

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

UNIVERSITE A. MIRA DE BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



## *Mémoire de fin de cycle*

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière: Génie des Procédés

Option: Génie Chimique

### Thème

*Simulation de fonctionnement a basse pression d'entrée  
de l'unité de traitement de gaz  
groupment TFT*

Réalisé par:

M<sup>lle</sup> LARBI Tiziri

Suivi par :

Mr. HADDAD S / Encadreur

Mr. GORI S / Co- Encadreur

Membres de jury :

Mr. HAMMOU T / President

Mr. BAOUZ T / Examineur

Mr. MALHA S / Invité d'honneur de GTFT

*Promotion 2017/ 2018*

# *Remerciement*

En premier lieu, je remercie « **ALLAH** » le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il m'a donné durant toutes mes années d'études.

Je remercie très sincèrement mon encadreur Mr. **HADDAD S**, d'avoir accepté de diriger ce travail comme j'apprécie ses qualités humaines et scientifiques qui m'ont permis la réalisation de ce mémoire en bonnes conditions

Je tiens vivement à remercier Mr. **GORI S**, CDS Process à GTFT, Mr. **ANNOUNE I**, CDS inspection à GTFT, pour l'intérêt qu'ils ont apportés à mon travail, leur grande disponibilité et leurs conseils avisés, et tout leur aides précieuses et leurs soutiens afin que je finalise ce mémoire.

Je présente aussi, mes chaleureux remerciements aux membres de jury, Mr. **HAMMOU T** et Mr. **BAOUZ T**, sans oublier Mr. **MALHA S**, Ingénieur en exploitation à GTFT, qui ont consacré leurs temps pour consulter et évaluer mon travail.

Mes derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce mémoire.

Merci...

# Dédicace

*Grace à **ALLAH** qui m'a éclairé le chemin vers cette réussite.*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents qui m'ont donné leur soutien sans faille depuis toujours.*

*Le plus beau résultat au cours de mes années d'étude a été obtenu grâce à eux ;*

*Leur contribution secrète a tous mes succès a été la plus essentielle ;*

*Mes très chères sœurs **Dalila, Mira et Yasmine** ;*

*Mon seul et cher frère **Hocine**;*

*Toute ma famille ;*

*Tous mes amis ;*

*Toutes les personnes proches à mon cœur.*

*Tiziri...*

# Sommaire

|                        |  |
|------------------------|--|
| Liste des abréviations |  |
| Liste des tableaux     |  |
| Liste des figures      |  |
| Liste des annexes      |  |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Introduction</b> ..... | 1 |
|---------------------------|---|

## **Chapitre I : Présentation du Champ GTFT**

|   |    |
|---|----|
| 1.1 Présentation de la région .....                             | 4  |
| 1.1.1 Localisation .....  | 4  |
| 1.1.2 Historique .....  | 4  |
| 1.1.3 Conditions du réservoir .....                             | 5  |
| 1.1.4 Conditions climatiques .....                              | 5  |
| 1.1.5 Conditions et composition d'alimentation de l'unité ..... | 6  |
| 1.1.6 Spécification des produits .....                          | 6  |
| 1.1.6.1 Gaz Résiduel .....                                      | 6  |
| 1.1.6.2 Gaz de pétrole liquéfier .....                          | 7  |
| 1.1.6.3 Condensât .....   | 7  |
| 1.2 Description technique des installations .....               | 7  |
| 1.2.1 Puits et manifolds .....                                  | 7  |
| 1.2.2 Slug catcher .....  | 8  |
| 1.2.3 Boosting .....  | 10 |
| 1.2.4 Train de traitement .....                                 | 11 |
| 1.2.4.1 Section de refroidissement et de séparation .....       | 11 |
| 1.2.4.2 Section de séchage .....                                | 14 |
| 1.2.4.3 Refroidissement et détente du gaz .....                 | 16 |
| 1.2.4.4 Traitement des condensats .....                         | 19 |
| 1.2.4.5 Déethanisation .....                                    | 22 |
| 1.2.4.6 Débutanisation .....                                    | 23 |
| 1.2.5 Réseau d'huile chaude et récupération de chaleur .....    | 24 |
| 1.2.6 Stockage et export des produits .....                     | 26 |
| 1.2.6.1 Compression du gaz résiduel .....                       | 26 |
| 1.2.6.2 Stockage et export de GPL .....                         | 26 |
| 1.2.6.3 Stockage et export de condensat .....                   | 27 |



## Chapitre II : Généralités

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Ecoulements biphasique .....                                | 30 |
| 2.2 Séparateurs .....   | 32 |
| 2.2.1 Principes de séparation .....                             | 33 |
| 2.2.2 Divers types de séparateurs .....                         | 33 |
| 2.2.1.1 Séparateur vertical .....                               | 33 |
| 2.2.1.2 Séparateur horizontal .....                             | 34 |
| 2.2.1.3 Séparateur sphérique .....                              | 35 |
| 2.3 Séparation par gravité .....                                | 35 |
| 2.2.3.1 Régime laminaire- Loi de Stokes .....                   | 36 |
| 2.2.3.2 Régime intermédiaire .....                              | 37 |
| 2.2.3.3 Régime turbulent- Loi de Newton .....                   | 37 |
| 2.2.4 Vitesse critique du gaz dans un séparateur .....          | 37 |
| 2.3 Compresseurs centrifuges .....                              | 38 |
| 2.3.1 Courbes caractéristique d'un compresseur centrifuge ..... | 40 |
| 2.3.1.1 Phénomène de pompage.....                               | 40 |
| 2.3.1.2 Phénomène de gavage .....                               | 41 |
| 2.3.2 Calcul des performances d'un compresseur centrifuge ..... | 41 |
| 2.3.2.1 Compression isentropique .....                          | 41 |
| 2.3.2.2 Compression poly-tropique.....                          | 41 |
| 2.3.3 Loi de similitude .....                                   | 42 |
| 2.3.4 Fonctionnement d'un compresseur .....                     | 43 |
| 2.3.4.1 Fonctionnement à vitesse constante .....                | 44 |
| 2.3.4.2 Fonctionnement à vitesse variable .....                 | 44 |
| 2.3.5 DATA de Boosting .....                                    | 44 |
| 2.3.5.1 DATA des ballons d'aspiration .....                     | 44 |
| 2.3.5.2 DATA des compresseurs centrifuge BCL 505 .....          | 45 |
| 2.3.5.3 DATA des Aerorefrigérants .....                         | 45 |
| 2.4 Problématique .....   | 46 |

## Chapitre 3 : Simulation du fonctionnement de l'unité de traitement du GTFT

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Concept et caractéristiques du simulateur Hysys ..... | 47 |
| 3.2 Méthode de travail .....                              | 48 |
| 3.3 Etablissement du schéma de simulation .....           | 48 |
| 3.4 Simulation du cas actuel .....                        | 52 |

# Sommaire

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 3.4.1 Données de base .....         | 52 |
| 3.4.2 Résultats obtenus .....       | 53 |
| 3.5 Discussion des résultats .....  | 56 |
| 3.5.1 Données de base .....         | 56 |
| 3.5.2 Résultats obtenus .....       | 57 |
| 3.6 Discussions des résultats ..... | 59 |

## **Chapitre 4 : Etude de l'effet de la baisse de pression d'entrée sur le fonctionnement de l'unité de traitement de GTFT**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Production prévisionnelle .....   | 61 |
| 4.2 Etude de fonctionnement du slug catcher .....                             | 61 |
| 4.3 Etude de fonctionnement de Boosting .....                                 | 62 |
| 4.3.1 Vérification de la capacité des ballons d'aspiration .....              | 62 |
| 4.3.2 Vérification de fonctionnement des compresseurs centrifuges .....       | 64 |
| 4.3.3 Vérification de la capacité des aerorefrigérants .....                  | 67 |
| 4.3.4 Vitesse d'écoulement dans les pipes d'aspiration des compresseurs ..... | 69 |
| 4.4 Résultats obtenus .....   | 71 |
| 4.4.1 Slug catcher .....  | 71 |
| 4.4.2 Section de boosting .....   | 71 |
| 4.4.2.1 Ballons d'aspiration .....  | 71 |
| 4.4.2.2 Compresseurs centrifuges .....  | 71 |
| 4.4.2.3 Aerorefrigérants .....  | 72 |
| 4.4.2.4 Vitesse d'écoulement dans les pipes d'aspiration .....                | 73 |
| 4.5 Analyse et discussion .....   | 74 |
| 4.6 Propositions d'amélioration .....   | 75 |

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>Conclusion générale .....</b> | <b>79</b> |
|----------------------------------|-----------|

### **Annexes A : DATA SHEET de la section Boosting**

### **Annexes B : Les propriétés et la composition des principaux flux**

### **Bibliographie**

## Liste des abréviations

| <i>Symbole</i>            | <i>Unité</i>         | <i>Définition</i>                                   |
|---------------------------|----------------------|---|
| <b>A</b>                  | m <sup>2</sup>       | Surface de passage de fluide                        |
| <b>AR</b>                 | -                    | Avec recyclage                                      |
| <b>CPF</b>                | -                    | Central Processing Facility                         |
| <b>CPP</b>                | -                    | Contrat de partage de production.                   |
| <b>D<sub>p</sub></b>      | m                    | Diamètre de la gouttelette                          |
| <b>g</b>                  | m/s <sup>2</sup>     | accélération de pesanteur                           |
| <b>GE</b>                 | -                    | General Électrique.                                 |
| <b>GPL</b>                | -                    | Gaz pétrolier liquéfié.                             |
| <b>GTFT</b>               | -                    | Groupement Tin Fouyé Tabankort                      |
| <b>H<sub>is</sub></b>     | kJ/kg                | Hauteur isentropique.                               |
| <b>HP</b>                 | kJ/kg                | Hauteur polytropicque.                              |
| <b>k</b>                  | -                    | Exposant adiabatique (Cp/Cv).                       |
| <b>KBR</b>                | -                    | Bureau d'engineering Américaine Brown & Root        |
| <b>M</b>                  | g/mol                | Masse moléculaire.                                  |
| <b>M<sub>p</sub></b>      | kg                   | Masse de la gouttelette                             |
| <b>N</b>                  | rpm                  | Vitesse de rotation                                 |
| <b>n</b>                  | -                    | exposent polytropicque.                             |
| <b>P<sub>2</sub></b>      | Bar-g                | Pression du refoulement du compresseur              |
| <b>PFD</b>                | -                    | Process flow diagram                                |
| <b>PR</b>                 | -                    | Peng Robinson                                       |
| <b>P<sub>1</sub></b>      | Bar-g                | Pression d'aspiration du compresseur                |
| <b>Psc</b>                | Bar-g                | Pression de slug catcher                            |
| <b>Q<sub>Design</sub></b> | MMNm <sup>3</sup> /j | Débit volumique des produits de design              |
| <b>Q<sub>Hysys</sub></b>  | MMNm <sup>3</sup> /j | Débit volumique des produits de la simulation Hysys |
| <b>Q<sub>L</sub></b>      | m <sup>3</sup> /h    | Débit volumique des produits de la simulation Hysys |
| <b>Q<sub>g</sub></b>      | m <sup>3</sup> /h    | Débit volumique des produits de la simulation Hysys |
| <b>R</b>                  | J /mol k             | Constante des gaz parfait (8.314)                   |
| <b>Re</b>                 | -                    | Nombre de Reynolds                                  |
| <b>SR</b>                 | -                    | Sans recyclage                                      |
| <b>SRK</b>                | -                    | Soave Redlich Kwong                                 |
| <b>TFT</b>                | -                    | Tin Fouyé Tabankort                                 |
| <b>TRC</b>                | -                    | Transport par canalisation                          |
| <b>T<sub>1</sub></b>      | K                    | Température d'aspiration du compresseur             |
| <b>TVR</b>                | psia                 | Tension de Vapeur Reid                              |
| <b>V<sub>sg</sub></b>     | m/s                  | Vitesse superficiel du gaz                          |
| <b>V<sub>sl</sub></b>     | m/s                  | Vitesse superficiel du liquide                      |
| <b>V<sub>t</sub></b>      | m/s                  | Vitesse critique du gaz                             |
| <b>X<sub>A</sub></b>      | -                    | Facteur de correction                               |
| <b>Y<sub>A</sub></b>      | -                    | Facteur de correction                               |
| <b>Z<sub>avg</sub></b>    | -                    | Facteur de compressibilité moyen                    |

## Liste des abréviations

|                       |  |  |
|-----------------------|--|--|
| <b>Z<sub>2</sub></b>  | -  | Facteur de compressibilité au refoulement du compresseur |
| <b>Z<sub>1</sub></b>  | -  | Facteur de compressibilité a l'aspiration du compresseur |
| <b>η<sub>is</sub></b> | %  | Rendement isentropique du compresseur                    |
| <b>η<sub>p</sub></b>  | %  | Rendement polytropique du compresseur                    |
| <b>ρ<sub>c</sub></b>  | kg/m <sup>3</sup>  | Masse volumique de la phase continue                     |
| <b>ρ<sub>p</sub></b>  | kg/m <sup>3</sup>  | Masse volumique de la particule                          |
| <b>ρ<sub>g</sub></b>  | kg/m <sup>3</sup>  | Masse volumique du gaz                                   |
| <b>ρ<sub>l</sub></b>  | kg/m <sup>3</sup>  | Masse volumique du liquide                               |
| <b>σ</b>              | N/m  | tension superficielle                                    |
| <b>μ<sub>c</sub></b>  | cP   | Viscosité de la phase continue                           |
| <b>XX.Y. Z - XX</b>   | pression, Y : n°= de train en service, Z : n°= de compresseur en Service (ex : 35.1.1) |  |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1.1 : La composition d'alimentation de l'unité .....   | 6  |
| Tableau 2.1 : Valeurs de K .....   | 38 |
| Tableau 2.2 : Valeurs de F .....   | 38 |
| Tableau 2.3 : DATA des ballons d'aspiration .....  | 44 |
| Tableau 2.4 : DATA des compresseurs centrifuges .....  | 45 |
| Tableau 2.5 : DATA des aeroréfrigérants .....  | 45 |
| Tableau 3.1 : Les paramètres du gaz brut .....   | 52 |
| Tableau 3.2 : La composition du gaz brut .....   | 53 |
| Tableau 3.3 : Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique SRK .....   | 54 |
| Tableau 3.4 : Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique PR .....  | 55 |
| Tableau 3.5 : Les paramètres du gaz brut .....   | 56 |
| Tableau 3.6 : La composition du gaz brut .....   | 56 |
| Tableau 3.7 : Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique SRK .....   | 57 |
| Tableau 3.8 : Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique PR .....  | 58 |
| Tableau 3.9 : Les spécifications des produits .....  | 59 |
| Tableau 4.1 : Les prévisions de production du groupement TFT .....   | 61 |
| Tableau 4.2 : Régime d'écoulement au Slug Catcher .....  | 62 |
| Tableau 4.3 : débit volumique de sortie ballon d'aspiration de la section du boosting pour les cas de l'année 2018 ..... | 63 |
| Tableau 4.4 : débit volumique de sortie ballon d'aspiration de la section du boosting pour les cas de l'année 2019 ..... | 64 |
| Tableau 4.5 : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2018 .....  | 65 |
| Tableau 4.6 : Les points de fonctionnement pour les scénarios de l'année 2019 .....                                      | 66 |
| Tableau 4.7 : Quantité de chaleur transférée pour les cas de l'année 2018 .....  | 68 |
| Tableau 4.8 : Quantité de chaleur transférée pour les cas de l'année 2019 .....  | 69 |
| Tableau 4.9 : Les cas ayant un débit volumique supérieur à celui du design .....   | 71 |
| Tableau 4.10 : Les scénarios qui seront fonctionnés dans la zone d'opération normale du compresseur .....                | 72 |
| Tableau 4.11 : Les scénarios qui seront fonctionnés hors zone d'opération normale du compresseur.....                    | 72 |

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| Figure 1.1 : Situation géographique du GTFT .....   | 4  |
| Figure 1.2 : Coupe du réservoir de GTFT .....   | 5  |
| Figure 1.3 : Manifold d'entrée usine .....  | 8  |
| Figure 1.4 : Schéma du Slug catcher XV-0701 .....   | 9  |
| Figure 1.5 : Slug catcher XV 0701 .....   | 9  |
| Figure 1.6 : Schéma de Boosting .....   | 10 |
| Figure 1.7 : Schéma de Boosting - compresseur C0701A .....  | 11 |
| Figure 1.8 : Schéma de Boosting - compresseur C0701A (refoulement) .....                          | 11 |
| Figure 1.9 : L'enveloppe des phases sortie E2 1002/ 1003.....                                     | 12 |
| Figure 1.10 : Schéma d'échangeur E2 1002/E2 1003 .....  | 13 |
| Figure 1.11 : Schéma de séparateur V4 1004 et coalesceurs F2 1005A/B .....                        | 13 |
| Figure 1.12 : Schéma d'adsorber T2 1101 A/B/C .....   | 15 |
| Figure 1.13 : Schéma de section de régénération compresseur C2 1103 A/B et échangeurE2 1104..     | 15 |
| Figure 1.14 : Schéma de section de régénération aeroréfrigérant AC 1105 et séparateur V1 1106 ... | 16 |
| Figure 1.15 : Schéma de section de refroidissement du gaz .....                                   | 17 |
| Figure 1.16 : Schéma de séparateur V3 1303 d'entrée de turbo expander C8 1304 .....               | 17 |
| Figure 1.17 : Schéma de composition de turbo expander .....                                       | 18 |
| Figure 1.18 : Schéma de détente du gaz .....  | 18 |
| Figure 1.19 : Schéma de séparateur primaire V4 1204 de condensats d'entrée .....                  | 19 |
| Figure 1.20 : Schéma de skid de filtration F4 1201 et coalesceurs F4 1206 A/B .....               | 20 |
| Figure 1.21 : Schéma des échangeurs E2 1207 et E2 1208 .....                                      | 20 |
| Figure 1.22 : Schéma de séparateur primaire V4 1205 condensats produits .....                     | 21 |
| Figure 1.23 : Schéma de colonne T4 1202 de stabilisation des condensats et rebouilleur .....      | 21 |
| Figure 1.24 : Schéma de déethaniseur T6 1401 et rebouilleur E2 1402 .....                         | 22 |
| Figure 1.25 : Schéma de débutaniseur T6 1501 et rebouilleur E2 1502.....                          | 23 |
| Figure 1.26 : Schéma de condenseur AC 1503 et ballon V1504 et pompes P1 1505 A/B .....            | 24 |
| Figure 2.1 : Diagramme des écoulements biphasique .....   | 30 |
| Figure 2.2 : Carte de régime d'écoulement biphasique horizontale .....                            | 31 |
| Figure 2.3 : Carte de régime d'écoulement verticale.....  | 32 |
| Figure 2.4 : Forces agissant sur une gouttelette flottante. ....                                  | 36 |
| Figure 2.5 : Plage de fonctionnement des compresseurs .....                                       | 39 |

## Liste des figures

|  |    |
|--|----|
| Figure 2.6 : courbe caractéristique d'un compresseur centrifuge. ....  | 40 |
| Figure 2.7 : Courbe caractéristique débit-pression d'un compresseur centrifuge .....   | 43 |
| Figure 3.1 : Le schéma PFD de simulation de la section Slug catcher. ....  | 49 |
| Figure 3.2 : Le schéma PFD de simulation de la section Boosting .....  | 49 |
| Figure 3.3 : Le schéma PFD de simulation de la section de Déshydratation .....   | 50 |
| Figure 3.4 : Le schéma PFD de simulation des principales sections de l'unité de traitement .....   | 51 |
| Figure 4.1 : Les performances du ballon d'aspiration de la section du Boosting pour les cas de l'année 2018 .....                        | 63 |
| Figure 4.2 : Les performances du ballon d'aspiration de la section du Boosting pour les cas de l'année 2019 .....                        | 64 |
| Figure 4.3 : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2018 .....   | 65 |
| Figure 4.4 : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2019 .....   | 66 |
| Figure 4.5 : Les performances des aeroréfrigérants AC-0701 A/B pour les cas de l'année 2018 .....  | 68 |
| Figure 4.6 : Les performances des aeroréfrigérants AC-0701 A/B pour les cas de l'année 2019 .....  | 69 |
| Figure 4.7 : Les performances du pipe d'aspiration du compresseur pour les cas de l'année 2018 ....                                      | 70 |
| Figure 4.8 : Les performances du pipe d'aspiration du compresseur pour les cas de l'année 2019 ....                                      | 70 |
| Figure 4.9 : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2018 avec deux compresseurs en service ..                              | 76 |
| Figure 4.10 : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2019 avec deux compresseurs en service .....                          | 76 |
| Figure 4.11 : Les performances des ballons d'aspiration de boosting pour les cas de l'année 2018 avec deux compresseurs en service ..... | 77 |
| Figure 4.12: Les performances des ballons d'aspiration de boosting pour les cas de l'année 2019 avec deux compresseurs en service .....  | 77 |
| Figure 4.13 : Les performances des aeroréfrigérants pour les cas de l'année 2018 avec deux compresseurs en service .....                 | 78 |
| Figure 4.14 : Les performances des aeroréfrigérants pour les cas de l'année 2019 avec deux compresseurs en service .....                 | 78 |
| Figure 4.15 : La comparaison entre le gaz exporté avec les nouvelles conditions de 26 bar-g et celui de 35 bar-g a l'entrée.....         | 79 |

## Liste des annexes

---

Annexe A : DATA SHEET de la section Boosting

Annexe B : Les propriétés et la composition des principaux flux





---

## *Introduction générale*

Le potentiel des hydrocarbures depuis leur découverte, au début du siècle dernier, est devenu promoteur et intéressant grâce au développement industriel, de plus en plus rentable, qui en résulte. Particulièrement, le gaz naturel qui joue un rôle énergétique croissant depuis les années 1950 traduit par la forte consommation enregistrée, est devenu l'énergie primaire qui présente le taux de croissance annuel le plus élevé au niveau mondial grâce à l'abondance de ses réserves et les avantages qu'il présente sur le plan de l'environnement. Cela justifie le recours à son utilisation notamment dans les secteurs à forte valeur ajoutée : l'industrie de la pétrochimie et la production d'électricité.

Vu la position occupée par le gaz dans l'industrie moderne, l'Algérie a accordé une grande importance au développement de ses ressources en gaz comme le cas du champ de TFT qui est l'un des plus importants gisements de gaz naturel en Algérie avec une richesse considérable en GPL et en condensat.

Ce gisement connaît depuis quelques années une déplétion de la pression suivi d'une variation de la composition de l'effluent. Ceci est traduit par une baisse de la production et du taux de récupération GPL. Afin de palier à ce problème, le groupement TFT a installé une section Boosting qui permet d'augmenter la pression à l'entrée des trains.

La production actuelle du champ est de  $13.73 \text{ MMNm}^3/\text{j}$  de gaz brut à une pression de 35 bar-g à l'entrée du centre de traitement [10]. Cette production se réduira à  $6 \text{ MMNm}^3/\text{j}$  en 2021, suite au déclin du gisement, si on maintient la pression à l'entrée à sa valeur actuelle. Ces prévisions en production sont au-dessous de la limite du bon fonctionnement des installations (turndown), chose qui peut perturber le fonctionnement des trains.

Pour éviter ce dysfonctionnement, le groupement TFT envisage maintenir la production à son rythme actuel et réduire la pression à l'entrée de l'unité de traitement. Afin d'évaluer les risques accompagnés avec cette action, une étude sur l'effet de la baisse de pression sur les performances des équipements a été réalisée. Elle comporte quatre chapitres essentiels :

- ✓ Le premier chapitre porte sur la présentation du champ gazier de TFT.

- ✓ Le deuxième chapitre consiste à présenter des généralités sur les écoulements biphasiques, les séparateurs et les compresseurs centrifuges.
- ✓ Le troisième chapitre consiste à étudier le fonctionnement actuel de l'unité du groupement TFT.
- ✓ Le quatrième chapitre est réservé à l'étude de l'effet de la baisse de pression sur les performances de l'unité. Plusieurs scénarios ont été considérés.



*Présentation  
de l'entreprise*

*Chapitre 1*

La chaîne de traitement du gaz naturel, depuis la tête de puits jusqu'à une utilisation commerciale, comporte plusieurs étapes successives qui vont dépendre de la nature du gaz et de sa composition ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ,  $COS$ , mercaptans, hydrocarbures lourds, aromatiques...), des conditions de disponibilité (température, pression, débit), de l'application visée (gaz naturel liquéfié ou non) et des spécifications imposées, du fait de l'application visée mais aussi variables selon les pays.

Le choix des technologies est donc dépendant des critères techniques mais aussi de critères économiques.

L'exploitation du gisement de gaz de Tin Fouyé Tabankort est assurée par le Groupement TFT (GTFT), qui regroupe Sonatrach (35%), Total (35%) et Repsol (30%). GTFT a été créée dans le cadre d'un contrat de partage de production (CPP) signé entre les trois parties le 28 janvier 1996, effectif pour une durée de 20 ans (prorogeable pour cinq ans) à compter de la réception provisoire des installations de production, c'est à dire début 1999 [1].

L'unité de traitement du gaz de groupement TFT est conçu pour traiter 20 millions de normaux mètres cubes par jour de gaz brut du gisement TFT, soit environ 7 milliards de mètres cubes par an. Ce gaz est séparé en gaz sec, GPL et condensats à travers deux trains construits par Brown & Root. La production en termes de GPL et de condensat est respectivement de 2600 et 2800 Tonne/J [1].

## 1.1 Présentation de la région

### 1.1.1 Localisation

Le champ de gaz à condensats de GTFT est situé au Sud-Est de l'Algérie, dans le Sahara. Il est localisé dans le bassin sédimentaire d'Illizi, à environ 1500 km d'Alger et 500 km de Hassi Messaoud. Le champ de gaz s'étale sur une superficie de 1200 km<sup>2</sup>.

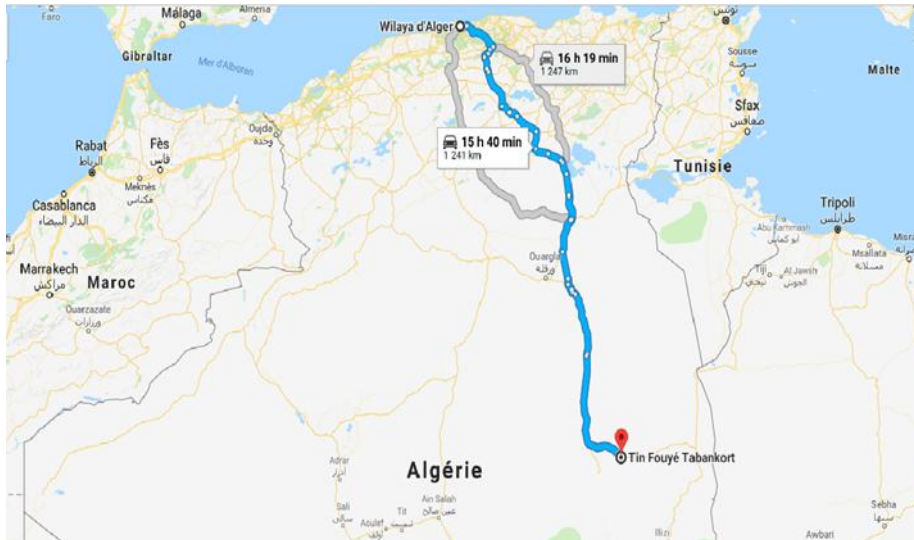


Figure 1.1: Situation géographique du GTFT.

### 1.1.2 Historique

- ✓ 1966 : découverte du champ de gaz du bassin d'Illizi dans le Sahara.
- ✓ 1996 : signature du contrat d'exploitation du champ de GTFT, entre les trois partenaires
- ✓ Sonatrach, Total et Repsol. L'engineering et construction sont réalisés par KBR (Kellogg Brown & Root).
- ✓ 1999 : mise en service de l'usine produisant du GPL (gaz de pétrole liquéfié), gaz sec et condensat (C<sub>5+</sub>).
- ✓ 2007 : mise en place des travaux de la section boosting afin de maintenir la production chutée au cours du temps.
- ✓ 2009 : démarrage du boosting.

### 1.1.3 Conditions du réservoir

Le réservoir est à une profondeur de 1540 m. Les fluides de réservoir ne contiennent aucune trace de mercure ou de soufre. Les conditions initiales du réservoir sont comme suit [2]:

- Pression : 186,15 bar (2700 psia);
- Température : 86 °C (187 °F) ;
- Profondeur : 1964 m (6444 ft.).

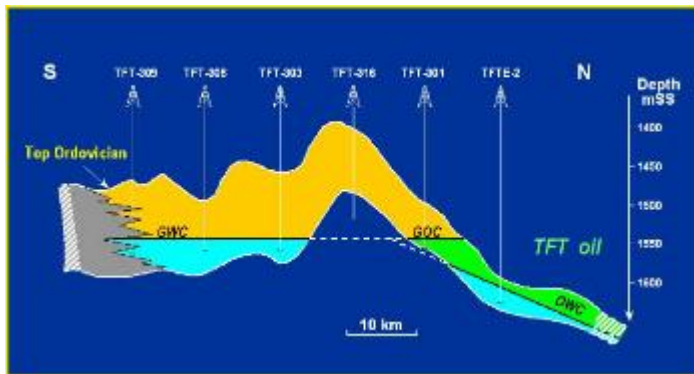


Figure 1.2: Coupe de réservoir du GTFT.

### 1.1.4 Conditions climatiques

- Température du site : 45°C Max (Selon design).  
-5°C (23 °F) Min. (Selon design).  
**Note:** Prendre 50 °C (122 °F) comme température de design pour le calcul des aeroréfrigérants.
- Pression Atmosphérique : 0,96 bara (13,88 psia)
- Élévation : 480 m au-dessus du niveau de la mer
- Humidité : 20 % Min ; 50 % Max.
- Pluie : Moyenne annuelle 110 mm Max.  
Enregistré en 24hr est de 45 mm.
- Vent : Vitesse de design 180 km/h (112 mi/h) à 10 du sol.  
Le vent prédominant est du côté Nord-Est.
- Général : L'emplacement est situé dans un environnement dur de désert et est sujet à la foudre et à des vents de sable.

La zone n'est pas sujette aux tremblements de terre ou à l'activité sismique.

### 1.1.5 Conditions et composition d'alimentation de l'unité de traitement

Les conditions d'alimentation de l'unité de traitement avant de l'installation de la section du boosting sont [2] :

- Capacité initiale (Cas Design) : 20 Million Nm<sup>3</sup>/j;
- Disponibilité d'usine (Cycle) : 330 jours/an ;
- Pression : 65 barg (928,05 psig) ;
- Température : 50 °C (122 °F) ;
- Teneur en eau : Saturé ;
- Poids Moléculaire MW : 23,13 g/mol ;
- Poids Moléculaire de Dodecane plus : 198 g/mol;
- Densité de Dodecane plus : 0,818.

Le tableau ci-dessous représente la composition molaire de l'alimentation de l'unité.

**Tableau 1.1** : La composition d'alimentation de l'unité [2].

| Composants | % Mol. | Composants | % Mol. |
|------------|--------|------------|--------|
| H2O        | Saturé | n-Heptane  | 0,52   |
| Nitrogen   | 1,53   | i-Octane   | 0,32   |
| CO2        | 1,48   | n-Octane   | 0,10   |
| Methane    | 76,28  | i-Nonane   | 0,20   |
| Ethane     | 10,00  | n-Nonane   | 0,06   |
| Propane    | 5,10   | i-Decane   | 0,11   |
| i-Butane   | 0,66   | n-Decane   | 0,03   |
| n-Butane   | 1,73   | i-C11      | 0,06   |
| i-Pentane  | 0,45   | n-C11      | 0,02   |
| n-Pentane  | 0,62   | C12+       | 0,10   |
| n-Hexane   | 0,63   |            |        |

### 1.1.6 Spécification des Produits

Les trois produits séparés dans le procédé du groupement TFT et expédiés doivent respecter les spécifications suivantes [2] :

#### 1.1.6.1 Gaz Résiduel

- ✓ Humidité : 50 ppm max ;
- ✓ Pression : 71 bar-g max. (conditions design au raccordement du pipeline) ;
- ✓ Température : 60°C.



**1.1.6.2 GPL**

- ✓ Teneur C<sub>2</sub>- max. (% mol) : 3,0 % Mol max ;
- ✓ Teneur C<sub>5+</sub> max. (% mol) : 0,4 % Mol max ;
- ✓ Teneur en Eau : 100 ppm max ;
- ✓ Récupération de C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> : > 70 % Mol en C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> de la charge d'alimentation ;
- ✓ Pression : 45 bar-g max. au point de raccordement au niveau du Pipeline.

**1.1.6.3 Condensât**

- ✓ Tension de vapeur Reid : 10 psia max ;
- ✓ Récupération de C<sub>5+</sub> : > 95 % Mol de C<sub>5+</sub> de la charge d'alimentation ;
- ✓ Pression : 24 bar-g max. au point de raccordement au niveau du pipeline.

**1.2 Description technique des installations**

Le site de GTFT comprend principalement :

- Puits et manifold.
- Section de slug catcher.
- Section de boosting.
- Section de refroidissement et de séparation du gaz brut.
- Section de séchage, de refroidissement, de détente et de compression du gaz.
- Section de traitement des condensats.
- Section de Dééthanisation et de Débutanisation.
- Section d'export des produits.

**1.2.1 Puits et manifold**

Le site des puits de production comprend quatre-vingt puits. Plusieurs puits peuvent être reliés à un même manifold desservant une des six trunklines d'alimentation. Cette disposition est optimisée de manière à ce que le réseau de collecte soit plus simple et plus économique pour récupérer le gaz de différentes zones et de l'expédier vers l'installation de production.

Le manifold à l'entrée de l'usine collecte, dans une ligne 36", le gaz à condensat contenu dans les 06 trunklines dans l'ordre suivant : TL1 (ligne 16"), TL2 (ligne 20"), TL3 (ligne 12"), TL6 (ligne 20"), TL4 (ligne 16") et TL7 (ligne 24"). Ce manifold alimente le slug catcher xv 0701 en gaz à condensat.

Chaque Trun Kline est équipé :

- D'une Connexion à une gare de racleur mobile. Celle-ci permet le lancement et la réception des racleurs utilisés pour le nettoyage des lignes.
- D'une sonde pour la détection de la corrosion.
- Du capteur de pression PI 07xx.
- D'une vanne d'arrêt d'urgence ESDV 07xx permettant l'isolement de la Trun Kline.
- D'un indicateur de température TI 07xx.
- D'une ligne 4" qui rejoint le collecteur 8" qui achemine le gaz surplus vers la torche commune[14].

