

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE d'ADRAR
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES HYDROCARBURES ET ENERGIES
RENOUVELABLES



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DEPLOME DE
MASTER EN GENIE CHIMIQUE**

Thème

**calcul de verification de l'unité de déparaffiage des huiles
au niveau de la raffinerie d'Arzew RA1Z**

Soutenu le : 26 Juin 2019

Présenté par

Mr Soufyane BOUBKER

Mr Mohammed GUENNOUN

Encadreur : Mr Omar KHELIFI

MAB Univ d'Adrar

Membres de jury

Président : Mr Louanas OUAZINE

MAB Univ d'Adrar

Examineur : Mr Mounir SAKMECHE

MAB Univ d'Adrar

Année Universitaire : 2018 / 2019

Résumé

L'objectif de cette étude est de vérifier le fonctionnement des équipements de l'unité de déparaffinage de la zone 05 au niveau de la raffinerie d'Arzew (RA1Z). L'unité renferme un réchauffeur (E-401), réfrigérant (E-402), cristalliseur régénératif (E-403) et cristalliseur au propane (E-404) pour la séparation des paraffines à partir des huiles par un solvant sélectif qui est un mélange de MEC (Méthyle-Ethyle-Cétone) et Toluène. D'après les résultats que nous avons obtenus après calcul et en comparons ces derniers à ceux du design pour connaître le rendement de cette unité et la situation de ces équipements, nous avons trouvés que la surface d'échange de réchauffeur de réfrigérant sont presque en accord avec les valeurs du design 58 m² et 196 m² respectivement, de plus le nombre de cristalliseurs régénératifs et au propane calculé est égal à celui du nombre réel (4). Par contre la surface d'échange calculée de ces derniers (297,28 m²) est inférieure à la valeur réelle (324 m²).

Mots clés: Déparaffinage, Méthyle-Ethyle-Cétone, réchauffeur, réfrigérant, cristalliseurs, huiles lubrifiantes.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التحقق من تشغيل معدات وحدة إزالة الشمع من الزيوت البترولية على مستوى المنطقة 05 في مصفاة أرزيو (RA1Z). تحتوي الوحدة على سخان (E-401)، ومبرد (E-402)، ومبلمرات متجددة (E-403) ومبلمرات بالبروبان (E-404) لفصل البارافينات عن الزيوت بواسطة مذيب انتقائي مكون من مزيج من ميثيل-إيثيل-كيتون والتوليان. من خلال نتائج المقادير التي قمنا بحسابها، وبعد مقارنتها مع القيم الخاصة بالتصميم لمعرفة أداء هذه الوحدة وحالة هذه المعدات، وجدنا أن سطح التبادل للسخان 33 م² و المبرد 194,3 م² تتفق تقريباً مع قيم التصميم 58 م² و 196 م²، وكذلك عدد المبلمرات المتجددة والمبلمرات بالبروبان المحسوب يساوي الرقم الحقيقي (4). في المقابل سطح التبادل المحسوب لهذه الأخيرة (297.28 م²) أقل من القيمة الحقيقية (324 م²).

الكلمات المفتاحية: إزالة الشمع، ميثيل-إيثيل-كيتون، مسخن، سائل تبريد، مبلمرات، زيوت تشحيم.

Abstract:

The objective of this study is to verify the equipments operation of the zone 05 dewaxing unit at Arzew refinery (RA1Z). The unit contains a heater (E-401), refrigerant (E-402), regenerative crystallizers (E-403) and propane crystallizers (E-404) for separating paraffins from oils with a selective solvent wich is a mixture of MEK (methyl-ethyl-ketone) and toluene. From the results of the parameters we calculated and after comparing them with those of design to know the performance of this unit and the situation of these equipment, we found that the exchange surface of heater 33 m^2 and refrigerant 194.3 m^2 are almost in agreement with the design 58 m^2 and 196 m^2 , as well as the number of regenerative crystallizers and calculated propane is equal of that to the real number (4). Also the calculated exchange surface of the latter (297.28 m^2) is less than the real value (324 m^2).

Keywords: Dewaxing, Methyl-Ethyl-Ketone, heater, refrigerant, crystallizers, lubricating oils.



REMERCIEMENTS

En premier lieu, Nous remercions ALLAH qui nous donne la santé, la volonté, le courage ainsi que la connaissance pour que nous puissions terminer nos études dans le domaine de génie chimique.

Nous avons l'honneur de présenter nos sincères remerciements à Dr. KHELIFI Omar, étant en premier lieu notre professeur et notre encadreur à l'université, qui nous a bien dirigé lors de la réalisation de ce travail, et pour son soutien et ses conseils considérables.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Dr. OUAZINE pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et d'avoir accepté de juger et de présider le jury de ce mémoire et aussi Dr. SAKMECHE qui a pris la peine d'examiner ce travail.

Nous adressons nos profondes gratitudees à tous les enseignants du département des hydrocarbures et énergies renouvelables.

Enfin, toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouve ici l'expression de nos remerciements les plus cordiaux,

A tous.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mon père et ma mère qui ont

beaucoup sacrifiés

a mon bonheur,

A mon frère et mes sœurs,



Tout ma famille,

Mon binôme : GUENNOUN Mohammed,

Mes amis,

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime,

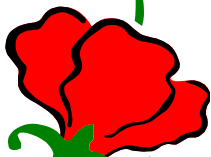
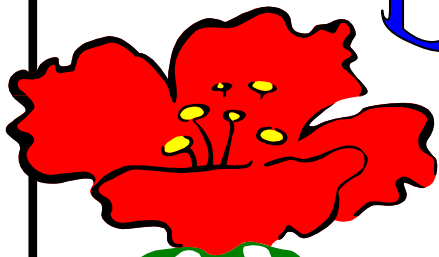
Et tous ceux qui m'ont encouragé durant ma

vie estudiantine,

SOUFYANE



Dédicaces



- J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à:*
- *Mon père et ma mère pour leurs soutiennent durant toutes mes années d'études.*
 - *Ma petite famille: ma chère femme et mon cher fils Abed Elmounaaime.*
 - *Mes chers frères: Mustapha, Oussama et Abed Elkerime.*
 - *Mes chères sœurs .*
 - *Toute ma famille.*
 - *Mon binôme : BOUBKER Soufyane.*
 - *Tous mes amis,*
 - *A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près durant les moments difficiles.*

Mohammed.

TABLE DES MATIERES

Liste des figures.....	i
Liste des tableaux	ii
Introduction générale	1

CHAPITRE I GENERALITES SUR LES HUILES LUBRIFIANTES

I.1. Les huiles lubrifiantes	3
I.1.1. Définition d'un lubrifiant	3
I.1.2. Rôle des huiles lubrifiantes	3
I.1.3. Classification des huiles lubrifiantes.....	4
I.1.4. Les constituants de lubrifiant (Matériaux bruts).....	6
I.2. Propriétés des huiles	6
I.3. Destination des huiles lubrifiantes	9
I.4. Les additifs	11
I.4.1. Rôle des additifs	11
I.4.2. Classification des additifs.....	11

CHAPITRE II DEPARAFFINAGE DES HUILES AU NIVEAU DE LA RAFFINERIE D'ARZEW

II.1. Historique.....	16
II.2. Situation géographique	16
II.3. Capacité de production	16
II.4. Description des différentes zones de la raffinerie.....	17
II.4.1. Unité de production	17
II.4.2. Unité de stockage "zone 28"	18
II.4.3. Unité administrative	18
II.5. Description de la chaîne de production des huiles.....	19
II.5.1. Distillation sous vide (unité 100)	19
II.5.2. Désasphaltage au propane (unité 200)	20
II.5.3. Extraction au furfural (unité 300).....	22
II.5.4. Déparaffinage au MEK – Toluène (unité 400).....	22
II.5.5. Traitement par hydrogène-hydrofinissage (unité 500)	23
II.6. Déparaffinage des huiles de bases	24
II.6.1. Schéma technologique.....	24
II.6.2. Description du schéma technologique	26

CHAPITRE III CALCUL DE VERIFICATION DE RECHAUFFEUR, REFRIGERANT ET CRISTALLISOIRS

III.1. Données de calcul	31
III.1.1. Calculs préliminaires.	31
III.2. Calcul de réchauffeur E-401	33
III.2.1. Calcul de la charge thermique du réchauffeur	33
III.2.2. Calcul des enthalpies entrées et sortie de la charge.....	33
III.2.3. Calcul de la différence de température moyenne (ΔT_m)	34
III.2.4. Calcul de la surface d'échange.....	35

III.2.5. Détermination de la quantité de vapeur d'eau.....	35
III.3. Calcul du réfrigérant E-402	36
III.3.1. Calcul de la charge thermique.....	36
III.3.2. Calcul de débit de l'eau	37
III.3.3. Calcul de la différence de la température moyenne	38
III.3.4. Calcul de la surface d'échange	38
III.3.4. Calcul de la vitesse linéaire du mélange d'alimentation des cristalliseurs.....	38
III.4. Calcul du cristalliseur régénératif	40
III.4.1. Détermination de la quantité de chaleur prise par le filtrat.....	40
III.4.2. Calcul de Q_1	41
III.4.3. Calcul de Q_2	41
III.4.4. Détermination de A	41
III.4.5. Détermination de la température de sortie du filtrat des cristalliseurs régénératifs	42
III.4.6. Calcul de l'enthalpie d'huile déparaffiné à $-26\text{ }^\circ\text{C}$	43
III.4.7. Calcul de température de sortie de filtrat :	43
III.4.8. Détermination du nombre de cristalliseurs :	45
III.4.9. Calcul de la différence de température moyenne ΔT_m	45
III.4.10. Détermination de la vitesse de refroidissement.....	45
III.5. Calcul des cristalliseurs au propane	46
III.5. 1. Calcul de la différence de température moyenne ΔT_m	47
III.5. 2. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par le propane.....	47
III.5. 3. Calcul de surface d'échange	48
III.5. 4. Détermination du nombre de cristalliseurs	49
III.5. 5. Détermination de la vitesse de refroidissement.....	49
Conclusion générale.....	50
Références bibliographiques	
Annexes	

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Lubrification entre deux surfaces.	3
Figure I.2 : Les polymères hydrocarbonés.	12
Figure I.3 : Les polymères à fonction esters.	12
Figure I.4 : Additifs abaissant le point de congélation	13
Figure I.5 : Additifs antioxydants.	13
Figure I.6 : Additifs anti-usure.	14
Figure I.7 : Additifs anti-mousses.	14
Figure I.8 : Principe d'organisation des tensioactifs dans l'huile.	15
Figure II.1 : Schéma simplifié de la distillation sous vide.	19
Figure II.2 : Schéma simplifié du désasphaltage au propane.	21
Figure II.3 : Schéma simplifié de déparaffinage.	23
Figure II.4 : Schéma simplifié de l'hydrofinissage	24
Figure II.5 : Chaine de fabrication des huiles de base.	25
Figure III.1 : Schéma simplifié du réfrigérant E-401	33
Figure III.2 : Schéma simplifié du réfrigérant E-402.	36
Figure III.3 : Schéma simplifiée des cristallisoirs régénératifs.	40
Figure III.4 : Schéma simplifiée des cristallisoirs au propane	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : les principales familles des hydrocarbures avec ces structures et ces propriétés correspondantes	5
Tableau II.1 : Principaux produits de la raffinerie d'Arzew	17
Tableau III.1 : Les enthalpies de la charge, du MEC et du Toluène à 65 °C et à 71 °C.. ..	34
Tableau III.2 : Les différentes données pour détermination de Gx.....	35
Tableau III.3 : Bilan matière du réfrigérant E-402.	37
Tableau III.4 : Bilan thermique du réfrigérant E-402	37
Tableau III.5 : Les résultats obtenus de calcul de E-401 et E-402.....	39
Tableau III.6 : Bilan matière des cristalliseurs régénératifs	40
Tableau III.7 : Bilan matière du fluide frigorigène.	42
Tableau III.8 : Bilan thermique du fluide frigorigène.....	44
Tableau III.9 : Les résultats obtenus de calcul de cristalliseur régénératif.	46
Tableau III.10 : Bilan matière de cristalliseur au propane	47
Tableau III.11 : Les résultats obtenus de calcul des cristalliseurs au propane.....	49

INTRODUCTION GENERALE

Les machines modernes en fonction de leur développement sont devenues de plus en plus exigeantes et très souvent fonctionnent dans des conditions très difficiles, d'où la nécessité d'utiliser des lubrifiants bien définis et sélectionnés en qualité telles que la viscosité, l'indice de viscosité etc.

Le raffinage des fractions pétrolières a permis d'aboutir à ces caractéristiques ou de les approcher le plus possible en se basant sur des techniques physiques, chimiques et même parfois physico-chimiques parmi elles on peut citer la distillation, l'épuration aux solvants sélectifs, tout ceci en optimisant les paramètres de fonctionnement des différents procédés.

La première fabrication des huiles de graissage distillées a été faite par RAGOSINE à la raffinerie de BALAKHNA. Elle a été réalisée jusqu'à 1885 dans des chaudières de distillation à action périodique. Le besoin élevé de l'économie mondiale en huiles visqueuses de cylindre ont dictés l'exploration de nouvelles installations ainsi que le perfectionnement des produits livrés. Le premier pas dans ce sens fut l'implantation d'après le projet de POKROVOSKY de l'installation de raffinage d'huile à vingt chaudières de distillation à BAKOU. Elle a été mise en service en 1927. Mais après plusieurs usages de cette huile les chercheurs ont trouvés que cette dernière n'est pas utilisable en toute saison c'est-à-dire qu'elle n'est pas bien fluide en hiver à des températures assez basses (-15/-20) à cause des paraffines qui se trouvent dans ces huiles. Alors il est nécessaire d'éliminer de ces huiles tous les hydrocarbures aux points de congélation aux températures citées au paravent. Cette élimination se fait au cours d'une opération appelée déparaffinage.

Ce mémoire est organisé en trois (3) chapitres :

Dans le premier, nous donnons une synthèse bibliographique qui rassemble des généralités et des données essentielles sur les huiles lubrifiantes.

Le second chapitre est consacré à la présentation de la raffinerie d'Arzew et particulièrement de l'unité de déparaffinage des huiles de bases ainsi que les différents procédés essentiels pour la fabrication des huiles lubrifiantes.

Le troisième chapitre de ce mémoire est destiné au calcul de vérification des paramètres de fonctionnement des équipements essentiels dans l'unité de déparaffinage (réchauffeur E-401, réfrigérant E-402 et cristalliseurs (E-403 et E-404)), aussi les résultats obtenus ont été comparés avec les paramètres de design (réel) de ces équipements.

La conclusion générale clôture ce mémoire dans laquelle nous présentons les principaux résultats de ce travail.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES HUILES

LUBRIFIANTES

I.1. Les huiles lubrifiantes

Au fur et à mesure de l'évolution humaine et de leurs découvertes dans la technologie, l'homme a utilisé les lubrifiants d'origine animale, et depuis longtemps, l'être humain est résolu des problèmes de frottement par une lubrification à l'aide de l'eau, de graisses animales ou végétales pour de multiples travaux de déplacement d'objet. La découverte du pétrole naturel, le progrès scientifique et technique ont mis à notre disposition un nombre important de produits et d'équipements dont l'utilisation de la lubrification dans les domaines de transports et d'industrie.

I.1.1. Définition d'un lubrifiant

Une huile est une fraction pétrolière lourde et visqueuse à haut point d'ébullition (>350 °C). Elle est constituée d'un mélange d'hydrocarbures appartenant aux séries aliphatiques, naphthénique et aromatiques et contenant des proportions de soufre, d'azote et d'oxygène.

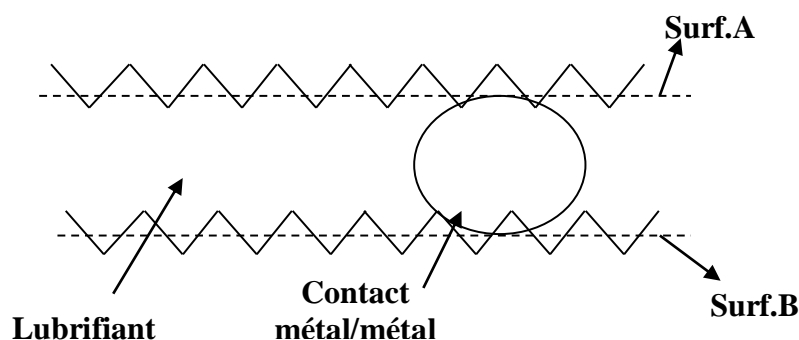


Figure I.1: Lubrification entre deux surfaces.

I.1.2. Rôle des huiles lubrifiantes

- 1- Lubrification : l'huile doit former un film fluide entre les surfaces en mouvement.
- 2- Evacuation des impuretés: l'huile doit transporter les impuretés et diverses contaminations jusqu'au filtre.
- 3- Assurance de la protection contre l'usure : l'huile doit assurer la protection des pièces, des frottements chargés qui pourraient s'user lorsque le film d'huile est très fin.
- 4- Comportement comme réfrigérant : le lubrifiant contribue d'une façon très active au refroidissement de ces machines et à l'évacuation de la chaleur produite lors du mouvement.

