



الـجـمـهـوريـة الـجـزائريـة الـديمقـراطـيـة الـشعبـيـة
La République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة الـتـعـلـيـم الـعـالـي و الـبـحـث الـعـلـمـي
Ministère de L'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique
جـامـعـة عبد الحميد بن باديس - مسـتـغانـم
Université Abdel Hamid Ben Badis - Mostaganem
كلـيـة الـعـلـم و الـتـكـنـولـوجـيـا
Faculté des Sciences et de la Technologie



N° d'ordre : M2/GPM/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Des Procédés

Spécialité : Génie des procédés des matériaux

Etude théorique sur la récupération des gaz torchés au niveau du complexe GL1/Z

Présenté par :

1. ELMERIOUL ELHocine

Soutenu le 06/ 09/ 2020 devant le jury composé de :

Présidente : MOHAMED SEGHIR Zahira MAA U -

Mostaganem

Examineur : TERMOUL Mourad MCB U -

Mostaganem

Encadreur : BOUKABCHA Nourdine MCA U -

Mostaganem



Année Universitaire : 2019 / 2020



Modifier avec WPS Office

Sommaire

Table des matières

Dédicace.....	3
Remerciements.....	4
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Description du complexe GL1/Z.....	5
I.1. Historique.....	6
I.2. Mission de l'usine.....	7
I.3. Situation géographique du complexe.....	7
I.4. Présentation du complexe GL1/Z.....	7
I.4.1. Zone Utilités.....	7
I.4.2. Zone Procédé.....	8
I.4.3. Zone Terminal.....	8
Chapitre II : Procédé de liquéfaction du gaz naturel du GL1/Z.....	10
II.2. Section de traitement de gaz.....	12
II.2.1. Décarbonatation.....	12
II.2.2. Déshydratation.....	14
II.2.3. Démercurisation.....	15
II.3. Section de séparation et de liquéfaction.....	16
II.3.1. Séparation.....	16
II.3.2. Liquéfaction.....	17
II.3.3. Système de réfrigération mixte MCR (Multiple Composant Réfrigérant).....	17
II.4. Section fractionnement.....	19
II.5. Stockage et chargement du GNL.....	19
Chapitre III : Le système des gaz torchés.....	21
III.1. Définition.....	22
III.2. Circuits des gaz torchés.....	22
III.2.1 Lignes vers torches.....	22
III.2.2 Ballons de séparation de torche.....	22
III.3. Système de torches.....	23



III.3.1. Torche froide.....	23
III.3.2. Torche chaude.....	24
III.3.3. Torche des bacs de stockage de GNL.....	26
III.4. Paramètres du système de torches.....	26
Conclusion.....	54
BIBLIOGRAPHIE.....	57



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A

*A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont
donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère
qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon
amour ;*

Mes s ur, mes frère, Ma famille.

*Mes amis qui ont toujours été à mes cotés et avec eux j'ai partagé les
meilleurs moments de ma vie.*

MERCI

H.Elmerioul





Modifier avec WPS Office

Remerciements

En premier lieu, on tient à remercier mon Dieu ALLAH qui à donner la force à achever ce projet.

Grande merci pour mon encadreur monsieur Nourdine.BOUKABCHA de sa constante disponibilité et d'avoir fait preuve de grande patience.il aide moi pour découvert cette monde de la cristallographie et aide moi aussi pour choisie ma future direction.

Nous exprimons profondément et respectueuse gratitude à Madame **MOHAMED SGHIR Zahira**, Maitre assistante classe «A» à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Qui nous a honorés d'accepter de présider le jury de cette mémoire.

Nous voulons transmettre nos profonds remerciements et notre profonde expression respect à **Mr TERMOUL Mourad** Maitre de conference classe «B» à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.

Nous adresse mes vifs remerciements :

A nos familles Mes parents, ma grand-mère mes frères et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles. Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années des études.

A tout les équipe de génies des procédés des matériaux

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

A tout, pour tout, merci.



Introduction générale



L'Algérie est un pays traditionnellement fournisseur de gaz naturel à l'Europe depuis 1964, d'abord en Angleterre, puis en France, à travers les flux de GNL

SONATRACH joue un rôle important dans l'économie algérienne. Il convient de noter que la SONATRACH procure plus de 95% des recettes d'exportation du pays et qu'elle assure plus de 51 % des recettes budgétaires. La SONATRACH est classée comme étant la treizième compagnie pétrolière mondiale, deuxième exportateur en GNL et GPL, troisième en gaz naturel et premier exportateur de condensat. En 1973, presque 85 % de la production était constituée de pétrole brut. La part de pétrole brut représente actuellement à peine 25 % des exportations, le reste étant réalisé par le gaz naturel sous forme GNL, c'est-à-dire liquéfié, ou par gazoduc, le GPL, le condensat et les produits raffinés.

En 2003 l'Algérie a assuré une production brute de gaz naturel de 85 Milliards, y compris la consommation nationale ; en 2010 le volume des exportations sera de 85 Milliards de mètre cube et comme il y a des besoins de gaz en réinjection et en consommation locale, il y aura donc une production de 117 milliards de mètres cubes et en 2020 de 172 milliards de mètres cubes.

L'Algérie a exporté la majorité de son gaz, soit un volume de 53 milliards de mètres cubes vers l'Europe en 2003, essentiellement vers l'Espagne, 26%, l'Italie, 45 %, et la France 17 %, et il y a bien sûr les autres pays tels que la Belgique, le Portugal, la Grèce, sans parler aussi de la Turquie, de la Slovénie, de la Tunisie et des Etats-Unis d'Amérique.

Actuellement l'Algérie exporte 62 milliards de m³/an de gaz naturel dont la moitié environ sous forme de GNL. Au futur, l'Algérie compte porter ses exportations totales de gaz à 82 milliards de m³, et davantage encore vers 2012 avec l'entrée en service de deux importants projets de production de GNL avec une capacité de 4,5 millions chacun.

Le gaz naturel est un combustible fossile, il s'agit d'un mélange d'hydrocarbures trouvé naturellement sous forme gazeuse. C'est la deuxième source d'énergie la plus

utilisée dans le monde après le pétrole et son usage se développe rapidement. Pendant longtemps, le gaz naturel a été considéré comme un sous-produit du pétrole, il était brûlé à la torche sur de nombreux gisements. Son développement a ensuite été très rapide, grâce à l'abondance de ses réserves, à leur répartition sensiblement plus équilibrée que celle des réserves pétrolières et à son excellente qualité pour le consommateur final. Il est connu surtout pour son usage domestique, le chauffage, cuisson et est il comme matière première dans l'industrie chimique, notamment pour la pétrochimie et le raffinage. Il sert à La production d'électricité et le transport.

Le constituant principal du gaz naturel est le méthane CH_4 et on peut le trouver en quantité extrêmement variable d'un gisement à un autre :

Des hydrocarbures plus lourds que le méthane (de C_2 à C_8).

Du dioxyde de soufre SO_2 .

Du sulfure d'hydrogène appelé aussi gaz acide H_2S .

Du dioxyde de carbone CO_2 .

De l'azote N_2 .

Parfois de petites quantités d'Hélium (He) et de Mercure (Hg).

Chapitre I :

Description du complexe GL1/Z

I.1. Historique

La mission dévolue à l'entreprise Sonatrach, lors de la création le 31 décembre 1963, est le transport et la commercialisation des hydrocarbures algériens compte tenu des immenses disponibilités que recèle le sous-sol algérien en gaz naturel.

