

M,CH 03/94

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE OUARGLA



Faculté des sciences et des sciences de l'ingénieur

Département des Sciences de l'Ingénieur



Mémoire de Fin d'études

en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état

Spécialité : Génie des procédés

Option : Génie chimique

Présenté par :

Ziara Meyada

Serradj Nora

Thème

Vérification de la section de dessalage pour un taux de charge 150 % du topping HMD

Soutenu publiquement le 30 Septembre devant le jury :

| | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Mr : Saouli. S | (Université de Ouargla) | Président |
| Mr : Babi. Y | (Université de Ouargla) | Examineur |
| Mr : Selami. M. H | (Université de Ouargla) | Examineur |
| Mr : Sekrifa. M. L | (Université de Ouargla) | Rapporteur |
| Mr : Dounit. S | (Université de Ouargla) | Co- rapporteur |
| Mr : Krama. M | (Sonatrach RHM2) | Co- rapporteur |

Année Universitaire 2002/2003



DEDICACE

A l'âme de mon cher père symbole de sagesse, d'homme responsable, de père et époux idéal .

A toi maman symbole de sacrifice et de fidélité .

Mon infini reconnaissance pour tous ce que vous avez fait pour moi

A mes frères : Lyazid (merci pour tous), Salah, Salim

A mes Sœurs : Zahia, Dalila, Lynda

Ainsi que toute la famille Serradj

A mes amies : Meyada, Rebha, Lila et toute la promotion 5^{ème} année Génie Chimique .

A M^r et M^{me} Ziara, Ishak pour son aide précieuse

A M^r et M^{me} Hamiane, Souad, Nassima également, à toute la famille Reguieg

A tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu

A tous ceux qui m'aime

Je dédie ce mémoire .

NORA

DEDICACE

Je dédie ce travail à la lumière de ma vie, aux êtres les plus chers au monde, à mes parents qui m'ont suivis dès le premier pas encouragé et soutenu durant toutes ces années.

A mes grands parents

A mes sœurs : Intissar, Hadjer, Khaoula.

A mes frères : Adam et Ishack que je remercie infiniment.

Aux famille Ziara et Medjoudja.

A mes amies : Nora et Lila et toute la promotion.

A tous ceux qui ont participer à cette réussite.

Mercie

Meyada

Remerciements

On remercie Dieu le tout puissant qui nous a donné courage, patience et force jusqu'à la fin de la réalisation de ce modeste travail.

Cette étude a été réalisé à la nouvelle raffinerie de Hassi Messaoud sous la direction de MR KRAMA Mohamed (Chef de service), Mr SEKRIFA Mohamed Lamine et MR DOUNIT Salah (Chargés de cours, à l'université de Ouargla), Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profond respect et nos sincères remerciements.

Nos remerciements et reconnaissances vont à tous les enseignants de l'université de Ouargla pour le savoir qu'ils nous ont transmis durant notre formation et aux professeurs membres de jury qui ont accepté de juger notre travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à MR KRAMA Mohamed, à tous les ingénieurs, aux cadres techniques, et tout le personnel de la Raffinerie de Hassi Messaoud.

On tient à remercier MR TALBI, MR Hammadi responsables du centre de formation de la Sonatrach.

En fin on remercie tous ceux qui nous ont aidé, encouragé et soutenu.

Résumé

Une installation de production peut être décomposer en parties regroupant plusieurs équipement dont la flexibilité diffère, chaque partie de cette installation est conçue pour remplir une tâche dans l'enchaînement du processus de production.

Le dimensionnement de ces équipements est en fonction de la rentabilité voulue, certain d'entre eux peuvent fonctionner à haute sévérité, pour d'autre les faire fonctionner au-delà d'un rendement maximal les rendent moins économique.

L'objectif de notre étude est la vérification de la possibilité de faire fonctionner les équipements constituant la première partie de l'unité topping de la nouvelle raffinerie de Hassi Messaoud lors de l'augmentation de charge (150%) dans le cadre d'un revamping de toute la raffinerie pour répondre à la demande croissante en carburant du marché.

SOMMAIRE

| | |
|----------------------------|----|
| Introduction générale..... | 01 |
|----------------------------|----|

| |
|------------------|
| Partie Théorique |
|------------------|

CHAPITRE I : Nouvelle raffinerie de Hassi Messaoud

| | |
|---|----|
| I.1 - Présentation de la nouvelle raffinerie..... | 03 |
| I.1.1 - Section 200..... | 03 |
| I.1.2 - Section 300..... | 03 |
| I.1.3 - Section 800..... | 04 |
| I.1.4 - Section 900..... | 04 |
| I.2 - Description de l'unité Topping..... | 06 |
| I.2.1 - Dessalage et préchauffage de la charge..... | 06 |
| I.2.2 - Colonne de fractionnement..... | 07 |
| I.2.3 - Stabilisation de la gazoline..... | 09 |
| I.2.4 - Traitement du kérosène..... | 09 |

CHAPITRE II : Généralité sur les sels

| | |
|---|----|
| II.1 - Origine et forme des sels..... | 11 |
| II.2 - Théorie des émulsions..... | 12 |
| II.2.1 - Définition..... | 12 |
| II.2.2 - Condition de formation d'une émulsion..... | 12 |
| II.3 - Stabilité des émulsions..... | 12 |
| II.4 - Inconvénient des sels..... | 14 |

CHAPITRE III : Traitement du brut sur le champ de production

| | |
|---|----|
| III.1 - Importance..... | 15 |
| III.2 - Les procédés de traitement sur champ..... | 15 |
| III.2.1 - Traitement des émulsion eau brut par les produits desémulsifiants..... | 15 |
| III.2.2 - Dessalage du brut par lavage à l'eau et décantation..... | 16 |
| III.2.3 - Les traiteur réchauffeur..... | 18 |
| III.2.4 - Dessalage électrique..... | 20 |

CHAPITRE IV : Dessalage dans la raffinerie

| | |
|--|----|
| IV.1 - Introduction..... | 22 |
| IV.2 - Elément du dessaleur électrique..... | 22 |
| IV.2.1 - Tuyauteries..... | 22 |
| IV.2.2 - Electrodes..... | 23 |
| IV.2.3 - Accessoires..... | 23 |
| IV.3 - Mécanisme de dessalage..... | 25 |
| IV.3.1 - Diffusion des sels dans l'eau de lavage..... | 25 |
| IV.3.2 - Coalescence des gouttelettes d'eau..... | 25 |
| IV.3.3 - La décantation..... | 26 |
| IV.4 - Influence des paramètres de marches..... | 27 |
| IV.4.1 - Température de dessalage..... | 27 |
| IV.4.2 - Pression..... | 27 |
| IV.4.3 - Perte de charge dans la vanne de mélange..... | 27 |
| IV.4.4 - Niveau de l'interface eau brut..... | 27 |
| IV.4.5 - Taux d'eau de lavage..... | 28 |
| IV.4.6 - Champ électrique..... | 28 |
| IV.4.7 - Les des émulsifiants..... | 28 |

Partie technologique

| | |
|---|----|
| I - Introduction..... | 30 |
| II - Fonctionnement design de la section..... | 30 |
| III - Fonctionnement actuel de la section..... | 32 |
| IV - Efficacité du dessaleur et de dessalage..... | 33 |
| V - Proposition des solutions..... | 35 |

Partie calcul

| | |
|--|----|
| I - Vérification des échangeurs EA 201, EA202..... | 36 |
| I.1 - Méthode de calcul..... | 36 |
| I.2 - Données de calcul..... | 38 |
| I.3 - Design des échangeur EA201, EA202..... | 38 |
| I.4 - Résultats de calcul obtenus..... | 39 |
| I.5 - Discussions des résultats..... | 39 |

| | |
|--|----|
| II - Dimensionnement de l'échangeur à placer en amont du dessaleur | 40 |
| II.1 - Données de calcul..... | 40 |
| II.2 - Design de l'échangeur EA204..... | 41 |
| II.3 - Résultats de calcul obtenus..... | 41 |
| II.4 - Discussions des résultats..... | 42 |
| III - Dimensionnement du dessaleur..... | 43 |
| III.1 - Bilan de matière..... | 43 |
| III.2 - Calcul de la vitesse de décantation..... | 44 |
| III.3 - Calcul du coefficient de résistance..... | 45 |
| III.4 - Calcul du diamètre du dessaleur..... | 46 |
| III.5 - Calcul du volume du dessaleur..... | 48 |
| III.6 - Calcul de la vitesse du pétrole et celle effective de décantation..... | 49 |
| III.7 - Résultats de calcul..... | 50 |
| III.8 - Calcul des caractéristiques électriques..... | 51 |
| IV - Vérification de la pompe GA201..... | 53 |
| IV.1 - Théorie de calcul..... | 53 |
| IV.2 - Données de calcul..... | 53 |
| IV.3 - Résultats de calcul..... | 54 |
| IV.4 - Discussions..... | 54 |
| V - Vérification des vannes FRCV 215, dPIC 254..... | 54 |
| V.1 - Calcul de la constant de débit CV de la vanne FRCV 215..... | 54 |
| V.2 - Calcul de la constant de débit CV de la vanne dPIC 254..... | 55 |
| V.3 - Discussions des résultats..... | 55 |
| Conclusion générale | 56 |
| Recommandations..... | 56 |

Bibliographie

Annexes

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau N° = 01 : Paramètres de calcul de l'efficacité..... | 33 |
| Tableau N° = 02 : Efficacité de dessalage actuel et design..... | 34 |
| Tableau N° = 03 : Paramètres de calcul des échangeurs EA201, EA202..... | 38 |
| Tableau N° = 04 : Design des échangeurs EA201, EA202..... | 38 |
| Tableau N° = 05 : Résultat de vérification des échangeurs EA201, EA202 | 39 |
| Tableau N° = 06 : Paramètre de calcul de l'échangeurs EA204..... | 40 |
| Tableau N° = 07 : Design de l'échangeur EA204..... | 41 |
| Tableau N° = 08 : Résultats de calcul..... | 41 |
| Tableau N° = 09 : Evaluation de la vitesse effective de décantation..... | 49 |
| Tableau N° = 10 : Résultat de calcul du dessaleur..... | 50 |
| Tableau N° = 11 : Coefficient de proportionnalité..... | 52 |
| Tableau N° = 12 : Paramètre de calcul de la pompe GA201..... | 53 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 01 : Schéma synoptique de RHM2..... | 05 |
| Figure 02 : Schéma de procédé de l'unité topping..... | 10 |
| Figure 03 : wash-tank..... | 17 |
| Figure 04 : Traiteur réchauffeur..... | 19 |
| Figure 05 : Schéma de principe du dessaleur électrique..... | 24 |
| Figure 06 : Schéma de l'unité de dessalage..... | 31 |
| Figure 07 : Nouveau schéma de l'unité de dessalage..... | 57 |

Nomenclature

- A : facteur relatif à la phase légère
B : espacement entre chicane
CV : constante de débit
d : densité
 d_{ext} , d_i : diamètre extérieur et intérieur des tubes
D : diamètre du dessaleur
 D_c : diamètre de la calandre
 D_e : diamètre équivalent
 D_p : diamètre de la particule d'eau
E : rendement thermique
 E_{cr} : tension du champ critique
 h_o , h_i : coefficient du film externe et interne
 J_h : coefficient de transfert
 n_c , n_t : nombre de passe côté calandre et côté tube
P : pas
Q : terme correctif de viscosité
 Q_b : débit volumique du brut
R : rendement thermique
Re : Reynolds
 R_s : résistance d'encrassement
 t_c : température calorique fluide froid
 T_c : température calorique fluide chaud
U : tension du courant
 U_s , U_p : coefficient de transfert sale et propre
 V_d : vitesse de décantation
 V_p : vitesse du pétrole
 ΔTLM : différence de température moyenne logarithmique
 ΔP_c , ΔP_t : perte de charge côté calandre et côté tube
 φ : coefficient de résistance
 τ : temps de séjour
 μ : viscosité dynamique
 ν : viscosité cinématique

Introduction générale

Introduction générale :

Le pétrole est un mélange complexe d'hydrocarbures liquides ou gazeux, il renferme en petites quantités des composés oxygénés, azotés, soufrés et des métaux nuisibles à la production. Il est associé également dans le gisement à l'eau salée.

