

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



CENTRE UNIVERSITAIRE DE OUARGLA

Institut de chimie industrielle

Mémoire de fin d'étude

Effectué à l'unité GPL-2: D.O.P/HMD
En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

Spécialité: Chimie industrielle

Option: Génie chimique

Thème

**ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA VARIATION DU
POIDS MOLECULAIRES DES GAZ
D'ALIMENTATION SUR LE RENDEMENT DU G.P.L
PRODUIT**

Réalisé par :

M^r HAMMAR Achour
M^r RAHMANI Salah eddine

Encadré par:

M^r GUERRAF Noureddine C.U.O
M^r ZEROUK Mouhamed D.O.P/HMD

Année 2000

DEDICACES

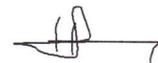
✿ Il faut vivre ses rêves et non pas rêver sa vie ✿

- ☞ A ceux, à qui je dois mon éducation, ma réussite, ceux qui m'ont appris l'honnêteté, le sens des valeurs et du devoir, mes chers PARENTS.
- ☞ A mes grands-parents.
- ☞ A mes frères : Malek, Ridha, Nassim.
- ☞ A toute la famille Hammar où qu'il se trouve.
- ☞ A M^{lle} Fadila et sa petite famille.
- ☞ A mes amis : La famille Ihadadène, Belaid et sa fiancée Samia, Nabil, Hakim, Yassin, Raouf, Lamine, Salim, Toufik, Riadh, Fawzi, Nadir, Tarik, Belaid, la promotion 5^{ème}, 4^{ème} et 3^{ème} année chimie industrielle.
- ☞ Une pieuse pensée pour ma grand-mère "yema tassaadit", que Dieu lui accorde sa miséricorde et l'accueil dans son vaste paradis.

A tous, je dédie ce travail.

Hammar Achour.

Septembre 2000.



DEDICACE

- ♥ *A mes chers parents ;*
 - ♥ *A mes frères et mes sœurs ;*
 - ♥ *A ma petite Rahoua ;*
 - ♥ *A mes proches ;*
 - ♥ *A tous mes amis A, B, C, ..., Z ;*
- A tous, je dedie ce travail.*

SALAH-EDDINE . R
OCTOBRE 2000

REMERCIEMENTS

Au terme de travail, présenté dans le cadre du projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, nous tenons à exprimer notre profond remerciements :

A notre encadreur Gherraf Nour-eddine qui a bien voulu guider nos pas.

A Mr Zerrouk M^{ed} de l'accueil qu'il nous a réservé au sein de l'entreprise, et d'avoir accepter de nous encadrer.

A Mr Arbaoui.N qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail, et de nous donner de précieux conseils.

A Malek pour l'aide qu'il nous a apporté.

A Mr Laroussi, Zerrouk. M^{ed} (petit) , H.Nacer et da-saleem pour leurs soutiens.

Nous tenons à remercier tous le personnel du C.I.S et C.I.N.A chacun par son nom :

Mrs : Mansouri.L, Hadj Hamza,Aouadi, Bensaid, Bouchemla, Chadli, El-hadj.K, Guechou.M, Hadj Kador, Manaoui, Menasria, Moulehcène, Lassoued, Loucif, Laouar

A Ait hellel, Adel et les tablotistes du C.I.S/ DP.

On remercie respectueusement M^{lle} Righi et M^{me} Ait Soura pour leurs encouragements.

Finallement, nous adressons nos remerciements à tous les enseignants, le personnel de la bibliothèque et les travailleurs de C.U.O

Sommaire

Avant propos	
Introduction	1
Chapitre I	Généralités
I-1. Le pétrole	
I-1-1.Définition.....	2
I-1-2.Processus de formation des hydrocarbures.....	2
I-1-3.Formation et accumulation.....	2
I-1-4.Nature de pétrole.....	3
I-1-5.Raffinage.....	4
I-2. Gaz naturel	
I-2-1.Définition.....	5
I-2-2.Origine.....	5
I-2-6.G.N.L.....	5
I-3. G.P.L	
I-3-1.Définition.....	6
I-3-2.Origine.....	6
I-3-3.Nature des gaz de pétrole liquéfié (G.P.L.).....	6
I-3-4.Propriétés de G.P.L	7
I-3-5.Utilisation des G.P.L.....	9
I-3-6.Stockage.....	10
I-3-7.Sécurité.....	10
I-4. Condensât	
I-4-1.Définition.....	11
I-4-2.Propriétés physique.....	11

Chapitre II

Partie théorique

II-1.La chromatographie:

II-1-1.Définition.....	12
II-1-2.Classification des techniques chromatographiques.....	12
II-1-3.Applications de la chromatographie.....	13
II-1-4.La chromatographie en phase gazeuse-liquide.....	13
II-1-5.Phénomène de séparation.....	14
II-1-6.Composition et fonctionnement d'un chromatographe C.P.G.....	14
II-1-7.Le chromatogramme.....	19
II-1-8.Grandeurs élémentaires de la chromatographie C.P.G.....	19
II-1-8-1.Analyse Qualitative.....	19
II-1-8-2.Analyse quantitative.....	20

II-2.Equilibre liquide-vapeur

II-2-1.Changements d'états.....	22
II-2-2.Calcul d'équilibre liquide- vapeur.....	23
II-2-3.Les équations de bilan.....	24
II-2-4.Calcul du point de bulle.....	24
II-2-5.Calcul du point de rosée.....	25
II-2-6.Vaporisation partielle a pression et température donnée.....	26
II-2-7.Détermination des quantités (V) et (L).....	26

II-3.Séparateur

II-3-1.introduction.....	27
II-3-2.Principe de séparation.....	27
II-3-3.Séparateur gaz-liquide.....	27
II-3-4.Description des ballons séparateurs.....	28
II-3-5.Choix des ballons.....	28
II-3-6.Equipement des séparateurs.....	29
II-3-6-1.Equipement interne.....	29
II-3-6-2.Tubulure.....	29

Chapitre III	Process	
III- Description de l'unité GPL-2		
III-1. Introduction.....		33
III-1/ - Section de boosting.....		34
III-2/ - Section de déshydratation.....		34
III-3/ - Section de réfrigération et de fractionnement.....		35
III-4/ - Section de recompression.....		35
III-5/ - Section d'huile chaude.....		36
III-6/ - Section de production de propane et du butane.....		36
III-7/ - Section de stockage.....		36
Chapitre IV	Partie pratique	
IV-1 Méthodes d'échantillonnage.		
IV-1-1 Introduction.....		38
IV-1-2 Récipients d'échantillonnage.....		38
IV-1-3 Canalisation pour échantillonnage.....		38
IV-1-4 Procèdes d'echontillonnage.....		39
IV-1-5 Sécurité.....		40
IV-2.Appareillage.....		41
IV-3.Resultats chromatographique.....		43
IV-4.Vérification des dimensions du ballon d'aspiration.....		55
IV-4-1.Calcul de flash.....		55
IV-4-2.Dimensionnement du ballon.....		61
Conclusion et Recommandation.....		64
Bibliographie		
Annexes		

Avant propos

Actuellement le G.P.L représente 2% de la consommation énergétique mondiale, et la demande qui augmente à un rythme bien supérieur à celui de la demande énergétique totale a atteint 165 millions de tonnes en 1995.

Le principale facteur de cette croissance n'est pas seulement sa qualité de combustible propre, efficace et compatible, mais aussi l'importance et les nombreux projets d'investissements consentis dans ce domaine.

L'Algérie est le deuxième pays exportateur du G.P.L. au monde après l'Arabie saoudite, sa production nationale a augmenté de 330000 t en 1975 à 5.6 MT en 1996, cet accroissement est du à la mise en place d'unités d'extraction au niveau des champs suivants : Hassi-r'mel en 1979 ; Alrar en 1985 ; Haoudh-berkaoui en 1993 ; Hamra en 1995 et Hassi- messaoud en 1997.

La production nationale connaîtra une évolution variant de :

- A moyen terme : doublement de la production qui passera de 5 MT à plus de 10 MT en 2001, l'apport de nouveaux champs étant de plus de 30%.

- A long terme : la production de G.P.L atteindra un niveau de plus de 10.5 MT en 2006, avec la possibilité de production additionnelle issue des nouvelles découvertes au bassin de Ghedamés.

A noter que ceci concerne l'évolution de la production des G.P.L aux champs, qui d'ailleurs présente plus de 79 % de la production nationale, outre 10 % qui sont issue des raffineries de Skikda, Arzew et Alger, et 11 % des complexes de liquéfaction de gaz naturel d'Arzew et de Skikda. [9]

Introduction :

Le champ de Hassi-Messaoud dispose de 2 complexes industriels :

- Complexe Industriel Sud (C.I.S) ;
- Complexe Industriel Nord (C.I.N.A).

Ces complexes se composent des installations suivantes :

- Unités de separation avec bacs de stockage et d'expédition ;
- Unités de stabilisation de condensât ;
- Unités de récupération de GPL ;
- Unités de réinjection de GAZ ;
- Raffinerie (C.I.S seulement).

Chaque complexe est relié à des unités de séparation et de compression sur champ appelées « Unités Satellites ».

Chacun des complexes expédie l'huile de stockage ainsi que le GPL vers la station de Haoud-El-Hamra (H.E.H). Le gaz résiduel de l'unité est envoyé vers la station de compression .

L'unité GPL-2 plantée à CIS est conçue pour la production du GPL exprimé en terme de rendement variant entre 75 et 85% , il existe des périodes où le rendement présente des anomalies et peut varier entre 50 et 90%, chose qui a falsifié les calculs et remet en cause la méthode d'échantillonnage utilisée pour les analyses, pour cette raison il nous a été demandé d'étudier les causes probables pouvant influencer sur l'évolution du rendement.

Durant notre présence à l'unité GPL-2, en discutant avec les exploitants sur le problème, nous avons établi un plan de travail qui consiste à :

- 1- Procéder à plusieurs campagnes d'échantillonnage en continu ;
- 2- Faire un bilan matière de l'unité ;
- 3- Suivre de près la variation de la charge arrivant à l'unité.

Chapitre I

Chapitre I

Généralités sur:

- Le pétrole.
- Le gaz naturel.
- G.P.L.

I-1.Le pétrole [1,3,4,5]

I-1-1.Définition :

Le pétrole brut est un fluide constitué principalement de composés hydrocarboniques parfois organiques soufrés, oxygénés ou azotés.

Il est plus ou moins visqueux, avec une densité (0.80 à 0.95) inférieure à celle de l'eau, de couleur très foncée ou noir, onctueux au toucher et doué d'une odeur âcre caractéristique.

On le trouve dans des gisements enfouis sous la surface des continents ou au fond des mers dans des bassins sédimentaires ou, il occupe le vide des roches poreuses appelées roches réservoirs.

I-1-2.Processus de formation des hydrocarbures :

Deux hypothèses sont énoncées pour expliquer l'origine du pétrole. Celle de l'origine organique, et celle de l'origine minérale. Mais la première hypothèse est la mieux confirmée car on y trouve des matières qui ne peuvent être synthétisées que par les êtres vivants, comme les isoprinoïdes issus de la chlorophylle.

I-1-3.Formation et accumulation :

Le pétrole s'est formé sous la surface de la terre, à la suite de la décomposition d'organismes et d'espèces planctoniques, pendant plusieurs millions d'années, qui s'accumulèrent et se mélangèrent à la boue et au limon pour former des couches de sédiments, riches en matières organiques, le kerogène. L'accumulation continue de sédiments enfouit ces couches organiques à des grandes profondeurs, et sous l'effet de la compression celles-ci se transformèrent en roches qui deviennent des réservoirs de pétrole appelés roches mères. La température élevée et l'action des bactéries anaérobiques entraînent la

transformation des matières d'origine organique en substances plus simples appelées les hydrocarbures.

I-1-4.Nature de pétrole :

Chaque gisement de pétrole est constitué par un mélange d'hydrocarbures formés par de nombreuses combinaisons de l'atome tétravalent (C) et l'atome monovalent (H). Suivant la prédominance de l'un des composés caractéristiques, on peut classer les pétroles comme suit:

A- Bruts paraffiniques :

- Les normales paraffines: hydrocarbures saturés à chaîne droite de formule générale C_nH_{2n+2} .
- Les isoparaffines: hydrocarbures saturés à chaîne ramifiée, qui présentent le plus souvent un groupement méthyle sur un atome c de la chaîne principale.

B- Bruts naphteniques : Ce sont des hydrocarbures saturés cycliques de formule générale C_nH_{2n} .

C- bruts aromatiques : Ces hydrocarbures sont polyinsaturés, leur formule générale: C_nH_n

D- bruts sulfureux : Le soufre est l'élément le plus abondant après le H et C (0.2%;5%),ces hydrocarbures contiennent de l'hydrogène sulfure et des mercaptants formes par la fixation de soufre sur un hydrocarbure.

E- bruts particuliers :

- Composés oxygénés qui sont en générale les acides carboxyliques et les phénols.
- Composés métalliques sous forme de sels dissous dans l'eau et sous forme organométallique .

D'autre part, les autres hydrocarbures absents sont synthétisés à l'aide de la pétrochimie comme les oléfines et acétylènes.

I-1-5.Raffinage :

Le pétrole n'est pas directement utilisable sauf parfois comme combustible. Pour cela on le valorise dans des raffineries. Le raffinage a pour objectif de transformer par des opérations physico-chimiques le pétrole brut en centaines de produits et de matières commercialisables.

Le raffinage couvre trois procédés essentiels qui sont:

1-Procédés de séparation :

Le principe consiste à réaliser des séparations (liquide- -vapeur ; liquide - liquide ; liquide - solide) qui ont une composition en hydrocarbures différentes l'une de l'autre. Parmi ces procédés on cite :

La distillation atmosphérique, la distillation sous vide, l'extraction, la cristallisation, ..etc.

2-Procédés d'épuration :

Ces procédés ont pour but de débarrasser les produits traités des effluents liquides et gazeux, et des composés indésirables qui y sont contenus. Parmi ces procédés on cite : dessalage, désulfuration, ..etc.

3-Procédés de conversion :

Les proportions des produits obtenus par séparation ne coïncident pas avec le profil des besoins du marché ni en qualité ni en quantité. Les procédés de conversion effectuent des transformations moléculaires qui accomplissent cette adéquation, parmi ces procédés il y a le craquage thermique, le craquage catalytique, synthèse des gaz et reformage.

I-2.Gaz naturel [1,5,9]

I-2-1.Définition:

Le gaz naturel est un mélange d'hydrocarbures à l'état gazeux, appartenant à la famille des alcanes de formule générale C_nH_{2n+2} avec $n \geq 5$. 80% de sa composition est du méthane. C'est un combustible propre dont la consommation est en augmentation continue, il se trouve dans les roches réservoirs des gisements souterrains.

I-2-2.Origine:

Le gaz naturel s'est formé de la même manière que le pétrole. Sous l'effet de la pression élevée, de la température (supérieure à 120°C) ainsi que de l'absence totale d'oxygène, les hydrocarbures liquides formés subissent des ruptures des liaisons C-C. Bien qu'il existe des réservoirs de gaz naturel, de nombreux gisements sont constitués, par un mélange de pétrole et de gaz associés.

I-2-3.G.N.L:

Les techniques de liquéfaction, de stockage et de transport de gaz naturel à l'état liquide, ont pris une place de plus en plus grande dans le développement de l'industrie de gaz naturel.

La transformation momentanée du gaz naturel en liquide en diminue le volume ($1m^3$ de GNL, à $-160^\circ C$, sous la pression atmosphérique; équivaut à $600m^3$ de gaz dans les conditions normales) et dans certains cas, rend économiques les opérations de transport maritime et de stockage.

I-3. Gaz pétrole liquéfié G.P.L [3,7,9,10]

I-3-1.Définition:

On appelle gaz de pétrole liquéfié (G.P.L), un mélange d'hydrocarbures gazeux à la température ordinaire et à la pression atmosphérique, qui ont la propriété de passer à l'état liquide sous une faible pression. Cette propriété leur confère l'avantage d'être stockés et transportés à l'état liquide.

I-3-2.Origine:

Les gaz liquéfiés sont obtenus après diverses opérations de traitement du gaz naturel et/ou du pétrole. Les deux tiers environ des G.P.L. dans le monde sont produits à partir des usines de gaz naturel et un tiers est issu des raffineries de pétrole brut. En Algérie la majeure partie des G.P.L. provient des champs pétroliers 79% ; 10% est produit au niveau des raffineries et 11% dans les complexes de gaz naturel.

I-3-3.Nature des gaz de pétrole liquéfié (G.P.L.) :

Les gaz liquéfiés, d'après leurs proportions ou leurs compositions en hydrocarbures, portent le nom de l'hydrocarbure qui prédomine, ils sont classés en :

- Gaz Propane : Présente une quantité importante de propane (C_3H_8), les butanes et plus (C_4+) moins de 25% et les ethanes et moins (C_2-) jusqu'à 1%
- Gaz Butane : Composé principalement de butane (C_4H_{10}) du propane et moins (C_3-) jusqu'à 3% et du pentane et plus (C_5+) moins de 1.5%.
- Gaz Bupro : Contient plus de 65% de propane et moins de 25% de butane ainsi que des traces d'éthanes et de pentane (< 2 %).

La composition moyenne de ces mélanges n'est pas rigoureusement constante, toutefois les variations restent dans les limites telles que le fonctionnement des appareils d'utilisation n'en soit pas perturbé.

I-3-4. Propriétés de G.P.L :

I-3-4-1. Propriétés chimiques:

- Le Propane et le Butane ne sont pas toxiques.
- A l'état naturel, ils sont inodores, mais pour des raisons de spécification, ils doivent présenter une odeur caractéristique.
- Ils sont incolores, à l'état liquide ou gazeux.
- Non corrosifs vis-à-vis des aciers.
- Ils dissolvent les graisses, les huiles et les vernis.
- A l'état gazeux, ils se dissolvent dans l'eau.
- A l'état liquide, ils dissolvent l'eau.

I-3-4-2. Propriétés physiques :

Composition		pourcentage (%)
Méthane	C1	0.44
Ethane	C2	2.36
Propane	C3	69.42
Isobutane	iC4	5.36
Normobutane	nC4	22.15
Pentane	C5	Traces

- Viscosité :

Température (°C)	Viscosité (cst)
10	0.264
20	0.205
30	0.247
40	0.225
50	0.190

- Masse volumique :

- Densité liquide 590.0 kg/m³ à 0 °C
- 535.0 kg/m³ à 25 °C
- Densité gaz 2.4 kg/m³ à 0 °C

- Tension de vapeur:

- . 11.0 Bars abs à 40 °C
- . 7.5 Bars abs à 25 °C

- Chaleur spécifique:

- . 0.55 Kcal/kg à 0 °C

- Chaleur de vaporisation:

- . 90 Kcal/kg à 0 °C

- Limite d'inflammabilité:

- Inférieur (LII) : 2.16 %
- Supérieure (LIS) : 9.14 %

- Température:

- T. d'ébullition : -13 °C
- T. critique : 135 °C
- T. d'auto-ignition : 286 °C

- Poids moléculaire :

. 54 kg/kmoles

- Pression critique :

. 40 Atm

- Tension superficielle :

. 0.014 N/M à 0 °C

- Limite de toxicité :

. TLV / STEL : 1656 mg /m3

TLV : Threshold limit value (Valeur limite de concentration)

STEL : Short Time Exposure Limit

- Pouvoir calorifique : 2 à 3 fois supérieures à celui du gaz naturel qui est de 9.370 Kcal/kg

I-3-5. Utilisation des G.P.L :

I-3-5-1. G.P.L combustible :

D'une façon générale, les G.P.L sont utilisés pour produire de la chaleur dans les secteurs résidentiels et commerciales.

- Butane commercial : Il sert à multiples usages domestiques, cuisine, chauffage, éclairage.

- Propane commercial: Il est surtout destiné aux utilisations industrielles chauffage, découpage de chalumeau.

I-3-5-2.G.P.L produit pétrochimique:

10% de G.P.L sont consommés comme charge pétrochimique, l'éthylène est fabriqué à partir du propane, et le MTBE (méthyltertiobutyléther) fabriqué à partir du butane et aussi dans la fabrication des détergents et des aérosols.

Dans la raffinerie le butane est utilisé pour ajuster la tension de vapeur des carburants.

I-3-6. Stockage:

Le G.P.L. est stocké à l'état liquide sous une pression de 14 à 14.5 bars à la température ambiante, ce qui permet d'avoir un volume plus réduit (plus de 250 fois). Les réservoirs utilisés pour le stockage sont de formes sphériques ou bien cylindriques à axe horizontal (cigare) à des capacités différentes, revêtus d'une peinture qui réfléchit la chaleur et munis d'une soupape de sécurité, jauge et soupape d'exploitation.

I-3-7. Sécurité:

Le G.P.L. peut présenter un risque d'incendie dès qu'une fuite se produit ou dès que le gaz s'échappe dans l'atmosphère.

- Leurs vapeurs sont plus lourdes que l'air, ce qui provoque son accumulation dans les points les plus bas. Donc il faut éviter les cavités, aérer, et ventiler les endroits pollués.
- Il a une viscosité faible, ce qui le rend un fluide qui présente beaucoup de fuites. Donc il faut éviter au maximum les assemblages non soudés.
- Ne jamais remplir les réservoirs à plus de 85%.
- Purger les canalisations de liquide après dépotages afin d'éviter les risques de rupture des réservoirs s'ils sont surremplis.
- Baisser la pression (tension de vapeur) en refroidissant les réservoirs au moyen des rampes, car en été et en cas d'incident la pression dans les réservoirs s'élève
- Éviter les sources chaudes en présence du propane, car il s'auto-inflamme lorsque la température dépasse 450 °C.
- Effets anesthésiques.

I-4. Condensât

I-4-1. Définition:

Le condensât est une phase liquide légèrement jaunâtre, inflammable et volatile, qui accompagne le gaz naturel lors de sa sortie des puits de production. Il est constitué essentiellement de C₅+ (pentane, hexane, heptane, octane, nonane).

I-4-2. Propriétés physique

- Densité varie de 0.70 à 0.72 à 20 °c
- Température initiale d'ébullition égale à 28°c
- Température finale d'ébullition égale à 220°c
- Température d'auto- inflammable : 380 à 450°c (condensât vapeur).

Chapitre II

Chapitre II

Partie théorique:

- La chromatographie.
- Les séparateurs.
- Equilibre liquide-vapeur.

II-1. La chromatographie : [2,5,6,8,11]

II-1-1. Définition:

La chromatographie est une méthode analytique pour séparer, identifier et quantifier les composés d'un mélange.

Les substances à séparer sont réparties dans deux phases, ils sont en solution dans la phase mobile liquide ou gazeuse, celle-ci s'écoule sur une phase stationnaire liquide ou solide.

D'après leurs affinités, les substances en solution sont plus ou moins retenues par la phase stationnaire, ce qui rend possible leur séparation car le temps de migration de chaque soluté est spécifique.

II-1-2. Classification des techniques chromatographiques :

Les techniques chromatographiques peuvent être réparties, soit en fonction de la nature physique des phases, soit selon le phénomène physico-chimique mis en œuvre ou bien selon le procédé utilisé.

1/ Classification selon la nature physique des phases : On distingue quatre types de chromatographie.

- Chromatographie liquide-liquide.
- Chromatographie liquide-solide.
- Chromatographie Gaz-liquide.
- Chromatographie Gaz-solide.

2/ Classification selon le phénomène chromatographique :

- Chromatographie d'adsorption.
- Chromatographie de partage.

3/ Classification selon le procédé utilisé :

- Chromatographie sur colonne.
- Chromatographie sur papier.
- Chromatographie sur couche mince.

II-1-3.Applications de la chromatographie :

La chromatographie est largement utilisée en laboratoire et dans l'industrie pour l'analyse des aliments, des stupéfiants, des produits pétroliers, des produits de fission radioactive et des produits pharmaceutiques, elle nous permet ainsi :

- De déterminer quantitativement et qualitativement les constituants d'un mélange.
- L'analyse de trace (limites de détection aux environs de 10^{-10} g).
- La détermination de la cinétique d'une réaction par dosage des produits de réaction en fonction du temps.

II-1-4.La chromatographie en phase gazeuse-liquide :

La chromatographie en phase gazeuse (gaz-liquide) est une technique très répandue et son développement est due à son extrême sensibilité, à sa polyvalence, à la rapidité de mise au point d'analyses nouvelles. Les possibilités d'automatisation de cette technique augmentent encore son intérêt. La séparation sur la colonne se faisant sur des composés qui doivent être à l'état gazeux.

La phase mobile (gaz vecteur) entraîne l'échantillon (mélange gazeux) dans la colonne qui renferme un granulé imprégné de liquide appelé phase stationnaire. Et par suite des équilibres qui s'établissent entre les deux phases, on arrive à la séparation des composés du mélange.

Un détecteur analyse en continue la phase mobile à la sortie de la colonne et y révèle la présence des substances qui sortent à des temps différents.

II-1-5. Phénomène de séparation :

Le phénomène de séparation mis en jeu dans la chromatographie gaz-liquide est le phénomène de partage entre deux phases non miscibles, les substances à séparer sont solubles dans ces deux phases mais leur solubilité est différente, (chaque soluté a son coefficient de partage spécifique) les solutés sont ainsi distribués entre les deux phases en proportion définie, et avec le flux de la phase mobile l'équilibre s'établit entre les concentrations continuellement ce qui rend ce phénomène un processus dynamique.

II-1-6. Composition et fonctionnement d'un chromatographe C.P.G.

Un appareil de CPG comprend en général (voir figure : II-1-1) : gaz vecteur (1), régulateur (2), chambre d'injection (3), colonne (4), détecteur (5), amplificateur électronique (6), enregistreur-intégrateur (7), imprimante (8).

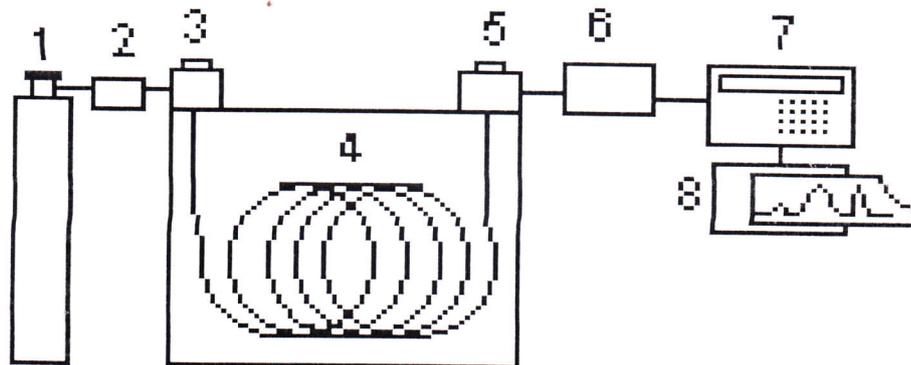


Fig : II-1-1. Construction d'un chromatographe.

La phase mobile qui entraîne l'échantillon dans la colonne, à une vitesse déterminée, appelé gaz vecteur.

