

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie des procédés - Génie chimique

## Mémoire de Master

Présenté par

**BENGHAZI ASMA**

**ACHACHERA WODJDENE**

## *Thème*

***Simulation d'une Colonne de Préfractionnement  
des GPL, Naphta B et Condensat Stabilisé***

Sous la direction de

**Dr. KSOURI RABAH**

**Juin 2024**



## **Remerciements**

*Au nom de Dieu le miséricordieux, Ce projet n'aurait pas abouti sans la bénédiction du Bon Dieu, Qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail et Qui a entendu nos prières.*

*Notre première pensée va tout naturellement à notre encadreur*

***Dr ksouri Rabah*** qui nous a aidé, conseillé et guidé afin de finaliser ce modeste travail dans de bonnes conditions.

*Un remerciement tout particulier à mes chers parents pour leurs sacrifices, leurs contributions, leurs soutiens et leurs patiences.*

*Et Nos vifs remerciements aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Nous tenons aussi à remercier tous également aux personnels de raffinage du complexe RA2K de Skikda pour leur assistance. Ainsi que notre co-encadreur*

***M. AMIRI Rachid.***

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes enseignants du département de Génie –des Procédés*





## Dédicace

*Tout d'abord, je remercie dieu qui m'a aidé à réaliser ce projet.*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers. A ceux qui ont passé leur vie rêvent de ce jour.*

*A mon très cher père **MALEK** qui m'a encourager et soutenue durant mes années d'études.*

*A ma très chère mère **NADIA** qui a sacrifié son bonheur pour le mien. A mes frères : **Akram, Mountasser, Lokman.***

*A mon fiancé **MOUHAMED EL YAMINE** et ma deuxième famille*

*La famille **KARA***

*A ma très chère amie **ASMA***

*A tous ma grande famille.*

*A tous mes collègues et mes amies sans exception.*

*Wedjedene*



## Dédicace

Dieu Merci

*C'est avec grande joie que je dédie ce travail :*

*A mon Père **Rachid**, l'épaule solide et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.*

*A ma Mère **Souad**, source d'amour, qui m'encourage toujours et sacrifie pour que je puisse continuer mes études.*

*A mon frère **Aymen** et mes soeurs **Hajar** et **maysaa** qui sont toujours derrière moi et ne me laissent jamais seule.*

*A ma chère amie **Wedjdene***

*A mes chers Grands-Parents*

*A mes chers Tantes et Oncles*

*A tous ma grande famille Benghazi*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*Asma*

---

---

## *Résumé*

### **Résumé :**

La simulation est un outil important en industrie pétrochimique Elle est utilisée pour le calcul des bilans matières et énergétiques d'une installation chimique, c'est dans ce contexte que s'inscrit le travail de notre mémoire. Il consiste en la simulation d'une colonne de préfractionnement de la raffinerie topping du condensat. La colonne est destinée à séparer les GPL, Naphta B et condensat stabilisé. Pour la simulation, nous avons utilisé les softwares Aspen plus V10 avec le choix du modèle thermodynamique Peng Robinson pour le cas réel et le cas design. Les profils de plusieurs paramètres de la colonne ont été déterminés.

**Mots clés :** Simulation, Colonne de Préfractionnement, Naphta B et GPL et Condensat Stabilisée.

### **Abstract :**

The simulation is an important tool in the petrochemical industry it is used for the calculation of the material and energy balances of a chemical installation, it is in this context that the work of our thesis is inscribed. It consists in the simulation of a prefractioning column of the condensate topping refinery. The column is intended to separate LPG, Naphtha B and stabilized condensate.

For the simulation, we used the Aspen plus V10 software with the choice of the Peng Robinson thermodynamic model for the real case and the design case. The profiles of several parameters of the column have been determined.

**Key words :** Simulation, Prefractioning Column, Naphtha B and LPG and Stabilized Condensate.

## ملخص :

المحاكاة هي أداة مهمة في صناعة البتروكيماويات يتم استخدامه لحساب موازين المواد والطاقة للتركيب الكيميائي، وفي هذا السياق يتم تسجيل عمل أطروحتنا. وهو يتألف من محاكاة عمود التقسيم من مصفاة تنصدر المكثفات. يهدف العمود إلى فصل غاز البترول المسال و النافتا B والمكثفات المستقرة. للمحاكاة، استخدمنا برنامج ASPEN Plus, اصدار 10 مع اختيار نموذج Peng Robins الديناميكي الحراري للحالة الحقيقية وحالة التصميمة. ثم تحديد ملفات تعريف العديد من معلمات العمود.

**الكلمات المفتاحية:** المحاكاة، عمود التقسيم المسبق، النافتا B وغاز البترول المسال والمكثفات المستقرة.

# *SOMMAIRE*



---

# *Table de matière*

---

<b>Remerciements</b>	<b>I</b>
<b>Dédicaces</b>	<b>II-III</b>
<b>Résumé</b>	<b>IV-V</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>X-XI</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>XII</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>XIII</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>

## *Partie Théorique*

### *Chapitre I : Présentation du Complexe RA2K*

I.1	Introduction.....	4
I.2	Historique.....	4
I.3	Localisation géographique du site.....	6
I.4	Conception générale du complexe .....	7
	I.4.1 Unité de topping de condensât (U100).....	7

### *Chapitre II : Généralités sur le Condensat*

II.1	Introduction.....	11
II.2	Définition du condensat.....	11
II.3	Origine de condensat.....	12
	II.3.1 Gaz humide.....	13
	II.3.2 Gaz sec.....	13
II.4	Composition du condensat.....	13
II.5	Usages du condensat.....	13
II.6	Utilisation du condensat.....	14
	II.6.1 Utilisation en raffinage.....	14
	II.6.2 Utilisation en pétrochimie.....	15
	II.6.3 Utilisation comme fuel domestique.....	16
II.7	Caractéristique du condensat.....	16
II.8	Les différents types de condensat dans le monde.....	18



II.9	Le condensat Algérien .....	19
	II.9.1 La qualité du condensat Algérien.....	19
	II.9.2 Production du condensat Algérien.....	19
	II.9.3 Réseau de transport de RA2k et capacité de stockage .....	21

### *Chapitre III : Description de Procédé de Distillation*

III.1	Introduction.....	25
III.2	Définition.....	25
III.3	Principe de fonctionnement.....	25
III.4	Distillation au laboratoire.....	26
	III.4.1 Distillation parfaite TBP.....	27
	III.4.2 Distillation progressive simple.....	28
	III.4.3 Distillation ASTM.....	28
	III.4.4 Distillation par la méthode de flash.....	28
III.5	Distillation industrielle.....	29
	III.5.1 La distillation atmosphérique.....	29
	III.5.2 Description de la colonne de distillation atmosphérique.....	30
	III.5.3 Distillation sous vide.....	31
III.6	Bilan de matière et Bilan énergétique.....	32
	III.6.1 Bilan de matière.....	32
	III.6.2 Bilan énergétique.....	33
	III.6.3 Applications des Bilans de matière et d'énergie.....	34
	III.6.4 Outils et ressources pour les bilans de matière et d'énergie.....	34

### *Chapitre IV : Simulateur et Simulation*

IV.1	Introduction.....	37
IV.2	Objectifs de la simulation.....	37
IV.3	Historique.....	37
IV.4	Définition.....	38
IV.5	Rôle de la simulation.....	38
IV.6	Domaine d'application.....	39

IV.7	Utilisation.....	39
IV.8	Mode de fonctionnement.....	40
IV.9	Présentation du logiciel de simulation Aspen HYSYS.....	41
IV.10	Présentation des Procédures de simulation par HYSYS.....	41
IV.11	Modèle thermodynamique.....	43
	IV.11.1 Choix de modèle thermodynamique.....	43
	IV.11.2 Les équations d'état (EOS).....	43
	IV.11.3 Equation de SOAVE-REDLICH-KWONG (SRK).....	43
	IV.11.4 Equation d'état de REDLICH-KWONG (RK).....	44
	IV.11.5 Equation de PENG-ROBINSON.....	44
IV.12	Les étapes de simulation d'une colonne.....	46

### *Partie Approche Pratique*

### *Chapitre V : Résultats et Discussion*

V.1	Simulation de la colonne.....	50
V.2	Simulation et validation par simulateur HYSYS.....	50
	V.2.1 La composition du Naphta +GPL.....	50
	V.2.2 Equation de Peng Robinson.....	54
V.3	Traçage des courbes du condensat.....	60
V.4	Résultats de simulation du cas design.....	62
V.5	Données de la colonne T101 et T102.....	63
V.6	Simulation par simulateur HYSYS du cas réel.....	65
	V.6.1 Données de la simulation du cas réel.....	65
	V.6.2 Préparation de condensat.....	65
V.7	Les profils de température, pression et de débit.....	70
	V.7.1 Le cas réel.....	70
	V.7.2 Le cas design.....	73

**Conclusion générale** **76**

**Références bibliographique** **79**

**Annexes**

---

# Liste des figures

---

## *Chapitre I : Présentation du Complexe RA2K*

<b>Figure I.1</b>	Vue de situation du complexe	4
<b>Figure I.2</b>	Plan de situation du complexe RA2K	7

## *Chapitre II : Généralités sur le Condensat*

<b>Figure II.1</b>	Unité de topping de condensât - RA2K	12
<b>Figure II.2</b>	Stockage du Condensat	14
<b>Figure II.3</b>	Densimètre DMA 4200 M	16
<b>Figure II.4</b>	Appareil de Pensky-Martens	17
<b>Figure II.5</b>	Le dispositif de mesure de la TVR	17
<b>Figure II.6</b>	Variation de la densité du condensat 2020	21
<b>Figure II.7</b>	Variation de la TVR du condensat 2020	21
<b>Figure II.8</b>	Schéma de principe de la chaîne condensât des différents champs de production	22
<b>Figure II.9</b>	Schéma de transport du condensat jusqu'au RA2K	23

## *Chapitre III : Description de Procédé de Distillation*

<b>Figure III.1</b>	Schéma générale d'une colonne de distillation à plateau	26
<b>Figure III.2</b>	Distillation au laboratoire	27
<b>Figure III.3</b>	Unité de distillation atmosphérique	30

## *Chapitre IV : Simulateur et Simulation*

<b>Figure IV.1</b>	Aspen HYSYS	38
<b>Figure IV.2</b>	Procédés de l'industrie gazière	39
<b>Figure IV.3</b>	Procédés de l'industrie pétrolière	39
<b>Figure IV.4</b>	Mode stationnaire (Steady state)	40
<b>Figure IV.5</b>	Mode dynamique (Dynamic)	41
<b>Figure IV.6</b>	Structure générale d'Aspen HYSYS	42
<b>Figure IV.7</b>	Interface de démarrage	46
<b>Figure IV.8</b>	Composition 1	46
<b>Figure IV.9</b>	Composition 2	47



<b>Figure IV.10</b>	Hypothétique	47
<b>Figure IV.11</b>	Emballage fluide	48
<b>Figure IV.12</b>	Paquet de propriété	48
<b>Figure IV.13</b>	Zone de schéma de traitement	49
<b>Figure IV.14</b>	Interface de simulation	49

### *Chapitre V : Résultats et Discussion*

<b>Figure V.1</b>	Aspen Hysys	54
<b>Figure V.2</b>	Nouveau cas	55
<b>Figure V.3</b>	Dosages pétroliers	55
<b>Figure V.4</b>	Composants d'analyse celsius à 1150C	56
<b>Figure V.5</b>	Point TBP	56
<b>Figure V.6</b>	Les données design	57
<b>Figure V.7</b>	Composant pure	57
<b>Figure V.8</b>	Résumé des résultats	58
<b>Figure V.9</b>	Zone de simulation	58
<b>Figure V.10</b>	Colonne T_101	59
<b>Figure V.11</b>	Condition (cas design)	59
<b>Figure V.12</b>	Courbe de distillation TBP de condensat de design	60
<b>Figure V.13</b>	Courbe de densité du condensat	61
<b>Figure V.14</b>	Courbe de viscosité du condensat	62
<b>Figure V.15</b>	Diagramme de simulation de la colonne T101et T102 (cas design)	64
<b>Figure V.16</b>	Courbe de distillation TBP de condensat réel	67
<b>Figure V.17</b>	Diagramme de simulation de la colonne T101et T102 (cas réel)	69
<b>Figure V.18</b>	Profil de température en fonction de nombre des plateaux (cas réel)	70
<b>Figure V.19</b>	Profil de pression en fonction de nombre de plateaux (cas réel)	71
<b>Figure V.20</b>	Profil de débit en fonction de nombre de plateaux (cas réel)	72
<b>Figure V.21</b>	Profil de température en fonction de nombre des plateaux (cas design)	73
<b>Figure V.22</b>	Profil de pression en fonction de nombre de plateaux (cas design)	74
<b>Figure V.23</b>	Profil de débit en fonction de nombre de plateaux (cas design)	74

---

## *Liste des tableaux*

---

### *Chapitre I : Présentation du Complexe RA2K*

<b>Tableau 1.1</b>	Mode d'exploitation du complexe topping condensat	6
--------------------	---	---

### *Chapitre II : Généralités sur le Condensat*

<b>Tableau II.1</b>	Les différents types de condensats	18
<b>Tableau II.2</b>	Propriétés physicochimiques du condensat Algérien	20

### *Chapitre IV : Simulateur et Simulation*

<b>Tableau IV.1</b>	Limites d'application de l'équation de PENG ROBINSON45	45
---------------------	--	----

### *Chapitre V : Résultats et Discussion*

<b>Tableau V.1</b>	Distillation TBP de condensat de design	50
<b>Tableau V.2</b>	Caractéristiques globales du condensat de design	53
<b>Tableau V.3</b>	Analyse chromatographique de la fraction légère de la charge réelle	53
<b>Tableau V.4</b>	Propriétés des produits de la colonne de T101	63
<b>Tableau V.5</b>	Paramètres de la colonne de T102	64
<b>Tableau V.6</b>	Distillation TBP de condensat actuel	65
<b>Tableau V.7</b>	Analyse chromatographique de la fraction légère de la charge actuel	67
<b>Tableau V.8</b>	Caractéristiques globales du condensat actuel	68
<b>Tableau V.9</b>	Paramètre des produits de la colonne de T101 et T102	68
<b>Tableau V. 10</b>	Bilan matière (cas réel)	72
<b>Tableau V.11</b>	Bilan énergétique (cas réel)	73
<b>Tableau V.12</b>	Bilan matière de la colonne (cas design)	75
<b>Tableau V.13</b>	Bilan énergétique de la colonne (cas design)	75

---

## *Liste des abréviations*

---

**RA2K** : Raffinerie 2 de Skikda.

**GPL** : Gaz du pétrole liquéfié.

**GNL** : Gaz naturel liquéfié.

**°C** : Degré Celsius.

**API** : American Petroleum Institute.

**ASTM** : American Society for Testing and Materials

**HYSYS** : Hysprotech systems.

**TBP** : True Boiling Point.

**C3** : Propane.

**C4** : Butane.

**C5+** : Pentane et plus (les essences).

**T-101** : Colonne de préfractionnement du condensat.

**T-102** : Colonne de séparation Naphta – GPL.

# *Introduction*

## *Générale*



## *Introduction générale*

Le pétrole brut est une ressource énergétique cruciale pour le développement des nations. Depuis sa découverte, il a révolutionné la consommation d'énergie et transformé les structures économiques mondiales. L'Algérie, soucieuse de son développement, a entrepris l'exploitation de ses richesses en hydrocarbures, notamment le pétrole brut et le gaz naturel. Cela a donné naissance à plusieurs raffineries, dont celles d'Alger (datant de l'ère coloniale), Hassi Messaoud, In Amenas, Arzew, Skikda et Adrar.

Le complexe de Topping Condensat de Skikda, connu sous le nom de RA2K, vient compléter le paysage industriel de la ville. Ce projet, initié en 2005 et mis en service en 2009, illustre l'importance du pétrole et du condensat dans le secteur énergétique. L'industrie pétrolière est un domaine extrêmement concurrentiel où la rentabilité est primordiale. Pour répondre à ces exigences, des avancées technologiques majeures ont été réalisées, donnant naissance à des raffineries de plus en plus complexes. Ces raffineries modernes requièrent :

- ❖ Une meilleure compréhension des marchés, des mécanismes de formation des coûts et des outils d'optimisation.
- ❖ Une maîtrise des procédés pétrochimiques, de leur performance, de leur flexibilité d'utilisation et de leur potentiel d'exploitation.
- ❖ Une connaissance approfondie des produits pétroliers, de leurs caractéristiques et des contraintes liées à leur mise en œuvre, en garantissant la sécurité et le respect de l'environnement.

La simulation est un outil important en industrie pétrochimique Elle est utilisée pour le calcul des bilans matières et énergétiques d'une installation chimique, c'est dans ce contexte que s'inscrit le travail de notre mémoire. Il consiste en la simulation d'une colonne de préfractionnement de la raffinerie topping du condensat. La colonne est destinée à séparer les GPL, Naphta B et condensat stabilisé. Pour la simulation, nous avons utilisé le software Aspen

---

---

Hysus plus V10 avec le choix du modèle thermodynamique Peng Robinson pour le cas réel et le cas design. Les profils de plusieurs paramètres de la colonne ont été déterminés.

Pour réaliser ce travail, le mémoire est structuré en 5 chapitres:

Le premier chapitre fournit un aperçu général sur le complexe RA2K la seule raffinerie dédiée au traitement du condensat en Algérie. Le complexe de Skikda joue un rôle crucial dans la valorisation de cette ressource précieuse. Sa capacité de production importante et la diversité des produits dérivés qu'elle génère permettent de maximiser les bénéfices économiques tirés de ce condensat. Le deuxième chapitre présente une analyse approfondie de l'origine et des caractéristiques du condensat, ainsi que des emplacements des gisements à travers le monde et en Algérie. La qualité exceptionnelle du condensat algérien en fait un choix de premier ordre pour les raffineurs, ne nécessitant aucun traitement préalable spécifique.

Le troisième chapitre présente une description détaillée du procédé de distillation, qui s'effectue selon différentes configurations en fonction du type de matière première utilisée (pétrole brut ou condensat) et des produits souhaités. Et on a présenté les bilans de matière et d'énergie qui sont des outils puissants pour l'analyse des procédés chimiques et industriels. Ils permettent de mieux comprendre le fonctionnement des procédés, d'identifier les opportunités d'amélioration et de résoudre les problèmes de fonctionnement. Les bilans de matière et d'énergie sont essentiels pour la conception, l'optimisation, le contrôle et la gestion des procédés industriels.

Le quatrième chapitre dans ce chapitre, nous avons exploré la simulation des procédés, ainsi que le fonctionnement des simulateurs de procédés et leur importance dans le domaine de l'ingénierie. Nous avons également brièvement examiné le processus utilisé par Aspen Hysus V10 pour faciliter cette démarche.

Dans le dernier chapitre, les résultats générés par la simulation sont interprétés et discutés.

---

---

# *Chapitre I*

*Présentation du Complexe*

*RA2K*

## **I.1. Introduction**

La raffinerie de Skikda, spécialisée dans le traitement du condensat, peut traiter jusqu'à cinq millions de tonnes métriques par ans de condensat provenant des champs pétrolifères algériens. Elle produit du butane, du naphta, du kérosène, du gasoil léger et du gasoil lourd.

Des installations de stockage, de traitement et de transfert sont également présentes pour le condensat et ses produits dérivés. [11]



**Figure I.1 : Vue de situation du complexe. [13]**

## **I.2. Historique**

Sonatrach avait projeté de réaliser l'usine de Topping condensat en partenariat et avait lancé deux appels d'offre, le premier pour la recherche d'un partenaire et le second pour la réalisation de l'usine. Sur les deux sociétés qui avaient soumis des offres techniques, à savoir CNPC

(Chine) et Itochu (Japon), seule la compagnie chinoise s'était présente pour l'offre commerciale de l'appel d'offre « recherche d'un partenaire ». Pour le second appel d'offre concernant la réalisation, plusieurs sociétés s'étaient manifestées. Finalement deux compagnies ont été sélectionnées à l'issue de cette phase : CNPC et SAIPEM. [12]

C'est le 10 Mai 2005 China National Petroleum Corporation (CNPC) a décroché le contrat pour la réalisation de la raffinerie de topping de condensat de Skikda pour un montant d'environ 390 millions de dollars. CNPC a devancé SAIPEM (France) qui a proposé environ 460 millions de dollars. Le projet est divisé en deux lots : une usine d'une capacité de 5 millions de tonnes par an de condensat et des installations pour augmenter les capacités de stockage des produits raffinés. [12]

- ✚ Le 01 Décembre 2005 : Entrée en vigueur du contrat ;
- ✚ Le 20 Mai 2009 : Admission du GN et démarrage des fours ;
- ✚ Le 02 juin 2009 : Admission de la charge condensat de RTE ;
- ✚ Le 25 juillet 2009 : Démarrage des unités Procès ;
- ✚ Le 06 Novembre 2009 : Tests de Performance ;
- ✚ Le 14 Janvier 2010 : Réception Provisoire.

Ce complexe a été conçu pour fonctionner selon trois cas de marche, définis ci-après :

- Cas A : production maximal de naphta et production maximal du gasoil (cas de base).
- Cas B : production maximal de kérosène Jet A1.
- Cas C : production maximal de naphta et production minimal de gasoil.

Tableau I.1 : Mode d'exploitation du complexe topping condensat. [12]

Produits	Mode d'exploitation		
	(Cas A)	(Cas B)	(Cas C)
Butane	111.9	111.9	111.9
Naphta	4038.1	3470.1	4038.1
Jet A1	-	992.5	425.6
Gasoil Léger	724.9	299.9	299.9
Gasoil Lourd	115.2	115.2	115.2
Pertes	9.9	10.4	9.3
<b>Total</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>	<b>5000</b>

### I.3. Localisation géographique du site

Le Complexe Topping de Condensat RA2K est situé dans l'enceinte, Zone Industrielle de Skikda, à l'Est de la ville de Skikda, en dehors du tissu urbain, dans le périmètre de l'ancien aéroport. Les principaux sites industriels localisés dans les environs sont :

- ✚ Le Complexe de liquéfaction du gaz naturel GL1K au nord.
- ✚ Le Complexe des matières plastiques CP1K au nord-est.
- ✚ POLYMED au nord-est.
- ✚ La Raffinerie de pétrole RA1K à l'ouest.
- ✚ Le Terminal de stockage du pétrole brut et du Condensat RTE au sud.

Il s'étend sur une superficie d'environ 45 hectares et comprend les unités de production, les différentes utilités, les zones de réception de la matière première, de stockage et de transfert des produits finis.



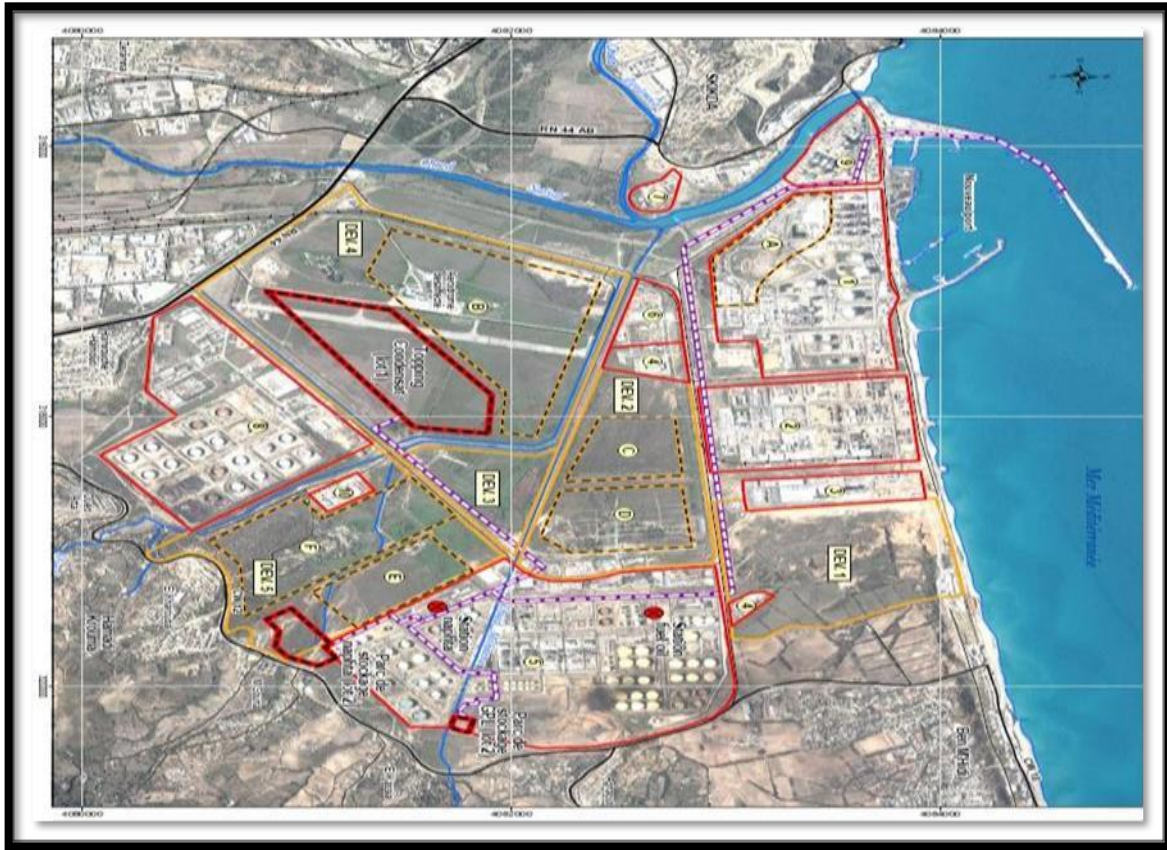


Figure I.2 : Plan de situation du complexe RA2k. [12]

## I.4. Conception générale du complexe

Le complexe est constitué principalement de :

- Une Unité de Topping de condensât (U100).
- Une Unité de purification et de traitement de Kérosène (U200).
- Des installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300).
- Système de torche (U400).
- Des installations de production et de distribution des Utilités (U500).

### I.4.1 Unité de topping de condensât (U100) :

L'unité est conçue pour une capacité de traitement de cinq million de tonnes par an. Elle est constituée principalement de 4 sections :



- ✚ Section de préchauffe.
- ✚ Section de distillation du condensat.
- ✚ Section de stabilisation de la coupe naphta.
- ✚ Section de dépropanisation et séchage du butane.

• **Section 01** : préchauffage de la charge (condensat)

La transmission de chaleur se fait par échangeurs. Le condensat à basse température 30°C est préchauffé par 8 niveaux d'échangeurs de chaleur. Le procédé d'échange thermique peut être effectué sous forme de deux voies en parallèle pour permettre le traitement de charge à 50% ou 100%.

• **Section 02** : distillation du condensat

Cette section du procédé est principalement composée d'un préfractionneur, d'une tour atmosphérique et d'une tour sous vide. Elle est conçue pour séparer le condensât en naphta, kérosène, gasoil léger et gasoil lourd. Ces produits sont acheminés selon ce qui suit :

- **Naphta léger** : vers la section de stabilisation du naphta.
- **Naphta lourd** : vers stockage.
- **Kérosène** : vers l'unité de traitement du kérosène.
- **Gasoil léger** : vers stockage.
- **Gasoil lourd** : vers stockage.

