

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

Faculté Science Appliqué

Département de Génie des Procédés



Mémoire de Master Académique

Filière :Génie des procédées

Spécialité : Génie Chimique

THÈME

Etude et redimensionnement d'un désydrature dans l'unité GPL2/HMD

Présenté par :

Bordji Aimad Eddine

Labed Takia Eddine

Soutenu publiquement le

Devant le jury:

Président :		
Promoteur :		
Examineur :		

Année Universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENT

*Louange à Dieu le tout puissant, de m'avoir aidé
à réaliser ce modeste projet.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à notre
promoteur Mlle MOKHBI Yasmina pour son
suivi durant la période de préparation de mon mémoire, son
aide et ses conseils qui m'ont été très précieux.*

*Je tiens à remercier profondément tous les enseignants
du département Génie des procédés et surtout les membres de
jury qui ont
accepté de juger notre travail.*

*Je tiens à remercier également tout le Personnel de
Hassi mesaoud :*

Mr. Boukhari Yakoub :

*Messieurs : ALI fareh et FARJALLAH said et
tous les travailleurs de la Division Exploitation.*

LABED Takai Eddine

BORDJ Imad Eddine

Sommaire

	page
Listes des figures	<i>I</i>
Liste des tableaux	<i>II</i>
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l'unité GPL2	
1-1-Définition de l'unité GPL	2
1-2-Description de l'unité GPL2	2
1-2-1-Section manifold	3
1-2-2-Section boosting	3
1-2-3 -Section déshydratation	4
1-2-4- Section cryogénique	4
1-2-5-Section de fractionnement	5
1-2-5-1-Déethaniseur(11-c-201)	5
1-2-5-2-Débutaniseur(11-c-202)	5
1-2-6-Section de dépopaniseur	5
1-2-7-Section d'huile chaude	5
1-2-8-Section de stockage (section 15)	6
1-2-9-Section utilisés (section 16)	6
1-3-Capacité et bilan de matière de l'unité GPL2	6
1-3-1- Capacité de traitement et de production de l'unité GPL2	6
1-3-2-Bilan de matière de l'unité GPL2	7
Chapitre II : Généralités sur les GPL	
2-1- Définition du GPL	9
2-2-Les source de GPL	9
2-3-Composition et caractéristiques de GPL	9
2-3-1- Composition de GPL	9
2-3-2- caractéristiques principales du GPL	10
2-3-3-Toxicité de GPL	11
2-4-Utilisation du GPL	11

2-4-1-Le GPL carburant	11
2-4-2 Le GPL dans la pétrochimie	11
2-4-3- Le GPL dans la production d'électricité	12
2-4-4- Le GPL dans les ménages	12
2-4-5- Le GPL dans la climatisation	12
2-4-6- Le GPL dans l'agricultur	12

Chapitre III : Procédé de déshydrations

3-1-Déshydrations du gaz associé	13
3-1-1-Lavage par solvants hygroscopiques	13
3-1-2-Adsorption sur un lit fixe	13
3-1-3-Tamis moléculaires	15
3-1-4-Influence de quelques paramètres sur l'unité d'adsorption	16
3-1-5-Avantages et inconvénients de la déshydrations par adsorption	17
3-2-Procédé de déshydrations appliqué dans l'unité GPL2	18
3-2-1-Description	18
3-2-2-Disposition des composants du lit	18
3-2-3-Cycle de fonctionnement	19

Chapitre IV : Partie de calcule

4-1-Problématique	25
4-1-1-Historique du problème d'entraînement d'eau dans les déshydrateurs	25
4-2-Choix du cycle de fonctionnement des déshydrateurs	29
4-2-1-Dimensionnement des déshydrateurs (calcul du diamètre minimum)	29
4-2-2-Calcul de la quantité et la hauteur de tamis molécilaire	32
4-2-3-Calcul des pertes de charges à travers le déshydrateur	35
4-2-4-Calcul du débit de gaz de régénération	38
Conclusion générale	48
Bibliographie	
Annexes	

Liste des figures

Chapitre 1 : Présentation de l'unité GPL2		
Fig. 1.1	Schéma simplifié de l'unité GPL2 [1]	2
Fig. 1.2	Schémas procès de l'unité GPL2 [1]	8
Chapitre 3 : Procédé de déshydratation		
Fig. 2.1	Phénomène d'adsorption	13
Fig. 2.2	Evolution de la zone de transfert de matière au cours du temps	14
Fig. 2.3	Evolution de concentration de l'adsorbat au cours de l'adsorption	14
Fig. 2.4	Tamis moléculaire type 4A	16
Fig. 2.5	Schéma simplifié d'une coupe transversale d'un déshydrateur	20
Fig.2.6	Etude du système de déshydratation de l'unité GPL2	22

Liste des tableaux

Chapitre 1 : Présentation de l'unité GPL2

Tab.1.1	Capacité de l'unité GPL-2[1]	7
Tab.1.2	Capacité de production [1]	7
Tab.1.3	Bilan de matière design de l'unité dans les Cas d'un gaz riche [1]	7

Chapitre 2 : Généralités sur les GPL

Tab.2.1	Composition molaire du GPL	10
Tab.2.2	Caractéristiques principales du propane et butane	10

Chapitre 4 : Partie de calcul

Tab.3.1	Teneur en eau dans le gaz d'alimentation train 1mois de septembre 2020	26
Tab.3.2	Calcul de la teneur en eau par la méthode de RME	27
Tab.3.3	Le débit de chaque fraction avec déférentes unités	31
Tab.3.4	Détermination de C_p°	38
Tab.3.5	Détermination de facteur acentrique	39
Tab.3.6	Résultats et comparaison avec les valeurs de Design	44

Introduction générale

Les branches d'industrie sont nombreuses et parmi elles celle des hydrocarbures dont les matières de base sont le pétrole et le gaz. L'énergie occupe une place primordiale dans le développement économique dans le monde, qui dépend essentiellement de la valorisation des hydrocarbures (pétrole et gaz).

A sa sortie des puits production, le gaz naturel subit un traitement qui consiste à retirer spécifiquement certains constituants présents pour le rendre compatible avec les spécifications requises pour les opérations de transport et de commercialisation. Concernant le gaz naturel algérien, les principaux constituants qu'il est nécessaire de retirer sont le gaz carbonique et l'eau ; ces deux composés peuvent être à l'origine de nombreux problèmes parmi lesquels :

- ✓ La formation de glace ou d'hydrates lorsque les conditions de pression et de température du gaz sont favorables, ce qui engendre rapidement des anomalies de fonctionnement des installations de traitement de gaz.
- ✓ L'activation de la corrosion des ouvrages de transport et de traitement par les constituants acide de ce gaz.

Les températures très froides requises par le procédé de traitement de l'usine nécessitent la déshydratation du gaz à un taux d'humidité inférieur à 1 ppm. Pour cela, la section de déshydratation au niveau de l'usine de traitement du gaz GPL2 (Hassi-Messaoud), joue un rôle très important pour son bon fonctionnement. Cette déshydratation est effectuée par l'adsorption de l'eau sur des lits fixes de tamis moléculaires. Depuis le démarrage de l'usine de traitement de gaz GPL2 (Hassi-Messaoud), la section de déshydratation a toujours présenté des problèmes liés à une dégradation précoce du tamis, ce qui a provoqué des arrêts fréquents des trains de traitement.

Chapitre 01

Chapitre 01

I.1. Définition D'UNITE GPL :

L'unité GPL-2 a été mise en service en juillet 1997 suite à un contrat de partenariat entre la société nationale Sonatrach et 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 enfûté de Naftal 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. [1].

I.2. Description de l'unité GPL 2:

L'unité GPL-2 est composée de trois trains identiques et comprend les sections suivantes :

- Manifold gaz d'alimentation
- Boosting des gaz
- Déshydratation par tamis moléculaires
- Refroidissement et détente par turbo-expandeur (Liquéfaction)
- Fractionnement
- Circuit d'huile chaude.
- Stockage et pomperie
- Dépropanisation (production de propane et butane commerciaux)
- Système de fuel – gaz
- Utilités (production d'air, d'azote)
- Salle de contrôle

Le schéma de la figure: I.1 représenté une description de fonctionnement de cette unité depuis l'entrée de la charge jusqu'à la sortie des produits

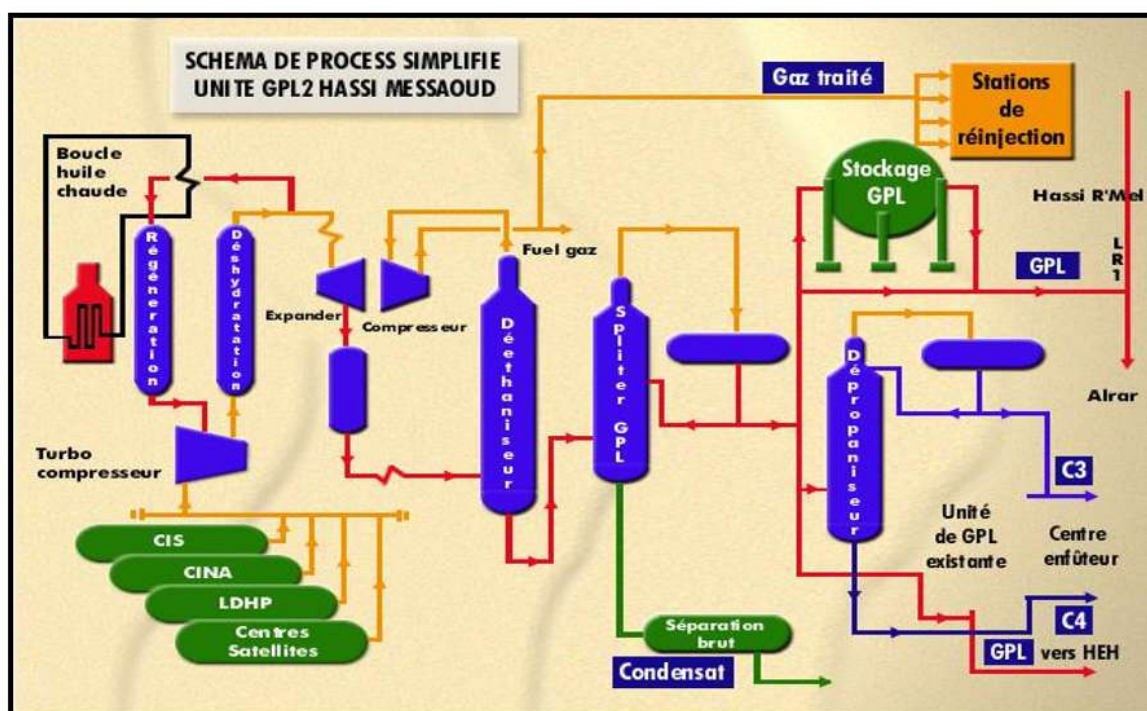


Figure I.2 : Schéma simplifié de l'unité GPL2 [1]

I. 2.1. Section manifold

L'arrivée du gaz au manifold par différentes sources alimente l'unité de GPL-2. Ces gaz sont issus de la séparation du pétrole brut au niveau des champs de séparation appelés communément "satellites", les gaz venant des complexes CINA (centre industriel nord) et CIS (centre industriel sud section traitement) et UTBS. Les 3 collecteurs primaires reçoivent une charge de telle manière qu'on aura :

- Un collecteur qui regroupe les gaz du satellite Est : E1a, E2a et S1a.
- Un collecteur ouest collecte les gaz du satellite Ouest : W1a, W2a et W1c.
- Un troisième collecteur qui réunit les gaz provenant de la zone de traitement, les gaz de LDHP1, LDHP2, (ligne directe à haute pression) et ceux de LDBP1, LDBP2 (ligne directe à basse pression) qui ont subi une compression

. Ces trois collecteurs renvoient le gaz dans un autre collecteur d'alimentation d'une capacité de 40 millions. N.m³/jr (en unité standard 42 millions Sm³/jr) et ce dernier alimente le GPL-1 et GPL-

I.2.2. Section Boosting

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 fond du ballon est envoyé vers la section de traitement car il contient une quantité de condensat et le haut de ce ballon est envoyé vers la section boosting qui est composée de quatre compresseurs (Nuevo-Pignone) entraînés par une turbine à gaz.

Le gaz provient du manifold à une pression de 28 bars après son passage dans les ballons d'aspiration (10-D101 A/B/C/D) pour séparer les liquides. Le haut de ce ballon est comprimé dans les compresseurs (10-K101 A/B/C/D), dont l'un est en stand-by à une pression de 97 bars (soit une température de 125°C). Ces gaz sont ensuite refroidis à une

température de 50°C par des aéroréfrigérants (E101), puis se dirigent vers les ballons de refoulement (10-D102 A/B/C/D) où a lieu la séparation et l'élimination de l'eau condensée. Les gaz sortant en tête de ces séparateurs sont collectés dans un collecteur commun qui alimente les trois trains

I.2.3. Section de déshydratation

La teneur en eau du gaz d'alimentation est de 1600 ppm. Celui-ci traverse de haut en bas les sécheurs contenant un lit de tamis moléculaires qui élimine et réduit la teneur en eau à moins de 3-1 ppm.

Déshydrateurs en service

(XV-201) c'est une vanne tout ou rien par laquelle le gaz rentre dans cette section pour passer dans le haut des trois déshydrateurs (sécheurs) dont l'un est en régénération. Deux filtres (V-201A/B) en aval des trois sécheurs retiennent les éventuelles particules de poussière afin d'éviter les bouchages dans les instruments de mesure et les appareils sensibles ainsi que l'érosion de ces derniers. Des hygromètres en ligne placés à la sortie de la section de déshydratation servent à mesurer la teneur en eau du gaz.

Déshydrateurs en régénération

Une partie de ce gaz déshydraté est chauffée dans les échangeurs d'huile (E-201A/B/C) pour augmenter sa température 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, après avoir refroidi ce gaz à 50°C par son passage à travers les aéroréfrigérants, dans ce parcours la pression du gaz chute de 87 bars, c'est pour cette raison qu'on le renvoie dans la 5ème roue du compresseur pour le comprimer à 95bars avec le gaz provenant du manifold. Donc, le cycle d'un déshydrateur est réparti en 12heures.

I.2.4. Section cryogénique

Le gaz à une pression de 94bars de 50°C se divise en deux courants, l'un se dirige vers l'échangeur (11-E-203) et l'autre vers l'échangeur (11-E-204) pour un premier refroidissement jusqu'à une température de 14,3°C. Les deux courants convergent vers le même échangeur (11-E-205) où leur température diminue jusqu'à 12°C.

