



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

UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES ET PETROCHIMIE



Mémoire de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine: Sciences et Technologies

Filière: Industries Pétrochimiques

Spécialité: Pétrochimique

Thème:

***Etude de l'impact du système de refroidissement à l'aide de
propane pour la production du GPL et du Condensat-
Complexe Industriel (CPF-ALRAR-SH-DP-STAH)***

Encadré par:

* Dr. BELGHIT Med Yazid

Présenté par:

* GHEDEIR AHMED SMAIL

* RAMDANI ABDELGANI

* BOUROGA RAMZI

Le jury:

Dr. BOUDIAF Moussa	M.CA	Président
Dr. BELGHIT Med Yazid	M.CA	Encadré
Dr. KHALED Bilal	M.CA	Examineur

2023-2024

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier notre Dieu qui nous a donné le pouvoir de faire ce travail.

Nous remercions monsieur l'encadreur Mr. Med

YAZID BELGHIT pour nous guider tout au long de ce travail, pour des éclaircissements, des observations judicieuses et des conseils. Ce qui nous a été précieux pour réaliser ce travail, sans oublier tout le personnel de la division Exploitation de la région STAH pour ces informations précieuses.

Nous remercions tous les enseignants pour leur aide et leurs conseils durant notre étude.

Enfin,

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cet humble travail dans de meilleures conditions.

Dédicace

Dieu merci

Nous dédions cet humble travail à :

À nos chers pères,

Chères Mères,

Chers frères et sœurs,

Toute notre famille,

Et à tous nos amis

SMAIL - ABDELGANI - RAMZI

Sommaire

SOMMAIRE	III
LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VII
INTRODUCTION GENERALE.....	2
Chapitre I: Présentation et description du CPF ALRAR-Région STAH	
I.1. Situation géographique et conditions climatiques de la région.....	4
I.2. Les champs de la région STAH.....	4
I.3. Les installations de la Région STAH :	5
I.4. Description de traitement du complexe d'ALARAR.....	8
I.4.1. Section de séparation à l'entrée des trains	8
I.4.2. Section de déshydratation du gaz d'alimentation et préparation d'un sécheur	9
I.4.3. Section de refroidissement et de détente du gaz	10
I.4.4. Section de déshydratation des liquides.....	11
I.4.5. Section fractionnement.....	12
I.4.6. Section de compression du gaz résiduel.....	13
I.4.7. Les utilités	14
I.4.8. Stockage et Expédition.....	16
Chapitre II: Généralités sur le GPL et les procédés de réfrigération	
II.1 Généralités sur le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)	18
II.1.1 Définition :	18
II.1.2 Origine des GPL :	18
II.1.2.1. Fractions lourdes de l'extraction de gaz naturel :	18
II.1.2.2 Fractions légères du raffinage du pétrole :	18
II.1.3 Composition chimique :	19
II.1.4 Les propriétés des GPL :.....	19
II.1.5 Caractéristiques générales des GPL :	20
II.1.6 Utilisations de GPL :.....	22
II.1.7 Risques et sécurité des GPL:.....	23
II.2. Les procédés de réfrigérations	24
II.2.1 Procédé Pritchard.....	24
Description de la vanne Joule Thompson.....	25
II.2.2 Procédé Hudson	26
II.3 Procédé mixte (Procédé CPF ALRAR)	27
Chapitre III: Optimisation des paramètres d'un train du CPF ALRAR sans la boucle de propane	
III.1. Problématique	32
III.2. Simulation des paramètres du procédé par HYSYS (Cas design).....	32
III.2.1 Données de base :.....	32
III.2.1.1 Données relatives au site :	33
III.2.1.2 Données relatives à la charge :	33
III.2.1.3 Données relatives aux spécifications des produits :	34
III.2.2 Etablissement du modèle de simulation du procédé :	34
III.2.3 Choix du modèle thermodynamique:.....	35
III.2.4 Spécification des paramètres de calcul :	35
III.2.5 Schéma de la simulation (PFD) :	38
III.3. Optimisation des paramètres d'un train du CPF ALRAR sans la boucle de propane .	43
III.3.1 Effet de la boucle propane sur la production :	44
III.3.2 Paramètres de fonctionnement sans la boucle propane :	45

III.3.3 Température maximale du gaz d'alimentation des sécheurs :.....	46
III.3.4 Récupération maximale des produits Condensât et GPL :.....	48
III.3.5 Limitations pratiques relatives au fonctionnement de l'Expander et le compresseur :	50
III.4. Discussion et évaluation résultats obtenus	52
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	56
RESUME:.....	58
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	60
A N N E X E S	61

Liste des figures

N°	TITRE	PAGE
I.1	LA REGION DE STAH SUR LA CARTE DE L'ALGERIE	5
I.2	PHOTO PAR GOOGLE EARTH DU CPF ALRAR	7
I.3	PHOTO REELLE DU CPF ALRAR	8
I.4	SCHEMA GENERAL DU PROCEDE DU TRAITEMENT	14
I.5	FRACTIONNEMENT DE GPL	15
II.1	ORIGINE DU GPL	19
II.2	LA VANNE JOULE THOMPSON	25
II.3	ÉTAPES DU PROCEDE PRITCHARD	26
II. 4	TURBO-EXPANDER	27
II. 5	ÉTAPES DU PROCEDE HUDSON	27
II.6	BOUCLE DE REFRIGERATION AU PROPANE	30
III.1	SCHEMA SIMPLIFIE DU PROCEDE	32
III.2	SATURATION EN EAU DU GAZ D'ALIMENTATION	36
III. 3	SCHEMA PFD DU PROCEDE DE TRAITEMENT	39
III.4	CIRCUIT DE GAZ DU PROCEDE DE TRAITEMENT DE GAZ DU COMPLEXE	44
III.5	SCHEMA DU PROCEDE DE TRAITEMENT (SANS BOUCLE PROPANE)	46
III.6	EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU DU GAZ EN FONCTION DE LA TEMPERATURE	47
III.7	RECUPERATION DE CONDENSAT ET GPL EN FONCTION DE LA CHARGE TRAITEE A 27C°.	50
III.8	DEBIT DE GAZ D'ALIMENTATION TURBO-EXPANDEUR EN FONCTION DE LA CHARGE TRAITEE.	51

Liste des tableaux

N°	TITRE	PAGE
II.1	COMPOSITION DES GPL	19
III.1	LA CHARGE TRAITEE PAR LE COMPLEXE D'ALRAR	33
III.2	LES SPECIFICATIONS DES BALLONS DE SEPARATIONS	36
III.3	LES SPECIFICATIONS DES AEROREFRIGERANTS	36
III.4	LES SPECIFICATIONS DES ECHANGEURS TUBE-CALENDRE	37
III.5	LES SPECIFICATIONS DES ECHANGEURS A PROPANE	37
III.6	LES SPECIFICATIONS DES COLONNES DE FRACTIONNEMENT	38
III.7	COMPARAISON DES RESULTATS (DESIGN/HYSYS) - CIRCUIT DU GAZ	40
III.8	COMPARAISON DES RESULTATS (DESIGN/HYSYS) - CIRCUIT DU LIQUIDE	41
III.9	COMPARAISON DES PRODUITS FINALS (DESIGN/HYSYS)	42
III.10	LES TEMPERATURES MAXIMALES EN FONCTION DE LA CHARGE TRAITEE	47
III.11	INTERVALLE DE VARIATION DE LA TEMPERATURE D'ALIMENTATION DES SECHEURS	48
III.12	RECUPERATION DE CONDENSAT ET GPL EN FONCTION DE LA CHARGE TRAITEE ET LA TEMPERATURE ENTREE SECHEUR	49
III.13	DEBIT DU GAZ ALIMENTANT L'EXPANDER ET LE COMPRESSEUR EC-141	51
III.14	COMPARAISON DES PRODUITS FINALS (HYSYS) ENTRE UN TRAIN AVEC, ET SANS BOUCLE DE PROPANE	54

Liste des abréviations

CPF	Central Processing Facilities
SBF	Separation boosting Facilities
CTH	Centre Traitement Huile
MRK	Mereksen
HEH	Haoud El-Hamra
HRM	Hassi R'Mel
Zone 15	Zone de la réinjection du gaz traité
GR1	Gazoduc Alrar-Hassi R'Mel 1
GR2	Gazoduc Alrar-Hassi R'Mel 2
MWP1	Manifold 1 de champ d'Alrar Ouest
MWP2	Manifold 2 de champ d'Alrar Ouest
M1	Manifold principal à l'entrée du complexe Alrar
CTH	Centre de Traitement d'Huile
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
IGV	Inlet Guide Valve
MMSM³/J	Million Standard Mètre Cube/Jours
T/J	Tonnes/Jours
CN	Charge Nominale
Atm	Atmosphère
bar_g	Pression relative
TVR	Tension de Vapeur Reid
Mol	Molaire
Min	Minimum
Max	Maximum
T	Température
Te	Température d'entrée
Ts	Température de sortie
P	Pression
Pe	Pression d'entrée
Ps	Pression de sortie
V	Ballon
E	Echangeur de chaleur
C	Compresseur
GT	Turbine à gaz

Liste des abréviations

F	Filtre
Me	Coaliser
H	Four
FV101	Vanne Joule Tamson
T	Capacité de Stockage (bac, sphère, cigare)
MC141	Turbo Expander
ON SPEC	Stockage de produit fini
OFF SPEC	Stockage de produit à retraité
HCD	Hot Close Drain

Introduction

Introduction Générale

L'Algérie est un important exportateur de gaz vers l'Europe. Le pays approvisionne l'Espagne et l'Italie par des gazoducs qui traversent la Méditerranée, et d'autres pays européens par liquéfaction. L'économie algérienne dépend des immenses gisements et champs de gaz et de pétrole du pays, situés dans le Sahara, parmi ces champs, Le champ d'ALRAR qui est l'un des champs gaziers les plus importants en Algérie. [1]

Le gaz du champ ALRAR est un gaz à condensat est traité par le biais d'un CPF (Complexe gaziez), il est composé de quatre trains identiques qui servent à séparer les trois produits contenus dans le gaz traité : Condensât, GPL et gaz sec (résiduel).

Le traitement du gaz ALRAR au niveau du CPF s'effectue par abaissement de température dans quatre sections principales : section de séparation, section de déshydratation et refroidissement, section de détente et section de fractionnement. L'apport du froid nécessaire au fonctionnement de ces sections est réalisé par deux sources différentes :

- Une boucle de réfrigération externe utilisant le propane comme fluide frigorigène.
- Une détente isentropique du gaz résiduel produit à travers un Turbo-Expander.

Si la boucle propane est mise à l'arrêt, une réduction de la charge traitée est nécessaire pour assurer le fonctionnement normal du sécheur, de l'Expander et du compresseur. Notre travail consiste en premier lieu à calculer et simuler les paramètres de fonctionnement de ces unités afin de suivre l'influence et l'importance de cette boucle sur la récupération de GPL. Il a été réalisé à travers trois principaux chapitres:

- Le chapitre I a fait l'objet de la présentation et description du CPF ALRAR- Région STAH.
- Le chapitre II présente des généralités sur le GPL et les procédés de réfrigération.
- Le chapitre III comporte un calcul vérificatif du cas design à l'aide du logiciel HYSYS, afin de vérifier la fiabilité du modèle de simulation adopté et une application du modèle de simulation établi pour le cas de fonctionnement sans la boucle propane et l'optimisation des paramètres d'exploitation d'un train en service sans boucle de propane, pour le but d'avoir une récupération maximale de GPL, Condensât et gaz résiduel en déterminant la charge traitée optimale à l'exploitation.

En fin, une conclusion générale et quelques recommandations relatives à l'exploitation avec et sans boucle de propane au niveau du CPF ALRAR.

Chapitre I:
Présentation et description du CPF
ALRAR-Région STAH

I.1. Situation géographique et conditions climatiques de la région

Située à 1700 km au Sud-Sud-Est d'Alger et à 400 km au Nord-Nord-Ouest d'ILLIZI (Chef-lieu de wilaya) dont elle relève administrativement. Limitée au nord et à l'est par la frontière Algéro-Lybiennne (à 30 km), à l'ouest par la route nationale d'In-Amenas et Deb-Deb et au sud par la région d'In- Amenas.

La Direction Régionale de STAH a été créée en 1976, suite à la décentralisation de l'ancien district d'In Amenas. Elle est constituée des champs pétroliers de STAH et MERKSEN et du gisement de gaz d'ALARAR. [2]

- Position géographique : X = 09° 41' 48.84"E et Y = 28° 54' 19.67"N

- Altitude moyenne de 700 m par rapport au niveau de la mer.

Le climat désertique qui règne à STAH se caractérise par de fortes amplitudes thermiques, toutefois les valeurs extrêmes des températures saisonnières sont adoucies par l'altitude du relief.

Les caractéristiques climatiques de la Région sont :

- Climat désertique, avec un taux d'humidité très faible
- Température Maximale en été : + 45 °C
- Température Minimale en hiver : -5 °C
- Variation journalière : jusqu'à 25°C
- Pluviométrie : jusqu'à 100 mm/an entre novembre et janvier
- Vents dominants : de direction NNE/SSO avec une vitesse Maximale de 100 km/h pendant la période de février à juin.

I.2. Les champs de la région STAH

La Région STAH Comprend quatre (04) Champs :

- 1- Champ de STAH (huile)
- 2- Champ de MERKSEN (huile)
- 3- Champs d'ALARAR est et ouest (gaz à condensât)
- 4- Champ de TINHERT (gaz à condensât et huile)

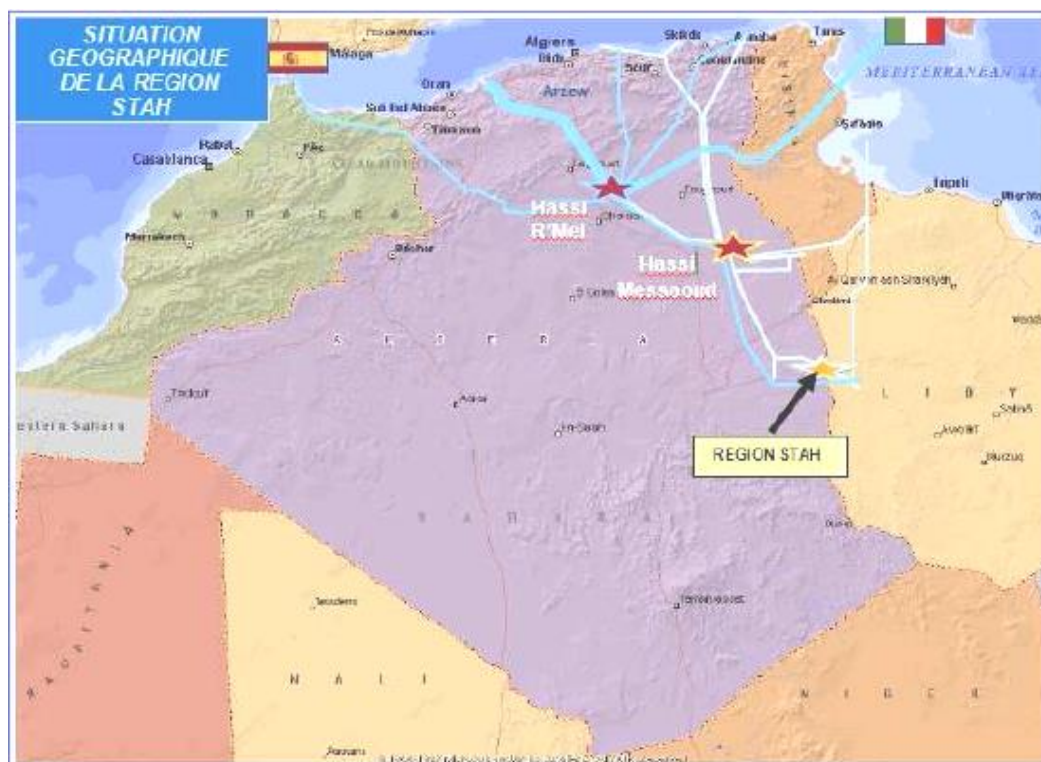


Figure I.1 : la région de STAH sur la carte de l'Algérie.

I.3. Les installations de la Région STAH :

- **Les unités de traitement du pétrole de STAH et MEREKSSEN** : deux unités conçues pour traiter et stabiliser le pétrole brut collecté à partir des puits producteurs des champs STAH et MERKSEN, pour but de produire un pétrole conforme aux spécifications de transport, le pétrole stabilisé est envoyé vers HAOUDE-EL-HAMRA (HEH), Les gaz associés produits sont envoyés vers le complexe de traitement du gaz d'ALRAR. [3]
- **Le centre de traitement d'huile d'ALRAR CTH** : il traite la quantité de brut provient de l'anneau d'huile du champ d'ALRAR Est, l'huile stabilisée est injectée avec la ligne d'expédition STAH-HEH, Les gaz associés produits sont envoyés vers le complexe de traitement du gaz d'ALRAR.
- **Le complexe de traitement du gaz d'ALRAR (CPF)** : est conçue pour traiter les gaz à condensât des champs d'ALRAR Est et d'ALRAR Ouest, et les gaz associés produits par les unités de STAH/MEREKSSEN et de CTH, afin de récupérer le maximum du produit propane plus.

Le complexe d'ALRAR a été réalisé en 1978 par la société Américaine Fluor-Texas et mis en service en 1984, il comporte trois trains de traitement identiques.

Un quatrième train a été réalisé en 1994 par la société Japonaise Mitsubishi dans le cadre de l'extension du complexe et mis en service en 1997.

Le complexe a une capacité de traitement de l'ordre 24,668 MMSM³D de gaz à condensât provenant du champ d'ALARAR et les gaz associés provenant des unités de STAH, MEREKSEN et de CTH. [4]

La production journalière du complexe est :

- 4300 T/J de condensât.
- 2500 T/J de GPL.
- 20 MMSM³D de gaz de vente.

Les produits Condensât et GPL sont expédié vers HAOUD EL HAMRA, et le gaz résiduel est expédié comme gaz de vente vers HASSI R'MEL (HRM) à travers les gazoducs GR1 et GR2, une partie du gaz résiduel est expédié vers ZARZAITINE.

Le complexe d'ALARAR (CPF) est composé par :

- Quatre trains de traitement de gaz :

D'une capacité de 6,167 MMSM³D chacun, le train se divise en plusieurs sections, section de séparation, de déshydratation et de fractionnement.

- Une zone de stockage : Composée de :
 - 03 bacs d'une capacité de stockage de 7200 m³ de condensât on spec.
 - 01 bac d'une capacité de stockage de 8000 m³ de condensât off spec.
 - 03 sphères d'une capacité de stockage de 4000 m³ de GPL on spec.
 - 01 sphère d'une capacité de stockage de 1000 m³ de GPL off spec.
 - 02 cigares d'une capacité de stockage de 75 m³ de butane.
 - 02 cigares d'une capacité de stockage de 75 m³ de propane.
 - Une station de chargement de butane/propane par camion pour Naftal.
- Une zone de compression du gaz de réinjection :

Composée de trois compresseurs identiques qui permet de comprimer le gaz résiduel jusqu'à 300 bars pour réinjecter dans le gisement pour but maintenir la pression de service de gisement.