Cette mission s'élargit à la mise en œuvre de toutes les formes possibles que pouvait prendre la valorisation de cette richesse, et c'est dans le cadre de cette politique, que le 09 octobre 1969 un contrat a été signé entre la Sonatrach et la société américaine El Paso Naturel gas Company, portant sur la livraison de dix milliards de mètres cubes de gaz naturel liquéfié par année pendant une durée de vingt cinq ans.

Pour la réalisation de ce contrat, une usine appelée Project GNL1 a été créée par décision n° A.0016 d'avril 1971 et actuellement dénommée le complexe GL1/Z.

Sa construction fut confiée par la Sonatrach à la société américaine Chemico suite à la signature du contrat les liant en date du 26 avril 1971, la date de démarrage des travaux eut lieu le 16 juin 1973.

Cette société a abandonnée le 20 novembre 1975, en plein déroulement du chantier après trente et un mois d'exécution.

La Sonatrach a confié alors, par contrat signé le 21 janvier 1976, l'achèvement de la construction du complexe à la société américaine Bechtel à partir de mai 1976, l'entrée en exploitation du complexe ayant débuté le 25 novembre 1978 ainsi que la satisfaction du contrat El Paso dès l'année 1979.

Par la suite et compte tenu de la demande internationale en matière de besoin en gaz naturel liquéfié, Sonatrach a décidé de rénover ses installations pour :

- ✓ rétablir et augmenter la capacité contractuelle installée à près de 111 % ;
- ✓ fiabiliser les installations existantes;
- ✓ moderniser la technologie.

Notons que la production du complexe de liquéfaction se situe actuellement au dessous de la capacité initialement installée; ceci est due à plusieurs facteurs dont:

- Le vieillissement des équipements.
- La technologie datant des années 1970 et qui se trouve à présent dépassée.

La phase de rénovation est lancée par la signature du contrat entre la Sonatrach et la société américaine Bechtel en date 04 février 1991. Les travaux ont été entrepris par la même société en septembre 1993, et sont supervisés par une direction de projet attachée à la Division Etude et Développement de la Branche Aval [1].

I.2. Mission de l'usine

Le complexe GL1/Z a pour mission de liquéfier le gaz naturel provenant des champs gaziers de Hassi R'mel, avec possibilité d'extraction du propane, du butane et de la gazoline. Le GNL (Gaz Naturel Liquéfié) est pompé et chargé dans des méthaniers spécialement conçus pour le transport cryogénique pour être expédié vers l'étranger [2].

I.3. Situation géographique du complexe

Le complexe GL1/Z est situé au Nord-ouest du pays à 40 km de la ville d'Oran, à proximité d'un village au bord de la mer méditerranée nommé "Bethioua". Son implantation exacte se trouve entre le complexe voisin GL2/Z à l'Est et le complexe CEA/Z à l'Ouest au bord de l'autoroute de la zone industrielle d'Arzew [2].

I.4. Présentation du complexe GL1/Z

Le complexe GL1/Z comprend trois (03) zones essentielles:

I.4.1. Zone Utilités

Les utilités constituent une zone importante au sein du complexe GL1/Z. Elles permettent d'assurer la fourniture de tous les besoins pendant le démarrage et la marche normale des trains de liquéfaction, dont :

- **La source d'énergie** : la vapeur d'eau est la source d'énergie choisie pour le complexe (trois chaudières haute pression 62 bars et une chaudière basse pression 4,5 bars)
- **La source de refroidissement** : l'eau est la source de refroidissement

véhiculée par un ensemble de six (06) pompes de grande puissance de 175 000 m³/h chacune.

- **La production d'électricité** : la production d'électricité est assurée par trois (03) alternateurs entraînés par des turbines à vapeur et fournissent 36 MW par générateur.
- **L'unité de dessalement** : elle permet de produire l'eau distillée nécessaire à l'alimentation des chaudières.
- **Production d'air comprimé** : une grande partie de l'instrumentation du complexe est de type pneumatique. La production de l'air comprimé est assurée par un ensemble de quatre (04) compresseurs et d'un compresseur d'air de secours [2].

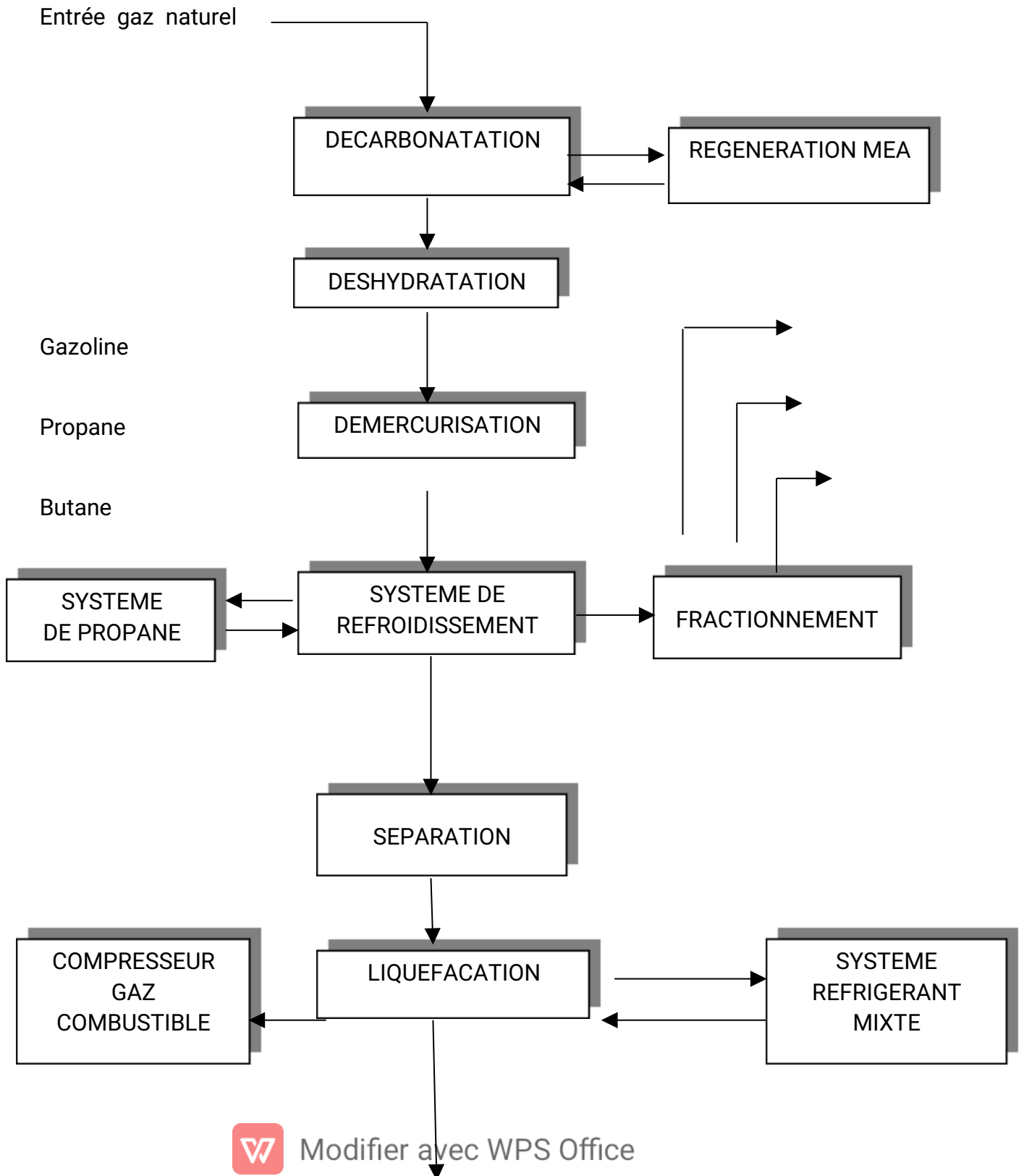
I.4.2. Zone Procédé

Cette zone est composée de six (06) trains qui produisent 9 000 m³/ jour/ train de GNL. Chaque train dispose de sa propre production de vapeur, et de ses propres sections de décarbonatation, de séchage et de liquéfaction des hydrocarbures [1].

