



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued
Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Étude
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies
Filière : Génie des Procédés/Industries pétrochimiques
Spécialité : Génie Chimique

Présenté par : NEGUIA Ala Eddine

Thème

**Elimination des hydrates par adsorption sur tamis moléculaire au
niveau de l'unité GPL2 Hassi-Mesaoud: Optimisation et dimensionnement "**

Devant le Jury :

Mr : Salah Eddine LAOUINI	Président	Université d'El Oued.
Mr : Youcef Hariz BEKKAR	Examineur	Université d'El Oued.
Mr : .Issam BOUDOUHN	Rapporteur	Université d'El Oued

Remerciement

Nous allouons ALLAH pour tous les bienfaits dont il nous a fait part.

*Au terme de ce travail nous tenons à remercier en premier lieu
Mr BOUDOUH Issam, notre promoteur, pour son aide précieuse, pour ses remarques pertinentes et
surtout pour le temps qu'elle nous a accordée et ceci malgré ses nombreuses charges.*

*Nous tenons à remercier les membres de jury qui ont bien voulu Nous faire l'honneur de participer
à ce jury.*

*Nous remercie également tous les enseignants du département Génie des Procédés pour leur
contribution à cette formation.*

*Je remercie **Mr Kiram Salim** pour tout a fait*

*Merci à tous ceux qui nous a contribués de près ou de loin à l'élaboration
de ce mémoire.*

Dédicaces

*J'ai le grand honneur de dédier le fruit de mes années
d'études à :*

*Mes très chères parents, ceux qui attendent ma
réussite avec impatience, ceux dont je ne peux jamais leurs
rendre ce qu'ils ont fait pour moi, ceux qui ont su me
conduire dans le bon chemin et la bonne*

éducation, ceux que j'aime et je respecte infiniment.

Le jour est venu pour leur dire Merci.

*Que DIEU m'aide à leurs rendre un peu de tous ce qu'ils
ont fait pour moi.*

Ma très chère sœur et leur fils DHIA .

*Mes très chères frères ; SEIF , Brahim
Mes amis depuis l'enfance que j'aime beaucoup.*

*Mes amies que j'ai de la chance
de l'ai avoir. Mes camarades de
la promotion de l'université.*

*Ceux qui me connaissent de près ou de loin sans cité leurs
nom*

Dr Ala EDDINE Neguia

Sommaire 1	
Listes des tableaux	
Listes des figures	
Introduction	01
Partie Théorique	
Chapitre I	02
I. 1 Situation Géographique:	02
I.2 Le Gisement de Hassi Messaoud :	02
I.3 Historique :	03
I.4 Description des installations	03
I.5 Description du Département GPL	04
Chapitre II-Généralité sur le GPL :	05
II-1. C'est quoi le GPL ?	05
II-2. Sources de GPL:	05
II-3.les différentes utilisations du GPL	05
	06
II-4.Les caractéristique du GPL	
II-5.Domaine d'utilisation du GPL :	07
Chapitre III-PRESENTATION DE L'UNITE GPL-2 :	10
	10
III-1.Historique de l'unité de GPL-2 :	
	12
III-2.Descriptions l'unité GPL-2 :	
	12
III-3.Description de la processe de l'unité GPL-2 :	
Chapitre IV	20
IV.1. Le séchage de gaz :	20
	20
IV.2.Les hydrates	
IV. 3. Principe de la déshydratation :	21
IV .4. Méthodes de Déshydratation :	22
	23
IV. 5. Procédés d'adsorption :	
	28
IV. 6. Description des colonnes d'adsorption par tamis moléculaire	
IV. 7. Description de procédé de la section déshydratation :	29

IV. 8 La régénération	30
Partie Calcule	
Chapitre V	32
V.1.Calculs la tenure en eau du gaz d'alimentation (w) :	32
V.2.Calculs la quantité nécessaire du tamis moléculaire :	34
V.3.- Dimensionnement des dés hydrateur (Calcul du diamètre minimum) :	34
V.4.Calcul de la quantité et de la hauteur de tamis moléculaire :	36
V.5. Quantité et hauteur globales de tamis moléculaires	39
V.6. Calcul des pertes de charge à travers le déshydrateur :	39
V.7.Pertes de charge totale au travers du déshydrateur :	41
V.8.Interprétation des résultats :	41
Conclusion	42
Références bibliographiques	43
Annexe	44

Listes des Figures

Figure (I.1): Situation géographique du Champs HMD	2
Figure.IV.2 : Structures des hydrates.	20
Figure (IV.2) : Principe de fonctionnement d'un tamis moléculaire.	27
Figure (IV.3):Adsorption idéale en colonne (ZTM).	28
Figure V.1 : Diagramme d'efficacité de tamis en cours de temps	36
Figure V.2 : emplacement des bulls de céramique dans un récipient	40

Liste des tableaux

Tableau II-1 : caractéristique permettant l'identification du GPL	06
Tableau II-2 : propriété physique	06
Tableau II-3 : Pouvoir calorifique	06
Tableau III-1 : Capacité de l'unité GPL2	10
Tableau III-2 : Spécification des produits	11
Tableau III-3 : Bilan de matière désigne de l'unité dans le cas d'un gaz riche	11
 Tableau (IV.1) : comparaison des propriétés physiques et chimiques des adsorbants.	 25
Tableau (IV.2) : Différents types des tamis moléculaires	26
Tableau (IV.3): Composition chimique du tamis UOP UI 94	27
Tableau (IV.4) : le Tableau du temps (service et de régénération).	29
Tableau (IV.5) : le Tableau de la spécification des désydrateurs et filtres.	30
Tableau (IV.6) : le Tableau des séquences de régénération.	31
Tableau V.1 : paramètre constantes a_i et b_i	33
Tableau V .2 : le débit de chaque fraction avec différentes unités	35
Tableau V.3 : Résultats et comparaison avec les valeurs de design	41

Introduction générale

Pendant longtemps, le gaz naturel a été considéré comme un sous-produit du pétrole; il était brûlé à la torche sur de nombreux gisements. Il a commencé à être utilisé aux Etats-Unis, dans l'industrie d'abord, puis pour des usages domestiques en se substituant peu à peu au gaz manufacturé.

Actuellement, le gaz naturel joue un rôle énergétique croissant. L'importance de ses réserves et les avantages qu'il présente sur le plan environnemental favorisent son utilisation dans plusieurs secteurs, notamment dans la génération d'électricité. Le gaz naturel est un mélange souvent très riche en méthane et qui contient généralement en proportions décroissantes tous les hydrocarbures saturés jusqu'à des points d'ébullition supérieurs à 200 °C. En outre il renferme en proportions variables de l'Azote, du gaz carbonique, des composés sulfurés ainsi que de l'eau provenant de la couche productrice. Il se trouve sous pression dans les roches poreuses du sous-sol, souvent en solution avec du pétrole brut ou du condensât. Cette teneur en eau peut être à l'origine de nombreux problèmes qui influent directement sur les équipements en aval de la section de déshydratation, engendrant rapidement un fonctionnement anormal et une perturbation des installations de l'unité.

Le gaz naturel en sortie des puits de production subit un traitement qui consiste à retirer spécifiquement certains constituants présents tel que l'eau (par procédé de déshydratation) pour le rendre compatible avec les spécifications requises concernant son transport et/ou les spécifications de qualité commerciales et réglementaires.

Dans le cadre de notre étude, nous avons été affectées à l'unité de récupération de gaz de pétrole liquéfié appelée G.P.L-2 implantée au centre industriel sud (CIS) de la Direction Régionale de Hassi-Messaoud (Direction Production). L'objectif principal de notre étude consiste la vérification du dimensionnement des déshydrateur, Afin de savoir si le problème de formation des hydrates vient du fait d'un sous dimensionnement.

Ce mémoire est divisé en deux grandes parties :

- Une partie bibliographique où des généralités sur le GPL, une description de l'unité GPL2 et des notions sur les adsorbants et les processus d'adsorption sont présentés.
- Une partie pratique où les résultats de nos calculs sont présentés et discutés.

Une conclusion générale est également présentée en fin de document.

0I. 1 Situation Géographique:

Le champ de Hassi Messaoud se situe à 850 km Sud/Sud Est d'Alger et à 350 km de la frontières Tunisienne, sa localisation en coordonnées LAMBERT Sud Algérie :

$X = (790.000 - 840.000)$ Est. $Y = (110.000 - 150.000)$ Nord.



Figure (I.1): Situation géographique du Champs HMD

Le Gisement de Hassi Messaoud :

Le 15 Janvier 1957, le premier forage MD1 a mise en évidence la présence d'huile à 3338 m de profondeur dans les Grés du Cambrien.

En mai 1957, à 7 km au NNW de MD1, le forage OM1 a confirmé l'existence d'huile dans les Grés Cambrien.

Actuellement, le champ est divisé en 25 zones en fonction de l'évolution de la pression des puits et de leur production.

SUPERFICIE : 3300 KM²

FORMATION : CAMBRO-ORDOVICIEN

PROFONDEUR : entre 3250 et 3500 M

EPESSEUR : jusqu'à 300M

HUILE LEGERE DE DENSITE API = 45,4

Historique :

1956 : Découverte du champ (Forage de MD 01)

1958 : Mise en exploitation du champ Sud

1959 : Mise en exploitation du champ Nord

1960 : Création du CIS et CINA

1993 : PREMIER FORAGE HORIZONTAL (MDZ 453)

1996 : PREMIERE REPRISE EN SHORT-RADIUS (MD 218)

Description des installations :

La production d'un puits est un mélange triphasique composé d'hydrocarbures liquide et gaz, d'eau et impuretés. Cette production subit un traitement niveau des complexes industriels CIS et CINA avant d'être expédiée.

Les quatre complexes CIS et UTBS et CINA et ZCINA composés d'une chaîne de procédés plus ou moins complexes ont pour fonction le traitement des effluents provenant des puits producteurs.

Ces procédés sont faits pour prendre en charge :

- ✓ Le traitement du pétrole brut : séparation huile-eau gaz, dessalage et stabilisation pour la production d'un pétrole brut conforme aux normes commerciales (TVR, Salinité, Densité...).
- ✓ Le traitement des gaz associés produits aux cours du processus du traitement du pétrole brut pour la production des GPL et condensats.
- ✓ Le traitement des eaux huileuses générées lors du processus traitement de pétrole brut pour la protection de l'environnement.
- ✓ Le raffinage d'une partie du brut pour la production de carburants; approvisionnement du marché local.
- ✓ La réinjection des gaz résiduels et l'injection d'eau pour le maintien de la pression du gisement.

Description du Département GPL :

Le département GPL sud se compose de deux services :

Service GPL1 :

L'unité GPL1 a été mise en service en 1973 par la firme anglaise FLUOR-ENGLAND LTD dans le but de récupérer le GPL contenu dans les gaz de séparation et de stabilisation du pétrole brut au niveau du complexe industriel sud.

La production de l'unité est d'environ 1330 T/J de GPL et 300T/J de propane et 150 T/J de butane.

Service GPL2 :

L'usine GPL2 a été réalisée en 1994 suite à un contrat de partenariat entre SONATRACH et JGC, pour produire environ 4890 T/J de GPL et 1050T/J de condensat et 240T/J de propane et 160 T/J de butane .

II- Généralité sur le GPL :

II-1. C'est quoi le GPL ?

Le gaz de pétrole liquéfié ou GPL est un mélange d'hydrocarbures légers stocké à l'état liquide et issu du raffinage du pétrole (40 % des ressources mondiales) et plus généralement du traitement du gaz naturel (60 % des ressources mondiales). Le GPL est composé de butane (C_4H_{10}) et de propane (C_3H_8) ce sont tous les deux des hydrocarbures « saturés » qui sont composés de liaisons simples d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils présentent l'intérêt de se liquéfier sous.

II-2. Sources de GPL:

Les GPL peuvent être à partir de diverses sources de traitement des hydrocarbures tels que :

- l'extraction du gaz naturel et du pétrole brut.
- le raffinage du pétrole brut.
- la liquéfaction du gaz naturel (GNL).
- la récupération à partir de la liquéfaction des gaz associés (champs pétroliers).

En Algérie la majeure partie des GPL. Proviennent des champs pétroliers 79% ; 10 % est produit au niveau des raffineries et 11 % dans les complexes de gaz naturel.

II-3.les différentes utilisations du GPL:

Les **GPL** sont utilisés comme un gaz de combustible, carburant d'automobile ou encore comme matière première pour la pétrochimie.

- ❖ **GPL combustible** : L'avantage majeur du GPL comme combustible est que les produits de sa combustion sont très peu polluants pour l'atmosphère, il est l'un des combustibles les plus propres sur le marché.

- ❖ **Usages principaux :**

A/ Dans le secteur domestique : cuisine, production d'eau chaude, chauffage, réfrigération,...etc

B/ Dans le secteur public : les mêmes que les usages domestiques, mais appliqués au camping, à la restauration,...etc.

C/ Dans le secteur industriel : production industrielle des aliments, céramique, procédés métallurgiques spéciaux (à température élevée), soudage, traitement d'asphaltes,....etc.

D/ Des nouvelles applications : Le nouveau développement du GPL comme gaz combustible ont été récemment notés, parmi lesquels on peut citer le traitement d'effeuillage thermique et les appareils de chauffage de terrasse.

II-4. Les caractéristiques du GPL

II-4.1. Propriété physique du GPL :

Deux caractéristiques permettent l'identification du GPL

- La température d'ébullition

La tension de vapeur.

Tableau II-1 : caractéristiques permettant l'identification du GPL

Tension de vapeur	Température d'ébullition	Masse volumique
11.0 bars abs à 40 °C	le butane - 1°C	Densité liquide : 590 kg/m ³ à 0°C 523 kg/m ³ à 25 °C
7.5 bars abs à 25 °C	le propane – 42°C	Densité de gaz : 2.4 kg/m ³ à 0° C

Tableau II-2 : propriété physique

Chaleur spécifique	Chaleur de vaporisation	Poids moléculaire
0.55 Kcal/kg à 0°C	90 Kcal/kg à 0°C	54 kg/moles

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

Tableau II-3 : Pouvoir calorifique

Iso-butane	Normal butane	Propane
29460(kcal/kg).	29622 (kcal/kg).	22506 (kcal/ kg).