Ce liquide noire à reflets verdâtres est un producteur d'énergie qui avec le gaz naturel fournit plus de 60 % des besoins énergétiques mondiaux et permet d'obtenir des produits servant de base pour d'autres industries de transformation après avoir subi plusieurs opérations dites procédés de raffinage.

La nouvelle raffinerie de Hassi Messaoud est l'une des quatre raffineries d'Algérie conçue pour satisfaire la demande en gasoil de la région sud-est et d'alimenter le parc d'automobiles et de l'aviations en carburants que l'ancienne raffinerie (250.000 T / an) n'arrivait plus à satisfaire à partir des années 70.

Une fois de plus et vu la forte demande en carburants qui s'accroît d'une année à l'autre, en particulier le gasoil, les responsables en vu primordial de procéder à un revamping pour répondre aux exigences du marché et de suivre l'évolution de la demande.

Le projet consiste à vérifier la possibilité d'augmenter la charge à 150 % avec des modifications proposées au niveau de la section de fractionnement. Notre étude se limite à la première section de l'unité topping section de dessalage.

Nous avons à cet effet organisé notre travail selon le canevas suivant :

- Partie théorique : Cette partie est composée de quatre chapitres, dans le premier figure la présentation de la nouvelle raffinerie (lieu du stage) et la description détaillée de l'unité topping y compris la section dessalage, le second : généralité sur les sels et leurs inconvénients, le troisième regroupe les procédés de traitement sur le champ de production et le dernier : dessalage du brut dans la raffinerie.
- Partie technologique : Dans cette partie nous allons remédié les éventuels problèmes de la section.

- Partie calcul : Cette partie traite des calculs de vérification des paramètres de performances et de dimensionnement des principaux équipements de l'unité en comparant les résultats avec ceux du design.

Partie théorique

***Chapitre I : Nouvelle raffinerie de
Hassi Messaoud***

I.1- Présentation de la nouvelle raffinerie:

La nouvelle raffinerie se trouve au complexe industriel sud, situé à 3 Km de la ville HMD.

Conçue en 1979 pour traiter 1070600 T/ans de brut provenant du centre de traitement sud.

Elle comporte quatre sections :

- Section 200 : distillation atmosphérique (Topping).
- Section 300 : prétraitement du Naphta.
- Section 800 : reforming catalytique.
- Section 900 : stockage et utilités.

I.1.1 - Section 200 :

Cette unité a pour but de fractionner le brut en une série de coupe élémentaire, constituant la matière première pour d'autre installation qui les transformeront par la suite en produits finis.

Les produits obtenus de cette unité sont :

- Résidu.
- Gas-oil.
- Kérosène
- Naphta.
- Gazoline.

I.1.2- Section 300 :

Le prétraitement du naphta (charge du reforming catalytique) est un procédé d'hydrosulfuration, dont l'objectif est de réduire la quantité de soufre ainsi que d'autres impuretés tel que : l'azote, oxygène, arsenic, plomb, afin d'éviter l'empoisonnement du catalyseur, ou de créer lors d'utilisation des produits finis, des problèmes de corrosion ou d'encrassement des équipements.

Le catalyseur utilisé dans ce procédé est le : $\text{Co Mo / Al}_2\text{O}_3$

I.1.3- Section 800 :

La coupe naphta est une essence lourde constituée de paraffine naphtène et aromatique, après avoir été désulfuré passe dans l'unité reforming catalytique pour obtenir un Réformât à indice d'octane élevé base d'une essence normale ou super.

Le catalyseur utilisé dans ce procédé est le : Pt / Al_2O_3

I.1.4- Section 900 :

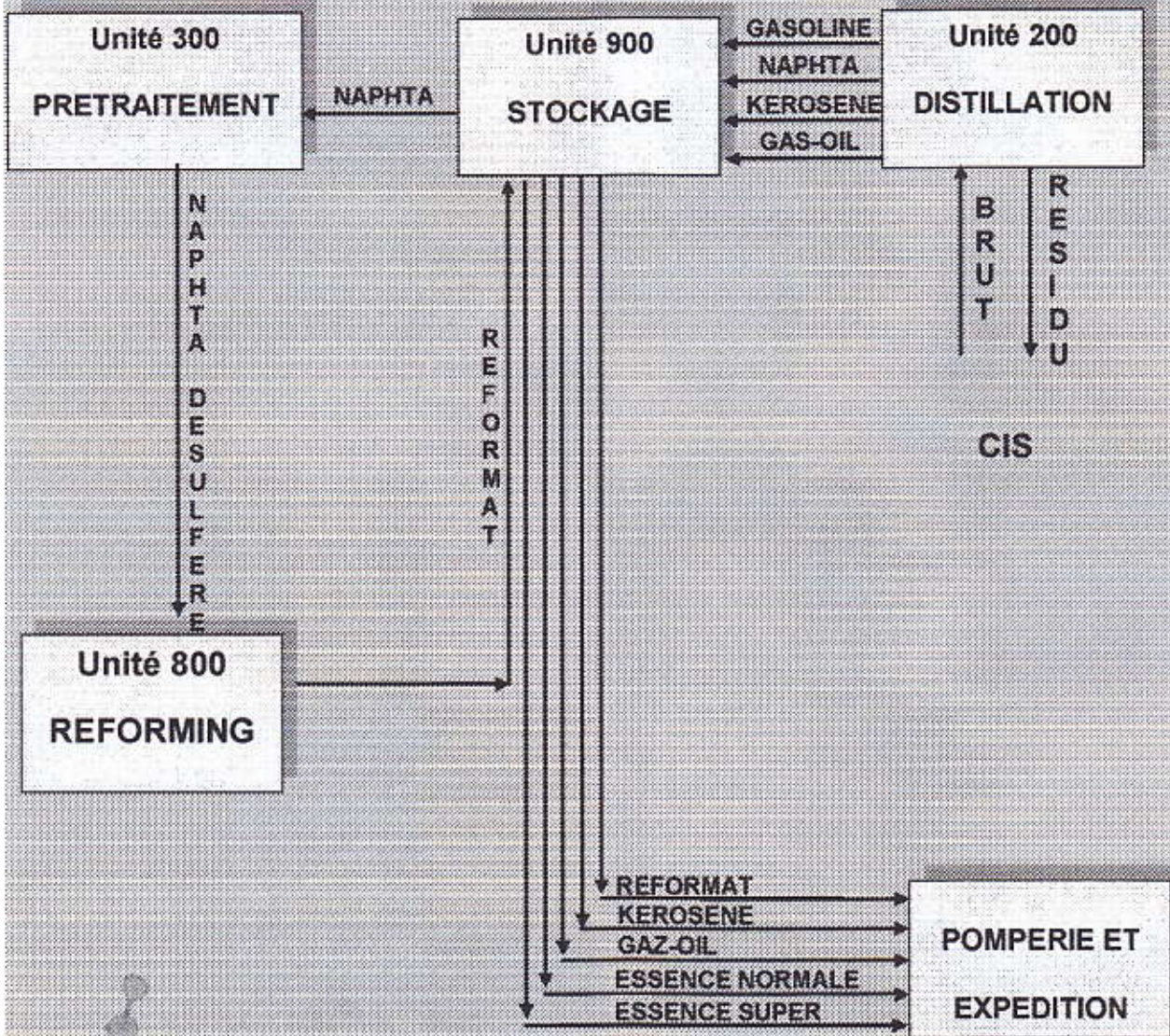
Les produits de la raffinerie sont stockés dans 16 réservoirs :

- 5 bacs de Réformât.
- 2 bacs d'essence normale.
- 3 bacs de kérosène.
- 1 bac de Naphta.
- 1 bac de gazoline.
- 1 bac d'essence super.
- 3 bacs de gasoil.

Les besoins de la raffinerie en utilités sont assurés par le centre industriel sud, ces utilités sont :

- Air service et instrument.
- Fuel gaz.
- Eau albien.

Figure 01 : Schéma Synoptique de la raffinerie



I.2- Description de l'unité Topping :

La première opération subite par le pétrole brut est la distillation initiale dans l'unité de distillation atmosphérique (Topping).

Cette unité est divisée en quatre parties selon le fonctionnement : dessalage et préchauffage de la charge, fractionnement, stabilisation de la gazoline et enfin traitement du kérosène.

I.2.1- Dessalage et préchauffage de la charge:

Le brut en provenance du centre de traitement sud arrive sous une pression de 4,4 bars et une température ambiante à la pompe de charge GA 201A/B, refoulé à 17 bars et contrôlé par le FRC215 vers les échangeurs de chaleur EA201, EA202 parallèlement où il sera préchauffé en récupérant les calories du Naphta et kérosène.

A la sortie de ces échangeurs, les deux courants parallèles se rejoignent et la totalité du brut entre dans le dessaleur FA205 à une température de 60°C.

Actuellement l'injection d'eau de lavage se fait en amont de la pompe de charge GA201A/B.

La pression de fonctionnement du dessaleur est de 15 bars pour assurer que le brut ne se vaporise pas dans le dessaleur et éviter de se fait de mettre les électrodes en phase gazeuse.

Le niveau différentiel entre le brut et l'eau dans le dessaleur est un paramètre de réglage, il est maintenu constant à l'aide du LRC221 en modulant sur le soutirage d'eau salée.

Le brut dessalé est refoulé par la pompe GA212 vers les échangeurs EA204, EA203 et EA205 alimentés respectivement par le reflux circulant, le gasoil et le résidu pour atteindre 170°C. A cette température le brut entre dans le four BA201 alimente ensuite la colonne de distillation à une température de 340°C.

I.2.2- Colonne de fractionnement :

La colonne de distillation atmosphérique est divisée en deux parties: une partie inférieure où se fait l'alimentation en brut, équipé de trois plateaux, dans cette zone une séparation du brut se produit entre le résidu au fond et une coupe alimentant la partie supérieure équipée de 26 plateaux.

Les coupes soutirées de la colonne sont:

- **Résidu :**

Le brut non vaporisé dans la partie inférieure de la colonne DA201 assure le rebouillage du stripeur du Kérosène dans l'échangeur EA 208 puis se refroidit dans l'échangeur EA 205 en cédant ces calories au brut. Le résidu continu à se refroidir dans l'aéro-réfrigérant EC 218 avant d'être envoyé au slope.

- **Gas-oil :**

Le gas-oil soutiré en fond de la colonne DA 201, se divise en deux parties:

- Une partie alimente le four BA 202 et retourne à la colonne DA 201.
- L'autre partie assure le préchauffe du brut dans l'échangeur EA 203.

Sortie EA 203 le gas-oil est refroidi dans l'aéro-réfrigérant EC 217 avant d'être stocké.

- **Reflux circulant :**

Le reflux circulant est soutiré du 16^{ème} plateau à une température de 251°C. Il est séparé en deux courants parallèles, le premier alimente l'échangeur EA 207 rebouilleur du stripeur de Naphta, le second courant alimente l'échangeur EA 209 rebouilleur de la colonne de stabilisation.

Les deux lignes se réunissent pour passer en une seule à travers l'échangeur EA 204 et préchauffe le brut.

Le refroidissement du reflux circulant se termine dans l'aéro-réfrigérant EC 212 pour retourner à la colonne DA201.

- **Kérosène :**

Le kérosène soutiré du 12^{ème} plateau de la colonne DA 201 alimente le stripeur DA 202B.

Les vapeurs de tête sont réinjectées dans la colonne DA 201, par contre le produit du fond est divisé en deux parties:

- La première partie assure le rebouillage du stripeur DA 202B dans l'échangeur EA 208 par le résidu.
- La seconde passe dans l'échangeur EA 202 pour céder ces calories au brut.

Le kérosène est refroidi dans l'aéro- réfrigérant EC 216, une partie est envoyée dans la coupe gas-oil et l'autre partie traverse l'unité de traitement de kérosène.