- 5- Amortissement des chocs et réduction du bruit : le lubrifiant doit assurer une réduction du bruit et un amortissement des chocs, la résistance au feu et au moussage.
- 6- Diminution de la corrosion : l'huile doit protéger les parties usinées qui peuvent être faite de différents métaux et sans protecteurs contre la corrosion et la formation de rouille.
- 7- Eviter la formation des dépôts : l'huile doit être capable de disperser les particules insolubles susceptibles de former des dépôts qui pourraient gêner la lubrification.
- 8- Comportement comme un fluide hydraulique : l'huile n'a pas toujours cette fonction, mais il arrive que l'huile lubrifiante soit également utilisée comme fluide hydraulique.

I.1.3. Classification des huiles lubrifiantes

Selon que le pétrole brut appartient aux familles paraffiniques ou naphthéniques, les huiles de base sont classées par leurs tendances chimiques :

a. Tendance paraffinique

Ce sont des hydrocarbures saturés linéaires (n-paraffines) ou ramifiés (iso-paraffines), caractérisés par :

- Une faible densité à viscosité donnée (0.88 à 089) pour les huiles des moteurs.
- Un Haut indice de viscosité (de l'ordre 100) pour les huiles moteurs.
- Une faible volatilité à viscosité donnée.
- Un point d'écoulement élevé.
- Une faible pouvoir solvant (cette huile se sépare facilement des produits d'altération d'où des risques d'accumulation des dépôts).

b. Tendance naphthénique

Ce sont des hydrocarbures saturés cycliques ou polycycliques, ils sont moins résistants à l'oxydation que les paraffines, elle se caractérise comme suit :

- Une densité élevée à viscosité donnée (plus de 0.9 pour les huiles moteurs).
- Un indice de viscosité faible (de l'ordre de 40 à 60).
- Un Point d'écoulement naturellement bas.
- Un Pouvoir solvant élevé.


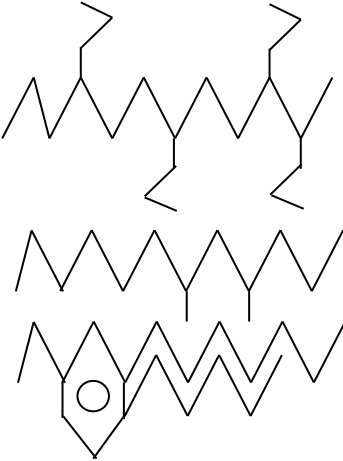
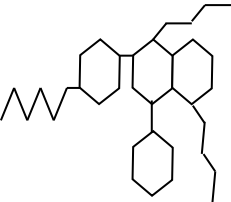
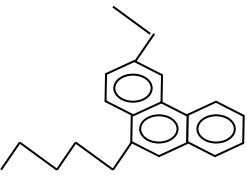
c. Tendance aromatique

Ces sont des hydrocarbures non saturés cycliques avec une ou plusieurs chaînes latérales Elle est caractérisée par :

- Un densité très élevée.

- Un indice de viscosité très faible.
 - Un forte volatilité.
 - Une formation de produits résineux et asphalteuses par oxydation du fait de leurs défauts.
- Les produits à tendances aromatiques doivent être éliminés.

Tableau I.1: les principales familles des hydrocarbures avec ces structures et ces propriétés correspondantes.

Famille d'hydrocarbures	Structure type	Propriétés principales	
		Recherchées	Nuisibles
Paraffines en chaîne droite.		<ul style="list-style-type: none"> - Point d'écoulement élevé - Bonne résistance à l'oxydation 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité élevée.
Paraffines ramifiées et paraffines avec peu de cycles.		<ul style="list-style-type: none"> - Résistance à l'oxydation assez à bonne, - Point d'écoulement bas le plus souvent. 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité bon a élevé.
Naphténiques		<ul style="list-style-type: none"> - Bonne résistance à l'oxydation - Point d'écoulement bas, 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité faible.
Aromatiques		<ul style="list-style-type: none"> - Point d'écoulement généralement bas, - Très mauvaise résistance à l'oxydation 	<ul style="list-style-type: none"> - Indice de viscosité bas.

I.1.4. Les constituants de lubrifiant (Matériaux bruts)

Les matériaux bruts nécessaires pour le procédé du mélange, en vue d'obtenir des huiles lubrifiantes sont les huiles de base et les additifs.

Donc un lubrifiant est constitué de:

a. Les huiles de base

Une huile de base est un hydrocarbure dérivé du pétrole brut, sa structure chimique est très variée, issue de réaction de synthèse minérale.

b. Les bases minérales

Elles sont fabriquées à partir du pétrole après diverses séparations du complexe de raffinage, Elles sont utilisées dans des applications automobiles qu'industrielle.

c. Les bases de synthèse

Les bases de synthèse et sont obtenues par réaction chimique de deux grandes familles de produits sont utilisées pour la formulation des lubrifiants :

Les esters d'origine végétale, en particulier les PAO (Poly-Alpha -Oléfines) préparés à partir d'Éthylène.

Ces produits présentent d'excellentes propriétés physique telles que :

- Un indice de viscosité élevé
- Un point d'écoulement très bas
- Une volatilité faible
- Une stabilité thermique

I.2. Propriétés des huiles**a. Stabilité à l'oxydation**

Aucune des caractéristiques principales de la qualité des huiles n'a une aussi grande importance lors de l'utilisation que celle de la stabilité à l'oxydation.

L'huile en présence d'air à température élevée (chambre de combustion), ne doit pas se dégrader par réaction avec l'oxygène ce qui conduit à la formation des substances corrosives pour les pièces métalliques du moteur.

b. Viscosité

C'est une caractéristique très importante pour les lubrifiants, elle est étroitement liée à la température d'ébullition, masse moléculaire, et de la nature des groupes d'hydrocarbures qui composent l'huile et à ces structures. La viscosité des fractions augmente avec l'augmentation du point initial et du point final. La densité et la masse moléculaire augmentent aussi. Les hydrocarbures paraffiniques ont la plus faible viscosité : 10 ÷ 12 cSt

à 38 °C. Les hydrocarbures cycliques : pour les naphthéniques et aromatiques elle est différente de 20÷25 cSt en fonction de la structure des molécules composants cette fraction. Elle augmente avec le nombre de cycle, longueur, ramification et le nombre de chaîne. La variation de la viscosité en fonction de la température est indiquée par l'indice de viscosité. Une bonne huile est déterminée par une faible variation de la viscosité. Cette variation est due à la nature des hydrocarbures. Pour les hydrocarbures paraffiniques : l'indice de viscosité (IV) est plus grand pour les chaînes droites. Cet indice de viscosité diminue avec la ramification. Pour les hydrocarbures cycliques : l'indice de viscosité (IV) augmente avec la longueur de la chaîne et diminue avec la ramification de la chaîne. Une bonne huile avec un bon indice de viscosité doit être débarrassée des corps asphaltés-résineux, des aromatiques et des naphthéno-aromatiques, polycycliques à courte chaîne et doit conserver les naphthéniques et les aromatiques et les naphthéno-aromatiques à longue chaîne droite.

c. Onctuosité

C'est la propriété d'huile d'assurer la continuité et la solidité du film entre les parties frottantes (engrenage). Ce film réduit l'usure des chemises pendant la période de démarrage à froid. L'usage abusif du starter conduit au lavage et à la dissolution de ce film protecteur, ainsi qu'à la dilution de l'huile de carter. Pour améliorer l'onctuosité, on ajoute des additifs à base de zinc, de soufre etc. L'huile résiduelle a une onctuosité plus grande que celle de l'huile de base car elle est plus riche en asphaltènes et en gommes qui eux sont caractérisés par une grande onctuosité.

d. Point de congélation

Il doit être aussi plus bas que possible, pour permettre le démarrage à froid. Cette propriété est d'ailleurs reliée directement à la valeur de la viscosité et de l'indice de viscosité. En effet un indice de viscosité élevé s'obtient grâce aux hydrocarbures paraffiniques, mais ceux-ci ont des points de congélation élevés. Il faudra donc limiter la teneur en paraffines dans l'huile par le procédé de cristallisation ou plutôt par le déparaffinage au MEC/Toluène. Il varie de -5÷ -60 °C.

Les huiles soumises à des températures suffisamment basses peuvent accuser un changement caractéristique de leur état physique qui se manifeste par les trois façons suivantes :

a. Figeage total sans précipitation d'une phase solide

Ce figeage est dû à la seule augmentation de la viscosité de l'huile. Il caractérise les huiles à forte tendance naphthénique. Quand la viscosité de l'huile atteignant une valeur tellement élevée qu'elle cesse de couler librement. L'huile ainsi figée a l'aspect d'une masse solide homogène à structure non cristalline.

b. Figeage par formation de macro cristaux de paraffine

Le figeage se produit dans un intervalle de température très étroit, 1 à 2 °C. En refroidissant l'huile progressivement, il se forme d'abord des petits cristaux isolés qui lui confèrent un aspect trouble et c'est le point de trouble ou « Cloud point ».

Ensuite ces cristaux grossissent rapidement et se prenant en masse, produisent finalement la solidification totale de l'huile, c'est le point de congélation.

c. Figeage par formation de microcristaux de cire

Ce cas concerne les huiles renfermant des isoparaffines, ou les mélanges d'huiles de base et de Bright stock contenant des cires. Le figeage se produit dans un intervalle de température plus large, de 6 à 10°C. La formation de petits cristaux s'observe, comme dans le cas précédent, mais leur croissance est très lente, sinon nulle. Ces cristaux à la manière d'une éponge gonflent dans l'huile, finissent par empêcher l'écoulement libre de l'huile.

e. Point d'éclair

Température la plus basse à laquelle une huile crée suffisamment de vapeurs à sa surface pour produire un mélange combustible qui s'enflammera ou explosera en présence d'une étincelle, mais pas assez de vapeurs pour alimenter une flamme. La méthode du vase ouvert Cleveland (VOC) est utilisée pour les huiles lubrifiantes.

La méthode du vase clos Pensky-Martens (VCPM) est utilisée pour les carburants ou les lubrifiants qui contiennent des produits plus légers s'apparentant à des solvants.

f. Indice de Conradson

Au cours du fonctionnement du moteur, il y a toujours une petite partie de l'huile qui monte sur la tête du piston et se brûle. Cela provoque un dépôt charbonneux qui est nuisible pour le moteur, il constitue l'indice de Conradson (doit varier 0,5÷1%).

g. Volatilité-Inflammabilité

L'utilisation des lubrifiants est limitée vers les basses températures par le passage à l'état solide, elle se trouve limitée vers les températures élevées par le passage à l'état vapeur. Alors, on caractérise le passage de l'état liquide à l'état vapeur une courbe de distillation, la température d'ébullition des lubrifiants étant très élevée > 350°C, aussi il est important que la tension de vapeur à la température d'utilisation ne soit trop élevée, soit

pour des raisons de sécurité, soit pour éviter une consommation excessive de lubrifiant, et que la température d'inflammabilité d'une huile neuve dépend de sa teneur en coupes légères.

I.3. Destination des huiles lubrifiantes

Les huiles ont plusieurs utilisations raison pour laquelle l'industrie fabrique différents types des huiles chacun a ces destinations à savoir :

a) Huiles industrielles

Elles sont divisées en:

- Légères : $\gamma_{50} = 4 - 10$ cSt utilisées dans l'industrie de textiles (lubrification des machines de petite puissance) d'où vient l'appellation "huile Spindle";
- Moyenne: $\gamma_{50} = 12 - 50$ cSt, pour lubrifier les pompes, les machines agricoles, les machines outils (vitesse moyenne);
- Lourdes: $\gamma_{100} = 9 - 36$ cSt, pour lubrifier les machines avec une grande puissance et une faible vitesse de rotation.

b) Huiles moteurs

L'utilisateur est particulièrement intéressé par la variation de la viscosité en fonction de la température. En effet, le fonctionnement du moteur n'est pas isotherme. Au démarrage et particulièrement en hiver, l'huile est froide et visqueuse. Puis, lorsque le moteur est en régime, la température de l'huile se stabilise entre 80 et 100 °C dans le carter, mais atteint 200 °C et plus dans le film qui recouvre les cylindres. Il faut donc qu'entre ces limites l'huile assure ses diverses fonctions : Lubrification réalisée grâce à une certaine viscosité, élimination des calories et nettoyage du moteur grâce à une circulation active favorisée par une grande fluidité. Comme les huiles minérales naturelles ne sont pas équivisqueuses, c'est-à-dire que leur viscosité n'est pas indépendante de la température. Il faut donc rechercher une solution de compromis en sélectionnant des huiles dont la viscosité variera le moins possible avec la température et assurera au mieux, à froid et à chaud, les fonctions précitées. Afin de caractériser cette qualité, DEAN et DAVIS ont mis au point une corrélation empirique, partant de la même idée que celle ayant présidée à l'élaboration de la définition des indices d'octane et de cétane, c'est-à-dire que leur méthode consiste à comparer un échantillon d'huile à deux huiles étalons. Pour cela ils ont fait choix de deux familles d'huiles de base :

1. Famille d’huiles (H) de Pennsylvanie, de type notamment paraffinique ayant une faible variation de viscosité avec la température et affectées conventionnellement d’un indice de viscosité (ou V.I) de 100.
2. Famille d’huiles (L) du Golf Coast, de nature naphénique présentant une variation rapide de viscosité en fonction de la température et affectées d’une valeur d’indice de viscosité égale à 0. Dean et Davis ont caractérisé ces huiles de base par leur viscosité à 100 et 210°F où : $D = L - H$ représente la différence de viscosité à 100°F de deux huiles de chaque famille ayant la même viscosité à 210°F. Pour déterminer la viscosité d’un échantillon U d’huile commerciale, on demande au laboratoire de mesurer sa viscosité à 100°F et à 210°F. Ensuite, on recherche dans les tables les huiles-étalons ayant la même viscosité V que l’échantillon à 210°F et on relève simultanément leur viscosité L et H (ou L et D) à 100°F. Par définition, l’indice de viscosité de l’échantillon est égal à :

$$V.I = \frac{L - V}{D} \cdot 100 \dots\dots\dots(I.1)$$

Si une huile d’indice de viscosité élevé est recommandée pour les moteurs de voitures ou d’avions, par contre dans le cas des moteurs à essence ou diesel fixes tournant en régime permanent, on peut se contenter d’huiles à bas indice de viscosité. Pour le démarrage de ces moteurs, on dispose en général de moyens puissants permettant de vaincre la résistance due à la viscosité élevée à froid. Suivant les climats et les saisons, il y a lieu d’utiliser des qualités d’huiles plus ou moins visqueuses.

c) Huiles isolantes

Elles sont utilisées pour les gros transformateurs, certains condensateurs ainsi que pour les interrupteurs ou disjoncteurs coupant de haute tension. Ce sont en général des huiles du type Spindle, raffinées à l’acide pour améliorer leur constante diélectrique et totalement débarrassées de toute trace d’eau. Un indice de viscosité très faible est recherché, car la forte diminution de viscosité correspondant à une élévation de température permet une circulation plus aisée de l’huile qui élimine ainsi plus rapidement les calories excédentaires de l’installation.

d) Huiles de coupe

Utilisées pour le travail des métaux : Tours automatique, taille des engrenages, emboutissage à froid, étirage, laminage et trempe. Ces huiles sont employées sous deux formes : Soit directement, soit en émulsion dans l’eau, grâce à des sulfonaphénates. Dans

le cas des machines tournantes, elles arrosent l'outil pour le refroidir et entraîner les coupeaux métalliques.

e) Huiles de vaseline

Utilisées en pharmacie avec ou sans Label Codex. La décoloration complète de l'huile minérale est obtenue par un traitement sévère à l'acide sulfurique, suivi d'une neutralisation : Elles sont encore appelées « huiles blanches ».

f) Huiles spéciales

Les huiles blanches "White Stocks" sont utilisées en pharmacie, en médecine et en cosmétique. Elles doivent être inodores, incolores et sans saveur.

I.4. Les additifs

Les additifs jouent un rôle irremplaçable dans la formulation des lubrifiants actuels. Ils apportent aux huiles de base un ensemble des caractéristiques et de performance absolument nécessaire à la lubrification des machines ou mécaniques tels que les moteurs thermiques, les réducteurs, les transmissions hydrauliques...etc.

I.4.1. Rôle des additifs

Les additifs sont des composants chimiques d'une grande variété, capable d'accroître la performance des huiles lubrifiantes. Ils sont vendus au marché sous leurs formulations commerciales, à base des métaux (Zn, Cu, Fe....)

La fonction des additifs a des rôles suivants :

- Retarder l'oxydation.
- Augmenter l'indice de viscosité.
- Augmenter les propriétés d'écoulement à froid.
- Améliorer la qualité des films de la lubrification dans les conditions de pression extrême.
- Maintenir la propreté des pièces des moteurs.
- Réduire la mousse.
- Former des émulsions huile/eau stable.
- Accroître de capacité perméable du métal.

I.4.2. Classification des additifs

Il y a plusieurs types d'additifs pour une huile de lubrification suivant les propriétés demandées au produit.