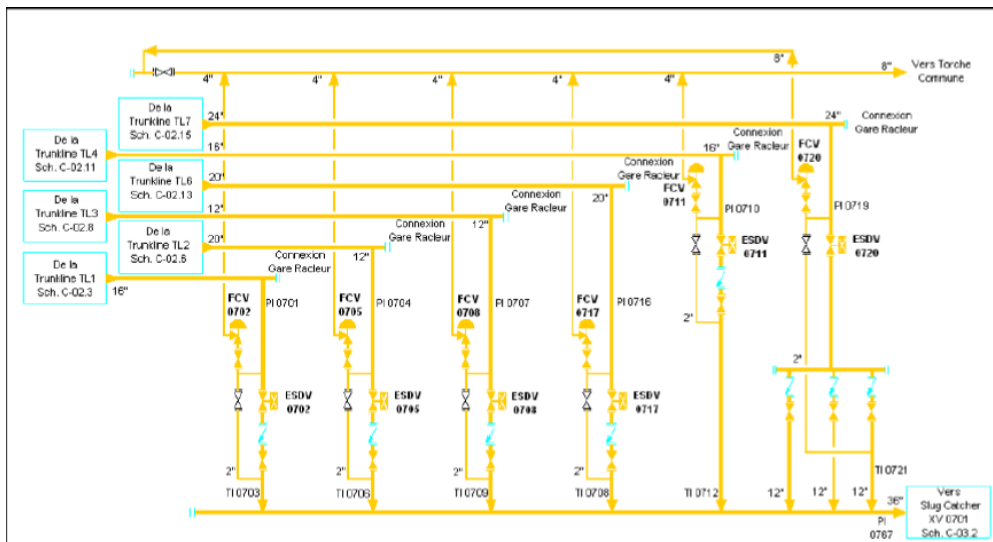


Figure 1.3: Manifolds d'entrée usine.

### 1.2.2 Slug catcher

Le slug catcher xv 0701 est composé de deux compartiments identiques A et B équipés de doigts en pente et de collecteurs. Il sépare le gaz, les condensats et l'eau. Le gaz est dirigé vers le boosting.

Les flux gazeux des deux compartiments se rejoignent en une ligne 36" qui alimente le boosting et réceptionne les effluents (gaz comprimé) qui en ressortent.

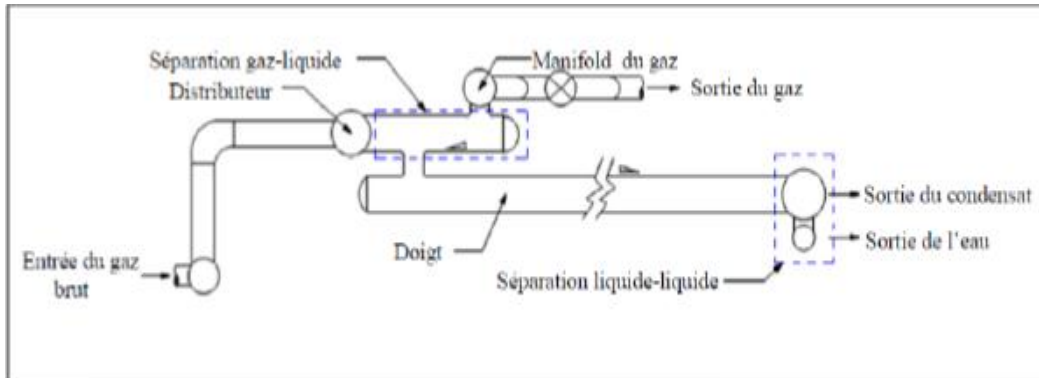


Figure 1.4: Slug catcher XV-0701.

L'eau et les condensats sont séparés par décantation dans le collecteur 42" muni d'un niveau à glace.

Les condensats, en tant que composés légers (huileux) sont récupérés à la surface du collecteur 42" dans une ligne 10".

L'eau, de densité supérieure à celle des condensats huileux, constitue la phase inférieure du collecteur 42" du slug catcher. Celui-ci est protégé des surpressions par une soupape PSV, tarée à 95 barg, elle décharge vers la torche haute pression.

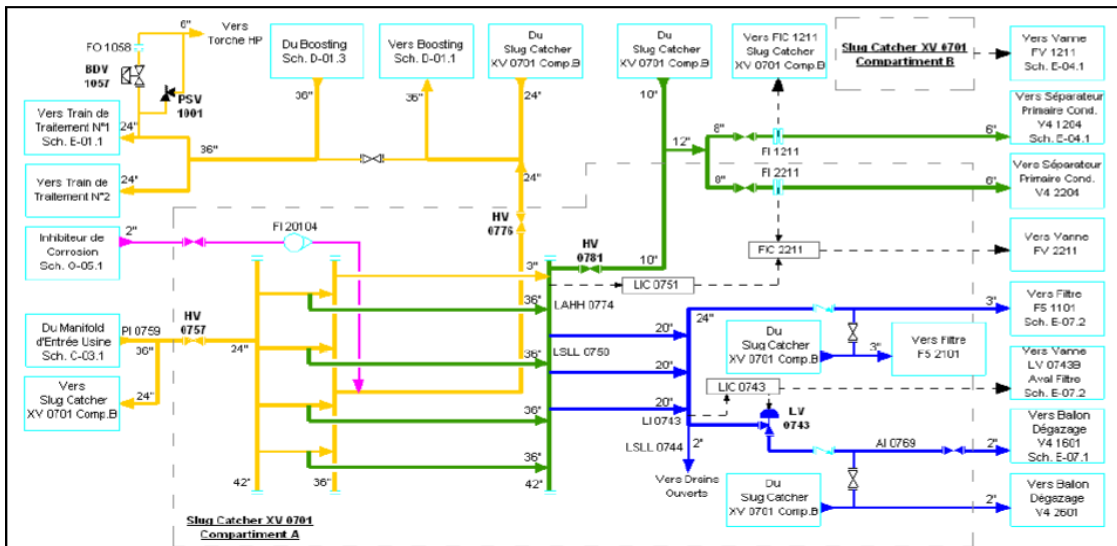


Figure 1.5: Slug catcher XV 0701.

### 1.2.3 Boosting

Le boosting a été mis en place pour compenser la chute de pression progressive au niveau des puits (de 64 bar-g en 2008 à 35 barg en 2015), il permet de comprimer le gaz brut saturé provenant de slug-catcher à une pression de 80 bar-g (actuellement la pression de refoulement est de 67 bar-g) avant de le diriger vers les deux trains de traitement. Ce système est critique pour ce procédé puisqu'il définit la pression d'entrée de traitement[14].

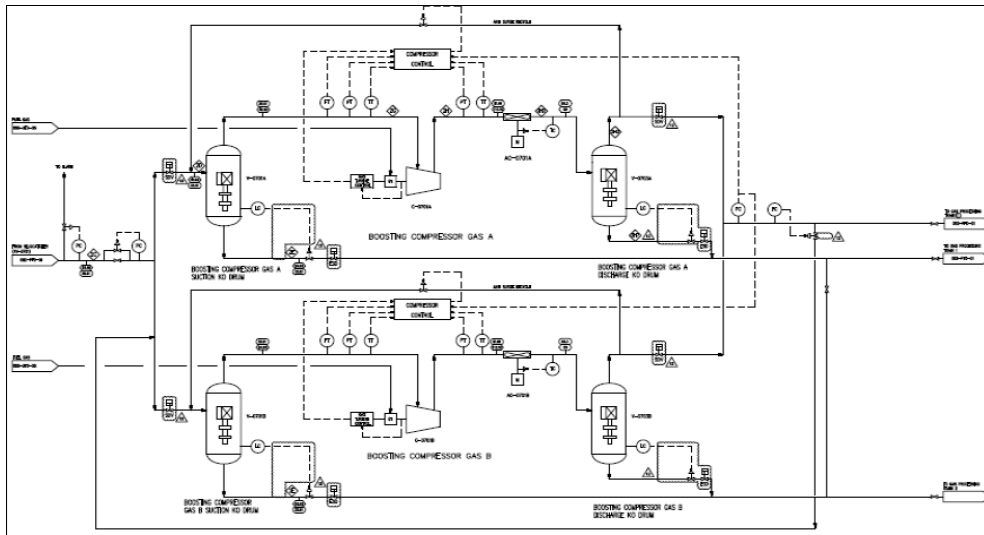


Figure 1.6: Schéma du boosting.

Le boosting est constitué de deux trains de compression A\B identique de point de vue procédé fonctionnant en parallèle, chaque train est muni des équipements suivant :

- Un scrubber à l'aspiration. Il permet de séparer les liquides (eau et condensat) contenus dans le gaz.
- Un aérorefréfrigérants au refoulement.
- Un scrubber au refoulement. sa fonction est d'éliminer les liquides formés pendant l'étape de refroidissement. Les liquides séparés par les deux scrubbers de chaque train de compression sont dirigés vers la section de stabilisation du condensat.
- Un turbocompresseur. il est entraîné par une turbine à gaz alimentée par le fuel gaz.

Le refoulement commun dispose d'un contrôle de pression agissant sur le compresseur de chaque train et d'une ligne de recyclage commune munie de la vanne FV 0726 renvoyant le gaz à l'aspiration commune des trains de compression[14].

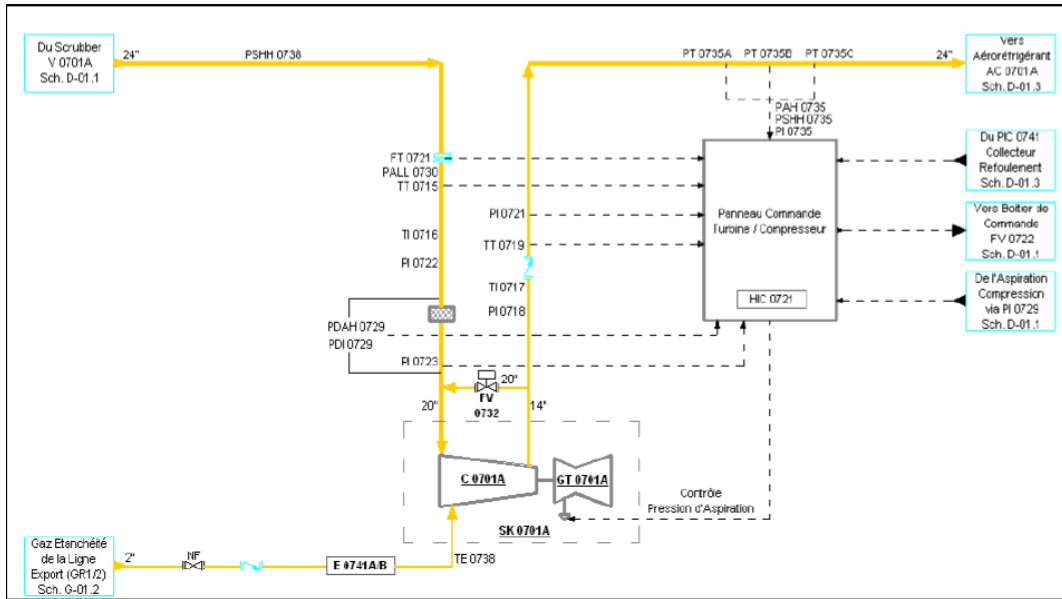


Figure 1.7: Schéma du boosting - compresseur C0701A.

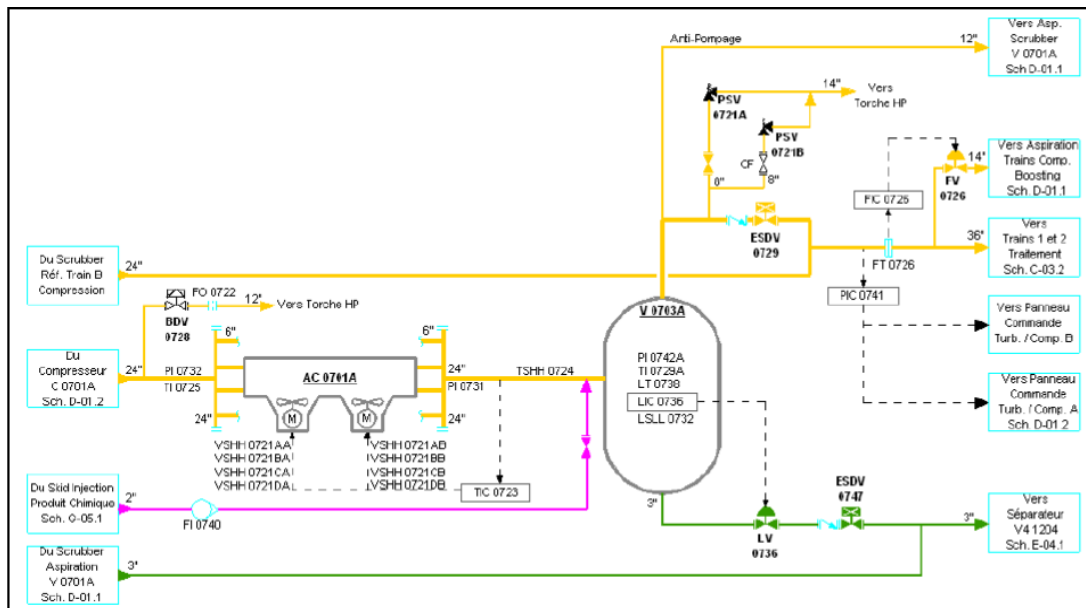


Figure 1.8: Schéma du boosting - compresseur C 0701 A.

## 1.2.4 Train de traitement

### 1.2.4.1 Section de refroidissement et de séparation du gaz brut

Le gaz brut sortant du boosting à une pression de 80 bar-g (actuellement moins de 67 bar-g) et une température de 48°C est envoyée vers les deux trains. L'alimentation du train est contrôlée par une vanne régulatrice de pression.

Ce gaz est refroidi à travers deux échangeurs gaz/gaz et gaz/liquide à une température d'environ 23°C. Ces deux échangeurs sont de type faisceaux calandre et fonctionnent en parallèle[14].

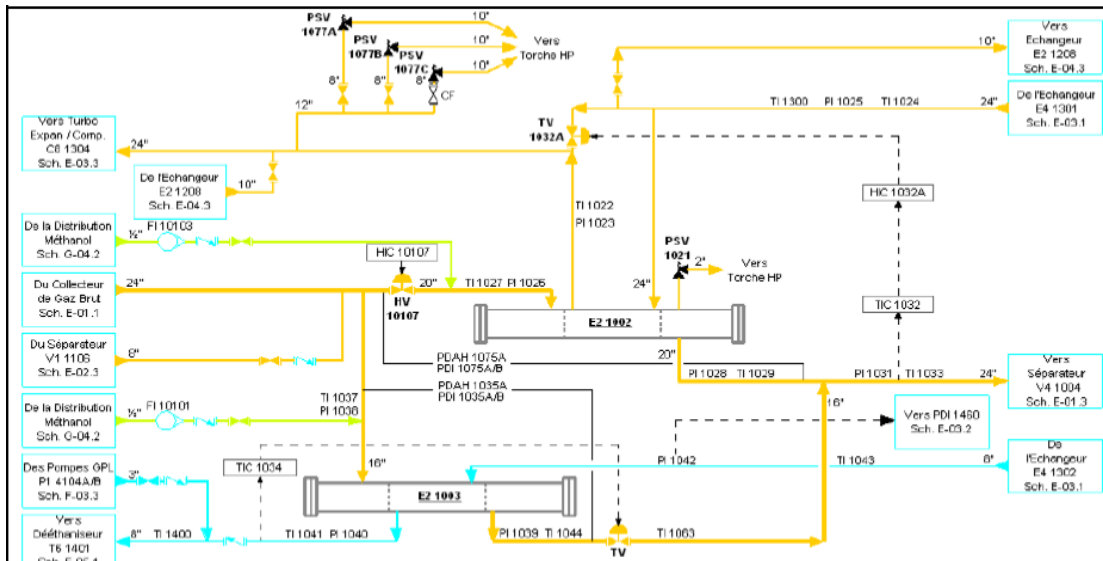


Figure 1.9: Schéma d'échangeur E2 1002/ E2 1003.

Le gaz brut est refroidi lorsqu'il passe du côté tube de l'échangeur de gaz brut /gaz résiduel E2-1002, Le gaz de sortie est maintenu à 23° C par TIC-1032 qui contrôle le courant froid du gaz résiduel (qui est du cold box) côté calandre de l'échangeur, Les hydrates se forment à 18,14°C, Ne pas régler la température du gaz de sortie à une valeur trop proche de cette température, une partie du courant du gaz brut passe du côté tube de l'échangeur de gaz brut/ liquide E2-1003 où il est refroidi par le courant liquide froid (alimentation issue du cold box) du côté calandre, La figure 1.10 illustre le comportement de l'enveloppe des phases à la sortie des échangeurs E2-1002/1003[14].

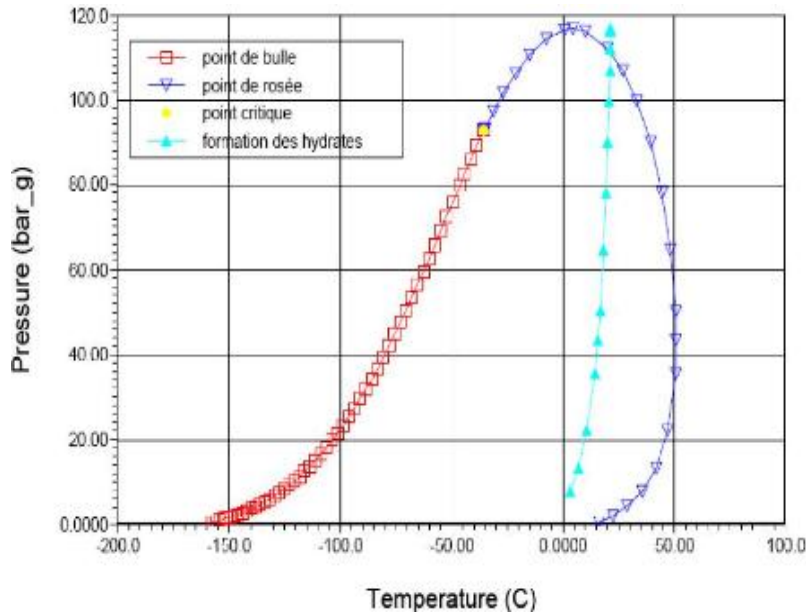


Figure 1.10 : L'enveloppe des phases sortie E2-1002/1003.

Après le refroidissement le gaz est acheminé vers un séparateur d'alimentation tri-phasique. L'eau récupérée dans l'appendice du séparateur est envoyée vers un ballon de dégazage de l'eau de process. Le condensât récupéré est envoyé vers le séparateur primaire de condensât dans la section de stabilisation. Le gaz brut séparé passe à travers des filtres séparateurs d'alimentation pour éliminer toutes les fines gouttelettes. Le liquide récupéré par les filtres est envoyé vers le séparateur primaire de la section de stabilisation. Le gaz ainsi filtré sera directement envoyé vers la section d'adsorption[14].

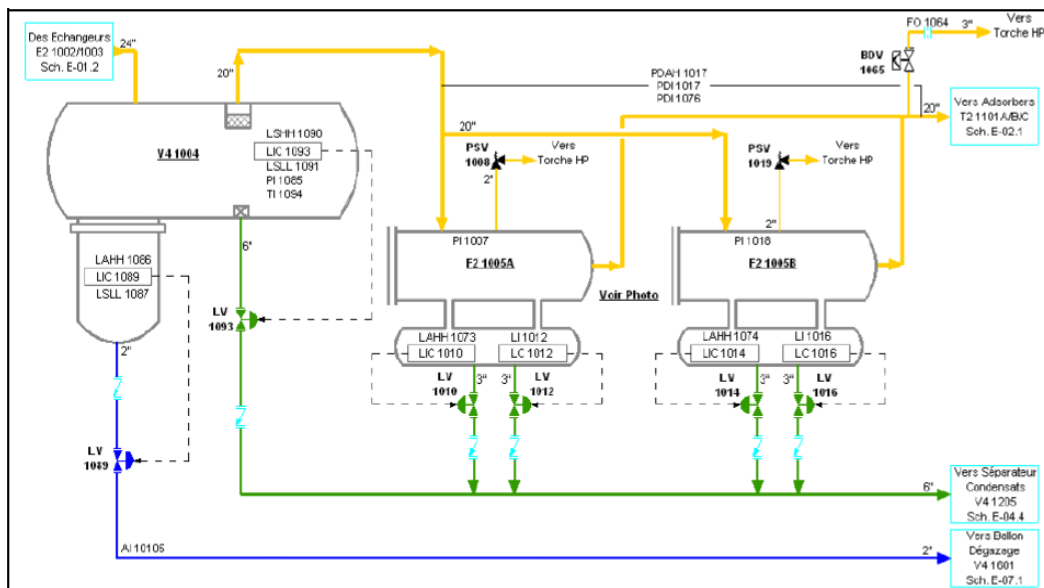


Figure 1.11: Schéma de séparateur V4 1004 et coalesceurs F2 1005A/B.

#### 1.2.4.2 Section de séchage

Cette section est composée d'un système d'adsorption et d'un système de régénération. L'objet du système d'adsorption de gaz est d'éliminer l'eau présente dans le gaz de process afin d'empêcher la formation d'hydrates dans la section froide du process et d'éviter la contamination du produit par l'eau. La teneur maximale en eau dans le gaz est de 0.1 ppm. Le moyen utilisé pour l'adsorption est le tamis moléculaire. La régénération permet d'éliminer l'eau adsorbée par les tamis moléculaires durant la phase d'adsorption.

En fonctionnement normal les trois adsorbants sont utilisés, deux en service d'adsorption et l'autre en régénération.

Le gaz de régénération provenant du collecteur de gaz sec à la sortie des dépoussiéreurs à une pression de 64 bar-g alimentera est envoyée vers les compresseurs de gaz de régénération pour être comprimé à une pression de 68 bar-g pour permettre l'écoulement du gaz de régénération à travers le circuit de régénération.

Après compression, le gaz sort à une température de 34°C est réchauffé par un échangeur de chaleur jusqu'à une température de 270°C qui permettra la vaporisation de l'eau dans les tamis moléculaires saturés. Après la régénération des tamis moléculaire le gaz est refroidi à une température de 46°C environ par un aeroréfrigérants puis envoyé vers un séparateur afin d'éliminer la plus grande quantité d'eau présente dans le gaz. Ce gaz est ensuite renvoyé à l'entrée du train[14].



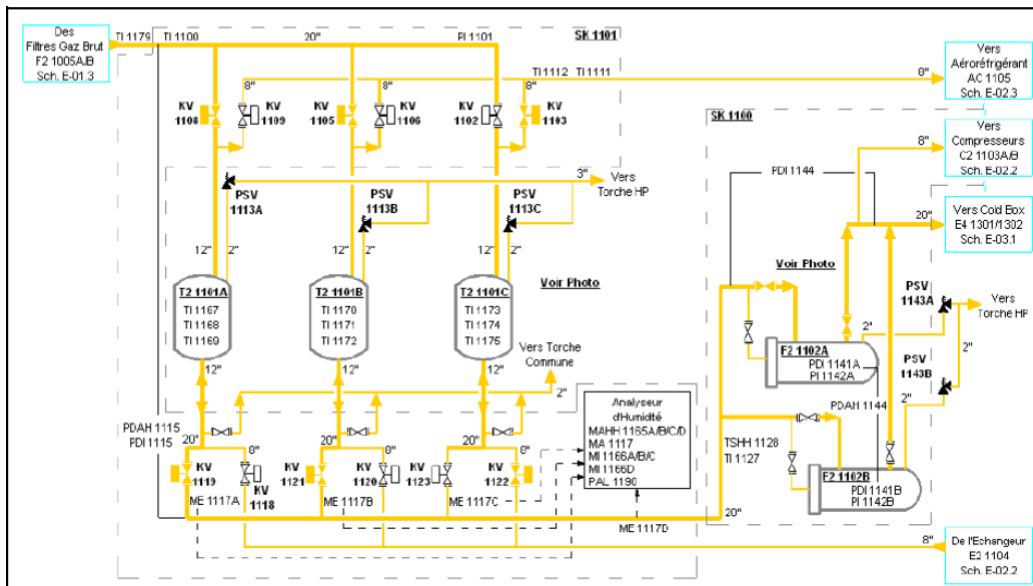


Figure 1.12: Schéma des adsorbeurs T2 1101 A/B/C.

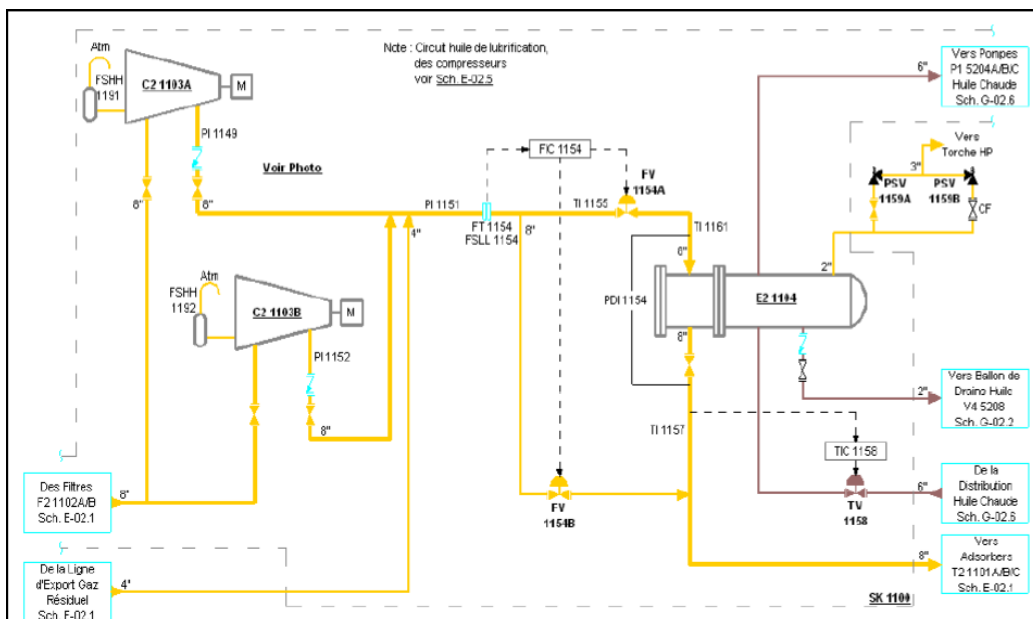
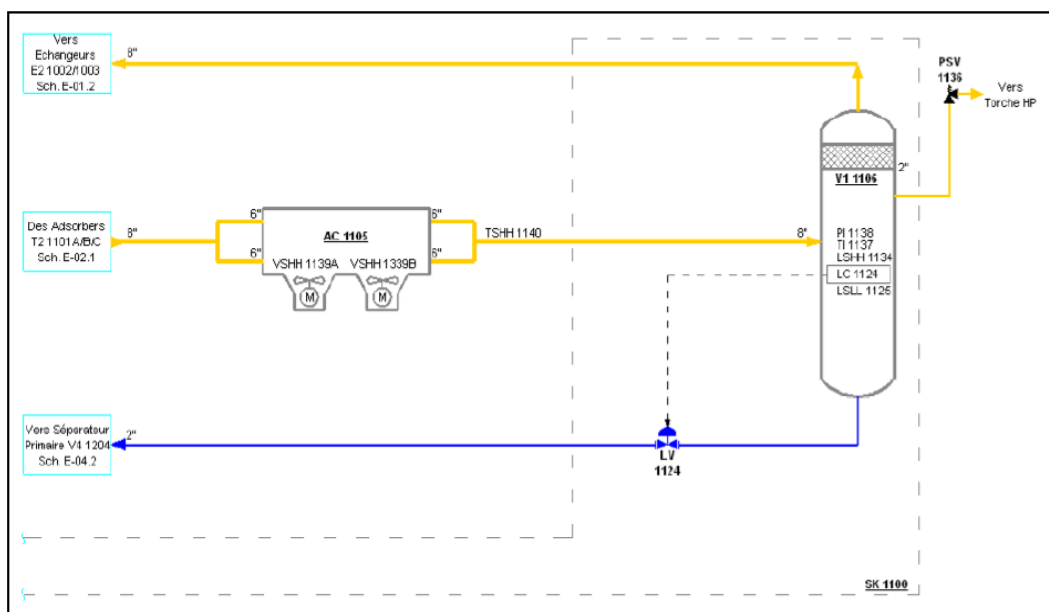


Figure 1.13: Schéma de la section de régénération (compresseur C2-1103 A/B et échangeur E2-1104).



**Figure 1.14** : Schéma de la section de régénération (aeroréfrigérant AC-1105 et séparateur V1-1106).

### 1.2.4.3 Refroidissement et détente du gaz sec (64 bar-g et 23 C°)

Les étapes réalisées précédemment ont permis d'éliminer l'eau et les condensats contenus dans le gaz brut.

L'étape de refroidissement suivie par celle de détente de gaz, sont nécessaire pour permettre la séparation des  $C_{3+}$  d'une part et des  $C_2$  avec les gaz les plus légers d'autre part.

Le refroidissement du gaz sec chaud, provenant des adsorbeurs T2-1101 A/B/C, est réalisé dans la cold box constituée de deux échangeurs thermiques E4-1301 (gaz chaud/gaz froid) et E4-1302 (gaz chaud/liquide froid) réunis dans le même équipement. Les échangeurs sont constitués de plaques à ailettes en aluminium conçues pour assurer un échange thermique optimal.

Trois courants sont mis en jeu (température à l'entrée/température à la sortie) :

- Le gaz chaud provenant des adsorbeurs T2-1101 A/B/C (23°C/-18°C).
- Le gaz froid provenant de la tête du déethaniseur T6-1401 (-52 °C/9 °C).
- Le liquide froid récupéré en pied du séparateur V3 1303 après passage par la vanne LV 1318 (-39°C/14°C)[14].



- Du turbo expandeur C8-1304, celui-ci comprend trois parties :

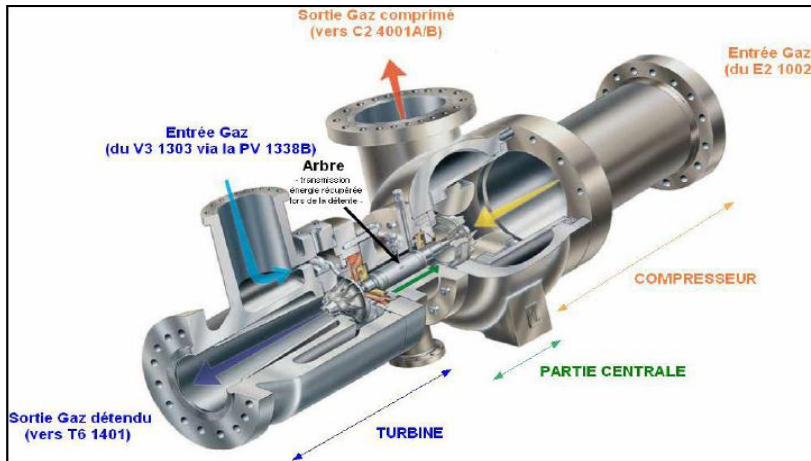


Figure 1.17: Schéma de composition de turbo expandeur.

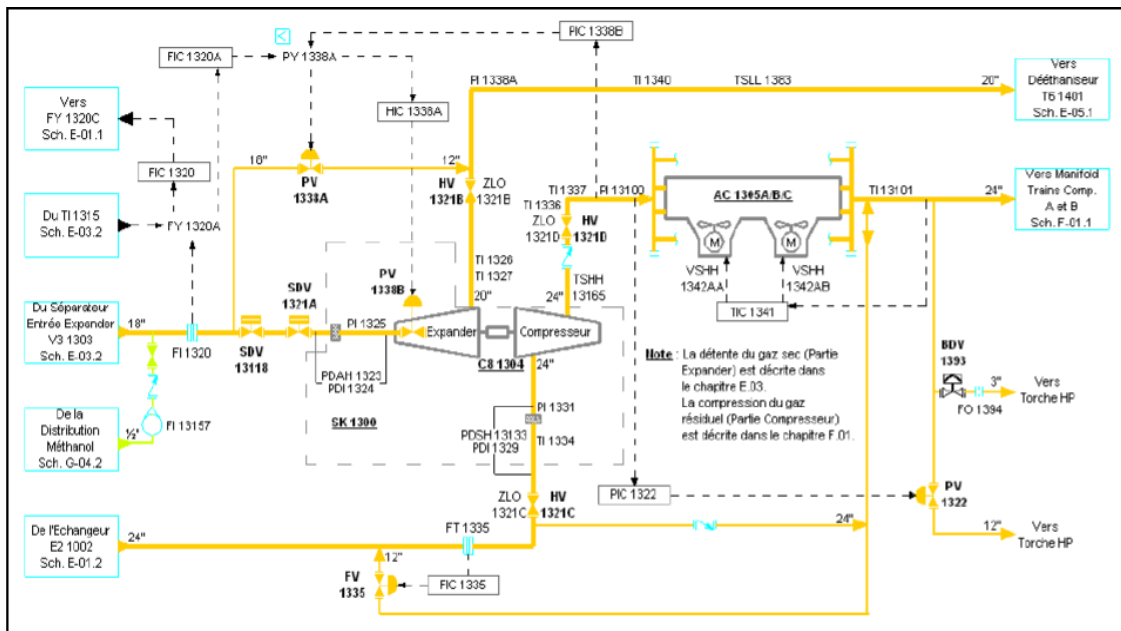


Figure 1.18: Schéma de la détente du gaz.

Le système de détente est doté d'une vanne joule Thomson PV-1338A pour assurer la détente de gaz dans le cas du régime chaud de 64 bar-g à 27 bar-g. Lors de cette phase, les paramètres de température et de pression des différents équipements diffèrent par rapport au régime froid avec le turbo expandeur en service.

### I.2.4.4 Traitement des condensats

Dans cette phase, les condensats provenant du slug catcher et du séparateur V4-1004 (récupérés après refroidissement primaire du gaz brut), subit des étapes de filtration et stabilisation avant d'alimenter le débutaniseur T6-1501.

- L'étape de filtration a pour objectif d'éliminer les impuretés contenues dans le condensat afin d'éviter tout encrassement ou bouchage en aval.
- L'étape de stabilisation des condensats, réalisés dans la colonne de stabilisation T4-1202, permet de séparer d'une part les fractions légères (phase vapeur) et d'autres parts les C3 et fractions lourdes (phase liquide) contenus dans les flux diphasiques et peu stable de condensats.