II-4.2. Propriété chimique :

- Le GPL est non corrosif à l'acier mais généralement aux cuivres et ces alliages ou l'aluminium.
- Le GPL n'a aucune propriété de lubrification et cet effet doit être pris en considération lors de la conception des équipements du GPL (pompes et compresseurs).
- le propane et le butane ne sont pas toxiques.
- à l'état naturel, ils sont inodores, Pour la détection des fuites ils sont odorisés par des composés à base de soufre appelés mercaptans.
- Le GPL est incolore, que ce soit en phase liquide ou en phase gazeuse.
- A l'état gazeux, ils sont plus lourds que l'air.
- Le GPL liquide est plus léger que l'eau à l'état liquide.
- Ils dissolvent les graisses, les huiles et les vernis.

II-5. Domaine d'utilisation du GPL :

Il existe plus de 1000 applications pour les GPL, les gaz butane et propane. Des centaines de millions de personnes utilisent actuellement les GPL et en dépendent pour des milliers d'applications commerciales, dans l'industrie, les transports, l'agriculture, la production d'électricité, la cuisine, le chauffage et les loisirs.

Les GPL sont la seule énergie à pouvoir répondre à une large variété d'usages :

➤ Agriculture :

Les GPL sont couramment utilisés dans le secteur agricole pour la déshydratation et le séchage des végétaux, le chauffage des serres, le désherbage thermique (en substitution de produits chimiques), comme carburant pour les véhicules agricoles et comme insectifuge. Energie moderne et écologique, les GPL peuvent jouer un rôle essentiel dans le développement de l'agriculture.

➤ Automobile :

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

Il permet ainsi de limiter l'impact sur l'environnement et la santé humaine tout en contribuant aussi à limiter les émissions de gaz à effet de serre.

➤ **Production d'énergie :**

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

➤ **Chauffage :**

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

➤ **Le GPL dans la pétrochimie :**

La demande pétrochimique globale du GPL enregistre un taux de croissance de l'ordre de **10 %**. Il est utilisé dans ce domaine comme charge de vapocraqueur à fin d'obtenir des oléfines.

Le butane et le propane qui sont obtenus par la séparation du GPL utilisé pour la déshydrogénation dans la production du butadiène et du propylène vont servir comme matière première pour la synthèse des caoutchoucs.

II-5.1. Les avantages et les inconvénients du GPL en tant que carburant :

➤ **Les avantages :**

-Le premier avantage est son prix, même si il a subi de récentes augmentations il reste encore plus économique que le carburant classique.

-Ce n'est pas un produit polluant comme pourrait l'être de l'essence, c'est un produit qui s'évapore ne laissant pas de trace, de ce point de vue on peut considérer que c'est un carburant écologique.

-En utilisation dans un véhicule, il a une combustion propre et va donc par conséquent nécessiter moins d'entretien et faciliter la durée de vie du moteur.

➤ **Les inconvénients :**

-Le principal inconvénient est l'obligation d'adapter les moteurs classiques à l'utilisation du GPL et l'obligation d'utiliser le coffre des véhicules pour y installer la cuve contenant le gaz liquide.

-L'énergie produite par le GPL c'est 25% de moins que pour l'essence classique et donc une autonomie bien moindre.

-Les installations doivent être révisées et homologuées tous les huit ans.

III- PRESENTATION DE L'UNITE GPL-2 :

III-1.Historique de l'unité de GPL-2 :

L'unité GPL-2 a été mise en service en juillet 1997 suite à un contrat de partenariat entre la société nationale **Sonatrachet** la firme japonaise **JGC** (Japan Gasoline Corporation).

La partie engineering du projet a été confiée à JGC, et les travaux de construction ont été entrepris par des sociétés et entreprises de construction algériennes .

Le démarrage effectif de la production s'est effectué le 05 janvier 1997 par le personnel mixte algéro-japonais.

L'unité GPL-2 est destinée à récupérer les composants butane propane contenu dans la charge de gaz d'alimentation pour être expédié vers Arzew via la station de pompage de Haoud- El- Hamra. Une partie du GPL (C3,C4) produit est fractionnée dans le dépropaniseur pour la production du propane et butane commercial, les deux produits sont livrés au centre enfûterdNaftal de Hassi-Messaoud pour les besoins domestiques. Les condensats stabilisés sont slopés vers le brut, tandis que les gaz résiduels constitués principalement de méthane et éthane (C1 et C2) sont repris par les stations de compression pour être réinjecter dans le gisement. Une partie du gaz résiduel est utilisée comme gaz combustible pour les turbines à gaz des boosters et les fours

III-1.1.Capacité de l'unité :

	Gaz riche	Gaz pauvre
Gaz d'alimentation (MMNm ³ /J)	24	24
GPL produit (tonnes/jour)	4890	3050
Condensât (tonnes/jour)	1050	600
Propane (tonnes/jour)	240	240
Butane (tonnes/jour)	160	160

Tableau III-1 : Capacité de l'unité GPL2

III-1.2.Spécification de produit :

Tableau III-2 : Spécification des produits

Produits	Spécifications	Teneurs
GPL	C2-	< 3% en mol
	C5+	< 0.4% en mol

	Eau	< 50 ppm
Gaz traité	Pression	>= 28 bars
	Température	<= 55°C
	Teneur eau	<= 3 ppmv
Propane	C4+	< 2.5% en vol
	TVR	< 14.34 barg
Butane	C5+	< 2% en vol
	TVR	< 4.83 barg

III-1.3.Bilan de matière de GPL-2 :

Les bilans design de l'unité GPL2 pour un gaz riche est représentés sur le tableau suivant :

Tableau III-3 : Bilan de matière désigne de l'unité dans le cas d'un gaz riche

		Charge	Gaz traité	GPL	Cond	Propane	Butane
% Molaire	H2O	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	N2	2.68	3.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	CO2	1.53	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00
	C1	63.14	70.92	0.00	0.00	0.00	0.00
	C2	18.13	20.22	1.38	0.00	2.07	0.00
	C3	9.16	3.79	65.01	0.00	96.00	3.00
	IC4	0.84	0.11	8.29	0.09	1.28	22.32
	NC4	2.43	0.20	24.92	2.00	0.65	73.48
	IC5	0.39	0.01	0.32	26.62	0.00	0.97
	NC5	0.55	0.01	0.08	39.93	0.00	0.23
	C6	0.31	0.00	0.00	22.95	0.00	0.00
	C7	0.11	0.00	0.00	8.41	0.00	0.00
	Total	100	100	100	100	100	100
Poids mol		24.13	20.00	48.68	77.43	44.08	57.87
Débit kmol/h		13139.0	12477.0	1247.7	187.4	228.3	114.1
Débit Sm ³ /h		314811	298948	-	-	-	-
Débit kg/h		317072	261118	60730	14540	10063	6604
Pression barg		26.0	32.4	14.0	14.4	19.5	19.9
Température(°C)		60.0	84.3	55.4	55.0	56.6	55.0

III-2.Descriptions l'unité GPL-2 :

L'unité GPL2 a pour but de récupérer le GPL (mélange propane butane liquéfié) contenu dans les gaz associés alimentant l'unité.

- ◇ Les composants butane propane contenus dans la charge de gaz d'alimentation pour être expédié vers Arzew via la station de pompage de Haoud-El-Hamra.
- ◇ Une partie de GPL (C3, C4) produit est fractionnée dans le dépropaniseur pour la production du propane et du butane commerciaux.
- ◇ les deux produits (C3, C4) sont livrés auNaftal de Hasssi-Messaoud pour les besoins domestiques.
- ◇ Les condensât stabilisés sont réinjecté dans le brut, tandis que les gaz résiduels constitués principalement de méthane et éthane (C1, C2) sont repris par les stations de compression pour être réinjectés dans le gisement.
- ◇ Une partie de gaz résiduel est utilisée comme gaz combustible pour les turbines à gaz des boosters et les fours.

L'unité GPL2 est composée de sections suivantes :

- un manifold de 48'' à une pression de 28 bars d'une capacité de 40MMNm³ /Jet alimentent les quatre trains des deux unités de GPL. Unité GPL-1 (un train) et unité GPL-2 (trois trains).
- Une section de Boosting (section10) : composée de quatre turbocompresseurs d'une puissance unitaire de 30000CV.
- Trois trains identiques (section 11-12-13) : constitués chacun de
 - ❖ Trois déshydrateur (tamis moléculaire).
 - ❖ Un turbo-Expandeur (refroidissement et détente).
 - ❖ Fractionnement constitué de colonnes déethaniseur et débutaniseur.
 - ❖ Une boucle d'huile chaude (régénération).
 - ❖ Des échangeurs et des Aéroréfrigérants.
- Un Dépropaniseur: pour la production du propane et butane commerciaux.
- Quatre sphères de stockage de GPL : trois sphères d'une capacité de 500 m³ assurant un stockage tampon de GPL avant expédition. et une sphère d'une capacité de 500 m³ pour le stockage des éventuels produit off spécification et d'une pomperiez d'expédition.
- Utilités :

- ❖ Un réseau d'air service et d'air instrument.
- ❖ Unité d'azote pour la production d'azote gazeux.
- ❖ Un système d'injection de méthanol a pour but dégivrer la formation déshydrate.
- ❖ Un bac de stockage d'eau pour le réseau anti-incendie (sécurité) avec pomperiez.
- ❖ Unité de fuel gaz.

III-3.Description de la processe de l'unité GPL-2 :

III-3.1.Section Manifold :

Les gaz issus de la séparation du pétrole brut au niveau des champs satellites sont collectés dans un manifold de 48'' à une pression de 28 bars et alimentent les quatre trains des deux unités de GPL. Unité GPL-1 (un train) et unité GPL-2 (trois trains)

La capacité de charge de ce manifold est d'environ 40 millions de Nm³/jour.

Ce manifold est pourvu de sécurités, grâce aux vannes de torche qui y sont installées en cas de haute pression.

III-3.2.Section Boosting:(voir l'annex 1)

La section boosting est composée de quatre compresseurs NuevoPignone de type BCL 506 A d'une puissance unitaire de 30.000 CV entraînés par turbine à gaz.

Avant que le gaz ne soit comprimé il devra être en premier lieu séparé et cela est assuré par son passage par deux ballons de séparation (SLAG-CATCHER) qui ont pour rôle d'éliminer une quantité de liquide.

Le gaz provenant du manifold à une pression de 28 bars après passage dans les ballons d'aspiration D-101-A/B/C/D est comprimé dans les compresseurs k101-A/B/C/D, dont l'un est en stand-by à une pression de refoulement de 97.3 bars et ressort à une température de 125°C. Ces gaz sont ensuite refroidis à une température de 50°C par des aéroréfrigérants E101 puis dirigé vers les ballons de refoulement 10-E102 A/B/C/D où a lieu la séparation de l'eau condensée.

Les gaz issus de ces séparateurs sont collectés dans un collecteur commun de 34'' qui alimente les trois trains.

Chaque compresseur est doté d'une vanne anti pompage pour éviter le pompage.

III-3.3. Section de déshydratation (sècheur) : (voir l'annexe 2)

Le rôle de cette section est d'éliminer l'eau contenue dans le gaz afin d'éviter la formation d'hydrates dans la zone cryogénique de l'unité où la température atteint -48°C .

La teneur en eau du gaz d'alimentation est de 1600 ppmv. Celui-ci traverse de haut en bas les sècheurs contenant un lit de tamis moléculaires type 4 A° qui élimine et réduit la teneur en eau à moins de 1 ppmv.

Ce déshydrateur est un ballon qui comporte un support métallique et un support granulaire forme bille 1/2'' et 1/4'' et une couche de tamis 1/8'' de forme cylindrique.

Il existe trois sècheurs à lit fixe D201 A/B/C contenant 35.935 T de tamis moléculaire chacun, n'importe quel moment deux sècheurs adsorbent en parallèle alors que le troisième est en régénération.

-Déshydrateur en service :

- Type des vannes (XV-201) sont des vannes tout ou rien par laquelle le gaz rentre dans cette section pour passer dans le haut des trois dés hydrateurs (sècheurs) dont l'un est en régénération.

Deux filtres V-201A/B à poussière sont placés en aval des trois sècheurs sont destinés à éliminer la poussière et les particules du produit desséchant d'un diamètre supérieur à 5 micron afin d'éviter, l'érosion des équipements en aval et spécialement le turbo expander. Un hygromètre est situé sur la conduite de sortie de la section de déshydratation pour mesurer la teneur. Une partie de ce gaz déshydraté sert de gaz de régénération.

Après être passé dans ses filtres le gaz d'alimentation est envoyé au échangeur de refroidissement de la section de liquéfaction.

-Déshydrateur en régénération :

Une partie de ce gaz déshydraté ($54\text{KNm}^3/\text{h}$) est chauffée dans les échangeurs d'huile E-201A/B/C pour augmenter sa température jusqu'à $T=275^{\circ}\text{C}$. pendant 2 heures Ce gaz passe au fond du ballon de régénération pour faciliter l'évaporation des gouttelettes d'eau absorbées par le tamis.

- On récupère les liquides dans le ballon D-202 qui sera envoyé vers le traitement par une vanne LV-202.
- refroidis ce gaz à 50°C par son passage à travers les aéro E-202 A/B, dans ce parcours la pression du gaz chute de 10bar (87 bar).
- Ce gaz on le renvoi dans la 6^{ème} roue du compresseur pour le comprimer à 95bar avec le gaz provenant du manifold et aussi pour augmenter le rendement de compresseur.

Donc le Cycle de fonctionnement du déshydrateur : 8 heures en service et 4 heures en régénération (2 heures de chauffage et 1heure 40min de refroidissement).

III-3.4.Section refroidissement et de détente : (voir l'annexe 3)

Le gaz à une pression de 94bars de 50°C se divise en deux courants, l'un se dirige vers l'échangeur E-203 ; et l'autre vers l'échangeur E-204 pour un premier refroidissement jusqu'à une température de 14.3°C.

Les deux flux convergent vers l'échangeur E205 où ils se refroidissent à une température de 12°C.