Le gaz de charge passe ensuite dans le séparateur (11-D-203) où les deux phases gaz et liquide sont séparées. Après avoir cédé ses frigories dans l'échangeur (11-E-204), le liquide de ce ballon est envoyé comme première charge du déethaniseur, introduite au niveau du 21ème plateau, tandis que la phase gazeuse subit une détente dans le turbo-expander (11-K-201) jusqu'à une pression de 21 bars et une température de -43°C.

Le liquide formé après détente est séparé de son gaz dans le séparateur (11-D-204). Le gaz du ballon (11-D-204) refroidit le produit de tête du (11-C-201) jusqu'à une température de -24°C dans l'échangeur (11-E-208) puis il se mélange avec le gaz du ballon de reflux du déethaniseur (11-D-205), en formant le mélange du gaz résiduel.

Ce mélange refroidit par la suite le gaz de charge dans l'échangeur (11-E-203). La température du gaz résiduel à la sortie de l'échangeur (11-E-203) est de 42,3°C. Ce gaz résiduel est comprimé dans le compresseur du turbo-expander (11-K-201) jusqu'à une pression de 28bars avant d'être envoyé vers le manifold, puis vers les unités de réinjection.

Le liquide provenant du ballon (11-D-204) est aspiré par pompe (11-G-201A/B) vers l'échangeur (11-E-207), pour refroidir le gaz de tête du déethaniseur et le gaz de charge

dans l'échangeur (11-E-205) ; ensuite, il est acheminé vers le (11-C-201) comme une deuxième charge, introduite au niveau du 13ème plateau. Les deux températures de ce liquide à la sortie de chaque échangeur sont respectivement de -16°C et de $-5,7^{\circ}\text{C}$.

I.2.5. Section de fractionnement

I.2.5.1. Déethaniseur (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 .

Deux circuits assurent l'alimentation de la colonne (11-C-201). L'alimentation supérieure, provenant du ballon (11-D-204), est introduite au niveau du 13ème plateau tandis que l'alimentation inférieure est assurée par le liquide du ballon (11-D-203). Ce liquide est introduit au niveau du 21ème plateau. La vapeur de tête est condensée partiellement dans les échangeurs (11-E-207) et (11-E-208), ensuite elle est récupérée dans le ballon de reflux (11-D-205). Le rebouillage est assuré par le rebouilleur (11-E-209) qui garantit une température de fond de 90°C . Le produit de fond de cette colonne est utilisé comme charge pour la colonne (11-C-202).

I.2.5.2. Débutaniseur (11-C-202)

C'est une colonne à 33 plateaux fonctionnant à une pression de 14bars. Celle-ci est conçue pour séparer le produit de fond du déethaniseur en :

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

Les vapeurs de tête sont entièrement condensées dans les aéroréfrigérants (11-E-210) où le GPL est recueilli dans le ballon de reflux (11-D-206) à une température de 55°C . Une partie de ce liquide est retournée par la pompe (11-G-203 A/B) comme reflux vers le 1er plateau du débutaniseur (11-C-202) afin de maintenir la température de tête, l'autre est acheminée vers le stockage. Le système de rebouillage assure une température de fond à 152°C dans le rebouilleur (11-E-211). Les condensats sont envoyés vers l'unité de traitement de brut.

I.2.6. Section de dépropaniseur (14-C-301)

Le dépropaniseur est une colonne composée de 33 plateaux, son rôle est de produire du propane comme produit de tête et le butane comme produit de fond. Le dépropaniseur fonctionne à une pression de 20bars, une température de 58°C en tête et 111°C au fond, la charge du dépropaniseur provient du stockage, le dépropaniseur est équipé d'un rebouilleur 14-E-302, d'un ballon de reflux, de pompes de reflux 14-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 GPL-1 avant d'être livrés à Naftal.

I.2.7. Section d'huile chaude

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

- Le rebouilleur du déethaniseur (E-209).
- Le rebouilleur du débutaniseur (E-211).
- Le rebouilleur du dépropaniseur (14-E-302).
- Les réchauffeurs de gaz de régénération E-201-A/ B/C.

I.2.8. Section de stockage (section 15)

La section de stockage est composée de quatre sphères de stockage de GPL (15-T-401-A/B/C) d'une capacité de 500m³ chacune. 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.

I.2.9. Section utilités (section 16)

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

❖ Salle de contrôle

La salle de contrôle de l'unité GPL-2 est équipée d'un système récent et sophistiqué appelé Distributed Control System (DCS), composé de huit consoles I.C.S (Information Control System) assurant l'interface entre l'opérateur et les organes de régulation.

❖ Laboratoire de contrôle

L'unité GPL-2 est dotée d'un laboratoire d'analyses afin de vérifier la conformité des produits au cours du processus de transformation. Les différentes analyses effectuées pour le contrôle de la qualité sont :

- Détermination de la composition molaire des produits par la chromatographie en phase gazeuse et celle en phase liquide.
- La mesure de la tension de vapeur Reid (T.V.R) à l'aide de bombes de prélèvement.
- La détermination de la densité à partir de la composition molaire.
- La mesure de la teneur en eau du GPL (taux d'humidité) au moyen d'un hygromètre.

❖ Système de sécurité de l'unité GPL-2 Le système de lutte contre l'incendie sera constitué des équipements et installations suivants :

- Pompe et réservoir d'incendie.
- Réseau d'eau anti-incendie.
- Armoire à tuyaux souples.
- Extincteur.
- Système fixe de refroidissement à l'eau.
- Système d'extinction à CO₂.
- Système d'extinction à poudre sèche. Et un système d'alarme incendie consacré pour la salle de contrôle [2].

I.3. Capacité et bilan de matière de l'unité GPL-2

I.3.1. Capacité de traitement et de production de l'unité GPL 2 :

Les tableaux 3.1 et 3.2 regroupent les capacités de traitement et de production de cette unité.

Tableau I.3.1.1: Capacité de l'unité GPL-2 [1]

Capacité de traitement (x 1000 Sm ³ / jour)			
	Design	Actuelle	Gaz pauvre
Gaz d'alimentation	24000	21000	24000

Tableau I.3.1.2: capacité de production [1].

Production (tonnes / jour)			
	Design	Actuelle	Gaz pauvre
GPL	4890	3000	2650
Condensâts	1050	1000	600
Propane	240	230	240
Butane	160	190	160

I.3.2 Bilan de matière de l'unité GPL-2 :

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

Tableau I.3.2. : Bilan de matière design de l'unité dans le cas d'un gaz riche[1].

NATURE		Charge	Gaz traité	GPL	Cond	Propa	Buta
M O L A I R E	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

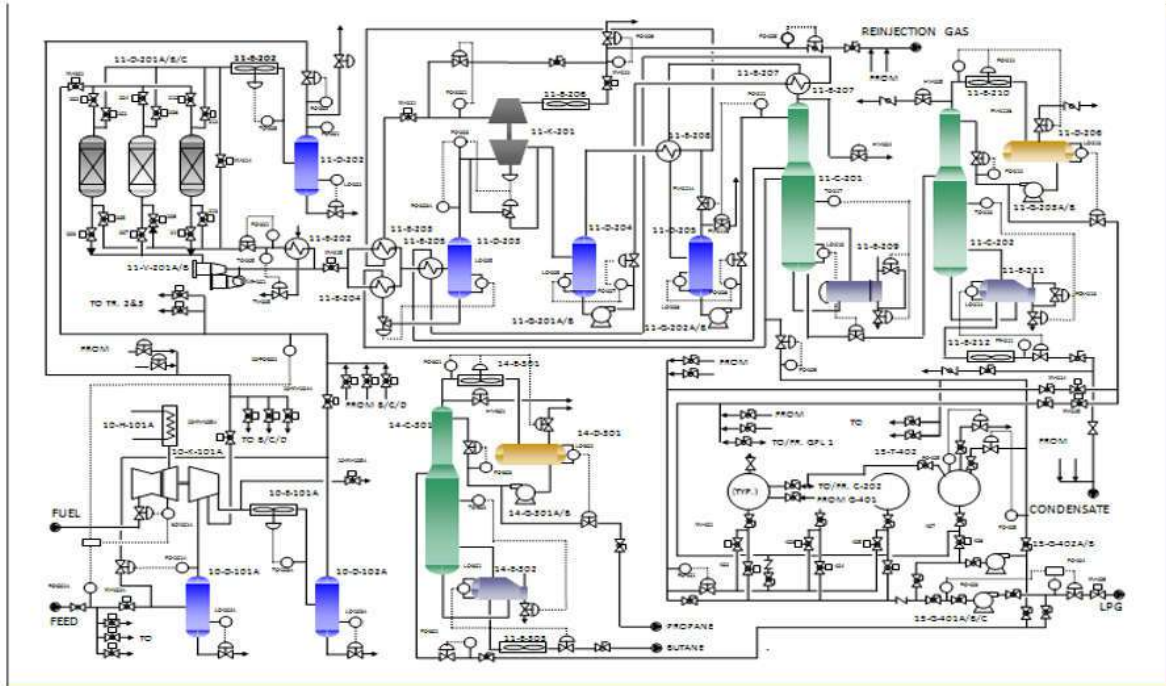


Figure I.3. : Schéma procès de l'unité GPL2 [1].

Chapitre 02

The image features the text 'Chapitre 02' in a large, bold, serif font. The text is rendered with a vertical gradient, transitioning from a dark brown at the top to a bright yellow at the bottom. Below the main text, there is a smaller, semi-transparent shadow of the same text, creating a 3D effect. The background is plain white.

II.1. Définition du GPL :

Le GPL (gaz de pétrole liquéfié) est un mélange gazeux constitué essentiellement de propane, et de butane, et un peu de traces de méthane, de l'éthane et de pentane.

Le gaz de pétrole liquéfié est un produit gazeux à la température ambiante et pression atmosphérique.

Il est liquéfié à faible pression (4 à 5 bar) et une température très basse pour faciliter son transport, son stockage et sa commercialisation, il se gazéifie au moment de son utilisation.[2]

II.2. Les sources de GPL :

Les Gaz de Pétrole Liquéfiés proviennent[3] :

- Des champs de gaz naturel, pour plus de 60 % :

Les champs de gaz naturel sont composés à 90 % de méthane (CH₄). Les 10 % restants se répartissent entre 5 % de propane (C₃H₈) et 5 % d'autres gaz dont le butane (C₄H₁₀). Le pétrole brut contient aussi, en sortie de puits, des fractions souvent importantes de gaz associés dissous, parmi lesquels des GPL. Les pourcentages de GPL contenus dans le brut et le gaz naturel sont extrêmement variables d'un gisement à un autre.

Le gaz naturel, dont la production a très fortement augmenté depuis plus d'une décennie, est devenu la première source de fourniture de GPL avec plus de 60 % des volumes produits dans le monde.

- Des raffineries de pétrole, pour moins de 40 %

Lors du raffinage du pétrole brut, les GPL sont séparés en partie supérieure des colonnes de distillation, au cours des opérations « primaires ». Des volumes supplémentaires sont également récupérés au cours d'opérations de traitements « secondaires ».

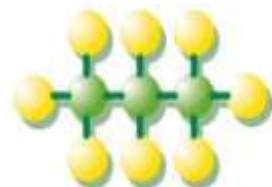
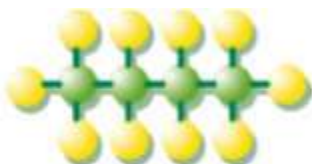
Les GPL représentent entre 2 et 3 % de l'ensemble des produits obtenus. Selon sa provenance, une tonne de pétrole brut traitée donne 20 à 30 kg de GPL.

II.3. composition et caractéristiques de GPL :

II.3.1. Composition de GPL :

Les GPL sont des hydrocarbures saturés dont les molécules sont composées d'atomes d'hydrogène et carbone[4]

Butane C₄H₁₀ Propane C₃H₈



Les gaz de pétrole liquéfiés sont des hydrocarbures composés majoritairement de coupes en C3 et C4, le butane et le propane étant les principaux composants. Ces produits, gazeux dans les conditions normales de température et de pression, peuvent être facilement liquéfiés, rendant ainsi leur manipulation et leur transport très aisés.

La composition molaire du gaz du pétrole liquéfié est variable selon leur source

Tableau II.3.1 : Composition molaire du GPL

Les composants du GPL	% molaire
Méthane	0,32
Ethane	1,12
Propane	60,9
	5
Iso butane	15,4
	6
Normal butane	22,1
	4
Iso pentane	0,01

II.3.2 .Caractéristique principales du GPL :

Le gaz de pétrole liquéfié (GPL), composé principalement de butane et de propane. Leurs caractéristiques principales sont illustrées comme suivant[4]:

Tableau II.3.2: caractéristiques principales du propane et butane

	Butane	Propane
Pression de vapeur à 50 °c (absolue)	≤7,5 bar	Max 19,3 bar
Teneur en soufre	-	≤0,005% en masse
Teneur en eau	Absence d'eau séparable par décantation	Non décelable par l'essai au bromure de cobalt
Température d'ébullition	0°C	-44 °c
Odeur	caractéristique	Caractéristique
Limite inférieure d'inflammabilité dans l'air	1.8 %	2,4 %
Limite supérieure d'inflammabilité	8,8 %	9.3 %

Pouvoir calorifique à 15°C et 1013 mbar	PCI : 12,66 KWh/Kg PCS : 13,7 KWh/Kg	PCI : 12,78 KWh/Kg PCS : 13,80 KWh/Kg
La masse volumique (kg/m³) à 15 0c	Liquide :585 Gaz : 2,5	Liquide : 515 Gaz: 1,85

II.3.3. Toxicité de GPL:

Le GPL n'est pas toxique mais il possède des propriétés anesthésiques. Dans les puits et autres endroits clos ou le gaz plus lourd que l'air peut s'accumuler, l'air peut être déplacé provoquant ainsi un manque d'oxygène, pour toute respiration normale

On devra prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter que le GPL n'entre en contact avec la peau étant donné qu'il peut provoquer de sévères gelures s'il y a risque de contact on devra faire usage de lunettes, des gants ou toute autre revêtement de protection.

II.4. Utilisation du GPL :

Les gaz butane et propane, les GPL, sont une énergie exceptionnelle en raison de leurs origines, de leurs caractéristiques, de leurs applications et de leur filière. En tant qu'énergie moins polluante, faiblement émettrice de CO₂, performante et novatrice, les GPL offrent de nombreux avantages pour les consommateurs et les secteurs professionnels comme pour l'environnement. Avec une disponibilité immédiate et en tous points du globe, des atouts environnementaux, leur origine double (gaz – pétrole), leur facilité de transport et leur variété d'usages, les GPL permettent d'assurer et de contribuer, sans délai, à un modèle énergétique durable, compétitif et plus sûr.

