



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE EPOPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR



ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ KASDI MERBAH
OUARGLA

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés

Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : science et technologie

Filière : industries pétrochimiques

Spécialité : Génie pétrochimique

Présenté Par :

RahmaniAmal

TarbakhRahma

Thème :

Déshydrogénation des n-paraffines pour l'obtention des oléfines.

Soutenu publiquement le :

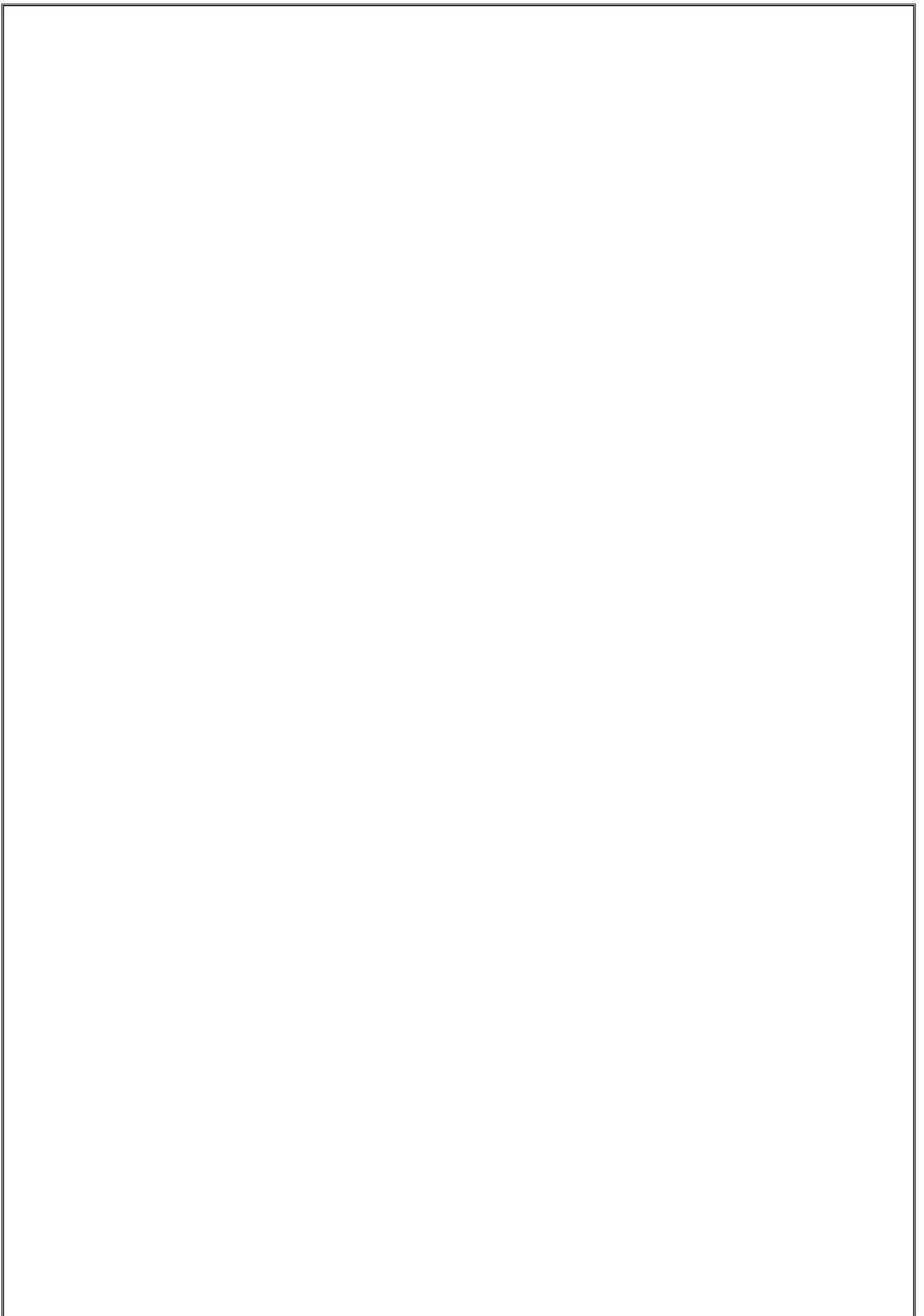
Devant le jury composé de :

Chaouch Noura
Ben cheikh Kamal
IzzaHidaya

Président MCA
Examineur MCB
Encadreur MCA

UKM Ouargla
UKM Ouargla
UKM Ouargla

Année Universitaire : 2020/2021



Dédicace

*A travers quelques mots exprimant ma grande gratitude et ma
profonde affection, dans ce petit espace,*

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie, l'espoir et
l'amour, à*

Ceux que j'aime et je respecte ; à ma très chère mère et mon cher père.

A mon cher frère et mes chères sœurs..

A mes amis et mes collègues.

A toute ma famille.

Amal.

Dédicace

Je dédie ce travail à celui qui m'a donné vie, espoir et amour. Ceux que j'aime et respecte sont ma chère mère Zohra et mon cher père, Mohammad.

A mes frères: Abdelsamed, Fatah, Khireddine.

A mes sœurs : Radia, Dalal, chahra, Rima et Roukia.

A toute ma famille..

A mes amis : chaima, Hanane, Raihana, Samah, Marwa, Amal.

A tous ceux qui sèment le bonheur à ma façon, à tous ceux que j'aime..

Rahma.

Remerciement

Nous tenons à remercier et rendre grâce à dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à bon ce modeste travail.

Au terme de cette étude, nous tenons à exprimer nos vifs

Remerciements à notre encadreur de mémoire

IzzaHidaya, Pour son aide et ses conseils précieux, pour ses intéressants Commentaires sur ce mémoire et avec lequel nous avons beaucoup appris.

Nous remercier vivement tous les membres du jury qui ont bien accepté de juger notre travail.

Nous remercions aussi tous les responsables les personnels de notre département de génie des procédés, tous les participé à notre formation.

Particulièrement à ma famille, j'adresse ma sincère reconnaissance pour son soutien

Moral et financier durant mes études.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de

Ce mémoire. Enfin nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues.

Merci à tous.

Résumé:

L'objectif de ce travail est d'étudier la déshydrogénation de n-paraffine pour produire des oléfines. Ce procédé est très important en raison de la grande et croissante demande en hydrocarbures déshydrogénés destinés à être utilisés dans la fabrication de divers produits chimiques. Le catalyseur le plus couramment utilisé de déshydrogénation est le platine déposé sur l'alumine Pt/Al₂O₃.

Une étude technique de déshydrogénation des n-paraffines a été réalisée afin d'établir un bilan matière et thermique et par conséquent le dimensionnement du réacteur.

La paraffine a été craquée à une température de 500-600 °C légèrement au-dessus de la pression atmosphérique et un temps de séjour relativement long

UOP est un des principaux acteurs de la déshydrogénation des n-paraffines en oléfines avec son procédé Pacol.

Mots clés : Paraffine, catalyseur Pt/Al₂O₃ ; procédé d'UOP ; déshydrogénation des n-paraffines ; oléfine, craquage.

Abstract:

The objective of this work is to study the dehydrogenation of n-paraffin to produce olefins. This process is very important due to the large and growing demand for dehydrogenated hydrocarbons for use in the manufacture of various chemicals. The most commonly used dehydrogenation catalyst is platinum deposited on alumina Pt/Al₂O₃.

A technical study of the dehydrogenation of n-paraffins was carried out in order to establish a material and thermal balance and consequently the dimensioning of the reactor.

The paraffin was cracked at a temperature of 500-600°C slightly above atmospheric pressure and a relatively long residence time

UOP is one of the main actors in the dehydrogenation of n-paraffins to olefins with its Pacol process.