- **Naphta :**

Le naphta soutiré du 6^{ème} plateau de la colonne de fractionnement alimente le stripeur DA202A.

Les vapeurs récupérées au sommet sont réinjectées dans la colonne DA201, une partie du liquide du fond assure le rebouillage dans l'échangeur EA207, l'autre partie passe dans l'échangeur EA201 pour chauffer le brut. Le naphta est refroidi dans l'aéro-refrigérant EC215 avant d'être stocké.

- **Vapeur de tête :**

Les gaz de tête de la colonne de distillation sont condensés partiellement dans l'aéro-refrigérant EA211, le distillat liquide et le gaz sont récupérés dans le ballon de reflux FA201 : la phase gazeuse est envoyée vers torche, la phase liquide constitue le reflux de tête de la colonne DA201 et la charge de la colonne de stabilisation DA203.

I.2.3- Stabilisation de la gazoline:

Le dernier produit issu de la distillation atmosphérique, récupéré au ballon FA201 est la gazoline.

La colonne de stabilisation DA203 est équipée de 26 plateaux, l'alimentation se fait au 10^{ème} plateau.

Les légers obtenus au sommet de la colonne sont condensés dans l'aéroréfrigérant EA213.

Le distillat liquide et le gaz sont séparés dans le ballon FA202 : les gaz incondensables de ce ballon alimentent les fours comme fuel gaz, l'excès est envoyé vers torche.

La gazoline stabilisée se divise en deux parties:

- Une partie assure le rebouillage de la colonne dans l'échangeur EA209 par le reflux circulant.
- L'autre partie passe dans l'échangeur EA210 pour refroidir la gazoline de l'alimentation. la gazoline est refroidi dans l'aéro-refrigérant EC214 avant d'être envoyer vers stocke.

I.2.4- Traitement du Kérosène:

Le traitement du kérosène se fait dans le précipitateur FA214 où un champ électrique d'une tension de 16000 volts permet l'élimination de toute trace d'eau et diminue l'acidité du kérosène. La pression du FA214 est de 4 bars, le STADIS450 est injecté à la sortie du précipitateur pour augmenter la conductivité électrique du kérosène.

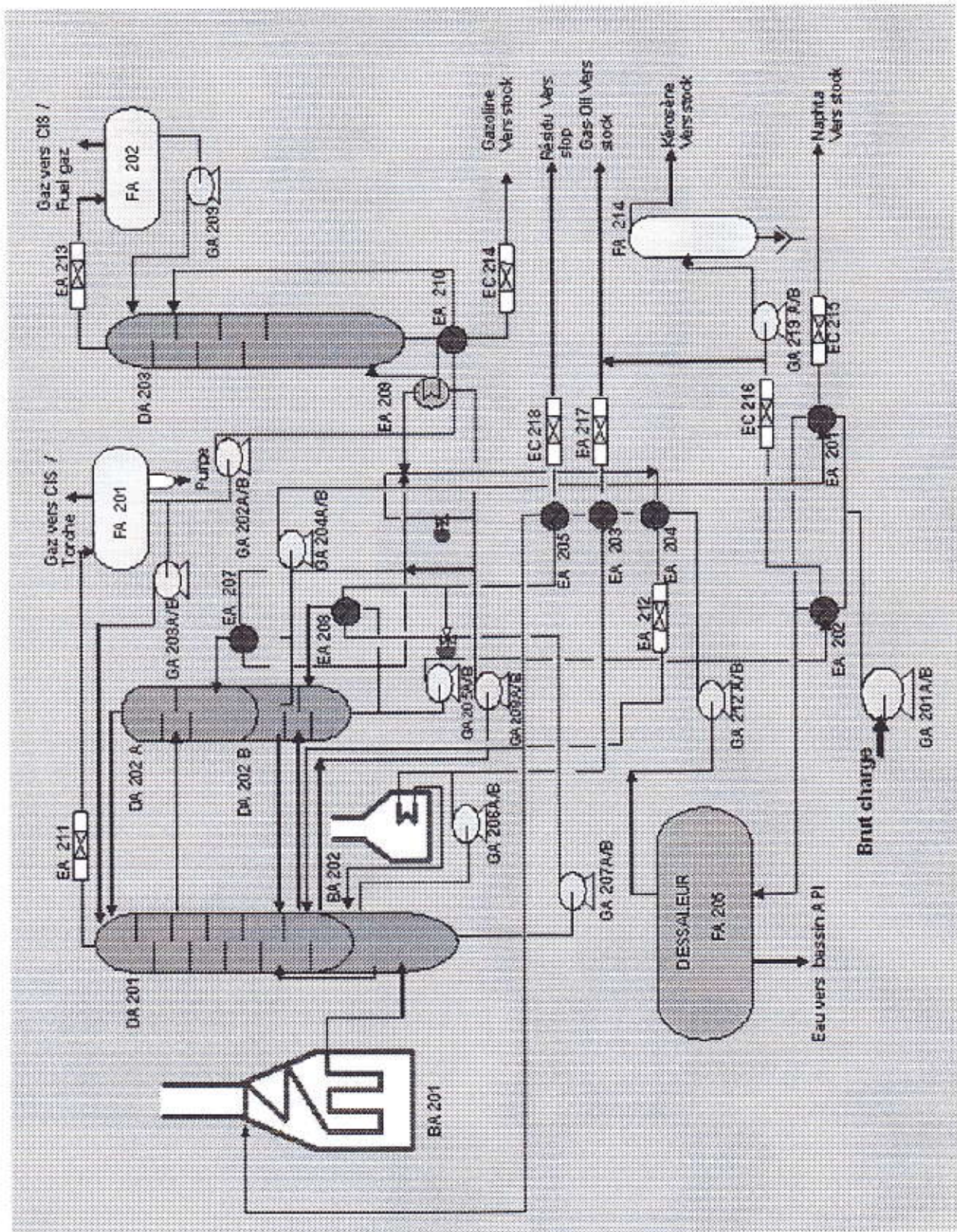


Figure 02 : Schéma de process de l'unité topping

Chapitre II : Généralités sur les sels

II.1- Origine et forme des sels :

La plupart des puits fournissent lors de leur mise en production une huile anhydre (teneur en eau < 20 PPM) variablement chargée en sels, au cours de la vie du puit cette teneur tend à augmenter régulièrement.

La présence d'eau chargée de sel dans le brut peut avoir des causes d'origines diverses :

- **Naturelles :**

Au cours de son déplacement à l'intérieur des pores de la formation, le pétrole se trouve intimement lié à l'eau de gisement, ce qui provoque une mise en émulsion. Ce phénomène peut être négligeable au début de l'exploitation de certains puits, mais il finit par se manifester au cours de la vie du champ.

- **Accidentelles :**

L'eau présente dans le brut peut provenir également :

- D'une zone située au dessus de la couche productrice (mauvaise cimentation des puits producteurs de pétrole).
- De l'injection effectuée pour réaliser une récupération secondaire ou tertiaire.

- **Volontaire :**

Les lavages à l'eau douce pratiqués sur les installations de production pour dissoudre les dépôts de sels, et dans le brut pour le dessalés.

Le sel prédominant dans le brut est le chlorure de sodium (NaCl), accompagné de dichlorure de magnésium ($MgCl_2$), de dichlorure de calcium ($CaCl_2$) et de certaines particules solides : (SiO_2 , Argile, Résine, Sable, Sédiment...). Ces sels sont présents dans le brut sous deux formes :

- Sous forme de cristaux.
- Dissous dans de fines gouttelettes d'eau dispersées dans le brut et forment ainsi une émulsion dite hydrophobe.

II.2- Théorie des émulsions :

II.2.1- Définition :

Une émulsion est constituée de deux liquides immiscibles, dont l'un est dispersé en fines gouttelettes dans l'autre, l'ensemble est stabilisé par des agents émulsifiants.

Les petites gouttelettes constituent la phase interne (dispersée) alors que la phase principale est connue sous le nom d'externe ou continue, ainsi on peut distinguer deux types d'émulsions du mélange brut - eau :

- Le brut dispersé dans l'eau ou émulsion hydrophile.
- L'eau dans le brut ou émulsion hydrophobe.

II.2.2- Conditions de formation d'une émulsion :

L'émulsion rencontrée dans la production du pétrole brut est du type hydrophobe où la phase continue est le pétrole, trois conditions en permis la formation d'une telle émulsion :

- Non miscibilité des deux liquides.
- Energie suffisante pour disperser l'eau dans le brut.
- Présence d'agents émulsifiant contenu dans le brut (asphaltènes, les résines, les acides organiques, les paraffines solubles dans l'huile et certains solides finement divisés comme les sulfates de fer, de zinc et d'aluminium, des carbonates de calcium, de la silice, de l'argile et du sulfure de fer), ces derniers se concentrent à l'interface (eau, huile) en formant une barrière autour des gouttes d'eau empêchant ainsi leur coalescence et stabilisant l'émulsion.

II.3- Stabilité des émulsions :

La stabilité d'une émulsion ou sa résistance à la destruction dépend de plusieurs facteurs :

- **Taille des gouttes :**

La répartition des diamètres des gouttes est une mesure représentative de la stabilité d'une émulsion (plus le diamètre est faible plus est stable l'émulsion), une agitation ou une turbulence réduit le diamètre des particules d'eau.

- **Tension de surface :**

Une émulsion est stabilisée par la présence des substances émulsionnantes à l'interface eau-brut, ces substances absorbées entraînent un abaissement de la tension inter faciale des deux liquides et constituent une barrière s'opposant à la coalescence.

- **Charges électriques :**

La barrière entourant la goutte d'eau est de nature matérielle ou électrostatique. Dans le 2^{ème} cas, les charges électriques proviennent de groupements ioniques à l'interface brut-eau, ou du frottement entre les gouttes et la phase continue, les charges électriques sont de signes identiques ce qui augmente la force de répulsion entre les gouttelettes donc stabilise l'émulsion.

- **Densité :**

La différence de densité entre les deux phases influe directement sur la vitesse de décantation. La stabilité de l'émulsion est d'autant plus grande que la différence de la densité des deux phases liquides est faible.

- **Age de l'émulsion :**

L'âge d'une émulsion est lié à la migration des agents émulsifiants vers l'interface. La vitesse de migration dépend non seulement des composés tensioactifs mais aussi de la viscosité de la phase continue (donc de la température), une émulsion vieillera plus lentement avec un pétrole brut lourd qu'avec un brut léger.

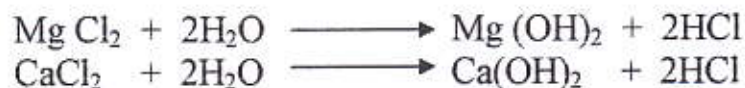
Plus âgée sera une émulsion, plus difficile sera le traitement.

II.4- Inconvénient des sels :

Les sels se trouvant dans le brut présentent les inconvénients suivants:

- Les sels se précipitent sur les parois des tubes des échangeurs de chaleur, des fours, des conduites engendrant:
 - La diminution de la capacité de production suite à la réduction de la section de passage donc du débit.
 - La diminution du coefficient de transfert de chaleur dans les échangeurs causée par la mauvaise conductivité des dépôts de sel.
 - La perforation et la rupture des tubes des fours : les dépôts de sel provoquent des points chauds dans les tubes des fours (augmentation de la température de peau de tube) qui risquent de les perforer.
- La corrosion:

les sels s'hydrolysent sous l'effet de la température donnant de l'acide chlorhydrique:



L'acide chlorhydrique attaque le fer suivant la réaction :



La corrosion est beaucoup plus accentuée par la présence de sulfure d'hydrogène (H₂S).



Il est nécessaire de dessaler et de désémulsionner le brut.

***Chapitre III : Traitement du brut sur le
champ de production***

III.1- Importance du traitement sur champ :

La plupart des pétroles bruts produits dans le monde renferment des proportions variables d'eau en émulsion, eau salée à des taux pouvant aller parfois jusqu'à la saturation.