Les condensats récupérés du slug catcher (35 bar-g, 50C°) alimente un séparateur V4-1204, suivie d'une batterie de filtres, avant d'alimenter la colonne de stabilisation après avoir refroidi partiellement le condensat chaud (issue de l'aeroréfrigérants AC-1506), produit final provenant du débutaniseur T6-1501, à travers l'échangeur tube et calandre E2-1207.

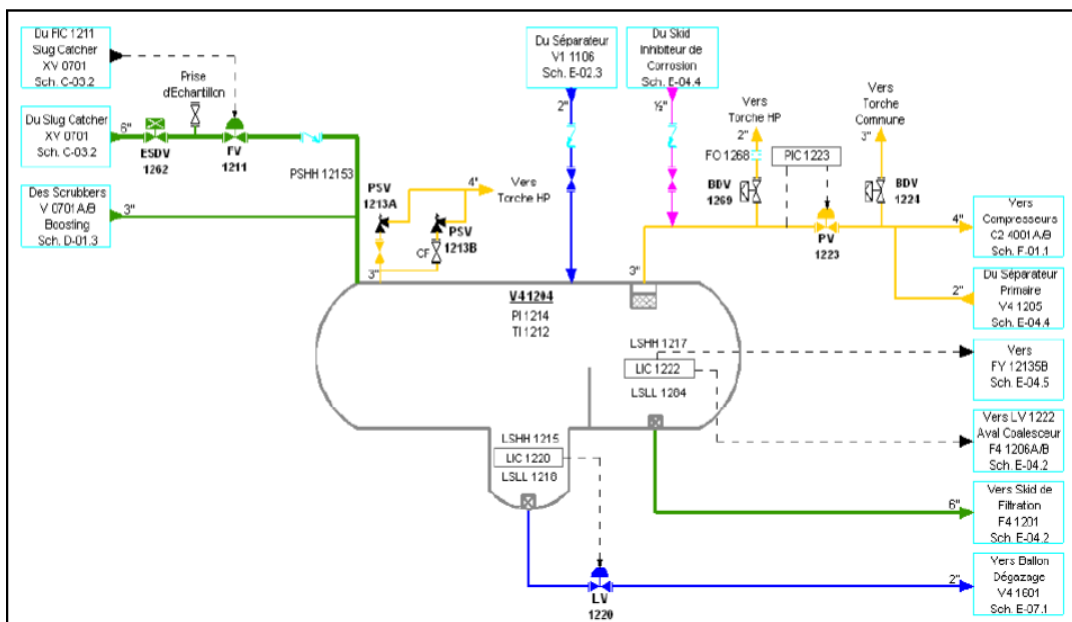


Figure 1.19: Schéma de séparateur primaire V4-1204 du condensat d'entrée.

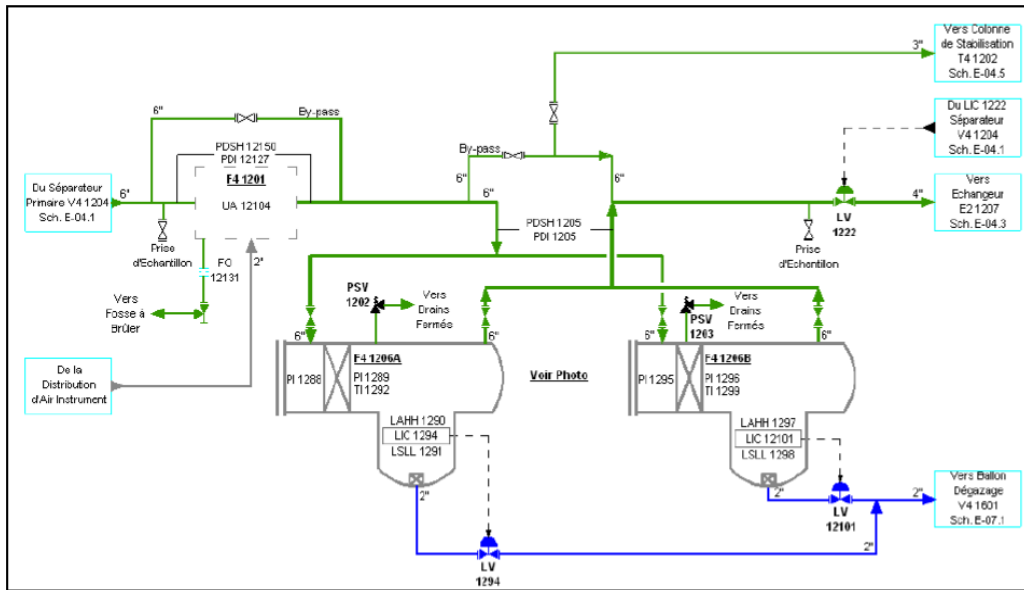


Figure 1.20: Schéma de skid de filtration F4-1201 et coalesceurs F4-1206 A/B.

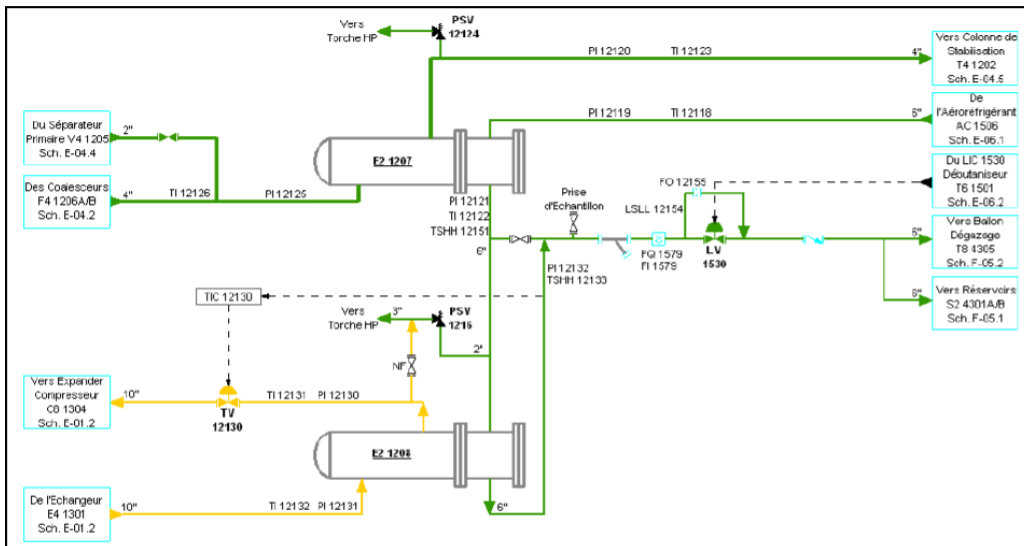


Figure 1.21: Schémas de échangeurs E2-1207 et E2-1208.

Les condensats du slug catcher constituent l'alimentation chaude du stabilisateur T4-1202 (septième plateau). L'alimentation froide (premier plateau) provient du ballon V4-1205 recevant les condensats riches en GPL récupéré du ballon V4-1004 ainsi que ceux du scrubber (aspiration, refoulement de la section boosting).

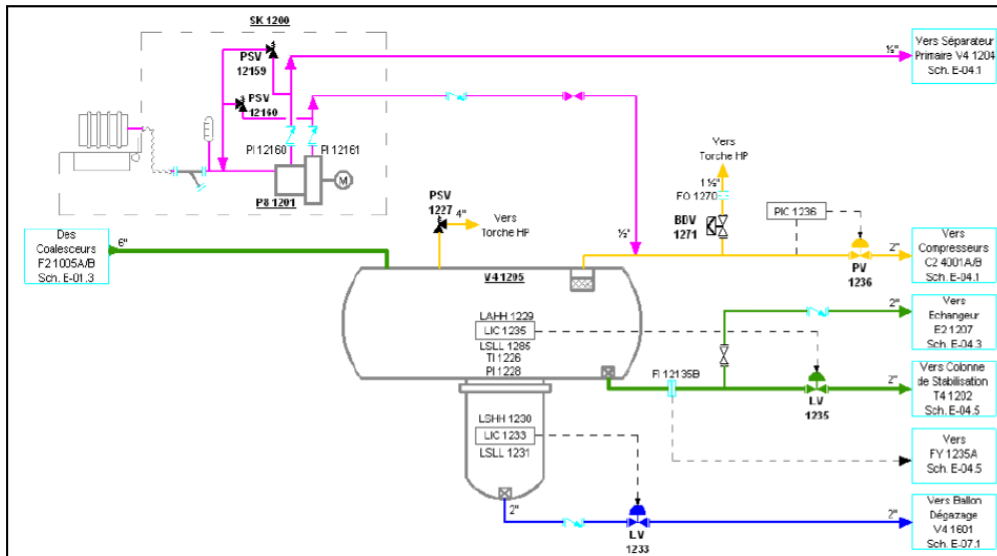


Figure 1.22: Schéma de séparateur primaire V4-1205 condensat produit.

La colonne de stabilisation T4-1202, fonctionne à une pression de 19,7 bar-g (en tête de colonne), composé de 19 plateaux. La colonne est équipée d'un rebouilleur E2-1203 alimenté par les liquides sortant de la colonne (19<sup>ème</sup> plateau). Ces liquides sont chauffés à 160 °C et renvoyés dans le fond (en dessous du 19<sup>ème</sup> plateau) pour assurer l'échange thermique nécessaire à la séparation des composés.

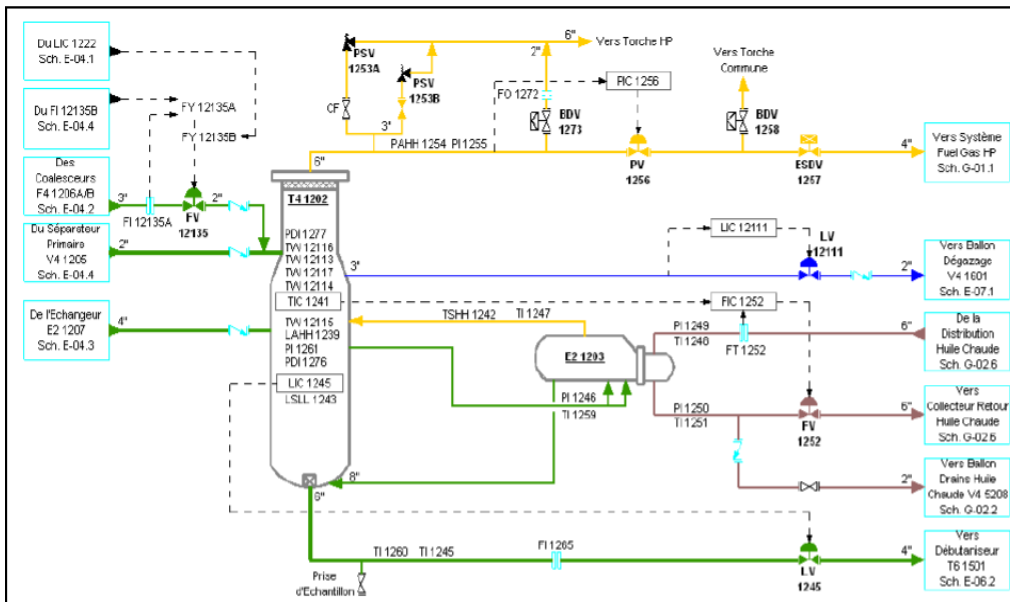


Figure 1.23: Schéma de colonne T4-1202 de stabilisation des condensats et rebouilleur

### 1.2.4.5 Déethanisation

La colonne du déethanisation T6-1401/2401 est séparée en deux sections. La partie supérieure a un diamètre de 3000 mm, est munie d'un garnissage (Anneaux PALL) et d'un demister. La partie inférieure a un diamètre de 2200 mm, munie de 35 plateaux à clapets et un rebouilleur.

La colonne du déethaniseur dispose de deux sources d'alimentation, la première alimentation est introduit au-dessus du premier plateau qui concerne le fluide provenant du turbo expander C8-1304/2304 (ou Vanne Joule Thompson PV-1338/2338 A) qui rentre à une pression d'environ de 19 bar-g et une température de  $-63^{\circ}\text{C}$ , la deuxième alimentation est au niveau du 17ème plateau où le fluide récupéré après le refroidissement dans l'échangeur a plaque, rentre à une pression de 21 bar-g et une température de  $32^{\circ}\text{C}$  environ [3].

Le gaz (fractions légères) distillé en tête du déethaniseur T6-1401 est à l'origine du gaz résiduel alors que les liquides (fractions lourdes) récupérés au fond de T6-1401 sont à l'origine du GPL.

Le gaz de tête sorte du déethaniseur à une température de  $-54^{\circ}\text{C}$  est utilisé comme fluide caloporteur dans l'échangeur a plaque puis dans l'échangeur gaz/gaz à l'entrée du train, puis comprimé et envoyé vers le réseau de transport.

Le liquide sortant du fond de déethaniseur à une température de  $86^{\circ}\text{C}$  passe à travers un réchauffeur pour alimenter la colonne du débutaniseur à une température de  $98^{\circ}\text{C}$ .

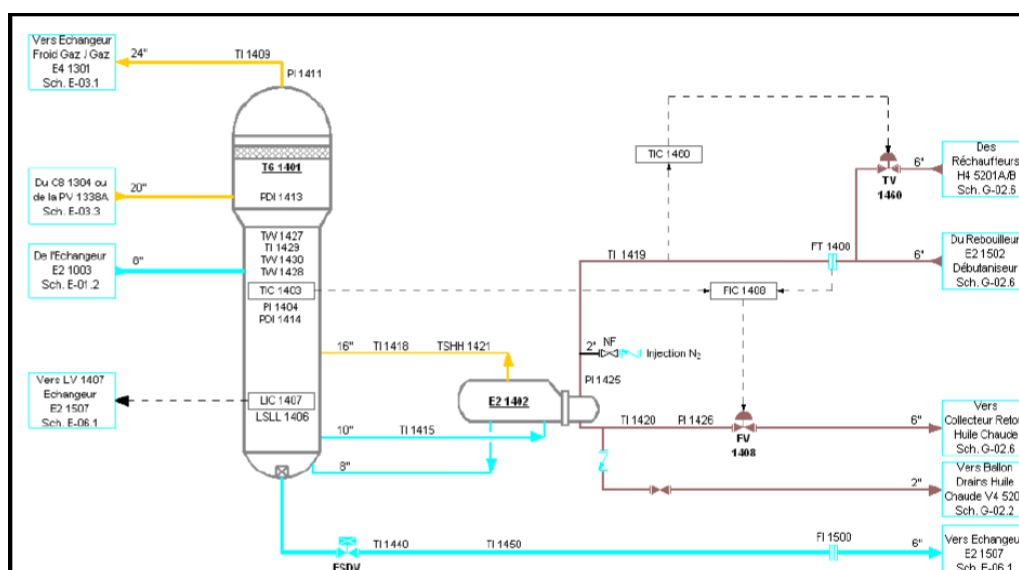


Figure 1.24: Schéma de déethaniseur T6-1401 et rebouilleur E2-1402



### 1.2.4.6 Débutanisation

La débutanisation, réalisée dans la colonne T6-1501, est la dernière étape de production du GPL. Elle consiste en la séparation d'une part des C<sub>5</sub> et fractions lourdes et d'autre part, des C<sub>4</sub> et fractions plus légères (GPL). Cette étape est critique pour le procédé de production du GPL puisqu'elle détermine :

- La qualité du GPL et donc soit envoyée vers le stockage du GPL on-spec ou vers le stockage du GPL off-spec.
- La qualité du condensat et donc soit envoyée vers le stockage du condensat on-spec ou bien vers le stockage du condensat off-spec.

La colonne de débutanisation T6-1501/2501 est une colonne de distillation munie de 32 plateaux à clapets, de diamètre de 3200 mm et de hauteur de 24 760 mm, elle dispose deux sources d'alimentation, la première est introduit au niveau du 13<sup>ème</sup> plateau, cette alimentation reçoit le liquide (C<sub>3</sub> et plus) accumulé au fond du dééthaniseur après son réchauffement dans l'échangeur E2-1507 à une température de 98°C et la deuxième reçoit le condensât stabilisé récupéré au fond de la colonne de stabilisation T4-1202 à une température de 165°C et elle est introduit au niveau du 18<sup>ème</sup> plateau.

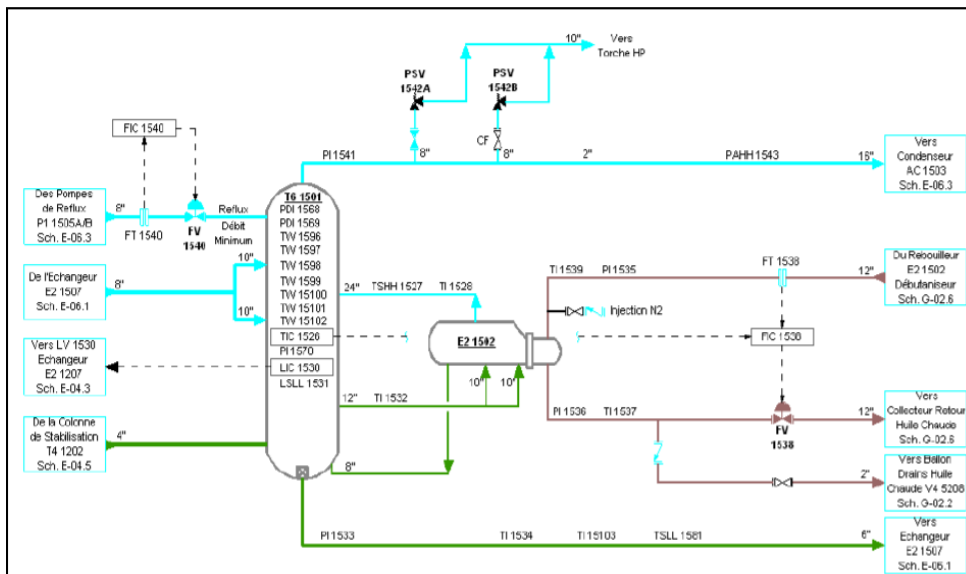


Figure 1.25 : Schéma de débutaniseur T6-1501 et rebouilleur E2-1502

Le produit de tête de la colonne (GPL) traverse l'aérocondenseur de tête du débutaniseur où il est refroidi à une température de 60°C. Le GPL liquide récupéré dans un ballon de reflux alimente des pompes de reflux du débutaniseur. Lorsque le niveau est établi,

les pompes peuvent être mises en service pour d'une part assurer un reflux à la colonne afin de condenser les C<sub>5</sub><sup>+</sup> vaporisés et d'autre part envoyer une partie de GPL produit au sphères de stockage. Le GPL produit est envoyé selon sa qualité on-spec ou off-spec vers des sphères de stockage respectivement.

Le condensât provenant du fond du débutaniseur à une température de 195°C est refroidi successivement à travers l'échangeur E2-1507, l'aeroréfrigérants AC-1506 et finalement à travers l'échangeur E2 1207. Une fois le condensât est refroidi et selon sa qualité on-spec ou off-spec, il est acheminé vers les réservoirs de stockage de condensât.

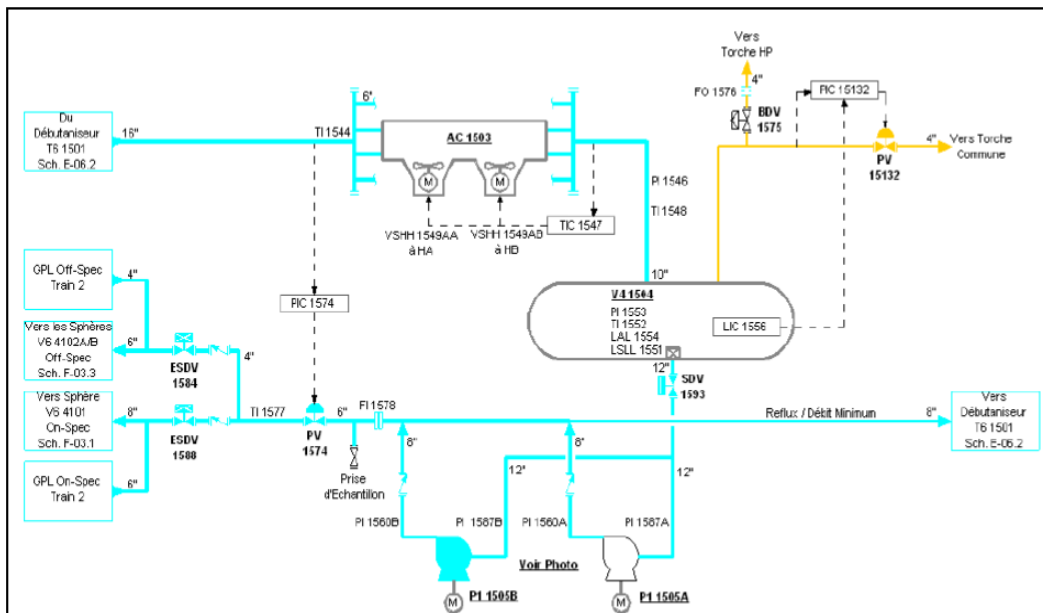


Figure 1.26: Schéma de condenseur AC-1503 et ballon V4-1504 et pompes P1-1505 A/B.

### 1.2.5 Réseau d'huile chaude et récupération de chaleur

L'huile de chauffe de GTFT (Terminol 66) est un fluide caloporteur à haute performance et de grande stabilité. Il est conçu pour offrir une longue durée d'utilisation à des appoints de fluide réduits au minimum, et ce, à des températures de fonctionnement pouvant dépasser 345°C°.

A l'usine GTFT, le Terminol 66 (huile de chauffe) sort à une température de 300°C° et 8 bars, après chauffage au niveau du récupérateur de chaleur H4-5201A/B placé sur le conduit d'échappement des turbines export.

A l'usine GTFT, les réchauffeurs H4-5201A/B équipés de 09 passes permettent de réchauffer l'huile provenant des pompes de circulation P1-5204A/B/C de 220°C à 300°C.

Ils récupèrent la chaleur du gaz d'échappement des turbines des compresseurs de gaz résiduel C2-4001A/B (turbines d'export), déjà brûlé, qui est lui refroidi de 537C° à 287 C° puis évacué à l'atmosphère.

L'huile réchauffée par les gaz d'échappement est ensuite dirigée vers le réseau de distribution. La régulation de la température de sortie d'huile chaude, fixée à 300°C, est assuré par le débit des gaz brûlés en agissant sur le degré d'ouverture du conduit d'échappement dirigé vers le réchauffeur. Le surplus des gaz brûlé est évacué vers l'extérieur.

A noter qu'au démarrage du procédé, le four à gaz H2-5202, équipé de deux serpentins, permet de réchauffer l'huile provenant des pompes de circulation P1-5204A/B/C de la température ambiante à 300°C.

Les pompes de circulation d'huile chaude aspirent depuis le ballon d'expansion V4-5203. Le circuit d'huile est doté également d'un ballon de drains afin d'évacuer l'huile chaude en cas d'arrêt d'usine.

Le collecteur de distribution principal comprend de sous collecteurs 12" relatifs aux trains 1 et 2. Chaque sous collecteur distribue l'huile :

- Aux rebouilleurs E2-1203/E2-2203 des colonnes de stabilisation des condensats T4-1202/T4-2202, via des lignes 6".
- Aux rebouilleurs E2-1402/E2-2402 des dééthaniseurs T6-1401/T6-2401 via des lignes 6".
- Aux rebouilleurs E2-1502/E2-2502 des débutaniseurs T6-1501/T6-2501 via des lignes 12".
- Aux échangeurs E2-1104/E2-2104 du gaz de régénération des tamis moléculaires (étape de séchage) via des lignes 6".

## 1.2.6 Stockage et export des produits

### 1.2.6.1 Compression du gaz résiduel

Le gaz traité alimente un séparateur à une pression de 25 bar-g et une température de 55°C afin d'éliminer les gouttelettes moyennant le demister situé en tête du ballon. Le gaz sec sortant en tête de ce ballon est comprimé par un compresseur à une pression de 72 bar-g et une température de 145°C. Ensuite ce gaz est refroidi par un aérorefrigérant à une température de 60°C afin de l'envoyer vers le réseau de transport ou le recyclé vers l'entrée de l'usine.

Les compresseurs du gaz résiduel C2-4001 A/B sont de type centrifuge à un étage entraîné par des turbines à gaz. En conditions normales, un compresseur est en fonctionnement pour chaque train. Les gaz d'échappements des turbines sont utilisés dans les réchauffeurs du fluide caloporteur (l'huile diathermique) qui fournit la chaleur nécessaire à certaines étapes du procédé.

### 1.2.6.2 Stockage et export de GPL

Les trains de process étant conçus pour assurer un fonctionnement continu, les installations de stockage sont prévues pour accumuler le produit pour expédition. La capacité de stockage du produit permet également de poursuivre l'expédition en cas d'arrêt des trains de process.

Trois sphères d'une capacité de 500 m<sup>3</sup> chacune sont prévues pour stocker le GPL produit sous pression, de manière à empêcher la vaporisation. L'une est réservée pour le stockage du GPL on-spec et les deux autres pour le stockage du GPL off-spec. Ces sphères sont équipées des pompes montées en série pour assurer l'expédition du GPL produit vers le pipeline de GPL. Deux autres pompes sont également prévues pour le recyclage du GPL hors spécification vers le déethaniseur.

La pression et la température opératoires sont 17 bar-g et 57°C. Le gaz tampon (de pressurisation) est fourni par le réseau de fuel gaz HP afin de maintenir la pression dans la sphère à 17 bar-g

L'expédition de GPL comprend trois pompes Booster et trois pompes d'export. Les pompes Booster P1-4103A/B/C de type centrifuge reçoivent le GPL on-spec de la sphère à une pression de 17 bar-g et le refoulent à une pression de 22 bar-g. Les pompes d'expédition P1-4201A/B/C reçoivent le GPL on-spec issu des pompes Booster P1-4103A/B/C.

Les pompes P1-4201A/B/C sont de type centrifuge, à dix étages. Deux pompes sont en service et troisième est en réserve.

### **1.2.6.3 Section de stockage et export de condensat**

Les installations de stockage et d'expédition de condensât sont composées de deux réservoirs de stockage à toit flottant pour le condensât conforme aux spécifications d'une capacité de 6000 m<sup>3</sup> fonctionnant à la pression atmosphérique. Ce condensât est ensuite expédié vers le pipeline d'expédition de condensât via les pompes de transfert de condensât.

Le condensât hors spécifications est acheminé à partir des trains de process vers un ballon de dégazage pour éliminer les contaminants légers. Le condensât récupéré au fond de ce ballon est envoyé vers le réservoir de stockage de condensât hors spécification à toit fixe d'une capacité de 2000 m<sup>3</sup>. Il est à noter que le gaz combustible (Fuel gaz) basse pression est utilisé pour maintenir une pression légèrement positive dans ce réservoir.

L'export du condensat comprend trois pompes P1-4401A/B/C qui reçoivent les condensats stockés dans les bacs on-spec S2-4301A/B et off-spec S2-4302 (après stabilisation).

Les pompes P1-4401 A/B/C sont de type centrifuge, disposées en parallèle; deux pompes sont en service et une est en réserve (pour le cas actuel une pompe est en service et deux sont en stand-by). La pression à l'aspiration des pompes P1 4401A/B/C correspond à la pression atmosphérique tandis que la pression au refoulement est de 26 bar-g.



# *Généralités*

*Chapitre II*

L'apparition d'une phase liquide dépend des conditions de température et de pression dans le réservoir et en surface.

Ceci conduit à distinguer les types de gaz naturel suivants :

**Gaz sec** : ne formant pas de phase liquide dans les conditions de production, c'est à dire que les conditions dans le réservoir et en surface se trouvent tous deux en dehors du domaine diphasique, le gaz est concentré en méthane et contient très peu d'hydrocarbures plus lourds que l'éthane.

**Gaz humide** : formant une phase liquide en cours de production dans les conditions de surface, il est moins concentré en méthane.

**Gaz à condensât** : formant une phase liquide dans le réservoir par condensation rétrograde, au cours de la remontée dans le puits, le gaz se refroidit avec formation de liquide en surface, la phase condensée est riche en constituants lourds.

**Gaz associé** : coexistant dans le réservoir avec une phase huile (gisement de pétrole). Le gaz associé comprend le gaz de couverture (phase gazeuse présente dans le réservoir) et le gaz dissous.

Le processus de production du gaz naturel est simple et très proche de celui du pétrole. Le gaz naturel est tout d'abord extrait du sol ou des océans par forage, puis transporté par pipeline ou par mer jusqu'à une installation de traitement.

Le traitement du gaz naturel implique le regroupement, le transport, le conditionnement et le raffinage du gaz brut afin de le transformer en énergie utile pour différentes applications. Ce processus implique tout d'abord une extraction des éléments en phase liquide dans le gaz naturel, puis un fractionnement de ces différents éléments.

Vue la chute de pression du réservoir, une compression du gaz brute est parfois nécessaire pour son traitement dans les conditions de design de l'unité de traitement, ce qu'est appelé Boosting.

Le but de ce chapitre est d'analyser les principes régissant l'écoulement biphasique, la séparation par décantation (par gravité) et finalement les compresseurs centrifuges qui sont largement utilisés dans l'industrie gazière.

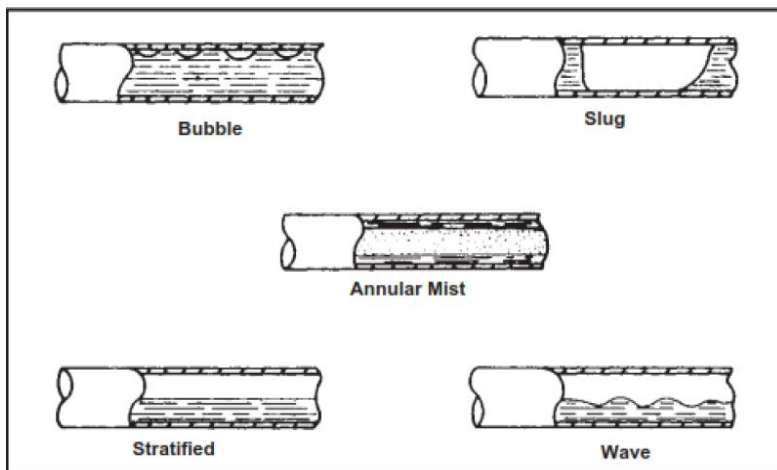


## 2.1 Ecoulements biphasiques

Le flux biphasique présente plusieurs difficultés de conception et de fonctionnement qui ne sont pas présentes dans le flux monophasé de liquide ou le gaz. Les pertes de charge sont beaucoup plus difficiles à calculer. Pour les pipelines, un profil en long est nécessaire pour calculer les chutes de pression due aux changements d'élévation [4].

À l'extrémité aval d'un pipeline, il est souvent nécessaire de séparer la phase liquide de la phase gaz dans un séparateur. La présence des slugs liquides complique ce processus, et un slug catcher peut-être nécessaire [4].

Plusieurs cartes de régime d'écoulement empirique ont été présentées qui déterminent les diagrammes de flux vapeur-liquide en fonction des propriétés du fluide et des débits. Les diagrammes de ces écoulements sont présentés à la figure 2.1 [4].



**Figure 2.1:** Diagrammes des écoulements biphasiques [4].

Une carte couramment utilisée a été développée pour le flux horizontal, elle est présentée à la figure 2.2. Les coordonnées de la carte sont :

$$V_{sL} = \frac{Q_L}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$V_{sg} = \frac{Q_g}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

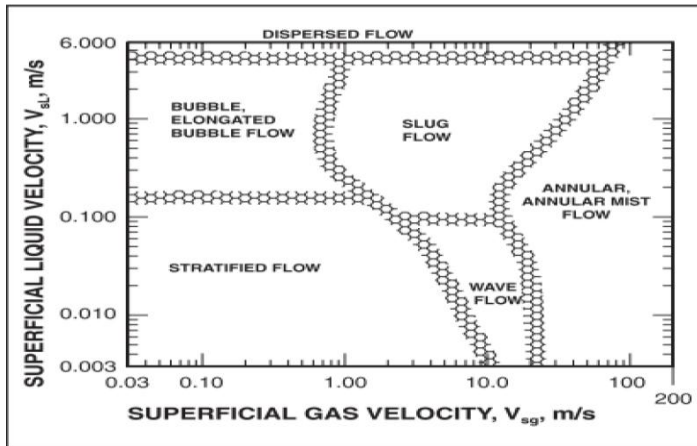


Figure 2.2 : Carte de régime d'écoulement biphasique horizontale [4].

Pour le flux vertical, le régime d'écoulement stratifié ne peut pas exister car il n'y a pas de direction préférée pour le liquide. Une carte de régime d'écoulement empirique développée pour le flux ascendant vertical est illustrée à la figure 2.3. Les coordonnées de cette carte de flux sont les mêmes que pour la carte présentée dans la figure 2.2, sauf que les corrections de propriétés fluides sont utilisées.

Les coordonnées utilisées dans la carte verticale sont [4]:

$$N_x = V_{sg} * X_A \dots\dots\dots (2.3)$$

$$N_y = V_{sl} * Y_A \dots\dots\dots (2.4)$$

$$X_A = \left(\frac{\rho_g}{\rho_a}\right)^{0,333} * Y_A \dots\dots\dots (2.5)$$

$$Y_A = \left(\frac{\rho_L * \sigma_{wg}}{\rho_w * \sigma}\right)^{0,25} \dots\dots\dots (2.6)$$

La carte développée pour les écoulements verticaux est présentée dans la figure 2.3.

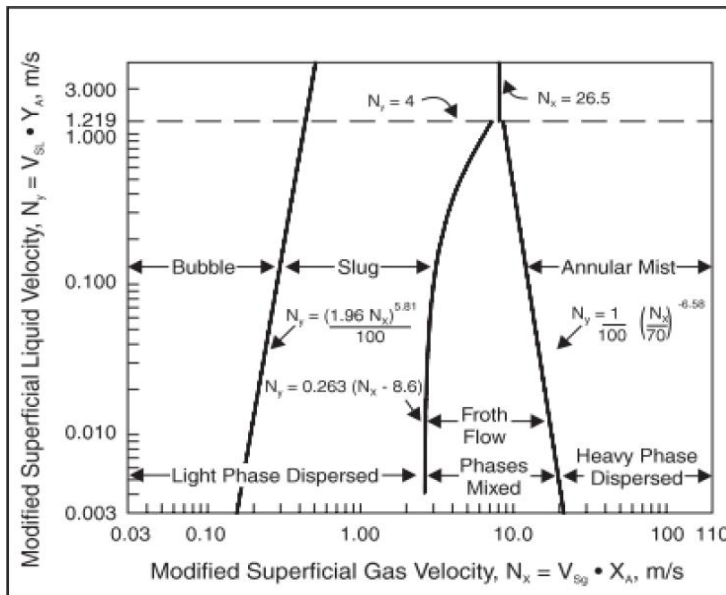


Figure 2.3 : Carte de régime d'écoulement verticale [4].