La section de distillation du condensât comprend également trois fours ; il s'agit de deux fours rebouilleurs pour le préfractionneur et la tour atmosphérique, ainsi qu'un four atmosphérique qui sert à augmenter la température des résidus du préfractionneur avant qu'ils entrent dans la tour atmosphérique.

- **Section 03** : Stabilisation de la coupe naphta

La section de stabilisation du naphta est premièrement constituée d'un débutaniseur. Elle est conçue pour séparer le naphta léger du préfractionneur en GPL et en naphta stabilisé. Le naphta stabilisé est mélangé avec celui issu du préfractionneur et de la colonne atmosphérique, le mélange naphta sera acheminé vers stockage. Le GPL est acheminé vers la dernière section.

- **Section 04** : Dépropanisation et séchage de butane

Elle est constituée d'un dépropaniseur et elle est conçue pour séparer le GPL de la section de stabilisation du naphta en butane et en propane.

Le propane est utilisé en tant que combustible pour les fours et le butane est acheminé vers une unité de séchage avant d'être acheminé vers les sphères de stockage du complexe.

# *Chapitre II*

## *Généralités sur le Condensat*

## II.1. Introduction

Le traitement du gaz naturel, à la sortie du gisement, consiste à séparer certains constituants tels que l'eau, les gaz acides et les hydrocarbures lourds pour amener le gaz à des spécifications de transport. La fraction liquide (C5+), séparée du gaz naturel sur le site de production, est appelée «Condensat».

## II.2. Définition du Condensat

Le condensat de gaz naturel, parfois désigné sous le nom de "liquide de puits de gaz naturel", est un mélange liquide d'hydrocarbures plus légers que le pétrole brut. Il est obtenu par la condensation de certains composants gazeux présents dans le gaz naturel. Les molécules de ces hydrocarbures comportent généralement entre 5 et 15 atomes de carbone.

Il existe deux catégories principales de condensats:

- **Condensats Légers** : Ceux-ci sont généralement constitués d'hydrocarbures ayant de 5 à 10 atomes de carbone par molécule, donc de type C5 à C10.
- **Condensats Lourds** : Ces condensats peuvent contenir jusqu'à 15 atomes de carbone par molécule (C15).

La composition du condensat varie, mais la majorité des composés sont des alcanes linéaires ou ramifiés. On peut également trouver divers composés monoaromatiques comme le BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes), du naphthalène et éventuellement de l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S).



Figure II.1 : Unité de Topping de condensât - RA2K.

### II.3. Origine de Condensat

Les produits pétroliers et gazeux sortent souvent des gisements sous forme de mélange liquide, ces hydrocarbures sont collectés par des conduites et évacués vers un centre de traitement.

Le traitement du gaz naturel consiste à séparer, au moins partiellement, certains constituants présents à la sortie du puits tels que l'eau, les gaz acides et les hydrocarbures lourds pour amener le gaz à des spécifications de transport ou à des spécifications commerciales.

La répartition de ces traitements entre les lieux de production et de livraison résulte de considérations économiques, il est généralement préférable de ne réaliser sur le site de production que les seuls traitements qui rendent le gaz transportable.

Une première étape permet de réaliser la séparation des fractions liquides éventuellement contenues dans l'effluent du puits, l'étape de traitement qui suit dépend du mode de transport adopté.

La fraction liquide (C5+), séparée du gaz naturel sur le site de production, est appelée « Condensat ». Après le traitement, on distingue deux types de gaz qui impliquent deux traitements différents. [2]

**II.3.1. Gaz Humide :**

Il est riche en fractions condensables. Dans ce cas, le traitement va combiner les techniques de séparation par détente et le fractionnement par distillation. Grâce à une série de détentes, on obtient un refroidissement du gaz jusqu'à moins 60°C, ce qui va permettre une récupération maximale d'hydrocarbures liquides tels que : les GPL et les condensats. Ces derniers ensuite sont séparés par fractionnement dans une raffinerie puis expédiés par canalisation.

Les liquides de gaz naturel, quant à eux peuvent être considérés comme une sorte de pétrole léger très recherché par les raffineurs, et souvent utilisé, comme matière première pour la pétrochimie.

Le gaz de Hassi- R'mel avec une teneur en hydrocarbures liquides d'environ 220g/ m<sup>3</sup> permet annuellement l'extraction de près de 15 .106 tonnes de GPL.




**II.3.2. Gaz Sec :**

Celui-ci est pauvre en fractions condensables. Il est essentiellement constitué de méthane. Le traitement va donc consister à éliminer les éventuelles impuretés. [6]

**III.4. Composition du Condensat**

Comme le pétrole brut, le condensat est composé essentiellement à partir de la combinaison des atomes de carbone et d'hydrogène appelés hydrocarbures. Il contient aussi d'autres composés tels que : le soufre, le chlore, les métaux... [1]

Les hydrocarbures peuvent se répartir en trois principales familles:

-  HC paraffiniques : de chaîne linéaire saturée ou ramifiée.
-  HC naphténiques : ce sont des HC cycliques saturés.
-  HC aromatiques : ce sont des HC cycliques non saturés.

**III.5. Usages du Condensat**

Le condensat de gaz naturel est souvent comparé à un pétrole brut léger en raison de ses

---

caractéristiques similaires. Il est largement utilisé dans l'industrie pour plusieurs applications essentielles. Tout d'abord, il sert de matière première pour la production d'éthylène dans l'industrie pétrochimique.

De plus, il est utilisé comme charge de raffinage dans les installations de traitement pétrolier afin de produire des coupes pétrolières spécifiques, telles que l'essence et le diesel. En outre, dans certaines circonstances, il peut être incorporé dans des mélanges de brut pour répondre aux exigences de qualité ou de composition.

## **II.6. Utilisation du Condensat**

Entre les années 1990 et 2010, les condensats ont constitué un marché prospère, bénéficiant d'une large commercialisation sous diverses formes:

- ✚ Soit en mélange avec le pétrole.
- ✚ Soit combinés avec des produits pétroliers.
- ✚ Soit directement comme condensat ou pétrole très léger



**Figure II.2 : Stockage du Condensat**

À l'heure actuelle, le condensat trouve des débouchés majeurs dans deux secteurs industriels stratégiques : le raffinage et la pétrochimie. [1]

### **II.6.1. Utilisation en Raffinage :**

Au raffinage, le condensat peut être utilisé comme charge pour obtenir les coupes pétrolières

---



désirées, il peut suivre une des deux alternatives suivantes :

❖ **La Distillation**

Elle permet d'obtenir une gamme de produits légers, moyens et lourds. Les plus légers montent vers le haut de la colonne de distillation, tandis que les plus lourds se déposent en bas de la colonne. On obtient ainsi dans la colonne du haut en bas : GPL, naphta, gasoil, fuel

❖ **Le Blending**

C'est un cas qui s'est présenté durant la guerre des prix de 1986, lorsque le fuel soviétique «E4» avait des prix très faibles. Dans le blending : le condensât à deux utilisations : soit alléger un pétrole brut lourd, soit reconstitué un pétrole brut.

- **Dans le 1er cas** : le mélange de condensât avec un brut lourd entraînera la formulation d'un brut léger.
- **Dans le 2ème cas** : le condensât mélangé avec résidu lourd tel le fuel permet l'obtention d'un brut reconstitué, autrement dit : brut synthétique.

Enfin, le condensât peut être utilisé pour la production des solvants, c'est-à-dire : des essences spéciales. [3]

### **II.6.2. Utilisation en Pétrochimie :**

La pétrochimie est une industrie lourde qui utilise comme matière première certaines coupes pétrolières exemple : le naphta sortant du raffinage du condensât ou le pétrole brut, à partir d'un procédé « vapocraquage »

Dans la 1ere étape de cette industrie on obtient les produits de base suivants:

- L'éthylène.
- Le propylène.
- Le Butadiène.
- Les aromatiques...etc.

A partir de chacun de ces produits de base, on fabrique selon des procédés très complexes, un nombre infini de dérivés qui servent à la production des matières plastiques, caoutchoucs,

---

synthétiques, résines, solvants, détergents, engrais, colorants, encres, peintures, fibres, textiles synthétiques, revêtements divers, produits pharmaceutiques,...etc. [3]

### **II.6.3. Utilisation Comme Fuel Domestique :**

Le condensat de par sa nature peu sulfureuse pourra aussi être utilisé comme fuel domestique dans le cas où son prix serait très faible. La législation interdit l'usage d'un fuel de haute teneur en soufre. [2]

## **II.7. Caractéristique du Condensat**

Les principales caractéristiques du condensat sont:

- **Poids Spécifique (la densité):** Le poids spécifique est défini comme étant le rapport entre la masse volumique du condensat et celle de l'eau. Le condensat a une densité comprise entre 0,7 à 0,8.



**Figure II.3 : Densimètre DMA 4200 M**

- **Aspect :** C'est un liquide incolore avec une odeur d'essence.
- **Le Point d'éclair:** Le point d'éclair est la température pour laquelle un liquide produit suffisamment des vapeurs pour qu'elles s'enflamment momentanément en présence d'une source d'énergie. Le point d'éclair du condensat est de - 40.°C

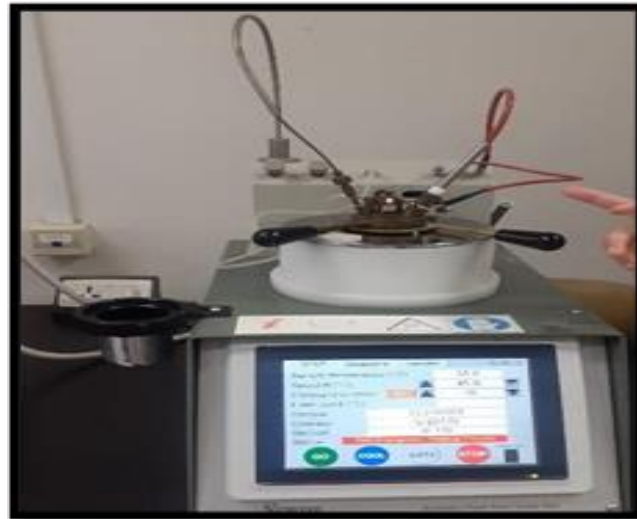


Figure II.4 : Appareil de Pensky-Marten

- **Toxicité Physiologique** : Les vapeurs du condensat sont toxiques lorsqu'un homme s'y expose. Le premier symptôme constaté sera l'irritation des yeux suivi de symptômes névropathies. La victime peut éventuellement avoir du mal à marcher. Lorsque les concentrations du condensat (vapeur) sont de l'ordre de 0.025 à 0.05% en volume dans l'air, elles ne peuvent pas causer de symptômes sérieux même après plusieurs heures d'inhalation. [1]
- **La TVR**: La tension de vapeur Reid est la pression partielle exercée par les vapeurs d'un liquide sur sa surface à une température de 37.8.°C La TVR est une caractéristique principale du condensat, elle doit être inférieure à 0.69bars en hiver et inférieure à 0.5bars en été.

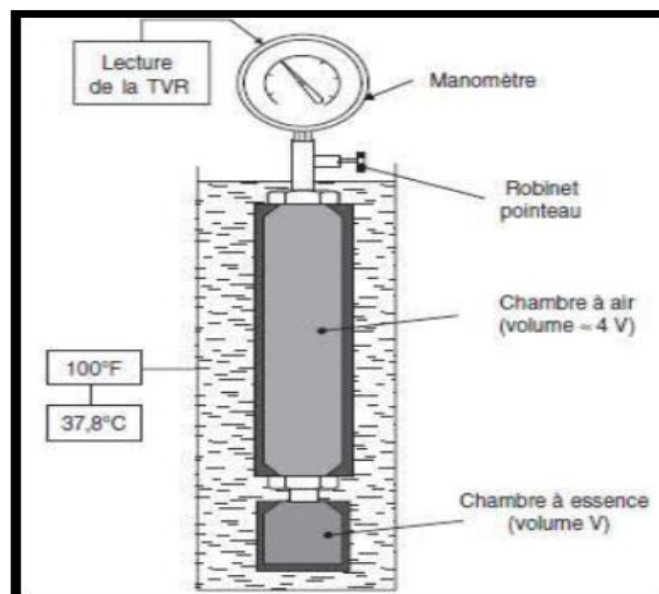


Figure II.5 : Le dispositif de mesure de la TVR. [1]

## II.8. Les Différents Types de Condensat dans le Monde

Pour des raisons de commodité logistiques, il est habituel que les condensats soient mélangés au pétrole brut extrait dans le voisinage du gisement de gaz naturel (ou de l'usine de traitement de gaz associé). Ainsi, beaucoup de condensats produits en quantités limitées n'apparaissent jamais sur le marché.

On trouvera dans le tableau ci-dessous, une liste des condensats exportés couramment dans le monde avec leurs caractéristiques principales

Ainsi, les condensats ou essence naturelle, disponibles sur le marché, restent dans une fourchette de densité de 0,66 à 0,79 (soit 50-80°API). Les plus légers 0,66, soit environ 80°API sont plutôt achetés par des pétrochimistes.

Le condensat qui est assez représentatif, est celui de Sleipner (57°API) produit dans l'offshore Norvégien, il est constitué principalement de Naphta, pour plus des deux tiers, mais il y a aussi d'infimes quantités de Kérosène et de Gas-oil. [2]

**Tableau II.1 : Les différents types de condensats. [5]**

Nom	Origine	°API	Densité
Hassi R'mel	Algérie	68	0,709
Qatar	Moyen-Orient	68	0,709
Abu Dhabi	Moyen-Orient	54,8	0,76
Sharjah	Moyen-Orient	49,7	0,78
Dubaï	Moyen-Orient	50,3	0,78
Arun	Indonésie	54	0,763
Brunei	Brunei	65,1	0,72
Golf de Siam	Thaïlande	55,3	0,76
Karachaganak	Asie centrale	68	0,709
Kangan	Iran	60	0,738
Oso	Nigeria	48	0,788
Sleipner	Mer du nord	57	0,75
North-West Shelf Australian	Australie	59	0,742

## **II.9. Le Condensat Algérien**

### **II.9.1. La Qualité du Condensat Algérien :**

Le condensat algérien se compose d'un mélange d'hydrocarbures dont le point d'ébullition atteint environ 280°C, ce qui le classe parmi les pétroles bruts très légers et paraffiniques. Sa teneur en soufre est remarquablement basse, environ 40 à 50 fois inférieure à celle du mélange Saharien. En raison de sa haute qualité, ce condensat est un choix de premier ordre pour les raffineurs, ne nécessitant aucun traitement préalable spécifique.

Un processus de distillation conventionnel permet d'obtenir des produits de haute qualité tels que le GPL, les essences, le naphta, le kérosène, le gazole et le fioul. Environ 53,9% du condensat algérien est utilisé pour le vapocraquage, et il peut également être mélangé à d'autres bruts pour améliorer la production de Naphta.

Grâce à ses caractéristiques paraffiniques de haute qualité, le condensat algérien peut servir de matière première en pétrochimie, mais le seul inconvénient est qu'il nécessite un préfractionnement avant l'utilisation comme matière première pour le cracker.

### **II.9.2. Production du Condensat Algérien :**

Le condensat algérien se distingue en deux qualités:

- Le condensat d'Arzew provenant de HassiR'mel, qui a une teneur élevée en paraffine, avec présence de mercure, il présente une bonne charge pétrochimique.
- Le condensat de Skikda provenant d'Alrar, RhourdeNousse, HaoudElhamra et HMD est un condensat coloré (présence des iso-paraffines), car il est altéré par des traces de brut. Ce condensat est moins apprécié par les pétrochimistes

Tableau II.2 : Propriétés physicochimique du condensat algérien. [5]

Origine Caractéristiques	ARZEW	SKIKD A
	HassiR'mel	Haoud El Hamra (Mélange de RhourdeNousse, Hamra et Alrar)
$d_{15}$	0,7140	0,7190
Viscosité CSt	/	/
à 0 (°C)	0,91	1,1
à 20 (°C)	0,436	0,77
à 37,8(°C)	0,383	0,66
Pt de trouble (°C)	-55	-50
Pt d'écoulement (°C)	<-65	-60
Pt d'aniline (°C)	63,3	66
Eau et BSW (%vol)	0,075 et 0	0
Hg (ppb)	53,8	16
n-paraffine (%wt)	42,7	32,5
S total (ppm)	20	9
PM moyen	117	117,6

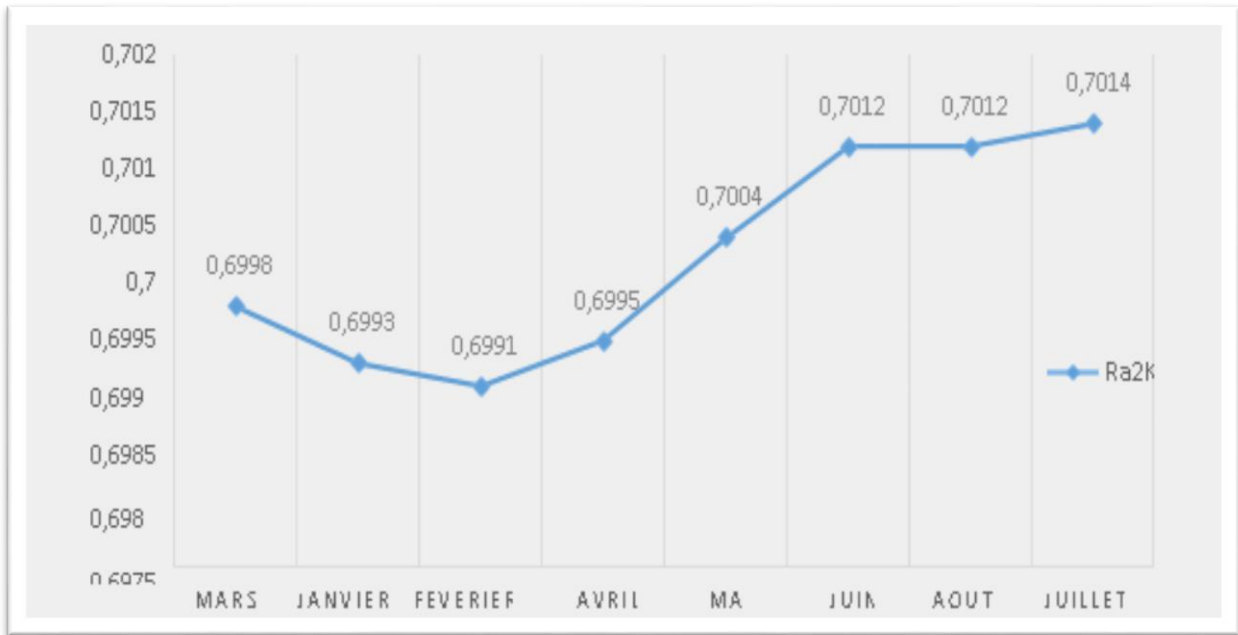


Figure II.6 : Variation de la densité du condensat 2020. [2]

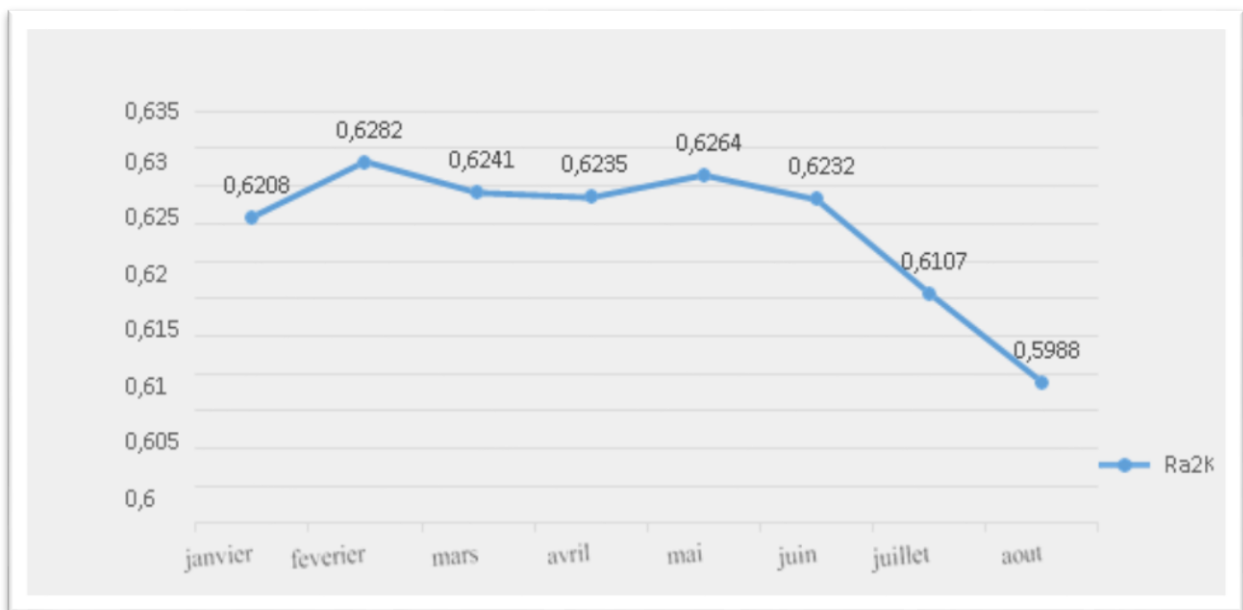


Figure II. 7 : Variation de la TVR du condensat 2020. [2]

### II.9.3. Réseau de Transport de RA2K et Capacité de Stockage :

#### ❖ Réseau de Transport:

Au sein du groupe Sonatrach, l'activité transport par canalisation (TRC) est en charge de l'acheminement par pipes des hydrocarbures (pétrole brut, gaz et condensat), depuis les zones de productions, jusqu'aux zones de stockage au complexe GNL, GPL, aux raffineries, aux réservoirs pétroliers ainsi que vers les pays importateurs.



Actuellement, le condensât est livré à l'est d'Algérie selon le programme de transport à partir de la station de pompage de HEH, par deux oléoducs OB1 et NK1.

Avec reconnaissance des lignes de réception de condensât à savoir le 30'' NH2 et le 10'' CIS, ces deux lignes sont réceptionnées séparément au CDHL mais alimentent le parc de stockage du TD OB1 par une seule ligne en diamètre 30.'' [3].

Présentation du schéma de principe de la chaîne condensât des différents champs de production entre Alrar et HEH. Ci-joint la figure suivante :

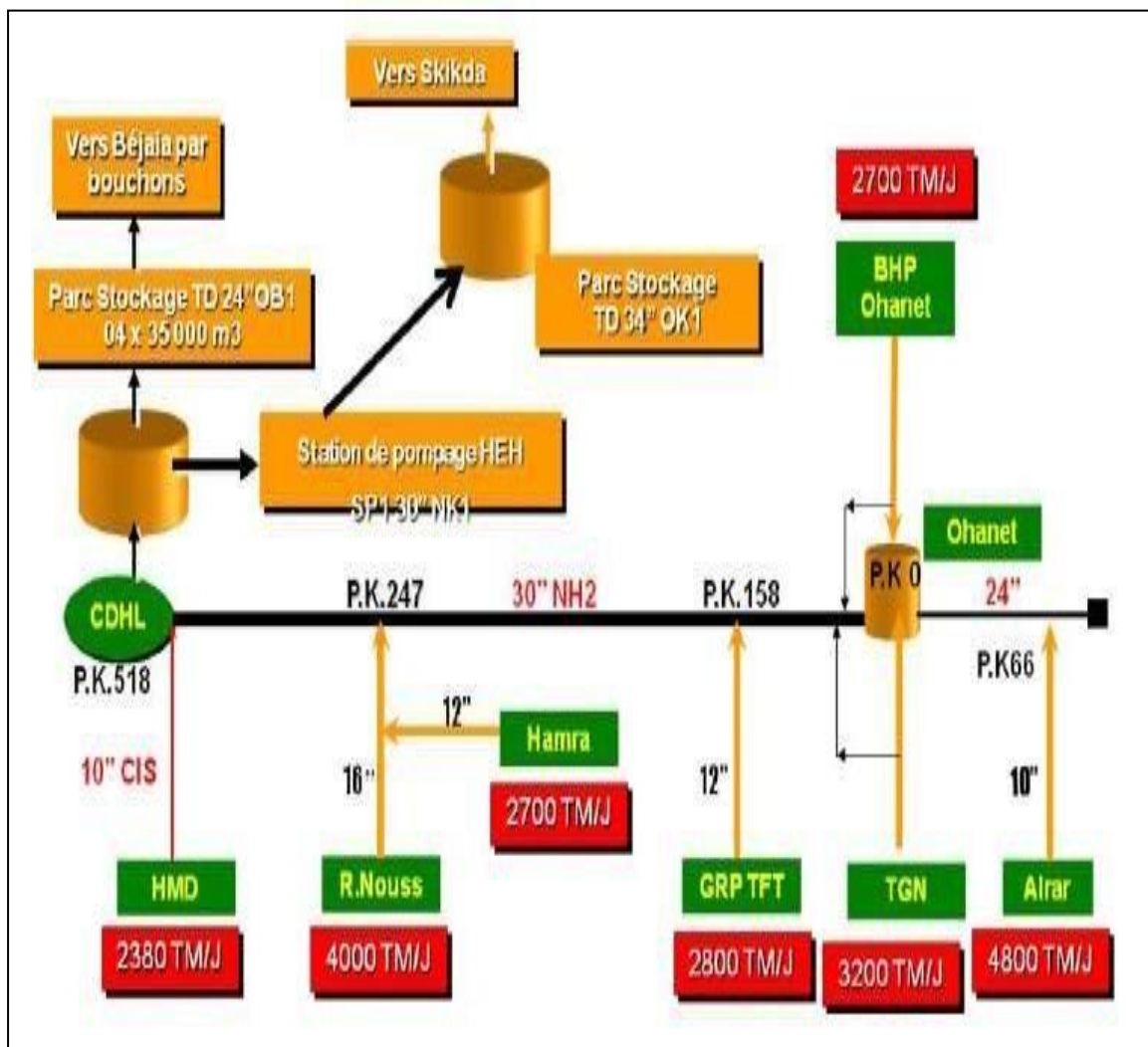


Figure II.8 : Schéma de principe de la chaîne condensât des différents champs de production. [4]

La chaîne de transport NK1 est la chaîne de condensat alimentant RA2K qui est configuré :

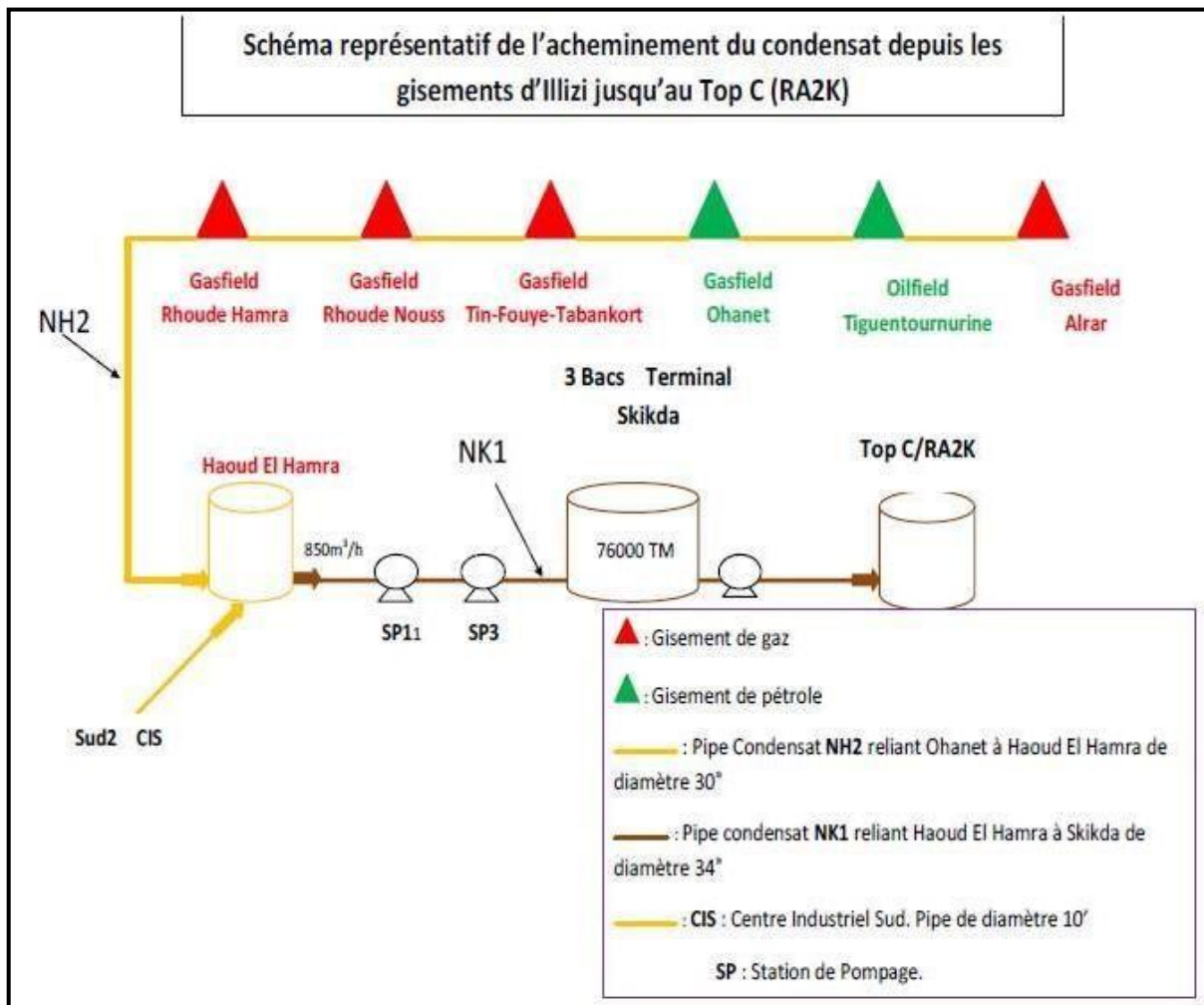


Figure II.9 : Schéma de transport du condensat jusqu'au RA2K. [4]

❖ Capacités de Stockage :

- Hassi R'mel SP4 : 200.000 m<sup>3</sup> + 2 bacs de 41.000 m<sup>3</sup> en construction.
- Haoud El Hamra : 105.000 m<sup>3</sup>.
- Terminal d'Arzew : 300.000 m<sup>3</sup> + 2 bacs de 50.000 m<sup>3</sup>.
- Terminal de Bejaia : 200.000 m<sup>3</sup> [2]

# *Chapitre III*

## *Description de Procédé de Distillation*

### **III.1. Introduction**

Dans les procédés industriels, qu'il s'agisse de préparer les charges ou de séparer les effluents en produits valorisables, on recourt à des opérations de séparation. L'objectif est d'isoler des constituants tout en respectant des contraintes concernant le taux de récupération et la composition. Il existe diverses techniques disponibles telles que l'absorption, l'adsorption, l'extraction et la distillation. Chacune de ces méthodes a son domaine spécifique d'application cependant, la distillation, sur laquelle nous nous concentrons dans ce chapitre, est la plus fréquemment utilisée.

