation) ou économiques (horizon économique) définissant le cadre de l'étude de transport.

En fin il est indispensable de préciser les critères de choix qui permettront de sélectionner la meilleure solution au problème.

2-1 Tracé

La connaissance de la canalisation du point de livraison conduit à la définition du tracé, le choix du tracé peut être effectué indépendamment de la configuration de l'ouvrage, de transport qui sera en définitive retenue.

Au niveau des études préalables ou de faisabilité, il peut arriver que le choix du tracé exige la connaissance :

- De la longueur du transport
- Du profil en long associé c'est-à-dire d'une suite de couple distance-altitude, le profil Z_n long interviendra au niveau des calculs de découlement et du calcul de la puissance des stations de pompage
- Des conditions climatiques : le long de l'ouvrage en particulier la température ambiante (pour le calcul de puissance des stations de pompage) et la température du sol (si l'on tient compte de l'échange de chaleur entre le pétrole et les terrains)

- Des zones de réglementation différente rencontrées, et leur longueur pour le calcul des épaisseurs. La connaissance de l'épaisseur permet de calculer le prix des tubes ainsi que leur diamètre extérieur (puisque ce sont les diamètres intérieurs qui sont normalisés).
- Du type de terrains rencontre (montagne, flaveur, zone désertique ou agricole) pour l'évaluation des couts de pose.

2-2- Donnée technique

Il est nécessaire de connaitre la différence entre les plans de départ et d'arrivé, la présence de point haut ou bas le long du parcours et la perte de charge afin de calculer l'écoulement dans les canalisations, par ailleurs les conditions d'aspiration et de refoulement du condensat dans les stations permettent de calculer les pompes à installer.

– Les pertes de charge

On distingue deux types de perte de charge :

- la perte de charge linéaire représentant l'énergie perdue entre les deux points,
- la perte de charge singulière qui intervient lorsque l'écoulement uniforme est localement perturbé.

- Perte de charge locale : $H_s = \xi V^2 / 2g$ (m c f)

λ : est un coefficient de perte de charge. Il est sans dimension et est fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité de la paroi.

L : la longueur de la conduite	(m)
V : vitesse d'écoulement	(m / s)
g : accélération de pression	(m / s ²)
D : diamètre intérieure du conduit (mm)	
ξ : coefficient de perte de charge locale	

Les Pertes de charge linéaire :

La perte de charge sera traduite par une équation empirique du type :

$$\text{Perte de charge linéaire :} \quad Hl = \lambda l V^2 / 2gD \quad (\text{mcf})$$

$$L : \text{ la longueur de la conduite} \quad (\text{m})$$

$$V : \text{ vitesse d'écoulement} \quad (\text{m / s})$$

$$g : \text{ accélération de pression} \quad (\text{m / s}^2)$$

$$D : \text{ diamètre intérieure du conduit} \quad (\text{m})$$

λ : est un coefficient de perte de charge. Il est sans dimension et est fonction du nombre de Reynolds et de la rugosité de la paroi.

En régime laminaire $Re < 2000$

En régime laminaire, seules les forces de viscosité interviennent. La vitesse est très faible et l'état de surface de la paroi n'intervient pas dans le calcul du coefficient λ .

On détermine ainsi :

$$\lambda = 64/Re$$

En régime turbulent $Re > 2000$

Une surface rugueuse implique un état de surface telle que ses irrégularités ont une action directe sur les forces de frottement, c'est-à-dire qu'au-delà d'un certain degré de rugosité la configuration géométrique de la surface exerce une influence bien déterminée sur l'écoulement.

Les pertes de charge singulière :

La perte de charge singulière, localisée dans une section de la conduite, est provoquée par un changement de direction et d'intensité de la vitesse.

L'écoulement uniforme est perturbé et devient localement un écoulement non uniforme.

La turbulence joue un rôle considérable, alors que les forces de viscosité sont négligeables. La perte de charge n'a donc lieu qu'en régime turbulent.

Une telle non-uniformité de la vitesse peut être provoquée par :

- un branchement de section de la conduite,
- un changement de direction (coude),
- un branchement ou raccordement,
- un dispositif de mesure et contrôle de débit...

Perte de charge locale : $H_s = \xi V^2 / 2g$ (mcf)

ξ est fonction des caractéristiques géométriques et du nombre de Reynolds.

La valeur de ξ est donnée pour les différents cas les plus classiques par les tableaux.

Conclusion :

Ce chapitre aborde, dans un premier temps, une généralité sur les hydrocarbures ainsi que les différentes méthodes de transport. Dans un deuxième temps, l'évaluation des pertes de charges ainsi que les méthodes de calcul des réseaux hydrauliques en charge sont exposées tout en sachant que les fluides réels engendrent des forces de frottement dues à la turbulence et à la viscosité. La présence de ces forces induit une perte de charge (énergie) qui est une transformation irréversible de l'énergie mécanique en énergie thermique.

1 . Généralité

Les pompes sont des machines destinées à accroître l'énergie des fluides pompés en vue de provoquer leur déplacement dans des circuits comportant généralement une élévation de niveau (hauteur géométrique). Une augmentation de pression (hauteur de charge) et vaincre les pertes de charge le long du parcours. La présence d'une pompe dans un circuit se traduit par un relèvement ponctuel de la ligne de charge pour permettre l'écoulement du fluide toujours dans le sens de l'abaissement de la ligne de charge

Le nombre de pompe retenu est généralement fonction des besoins (débit) et leur évolution en exploitation projetée et du nombre de secours.

2. Description générale de l'oléoduc NK1

L'oléoduc NK1 34" transfère le condensât de la localité de **Haoud el Hamra (HEH)** au terminal de **Skikda**; il est constitué de quatre stations de pompage (**SP1, SP2, SP3 et SP4**), chacune comprenant des pompes d'expédition, qui fonctionnent en parallèle, et des appareillages auxiliaires.

L'oléoduc ne comporte aucun point d'entrée ni de sortie entre SP1 et le terminal d'arrivée de Skikda. Chaque station de pompage de l'ouvrage fonctionne donc à débit identique, imposé par SP1 (4734 m³/h).

L'oléoduc NK1 34 pouce, qui joint le poste **HEH** avec le poste de **Skikda**, est constitué des parties suivantes :

- une canalisation de transport d'hydrocarbures liquides (condensât) en acier au carbone API 5L X60, ayant un diamètre extérieur de 34 pouce à épaisseur variable, une longueur de 637.54 km, trente-six postes de sectionnement, quatre stations de pompage, y compris la station de départ SP1 de Haoud El Hamra, et un terminal arrivée à Skikda.

- la station de départ de Haoud El Hamra, située au PK0 (point de départ), dénommée station de pompage SP1
- la station de pompage N°2, située au PK 190 (190 Km de SP1), dénommée station de pompage SP2.
- la station de pompage N° 3, située au PK 338 (338Km de SP1) à Biskra, dénommée SP3
- la station de pompage No. 4, située au PK 430 (430Km), dénommée station de pompage SP4
- le terminal d'arrivée de Skikda, situé au PK638 (637.54Km)

Relèvement direct :

Ce cas le plus courant est parfaitement adapté pour une installation à débit sensiblement constant

2-1 Dimensionnement d'une pompe de la station

La vitesse de rotation est variable suivant les besoins, la Hmt : 2281.7 mcf

2 cas sont possibles :

a) $N = 1500 \text{ tr/mn}$

b) $N = 3000 \text{ tr/mn}$

$$Q = 1315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de la vitesse spécifique

a) Pour $N = 1500 \text{ tr/mn}$

$$N_s = N Q^{1/2} / H_{mt}^{3/4} \longrightarrow (1)$$

$$= \left[1500 (1.315)^{1/2} / (2281.7)^{3/4} \right] = 5.20 \text{ tr/mn}$$

b) Pour $N = 3000$ tr/mn

$$N_s = N Q^{1/2} / H_{mt}^{3/4} = 3000 (1.315)^{1/2} / (2281.7)^{3/4} = 5.20 \text{ tr/mn}$$

Il faut choisir une pompe multicellulaire, ce qui nous permet de composer une pompe avec plusieurs roues, et cela pour augmenter la vitesse spécifique on va diminuer la Hmt. Et on la divise par le nombre de roues

Donc pour assurer le débit voulu, la hauteur imposée et N_s dans l'intervalle optimal il faut jouer alors sur le nombre de roues.

1^{er} cas : 2 roues :

$$\text{Pour } N = 1500 \text{ tr/mn ; } H_{mt}' = H_{mt} / 2 = 1142.35 \text{ m}$$

$$N_s = 1500 \cdot 1,315 / 1142,35 = 8,75 \text{ tr/mn}$$

$$\text{Pour } N = 3000 \text{ tr/mn}$$

$$N_s = 3000 \cdot 1,315 / 1142,35 = 17,5 \text{ tr/mn}$$

$$N_s < 20 \text{ tr/mn}$$

2^{eme} cas : 3 roues

$$\text{Pour } N = 1500 \text{ tr/mn } N_s = 11,86 \text{ tr/mn}$$

$$\text{Pour } N = 3000 \text{ tr/mn } N_s = 23 \text{ tr/mn}$$

3^{eme} cas : 4 roues

$$\text{Pour } N = 1500 \text{ tr/mn } N_s = 14,89 \text{ tr/mn}$$

$$\text{Pour } N = 3000 \text{ tr/mn } N_s = 29 \text{ tr/mn}$$

4^{eme} cas : 5 roues

$$\text{Pour } N = 1500 \text{ tr/mn } N_s = 17,40 \text{ tr/mn}$$

$$\text{Pour } N = 3000 \text{ tr/mn } N_s =$$

5^{eme} cas : 6 roues

Pour $N = 1500$ tr/mn $N_s = 19,95$ tr/mn

6^{eme} cas : 7 roues

Pour $N = 1500$ tr/mn $N_s = 22,97$ tr/mn

$$20 < N_s < 100$$

Chaque étage de la pompe fournit $H_{mt}' = H_{mt} / 7 = 326,39$ mcf

3 – Paramètre de la pompe

Il s'agit des paramètres géométrique et cinématique caractérisant l'écoulement de la pompe :

3-1 Caractéristique géométrique

Pour le calcul de la roue, on utilise la méthode des similitudes utilisant les valeurs sans dimensions, et de nos jours c'est la seule méthode généralement admise dans le calcul des machines hydraulique, on utilise des valeurs sans dimension pour les mesure linéaires des roues.