I.4.3. Zone Terminal

C'est la zone de stockage et de chargement; elle est constituée de :

- trois (03) réservoirs de GNL d'une capacité de 100 000 m³ et deux réservoirs de gazoline d'une capacité de 14 500 m³.
- Une station de pompage de GNL d'une capacité de 10 000 m³/h.
- Deux (02) quais d'expédition avec dix (10) bras de chargement [1].





Chapitre II : Procédé de liquéfaction du gaz naturel du GL1/Z



II.1. Généralités

L'usine de liquéfaction du gaz naturel (GN) d'Arzew GL1/Z a été conçue pour assurer le transport du GN sous forme liquide. Les propriétés physiques et la composition chimique du GNL sont regroupées dans les tableaux II.1 et II. 2 [3].

Tableau II.1: Composition molaire du GNL.

Composants	% Molaire moyen	
	Minimum	Maximum
N ₂	0,60	1,40
CH ₄	84,00	92,50
C ₂ H ₆	6,00	8,50
C ₃ H ₈	2,20	3,00
iC ₄ H ₁₀	0,30	0,50
nC ₄ H ₁₀	0,30	0,70
iC ₅ H ₁₂	0,00	0,02
Total	100,00	100,00

Tableau II.2 : Conditions de stockage du GNL.

Caractéristiques	Valeurs
Masse moléculaire (g/mole)	18,2
Pression (bar abs.)	1,03
Température (°C)	-162

L'usine de liquéfaction comprend six (06) trains de liquéfaction indépendants qui fonctionnent en parallèle avec une capacité unitaire de production de GNL de 8400 m³/h. Le gaz d'alimentation passe par trois (03) différentes étapes de traitement (Fig. II.5) :

a/ Section de traitement de gaz : Elle comprend trois (03) sous- sections:

- Décarbonatation : élimination du CO₂.
- Déshydratation : élimination de l'eau.
- Démercurisation : élimination de mercure.

b/ Section de séparation et de liquéfaction : Elle comprend deux (02) sous- sections:

- Séparation des hydrocarbures lourds.
- Liquéfaction du gaz naturel.

c/ Section de fractionnement : comprend quatre (04) sous- sections:

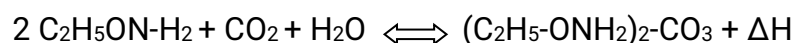
- Déméthanisation : récupération de méthane.
- Dééthanisation : récupération de l'éthane.
- Dépropanisation : récupération du propane.
- Débutanisation : récupération du butane.

II.2. Section de traitement de gaz

Les composants du gaz naturel tels que le gaz carbonique, la vapeur d'eau et les hydrocarbures lourds tendraient à se condenser et à se solidifier aux basses températures bien avant la température de liquéfaction du gaz naturel (-162°C), provoquant ainsi l'obstruction des tuyauteries et des équipements froids. C'est pour cette raison que l'on doit éliminer ces composants gênants [3].

II.2.1. Décarbonatation

Le gaz carbonique est extrait du gaz naturel par lavage de celui-ci à contre courant dans une colonne par une solution aqueuse à 15% de monoéthanolamine (MEA). Cette élimination s'effectue selon la réaction réversible suivante :



A la température ambiante et une pression de 40 bars, la MEA et le CO₂ forment un mélange instable correspondant au second membre à la réaction, tandis qu'à chaud et sous une basse pression, le mélange se détruit en libérant le CO₂ et régénérant ainsi la MEA.

La solution aqueuse de MEA agit comme un agent d'absorption dans le système de décarbonatation et réduit la teneur du CO₂ présent dans le GN de 1400 ppm à 90 ppm [3].

II.2.1.1 Principe de fonctionnement

Le gaz naturel passe d'abord dans un ballon séparateur afin d'éliminer les hydrocarbures comme les huiles lourdes qui sont dirigées vers le système de rejet des hydrocarbures liquides (installations auxiliaires) puis entre par le bas de la colonne de lavage sous une pression de 41,7 bars.

Dans cette colonne, le gaz circule vers le haut à contre courant d'une solution de MEA pour être débarrassé de son CO₂, puis dirigé vers la section de déshydratation; la solution de MEA pauvre en CO₂ pénètre en haut de l'absorbeur et quitte la colonne en bas sous forme de MEA riche.

III.2.1.2. Régénération de la solution de MEA

Après être passée dans le ballon séparateur des hydrocarbures, la solution de MEA riche est tout d'abord chauffée à 102 °C par échange thermique avec la solution de MEA pauvre régénérée et, ensuite, elle est introduite en tête de la tour de régénération fonctionnant normalement à 110 °C et à 1 bar. La solution de MEA riche en CO₂ descend dans la colonne pour y être épurée par les gaz ascendants provenant de l'évaporation des produits de fond.

Le liquide (solution de MEA) au fond de la colonne s'appauvrit en CO₂ et il est renvoyé vers l'absorbeur, après avoir réchauffé la MEA riche et être refroidi à 38 °C. Les vapeurs de tête, riches en CO₂, passent dans les condenseurs de tête de régénération et sont ensuite réinjectées en tête de la tour de régénération. Les gaz incondensables (essentiellement le CO₂) sont évacués vers l'atmosphère.