Le produit passe ensuite dans la séparatrice haute pression D-203 où la phase liquide séparée est envoyée comme deuxième charge du dééthaniseur, introduite au niveau de 21^{eme} plateau tandis que la phase gazeuse subie une détente dans le turbo-expandeur K-201 à une pression finale de 21 bars et une température de - 43°C. Le liquide obtenu après détente est séparé dans le séparateur D-204.

Les gaz froids du D-204, refroidissent les gaz de tête du dééthaniseur dans le E-208, puis s'ajoutent aux gaz du ballon de reflux du dééthaniseur D-205 pour refroidir le gaz de charge dans le E-203.

Les températures de ces gaz sorties E-208 et E-203 sont respectivement de - 24.2°C et de 42.3°C. Ces gaz résiduels sont comprimés dans le compresseur du turbo- expandeur K-201 avant d'être envoyé vers l'unité de réinjection

Le liquide provenant du D-203 refroidit le gaz de charge dans l'échangeur E-204 et alimente le dééthaniseur à une température de 9°C.

Le liquide provenant du D-204, refroidit les gaz de tête du dééthaniseur dans le E-207 et le gaz de charge dans l'échangeur E-205 ; ensuite il est acheminé vers le C-201 comme une première charge, introduite au niveau de 13^{eme} plateau.

Les températures à la sortie de chaque échangeur sont respectivement de - 16°C et - 5.7°C.

III-3.5.Section de fractionnement :(voir l'annexe 4)

III-3.5.1/ Dééthaniseur (11-C-201) :

C'est une colonne de fractionnement constituée de 48 plateaux à clapets. Les paramètres opératoires de cette colonne sont les suivants :

- Pression de service 23.6bars.
- Température de tête : -23°C.
- Température de fond : 90°C.
- Reflux total.

Deux circuits garantissent l'alimentation de la colonne :

- La charge supérieure : alimentation provenant du ballon D-204 introduite au 13^{ème} plateau à une température de -5.7°C.
- La charge inférieure : liquide provenant du ballon D-203 introduit au 21^{ème} plateau à une température de 9°C.

La vapeur de tête est condensée partiellement dans les échangeurs E-207 et E-208, placés en séries, et récupérées dans le ballon de reflux D-205 pour être refoulées dans la partie supérieure du dééthaniseur comme reflux de tête.

Le rebouillage est assuré par le rebouilleur E-209 qui garanti une température de fond de 90°C.

Le produit de fond de cette colonne est utilisé comme charge pour la colonne C-202 Débutaniseur.

III-3.5.2.Débutaniseur :

C'est une colonne à 33 clapets fonctionnant à une pression de 14 bars.

Celle-ci est conçue pour séparer le produit de fond du dééthaniseur en :

- Produit de tête : GPL (mélange de propane et butane).
- Produit de fond : condensât (fraction pentane et plus).

Les vapeurs de tête sortants à 66.6°C sont entièrement condensées dans les aéroréfrigérants E-210 où le GPL est recueillies au ballon de reflux D-206 à une température de 55.4°C, Une partie de ce liquide est retournée par la pompe G-203 A/B comme reflux vers le 1^{er} plateau du débutaniseur C202 afin de maintenir la température de tête, l'autre est acheminé vers le stockage.

Le rebouilleur E-211 assure une température de fond de colonne de l'ordre de 152°C.

Les condensâts chauds sortant de ce dernier sont refroidis dans l'Aéroréfrigérants 11-E-212 à une température de 55°C pour être envoyés vers l'unité de traitement de brut.

III-3.6.Section de compression :

Le but de la section de compression vise à extraire les gaz résiduel méthane et éthane de la section de réfrigération de gaz.

Le produit venant de E 208 de gaz de D204 est comprimé dans le K201 à 29.6 bars tant que gaz de produit, après refroidissement dans le refroidisseur complémentaire d'expander compresseur E206 à 50°C le gaz de produit est distribué en tant que gaz combustible et le gaz traité.

Le gaz combustible est transféré via l'épurateur de gaz combustible HP D501 et le gaz traité via le collecteur, la boucle de recyclage pour le K201 (compresseur) est prévue pour éviter l'effet de pompage.

III-3.7. Section d'huile chaude :(voir l'annexe 5)

Un système d'huile chaude est prévu afin d'assurer le chauffage du gaz dans :

- le rebouilleur du dééthaniseur E-209.
- le rebouilleur du débutaniseur E-211.
- le rebouilleur du dépropaniseur 14-E-301.
- les réchauffeurs de gaz de régénération E-201-A/B/C.

Ce système d'huile se compose :

- du four H-231.
- du ballon tampon d'huile chaude G-231-A/B/C.
- du refroidisseur d'huile chaude E-231.
- des récupérateurs de chaleur de l'échappement des boosters 10-H-101-A/B/C/D.
- du ballon d'appoint 10-D-103

Le chauffage est assuré par un fluide caloporteur (TORADA TC) .L'huile

Chaude refoulée par les pompes G-231-A/B/C est transférée du ballon tampon D-231 au récupérateur de chaleur 10-H-101-A/B/C/D afin de subir un préchauffage à une température de 206.8°C (récupérateur de chaleur des gaz chauds d'échappement des turbines) et ensuite chauffée à une température de 288°C dans le four H-231.

Après avoir libérée ses calories dans les rebouilleurs et les échangeurs l'huile revient au ballon tampon d'huile, le cycle recommence.

Circuit de banalisation :

Le circuit d'huile chaude est banalisé entre les récupérateurs de chaleurs des quatre boosters et les trois trains comme suit :

Au refoulement des pompes des trois trains l'huile est acheminée dans un collecteur de 24'' pour être distribuée vers les quatre récupérateurs de chaleur.

A la sortie de ces derniers l'huile est collectée dans un autre collecteur de 24'' pour être distribuée vers les fours des trois trains.

Un jeu de vannes peut être utilisé pour isoler ou disposer les circuits d'huile des trois trains.

III-3.8. Section de Dépropaniseur : (voir l'annexe 6)

Le Dépropaniseur est une colonne composée de 33 plateaux à clapets, son rôle est de produire du propane comme produit de tête et le butane comme produit de fond.

Le but de l'unité de production C₃/C₄ est d'obtenir le propane et le butane du GPL On spec de la section de stockage.

La charge à une température de 55.4°C pénètre dans le splitter propane C301, le C301 a une pression de service de 28 bars une température de tête de 59.9 °C et une température de fond de 111 °C

III-3.8.1. les équipements :

- ballon de reflux de splitter propane D301
- condenseur du splitter propane E301
- rebouilleur de splitter propane E302
- pompe de reflux du splitter propane G301 A/B
- refroidisseur du butane E303

La charge du Dépropaniseur provient du stockage, assurée par l'une des pompes de recyclage G-402A/B et rarement par les pompes d'expédition, le Dépropaniseur est équipé d'un rebouilleur E-302, d'un ballon de reflux, de pompes de reflux G-301A/B, d'aérocondenseurs de propane et de refroidisseurs de butane. A préciser que les deux produits sont stockés au niveau de l'unité **GPL1** avant d'être livrée à **NAFTAL**.

Section de stockage et pomperie : (voir l'annexe 7)

- Trois sphères de stockage de GPL 15-T-401-A/B/C d'une capacité unitaire de 500 m³ assurant un stockage tampon de GPL avant expédition. Dans le cas du démarrage ou de l'arrêt, la sphère de stockage 15-T-402 (500m³), est utilisée pour stocker les produits hors spécifications.
- Une sphère de stockage 15-T-402 d'une capacité de 500 m³ prévue pour le stockage des éventuels produits off spécifications (produits non conformes devront être recyclés pour retraitement).
- De deux pompes verticales de recyclage 15-G-402-A/B qui alimentent le dépropaniseur en GPL ou pour recycler les produits off spécification vers le dééthaniseur ou le débutaniseur.

- De trois pompes verticales d'expédition 15-G-401-A/B/C, deux en service et l'autre en attente selon le débit à expédier.
- Le GPL produit est expédié vers les unités de séparation d'Arzew via un pipe d'expédition appelé LR1 et transitant par SP1 (station de pompage de
- Haoud-el-Hamra distante d'environ 20 km) à une pression de 30 bars.

III-3.10. Section d'utilité :

La section utilités comprend la production d'air et d'azote.

III-3.10.1. Réseau d'air instrument et d'air service :

L'air fourni par les compresseurs axiaux des turbines à gaz et les compresseurs d'air à vis sert ;

- d'une part pour fournir l'air service (besoins unité, utilités utilisation pour soufflage nettoyage ou autres)
- d'autre part l'air instrument (air séché par des sécheurs d'air à alumine) pour les vannes de contrôle et l'instrumentation de l'unité.

III-3.10.2. Unité de production d'azote :

Pour des raisons de sécurité les procédures imposent un inertage des capacités ou équipements avant chaque ouverture ou intervention avec feu (soudure, chalumeau...).

Une unité de production d'azote a été installée à cet effet pour production d'azote gazeux avec une pureté de 98% et un débit d'environ 300 Nm³/hr.

Le système de gaz inerte est constitué :

- du générateur de gaz inerte 16-V-521
- du compresseur de gaz inerte 16-K-521
- du réservoir de gaz inerte 16-D-521.

Le gaz inerte est transféré du 16-V-521 au 16-K-521 après passage dans le 16-D-521, il est distribué dans l'usine de GPL 2 par un réseau de distribution.

Le séchage de gaz :

La présence d'eau entraîne différents problèmes pour les exploitants suivant les conditions de températures et de pression qui règnent dans une installation, la vapeur d'eau peut se condenser et provoquer la formation des hydrates se solidifier et favoriser la corrosion si le gaz contient des composants acides.

Pour éviter ces phénomènes, il est nécessaire de réduire la teneur en eau du gaz au moyen des techniques de traitement appropriées, appelées déshydratation dont nous verrons dans les paragraphes suivants.

Les hydrates :

Les hydrates sont des combinaisons physiques d'eau et d'hydrocarbures. Dans certaines conditions, ils présentent des structures cristallines formant une "cage" dans laquelle sont emprisonnées des molécules d'hydrocarbure de petite taille et se forment avec les hydrocarbures légers (C1, C2, C3, iC4, H₂S, CO₂), à haute pression (typiquement > 25 bar a) et à faible température (typiquement < 10°C) l'eau liquide forme avec ces hydrocarbures.

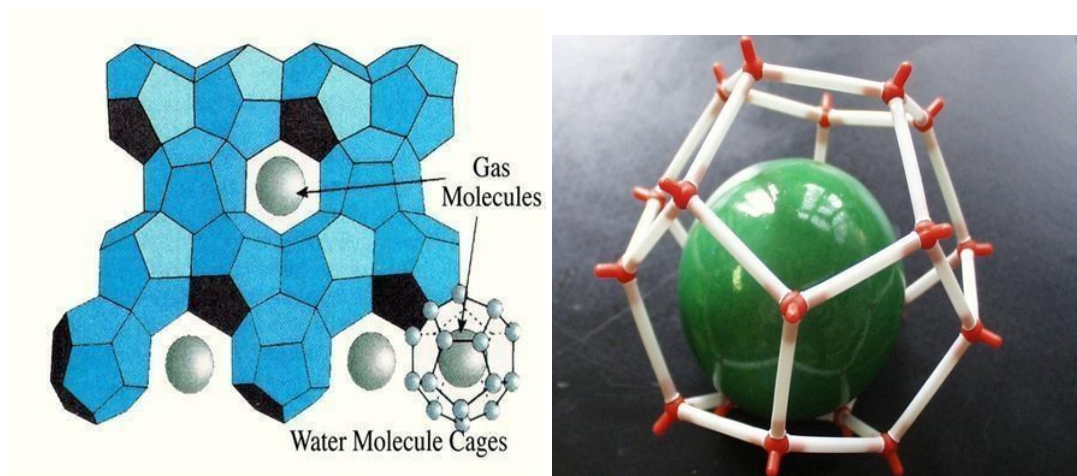


Figure.IV.2 : Structures des hydrates.

Structure des hydrates :

En présence d'un gaz léger, les molécules d'eau peuvent former une structure cristalline régulière comprenant des cavités ou cages, dans laquelle sont piégées les molécules de gaz.

Il y a deux structures cristalline pour les hydrates sont:

- Les petites molécules des gaz (CH_4 , C_2H_6 , et H_2S) forment avec l'eau, un corps centré de structure cubique s'appelle (structure -I).
- Les grandes molécules (C_3H_8 et $\text{i-C}_4\text{H}_{10}$) forment la (structure-II) avec 17 molécules d'eau par une molécule du gaz (voir l'annexe 8)

IV. 2.2. Les conditions de formation des hydrates :

Les risques de formation d'hydrates se situent à des endroits bien précis dans l'unité là où la formation d'hydrates est possible. Les conditions qui favorisent la formation d'hydrates sont :

- Le gaz est au-dessous de son point de rosée d'où présence d'eau à l'état liquide dans le gaz .
- Le P suffisamment élevée et/ou T suffisamment basse est favorisent la formation des gaz.
- Présence d'hydrocarbures légers (de C_1 à iC_4) ou de gaz acide (CO_2 , H_2S) ou encore d'azote.

Facteurs secondaires :

- ❖ L'agitation.
- ❖ Les hautes vitesses de circulation en créant une forte turbulence.

IV. 2.3. Les méthodes de prévention et de traitement contre les hydrates :

Les hydrates de gaz se forment à basse température, haute pression et à partir d'eau et de gaz, une fois que d'hydrates est formé, il est assez difficile de s'en débarrasser, on peut ainsi citer plusieurs méthodes curatives :

- ✓ La dépressurisation.
- ✓ La chauffe de la zone bouchée.
- ✓ Le dégazage des fluides.
- ✓ L'isolation thermique des conduites.
- ✓ L'injection d'additifs chimiques.

IV. 3. Principe de la déshydratation :

Généralement à la température et à la pression du gisement le gaz est saturé en d'humidité, pendant le transport ou le traitement de ces gaz, l'humidité peut se condenser (suite à des pertes de charge ou à un refroidissement) et former de l'eau liquide qui peut provoquer :

- 1- La formation d'hydrates dans des conditions de pression élevée et de température basse.
- 2- La corrosion des conduites et équipements si le gaz contient des composants acides (H₂S et CO₂).
- 3- La formation de bouchons d'eau qui complique l'entrée du gaz dans les installations de traitement

La déshydratation est un procédé qui vise à éliminer l'humidité (vapeur d'eau) contenue dans le gaz, d'où la nécessité d'abaisser la température à laquelle la vapeur d'eau commence à se condenser (à une pression donnée).

