



الشعبية الديمقراطية الجزائرية الجمهورية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

العلمي والبحث العالي التعليم وزارة

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

المدسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة- عناية-

Ecole Nationale Supérieure de Technologie et D'ingénierie - Annaba

**Département Génie des Procédés et Energétique**

## **MEMOIRE**

En vue d'obtention du diplôme d'INGENIEURE D'ETAT

Spécialité : Génie Chimique

Présenté par

**OUMEIMA LATRECHE  
GHAZIOUI SAFA**

**Étude et vérification du fonctionnement de la colonne de  
dépropanisation de  
l'unité Gaz Plant 1 (U30) de la raffinerie de Skikda (RA1K) par  
rapport au design, à l'aide du logiciel Aspen HYSYS.**

Encadré par

**MRB. Intissar GASMI (CRE Annaba) et  
MCA. Kaouther KERBOUA (ENSTI Annaba)**

Membres du jury :

MCB. Abdessalam OTMANI

Président

ENSTI

MCA. Salima BENDEBANE

Examineur

ENSTI

## Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu Tout-Puissant, pour nous avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à nos encadrantes universitaires, Madame Gasmi Intissar et Madame Kerbouaa Kaouther, pour leur encadrement, leur disponibilité, leurs conseils précieux et leur accompagnement tout au long de la réalisation de ce mémoire. Leur implication et leur soutien ont été essentiels à la réussite de notre projet.

Nos remerciements les plus sincères vont également à Monsieur Gharsallah Azeddine, ingénieur au sein de la raffinerie de Skikda, pour son aide technique, sa disponibilité et la richesse des informations qu'il nous a fournies durant notre stage.

Nous souhaitons également remercier l'ensemble du personnel de la raffinerie de Skikda (RAIK), en particulier ceux de l'unité Gas Plant 1, pour leur accueil, leur collaboration et leur soutien.

Nous tenons à exprimer notre gratitude envers tous nos enseignants et l'ensemble du corps pédagogique de l'École Nationale Supérieure de Technologie et d'Ingénierie, pour la qualité de la formation reçue et les connaissances transmises durant ces années d'études.

Enfin, nous remercions chaleureusement nos familles et nos amis pour leur amour, leur soutien moral et leur encouragement sans faille, qui ont toujours été une source de motivation et de réconfort tout au long de ce parcours.

## Dédicace

الحمد لله اما بعد :

*Ce mémoire n'est pas arrivé par hasard...*

*Il est le fruit de plusieurs années d'études, marquées par des hauts et des bas, des espoirs et des déceptions. J'ai traversé des moments difficiles, où le découragement prenait parfois le dessus... mais j'ai tenu bon. Avec de la patience, de la persévérance, et grâce à ma propre volonté et à mon travail, j'ai pu aller jusqu'au bout de ce parcours.*

*Je dédie ce travail à moi-même, en premier.*

*À celle qui a tenu bon, persévéré, et qui n'a jamais cessé d'y croire malgré les obstacles.*

*Et Je dédie ce travail à toutes les personnes qui m'ont soutenu(e), écouté(e), encouragé(e), et surtout, qui ont cru en moi, même lorsque moi-même je doutais.*

### **À mes parents**

*Hamdoulilah que vous soyez à mes côtés en ce jour si important de ma vie. Vous avez toujours été là, présents, depuis mes premiers pas à l'école jusqu'à cette dernière année. Vous avez marché avec moi dans chaque étape, dans chaque fatigue, dans chaque réussite.*

*J'espère, de tout cœur, que vous êtes fiers de moi aujourd'hui. Et qu'Inch'Allah, Dieu me permettra un jour de vous rendre ne serait-ce qu'une petite partie de tout ce que vous avez fait pour moi.*

*Je vous aime très fort.*

### **À ma sœur Sara**

*Tu as toujours été mon exemple, ma référence, mon repère. Tout ce que tu aimais, je l'aimais, et tout ce que tu détestais, je le détestais. Je ne me vois pas avancer sans toi. Rien ne me semble possible sans ton soutien. Je t'aime plus que moi-même.*

### **À mes sœurs, Manou et Sidra**

*Il est impossible de choisir entre ses sœurs... mais Al Hamdulilah, moi j'ai eu la chance de vous avoir toutes les deux, chacune de vous est comme un œil pour moi différente, mais tout aussi précieuse, votre présence dans ma vie est un cadeau que je chéris chaque jour. Que Dieu vous protège et vous garde toujours près de moi.*

### **À mon frère Achref**

*Mon pilier, ma force, mon confident. Tu as toujours été là, solide à mes côtés, comme un vrai soutien. Ce mémoire, je te le dédie du fond du cœur. Que Dieu te protège, et te garde toujours aussi fort et présent.*

### ***À Safa, ma binôme de cœur***

*Al Hamdulilah que ce soit toi qui aies partagé ce chemin avec moi, si je devais refaire ce parcours, je te choisirais encore, sans aucune hésitation. Tu as été bien plus qu'un binôme pour moi. Tu as été une présence, douce, sincère... une vraie sœur de cœur, tu as été présente durant ces trois années, avec ton cœur pur et ton amour que je ressentais, même sans que tu aies besoin de le dire.*

*Je t'aime fort, et je te porterai toujours dans mon cœur.*

### ***À Rima***

*Dès notre première rencontre, tu es vite devenue mon amie... puis bien plus que ça : une personne proche de mon cœur. Je n'oublierai jamais nos rires, nos bêtises, nos délires, nos sorties, nos histoires...Et surtout tes fameux samedis et dimanches.*

*Merci d'avoir rendu ces années plus belles et plus légères.*

### ***À Narimen***

*Ma vraie partenaire pendant ces trois années, combien de nuits avons-nous passées sans dormir, à réviser jusqu'au matin ? Grâce à toi, même les examens avaient une saveur particulière. On a étudié ensemble, cuisiné ensemble, rigolé, raconté nos vies, eu faim, partagé tout toujours ensemble, toujours pareilles. Tu as été bien plus qu'une partenaire pour moi.*

### ***À Achouak***

*Mon amie d'enfance, depuis la mosquée jusqu'à aujourd'hui, tu es toujours restée à mes côtés, toujours fière de moi, toujours là. Je t'aime fort, Que Dieu te protège et te garde à mes côtés.*

### ***À Souhila***

*Ma bestie, ma vraie amie fidèle. Depuis qu'on s'est connues, on ne s'est plus quittées... toujours ensemble, à chaque étape. Inch'Allah tout ce qui vient, on le vivra encore main dans la main.*

## *Dédicace*

*Louange à Allah, et que la paix et les bénédictions soient sur notre Prophète Mohammed, paix et salut soient sur lui.*

*Louange à Allah, par Sa grâce les choses s'accomplissent, et par Son aide les épreuves sont surmontées. À Lui la louange au commencement et à la fin, en public comme en secret.*

*À mes chers parents,*

*Que Dieu vous récompense pour vos sacrifices, votre amour inconditionnel et votre patience. Vous avez toujours été ma force, mon appui, et ma lumière dans les moments d'obscurité.*

*À mes frères et sœurs, Nadine, Abdelraouf et Mohamed,*

*Merci pour votre amour, vos encouragements et votre soutien constant. Vous avez illuminé mon chemin et allégé mes difficultés.*

*À Oumeïma,*

*Ma binôme, mon soutien constant, ma sœur de cœur. Merci pour ta présence apaisante, ton sérieux, ton honnêteté et ton amitié indéfectible. Tu as été un véritable pilier dans cette aventure.*

*À ma chère amie Rayen,*

*Amie de longue date, sincère et fidèle, merci d'avoir été un véritable pilier tout au long de mon parcours. Ton soutien et ta loyauté ont été inestimables.*

*À mon amie précieuse Chaima,*

*Présente dans les moments de faiblesse avant même ceux de joie. Merci pour ta sincérité, ton écoute, ton cœur pur. Je suis fière de toi et je t'aime énormément.*

*À Narimen et Rima,*

*Merci pour votre belle compagnie, votre soutien chaleureux et vos sourires sincères qui ont apporté de la lumière à mes journées.*

*À toutes les personnes qui m'ont accompagnée, de près ou de loin, tout au long de mon parcours,*

*Qu'Allah vous récompense pour chaque mot, chaque prière et chaque geste. Merci d'avoir été là avec bienveillance, fidélité et amour.*

ملخص:

سكيدكة، في RAIK مصفاة في (U30) 1 الغاز مصنع وحدة من البروبان إزالة عمود وتحسين نمذجة التخرج لنهاية النهائية الأعمال هذه تتناول المعلومات على تعديلات واقتراح البروبان، خسائر وتحديد للوحدة، الفعلي الأداء تقييم هو الرئيسي الهدف كان. Aspen HYSYS برنامج باستخدام  $C_3/C_4$  فصل تحسين أجل من الدرجة

تحليلات سمحت. ضعيفاً أداءً يعكس مما، (صناعي 0.985 مقابل 0.906) العمود رأس في البروبان نقاء في أولي فرق وجود المحاكاة أظهرت إلى الوقود غاز تدفق معدل تعديل خلال من. الإيثان إزالة وحدة رأس في الوقود غاز في ساعة/كجم 162.28 قدرها بروبان خسارة بتحديد معمقة تأكيد تم. الصناعية القيم من جداً قريب وهو ساعة/م<sup>3</sup> 10.25 إلى التدفق معدل واستعادة، 0.9064 إلى البروبان نقاء رفع تم ساعة/كجم 302.33 الطاقة واستهلاك الفصل كفاءة بين جيداً توازناً يضمن مما، 6 عند الأمتل الارتداد معدل