Keywords: Paraffin, Pt/Al₂O₃ catalyst; UOP process; n-paraffin dehydrogenation; olefin, cracking.

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة نزع الهيدروجين من البارافين n لإنتاج الأوليفينات. هذه العملية مهمة للغاية بسبب الطلب الكبير والمتزايد على الهيدروكربونات المنزوعة الهيدروجين لاستخدامها في تصنيع المواد الكيميائية المختلفة. محفز نزع الهيدروجين الأكثر استخدامًا هو البلاتين المودع على Pt / Al₂O₃ الألومينا.

تم إجراء دراسة تقنية لنزع الهيدروجين من n-بارافينات من أجل إنشاء توازن المواد والحرارة وبالتالي تحديد حجم المفاعل.

تم تكسير البارافين عند درجة حرارة 500-600 درجة مئوية أعلى بقليل من الضغط الجوي وفترة بقاء طويلة نسبيًا

UOP هي واحدة من الجهات الفاعلة الرئيسية في نزع الهيدروجين من n-paraffins إلى أوليفينات من خلال عملية Pacol.

الكلمات المفتاحية: بارافين ، محفز Pt / Al₂O₃ ; تقنية UOP; نزع الهيدروجين من البارافينا ; الأولفين ، تكسير..

Liste des tableaux :

Tableaux	Titer	Page
TableauII.1	La composition des paraffines.	15
TableauII.2	La composition de produit (N oléfine)	16
TableauII.3	La composition de produit (N paraffine non converties)	16
TableauII.4	Le résultat de débit massique des paraffines à l'entrée du réacteur	17
TableauII.5	Le résultat de débit massique de l'hydrogène et la fraction C ₁ -C ₅ l'entrée du réacteur	18
TableauII.6	La quantité massique à la sortie de réacteur	19
TableauII.7	Densité des hydrocarbures	20
TableauII.8	La densité des paraffines non réagit.	23
TableauII.9	La densité des oléfines.	23
TableauII.10	Quantité ou débit massique par rapport à la masse molaire.	26

Liste des figures

Figure	Titer	Page
II.1	UOP PACOL Déshydrogénation procès	11

Liste de l'abréviation :

Symboles	Signification	Unité
C	la capacité de l'installation	kg /Jrs
G₁ :	Quantité ou débit massique des paraffines à l'entrée du réacteur	kg/jrs
G₂ :	Quantité ou débit massique de l'hydrogène et la fraction C ₁ – C ₅	kg/jrs
G_i	quantité ou débit massique de chaque constituant.	kg/jrs, kg /h.
T_e	température des hydrocarbures à l'entrée du réacteur.	°C
ΔH_{vap}	Enthalpie des paraffines à l'état vapeur à la température T _e .	kJ/kg
ΔH_{H2}	Enthalpie de l'hydrogène.	kJ/kg
ρ₁	La densité des paraffines non réagit.	kg /m ³
ρ₂	La densité des oléfines.	kg /m ³
ρ_m :	densité moyenne des hydrocarbures.	kg /m ³
P	Pression	Pas
M_i	Masse molaire	L /mol
T_{rea}	température de réaction.	°C

Sommaire:

Résumé.....	IV
Liste des Tableaux.....	IX
Liste de figure.....	IX
Liste des Abréviations.....	VIII
Introduction générale.....	2

Chapter I: Méthodes d'obtention des oléfines

I.1. Introduction.....	5
I.2. Méthodes d'obtention de la maîtresse première	5
I.3. Intérêt industriel.....	6
I.4. Mode d'obtention des oléfines.....	7
I.4.1. Craquage des paraffines.....	7
I.4.1.1. Craquage catalytique.....	7
I.4.1.2. Craquage thermique.....	8
I.4.2. Déshydrogénation.....	9
I.5. Déshydrogénation catalytique des paraffines.....	10
I.5.1. Généralités	10
I.5.2. Procédé PACOL-OLEX de U.O.P.....	10
I.6. Domain d'utilisation des oléfines	12

Chapter II: Partie Calcul

II.1. Bilan matière.....	15
II.1.1. Les conditions opératoires de déshydrogénations des paraffines.....	16
II.1.2. Bilan matière à l'entrée du réacteur.....	16
II.3. Bilan matière à la sortie du réacteur.....	18

II .2.	Bilan thermique.....	20
II.2.1.	Détermination de la charge thermique.....	20
II.2.1.1.	La Quantité de chaleur à l'entrée du réacteur.....	20
II.2.1.2.	La Quantité de chaleur à sortie du réacteur.....	22
II.3.	Calculs des dimensions des réacteur.....	25
II.3.1.	déterminations du volume du catalyseur.....	25
II.3.2.	la hauteur de couche catalytique	26
II.3.3.2.1	hauteur du sommet et du fond de la colonne	27
II.3.3.2.2	hauteur de séparation entre la couche catalytique	27
	Conclusion Générale.....	28
	References Bibliographies.....	29

**Introduction
générale:**

Introduction générale :

Introduction générale:

Le raffinage du pétrole débute par la distillation, ou fractionnement, du pétrole brut en vue de le séparer en différents groupes d'hydrocarbures. Les produits obtenus dépendent directement des caractéristiques du brut traité. On transforme ensuite la plupart de ces produits de distillation en produits plus facilement utilisables, en modifiant leurs structures physique et moléculaire par craquage, reformage et par d'autres procédés de conversion, puis on soumet les produits obtenus à divers procédés de traitement et de séparation tels que l'extraction, l'hydrocraquage et l'adoucissement pour aboutir aux produits finis. Dans les raffineries les plus simples, on s'en tient habituellement à la distillation atmosphérique et à la distillation sous vide, alors que, dans les raffineries intégrées, on procède au fractionnement, à la conversion, au traitement et au mélange, ainsi qu'à la production de lubrifiants, de fiouls lourds et de bitumes; ces raffineries peuvent aussi comporter des installations de traitement pétrochimique (1).

La pétrochimie appelée également synthèse pétrochimique est une branche de l'industrie chimique qui connaît un développement grandissant, dicté par les besoins en produits de première nécessité et à prix de revient relativement bas. On définit la pétrochimie comme un ensemble d'activités de transformations qui, à partir des produits issus des hydrocarbures (essences, naphtha, GPL, gaz, etc.) permettent d'obtenir des produits synthétiques, les caoutchoucs, les détergents et également des matières premières pour fabriquer des produits utilisés en pharmacie, en médecine et dans d'autres domaines. Tout à son début, la synthèse+ pétrochimique était axée sur ce qu'on appelle la synthèse organique ou procédés d'obtention de substances contenues seulement dans les organismes vivants animaux ou végétaux. La véritable industrie pétrochimique est apparue aux états unis entre les deux guerres mondiales. Elle ne commence réellement à se développer qu'à partir de 1950 grâce à la disponibilité abondante d'une matière première à coût relativement bas que constituaient les ressources en pétrole et en gaz. De plus l'apparition de procédés thermiques et catalytiques (craquage, reforming, cokéfactions, pyrolyse etc.) a fait de cette industrie une véritable arme économique. Des hydrocarbures divers (paraffinique, oléfinique, aromatiques) peuvent être obtenus. La matière première obtenue à partir du gaz et du pétrole revient 10 à 20fois moins cher que dans le cas d'utilisation de la houille. La M.P de base utilisé en pétrochimie est constitués des classes d'hydrocarbures suivantes : 1-hydrocarbures paraffiniques de CH₄-C₅ : C₄₀ 2-hydrocarbures oléfiniques C₂H₄, C₃H₆, C₄H₈, C₅H₁₀ 3-hydrocarbures aromatique Benzène, Toluène, Xylène. 4-hydrocarbures acétylènes 5-hydrocarbures gaz de synthèse (CO+H₂) Matières premières pour

