

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الديمقراطية الجزائرية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE SUPÉRIEURE EN
SCIENCES APPLIQUÉES

--T L E M C E N--



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية
École Supérieure en
Sciences Appliquées



Mémoires de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur

Filière : Génie Industriel

Spécialité: Management Industriel et Logistique

Présenté par :

ZOUAOUI Mehdi

SAFI Fatima Zohra

Thème

**Analyse de la chaîne de production
d'hélium au sein de l'entreprise HELIOS**

Soutenu le 11 juillet 2021 devant le jury composé de :

Dr. F. MALIKI	MCB	ESSA.Tlemcen	Président
Pr .H.HAFAF	MCB	Université d'Oran 1	Directeur du mémoire
Dr.M BENNAKROUF	MCB	ESSA.Tlemcen	Examineur 1
Dr.L.GHOMRI	MCA	UNIV-Tlemcen	Examineur 2

Année universitaire : 2020/2021

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toute la famille ZOUAOUI.

À MES très chers parents

MA PETITE famille pour leurs soutiens, leurs encouragements et leurs sacrifices.

MES Cher frères HOUARI, CHAFIK et MOHAMED HAMAIDA

MA CHÈRE sœurs pour leurs soutiens durant toute au long de MON carrière d'étude.

*MES PETITES CHÈRE SŒURS ET FRÈRE ZAHR, RAHAJ, MALEK
ET DJAMEL.*

Mehdi zouaoui

Dédicace

*Avant tous, Je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir guidé durant
mon parcours d'études,*

*Je dédie ce modeste travail à mes chères parents pour leurs sacrifices,
leurs prières et leurs encouragements, que Dieu prolonge leur vie et les
protège de tout mal,*

À mes sœurs et mon frère pour leur amour et leur soutien,

À tous ceux qui sont chères à mon cœur,

*A toutes la famille SAFI et AOUNELLAH spécialement mes grands-
mères,*

À tous mes amis sincères, merci d'être à mes côtés,

*À tous mes professeurs, en particulier Monsieur MALIKI Fouad pour
tous ses conseils, ses encouragements et ses efforts fournies au long de
ma formation.*

Merci infiniment

Fatima Zohra SAFI

Remerciement

*On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir accordé force
pour réaliser ce travail.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait
pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de*

*M. HAFAF HAFID on le remercie pour la qualité de son
encadrement exceptionnel.*

*Un merci particulier à notre Responsable de Filière M. Fouad
MALIKI pour ses efforts, son soutien et son encouragement
tout au long de notre parcours*

*Nous remercions aussi les membres de jury Madame L.GHOMRI
et Monsieur M.BENNAKROUF d'avoir accepté de jury notre
travail.*

*Au sein de l'entreprise HÉLIOS, nous souhaitons remercier
M.MESLEM LAHOUARI Directeur d'usine HÉLIOS et
M.BOUHAMIDA Nabil Adjoint Directeur d'usine pour leur précieuse
aide et exprimer toute notre gratitude à M. Mehdi BOURAS de nous
avoir offert cette opportunité, on le remercie pour sa patience, sa
disponibilité et ses conseils qui nous ont permis, de surmonter les
difficultés et de progresser dans ce travail.*

Résumé

HELIOS est une entreprise mondialement connue pour sa production d'hélium gaz, qui est l'un des gaz rares. Lors de sa production, sa production demande de la prudence et suivre l'étape par étape,

L'objectif de notre projet de fin d'étude est d'aboutir à un résultat pouvant conduire au développement du système de production et à l'amélioration leur rendement et sa qualité et rendre la production dans les meilleures conditions.

Notre mission est de faire des différentes analyses parmi eux, l'analyse statistique de la production, analyse des performances, analyse de maintenance analyse de la qualité et analyse de l'automatisation du système et finalement faire une modélisation par logiciel ARENA.

En conclusion, notre résultat d'analyses nous donne une vision totale de l'état du système de production pour sélectionner les domaines d'intervention afin d'améliorer la productivité.

Mot clés : HELIOS, production hélium, analyse et modélisation de la chaîne de production, ARENA, maintenance.

نبذة مختصرة

هيليوس هي شركة معروفة عالمياً بإنتاجها لغاز الهليوم ، وهو أحد الغازات النادرة أثناء إنتاجه ، يتطلب إنتاجه الحذر والمتابعة خطوة بخطوة
الهدف من مشروع نهاية الدراسة لدينا هو تحقيق نتيجة يمكن أن تؤدي إلى تطوير نظام الإنتاج وتحسين الإنتاج والجودة وجعل الإنتاج في أفضل الظروف
مهمتنا هي القيام بتحليلات مختلفة فيما بينها ، التحليل الإحصائي للإنتاج ، تحليل الأداء ، تحليل الصيانة ، تحليل الجودة وتحليل أتمتة النظام وأخيراً القيام بالنمذجة بواسطة برنامج أرينا .
في الختام ، تعطينا نتائج تحليلاتنا رؤية شاملة لحالة نظام الإنتاج لتحديد مجالات التدخل من أجل تحسين الإنتاجية
الكلمات المفتاحية: هيليوس ، إنتاج الهيليوم ، تحليل ونمذجة سلسلة الإنتاج ، أرينا ، الصيانة.

Abstract

Helios is a company known worldwide for its production of helium gas, which is one of the rare gases.

During its production, its production requires caution and follows step by step,

The objective of our end of study project is to achieve a result that can lead to the development of the production system and to the improvement of their output and quality and to make production in the best conditions

Keywords: HELIOS, helium production, analysis and modeling of the production chain, ARENA, maintenance.

Our mission is to do various analyzes among them, statistical analysis of production, analysis of performance, analysis of maintenance, analysis of quality and analysis of system automation and finally to do modeling by ARENA software

In conclusion, our results of analyzes give us a total vision of the state of the production system to select areas of intervention in order to improve productivity.

Table des matières

Introduction générale	15
CHAPITRE : 01 Présentation de l'entreprise et son processus de production d'hélium	17
Section : 01 Présentaion de l'entreprise et ses partenariats	18
Introduction	19
1.1.1 Présentation de l'entreprise HELIOS	20
1.1.2 Historique	20
1.1.3 Situation géographique.....	21
1.1.4 Organigramme de l'entreprise.....	22
1.1.5 A propos de SONATRACH.....	23
1.1.6 A propos de GNL2Z.....	23
1.1.7 A propos d'HELAP	23
1.1.8 A propos d'AIR PRODUCTS	24
1.1.9 A propos de COGIZ	24
1.1.10 Généralité sur l'Hélium	24
1.1.11 Les principales familles d'utilisation de l'hélium sont les suivantes	27
1.1.12 Les facteurs de production de l'Hélium	30
1.1.13 Les principaux pays disposants de réserves mobilisables d'Hélium.....	31
1.1.14 L'utilisation de l'Hélium en Algérie	31
Section : 02 Description de système de production d'hélium de l'usine HELIOS.....	34
1.2.15 Présentation opérationnelle	34
1.2.16 Les caractéristiques du gaz de charge	36
1.2.17 Description du processus	37
1.2.18 Stockage du gaz l'hélium	47
1.2.19 Stockage et chargement d'azote	48
1.2.20 Distribution du gaz l'hélium.....	49
CHAPITRE : 02 les méthodes d'analyse des systèmes de production.....	51
2.1 L'Analyse statistique.....	52
2.1.1 Les objectifs	52
2.1.2 Principe de la Statistique	53
2.1.3 Moyenne μ	53
2.1.4 Bornes et intervalle de confiance (IC)	54
2.1.5 l'écart-type	54

2.1.6	Histogramme	55
2.2	Analyse de la performance	56
2.2.1	5 «pourquoi».....	56
2.2.2	Diagramme causes/effet (Diagramme d'Hishikawa)	57
2.2.3	Les 5M	58
2.2.4	MSP (Maîtrise statistique des procédés)	58
2.2.5	QOQCCP.....	59
2.2.6	TPM (6) (Totale Productive Maintenance)	60
2.3	Les indicateurs des performances	60
2.3.1	Cadence de production	61
2.3.2	Temps de changement de série.....	61
2.3.3	Taux de rebuts	61
2.3.4	Le Taux de Rendement Global (TRG)	61
2.3.5	Le Taux de Rendement Synthétique (TRS)	61
2.3.6	Taux de qualité.....	62
2.3.7	Taux de performance	63
2.3.8	Disponibilité opérationnelle	63
2.4	Analyse de la maintenance	63
2.4.1	Systèmes non réparables	63
2.4.2	Systèmes réparables	63
2.4.3	Les types de la maintenance	64
2.4.4	Etude AMDEC	65
2.5	Analyse de l'automatisme du système par GRAFCET	66
2.5.1	Définition GRAFCET	66
2.5.2	Les concepts de base du GRAFCET	67
CHAPITRE : 03 Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS.....		70
Introduction		71
Problématique.....		72
3.1	Objectif de l'étude	72
3.2	Arbre des causes.....	73
3.3	Application des méthodes statistique	75
3.3.1	Analyse de la production du mois mars	75
3.3.2	Calcul de l'écart-type.....	76
3.3.3	Analyse du graphe	77
3.3.4	L'analyse des points critiques	77

3.3.5	Analyse du débit de gaz de charge	78
3.4	Schématisation du système de production.....	80
3.5	Analyse de performance.....	82
3.5.1	Calcul de cycle de production (1 train)	82
3.5.2	Taux de productivité.....	83
3.5.3	Calcul de temps d'efficiences pour 1 seule ligne de production	83
3.5.4	Calcul de temps d'efficience pour 2 lignes de production	84
3.5.5	Calcul des taux d'utilisation	85
3.5.6	Taux de défaillance	88
3.5.7	MTBF	88
3.5.8	MTTR.....	88
3.5.9	Disponibilité	89
3.5.10	La fiabilité	89
3.5.11	Capacité théorique.....	89
3.5.12	Capacité réelle	89
3.5.13	Tableau Récapitulatif	89
3.5.14	Taux de rebuts des cuves de stockage	93
3.6	Application de la méthode AMDEC	93
3.7	Analyse de la qualité	98
3.7.1	La carte de contrôle	99
3.8	Analyse d'automatisme de la partie PSA.....	101
3.8.1	Les domaines d'utilisation des DCS	101
3.8.2	Modélisation de la partie PSA par GRAFCET.....	102
3.8.3	Le but de GRAFCET.....	102
3.8.4	Le Cahier de charge.....	103
3.8.5	Les étapes d'adsorptions.....	106
3.8.6	Les conditions initiales	106
3.8.7	A travers le GRAFCET	111
	Conclusion.....	111
	CHAPITRE 04 simulation du système de production	113
4.1	Définition de la simulation	115
4.1.1	Pourquoi choisir le logiciel ARENA Simulation	115
4.1.2	Simulation de flux : une approche sur-mesure	115
4.2	Modélisation de notre système de production	116

4.2.1	Résultat et discussion	120
4..3	Simulation de la production après la réalisation du projet (2 trains).....	121
4.4	Le Nouveau projet	124
4.4.1	Gestion d'un projet.....	124
4.4.2	présentation du projet	124
4.5	Le système flou	126
4.5.1	La règle floue	126
4.5.2	Application de la méthode.....	128
	Conclusion.....	134
	Conclusion générale	134
	Bibliographie.....	135

Liste de figures

Figure 1 : Situation géographique et la Situation géographique d'usine HELIOS.....	21
Figure 2: DEWAR d'hélium et le cylindre d'Hélium	27
Figure 3: le plan de masse d'usine HELIOS	35
Figure 4: la chaîne de production d'hélium	36
Figure 5: les pourcentages des constituants du gaz de charge.....	37
Figure 6: Le compresseur du gaz de charge	38
Figure 7:Séparateur type d'une boîte froide.....	40
Figure 8:section purification d'hélium	41
Figure 9: Cuve adsorbante PSA	43
Figure 10: la partie PSA	44
Figure 11:Liquifaction d'hélium	46
Figure 12: stockage de l'hélium liquide	48
Figure 13:Structure du bac de stockage d'hélium	48
Figure 14: bac de stockage d'azote	49
Figure 15:camion distribution d'hélium	49
Figure 16:Asymétrie à droite et Asymétrie à gauche	55
Figure 17:valeur aberrante.....	56
Figure 18:Diagramme causes/effet (Diagramme d'Hishikawa).....	57
Figure 19:carte de contrôle.....	59
Figure 20: les niveaux de la gravité, fréquence et la détection.....	66
Figure 21:Présentation d'une étape	67
Figure 22:La Déférence entre étape vide et avec action.....	67
Figure 23: une transition.....	68
Figure 24: Présentation des étapes actives	68
Figure 25:représentent La production du mois de mars et la production d'un mois en état normale....	77
Figure 26:la quantité du gaz de charge et l'hélium mois de mars.....	80
Figure 27: le cycle des 4 PSA	82
Figure 28: l'évolution de la criticité avant et après les actions préventives en fonction des équipements	97
Figure 29: contrôleur de qualité	99
Figure 30: la carte de contrôle qualité des mois mars, avril et mai	101
Figure 31:vannes de la partie PSA	102
Figure 32:etapes simulation.....	115
Figure 33: modélisation du système complet	116
Figure 34: modélisation de la partie compression.....	117

Figure 35:modélisation de la partie purification	118
Figure 36: modélisation de la partie PSA.....	118
Figure 37:modélisation de la partie liquifaction.....	119
Figure 38:modélisation de la partie recyclage d'hélium	120
Figure 39: résultat de la simulation : le gaz de charge	120
Figure 40: résultat de la quantité d'hélium produit par jour	121
Figure 41:les nouveaux fournisseurs.....	121
Figure 42:les nouveaux débits du gaz	122
Figure 43:le resultat du nouvelle débit	123
Figure 44 : résultat de la nouvelle quantité d'hélium par train	123
Figure 45: les axes de la gestion de projet.....	124
Figure 46:installation HELIOS/GNL3	125
Figure 47: installation HELIOS/GNL1	125
Figure 48: les valeurs linguistiques pour la variable durée	128
Figure 49: les valeurs linguistiques pour la variable budget	128
Figure 50 : les valeurs linguistiques pour la variable niveau de contrôle.....	129
Figure 51:les valeurs linguistiques pour la variable rendement du projet	129
Figure 52 : le degré d'appartenance de la durée.....	130
Figure 53: le degré d'appartenance de niveau du contrôle.....	130
Figure 54 : projection sur le niveau -contrôle	131
Figure 55: implication minimum importance.....	131
Figure 56:implication minimum élevée.....	131
Figure 57:agregation min/max	132
Figure 58:focalisation maximum niveau de controle	132
Figure 59:implication minimum et agregation min/max rendement du projet	133
Figure 60:focalisation maximum rendement du projet	133

Liste des tableaux

Tableau 1: bon à savoir	32
Tableau 2: pourcentage des constituants du gaz de charge	36
Tableau 3: les étapes d'un cycle d'adsorption sous pression	43
Tableau 4: les quantités de production d'hélium actuelle et d'un cas normale par jour :	76
Tableau 5: l'écart-type.....	76
Tableau 6: le débit du gaz de charge et la quantité de production d'hélium mois mars	79
Tableau 7: Le rapport de fonctionnement des équipements	84
Tableau 8tableau récapitulatif de l'analyse des performances du train2	91
Tableau 9: Tableau récapitulatif de l'analyse des performances du train 1	92
Tableau 10:les valeurs de non-délectable.....	94
Tableau 11:les valeurs de l;occurrence.....	94
Tableau 12:les valeurs de gravité.....	94
Tableau 13:analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité	97
Tableau 14:tableau récapitulatif de l'analyse de la qualité	100
Tableau 15:représente toutes des entrées /sorties de la partie PSA	105
Tableau 16:tableau représente la séquence d'adsorption	106

Liste des abréviations

He: Hélium

COGIZ : société de conditionnement et de commercialisation des gaz industriels

GNL: gaz naturel liquéfié

GNL1/Z : gaz naturel liquéfié zone 01

GNL2/Z: gaz naturel liquéfié zone 02

GNL3/Z: gaz naturel liquéfié zone 03

N2: Azote

CH4: méthane

H2: Hydrogène

Ne: néon

SONATRACH: société nationale de transport par canalisation des hydrocarbures

SONELGAZ: société nationale de l'électricité du gaz

DCS: distributed contrôle système

KV: vanne de régulation du processus

BP : basse pression

HB: haute pression

L'AFNOR: Association Française de Normalisation

MTBF: mean time between failures

MTTR: mean time to repair

TRG : taux de rendement global

TRS: taux de rendement synthétique

AMDEC : Analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité

LCS : limite de contrôle supérieure des étendues

LCI : limite de contrôle inférieure des étendues

Introduction générale (1)

L'hélium ne sert pas qu'à gonfler les ballons et à parler avec une voix rigolote. Ce gaz sert aussi à des choses bien plus sérieuses comme la recherche scientifique en particulier pour le refroidissement à de très basses températures dans les processus de fabrication de hautes technologies (métallurgie, électronique, fibre optique,.....) ou encore dans les milieux médicaux avec l'utilisation croissante de l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Mais il soumit à des contraintes de production et de distribution complexes.

Les problèmes de la production d'hélium sont complexes et multifactoriels. Tous les pays européens sont touchés par la pénurie, L'Algérie est le principal fournisseur de l'hélium. Hors, les États-Unis utilisent le gaz de schiste sur leur territoire. Ils achètent donc moins de gaz naturel GN à l'Algérie, qui en réponse a freiné sa production. Elle produit aussi moins d'hélium, puisque les deux productions sont liées.

. Ce gaz fait face à un déséquilibre entre l'offre et la demande, notamment poussé par les pays émergents et un contexte mondial actuel qui renforce la rareté de cette ressource.

En 2017 /2018, la demande de l'hélium a été supérieure à l'offre. Aussi, la demande mondiale en hélium devrait augmenter de 3,7% par an jusqu' à l'année 2023. À côté de la demande des pays émergents, l'Europe concentre la plus forte demande en hélium avec un volume dépasse 80 millions m3 en 2018.