عند التكرير على الحفاظ ذلك في بما توصيات، اقتراح تم. الأداء على التكرير ومعدل الوقود غاز تدفق لمعدل الكبير التأثير الحساسية تحليل أظهر الفصل لتحسين أرفف لإضافة الأمد طويلة ودراسة الضغط، وتثبيت، 6

المستم التحسين إجراءات لاتخاذ متيناً أساساً وتوفر صناعي، إطار في التقطير أعمدة وتحسين تشخيص في المحاكاة أهمية النتائج هذه تُظهر

**التحسين التقطير، عمود الوقود، غاز البروبان، المحاكاة، البروبان، إزالة : المفتاحية الكلمات**

### Résumé :

Ce travail de fin d'études porte sur la modélisation et l'optimisation de la colonne de dépropanisation de l'unité Gas Plant 1 (U30) de la raffinerie RAIK de Skikda, à l'aide du logiciel Aspen HYSYS. L'objectif principal était d'évaluer les performances réelles de l'unité, d'identifier les pertes de propane, et de proposer des ajustements sur les paramètres critiques afin d'améliorer la séparation  $C_3/C_4$ . Les simulations ont montré un écart initial de pureté du propane en tête de colonne (0,906 contre 0,985 industriel), traduisant une sous-performance. Une analyse approfondie a permis d'identifier une perte de propane de 162,28 kg/h dans le fuel gas en tête du dééthaniseur. En ajustant le débit de fuel gas à 302,33 kg/h, la pureté du propane a été portée à 0,9064, et le débit récupéré à 10,25 m<sup>3</sup>/h, très proche des valeurs industrielles. Le taux de reflux optimal a été confirmé à 6, assurant un bon compromis entre efficacité de séparation et consommation énergétique. L'analyse de sensibilité a mis en évidence l'impact majeur du débit de fuel gas et du taux de reflux sur la performance. Des recommandations ont été proposées, notamment le maintien du reflux à 6, la stabilisation de la pression, et l'étude à long terme de l'ajout de plateaux pour améliorer la séparation. Ces résultats démontrent la pertinence de la simulation pour le diagnostic et l'optimisation des colonnes de distillation dans un cadre industriel, et offrent une base solide pour des actions d'amélioration continue.

**Mots-clés :** Dépropanisation, Aspen HYSYS, simulation, propane, fuel gas, RAIK, colonne de distillation, optimisation.

### Abstract :

This final-year engineering project focuses on the modeling and optimization of the depropanizer column in the Gas Plant 1 (U30) unit of the RAIK refinery in Skikda, using Aspen HYSYS simulation software. The main objective was to evaluate the column's actual performance, identify propane losses, and propose adjustments to key operating parameters to enhance  $C_3/C_4$  separation efficiency. Initial simulation results revealed a propane purity at the column top of 0.906 compared to the expected industrial value of 0.985, indicating underperformance. A detailed analysis quantified a propane loss of 162.28 kg/h in the fuel gas exiting the deethanizer. By adjusting the fuel gas flow rate to 302.33 kg/h, the propane purity increased to 0.9064 and the recovered flow reached 10.25 m<sup>3</sup>/h, closely matching field data. The optimal reflux ratio was confirmed to be 6, ensuring efficient separation without excessive energy consumption. Sensitivity analysis highlighted the strong influence of the fuel gas flow and reflux ratio on separation performance. Key recommendations include maintaining the reflux at 6, stabilizing column pressure, and considering the addition of theoretical stages as a long-term enhancement. These results demonstrate the value of process simulation for diagnosing and optimizing distillation columns in real industrial environments, offering a reliable basis for continuous improvement of the U30 unit.

**Keywords:** Depropanization, Aspen HYSYS, simulation, propane, fuel gas, RAIK refinery, distillation column, process optim

## Table de matière

Liste des abréviations .....	8
Liste des tableaux .....	8
Liste des figures.....	9
Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Contexte industriel et justification du projet .....	2
I.1 Sonatrach et la raffinerie RA1K de Skikda .....	2
I.2 Présentation de l'unité Gas Plant 1 (U30).....	3
I.3 Enjeux et intérêts industriels du sujet.....	3
I.4 Problématique du contrôle et de la simulation de la colonne de distillation .....	3
Chapitre II : État de l'art sur la séparation des GPL et outils de simulation .....	6
II. 1 Fondements thermodynamiques de la dépropanisation par distillation.....	6
II. 2 Description du procédé global de l'unité U30.....	6
II. 3 Principes de fonctionnement d'une colonne de dépropanisation .....	7
II. 4 Modélisation et choix du modèle thermodynamique .....	8
Chapitre III : Modélisation et expérimentations sous Aspen HYSYS .....	11
III.1 Objectifs de la simulation.....	11
III.2 Données industrielle et conditions opératoire .....	11
III.3 Construction du modèle sous Aspen HYSYS .....	12
III.4 Résultat, vérification et ajustement du modèle.....	13
Chapitre IV : Analyse des résultats, évaluation et recommandations .....	19
IV.1 Évaluation des performances simulées par rapport aux données industrielles .....	19
IV.2 Écart entre modèle de design et simulation corrigée : interprétation des résultats.....	20
IV.3 Analyse de sensibilité et recommandations .....	21
IV.4 Limites du modèle et perspectives d'amélioration .....	22
Conclusion générale et perspectives.....	23
Références .....	24
Annexe .....	26

## Liste des abréviations

Abréviation	Signification
<i>API</i>	American Petroleum Institute
<i>ASPEN</i>	Advanced System for Process Engineering
<i>C<sub>3</sub></i>	Propane
<i>C<sub>4</sub></i>	Butane
<i>GPL</i>	Gaz de Pétrole Liquéfié
<i>HYSYS</i>	Hyprotech Systems (logiciel de simulation de procédé)
<i>PFD</i>	Process Flow Diagram
<i>PIDs</i>	Piping and Instrumentation Diagrams
<i>CDU</i>	Crude distillation unit
<i>RAIK</i>	Raffinerie Algérienne de Skikda
<i>RVP</i>	Reid Vapor Pressure
<i>U30</i>	Unité Gas Plant 1

## Liste des tableaux

<b>TABLEAU II. 1 :</b> COMPARAISON DES MODELES THERMODYNAMIQUES POUR LA SIMULATION DES EQUILIBRES LIQUIDE-VAPEUR DANS LES COLONNES DE DEPROPANISATION	<b>8</b>
<b>TABLEAU III. 1 :</b> COMPOSITION MOLLAIRE TYPIQUE DE LA CHARGE EN ENTREE DE LA COLONNE DE DEPROPANISATION	<b>11</b>
<b>TABLEAU III. 2 :</b> PARAMETRES DES COLONNES DE DISTILLATION UTILISEES DANS LA SIMULATION	<b>12</b>
<b>TABLEAU III. 3 :</b> INFLUENCE DU DEBIT DE FUEL GAZ SUR LES COMPOSES RECUPERES ET LA PURETE DU PROPANE DANS LES COLONNES T-100 ET T-101	<b>16</b>
<b>TABLEAU IV. 1 :</b> COMPARAISON DES PARAMETRES CLES ENTRE LES DONNEES INDUSTRIELLES ET LES RESULTATS DE SIMULATION HYSYS APRES AJUSTEMENT DU FUEL GAS	<b>19</b>
<b>TABLEAU IV. 2 :</b> COMPARAISON DES PARAMETRES CLES ENTRE LE DESIGN SIMULE ET LES RESULTATS DE SIMULATION CORRIGEE SOUS HYSYS	<b>20</b>

## Liste des figures

<b>FIG I.1 :</b> SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA RAFFINERIE RA1K DANS LA ZONE INDUSTRIELLE DE SKIKDA [7]	2
<b>FIG I 2 :</b> SCHEMA GLOBAL DU PROCEDE DE TRAITEMENT ET SEPARATION DES GPL DANS L'UNITE GAS PLANT 1 (U30).	5
<b>FIG II.1 :</b> COMPARAISON DES RESULTATS DE SIMULATION SOUS HYSYS POUR LES TROIS MODELES THERMODYNAMIQUES : (A) PENG-ROBINSON, (B) SOAVE-REDLICH-KWONG, (C) CHAO-SEADER.	10
<b>FIG III.1:</b> SCHEMA DE SIMULATION HYSYS DE L'UNITE GAS PLANT CAS DESIGN.	13
<b>FIG III.2 :</b> SIMULATION DE LA COLONNE CAS REEL	14
<b>FIG III.3 :</b> ANALYSE DES DYSFONCTIONNEMENTS SIMULES SOUS HYSYS DANS LES COLONNES T-100 (DETHANISEUR) ET T-101 (DEPROPANISEUR)	15
<b>FIG III.4 :</b> SIMULATION CORRIGEE APRES AJUSTEMENT DU FUEL GAS	18
<b>FIG IV .1 :</b> COMPARAISON DES PROFILS DE TEMPERATURE ET DE PRESSION ENTRE LE CAS DESIGN ET LA SIMULATION HYSYS CORRIGEE.	21

## Introduction Générale

L'industrie pétrolière joue un rôle stratégique dans l'économie de nombreux pays, y compris ceux où l'extraction d'hydrocarbures est la principale source de revenus. Au centre de cette dynamique se trouve la société algérienne Sonatrach, qui assure la majorité de la production, du transport et du raffinage du pétrole brut du pays.

