



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Abdelhamid Ibn Badis University - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق
Process Engineering Department of



Department of Process Engineering

The Date

Ref :...../U.M/F.S.T/2023

قسم هندسة الطرائق

التاريخ :

رقم :..... / ج.م /
ك.ع.ت//2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option: Génie des procédés des matériaux

Thème

**L'élimination de l'hydrogène dans la production d'hélium au
niveau helios**

Présenté par

1-KORGHLOU Mohamed Chakib

2-LABBACY Housny

Soutenu le 20 /06/ 2023 devant le jury composé de :

Présidente :	M ^{me} ATTOUTI Salima	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice :	M ^{me} BOUBEGRA Naima	MCA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	M ^{me} ZERHOUNI Anissa	MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire de finalisation de notre travail de master académique , tout particulièrement, à mes chers parents a mes amis et toutes les personnes ayant participé de près ou loin à la réalisation de ce travai

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur M^{me}ZERHOUNI Anissa, maitre de conférences à l'université de Mostaganem, pour son aide précieuse et ses conseils qui ont été bénéfiques dans la réalisation de ce mémoire

Nous exprimons notre gratitude à M^{me}ATTOUTI Salima, maitre de conférences à l'université de Mostaganem, pour avoir accepté de présider ce jury

Nous tenons à remercier M^{me} BOUBEGRA Naima, maitre de conférences à l'université de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner ce travail

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à l'équipe d'Hélios pour leur accueil chaleureux, leur soutien constant et leur volonté à partager des connaissances qui ont contribué à faire de notre stage une expérience inoubliable et formatrice.

ملخص

..... الهدف من هذه الدراسة هو القضاء على الهيدروجين في عملية إنتاج الهيليوم على مستوى مجمع هيلوس إزالة الهيدروجين من الهيليوم هي عملية تستخدم لتنقية الهيليوم عن طريق إزالة آثار الهيدروجين التي قد تكون موجودة. يمكن للهيدروجين أن يلوث الهيليوم في بعض التطبيقات لأنه أخف وزناً ويمكن أن يتسرب إلى أنظمة أو خزانات الهيليوم هناك عدة طرق لإزالة الهيدروجين من الهيليوم ، يمكن للمرء أن يقتبس الامتزاز أو أن عملية إزالة الهيدروجين عن طريق الامتزاز تعتمد على مبدأ الامتزاز الانتقائي ، حيث يتم امتصاص الهيدروجين على سطح صلب بينما يبقى الهيليوم غير ممتص ويمكن استعادته في شكل نقي . يمكن استخدام مواد مختلفة كمتزازات لالتقاط الهيدروجين ، مثل الكربون المنشط والزيوليت والمناخل الجزيئية والسباتك المعدنية هي عملية تعتمد على التفاعل التحفيزي للهيدروجين. يعمل الأكسجين Nixox إن إزالة الهيدروجين من الهيليوم بواسطة كعامل مؤكسد للتفاعل مع الهيدروجين وتحويله إلى ماء ، بينما يبقى الهيليوم دون تغيير يمكن استخدام هذه الطرق بمفردها أو مجتمعة لإزالة الهيدروجين بكفاءة من الهيليوم والحصول على غاز الهيليوم المنقى. يعتمد اختيار الطريقة على متطلبات التطبيق المحددة والقيود التقنية.

Abstract

The objective of this study is to eliminate hydrogen in the helium production process at the level of the Helios complex.....

The removal of hydrogen from helium is a process used to purify helium by removing traces of hydrogen that might be present. Hydrogen can contaminate helium in some applications because it is lighter and can leak into helium systems or tanks.

There are several methods for removing hydrogen from helium, one can quote adsorption or the process of removing hydrogen by adsorption is based on the principle of selective adsorption, where hydrogen is adsorbed on a solid surface while helium remains unadsorbed and can be recovered in pure form. Different materials can be used as adsorbents to capture hydrogen, such as activated carbon, zeolites, molecular sieves and metal alloys.

The removal of hydrogen from helium by Nixox is a process that relies on the catalytic reaction of hydrogen. oxygen acts as an oxidizing agent to react with hydrogen and convert it to water, while helium remains unchanged

These methods can be used alone or in combination to efficiently remove hydrogen from helium and obtain purified helium gas. The choice of method depends on specific application requirements and technical constraints.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'éliminer l'hydrogène dans le procédé de production de l'hélium au niveau du complexe Hélios.....

L'élimination de l'hydrogène de l'hélium est un processus utilisé pour purifier l'hélium en éliminant les traces d'hydrogène qui pourraient être présentes. L'hydrogène peut contaminer

l'hélium dans certaines applications, car il est plus léger et peut s'infiltrer dans les systèmes ou les réservoirs d'hélium.

Il existe plusieurs méthodes pour éliminer l'hydrogène de l'hélium, on peut citer l'adsorption ou le processus d'élimination de l'hydrogène par adsorption repose sur le principe de l'adsorption sélective, où l'hydrogène est adsorbé sur une surface solide tandis que l'hélium reste non adsorbé et peut être récupéré sous forme pure. Différents matériaux peuvent être utilisés comme adsorbants pour capturer l'hydrogène, tels que le charbon actif, les zéolithes, les tamis moléculaires et les alliages métalliques.

L'élimination de l'hydrogène de l'hélium par Nixox est un processus qui repose sur la réaction catalytique de l'hydrogène. l'oxygène agit comme agent oxydants pour réagir avec l'hydrogène et le convertir en eau, tandis que l'hélium reste inchangé

Ces méthodes peuvent être utilisées seules ou en combinaison pour éliminer efficacement l'hydrogène de l'hélium et obtenir un gaz d'hélium purifié. Le choix de la méthode dépend des exigences spécifiques de l'application et des contraintes techniques.

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Logo de l'usine Helioss.....	4
Figure II.1 : les compresseur de charge.....	13
Figure II.2 : la boîte froide.....	14
Figure II.3 : adsorption sous pression (psa).....	16
Figure III.1. : Schéma 1-Equipement hélios	20
Figure III.2. :Schéma 2-Système NIXOX.....	21
Figure III.3. :Schéma 3- Système NIXOX (suite).....	22
Figure III.4 : Schéma 4 –Système NIXOX (suite).....	23
Figure III.5 : Schéma réacteur.....	25
Figure III.6 : Schéma refroidisseur d'admission.....	26
Figure III.7 : Schéma refroidisseur mécanique.....	27
Figure III.8 : une représentation d'un navire typique de la TSA.....	31
Figure III.9 : adsorbeur.....	32
Figure III.10 : le profil d'un réservoir TSA vertical typique.....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I .1 : Caractéristiques de l'hélium.....	6
Tableau III .1 : analyse gaz de GNL2Z (train 1) et GNL3Z (train 2).....	37

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Généralités.....	3
I.1. Présentation de l'entreprise HELIOS.....	4
I.2. Généralités sur l'Hélium	5
I.2.1. Caractéristiques de l'hélium	5
I.2.2. Données industrielles sur l'hélium	6
I.2.3. Provenance de l'hélium	7
I.2.4. Utilisation de l'hélium	7
I.3. Généralités sur l'hydrogène	8
I.3.1. Caractéristiques de l'hydrogène	8
I.3.2. utilisation de l'hydrogène dans l'industrie.....	9
CHAPITRE II : l'élimination de l'hydrogène par adsorption	10
II.1. Présentation opérationnelle	12
II.2. Section de purification de l'hélium	12
II.2.1 Le compresseur de charge	13
II.2.2. La boîte froide	14
II.2.3. La cuve de séparation	15
II.3. Adsorption sous pression (PSA)	15
II.3.1. Cycle d'adsorption sous pression.....	16
II.3.2. Les cuves adsorbantes A B C D.....	16
II.4. La liquéfaction	17
II.4.1. La description du processus	17
CHAPITRE III : L'élimination d'hydrogène par NIXOX.....	18
Problématique.....	19
III.1. Unité d'élimination de l'hydrogène – unité niox.....	20
III.1.1 Présentation	20
III.2. Description du système	24
III.2.1. Réacteur C124 NIXOX.....	24
III.2.2. Refroidisseur d'admission E126 NIXOX.....	25
III.2.3. E127 Echangeur d'eau glacée NIXOX.....	26

III.2.4. Refroidisseur mécanique E128.....	26
III.2.5. Séparateur de refroidisseur d'admission C125 NIXOX.....	27
III.3. Section compresseur d'air NIXOX.....	27
III.3.1. Description du système.....	27
III.3.2. Compresseur d'air K160 NIXOX.....	28
III.4. Section système de purification d'air.....	28
III.4.1. Description du système.....	28
III.4.2. C182A/B Récipients d'adsorption TSA.....	30
III.4.3. Silencieux d'évent de dépressurisation.....	33
III.4.4. Chauffage de réactivation E182 (électrique)	33
III.4.5. Silencieux d'évent de réactivation V185.....	33
III.5. Section pré-traitement des gaz d'alimentation – cuves séchantes NIXOX....	34
III.5.1. Description du système.....	34
III.5.2. Les réservoirs sécheurs TSA C140A/B.....	35
III.5.3. E144 NIXOX sécheur Vapeur Régénération Réchauffeur.....	36
Analyse récapitulative	36
Conclusion.....	38
Références et sources	

INTRODUCTION

L'hélium est un gaz noble précieux largement utilisé dans de nombreuses industries, telles que la cryogénie, l'industrie électronique, l'aérospatiale et la recherche scientifique. Cependant, la présence d'impuretés, en particulier d'hydrogène L'élimination de l'hydrogène de l'hélium est un processus crucial dans de nombreuses applications où la pureté de l'hélium est essentielle. L'hydrogène, étant le gaz le plus léger et le plus diffusible, a tendance à contaminer l'hélium, ce qui peut compromettre la performance et la sécurité des systèmes utilisant ce gaz noble. Deux méthodes couramment utilisées pour éliminer l'hydrogène de l'hélium sont l'adsorption et la réaction catalytique. Cependant, le traitement de grandes quantités d'hydrogène dans l'hélium peut poser des défis et des problèmes spécifiques. Cette introduction abordera ces deux méthodes ainsi que les problèmes associés à une grande quantité d'hydrogène dans l'hélium.

L'élimination de l'hydrogène par adsorption est une méthode largement utilisée pour éliminer l'hydrogène de l'hélium. Dans ce processus, un matériau adsorbant spécifique est utilisé pour capturer sélectivement les molécules d'hydrogène à sa surface, permettant ainsi de purifier l'hélium L'adsorption présente des avantages tels que sa capacité à purifier l'hélium à des niveaux de ppm (parties par million) d'hydrogène résiduel. Cependant, lorsque de grandes quantités d'hydrogène sont présentes dans l'hélium, le matériau adsorbant peut rapidement atteindre sa capacité maximale . De plus, certains matériaux adsorbants peuvent présenter des limitations en termes de sélectivité, ce qui signifie qu'ils peuvent également adsorber d'autres composants de l'hélium, ce qui peut réduire l'efficacité de l'élimination de l'hydrogène.

