

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université M'hamed Bougara Boumerdes



Faculté de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCÉDES

MEMOIRE FINE DE D'ETUDES

Filière: Génie des procédés

Option: Génie chimique

Thème

Comparaison des procédés de récupération de GPL dans
l'industrie gazière algérienne

- Procédé de récupération par turbo-expander
- Procédé de récupération par absorption

Présenté par :

- BELKACEM Meriem
- MAGOURA Assia

Soutenu le 09/06/2022 devant le jury composé de :

Promotrice: OUSLIMANI Nassira

Co Promotrice : REBAI Noura

Président: BENAKMOUME Faïcale

Examineur : ANOU Saada

2021/2022

REMERCEMENT :

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude. Nous souhaitant nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de l'université M'hamed Bougara Boumerdes, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée. Nous tenant remercier sincèrement madame Ouslimani Nacira et REBAI Noura, qui en tant que directeur de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer e sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour. On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

ASSIA et MERIEM

Dédicace :

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon Père pour
Leur patience, leur amour, leur soutien, leur confiance et
Leur encouragement.

A mon frère Daoud

A mes saurs Meriem, Asmaa, Roumaïssa et Lynda

A mon fiancé Imad Abid

A mes neveux Souhaib, Yakoub, Ayoub, Iyad

A ma nièce Malak

A toute ma famille Zine et Magoura

A mes amies et mes camarades

Sans oublier les professeurs que ce soit du primaire, du moyen,

Du secondaire ou de l'enseignement

Supérieur.

Assia



Dédicace :

Je dédie ce modeste travail

A mes chères mère et père, j'espère que leur rêve est réalisé

Mes frères Y ounes, A youb et A dem

A mes grands parents et à toute la famille

B elkasem et H amadache

A tous ceux qui m'ont enseigné et aider pour

Obtenir ce diplôme depuis le primaire jusqu'à l'université

A tous mes amis chacun à son nom

E t mes collègues.

Meriem



Sommaire

Les symboles :	7
Les abbreviation :	8
Liste des tableaux :	9
Liste des figures :	10
INTRODUCTION GENERALE :	12
CHAPITRE I : Simulation et Optimisation des Procédés	14
I.1. INTRODUCTION :	14
I.2. Présentation de l'IAP :	14
I.3. Géographique :	14
I.4. Historique du logiciel HYSYS :	14
I.5. Définition du simulateur HYSYS :	15
I.6. Utilisation de la simulation HYSYS :	16
I.7. Structure générale de HYSYS :	16
I.8. Principes de fonctionnement et rôle des simulateurs :	17
CHAPITRE II : généralités sur le gaz du pétrole liquéfié et le gaz naturel	20
II.1. INTRODUCTION :	20
II.2. Le gaz naturel :	20
II.2.1. Définition :	20
II.2.2. Composition de gaz naturel :	21
II.2.3. Pouvoir calorifique d'un gaz naturel :	21
II.3. Le gaz de pétrole liquéfié GPL :	21
II.3.1. Historique des GPL :	21
II.3.2. Définition :	22
II.3.3. Le GPL en Algérie :	22
II.3.4. L'origine de GPL :	23
II.3.5. L'utilisation de GPL :	23
II.3.5.a. Le GPL dans l'agriculture :	23
II.3.5.b. Le GPL dans l'automobile :	23
II.3.5.c. Le GPL dans les loisirs :	23
II.3.5.d. Le GPL dans la cuisiner :	24
II.3.5.e. Le GPL dans le chauffage :	24

II.3.5.f. Le GPL dans la production d'énergie :	24
II.3.5.g. Le GPL dans l'industrie :	24
II.3.6. Les caractéristiques du GPL :	25
II.3.7. Les risque des GPL :	25
II.3.8. Avantages et inconvénients technique des GPL :	26
CONCLUSION :	26
Chapitre III : la récupération de GPL.	28
III.1. ABSORPTION :	28
III.1.1. Généralités sur le procédé d'absorption [15] :	28
III.1.2. Principe d'absorption [15] :	28
III.1.3. Les Principaux Avantages de l'absorption [15] :	28
III.1.4. Principal inconvénient du traitement par absorption [15] :	29
III.2. TURBO-EXPANDER :	29
III.2.1. Généralités sur le turbo-Expander :	29
III.2.2. L'utilisation de turbo-Expander [16] :	29
III.2.3. Les principaux avantages de Turbo-Expander :	30
III.2.4. Les principaux des inconvénients de Turbo-Expander :	30
III.2.5. Le rôle de turbo-expander :	30
Chapitre IV : Calculs et Résultats	32
IV.1. Simulation du procédé de récupération par Turbo-Expander :	32
IV.1.a. Description du procédé :	32
IV.1.b. Données de la simulation :	34
IV.1.C. Schéma de simulation :	38
IV.1.d. Calculs du taux de récupération et des pertes :	38
Conclusion :	40
IV.2. Simulation du Procédé de récupération par absorption :	41
IV.2.a. Description de procédé :	41
IV.2.b. Données de la Simulation :	42
IV.2.C. Schéma de simulation :	46
IV.2.d. Les calculs du taux de récupération et des pertes :	47
IV.2.e. Comparaison des résultats des deux procédés :	48
Conclusion :	49
Conclusion générale :	51

Les symboles :

GPL : gaz du pétrole liquéfié.

GN : gaz naturel.

HYSYS : logiciel

GPL/c : gaz de pétrole liquéfié carburant.

IAP : institut algérien du pétrole.

PFD : Process Flow Diagram.

E-01 ;E-02 ;E-03 ;E-06 ;E-11 ;E-100 ;E-101 ;E-102 ;E-402 ;E-403 ;E-409 : échangeur de charge.

EC-01 : turbo-expander.

E-09 : rebouilleur.

V-10 ;V-11 : ballon de reflux.

VLV-100 : valve.

P-100 ;P-101 : pompe.

T-100 ;T-101 : TEE.

K-101 : compresseur.

TS-1 ;TS-2 ;TS-3 : tray section.

τ : taux de récupération.

Cond : condensat.

T-01 : dééthaniseur.

T-02 : débutaniseur.

AE-02 ; AE-05 : aérorefroidisseur.

Les abréviations :

CH₄ / C1 : méthane.

C₂H₄ / C2 : éthane.

C₃H₈ / C3 : propane.

C₄H₁₀ / C4 : butane.

C₅H₁₂ : pentane.

IC4 : iso-butane.

IC5 : iso-pentane.

NC5 : normal pentane.

NC6 : normal Hexane.

NC7 : normal Heptane.

NC8 : normal octane.

NC9 : normal nonane.

NC10 : normal décane.

NC11 : normal undécane

NC12 : normal dodécane

N₂ : diazote.

CO₂ : dioxyde de carbone.

H₂S : gaz sulfurique.

Hg : mercure.

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Alimentation Stream 10.

Tableau 02 : Alimentation de Reflux T-01.

Tableau 03 : Alimentation de Reflux T-02.

Tableau 04 : Les données des équipements de l'unité de récupération du GPL.

Tableau 05 : Tableau des résultats de récupération de GPL par turbo-expander.

Tableau06 : Alimentation vapeur et l'alimentation liquide.

Tableau 07 : Alimentation 243.

Tableau 08 : Alimentation 238.

Tableau 09 : Les données des équipements de l'unité de récupération du GPL.

Tableau 10 : Tableau de résultat de la récupération de GPL par absorption.

Tableau 11 : la comparaissent de la quantité de GPL obtenu selon le turbo-expander et l'absorption.

Liste des figures :

Figure 01 : schéma de structure générale de HYSYS.

Figure 02 : schéma de Section de refroidissement.

Figure 03 : schéma de Section de séparation-déethaniseur.

Figure 04 : schéma de Section de séparation -débutaniseur.

Figure 05 : schéma de Procédé de récupération de GPL par Turbo-Expander.

Figure 06 : schéma de zone de stabilisation du condensat par absorption.

Figure 07 : schéma de la colonne d'environnement.

Figure 08 : schéma de procédé de récupération de GPL par absorption

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

L'industrie algérienne des hydrocarbures est en pleine mutation. Dans un contexte national marqué par une profonde récession économique, le développement du secteur pétrolier et gazier connaît, depuis une décennie, des progrès réguliers et spectaculaires. Pour attirer les investissements des compagnies, les pouvoirs publics ont impulsé dans ce secteur, bien avant le mouvement de libéralisation de ces dernières années liées à l'application du programme d'ajustement structurel, de vastes réformes. Dix ans après, les effets positifs de ces réformes en termes d'accroissement des investissements, d'accroissement des réserves, d'augmentation des productions et des exportations sont remarquables. Ce faisant, ces réformes ont permis à certains acteurs de l'industrie pétrolière internationale de remettre en question une situation figée et de récupérer à leur profit une partie de la rente qui leur échappait, pendant que la dépendance du pays s'est trouvée accrue vis-à-vis de recettes pétrolières et gazières très coûteuses et très volatiles et que sa souveraineté sur de nombreux gisements développés en association est désormais partagée [1].

Durant les dernières années, une nouvelle énergie a réussi à se frayer un chemin à côté du pétrole et du gaz naturel ; il s'agit des gaz de pétrole liquéfiés (GPL). Grâce à leurs atouts d'énergie propre et transportable, les GPL ont réussi à pénétrer des secteurs aussi divers que la pétrochimie, l'agriculture, l'industrie et l'automobile (GPL/c).