Le processus de raffinage repose sur plusieurs opérations unitaires complexes, dont la distillation fractionnée, qui permet de séparer les mélanges d'hydrocarbures en différentes fractions en fonction de leur point d'ébullition, ce qui permet de produire du propane, du butane, de l'essence et d'autres produits commercialement viables[1]. Le cœur de l'unité Gas Plant 1 (U30) de RA1K est la récupération et la séparation du gaz de pétrole liquéfié (GPL). Une étape importante de ce processus est la dépropanisation, qui consiste à retirer le propane des composants les plus lourds à l'aide d'une colonne de distillation fonctionnant dans des conditions thermodynamiques précises. Cependant, plusieurs paramètres opératoires influencent ses performances d'une colonne de distillation. Une petite modification de l'un de ces paramètres peut entraîner une baisse de la qualité du produit, une hausse de la consommation d'énergie, voire des risques pour la sécurité de l'installation. Il devient donc crucial de comprendre le fonctionnement de la colonne afin d'en augmenter l'efficacité et de garantir sa conformité aux spécifications techniques. L'utilisation d'outils de simulation numérique apparaît comme une réponse pertinente à ces problèmes [2].

Aspen HYSYS, un simulateur largement utilisé dans l'industrie pétrolière, permet de reproduire virtuellement les phénomènes de séparation en tenant compte des conditions réelles d'exploitation. Grâce à une modélisation rigoureuse, il est désormais possible d'examiner des scénarios d'optimisation, d'identifier les écarts potentiels par rapport au comportement attendu et de vérifier les performances actuelles de la colonne de dépropanisation[3]. Ce projet de fin d'étude s'inscrit dans cette dynamique au sein de la raffinerie RA1K, avec pour objectif l'analyse du fonctionnement de la colonne de dépropanisation à l'aide du logiciel Aspen HYSYS. La simulation vise à optimiser les performances techniques et énergétiques de l'unité, à évaluer l'efficacité de la séparation du propane et à étudier la sensibilité du procédé aux principaux paramètres opérationnels [4], [5].

Pour mener à bien cette étude, une méthodologie progressive a été choisie. Elle commence par une phase de collecte de données industrielles et de compréhension du fonctionnement mondial de l'unité U30. Ensuite, un modèle de simulation a été développé à l'aide d'Aspen HYSYS en incorporant des données de terrain réelles. Les résultats de cette modélisation ont ensuite été examinés et comparés aux performances référencées. Enfin, une étude de sensibilité a été menée pour évaluer l'impact des paramètres clés sur l'efficacité du procédé et proposer des ajustements potentiels susceptibles de maximiser ses performances.

# Chapitre I : Contexte industriel et justification du projet

## I.1 Sonatrach et la raffinerie RA1K de Skikda

Créée en 1963, Sonatrach est la compagnie nationale des hydrocarbures en Algérie. Elle occupe une place stratégique dans le développement économique du pays, en assurant l'exploration, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures [2].



**Fig I.1** : Situation géographique de la raffinerie RA1K dans la zone industrielle de Skikda [6]

La raffinerie RA1K de Skikda, mise en service en 1969, est la plus grande du pays. Située dans la zone industrielle de Skikda, elle traite environ 16 millions de tonnes de brut par an, soit environ 300 000 barils par jour. Elle intègre plusieurs unités industrielles couvrant la distillation, le reformage, la désulfuration, le traitement de GPL, et un complexe pétrochimique. RA1K fournit à la fois le marché national et des marchés d'exportation vers l'Europe et le bassin méditerranéen.

## **I.2 Présentation de l'unité Gas Plant 1 (U30)**

L'unité Gas Plant 1 (U30) est dédiée au traitement des gaz de pétrole liquéfiés (GPL). Elle reçoit des charges issues des unités Topping (U10) et Magnaforming (U100), qu'elle traite à travers plusieurs étapes :

- Le séchage, pour éliminer l'eau et prévenir la formation d'hydrates,
- Le dégazage, pour extraire les gaz légers (méthane, éthane),
- Et surtout, la distillation fractionnée, en particulier la dépropanisation, qui permet de récupérer le propane en tête et les butanes en fond de colonne.

Cette unité joue un rôle essentiel dans la valorisation des fractions légères et la conformité des produits finis aux spécifications commerciales. La figure I 2 illustre les étapes principales du procédé, incluant les colonnes DE-C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub> Splitter, les unités de séchage et régénération, ainsi que les circuits de recyclage, de fuel gas et de stockage [7]

## **I.3 Enjeux et intérêts industriels du sujet**

L'optimisation des colonnes de distillation est un levier important dans un contexte industriel où les questions de performance énergétique et de fiabilité sont désormais cruciales [8]. Dans les unités de traitement du GPL, la dépropanisation constitue une étape clé du raffinage permettant de valoriser le propane séparément des butanes, conformément aux principes fondamentaux du génie chimique appliqué aux hydrocarbures [9].

Ce projet est motivé par plusieurs facteurs :

- La nécessité de vérifier et d'optimiser les performances réelles de la colonne.
- L'importance d'assurer une séparation efficace et conforme aux spécifications du propane.
- La volonté de contribuer à l'amélioration continue des performances opérationnelles de la raffinerie ;
- L'intérêt d'utiliser un simulateur industriel puissant comme Aspen HYSYS, qui permet de modéliser les comportements complexes de ces systèmes.

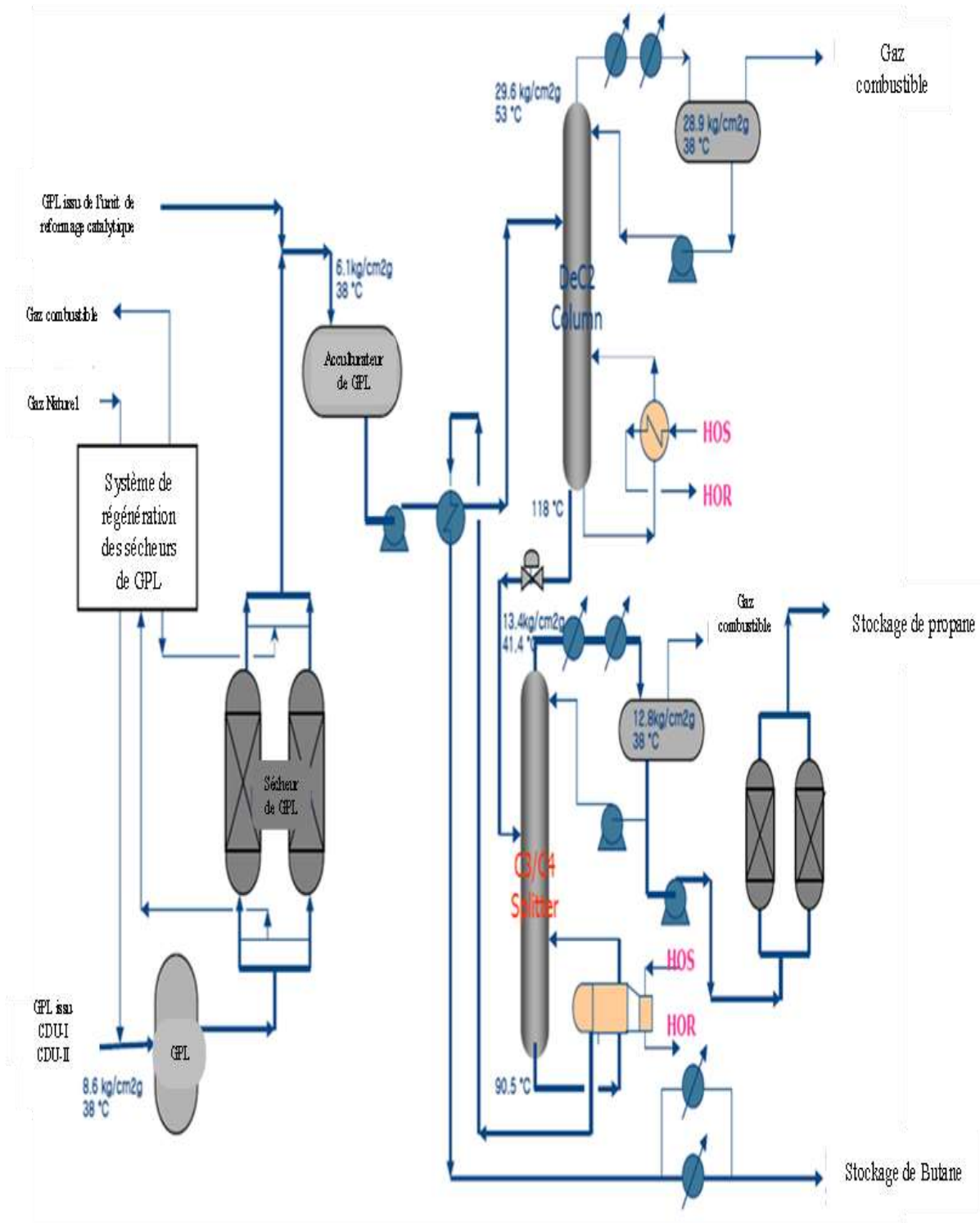
## **I.4 Problématique du contrôle et de la simulation de la colonne de distillation**

Le processus de séparation par distillation thermique est très sensible aux conditions de fonctionnement. Pour garantir un fonctionnement optimal de la colonne, il est essentiel de

contrôler avec précision un certain nombre de paramètres interdépendants, tels que la pression, la température, le taux de reflux et le point d'alimentation [8], [10].

Toute variation, aussi minime soit-elle, peut entraîner des déséquilibres importants dans la colonne, qui affectent simultanément les éléments suivants : La pureté des produits (propane et butane) ; la consommation d'énergie, y compris au niveau du rebouilleur ; et le comportement dynamique global de l'unité, qui comporte un risque de dysfonctionnement ou d'arrêt [11].