La seconde méthode utilisée pour éliminer l'hydrogène de l'hélium est la réaction catalytique. Dans ce processus, un catalyseur est utilisé pour favoriser la réaction chimique entre l'hydrogène et un autre réactif, généralement de l'oxygène, pour former de l'eau. La réaction chimique se déroule à des températures élevées La réaction catalytique présente l'avantage de convertir l'hydrogène en une autre substance, éliminant ainsi efficacement sa présence dans l'hélium. Cependant, le processus nécessite un approvisionnement en oxygène, ce qui peut être une contrainte supplémentaire en termes de sécurité et de gestion des réactifs.

Dans ce contexte, nous avons envisagé, dans notre étude d'explorer en détail les différentes méthodes utilisées pour l'élimination de l'hydrogène de l'hélium, ainsi que les technologies associées. L'objectif principal est de fournir une analyse approfondie des avantages, des inconvénients et des performances de chaque méthode, afin de guider le choix

de la méthode de purification la plus appropriée en fonction des besoins spécifiques de chaque application.

Donc c'est dans cette optique, que nous avons structuré ce mémoire en trois chapitres : Le premier chapitre de ce manuscrit est une synthèse bibliographique soulignant les notions et généralités sur l'hydrogène ainsi que l'hélium.

Le second chapitre comprend la description du procédé d'élimination de l'Hydrogène.

La description du processus de l'élimination de l'hydrogène par NIXOX et les travaux réalisés dans ce domaine sont l'objet du troisième chapitre

Et enfin une conclusion générale résume l'essentielle des résultats obtenus lors de cette étude. Et, bien sûr, des suggestions et des recommandations pour une éventuelle amélioration et continuation du travail.

CHAPITRE I

Généralités sur l'hélium et l'hydrogène

CHAPITRE I : généralités sur l'hélium et l'hydrogène

I.1. Présentation de l'entreprise HELIOS

L'entreprise HELIOS est née en 1991 du partenariat entre SONATRACH (Algérie) AIR LIQUIDE (France) et AIR PRODUCTS AND CHEMICALS (Etats-Unis).

Sa raison de création est la fabrication, principalement de l'HELIUM, et aussi de l'AZOTE à partir du gaz naturel liquéfié fourni par son fournisseur GNL2Z. La production subit un processus allant de l'extraction (à partir du gaz brut), à la purification et à la liquéfaction ; ensuite l'Hélium produit sera rempli dans citernes cryogéniques et ensuite stocké dans un parc à ciel ouvert, et enfin sera acheminé vers le client.

La production à HELIOS consiste en deux trains de purification et liquéfaction d'hélium et d'azote ; chacun produit un volume annuel de 08.04 millions de cubes normaux (MNm³) d'hélium liquide, 25 tonnes métriques d'azote liquide, et 25 tonnes métriques d'azote gazeux. Le gaz brut, servant la production, provient du complexe GNL2Z de Sonatrach.



Figure I.1. Logo de l'usine Helios

I.2. Généralités sur l'Hélium

L'**hélium** est l'élément chimique de numéro atomique 2, de symbole He. C'est un gaz noble (ou gaz rare), pratiquement inerte, le premier de la famille des gaz nobles dans le tableau périodique des éléments. Son nom vient du grec *Hélios* qui signifie Soleil, ce qui renvoie aux raies de l'hélium. Ainsi, il fait partie des gaz rares tels que le Néon, l'Argon, le Krypton...

Sa première découverte a été vulgarisée grâce à l'astronome britannique Norman Lockyer (1836-1920). [1]

I.2.1. Caractéristiques de l'hélium

Vu ses caractéristiques rares, l'hélium est un élément indispensable pour plusieurs applications et tâches. Ses caractéristiques essentielles sont :

- Faible densité : L'hélium a une densité plus faible que l'air, ce qui lui permet de s'élever. Cela le rend idéal pour une utilisation dans les ballons dirigeables et les montgolfières.
- Faible solubilité.
- Inertie chimique : L'hélium est un gaz noble, ce qui signifie qu'il est pratiquement inerte chimiquement. Il ne réagit pas facilement avec d'autres éléments, ce qui en fait un milieu sûr pour diverses applications industrielles et scientifiques.[6]
- Conductivité thermique : L'hélium a une conductivité thermique exceptionnellement élevée, dépassant celle de tous les autres gaz. Cela en fait un choix précieux pour le refroidissement des équipements et des processus qui nécessitent une dissipation rapide de la chaleur. [2]
- Facile à détecter.
- Très faible poids spécifique.
- Très bonne solubilité dans le sang.

Section moléculaire la plus petite existante, Point d'ébullition le plus bas dans la nature ; - 296.9°C 4.2° Kelvin. Et Son extraction à partir du gaz naturel a été réalisée pour la première aux USA pendant la première Guerre mondiale. [3]

Tableau I .1. Caractéristiques de l'hélium

Hélium	Hélium gaz monoatomique de la famille des gaz rares
Formule chimique	He
Poids moléculaire	4u
Points d'ébullition	-269° C
Point de liquéfaction	-272° C
Densité relative	0.14
Aspect	Gaz incolore et inodore
Classification périodique	Groupe 18
Numéro atomique	02

I.2.2. Données industrielles sur l'hélium

L'hélium fait partie de la famille des gaz rares qui sont les suivants par ordre de teneur décroissante : le néon, l'argon, l'hélium, le krypton, le xénon, le radon. Tous ces gaz, hormis l'hélium et le radon, extraits de l'air

Après l'hydrogène, l'hélium est le deuxième élément le plus répandu dans l'univers (23% en masse). Sur terre, il provient des particules alpha (He^{2+}) produites par la désintégration d'éléments radioactifs tels que l'uranium et le thorium, mais aussi des rayons cosmiques soit une production annuelle de 3000t.

Il est aussi présent dans les gisements de gaz naturel qui peuvent produire jusqu'à 7% d'hélium. C'est le cas dans ces géographies et pays : USA, Canada, Algérie, Russie, Azerbaïdjan...

I.2.3. Provenance de l'hélium

L'hélium a plusieurs sources de provenance. Voici des informations sur la provenance de l'hélium [4]

Processus de fusion nucléaire dans les étoiles : L'hélium est principalement produit par des réactions de fusion nucléaire dans les étoiles. Dans le cœur des étoiles, l'hydrogène fusionne pour former de l'hélium, libérant une énorme quantité d'énergie. Cette fusion de l'hydrogène en hélium est le processus fondamental qui alimente les étoiles, y compris notre Soleil.

Désintégration radioactive de l'uranium et du thorium : Sur Terre, l'hélium peut être généré par la désintégration radioactive de l'uranium et du thorium présents dans la croûte terrestre. Cette désintégration libère des particules alpha, qui sont des noyaux d'hélium. L'hélium produit peut s'accumuler dans les gisements de gaz naturel, où il est extrait par des méthodes cryogéniques.

Origine cosmique : L'hélium est également présent dans l'univers en dehors de notre planète. Il est produit par des processus stellaires, tels que les supernovas, et se trouve dans les étoiles et les planètes.

I.2.4. Utilisation de l'hélium

En raison de ses propriétés physiques exceptionnelles l'hélium est utilisé dans de nombreuses applications industrielles inattendues où il est parfois impossible à substituer. Parmi ces applications industrielles :

- L'hélium dans les IRMs en santé : L'hélium est utilisé pour garantir la supraconductivité des aimants des unités d'IRMs
- L'hélium dans l'exploration spatiale : L'hélium est utilisé lors du lancement des satellites spatiaux pour la purge et la pressurisation des réservoirs de carburants (ergols) de certains lanceurs, comme Ariane. Pour la partie pressurisation, l'hélium reste encore irremplaçable.
- L'hélium dans la production d'appareils électroniques : L'hélium est utilisé en électronique pour la production des écrans plats afin de créer une atmosphère inerte protectrice. A date, les fabricants ne peuvent se passer de ce gaz dans ce cadre.
- L'hélium dans les applications de recherche fondamentale : L'hélium est utilisé pour les recherches autour de la fusion nucléaire (ITER) ou pour les accélérateurs de particules (CERN) en raison de son faible point d'ébullition. Aujourd'hui, l'hélium est la seule molécule capable de descendre aux températures requises (proche du 0 absolu). [5]

I.3. Généralités sur l'hydrogène

En 1671, Robert Boyle décrit la réaction entre le fer et des acides dilués qui produit du dihydrogène. La substance sera appelée « air inflammable » par Cavendish en 1766, à qui on attribue également la découverte de l'hydrogène en tant qu'élément. Lavoisier fixa le nom « hydrogène » en 1783, de « *hydro* », « eau », et « *gène* », « engendrer ».

L'hydrogène est un élément chimique de numéro atomique 1 et de symbole H. Il s'agit du premier élément du tableau périodique des éléments.

"L'hydrogène est un gaz incolore, inodore et très léger, le plus simple et le plus abondant des éléments chimiques. Il est composé d'un seul proton et d'un seul électron. Il est le constituant principal de l'eau (H₂O) et se trouve également dans de nombreux composés organiques et inorganiques. L'hydrogène est hautement réactif et peut former des liaisons avec d'autres éléments pour former divers composés chimiques." [6]

I.3.1. Caractéristiques de l'hydrogène

- Symbole : H
- Numéro atomique : 1
- Masse volumique (20°C) 0,09 g/cm³
- Densité : 0,00009 / 0,07 (liquide et solide)
- Point de fusion : -259,14 °C (dihydrogène)
- Point d'ébullition : -252,8 °C (dihydrogène)
- Le dihydrogène se présente comme un gaz transparent aux conditions normales de température et de pression. De nombreux métaux ont la propriété d'absorber l'hydrogène, ce qui peut les rendre cassants, pour l'acier notamment.
- La plupart du temps, l'hydrogène est présent sous forme diatomique mais il peut exister en atomes seuls à haute température. C'est un puissant agent réducteur. Il réduit notamment certains sels pour former leur état métallique (NaH₂ KH₂ H₂S₂ etc.). L'hydrogène atomique produit en outre avec l'oxygène du peroxyde, H₂O₂.

En réagissant avec l'oxygène, l'hydrogène peut donner de l'eau au cours d'une réaction très lente à température ambiante mais qui peut devenir violente si elle est réalisée avec un catalyseur.

[7]

I.3.2. utilisation de l'hydrogène dans l'industrie

L'hydrogène est utilisé dans diverses applications industrielles.

Raffinage du pétrole : L'hydrogène est utilisé dans le raffinage du pétrole pour éliminer les impuretés et améliorer la qualité des produits pétroliers tels que l'essence et le diesel. Il est également utilisé dans la conversion du pétrole lourd en produits plus légers.