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, on introduira d'abord l'historique de l'IAP et puis on aborde des notions et des définitions liées à la simulation et l'optimisation des procédés ainsi que le principe de fonctionnement du logiciel ASPEN HYSYS, l'outil principal pour l'élaboration de la partie calcul de ce mémoire.

Le deuxième chapitre traite des généralités sur le gaz de pétrole liquéfiés, ses sources et ses caractéristiques, ainsi que ses domaines d'utilisation.

Le troisième chapitre s'oriente sur les procédés de la récupération de GPL par turbo-expander et par absorption.

Le chapitre restant sera consacré aux calculs et à la discussion des résultats de notre travail.

CHAPITRE I :
Simulation et
optimisation et des
procèdes

CHAPITRE I : Simulation et optimisation et des procédés

CHAPITRE I : Simulation et Optimisation et des Procédés

I.1. INTRODUCTION :

La simulation est un outil utilisé dans différent domaine de l'ingénierie et de la recherche, en général, permettant d'analyser le comportement d'un système avant d'implémenter et d'optimiser son fonctionnement en testant différentes solutions et différentes condition opératoires. Elle s'appuie sur l'élaboration d'un modèle du système et permet de réaliser des scénarios et d'en déduire le comportement du système physique analysé. Un modèle n'est pas une représentation exacte de la réalité physique, mais il est seulement apte à restituer les caractéristiques les plus importantes du système analysé.

I.2. Présentation de l'IAP :

L'INSTITUT ALGERIEN DU PETROLE, IAP, est une grande école algérienne, a été créé le 29 Novembre 1965, avec comme principale objectif de réponse aux besoins spécifique en matière de formation du secteur de l'Energie et le doter en personnel qualifié requis par le développement rapide de l'industrie pétrolière.

L'IAP, aujourd'hui outil principal de formation du secteur des hydrocarbures est doté de quatre écoles techniques (école de Boumerdes, école de Skikda, école d'Arzew et école de Hassi-Massaoud) ainsi qu'un centre de formation à Ourgla.

Il est lié à la Sonatrach mais en juillet 2020 le conseil des ministres décide la « remise de l'IAP sous l'autorité du ministère de l'enseignement supérieur »

L'institut Algérien du pétrole couvre maintenant tout le secteur des énergies en Algérie.

I.3. Géographique :

Situé à Boumerdes, à 50 km à l'est d'Alger.

Avenue du 1^{er} Novembre 1954, BOUMERDES.

I.4. Historique du logiciel HYSYS :

A la fine des années soixante-dix, des chercheurs du département de génie chimique et pétrole de l'université de Calgary (canada) et leurs associés à la startup « Hyprotech Ltd ». Ont dirigé le

CHAPITRE I : Simulation et optimisation et des procédés

développement d'outils de simulation de processus innovateurs qui deviendra plus tard un standard de l'industrie.

Cette société très prospère est devenue le premier fournisseur canadien de logiciels de simulation et d'ingénierie des procédés pour l'industrie du pétrole et du gaz.

Les réalisations d'Hyprotech :

- Un simulateur de processus interactif (HYSIM).
- Un simulateur de processus orienté objet (HYSYS Process).
- Un simulateur de procédés régime stationnaire intégré et dynamique (HYSYS Plant) ...

En 2001, Hyprotech a atteint un chiffre d'affaires record de plus de 80 millions \$US. Un an plus tard, **Hyprotech** a été **rachetée** par **Aspen Technologies Inc.** Pour 106,1 millions \$US.

Fondé en 1981, AspenTech est né d'un projet de recherche conjointe entre le Massachusetts Institute of Technology (MIT) et le département américain de l'énergie-système avancé pour l'ingénierie des procédés (ASPEN).

Aspen Technologies Inc. (AZPN : NASDAQ) compte plus de 2500 employés dans le monde et est l'une des plus grandes sociétés mondiales de logiciels et de services scientifiques, avec un chiffre d'affaires de 325 millions USD en 2004.

Acquisition du logiciel AspenTech solution, par SONATRACH en Novembre 2015 et déploiement en 2016 [2].

I.5. Définition du simulateur HYSYS :

HYSYS est un simulateur de conception orientée-objets. Tout changement spécifié sur un élément est répercuté dans tout le modèle. C'est un logiciel de simulation interactif intégrant la gestion d'événements (Event Driven) : c'est-à-dire qu'à tout moment, un accès instantané à l'information est possible, de même que toute nouvelle information est traitée sur demande et que les calculs qui en découlent s'effectuent de manière automatique. Il allie le concept d'opérations modulaires à celui de résolution non-séquentielle. Non seulement toute nouvelle information est traitée dès son arrivée mais elle est propagée tout au long du Flowsheet.

CHAPITRE I : Simulation et optimisation et des procédés

I.6. Utilisation de la simulation HYSYS :

Les différentes tâches qu'un simulateur de procédé devrait effectuer sont :

- Dans la conception (engineering) :
 - La résolution de bilans de matière et d'énergie.
 - Le dimensionnement des équipements.
 - L'évaluation économique du procédé.
 - L'optimisation du procédé.
- Dans le suivi des procédés :
 - Réajustement des paramètres de fonctionnement dans le cas des changements de composition de l'alimentation.
 - Détermination de la performance des équipements.

I.7. Structure générale de HYSYS :

HYSYS, comme la majorité des logiciels, est menu d'une interface de communication conviviale. Cette interface permet d'insérer les données de simulation, comme la température, la pression, le débit et la composition comme montre la figure 1.

Cette interface est construite de telle façon à permet aux utilisateurs de choisir le modèle thermodynamique adéquat au type de simulation parmi une variété de modèle avec un accès rapide et simple aux propriétés de ces modèles et des constituants sélectionnés.

Sur le logiciel HYSYS, on trouve une palette dans laquelle toutes les opérations unitaires disponibles sont regroupées sous forme de boutons. L'utilisateur choisira les opérations unitaires qui forment un procédé donné afin d'établir le schéma PFD (process flow diagram).

La résolution de ces opérations unitaires nécessite l'utilisation des méthodes numériques qui sont aussi disponible dans le logiciel.

Après l'exécution du programme et convergence du PFD, HYSYS nous affiche les résultats sous forme tableau ou graphe et nous permet d'élaborer une étude économique ou même un dimensionnement ou une optimisation.

CHAPITRE I : Simulation et optimisation et des procédés

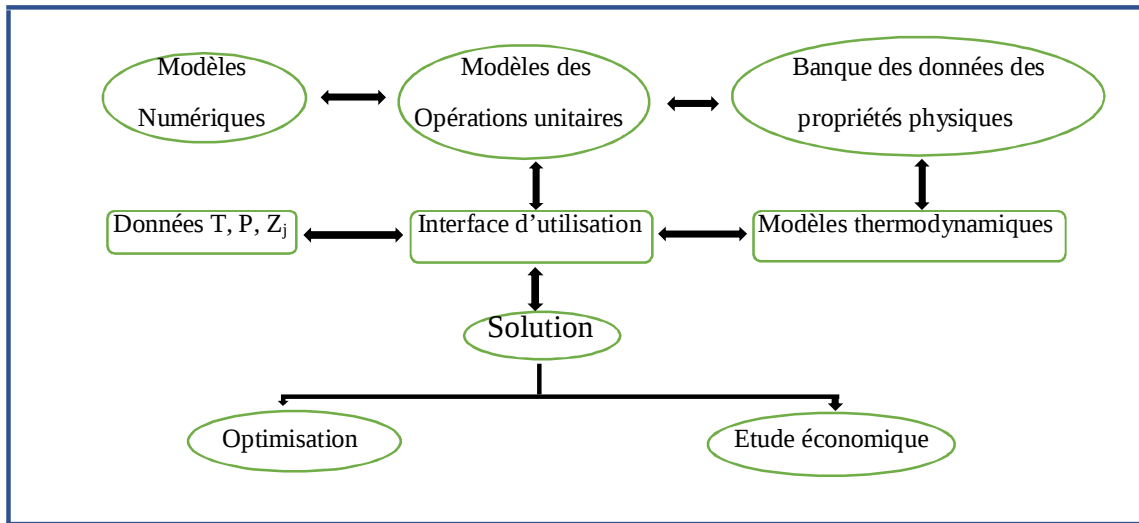


Figure 01 : schéma de structure générale de HYSYS

I.8. Principes de fonctionnement et rôle des simulateurs :

Les simulateurs de procédé, utilisés classiquement dans l'industrie, peuvent être considérés comme des modèles de connaissance. Ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibres thermodynamique. Ils sont à même de fournir l'information de base pour la conception. Ils sont principalement utilisés pour la conception de nouveaux procédés (dimensionnement d'appareil, analyse du fonctionnement pour l'évaluation de changements effectués sur les conditions opératoires. Il faut des modèles pour prédire les propriétés physiques de la matière. C'est pourquoi tous ces simulations disposent d'une base de données thermodynamique contenant les propriétés des corps purs (masse molaire, température d'ébullition sous condition normales, paramètre des lois de tension de vapeur, etc. ...). Cette base de données est enrichie d'un ensemble de modèles thermodynamique permettant d'estimer les propriétés des mélanges. Tout simulateur industriel de procédés chimiques est organisé autour des modules suivants :

- Une base de données des corps et un ensemble de méthodes pour estimer les propriétés des mélanges appelés aussi modèles thermodynamiques.
- Un schéma de procédé permettant de décrire les liaisons entre les différentes opérations unitaires constituant l'unité (PFD Process Flow Diagram).