Dans ce cas, la maîtrise du procédé ne peut pas être basée uniquement sur l'analyse empirique. Il est donc nécessaire d'utiliser des outils de simulation fiables pour valider le comportement réel de la colonne. Ces derniers permettent d'évaluer les performances opérationnelles actuelles de la colonne, d'identifier les écarts entre les données industrielles et le modèle théorique, et d'effectuer une analyse de sensibilité pour déterminer les facteurs qui ont le plus d'impact sur l'efficacité du procédé. Le programme de simulation Aspen HYSYS, largement utilisé dans l'industrie pétrolière, constitue une plate-forme pertinente pour la mise en œuvre de cette stratégie. La simulation thermodynamique permet d'obtenir une représentation fixe en comparant les résultats de la simulation avec les observations sur le terrain [12].



**Fig I.2** : Schéma global du procédé de traitement et séparation des GPL dans l'unité Gas Plant 1 (U30).

# Chapitre II : État de l'art sur la séparation des GPL et outils de simulation

## II. 1 Fondements thermodynamiques de la dépropanisation par distillation

Une technique de séparation thermique utilisée dans l'industrie pétrolière est la distillation fractionnée. Son principe repose sur le fait que les constituants d'un mélange diffèrent par leur volatilité, ce qui permet de les séparer en fonction de leur point d'ébullition. Les constituants les plus volatils se déplacent vers le haut (le sommet de la colonne), tandis que les constituants les moins volatils s'accumulent en bas. Cette séparation progressive s'effectue sur plusieurs plateaux ou zones d'échange liquide-vapeur[1], [10] .

La colonne de dépropanisation permet d'obtenir un produit en tête dont les caractéristiques, notamment la tension de vapeur de Reid (RVP), sont contrôlées afin de garantir sa conformité aux spécifications commerciales. Cette mesure est essentielle pour vérifier la volatilité du propane, en particulier dans le cadre de son stockage ou de son transport. Description du procédé global de l'unité U30 [13]

## II. 2 Description du procédé global de l'unité U30

L'unité Gas Plant-I (U30) est conçue pour le traitement et le fractionnement des gaz de pétrole liquéfiés (GPL), en provenance directe des unités CDU-I (Topping) et Magnaforming . Ces gaz contiennent principalement du propane, du butane, de l'eau, et des gaz légers indésirables (comme le méthane et l'éthane), qui ne peuvent être valorisés sous forme brute [14]. L'unité U30 permet leur purification via trois grandes étapes [7] :

- Le séchage de la charge,
- La dééthanisation,
- La séparation propane / butane ( $C_3/C_4$ ).

Les produits finis obtenus (propane et butane) sont conformes aux spécifications commerciales, tandis que les sous-produits sont valorisés comme combustibles au sein de la raffinerie. Étapes principales du traitement :

### a. Section de séchage

Le GPL brut contient deux formes d'eau : libre et dissoute. L'élimination s'effectue en deux temps :

- Un coalesceur élimine l'eau libre,
- Puis le gaz passe dans des colonnes à tamis moléculaire fonctionnant en alternance (adsorption/régénération au gaz chaud) pour retirer l'eau dissoute.

Après cette opération, le gaz est envoyé vers un ballon tampon avant la colonne de dééthanisation.

#### **b. Section de dééthanisation**

Le GPL séché est stabilisé dans un ballon d'accumulation (30-V-1) à une la température de 38 °C. Il est ensuite pompé, préchauffé à 81,2 °C puis injecté au 17<sup>e</sup> plateau de la colonne de dééthanisation (30-C-51). Cette colonne extrait en tête le méthane et l'éthane, tandis que le mélange dééthanisé (propane + butane) est récupéré en fond.

#### **c. Section de séparation propane/butane (dépropanisation)**

La séparation entre propane et butanes 'effectue dans la colonne 30-C-3, opérant à haute pression et température. Le propane est récupéré en tête, partiellement condensé, puis dirigé vers un stockage temporaire. Le butane est récupéré en fond, réchauffé au rebouilleur, refroidi puis stock.

Le fonctionnement global de cette unité est résumé dans le schéma P&ID présenté en annexe.

### **II. 3 Principes de fonctionnement d'une colonne de dépropanisation**

Une colonne de dépropanisation repose sur les principes suivants :

- Utilisation d'un condenseur total en tête pour générer le reflux,
- Chauffage par rebouilleur en base pour assurer l'évaporation partielle,
- Échange entre les phases liquides descendantes et vapeur montante sur des plateaux théoriques.

Les paramètres essentiels influençant la performance sont :

- Pression de fonctionnement,
- Taux de reflux,
- Nombre de plateaux théoriques,
- Température d'alimentation.

Ce fonctionnement général est adapté aux séparations de type propane/butane sous pression intermédiaire. Les spécificités de l'unité U30 seront développées dans les chapitres suivants.  
Ref etat de l'art

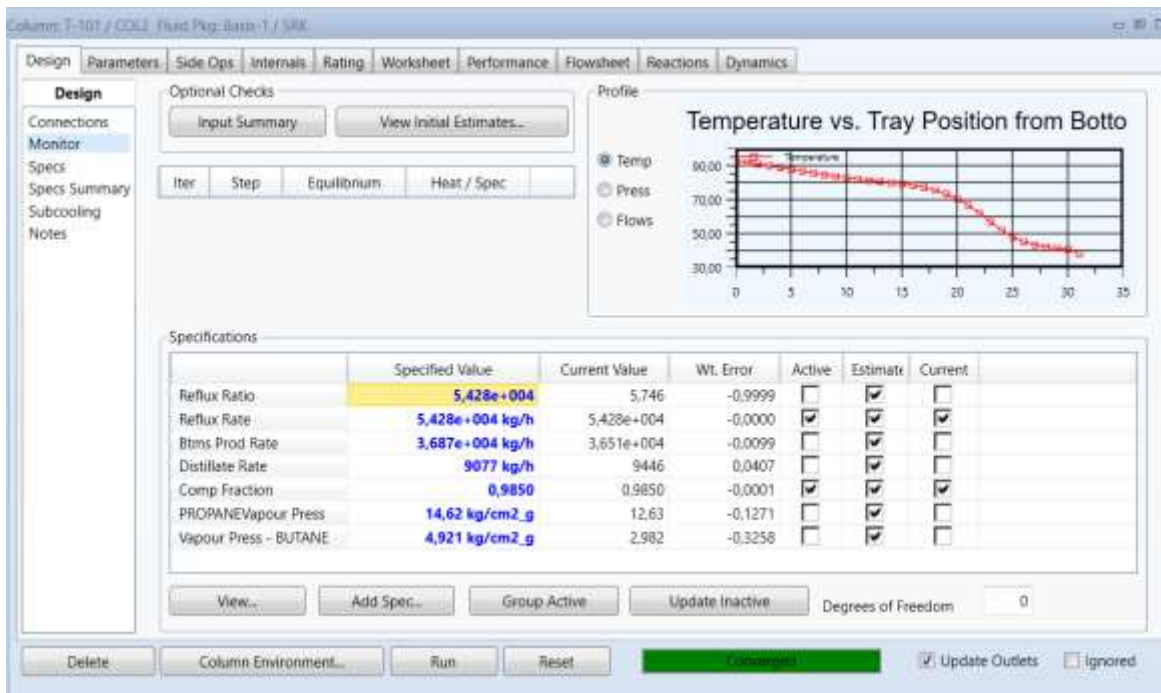
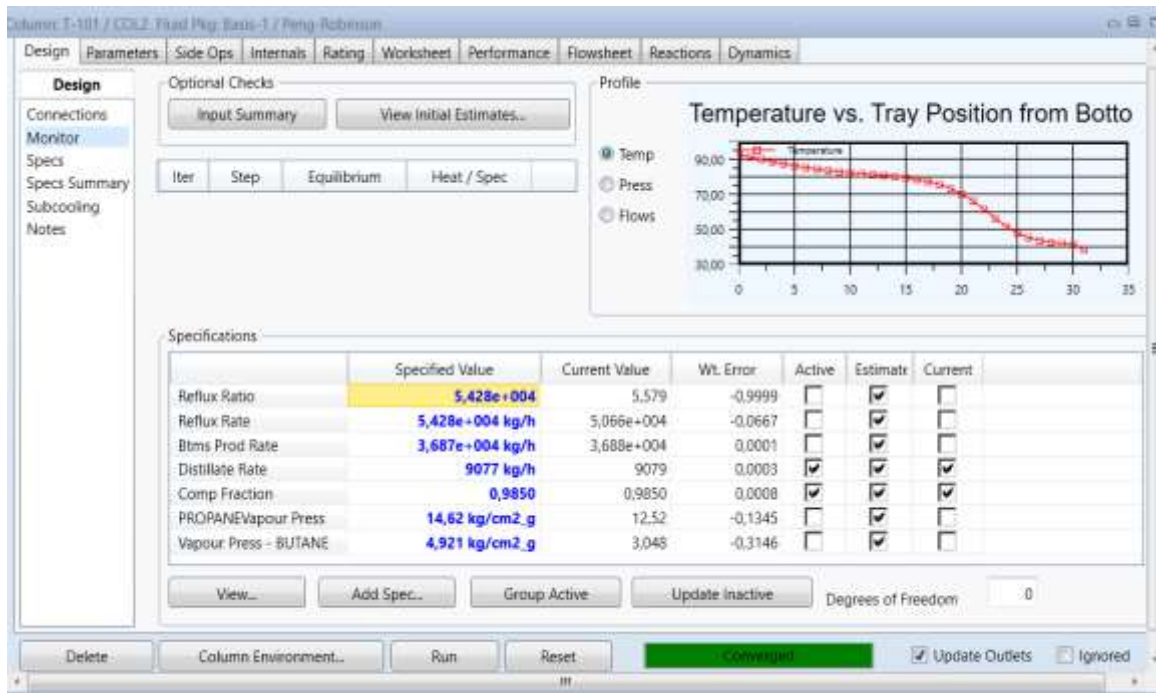
## II. 4 Modélisation et choix du modèle thermodynamique