- Fabrication d'ammoniac L'hydrogène est utilisé dans la production d'ammoniac (NH₃), qui est utilisé principalement dans la production d'engrais.
- Métallurgie L'hydrogène est utilisé dans les processus de réduction des métaux à haute température, tels que la production d'acier et la fabrication de métaux non ferreux.
- Hydrogénation L'hydrogène est utilisé dans des réactions d'hydrogénation pour convertir des substances organiques insaturées en composés saturés. Cela trouve des applications dans l'industrie chimique, la production d'aliments et la fabrication de produits pharmaceutiques.
- Électronique L'hydrogène est utilisé dans l'industrie électronique pour produire des environnements ultra-propres lors de la fabrication de semi-conducteurs et d'autres composants électroniques.

DEUXIEME CHAPITRE
L'élimination d'hydrogène par
adsorption

L'élimination de l'hydrogène de l'hélium par adsorption est un processus qui vise à séparer et à éliminer l'hydrogène présent dans un flux d'hélium en utilisant le phénomène d'adsorption. L'adsorption est le processus par lequel des molécules d'une substance sont piégées ou retenues à la surface d'un matériau solide appelé adsorbant.

Dans de nombreuses applications industrielles et scientifiques, il est crucial d'obtenir de l'hélium de haute pureté. Cependant, l'hélium peut souvent contenir des traces d'impuretés d'hydrogène, qui peuvent avoir des effets indésirables sur les processus ou les appareils qui utilisent l'hélium. Par conséquent, l'élimination de l'hydrogène devient une étape essentielle pour obtenir de l'hélium de qualité supérieure.

Le processus d'élimination de l'hydrogène de l'hélium par adsorption repose sur les propriétés chimiques et physiques des adsorbants. Les adsorbants couramment utilisés pour cette application sont des matériaux poreux tels que le charbon actif, les tamis moléculaires et les membranes sélectives.

Lorsque le mélange d'hélium et d'hydrogène est mis en contact avec l'adsorbant approprié, les molécules d'hydrogène sont capturées à la surface de l'adsorbant en raison de forces d'attraction intermoléculaires. En revanche, les molécules d'hélium, en raison de leur plus petite taille et de leur inertie chimique, ne sont pas adsorbées de manière significative et traversent l'adsorbant sans être retenues.

Le choix de l'adsorbant dépend de plusieurs facteurs, tels que la sélectivité de l'adsorbant envers l'hydrogène, la capacité d'adsorption, la stabilité chimique et thermique, ainsi que le coût. Différents adsorbants peuvent être utilisés en fonction des spécifications de pureté requises pour l'hélium traité.

Une fois que l'adsorbant a atteint sa capacité maximale d'adsorption d'hydrogène, il peut être régénéré en appliquant des conditions appropriées, telles que l'augmentation de la température

ou une purge à l'aide d'un gaz inerte. Cette régénération permet de libérer l'hydrogène adsorbé, de restaurer la capacité d'adsorption de l'adsorbant et de permettre la réutilisation du matériau.

II.1. Présentation opérationnelle

L'usine Hélios a deux trains de production, chacun étant composé d'un purificateur d'hélium brut, un liquéfacteur d'hélium, une station de stockage et de chargement d'hélium liquide, une station de stockage et de chargement d'azote liquide. Le fonctionnement de l'ensemble des procédés et étapes est assuré par un système de commande DCS.

Le gaz de charge qui est la matière première d'Hélios est fourni par le complexe GNL2Z de l'entreprise SONATRACH producteur de gaz naturel liquéfié, ou l'usine Hélios est déjà installée. Le purificateur mélange ce flux de charge avec un flux de recyclage qui vient de l'unité d'absorption (PSA) et il comprime le gaz pour atteindre 22 bars absolus.

Ainsi, l'huile résiduelle est débarrassée ; le flux pénètre dans la boîte froide du purificateur où les produits d'hélium, de méthane, et d'azote sont séparés en vue de liquéfaction. La partie méthane du flux de charge est acheminée vers le collecteur de gaz combustible de SONATRACH dans le complexe GNL2Z ; environ 50% de l'azote est purifié et liquéfié, puis expédié vers une cuve de stockage.

Une petite partie de ce dernier sert à la réfrigération dans l'usine ; l'autre partie de la production d'azote est livrée sous forme gazeuse à COGIZ qui distribue l'azote gazeux aux complexes de la zone industrielle d'Arzew.

Le système de liquéfaction utilise des lits d'absorption à basse température chargés d'enlever de l'hélium purifié et les dernières traces d'azote ainsi que celles d'hydrogène et du néon, puis il refroidit le flux, le dilate et le réfrigère afin de liquéfier la vapeur.

Les produits purs obtenus sont stockés puis chargés après la constitution du stock dans des citernes isothermes pour l'expédition. [8]

II.2. Section de purification de l'hélium

Le circuit processus dans le purificateur contient les organes suivants : un compresseur de charge/recyclage à l'entrée et un bâti d'extraction d'huile. Le flux qui y arrive est une combinaison à la fois de gaz de charge brut et de gaz d'azote recyclé provenant de l'échangeur de chaleur à court chaud et des influents gazeux de l'étage d'absorption PSA. Le tout est comprimé ; l'huile extraite et la matière particulière restent filtrées.

Une boîte froide par train contenant des échangeurs de chaleur des séparateurs/condenseurs, et des turbos détendeurs dans la boîte froide. Ainsi, le gaz de charge est refroidi, condensé et séparé en trois (03) constituants principaux : hélium, azote et méthane.

Un étage d'adsorption par train qui comprend quatre cuves adsorbantes et un ballon tampon pour les influents gazeux. Alors, les contaminants restants sont ici adsorbés sous forme de pression il existe toujours une cuve parmi les quatre en fonctionnement à tout moment, tandis que les trois autres sont à divers stades de régénération, eaux de réserve. Les influents gazeux sont collectés provisoirement dans un ballon tampon puis renvoyé dans le cycle de purification.

La section purification de la charge sert d'une part à séparer et à purifier les constitutions d'hélium et d'azote présents dans le gaz de charge brut et d'autre part à envoyer l'hélium au liquéfacteur qui effectue la réfrigération et la liquéfaction du gaz pour obtenir un produit pur, stocké et ensuite en vue de son expédition.

Les flux d'azote sont séparés en azote gazeux envoyé vers une pipe de distribution géré par GOGIZ, en azote liquéfié envoyé vers les cuves de stockage.

Alors, une partie du produit stocké est expédié, et une autre est utilisée pour les besoins de l'usine d'hélium. Quand au flux résiduel, un mélange de méthane et d'éthane, est amené dans le pipeline de combustible du complexe GNL2Z de Sonatrach.

II.2.1 Le compresseur de charge

Les compresseurs de charge servent à comprimer le mélange formé des gaz de charge pour l'amener à la pression d'environ 23.1 bar absolu et le refouler vers le bâti d'extraction d'huile pour qu'il soit nettoyé et filtré.

Le compresseur de charge est équipé de :

- Compresseur vis huile
- Séparateur d'huile/coalescer
- Pompe à huile
- Filtres à huile
- Moteurs d'entraînement
- Refroidisseur d'aval
- Refroidisseur d'huile
- Réchauffeur d'huile



Figure II.1. les compresseur de charge

II.2.2. La boîte froide

Dans la boîte froide il y a une pile d'échangeurs de chaleur et de cuves de séparation/condensation sont combinés pour refroidir puis réfrigérer le gaz de charge. Le processus de séparation déjà expliqué a eu alors lieu ; l'azote et le méthane sont séparés.

Ainsi, des vapeurs liquides et froides se forment par échange de chaleur de condensation. Le flux de charge est refroidi dans l'échangeur de chaleur pour condenser la majorité du méthane. Le flux eux phases pénètre ensuite dans la colonne séparatrice d'azote.

Le liquide riche en méthane s'écoule vers le fond du séparateur et revient au passage de l'échangeur ; les vapeurs d'hélium et d'azote qui s'élèvent dans la cuve par le passage A sont lavées avec le liquide froid condensé ans l'échangeur.

Encore, dans la boîte froide le gaz de charge est refroidi, condensé en ses trois constituants principaux que sont l'hélium, l'azote, et le méthane. [8]

La boîte froide comprend les éléments suivants :

- Echangeur de chaleur à cœur chaud
- Echangeur de chaleur à cœur froid
- Colonne séparatrice d'azote
- Détendeur HP
- Echangeur de chaleur à cœur condenseur
- Séparateur d'hélium brut
- Séparateur de combustible/de recyclage

- Détendeur HP



Figure II.2. la boîte froide

II.2.3. La cuve de séparation

La cuve de séparation sert à éliminer le liquide condensé du flux procès. On voit dans la figure ci-jointe que le flux pénètre dans la partie supérieure de la cuve et vient immédiatement en contact avec un dispositif disperser comportant une grille de mailles. La vitesse entraine la vapeur à travers la grille et projette les gouttelettes condensées contre les parois de la cuve.

Ainsi, la pellicule liquide s'écoule vers le fond ou elle est évacuée sous la phase liquide. La vapeur subit alors un ralentissement du fait de sa détente dans le grand volume de la cuve et permet aux autres gouttelettes liquides de retomber. Les vapeurs s'échappent par le haut de la cuve.

Il y a trois séparateurs dans chaque boîte froide, identique du point de vue formel, mais ayant des tailles différentes.

Turbo-détendeur L'étape de réfrigération nécessaire à la production d'azote liquide est assurée en dilatant l'hélium de haute pression venant du compresseur de recyclage, ceci en deux étapes. L'hélium de recyclage subit une détente dans le turbo-détendeur pour lui donner la pression de 6 bars. Le flux est ensuite réchauffé dans le passage de l'échangeur à cœur chaud et à nouveau détendu dans le turbo-détendeur pour le ramener à 2.4 bars.

II.3. Adsorption sous pression (PSA)

La charge qui vient de la boîte froide est acheminée vers l'étage d'adsorption sous pression. Les contaminants sont adsorbés à haute pression dans les lits adsorbants des cuves ABCD alors que la vapeur d'hélium pur s'achemine librement vers le liquéfacteur.

L'adsorption sous pression permet produire un flux d'hélium 99.95% en vue de sa liquéfaction. L'adsorption sous pression élimine l'azote et le méthane sans adsorber d'hélium.



Figure II.3. adsorption sous pression (psa)

II.3.1. Cycle d'adsorption sous pression

Un cycle d'adsorption sous pression complet comprend passe par sept (7) phases en fonctionnement normal ; les quatre adsorbants passent par chacune des étapes du cycle selon la séquence : A D C B. La durée du cycle est définie par le temps que prend chaque adsorbant pour arriver au bout du processus de régénération.

II.3.2. Les cuves adsorbants A B C D

Les cuves adsorbants sont des réservoirs cylindriques verticaux en acier inoxydable, de 1.2 mètre de diamètre interne et de 6 mètres de hauteur, disposant d'une trappe d'accès en partie supérieure.

Le matériau adsorbant occupe toute la partie centrale de la cuve. Il est soutenu ainsi par une grille fixe en bas et recouvert d'une grille flottante. Celle-ci est constituée de sections assemblées assez petites pour passer par la trappe d'accès. [9]

II.4. La liquéfaction

II.4.1. La description du processus

Après la séparation du gaz de charge brut à travers ses trois constituants majeurs (l'azote, l'hélium et le gaz combustible) et après la purification de la vapeur d'hélium, celui-ci est envoyé vers le liquéfacteur où il subit une liquéfaction dans un processus qu'il intègre et centrifuge.