- Les utilités :
 - Air service et air instrument.
 - Eau de refroidissement.
 - Réseau de fuel-gaz.
 - Eau d'incendie.

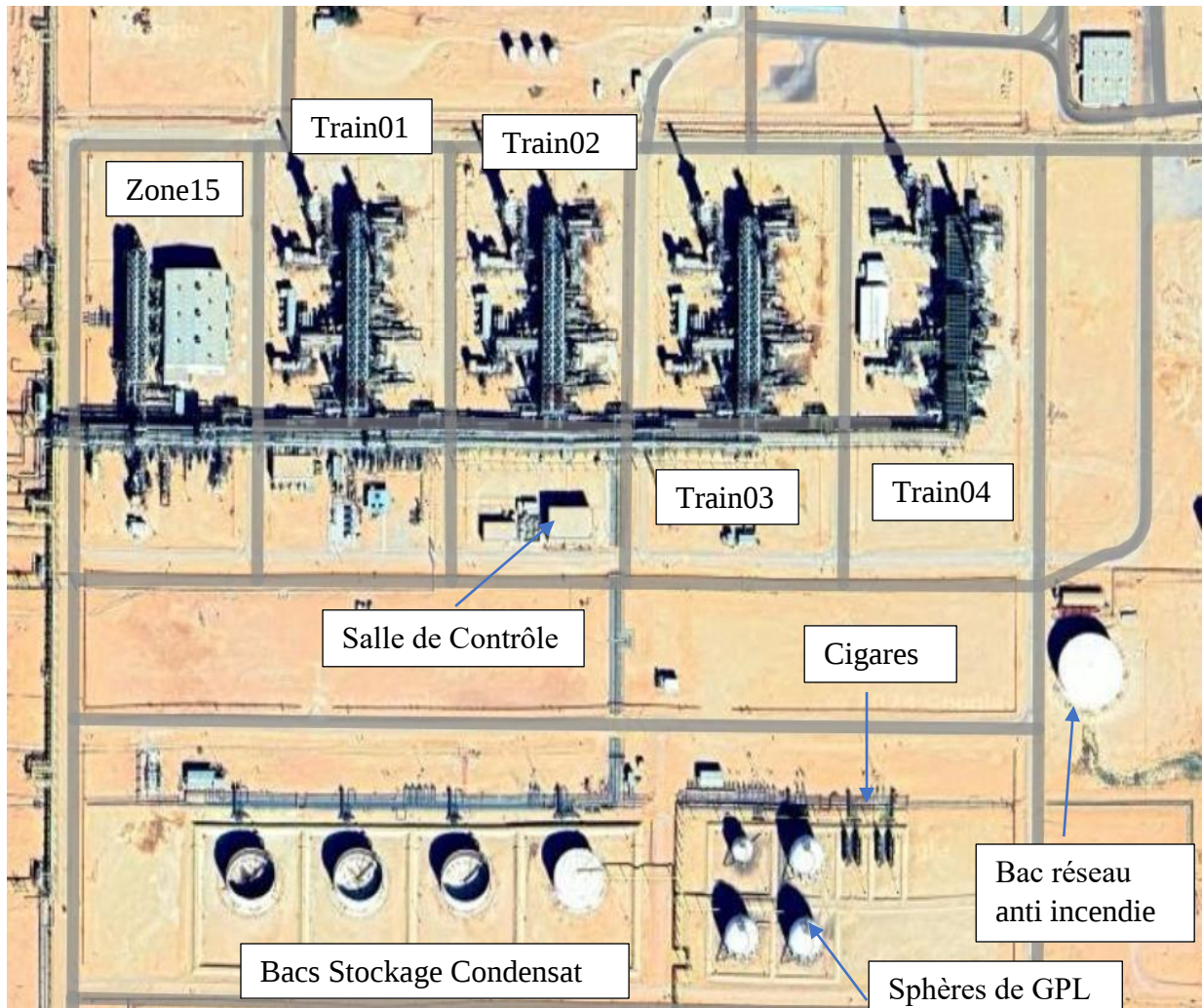


Figure I.2 Photo par Google Earth du CPF ALRAR.



Figure I.3 Photo réelle du CPF ALRAR

I.4. Description de traitement du complexe d'ALARAR

Les installations de traitement de gaz D'ALARAR sont conçues pour traiter le gaz d'alimentation dans quatre trains parallèles en vue de la récupération dans le gaz naturel d'un produit propane plus.

I.4.1. Section de séparation à l'entrée des trains

Le gaz d'alimentation entre dans le ballon séparateur d'entrée (V-101) triphasique (gaz, hydrocarbures liquides, eau) par différence de densité ; à une pression de 67.4 bars et une température de 80°C

Le gaz s'échappe vers le haut du ballon V-101, les hydrocarbures liquides sont récupérés au fond du ballon V-101, les eaux sont drainées vers le borbier à partir de l'appendice.

Les hydrocarbures liquides provenant du V-101 sont refroidis par l'aéroréfrigérant des liquides E-105 jusqu'à 60°C, est refroidi dans l'échangeur (liquide/propane) E104 jusqu'à une température de 27°C, et les hydrocarbures liquides sont acheminés vers le ballon de flash des liquides HP (V-103).

Le gaz provenant du V-101 est refroidi successivement par l'aéroréfrigérant de gaz E-101 jusqu'à 60 °C, et fait ensuite l'objet d'un échange de chaleur avec du gaz résiduel dans

l'échangeur E102 (gaz d'alimentation/gaz résiduel) jusqu'à 48°C, et l'échangeur gaz d'alimentation/propane (E-103) jusqu'à une température de 27°C, Puis notre gaz passe dans le ballon séparateur tri phasique HP (V-102).

Le gaz provenant du V-102 est envoyé aux sécheurs de gaz d'alimentation (V-121A/B).

Les hydrocarbures liquides provenant du V-102 sont mélangés aux hydrocarbures liquides provenant du V-101 et ensuite passent dans V-103.

Le gaz provenant du V-103 est envoyé au scrubber de gaz d'alimentation HP (V-103) dans le système de gaz combustible existant. Les hydrocarbures liquides provenant du V-103 sont expédiés aux sécheurs de liquide (V-131A/B) après enlèvement de l'eau dans le coalesceur de liquide de flash (ME-131). Les eaux séparées en provenance des V-101, V-102, V-103 et ME-131 sont envoyées vers le bourbier. [5] (Voir Figure. Annexe.3)

I.4.2. Section de déshydratation du gaz d'alimentation et préparation d'un sécheur

Le gaz d'alimentation est séché pour prévenir les problèmes du bouchage du au givrage à basse température dans la section de refroidissement et de détente en aval.

Le gaz sortant du V-102 est déshydraté dans l'un des sécheurs de gaz (V-121A/B) munis des tamis moléculaires. (L'un étant en service pour le séchage du gaz pendant que l'autre en cycle de régénération). (Voir Figure. Annexe.4)

Le gaz déshydraté est filtré par le filtre du gaz sec (F121) pour éliminer les impuretés et la poussière, puis refroidi dans la batterie d'échangeur E-141 (7°C), E-142 (-15°C), E-143(-23°C), E-144 (-34°C).

La durée de service pour chaque sécheur est calculée pour 12 h à chacun pendant ce temps le deuxième est en régénération.

Le gaz de régénération est pris en aval du filtre F-121, puis chauffé jusqu'à une température de 274°C par circulation d'huile chaude côté tube du réchauffeur E-122 et passe dans le sécheur. Le gaz de régénération saturé humide sortant du sécheur, passe dans l'aéroréfrigérant E-123 pour être refroidi à 60°C.

L'eau et les hydrocarbures condensés sont séparés du gaz dans le séparateur V-122. L'eau est vidangée vers bourbier. Les hydrocarbures liquides sont envoyés aux fins de recyclage en amont du ballon de flash V-103. Le gaz de régénération est comprimé par le compresseur de recyclage du gaz de régénération (les soufflantes C-121A/B pour rejoindre le gaz à l'entrée de l'échangeur E-101). [5]

Le gaz utilisé pendant le refroidissement est le même que celui de chauffage à l'exception qu'il contourne le réchauffeur E-122.

Les sécheurs de gaz V-121A/B sont régénérés selon le cycle suivant :

A) Adsorption : 12 heures.

B) Régénération :

- Chauffage : 15 minutes
- Régénération : 05 heures
- Refroidissement : 02 heures
- Stand-by : 04 heures

I.4.3. Section de refroidissement et de détente du gaz

Le gaz déshydraté en provenance du filtre (F-121), à 27°C et 63,5 bars est refroidi par la batterie d'échangeurs E-141 (gaz/gaz résiduel) à 7°C, puis E-142 à -15°C (gaz/propane) à -15°C, E-143 (gaz/gaz résiduel) jusqu'à -23°C et enfin E-144(gaz/ propane) à -34°C.

Au fur et à mesure que la température du gaz est graduellement abaissée jusqu'à -34°C, la liquéfaction se produit et offre un mélange à deux phases ; le liquide est alors séparé de la vapeur dans le ballon séparateur d'alimentation du turbo expandeur (V-141) et introduit au 19^{ème} plateau du dééthaniseur V-161(alimentation froide).

Le rôle de (V-141) est d'empêcher l'entraînement de tout liquide vers l'entrée du turbo expandeur (EC-141).

Les vapeurs en provenance de (V-141) sont détendues de 60,3 bars à 30 bars dans le turbo-expandeur (EC-141) et la température est abaissée, sous l'effet de la détente, de -34 °C à - 65 °C.

Le turbo expandeur EC-141 travaille en parallèle avec la vanne Joule-Thomson FV 101.

Les hydrocarbures sont condensés et la séparation finale des phases est effectuée dans le ballon séparateur de refoulement du turbo-expandeur (V-142). Les liquides de (V-142) sont mélangé à ceux de (V-141) et introduits dans le dééthaniseur (V-161).

Alors que les gaz s'échappant du haut du V-142 alimentent respectivement le condenseur de tête de le dééthaniseur E-161 (côté tube), puis E-143 / E-141 (côté calandre), puis E-102 (côté calandre).

L'énergie résultant de la détente du gaz d'alimentation dans le turbo-expandeur EC-141 est utilisée pour entraîner le compresseur de gaz résiduel directement couplé.

Le gaz résiduel est comprimé de 27,2 bars à 32,9 bars à une température de 75°C.

Le gaz résiduel comprimé est envoyer vers le compresseur double étages C-171 à travers le ballon d'aspiration 2^{ème} étage V-171. [5]

I.4.4. Section de déshydratation des liquides

Les liquides d'alimentation sont séchés pour prévenir les problèmes du bouchage dû au givrage à basse température dans la section de déethaniseur en aval.

La pression dans V-103 est contrôlée en libérant les vapeurs vers le collecteur de gaz combustible (FGHP) par la PV-107.

Les hydrocarbures liquides séparés dans le ballon de flash des liquides (V-103) sont humides, ils sont alors acheminés par l'une des pompes de liquide (P131A/B) vers le coalescer (ME-131) pour l'élimination de l'eau, puis sont finalement déshydratés dans les sécheurs des liquides (V-131A/B) munis des tamis moléculaires.

Les liquides déshydratés sont envoyés au filtre de liquides sec (F-131) ou une partie ira pour le remplissage et l'autre sera combinée avec les liquides de STAH/MERKSEN avant être préchauffée par le résidu du (V-163) dans le préchauffeur d'alimentation (E-166) et introduit au 6^{ème} plateau du déethaniseur (V-161).

Avant la régénération d'un sécheur V-131 A/B, les liquides y en vidangés et sont envoyés vers le ballon V-103 sous l'effet de la pression du gaz d'alimentation prélevé en aval de F-121.

L'eau adsorbée dans le sécheur saturé est éliminée par un courant de gaz résiduel se ramifiant sur la ligne de sortie de E-102 coté calandre et réchauffé à 274°C par circulation d'huile chaude coté tube du réchauffeur E-132. [5]

Le gaz de régénération chaud et humide passe ensuite à travers l'aéroréfrigérant (E-133) pour être refroidi à 60°C et passe dans le séparateur V-132 où l'eau strippée est décantée et le gaz envoyé au scrubber de gaz combustible HP des utilités.

Le sécheur est ensuite refroidi puis rempli avant de passer en stand-by.

Les sécheurs de liquide V-131A/B sont régénérés selon le cycle suivant :

A) Adsorption : 24 heures.

B) Régénération :

- Vidange : 45 minutes
- Chauffage : 05 heures
- Régénération : 10 heures
- Refroidissement : 03 heures
- Remplissage : 45 minutes
- Stand-by

I.4.5. Section fractionnement

a. Section dééthaniseur

Le dééthaniseur (V-161) est une colonne de fractionnement comportant 30 plateaux de type à calottes fonctionnant à 26 bars, pour assurer le maximum de récupération du propane et du produit GPL conforme à la spécification.

Deux circuits alimentent le dééthaniseur:

- Circuit des liquides en provenance de V-141 et V-142 qui sont introduits au niveau du 19^{ème} plateau.
- Circuit des liquides de flash en provenance de V-131A/B, les liquide de STAH/MERKSEN et les liquides en provenance du V-171 qui sont introduits au niveau du 6^{ème} plateau après préchauffage jusqu'à 140°C par échange de chaleur avec les produits de fond de la colonne de stabilisation du condensât (V-163) dans l'échangeur E-166.

La colonne est conçue pour rejeter l'éthane et le méthane en assurant un haut degré de récupération du propane plus.

La colonne fonctionne à 26 bars effectifs. Les vapeurs de tête (-29°C) sont partiellement condensés dans le condenseur E-161 jusqu'à -40°C par les vapeurs de turbo-expandeur EC-141, puis dirigées vers le ballon de reflux V-162 où :

- Les liquides condensés sont totalement pompés vers le 30^{ème} plateau par les pompes de reflux P-161A/B comme produit de reflux de la colonne V-161.
- Les gaz séparés sont envoyés au ballon d'aspiration du premier étage (V-170) du C-171 à une température de 49°C et une pression de 21.9 bars effectifs, après avoir été chauffés successivement par le réfrigérant de G.P.L (E-168) jusqu'à 24°C, le sous-refroidisseur du propane E-152 et le réchauffeur d'urgence du gaz de tête du dééthaniseur E-153.

Une partie des liquides fond du plateau 1 du dééthaniseur, est vaporisée dans le rebouilleur E-162 par circulation d'huile chaude coté tube. Le rebouilleur fournit la chaleur d'extraction nécessaire pour vaporiser et éliminer l'éthane du produit de fond.

Les produits de fond du dééthaniseur (propane plus) sont acheminés vers la colonne de stabilisation du condensât V-163. [5]

b. Section débutaniseur V-163 (Colonne de stabilisation du condensât)

La colonne de stabilisation du condensât fonctionne à 16,1bars, pression à laquelle sont ramenés les liquides propane-plus provenant du dééthaniseur à 128C° et introduit au niveau du 16^{ème} plateau après avoir été préchauffés à 134°C dans E-163 avec les produits de fond de la colonne de stabilisation V-163.

La vapeur de tête de la colonne de stabilisation du condensât (73°C) est entièrement condensée dans l'aérocondenseur E-164 jusqu'à une température de 61°C et une pression de 15,7 bars et recueillie dans le ballon de reflux V-164 avant d'être acheminée par les pompes P-162A/B vers :

- La tête de colonne V-163 à titre de reflux,
- Stockage dans T-403 A/B (GPL one spec) et T-404 (GPL off spec).
- Les pompes d'alimentation de la colonne (dépropaniseur) de fractionnement de GPL P-401A/B.
- Les pompes d'injection de GPL P-163A/B.

Les produits de fond sortant du débutaniseur V-163 à (212°C) sont refroidis à 38°C par échange de chaleur avec les produits de fond du dééthaniseur dans E-163, les liquides de flash dans E-166 et la réfrigération au propane dans E-167 avant d'être acheminés vers les bacs de stockage T-401A/B (condensât one spec après analyse) et T-402 (condensât off spec).

Le fractionnement est assuré en vaporisant une partie du liquide du plateau 1 avec de l'huile chaude circulant coté tube du rebouilleur E-165. [5]

I.4.6. Section de compression du gaz résiduel

Le compresseur de gaz résiduel C-171 est un compresseur centrifuge à deux étages entraînés par turbine à gaz (GT'171).

Le gaz sortant du ballon de reflux (V-162) du dééthaniseur V-161 à une température de -40°C et une pression de 25,3 bars effectifs, sont chauffés par échange de calories avec les produits GPL dans l'échangeur E-168 (la réfrigération que ce circuit offre est utilisée pour refroidir le GPL de 61°C jusqu'à 2°C) puis avec le propane réfrigérant dans E-152.

Ces gaz passent alors dans le ballon d'aspiration 1^{er} étage V-170 du compresseur C-171 à une pression de 21.9 bars effectifs et une température de 49°C après avoir été chauffés dans E-153. [5]

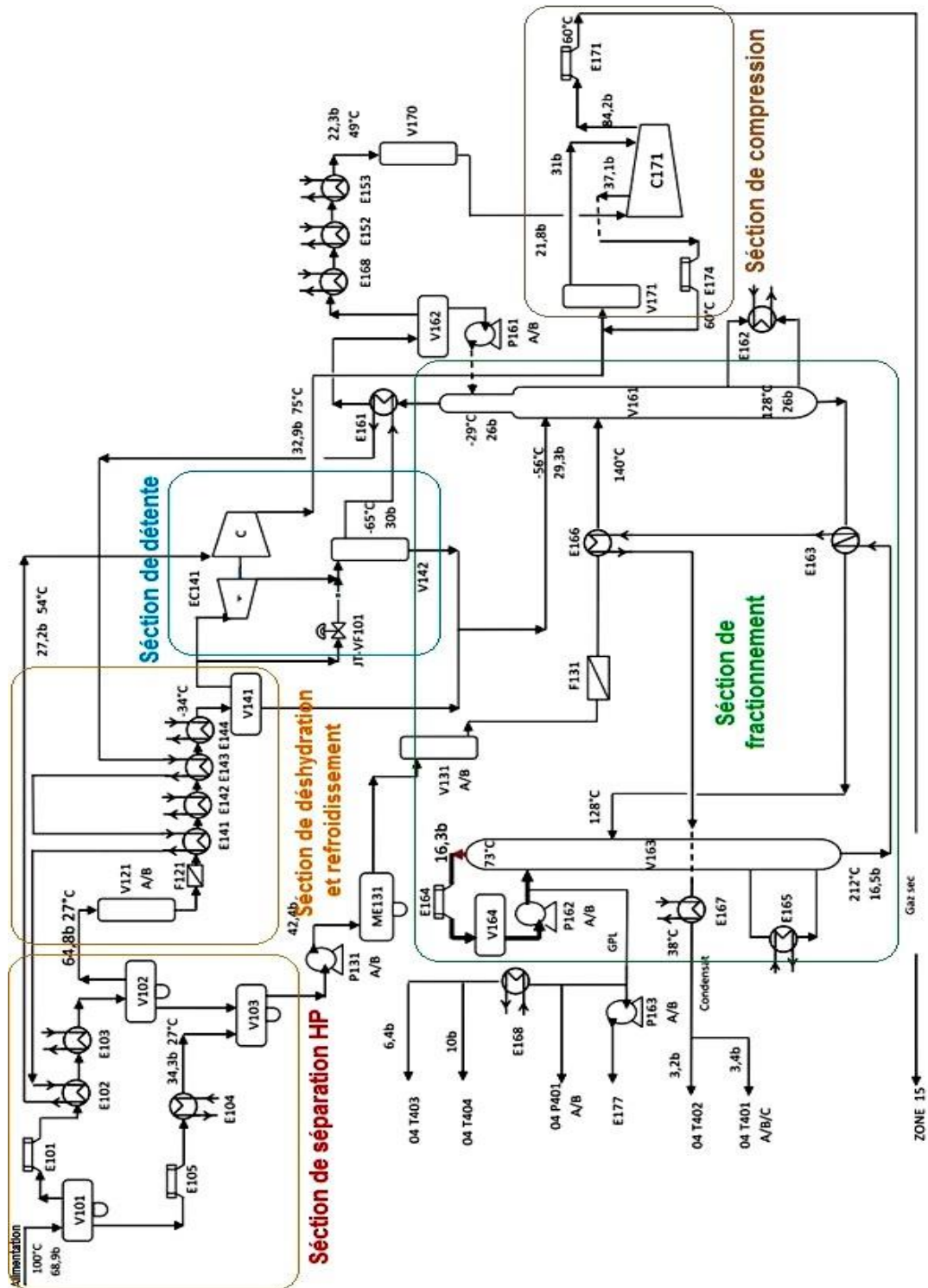


Figure I.4 : Schéma général du procédé du traitement

I.4.7. Les utilités

➤ Fractionnement de GPL

Une partie des produits de tête de la colonne V-163 est refoulée par la pompe P-162 A ou B vers la pompe P-401 A ou B alimentant la colonne de fractionnement de GPL V-401 au niveau du 21^{ème} plateau.