L'analyse débute par l'introduction de l'échantillon sous forme liquide ou gazeuse, dans l'injecteur. Ce dernier permet de le porter à l'état vapeur et de l'amener dans le flux gazeux en tête de la colonne. A la sortie de la colonne le détecteur mesure la quantité de chaque substance en signal produit qui en est proportionnel, ce signal est amplifié, et reproduit sur l'enregistreur pour être évalué à l'aide d'un intégrateur.

a-Gaz vecteur :

Le gaz vecteur est d'origine industrielle (He, N₂, H₂...), il est conservé dans des bouteilles métalliques sous des pressions allant de 1 à 4 bars, cette bouteille est munie d'un régulateur pour contrôler le débit désiré du gaz.

Le gaz doit répondre à certaines exigences :

- Il ne doit pas contenir des traces d'eau.
- Avoir une très grande pureté.
- Inerte vis-à-vis des substances à chromatographie.
- Avoir une très faible viscosité.

b-Chambre d'injection :

L'échantillon à analyser est injecté dans l'appareil à l'aide d'une microsiringue sous des volumes allant de 1 à 10 [l], la chambre d'injection est maintenue à une température relativement élevée de 20 à 30°C supérieur à celle de la colonne, cette chambre ayant pour fonction :

- De vaporisation instantanée de l'échantillon introduit.
- D'assurer l'homogénéité des vapeurs avec le gaz vecteur.
- D'entraîner le mélange en tête de colonne.

c-Four:

Le four est une enceinte destinée à recevoir les colonnes et à les porter à la température désirée (entre 40 et 450°C stabilisée au 1/10 de degré). L'atmosphère de ce four est brassée en permanence par un système de ventilation.

d-Colonne:

La colonne est un tube étroit destiné à contenir la phase stationnaire elle est en verre, en aluminium, en acier inoxydable,...etc, les parois ne doivent produire aucun effet catalytique. On distingue deux types de colonnes :

- **Colonne remplie** : Elle est d'un diamètre de 3.18 à 6.35 mm et de 0.5 à 6 m de long. Elle contient un support inerte permettant l'imprégnation de la phase stationnaire.

- **Colonne capillaire** : Elle est de diamètre de 0.1 à 0.35 mm et de longueur de 15 à 100 m, elle est en verre de silice revêtue extérieurement d'un polymère ou d'aluminium, ici c'est les parois du tube qui jouent le rôle de support pour la phase stationnaire, l'efficacité de cette colonne peut atteindre 150000 plateaux.

e-phase support :

Elle est constituée par de petites particules solides de très grande stabilité thermique, inertes physiquement et chimiquement. Pour une bonne efficacité il est nécessaire que la surface du support soit grande (1 à 20 m²/g).

f-Phase stationnaire :

Ce sont des composés liquides de viscosité élevée qui recouvrent toute la surface de la phase support et qui adhèrent très fortement.

Le succès de la séparation dépend du choix de cette phase et le choix de cette dernière dépend de la nature chimique des solutés à séparer, pour cela la phase stationnaire doit répondre aux critères suivants :

- Une polarité proche des solutés à séparer.
- Une très bonne solubilité dans des solvants volatils.
- Une tension de vapeur très faible.
- Inerte chimiquement vis-à-vis des solutés à séparer et vis-à-vis du support.

On peut envisager pour la phase stationnaire quatre groupes:

- Polyesters de glycols : Ils sont des phases polaires qui permettent de séparer des composés tels que les amides et les esters,...
- Polyethers de glycols (Carbowax) : Classées parmi les phases stationnaires les plus polaires, ils sont utilisés pour séparer des molécules qui possèdent des fonctions alcools, aldéhydes ou acétone.
- Les silicones : Cette phase offre de multiples possibilités de séparation.
 - L'OV17, SE52 : Polarité moyenne qui sépare un grand nombre de composé.
 - L'OV101, XE30 : très peu polaire utilisé pour séparer les produit méthyles.
- Les carbures saturés : utilisés comme phases stationnaires apolaire (n-décane , Apiezon), ils séparent les composés non ou peu polaires.

g-Détecteur:

Placés à l'extrémité des colonnes, les détecteurs décèlent la présence des substances dans le gaz vecteur au fur et à mesure de leur élution, car ces derniers modifient une propriété physique de ce gaz, et ces variations sont transformées par le détecteur en signaux électriques.

1-Le catharomètre (TCD) : Ce type de détecteur est moyennement sensible, mais il est souvent utilisé parce qu'il est applicable à un grand nombre de substances, il est d'une grande simplicité d'emploi, robuste, et ne détruit pas les produits analysés qu'on peut récupérer pour des études ultérieures.

Le fonctionnement du catharomètre repose sur la variation de la conductibilité thermique du gaz vecteur, le catharomètre comporte deux thermostats identiques à une Température supérieure à celle de la colonne constituée d'une cavité creuse dans un bloc métallique ou se trouve un filament thermostable en platine ou tungstène de résistance R , l'un des filaments est baigné par le gaz vecteur pur et l'autre par le gaz vecteur sortant de la colonne. En régime stationnaire il s'établit un équilibre de température, donc de résistance, Lorsqu'un soluté est élu, il modifie la conductibilité thermique du gaz vecteur ce qui rompt l'équilibre thermique, il en résulte une variation de R du filament, c'est cette variation amplifiée qui est ensuite transmise à l'enregistreur.

2-Détecteur à ionisation de flamme (FID) : C'est le détecteur le plus employé, on le considère comme un détecteur non spécifique sauf qu'il est insensible aux molécules minérales comme le H_2O , CO_2 , CO , N_2 , sa sensibilité est trois fois plus importantes que celle du catharomètre 10^{-9} (100 ppm), et son inconvénient est d'être destructif.

Le courant gazeux issu de la colonne arrive dans une flamme d'Hydrogène brûlant dans l'air placé entre deux électrodes auxquelles est imposée une certaine polarisation, ces gaz sont brûlés à $2100\text{ }^{\circ}C$ et cette combustion produit des ions et des électrons libres qui sont attirés par les électrodes, cette diminution est amplifiée et transmise à l'enregistreur.

h-Intégrateur :

Le signal donné par le détecteur est amplifié, reproduit sur l'enregistreur et évalué à l'aide d'un intégrateur ou d'un ordinateur.

II-1-7. Le chromatogramme :

Le chromatogramme est un diagramme à deux dimensions (Fig : II-1-2), montrant l'évolution en fonction du temps, d'un paramètre qui dépend de la concentration instantanée du soluté en sortie de la colonne.

Le temps d'éluion est porté en abscisse et le signal du détecteur en ordonnée, la courbe est formée d'autant de pics distincts qu'il y a de composés séparés par la colonne. La ligne de base correspond au tracé obtenu en absence de composé élué.

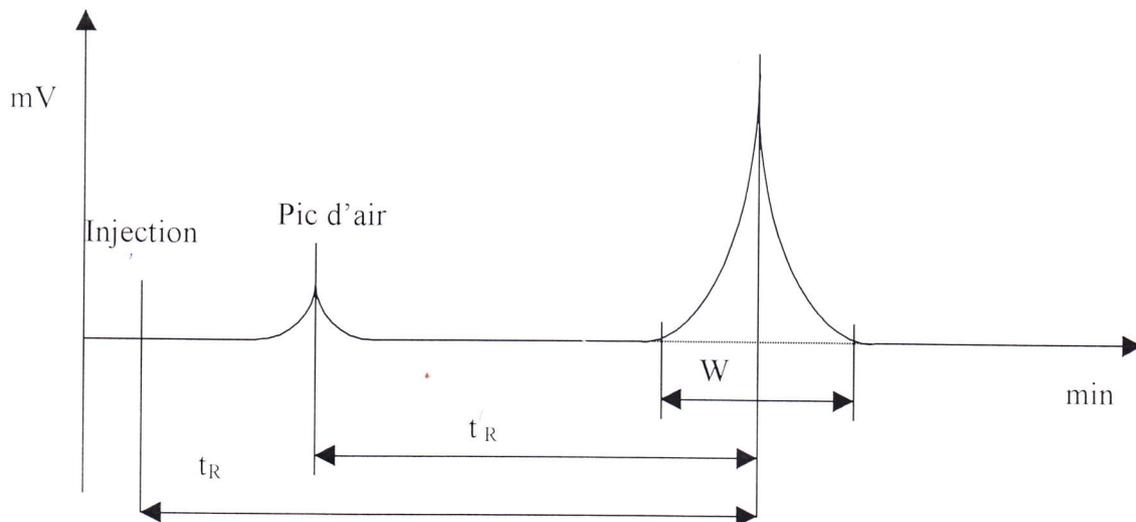


Fig : II-1-2. Chromatogramme

I-1-8. Grandeurs élémentaires de la chromatographie CPG :

II-1-8-1. Analyse Qualitative :

- **Temps de rétention** : C'est le temps t_r qui s'écoule entre l'injection du soluté et l'apparition du sommet du pic. Un constituant non retenu sort de la colonne au temps t_m , appelé temps mort.

- **Temps de rétention réduit** : Les molécules du soluté ne passent pas tout le temps t_r dans la phase stationnaire, il consacre le temps t_m à parcourir le vide de la colonne. $t'_r = t_r - t_m$

- **Facteur de séparation entre deux solutés** : Le facteur de séparation α décrit la position, l'un par rapport à l'autre de deux pics adjacents n et $n+1$.

$$\alpha = t'_{r(n+1)} / t'_{r(n)} = K_{(n+1)} / K_{(n)}.$$

- **Facteur de rétention K** : Il définit le comportement des colonnes, il varie avec les conditions opératoires. Il faut éviter d'avoir des valeurs trop élevées de K , afin de ne pas allonger le temps d'analyse.

$$K = t'_r / t_m.$$

- **Résolution de deux pics** : Pour traduire numériquement, la plus ou moins bonne séparation entre deux composés adjacents, on utilise le facteur de résolution R :

$$R = 2 \times (t_{r(n+1)} - t_{r(n)}) / (w_{(n)} + w_{(n+1)}).$$

On considère que les pics sont résolus, quand la vallée entre les deux pics étant $\leq 2\%$, ce qui correspond à $R \geq 1.5$

II-1-8-2. Analyse quantitative :

- Mesure de surface :

- Méthode de pesée : On photocopie les chromatogrammes, puis on découpe les pics et on les pèse, et à l'aide de la courbe d'étalonnage on trouve l'aire.

- Par planimétrie : On mesure la surface avec un planimètre.

- Méthodes théoriques : Surface = largeur \times hauteur à mi-hauteur.

Toutes ces méthodes manuelles ne constituent qu'une approche de l'aire réelle (90 - 96 %). Aujourd'hui l'aire de pics est évaluée à l'aide d'un système d'intégration qui facilite l'acquisition et l'exploitation des données.

-Expression des résultats :

Le pourcentage de chaque constituant i de l'échantillon est donné par l'équation suivante :

$$X_i(\% \text{molaire}) = \frac{K'_i \times A_i \times 100}{\sum_{i=1}^n K'_i \times A_i} \qquad X_i(\% \text{massique}) = \frac{K_i \times A_i \times 100}{\sum_{i=1}^n K_i \times A_i}$$

K_i : Coefficient de réponse massique du constituant i .

K'_i : Coefficient de réponse molaire du constituant i .

A_i : Aire de pic du constituant i .

n : Nombre des constituants du mélange.

-Calcul du facteur de correction :

Il y a une proportionnalité directe entre l'aire de pic de chaque soluté et de sa concentration, et ce rapport de proportionnalité s'appelle facteurs de réponse qui est calculé à l'aide d'une solution étalon (normalisation interne, étalonnage interne).

Etabli à l'aide d'une solution étalon : $F_A = (S_x \times A\%) / (X\% \times S_a)$.

F_A : Facteur de correction A .

S_A : Aire du composant A .

S_x : Aire du composant x pour lequel on a choisi le facteur correction de l'aire égale à 1 ($F_x=1$).

$A\%$: Teneur en poids de A dans la solution étalon.

$X\%$: Teneur en poids de X dans la solution étalon.

II-2. Equilibre liquide-vapeur [4,7]

II-2-1.Changements d'états :

Tout corps pur se vaporise à température constante, sous l'effet d'une pression donnée, un mélange passe progressivement de l'état liquide à l'état vapeur par augmentation de température à pression constante.

Considérons une vaporisation théorique (non limité du point de vue cinétique par la diffusion) réalisée dans une l'enceinte fermée et représentée par un système cylindre-piston équipé de manomètre, thermomètre dans lequel nous introduisons un échantillon sous forme liquide.

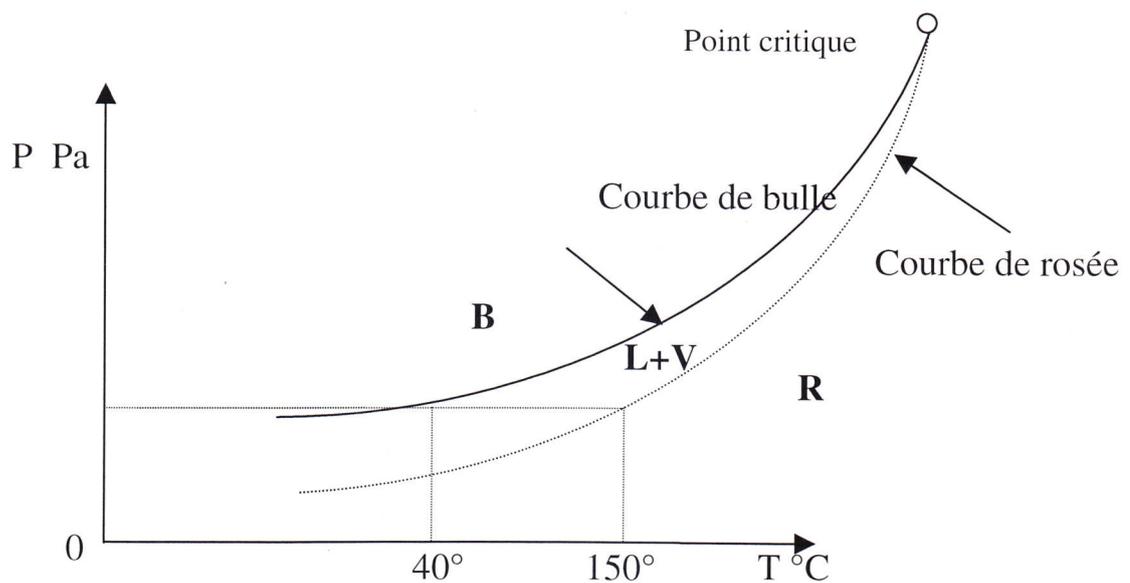
Si nous apportons des calories au système, en maintenant constante la pression par un déplacement vertical du piston, la phase vapeur va se développer à l'intérieur du cylindre jusqu'à disparition de toute trace du liquide.

La vaporisation commence par l'apparition de la première bulle de vapeur, sous une pression correspondant à la température T_b du liquide, puis la température croit jusqu'à une valeur appelée température de rosée T_r .

A toute température T comprise entre : T_b et T_r , sous la pression P correspond un équilibre liquide-vapeur, unique caractérisé par les quantités (V) et (L). On peut donc dire que la température de l'équilibre est la température de bulle de la phase liquide ou la température de rosée de la phase vapeur.

Si nous répétons ces essais de vaporisation sous des pressions différentes, il est possible de les traduire sur un diagramme pression- température (Fig : II-3.1), le lieu de la température de bulle, quand la pression varie, est une courbe appelée courbe de bulle, alors que les températures de rosé se répartissent sur la courbe de rosé, on observe une réduction de l'intervalle de vaporisation lorsque la pression croit, on admettra l'existence d'un point critique au raccordement des courbes de bulle et de rosé. Ces deux courbes sont pour un

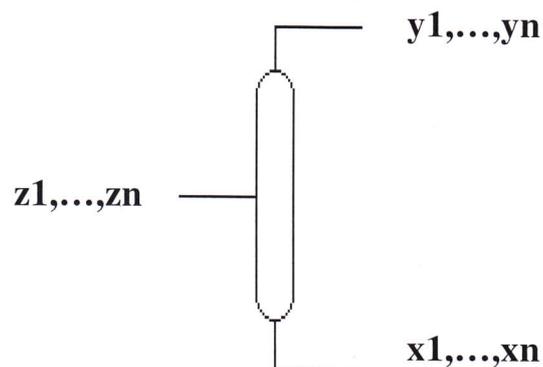
mélange, les homologues de la courbe de tension de vapeur d'un corps pur. Elles partagent le plan en trois régions : phase liquide, phase mixte et phase vapeur, et montrent que l'état d'un mélange est parfaitement défini par la seule connaissance des deux variables : Pression et température.



II-2-2. Calcul d'équilibre liquide- vapeur :

Soit A moles d'un mélange de n constituants de composition $z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$ représente un mélange en équilibre liquide- vapeur à la pression P, et à la température T.

- La phase vapeur contient V moles d'un mélange de composition : y_1, y_2, \dots, y_n
- La phase liquide contient L moles d'un mélange de composition : x_1, x_2, \dots, x_n



II-2-3. Les équations de bilan:

- Global: $A = V + L$.
- Partiel: $A Z_i = V Y_i + L X_i$.
- Les fractions malaires: $\sum Z_i = 1$, $\sum Y_i = 1$ et $\sum X_i = 1$

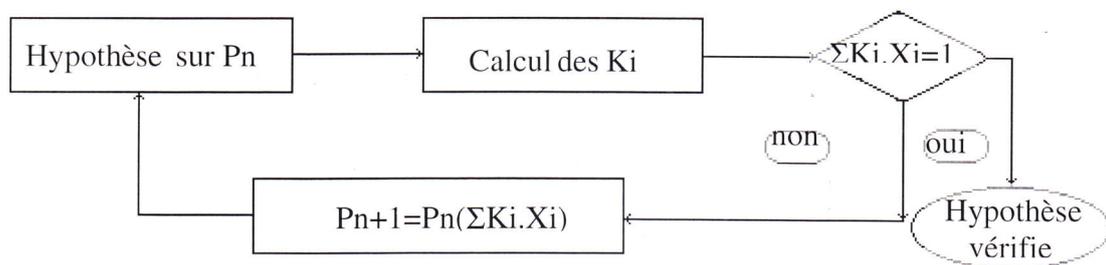
II-2-4. Calcul du point de bulle: $V=0$

Les équations de bilan matière partiels donne immédiatement $Z_i = X_i$ et le système à résoudre se résume à :

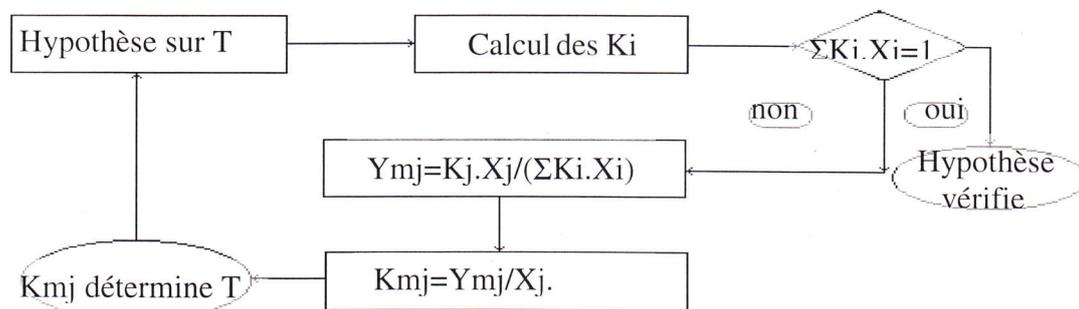
$Y_i = K_i \cdot Z_i = k_i \cdot X_i$, soumise à la contrainte $\sum Y_i = 1$

deux cas se présentent :

Premier cas : P: inconnue, T: connue.



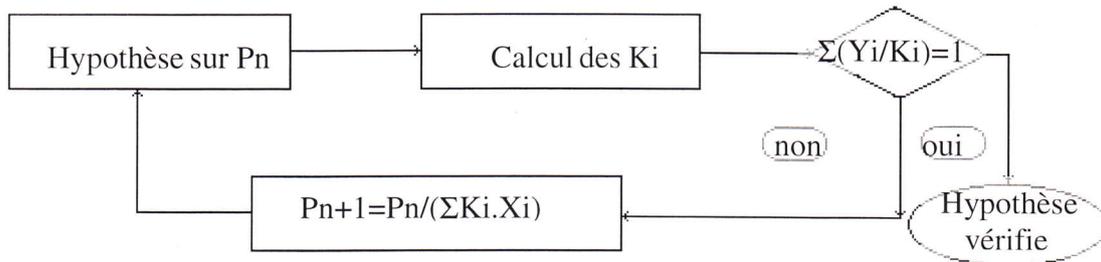
Deuxième cas: P: connue, T: inconnue.



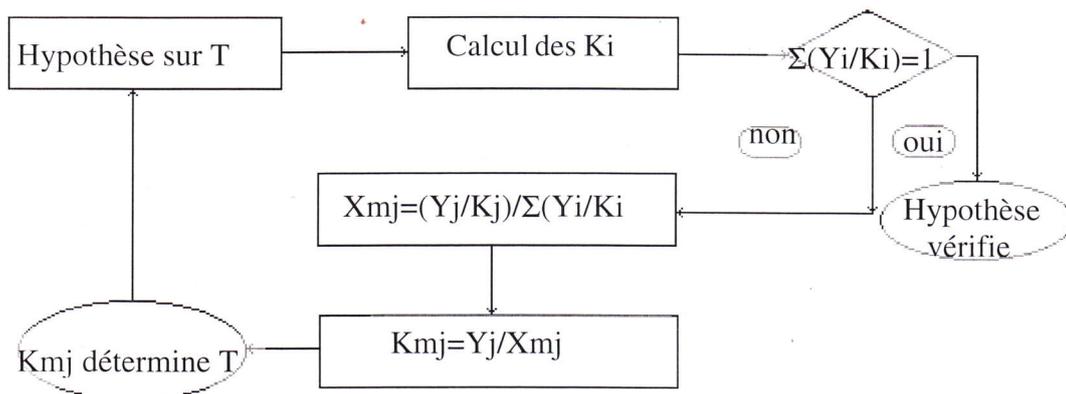
II-2-5. Calcul du point de rosée: $L=0$.

Le mélange est entièrement vapeur le système se ramène à : $X_i = Y_i / K_i$
 soumis à la contrainte $\sum X_i = 1$, $\sum Y_i / K_i = 1$.

Premier cas : si l'inconnue est une pression.



Deuxième cas: si l'inconnue est une température.



II-2-6. Vaporisation partielle à pression et température donnée :

Etant donnée P , T et Z_i connues ; on calcule la pression de bulle (P_b), et la pression de rosée (P_r), à la température considérée.

- Si $P \geq P_b$: le mélange est entièrement liquide.
- Si $P \geq P_r$: le mélange est entièrement vapeur.
- Si $P_r < P < P_b$ vaporisation partielle.

II-2-7. Détermination des quantités (V) et (L)

D'après l'équation du bilan partiel :

$$Lx_i + Vy_i = Zi(L+V)$$

$$Y_i = K_i x_i$$

$\Rightarrow X_i = Z_i(L+V) / (L+K_iV)$, le calcul de K_i grâce à P et T .

II-3.Séparateur [4,7]

II-3-1.Introduction:

La séparation par gravité est un procédé très fréquemment utilisé dans l'industrie par suite de sa simplicité et de son faible coût. Elle se fait soit pour deux phases liquides immiscibles, soit pour une phase vapeur et une autre liquide.

cette opération est réalisée dans des ballons verticaux ou horizontaux dont le calcul des dimensions à pour but d'obtenir un temps de séjour suffisamment grand pour que la décantation puisse s'effectuer.

II-3-2.Principe de séparation :

Un fluide avec deux phases différentes, donc différentes densités auront différentes vitesses d'écoulement, ainsi un flux du fluide à grande vitesse qui change de direction instantanément permettra aux particules lourdes de tourner plus rapidement que les particules légères ce qui favorise la séparation des deux phases.

II-3-3.Séparateur gaz-liquide.

1-Ballon de reflux:

Le ballon de reflux à pour rôle de recevoir l'effluent du condenseur de tête, de réaliser la séparation des phases et de constituer une réserve de produit liquide pour assurer un débit régulier de reflux et de soutirage.

2-Ballon tris-phasique:

Utilisé pour séparer un gaz et deux liquides immiscibles (exp. gaz, huile, eau), ce ballon comporte en plus un appendice soudé au fond où l'eau décantée s'accumule.

3-Ballon de détente (flash drums) :

Ces ballons sont placés sur des lignes ou circule un mélange liquide-vapeur qu'il faut séparer pour traiter ensuite séparément chaque phase.

4-Ballon tampons (knock out drums) :

Ces ballons doivent éviter d'une manière absolue l'entraînement des liquides dans la vapeur (comme cas qui se présente à l'aspiration des compresseurs volumétriques à cet effet, on dispose sur la sortie du gaz des empilages de fins tamis métalliques ou les gouttelettes liquide entraînées sont retenue par effet de choc).

II-3-4.Description des ballons séparateurs:

Le ballon séparateur est une enveloppe métallique cylindrique à deux fonds bombé qui se repose sur une jupe en béton ou bien sur des pieds métalliques.

II-3-5.Types des ballons séparateurs:

- Séparateur vertical:

Choisi quand le rapport gaz-liquide est très important et que le débit de soutirage des liquides est inférieur à 5 l/min.

- Séparateur horizontal:

En générale il sert pour des reflux moyens et grande capacité.

- Séparateur sphérique:

Il est utilisé pour les hautes pressions de service comme les unités de traitement des huiles (Brut, gaz, sédiment).

II-3-6. Equipement des séparateurs:

II-3-6-1. Equipement interne:

Le séparateur contient plusieurs équipements qui sont réparties sur 4 sections. (voir fig: II-3-2)

1- Section de primaire : On change la direction de jet du fluide afin de séparer la majeure quantité du liquide à l'aide d'un déflecteur en forme d'assiette ou un cyclone d'entrée. (voir fig:II-3-3)

2- Section de gravité: Il est conçu pour réduire la turbulence du fluide pour profiter de la force de gravité afin d'augmenter la séparation des gouttelettes entraînées, pour cela on utilise des: (voir fig:II-3-4)

- Chicanes verticales pour éviter l'entraînement des gouttelettes avec le gaz
- Chicanes horizontales pour réduire la turbulence dans le liquide.

3- Section coaliescing (combiné): Elle retient les plus petites gouttelettes qui sont entraînées par le gaz par empiètement sur la surface d'un paillasse métallique ou des chicanes concentriques. (voir fig:II-3-5)

4- Fond (puisard): Conçus (voir fig:II-3-6) pour recevoir le liquide tombé des autres sections, il contient des conduites horizontales munies de trous ou d'un disque métallique au-dessus de la tubulure de la sortie pour éviter un vortex.

II-3-6-2. Tubulure:

Le séparateur se compose de : (voir fig : II-3-1) entrée du fluide (1), sortie du liquide (2), sortie des gaz (3), évent (4), soupape de sécurité pour évacuation des gaz vers torche (5), prise de pression pour le manomètre (6), contrôleur de niveau (7), arrivée des vapeurs de purge (8), trou d'homme de 45 à 50 cm pour visite, ménage (9).