Durant la liquéfaction, le flux est d'abord refroidi dans l'échangeur puis traverse un des deux adsorbants d'azote pour enlever les impuretés, notamment de l'azote à la sortie de l'adsorbant. Ainsi, le flux se sépare en deux : environ un tiers du flux venant de l'adsorbant d'azote retourne à l'échangeur chaud est réchauffé avant d'entrer dans le détendeur. Après la détente, ce flux se refroidit, se dirige vers le détendeur et rejoint le flux 2 bar absolu sortant des détendeurs et pour être recyclé dans le train de compression.

Environ deux tiers du flux provenant de l'adsorbant d'azote vont dans l'échangeur de chaleur, dans lequel il est séparé en deux ;

- Une partie repasse dans le détendeur et est ramenée en compression
- Le reste du flux est acheminé vers les adsorbants He/N₂. Les impuretés restantes, le néon, Ne et l'hydrogène H₂ sont ici adsorbés dans un des adsorbants.

Le néon et l'hydrogène présents sont éliminés. Le flux est à nouveau séparé :

Une partie du flux de sortie de cet adsorbant est détendue dans le détendeur pour atteindre 2.6 bars absolus puis ramenée en compression en passant par les échangeurs.

Le reste du flux est refroidi dans l'échangeur froid détendu, à nouveau refroidit puis subit une détente dans une vanne pour sa liquéfaction finale, avant d'être acheminé dans la cuve de stockage en attendant son expédition. [9]

TROISIÈME CHAPITRE
L'élimination d'hydrogène par
NIXOX

PROBLÉMATIQUE

- Pendant plusieurs années, Helios, produisait des volumes importants de gaz hélium. l'usine possède deux trains de production d'hélium. Lors de notre stage, Nous avons observé que seul un train était en fonctionnement. Cela s'explique que la quantité de gaz GNL2 n'est pas suffisante. Pour démarrer le deuxième, il est nécessaire d'installer une conduite avec GNL3, parce que ce dernier présente un pourcentage d'hélium très élevé. Mais on constate une contrainte: le pourcentage d'hydrogène dépasse les normes de liquéfaction.

La problématique principale est de trouver une méthode efficace pour réduire le pourcentage d'hydrogène excédentaire dans l'hélium liquéfié en utilisant une réaction catalytique avec l'oxygène. Parce que l'élimination par adsorption ne donne pas de bons résultats lorsqu'il s'agit de grandes quantités d'hydrogène

Cette approche offre l'avantage potentiel de convertir l'hydrogène indésirable en eau, contribuant ainsi à améliorer la pureté de l'hélium liquide.

III.1. UNITÉ D'ÉLIMINATION DE L'HYDROGÈNE – UNITÉ NIXOX

III.1.1 Présentation

Les résultats d'analyse d'échantillons de l'alimentation en hélium brut de Sonatrach GL3Z ont indiqué un niveau d'hydrogène bien supérieur à celui de l'alimentation en hélium brut existante de GL2Z sur laquelle l'usine de liquéfaction Helios existante a été conçue pour gérer. Actuellement, pour la charge GL2Z, lorsque les niveaux d'hydrogène et les taux de production sont élevés, il y a déjà des difficultés à régénérer l'adsorbeur d'hydrogène hors ligne dans le liquéfacteur. Afin de faire face à la nouvelle augmentation importante due au Sonatrach GL3Z, un système NIXOX élimine les quantités brutes d'hydrogène du gaz d'alimentation. Cela empêchera les lits d'adsorbeur, situés dans la boîte sous vide de liquéfaction, d'être complètement saturés d'hydrogène, et leur permettra également d'être sur ligne pendant des durées beaucoup plus longues qu'actuellement, pour la seule alimentation en gaz de GL2Z, réduisant ainsi les besoins de régénération.

Le système NIXOX fonctionne en faisant réagir l'hydrogène dans le gaz d'alimentation avec de l'air (oxygène) sur un catalyseur pour former de l'eau. La majeure partie de l'eau est éliminée sous forme liquide du flux de sortie NIXOX via un récipient séparateur. Le reste de l'eau est éliminé par l'installation d'un nouvel ensemble sécheur à tamis taupe, dans l'étendue de la fourniture d'Air Products. Le sécheur à tamis moléculaire est une unité à deux lits dont le lit hors ligne est régénéré à l'aide de gaz d'alimentation. L'eau est éliminée du gaz de régénération sous forme liquide. [8]

Voici des schémas expliquant le fonctionnement de NIXOX :