Le choix de l'entreprise HELIOS n'étant pas fortuit, mais choisi judicieusement, HELIOS est classée au niveau mondial parmi les premiers dans le domaine de traitement et d'exploitation d'hélium

L'analyse de la chaîne de production donne une point vue globale concernant l'état du système et conclure quelle sont les causes possibles et les causes racines pour le problème de déséquilibre de la production d'hélium.

L'installation du système de production d'hélium est complexe, les équipements utilise pour passe d'une étape à une autre pour obtenir un produit fini sont des grands volumes donc le déplacement ou le changement d'un équipement a besoin des matériels modernes et personnel compétant de décomposer le système en sous-systèmes

L'objectif visé par cette recherche est de faire une analyse totale de production et de déduire l'état actuel du système et quel sont les domaines qu'on peut les améliorer

-Pour réaliser ce travail en divis ce projet en 4 chapitres

Le premier chapitre :

Ce chapitre est composé de deux sections, la première donne une présentation générale sur l'entreprise HILIOS et leur partenariat et la deuxième section nous allons faire une description détaillée de la chaîne de production et le stockage d'hélium

Le deuxième chapitre

Dans ce chapitre, nous allons citer quelques outils et méthode d'analyse du système de production.

-une Analyse statistique : analyse quantitative/qualitative, l'écart-type, l'histogramme

-Analyse des performances: les indices de la performance, Taux de productivité, taux d'utilisation, Taux de défaillance, MTBF, MTTR, Disponibilité, temps d'efficience La fiabilité, Capacité théorique, Capacité réelle TRS, TRG

-Analyse de la maintenance : la stratégie AMDEC

-L'analyse de qualité la carte de contrôle

- Analyse d'automatisme par le GRAFCET

Le troisième chapitre

Dans ce chapitre, nous allons appliquer quelques outils et des méthodes d'analyse mentionne dans le chapitre 2 et le plus important c'est obtenir des résultats qui va nous aides à reconnaître les lacunes et travailler pour les améliorer

Le quatrième chapitre

Dans ce dernier chapitre nous allons utiliser le logiciel ARENA pour simuler le système de production actuel et une autre simulation après l'intégration des deux autres fournisseurs GNL1 et le GNL3 et en cours d'installation, nous allons utiliser le système flou puisqu'on a des informations concernant durée et le cout total d'installation en vas déduire le niveau de contrôle et le rendement du projet.

Et à la fin de ce mémoire, nous allons clôturer avec une conclusion générale qui regroupe tous les résultats obtenus.

Chapitre : 01

*Présentation de l'entreprise et son processus
de production d'hélium*

Section : 01

Présentation de l'entreprise et ses s partenariats

Introduction

L'hélium est un nouveau gaz en Algérie, bien qu'il soit un élément constitutif du gaz naturel exploité dans le sud algérien, il est rare dans le monde.

Cependant, dans les années 70 et 80 SONATRACH n'avait pas assez de moyens pour développer l'extraction de l'hélium considérée comme nouvelle technologie, et ce n'est qu'à l'ombre des années 90 que l'idée de créer une unité de production d'hélium en Algérie est née. Cette ingénieuse idée va prendre forme dans la zone industrielle d'Arzew avec la création de la société HELIOS.

Cette joint-venture entre les géants de l'industrie gazière, SONATRACH qui a une place importante dans le domaine et la société américaine AIR PRODUCTS, qui est le leader mondial de l'hélium.

Il est important de dire que ce partenariat est le premier du genre dans la société mère qui est SONATRAH.

1.1.1 Présentation Hélios :



L'entreprise HELIOS est un partenariat entre SONATRACH et HELAP société de droit français.

Elle a été créée en 1991 et sa raison d'être est la production de l'Hélium liquide et de l'Azote liquide à partir du gaz naturel liquéfié fourni par son fournisseur le complexe de gaz GNL2Z, c'est à partir de ce produit que l'hélium liquide et l'azote liquide sont extraies, purifiés, liquéfiés, et ensuite remplies dans des citernes cryogéniques spécialement conçues pour le produit et ensuite stockées dans un parc à ciel ouvert (pour les citernes d'hélium) pour être enfin acheminées vers le client.

HELIOS comporte deux trains de production d'une capacité totale de 16.08 Million/an de Nm³ d'hélium et deux réservoirs de stockage pour l'hélium liquide d'une capacité de 14 500 KG chacun et deux autres pour l'azote d'une capacité de 75.700 L pour chacun.

Un contrat de vente d'hélium liquide à long terme a été signé avec la société HELAP et un autre a été conclu avec la société COGIZ (filial SONATRACH), pour la vente de l'Azote liquide et l'azote gazeux (l'Azote liquide est destiné au marché national et Nord-Africain) et aussi 10% de la production d'hélium liquide pour le marché Algérien.

Il est important de dire que la société HELIOS est la première usine du genre en Afrique et son hélium couvre environs 70% du marché européen.

Les européens prisent cette source grâce à la place stratégique de l'Algérie qui se trouve aux portes de l'Europe, car il faut savoir qu'une citerne d'hélium venant de l'Algérie peut transporter 40% de produit en plus qu'une citerne venant des Etats Unis d'Amérique ou du Qatar.

1.1.2 Historique

La société HELIOS SPA est une entreprise par actions de droit algérien, créée en avril 1991, suite à la signature d'un Protocole d'accord en juillet 1990 entre la société Algérienne des

Chapitre 01: Présentation de l'entreprise e son processus de production d'héliums

hydrocarbures SONATRACH, et la société Française HELAP appartenant à 100% à la société Américaine AIR PRODUCTS.

Les actions de cette entreprise sont divisées comme suit :

51% SONATRACH / 49% HELAP.

Son activité est la production de l'hélium et l'azote.

En mars 1993 c'était le début de chantier et la construction de l'usine.

Elle entra en production en février 1995.

1.1.3 Situation géographique

La direction de l'entreprise HELIOS se situe dans la localité de BETHIOUA Daïra de la Wilaya d'Oran et son usine de production d'hélium d'une superficie de 9000 m² est

Implantée à l'intérieur de la zone industrielle d'Arzew au sein du complexe de liquéfaction de gaz naturel« GNL2/Z ». Elle est distante de la Wilaya D'Oran de 40 km environ et de 47 km de la Wilaya de Mostaganem.

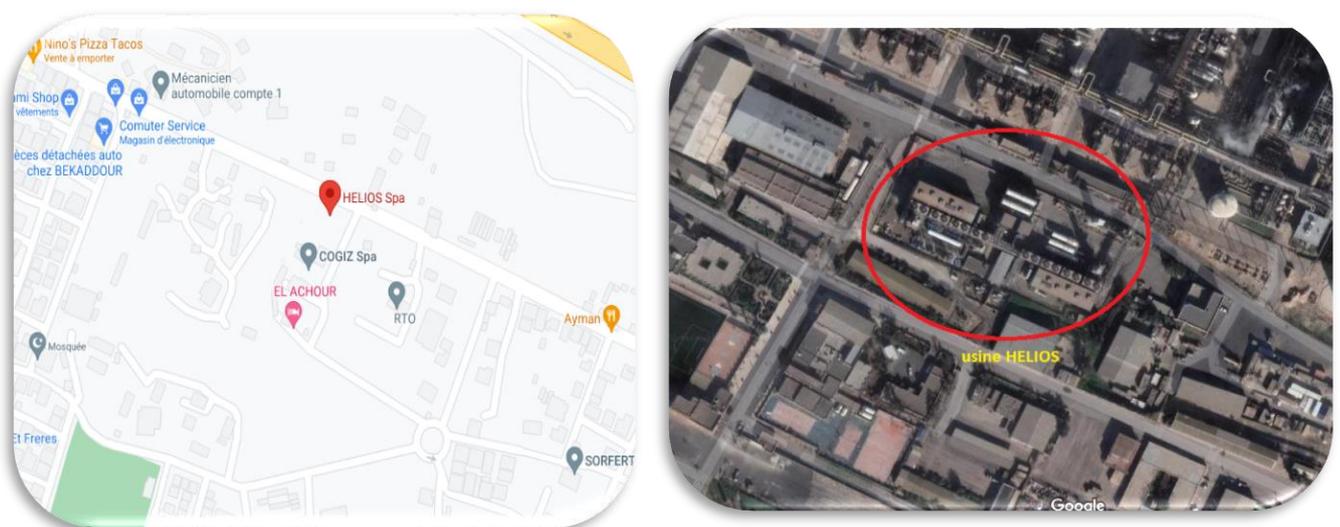
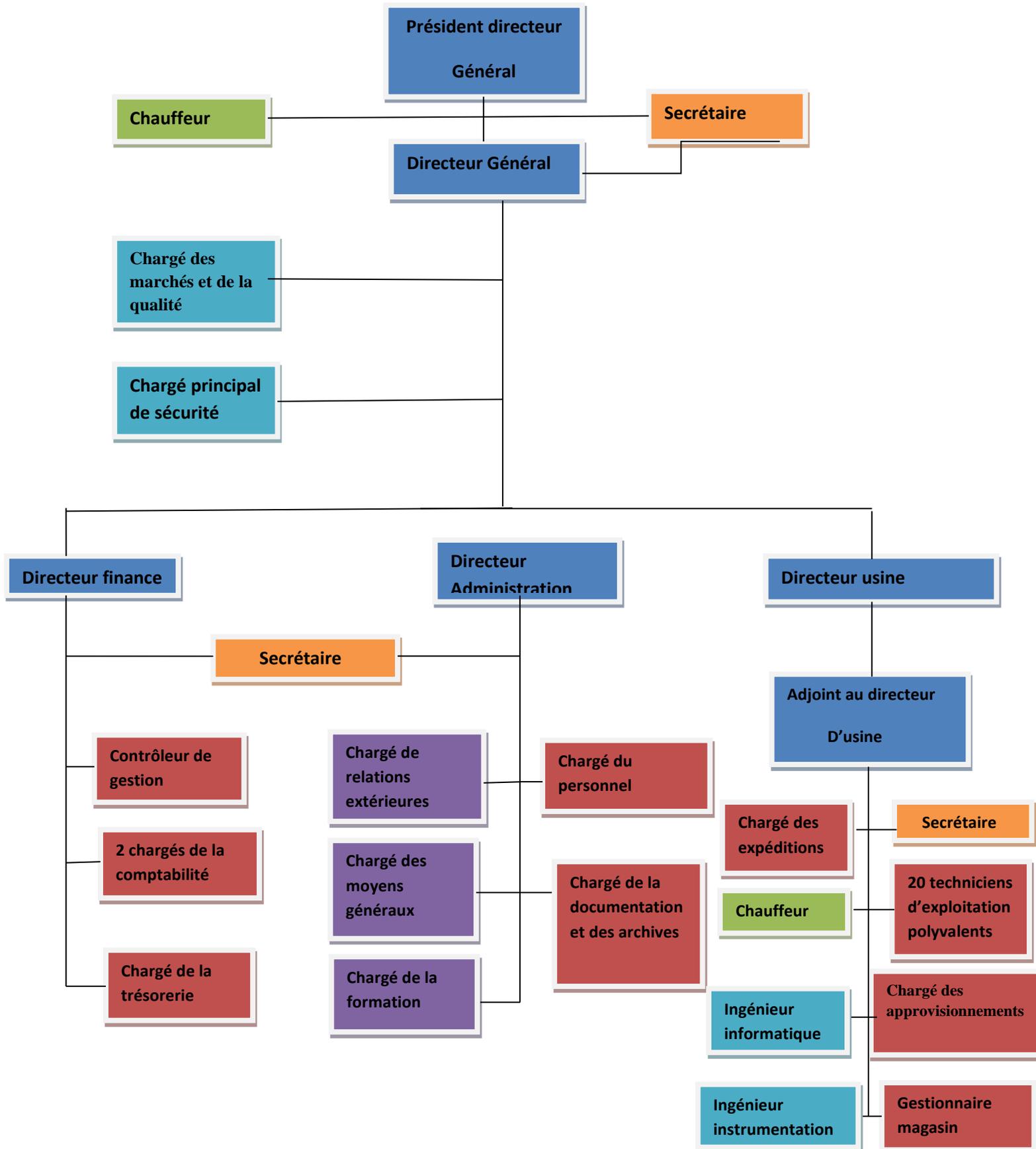


Figure 1 : Situation géographique et la Situation géographique d'usine HELIOS

1.1.4 Organigramme de l'entreprise



1.1.5 A propos de SONATRACH



SONATRACH (Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures) est une entreprise pétrolière et gazière algérienne. Créée le 31 décembre 1963.

C'est un acteur majeur de l'industrie pétrolière surnommé la major africaine.

SONATRACH est classée la première entreprise d'Afrique.

1.1.6 A propos de GNL2Z

Le complexe GNL2/Z appartenant à la SONATRACH, est le 3^{ème} complexe de production de gaz naturel liquéfié implanté dans la zone industrielle d'Arzew, il a été créé en 1978 et sa production a été lancée en 1981.

Il est le fournisseur du gaz de charge qui est la matière première de la société HELIOS.

1.1.7 A propos d'HELAP



HELAP, est une société Française par actions simplifiée est active depuis 31 ans. Située à Paris Aubervilliers (93300), elle est spécialisée dans le secteur d'activité du commerce de gros (commerce interentreprises) de produits chimiques. Sur l'année 2020 elle réalise un chiffre d'affaires de 34 334 100,00 €.

Cette société est détenue à 100% par la société Américaine AIR PRODUCTS qui est le leader mondial de l'hélium.

1.1.8 A propos d'AIR PRODUCTS



AIR PRODUCTS est l'un des principaux fournisseurs mondiaux des gaz industriels depuis plus de 75 ans. Le groupe fournit des gaz industriels et des équipements connexes aux industries de tous secteurs dont celui du raffinage et de la fabrication de produits pétrochimiques, des métaux, de l'électronique ainsi que des aliments et des boissons.

AIR PRODUCTS est également le plus grand fournisseur au monde de technologie et d'équipements pour le gaz naturel liquéfié. Au cours de l'exercice fiscal 2018, les ventes d'AIR PRODUCTS ont atteint 8,9 milliards de dollars issus des activités menées dans 50 pays et la capitalisation boursière actuelle de la société avoisine les 35 milliards de dollars. L'entreprise compte approximativement 15.000 employés de différentes nationalités.

1.1.9 A propos de COGIZ



COGIZ est une société de conditionnement et de commercialisation des gaz industriels, filiale à 100% du groupe SONATRACH.

Cette entreprise, est la seule cliente algérienne de la société HELIOS en matière d'hélium et d'azote liquide et gazeux. Elle est aussi la seule en Algérie qui vend de l'hélium liquide qui est utilisé en grande partie dans le secteur médical.

1.1.10 Généralité sur l'Hélium :



1.1.10.1 La découverte de l'Hélium

En 1868, Le français JULES JANSSEN cherche à confirmer une théorie établie par le physicien allemand Gustave Kirchhoff qui affirme qu'il était possible de retrouver tous les éléments chimiques qui composent une étoile en observant son spectre lumineux. Le principe de son théorie c'est d'associer chaque longueur d'onde à l'élément qui lui correspond, c'est comme si définir un code barre de l'astre.

À l'aide d'un spectroscope, c'était possible de séparer la lumière en différents longueurs d'onde grâce à un prisme, JULES JANSSEN lors de son observation de l'éclipse solaire du 18 août 1868 en utilisant ce dernier instrument il conclut que les filaments solaires sont principalement constitués d'hydrogène il observe toutefois une ligne jaune vif démarquant du reste de spectre; le scientifique JULES JANSSEN continue ses observations, au même moment que l'astrophysicien JOSEPH LOKYER a fait des observations similaires au Royaume-Uni.

L'académie des sciences, en France prend connaissance des découvertes des deux scientifiques le même jour, le 20 octobre 1868. Ils sont donc tous les deux crédités pour la découverte de ce nouvel élément baptisé hélium en référence du mot grec «Hélios» qui signifie soleil.

1.1.10.2 Définition de l'Hélium

L'hélium est un élément chimique de nombre atomique 2, de symbole He.

C'est un gaz noble (rare) pratiquement inerte, le premier de la famille des gaz nobles dans le tableau périodique des éléments chimiques. Son point d'ébullition est le plus bas parmi les corps connus, et il n'existe sous forme solide que s'il est soumis à une pression supérieure à 25 atmosphères.

1.1.10.3 Les caractéristiques de l'Hélium

L'hélium pur dispose de caractéristiques qui le rendent indispensable pour un grand nombre d'applications.

L'hélium fait partie du groupe des gaz rares avec le Néon, l'Argon, le Krypton, le Xénon le Radon.

Les caractéristiques essentielles de l'hélium sont les suivantes :

- stabilité (ne peut devenir radioactif).

- biologiquement inerte et non inflammable.
- faible densité
- faible solubilité
- haute conductivité thermique
- très faible poids spécifique.
- section moléculaire la plus petite existante.
- facile à détecter.
- points d'ébullition le plus bas dans la nature : -296.9°C, 4.2° Kelvin.
- Très bonne solubilité dans le sang.

C'est durant la première guerre mondiale que son extraction industrielle à partir du gaz naturel commença aux USA.

La source la plus économique et de ce fait la plus utilisée pour l'extraction de l'Hélium est celle de certains gaz naturels d'hydrocarbures dont la teneur en Hélium peut aller de traces jusque 8% en volume.

La majeure partie de l'hélium commercialisé dans le monde pour les usages de l'industrie et de la recherche est dénommé « type grade A » avec une pureté de 99.995% molaire.

Une fois extrait et purifié, l'hélium peut être commercialisé sous forme de « gaz ». Cependant, dans le but d'en faciliter le transport et l'utilisation pour certaines applications, il est procédé à sa liquéfaction à très basse température (-270°C environ), au sein des mêmes unités industrielles ou dans des installations de liquéfaction distinctes. Le prix de l'hélium liquide est d'environ 30% plus élevé que celui de l'hélium gaz.