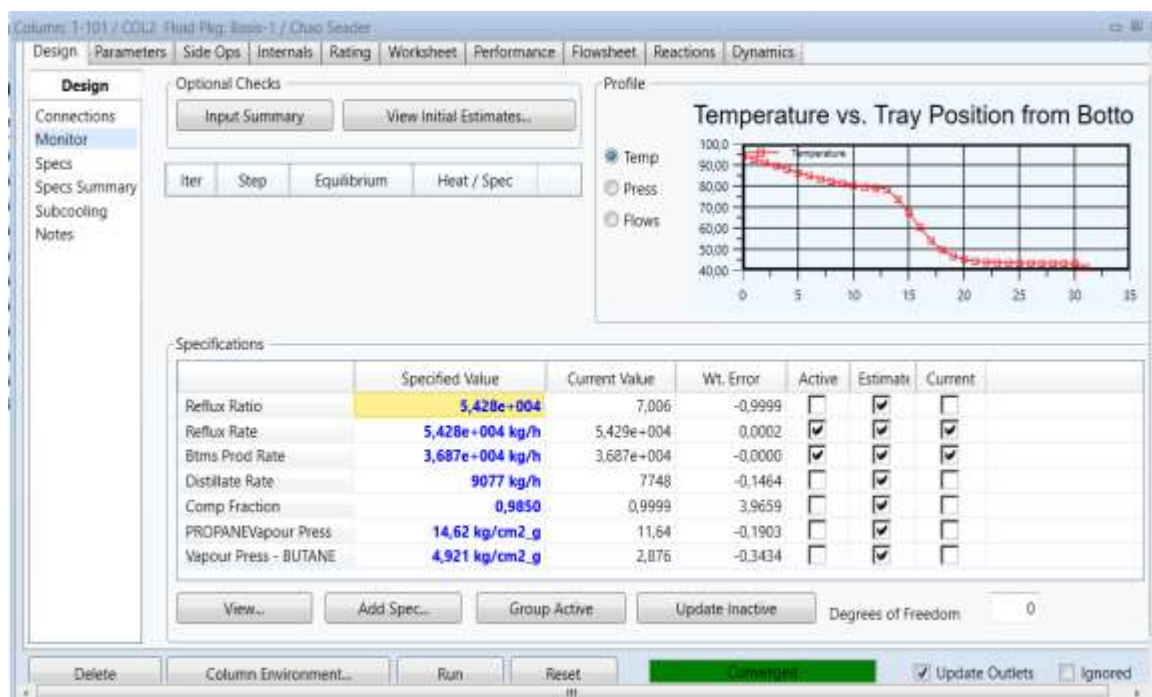
La simulation permet de prédire le comportement des colonnes, d'identifier les différences avec la réalité et d'optimiser les performances énergétiques. Elle est basée sur la théorie des plateaux idéaux, l'équilibre liquide-vapeur et des modèles thermodynamiques appropriés aux mélanges considérés. Le choix d'un modèle thermodynamique est crucial pour assurer la fiabilité de la simulation. Trois modèles existants ont été évalués et compilés dans le tableau II.1.

**Tableau II. 1** : Comparaison des modèles thermodynamiques pour la simulation des équilibres liquide-vapeur dans les colonnes de dépropanisation

Modèle	Domaine d'application	Avantages	Limites
<b>SRK (Soave-Redlich-Kwong)[15]</b>	Gaz naturels, mélanges non polaires à pression modérée	Simple, robuste, adapté aux hydrocarbures légers	Moins précis pour les composés polaires ou conditions critiques
<b>Peng-Robinson (PR) [16]</b>	Hydrocarbures légers et gaz à pression modérée	Très utilisé pour les GPL, bon compromis précision/stabilité	Moins précis que Chao-Seader pour les liquides lourds
<b>Chao-Seader [17]</b>	Liquides, mélanges contenant des composés polaires ou lourds	Bonne précision dans les systèmes liquides complexes	Moins adapté aux mélanges gazeux légers à haute pression

Cette approche méthodologique est également soutenue par de nombreuses recherches et études industrielles. En effet, Ramezani et al. (2017) ont démontré que l'utilisation du modèle PR permettait de réduire significativement la consommation d'énergie tout en améliorant la prédiction de la pureté du propane dans les colonnes de séparation C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>. Benmoussa (2019) a validé par simulation la performance d'une colonne de dééthanisation au GPL à l'aide du modèle PR, en environnement algérien [14]. El Gollu et al. (2021) ont mené une étude comparative entre les modèles SRK, PR et Chao-Seader, concluant que le modèle Peng-Robinson offrait le meilleur compromis pour des conditions de pression intermédiaire et des mélanges composés majoritairement de C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> [18].





**Fig II.1** : Comparaison des résultats de simulation sous HYSYS pour les trois modèles thermodynamiques : (a) Peng-Robinson, (b) Soave-Redlich-Kwong, (c) Chao-Seader.

Ces résultats confirment le choix opéré dans ce travail et soulignent l'importance de l'adéquation entre le type de fluide, les conditions opératoires, et la formulation thermodynamique utilisée pour garantir une simulation fiable et exploitable. Le modèle Peng-Robinson a été retenu dans cette étude pour sa pertinence dans les conditions opératoires rencontrées (pression intermédiaire, C3–C4), sa précision sur les équilibres liquide-vapeur, et sa large validation dans la littérature.

La configuration détaillée du modèle de simulation est présentée dans le Chapitre III.

# Chapitre III : Modélisation et expérimentations sous Aspen HYSYS

## III.1 Objectifs de la simulation

L'objectif principal de cette simulation est de reproduire le comportement réel de la colonne de dépropanisation de l'unité U30, à l'aide du logiciel de simulation HYSYS. Cette approche permet

- Valider les performances actuelles de l'unité en régime nominal,
- Identifier les écarts potentiels entre le modèle théorique et la réalité industrielle,
- Etudier l'influence des paramètres clés (reflux, pression, température) sur l'efficacité de la séparation.
- Préparer une base de travail fiable pour des analyses avancées (sensibilité, optimisation, diagnostic) vise ainsi à renforcer la compréhension du fonctionnement de l'unité et à soutenir les décisions techniques en exploitation.

## III.2 Données industrielle et conditions opératoire

La simulation repose sur des données collectées directement auprès de l'unité U30 de la raffinerie RA1K de Skikda. Le tableau III.1 présente la composition approximative du mélange alimentant la colonne de dépropanisation :

**Tableau III. 1** : Composition molaire typique de la charge en entrée de la colonne de dépropanisation

Composition	Pourcentage
Méthane (C1)	Traces
Éthane (C2)	1– 2 %
Propane (C3)	~20 %
Isobutane (iC4)	10 – 25 %
Butane normal (nC4)	55 – 65 %

isopentane (iC5)	Traces
Pentane (C5)	Traces

### III.3 Construction du modèle sous Aspen HYSYS

Le modèle a été construit à partir des spécifications industrielles, en suivant les étapes suivantes [19]:

- Sélection du modèle thermodynamique Peng-Robinson (voir justification en chapitre II)
- Déclaration des composants (C1 à C5)
- Définition du courant d'alimentation avec les données industrielles
- Ajout d'une pompe et d'un réchauffeur (heater) dans le procédé.
- Implémentation de deux colonnes de distillation dans le schéma de simulation.
- Mise en place d'un condenseur total en tête de la colonne T-101, d'un condenseur à reflux total en tête de la colonne T-100, ainsi que d'un rebouilleur de type Kettle en pied de colonne.
- Configuration des flux de distillat (propane) et de résidu (butanes).
- Intégration des équipements périphériques : régulation du reflux, contrôle des températures et des pressions.

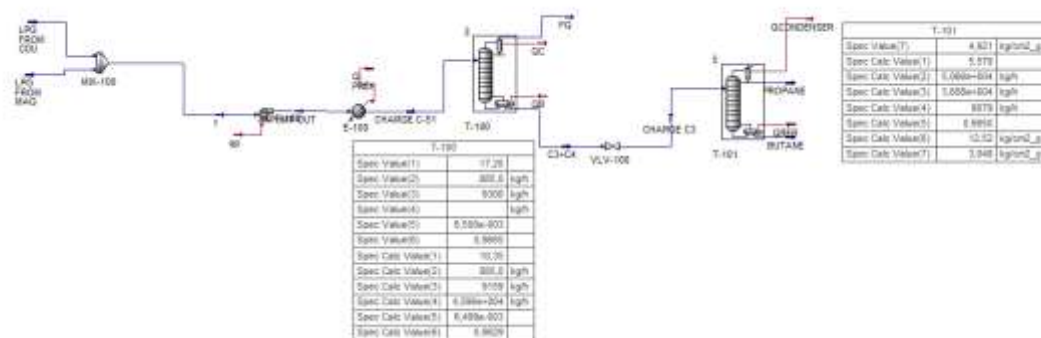
Le tableau III.2 résume les caractéristiques principales des deux colonnes de distillation intégrées dans le modèle de simulation sous Aspen HYSYS.

**Tableau III. 2** : Paramètres des colonnes de distillation utilisées dans la simulation

Colonne	Désignation	Nombre de plateaux	Plateau d'introduction du mélange
T-100	Dééthaniseur	25	13
T-101	Dépropaniseur	30	13

Ce modèle reproduit fidèlement le comportement stationnaire de la colonne de dépropanisation en intégrant les contraintes opérationnelles propres à l'usine à gaz 1 (U30) et en s'appuyant sur des données industrielles réelles. Il prend en compte les paramètres thermodynamiques clés, les conditions de fonctionnement (telles que la température, la pression et le débit) et les spécifications nécessaires pour les produits à séparer. De nombreuses études, dont celle d'Aly et El-Far (2008), ont confirmé l'efficacité du logiciel HYSYS pour la modélisation des procédés de séparation des hydrocarbures [20].