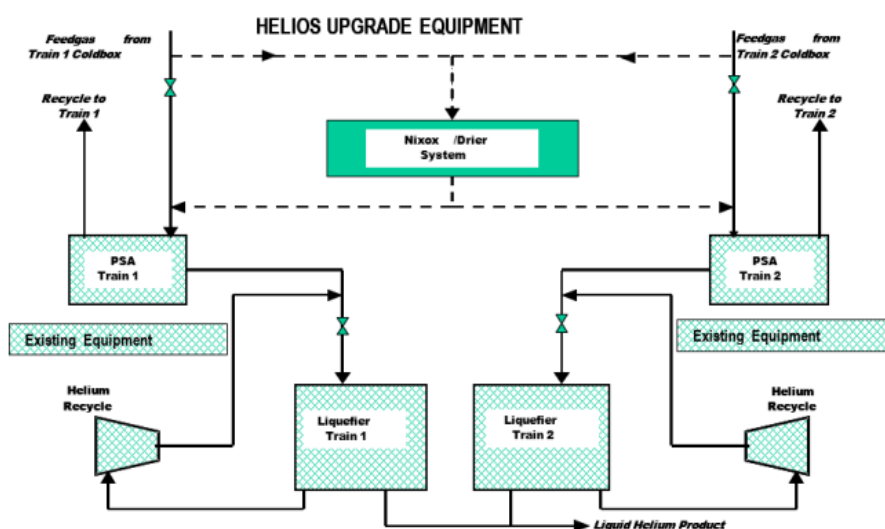


Figure III.1. Schéma 1-Equipement Hélios

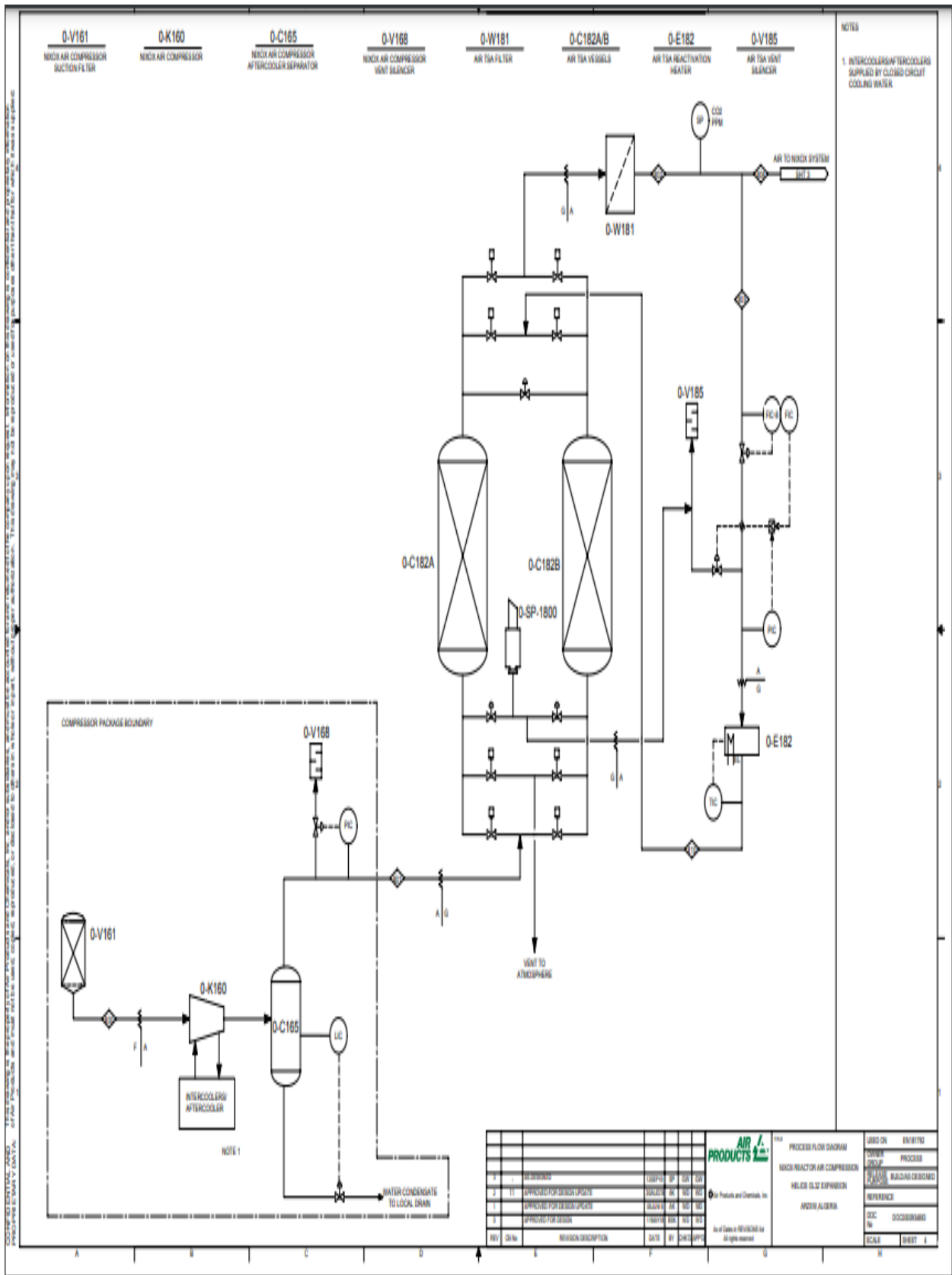


Figure III.2. Schéma 2-Système NIXOX

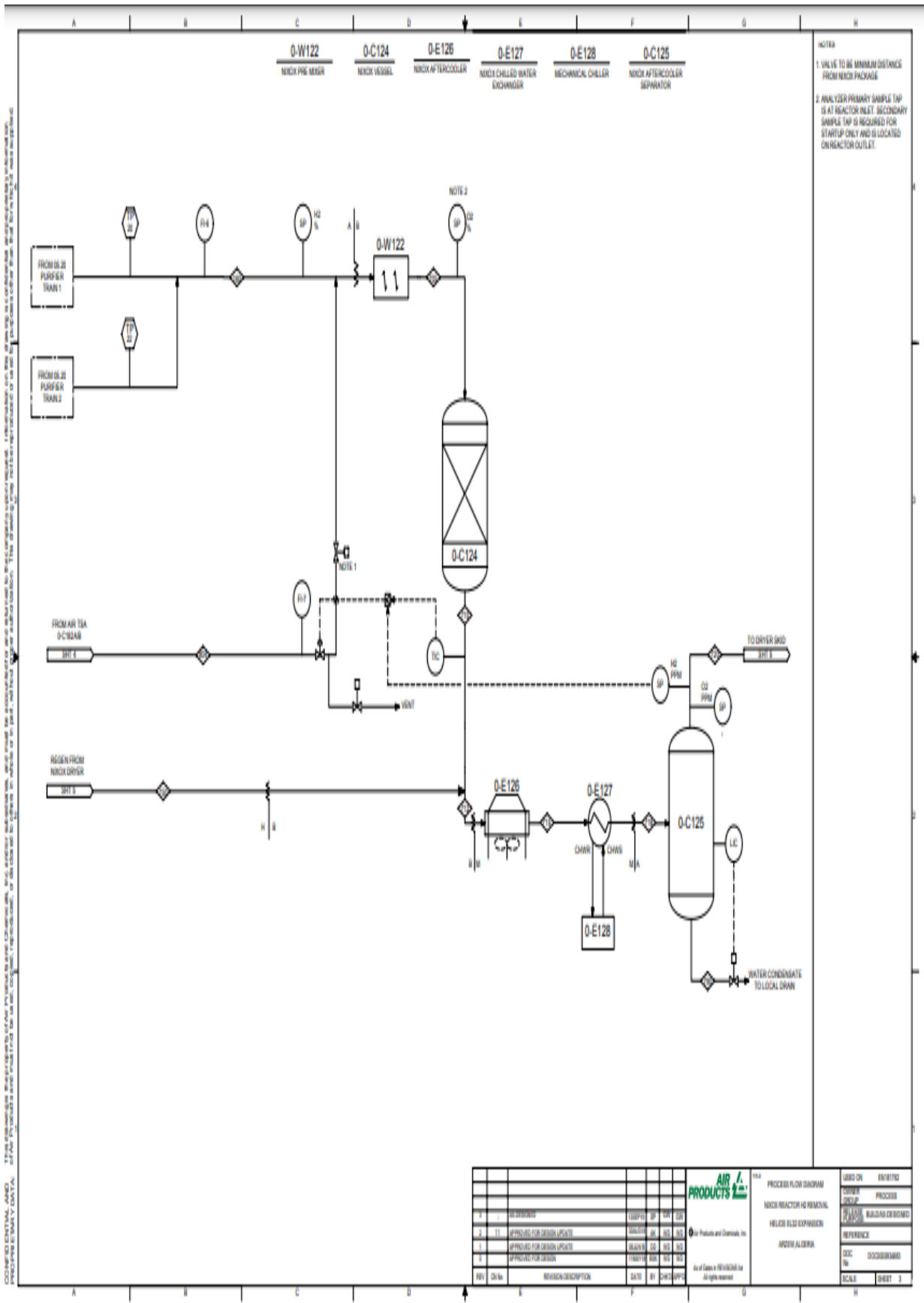


Figure III.3. Schéma 3- Système NIXOX (suite)

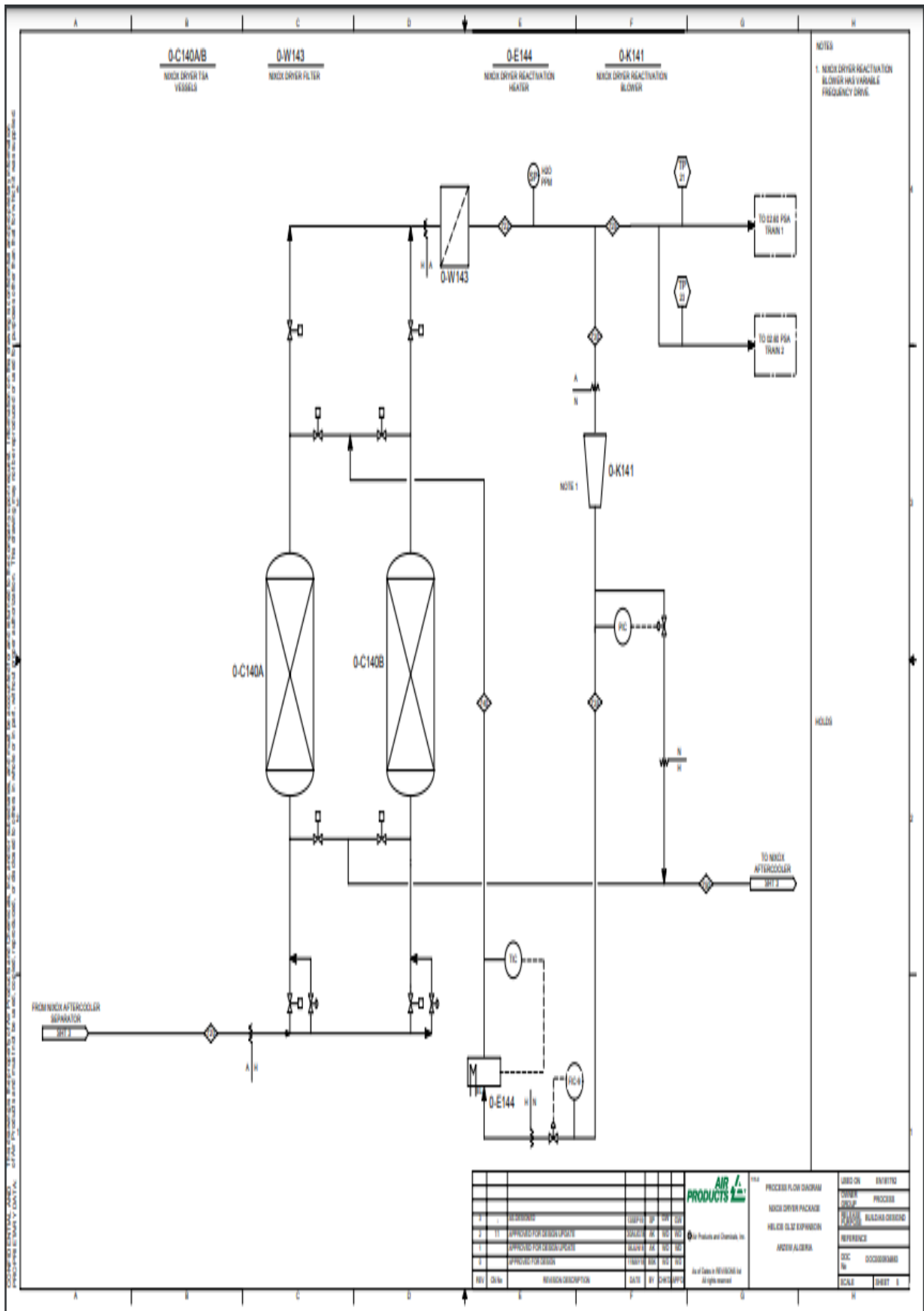


Figure III.4. Schéma 4 –Système NIXOX (suite)

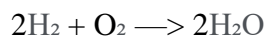
III.2. DESCRIPTION DU SYSTÈME

Le système d'élimination de l'hydrogène (NIXOX) élimine l'hydrogène du flux d'alimentation en faisant réagir l'hydrogène avec l'oxygène dans l'air, formant ainsi de l'eau. La sortie du réacteur NIXOX contient de l'eau dans le gaz d'alimentation en raison de la réaction exothermique. Le séparateur élimine la majorité de l'eau du gaz et le flux est ensuite transmis à un ensemble de sècheurs pour éliminer l'humidité restante. L'équipement du système comprend la cuve NIXOX, le prémélangeur, les refroidisseurs d'admission, la cuve du séparateur, la tuyauterie, les instruments et les commandes associés. Chaque élément a un numéro d'étiquette (voir le tableau d'équipement Nixox détaillé dans l'annexe). [8]

III.2.1. Réacteur C124 NIXOX

Le réacteur C124 NIXOX est un réacteur à lit catalytique. Le processus de base est la combinaison d'oxygène et d'hydrogène sur un catalyseur d'hydrogénation pour former de l'eau, éliminant ainsi l'hydrogène du gaz d'alimentation.

La réaction chimique d'intérêt principal est :



Il s'agit d'une réaction exothermique (produit de la chaleur). % O₂ est utilisé pour conduire la réaction de l'hydrogène jusqu'à son terme. Cela signifie que la teneur en hydrogène détermine la température maximale atteinte dans le réacteur NIXOX. La surchauffe du vase NIXOX pendant le fonctionnement normal doit être évitée. La cuve NIXOX doit être conçue pour fonctionner à des températures compatibles avec la résistance mécanique du matériau de construction.

Les écarts entraînant des températures supérieures aux limites de fonctionnement nécessitent atténuation via un système d'arrêt. La limite de température supérieure généralement acceptée pour les récipients en acier au carbone est d'environ 450°C.

Les systèmes de sécurité suivants doivent être fournis pour se prémunir contre les dangers :

- Des boucliers de protection du personnel sont nécessaires autour des réacteurs. Ces boucliers sont destinés à protéger le personnel de l'usine dans la zone immédiate de la cuve, en cas de brûlure ou de dégagement d'énergie
- La tuyauterie d'entrée du réacteur NIXOX est spécifiée pour éviter les défaillances dues à la surchauffe
- Des analyseurs sont fournis pour détecter les mélanges dangereux et donner alarme et déclenchement
- La mesure de la température est fournie dans le récipient NIXOX

- Un arrêt de sécurité basé sur le pourcentage d'oxygène est fourni

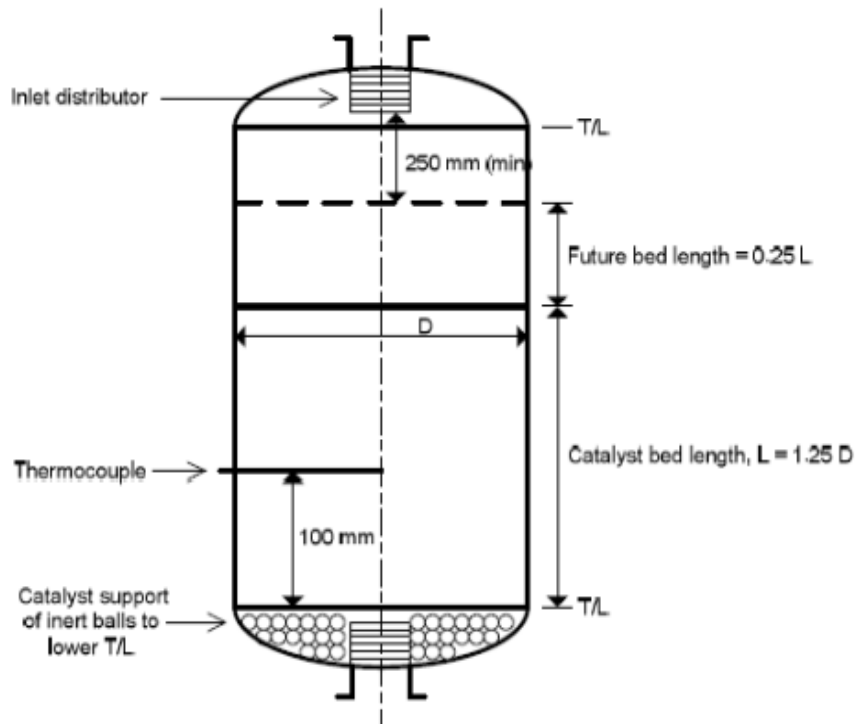


Figure III.5. Schéma réacteur

III.2.2. Refroidisseur d'admission E126 NIXOX

Le refroidisseur final E126 NIXOX est un échangeur de chaleur refroidi par air. Le refroidissement par air est atteint par les ventilateurs et chaque ventilateur doit être équipé d'un interrupteur de vibration et d'un protecteur de ventilateur.