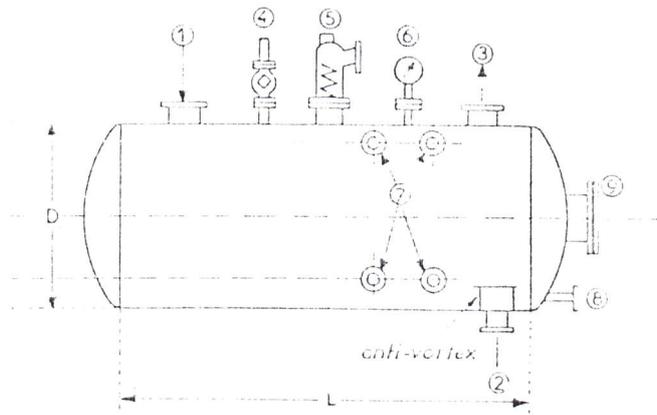


Fig: 11-3-1 TUYAUTRIE D'UN BALLON

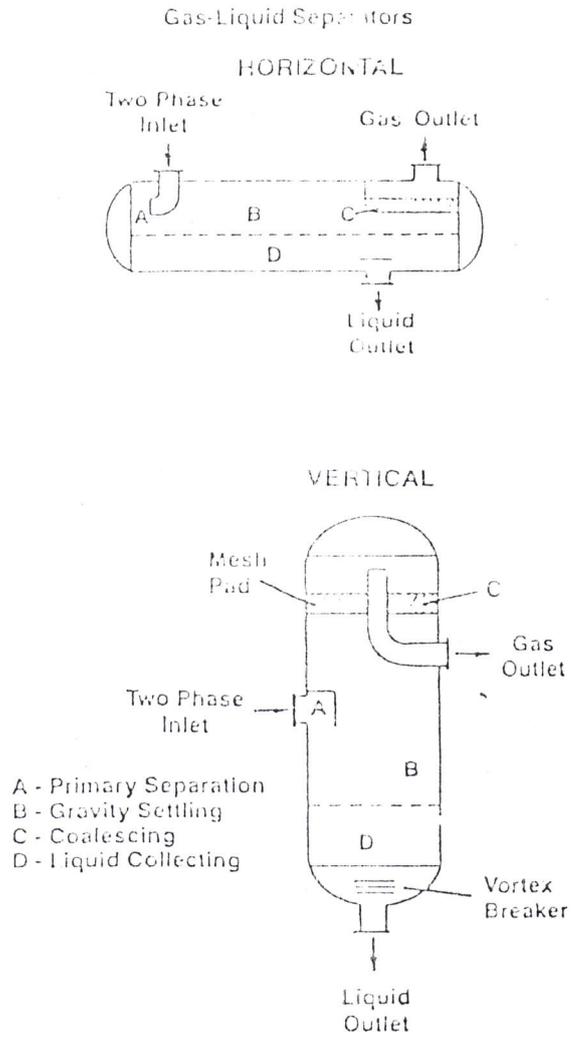
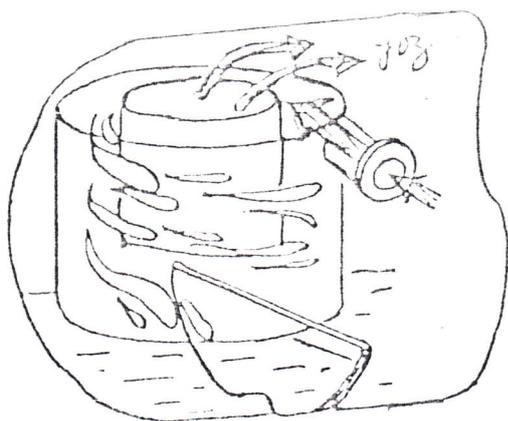
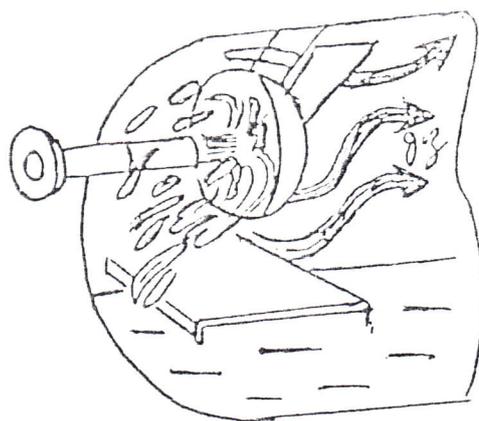


Fig: 11-3-2 SECTIONS D'UN BALLON

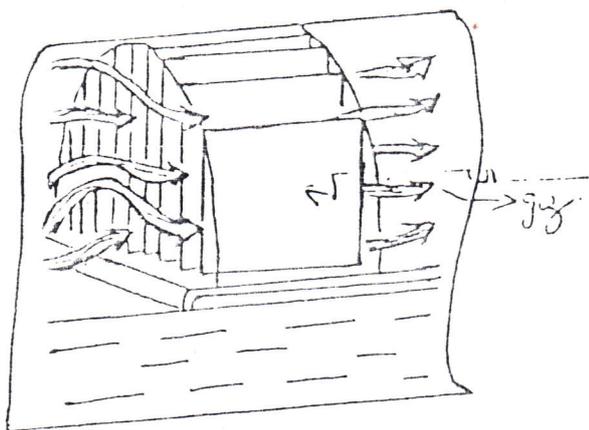


CYCLONE D'ENTREE

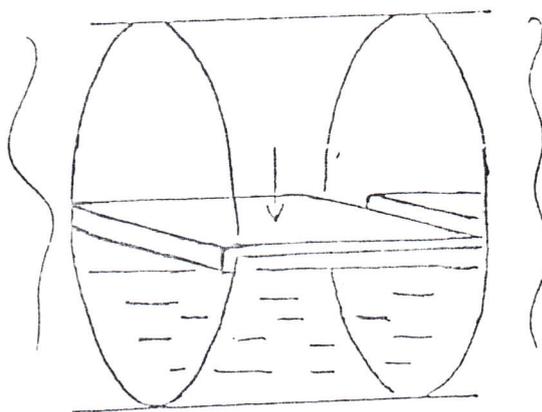


DEFLECTEUR EN FORME D'ASSIETTE

Fig: II-3-3: EQUIPEMENT INTERNE POUR LA SEPARATION INITIALE

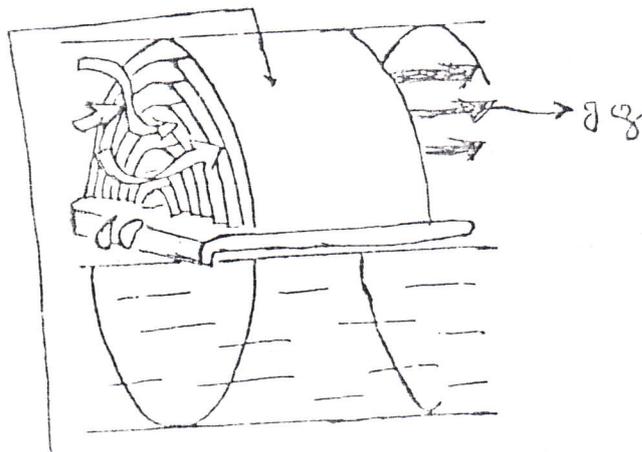


CHICANES VERTICALES
PHASE VAPEUR

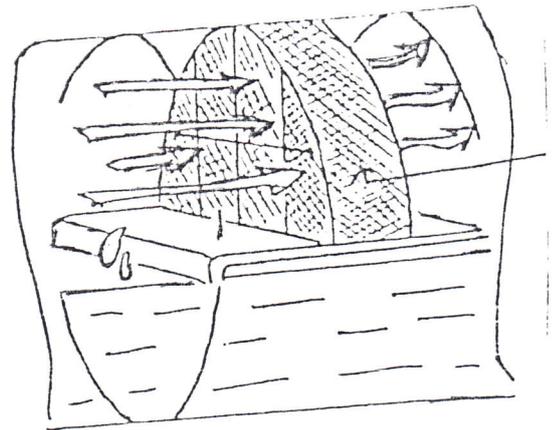


CHICANES HORIZONTALES
PHASE LIQUIDE

Fig: II-3-4: EQUIPEMENT INTERNE POUR MINIMISER LA TURBULANCE



CHICANES CONCENTRIQUES



PAILLASSE METALLIQUE

Fig II-3-5: EXTRACTION DE GOUTTELETTES DE LIQUIDE (DEMISTER)

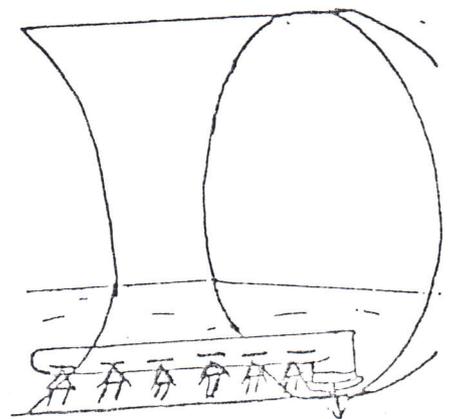
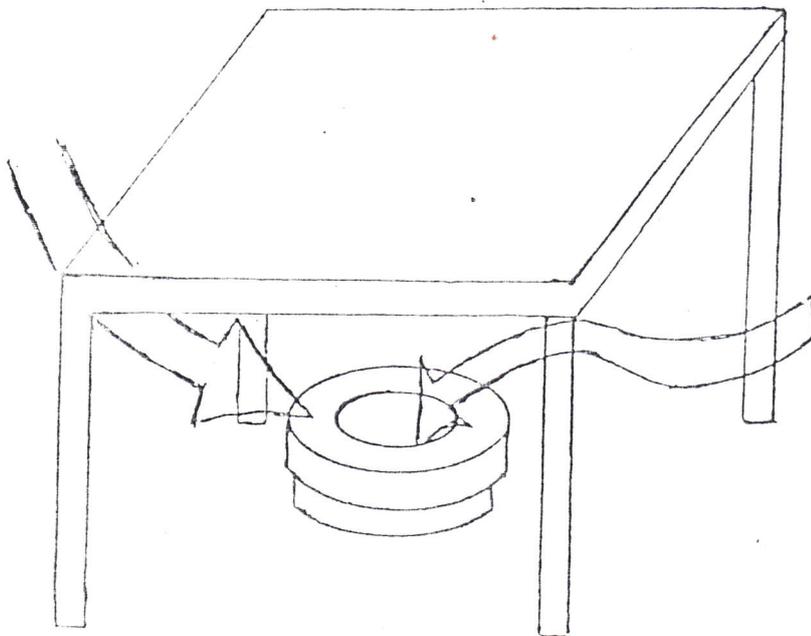


Fig II-3-6: SOUTIRAGE DE LIQUIDE AVEC DISPOSITIF

ANTI-VORTEX

Chapitre III

Chapitre III

Process:

Description de l'unité GPL-2

III. Description de l'unité GPL-2 [12]

III-1. Introduction:

L'unité de traitement des gaz du pétrole liquéfiés (GPL-2) est implantée au centre industriel sud (C.I.S) du Hassi Messaoud. Les travaux de la construction ont été débutés en 1994. La supervision ainsi que les premiers essais sont assurés par la firme japonaise (J.G.C).

Ce n'est qu'en 1997 que Sonatrach Division Production (SH/DP) en collaboration avec la Division Opérations (SH/DOP) a pris les commandes de cette usine.

Cette unité assure une production journalière de :

Produits	Production design.	Production actuelle.
Gaz d'alimentation.	24M SM ³ /J	24 M SM ³ /j
G.P.L.	4890 T/J	4200 T/J (moyenne)
C ₅ +	1050 T/J	800 T/J
C ₃	240 T/J	240 T/J
C ₄	160 T/J	160 T/J

L'usine de traitement du Gaz GPL-2 se compose de 3 trains identiques (voir figure:III-1) chacun comprenant chacun sept sections principales:

- 1- Section de boosting.
- 2- Section de déshydratation.
- 3- Section de réfrigération et fractionnement.
- 4- Section de recompression.
- 5- Système d'huile chaude.
- 6- Unité de production de Propane et de Butane.
- 7- Section de stockage.

1/ -Section de boosting:(voir annexe I-1)

L'alimentation de l'unité est assurée par le gaz provenant de :
CIS, CINA, Centre Satellites et LDHP.
Mélangés au niveau du collecteur principal appelé MANIFOLD à une pression de 28 bars, ensuite introduits dans le ballon d'aspiration du compresseur 10-D-101 pour éliminer l'eau, puis passés dans le compresseur booster 10-k-101 où le gaz de charge est comprimé de 25.8 bars à 97.3 bars, ensuite refroidi dans l'aéro 10-E-101, les produits en circulation sont séparés dans le ballon 10-D-102 (ballon de déchargement du compresseur) en deux, une phase liquide (eau huileuse) est évacuée vers borbier et une phase gazeuse répartie sur les trois trains, ainsi que sur une boucle qui assure le bon fonctionnement du compresseur 10-k-101.

2/ -Section de déshydratation: (voir annexe I-2)

Cette section de séchage sert à réduire la teneur en eau (jusqu'à 5ppm) du gaz de charge qui alimente les trains, afin d'éviter la formation des hydrates dans les équipements.

Le système de séchage est constitué de trois déshydrateurs à tamis moléculaires, dont deux en service et l'autre en régénération. Une fois le gaz séché, il passe par un filtre 11-V-201 A/B pour éliminer les impuretés qui pourraient créer des problèmes de bouchage dans les équipements en aval.

Tandis que une partie est acheminée vers la section suivante, l'autre partie préchauffée dans l'échangeur 11-E-201 A/B est portée jusqu'à une température de 275°C, puis utilisée comme gaz chaud de régénération pour les sécheurs. Le gaz passe dans l'aéro-refroidisseur 11-E-202, est envoyé au ballon séparateur de gaz de régénération 11-D-202 où l'eau est enlevée et le gaz recyclé vers le compresseur.

3/ -Section de réfrigération et de fractionnement: (voir annexe I-3)

3-1.Section de réfrigération:

Le gaz de charge provenant de la section de déshydratation pénètre dans la section de réfrigération . Il passe par deux refroidisseurs le 11-E-203 et le 11-E-204 en parallèle, pour en réduire sa température à 14.3°C. Il est refroidi à nouveau jusqu'à 12°C dans l'échangeur 11-E-205, ensuite il pénètre dans le séparateur haute pression 11-D-203.

Les composants liquéfiés sont évacués pour former le produit de charge du dééthaniseur, en passant par l'échangeur 11-E-204 afin de refroidir les gaz de charge de notre section, et les gaz subissent une dépression de 94 à 20.3 bars dans l'expander 11-k-201, pour ensuite entrer dans le séparateur basse pression 11-D-204 avec une température - 43.2 °C.

Les liquides séparés sont pompés par 11-G-201 pour alimenter le dééthaniseur tout en passant par l'échangeur 11-E-205, les gaz assurent le refroidissement de l'alimentation en passant par l'échangeur 11-E-203.

3-2.Section de fractionnement:

L'alimentation de dééthaniseur est assurée par la section de refroidissement. Subissant un fractionnement les produits de tête C_1, C_2 passent par le ballon de reflux 11-D-205 et l'échangeur 11-E-203 pour arriver à la section de recompression. Les produits du fond C_3^+ alimentent le splitter G.P.L 11-C -202 où la charge est fractionnée pour donner un gaz riche en C_3 et C_4 (produit de tête) envoyés enfin vers stockage, et un condensât C_5^+ (produit de fond) envoyé vers l'unité de traitement des condensât (UFC).

4/ -Section de recompression: (voir annexe I-4)

Le but de cette section vise à extraire les gaz résiduels (CH_4, C_2H_6), le produit venant du refroidisseur 11-E-208, et du séparateur 11-D-204 est

comprimé dans le compresseur 11-K-201 jusqu'à 29.6 bars, ensuite envoyé pour la reinjection dans les puits.

5/ -Section d'huile chaude: (voir annexe I-5)

Le système d'huile est conçu en vue de chauffer l'unité de chauffage en passant par les échangeurs de chaleur qui sont le 11-E-201 A/B/C, le 11-E-209, le 11-E-201 qui sert à la régénération du déhydrateur, le rebouilleur du splitter G.P.L 11-E-211 et le rebouilleur du splitter propane 14-E-203.

Après son passage dans l'équipement, l'huile cède un peu de sa chaleur (111-154°C), pour cela il est combiné et délivré au ballon tampon d'huile 11-D-231 pour être pompé par 11-G-231 vers le four 11-H-231 pour faire monter sa température jusqu'à 288 °C pour qu'il fasse le circuit à nouveau.

6/ -Section de production de propane et du butane:

Une quantité du GPL stocké est évacuée à l'aide de la pompe 15-G-402 vers le spliter propane 14-C-301 pour envoyer le propane (produit de tête) et le butane (produit de fond), qui sont envoyés pour commercialisation.

7/ -Section de stockage:

Quatre réservoirs sphériques sont prévus pour stocker le GPL à l'état liquide sous 14 bars et T atmosphérique, trois d'entre eux sont en on-spec (15-T-401 A/B/C) c'est à dire prêts pour la vente et l'expédition, et le quatrième réservoir est en off-spec (15-T-402) ou le produit non conforme est stocké pour ensuite le réinjecter dans le déethaniseur pour être retraité.

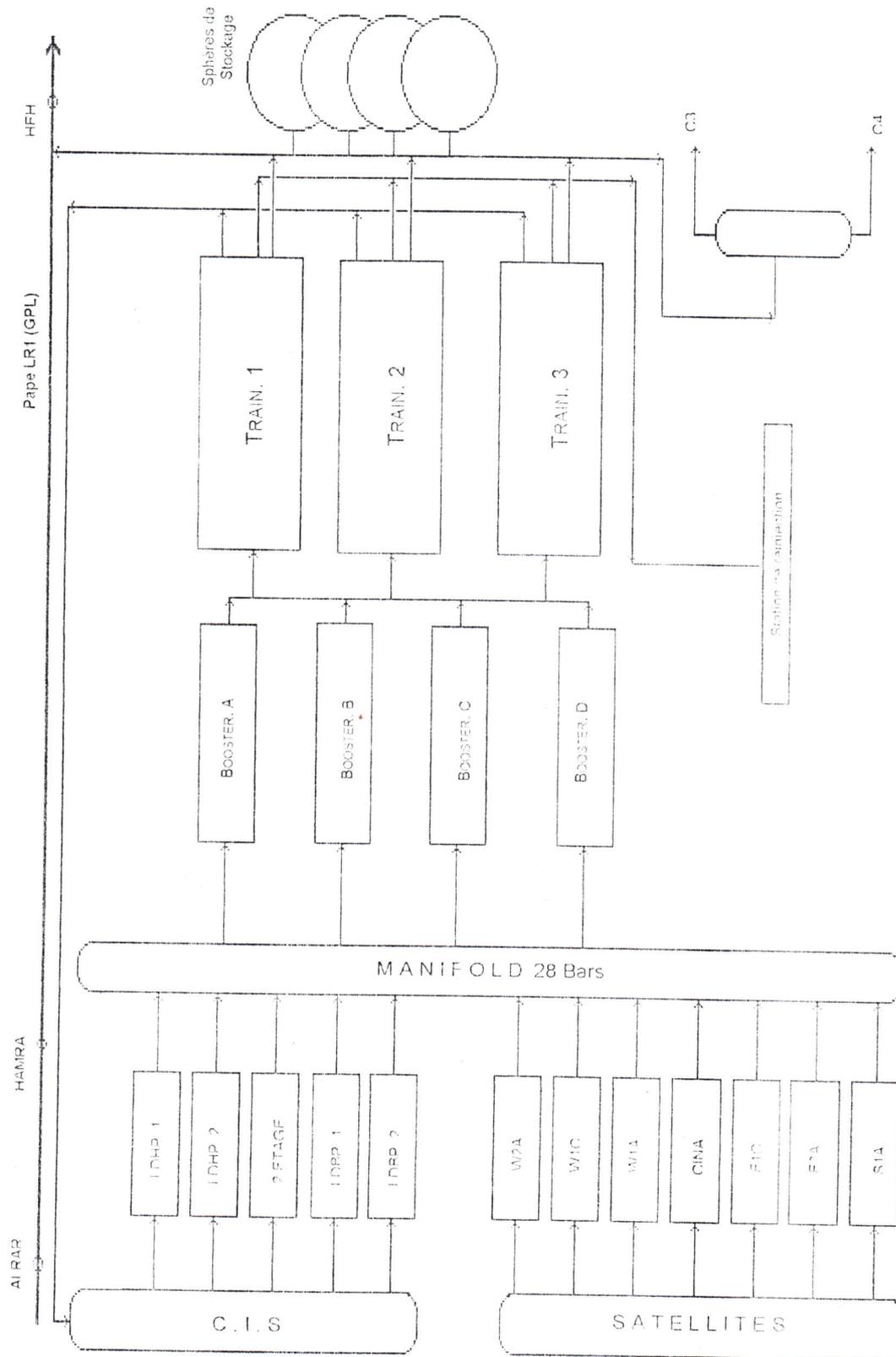


Fig:III-1. Schéma simplifié de l'unité G.P.L. 2.

Chapitre IV

Chapitre IV

Partie pratique:

- Méthode d'échantillonnage .
- Appareillage.
- Résultats chromatographique.
- Calcul de flash.
- Dimensionnement d'un séparateur.

IV-1.Méthodes d'échantillonnage :

IV-1-1.Introduction:

Pour faire les testes chromatographiques des gaz ou bien du condensât il est très important que les échantillons soient représentatifs du produit à analyser , pour cela il convient de suivre des normes précises pour le prélèvement de l'échantillon .

IV-1-2.Récipients d'échantillonnage :

Il existe deux types de récipients pour les prélèvements (voir figure : IV-1-2).

- Récipients d'échantillonnage (bombe) à deux robinets aux extrémités, l'une pour l'entrée et l'autre pour la sortie (purge).
- Récipients d'échantillonnage à un seul robinet.

Les récipients d'échantillonnage et leurs robinets sont en métal (acier inoxydable) pour assurer un maximum de sécurité et de résistance à la corrosion par le produit échantillonne. Les dimensions du récipient sont en fonction du volume de l'échantillon nécessaire pour les différentes analyses, le tube de prélèvement est adapté pour se fixer à la bouteille à l'aide du raccord métallique qui se trouve à ces extrémités (raccord mâle, raccord femelle).

IV-1-3.Canalisation pour échantillonnage :

Pour notre étude, on fait le prélèvement des échantillons pour les produits suivants, G.P.L, Condensât, feed gaz, treated gaz.

Chaque point d'échantillonnage est muni d'une canalisation destinée au transfert de l'échantillon, cette canalisation est faite en métal étanche au produit échantillonné, et équipée de plusieurs vannes (voir figure : IV-1-1).

- Vanne de source: A
- Vanne de purge: B
- Vanne d'équilibre: C
- Robinet de prélèvement: D
- Robinet de prélèvement: E
- Un manomètre: M

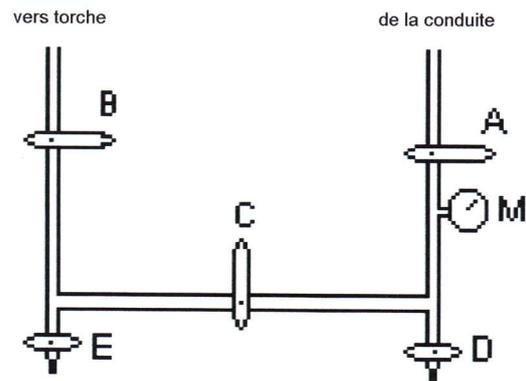


Figure: IV-1-1. Schéma représentatif du point d'échantillonnage.

IV-1.4. Procèdes d'echontillonnage

On procède à l'échantillonnage comme suit:

- Ouvrir la vanne de purge B et la vanne d'équilibre C.
- Ouvrir légèrement (indication du manomètre 5 bars) la vanne principale A, pour purger la ligne pendant quelques secondes.
- Fermer les vannes A et C.
- Ouvrir bien les robinets de l'entrée et de la sortie du récipient .
- Placer le tube de prélèvement, raccord femelle au point D, raccord mâle au point d'entrée du récipient.
- Mettre le récipient à la verticale, le robinet de sortie se trouvant sur le haut.
- Ouvrir D puis A, en maintenant la pression de manomètre entre 10 et 15 bars à l'aide de la vanne d'équilibre C.
- Fermer et ouvrir le robinet de sortie du récipient à des intervalles réguliers afin de bien le purger.
- Refaire l'opération de purge du récipient 2 à 3 fois .
- Fermer le robinet de sortie du récipient, ensuite celui d'entrée (emprisonnement de l'échantillon).
- Fermer la vanne principale A.
- Ouvrir bien C pour purger la canalisation vers torche .

- Après détente totale de la pression fermer D, C et B et déconnecter le tube .

IV-1-5.Sécurité:

- Eviter le contact entre les G.P.L (condensât, G.P.L) et l'épiderme, il convient de protéger avec des gants , des lunettes et éviter d'inhaler les vapeurs.
- Le déchargement de G.P.L peut générer de l'électricité statique pour cela le matériel doit être mis à la terre ou connecté au système G.P.L avant le début de l'opération.
- Les récipients doivent avoir une soupape de sécurité en cas de surpression vérifier souvent si les récipients sont étanches.
- Il convient de déposer les récipients dans un endroit frais le plus tôt possible après l'échantillonnage.
- Pour l'échantillonnage liquide, il convient d'aérer le récipient pour assurer une vidange de 20%, pour empêcher une montée de pression.

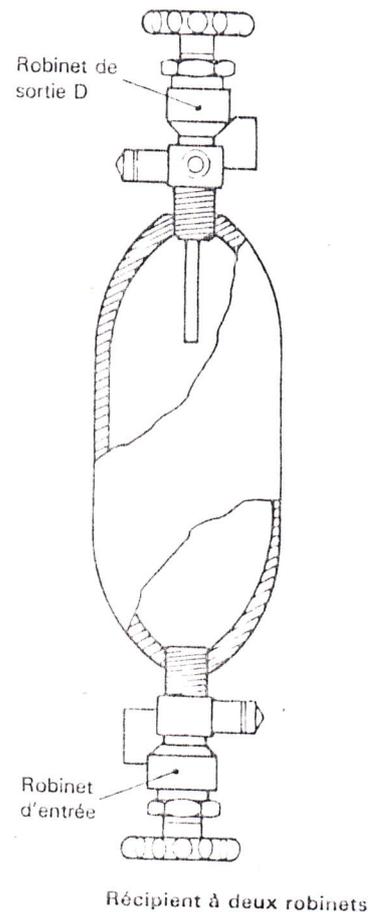
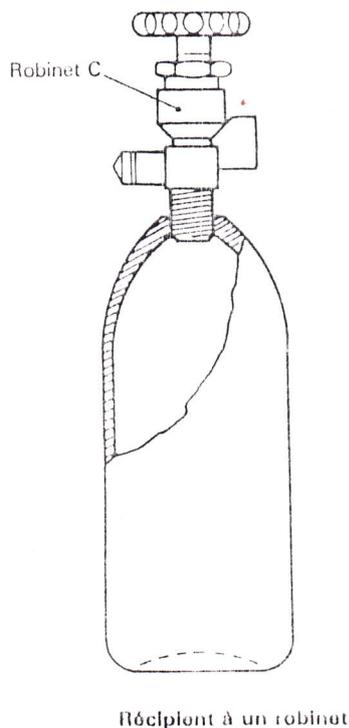


Fig IV-1-2:

RECIPIENT D'ECHANTILLONAGE

IV-2.Appareillage :

L'appareille de chromatographie (C.G.L) utilisé est de marque SHIMATZU (Japon).