La combustion des GPL est propre, ils sont accessibles et indispensables à des centaines de millions de personnes dans le monde aujourd'hui. C'est une énergie multi usages bénéficiant de milliers d'applications. Elle est facilement transportable, stockable et utilisable quasiment partout dans le monde et ses ressources sont assurées pendant plusieurs décennies. A usage équivalent, les GPL produisent moins de gaz à effet de serre que l'essence, le gazole et l'électricité d'origine thermique [5] .

II.4.1. Le GPL carburant :

Le GPL/C est largement prouvé, ses qualités à être un carburant alternatif avantageux tant au plan économique qu'au plan écologique.

Actuellement de nombreux pays possédant une flotte de véhicules roulant au GPL/C, ce sont principalement : Les Pays-Bas, le Japon, l'Italie, l'Allemagne, la Grande-Bretagne, la France, les USA, l'Espagne, la CIE, le Canada.

Le GPL / C est adopté sous le nom commercial « SIRGHAZ ».

Le niveau alarmant de pollution devrait au contraire favoriser l'utilisation des véhicules GPL/C, car il produit moins de CO₂ et de CO, il ne contient pas de Plomb.

Près de 160 000 véhicules, seulement, roulent au GPL/C, soit 7% seulement du parc national de véhicules de tourisme, selon des estimations de Naftal. Ce carburant a représenté un taux de substitution aux essences de 14,3% en 2008. Un indice qui reste loin des objectifs

escomptés. Avec 4,3 millions de tonnes pour 2,2 millions de véhicules convertis, la Corée du Sud est le plus vaste marché GPL/C dans le monde.

Les taxis et les bus publics sont les principaux utilisateurs de ce carburant. 13% des véhicules coréens roulent au gaz dont le prix à la pompe est 50% moins cher que l'essence.

II.4.2. 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 obtenus par la séparation du GPL sont utilisés pour la déshydrogénation dans la production de butadiène et de propylène qui vont servir comme matière première pour la synthèse des caoutchoucs.

Le butane utilisé dans la fabrication du MTBE qui sert comme booster de nombre d'octane des essences en substitution au plomb, il est aussi utilisé comme charge des unités d'alcoylation Le propane et le butane sont utilisés pour la production d'acétaldéhyde, formaldéhyde, l'acide acétique et l'acétone.

II.4.3. Le GPL dans la production d'électricité :

Il est utilisé pour la génération d'électricité, il pourrait être important si les conditions de nature économique venaient à être favorables, les marchés ciblés à cet effet sont attractive pour le GPL.

La production d'électricité en Algérie est effectuée uniquement par le gaz naturel, les GPL ne sont pas introduits jusqu' ici dans la génération d'électricité ou dans la combustion.

II.4.4. Le GPL dans les ménages :

Le butane et le propane qui sont obtenus par la séparation du GPL ont une grande importance dans les ménages ; Le butane est utilisé principalement dans le secteur domestique pour la cuisine et le chauffage, la consommation nationale représente l'équivalent de **11 millions** de bouteilles de **13kg** par ans.

Le propane représenté **4,8%** de la consommation national du GPL, il est utilisé comme combustible dans les unités industrielles et artisanales en substitution domestique dans les régions non reliées au gaz naturel.

II.4.5. Le GPL dans la climatisation :

Il est utilisé pour la construction des réfrigérateurs et des climatiseurs (moyenne capacité). Le GPL absorbe la chaleur de l'environnement pour s'évaporer et crée un froid.

II.4.6. Le GPL dans L'agriculture :

L'utilisation du GPL dans ce secteur sera orientée vers l'aviculture, et certaines cultures sous-serre, le niveau de consommation prévu est relativement faible (**40.000 tonnes/an**) pour le court terme, il est attendu une évolution plus significative à moyen et long terme particulièrement par l'introduction dans le domaine de l'élevage (éclairage, climatisation, chauffage....etc.).

Chapitre 03

The image features the text 'Chapitre 03' in a large, bold, serif font. The text is rendered with a vertical gradient, transitioning from a dark brown at the top to a bright yellow at the bottom. Below the main text, there is a smaller, semi-transparent shadow of the same text, creating a 3D effect. The background is plain white.

III.1. Déshydratations du gaz associé :

La présence d'eau dans le gaz associé entraîne différents problèmes pour les exploitants, suivant les conditions de températures et de pression qui règne dans les installations. La vapeur d'eau peut se condenser, se solidifier provoquant la formation des hydrates et favoriser la corrosion si le gaz contient des composés 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.

Les principaux procédés de déshydratation utilisés sur la chaîne gazière :

- Lavage par solvants hygroscopiques (procédé d'absorption).
- Adsorption/désorption sur lit fixe.

III.1.1. Lavage par solvants hygroscopiques :

Le séchage du gaz est assuré dans ce cas par un lavage à contre-courant avec un solvant présentant une forte affinité pour l'eau. Ce solvant est plus souvent un glycol.

III.1.2. Adsorption sur un lit fixe :

Pour ces procédés, la vapeur d'eau est adsorbée sur la surface solide de matériaux adsorbants qui ont une très grande surface spécifique.

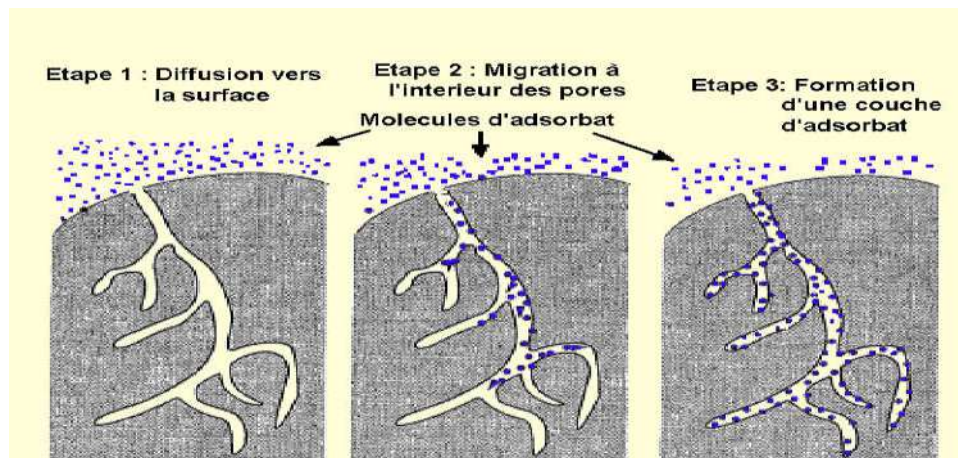


Figure III.1.1 : phénomène d'adsorption

Ce procédé fonctionne en deux étapes :

- Adsorption de l'eau du gaz sur une charge fixe d'adsorbant.
- Régénération du lit "saturé" par passage d'un flux de gaz chaud, ce qui nécessite de disposer d'au moins deux adsorbants.

Le gaz utilisé pour régénérer le lit saturé est condensé pour séparer les impuretés puis il est recyclé en tête de l'adsorbant pour y être traité avec le gaz "brut". Ce principe est surtout utilisé lorsqu'une déshydratation poussée s'impose.

a) Zone de transfert de masse « ZMT » : [1]

A l'intérieur de la colonne d'adsorption contenant du tamis moléculaire, la quantité de matière pouvant être adsorbée du fluide porteur au lit de tamis moléculaire, s'effectue au sein d'une zone appelée : zone de transfert de masse.

La zone de transfert de masse est influencée par :

- ◆ La vitesse superficielle du fluide à traiter
- ◆ La concentration de l'adsorbat dans la charge
- ◆ Pureté attendue de la charge (présence de molécules concurrentes)

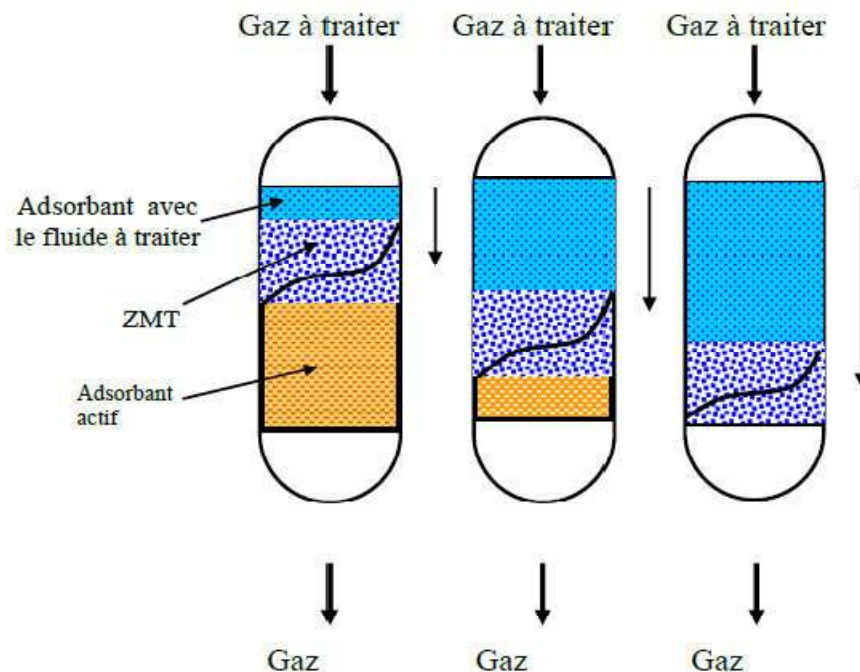


Figure III.1.a : Evolution de la zone de transfert de matière au cours du temps

b) Evolution de la concentration de l'adsorbat dans un lit fixe :

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.

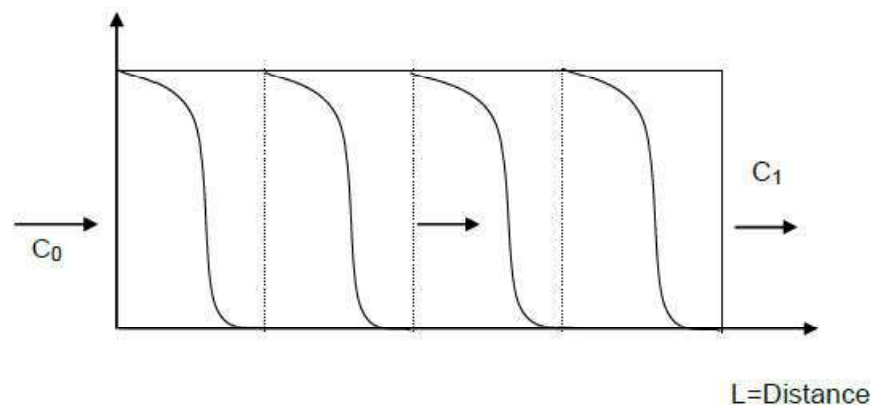
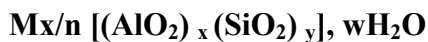


Figure III.1.b: Evolution de la concentration de l'adsorbat au cours de l'adsorption

III.1.3. Tamis moléculaires :

Les tamis moléculaires sont des cristaux microporeux de silico-aluminates alcalins ou alcalino-terreux de formule générale :



N étant la valence du cation M, x et y des nombres entiers avec y/x égal ou supérieur à 1 et w le nombre de molécules d'eau dans les mailles.

Le réseau cristallin est constitué par l'arrangement tridimensionnel de tétraèdres $[\text{SiO}_4]$ et $[\text{AlO}_4]$ - liés par leurs sommets. Ces enchaînements forment des polyèdres qui s'ordonnent selon une symétrie donnée pour fermer le cristal. L'espace vacant délimité par la charpente aluminosilicate est organisé en un réseau de cavités reliées par des pores de taille uniforme. Le diamètre effectif des pores, variables selon le type de zéolithe (tamis moléculaire), est du même ordre de grandeur (3 à 10 Å) que celui de la plupart des molécules organiques d'où le nom de tamis moléculaires donne à ce adsorbant. Les cation M et les molécules d'eau constituant les espaces extra-charpente.

Les cations compensent les charges négatives induites par les atomes d'aluminium de la charpente et peuvent faire l'objet d'échange pour ajuster les propriétés d'adsorption. Leur nombre dépend de rapport Si/Al de la charpente. L'eau occupent le réseau poreux peut être désorbée par chauffage ou balayage de gaz sec, libérant ainsi un volume microporeux qui représente 20 à 50 % du volume du cristal. Les zéolithes utilisées sont de types : A (3A, 4A, 5A), X et Y.

La nature de cation de compensation est un paramètre d'optimisation de la sélectivité de l'adsorbant. Ainsi la zéolithe A est synthétisée sous la forme Na qui présente un diamètre de pores effectif de 3,8 Å (type 4A). Par échange du Na avec du K on prépare le type 3A qui présente une ouverture de pore plus petite à cause de la plus grand taille de l'ion K^+ ceci permet d'obtenir une zéolithe laissant entrer les molécules d'eau mais excluant les oléfines, utilisée pour le séchage des coupes oléfiniques.

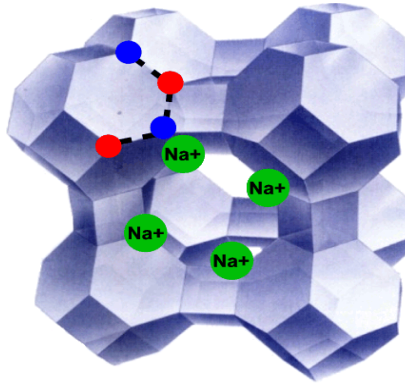


Figure III.1.3:Tamis moléculaire type 4A

III.1.4. Influence de quelques paramètres sur l'unité d'adsorption :

Les performances d'une unité d'adsorption sont influencées par un certain nombre de facteurs, certains de ces facteurs dépendent du système de lequel évolue l'adsorbat, d'autres sont fonctions de l'adsorbant lui-même. Cependant, ils exercent tous sans exception, une influence sur le phénomène de transfert de masse.

a)- Zone de transfert de masse « ZMT » :

A l'intérieur de la colonne d'adsorption contenant du tamis moléculaire, la quantité de matière pouvant être adsorbée du fluide porteur au lit de tamis moléculaire, s'effectue au sein d'une zone appelée : zone de transfert de masse.