3-2 A l'sortie de la roue

3-2-1 vitesse périphérique à la sortie de la roue

$$U_2 = K_4 (2gh) \longrightarrow \text{(équ 2)}$$

Avec K_4 : coefficient qui traduit l'influence de frottement et de la viscosité on prend

$$K_4 = 1$$

$$U_2 = 1(2 \cdot 9,81 \cdot 2284,7)^{1/2} = 211,72 \text{ m/s}$$

3-2-2 Diamètre extérieure de la roue

$$U_2 = 3,14 \cdot D_2 \cdot N / 60 \quad D_2 = 60 \cdot 211,72 / 3,14 \cdot 1500 = 2,69 \text{ m}$$

Pour $N = 3000 \text{ tr/mn}$ $D_2 = 1,35 \text{ m}$

3-2-3 vitesses débitent a la sortie de la roue

$$V_{m_2} = K_{m_2} (2 \cdot 9,81 H)^{7/2} \longrightarrow (3)$$

Comme si N_s est connue du graphe STERANFE $K_{m_2} = 0,11$

$$V_{m_2} = 0,11 (2 \cdot 9,81 \cdot 2284,7)^{7/2} = 23 \text{ m/S}$$

3-2-4 Largeur de l'aube

$$B_2 = Q_t (t_2 + \zeta_2/t_2) / V_{m_2} \cdot 3,14 \cdot D_2 \longrightarrow (4)$$

$$Q_t : \text{débit des pertes} = 1,06 \cdot 1,315 = 1,394 \text{ m}^3/\text{S}$$

$$D_2 \text{ Pas des aubes} \quad ; t_2 = 3,14 \cdot D_2 / Z$$

$$Z : \text{nombre d'aubes} \quad 6 - 12 \text{ aubes}$$

ζ_2 : épaisseur de l'aube mesuré à la l'entré

$$t_2 - t_2 \text{ compris entre } 1,02 - 1,2 \text{ on prend } t_2 + \zeta_2/t_2 = 1,1$$

$$B_2 = 1,394 \cdot 1,11 / 3,14 \cdot 23 \cdot 1,35 = 0,0158 \text{ mm}$$

3-3 A l'entrée de la roue**3-3-1 Diamètre intérieur de la roue**

Pour la roue à petit N_s le rapport D_1 / D_2 est compris entre 0,3 et 0,5

$$0,3 < D_1/D_2 < 0,5 \text{ On prend } D_1/D_2 = 0,4$$

$$\text{Pour } D_2 = 2,69 \text{ m} \quad D_1 = 0,4 \quad 2,69 = 1,076$$

$$\text{Pour } D_2 = 1,35 \text{ m} \quad D_1 = 0,4 \quad 1,35 = 0,54$$

$$D_{1 \text{ ad}} = 0,60 \text{ m} \quad D_1 = 1,35 \text{ m}$$

$$D_{2 \text{ ad}} = 1,10 \text{ m} \quad D_2 = 2,69 \text{ m}$$

$$D_1 / D_2 = 0,60 / 1,35 = 0,44$$

$$D_1 / D_2 = 1,10 / 2,69 = 0,40$$

3-3-2 Vitesse périphérique U_1 :

$$U_1 = 3,14 \cdot D_1 \cdot N / 60 \longrightarrow (5)$$

pour $D_1 = 0,60$ $N = 3000$ tr/mn

$$U_1 = 3,14 \cdot 0,60 \cdot 3000 / 60 = 94,70 \text{ m/s}$$

Pour $D_1 = 1,10$ $N = 1500$ tr/mn

$$U_1 = 3,14 \cdot 1,10 \cdot 1500 / 60 = 86,39 \text{ m/s}$$

3-3-3 Vitesse débitante à la roue :

$$V_{m1} = K_{m1} (2 \cdot g \cdot H)^{1/2} \longrightarrow (6)$$

$$K_1 = 0,15$$

$$V_{m1} = 0,15 (2 \cdot 9,81 \cdot 2284,7)^{1/2} = 31,75 \text{ m/s}$$

3-3-4 largeur de l'aube à l'entrée de la roue

A cause de l'effet de rétrécissement de la surface d'écoulement due à l'épaisseur des aubes. Le calcul de la largeur de l'entrée se fera comme suit :

$$R_1 = Qt (t_1 + \zeta_1 / t_1) / V_{m1} \cdot D_1 \cdot 3,14 \longrightarrow (7)$$

$$t_1 = 3,14 \cdot D_1 / Z \longrightarrow (8)$$

pas des aubes $Z = 10$ aubes

pour $D_1 = 0,60$ m $t_1 = 3,14 \cdot 0,60 / 10 = 0,18$

Pour $D_1 = 1,10$ m $t_1 = 3,14 \cdot 1,10 / 10 = 0,348$

$t_1 + \zeta_1 / t_1$: rapport qui tient compte de rétrécissement de l'écoulement

$$1,1 < t_1 + \zeta_1 / t_1 < 1,25$$

ζ_1 : épaisseur de l'aube a la tangente à l'entrée

on prend $t_1 + \zeta_1 / t_1 = 1,17$

Pour $D_1 = 0,60$

$$B_1 = 1,394 \cdot 1,17 / 31,75 \cdot 0,60 \cdot 3,14 = 0,0272 = 27,2 \text{ mm}$$

Pour $D_1 = 1,10$

$$B_1 = 1,394 \cdot 1,17 / 31,75 \cdot 1,10 \cdot 3,14 = 0,01486 = 14,86 \text{ mm}$$

3-3-5 Diamètre de moyeu :

$$D_{\text{moy}} = V_{m1} = 31,75 \text{ m/s}$$

$$D_{\text{moy}} = 4 Q_t / 3,14 (D_1^2 D_{\text{moy}}^2) \longrightarrow (9)$$

$$D_{\text{moy}} = D_1^2 (4Q_t / V_{m0})$$

$$\text{Pour } D_1 = 0,60 \quad D_{\text{moy}} = 0,3635 = 363,5 \text{ mm}$$

3-4 triangles des vitesses

3-4-1 A l'entrée

$$D_1 = 0,60 \text{ m} ; U_1 = 94,27 \text{ m/s} ; V_{m1} = 31,75 \text{ m/s}$$

Angle d'inclinaison de l'aube à l'entrée

$$B_1 = \text{Arctg} (V_1 / U_1) \longrightarrow (10)$$

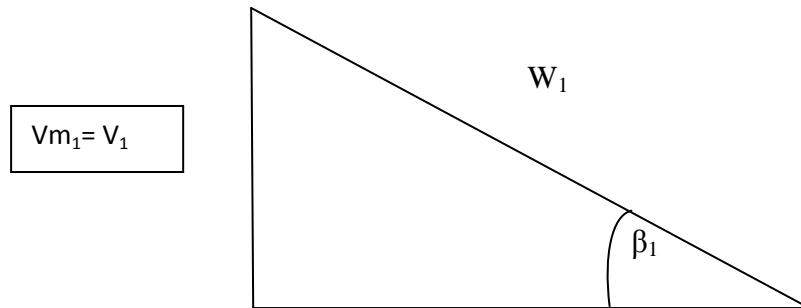
$$= \text{Arctg} (31,75 / 94,27) = 18,61$$

Vitesse relative du fluide

$$W_1 = (V_1^2 + U_1^2)^{1/2} \longrightarrow (11)$$

$$= (94,27^2 + 31,75^2)^{1/2} = 99,47 \text{ m/s}$$

Triangle de vitesse à l'entrée



$$D_1 = 1,10 \quad ; \quad U_1 = 86,39 \text{ m/s}$$

$$V_{m1} = V_1 = 31,75 \text{ m/s}$$

$$\beta_1 = \text{artg}(V_1/U_1) \longrightarrow (12)$$

$$= \text{artg}(31,75 / 86,39) = 20,18$$

$$W = (V_1^2 + U_1^2)^{1/2} \longrightarrow (13)$$

$$= (31,75^2 + 86,39^2)^{1/2} = 92,04 \text{ m/s}$$

3-4-2 A la sortie

Vitesse périphérique

Pour $D_1 = 0,60 \text{ m}$

$$U_1 = 211,72 \text{ m/s}$$

Angle d'inclinaison de l'aube

Les pompe centrifuge sont constitué d'aube courbés vers l'arrière avec l'angle B_2 compris $15^\circ < B_2 < 30^\circ$; on prend $B_2 = 28^\circ$

Vitesse absolue :

$$V_2 = (V_{m2}^2 + V_{a2}^2)^{1/2} \longrightarrow (14)$$

$$V_{m2} = 23 \text{ m/s} \quad \text{déjà calculé}$$

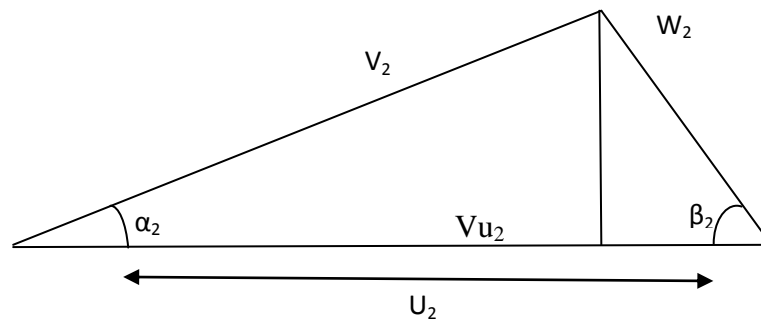
V_{a2} : projection de V_2 pour l'angle de V_2

$$V_{u2} : U_2 \quad V_{m2} / \operatorname{tg} \beta_2 = 211,72 \quad 23 / \operatorname{tg}(28) = 168,46 \text{ m/s}$$

$$U_2 = (23^2 + 168,46^2)^{1/2} = 170 \text{ m/s}$$

L'angle α_2 :

$$\alpha_2 : \operatorname{arc} \sin (V_{m2}) = \operatorname{arc} \sin (23/170) = 7^{\circ},77 \approx 8^{\circ}$$



Aube : on choisit des aubes cylindrique pour éliminer les fatigues due au moment de flexion des sorties courbés des moments dus à la force centrifuge

Vérification du nombre d'aube :

STEPANOFF a donné une formule empirique pour le calcul du nombre des aubes

Nombre d'aube = valeur de B_2 en degré / 3

$$Z = 28 / 3 = 9,33 \quad \text{on adopte} \quad Z = 10 \text{ aubes}$$

Rayon de courbue de l'aube :

$$r = \frac{R_2^2 \quad R_1^2}{2(R_2 \operatorname{COS} B_2 \quad R_1 \operatorname{COS} B_1)} \quad \longrightarrow \quad (15)$$

$$D_1 = 0,60 \quad R_1 = 0,30$$

$$D_2 = 1,35 \quad R_2 = 0,675$$

$$r = \frac{0,675^2 \quad 0,30^2}{2(0,675 \operatorname{COS} 28 \quad 0,30 \operatorname{COS} 18,61)} = 0,587 \text{ m} = 587 \text{ mm}$$

$$r = 587 \text{ mm}$$

$$\text{Pour } D_1 = 1,10 \text{ m}$$

$$R_1 = 0,55 \text{ m}$$

$$D_2 = 2,69 \text{ m}$$

$$R_2 = 1,345 \text{ m}$$

$$r = 1,13 \text{ m} = 1130 \text{ mm}$$

3-5 Conclusion

Les résultats précédents nous montrent que le choix s'est orienté sur une seule pompe.

L'étude réservée à ce sujet a donné plusieurs inconvénients :

- Puissance importante
- Diamètre important
- Hauteur important
- Épaisseur important

Donc il est impératif de choisir une autre solution, alors on propose le relèvement à plusieurs reprises.

4 Relèvement en plusieurs temps

4 -1 Nombre de stations

La pression du brut en aval de la station c'est 72 bars.

La pression en amont de la station (charge de la station) = 5 bars

$$H_{st} = 72 - 5 = 67 \text{ bars} = 670 \text{ m}$$

$$N_{st} = H_{inst} / h_{st} \longrightarrow (16)$$

$$= 2281,70 / 670 = 3,40$$

On prend en excès $N_{st} = 4$ pour que le débit exigé soit assuré.

En plus il faut choisir la solution la plus économique. L'importance des investissements d'une installation de pipeline

4-2 positionnements des stations de pompe

Connaissant la charge des S.P et le profil au long de la ligne, on peut déterminer les position de ces station pour avoir une homogénéité par fait des station on a procédé comme suite d'après la FOMBARK IS CAWRMULE qui déterminer le nombre de station de pompage en peut calculé facilement le Hst

$$\text{Hst} = \text{Hins} / 4 = 570 \text{ m}$$

D'autre part $\text{Hst} = j \cdot x$; $X = \text{Hst} / j$; j : perte de charge.

X = la distance entre 2 stations de pompage

On projette Hst suivant l'échelle sur le profil et on joignant les 2 point trouvés Hst avec « X » en respectent la pression an amont de la station de pompage qui est égal à 5 bars.

(50m) : dans ce cas on peut dire que c'est le point exacte de les calcules ont donnée les résultats

SP₁ : situé PK₀ (HEH)

SP₂ : situé au PK₁₉₀

SP₃ : situé au PK₃₃₈

SP₄ : situé au PK₄₃₀

5 – Nombre de pompes par station

Les pompes peuvent être prise identiques ou différentes selon les besoin.

C'est généralement en considérant le plus petit débit normal nécessaire que l'on choisit l'unité de base (ou la plus petite pompe).