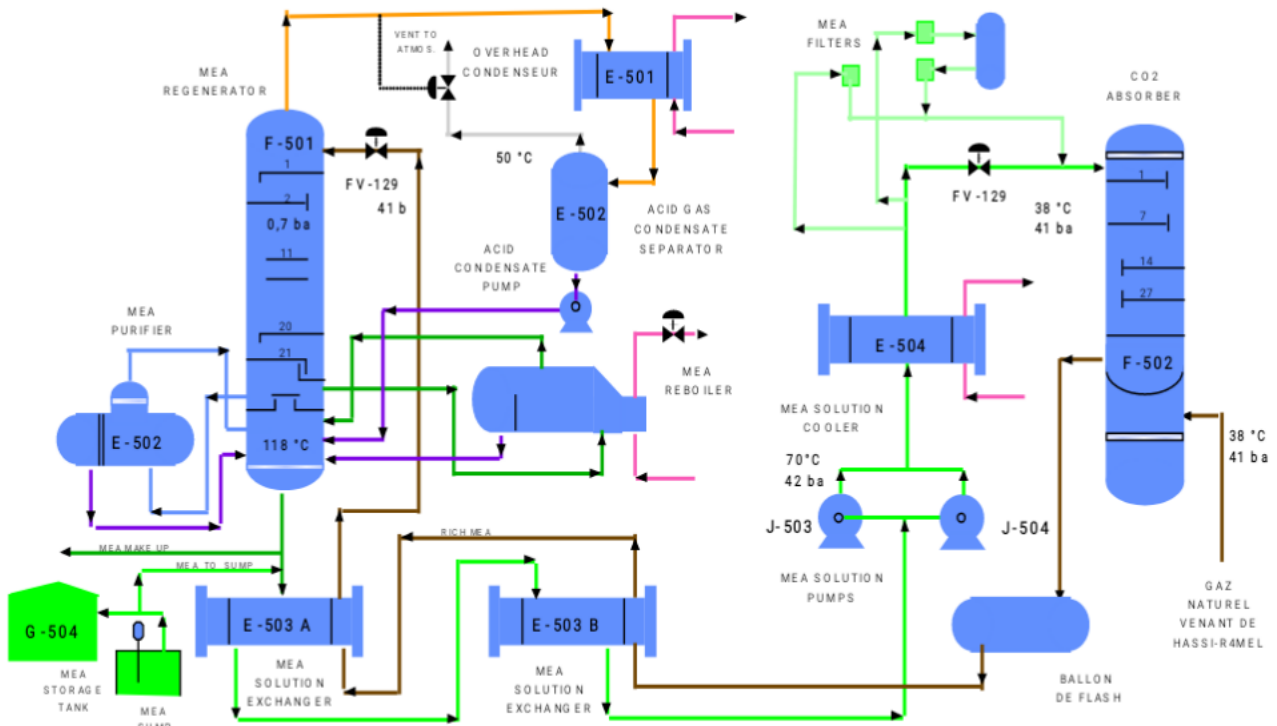


Figure II.1: Schéma de la section décarbonatation

II.2.2. Déshydratation

Le système de déshydratation sert à éliminer les vapeurs d'eau par adsorption par l'intermédiaire des sécheurs pour éviter la formation de bouchons de glace qui causeraient des bouchages des équipements de liquéfaction [3].

II.2.2.1. Principe de fonctionnement

Le gaz naturel venant de l'absorbeur de CO₂ pénètre dans les tubes du pré-refroidissement où il sera refroidi à l'aide de propane liquide, ce qui provoque la condensation d'une partie de la vapeur d'eau contenue dans le gaz naturel, et passe

ensuite dans le ballon séparateur où l'eau de condensation est retenue et purgée. Le gaz pénètre ensuite dans un des deux sécheurs (le second étant en régénération) et traverse les tamis moléculaires en perdant progressivement son humidité.

A la sortie de chaque sécheur, le gaz passe à travers des filtres afin de retenir les particules en suspension.

II.2.2.2. Cycle de pré refroidissement au propane

Sortant des sécheurs, le gaz naturel subit son premier stade de refroidissement; c'est un cycle de pré refroidissement au propane où le gaz passe de la température ambiante à une température de -35°C. Cette opération s'effectue à trois (03) niveaux de réfrigération distincts; haut, moyen et bas.

II.2.3. Démercurisation

Après séchage, Le gaz passe dans un démercuriseur utilisant du charbon actif imprégné de soufre afin d'éliminer le mercure jusqu'à une teneur de 0.001 g/Nm³. Lors du réchauffage des installations, le mercure à un comportement particulier en matière de corrosion. Il devient très agressif vis-à-vis de l'aluminium matériaux utilisé pour la plupart des équipements cryogéniques [3].

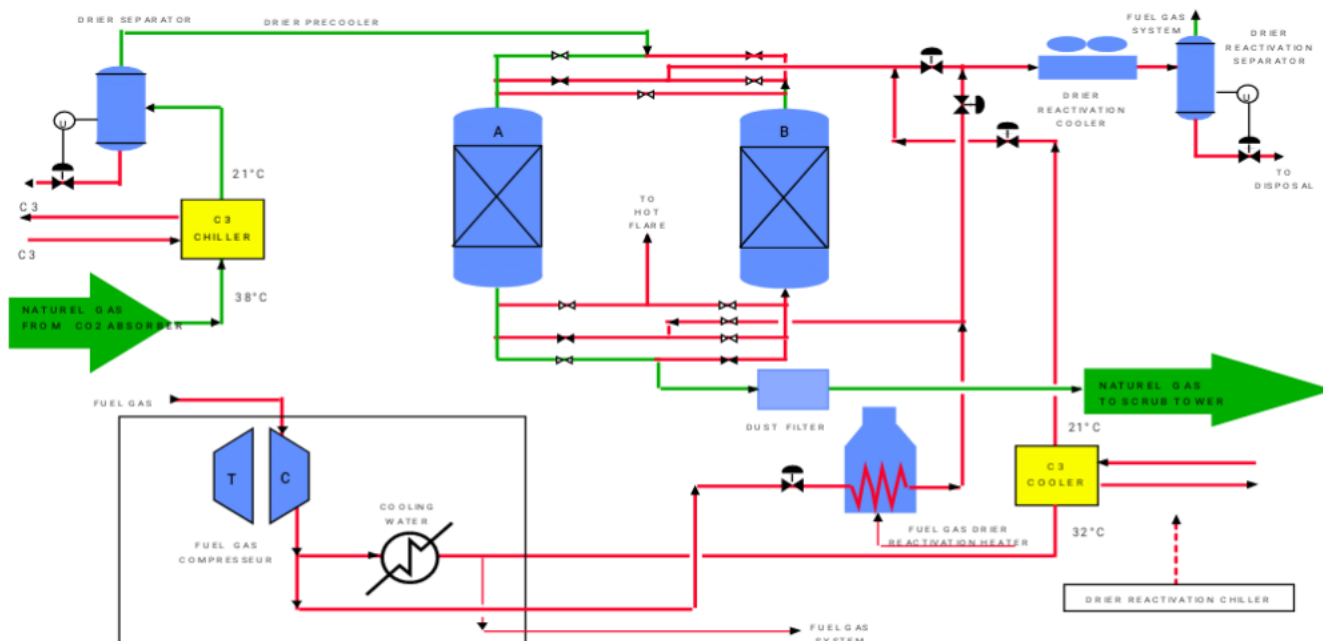


Figure II.2: Schéma de la section déshydratation.

II.3. Section de séparation et de liquéfaction

II.3.1. Séparation

La section de séparation est conçue pour séparer les hydrocarbures lourds du gaz naturel d'alimentation, afin de pouvoir le liquéfier et par la suite, de le stocker, les hydrocarbures lourds ainsi extraits sont envoyés vers la section de fractionnement.

Le gaz d'alimentation venant de la section de traitement du gaz est refroidi à -26°C par deux échangeurs à propane. Il est ensuite injecté au milieu de la tour de lavage où les produits lourds sont condensés et séparés du méthane, sous l'action d'un courant de reflux et de deux rebouilleurs, l'un au propane et l'autre à vapeur, puis sont recueillis sous forme liquide au bas de la colonne et dirigés vers la section de fractionnement.

La phase vapeur quittant la colonne est associée à un débit de recyclage de propane provenant de la section de fractionnement permettant ainsi de retenir les dernières traces de pentane et de maintenir un débit de reflux acceptable dans la colonne pour l'envoi à la section liquéfaction [3].