### **III.2. Définition**

La distillation est un procédé de séparation qui permet la séparation d'un mélange binaire ou complexe en leurs constituants différents selon leurs températures d'ébullition. Cette séparation s'effectue dans plusieurs types d'appareillages en continu ou en discontinu (ballon en verre de laboratoire, colonne). [1]

### **III.3. Principe de fonctionnement**

Le fonctionnement d'une colonne de distillation repose sur un principe simple. Travaillant à pression constante, elle déplace les équilibres de phase en utilisant un gradient de température généré par une source froide (le condenseur), qui crée un flux de liquide froid descendant dans la colonne, et une source chaude (le rebouilleur), générant à son tour un flux de vapeur chaude montante.

Des éléments de contact sont disposés à l'intérieur de la colonne pour assurer le transfert de matière et de chaleur entre ces deux flux. Ces éléments de contact se présentent sous forme de plateaux, dont le principe de base est de faire barboter la vapeur dans une rétention liquide provoquée par un barrage coupant la phase liquide, ou sous forme de garnissages, constitués le plus souvent d'un treillis métallique dispersant les deux phases et assurant une bonne surface

d'échange entre les fluides circulant à contre-courant.

Lorsque la colonne fonctionne en continu, la charge est injectée à un point spécifique de la virole, en fonction des caractéristiques de la charge. Celle-ci est ensuite séparée en un résidu au fond de la colonne et un distillat en tête. La zone située en dessous du point d'injection de la charge est appelée zone d'épuisement, dont le rôle est d'appauvrir le résidu en produits légers. La zone de tête ou de rectification a pour objectif d'éliminer les produits lourds du distillat. [1]

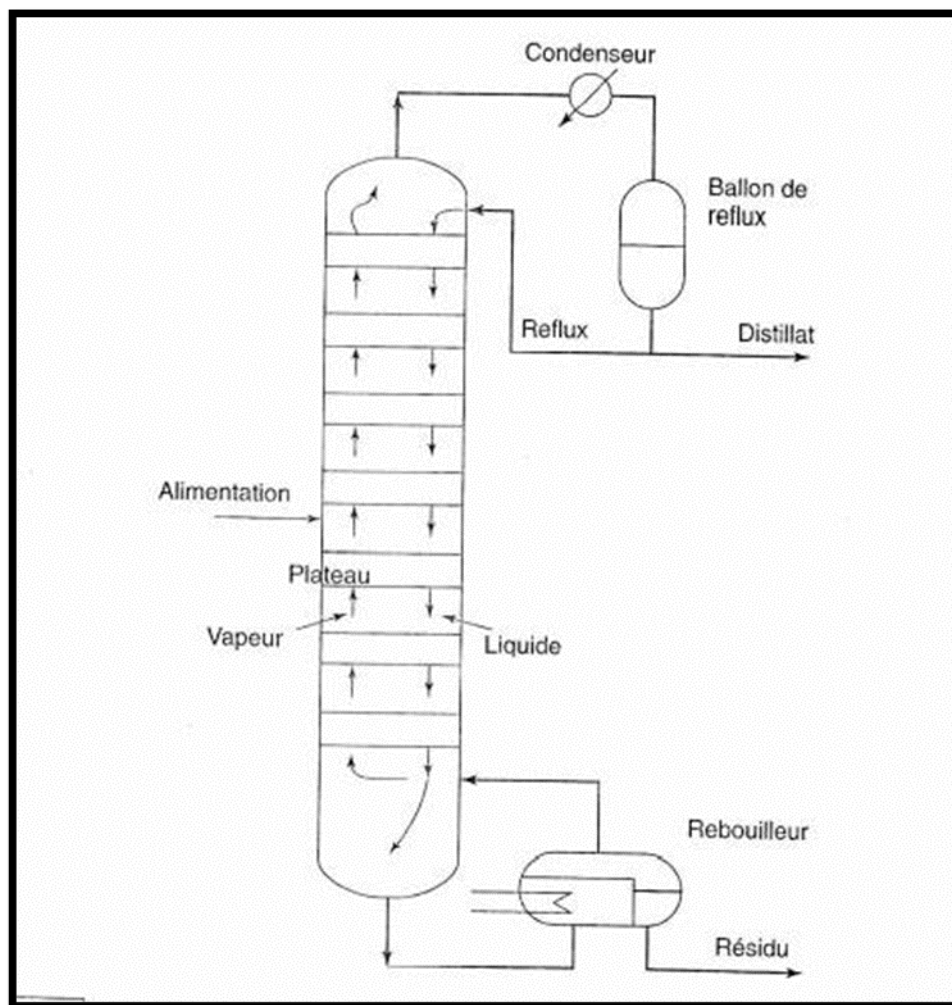


Figure III.1 : Schéma générale d'une colonne de distillation à plateau. [1]

#### III.4. Distillation au laboratoire

Comme on a vu précédemment qu'après chaque découverte d'un gisement du pétrole, on procède à des analyses afin d'évaluer la composition de ce dernier en fractions légères et prévoir le schéma de traitement adéquat, parmi ces analyses.

Les distillations au laboratoire dont on connaît 04 types, qui sont :



**Figure III.2 : Distillation au laboratoire**

#### **III.4.1. Distillation parfaite TBP (true boiling point) :**

C'est une distillation avec rectification, elle s'effectue dans une colonne à garnissage équivalent environ (10 plateaux théoriques) et fonctionne avec un taux de reflux bien déterminé au sommet de la colonne, passe tout d'abord la totalité du constituant le plus volatil suivi des constituants purs par ordre de volatilité. Cette distillation est dite parfaite parce que le constituant le plus volatil passera le premier.

Sa température de passage demeure constante et égale à sa température d'ébullition puis brusquement apparaît le constituant suivant, dont la température de passage montera jusqu'à sa température d'ébullition qui d'ailleurs demeure constante jusqu'à son épuisement. Cette TBP présente une grande sélectivité en produits désirés.

La TBP sert à analyser des nouveaux gisements et évaluer la composition des produits extraits du pétrole brut et fixer le rendement de certaines fractions. Ces renseignements seront directement exploités par le raffineur ainsi ils permettent le dimensionnement des unités de raffinage.

---

**III.4.2. Distillation progressive simple :**

Dans ce type de distillation, on opère dans un ballon, placé dans un bain chauffant de telle sorte que la température soit toujours la même en phase liquide et en phase vapeur.

A chaque instant, nous avons un équilibre entre le liquide qui bout dans le ballon et la vapeur émise. On note les températures (de vapeur et du liquide) en fonction de la quantité recueillie dans l'éprouvette de recette.

La courbe de distillation obtenue est composée entre la température de bulle du mélange et la température d'ébullition du constituant le moins volatil.

Evidemment, ce procédé ne représente aucun intérêt théorique puisqu'il ne permet d'isoler que deux constituants (A et B) dans le cas d'un mélange binaire.

**III.4.3. Distillation ASTM (American society for testing and materials):**

C'est la distillation la plus utilisée dans l'industrie, en distillant le produit à analyser dans un appareillage simple, les conditions (vitesse de chauffage, vitesse d'évaporation, ...etc.) sont normalisées.

Ces distillations ASTM sont utilisées pour fournir les spécifications distillatoires des produits pétroliers. Cela présente l'avantage d'être assez rapide alors que la distillation TBP (plus précise et plus représentative de la composition des produits) est très longue.

**III.4.4. Distillation par la méthode de flash :**

Cette distillation est caractéristique de celle à l'échelle industrielle. La charge chauffée à une température donnée dans un four sous une pression  $P$  entre dans la colonne, dans la zone d'expansion où elle subit une détente et se divise en deux phases liquides et vapeur.

Cette distillation nous permet de tracer une courbe montrant la variation de la température en fonction du rendement des fractions. Cette courbe portant le nom de courbe de flash détermine le régime thermique de la tour de distillation. Mais, étant donné que cette distillation

---



prend une longue durée pour la faire, alors le tracé de la courbe se fait à partir de la TBP.

## **III.5. Distillation industrielle**

Les deux principaux procédés de séparation sont :

- ✓ La distillation atmosphérique.
- ✓ La distillation sous vide.

### **III.5.1. La distillation atmosphérique :**

La première étape de raffinage consiste à séparer les différents hydrocarbures en fonction de leur température d'ébullition.

A l'issue de cette étape, on obtient des produits appelés (bases).

Le brut est chauffé à environ 350°C, puis distillé dans une colonne de 40 à 60 m de hauteur. Dans cette colonne, les produits sont séparés en fonction de leur température d'ébullition et sous une pression de 1 à 3 atmosphères.

Le long de cette colonne se trouve les plateaux qui permettent un contact entre les vapeurs ascendant et le liquide descendant.

Les produits les plus légers (basse température d'ébullition environ 30°C) sont récupérés en haut de la colonne tandis que les plus lourds (haute température d'ébullition, plus de 375°C) se concentrent en bas de la colonne.

En effet, les hydrocarbures les plus lourds restent sous forme liquide tandis que les molécules de masse faible ou moyenne passent à l'état de vapeur et s'élèvent dans la colonne.

Aux cours de leurs montées elles se refroidissent et reviennent à l'état liquide et sont collectées à différents étages sur les plateaux.

A chaque étage de la colonne de distillation correspond une température moyenne située entre les points de rosée (condensation) et de bulle (vaporisation) des produits que l'on souhaite récupérer, La pression dans la colonne diminue de bas en haut. à partir de la colonne de

---



distillation on obtient :

- Un produit de tête (gaz non condensable, GPL, essence totale).
- Trois coupes latérales (kérosène, gasoil léger, gasoil lourd).
- Un résidu atmosphérique au fond.

Chacun des produits latéraux de la colonne principale à sa propre colonne de stripping ou sont éliminés les plus légers. Le stripping s'effectue à l'aide de la vapeur à basse pression, surchauffée pour le gasoil léger et lourd, et par rebouillage pour le kérosène. [2]

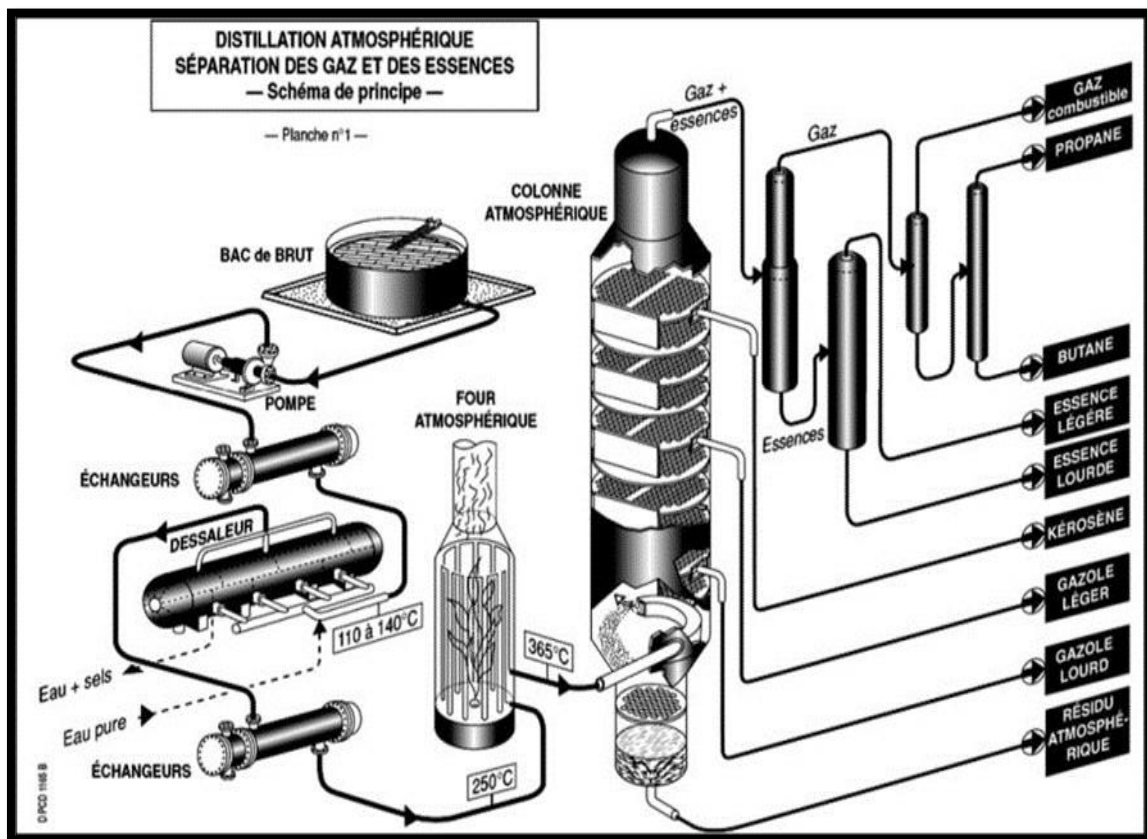


Figure III.3 : Unité de distillation atmosphérique. [3]

### III.5.2. Description de la colonne de distillation atmosphérique :

La colonne de distillation est un dispositif vertical cylindrique dont la hauteur varie en fonction du nombre et de l'espacement des plateaux qu'elle contient. Ces plateaux, de type à clapet, assurent un contact étroit entre la phase liquide descendant et la phase vapeur montante. Elle se compose de trois zones :

**a. Zone d'alimentation ou zone de flash :**

C'est la zone où la charge chauffée à 350°C est injectée, permettant la séparation en phase liquide et en phase vapeur. Elle garantit une bonne séparation des phases et protège les parois contre l'érosion. Pour ce faire, la matière première est introduite par des tubulures tangentielles et dirigée vers le centre en spirale grâce à une plaque métallique placée verticalement.

Cette zone est située entre le cinquième et le sixième plateau.

**b. Zone de rectification :**

La rectification est effectuée à partir des plateaux, variant entre 42 et 46. Elle permet d'obtenir des produits légers par stripping et des soutirages allant du gaz au gasoil lourd.

**c. Zone d'épuisement :**

Située dans la partie basse de la colonne, elle comprend environ 5 plateaux. À partir de cette zone, on obtient le résidu atmosphérique, utilisé comme matière première pour la distillation sous vide afin de produire des huiles lubrifiantes.

Cela se fait en injectant de la vapeur d'eau surchauffée et sous basse pression pour éliminer les constituants les plus volatils restant dans le résidu. [2]

**III.5.3. Distillation sous vide :**

La distillation sous vide est utilisée pour fractionner les produits contenant des hydrocarbures lourds dont les températures d'ébullition normales dépassent le seuil de craquage, ou pour la redistillation des produits nobles susceptibles d'être altérés par un nouveau chauffage.

En raffinerie, on utilise la distillation sous vide pour fractionner le brut réduit atmosphérique, afin d'obtenir des coupes lubrifiantes de base, pour redistiller les huiles après traitement au solvant, pour redistiller les essences spéciales, et pour préparer la charge des unités de craquage, permettant d'obtenir un gasoil sous vide à partir du résidu atmosphérique.[4]

## III.6. Bilan de matière et bilan énergétique

### III.6.1. Bilan de matière :

Le bilan de matière pour une colonne de distillation s'établit sur la base de la conservation de la masse pour chaque composant présent dans le mélange à séparer. Exclamation II permet de déterminer les débits des différents courants entrants et sortants de la colonne exclamation

- ❖ **Équations générales :** Soit une colonne de distillation avec  $N$  constituants, et  $n$  plateaux. On note :

**F :** Débit d'alimentation (mol/s)

**D :** Débit de distillat (mol/s)

**B :** Débit de fond (mol/s)

**L :** Débit de reflux (mol/s)

**V<sub>n</sub> :** Fraction molaire du composant  $n$  dans le courant liquide

**Y<sub>n</sub> :** Fraction molaire du composant  $n$  dans le courant vapeur

- ❖ **Bilan sur un plateau :** Pour un plateau donné, le bilan de matière pour un composant  $n$  s'écrit :

$$\mathbf{L}(v_{n-1}) + \mathbf{V}_n = \mathbf{V}(y_n) + \mathbf{B}(x_n)$$

- ❖ **Bilan global :** Le bilan global s'obtient en sommant les bilans sur tous les plateaux :

$$\mathbf{F}(x_n) = \mathbf{D}(x_n) + \mathbf{B}(x_n)$$

- ❖ **Bilan de matière pour un composant non volatil :** Pour un composant non volatil, sa fraction molaire dans le courant vapeur est nulle ( $Y_n = 0$ ). Le bilan de matière sur un plateau devient :

$$\mathbf{L}(v_{n-1}) = \mathbf{V}_n + \mathbf{B}(x_n)$$

- ❖ **Efficacité de séparation :** L'efficacité de séparation d'une colonne de distillation est évaluée par le rapport entre la pureté du distillat ( $x'_D$ ) et la pureté de l'alimentation ( $x_f$ ) :

$$\mathbf{E} = x'_D / x_f$$

### III.6.2. Bilan énergétique :

Le bilan énergétique d'une colonne de distillation prend en compte les transferts d'énergie thermique entre les différents courants et les parois de la colonne. Il permet de déterminer la quantité de chaleur nécessaire au fonctionnement de la colonne exclamation.

#### ❖ Équations générales :

On note :

**Q** : Puissance calorifique (W)

**H** : Enthalpie spécifique (J/mol)

**T** : Température (°C)

#### ❖ Bilan sur un plateau : Le bilan énergétique sur un plateau s'écrit:

$$L(H_l(V_{n-1}) - H_l(v_n)) + V(H_v(y_n) - H_v(V_n)) = Q$$

#### ❖ Bilan global : Le bilan global s'obtient en sommant les bilans sur tous les plateaux:

$$F(H_f - H_a) + L(H_l(x_{n-1}) - H_l(x_1)) = Q + B(H_b - H_l(x_n))$$

#### ❖ Hypothèses du bilan énergétique : Le bilan énergétique d'une colonne de distillation est généralement établi sous certaines hypothèses simplificatrices, telles que :

- Pas de pertes thermiques par les parois de la colonne
- Écoulements stationnaires
- Température uniforme sur chaque plateau

#### ❖ Logiciels de simulation : De nombreux logiciels de simulation permettent de réaliser les bilans de matière et d'énergie de colonnes de distillation. Ces logiciels prennent en compte les caractéristiques de la colonne, les propriétés thermodynamiques des composants et les conditions de fonctionnement pour déterminer les performances de la colonne. [20]

### III.6.3. Applications des bilans de matière et d'énergie :

Les bilans de matière et d'énergie sont utilisés dans une large gamme d'applications industrielles, notamment :

- ✚ **Conception de procédés** : Les bilans de matière et d'énergie sont essentiels pour la conception de nouveaux procédés chimiques et industriels. Ils permettent de dimensionner les réacteurs, les séparateurs et autres équipements, ainsi que d'optimiser les conditions de fonctionnement des procédés.
- ✚ **Optimisation des procédés** : Les bilans de matière et d'énergie peuvent être utilisés pour identifier les goulots d'étranglement et les inefficacités dans les procédés existants. Cela permet de proposer des modifications qui améliorent la performance, la sécurité et la durabilité des procédés.
- ✚ **Dépannage des procédés** : Les bilans de matière et d'énergie peuvent être utilisés pour diagnostiquer les problèmes de fonctionnement des procédés. Cela permet de prendre des mesures correctives pour ramener les procédés à des conditions de fonctionnement normales.
- ✚ **Gestion des déchets** : Les bilans de matière permettent de quantifier la quantité et la composition des déchets générés par un procédé. Cela permet de développer des stratégies de gestion des déchets plus efficaces et plus respectueuses de l'environnement.

### III.6.4. Outils et ressources pour les bilans de matière et d'énergie :

Il existe de nombreux outils et ressources disponibles pour aider les ingénieurs et les scientifiques à établir des bilans de matière et d'énergie. Parmi ces outils, on peut citer :

- ❖ **Logiciels de simulation de procédés** : Ces logiciels permettent de modéliser des procédés chimiques et industriels et de réaliser des bilans de matière et d'énergie.
- ❖ **Bases de données thermodynamiques** : Ces bases de données contiennent des informations sur les propriétés thermodynamiques des substances, qui sont nécessaires

pour calculer les flux d'énergie.

- ❖ **Manuels et ouvrages de référence** : Il existe de nombreux manuels et ouvrages de référence qui décrivent en détail les principes et les méthodes des bilans de matière et d'énergie [5].

# *Chapitre IV*

*Simulateur et Simulation*

## **IV.1. Introduction**

La simulation est définie comme étant la représentation d'un phénomène physique l'aide de modèles mathématiques permettant de décrire son comportement.

Autrement dit, La simulation permet de représenter par des modèles mathématiques les différents phénomènes de transfert de masse, d'énergie et de quantité de mouvement qui se produisent dans les différentes opérations unitaires [1].

## **IV.2. Objectifs de la simulation**

- ✚ Résoudre les équations des bilans de matière et d'énergie pour l'ensemble des appareils du procédé.
- ✚ Calculer les caractéristiques (composition, température, pression, propriétés, physiques) des fluides circulants entre les appareils.
- ✚ Fournir les éléments nécessaires au dimensionnement des équipements, tels que les quantités de chaleur échangées ou les débits internes d'une colonne etc....

## **IV.3. Historique**

À la fin des années soixante-dix, des chercheurs du département de génie chimique et pétrole de l'Université de Calgary et leurs associés à la startup « Hyprotech Ltd » ont dirigé le développement d'outils de simulation de processus innovateurs qui deviendra plus tard un standard de l'industrie.

Cette société très prospère est devenue le premier fournisseur canadien de logiciels de simulation et d'ingénierie des procédés pour l'industrie du pétrole et du gaz.

Au 31 mai 2002 Hyprotech Ltd est devenue une filiale d'Aspen Technologie Inc.

Fondé en 1981 Aspen Tech est né d'un projet de recherche conjointe entre le Massachusetts Institute of Technology et le Département Américain de l'Énergie Système Avancé pour l'Ingénierie des Procédés (ASPEN). [7].



## IV.4. Définition

La simulation est définie comme étant la représentation d'un phénomène physique à l'aide de modèles mathématiques permettant de décrire son comportement.

La simulation permet de représenter par des modèles mathématiques les différents phénomènes de transfert de masse, d'énergie et de quantité de mouvement qui se produisent dans les différentes opérations unitaires.[7].



Figure IV.1 : Aspen HYSYS

## IV.5. Rôle de la simulation

Les différentes tâches qu'un simulateur de procédé devrait effectuer sont:

✚ Dans la conception (engineering):

- La résolution des bilans de matières et d'énergie.
- Le dimensionnement des équipements.
- L'évaluation économique du procédé.
- L'optimisation du procédé.