Par définition, cette zone est la partie du lit dans laquelle la teneur en adsorbat diminue de la concentration initiale (à l'entrée) à la concentration finale (à la sortie). La zone de transfert de masse est influencée par :

- La vitesse superficielle du fluide à traiter.
- la concentration de l'adsorbat dans la charge.
- Pureté de la charge (présence de molécules concurrentes).

b)-Température de service :

La capacité à l'équilibre des tamis moléculaires décroît au fur et à mesure que la température augmente. Tout phénomène d'adsorption s'accompagne d'un dégagement de chaleur (chaleur d'adsorption) et il en résulte une élévation de température. À cause de cet effet thermique la capacité utile de l'adsorbant se trouve donc réduite.

c)- Pression de service :

La pression de service n'a pas une grande importance en ce qui concerne le comportement des tamis moléculaires, à partir du moment où elle se situe dans la gamme des valeurs

habituellement utilisées dans les installations industrielles de traitement de gaz et de liquides. Toutefois, une augmentation de la pression globale du système provoque un accroissement de la pression partielle du produit à adsorber, et l'on prévoit dans ce cas une capacité d'adsorption plus élevée.

d)- Concentration de l'adsorbat :

La capacité d'adsorption des tamis moléculaires augmente si la concentration du produit à adsorber croît. Le plus grand avantage des tamis moléculaires réside dans l'obtention de capacités d'adsorption élevées pour la grande concentration de produits à adsorber.

e)- Phase :

La phase (liquide ou gazeuse), dans laquelle les tamis moléculaires opèrent influence très largement la hauteur de la zone de transfert de masse. La vitesse phase d'adsorption en phase liquide est pratiquement égale à 1/10 de la vitesse d'adsorption en phase gazeuse. Ceci signifie que la vitesse de passage d'un système liquide doit être relativement faible pour maintenir la hauteur de la zone de transfert de masse, et par conséquent celle de la colonne, dans un ordre de grandeur raisonnable.

f)- Vitesse de passage :

La possibilité de compenser une vitesse de transfert de masse faible par un temps de contact prolongé est applicable dans certaines limites. Une vitesse de passage trop faible pourrait soulever des problèmes de distribution. En phase gazeuse, les vitesses superficielles les plus favorables varient entre 5 et 15 mètres par minute. Par ailleurs, on ne doit pas descendre en dessous de limite correspondant au régime turbulent, car au régime laminaire, le transfert de masse s'effectue dans une mauvaise condition. Par contre, une vitesse de passage trop élevée pourrait entraîner la formation de tourbillons.

g)- La contamination des tamis moléculaire :

La large utilisation des tamis moléculaires a présenté l'adsorption comme un outil de procédé dans nombreuses installations, et a introduit de nouveaux paramètres auras d'un bon nombre d'entre nous qui étions déjà familiarisés avec les systèmes d'adsorption utilisant le gel de silice, l'alumine activée et le charbon actif. Il n'est donc pas surprenant que certains opérateurs aient exprimé leurs inquiétudes et même leur mécontentement au sujet des tamis moléculaires, en ce qui concerne soit les performances routinières, soit la durée de vis du lit qui était plus courte que prévue.

Parmi les problèmes les plus fréquemment rencontrés, le plus important est le vieillissement prématuré du lit par contamination. Cette contamination est généralement

causée par l'entrée, et l'adsorption, de composée qui a un effet résiduel sur l'adsorbant, même après régénération.

III.1.5. 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 desséchant aux variations modérées de température, de débit ou de pression du gaz.
- ◆ simplicité de fonctionnement et de conception des unités.
- ◆ non corrosif et non toxique.
- ◆ pertes de charge modérées
- ◆ procédé présente les inconvénients suivants :
- ◆ coût initial important.
- ◆ besoins calorifiques pour la régénération relativement important.
- ◆ pertes de performances et d'efficacité avec le temps d'où nécessité de procéder à des changements

III.2. Procédé de deshydratation appliqué dans l'unité GPL2 :

III.2.1. Description :

Afin d'éviter la formation d'hydrates dans les équipements en aval, l'unité GPL-2 utilise le procédé d'adsorption par tamis moléculaires qui est généralement le procédé le plus utilisé.

La section de déshydratation est constituée de :

- ◆ Trois sécheurs à lit fixe contenant 36000 Kgs de tamis moléculaires de type 4A° chacun. En période de service deux sécheurs adsorbent en parallèle alors que le troisième est en phase de régénération
- ◆ Un refroidisseur de gaz de régénération pour refroidir les gaz chauds après désorption.
- ◆ Trois réchauffeurs de gaz de régénération.
- ◆ Deux filtres à poussières en aval des trois sécheurs qui sont destinés à retenir la poussière et les particules du produit desséchant d'un diamètre supérieur à 5 microns et ce pour éviter l'érosion des équipements tel le turbo- expandeur.

- ◆ Un hygromètre en ligne situé à la sortie de la section de déshydratation mesure la teneur en eau du gaz séché.
- ◆ Un ballon de régénération

Le gaz d'alimentation sort du collecteur de distribution 34'' vers les trois trains à 55°C et 97 bars eff et à une teneur en eau de 1600 ppmv. Il traverse de haut en bas les sècheurs qui réduisent la teneur en eau à moins de 1 ppmv.

Après être passé dans les filtres, le gaz d'alimentation est envoyé aux échangeurs de refroidissement de la section de liquéfaction. Une partie est prélevée pour servir de gaz de régénération, qui après séparation alimente les compresseurs de charge comme seconde aspiration.

III.2.2. Disposition des composants du lit :

La configuration interne des déshydrateurs est la suivante :

Les déshydrateurs comportent au fond des charpentes et des grilles de support métalliques sur lesquelles repose une couche de 175 mm de billes de céramique ½'' et 75 mm de céramique ¼''. Une grille de séparation sépare la céramique du lit de tamis moléculaires. Une seconde grille sépare le lit de tamis de la couche supérieure de céramique ½'' d'une hauteur de 150 mm.

La couche supérieure de céramique assure une bonne distribution du gaz à travers les déshydrateurs tandis que la couche inférieure est conçue pour assurer également une bonne distribution du gaz de régénération et absorber les chocs thermiques lors des passages de la phase d'adsorption à la phase de régénération (changement brusque de température).

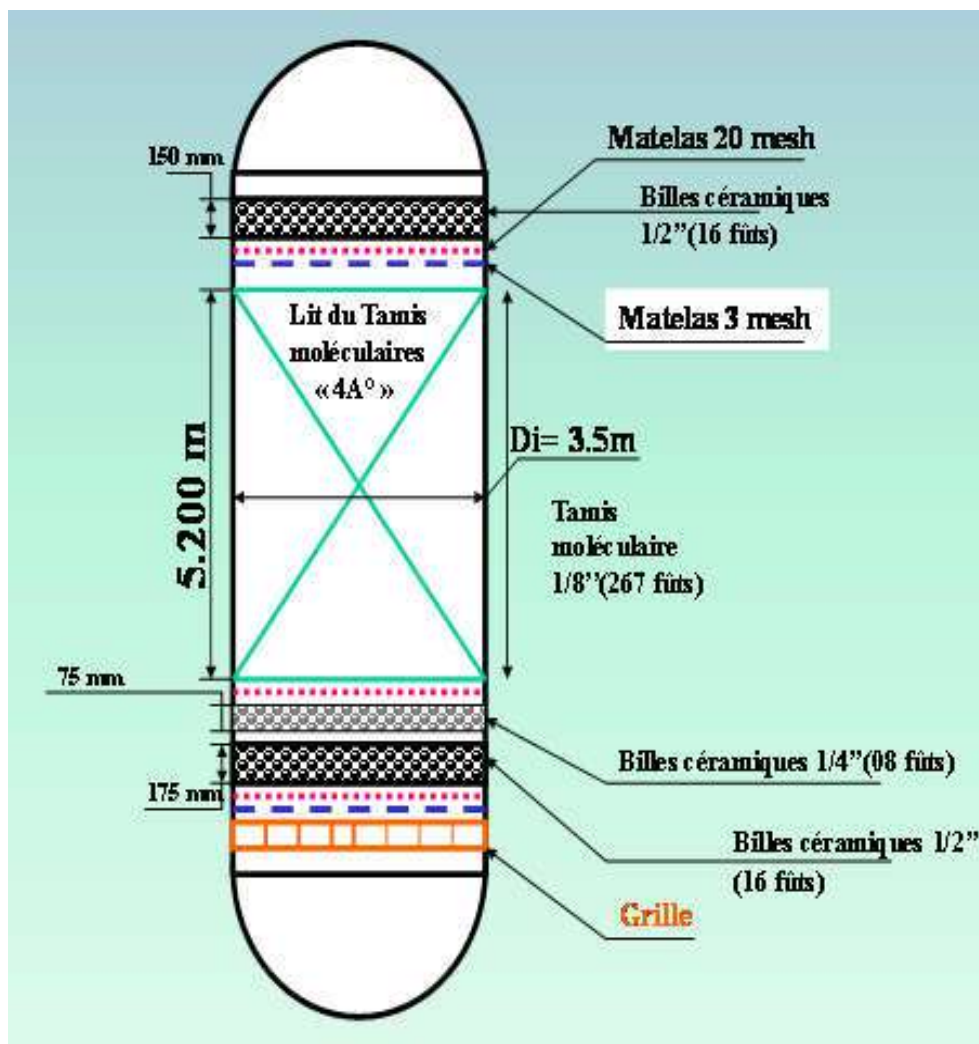


Figure III.2.2 :Schéma simplifié d'une coupe transversale d'un déshydrateur

III.2.3. Cycle de fonctionnement :

Les différentes phases de fonctionnement des déshydrateurs sont représentées dans le tableau ci- dessous

◆ Représentation graphique du cycle :

Temps	0	4	8	12	16	20	24
D 201 A	Service		Régénération		Service		Régénération
D 201 B	Régénération	Service			Régénération	Service	
D 201 C	Service	Régénération	Service			Régénération	Service

◆ **Températures de fonctionnement :**

En service (phase d'adsorption) 55°C.

En régénération (phase de chauffage) 275 °C.

La phase de régénération consiste en deux étapes :

- ◆ Une étape de chauffage qui dure 2 heures et 6mn.
- ◆ Une étape de refroidissement qui dure de 1 heure et 54mn.

◆ **Phase de chauffage se compose de trois séquences :**

◆ ***Heating rump up:***

Le lit est chauffé graduellement pendant 20mn, temps durant lequel la température du gaz de régénération passe de 180 à 275 °C.

◆ ***Heating steady :***

Chauffage du gaz de régénération avec une température constante de 275 °C pendant environ 1h 31mn.

◆ ***Heating rump down:***

La température du gaz de régénération diminue graduellement pendant 15 mn durant lesquelles la température passe de 275 à 200 °C.

Le cycle de refroidissement qui suit le cycle de chauffage, refroidit le lit à la température d'adsorption de 55 °C et dure 01h54mn.

Les étapes et les phases séquentielles de la régénération des sécheurs se font automatiquement à l'aide d'un timer contrôlé par le logogramme du système de contrôle DCS (Distributed Control System), comme indiqué dans la figure n°1 représentant les différentes étapes, séquence et temps de fonctionnement de la période de régénération.

Courbe de température

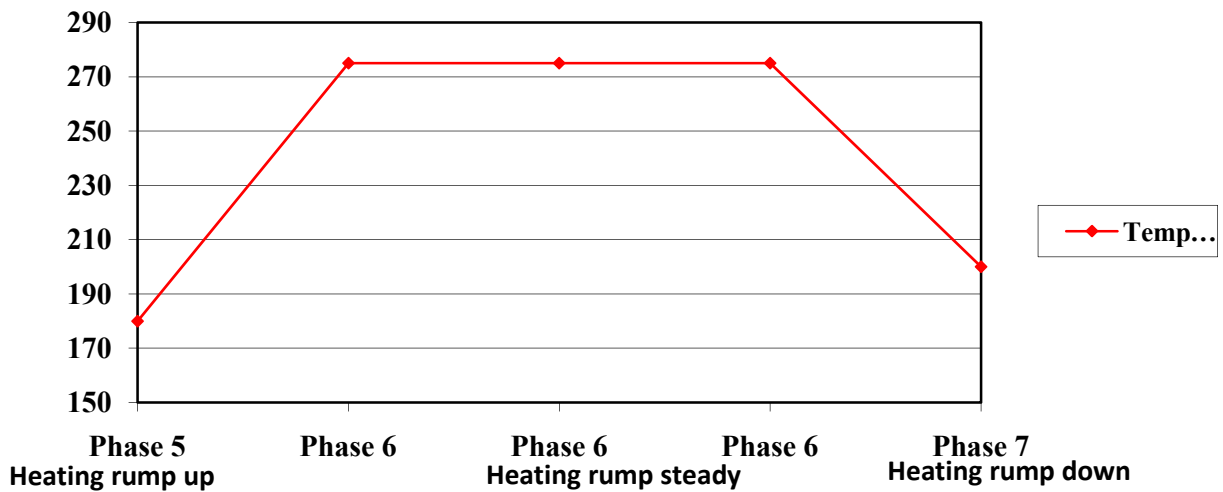


Figure III.2.4. Étude du système de déshydratation de l'unité GPL2

◆ Choix de l'adsorbant :

Les tamis moléculaires offrent une bonne déshydratation avec une sortie de gaz inférieure à 1 ppm.

Vu les caractéristiques spécifiques des tamis moléculaires décrits précédemment, il est évident qu'un tamis moléculaire de type 4A° (1/8") est parfaitement adapté pour le système de déshydratation et d'élimination de l'eau du gaz de charge de l'unité GPL-2 dont le point de rosée ne doit pas être supérieur à 70 °C.

◆ Disposition du lit :

Le système de déshydratation de l'usine GPL-2 présente une disposition à un seul lit dans lequel chaque sécheur est garni de tamis moléculaire type 4A° (extrudés de diamètre 1/8" soit 3.2 mm).

◆ Durée du cycle de déshydratation :

Le cycle d'adsorption est de 8 heures et correspond à la durée minimale généralement recommandée et utilisée. La durée de vie du tamis moléculaire est fonction du nombre de régénération. Plus le cycle est long et plus grande sera la durée de vie du tamis moléculaire par contre plus le cycle est court et plus grand sera le nombre de régénération et en conséquence un vieillissement prématuré du tamis moléculaire.

Pertes de charge◆ **Adsorption :**

La chute de pression maximale enregistrée est de 0.1 bar eff à travers tout le déshydrateur, valeur acceptable. Les espaces vides décroissants avec le temps (dus à l'encrassement) on peut s'attendre à ce que la chute de pression augmente à la fin de la vie du tamis.

◆ **Régénération :**

La chute de pression enregistrée au cours de la période de chauffage (étape 6) est de 0.2 bar eff est parfaitement acceptable. Puisqu'une chute de pression minimale de 0.002 bar eff théorique est exigée pour une distribution correcte du débit de régénération. Par conséquent, la distribution correcte des écoulements pendant la régénération ne pose pas de problème surtout étant donné que le débit de gaz de régénération est faible comparé au débit de gaz de charge.