Le laboratoire dispose de 3 appareils destinés pour :

1-Condensat :

- Support : Chromosorb P.
- Phase stationnaire : Huile de silicone.
- Conditionnement :
 - Température injecteur : 150°C
 - Température du four : 40 -120°C
- Détecteur : T.C.D avec 150°C
- Gaz vecteur :
 - Nature :He
 - Pureté :99.9%
 - Détendeur :double détente 0-5 bars
- Dispositif d'injection :
 - Type :Seringue
 - Volume : 05.08 µl.

2-GPL :

- Support : Chromosorb P.
- Phase stationnaire : Huile de silicone.
- Conditionnement :
 - Température injecteur : 40°C
 - Température du four : 35 - 40°C
- Détecteur : T.C.D avec 100°C
- Gaz vecteur :

Nature :He

Pureté :99.9%

Détendeur :double détente 0 - 4 bars

- Dispositif d'injection :

Type : Sachet d'injection.

Volume : 1cc μ l.

3-Feed-gaz et Treated-gaz :

- Support : Chromosorb P.

- Phase stationnaire : Huile de silicone.

- Conditionnement :

Température injecteur : 50°C

Température du four : 35 - 120°C

- Détecteur : T.C.D avec 150°C

- Gaz vecteur :

Nature :He

Pureté :99.9%

Détendeur :double détente 0 - 5 bars

- Dispositif d'injection :

Type : bombe à gaz

Volume : 1 μ l

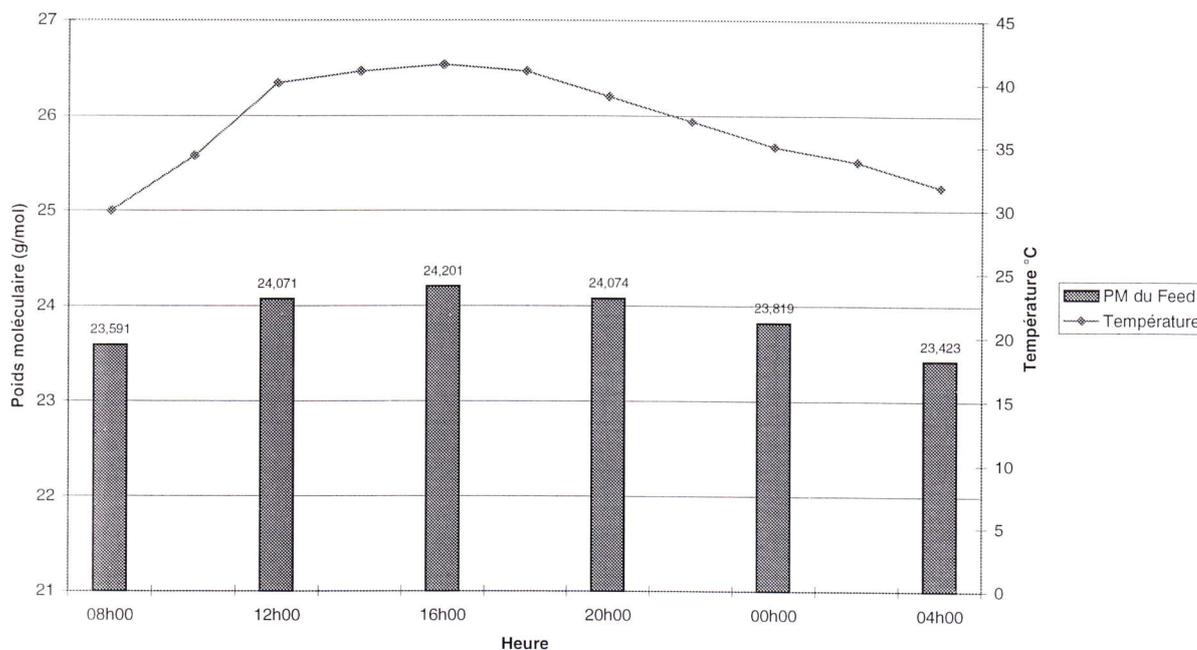
Introduction :

On a procédé à faire des campagnes d'échantillonnage, 24h/24, dont les résultats chromatographiques sont représentés dans des tableaux (voir annexe I).

Pour le calcul du rendement, on a fait des bilans de matière (voir annexe III). Il a été nécessaire de faire des calculs d'équilibre liquide-vapeur (Flash) dans le ballon d'aspiration du compresseur pour vérifier les dimensions du ballon d'aspiration.

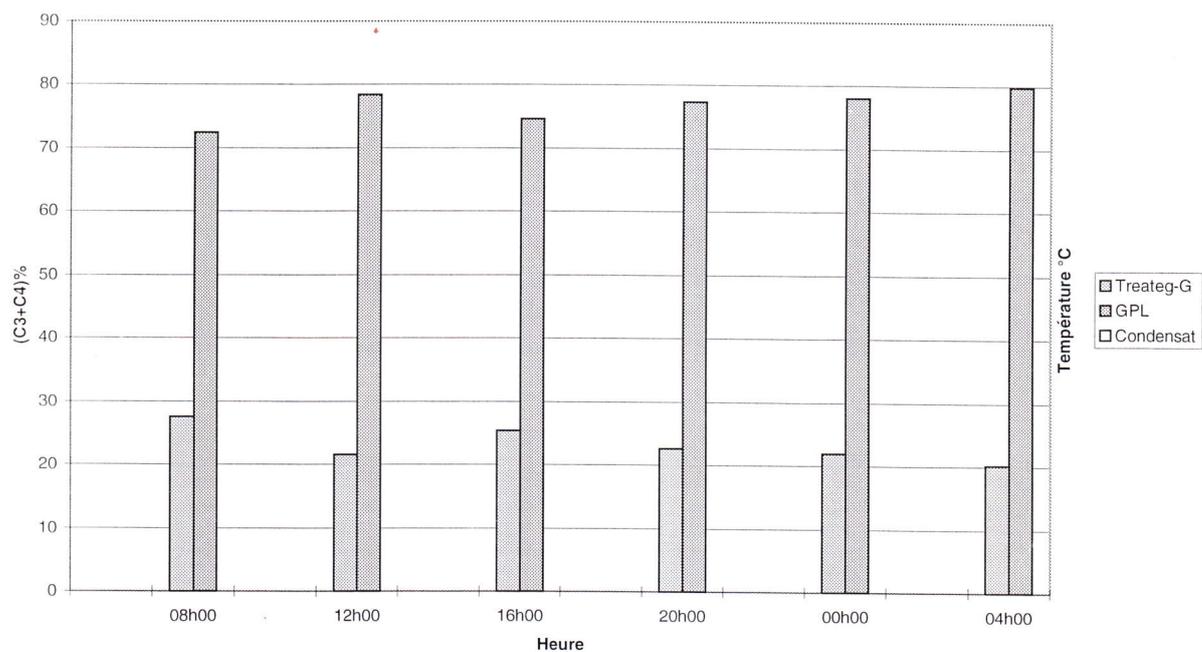
Tous les résultats sont représentés dans les histogrammes suivants .

Graphe I-1, VARIATION DU PM EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, 1ère COMPAGNE



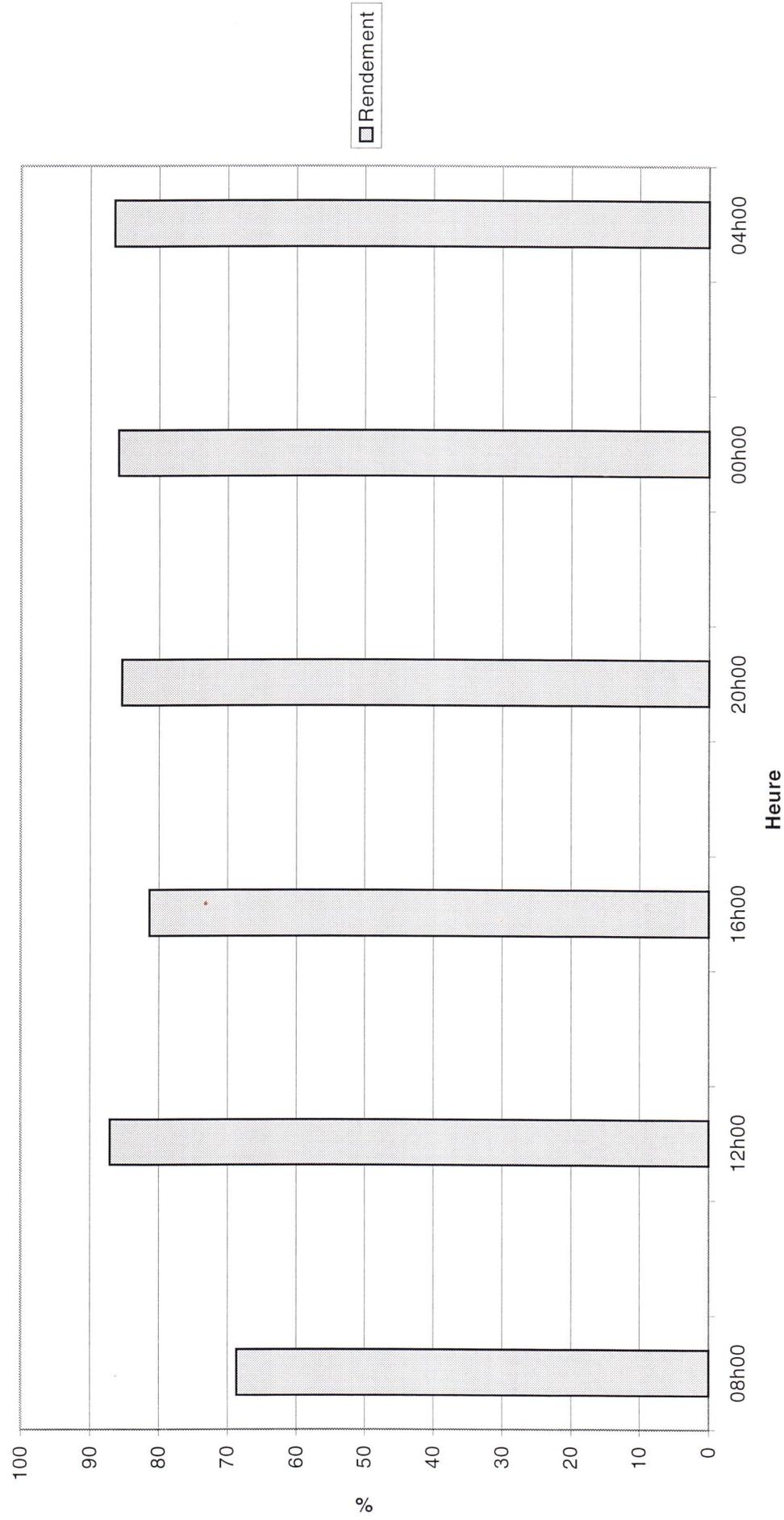
Commentaire: On constate qu'il y a une proportionnalité entre la variation de la température et le poids moléculaire.

Graphe I-2. Variation du % de (C3 et C4). 1ère compagne.



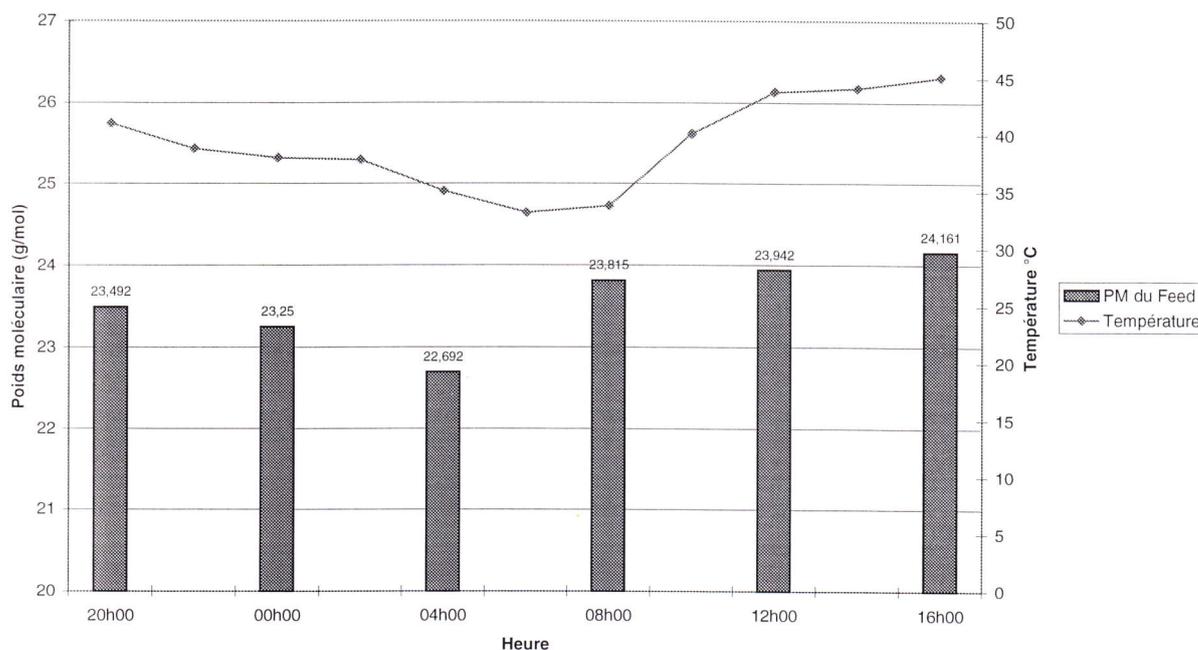
Commentaire: Bon fonctionnement de l'unité.

Graphe I-3. VARIATION DE RENDEMENT DU GPL POUR LA 1ère COMPAGNE.



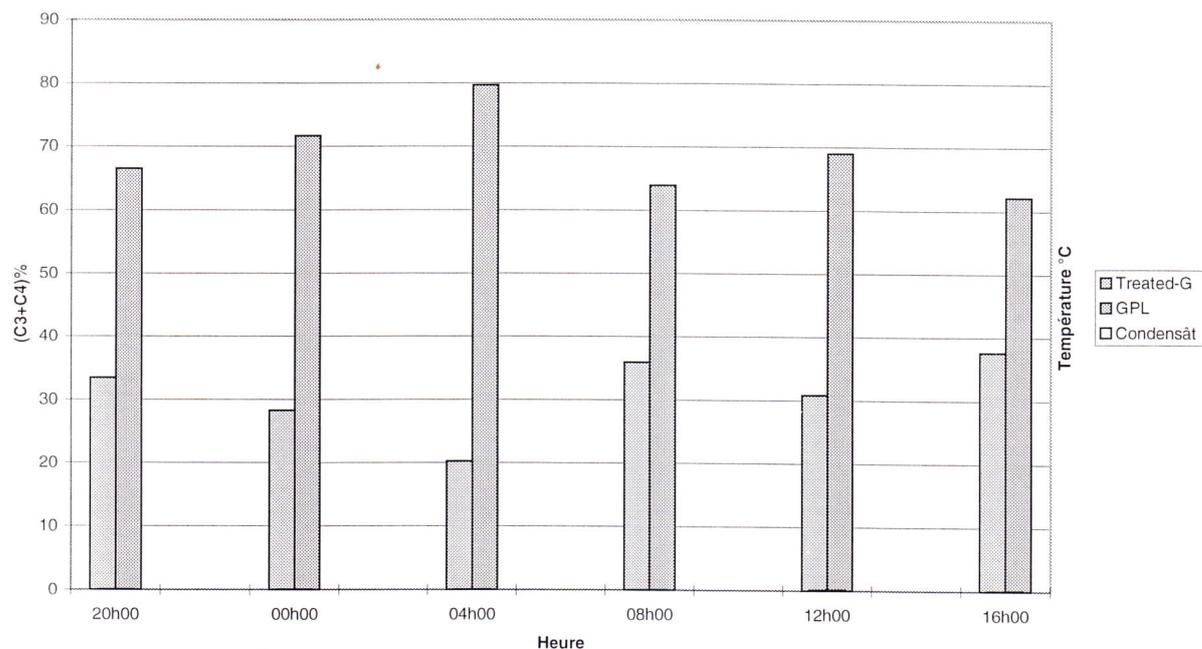
Commentaire: En comparant cet histogramme avec les deux précédents, on constate que le rendement est proportionnel avec le taux de c3+c4 présents dans le GPL (Bon fonctionnement de l'unité) et inversement proportionnelle avec le poids moléculaire.

Graphe II-1.VARIATION DU PM EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, 2ème COMPAGNE



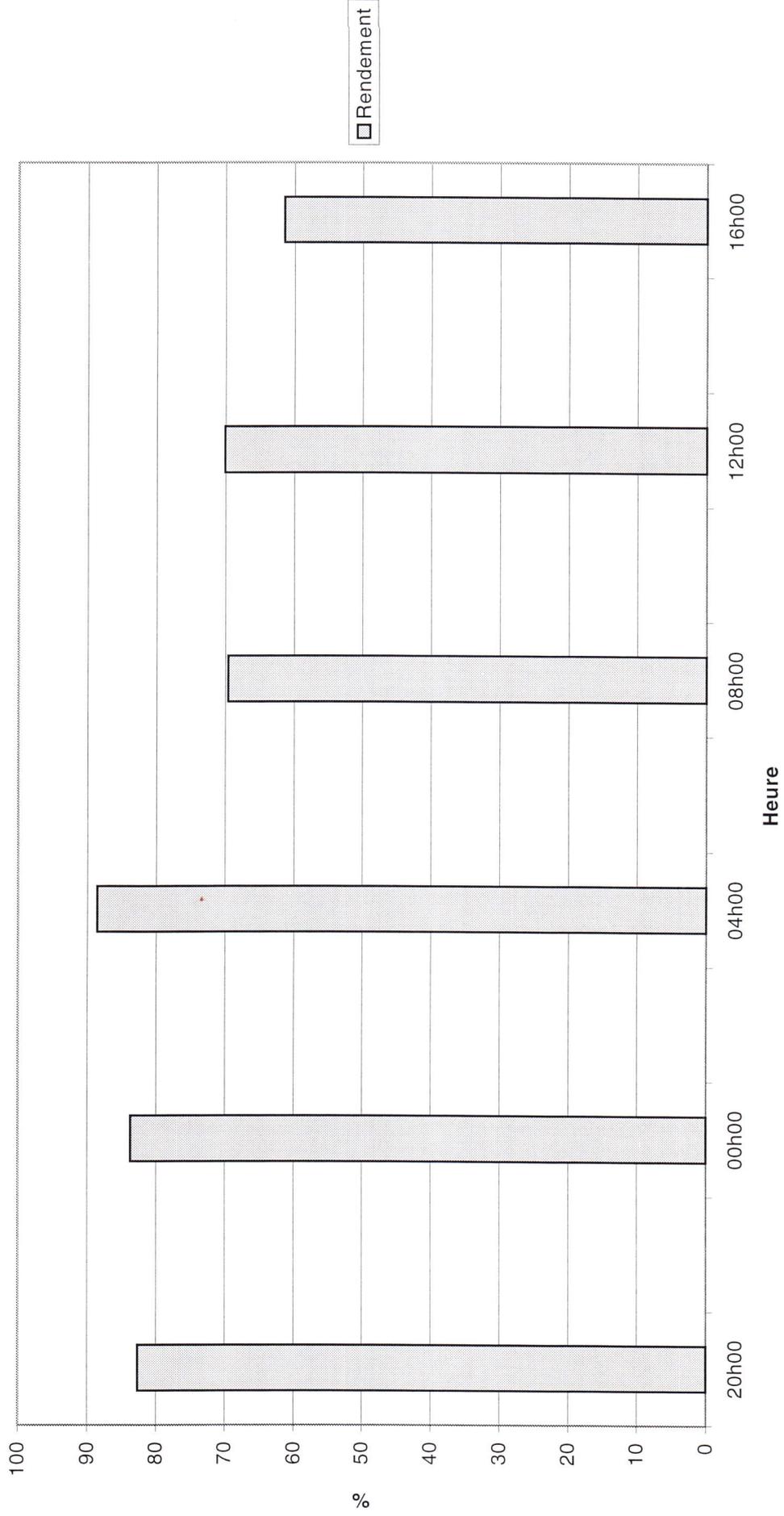
Commentaire: On constate qu'il y a une proportionnalité entre la température et le poids moléculaire

Graphe II-2.VARIATION DU % de (C3+C4). 2ème COMPAGNE



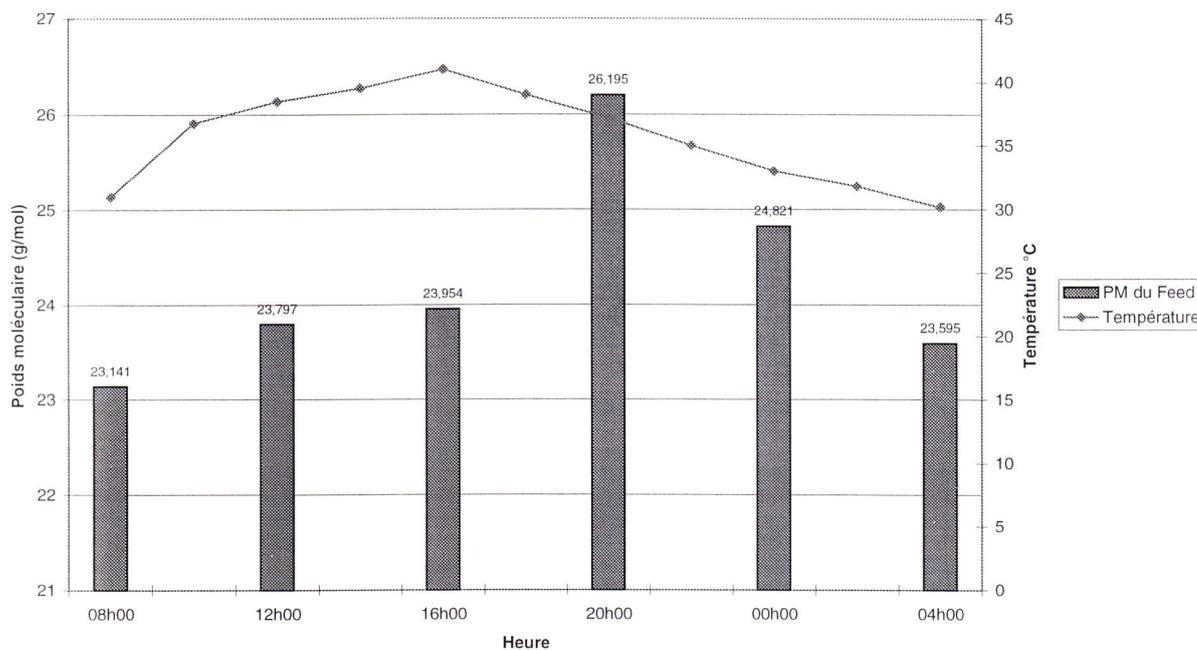
Commentaire: Bon fonctionnement de l'unité qui est représenté par un taux de C3+C4 élevé dans le GPL.

Graphe II-3. VARIATION DE RENDEMENT DU GPL POUR LA 2ème COMPAGNE.



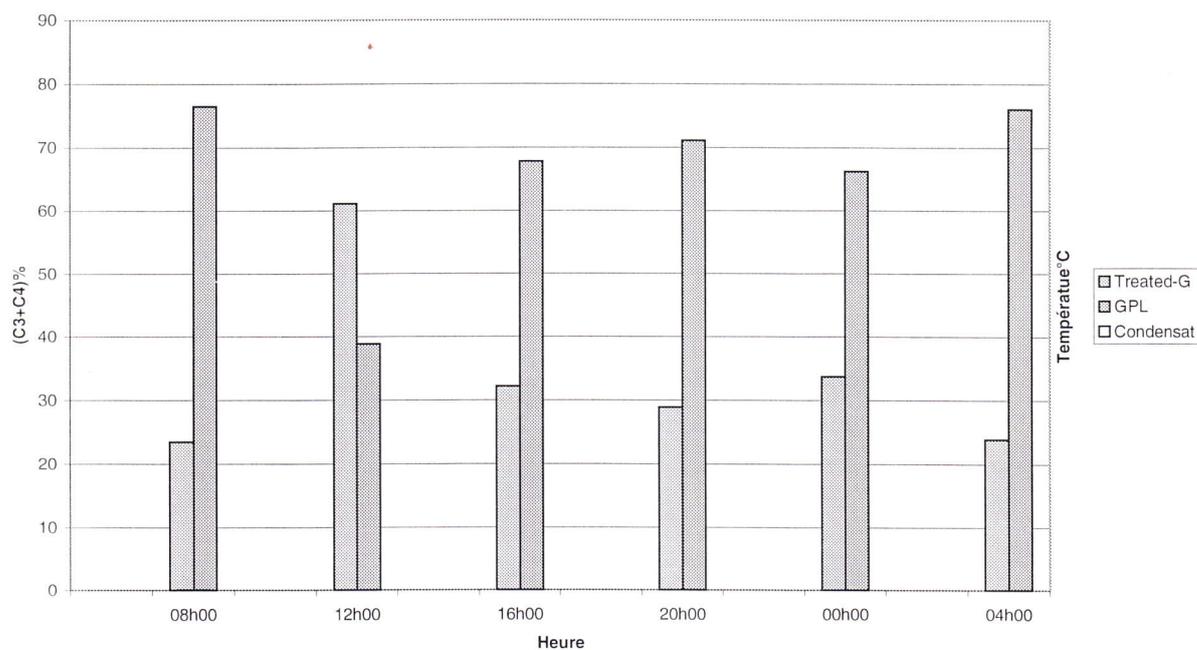
Commentaire: Entre 08h00 et 16h00 le fonctionnement de l'unité est stable malgré cela le rendement à 16h00 est nettement inférieur à celui du 08h00.

Graphe III-1, VARIATION DU PM EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, 3ème COMPAGNE.