L'hélium est un gaz incolore, inodore et non toxique, monoatomique en toute circonstance. Dans un vaste domaine de températures et de pression, il se comporte expérimentalement comme un gaz parfait, ce qui en fait une substance privilégiée pour l'expérimentation des théories physico-chimiques.

1.1.10.4 L'utilité de l'Hélium dans le monde cryogénie et recherche

Malgré son prix élevé, l'hélium est utilisé pour de nombreux usages exigeant certaines de ses propriétés uniques.

Il est commercialisé sous forme liquide ou gazeuse.

Sous forme liquide, on peut trouver des petits réservoirs appelés Dewar, qui peuvent contenir jusqu'à 40 000 L.

Sous forme gazeuse, de petites quantités d'hélium sont fournies dans des cylindres à haute pression contenant jusqu'à 8.5 m³ standards, tandis que les grandes quantités sont livrées en camion-citerne sous pression qui peuvent avoir des capacités jusqu'à 5 000 m³ standards.



Figure 2: DEWAR d'hélium et le cylindre d'Hélium

1.1.11 Les principales familles d'utilisation de l'hélium sont les suivantes :

1.1.11.1 Cryogénie et recherche :

Elle regroupe tous les domaines d'utilisation de la cryogénie industrielle ou de laboratoire ainsi que ceux de la recherche fondamentale et appliquée. Elle fait appel à la capacité de l'Hélium liquide de conduire aux températures les plus basses possibles (proches du zéro absolu, -270°C) et de provoquer ainsi l'état de supraconductivité de certains métaux, source actuelle d'applications industrielles et de recherche intensive.

1.1.11.2 Pressurisation et purge :

Cette utilisation concerne essentiellement les industries aéronautiques spatiales (préparation et lancement de fusées). Pour la technique de fusée, l'hélium est utilisé comme milieu de déplacement pour gérer par pressurisation le combustible et le comburant dans les réservoirs en microgravité et pour assurer le mélange d'hydrogène et de dioxygène qui alimente les tuyères de propulsion. Il est aussi utilisé pour la purge de ces substances dans l'équipement au sol avant le lancement, et pour pré-froidir l'hydrogène liquide des véhicules spatiaux.

En raison de son caractère inerte, sa grande conductivité thermique, sa transparence aux neutrons et parce qu'il ne forme pas d'isotope radioactifs au sein des réacteurs, on utilise l'hélium comme fluide de transfert de chaleur dans certains réacteurs nucléaires refroidis au gaz.

L'hélium est utilisé comme atmosphère protectrice lors de la croissance de silicium monocristallin destiné à la fabrication de circuits intégrés et des fibres optiques, pour la production de titane et de zirconium, et en chromatographie en phase gazeuse, parce qu'il ne est inerte. Vu son inertie chimique, ses propriétés thermodynamiques et calorifiques idéales, sa vitesse de son élevée et un grand coefficient de Laplace, il est également utile dans les souffleries supersoniques ou pour les installations d'étude de phénomènes transitoires.

L'hélium en mélange avec un gaz plus lourd, comme le xénon, est utile pour la réfrigération thermo acoustique, en raison du grand rapport des capacités thermiques et du faible nombre de Prandtl. L'inertie chimique de l'hélium a des avantages environnementaux sur d'autres systèmes de réfrigération, qui contribuent au trou d'ozone ou réchauffement climatique.

1.1.11.3 Soudage

La neutralité chimique de l'hélium permet de créer un écran protecteur (pour empêcher la formation d'oxyde et de nitrure) lors des opérations de soudage (l'aluminium, le titane, le molybdène, le magnésium ou l'acier inoxydable) industriel pour les industries, notamment de pointe

1.1.11.4 Atmosphère contrôlées

Dans les domaines de l'industrie électronique, du nucléaire, du spatial, de la biochimie, comme par exemple le refroidissement de certains métaux aux températures extrêmement basses une nécessités pour la supraconductivité, et aussi pour les aimants supraconducteurs utilisées notamment pour les détecteurs à IRM (ce gaz est utilisé pour refroidir les aimants supraconducteurs dans les applications médicales et de recherche. Ces aimants créent un champ magnétique performant permettent la visualisation d'images de grande précision

1.1.11.5 Les lasers

Les lasers à l'hélium permettent des mesures de très haute précision pour la cartographie. Ce type de laser a été utilisé pour le repérage des positions lors de la construction du tunnel sous la manche (entre la France et l'Angleterre).

1.1.11.6 Détection de fuites

L'hélium est utilisé pour la détection des fuites dans les canalisations de gaz. Sa conductibilité thermique, supérieure à celle de la plupart des autres gaz, permet de détecter des fuites microscopiques. Cette méthode est appelée « thermo conduction détection » (TCD).

1.1.11.7 Mélanges respiratoires

L'hélium est utilisé pour l'industrie Offshore et la recherche océanographique comme diluant de l'oxygène pour la respiration en plongée sous-marine, à partir de 50 mètres de profondeur. Des petites quantités d'hydrogène sont ajoutées au mélange hélium-dioxygène pour contrebalancer le syndrome nerveux des hautes pressions. A ces profondeurs, la faible densité de l'hélium diminue considérablement l'effort respiratoire.

1.1.11.8 Dirigeable, ballons et ballons sondes

Comme l'hélium est plus léger que l'air, il peut être utilisé pour gonfler des dirigeables et des ballons libres ou captifs. Bien que l'hydrogène ait une force portante approximativement 7% supérieure, l'hélium a l'avantage d'être incombustible et même ignifuge.

L'exploration de l'atmosphère, notamment pour la météorologie s'effectue avec des ballons sondes la plupart du temps gonflés à l'hélium.

C'est ainsi que les principaux clients finaux de ce produit se trouvent dans les secteurs suivants : recherche fondamentale et appliquée (centres de recherche, universités, technologie de pointe : transport par lévitation magnétique, magnétohydrodynamique, stockage et transport de l'énergie électrique...), industrie aéronautique et spatiale, industrie militaire moderne et sophistiquée, industrie nucléaire, industrie électronique de pointe (fabrication de composants et de fibre optique), industrie chimique, industrie pétrolière offshore, industrie de fabrication de ballons et dirigeables (surveillance, publicité...), industrie médicale de diagnostic.

1.1.12 Les facteurs de production de l'Hélium

Le potentiel de production d'hélium d'un pays est favorisé par 5 facteurs :

- la présence de réserves importantes de gaz naturel
- une teneur en hélium de ce gaz naturel, supérieure à 0.3 %, limite inférieure généralement admise pour autoriser la faisabilité économique d'un projet d'extraction.
- La présence de liquéfaction de gaz naturel (pour son exportation sous forme de GNL). En effet, de telles installations permettent l'enrichissement indirect en hélium (jusqu'à 15% en Algérie) du gaz de charge et autorisent en conséquence une diminution sensible des coûts d'investissements et d'exploitation pour son extraction.
- La situation géographique
- La demande de marché.

1.1.13 Les principaux pays disposants de réserves mobilisables d'Hélium

Les trois principaux pays disposant de réserves mobilisable de l'hélium sont les suivants, par ordre d'importance :

- les Etats Unis d'Amérique : avec des réserves récupérables de l'ordre de 11 milliards de mètres cubes gaz dont environ 6 milliards de mètres cubes gaz, pour les gisements majeurs des Etas Unis se situent au niveau des 4 Etats suivants : Texas, Kansas, Oklahoma et Wyoming.
- La Russie et les états de l'ex URSS, avec des réserves récupérables de l'ordre de 7 milliards de mètres cubes à l'état gazeux, dont seulement 1.7 milliards de mètres cubes gaz provenant de gisements dont les teneurs en hélium seraient compatible avec la rentabilité économique d'extraction.
- L'Algérie dispose de réserves récupérables de l'ordre de 3 milliards de mètres cubes à l'état gazeux. Cet Hélium est essentiellement contenu dans le gaz naturel de HassiR'Mel dont le teneur d'environ 0.2%, s'améliore à un niveau d'environ 10% au niveau des unités de liquéfaction d'Arzew et de Skikda.

C'est ainsi que l'extraction industrielle d'hélium se trouve aujourd'hui concentrée au niveau de ces 3 pays, une suprématie indiscutable pour les Etats Unis d'Amérique.

Compte tenu de ses utilisations, la demande mondiale majeure d'Hélium est le fait des pays fortement industrialisés et très avancés technologiquement. Il est à noter que les 15.5 millions de mètres cubes produits par l'Algérie, en 2000, ont probablement été absorbés par l'Europe (y compris la base de lancement d'Ariane en Guyane).

1.1.14 L'utilisation de l'Hélium en Algérie

L'hélium dans notre pays reste comme un gaz méconnu et son utilisation n'est pas fréquente, si on la compare à celle du monde extérieur, pour deux raisons, qui sont la non maîtrise de cette technologie et son prix élevé par rapport aux autres gaz rares.

Les hôpitaux militaires et civils ainsi que les cliniques l'utilisent beaucoup pour leurs appareils IRM, la protection civile fait appelle à ce gaz pour effectuer des recherches dans des profondeurs qui dépassent les 50 M.

Les sociétés étrangères et même algériennes notamment SONATRACH, utilisent ce gaz pour la détection des fuites dans les puits, réservoirs et pipes de pétrole ainsi que dans les gazoducs. Il est aussi utilisé pour le remplissage des ballons lors des manifestations nationales et internationales.

Mais il faut dire que c'est l'armée algérienne qui l'utilise d'une manière régulière. Vu la dimension de ces infrastructures et la capacité de ces cadres à maîtriser cette technologie, car et à la différence des autres institutions nationales ou privées, l'armée utilise ce gaz pour ses recherches dans ces différents laboratoires, pour la détection des fuites, pour la plongée sous-marine et aussi pour effectuer des simulations ou des entraînements, on remplit l'hélium dans des ballons cibles pour lancer des missiles ; il est aussi utilisé dans la soudure.

Hélium	Gaz monoatomique de la famille des gaz rares
Formule chimique	He
Poids moléculaire	4
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

Tableau 1: bon à savoir

« L'Hélium n'entretient pas la vie mais c'est un gaz non toxique »

Section : 02

*Description de système de production d'hélium de
l'usine HÉLIOS*

2.1 Présentation opérationnelle

L'usine d'HELIOS dispose de deux trains de production , chacun d'eux contenant 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 étant assuré par un système de commande répartie (DCS)

Le gaz de charge qui est la matière première de l'usine est fourni par le complexe de SONATRACH GNL2/Z producteur de gaz naturel liquéfié, où l'usine d'HELIOS est implantée, le purificateur mélange ce flux de charge avec un flux de recyclage venant de l'unité d'adsorption (PSA) et comprime le gaz pour atteindre 22 bar absolu.

L'huile résiduelle est enlevée et le flux pénètre dans la boîte froide du purificateur où les produits d'hélium, de méthane et d'azote sont séparés et préparés en vue de la liquéfaction.

La partie méthane du flux de charge est acheminée vers le collecteur de gaz combustible de SONATRACH dans le complexe GL.2Z, environ 50% de l'azote est purifié et liquéfié, puis expédié vers une cuve de stockage.

Une petite partie de celui-ci sert à 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'adsorption basse température chargés d'éliminer de l'hélium purifié et les dernières traces d'azote ainsi que celles d'hydrogène et du néon, puis refroidit le flux, le dilater et le réfrigérer pour liquéfier la vapeur.

Les produits purs obtenus sont stockés puis chargés après la constitution du stock, dans des citernes isothermes (cryogéniques) pour expédition.

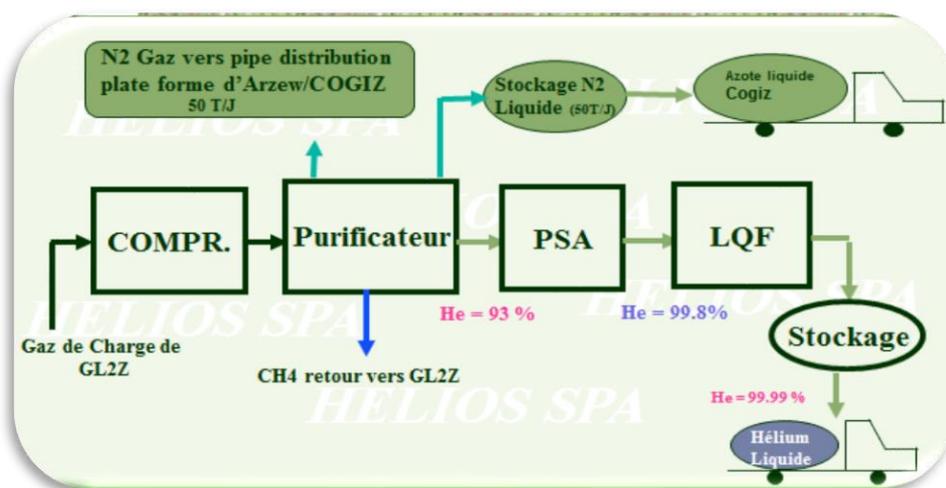


Figure 4: la chaîne de production d'hélium

2.1.1 Les caractéristiques du gaz de charge (2)

La source principale de gaz de charge provient de l'installation de gaz naturel liquide GL2/Z de SONATRACH. Le flux d'hélium brut est constitué par le flux combustible résiduel gazeux s'échappant des ballons de détente haute pression dans chacun des trains GNL du complexe GL2/Z.

La matière première utilisée pour récupérer les produits d'hélium et d'azote est un flux gazeux de teneur variable venant des gazomètres surélevés des trains de gaz naturel liquide de l'installation de GL2/Z.

La température du gaz de charge est contrôlée, si elle est trop basse, l'usine s'arrête.

Constituants	Charge maigre de He	Charge riche en He	Domaine de variation
Hélium (%)	8,82	13,24	8,82 à 13 ;25
Azote(%)	41,00	40,98	40,98 à 45,12
Methane(%)	50,15	45,75	42,48 à 50,15
Ethane(%)	0,03	0,03	0,01 à 0,04

Tableau 2: pourcentage des constituants du gaz de charge

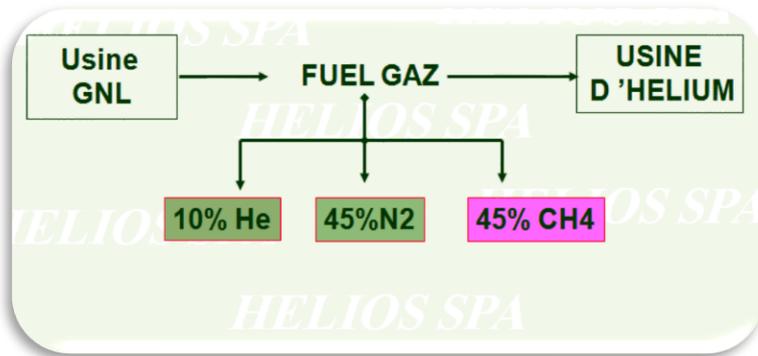


Figure 5: les pourcentages des constituants du gaz de charge

2.2.Description du processus (2)

2.2.1.Section 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 de l'azote gazeux envoyé vers une pipe de distribution géré par COGIZ, et en de l'azote liquéfié envoyé vers les cuves de stockage.

Une partie du produit stocké est expédiée. Et une autre est utilisée pour les besoins de l'usine d'hélium.

Le flux résiduel, un mélange de méthane et éthane, est amené dans le pipeline de combustible du complexe GL2/Z de SONATRACH.

Le circuit process dans le purificateur comprend les organes suivants :

2.2.2.Un compresseur de charge

Les compresseurs de charge compriment 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.

2.2.1.1 Les équipements du compresseur de charge

- 1) Compresseur à vis huile
- 2) Moteurs d'entraînement
- 3) Séparateur d'huile/colaesceur
- 4) Refroidisseur aval
- 5) Pompe à huile
- 6) Refroidisseur d'huile
- 7) Filtres à huile
- 8) Réchauffeur d'huile

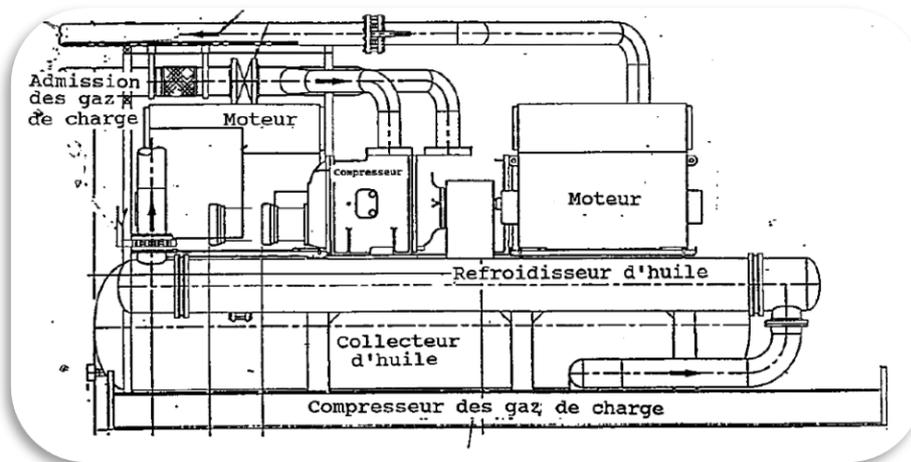


Figure 6: Le compresseur du gaz de charge

2.2.3. La boîte froide.

Dans la boîte froide 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 a alors eu lieu. l'azote et le méthane sont séparés.

Des vapeurs liquides et froides se forment par échange de chaleur et condensation

Le flux de charge est refroidi dans l'échangeur de chaleur pour condenser la majorité du méthane

Le flux à deux 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 s'élevant dans la cuve par le passage A sont lavées avec le liquide froid condensé dans l'échangeur .