Il est nécessaire ou souhaitable de dessaler et de désémulsionner ces bruts sur le champ de production pour de nombreuses raisons:

- l'acheteur impose une limitation du BSW du pétrole brut, le pourcentage maximum d'eau, libre ou émulsionner, de sable et sédiments ne peut que rarement dépasser 1%.
- La présence de quantités très importantes d'eau dans le brut déclenche l'application de pénalités.
- La désémulsion s'accompagne d'une réduction de la viscosité, il en résulte d'intéressants avantages sur les opérations de transport : diminution des pressions de pompage et augmentation des vitesses d'écoulement.
- L'évacuation de l'eau désémulsionnée permet d'économiser sur l'énergie nécessaire au transport de quantités importantes de saumure.
- Le dessalage et la désémulsion diminuent de façon importante la corrosion des équipements de production.

III.2- Les procédés de traitement sur champ :

La salinité du brut est due à la présence d'eau salée, le traitement le plus simple consiste à séparer au mieux celle-ci, dont le transport est inutile.

Les techniques classiques utilisées sur le chantier font intervenir la séparation spontanée par gravité, l'injection de tensioactifs et le chauffage.

III.2.1- Traitement des émulsions eau / huile par les produits désémulsionnants :

Les désémulsionnants sont des composés qui injectés en très faibles quantités, se dispersent dans l'émulsion, diffusent jusqu'à l'interface eau / huile et jouent le rôle de destabilisants, leurs mécanismes d'action sont de plusieurs types:

- Diminution ou annulation des charges électrostatiques responsables des répulsions entre les gouttelettes.
- Modification de la mouillabilité des particules solides absorbées à l'interface.
- Modification de la viscoélasticité du film inter facial.

Les composés désémulsionnants comportent une chaîne hydrocarbonée lipophile et un groupement hydrophile, ce qui leur confère des propriétés tensioactives.

Ils peuvent être classés en trois catégories, suivant la polarité de leurs groupements hydrophiles :

- Anioniques.
- Cationiques.
- Non anioniques.

III.2.2- Dessalage des bruts par lavage à l'eau et décantation (utilisation des Wash-Tanks) :

Le lavage à l'eau d'un pétrole brut a pour but de réaliser les fonctions suivantes :

- Dissolution dans l'eau du sel en suspension dans le brut.
- Dissolution de l'eau de gisement contenue dans ce brut.

La décantation permet ensuite de séparer les phases brut et l'eau, il est possible de réaliser l'ensemble de ces opérations par injection d'eau et utilisation d'un bac atmosphérique équipé en " Wash-tank" qui permet :

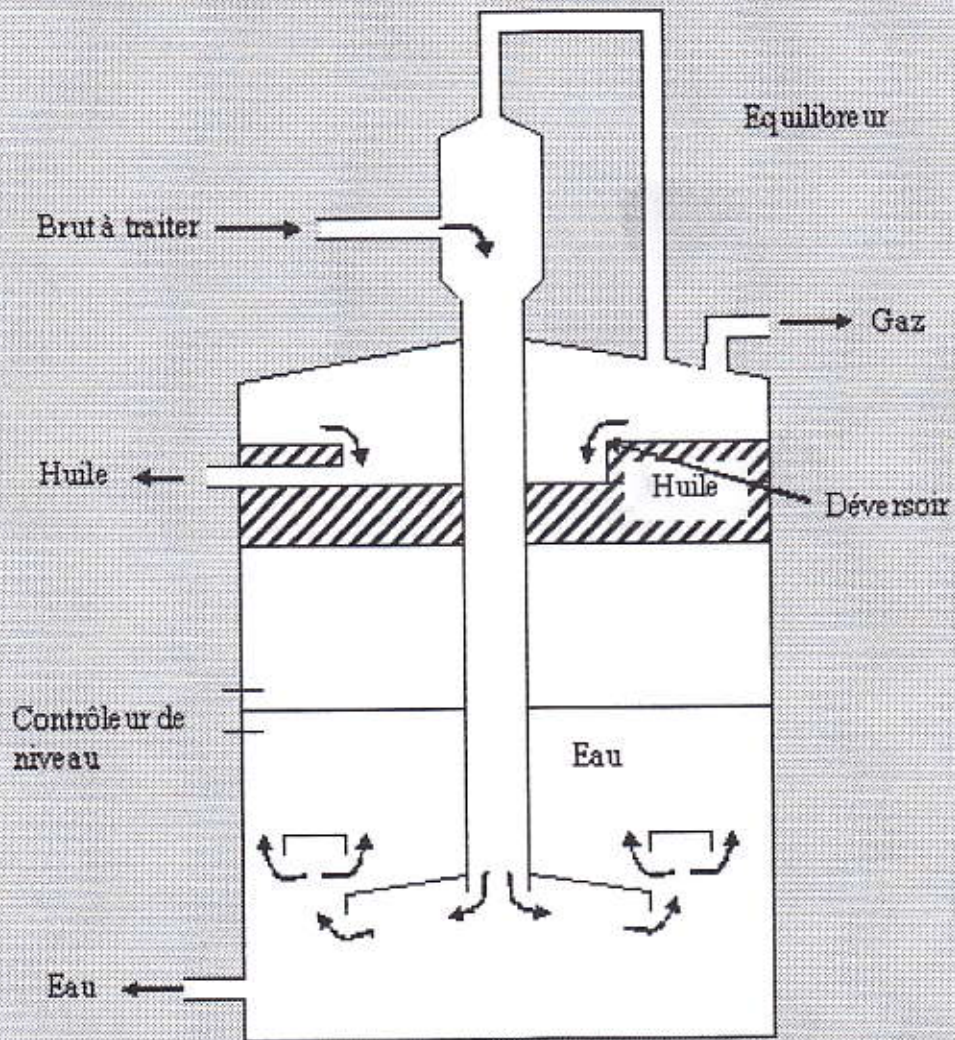
- L'accélération de la décantation en favorisant la coalescence des gouttelettes en émulsion.
- La décantation.

• Principe de fonctionnement :

Il existe deux types de Wash-tank :

- Les Wash-tanks traditionnels.
- Les Wash-tanks résultants de la modification d'un bac de stockage

Figure 03 : Wash-tank



Le principe de leur fonctionnement est identique, il peut être présenté de la façon suivante :

- La partie inférieure du bac est remplie d'eau sur une hauteur variable selon la salinité.
- Le brut salé entre à la partie supérieure du bac ensuite dispersé à la base du wash-tank par un diffuseur.
- L'eau sédimenté en partie est évacuée au fond du bac.
- L'huile remontée est évacuée par un dispositif de débordement.

- **Efficacité :**

La salinité et la teneur en eau des bruts à la sortie des wash-tanks sont en générales au-dessus des valeurs commerciales communément admises, ainsi on peut considérer que le lavage à l'eau à l'aide d'un wash-tank est un moyen de dessalage primaire et qu'un traitement complémentaire est nécessaire à effectuer.

III.2.3- Les traiteurs réchauffeurs (treater-heater) :

- **Description :**

Un treater heater réunit en un seul appareil :

- Un séparateur gaz liquide
- Un séparateur d'eau libre FWKO (free water knock out)
- Un bac de lavage (wash-tank)
- Un réchauffeur.

Il est constitué par une capacité cylindrique étanche, horizontal ou vertical dans laquelle on distingue cinq sections:

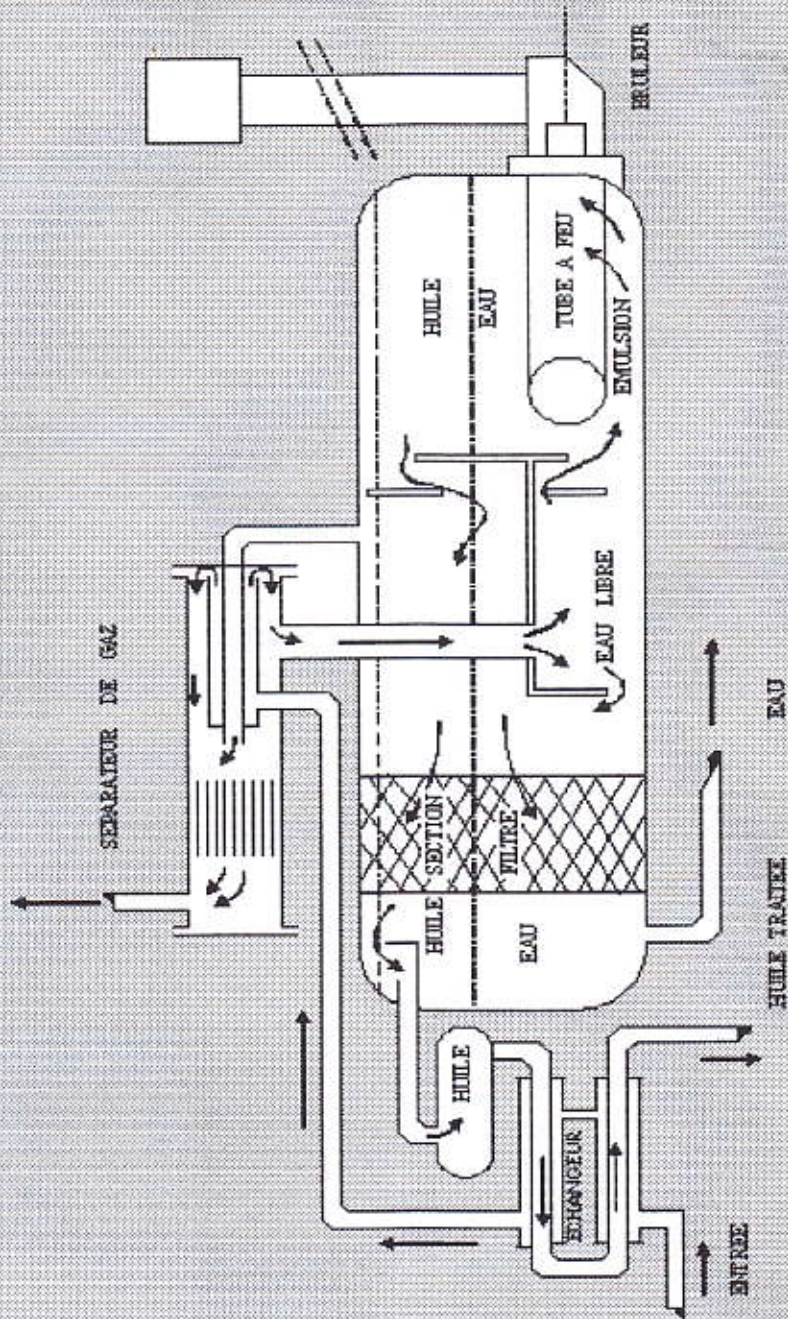
- Une section de séparation du gaz
- Une section de récupération de l'eau libre
- Une section de lavage à l'eau chaude
- Une section de filtration
- Une section de récupération de l'huile traitée

- **Principe de base :**

Les moyens utilisés dans ce type d'appareil sont :

- Le réchauffage dont l'action est double :

Figure 04 : Traitement réchauffeur



- La rupture des films interfaciaux et la réunion des gouttes dispersées.
 - Abaissement de la viscosité de l'huile, qui réduit le temps de décantation.
-
- Le lavage de l'émulsion finement diffuser dans un bain d'eau chaude, qui améliore les échanges thermiques et reliant une partie de l'eau.
 - La filtration éventuelle de l'émulsion par un milieu perméable.

III.2.4- Dessalage électrique :

Après les séparateurs (séparation sur champ : eau /brut /gaz), le brut contient de l'eau et des sels sous forme d'une émulsion très stable. Le dessalage électrostatique apporte sous une forme efficace, l'énergie nécessaire à la destruction de ces émulsions.

Pour cela on crée une nouvelle émulsion d'environ 5% de la charge d'eau douce dans le brut. Cette nouvelle émulsion est ensuite détruite, entraînant ainsi les gouttes d'eau salées présentes au départ, l'eau qui se sépare contient approximativement chacune des eaux douces est salée, dans les proportions du mélange d'émulsion réalisé.