Pendant le cycle de refroidissement la chute de pression est toujours inférieure à celle du cycle de chauffage, néanmoins, on peut s'attendre à ce que cette chute de pression augmente avec le vieillissement du tamis.

◆ **Température de régénération :**

La régénération des déshydrateurs (lits de tamis moléculaires) à l'unité GPL2 est basée sur une oscillation thermique. Puisque la pression de régénération est d'environ 95 bars eff, on peut s'attendre à ce qu'une température de 288 °C soit nécessaire pour une régénération adéquate (voir diagramme de Mollier pour la vapeur d'eau)

La conception actuelle de la phase de régénération des déshydrateurs de l'unité GPL- 2 prévoit une température de 275°C. Cette baisse de température est compensée par un temps de chauffage et un débit de régénération plus important, parce qu'aux pressions de régénération élevées, le procédé devient limité par la purge (débit du gaz) plutôt que par la température.

La procédure à oscillation thermique est très inadéquate pour la désorption des hydrocarbures lourds, et aboutit en une réduction de la durée de vie du tamis moléculaire à cause de l'encrassement des pores. C'est pour cette raison que dans l'usine GPL-2, la température de régénération est augmentée graduellement de 180 à 275°C durant les premières 20mn du cycle de chauffage.

Chapitre 04

The image features the text 'Chapitre 04' in a large, bold, sans-serif font. The text is rendered with a vertical gradient, transitioning from a dark brown at the top to a bright yellow at the bottom. Below the main text, there is a smaller, semi-transparent version of the same text, 'Chapitre 04', which is slightly offset and appears to be a shadow or a secondary layer of the title.

IV.1 Problématique

L'unité GPL-2 rencontre des perturbations au niveau des opérations de production, dont l'une d'entre elles est décelée dans la section déshydratation ; entre autre l'accumulation des bouchons d'hydrates, ce problème relatif aux entraînements d'eau provoquant la formation d'hydrates dans la zone cryogénique est dû à la présence d'eau libre. Les conséquences de ces bouchages provoquent des arrêts d'unité avec pertes de production considérables à savoir en GPL et C5+.

IV.1.1. Historique du problème d'entraînement d'eau dans les déshydrateurs

Depuis le démarrage de l'unité GPL2 et jusqu'à cette date, les sections de déshydrations des trois trains ont connu un problème de la formation d'hydrates à la partie cryogénique des trains et colmatage de filtres

Le premier bouchage a été remarqué la première fois le 18/06/97 lorsque la température ambiante est supérieure à 45 °C, la teneur en H₂O indiquée par l'hygromètre est de l'ordre de 204 ppm au lieu de 3 ppm tolérée, ce qui a engendré la formation d'hydrate remarqués au niveau des pompes d'alimentation et de reflux du dééthaniseur.

Les mesures prises pour atténuer le problème sont les suivantes :

- 1- Réduction de la charge entrée train dans le but d'avoir une meilleure déshydratation
- 2- dissociation des bouchons d'hydrates par chauffage
- 3- dissociation des bouchons d'hydrates par injection du méthanol

Une première modification a été faite au niveau du process en installant un pot de purge dans le collecteur 34" au niveau du refoulement des boosters ce qui a permis à améliorer les conditions d'exploitation mais le problème d'hydrates reste toujours posé (une première purge a été effectuée le 30/06/1997 au cours de laquelle une quantité d'eau très importante a été drainée). La teneur en eau faite par le laboratoire (CRD) le 09/07/1997 était de l'ordre de **10,8ppm.**

Une deuxième modification a été faite au niveau du process en installant deux (02) ballons de séparation à l'entrée de l'unité avant les boosters ce qui a permis à améliorer les conditions d'exploitation mais le problème d'hydrates reste toujours posé.

Ci-joint le tableau qui montre la teneur en eau sortie des déshydrateurs train 1

Tableau IV -1 : Teneur en eau dans le gaz d'alimentation Train 1 mois de septembre 2020

<i>Origine</i>	<i>Heure</i>	<i>Pmm v</i>	<i>Pression (bars)</i>
Sortie déshydrateur 12-D201A	10h45	87	95
Sortie déshydrateur 12-D201B	10h55	20	95
Sortie collecteur	11h10	27	95
Sortie déshydrateur 12-D201B	14h30	15	95
Sortie déshydrateur 12-D201C	14h35	10	90
Sortie collecteur	14h50	8	95

IV.2. Calculs :

Le calcul de dimensionnement d'un lit de tamis moléculaires consiste à suivre des procédures de design qui sont les suivantes

- Calcul de la teneur en eau (cas extrême maximum) à la saturation.
- Choix du cycle de fonctionnement
- Dimensionnement du diamètre du déshydrateur.
- Calcul des hauteurs et des quantités de tamis moléculaires.
 - ◆ Zone d'équilibre (saturée).
 - ◆ Zone de transfert de masse ZTM
- Calcul de la quantité de gaz nécessaire à la régénération du tamis moléculaires.
- Calcul des pertes de charge au travers des déshydrateurs.

1- calculs de la teneur en eau du gaz d'alimentation

Méthode empirique de Sharma & Campbell 1984

Une méthode développée par Sharma et Campbell pour prévoir la teneur en eau des sweet gaz et sour gaz, elle est basée sur la méthode dite **Réfraction Moléculaire de Eyckman (EMR)**.

$$Y_w = K * F_w * Z / F$$

Y_w : Teneur en eau ppmv.

K : Constante d'équilibre.

F_w : Fugacité de l'eau à P et T.

F : Coefficient de fugacité.

Le mélange de gaz est divisé en deux groupes :

Groupe 1: N₂, CO₂, CH₄

Groupe 2 :C₂H₆ et les hydrocarbures les plus lourds

Les calculs sont regroupés dans le tableau suivant

Tableau IV .2 : calcul de la teneur en eau par la méthode de RME

CALCUL DE LA TENEUR EN EAU PAR LA METHODE (RME)													
	Y	PM	Y.PM	Y*	RME	Y*RME	P _C	Y*P _C	T _C	Y*T _C	T _C /P _C	T _C /P _C (m)	RME (m)
N ₂	2.42	28,02	67.808	0.0336	9,407	0.3162	493	16.5703	227,6	7.6499			
CO ₂	2.07	44,01	91.101	0.0288	15,75	0.4528	1071	30.7913	547,9	15.7521			
C1	67.51	16,04	1082.860	0.9376	13,984	13.1119	667,8	626.1553	343,37	321.9571			
	72			1.0000		13.8809		673.5168		345.3591	0.51	0.3692	9.9943
C ₂	18.13	30,07	545.169	0.6475	23,913	15.4837	707,8	458.3005	550,09	356.1833			
C ₃	6.36	44,09	280.412	0.2271	34,316	7.7946	616,3	139.9881	666,01	151.2794			
IC ₄	0.53	58,12	30.804	0.0189	44,741	0.8469	529,1	10.0151	734,98	13.9121			
NC ₄	1.71	58,12	99.385	0.0611	44,243	2.7020	550,7	33.6320	765,65	46.7593			
IC ₅	0.27	72,15	19.481	0.0096	55,302	0.5333	490,4	4.7289	829,1	7.9949			
NC ₅	0.43	72,15	31.025	0.0154	55,267	0.8487	488,6	7.5035	845,7	12.9875			
C ₆	0.57	86,17	49.117	0.0204	65,575	1.3349	436,9	8.8940	913,7	18.6003			
C ₇	0	100,2	0.000	0.0000	75,875	0.0000	396,8	0.0000	972,8	0.0000			

	28			1.0000		29.5441		663.0622		607.7169	0.916	0.2566	8.2723
Total	100,00											0.6258	18.266

➤ **Détermination de la constante d'équilibre K :**

Connaissant les paramètres de service :

$P = 97 \text{ bars} = 1406.5 \text{ psia}$

$T = 55^\circ\text{C} = 591^\circ\text{R} = 131^\circ\text{F}$

D'après (l'annex n° 2) on trouve

$K = 0.0039$

➤ **Détermination du coefficient de compressibilité Z :**

🌈 Détermination de la pression et température réduites

Trm : Température réduite du mélange, elle est donnée par

T_{cm} : Température critique du mélange [242.73 K]

T : Température de service, [328.15 k]

$Trm = 1.352$

P_{rm} : Pression réduite du mélange, elle donnée par :

P_{cm} : pression critique du mélange [676,821 psia]

P : pression de service, [1406.5 psi]

$P_{rm} = 2,07$

Facteur de compressibilité est:

D'après l'abaque universel de l'annexe n3

A ($T_{rm} = 1,352$ et $P_{rm} = 2,07$) nous trouvons:

$Z = 0,72$

➤ **Détermination de la fugacité Fw**

A l'aide des deux paramètres de pression et de température de service $T = 131^\circ\text{F}$ (55°C) et $P = 1406.5 \text{ Psia}$ (97 bars), et à partir de (l'annex n° 5) on lit la valeur de Fw

$Fw = 626\text{Psia}$

➤ **Détermination du coefficient de fugacité F**

F / P en fonction de (Tr, Pr)

Lecture de F / P à partir de (l'annex n° 4),et est égale 0.72

P= 1406.5 psia, donc

$$F = 0.72 * 1406.5$$

$$F = 1012.68 \text{ Psia}$$

❖ **La teneur en eau sera donc ;**

$$Y_w = K * F_w * Z / F$$

$$Y_w = 0.0039 * 626 * 0.72 / 1012.68$$

$$Y_w = 0.00173579 = 1735.79 \text{ ppmv}$$

$$Y_w = 1735.79 \text{ ppmv}$$

La marge d'erreur de cette équation est de plus ou moins 5%

IV.2.- 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

IV.2.1- 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 valeur calculées par l'équation suivante :

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

C : constante

ρ_s : masse volumique du tamis moleculaires

ρ : masse volumique du gaz

dp : diamètre des particules

gc : accélération de la pesanteur

$$C = 0.033$$

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

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

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

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

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

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

- 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

$$Q = 109,41 \text{ Lb/ s}$$

$$S = 109,41 / 1,93$$

$$S = 56,69 \text{ ft}^2$$

Tableau IV .3 : le débit de chaque fraction avec différentes unités

Constituant	Mw	% mol	Nm ³ /hr	Sm ³ /hr	Sft ³ /hr	ft ³ /hr	Kmoles/hr	Kg/hr	Lb/hr
						P=1363psia T= 582 °R			

N2	28.02	2.34	7985.98	8424.77	297518.02	1964.90	356.52	9989.61	22022.94
CO ₂	44.01	2.02	6893.88	7272.67	256831.80	1696.19	307.76	13544.63	29860.30
C ₁	16.04	67.03	228760.8 4	241330.1 2	8522492.72	56285.12	10212.5 4	163809.10	361131.18
C ₂	30.07	18.38	62727.50	66174.07	2336915.06	15433.69	2800.33	84206.07	185639.48
C ₃	44.09	6.69	22831.72	24086.21	850596.39	5617.60	1019.27	44939.75	99073.53
iC ₄	58.12	0.59	2013.56	2124.19	75015.23	495.42	89.89	5224.47	11517.79
nC ₄	58.12	1.82	6211.32	6552.60	231402.91	1528.25	277.29	16116.16	35529.44
iC ₅	72.15	0.28	955.59	1008.09	35600.45	235.12	42.66	3077.93	6785.56
nC ₅	72.15	0.28	955.59	1008.09	35600.45	235.12	42.66	3077.93	6785.56
C ₆	86.17	0.29	989.72	1044.10	36871.89	243.51	44.18	3807.31	8393.55
C ₇	100.2	0.11	375.41	396.04	13985.89	92.37	16.76	1679.29	3702.13
H ₂ O	18.02	0.17	580.18	612.06	21614.56	142.75	25.90	466.73	1028.95
Total		100.00	341281.2 8	360033.0 0	12714445.3 6	83970.04	15235.7 7	349938.98	771470.41

Calcul du diamètre minimum du déshydrateur

Diamètre minimum du déshydrateur

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

$$D \text{ min} = 2 (56,69 / 3.14)^{0.5}$$

D min = 2.58 m

$$D \text{ min} = 8,49 \text{ ft}$$

Le diamètre réel du déshydrateur doit être supérieur au diamètre minimum qui est de 2.58m.

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

IV.2.4- Calcul de la quantité et de la hauteur de tamis moléculaire

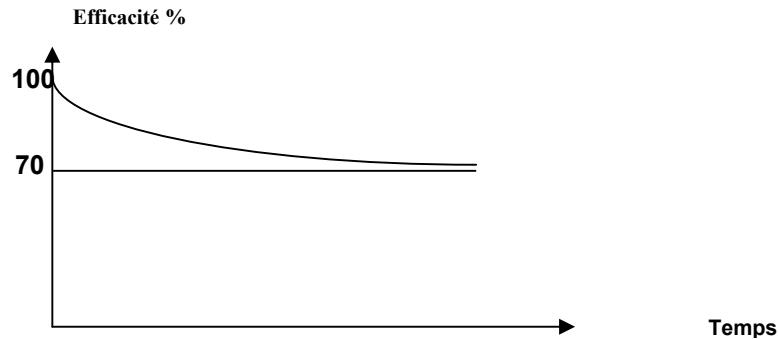
Quantité et hauteur de tamis moléculaires de la zone d'équilibre

◆ 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%.



✓ 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 minimes 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

• **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 = 466.73*Kg/Hr (voir tableau page)

$$Q_{\text{eau}} = 466.73 * 8/2$$

$Q_{\text{Eau}} = 1866.92 \text{ Kg}$

• **Calcul de la quantité de tamis moléculaires dans la zone d'équilibre**

Pour des raisons de sécurité de fonctionnement des déshydrateurs et pour palier à d'éventuelles défaillance 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 1866.92 Kg d'eau adsorbée

$$Q_E = 1866.92 * 100 * 1.1 / 15.2$$

$$Q_E = 13510.60 \text{ Kg}$$

- **Détermination de la hauteur de la zone d'équilibre dans le lit**

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

$$V = m / \rho$$

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

$$V = 13510.60 / 720 = 18.76 \text{m}^3$$

$$V = H_E * S$$

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

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

$$H_E = V / S$$

$$H_E = 18.76 / 9.62$$

$$H_E = 1.95 \text{ m}$$

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

Quantité équivalente :

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

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

Hz : 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 1028.95 Lb / hr.

Donc la quantité d'eau qui entre dans un sécheur est égale à 514.475Lb / hr.