CHAPITRE I : Simulation et optimisation et des procédés

- Des modules de calcul des différentes opérations unitaires contenant les équations relatives à leur fonctionnement : réacteur chimique, colonne de distillation, colonne de séparation, échangeurs de chaleur, pertes des charges... etc.
- Un ensemble des méthodes numériques de résolution des équations des modèles.

Avec ce type de logiciel, les ingénieurs peuvent à partir de la donnée des corps purs présents dans le procédé et du schéma de procédé, développer un modèle du processus reposant sur la mise en commun des équations décrivant les différentes opérations unitaires, les réactions chimiques, les propriétés des substances et des mélanges. Ils pouvant aussi communiquer avec d'autres applications comme Excel, Visual Basic et Matlab [3].

CHAPITRE II

Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

II.1. INTRODUCTION :

De jour en jour, l'énergie occupe une place prépondérante dans la vie de l'être humaine.

Aujourd'hui le gaz de pétrole liquéfié est considéré comme une grande source d'énergie, il améliore sa place sur le marché et contribue à la satisfaction des besoins énergétiques nationaux et internationaux.

Il s'est imposé essentiellement grâce à ces caractéristiques propres, sa souplesse d'utilisation en tant que combustible dans les différentes applications, son coût raisonnable qui présente son stockage et, son transport, son prix compétitif, et d'autres avantages du point de vue écologique.

L'industrie du GPL s'est développée rapidement au cours de ces dernières années, il existe plus de quatre millions de véhicules roulants au GPL dans le monde.

Se trouvant parmi les principales du GPL dans le monde, l'Algérie est considérée comme la deuxième zone exportatrice du GPL après l'Arabie Saoudite, c'est un fournisseur privilégié du marché environnement, dont celui de l'Europe.

Le GPL est commercialisé dans notre pays depuis les années soixante, au cours desquelles les bouteilles de butane et du propane ont fait leur apparition pour l'usage domestique. L'atout majeur du GPL est la réduction importante des gaz résultants après sa combustion considérée comme l'une des préoccupations prioritaires de l'heure à travers le monde, l'utilisation du GPL est de réduire jusqu'à 60% des émissions de carbone.

II.2. Le gaz naturel :

II.2.1. Définition :

Le gaz naturel est une énergie primaire bien répartie dans le monde, propane et plus en plus utilisée. Elle dispose de nombreuses qualités abondance relative, souplesse d'utilisation, qualités écologiques, prix compétitifs. La mise en œuvre de cette énergie repose sur la maîtrise technique de l'ensemble de la chaîne gazière, qui va de l'extraction aux utilisateurs, en passant par le stockage, le transport, et la distribution.

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

Le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le mélange charbon ou le lignite. C'est un mélange dont le constituant principal de 75% à 95% de méthane (CH_4).

II.2.2. Composition de gaz naturel :

Un gaz naturel (de formule générale $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$) est constitué d'une multitude de composés chimique dans des proportions qui varient selon le type de gaz. Le principal constituant d'un gaz naturel reste le méthane (CH_4), un gaz sec qui représente généralement une moyenne de 80 à 95% du volume total du gaz. Viennent ensuite l'éthane C_2H_6 (1 à 6%), le propane – C_3H_8 (0.5 à 1%), le butane - C_4H_{10} (0.1 à 0.5%) et beaucoup d'autre constituants en traces parfois insignifiantes (pentane- C_5H_{12} , diazote- N_2 , dioxyde de carbone- CO_2 , gaz sulfurique- H_2S , etc...). Le méthane et le propane forment le gaz sec, le propane et le butane (C_5H_{12}) correspond au condensat [4].

II.2.3. Pouvoir calorifique d'un gaz naturel :

En plus de sa teneur en produits pétroliers, le gaz naturel a aussi sa teneur énergétique, ou pouvoir calorifique, correspondant à la quantité d'énergie contenue dans un volume de gaz donné, autrement dit le nombre de calories (chaleur) libérées par la combustion de ce volume de gaz. Une calorie est définie comme étant la quantité d'énergie nécessaire pour élever d'un degré Celsius (1°C) la température d'un gramme d'eau, se trouvant à 15°C et sous une pression de un (01) atmosphère [4].

II.3. Le gaz de pétrole liquéfié GPL :

II.3.1. Historique des GPL :

C'est du processus de croissance du marché des produits pétroliers qu'un ingénieur de la Riverside oil compagny en virginie (20^{ème} siècle) a découvert les gaz de pétrole liquéfié (GPL) [5].

Le 24 décembre 1910, H, stukeman réussit pour la première fois à obtenir les 658 premiers litres de GPL liquide. Cet ingénieur avait entrepris ses travaux sous l'impulsion de son directeur général, A.N. Kerr, qui dirigeait la raffinerie. Ce dernier se trouvait depuis un certain temps confronté au problème de l'évaporation des essences minérales (extraites du gaz naturel associé aux gisements de pétrole) qui étaient stockées dans des bacs à ciel ouvert. Pour limiter ses pertes,

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

il eut l'idée de récupérer les vapeurs et d'essayer de les recondenser ; ainsi étaient nés les Gaz de Pétrole Liquéfiés (GPL) [6].

C'est en 1912 que fut expérimentée la première installation domestique au GPL. Dans la même année, la carburation automobile au GPL fit ses premiers pas. Le pré-développement de cette invention prit cependant une dizaine d'années. En 1922, les statistiques officielles font état de 417 tonnes de GPL vendues dans l'ensemble des Etats-Unis. Les compagnies pétrolières commencent à s'intéresser au GPL et le commercialisent dès 1927, l'impulsion est alors donnée et en 1930, vingt ans après leur découverte, la consommation de GPL aux Etats-Unis atteignait 32200 tonnes.

Pour l'Europe, c'est en France que débutera le GPL en 1932, en usage domestique. En revanche, le GPL carburant n'y a été autorisé qu'en 1979 [6].

En Algérie suite à une phase d'étude et d'expérimentation entamée en 1977, la décision d'introduire le GPL carburant « sirghaz » est intervenue en 1983 avec l'adoption de la bicarburation et la mise en place de la réglementation liée aux conditions d'utilisation et de distribution du GPL/c [7].

II.3.2. Définition :

Le gaz du pétrole liquéfié appelé communément GPL ; est un mélange gazeux d'hydrocarbures composé essentiellement du butane et du propane à la température ambiante et à la pression atmosphérique, mais il peut demeurer à l'état liquide sous des pressions relativement basse dans un volume réduit, ce qui permet de le transporter plus facilement que les gaz non condensables

(Méthane, Ethane) qui exigent de pressions très élevées.

Les GPL appartiennent à la famille des paraffines et sont composés essentiellement du C_3H_8 , C_4H_{10} avec de faible proportion de CH_4 , C_2H_6 et C_5H_{12} [8].

II.3.3. Le GPL en Algérie :

Dans les pays pétrolier et gazier comme l'Algérie, l'industrie des GPL est méconnue du grand public. En Algérie la majeure partie de GPL provient des champs (79%) suite à la séparation du gaz et du traitement du pétrole brut, soit 4,35 millions de tonnes, l'autre partie est produite au niveau des raffineries du pétrole de Skikda ; Alger et Arzew (10%) [9].

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

II.3.4. L'origine de GPL :

Les gaz de pétrole liquéfié sont obtenus principalement :

- Dans les raffineries de pétrole, en cours de la distillation du pétrole brut.
- Au cours des opérations de dégazolinage du gaz naturel sur les champs de production, pour obtenir les productions condensables (butane et propane).
- Une grande partie des GPL proviennent des champs pétroliers et pendant la liquéfaction du gaz naturel [10].

II.3.5. L'utilisation de GPL :

II.3.5.a. Le GPL dans l'agriculture :

Les GPL sont souvent utilisés dans les secteurs agricoles pour la déshydratation et le séchage des végétaux, le chauffage des serres, le désherbage thermique (en substitution de produits chimique), comme carburant pour les véhicules agricoles et comme insectifuge.

Energie moderne et écologique, les GPL peuvent jouer un rôle essentiel dans le développement de l'agriculture [11].

II.3.5.b. Le GPL dans l'automobile :

Le GPL est le carburant alternatif le plus facilement remplaçable aux carburants traditionnels (essence et gazole). Il est l'alternative la plus utilisée dans le monde avec plus de 13 millions de véhicules. L'intérêt majeur du GPL carburant réside dans ses très faibles émissions de polluants en comparaison des carburants les plus courants, essence et gazole.

Il permet ainsi de diminuer l'impact sur l'environnement et la santé humaine tout en contribuant aussi à limiter les émissions de gaz à effet de serre [11]. Ils sont aussi d'une qualité de combustion complète aucunes particules.

II.3.5.c. Le GPL dans les loisirs :

La transportabilité des GPL, les gaz butane et propane, et leur caractéristique environnementale en font un combustible idéal pour les applications de loisirs, à la fois sur terre comme sur l'eau. Que l'on soit sous une tente, en camping-car ou en caravane, les GPL sont couramment utilisés comme combustible de cuisson. Sur un terrain de camping ou même dans son jardin, un barbecue alimenté aux GPL assure une température constante tout en limitant les émissions de

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

CO₂. des plus, le GPL limite les émissions néfastes de polluant locaux (pas de suie- pas de particules, par exemple), il est donc un partenaire important pour profiter de la nature et de la vie en plein air. Facilement transportable, avec beaucoup de possibilités de conditionnement, les GPL sont l'énergie la plus flexible d'utilisation. Ils répondent ainsi parfaitement aux besoins de millions d'amateurs de loisirs de plein air dans le monde entier [11].