La vapeur de tête est entièrement condensée dans l'aéro E-402 à 19,4 bars et à 55°C ; le liquide recueilli dans le ballon de reflux V-402 est acheminé par la pompe P-402 A ou B vers :

- La tête du dépropaniseur V-401 comme reflux,
- Appoint des ballons tampon V-154 des quatre trains, V476, ou vers stockage dans V-405 A/B (C₃ on spec.), T-404 (C₃ off spec.), Après avoir été refroidi à 27°C à travers l'échangeur à propane E-405.

Les produits de fond du V-401 passent dans le rebouilleur E-403 ; Une partie vapeur est réintroduite en dessous du 1^{er} plateau, l'autre partie liquide à 111°C refroidie dans l'aéroréfrigérant E-404 jusqu'à 60°C, est envoyée vers stockage dans V-406 A/B et T-404 respectivement pour le C₄ on spec et off spec. [5]

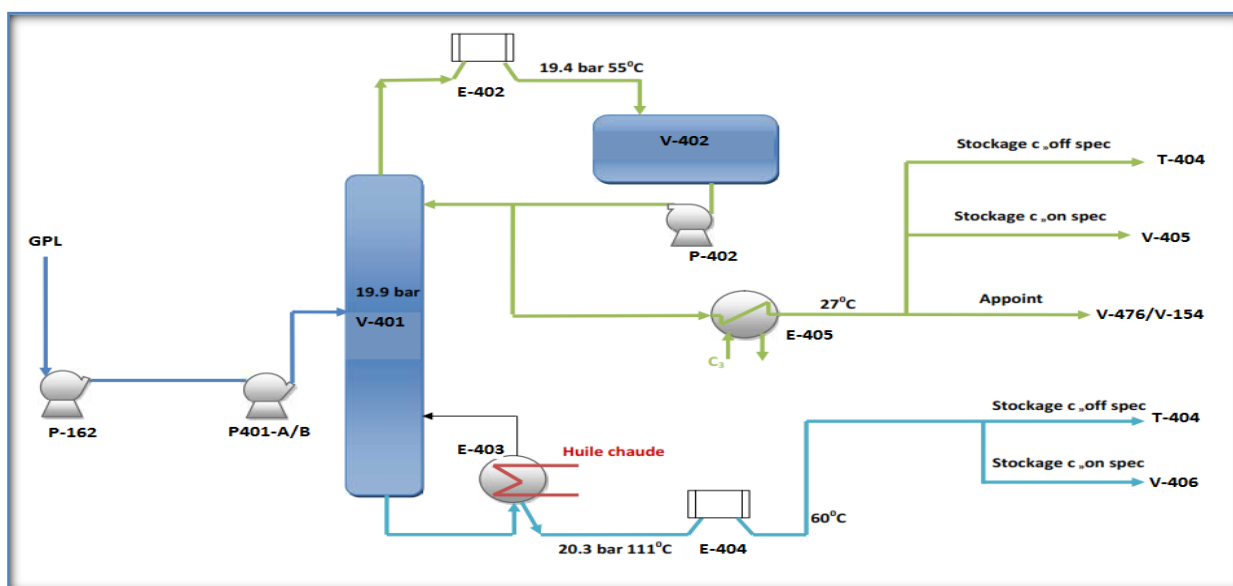


Figure I.5 : Fractionnement de GPL.

➤ Air service et air instrument

L'air est fourni par quatre compresseurs (deux Sullair et deux Tide-air) et un compresseur diesel mobile de secours.

➤ Réseau d'eau de refroidissement

L'eau dans le ballon V-440, à une pression de 0,35 bars effectifs et une température de 63,6°C, est refoulée par la pompe P-433 A ou B à 4,3 bars effectifs, puis refroidie jusqu'à 54,4°C dans l'aéro E-432 A/B et fournie aux divers utilisateurs : P-181 (trains 01,02,03), P-421, P-471 et P-472. L'eau chaude en provenance de ces pompes retourne dans le ballon V-440 après avoir été filtrée dans F-403. [5]

➤ Réseau de gaz combustible

Les sources d'alimentation en gaz combustible sont les suivantes :

- V-103 à travers la PV-107.
- V-132 à travers la PV-129.
- V-470 à travers la PV-580 B.

I.4.8. Stockage et Expédition

➤ GPL

Le GPL est un produit liquide de tête de la colonne V-163 des quatre trains. Le produit conforme aux spécifications est stocké dans les trois sphères T-403 A, B et C de capacité unitaire de 3978 m³ - à 3 bars et 2°C. Le GPL hors spécifications est stocké dans la sphère T-404 de capacité de 949 m³ - à 6,5 bars et une température qui varie de 2 à 60°C. Le GPL non conforme est refoulé par l'une des pompes P-421 A ou B vers E-104 (01, 02, 03,04) pour retraitement ou vers le vaporisateur E-177 pour ré injection. A noter que le GPL peut être transféré entre les sphères à l'aide des pompes P-411 A ou B. Des pompes booster P-407 A/B/C sont prévues pour refouler le GPL vers HEH à travers LR1 via les pompes d'expédition P-408 A, B ou C. [5] (Voir Figure. Annexe.5)

➤ Condensât

Le condensât on-spec en provenance de E-167 à 3,4 bars effectifs et 38°C est stocké dans les bacs à toits flottants T-401 A, B, C - de capacité unitaire de 7276 m³ - à 38°C et pression atmosphérique, alors que le condensât hors spécifications est stocké dans le bac à toit fixe T-402 - de capacité de 7994 m³ - à 38°C et pression atmosphérique. Ce condensât off-spec est mélangé avec celui des bacs on-spec pour le rendre conforme aux spécifications ; le transfert inter bacs à lieu par les pompes P-406 A ou B. Le condensât conforme est refoulé par les pompes P-403 A, B ou C vers les P-404 A, B ou C pour expédition vers OHANET. [5] (Voir Figure. Annexe.6)

➤ Propane et Butane

Le propane est un produit liquide de tête de la colonne V-401. Le propane conforme aux spécifications est stocké dans deux ballons cigares V-405 A et B à 27°C et 9,9 bars effectifs, pour chargement dans des camions-citernes par les pompes P-413 A ou B. Le butane on-spec en provenance du fond de V-401 est stocké dans les cigares V-406 A et B à 60°C et 6,5 bars effectifs. La pompe P-415 achemine le butane vers le chargement des camions-citernes. Il existe une pompe de réserve commune P-422 pour le chargement du butane et du propane ou également pour le transfert vers la sphère de GPL T-404. [5]

NB : même les P-413 et P-415 servent à transférer respectivement le propane et le butane. (Voir Figure. Annexe.7)

Chapitre II:
Généralités sur le GPL et les procédés
de réfrigération

II.1 Généralités sur le Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL)**II.1.1 Définition :**

Le GPL est un mélange gazeux composé essentiellement de butane et du propane à température ambiante et pression atmosphérique, et peut passer à l'état liquide sous les conditions suivantes :

- Pression relevée à la température ambiante.
- Pression atmosphérique et basse température.
- Pression modérée et température pas tellement basse.

Cette propriété lui permet d'être stocké dans un volume réduit (250 litres de GPL gazeux égale à un litre de GPL liquide). [6]

II.1.2 Origine des GPL :

Le GPL provient de deux origines :

II.1.2.1. Fractions lourdes de l'extraction de gaz naturel :

Les champs de gaz (pour plus de 60%). En moyenne, un champ de gaz naturel fournit près de 90% de méthane (CH_4) mais aussi 5% de propane et 5 % d'autres gaz dont le butane. Schématiquement, on refroidit le gaz naturel extrait pour en séparer les différents constituants. On obtient alors des GPL (butane et propane à l'état liquide), alors que le méthane se trouve encore à l'état gazeux, ces gaz ayant des points de liquéfaction différents. Du butane et du propane sont également récupérés lors de l'extraction de pétrole, sous forme de gaz associés dissous (d'où l'appellation de « de gaz de pétrole » liquéfiés). Les pourcentages de butane et du propane contenus dans le gaz naturel et le pétrole brut sont très variables d'un gisement à un autre.

II.1.2.2 Fractions légères du raffinage du pétrole :

Lors du raffinage du pétrole brut, le butane et le propane constituent entre 2 et 3% de l'ensemble des produits obtenus. Ils constituent les coupes les plus légères issues de la distillation du pétrole brut. Ces gaz sont également récupérés à l'issue d'opérations de traitement

« Secondaires », après la phase de distillation. Selon sa provenance, une tonne de pétrole brut traitée produit 20 à 30 kg de GPL, dont 2/3 de Butane et 1/3 de Propane. Au total, les GPL ne pourront dépasser 5% de la ressource mondiale en hydrocarbures. [7]



Figure II.1 : Origine du GPL [8].

II.1.3 Composition chimique :

La composition chimique du GPL est variable, selon les normes et sa provenance. Il peut contenir du propylène, du butène, une faible quantité en méthane, éthylène, pentane, et exceptionnellement du butadiène, de l'acétylène et du méthyle acétylène. Les atomes du butane et du propane sont tous reliés par des liaisons simples (ou covalentes), cela signifie que tous ces atomes liés entre eux mettent en commun un électron de leurs couches externes afin de former des doublets d'électrons qui maintiennent l'attraction entre atomes. [9]

Tableau II.1 : Composition des GPL [10]

Le composant du GPL	% molaire
Méthane	0,32
Ethane	1,12
Propane	60,95
Iso butane	15,46
Normal butane	22,14
Iso pentane	0,01

II.1.4 Les propriétés des GPL :

A température ambiante et à pression atmosphérique, les GPL ont la propriété d'être à l'état gazeux. Mais ils se liquéfient aisément en augmentant leur pression, facilitant ainsi leur stockage et utilisation.

Les GPL ne sont pas vraiment toxiques : ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant, s'ils sont inhalés longtemps et peuvent provoquer des migraines et des maux d'estomac.

Le GPL, lorsqu'il se répond sous sa forme liquide, hors d'un container sous pression s'évapore en produisant du froid : au contact de la peau, il provoque des brûlures. Caractéristiques appelées "brûlures froides" [10].

Les vapeurs des GPL constituent avec l'air un mélange extrêmement inflammable et dangereux. Leur domaine d'inflammabilité dans l'air à 20°C et sous 1 atm varie de 2% à 10% (% volumique). Ce mélange est détonnant au contact d'une source de chaleur (flamme ou étincelle) [9].

Pour mieux les reconnaître ou déceler d'éventuelles fuites, on leur donne une odeur particulière au moyen de substances appropriées (mercaptans).

A l'état liquide, les GPL ont un haut coefficient de dilatation, ils se dilatent de 0,25 % par degré de température dont il faut tenir compte lors de leurs stockages dans les récipients que le remplissage ne doit jamais être dépassé au maximum 85% de sa capacité [9].

Le propane et le butane sont chimiquement réactifs et ils peuvent détériorer certains caoutchoucs naturels ou certaines matières plastiques. Il est donné primordial de n'utiliser que des accessoires et des équipements spécialement congrus pour ces gaz.

Les GPL sont insolubles dans l'eau et ils n'ont pas de propriétés lubrifiantes d'où ce qui doit être pris en considération lors du dimensionnement des compresseurs et des pompes.

Les GPL sont d'une pureté parfaite et brûlent sans aucun déchet, n'encrassent ni les conduites, ni les brûleurs des appareils d'utilisation.

Les GPL ne présentent aucun danger d'empoisonnement et n'est pas à craindre par inhalation, à condition toutefois que l'organisme trouve suffisamment d'oxygène dans l'air. [9].

II.1.5 Caractéristiques générales des GPL :

➤ Odeur :

Le GPL est inodore à l'état naturel, mais on doit ajouter un odorant, ce sont des composés sulfures tel que le diéthylmercaptane ou le diméthylsulfide pour des raisons de sécurité.

➤ Tension de vapeur :

La TVR du GPL est de 8 et 2 bars pour le propane et le butane respectivement à 20 °C.

➤ Dilatation :

À l'état liquide, le GPL a un haut coefficient de dilatation dont il faut tenir compte lors de leur stockage (les sphères ne doivent jamais être complètement remplies).

➤ Densité :

Aux conditions normales de température et pression, le GPL est plus lourd que l'air, il est diminué avec l'augmentation de la température à titre exemple : À 38 °C la densité est égale 0,534, la densité est très importante dans le GPL commerciale.

➤ **Température d'ébullition :**

A la pression atmosphérique la température d'ébullition de propane est de (– 42 °C), celle de butane est de (– 6 °C).

➤ **Pouvoir calorifique :**

C'est la propriété la plus intéressante étant donné que le GPL est traditionnellement utilisé pour les besoins domestiques :

- Isobutane : PC = 29460 (kcal/kg).
- Normal butane : PC = 29622 (kcal/kg).
- Propane : PC = 22506 (kcal/ kg).

➤ **Impuretés :**

Le plus important est le soufre, la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,005 % en masse, ainsi l'eau l'un des impuretés importantes.

- Le GPL est non corrosif à l'acier mais généralement aux cuivres et ces alliages ou l'aluminium
- Le GPL n'aucune propriété de lubrification et cet effet doit être prise en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et compresseurs) Le GPL est incolore, que ce soit en phase liquide ou en phase gazeuse.
- Le GPL ne sont pas vraiment toxiques, ils présentent tout au plus un léger pouvoir anesthésiant s'ils sont inhalés longuement et provoquer des migraines et des maux d'estomac.
- Le poids spécifique du GPL est environ la moitié de celui de l'eau.
- Le gaz propane à une densité de 1,5 fois de l'air.
- Le GPL n'est ni toxique ni corrosif vis à vis des aciers.
- Le GPL n'est pas de propriétés lubrifiantes et ceci doit être pris en considération lors du dimensionnement des compresseurs et des pompes.
- Le GPL est caractérisé par un indice d'octane recherché (RON) naturellement élevé atteignant aisément 98. Cette propriété découle en fait directement de des valeurs de RON de chacun de ces constituants. Par ailleurs, son indice d'octane moteur (MON) est, lui aussi légèrement plus élevé que celui des essences classiques [11].

➤ **La masse volumique :**

- La masse Volumique G.P.L. à l'état gazeux Air = 1,2 g/l

Propane = 1,8 g/l

Butane = 2,4 g/l

Les G.P.L en phase gazeuse sont deux fois plus lourds que l'air.

- La masse Volumique G.P.L. à l'état liquide Eau = 1 kg/l

Propane = 0, 51 kg/l

Butane = 0, 58 kg/l

Le G.P.L. en phase liquide est deux fois plus léger que l'eau [12].

II.1.6 Utilisations de GPL :

Les ressources en hydrocarbures sont essentiellement composées d'hydrocarbures gazeux : le gaz naturel et le GPL.

Compte tenu des profils de production prévisionnels, les GPL constituent la ressource la moins entamée. S'agissant du marché national, de grandes possibilités d'utilisation des GPL existent pour tous les usages énergétiques. Cependant, hormis le butane qui a connu une très forte pénétration dans le secteur résiduel, le propane a été très faiblement utilisé dans les autres secteurs potentiels : transports, industrie, agriculture.

- **Source de chauffage :**

Les appareils domestiques utilisés actuellement sont conçus pour s'adapter à l'utilisation de GPL. Une plus grande flexibilité, les aspirations de la clientèle et la recherche du rapport prix

/qualité sont les facteurs principaux de l'évolution de ces appareils.

- **GPL dans la climatisation :**

Il est utilisé pour la construction des réfrigérateurs et des climatiseurs (moyenne capacité) grâce à sa détente d'absorption de la chaleur et de créer le froid.

- **GPL dans la pétrochimie :**

18% des GPL sont consommés comme charge pétrochimique (production de l'éthylène qui est un produit phare de la pétrochimie). La demande globale pétrochimique de GPL enregistre un taux de croissance de 10%.

L'utilisation du butane est liée essentiellement à la fabrication du MTBE utilisé comme booster des essences en substitution au PTE.

- **GPL pour la production d'électricité :**

Les rythmes attendus de la croissance de la demande mondiale en électricité dépasseraient

largement ceux des autres formes d'énergies finales. Elle atteindra 21,2% en l'an 2010.

Les GPL pour la production d'électricité s'avèrent être une solution privilégiée par rapport aux autres combustibles (Charbon, Fuel...), et ce tant du point de vue économique qu'écologique.

- **GPL carburant :**

La pollution de l'air et climat, le bilan écologique comparé des différents carburants attribue les meilleures notes, et de loin au GPL, et au gaz naturel.

Si on les généralisait, on soulagerait bien plus l'environnement qu'en améliorant la qualité de l'essence et de diesel. Les autres carburants examinés n'apportent guère des avantages comparés à ces derniers.

Parfois même ils sont moins favorables, tel est le résultat d'une étude réalisée à la demande de l'OFEFP (Office Fédéral de l'environnement des Forêts et du Paysages) intitulée éco profils des carburants [13].