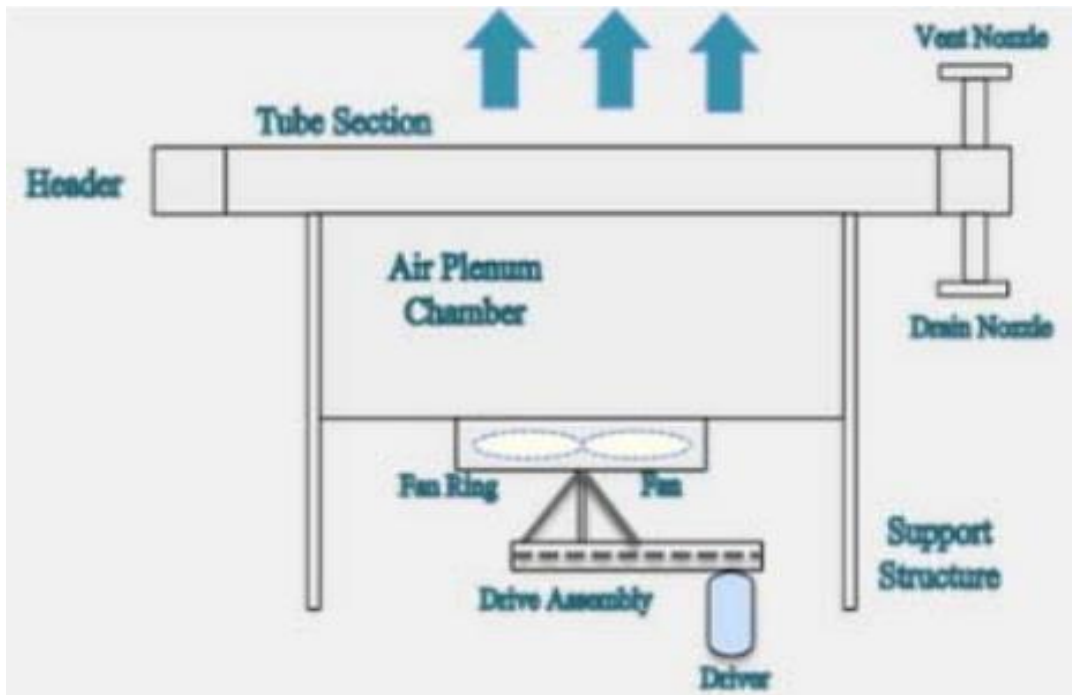


Figure III.6. Schéma refroidisseur d'admission

III.2.3. E127 Echangeur d'eau glacée NIXOX

L'échangeur d'eau réfrigérée E127 NIXOX assure le refroidissement de la sortie de la cuve NIXOX. Cela maintient le flux à une température acceptable pour le séparateur NIXOX Aftercooler et le processus en aval. Il s'agit d'un échangeur de chaleur à calandre et tube sans contact avec du gaz de procédé à l'hélium brut dans le tube et de l'eau de refroidissement dans la calandre.

III.2.4. Refroidisseur mécanique E128

Le refroidisseur mécanique E128 est destiné à refroidir l'eau de refroidissement afin qu'elle puisse être recirculée pour refroidir le gaz de procédé. L'unité combine une conception de contrôle à plusieurs étapes avec la technologie DC Inverter permettant aux compresseurs de l'unité de fonctionner plus efficacement que les unités à vitesse constante dans toutes les conditions de charge et de température ambiante. Il est conçu pour une efficacité à charge partielle et est destiné au refroidissement de l'eau. Chaque unité complète comprend des compresseurs scroll hermétiques, un refroidisseur de liquide, des condenseurs refroidis par air, une charge de réfrigérant R410A et un centre de contrôle à microprocesseur résistant aux intempéries, le tout monté sur une base en acier soudé.

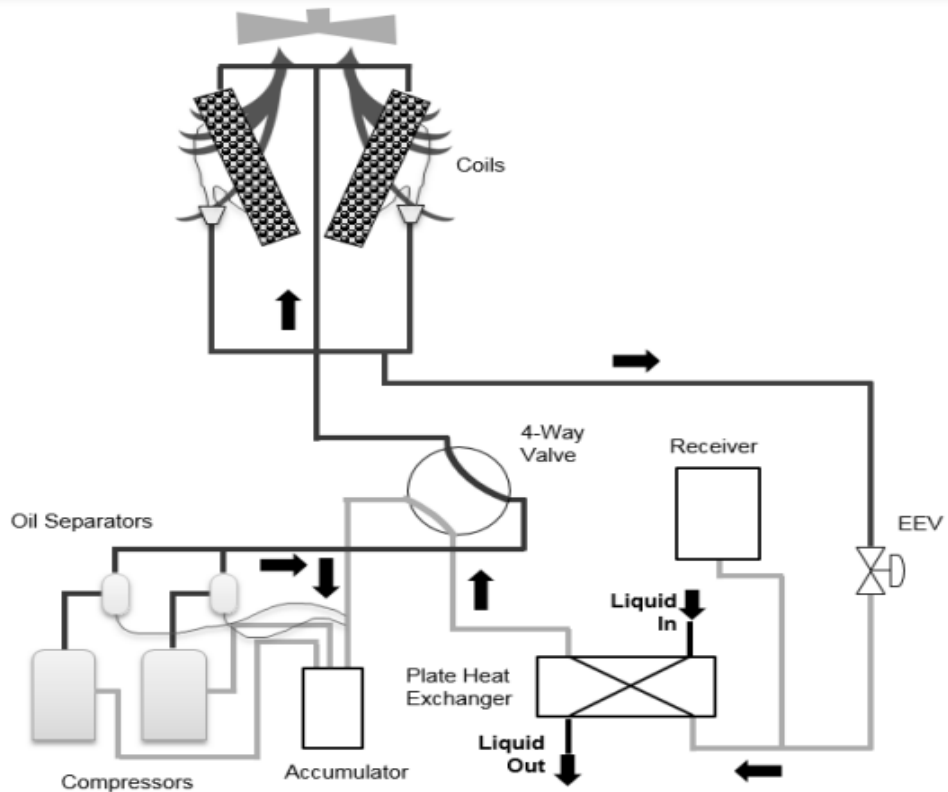


Figure III.7. Schéma refroidisseur mécanique

III.2.5. Séparateur de refroidisseur d'admission C125 NIXOX

Le séparateur de refroidisseur d'admission C125 NIXOX est un séparateur de phases qui assure la séparation du condensat du gaz de procédé. C'est un récipient sous pression vertical. La buse d'entrée entre par le côté près du milieu du récipient et est équipée d'un boîtier de réduction des éclaboussures. La buse de sortie de condensat au fond de la cuve et la buse de sortie de gaz de procédé sont installées en haut. Il y a deux robinets de niveau pour la surveillance du niveau de liquide et une vanne LV dans la conduite de condensat est contrôlée en fonction du niveau dans le réservoir du séparateur.

III.3. SECTION COMPRESSEUR D'AIR NIXOX

III.3.1. DESCRIPTION DU SYSTÈME

Le compresseur d'air NIXOX comprime l'air à la pression requise qui est ensuite acheminée vers le récipient NIXOX via le TSA. Le système de compresseur contient un compresseur alternatif, un moteur, une pompe à huile, des vannes associées, des canalisations, des instruments et des commandes. (Voir l'annexe détaillé avec les numéros d'étiquette) [8]

III.3.2. Compresseur d'air K160 NIXOX

Le compresseur d'air K160 NIXOX est un compresseur monté sur skid. Il s'agit d'un compresseur alternatif à plusieurs étages. Le compresseur est entraîné par un moteur électrique. Il est équipé de vannes d'étranglement d'aspiration, de vannes de recyclage, d'un système de lubrification et d'instruments de surveillance des vibrations, de la température et de la pression. Le skid de compresseur est également équipé de refroidisseurs intermédiaires, d'un refroidisseur final, d'un refroidisseur de moteur et d'un refroidisseur d'huile de lubrification.

Plusieurs mesures de protection des éléments d'examen des risques sont associées au compresseur et à sa maintenance. Par exemple, des fuites, des ruptures ou une purge inadéquate du tube refroidisseur du compresseur après l'entretien du compresseur peuvent entraîner une contamination du processus par l'eau de refroidissement et un blocage ultérieur de l'échangeur de chaleur. Pour éviter cela pendant les coupures de courte durée, le compresseur doit être maintenu à des pressions de fonctionnement supérieures à celles du circuit d'eau de refroidissement. (Élément d'examen des risques) Alternativement, le système d'eau de refroidissement peut être bloqué et dépressurisé.

De plus, le compresseur doit être correctement isolé avant l'entretien effectué. (Élément d'examen des risques) Un isolement incorrect peut entraîner des exposition aux gaz de procédé.
[11]

III.4. SECTION SYSTÈME DE PURIFICATION D'AIR

III.4.1. DESCRIPTION DU SYSTÈME

Le système de purification d'air élimine les impuretés de l'air de traitement pour préparer l'air pour le réacteur NIXOX. Le système de purification comprend deux cuves d'adsorption, un silencieux d'évent, plusieurs filtres, les vannes associées, la tuyauterie, les instruments et les commandes. Le fonctionnement du système est pris en charge par un analyseur qui surveille l'air de traitement purifié sortant du système pour le dioxyde de carbone (CO₂) et l'humidité. (*Voir l'annexe détaillé des équipements*)

La purification de l'air est caractérisée par un processus d'adsorption modulée en température (TSA). Il s'agit d'un processus discontinu conçu pour produire un flux continu d'air purifié à l'aide d'un programme d'exploitation informatique complexe et d'une série de vannes de séquençement automatiques en fonction du temps. L'élimination des impuretés de l'air garantit que les problèmes de contamination ne se produiront pas dans les sections en aval de l'usine.

Dans cette usine, le système de purification de l'air est un système TSA modifié appelé système TPSA (température pressure swing adsorption). Voir la discussion sur cette modification plus loin dans cette section.

Le système TSA élimine la vapeur d'eau, le CO₂, les oxydes d'azote, l'acétylène et d'autres hydrocarbures à des niveaux très bas. Tous les hydrocarbures ne sont pas éliminés par le système TSA. Certains hydrocarbures, tels que le propane et le méthane, passeront facilement à travers les lits d'adsorbeur vers le réacteur.