Compte tenu du débit maximum normal on déterminer le nombre total de pompes à installer et leur module dans le cas où elles sont différent. Ce nombre peut être inspiré de l'existence de paliers de débit à réaliser par étapes successives.

On choisit de prendre (02) deux pompe par station cela veut dire que chacune refoule la moitié du débit exigé.

$$Q/2 = Q' = 1,315/2 = 0,6575 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{\text{inst}} = 570,42 \text{ m}$$

- Vitesse spécifique

$$N_s = N Q^{1/2} / H^{3/4} \longrightarrow (17)$$

$$N_s = 3000 \cdot 0,6575^{1/2} / 570,42^{3/4} = 20,84 \text{ tr/mn}$$

1ere cas : pour 2 Roues

$$N_s = 3000 \cdot 0,6575 / (570,42 / 2) = 35 \text{ tr/mn}$$

Donne chaque étapes de pompage fournit un hauteur

$$H_{\text{mi}} = H / 2 = 285,21 \text{ m}$$

Donc la pompe appartient à la classe $25 < N_s < 40$

6- Calcul des paramètres de la pompe

6-1 caractéristiques géométriques

STEPANOFE a proposé les éléments pour le voisinage $N_s = 30 \text{ tr/mn}$

$$K_u = 1,0 \quad K_3 = 0,29$$

6-1-1 A la sortie de la roue

- Vitesse périphérique à la sortie de la roue.

K_u = constant de la vitesse : c'est un coefficient qui traduit l'influence.

d_u = frottement et de la viscosité varie entre 0,96 et 1

$$U_2 = 1(2 \cdot 9,81 \cdot 570,42)^{1/2} = 105,79 \text{ m/s}$$

- Diamètre extérieure de la roue :

$$U_2 = 3,14 \cdot D_2 \cdot N/60 \qquad D_2 = 60 \cdot U_2 / 3,14 \cdot N$$

$$D_2 = 0,673 \text{ m}$$

- Vitesse débitent a la sortie de la roue

$$V_{m2} = K_{m2} (2gh)^{1/2} \qquad K_m = 0,135 \text{ (d'après la graphe)}$$

$$V_m = 14,28 \text{ m/s}$$

- Largeurs de l'aube à la sortie de la roue

$$b_2 = Q_t \cdot (t_2 + \ell_2/t_2) / 3,14 \cdot V_{m2} \cdot D_2 \longrightarrow (18)$$

Q_t : débit nominal majorée de pertes a cause de l'effet de rétrécissement du surface d'écoulement due à l'épaisseur

t_2 = pas de l'aube

$$t_2 = 3,14 \cdot D_2 / Z$$

Z = nombre d'aube $6 < Z < 12$

On prend $Z = 10$

ℓ_2 : épaisseur de l'aube mesurer à la tangente à l'entrée

On prend $\ell_2 = 6 \text{ mm}$

Et on a $1,02 < (t_2 + \ell_2) / t_2 < 1,2$

$$t_2 = 0,211 \text{ m} \qquad ; \qquad (t_2 + \ell_2) / t_2 = 1,03$$

Si on estime les pertes à 4%

$$Q_t = 1,04Q = 1,04 \cdot 0,684 \text{ m}^3/\text{s}$$

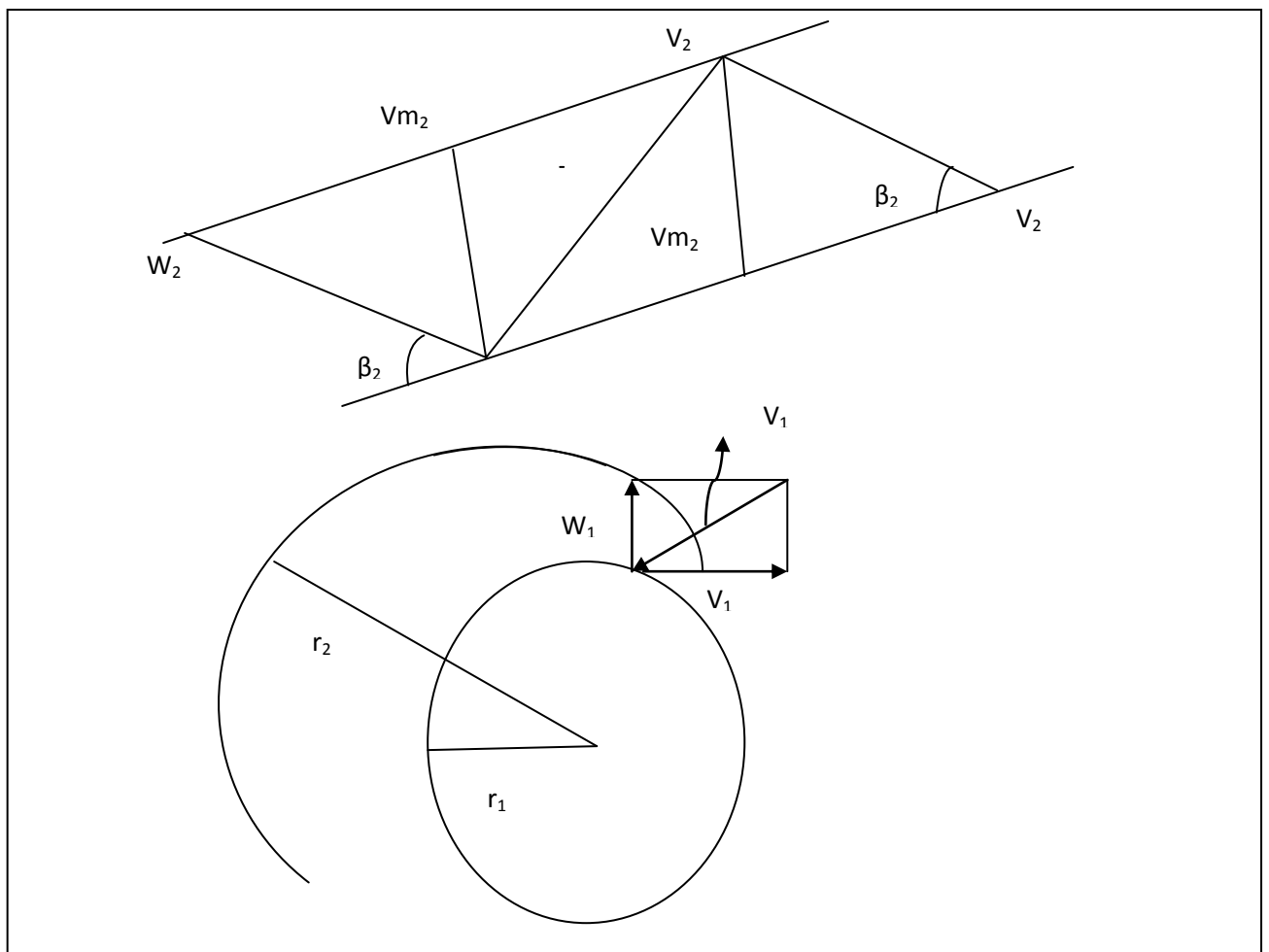
$$b_2 = 0,023 \text{ m} = 23 \text{ mm}$$

6-1-2 A l'entrée de la roue

- Diamètre à l'intérieure de la roue pour une roue à petit

$$N_s = 0,3 < D_1/D_2 < 0 = 0,4$$

$$D_1 = 0,4 \quad D_2 = 0,269 \text{ m} \quad ; \quad \text{on prend } D_1 = 0,270 \text{ m}$$



- Fig. (1) Triangle des vitesses à la sortie et à l'entrée de la roue

- Vitesse périphérique : U_1

$$U_1 = 3,14 \cdot D_1 \cdot N/60 = 42,41 \text{ m/s}$$

- Vitesse débitante à la l'entrée

$$V_{m_1} = K_{m_1} (2gh)^{1/2}$$

D'après le tableau en tire K_{m_1} : $K_{m_1} = 0,17$

- Largeurs de l'aube à l'entrée de la roue

A cause de l'effet de retracement de surface d'écoulement due à l'épaisseur de l'aube

$$b_1 = Qt (t_1 + \ell_1) / V_{m_1} \cdot D_1 \cdot 3,14 \cdot t_1$$

$$t_1 = 3,14 \cdot D_1 / Z = 3,14 \cdot 0,270 / 1 = 0,084 \text{ m} = 84 \text{ mm}$$

$$Z = 10 ; t_1 + \ell_1 / t_1 = 84 + 10 / 84 = 1,12$$

$$1,1 < t_1 + \ell_1 / t_1 < 1,25$$

$$b_1 = 0,684 / 17,98 \cdot 0,270 \cdot 3,14 \cdot 1,12 = 0,050 \text{ m} = 50 \text{ mm}$$

- Diamètre du moyeu

$$V_{m_0} = V_{m_1} = 17,98 \text{ m/s}$$

$$V_{m_0} = 4Qt / (D_1^2 - D_{\text{moy}}^2) \longrightarrow (19)$$

$$D_{\text{moy}} = (D_1^2 - 4Qt / V_{m_0})^{1/2} \longrightarrow (20)$$

$$= (0,27^2 - 0,684 / \pi \cdot 17,98)^{1/2} = 0,156 \text{ m}$$

$$D_{\text{moy}} = 0,156 \text{ m} = 15,6 \text{ mm}$$

6-2 Triangle des vitesses

6-2-1 A l'entrée de la roue

$$U_1 = 42,41 \text{ m/s} \quad \text{déjà calculer}$$

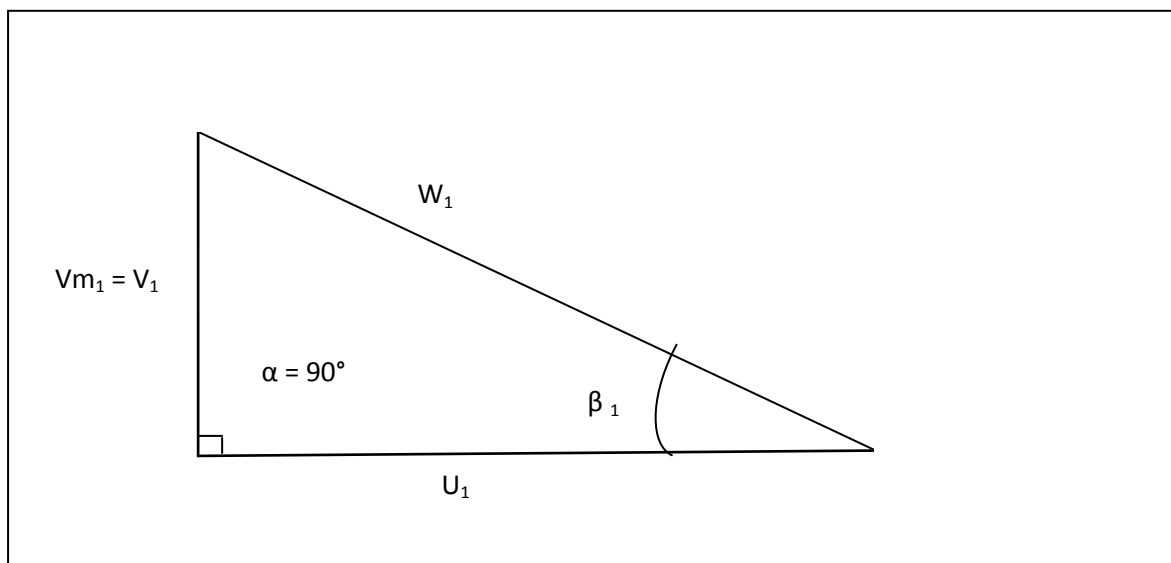
La circulation des liquide à l'entrée de la roue de la pompe centrifuge est nulle cela suppose que le vecteur de vitesse absolue V_1 forme avec le vecteur de la vitesse tangentielle U_1 un angle droit au voisinage de 90° donne pour obtenir des hauteurs élevé à l'aide d'une pompe

- L'angle d'inclinaison de l'aube à l'entrée

$$\beta_1 = \text{artg} (V_1 / U_1) = \text{artg} (17,98 / 42,41) \\ 22,87 = 23^\circ$$

- Vitesse relative du fluide.

$$W_1 = (V_1^2 + U_1^2)^{1/2} = (17,98^2 + 42,41^2)^{1/2} = 46,06 \text{ m/s}$$



-Fig. (2) Triangle des vitesses à l'entrée de la roue

6-2-2 A la sortie de la roue

- Vitesse périphérique

$$U_2 = 105,79 \text{ m/s} \quad \text{déjà calculer}$$

- Angle d'inclinaison de l'aube

Les pompes centrifuge sont avec des aube courbées vers l'arrière avec des angles β_2 compris entre 15° et 30° $15 < \beta_2 < 30$

Et ces pompe sont plus économique est par conséquent plus rentable.