✚ Dans le suivi des procédés:

- Réajustement des paramètres de fonctionnement dans le cas des changements de composition de l'alimentation.
- Détermination de la performance des équipements. [1]

## IV.6. Domaine d'application

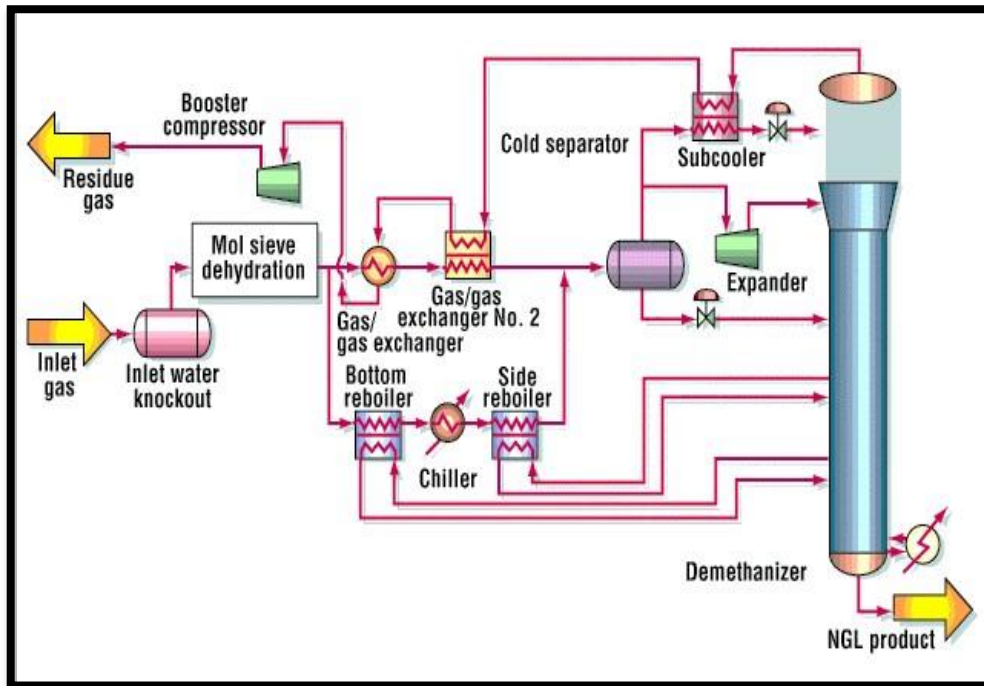


Figure IV.2: Procédés de l'industrie gazière[7]

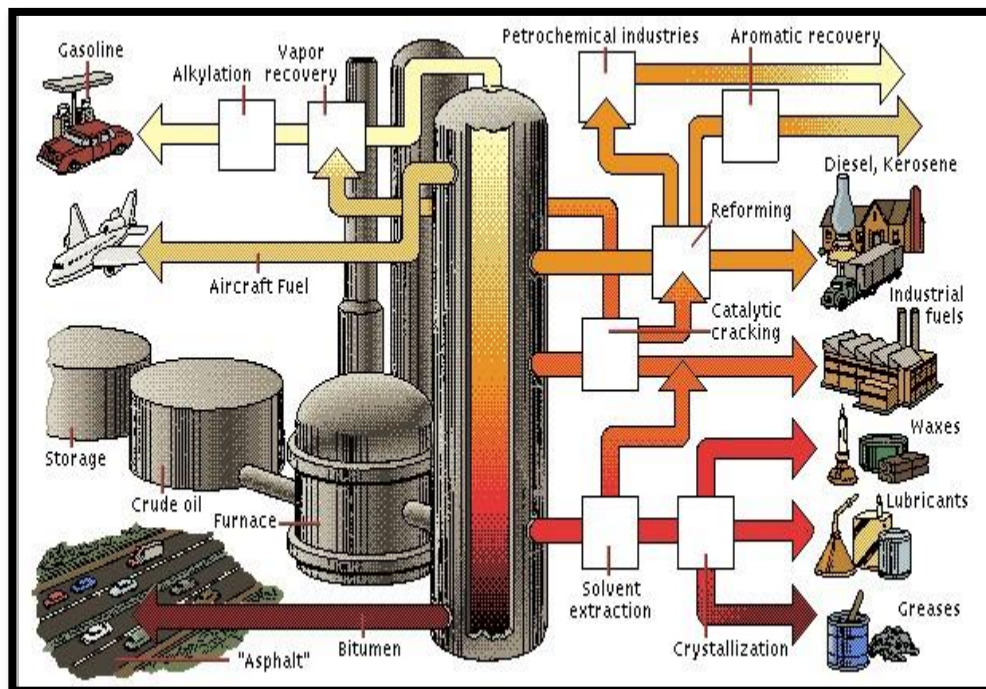


Figure IV. 3: Procédés de l'industrie pétrolière[7]

## IV.7. Utilisation

✚ Lors de la conception d'un procédé industriel afin de:

- Établir des bilans de matière et d'énergie d'un procédé industriel.
- Dimensionner les équipements de ce procédé.

✚ Lors de suivi des procédés qui sont déjà installés afin de:

- Réajuster les paramètres de fonctionnement dans le cas de changement de compositions de l'alimentation ou des conditions de fonctionnement de certains équipements.
- Déterminer les performances des équipements. [2]

## IV.8. Mode de fonctionnement

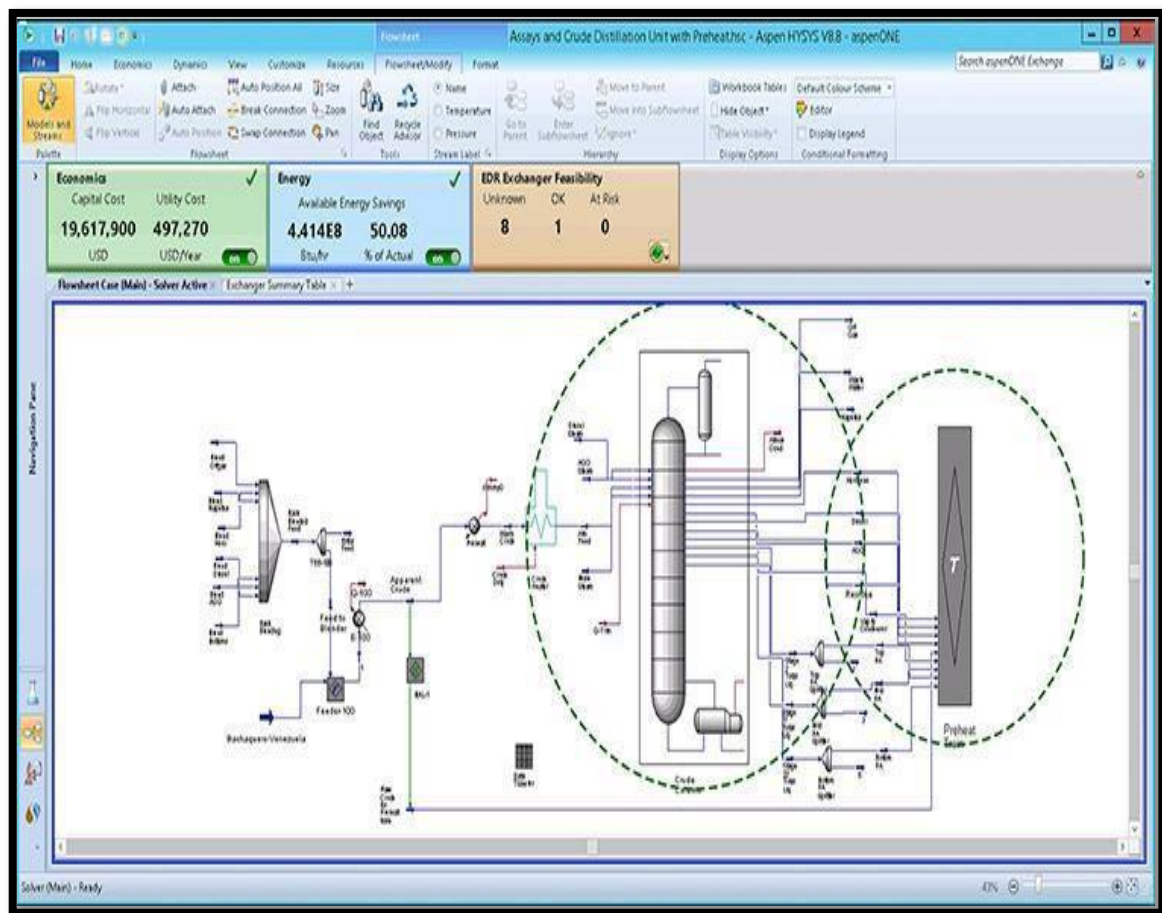


Figure IV.4 : Mode stationnaire (Steady state) [7].

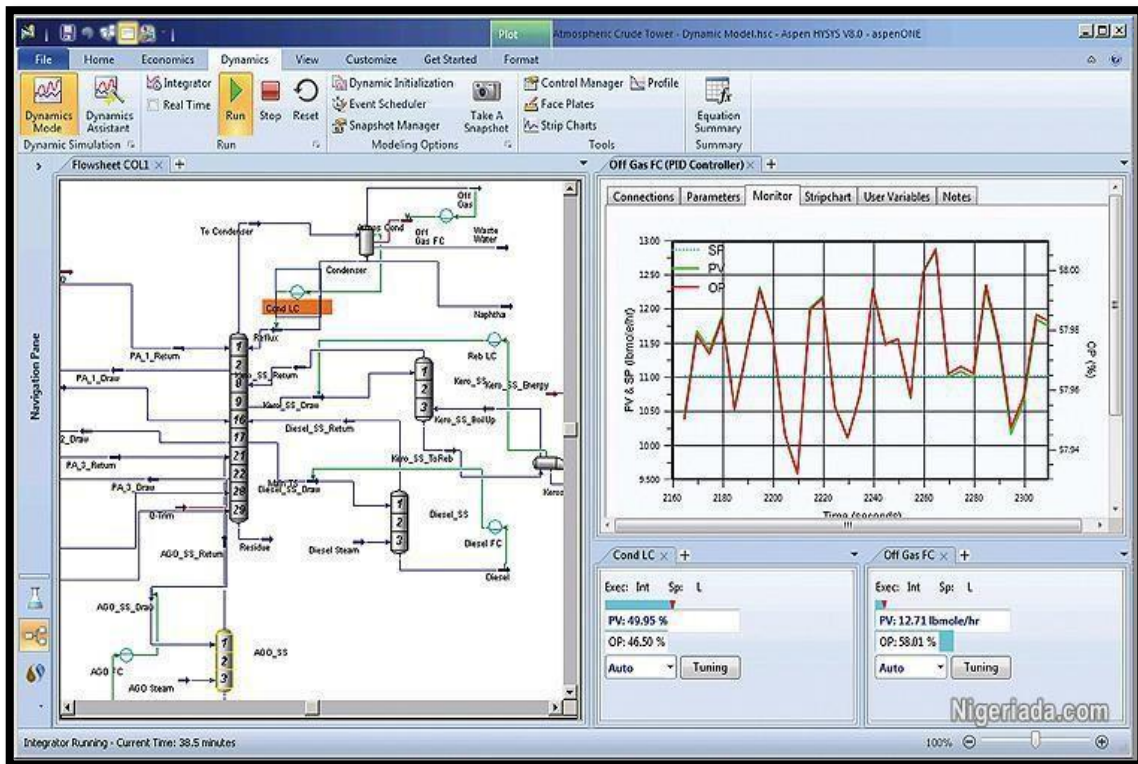


Figure IV.5 : Mode dynamique (Dynamic) [7].

### IV.9. Présentation du logiciel de simulation Aspen HYSYS

Aspen HYSYS est un environnement de procédé de simulation conçu pour servir les techniciens et les ingénieurs de pétrole, du gaz et du raffinage.

A l'aide de l'environnement d'Aspen HYSYS, on peut créer l'état d'équilibre rigoureux et Le modèle dynamique pour la conception des installations, la gestion et planification économique, analyse, amélioration et planification des projets. Par l'interface interactive.

D'Aspen HYSYS, on peut facilement manœuvrer des variables et la topologie de procédé d'opération unitaire [3].

### IV.10. Présentation des Procédures de simulation par HYSYS

Les simulateurs de procédés utilisés classiquement dans l'industrie, peuvent être considérés comme des modèles de connaissance. Ils sont basés sur la résolution de bilans de masse et d'énergie, des équations d'équilibres thermodynamiques, ... et sont à même de fournir l'information de base pour la conception. Ils sont principalement utilisés pour la conception



de nouveaux procédés (dimensionnement d'appareil, analyse du fonctionnement pour différentes conditions opératoires, optimisation), pour l'optimisation de procédés existants et l'évaluation de changements effectués sur les conditions opératoires.

Avant même de parler de modèles d'opération de transformation de la matière, il faut des modèles pour prédire les propriétés physiques de la matière. C'est pourquoi ces simulateurs 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.

Tout simulateur industriel de procédés chimiques est organisé autour des modules

Suivants :

- ✚ Une base de données des corps purs et un ensemble de méthodes pour estimer les propriétés des mélanges appelés aussi modèles thermodynamiques.
- ✚ Des modules de calcul des différentes opérations unitaires contenant les équations relatives à leur fonctionnement : réacteur chimique, colonne de distillation, colonne de séparation, échangeurs de chaleur, pertes de charges, etc...
- ✚ Un ensemble de méthodes numériques de résolution des équations des modèles [2].

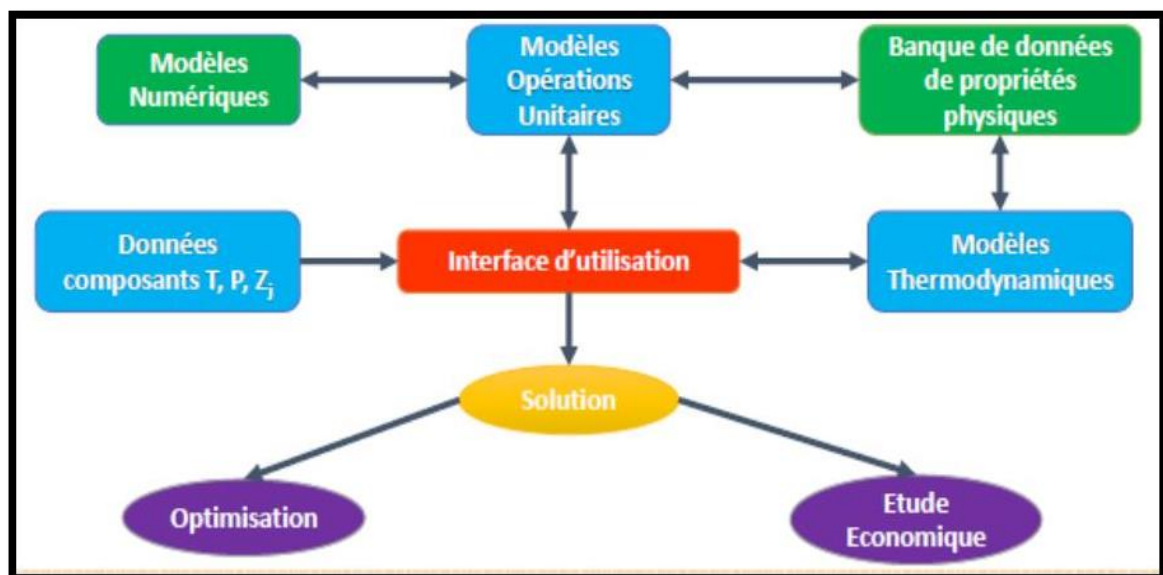


Figure IV.6 : Structure générale d'Aspen HYSYS [7].

## IV.11. Modèle thermodynamique

### IV.11.1. Choix de modèle thermodynamique :

Les modèles thermodynamiques sont nécessaires pour le calcul des propriétés physiques des fluides dont les hydrocarbures sur un éventail de conditions de fonctionnement.

Le choix de telle ou telle équation d'état reste dicté par la recherche d'un compromis entre Les trois critères suivants:

- Simplicité de la forme mathématique;
- Etendue du domaine d'application;
- Précision souhaitée.

L'équation la plus recommandée pour les systèmes d'hydrocarbures est l'équation de Peng-Robinson.

Pour notre étude nous avons choisi comme modèle l'équation d'état de Peng-Robinson [3].

### IV.11.2. Les équations d'état (EOS):

Les modèles basés sur des équations d'état (RK, SRK, PR, etc.) sont souvent utilisés pour calculer les systèmes d'hydrocarbures et les systèmes proches des idéaux. Par rapport à d'autres modèles, leur avantage réside dans l'utilisation de coefficients d'interaction binaire. Habituellement, l'équation d'état est utilisée pour calculer toutes les caractéristiques du produit en termes de température et de fraction molaire. [9]

Parmi les nombreuses équations d'état existantes, on citera deux d'entre elles, très utilisées dans tous les programmes de calcul des propriétés thermodynamiques des fluides, ces équations sont

### IV.11.3. Equation de SOAVE-REDLICH-KWONG (SRK):

Cette équation modifiée celle de REDLICH-KWONG, par l'introduction d'une fonction  $a(T)$  qui dépend du facteur acentrique

L'équation de SOAVE est de la même forme générale que l'équation

$$P = \frac{RT}{V - b} - \frac{a(T)}{V(V + b)}$$

SOAVE a introduit les relations suivantes pour exprimer la fonction  $a(T)$  :

$$\begin{aligned} a(T) &= a_c a(T_R) \\ \text{Avec:} \\ a(T_R) &= [1 + m(1 - \sqrt{T_R})]^2 \end{aligned}$$

Le coefficient  $m$  est calculé en fonction du facteur acentrique  $\omega$ :

$$m = 0,480 + 1,574\omega - 0,176\omega^2 \quad [8]$$

#### IV.11.4. Equation d'état de REDLICH-KWONG (RK) :

Considérée comme la plus simple des équations d'état, elle est très utilisée pour prédire l'état de la phase vapeur. La forme la plus classique de l'équation Redlich-Kwong est de la forme

$$P = f(T, V_m) : \quad P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a/T^{0,5}}{V(V+b)}$$

Où  $a$  et  $b$  sont uniquement fonction des composés chimique, et de la composition,  $T_{el}$  - el que :

$$\begin{aligned} a &= a^* \frac{R^2 T_c^{2,5}}{P_c} \quad \text{et} \quad a^* = 0,42748023 \\ b &= b^* \frac{R^2 T_c}{P_c} \quad \text{et} \quad b^* = 0,08664035 \end{aligned}$$

Il existe plusieurs modifications, ou évolutions, de l'équation de RedlichKwong :

- Soave-Redlich-Kwong (décrite ci-après),
- Peng-Robinson (décrite ci-après),
- Redlich-Kwong Aspen,
- Redlich-Kwong-Soave-Mathias-Redlich-Kwong-Soave-Sandler,
- Redlich-Kwong-Soave-MHV2.
- et probablement des centaines d'autres... [1]

#### IV.11.5. Equation de PENG-ROBINSON :

L'équation de PENG-ROBINSON (1976) est différente de l'équation de REDLICH KWONG par l'introduction d'une fonction  $a(T)$  qui dépend du facteur acentrique.

L'équation de PENG ROBINSON est définie comme suit :

$$P = \frac{RT}{(V-b) - \frac{a}{[V(V+b)+b(V-b)]}}$$

Elle peut s'écrire sous la forme polynomiale :

$$Z^3 - (A-B).Z^2 + (A-2B-3B^2).Z - (A.B - B^2 - B^3) = 0$$

Avec :  $b = \sum X_i . b_i$  ,  $b_i = \frac{77796}{100000} R \frac{T_{ci}}{P_{ci}}$

$a = \sum_i \sum_j x_i . x_j (a_i . a_j)^{0.5} . (1 - K_{ij})$  et :  $a_i = a_{ci} \alpha_i$

$$a_{ci} = \frac{457235}{1000000} \cdot \frac{(RT_{ci})^2}{P_{ci}} \dots$$

$$\alpha_i^{0.5} = 1 + m_i (1 - T_i^{0.5})$$

$$m_i = 0.37646 + 1.54226w_i - 0.26992w_i^2$$

$w_i$  : facteur acentrique.

Avec :  $A = \frac{a.p}{(RT)^2}$  ,  $B = \frac{b.p}{RT}$

Et :  $A_i = \frac{1}{a} [2 . a_i^{0.5} \sum x_j a_j^{0.5} . (1 - K_{ij})]$  ,  $B_i = \frac{b_i}{b}$

Ces équations sont très largement utilisées dans les modèles de simulation, en production et traitement de gaz.

L'équation de Peng-Robinson résout correctement les problèmes d'équilibre et permet de prédire des densités liquides plus en accord avec les valeurs réelles que les autres équations. [8]

Limites d'applications de l'équation de Peng Robinson (Tableau-1) :

**Tableau IV.1 : Limites d'application de l'équation de PENG ROBINSON.**

Equation	Température °C	Pression Kpa
PR	>-271	100000(10E3bar)



## IV.12. Les étapes de simulation d'une colonne

Pour une meilleure compréhension de la méthodologie d'une simulation sous ASPEN PLUS, plusieurs étapes sont requises pour réaliser une bonne simulation.

Après le lancement du simulateur, l'interface d'ASPEN PLUS semble comme indiquée sur la boîte de dialogue

✓ Pour démarrer ASPEN, appuyer deux fois sur l'icône ci devant :

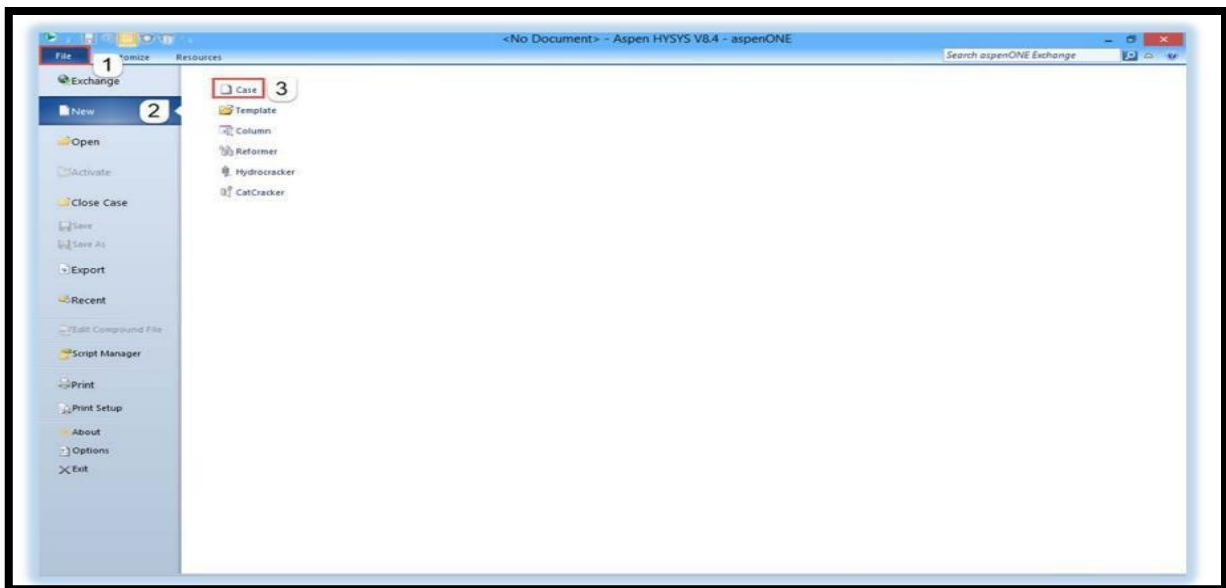


Figure IV.7 : Interface de démarrage

✓ Cliquant sur Add pour ajouter les composés au Component List.

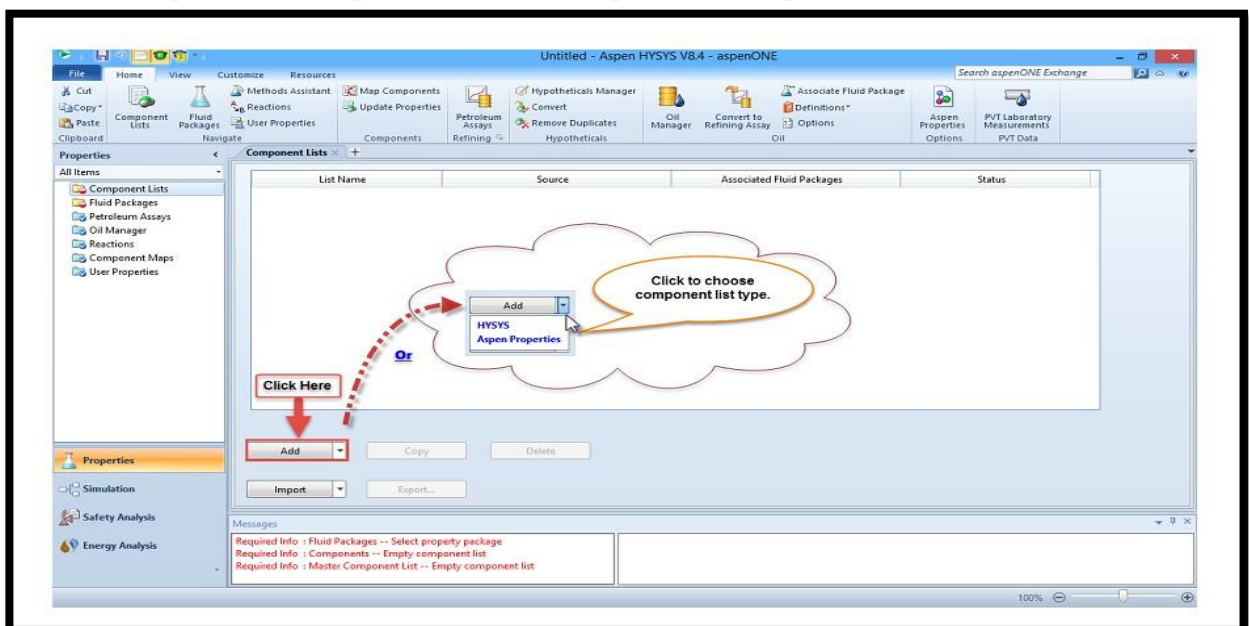


Figure IV.8 : Composition 1.

- ✓ Cliquant sur Add pour ajouter les composés purs Pure Components au Component List.

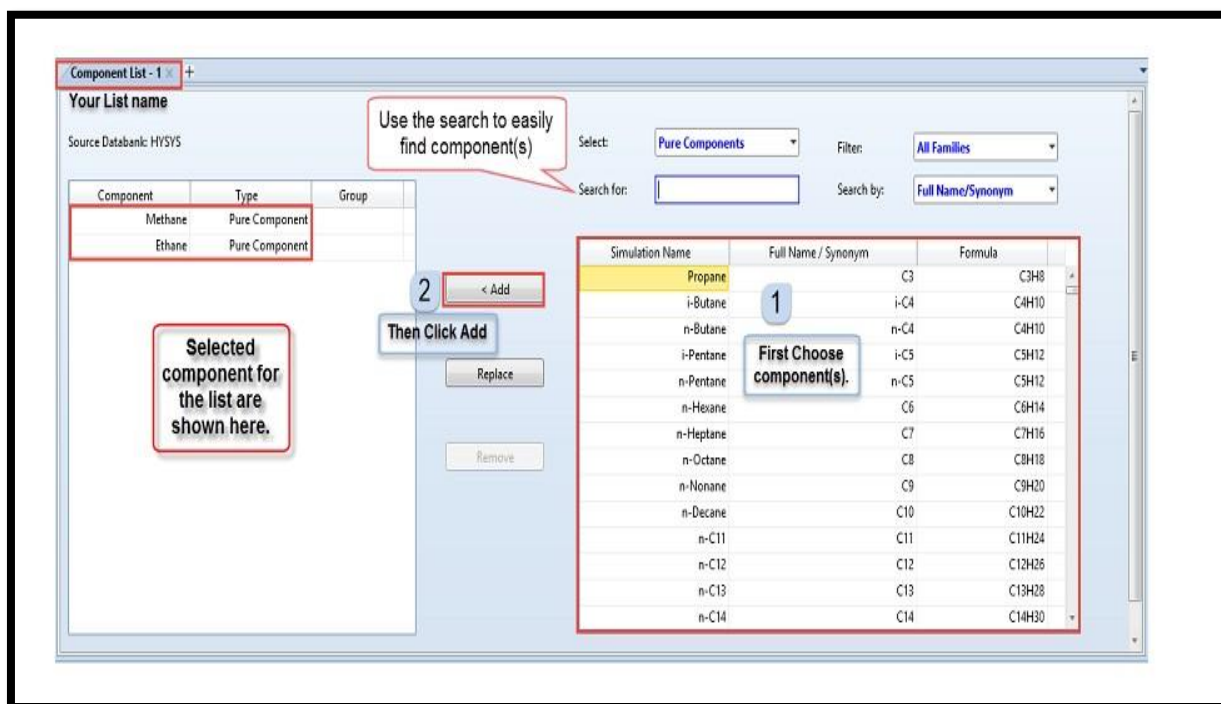


Figure IV.9 : Composition 2.