Dans la boîte froide, le gaz de charge est refroidi, condensé et séparé en ses trois constituant principaux: l'hélium, l'azote, et le méthane.

2.2.3.1. Les éléments de la boîte froide

La boîte froide utilisée dans le système de purification d'hélium de cette usine comprend les éléments suivants :

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1) Échangeur de chaleur à cœur chaud | 2) Échangeur de chaleur à cœur froid |
| 3) Colon séparatrice d'azote | 4) Détendeur HP |
| 5) Échangeur de chaleur à cœur condenseur | 6) Séparateur d'hélium brut |
| 7) Séparateur de combustible/de recyclage | 8) Détendeur BP |

2.2.4. Cuve de séparation

Les cuves de séparation servent à éliminer le liquide condensé du flux process.

on voit dans la figure que le flux pénètre dans la partie supérieure de la cuve et vient immédiatement en contact avec un dispositif disperseur comportant une grille à mailles.

La vitesse entraîne la vapeur à travers la grille et projette les gouttelettes condensées contre les parois de la cuve

La pellicule liquide s'écoule vers le fond où elle est évacuée sous la phase liquide . La vapeur subit 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 3 séparateurs dans chaque boîte froide, identique du point de vue que la forme, mais ayant des tailles différentes.

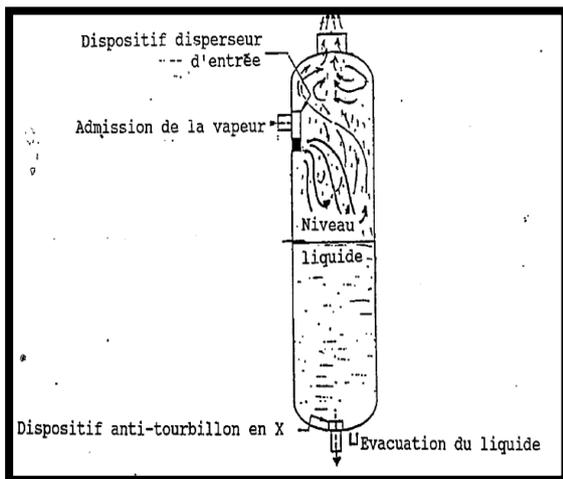


Figure 7: Séparateur type d'une boîte froide

2.2.5. Turbo détendeurs

La réfrigération nécessaire à la production d'azote liquide est assurée en dilatant l'hélium haute pression venant du compresseur de recyclage, ceci en deux étapes.

l'hélium de recyclage : il subit une détente dans le turbo-détendeur pour lui donner la pression de 6 bar. 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 bar.

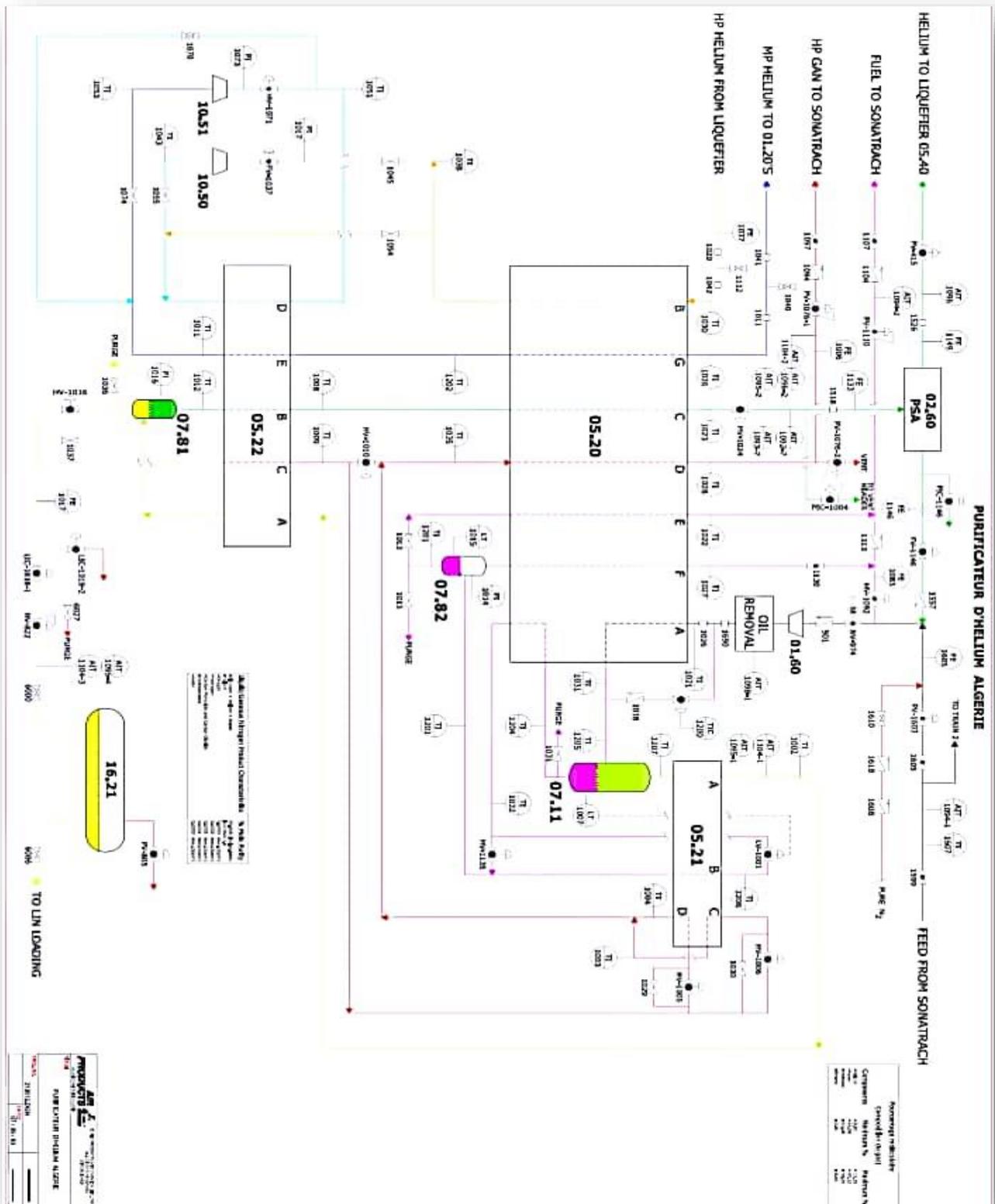


Figure 8:section purification d'hélium

2.2.6. Les équipements du purificateur (1 train)

- | | |
|---|---|
| 1) Moteur | 10) Filtre de charge |
| 2) Échangeur chaud-purif | 11) Condenseur-purif. |
| 3) Échangeur froid-purif | 12) Colonne sépar.d'azote |
| 4) Séparateur d'hélium brut | 13) Séparateur combust/recyclage |
| 5) Détendeur HP | 14) Détendeur BP |
| 6) Boite froide-purif | 15) Ventil. aire ref .Glycol |
| 7) Pompes de glycole | 16) Dégivreur |
| 8) Cuve stockage N ₂ liquide | 17) Enroul. Montrée en pression |
| 9) Séparateur gaz d'évent | 18) Evap. De rejet N ₂ liquide |

Equipements commun aux deux trains

- Pompes de chargement d'azote liquide
- Cuves de vidange d'azote liquide
- Évaporateur d'azote liquide

2.2.7. Adsorption sous pression (PSA)

La charge venant de la boite froide est acheminée vers l'étage d'adsorption sous pression. les contaminants sont adsorbés à haute pression dans les lits adsorbants des cuves A B C D , tandis que la vapeur d'hélium pur s'achemine librement vers le liquéfacteur.

L'adsorption sous pression permet de produire un flux d'hélium 99,95% en vue de sa liquéfaction.

L'adsorption sous pression élimine l'azote et le méthane sans adsorber l'hélium

2.2.7.1. Cycle d'adsorption sous pression

Un cycle d'adsorption sous pression complet comprend sept étapes, en fonctionnement normal, les quatre adsorbants passent par chacune des étapes du cycle selon la séquence:

A D B C. La durée du cycle est définie par le temps que prend chaque adsorbant pour arriver au bout du processus de régénération .

2.2.7.2. Les cuves adsorbantes A B C D

Les cuves adsorbantes 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 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.

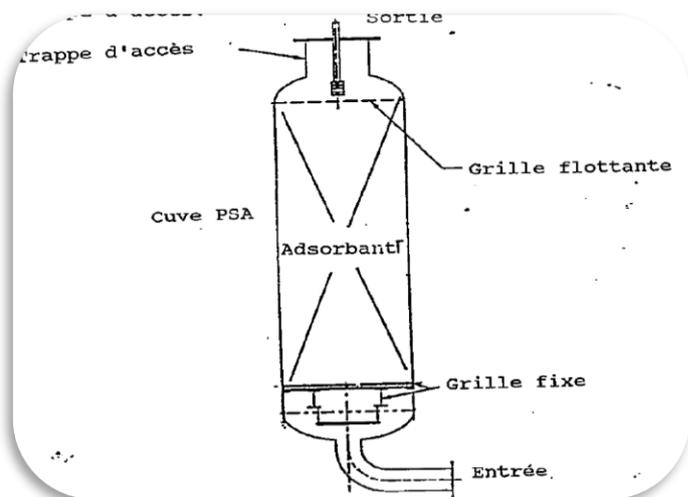


Figure 9: Cuve adsorbante PSA

Étapes	Durée (secondes)	Pression initiale (bar)	Pression finale (bar)	Fonction
Adsorption	240	20,7	20,7	Retourne des impurés
Egalisation haut pression 1	30	20,7	12,8	Récupération d'hélium
Egalisation basse pression 2	30	7,2	4,3	Récupération d'hélium
Décompression	80	4,3	4,3	Régénération de l'adsorbant
Purge	100	1,8	1,8	Désorption des impurés
Repos				Cuve au repos
Recompression	240	12,8	20,3	Remise sous pression

Tableau 3: les étapes d'un cycle d'adsorption sous pression



Figure 10: la partie PSA

2.8. Liquéfacteur

La description du processus dans le liquéfacteur

Après que le gaz de charge brute ait été séparé dans ses trois constituants majeurs : l'azote, l'hélium et le gaz combustible, et que la vapeur d'hélium ait été purifiée, l'hélium est envoyé vers le liquéfacteur où il subit une liquéfaction dans un processus qu'il incorpore et centrifuge.

Pendant la liquéfaction, le flux est d'abord refroidi dans l'échangeur, puis traverse un des deux adsorbants d'azote pour enlever les impuretés, surtout de l'azote à la sortie de l'adsorbant.

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 adsorbeur est détendue dans le détendeur pour atteindre 2,6 bar absolus. Puis ramenée en compression en passant par les échangeurs
- Le reste du flux est refroidit 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.

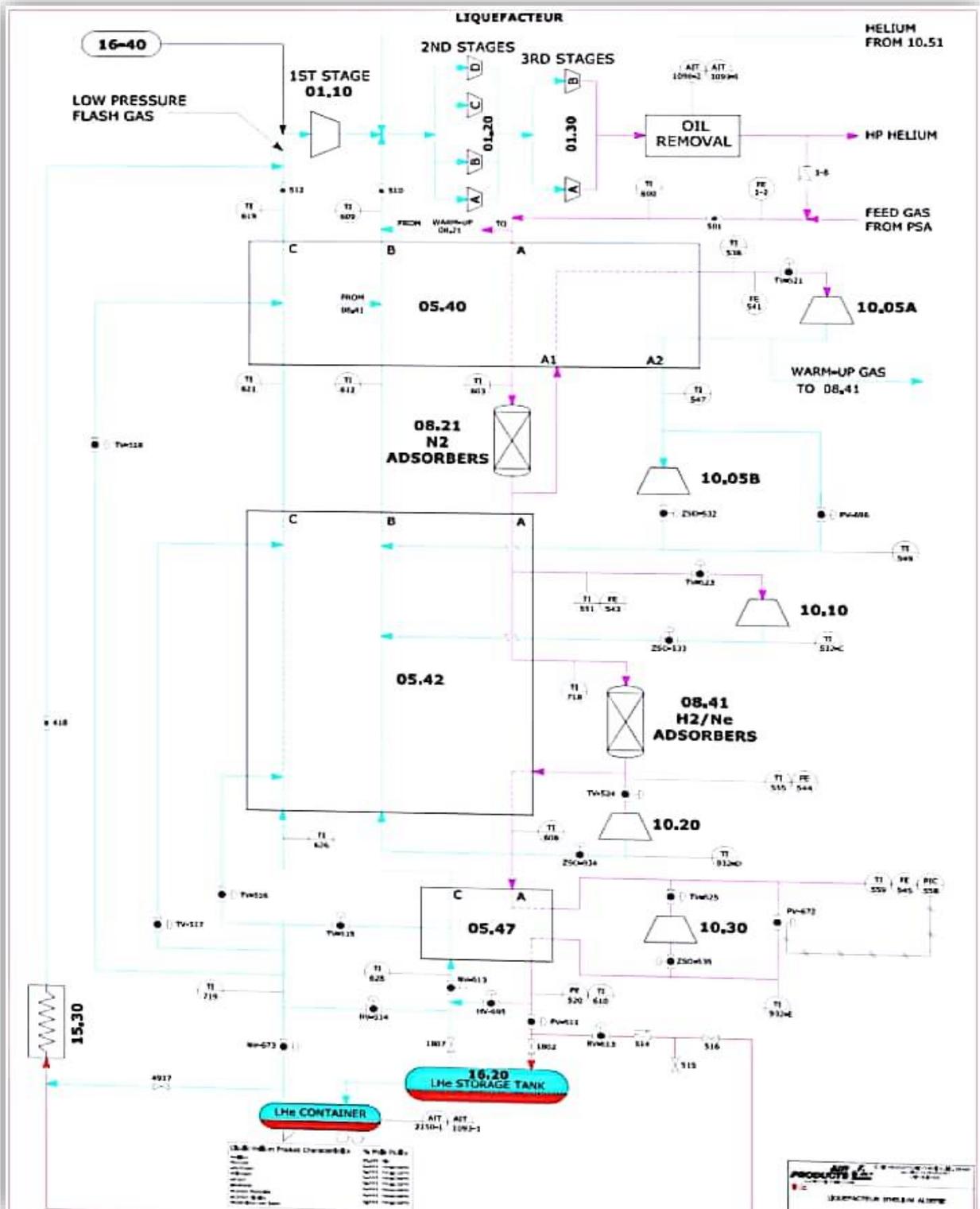


Figure 11: Liquifaction d'hélium

2.8.1. Les équipements du liquéfacteur :

1)Compresseur 1 er e étage	21) Moteur
2)Déshuileur	22) Refroidisseur aval
3)Pompe à huile	23) Refroidisseur d'huile
4)Filtre à huile	24) Réchauffeur d'huile
5)Compresseur 2 eme étage2	25) Filtre du coalesceur
6)Filtre du coalesceur	26) Déshuileur A/B
7)Filtres a huileA B	27) compresseur 3 eme étage
8)Pompe à diffusion	28)) Détendeur intermédiaire
9)Pompe a vide	29)Coalesceurs
10)Adsorbeur d'huile	30)Echangeur chaud
11) Échangeur moyenne	31) Échangeur froid
12)Adsorbeur d'azote	32).Adsorbeur Néo/H ₂
13)Detendeur chaud 1	33) Detendeur chaud 2
14)Filtres gaz d'étanchéité	34) Détendeur intermédiaire
.15)Détendeur froid	35) Filtre gaz d'étanchéité
16)Caisson a vide	36) Bati d'extract.d'huile
17) Échangeur de réchauffement	37) Déshydrateur
18)Cuve stockage He liquide	38) Ballon tampon He liquide
19)Réserve gaz de palier dét.	39)Pompes d'échantillonnage
20)Pont-bascule	40) Détendeur interne.froid

2.9.Stockage du gaz l'hélium

L'usine utilise deux cuves de 8 719 litres (14 500 kg) pour stocker l'hélium liquide produit. La partie inférieure est à environ 7.5 mètres au dessus du sol de sorte que le changement se fait par voie gravitaire. La cuve 16.20 , horizontale, est constituée d'un réservoir interne en acier

inoxydable, elle dispose d'une isolation multi-laminaire et d'un bouclier thermique à Azote liquide. Le réservoir externe est en acier au carbone, les conditions de stockage se situent entre 0.34 et 0.68 bar, à la température d'environ (-233 °C).



Figure 12: stockage de l'hélium liquide

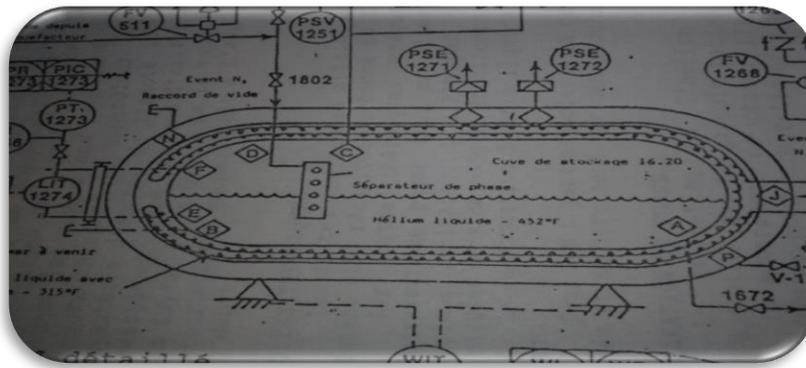


Figure 13: Structure du bac de stockage d'hélium

2.10. Stockage et chargement d'azote

L'usine dispose de deux cuves de 75 700 Litres chacune pour stocker l'azote liquide produit par le purificateur : Ces cuves sont placées près du ballon tampon d'hélium pur. La cuve de stockage est une cuve horizontale double parois. La cuve interne est en aluminium et la cuve externe en acier au carbone. L'espace annulaire entre les deux cuves est rempli de perlite expansée et mis sous vide. Le niveau liquide de la cuve est surveillé par un contrôleur de niveaux. Un raccord manométrique est prévu sur la cuve pour pouvoir vérifier le vide dans l'espace annulaire. La cuve interne est protégée contre les surpressions par deux vannes de s'arrête dont les points de consigne sont 4,4 bars. L'espace annulaire et la cuve externe sont protégés par deux éléments de sécurité.