La simulation de cette configuration de base, sans dispositif d'optimisation thermique, a été réalisée sous Aspen HYSYS et est illustrée dans la Figure III.1 ci-après.



**Fig III 1:** Schéma de simulation HYSYS de l'unité Gas Plant cas design.

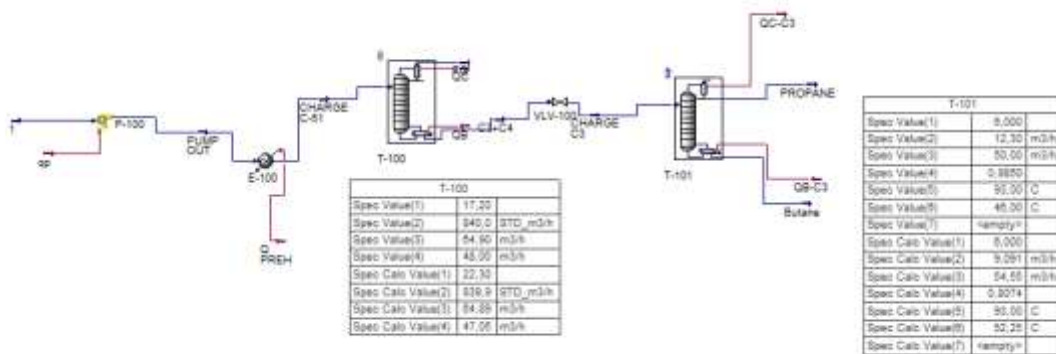
Cette figure présente le montage initial utilisé comme référence pour la modélisation. Il comprend les équipements essentiels de la colonne de dépropanisation dans leur configuration standard, sans intégration d'échangeur de chaleur.

### III.4 Résultat, vérification et ajustement du modèle

Après la stabilisation du schéma sous Aspen HYSYS, le modèle a été validé par une comparaison approfondie entre les résultats de simulation et les données industrielles réelles de l'unité Gas Plant 1 (U30).

Les modifications apportées au modèle de base, ainsi que les ajustements effectués pour refléter

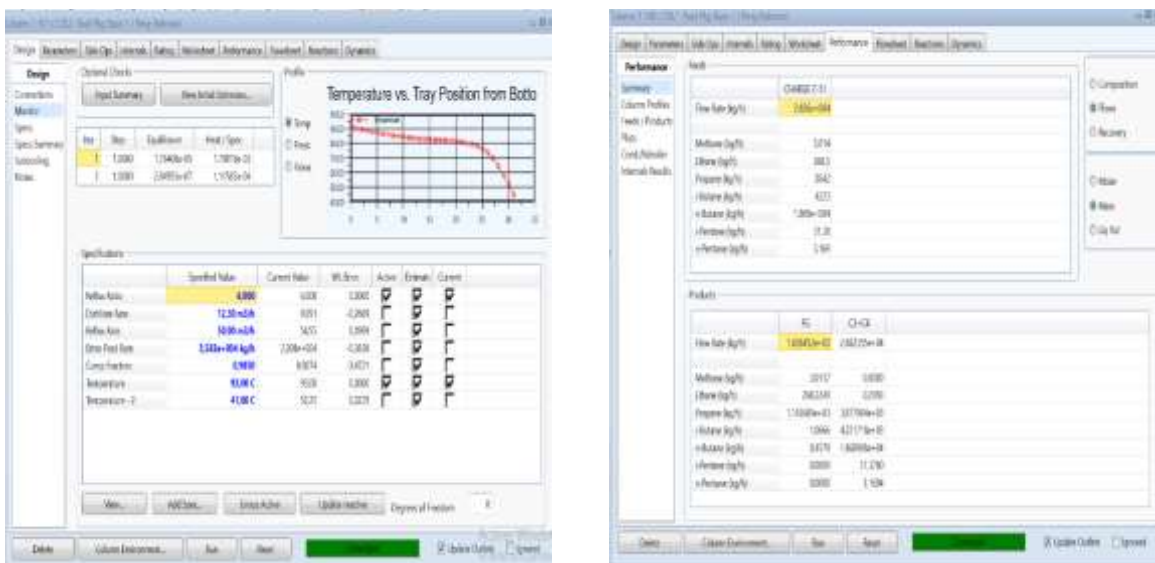
fidèlement le comportement observé sur site, sont représentés dans le schéma de simulation mis à jour présenté ci-dessous (Fig III.2)

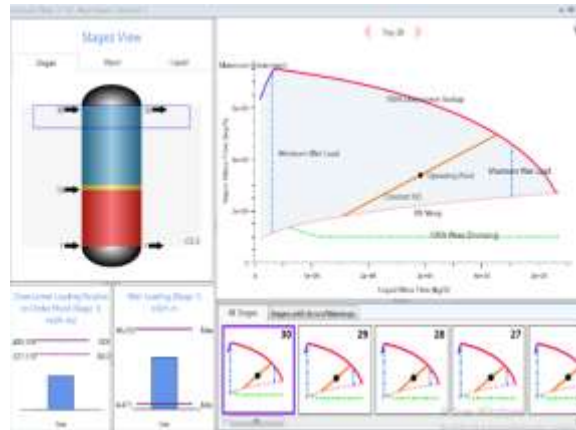


**Fig III.2** : Simulation de la colonne cas réel

Une diminution significative du débit et de la pureté du propane a été constatée lors de l'analyse des résultats de simulation de la colonne de dépropanisation sous Aspen HYSYS. Ces valeurs sont inférieures aux performances attendues, ce qui suggère un déséquilibre ou un dysfonctionnement potentiel au niveau du processus de séparation.

Un impact économique significatif pourrait résulter d'une telle baisse de performance due à une récupération inadéquate du propane disponible dans le commerce. Cela justifie la mise en œuvre d'une analyse approfondie pour déterminer les raisons de cette sous-performance. Les résultats correspondants sont présentés dans la figure III.3.





**Fig III.3** : Analyse des dysfonctionnements simulés sous HYSYS dans les colonnes T-100 (déthaniseur) et T-101 (dépropaniseur)

Suite à l’observation des pertes de pureté dans la colonne de dépropanisation, une estimation a été réalisée pour quantifier la perte de propane dans le fuel gaz en tête de la colonne de dééthanisation (T-100).

Les données suivantes ont été utilisées pour ce calcul :

- Débit total de fuel gaz : 840 kg/h
- Fraction massique de propane :  $X_{C3} = 0,443$
- Masse volumique du propane :  $\rho = 0,4361 \text{ kg/L}$

Le débit massique du propane perdu ( $D_2$ ) a été estimé par la formule :

$$D_2 = \text{Débit fuel gaz} \times X_{C3} \times \rho = 162,28 \text{ kg/h}$$

Cette perte représente un enjeu économique non négligeable. Pour y remédier, un ajustement progressif du débit de fuel gaz a été réalisé dans HYSYS afin de reproduire plus fidèlement les pertes réelles observées. Une nouvelle simulation a confirmé une amélioration notable de la performance de séparation et une réduction significative de l’écart avec les données industrielles. les résultats obtenues sont représentés dans le tableau III.3

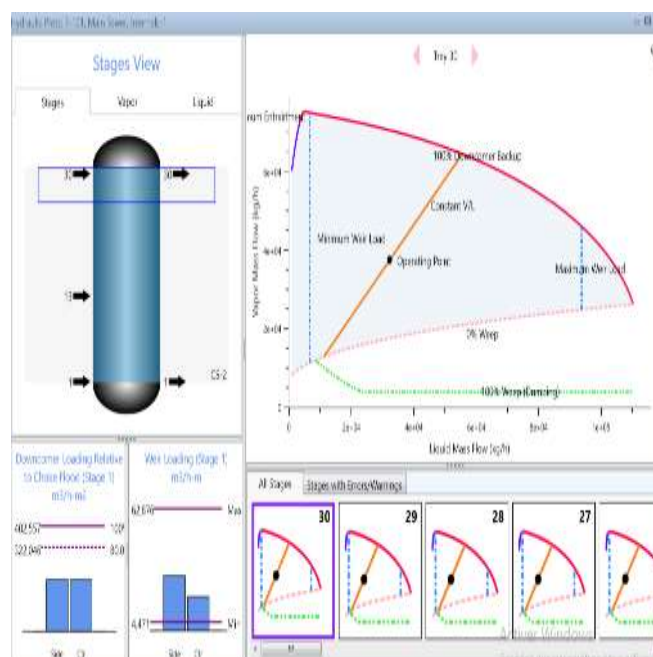
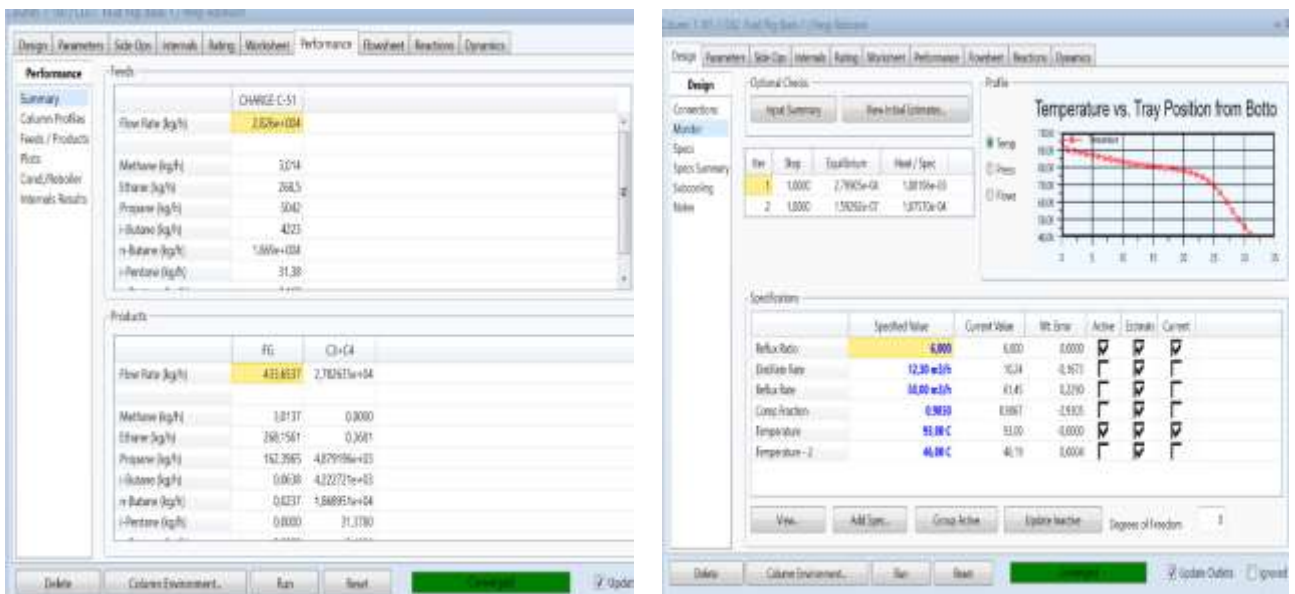
**Tableau III. 3** : Influence du débit de fuel gaz sur les composés récupérés et la pureté du propane dans les colonnes T-100 et T-101