- ✓ Cliquant sur Add pour ajouter les composés hypothétiques Hypothetical au Component List.

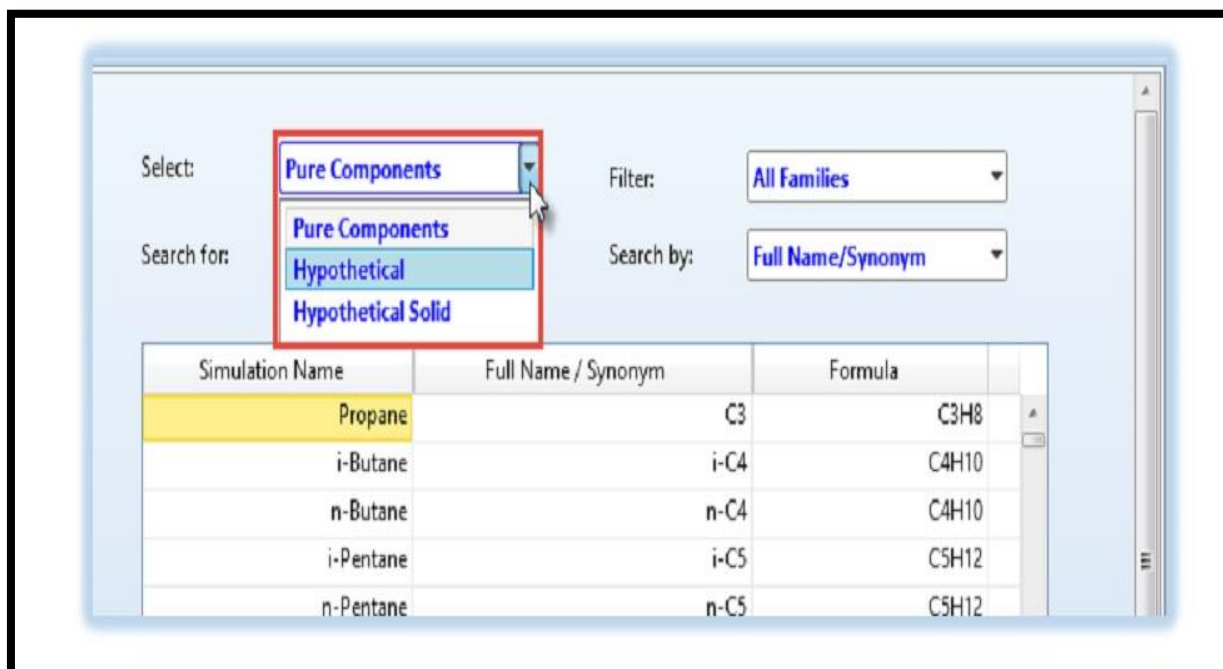


Figure IV.10 : Hypothetica

- ✓ Cliquer sur Add pour ajouter le fluid package” au Component List.

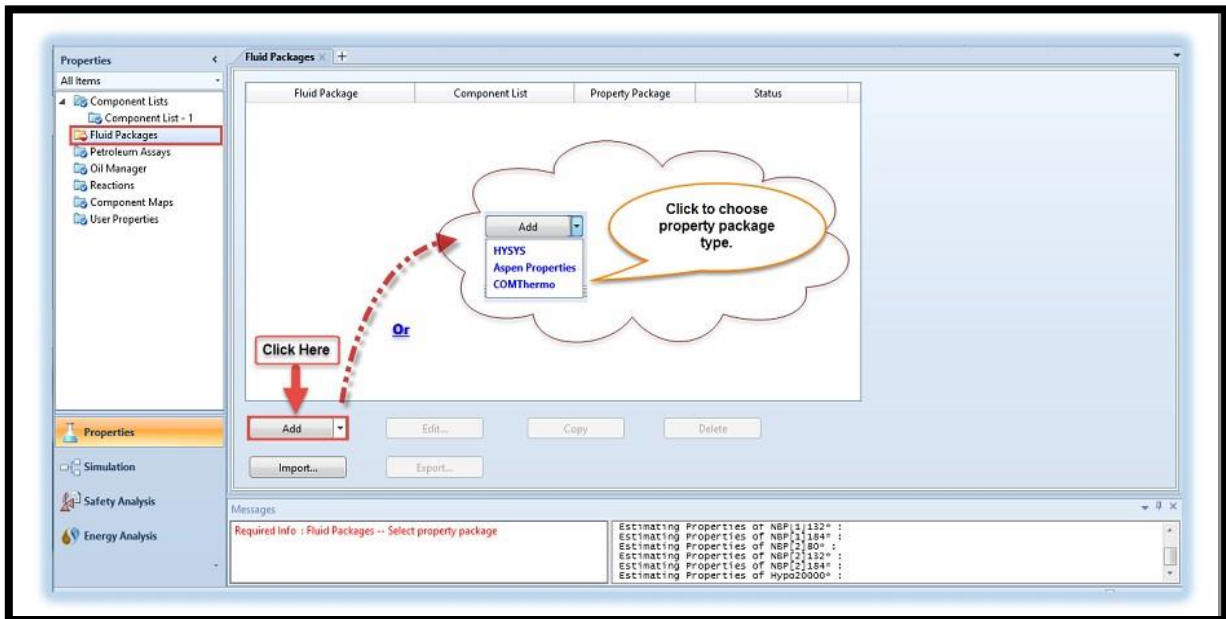


Figure IV.11 : Fluid package.

- ✓ Le modèle mathématique est composé d’une série d’équations développées dans l’objectif de décrire le comportement d’un système donné (opération unitaire séparation de phases, fractionnement de composants, compression, détente, échange de chaleur ou autre.

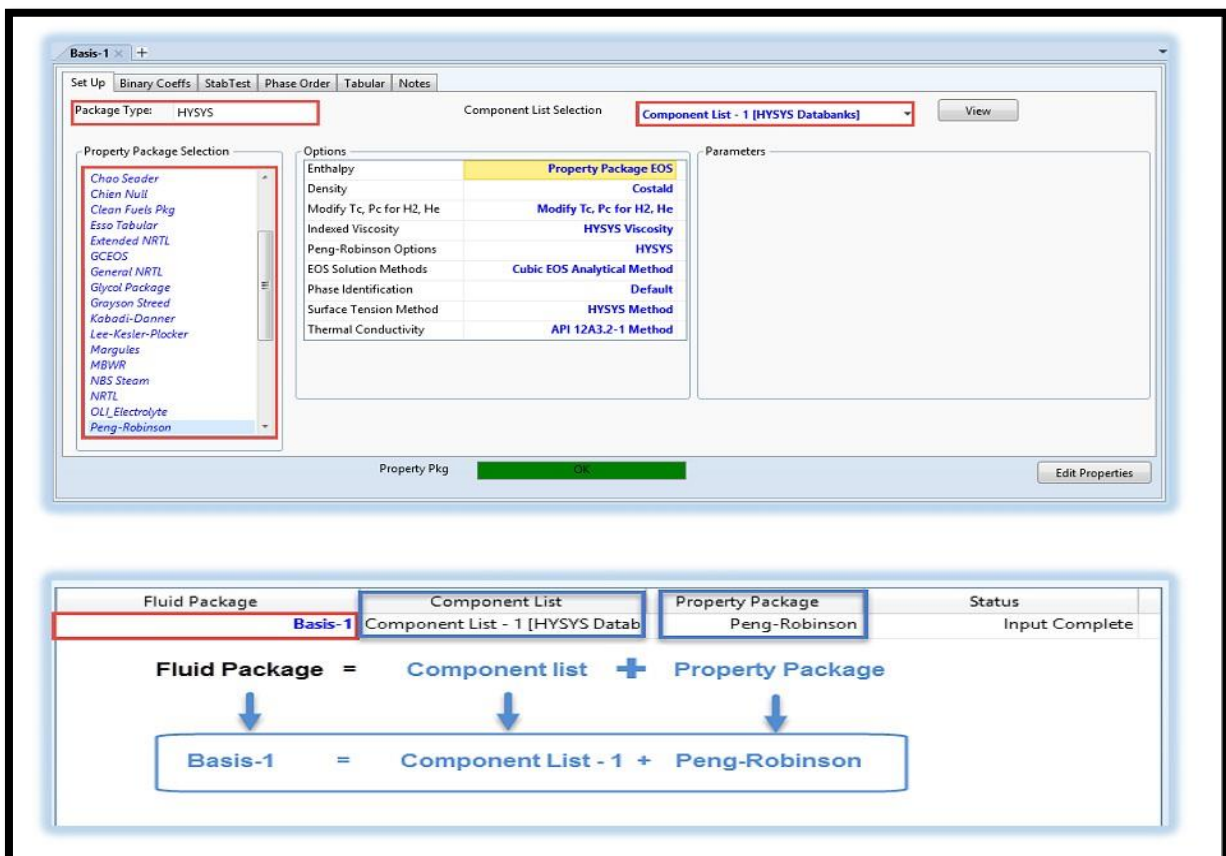


Figure IV.12 : Property package.

- ✓ Pour commencer à dessiner le schéma du procédé on clique sur Simulation Environment.

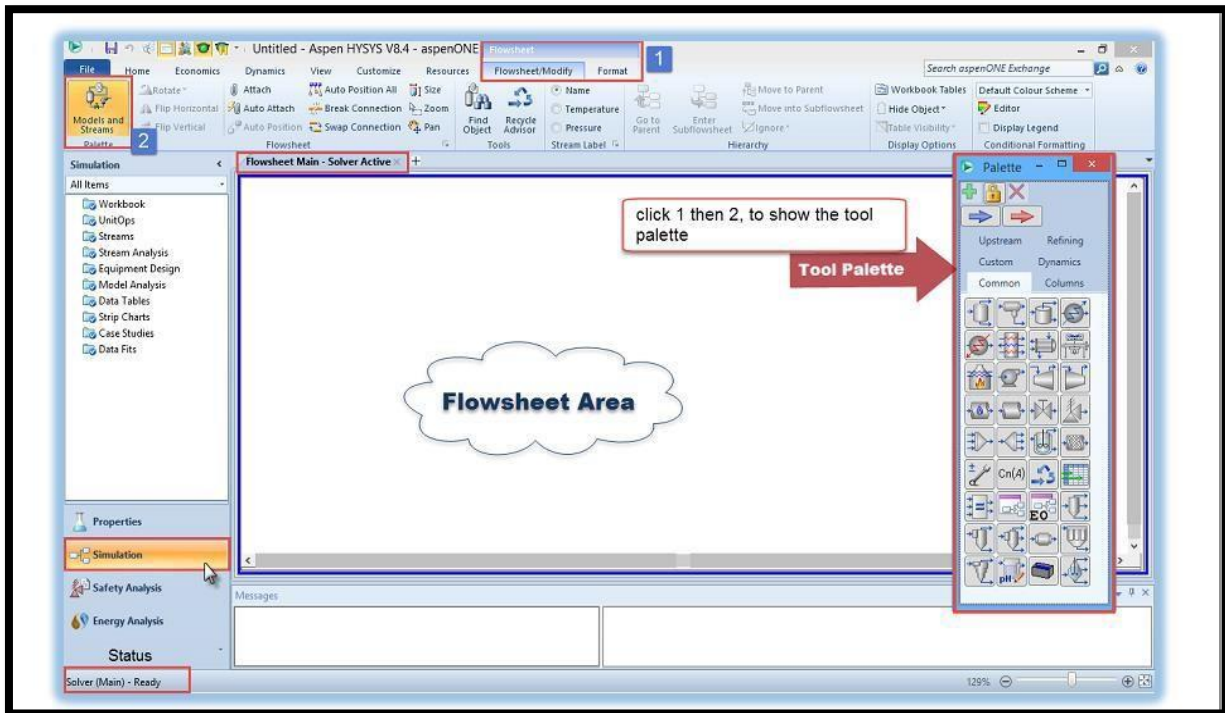


Figure IV.13 : Flowsheet area.

- ✓ Pour ajouter des équipements et des flux de matière/ énergie on utilise la Palette ci dissous.

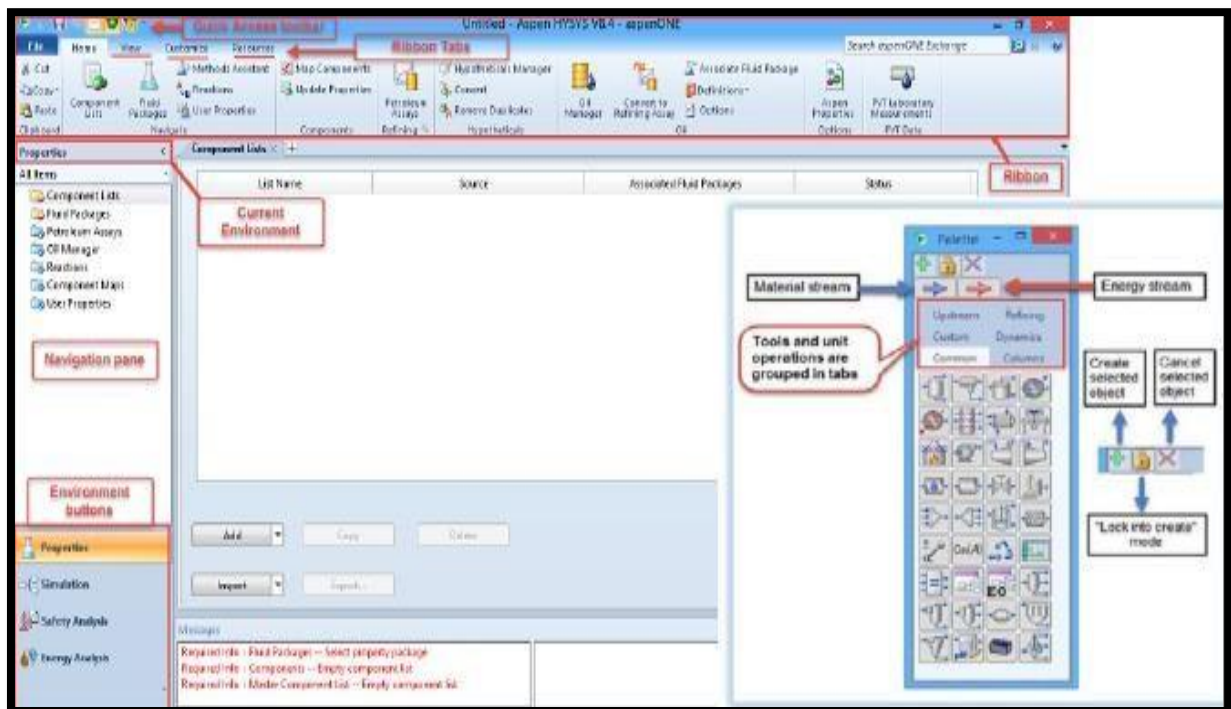


Figure IV.14 : Interface de simulation.

# *Chapitre V*

## *Résultats et Discussion*

## V.1. Simulation de la colonne

Le travail consiste à faire la simulation d'une colonne dans le cas réel et le cas design en utilisant les deux équations d'états : Ping Robinson

La colonne T-101 est une colonne cylindrique qui a pour but de séparer le naphta a + GPL et naphta B et condensat stabilisé ; c'est- à-dire d'éliminer le napht a +GPL en tête de la colonne tandis que les produits du fond se présentent comme un mélange de naphta B et condensat stabilisées.

## V.2. Simulation et validation par simulateur APEN HYSYS

### V.2.1. La composition du Naphta +GPL :

Les données relatives à la composition du flux entrant dans la colonne T-101 sont obtenues à partir des analyses réalisées dans les installations de laboratoire de l'entreprise RA2K, à SKIKDA. Ces données sont répertoriées dans les tableaux suivants :

**Tableau V.1 : Distillation TBP de condensat de design.**

Point TBP °C	Liquide distillé %	Densité (20°C) Kg/m <sup>3</sup>
IBP – 15	2.73	/
15 - 65	29.84	642.0
65 - 70	2.70	668.9
70 - 75	2.71	687.3
75 - 80	2.74	697.0
80 - 85	3.00	702.2

---

---

85 - 90	3.30	706.4
90 - 95	3.18	710.7
95 - 100	2.77	714.9
100 - 105	2.38	719.2
105 - 110	2.19	723.6
110 - 115	2.12	728.1
115 - 120	2.13	732.6
120 - 125	2.25	737.1
125 - 130	2.28	741.0
130 - 135	2.11	744.6
135 - 140	1.85	748.5
140 - 145	1.67	751.2
145 - 150	1.61	752.5
150 - 155	1.60	753.7
155 - 160	1.63	756.7
160 - 165	1.67	762.9
165 - 170	1.48	765.5
170 - 175	1.48	766.2
175 - 180	1.12	766.7

---

---

---

---

180 - 185	0.94	768.8
185 - 190	0.93	771.1
190 - 195	1.11	775.6
195 - 200	1.12	780.3
200 - 205	0.99	782.0
205 - 210	0.93	783.3
210 - 215	0.86	784.8
215 - 220	0.80	787.4
220 - 225	0.74	789.8
225 - 230	0.71	791.1
230 - 235	0.68	792.2
235 - 240	0.62	795.2
240 - 245	0.58	799.4
245 - 250	0.57	802.2
250 - 255	0.56	805.1
255 - 260	0.54	806.7
260 - 265	0.45	810.1
265 - 270	0.37	810.4
270 - 275	0.34	811.7

---

---



275 - 280	0.33	814.6
280 - 285	0.32	818.4
285 - 290	0.30	822.5
290 - 295	0.28	826.8
295 - 300	0.27	830.9
300 - FBP	2.13	838.2

Tableau V.2 : Caractéristiques globales du condensat de design.

Caractéristiques	Résultats	
API°	/	67,88
Densité à 15°C	g/cm <sup>3</sup>	0,7095
Densité à 20°C	g/cm <sup>3</sup>	0,7051
Viscosité à 20°C	mm <sup>2</sup> /s	0,59
Viscosité à 40°C	mm <sup>2</sup> /s	<0.50
Facteur de caractérisation Kuop		12,2

Tableau V.3 : Analyse chromatographique de la fraction légère de la charge réelle.

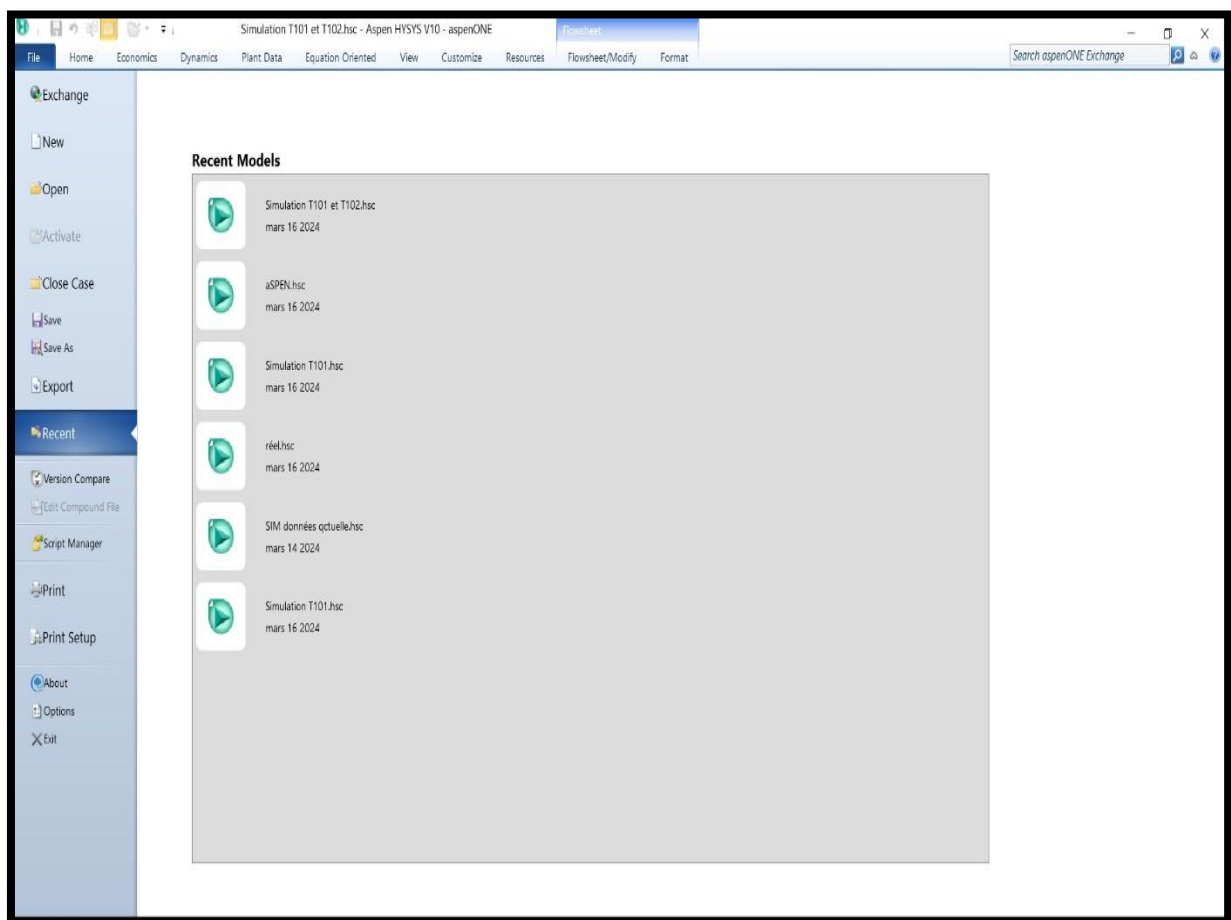
Constituants	Wt	%Vol
C2	0.002	0.003
C3	0.020	0.030
i-C4	0.330	0.390

n-C4	1.910	2.260
i-C5	0.390	0.370
n-C5	0.020	0.020
Totale	2.672	3.073

**V.2.2. Equation de Ping Robinson :**

Les étapes suivantes décrivent le déroulement du processus de simulation :

**1- Démarrer le programme ASPEN :**



**Figure V.1 : Aspen Hysys.**

- 2- Sélectionner " **File / New / Case** ", en appuyant sur " **File** ". Pour commencer un nouveau Case, et sélectionner les compositions en appuyant sur le bouton " **Add** " .

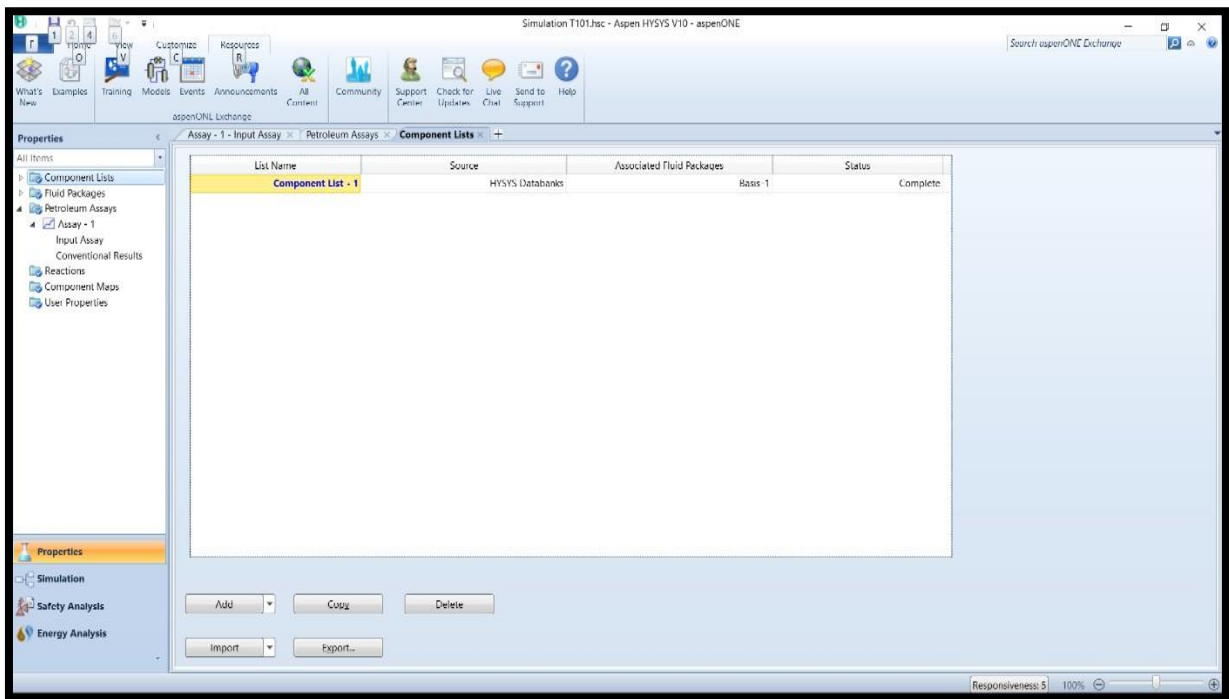


Figure V.2 : New case.

- 3- Dans la liste " **Petroleum Assays** ", appuyant sur le bouton " **Add** " et ensuite sélectionner " **manually enter** " .