## 2.2 Séparateurs

Une grande variété de styles et d'appareils de séparation sont utilisés dans l'industrie du traitement du gaz naturel. Ceux-ci incluent des ballons verticaux et horizontaux, deux ou trois phases, de nombreux types d'internes, des séparateurs de filtre, des filtres de coalescence de gaz et des filtres à gaz et à liquide.

L'équipement de base pour séparer le liquide de la vapeur utilise à la fois la force gravitationnelle et la force centrifuge. La force gravitationnelle est utilisée en réduisant la vitesse afin que le liquide puisse s'installer dans l'espace prévu. La force centrifuge est utilisée en modifiant la direction du flux. Un véritable séparateur, tel que défini ici, dépend de la force gravitationnelle et a un temps de rétention de liquide suffisant pour permettre un dégagement efficace de vapeur [5].

Un séparateur complet doit avoir ce qui suit :

1. Une section de séparation primaire pour éliminer la masse du liquide du gaz ;
2. Capacité de liquide suffisante pour traiter les surtensions du liquide à partir de la ligne ;
3. Longueur ou hauteur suffisante pour permettre aux petites gouttelettes de s'installer par gravité (pour empêcher un entraînement indu) ;
4. Un moyen de réduire la turbulence dans le corps principal du séparateur afin que des réglages appropriés puissent avoir lieu ;

5. Un extracteur de brouillard pour capturer les gouttelettes entraînées ou celles trop petites pour s'installer par gravité ;
6. Contrôles corrects de la contre-pression et du liquide.

### **2.2.1 Principes de séparation**

L'équipement de séparation emploie un ou plusieurs des mécanismes suivants [5]:

- a) Décantation ;
- b) force centrifuge ;
- c) impact ;
- d) précipitation électrostatique ;
- e) filtration ;
- f) séparation adhésive ;
- g) l'adsorption ;
- h) thermique.

### **2.2.2 Divers Types De Séparateurs**

#### **2.2.2.1 Séparateur vertical**

Ces séparateurs sont constitués par un cylindre vertical terminé par des fonds bouchés. L'arrivée de l'effluent s'effectue en général tangentiellement à une circonférence et à peu près à mi-hauteur du séparateur. Le mélange se sépare par gravité, l'huile descend en hélice le long de la paroi et le gaz montant à la partie supérieure. Le gaz traverse un tamis extracteur de gouttelettes et est évacué à la partie supérieure en passant à travers une vanne automatique de contrôle de pression. Le liquide est évacué à la partie inférieure à travers une vanne automatique de contrôle de niveau.

Les avantages de ce type de séparateurs sont :

- Traitement possible des hydrocarbures salés ;
- Nettoyage aisé ;
- Faible encombrement ;
- Hydrocarbures pauvres en liquides ;
- Utilisé en moyenne et haute pression.

Les inconvénients de ce type de séparateurs sont :

- Cout assez élevé ;
- Transport difficile ;
- Séparation tri phasique difficile ;
- Mauvaise séparation en cas d'hydrocarbures moussants.

#### **2.2.2.2 Séparateur horizontal**

Le mélange d'hydrocarbures arrive à une extrémité et est projeté sur un déflecteur brisant l'émulsion. Par différence de densité, le liquide tombe au fond du séparateur, le gaz s'accumule dans la partie supérieure.

Le gaz traverse un certain nombre de chicanes qui retiennent les gouttelettes d'huile, puis à travers un dernier tamis dit « extracteur de brouillard », avant de partir par une sortie supérieure, l'huile est soutirée à la partie inférieure. Il est à noter qu'un tel appareil travaille à une certaine pression (sélectionnée pour obtenir la récupération maximale). Cette pression fournit l'énergie nécessaire pour chasser le liquide à la partie inférieure. Afin de conserver toujours un niveau d'huile. Cette sortie est contrôlée par une vanne automatique sur la sortie gaz, commandée par un contrôleur de pression.

Les avantages des séparateurs horizontaux sont :

- Solution économique ;
- Transport facile ;
- Séparation tri phasique aisée ;
- Rempli à moitié, il offre un passage suffisant au gaz.

Les inconvénients de ce type de séparateurs sont :

- Limité aux moyennes et basses pressions ;
- Nettoyage malaisé en cas de production de sédiments.

### 2.2.2.3 Séparateur Sphérique

Le mélange d'hydrocarbure rentre du sommet du séparateur et prend un mouvement circulaire sous l'effet d'un déflecteur de forme spirale à l'entrée. Le liquide se répand en nappe sur une calotte semi sphérique à l'intérieur permettant une séparation initiale rapide (liquide – gaz). Le liquide tombe dans la section d'accumulation, le gaz séparé descend entre la calotte et le corps du séparateur puis change de direction et traverse l'extracteur de brouillard pour sortir par la sortie gaz située sous la calotte. Le double changement de direction permet au gaz de se débarrasser de ses particules liquides. Le liquide s'accumule dans la partie intérieure du séparateur assurant un bon dégazage.

Les avantages de ce type de séparateur sont :

- Utilisation possible sur une unité de production OFF SHORE ;
- Utilisé à des très hautes pressions.

Ses inconvénients sont :

- Séparation 3 phases difficile ;
- Coût très cher ;
- Mauvaise séparation en cas d'hydrocarbure moussant ;
- L'utilisation de ce séparateur n'est pas courante.

### 2.2.3 Séparation par gravité

Les gouttelettes dispersées s'installent dans une phase continue si la force gravitationnelle agissant sur la gouttelette est supérieure à la somme de la force de traînée du fluide circulant autour de la gouttelette et de la force de flottement de la phase continue (voir la figure 2.4). La vitesse critique de la gouttelette peut être calculée directement à partir de l'équilibre de ces forces, l'équation 2.7 [6].

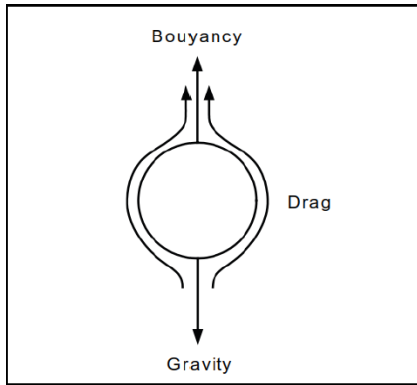


Figure 2.4 : Forces agissant sur une gouttelette flottante.

$$V_t = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot M_p \cdot (\rho_p - \rho_c)}{\rho_p \cdot \rho_c \cdot A_p \cdot C_f}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Le coefficient de traînée a été trouvé comme fonction de la forme de la particule et du nombre de Reynolds du fluide coulé. Si la forme de la particule est considérée comme une sphère solide et rigide, la vitesse de la borne peut être calculée à l'aide de l'équation 2.8 :

$$V_t = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot D_p \cdot (\rho_p - \rho_c)}{3 \cdot \rho_c \cdot C_f}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Et le Nombre de Reynolds est défini dans l'équation 2.9 :

$$Re = \frac{1000 \cdot D_p \cdot V_t \cdot \rho_c}{\mu_c} \dots\dots\dots (2.9)$$

**2.2.3.1 Régime laminaire -La loi Stokes**

Au faible nombre de Reynolds (moins de 2), il existe une relation linéaire entre le coefficient de traînée et le nombre de Reynolds (correspondant au flux laminaire). La loi Stokes s'applique dans ce cas et l'équation 2.7 peut être exprimée comme suit [5]:

$$V_t = \frac{1000 \cdot g \cdot D_p^2 \cdot (\rho_p - \rho_c)}{18 \cdot \mu_c} \dots\dots\dots (2.10)$$

### 2.2.3.2 Régime intermédiaire

Pour les nombres de Reynolds compris entre 2 et 500, la loi intermédiaire s'applique et la vitesse de décantation critique peut être exprimée comme suit [5]:

$$V_t = \frac{2,94 * g^{0,71} * D_p^{1,14} * (\rho_p - \rho_c)^{0,71}}{\rho_c^{0,29} * \mu_c^{0,43}} \dots\dots\dots (2.11)$$

### 2.2.3.3 Régime turbulent - La loi de Newton

La loi de Newton s'applique à une gamme de numéros de Reynold d'environ 500 à 200 000 et trouve une applicabilité principalement pour la séparation de grandes gouttelettes ou particules d'une phase gazeuse, par exemple Taille du tambour knock-out flare. Le coefficient de traction limite est d'environ 0,44 à des nombres de Reynolds supérieurs à environ 500. En remplaçant  $C' = 0,44$  dans l'équation 2.7, l'équation de Newton est exprimée comme suit [5]:

$$V_t = 1,74 * \sqrt{\frac{g * D_p * (\rho_p - \rho_c)}{\rho_c}} \dots\dots\dots (2.12)$$

### 2.2.4 La vitesse critique du gaz dans un séparateur

La longueur d'un séparateur horizontal a un effet plus important sur la capacité que la hauteur d'un type vertical.

La longueur nécessaire dépend de :

1. Taille de gouttelettes ;
2. Vitesse du gaz ;
3. La masse volumique de gouttelettes ;
4. Diamètre du séparateur ;
5. Degré de turbulence ;
6. Masse volumique du gaz.

La détermination du diamètre du ballon de séparation est basée sur les principes ci-dessus (équation de Souders-Brown), c'est une approche semi-empirique [6].

$$V_t = K * \sqrt{\frac{(\rho_l - \rho_g)}{\rho_g}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$K = \sqrt{\frac{4 * g * D_p}{3 * C'}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Les valeurs de K sont données par le tableau suivant :



**Tableau 2.1:** Valeurs de K [6]

| Pression (kPa) | K    |
|----------------|------|
| Atmosphérique  | 1,00 |
| 1034           | 0,90 |
| 2068           | 0,85 |
| 4137           | 0,80 |
| 7929           | 0,75 |

Pour un ballon vertical ou horizontal sans demister divisé K par 2.

On peut convertir l'équation 2.13 en débit volumique, pour les ballons verticaux l'équation s'écrit comme suit :

$$A = \frac{Q_A}{V_t} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$A = \frac{Q_A}{V_t * F} \dots\dots\dots (2.16)$$

Les valeurs de F sont données par le tableau ci-dessous.

**Tableau 2.2 :** Valeurs de F

| h/d  | F     | h/d  | F     |
|------|-------|------|-------|
| 0,00 | 1,000 | 0,3  | 0,748 |
| 0,05 | 0,981 | 0,35 | 0,688 |
| 0,1  | 0,948 | 0,4  | 0,626 |
| 0,15 | 0,906 | 0,45 | 0,564 |
| 0,2  | 0,858 | 0,5  | 0,500 |
| 0,25 | 0,804 | 0,55 | 0,436 |

### 2.3 Compresseurs centrifuges

La compression des gaz implique des équipements comparables à ceux utilisés pour le pompage des liquides. Les compresseurs centrifuges et alternatifs font la majeure partie de la compression du gaz naturel.

Les compresseurs à vis, à lobes et à palettes sont utilisés principalement dans des services spécialisés. Les compresseurs à lèvres et aux aubes peuvent s'avérer utiles, en particulier lorsque les pressions de décharge ne dépassent pas environ 200 kPa (30 psig) et le débit n'est pas trop important. Le compresseur à vis peut être utilisé pour des pressions de décharge plus élevées. Les utilisations principales incluent la compression de l'air, la collecte de gaz à basse pression, la réfrigération et des unités de déshydratation.

La figure 2.5 couvre la plage normale de fonctionnement des compresseurs disponibles [7].

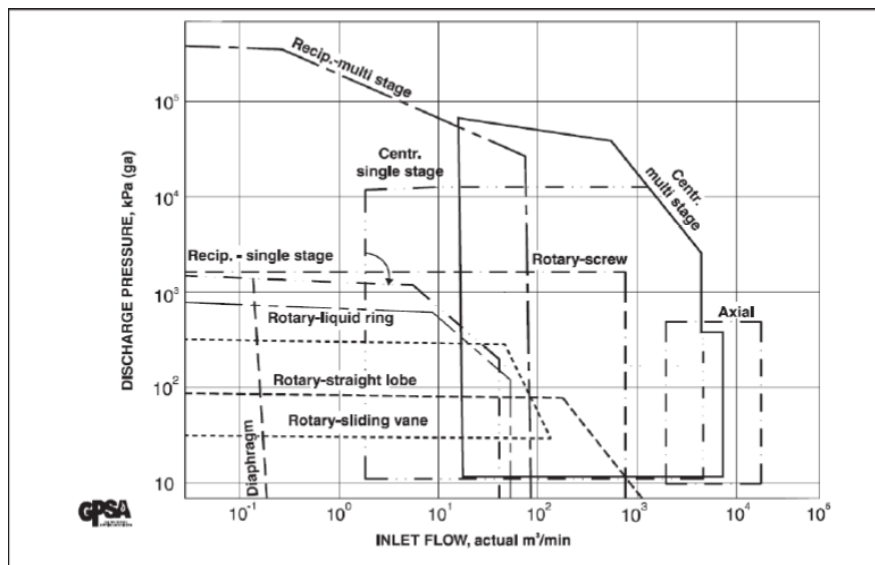


Figure 2.5: Plage de fonctionnement des compresseurs

Les avantages d'un compresseur centrifuge par rapports aux autres types sont:

- Réduction du coût initial lorsque les conditions de pression et de volume Sont favorables ;
- Baisse des frais d'entretien ;
- Une plus grande continuité du service et de la fiabilité ;
- Moins d'attention opérationnelle ;
- Augmentation de la capacité volumique par unité de surface d'étude ;
- Adaptabilité aux pilotes rapides à faible coût d'entretien.

La plupart des compresseurs centrifuges fonctionnent à des vitesses de 3000 rpm ou plus et ils sont généralement entraînés par des moteurs électriques, turbines à vapeur ou à gaz (avec ou sans multiplicateur de vitesse), ou turbo-expander.

### 2.3.1 Courbes caractéristiques d'un compresseur centrifuge

La figure 2.6 montre la courbe caractéristique d'un compresseur centrifuge multi-étage. Les deux lignes de pompage (Surge) et de gavage (Stonewall) sont affichées. Le compresseur doit être utilisé entre ces limites de stabilité.

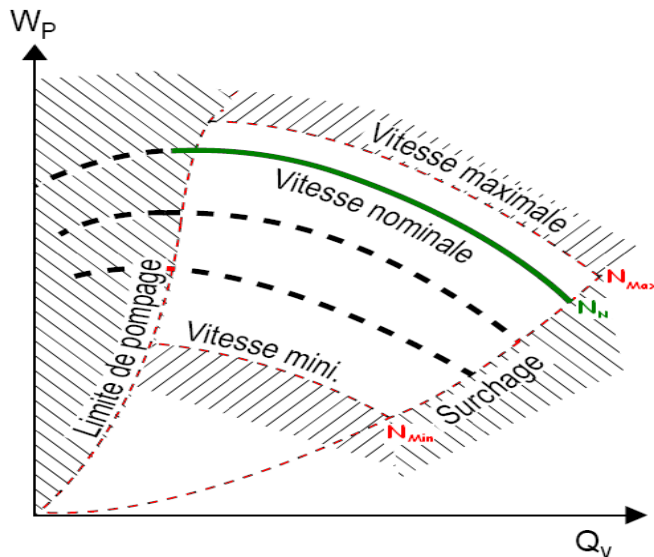


Figure 2.6 : Courbe caractéristique d'un compresseur centrifuge [5].

#### 2.3.1.1 Phénomène de pompage (Surge)

À chaque vitesse de rotation de compresseur existe une condition de débit minimum, où la hauteur développée est insuffisante pour vaincre la résistance du système, c'est le point de pompage. Lorsque le compresseur atteint ce point, le gaz dans la tuyauterie de refoulement retourne dans le compresseur.

Le fonctionnement dans la zone de pompage devrait être évité car il peut endommager le compresseur. Le pompage peut provoquer une surchauffe du compresseur jusqu'à ce que la température maximale autorisée soit dépassée. En outre, ce phénomène peut endommager le palier en raison des vibrations de très grand niveau, ainsi il peut causer la destruction des dispositifs d'étanchéité internes [7].

### 2.3.1.2 Phénomène de gavage

Ce phénomène se produit lorsque la vitesse sonique est atteinte (vitesse du gaz) à n'importe quel point du compresseur. Lorsque ce point est atteint pour un gaz donné, le débit à travers le compresseur ne peut plus être augmenté (pour augmenter un débit très faible on perd beaucoup en hauteur polytropique) [4].

### 2.3.2 Calcul des performances

#### 2.3.2.1 Compression isentropique

Compression effectuée dans une machine parfaite (réversible), calorifugée donc sans échange de chaleur avec l'extérieur (adiabatique): la compression est dite isentropique.

L'équation 2.18 est utilisée pour calculer la hauteur isentropique [7] :

$$H_{is} = \frac{Z_{avg} * R * T_1}{M * (\gamma - 1) / \gamma} * \left( \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma - 1) / \gamma} - 1 \right) \dots \dots \dots (2.18)$$

La température de sortie isentropique est estimée par l'équation suivante [7] :

$$T_2^i = T_1 * \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma - 1) / \gamma} \dots \dots \dots (2.19)$$

La température de sortie réelle peut être estimée par l'équation [7] :

$$T_2^a = T_1 * \left[ 1 + \frac{\left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{(\gamma - 1) / \gamma} - 1}{\eta_{is}} \right] \dots \dots \dots (2.20)$$

#### 2.3.2.2 Compression polytropique

Compression effectuée avec une machine réelle avec ou sans échange de chaleur avec l'extérieur : la compression est dite réelle.

Parfois, les fabricants de compresseurs utilisent un chemin polytropique au lieu d'isentropique.

Exposant polytropique est définie par [7]:

$$\frac{n}{n - 1} = \left( \frac{\gamma}{\gamma - 1} \right) * \eta_p \dots \dots \dots (2.21)$$

La hauteur polytropique est donnée par l'équation [7] :

$$H_p = \frac{Z_{avg} * R * T_1}{M * (n-1) / n} * \left( \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{(n-1)/n} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

On peut écrire donc :

$$H_p = \frac{H_{is} * \eta_p}{\eta_{is}} \dots\dots\dots (2.23)$$

La température polytropique de sortie est donnée par [7] :

$$T_2^i = T_1 * \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{(n-1)/n} \dots\dots\dots (2.24)$$

La température de sortie réelle peut être estimée par l'équation [7] :

$$T_2^a = T_1 * \left[ 1 + \frac{\left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{(n-1)/n} - 1}{\eta_p} \right] \dots\dots\dots (2.25)$$

### 2.3.3 Loi de similitude

Dans certaines conditions simplifiées, les points de fonctionnement d'un compresseur à différentes vitesses peuvent être comparés. Ce fait est pris en compte par la loi de similitude (fan law), cette loi repose sur le fait que si, pour deux points de fonctionnement A et B, toutes les vitesses changent selon le même facteur. Les relations entre ces deux différents points de fonctionnement sont [7] :

$$\frac{Q_A}{N_A} = \frac{Q_B}{N_B} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\frac{H_{isA}}{N_A^2} = \frac{H_{isB}}{N_B^2} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\eta_A = \eta_B \dots\dots\dots (2.28)$$

### 2.3.4 Fonctionnement d'un compresseur

Le type d'entraînement du compresseur conditionne la régulation. En raffinerie, la solution intéressante consiste à utiliser une turbine à vapeur, vu les besoins des unités en vapeur moyenne ou basse pression. Dans certains cas, la faveur est d'utiliser un moteur électrique synchrone qui devra comporter un multiplicateur. Enfin, sur les champs de gaz naturel, on adoptera l'entraînement par turbine à gaz [8].

Dans un compresseur volumétrique le débit est uniquement fonction de sa vitesse de rotation, dans un appareil centrifuge, le débit dépend également de la résistance que le fluide trouve dans la ligne de refoulement.

La figure ci-dessous présente les courbes caractéristiques d'un compresseur centrifuge, courbes qui ont la même allure que celles des pompes centrifuges.

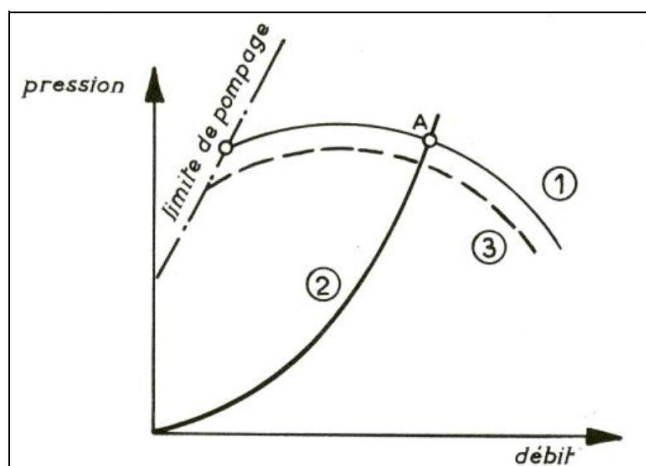


Figure 2.7: Courbe caractéristique débit-pression d'un compresseur centrifuge [8].

- 1) Courbe débit-pression à vitesse N.
- 2) Courbe de résistance du circuit.
- 3) Courbe débit-pression à vitesse N'.
- A) Point de fonctionnement à vitesse N.

### 2.3.4.1 Fonctionnement à vitesse constante

C'est le cas de l'entraînement par un moteur électrique. Le réglage est obtenu par une vanne placée sur la conduite d'aspiration et actionnée par un servomoteur hydraulique ou pneumatique, asservi par l'intermédiaire d'un relais à la variable à régler : débitmètre sur l'aspiration pour régler le débit ou contrôleur de pression sur le refoulement. Cette solution provoque un laminage du fluide, donc une perte d'énergie [8].

### 2.3.4.2 Fonctionnement à vitesse variable

Dans le cas d'un entraînement par turbine, on asservit alors la vitesse de rotation à la variable de réglage qui communique son impulsion au régulateur de la turbine qui à son tour donne l'ouverture convenable aux obturateurs de débit de vapeur ou de gaz. Le point de fonctionnement se déplace alors sur la courbe de résistance du circuit de la figure ci-dessus [8].

## 2.3.5 Data de Boosting

### 2.3.5.1 Data des ballons d'aspiration

Tableau 2.3: Data des ballons d'aspiration [9]

| Conditions opératoires                   | Valeurs |
|--|---------|
| Pression opératoire (bara)               | 65      |
| Pression de design (barg)                | 95      |
| Température opératoire                   | 47      |
| Température opératoire min               | -5      |
| Température opératoire max               | 48      |
| Température de design min                | -5      |
| Température de design max                | 85      |
| Débit de design (Act. m <sup>3</sup> /h) | 13006   |
| Diamètre intérieur (mm)                  | 2300    |
| Hauteur effective (mm)                   | 3955    |

### 2.3.5.2 Data des compresseurs centrifuges

**Tableau 2.4 :** Data des compresseurs centrifuges [9]

| Conditions opératoires          | Valeurs |
|---------------------------------|---------|
| Vitesse maximale 105% (rpm)     | 8972    |
| Vitesse minimale 59% (rpm)      | 5099    |
| Vitesse nominale 100% (rpm)     | 8545    |
| Rapport de vitesse (gear ratio) | 1,83    |
| Vitesse de TRIP (rpm)           | 9420    |
| Première vitesse critique (rpm) | 4480    |
| Nombre de roues                 | 5       |
| Débit d'entré max (Act. m3/h)   | 21300   |
| Pression de design (bara)       | 95      |
| Température de design (°C)      | 250     |

### 2.3.5.3 Data des aeroréfrigérants

**Tableau 2.5:** Data des aeroréfrigérants [9]

| Conditions opératoires             | Valeurs |
|------------------------------------|---------|
| Chaleur totale échangé (MMkcal/h)  | 18.7    |
| Débit de gaz à l'entré (kg/h)      | 450800  |
| Débit de gaz à la sortie (kg/h)    | 450367  |
| Débit d'eau à la sortie (kg/h)     | 433     |
| Pression de design (bar_g)         | 90      |
| Température de design (°C)         | 120     |
| Température de gaz à l'entrée      | 115.1   |
| Température de gaz à la sortie     | 50      |
| Température d'air à l'entrée (°C)  | 45      |
| Température d'air à la sortie (°C) | 65.8    |
| perte de charge (bar)              | 0.7     |



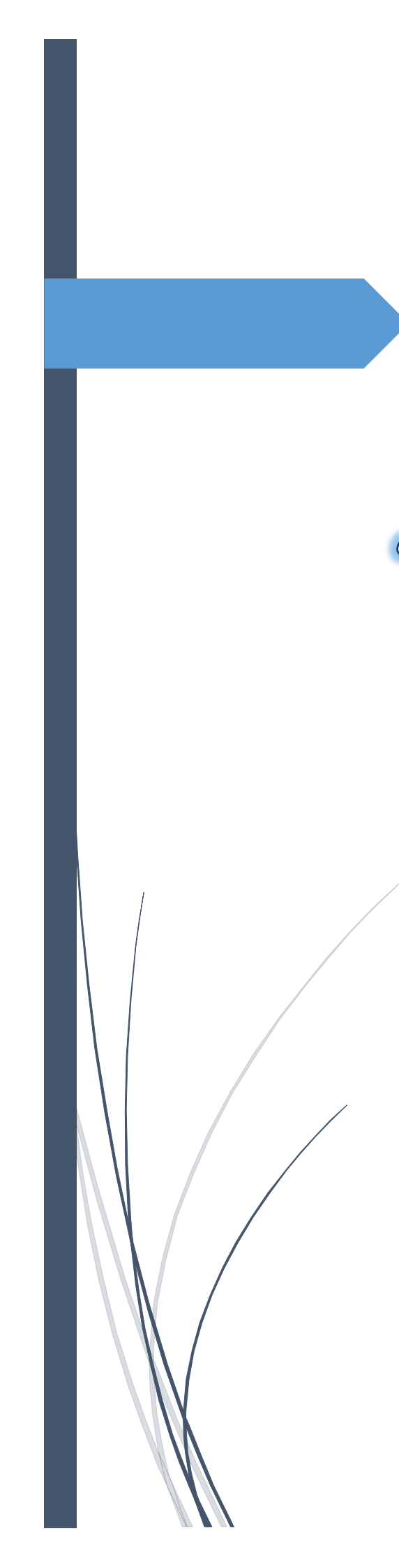
## 2.4 Problématique

La production actuelle du champ TFT est de 13,73 MMNm<sup>3</sup>/j de gaz brut pour une pression de 35 bar-g à l'entrée de l'unité. Ceci permet de produire 11.87 MMNm<sup>3</sup>/j de gaz sec, 1855,4 t/j de GPL et 1334,2 t/j de condensat [10].

Ce taux de production sera revu à la baisse si la pression d'entrée est maintenue à 35 bar-g. Ce qui pourrait perturber le fonctionnement des trains, à savoir :

- Entraînement des C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> avec le gaz résiduel ce qui démunie le taux de récupération des GPL.
- Manque de chauffe au niveau des rebouilleurs ce qui entraîne l'obtention des produits hors spécifications.
- Déplacement du point de fonctionnement du turbo expander vers la zone du pompage.

A cet effet, le groupement TFT envisage de réduire la pression d'entrée. Cette action peut être accompagnée par des risques sur le fonctionnement des installations, pour cela on va étudier le fonctionnement de l'unité à basse pression d'entrée pour voir à quelle pression peut fonctionner l'unité sans influencer sur le fonctionnement normal des équipements.



*Simulation*  
*du fonctionnement*  
*de l'unité de traitement GTFT*

*Chapitre III*

L'objectif de ce chapitre consiste à établir un schéma de simulation du fonctionnement de l'unité de traitement de gaz TFT pour les cas design et actuel. Ce schéma sera, par la suite, utilisé pour prédire le fonctionnement futur de l'unité lorsque la pression sera chutée.

La simulation est un outil utilisé dans différents domaines de l'ingénierie et de la recherche en général. Elle est principalement utilisée pour la conception de nouveaux procédés (dimensionnement des équipements, analyse du fonctionnement, etc.) l'optimisation du fonctionnement des procédés existants et l'évaluation de l'effet du changement des conditions opératoires, comme le cas du présent travail.

Ces simulations disposent tous d'une base de données thermodynamiques contenant les propriétés des corps purs (masse molaire, température d'ébullition sous conditions normales, paramètres des lois de tension de vapeur, ...). Cette base de données est enrichie d'un ensemble de modèles thermodynamiques permettant d'estimer les propriétés des mélanges.

Dans ce chapitre, une simulation de design et du cas actuel de l'unité de traitement de gaz du groupement TFT ont été effectués à l'aide de logiciel HYSYS avec deux modèles thermodynamique à savoir le modèle de SoaveRedlich Kwong et de Peng Robinson. Ces simulations ont été faites afin de choisir le modèle thermodynamique qui sera utilisé par la suite.

### **3.1 Concept et caractéristiques du simulateur Hysys [13]:**

Le logiciel HYSYS est l'un des logiciels de simulation des procédés de génie chimique.

Il a été développé par la société Canadienne HYPROTECH. Il a été conçu pour permettre le traitement d'une vaste gamme de problèmes allant des séparations bi et tri-phasiques simples, de la compression à la distillation et la transformation chimique.

### 3.2 Méthode de travail

La méthode de travail suivie pour la simulation consiste à faire en première étape une simulation comparative du procédé de traitement par le simulateur HYSYS pour le choix du modèle thermodynamique.

Ensuite, une simulation d'un cas réel qui correspond à une journée de fonctionnement choisie arbitrairement pour valider le modèle.

Pour que le modèle thermodynamique choisi soit performant, il faut que l'erreur relative donnée par la formule ci-dessous soit inférieure ou égale à 10% [11].

$$Erreur\ relative = \left( \frac{Q_{Design} - Q_{HYSYS}}{Q_{Design}} \right) * 100 \dots\dots\dots (3.1)$$

### 3.3 Etablissement du schéma de simulation

Le procédé de traitement du gaz de l'unité du groupement TFT comporte plusieurs sections de traitement (voire description détaillée donnée dans le chapitre 1). Les sections concernées par la simulation sont celles qui constituent les étapes principales dans l'opération du traitement et de séparation du gaz naturel.

Chaque section comporte un nombre important d'équipements (ballons de séparation, échangeurs de chaleur, colonnes de distillation ....etc.). Pour chaque équipement un nombre de paramètres a été fixé.

Les figures 3.1, 3.2, 3.3 et 3.4 ci-dessous représentent les schémas PFD de simulation des principales sections de l'unité de traitement du groupement TFT.

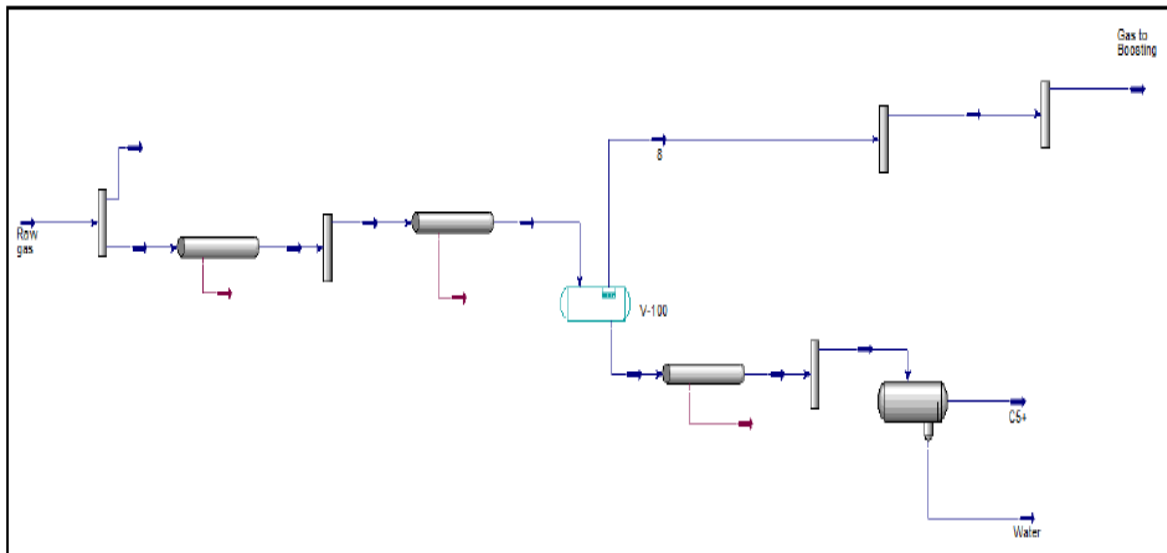


Figure 3.1 : Le schéma PFD de simulation de la section Slug catcher.