Essaie	Charge fuel gaz ( $m^3/h$ ) T-100	Ethane dans tête ( $kg/h$ ) T-100	Propane dans tête ( $kg/h$ ) T-100	Ethane dans fond ( $kg/h$ ) T-100	Propane dans fond ( $kg/h$ ) T-100	Pureté propane T-101	Débit de propane ( $m^3/h$ ) T-101
0	840	268,2247	1162,83	0,2995	3878,75	0,8073	9,090
1	700	268,2247	903,9965	0,2995	4137,5	0,8353	9,391
2	500	268,18	530,65	0,3432	4510,93	0,8735	9,81
3	400	268,17	344,28	0,35	4690,37	0,8907	10,03
4	350	268,16	251,08	0,355	4790,5	0,8990	10,14
5	310	268,1588	176,53	0,3651	4865,05	0,9055	10,22
6	305	268,157	167,30	0,367	4874,29	0,9061	10,24
7	303	268,1565	163,69	0,3677	4877,9	0,9064	10,24
8	302,5	268,1558	162,44	0,3684	4879,14	0,9064	10,25
9	302,33	268,1559	162,259	0,3683	4879,3	0,9064	10,25
10	300	268,1548	157,937	0,3694	4883,65	0,9069	10,25
11	200	248,75	0,0025	19,78	5041,59	0,9190	10,44

Lors de l'essai n°9, avec un débit de fuel gaz ajusté à 302,33 kg/h, la quantité de propane présente dans le fuel gaz simulé (162,26 kg/h) s'est révélée quasiment identique à la valeur réelle attendue (162,28 kg/h). Cette convergence témoigne de la précision atteinte dans le réglage du modèle. En parallèle, on observe une augmentation progressive de la récupération du propane en fond de colonne, indiquant une amélioration significative de l'efficacité de séparation.

Cet ajustement progressif a permis de déterminer une valeur optimale du débit de fuel gaz, assurant une bonne concordance entre simulation et données industrielles. Il met également en évidence la sensibilité du système à ce paramètre et souligne l'importance de son bon réglage pour garantir les performances du procédé.

Pour confirmer la validité de ce point de fonctionnement optimal, un ajustement fin du débit de fuel gaz a été appliqué dans HYSYS. Ce réglage a permis de stabiliser les conditions opératoires tout en réduisant efficacement les pertes de propane en tête de colonne. Les résultats obtenus suite à cet ajustement sont présentés dans la figure III 4.



### **Fig III.4 : Simulation corrigée après ajustement du fuel gas**

On observe sur la figure que les débits de distillat et de résidu sont stabilisés, et que les fractions molaires simulées sont plus proches des données industrielles. Cela confirme que le réglage fin du débit de fuel gas est un levier essentiel pour atteindre un fonctionnement plus efficace de la colonne de dépropanisation.

De plus, cette simulation corrigée met en évidence une amélioration du profil thermique et de la séparation, notamment par :

- une meilleure récupération du propane en fond de T-100,
- une augmentation de la pureté du distillat en T-101 (propane),
- une réduction des pertes économiques associées à la sous-performance initiale.

La Figure III.4 illustre donc le passage d'un régime sous-optimal à un point de fonctionnement affiné et performant, démontrant toute l'utilité du simulateur HYSYS pour le réglage des paramètres critiques dans une perspective d'optimisation industriel

## Chapitre IV : Analyse des résultats, évaluation et recommandations

Ce chapitre présente l'analyse détaillée des résultats obtenus à partir de la simulation HYSYS de la colonne de dépropanisation de l'unité U30. Après ajustement du modèle, une comparaison est effectuée entre les valeurs simulées, les données industrielles réelles et les paramètres de conception. Une analyse de sensibilité est ensuite menée pour identifier les variables influentes, suivie de recommandations techniques visant à améliorer la performance de séparation. Enfin, les limites du modèle développé sont discutées pour envisager des perspectives d'amélioration.

### IV.1 Évaluation des performances simulées par rapport aux données industrielles

La simulation réalisée sous Aspen HYSYS a permis de modéliser avec précision le fonctionnement de la colonne de dépropanisation à partir des données réelles. Le tableau IV.1 présente la comparaison des paramètres clés.

**Tableau IV. 1** : Comparaison des paramètres clés entre les données industrielles et les résultats de simulation HYSYS après ajustement du fuel gas

Paramètre	Données industrielles	Résultats HYSYS	Écart relatif (%)
Température au sommet (°C)	39,7	41,49	4,51 %
Température au bas (°C)	93	93,16	0,17 %
Pression au sommet (kg/cm <sup>2</sup> )	12,50	12,50	0 %
Débit de tête (m <sup>3</sup> /h)	12,30	10,24	16,75 %
Débit de fond (m <sup>3</sup> /h)	37,5	38,97	3,92 %
Fraction molaire de C3 (top)	0,985	0,9068	7,94 %
Fraction molaire de C4 (fond)	0,99	0,9879	0,21%
Taux de reflux	6	6	0 %

La simulation a montré une bonne concordance avec les données industrielles, notamment sur la température de fond, la pression et la composition du butane. Quelques écarts notables restent présents au niveau de la température au sommet et de la pureté du propane, dus aux limites des modèles thermodynamiques.

#### IV.2 Écarts entre modèle de design et simulation corrigée : interprétation des résultats

Le tableau IV.2 met en évidence les écarts entre les résultats simulés (ajustés) et les paramètres de conception. On note un écart de température de 7,32 % au sommet, tandis que les autres valeurs restent proches.

**Tableau IV. 2** : Comparaison des paramètres clés entre le design simulé et les résultats de simulation corrigée sous HYSYS

Paramètre	Design simulé	Réel HYSYS	Écart relatif (%)
Température au sommet (°C)	38,66	41,49	7,32 %
Température au bas (°C)	92,74	93,16	0,45 %
Pression au sommet (kg/cm <sup>2</sup> )	12,80	12,50	2,34 %
Pression au bas (kg/cm <sup>2</sup> )	13,70	13,50	1,46 %
Fraction molaire de C3 (top)	0,985	0,9068	7,94 %
Fraction molaire de C4 (fond)	0,9696	0,9879	1,89 %
Taux de reflux	5,579	6	7,56 %

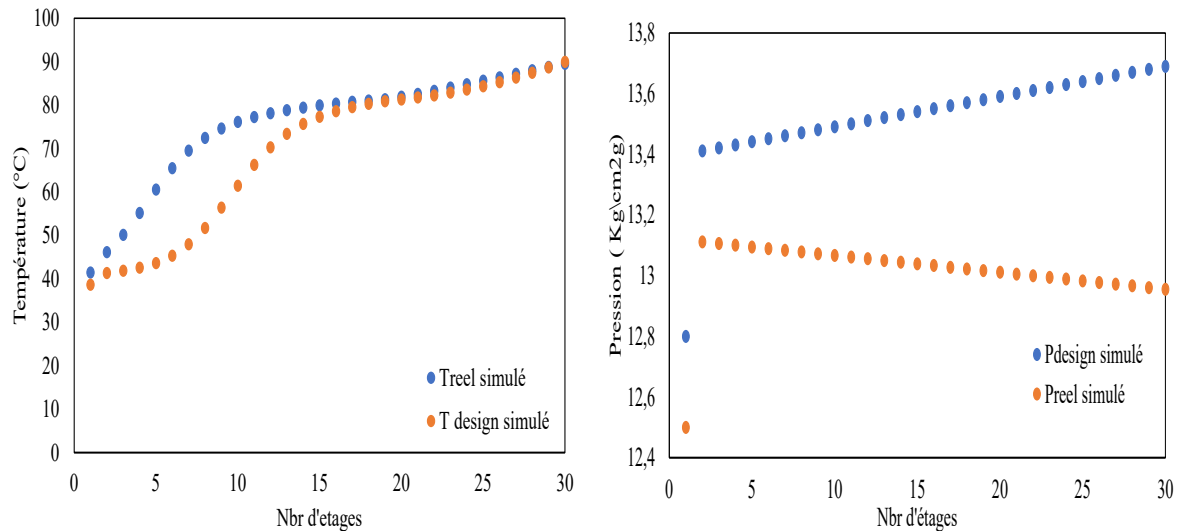
Les courbes comparatives de température et de pression mettent en évidence une légère élévation de la température simulée, principalement due à une réduction de la charge dans la simulation corrigée. Malgré cette variation, le modèle reste globalement représentatif du comportement réel de la colonne et pertinent pour l'évaluation des performances.