En connaissance, la manipulation des additifs doit se faire avec précaution de leur application et leurs propriétés.

Aucun additif de qualité inférieure ne doit être utilisé comme matériau brut, donc en fonction des résultats obtenus avec les lubrifiants élaborés, il est possible de les classés en :

a. Additifs de viscosité :

Afin d'augmenter la viscosité et l'indice de viscosité .On ajoute des polymères à basse moléculaire (polyisobutylène). Aussi, il aide à préparer les huiles travaillantes à des températures assez basses. On utilise de grandes familles d'additifs de viscosité:

Les polymères hydrocarbonés et les polymères à fonction esters.

Exemple d'additifs améliorant la viscosité pour lubrifiant :

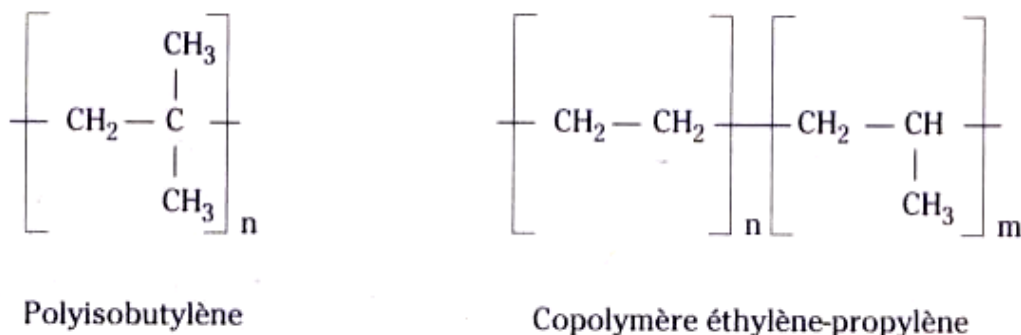


Figure I.2 : Les polymères hydrocarbonés.

b. Additifs anticorrosifs :

L'oxydation des huiles conduit à la formation d'acides qui provoquent la corrosion du métal, raison pour laquelle on ajoute à l'huile les anticorrosifs qui forment à la surface de métal une pellicule protectrice stable.

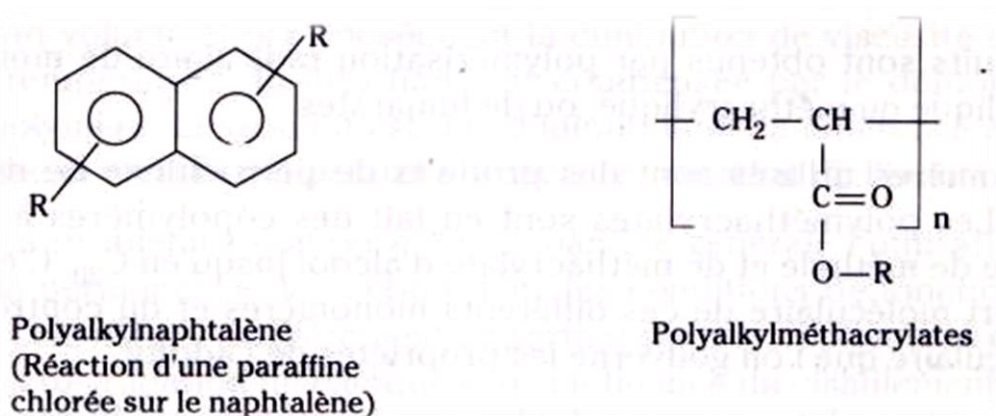


Figure I.3: Les polymères à fonction esters.

c. Additifs abaissant le point de congélation :

L'emploi de ces additifs rend facile le transport des huiles et améliorer le démarrage de moteur en hiver grâce à une mobilité accrue de l'huile. La mise en marche du moteur aux basses températures dépend de la viscosité de l'huile de graissage.

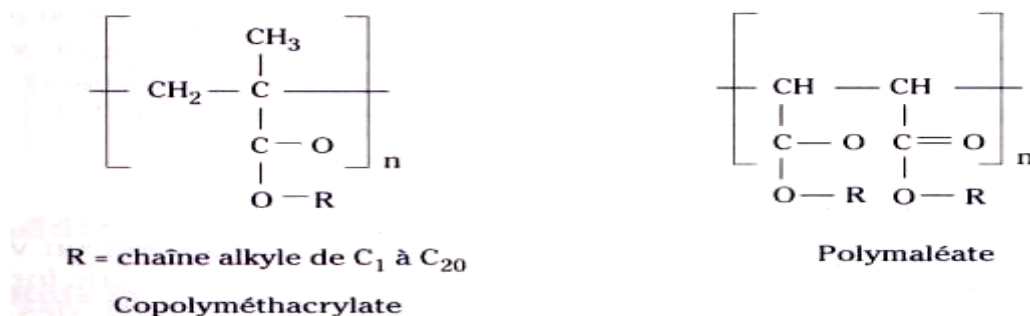


Figure I.4 : Additifs abaissant le point de congélation

d. Additifs antioxydants :

Pour que l'additif antioxydant puisse préserver la substance contre l'action de l'oxygène moléculaire, il doit rompre la chaîne d'oxydation en diminuant ou en prévenant la formation des radicaux à l'aide des molécules d'hydrocarbures en peroxydes.

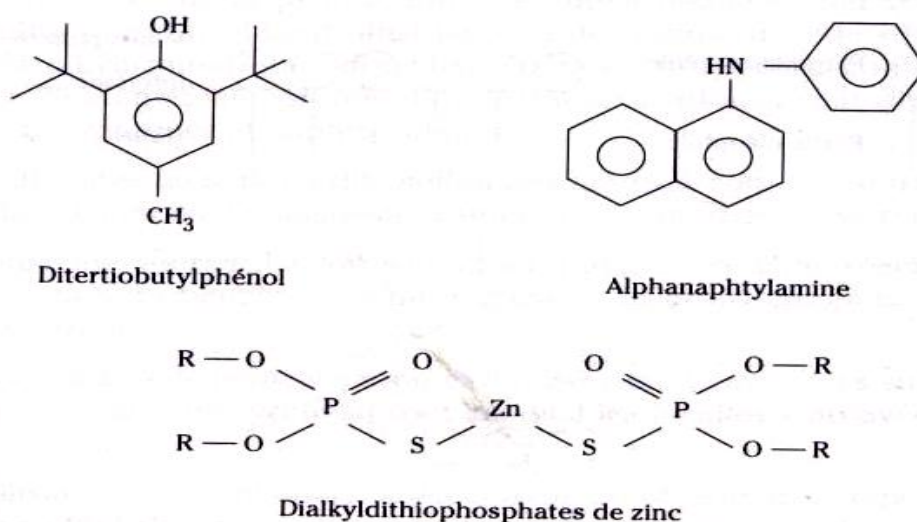


Figure I.5 : Additifs antioxydants.

g. Additifs dispersants et détergents pour lubrifiants:

Les additifs antioxydants ne peuvent pas empêcher totalement les phénomènes d'oxydation, surtout avec la tendance moderne d'espacement des vidanges, et en fin de cycle, l'huile contient une quantité importante de produits oxydés insolubles.

Il convient de maintenir ces produits en suspension dans l'huile pour éviter la formation de vernis sur les parois du moteur et de dépôts dans le carter. On utilise deux types de composés dont les fonctions sont différentes: les détergents et les dispersants. Dispersants et détergents sont des tensioactifs solubles en milieu organique, ils sont constitués d'une partie hydrocarbonée oléophile et d'une partie polaire hydrophile. Ce caractère, dit amphiphile, se traduit par deux comportements caractéristiques, l'adsorption aux interfaces et l'auto-association sous forme de micelles au sein du milieu huileux telles que représentées figure ci-dessous. Dans le cas des détergents pour lubrifiants, la partie polaire ou hydrophile est un sel métallique (calcium, magnésium) et au centre de la micelle il est possible de stocker une réserve de base métallique (chaux ou magnésie). Le détergent pourra donc neutraliser les acides, formés par oxydation de l'huile dès leur formation.

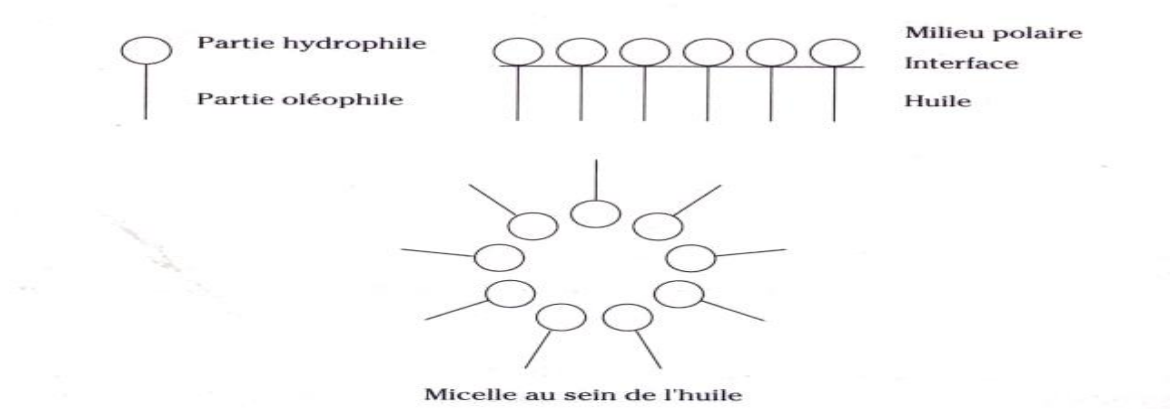


Figure I.8: Principe d'organisation des tensioactifs dans l'huile.

La basicité d'un détergent est une caractéristique essentielle de l'additif, elle est exprimée par le Total Basic Number (T.B.N). La seconde fonction des détergents est d'empêcher la formation des vernis qui proviennent de la polymérisation des dépôts sur les surfaces métalliques, ces produits ont un effet anti-corrosion. Dans le cas des dispersants pour lubrifiants, la partie polaire est organique (amine, polyamine, hétérocycle azoté, polyglycol). Le dispersant est particulièrement important lorsque les moteurs fonctionnent en dessous de leur température normale (c'est le cas des petits parcours en ville). Il s'agit de maintenir les produits d'oxydation en suspension. Les additifs détergents et dispersants sont utilisés dans l'huile à des concentrations comprises entre 5 et 15 % poids.

CHAPITRE II

DEPARAFFINAGE DES HUILES AU NIVEAU DE LA RAFFINERIE D'ARZEW

Une raffinerie de pétrole est l'usine où l'on procède au fractionnement du pétrole, ce qui permet d'obtenir une très grande variété de produits gazeux (propane et butane), liquides (essences, gas-oils et fuels) et même solide (bitumes).

La raffinerie d'Arzew est le troisième important complexe pétrolier dans cette région. Elle répond aux impératifs suivants:

- Traiter le pétrole brut de Hassi-Messaoud.
- Traiter le brut réduit importé (BRI) pour la production des bitumes.

II.1. Historique :

La raffinerie d'Arzew, par sa diversité de production se classe au premier rang des complexes pétroliers édifiés sur le territoire national. Elle a été implantée dans le cadre du premier quinquennal 1970-1973 par la société Japon Gazoline Company (JGC) et s'est étendue par extension de ses unités de production des bitumes en 1975 et ses unités de lubrifiants en 1984. Issue de la restructuration de la société SONATRACH, la raffinerie d'Arzew est gérée par la société NAFTEC depuis 1987 et aujourd'hui par le SONATRACH.

II.2. Situation géographique :

La raffinerie d'Arzew est située dans la zone industrielle sur le plateau d'El Mahgoun à deux Kilomètres de la ville d'Arzew et à environ 40 Kilomètres de la ville d'Oran.

Elle occupe une superficie de 170 hectares répartis comme suit:

- 150 hectares correspondants aux anciennes installations construites entre 1970 et 1973.
- 20 hectares correspondant aux installations construites en 1984. Elle se situe au voisinage du port d'Arzew ce qui permet les enlèvements par bateau des produits finis.

II.3. Capacité de production:

Le complexe RAI/Z traite 2.5 millions Tonnes/an de pétrole brut acheminé du Sahara par pipeline et plus de 280.000 Tonnes/an de brut importé.

Elle répond aux exigences suivantes:

- Traitement de BHM (Brut de Hassi-Messaoud).

- Satisfaction des besoins de consommation du marché national, en carburant, lubrifiants et bitumes.
- Exportation des produits excédentaires (naphtas, kérosène, fuels, gasoils, huiles). La production

Tableau II.1: Principaux produits de la raffinerie d'Arzew.

Produits	Quantités (Tonne/an)
Propane	15000
Bitumes	70000
Essence super	70000
Essence normale	490000
Naphta	160000
Kérosène	120000
Gas-oil	980000
Lubrifiants	160000
Bitumes routiers	120000
Bitumes Oxydés	20000

II.4. Description des différentes zones de la raffinerie

D'une manière générale, la raffinerie d'Arzew est divisée en trois grandes parties:

- Unité de production.
- Unité de stockage.
- Zone d'administrative.

II.4.1. Unité de production

Elle est chargée de la fabrication des différents produits commercialisés et comprend plusieurs zones qui sont:

a) Zones 3 et 19 "Utilités"

Ces zones assurent la production et la distribution de:

- La vapeur d'eau

- L'eau distillée
- L'électricité
- L'air comprimé
- L'eau de refroidissement nécessaire au fonctionnement des installations industrielles.

b) Zones 5 et 7 "Production des huiles de bases (Lubrifiants)"

Elles comportent 10 unités:

- Unités 21 et 100: distillation sous vide
- Unités 22 et 200: désasphaltage au propane
- Unités 23 et 300: extraction au furfural
- Unités 24 et 400: déparaffinage des huiles et déshuilage des paraffines
- Unités 25 et 500: hydrofinishing ou traitement des huiles à l'hydrogène

c) Zones 6 et 11

Elles se divisent en 8 unités:

- Unités 51 et 3100: fabrication et remplissage des huiles finies.
- Unités 52 et 3200: production et conditionnement des graisses.
- Unités 53 et 1600 : traitement de la paraffine.
- Unités 54 et 3300: moulage de la paraffine.

d) Zone 10 : Elle est spécialisée dans la production des bitumes routiers et oxydés.

e) Zone 4 "Production des carburants"

Elle comporte trois unités:

- Unité 11: "Topping ou distillation atmosphérique"
- Unité 12: reforming catalytique
- Unité 13: gaz plant ou traitement des gaz de pétrole liquéfiés.

II.4.2. Unité de stockage "zone 28" :

C'est une opération intermédiaire entre la production des produits pétroliers et l'expédition de ces produits.

Les bacs à toits fixes et flottants de capacité variant entre 5.000 et 60.000 m³ sont destinés à stocker ces produits.

II.4.3. Unité administrative:

Elle est destinée pour la présentation du personnel de production et la direction de tout le personnel du complexe.

II.5. Description de la chaîne de production des huiles :

La zone 5 de la raffinerie d'ARZEW comporte cinq unités principales ; l'unité de distillation sous vide ; l'unité de désasphaltage ; l'unité d'extraction des aromatiques au furfural ; l'unité de déparaffinage au MEC-Toluène et l'unité d'hydrofinishing.

II.5.1. Distillation sous vide (unité 100)

a. But : sélection des distillats qui seront transformés en huile de base. Les principaux critères recherchés sur les distillats sont la viscosité : la couleur et l'inflammabilité.

b. Principe : le résidu atmosphérique du topping (BRA) est fractionné par distillation sous vide en coupes étroites qui correspondent aux trois fractions légères. Cette installation permet d'éviter le craquage moléculaire.