Figure 14: bac de stockage d'azote

2.11. Distribution du gaz l'hélium

Après le remplissage des citernes, ces dernières sont stockées dans un parc à l'air libre et après une semaine de stockage environ, le transitaire mandaté par le client d'HELIOS qui est HELAP annonce l'arrivée du navire qui doit transporter les citernes pleines du port de Mostaganem vers la France (port de Marseille).

Le transitaire transporte les citernes pleines du parc HELIOS par voie terrestre (camions) vers le port de Mostaganem et après accomplissement des formalités douanières les citernes sont embarquées à bord du navire.

Après 36 heures de mer le navire arrive au port français de Marseille et les citernes sont acheminées vers leurs clients qui se trouvent dans toutes l'europe (le produit d'HELIOS couvre 70% du marché européen de l'hélium) et une partie traverse l'Atlantique pour les clients Américains



Figure 15: camion distribution d'hélium

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise HELIOS, notre lieu de stage et leur partenariat. En plus, nous avons présenté notre produit qui est le gaz hélium, ses caractéristiques et leur utilisation. Après, dans la seconde partie, nous avons fait une description totale du fonctionnement du système de production d'hélium avec ses conditions de stockage.

Chapitre : 02

Les méthodes d'analyse des systèmes de production

Introduction

En production industrielle, le mot analyse est un mot qui permet d'ouvrir des ports d'évaluation et l'amélioration du système de production, des nombreuses analyses ont été conduites pour mettre en évidence l'évaluation des différents facteurs.

Pour traiter un problème, il faut être méthodique, faire appel à une démarche fondée sur quelques principes simples et clairement définis.

Les méthodes d'analyse sont à la base d'outils assez pratiques, fréquemment utilisés dans l'évaluation des performances des systèmes de production.

-Dans ce deuxième chapitre, nous nous intéressons à l'évaluation et l'analyse des performances des systèmes de production, pour cela, nous allons présenter dans ce chapitre les différentes méthodes d'analyse afin d'améliorer les performances des systèmes de production en général.

2.1 L'Analyse statistique

2.1.1 Les objectifs (3)

Les objectifs que se sont fixés les chercheurs en analyse de données sont de répondre aux problèmes posés par des tableaux de grandes dimensions. Les objectifs sont souvent représentés en fonction du type de méthodes, ainsi deux objectifs ressortent : la visualisation des données dans le meilleur espace réduit et le regroupement dans tout l'espace.

Les méthodes de l'analyse des données permettent de représenter synthétiquement de vastes ensembles pour faciliter l'opérateur dans ses décisions. En fait d'ensembles numériques, les méthodes d'analyse se proposent également de traiter les données qualitatives, ce qui en fait des méthodes capables de considérer un grand nombre de problèmes. Les représentations

recherchées sont bien souvent des représentations graphiques, comme il est difficile de visualiser des points dans des espaces de dimensions supérieures à deux, nous chercherons à représenter ces points dans des plans. Ces méthodes ne se limitent pas à une représentation des données, elles cherchent les ressemblances entre les individus et les liaisons entre les variables. Ces proximités entre individus et variables vont permettre à l'opérateur de déterminer une typologie des individus et les variables, et il pourra interpréter les données et fournir une synthèse des résultats des analyses.

2.1.2. Principe de la Statistique (4)

La statistique est l'ensemble des méthodes et des outils qui ont pour objet la collecte, le traitement et l'interprétation de données d'observation relatives à un groupe d'individus ou d'unités.

Variables quantitative → nombres: taille, poids,...

Qualitative → classes: couleur, type de traitement,...

Variable quantitatives

2.1.3. Moyenne μ (5)

La moyenne (μ) résume les valeurs d'échantillons en une seule valeur représentant le centre des données.

Elle est calculée comme suit :

La moyenne égale = La somme de toutes les observations divisée par le nombre d'observations.

$$\text{moyenne théorique } \mu = E[X] \text{ estimée par } \bar{X} = \frac{X_1 + \dots + X_n}{n}$$

2.1.3.1. Interprétation (5)

La moyenne de l'échantillon donne une estimation de la moyenne de population.

La moyenne est calculée à partir des données d'échantillon et non de l'ensemble de la population, il est peu probable que la moyenne de l'échantillon soit égale à celle de la

population. Pour mieux estimer la moyenne de la population il faut utiliser l'intervalle de confiance.

2.1.4. Bornes et intervalle de confiance (IC) (5)

-L'intervalle de confiance (**IC**) fournit une étendue des valeurs probables pour la moyenne de la population μ .

- la répétition de l'échantillonnage de nombreuses fois, un certain pourcentage des intervalles de confiance ou bornes obtenus contiendrait la moyenne de population inconnue.

-La borne supérieure de l'intervalle de confiance définit une valeur à laquelle la moyenne de la population est susceptible d'être inférieure.

- La borne inférieure de l'intervalle de confiance définit une valeur à laquelle la moyenne de la population est susceptible d'être supérieure.

L'intervalle de confiance aide à l'évaluation la signification pratique des résultats.

2.1.5. Écart-type (5)

L'écart type est la mesure la plus courante de la dispersion des données sur la moyenne des données.

$$\text{variance théorique } \sigma^2 = \text{Var}[X] = E[X^2] - E[X]^2$$
$$\rightarrow \text{estimée par } \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\text{Écart-type (théorique) } \sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

2.1.5.1. Interprétation (5)

On utilise l'écart type pour le but de déterminer la dispersion des données par rapport à la moyenne de tous les données. La valeur d'écart type est élevée indique que les données sont dispersées. D'une manière générale, pour une loi normale, environ **68 %** des valeurs se situent

dans un écart type de la moyenne, **95 %** des valeurs se situent dans deux écarts types et **99,7 %** des valeurs se situent dans trois écarts types.

2.1.6. Histogramme

-Un histogramme divise les valeurs des échantillons d'une population en plusieurs intervalles et représente l'effectif des valeurs contenues dans chaque intervalle par une barre.

2.1.6.1. Interprétation

-utiliser un histogramme pour évaluer la dispersion des données. Les histogrammes sont plus adaptés lorsque l'effectif d'échantillon d'une population est supérieur à 20.

2.1.6.2.Données asymétriques

-Examinez de la dispersion des données d'une population pour le but de déterminer si elles semblent asymétriques ou pas.

- Lorsque les données de l'échantillon sont asymétriques, la majorité d'entre elles sont situées sur le côté supérieur ou le côté inférieur du graphique.

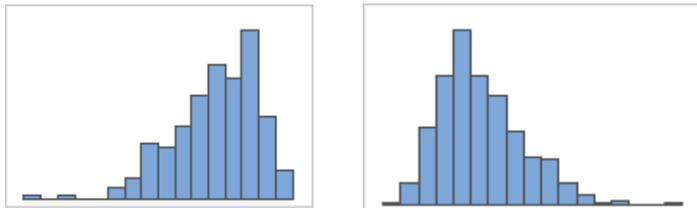


Figure 16:Asymétrie à droite et Asymétrie à gauche

2.1.6.3.Valeurs aberrantes

Les valeurs aberrantes, qui sont des valeurs de données très éloignées des autres valeurs, peuvent avoir une incidence importante sur les résultats de votre analyse

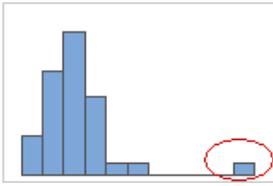


Figure 17: valeur aberrante

-Essayez de déterminer les causes de toutes les valeurs aberrantes.

Corrigez tous les erreurs de mesure ou d'entrée des données.

2.2. Analyse de la performance

2.2.1. Les 5 «pourquoi»

2.2.1.1.Objectif

L'objectif de cet outil est de Rechercher les causes premières (les racines du problème) c'est à dire celles qui en sont directement à l'origine.

2.2.1.2.Principe

C'est un outil de questionnement qui permet de remonter aux causes premières d'une situation observée.

L'important de cet outil est de mener une investigation le plus en profondeur possible.

Il faut cesser de se poser la question (pourquoi), dès lors que le groupe n'est plus en mesure d'agir sur les causes proposées.

2.2.1.3.Application

Poser la question «pourquoi» :

- le dysfonctionnement;
- le problème;
- la situation.

Rechercher et noter les causes proposées :

- utiliser un brainstorming pour faciliter la recherche des causes (dans le domaine du préventif);
- pour le domaine du curatif : il faut prendre en compte les causes réelles.

-Poser de nouveau la question (pourquoi) pour chaque cause identifiée à l'étape précédente.

- Rechercher et noter les sous-causes proposées.
- Poser de nouveau la question «pourquoi» pour chaque sous-cause identifiée à l'étape précédente.
- Dresser la liste de toutes les causes premières : les causes premières sont des causes qui n'ont pas de sous-causes.

2.2.2. Diagramme causes/effet (Diagramme d'Hishikawa)

2.2.2.1.Objectif

Objectif de cet outil est de Classer par famille les causes d'un effet observé.

2.2.2.2.Enjeux

- Rechercher les causes d'un effet.
- Structurer la vision des causes d'un effet.
- Faciliter la recherche des solutions.

2.2.2.3.Principe

Le diagramme causes/effet (appelé aussi diagramme d'Hishikawa) se pratique en groupe de travail.

Cet outil consiste à classer par famille les causes susceptibles d'être à l'origine d'un problème afin de rechercher des solutions pertinentes

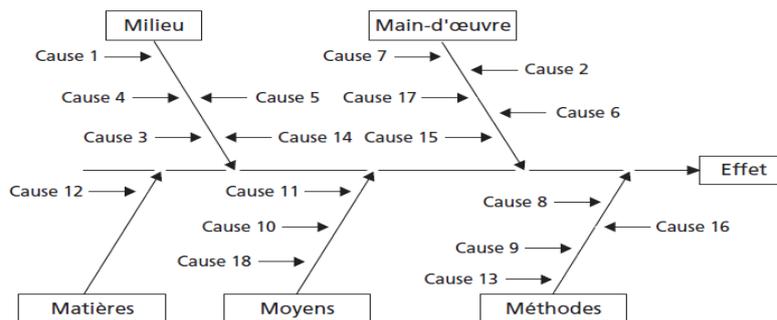


Figure 18:Diagramme causes/effet (Diagramme d'Hishikawa)

- on trace une flèche horizontale.
 - on note l'effet au bout de la pointe de la flèche.
- Définir les familles des causes.

2.2.3. Les 5M :

- main-d'œuvre
- méthodes
- milieu
- moyens
- matières.

On trace pour chacune des familles de causes une flèche qui rejoint le corps de la flèche horizontale.

On cherche les causes qui sont à l'origine de l'effet :

On Classe les causes identifiées dans le diagramme

2.2.4. MSP (Maîtrise statistique des procédés)

2.2.4.1.Objectif

- Connaître les caractéristiques de la production d'un processus.
- Connaître les paramètres qui agissent sur un processus.
- Connaître les causes de variation d'un processus.

2.2.4.2. Enjeux

- Réduire les coûts de production.
- Améliorer l'efficacité.
- Réduire la non-qualité.
- Donner confiance au client.
- Réduire les réglages machine.

2.2.4.3.Principe

-Après avoir validé la performance d'un processus sur une période long terme, puis, après avoir vérifié la capabilité sur une période court terme,

Suivre sa conformité en observant l'évolution de la carte de contrôle.

2.2.4.4.Application

On Réalise à intervalles réguliers, et sans changements de réglage sur le processus :

2.2.4.5.Calculer

- la moyenne de chaque prélèvement;
- l'étendue de chaque prélèvement;
- la moyenne des moyennes;

- la moyenne des étendues.

2.2.4.6. Calculer pour la carte aux moyennes :

- la limite supérieure de contrôle (LSC) = Cible + (Moyenne des étendues \ A2)
- la limite inférieure de contrôle (LIC) = Cible – (Moyenne des étendues \ A2).

Si la cible n'est pas adaptée, donc la remplacer par la moyenne des moyennes.

2.2.4.7. Calculer pour la carte aux étendues :

- limite supérieure de contrôle (LSC) = la moyenne des étendues
- limite inférieure de contrôle (LIC) = la moyenne des étendues

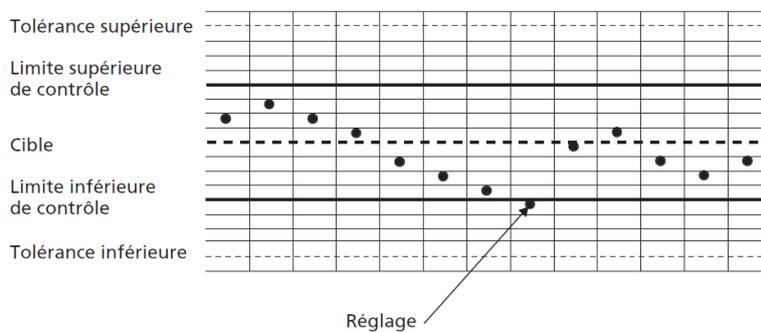


Figure 19:carte de contrôle

2.2.5. QQQQCCP

2.2.5.1. Objectif

Cet outil pour Objectif décrire précisément une idée, une situation, une cause, une solution...

2.2.5.2. Enjeux

- Engager des actions d'amélioration.
- Définir des objectifs.
- Améliorer la communication.

2.2.5.3. Principe

C'est un outil de questionnement qui se pratique généralement en groupe de travail. Il permet de caractériser une situation en la décrivant selon (un angle) bien défini,

Utiliser les informations disponibles afin de répondre aux questions :

Questions
Qui ?
Quoi ?
Où ?
Quand ?
Comment ?
Pourquoi ?

2.2.6. TPM (6) (Totale Productive Maintenance)

2.2.6.1.Objectif

Pour l'objectif d'augmenter la disponibilité et le rendement des équipements.

2.2.6.2.Enjeux

- Optimiser les coûts de revient.
- Respecter les délais définis par la planification.
- Améliorer la réactivité.
- Améliorer la qualité.
- Améliorer la sécurité.
- Augmenter la durée de vie des équipements.

2.2.6.3.Principe

La TPM consiste à traiter essentiellement de manière préventive toutes les pannes qui pénalisent les équipements et qui, de ce fait, entraînent une incapacité à satisfaire les exigences clients :

- la production est arrêtée, les produits réalisés sont non conformes, la durée théorique de production n'est pas respectée

La TPM, tout en traitant les arrêts :

- **graves**, d'une durée supérieure à la journée
- **importants**, une durée de plusieurs heures [quelques fois dans le mois, qui mobilisent essentiellement le service maintenance,]
- **mineurs**, d'une durée inférieure à l'heure

2.3. Les indicateurs des performances (7)

2.3.1. Cadence de production

Unités produites / heure

La cadence de production est calculée en divisant la quantité à produire par le temps de fabrication

2.3.2. Temps de changement de série

Le temps de changement de série est le temps nécessaire pour décharger ou charger, rééquiper, calibrer et programmer une nouvelle tâche.

Le changement de série est plus pertinent lorsqu'il y a un passage d'un type de pièce à un autre type.

2.3.3. Taux de rebuts

Le taux de rebut est le pourcentage de pièces rebutées par rapport au nombre de pièces produites

Un taux de non-conformité est le pourcentage de pièces non conformes par rapport au nombre de pièces produites

$$\frac{\text{Mise au rebut totale}}{\text{exécution totale du produit}}$$

2.3.4. Le Taux de Rendement Global (TRG) (8)

Les pertes d'un système de production - Afnor NFE 60-182.

Le TRG est le rapport entre le temps utile et le temps d'ouverture. Le temps d'ouverture est la partie du temps total qui correspond à l'amplitude des horaires de travail du moyen de production.

2.3.5. Le Taux de Rendement Synthétique (TRS) :

-Le TRS est le rapport entre le temps utile et le temps requis.

-Le TRS est un indicateur de performance normalisé qui rend compte de l'utilisation effective d'un moyen de production et permet de mettre en évidence la marge de progrès potentiel en termes de productivité et de qualité.

Mathématiquement, le Taux de Rendement Synthétique se calcule par le produit du taux de Qualité, par le taux de performance et par la disponibilité opérationnelle comme suit :

$$TRS = Tq * Tp * Do$$

Dans la pratique le Taux de Rendement Synthétique représente le rapport du nombre de pièces bonnes (NPB) sur le nombre de pièces théoriquement réalisables (NPTR) :

$$NPTR = \frac{t_r}{t_{cr}}$$

Avec t_r : Temps requis.

t_{cr} : Temps de cycle de référence.

Alors on obtient

$$TRS = \frac{NPR}{NPTR} = NPB * \frac{t_{cr}}{t_r}$$

2.3.6. Taux de qualité:

Le taux de qualité est le rapport du nombre de pièces bonnes sur le nombre de pièces réalisées.

$$T_q = \frac{\text{le nombre de pièces bonnes}}{\text{le nombre de pièces réalisées}} = \frac{NPB}{NPR}$$

Dans les industries où les pièces de non-qualité ne sont pas des rejets mais un déclassement de produits finis comme les industries de bois, le taux de qualité est exprimé comme le rapport du temps utile sur le temps net, formule

$$T_q = \frac{\text{temps utile}}{\text{temps net}} = \frac{T_U}{T_N}$$

2.3.7. Taux de performance :

Taux de performance est le rapport du temps net sur le temps de fonctionnement, comme le montre la formule

$$T_p = \frac{\text{temps net}}{\text{temps de fonctionnement}} = \frac{T_N}{T_F}$$

2.3.8. Disponibilité opérationnelle:

La disponibilité opérationnelle est définie comme le rapport du temps de fonctionnement sur le temps requis,

$$D_o = \frac{\text{temps de fonctionnement}}{\text{temps requis}} = \frac{T_F}{T_R}$$

2.4. Analyse de la maintenance

2.4.1. Systèmes non réparables (9)

Les systèmes non réparables c'est tout système pour lequel les tâches de réparation sont techniquement impossibles au cours de sa mission. Les défaillances des avions en plein vol en sont un parfait exemple. Dans certaines conditions, la réparation est techniquement réalisable, mais, économiquement parlant, elle est difficilement justifiable : on cite l'exemple des cartes électroniques. En effet, pour certaines cartes, le coût de remplacement est nettement inférieur à celui de la réparation. La fiabilité est souvent la grandeur la plus utilisée pour mesurer les performances de ce genre des systèmes par rapport à leurs âges.