Introduction générale :

la pétrochimie: Les matières premières utilisées en pétrochimie englobent pratiquement tous les produits obtenus lors du traitement du pétrole et du gaz. Son développement rapide est dû à la diversité et l'utilisation des hydrocarbures obtenus. Ainsi le but essentiel de cette branche est : - l'approvisionnement des différentes unités de production organique en hydrocarbures C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 , C_5H_{10} , gaz de synthèse, les hydrocarbures aromatiques. - l'obtention de produits organiques de haut tonnage et des matériaux synthétiques à partir de polymères. Parmi ces produits on peut citer tous les monomères essentiels, les alcools, les cétones, les acides, les oxydes d'oléfine, les esters, les détergents synthétiques. Les matériaux synthétiques obtenus à partir de polymères sont les plus grands consommateurs de la matière première pétrochimique, ceci pour les raisons que pratiquement tous les domaines de l'économie nationale utilisent ces polymères (matières plastiques, pellicules, laques, colles etc.). Cependant le traitement de la matière première, l'augmentation de l'efficacité économique des unités, leur rentabilisation, les soucis de la préservation de l'environnement ont conduit à une organisation stricte de la pétrochimie en général et à la production de certaines substances à partir du gaz et du pétrole lors de leurs traitement (2).

Dans ce contexte, nous nous intéressons dans ce travail à l'étude de déshydrogénation des n-paraffines pour obtenir des oléfines. Pour cela, une étude technique a été réalisée. Ce manuscrit est scindé en deux partis :

Parti Bibliographies :

- Méthodes d'obtention des oléfines.
- Déshydrogénation catalytique des paraffines.
- Domaine d'utilisation des oléfines.

Part calcul :

- Bilan matière
- Bilan thermique
- dimensionnement du réacteur

Chapitre I :
Méthodes d'obtention
des oléfines.

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.

I.1. Introduction :

Le développement rapide de l'industrie pétrochimique moderne est due principalement à l'utilisation comme matières premières des oléfines.

Actuellement, l'industrie pétrochimique utilise largement les hydrocarbures liquides provenant du pétrole. Les consommations du benzène, du toluène, du xylène et des naphthalènes pour la fabrication de détergents de fibres Synthétique, de substances toxiques utilisées dans l'agriculture cet... augmente d'année en année.

Les paraffines solides ou bien liquides sont de plus en plus applicables sur procédés d'oxydation en vue de produire les acides gras et les alcools. La paraffine est également d'un grand intérêt pratique pour l'oxydation et les chlorations du soufre dans le cracking des paraffines solides, on obtient les oléfines qui servent à produire les détergents.

La synthèse pétrochimique a vu la vie à la production d'une foule de divers hydrocarbures. Les hydrocarbures individuels ou les groupes entiers retirés à partir du gaz naturel, du gaz anoxique ou du pétrole, du gaz de raffinage ou bien à partir de produits liquéfiés obtenus par le traitement catalytique du pétrole brut (3).

I.2. Méthodes d'obtention de la matière première :

En général, les paraffines proviennent du pétrole, des plantes végétales, du charbon, soit par synthèse à partir du gaz par le procédé de gazéification.

Les paraffines utilisées sont les paraffines de C_{10} à C_{20} il existe un procédé d'extraction des paraffines qui est le déparaffinage le but de ce procédé est d'isoler les paraffines non utilisées pour le raffinage.

Le procédé de déparaffinage est basé sur la basse température c'est à dire la cristallisation.

De C_{10} à C_{20} sont obtenues par déparaffinage par carbomide du kérosène et du gasoil.

Déparaffinage à la carbomide consiste.

La carbomide $(NH_2)_2 Co$ est une substance cristalline blanche à $T_f = 132^\circ C$, soluble dans l'eau et dans l'alcool, a une température supérieure que celle de fusion, la carbomide se compose d'un donneur NH_3 et CO_2 . Elle forme des complexes cristallins avec les hydrocarbures paraffiniques non ramifiés, ces complexes donnant une matière solide qui à $75-80^\circ C$ donne la carbomide et les hydrocarbures paraffiniques.

La formation de complexe s'accompagne d'un dégagement de chaleur.

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.

Cette chaleur de formation et la stabilité du complexe augmentent avec l'augmentation de la masse moléculaire. La formation de ce complexe est due aux forces de van der Waals d'où la formation de micelles.

Le procédé de déparaffinage à la carbomide se déroule en 3 étapes :

- Formation du complexe par contact de la charge avec la carbomide.
- Séparation de ce complexe de la phase liquide et lavage de ce complexe par l'essence ou autre solvant (séparation à lieu soit par filtration, par précipitation, ou par filtration ou par centrifugation)
- Détermination de la composition du complexe en hydrocarbure et carbomide.

Régénération de la carbomide et du solvant et séparation du déparaffiné du solvant.

Les fractions C_{20} - C_{40} sont obtenues par déparaffinage des huiles par carbomide.

Les fractions C_5 - C_{24} sont obtenues par absorption sur tamis moléculaires, ils sont absorbés par les pores très uniformes des tamis, alors les iso paraffines, et les cyclo paraffines à grand encombrement stérique ne peuvent y permettre (3).

I.3. Intérêt industriel :

Les alcènes, encore appelés carbures éthyléniques ou oléfines, sont des hydrocarbures de formule générale C_nH_{2n} . Ils appartiennent à la série aliphatique car ils ont un squelette carboné non cyclique, c'est-à-dire que deux atomes de carbone adjacents, dans l'hybridation sp^2 , échangent entre deux liaisons et, en outre, ne sont reliés chacun qu'à deux autres atomes. On ne les trouve pas dans la nature obtenue par chauffage à 160 °C d'un mélange d'alcool éthylique et d'anciennement l'acide sulfurique concentré (4).

Les divers usages de ces productions sont variables suivant le poids moléculaire :

- La fraction C_6 - C_9 est utilisée pour la fabrication de plastifiants par l'intermédiaire des alcools.
- La fraction C_{10} - C_{13} a trois applications : les détergents liquides, les détergents d'internet Générale et les poudres.
- La fraction C_{14} - C_{18} conduite par sulfatation à des détergents tout à fait biodégradables. Elle peut être aussi utilisée pour la fabrication d'additifs pour huiles (3).

I.4. Mode d'obtention des oléfines

I.4.1. Craquage des paraffines:

Les paraffines contenues dans le distillat lourd du pétrole et séparée par extinction lors de la fabrication des huiles peuvent être soumises à un craquage thermique.

La charge de cracking doit en principe contenir peu d'huile, de structure ISO et cyclo si l'on veut obtenir des oléfines assez pures. On peut soumettre au cracking des groupes paraffiniques plus légers.

Une unité de cracking thermique de cire consiste en un four, une colonne de séparation primaire, une colonne de stabilisation puis une section de distillation. Le cracking des n-paraffines en pratique ne donne pas uniquement des oléfines mais aussi de petite quantité de diènes et de composés cycliques.

Le rendement en oléfines de poids moléculaire divers sont très variables suivant les conditions opératoires ou obtient toute la gamme des oléfines de C_2 à C_{n-1} si la charge paraffines contient d'hydrocarbure jusqu'à C_n .

Un craquage de cires peut fournir jusqu'à 60% d'oléfines liquides contenant jusqu'à 90 % d'alpha oléfines. Cette méthode est surtout industrialisée par Shell, qui fabrique par sulfatation directe du mélange un produit détergent.

Point de vue chimique : sachant que la liaison C-C est plus stable que la liaison C- H pour les molécules : alors on voit que la déshydrogénation de l'éthane est élevée alors qu'elle est faible en cire. Les iso paraffines sont plus faciles à déshydrogène que les paraffines normales.