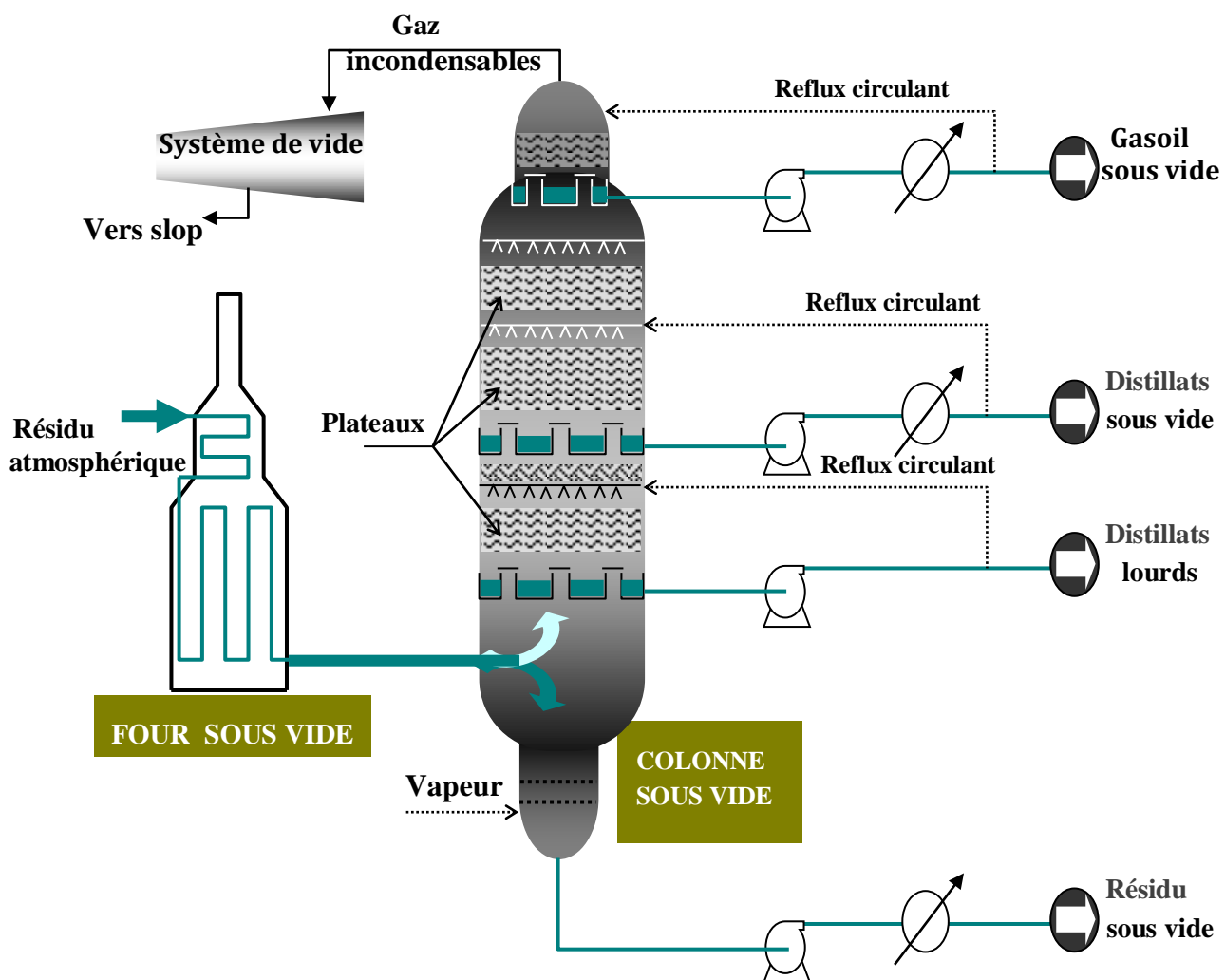


Figure II.1 : Schéma simplifié de la distillation sous vide.

c. Distillats obtenus: les distillats obtenus sont :

- Spindle ou huile légère (SPO),
- SAE10 ou huile mi-visqueuse (MVO),
- SAE30 ou huile visqueuse (VO),
- RSV ou résidu sous vide qui est un résidu noir recueilli dans le fond de la colonne est envoyé à l'unité (200) pour la fabrication d'une huile lubrifiante très visqueuse appelée: Bright stock (B.S).

II.5.2. Désasphaltage au propane (unité 200) :

a. But : le but du désasphaltage au propane est l'obtention des huiles lourdes de catégorie (BS) débarrassées de matériaux asphaltites et résineux qui nuisent à leur stabilité thermique et donne une mauvaise couleur.

b. Principe : le désasphaltage est un procédé d'extraction réalisé par raffinage au solvant. Le désasphaltage au propane est l'un des procédés les plus utilisés. La charge provenant de l'unité précédente est introduite dans la colonne d'extraction, rencontre un courant ascendant de propane liquide qui dissout les fractions huileuses. L'asphalte, insoluble et de forte densité, décanté dans le fond de l'extracteur est soutiré continuellement. A la partie supérieure de l'extracteur, sort la solution diluée d'huile dans le propane. L'huile visqueuse brute (DAO) obtenue dans cette unité est ensuite soumise aux étapes ultérieures du raffinage comme les autres distillats.

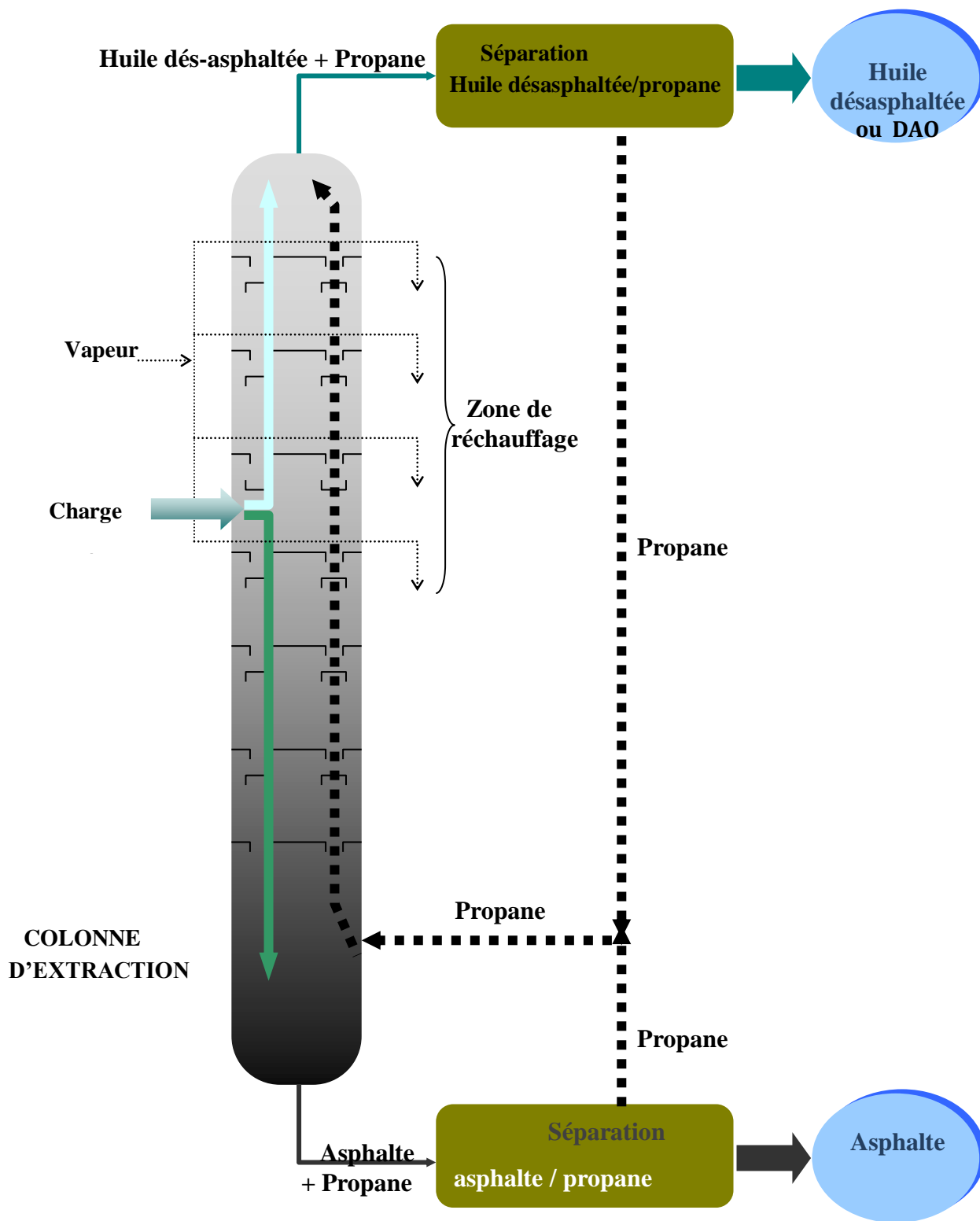


Figure II.2 : Schéma simplifié du désasphaltage au propane.

II.5.3. Extraction au furfural (unité 300) :

a. But : amélioration de l'indice de viscosité en se débarrassant des composés instables à l'oxygène et l'élimination des produits aromatiques indésirables qui altèrent certaines propriétés.

b. Principe : cette élimination est réalisée par l'emploi de divers solvants sélectifs doués de pouvoir solvant différent à l'égard des différentes familles hydrocarbures. On distingue deux phases dont la première est un extrait riche en aromatiques et la deuxième est le raffinat riche en paraffines (huile épurée). Le furfural est un aldéhyde hétérocyclique qui est le plus utilisé pour effectuer la séparation de ces groupes de constituant.

II.5.4. Déparaffinage au MEK – Toluène (unité 400) :

a. Principe : Après l'extraction au furfural des hydrocarbures aromatiques, les coupes d'huiles contiennent des hydrocarbures à point d'écoulement élevé. En effet leur élimination est nécessaire car les lubrifiants doivent être fluides aux bases à une température inférieure à 10 °C.

b. But : Le but de déparaffinage est de produire des huiles lubrifiantes à un point d'écoulement et les paraffines dures à basse teneur en huiles.

c. Procédé: Pour que le raffinat ne fige pas, il faut éliminer les paraffines qui se congèlent à une température ambiante de -12 °C, on ajoutant un solvant mixte à 50 % de Méthyle-Éthyle Cétone (MEC) et 50 % du toluène.

- En les cristallisant dans les batteries de siller pour pouvoir les séparer après avoir passé dans une série de filtres rotatifs.

- Le MEC refroidi qui est un anti-solvant pour ne pas boucher les filtres.

- Le Toluène maintient la partie restante à l'état liquide.

- Le solvant (MEC/Toluène) doit être sec pour éviter la formation des cristaux qui ont une tendance à boucher les canalisations.

On obtient de la paraffine mélangée à un solvant qu'on récupère par traitement thermique, de la même manière on peut séparer l'huile (filtrat) du solvant.

Remarque :

MEC: Méthyle-Éthyle-Cétone, sa structure est $\text{CH}_3\text{-CO-C}_2\text{H}_5$, est un solvant qui favorise la précipitation des paraffines. Le Toluène: est un solvant dans l'état liquide qui a la propriété d'augmenter la solubilité d'huile.

Le mélange MEC/Toluène à 50/50 % permet d'avoir une cristallisation et une bonne filtration pour les grades.

MEC/Toluène est un solvant sélectif pour:

- Extraire l'huile de la paraffine pour améliorer son point de fusion.
- Extraire la paraffine ayant un point d'écoulement élevé des quatre raffinats (SPO, MVO, VO, BS) et obtenir des huiles déparaffinées.

Cette unité permet donc d'ajuster le point d'écoulement des huiles de base.

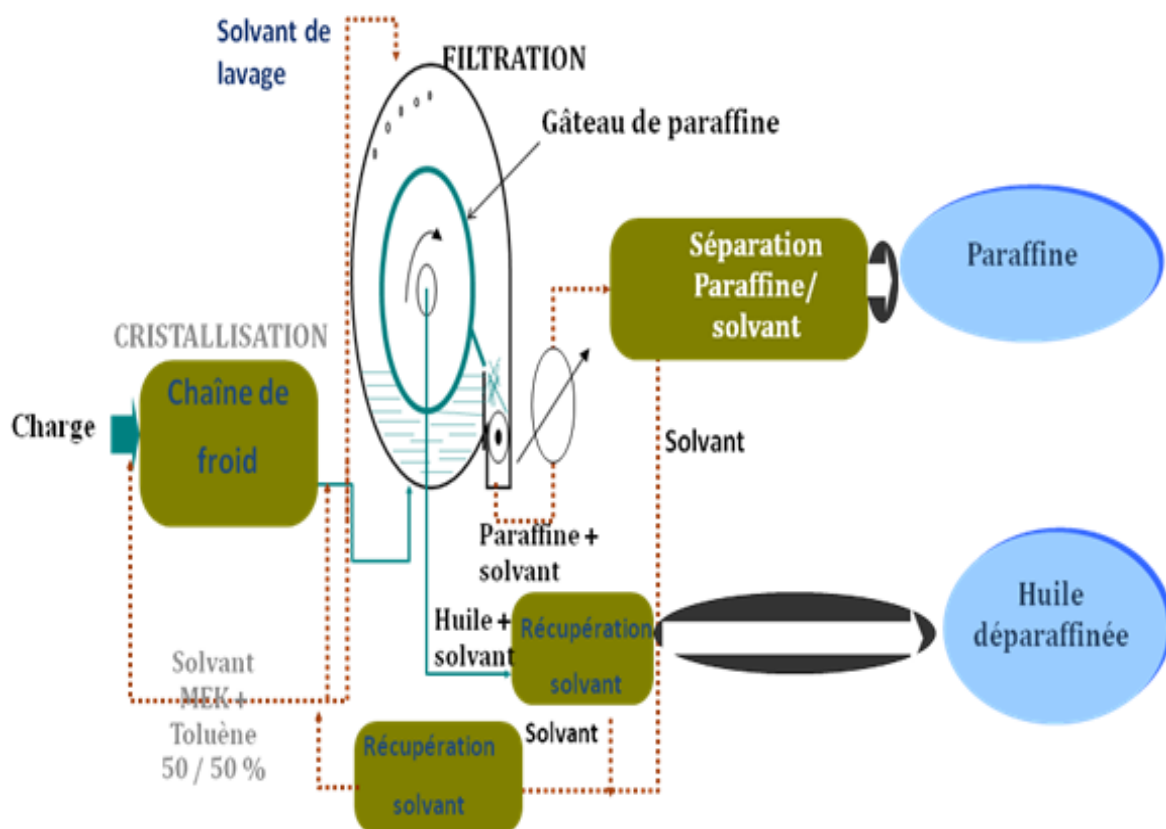


Figure II.3 : Schéma simplifié de déparaffinage.

II.5.5. Traitement par hydrogène-hydrofinissage (unité 500) :

a. But : son rôle est de :

- Stabiliser la couleur due à l'élimination des insaturés, du soufre et de l'azote.
- Assurer la résistance à l'oxydation aux températures élevées aussi il permet d'atténuer l'odeur.
- Éliminer les traces d'humidité (H_2O) et minimiser la teneur en impureté.

b. Principe : le traitement consiste à faire passer l'huile et l'hydrogène injectés à travers un lit catalytique sous des conditions modérées de température et de pression. La réaction de décoloration et d'amélioration de la résistance à l'oxydation prend place.

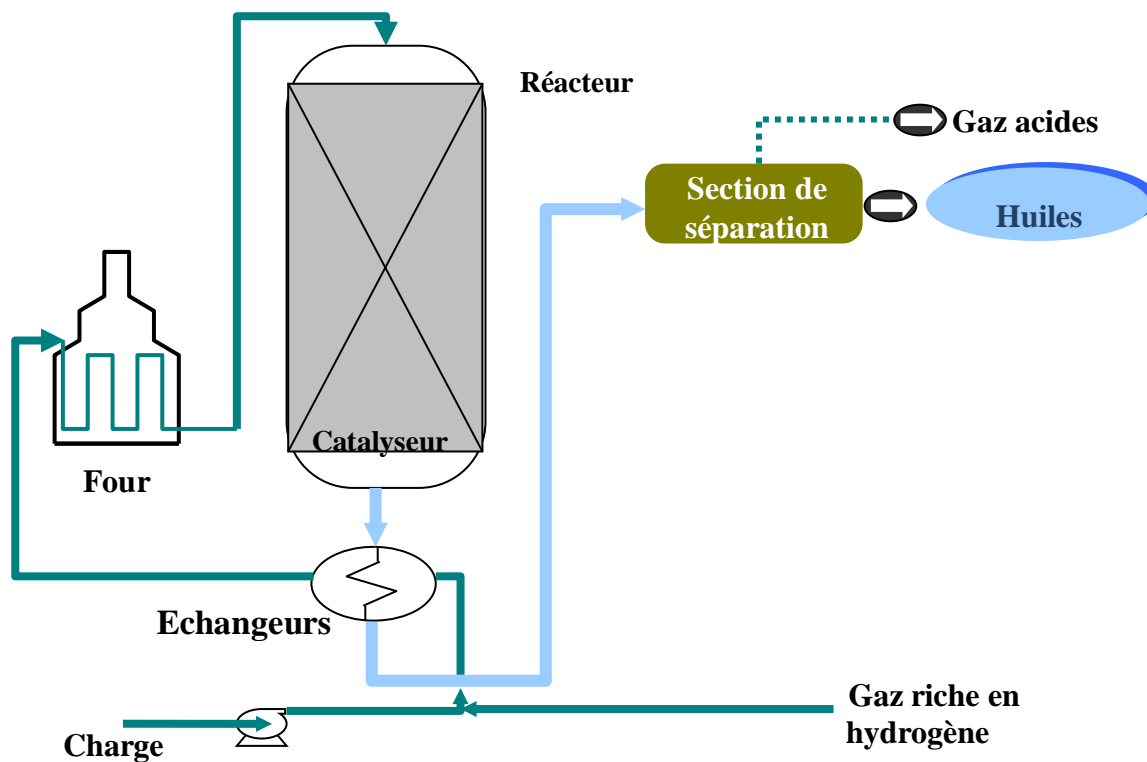


Figure II.4: Schéma simplifié de l'hydrofinissage.

II.6. Déparaffinage des huiles de bases

II.6.1. Schéma technologique

Le schéma technologique de la chaîne de fabrication des huiles lubrifiantes au niveau de la raffinerie d'Arzew RA1Z est représenté dans la Figure II.5.

II.6.2. Description du schéma technologique :**a. Section de déparaffinage :**

L'unité 400 effectue le déparaffinage de l'huile et la fabrication de la paraffine dure.