Quatre opérations fondamentales ont lieu dans un dessaleur électrique, le tableau ci après décrit ces opérations ainsi que les paramètres qui les régissent.

| Opération | Réalisation de l'opération | Paramètres actifs |
|--|--|--|
| Apport d'eau douce | Formation d'une émulsion fine entre le brut salé et l'eau douce au niveau de la vanne de mélange (Parfois à l'aspiration des pompes en raffineries). | <ul style="list-style-type: none"> - Qualité d'eau - Réglage de la vanne de mélange |
| Dissolution des cristaux de sel présent dans le brut par l'eau douce ajoutée | Au cours du séjour dans le dessaleur. | <ul style="list-style-type: none"> - Turbulence (vanne de mélange) - Temps de séjour - Présence d'agent mouillant |
| Coalescence des gouttes d'eau douce introduite et l'eau salée présentes dans le brut | Le champ électrique lié par l'électrode haute tension du dessaleur développe des forces entre gouttes-dipôle qui facilitent la coalescence. | <ul style="list-style-type: none"> - Valeur du champ électrique. - Quantité d'eau et qualité de l'émulsion - Temps de séjour - Agent de surface. |
| Décantation des gouttes | Elle débute en même temps que la coalescence et a lieu dans tout le volume. | <ul style="list-style-type: none"> - Diamètre des gouttes - Différence de densité eau-brut - Viscosité du brut - Température (action sur la viscosité. - Temps de séjour. |

Chapitre IV : Dessalage dans la raffinerie

IV.1- Introduction :

Le pétrole brut délivré aux raffineries a déjà subi un traitement de désémulsion et de dessalage malgré cela il contient toujours, parmi d'autres impuretés du sel.

Ce sel étant le responsable principale de la corrosion des équipements de l'unité de distillation, des essais de laboratoire ont démontré que la formation de Hcl n'est pas proportionnelle à la quantité de chlorure contenu dans le brut, mais elle est relativement plus élevée pour des petites teneurs en sel que pour des grandes, par exemple une teneur en sel de 290 ppm dans certains brut donne lieu à des teneurs en acide chlorhydrique de 23 à 43 ppm, tandis qu'une teneur en sel de 30 ppm engendre une teneur en acide chlorhydrique de 10 à 14 ppm.

Puisque les effets de la corrosion se manifestent même lorsque la teneur en sel du brut est petite, le but du dessalage consiste à réduire celle-ci au minimum, cette tâche en raffinerie est confiée aux dessaleurs électriques.

IV.2- Élément du dessaleur électrique :

Pour la description, nous avons pris le dessaleur FA205 (dessaleur de la nouvelle raffinerie de Hassi Messaoud) comme exemple, ce dernier comprend les éléments suivants:

IV.2.1- Tuyauteries :

L'unité de dessalage est équipée de plusieurs tuyauteries :

- **Tuyauterie d'entrée :**

La ligne d'alimentation de brut se raccorde à la tubulure d'entrée de la tuyauterie de distribution, cette dernière est constituée d'un collecteur horizontal monté à la partie inférieure du ballon, il permet de véhiculer l'émulsion eau brut.

- **Tuyauterie de sortie de brut dessalé :**

Un deuxième collecteur horizontal est disposé à la partie supérieure du ballon, ce collecteur est raccordé à la tubulure de sortie du brut.

- **Tuyauterie d'écoulement d'eau :**

Elle est constituée d'un collecteur fixé à la partie inférieure du dessaleur, le but de cette tuyauterie est d'évacuer l'eau salée accumulée au fond du réservoir.

- **Tuyauterie de vapeur :**

Cette tuyauterie permet l'injection de la vapeur dans le dessaleur pour le dégazage lors de démarrage ou arrêt de l'unité.

IV.2.2- Electrodes :

Les électrodes constituent le cœur de l'unité de dessalage, elles ont été conçues pour obtenir un rendement maximal de fonctionnement tout en étant d'une construction simple.

Lorsque l'alimentation électrique est triphasique, les électrodes sont divisées en trois sections différentes mais disposées sur deux plans horizontaux.

Environ 2/3 de la totalité de l'électrode supérieure sont reliées à un transformateur et 2/3 de l'électrode inférieure sont reliées à un deuxième transformateur, la partie restante de l'électrode supérieure est reliée à la partie restante de l'électrode inférieure, le tout étant relié à un troisième transformateur.

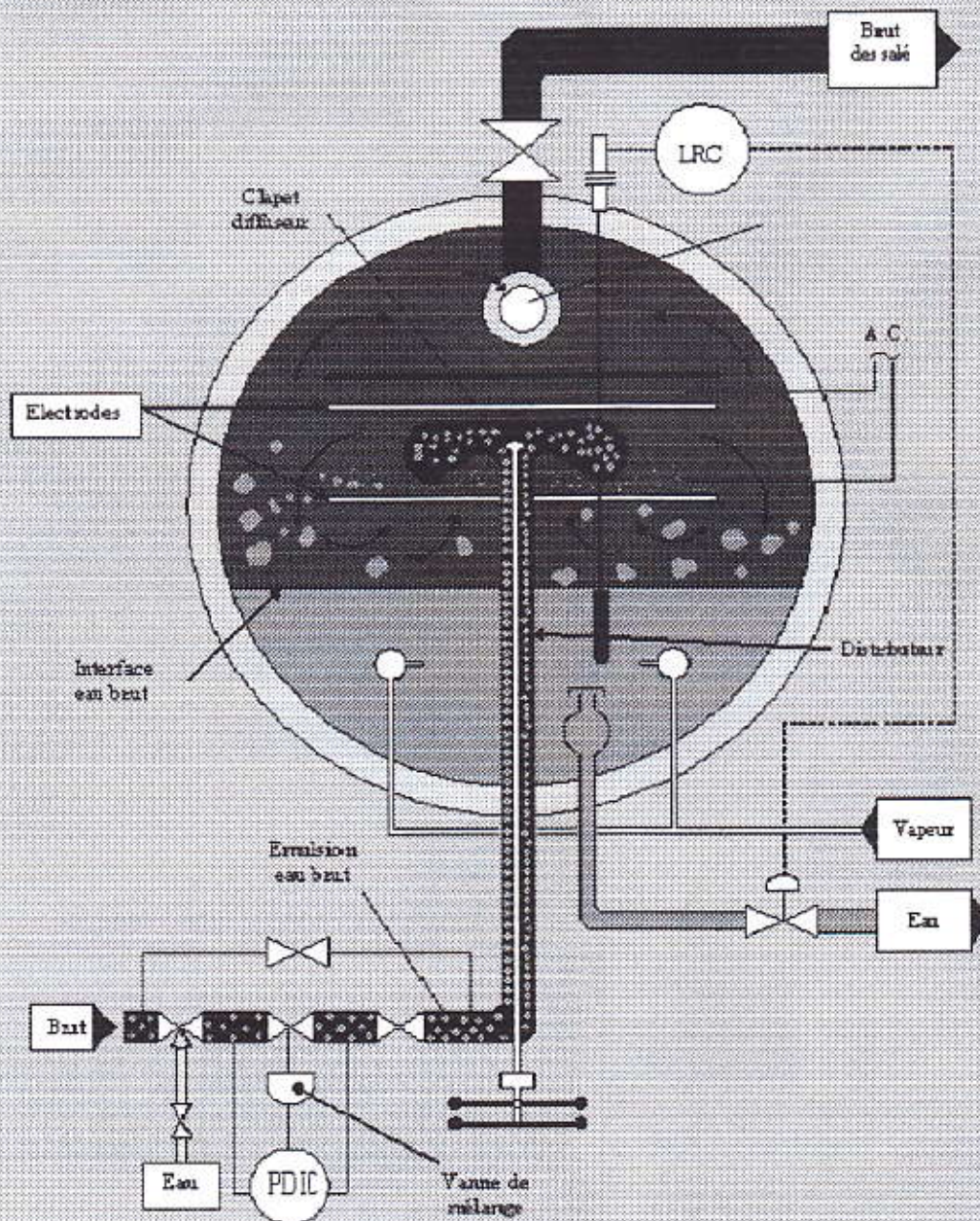
IV.2.3- Accessoires :

L'unité de dessalage est équipée de certains accessoires dont le rôle est de garantir un fonctionnement correct et sûr de l'unité.

- **Interrupteur de niveau bas :**

Monté à la partie supérieure du réservoir, son rôle est de couper l'alimentation électrique de l'unité lorsque le niveau du brut à l'intérieur du ballon descend au-dessous d'une certaine valeur.

Figure 05 : Schéma de principe du dessaleur électrique



- **Prise d'échantillon multiple :**

Monté sur l'une des extrémités du dessaleur et permet de soutenir des échantillons à trois niveaux : haut, milieu et bas.

On note qu'actuellement l'échantillonnage à la nouvelle raffinerie se fait après dessaleur.

IV.3- Mécanisme du dessalage : [7]

Le dessalage électrostatique comporte trois opérations:

IV.3.1-Diffusion des sels dans l'eau de lavage :

L'eau de lavage sert à dissoudre les cristaux de sel contenus dans le brut, cette eau est dispersée ensuite grâce à la perte de charge créée au niveau de la vanne de mélange.

IV.3.2- Coalescence des gouttelettes d'eau :

- Le champ électrostatique régnant dans le dessaleur provoque la polarisation des molécules d'eau qui tendent ainsi à s'orienter et s'attirer entre elles.

La force d'attraction entre les gouttelettes est donnée par la formule:

$$F = K E_0^2 \frac{a^6}{d^4} \quad (1)$$

avec :

F: force d'attraction entre les gouttelettes.

a: rayon des gouttelettes d'eau (m).

d: distance entre les centres des gouttelettes (m).

E_0 : champ électrique (volts/m).

K: constante.

- La coalescence dépend aussi du taux d'eau de lavage. La formule de la vitesse de coalescence est donnée comme suite :

$$V_c = \frac{K' \cdot X^{4/3}}{\mu} \quad (2)$$

V_c : vitesse de coalescence (m/s).

X : taux d'eau de lavage.

μ : viscosité dynamique du brut (Kg/h.m).

IV.3.3- La Décantation :

Les gouttelettes d'eau rassemblées en grosses gouttes se décantent au fond du dessaleur sous l'effet de la densité qui est supérieure à celle du brut.

La vitesse de décantation est donnée par la loi de Stocks :

$$V_d = \frac{g \cdot D_p^2 (d_{H_2O} - d_{brut})}{18 \mu_B d_{brut}} \quad (3)$$

avec :

D_p : diamètre des particules d'eau (m).

g : accélération (m / s²).

d_w : densité de l'eau.

d_{brut} : densité du brut.

μ : viscosité dynamique.

IV.4- Influence des paramètres de marches :

IV.4.1- Température de dessalage :

La température est le paramètre le plus important pour le fonctionnement efficace du dessaleur. Elle intervient dans la vitesse de et de décantation par l'intermédiaire de la viscosité.

Si la température est plus élevée ou basse que celle exigée, l'efficacité sera réduite par conséquent les difficultés de séparation de l'eau du brut augmentent.

IV.4.2- Pression :

La pression n'a pas d' influence sur la salinité du brut, mais elle peut influencer la marche du dessaleur. Le maintien de sa valeur suffit à empêcher la vaporisation, qui perturbe le fonctionnement et conduit à une perte d'efficacité.

En cas de chute de pression, les vapeurs d'hydrocarbure seront saturé en eau ce qui provoque le déclenchement des électrodes.

IV.4.3- Perte de charge dans la vanne de mélange :

Le choix résulte d'un compromis : une force favorise la dispersion de l'eau dans le brut donc le dessalage, mais en contre partie si l'émulsion est trop fine sa désémulsion risque d'être difficile.

En pratique la valeur de la perte de charge ne dépasse pas 0,5bar pour les bruts lourds et visqueux, alors qu'elle peut dépasser 1bars pour certains légers.