II.3.5.d. Le GPL dans la cuisiner :

Cuisiner est une des activités nécessaires les plus énergivores au monde. Dans les pays industrialisés, les consommateurs ont la possibilité généralement de choisir une cuisinière ou un four fonctionnant au propane (le GPL), au gaz naturel ou à l'électricité.

Dans les pays en voie de développement, la majorité utilisent des combustibles locaux (par exemple le bois, les résidus de récolte ou les déjections animales) avec des incidences néfastes pour la santé (particules- produit chimiques- suie...).

II.3.5.e. Le GPL dans le chauffage :

Maisons et hôtels imposent une source d'énergie faible pour une multitude d'applications comprenant le chauffage central, l'eau chaude, le chauffage des piscines voire la climatisation, par exemple, en sus de la cuisson. Les GPL peuvent répondre à tous ces besoins et présentent l'avantage supplémentaire de garantir particuliers et entreprises des risques de ruptures ou de fluctuation d'alimentation en énergie [11].

II.3.5.f. Le GPL dans la production d'énergie :

Les GPL étant les seuls combustibles conventionnels, à la fois disponible, accessible partout et plus propres, ils sont le complément naturel des énergies renouvelable : ils apportent l'énergie nécessaire quand les éléments naturels (air, soleil, eau) ne sont pas ou plus à même d'en fournir. Ils permettent également la production localisée d'électricité grâce à des générateurs indépendants et à la micro cogénération. Pour ces productions autonomes d'énergie, l'empreinte carbone des GPL est plus faible que celle du charbon, du fuel ou de l'essence [11].

II.3.5.g. Le GPL dans l'industrie :

Les GPL soutiennent un éventail de procédés industriels et de services, notamment là où une grande précision et flexibilité dans les températures de procédé, ainsi qu'une forte flamme sont nécessaires.

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

Il s'agit d'un carburant polyvalent idéalement utilisé dans de nombreuses applications industrielles et procédés de production. Ceux-ci incluent le chauffage de l'espace, du procédé et de l'eau, le traitement des métaux, le séchage, la production alimentaire, la production pétrochimique les **18%** de la production mondiale des GPL sont destinés à l'industrie pétrochimique dans le but d'obtenir des produits finaux ou des produits semi finaux pour les autres industries chimiques, dans laquelle **18%** des GPL consommés en pétrochimie et **10%** en éthylène. On transformation des GPL ; le propane, le n-butane et l'isobutane [12].

Ainsi que l'alimentation des fours industriels, des fours et des fours, entre autres [13].

II.3.6. Les caractéristiques du GPL :

- Les GPL sont incolores, inodores, mais pour des raisons de spécification, ils doivent présenter une odeur caractéristique.
- Les GPL ont particularité de se trouve à l'état gazeux à température ambiante et à pression atmosphérique, et de passe à l'état liquide sous une pression de quelques bars seulement.
- Les GPL ne sont pas corrosifs vis-à-vis de l'acier, ce qui facilite considérablement leurs transports et leur stockage dans des canalisations et des bacs en acier.
- Le GPL a une tension de vapeur à (20°C) égale à 2 bars pour le butane et 8 bars pour le propane.
- La température d'ébullition à la pression atmosphérique est de (-6° C) pour le butane et (-42°C) pour le propane.
- A pression atmosphérique, il se liquéfie à une température de l'ordre de (-30°C).

II.3.7. Les risques des GPL :

Les GPL fréquemment stockés à l'état liquide sous pression, la fuite du liquide peut, par évaporation rapide, donner un grand volume de gaz inflammable.

La limite inférieure d'inflammabilité du gaz approximativement à **2%** du volume du gaz dans l'air. Une petite portion de gaz dans l'air peut donner un mélange inflammable qui peut être enflammé par un élément chaud ou une étincelle à distance d'un point de fuite.

Les GPL liquides par évaporations peuvent causer des brûlures sévères, des vêtements de protection doivent être portés (gants, lunettes).

CHAPITRE II : Généralités Sur Le Gaz Du Pétrole Liquéfié Et Le Gaz Naturel

II.3.8. Avantages et inconvénients techniques de GPL :

- L'homogénéité du mélange air-GPL donne une meilleure régularité du couple moteur aux bas régimes mais perd environ 58% de puissance à haut régime, les reprises se font plus souples. Le fonctionnement du moteur est plus silencieux et les vibrations diminuent contrairement aux carburants classiques. La combustion du GPL ne laisse aucun dépôt et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue. Les révisions peuvent être espacées tous les 30000 km.
- La surconsommation des GPLC est l'ordre de 15 à 20% par rapport aux carburants traditionnels. Toutefois, les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles une version GPL /c avec réservoir intégré.
- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation urbaine.
- Les GPL carburant répondent bien aux problèmes de pollution des villes [9].

CONCLUSION :

Les GPL est une source disponible qui peut être utilisée pratiquement n'importe où, en émettant 35% moins de CO₂ que le charbon et 12% moins que le naphta. Il n'émet aussi presque aucun carbone [14].

Les GPL offrent des avantages du point de vue de la qualité de l'air. Il est caractérisé par les émissions de particules basses comme NOx, les émissions de faible teneur en soufre [14].

Finalement, on peut conclure que les GPL peuvent être utilisés dans tous les secteurs tertiaires et industriels en tant que combustible, dans la pétrochimie en tant que charge et dans les secteurs de transport en tant que carburant et pour la production d'électricité

Chapitre III

La récupération de GPL

Chapitre III : la récupération de GPL

Chapitre III : la récupération de GPL.

III.1. ABSORPTION :

III.1.1. Généralités sur le procédé d'absorption [15] :

La plupart des procédés physiques de fractionnement font appel au transfert de, matière entre deux phases.

- La phase liquide-vapeur pour la distillation et l'absorption.
- La phase liquide-liquide l'extraction par solvant.

Dont le but de la récupération et de la séparation des hydrocarbures légers de la fraction C_5^+ on peut utiliser la distillation cependant, l'examen des points critiques des constituants légers montre que pour les récupérer en tête de colonne dans le ballon de reflux à l'état liquide nécessite des températures basses en dépit des pressions élevées, telles qu'un cycle de réfrigération coûteux et indispensable. Pour réaliser la condensation on préfère dans ces cas utiliser l'absorption ; c'est une opération, qui consiste à faire circuler à contre-courant dans une colonne à plateaux ou à garnissage, le gaz à fractionner et une huile d'absorption. Elle est basée sur la séparation physique ou physico-chimique d'un ou plusieurs constituants d'un mélange gazeux pur par lavage des solutions liquides dans lesquelles ce ou ces constituants sont solubles.

III.1.2. Principe d'absorption [15] :

Pour que l'absorption soit possible, il faut que la pression partielle de soluté dans le gaz doit être supérieure à sa pression partielle dans l'absorption, c'est-à-dire que le gaz et l'absorption ne peuvent pas être en équilibre, c'est cette différence des pressions partielles de soluté repartie dans le mélange gazeux et le liquide qui constitue le facteur de potentialité de l'échange de telle sorte que l'absorption est d'autant plus efficace que la différence de pression est plus forte.

III.1.3. Les Principaux Avantages de l'absorption [15] :

Adaptable à beaucoup de secteurs industriels notamment les industries chimiques, pharmaceutiques, les stations d'épuration d'eaux urbaines, les fabrications d'engrais organiques, etc...

- Bonne efficacité d'abattement ($> 95\%$) sur une large gamme de débits, de concentrations et de composés.

Chapitre III : la récupération de GPL

- Les performances d'épuration par lavage dépassent très souvent 95% atteignant même plus de 98% dans de nombreux cas.
- De plus, il convient de noter que le domaine d'application des procédés d'absorption est très large : les débits de gaz à traiter peuvent être compris entre 1000 et 100 000 m³.h⁻¹ et les concentrations en polluant peuvent varier de 200 mg.m⁻³ à 30 g.m⁻³ suivant le secteur d'activité.
- Adaptable à de fortes concentrations en polluants et à de brusques variations de charge.
- Flexibilité et régularité de traitement.
- Mise en route du procédé et redémarrage immédiats.

III.1.4. Principal inconvénient du traitement par absorption [15] :

Son principal inconvénient est son coût de fonctionnement. En effet, lorsqu'une réaction chimique est mise en œuvre, la consommation en réactifs chimiques induit un coût non négligeable.

III.2. TURBO-EXPANDER :

III.2.1. Généralités sur le turbo-Expander :

Un Turbo-Expander est une machine qui convertit l'énergie d'un gaz ou de la vapeur d'eau en un travail mécanique lors de son expansion dans la turbine.

Cette expansion se faisant très rapidement, cela réduit énormément la quantité de chaleur cédée ou reçue par le système, en conséquence et en accord avec la 1^{ère} loi de thermodynamique, l'énergie interne du gaz décroît lorsque le travail est fait ce qui a pour résultat une grande baisse de température. Ce qui donne alors au turbo-expander la possibilité de travailler soit comme producteur du froid soit comme producteur du travail mécanique dans les circuits de puissance, d'où la grande utilisation des turbo-expander dans le domaine de la cryogénie pour la production du froid.

III.2.2. L'utilisation de turbo-Expander [16] :

La forte détente de pression du gaz trouve des applications principalement dans l'industrie du gaz :

- Récupération de condensats de gaz naturel.
- La production d'oxygène par séparation de l'air.

Chapitre III : la récupération de GPL

- En pétrochimie « récupération d'éthylène à partir de gaz pyrolyse ».
- Dans toutes ces applications on vise la production de froid en premier lieu et parfois l'adaptation de la pression de gaz au procédé mise en œuvre.