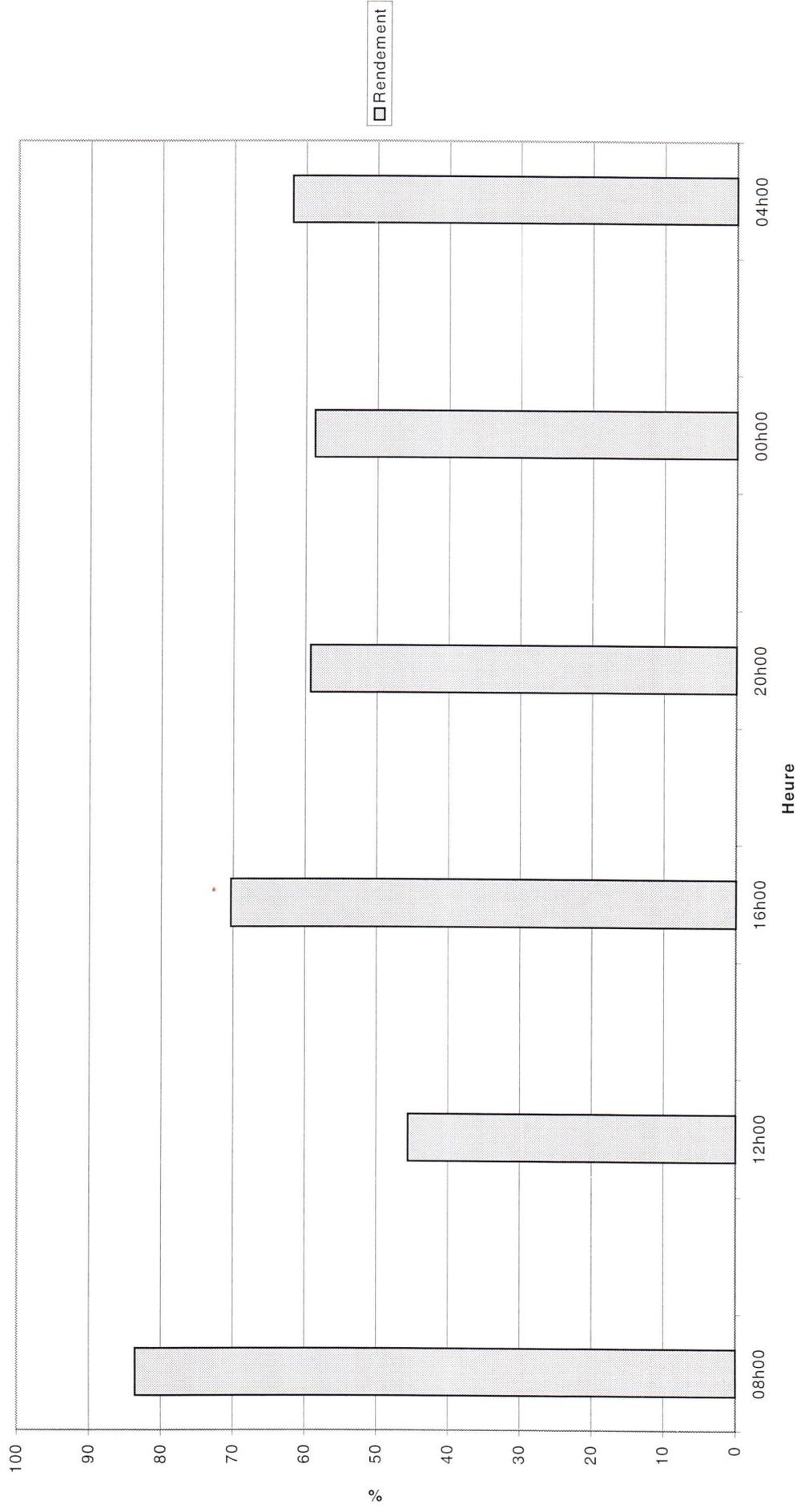
Commentaire: A 20h00 une augmentation brutale du Poids Moléculaire malgré la chute de T, ce qui est due à la variation de l'alimentation de l'unité.

Graphe III-2, VARIATION DU % de (C3+C4), 3ème COMPAGNE



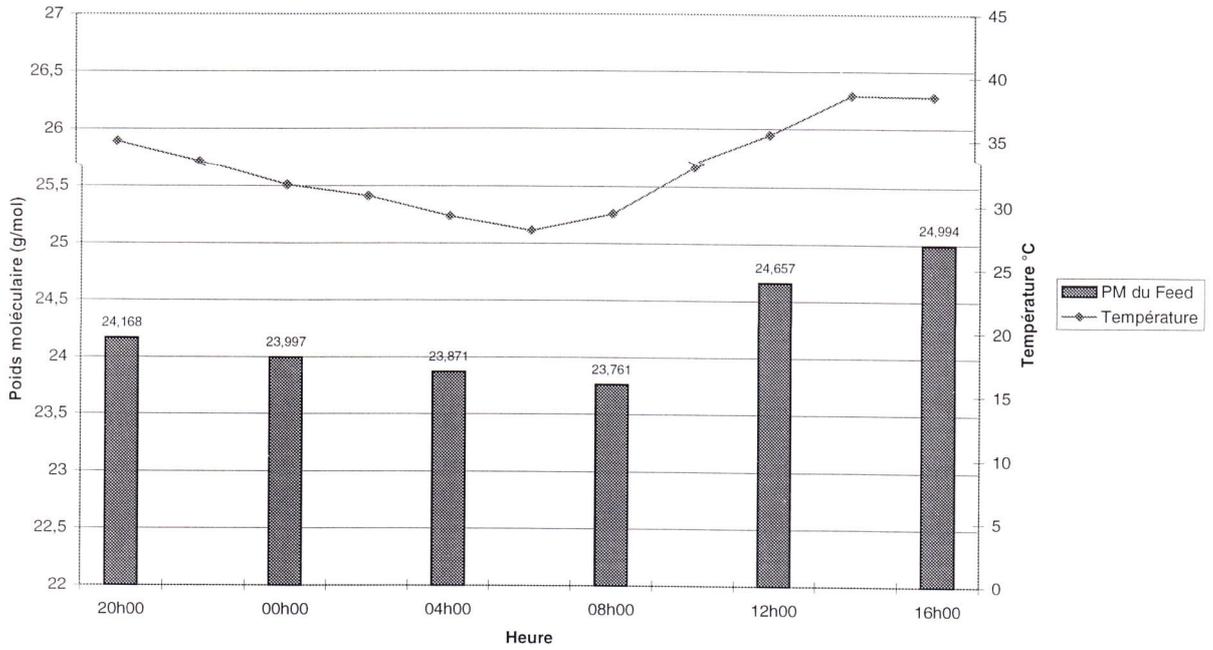
Commentaire: A 12:00 il y a eu beaucoup de perte en production vers le Treated Gas.

GraphesII-3.VARIATION DE RENDEMENT DU GPL POUR LA 3ème COMPAGNE.



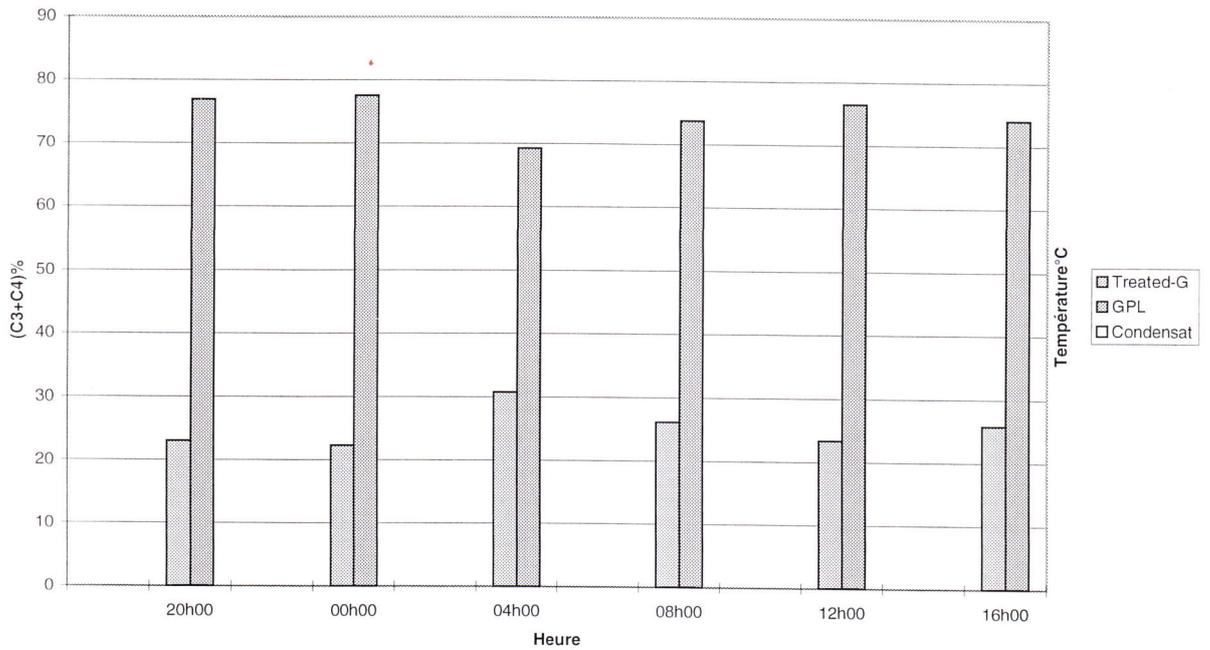
Commentaire: Une diminution brutale du rendement à 12h00 est due essentiellement à l'évacuation de C3+C4 dans le gaz-residuel.

Graphe IV-1, VARIATION DU PM EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, 4ème COMPAGNE .



Commentaire: La variation de la température est proportionnelle au poids moléculaire.

Graphe IV-2, VARIATION DU % de (C3+C4), 4ème COMPAGNE



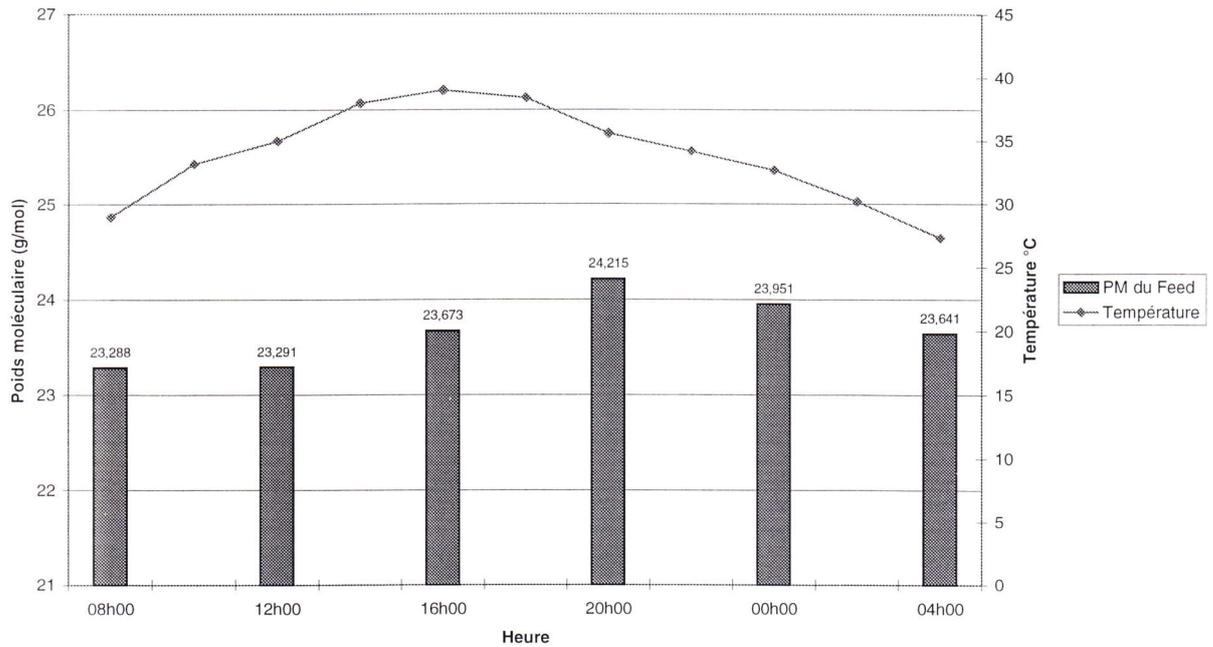
Commentaire: Bon fonctionnement de l'unité qui est représenté par un taux de C3+C4 élevé dans le GPL.

Graphe IV-3. VARIATION DE RENDEMENT DU GPL POUR LA 4ème COMPAGNE.



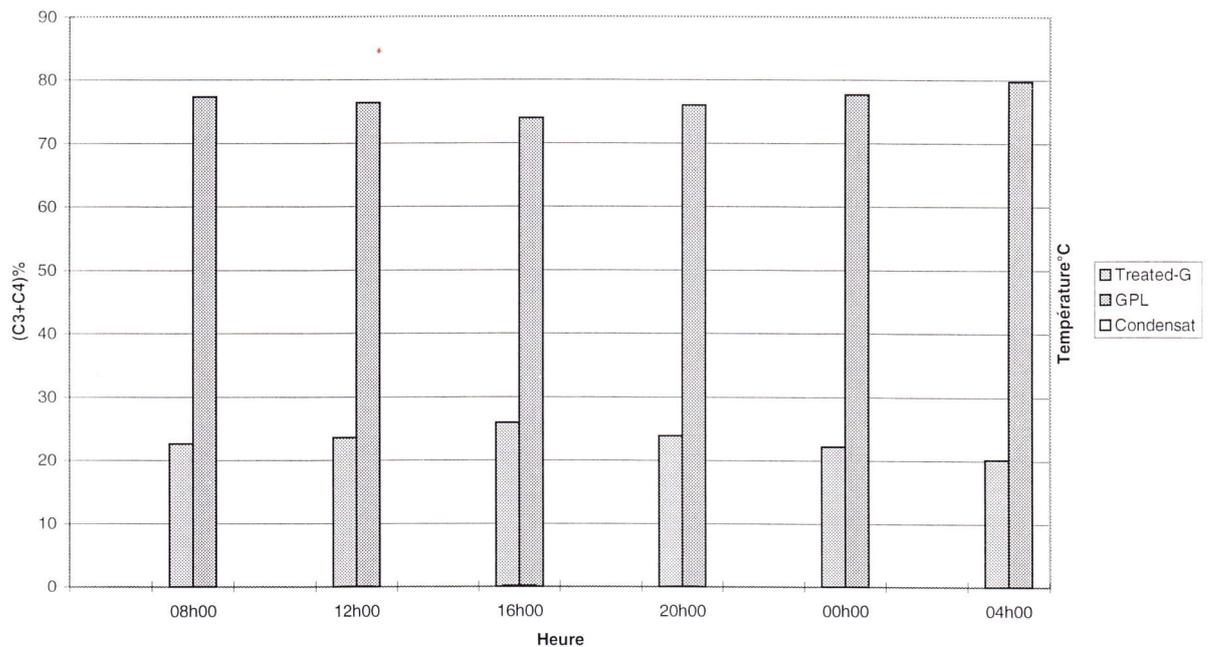
Commentaire: La diminution du rendement est causée par la diminution du taux de C3+C4 dans le GPL

Graphe V-1, VARIATION DU PM EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, 5^{ème} COMPAGNE.



Commentaire: A 20h00 augmentation instantanée de l'alimentation en gaz riche, ce qui a causé l'augmentation de PM.

Graphe V-2, VARIATION DU % de (C3+C4), 5^{ème} COMPAGNE



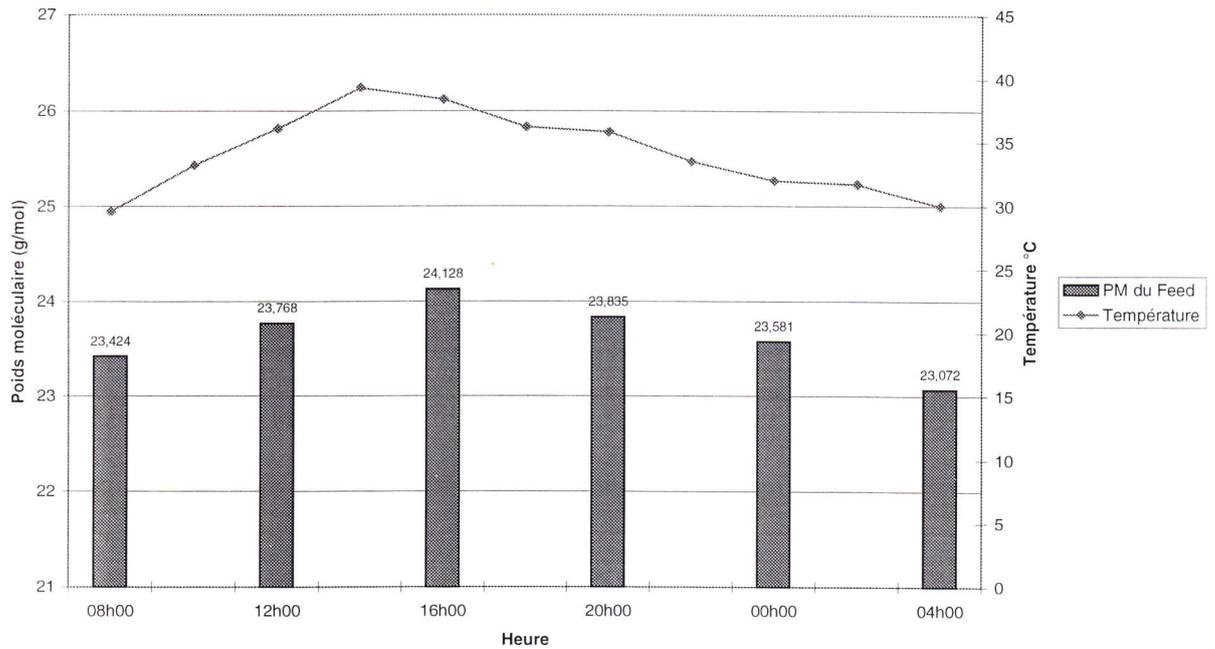
Commentaire: Bon fonctionnement de l'unité.

Graphe V-3. VARIATION DE RENDEMENT DU GPL POUR LA 5ème COMPAGNE.



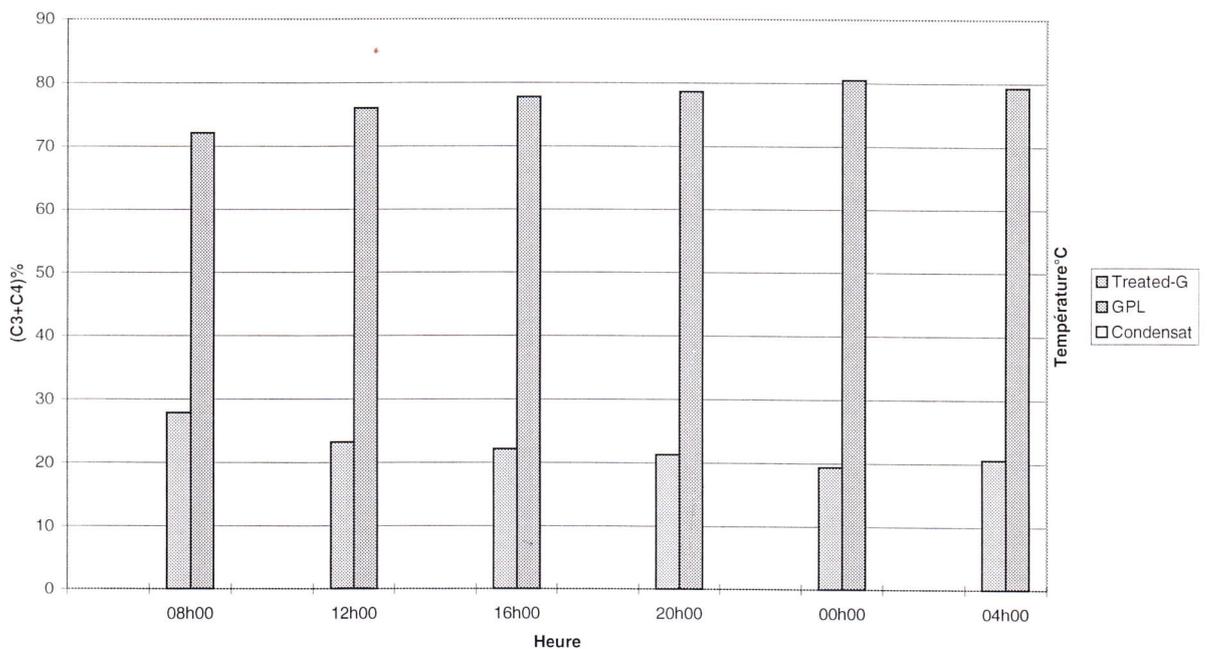
Commentaire: La diminution du rendement à 20h00 est due à une variation considérable de la composition de la charge.

Graphe VI-1, VARIATION DU PM EN FONCTION DE LA TEMPERATURE, 6ème COMPAGNE.



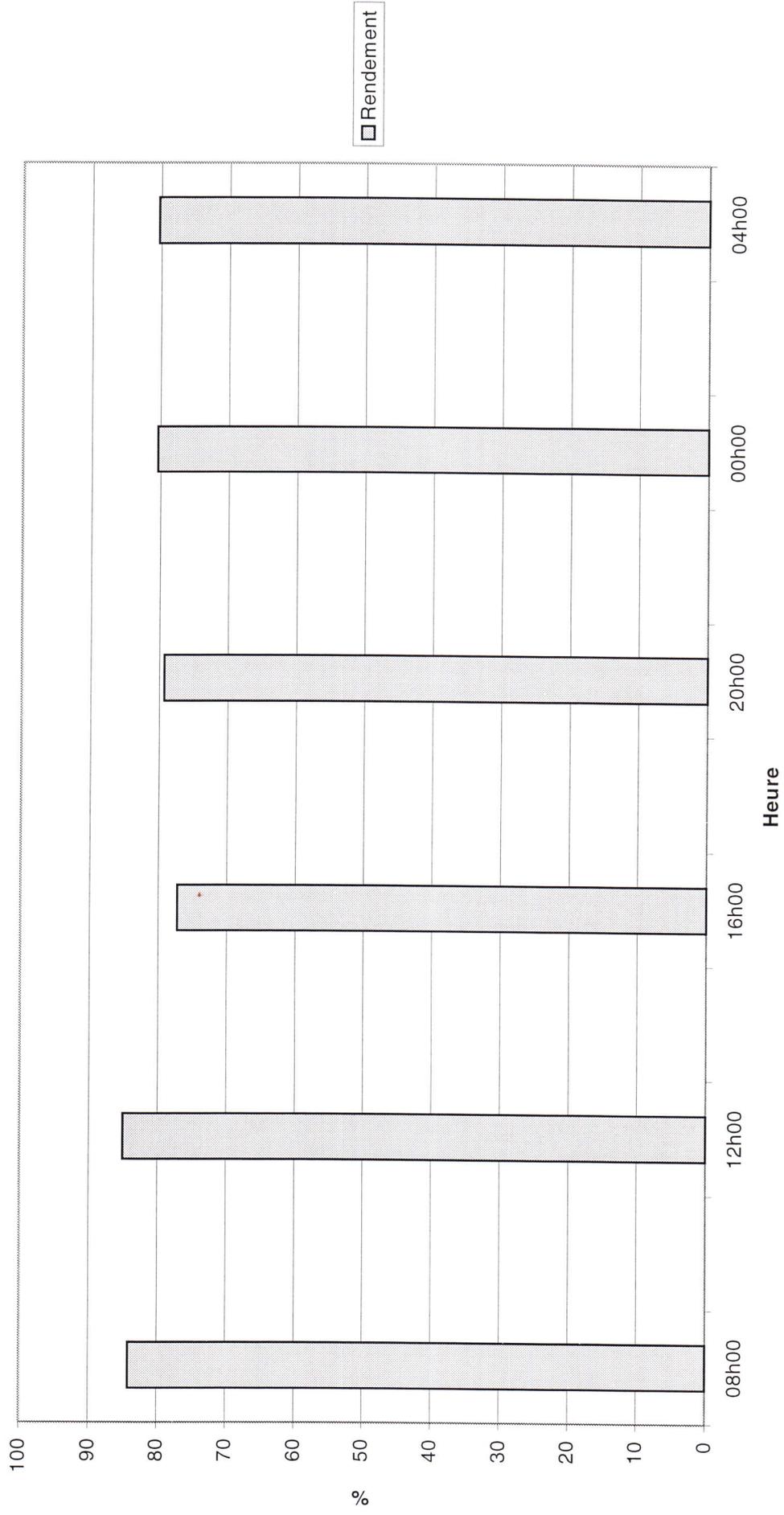
Commentaire: Il y a une proportionnalité entre la variation de la température et le poids moléculaire.

Graphe VI-2, VARIATION DU % de (C3+C4). LA 6ème COMPAGNE



Commentaire : Bon fonctionnement de l'unité qui est représenté par un taux de C3+C4 élevé dans le GPL.

Graphe VI-3. VARIATION DE RENDEMENT DU GPL POUR LA 6ème COMPAGNE.



Commentaire: La diminution du rendement à 16h00 est due à l'augmentation du poids moléculaire.

variation du Poids moléculaire en fonction des heures

- ▲— 1ere Compagne
- 2eme Compagne
- 3eme Compagne
- *— 4eme Compagne
- ◇— 5eme Compagne
- 6eme Compagne

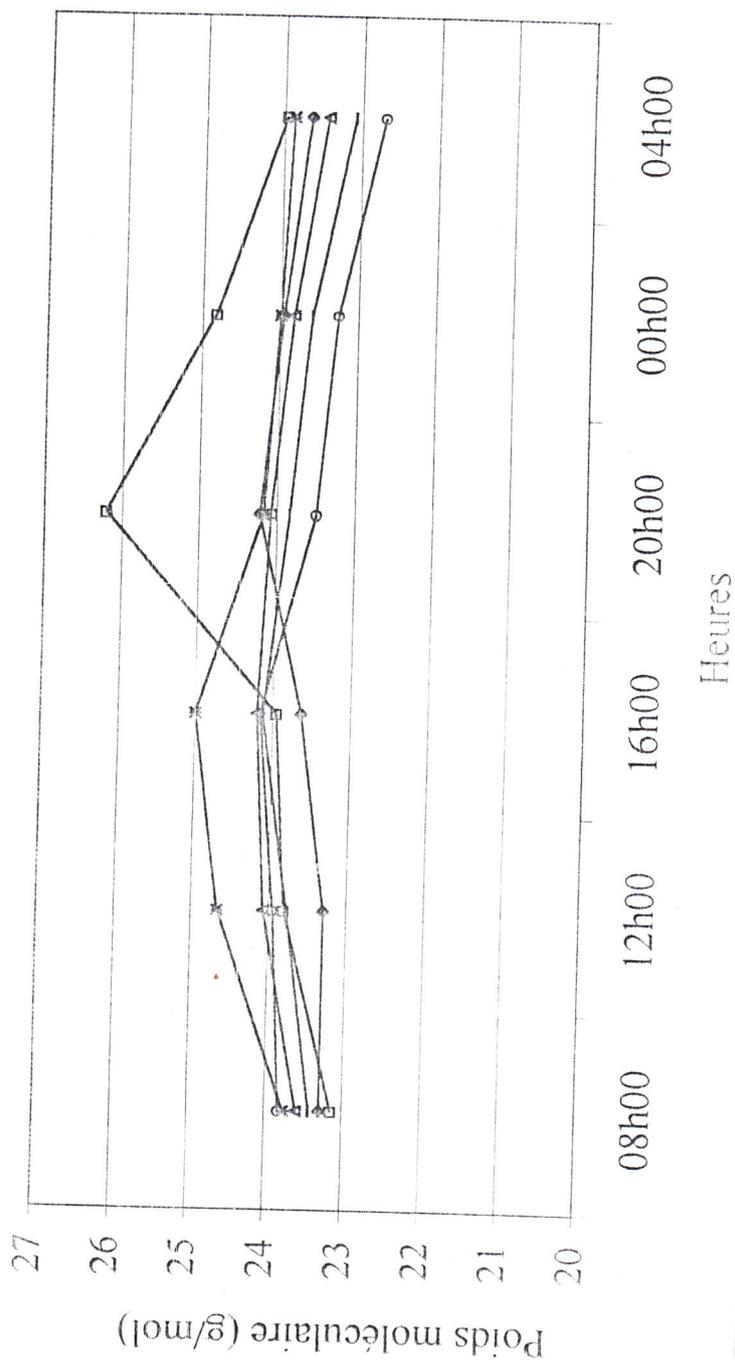


Fig VII : Variation du poids moléculaire pour les six compagnes.