II.1.7 Risques et sécurité des GPL:

Le GPL peut constituer une source de danger dans la mesure où les précautions suivantes n'ont pas été prises en considération :

- Les GPL peuvent présenter un risque d'incendie dès qu'une fuite se produit ou dès que le gaz s'échappe dans l'atmosphère.
- Les GPL ne sont jamais remplis dans les réservoirs à plus de 85 % (15% du réservoir est réservé pour la dilatation).
- Les GPL étant plus lourds que l'air, ils risquent, en cas de fuite, de s'accumuler au niveau du sol et dans les parties basses, comme les caves. Cela entraîne un danger d'explosion lorsque l'accumulation permet un mélange GPL/air adéquat et qu'il y a une source d'inflammation. Cela entraîne également un danger d'asphyxie, les GPL remplaçant l'air et diminuant donc la concentration en oxygène. Donc il faut éviter les cavités, il faut aérer et ventiler les endroits pollués.
- Ils ont une viscosité faible, ceci augmente les fuites, donc il faut éviter au maximum les assemblages non soudés.
- Purger les canalisations de liquide après dépotage afin d'éviter les risques de rupture des réservoirs s'ils sont remplis [14].
- Les GPL liquide par évaporation peuvent causer des brûlures.
- La dissipation de gaz est lente, il faut aérer.
- La limite inférieure d'inflammabilité du gaz est environ de 2% de gaz dans l'air et le

mélange devient inflammable en cas de fuite.

- Pour faciliter la détection des fuites, un gaz odorant est ajouté aux gaz (naturel ou GPL) : cette odeur caractéristique "d'œuf pourri" permet de détecter à l'odeur une concentration de gaz dans l'air très inférieure à la limite inférieure d'explosibilité.
- Une série d'accidents impliquant des véhicules au GPL motivent un changement de réglementation rendant obligatoire l'installation d'une soupape de sécurité et d'un clapet anti-retour sur les réservoirs de GPL, pour en éviter l'explosion en cas de feu.
- Toutes les installations subissent des contrôles réguliers, notamment réalisés par les DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, l'aménagement et du Logement). L'installation des réservoirs de GPL doit respecter des règles de distances de sécurité vis-à-vis des habitations et de la voie publique, d'entretien de l'environnement autour du réservoir.
- Des mesures de sûreté doivent être également prises par les usagers afin d'éviter tout risque. Les bouteilles de GPL doivent en particulier être placées bien droites verticalement et de façon stable à plus d'un mètre des ouvertures d'un bâtiment et sur un sol incombustible, c'est-à-dire exempt de papiers, chiffons, essences, herbes sèches et de tout autre produit facilitant un départ de feu [15].

II.2. Les procédés de réfrigérations

Le choix d'un procédé de traitement se fait selon trois critères de base à savoir :

- Le taux de récupération des hydrocarbures liquides visés.
- Les spécifications des produits finis.
- Le coût global des investissements.

II.2.1 Procédé Pritchard

Le gaz brut est refroidi à travers une série d'échangeurs de chaleur avant d'être détendu isenthalpique ment dans une vanne Joule-Thompson jusqu'à une température voisine de -23 °C.

Pour son fonctionnement normal, le procédé Pritchard (Figure.II.3) utilise une boucle de propane pour ses besoins en frigories. Notons que le propane d'appoint est produit dans une unité indépendante.

Les liquides récupérés dans les différents ballons séparateurs sont stabilisés dans le dééthaniseur puis fractionnés en condensât et en GPL dans le débutaniseur. Les gaz moyen pression venant du dééthaniseur sont déshydratés dans un contacteur au TEG. Sur le site, il est nécessaire d'avoir une unité de régénération de TEG et une section pour la recompression des gaz moyen pression. [16]

Description de la vanne Joule Thompson

C'est une vanne qui a le rôle de détendre le gaz qui la traverse. Elle est composée d'un corps de vanne dans lequel circule le fluide, d'un mécanisme de commande, d'un servo moteur qui règle l'écoulement et d'accessoires spécifiques à chaque application particulière.

L'étanchéité est assurée par le siège, les garnitures et les joints. La noix de connexion relie la tige à l'axe de commande du servomoteur. Les parties internes de l'ensemble du corps de la vanne se caractérise par une simplicité et une grande efficacité.) [16]



Figure II.2 : la vanne Joule Thompson

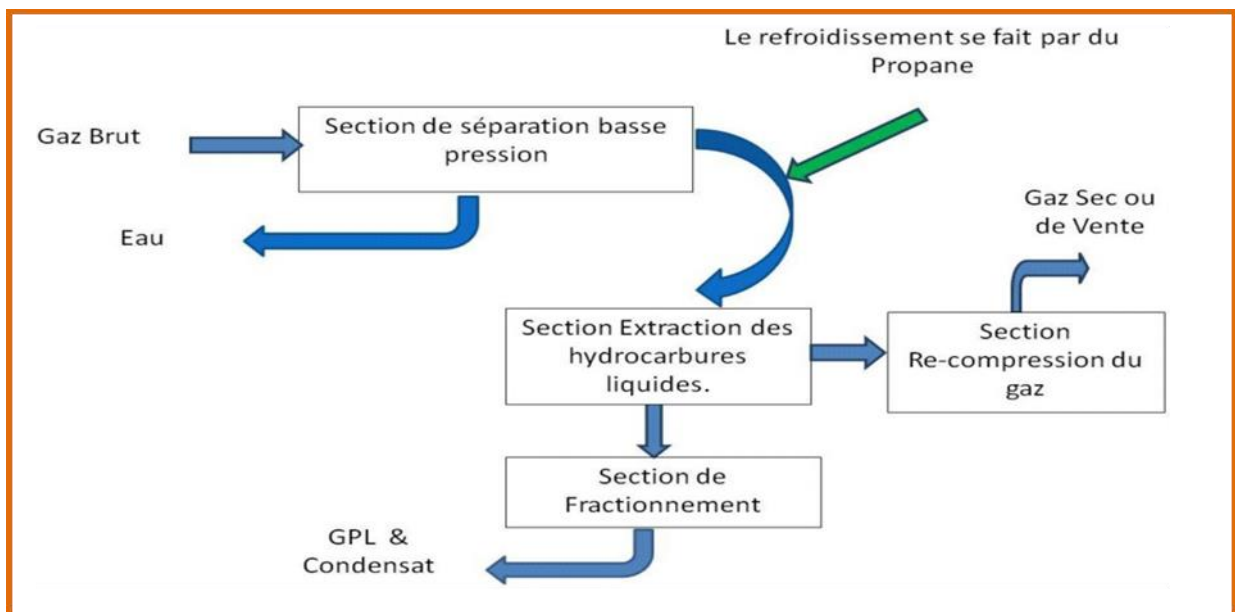


Figure II.3 : Étapes du procédé Pritchard

II.2.2 Procédé Hudson

Le procédé Hudson (Figure II.5) est basé sur le refroidissement du gaz par échanges thermiques et par une série de détente complétées d'une détente à travers une machine dynamique appelée Turbo-Expander qui permet d'atteindre un niveau de température de - 40 °C.

Les hydrocarbures liquides récupérés dans les différents ballons de séparation sont stabilisés au niveau du dééthaniseur puis envoyés au débutaniseur pour être séparés en condensât et GPL.

L'énergie obtenue grâce à la détente isentropique est utilisée pour comprimer le gaz sec par le compresseur de Turbo-Expander à la pression du gazoduc de gaz de vente. [16]

Description du Turbo Expandeur

Le Turbo-Expander est une machine dynamique constituée d'une turbine à réaction radiale qui entraîne, lors de sa rotation, un compresseur centrifuge à un seul étage.

L'utilisation de ce dernier, très répandue, est justifiée par son efficacité pour atteindre des températures très basses qui favorisent la récupération des produits lourds.

Le Turbo-Expander a pour fonction de récupérer l'énergie qui se produit lorsqu'un gaz haute pression passe à travers la turbine pour réduire sa pression (détente isentropique). La détente du gaz permet d'abaisser la température au-dessous de celle obtenue par l'effet Joule Thompson (PRCV 108). Donc permet de récupérer une grande quantité de liquide. Cette énergie est destinée pour entraîner le compresseur en vue d'augmenter la pression du gaz avant d'être envoyé comme gaz de vente.

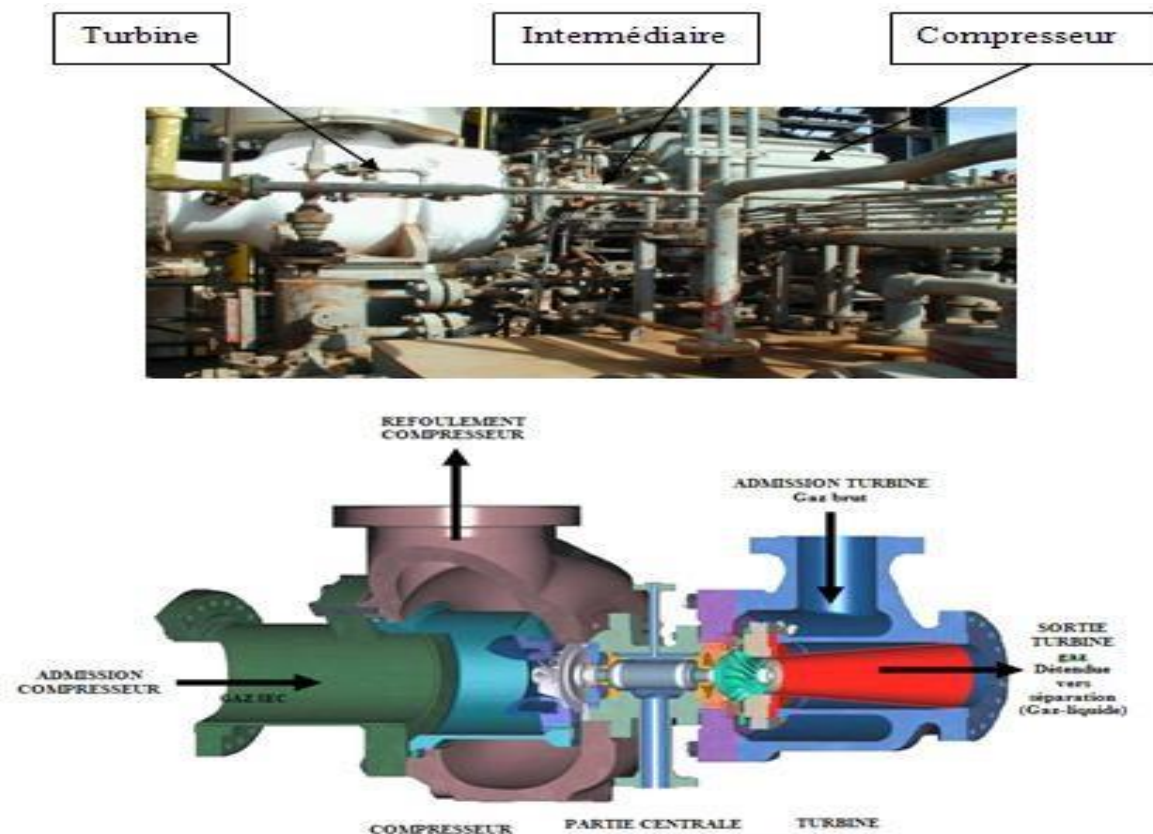


Figure II. 4 : Turbo-Expander

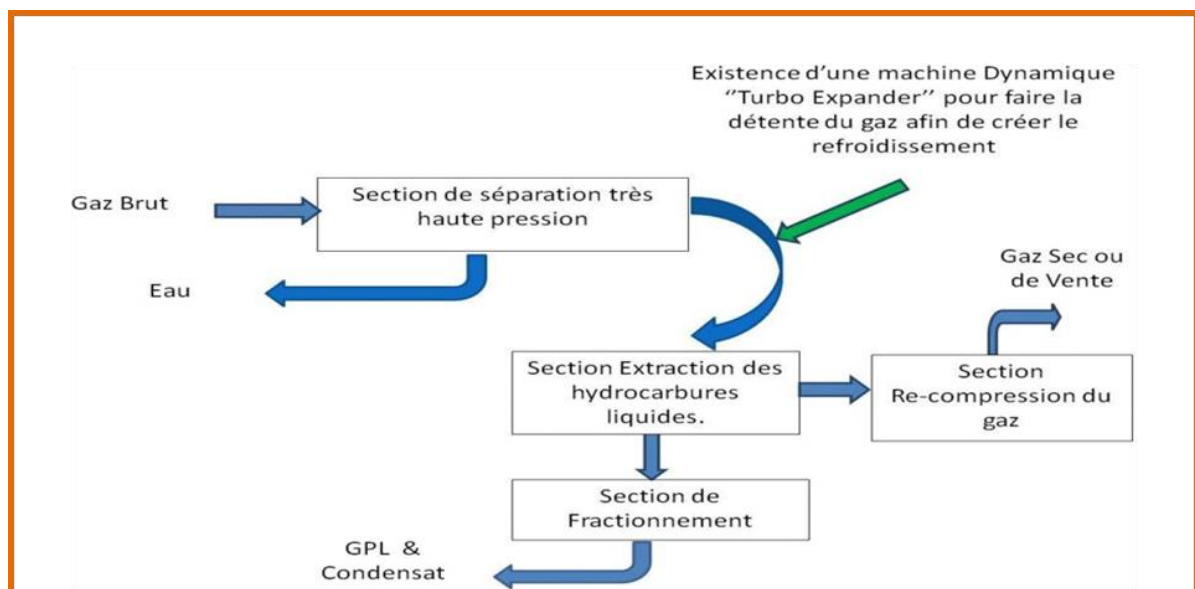


Figure II. 5 : Étapes du procédé Hudson.

II.3 Procédé mixte (Procédé CPF ALRAR)

Dans ce procédé de traitement de gaz on trouve une combinaison entre les deux précédantprocédés de traitement pour assurer les besoins en frigories, il utilise à la fois une boucle de propane et un Turbo-Expander. La température finale obtenue grâce aux

refroidissements successifs peut atteindre - 65 °C. Les liquides obtenus à différents niveaux sont stabilisés puis fractionnés en GPL et condensat. [5]

La boucle de réfrigération propane au niveau du CPF ALRAR

Description générale du process

Le système de réfrigération au propane fournit trois niveaux de réfrigération : 40°C, -21°C et +21°C.

Le propane est principalement utilisé pour refroidir le gaz d'alimentation en vue de la condensation des composants les plus lourds ; le réfrigérant est également utilisé pour le refroidissement de l'alimentation liquide et pour sous refroidir les produits de fond de la colonne de stabilisation de condensât. [5]

Les niveaux de pression du réfrigérant correspondant aux températures susmentionnées sont les pressions des trois étages du compresseur du propane (C-151).

Les vapeurs du réfrigérant sont comprimées jusqu'à une pression de refoulement égale à 20,5 bars effectifs. Les vapeurs chaudes refoulées par le compresseur sont refroidies et condensées dans l'aérocondenseur E-151. Le propane liquide est recueilli dans le ballon tampon V-154 qui fournit le réfrigérant aux divers échangeurs. [5]

Une dérivation à débit minimal (propane à l'état gazeux) maintient le débit vers les trois ballons d'aspiration pour permettre un fonctionnement en continu indépendamment de la charge du procédé. [5]

Un circuit partiel de réfrigérant liquide (trempe) en provenance du ballon V-154 se mélange avec le circuit de dérivation de gaz chaud (débit minimum). Le débit de ce circuit de trempe est contrôlé par la température du gaz des ballons d'aspiration prévus à chaque étage. Ainsi, même si l'unité est mise à l'arrêt le compresseur reste chargé automatiquement et restera en service. [5]

Le réfrigérant liquide haute pression en provenance de V-154 est refroidi jusqu'à 53°C dans le E-152 en chauffant les vapeurs de tête du dééthaniseur.

Le liquide en provenance de E-152 alimente :

- E-167 pour refroidir les produits de fonds de la colonne de fractionnement de condensât.
- E-104 pour le refroidissement du liquide du séparateur d'entée.
- E-103 pour refroidir le gaz d'alimentation.

Les vapeurs du réfrigérant sortant des échangeurs susmentionnés se mélangent au propane de la dérivation minimale avant d'entrer dans le ballon V-153 (à 7,9 bars effectifs et 21°C), ces vapeurs alimentent le troisième étage du compresseur.

Le liquide de ce même ballon est réparti en deux circuits : une partie est acheminée vers le ballon du deuxième étage et l'autre constitue le propane de réfrigération pour le

refroidissement du gaz d'alimentation dans E-142. [5]

Les vapeurs en provenance de E-142 se mélangent au circuit de la trempe de la dérivation à débit minimal avant d'entrer dans le V-152.

Les vapeurs du réfrigérant à une pression de 1,4 bar effectif et une température de -21°C en provenance de V-152 alimentent le deuxième étage du compresseur.

Le propane liquide du V-152 sert à refroidir d'avantage le gaz d'alimentation dans E-144.

Le propane évaporé au niveau de E-144 est mélangé au circuit de trempe de la dérivation à débit minimal, puis pénètre dans le ballon V-151. Les vapeurs du propane à 0,1 bar et -40°C constituent l'alimentation du premier étage du compresseur C-151. [5]

Le ballon V-151 est normalement sec, lorsque du liquide est présent dans ce ballon, il est vaporisé par du gaz chaud provenant du refoulement du compresseur. Ce ballon reçoit également les purges des échangeurs E-152, E-103, E-104, E-167 et E-142, car il possède un pot de purification à travers lequel on peut évacuer les liquides et les impuretés vers bournier.