La surface réelle d'un déshydrateur est de :

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

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

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

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

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

$$q = 514.475 / 103.45$$

$$q_{\text{eau}} = 4.973 \text{ Lb / hr} * \text{ft}^2$$

♦ **Calcul de la vitesse superficielle du gaz :**

$$Q = V * S$$

$$D'où : V = Q / S$$

Débit de gaz entrant dans un sécheur.

$$Q = 109.41 * 3600 / 9.62 = 40945.34 \text{ ft}^3 / \text{hr}$$

$$V = 40945.34 / 103.5 = 395.60 \text{ ft} / \text{hr}$$

$$V = 6.59 \text{ ft} / \text{mn}$$

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

$$\text{Log Hz} = 2.5806 + 0.7895 \log 4.973 - 0.5506 \log 6.59 - 0.2646 \log 100$$

$$\text{Log Hz} = 2.15$$

$$\text{Hz} = 141.253 \text{ inches (pouces)} \quad 1 \text{ ft} = 12 \text{ inches}$$

$$\text{Hz} = 11.77 \text{ ft} = 3.58 \text{ m}$$

$$H_{ZTM} = 3.58 \text{ m}$$

- Quantité de tamis de la zone de transfert de masse :

$$m. = \rho * V$$

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

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

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

$$m = 720 * 3.85 * 9.62$$

$$Q_{ZTM} = 26666.64 \text{ kg}$$

- Quantité et hauteur globales de tamis moléculaires

$$Q_T = Q_E + Q_{ZTM}$$

$$Q_T = 13510.60 + 26666.64$$

$$Q_T = 40177.24 \text{ Kg}$$

$$H_T = H_E + H_{ZTM}$$

$$H_T = 1.95 + 3.58$$

$$H_T = 5.53 \text{ m}$$

IV.2.5-Calcul des pertes de charge à travers le déshydrateur

Equation de la forme :

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

μ : Viscosité dynamique en Centipoises

Dg : Densité du gaz en Kg / m^3

V : Vitesse superficielle en m / mn ($V=6.59 \text{ ft}/\text{min}=2.00 \text{ m}/\text{min}$)

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

H : Hauteur en m

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

$$\Delta P / ht = 0.054 * 0.017 * 2.00 + 1.9 * 10^{-5} * 121.19 * (2.00)^2$$

$$\Delta P / ht = 0.011 \text{ bar / m}$$

d'où

$$\Delta P = 0.011 * 5.53$$

$$\Delta P = 0.0608 \text{ bar}$$

- Calcul des pertes de charge à travers les billes de céramique

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

Où :

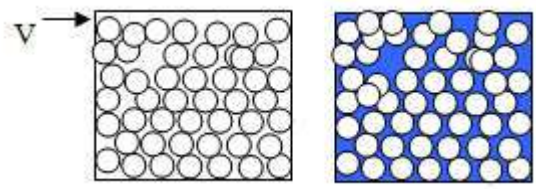
Dp : Diamètre équivalent des billes en mm

ξ : Pourcentage de vide

◆ **Determination de ξ**

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

A l'aide d'un autre bêcher gradué on verse de l'eau dans le récipient. L'eau va occuper es espaces vides entre les billes. On mesure ce volume qui est V1 et



$$\xi = V1 / V$$

Pour les billes de céramique 1/2' $\xi = 0.40$

Pour les billes de céramique 1/4'' $\xi = 0.37$

◆ **Détermination de μ**

μ est déterminée à l'aide de l'équation de Golubev suivante

$$Tr > 1 \quad \mu = (\mu_c^*) * Tr^{(0.71+0.29 / Tr)}$$

$$Tr < 1 \quad \mu = (\mu_c^*) * Tr^{0.965}$$

Dans notre cas, $Tr = 1.34$

$$\mu_c^* = (3.5 * M^{1/2} * P_c) / T_c^{1/6}$$

d'où

M : masse moléculaire

P_c : pression critique en atm

T_c : température critique en °K

μ : viscosité en micropoise

$$\mu_c^* = (3.5 * 22.62^{0.5} * 39.72) / 239.66^{0.16}$$

$$\mu_c^* = 275.16 \text{ micropoise}$$

$$\mu = (\mu_c^*) * Tr^{(0.71+0.29 / Tr)}$$

$$\mu = 275.16 * 1.34^{0.74}$$

$$\mu = 0.034 \text{ Cp}$$

• **Calcul des pertes de charge à travers les billes de céramique ½''**

$$\Delta P / (h_1 + h_2) = [0.025 (1 - 0.4)^2 / (0.4)^3 * (0.034 * 2.00 / 12.7)]$$

$$+ [(4.861 * 10^{-6} * 0.6 / (0.4)^3) * (154.9 * 2.00^2 / 12.7)]$$

$$\Delta P / (h_1 + h_2) = 0.0130 \text{ bar / m}$$

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

$$\Delta P = 0.0130 * 0.325$$

$$\Delta P = 0.004225 \text{ bar}$$

• **Calcul des pertes de charge à travers les billes de céramique ¼''**

$$\Delta P / h_3 = 0.025 (1 - 0.37)^2 / (0.37)^3 * (0.034 * 2.00 / 6.35) +$$

$$((4.861 * 10^{-6} * 0.63 / 0.37^3) * (154.9 * 2.00^2 / 6.35))$$

$$\Delta P / h_3 = 0.00666 \text{ bars / m}$$

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

$$\Delta P = 0.00666 * 0.075$$

$$\Delta P = 0.0004995 \text{ bar}$$

• **Pertes de charge totale au travers du déshydrateur**

$$\Delta P \text{ totale} = \Delta P \text{ tamis moléculaires} + \Delta P \text{ céramique}$$

$$\Delta P = 0.062 + 0.004225 + 0.0004995$$

$$\Delta P = 0.0667245 \text{ bar}$$

La perte de charge pratique réelle est de 0.1 bar

IV.2.6-Calcul du débit de gaz de régénération

➤ **Détermination de la chaleur spécifique (CP) du gaz de régénération**

Dans les conditions idéales le CP d'un gaz est donné par l'équation suivante :

$$CP^0 = A + BT + CT^2 + DT^3$$

A,B,C,D : Constantes pour un gaz donné

T : Température °K

CP⁰ en cal / mole °K

En tenant compte de l'effet de pression et de température un écart appelé

ΔCP est calculé en fonction de Tr et Pr

➤ **Détermination de CP⁰**

Pour un mélange de gaz l'équation de CP⁰ devient

$$CP^0 = \sum y_i * CP^0_i$$

Tableau IV .4 : Détermination de CP⁰

Constituant	Mw	% molaire	Coefficients				CP ₀	
			A	B	C	D	constituants	Mélange
N2	28,02	2.34	7,440	-3,24E-03	6,40E-06	-2,79E-09	2,854	0,067
CO2	44,01	2.02	4,728	1,75E-02	-1,34E-05	4,10E-09	17,271	0,349
C1	16,04	67.03	4,598	1,25E-02	2,86E-06	-2,70E-09	7,695	5,158
C2	30,07	18.38	1,292	4,25E-02	-1,66E-05	2,08E-09	23,158	4,256
C3	44,09	6.69	-1,009	7,32E-02	-3,79E-05	7,68E-09	40,721	2,724
iC4	58,12	0.59	-0,332	9,19E-02	-4,41E-05	6,92E-09	48,512	0,286
nC4	58,12	1.82	2,266	7,91E-02	-2,65E-05	-6,74E-10	36,537	0,665
iC5	72,15	0.28	-2,275	1,21E-01	-6,52E-05	1,37E-08	67,642	0,189

nC5	72,15	0.28	-0,866	1,16E-01	-6,16E-05	1,27E-08	65,903	<i>0,185</i>
C6	86,17	0.29	-1,054	1,39E-01	-7,45E-05	1,55E-08	79,055	<i>0,229</i>
C7	100,2	0.11	-1,229	1,62E-01	-8,72E-05	1,83E-08	92,108	<i>0,101</i>
Total								<i>14,210</i>

$CP^0 = 14.210 \text{ Cal / mole } * \text{ }^\circ\text{C}$

• **Détermination ΔCP**

$CP = CP^0 + \Delta CP$

ΔCP est donnée par l'équation de Benson

$\Delta CP = (\Delta CP)^0 + \omega (\Delta CP)^1$

Où

$(\Delta CP)^0$ et $(\Delta CP)^1$ sont des données en fonction de Tr et Pr

ω est appelé facteur acentrique et est donné pour chaque composant

Pour un mélange de gaz $\omega = \sum y_i * \omega_i$

Tableau IV .5 : Détermination de facteur acentrique

Calcul de la déviation de CP en tenant compte du gaz réel			
	Y	Ωi	y*ωi
N2	2,34	0,04	<i>0,000936</i>
CO2	2,02	0,225	<i>0,004545</i>
C1	67,03	0,008	<i>0,0053624</i>
C2	18,28	0,098	<i>0,0179144</i>
C3	6,69	0,152	<i>0,0101688</i>
iC4	0,59	0,176	<i>0,0010384</i>
nC4	1,82	0,193	<i>0,0035126</i>
iC5	0,28	0,227	<i>0,0006356</i>

nC5	0,28	0,251	<i>0,0007028</i>
C6	0,29	0,296	<i>0,0008584</i>
C7	0,11	0,351	<i>0,0003861</i>
			<i>0,0461</i>

$$T_c = 436.914 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$P_c = 676,821 \text{ Psi (résultats de la page37)}$$

$$P \text{ régénération} = 93.6\text{bars abs} = 1357.2 \text{ psi}$$

$$T \text{ régénération} = 275 \text{ }^\circ\text{C} = 987 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$D'o\grave{u} Tr = 987/436.914 = 2.26$$

$$Pr = 1386.2/576 = 2.005$$

Lecture de $[(CP - CP^0)/R]^0$

$$Pr = 2.005... \text{ et } Tr = 2.26$$

$$(\Delta CP)^0 / R = [(CP - CP^0)/R]^0 = 0.446$$

$$(\Delta CP)^0 = 0.446 * 1.987 = 0.886 \text{ cal / mole * }^\circ\text{C}$$

Lecture de $[(CP - CP^0)/R]$

$$[(\Delta CP)^1 / R = (CP - CP^0)/R]^1 = 0.126$$

$$[(\Delta CP)^1 = 0.126 * 1.987 = 0.25 \text{ cal / mole * }^\circ\text{C}$$

$$\Delta CP = 0.886 + (0.0461 * 0.25) = 0.897 \text{ cal / mole * }^\circ\text{C}$$

$$CP = 14.21 + 0.897 = 15.107 \text{ cal / mole * }^\circ\text{C}$$

Poids moléculaire du mélange de gaz

$$PM = 22.62 \text{ g / mole}$$

$$CP = 15.107 / 22.62$$

$$CP = 0.667 \text{ cal / g * }^\circ\text{C}$$

La chaleur fournie par le gaz de régénération servira outré de désorber l'eau à réchauffer :

- La céramique

-Le tamis

- La virole du déshydrateur
- Les hydrocarbures Co-adsorbés

➤ Calcul des quantités de chaleur

- Quantité de chaleur nécessaire pour chauffer le lit de tamis Moléculaires

$$Q_{tm} = M_{tm} * C_{p_{tm}} * (T \text{ régénération} - T \text{ adsorption})$$

Où :

$$T \text{ régénérations} = 260 \text{ } ^\circ\text{C} = 500 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T \text{ adsorptions} = 55 \text{ } ^\circ\text{C} = 131 \text{ } ^\circ\text{F}$$

M_{tm} : masse du tamis moléculaire contenu dans le déshydrateur (Lb)

$C_{p_{tm}}$: chaleur spécifique du tamis moléculaire (Btu /Lb $^\circ\text{F}$)

$$C_{p_{tm}} = 0.2 \text{ Btu} / \text{Lb} * ^\circ\text{F}$$

$$Q_{tm} = 39000 * 0.2 * (500 - 131) / 0.454$$

$$Q_{tm} = 6339647.58 \text{ Btu}$$

- Quantité de chaleur absorbée par le métal (virole)

Où :

$$Q_{me} = M_{me} * C_{p_{me}} * (T \text{ régénération} - T \text{ adsorption})$$

M_{me} : masse du déshydrateur à vide (Lb)

$C_{p_{me}}$: Chaleur spécifique du métal (Btu / Lb $^\circ\text{F}$)

$$C_{p_{me}} = 0.12 \text{ Btu} / \text{Lb} * ^\circ\text{F}$$

$$Q_{me} = 326340 * 0.12 * 369 = 14450335.2 \text{ Btu}$$

$$Q_{me} = 14450335.2 \text{ Btu}$$

- Quantité de chaleur absorbée par les billes de céramique

$$Q_c = M_c * C_{p_c} * (T \text{ régénération} - T \text{ adsorption})$$

Où

M_c : masse totale de la céramique (Lb)

C_{p_c} : Chaleur spécifique de la céramique (Btu / Lb °F)

- Calcul de la masse de céramique

$$m_c = V_{c'} * \rho_c$$

Où

V_c : volume de céramique

$V_{c'}$: volume réel de céramique

ρ_c : masse volumique de céramique

$$\rho_c = 2300 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

$$V_c = S * h$$

S : section du déshydrateur

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

h : hauteur de céramique

$$V_{c'} = V_c * (1 - \xi)$$

ξ : Pourcentage de vide

- Masse de céramique 1/2 ‘‘

$$\xi = 0.4$$

$$1 - \xi = 0.6$$

$$\text{Hauteur de céramique } 1/2 \text{ ‘‘} = 0.175 + 0.150 = 0.325 \text{ m}$$

$$V_{c1} = 9.62 * 0.325 = 3.13 \text{ m}^3$$

$$V'_{c1} = 3.13 * 0.6 = 1.87 \text{ m}^3$$

$$M_{c1} = 4301 \text{ Kg}$$

$$M_{c1} = 1.86 * 2300$$

❖ Masse de céramique ¼’’

$$\xi = 0.37$$

$$1 - \xi = 0.63$$

$$\text{Hauteur de céramique } \frac{1}{4}'' = 0.075 \text{ m}$$

$$V_{c2} = 9.62 * 0.075 = 0.7215 \text{ m}^3$$

$$V'_{c2} = 0.72 * 0.63 = 0.4545 \text{ m}^3$$

$$M_{c2} = 0.4545 * 2300$$

$$M_{c2} = 1045.35 \text{ Kg}$$

❖ Masse totale de céramique

$$M_c = M_{c1} + M_{c2}$$

$$M_c = 4301 + 1045.35$$

$$M_c = 5346.35 \text{ Kg}$$

▪ Quantité de chaleur absorbée par la céramique

$$Q_{\text{céramique}} = M_c * C_{p_c} * (T_{\text{régénération}} - T_{\text{adsorption}})$$

$$C_{p_c} = 0.25 \text{ Btu / Lb } ^\circ\text{F}$$

$$Q_c = 5346.35 * 0.25 * (500 - 131) / 0.454$$

$$Q_c = 493200.788 \text{ Btu}$$

▪ Quantité de chaleur nécessaire pour désorber l'eau

$$Q_e = (M_e [(C_{p_e} * \Delta T) + \Delta H_e])$$

Où

M_e : quantité d'eau adsorbée par cycle (lb)

C_{p_e} : chaleur spécifique de l'eau (Btu / Lb °F)

ΔH_e : chaleur latente de désorption de l'eau (Btu / Lb)

$$C_{p_e} = 1 \text{ Btu / Lb } ^\circ\text{F}$$

$$Q_e = 4115.85 [(1 * (500 - 131)) + 580]$$

$$Q_e = 3905941.65 \text{ Btu}$$

▪ **Quantité de chaleur nécessaire pour désorber les hydrocarbures**

On supposera que la quantité d'hydrocarbures adsorbée représente 10% de la masse d'eau adsorbée par les tamis moléculaires.

$$m_h = 0.1 * m_e$$

$$Q_h = M_h [(C_{p_h} * \Delta T) + \Delta H_h]$$

Où :

M_h : quantité d'hydrocarbure adsorbée par cycle (Lb)

C_{p_h} : chaleur spécifique du gaz (Btu/ Lb $^\circ$ F)

ΔH_h : chaleur latente de désorption des hydrocarbures (Btu / Lb)

$$M_h = 0.1 * 4115.85 = 411.585 \text{ Lb}$$

$$C_{p_h} = 0.68 \text{ Btu / Lb } ^\circ\text{F}$$

$$Q_h = 411.585 [(0.68 * (500 - 131) + 100)]$$

$$Q_h = 144529.209 \text{ Btu}$$

▪ **Calcul des pertes de chaleur au travers du déshydrateur et des conduites**

On suppose que les pertes de chaleur au travers les parois du déshydrateur et les conduites sont estimées à 5% de la quantité de chaleur globale calculée.