Pour mieux illustrer les écarts entre les conditions de design et les résultats obtenus sous HYSYS, deux courbes ont été tracées : l'une pour le profil de température, l'autre pour le profil de pression, respectivement au sommet et à la base de la colonne. Ces résultats sont présentés dans la Figure IV.1.

Selon la figure IV.1, l'écart de pression constaté entre le cas de design et la simulation corrigée peut être expliqué par une réduction de la charge dans cette dernière. Une diminution du débit global entraîne une circulation moindre des phases liquide et vapeur, ce qui réduit les pertes de charge internes et se traduit par une pression globale plus basse dans la colonne. De plus, en exploitation réelle, la régulation de la pression fonctionne de manière dynamique, ajustant en continu les conditions opératoires en fonction des variations du procédé. À l'inverse, le modèle de design repose sur des hypothèses fixes et idéalisées, ce qui limite sa capacité à refléter fidèlement les comportements transitoires.

Concernant la température, une charge réduite limite les effets de refroidissement interne liés aux échanges thermiques entre phases. Cela entraîne une élévation locale de la température, en particulier au sommet de la colonne. Cette tendance est clairement visible sur les courbes

comparatives, où la température simulée dépasse légèrement celle prévue par le design. Ce comportement est cohérent avec les phénomènes de fonctionnement en charge partielle.



**Fig IV.1** : Comparaison des profils de température et de pression entre le cas design et la simulation HYSYS corrigée.

### IV.3 Analyse de sensibilité et recommandations

Afin de mieux comprendre le comportement réel de la colonne de dépropanisation et d'identifier les paramètres les plus influents, une analyse de sensibilité a été menée sur trois variables clés : le taux de reflux, la pression de fonctionnement et le nombre de plateaux théoriques.

Les résultats montrent que le taux de reflux a un impact direct sur la pureté du propane. Une valeur de 6 s'avère être un bon compromis, assurant une séparation efficace sans surconsommation d'énergie. Une augmentation supplémentaire ne justifie pas les coûts énergétiques induits.

Concernant la pression de fonctionnement, bien qu'une légère baisse puisse théoriquement améliorer la séparation, les contraintes de sécurité et de stabilité du procédé imposent de maintenir une pression constante.

Comme l'indiquent Seader et al [21], l'augmentation du nombre de plateaux permet d'améliorer l'efficacité de la séparation, ce que confirme également la simulation réalisée. Toutefois, la mise en œuvre d'un tel ajustement impliquerait des modifications structurelles

importantes de la colonne, dont la faisabilité reste limitée à court terme dans le contexte industriel actuel.

Sur la base de ces observations et en lien direct avec la problématique de ce travail – vérifier et optimiser le fonctionnement réel de la colonne U30, les recommandations suivantes sont proposées :

- Maintenir le taux de reflux à 6, pour une séparation efficace et stable.
- Veiller à une régulation rigoureuse de la pression au sein de la colonne.
- Étudier, à moyen ou long terme, la faisabilité d'un ajout de plateaux, dans le cadre d'un projet de modernisation.
- Développer une modélisation dynamique du procédé pour mieux anticiper les phases transitoires.
- Intégrer progressivement une démarche d'optimisation énergétique à travers les outils disponibles dans HYSYS.

#### IV.4 Limites du modèle et perspectives d'amélioration

Même si la simulation réalisée sous HYSYS a bien reproduit le comportement global de la colonne de dépropanisation, certaines limites doivent être signalées.

Le modèle repose sur l'hypothèse de plateaux idéaux, ce qui ne prend pas en compte les pertes de charge, l'encrassement ou l'efficacité réelle des équipements internes. De plus, les pertes thermiques vers l'extérieur ne sont pas modélisées, ce qui peut fausser le bilan énergétique.

Par ailleurs, le modèle est en régime stationnaire, ce qui ne permet pas de simuler les phases transitoires du procédé (démarrages, perturbations). Enfin, le schéma ne comprend pas d'échangeur de chaleur, alors qu'un tel dispositif pourrait améliorer l'efficacité énergétique du système.

Ces éléments offrent des pistes claires pour améliorer le modèle à l'avenir :

- Développer une modélisation dynamique du procédé,
- Intégrer un échangeur de chaleur dans le schéma simulé,
- Ajouter des corrections pour l'efficacité réelle des plateaux,
- Utiliser les outils d'optimisation et de régulation avancée disponibles dans HYSYS.

## **Conclusion générale et perspectives**

Ce travail s'est appuyé sur les puissantes capacités de modélisation du logiciel Aspen HYSYS pour analyser et optimiser le fonctionnement de la colonne de dépropanisation de l'unité Gas Plant 1 (U30) de la raffinerie RA1K de Skikda. En simulant avec précision les conditions industrielles réelles, la simulation a permis de diagnostiquer les écarts de performance, de localiser les pertes de propane et de tester diverses stratégies d'amélioration. Une meilleure concordance entre les observations industrielles et les données simulées a été obtenue grâce à une analyse approfondie et à des ajustements progressifs du modèle. La recherche de sensibilité a montré l'importance de certains paramètres opérationnels, tels que le débit de gaz combustible et le taux de reflux, pour la purification et la récupération du propane. En conclusion, ce projet montre comment les outils de simulation peuvent contribuer de manière significative à l'optimisation de processus complexes. Il ouvre la voie à d'autres perspectives d'amélioration, telles que l'incorporation d'un modèle dynamique, une optimisation énergétique plus avancée et l'étude d'alternatives technologiques plus efficaces. Avec des améliorations potentielles en termes de performance, d'économie et de durabilité, ces résultats constituent une base précieuse pour les équipes au sol qui cherchent à maximiser l'utilisation de l'unité U30.

## Références

- [1] Kaiser. D. G. James H. Gary, Raffinage du pétrole : Technologie et économie, 5<sup>eme</sup> édition. Presse CRC, 2007.
- [2] “Sonatrach. (n.d.). Présentation de l’entreprise. .”
- [3] E. Sarath Yadav, T. Indiran, D. Nayak, C. Aditya Kumar, and M. Selvakumar, “Étude de simulation d’une colonne de distillation à l’aide d’Aspen plus,” in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2019, pp. 330–337. doi: 10.1016/j.matpr.2020.07.609.
- [4] N. M. Abdul and R. Al-Azzawi, “Simulation et optimisation d’un dépropaniseur à l’aide du logiciel de simulation Hysys,” *Eng. &Tech.Journal*, vol. 31, no. 18, 2013, doi: 10.30684/etj.31.18A.7.
- [5] K. Mohammedi, “Étude et simulation d’une unité de production de GPL à la raffinerie de Skikda (RA1K),” *École Nationale Polytechnique*, , Algérie, 2024.
- [6] “Carte satellite de la zone industrielle de Skikda et emplacement de la raffinerie RA1K.”
- [7] “Manuel opératoire de l’unité à gaz 1 (U30), Raffinerie RA1K, Skikda.”
- [8] Henry Z. Kister, *Distillation Design*, 1<sup>re</sup> édition. Éducation McGraw-Hill, 1992.
- [9] P.Wuithier, *Le pétrole raffinage et génie chimique*, Édition technique., vol. Tome 1. Paris, 1972.
- [10] L. M. Warren, C. S. Julian, and H. Peter, *opérations unitaires du génie chimique*, 5<sup>eme</sup> édition. 1993.
- [11] Gavin Towler et Ray Sinnott, *Conception en génie chimique*, Deuxième édition. 2012.
- [12] Luyben W. L., *Conception et contrôle de la distillation à l’aide d’Aspen Simulation*, Wiley-Interscience. 2006.
- [13] James G. Speight, *La chimie et la technologie du pétrole*, 5<sup>e</sup> édition. Presse CRC, 2014.
- [14] H. Benmoussa, “ Simulation d’une colonne de dééthanisation dans une unité GPL en Algérie,” *Université M’Hamed Bougara de Boumerdès*, 2019.
- [15] G. Soave, “Constantes d’équilibre à partir d’une équation d’état modifiée de Redkh-Kwong,” *Pergamon Press*, 1972.
- [16] Ding-Yu Peng and Donald B. Robinson, “Une nouvelle équation d’état à deux constantes,” 1973.

- [17] S. J. D. Chao K. C, “Étude thermodynamique des équilibres de phase dans les systèmes d’hydrocarbures,” *AIChE Journal*, vol. 7(4), pp. 598–605, 1961.
- [18] Trabelsi. I. El Golli. S, “Étude comparative de modèles thermodynamiques pour le fractionnement des GPL,” *J Pet Sci Eng*, vol. 108243., p. 198, 2021.
- [19] “Aspen Technology Inc. (2020). Aspen HYSYS V12 , Guide de l’utilisateur et base de simulation. Burlington, MA : AspenTech.”
- [20] M. F. et al Aly, “Simulation des procédés de séparation des hydrocarbures à l’aide de HYSYS. ,” *Pet Sci Technol*, vol. 26(8), pp. 936–949, 2008.
- [21] J. D. H. E. J. et R. D. K. Seader, *Principes des procédés de séparation : opérations chimiques et biochimiques* , 3 édition. Wiley, 2010.

## Annexe