IV .4. Méthodes de Déshydratation :

La déshydratation des gaz est réalisée par différents types de procédés :

Séchage par compression ou refroidissement :

La teneur en eau saturée du gaz baisse avec la montée de la pression ou la baisse de la température. Les gaz chauds saturés en eau peuvent être facilement séchés par refroidissement direct ou par compression suivi d'un refroidissement. La compression ou le refroidissement est généralement utilisés comme étape de pré-déshydratation, avant un procédé d'adsorption ou d'absorption.

Séchage par absorption :

L'absorption physique : utilisation d'absorbants liquides comme le méthanol, l'éthylène glycol (EG) et le diéthylène glycol (DEG) et le tri éthylène glycol (TEG). Le méthanol est le plus utilisé, car il se disperse bien dans le courant gazeux, est facilement disponible en vrac, est le moins cher et, par conséquent, ne nécessite pas de récupération, la plupart des additifs sont récupérés et recyclés, L'injection de méthanol est très utile dans les cas où de faibles volumes de gaz interdisent le traitement de déshydratation.

Le EG et DEG et TEG sont utilisés principalement dans les usines de transformation à basse température pour l'extraction de liquides du gaz Naturel. La phase aqueuse du liquide de traitement contient l'EG ou le DEG ou le TEG, qui peut être récupéré et régénéré, Le glycol mis en oeuvre notamment dans les procédés de déshydratation du gaz est le TEG car il présente une stabilité thermique élevée et une faible volatilité par rapport au MEG et au DEG.

IV.4.3 Déshydratation par détente –réfrigération :

Appelée aussi "Cold frac", la détente d'un gaz haute pression au travers d'une vanne permet de refroidir le gaz par effet Joule-Thomson (environ 0.5 °C par bar).

Ce procédé simple impose d'effectuer une injection de DEG ou MEG en amont de la

vanne, si une étape de déshydratation n'a pas été prévue en amont, afin d'éviter de former des hydrates, Le procédé consiste à former volontairement des hydrates par détente du gaz contenant de l'eau à des points de rosée assez bas afin de les éliminer et d'éviter une formation ultérieure.

IV.4.4. Déshydratation par Adsorption (cas de GPL 2) :

L'adsorption est un phénomène de surface qui correspond à la fixation des molécules d'un fluide à la surface d'un solide.

Au cours de l'étape d'adsorption, le gaz à traiter est envoyé sur le lit d'adsorbant qui fixe l'eau. Lorsque le lit est saturé, du gaz chaud est envoyé pour régénérer l'adsorbant.

Après régénération et avant l'étape d'adsorption, le lit doit être refroidi. Ceci est réalisé en envoyant du gaz froid. Après réchauffage, ce même gaz peut servir à effectuer la régénération.

IV. 5. Procédés d'adsorption :

solide appelé dessicant. Lorsque les molécules contenues dans un courant de fluide sont amenées en contact avec une surface solide, elles vont être maintenues à la surface par des forces qui dépendent de la nature chimique et physique à la fois du solide et des molécules gazeuses. Cette interaction est un phénomène d'adsorption due principalement à des forces de Van Der Waals .

Les adsorbants les plus communs sont :

- ❖ Le charbon activé
- ❖ L'alumine
- ❖ La Gel de silice
- ❖ Les tamis moléculaires (composés d'alumino - silicates de sodium, de calcium ou de potassium) .

Les adsorbants les plus utilisés dans l'application cryogénique et la liquéfaction des gaz sont les tamis moléculaires.

a) -1. Les caractéristiques de l'adsorbant :

- Faible perte de charge.
- Résistance à l'attrition.
- Capacité d'adsorption à l'équilibre importante.
- Adsorption réversible permettant de régénérer l'adsorbant.
- Cinétique d'adsorption rapide.

a) -2. Avantages et inconvénients de la déshydratation par adsorption :

Par rapport aux autres procédés de déshydratation, les unités de déshydratation par adsorption présentent :

Les avantages suivants :

- + Aptitude à fournir des points de rosée très bas.
- + Insensibilité du dessiccant aux variations modérées de température, de débit ou de pression du gaz.
- + Simplicité de conception et de fonctionnement des unités.
- + Non corrosif et non toxique.
- + Insensibilité du dessiccant aux variations modérées de température, de débit.

Les inconvénients suivants :

- + Coût initial important.
- + Besoins calorifiques pour la régénération relativement importants.
- + Pertes de performances et d'efficacité avec le temps d'où nécessité de procéder à des changements .

Principaux composants	Alumine activité	Silica gel	Tamis moléculaire
SiO ₂ Al ₂ O ₃	- 99 %	99.8 % -	40-42 % 33-36 %
Surface spécifique (m ² /g)	300-350	750	1000
Volume des pores (ml/g)	0.35	0.43	0.30
Diamètre moyen des pores (Angström)	40	22	3A°-4A°-5A°-10A°
Stabilité chimique Acide Alcalin	Instable instable	Inerte Inerte	Instable instable
Activité catalytique	élevée	basse	Elevée quand la molécule entre dans les pores
Température de régénération °C	170-200	200-270	200-315

Capacité d'adsorption d'eau à T° amb. Kg d'eau /100 Kg adsorbant	19	42	22 Type 4A° 21.5 Type 5A° 28.5 Type 13X
--	----	----	---

Tableau (IV.1) : comparaison des propriétés physiques et chimiques des adsorbants.

b) Les tamis moléculaires :

Les tamis moléculaires sont des matériaux de zéolite synthétique conçus avec des pores de structure et de taille précises et uniformes, Les zeolites sont des composés aluminosilicates métalliques hydratés avec des structures cristallines bien définies.

Les groupements silicate et aluminate forment des réseaux cristallins tridimensionnels entourant des cavités dans lesquelles les ions métalliques et les molécules d'eau sont maintenus lâchement, Ces pores ou «cages» ont une forte affinité pour réadsorber l'eau ou d'autres molécules polaires.

Aidé par des forces ioniques fortes (champs électrostatiques) dues à la présence de cations tels que le sodium, le calcium et le potassium et par la surface interne absolument énorme de près de 1'000 m² / g, les tamis moléculaires vont absorber une quantité considérable d'eau ou autres fluides. Si le fluide à adsorber est un composé polaire, il peut être adsorbé avec une charge élevée, même à de très faibles concentrations du fluide. Les tamis moléculaires vont donc éliminer de nombreuses impuretés gazeuses ou liquides à des niveaux très bas (ppm ou moins).

Il existe quatre principaux types de tamis moléculaires: 3A, 4A, 5A et 13X. Le type dépend de la formule chimique de la molécule et détermine la taille des pores du tamis moléculaire. Un tamis moléculaire fonctionne en adsorbant des molécules de gaz ou de liquide qui sont plus petites que le diamètre effectif de ses pores, tout en excluant les molécules qui sont plus grandes que les ouvertures.

Il est nécessaire de les mettre sous une forme convenable : sphérique, cylindriques ou extrudés.

On distingue deux types:

1- Type A:

Ce Type de tamis moléculaire possède une structure cristalline cubique avec des pores de diamètre qui varie suivant le cation de compensation entre 3 et 5 Å°. La forme sodium (4A°) a un diamètre de 4.2 Å°. Sa formule chimique est Na₁₂ [(AlO₂)₁₂(SiO₂)₁₂] xH₂O où x représente le nombre de molécule d'eau. Par remplacement des ions sodium par le potassium ou le calcium, on obtient respectivement les tamis moléculaire de type 3A et 5A.

2- Type X :

Type de tamis moléculaire ayant une structure cristalline de diamant avec des pores de diamètre qui varie de 9 à 13 Å°. La charge électrique globale est équilibrée par des cations. Sa forme sodium est représentée par la formule $\text{Na}_{86}[(\text{AlO}_2)_{86}(\text{SiO}_2)_{106}]_x \text{H}_2\text{O}$.

Tableau (IV.2) : Différents types des tamis moléculaires

Type	Diamètre des pores (Å°)	Molécules adsorbées	Applications
3A	3	Taille des pores effectifs < 3 Å° H ₂ O, NH ₃	utilisé pour sécher les liquides polaires tels que le méthanol
4A	4	Taille des pores effectifs < 4 Å° H ₂ O, CO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, C ₂ H ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₆	utilisé pour le séchage des vapeurs des hydrocarbures insaturés est les liquides
5A	5	Taille des pores effectifs < 5 Å° adsorbe les chaînes carbonées normales (linéaires) de type n-C ₄ H ₁₀ et les alcools	sert à séparer les paraffines normales des cycles hydrocarbonés par un processus d'adsorption sélective.
10X	8	isoparaffinés, oléfines, C ₄ H ₁₀ taille des pores effectifs < 8 Å°	sert à la séparation des hydrocarbures pour le séchage des gaz et la purification de l'air

b- 1. Principe d'adsorption des tamis moléculaires:

L'adsorption sur les tamis moléculaires constitue un procédé de séparation physique très efficace qui peut souvent remplacer la distillation fractionnée. Le tamis moléculaire est utilisé pour l'adsorption des molécules d'eau du gaz.

Le procédé d'adsorption le plus employé est l'adsorption dans un ballon, le gaz à déshydraté traverse un ballon rempli de tamis moléculaires en granulés. Le composé à adsorbé (l'eau) est fixé et retenue par les pores de tamis moléculaires sur une couche d'épaisseur relativement faible. Au fur et à mesure que le gaz hydraté continue d'entrer dans le ballon, cette couche se sature en eau et le gaz finit alors de se déshydrater sur le reste du tamis moléculaire.

l'adsorption se fait à chaque instant dans une zone bien définie du lit, à l'entrée de cette zone la teneur en eau du gaz est encore à son niveau de départ, tandis qu'à la sortie, ce niveau est réduit aux spécifications du gaz traité.

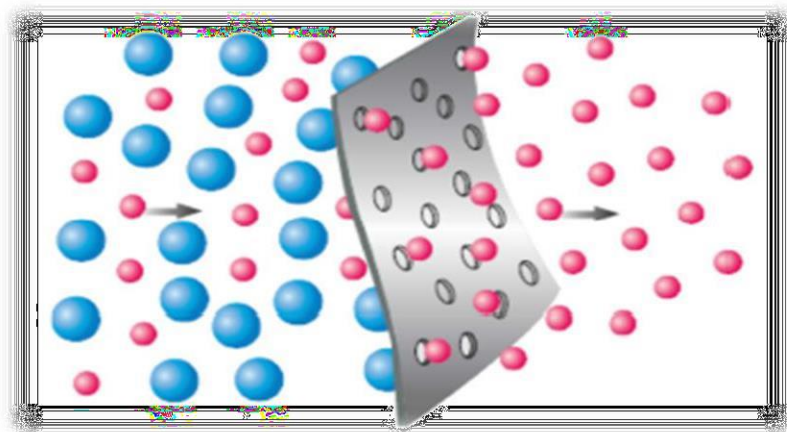


Figure (IV.2) : Principe de fonctionnement d'un tamis moléculaire.

b- 2. La composition chimique de tamis moléculaires :

La composition typique du tamis moléculaire UOP UI 94 est donnée dans le tableau **Tableau (IV.3):** Composition chimique du tamis UOP UI 94.

Composition	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	K_2O	CaO	MgO	Fe_2O	TiO_2	P_2O_5
UOP UI-94 1/8 " (% mass)	35 – 36	46 – 47	15 – 16	<1	<1	<0,5	<1	<0,5	<0,5

b- 3. Propriétés physiques des tamis moléculaires :

Les propriétés et qualités requises des adsorbants comprennent :

- une surface importante par unité de poids (ceci détermine la capacité d'adsorption).
- une densité élevée.
- une régénération facile et économique.
- une bonne vitesse de transfert de masse (ceci dépend en grande partie du diamètre des pores).

- une bonne résistance mécanique.
- une capacité de résistance à l'humidité.

IV. 6. Description des colonnes d'adsorption par tamis moléculaire :

a) Zone de transfert de masse « ZMT » :

Lors du traitement d'un effluent par une colonne d'adsorbant, le processus de mise à l'équilibre de la colonne se fait par saturation progressive du lit jusqu'à la sortie de la colonne. La zone où le matériau n'est que partiellement saturé et appelée zone de transfert de matière (ZTM).

Ainsi, il est possible de distinguer 3 zones :

- La zone d'équilibre (ZE) : section saturée.
- La zone de transfert de matière (ZTM) : section non saturée.
- La zone active (ZA) : section sans eau.

La zone de transfert de masse subit une variation, les couches de l'adsorbant se saturent, ceci s'accompagne d'un déplacement de la ZMT jusqu'à atteindre la sortie de la colonne (ramenée à la concentration entrante C_0) en fonction du temps.

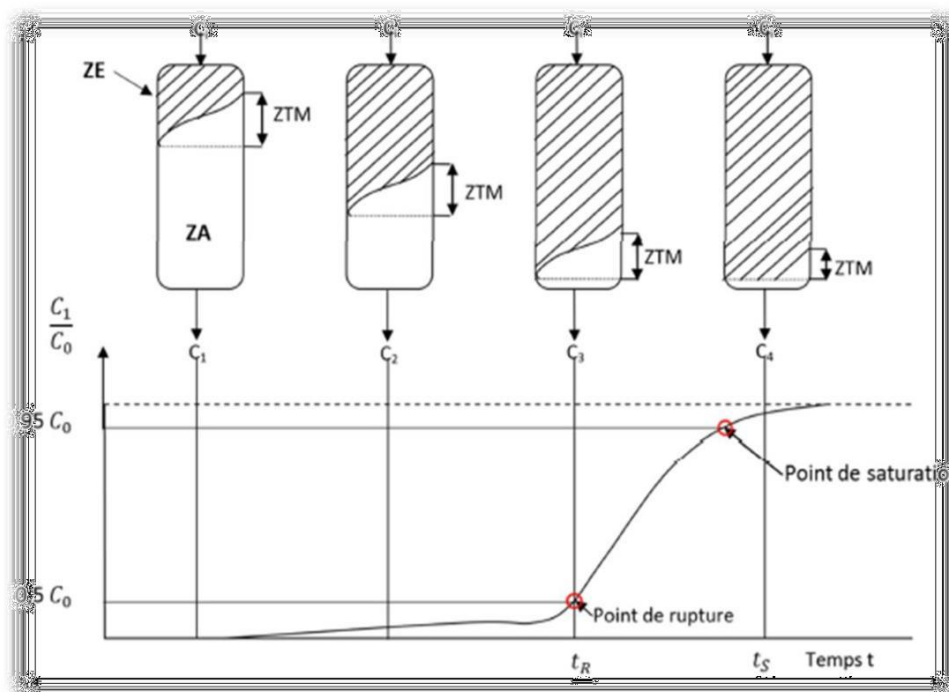


Figure (IV.3): Adsorption idéale en colonne (ZTM).