Les raffinats traités sont (Spindle, MVO, VO, BS) issues de l'unité 300. Le but de l'unité est de fabriquer l'huile de base a bas point d'écoulement et une gamme de paraffine à point de fusion élevé et de faible teneur en huile.

b. Principe du procédé de déparaffinage :

Le procédé utilise la différence de solubilité de l'huile et de paraffine dans un solvant composé de toluène et de méthyléthyle cétone (mec, toluène) tel que le MEK cristallise la paraffine et le toluène dissous l'huile. La charge mélangée au solvant est refroidie a une température laissant les paraffines en forme de cristaux insolubles celle ci sont séparé en continu par des filtre rotatif.

c. Description de l'unité :

La charge introduite dans l'unité par la pompe P401 avec 65°C et diluer avec une quantité prédéterminée de solvant humide de "première dilution" présenté dans le mélange de méthyléthyl-cétone(MEC) et le toluène. Le mélange est ensuite chauffé dans l'échangeur E401 jusqu'à 71°C pour homogénéiser la solution résultante, puis refroidis jusqu'à 49°C dans l'aéro-réfrigérant E402AR avant d'être introduit dans les échangeurs et réfrigérants. Le mélange est séparé en deux courants, l'un contrôlé par mesure de débit, l'autre sous contrôle de pression. Chacun de ces courants entre dans deux échangeurs montés en série E403A/B/C/D. Ces échangeurs sont constitués essentiellement par deux tubes coaxiaux. La charge introduite dans le tube interne est refroidie par l'huile déparaffinée froide, s'écoule dans l'espace annulaire, après cela, le courant résultant pénètre dans deux réfrigérants au propane montés en série E404A/B/C/D ou ont les refroidit. Une dilution secondaire de solvant sec et contrôlé en débit, est introduite soit avant, soit après, soit au milieu du dernier réfrigérant. Le mélange d'huile et de paraffine venant des réfrigérants est introduit dans le ballon D401 puis dans les filtres. L'huile déparaffinée passe sous l'action du vide a travers les filtres constitués par un tissu et s'écoule vers le ballon D405 Un couteau fixe détourne le gâteau de paraffine vers un convoyeur a vis qui le pousse dans un accumulateur de paraffine. Ce gâteau dénommé gatsh, est réchauffé et fondu afin d'obtenir un mélange pompable. Il est repris par une pompe P407, chauffé dans l'échangeur E413 où la paraffine en suspension est fondue et

mise en solution et envoyée dans le bac TK402. L'huile déparaffinée est pompée à travers les filtres F407A/B. L'huile déparaffinée pénètre ensuite dans un système de récupération d'huile.

❖ **Fractionnement de la paraffine - opération primaire :**

Le mélange du gatch du réservoir TK402 est repris par la P410. Une certaine quantité de solvant lui est ajoutée. Le mélange est chauffé dans l'échangeur E439 puis refroidit dans deux échangeurs E403E et E403F. Le mélange est ensuite introduit dans l'échangeur E404E. A sa sortie le mélange introduit dans le ballon D402 d'où il s'écoule par gravité est sous contrôle de niveau dans le filtre F405. Le filtrat est recueilli dans le ballon D404. Il est repris par la pompe P405, passe dans E403E ensuite E403F, puis parvient dans la section de récupération des paraffines molles. Le gâteau de paraffine est lavé avec du solvant sec, recueilli dans le convoyeur à vis du filtre. Ce gâteau est dénommé paraffine primaire.

❖ **Fractionnement des paraffines (opération de repulp) :**

Par cette opération on récupère la paraffine molle entraînée dans la paraffine primaire. On obtient ainsi une paraffine dure à très basse teneur en huile. La paraffine primaire sortante de l'accumulateur de paraffine du filtre de fractionnement est mélangée avec une quantité de solvant ensuite introduite dans l'échangeur E404F. Le mélange de paraffine primaire refroidit est introduit dans le ballon D403, il s'écoule ensuite par gravité sous contrôle de niveau dans le filtre de repulp. Le filtrat de repulp est recueilli dans le ballon D407. Le mélange de paraffine dure est chauffé pour obtenir une boue pompable. La pompe P409 expédie le mélange vers l'échangeur E415 où la paraffine est fondue. La solution obtenue est envoyée vers le bac TK401.

❖ **Refroidissement du solvant :**

L'unité dispose de trois qualités de solvant, le solvant sec, le solvant humide, est le filtrat de repulp.

- Le solvant sec : sera utilisé pour le lavage des gâteaux, pour la dilution secondaire, comme reflue des différents tours de récupération de solvant, pour le lavage chauds des filtres.
- Le solvant humide : sera utilisé pour la dilution primaire.
- Le filtrat de repulp : sera utilisé comme solvant de dilution pour la partie située immédiatement avant le repulp.

❖ Récupération de l'huile déparaffiné :

Le système de récupération d'huile déparaffinée qui sépare l'huile du solvant utilise le filtrat de déparaffinage après avoir récupéré les calories du solvant sec dans l'échangeur E405A/B, est préchauffé dans l'échangeur E416 et dans l'échangeur E417. Il est ensuite partiellement vaporisé (50 % environ) dans l'échangeur E420A/B. Le filtrat est introduit dans la colonne C402A d'évaporation atmosphérique. Les vapeurs produites sont envoyées vers E416 où elles se condensent et refroidies avant de s'écouler par gravité dans le côté sec du ballon D408, le liquide restant du filtrat de déparaffinage est repris par la pompe P412 et envoyé dans l'échangeur E440 sous contrôle de débit. Il se détend dans la colonne d'évaporation C402B. Les vapeurs de solvant passent en tête se condensent dans l'échangeur E420A/B. Elles sont complètement condensées dans E421 avant de parvenir au côté sec de D408. Le mélange d'huile déparaffinée venant de C402B est ensuite détendu dans la colonne d'évaporation atmosphérique C403A. Les vapeurs de solvant restantes rejoignent les vapeurs venant de C402A pour subir le même sort. L'huile déparaffinée s'écoule par gravité dans le stripper C403B pour y'être épuisée par de la vapeur surchauffée. Les vapeurs s'échappant en tête, sont condensées dans E422AR avant de rejoindre le bac TK403. L'huile déparaffinée reprise par la pompe P417 cède ces calories au filtrat de déparaffinage dans E417 puis est refroidie dans E418AR avant de parvenir à la limite de l'unité.

❖ Récupération de la paraffine dure :

Le mélange de la paraffine dure dans TK401 est repris par la pompe P411, est chauffée par les vapeurs du solvant à pression atmosphérique venant des colonnes C406A et C407A dans l'échangeur E429. Il parvient ensuite dans l'échangeur E432 chauffé par les vapeurs de solvant sous pression en provenance de C406B. Le mélange de paraffine dure est introduit dans la colonne C406A d'évaporation atmosphérique. Les vapeurs produites sont envoyées dans E429 où il y'a condensation partielle puis dans E431AR où il y'a condensation totale avant de s'écouler par gravité du côté humide de D408. Le mélange de paraffine sortant de C406A, repris par la pompe P414, sous contrôle de débit, est envoyé dans l'échangeur E433 chauffé à la vapeur HP. La phase mixte sortant d'E433 se détend dans la colonne C406B. Les vapeurs passent en tête, sont condensées dans E432 puis refroidies dans E435AR et parviennent au côté sec de D408. Le mélange de paraffine restant est détendu dans la colonne C407A après un dernier chauffage dans l'échangeur E434. La paraffine dure contenant encore les traces de solvant est épuisée à la vapeur par

la colonne stripper C407B. Les vapeurs de tête sont condensées dans l'échangeur E422AR avant de parvenir au réservoir TK403. La paraffine dure sortant du fond de C407B est reprise par la pompe P415, est refroidie dans l'échangeur E430 avant d'être expédiée à la limite de l'unité vers l'unité 600.

❖ **Récupération de la paraffine molle :**

Le mélange de paraffine molle après s'être échauffé dans E423 est vaporisé partiellement dans E426. Le mélange est détendu dans la colonne d'évaporation atmosphérique C404A. Les vapeurs vont se condenser partiellement dans E423. La condensation totale et le refroidissement s'effectuent dans E425AR. Le solvant obtenu est dirigé du côté sec du ballon D408. Le mélange de paraffine molle repris par la pompe P416 est chauffé et vaporisé dans E441 par de l'huile chaude avant d'être détendu dans la colonne d'évaporation sous pression C404B. Les vapeurs vont se condenser dans E426 puis dans E427AR avant de rejoindre le côté sec du ballon D408, sous contrôle de pression. Le mélange de paraffine molle contenant encore des traces de solvant est ensuite détendu à pression atmosphérique dans la colonne C405A où les vapeurs de solvant restantes rejoignent les vapeurs de la colonne C404A. Le mélange de paraffine molle contenant encore des traces de solvant est ensuite épuisé à la vapeur dans la colonne C405B. Les vapeurs de tête sont envoyées vers l'échangeur E422AR avant de rejoindre TK403. La paraffine molle est envoyée par la pompe P417 à la limite de l'unité sous contrôle de niveau après avoir été refroidie à l'eau dans l'échangeur E424.

❖ **Récupération de cétone :**

Les couches aqueuses des différents réservoirs sont expédiées par la pompe P421. Le solvant strippé dans la différente colonne d'épuisement est recueilli dans réservoir de solvant pollué TK403. Dans ce réservoir, une séparation en deux couches s'effectue. La couche supérieure consiste principalement en solvant contenant un peu d'huile alors que la couche inférieure est un mélange d'eau et de cétone dans un rapport pondérale d'environ 83 à 17 %. La couche aqueuse est reprise par la pompe P418 et est envoyée au stripper de cétone C401; de la vapeur BP surchauffée est envoyée au bas de la colonne comme source de chaleur ; de la vapeur passe en tête contenant environ 88 % en poids de cétone et est condensée dans E428AR avant de parvenir par gravité au TK403 où la couche riche en solvant est soutirée par la pompe P419 et est utilisée comme dilution initiale du déparaffinage. L'eau séparée au fond de C401 est envoyée à l'égout d'eau.

❖ Réfrigérant au propane :

Le système de réfrigérant comporte un compresseur centrifuge à deux entrées entraîné par turbine, les ballons d'aspiration correspondant D414 et D415, un ballon accumulateur D418, un économiseur E437. Le propane en vapeur provient des utilisateurs E404A/F et E407A à travers le ballon D414 pour refroidir à -22 °C pour la première aspiration, et de E406, E412 et E437 à travers le ballon D415 pour refroidir à -2 °C. Les vapeurs comprimées sont condensées dans l'échangeur E438A/B et parvient au ballon D418, le liquide provenant de ce ballon passe dans l'économiseur E437 dont une partie passe dans la calandre refroidissent celle passent dans le faisceau une partie de ce liquide est envoyé au utilisateur.

❖ Système gaz inerte :

Du gaz inerte est utilisé comme gaz de couverture dans tous les récipient contenant du solvant afin d'éviter la formation de mélange explosifs et aussi pour fournir un gaz de décollement du gâteau dans les filtre, un système de gaz inerte comprenant générateur de gaz inerte, compresseur, échangeur, sécheur, permettant de fabriquer deux qualité de gaz inerte : un gaz inerte humide BP, un gaz inerte sec HP. Le gaz inerte humide BP couvre les besoins continus de l'unité 400, la pression nécessaire pour le décollement du gâteau et le vide dans les compartiments des filtre sont obtenus au moyen du compresseur à gaz inerte K402, le gaz inerte sec HP permet de souffler les échangeurs et réfrigérants avec du gaz inerte.

❖ Fabrication de paraffine seule :

Pour certaines bases (Spindle, BS) il n'est pas prévu de fabrication de paraffine dure qui n'est produite que dans les marches SAE10, SAE30.

CHAPITRE III

CALCUL DE VERIFICATION DE RECHAUFFEUR, REFRIGERANT ET CRISTALLISOIRS

III.1. Données de calcul

a) Charge : Bright Stock

Capacité de l'unité : 20800 kg/h

Débit volumique de la charge = 26,4 m³/h

Densité $\rho_{4\text{ chg}}^{20} = 0,788\text{ g/cm}^3$

Indice de viscosité de l'huile déparaffinée = 94

Rapport solvant/charge : 4,1/1

Température de congélation = -12 °C

Solvant (MEC-TOL) = 50÷50 (% Volume), 48,17÷51,83 (% Mass)

b) Solvant:

Débit de solvant de dilution (4,1/1) : 108,1 m³/h

Débit de solvant de lavage (1,5/1) : 39,7 m³/h

Densité de MEC $\rho_{4\text{ mec}}^{20} = 0,805\text{ g/cm}^3$

Densité de Toluène $\rho_{4\text{ Tol}}^{20} = 0,87\text{ g/cm}^3$

III.1.1. Calculs préliminaires

Détermination de la composition massique du solvant :

On a : MEC (50% vol) = % V_{mec} ; Toluène (50% vol) = % V_{Tol}

Donc :

$$V_{\text{mec}} = V_{\text{sol}} \times \%V_{\text{mec}}$$

$$V_{\text{sol}} = 108,1\text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Alors : } V_{\text{mec}} = 108,1 \times 0,5 = 54,05\text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{Mec}} = V_{\text{Tol}} = 54,05\text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{\text{Tol}} = V_{\text{sol}} \cdot \%V_{\text{Tol}}$$

$$V_{\text{Tol}} = 108,1 \times 0,5 = 54,05\text{ m}^3/\text{h}$$

Détermination des quantités G_{Mec} et G_{Tol} :

$$\text{On a : } \rho_{4\text{ mec}}^{20} = 0,805\text{ g/cm}^3, \quad \rho_{4\text{ Tol}}^{20} = 0,87\text{ g/cm}^3$$

$$\text{Donc: } G_{\text{mec}} = \rho_{4\text{ mec}}^{20} \times V_{\text{mec}}$$

$$\text{A.N : } G_{\text{mec}} = 805 \times 54,05 = 43510,25\text{ kg/h}$$

$$G_{\text{Mec}} = 43510,25\text{ kg/h}$$

$$G_{\text{Tol}} = \rho_{4\text{ Tol}}^{20} \times V_{\text{Tol}} = 870 \times 54,02 = 47023,5\text{ kg/h}$$

$$G_{\text{Tol}} = 47023,5\text{ kg/h}$$

Le débit massique du solvant:

$$G_{\text{sol}} = G_{\text{Mec}} + G_{\text{Tol}} = 43510,25 + 47023,5 = 90533,75\text{ kg/h}$$

$$G_{\text{sol}} = 90533,75\text{ kg/h}$$

Calcul de X_{mec} et X_{Tol} dans le mélange charge :

$$X_{Mec} = \frac{G_{Mec}}{G_{ch} + G_{sol}} \dots\dots\dots(III.1)$$

A.N: $X_{Mec} = \frac{43510,25}{20800+90533,75}$ **$X_{Mec} = 0,391$**

$$X_{Tol} = \frac{G_{Tol}}{G_{ch} + G_{sol}} \dots\dots\dots(III.2)$$

A.N: $X_{Tol} = \frac{47023,5}{20800+90533,75} = 0,422$ **$X_{Tol} = 0,422$**

Ensuite, la composition massique de la charge:

$$X_{chg} = \frac{G_{chg}}{G_{chg} + G_{sol}} \dots\dots\dots(III.3)$$

A.N: $X_{chg} = \frac{20800 \text{ kg/h}}{(20800+90533,75)\text{kg/h}} = 0,187$ **$X_{chg} = 0,187$**

$$X_{sol} = \frac{G_{sol}}{G_{chg} + G_{sol}} \dots\dots\dots(III.4)$$

A.N: $X_{sol} = \frac{90533,75}{(20800+90533,75)} = 0,813$ **$X_{sol} = 0,813$**

On détermine la masse volumique du solvant :

$$\rho_{solv} = \sum \rho_{4i}^{20} \cdot V_i \dots\dots\dots(III.5)$$

A.N: $\rho_{sol} = \rho_{4mec}^{20} \times V_{mec} + \rho_{4Tol}^{20} \times V_{Tol}$

$\rho_{4solv}^{20} = (0,805 \times 0,5) + (0,87 \times 0,5) = 0,8375 \text{ g/cm}^3$ **$\rho_{4solv}^{20} = 0,8375 \text{ g/cm}^3$**

Où :

ρ_{4i}^{20} : c'est la masse volumique du constituant i dans le mélange

V_i : c'est sa concentration volumique dans le mélange

On détermine la masse volumique du mélange charge par :

$$\rho_{4mél ch}^{20} = \frac{1}{\sum \frac{X_i}{\rho_i}} = \frac{1}{\frac{X_{ch}}{\rho_{ch}} + \frac{X_s}{\rho_s}} \dots\dots\dots(III.6)$$

A.N:

$\rho_{4mél ch}^{20} = \frac{1}{\frac{0,187}{0,788} + \frac{0,813}{0,8375}} = 0,828 \text{ g/cm}^3$ **$\rho_{4mél ch}^{20} = 0,828 \text{ g/cm}^3$**

III.2. Calcul de réchauffeur E-401 :

III.2.1. Calcul de la charge thermique du réchauffeur:

$$Q = G \times (H_2 - H_1) \dots \dots \dots (III.7)$$

Avec:

G: débit massique du mélange charge (kg/h) à la température T₂.