Les impuretés lourdes pouvant se produire dans le propane se déposent par gravité dans les pots de purification situés sous V-151 et E-144. Les hydrocarbures légers se vaporisent, et les composants lourds seront vidangés vers bournier. [5]

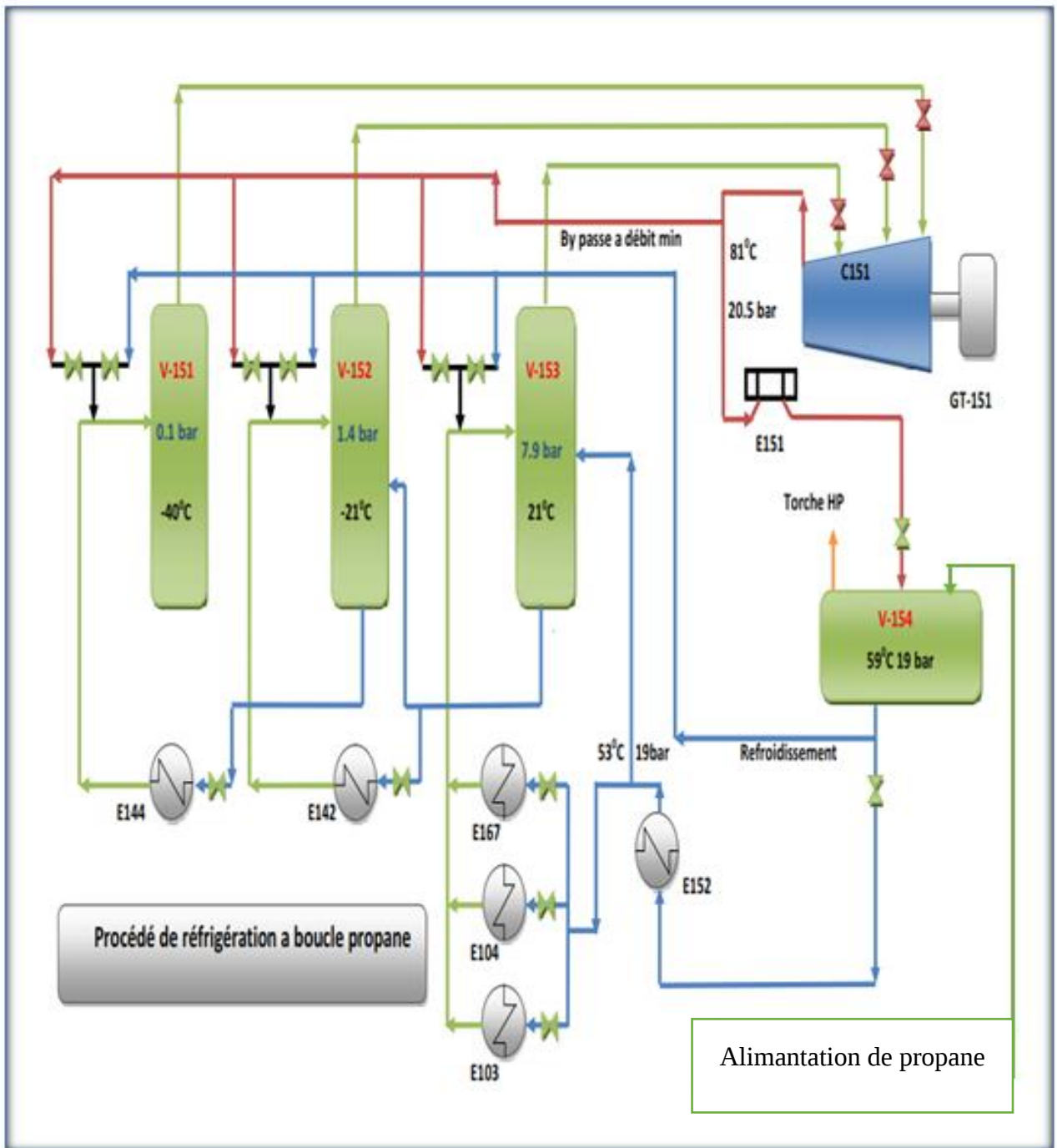


Figure II.6 Boucle de réfrigération au propane [5]

Chapitre III:
Optimisation des paramètres d'un
train du CPF ALRAR sans la boucle
de propane

III.1. Problématique

Il est obligatoire de réduire la charge d'alimentation d'un train (6.2×10^6 Stm3/j), en cas d'éventuel disfonctionnement sur la boucle de propane (révisions, Problème technique.), et cela pour ne pas dépasser la capacité de traitement des sécheurs circuit gaz.

Donc quel est le taux de réduction minimale de la charge nominale qui donne une bonne récupération de GPL et condensat, sans aucune influence sur les équipements des procédés de traitement du gaz en niveau d'un train du CPF ?

Notre travail fait l'objet à reprendre à cette question, dans ce chapitre, à travers une simulation, optimisation des paramètres d'exploitation sans boucle de propane d'un train et discussion en évaluant les résultats obtenus.

III.2. Simulation des paramètres du procédé par HYSYS (Cas design)

Toutefois, il est utile de noter qu'avant d'entamer tout calcul relatif à l'étude de l'impact du fonctionnement sans la boucle propane sur la production des condensât et GPL, il est nécessaire d'effectuer un calcul vérificatif relatif au fonctionnement normal du complexe. Ce calcul est basé sur la simulation par HYSYS du fonctionnement avec les paramètres du cas Design, afin de vérifier la fiabilité de la procédure d'étude adoptée et le modèle de simulation choisi. Les résultats obtenus sont comparés à ceux donnés par le constructeur (relevés des PFD) pour les mêmes conditions de fonctionnement.

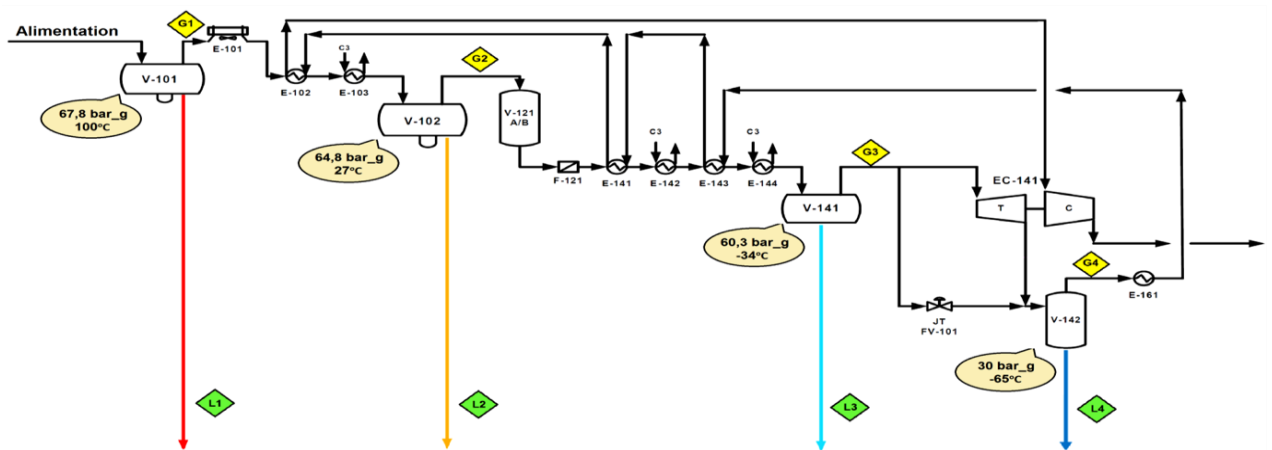


Figure III.1 : Schéma simplifié du procédé.

III.2.1 Données de base :

Toute simulation du fonctionnement d'un procédé industriel est basée sur l'utilisation d'un certain nombre de données liées aux différentes variables du système étudié, ces données

sont introduites comme input ou fixée comme limites à ne pas dépasser. [5]

III.2.1.1 Données relatives au site :

- Altitude 700 m
- Température ambiante Maximale +45°C
- Température ambiante Minimale -5°C
- Humidité relative moyenne 20%

III.2.1.2 Données relatives à la charge :

Le complexe d'Alrar est alimenté principalement par :

- Le gaz à condensat provenant du champ d'Alrar.
- Le gaz associé provenant des unités de Stah et Mereksen, la phase liquide contenue dans ce gaz est séparée dans la zone 04 du complexe Alrar avant d'alimenter les trains, le gaz est acheminé vers HRM.

La composition et les conditions d'alimentation des deux charges sont données par le tableau III.1 suivant :

Tableau III.1 : la charge traitée par le complexe d'ALARAR. [5]

Paramètres	Gaz à condensât Champ d'Alrar	Phase liquide du gaz associé Stah/Mereksen
Température [°C]	100,00	49
Pression [bar_g]	67,40	32,7
Débit [MMSm ³ /J]	6,167	/
Débit [Tonnes/J]	/	228,4
Composition	% Molaire	
N ₂	0,32	0,02
C ₁	75,37	15,14
C ₂	9,23	16,63
CO ₂	4,39	0,81
C ₃	4,25	26,86
i-C ₄	0,81	5,63
n-C ₄	1,45	18,19
i-C ₅	0,58	5,23
n-C ₅	0,51	6,03
C ₆	0,76	3,43
C ₇	0,56	1,45
C ₈	0,51	0,46
C ₉	0,38	0,11
C ₁₀	0,28	0,01
C ₁₁	0,18	0,00
C ₁₂₊	0,42	0,00

[Paramètre du tableau sont nécessaire pour simulateur Hysys]

Il est noté que le gaz d'ALARAR est un gaz saturé en eau dans les conditions de gisement, estimée à 223 bars et 132°C. [5]

III.2.1.3 Données relatives aux spécifications des produits :

- Condensat stabilisé :
Taux de récupération : min 95% (molaire) de C₅₊ existant dans le gaz d'ALARAR. TVR (Tension de vapeur Reid) : 10 psia max.
- GPL :
Taux de récupération : min 85% (molaire) de C₃ et C₄ existant dans le gaz d'ALARAR.
Teneur en C₂ : 3% mol au maximum Teneur en C₅₊ : 0,4% mol au maximum
- Propane commercial :
Teneur en C₂ : 2,41 % mol au maximum Teneur en C₄ : 0,67 % mol au maximum
- Butane commercial : En été :
Teneur en C₃ : 7,77 % mol au maximum Teneur en C₅₊ : 0,25 % mol au maximum En hiver :
Teneur en C₃ : 19,30 % mol au maximum Teneur en C₅₊ : 0,25 % mol au maximum
- Gaz de vente :
Points de rosée : -6°C au maximum à 81,5 bars.
Pouvoir calorifique supérieur : min 9350 Kcal/Sm³ et max 9450 Kcal/Sm³. Température : 60°C au maximum
Pression : 71 bars absolue.
- Gaz de réinjection :
Température : 100°C au maximum Pression : 320 bars absolue.
Points de rosée : pas de spécification.
Pouvoir calorifique supérieur : pas de spécification.

III.2.2 Etablissement du modèle de simulation du procédé :

La simulation étudie le comportement d'un système. Elle permet, en particulier, d'étudier l'évolution du système en faisant varier un ou plusieurs paramètres et en comparant les valeurs calculées aux valeurs observées. [4]

Le logiciel que nous avons utilisé pour réaliser notre étude est le logiciel **HYSYS** développé par la société **Hyprotech** /filiale du groupe **Aspentech**.

Pour que le logiciel HYSYS puisse résoudre le schéma de procédé, l'utilisateur doit au préalable :

- Spécifier les constituants du gaz, du liquide ou du mélange.
- Choisir un modèle thermodynamique convenable.
- Établir le schéma PFD de la section d'étude.
- Spécifier les paramètres nécessaires pour le calcul de chaque opération unitaire.

III.2.3 Choix du modèle thermodynamique:

Les modèles thermodynamiques sont utilisés pour la détermination des propriétés thermodynamiques, volumiques ainsi que l'état physique des composés ou des mélanges.

Parmi les modèles thermodynamiques existants, il y a lieu de citer ceux de :

- Peng Robinson (PR).
- Soave Redlich Kwong (SRK).
- Lee Kesler Plocker
- Kabadi Danner.
- UNIQUAC.
- Amine property package.

La réussite de la simulation dépend du choix du modèle thermodynamique, parce que ce dernier est établi pour une classe de fluides bien définie (polaire ou non polaire) et des conditions de pression et de température bien spécifiées.

Pour la simulation des procédés de traitement du gaz, le modèle thermodynamique basé sur l'équation d'état de Peng Robinson (PR) est généralement le modèle le plus recommandé.[4]

III.2.4 Spécification des paramètres de calcul :

Les sections concernées par la présente étude comportent plusieurs équipements, ballons de séparations, échangeurs de chaleur, colonnes de fractionnement...etc.

Tous ces équipements sont reliés entre eux par les deux flux entrant et sortant aux différentes conditions.

Un nombre de paramètres ont été spécifiés, selon le degré de liberté de chaque équipement :

▪ Ballon de séparation du gaz d'alimentation :

- Pression de service :
- Température de service :
- Composition : La composition de la charge donnée par le tableau III.1 ne comporte pas la teneur en eau. A cet effet, une saturation en eau dans les conditions de gisement a été

établie, voir figure III.2.

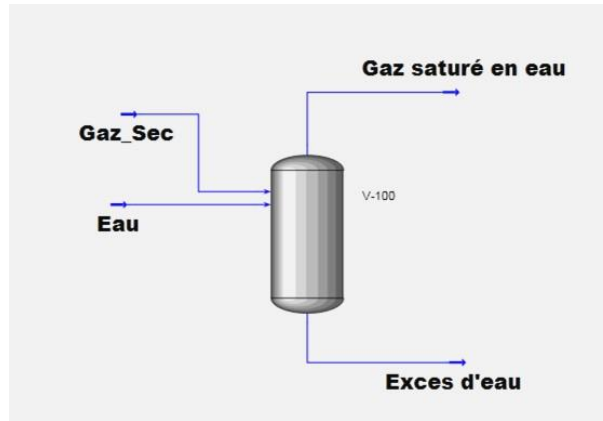


Figure III.2 : Saturation en eau du gaz d'alimentation. [17]

- Les ballons de séparations :

Tableau III .2 : Les spécifications des ballons de séparations.[5]

	V-101	V-102	V-103	V-141	V-142	V-170	V-171
Débit d'entrée [kgmol/h]	10727,18	--	--	--	--	--	--
Composition	Oui	--	--	--	--	--	--
Pe [bar_g]	67,4	--	--	--	--	21,9	--
Te [°C]	100	27	--	-34	--	--	--
ΔP [bar]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

[Paramètre du tableau sont necessaire pour simulateur Hysys]

- Les aéroréfrigérants :

Tableau III.3 : Les spécifications des aéroréfrigérants. [5]

	E-101	E-105	E-123	E-171	E-174	E-404
Débit d'entrée [MMSM3/J]	--	--	--	--	--	--
Composition	--	--	--	--	--	--
Pe [bar_g]	--	--	61,8	84,2	37,1	--
Te [°C]	--	--	--	--	--	--
Ts [°C]	60	60	60	60	60	60
ΔP [bar]	0,8	0,8	0,7	1,1	1,0	0,7

[Paramètre du tableau sont necessaire pour simulateur Hysys]

- Les échangeurs tubes-calandre :

Tableau III.4 : Les spécifications des échangeurs tube-calandre. [5]

		E-102	E-141	E-143	E-161	E-163	E-166	E-168
Fluide Chaud	Débit d'entrée [T/J]	--	--	--	--	--	--	--
	Composition	--	--	--	--	--	--	--
	Pe [bar_g]	--	--	--	--	--	--	--
	Te [°C]	60	--	-15	--	--	--	--
	Ts [°C]	48	7	-23	--	--	--	--
	ΔP [bar]	0,8	0,8	0,8	--	0,8	1,0	0,7
Fluide Froid	Débit d'entrée [T/J]	--	--	--	--	--	--	--
	Composition	--	--	--	--	--	--	--
	Pe [bar_g]	--	--	--	--	--	--	--
	Te [°C]	--	--	--	--	--	--	--
	Ts [°C]	--	--	--	--	--	--	--
	ΔP [bar]	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0

[Paramètre du tableau sont nécessaire pour simulateur Hysys]

- Les échangeurs à propane :

Tableau III.5 : Les spécifications des échangeurs à propane. [5]

	E-103	E-104	E-142	E-144
Débit d'entrée du gaz [MMSM3/J]	--	--	--	--
Composition	--	--	--	--
Pe [bar_g]	--	--	--	--
Te [°C]	48	--	7	-23
Ts [°C]	27	27	-15	-34
Quantité de chaleur [MMKcal]	--	--	--	--
ΔP [bar]	0,7	0,8	0,7	0,7

[Paramètre du tableau sont nécessaire pour simulateur Hysys]

Le dééthaniseur et le débutaniseur [5] :

Tableau III.6 : Les spécifications des colonnes de fractionnement

		Dééthaniseur V161	Débutaniseur V163
Paramètres de la colonne	Pression [bar_g]	--	--
	Composition % mol	--	--
	ΔP [bar]	--	--
Alimentation	Te [°C]	--	--
	Pe [bar_g]	--	--
	Débit [T/J]	--	--
Produit de tête	T condenseur [°C]	--	--
	P condenseur [bar_g]	25,3	15,7
	La Clé lourde % mol	0,5% C ₃	0,03% i C ₅
Produit de fond	T rebouilleur [°C]	--	--
	P rebouilleur [bar_g]	26,1	16,5
	La Clé légère % mol	1% C ₂	0,15% i C ₄

[Paramètre du tableau sont nécessaire pour simulateur Hysys]

III.2.5 Schéma de la simulation (PFD) :

Le schéma de la simulation (PFD) établi par le simulateur HYSYS pour le procédé étudié (section de séparation, refroidissement et fractionnement) est donné par la figure III.3.

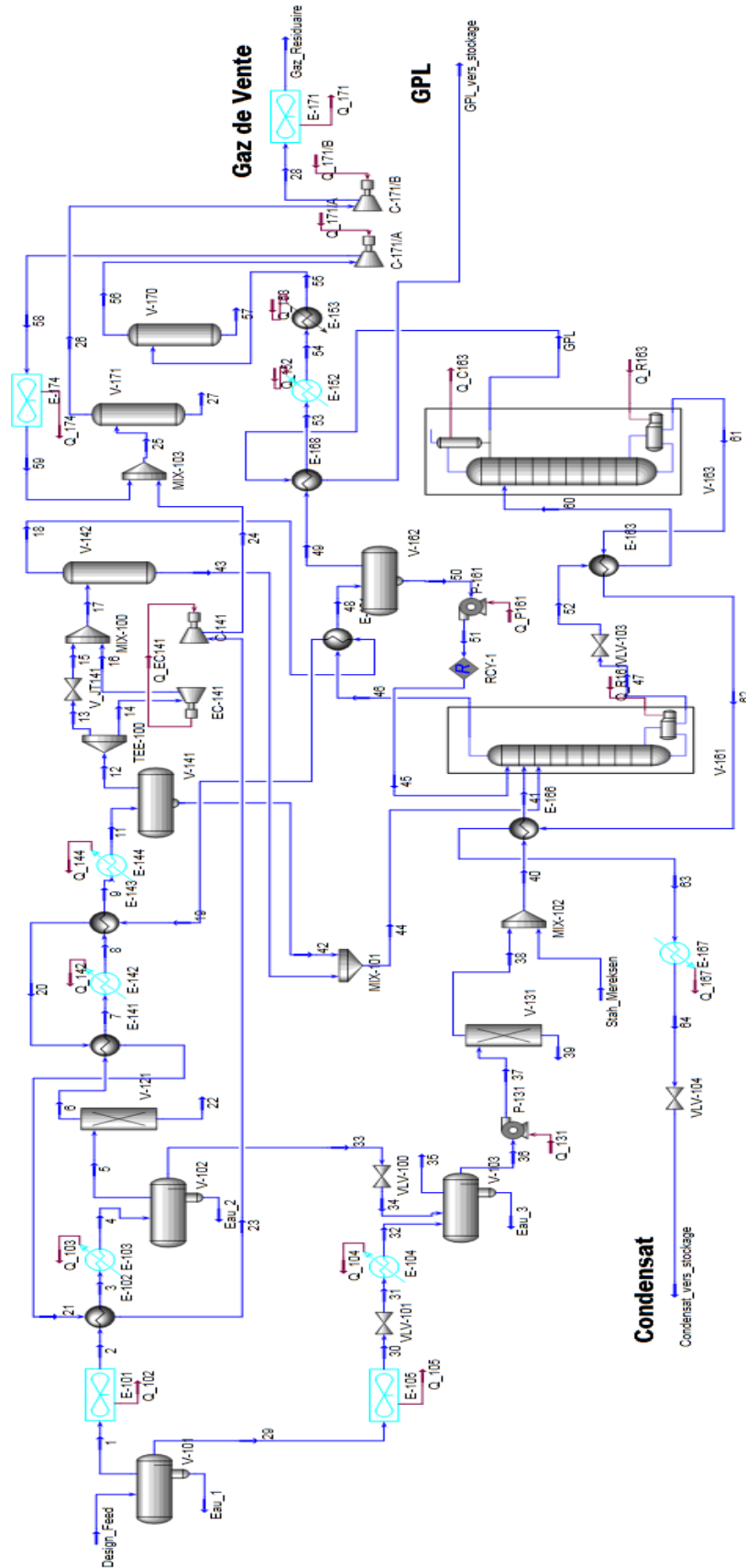


Figure III. 3 : Schéma PFD du procédé de traitement [17]