L'instant où l'eau apparaît dans la charge à la sortie de la section de déshydratation s'appelle temps de rupture et il s'obtient quand le rapport $C1/C0 = 5\%$.

Si la charge continue son passage à travers le lit, on arrive à un instant où la concentration de l'eau dans l'effluent est presque égale à celle contenue dans la charge ($C1/C0 = 95\%$), c'est le temps de saturation.

IV. 7. Description de procédé de la section déshydratation :

Le gaz d'alimentation sortant du collecteur de refoulement des booster 34'' à 55°C est 97 bars à une teneur en vapeur de 1700 ppmv, il traverse de haut en bas les sécheurs contenant un tamis moléculaire type 4 A° qui réduise la teneur en vapeur d'eau du gaz d'alimentation à moins de 5 ppmv.

Deux filtres à poussière sont placés en aval des trois sécheurs sont destinés à éliminer la poussière et les particules du produits desséchant d'un diamètre supérieur à 5 microns afin d'éviter, l'érosion des équipements en aval et spécialement le turbo expander, un hygromètre est situé sur la conduite de sortie de la section de déshydratation pour mesurer la teneur en eau.

Après être passé dans ses filtres le gaz d'alimentation est envoyé vers les échangeurs de refroidissement de la section de liquéfaction.

Il existe trois sécheurs à lit fixe D-201 A/B/C contenant 35.935 T de tamis moléculaire chacun, à n'importe quel moment deux sécheurs adsorbent en parallèle alors que le troisième est en régénération. Le processus de changement des désydrateurs est présenté dans le tableau cidessous chaque sécheur est en adsorption pendant 8 heures est en régénération pendant 4 heures.

Tableau (IV.4) : le Tableau du temps (service et de régénération).

Heur	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24
D201/A	Service		Régé	Service		Régé
D210/B	Régé	Service		Régé	Service	
D201/C	Service	Régé	Service		Régé	Service

IV. 8 La régénération:

La régénération est composée de deux étapes :

- ❖ Une étape de chauffage d'environ 2 heures et 6mn.
- ❖ Une étape de refroidissement d'environ 1 heure et 54mn avec le gaz d'alimentation.

sec prélever en aval des filtres de gaz de charge, il traverse le sécheur de bas en haut approximativement à même pression à un débit de 54 KN³/h ce débit est maintenu constant par le FC 224 qui recommande l'ouverture et la fermeture des vannes FV 201 et FV 202. L'étape de chauffage est composée de trois séquences suivantes :

- Heatingrump up : le lit est chauffé graduellement pendant 20 minutes durant lesquelles la température de gaz de régénération passe de 180 °C à 275 °C suivant une rampe ascendante sous le contrôle de TC 205A en cascade avec le TC 205B.
- Heatingsteady : chauffage du lit avec une température de gaz de régénération constante à 275 pendant environ 1h 31mn.
- Heatingrump down : la température de gaz de régénération diminue graduellement pendant 15 minutes suivant une rampe descendante sous contrôle de TC 205A en cascade avec le TC 205 C durant laquelle la température du gaz de régénération passe de 275°C à 200°C. Le cycle de refroidissement qui suit le cycle de réchauffage, refroidit le lit jusqu'à une température proche de la température d'adsorption pendant 1.2 heures, durant ce cycle le gaz de régénération évite les réchauffeurs

derégénération.

Tableau (IV.5) : le Tableau de la spécification des désydrateurs et filtres.

Equipement	Volume (m3)	Pression de service (bar)	Température de service (°C)	Pression de calcule (bar)	Température de calcule (°C)	Δp de service (bar)
Désydrateur	84	97.7	50	110	305	0.70
Filtre	1.5	96.1	50	110	85±5	0.60

IV. 8.2 Les séquences de régénération :

Tableau (IV.6) : le Tableau des séquences de régénération.

Etapes	Séquences	Temps (min)
1	Fermeture vannes entré et sortie du sécheur	1
2	Ouverture vanne de régénération entre et sortie du sécheur	1
3	Ouverturevanne des réchauffeurs	5
4	Fermeture des vannes by-pass de sécheur	1
5	Chauffage suivant une rampe ascendante jusqu'à 275°C	20
6	Chauffage avec température constante 275 °C TC 205 AUTO	126
7	Chauffage suivant une rampe descendante	15
8	Fermetures des vannes sortie réchauffeur	5
9	Refroidissement FV 202ouverte	71
10	Ouverture des vannes by-pass des sécheurs	1
11	Attente	1
12	Fermeture vanne de régénération entrée et sortie des sécheurs	1
13	Ouverture vanne d'entrée et sortie des sécheurs	1

❖ **Données sur le déshydrateur D-201-A/B/C :**

Charge : GAZ associé

a) Fiche technique :

- Nombre de sécheurs : 3 identiques (2 en service et 1 en régénération)
- Diamètre intérieur de la colonne : 3500 mm
- Hauteur totale du lit : 5200 mm = 17,061 ft
- Temps de cycle : 12heures
 - Adsorption : 8h
 - Régénération : 4h

b) Conditions opératoires du -design :

- Pression : 97 bars = 1406.866 psi
- Température : 50°C = 122°F = 581,4 °R
- Débit gaz associé : 359908 Nm³/h
- Teneur en eau : 1600 ppmv (entrée sécheur)

Données sur l'adsorbant :

- Tamis moléculaire : type "4A UOP UI 94 "
- Masse volumique du tamis tassé : 720,77 kg/m³ = 45 lb/ft³
- Diamètre moyen des particules : = 3,17 mm = 0,0104 ft
- Masse d'adsorbant dans chaque sécheur : 36000kg/sécheur

c) Conditions opératoires cas été : température dépassé 50 °C

- Pression : 94 bars = 1363,355 PSI
- Température : 55°C = 131°F = 590,67 °R
- Débit gaz associé : 341281,28 Nm³/h

Calculs la teneur en eau du gaz d'alimentation (w) : cas été

Une corrélation facile et simple a été développée pour l'estimation de la teneur en eau du gaz naturel dans les conditions de procédé pratiques. Cette corrélation peut être utilisée efficacement dans les calculs de dimensionnement des unités de traitement de gaz. Elle donne des résultats d'une précision comparable à ceux obtenues par des méthodes anciennes, sur un large intervalle de pressions et de températures et peut aussi être appliquée au gaz contenant des quantités de CO₂ et H₂O.

Cette corrélation utilise la température et la pression du gaz sans tenir compte de sa composition. Elle est l'expression analytique du graphe de **Mc Ketta et wehe** largement utilisée.

Pour faciliter l'utilisation de ce graphe l'expression analytique suivante est proposée :

$$W = A * B^T$$

W : teneur en eau en lb H₂O / mmscf

T : température en ° F.

A et B : constantes définies comme suit :

$$A = \sum_{i=1}^4 a_i \left(\frac{P - 350}{600} \right)^{i-1}$$

$$B = \sum_{i=1}^4 b_i \left(\frac{P - 350}{600} \right)^{i-1}$$

***a_i* et *b_i* constantes données par le tableau ci-dessous :**

Tableau V.1 : paramètre constantes *a_i* et *b_i*

Constantes	Température range	
	t < 37 °C	37 °C < t < 82°C
<i>a₁</i>	4,34322	10,38175
<i>a₂</i>	1,35912	-3,41588
<i>a₃</i>	-6,82391	-7,93877
<i>a₄</i>	3,95407	5,84950
<i>b₁</i>	1,03776	1,02674
<i>b₂</i>	-0,02865	-0,01235
<i>b₃</i>	0,04198	0,02313
<i>b₄</i>	-0,01945	-0,01155

D'après les calculs on a trouvé :

W= 83.4696lbh₂O /mmscf

$$1 \text{ ppmv} = 0.0475 \text{ lbh}_2\text{O} / \text{mmscf}$$

$$W = 1757 \text{ ppm}$$

Calculs la quantité nécessaire du tamis moléculaire :

Choix du cycle de fonctionnement des dés hydrateurs :

Le cycle de fonctionnement de la section déshydratation est fixé comme suit :

-08 heures de service

-04 heures de régénération

V.3.- Dimensionnement des dés hydrateur (Calcul du diamètre minimum) :

Calcul de la vitesse d'écoulement du gaz :

L'écoulement principal a lieu dans le déshydrateur de haut en bas et des vitesses superficielles élevées peuvent être utilisées. Cependant moins de cassures de dessicant se produisent si la vitesse ne dépasse pas.

La vitesse de masse d'écoulement du gaz est donnée par la formule suivante :

$$G = (C * \rho_s * \rho * dp * gc)^{0.5}$$

C : constante

ρ_s : masse volumique du tamis moléculaires

ρ : masse volumique du gaz

dp : diamètre des particules

gc : accélération de la pesanteur

$$C = 0.033$$

$$\rho_s = 45 \text{ lb} / \text{ft}^3 \text{ (masse volumique du tamis moléculaires type 4 A°)}$$

$$dp = 1/8'' = 0.01042 \text{ ft}$$

$$gc = 32.2 \text{ ft} / \text{s}^2$$

$$\rho = 7,48 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{D'où } G = (0.033 * 45 * 7,48 * 0.01042 * 32.2)^{0.5}$$

$$G = 1,93 \text{ Lb} / (\text{ft}^2 * \text{s})$$

Tableau V .2 : le débit de chaque fraction avec différentes unités

Constituant	Mw	% molaire	Débit							
			Nm ³ /hr	Sm ³ /hr	Sft ³ /hr	P=1363,3psia T= 590 °R ft ³ /hr	Kmoles/hr	Kg/hr	Lbmoles/hr	Lb/hr
N2	28,02	2,70	9214,59	9720,89	343290,02	2267,19	411,37	11526,47	906,89	25411,09
CO2	44,01	1,55	5289,86	5580,51	197073,90	1301,54	236,15	10393,16	520,62	22912,61
C1	16,04	63,50	216113,61	228620,95	8073672,80	53320,97	9674,71	155182,43	21328,74	342112,93
C2	30,07	18,20	62113,19	65526,01	2314029,06	15282,55	2772,91	83381,42	6113,12	183821,46
C3	44,09	9,21	31432,01	33159,04	1171000,42	7733,64	1403,21	61867,73	3093,51	136392,70
iC4	58,12	0,84	2866,76	3024,28	106801,34	705,35	127,98	7438,23	282,14	16398,20
nC4	58,12	2,44	8327,26	8784,81	310232,47	2048,87	371,75	21606,27	819,56	47632,88
iC5	72,15	0,40	1365,13	1440,13	50857,78	335,88	60,94	4397,04	134,35	9693,66
nC5	72,15	0,55	1877,05	1980,18	69929,45	461,84	83,80	6045,93	184,74	13328,78
C6	86,17	0,31	1057,97	1116,10	39414,78	260,31	47,23	4069,89	104,12	8972,41
C7	100,2	0,12	409,54	432,04	15257,33	100,76	18,28	1831,95	40,31	4038,69
H2O	18,02	0,18	614,31	648,06	22886,00	151,15	27,42	494,19	60,46	1089,48
Total		100,00	341281,28	360033,00	12714445,36	83970,04	15235,77	368234,70	33588,56	811804,90

Calcul de la surface minimale du déshydrateur :

$$Q = G * S$$

Q : débit massique du gaz (Lb / s)

G : vitesse d'écoulement de gaz (Lb / ft² * s)

S : surface du déshydrateur (ft²)

D'où

$$S = Q / G$$

Débit de gaz à travers un déshydrateur

$$Q = 811804,90/2$$

$$Q = 405902/3600$$

Q = 112.75 Lb/ s pour un déshydrateur

$$S = 112.75/1.93$$

$$S = 58.41 \text{ ft}^2$$

Calcul du diamètre minimum du déshydrateur

Diamètre minimum du déshydrateur

$$D_{\min} = 2 (S / \pi)^{0.5}$$

$$D_{\min} = 2(58.41/3.14)^{0.5}$$

$$D_{\min} = 8.62 \text{ ft}$$

$$D_{\min} = 2.62 \text{ m}$$

Le diamètre réel du déshydrateur doit être supérieur au diamètre minimum qui est de 2.45m.

En pratique il est de 3.5 m donc il répond au critère de dimensionnement.

Calcul de la quantité et de la hauteur de tamis moléculaire :

Quantité et hauteur de tamis moléculaires de la zone d'équilibre

: V.4.1.1.Capacité d'adsorption du tamis moléculaires :

En théorie la capacité d'adsorption du tamis moléculaire neuf est de 22 Kg d'eau adsorbées par 100 Kg de tamis moléculaires

Avec le temps et au fur et à mesure des régénérations, le tamis moléculaire perd de son efficacité.

La courbe d'efficacité ci dessous montre que l'efficacité tend vers 70%.