IV.4.4- Niveau de l'interface eau-brut:

Il doit être autant que possible maintenu constant, toute variation du niveau modifie le champs primaire (entre le niveau et l'électrode basse) et perturbe la coalescence.

Le champ primaire est régi par l'expression :

$$E_1 = U/d$$

(4)

U : Intensité entre les électrodes (volts).

d : distance entre l'électrode et le niveau d'interface (m).

IV.4.5- Taux d'eau de lavage :

L'eau de lavage sert à mouiller les sels et les dissoudre. Le taux d'injection variera avec la salinité du brut à l'entrée. L'injection est régie par la loi de la vitesse de coalescence.

$$V_c = \frac{K \cdot X^{4/3}}{\mu}$$

V_c : Vitesse de la coalescence.

X : Taux d'eau de lavage.

Une baisse de température peut être compensée par une augmentation du taux d'injection d'eau pour maintenir une vitesse de coalescence suffisante

On est limité par un taux d'injection très élevé qui provoque :

- Une augmentation du niveau d'eau dans le dessaleur d'où risque le déclenchement.
- Entraînement d'eau avec le brut dessalé.

IV.4.6- Champ électrique :

Les gouttelettes d'eau sont influencées par le champ électrique, elles subissent une force d'attraction suivant la loi de coalescence :

$$F = K.E_0 (a^2/d^4) \quad (5)$$

Chaque goutte vibre à ses entrées dans le champ électrique ceci provoque la collision des gouttelettes et forme de grosses gouttes d'eau qui tendent à se décanter au fond du réservoir la tension du champ varie entre 16.000 et 50.000Volts.

IV.4.7- Les désémulsifiants dessalant :

Le fonctionnement du dessaleur électrique aussi bien régler qu'il soit, ne permet pas toujours d'obtenir les résultats attendus ou désirés. L'efficacité du dessalage électrique peut être considérablement améliorée par l'emploi d'agents tensioactifs.

Les avantages immédiats retirés de l'utilisation du désémulsifiant peut être résumée comme suite :

- Diminution de la salinité et du B.S.W du brut à la sortie du dessaleur.
- Diminution ou suppression de la couche d'émulsion à l'interface eau-brut.
- Obtention d'une eau de purge pratiquement exempte d'hydrocarbure.

Partie technologique

I- Introduction :

Cette partie a pour but l'identification des problèmes actuels de la section de dessalage, de trouver des solutions et de les prendre en considération lors de la vérification de la possibilité d'augmenter la charge à 150 %, afin de faire marcher l'unité en toute sécurité et avec un bon rendement.

Pour cela nous avons consulté le registre regroupant les paramètres de marche et les données techniques (année 2001 / 2002) de l'unité ainsi que le manuel opératoire donnant ceux prévu par le design.

II- Fonctionnement design de la section :

Le brut arrive à la pompe de charge GA201 dégazé ($d_4^{15} = 0,803$) sous une pression de 1,3 bar et une température de 60 °c. Il est refoulé vers le train d'échange de préchauffe EA201, EA202 ou il sera amené à une température satisfaisante (105 °c) entrée dessaleur afin d'obtenir une viscosité correcte pour effectuer un bon dessalage.

Le brut avant son entrée au dessaleur, sera mélangé intimement avec, de l'eau traitée à 40 °c (environ 5 % du volume du brut). Ce mélange sera favorisé par une vanne de mélange dPIC254.

L'émulsion eau-brut est amenée dans le champ électrique entre les deux électrodes haut tension. L'action du champ électrique provoque la coalescence et la précipitation de l'eau qui entraîne avec elle le sel contenu dans le brut.

Le niveau différentiel entre l'eau et le brut dans le dessaleur est maintenu constant à l'aide du LRC221.

L'échangeur EA219 permettra de récupérer les calories évacuées par la purge d'eau salée pour préchauffe de l'eau d'appoint jusqu'à 70 °c.

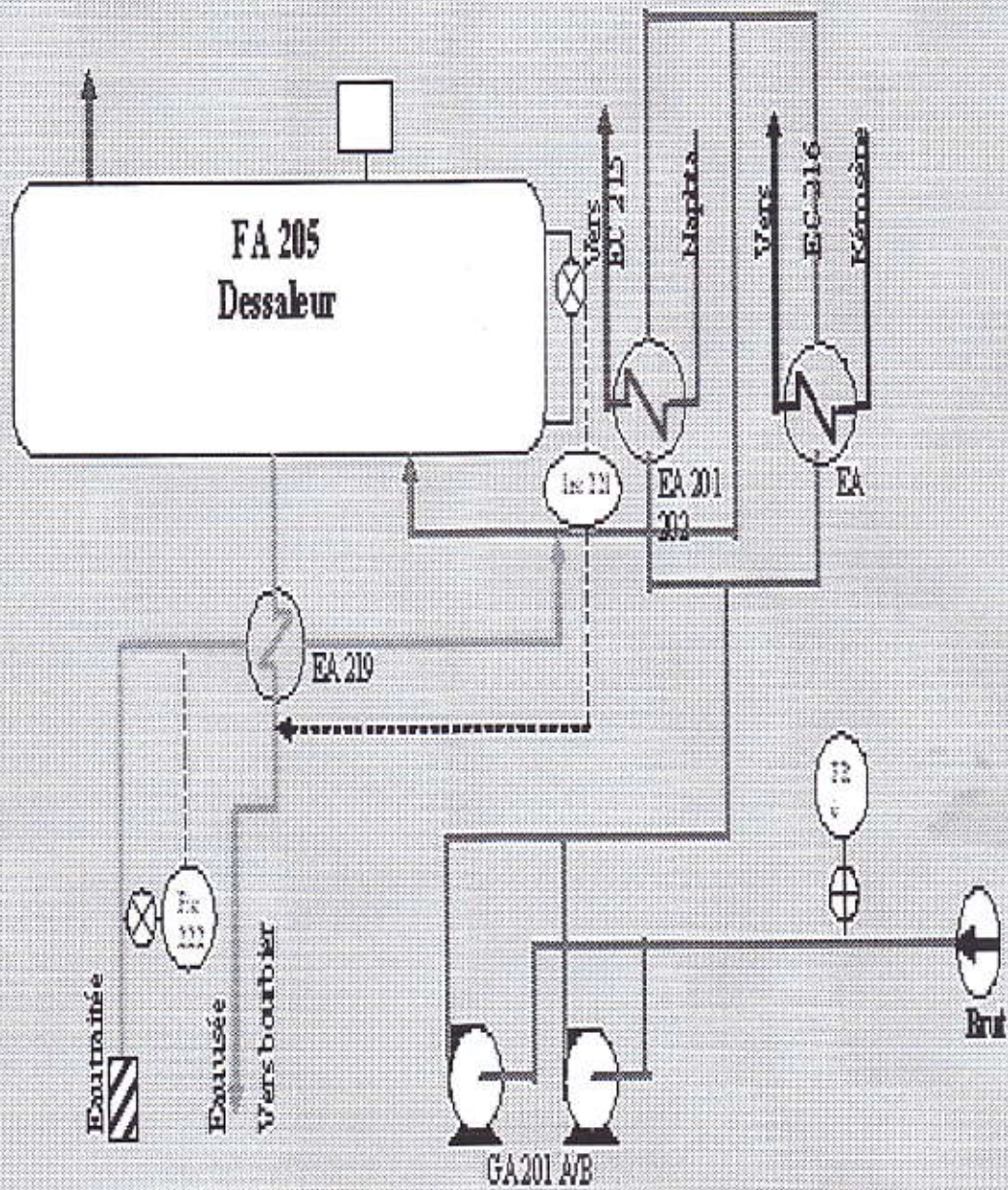


Figure 06 : Schéma de l'unité de dessalage

III- Fonctionnement actuel de la section :

Le brut en provenance du centre de traitement sud ($d_4^{15} = 0.788$) arrive sous une pression de 4.4 bars et une température de 25 à 40 °c, il est mélangé par la suite avec l'eau de lavage (eau albienne à 5 % du volume du brut).

Le mélange est refoulé vers le premier train d'échange (EA201, EA202) à une pression de 17 bars, la température sortie échangeurs est de (60 – 70°C maximum). A cette température le mélange entre dans le dessaleur fonctionnant à 15 bar.

Le brut dessalé est envoyé vers le deuxième train d'échange par la pompe GA212, l'eau de purge serai envoyée vers bourbier

IV- Efficacité du dessaleur et de dessalage : [12]

Ces deux termes peuvent être exprimés mathématiquement en fonction des différents paramètres essentielle dans le dessalage :

$$A = \frac{Z \cdot (S_o + Y \cdot S_w) / (X + Y)}{100} \quad (6)$$

A : Teneur en sel théorique du brut à la sortie du dessaleur (PPM , mg /l)

S_o : Teneur en sel du brut à l'entrée du dessaleur mesurée en (PPM , mg /l)

S : Teneur en sel du brut à la sortie du dessaleur mesurée en (PPM , mg /l)

S_w : Teneur en sel de l'eau injectée mesurer en (PPM , mg /l)

X : Teneur en eau du brut à l'entrée du dessaleur (%)

Z : Teneur en eau du brut à sortie du dessaleur (%)

Y : Quantité d'eau du brut injectée par rapport au volume (%)

- **L'efficacité du dessaleur :**

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \cdot 100 \quad (7)$$

- **L'efficacité du dessalage :**

$$E_p = \frac{(S_o - S)}{S_o - A} \cdot 100 \quad (8)$$

- **Données :**

Les données de calcul de l'efficacité cas design et actuel sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° = 01 : Paramètres de calcul de l'efficacité

| | Cas design | Cas actuel (2002) |
|------------------------|------------|--------------------|
| X (%) | 0,3 | 0,3 |
| Y (%) | 5 | 5 |
| Z (%) | 0,2 | 0,2 |
| S _o (mg /l) | 120 | 14,2 |
| S (mg /l) | 10 | 4,99 |
| S _w (mg /l) | 40 | 750 |

- **L'efficacité :**

Les résultats de calcul de l'efficacité sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau N° = 02 : Efficacité de dessalage actuel et design

| | A(mg /l) | E(%) | E _p (%) |
|-------------------|----------|-------|--------------------|
| Cas design | 4,6 | 91,66 | 95,32 |
| Cas actuel | 1,42 | 64,85 | 72,06 |

• **Commentaire :**

D'après le design, l'unité de dessalage de la nouvelle raffinerie a été étudié pour réduire la teneur en sels du brut jusqu'à 10 %, de celle de l'entrée du dessaleur, soit une efficacité de 90 % au minimum cependant l'efficacité actuel ne dépasse pas 70 % (voir annexe) malgré la teneur en sel entrée dessaleur qui est inférieur à celle du design .

Une telle chute d'efficacité (entraînement de sels dans la brut dessalé) peut être expliquer soit par :

- un contact insuffisant entre l'eau de lavage et le brut
- un faible taux d'eau de lavage
- une eau salée
- une perte de charge faible au niveau de la vanne de mélange
- une température de dessalage trop basse

L'analyse de ces facteurs influençant l'efficacité de dessalage permet d'éliminer les quatre premiers puisque la quantité d'eau injectée est dans la norme (5%) et se fait en amont de la pompe de charge, la turbulence au niveau de cette dernière et à travers les deux échangeurs permet la dissolution des cristaux de sel et la formation de l'émulsion souhaitée.

Le mauvais dessalage est alors expliquée par la température insuffisante qui est loin de celle du design (105°C) entrée dessaleur.

V- Proposition des solutions :

Placé l'échangeur EA204 (brut / reflux circulant) en amont du dessaleur pour remédier au problème de température.

Partie calcul

I- Vérification des échangeurs EA 201, EA 202 : [2,11]**I.1- Méthode de calcul utilisé :**

La méthode de calcul utilisé est la méthode de kern .

Théories de la méthode :

1- bilan thermique

$$Q = M \cdot (H_1 - H_2) = m \cdot (h_1 - h_2)$$

on tire : $h_2 = h_1 + Q/m$ —————> on obtient t_2 .

M : débit massique du fluide chaud .

m : débit massique du fluide froid .