IV-4.Vérification des dimensions du ballon d'aspiration**IV-4-1.Calcul de flash par la méthode de pression de convergence :****IV-4-1-1.Conditions de service :**Temperature: $T=55\text{ }^{\circ}\text{C} = 131\text{ }^{\circ}\text{F}$ Pression: $P= 27\text{ bar abs} = 391.4\text{ psia}$ **1/ Résultats des analyses pour l'alimentation du ballon :**

composition	PM	%mol	Débit molaire Kmol/h
C1	16.043	60.04	6351,8870
N2	28.013	2.32	245,4427
CO2	44.01	1.46	154,4596
C2	30.07	16.79	1776,2855
C3	44.097	11.03	1166,9106
IC4	58.124	1.09	115,3157
nC4	58.124	3.28	347,0051
iC5	72.151	0.60	63,4766
NC5	72.151	0.91	96,2728
C6	86.178	0.70	74,0560
C7	107.206	1.01	106,8522
C8	120.000	0.07	7,4056
H2O	18.016	0.7	74,0560
TOTAL		100.00	10579.4254

Poids moléculaire : **PM=26.361 g/mol**

Débit masse T/h	278.884
Débit volumique Sm ³ /h	249999.960
Débit volumique Nm ³ /h	236979.129
Debit molaire Kmol/h	10579.4254

Densité relative : **d = 0.908**

2/ Détermination de la température et de la pression pseudo-critiques moyennes

composition	PM	Zi	Zi. Pmi	Wi	Tci °F	Pci psia
C1	16.043	0.6004	/	/	/	/
N2	28.013	0.0232	0,650	0,0388	-232,51	493,1
CO2	44.01	0.0146	0,643	0,0384	87,91	1071
C2	30.07	0.1679	5,049	0,3018	89,92	706,5
C3	44.097	0.1103	4,864	0,2907	206,06	616
IC4	58.124	0.0109	0,634	0,0379	274,46	527,9
nC4	58.124	0.0328	1,906	0,1139	305,62	550,6
iC5	72.151	0.0060	0,433	0,0259	369,1	490,4
NC5	72.151	0.0091	0,657	0,0392	385,8	488,6
C6	86.178	0.0070	0,603	0,0361	453,6	436,9
C7	107.206	0.0101	1,083	0,0647	512,7	396,8
C8	120.000	0.0007	0,084	0,0050	564,22	360,7
H2O	18.016	0.0070	0,126	0,0075	705,16	3198,8
TOTAL			16,731			

Soit le méthane CH₄ considéré comme composant le plus léger, le calcul s'effectue pour les hydrocarbures supérieurs à CH₄.

$$W_i = Z_i \cdot P_{mi} / \sum Z_i \cdot P_{mi}$$

T_{ci} : Température critique du constituant i (°F) ;

P_{ci} : Pression critique (psia) ;

T^h : température critique moyenne (°F). $T^h = \sum W_i \cdot T_{ci}$

P^h : Pression pseudo-critique moyenne (psia) ; $P^h = \sum W_i \cdot P_{ci}$

3/ Détermination de la pression de convergence :

T^h, P^h sont des valeurs comprises entre les points critiques de C₃ et n-C₄, par interpolation, on tire la pression de convergence du binaire fictif.

$$P_K = 1236,2056 \text{ psia}$$

4/ Constantes d'équilibre :

On correspond la pression opératoire $P = 391.4$ psia en abscisse avec la température opératoire $T = 131$ °F dans le graphe $K_I = f(P_{\text{OPÉRATOIRE}}, T_{\text{OPÉRATOIRE}})$, pour les pressions de convergence : 1000 psia, 1500 psia afin de déterminer les K_I de chaque corps du mélange.

Composition	Constantes d'équilibre K_I		
	$P_k=1000$ psia	$P_k=1500$ psia	$P_k=1236.2056$ psia
C1	5.000	6.850	5.8740
N2	11.700	11.850	11.7709
CO2	3.240	4.379	3.7709
C2	2.100	2.800	2.4307
C3	0.840	0.861	0.8499
IC4	0.450	0.421	0.4363
nC4	0.352	0.325	0.3392
iC5	0.157	0.156	0.1565
nC5	0.150	0.134	0.1424
C6	0.062	0.0561	0.0592
C7	0.020	0.0245	0.0258
C8	0.010	0.0115	0.0108
H2O	2.2644	2.0976	2.1856

Tableau : les débits molaires de l'alimentation, la phase liquide et la phase vapeur.

Composition	Alimentation		Liquide		Vapeur	
	% mol	Debit Kmol/h	% mol	Debit Kmol/h	% mol	Debit Kmol/h
C1	60.04	6351,8870	11.34	9,4180	60.62	4252,7179
N2	2.32	245,4427	00.21	0,1744	02.35	164,8612
CO2	1.46	154,4596	00.46	0,3820	01.47	103,1260
C2	16.79	1776,2855	08.99	7,4663	16.88	1184,1946
C3	11.03	1166,9106	13.59	11,2867	11.00	771,6908
i-C4	1.09	115,3157	02.58	2,1427	01.07	75,0645
n-C4	3.28	347,0052	09.69	8,0477	03.20	224,4919
i-C5	0.60	63,4766	03.36	2,7905	00.57	39,9876
n-C5	0.91	96,2728	06.25	5,1907	00.85	59,6307
C6	0.70	74,0560	10.04	8,3384	00.59	41,3907
C7	1.01	106,8522	30.11	25,0068	00.67	47,0030
C8	0.07	7,4051	03.07	2,5497	00.03	2,1046
H2O	0.7	74,0560	00.33	0,2741	00.70	49,1076
TOTAL	100.00	10579,4254	100.02	83,0682	100.00	7015,3710

5/ Détermination des quantités liquide, vapeur et leurs compositions :

Composition	Zi	Ki	Essais sur les valeurs de L			Valeur de L finale	
			L= 0.0118	L= 0.0110	L= 0.0114	L= 0.0117	
			Zi / L+Ki.V	Zi / L+Ki.V	Zi / L+Ki.V	Xi=zi/L+VKi	Yi = Xi . Ki
C1	0.6004	5.8740	0.1032	0.1031	0.1032	0,1134	0,6062
N2	0.0232	11.7709	0.0020	0.0020	0.0020	0,0021	0,0235
CO2	0.0146	3.7709	0.0039	0.0039	0.0039	0,0046	0,0147
C2	0.1679	2.4307	0.0696	0.0695	0.0695	0,0899	0,1688
C3	0.1103	0.8499	0.1295	0.1296	0.1295	0,1359	0,1100
i-C4	0.0109	0.4363	0.0246	0.0247	0.0246	0,0258	0,0107
n-C4	0.0328	0.3392	0.0945	0.0947	0.0946	0,0969	0,0320
i-C5	0.0060	0.1565	0.036	0.0362	0.0361	0,0336	0,0057
n-C5	0.0091	0.1424	0.0597	0.0599	0.0596	0,0625	0,0085
C6	0.0070	0.0592	0.1092	0.1106	0.1099	0,1004	0,0059
C7	0.0101	0.0258	0.2708	0.2766	0.2737	0,3011	0,0067
C8	0.0007	0.0108	0.0311	0.0323	0.0317	0,0307	0,0003
H2O	0.0070	2.1856	0.0032	0.0032	0.0032	0,0033	0,0070
TOTAL	1.0000		0.9373	0.9555	0.9471	1.0002	1.000

Tableau : Débits massiques de la phase liquide et la phase vapeur.

Composition	Liquide		Vapeur	
	Débit Kg/h	% masse	Débit Kg/h	% masse
C1	151,0937	0,0262	68226,3529	0,3762
N2	4,8857	0,0008	4618,2573	0,0255
CO2	16,8135	0,0029	4538,5732	0,0250
C2	224,5127	0,0389	35608,7322	0,1963
C3	497,7098	0,0863	34029,2494	0,1876
i-C4	124,5440	0,0216	4363,0472	0,0241
n-C4	467,7642	0,0811	13048,3655	0,0719
i-C5	201,3397	0,0349	2885,1464	0,0159
n-C5	374,5157	0,0649	4302,4113	0,0237
C6	718,5845	0,1246	3566,9668	0,0197
C7	2675,7297	0,4639	5029,3194	0,0277
C8	305,9619	0,0530	252,5534	0,0014
H2O	4,9376	0,0009	884,7225	0,0049
TOTAL	5768,3927	1,0000	181353,6973	1,0000

IV-4-2. Dimensionnement du ballon

1- Conditions de services :

$$T = 55 \text{ }^\circ\text{C} = 131 \text{ }^\circ\text{F} \quad ; \quad P = 27 \text{ bars abs} = 391.4 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} \text{- Alimentation : } Q_A &= 10579.4254 \text{ Kmol/h} \\ &= 10682.3560 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 278884.2330 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

$$PM = 26.361 \text{ g/mole} \quad ; \quad d \text{ (relative)} = 0.908$$

$$\begin{aligned} \text{- Vapeur : } Q_v &= 10455.6461 \text{ Kmol/h} \\ &= 10557.0659 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 270288.9073 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

$$\rho_v = 25.6027 \text{ Kg/m}^3$$

$$PM = 25.851 \text{ g/mole}$$

$$\begin{aligned} \text{- Liquide : } Q_l &= 123.7793 \text{ Kmol/h} \\ &= 13.3636 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 8597.2151 \text{ Kg/h} \end{aligned}$$

$$\rho_l = 630.4664 \text{ Kg/m}^3$$

2- Vitesse critique :

$$V_c = K \cdot [(\rho_l/\rho_v) - 1]^{0.5}$$

ρ_v : masse volumique de la vapeur **Kg/m³** .

ρ_l : masse volumique du liquide **Kg/m³** .

K : Constante empirique pour le dimensionnement d'un séparateur **m/s**.

$$K = 1.2499 \text{ ft/sec} = 0.3810 \text{ m/s}$$

$$V_c = 0.3810 \cdot [(630.4664/25.6027) - 1]^{0.5} = 1.8519 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{V_c = 1.8519 \text{ m/s}}$$

3-Section de passage de la vapeur :

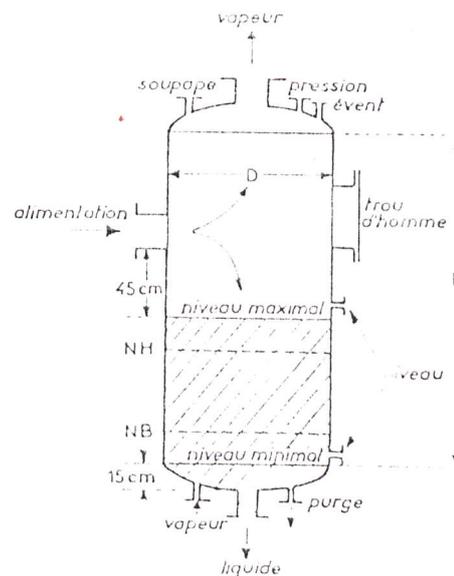
$$S_v = Q_v / 3600 \cdot V_C$$

$$S_v = 10557.0659 / 3600 \cdot 1.8519 = 1.5835 \text{ m}^2$$

$$S_v = 1.5835 \text{ m}^2$$

4-Temps de rétention adopté $\tau = 20$ min : τ est déduit par :

- Niveau minimal à 15 cm au-dessus du fond ;
- Volume entre niveau minimal et niveau bas NB correspondant à 5 min de débit liquide ;
- Volume entre NB et NH correspondant à 10 min de débit liquide ;
- Volume entre NH et niveau maximal correspondant à 5 min ;
- Alimentation à 45 cm au-dessus du niveau maximal.



BALLON DE DETENTE

6-Volume de rétention V_r :

$$V_r = Q_L \cdot \tau / 60$$

$$= 13.6363 \cdot 20 / 60 = 4.5454 \text{ m}^3$$

$$V_r = 4.5454 \text{ m}^3$$

7-Estimation du diamètre :

$$S_V = \pi \cdot D^2 / 4 \quad \Rightarrow \quad D = (S_V \cdot 4 / \pi)^{0.5}$$

$$= (1.5838 \cdot 4 / 3.1416)^{0.5} = 1.4199 \text{ m}^2$$

$$D = 1.4199 \text{ m}^2$$

8-Hauteur totale du ballon H :

$$H = H_1 + H_2$$

$$H_1 = 1.5 \text{ m} \quad \text{Si } D < 1 \text{ m}$$

$$H_1 = 2 \text{ m} \quad \text{Si } D \geq 1 \text{ m}$$

H_2 : Correspond à 20 min de débit liquide

$$V_R = \pi \cdot D^2 / 4 \cdot H_2 \quad \Rightarrow \quad H_2 = V_R / S_V$$

$$= 4.5454 / 1.5835$$

$$H_2 = 2.8705 \text{ m}$$

$$H = 4.8705 \text{ m}$$

9-Comparaison entre les dimensions calculées et celles du DESIGN :

Dimensions	Design	Calculé
Diamètre	1.67 m	1.42 m
Hauteur	4.3 m	4.87 m

Conclusion:

A la lumière des résultats obtenus, on peut dire que :

- La variation de la richesse en GPL dans la charge d'alimentation est minime.
- Les pertes de GPL dans le gaz résiduel sont négligeables par rapport au Design.

Enfin, nous pouvons dire que la variation du rendement est due à la variation de la température ambiante qui provoque l'entraînement ou la condensation des lourds, chose qui falsifie l'échantillonnage en donnant de faux résultats, autrement dit le rendement calculé n'est pas représentatif.

Recommandation :

Pour les raisons citées ci-dessus nous suggérons :

- De procéder à l'échantillonnage durant la période entre 16h00 et 18h00, ou nous constatons un poids moléculaire constant.
- Procéder à une étude pour améliorer la procédure d'échantillonnage afin d'avoir des échantillons représentatifs à tout moment.
- De prévoir une autre étude pendant une période froide telle que l'hiver.

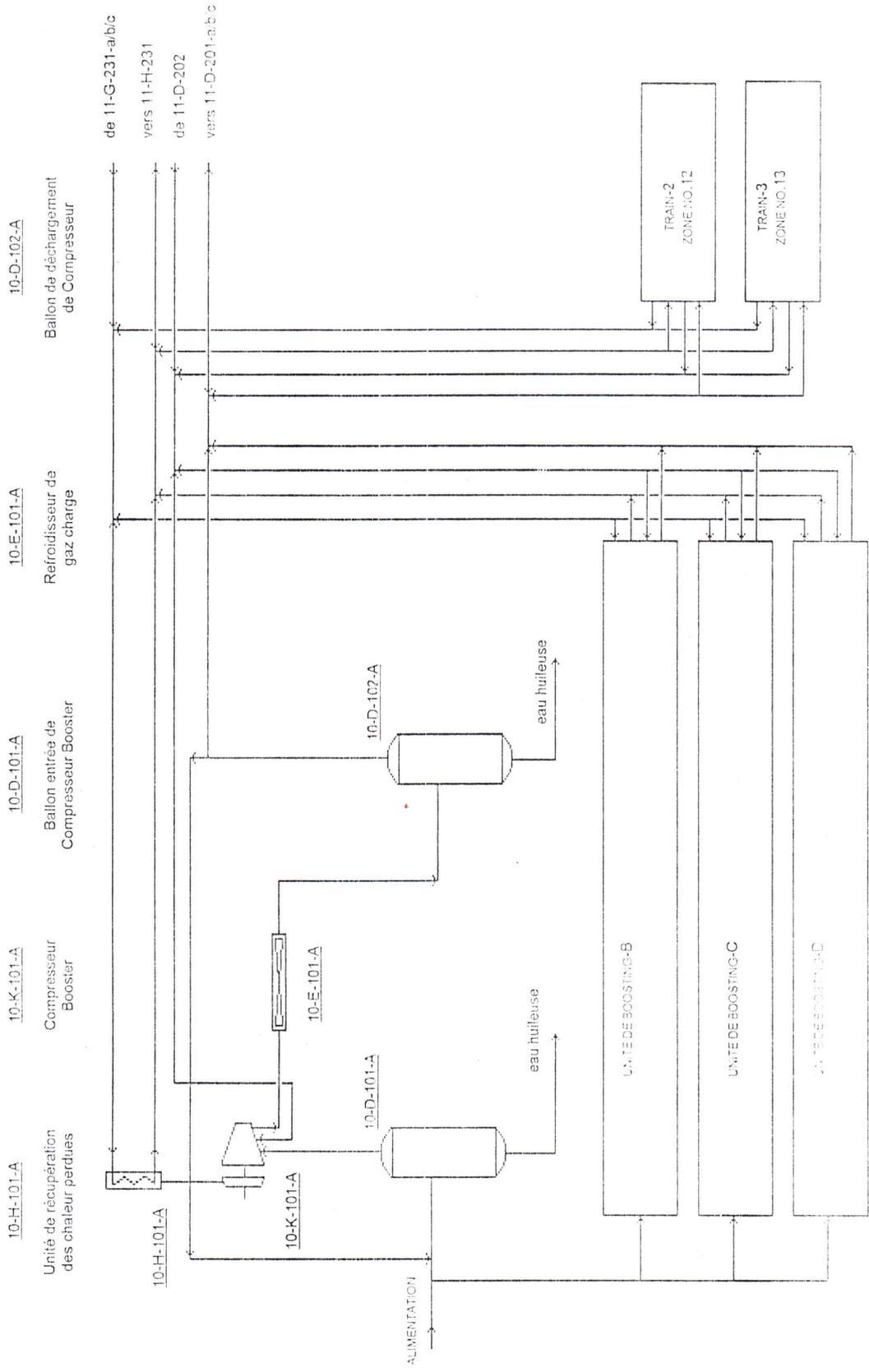
Conclusion § Recommendation

BIBLIOGRAPHIE

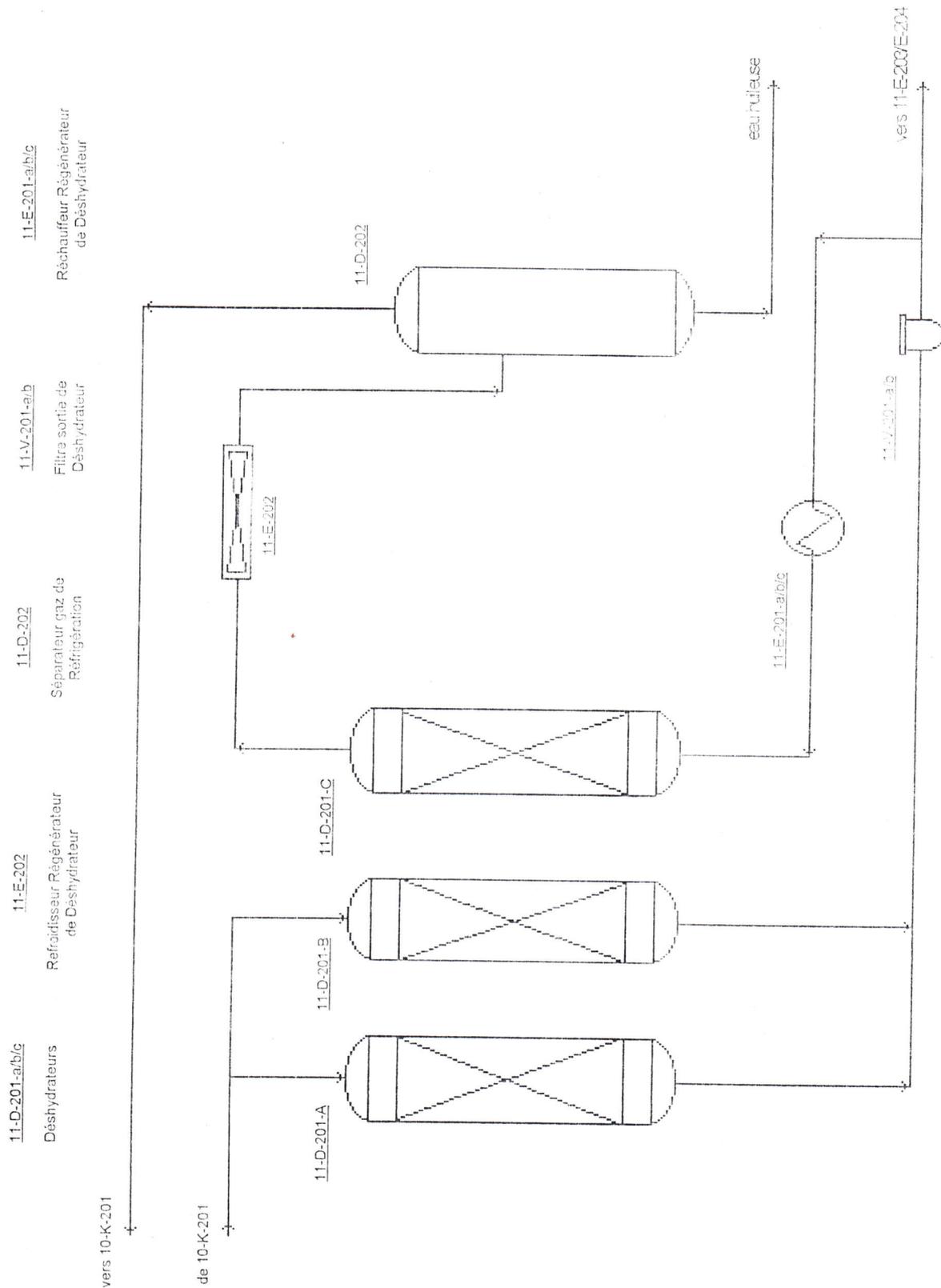


- 1-  V.Proskourikov & A.Drabkine. "**La chimie du pétrole et du gaz**".
Edition Mir/ Moscou 1983.
- 2-  G.Mahuzier & M.Hamon. "**Abrégé de chimie analytique**".
Edition Masson/ Paris 1990.
- 3-  J.-P. Wauquier, "**Le raffinage du pétrole**".
Edition Technip/ Paris 1994.
- 4-  P.Wuithier. "**Raffinage et génie chimique**". Tome II.
Edition Technip/Paris 1972.
- 5-  Encyclopédie Universalis 1995.
- 6-  F.Rouessac & A.Rouessac. "**Analyse chimique**".
Edition Dunod 1998.
- 7-  Gaz processors suppliers association. "**Engineering Data Book**".
10ème, Edition 1987.
- 8-  "**Guide pratique de laboratoire**".
- 9-  "**Sonatrach La revue**".
N°2 Février 1996; N°8 Octobre 1997; N°10 Juillet 1998.
- 10 -  G.P.L Danger et Transport. Région Transport HEH . Mars 1998.
- 11 -  Norme internationale. ISO 4257:1988(F).
- 12 -  Manuel opératoire GPL-2.HMD

Annexe

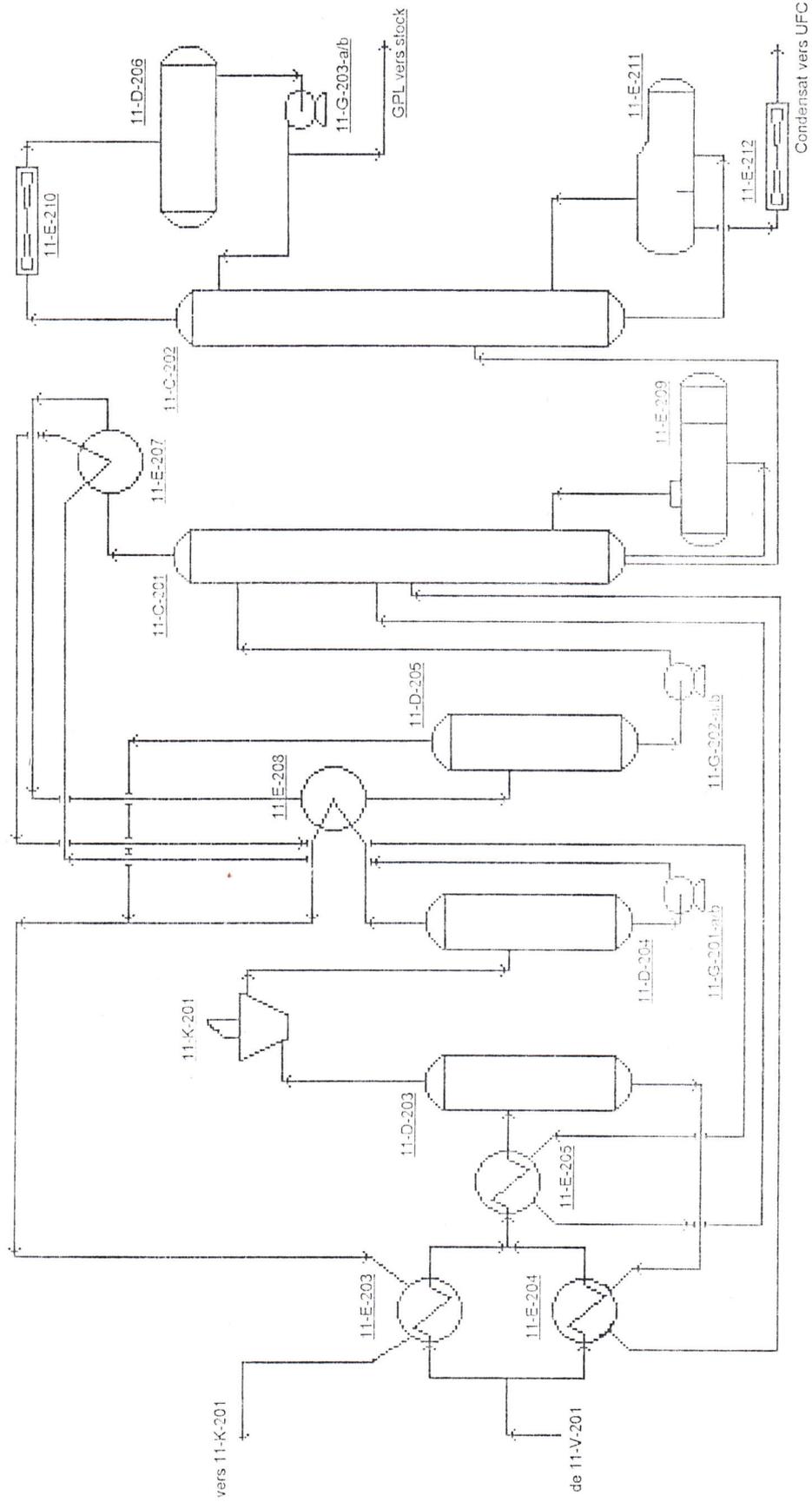


Annexe I - I. Section de Boosting



Annexe I 2. Section de Déshydratation

11-D-204	11-E-203	11-K-201	11-E-207	11-C-201	11-E-209	11-G-203-a/b	11-E-211	11-D-206
Séparateur de basse pression	Condenseur de déethaniseur	Expandeur-Compresseur	Condenseur de déethaniseur	Deethaniseur	Rebouilleur de Deethaniseur	Pompe reflux de Splitter GPL	Condenseur du Splitter GPL	Ballon reflux de Splitter GPL
11-D-205	11-E-203/204/205	11-E-211	11-E-212	11-G-202-a/b	11-D-203	11-C-202	11-G-201-a/b	
Ballon froid reflux de basse pression	Refracteur de gaz chargé	Rebouilleur de Splitter GPL	Refracteur de condensat	pompe froid reflux de déethaniseur	Séparateur entrée Expandeur	Splitter GPL	Pompe d'alimentation de déethaniseur	