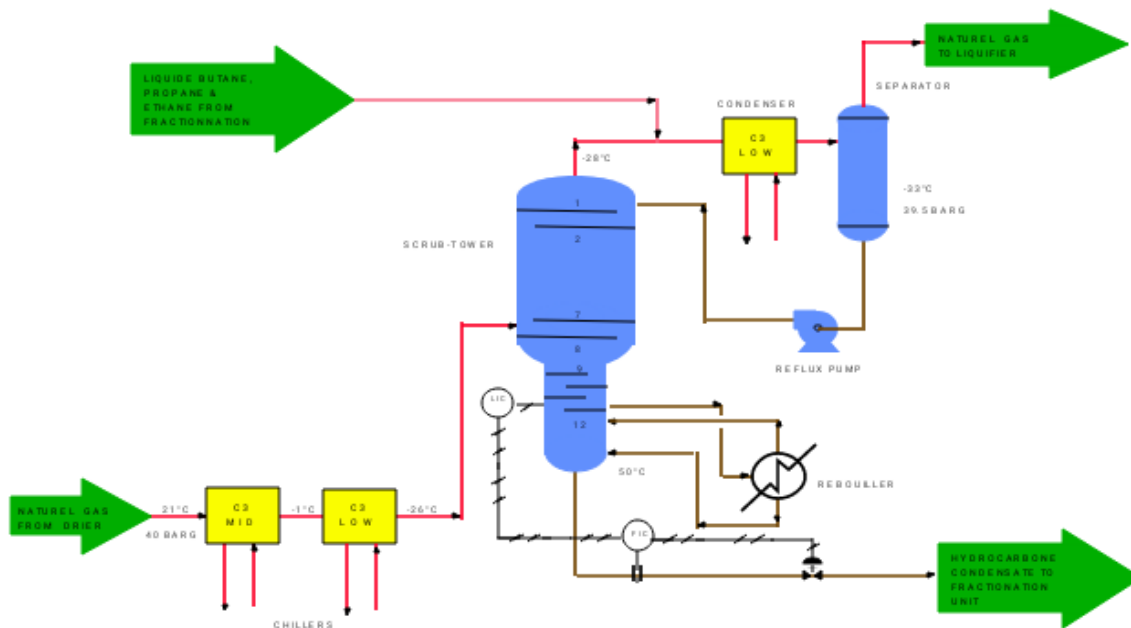


Figure II.3: Schéma de la section séparation

II.3.2. Liquéfaction

L'échangeur principal liquéfie le gaz naturel traité (GNT) en utilisant le MCR comme réfrigérant. Le GNT pénètre en bas de l'échangeur principal et progresse vers le haut où il traverse les douches de MCR, et quitte l'échangeur sous forme liquide à une pression de 28,3 bars et une température de -148°C.

La liquéfaction du GN se fait en deux temps :

Tout d'abord, le GN pénètre dans le faisceau central de l'échangeur principal où il est réfrigéré à -110°C par échange thermique avec les faisceaux du MCR liquide et du

MCR vapeur; puis le gaz partiellement condensé est liquéfié complètement dans le faisceau froid de l'échangeur principal par échange thermique avec le MCR vapeur condensé et se dirige vers l'échangeur à -148°C et sous une pression de 24 bars, en se combinant à la sortie avec un courant de propane et d'éthane en provenance du fractionnement, refroidi dans l'échangeur de rejet.

Ensuite, ce mélange liquide/gaz est détendue dans une vanne jusqu'à 1,5 bars et sa température est abaissée à -158°C puis subit une deuxième détente jusqu'à 1 bar dans le ballon déazoteur pour éliminer l'azote dissous dans la phase liquide du gaz naturel liquéfié.

Les composants légers, essentiellement l'azote, sont extraits par vaporisation et montent le long de la colonne. La phase liquide GNL débarrassée de l'azote est récupérée au fond du déazoteur d'où elle est acheminée vers le stockage à l'aide des pompes GNL [3].

II.3.3. Système de réfrigération mixte MCR (Multiple Composant Réfrigérant)

Le MCR est un mélange d'azote, de méthane, d'éthane et de propane. Ce mélange frigorigène circule dans une boucle fermée comprenant deux compresseurs où il sert à liquéfier le GN dans l'échangeur principal et le réfrigérant du condenseur de tête de la tour de lavage.

Le MCR à basse pression 1,9 bar et à la température de -35°C provenant du premier compresseur MCR à 12,3 bar et s'échauffant à 73°C est refroidi à 32,3°C dans un échangeur à eau de mer avant d'être comprimé à nouveau dans le deuxième compresseur MCR à 44,7 bar, d'où il est refoulé à une température de 132,1°C. Le MCR haute pression est ensuite refroidi tout d'abord à 32,2°C dans un échangeur à eau de mer puis à -30,5°C dans les échangeurs à propane (3 niveaux) d'où, il sort à une pression de 42,8 bar. Ce refroidissement a pour effet de condenser les constituants lourds du réfrigérant mixte, essentiellement l'éthane et le propane. Les deux phases sont séparées dans le ballon séparateur MCR haute pression [3].

La composition du MCR est donnée dans le tableau II.3 ci-dessous.

Tableau II.3 : Composition molaire du MCR.

Composition	Pourcentage molaire
-------------	---------------------

Azote (N ₂)	5
Méthane (C ₁)	45
Ethane (C ₂)	39
Propane (C ₃)	11
total	100

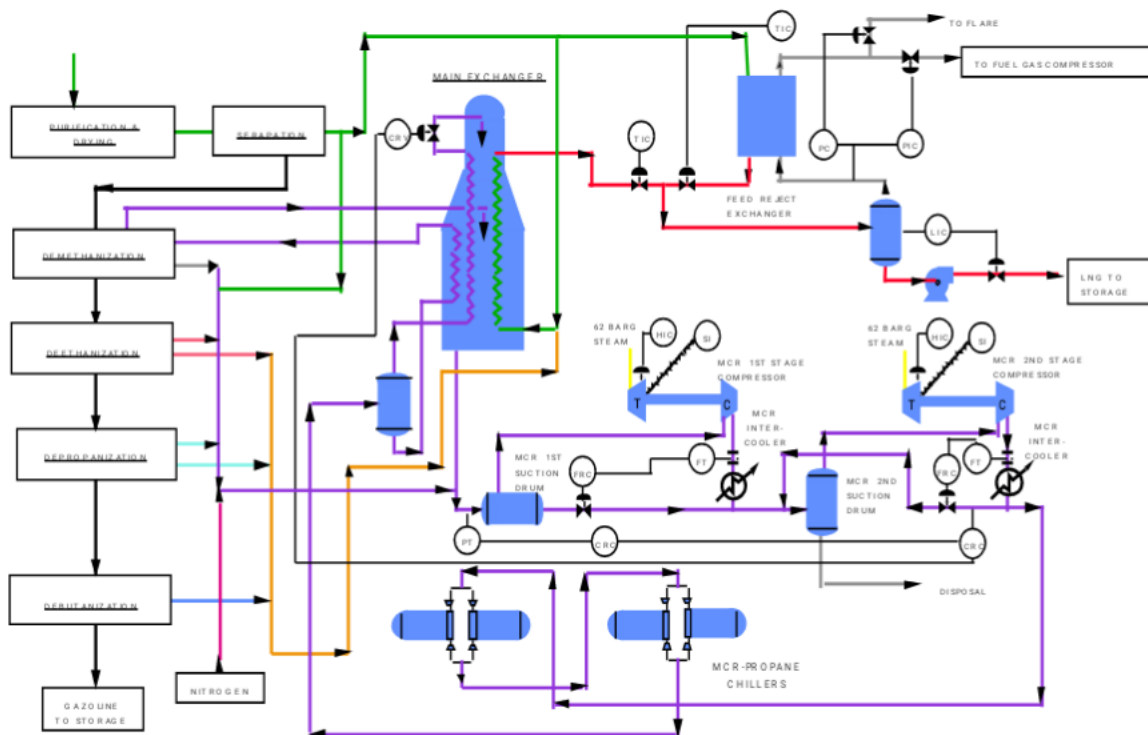


Figure II.4: Schéma de la section de liquéfaction

II.4. Section fractionnement

L'usine de fractionnement est alimentée par les produits du fond de la tour de lavage. Cette unité est conçue pour séparer les composants des produits suivants:

- Méthane d'appoint pour le réfrigérant mixte MCR et le GN

- Ethane d'appoint pour le réfrigérant mixte MCR et le GNL.
- Propane d'appoint pour le système propane, le MCR et le GNL.
- Butane d'appoint du GN d'alimentation de l'échangeur principal.
- Gazoline comme produit commercialisable.
- Gaz combustible de procédé des chaudières.