En général la température provoque la rupture de la liaison C- C. C'est la réaction primaire, il ya formation d'une oléfine et d'une paraffine, le poids moléculaire de cette dernière étant plus faible ou égale à celui d'oléfines (5).

Technique de production des oléfines sont de deux types de craquage.

I.4.1.1. craquage catalytique

Le craquage catalytique est la décomposition thermique des constituants d'hydrocarbures de pétrole en présence d'un catalyseur (6). Il est caractérisé par une production élevée des hydrocarbures, les taux de réaction et les produits craqués sont déterminés par la taille et la structure des paraffines, et l'isomérisation aux structures embranchées et les hydrocarbures aromatiques résulte tant des réactions secondaires impliquant des oléfines (7).

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.

L'effet du catalyseur est plus prononcé à mesure que le nombre d'atomes de carbone dans la molécule augmente, mais l'effet n'est pas appréciable jusqu'à ce que le nombre d'atomes de carbone soit au moins six. Le taux de craquage est également influencé par la structure de la molécule, et ceux qui contiennent les atomes de carbone tertiaires se craquent le plus aisément, alors que les atomes de carbone caténaire sont les plus résistants. Les composés contenant les deux types d'atomes de carbone tendent à se neutraliser sur une base linéaire. Contrairement au craquage thermique, le mécanisme du craquage catalytique est caractérisé par la localisation du double des électrons qui lie les noyaux sur un atome de carbone et l'autre se charge positivement ainsi que formation d'un carbonium, une rupture qui demande une grande énergie et un donneur d'un proton H' qui vient du centre actif du catalyseur.



Les produits formés par le craquage catalytique sont le résultat des réactions primaires et secondaires (8).

Des réactions primaires sont conçues en tant que celles qui impliquent la scission initiale du lien de carbone-carbone et la neutralisation immédiate de l'ion carbonium

Les paraffines ont des qualités variables. Le craquage des normales paraffines conduit la plupart du temps aux oléfines et aux paraffines et donne des rendements en essence très légère. Les normales paraffines sont plus difficiles à craquer que dès les iso paraffines et des naphthènes. La réaction, les taux et les produits de craquage des paraffines sont déterminés par la taille et la structure moléculaires. Les naphthènes et les iso paraffines tendent à être craqués aux taux à peu près identiques, mais les distributions de produit sont bien différentes. Les naphthènes produisent relativement peu de gaz et donnent d'excellents rendements en essence. L'essence est d'une meilleure qualité que celle de craquage des paraffines et contient des quantités appréciables de composés aromatiques résultant de la déshydrogénation des noyaux naphthéniques (9).

I.4.1.2. Craquage thermique :

Après la distillation, d'autres procédés sont mis en œuvre pour modifier la structure moléculaire des fractions en vue d'obtenir des produits plus recherchés. L'un de ces procédés, le craquage, fragmente (ou coupe) les fractions plus lourdes à point d'ébullition plus élevé pour donner des produits plus utiles tels que des hydrocarbures gazeux, des essences de base, du gazole et du fioul. Durant le craquage, certaines molécules se combinent (se polymérisent) pour en former de

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.

plus grosses. Il y a essentiellement trois types de craquage, à savoir le craquage thermique, le craquage catalytique et l'hydrocraquage (11).

Les procédés de craquage thermique :

Dans les procédés de craquage thermique, mis au point en 1913, Procédé de raffinage des pétroles ou de leurs dérivés en vue d'obtenir, par décomposition et recombinaison des molécules, des hydrocarbures plus légers tels que l'essence. Cracking thermique, catalytique.

Des travaux sont en cours pour essayer, à l'aide des rayonnements, d'abaisser la température de cracking des hydrocarbures ou d'améliorer l'action des catalyseurs de synthèse chimique. Goldschmidt (12). On chauffe du fioul léger et du pétrole lourd sous pression dans de grands ballons, jusqu'à ce qu'ils se fragmentent en molécules plus petites possédant de meilleures propriétés antidétonantes. Cette ancienne méthode, qui donnait d'importantes quantités de coke solide indésirable, a évolué en procédés de craquage thermique modernes comprenant la viscoréduction, le craquage à la vapeur et la cokéfaction (10).

I.4.2. Déshydrogénation :

Déshydrogénation chimique suivi de la déshydrochlorisation, seule la fissuration thermique produit principalement de N-oléfines ; Les deux autres processus produisent des oléfines avec des doubles liaisons internes. Pour l : Des oléfines supérieures peuvent également être obtenues à partir de fissures à la vapeur. Analogue à la fabrication des oléfines inférieures. Étant donné que les fractions de paraffine avec une teneur en cire élevée sont fréquemment employées comme alimentation, ce processus est également appelé craquage de cire. La fissuration de la paraffine est effectuée à 500-600 ° C légèrement au-dessus de la pression atmosphérique et une durée de séjour relativement longue de 7 à 15 secondes, et généralement en présence de vapeur. Le taux de conversion est ajusté à 25% de manière à ce que la linéarité soit conservée autant que possible et la double liaison est préférentiellement formée dans la borne, c'est-à-dire une position A. La fissuration thermique de la liaison C-C peut survenir dans une partie de la molécule, un mélange d'homologues d'oléfine résulte de 90 à 95% d'oléfines. Le reste est des oléfines ramifiées, des +dioléfines et des naphènes. Les oléfines moyennes et supérieures sont isolées des produits gazeux légers, puis distillé dans des fractions industrielles utiles comme étant, par exemple, C-C. CN - CA et C4- CS. Shell et Chevron, qui exploitent des procédés de craquage de cire pour la production d'une oléfine, ont des capacités de 310000 et 45 000 tonnes par an (1985), respectivement. En raison de la flexibilité limitée en fournissant des oléfines spécifiquement désirées, Shell a depuis fermé toutes leurs plantes (11).

I.5. Déshydrogénation catalytique des paraffines :

I.5.1. Généralités

C'est une réaction chimique qui s'effectue avec élimination d'une molécule d'hydrogène, elle est endothermique favorisée à haute température et à une basse pression. La déshydrogénation des n-paraffines nous donne des normales oléfines mais avec augmentation de la température et augmentation de nombre d'atomes de carbone, il y a apparitions de réactions secondaires telles que l'aromatization et le craquage.

Donc pour un bon rendement en oléfines, il faut utiliser un catalyseur avec une optimisation des conditions opératoires afin de minimiser au maximum les réactions secondaires (3).

I.5.2. Procédé PACOL-OLEX de U.O.P:

Ce procédé a développé la déshydrogénation catalytique des paraffines ou procédé Pacol-Olex par lequel les n-paraffines (C_6-C_{19}) sont déshydrogénées en oléfines en présence de H_2 , la conversion incomplète des paraffines (environ 10 %) est réalisée en phase gazeuse sur un catalyseur à lit fixe ($Pt/ Al_2 O_3 +$ promoteur) à $400-600^\circ C$ et 3 bar. Le produit se compose d'environ 96 % en poids de mono oléfines linéaires avec une double liaison interne statistiquement distribuée. La séparation des paraffines n'ayant pas réagi s'effectue par adsorption réversible des oléfines sur des adsorbants solides, des tamis moléculaires. En 1994, 25 usines utilisaient cette technologie et d'autres usines étaient en construction. Ces oléfines ne peuvent concurrencer les n-oléfines issues de la synthèse Ziegler ou l'Oligo-éthylène.

1. la déshydrogénation thermique dans des conditions de craquage conduit à des a-oléfines de longueur de chaîne variable, donc une séparation par distillation en C_6-C_9 . Fractions $C_{10}-C_{13}$, $C_{14}-C_{18}$ applications industrielles du craquage de cire : anciennement Shell en Europe de l'Ouest Chevron aux USA

2. la déshydrogénation catalytique conduit à des oléfines internes avec le procédé UOP PACOL OLEX, combinant la fabrication d'oléfines catalytiques de paraffine et l'extraction d'oléfines utilisation analogue de C_3-C_5 , paraffines dans le procédé Olex.