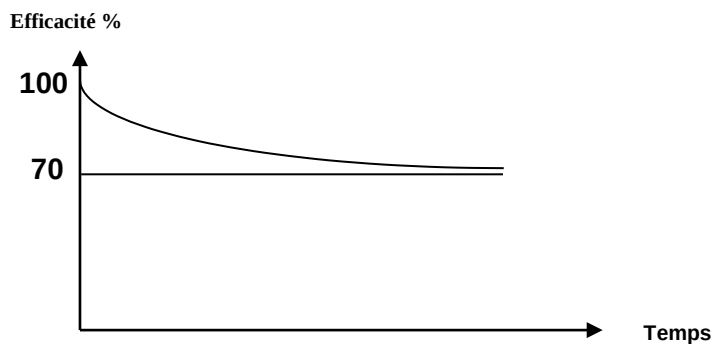


Figure V.1 : Diagramme d'efficacité de tamis en cours de temps

Capacité d'adsorption pratique

$$22 * 0.7 = 15.4 \text{ Kg d'eau / 100 Kg tamis}$$

Lorsque le sécheur sort de régénération il laisse des teneurs résiduelles très minimales d'eau.

Cette teneur est de dans ce cas de 0.2 Kg / 100 Kg

Capacité d'adsorption utile = adsorption pratique - teneur résiduelle

$$\text{Capacité utile} = 15.4 - 0.2$$

Capacité utile = 15.2 Kg d'eau / 100 Kg tamis

Calcul de la quantité d'eau pendant un service de 08 hr :

La quantité d'eau contenue dans le gaz et traversant un déshydrateur pendant un cycle de fonctionnement de 08 heures de service est de :

Quantité d'eau horaire = 494,19Kg/Hr (voir tableau IV.2)

$Q_{\text{eau}} = 494.19 \times 8 / 2 = 1976.76 \text{ Kg}$ (quantité d'eau pendant cycle de 8hr, pour un sécheur)

$$Q_{\text{eau}} = 1976.76 \text{ Kg}$$

Calcul de la quantité de tamis moléculaires dans la zone d'équilibre :

Pour des raisons de sécurité de fonctionnement du déshydrateur et pour palier à d'éventuelles défaillances de l'instrumentation on prend une quantité supplémentaire de tamis de 10% équivalent à environ 50 mn de fonctionnement en plus du cycle.

100 Kg de tamis adsorbent 15.2 Kg d'eau

Pour 1976.76 Kg d'eau adsorbée

$$Q_E = 1976.76 \times 100 \times 1.1 / 15.2$$

$$Q_E = 14305.5 \text{ kg}$$

Détermination de la hauteur de la zone d'équilibre dans le lit :

Volume de tamis = masse de tamis / Masse volumique du tamis

$$V = m / \rho$$

$$\rho = 720 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$V = 14305.5 / 720$$

$$V = 19.86 \text{ m}^3$$

$$V = H_E \times S$$

$$S = \pi (D^2 / 4) = (3.14 \times (3.5)^2) / 4$$

$$S = 9.62 \text{ m}^2$$

$$H_E = V / S$$

$$H_E = 19.86 / 9.62$$

$$H_E = 2.06 \text{ m}$$

Détermination de la hauteur de la zone de transfert de masse et de la

Quantité équivalente :

La longueur de la zone (H_z) peut être estimée grossièrement par l'équation suivante :

$$\text{Log } H_z = 2.5806 + 0.7895 \log q - 0.5506 \log V - 0.2646 \log RS$$

H_z : hauteur de la zone de transfert de masse (inches)

q : quantité d'eau dans le gaz par unité de surface du déshydrateur (Lb / hr * ft²)

V : vitesse superficielle du gaz (ft / mn)

RS : Saturation relative du gaz d'entrée en % (100% pour notre cas)

Le gaz entrant dans les deux sécheurs fonctionnant en service, contient une quantité d'eau égale à 1089.48 Lb / hr.

Alors la quantité entrant pour un sécheur 544.74 Lb / hr.

a) La surface réelle d'un déshydrateur est de :

$$S = \pi * d^2 / 4$$

Le diamètre réel d'un déshydrateur est $D = 3.5 \text{ m} = 11.48 \text{ ft}$.

$$S = 3.14 * (11.48)^2 / 4$$

$$S = 103.45 \text{ ft}^2$$

b) La quantité d'eau q dans le gaz par unité de surface du

Déshydrateur:

$$Q_{\text{EAU}} = 544.74 / 103.45$$

$$Q_{\text{EAU}} = 5.26 \text{ Lb / hr * ft}^2$$

c) Calcul de la vitesse superficielle du gaz :

$$Q = V * S$$

$$\text{D'où: } V = Q / S$$

Débit de gaz entrant dans un sécheur.

$$V = 83970, 04 / 2$$

$$V = 41985, 02 / 103.5$$

$$V = 405.84 \text{ ft / hr} = 6.76 \text{ ft / min}$$

$$\text{Log H}_z = 2.5806 + 0.7895 \log q - 0.5506 \log V - 0.2646 \log RS$$

$$\text{Log H}_z = 2.5806 + 0.7895 \log(5.26) - 0.5506 \log(6.76) - 0.2646 \log(100)$$

$$\text{Log H}_z = 2.16$$

$$H_z = 145,78 \text{ inches (pouces)} \quad 1 \text{ ft} = 12 \text{ inches}$$

$$H_z = 12,14 \text{ ft} = 3,7 \text{ m}$$

$$H_{z\text{tm}} = 3,7 \text{ m}$$

D) Quantité de tamis de la zone de transfert de masse:

$$m. = \rho * V$$

$$\rho = 720 \text{ Kg / m}^3$$

$$V = H_{ZTM} * S$$

$$S = 9.62 \text{ m}^2$$

$$Q_{z\text{tm}} = 720 \times 3,7 \times 9.62$$

$$Q_{z\text{tm}} = 25627,68 \text{ Kg}$$

Quantité et hauteur globales de tamis moléculaires:

$$Q_T = Q_E + Q_{z\text{tm}}$$

$$Q_T = 14305.5 + 25627,68$$

$$Q_T = 39933,18 \text{ Kg}$$

$$H_T = H_E + H_{Z\text{TM}}$$

$$H_T = 2.06 + 3,7$$

$$H_T = 5,76 \text{ m}$$

Calcul des pertes de charge à travers le déshydrateur :

Equation de la forme :

$$\Delta P/H = A \mu V + B D_g V^2$$

μ : Viscosité dynamique en Centpoises

D_g : Densité du gaz en Kg / m³

V : Vitesse superficielle en m / mn ($V=6.76\text{ft}/\text{min}=2.00 \text{ m}/\text{min}$)

A, B : Constantes ($A=0.054$, $B=1.9 \times 10^{-5}$)

H : Hauteur en m

Calcul des pertes de charge à travers le lit de tamis moléculaire 1/8'' :

$$\Delta P / h_t = 0.054 \times 0.012 \times 2.00 + 1.9 \times 10^{-5} \times 121.19 \times (2.00)^2$$

$$\Delta P / h_t = 0.0105 \text{ bar / m}$$

D'où :

$$\Delta P = 0.0105 \times 5,76$$

$$\Delta P = 0.0604 \text{ bar}$$

Calcul des pertes de charge à travers les billes de céramique 1/2'' :

$$\Delta P / h = [0.025 (1-\xi)^2 / \xi^3 \times \mu \times V / D_p] + [4.861 \times 10^{-6} (1-\xi) / \xi^3 \times D_g \times V^2 / D_p]$$

D_p : Diamètre équivalent des billes en mm

ξ : Pourcentage de vide

♦ **Détermination de ξ**

ξ est déterminé expérimentalement en remplissant un récipient gradué avec des billes de céramique

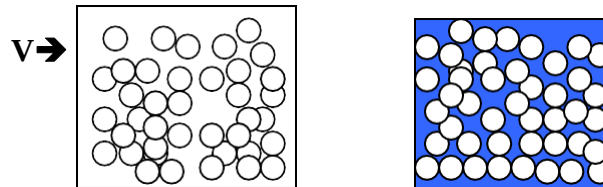


Figure V.2 : emplacement des billes de céramique dans un récipient

A l'aide d'un autre bêcher gradué on verse de l'eau dans le récipient. L'eau va occuper les espaces vides entre les billes. On mesure ce volume qui est V_1 et

$$\xi = V_1 / V$$

Pour les billes de céramique $\frac{1}{2}$ ' $\xi = 0.40$

Pour les billes de céramique $\frac{1}{4}$ ' $\xi = 0.37$

Calcul des pertes de charge à travers les billes de céramique $\frac{1}{2}$ ' :

$$\Delta P / (h_1 + h_2) = [0.025 (1 - 0.4)^2 / (0.4)^3 * (0.012 * 2.00 / 12.7)] + [(4.861 * 10^{-6} * 0.6 / (0.4)^3) * (121.19 * 2.00^2 / 12.7)]$$

$$\Delta P / (h_1 + h_2) = 0.002 \text{ bar/m}$$

$$h_1 + h_2 = 0.150 + 0.175 = 0.325 \text{ m}$$

$$\Delta P = 0.325 * 0.002$$

$$\Delta P = 0.0006 \text{ bar}$$

Calcul des pertes de charge à travers les billes de céramique $\frac{1}{4}$ ' :

$$\Delta P / h_3 = 0.025 (1 - 0.37)^2 / (0.37)^3 * (0.012 * 2.00 / 6.35) + ((4.861 * 10^{-6} * 0.63 / 0.37^3) * (121.19 * 2.00^2 / 6.35))$$

$$\Delta P / h_3 = 0.00535 \text{ bar/m}$$

$$h_3 = 0.075 \text{ m}$$

$$\Delta P = 0.00535 * 0.075$$

$$\Delta P = 0.0004 \text{ bar}$$

Pertes de charge totale au travers du déshydrateur :

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{tamis moléculaires}} + \Delta P_{\text{céramique}}$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 0.0604 + 0.0006 + 0.0004$$

$$\Delta P_{\text{total}} = 0.0614 \text{ bar}$$
✓ **Résultats et comparaison avec les valeurs de design :****Tableau V.3 :** Résultats et comparaison avec les valeurs de design

	Notre cas	Design	
Teneur en eau	1755	1600	ppmv
Quantité de tamis	39933,18	36000	Kg
Hauteur de tamis	5.76	5.20	m
Pertes de charge	0.0614	0.1	bar

Interprétation des résultats :

L'analyse détaillée de cette section montre que le problème :

- 1) Il y a augmentation de la teneur en eau à cause de changement des conditions opératoire (perturbation la température et pression).
- 2) L'insuffisance de la quantité de tamis moléculaire pour sécher cette teneur en eau cause ça elles sont saturé les tamis avant terminer 8 Hr de service.
- 3) Peut être il y a stagnation d'eau au niveau du collecteur 34'' situé en amont des déshydrateur provoque des entraînements des gouttelettes d'eau avec le gaz et réduit l'efficacité de tamis moléculaire car ils sont sensible à l'eau liquide.

Conclusion générale

Après une étude de la section de déshydratation et redimensionnement du déshydrateur, nous pouvons conclure que le problème d'entraînements d'eau et de formation d'hydrates dans les parties cryogéniques à cause de mauvaise déshydratation.

L'analyse détaillée de cette section montre que le problème est principalement dû à deux facteurs :

- La teneur en eau était très élevée dans la période estivale était supérieur à 1600 ppm à cause d'augmentation de la température (supérieur à 50°C).
- L'insuffisance de la quantité des tamis moléculaires pour traiter cette teneur en eau, si pour ça on a trouvé un entrainement d'eau libre dans la section cryogénique.

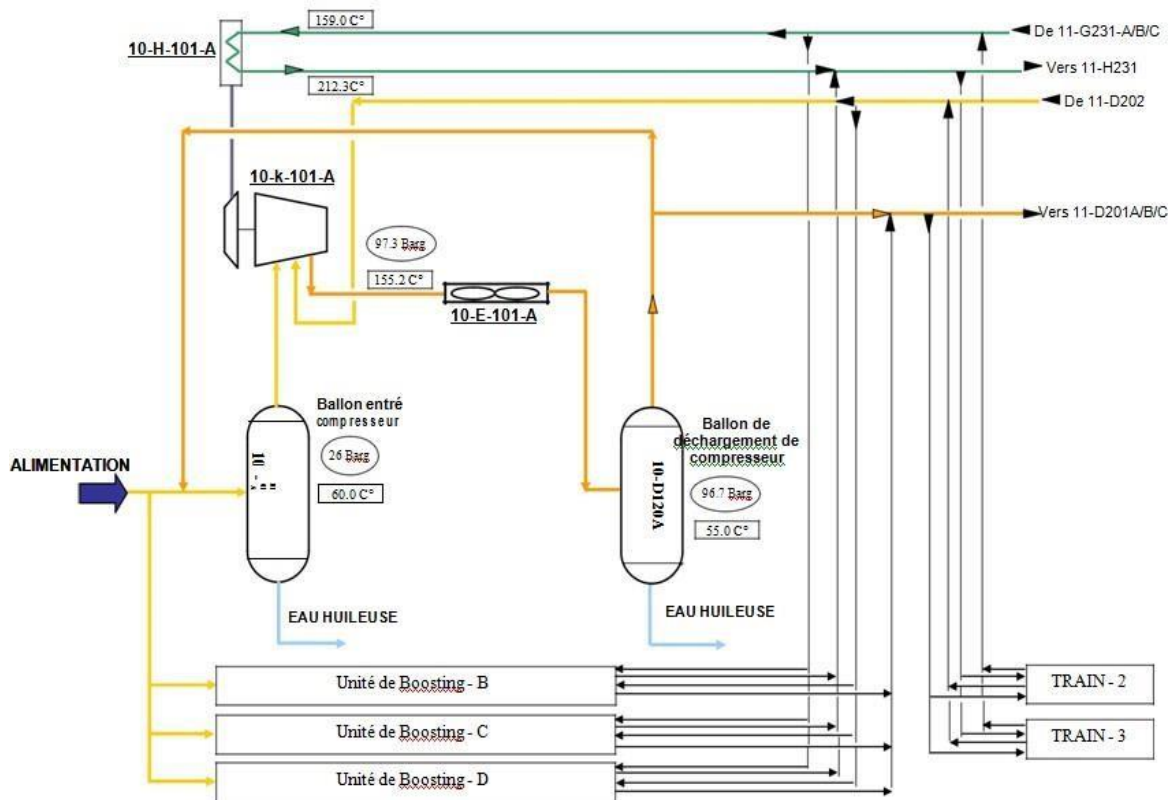
Parmi les solutions de ce problème nous recommandons :