Elle est constituée essentiellement de quatre (04) colonne de distillation en cascade qui sont:

- La colonne de déméthanisation
- La colonne de déethanisation
- La colonne de dépropanisation
- La colonne de débutanisation

II.5. Stockage et chargement du GNL

Le GNL produit par les six (06) trains du procédé est pompé vers la zone de stockage constitué de trois (03) bacs à double paroi métallique ayant une capacité de 100 000 m³ chacun sous une pression atmosphérique et une température de -162°C.

Lors du remplissage des réservoirs, une certaine quantité de produit se vaporise du fait des pertes de chaleur. La vapeur du réservoir est recueillie dans un collecteur qui l'envoie au compresseur de gaz combustible de chaque train. Le GNL peut être transféré d'un réservoir à un autre lorsqu'il n'y a pas de chargement, en utilisant la pompe de transfert. Le chargement du GNL est précédé par le refroidissement de la canalisation de la zone de chargement. La pompe de refroidissement aspire une petite quantité de GNL du réservoir de stockage et envoie ce GNL dans la canalisation chaude de la zone de chargement. Le GNL vaporisé est repris par la soufflante des gaz résiduels puis est envoyé dans le collecteur de gaz du revus. Le chargement s'effectue au moyen de cinq (05) pompes de chargement du GNL fonctionnant en parallèle et transférant le GNL du réservoir de stockage au navire en passant par les bras de chargement. Les vapeurs résiduelles du navire sont renvoyées au collecteur des vapeurs des réservoirs par la soufflante des gaz

résiduels [3].



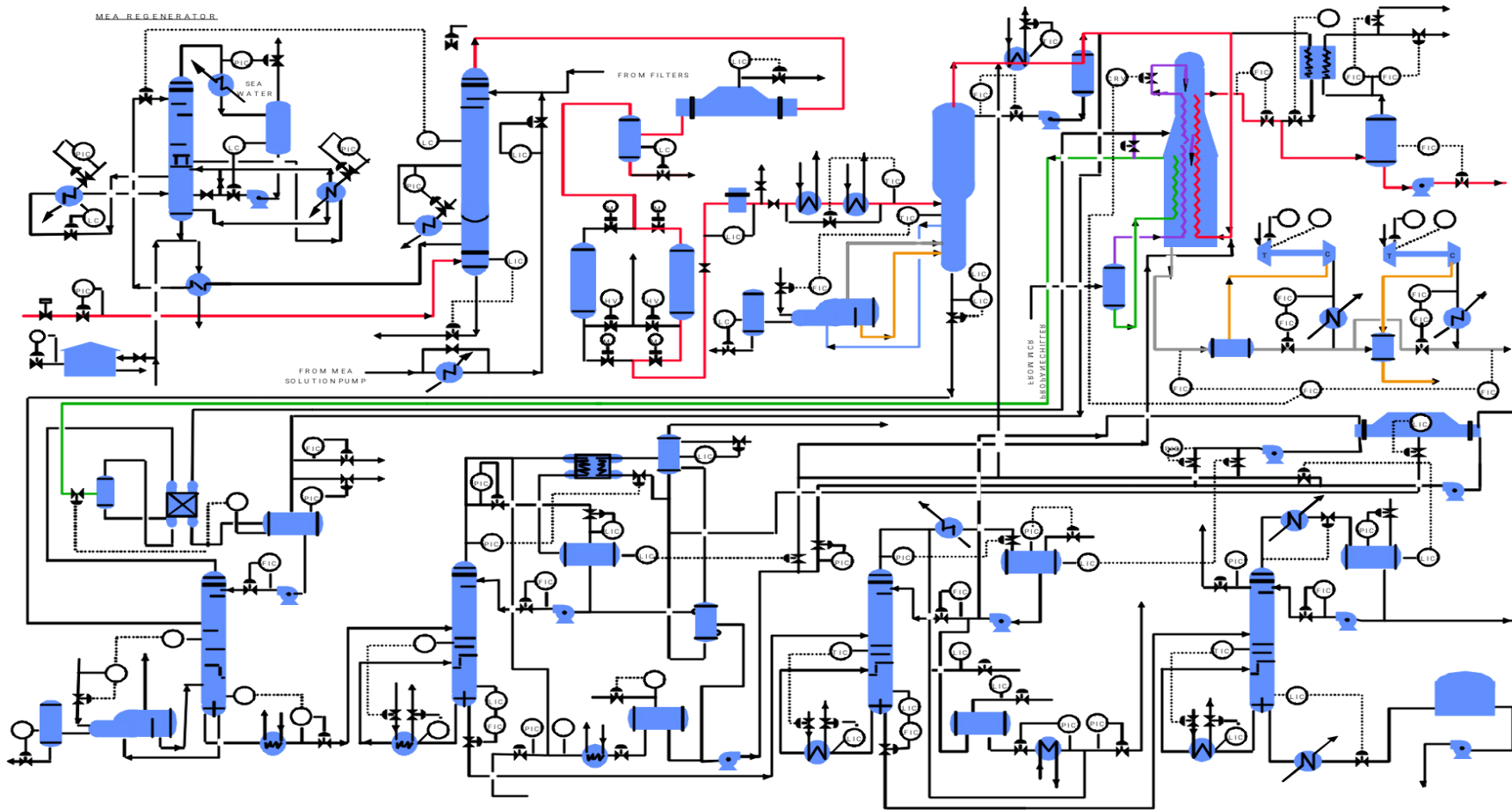


Figure II.5 : Schéma du procédé de liquéfaction du gaz naturel du complexe GL1/Z

Chapitre III : Le système des gaz torchés



III.1. Définition

Les gaz torchés sont des vapeurs de gaz non liquéfiées qui sont brûlées au niveau des torches. Des systèmes des torches sont prévus pour l'évacuation sans danger des vapeurs et des liquides dégagés au démarrage, en régime perturbé selon le démarrage, à l'aide de divers événements et purges. Les gaz entrant dans le système de torche s'écoulent vers un collecteur principal, puis vers la torche où ils sont brûlés à une certaine distance de l'usine pour éviter tout danger.

La responsabilité du fonctionnement des circuits des torches incombe à l'opérateur des installations générales. Une panne du circuit de torche provoquerait le rejet à l'atmosphère d'hydrocarbures non brûlés. Cette situation créerait des risques d'accidents respiratoires pour le personnel présent dans la zone et pourrait rendre possible une inflammation non désirée au voisinage de la torche.

III.2. Circuits des gaz torchés

III.2.1 Lignes vers torches

- Les lignes des soupapes individuelles doivent pénétrer dans le collecteur par sa partie supérieure ; cela afin d'éviter que des liquides dans le collecteur n'atteignent pas les soupapes.
- Le collecteur de la torche doit avoir une pente de 21 mm pour 10 m de longueur dans la direction du ballon de séparation de la torche.
- Un trou de 1/2" doit être pratiqué au point bas de la ligne de décharge des soupapes dégageant vers l'atmosphère.
- Lorsqu'il est bon d'isoler des sections du système de la torche desservant les soupapes d'unités individuelles, des verrouillages ou des platines peuvent être installées de manière qu'elles ne puissent défaillir en position fermée [4].

III.2.2 Ballons de séparation de torche

Les ballons sont dimensionnés de façon que le temps de résidence des vapeurs soit supérieur au temps requis pour qu'une particule de 300 à 600 micromètres parcoure la hauteur existante à la vitesse de sortie.

Si le liquide peut pénétrer dans le système de torche, les ballons ont un temps de

rétenion de liquide de 20 à 30 minutes.

Les ballons sont conçus pour un minimum de 345 kPa pour éviter des dégâts dus à une explosion éventuelle.

Des trous d'hommes sont prévus au fond des ballons à des fins de nettoyage. Les platines recouvrant ces trous doivent avoir des raccords à soupapes pour purger.