3. déshydrogénation par chloration pour former des oléfines internes selon un procédé en deux étapes : chloration radicalaire en phase liquide avec conversion des paraffines jusqu'à 40% : déshydrochloration en phase gazeuse sur $Al_2 O_3$, SiO_2 avec des promoteurs de sels métalliques ou sur tour métallique emballage UOP (11).

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.

La figure illustre le schéma de flux d'un complexe intégré comprenant Pacol, Delfine et Olex. Le flux de fond de stripper, constitué d'un mélange à l'équilibre de n-paraffines et de n-mono-oléfines, est alors envoyé vers une unité de séparation Olex. Le procédé Olex utilise une technologie de séparation par adsorption à contre-courant simulée en phase liquide continue pour récupérer les n-oléfines de haute pureté à partir du mélange. L'extract oléfinique et les courants de raffinat paraffinique qui sortent de la chambre d'adsorption contiennent tous deux un désorbant. Ces deux flux sont fractionnés pour l'élimination et la récupération du désorbant, qui est ensuite recyclé vers la chambre d'adsorption. Le raffinat de paraffine est recyclé vers l'unité de déshydrogénation Pacol pour une conversion complète des n-paraffines non converties en produit final de n-oléfine(12)

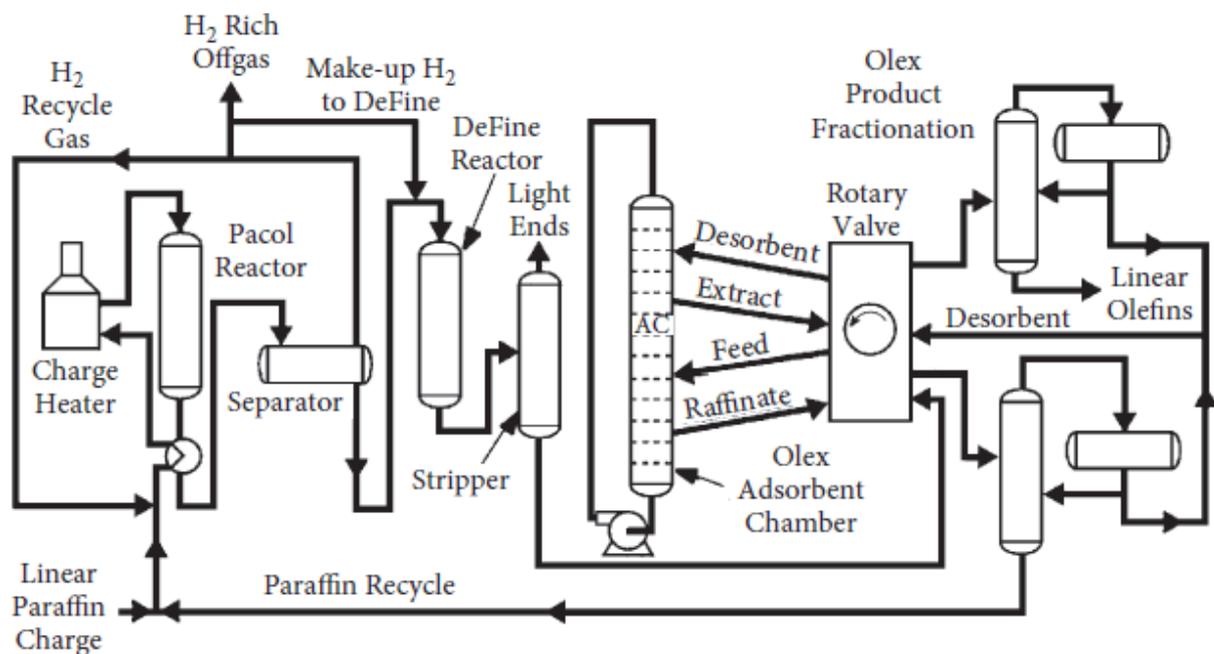


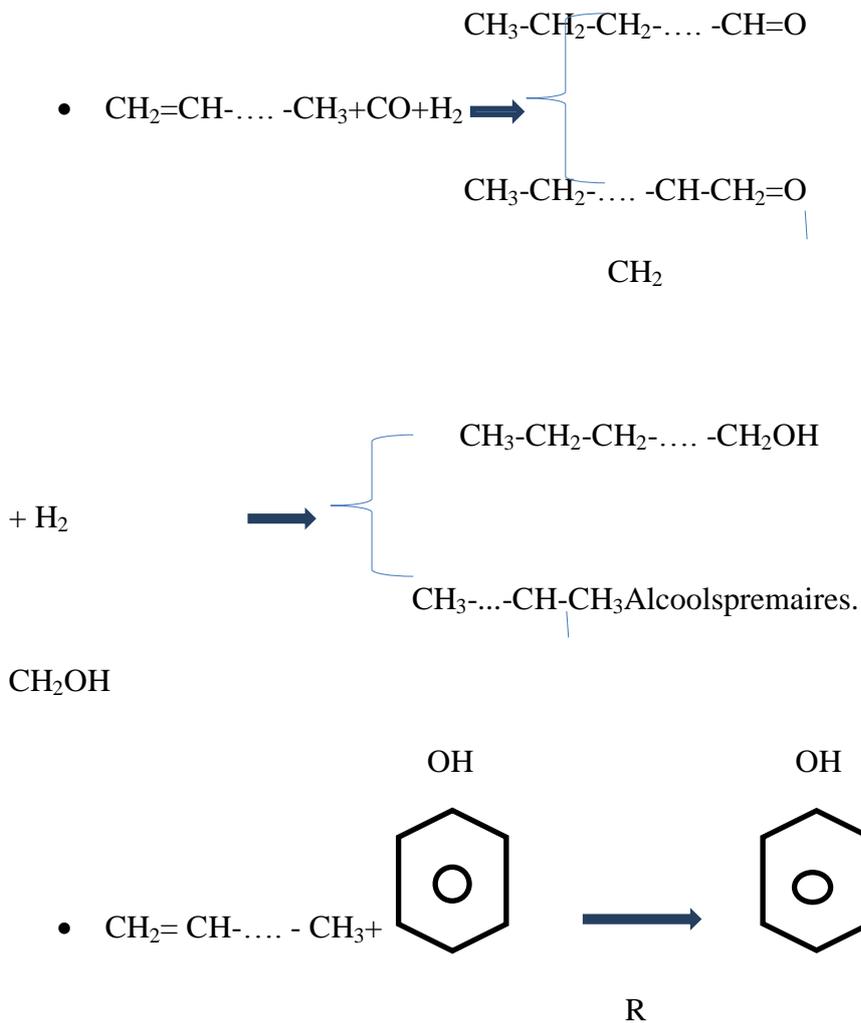
Figure : UOP PACOL Déshydrogénation procès (12)

I.6. Domain d'utilisation des oléfines :

Les oléfines sont utilisées pour la production des huiles Synthétique, pour la production de plastifiants, solvants tension actifs qui seront utilisés comme matière première pour la fabrication des détergents.

Les oléfines ayant un nombre de carbone égale à 5 sont utilisés pour la production des alcools par oc synthèse, pour l'obtention de l'alkyl phénol.

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.



Les oléfines ayant un nombre de carbone égale à 6 sont utilisés pour l'obtention des alcools C₇ par oc synthés.

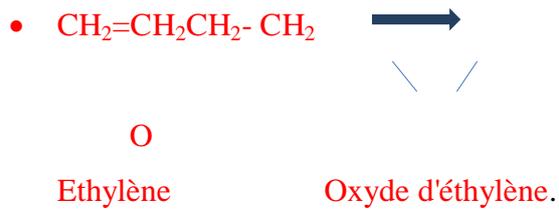
Les n oléfines avec un minimum de 9 carbones sont utilisés pour l'obtention des alcools C₇ par oxo synthèse.