H₂: chaleur sensible du mélange charge à la température T₂ en (Kcal/kg)

$$H_2 = \sum H_i^{T_2} \cdot X_i \dots \dots \dots (III.8)$$

H₁: Chaleur sensible du mélange à la température T₁ en (Kcal/kg)

$$H_1 = \sum H_i^{T_1} \cdot X_i \dots \dots \dots (III.9)$$

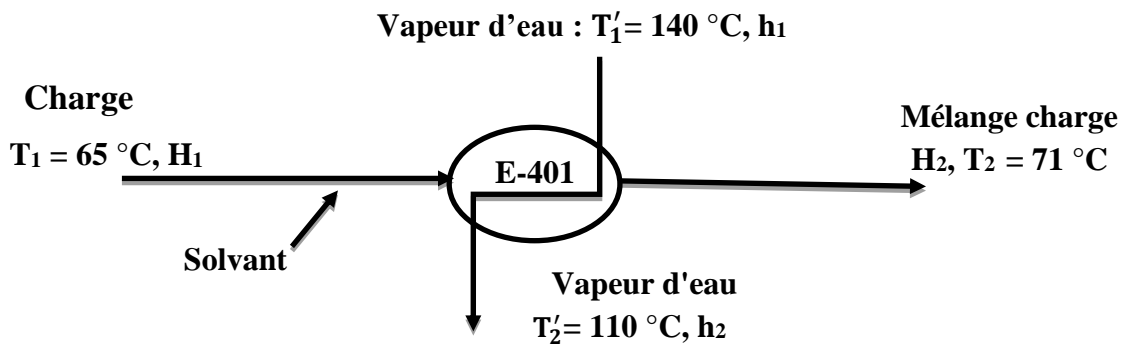


Figure III.1: Schéma simplifié du réfrigérant E-401.

III.2.2. Calcul des enthalpies entrées et sortie de la charge :

$$H_{ch \text{ entrée}} = C_{p \text{ entrée}} \times T_1 \dots \dots \dots (III.10)$$

$$H_{ch \text{ sortie}} = C_{p \text{ sortie}} \times T_2 \dots \dots \dots (III.11)$$

Où :

H_{ch entrée} et H_{ch sortie} = les enthalpies de la charge respectivement à l'entrée et à la sortie ;

C_{p entrée} et C_{p sortie} : les chaleurs spécifiques de la charge respectivement à l'entrée et à la sortie.

III.2.2.a. Calcul de ρ₁₅¹⁵ de la charge :

$$\rho_{15 \text{ ch}}^{15} = \rho_{4 \text{ ch}}^{20} + 5\alpha \text{ et } \alpha = 0,001828 + 0,00132 \times \rho_{4 \text{ ch}}^{20}$$

Avec: ρ_{4 ch}²⁰ = 0,88 g/cm³ et α = 0,001828 + 0,00132×0,88, donc : α = 0,0029896

Alors : ρ_{15 ch}¹⁵ = 0,88 + 5(0,0029896) = 0,895 g/cm³

ρ_{15 ch}¹⁵ = 0,895 g/cm³
--

III.2.2.b. Calcul des chaleurs spécifiques Cp” de la charge à l'entrée et à la sortie :

• Cp entrée: Chaleur spécifique de la charge à l'entrée : T₁ = 65 °C

$$Cp_{\text{entrée}} = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} \times (0,403 + 0,00081 \times T_{\text{entrée}}) \dots\dots\dots(III.12)$$

Alors : Cp entrée = $\frac{1}{\sqrt{0,895}} \times (0,403 + 0,00081 \times 65) = 0,482$ **Cp entrée = 0,482 Kcal/kg°C**

• Cp sortie : chaleur spécifique de la charge à la sortie : T₂ = 71 °C

$$Cp_{\text{sortie}} = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} \times (0,403 + 0,00081 \times T_{\text{sortie}}) \dots\dots\dots(III.13)$$

Alors : Cp sortie = $\frac{1}{\sqrt{0,895}} \times (0,403 + 0,00081 \times 71) = 0,487$ **Cp sortie = 0,487 Kcal/kg°C**

-Calcul des enthalpies de la charge :

❖ (III.10) : H_{ch entrée} = Cp entrée × T₁

H_{ch entrée} = 0,482 × 65 H_{ch entrée} = 31, 33 Kcal/kg

❖ (III.11): H_{ch sortie} = Cp sortie × T₂

H_{ch sortie} = 0,487 × 71 H_{ch sortie} = 34,577 Kcal/ kg

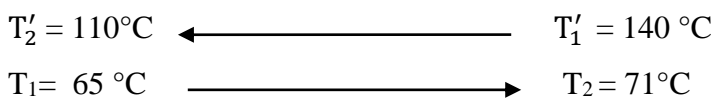
On fait remplir le tableau ci-dessous qui montre les enthalpies de la charge, du MEC et du Toluène à 65°C et à 71°C:

Tableau III.1: les enthalpies de la charge, du MEC et du Toluène à 65 °C et à 71 °C.

Produits	G ₁ (kg/h)	X ₁	h ₁	X ₁ .h ₁	X ₁ .h ₁	X ₁ . h ₁
			Kcal/kg à 65 °C		Kcal/kg à 71°C	
Charge	23232	0,204	31,33	6,391	34,577	7,054
MEC	43510,25	0,383	30	11,49	38,01	14,558
Toluène	47023,5	0,413	26,45	11,924	29,6	12,225
Total	113765,75	1	87,78	29,805	----	33,837

Alors : (III.7) : Q = 113765,75 × (33,837-29,805) **Q = 458703, 504 Kcal/kg**

III.2.3. Calcul de la différence de température moyenne (Δ Tm):



$$\Delta T_1 = T'_2 - T_1 = 110 - 65 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = T'_1 - T_2 = 140 - 71 = 69 \text{ }^\circ$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{\max} + \Delta T_{\min}}{2} = \frac{69 + 45}{2} = 57$$

$$\frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}} = \frac{69}{45} = 1,53 < 2$$

$$\Delta T_m = 57^\circ\text{C}$$

III.2.4. Calcul de la surface d'échange :

$$Q = K \times F \times \Delta T_m \Rightarrow F = \frac{Q}{K \times \Delta T_m} \dots \dots \dots \text{(III.14)}$$

$$\text{On a } k = 250 \text{ Kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C} \Rightarrow F = \frac{458703,504}{250 \times 57}$$

$$F = 32,2 \text{ m}^2$$

III.2.5. Détermination de la quantité de vapeur d'eau :

Soit G_x dédit de la vapeur d'eau

On a : $Q_{\text{entrée}} = Q_{\text{sortie}}$

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{entrée}} &= G_{\text{ch}} \times (H_2 - H_1) \\ Q_{\text{sortie}} &= G_x \times (h_1 - h_2) \end{aligned} \right\} G_x = G_{\text{ch}} \times \frac{(H_2 - H_1)}{(h_1 - h_2)} \dots \dots \dots \text{(III.15)}$$

Les enthalpies de la vapeur d'eau sont déterminées en fonction de la température et la masse volumique par les graphes d'enthalpie [01].

à $T'_1 = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ on a $\rho_{\text{ve}}^{140} = 0,93 \text{ g/cm}^3 \rightarrow h^{\text{ve}} = 65 \text{ Kcal/kg}$

à $T'_2 = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ on a $\rho_{\text{ve}}^{110} = 0,945 \text{ g/cm}^3 \rightarrow h^{\text{ve}} = 50 \text{ Kcal/kg}$

Tableau III.2: Les différentes données pour détermination de G_x .

Produits	G_i (kg/h)	T_i (°C)	h_v (Kcal/h)	H_L (Kcal/h)	Q_i (Kcal/h)
Entrée:					
Mélange charge	113765,75	65	-	29,805	3390788,18
Vapeur d'eau	30580,234	140	65		1987715,21
Total	14435,984	-	-	-	458703,51
Sortie:	113765,75	71	-	33,837	3849491,683
Mélange charge					
Vapeur d'eau	30580,234	110	50	-	1529011,7
Total	144345,984	-	-	-	458703,51

En utilisons l'équation (III.15) et on trouve que:

$$G_x = 113765,75 \times \frac{(33,837 - 29,805)}{(65 - 50)} = 30580,234 \text{ kg/h}$$

$$G_x = 30580,234 \text{ kg/h}$$

Alors: 1) $Q_{\text{entrée}} = 113765,75 \times (33,837 - 29,805) = 458703,5046 \text{ kcal/kg}$

$$Q_{\text{entrée}} = 458703,5046 \text{ kcal/kg}$$

2) $Q_{\text{sortie}} = 30580,234 \times (65-50) = 458703,51 \text{ kcal/kg}$

$Q_{\text{sortie}} = 458703,51 \text{ kcal/kg}$

III.3. Calcul du réfrigérant E-402 :

Ce réfrigérant E-402 sert à refroidir le mélange charge.

Dans ce calcul, on nous donne le coefficient global de transfert de chaleur (K) et on détermine le coefficient F.

Le coefficient global de transfert de chaleur de ce réfrigérant $K=291 \text{ Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{°C}$.

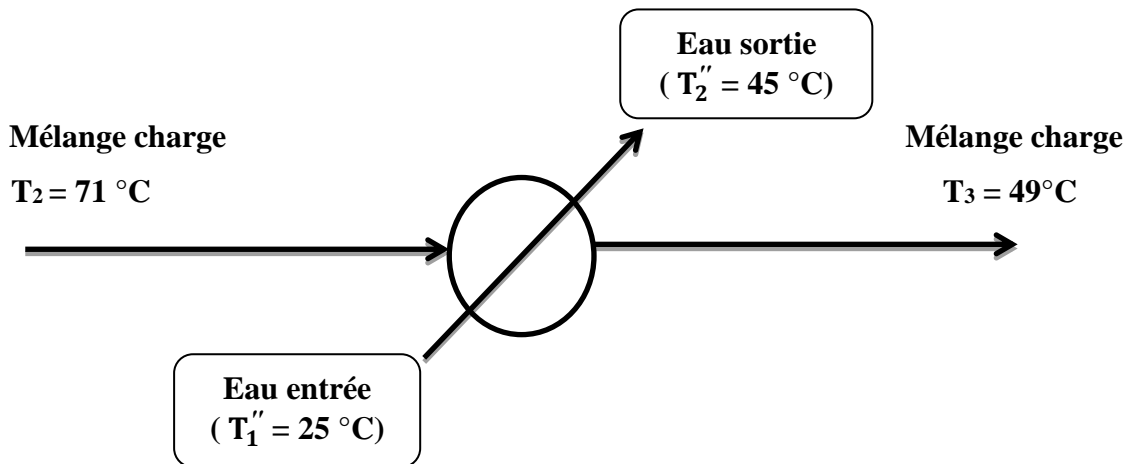


Figure III.2: Schéma simplifié du réfrigérant E-402.

Où :

T_2 : Température d'entrée du mélange charge ;

T_3 : Température de sortie du mélange charge ;

T_1'' : Température d'entrée de l'eau ;

T_2'' : Température de sortie de l'eau.

III.3.1. Calcul de la charge thermique :

$Q = G \times (H_2 - H_1) \dots \dots \dots (III.16)$

Où:

G: Débit massique du mélange charge (kg/h)

H_1 : Chaleur sensible du mélange d'alimentation à $T_2= 71 \text{ °C}$

H_2 : Chaleur sensible du mélange d'alimentation à $T_3= 49 \text{ °C}$

H_2 et H_1 sont déterminés par : (III.8) et (III.9).

On détermine l'enthalpie liquide de la charge à 49 °C :

$C_{p \text{ sortie}} = \frac{1}{\sqrt{0.895}} \times (0,403 + 0,00081.49) \rightarrow C_{p \text{ sortie}} = 0,468 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C}$

Donc : $H_{\text{ sortie}} = C_{p \text{ sortie}} \times T_{\text{ sortie}} = 0,486 \times 49 \rightarrow$

$H_{\text{ sortie}} = 23,814 \text{ kcal/kg}$

Chapitre III Calcul de vérification de réchauffeur, réfrigérant et cristallisoirs

Les enthalpies liquides du MEC et du Toluène sont déterminés d'après les tableaux citer en annexe.

On adresse le tableau suivant pour déterminer Q:

Tableau III.3 : Bilan matière du réfrigérant E-402.

Produits	Gi (kg/h)	Xi	Hi entrée à 71°C (Kcal/kg)	Xi Hi à 71 °C	Hi sortie à 49°C (kcal/kg)	Xi Hi à 49 °C
Charge	23232	0,204	34,577	7,054	23,814	4,858
MEC	43510,25	0,383	38,01	14,558	21,6	8,273
Toluène	74023,5	0,413	29,6	12,225	20,05	8,281
Total	113765,75	1	-	33,837	-	21,412

Donc : $Q = 113765,75 \times (33,837 - 21,412) = 1413539,444$

Q = 1413539,444 kcal/kg

Tableau III.4: Bilan thermique du réfrigérant E-402.

Produits	Gi (kg/h)	T°C	ρ^{20}_4	H ^L Kcal/kg	Quantité de chaleur Kcal/h "Q"
Entée					
Mélange charge	113765,75	71	0,846	33,837	384941,683
Eau	68481,389	25	1	25	1712034,725
Total	179815,139	-	-	-	5561526,408
Sortie	113765,75	49	0.846	21.412	2435952,239
Mélange charge					
Eau	68481,389	45	1	45	3081662,505
Total	179815,139	-	-	-	5517614,744

III.3.2. Calcul de $G_{x'}$ débit de l'eau :

Soit $G_{x'}$ débit de l'eau

On a : $Q_{\text{entrée}} \approx Q_{\text{sortie}}$

$$\left. \begin{aligned} Q_{\text{entrée}} &= G_{\text{ch}} (H_1 - H_2) \\ Q_{\text{sortie}} &= G_{x'} (h_2 - h_1) \end{aligned} \right\} \Rightarrow G_{\text{ch}} \times (H_1 - H_2) = G_{x'} \times (h_2 - h_1) \Rightarrow G_{x'} = G_{\text{ch}} \times \frac{(H_2 - H_1)}{(h_1 - h_2)} \dots \text{(III.17)}$$

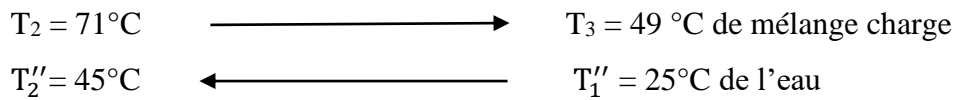
D'où : G_{ch} = débit du mélange et $G_{\text{ch}} = 111333,75$ Kg/h

H_1, H_2 = enthalpies du mélange charge respectivement à l'entrée et à la sortie.

h_2, h_1 = enthalpies de l'eau respectivement à l'entrée et à la sortie.

$$G_{x'} = 111333,75 \times \frac{(36,805 - 24,206)}{(45 - 25)} = 68481,389 \text{ kg/h} \quad \boxed{G_{x'} = 68481,389 \text{ kg/h}}$$

III.3.3. Calcul de la différence de la température moyenne :



$$\Delta T = T_2 - T_2'' = 71 - 45 = 26^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_m = T_3 - T_1'' = 49 - 25 = 24^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}} = \frac{26}{24} = 1,083 < 2$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}}{2} = \frac{26 + 24}{2} = 25^\circ\text{C}$$

III.3.4. Calcul de la surface d'échange:

On a:

$$Q = K \times F \times \Delta T_m \rightarrow F = \frac{Q}{K \times \Delta T_m}$$

D'où: K: coefficient de transfert global de chaleur = 29 kcal /m²h°C

ΔT_m = différence de température moyenne = 25°C

$$\text{On a: } Q = G_{\text{melge}} \times (H_1 - H_2) = Q = 113765,75 \times (33,837 - 21,412) \quad \boxed{Q = 1413539,444 \text{ Kcal/kg}}$$

$$F = \frac{1413539,444}{25 \times 291} \quad \boxed{F = 194,3 \text{ m}^2}$$

Alors la surface d'échange est égale à :

III.3.4. Calcul de la vitesse linéaire du mélange d'alimentation des cristallisoirs

$$w = \frac{V}{3600 \times S_i} \dots\dots\dots \text{(III.18)}$$

On a :

$$V = V_{\text{charge}} + V_{\text{solv}} \text{ et } V_{\text{charge}} = \frac{G_{\text{ch}}}{\rho_{\text{ch}}}$$

Où: W: vitesse linéaire du mélange m/s ;

V: volume du mélange d'alimentation m³/h;

S_i : Section du tube intérieur (m²);

V_{charge} : Volume de la charge (m³/h);

V_{solv} : Volume de solvant;

G_{ch} : Débit de la charge;

ρ_{ch} : Masse volumique du mélange;

G_{sol} : Débit du solvant;

ρ_{sol} : Masse volumique du solvant.