Les moyens de platiner, mettre à l'atmosphère et passer les ballons à la vapeur d'eau doivent être prévus.

Les moyens de chauffer les ballons doivent être prévus lorsqu'il y a des problèmes tels que l'auto réfrigération, ou liquides visqueux ou se congelant [4].

III.3. Système de torches

III.3.1. Torche froide

Chacun des six (06) trains de procédé est muni d'un collecteur de 20" et d'un collecteur de 24" qui rejoignent un collecteur de 42 ". Le collecteur de 42 "s'étend sur toute la longueur de l'usine et se termine au ballon séparateur de la torche froide. Les vapeurs d'hydrocarbures passent ensuite dans la torche froide où elles sont enflammées par une flamme pilote qui brûle constamment après avoir traversé un joint moléculaire placé au sommet de la cheminée de torche. Un générateur de front de flamme est prévu pour enflammer séparément les quatre (04) flamme pilotes placées au sommet de la cheminée de la torche.

Dans chaque train de procéder, un branchement de 1,5" est prévu pour le gaz combustible allant vers le collecteur de torche froide. Un écoulement continu de gaz est maintenu en permanence vers les collecteurs pour assurer un balayage continu qui le maintient exempts d'air. Le gaz combustible provient du refoulement de chaque compresseur de gaz combustible et il est à la pression d'environ trois (03) bars effectifs. Un diaphragme est prévu pour régulariser la quantité de gaz combustible (gaz purge) allant à chaque collecteur. Une vanne de laminage de gaz de purge de 3/4" vers le collecteur de torche de l'échangeur principal placée sur la conduite 1,5" remplace un diaphragme (voir figure III.1) [5].

Le collecteur de 20" de chaque train de procédé canalise les échappements des appareils dont les numéros des conduites sont regroupés dans les tableaux III.1.

Tableau III.1 : Appareils raccordé au collecteur 20".

Les appareils	Numéro de la conduite
Tour de lavage.	8" FLRG-X0400
Ballon d'aspiration de propane de 1er étage.	10" FLRG-X0403
Compresseur de propane.	12" FLRG-X0300
Ballon d'aspiration de MCR de 1er étage.	18" FLRG-X0500
Ballon tampon d'évacuation des liquides.	16" FLRG-X0

Le collecteur de 24" de chaque train de procédé canalise les échappements issus des appareils suivants vers le collecteur 42".

Tableau III.2 : Appareils raccordés au collecteur 24".

Les appareils	Numéro de la conduite
Calandre supérieure de l'échangeur principal.	12" FLEG-X0674
Calandre inférieure de l'échangeur principal.	20" FLRG-X0673

III.3.2. Torche chaude

Chacun des six (06) trains de procédé est muni d'un collecteur de 36" qui rejoint un collecteur de 36" qui s'étend sur toute la longueur de l'usine et se termine au ballon séparateur de la torche chaude. Les vapeurs d'hydrocarbures passent ensuite dans la torche chaude ou elles sont enflammées par une flamme pilote, qui brûle constamment, après avoir traversé un joint moléculaire placé au sommet de la cheminée de torche. Un petit pot de purge est placé entre le ballon séparateur et la

cheminée de torche, afin de vaporiser les hydrocarbures liquides qui pourrait se condenser sur le trajet menant à la torche. Un générateur de front de flamme est prévu pour enflammer séparément les quatre (04) flammes pilotes placées au sommet de la cheminée de la torche.

Dans chaque train de procédé, un branchement de 1,5" est prévu pour le gaz combustible allant vers le collecteur de torche chaude. Un écoulement continu de gaz est maintenu en permanence vers les collecteurs pour assurer un balayage continu qui les maintient exempts d'air.

Le gaz combustible provient du refoulement de chaque compresseur de gaz combustible et il est à la pression d'environ 3 bars effectifs. Un diaphragme est prévu pour régulariser la quantité de gaz combustible qui va au collecteur principal. Une vanne d'isolement équipée d'un raccordement de purge à l'azote est placée à l'amont des diaphragmes.

Le collecteur de 36" de chaque train de procédé canalise les échappements des appareils suivants tableau III.3.

Tableau III.3 : Appareils raccordés au collecteur de 36".

Les appareils	Numéro de la conduite
Démarrage de la régénération du sécheur.	12" FLRG-X0211
Démarrage de la régénération du sécheur.	24" FLRG-X0202
Démarrage de la régénération du sécheur.	24" FLRG-X0206
Pré refroidissement du sécheur.	10" FLRG-X0404
Compresseur de propane.	16" FLRG-X0306
Compresseur MCR de 2ème étage.	14" FLRG-X0501
Compresseur MCR de 2ème étage.	14" FLRG-X0502
Ballon d'aspiration de MCR de 2ème étage.	18" FLRG-X0503
Ballon d'aspiration de propane de 2ème étage.	16" FLRG-X03413
Ballon d'aspiration de charge latérale.	10" FLRG-X03414

Ballon d'aspiration de charge latérale.	10" FLRG-X0415
---	----------------

Trois sources supplémentaires de vapeurs d'hydrocarbures pénètrent dans le collecteur de 36". Ce sont les gaz d'évent provenant des réservoirs de stockage de propane et d'éthane, les gaz d'évent provenant du stockage d'essence et les gaz d'évent d'urgence provenant du collecteur de gaz combustible (voir figure III.2) [5].

III.3.3. Torche des bacs de stockage de GNL

La torche de GNL est conçue pour brûler les vapeurs en excès provenant des réservoirs de stockage de GNL et des soufflantes de vapeurs. Les vapeurs issues de ces sources vont à la torche si la pression dans le collecteur de torche de 36" est supérieure à 508 mm de colonne d'eau. Un générateur de front de flamme est prévu pour allumer séparément les trois (03) flammes pilotes placées au sommet de la cheminée de torche [5].

III.4. Paramètres du système de torches

Le paramètre principal à surveiller est la pression du gaz combustible des flammes pilotes. Cette pression doit être de 1,03 bar effectif pour la torche froide, la torche chaude et la torche des réservoirs de GNL. Les flammes pilotes doivent être allumées continuellement. Le collecteur de torche froide de 42" et le collecteur de torche chaude de 36" doivent être soumis continuellement à une purge au gaz combustible [3].