Les n oléfines avec un minimum de 9 carbones sont utilisés pour la production de tension actifs, ces derniers procèdent un grand degré de dégradation biochimique.

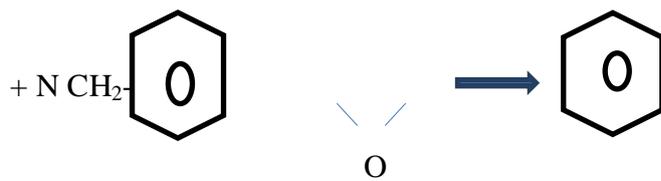
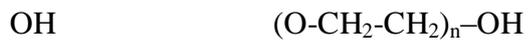
Les oléfines qui sont utilisés pour la production de tensio- actifs, sont plus exactement utilisés comme matières premières des tensio- actifs cationite, ionique et non ionique(3).

Chapitre I: Méthodes d'obtention des oléfines.

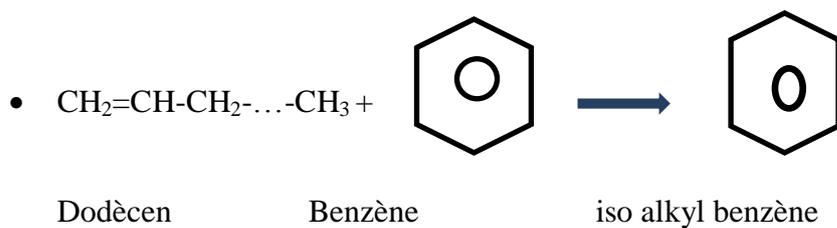
Exemple:



L'oxyde d'éthylène est un semi produit pour l'obtention des tensio- actifs.



Phénol tension actif ionique.



Chapitre II :
Partie Calcul.

II.1. Bilan matière:

Déterminons la composition de la charge à l'entrée et à la sortie du réacteur,

II .1.1. Les conditions opératoires de déshydrogénation des paraffines

➤ **La capacité de l'unité**

Pour cette étude, on utilise la capacité de traitement de l'heure actuelle et qui est de 400000tonnes /an. La durée de fonctionnement de l'installation est 330jours / année.

Donc, la capacité de l'installation de sera égale à :

$$C = \frac{40 \cdot 10^6}{330} = 121212.1212 \text{ kg /Jrs}$$

$$C = \frac{40 \cdot 10^6}{330 \cdot 24} = 5050.505 \text{ kg /h}$$

➤ **Taux de conversion : $\Upsilon = 90 \%$**

➤ Les paraffines utilisées sont les paraffines de C_{10} à C_{20} , leurs compositions sont représentées dans le tableau 1

TableauII.1: la composition des paraffines.

Composants	$C_{10}H_{22}$	$C_{11}H_{24}$	$C_{12}H_{26}$	$C_{13}H_{28}$	$C_{14}H_{30}$	$C_{15}H_{32}$
Composition massique ($W_i \%$)	0.0030	0.1309	0.3140	0.3600	0.1779	0.0020

Chapitre II : Partie Calcul.

➤ **Les produits obtenus à la sortie du réacteur :**

Les produits convertis sont représentés dans le tableau 2 :

TableauII.2: la composition de produit (n oléfine)

Composants	C ₁₀ H ₂₀	C ₁₁ H ₂₂	C ₁₂ H ₂₄	C ₁₃ H ₂₆	C ₁₄ H ₂₈	C ₁₅ H ₃₀
Compositionmassique (W _i %)	/	0.1182	0.2919	0.3300	0.1610	0.0017

- Les produits non Converties sont représentés dans le tableau 3 :

TableauII.3 : la composition de produit (n paraffine non converties)

Composants	C ₁₀ H ₂₂	C ₁₁ H ₂₄	C ₁₂ H ₂₆	C ₁₃ H ₂₈	C ₁₄ H ₃₀	C ₁₅ H ₃₂
Composition massique (W _i %)	/	0.0020	0.0049	0.0024	0.0026*10 ⁻²	0.0003

II .1.2. Bilan matière à l'entrée du réacteur :

➤ **La quantité massique des paraffines :**

Débit massique des paraffines à l'entrée du réacteur est calculé comme suit, étant donné que la capacité du réacteur est C.

En utilisant la formule suivante :

$$G_i = C * X_i$$

- ✓ Exemple de calcul :

Pour C₁₀H₂₂

$$X_i = 0.0030$$

$$C = 121212.1212 \text{ kg /Jrs}$$

$$G_i = 121212.1212 * 0.0030$$

$$G_i = 363.64 \text{ kg /jrs}$$

Tableau II.4 : Le résultat de débit massique des paraffines à l'entrée du réacteur

Composants	X _i % mass	G _i kg / jrs	G _i kg/h
N paraffines			
C ₁₀ H ₂₂	0.0030	363.64	15.15
C ₁₁ H ₂₄	0.1309	15866.67	661.11
C ₁₂ H ₂₆	0.3140	38060.60	1585.86
C ₁₃ H ₂₈	0.3600	43636.36	1818.18
C ₁₄ H ₃₀	0.1779	21563.64	898.49
C ₁₅ H ₃₂	0.0020	242.42	10.10
n paraffines et cyclo			
paraffine	0.0094	1139.39	47.47
Aromatique	0.0025	303.03	12.63
Total	0.9997	121175.75	5048.99

➤ Quantité massique de l'hydrogène :

Composition massique de H₂ par rapport à la charge est de 1.5%

$$C = 121212.12 \text{ kg /jrs}$$

$$C = 121212.12 * 0.015 = 1818.18 \text{ kg /jrs} = 75.75 \text{ kg /h}$$

$$G_{H_2} = 75.75 * 0.7195 = 54.502 \text{ kg/h}$$

Tableau II.5 : Le résultat de débit massique de l'hydrogène et la fraction C₁–C₅ l'entrée du réacteur

Composants	X _i % mass	G _i kg / jrs	G _i kg/h
H ₂	0.7195	1308.18	54.502
C ₁ –C ₅	0.2804	509.76	21.24
Total	0.9999	1817.94	75.74

➤ **Quantité massique à l'entrée de réacteur :**

$$G_e = G_1 + G_2$$

$$G_e = 121175.75 + 1817.94 = 122993.69 \text{ kg/ jrs}$$

$$G_e = 5048.99 + 75.74 = 5124.73 \text{ kg /h}$$

Soit :

G₁ : Quantité ou débit massique des paraffines à l'entrée du réacteur kg/jrs, kg/h.