III.2.3. Les principaux avantages de Turbo-Expander :

- Bien adapté à la récupération de l'éthane et à la récupération profonde du GPL.
- Le travail de détente est récupéré (compression partielle du gaz résiduaire).
- Bien adapté à la récupération du C₂ à partir de gaz léger (faible teneur en LGN dans le gaz de charge).

III.2.4. Les principaux des inconvénients de Turbo-Expander :

- Fortement dépendant de la pression et température du gaz de charge.
- Sensible aux variations de qualité du gaz de charge.
- Nécessité d'éliminer les contaminants en amont (H₂O, CO₂, Hg).
- Nécessite généralement une compression supplémentaire.
- Nécessite parfois une réfrigération externe (pour un gaz riche et une récupération élevée de C₂⁺).

III.2.5. Le rôle de turbo-expander :

Dans le processus global de l'usine de traitement de gaz naturel, le turbo-expander a deux rôles assimilés. Le premier est la génération du froid. Ce froid nous permet de récupérer les produits lourds (GPL et condensat) contenus dans le gaz et le deuxième est la récupération de l'énergie mécanique pour entraîner le compresseur afin de comprimer le gaz résiduel [17].

Chapitre IV

Calculs Et Résultats

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

IV.1. Simulation du procédé de récupération par Turbo-Expender :

IV.1.a. Description du procédé :

Le gaz alimentant chaque train de GPL se divise en deux courants :

- Le premier courant passe dans l'échangeur E-01 afin d'être refroidi à -1.5°C en échangeant de la chaleur avec le courant de gaz froid provenant du séparateur de sortie du Turbo-Expender (V-09).
- Le deuxième courant sort de l'échangeur E-02 à -5°C en échangeant de la chaleur avec le courant de gaz froid provenant du ballon de tête du déethaniseur (V-10).

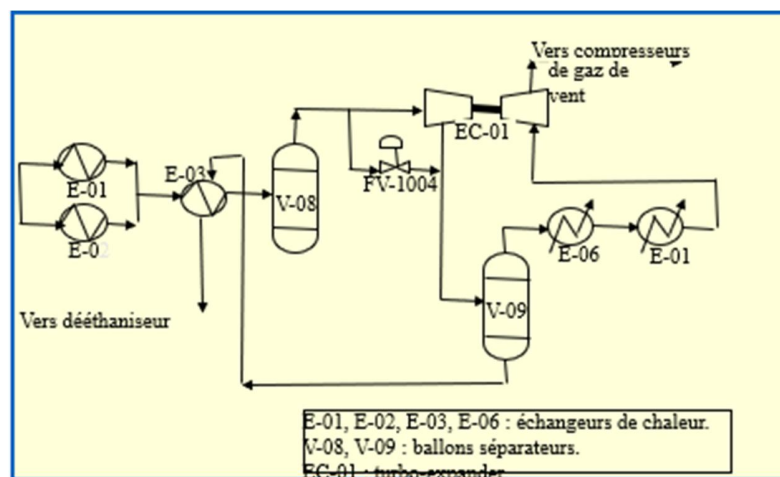


Figure 02 : schéma de Section de refroidissement

Les deux courants de gaz se rejoignent et sont refroidis dans l'échangeur E-03 par le liquide froid en provenance du séparateur de sortie du Turbo-Expender (V-09).

La température de sortie de E-03 est régulisée automatiquement à -15°C .

Le gaz refroidi vers le séparateur d'entrée du Turbo-Expender (V-08) où le liquide présent dans le courant est séparé du gaz lequel va alimenter l'expander.

L'effluent biphasique de l'expander est séparé dans le séparateur de sortie de l'expander (V-09)

Le mélange biphasique à la sortie du Turbo-Expender est fourni à -56°C et 38 bar.

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Les gaz sont en suit réchauffés dans le condenseur de tête du dééthaniseur (E-06) à -38°C et l'échangeur primaire gaz/gaz (E-01) à 50°C avant d'être repris par le turbocompresseur.

L'effluent liquide du V-09, réchauffé à -5°C par l'échangeur E-03, alimente le dééthaniseur (T-01) au niveau de 15^{ème} plateau.

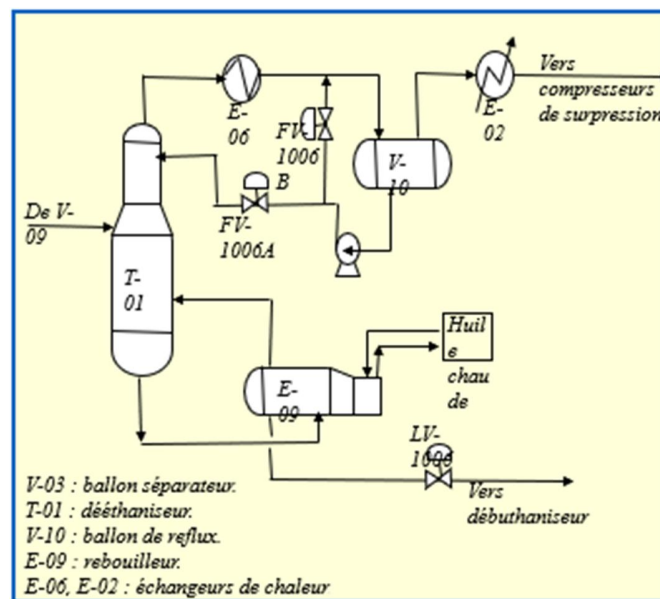


Figure 03 : schéma de Section de séparation-dééthaniseur

Le dééthaniseur contient 35 plateaux. L'effluent de tête du dééthaniseur (-19.8°C / 29bar) se condense partiellement à -36.5°C dans le ballon V-10 en passant par l'échangeur E-06.

Les non condensables en tête du dééthaniseur sont réchauffés au travers de E-02. Combinés avec le gaz du compresseur de l'expander (EC-01).

- Le liquide du ballon de reflux V-10 retourne vers la colonne.
- Le produit liquide du dééthaniseur alimente le 15^{ème} plateau du débuthaniseur.

Le débuthaniseur contient 35 plateaux. L'effluent de tête (66°C / 15 bar) se condense totalement dans le ballon V-11 à 53°C en passant par l'aéroréfrigérant AE-02.

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

- Une fraction du liquide du ballon de tête (V-11) est utilisée comme reflux et le reste est envoyé au stockage comme produit GPL après avoir été refroidi à 45°C dans E-11.
- Le produit liquide du fond du débuthaniseur, condensat, est refroidi avant d'être envoyé vers l'aire de stockage.

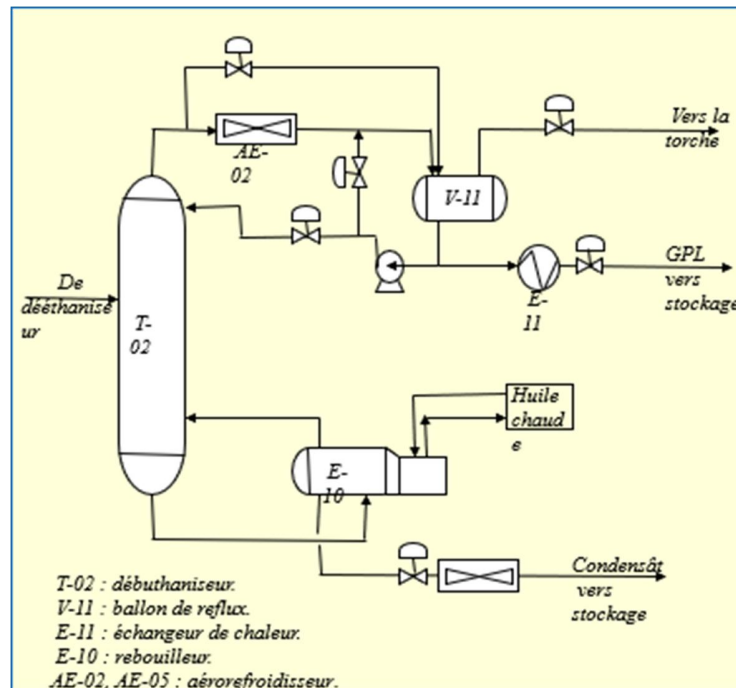


Figure 04 : schéma de Section de séparation -débuthaniseur

La teneur en GPL dans le condensat est ajustée en contrôlant la température à 141°C au 30^{ème} plateau de la colonne. Le control de cette température est réalisé en jouant sur le débit d'huile chaude vers E-10.

IV.1.b. Données de la simulation :

➤ Alimentation :

Les données de l'alimentation de l'unité (Stream 10) sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Tableau 01 : Alimentation Stream 10.