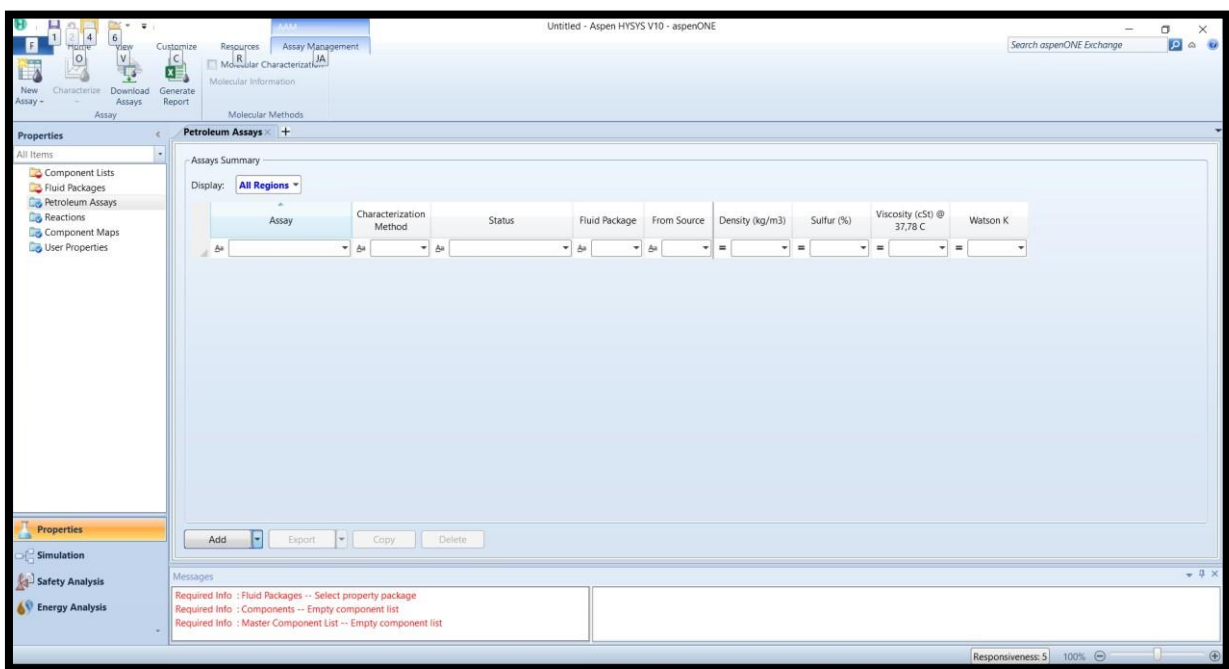


Figure V.3 : Petroleum assays.

4- Sélectionner "Assay Components Celsius to 1150C "

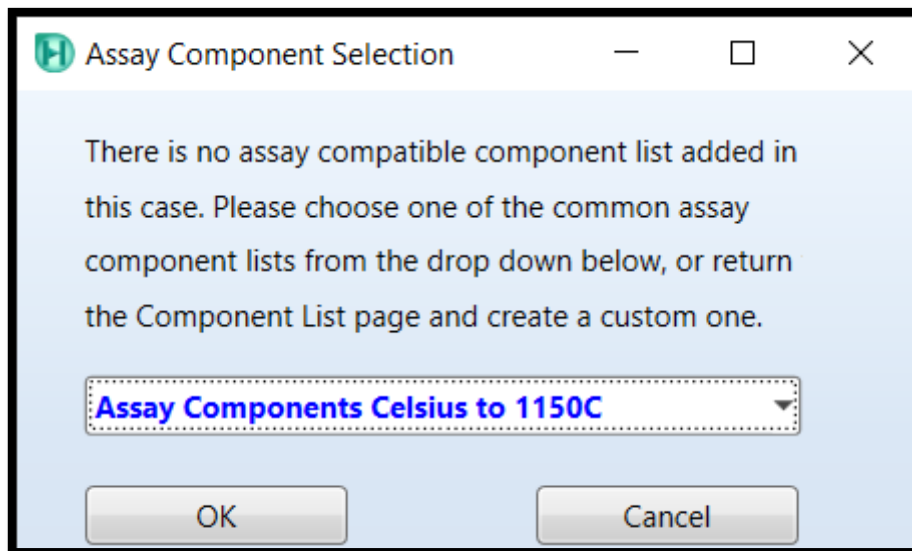


Figure V. 4 : Assay components Celsius to 1150C.

5- Ensuite, nous entrons Point TBP et les données et le Rendement et la Densité et la Viscosité.

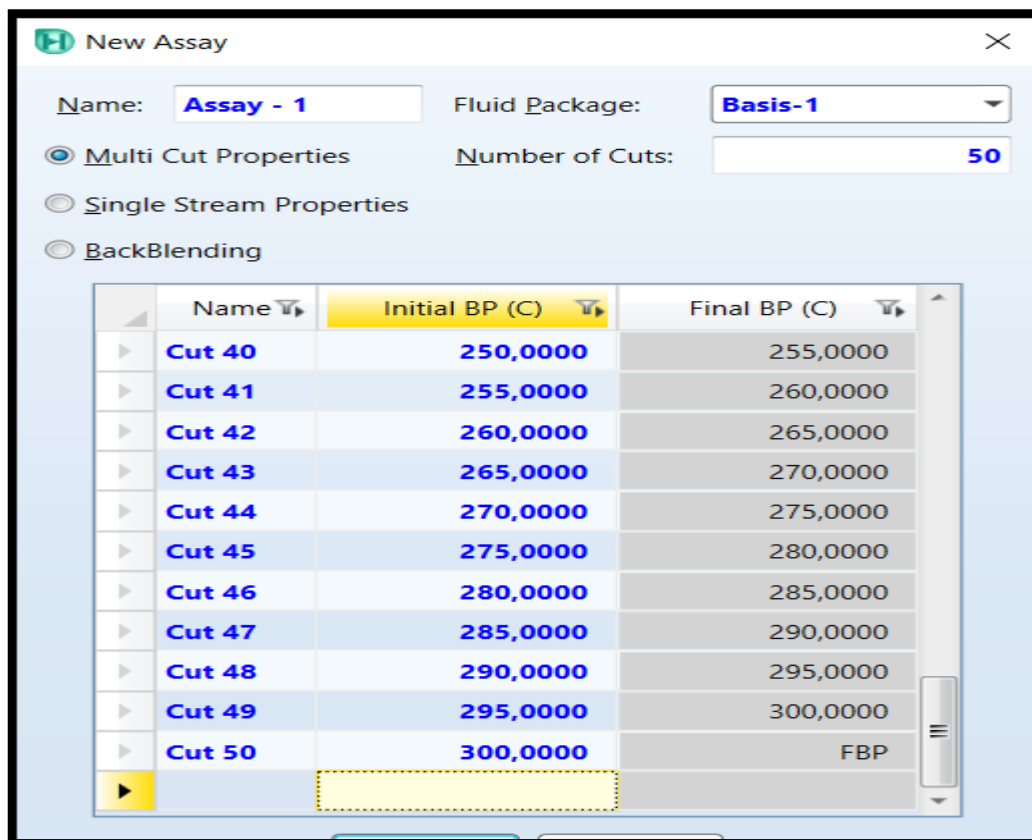


Figure V.5 : Point TBP.

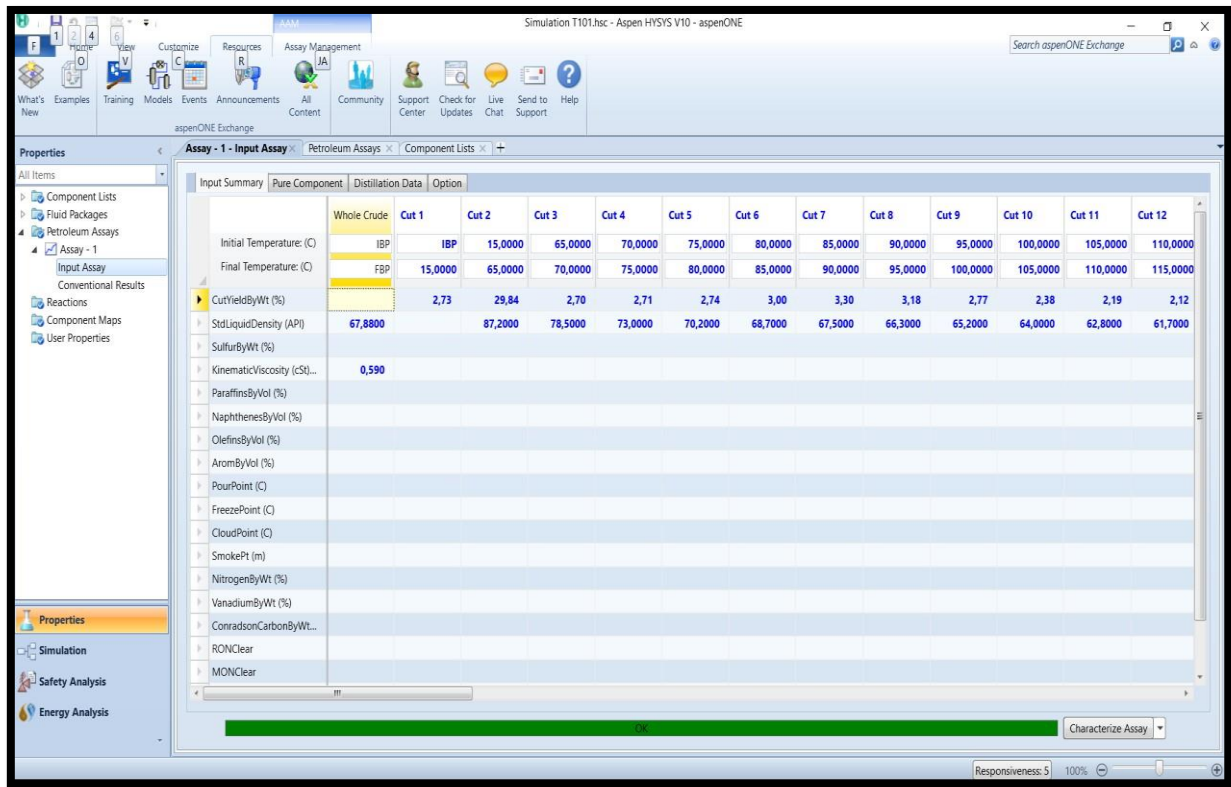


Figure V.6 : Les données design.

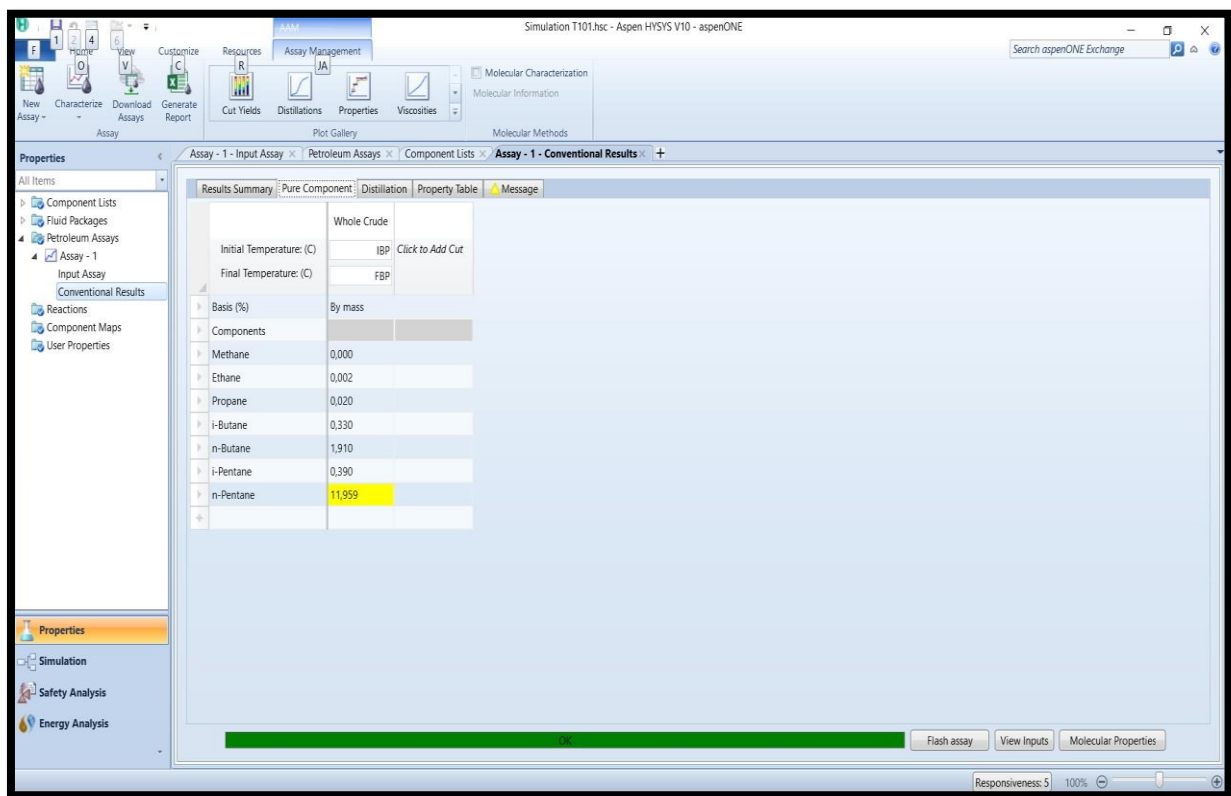


Figure V.7 : Pure component.

6- Puis on clique sur "characterize Assay" Montre nous RESUME DE RRESULTAT.

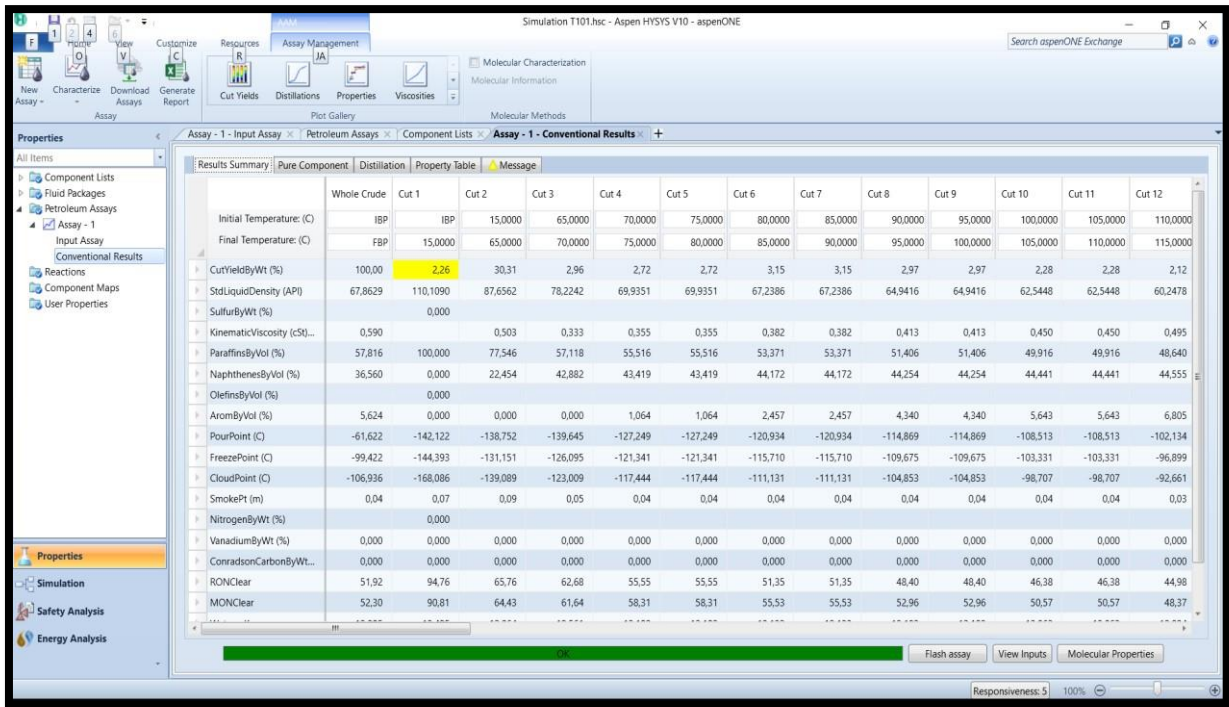


Figure V.8 : Result summary.

7- Toutes les données requises ont été saisies pour commencer notre simulation pour inclure une colonne.

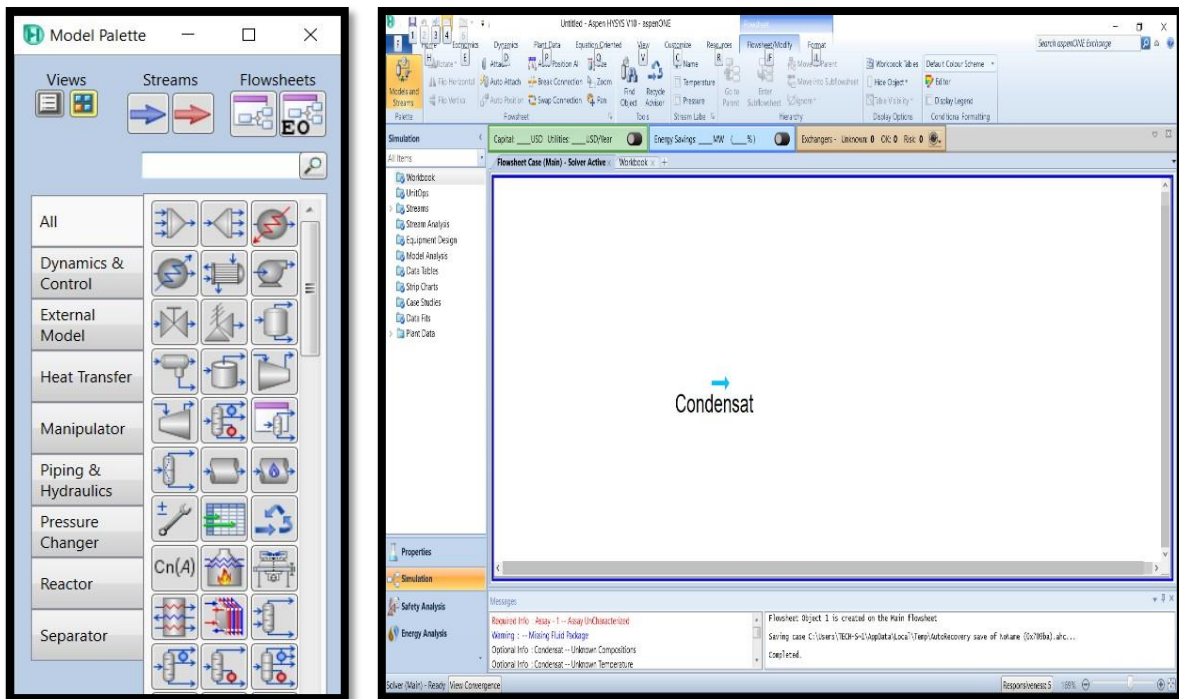


Figure V.9 : Zone de simulation.

8- Ajouter les équipements de l'installation de la colonne de séparation.

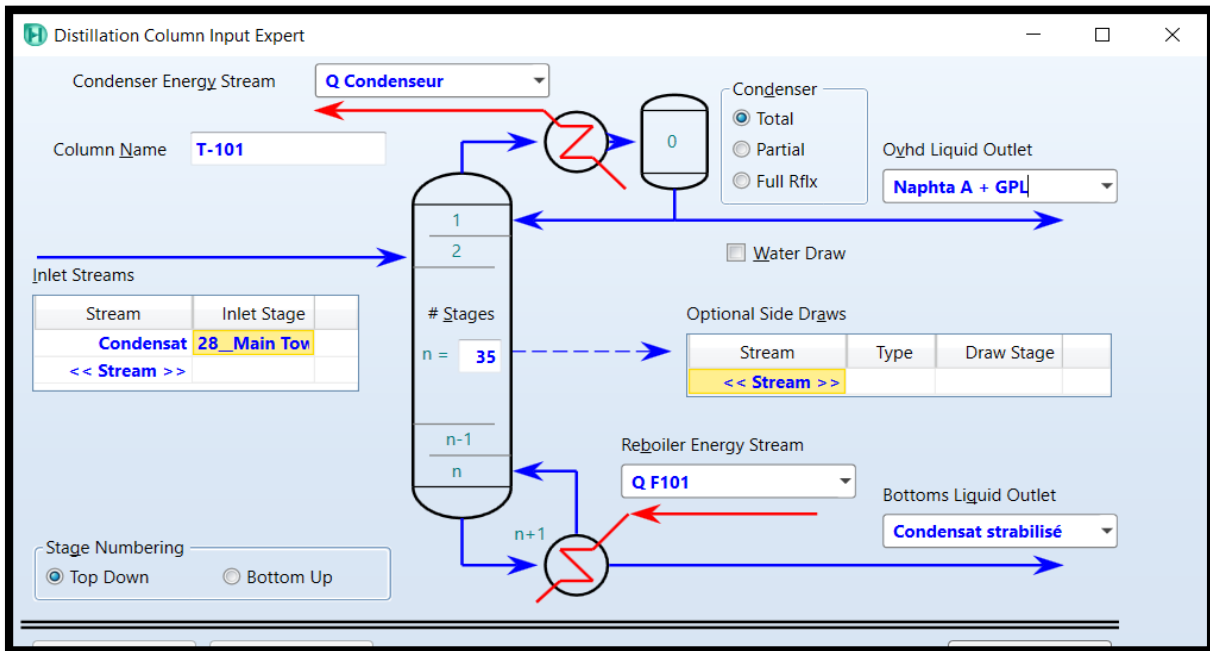


Figure V.10 : Colonne T\_101.

9- Aller au " worksheet ", puis saisissez toutes les données requises pour la simulation dans le tableau.

- Pour le cas design :

La figure V. 11 représente les conditions requises à l'entrée et à la sortie de la colonne pour le cas design.

Name	Condensat @COL1	Naphta A+GPL @COL1	Condensat stabilisé @COL1	Naphta B @COL1
Vapour	0,3486	0,0000	0,0000	0,0000
Temperature [C]	136,0	77,66	192,2	116,1
Pressure [bar_g]	3,350	2,697	3,400	2,986
Molar Flow [kgmole/h]	6355	1798	2281	2276
Mass Flow [kg/h]	6,313e+005	1,313e+005	3,000e+005	2,000e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	890,4	206,5	393,6	290,3
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-1,857e+005	-1,601e+005	-2,331e+005	-1,755e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	246,6	132,7	350,0	173,0
Heat Flow [kJ/h]	-1,180e+009	-2,879e+008	-5,318e+008	-3,993e+008

Figure V.11 : Condition (cas design).



### V.3. Traçage des courbes du condensat

**a. Courbe TBP** : la courbe TBP est un outil précieux pour caractériser la composition du condensat brut qui traitera dans la raffinerie. Elle permet d'identifier les différentes fractions présentes dans le condensat, telle que les gaz, l'essence, le kérosène, le naphta et le résidu. Les proportions de chaque fraction peuvent être déterminées en mesurant la quantité de condensat distillée à chaque température.

#### ➤ Interprétation de la courbe TBP

**-la partie initial de la courbe (températures basses)** : correspond aux gaz légers, tels que le méthane, l'éthane, et le propane. Ces gaz sont généralement séparés du condensat et utilisés comme combustibles ou comme matière première pour la production pétrochimique.

**- la partie médiane** : correspond aux liquides du condensat, telles que l'essence, le kérosène, et le gasoil. Ces fractions sont les principales matières premières pour la production de combustibles.

**-la partie finale de la courbe (températures élevées)** : correspond aux résidus, qui sont des hydrocarbures lourds à point d'ébullition élevé. Les résidus peuvent être utilisés comme combustibles pour la production d'énergie.

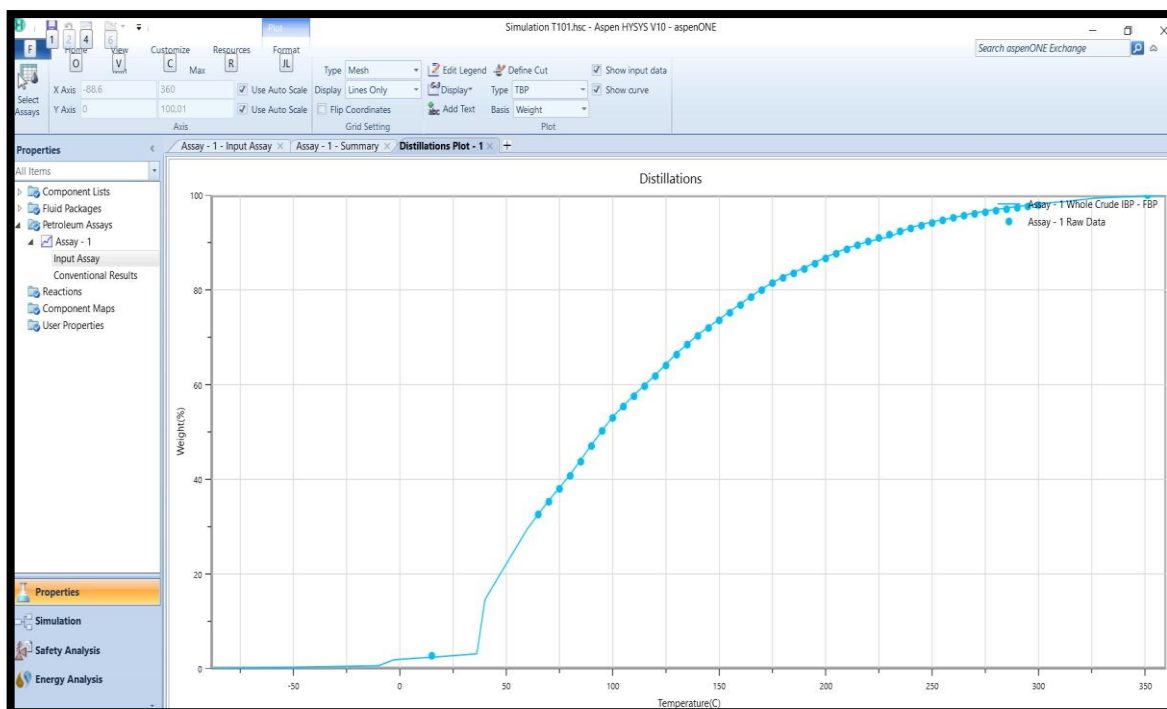


Figure V.12 : Courbe de distillation TBP de condensat de design.



**b. Courbe de densité :** La courbe de densité du condensat constitue permet d'analyser la qualité et les propriétés du condensat produit dans les raffineries. Elle permet de déterminer sa composition, ses propriétés physiques et son adéquation à différentes applications, contribuant ainsi à l'optimisation des procédés de raffinage et au développement de nouveaux produits dérivés.