On suppose donné $\beta_2 = 30^\circ$

- Vitesse absolue :

$$V_2 = (V_{m_2}^2 + V_{u_2}^2)^{1/2} = ? \quad V_{m_2} = 14,28$$

V_{u_2} = projection de V_2 sur la ligne d'action d_2 U_2

$$V_{u_2} = U_2 (V_{m_2} / \tan \beta_2) = 105,79 \quad (14,28 / \tan 30^\circ) = 81,05 \text{ m/s}$$

$$V_{u_2} = 81,05 \text{ m/s}$$

$$V_2 = (V_{m_2}^2 + V_{u_2}^2)^{1/2} = (14,28^2 + 81,05^2)^{1/2} = 82,29 \text{ m/s}$$

- Vitesse relative

$$W_2 = V_{m_2} / \sin \beta_2 = 14,28 / \sin 30 = 28,56 \text{ m/s}$$

- L'angle α_2

$$\alpha_2 = \arcsin (V_{m_2} / V_2) = \arcsin (14,28 / 82,29) = 9,99$$

$$\alpha_2 = 9,99^\circ \text{ on prend } \alpha_2 = 10^\circ$$

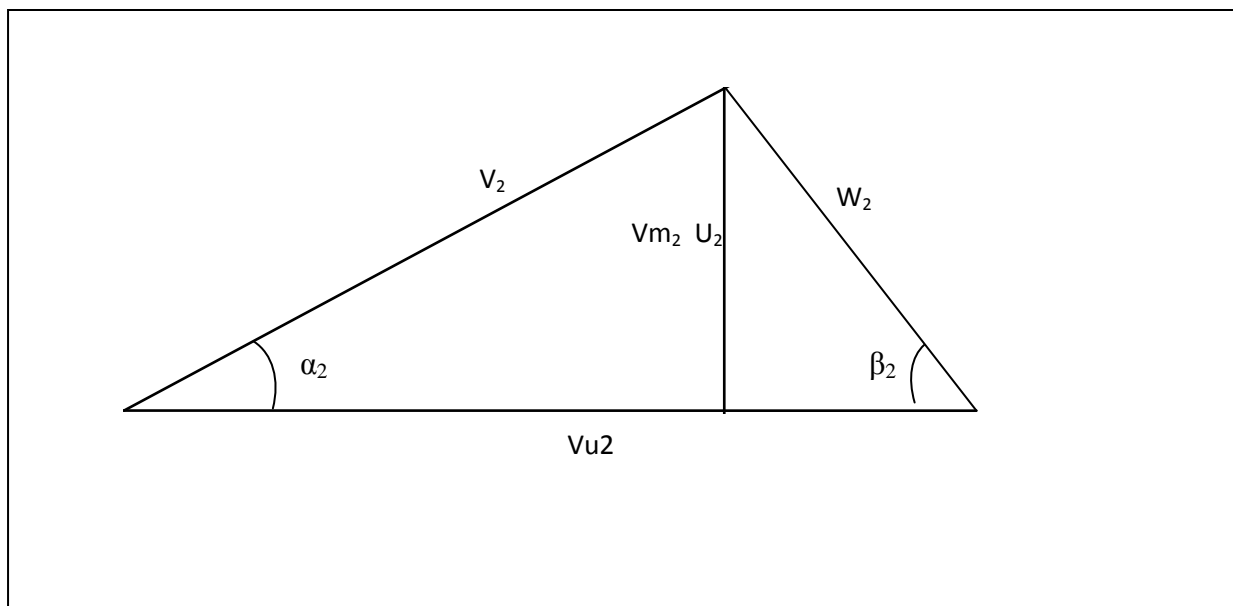


Fig. (3) Triangle des vitesses à la sortie de la roue

6-3 Type et nombre des aubes

6-3-1 vérification du choix du nombre des aubes

Nous avons pris $Z = 10$ aubes d'après STEPANOFE

$Z = \text{nombre d'aube} = \text{valeur de } \beta_2 \text{ en degrés} / 3 \text{ avec } \beta_2 = 30^\circ$

$$Z = \beta_2 / 3 = 30 / 10 = 10 \text{ aubes}$$

6-3-2 Rayon de courbure d'aube

$$r = R_2^2 / 2 (R_2 \cos \beta_2 - R_1 \cos \beta_1) \longrightarrow (21)$$

$$r = 0,336^2 / 2 (0,336 \cos 30 - 0,135 \cos 22,87)$$

$$r = 0,0947 / 0,537 = 0,284 \text{ m} = 284 \text{ mm}$$

6-3-3 Epaisseur des aubes :

L'épaisseur des aubes n'exige pas de calcul spécial

6-4 Calcul des volutes π

Définition : volute à section d'écoulement

6-4-1 calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres de section de la volute sera fait en divisant en « n » parties égales ; chaque partie dans la section finale a un diamètre final d_i collecte i/n de débit refoulé :

$$V_3 \pi d_i^2 / 4 = i / n \quad \Longrightarrow \quad d_i = (i / n \cdot 4Q / \pi \cdot V_3)^{1/2} \longrightarrow (22)$$

Où V_3 = vitesse d'écoulement

Les meilleures pompes modernes sont tracées avec une vitesse moyenne C_t pour toute section de la volute. Cette vitesse est déterminée expérimentalement

$$V_3 = K_3 (2g \cdot h)^{1/2} \longrightarrow (23)$$

Avec $K_3 = 0,29$ d'après STEPANOFE

$$V_3 = 0,29 (2 \cdot 9,81 \cdot 570,42)^{1/2} = 30,67 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,6575 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{débit nominal}$$

$$V_3 = 30,67 \text{ m/s}$$

6-4 2 Diamètre intérieure de la volute

Soit D_3 : le ϕ intérieure de la volute

$$D_3 = (D_2 + D_2/30) = D_2 (1 + 1/30) = 0,673 (1 + 1/30) = 0,695 = 0,7 \text{ m}$$

$$D_3 = 0,7 \text{ m} = 700 \text{ mm}$$

ϕ de la dernière section 0,165 m : le ϕ normaliser sera = 0,160 ou 0,177m

7-Point de fonctionnement

7-1-Généralité

Le point de fonctionnement réel est toujours situé à l'intersection de la courbe caractéristique du réseau et de la courbe caractéristique de la pompe cette dernière est bien définie. Est présente peu de variation (à l'antérieure des tolérances admises par le code d'essais et de réception).

Par contre la courbe caractéristique du réseau peut présenter des écarte importants par rapport aux prévisions. Ces écarts résultants généralement du calcul des pertes se charge des conduit et accessoire pour lesquels les coefficients choisis ne correspondent pas à la réalité (nature des accessoire. Etat des conduit) et de la prise en compte d'une hauteur de sécurité (qui peut le plus peut le moins). Le point d'interdiction supposé plus ou moins graves ou de fonctionnement impossible souvent mis sur le compte de pompe

7-2 Caractéristique des conduits

On appelle caractéristique d'une conduite la courbe qui représente pour une canalisation de diamètre D et de longueur L . les variation de la perte de charge totale en fonction du débit.

C'est la traduction dans un système de coordonnée JQ de l'expression

$$J = e \frac{Q^2}{D^5} \longrightarrow (24)$$

Cette notion mettant notamment en jeu la longueur totale L de la conduite. Nous pouvons dire que l'expression de Q à l'extrémité de la conduite. Pour tout autre point de la canalisation. La courbe serait différente, puisque L ne serait plus le même.

Cette courbe permet également de faire apparaître la résistance de la conduite $\frac{J}{Q^2}$ qui sera d'autant plus grande que la concavité de la courbe sera plus accentuée

7-3- méthode de trace de la courbe du point de fonctionnement

$$\text{On a } H = (8 \lambda L / g \cdot 3,14^2 \cdot D) Q^2 \longrightarrow (25)$$

$$\text{soit } S = (8 \lambda L / g \cdot 3,14^2 \cdot D) \longrightarrow (26)$$

Donne $H = S \cdot Q^2$ c'est la courbe caractéristique de la conduite

La courbe caractérisée des pompes est débit des tableaux précédemment

Calculé c'est-à-dire $H = f(Q)$

Le point de rencontre des deux courbes est le point de fonctionnement :

- pour les calculs (voir les tableaux)
- Le point de fonctionnement global
- Le cas d'avarie

Caractéristique d'une conduite

1- Conduite : $SP_1 - SP_2$

La courbe est de la fonction : $f(q)$

$$H = SQ \quad \text{soit } S = 346,5$$

$$L = 190 \text{ km} \quad H_g = -29,18 \text{ m}$$

Q	ΔH	Q	ΔH	Q	ΔH
0	0	2000	106,944	4400	517,611
100	0,267	2200	129,404	4600	565,736
200	1,069	2367	149,792	4700	590,600
300	2,406	2400	154,000	4734	599,176
400	4,278	2600	180,736		
500	6,684	2800	209,611		
600	9,625	3000	240,625		
800	17,111	3200	273,777		
1000	26,736	3400	309,069		
1200	38,500	3600	346,500		
1400	52,407	3800	386,069		
1600	68,444	4000	427,778		
1800	86,625	4200	471,625		

(Tab 4)

Caractéristique d'une conduite

1 – Conduite : SP₃ – SP₄

- L = 92 km
- S = 80,96

$$H_g = 890 - 460 = 430$$

Q	ΔH	Q	ΔH	Q	ΔH
0	0	2000	24,988	3800	90,205
200	0,250	2200	30,235	4000	99,951
400	0,999	2367	34,999	4200	110,195
600	2,249	2400	35,983	4400	120,940
800	4,000	2600	42,229	4600	132,185
1000	6,247	2800	48,976	4734	139,998
1200	8,995	3000	56,222		
1400	12,439	3200	63,968		
1600	15,990	3400	72,214		
1800	20,240	3600	80,960		

(Tab 5)

Caractéristique d'une conduite

TRONCON : SP₄ – SKIKDA

- L = 207 km
- S = 278,73

$H_g = 88 \text{ m}$

Q	ΔH	Q	ΔH	Q	ΔH
0	0,000	2000	86,028	3800	310,560
200	0,860	2200	104,094	4000	344,111
400	3,411	2367	120,498	4200	379,382
600	7,742	2400	123,880	4400	416,374
800	13,742	2600	145,387	4734	418,987
1000	21,507	2800	168,614	4800	495,520
1200	30,970	3000	193,562	5000	537,670
1400	42,154	3200	220,231	5200	581,550
1600	55,057	3400	248,620	5400	627,140
1800	69,682	3600	278,730	5600	674,240

(Tab 6)

Caractéristique d'une conduite

Conduite : SP₂ – SP₃

- L = 148 km
- S = 138,790

Hg = 330 m

Q	ΔH	Q	ΔH	Q	ΔH
0	0	2000	42,836	3800	154,639
200	0,428	2200	51,832	4000	171,346
400	1,713	2367	60,000	4200	188,910
600	3,855	2400	61,684	4400	207,328
800	6,854	2600	72,393	4600	226,605
1000	10,709	2800	83,595	4734	239,999
1200	15,421	3000	96,382		
1400	20,990	3200	109,661		
1600	27,415	3400	123,800		
1800	34,697	3600	138,790		

(Tab 7)