ALIMENTATION		
Conditions	Température (°C)	60
	Pression (bar_g)	94.68
	Débit (Kgmole/hr)	29947.92
Composition (Kgmole/hr)	CO2	182.68
	N2	32.94
	C1	25557.57
	C2	2563.53
	C3	997.26
	IC4	251.56
	NC4	239.58
	IC5	62.89
	NC5	32.94
	NC6	17.97
	NC7	8.98

Les données de l'alimentation de l'unité (reflux T01) sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 02 : Alimentation de Reflux T-01

REFLUX T01		
Conditions	Température (°C)	-36.5
	Pression (bar-g)	29
	Débit (kgmol/hr)	1763.89
Composition (Kgmol/hr)	CO2	19.78
	N2	0.05
	C1	413.77
	C2	1254.27

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Composition (Kgmol/hr)	C3	75.2
	IC4	0.09
	NC4	0.01
	IC5	0
	NC5	0
	NC6	0
	NC7	0

Donnée de l'alimentation de l'unité (reflux T-02) sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 03 : Alimentation de Reflux T-02

REFLUX T-02		
Conditions	Température (°C)	53.5
	Pression (bar-g)	15.00
	Débit (kgmol/hr)	1137.9
Composition (Kgmol/hr)	CO2	0
	N2	0
	C1	0
	C2	31.25
	C3	682.18
	IC4	211.77
	NC4	209.62
	IC5	2.78
	NC5	0.29
	NC6	0
	NC7	0

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

➤ Equipement :

Tableau 04 : Les données des équipements de l'unité de récupération du GPL

Echangeur	E-01	F(11) = 26653.65 T(12) = -1.5 P(12) = 93.98 P (26D) = 37.30
	E-02	T(14) = -5 P(14) = 93.98 P(30) = 27.10
	E-03	T(16) = -15 P(16) = 93.38 P(22) = 30
	E-06	P(26) = 39 T(29) = -36.5 P(29) = 28
	AE-02	T (63B) = 53 P (63B) = 14.50 F (63B) = 1137.8
	E-11	T (26C) = 44.2 P (26C) = 38.30 P (GPL B) = 13.90
	AE-05	T(33) = 55 P(33) = 50.10
Valve	VLV-100	P (21V) = 32
Expander	EC-01	T(19) = -56 P(19) = 38
Pompe	P-100	P (reflux) = 29.5 τ = 75%
	P-101	P (reflux) = 15 τ = 75%
TEE	T-101	F (26B) = 401.1
Compresseur	K-101	T(28) = 77 P(28) = 50.40
Colonne	T-01	N_p/N_A = 35/15 P_{cond} = 29.5 P_{reb} = 30 T_{30} = 80
	T-02	N_p/N_A = 35/15 P_{cond} = 15 P_{reb} = 15.50 T_{30} = 141
P (bar_g) T (°C) F (Kmol/h)		

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

IV.1.C. Schéma de simulation :

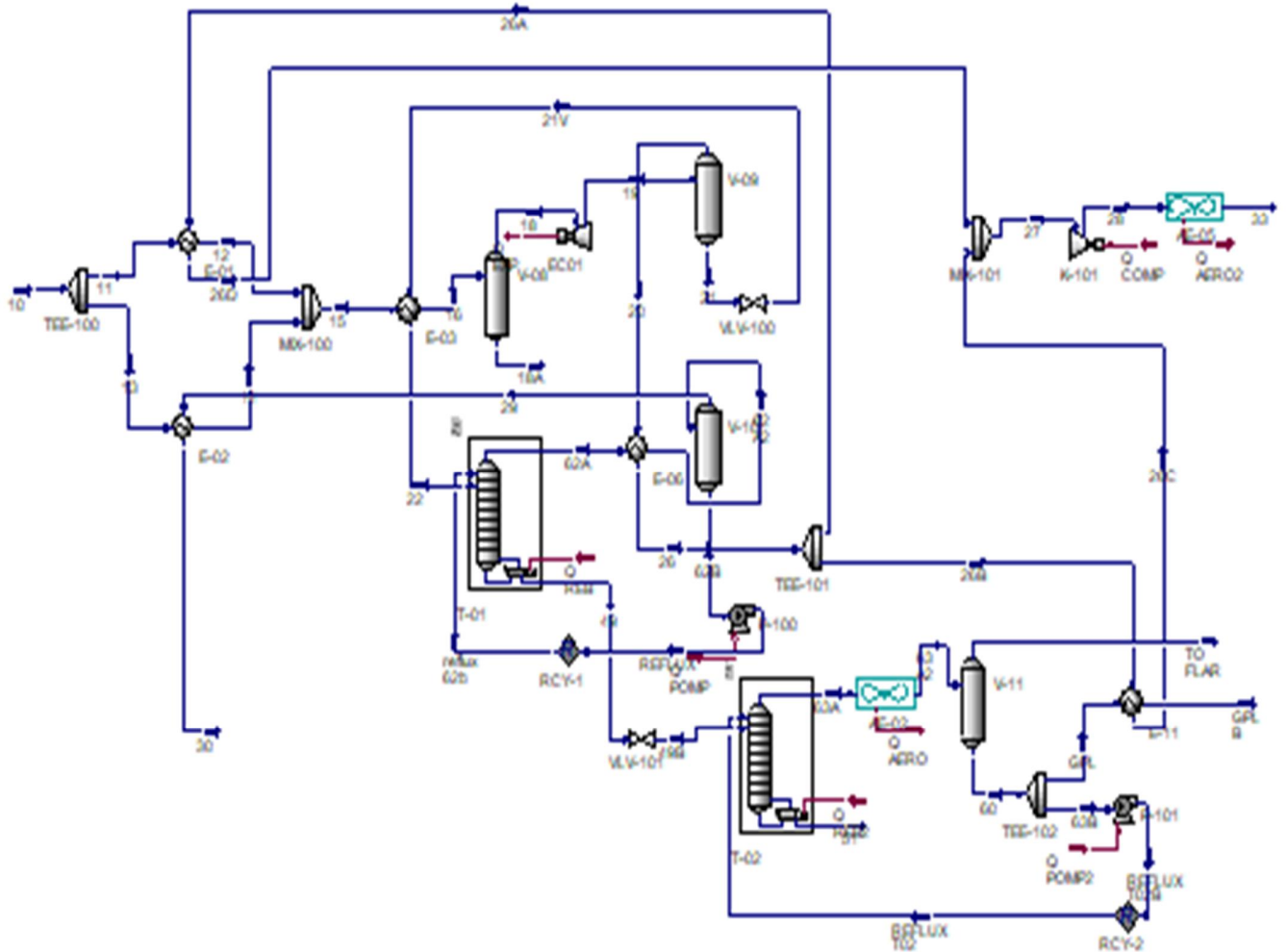


Figure 05 : schéma de Procédé de récupération de GPL par Turbo-Expander

IV.1.d. Calculs du taux de récupération et des pertes :

Afin de vérifier les performances de l'unité de récupération du GPL par turbo-expander, nous avons calculée le taux de récupération du GPL selon la relation suivante (1) :

$$\tau_{\text{GPL}} = \frac{(\text{Propan} + i\text{Butane} + N\text{Butane})_{\text{produit GPL}} \times 100\%}{(\text{Propan} + i\text{Butane} + N\text{Butane})_{\text{Alimentation}}} \quad (1)$$

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Les pertes en GPL dans le produit GN sont exprimées avec la relation ci-dessous (2) :

$$Pert\ gpl/gn = \frac{(Propan+iButane+NButane)produit\ GN*100\%}{(Propan+iButane+NButane)Alimentation} \quad (2)$$

Les pertes en GPL dans le produit condensat sont exprimées selon la relation suivante (3) :

$$Pert\ gpl/cond = \frac{(Propan+iButane+NButane)produit\ cond*100\%}{(Propan+iButane+NButane)Alimentation} \quad (3)$$

Les calculs sont établis en utilisant l'opération Spreadsheet dans HYSYS.

Le tableau 05 ci-dessous montre la feuille de calcul établi.

Tableau 05 : Tableau des résultats de récupération de GPL par turbo-expander :

	A	B	C	D	E	F
1	alim	alim10	produit gpl	produit cond 51	gn1	gn2
2	c3	997,2600 kgmole/h	757,6949 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	11,4296 kgmole/h	226,4187 kgmole/h
3	ic4	251,5600 kgmole/h	228,2630 kgmole/h	0,0307 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	23,5501 kgmole/h
4	nc4	239,5800 kgmole/h	223,7571 kgmole/h	1,0530 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	15,0477 kgmole/h
5	ic5	62,8900 kgmole/h	1209,7151 kgmole/h	60,5825 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	1,4859 kgmole/h
6	nc5	32,9400 kgmole/h		32,3558 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	0,5308 kgmole/h
7	nc6	17,9700 kgmole/h		17,8934 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	0,0766 kgmole/h
8	nc7	8,9800 kgmole/h		8,9695 kgmole/h	0,0000 kgmole/h	0,0105 kgmole/h
9	gpl/alim	1488,4000 kgmole/h		120,8849 kgmole/h		
10	ic5+/alim	122,7800 kgmole/h				
11	gpl/gn	276,4461 kgmole/h				
12	gpl%/gn	18,57				
13	taux recup gpl	81,28				
14	gpl/cond	7,281e-002				

Les résultats de tableau 05 sont obtenus selon les calculs suivant :

- **Taux de récupération de GPL :**

On a : $\tau = +C5 * 100 / B9$

Avec : $C5 = +C2 +C3 +C5$

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Donc : $C5 = 757.6949 + 228.2630 + 223.7571$

$$C5 = 1209.7151 \text{ kg mole/h}$$

Et $B9 = +B2 + B3 + B4$

Donc : $B9 = 997.26 + 251.56 + 239.58$

$$B9 = 1488.4 \text{ kg mole/h}$$

Alors :
$$\tau = \frac{1209.7151 \cdot 100}{1488.4}$$

$$\tau = 81.28 \%$$

- **Pert de GPL en GN :**

On a: $gpl \% / gn = +B11 \cdot 100 / B9$

Avec $B11 = +E2 + E3 + E4 + F2 + F3 + F4$

Donc $B11 = 11.4296 + 0 + 0 + 226.4187 + 23.5501 + 15.0477$

$$B11 = 276.4461 \text{ kg mole/h}$$

Alors :
$$gpl \% / gn = \frac{276.4461 \cdot 100\%}{1488.4}$$

$$gpl \% / gn = 18.57\%$$

- **Pert de GPL en Condensa :**

On a
$$gpl \% / cond = \frac{(D2 + D3 + D4) \cdot 100\%}{B9}$$

$$gpl \% / cond = \frac{(0 + 0.0307 + 1.0530) \cdot 100\%}{1488.4}$$

$$gpl \% / cond = 7.281 \cdot 10^{-2} \%$$

Conclusion :

Selon les résultats obtenus nous remarquons que lorsque la température diminue est jusqu'à certaine limite (-56 °C) et la pression un augmente à (38 bar-g) la quantité de récupération du GPL augmente au niveau de l'expander EC-01.