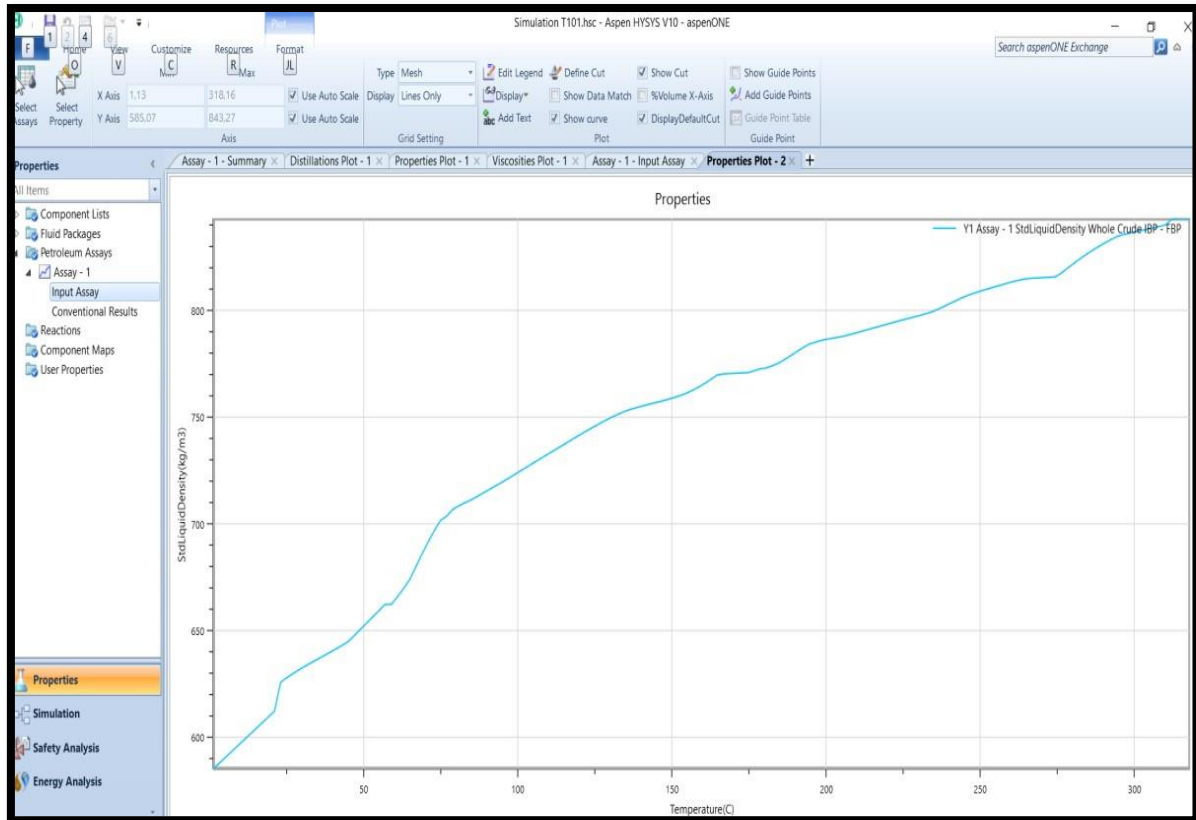


Figure V.13 : Courbe de densité du condensat

**c. Courbe des viscosités :** La courbe de viscosité du condensat est un outil essentiel pour comprendre le comportement rhéologique et les propriétés d'écoulement du condensat. Elle fournit des informations précieuses pour la conception d'équipements, l'optimisation des procédés et le transport du condensat, contribuant ainsi à une utilisation efficace et sûre de ce fluide important dans l'industrie pétrolière et gazière.

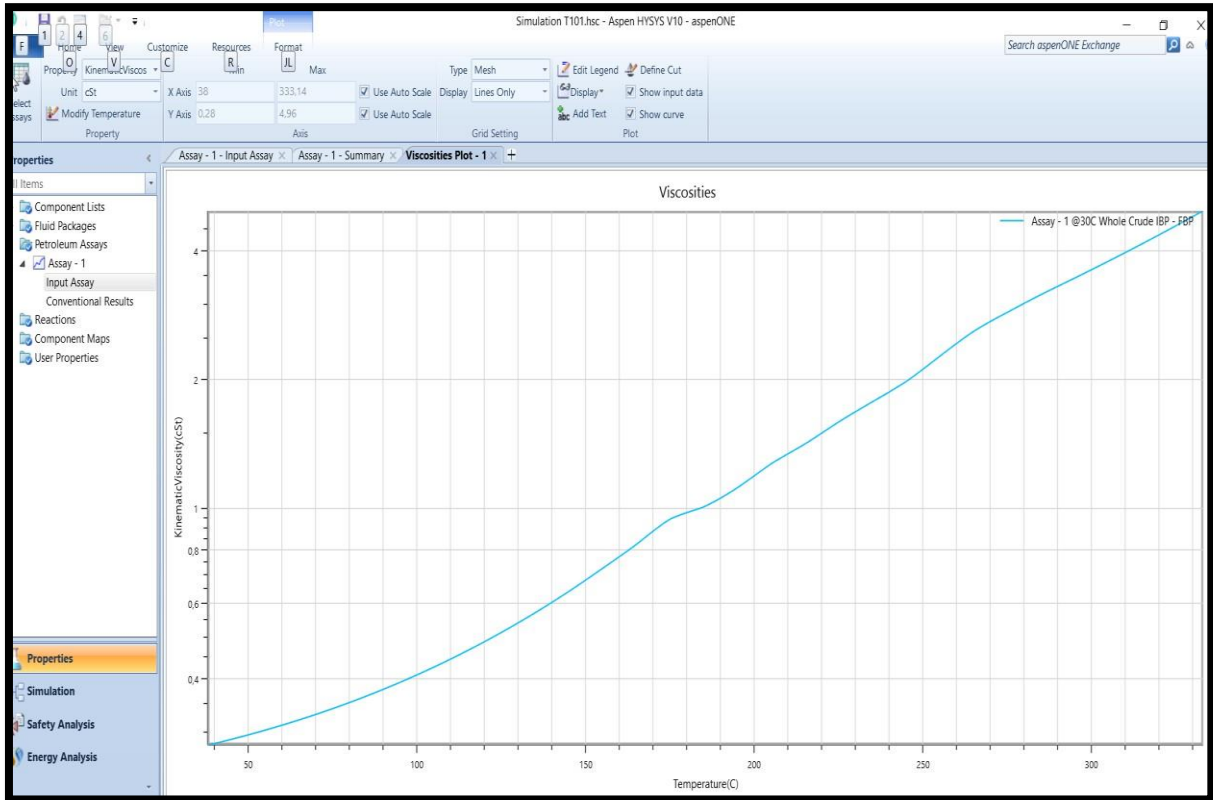


Figure V.14 : Courbe de viscosité du condensat

## V.4. Résultats de simulation du cas design

Les tableaux ci-dessous résument les résultats de simulation du cas design de conception, comparés à ceux obtenus par la simulation de l'unité topping du condensat (unité 100) via Hysys.

L'évaluation des résultats par rapport au design initial du fabricant ou au cas réel doit respecter la condition d'incertitude :  $E \leq 10\%$ .

Avec :

$$\text{Erreur (E)\%} = \frac{\text{la valeur de simulation} - \text{la valeur du design ou réel}}{\text{la valeur du design ou réel}} * 100$$

## V.5. Données de la colonne T101 et T102

L'installation de la colonne de préfractionnement T101 et le strippeur de Naphta T102 utilisant simulateur HYSYS, les données sont dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau V.4 : Propriétés des produits de la colonne de T101.**

	Débit T/h		Température °C		Pression KPa
<b>Entrée</b>					
	<i>Design</i>	<i>Simulé</i>	<i>Design</i>	<i>Simulé</i>	
Charge	631.4	631.4	136	136.4	436.4
Reflux	279.5	279.8	72	75	1011
<b>Sortie</b>					
Tête	410.8	/	87	88	421.4
Distillat	131.4	131.4	72	/	1501
Naphta produit	200	200.6	124	/	1061
Naphta soutirée	234.5	/	119	116	421.4
Fond	300	300.6	191	191.9	1482

Tableau V.5 : Paramètres de la colonne de T102.

	Débit T/h		Température °C		Pression KPa
	<i>Design</i>	<i>Simulé</i>	<i>Design</i>	<i>Simulé</i>	
Liquide entrant	234.5	228.6	121	120	426.4
Vapeur sortante	34.5	33.5	121	120	426.4

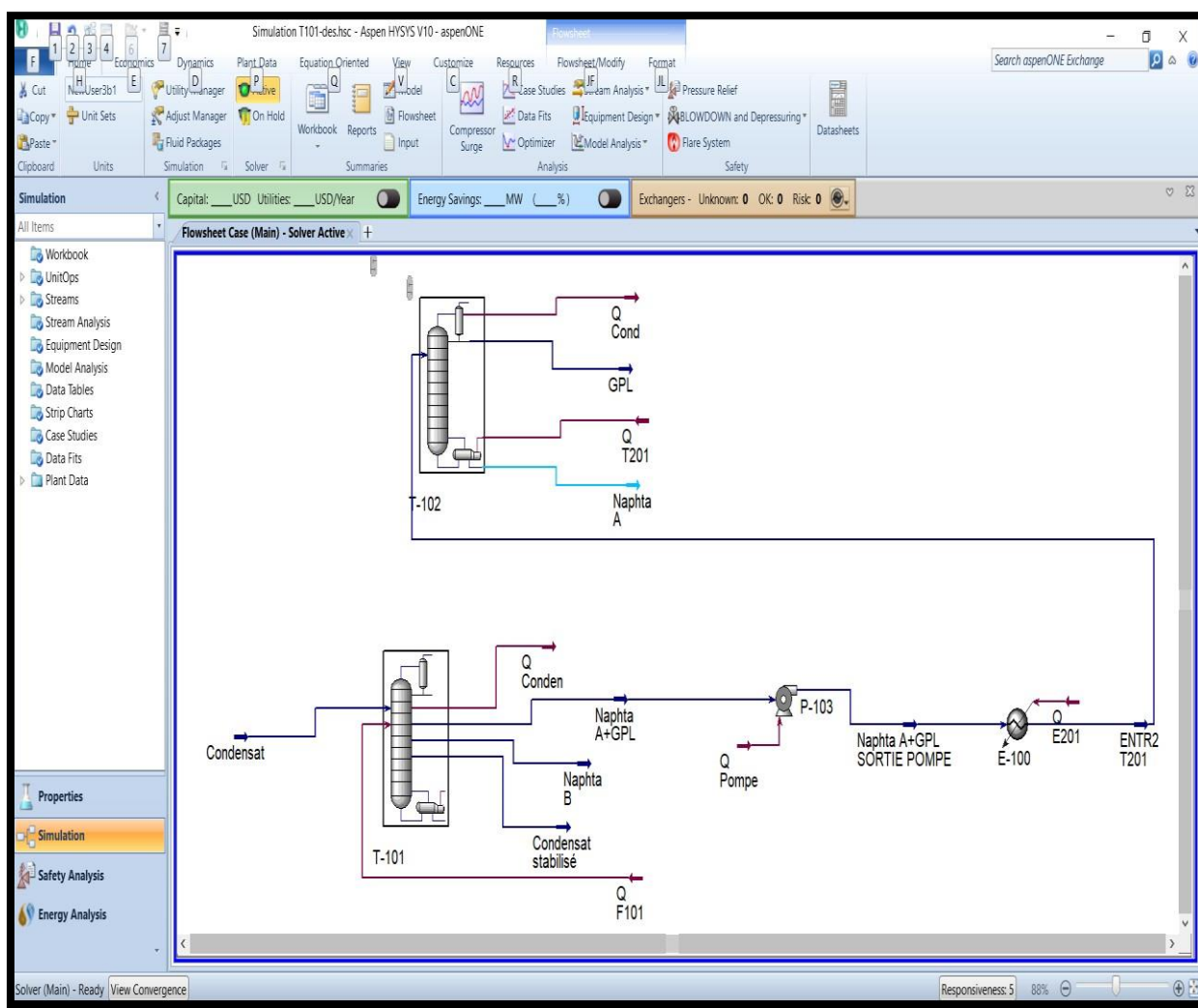


Figure V.15 : Diagramme de simulation de la colonne T101et T102 (cas design).

## V.6. Simulation par simulateur Aspen du cas réel

Après avoir confirmé la validité de la simulation du cas design, nous procédons à la validation de la simulation du cas réel pour se permettre de passer à la maximisation de la production en kérosène.

Cette simulation est réalisée par le simulateur ASPEN HYSYS V10 en choisissant le modèle thermodynamique PEING-ROBENSON adéquat pour la simulation de cette unité.

### V.6.1. Données de la simulation du cas réel :

Les données actuelles utilisées sont présentées dans les tableaux ci-dessous:

### V.6.2. Préparation de condensat :

**Tableau V.6 : Distillation TBP de condensat actuel.**

Point TBP °C	Liquide distillé %	Densité (20°C) Kg/m <sup>3</sup>
IBP – 12,8	2,5	583,6
65 – 70	3,7	641,3
70 – 75	4,5	687,1
75 – 80	1,7	696,7
80 – 85	1,9	700,3
85 – 90	2,5	704,3
90 - 95	3,2	708,9
95 - 100	4,9	716,2
100 - 105	2,9	724,7
105 - 110	1,9	728,8
110 - 115	2,2	729,9

115 - 120	2,5	730,8
120 - 125	2,5	733,4
130 - 135	1,3	735,4
135 - 140	2,6	743,7
140 - 145	0,5	749,5
145 - 150	2,1	752,4
150 - 155	2	753,5
160 - 170	1	755,6
170 - 180	1,1	760,5
180 - 190	1,5	766
190 - 200	1	768
200 - 210	0,9	769,2
210 - 220	1,1	770,7
220 - 230	0,5	772,6
230 - 240	0,7	774,3
240 - 250	0,6	776,4
250 - 260	0,7	778,9
260 - 270	0,6	781,5
270 - 280	0,3	783,3
280 - 290	0,2	784,5
290 - 300	0,2	819,4
300 – FBP	2,7	838,8

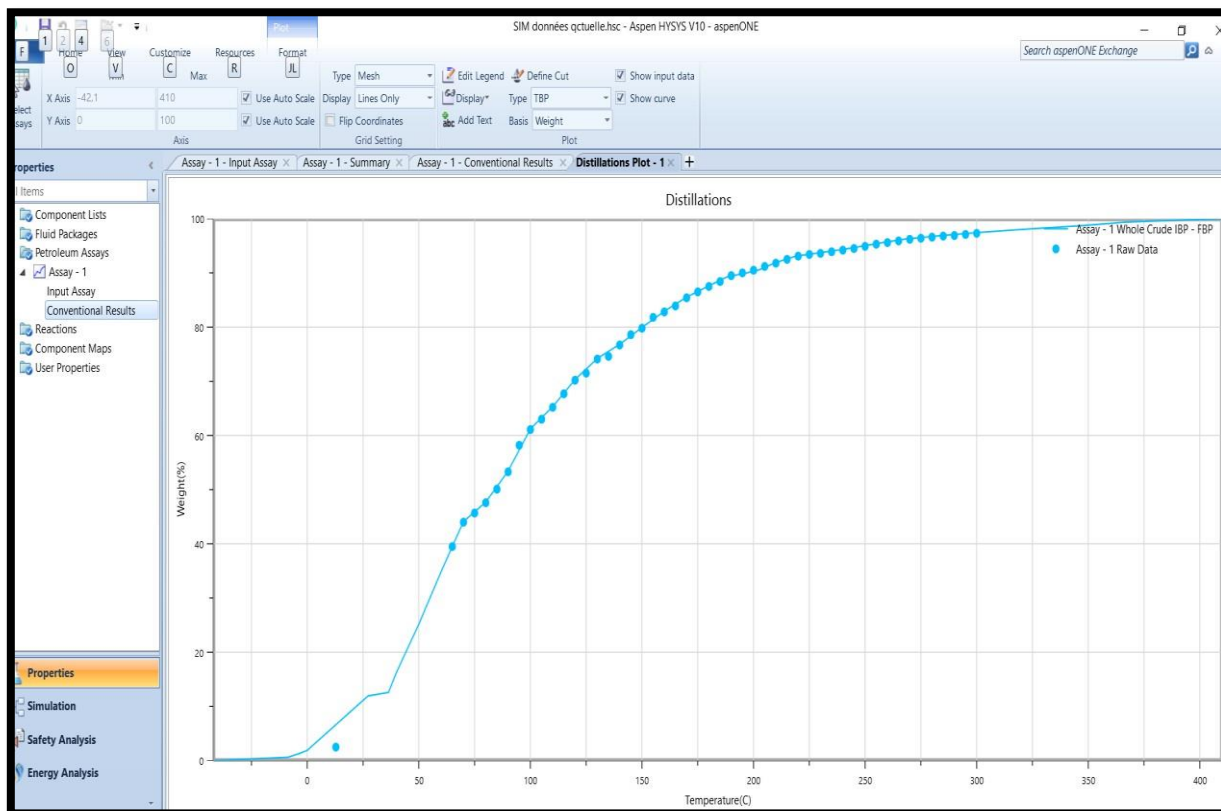


Figure V.16 : Courbe de distillation TBP de condensat réel.

Tableau V.7 : Analyse chromatographique de la fraction légère de la charge actuel.

Constituants	%Wt
Propane	0,013
i-Butane	0.208
n-Butane	1.511
i-Pentane	1,0453
n-Pentane	1,1418
Methane	0,000
TOTAL	3,919

Tableau V.8 : Caractéristiques globales du condensat actuel.

Caractéristiques	Valeur
Densité g/cm <sup>3</sup>	0,7004
Viscosité 20 °C cSt	0,607
Viscosité 37,8 °C cSt	0,508
RVP bar_g	0,661
SaltByWt ppm	8,8
MercuryByWt ppb	1,200
TotalAcidNumber mg KOH/g	0,010
SaltByWt ppm	8,800

Tableau V.9 : Paramètre des produits de la colonne de T101 et T102.

	Débit T/h		Température °C		Pression KPa
	Design	Simulé	Design	Simulé	
<b>Entrée</b>					
Charge	617	617	120	120	1659
Reflux	190	186	90	89	
<b>Sortie</b>					
Tête	/		87	85	427.3
Distillat	145	145	70	65	
Naphta produit	169.15	165	106.7	100.9	
Naphta soutirée	/	/	108.5	/	
Fond	/	/	175.4	177	451.3



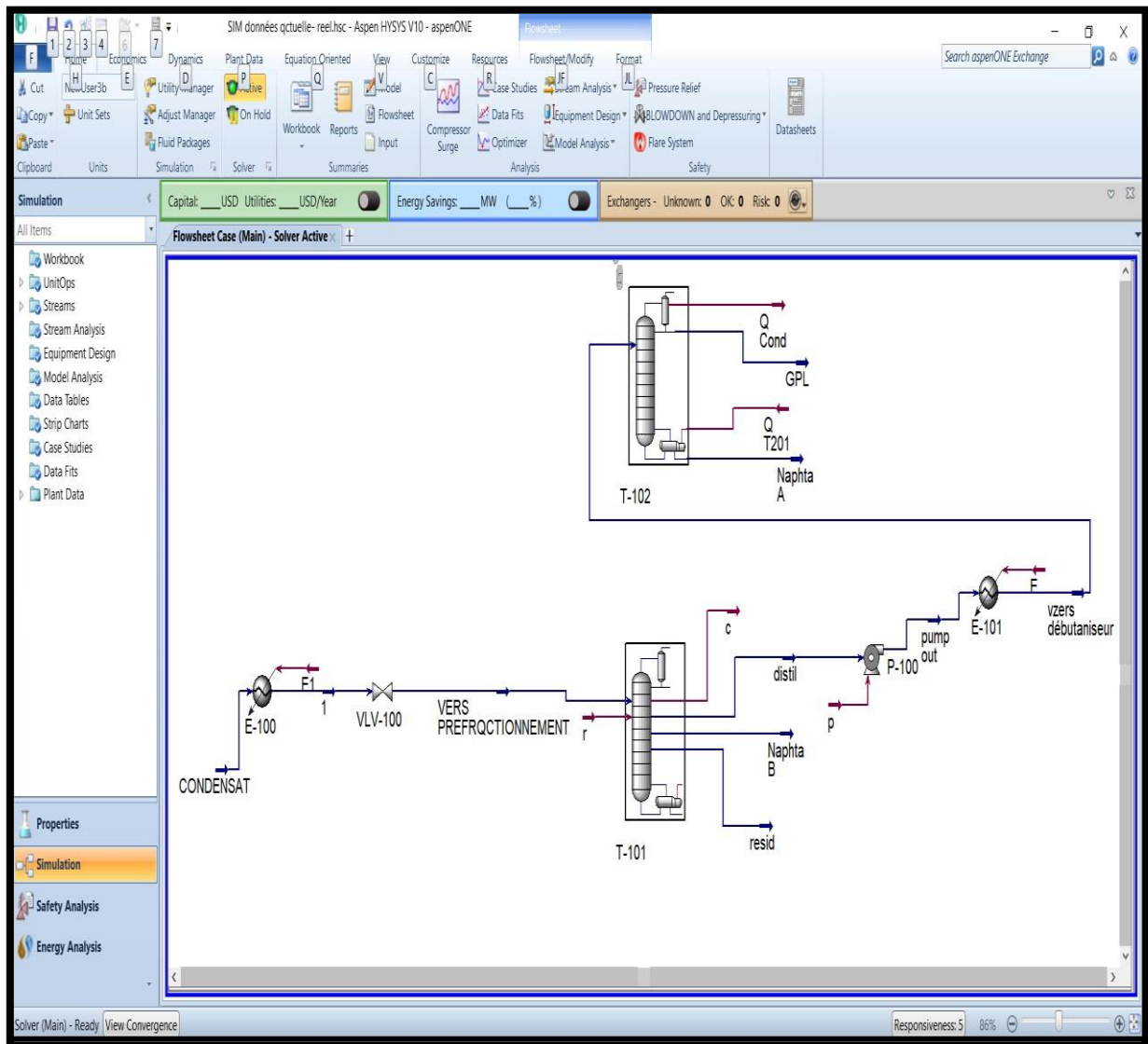


Figure V.17 : Diagramme de simulation de la colonne T101 et T102 (cas réel).

## V.7. Les profils de température, pression et de débit

### V.7.1. Le cas réel :

#### ✓ Profil de température :

La Figure V.18 représente le profil de température en fonction de nombre des plateaux pour le cas réel. Les températures de liquide et de vapeur de chaque plateau de colonne varient graduellement du sommet jusqu'au haut de la colonne, ce changement est créé par le rebouilleur de la colonne.

On remarque que le profil de température présente en hauteur de la température à chaque fois qu'on monte dans le nombre d'étages.

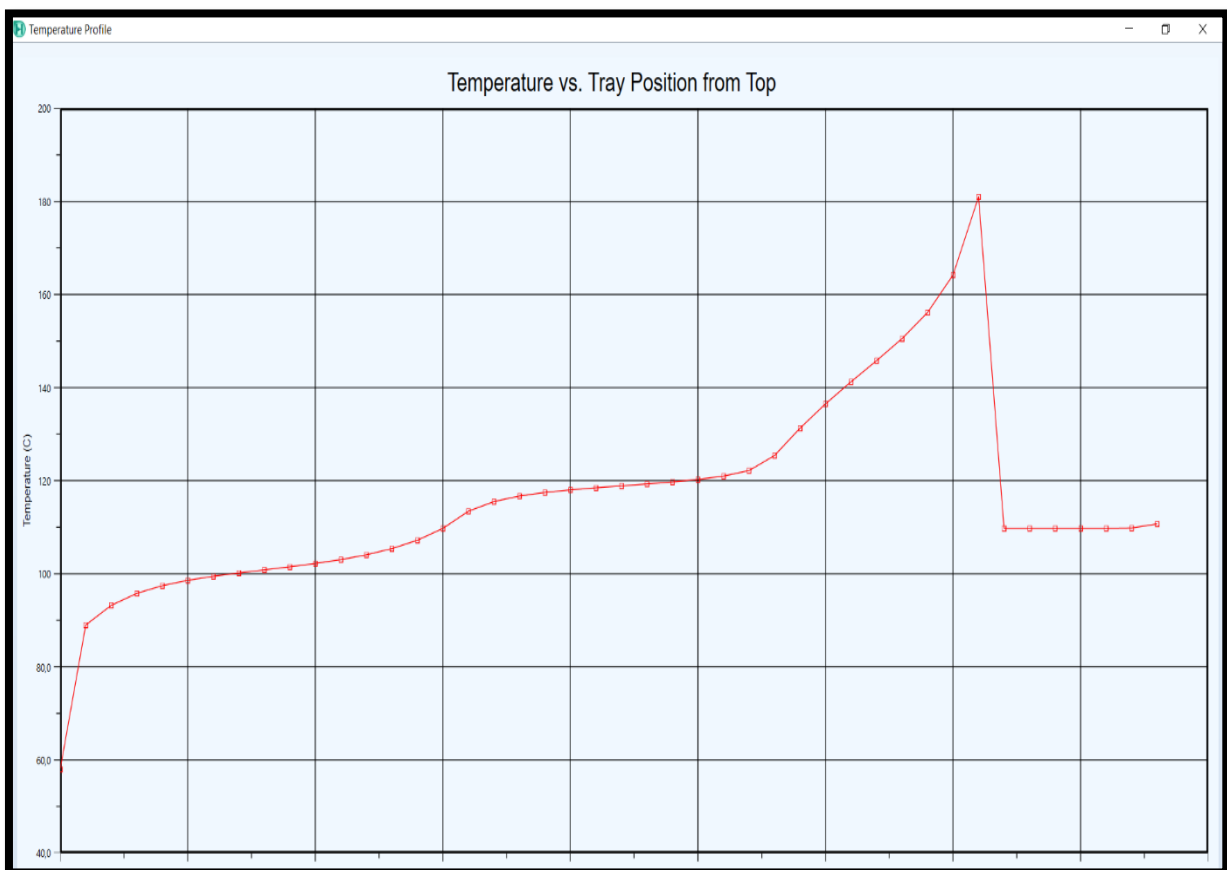
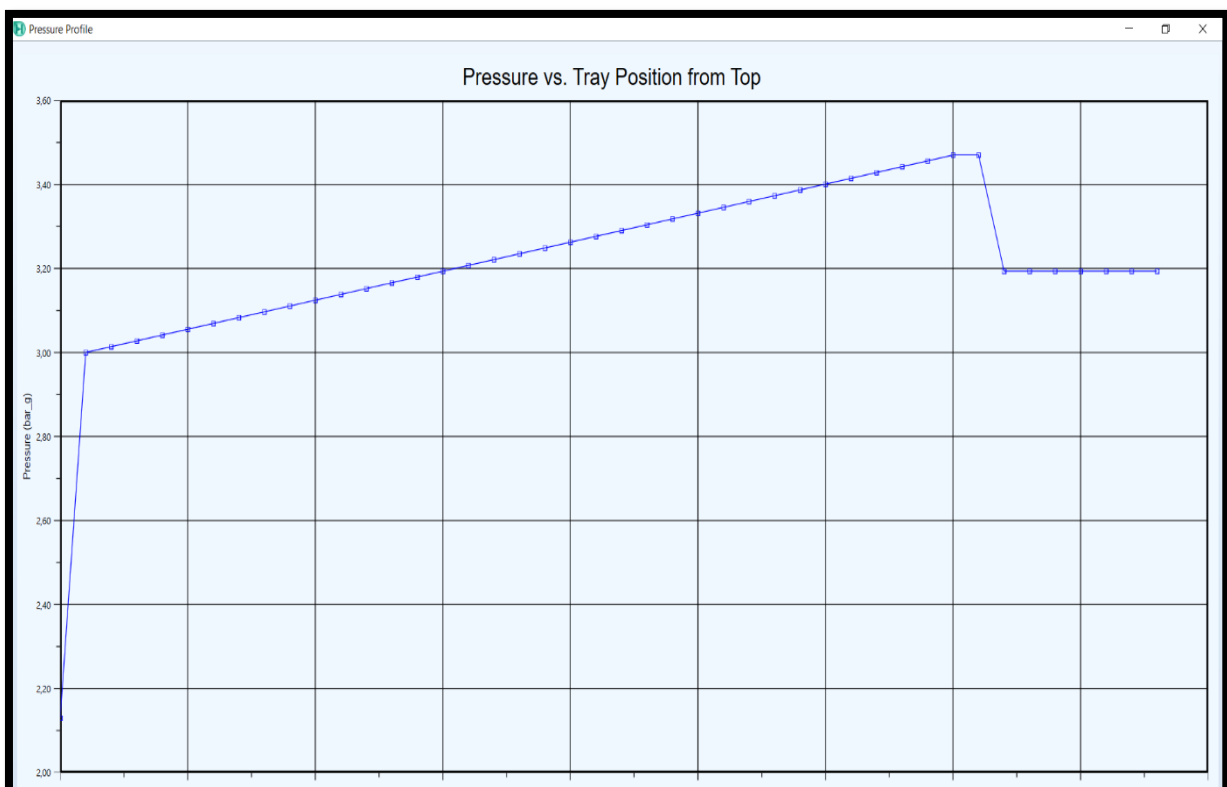


Figure V. 18 : Profil de température en fonction de nombre des plateaux (cas réel).