G₂ : Quantité ou débit massique de l'hydrogène et la fraction C₁–C₅ kg/jrs, kg/h.

$$G_1 = 121175.75 \text{ kg/jrs} = 5048.99 \text{ kg/h}$$

$$G_2 = 1817.94 \text{ kg/jrs} = 75.74 \text{ kg /h}$$

II.1.3. Bilan matière à la sortie du réacteur :

Déterminions la quantité massique de la charge à la sortie du réacteur, sachant que sa composition massique, la capacité du réacteur (c) et le taux de conversion τ .

$$C = 5050.5 \text{ kg /h}$$

$$\tau = 90 \%$$

➤ **La Quantité massique des oléfines :**

$$G = C * X$$

$$G = 5050.5 * 0.90 = 4545.45 \text{ kg /}$$

Composant	X_i %	G_i kg/jrs	G_i kg/h
N paraffine non réagit			
$C_{10} H_{22a}$	/	/	/
$C_{11} H_{24}$	0.0020	218.16	9.09
$C_{12} H_{26}$	0.0049	534.48	22.27
$C_{13} H_{28}$	0.0024	261.84	10.91
$C_{14} H_{30}$	$0.0026 \cdot 10^{-2}$	2.64	0.11
$C_{15} H_{32}$	0.0003	32.64	1.36
Iso et cyclo paraffine	/	/	/
Aromatique	0.0327	3567.12	148.63
N oléfine			
$C_{10} H_{20}$	/	/	/
$C_{11} H_{22}$	0.1182	12894.48	537.27
$C_{12} H_{24}$	0.2919	31843.44	1326.81
$C_{13} H_{26}$	0.3300	35999.76	1499.99
$C_{14} H_{28}$	0.1610	17563.44	731.81
$C_{15} H_{30}$	0.0017	185.28	7.72
Iso et cyclo	0.0143	1559.76	64.99
	0.0346	3774.48	157.27
Total	0.9940	103112.28	4295.97

Tableau II.6: composition de la charge à la sortie du réacteur

II.2. Bilan thermique :

II.2.1. Détermination de la charge thermique :

Pour la détermination de la charge thermique global il est nécessaire de trouver la température à la sortie du réacteur.

II.2.2.1. La Quantité de chaleur à l'entrée du réacteur :

➤ **Enthalpie des vapeurs d'hydrocarbures:**

L'enthalpie des vapeurs d'hydrocarbures est donnée par la formule suivante :

$$\Delta H_{\text{vap}} = (209.2 - 103.25 \rho_{15}^{15}) + (0,543 - 0.134 \rho_{15}^{15}) T_e + (0.00234 - 0.0059 \rho_{15}^{15}) T_e^2$$

$$P_{\text{moy}} = \sum \rho_i * X_i$$

$$\rho_{\text{moy}} = 0.75343 \text{ kg / m}^3.$$

ρ_m : densité moyenne des hydrocarbures.

T_e : température des hydrocarbures à l'entrée du réacteur.

$$T_e = 500 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tableau II.7 : densité des hydrocarbures

Composants	X_i % mass	ρ_i	$\rho_i * X_i$
N paraffines			
C ₁₀ H ₂₂	0.0030	0.73005	0.00219
C ₁₁ H ₂₄	0.1309	0.74024	0.9686
C ₁₂ H ₂₆	0.3140	0.74876	0.23511
C ₁₃ H ₂₈	0.3600	0.75622	0.27223
C ₁₄ H ₃₀	0.1779	0.76275	0.13569
C ₁₅ H ₃₂	0.0020	0.78300	0.00156
iso et cyclo paraffine	0.0094	0.81020	0.00761
aromatique	0.0025	0.86040	0.00215
Total	0.9997		0.75343

Chapitre II : Partie Calcul.

Donc:

- Enthalpie des paraffines égale:

$$\Delta H_{\text{vap}} = (209.2 - 103,25 \cdot 0.75343) + (0,543 - 0.134 \cdot 0.75343) T_e + (0.00234 - 0.00059 \cdot 0.75343) T_e^2$$

$$\Delta H_{\text{vap}} = 131.408 + 0.442 T_e + 0.00018 T_e^2.$$

$$= 131.408 + 0.442 \cdot 773 + 0.00018 \cdot 773^2$$

$$= 762.62 \text{ kJ /kg}$$

- **Enthalpie d'hydrogène:**

$$\Delta H_{\text{H}_2} = C_p \cdot \Delta T$$

$$= 28.82 \cdot 30$$

$$= 864.6 \text{ J/kg} = 8.646 \text{ kJ / kg.}$$

ΔH_{vap} : est en fonction de la température de l'entrée.

On a :

$$G_{\text{paraf}}: 121175.75 \text{ kg / jrs} = 5048.99 \text{ kg/h.}$$

$$G_{\text{H}_2}: 75.74 \text{ kg/h.}$$

$$Q_e = Q_{\text{paraf}} + Q_{\text{H}_2}$$

$$Q_e = G_{\text{paraf}} \cdot \Delta H_{\text{vap}} + G_{\text{H}_2} \cdot \Delta H_{\text{H}_2}.$$

$$Q_e = 5048.99 \cdot 762.62 + 75.74 \cdot 8.646$$

La quantité de chaleur :

$$Q_e = 3851115.602 \text{ kJ /h}$$

D'où:

G_{paraf} : Quantité ou débit massique des paraffines ; kg /h.

Chapitre II : Partie Calcul.

G_{H_2} : Quantité ou débit massique de l'hydrogène; kg /h.

ΔH_{vap} : Enthalpie des paraffines à l'état vapeur à la température T_e .

ΔH_{H_2} : Enthalpie de l'hydrogène.

II.2.2.2. La Quantité de chaleur à sortie du réacteur :

T_s est à déterminer, pour ce faire il est nécessaire de calculer la quantité de chaleur à la sortie du réacteur.

$$Q_s = G_1 * \Delta H_1 + G_2 * \Delta H_2$$

D'où:

G_1 : Quantité ou débit massique des paraffines non réagit ; kg /h.

G_2 : Quantité ou débit massique d'oléfine ; kg /h.

ΔH_1 : Enthalpie des paraffines non réagit à la température T_s .

ΔH_2 : Enthalpie des oléfines T_e .

- **L'enthalpie des paraffines non réagit est des oléfines est donné par la formule suivante :**

$$\Delta H = (209.2 - 103.25 \rho_{15}^{15}) + (0.543 - 0.134 \rho_{15}^{15}) T_s + (0.00234 - 0.0059 \rho_{15}^{15}) T_s^2.$$

ρ_{moy} des paraffines et des oléfines sont donnés:

ρ_1 : ρ_{moy} paraffines non réagit.

ρ_2 : ρ_{moy} des oléfines.

Tableau II.8: La densité des paraffines non réagit.

Composant	X _i %	ρ _i	ρ _i *X _i
N paraffine non réagit			
C ₁₀ H ₂₂	/	0.73005	/
C ₁₁ H ₂₄	0.0020	0.74024	0.00148
C ₁₂ H ₂₆	0.0049	0.74876	0.00366
C ₁₃ H ₂₈	0.0024	0.75622	0.00181
C ₁₄ H ₃₀	0.0026 10 ⁻²	0.76275	0.00198.10 ⁻²
C ₁₅ H ₃₂	0.0003	0.78300	0.00023
Iso et cyclo paraffine	/	0.81020	/
Aromatique	0.0327	0.86040	0.02813
Total			0.03535

Tableau II.9 :La densité des oléfines.

Composant	X _i %	ρ _i	P _i *X _i
N olefine			
C ₁₀ H ₂₀	/	0.74081	/
C ₁₁ H ₂₂	0.1182	0.75350	0.08906
C ₁₂ H ₂₄	0.2919	0.75836	0.22136
C ₁₃ H ₂₆	0.3300	0.76527	0.25253
C ₁₄ H ₂₈	0.1610	0.77450	0.12469
C ₁₅ H ₃₀	0.0017	0.79720	0.00135
Iso et cyclo	0.0143	0.81096	0.01159
Total			0.73054

Donc: ρ₁= 0.03535 kg /m³.