▪ **Quantité de chaleur totale à fournir**

$$Q_f = (Q_{tm} + Q_{mc} + Q_c + Q_e + Q_h) / 0.95$$

Q_f : Quantité de chaleur totale à fournir

$$Q_f = (144529.209 + 3905941.65 + 493200.788 + 14450335.2 + 6339647.58) / 0.95$$

$$Q_f = 26667004.6 \text{ Btu}$$

En prenant un chauffage de 2h 06 mn équivalent à 2.1 heures :

$$Q_{\text{chauffage}} = Q_{\text{fournie}} / 2.1$$

$$Q_{\text{ch}} = 26667004.6 / 2.1$$

$$Q_{\text{ch}} = 12698573.6 \text{ Btu}$$

▪ **Calcul du débit de gaz de régénération en phase de chauffage**

$$Q_{ch} = M_{ch} * C_{p_{ch}} * \Delta T_{ch}$$

Où :

M_{ch} : débit de gaz de régénération calculé (Lb / hr).

$C_{p_{ch}}$: chaleur spécifique du gaz de régénération (Btu / Lb°F)

ΔT_{ch} : Différence de température moyenne entrée sortie gaz de régénération

$$T_e = 260 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_s = 180 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ch} = 154.47 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$C_{p_{ch}} = 0.69$$

$$M_{ch} = Q_{ch} / C_{p_{ch}} * \Delta T_{ch}$$

$$M_{ch} = 12698573.6 / (154.47 * 0.69).$$

$$M_{ch} = 119141.121 \text{ Lb / hr}$$

Dans les calculs le débit de gaz de régénération est majoré et nous prenons une valeur supplémentaire de 5% par rapport au débit calculé.

$$M'_{ch} = M_{ch} * 1.05$$

$$M'_{ch} = 119141.127 * 1.05 = 125098.183 \text{ Lb / hr}$$

$$M'_{ch} = 2016449.31 * 0.454 = 5679.45751 \text{ Kg / hr}$$

$$M'_{ch} = 58737.10 / 22.97 = 247.2554 \text{ mole / hr}$$

$$M'_{ch} = 2596.8 * 23.646 = 5846.6021 \text{ Sm}^3 / \text{hr}$$

$$M'_{ch} = 5846.602 \text{ Sm}^3 / \text{hr}$$

✓ Résultats et comparaison avec les valeurs de design

Tableau IV.6 : Résultats et comparaison avec les valeurs de design

	Actuelle	Design	
Teneur en eau	1735.79	1600	Ppmv
Quantité de tamis	40177.24	36000	Kg
Hauteur de tamis	5.53	5.20	M
Pertes de charge	0.066	0.1	Bar
Débit de gaz de régénération	5846.602	53000	Sm ³ / hr

Conclusion générale

Après avoir étudié les dispositifs de séchage et déterminé leur taille, on peut conclure que le problème de la rétention d'eau et de la formation d'hydrates dans les pièces refroidies ne vient pas de la réduction de la taille des sécheurs.

Il sera nécessaire de revoir le fonctionnement, la conception et le dimensionnement du séparateur d'eau (SLUG-CATCHER)

Le changement de qualité du tamis moléculaire et le passage de sa forme cylindrique à sa forme sphérique pour récupérer la plus grande quantité d'eau possible.

L'eau libre et les hydrocarbures lourds rendent le tamis friable et réduisent sa résistance mécanique, ce qui expliquerait en partie la formation de masse présente lors des opérations de vide. Pour réduire la gravité du problème, il serait souhaitable d'appliquer une couche de protection d'alumine ou d'alumine activée pour protéger les filtres.

Maintenance efficace de l'échangeur E201 et changement de méthode de nettoyage de l'équipement avec un bassin chimique pour éliminer le blocage entre les tuyaux.

Référence bibliographie :

[1] Document interne de l'unité GPL-2_CIS_HMD

[2] livres : « La combustion dans les fours et les chaudières » (G.MONNOT).

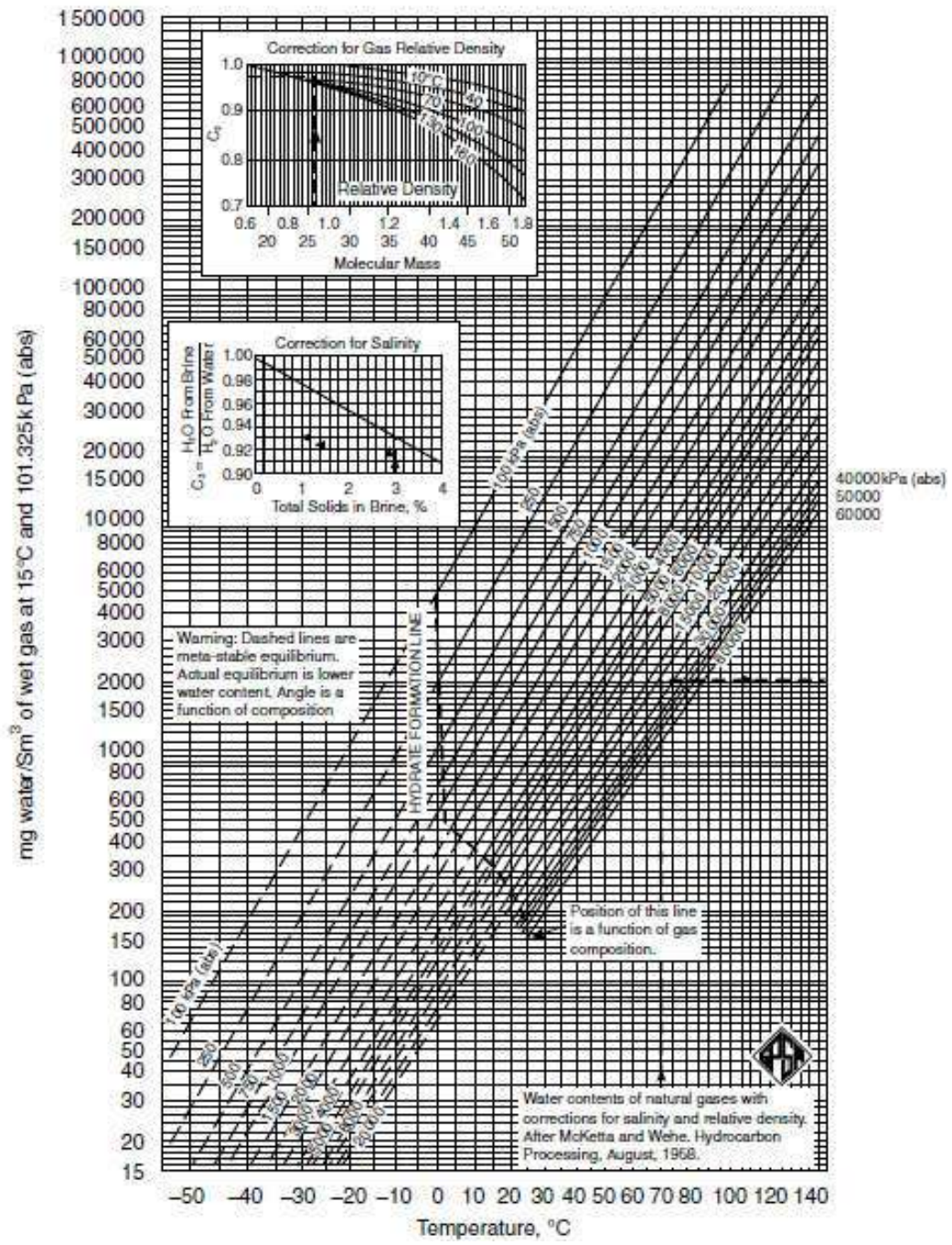
« Énergies renouvelables et carburants alternatifs : de nouvelles énergies pour l'avenir (SVEN GEITMAN) ».

[3] <http://fr.exceptionalenergy.com>

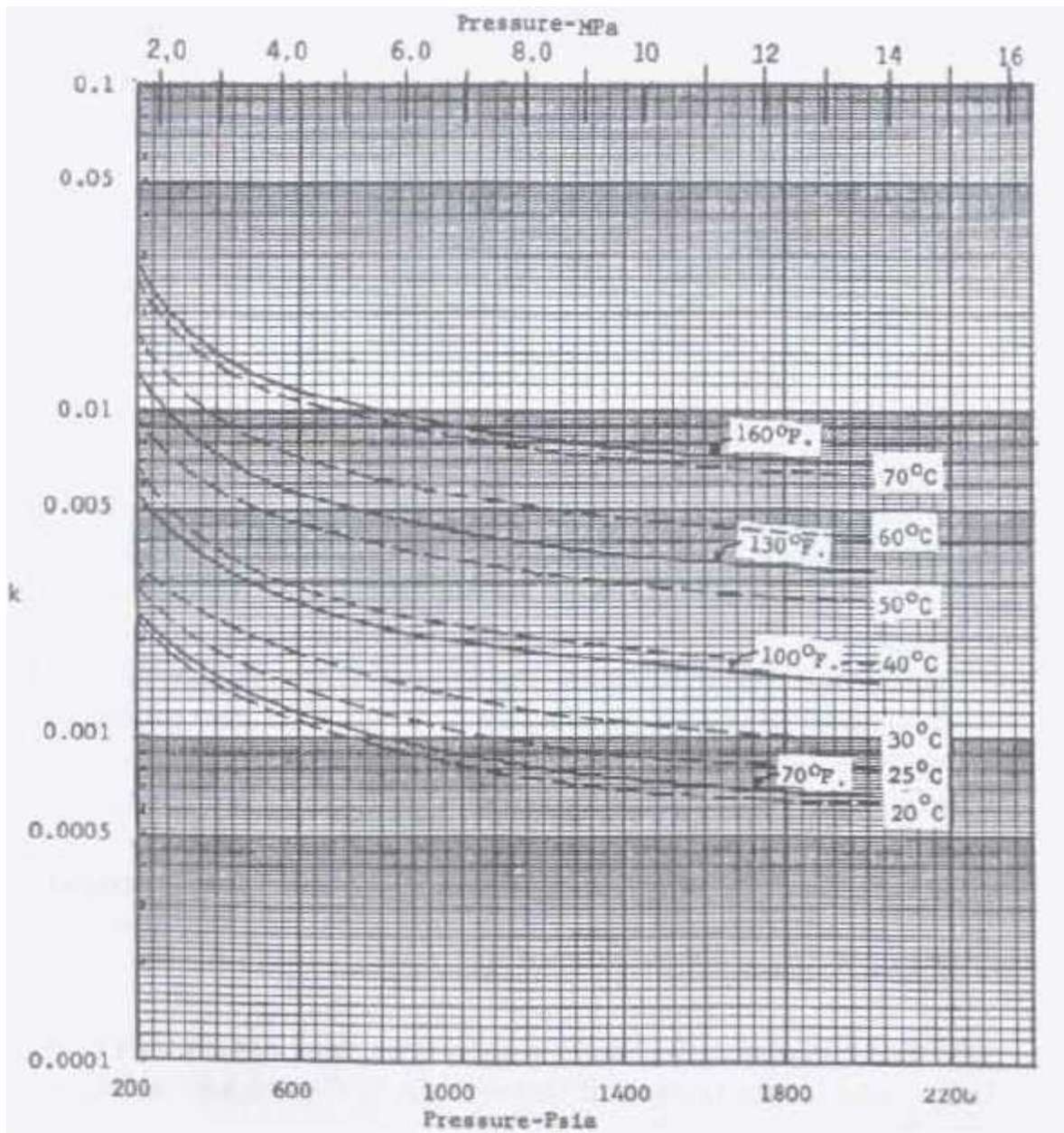
[4] journal « El Watan », 4 décembre 2011.

[5] livre « le raffinage du pétrole, exploitation et gestion de la raffinerie » Vol 5 (J.-P-Favenec).