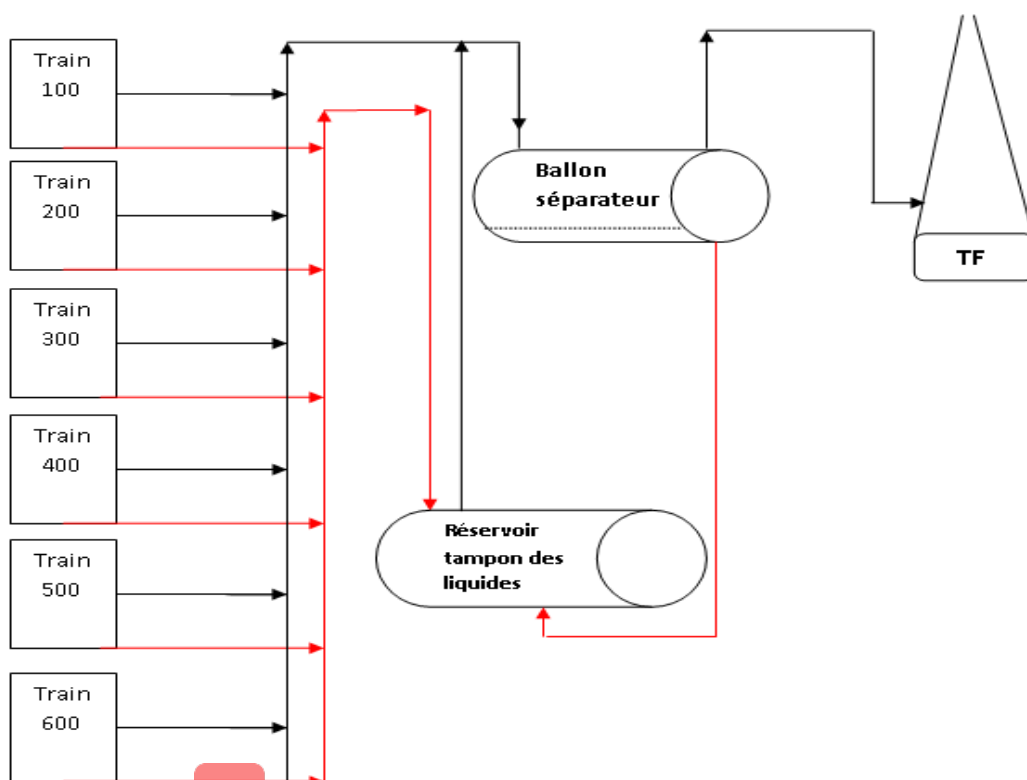


Figure III.1 : schéma des principales lignes vers torche froide

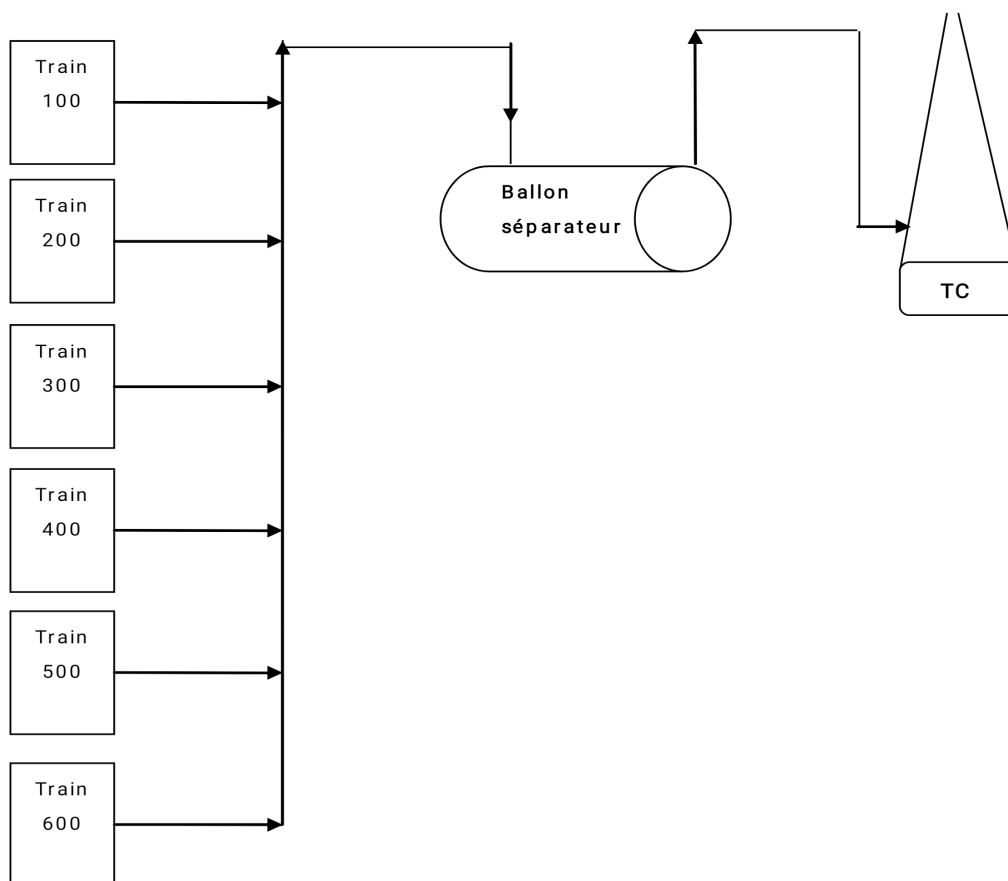


Figure III.2 : schéma des principales lignes vers torche chaude



Conclusion



Le groupe Sonatrach s'est engagé à faire des performances en matière de santé, de sécurité et d'environnement. Il s'est dit engagé à tout mettre en œuvre pour assurer la sécurité de ses activités, la préservation de la santé au travail, la protection de l'environnement et à minimiser pour la population riveraine, les risques éventuels découlant de ces activités.

Nous avons tenté au cours des différentes étapes de cette étude de trouver des solutions appropriés afin de minimiser les quantités de gaz torchés au niveau du complexe GL1Z. Ce qui nous a amené à la nécessité d'élaborer une étude de réalisation d'une unité de récupération des gaz torchés.

Les principales causes de cet excès de consommation de gaz sont souvent inhérentes à la conception même des installations dont :

- Les déclenchements répétés des lignes de procédé
- Certaines anomalies observées au niveau des machines tournantes.
- Les défauts d'instrumentation et de contrôle du procédé.
- La réduction du taux de production de GNL pour diverses raisons.

Ces événements constituent des sources communes d'autoconsommation excessives, se traduisant par un torchage d'importantes quantités de gaz, et donc, par des pertes économiques considérables (manque à gagner).

Ensuite nous avons élaboré une évaluation économique de ce projet afin d'arriver à un résultat qui juge positivement nos estimation pour le choix de l'investissement nécessaire pour le complexe GL1/Z.

La démarche suivie dans ce travail consiste à établir des estimations des couts d'achat des différents équipements et leurs charges d'exploitation puis à évaluer la rentabilité de chaque option proposée.

En outre, une analyse de sensibilité a été réalisée pour connaitre dans quel intervalle le procédé demeure plus intéressant que les autres. En faisant varier les paramètres suivants : le prix du Gaz Naturelle, les Capex, les Opex, de $\pm 30\%$, on a constaté que la

VAN varie proportionnellement avec le prix du Gaz Naturelle tandis que les Opex et les Capex sont inversement proportionnelles aux prix du Gaz Naturelle.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY "Manuel opératoire" Volume I (process), USA 1994

[2] MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY "Manuel opératoire" Volume V (utilities), USA 1994

[3] MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY "Manuel opératoire" Volume II (process), USA 1994

[3] SONATRACH " Faite connaissance avec les hydrocarbures" Algérie, 3^{ème} édition 1993

[4] MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY "Manuel opératoire" Volume I, USA 1994

[5] MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY "Process unit book" Volume 44, USA 1994 Référence n° 178269; Référence n° 1613

[6] MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY "Manuel opératoire" Volume III (process), USA 1994

[7] Rapports mensuels (bilan massique et énergétique du complexe GL1/Z) MW. PULLMAN KELLOGG COMPANY" Manuel de démarrage et arrêt " Volume (I, II, III, VI) USA 1979

[8] LE RAFFINAGE DU PETROLE, 4 Matériels et équipements, P.TRAMBOUZE

[9] Technique de l'ingénieur" Estimation des propriétés physique des gaz, Module 1 , Bloc 2

[10] Manuel formation d'ingénieur Bloc 7-Module 2 ,leçon 1 15/08/1995

PIERRE WUTIER" Raffinage et génie chimique" Edition Technique, France 1972

FORMATION D'INGENIEUR, Bloc 7-Module 2 USA 1995 Engineering DATA BOOK



Edition 1980

Neghmache Mohammed : étude technico-économique pour l'installation d'un système de traitement biologique de l'eau de mer au complexe GL4/Z. mémoire d'ingénieur spécialisé en économie pétrolière ; IAP 2008