Où : $G_{ch} = 23232 \text{ m}^3/\text{h}$, $\rho_{ch} = 0,88 \text{ g/cm}^3 = 880 \text{ Kg/m}^3$,

$S_i = 0,0181 \text{ m}^2$

$$V_{ch} = \frac{23232}{880}, \text{ donc: } V_{ch} = 26,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_{sol} = \frac{G_{sol}}{\rho_{sol}}$$

Où : $G_{sol} = 90533,75 \text{ m}^3/\text{h}$, $\rho_{sol} = 0,8375 \text{ g/cm}^3 = 837,5 \text{ Kg/m}^3$,

$$V_{sol} = \frac{90533,75}{837,5} \Rightarrow V_{sol} = 108,1 \text{ m}^3/\text{h}$$

on a: $V = V_{ch} + V_{sol} \Rightarrow V = 26,4 + 108,1$

Donc la vitesse linéaire du mélange d'alimentation des cristallisoirs est égale à

$$W = \frac{134,49}{3600 \times 0,0181} \text{ Après le calcul, on trouve que:}$$

W = 2,064 m/s

Tableau III.5 : Comparaison entre les résultats et les designs.

Echangeurs	E-401	E-402
Résultats obtenus		
Surface d'échange (m ²)	33	194,3
Surface réelle d'échange (m ²)	58	196

D'après le tableau ci-dessus, on constate que:

-La surface d'échange calculée de réchauffeur E-401: 33 m² est inférieure à la surface réelle 58 m².

-La surface d'échange calculée du réfrigérant E-402 est 194,3 m² est inférieure à celle réel 196 m².

III.4. Calcul du cristalliseur régénératif :

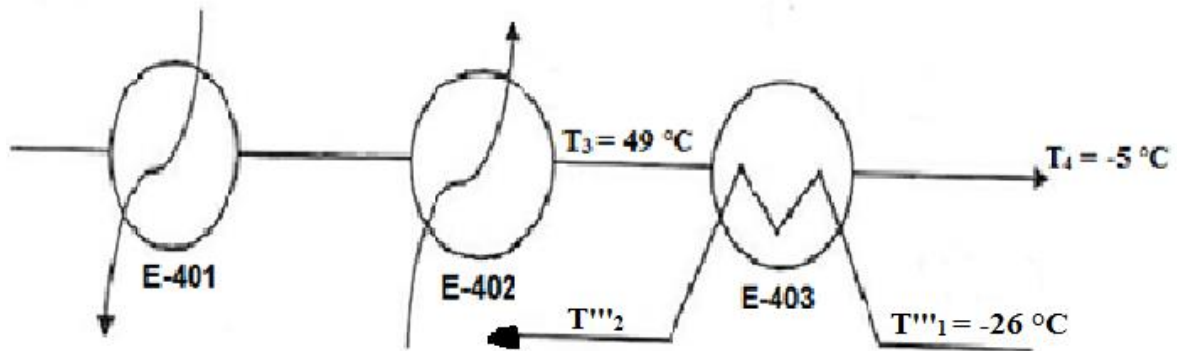


Figure III.3 : Schéma simplifiée des cristalliseurs régénératifs.

III.4.1. Détermination de la quantité de chaleur prise par le filtrat :

Nous effectuons cette opération pour pouvoir détermine la température (T₅) du filtrat a la sortie des cristalliseurs régénératifs.

$$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{n} \dots \dots \dots (III. 19)$$

Où: Q: Quantité de chaleur prise par le filtrat en (kJ/s)

Q₁: Quantité de chaleur dégagée par le mélange d'alimentation en (kJ/s)

Q₂: Quantité de chaleur dégagée lors de la cristallisation en (kJ/s)

n : Rendement du cristalliseur ou coefficient d'utilisation de chaleur égal à 0,97-0,98.

On a: Q₁ =G.(∑Xi.hi^{T4} - ∑Xi.hi^{T3}) (kJ/s)

Où: G: Débit massique de le matière premier à déparaffiner.

∑Xi.hi^{T4}: Chaleur sensible du mélange d'alimentation a T₄

∑xi.hi^{T3} : Chaleur sensible du mélange d'alimentation a T₃

Tableau III.6: Bilan matière des cristalliseurs régénératifs.

Produits	Gi(kg/h)	Xi	h ₁ (49°C) kj/kg	Xi.hi	h ₂ (-5°C) kj/kg	Xi.hi
Huile	23232	0,204	23,814	4,858	-2,1085	-0,4301
MEC	43510,25	0,83	21,6	8,2728	-2.55	-0,9766
Toluène	4723,5	0,413	20,05	8,2807	-1.9	-0,7847
Total	113765,75	1	-	21,4115	-	-2,1914

Le calcul de l'enthalpie de la charge (h) a -5°C est fait comme suite :

C: teneur en huile dans le pétrolatum ou dans le gatsch en % par rapport au pétrolatum

$$C = 0,2 \div 0,3 \Rightarrow C = 0,3 \text{ et } B = 26 \% = 0,26$$

$$\text{Donc: } A = 0,26(1 - 0,01 \times (0,3)) \rightarrow$$

$$A = 0,25922$$

Donc α est calculé comme suite :

On a :(III.20):

A.N:

$$\text{Où: } T_3 = 49 \text{ }^\circ\text{C}, T_4 = -5 \text{ }^\circ\text{C}, A = 0,25922 \text{ et } T_h = T_3 = 49 \text{ }^\circ\text{C}, T_{\text{filtration}} = -26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Donc : } \alpha = \frac{49 - (-5)}{49 - (-26)} \times 0,25922 \Rightarrow \alpha = 0,1866$$

$$\alpha = 18,66$$

Après le calcul de α on calcul Q_2 :

$$Q_2 = G_{\text{matière première}} \times \frac{\alpha}{100} \cdot \lambda \Rightarrow Q_2 = 23232 \times \left(\frac{18,66}{100}\right) \times 39 \quad Q_2 = 169068,55 \text{ kcal/kg}$$

En remplaçant la valeur de Q_1 , Q_2 et n dans l'équation (III...) et on trouve :

$$Q = \frac{2685201,621 + 169068,55}{0,97} = 2942546,568$$

$$Q = 2942546,568 \text{ Kcal/kg}$$

III.4.5. Détermination de la température T_2''' de sortie du filtrat des cristallisoirs régénératifs :

$$Q_1 = G_{\text{Fil}} \left(\sum X_i \cdot h_i T_2''' - \sum X_i \cdot h_i T_1''' \right) \left(\frac{\text{KJ}}{\text{S}} \right) \dots \dots \dots \text{(III. 24)}$$

Tableau III.7: Bilan matière du fluide frigorigène.

Produits	G ₁ Kg/h	X ₁	H ₁ (-26°C)	X _i .h _i
Huile déparaffinée	17191,68	0,1235	-10,439	-1,2892
MEC	58751,99	0,4222	-12,75	-5,3831
Toluène	63216,01	0,4543	-9,6	-4,3613
Total	139159,68	1	-	-11,0336

-Le calcul du débit (G) du MEC et du toluène est fait comme suite: La quantité du solvant calculer dans le bilan matière est égal a 1121968 kg/h, et les pourcentages du MEC et du toluène sont respectivement 48,17% et 51,83%.

Alors: 121968 → 100%

Pour le G_{MEC} : → 48,17%

$$G_{MEC} \frac{121968 \times 48,17}{100} \Rightarrow$$

$$G_{MEC} = 58751,99 \text{ kg/h}$$

Pour le Toluène :

$$121968 \rightarrow 100\%$$

$$G_{\text{Toluène}} \rightarrow 51,83\%$$

$$G_{\text{Toluène}} = \frac{121968 \times 51,83}{100} \Rightarrow$$

$$G_{\text{Toluène}} = 6326,01 \text{ kg/h}$$

$$\text{MEC} : X_{MEC} = \frac{G_{MEC}}{G_{\text{Total}}}$$

$$\text{Donc} : X_{MEC} = \frac{58751,99}{139159,68} \Rightarrow$$

$$X_{MEC} = 0,4222$$

$$\text{Toluène} : X_{\text{toluène}} = \frac{G_{\text{toluène}}}{G_{\text{total}}} \Rightarrow X_{\text{toluène}} = \frac{6326,01}{139159,68}$$

$$X_{\text{toluène}} = 0,4543$$

III.4.6. Calcul de l'enthalpie d'huile déparaffiné à ($T_1''' = -26^\circ\text{C}$):

$$h = C_p \times T \quad \text{ou} : C_p = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} X(0,403 + 0,00081 \times T)$$

On calcul ρ_{15}^{15}

On a: ρ_4^{20} de l'huile déparaffinée est égal à 0,89

$$\text{où} : \rho_{15}^{15} = \rho_4^{20} + 5 \alpha, \quad \text{et} \quad \alpha = 0,001828 + 0,00132 \times \rho_4^{20}$$

Donc: $\alpha = 0,001828 + 0,00132 \times 0,89$ alors

$$\alpha = 0,003003$$

Donc: $\rho_{15}^{15} = 0,89 + 5 \times (0,003003)$ Alors

$$\rho_{15}^{15} = 0,905$$

$$C_p = \frac{1}{\sqrt{0,905}} X(0,403 + 0,00081 \times (-26)) \Rightarrow$$

$$C_p = 0,4015 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}^\circ\text{C}$$

Alors : $h = 0,4015 \times (-26) \Rightarrow$

$$h = 10,439 \text{ kcal/kg}$$

Les enthalpies du MEC et du toluène sont tirées a partir de tableau des enthalpies du MEC et du toluène en fonction de température à $T_1''' = -26^\circ\text{C}$.

Tous les résultats sont présentés dans le tableau III.7.

III.4.7. Calcul de T_2''' température de sortie de filtrat :

$$\text{On a: } Q = G_{\text{Fil}} \cdot (\sum X_i \cdot h_i^{T_2'''} - \sum X_i \cdot h_i^{T_1'''}) \Rightarrow \sum X_i \cdot h_i^{T_2'''} = \frac{Q}{G_{\text{fil}}} + \sum X_i \cdot h_i^{T_1'''} \dots (III. 25)$$

Où: $\sum X_i \cdot h_i^{T_1'''} = -11.0336, \quad Q = 294254,568 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$ et $G_{\text{fil}} = 139159,68 \text{ kg/h}$

$\sum X_i \cdot h_i^{T_2'''} = \frac{294254,568}{139159,68} + (-11,0336)$

Donc : $\sum X_i \cdot h_i^{T_2'''} = 10,11$

Par le graphe N°1 tracé à l'aide de tableau N=1 en fixant les différentes chaleurs sensibles et les différentes températures correspondantes, on peut trouver la température cherchée T_2''' .

Tableau III.8: Bilan matière du fluide frigorigène

Produits	G kg/h	Xi	Hi 20°C	Xi.hi 20°C	Hi 30°C	Xi.hi 30°C	Hi 40°C	Xi.hi 40°C	Hi 50°C	Xi.hi 50°C
Huile déparaff.	17191,68	0,1235	8,82	1,0893	13,47	1,6635	18,32	2,2625	23,3	2,8775
MEC	58751,99	0,4222	10,5	4,4331	15,8	6,6707	21,2	8,9506	21,7	9,1617
Toluène	63216,01	0,4543	7,8	3,543	11,9	5,4062	15,9	7,2234	20,1	9,1314
Total	139159,68	1	-	9,0659	-	13,7368	-	18,4365	-	21,1706

Le calcul de l'enthalpie d'huile déparaffinée est fait comme suite :

$h_{20^\circ\text{C}} = C_p \times T$

$C_p = \frac{1}{\sqrt{0,905}} \times (0,403 + 0,0081 \times 20) \Rightarrow C_p = 0,441 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{C}$

Donc: $h_{20^\circ\text{C}} = 0,441 \times 20 \Rightarrow h_{20^\circ\text{C}} = 8,82 \text{ Kcal/kg}$

Pour le calcul des enthalpies d'huile déparaffiné aux températures 30 °C, 40 °C, 50 °C

c'est le même que celui à 20°C:

$h_{30^\circ\text{C}} = 13,47 \text{ kcal/kg}, h_{40^\circ\text{C}} = 18,32 \text{ kcal/kg}$ et $h_{50^\circ\text{C}} = 23,3 \text{ kcal/kg}$

Les valeurs des enthalpies du MEC et du toluène, aux températures 20°C, 30°C, 40°C, 50°C sont tirées du tableau des enthalpies du MEC et du toluène en fonction du la

température. Donc d'après le graphe de dépendance des chaleurs $N=01$ en fonction des températures on trouve que la valeur de t_4 est égale à $10\text{ }^\circ\text{C}$.

$$T_2''' = 10^\circ\text{C}$$

C'est la température de sortie de filtrat des cristallisoirs régénératifs.

III.4.8. Détermination du nombre de cristallisoirs :

$$n = \frac{F_{\text{tot}}}{F} \dots\dots\dots (III. 26)$$

Qu: n: est le nombre de crstallisoir

F_{tot} : Est la surface d'échange globale

F: La surface d'un cristallisoir qu'est égal à 81m^2

Calcul de $F_{\text{tot}} = \frac{Q_{\text{tot}}}{K \times \Delta T_m}$

III.4.9. Calcul de la différence de température moyenne ΔT_m :

49°C \longrightarrow -5°C

10°C \longleftarrow -26°C

On a:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta T_1 = 49 - 10 = 39^\circ\text{C} \\ \Delta T_2 = -5 - (-26) = 21^\circ\text{C} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{39}{21} = 1,86 < 2$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2} \Rightarrow \Delta T_m = \frac{39 + 21}{2}$$

$$\Delta T_m = 30^\circ\text{C}$$

On a: $Q_{\text{tot}} = 2942546,568\text{ Kcal/h}$

$K = 306\text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

$$F_{\text{tot}} = \frac{2942546,568}{306,30} \Rightarrow$$

$$F_{\text{tot}} = 320,53\text{m}^2$$

Donc: $n = \frac{320,53}{81} = 3,95 \Rightarrow$

c'est le nombre de cristallisoirs

$$n = 4$$

III.4.10. Détermination de la vitesse de refroidissement :

Tout d'abord, on détermine le temps de séjour du mélange d'alimentation dans les cristallisoirs (t).

$$t = \frac{V_{\text{cr}}}{V} \times n \dots\dots\dots (III.27)$$

Où: V_{cr} : le volume d'un cristallisoir standard égal à $2,7\text{ m}^3$.

V: le volume du mélange d'alimentation (m^3/s)

n: le nombre des cristallisoirs

$V = 134,5\text{ m}^3/\text{h} = 0,0374\text{ m}^3/\text{s}$

$$t = \frac{2,7}{0,0374} \Rightarrow \boxed{t = 288,77s}$$

Donc la vitesse de refroidissement est donnée par la formule :

$$W = \frac{T_3 - T_4}{t} \text{ alors } W = \frac{49 - (-5)}{288,77} \Rightarrow \boxed{W = 0,187 \text{ } ^\circ\text{C/s}}$$

Tableau III.9 : Les résultats obtenus.

Echangeur	E-403
Résultats Obtenues	
Surface d'échange m^2	320,53
Le nombre des cristallisoirs	4

La surface réelle de l'échangeur est égale : $F_{tot} = 324 \text{ m}^2$

$$F_{tot} = F \times n \text{ et } F_{tot} = 81 \times 4 = 324 \text{ m}^2$$

Le nombre réel des cristallisoirs est 4.

D'après le tableau ci-dessus, on constate que:

- La surface d'échange calculée du cristallisoir régénératif : $320,53 \text{ m}^2$ est inférieure à la valeur réelle 324 m^2 .
- Suivant nos résultats, le nombre de cristallisoir calculé est de 4, et réellement l'unité fonctionne aussi avec 4.

III.5. Calcul des cristallisoirs au propane :

Considérons le nombre réel des cristallisoirs au propane égal à 4.

$$F_{totale} = n \times F \quad (m^2).$$

Où :

F: est la surface d'échange d'un échangeur sachant que pour ce type d'échangeur

$$K = 377 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

F_{totale} : surface d'échange totale

Détermine F:
$$F = \frac{Q}{K \times \Delta T_m}$$

III.5. 1. Calcul de la différence de température moyenne ΔT_m :

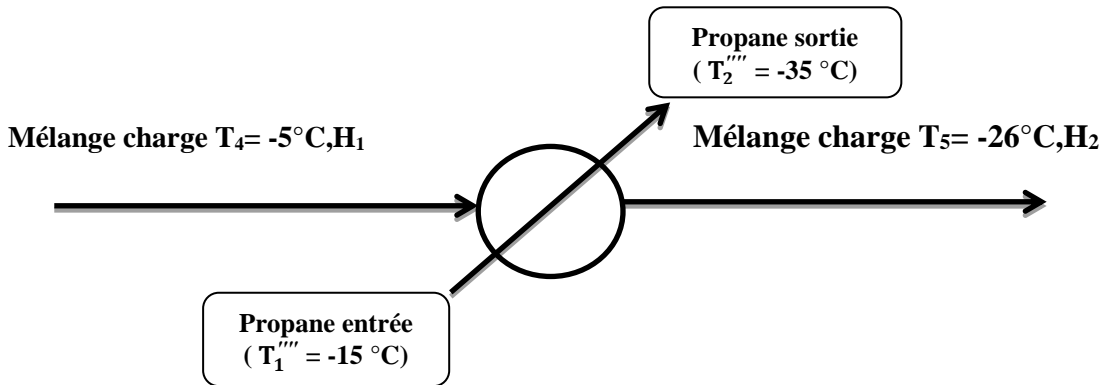
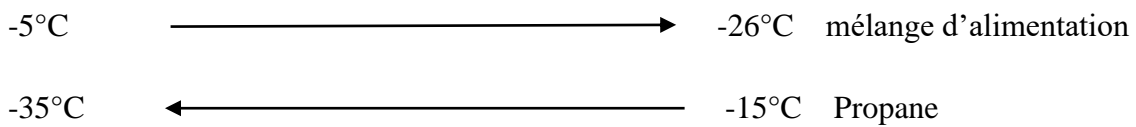


Figure III.4: Schéma simplifiée des cristalliseurs au propane.