Le système non réparable s'intéresse par les grandeurs suivantes :

1. La Durée de vie. 2. Fiabilité. 3. Défaillance. 4. Taux de défaillance.

5. Temps moyen de bon fonctionnement : MTBF.

2.4.2. Systèmes réparables (9)

Pour Systèmes réparables, l'occurrence d'un bris est généralement suivie d'une série d'activités d'entretien. À titre d'exemples, on cite : le diagnostic, l'affectation des ressources pour

effectuer les réparations, la commande des pièces de rechange, les tâches de réparation, les tests fonctionnels et la remise en service. Cette liste n'est pas exhaustive. Dans certaines conditions, des autres activités peuvent se rajouter comme les délais administratifs. Non seulement les défaillances qui nécessitent des efforts d'entretien, mais aussi les activités de maintenance préventive et les réfections.

2.4.3. Les types de la maintenance (10)

2.4.3.1. Définition de la maintenance préventive :

C'est un type de maintenance prévue et programmée, qui est effectuée selon les critères prédéterminés de défaillance,

2.4.3.1.1. Objectif de la maintenance préventive:

- Limiter le vieillissement des matériels.
- Améliorer l'état des matériel avant qu'il ne soit préjudiciable à la production en qualité et quantité pour des révisions systématiques opérer à un intervalle fixe.
- Diminuer les pannes.
- Diminuer les temps d'arrêts du moment des révisions ou des pannes.
- Recherche pour réduire cout et délit.

2.4.3.2. La maintenance préventive systématique :

C'est un type de maintenance le plus répandu, il est opère selon le nombre de démarrage, ou selon le nombre d'heures de marche.

2.4.3.3. La maintenance préventive conditionnelle :

C'est un type très important de maintenance, à condition de mettre en place un système d'affichage, qui donne des signaux qui agit avant la défaillance.

2.4.3.4. Définition de la maintenance corrective :

Elle vise à accroître encore l'efficacité de l'entretien préventif par des corrections de défauts relevés ; ce travail s'effectue en deux étapes :

- faire une analyse périodique des incidents de marche et détermine à tian des causes.
- La recherche des remèdes sur le plan technique ainsi que le plan d'amélioration dans la définition des consignes de conduite et de matériel.

2.4.4. Étude AMDEC

2.4.4.1. Définition

AMDEC est l'acronyme d'Analyse des Modes de défaillances de leurs Effets et de leurs Criticités ou en anglais, **FMECA/FMEA**: Failure Mode Effects and Criticality Analysis.

L'AFNOR définit l'AMDEC comme étant : Une méthode qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système. La méthode AMDEC est avant tout une méthode d'analyse de systèmes statiques, s'appuyant sur un raisonnement inductif (causes et conséquences), pour l'étude organisée des causes, des effets des défaillances et de leur criticité.

L'AMDEC (11)

Permet de gérer les risques dans l'entreprise. C'est parmi les outils les plus fameux de l'amélioration continue. À l'origine cette méthode utilisée essentiellement dans les entreprises industrielles et plus particulièrement dans le secteur de l'automobile, l'AMDEC s'est étendue à toutes les entreprises qui mettent en œuvre les normes **ISO 9000** et qui s'orientent vers la satisfaction des clients.

-Le but de cette méthode est de déterminer pour chaque organe qu'elles sont :

- 1. Les Modes de défaillances.**
- 2. Les Causes.**
- 3. Les Effets.**

2.4.4.2. Ce que l'AMDEC ne peut pas apporter (11)

La méthode AMDEC n'est pas une méthode de résolution des problèmes. Elle aide à poser des bonnes questions pour rechercher les problèmes potentiels

Chaque défaillance est caractérisée par :

- La **gravité (G)**.
- La **fréquence d'apparition (F)**.
- le **risque de non-détection d'une défaillance (D)**.

On définit alors un « **Niveau de Priorité de Risque** » NPR

$$\text{NPR} = \text{F} \times \text{G} \times \text{D}$$

Cotation	Gravité (G)	Fréquence (F)	Détection (D)
1	Inexistant	Faible	A l'oeil nu
3	Désagrément	Moyenne	Par un examen simple
5	Hors norme	Fréquent	Par un examen détaillé
8	Dangereux	Très fréquent	Par une analyse
10	Mortel	Tous le temps	Indétectable

$$\text{NPR} = \text{G} \times \text{F} \times \text{D}$$

Figure 20: les niveaux de la gravité, fréquence et la détection

2.4.4.3. Les avantages et les inconvénients de la méthode AMDEC (12)

2.4.4.3.1. -Les avantages de la méthode AMDEC

-La maîtrise des risques à l'aide de l'AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est à dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée des problèmes majeurs.

2.4.4.3.2. -Les inconvénients de la méthode AMDEC

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée des questions à étudier. En général, un brainstorming avec des plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut qu'une équipe puisse se mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est, de ce fait, lourde à mettre en place.

2.5. Analyse du l'automatisme du système par GRAFCET

2.5.1. Définition GRAFCET (13)

- Le GRAFCET est un outil de représentation de façon symbolique et graphique le fonctionnement d'un automatisme. Cela permet une meilleure compréhension de l'automatisme par les intervenants.

-Le GRAFCET est établi pour chaque machine lors de sa conception, puis utilisé tout au long de sa vie : réalisation, mise en point, maintenance, modifications, réglages.

-Le langage GRAFCET doit être connu de toutes les personnes concernées par les automatismes, depuis leur conception.

2.5.2. Les concepts de base du GRAFCET (13)

2.5.2.1.Étape

Une étape symbolise un état ou une partie de l'état d'un système. Chaque étapes possède deux états possibles : ACTIVE représentée par un jeton dans l'étape ou INACTIVE. Une étape, représentée par un carré repéré numériquement, possède ainsi une variable d'état, appelée variable d'étape Cette variable est une variable booléenne valant 1 si l'étape est active, sinon 0.

- Les situations initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite étape initiale et représentée par un double carré.

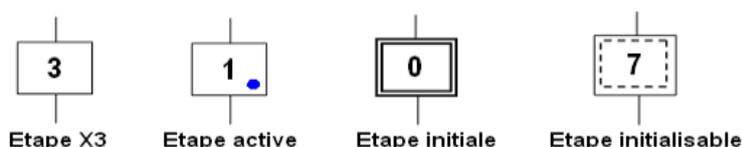


Figure 21:Présentation d'une étape

2.5.2.2.Actions associées aux étapes

-Chaque étape est associée une action ou plusieurs, c'est à dire un ordre vers la partie opérative ou d'autres GRAFCET. Mais on peut rencontrer aussi une même action associée à plusieurs étapes ou une étape sans action (vide).

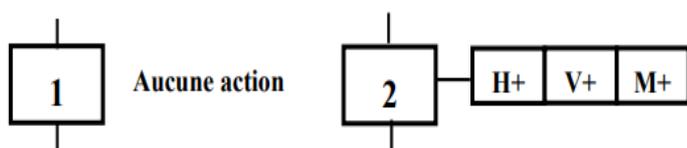


Figure 22:La Déférence entre étape vide et avec action

2.5.2.3. Transition

La transition indique la possibilité d'évolution qui existe entre deux étapes successives.

Chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité qui exprime les conditions nécessaires pour passer d'une étape à une autre.

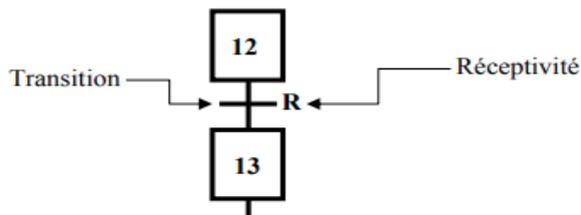


Figure 23: une transition

Les Règles d'évolution d'un GRAFCET

. Règle 01 : la Condition initiale

A l'instant initial, les étapes initiales seules sont actives.

Règle 02 : Franchissement des transitions

Pour qu'une transition soit validée, il faut que les étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) soient actives. Le franchissement d'une transition se produit lorsque les transitions sont validées, et seulement si la réceptivité associée est vraie.

. Règle 03 : Evolution des étapes actives

Le franchissement des transitions entraîne obligatoirement l'activation des étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

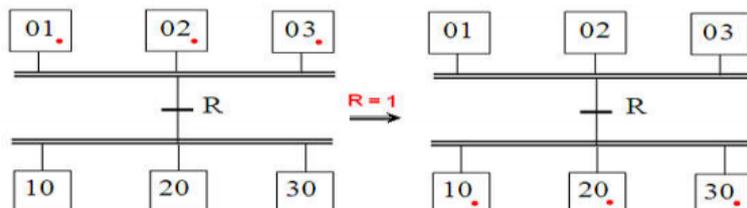


Figure 24: Présentation des étapes actives

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons rappelé quelques méthodes et outils d'analyse du système de production leurs objectifs, principes, enjeux et applications.

Parmi les analyses les plus utilisée pour évaluer et analyser les systèmes, les analyses statistiques, les analyses des indices de performance, la maintenance, la qualité, l'automatisme du système.

L'objectif de toutes ces méthodes est pour évaluer le système de production et conclure la situation des indicateurs de performance afin d'améliorer le système et d'augmenter les capacités de production et assurer le bon fonctionnement du système.

-Ce chapitre est pour expliquer les étapes et les méthodes utilisées dans notre méthodologie

Chapitre : 03

Analyse de système de production d'hélium de l'usine

HELIOS

Introduction

Les installations de gaz sont des usines à haut contrôle, elles traitent et stockent des grands volumes de produit liquide,

Dans le domaine industriel la performance peut être définie comme étant un attribut mesurable par lequel se définit la qualité d'un produit ou rapidité d'un service

L'analyse c'est la première étape pour comprendre le comportement d'un système de production afin d'améliorer sa productivité est l'évaluation de sa performance

Le but du chapitre 3

Notre travail consiste à l'application des méthodes d'analyses et proposer une méthodologie d'analyse du système de production d'hélium d'usine HELIOS

-plusieurs visites sur le site ont permis de relever des problèmes majeurs auxquels l'entreprise fait face, la chaîne de production de l'usine est strictement liée à la qualité du matériel et à l'état de fonctionnement des machines utilisées, pour cela on va commencer ce chapitre par une présentation de notre problématique ensuite on va analyser et évaluer toutes les données de production avec les méthodes et les outils mentionnés dans le chapitre 02 et à la fin on va interpréter les résultats et proposer des idées pour améliorer les performances de notre système de production d'hélium.

Problématique

Après plusieurs années de bon fonctionnement et de gros volumes de production de gaz hélium, exactement en 2013 a été l'année du changement, à partir de cette année, l'entreprise n'utilise qu'une seule ligne de production malgré le fait que l'usine dispose de deux trains de production d'hélium, la raison principale de ce déclin de production d'hélium est le faible débit de gaz de charge qui est la matière première de l'usine, livré par le complexe GNL2/Z.

Dans le cadre de cette thèse qui intitulée analyse de la chaîne de production d'HELIOS.

Nous remarquons les problèmes suivants :

- La quantité de production est faible, cela revient à la base au faible débit du gaz de charge.
- le système de production compose de deux chaînes de production parallèles et comme le débit du gaz de charge est faible, l'usine utilise qu'une seule chaînes de production et l'autre reste en repos.
- la durée des pannes et de la réparation est longue bien que le système, souvent, tombe en panne car il y a une automatisation complète.

2.6. Objectif de l'étude

Donc pour trouver des bonnes solutions, on a besoin d'appliquer quelques méthodes d'analyse

Pour détecter les causes racines et sélectionner les domaines d'intervention.

L'objectif de cette mémoire est de faire une analyse totale du système de production afin d'augmenter la quantité de production et d'améliorer les performances de la chaîne de production d'hélium. Afin de réduire les raisons de la diminution en quantités de production, cela nous oblige à diviser notre problématique en deux parties

-La première :

Faire une analyse statistique du débit du gaz de charge ainsi la quantité de production d'hélium pour cela on va utiliser des méthodes et des outils de l'analyse statistique comme l'écart-type, l'histogramme et les courbes pour bien analyser les données et sortir avec des résultats et des bien précis.

Après, pour analyser la performance du système il faut d'abord calculer les indices de performance du système comme les taux d'utilisations, d'immobilisations, le rendement synthétique et le rendement globale on utilisant leurs équations et formules.

L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité est un outil de sureté de fonctionnement, cette stratégie a pour but d'étudier, identifier, de prévenir ou au moins de réduire les risques de défaillances du système.

Le contrôle qualité permet de déterminer si les produits finaux fabrique sont conforme, ou pas, pour cela l'utilisation de la carte de contrôle permet de déterminer le moment ou apparaît une cause particulière de variation d'une caractéristique.

La deuxième

L'analyse du fonctionnement de la partie PSA permet de suivre étape par étape toutes les actions des étapes de fonctionnement, donc pour faire cette analyse on utilise le GRAFCET

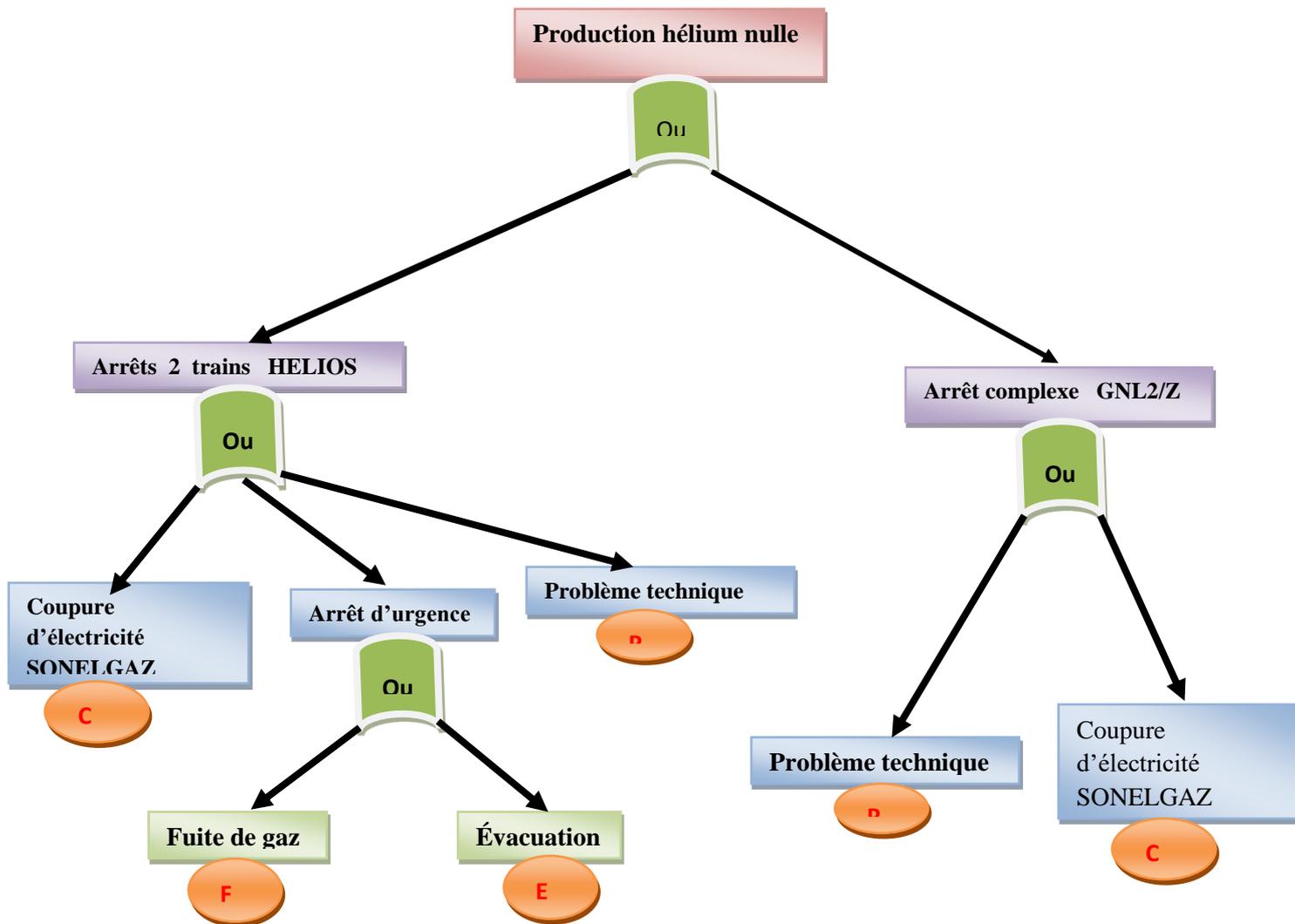
Le GRAFCET est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme.

Le but de cette analyse est de décrire graphiquement les différents comportements de l'automatisme séquentiel de la partie PSA

Faire une analyse du système complet par la Simulation du modèle de système de production par le logiciel ARENA

Utilisation des règles du système flou pour trouver le niveau contrôle et le rendement de nouveau projet.