Annexe I 3. Section de Réfrigération et de Fractionnement

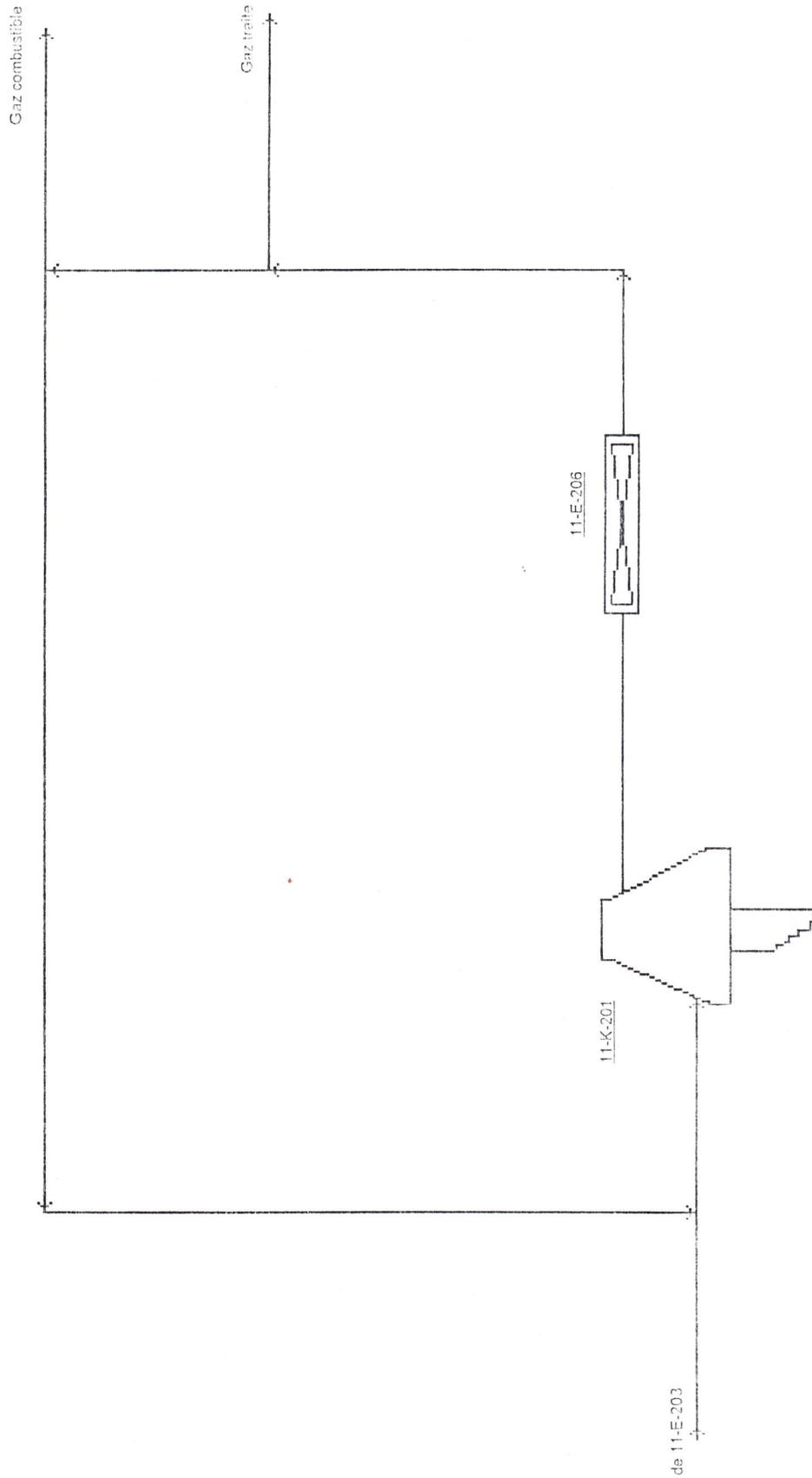
Condensat vers UFC

11-E-206

Refroidisseur complémentaire
d'expander-compresseur

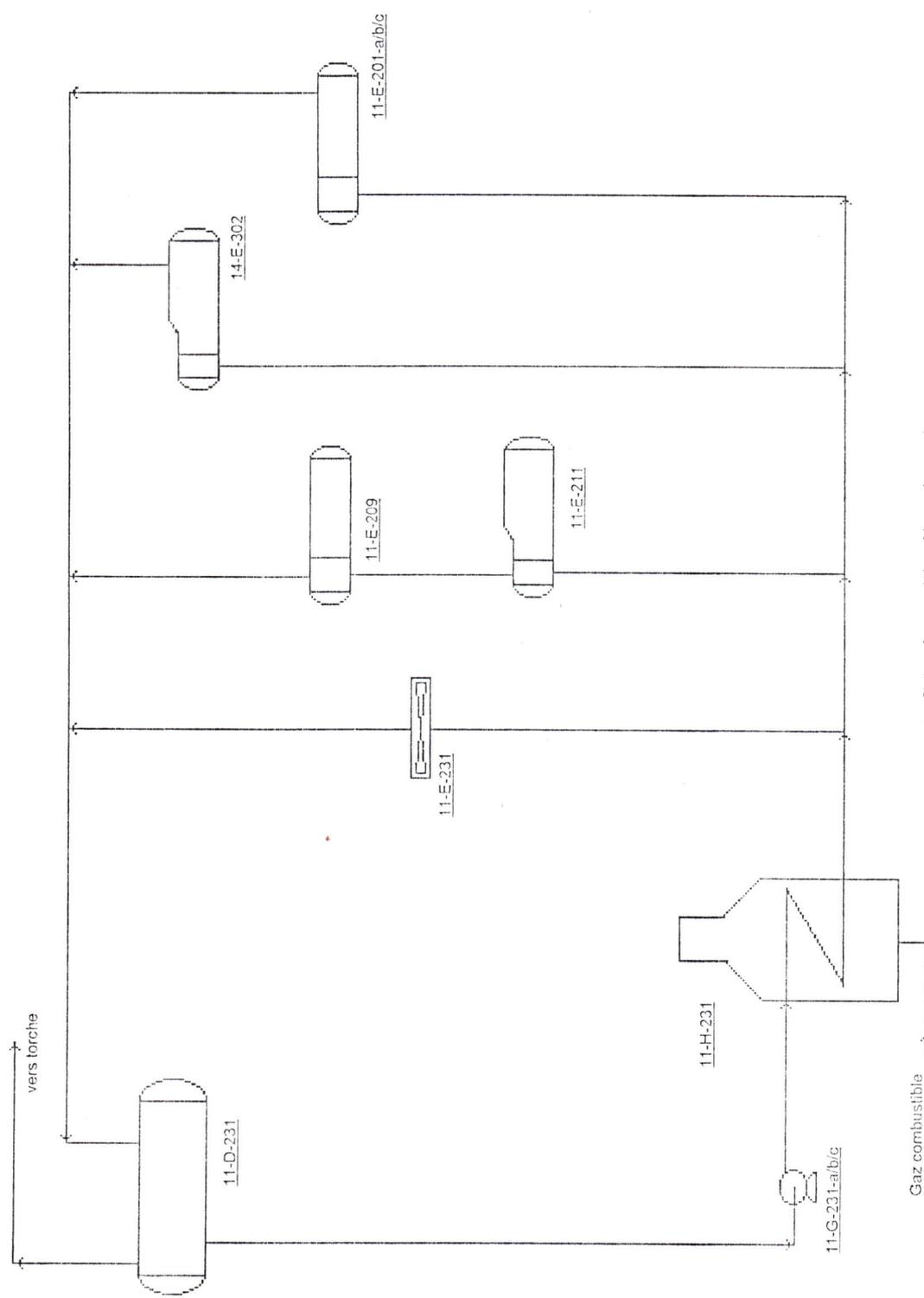
11-K-201

Expander Compresseur

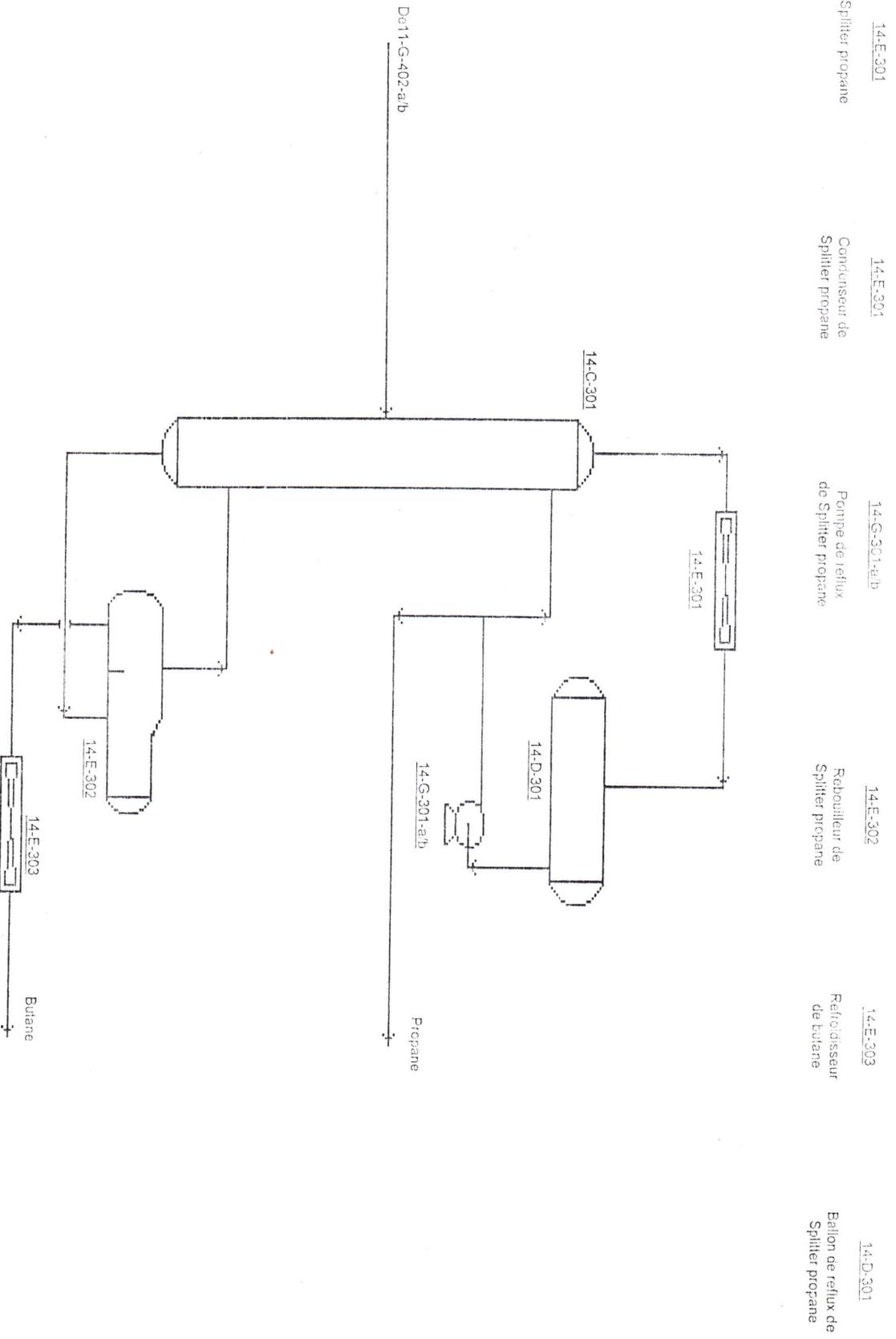


Annexe I -4.Séction de Recompression

11-G-231-a/b/c Pompe à huile chaude
 11-D-231 Ballon tampon d'huile chaude
 11-H-231 Réchauffeur d'huile chaude
 11-E-201-a/b/c Réchauffeur Régénérateur de Déshydrateur
 11-E-231 Refroidisseur d'huile chaude
 11-E-211 Rebouilleur de Splitter GPL
 11-E-209 rebouilleur de Déshfraiseur
 14-E-203 Rebouilleur de Splitter propane



ANNEXE: I-5 -Section d'huile chaude



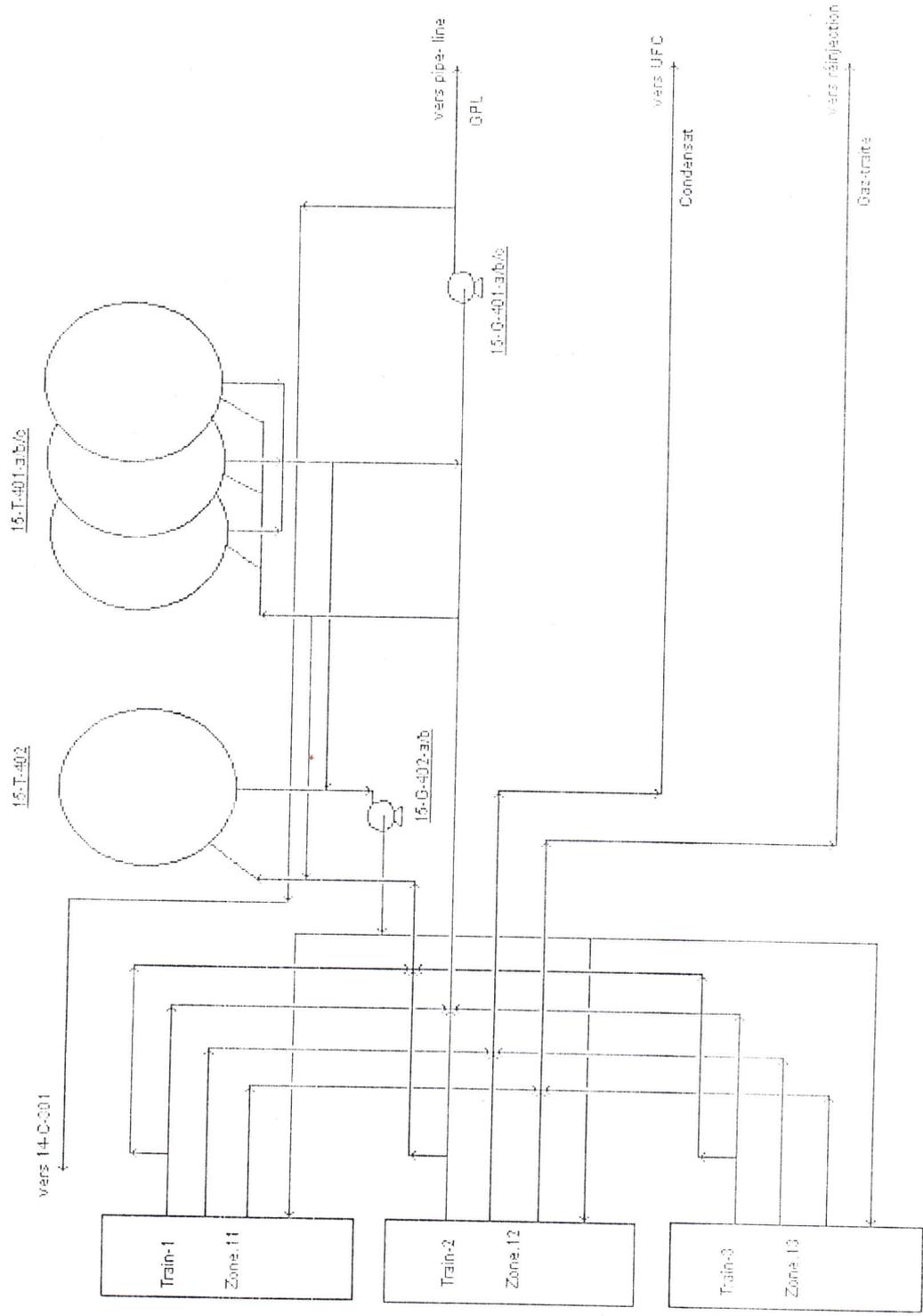
ANNEXE : I-6 : Section de production de propane et butane

15-T-402
Réservoir de
Stockage de GPL

15-T-401-a/b/c
Réservoir de
GPL off Spec

15-G-402-a/b
Pompe de
retour de GPL

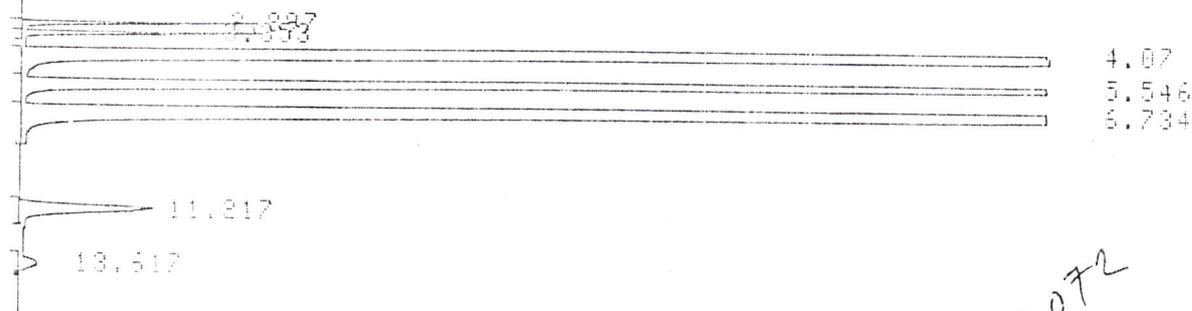
15-G-401-a/b/c
Pompe de
papeline de GPL



Annexe I 7. Section de Stockage.

ANNEXE II-1

00/07/24 10:02:34



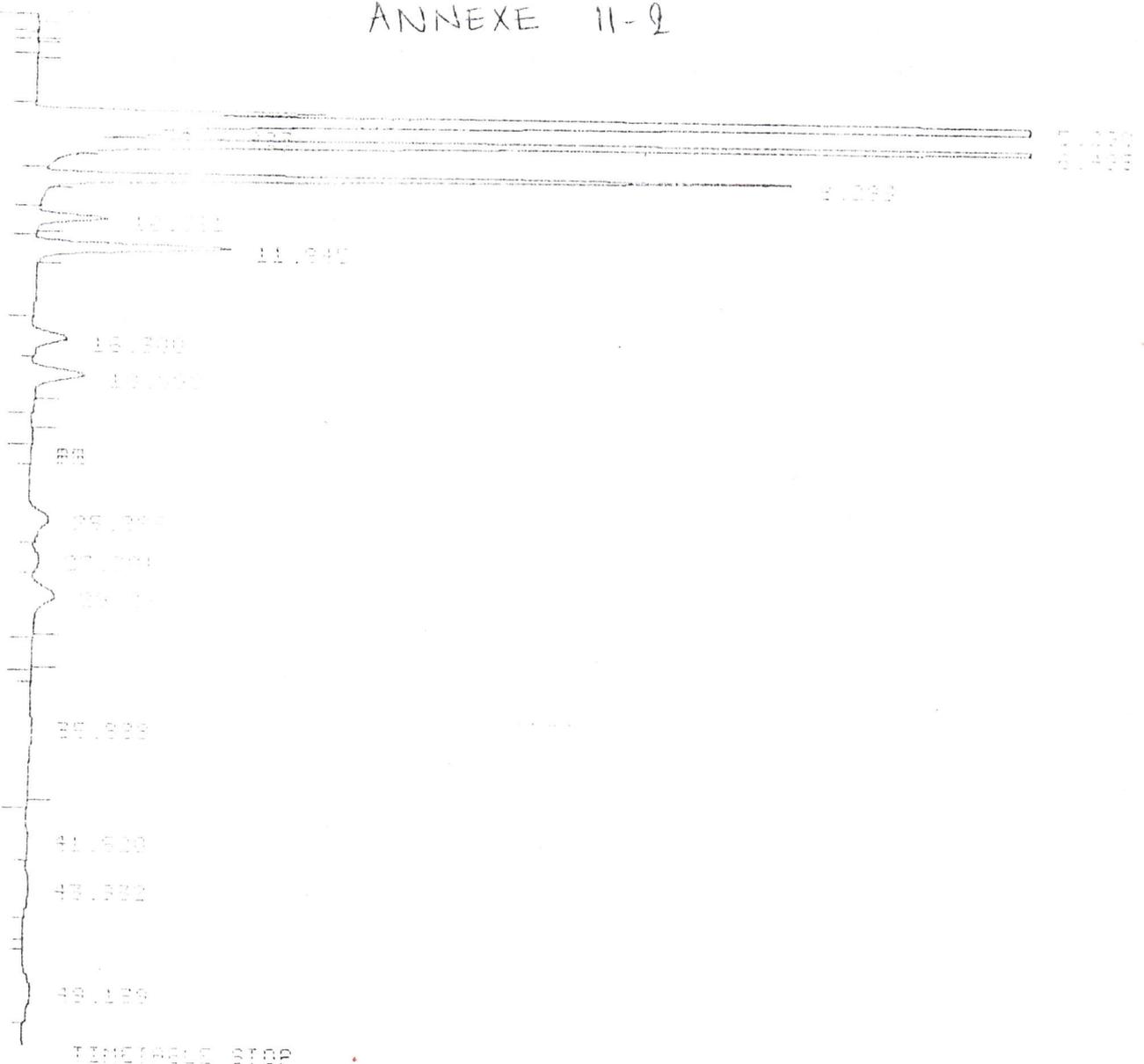
mw 45,072

CHROMATOGRAM PKNO	TIME	MEMORIZED AREA	MK	IDNO	CONC	NAME
1	2.897	6267				
2	3.353	6335		1	0.3652	C3H6
3	4.07	1624327		2	71.9157	C3H8
4	5.546	201549	V	3	7.0251	i-C4H10
5	6.734	623866	V	4	20.9089	n-C4H10
6	11.217	11584		5	0.33	i-C5H12
7	13.617	2031		6	0.0551	n-C5H12
TOTAL		2475958			100	

035

EXEMPLE D'UN CHROMATOGRAMME
GPL DU 1^{ère} COMPAGNE (8h00)

ANNEXE 11-2



Closing signal file H-SIGNAL .BNC
 Closing processed peaks to H-01280708.PPR
 RUN# 7 RUN 11. 2000 09-20-89

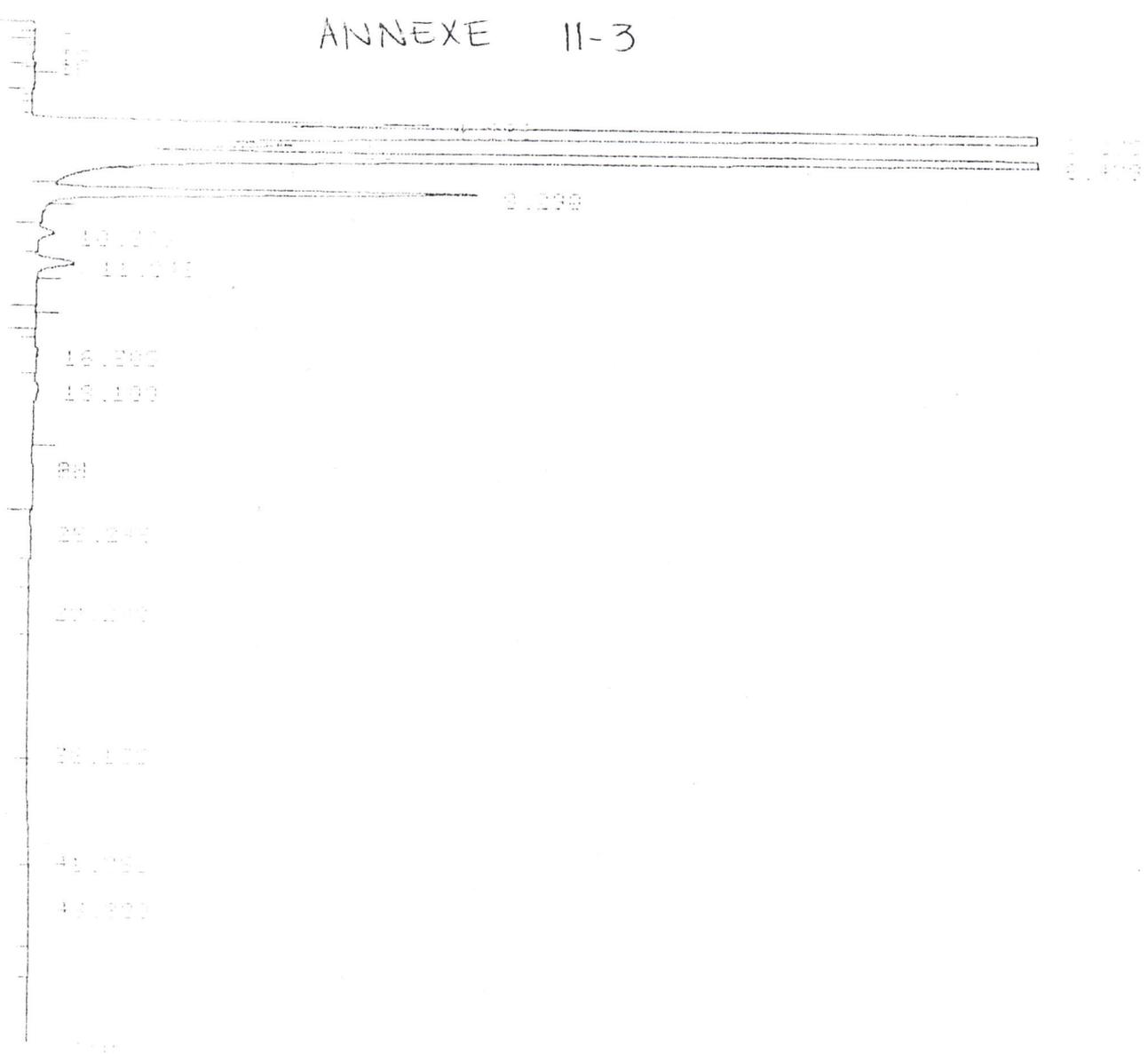
SIGNAL FILE- H-SIGNAL.BNC
 PEAK FILE - H-01280708.PPR
 PPR# 4