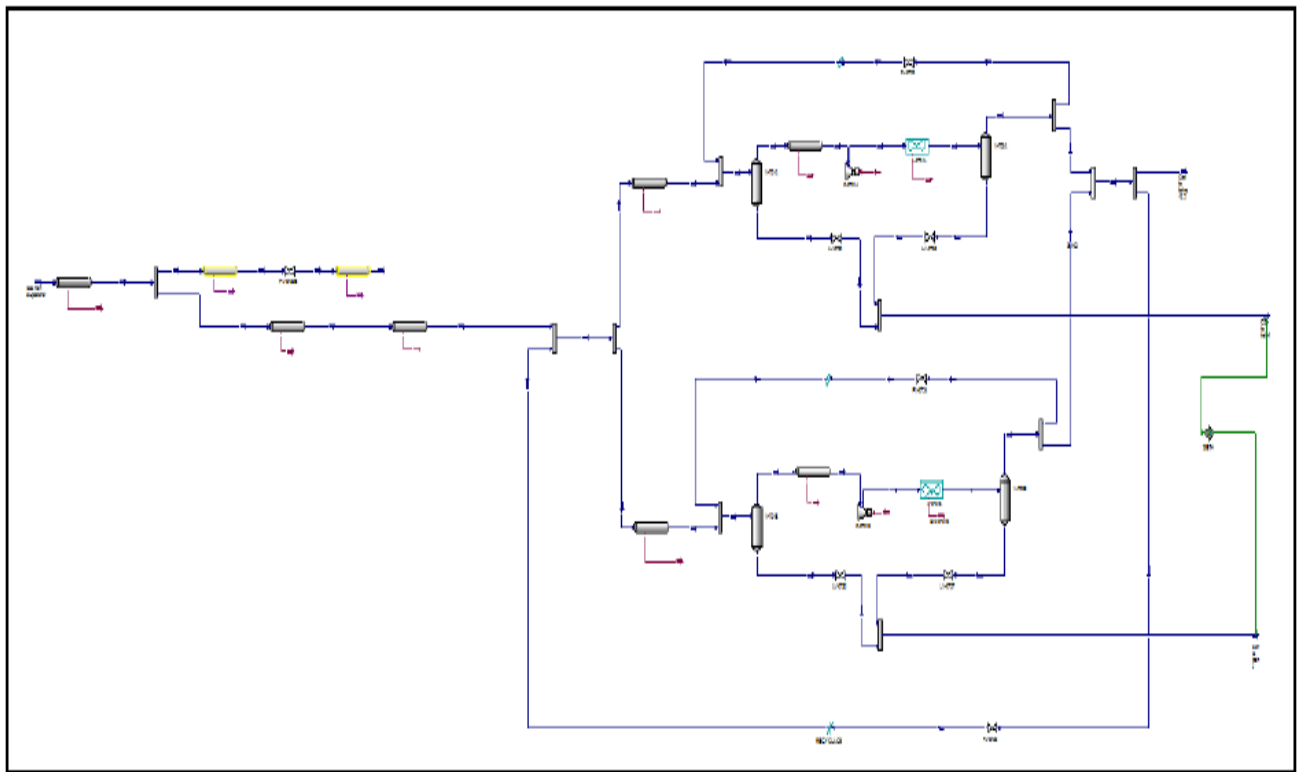


Figure 3.2 : Le schéma PFD de simulation de la section Boosting.

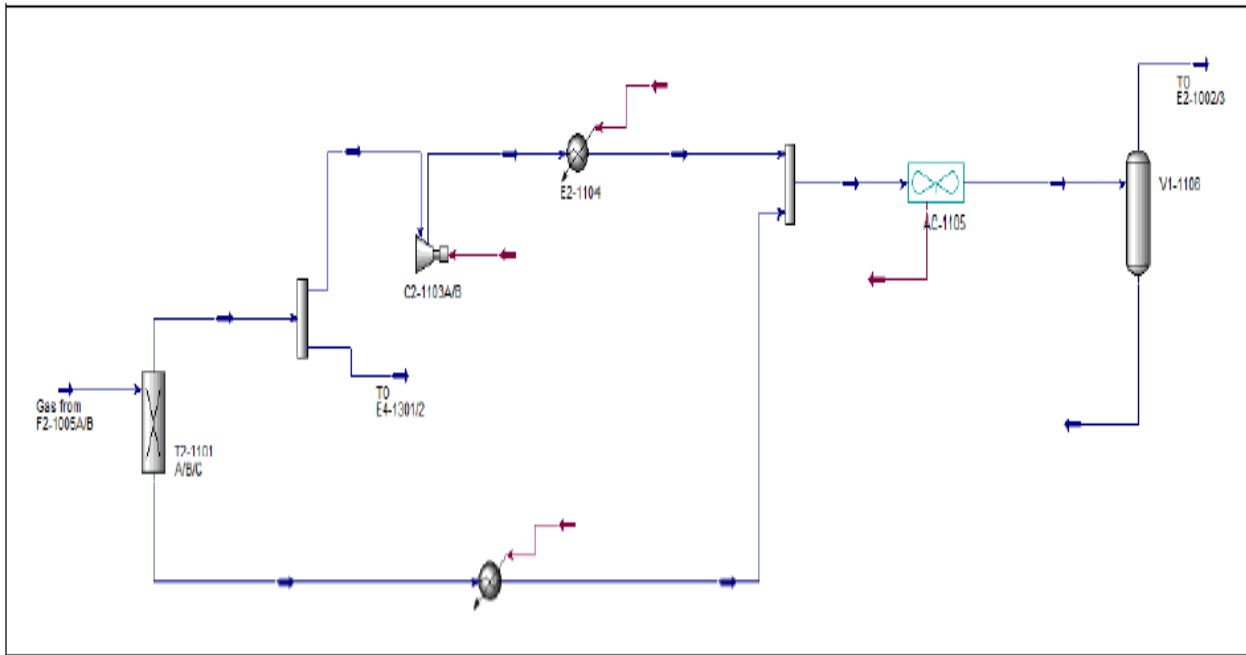


Figure 3.3 : Le schéma PFD de simulation de la section de Déshydratation.

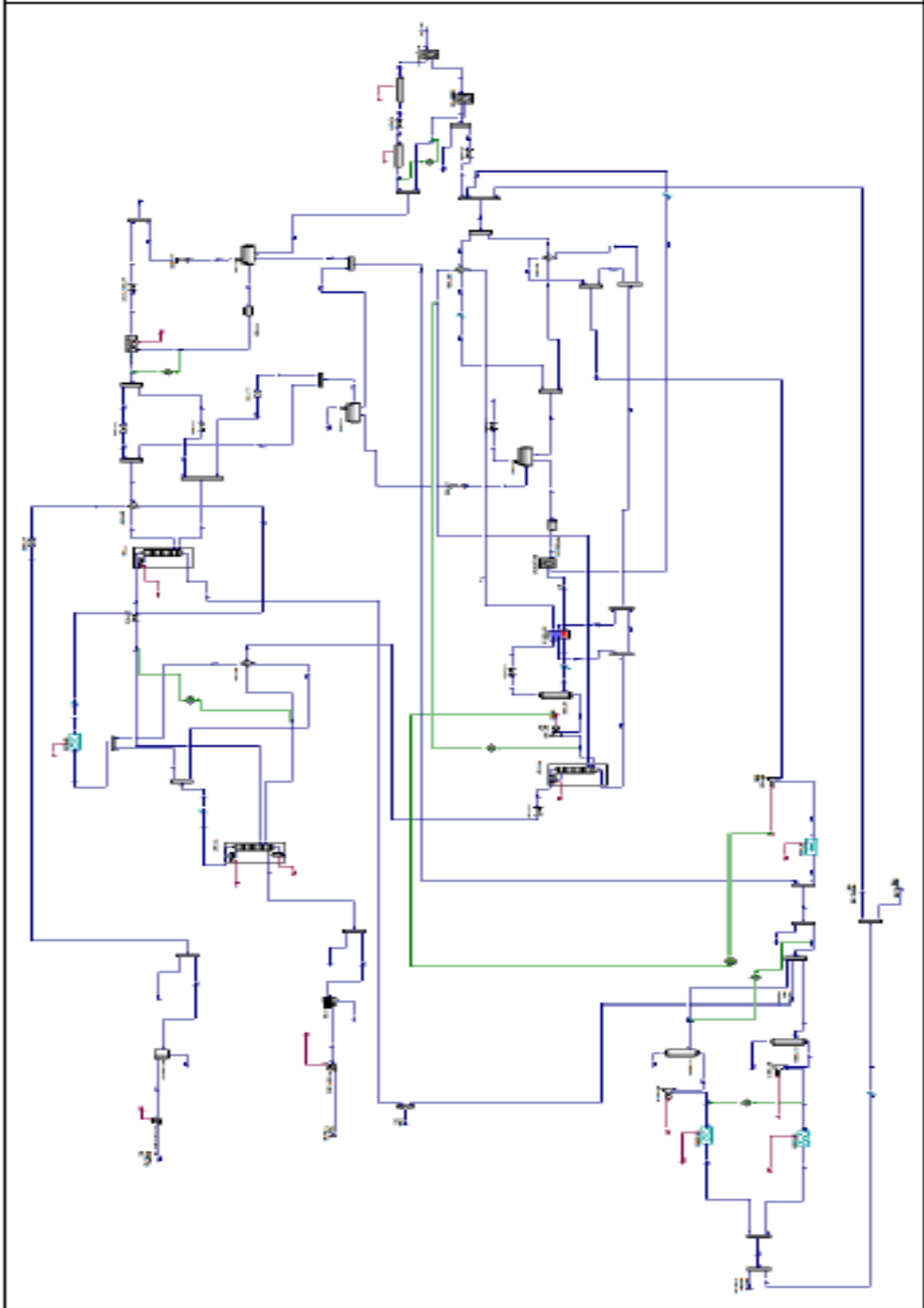


Figure 3.4 : Le schéma PFD de simulation des principales sections de l'unité de traitement.

### 3.4 Simulation du cas design

L'objectif de cette étape est de simuler le fonctionnement de l'unité de traitement du gaz du groupement TFT avec les paramètres du design, afin de tester la performance du modèle de simulation choisi; basée sur les sections importantes: section de slug catcher, section de boosting, section de refroidissement et de séparation du gaz brut, section de séchage, de refroidissement, de détente et de compression du gaz, section de traitement des condensats et section de dééthanisation et de débutanisation.

#### 3.4.1 Données de base

Les données sont extraites d'après la simulation bilan de matière concerne l'année 2007 qu'a été fait pour l'installation de la section de Boosting. Ces données sont résumées dans les tableaux suivants [1]:

**Tableau 3.1** : Les paramètres du gaz brut.

| Débit MMNm <sup>3</sup> /jour | Température (°C) | Pression (bar-g) |
|-------------------------------|------------------|------------------|
| 24.16                         | 47.0             | 65.0             |



**Tableau 3.2** : La composition du gaz brut.

| Composant         | Fraction molaire |
|-------------------|------------------|
| H <sub>2</sub> O  | 0,0028           |
| Nitrogène         | 0,0178           |
| CO <sub>2</sub>   | 0,0142           |
| Méthane           | 0,7635           |
| Ethane            | 0,1002           |
| Propane           | 0,0505           |
| i-Butane          | 0,0059           |
| n-Butane          | 0,0169           |
| i-Pentane         | 0,0042           |
| n-Pentane         | 0,0055           |
| n-Hexane          | 0,0062           |
| n-Heptane         | 0,0056           |
| n-Octane          | 0,0033           |
| n-Nonane          | 0,0022           |
| n-Décane          | 0,0007           |
| n-C <sub>11</sub> | 0,0004           |
| C <sub>12+</sub>  | 0,0004           |

### 3.4.2 Résultats obtenus

Les résultats de la simulation pour les principales sections (section de slug catcher, section de boosting, section de traitement des condensats et section de Déethanisation et de Débutanisation) sont représentés dans l'annexe B.

Le tableau 3.3 représente les propriétés et la composition des produits GPL, condensats et gaz résiduel de la simulation de l'unité avec le modèle thermodynamique SRK à l'aide du logiciel *HYSYS* comparer avec du design.

Tableau 3.3 : Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique SRK.

|   | Export Gaz            |        |        | Export GPL |        |        | Export Condensat |        |        |   |
|---|-----------------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------------|--------|--------|---|
|   | Design                | HYSYS  | Erreur | Design     | HYSYS  | Erreur | Design           | HYSYS  | Erreur |   |
| <b>Fraction Vapeur</b>                      | 1                     | 1      | -      | 0          | 0      | -      | 0                | 0      | -      |   |
| <b>Température (°C)</b>                     | 60                    | 60     | -      | 69,2       | 68,09  | -      | 49,3             | 48,06  | -      |   |
| <b>Pression (bar-g)</b>                     | 73                    | 73     | 0,00   | 46         | 46     | 0,00   | 30,5             | 30,5   | 0,00   |   |
| <b>Débit volumique (MMNm<sup>3</sup>/j)</b> | 20,72                 | 21,36  | 3,00   | 1,37       | 1,413  | 3,04   | 0,68             | 0,7147 | 4,86   |   |
| <b>Débit massique (Kg/h)</b>                | 717281                | 740402 | 3,12   | 123672     | 127553 | 3,04   | 117790           | 123415 | 4,56   |   |
| <b>Masse molaire (g/mol)</b>                | 18,62                 | 18,65  | -      | 48,65      | 48,57  | -      | 93               | 92,92  | -      |   |
| <b>Densité massique (Kg/m<sup>3</sup>)</b>  | 56,5                  | 54,87  | -      | 468        | 529,6  | -      | 651,4            | 673,7  | -      |   |
| <b>Composition</b>                          | <b>H<sub>2</sub>O</b> | 0      | 0      | -          | 0      | 0      | -                | 0      | 0      | - |
|   | <b>Nitrogène</b>      | 1,97   | 1,97   | -          | 0      | 0      | -                | 0      | 0      | - |
|   | <b>CO<sub>2</sub></b> | 1,55   | 1,55   | -          | 0      | 0      | -                | 0      | 0      | - |
|   | <b>Méthane</b>        | 84,46  | 84,36  | -          | 0      | 0      | -                | 0      | 0      | - |
|   | <b>Ethane</b>         | 10,57  | 10,58  | -          | 2,87   | 2,83   | -                | 0      | 0      | - |
|   | <b>Propane</b>        | 1,32   | 1,41   | -          | 61,95  | 62,87  | -                | 0,01   | 0      | - |
|   | <b>i-Butane</b>       | 0,04   | 0,04   | -          | 9,12   | 9,14   | -                | 0,13   | 0,2    | - |
|   | <b>n-Butane</b>       | 0,07   | 0,07   | -          | 25,89  | 24,75  | -                | 2,44   | 5,19   | - |
|   | <b>i-Pentane</b>      | 0,01   | 0,01   | -          | 0,14   | 0,31   | -                | 14,4   | 13,31  | - |
|   | <b>n-Pentane</b>      | 0,01   | 0,01   | -          | 0,03   | 0,09   | -                | 19,15  | 18,1   | - |
|   | <b>n-Hexane</b>       | 0      | 0      | -          | 0      | 0      | -                | 21,7   | 20,77  | - |
|   | <b>n-Heptane</b>      | 0      | 0      | -          | 0      | 0      | -                | 19,26  | 18,83  | - |
|   | <b>n-Octane</b>       | 0      | 0      | -          | 0      | 0      | -                | 11,07  | 11,11  | - |
|   | <b>n-Nonane</b>       | 0      | 0      | -          | 0      | 0      | -                | 7,13   | 7,41   | - |
|   | <b>n-Décane</b>       | 0      | 0      | -          | 0      | 0      | -                | 2,13   | 2,36   | - |
| <b>n-C<sub>11</sub></b>                     | 0                     | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 1,25             | 1,35   | -      |   |
| <b>C<sub>12+</sub></b>                      | 0                     | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 1,33             | 1,35   | -      |   |

Le tableau 3.4 représente les propriétés et la composition des produits GPL, condensats et gaz résiduel de la simulation de l'unité avec le modèle thermodynamique PR à l'aide du logiciel *HYSYS* comparer avec du design.

Tableau 3.4 : Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique PR.

|   |                       | Export Gaz |        |        | Export GPL |        |        | Export Condensat |               |        |
|---|-----------------------|------------|--------|--------|------------|--------|--------|------------------|---------------|--------|
|   |                       | Design     | HYSYS  | Erreur | Design     | HYSYS  | Erreur | Design           | HYSYS         | Erreur |
| <b>Fraction Vapeur</b>                      |                       | 1          | 1      | -      | 0          | 0      | -      | 0                | 0             | -      |
| <b>Température (°C)</b>                     |                       | 60         | 60     | -      | 69,2       | 68,066 | 0,79   | 49,3             | 48,16         | -      |
| <b>Pression (bar-g)</b>                     |                       | 73         | 73     | 0,00   | 46         | 46     | 0,00   | 30,5             | 30,5          | 0,00   |
| <b>Débit volumique (MMNm<sup>3</sup>/j)</b> |                       | 20,72      | 21,38  | 3,09   | 1,37       | 1,408  | 2,70   | 0,68             | 0,7114        | 4,41   |
| <b>Débit massique (Kg/h)</b>                |                       | 717281     | 741362 | 3,25   | 12367<br>2 | 127204 | 2,78   | 117790           | 123013,<br>96 | 4,25   |
| <b>Masse molaire (g/mol)</b>                |                       | 18,62      | 18,66  | -      | 48,65      | 48,6   | -      | 93               | 93,04         | -      |
| <b>Densité massique (Kg/m<sup>3</sup>)</b>  |                       | 56,5       | 56,63  | -      | 468        | 529,3  | -      | 651,4            | 674           | -      |
| <b>Composition</b>                          | <b>H<sub>2</sub>O</b> | 0          | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 0                | 0             | -      |
|   | <b>Nitrogène</b>      | 1,97       | 1,97   | -      | 0          | 0      | -      | 0                | 0             | -      |
|   | <b>CO<sub>2</sub></b> | 1,55       | 1,55   | -      | 0          | 0      | -      | 0                | 0             | -      |
|   | <b>Méthane</b>        | 84,46      | 84,32  | -      | 0          | 0      | -      | 0                | 0             | -      |
|   | <b>Ethane</b>         | 10,57      | 10,58  | -      | 2,87       | 2,84   | -      | 0                | 0             | -      |
|   | <b>Propane</b>        | 1,32       | 1,45   | -      | 61,95      | 62,65  | -      | 0,01             | 0             | -      |
|   | <b>i-Butane</b>       | 0,04       | 0,04   | -      | 9,12       | 9,17   | -      | 0,13             | 0,17          | -      |
|   | <b>n-Butane</b>       | 0,07       | 0,07   | -      | 25,89      | 24,95  | -      | 2,44             | 4,89          | -      |
|   | <b>i-Pentane</b>      | 0,01       | 0,01   | -      | 0,14       | 0,32   | -      | 14,4             | 13,32         | -      |
|   | <b>n-Pentane</b>      | 0,01       | 0,01   | -      | 0,03       | 0,08   | -      | 19,15            | 18,21         | -      |
|   | <b>n-Hexane</b>       | 0          | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 21,7             | 20,84         | -      |
|   | <b>n-Heptane</b>      | 0          | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 19,26            | 18,89         | -      |
|   | <b>n-Octane</b>       | 0          | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 11,07            | 11,15         | -      |
|   | <b>n-Nonane</b>       | 0          | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 7,13             | 7,44          | -      |
|   | <b>n-Décane</b>       | 0          | 0      | -      | 0          | 0      | -      | 2,13             | 2,37          | -      |
| <b>n-C<sub>11</sub></b>                     | 0                     | 0          | -      | 0      | 0          | -      | 1,25   | 1,35             | -             |        |
| <b>C<sub>12+</sub></b>                      | 0                     | 0          | -      | 0      | 0          | -      | 1,33   | 1,36             | -             |        |

### 3.5 Simulation du cas actuel

Dans le but de valider la simulation avec le fonctionnement actuel de l'usine, une comparaison des résultats de la simulation de l'unité avec les paramètres opératoires relevés par les opérateurs pour la journée du 10 Juin 2018, avec le bilan journalier du même jour a été faite [10].

#### 3.5.1 Données de base

Les paramètres et la composition du gaz brut sont donnés par les tableaux suivants :

**Tableau 3.5** : Les paramètres du gaz brut.

| Débit MMNm <sup>3</sup> /jour | Température (°C) | Pression (barg) |
|-------------------------------|------------------|-----------------|
| 12.00                         | 38.0             | 35.42           |

**Tableau 3.6** : La composition du gaz brut.

| Composant         | Fraction molaire |
|-------------------|------------------|
| H <sub>2</sub> O  | 0,0030           |
| Nitrogène         | 0,0165           |
| CO <sub>2</sub>   | 0,0144           |
| Méthane           | 0,7507           |
| Ethane            | 0,1114           |
| Propane           | 0,0553           |
| i-Butane          | 0,0064           |
| n-Butane          | 0,0181           |
| i-Pentane         | 0,0003           |
| n-Pentane         | 0,0091           |
| n-Hexane          | 0,0051           |
| n-Heptane         | 0,0042           |
| n-Octane          | 0,0030           |
| n-Nonane          | 0,0014           |
| n-Décane          | 0,0007           |
| n-C <sub>11</sub> | 0,0003           |
| C <sub>12+</sub>  | 0,0001           |

### 3.5.2 Résultats obtenus

Les résultats obtenus sont donnés par les tableaux 3.7 et 3.8 ci-dessous.

**Tableau 3.7:** Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique SRK.

|   | Export Gaz            |        |        | Export GPL |         |        | Export Condensat |         |         |   |
|---|-----------------------|--------|--------|------------|---------|--------|------------------|---------|---------|---|
|   | Actuel                | HYSYS  | Erreur | Actuel     | HYSYS   | Erreur | Actuel           | HYSYS   | Erreur  |   |
| <b>Fraction Vapeur</b>                      | 1                     | 1      | -      | 0          | 0       | -      | 0                | 0       | -       |   |
| <b>Température (°C)</b>                     | 60,5                  | 60     | -      | 55         | 68,83   | -      | 43               | 49,54   | -       |   |
| <b>Pression (bar-g)</b>                     | 71                    | 71     | 0,00   | 48         | 48      | 0,00   | 26               | 26      | 0,00    |   |
| <b>Débit volumique (MMNm<sup>3</sup>/j)</b> | 11,991                | 11,84  | 1,26   | 0,8517     | 0,9346  | 9,74   | 0,3260           | 0,347   | 6,43945 |   |
| <b>Débit massique (Kg/h)</b>                | 416739,82             | 412963 | 0,91   | 77306,96   | 83933,9 | 8,57   | 55855,79         | 58208,4 | 4,2119  |   |
| <b>Masse molaire (g/mol)</b>                | 18,7                  | 18,76  | -      | 48,84      | 48,32   | -      | 92,03            | 90,25   | -       |   |
| <b>Densité massique (Kg/m<sup>3</sup>)</b>  | 55,01                 | 53,72  | -      | 534        | 528,3   | -      | 686,4            | 669     | -       |   |
| <b>Composition</b>                          | <b>H2O</b>            | 0      | 0      | -          | 0       | 0      | -                | 0       | 0       | - |
|   | <b>Nitrogène</b>      | 1,88   | 1,84   | -          | 0,02    | 0      | -                | 0       | 0       | - |
|   | <b>CO<sub>2</sub></b> | 1,55   | 1,59   | -          | 0,02    | 0      | -                | 0       | 0       | - |
|   | <b>Méthane</b>        | 83,86  | 83,29  | -          | 0,77    | 0      | -                | 0       | 0       | - |
|   | <b>Ethane</b>         | 11,25  | 12     | -          | 0,86    | 2,9    | -                | 0       | 0       | - |
|   | <b>Propane</b>        | 1,38   | 1,21   | -          | 62,36   | 64,47  | -                | 0       | 0       | - |
|   | <b>i-Butane</b>       | 0,03   | 0,03   | -          | 9,21    | 8,81   | -                | 0       | 0,23    | - |
|   | <b>n-Butane</b>       | 0,05   | 0,04   | -          | 26,49   | 23,42  | -                | 0,87    | 6,08    | - |
|   | <b>i-Pentane</b>      | 0      | 0      | -          | 0,23    | 0,04   | -                | 0       | 1,05    | - |
|   | <b>n-Pentane</b>      | 0      | 0      | -          | 0,04    | 0,36   | -                | 37,48   | 34,32   | - |
|   | <b>n-Hexane</b>       | 0      | 0      | -          | 0       | 0      | -                | 21,1    | 20,02   | - |
|   | <b>n-Heptane</b>      | 0      | 0      | -          | 0       | 0      | -                | 17,43   | 16,56   | - |
|   | <b>n-Octane</b>       | 0      | 0      | -          | 0       | 0      | -                | 12,69   | 11,85   | - |
|   | <b>n-Nonane</b>       | 0      | 0      | -          | 0       | 0      | -                | 5,84    | 5,54    | - |
|   | <b>n-Décane</b>       | 0      | 0      | -          | 0       | 0      | -                | 2,87    | 2,77    | - |
| <b>n-C11</b>                                | 0                     | 0      | -      | 0          | 0       | -      | 1,16             | 1,19    | -       |   |
| <b>C12+</b>                                 | 0                     | 0      | -      | 0          | 0       | -      | 0,56             | 0,4     | -       |   |

Tableau 3.8: Résultats de simulation avec le modèle thermodynamique PR.

|             |  | Export Gaz |        |        | Export GPL |         |        | Export Condensat |         |        |
|-------------|--|------------|--------|--------|------------|---------|--------|------------------|---------|--------|
|             |  | Actuel     | HYSYS  | Erreur | Actuel     | HYSYS   | Erreur | Actuel           | HYSYS   | Erreur |
| Composition | Fraction Vapeur                        | 1          | 1      | -      | 0          | 0       | -      | 0                | 0       | -      |
|             | Température (°C)                       | 60,5       | 60     | -      | 55         | 69      | -      | 43               | 49      | -      |
|             | Pression (bar-g)                       | 71         | 71     | 0,00   | 48         | 46      | 0,00   | 26               | 26      | 0,00   |
|             | Débit volumique (MMNm <sup>3</sup> /j) | 11,991     | 11,85  | 1,18   | 0,8517     | 0,9274  | 8,89   | 0,3260           | 0,3473  | 6,5314 |
|             | Débit massique (Kg/h)                  | 416739,82  | 413551 | 0,77   | 77306,95   | 83318,7 | 7,78   | 55855,79         | 58245,4 | 4,2781 |
|             | Masse molaire (g/mol)                  | 18,7       | 18,78  | -      | 48,84      | 48,34   | -      | 92,03            | 90,24   | -      |
|             | Densité massique (Kg/m <sup>3</sup> )  | 55,01      | 55,43  | -      | 534        | 528,4   | -      | 686,4            | 668,9   | -      |
|             | H2O                                    | 0          | 0      | -      | 0          | 0       | -      | 0                | 0       | -      |
|             | Nitrogène                              | 1,88       | 1,83   | -      | 0,02       | 0       | -      | 0                | 0       | -      |
|             | CO <sub>2</sub>                        | 1,55       | 1,59   | -      | 0,02       | 0       | -      | 0                | 0       | -      |
|             | Méthane                                | 83,86      | 83,25  | -      | 0,77       | 0       | -      | 0                | 0       | -      |
|             | Ethane                                 | 11,25      | 12     | -      | 0,86       | 2,9     | -      | 0                | 0       | -      |
|             | Propane                                | 1,38       | 1,24   | -      | 62,36      | 64,34   | -      | 0                | 0       | -      |
|             | i-Butane                               | 0,03       | 0,03   | -      | 9,21       | 8,84    | -      | 0                | 0,23    | -      |
|             | n-Butane                               | 0,05       | 0,05   | -      | 26,49      | 23,52   | -      | 0,87             | 6,1     | -      |
|             | i-Pentane                              | 0          | 0      | -      | 0,23       | 0,05    | -      | 0                | 1,05    | -      |
|             | n-Pentane                              | 0          | 0      | -      | 0,04       | 0,35    | -      | 37,48            | 34,34   | -      |
| n-Hexane    | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 21,1   | 20,01            | -       |        |
| n-Heptane   | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 17,43  | 16,55            | -       |        |
| n-Octane    | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 12,69  | 11,84            | -       |        |
| n-Nonane    | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 5,84   | 5,53             | -       |        |
| n-Décane    | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 2,87   | 2,77             | -       |        |
| n-C11       | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 1,16   | 1,19             | -       |        |
| C12+        | 0                                      | 0          | -      | 0      | 0          | -       | 0,56   | 0,4              | -       |        |

**Tableau 3.9** : Les spécifications des produits.


| Produit   |                 | Actuel | HYSYS (PR) |
|-----------|-----------------|--------|------------|
| GPL       | C <sub>2-</sub> | 1,63   | 2,9        |
|           | C <sub>5+</sub> | 0,27   | 0,4        |
| Condensat | TVR (psia)      | 9,3    | 9,75       |

### 3.6 Discussions des résultats

La comparaison entre les résultats de la simulation qui ont été obtenus par le logiciel HYSYS avec les deux modèles thermodynamiques (Soave-Redlich-Kwong et Peng-Robinson) et ceux qui ont été donnés par le constructeur, montre que les paramètres de fonctionnement des différentes sections étudiées avec le modèle thermodynamique de Peng Robinson sont très proches avec une erreur relative nettement inférieure à 10%.

La simulation du cas actuel de marche de l'unité de groupement TFT avec le modèle thermodynamique Peng Robinson, permet d'obtenir des résultats très satisfaisants. Une comparaison entre les spécifications qui ont été obtenues par le simulateur HYSYS et les résultats des analyses qui ont été faites au laboratoire montre une différence négligeable. En termes du débit, les quantités qui ont été estimées par le simulateur HYSYS sont proches de la réalité ; une erreur relative inférieure à 10% a été remarquée, ce qui indique que ce modèle de simulation qui a été adopté, traduit réellement le fonctionnement actuel de l'unité.

Une fois que cette simulation a été validée avec le modèle thermodynamique de Peng Robinson, ce modèle de simulation sera appliqué dans l'étude de la performance des équipements de la section de slug catcher et la section de boosting en fonction de la variation de la pression et le débit du gaz brut.



*Effets de la baisse de pression  
sur le fonctionnement  
de l'unité de traitement GTFT*

*Chapitre IV*



Comme on a expliqué auparavant, pour maintenir la production, on va envisager à réduire la pression d'entrée. Cette action, peut être accompagnée par des risques sur le fonctionnement des installations notamment :

- Une mauvaise séparation, due au changement de régime d'écoulement au niveau du slug catcher principalement dans le distributeur.
- Une augmentation du débit volumique actuel du gaz à une valeur supérieure à celle du design du ballon d'aspiration du compresseur dans la section du Boosting.
- Une érosion des pipes d'aspiration, de vibration et/ou de bruit dans la section du Boosting, due à la vitesse du passage du gaz dans les pipes d'aspiration qui peut être plus grande que la vitesse admissible.
- Un fonctionnement des compresseurs hors de la zone nominale, due à l'augmentation du taux de compression.
- Une augmentation de la quantité de chaleur nécessaire pour refroidir le gaz du refoulement à la température d'entrée des trains, due à l'augmentation du taux de compression.

#### 4.1 Production prévisionnelle

Les prévisions de production du groupement TFT pour les 2 prochaines années a été établi, en fonction de la pression d'entrée de l'unité, comme suit :

**Tableau 4.1** : Les prévisions de production du groupement TFT.

|             | PCS<br>(bar-g) | Gaz export<br>(MMNm <sup>3</sup> /j) | C <sub>5+</sub><br>(t/Jour) | GPL<br>(t/Jour) | Eau<br>(m <sup>3</sup> /j) | N° trains<br>en<br>service | N°<br>compresseur<br>en service |
|-------------|----------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| <b>2018</b> | 35             | 8,92                                 | 1011,37                     | 1251,42         | 141,84                     | 1                          | 1                               |
|             | 34             | 9,16                                 | 1037,96                     | 1284,88         | 147,91                     | 1                          | 1                               |
|             | 32             | 9,60                                 | 1086,62                     | 1346,67         | 138,53                     | 1                          | 1                               |
|             | 30             | 10,04                                | 1136,03                     | 1408,79         | 148,42                     | 1                          | 1                               |
|             | 28             | 10,48                                | 1185,56                     | 1470,31         | 180,38                     | 2                          | 1                               |
|             | 26             | 10,87                                | 1229,58                     | 1525,51         | 167,63                     | 2                          | 2                               |
| <b>2019</b> | 35             | 7,57                                 | 858,41                      | 1061,52         | 113,31                     | 1                          | 1                               |
|             | 34             | 7,78                                 | 881,85                      | 1091,02         | 118,56                     | 1                          | 1                               |
|             | 32             | 8,19                                 | 927,60                      | 1148,62         | 128,92                     | 1                          | 1                               |
|             | 30             | 8,58                                 | 971,83                      | 1203,94         | 139,44                     | 1                          | 1                               |
|             | 28             | 8,96                                 | 1014,73                     | 1257,23         | 150,18                     | 1                          | 1                               |
|             | 26             | 9,33                                 | 1056,84                     | 1308,94         | 161,28                     | 1                          | 1                               |

#### 4.2 Etude de fonctionnement du Slug Catcher

La possibilité du Slug Catcher de supporter et de séparer le débit du gaz, du condensat et de l'eau aux pressions inférieures aux conditions opératoires normales ont été examinées.

Le régime d'écoulement du gaz brut dans le distributeur du slug catcher pour le cas actuel et les nouveaux scénarios a été déterminé.

Dans le cas actuel, la vitesse superficielle du gaz dans le distributeur du slug catcher est 2,7545 m/s et celle du liquide est 0,0122 m/s, ces vitesses représentent un écoulement stratifié selon la corrélation présentée dans le chapitre 2. Les vitesses superficielles du gaz et du liquide sont calculées par les équations 2.1 et 2.2 respectivement et elles sont données par le tableau ci-dessous.

**Tableau 4.2** : Régime d'écoulement au Slug Catcher.

| Année | Pression<br>(bar-g) | Gaz brut<br>(MMNm <sup>3</sup> /J) | V <sub>sl</sub><br>(m/s) | V <sub>sg</sub><br>(m/s) | Régime<br>D'écoulement |
|-------|---------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 2018  | 34                  | 10,53                              | 0,0155                   | 4,5701                   | Stratifié              |
|       | 32                  | 10,95                              | 0,0156                   | 4,0851                   | Stratifié              |
|       | 30                  | 11,51                              | 0,0158                   | 5,7234                   | Stratifié              |
|       | 28                  | 11,99                              | 0,0082                   | 3,1987                   | Stratifié              |
|       | 26                  | 12,41                              | 0,0080                   | 3,5871                   | Stratifié              |
| 2019  | 34                  | 8,86                               | 0,0132                   | 3,8493                   | Stratifié              |
|       | 32                  | 9,41                               | 0,0134                   | 4,3648                   | Stratifié              |
|       | 30                  | 9,86                               | 0,0137                   | 4,8973                   | Stratifié              |
|       | 28                  | 10,31                              | 0,0139                   | 5,5068                   | Stratifié              |
|       | 26                  | 10,66                              | 0,0141                   | 6,1490                   | Stratifié              |

### 4.3 Etude de fonctionnement du Boosting

#### 4.3.1 Vérification de la capacité des ballons d'aspiration

Le ballon d'aspiration du compresseur (V-0701 A/B, Ko drum) a une capacité maximale, pour cette raison le débit volumique actuel à la sortie de ce ballon pour chaque pression et chaque débit à l'entrée a été déterminé. La limite du débit volumique qu'est de 13006 act.m<sup>3</sup>/h, ce débit est calculé par KBR (Basis of design) à une pression égale à 35 bar-g et une température de 47 °C [12].