**✓ Profil de pression :**

La Figure V.19 représente le profil de pression pour le cas réel. Elle démontre que les pressions liquides et vapeur changent progressivement de bas en haut à travers chaque plateau de la colonne.

Le schéma de pression actuel montre une tendance normale le long de la colonne (une diminution de pression depuis le premier plateau en bas jusqu'au dernier plateau en haut de la colonne).



**Figure V. 19 : Profil de pression en fonction de nombre de plateaux (cas réel).**

**✓ Profil de débit :**

La Figure V.20 représente le profil de débit pour le cas réel. Explique Le changement interprète la variation de fraction liquide et vapeur. D'après les figures on constate que le débit de liquide dans la section de rectification est supérieur à celui de vapeur.

Dans la partie d'épuisement, on observe une augmentation soudaine du débit de vapeur par rapport à celui de la phase liquide.

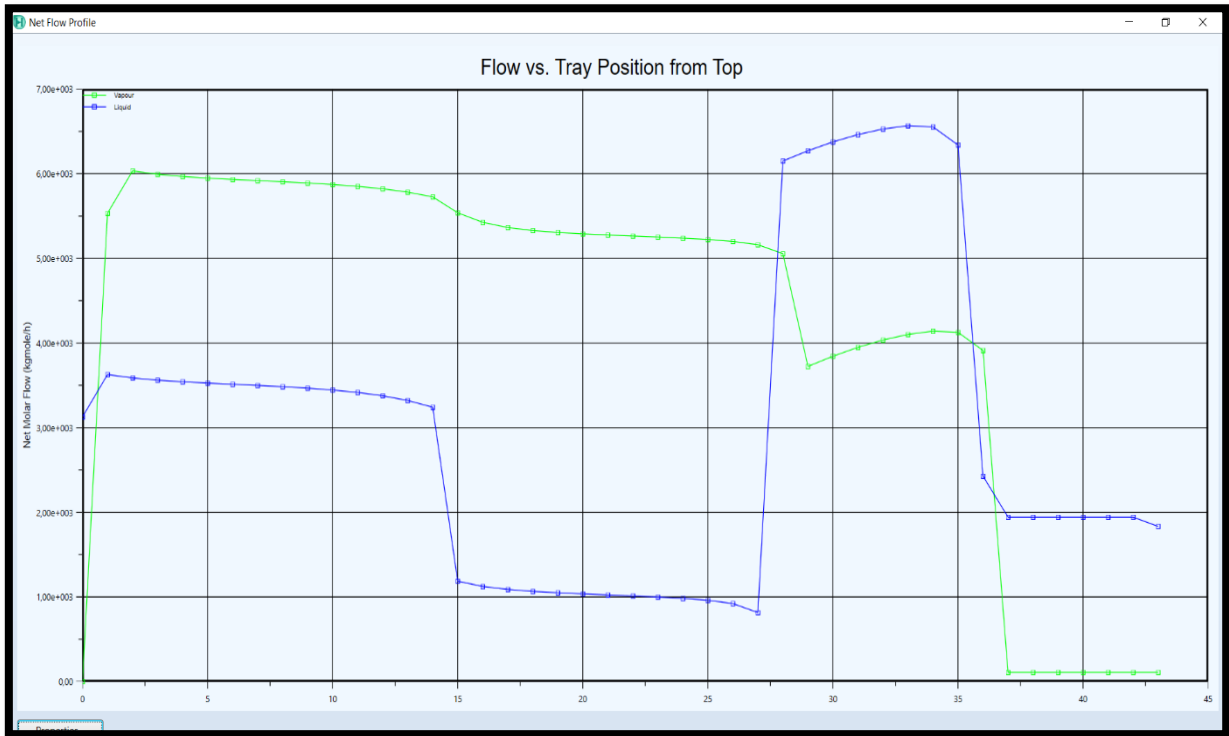


Figure V. 20 : Profil de débit en fonction de nombre de plateaux (cas réel).

✓ Bilan matière :

Le Tableau V.10 représente le bilan matière de la colonne dans le cas réel. Le bilan matière est le calcul qui conduit à préciser la quantité de matière en moles disparues de chaque réactif et la quantité en moles de chaque produit qui apparaît.

Tableau V. 10 : Bilan matière (cas réel).

	Condensat	distillat	résidu	Naphta B
<b>Débit massique</b> <b>(Kg/h)</b>	6,313e+005	1,770e+005	3,001e+005	1,541e+005

✓ Bilan énergétique :

Le Tableau V.11 représente le bilan énergétique de la colonne dans le cas réel. Le bilan énergétique d'une technologie est le rapport entre l'énergie disponible à la fin de l'opération et L'énergie dépensée pour la réaliser. Il est positif quand il est supérieur à 1.

Tableau V. 11 : Bilan énergétique (cas réel).

	Condensat	distillat	résidu	Naphta B
<b>Flux de chaleur (kJ/h)</b>	-1,241e+009	-4,054e+008	-5,406e+008	-3,136e+008

**V.7.2. Le cas design :**

✓ **Profil de température :**

La Figure V.21 représente le profil de température pour le cas design. on remarque qu'on trouve presque les mêmes résultats du cas réel (augmentation de la température).

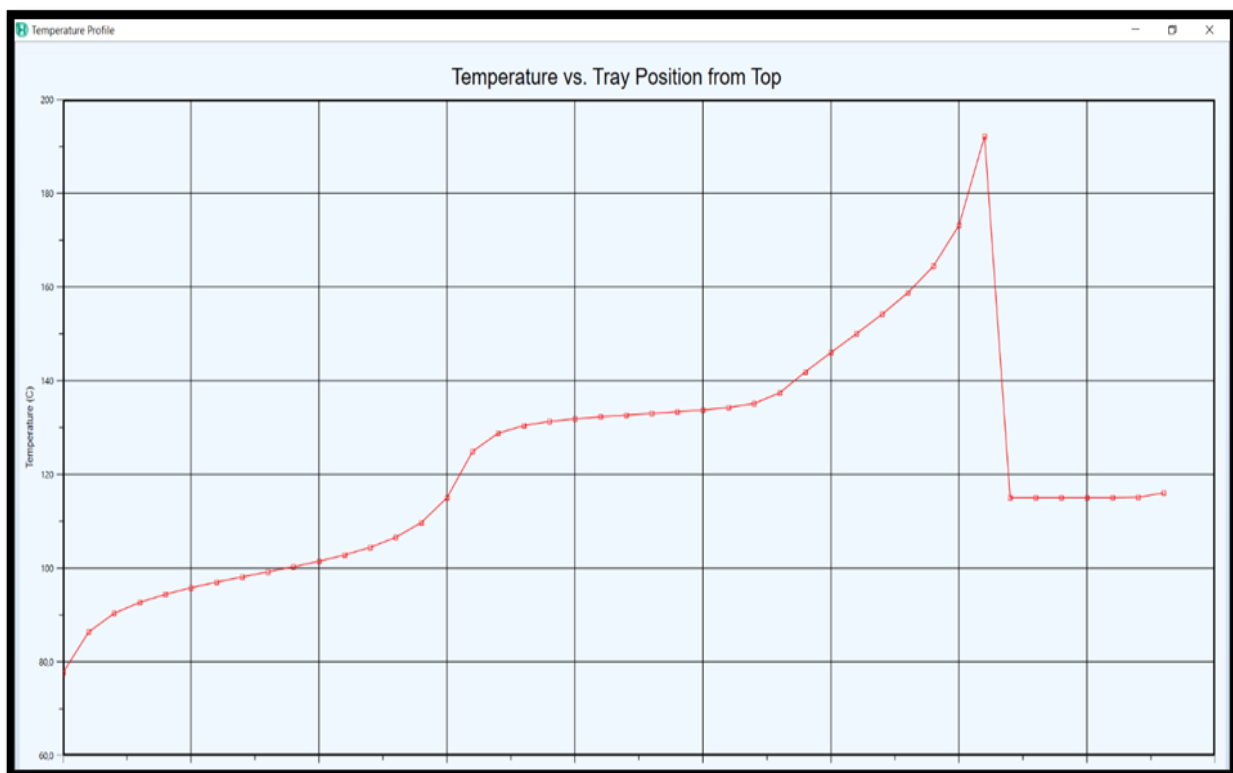


Figure V. 21 : Profil de température en fonction de nombre des plateaux (cas design) .

✓ **Profil de pression :**

La Figure V.22 représente le profil de pression pour le cas design. ce profil reflète une diminution de pression similaire à celle observée dans le cas réel.

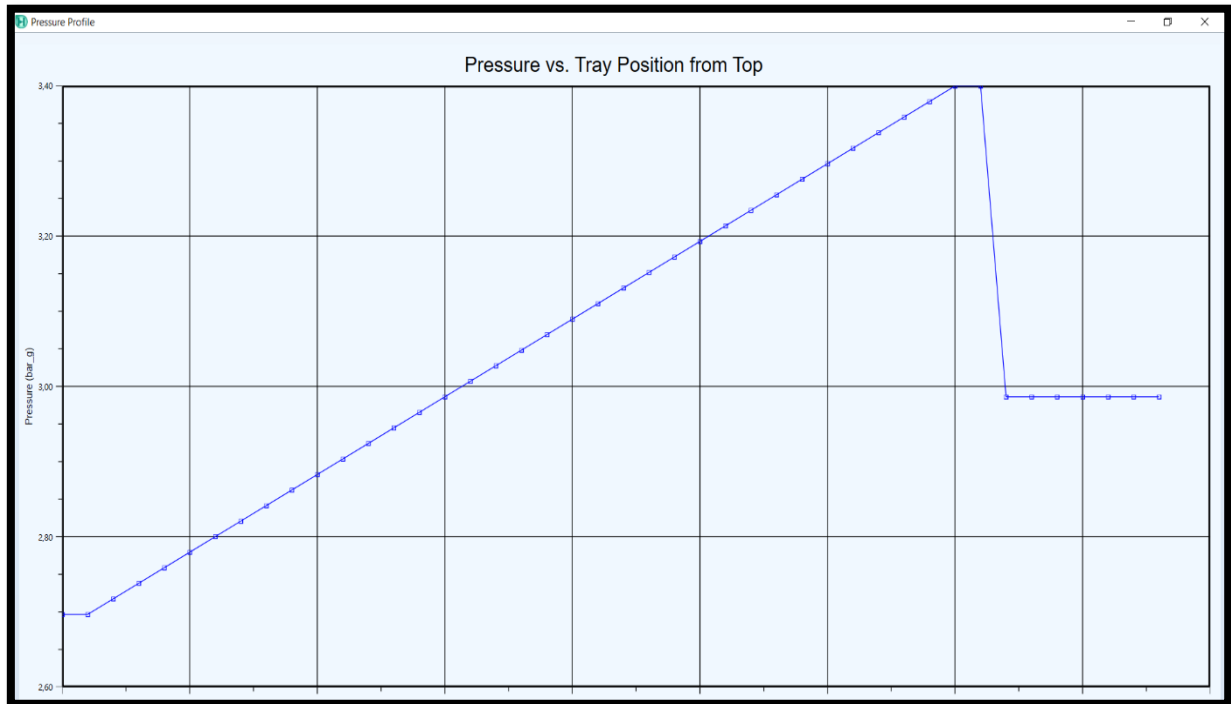


Figure V. 22 : Profil de pression en fonction de nombre de plateaux (cas design).

✓ Profil de débit :

La figure V.23 représente le profil de débit pour le cas design .on peut remarquer qu'on a eu presque les mêmes résultats du cas réel.

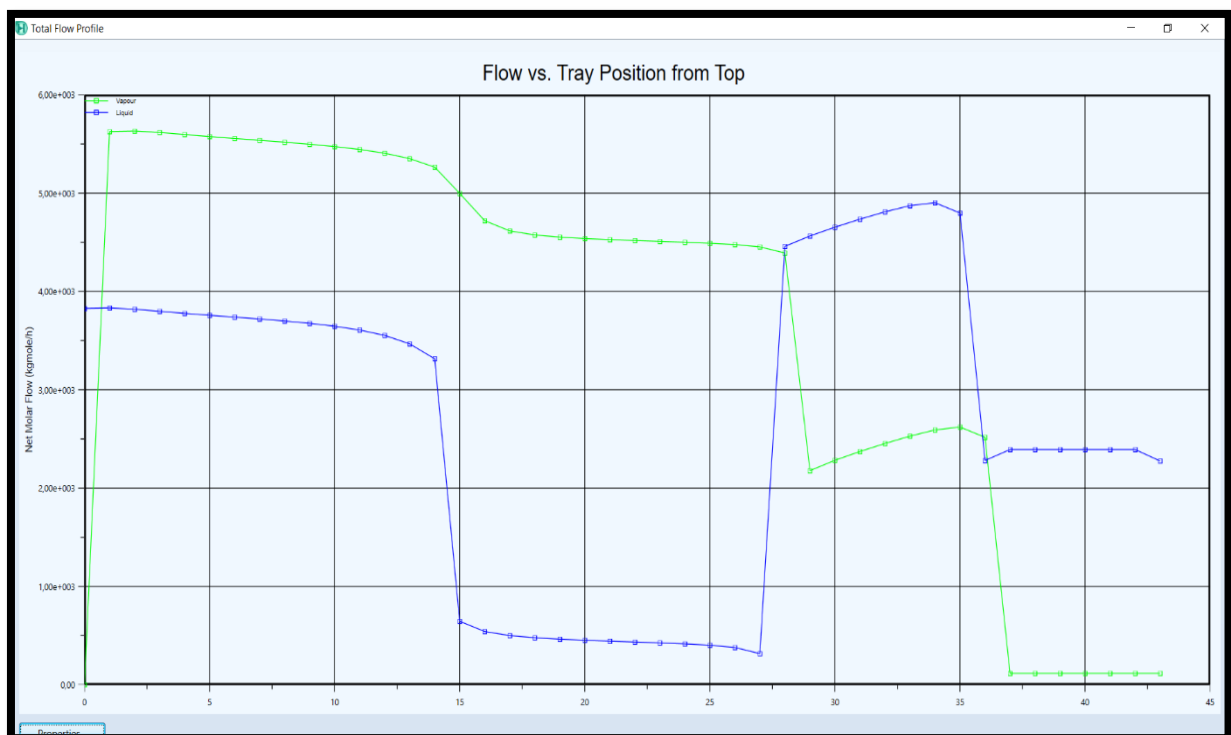


Figure V. 23 : Profil de débit en fonction de nombre de plateaux (cas design).

✓ **Bilan matière :**

Le Tableau V.12 représente le bilan matière pour le cas design.

**Tableau V. 12 : Bilan matière de la colonne (cas design).**

	<b>Condensat</b>	<b>Naphta A+GPL</b>	<b>Condensat stabilisé</b>	<b>Naphta B</b>
<b>Flux massique(Kg/h)</b>	6,313e+005	1,312e+005	3,000e+005	2,000e+005

✓ **Bilan énergétique :**

Le Tableau V.13 représente le bilan énergétique de la colonne dans le cas design.

**Tableau V. 13 : Bilan énergétique de la colonne (cas design).**

	<b>Condensat</b>	<b>Naphta A+GPL</b>	<b>Condensat stabilisé</b>	<b>Naphta B</b>
<b>Flux de chaleur (kJ/h)</b>	-1,180e+009	-2,878e+008	-5,317e+008	-3,993e+008

*Conclusion*  
*Générale*



## *Conclusion générale*

Le travail que nous avons effectué au niveau de la raffinerie topping du condensat RA2K, dans le cadre de notre mémoire de fin d'études a été une expérience aussi enrichissante que brève. Malgré sa durée limitée, ce stage nous a permis d'approfondir notre compréhension du fonctionnement et de l'importance des raffineries.

De manière significative, nous avons également acquis de précieuses compétences en matière de simulation, notamment grâce à notre maîtrise du logiciel HYSYS, un outil indispensable pour tout ingénieur travaillant dans le domaine des procédés de génie.

Concernant, le but de notre travail nous estimons que nous avons pu atteindre les objectifs fixés et qui sont :

- ✓ Réaliser une partie théorique, explicative des activités du complexe RA2K.
- ✓ Avoir des connaissances approfondies sur le fonctionnement d'une colonne de séparation le Naphta B, GPL et Condensat Stabilisée au sein du complexe RA2K.
- ✓ Effectuer une simulation d'une colonne de Préfractionnement du Condensat en utilisant le logiciel ASPEN HYSYS V 10.
- ✓ La simulation de cette section par le simulateur HYSYS avec les données du cas design les plus proches du cas de marche actuel, nous a permis d'établir un modèle représentant cette section et qui servira pour étudier d'autres cas de marche.
- ✓ Les résultats de cette étude nous ont permis de conclure que les condensats de haute qualité sont constitués d'un mélange de plusieurs produits légers et qu'ils contiennent un pourcentage très élevé du naphta dans sa composition.

Les résultats obtenus dans cette étude sont résumés dans les tableaux suivants :

- **Bilan matière:**

**Tableau 01 : Bilan matière de la colonne**

Débit massique (Kg/h)	Le cas design	Le cas réel
	PR	PR
Condensat	6,313e+005	6,313e+005
Naphta A+GPL	1,770e+005	1,312e+005
Condensat stabilisé	3,001e+005	3,000e+005
Naphta B	1,541e+005	2,000e+005

- **Bilan énergétique:**

**Tableau 02 : Bilan énergétique de la colonne**

Flux de chaleur (Kj/h)	Le cas design	Le cas réel
	PR	PR
Condensat	-1,241e+009	-1,180e+009
Naphta A+GPL	-4,054e+008	-2,878e+008
Condensat stabilisé	-5,406e+008	-5,317e+008
Naphta B	-3,136e+008	-3,993e+008

*Références*

*Bibliographique*

---

## *Bibliographie*

---

- [1]. S.Saida , " Simulation de la colonne de préfractionnement T-101 de la raffinerie de Skikda RA2K " , universite M'hamed Bougara Boumerdes, 2020.
- [2]. R.Amiri , I.Lekcir , " Optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne Atmosphérique T103 de la raffinerie topping du condensat de Skikda RA2K pour améliorer le rendement en kérosène " , Mémoire de fin de formation de professionnalisation en raffinage et pétrochimie , Mars 2019.
- [3]. K.Abd Errezzaq , " optimisation des paramètres de marche de la colonne 100-T201 Après l'arrêt des deux pompes 100-PM-203A/B " , Projet professionnel de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'ingénieur spécialisé En Raffinage , Avril 2017.
- [4]. Z,Mohamed Islam , " Optimisation des paramètres de fonctionnement de la colonne T103 en vue de l'amélioration du rendement en kérosène de l'unité topping condensat de la raffinerie de Skikda RA2K " , universite M'hamed Bougara Boumerdes,2021.
- [5]. D.Yasmine , K.Nardjes , " Etude et suivi de la qualité du condensat au niveau du complexe Topping Condensat RA2k " , " , "université de 20 Aout 1955 Skikda" , 2021.
- [6]. Robert , B.Bowman , " Production of natural gasoline, Engineering and science monthly " , San Diego, California , 1945.Magazine.
- [7]. Brochure cours IAP 2019 du Pétroles brut et produits pétroliers. Mr D.Haddad.
- [8]. R,Yasmine Chaima , " Study and simulation of a recovery flare gases system (GTK) using aspen HYSYS software " , "université de 20 Aout 1955 Skikda" , 2020.
- [9]. D.Chourouk , L.Ikram , " Study and simulation of gas plant system unit 30 skikda refinery using Aspen Hysys , "université de 20 Aout 1955 Skikda" , 2020.
- [10]. Bilan de Matière et d'Energie - Génie des Procédés par Alain Foulatier et Jean-Philippe

Hébert <http://genie-des-procedes.fr/co/bilans.html>

[11]. P.Wuithier , le pétrole raffinage et génie chimique, tome 1 édition technique Paris 1972.

[12]. Manuel d'opération Unité 100 du TOPC.

[13]. Robert, B. Bowman," Production of natural gasoline, Engineering and science monthly ", San Diego , California , 1945, Magazine.

[14]. La région transport Haoud El-Elhamra , Sonatrach , 2005.

[15]. Rapport annuel , Sonatrach , 2009.

[16]. D. Abdelbasset ,"simulation d'une unité de production de Méthane A l'aide de l'Aspen plus ", Université Mohamed Khider – Biskra, 2014.

[17]. Brochure de cours IAP 2019 du procédés de raffinages. Mr. Rouibet.

[18]. PDF, Condensate TBP Design, Janvier 2021.

[19]. Sonatrach, « Présentation de l'unité 100 », 2016.

[20]. [https://www.editions-ellipses.fr/PDF/9782340019737\\_extrait.pdf](https://www.editions-ellipses.fr/PDF/9782340019737_extrait.pdf)

# *ANNEXES*

**Annexe A : Caractéristiques des distillations TBP et fraction étroite du condensat OB1.**

Point TBP			Rendement				Densité	API°	Viscosité mm <sup>2</sup> /s	
			w%		φ %		(20°C)		20°C	40°C
	°C		INDIV.	TOTAL	INDIV.	TOTAL	g / cm <sup>3</sup>			
<b>Gaz</b>			2,73	2,73	3,15	3,15	-	-		
15	~	65	29,84	32,57	32,77	35,92	0,6420	87,2		
65	~	70	2,70	35,27	2,85	38,77	0,6689	78,5		
70	~	75	2,71	37,98	2,78	41,55	0,6873	73,0		
75	~	80	2,74	40,72	2,77	44,32	0,6970	70,2		
80	~	85	3,00	43,72	3,01	47,33	0,7022	68,7		
85	~	90	3,30	47,02	3,30	50,63	0,7064	67,5		
90	~	95	3,18	50,20	3,16	53,79	0,7107	66,3		
95	~	100	2,77	52,97	2,73	56,52	0,7149	65,2		
100	~	105	2,38	55,35	2,33	58,85	0,7192	64,0		
105	~	110	2,19	57,53	2,13	60,98	0,7236	62,8		
110	~	115	2,12	59,65	2,05	63,03	0,7281	61,7		
115	~	120	2,13	61,78	2,05	65,08	0,7326	60,5		
120	~	125	2,25	64,03	2,16	67,24	0,7371	59,3		
125	~	130	2,28	66,31	2,17	69,41	0,7410	58,3		
130	~	135	2,11	68,43	2,00	71,41	0,7446	57,4		
135	~	140	1,85	70,28	1,75	73,15	0,7485	56,5		
140	~	145	1,67	71,95	1,57	74,72	0,7512	55,8		
145	~	150	1,61	73,56	1,51	76,23	0,7525	55,5		
150	~	155	1,60	75,15	1,49	77,72	0,7537	55,2		
155	~	160	1,63	76,78	1,52	79,24	0,7567	54,4		
160	~	165	1,67	78,45	1,54	80,78	0,7629	52,9	1,06	
165	~	170	1,48	79,93	1,36	82,15	0,7655	52,3	1,13	
170	~	175	1,48	81,41	1,36	83,51	0,7662	52,2	1,25	
175	~	180	1,12	82,53	1,03	84,54	0,7667	52,1	1,28	

180	~	185	0,94	83,47	0,86	85,40	0,7688	51,5	1,34	1,02
185	~	190	0,93	84,40	0,85	86,25	0,7711	51,0	1,42	1,08
190	~	195	1,11	85,51	1,01	87,26	0,7756	50,0	1,51	1,14
195	~	200	1,12	86,63	1,01	88,27	0,7803	48,9	1,63	1,21
200	~	205	0,99	87,62	0,89	89,16	0,7820	48,5	1,76	1,28
205	~	210	0,93	88,55	0,84	90,00	0,7833	48,2	1,88	1,35
210	~	215	0,86	89,41	0,77	90,77	0,7848	47,9	1,99	1,43
215	~	220	0,80	90,21	0,71	91,49	0,7874	47,3	2,14	1,52
220	~	225	0,74	90,95	0,66	92,15	0,7898	46,7	2,29	1,61
225	~	230	0,71	91,66	0,63	92,78	0,7911	46,4	2,44	1,71
230	~	235	0,68	92,34	0,61	93,39	0,7922	46,2	2,60	1,81
235	~	240	0,62	92,96	0,55	93,94	0,7952	45,5	2,76	1,90
240	~	245	0,58	93,54	0,51	94,45	0,7994	44,6	2,95	2,01
245	~	250	0,57	94,11	0,50	94,95	0,8022	44,0	3,19	2,13
250	~	255	0,56	94,67	0,49	95,44	0,8051	43,4	3,48	2,26
255	~	260	0,54	95,21	0,47	95,91	0,8067	43,0	3,78	2,44
260	~	265	0,45	95,66	0,39	96,30	0,8101	42,3	4,09	2,62
265	~	270	0,37	96,03	0,32	96,63	0,8104	42,2	4,36	2,73
270	~	275	0,34	96,37	0,30	96,92	0,8117	42,0	4,61	2,94
275	~	280	0,33	96,70	0,28	97,21	0,8146	41,4	4,87	3,11
280	~	285	0,32	97,02	0,27	97,48	0,8184	40,6	5,14	3,29
285	~	290	0,30	97,32	0,26	97,74	0,8225	39,7	5,40	3,48
290	~	295	0,28	97,60	0,24	97,98	0,8268	38,8	5,68	3,67
295	~	300	0,27	97,87	0,23	98,21	0,8309	38,0	5,94	3,86
	>300		2,13	100,00	1,79	100,00	0,8382	36,5		



## Annexe B : General Characteristic Of Condensate Oil

Descriptin		Result	Test method
API°		67.88	Calculating
Density at 15°C	g/cm3	0.7095	ASTM D4052
Density at 20°C	g/cm3	0.7051	ASTM D4052
Viscosity at 20°C	mm2 / s	0.59	ASTM D445
Viscosity at 40°C	mm2 / s	<0.50	
Refractive index $\bar{y}$ nd20		1.3989	ASTM D1747
kg/cm2		0.626	ASTM D323
Raid vapour pressure $\bar{y}$ 37.8°C $\bar{A}$ kPa		63.4	
Sulfur content	$\mu$ g/g	11.9	ASTM D3120
Nitrogen content	$\mu$ g/g	1.1	ASTM D4629
Water content	w%	no	ASTM D4006
Total chlorid	$\mu$ g/g	1.33	ASTM D4929
Pour point	°C	<-50	ASTM D97
Solidification point	°C	<-50	
Acid number	mgKOH/g	<0.02	ASTM D3242
Aniline point	°C	61.9	ASTM D611
Colour	D1500	0.3	ASTM D156
Saybolt color	D156	2	ASTM D1500
Corrosion(Cu,50 °C,3h)		1a	ASTM D130
Metal content $\bar{y}$ $\mu$ g/g	Fe	0.1	ICP
	Ni	<0.1	
	Cu	<0.1	
	V	<0.1	
	Pb	<10 $\bar{y}$ ng/g $\bar{A}$	
Kuop		12.2	Kuop
Classifi. Of crude oils		sweet $\bar{A}$ paraffin	