8-Détermination de la charge à installé

$$H_{mt} = H_{inst} = H_g + \sum \Delta H \longrightarrow (27)$$

$$\sum \Delta H = H_i + H_s$$

1-1 pertes de charges :

$$H_i = \beta Q^{2-m} v^m \cdot L_c / Q^{5-m} = \beta \frac{Q^{2-m} \cdot v^m}{Q^{5-m}} L_c \longrightarrow (28)$$

β , m sont des coefficient qui tenant compte de régime d'écoulement. Cette dernière est calcule en fonction du nombre de Reynolds tellque

$$Re = V \cdot D/v \longrightarrow (29)$$

v : viscosité à $10^n = 5.16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{S}$

V : vitesse en m/S

D : diamètre intérieure

Si $Re \geq 2300$

Régime turbulent

Zone de régime turbulent

$Re_l < Re < Re_{er}$

turbulent lisse

$Re > Re_{eu}$

turbulent rugueuse

$Re < Re_l$

Régime laminaire

$Re_{cr} = 2300$

$Re = V \cdot D / \nu$

$Re_{er} = 27 / K^{8/7}$; $K = \varepsilon / D$

$Re_{eu} = 21.6 \cdot C \cdot K$; $C = 1. R^{1/6} / \varepsilon$

K : rugosité relative

$R = S / \infty$ S : section ; ∞ : périmètres mouiller

ε : rugosité absolue

8-1- méthode de calcul

8-1-2 calcul des pertes hydrauliques

$$J - \beta Q^{2-m} v^m / D^{5-m} \longrightarrow \quad (30)$$

Calcul de nombre de Reynolds :

$$Re = V \cdot D / \nu = 1.98 \quad ; \quad 27.34 / 5.16 \cdot 10^{-6} = 5.016 \cdot 10^5$$

$Re > 2300$ d'où le régime est turbulent

Recherche de la zone

$$Re_{cr} = 27 / K^{8/7} \quad ; \quad K = \varepsilon / D = 40 \cdot 10^{-3} / 27 \cdot 34$$

$$K = 4 \cdot 357 \cdot 10^{-6}$$

$$Re_{cr} = 27 \cdot 1/4 \cdot 357 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 601 \cdot 10^6$$

D'où $Re_l < Re < Re_{cr}$

le régime turbulent lisse d'où les valeurs de $\beta=0.0247$; $m = 0.25$

$$I = 0.047 \cdot 1.315^{2-0.25} (5.16 \cdot 10^{-6-0.25}) / 0.918^{2-0.25}$$

$$I = 0.00285 = 2.854 \text{ m c f / km}$$

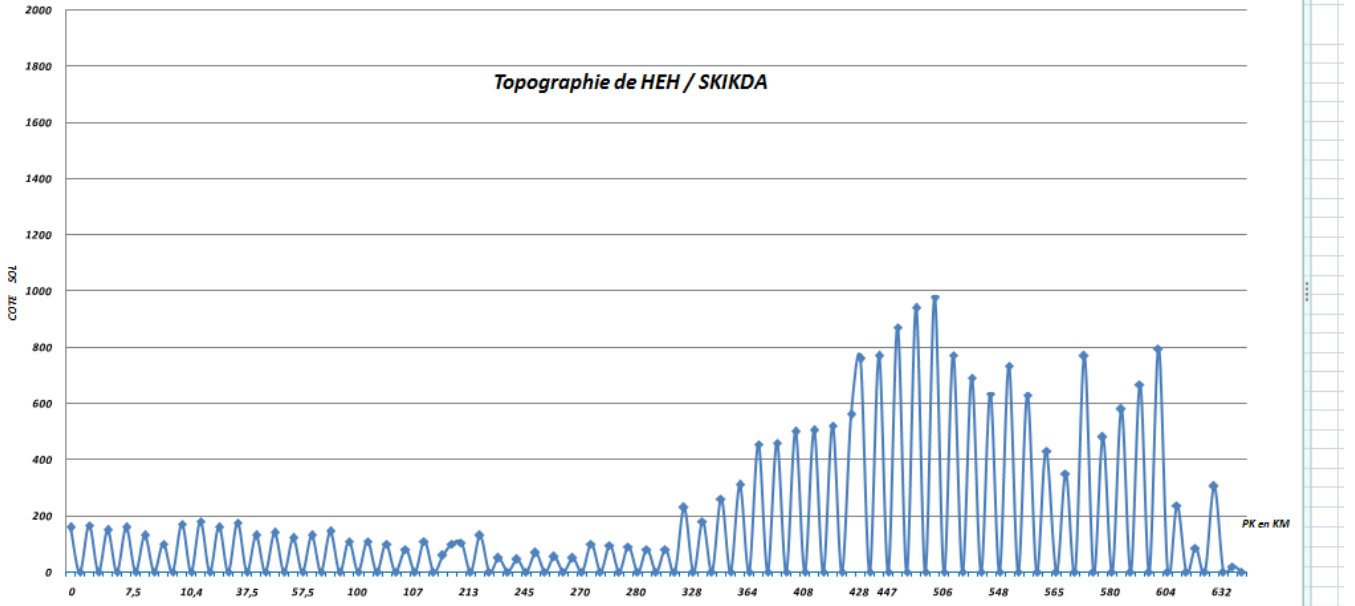


Fig. (4)

Conclusion :

En vue de diminuée la charge à la sortie de la station nous avons opté pour un relèvement en plusieurs temps pour les avantages qu'ils présentent.

Toute fois les stations sont équipés de groupes de pompage identique.

Introduction :

Eviter la rupture n'est pas en soi une idée nouvelle. Les concepteurs des structures de l'Égypte des pharaons (pyramides) ou ceux de l'empire romain nous ont laissé des édifices que l'on peut encore contempler ce qui prouve bien qu'ils avaient le souci d'éviter la ruine des structures.

L'utilisation de nouveaux matériaux ductiles (acier et autres alliages métalliques) pour des chargements en traction conduisit cependant à quelques problèmes ; des ruptures se produisaient parfois pour des niveaux de charges bien inférieurs à la limite d'élasticité ; on a dans un premier temps essayé d'éviter ces risques de ruptures en surdimensionnant les structures, mais la nécessité d'alléger de plus en plus les structures et de réduire les coûts conduisit au développement des recherches sur la mécanique de la rupture.

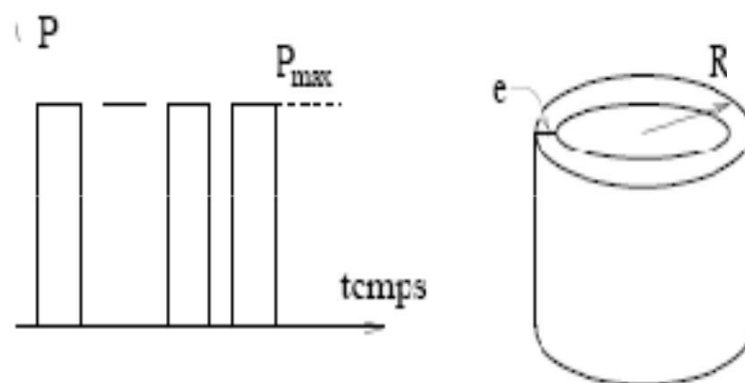
Dimensionnement d'un tube sous pression

Fig. (5) Schématisation du cycle de chargement et de la géométrie.

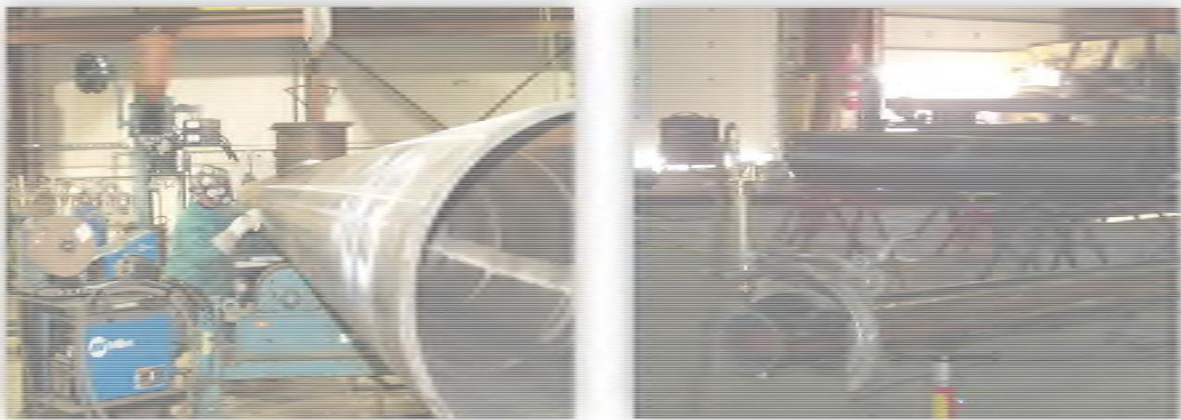
On cherche à dimensionner les cylindres, c'est-à-dire à déterminer l'épaisseur optimale du tube qui n'entraîne aucun risque de rupture possible pour une pression test de deux fois la pression de service. Pour cela on analysera les différents risques de rupture suivants :

1. rupture par charge limite
2. rupture par fissuration critique

3. propagation de fissure par fatigue.

Causes des défaillances des tubes

Les causes des défaillances des tubes ou tuyaux sous pression sont de diverses natures. Elles peuvent se manifester soit par une rupture, soit par une fuite « fissure ». La plupart de ces défaillances sont causées par des piqûres de corrosion ou par des fissurations de corrosion sous contrainte, mais il existe également des problèmes liés aux défauts de soudage. Les mouvements de terrain (glissements du sol, tremblement de terre,...) peuvent aussi être la cause de dommage sur tubes enterrés.



(a) : la soudure manuelle des tubes, (b) : la soudure automatique par machine des tubes

Fig. (6) Types du soudures par machine des tubes

Calcul des épaisseurs

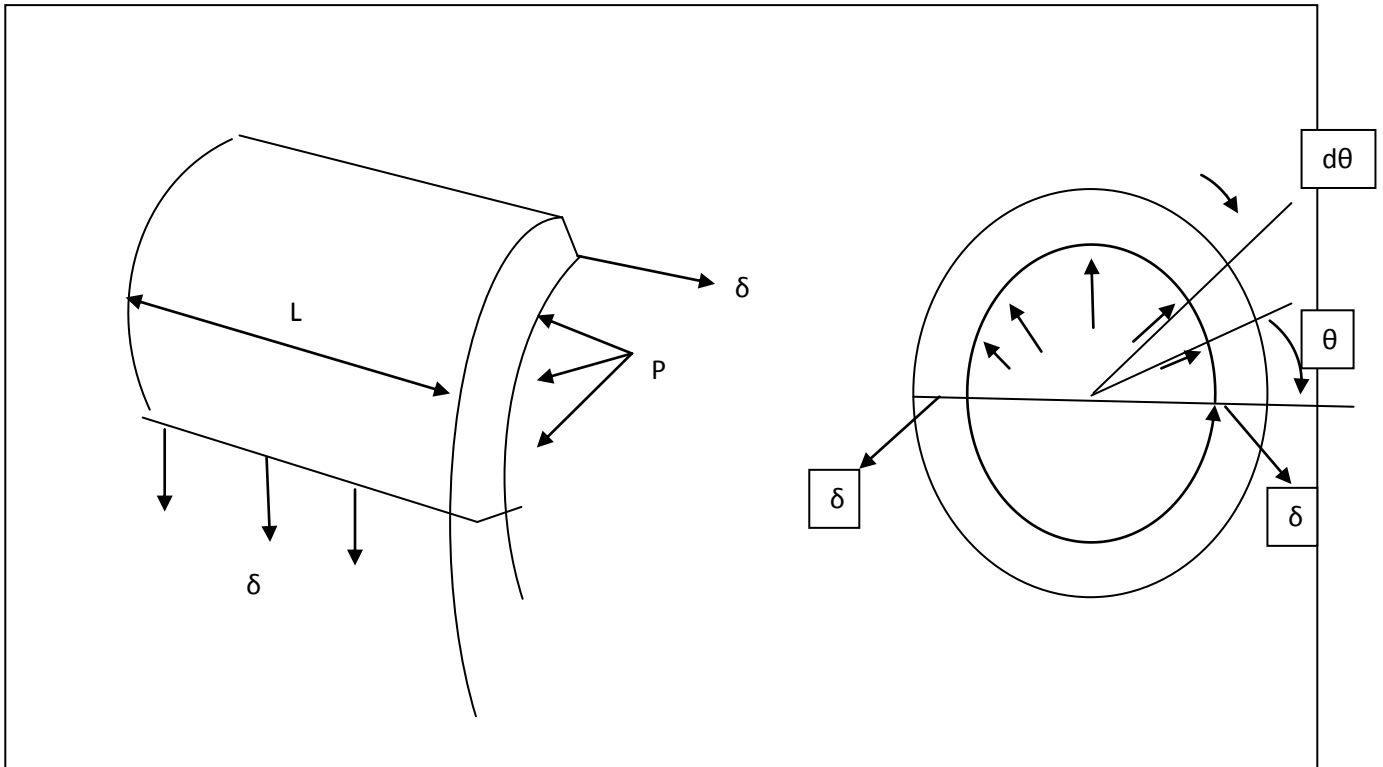
Les caractéristiques du pipeline sont : l'épaisseur, le diamètre et la pression