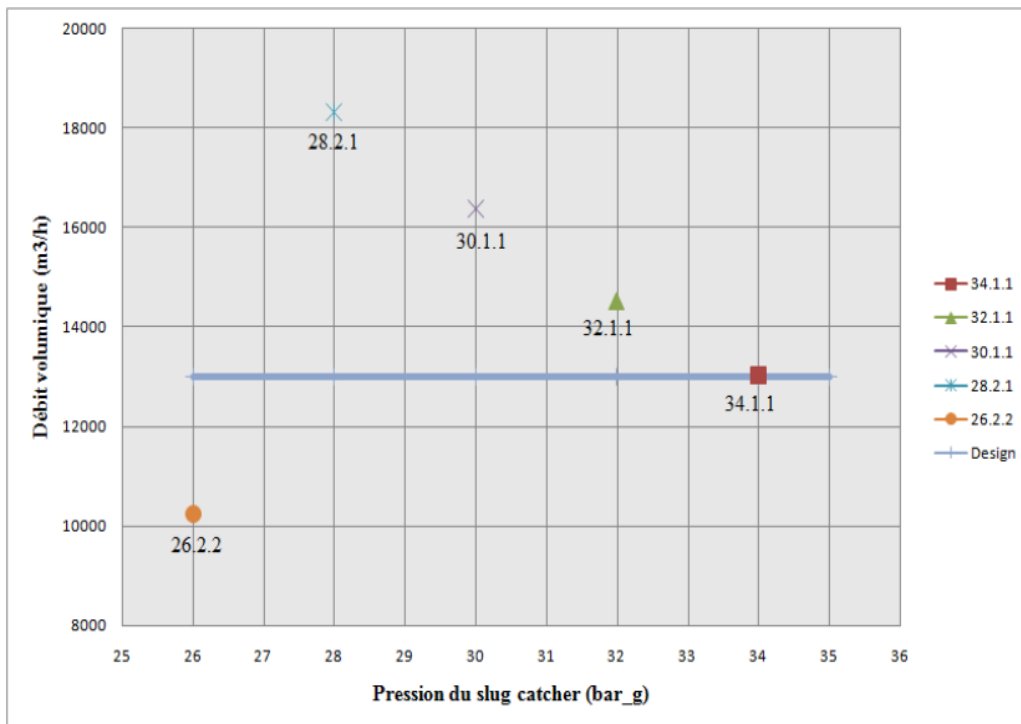
Les paramètres pris en considération dans cette analyse sont :

- Le nombre des ballons en opération qui a été défini selon le nombre des compresseurs en fonctionnement.
- Le débit de gaz total à l'entrée de la section de boosting est de 20.38 MMNm<sup>3</sup>/j [1].
- Le débit volumique actuel maximum pour chaque ballon est de 13006 m<sup>3</sup>/h [1].

Le débit volumique pour l'année 2018 comparé avec celui du design est donné par le tableau 4.3 ci-dessous et représenté dans la figure 4.1.

**Tableau 4.3 :** débit volumique de sortie ballon d'aspiration de la section de Boosting pour les cas de l'année 2018

| Année | Cas | Pression (Bar-g) | Température (°C) | Q (m <sup>3</sup> /h) |
|-------|-----|------------------|------------------|-----------------------|
| 2018  | 34  | 33,79            | 33,84            | 13041,76              |
|       | 32  | 31,76            | 31,82            | 14524,17              |
|       | 30  | 29,86            | 29,79            | 16366,91              |
|       | 28  | 27,84            | 27,76            | 18320,26              |
|       | 26  | 25,82            | 25,86            | 10237,20              |

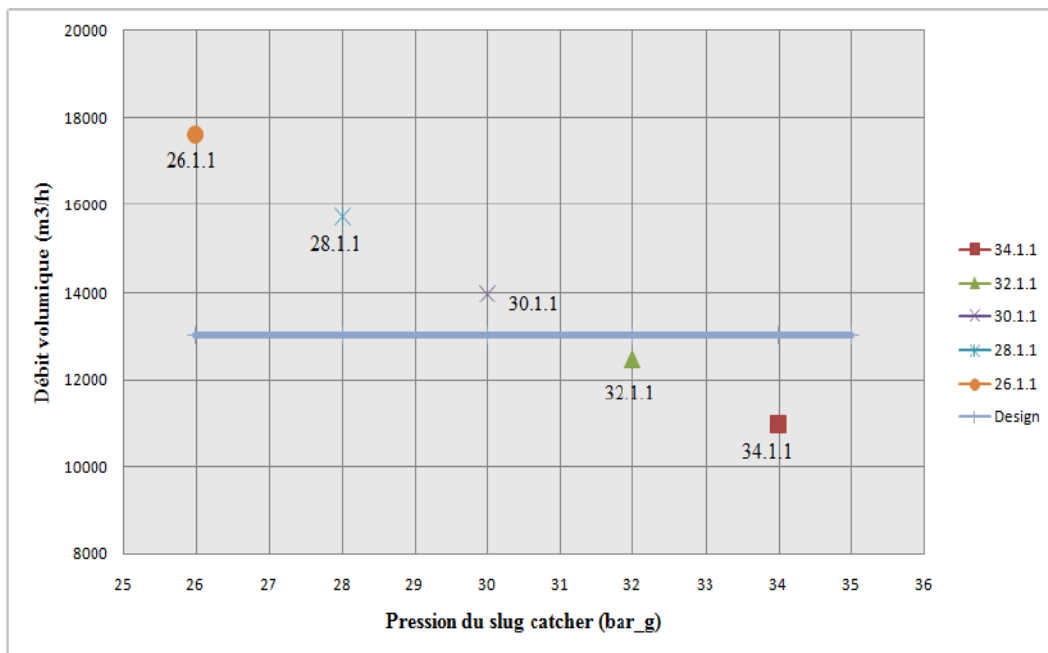


**Figure 4.1:** Les performances du ballon d'aspiration de la section du Boosting pour les cas de l'année 2018.

Le débit volumique pour l'année 2019 comparé avec celui du design est donné par le tableau 4.4 ci-dessous et représenté dans la figure 4.2.

**Tableau 4.4 :** débit volumique de sortie ballon d'aspiration de la section du boosting pour les cas de l'année 2019.

| Année | Cas | Pression (Bar-g) | Température (°C) | Q (m <sup>3</sup> /h) |
|-------|-----|------------------|------------------|-----------------------|
| 2019  | 34  | 33,88            | 45,94            | 10973,01              |
|       | 32  | 31,86            | 45,93            | 12451,72              |
|       | 30  | 29,84            | 45,91            | 13982,96              |
|       | 28  | 27,82            | 45,90            | 15740,34              |
|       | 26  | 25,79            | 45,89            | 17599,24              |



**Figure 4.2 :** Les performances du ballon d'aspiration de la section du Boosting pour les cas de l'année 2019.

#### 4.3.2 Vérification de fonctionnement des compresseurs centrifuge

Pour évaluer la performance du compresseur de la section boosting (C-0701 A/B), le modèle polytropique a été utilisé. Des courbes de performance à différentes vitesses de rotation, aux différents débits volumiques et des conditions de refoulement (hauteur polytropique) variables ont été faites par GE.

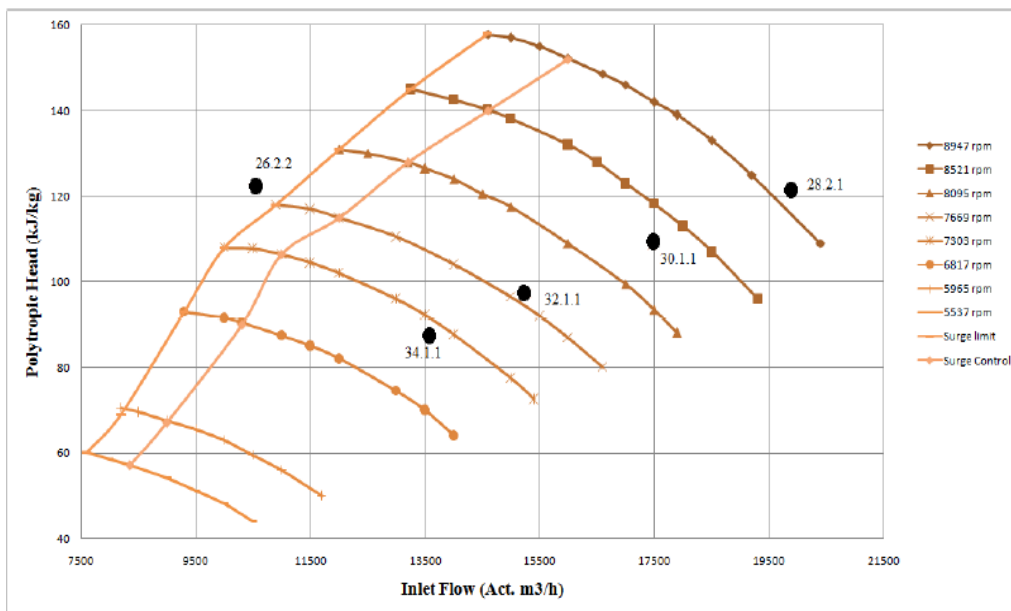
Les hypothèses pour la simulation du compresseur sont :

- ❖ Les pertes de charge dans les pipes d'aspiration entre le slug catcher et le compresseur ont été considérées pour la détermination de la pression d'aspiration du compresseur.
- ❖ Le gaz sera entré dans le ballon d'aspiration du compresseur à partir de la vanne de by passe de la vanne PV-0725 qui sera fermée.
- ❖ La pression de refoulement a été fixée à 67 bar-g.
- ❖ Initialement la vanne de recyclage FV-0726 sera fermée.

Les points de fonctionnement des compresseurs centrifuges (hauteur polytropique en fonction du débit volumique) pour les cas de l'année 2018 sont donnés par le tableau 4.5 et elles sont représentées dans la figure 4.3

**Tableau 4.5 :** Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2018.

| Année | Cas    | Q (m <sup>3</sup> /h) | Hp (KJ/Kg) |
|-------|--------|-----------------------|------------|
| 2018  | 34.1.1 | 13596,37              | 87,53      |
|       | 32.1.1 | 15287,00              | 97,26      |
|       | 30.1.1 | 17465,18              | 108,67     |
|       | 28.2.1 | 19877,33              | 121,40     |
|       | 26.2.2 | 10495,77              | 122,80     |

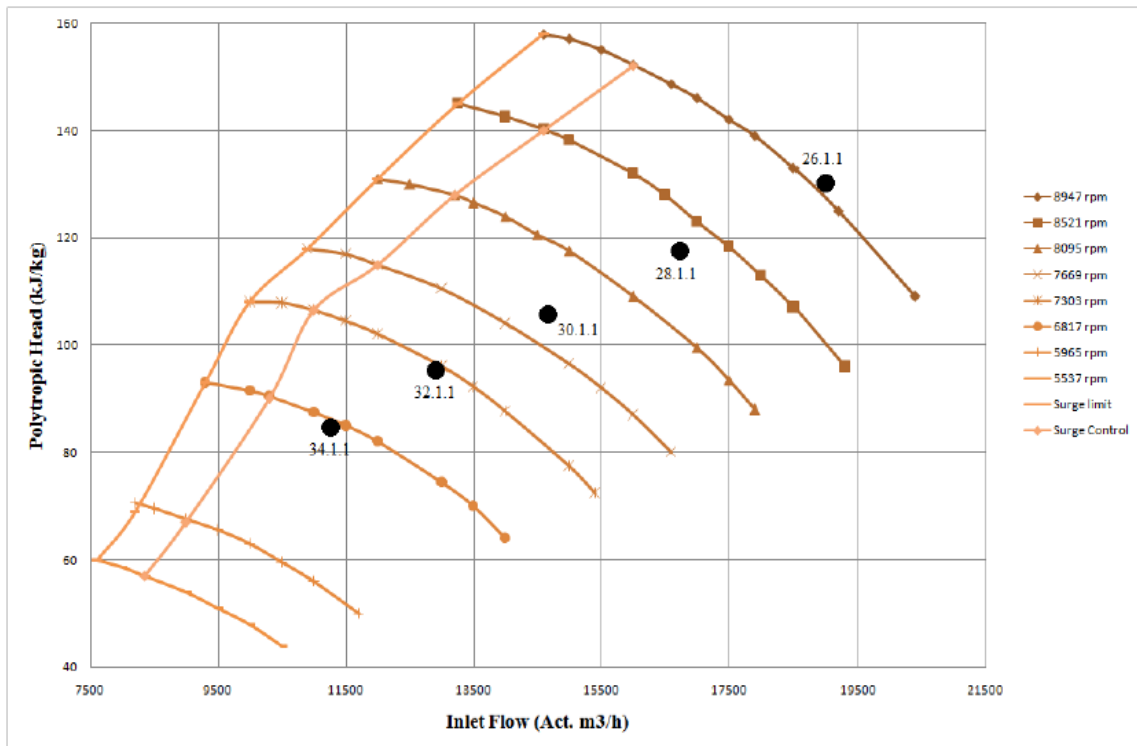


**Figure 4.3 :** Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2018.

Pour les cas de l'année 2019, les résultats sont donnés par le tableau 4.6 et représentés dans la figure 4.4.

**Tableau 4.6 :** Les points de fonctionnement pour les scénarios de l'année 2019.

| Année | Cas    | Q (m <sup>3</sup> /h) | Hp (KJ/Kg) |
|-------|--------|-----------------------|------------|
| 2019  | 34.1.1 | 11299,10              | 85,37      |
|       | 32.1.1 | 12927,08              | 95,07      |
|       | 30.1.1 | 14657,17              | 105,51     |
|       | 28.1.1 | 16707,11              | 117,43     |
|       | 26.1.1 | 18963,41              | 130,57     |



**Figure 4.4 :** Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2019.

### 4.3.3 Vérification de la capacité des Aeroréfrigérants

Le gaz qui sort du compresseur à une grande température est refroidi à l'aide des aeroréfrigérants AC-0701 A/B. Ces derniers sont conçus pour transférer une quantité de chaleur de 18,7 MMkcal/h [9].

Dans cette analyse la quantité de chaleur transférée par l'aeroréfrigérant pour chaque scénario a été déterminée à l'aide de l'outil de simulation HYSYS et le nombre des aeroréfrigérants en opération a été défini selon le nombre des compresseurs en fonctionnement.

Le tableau 4.7 et la figure 4.5 ci-dessous représentent la quantité de chaleur transférée comparée avec celle du design pour les cas de l'année 2018.



**Tableau 4.7 :** Quantité de chaleur transférée pour les cas de l'année 2018

| Année | Cas    | Qté de chaleur (MMkcal/h) |
|-------|--------|---------------------------|
| 2018  | 34.1.1 | 14,25                     |
|       | 32.1.1 | 16,45                     |
|       | 30.1.1 | 19,43                     |
|       | 28.2.1 | 22,71                     |
|       | 26.2.2 | 11,60                     |

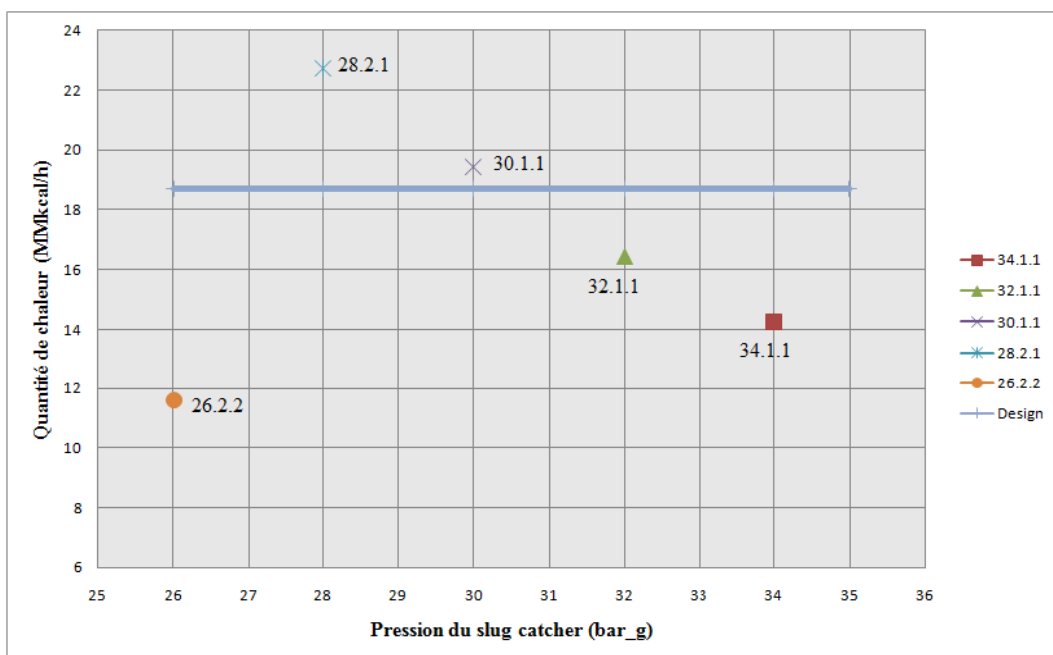
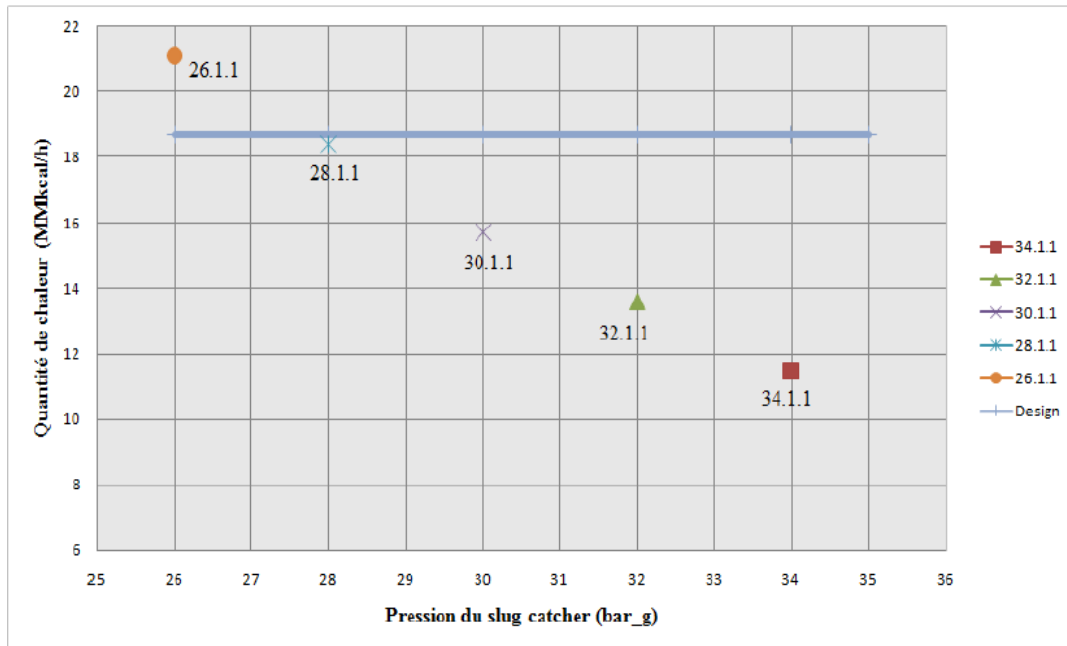


Figure 4.5 : Les performances des aeroréfrigérants AC-0701 A/B pour les cas de l'année 2018.

Pour les cas de l'année 2019, la quantité de chaleur transférée comparée avec celle du design est donnée par le tableau 4.8 et représentée dans la figure 4.6.

**Tableau 4.8 :** Quantité de chaleur transférée pour les cas de l'année 2019

| Année | Cas    | Qté de chaleur (MMkcal/h) |
|-------|--------|---------------------------|
| 2019  | 34.1.1 | 11,47                     |
|       | 32.1.1 | 13,62                     |
|       | 30.1.1 | 15,72                     |
|       | 28.1.1 | 18,37                     |
|       | 26.1.1 | 21,10                     |



**Figure 4.6 :** Les performances des aeroréfrigérants AC-0701 A/B pour les cas de l'année 2019.

#### 4.3.4 Vitesse d'écoulement dans les pipes d'aspiration

Les pipes du gaz peuvent être affectées par la baisse de la pression, ces pipes ont été vérifiées. La vitesse de passage du gaz dans les pipes d'aspiration (0700-24-GM91-0706/0720) a été comparée avec celle déterminée par GE (la vitesse acceptable à l'aspiration du compresseur qui est égale à 35 m/s).

Les vitesses de passage du gaz pour les scénarios de l'année 2018 sont représentées dans la figure 4.7.

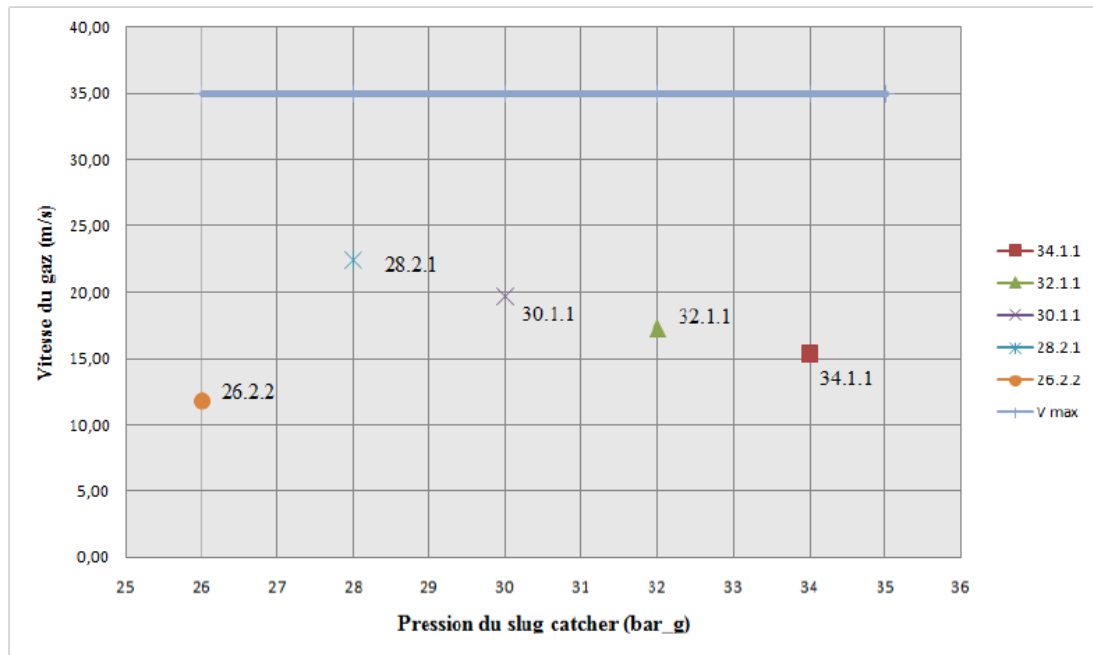


Figure 4.7 : Les performances du pipe d'aspiration du compresseur pour les cas de l'année 2018.

Pour les scénarios de l'année 2019, les vitesses de passage du gaz sont représentées dans la figure 4.8.

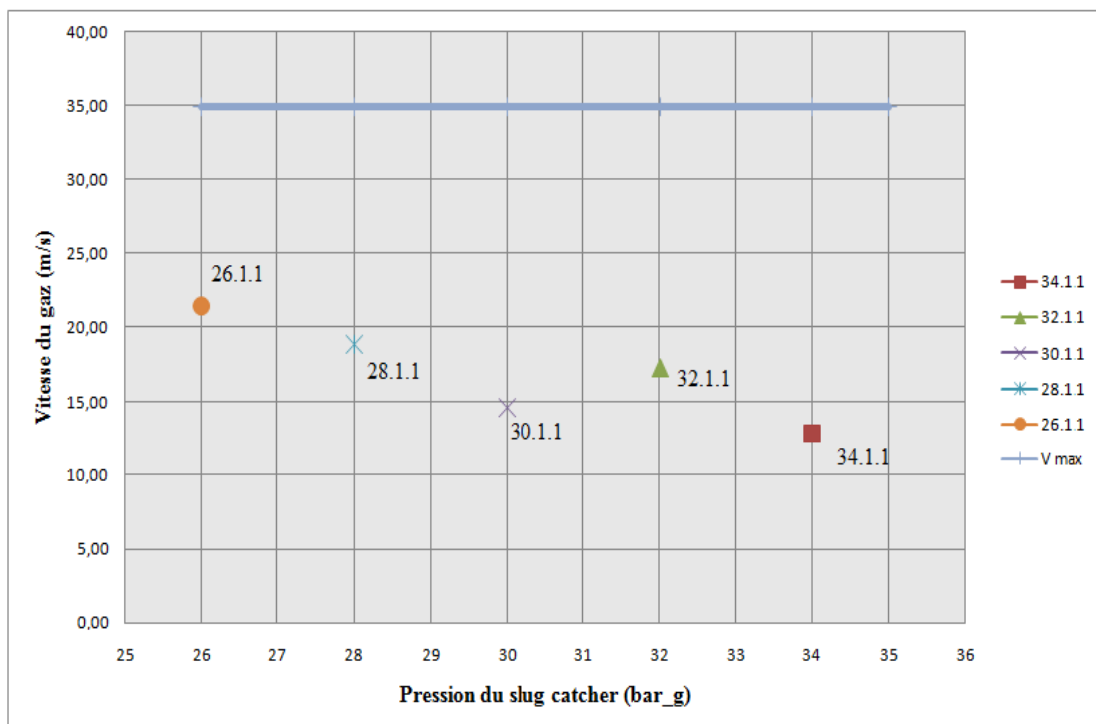


Figure 4.8 : Les performances du pipe d'aspiration du compresseur pour les cas de l'année 2019.

## 4.4 Résultats obtenues

### 4.4.1 Slug catcher

Le régime d'écoulement du gaz brut dans le distributeur du slug catcher pour tous les scénarios est stratifié, ce qui explique la bonne séparation.

Dans les scénarios ayant un débit du gaz brut environ du débit de design aux alentours de 20 MMNm<sup>3</sup>/j (les scénarios de l'année 2019-30/28/26), une augmentation de la vitesse superficielle du gaz sera remarquée lors de la baisse de pression à l'entrée de l'unité, cette vitesse est au voisinage de la zone d'un régime d'écoulement à vagues.

### 4.4.2 Section du boosting

#### 4.4.2.1 Ballons d'aspiration

D'après les résultats obtenus, les scénarios ayant un débit volumique actuel du gaz supérieur à celui du design du ballon d'aspiration (V-0701 A/B) sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 4.9** : Les cas ayant un débit volumique supérieur à celui du design

| Année | Cas    | Q (m <sup>3</sup> /h) |
|-------|--------|-----------------------|
| 2018  | 32.1.1 | 14524,17              |
|       | 30.1.1 | 16366,91              |
|       | 28.2.1 | 18320,26              |
| 2019  | 30.1.1 | 13982,96              |
|       | 28.1.1 | 15740,34              |
|       | 26.1.1 | 17599,24              |

#### 4.4.2.2 Compresseur centrifuge

D'après les résultats obtenus, les scénarios qui seront fonctionnés dans la zone d'opération normale du compresseur sont résumés dans le tableau 4.10.

**Tableau 4.10** : Les scénarios qui seront fonctionnés dans la zone d'opération normale du compresseur

| Année | Cas    | Q (m3/h) | Hp (kJ/kg) | Note                          |
|-------|--------|----------|------------|-------------------------------|
| 2018  | 34.1.1 | 13596,37 | 87,53      | Zone de fonctionnement normal |
|       | 32.1.1 | 15287,00 | 97,26      | Zone de fonctionnement normal |
|       | 30.1.1 | 17465,18 | 108,67     | Zone de fonctionnement normal |
| 2019  | 34.1.1 | 11299,10 | 85,37      | Zone de fonctionnement normal |
|       | 32.1.1 | 12927,08 | 95,07      | Zone de fonctionnement normal |
|       | 30.1.1 | 14657,17 | 105,51     | Zone de fonctionnement normal |
|       | 28.1.1 | 16707,11 | 117,43     | Zone de fonctionnement normal |

Les scénarios qui seront fonctionnés hors zone d'opération normale du compresseur sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 4.11** : Les scénarios qui seront fonctionnés hors zone d'opération normale du compresseur

| Année | Cas    | Q (m3/h) | Hp (kJ/kg) | Note  |
|-------|--------|----------|------------|---|
| 2018  | 28.2.1 | 19877,33 | 121,40     | Vitesse supérieure à la vitesse maximale du compresseur |
|       | 26.2.2 | 10495,77 | 122,80     | Zone de pompage   |
| 2019  | 26.1.1 | 18963,41 | 130,57     | Vitesse supérieure à la vitesse maximale du compresseur |

#### 4.4.2.3 Aeroréfrigérants

Le gaz du refoulement du compresseur est envoyé vers l'aeroréfrigérant pour le refroidissement à la température d'entrée des trains, les résultats d'analyse de l'aeroréfrigérant montrent que la quantité de la chaleur transférée sera supérieure à celle du design avec les scénarios suivants :

- L'année 2018 : les cas 30.1.1 et 28.2.1.
- L'année 2019 : les cas 26.1.1.

#### **4.4.2.4 Vitesse d'écoulement dans les pipes d'aspiration**

Le débit volumique actuel du gaz sera augmenté avec la baisse de la pression d'entrée de l'unité, et par conséquent la vitesse de passage de ce gaz dans les pipes d'aspiration du compresseur (0700-24-GM9C1-0706,0720) augmentera aussi.

Dans tous les nouveaux scénarios, la vitesse de passage du gaz dans les pipes d'aspiration du compresseur sera inférieure à la vitesse maximale qui est définie par GE.

#### 4.5 Analyse et discussion

Dans la section du boosting, une diminution de la pression d'aspiration avec une pression de refoulement fixe, qui est égale à 67 bar-g, augmentera le taux de compression et la température de refoulement, par conséquent, la hauteur polytropique sera plus grande. En addition, le débit volumique du gaz à l'aspiration sera plus important par la réduction de la pression à l'entrée de l'unité.

Lorsqu'un compresseur sera en opération, un débit volumique du gaz important sera aspiré, ce qui augmentera les pertes de charge dans les pipes et diminuera la pression de l'aspiration, et par conséquent, la hauteur polytropique et la température de refoulement seront plus importantes.

Comme résultat de cette variation, ce compresseur fonctionnera dans la zone du gavage, le débit volumique actuel du gaz sera plus grand que celui du design du ballon d'aspiration (V-0701 A/B) et la quantité de chaleur nécessaire pour refroidir ce gaz sera plus grande que celle du design de l'aeroréfrigérant.

Lorsque deux compresseurs seront en opérations, le débit volumique du gaz sera partagé sur les deux, ce qui réduit le débit volumique. Ce dernier avec la réduction de pression à l'aspiration engendre un point de fonctionnement du compresseur dans la zone de pompage.

#### 4.6 Propositions d'amélioration

Pour les cas de 2018 (32.1.1, 30.1.1 et 28.2.1) et 2019 (30.1.1, 28.1.1), il est possible de travailler avec un compresseur C-0701 A ou B, mais le débit volumique actuel sera plus grand que celui du débit du design d'un ballon d'aspiration V-0701 A ou B en opération, et la quantité de chaleur nécessaire pour refroidir le gaz du refoulement du compresseur dans l'aeroréfrigérant AC-0701 A ou B sera supérieure que celle du design dans les cas 2018-30.1.1/28.2.1. Pour cela, la solution proposée est de remplacer le ballon d'aspiration V-0701 A/B par un autre plus grand et ajouter un autre aeroréfrigérant pour assurer la quantité de chaleur nécessaire pour le refroidissement ou, comme solution alternative, il est possible de travailler avec deux compresseurs, cependant, le point de fonctionnement va être à gauche de la ligne de contrôle ou dans la zone du pompage.

Pour le cas de 2019 (26.1.1) il aura une vitesse de rotation supérieure à la vitesse maximale. La solution possible est de travailler avec deux compresseurs, cependant, le point de fonctionnement sera dans la zone du pompage.

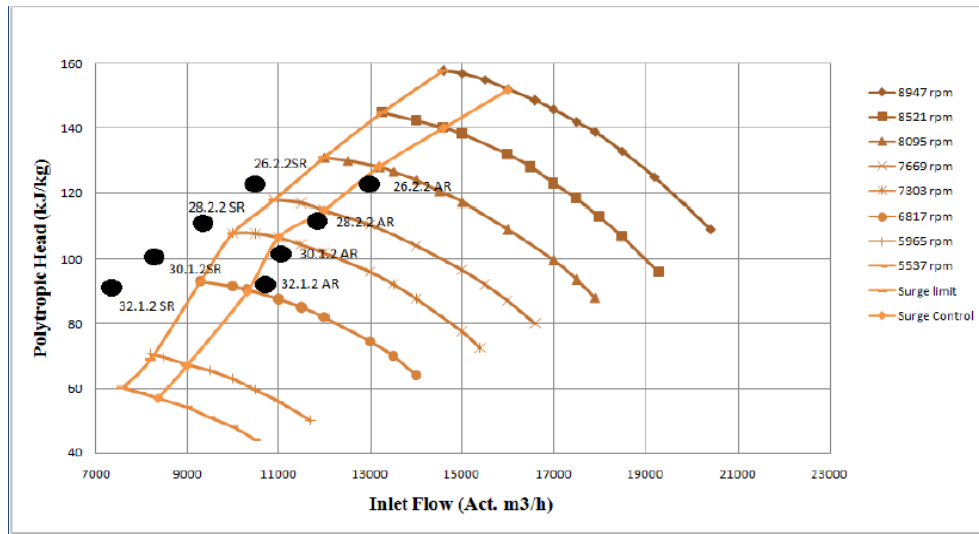
Dans les cas où les points des fonctionnements du compresseur sont à gauche de la ligne de contrôle ou dans la zone du pompage, le compresseur fonctionnera avec un débit volumique insuffisant, il y a deux solutions possibles :

- Changement du bundle du compresseur.
- Recyclage du gaz du refoulement des deux compresseurs à l'aide de la vanne FV-0726 pour assurer le fonctionnement dans l'enveloppe d'opération normale, (à droite de la ligne du contrôle du pompage).

Les figures ci-dessous représentent les points de fonctionnement des solutions possibles.