RT	AREA	TYPE	HEIGHT	PERCENT
4.099	117600	PU	.286	2.59200
5.199	2491004	UU	.266	55.42086
6.199	866307	UU	.320	1.94646
8.199	866706	US	.289	19.74581
9.199	401100	BB	.317	10.25846
10.199	50541	BB	.366	1.14844
11.999	100070	BB	.423	3.67642
13.999	300007	BB	.560	.89776
15.999	11000	BB	.619	1.45334
25.199	10170	PU	1.819	.41969
27.199	9706	UU	.964	.19974
29.199	24176	US	1.086	.55112
35.999	6170	US	1.514	.15166
41.510	6710	PU	1.368	.11899
43.392	7711	UU	1.179	.18670
49.199	1270	BB	1.531	.28989

EXEMPLE D'UN CHROMATO-
 GRAMME FEED-GAZ
 (1^{ère} COMPAGNE 8h00)

TOTAL AREA=4307876
 MUL FACTOR=1.00000000

ANNEXE 11-3



Display signal file: SIGNAL .SPE
 Plotting parameters: peaks to H-Q1154361.PRO

RUN# 7 JUL 20, 2000 10-07-28

SIGNAL FILE: SIGNAL.SPE
 COM: FILE: H-Q1154361.PRO
 PAGES:

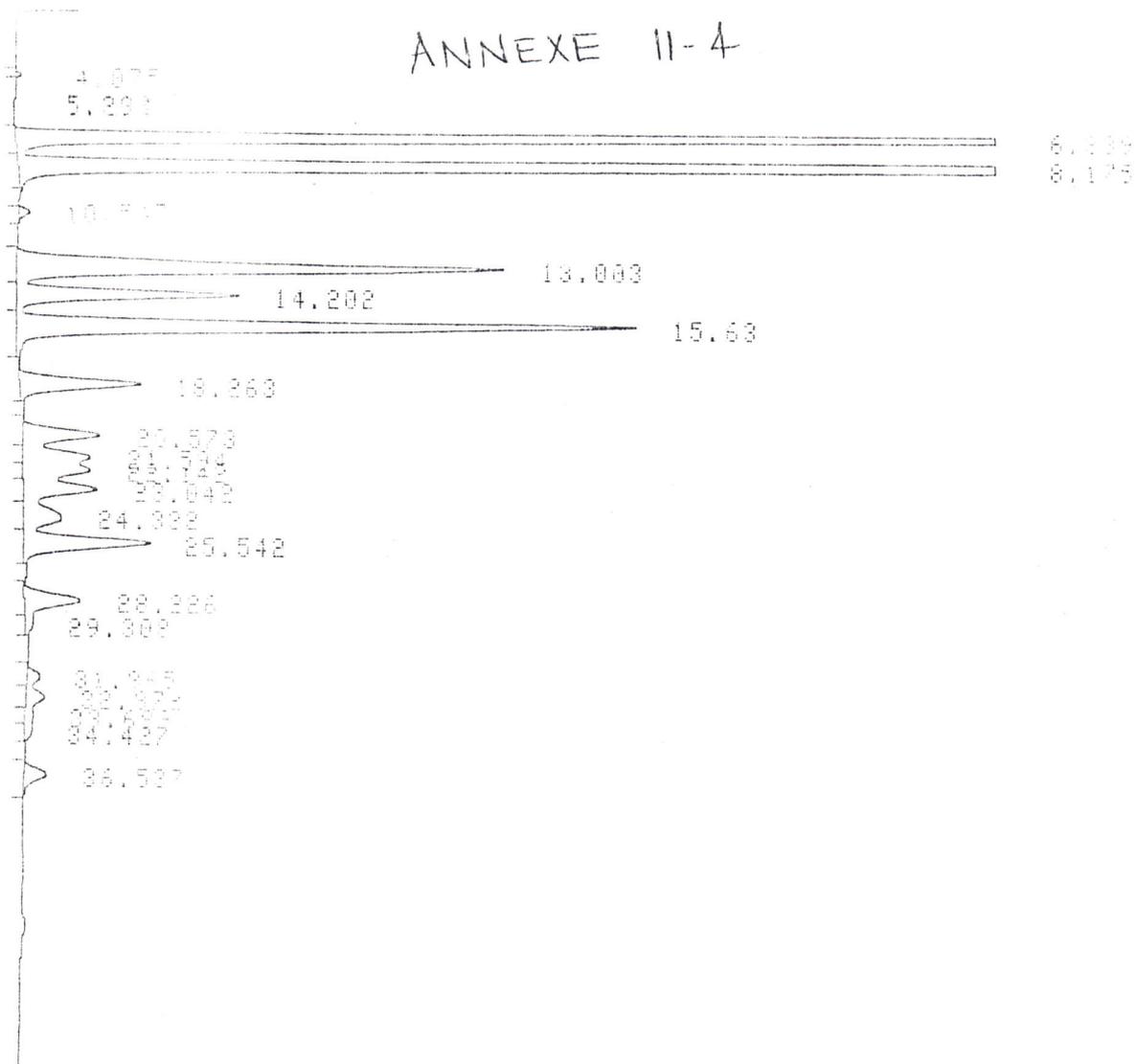
RT	AREA	TYPE	WIDTH	SPKPK
1.001	1000000	UU	1.133	2.41441
5.078	1000000	UU	1.261	61.13211
9.271	1000000	UU	1.213	2.26311
10.273	1000000	UU	1.281	29.25289
9.298	1000000	UU	1.312	4.28382
10.274	1000000	UU	1.261	1.93392
11.041	1000000	UU	1.421	1.61422
18.199	1000000	UU	1.038	1.88987
28.249	1000000	UU	1.294	1.14281
36.100	1000000	UU	1.131	1.87149
41.251	1000000	UU	1.057	1.87813
41.833	1000000	UU	1.703	1.88058
41.256	1000000	UU	1.787	1.25712
41.833	1000000	UU	1.049	1.27947

EXEMPLE D'UN CHROMATOGRAMME TREATED-GAZ
 (1^{ère} COMPAGNE 8h00)

CG → 3940
 CY → 88237

TOTAL AREA=1000000
 MUL FACTOR=1.00000E+00

ANNEXE II-4



02037-02
 809210A
 SHIMADZU

RANO	TIME	AREA	NK	IDNO	CONC	NAME
1	1.172	673				
2	4.075	188		3	0.0706	n-C4
3	6.839	27253		4	26.8194	i-C5
4	8.175	144939	V	5	44.5508	n-C5
5	10.547	565		6	0.134	C6
6	13.003	72146		7	7.6242	C6
7	14.202	12747	V	8	3.0233	C6
8	15.63	26043	V	9	8.5484	C6
9	18.263	3280		10	1.5461	C7
10	21.594	5655		11	1.0559	C7
11	21.594	4930	V	12	0.9205	C7
12	22.142	4869	V	13	0.9092	C7
13	23.048	5595	V	14	1.0447	C7
14	24.332	4140	V	16	0.773	C7
15	25.542	9032	V	17	1.3587	i-C8
16	28.226	4593		18	0.6909	C7
17	29.388	480	V	19	0.0722	C8
18	31.385	1047		20	0.1575	C8
19	32.872	1538	V	21	0.2314	C8
20	33.689	690	V	22	0.1038	C8
21	34.427	555	V	23	0.0835	C8
22	36.537	1974		24	0.2818	C9
TOTAL		357931			100	

GROUP(NAME) CONC
 C3 0

EXEMPLE D'UN CHROMATOGRAMME
 CONDENSAT (1^{ère} COMPAGNE 8h00)

1^{ère} .Compagne 24-25/07/00	Heure	Treated-G	GPL	Condensât
	08h00	27,56	72,43	0,01
	12h00	21,61	78,38	0,01
	16h00	25,42	74,56	0,02
	20h00	22,60	77,39	0,01
	00h00	21,95	78,04	0,01
	04h00	20.18	79.81	0,01
2^{ème} .Compagne 27-28/07/00	Heure	Treated-G	GPL	Condensât
	20h00	33,42	66,51	0,08
	00h00	28,27	71,64	0,09
	04h00	20.25	79.71	0.04
	08h00	35,98	63,93	0,09
	12h00	30,86	68,98	0,16
	16h00	37,67	62,20	0,13
3^{ème} .Compagne 30-31/07/00	Heure	Treated-G	GPL	Condensât
	08h00	23,47	76,48	0,05
	12h00	61,14	38,84	0,03
	16h00	32.13	67.85	0.02
	20h00	28,90	71,08	0,02
	00h00	33,72	66,27	0,01
	04h00	23,93	76,04	0,02
4^{ème} .Compagne 02-03/08/00	Heure	Treated-G	GPL	Condensât
	20h00	23.05	76.9	0.05
	00h00	22.38	77.59	0.03
	04h00	30.71	69.26	0.03
	08h00	26.18	73.77	0.05
	12h00	23.38	76.54	0.08
	16h00	25.85	74.06	0.09
5^{ème} .Compagne 07-08/08/00	Heure	Treated-G	GPL	Condensât
	08h00	22,61	77,36	0,03
	12h00	23,55	76,39	0,06
	16h00	25,89	73,99	0,11
	20h00	23,91	76,05	0,04
	00h00	22,22	77,76	0,02
	04h00	20,19	79,80	0,01
6^{ème} .Compagne 17-18/08/00	Heure	Treated-G	GPL	Condensât
	08h00	27.87	72.11	0.02
	12h00	23.27	76	0.04
	16h00	22.14	77.83	0.03
	20h00	21.33	78.65	0.02
	00h00	19.46	80.53	0.02
	04h00	20.66	79.33	0.01

Annexe IV. Variation du % de (C3+C4).

Rendements & Débits de la 1^{ère} compagne 24-25/07/00

	Feed		TGas		GPL		Cond		Rendt%	T° c
	Kmol/h	MW	Km ³ /h	MW	T/H	MW	T/H	MW		
8H		23.591	321	21.354	54	48.072	15.8	77.895	68.64	30
		15656.509		14330.357		1123.315		202.837		
12H		24.071	297.5	21.299	71.5	48.586	22.35	80.405	87.07	40.1
		15030.835		13281.250		1471.617		277.968		
16H		24.201	292.7	21.647	63.92	48.522	23.9	80.644	81.40	41.5
		14680.669		13066.964		1317.3406		296.364		
20H		24.074	310	21.219	65	48.627	20.66	78.663	85.3	39
		15438.631		13839.286		1336.706		262.639		
00H		23.819	316	20.999	66	48.254	16	78.584	85.9	35
		15678.509		14107.143		1367.762		203.604		
04H		23.423	279	20.938	58	47.816	16	78.421	86.45	31.8
		13872.367		12455.357		1212.983		204.027		

Rendements & Débits de la 2^{ème} compagne 27-28/07/00

	Feed		TGas		GPL		Cond		Rendt	T° c
	Kmol/h	MW	Km ³ /h	MW	T/H	MW	T/H	MW		
20H		23.492	301.5	20.838	52.7	48.447	21.05	80.586	82.62	41
		14808.820		13459.821		1087.787		261.212		
00H		23.250	250	21.118	41.7	48.026	17.7	79.002	83.67	38
		12253.039		11160.714		868.280		224.045		
04H		22.692	293	20.946	62.4	48.037	17.15	78.881	88.55	35.1
		14596.772		13080.357		1298.999		217.416		
8H		23.815	297.2	21.556	50.5	48.328	17.63	78.023	69.55	33.8
		14538.759		13267.857		1044.943		225.959		
12H		23.942	199.9	21.650	45.1	47.768	15.08	79.155	70.10	43.9
		10058.766		8924.107		944.147		190.512		
16H		24.161	199.5	21.634	33.4	48.220	13.82	79.874	61.48	45.1
		9771.931		8906.250		692.659		173.023		

Rendements & Débits de la 3^{ème} compagne 30-31/07/00

	Feed		TGas		GPL		Cond		Rendt	T° c
	Kmol/h	MW	Km ³ /h	MW	T/H	MW	T/H	MW		
8H		23.141	293.4	20.997	53.67	48.147	9.73	79.463	83.56	31
		14335.372		13098.214		1114.711		122.447		
12H		23.797	200	22.360	22.1	49.685	13.87	78.737	45.56	39
		9549.530		8928.571		444.802		176.156		
16H		23.954	200	22.206	38.5	49.422	16.10	79.058	70.32	41
		9911.225		8928.571		779.005		203.648		
20H		26.195	205.5	20.872	37.15	48.419	12.68	77.247	59.33	37.2
		10105.517		9174.107		767.261		164.149		
00H		24.821	207.7	20.910	32.17	48.531	10.56	78.316	58.75	33
		10070.035		9272.321		662.875		134.838		
04H		23.959	232.6	20.505	40.09	48.031	11.40	76.677	61.88	30.2
		11367.273		10383.929		834.669		148.676		

Rendements & Débits de la 4^{ème} compagnie 02-03/08/00

	Feed		TGas		GPL		Cond		Rendt	T° c
	Kmol/h	MW	Km ³ /h	MW	T/H	MW	T/H	MW		
20H		24.168	289	21.159	52.55	47.619	14.32	77.668	67.42	29
		14189.711		12901.786		1103.551		184.375		
00H		23.997	291.2	21.182	66.45	49.138	21.56	78.811	71.20	35.5
		14625.880		13000.000		1352.314		273.566		
04H		23.871	278.2	21.287	58.08	48.615	20.89	75.782	63.1	38.5
		13889.995		12419.643		1194.693		275.659		
8H		23.761	290.6	21.064	58.18	48.041	17.65	81.137	72.30	35
		14401.796		12973.214		1211.049		217.533		
12H		24.657	284.3	20.957	53.29	47.844	13.55	77.266	71.62	31.6
		13981.161		12691.964		1113.828		175.368		
16H		24.994	283.2	21.216	42.37	47.596	11.89	78.058	65.84	29.1
		13685.381		12642.857		890.201		152.323		

Rendements & Débits de la 5^{ème} compagnie 07-08/08/00

	Feed		TGas		GPL		Cond		Rendt	T° c
	Kmol/h	MW	Km ³ /h	MW	T/H	MW	T/H	MW		
8H		23.288	308	20.467	53.4	48.497	14.33	77.475	82.76	29
		15036.062		13750.000		1101.099		184.963		
12H		23.291	294	20.523	51	48.865	17.30	78.275	79.6	27
		14389.707		13125.000		1043.692		221.016		
16H		23.637	272.3	20.610	49	48.831	21.36	79.577	76.1	39
		13428.130		12156.250		1003.461		268.419		
20H		24.215	318.2	20.449	57.30	47.486	17.16	81.559	69.35	35.6
		15622.428		14205.357		1206.671		210.400		
00H		23.951	325.1	20.417	59.26	47.176	16.9	79.627	70.69	32.7
		15981.780		14513.393		1256.147		212.240		
04H		23.641	334.8	20.378	67.16	47.157	15.96	78.372	77.93	27.3
		16574.252		14946.429		1424.179		203.644		

Rendements & Débits de la 6^{ème} compagnie 17-18/08/00

	Feed		TGas		GPL		Cond		Rendt	T° c
	Kmol/h	MW	Km ³ /h	MW	T/H	MW	T/H	MW		
8H		23.424	181.3	20.934	34.2	49.215	7.68	78.031	84.2	29.6
		8887.083		8093.750		694.910		98.422		
12H		23.768	269.2	20.827	61.77	48.076	19.91	79.143	85.01	36.1
		13554.268		12017.857		1284.841		251.570		
16H		24.128	273.1	20.597	56.88	47.904	19.71	80.809	77.21	38.4
		13623.248		12191.964		1187.375		243.908		
20H		23.835	300	20.375	53.9	47.738	16.36	79.286	79.3	35.3
		14728.278		13392.857		1129.080		206.342		
00H		23.581	314	20.444	62.3	47.465	15.3	77.199	80.4	32.8
		15528.592		14017.857		1312.546		198.189		
04H		23.072	321	20.413	56.9	47.578	14.8	80.737	80.3	30
		15709.599		14330.357		1195.931		183.311		

CALCUL DU RENDEMENT

Compositions	MW	Marche Normale		Marche Normale
		Gaz riche	Gaz pauvre	Gaz riche
Methane	16,043	63,61	69,52	63,61
Ethane	30,03	18,27	17,63	18,27
Propane	44,097	9,22	5,58	9,22
I-Butane	58,124	0,84	0,51	0,84
N-Butane	58,124	2,44	1,58	2,44
I-Pentane	72,151	0,4	0,28	0,4
N-Pentane	72,151	0,55	0,41	0,55
Hexane	86,178	0,31	0,26	0,31
Heptane	100,206	0,11	0,1	0,11
CO ₂	44,01	1,55	1,42	1,55
Azote	28,018	2,7	2,71	2,7
H ₂ O	18	0	0	0
Tota ₁		100	100	100
P.M (MW)	Gr/Mole	24,17	22,34	24,17
Débit Gaz	Std ³ *10 ³	8000	8000	8000
Potentiel C ₃	T	1376,4	833	1376,4
Potentiel C ₄	T	645,4	441,3	645,4
Potentiel GPL	T	2021,8	1244,3	2021,8
Richesse GPL	Gr/Std ³	252,73	155,53	252,73
Potentiel C ₅ +	T	359,81	278,32	359,81
Richesse C ₅ +	Gr/Std ³	44,976	34,79	44,976
Produit		GPL	GPL	GPL
Production	T	1613	1050,6	1457,5
Rendement	%	79,78%	84,43%	72,09%

DEBIT GAZ EN KMOL Q_m :

$$Q_m = Q \text{ sm}^3/\text{day} \times \frac{273}{288} / 22.4$$

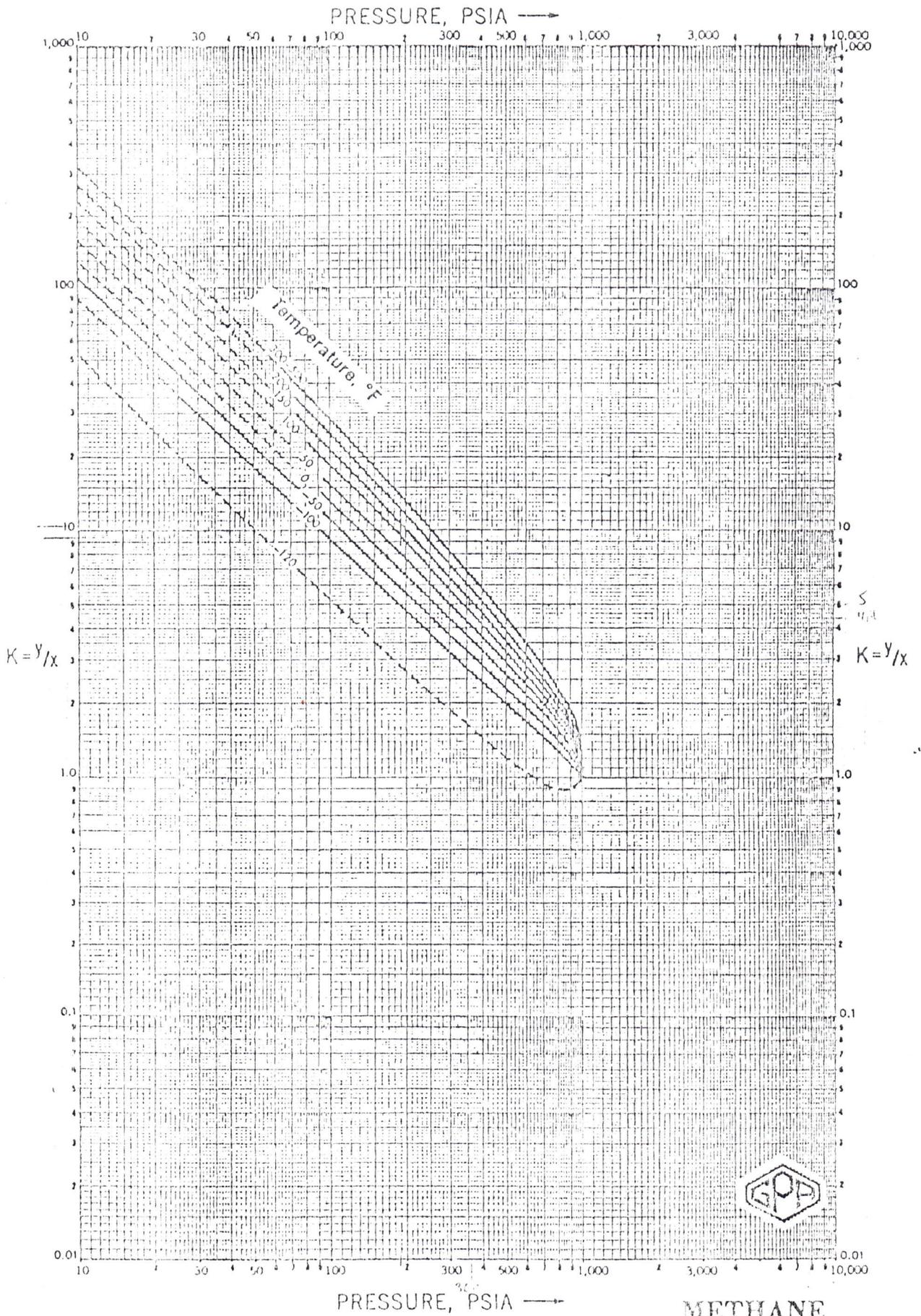
POTENTIEL:

$$P = Q_m \times \% \text{ mol} \times \text{MW} / 100 \quad ; \quad \text{MW} = \text{molecular weight}$$

$$\text{RENDEMENT: } \eta = \frac{\text{Production}}{\text{Potentiel}}$$

ANNEXE V-3

ANNEXE VI-1



METHANE
CONV. PRESS. 1000 PSIA

ANNEXE VI-2

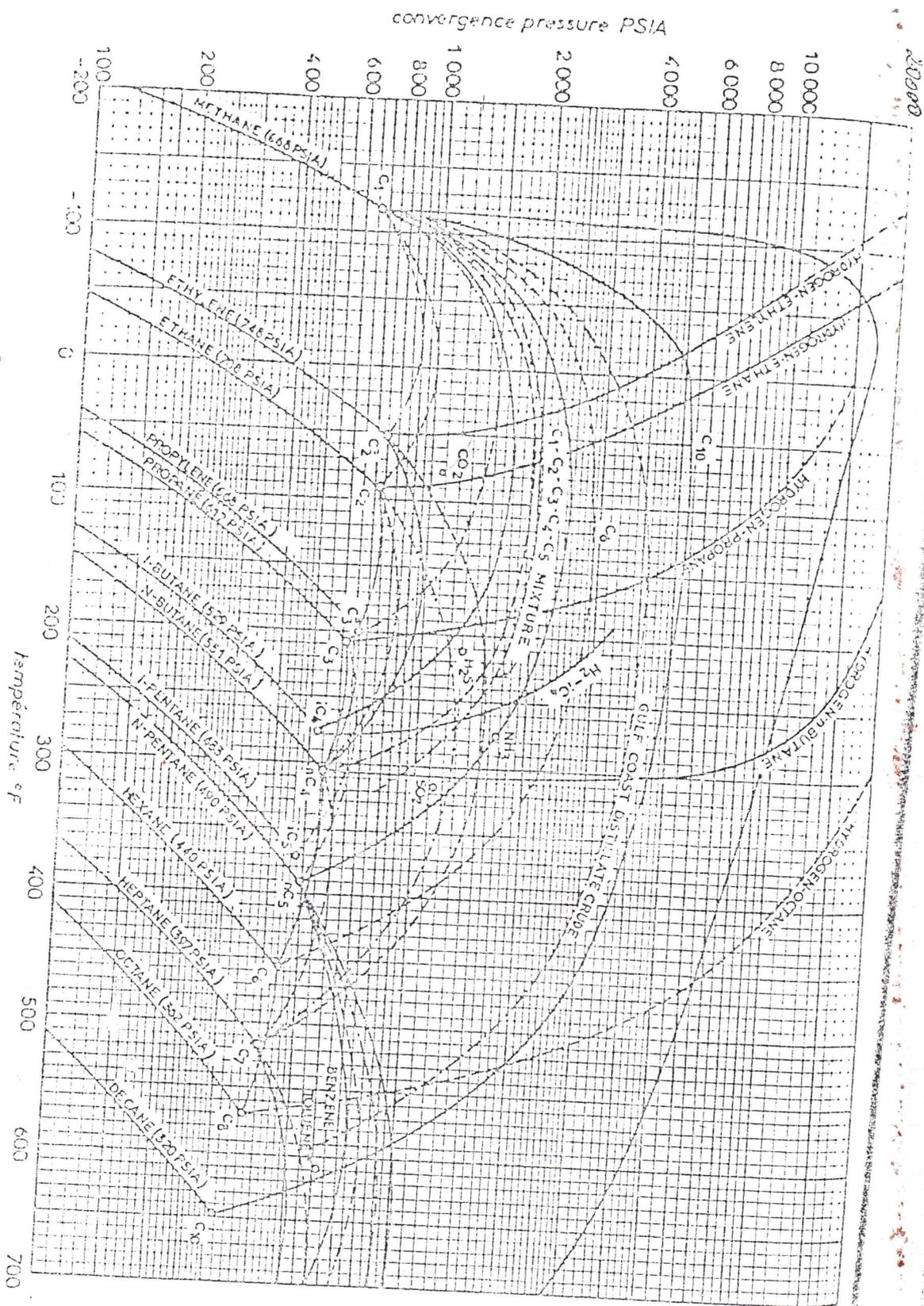


Fig. III 114 — Points critiques des mélanges binaires d'hydrocarbures (N.G.A.A.)

Typical K & C Factors For Sizing Woven Wire Demisters

Separator Type	K Factor (ft/sec)	C Factor (ft/hr)
Horizontal (w/vert. pad)	0.40 to 0.50	1440 to 1800
Spherical	0.20 to 0.35	720 to 1260
Vrt. or Horiz. (w/horiz. pad)	0.18 to 0.35	648 to 1296
@ Atm. Pressure	0.35	1296
@ 300 psig	0.33	1188
@ 600 psig	0.30	1080
@ 900 psig	0.27	972
@ 1500 psig	0.21	756
Wet Steam	0.25	900
Most vapors under vacuum	0.20	720
Salt & Caustic Evaporators	0.15	540

- Note. (1) $K = 0.35$ @ 100 psig — Subtract 0.01 for every 400 psi above 100 psig.
 (2) For glycol and amine solutions, multiply K by 0.6 - 0.8.
 (3) Typically use one-half of the above K or C values for approximate sizing of vertical separators without woven wire demisters.
 (4) For compressor suction scrubbers and expander inlet separators multiply K by 0.7 - 0.8

ANNEXE VI-3