1 - Épaisseur

On va assimiler la conduite d'acier à un cylindre fermé aux deux extrémité par des fonds et soumis à une pression intérieure P , l'épaisseur de la paroi est e et le rayon intérieure

$$r = \frac{d}{2} \longrightarrow (1)$$

Le but c'est déterminer de la formule de l'épaisseur en fonction du pression et la contrainte



(Fig. 7) Le schéma de corps libre de la moitié

Le schéma de corps libre de la moitié de est élément de la fig. (7). Le corps a été coupé de telle façon que l'effet interne δ à l'origine apparait maintenant une force extérieure à ce corps libre.

Les composants horizontaux des pressions s'équilibrent deux à deux en raison de la symétrie par rapport à l'axe vertical. Dans la direction verticale l'équation d'équilibre est :

$$\sum F_0 = -2 \delta \cdot e \cdot L + \int_0^\pi P \cdot r \cdot (d\theta) \cdot (\sin\theta) \cdot L = 0 \quad \longrightarrow \quad (2)$$

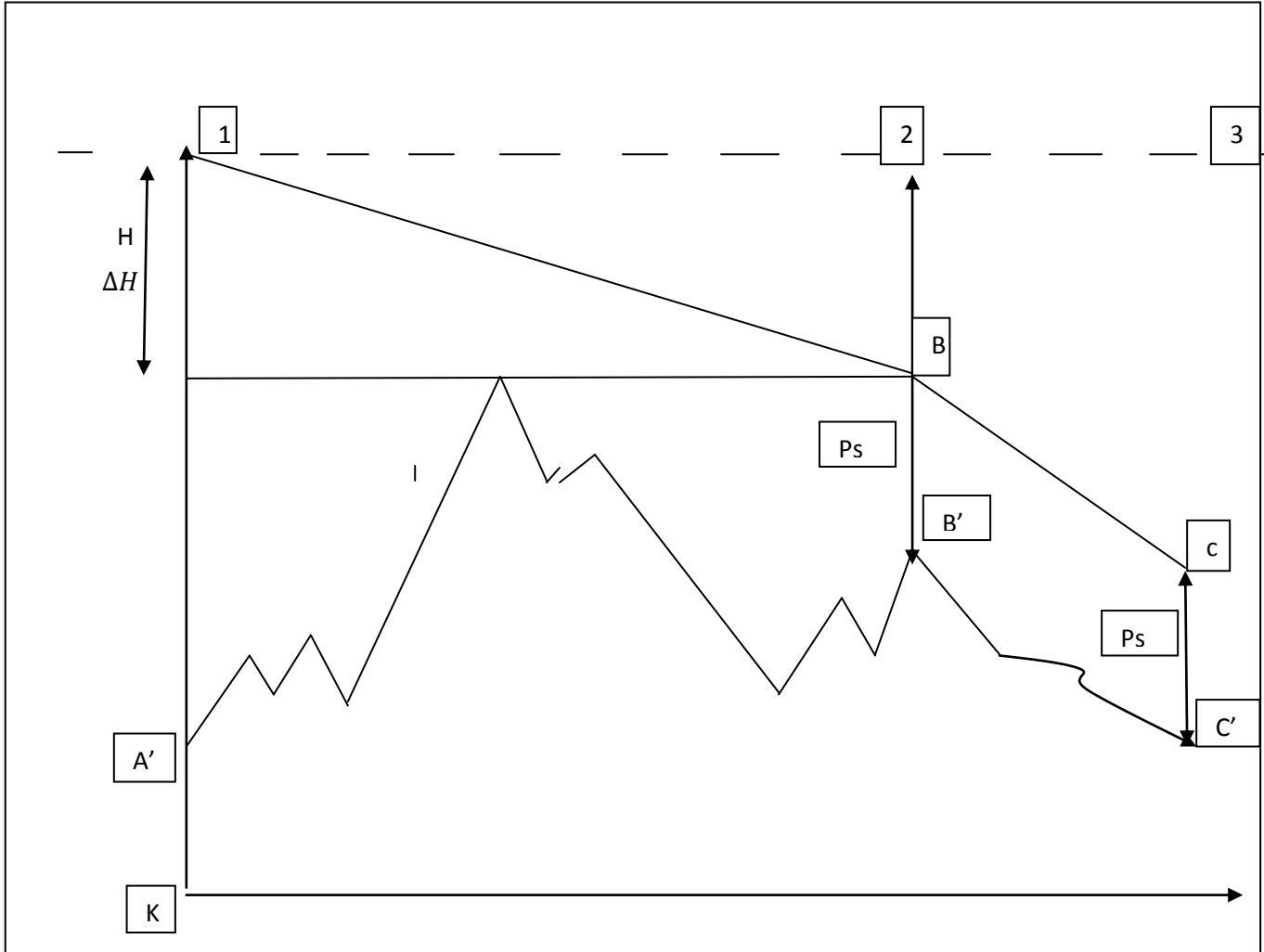
En intégrant $2 \delta \cdot e \cdot L = -pr \int_0^\pi \cos \theta \cdot L$

$$e = \frac{Pr}{\delta} - \frac{Pr}{2\delta} \quad \longrightarrow \quad (3)$$

On ajoute le coefficient de corrosion e l'équation sera

$$e = \frac{P_s \cdot D}{2\delta} + C \longrightarrow (4) \qquad e = 3 \text{ mm}$$

LA pression P_s : c'est appelé la pression au sol Cote piézométrique :



(Fig.8) la pression au sol Cote piézométrique

La ligne A B C représente le profil piézométrique du conduit. Les pressions au sol mesuré par BB' et CC' pression au sol = cote piézométrique - cote de sol

Cote piézométrique :

ΔH = représente la perte de charge

$$\Delta H = i L_x \longrightarrow (5)$$

L_x : c'est la longueur du conduit à partir du station jusque à la Pt considéré

Δk : représente la Hst : la hauteur du station

D'où

$$C_p = H_{st} - \Delta H \longrightarrow (5)$$

et enfin

$$P_s = C_p - C T N \longrightarrow (6)$$

2-Contrainte

Les contraintes sont réparties suivant les catégories et les zones

Zone	Ke	Kr
1	0,675	0,47
2	0,75	0,59
3	0,82	0,65

Tab. (8)

$$\text{Zone 1 } [\sigma] = K_e \cdot \sigma_e = 0,675 \cdot 3700 = 2497,5 \text{ kg / cm}^2$$

$$[\sigma] = k_r \cdot \sigma_r = 0,47 \cdot 4700 = 2209 \text{ kg / cm}^2$$

$$[\sigma] = \sigma_{\min} = 2209 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Zone 2 : } [\sigma] = K_e \cdot \sigma_e = 0,75 \cdot 3700 = 2275 \text{ kg / cm}^2$$

$$[\sigma] = k_r \cdot \sigma_r = 0,59 \cdot 4700 = 2273 \text{ kg / cm}^2$$

$$[\sigma] = \sigma_{\min} = 2273 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Zone 3 : } [\sigma] = K_e \cdot \sigma_e = 0,82 \cdot 3700 = 3034 \text{ kg / cm}^2$$

$$[\sigma] = k_r \cdot \sigma_r = 0,65 \cdot 4700 = 3055 \text{ kg / cm}^2$$

$$[\sigma] = \sigma_{\min} = 3034 \text{ kg / cm}^2$$

Formule à utiliser pour le calcul des épaisseurs :

Par mesure de sécurité il faut :

$$e \geq (PS \cdot \text{Din} / 2 \sigma_{\min}) + c$$

ou : PS : désigne la pression du sol en (m c f)

Din : est le diamètre intérieur en (m)

σ_{\min} : contrainte admissible en (k g / cm²)

c : coefficient de corrosion (m)

3- REPARTITION DES EPAISSEURE

COTE SOL	LONGUEUR	EPAISSEURE
159,18	0,00	11,62
165,00	2,5	11,43
150,00	3,30	11,62
159,00	7,50	11,30
130	9,5	11,65
100	10,30	12,07
170	10,40	11,01
180	20,00	10,44

160	31,50	10,25
175	37,50	9,76
130	43,00	10,21
140	57,00	9,45
120	57,50	9,73
130	66,50	9,19
145	80,50	8,38
110	100,00	8,05
110	104	7,88
99	106	7,96
80	107	8,20
110	115	7,40
60	153	6,52
100	201	11,60

105	213,00	11,01
130,00	218,00	10,41
50,00	233,00	10,98
45,00	245,00	10,53
70	255,00	9,72
55	262	9,65
50	270	9,38
100	272	8,54
95	277	8,40
90	280	8,34

80	310	7,20
80	318,00	6,85
230	328	4,15
180	342	4,30
260	359	2,30
310	364,00	1,24
455	384	12,12
460	389	11,80
500	408	10,24
505	411	10,01
520	416	9,53
560	428	6,81

760	440,00	4,42
770	447,00	3,93
870	479,00	13,03
940	493,00	11,21
978	506,00	9,96
772	532	12,15
690	539	13,17
635	548	13,66
734	559	11,50

630	560	17,34
430	565	16,25
350	570,00	17,34
769	576	10,12
480	580	14,71
580	585	12,82
668	596,00	10,84
795	604	8,36
236	622	16,77
85	625	19,12
305	632	15,15
20	637,54	23,85

Tab. (9)

4-Réparation des épaisseurs selon normalisation

EPAIASSEURE (mm)	LONGUEUR (m)
7,92	161
8,74	58,5
9,53	36,5
10,31	81
11,13	64,7
11,91	78
12,70	61,3
14,27	48
15,88	44

17,48	29
20,62	13
23,83	15,54

Tab. (10)

5-Rappelle succincts concernant la corrosion

5-1 le processus de la corrosion

le terme « corrosion » désigne la destruction d'un métal sous l'action du milieu environnement (air, eau de mer, solution aqueuses, sol, pétrole.....), par un processus de type physico-chimique.

la forme de corrosion la plus courante est celle qui affecte la structure métallique par une attaque généralisée et uniforme se traduisant à la présence de produit de corrosion à la surface du métal et par une perte de matière uniformément répartie. Mais, dans de nombreux cas, la corrosion se manifeste par une attaque localisée pouvant entraîner des dommages très importants, sans que le métal présent dans l'ensemble subisse une perte de poids significative.

L'étude du mécanisme de la corrosion, et par conséquent la connaissance des moyens à mettre en œuvre pour y remédier, repose sur l'exploitation des lois de la thermodynamique et de la cinétique électrochimique.

Rappelons très succinctement que la corrosion d'un métal se traduit à l'échelle moléculaire par la destruction du réseau métallique suivant une réaction d'oxydation. Les électrons produits par la réaction de dissolution anodique écrite ci-dessous doivent nécessairement, puisqu'il ne peut pas y avoir d'accumulation d'électrons, être consommés simultanément dans une réaction de réduction.