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Le produit de tête de la colonne de déethanisation est composé essentiellement des incondensables et appelé GN.

Le produit de fond de la colonne déethanisation est dirigé vers le débutaniseur passant par le côté calandre du E-101.

La colonne débutanisation permet de récupérer les GPL en tête de la colonne après condensation totale dans le ballon de reflux. Le produit de fond de cette colonne est envoyé vers le ballon V-100 passant par E-101 côté tube, E-100 côté tube et l'aéroréfrigérant de condensât E-403.

Une partie du produit liquide issu dans le ballon de condensation est considéré comme le produit-- condensat envoyé vers la zone de stockage. Le reste est refroidi via le chiller E-102 respectivement avant de rejoindre la tête de la colonne de déethanisation comme solvant.

IV.2.b. Données de la Simulation :

➤ Alimentation :

La colonne T-100 est alimentée par deux flux de matière :

Tableau 06 : Alimentation vapeur et l'alimentation liquide

		Alim vapeur	Alim liquide
Conditions	Température (°C)	30.8	32
	Pression (kg/cm ² _g)	24.7	25.5
	Débit (kg/hr)	25980	147549
Composition (Kg mol/h)	N2	24.9	1.3
	CO2	3.5	1.4
	C1	863.5	152.2
	C2	175.8	156.7
	C3	72.7	194
	IC4	12.1	76.9
	NC4	18.6	163.8
	IC5	3.8	72.6
	NC5	4.2	104.5

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Composition (Kgmol/hr)	NC6	2.3	152.7
	NC7	0.9	155.2
	NC8	0.3	127.7
	NC9	0.1	105.8
	NC10	0	77.4
	NC11	0	60.8
	NC12	0	163.6

Pour calculer la colonne, on donne une estimation initiale de l'alimentation en solvant comme suit :

Tableau 07 : Alimentation 243

		243
Conditions	Température (°C)	7
	Pression (kg/cm ² _g)	22.1
	Débit (kg/hr)	82544
Composition (Kg mol/h)	N2	0
	CO2	0
	C1	0
	C2	0
Composition (Kg mol/h)	C3	4.2
	IC4	7.6
	NC4	22.8
	IC5	48.7
	NC5	71.4
	NC6	104.9
	NC7	106.5
	NC8	87.7
	NC9	72.6
	NC10	53.1

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Composition (Kg mol/h)	NC11	41.2
	NC12	111.8

Le produit de fond de la colonne de régénération (238) est utilisé pour chauffer le soutirage latéral (226) avant de l'introduire une autre fois dans la colonne d'absorption. Une estimation initiale des conditions du flux (238) est donnée comme suite.

Tableau 08 : Alimentation 238

		238
Conditions	Température (°C)	202.3
	Pression (kg/cm ² _g)	14.9
	Débit (kg/hr)	203014
Composition (Kg mol/h)	N2	0
	CO2	0
	C1	0
	C2	0
	C3	10.4
	IC4	18.7
	NC4	56
	IC5	119.8
Composition (Kg mol/h)	NC5	175.6
	NC6	258
	NC7	252
	NC8	215.6
	NC9	178.6
	NC10	130.6
	NC11	101.1
	NC12	274.9

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

➤ Equipement :

Tableau 09 : Les données des équipements de l'unité de récupération du GPL

Colonne

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

IV.2.d. Les calculs du taux de récupération et des pertes :

Afin de vérifier les performances de l'unité de récupération du GPL par absorption, nous avons utilisé les mêmes relations indiquées dans la vérification des performances du procédé de récupération par TURBO-EXPANDER données par les formules (1), (2) et (3).

Les calculs sont établis en utilisant l'opération Spreadsheet dans HYSYS, la figure ci-dessous montre la feuille de calcul établie.

Tableau 10 : Tableau de résultat de la récupération de GPL par absorption :

	A	B	C	D	E	F	G
1	alimentaion	liquide	vap	produit gpl 234	produit cond 240	gn223	gpl/gn
2	c3	194,0000 kgmole/h	72,7000 kgmole/h	236,4048 kgmole/h	14,0082 kgmole/h	16,1763 kgmole/h	27,6020 kgmole/h
3	ic4	76,9000 kgmole/h	12,1000 kgmole/h	67,2443 kgmole/h	17,8395 kgmole/h	3,8334 kgmole/h	
4	nc4	163,8000 kgmole/h	18,6000 kgmole/h	124,3620 kgmole/h	50,1957 kgmole/h	7,5923 kgmole/h	
5	ic5	72,6000 kgmole/h	3,8000 kgmole/h	428,0111 kgmole/h	70,4490 kgmole/h	4,3044 kgmole/h	
6	nc5	104,5000 kgmole/h	4,2000 kgmole/h		103,8445 kgmole/h	4,7601 kgmole/h	
7	nc6	152,7000 kgmole/h	2,3000 kgmole/h		152,7800 kgmole/h	2,2470 kgmole/h	
8	nc7	155,2000 kgmole/h	0,9000 kgmole/h		155,3456 kgmole/h	0,7677 kgmole/h	
9	nc8	127,7000 kgmole/h	0,3000 kgmole/h		127,8055 kgmole/h	0,2139 kgmole/h	
10	nc9	105,8000 kgmole/h	0,1000 kgmole/h		105,8497 kgmole/h	0,0630 kgmole/h	
11	nc10	77,4000 kgmole/h	0,0000 kgmole/h		77,3942 kgmole/h	0,0169 kgmole/h	
12	nc11	60,2000 kgmole/h	0,0000 kgmole/h		60,1939 kgmole/h	0,0046 kgmole/h	
13	nc12	163,6000 kgmole/h	0,0000 kgmole/h		163,5746 kgmole/h	0,0052 kgmole/h	
14	gpl/alim	538,1000 kgmole/h			1099,2804 kgmole/h	39,9849 kgmole/h	
15	c5+/alim	1031,3000 kgmole/h					
16	taux recup gpl	79,54					
17	gpl pert/gn	5,130					
18	gpl pert/cond	15,25					

Les résultats de tableau 10 sont obtenus selon les calculs suivant :

- Taux de récupération de GPL :**

On a : $\tau = +D5 * 100 / B14$

Avec : $D5 = +D2 + D3 + D5$

Donc : $D5 = 236.4048 + 67.2443 + 124.3620$

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

$$D5 = 428.0111 \text{ kgmole/h}$$

Et $B14 = +B2 + B3 + B4 + C2 + C3 + C4$

Donc : $B14 = 194 + 76.9 + 163.8 + 72.7 + 12.1 + 18.6$

$$B14 = 538.1 \text{ kgmole/h}$$

Alors : $\tau = \frac{428.0111 \cdot 100}{538.1}$

$$\tau = 79.54\%$$

- **Pert de GPL en GN :**

On a: $gpl \% / gn = +G2 \cdot 100 / B14$

Avec $G2 = +F2 + F3 + F4$

Donc $G2 = 16.1763 + 3.8334 + 7.5923$

$$G2 = 27.602 \text{ kgmole/h}$$

Alors : $gpl \% / gn = \frac{27.602 \cdot 100\%}{538.1}$

$$gpl \% / gn = 5.13\%$$

- **Pertes de GPL en Condensat :**

On a: $gpl \% / cond = \frac{(E2 + E3 + E4) \cdot 100\%}{B14}$

$$gpl \% / cond = \frac{(14.0082 + 17.8395 + 50.1957) \cdot 100\%}{538.1}$$

$$gpl \% / cond = 15.25\%$$

IV.2.e. Comparaison des résultats des deux procédés :

Les résultats de récupération de GPL selon le procédé du turbo-expander et celui de l'absorption sont montrés sur le tableau 11.

Chapitre IV : Calculs Et Résultats

Tableau 11 : la comparaissent de la quantité de GPL obtenu selon le turbo-expander et l'absorption.

	Absorption	Turbo-Expander
Température basse (C °)	7	-56
Taux de récupération de GPL	79.54%	81.28%
Pertes de GPL en GN	5.13%	18.57%
Pertes de GPL en Condensat	15.25%	$7.281 \cdot 10^{-2} \%$

- La détente via le turbo-Expander permet d'avoir une température très basse de l'ordre de -56 ° C et ce qui engendre une meilleure récupération des lourds (C3+).
- Le taux de récupération de GPL dans le procédé turbo-expande est meilleur (81.28%) que celui du procédé d'absorption (79.54%).
- Le turbo-expander est un équipement composé d'une turbine et d'un compresseur liés via un retors. L'énergie produite pendant la détente sera consommé pour comprimer un autre gaz ce qui permet d'économiser de l'énergie.
- Dans le procédé de turbo-expander on constate plus de pertes de GPL dans GN (18.57%). On note que dans le procédé amélioré, le pré-refroidissement de la charge à travers des échangeurs à propane et la détente poussée permettent de réduire encore la température et de diminuer par conséquence les pertes en GPL (cas ALRAR, IN SALAH, STAH).
- On constate, aussi, que le procédé de turbo-expander permet d'avoir moins de pertes en condensat ($7.281 \cdot 10^{-2}\%$).