3.1. Arbre des causes



Production d'hélium nulle = arrêt complexe GNL2/Z + arrêts 2 trains HELIOS

Arrêts 2 trains HELIOS = C él + Arrêt d'urgence + P T

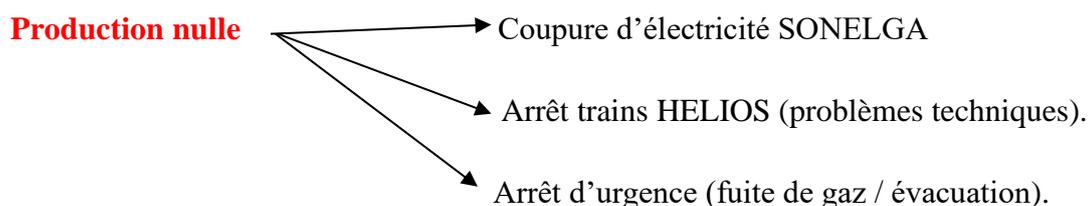
Arrêt d'urgence= F G+E V

Arrêt complexe GNL2/Z= P T +c él

Arrêts 2 trains HELIOS = C él +F G+E V+P T

Production d'hélium nulle = P T +c él + F G+E V

→ Arrêt complexe GNL2/Z.



3.2. Application des méthodes statistique

3.2.1. Analyse de la production du mois mars

-Le gaz de charge, c'est la matière première de l'usine fournie par le complexe GNL2/Z.

-D'après le suivi de production du mois de mars 2021.

Le tableau-ci-dessous représente les quantités de production d'hélium actuelle et d'un cas normale par jour :

Les journées	Production d'hélium en Kg actuel	Production d'hélium en Kg cas d'un mois normale
1	0	4500
2	0	4500
3	2270	4420
4	2860	4300
5	2890	4250
6	2900	4450
7	3160	4500
8	2810	4500
9	900	4350
10	3000	4450
11	2610	4420
12	2730	3730
13	3290	4290
14	2960	3960
15	3030	4030
16	3170	4170
17	2980	3980
18	2870	4470
19	2900	3950
20	2750	4450
21	2720	4520
22	2350	4550
23	2000	4000
24	2560	4520
25	2650	4350
26	250	4500

Chapitre 03 : Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS

27	0	4450
28	0	4500
29	0	4990
30	10	4450
31	1310	4500

Tableau 4: les quantités de production d'hélium actuelle et d'un cas normale par jour :

3.2.2. Calcule de l'écart-type

L'écart-type de la production actuelle par rapport à la moyenne de production d'un mois normale

0	4500	-4500	20250000				
2270	4420	-2150	4622500	2980	3980	-1000	1000000
2860	4300	-1440	2073600	2870	4470	-1600	2560000
2890	4250	-1360	1849600	2900	3950	-1050	1102500
2900	4450	-1550	2402500	2750	4450	-1700	2890000
3160	4500	-1340	1795600	2720	4520	-1800	3240000
2810	4500	-1690	2856100	2350	4550	-2200	4840000
900	4350	-3450	11902500	2000	4000	-2000	4000000
3000	4450	-1450	2102500	2560	4520	-1960	3841600
2610	4420	-1810	3276100	2650	4350	-1700	2890000
2730	3730	-1000	1000000	250	4500	-4250	18062500
3290	4290	-1000	1000000	0	4450	-4450	19802500
2960	3960	-1000	1000000	0	4500	-4500	20250000
3030	4030	-1000	1000000	0	4990	-4990	24900100
3170	4170	-1000	1000000	10	4450	-4440	19713600
2980	3980	-1000	1000000	1310	4500	-3190	10176100
2870	4470	-1600	2560000				
2900	3950	-1050	1102500				
							217649900
							variance= 7020964.5
							l'ecart typ: 2649,71

Tableau 5: l'écart-type

La valeur de l'écart-type est très élevée donc :

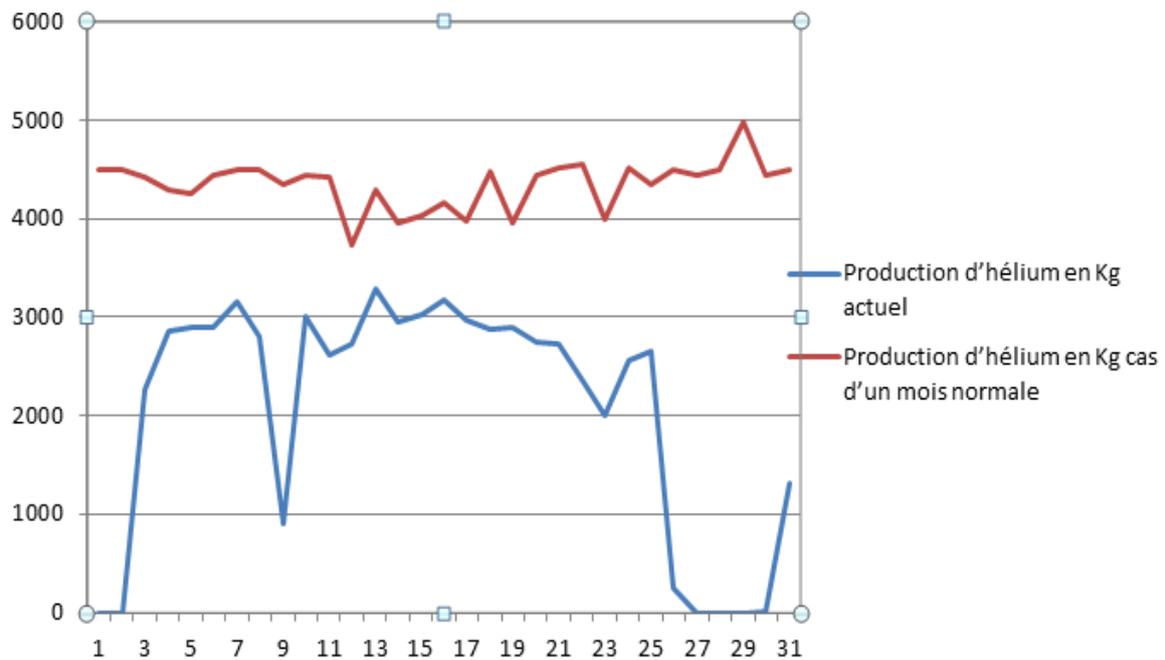
Ce résultat indique que les données sont dispersées

Les quantités de production journalières sont dispersées par rapport à un mois normale donc il faut chercher les causes de cette dispersion

Deux graphes ci-dessous représentent La production du mois de mars et la production d'un mois en état normale

Figure 25:représentent La production du mois de mars et la production d'un mois en état normale.

3.2.3. Analyse du graphe :



D'après ce graphe qui représente la quantité de production journalière de l'hélium dans les deux cas

- 1 Le cas de production dans la situation normale : on voit que le graphe il est stable avec de légères perturbations dans la quantité de production.
- 2 Le cas de production dans la situation actuelle de l'usine : on remarque qu'il n'est pas totalement stable et que les quantités de productions se varient avec un grand écart. Avec ces conditions on ne peut pas estimer la production pour les journées suivantes.

3.2.4. L'analyse des points critiques :

-Dans les deux premières journées : la production est en arrêt car il y a des problèmes techniques à la fin du deuxième jour la production a repris en état normal (Switch de la production du train 1 vers le train 2).

-**Le 9^{ème} jour** : on remarque qu'il y a une chute de production (faible production) suite à un problème technique. (Durée une journée).

-**dans les journées 13 et 14** : on remarque une production élevée car les conditions étaient bonnes pour un bon fonctionnement.

-**Du 21 au 25** : on remarque que la quantité de production diminue jour après jour Suite à la réduction du débit du gaz de charge qui est la matière première de l'usine (un problème technique dans le complexe GNL2/Z).

-**Du 26 au 29** : arrêt général du complexe GNL2/Z.

Suite à la faible quantité du gaz de charge livrée par GL2/Z à HELIOS, le compresseur de charge ne pouvait démarrer.

-**la journée du 30** : retour en production mais avec une perturbation dans le gaz de charge

-**la journée du 31** : retour en production normale.

Remarque :

-Dans les journées du 27-28-29 le complexe GL2/Z était à l'arrêt. Suite à cette situation HELIOS a saisi l'occasion pour procéder au changement de train (production du train 2 vers le train 1).

1.1.1.1 Résultat :

La diminution et la perturbation de la quantité de production d'hélium pendant le mois de mars est dû aux causes suivantes :

- 1) Manque et diminution du débit de gaz de charge (la matière première) qui engendre une faible production de l'hélium.
- 2) Des problèmes techniques dans le complexe GNL2/Z ou au sein de l'usine HELIOS

3.2.5. Analyse du débit de gaz de charge

Le tableau-ci –dessous, représente le débit du gaz de charge et les quantités de production d'hélium par jour:

Les journées	Gaz de charge en Kg	Production d'hélium Kg
1	1236,25	0
2	1656,25	0
3	10286,25	2270

4	10231,25	2860
5	10356,25	2890
6	10847,5	2900
7	10040	3160
8	10057,5	2810
9	9936,25	900
10	10681,25	3000
11	10626,25	2610
12	10671,25	2730
13	10866,25	3290
14	11308,75	2960
15	11302,5	3030
16	10773,75	3170
17	10861 ,25	2980
18	11037,5	2870
19	11021,25	2900
20	10743,75	2750
21	10598,75	2720
22	8387,5	2350
23	9448,75	2000
24	10361,25	2560
25	10913,75	2650
26	2761,25	250
27	71,25	0
28	4516,25	0
29	5071,25	0
30	2613,75	10
31	5213,75	1310

Tableau 6: le débit du gaz de charge et la quantité de production d'hélium mois mars

Les Deux graphes ci- dessous représentent la variation de débit du gaz de charge et les quantités de production d'hélium en fonction du temps

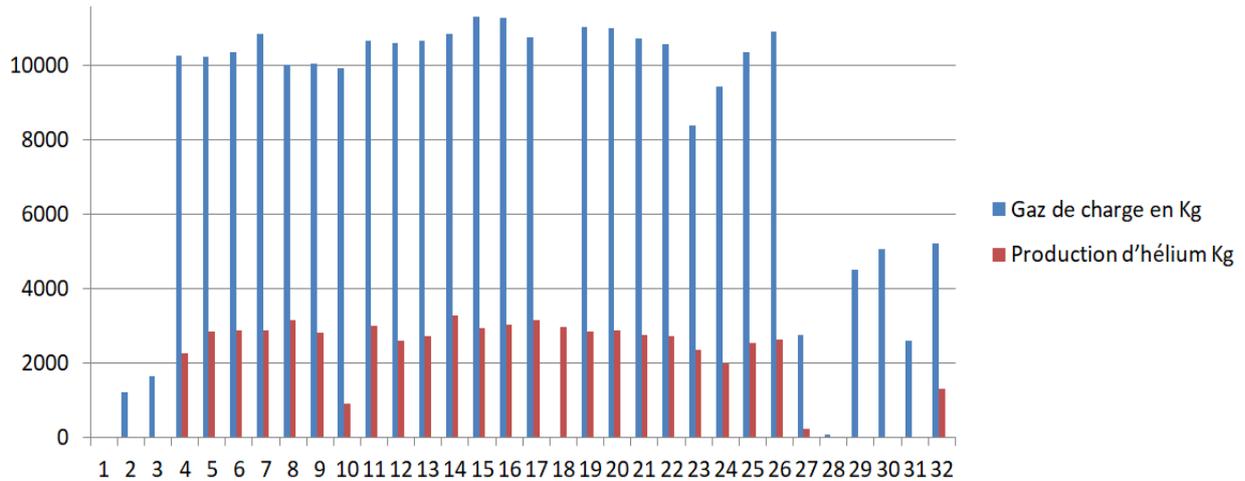


Figure 26: la quantité du gaz de charge et l'hélium mois de mars

-D'après le Graphes :

Le débit du gaz de charge varie selon les conditions du complexe GNL2/Z.

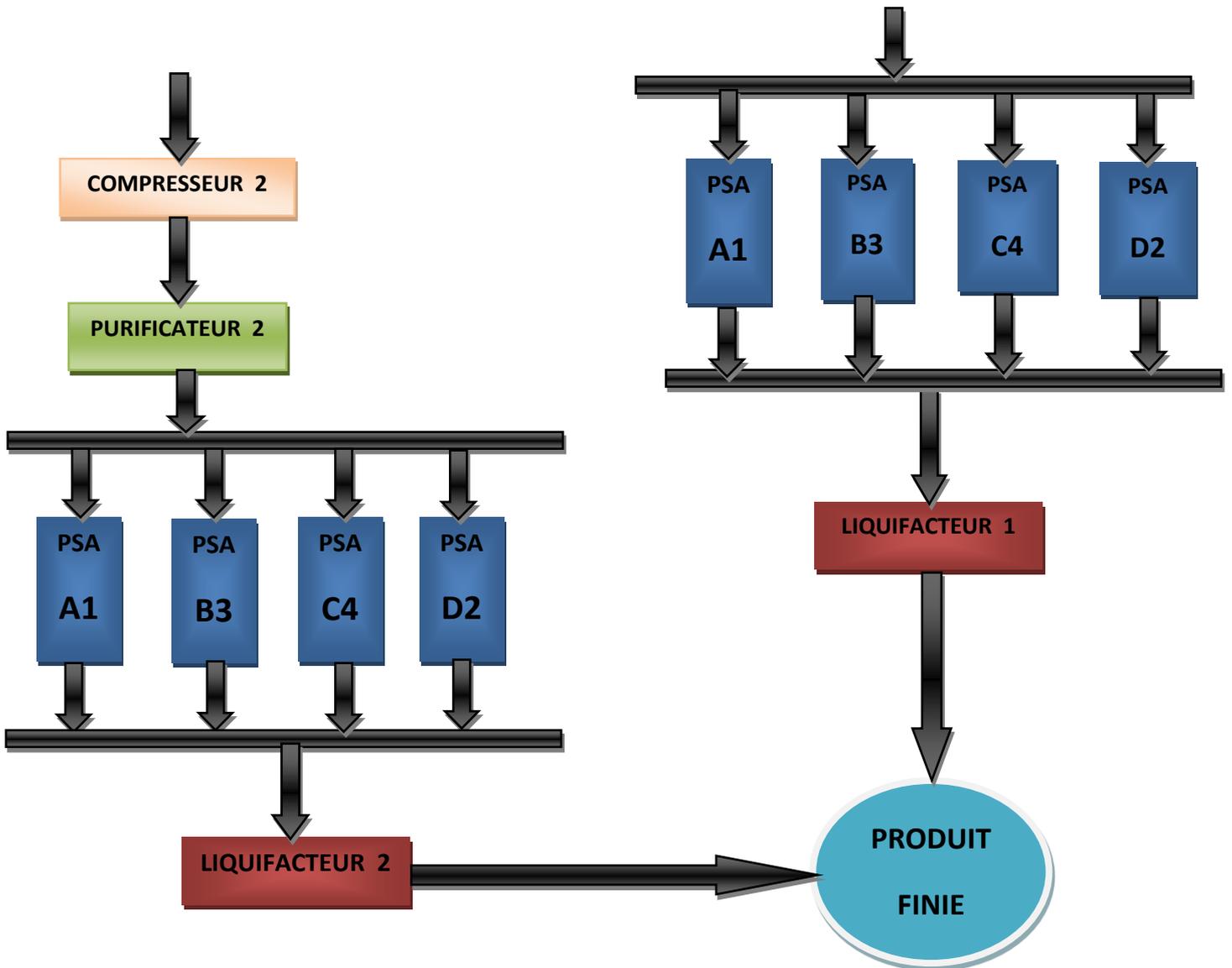
Et la variation de la production du gaz l'hélium suit la variation du débit du gaz de charge fourni par GNL2/Z.

Donc, de là, nous concluons que le débit du gaz de charge est le facteur principal de l'augmentation ou la diminution de la quantité production d'hélium

3.3. Schématisation du système de production

-Le système compose de deux lignes de production:





Le processus de production se divise en 4 parties :

-Partie compression : compression du gaz d'alimentation et deshuilement du purificateur

-Partie Purification : contient un échangeur chaud, un condenseur du purificateur, un échangeur froid.

-Partie PSA : contient 4 adsorbants en parallèle

PSA- A, PSA –B, PSA- C, PSA -D

-La durée du fonctionnement de Chaque adsorbant est de 240 seconds

La séquence est :

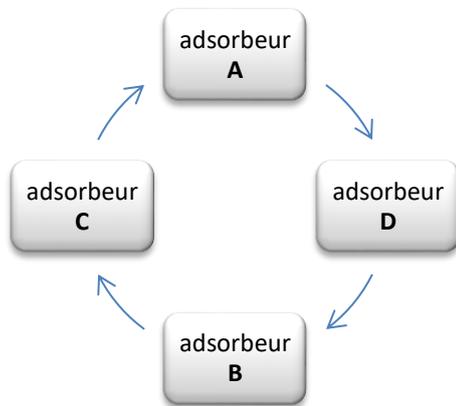


Figure 27: le cycle des 4 PSA

3.4. Analyse de performance

L'usine compose de deux chaînes de production

Tous ces calculs faits pour une seule chaîne de production :

- a- Temps d'ouverture : 24 h
- b- La capacité théorique: 187,5 Kg/h
- c- Capacité théorique sur 24h : 4500 kg/jour
- d- Production réelle : 3200 Kg/jour
- e- Rendement horaire réel d/a : 133,33 Kg/h
- f- Taux de rendement e/b : 71,10%

3.4.1. Calcul de cycle de production (1 train)

Les machines marchent 24h/24h.