5-2 les moyens de lutte contre la corrosion

La lutte contre la corrosion consiste à contrarier les circonstances favorables au développement d'une réaction de corrosion :

- isolation du métal
- modification artificielle du potentiel électrochimique du métal

- Blocage des réactions de corrosion par réaction entre agents passivant et métal qui conduisent à la formation de composés chimique stable à la surface du métal à protéger.

Les principaux moyens de lutte sont les suivant :

- Protection par revêtement (passive) : Elle consiste à isoler le métal du milieu environnant
- Protection cathodique (active) : Cette méthode ne peut être mise en œuvre que si me métal se trouve en contact avec le milieu électrolytique continu (eau, sol, béton, humide, pétrole).

Elle consiste à abaisser le potentiel électrochimique du métal à une valeur telle qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer. On admet généralement, sauf dans les cas d'agressivité extrême, un seuil de protection de -0,85 V/Cu.CuS04.

Le courant de protection peut être délivré, soit par un générateur de courant continu, ce dernier circulant entre une anode déversoir et le métal à protéger ; soit correspondre au courant de dissolution anodique d'un métal plus électronégatif court-circuit avec l'ouvrage métallique à protéger (anode sacrificielle en alliage de zinc, d'aluminium ou de magnésium).

5-3protection des accessoires de canalisation :

La protection des accessoires peut être réalisée en usine et sur chantier :

En usine, les accessoires sont revêtus :

- Par pulvérisations en couches relativement minces de produit à base des résines époxydique (300µm à 500µm).
- Par pulvérisation en couche épaisses des produit à base de résine polyuréthane, plus ou moins chargées de brai de houille (1500 µm).
- Par trempage dans un bain fluidisé de résine époxydique ou polyamide en poudre.

Sur chantier, cette protection nécessite des matériaux aisément conformables à la géométrie des accessoires, On utilise à cet effet :

- Des résines polyuréthane appliquées par moulage au rouleau.
- Les bandes adhésives employées conjointement avec mastic de remplissage.

6- fonctions des revêtements :

6-1 Procédés de protection :

La protection par revêtement extérieure vise à isoler le plus parfaitement possible, le métal du milieu ambiant pour prévenir le mécanisme de la corrosion.

Deux principes permettent d'assurer la protection anticorrosion par revêtement :

- 1^{ere} principe repose sur l'imperméabilité élevée du revêtement. celui-ci doit être intimement adhérent à la surface métallique et étanche à l'eau et à l'air. En outre, il doit constituer une barrière vis-à-vis d'espèces ionique, avoir une résistivité et une rigidité diélectrique suffisantes et conserver tous ces propriétés dans le temps. Ce système est généralement employé sur les structures entrées. Il est complété d'une façon systématique par la protection cathodique pour pallier les risques de corrosion là où le revêtement est dégradé
- Le 2^{eme} principe consiste à créer du métal une couche protectrice en utilisant soit le pouvoir passivant de certains sels métallique (chromate, phosphates), soit le caractère anodique relativement à l'acier de certains métaux (zinc, aluminium). En pratique, cela conduit à appliquer sur les structures concernées soit une peinture riche en pigment de sels métalliques (application réalisable sur chantier), soit à effectuer une projection de métal en fusion dite métallisation. Afin d'en augmenter la durabilité, ces systèmes sont le plus souvent revêtus d'une couche de peinture limitant ainsi les échanges avec l'environnement. L'utilisation de ce procédé est destinée en particulier aux ouvrages aériens, par suite de l'impossibilité d'appliquer à l'ouvrage une protection cathodique par soutirage ou anode sacrificielle.

Suivant la catégorie de l'ouvrage à protéger, la sélection, la mise en œuvre et le contrôle du revêtement protecteur vont devoir répondre à un ensemble de critères.

6-2 Revêtement intérieurs :

Un revêtement peut être réalisé à l'intérieur des tubes pour deux raisons :

- Limiter les pertes de charges en créant une surface lisse (cas le plus courant).
- Protéger contre la corrosion (cas des fluides agressifs).

7- Protection cathodique :**7-1 principes de la protection cathodique :**

A partir des constatations établies, on peut imaginer la possibilité de créer la circulation d'un courant électrique entre un métal et la solution qui l'entoure, circulation telle que le sens du courant passe de la solution vers le métal, et de favoriser ainsi la réaction cathodique au niveau de métal que l'on veut protéger contre la corrosion, en rapportant la réaction d'oxydation sur une autre structure, dont accepte à priori la dégradation

C'est le principe de la protection cathodique.

D'après ce qui vient d'être dit, il existe deux manières de réaliser la protection cathodique, elle consiste à abaisser le potentiel électrochimique du métal à une valeur telle qu'aucune réaction d'oxydation ne puisse se développer. On admet généralement, sauf dans le cas d'agressivité extrême, un seuil de protection de $-0,85$ V/Cu. CuSO_4 .

Le courant de protection peut

être délivré, soit par générateur de courant continu, ce dernier circulant entre anode déversoir et le métal à protéger ; soit correspondre au courant de dissolution anodique d'un métal plus électro-négatif court-circuité avec l'ouvrage métallique à protéger (anodes sacrificielles en alliages de zinc, d'aluminium ou de magnésium).

7-2 protections cathodiques par courant imposé :

La première consiste à utiliser un générateur extérieur au système métal/solution qui débitera un courant continu, de sens tel que dans la solution il « sortira » d'une pièce anodique appelée déversoir pour pénétrer dans le métal à protéger et le rendre cathodique. On a réalisé ainsi une protection cathodique par courant imposé.

7-3 protections cathodiques par anode galvanique

Dans le second cas, le métal est relié électriquement avec un autre métal moins noble que lui, c'est-à-dire dont le potentiel dans la solution est plus négatif. Ce métal moins noble va se dissoudre par oxydation en émettant dans le sol un courant qui viendra protéger la structure.

On réalisé ainsi une protection cathodique par anode galvanique ou sacrificielle.

8- critère de protection cathodique :**8-1 le potentiel métal / solution :**

Selon le diagramme de Pourbaix (diagramme PH-tension métal/solution) établi pour le fer. Il apparaît dans ce diagramme un domaine d'immunité ou le fer reste à l'état métallique parce qu'il se trouve dans les conditions où seul des réactions cathodiques peuvent se développer.

C'est le domaine de protection cathodique.

On admet que tous les structures en acier enterrée dont le potentiel aura été rendu plus négatif que $-0,850$ MA par rapport à l'électrode Cu/CuSO₄, protéger catholiquement.

Dans certaines circonstances si la mesure du potentiel n'est réalisable, il peut être utile de contrôler le courant assurant la protection cathodique.

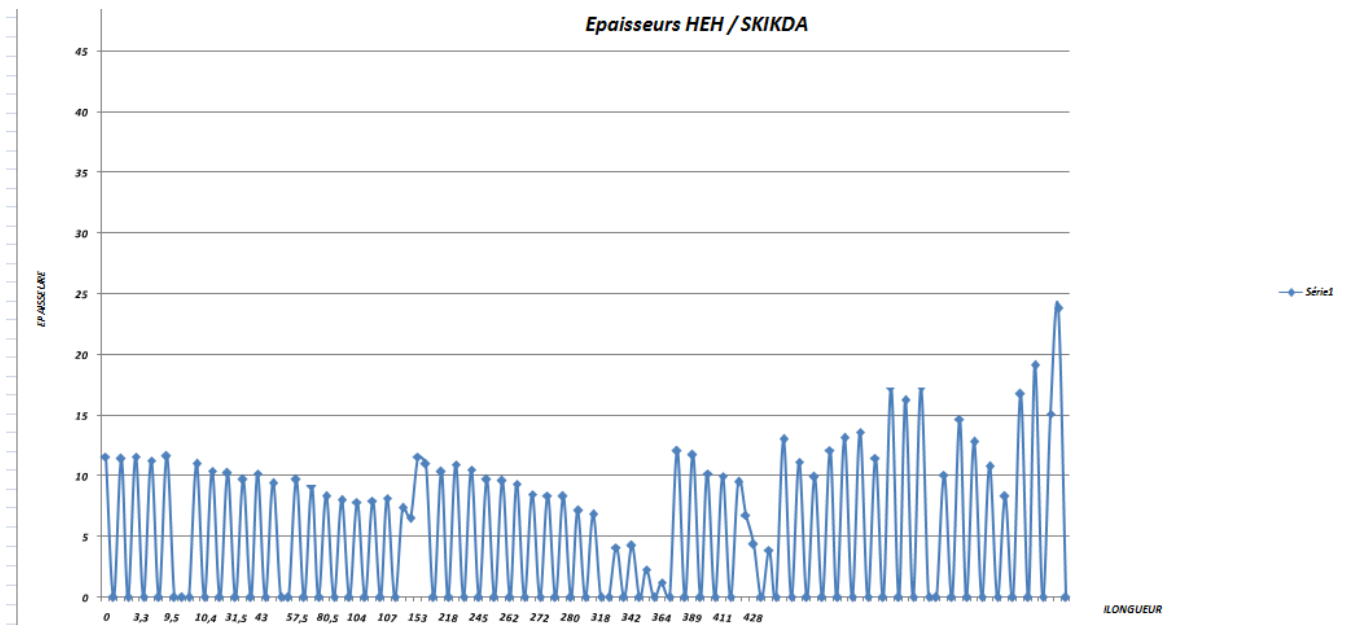


Fig. (9)

Conclusion :

Les exploitants des tubes étudient ces problèmes depuis longtemps et possèdent une bonne connaissance des méthodes permettant de les gérer, Mais il ne faut tout de même pas négliger les agressions mécaniques extérieures. En effet, il arrive que les tubes soient endommagés ou perforés ou accidentellement lors de travaux d'excavation par des engins de chantier.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La multiplication des accidents plus ou moins graves, notamment dus à la corrosion, ainsi que leur incidence sur l'économie mondiale et leur impact sur l'environnement rendent le transport des hydrocarbures de plus en plus préoccupant. Dans le premier volet, nous avons étudié les techniques du transport des hydrocarbures.

Dans le deuxième volet, le comportement du tube sous l'effet de la pression interne, et qui nous a permis de constater que le tube fonctionne dans le domaine élastique. On a même considéré l'effet des conditions aux limites, et qui est négligeable.