$\Delta T_1 = -5 - (-35) = 30^\circ\text{C}$ et $\Delta T_2 = -26 - (-15) = -11^\circ\text{C}$

$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{30}{-11} = -2,72 < 2 \Rightarrow \Delta T_m = \frac{\Delta T_1 + \Delta T_2}{2} = 9,5^\circ\text{C}$ **$\Delta T_m = 9,5^\circ\text{C}$**

III.5. 2. Calcul de la quantité de chaleur absorbée par le propane :

La détermination de cette quantité de chaleur, nous permet de détermine la quantité de propane nécessaire pour refroidir de mélange charge dans les cristallisoir au propane.

$Q = \frac{Q_1 + Q_2}{\eta}$ (III. 28)

Où: Q: Quantité de chaleur absorbée par le propane en kcal/s.

Q_1 : Quantité de chaleur cédée par le mélange d'alimentation en (kcal/s)

Q_2 : Quantité de chaleur de cristallisation de la paraffine en (kcal/s)

η : rendement du cristallisation ou coefficient d'utilisation de chaleur égal à 0,97-0,98.

Donc : $Q_1 = G_{ch}(\sum X_i h_i^{(T_s)} - \sum X_i h_i^{(T_e)})$(III.29)

Tableau III.10 : Bilan matière de cristallisoir au propane

Produits	G_i kg/h	X_i	H_i (-5°C)	$X_i h_i$ (-5°C)	H_i (-26°C)	$X_i h_i$ (-26°C)
Huile	23232	0,204	-2,21085	-0,4301	-10,496	-2,141
MEC	43510,25	0,383	-2,55	0,9766	-12,75	-4,883
Toluène	47023,5	0,413	-1,9	0,7847	-9,6	-3,9648
Total	113765,75	1	-	-2,1914	-	-10,9888

-Le calcul des enthalpies (h) à (-5°C) et à (-26°C) est fait avant :

On a :(III.28) :

A.N: $Q_1 = 113765,75\{(-10,9888) + 2,1914\}$ **$Q_1 = - 1000842, 809 \text{ Kcal/kg}$**

Calcul de $Q_2: Q_2 = G_{ch} \times \frac{\alpha}{100} \lambda$

Où :

λ : Est la chaleur de cristallisation de la paraffine qu'est égal à 163,02 kJ/kg= 39 Kcal/kg.

α : est le parentage (%) massique d'hydrocarbures solides qui se dégagent au cour du refroidissement (quantité de paraffine).

Détermination de α :

$\alpha = \frac{T_4 - T_5}{T_H - T_{filtration}} \times A \dots \dots \dots (III.30)$

Où : A : Teneur en paraffine dans le pétrolatum (paraffine non déshuiles)

T_H : T °C initial de cristallisation correspondante l'apparition des cristaux.

On a : $A = B \times (1 - 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}) \dots \dots \dots \%$

Où: B : est le rendement en pétrolatum en % par rapport au mélange déparaffiné B=26%

C: Teneur en huile dans le pétrolatum en pratique $C = 0,2 + 0,3$

$A = 0,26 (1 - 0,01(03))$ alors: **$A = 0,25922$**

On a: $T_4 = -5^\circ\text{c}, T_5 = -26^\circ\text{c}$

$T_1 = 49^\circ\text{C}$, elle correspond à la première température d'apparition des premiers cristaux.

$\alpha = \frac{-5 - (-26)}{49 - (-26)} \times 0,25922 \Rightarrow \alpha = 0,072$ **$\alpha = 7,2 \%$**

et: $Q_2 = G_{ch} \times \frac{\alpha}{100} \lambda$

$Q_2 = 113765,75 \times \frac{7,2}{100} \times 39 \Rightarrow$ **$Q_2 = 31945,226 \text{ Kcal/Kg}$**

Donc: $Q = \frac{31945,226 + 1000842,809}{0,97}$ **$Q = 1064729,932 \text{ kcal/kg}$**

III.5. 3. Calcul de surface d'échange :

Donc: $F = \frac{1064729,932}{377 \times 9,5} \Rightarrow$ **$F = 297,28 \text{ m}^2$**

Et pour le calcul de F_{totale} :

Alors : $F_{totale} = n \times F \dots \dots \dots (III.31)$

A.N: $F_{totale} = 4 \times 297,28$ **$F_{totale} = 1189,14 \text{ m}^2$**

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire de fin d'études nous a permis de connaître la réalité de fonctionnement d'une unité de déparaffinage ainsi que d'autres unités de la chaîne de production des huiles bas d'une part, et de bien approfondir nos connaissances sur les procédés de déparaffinage d'autre part.

D'après les résultats obtenus par nos calculs, on peut tirer les conclusions suivantes:

- La surface d'échange calculée de réchauffeur E-401 est inférieure à la surface réelle;
- La surface d'échange calculée du réfrigérant E-402 est inférieure à valeur réelle;
- La surface d'échange calculée du cristalliseur régénératif est inférieure à la surface réelle;
- Le nombre des cristalliseurs selon les calculs est égal à 4 et réellement l'unité fonctionne avec 4 cristallisation..

Donc, il y a un bon transfert de masse et de chaleur, et par conséquent les dépôts de solide qui gênent la circulation de la charge dans les tubes sont inexistantes.

- La surface d'échange du cristalliseur au propane d'après les résultats obtenus est inférieure par rapport à la surface réelle donnée par le design;

Le problème est causé par l'arrêt de certains raclours dans ces cristalliseurs qu'est la conséquence d'un mauvais transfert de masse et de chaleur, ce qui conduit à une diminution de la vitesse de refroidissement et celle de filtration.

Références bibliographiques

- [1]. P.WUITIER : " Raffinage et génie chimique ", Tome I et Tome II 2^{ème} édition 1972
Paris.
- [2]. Manuel opératoire de la zone 05 RA1/Z.
- [3]. R A^{1/2} : Technique de l'ingénieur « génie chimique ».
- [4]. A SKOBOL : Procédé et appareil.
- [5]. "Production des huiles de base" cours Mr M.A. CHEMRAK. Enseignant-Chercheur.
- [6]. ENERGIE ET FORMULATION ouvrage coordonné par Jean Paul Canselier.
- [7]. "Généralités sur les lubrifiants" cours de Nader BEN SALEM.
- [8]. Huiles de bas et Additifs www.lubrifiants.elf.fr/lub/.
- [9]. COURVOISIER A et DU PARQUET J. "Bases et additifs pour lubrifiants",
Frottement usure et lubrification dans l'industrie C 23 – C 42 Journées, 28 et 29
septembre 1978.
- [10]. SCHILLING A. "Les huiles pour moteurs et le graissage des moteurs", Editions
Technip 1975.
- [11]. RICHARD J. et ROUX F. "Lubrifiants", Techniques de l'ingénieur, B 590-591-
592, 1978.
- [12]. GROFF J.L.E. "ABC du graissage", Edition Technip, 1961.
- [13]. MC COULL N. and WALTHER C. "Viscosity-Temperature chart", Lubrication,
1921.
- [14]. SO B.Y.C. and KLAUS E.E. "Viscosity-pressure correlation of liquids", ASLE
Transactions, vol. 23, n° 4, P. 409-421, 1980.
- [15]. BOOSER E.R. "Handbook of lubrication. Theory and Practice of Tribology",
Volume II Theory and Design, Sponsored by the ASLE and CRC Press p. 229-
254, 1984.
- [16]. S.A.E Handbook, Volume 3: "Engines, Fuel and Lubricants", 1983.
- [17]. AYEL J., BORN M. et al "Lubrifiants et fluides pour l'automobile", Editions
Technip, 1998.
- [18]. ROUSSEL G. et DU PARQUET J. "Development of a fully automatic
viscosimeter for oil rheology in a broad range of shear rates", S.A.E. paper n°
821249, Fluid and Lubricants Meeting, TORONTO Canada 18-21 Octobre 1982.

les Annexes

Masse volumique de toluène aux différentes températures

°C	Liquide	°C	Liquide	Vapeur	°C	Liquide	Vapeur
-40	0,92	80	0,81	-	200	0,67	0,026
-30	0,91	90	0,80	-	210	0,66	0,030
-20	0,90	100	0,78	-	220	0,64	0,035
-10	0,89	110	0,77		230	0,63	0,040
-0	0,88	120	0,76		240	0,61	0,048
10	0,875	130	0,75	-	250	0,59	0,057
20	0,87	140	0,74	-	260	0,57	0,066
30	0,86	150	0,73	-	270	0,55	0,076
40	0,85	160	0,72	-	280	0,53	0,085
50	0,84	170	0,71	-	320	0,292	0,0292
60	0,83	180	0,70	-			
70	0,82	190	0,69	0,022			

Tension de vapeur du toluène

°C	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
mm Hg	59,16	92,12	138,9	203,3	291,2	406,7	556,3	746,5	1,3 atm	1,68 atm	2,15 atm	2,72 atm	3,39 atm	4,18 atm	5,1 atm

Masse volumique de toluène liquide

°C	-60	-50	-40	-30	-20	-10	-0	10	20
ρ	0,886	0,876	0,866	0,8566	0,846	0,836	0,825	0,815	0,805

30	40	50	60	70	80	90	100	150	200
0,795	0,781	0,770	0,760	0,750	0,740	0,730	0,720	0,670	0,600

Enthalpie du toluène

°C	H kcal/kg		°C	H kcal/kg		°C	H kcal/kg	
	Liquide	Vapeur		Liquide	Vapeur		Liquide	Vapeur
-60	-22,3	-	30	11,9	114,9	120	51,6	136,6
-50	-18,3	-	40	15,9	116,9	130	56,4	139,4
-40	-15,0	-	50	20,1	119,1	140	61,3	142,3
-30	-11,4	-	60	24,3	121,3	150	66,3	145,3
-20	-7,6	-	70	28,6	123,6	160	71,5	148,5
-10	-3,8	-	80	33	126	170	76,8	151,5
-0	-0	109	90	37,5	128,5	180	82,4	155,4
10	3,9	110,9	100	42,1	131,1	190	88,0	159
20	7,8	112,8	110	46,8	133,8	200	93,8	162,6

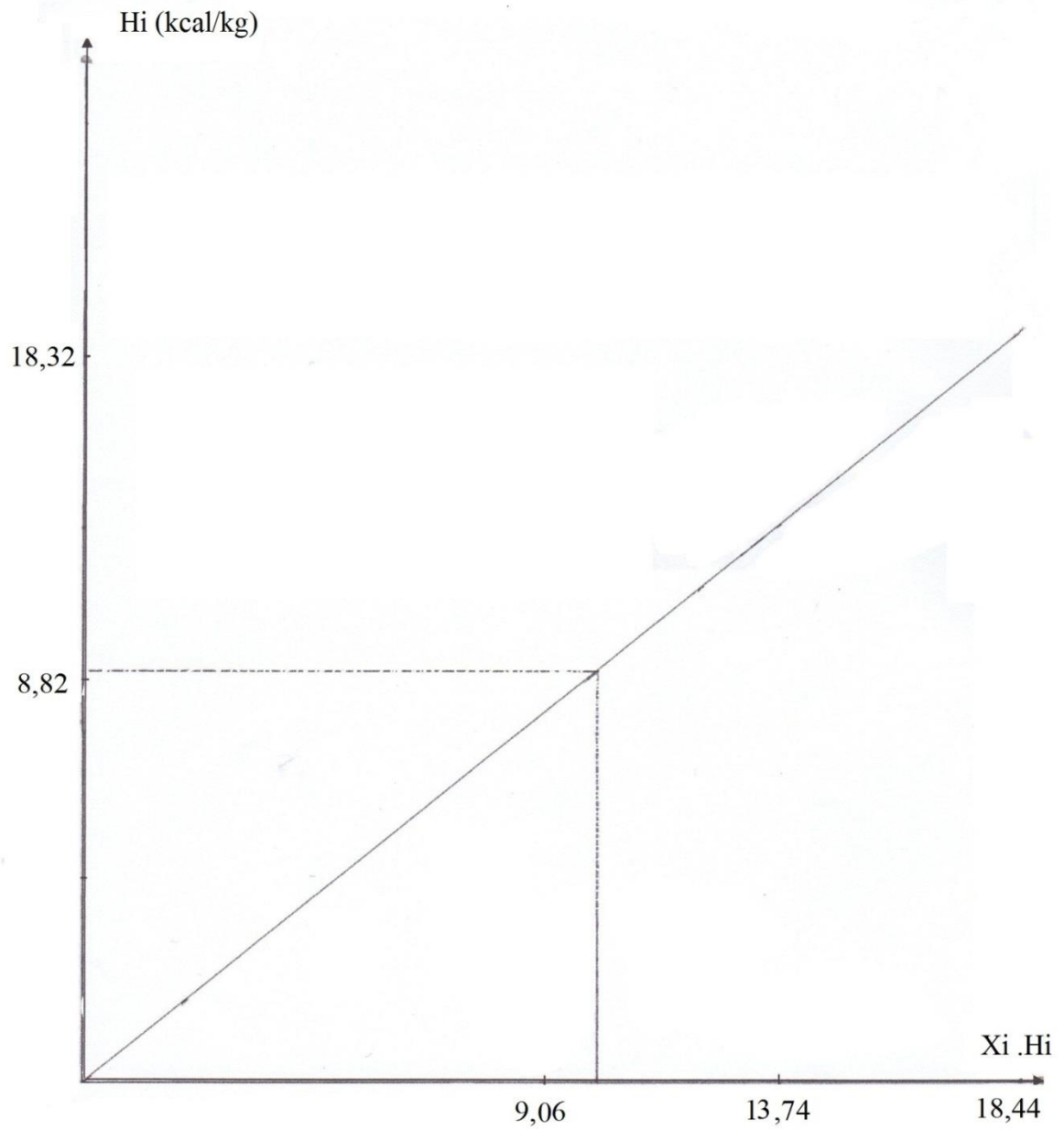
Tension de vapeur du MEC.

°C	60	70	78,6	75,6	78,5	80	90
mm Hg	390,0	550	735,6	760	1 atm	1,05 atm	1,4 atm

100	110	120	130	140	150	160	170	180
2 atm	2,6 atm	3,25 atm	4,2 atm	5,25 atm	6,50 atm	8 atm	10 atm	12 atm

Enthalpie du MEC. (liquide et vapeur)

°C	H kcal/kg		°C	H kcal/kg		°C	H kcal/kg	
	Liquide	Vapeur		Liquide	Vapeur		Liquide	Vapeur
-60	-29,9	86,1	30	15,8	126,8	140	77,5	165,8
-50	-25,1	90,4	40	21,2	137,2	160	90,8	165,8
-40	-20,2	96,8	50	21,7	135,7	180	103,3	173,7
-30	-15,2	99,8	60	22,2	140,2	200	116,0	177,0
-20	-10,2	104,2	70	37,8	144,8	-	-	-
-10	-5,1	108,5	80	43,4	149,8	-	-	-
-0	-	112,0	90	49,1	153,1	-	-	-
10	5,2	117,7	100	54,9	157,9	-	-	-
20	10,5	121,5	120	66,66	161,7	-	-	-

Annexe 2 . Les enthalpies en fonction des $\sum X_i \cdot H_i$

Résumé

L'objectif de cette étude est de vérifier le fonctionnement des équipements de l'unité de déparaffinage de la zone 05 au niveau de la raffinerie d'Arzew (RA1Z). L'unité renferme un réchauffeur (E-401), réfrigérant (E-402), cristalliseur régénératif (E-403) et cristalliseur au propane (E-404) pour la séparation des paraffines à partir des huiles par un solvant sélectif qui est un mélange de MEC (Méthyle-Ethyle-Cétone) et Toluène. D'après les résultats que nous avons obtenus après calcul et en comparons ces derniers à ceux du design pour connaître le rendement de cette unité et la situation de ces équipements, nous avons trouvés que la surface d'échange de réchauffeur de réfrigérant sont presque en accord avec les valeurs du design 58 m^2 et 196 m^2 respectivement, de plus le nombre de cristalliseurs régénératifs et au propane calculé est égal à celui du nombre réel (4). Par contre la surface d'échange calculée de ces derniers ($297,28 \text{ m}^2$) est inférieure à la valeur réelle (324 m^2).

Mots clés: Déparaffinage, Méthyle-Ethyle-Cétone, réchauffeur, réfrigérant, cristalliseurs, huiles lubrifiantes.