- ✓ Le changement de qualité des tamis moléculaires et le changement de sa forme cylindrique par la forme sphérique pour récupérer le maximum d'eau.
- ✓ D'installer un collecteur type gaz/liquides en amont du sécheur pour récupérer et éliminer les liquides formés à la pipe.
- ✓ D'enrober la ligne l'entrée du déshydrateur par un calorifugeage (isolation thermique) pour diminuer l'échange thermiques entre le gaz brut et l'air ambiant.
- ✓ Il serait également plus que nécessaire de revoir le fonctionnement, la conception et le redimensionnement du séparateur d'eau (ballon de refoulement des boosters) situé en amont du déshydrateur

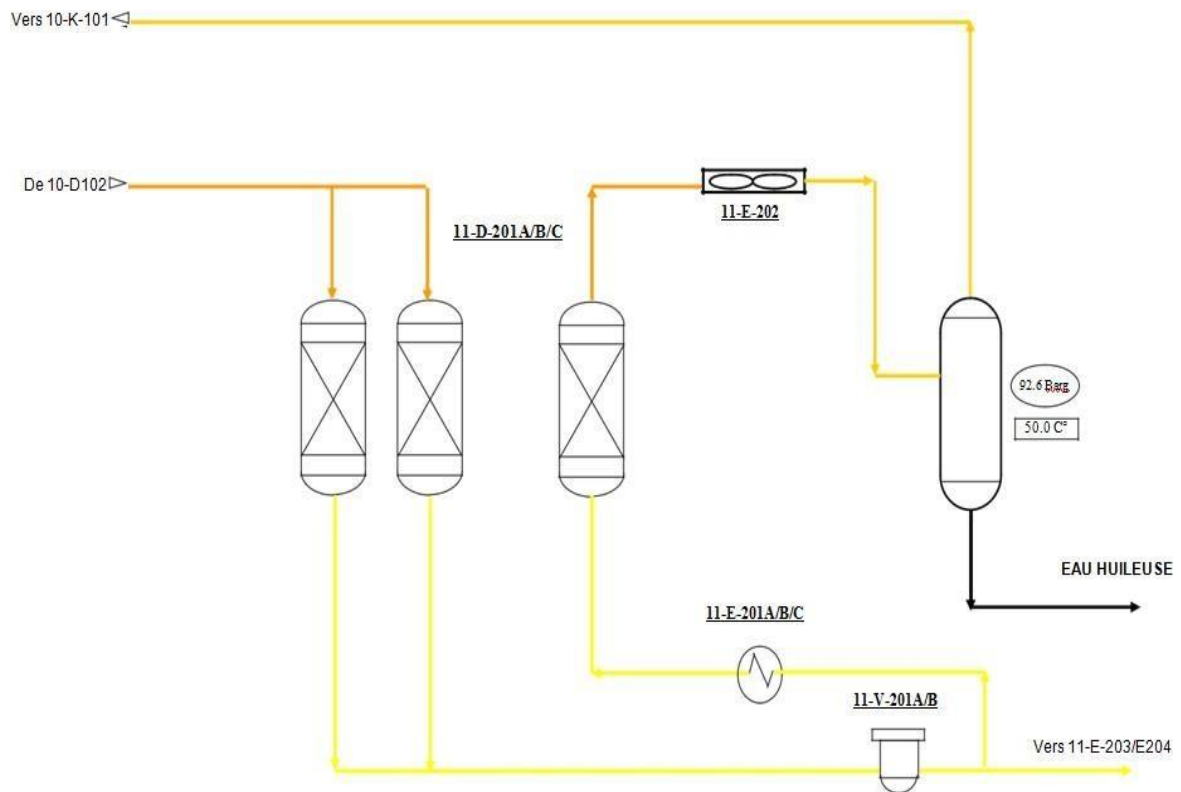
Référence bibliographie :

- [1] : Hadj-Ali Djamel ; 2005 ; *Etude de la section déshydratation de l'unité de GPL2 HMD* ; mémoire d'ingénieur état université Abu Bekr Belkaid –Tlemcen
- [2] : DAHOU Wassila et CHIKHI SABAH ; 2000; *Etude et calculs de dimensionnement des déshydrateurs de l'unité GPL2 Hassi-Messaoud* ; mémoire d'ingénieur état université AHMED BOGARA –BOUMERDES
- [3] : ALIOUAR Med El amine & ZEHANI Abd elhak; 2015; *Etude de problème de formation des hydrates au niveau de l'unité de traitement du gaz brut GPL2/HMD* ; mémoire master académique université kasdi merbah ouargla
- [4] : <https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-FR.V1>
- [5] : <http://carburantecologique.com/gpl/> 2018
- [6] : <http://www.energy.gov.dz/francais/index.php?page=infrastructures-de-distribution-des-produits-petroliers>
- [7] : Hadj Mohamed Lokman, Djamel Ahmed ; 2013 ; *dimensionnement des deshydrateurs de gaz de l'unité de GPL 2 HMD* ; mémoire de master ; UKMO
- [8] : Boubakri younes, Salhi imane ; 2015 ; *vérification de l'unité de séchage de gaz naturel GLA/HBK* ; mémoire de master ; UKMO
- [9] : Matallah Salhi ; 2012 ; *vérification et optimisation des paramètres de la section de déshydratation de, gaz zone de TFT* ; mémoire de master ; UKMO
- [10] : Gaboussa Ali, Gasmi abedlkarim, Morsli siradj ; 2016 ; *étude et optimisation la section de déshydratation du complexe gazier d' Ohent* ; mémoire de master ; UKMO
- [11] : Sellami Mohamed Hassen ; cours procédé de traitement gaz naturel ; *1^{ère} année Master en Ingénierie du Gaz Naturel ; Module Procédés de traitement du gaz naturel –MGN 24.*
- [12] : Manuel opératoire de l'unité (GPL2).
-

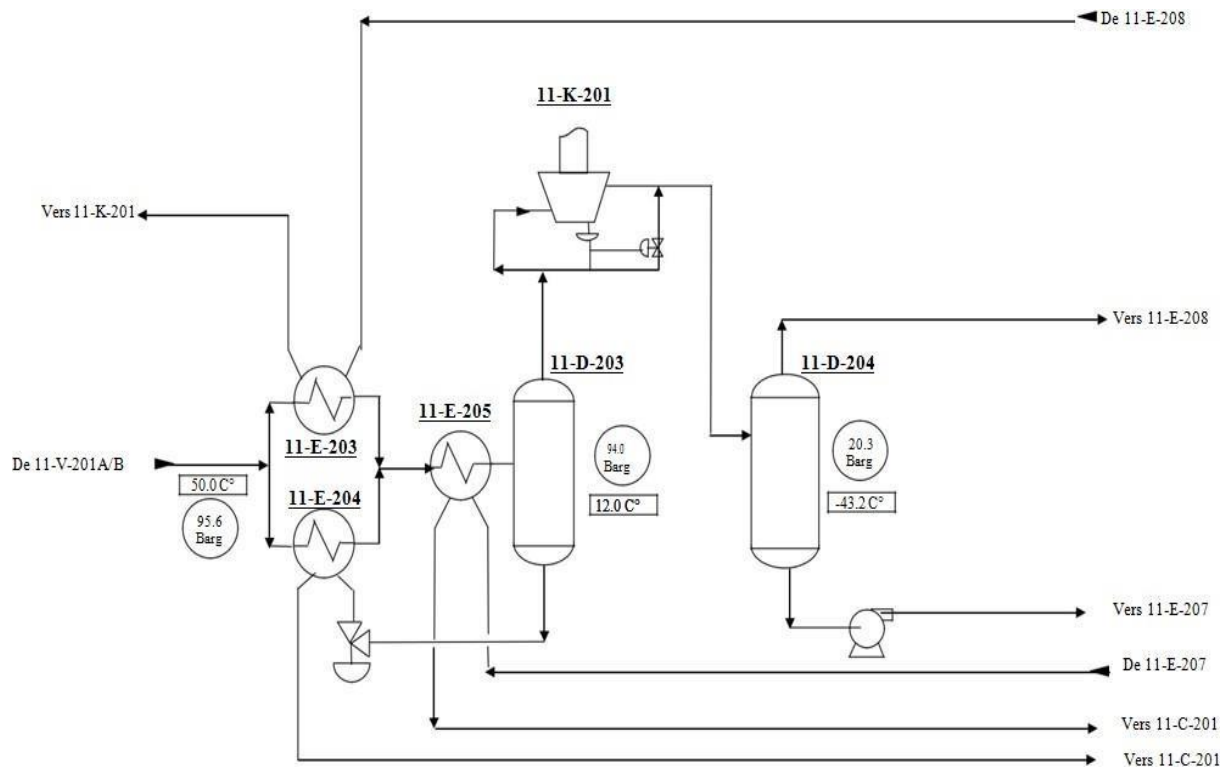
Annexe 01 : Schéma de la section Boosting



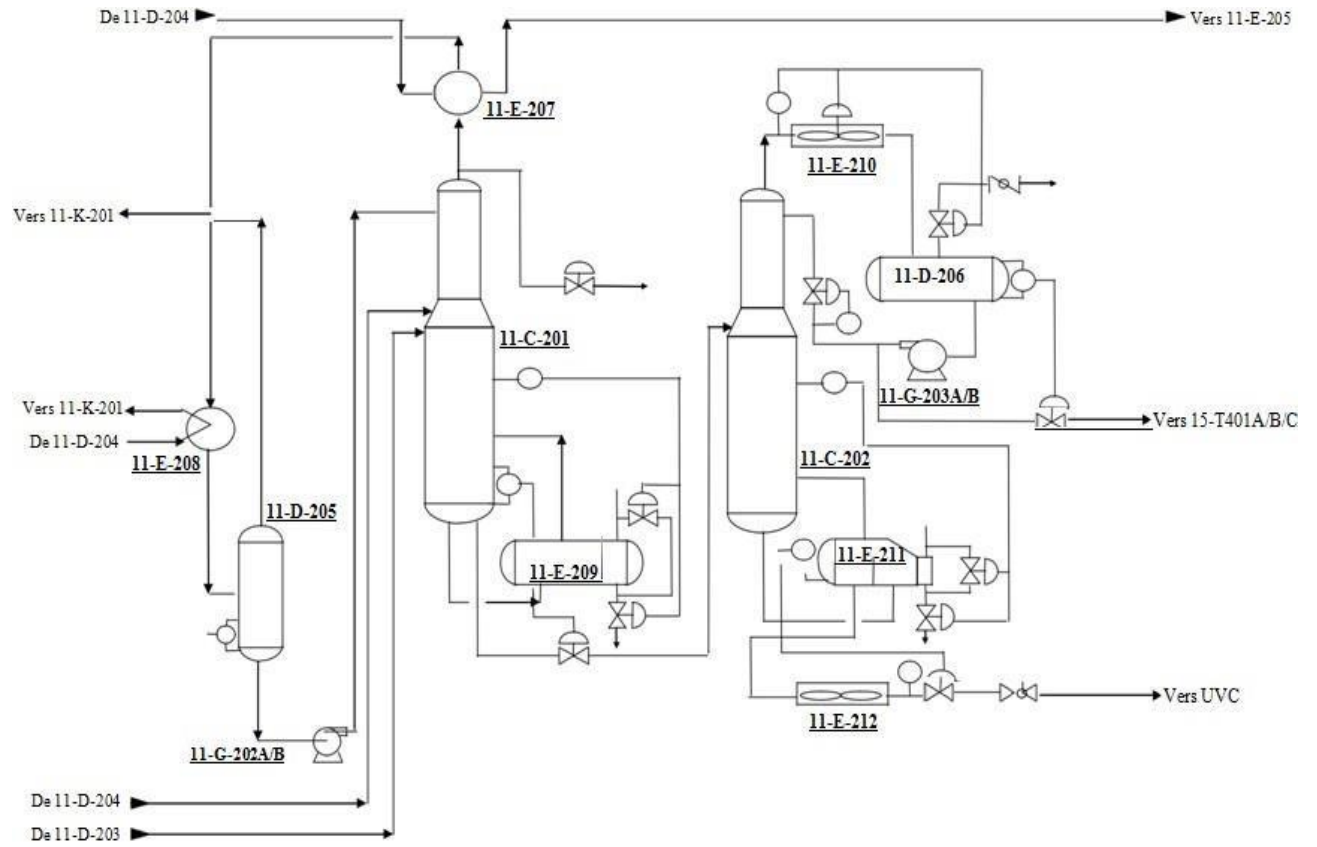
Annexe 02 : Schéma de la section de déshydratation