Il est très important d'éliminer la vapeur d'eau et le CO₂ avant d'alimenter le récipient NIXOX.

Le procédé TSA implique l'adsorption ou l'attraction moléculaire de l'eau, du CO₂ et de certains hydrocarbures sur un adsorbant. Les cuves TSA sont remplies d'adsorbant ayant une forte attraction pour les molécules polaires telles que l'eau et le CO₂. Cependant, ils laissent passer des molécules non polaires telles que l'azote, l'oxygène et l'argon.

Une autre propriété importante des adsorbants est leur grande surface par unité de volume. Cette grande surface est créée par les nombreux pores et cavités contenus dans chaque granule d'adsorbant. Les pores et cavités sont dimensionnés pour piéger certaines molécules dont certains types d'impuretés hydrocarbonées.

Le processus TSA implique une "oscillation de température" où les récipients d'adsorbant sont continuellement cyclés de la température de processus normale à une température plus élevée, et inversement. La rétention des impuretés, ou adsorption, se produit à la température normale du procédé. L'élimination des impuretés des lits d'adsorbant, également connue sous le nom de réactivation, désorption ou régénération, se produit à la température la plus élevée. L'adsorption se produit avec un flux d'air ascendant à travers les lits d'adsorption. La réactivation se produit avec un flux descendant de gaz résiduaire (gaz de régénération) à travers les lits d'adsorbeur. La réactivation implique l'élimination des contaminants adsorbés des lits (désorption). Ceci est réalisé en réduisant la pression sur les lits et en appliquant un flux descendant de gaz résiduaire. La réactivation se produit dans un lit tandis que les autres lits adsorbent les impuretés de l'air de procédé. Le temps qu'il faut pour réactiver un lit est le même temps que les autres lits sont en service de purification. La séquence de l'adsorbeur et les étapes d'écoulement sont décrites plus loin.

III.4.2. C182A/B Récipients d'adsorption TSA

Les réservoirs d'adsorption C182A/B TSA sont des réservoirs sous pression verticaux construits en acier au carbone. Ils sont remplis d'alumine activée et d'adsorbants de type tamis moléculaire. Les adsorbants sont séparés par un tamis diviseur flottant. Des filtres internes sont également fournis. Les gaz entrent et sortent des adsorbants par un tuyau sur le fond de la cuve et un sur le dessus de la cuve. Ceux-ci sont équipés d'écrans distributeurs. Les adsorbants sont équipés d'une isolation externe, de prises de test d'étanchéité et de prises de prélèvement à l'interface alumine/tamis moléculaire.

L'air de traitement pénètre dans le tuyau inférieur de l'adsorbant et passe à travers un tamis distributeur à panier. Il monte ensuite à travers l'alumine, l'écran flottant et le tamis moléculaire. Il sort par le tuyau sur le dessus du récipient. Il est ensuite transféré dans le pré-mélangeur NIXOX.

Le gaz de réactivation pénètre dans l'adsorbant par le tuyau situé au sommet de la cuve. Il descend ensuite à travers le tamis moléculaire, l'écran flottant et l'alumine. Il sort par le tamis du panier et le tuyau au fond de la cuve. Il est ensuite rejeté dans l'atmosphère par l'évent de purge. [11]

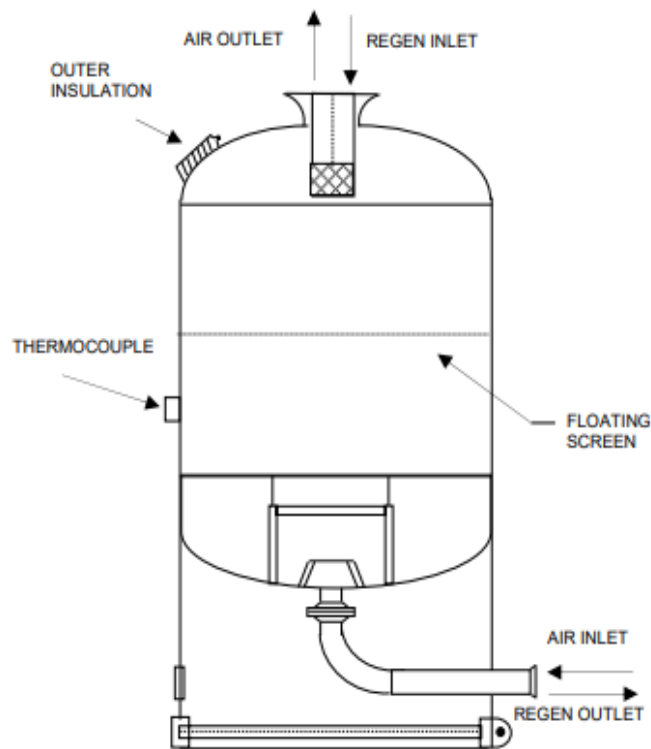


Figure III.8. une représentation d'un navire typique de la TSA

Les lits d'adsorbent ont une capacité fixe pour les contaminants à un débit, une température et une pression de procédé donnés. Lorsque les conditions du procédé sont en dehors de ces plages de débit, de température et de pression, la capacité du lit change. Des températures d'alimentation plus chaudes et des pressions d'alimentation plus faibles entraîneront une diminution de la capacité d'adsorption. Lorsque les contaminants chargent un lit à pleine capacité, tout contaminant supplémentaire pénétrant avec l'air de traitement traversera le lit saturé et entrera dans le processus en aval. Pour éviter cela tout en assurant un flux continu d'air propre et sec vers la section du navire NIXOX, la température et la pression du flux d'air entrant sont soigneusement contrôlées

Certains contaminants sont très fortement attirés par le matériau du lit. Certains ne sont que faiblement attirés. Le méthane traverse facilement le matériau avec l'air de traitement. La vapeur d'eau, l'acétylène et de nombreux autres hydrocarbures se lient facilement au matériau du lit. Le CO₂ n'est pas aussi fortement attiré par le matériau du lit. Une grande partie du propane aspiré avec l'air de traitement passera par le processus; seule une petite quantité sera adsorbée.

La figure illustre l'ordre d'adsorption des contaminants sur un profil de lit. Les contaminants les plus fortement attirés seront concentrés bas sur le profil. Les moins fortement attirés se

concentreront plus haut sur le lit ou passeront au travers. Ce dessin ne montre que les dispositions relatives des fronts de contaminants concentrés. Dans un adsorbeur réel, une partie de chacun de ces contaminants serait répartie dans tout le lit.

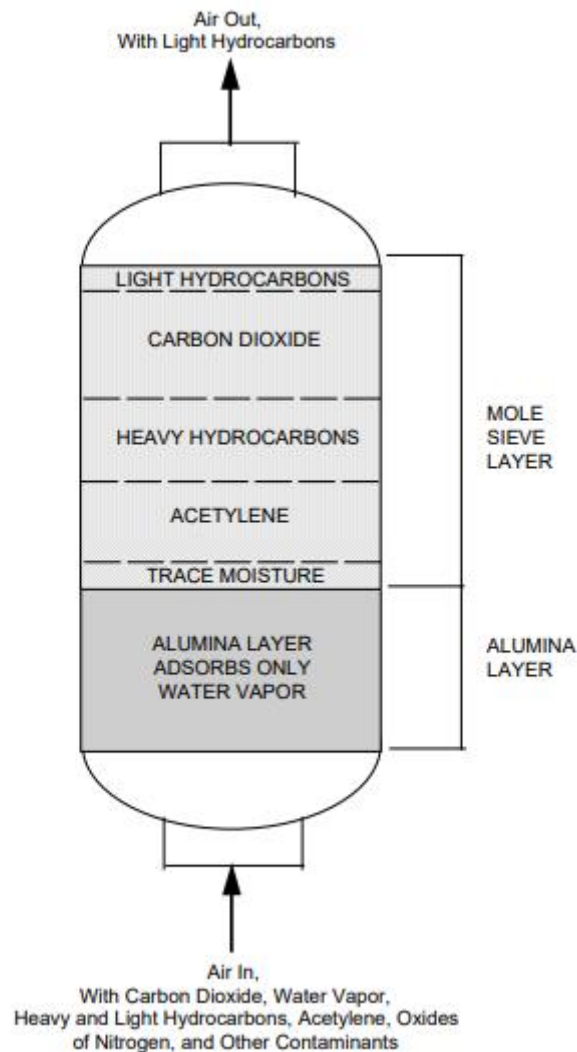


Figure III.9. adsorbeur

La teneur en contaminants d'un lit n'est pas directement mesurée. Étant donné que la capacité d'un volume unitaire de matériau adsorbant à une température et une pression particulières est connue et que la teneur en contaminants de l'air entrant est également connue, les concepteurs ont déterminé combien de temps il faudra pour que le lit se charge dans les conditions de conception prévues de l'air : température, pression d'air et débit. Étant donné que le débit, la pression et la température d'air de traitement entrant sont relativement constants, le temps est le facteur critique pour déterminer quand un lit ne peut plus être utilisé.

remarque: Chaque adsorbeur de l'usine est conçu pour éliminer l'humidité, le dioxyde de carbone et les hydrocarbures du flux d'air de processus de conception pendant environ 4 heures. Au bout de ce temps, le lit doit être réactivé.

III.4.3. Silencieux d'évent de dépressurisation

Le silencieux d'évent de dépressurisation réduit le bruit associé à la réduction rapide de la pression d'air lorsqu'un récipient TSA sous pression est ventilé dans l'atmosphère pendant la réactivation. Le Vent Silencer est équipé d'un garnissage acoustique interne et d'une isolation acoustique externe. Le bouchon de vidange du silencieux est retiré pour éviter l'accumulation d'eau de pluie. [11]

III.4.4. Chauffage de réactivation E182 (électrique)

Le réchauffeur de garniture de réactivation E182 est un réchauffeur à résistance électrique qui fournit l'apport de chaleur nécessaire au gaz de régénération utilisé dans la réactivation de l'adsorbeur TSA. Le radiateur contient plusieurs éléments chauffants. Un ou plusieurs de ces éléments peuvent être activés pour obtenir le bon chauffage du gaz de régénération. Le système de commande de l'usine fait fonctionner le réchauffeur de garniture et le met hors tension lorsque l'étape de purge de réactivation à chaud se termine.

L'enveloppe du réchauffeur est purgée avec de l'azote provenant du système d'azote utilitaire de l'usine. Le E182 est isolé à l'extérieur pour minimiser les pertes de chaleur. L'appareil de chauffage est équipé d'instruments permettant de surveiller la température de l'enveloppe de l'appareil de chauffage et la température des éléments chauffants individuels.

III.4.5. Silencieux d'évent de réactivation V185

Le silencieux d'évent de réactivation V185 réduit le bruit associé à la réduction rapide de la pression du gaz de régénération lorsque le gaz est évacué dans l'atmosphère. Cela se produit lorsque le gaz de régénération n'est pas nécessaire pour la régénération du TSA. V185 est équipé d'un garnissage acoustique interne et d'une isolation acoustique externe. Le bouchon de vidange du silencieux est retiré pour éviter l'accumulation d'eau de pluie.