Chapitre II : Partie Calcul.

$$\rho_2 = 0.73054 \text{ kg/m}^3.$$

- Calcul de l'enthalpie des paraffines non réagit en fonction de la température de sortie

$$\Delta H_1 = (209,2 - 103,25 * 0.03535) + (0,543 - 0.134 * 0.03535) T_s + (0.00234 - 0.0059 * 0.03535) T_s^2.$$

$$\Delta H_1 = 205.5 + 0.538 T_s + 0.0023 T_s^2.$$

- Calcul de l'enthalpie des oléfines en fonction de la température de sortie :

$$\Delta H_2 = (209,2 - 103,25 * 0.73054) + (0,543 - 0.134 * 0.73054) T_s + (0.00234 - 0.0059 * 0.73054) T_s^2.$$

$$\Delta H_2 = 133.77 + 0.445 T_s + 0.0019 T_s^2$$

- Calcul de la quantité de chaleur à la sortie du réacteur sachant que :

$$G_1 = 192.37 \text{ kg /h}$$

$$G_2 = 4325.86 \text{ kg /h}$$

D'où:

$$Q_s = G_1 * \Delta H_1 + G_2 * \Delta H_2$$

$$Q_s = 192.37 [205.5 + 0.538 T_s + 0.0023 T_s^2] + 4325.86 [133.77 + 0.445 T_s + 0.0019 T_s^2]$$

$$Q_s = 8.65 T_s^2 + 2028.49 T_s + 618276.3$$

- Sachant que $Q_e = Q_s$ on peut déterminer la température à la sortie du réacteur.

$$Q_e = Q_s.$$

$$8.65 T_s^2 + 2028.49 T_s + 618276.3 = 3851115.602$$

D'où l'équation sera:

$$8.65 T_s^2 + 2028.49 T_s - 3232839.302 = 0$$

- Cela revient à la résolution d'une équation du second degré

Calculs de la discrimination Δ :

Chapitre II : Partie Calcul.

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$\Delta = (2028.49)^2 - 4 (8.65) * (- 3232839.302)$$

$$\Delta = 115971011.5$$

$$\sqrt{\Delta} = 10768.98$$

D'où

$$T_s = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a} = \frac{-2028.49 + 10768.98}{2 * 8.65}$$

$$T_s = 505.23 \text{ °K}$$

$$T_s = 232 \text{ °C}$$

II.3. Calculs des dimensions des réacteurs :

II.3.1. Déterminations le volume du catalyseur :

$$T_{\text{rea}} = 500 \text{ °C}$$

$$P = 0.3 * 10^6 \text{ pas}$$

$$W = 30$$

$$V_{\text{cat}} = \frac{V_{\text{parf}}}{W}$$

V_{parf} : Volume des paraffines.

W : Vitesse spatiale

- Le volume de paraffines et calculé selon la formule :

$$V_{\text{parf}} = \frac{22.4 * \sum \frac{G_i}{M_i} * T * 0.1 * 10^6}{273 * 0.3 * 10^6}$$

M_i : Masse molaire.

G_i : quantité ou débit massique de chaque constituant.

T_{rea} : température de réaction.

Chapitre II : Partie Calcul.

P : pressionPas.

L'inconnue dans la formule de V_p est la $\sum \frac{G_i}{M_i}$ calculé par le tableau suivant :

TableauII.10 : quantité ou débit massique par rapport à la masse molaire

Composants	G_i kg/h (10^3 g/h)	$M_{i\ g}$ /mol	$G_i / M_{i\ mol}$ /h
N paraffines			
$C_{10}H_{22}$	15.15	142	106.69
$C_{11}H_{24}$	661.11	156	4237
$C_{12}H_{26}$	1585.86	170	9328
$C_{13}H_{28}$	1818.18	184	9881
$C_{14}H_{30}$	898.49	198	4537
$C_{15}H_{32}$	10.10	212	47000
Total			28136

Donc :

$$\sum \frac{G_i}{M_i} = 28136 \text{ mol/h}$$

D'où :

$$V_{\text{parf}} = \frac{22.4 * \sum \frac{G_i}{M_i} * 773 * 0.1 * 10^6}{273 * 0.3 * 10^6} = 594.84 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Le volume du catalyseur sera égale à

$$V_{\text{cat}} = \frac{594.84}{30} = 19.82 \text{ m}^3$$

II.3.2.la hauteur de la couche catalytique:

$$e = 1.1$$

$$D = 2.2 \text{ m}$$

$$h_{\text{cat}} = \sqrt{\frac{V_{\text{cat}} * e}{\frac{\pi}{4} * D}}$$

Chapitre II : Partie Calcul.

$$h_{\text{cat}} = \sqrt{\frac{19.82 * 1.1}{\frac{\pi}{4} * 2.2}} = 3.55\text{m}$$

V_{cat} : volume du catalyseur

e : coefficient d'un polissage.

D :Diamètre du réacteur, il varie de 2à 2.6 m

II.3.3.2.1. Hauteur du sommet et du fond de la colonne

$$h_{2,1} = 0.5 D.$$

$$h_{2,1} = 0.5 * 2.2 = 1.1 \text{ m}$$

II.3.3.2.2. Hauteur de séparation entre la couche catalytique est donnée :

$$H_{2,2} = 0.6\text{m}$$

Hauteur totale du réacteur :

$$h = h_{\text{cat}} + 2 h_{2,1} + 2 h_{2,2}$$

$$h = 3.55 + 2 * 1.1 + 2 * 0.6 = 6.95\text{m}.$$

Conclusion general

Conclusion générale

A la lumière de cette étude, il est clair que la transformation des n-paraffines pour produire des oléfines dépend de plusieurs voies.

Il existe deux voies de transformation : Le craquage pour objet de produire des oléfines par rupture de liaisons C - C. Cette opération peut s'effectuer soit sous l'effet de température : « cracking thermique », soit à l'aide d'un catalyseur : « cracking catalytique ». Les hydrocarbures paraffiniques et oléfiniques sont les plus faciles à craquer. Et la déshydrogénation. La première méthode est la seule des deux qui permette d'obtenir majoritairement des alcènes terminaux. La déshydrogénation donne un mélange d'oléfines internes et terminales

La déshydrogénation se fait en phase vapeur, sous faible pression (2 à 5 bars) entre 400 et 500 C en présence d'un excès d'hydrogène. Lorsqu'on opère à faible taux de conversion 10 - 15 %, la sélectivité peut atteindre 90 %. Les principaux sous-produits sont des dioléfines (2 à 3%), des aromatiques (3 à 4 %) et des hydrocarbures légers. Il se forme peu d'α-oléfines, les doubles liaisons sont surtout internes.

Nous avons déterminé la taille de l'équipement principal, qui est la taille du catalyseur et la hauteur de la couche de catalyseur.

Références Bibliographies:

Références Bibliographies:

- (1): Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1996: OSHA Instruction TED 1.15 CH-1 (Washington, DC, US Department of Labor).
- (2): Cour de pétrochimie _ pro. Hamada boudjema _ 1998 Universite M'hamedBougara de Boumerdes.
- (3):LARBI YASMINA _ déshydrogénation des n paraffines pour l'obtention des oléfines. Etude technique , 1989_1990.
- (4):Pines, H. The Chemistry of Catalytic Hydrocarbon Conversions. Academic Press, New York, 1981.
- (5): Carlos-A. Bakdrich Ferrer, Prediction Of Physicochemical Properties Of FCC Feed stocks. ChemometricsAnalysisCi&FCiencia, Tecnología y Futuro Vol. 3 Núm, 2008.
- (6):P.Wuithier, Raffinage et Génie Chimie, Tom 2, 2eme Edition, TECHNIP, Paris, 1972.
- (7): E. T. Habib, H. Owen, P. W. Snyder, C. W. Streed, and P. B. Venuto, Ind. Eng. Chem. Prod. Res, Dev, 16, 291, 1977
- (8): Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1996: OSHA Instruction TED 1.15 CH-1 (Washington, DC, US Department of Labor).
- (9): L'Aventure atomique,1962, p. 234.
- (10): Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 1996: OSHA Instruction TED 1.15 CH-1 (Washington, DC, US Department of Labor).
- (11):hans-Jürgen Arpe Klaus Weissermel Industriel organicchemistry : sous-titre de l'ouvrage. (1è éd).John Wiley et sons; 2003
- (12):UOP PACOL DEHYDROGENATION PROCESS | McGraw-Hill Education - Accessengineeringlibrary.com