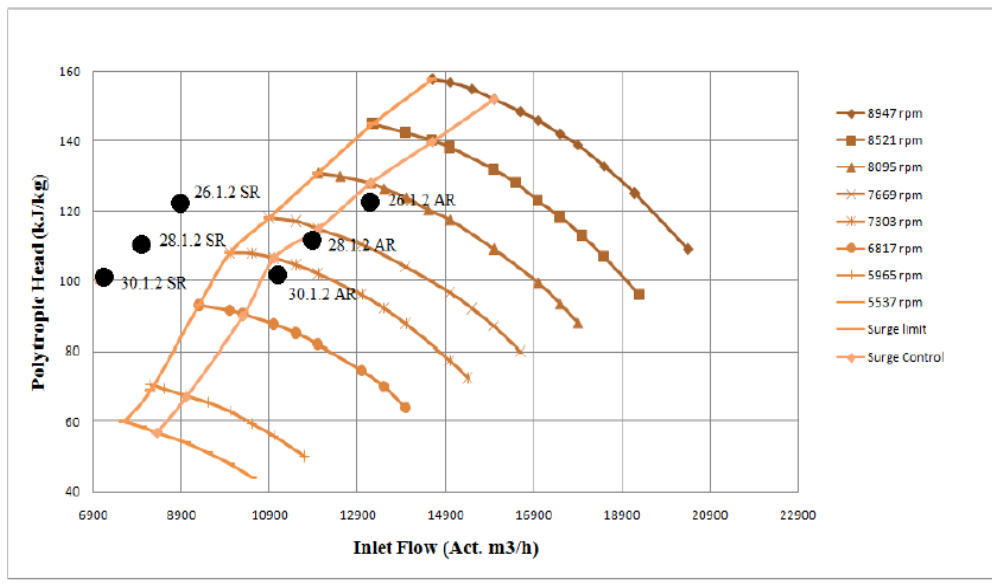


Pour les cas de l'année 2018, les points de fonctionnement pour différents scenarios avec deux compresseurs en service, avec et sans recyclage sont représentés dans la figure ci-dessous.



**Figure 4.9** : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2018 avec deux compresseurs en service.

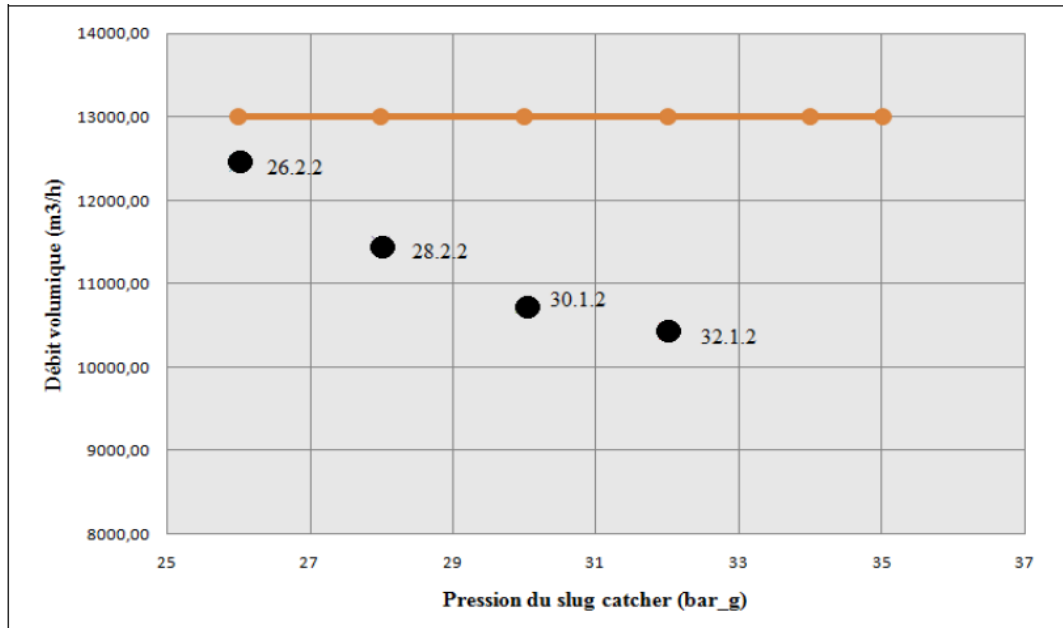
Pour les cas de l'année 2019, les points de fonctionnement pour différents scenarios avec deux compresseurs en service, avec et sans recyclage sont représentés dans la figure ci-dessous.



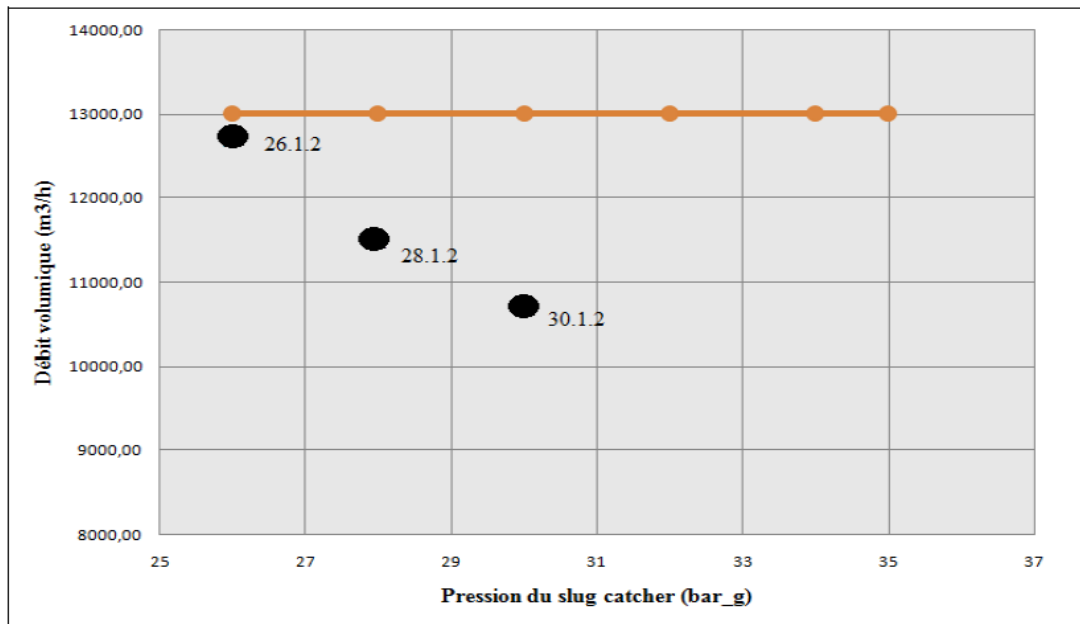
**Figure 4.10** : Les points de fonctionnement pour les cas de l'année 2019 avec deux compresseurs en service.

Les performances des ballons d'aspiration du compresseur V-0701 A/B et les aeroréfrigérants AC-0701 A/B avec les conditions opératoires des solutions ont été vérifiées.

Pour les ballons d'aspiration, les résultats de cette vérification sont représentés dans les figures suivantes.

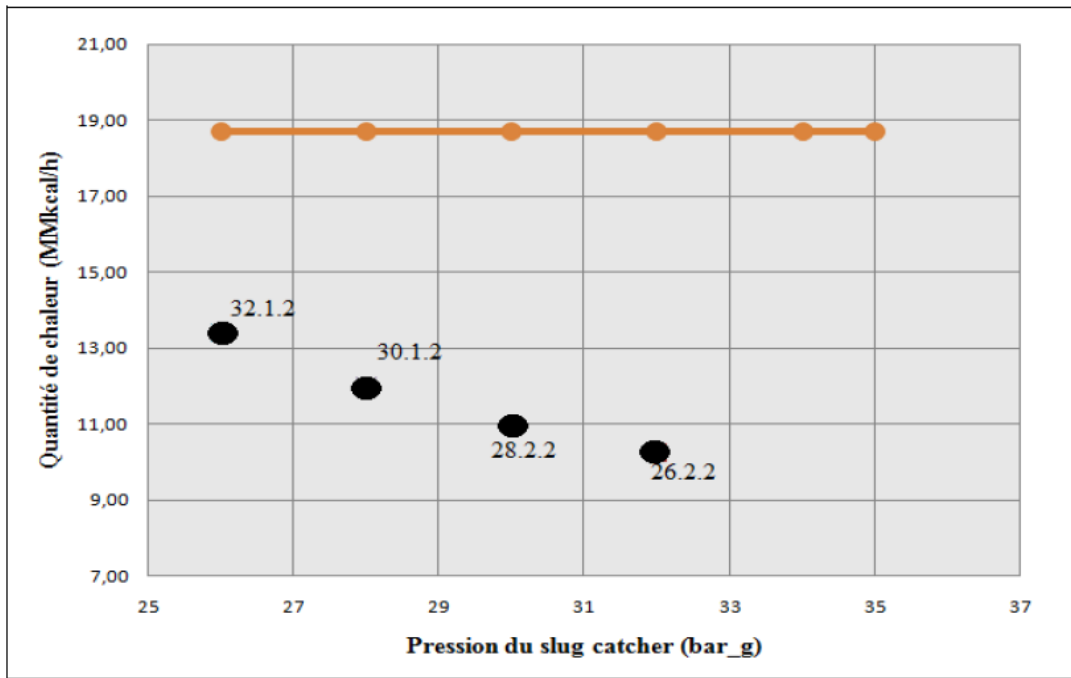


**Figure 4.11 :** Les performances des ballons d'aspiration de boosting pour les cas de l'année 2018 avec deux compresseurs en service.

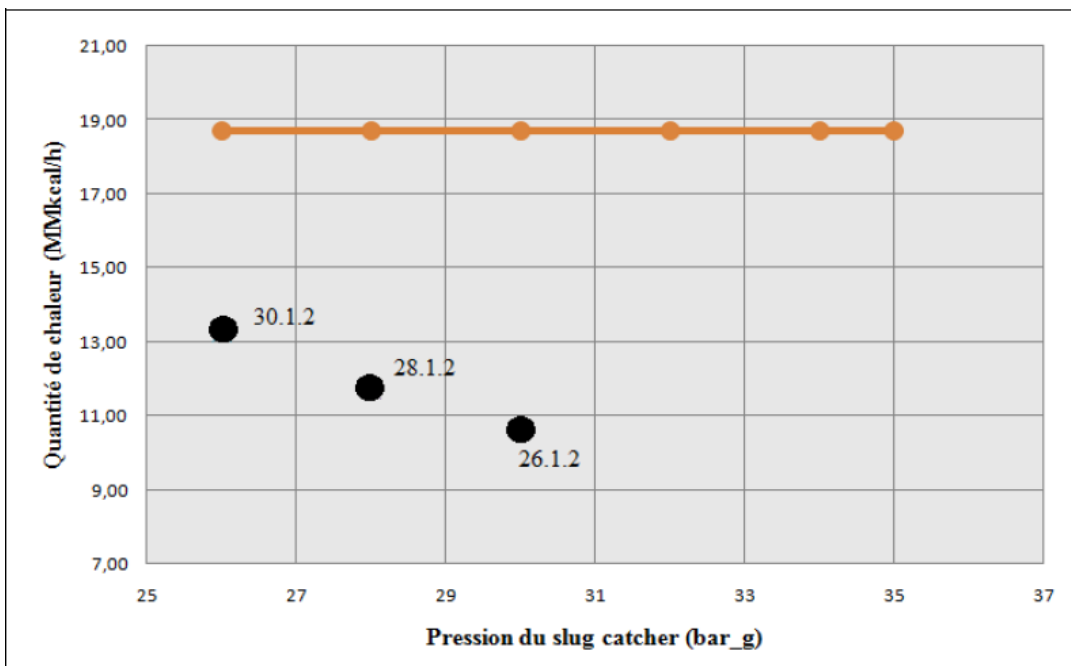


**Figure 4.12 :** Les performances des ballons d'aspiration de boosting pour les cas de l'année 2019 avec deux compresseurs en service.

Pour les aeroréfrigérants AC-0701 A/B, les résultats de cette vérification sont représentés dans les figures suivantes.

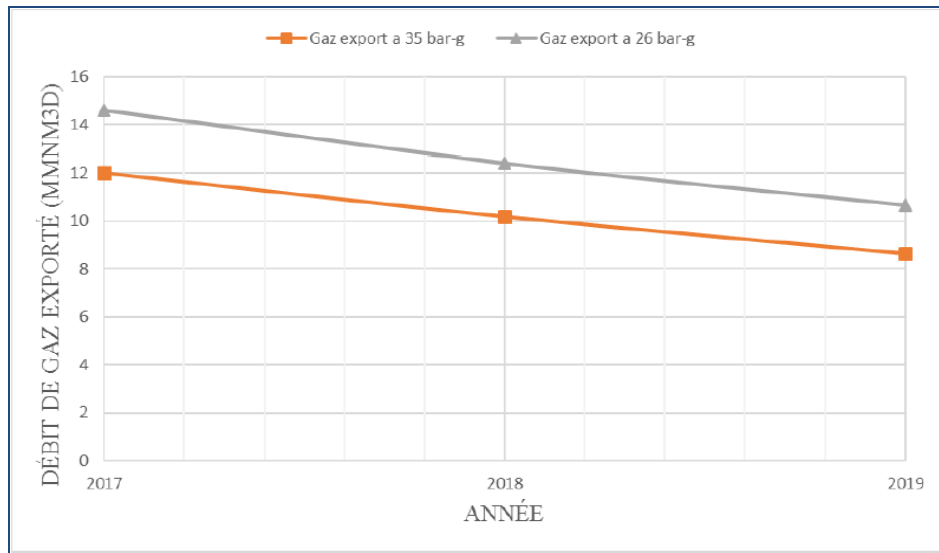


**Figure 4.13:** Les performances des aeroréfrigérants pour les cas de l'année 2018 avec deux compresseurs en service.



**Figure 4.14 :** Les performances des aeroréfrigérants pour les cas de l'année 2019 avec deux compresseurs en service.

Les résultats de la vérification de la performance des ballons d'aspiration V-0701 A/B et des aeroréfrigérants AC-0701 A/B comparés aux résultats du design, montrent que le débit volumique actuel qui sort du ballon sera inférieur à celui du design pour tous les scénarios, et la quantité de chaleur transférée par les aeroréfrigérants sera aussi inférieure à celle du design.



**Figure 4.15:** La comparaison entre le gaz exporté avec les nouvelles conditions avec 26 bar-g et celui avec une pression d'entrée de 35 bar-g.

Une comparaison entre le gaz exporté avec les nouvelles conditions (26 bar-g) et le gaz exporté à une condition de pression qui est égale à 35 bar-g a été effectuée (fig. 4.16).

La comparaison a été faite sur trois (3) années pour avoir une plus grande estimation, aussi pour confirmer les résultats à long terme.

D'après les résultats de la comparaison entre le gaz exporté avec les nouvelles conditions, avec le gaz exporté à une pression d'entrée égale à 35 bar-g, une augmentation du gaz d'environ 2 MMNm<sup>3</sup>/j sera remarquée avec les nouvelles conditions. Cette augmentation sera traduite par une augmentation du débit de gaz à l'entrée des trains.



---

## *Conclusion générale*

A travers l'étude et l'analyse du fonctionnement des équipements pour les différents scénarios considérés, on a pu constater que :

- L'écoulement au niveau de la section d'entrée (slug catcher) reste toujours stable (écoulement stratifié) et la séparation primaire sera toujours assurée.
- Le débit de gaz aspiré par les compresseurs reste toujours inférieur à la capacité des ballons d'aspiration.
- La quantité de chaleur nécessaire pour refroidir le gaz après la compression dans la section de boosting reste toujours inférieure à celle du design de l'aéroréfrigérant.
- La vitesse de passage du gaz dans les pipes d'aspiration des compresseurs (0700-24-GM91-0706/0720) dans la section de boosting reste toujours inférieure à la vitesse admissible (la vitesse acceptable à l'aspiration du compresseur qui est égale à 35 m/s).
- Pour des pressions à l'entrée de l'unité inférieures à 35 bar-g, le point de fonctionnement des compresseurs se déplace vers la zone de pompage. Le recyclage d'un débit de gaz pour remédier à ce problème est nécessaire.

Ainsi, il est possible de conclure que la diminution de la pression d'entrée de l'unité de traitement peut maintenir la production à son rythme actuel pour les prochaines années. Des pressions inférieures à 35 bar-g peuvent être atteintes sans perturber le fonctionnement des trains.

L'installation d'une pompe est nécessaire pour augmenter la pression de liquide récupéré au niveau de slug catcher et ballons d'aspiration des compresseurs boosting afin de ne pas modifier les paramètres de fonctionnement du ballon V4-1204/2204 (29,5 bar-g) ainsi la colonne de stabilisation T4-1202/2202 (22 bar-g en tête de colonne).

Comme perspectives à cette étude, il est judicieux de faire une analyse de fonctionnement pour d'autres équipements et instrumentations, la colonne de stabilisation, les échangeurs de chaleur de la section de stabilisation et les vannes dans la section de slug catcher, de boosting et de stabilisation.

---

## Bibliographie

- [1] TFT-L1 A.04 : "*Composition du gaz et bilan matière*" - Rev 0, 2010.
- [2] KBR, "*Basis of design TFT Gas Field Development Project*", 1995.
- [3] GTFT, "*Piping and instrument diagram*", PID Rev 17, 2015.
- [4] GPSA Engineering Databook, "*Section 17, Fluid Flow and Piping*", 13 th Edition, 2012.
- [5] John M. Campbell, "*Gas Conditioning And Processing*", Vol. 2, 7 th Edition, 1992.
- [6] GPSA Engineering Databook. "*Section 7, Separation Equipment*", 13 th Edition, 2012.
- [7] GPSA Engineering Databook. "*Section 13, Compressors and Expanders*", 13 th Edition, 2012.
- [8] Pierre Wuithier, "*Raffinage et genie chimique*", Tome 2, Deuxième Edition 1972.
- [9] KBR, "*DATA SHEET volume fournisseur*".
- [10] Département d'exploitation, "*Rapport journalier de la production*", 10 Juin 2018.
- [11] S. MAHFOUF, A. BENKHALED, "*Etude de l'impact de la chute de pression des gisements d'ALRAR sur la production du GPL et Condensât*", Projet professionnel de fin de formation, IAP- Boumerdès, 2013.
- [12] KBR "*Basis of design dossier for inlet compression project*", 2004.
- [13] N. REBAI, " *Initiation au simulateur HYSYS*", Cours, Ecole de Boumerdès, 2013.
- [14] Impact consiel, "*Manuel operatoire d'exploitation GTFT* ",version interactive, GTFT ,2007

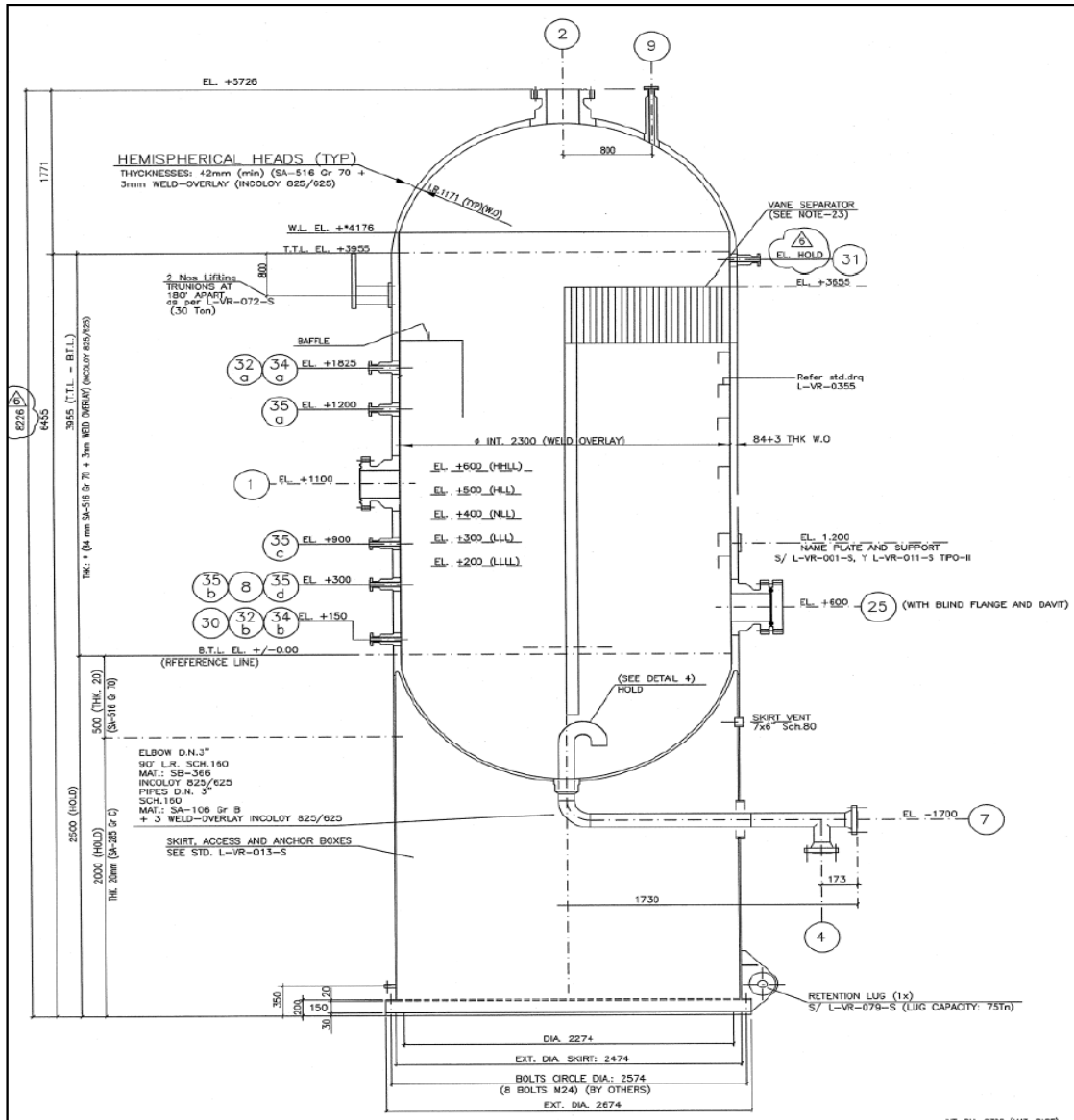


---


## *Annexes*



1. Ballons d'aspiration V-701 A/B

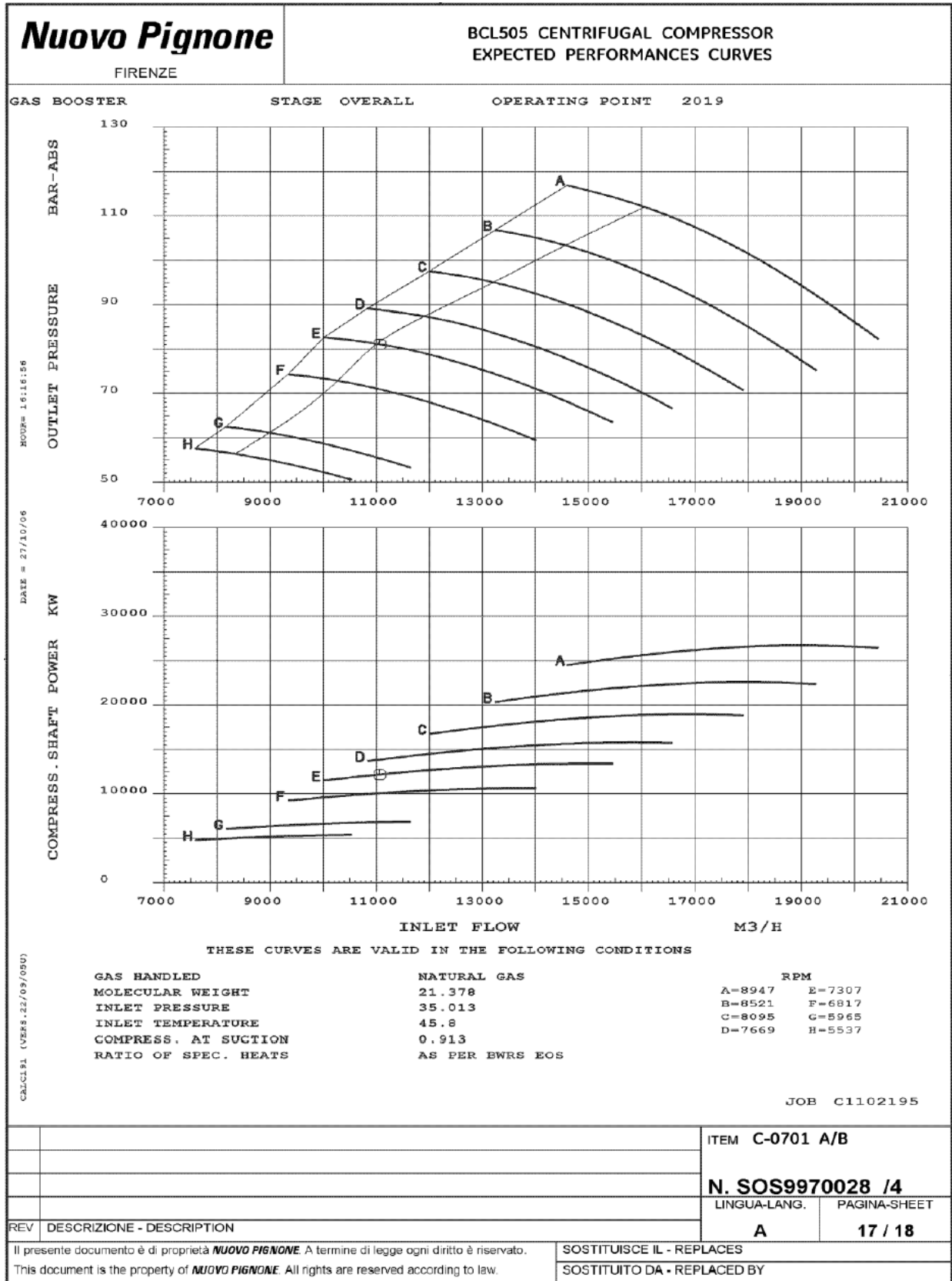


| MATERIALS SPECIFICATION : ASME – ASTM |   |   |          |
|---------------------------------------|---|---|----------|
| VESSEL :                              | SA-516 Gr 70 +<br>3mm. CLADDING INCOLOY 825/625 | CLIPS : SA-516 Gr 70  |          |
| HEADS :                               | SA-516 Gr 70 +<br>3mm. CLADDING INCOLOY 825/625 | INSULATION SUPPORTS :   |          |
| SKIRT VESSEL :                        | SA-516 Gr 70 /<br>SA-285 Gr C                   | ANILLOS RIGIDIZADORES : -   |          |
| BASE RING:                            | SA-516 Gr 70                                    | LIFTING LUGS : SA-516 Gr 70   |          |
| ANCHOR BOX :                          | SA-516 Gr 70                                    | RETENTION LUG : SA-516 Gr 70  |          |
| NOZZLE<br>CONNECTIONS                 | FLANGES : SA-105 + WOL. INCOLOY 825/625         | BOLTS : SA-193M Gr B7   |          |
|                                       | BLIND FLANGES : SA-105 + WOL. INCOLOY 825/625   | NUTS : SA-194M Gr 2H  |          |
|                                       | COUPLINGS: *                                    | PLATE NOZZLES: *  |          |
|                                       | FORGING : SA-266 Gr 2 + WOL. INCOLOY 825/625    | PIPE NOZZLES : *  |          |
|                                       | REINFORCING PAD :                               | ELBOWS – TEES : SA-234 WPB (SEAMLESS)+<br>3mm CLAD. INCOLOY 825/625 |          |
|                                       | GASKETS SPIRAL WOUND INCOLOY 825/625 –GRAPHITE  |   |          |
| INTERNAL<br>ELEMENTS                  | PIPES : *                                       | TRAY SUPPORT RINGS : -  |          |
|                                       | ELBOWS–TEES–CROSS : -                           | TRAYS :   |          |
|                                       | PLATE FLANGES : -                               | VORTEX BREAKERS : INCOLOY 825/625                                   |          |
|                                       | U–BOLTS: -                                      | INTERNAL RUNGS : INCOLOY 825/625                                    |          |
|                                       | Vane Separator : AISI 316 L                     | BUNDLE TUBES :  |          |
|                                       | BOLTS : INCOLOY 825/625                         | MESH : -  |          |
|                                       | WASHERS : -                                     | DEMISTER  | FILTER : |
|                                       | GASKETS : -                                     |   | GRIDS :  |
| Baffle PLATES : AISI 316 L            | OTHERS :  |   |          |

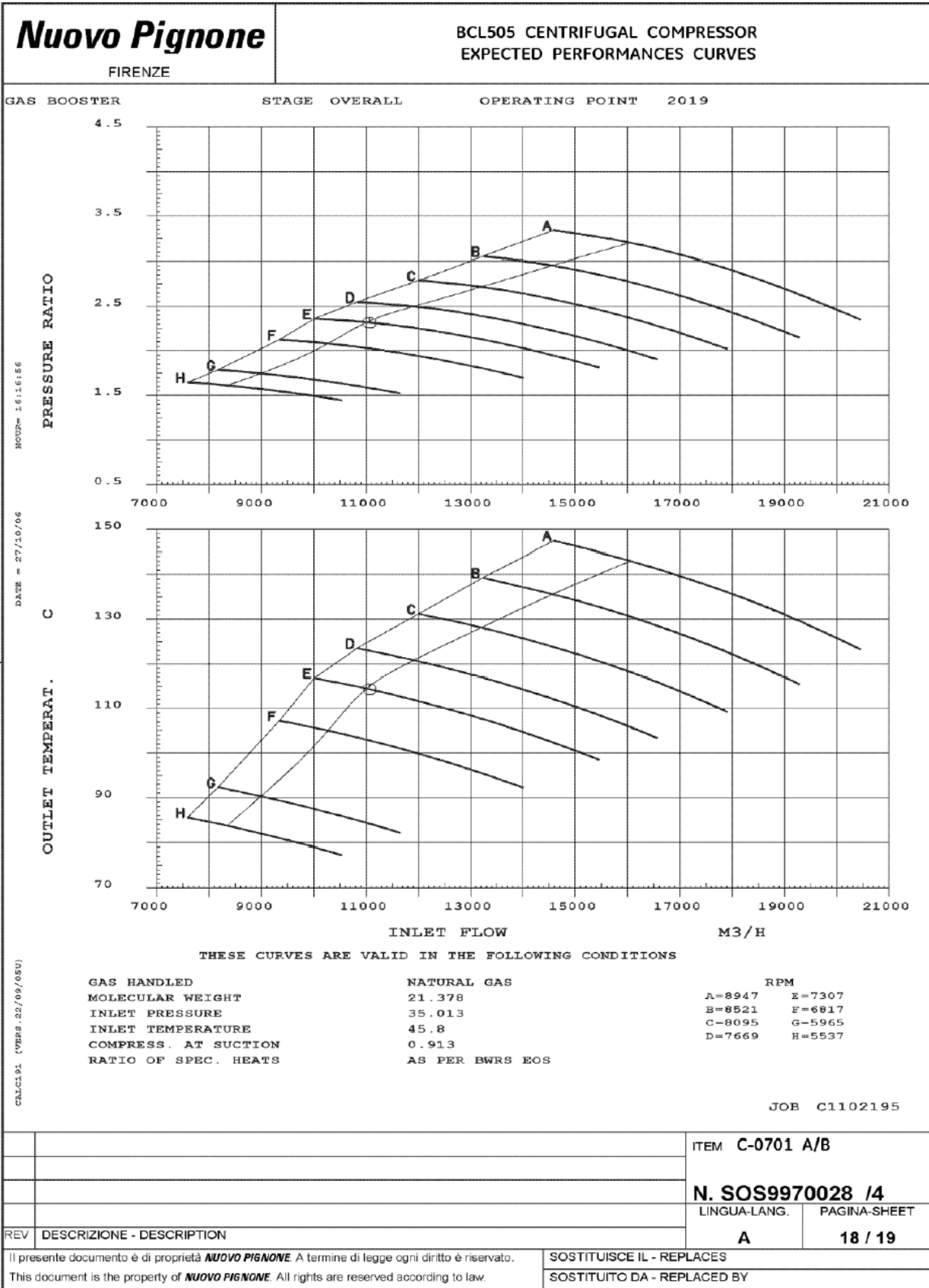
| DESIGN DATA   |          |  |                             |              |  |                   |                 |
|---|----------|--|-----------------------------|--------------|--|-------------------|-----------------|
| CODE: ASME SECTION VIII, DIVISION 1- (LATEST EDITION) U-STAMP REQUIRED (NOTE 22)  |          |  |                             |              |  |                   |                 |
| OPERATING PRESSURE  |          | :  | NORMAL / MAXIMUM            |              | 65 / 65                                    | bar(a)            |                 |
| DESIGN PRESSURE   |          | :  | NORMAL / MAXIMUM / MINIMUM  |              | 95   | bar g             |                 |
| HYDRAULIC PRESSURE TEST<br>(ON TOP END)   |          | INITIAL :  |                             | 142.5        | bar g                                      |                   |                 |
|   |          |  |                             | -            | bar g                                      |                   |                 |
| WIND SPEED  |          | :  |                             |              | 180  | Km/h              |                 |
| OPERATION TEMPERATURE   |          | :  | NORMAL / MAX. / MIN.        |              | 47 / 48 / -5                               | °C                |                 |
| DESIGN TEMPERATURE  |          | :  |                             |              | 85 / -5                                    | °C                |                 |
| MINIMUM METAL DESIGN TEMPERATURE:   |          |  |                             | -5           | °C   |                   |                 |
| EARTHQUAKE  |          | :  | N/A                         |              |  |                   |                 |
|   |          |  | VESSEL                      | HEADS        | CONE                                       | APPENDIX          |                 |
| JOINT EFFICIENCY  |          |  | 1                           | 1            |  | VESSEL            | HEAD            |
| CORROSION ALLOWANCE m.m.  |          |  | 0                           | 0            |  |                   |                 |
| X-RAY   |          |  | TOTAL                       | TOTAL        |  |                   |                 |
| POST WELD HEAT TREATMENT  |          | :  | YES                         |              | PAINT:                                     | YES (SEE NOTE 18) |                 |
| FIRE PROOFING :   |          | YES  | PICKLING EXTERIOR/INTERIOR: |              | -  | PASSIVATED : -    |                 |
|   |          |  |                             |              | INSPECTION AND TEST BY: INITEC./A.I (ASME) |                   |                 |
| INSULATION : ESPESOR  |          | N/A m.m.   |                             |              | MATERIAL : N/A                             |                   |                 |
| SHIPPING WEIGHT AS PER UNIT:  |          | 37500  | Kg                          | TRAYS WEIGHT | :  | Kg                |                 |
| CAPACITY  |          | :  | 23000                       | Ls.          | INTERNALS WEIGHT (OTHERS)                  | :                 | Kg              |
| WEIGHT WATER FULL   |          | :  | 60500                       | Kg           | SPECIFIC GRAVITY OF LIQUID: See Note 23    |                   |                 |
| REFERENCE DOCUMENT  |          |  |                             |              |  |                   |                 |
| REQUISITIONS  |          | :  | 8463-VR-002-R               |              |  |                   |                 |
| ESPECIFICATIONS :   |          | 116558-S-M-00021A/00033A/00086,116558-S-U-00036-A                  |                             |              |  |                   |                 |
|   |          | 116558-S-C-00001/00002, 000-060-G-300-034                          |                             |              |  |                   |                 |
| STANDARS :  |          | INITEC: L-VR-001-S/L-VR-011-S/ L-VR-079-S / L-VR-086-S/ L-VR-087-S |                             |              |  |                   |                 |
|   |          | L-VR-072-S/L-VR-013-S/L-VR-035-S                                   |                             |              |  |                   |                 |
| ITEM:   |          | V-0701A/B  | QUANTITY:                   | 1+1          | JOB ORDER Nr.:                             | VENDOR:           |                 |
| DWG Nr  |          | TITLE  |                             |              |  |                   |                 |
| REFERENCE DRAWINGS  |          |  |                             |              |  |                   |                 |
| 6   | 13/08/07 | REVIEW AS INDICATED  | EGR                         | P.A. MCB     | P.S. MLM                                   | VP JGR            |                 |
| 5   | 25/07/07 | REVIEW AS INDICATED  | EGR                         | MCB          | MLM  | JGR               |                 |
| 4   | 25/05/07 | ISSUED FOR ORDER   | EGR                         | MCB          | MLM  | JGR               |                 |
| 3   | 21/05/07 | REVISED AS INDICATED   | EGR                         | MCB          | MLM  | JGR               |                 |
| 2   | 26/12/06 | GENERALLY REVISED  | AAA                         | PK           | MLM  | JGR               |                 |
| REV.  | DATE     | DESCRIPTION  | DRAWN                       | REVIEWED     | APPROVED DISCIPL.                          | APPROVED PM       | APPROVED CLIENT |
| GROUPEMENT TFT  |          |  |                             |              |  |                   |                 |
| TFT - PHASE 2 BOOSTING PROJECT  |          |  |                             |              |  |                   |                 |
| <br><b>TECNICAS REUNIDAS<br/>TFT Argelia</b> |          | <b>INLET BOOSTER COMPRESSOR<br/>K.O. DRUM<br/>ITEM: V-0701 A/B</b> |                             |              |  |                   |                 |
|   |          | Project 8463<br>Code 8463-VR-001-A1                                |                             |              | Scale<br>NTS                               |                   | Rev. :<br>6     |