III.5. SECTION PRÉ-TRAITEMENT DES GAZ D'ALIMENTATION – CUVES SÉCHANTES NIXOX

III.5.1. Description du système

Le système d'adsorption à variation de température (TSA) reçoit le gaz refroidi du séparateur de refroidisseur final NIXOX et élimine toute humidité restante. Cela prépare le gaz de retour d'hélium brut de sortie NIXOX à retourner à Helios PSA.

Le système de sécheur NIXOX comprend deux réservoirs d'adsorption remplis d'un matériau adsorbant spécial. Sont également inclus un ventilateur, un réchauffeur et les vannes, tuyauteries, instruments et commandes associés. (*voir dans l'annexe le tableau détaillé*)

L'élimination de l'humidité du gaz d'alimentation garantit que les problèmes liés aux impuretés ne se produiront pas dans les sections en aval de l'usine.

Le séchoir NIXOX est un système de séchoir à deux lits. Le gaz d'alimentation passe à travers le lit "en ligne" tandis que le lit "hors ligne" est régénéré. L'eau (H₂O) dans le gaz d'alimentation est adsorbée lorsque le gaz d'alimentation s'écoule vers le haut dans un lit. L'autre lit est régénéré par un flux descendant d'hélium brut de la boîte froide. Le gaz de régénération chauffé élimine l'eau adsorbée.

Pour une régénération efficace, la température du gaz de régénération doit être portée à environ 245°C. Ce chauffage se produit dans le réchauffeur de régénération du sécheur NIXOX. Le gaz de régénération traverse le lit d'adsorption et est ensuite refroidi dans le refroidisseur de gaz de régénération TSA. Toute eau libre est éliminée par un piège refroidisseur vers le système d'eau huileuse. Le gaz de régénération saturé est ensuite transféré vers le système de produit hydrogène.

Le système de sécheur NIXOX produit un flux continu de gaz d'alimentation sec. Celle-ci est ensuite transférée à l'unité Helios PSA.

Le processus d'adsorption à variation de température est caractérisé par l'adsorption, ou l'attraction moléculaire, de l'eau et du dioxyde de carbone sur un adsorbant. Les cuves du sécheur NIXOX sont remplies d'alumine activée. Il s'agit d'une substance adsorbante, magnétique polaire, ayant une forte attraction pour les molécules polaires telles que l'eau et le CO₂. Cependant, il laisse passer des molécules non polaires telles que l'hélium, l'hydrogène, le CO, le méthane et l'azote. Une autre propriété importante des adsorbants est leur grande surface par unité de volume. Cette grande surface est créée par les nombreux pores et cavités contenus dans chaque granule d'adsorbant. Les pores et les cavités sont dimensionnés pour piéger certaines molécules

Le procédé TSA implique une "oscillation de température" où le récipient d'adsorbant est continuellement cyclé de la température de procédé normale, qui est considérée comme la "basse température", à une température plus élevée, puis est refroidi à la température de procédé normale. La rétention des impuretés, ou adsorption, se produit à basse température ; et, l'élimination des impuretés, ou désorption, se produit à haute température.

La régénération du lit est le processus d'élimination des contaminants adsorbés d'un lit (désorption) par une combinaison de réduction de la pression sur le lit chargé et l'application d'une purge chauffée descendante. La régénération d'un lit s'effectue parallèlement à l'étape d'adsorption de la charge dans l'autre lit. Le temps total des sous-étapes de réactivation sur un lit est le même que le temps de l'étape d'alimentation sur l'autre lit.

La séquence des changements de température et de débit de l'adsorbent est décrite en détail plus loin dans cette section. [8]

III.5.2. Les réservoirs sécheurs TSA C140A/B

Les réservoirs sécheurs TSA C140A/B sont des réservoirs sous pression verticaux qui contiennent un adsorbant à base d'alumine activée. Il y a des tuyaux d'entrée et de sortie pour chaque navire. L'alimentation entrante du procédé s'écoule au fond de la cuve, à travers des grilles de distribution, et se déplace verticalement à travers les adsorbants. Il sort par le haut du récipient.

Le gaz de régénération entre dans le TSA par la tuyauterie de sortie d'alimentation du procédé en haut de la cuve. Il s'écoule ensuite à travers l'adsorbant et le tamis du distributeur, et sort du fond de la cuve par la tuyauterie d'entrée d'alimentation du procédé. Il est ensuite évacué par l'évent de purge.

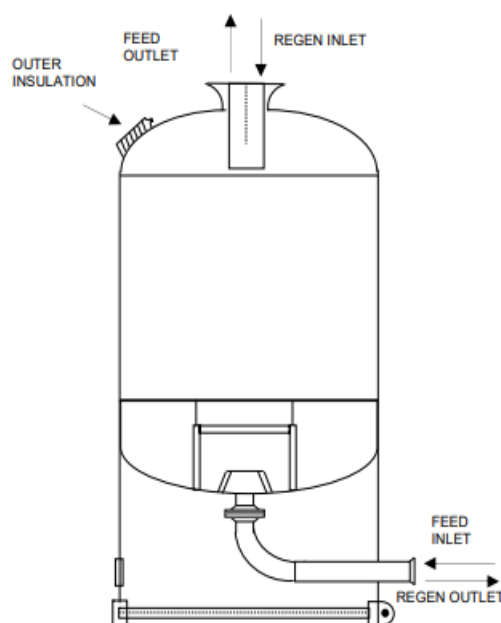


Figure III.10. le profil d'un réservoir TSA vertical typique.

Les lits d'adsorbent ont une capacité fixe pour les contaminants à un débit, une température et une pression de procédé donnés. Lorsque les conditions du procédé sont en dehors des plages de débit, de température et de pression, la capacité change. Des températures d'alimentation plus chaudes et des pressions d'alimentation plus faibles entraîneront une diminution de la capacité d'adsorption. Lorsque les contaminants chargent un lit à pleine capacité, tout contaminant supplémentaire entrant avec l'alimentation du procédé traversera le lit saturé et entrera dans le procédé en aval.

Certains contaminants sont très fortement attirés par le matériau du lit. Certains ne sont que faiblement attirés. Le méthane traverse facilement le matériau avec l'alimentation du procédé. La vapeur d'eau se lie facilement au matériau du lit. Le dioxyde de carbone n'est pas aussi fortement attiré par le matériau du lit.

La teneur en contaminants d'un lit n'est pas directement mesurée. Étant donné que la capacité d'un volume unitaire de matériau adsorbant à une température et une pression particulières est connue et que la teneur en contaminants de l'alimentation entrante est également connue, les concepteurs ont déterminé combien de temps il faudra pour que le lit se charge dans les conditions de conception prévues de l'alimentation ; température, pression d'alimentation et débit.

Le débit, la pression et la température de l'alimentation du procédé entrant resteront relativement constants. Le temps est donc un facteur critique pour déterminer quand un lit ne peut plus être utilisé.

Chacun des adsorbents de l'usine a été conçu pour éliminer l'humidité du débit de conception de l'alimentation du procédé pendant une durée définie. Au bout de ce temps, le lit doit être réactivé.

Les adsorbents sont des récipients sous pression qui sont continuellement soumis à des changements de pression et de température pendant la durée de vie utile des récipients. Ceci est mécaniquement stressant et nécessite une attention particulière pour surveiller l'intégrité du réservoir.

III.5.3. E144 NIXOX sécheur Vapeur Régénération Réchauffeur

Le réchauffeur de régénération du sécheur E144 NIXOX augmente la température de gaz de régénération. La température du gaz de régénération est augmentée à 245°C pour une utilisation dans la réactivation des cuves de séchage NIXOX. Il s'agit d'un radiateur électrique.

Analyse récapitulative : Après avoir fourni des généralités sur l'hélium et l'hydrogène, et après avoir bien expliqué le système NIXOX, nous sommes parvenus au résultat que NIXOX élimine un grand pourcentage très élevé d'hydrogène. Et cela permet aussi au TRAIN 2 de

l'usine HELIOS d'être en fonction dans la production. Ainsi, grâce à NIXOX, il y a une forte amélioration et un grand avantage dans la production. (Voir dans l'annexe les analyses de laboratoire d'échantillons).

tableau III .1. analyse gaz de GNL2Z (train1) et GNL3Z (train2)

	TRAIN 1	TRAIN 2
He	08,82%	10,62%
H ₂	00,74%	2,37%
N ₂	42,54%	3,89%
CH ₄	47,09%	83,12%

Conclusion

Le travail en question est une contribution à la résolution de certains problèmes vécus au niveau du complexe Hélios, ou nous avons eu la chance d'effectuer notre stage, et donc on peut dire que l'élimination de l'hydrogène de l'hélium est une étape cruciale pour assurer la pureté de l'hélium dans diverses applications.

L'adsorption présente l'avantage de capturer sélectivement l'hydrogène à la surface d'un matériau adsorbant lorsque de grandes quantités d'hydrogène sont présentes, cela peut entraîner une saturation rapide des matériaux adsorbants, nécessitant une régénération fréquente.

D'autre part, la réaction catalytique offre une alternative intéressante pour l'élimination de l'hydrogène. Elle permet de convertir l'hydrogène en eau grâce à une réaction chimique catalysée, éliminant ainsi complètement sa présence dans l'hélium. Cette méthode peut être particulièrement avantageuse pour le traitement de grandes quantités d'hydrogène, car elle ne dépend pas de la capacité d'adsorption des matériaux et évite la saturation des adsorbants.

En considérant les problèmes spécifiques liés à une grande quantité d'hydrogène dans l'hélium, tels que les altérations des propriétés de l'hélium et les réactions indésirables avec les matériaux, la réaction catalytique apparaît comme une option préférable. Elle permet une élimination complète de l'hydrogène, réduisant ainsi les risques potentiels et les contraintes liées au traitement de grandes quantités d'hydrogène.

En fin de compte, la sélection judicieuse de la méthode d'élimination de l'hydrogène de l'hélium, en tenant compte des défis liés aux grandes quantités d'hydrogène, permettra d'assurer la pureté de l'hélium et d'optimiser les performances et la sécurité des applications utilisant ce gaz noble.

Références et sources

- [1] "Helium." Encyclopædia Britannica. 2021
- [2] Fontijn, A., & van der Hoff, L. (2013). The helium supply chain: sources, applications, economics, and the future. *Journal of Materials Science*, 48(17), 5675-5683
- [3] "Helium - Properties and Uses." American Chemical Society.
- [4] Héctor, A. M. (2003). Helium: The Disappearing Element. *Chemical Educator*, 8(2), 110-116.
- [5] "Helium Supply and Demand" - USGS
- [6] "Hydrogen." Encyclopædia Britannica. 2021.
- [7] "Hydrogen." National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- [8] Documents Helios
- [9] Documents Sonatrach
- [10] Documents AirProduct (société de gaz industriel)
- [11] Documents SIAD (société de fabrication des machines et pièces)