H1 , h1 : Enthalpie à l'entrée (chaud et froid).

H2 , h2 : Enthalpie à la sortie (chaud et froid).

2- Calcul de la ΔTLM

$$\Delta t_1 = (T_1 - t_2)$$

$$\Delta t_2 = (T_2 - t_1)$$

$$(\Delta TLM)_{cc} = \frac{\Delta t_1 - \Delta T_2}{2,3 \log (\Delta t_1 / \Delta t_2)}$$

3- Nombre de passe n_c :

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} ; \quad E = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

4- Calcul de coefficient de transfert sale U_s

$$U_s = \frac{Q}{A \cdot F \cdot \Delta TLM}$$

5- Température calorique

$$T_c = T_2 + F_c (T_1 - T_2)$$

$$t_c = t_1 + F_c (t_2 - t_1)$$

6- Calcul du coefficient de transfert propre U_p Faisceau

$$* \text{ Section par passe : } a_t = \frac{N_t}{n_t} \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$$

$$* \text{ Vitesse massique : } G_t = M/a_t$$

*Caractéristiques du fluide à T_c :

C_p, μ, λ et d

*Nombre de Reynolds :

$$Re_t = \frac{d_i \cdot G_t}{\mu}$$

$$J_H = \left(\frac{h_i \cdot d_i}{\lambda} \right) \left(\frac{C_p \cdot \mu}{\lambda} \right)^{-1/3} \cdot Q_t^{-1}$$

$$h_i/Q_t = J_H \cdot \frac{\lambda}{d_i} \left(\frac{C_p \cdot \mu}{\lambda} \right)^{1/3}$$

$$\frac{h_{io}}{Q_t} = \frac{h_i}{Q_t} \cdot \frac{d_i}{d_o}$$

température de tube :

$$t_t = T_c - \frac{h_{io}/Q_t}{(h_{io}/Q_t) + (h_o/Q_t)} \cdot (T_c - t_c)$$

*Détermination du μ_t à t_t

$$Q_t = (\mu/\mu_t)^{0,14}$$

$$h_{io} = (h_{io}/Q_t) \cdot Q_t$$

Calandre

$$* \text{ Section par calandre : } a_{ct}$$

$$* \text{ Vitesse massique : } G_{ct} = M'/a_{ct}$$

* Caractéristiques du fluide à t_c :

C_p', μ', λ' et d'

*Nombre de Reynolds :

$$Re_{ct} = \frac{D_e \cdot G_{ct}}{\mu'}$$

$$J_H' = \left(\frac{h_o \cdot D_e}{\lambda'} \right) \left(\frac{C_p' \cdot \mu'}{\lambda'} \right)^{-1/3} \cdot Q_t^{-1}$$

$$h_o/Q_{ct} = J_H' \cdot \frac{\lambda'}{D_e} \left(\frac{C_p' \cdot \mu'}{\lambda'} \right)^{1/3}$$

*Détermination du μ'_t à t_t

$$Q_t' = (\mu'/\mu'_t)^{0,14}$$

$$h_o = (h_o/Q_t') \cdot Q_t'$$

7- Vérification de la résistance d'encrassement :

$$Rs = \frac{U_p - U_s}{U_p \cdot U_s} \text{ à Comparer à la résistance d'encrassement admissible}$$

8- Perte de charge :

Faisceau

Coefficient de friction f_t d'après l'abac :

$$\Delta P_t = \frac{n_c \cdot n_t \cdot G_t^2}{1,271 \cdot 10^{15} \cdot d} \left[\frac{f_t \cdot L}{d_i \cdot Q_t} \right] + 2$$

Calandre

Coefficient de friction d'après l'abac :

$$\Delta P_c = \frac{n_c \cdot F_c \cdot G_{ct}^2 \cdot (N_c + 1) \cdot D_e}{1,271 \cdot 10^{15} \cdot d' \cdot D_e \cdot Q_c}$$

Note : Pour la vérification nous avons besoin des températures brut sortie échangeur EA201 et EA202 . on est obligé alors de passer par la méthode de NUT.

- Le calcul de vérification détaillé est dans l'annexe A.

I.2- Données de calcul :

Les données de calcul sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau N° = 03 : Paramètres de calcul
des échangeurs EA201et EA202**

| | Brut | Naphta | Kérosène |
|------------------------|-------|--------|----------|
| Débit massique (kg /h) | 99450 | 26163 | 29070 |
| Densité à 15°C | 0,788 | 0,736 | 0,787 |
| Température entrée °c | 25 | 163 | 246 |

I.3- Design des échangeurs EA201, EA202 :

Les paramètres design des deux échangeurs sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau N° = 04 : Design des échangeurs EA201, EA202

| Paramètres | EA 201 | EA 202 |
|--|--------|---------|
| Quantité de chaleur kW | 1325 | 2756 |
| Surface d'échange m ² | 87,5 | 87,5 |
| Température entrée/sortie côté turbes °c | 163/92 | 246/123 |
| Température entrée/sortie côté calandre °c | 60/92 | 60/123 |
| ΔP côté tube bar | 1 | 1 |
| ΔP côté calandre bar | 0,35 | 0,35 |

I.4- Résultats de calcul obtenus :

Les résultats de calcul sont regroupés dans le tableau suivant :

**Tableau N° = 05 : Résultats de la vérification
des échangeurs EA201, EA202**

| Paramètres | Unités | EA 201 | EA 202 |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| Quantité de chaleur | Kcal /h | 1096660,013 | 1963490,08 |
| coefficient d'échange de chaleur | Kcal /h.m ² .°c | 98,78 | 128,41 |
| Température sortie côté tube | °c | 78,17 | 129,73 |
| Température sortie côté calandre | °c | 54,25 | 77,37 |
| Résistance d'encrassement | h. m ² .°c /Kcal | 1,01 .10 ⁻³ | 3,23 .10 ⁻⁴ |
| Perte de charge côté tubes | bar | 0,262 | 0,355 |
| Perte de charge côté calandre | bar | 0,029 | 0,164 |

I.5- Discussions des résultats :

- Les pertes de charge côté calandre et côté tubes sont inférieures à celle admissible des échangeurs EA201 et EA202 qui sont respectivement : 0,35 et 1 bar.

Donc les deux appareils conviennent et peuvent fonctionner en toute sécurité lors de l'augmentation de charge.

- La température du brut moyenne sortie échangeurs, paramètre très important dans la phénomène de dessalage, est insuffisante Pour augmenter la température nous proposons d'effectuer un changement sur la batterie d'échange en dimensionnant un échangeur en série avec les deux premiers.

II- Dimensionnement de l'échangeur à placer en amont du dessaleur :

- La méthode de calcul est la méthode de kern.
- Le fluide caloporteur est le reflux circulant.
- Le calcul détaillé est mentionné dans l'annexe A.

Ce calcul a pour objet l'évaluation de la surface et géométrie capable de réaliser le service thermique exigé c-à-d de chauffer le brut à la température fixé au début de calcul (105°C), de comparer les résultats de dimensionnement au performances de l'échangeur EA204 (brut /reflux circulant) existant pour voir finalement s'il est possible de placé l'appareil existant en amont du dessaleur.

II.1- Données de calcul :

Les données de calcul sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° = 06 : Paramètres de calcul de l'échangeur EA204

| Paramètres | Brut | Reflux circulant |
|-------------------------------|-------------|------------------|
| Débit massique (kg /h) | 200940 | 106363,05 |
| Densité à 15°C | 0,788 | 0,787 |
| Température entrée /sortie °c | 65,654 /105 | 238 / ? |

II.2- Design de l'échangeur EA204 :

Les paramètres design sont données dans le tableau suivant :

Tableau N° = 07 : Design de l'échangeur EA204

| Paramètres | EA 204 |
|---|---------|
| Capacité côté tubes $d \text{ m}^3$ | 1400 |
| Capacité côté calandre $d \text{ m}^3$ | 1750 |
| Température entrée /sortie côté tubes $^{\circ}\text{c}$ | 218/160 |
| Température entrée /sortie côté calandre $^{\circ}\text{c}$ | 105/145 |
| surface d'échange m^2 | 245 |
| ΔP cote tubes bar | 1 |
| ΔP cote calandre bar | 0,35 |

II.3- Résultats de calcul obtenus :

Les résultats de dimensionnement sont regroupés dans le tableau ci dessous :

Tableau N° = 08 : Résultats de calcul

| Paramètres | Résultat de calcul |
|---|-----------------------|
| Quantité de chaleur kcal /h | 4203664,8 |
| Coefficient d'échange calculé kcal /h.m ² . $^{\circ}\text{c}$ | 142,36 |
| ΔTLM $^{\circ}\text{c}$ | 121,75 |
| Surface d'échange m^2 | 234,88 |
| Résistance d'encrassement h.m ² . $^{\circ}\text{c}$ /kcal | $1,016 \cdot 10^{-3}$ |
| Perte de charge côté tube bar | 0,248 |
| perte de charge côté calandre bar | 0,155 |

II.4- Discussions des résultats :

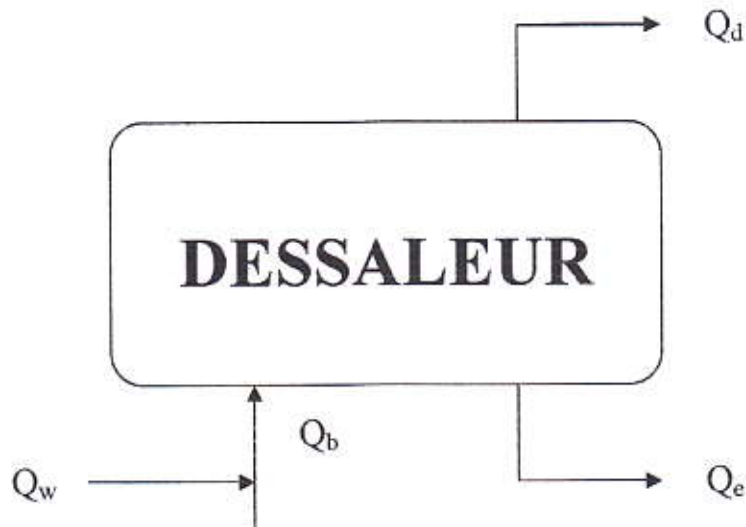
Suite à la comparaison entre les paramètres de calcul obtenus et ceux du design de l'échangeur EA 204 basé sur :

- La surface d'échange inférieure à celle existante
- Les pertes de charge inférieures aux pertes de charge admissible on peut affirmer la possibilité de placer l'échangeur EA204 dans le premier train d'échange de préchauffe pour remédier au problème de température existant actuellement et qui se manifeste d'après les résultats de calculs lors de l'augmentation de charge.

III- Dimensionnement du dessaleur : [1]

III.1- Bilan de matière :

Le bilan matière de l'unité de dessalage après augmentation de la charge serai :



Q_b : quantité de brut à dessaler.

Q_w : quantité d'eau de lavage.

Q_d : quantité de brut dessalé.

Q_e : quantité d'eau de purge.

On a : $Q_w + Q_b = Q_d + Q_e$ (9)

Or : $Q_b = 255 \text{ m}^3 / \text{h}$

$Q_w = 0,05 \cdot Q_b = 255 \cdot 0,05 = 12,75 \text{ m}^3 / \text{h}$

$Q_w = 12,75 \text{ m}^3 / \text{h}$

Calcul de la quantité d'eau de purge :

On a : $Q_e = Q_w + (x - z) \cdot Q_b$

x : Teueur en eau du brut à dessaler = 0,3 %

z : Teueur en eau du brut à d'essalè = 0,2 %

$$Q_e = 12,75 + \left(\frac{0,3 - 0,2}{100} \right) \cdot 255 = 13 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_e = 13 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Calculons maintenant la quantité de brut dessalé :

$$Q_d = Q_w + Q_b - Q_e = 255 + 12,75 - 13 = 254,25 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$Q_d = 254,25 \text{ m}^3 / \text{h}$$

III.2- Calcul de la vitesse de decantation :

La vitesse de decantion est calculée à la température de dessalage d'après la formule STOKES

$$V_d = \left[\frac{4 \cdot (d_{H_2O} - d_{brut}) D_p \cdot g}{3 \cdot d_{brut} \cdot \varphi} \right]^{0,5} \quad (10)$$

d_{H_2O} : densité de l'eau

d_{brut} : densité du brut

g : Accélération de la pesanteur (m / s^2)

D_p : Diamètre de la particule d'eau (m).