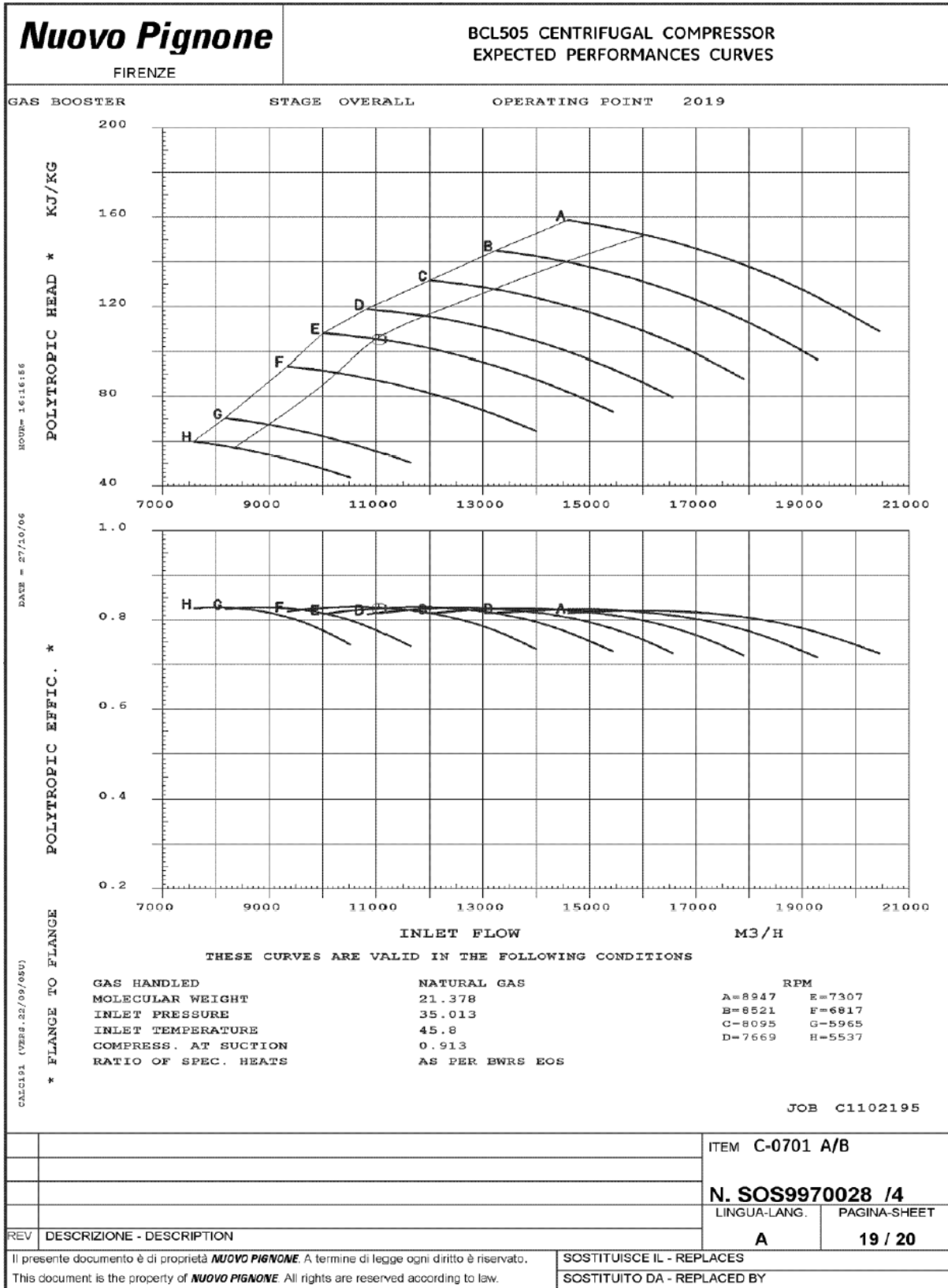
2. Compresseur centrifuge

|   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
|---|--|---|------------|----------------------|--|--|-------------------------------------|--|--------------------------|--|-------------------------------------|-------------------|--|--------------------------------------|------|---|------|--|------|-----------------------------------|------|---|------|------------|-------------|-----------------------|--|-------------------------------|--|--|--|------------------|-----|---|--|----------|--|---------|--|-------------------------|--|-------------------|--|-------------------------|--|---|--|-------------------------|------|----------------|--|--------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------|--|-------------------------|--|----------------|--|--------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------|--|-------------------------|--|----------------|--|--------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------------------|--|---|--|---|--|----------------|--|---|--|----------------|--|--------------------------|--|--|--|------------------------------|--|------------------------------|--|------------------|--|
| <b>STONE &amp; WEBSTER</b>  |  | PAGE 4 / 17   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| SUPPLEMENTARY DATASHEET   |  | ATTACHMENT TO<br>116558-DSH-M-PRO-COM-0701  |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>CENTRIFUGAL COMPRESSOR<br/>                 AS PER API STD 617</b>   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10<br>11<br>12<br>13<br>14<br>15<br>16<br>17<br>18<br>19<br>20<br>21<br>22<br>23<br>24<br>25<br>26<br>27<br>28<br>29<br>30<br>31<br>32<br>33<br>34<br>35<br>36<br>37<br>38<br>39<br>40<br>41<br>42<br>43<br>44<br>45<br>46<br>47<br>48<br>49<br>50<br>51<br>52<br>53<br>54<br>55<br>56<br>57<br>58<br>59 | <p><b>PROCESS CONTROL</b></p> Required flow variation : _____<br>Method : Suction throttling _____ from _____ to _____ bar abs Vanes : _____<br>Speed variation : <input checked="" type="checkbox"/> _____ from <b>59</b> to <b>105</b> % Discharge blowoff _____<br>Recirculation : <input checked="" type="checkbox"/> <b>2019</b> from _____ to _____ Rated flow; Piping supplied by : <b>BUYER</b><br>Recirculation valve supplied by : _____ Valve type : _____ Make : _____<br>Parameter to be monitored<br>Type of signal : Electronic : _____ pneumatic : _____ Other : _____<br>Signal type : _____<br>Anti-surge device : Type <b>CONTROL VALVE (FV-0722/0724)</b> Anti-surge per casing : <input checked="" type="checkbox"/> per section : _____<br>Piping supplied by : <b>BUYER</b> Valve supplied by : <b>NUOVO PIGNONE</b><br>Valve type : <b>LOW NOISE TYPE</b> Make : <b>EMERSON FISHER</b> | <p style="text-align: center;"><b>CONSTRUCTION FEATURE</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>ROTORDYNAMICS</b></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Train lateral analysis required (2.6.2, 2.6.2.6 &amp; 2.6.2.14):</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Undamped stiffness map required (2.6.2.4):</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Train torsional analysis required (2.6.7.1):</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>1st Casing</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Power turbine rated speed (100% RPM)</td> <td style="text-align: center;">4670</td> </tr> <tr> <td>Power turbine maximum continuous speed (105% RPM)</td> <td style="text-align: center;">4903</td> </tr> <tr> <td>Compressor minimum operating speed (59%)</td> <td style="text-align: center;">5099</td> </tr> <tr> <td>Compressor rated speed (100% RPM)</td> <td style="text-align: center;">8545</td> </tr> <tr> <td>Compressor maximum continuous speed (105 % RPM)</td> <td style="text-align: center;">8972</td> </tr> <tr> <td>Gear ratio</td> <td style="text-align: center;">1.829787234</td> </tr> <tr> <td>Impeller diameter, mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tip speed, m/s at rated speed</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tip speed, m/s at maximum continuous speed</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rotor weight, kg</td> <td style="text-align: center;">752</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>FULTON &amp; KIRK DOUGLAS DIAGRAMS</b></td> </tr> <tr> <td>NC1, rpm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MCSINC1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gas mean density, kg/m3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P x Delta P, bar2</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>TRIP SPEED: 9420</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>PLEASE REFER TO ROTORDYNAMIC REPORT SOS9970163</b></td> </tr> <tr> <td>1st critical speed, RPM</td> <td style="text-align: center;">4460</td> </tr> <tr> <td>Log. Decrement</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amplification factor, AF</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Required separation margin, RSM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Actual separation margin, ASM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2nd critical speed, RPM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Log. Decrement</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amplification factor, AF</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Required separation margin, RSM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Actual separation margin, ASM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3rd critical speed, RPM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Log. Decrement</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Amplification factor, AF</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Required separation margin, RSM</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Actual separation margin, ASM</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>1st and 2nd natural frequencies at rated speed</b></td> </tr> <tr> <td>1st natural frequency at rated speed, cpm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Log. Decrement</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2nd natural frequency at rated speed, cpm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Log. Decrement</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Stability diagram</b></td> </tr> <tr> <td>Aerodynamic cross coupled stiffness, 10<sup>6</sup> N/m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corresponding Log. Decrement</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corresponding frequency, cpm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Stability margin</td> <td></td> </tr> </table> |            | <b>ROTORDYNAMICS</b> |  | Train lateral analysis required (2.6.2, 2.6.2.6 & 2.6.2.14): | <input checked="" type="checkbox"/> | Undamped stiffness map required (2.6.2.4): | <input type="checkbox"/> | Train torsional analysis required (2.6.7.1): | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>1st Casing</b> |  | Power turbine rated speed (100% RPM) | 4670 | Power turbine maximum continuous speed (105% RPM) | 4903 | Compressor minimum operating speed (59%) | 5099 | Compressor rated speed (100% RPM) | 8545 | Compressor maximum continuous speed (105 % RPM) | 8972 | Gear ratio | 1.829787234 | Impeller diameter, mm |  | Tip speed, m/s at rated speed |  | Tip speed, m/s at maximum continuous speed |  | Rotor weight, kg | 752 | <b>FULTON &amp; KIRK DOUGLAS DIAGRAMS</b> |  | NC1, rpm |  | MCSINC1 |  | Gas mean density, kg/m3 |  | P x Delta P, bar2 |  | <b>TRIP SPEED: 9420</b> |  | <b>PLEASE REFER TO ROTORDYNAMIC REPORT SOS9970163</b> |  | 1st critical speed, RPM | 4460 | Log. Decrement |  | Amplification factor, AF |  | Required separation margin, RSM |  | Actual separation margin, ASM |  | 2nd critical speed, RPM |  | Log. Decrement |  | Amplification factor, AF |  | Required separation margin, RSM |  | Actual separation margin, ASM |  | 3rd critical speed, RPM |  | Log. Decrement |  | Amplification factor, AF |  | Required separation margin, RSM |  | Actual separation margin, ASM |  | <b>1st and 2nd natural frequencies at rated speed</b> |  | 1st natural frequency at rated speed, cpm |  | Log. Decrement |  | 2nd natural frequency at rated speed, cpm |  | Log. Decrement |  | <b>Stability diagram</b> |  | Aerodynamic cross coupled stiffness, 10 <sup>6</sup> N/m |  | Corresponding Log. Decrement |  | Corresponding frequency, cpm |  | Stability margin |  |
| <b>ROTORDYNAMICS</b>  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Train lateral analysis required (2.6.2, 2.6.2.6 & 2.6.2.14):  | <input checked="" type="checkbox"/>  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Undamped stiffness map required (2.6.2.4):  | <input type="checkbox"/>   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Train torsional analysis required (2.6.7.1):  | <input checked="" type="checkbox"/>  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>1st Casing</b>   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Power turbine rated speed (100% RPM)  | 4670   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Power turbine maximum continuous speed (105% RPM)   | 4903   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Compressor minimum operating speed (59%)  | 5099   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Compressor rated speed (100% RPM)   | 8545   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Compressor maximum continuous speed (105 % RPM)   | 8972   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Gear ratio  | 1.829787234  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Impeller diameter, mm   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Tip speed, m/s at rated speed   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Tip speed, m/s at maximum continuous speed  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Rotor weight, kg  | 752  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>FULTON &amp; KIRK DOUGLAS DIAGRAMS</b>   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| NC1, rpm  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| MCSINC1   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Gas mean density, kg/m3   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| P x Delta P, bar2   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>TRIP SPEED: 9420</b>   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>PLEASE REFER TO ROTORDYNAMIC REPORT SOS9970163</b>   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 1st critical speed, RPM   | 4460   |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Log. Decrement  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Amplification factor, AF  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Required separation margin, RSM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Actual separation margin, ASM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 2nd critical speed, RPM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Log. Decrement  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Amplification factor, AF  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Required separation margin, RSM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Actual separation margin, ASM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 3rd critical speed, RPM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Log. Decrement  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Amplification factor, AF  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Required separation margin, RSM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Actual separation margin, ASM   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>1st and 2nd natural frequencies at rated speed</b>   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 1st natural frequency at rated speed, cpm   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Log. Decrement  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 2nd natural frequency at rated speed, cpm   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Log. Decrement  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| <b>Stability diagram</b>  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Aerodynamic cross coupled stiffness, 10 <sup>6</sup> N/m  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Corresponding Log. Decrement  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Corresponding frequency, cpm  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| Stability margin  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
|   |  | ITEM:<br>C-0701A/B  |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 4 AS BUILT  |  | <b>N. SOS9969954/4</b>  |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 3 CERTIFIED FINAL   |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 2 GENERAL REVISION  |  |   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| 1 GENERAL REVISION  |  | LANG  | PAGE/SHEET |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| REV DESCRIZIONE - DESCRIPTION   |  | A   | 4 / 5      |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
| © 2002 Nuovo Pignone S.p.A., All rights reserved.   |  | SOSTITUISCE IL - REPLACES   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |
|   |  | SOSTITUITO DA - REPLACED BY   |            |                      |  |  |                                     |  |                          |  |                                     |                   |  |                                      |      |   |      |  |      |                                   |      |   |      |            |             |                       |  |                               |  |  |  |                  |     |   |  |          |  |         |  |                         |  |                   |  |                         |  |   |  |                         |      |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |                         |  |                |  |                          |  |                                 |  |                               |  |   |  |   |  |                |  |   |  |                |  |                          |  |  |  |                              |  |                              |  |                  |  |













**Tableau.1** : Les propriétés et la composition des principaux flux de la section slug catcher.

|                                       | Sortie gaz |        |        | Sortie condensat |        |        |        |
|---------------------------------------|------------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|
|                                       | Design     | HYSIS  |        | Design           | HYSIS  |        |        |
|                                       |            | PR     | SRK    |                  | PR     | SRK    |        |
| Fraction vapeur                       | 1,00       | 1,00   | 1,00   | 0,00             | 0,00   | 0,00   |        |
| Température (°C)                      | 47,00      | 46,96  | 46,96  | 47,00            | 46,95  | 46,95  |        |
| Pression (bar-g)                      | 65,00      | 64,92  | 64,92  | 65,00            | 64,94  | 64,94  |        |
| Débit volumique (MNm <sup>3</sup> /j) | 22,71      | 23,37  | 23,32  | 0,76             | 0,77   | 0,82   |        |
| Débit massique (kg/h)                 | 896 954    | 923000 | 917700 | 92380            | 94190  | 99490  |        |
| Masse molaire (g/mol)                 | 21,25      | 21,25  | 21,17  | 65,57            | 65,61  | 65,13  |        |
| Densité massique (kg/m <sup>3</sup> ) | 63,7       | 63,62  | 61,20  | 573,5            | 575,1  | 573,00 |        |
| Composition                           | H2O        | 0,0021 | 0,0021 | 0,0020           | 0,0013 | 0,0013 | 0,0014 |
|                                       | Nitrogen   | 0,0183 | 0,0183 | 0,0183           | 0,0024 | 0,0023 | 0,0024 |
|                                       | CO2        | 0,0144 | 0,0144 | 0,0144           | 0,0079 | 0,0079 | 0,0079 |
|                                       | Methane    | 0,7818 | 0,7817 | 0,7829           | 0,2303 | 0,2295 | 0,2289 |
|                                       | Ethane     | 0,1005 | 0,1005 | 0,1005           | 0,0942 | 0,0940 | 0,0948 |
|                                       | Propane    | 0,0486 | 0,0486 | 0,0485           | 0,1068 | 0,1068 | 0,1084 |
|                                       | i-Butane   | 0,0054 | 0,0054 | 0,0053           | 0,0217 | 0,0217 | 0,0220 |
|                                       | n-Butane   | 0,0149 | 0,0149 | 0,0147           | 0,0762 | 0,0764 | 0,0779 |
|                                       | i-Pentane  | 0,0033 | 0,0033 | 0,0032           | 0,031  | 0,0311 | 0,0325 |
|                                       | n-Pentane  | 0,0041 | 0,0041 | 0,0040           | 0,0468 | 0,0470 | 0,0478 |
|                                       | n-Hexane   | 0,0035 | 0,0035 | 0,0033           | 0,0864 | 0,0868 | 0,0878 |
|                                       | n-Heptane  | 0,0021 | 0,0021 | 0,0019           | 0,1093 | 0,1100 | 0,1095 |
|                                       | n-Octane   | 0,0007 | 0,0008 | 0,0007           | 0,0795 | 0,0802 | 0,0783 |
|                                       | n-Nonane   | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002           | 0,0596 | 0,0601 | 0,0580 |
|                                       | n-Decane   | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0202 | 0,0204 | 0,0195 |
|                                       | n-C11      | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0119 | 0,0120 | 0,0114 |
| C12+*                                 | 0,0000     | 0,0000 | 0,0000 | 0,0145           | 0,0125 | 0,0117 |        |

**Tableau.2** : Les propriétés et la composition des principaux flux de la section de Boosting.

|  | Sortie gaz       |        |        | Sortie condensat |        |        |        |
|--|------------------|--------|--------|------------------|--------|--------|--------|
|  | Design           | HYSIS  |        | Design           | HYSIS  |        |        |
|  |                  | PR     | SRK    |                  | PR     | SRK    |        |
| Fraction vapeur                        | 1                | 1,00   | 1,00   | 0,1666           | 0,1217 | 0,12   |        |
| Température (°C)                       | 50,00            | 50,00  | 50,00  | 42,3             | 42,74  | 43,05  |        |
| Pression (bar-g)                       | 79,30            | 79,90  | 79,90  | 30,0             | 29,71  | 29,69  |        |
| Débit volumique (MMNm <sup>3</sup> /j) | 22,70            | 23,37  | 23,32  | -                | -      | -      |        |
| Débit massique (kg/h)                  | 896 63           | 923000 | 917700 | 163              | 163,0  | 163,20 |        |
| Masse molaire (g/mol)                  | 21,24            | 21,25  | 21,17  | 58,04            | 46,18  | 44,20  |        |
| Densité massique (kg/m <sup>3</sup> )  | 78,8             | 79,54  | 76,06  | 273,4            | 290,6  | 289,00 |        |
| Composition                            | H <sub>2</sub> O | 0,0020 | 0,0021 | 0,0020           | 0,1535 | 0,4027 | 0,4380 |
|  | Nitrogène        | 0,0183 | 0,0183 | 0,0183           | 0,0020 | 0,0014 | 0,0014 |
|  | CO <sub>2</sub>  | 0,0144 | 0,0144 | 0,0144           | 0,0067 | 0,0048 | 0,0045 |
|  | Méthane          | 0,7819 | 0,7817 | 0,7829           | 0,1932 | 0,1376 | 0,1292 |
|  | Ethane           | 0,1005 | 0,1005 | 0,1005           | 0,0797 | 0,0565 | 0,0536 |
|  | Propane          | 0,0486 | 0,0486 | 0,0485           | 0,0909 | 0,0642 | 0,0613 |
|  | i-Butane         | 0,0054 | 0,0054 | 0,0053           | 0,0185 | 0,0130 | 0,0125 |
|  | n-Butane         | 0,0149 | 0,0149 | 0,0147           | 0,0652 | 0,0459 | 0,0441 |
|  | i-Pentane        | 0,0033 | 0,0033 | 0,0032           | 0,0266 | 0,0187 | 0,0184 |
|  | n-Pentane        | 0,0041 | 0,0041 | 0,0040           | 0,0402 | 0,0283 | 0,0271 |
|  | n-Hexane         | 0,0035 | 0,0035 | 0,0033           | 0,0744 | 0,0522 | 0,0497 |
|  | n-Heptane        | 0,0021 | 0,0021 | 0,0019           | 0,0944 | 0,0662 | 0,0620 |
|  | n-Octane         | 0,0007 | 0,0008 | 0,0007           | 0,0686 | 0,0481 | 0,0442 |
|  | n-Nonane         | 0,0003 | 0,0003 | 0,0002           | 0,0510 | 0,0359 | 0,0326 |
|  | n-Decane         | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000           | 0,0169 | 0,0120 | 0,0108 |
| n-C11                                  | 0,0000           | 0,0000 | 0,0000 | 0,0096           | 0,0070 | 0,0062 |        |
| C12+*                                  | 0,0000           | 0,0000 | 0,0000 | 0,0086           | 0,0055 | 0,0044 |        |

Tableau 3 : Les propriétés et la composition des principaux flux de la section de déthanisation.

|                                       | Entrée liquide T6 1401 |             |        | Sortie gaz T6 1401 |             |        | Sortie liquide T6 1401 |                 |        |
|---------------------------------------|------------------------|-------------|--------|--------------------|-------------|--------|------------------------|-----------------|--------|
|                                       | Design                 | HYSIS<br>PR | SRK    | Design             | HYSIS<br>PR | SRK    | Design                 | HYSIS<br>PR SRK |        |
| Fraction vapeur                       | 0,7497                 | 0,7532      | 0,76   | 1                  | 1,00        | 1,00   | 0                      | 0               | 0,00   |
| Température (°C)                      | 29,3                   | 29,3        | 29,30  | -55,9              | -55,93      | -55,99 | 81,7                   | 82,29           | 81,02  |
| Pression (bar-g)                      | 20,1                   | 21          | 21,00  | 19,8               | 19,80       | 19,80  | 20,5                   | 20,5            | 20,50  |
| Débit volumique (MNm <sup>3</sup> /j) | 1,03                   | 1,154       | 1,15   | 10,44              | 10,76       | 10,75  | 0,68                   | 0,7249          | 0,72   |
| Débit massique (kg/h)                 | 65 359                 | 72330       | 72060  | 361522             | 372400      | 371700 | 67021                  | 71440           | 70120  |
| Masse molaire (g/mol)                 | 34,08                  | 33,73       | 33,58  | 18,62              | 18,62       | 18,61  | 52,73                  | 53,03           | 52,66  |
| Densité massique (kg/m <sup>3</sup> ) | 42,5                   | 43,71       | 42,65  | 25,5               | 25,49       | 25,03  | 456                    | 457,12          | 456,82 |
| H <sub>2</sub> O                      | 0,0000                 | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000                 | 0,0000          | 0,0000 |
| Nitrogène                             | 0,0040                 | 0,0042      | 0,0043 | 0,0198             | 0,0198      | 0,0198 | 0,0000                 | 0,0000          | 0,0000 |
| CO <sub>2</sub>                       | 0,0152                 | 0,0153      | 0,0155 | 0,0154             | 0,0155      | 0,0155 | 0,0000                 | 0,0000          | 0,0000 |
| Méthane                               | 0,4200                 | 0,4322      | 0,4299 | 0,8445             | 0,8444      | 0,8449 | 0,0000                 | 0,0000          | 0,0000 |
| Ethane                                | 0,1850                 | 0,1833      | 0,1853 | 0,1052             | 0,1055      | 0,1054 | 0,0249                 | 0,0247          | 0,0250 |
| Propane                               | 0,1823                 | 0,1762      | 0,1796 | 0,0141             | 0,0139      | 0,0135 | 0,5485                 | 0,5430          | 0,5511 |
| i-Butane                              | 0,0282                 | 0,0270      | 0,0274 | 0,0004             | 0,0004      | 0,0004 | 0,0745                 | 0,0738          | 0,0742 |
| n-Butane                              | 0,0864                 | 0,0828      | 0,0834 | 0,0006             | 0,0005      | 0,0005 | 0,2083                 | 0,2076          | 0,2074 |
| i-Pentane                             | 0,0215                 | 0,0208      | 0,0205 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0429                 | 0,0436          | 0,0421 |
| n-Pentane                             | 0,0269                 | 0,0263      | 0,0257 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0510                 | 0,0524          | 0,0510 |
| n-Hexane                              | 0,0199                 | 0,0203      | 0,0188 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0500                 | 0,0357          | 0,0331 |
| n-Heptane                             | 0,0084                 | 0,0091      | 0,0078 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0133                 | 0,0151          | 0,0130 |
| n-Octane                              | 0,0018                 | 0,0020      | 0,0016 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0027                 | 0,0032          | 0,0026 |
| n-Nonane                              | 0,0004                 | 0,0004      | 0,0003 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0005                 | 0,0007          | 0,0005 |
| n-Decane                              | 0,0000                 | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000                 | 0,0001          | 0,0000 |
| n-C11                                 | 0,0000                 | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000                 | 0,0000          | 0,0000 |
| C12+*                                 | 0,0000                 | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000             | 0,0000      | 0,0000 | 0,0000                 | 0,0000          | 0,0000 |

Composition

Tableau 4 : Les propriétés et la composition des principaux flux de la section de stabilisation de condensat.

|                          | Entrée T4 1202 (AC) |        |          | Entrée T4 1202 (AF) |          |          | Sortie gaz T4 1202 |         |         | Sortie liquide T4 1202 |          |          |
|--------------------------|---------------------|--------|----------|---------------------|----------|----------|--------------------|---------|---------|------------------------|----------|----------|
|                          | Design              | HYSIS  |          | Design              | HYSIS    |          | Design             | HYSIS   |         | Design                 | HYSIS    |          |
|                          |                     | PR     | SRK      |                     | PR       | SRK      |                    | PR      | SRK     |                        | PR       | SRK      |
| Fraction vapeur          | 0,0563              | 0,07   | 0,07     | 0,0688              | 0,06     | 0,06     | 0,9989             | 1       | 1,00    | 0                      | 0,00     | 0,00     |
| Température (°C)         | 41                  | 51,92  | 51,68    | 10,7                | 13,40    | 13,76    | 27,7               | 25,47   | 25,81   | 161,9                  | 162,90   | 161,70   |
| Pression (bar-g)         | 21,4                | 21,94  | 21,94    | 21,1                | 22,00    | 22,00    | 19,7               | 19,7    | 19,70   | 20                     | 20,00    | 20,00    |
| Débit volumique (MNm3/j) | 0,33                | 0,31   | 0,33     | 0,16                | 0,135100 | 0,13     | 0,12               | 0,1089  | 0,11    | 0,34                   | 0,334900 | 0,35     |
| Débit massique (kg/h)    | 43 148              | 43860  | 46260,00 | 17 119              | 15200,00 | 14620,00 | 6 016              | 5407,00 | 5585,00 | 54251                  | 53650,00 | 55300,00 |
| Masse molaire (g/mol)    | 76,34               | 76,44  | 75,94    | 59,13               | 60,54    | 59,98    | 27,17              | 26,71   | 26,86   | 85,66                  | 86,2     | 85,73    |
| Densité massique (kg/m3) | 425,7               | 394,43 | 393,22   | 367,3               | 400,96   | 396,41   | 25,9               | 25,57   | 25,32   | 493,3                  | 495,48   | 495,52   |
| H2O                      | 0,0011              | 0,0000 | 0,0000   | 0,0003              | 0,0003   | 0,0003   | 0,0030             | 0,0004  | 0,0004  | 0,0000                 | 0,0000   | 0,0000   |
| Nitrogène                | 0,0005              | 0,0005 | 0,0006   | 0,0006              | 0,0006   | 0,0006   | 0,0021             | 0,0022  | 0,0023  | 0,0000                 | 0,0000   | 0,0000   |
| CO2                      | 0,0055              | 0,0055 | 0,0054   | 0,0075              | 0,0073   | 0,0073   | 0,0240             | 0,0245  | 0,0244  | 0,0000                 | 0,0000   | 0,0000   |
| Méthane                  | 0,1071              | 0,1063 | 0,1050   | 0,1380              | 0,1332   | 0,1308   | 0,4539             | 0,4666  | 0,4608  | 0,0000                 | 0,0000   | 0,0000   |
| Ethane                   | 0,0830              | 0,0829 | 0,0834   | 0,1222              | 0,1178   | 0,1185   | 0,3539             | 0,3624  | 0,3641  | 0,0062                 | 0,0061   | 0,0061   |
| Propane                  | 0,1163              | 0,1164 | 0,1182   | 0,1730              | 0,1672   | 0,1708   | 0,1167             | 0,1004  | 0,1039  | 0,1421                 | 0,1421   | 0,1427   |
| i-Butane                 | 0,0253              | 0,0254 | 0,0258   | 0,0366              | 0,0356   | 0,0365   | 0,0096             | 0,0089  | 0,0092  | 0,0360                 | 0,0348   | 0,0352   |
| n-Butane                 | 0,0905              | 0,0908 | 0,0928   | 0,1296              | 0,1263   | 0,1299   | 0,0246             | 0,0228  | 0,0235  | 0,1314                 | 0,1272   | 0,1292   |
| i-Pentane                | 0,0378              | 0,0379 | 0,0398   | 0,0498              | 0,0492   | 0,0520   | 0,0041             | 0,0039  | 0,0039  | 0,0551                 | 0,0536   | 0,0560   |
| n-Pentane                | 0,0574              | 0,0576 | 0,0588   | 0,0736              | 0,0732   | 0,0750   | 0,0047             | 0,0044  | 0,0045  | 0,0832                 | 0,0812   | 0,0824   |
| n-Hexane                 | 0,1072              | 0,1078 | 0,1092   | 0,1090              | 0,1125   | 0,1131   | 0,0025             | 0,0024  | 0,0024  | 0,1446                 | 0,1440   | 0,1452   |
| n-Heptane                | 0,1362              | 0,1372 | 0,1369   | 0,0957              | 0,1035   | 0,0998   | 0,0008             | 0,0008  | 0,0007  | 0,1651                 | 0,1680   | 0,1668   |
| n-Octane                 | 0,0994              | 0,1002 | 0,0980   | 0,0421              | 0,0476   | 0,0437   | 0,0001             | 0,0001  | 0,0001  | 0,1079                 | 0,1115   | 0,1090   |
| n-Nonane                 | 0,0745              | 0,0752 | 0,0727   | 0,0175              | 0,0206   | 0,0177   | 0,0000             | 0,0000  | 0,0000  | 0,0745                 | 0,0776   | 0,0753   |
| n-Decane                 | 0,0252              | 0,0255 | 0,0244   | 0,0032              | 0,0039   | 0,0031   | 0,0000             | 0,0000  | 0,0000  | 0,0240                 | 0,0250   | 0,0242   |
| n-C11                    | 0,0149              | 0,0151 | 0,0143   | 0,0009              | 0,0012   | 0,0009   | 0,0000             | 0,0000  | 0,0000  | 0,0137                 | 0,0144   | 0,0139   |
| C12+*                    | 0,0181              | 0,0156 | 0,0147   | 0,0004              | 0,0001   | 0,0001   | 0,0000             | 0,0000  | 0,0000  | 0,0162                 | 0,0144   | 0,0139   |

Composition





## Résumé

Dans ce travail, une analyse de la performance de la section du slug catcher et du boosting de l'unité de traitement de gaz du groupement TFT à une pression d'entrée inférieure à 35 bar-g (34, 32, 30, 28 et 26 bar-g), due à l'augmentation du débit de production, a été effectuée.

Cette étude est effectuée pour examiner les futurs problèmes due à la baisse de pression d'entrée de l'unité, déterminer les conséquences, définir les causes, proposer des solutions et sélectionner la bonne solution technique et économique.

**Mots Clés :** slug catcher, boosting, pression et production.

## Abstract

This process study analyses the performance of the existing Inlet and Boosting Sections of the GTFT Gas Processing Facilities at plant inlet pressures lower than 35 bar-g considering scenarios with steps of 2 bars (26, 28, 30, 32 and 34 bar-g).

This study is to examine future potential problems to be found with inlet pressures lower than 35 bar-g, determine the causes, define the consequences, list different solutions and select the best technical and economic suitable solution.

**Key words:** slug catcher, boosting, pressure and production.