Tableau III.7 : Comparaison des résultats (Design/HYSYS) - Circuit du gaz [5-17]

Stream	G1			G2			G3			G4		
	Sortie gaz de V-101			Sortie gaz de V-102			Sortie gaz de V-141			Sortie gaz de V-142		
Paramètres	Design	HYSYS	Ecart	Design	HYSYS	Ecart	Design	HYSYS	Ecart	Design	HYSYS	Ecart
Température [°C]	100	100	0	27	27	0	-34	-34	0	-65	-64	1
Pression [bar_g]	67,4	67,4	0,0	64,8	64,8	0,0	60,3	60,3	0,0	30,0	29,3	0,7
Débit [kgmole/h]	10621,75	10652,00	0,28%	11181,2	11224,84	0,39%	8108,31	8251,33	1,73%	7434,76	7548,53	1,51%
Débit [MMSM ³ /J]	6,108	6,045	1,03%	6,429	6,369	0,93%	4,662	4,682	0,43%	4,275	4,283	0,19%
Compositions	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart
Azote	0,32	0,32	0,00	0,34	0,34	0,00	0,40	0,39	0,01	0,43	0,42	0,01
CO ₂	4,39	4,36	0,03	4,55	4,51	0,04	4,35	4,28	0,07	4,09	3,97	0,12
H ₂ O	1,77	1,76	0,01	0,08	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Méthane	75,49	75,44	0,05	79,37	79,25	0,12	85,56	85,40	0,16	89,38	89,32	0,06
Ethane	9,15	9,15	0,00	9,21	9,25	0,04	7,30	7,43	0,13	5,48	5,61	0,13
Propane	4,14	4,15	0,01	3,84	3,88	0,04	1,87	1,94	0,07	0,58	0,63	0,05
i-Butane	0,77	0,78	0,01	0,64	0,65	0,01	0,19	0,20	0,01	0,02	0,03	0,01
n-Butane	1,36	1,38	0,02	1,06	1,09	0,03	0,25	0,27	0,02	0,02	0,02	0,00
i-Pentane	0,59	0,53	0,06	0,33	0,34	0,01	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
n-Pentane	0,45	0,46	0,01	0,26	0,27	0,01	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Hexane	0,61	0,62	0,01	0,21	0,23	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Heptane	0,38	0,40	0,02	0,07	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Octane	0,28	0,30	0,02	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Nonane	0,15	0,16	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-Décane	0,07	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C ₁₁	0,03	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C ₁₂	0,05	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau III.8 : Comparaison des résultats (Design/HYSYS) - Circuit du Liquide [5-17]

Stream	L1			L2			L3			L4		
	Sortie liquide de V-101			Sortie liquide de V-102			Sortie liquide de V-141			Sortie liquide de V-142		
Paramètres	Design	HYSYS	Ecart	Design	HYSYS	Ecart	Design	HYSYS	Ecart	Design	HYSYS	Ecart
Température [°C]	100	100	0	27	27	0	-34	-34	0	-65	-64	1
Pression [bar_g]	67,4	67,4	0,0	64,8	64,8	0,0	60,3	60,3	0,0	30,0	29,3	0,7
Débit [kgmole/h]	295,21	280,98	4,82%	507,34	493,34	2,76%	1818,64	1719,91	5,43%	673,55	702,80	4,16%
Débit [Tonnes/J]	636,41	609,74	4,19%	667,07	688,29	3,18%	1290,00	1258,80	2,42%	469,00	491,72	4,62%
Compositions	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart
Azote	0,04	0,04	0,00	0,05	0,05	0,00	0,10	0,09	0,01	0,05	0,05	0,00
CO ₂	1,68	1,77	0,09	2,76	2,94	0,18	5,46	5,64	0,18	7,23	7,61	0,38
H ₂ O	0,71	0,8	0,09	0,03	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Méthane	20,02	19,56	0,46	27,49	26,01	1,48	52,12	50,03	2,06	43,41	43,35	0,06
Ethane	6,21	5,71	0,50	11,16	10,61	0,55	17,79	18,02	0,23	27,32	26,93	0,39
Propane	5,52	5,17	0,35	11,49	11,14	0,35	12,62	13,20	0,58	16,18	16,05	0,13
i-Butane	1,66	1,60	0,06	3,61	3,58	0,03	2,66	2,81	0,15	2,07	2,10	0,03
n-Butane	3,57	3,41	0,16	7,80	7,73	0,07	4,67	5,02	0,35	2,83	2,91	0,08
i-Pentane	2,26	2,19	0,07	4,58	4,59	0,01	1,59	1,74	0,15	0,49	0,53	0,04
n-Pentane	2,26	2,19	0,07	4,46	4,50	0,04	1,28	1,42	0,14	0,31	0,33	0,02
n-Hexane	5,66	5,60	0,06	8,59	8,86	0,27	1,13	1,29	0,16	0,10	0,12	0,02
n-Heptane	6,55	6,57	0,02	6,61	6,99	0,38	0,39	0,47	0,08	0,01	0,02	0,01
n-Octane	8,62	8,80	0,18	5,29	5,77	0,48	0,14	0,18	0,04	0,00	0,00	0,00
n-Nonane	8,44	8,76	0,32	3,00	3,41	0,41	0,04	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
n-Décane	7,51	7,93	0,42	1,52	1,81	0,29	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C ₁₁	5,42	5,88	0,46	0,64	0,77	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
n-C ₁₂	13,87	14,02	0,15	0,92	1,19	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau III .9 : Comparaison des Produits finals (Design/HYSYS) [5-17]

Produits	Gaz de Vente			GPL			Condensât		
Paramètres	HYSYS	Design	Ecart	HYSYS	Design	Ecart	HYSYS	Design	Ecart
Température [°C]	60,00	60,00	0,00	5,16	2,00	3,16	38,54	38,00	0,54
Pression [bar_g]	83,10	83,10	0,00	6,40	6,40	0,00	1,013	1,013	0,00
Débit [MMSM ³ /J]	4,943	5,052	2,16%	/	/	/	/	/	/
Débit[T/J]	/	/	/	737,83	737,50	4,47%	1233,35	1218,00	1,26%
Composition	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart	% Mol		Ecart
Azote	0,35	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO ₂	4,95	4,90	0,05	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Méthane	83,23	82,35	0,88	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
Ethane	10,87	10,84	0,03	1,64	1,63	0,01	0,00	0,00	0,00
Propane	0,57	1,16	0,59	61,42	61,28	0,14	0,00	0,00	0,00
i-Butane	0,02	0,15	0,13	12,95	12,88	0,07	0,15	0,15	0,00
n-Butane	0,02	0,26	0,24	23,95	24,14	0,19	2,86	2,32	0,54
i-Pentane	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	14,57	14,65	0,08
n-Pentane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,45	13,53	0,08
n-Hexane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,81	17,90	0,09
n-Heptane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,69	12,76	0,07
n-Octane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,21	11,27	0,06
n-Nonane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,24	8,30	0,06
n-Décane	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,05	6,09	0,04
n-C11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,89	3,91	0,02
n-C12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,08	4,12	4,96

III.3. Optimisation des paramètres d'un train du CPF ALRAR sans la boucle de propane

Le fonctionnement du complexe de traitement de gaz d'ALARAR sans réfrigération au propane est un cas exceptionnel, il peut se rencontrer dans deux situations différentes :

- Au cours du démarrage d'un train.
- Dans le cas de l'indisponibilité de la boucle propane suite à une révision périodique planifiée ou un problème technique sur le système.

La conception originale du complexe présente une certaine flexibilité dans l'exploitation qui peut mettre en marche les trains même si la boucle de réfrigération au propane est hors service. Dans cette situation l'apport de froid, comme il a été indiqué précédemment, s'effectue seulement par le gaz résiduel détendu à travers le Turbo- Expander EC-141.

En marche normale, la charge nominale traitée par train est de l'ordre de 6,167 MMSM³/J. Cette charge est refroidie jusqu'à 27°C à travers l'aéroréfrigérant E101, et deux échangeurs en série E-102 et E-103, le premier utilise le gaz résiduel froid provenant de l'Expandeur et l'autre utilise le réfrigérant propane (figure III.1). Notons que le choix de cette température est basé sur deux paramètres :

- La température de formation d'hydrate du gaz à traiter.
- La capacité de traitement des sécheurs en terme quantité d'eau dans le gaz alimentant les sécheurs.

Autrement dit, si la température au niveau du ballon V-102 qui est la température de sortie gaz de l'échangeur E-103 (figure III.4), est inférieure à 27°C il y a un risque de formation d'hydrate et si elle est trop élevée, on risque de dépasser la teneur en eau maximale dans le gaz à déshydrater. De plus, la quantité des liquides récupérés au niveau du ballon séparateur V-102 (liquide L1 sur la figure III.4) dépend d'une manière directe, de la température en question.

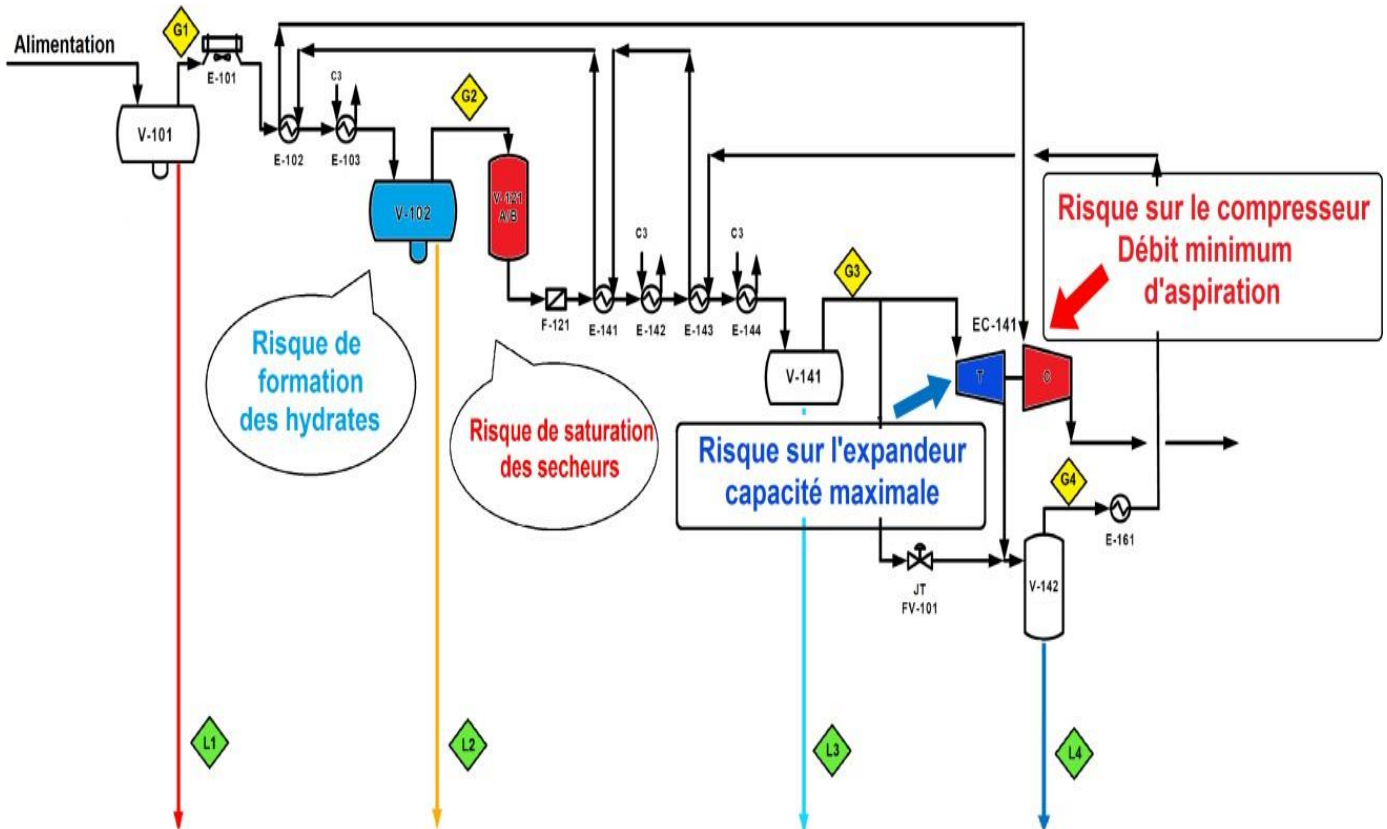


Figure III.4 : Circuit de gaz du procédé de traitement de gaz du complexe

III.3.1 Effet de la boucle propane sur la production :

Le rôle principal de la boucle propane est de fournir le froid nécessaire pour le refroidissement du gaz à travers :

- L'échangeur E-103, qui se trouve en amont du ballon séparateur V-102, la température atteinte par le gaz est de 27°C.
- Les échangeurs E-142 et E-144, situés en amont du ballon séparateur V-141, la température de sortie gaz du dernier échangeur est de -34°C.

Le fonctionnement d'un train en pleine capacité (6,167 MMSM³/J) sans la boucle de réfrigération au propane ne permet jamais d'atteindre une température de 27°C au niveau du ballon V-102, pour deux raisons :

- L'apport du froid s'effectue uniquement à travers l'échangeur E-102 par le gaz résiduel provenant de l'expandeur.
- La température du gaz résiduel détendu dans l'expandeur devient supérieure du fait qu'elle est liée à la température du gaz avant détente.

En conséquence, la qualité des liquides récupérés au niveau du ballon V-102, y compris l'eau de saturation diminue. Ceci augmente d'une part le débit du gaz alimentant les sécheurs du circuit gaz, et d'autre part, sa teneur en eau c'est-à-dire une quantité supplémentaire est envoyée vers les sécheurs, ce qui perturbe leur fonctionnement.

Par ailleurs, le Turbo-Expander est limité en capacité à $4,7 \text{ MMSM}^3/\text{J}$ de gaz. L'augmentation de la température de service du ballon V-102 engendre, comme indiqué ci-dessus, un débit important dans le circuit gaz ce qu'il pourrait suralimenter le turbo- Expander.

En fin, il est important de dire que la réduction de la charge des trains est inévitable pour un fonctionnement sans la boucle de réfrigération au propane. Ceci doit être réalisé avec la prise en considération :

- De la capacité de traitement des sécheurs.
- De la charge maximale du turbo-expander.
- Du débit minimum du compresseur.

III.3.2 Paramètres de fonctionnement sans la boucle propane :

L'objectif de traitement de gaz dans le complexe d'ALARAR est récupérer au maximum les produits condensât et GPL contenue dans le gaz d'alimentation. Pour optimiser cette récupération il faut bien choisir les paramètres de marche des trains, chose qui a été faite pour le fonctionnement normal, mais qui reste à vérifier pour le fonctionnement sans la boucle de propane.

L'élément principal qui détermine les paramètres de marche de train, pour le cas de fonctionnement sans la boucle de propane, est le taux de réduction de la charge traitée par rapport à la charge nominale. Il s'agit donc de trouver la charge traitée optimale qui donne une meilleure récupération des produits condensât et GPL. Cette charge doit être déterminée en tenant compte des paramètres suivants :

- Température de gaz à la sortie de l'échangeur E-102 doit être supérieure à 27°C (température de formation d'hydrate majoré par une marge de sécurité)
- Quantité d'eau maximale contenue dans le gaz d'alimentation des sécheurs est de 160 kg/h (capacité maximale de sécheur, cycle :12 heures en service chaque 24 heures)
- Débit maximum du gaz issu de la séparation au niveau du ballon séparateur V-141 est de $4,7 \text{ MMSM}^3/\text{J}$ (charge maximale de l'Expander).
- Débit minimum du gaz issu de la séparation au niveau du ballon séparateur V-142 est $1,85 \text{ MMSM}^3/\text{J}$ (débit minimum d'aspiration du compresseur EC-141). [5]

Pour ce faire, une démarche de travail a été adoptée, elle repose principalement sur les

étapes suivantes :

- 1- Procéder une réduction progressive de la charge traitée (10%, 20%,....., 50% de réduction par rapport à la charge nominale).
- 2- Pour chaque taux de réduction, déterminer la température maximale au niveau du ballon V-102, limitée par la quantité d'eau maximale contenue dans le gaz d'alimentation des sécheurs. Il est utile de rappeler que la température minimale à ce niveau est fixée à 27°C pour éviter le risque de formation d'hydrate, il est préférable de garder la température d'adsorption de tamis moléculaire inférieur à 50°C [5].
- 3- Déterminer la température de service optimale du ballon séparateur V-102 qui assure une récupération maximale des produits condensât et GPL. Cette étape s'effectue par simulation du procédé de traitement du gaz en utilisant le logiciel HYSYS (figure III.2).
- 4- Vérifier les débits de gaz alimentant le turbo-expander et le compresseur EC-141.
- 5- Choisir un taux de réduction qui vérifie tous les critères et qui assure une flexibilité dans l'exploitation.