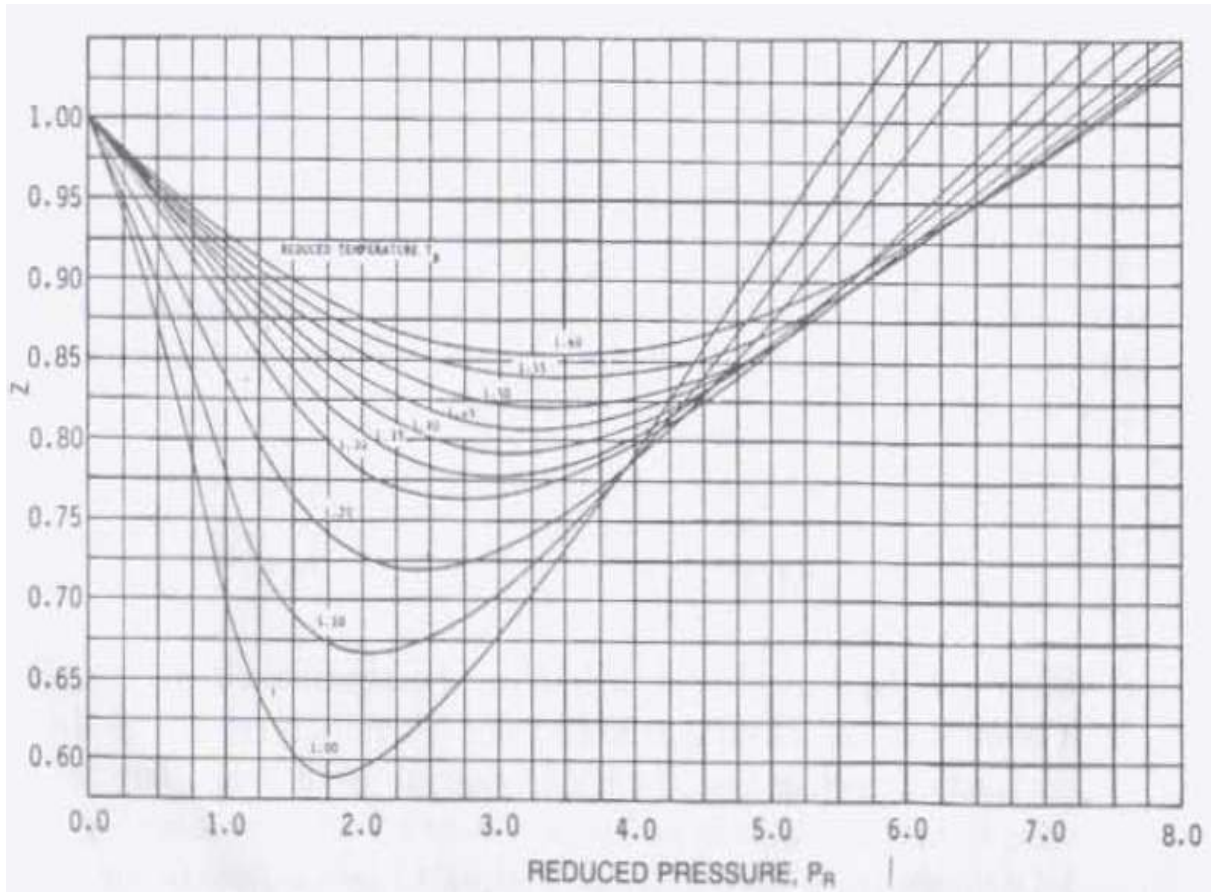
[6] .Nacer ; dimensionnement des colonnes d'adsorption ; IAP ; 2002



Abaque 1. Graphe de McKetta-Wehe pour l'estimation de la teneur en eau d'un gaz



Abaque n :2 .Coefficient K en fonction de la température



Abaque 3. Facteur de compressibilité Z pour la méthode EMR

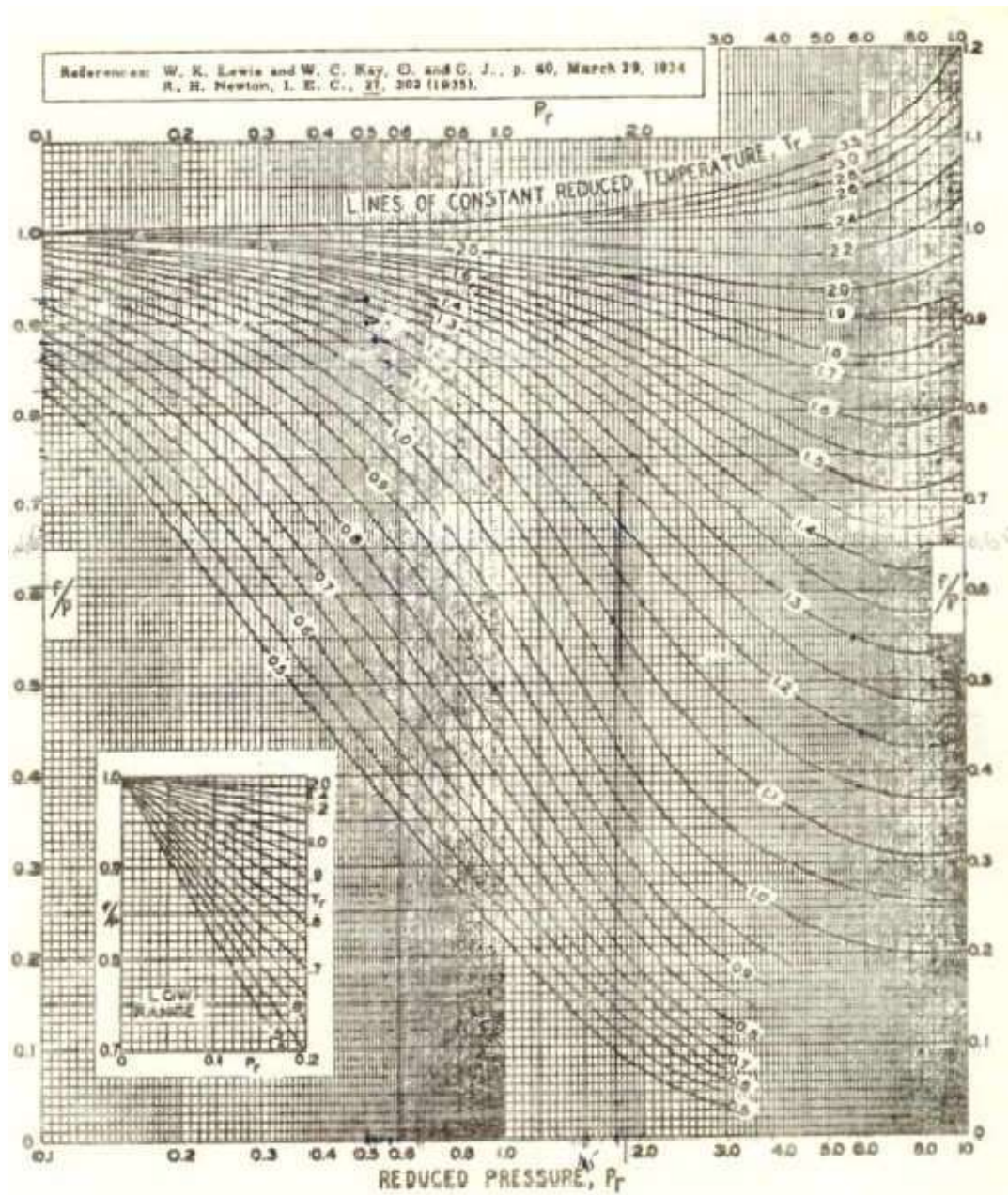
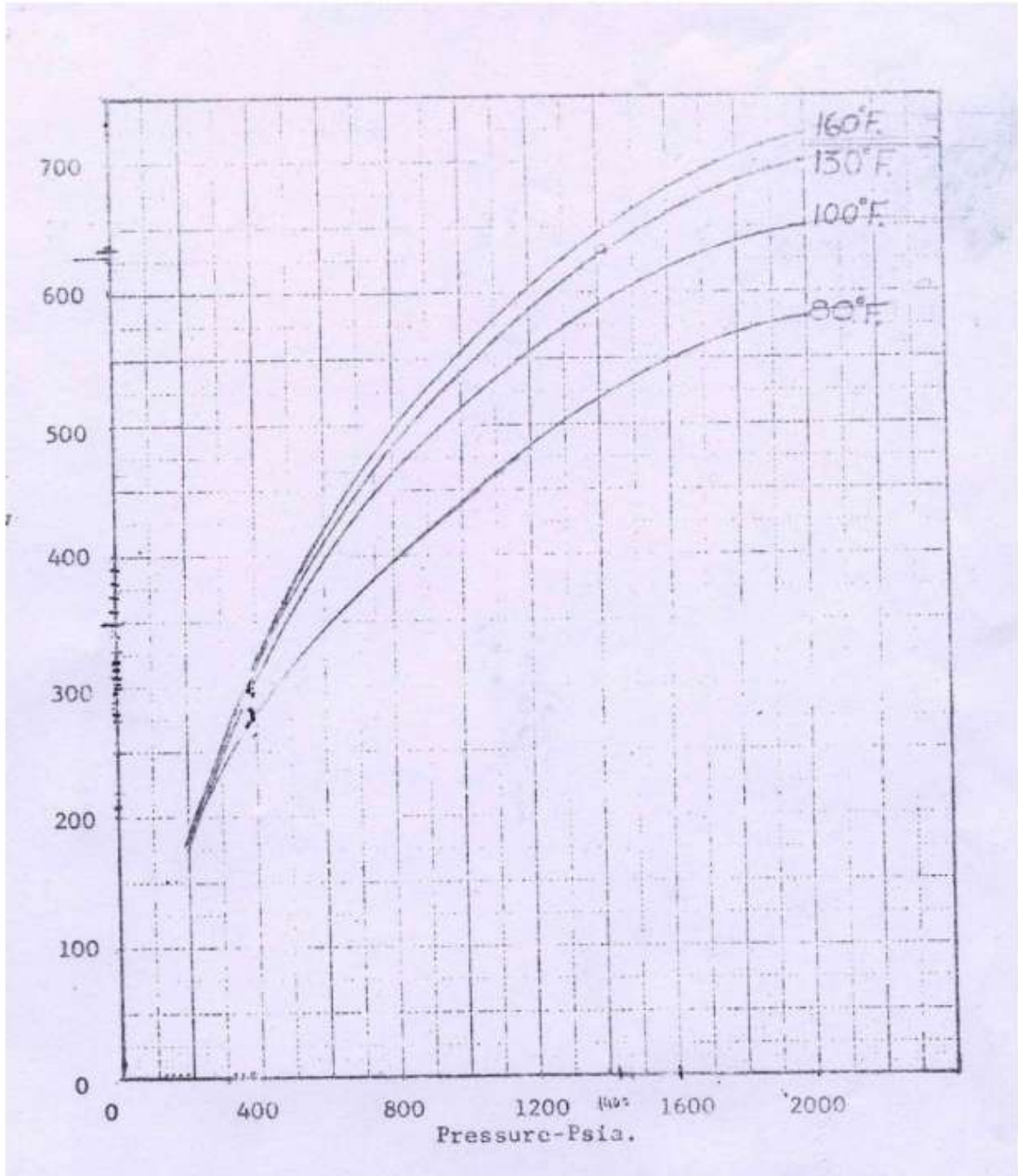


Figure 14-28. GRAPHIQUE DE COEFFICIENT DE FUGACITE

Abaque 6. coefficient de fugacité



Abaque 5 : fougasité de l'eau

Résumé :

Le présent travail d'étude a pour objet l'analyse des causes menant à la dégradation prématurée des tamis moléculaires installés au sein de l'unité de traitement de gaz naturel de GPL2 (Hassi-Messaoud).

Ce thème se partage en deux parties:

La première partie est consacrée à

- ◆ Généralités
- ◆ La présentation descriptive de l'unité GPL-2
- ◆ La description de la section déshydratation
- ◆ La présentation des problèmes rencontrés en faisant apparaître la façon par lesquels ils ont été pris en charge tout en essayant par la même occasion de justifier les solutions envisagées.

La deuxième partie est relative à la théorie des adsorbants et des tamis moléculaires en particulier.

Pour la bonne compréhension du phénomène d'adsorption, il sera utile de présenter une étude sur le phénomène et sa mise en œuvre.

La troisième partie de ce thème est consacrée à l'étude de la déshydratation dans l'unité GPL-2 et aux calculs de dimensionnement afin de vérifier la conformité du design.

Pour cela un nouveau redimensionnement sera fait en tenant compte des calculs suivants :

- ◆ Dimensionnement du déshydrateur
- ◆ Hauteur (quantité) de tamis moléculaires dans chaque déshydrateur
- ◆ Pertes de charge au travers des déshydrateurs
- ◆ Débit de gaz de régénération

A la fin de cette étude certaines suggestions seront exposées

Mots Clés :

Déshydratation, tamis moléculaires, adsorption, vérification, dimensionnement,

المخلص

لغرض من هذه الدراسة هو تحليل الأسباب المؤدية إلى التحلل المبكر للمناخل الجزيئية المثبتة في وحدة معالجة الغاز الطبيعي LPG2 (حاسي مسعود).

هذا الموضوع مقسم إلى 3 أجزاء:

الجزء الأول مخصص ليعام - عرض وصفي لوحدة - GPL-2 وصف قسم الجفاف عرض المشكلات التي تمت مواجهتها من خلال إظهار الطريقة التي تم بها العناية بها وفي نفس الوقت محاولة تبرير الحلول المتصورة. الجزء الثاني يتعلق بنظرية الممتزات والمناخل الجزيئية على وجه الخصوص لفهم ظاهرة الامتزاز بشكل جيد ، سيكون من المفيد تقديم دراسة حول الظاهرة وتنفيذها .

الجزء الثالث من هذا الموضوع مخصص لدراسة الجفاف في وحدة GPL-2 وحسابات التحجيم من أجل التحقق من مطابقة التصميم.

للقيام بذلك ، سيتم إجراء تغيير حجم جديد مع مراعاة الحسابات التالية:

-حجم المجفف - ارتفاع (كمية) المناخل الجزيئية في كل مجفف - ينخفض الضغط من خلال المجففات - تجديد - تدفق الغاز سيتم تقديم بعض الاقتراحات في نهاية هذه الدراسة

الكلمات الدالة:

الجفاف ، المناخل الجزيئية ، الامتزاز ، التحقق ، التحجيم

Abstract

The purpose of this study is to analyze the causes leading to the premature degradation of molecular sieves installed in the LPG2 natural gas treatment unit (Hassi-Messaoud).

This theme is divided into 3 parts:

The first part is devoted to

-General -Descriptive presentation of the GPL-2 unit -Description of the dehydration section

The presentation of the problems encountered by showing the way in which they were taken care of while at the same time trying to justify the solutions envisaged.

The second part relates to the theory of adsorbents and molecular sieves in particular.

For a good understanding of the adsorption phenomenon, it will be useful to present a study on the phenomenon and its implementation.

The third part of this topic is devoted to the study of dehydration in the GPL-2 unit and the sizing calculations in order to verify the conformity of the design.

To do this, a new resizing will be done taking into account the following calculations:

-Sizing of the dehydrator-Height (quantity) of molecular sieves in each dehydrator-
Pressure drops through the dehydrators-Regeneration gas flow

At the end of this study some suggestions will be presented

Keywords :

Dehydration, molecular sieves, adsorption, verification, sizing.