Conclusion :

Le procédé de turbo-expander permet de récupérer plus de GPL et de CONDENSAT et présente l'avantage de produire l'énergie pendant la détente qui sera utilisée pour entrainer un compresseur ou une pompe. Les pertes en GPL dans le produit GN peuvent être réduites en diminuant encore la température de la charge et en utilisant un turbo-expander plus performant.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Le GPL est un produit énergétique issu des procédés de traitement du gaz naturel ou des unités de fractionnement du brut (Distillation initiale du brut) composé principalement du Propane et du Butane. Dans l'industrie gazière algérienne, on trouve plusieurs procédés permettant de récupérer et de produire le GPL selon des spécifications de vente exigées par les clients.

Dans ce mémoire nous avons effectué une étude des performances de deux procédés de récupération et de production du GPL de l'industrie algérienne à savoir : le procédé d'absorption de HASSI R'MEL et le procédé de Turbo-Expander de RHOUD ENOUSS. Afin de comparer les performances des procédés objets de l'étude, nous avons établi la simulation de ces deux procédés en utilisant le logiciel ASPEN HYSYS V11 au niveau de l'institut Algérien du Pétrole. D'après les résultats obtenus, nous sommes arrivées aux conclusions suivantes :

- La récupération des GPL trouvés initialement dans le gaz naturel dépend essentiellement des conditions de fonctionnement du procédé notamment la température. Plus qu'on maintient des températures basses, plus que la récupération des GPL soit meilleure.
- Le procédé de turbo-expander améliore la quantité de GPL récupérée (81.28%) et minimise la quantité des pertes en fonction de la détente réalisée via l'expander (Température et Pression) autrement dit en fonction des performances de l'Expander installé.
- Le procédé d'absorption donne une bonne quantité de GPL (79.54%) mais avec beaucoup de pertes de GPL dans le condensat (15.25%).
- Le procédé de turbo-expander présente l'avantage de produire l'énergie durant la détente et de l'utiliser pour entraîner un compresseur ou une pompe ce qui est considéré comme un gain énergétique.
- Le procédé de Turbo-Expander est considéré le meilleur procédé de récupération de gaz pétrolier liquéfié dans l'industrie gazière algérienne et est installé dans différents centres de traitement du gaz naturel comme : Hassi Messaoud, Gassi Touil, In Salah et d'autres.

التلخيص

يعتبر غاز البترول المسال اليوم مصدرًا كبيرًا للطاقة، فهو يحسن مكانته في السوق ويساهم في تلبية احتياجات الطاقة الوطنية والدولية.

لقد فرضت نفسها بشكل أساسي بفضل هذه الخصائص المحددة، ومرونة استخدامها كوقود في مختلف التطبيقات، وتكلفتها المعقولة التي تعرض تخزينها، ونقلها، وسعرها التنافسي، ومزايا أخرى من وجهة النظر البيئية أعطت دراسة أداء عمليتين لاستعادة وإنتاج غاز البترول المسال في الصناعة الجزائرية، وهما: عملية امتصاص حاسي رمل وعملية الموسع التوربيني لمرور النوس النتائج التالية

- يعتمد استرجاع غاز البترول المسال الموجود في البداية في الغاز الطبيعي بشكل أساسي على ظروف التشغيل للعملية، ولا سيما درجة الحرارة. كلما طالت مدة الحفاظ على درجات الحرارة، كان استرداد غاز البترول المسال أفضل.
- تعمل عملية التوسعة التوربينية على تحسين كمية غاز البترول المسال المستعاد (81.28٪) وتقليل كمية الفاقد وفقًا للتوسع المتحقق عن طريق الموسع (درجة الحرارة والضغط)، أي وفقًا لأداء المتوسط المركب.
- عملية الامتصاص تعطي كمية جيدة من غاز البترول المسال (79.54٪) ولكن مع خسائر كبيرة من غاز البترول المسال في المكثفات (15.25٪).
- تتميز عملية التوسيع التوربيني بإنتاج الطاقة أثناء التمدد واستخدامها لتشغيل ضاغط أو مضخة، وهو ما يعتبر مكسبًا للطاقة.

Abstract :

Today, liquefied petroleum gas is considered a great source of energy; it improves its place in the market and contributes to the satisfaction of national and international energy needs.

It has imposed itself essentially thanks to these specific characteristics, its flexibility of use as a fuel in the various applications, its reasonable cost which presents its storage and, its transport, its competitive price, and other advantages from the point of view of ecological view The study of the performance of two processes for the recovery and production of LPG in the Algerian industry, namely: the absorption process of HASSI R'MEL and the Turbo-Expander process of RHOUD ENOUSS gave the following results

- The recovery of LPG initially found in natural gas depends essentially on the operating conditions of the process, in particular the temperature. The longer the temperatures are maintained, the better the recovery of LPG.
- The turbo-expander process improves the quantity of LPG recovered (81.28%) and minimizes the quantity of losses according to the expansion achieved via the expander (Temperature and Pressure), in other words according to the performance of the Expander installed.
- The absorption process gives a good quantity of LPG (79.54%) but with a lot of losses of LPG in the condensate (15.25%).
- The turbo-expander process has the advantage of producing energy during expansion and using it to drive a compressor or a pump, which is considered an energy gain.

Résumé :

Aujourd'hui, le gaz de pétrole liquéfié est considéré comme une grande source d'énergie, il améliore sa place sur le marché et contribue à la satisfaction des besoins énergétiques nationaux et internationaux.

Il s'est imposé essentiellement grâce à ces caractéristiques propres, sa souplesse d'utilisation en tant que combustible dans les différentes applications, son coût raisonnable qui présente son stockage et, son transport, son prix compétitif, et d'autres avantages du point de vue écologique. L'étude des performances de deux procédés de récupération et de production du GPL de l'industrie algérienne à savoir : le procédé d'absorption de HASSI R'MEL et le procédé de Turbo-Expander de RHOUD ENOUSS a donné les résultats suivants

- La récupération des GPL trouvée initialement dans le gaz naturel dépend essentiellement des conditions de fonctionnement du procédé notamment la température. Plus qu'on maintient des températures basses, plus la récupération des GPL est meilleure.
- Le procédé de turbo-expander améliore la quantité de GPL récupérée (81.28%) et minimise la quantité des pertes en fonction de la détente réalisée via l'expander (Température et Pression) autrement dit en fonction des performances de l'Expander installé.
- Le procédé d'absorption donne une bonne quantité de GPL (79.54%) mais avec beaucoup de pertes de GPL dans le condensat (15.25%).
- Le procédé de turbo-expander présente l'avantage de produire l'énergie durant la détente et de l'utiliser pour entraîner un compresseur ou une pompe ce qui est considéré comme un gain énergétique.

Références Bibliographiques :

- [1] <https://books.opendition.org/iremam/410?lang=fr>
- [2] Aspen HYSYS: simulation Basis, Aspen technology Inc. version 3.2.
- [3] HYSYS, Manuel Reference Hyprotech, version 1.0 (1995).
- [4] pétrole algériens les barils de la peur dr Mohamed Said Beghoul page 157 et 158 – 2021.
- [5] Mouni Nesserredine. Mémoire de master génie des procédés Université Technologie des Hydrocarbures Simulation et optimisation des paramètres technologie de l'unité de fractionnement des GPL à Haoud Berkaoui 2012/2013.
- [6] comité Français Butane Propane, GPL carburant historique, site web www.cfbc.fr
- [7] Gaz de pétrole liquéfiés, site web www.naftal.dz
- [8] REKIS MOHAMED EL AMINE, SAADDA TAREK. Etude d'optimisation des paramètres de récupération de GPL de la colonne déethaniseur de l'unité CPF de Gassi Touil. Mémoire de master académique, génie pétrochimique université Abdelhamid iben badis Mostaganem. 26/06/2019.
- [9] CHEBLI LAID et ABBASSI YOUSEF. Mémoire de master en génie chimie. Calcule des fonctionnements du dépropaniseur (unité (38) ; traitement de GPL) « module 3 à HASSI R'MEL ». Université Mohamed Khider BISKRA. Juin 2012.
- [10] Manuel opératoire : process.
- [11] Exeptional Energy in action the global portal on LPG application, 2015, page [2, 3, 4, 5].
- [12] p. Belon principes technologique du synthèse pétrochimique, Edition école supérieure Moscou, (1954).
- [13] Website : www.ipg-app.org, LPG exeptional energy.
- [14] association européenne des gaz de pétrole liquéfies, site web : www.aegpl.eu.
- [15] Allalou. H, Goura .F. mémoire de fin d'étude la récupération de GPL à partir des gaz associés par l'absorption. Faculté de Hydrocarbure et de la chimie.2008.

[16] Hallis. A, Kadri. A. mémoire de fin d'études Etude thermodynamique du TURBO-EXPANDER et vérification des performances par le logiciel HYSYS. Faculté d'hydrocarbures et de la chimie.2013/2014.

[17] GRAD Mohamed, SEARI Chouki. Mémoire fin d'étude, Etude de l'application d'un turbo-expander pour la production de GPL dans l'unité « GTFT ». Faculté de hydrocarbures, génie mécanique.2008.