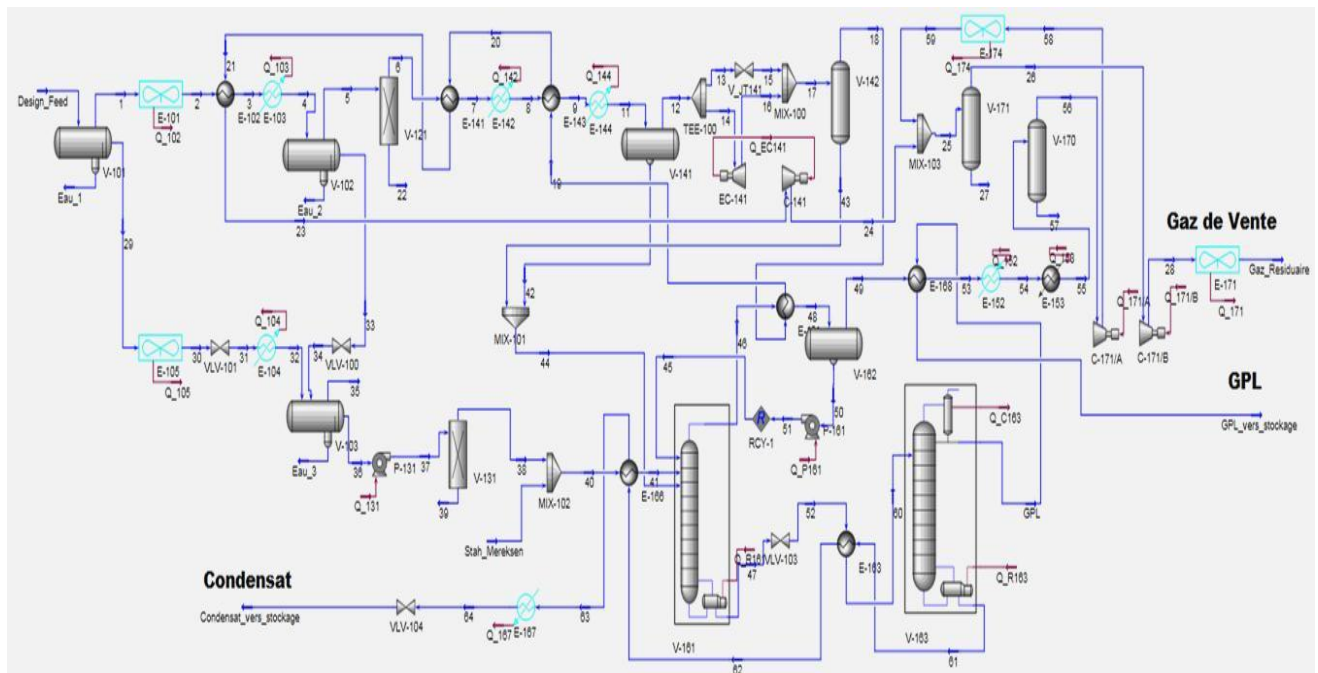


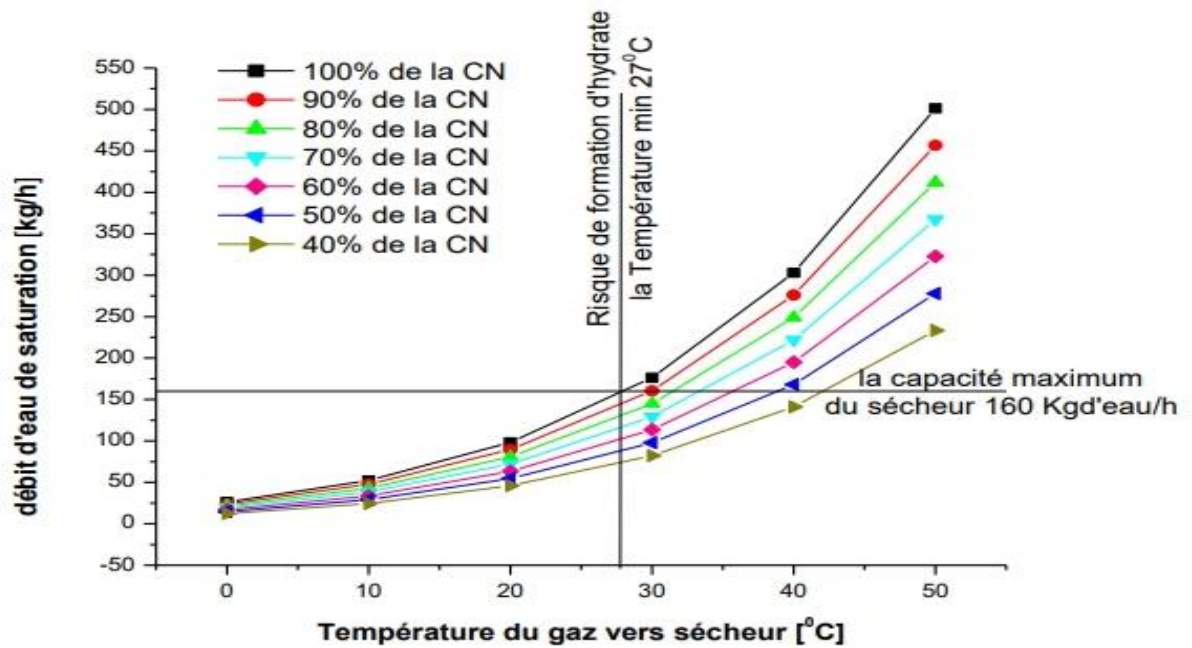
Figure III.5 : Schéma du procédé de traitement (Sans boucle propane) [17]

Pour la simulation du procédé dans le cas d'exploitation sans boucle propane, on utilise la composition de l'alimentation actuelle (voir l'annexe Figure. Annexe 1 et 2).

III.3.3 Température maximale du gaz d'alimentation des sécheurs :

Pour chaque charge traitée, on a une saturation en eau (teneur en eau) dans le gaz d'alimentation des sécheurs qui varie en fonction de la température du gaz.

La figure III.6 illustre la saturation en eau du gaz d'alimentation des sécheurs pour les différentes charges traitées.



Température du gaz vers sécheur [°C]

Figure III.6 : Evolution de la teneur en eau du gaz en fonction de la température.

Tableau III.10 : Les températures maximales en fonction de la charge traitée.

La charge traitée [% de la charge nominale]	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%
Débit équivalent [MMSm ³ /J]	6,167	5,550	4,934	4,317	3,700	3,084	2,467
Température maximale entrée sécheur [°C]	27	30	32	34	36	39	42

D'après la figure III.6, pour chaque charge traitée il existe un intervalle de variation de la température du gaz à l'entrée de sécheur, voir tableau III.11 :

Tableau III.11 : Intervalle de variation de la température d'alimentation des sécheurs

La charge traitée [%de la charge nominale]	La température minimale	L'intervalle des températures admissibles du gaz à l'entrée du sécheur	La température maximale
40%	27°C	←→	42°C
50%	27°C	←→	39°C
60%	27 °C	←→	36°C
70%	27°C	←→	34°C
80%	27°C	←→	32°C
90%	27°C	←→	30°C
100%	27°C		

III.3.4 Récupération maximale des produits Condensât et GPL :

De la même manière que le cas de la détermination de la température maximale d'entrée sécheur, on procède, cette fois-ci à déterminer les quantités de condensât et de GPL en fonction de la température entré sécheur, fixée dans l'intervalle de variation donné par le tableau III.11 ; et cela pour chaque taux de réduction. Le tableau III.12 donne les résultats obtenus par le simulateur HYSYS.

Il s'agit de noter que durant le fonctionnement sans la boucle de propane, et pour mieux valoriser le froid produit par la détente à travers l'expandeur dans les échangeurs gaz/gaz, on procède à by-passer le condenseur de tête du dééthaniseur. Dans ce cas on s'intéresse beaucoup plus à la récupération des condensât.

Tableau III.12 : Récupération de condensât et GPL en fonction de la charge traitée et la température entrée sécheur. [17]

Température du gaz Entrée sécheur		27°C	30°C	32°C	34°C	36°C	39°C	42°C
HCL récupéré[T/J]								
40%	Condensât	130,118	126,338	123,685	120,14	117,364	114,475	108,82
	De la CN	GPL	57,437	55,002	52,368	49,146	45,81	41,608
50%	Condensât	157,63	153,225	150,642	147,253	143,548	139,01	/
	De la CN	GPL	65,753	63,243	59,104	55,812	51,238	45,50
60%	Condensât	186,637	181,378	176,107	170,12	165,418	/	/
	De la CN	GPL	73,388	70,546	65,93	58,674	54,14	/
70%	Condensât	209,745	206,651	202,964	198,8	/	/	/
	De la CN	GPL	78,836	75,983	71,73	67,822	/	/
80%	Condensât	241,563	235,91	230,186	/	/	/	/
	De la CN	GPL	89,789	82,695	76,32	/	/	/
90%	Condensât	272,348	264,79	/	/	/	/	/
	De la CN	GPL	96,761	89,02	/	/	/	/
100%	Condensât	302,145	/	/	/	/	/	/
	De la CN	GPL	103,66	/	/	/	/	/

La température entrée sécheur optimale qui donne une production maximale en condensât et GPL est de 27°C pour toutes les charges traitées

La figure III.7 représente les quantités des produits condensât et GPL pour chaque charge traitée à la température optimale 27°C.

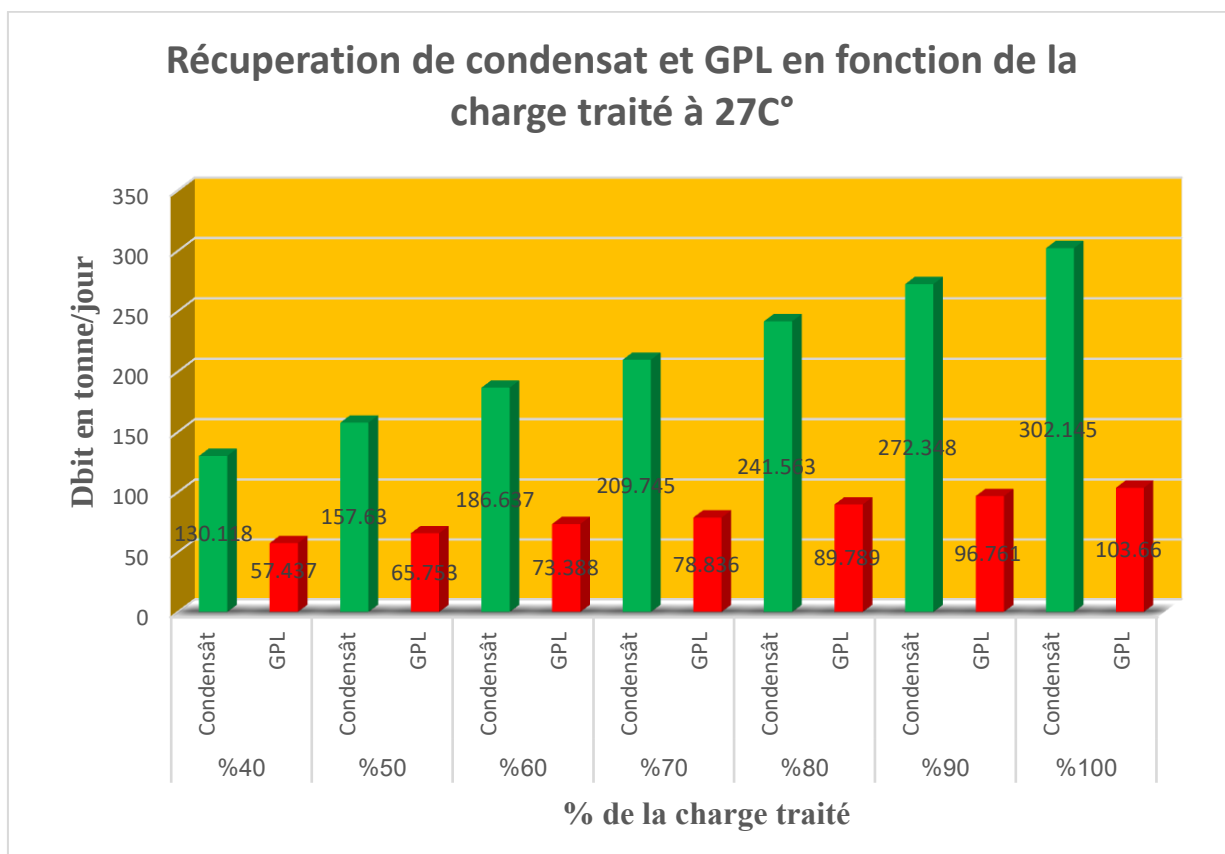


Figure III.7 : Récupération de condensât et GPL en fonction de la charge traitée à 27C°.

III.3.5 Limitations pratiques relatives au fonctionnement de l'Expander et le compresseur :

En pratique, le fonctionnement d'un compresseur est caractérisé par une courbe de fonctionnement où un débit maximal et un débit minimal (recyclage ou déclanchement) sont mentionnés

Pour mettre en application ces contraintes, on doit vérifier d'une part le débit maximum du gaz séparé au niveau du ballon V-141, qui alimente l'Expander et d'autre part, le débit minimum du gaz sortant du ballon V-142 vers le compresseur EC-141. Le tableau III.13 présente les débits d'alimentation de l'Expandeur et le compresseur en fonction de la charge traité. [5]

Tableau III.13 : Débit du gaz alimentant l'Expander et le compresseur EC-141. [17]

Débit du gaz [MMSM ³ D] à l'entrée de	La charge traitée [% de la charge nominale]						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Turbo-Expander	2,248	2,807	3,372	3,936	4,499	5,07	5,636
Compresseur	1,674	2,212	2,76	3,309	3,854	4,413	4,967

L'évolution des débits d'alimentation de l'expander et le compresseur en fonction de la charge traitée est illustrée par la figure III.8

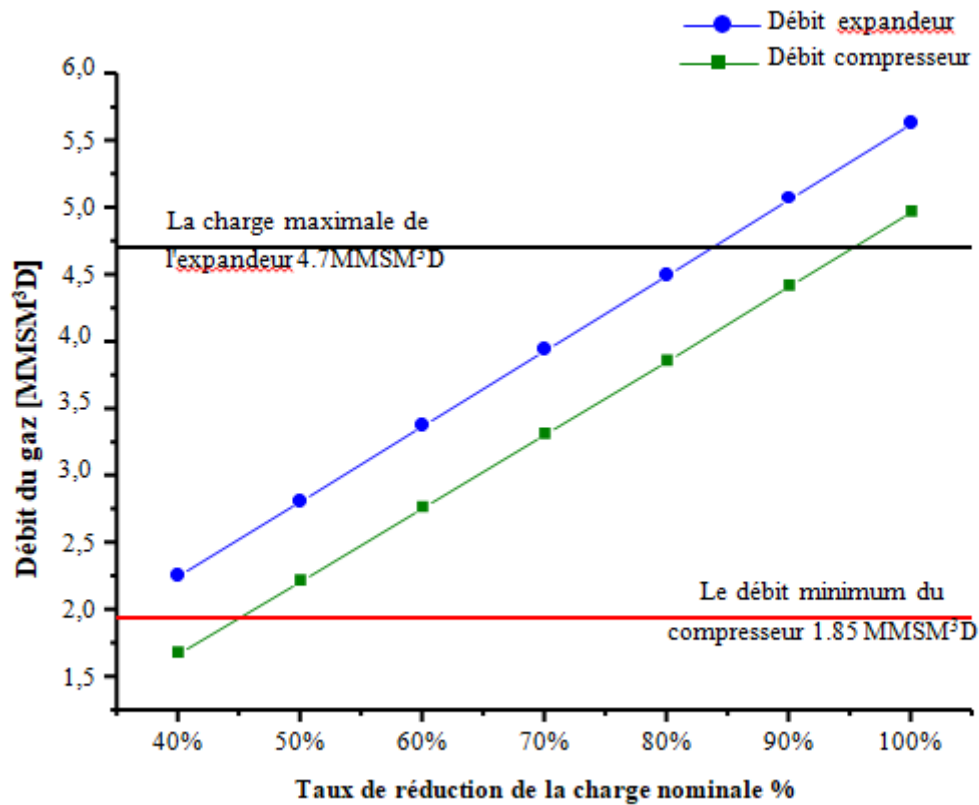


Figure III.8 : Débit de gaz d'alimentation Turbo-Expander et compresseur en fonction de la charge traitée.

III.4. Discussion et évaluation résultats obtenus

A). Simulation des paramètres du procédé par HYSYS (Cas design)

Résultats obtenus :

✓ Les résultats obtenus, après convergence du modèle pour les points principaux du procédé sont donnés par les tableaux III.7 et III.8.

Les quatre points principaux représentent les quatre niveaux de récupération des liquides, ainsi les lignes désignés par G1, G2, G3 et G4 sont les sorties gaz des quatre ballons séparateurs, elles représentent le circuit gaz (voir Figure III.1) ; tandis que les lignes désignés par L1, L2, L3 et L4 sont les sorties liquides, elles représentent le circuit liquide.

✓ Une comparaison entre les résultats obtenus par HYSYS et les paramètres donnés par le constructeur (relèves des PFD du complexe) a été faite, l'erreur relative est donnée dans la colonne Ecart de chaque point, (voir les tableaux III.7 et III.8).

✓ Les spécifications obtenues par simulation pour les produits Condensât, GPL et gaz de vente sont donnés par le tableau III.9, L'écart avec le désigne est donnée par la colonne Ecart de chaque produit. [17]

Discussion des résultats :

Les résultats obtenus à partir de la simulation du procédé étudié sont proches à ceux donnés par le constructeur (paramètres de Design). Une erreur relative inférieure à 5% est observée chose généralement acceptable pour un tel travail. Cette approche nous permet de confirmer la fiabilité de notre simulateur pour appliquer le schéma de simulation construit et le modèle thermodynamique choisi pour la suite de notre travail, qui est l'optimisation des paramètres de service d'un train sans boucle de propane pour la bonne récupération de GPL.

B). Optimisation des paramètres de fonctionnement d'un train sans boucle de propane

Résultats obtenus :

✓ D'après la figure III.6, on peut dire que pour chaque charge réduite traitée, on a une température maximale du gaz à l'entrée de sécheur, qui correspond à la quantité d'eau maximale entraînée par le gaz et limitée par la capacité d'adsorption de sécheur, Le tableau III.10 présente la température maximale du gaz à l'entrée de sécheur en fonction de la charge traitée.

✓ Pour chaque charge traitée il existe un intervalle de variation de la température du gaz

à l'entrée de sécheur, donné par le tableau III.11.

- ✓ La température entrée sécheur optimale qui donne une production maximale en condensât et GPL est de 27°C pour toutes les charges traitées
- ✓ Les quantités des produits condensât et GPL pour chaque charge traitée à la température optimale 27°C, représentées par La figure III.4.
- ✓ L'évolution des débits d'alimentation de l'expander et le compresseur en fonction de la charge traitée est illustrée par la figure III.8

Discussion des résultats obtenus :

D'après les résultats présentés par la figure III.8, on remarque que les charges traitées qui répondent aux critères précédemment sont comprises entre 80% et 50% de la charge nominale, celle qui présente la meilleure flexibilité d'exploitation, en termes d'intervalle de température entrée sécheur, est celle de 50% de la charge nominale, et assure un débit inférieur à la charge maximale du Turbo-Expander et un débit supérieur au débit minimum d'alimentation de compression de l'EC141, en évitant le recyclage de ce dernier.

A 50% de la charge nominale, le sécheur fonctionne à 27°C avec une récupération maximale des hydrocarbures liquides riche en condensat et GPL.

On cas des perturbations à l'entrée du train il sera difficile de garder la température 27°C à l'entrée du sécheur, le choix de 50% de la charge nominale donne une flexibilité jusqu'à une température de 39°C et le sécheur reste au-dessous de sa capacité maximale. Le turbo-expandeur et à l'aide de système d'adaptation IGV (Inlet Guide Valve) adapte à la charge traitée

Lorsque le compresseur reçoit un débit inférieur au débit minimum, par conséquence il est dans un état de recyclage, comme dans le cas de la charge 40% sur la figure III.8.

C). Comparaison de récupération des produits GPL et Condensat entre un train en service avec et sans boucle de propane

Résultats obtenus:

D'après les tableaux III.9 et III.12, on a les résultats suivants (tableau III .14) :

Tableau III .14 : Comparaison des Produits finals (HYSYS) entre un train avec, et sans boucle de propane [17]

Produits (Tonne/jour)	Train avec boucle de propane (Tonne/jour)	Train sans boucle de propane (Tonne/jour)	Ecart (Tonne/jour)
GPL	737.83	103.66	-634.17
Condensat	1233.35	302.145	-931.20

Discussion des résultats obtenus :

D'après le tableau III.14, nous remarquons qu'il y a un écart très important entre la récupération des produits finals d'un train avec boucle de propane et sans boucle, traduit par une chute brusque de la production de GPL et le Condensat, lorsque cette dernière est l'arrêt.