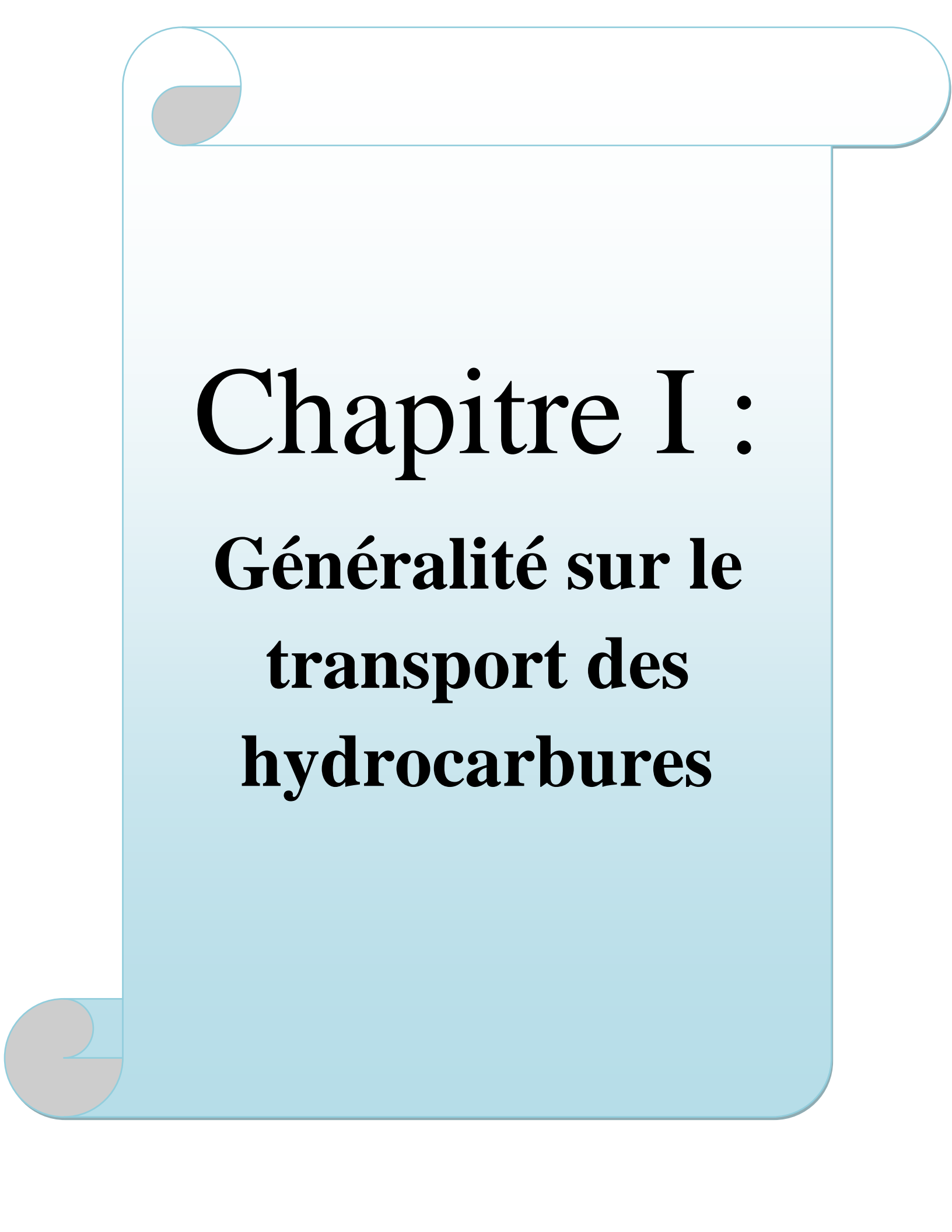
Une application Excel réalisé par nos soins permet de calculer les valeurs exactes des épaisseurs le long du parcours.

Toutefois les résultats obtenus différent légèrement de ceux qui ont été établis cela est dû à la croissance de la production du pétrole, qui provoqué la modification des quantités à transporter, et la modification des épaisseurs, dans le contexte du comportement d'un tube sous chargement de pression intérieure.

Enfin, il est nécessaire de rappeler que ces résultats sont basés sur la production actuelle. Cette analyse est acceptable jusqu'à un maximum autorisé (plein régime). Une suite sera donnée à cette analyse pour pouvoir évaluer avec plus de précision les taux d'endommagements, en prenant en considération d'autres critères comme les chargements combinés.

Références bibliographiques

- [1] : « Manuel d'exploitation station de pompage sp3 », ABB PS & SPA, 15-07-08.
- [2] : « Manuel d'exploitation et maintenance - zone sp-3», ABB PS & 15-07-08.
- [3] Bonnin, J., 1983. Ecoulement des fluides dans les tuyauteries. Techniques de l'ingénieur, A 738, 1-22.
- [4] Pernès, P., 2003. Mécanique des milieux continus déformables - Application à la mécanique des liquides parfaits et des liquides newtoniens, Cemagref Editions.
- [5] Luc JOIN-LAMBERT, 'Généralités sur le transport international du gaz'. (1995).
- [6] Ahmed MOKHTARI, 'de l'intervention sur pipeline-méthodes, procédures et moyens', SONATRACH / TRC / RTC(2005).
- [7] G.PLUVINAGE et J.CAPELLE. 'Etude d'un dimensionnement de conduite de gaz basée sur la mécanique de la rupture' se l'analyse limite.5èmesjournées de mécanique de l'EMP Bordj El BAHRI .28-29 MARS 2006.
- [8] Luc JOIN-LAMBERT, 'Généralités sur le transport international du gaz'. (1995).

A decorative graphic of a scroll with a light blue gradient background and rounded corners. The scroll is partially unrolled at the top and bottom, with the unrolled sections being a darker shade of blue. The text is centered on the scroll.

Chapitre I :

Généralité sur le transport des hydrocarbures

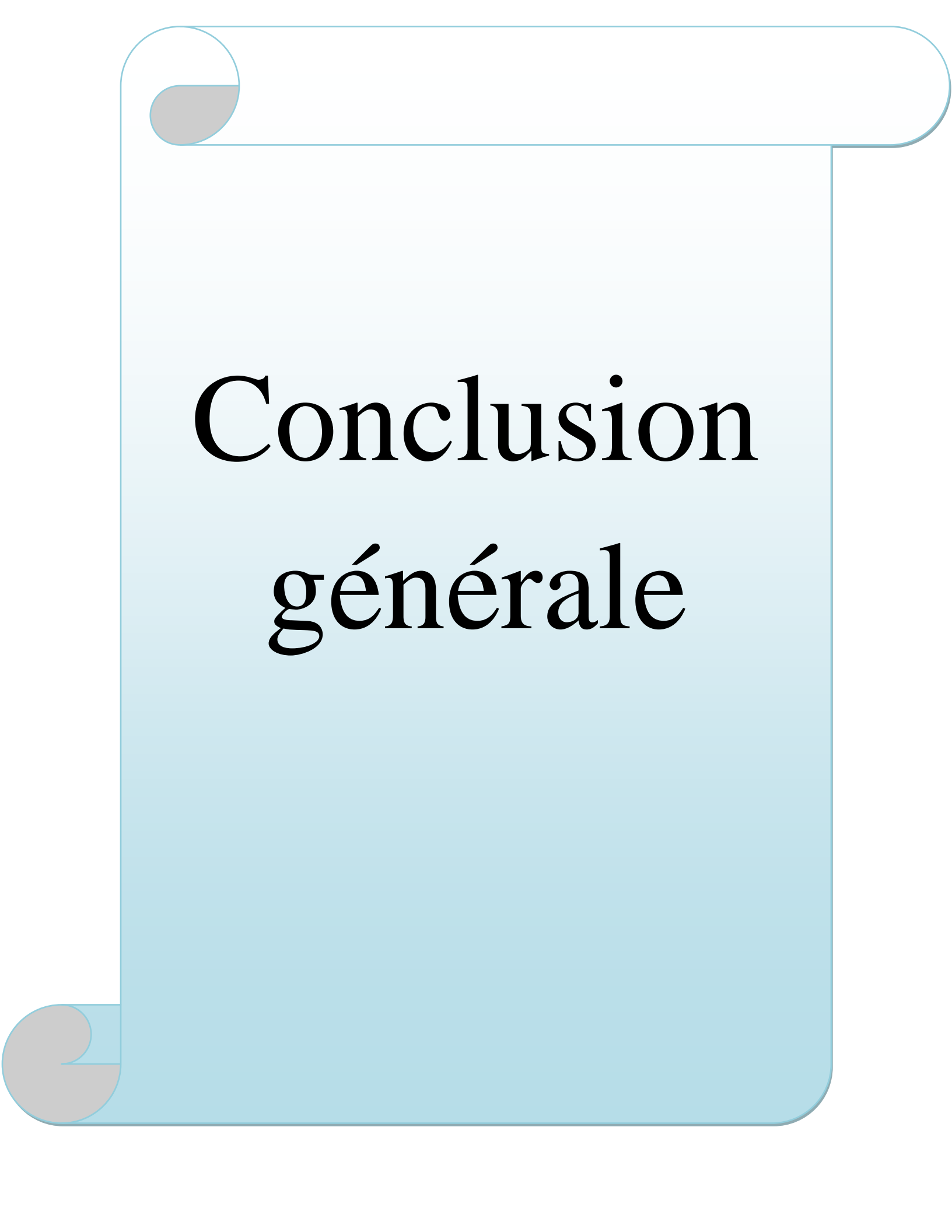
A decorative graphic of a scroll with a light blue gradient background and rounded corners. The scroll is partially unrolled at the top and bottom, with a greyish-brown shadow on the inner edge of the unrolled part.

Chapitre II :

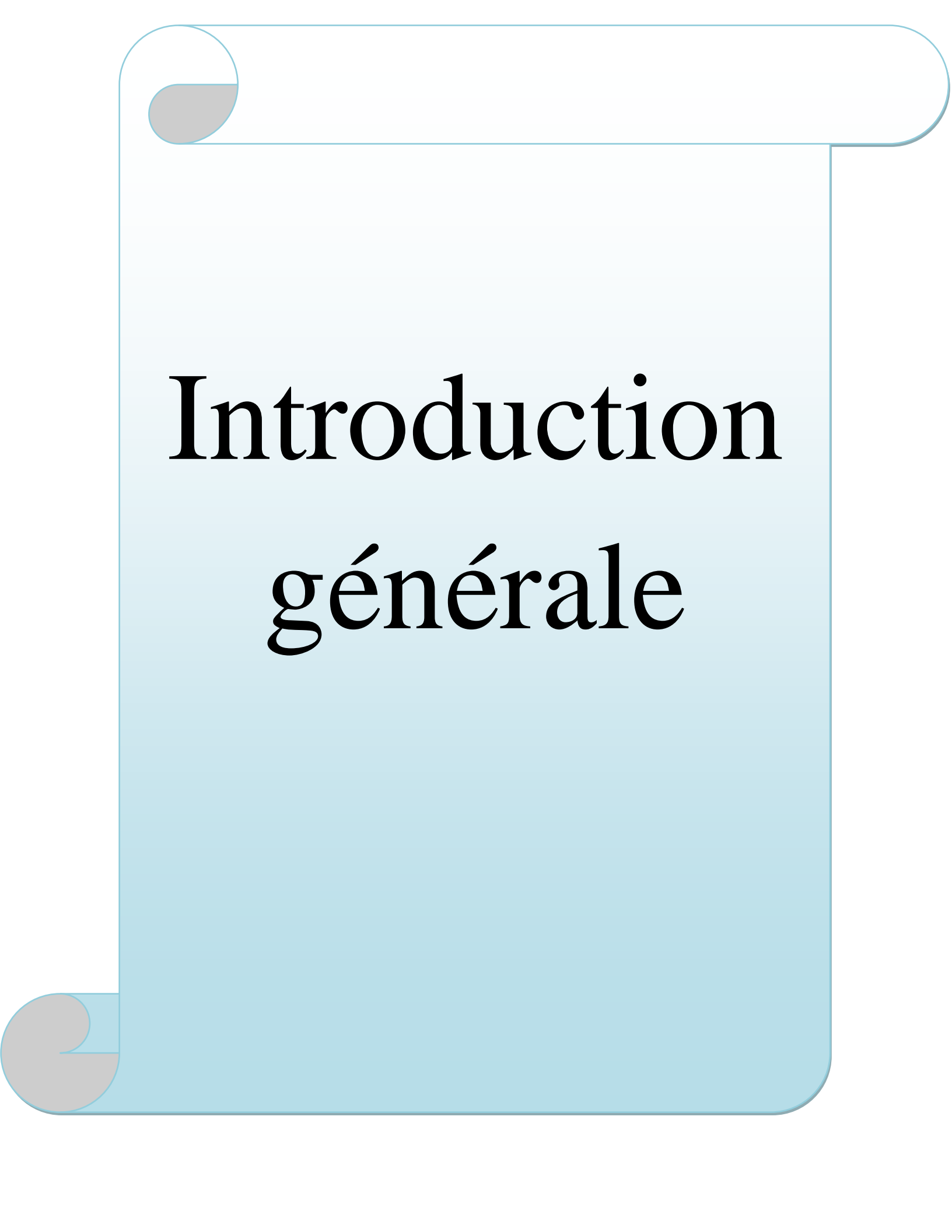
Calcul des pompes

Chapitre III :

Calcul des épaisseurs

A decorative graphic of a scroll with a light blue gradient background and a white top section. The scroll has rounded corners and a small grey tab at the top left. The text is centered on the scroll.

Conclusion générale



Introduction générale