φ : coefficient de résistance

III.3- Calcul du coefficient de résistance (φ) :

Pour déterminer le coefficient de résistance, il faut connaître le régime d'écoulement.

Calcul du régime d'écoulement (Re) :

Le régime d'écoulement est déterminé par le calcul du nombre de Reynolds qui est donné par la relation suivante :

$$Re = \frac{V_d \cdot D_p}{\mu_B} \quad (11)$$

μ_B : Viscosité cinématique du brut

V_d : vitesse de décantation (m / s)

D_p : Diamètre de la particule d'eau

Pour cela, on suppose le régime d'écoulement du débit pour définir le coefficient de résistance (φ) et ensuite, on vérifie si le régime proposé est valable.

Le tableau suivant donne le coefficient (φ) en fonction du régime d'écoulement :

| Régime d'écoulement | Re | φ |
|---------------------|------------------------|-------------------|
| Laminaire | $Re \leq 0,2$ | $24 / Re$ |
| Transitoire | $0,2 \leq Re \leq 500$ | $18,5 / Re^{0,6}$ |
| Turbulent | $Re > 500$ | 44 |

On suppose que le régime est laminaire ($Re \leq 0,2$ et $\varphi = 24 / Re$)

$$V_d = \frac{g \cdot D_p^2 (d_{H_2O} - d_{brut})}{18 \mu_B \cdot d_{brut}}$$

La vitesse de décantation est calculée à la température de dessalage ($T = 105^{\circ}\text{C}$)

$$V_d = (15 \cdot 10^{-5})^2 \cdot \frac{(0,954 - 0,719) \cdot 9,81}{0,719 \cdot 18 \cdot 2,04 \cdot 10^{-6}}$$

$$V_d = 0,19 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

Vérification du régime :

$$\text{Re} = \frac{V_d \cdot D_p}{\mu_B} = \frac{0,19 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{2,04 \cdot 10^{-6}} = 0,13$$

$\text{Re} \leq 0,2$ donc le régime est laminaire

III.4- Calcul du diamètre du dessaleur :

Pour calculer le diamètre il faut d'abord calculer le facteur A.

A : facteur relatif à la phase légère (pétrole)

A est donné par la formule :

$$A = Q_d / (0,8 \pi \cdot r \cdot V_d) \quad (12)$$

$$A = \frac{0,0706}{0,8 \pi \cdot 2,59 \cdot 0,19 \cdot 10^{-2}}$$

Avec :

$$r = \frac{L}{D} = 2,59$$

$$A = 5,71$$

Le diamètre du dessaleur est donné par l'expression :

$$D = Y_1 \sqrt{2 \pi A} \quad (13)$$

On détermine y d'après la formule :

$$Y_1 = \frac{\sin \alpha/2}{\sqrt{2\alpha - \sin 2\alpha}} \quad (\alpha \text{ en rads}) \quad (14)$$

Pour trouver α on calcul la constante K :

$$K = \frac{0,7}{\sqrt{2 \pi A}} = \frac{0,7}{\sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 5,71}} \quad (15)$$

$$K = 0,116$$

D'après le graphe : $\alpha = 111,3^\circ = 1,94 \text{ rads}$

$$\sin \alpha/2 = 0,82$$

$$\sin 2\alpha = -0,67$$

$$Y_1 = \frac{0,82}{\sqrt{2 \cdot 1,94 + 0,67}}$$

$$Y_1 = 0,384$$

$$D = y_1 \sqrt{2 \pi A} = 0,384 \sqrt{2 \cdot 3,14 \cdot 5,71}$$

$$D = 2,29 \text{ m}$$

$$\text{On a : } \frac{L}{D} = 2,59$$

$$L = 5,957 = 6 \text{ m}$$

III.5- Calcul du volume du dessaleur :

$$V_T = V_1 + V_2$$

V_2 : volume des deux extrémités supposées qu'il les forment une sphère

$$V_T = \pi \frac{D^2}{4} L + \frac{4}{3} \pi \frac{D^3}{8} \quad (16)$$

$$V_T = 31,06 \text{ m}^3$$

Calcul du temps de séjour

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad (17)$$

V : volume du dessaleur en m^3

Q : Débit volumique du brut

$$\tau = \frac{31,06}{255} \cdot 60 = 7,3 \text{ min}$$

$$\tau = 7,3 \text{ min}$$

III.6- Calcul de la vitesse du pétrole et celle effective de décantation :

Pour une décantation effective , on doit respecter l'inégalité suivante

$$\tau \geq \tau_D$$

$$\tau_D = \frac{h_e}{V_{\text{eff}}} = \frac{h_e}{V_d - V_p} \quad (18)$$

$$h_e = 0,5 D - h_i \quad (19)$$

V_{eff} : vitesse effective (m/s).

h_i : hauteur de l'eau (m).

V_p : vitesse du pétrole (m/s).

Pour plus de sûreté on prend : $V_d \geq 2V_p$

Tableau N° = 09 : Evaluation de la vitesse effective de décantation

| | | | | |
|----------------------|--------|--------|--------|---------|
| h_i m | 0,46 | 0,575 | 0,69 | 0,805 |
| h_e m | 0,69 | 0,575 | 0,46 | 0,345 |
| V_p m/s | 0,0015 | 0,0013 | 0,001 | 0,00079 |
| τ_D min | 28,75 | 15,97 | 8,51 | 5,18 |
| V_{eff} m/s | 0,0004 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0011 |

Pour $h_i = 0,805$ l'inégalité $V_d \geq 2V_p$ est vérifiée, on opte alors pour cette valeur pour une vitesse de décantation effective.

III.7- Résultats de calcul :

Les résultats de calcul sont obtenu dans le tableau suivant :

Tableau N° = 10 : résultats de calcul du dessaleur

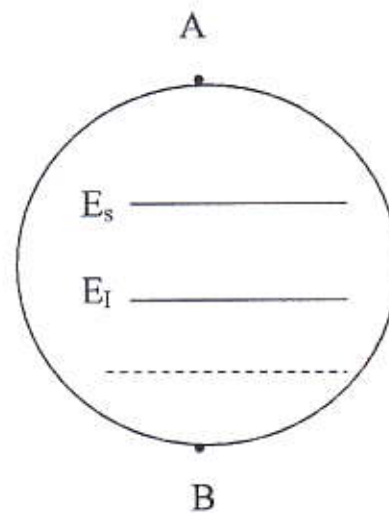
| Grandeurs | Dessaleur à installer | Dessaleur existant |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Diamètre intérieur (m) | 2,29 | 2,3 |
| Langueur (m) | 5,95 | 6,22 |
| Volume (m ³) | 31,06 | 31,19 |
| Vitesse de décantation (m/s) | $0,19 \cdot 10^{-2}$ | $0,19 \cdot 10^{-2}$ |
| Temps de séjour (min) | 7,3 | 11 |

Les résultats de calcul obtenus montrent que la cuve existante peut traiter jusqu'à 255 m³ /h de pétrole brut avec un changement du niveau d'eau dans le dessaleur pour avoir une bonne décantation autrement dit une teneur en sel faible.

III.8- Calcul des caractéristiques électriques :

E_s : électrode supérieur

E_i : électrode inférieur



La distance entre les deux électrodes est : $L = 178 \text{ mm}$

La distance entre l' électrode supérieur E_s et le point A : $L_1 = 895 \text{ mm}$

La distance entre l' électrode inférieur E_i et le point B : $L_2 = 1327 \text{ mm}$

Le niveau d'eau : $h_i = 805 \text{ mm}$

La distance entre l' électrode inférieur E_i et le niveau d'eau : $L_3 = 522 \text{ mm}$

Calcul de la tension du champ électrique dans l'espace des deux électrode :

$$E_1 = U / L$$

Ou :

E_1 : tension du champ

U : tension du courant en volts

$$E_1 = 20000 / 0,178$$

$$E_1 = 112359,55 \text{ Volts / m}$$

Calcul du champ électrique entre le niveau d'eau et l'électrode inférieur :

La distance entre l'électrode inférieur et le niveau haut de l'eau : $L_3 = 522 \text{ mm}$

$$U = 20000 \text{ Volts}$$

$$E_2 = U / L_3$$

donc :

$$E_2 = 38314,17 \text{ Volts / m}$$

Tension critique du champ :

Pour un bon fonctionnement du dessaleur, il faut que le champ entre les deux électrodes E_1 soit inférieur à la tension critique E_{cr} . Cette dernière est donnée par la formule :

$$E_{cr} = A \sqrt{(2 \cdot \sigma / \epsilon \cdot d)} \quad (20)$$

σ : tension superficielle entre l'eau et le brut.

d : diamètre des particules.

ϵ : constante diélectrique.

A : coefficient de proportion.

Tableau N° = 11 : Coefficient de proportionnalité

| %volumique de l'eau de lavage | A |
|-------------------------------|-----|
| 5 | 382 |
| 10 | 391 |
| 20 | 403 |

Donc :

$$E_{cr} = 382 \sqrt{(2 \cdot 15 / 16 \cdot 15 \cdot 10^{-3})} = 4270,88 \text{ Volts / cm}$$

$$E_{cr} = 427088 \text{ Volts / m}$$

$$E_1 < E_{cr}$$

IV- Vérification de la pompe GA201 : [3]**IV.1- Théorie de calcul :**

- Pression différentielle = pression de refoulement - pression d'aspiration
- Hauteur différentielle = pression différentielle x 10,2076 /densité à T(°c)
- Pression net = pression d'aspiration - tension de vapeur
- NPSH disponible = pression net x 10,2076 /densité à T (°c)
- Puissance hydraulique = débit volumique x pression différentielle x 1,1 /36
- Puissance absorbée = puissance hydraulique /rendement (m)

La vérification sera basée sur :

- Le NPSH disponible qui doit être supérieur à celui requis pour éviter la manifestation du phénomène de cavitation
- La puissance consommé doit être inférieur à celle du moteur de la pompe installé.

IV.2- Données de calcul :

Les données de calcul sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau N° = 12 : paramètres de calcul de la pompe GA201

| Paramètre | brut |
|-----------------------------|-------|
| Pression d'aspiration bar | 4,4 |
| pression de refoulement bar | 17,5 |
| Tension de vapeur bar | 1.12 |
| Densité à 15 °c | 0,788 |

IV.3- Résultats du calcul :

- Pression différentielle = 13,1 bars
- Hauteur différentielle = 171,43 m
- Puissance net = 3,4 bars
- NPSH disponible = 45,8
- Puissance hydraulique = 102,07 kW
- Puissance absorbée = 144 ,78 kW

IV.4- Discussions :

D'après les résultats de calcul la puissance absorbée est supérieure à la puissance du moteur de la pompe installé (120 kW) , il est nécessaire alors de changer cette dernière pour une pompe dont les caractéristiques suivant :

- Débit du fluide = 255 m³ /h
- Pression d'aspiration = 4,4 bars
- Pression de refoulement = 17 bars
- NPSH < 45,8
- Puissance de la pompe = 103 kW
- Puissance du moteur = 145 kW

V- Vérification des vannes FRCV 215, dPIC 254 : [3]

V.1- Calcul de la constante de débit CV de la vanne FRCV215 :

La constante de débit d'une vanne est donnée par la formule suivante :

$$CV = 1,16 \cdot Q (d / \Delta P)^{1/2} \quad (21)$$

Débit volumique horaire du brut majoré à 40% : $Q = 357 \text{ m}^3 / \text{h}$

Densité à la température d'entrée : $d = 0,78$

Perte de charge : $\Delta P = 0,5 \text{ bars}$

donc :

$$CV = 517,23$$