En effet, le fonctionnement sans boucle de propane affecte nécessairement le taux de récupération et diminue la quantité des condensât et GPL produite.

D'après ces résultats, nous constatons que la réfrigération au propane au niveau du CPF ALRAR, joue un rôle primordial dans les procédés de traitement de gaz, en assurant une bonne récupération de GPL et Condensat, et ce pour cela, les exploitants à la région de STAH veillent toujours à la bonne marche de cette boucle.

Conclusion et Recommandations

Conclusion et Recommandations

L'étude effectuée au niveau des unités de traitement du gaz du CPF Alrar, nous a permis de vérifier l'influence et l'importance de la boucle de propane sur les produits récupérés (GPL, condensat et gaz sec), par une simulation d'optimisation des différents paramètres d'exploitation d'un train en service sans boucle de propane, effectuée par le simulateur HYSYS, ce travail a abouti aux suivants :

- Le fonctionnement d'un train sans la boucle de propane n'est assuré que par une réduction de la charge traitée.
- La température du gaz à l'entrée de sécheur est un facteur plus important pour le fonctionnement de train, cette température doit être supérieure à 27°C (température de formation d'hydrates) et inférieure à la température de saturation de sécheur qui dépend de la charge traitée.
- La quantité du gaz résiduel produite dépend directement de la température à l'entrée de sécheur et au même temps représente la source du froid qui assure l'obtention de cette température. De plus cette quantité doit être comprise entre la charge maximale admise par l'expander et le débit minimal du compresseur.

Moyennant le modèle de simulation établi pour le fonctionnement de train sans la boucle propane, et pour chaque charge traitée :

- Un intervalle de variation de température à l'entrée de sécheur a été déterminé.
- Des quantités produites, en condensât et GPL ont été calculées en fonction de température à l'entrée sécheur.

La lecture des résultats obtenus montre que :

- L'intervalle de variation de la température à l'entrée de sécheur dépend de la charge traitée.
- Les quantités maximales de condensât et de GPL récupéré correspondent à une température à l'entrée de sécheur de 27°C pour toutes les charges traitées.
- La charge traitée qui satisfait tous les critères de fonctionnement et qui donne une meilleure récupération du condensât et GPL est comprise entre 50% et 80% de la charge nominale.
- Dans la plage de variation des charges traitées possibles, la charge qui donne une meilleure flexibilité relative au contrôle de la température à l'entrée de sécheur est celle qui représente 50% de la charge nominale.

En conséquence, nous proposons les recommandations suivantes :

- Remplacer des tamis moléculaires de taille 3°A qui permettent d'adsorber une quantité d'eau plus importante par ceux de taille de 4°A. Ceci nous permettra d'augmenter le débit de gaz à traiter, et par conséquent, de récolter une meilleure production des GPL, condensat
 - De remettre en marche l'unité d'injection de méthanol ce qui permet de travailler avec une température inférieure à 27°C à l'entrée de sécheur, et augmenter, par conséquent, la charge traitée
 - Une étude d'optimisation des paramètres de fonctionnement du dééthaniseur et de la colonne de stabilisation de condensât(débutaniseur), afin d'améliorer la qualité des condensât et GPL produits.
- A prévoir le changement des sécheurs actuels par des autres sécheurs ont une capacité supérieure, pour pouvoir traiter une charge plus.

Résumé:

La séparation du condensât, de GPL et du gaz sec (résiduel) dans le complexe d'Alrar s'effectue par abaissement de température. L'apport du froid s'effectue par réfrigération externe utilisant le réfrigérant propane et par détente isentropique du gaz sec à travers un Turbo-Expander. L'optimisation des paramètres de fonctionnement d'un train sans la boucle de propane est l'objet de notre travail qui se réalise par la détermination du taux de réduction minimal qui assure une récupération maximale de condensât et de GPL sans perturber le fonctionnement normal des principaux équipements de process.

Abstract

The separation of condensate, LPG and dry (residual) gas in the Alrar complex is carried out by lowering the temperature. The cold is supplied by external refrigeration using propane refrigerant and by isentropic expansion of dry gas through a turbo-expander. The optimization of the operating parameters of a train without the propane loop is the subject of our work which is carried out by determining the minimum reduction rate which ensures maximum recovery of condensate and LPG without disturbing the normal operation of the main process equipment's.

ملخص:

يتم فصل الغاز المكثف، غاز البترول المسال والغاز الجاف (المتبقي) في مجمع الرار عن طريق خفض درجة الحرارة. يتم توفير البرد عن طريق التبريد الخارجي باستخدام مبرد البروبان وعن طريق التمدد المتساوي الانتروبي للغاز الجاف من خلال موسع توربيني. إن تحسين عوامل التشغيل للقطار بدون حلقة البروبان هو موضوع عملنا الذي يتم تنفيذه من خلال تحديد الحد الأدنى لمعدل التخفيض الذي يضمن أقصى قدر من استرداد الغاز المكثف وغاز البترول المسال دون الإخلال بالتشغيل العادي لمعدات المعالجة الرئيسية.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] Récapitulatif Wintershall Dea en Algérie/2002.
- [2] Mr. BELAHAMMOU Seifeddine/Ingénieur Exploitation -Mémoire de la fin formation « *Modélisation et simulation d'une unité de décarbonatation au niveau du Complexe ALRAR* ». Document SH-DP-STAH-05/2014
- [3] Mr. BELBACHIR ZAKARIA/Technicien Exploitation-Mémoire de la fin formation « *Détermination de la teneur en eau purgée au niveau V101* » Document SH-DP-STAH-2017.
- [4] Melle. BENAOUALI et Melle GALLEZ-USTHB- Mémoire de la fin d'étude, Master en pétrochimie « *Optimisation de marche des sections des stabilisation du complexe d'ALRAR sans boucle de propane-USTHB-2014*
- [5] Manuel de démarrage et d'exploitation de l'usine Alrar, FLUOR TEXAS INC, HOUSTON-DIVISION CONTRAT NO. 652006, Installation de traitement et de recyclage de gaz Naturel, Sonatrach, ALRAR, Algérie.
- [6] Z. HANICHI ; « *Optimisation des paramètres de fonctionnement d'une débutaniseur* » ; Mémoire de fin d'étude université de BOUMERDES-2005.
- [7] Bendaas Okba, optimisation des paramètres de fonctionnement de dééthaniseur (C-701) et débutaniseur (C-702) de la section, mémoire de master,2016/2017
- [8] Hajd, Ali Djamel. *Etude de la section de déshydratation de l'unité GPL-2 HASSIMESSAOUD*. Aout 2005 ; 75P.
- [9] Mr. KEMMOUKH Khalil Char Eddine et Mr. CHEBBOUB ABDELHAK-Mémoire fin d'étude « *GPL et Echangeur de chaleur* » -Université de OUARGLA-2020.
- [10] DALIL Youssouf, *GPL techniques et problématiques / raffinerie de SBAA (ADRAR)*, Mémoire de master,2012 /2013
- [11] P. WUITHIER. *Raffinage et génie chimique*, tome I et tome II, 2eme édition, 1972 paris.
- [12] SAID KHALIL, *rapport d'induction de district Tlemcen NAFTAL GPL2004*.
- [13] BENCHINOUNE Rochdi, Mémoire fin de formation, thème *Optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne de production GPL au niveau de ROURDE NOUSS* année 2014.
- [14] Kaabouche, Boumedien. *Description de la section de stockage de l'unité GPL-1HASSI MESSAOUD*. Novembre 2017; p.38
- [15] Daddiou, Abdelaziz. *Optimisation des paramètres de marche de l'unité de GPL de RHOURE NOUSS*. 2010; p.58
- [16] M.H. Sellami. *Procédés de traitement du gaz naturel (Cours & exercices)*. Polycopié, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015.
- [17] ASPEN HYSYS.V12-ALRAR-05/2024.

Annexes



05/2024

Direction Régionale STAH-SH-DP

Division Exploitation

Service laboratoire

HML 2253
Sonatrach Production
Stah / Stah SBF



Table 8: Gas Sortie M.R.B Compositions

Sample Number: 6-1 6-2
Cylinder Number: 1786-C1-F 2977-C1-F

Component	mol%	mol%
H ₂ O	0.109	0.085
N ₂	0.490	0.476
H ₂ S	0.001	<0.001
CO ₂	4.033	4.063
C1	78.986	79.085
C2	10.024	10.056
C3	3.965	3.919
iC4	0.624	0.604
nC4	1.018	0.974
neo-Pentane	0.008	0.007
iC5	0.284	0.271
nC5	0.221	0.212
C6	0.169	0.167
Benzene	0.004	0.003
C7	0.064	0.061
Toluene	0.003	0.003
C8	0.015	0.013
Ethylbenzene	<0.001	<0.001
m- and p- Xylenes	0.001	<0.001
o- Xylene	<0.001	<0.001
C9	0.001	0.001
C10	<0.001	<0.001
C11	<0.001	<0.001
C12	0.000	0.000
C13	<0.001	0.000
C14	<0.001	<0.001
C15	<0.001	0.000
Total	100.000	100.000

Molecular Weight / (g/mol)	:	20.90	20.9
Gas Gravity, (air=1.000)	:	0.722	0.720
Hydrogen Sulphide (ppm v/v) ⁽¹⁾	:	4.6	4.6

Notes:

1. Hydrogen Sulphide was measured onsite by UOP 212 methodology.

Figure. Annexe.1 La charge actuelle traitée par CPF ALRAR



Direction Régionale STA-H-SH-DP

Division Exploitation

Service laboratoire

Tableau 1 Compositions Molaires et Propriétés Physico-Chimiques des Deux (02)
Échantillons du Gaz Naturel Prélèves au Niveau de Champ d'Alrar

Identification	Gaz associé, expédition CTH/HP vers SBF	Gaz expédition MRB vers CPF Alrar
Température prélevement, °C	45	65
Pression prélevement, bar	15	60
Date prélevement	18/04/2024	19/04/2024
Date réception	21/04/2024	
Date analyse	28/04/2024	
Constituants	% Molaires	
Azote	0.415	0.451
Dioxyde de Carbone	3.313	3.971
Méthane	74.935	78.060
Ethane	10.919	10.400
Propane	5.792	4.274
iso-Butane	1.092	0.661
n-Butane	1.946	1.158
Néo-Pentane	0.011	0.005
iso-Pentane	0.615	0.367
n-Pentane	0.425	0.280
Hexanes	0.288	0.224
Heptanes	0.142	0.102
Benzène	0.006	0.005
Octanes	0.061	0.031
Toluène	0.008	0.005
Nonanes	0.024	0.005
Décane	0.007	0.001
TOTAL	100.00	100.000
Propriétés des gaz		
M _i (g/mole)	22.47	21.28
Z _{mei} (t ₂ , p ₂)	0.9959	0.9965
d (t ₂ , p ₂)	0.7787	0.7372
ρ (t ₂ , p ₂) (Kg/m ³)	0.9542	0.9033
H _s (t ₁ , V (t ₂ , p ₂)), (MJ/ m ³)	47.42	44.37
(Kcal/m ³)	11326.44	10598.71
H ₁ (t ₁ , V (t ₂ , p ₂)), (MJ/ m ³)	43.06	40.22
(Kcal/m ³)	10283.76	9606.96
W (t ₁ , V (t ₂ , p ₂)), (MJ/ m ³)	53.74	51.68
(Kcal/m ³)	12835.24	12344.42

NB : Ces résultats ne se rapportent qu'au l'objet soumis aux essais.

ACTIVITE EXPLORATION-PRODUCTION-DIVISION LABORATOIRES

Figure. Annexe.2 Les compositions du gaz associé STA-H/CTH/MRK actuelle vers CPF ALRAR

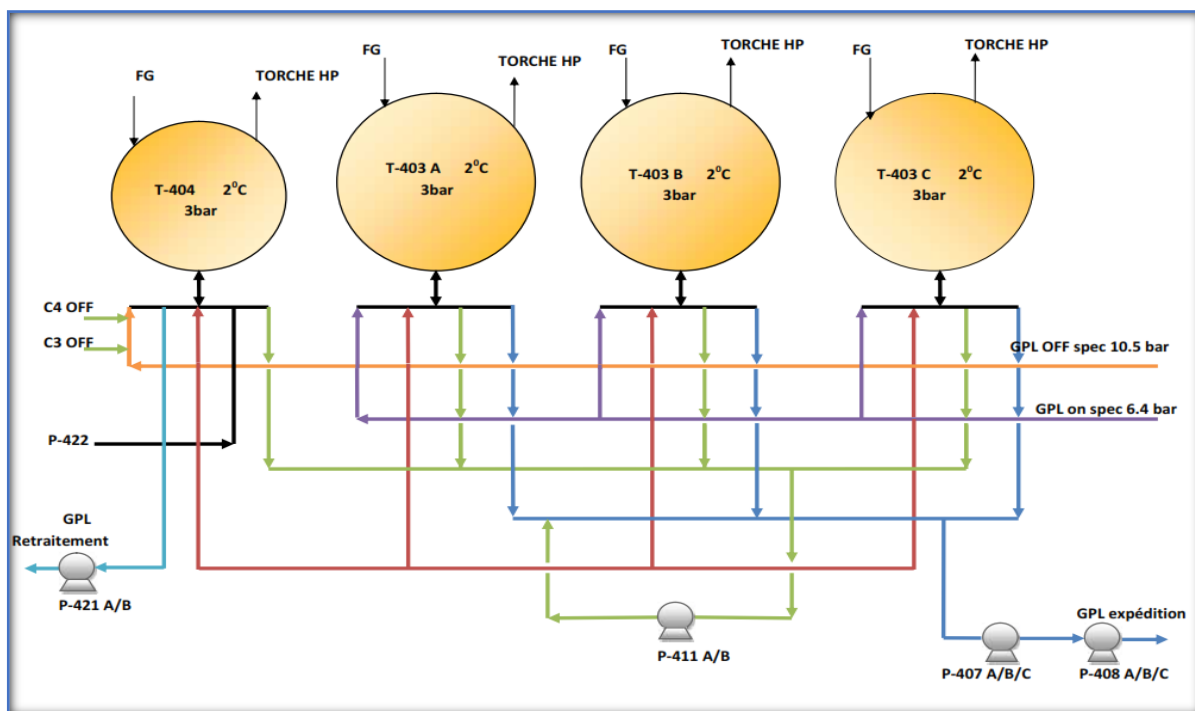


Figure. Annexe.5 Stockage du GPL-CPF ALRAR

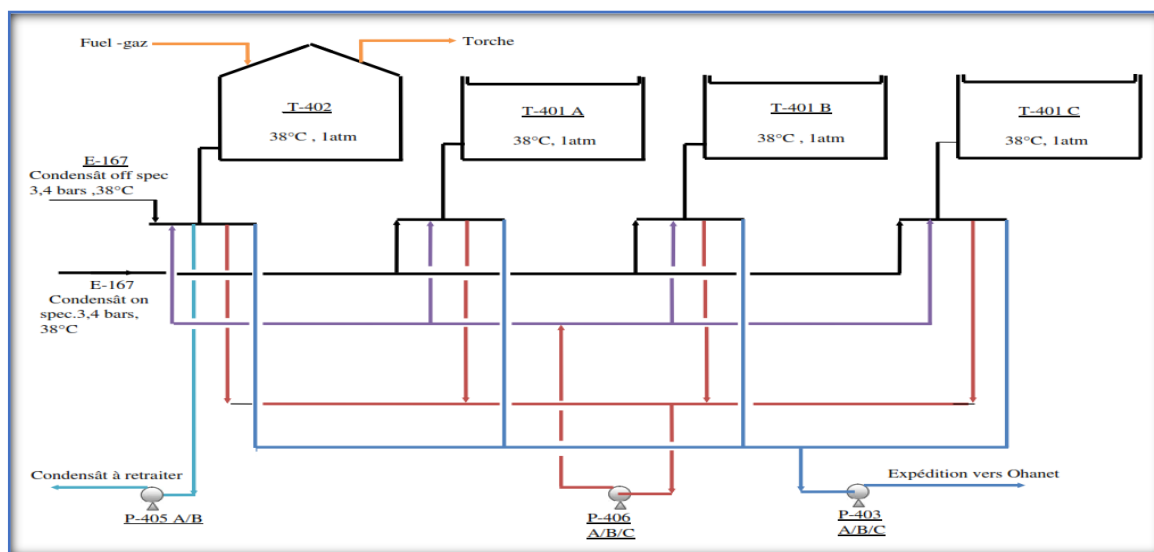


Figure. Annexe.6 Stockage du Condensat-CPF ALRAR

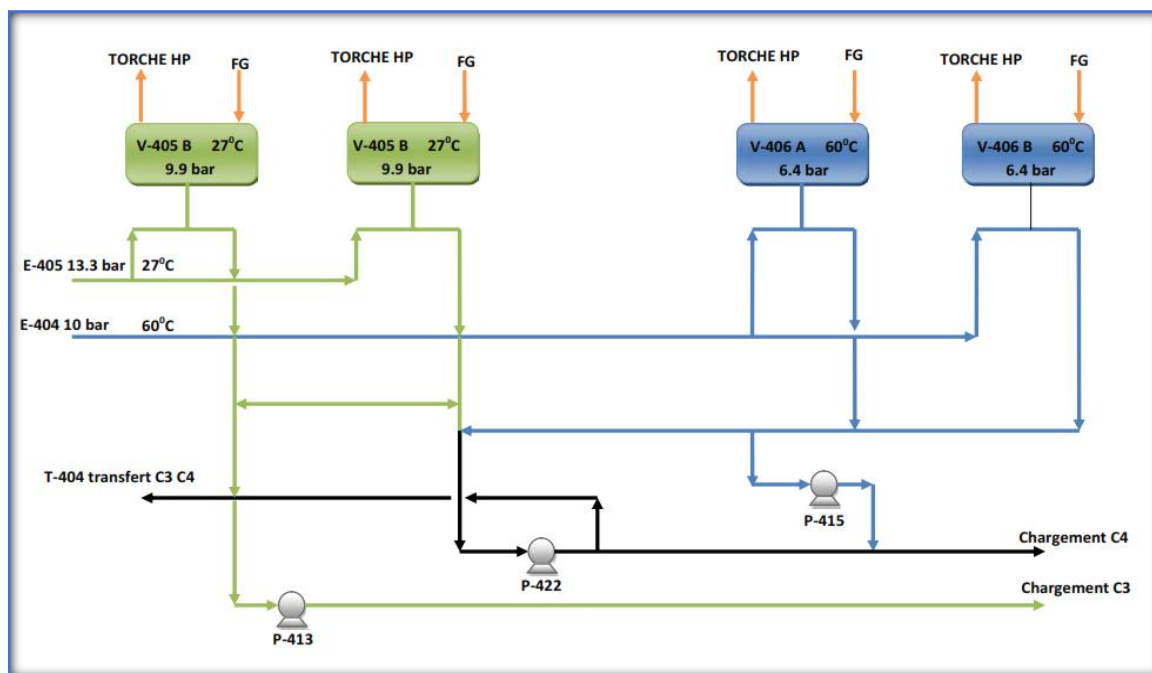


Figure. Annexe.7 Stockage du Propane et Butane-CPF ALRAR