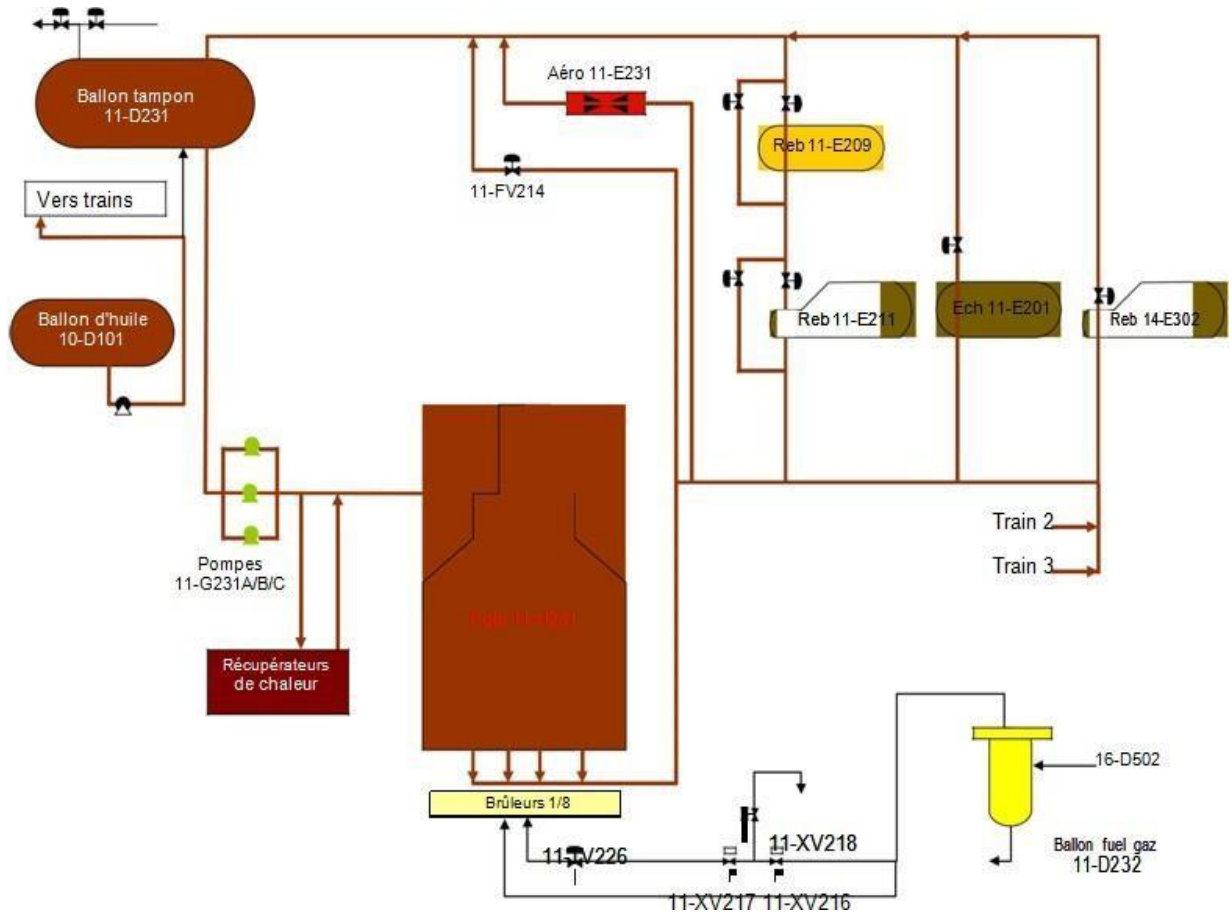
Annexe 03 : Schéma de la section de refroidissement & détente



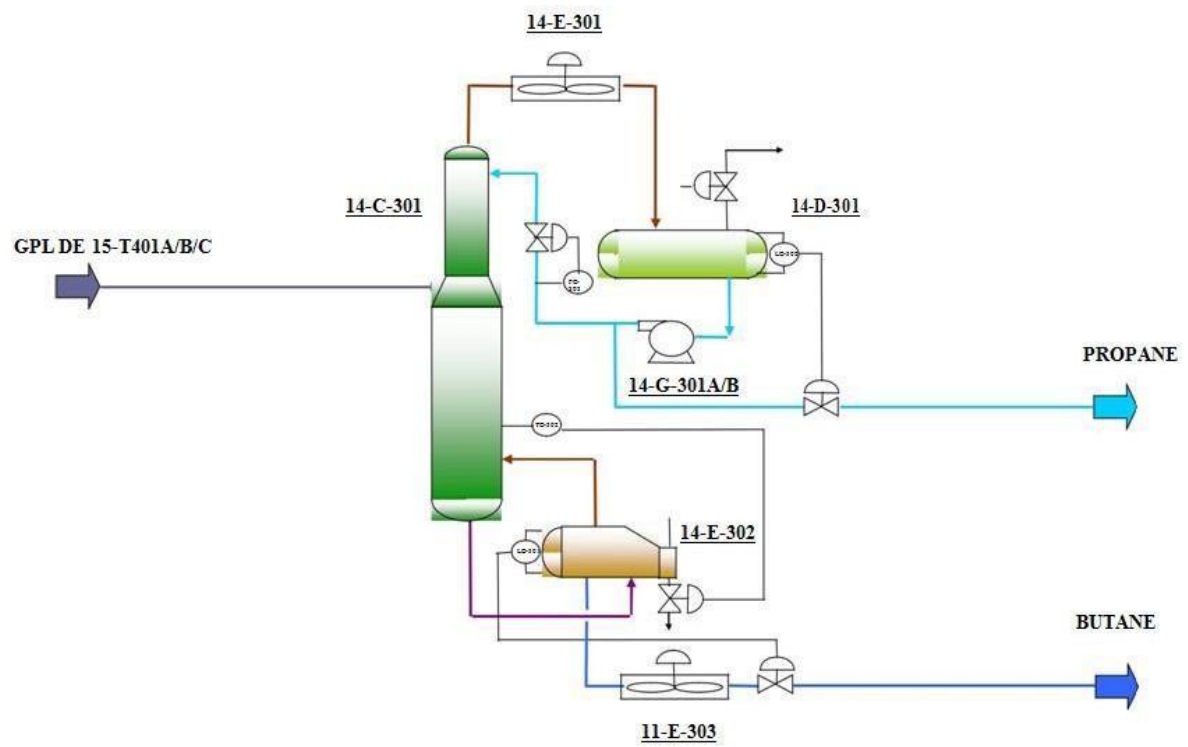
Annexe 04 : Schéma de la section de fractionnement



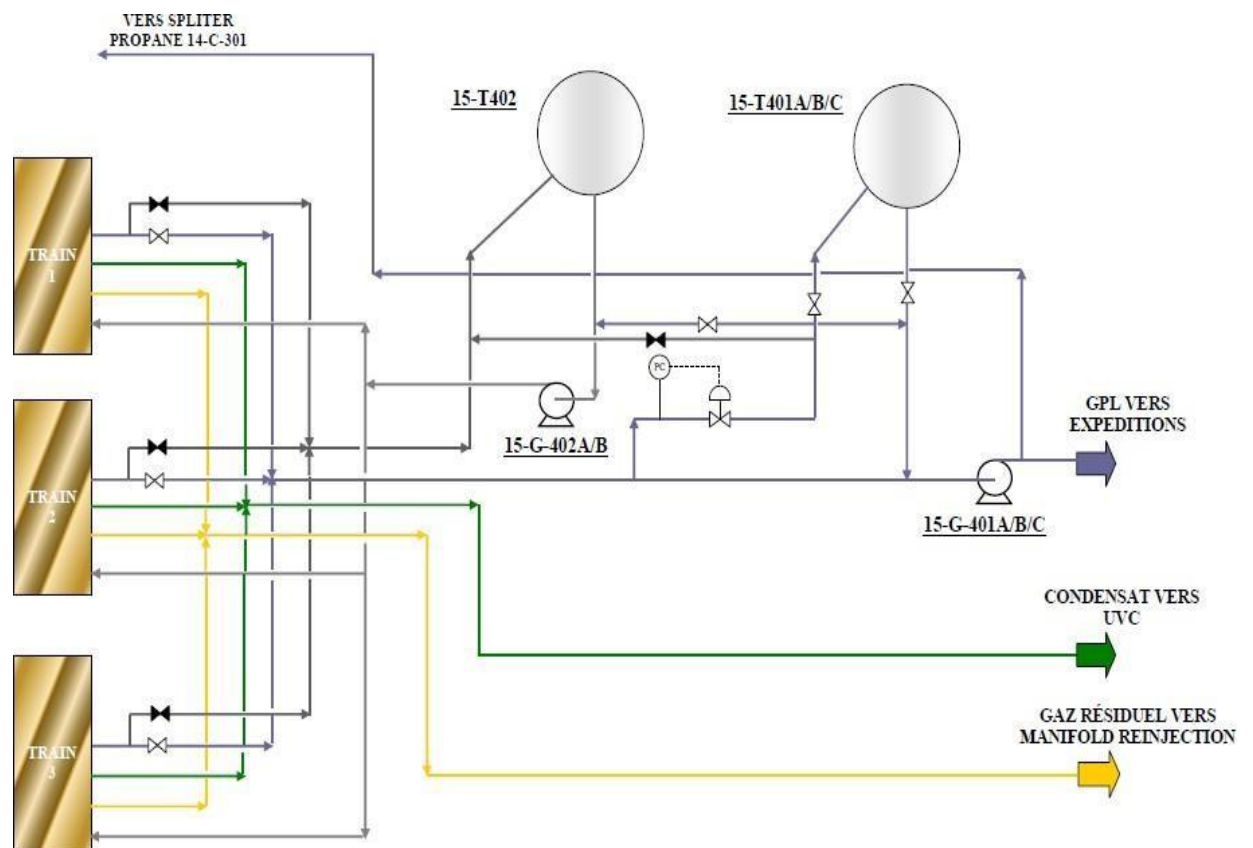
Annexe 05 : Circuite d'huile chaude



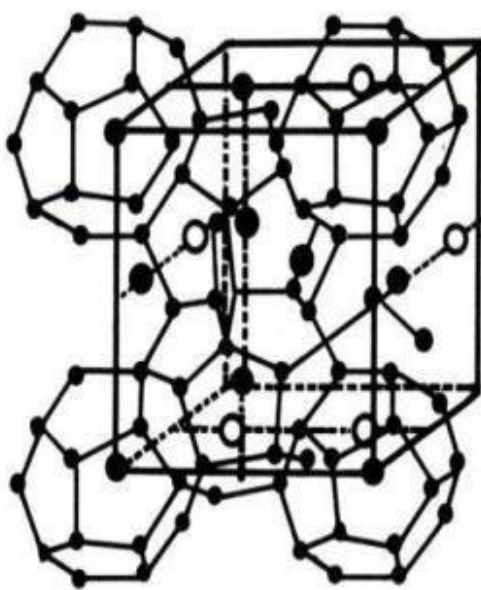
Annexe 06 : Section depropanisation



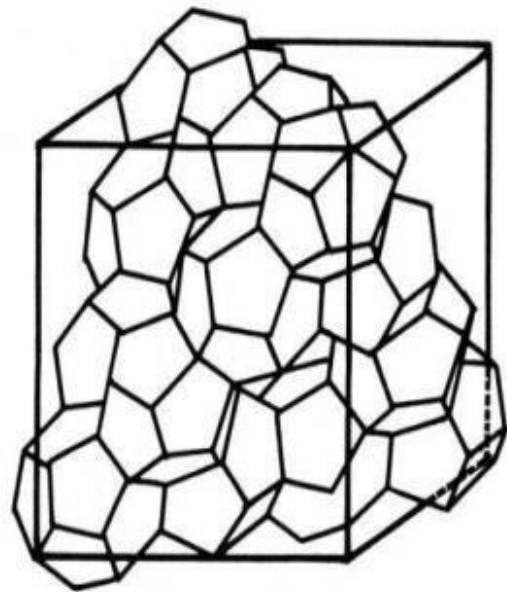
Annexe 07 : Schéma section de stockage unité GPL-2



Annexe 08 : Structure des hydrates



I



II

Annexe: Conversion Mathématique

Bar	14,5 psi
1Kg	2.2046 lb
1M	3.2808 ft
1 kg/cm ²	14,22 psi
1 kcal	3,968 Btu
1 kJ/kg.C°	4,187 Btu/lb.F°
1 centpoise	2,419 lb/hr.ft
1 kg. Mole	2, 2045 lb mole
1 C°	(9/5.C°+32) F°
1 kg/m ³	0.0624 lb/ft ³
1 mm	0.03936 inch
1 m ³ /min	35.31467 ft ³ /min
1 ppm	0.0475 lb/MMSCF

Nomenclature

Cp : Chaleur spécifique (kcal/kg. °C).

D : Diamètre du lit (ft).

G : Vitesse massique admissible (lb/hft²).

Had : La longueur de la zone saturée (ft).

Ht : Hauteur total de lit (ft).

HZ : La longueur de ZTM (ft).

MW: Poids moléculaire (kg).

P : Pression de gaz en (psi).

Q : Débit de gaz (ft/jour).

q : quantité d'eau adsorbée par unité de temps et unité de surface en (lb H₂O/f

RS : Saturation relative de l'alimentation en %.

R° : Rankine.

T : Température de gaz en R°.

Vg : Vitesse superficielle du gaz en (ft/h).

Q Eau : Quantité d'eau adsorbée par cycle (lbH₂O/cycle).

X : Capacité d'adsorption.

YW: Teneur en eau dans la charge en ppm.

Z : Facteur de compressibilité.

ZTM : la zone de transfert de masse (ft).

ZE : La zone d'équilibre (ft).

ZA : la zone active (ft).

Résumé :

Ce travail a été effectué au sein de l'unité de production de GPL (GPL2) appartenant au complexe CIS Hassi-messaoud. L'objectif était de faire étude et vérification de la section déshydratation de l'unité GPL-2. La teneur en eau était très élevée notamment en période estivale (température dépasse 50°C). L'insuffisance de la quantité des tamis moléculaires pour l'opération de la déshydratation provoque la formation d'hydrates dans la section cryogénique. Notre travail montre qu'il y a une insuffisance de la quantité du tamis utilisé, c'est pour cette raison nous avons proposé quelques solutions pratiques pour augmenter l'efficacité de la déshydratation dans l'unité GPL-2.

Mots clés : GPL, tamis moléculaire, formation d'hydrate, déshydratation.

الخلاصة

تم تنفيذ هذا العمل داخل وحدة إنتاج غاز البترول المسال التابعة لمجموعة (GPL2) CIS Hassi-Messaoud. كان الهدف من دراسة ونحصر ونسب زرع المياه في وحدة غاز البترول المسال GPL-2. كان المحتوى المائي مرتفعاً جداً خاصة في فصل الصيف (درجة الحرارة تتجاوز 50 درجة مئوية). لكمية غير كافية من المناخل الجزيئية لعملية الجفاف بسبب تشكيل هيدرات في قسم التبريد. يوضح عملنا أن هناك نقصاً في كمية الغرابال المستخدم، ولهذا السبب اقترحنا بعض الحلول العملية لزيادة كفاءة الجفاف في وحدة GPL-2.

الكلمات المفتاحية : غاز البترول المسال ، الغرابال ، الهيدرات

Abstract :

This work was carried out within the GPL production unit (GPL-2) belonging to the CIS complex Hassi-Messaoud. The objective was to study and check the dewatering section of the GPL-2 unit. The water content was very high especially in the summer (temperature exceeds 50 ° C). Insufficient quantity of molecular sieves for the dehydration operation causes the formation of hydrates in the cryogenic section. Our work shows that there is an insufficiency of the quantity of the sieve used, it is for this reason we have proposed some practical solutions to increase the efficiency of the dehydration in the GPL-2 unit.

Key words: GPL, molecular sieve, hydrate formation, dehydration.