-La production théorique sur 24h : **4500 Kg**

$$\text{temps cycle théorique} = \frac{\text{temps disponible}}{\text{nombre d'unités voulues}}$$

$$\text{temps de cycle théorique} = \frac{24}{4500} = 0.0053 \text{ h/kg} = 19,2 \text{ second/Kg}$$

-La production réelle sur 24h : **3200 Kg**

$$\text{temps de cycle réelle} = \frac{24}{3200} = 0.0075 \text{ h/kg} = 27 \text{ second/Kg}$$

3.4.2. Taux de productivité

Il s'agit du nombre ou de la quantité de produits délivrés par rapport à un nombre d'heures de travail ou de fonctionnement

$$\text{Taux de productivité théorique par jour} = \frac{\text{la quantité de produits}}{\text{nombre d'heures de travail}}$$

$$\begin{aligned} \text{Taux de productivité théorique par jour} &= \frac{4500}{24} = 187,5\text{kg/heure} \\ &= 0,052\text{kg /seconde} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Taux de productivité réelle} &= \frac{3200}{24} = 133,33\text{kg/heure} \\ &= 0,037\text{kg/second} \end{aligned}$$

3.4.3. Calcul de temps d'efficiences pour 1 seule ligne de production

-la production réelle par jour = **3200 Kg**

-Donc pour produire **4500 Kg par jour** il faut ajouter une quantité de **1300 Kg**.

$$\text{Le nombre d'heures à ajouter} = \frac{1300 * 24}{3200} = \mathbf{9,75 \text{ heures}}$$

$$\text{Donc } 24 + 9,75 = \mathbf{33,75 \text{ heures}}$$

$$\text{taux d'efficience} = \frac{24}{33,75} = 0,71111 = \mathbf{71,11\%}$$

3.4.4. Calcul de temps d'efficience pour 2 lignes de production

La production réelle par jour = **3200 Kg**

-Donc pour produire **9000 Kg par jour** il faut ajouter une quantité de **5800 Kg**.

$$\text{Le nombre d'heures à ajouter} = \frac{5800 * 24}{3200} = \mathbf{43,5 \text{ heures}}$$

$$\text{Donc } 24 + 43,5 = \mathbf{67,5 \text{ heures}}$$

$$\text{taux d'efficience} = \frac{24}{67,5} = 0,35555 = \mathbf{35,55\%}$$

Le tableau ci-dessous regroupe les données de fonctionnement des 5 mois passés :

	Janvier 2021	Février 2021	Mars 2021	Avril 2021	Mai 2021	totale
nbr pannes	1	0	1	2	0	7
Le temps d'arrêts (heur) Cause pannes	4	0	15,25	30	0	49,25
La partie	Liquéfacteur	/	PSA	Compresseur	/	/
Arrêt GNL2 (heur)	3	48	144	10	0	205
Bonne fonctionnement	737	624	584,75	680	744	3363,75
Temps de fonctionnement prévu	744	672	744	720	744	3624
Temps d'arrêt total (heur)	7	48	159,25	40	0	254,25

Tableau 7: Le rapport de fonctionnement des équipements

3.4.5. Calcul des taux d'utilisation :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{\text{temps de fonctionnement effectif}}{\text{temps de fonctionnement prévu}}$$

3.4.5.1. Compresseur :

Pour les mois :

Janvier :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744 - 3}{744} = 0,9959 = 99,59\%$$

Février :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{624}{672} = 0,9285 = 92,85\%$$

Mars :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744 - 144}{744} = 0,8064 = 80,64\%$$

Avril :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{680}{720} = 0,9444 = 94,44\%$$

Mai :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744}{744} = 1 = 100\%$$

3.4.5.2. Purificateur :

Pour les mois :

Janvier :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744 - 3}{744} = 0,9959 = 99,59\%$$

Février :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{624}{672} = 0,9285 = 92,85\%$$

Mars :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744 - 144}{744} = 0,8064 = 80,64\%$$

Avril :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{680}{720} = 0,9444 = 94,44\%$$

Mai :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744}{744} = 1 = 100\%$$

3.4.5.3. PSA (ADSORBEUR SOUS PRESSION)

-Chaque adsorbeur fonctionne **240 secondes = 4 minutes**

Chaque adsorbeur travail 4 minutes chaque 16 minutes

-Donc **6 heures par jours= 180 heures par mois**

$$\text{taut d'utilisation d'un seul adsorbeur} = \frac{180}{720} = 0,25 = 25\%$$

Pour les mois :

Janvier :

$$\text{taut d'utilisation} = \frac{720 - 3}{720} = 0,9958 = 99,58\%$$

Février :

$$\text{taut d'utilisation du chaque adsorbeur} = \frac{624}{672} = 0,9285 = 92,85\%$$

Mars :

$$\text{taut d'utilisation du chaque adsorbeur} = \frac{585,75}{720} = 0,8135 = 81,35\%$$

Avril :

$$\text{taut d'utilisation du chaque adsorbeur} = \frac{680}{720} = 0,9444 = 94,44\%$$

Mai :

$$\text{taut d'utilisation du chaque adsorbeur} = \frac{744}{744} = 1 = 100\%$$

3.4.5.4. Le Liquéfacteur

Pour les mois :

Janvier :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{737}{744} = 0,9905 = 99,05\%$$

Février :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{624}{672} = 0,9285 = 92,85\%$$

Mars :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{584,75}{744} = 0,7859 = 78,59\%$$

Avril :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{680}{720} = 0,9444 = 94,44\%$$

MAI :

$$\text{taux d'utilisation} = \frac{744}{744} = 1 = 100\%$$

3.4.6. Taux de défaillance :

- est une expression relative à fiabilité des équipements et de chacun de leurs composants son symbole est λ

$$\text{taux de défaillance} = \frac{\text{nombre de défaillances}}{\text{temps de fonctionnement effectif}}$$

3.4.7. MTBF :

MEAN TIME BETWEEN FAILURES, c'est le temps moyen entre pannes ou durée moyenne entre pannes, Est une des valeurs qui indiquent la fiabilité d'un composant.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{temps de fonctionnement effectif}}{\text{nombre de défaillances}}$$

3.4.8. MTTR:

MEAN TIME TO REPAIR, le temps moyenne pour réparer ,exprime la moyenne des temps de taches de réparation

$$\text{MTTR} = \frac{\text{temps d'arrêt total}}{\text{nombrbre de défaillances}}$$

3.4.9. Disponibilité :

Aptitude d'un système à fonctionner quand on a besoin.

$$\text{Disponibilité} = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$$

3.4.10. La fiabilité :

Aptitude d'un système à accomplir sa mission dans des conditions données.

$$\text{Fiabilité} = e^{-\lambda t}$$

$$\text{taux d'immobilisation} = \frac{\text{temps d'arrêt total}}{\text{temps de fonctionnement effectif}}$$

3.4.11. Capacité théorique:

Est celle que l'on peut faire maximum sur un poste de charge par période de référence.

$$\text{capacité théorique} = \frac{24 \times 60 \times 60 \text{ secondes}}{\text{temps de traitement d'une piece}}$$

3.4.12. Capacité réelle:

La production optimale réalisée compte tenu d'une combinaison de produits et de problèmes d'ordonnancement, d'entretien des machines

$$\text{capacité réelle} = \text{capacite theorique} \times \text{disponibilite l'utilisation}$$

$$TRS = \frac{\text{capacité réelle}}{\text{capacité théorique}}$$

$$TRG = TRS \times \text{taux d'utilisation}$$

3.4.13. Tableau Récapitulatif

-Les calculs de ce tableau pour la deuxième ligne de production train 2

		Janvier	Février
--	--	---------	---------

Chapitre 03 : Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS

compresseur	Taux de défaillance	0	0
	MTBF	/	/
	MTRR	/	/
	Disponibilité	/	/
	Fiabilité	100%	100%
	TAUX IMOILISATION	0,4%	7,69%
	TAUX UTILISATION	99,59%	92,82%
	Cadence de production	1018348,48	946563,4
	Taux de rebuts	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%
	TRS	1018246/1500300 =67%	946468/1355109 =69%
	TRG	66.72%	64.04%
	Purificateur	Taux de défaillance	0
MTBF		/	/
MTRR		/	/
Disponibilité		/	/
Fiabilité		100%	100%
TAUX IMOILISATION		0,4%	7,69%
TAUX UTILISATION		99,59%	92,85%
Cadence de production		101834,84	94656,34
Taux de rebuts		00%	00%
Taux de qualité		100%	100%
TRS		101824/150045 =67%	94646/135524 69%
TRG		66.72%	64.06%
PSA		Taux de défaillance	0
	MTBF	/	/
	MTRR	/	/
	Disponibilité	/	/
	Fiabilité	100%	100%
	TAUX IMOILISATION	0,40%	7,69%
	TAUX UTILISATION	99,58%	92,85%
	Cadence de production	94706,41	88030,40
	Taux de rebuts	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%
	TRS	94696/139541 =67%	88021/126037 =69%
	TRG	66.71%	64.06%
	Taux de défaillance	0.0013	0

liquéfacteur	MTBF	769,23	/
	MTTR	4	/
	Disponibilité	99,48%	/
	Fiabilité	38,01%	100%
	TAUX IMOILISATION	0,94%	%7,69
	TAUX UTILISATION	99,05%	92,85%
	Cadence de production	94677,99	88004
	Taux de rebuts	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%
	TRS	94678/139500 =67%	88003/126012 =69%
	TRG	66.36%	64.06%

Tableau 8tableau récapitulatif de l'analyse des performances du train2

Tous ces calculs faite pour la première ligne de production : train 1

		Mars	Avril	Mai
Compresseur	Taux de défaillance	0	0,0029	0
	MTBF	/	344,82	/
	MTTR	/	15	/
	Disponibilité	/	95,83%	/
	Fiabilité	100%	12,40%	100%
	TAUX IMOILISATION	24,58%	5,88%	0
	TAUX UTILISATION	80,64%	94,44%	100%
	Cadence de production	941914,% 19	920813,860	1038376,008
	Taux de rebuts	00%	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%	100%
	TRS	941812/1500300 =62%	920721/1451903 =63%	1038272/1500300 =69%
TRG	49.99%	59.49%	69%	
Purificateur	Taux de défaillance	0	0	0
	MTBF	/	/	/
	MTTR	/	/	/
	Disponibilité	/	/	/
	Fiabilité	100%	100%	100%
	TAUX IMOILISATION	24,62%	5,88%	0%
	TAUX UTILISATION	80,64%	94,44%	100%

Chapitre 03 : Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS

	Cadence de production	94191,41	92081,38	103837,60
	Taux de rebuts	00%	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%	100%
	TRS	94181/150030 =62%	92072/145190 =63%	103827/150030 =69%
	TRG	49,99%	59,49%	69%
PSA	Taux de défaillance	0,0017	0	0
	MTBF	588,23	/	/
	MTTR	15,25	/	/
	Disponibilité	97,47%	/	/
	Fiabilité	28,22%	100%	100%
	TAUX IMOILISATION	27,23%	5,88%	0%
	TAUX UTILISATION	81,35%	94,44%	100%
	Cadence de production	87598,02	85635,68	96568,96
	Taux de rebuts	00%	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%	100%
	TRS	87588/139527 =62%	85627/135027 =63%	96559/139527 =69%
	TRG	50,43%	59,49%	69%
liquéfacteur	Taux de défaillance	0	0	0
	MTBF	/	/	/
	MTTR	/	/	/
	Disponibilité	/	/	/
	Fiabilité	100%	100%	100%
	TAUX IMOILISATION	27,23%	5,88%	0%
	TAUX UTILISATION	100%	94,44%	100%
	Cadence de production	87571,75	85610	96540
	Taux de rebuts	00%	00%	00%
	Taux de qualité	100%	100%	100%
	TRS	87571/139527 =62%	85610/135000 =63%	96539/139500 =69%
	TRG	62%	59,49%	69%

Tableau 9: Tableau récapitulatif de l'analyse des performances du train 1

3.4.14. Taux de rebuts des cuves de stockage :

Taux de rebuts des cuves=5% chaque mois

Janvier : $94678 * 5 / 100 = 4733,9$ Kg

Février : $88004 * 5 / 100 = 4400,2$ Kg

Mars : $87571,75 * 5 / 100 = 4378,58$ Kg

Avril : $85610 * 5 / 100 = 4280,5$ Kg

Mai : $96540 * 5 / 100 = 48270$ Kg

L'interprétation des résultats des tableaux

-D'après le tableau des indices de performance de système de production

Pour le train N 02

Le système est en bon état il n'y a pas des rebuts les taux d'utilisations des équipements est acceptable sauf le rendement des machines cause de manque de la matière première

Pour le train N 01

Le système globalement est bien sauf la durée des pannes et les réparations est longue, le rendement est moyen autour du 50%,

Généralement les deux trains de production sont en bon états juste il faut augmenter la quantité de la matière première est diminuer les probabilités des pannes pour assurer le bon fonctionnement des équipements et augmenter le rendement global.

3.5. Application de la méthode AMDEC

Grilles de cotation :

Non-déTECTable

Valeur	Niveau	Définition
1	Evident	Moyens automatique, détection certaine
2	Possible	DéTECTable par l'opérateur, vibrations
3	Probable	peux Difficile a déTECTé
4	Improbable	Difficilement déTECTable
5	Impossible	IndéTECTable, aucun signe

Tableau 10:les valeurs de non-déTECTable

Occurrence

Valeur	Niveau	Définition
1	Très faible	Défaillance rares -1 défaillance/ans
2	Faible	Défaillance possible -1 défaillance/6 mois
3	Moyen	Défaillance occasionnel -1 défaillance /semaine
4	Elevé	Défaillance fréquente +1 défaillance par 5 jours
5	Très élevé	Défaillance fréquente +1 défaillance /jour

Tableau 11:les valeurs de l;occurrence

Gravité

Valeur	Niveau	Définition
1	Mineur	Arrêt de production -30 minutes
2	Moyen	Arrêt de production De 30 minute à 1heurs
3	Majeur	Arrêt de production de 2 heures à 5 heures
4	Grave	Arrêt de production 5 heures à une journée
5	Très grave	Arrêt de production Une journée et plus

Tableau 12:les valeurs de gravité

Chapitre 03 : Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS

ELEMENT	Analyse des modes de défaillances actuelles				DETECTION	Detection	Occurrence	Gravité	Criticité	action corrective	action préventive	^ Detection	^ Occurrence	^ Gravité	^ Criticité
	FONCTION	Mode de défaillance	Causes possibles de la défaillance	EFFET											
les echangeurs	refroidissement du gaz	chauffement de sortie	bouchage	mauvaise refroidissement	la température de sortie	3	3	4	36	réparation + changement	contrôle de la température chaque 3 heures + assurer l'alimentation + protection contre les rayons de soleil + vérification l'état fonctionnel de l'échangeur	1	1	2	2
séparateur	sépare huile/gaz	saturé	fatigue	passage de huile avec gaz	niveau bas de réservoir	2	3	3	18	nettoyage	contrôler la pression et le niveau d'huile	1	2	2	2
filtre	filtrer le gaz	se sealir	fatigue	blocage du gaz	température	3	2	3	18	changement	vérifier et nettoyer l'état des filtres	2	2	2	8
la turbine	assurer le débit	casse	fatigue	mauvaise débit	bruit	4	2	3	24	nettoyage + soudure + changement	vérification chaque 2 mois	3	1	1	3
régulateur de tendeur de pression	réduire la pression	mauvaise débit+fuite	vieillessement, défaillance	désalignement du débit	passage de liquide	3	3	3	27	changement	contrôler la pression chaque 1 heure + assurer le débit du gaz	1	2	2	4
condensateur	refroidissement du gaz	manque du gaz liquide	augmentation de température	manque de refroidissement	salle de contrôle	2	3	4	24	changement	contrôler la température et garder à température basse	1	2	3	6
SWITCH	réduire la pression des bacs de stockage	bloquée fermée	défaillance mécanique	perte de la lubrification secours du compresseur	a l'arrêt du train	3	2	4	24	réparation	analyser la pression des bacs + vérification mécanique	2	1	2	4
		bloquée ouvert		explosion	salle de contrôle	3	2	4	24	réparation	analyser la pression et la température des bacs + vérification mécanique	1	1	2	2

Adsorbent sous pression	adsorbe les impuretés	présence des impuretés dans la sortie	vieillessement du tamie , fatigue ,bouchage	mauvaise qualité de l'hélium	analyseur de qualité	3	1	4	12	changement	vérifier et contrôler l'état du tamie +contrôler la pression d'entré+diminuer le temps d'utilisation de chaque adsorbent	2	1	2	4
		sortie nulle		pas de stockage de l'hélium, blocage du système	salle de contrôle	2	1	5	10	changement ,nettoyage	vidange et vérification des vannes +la qualité du gaz dans la sortie+contrôler l'état du gaz d'entré	1	1	3	3

les détecteurs	détecter une fuite de gaz	perte du signal	défaillance mécanique ,électrique	alarme de défaut perte du gaz	salle de contrôle	2	2	3	12	retoucher le cablage ou remplacer	assurer le cablage chaque semaine+changer les composants défectueux	1	2	2	4
		signal dégradé		accumulation possible de gaz	détection au moment de l'utilisation	3	2	3	18	retoucher le cablage ou remplacer	assurer le cablage chaque semaine+changer les composants défectueux	2	1	1	2
les cuves	stocker le gaz	perte thermique	perturbation et choc	perte de qualité d'hélium	capteur de température	4	4	4	64	changement	vérification la pression et la température +protection contre le soleil+choisir le bon endroit d'insolation des cuves	2	2	3	12
		fissure de la cuve	corrosion ,vibration	perte de gaz	détecteur de gaz	4	4	4	64	changement	vider le réservoir+la protection	2	3	2	12

tuyauteries	assurer la circulation	bouchage	mauvaise qualité de tuyauteries	mauvaise refroidissement des composants	contrôle périodique	2	2	3	12	nettoyage changement	vérifier toutes les fuites et pertes du gaz +vérifier les jonctions et les joints	1	1	2	2
			présence des impuretés ou liquide	mauvaise circulation	contrôle périodique	2	2	4	16	nettoyage + changement	vérification chaque 15 jours l'état des tuyaux +protection contre le changement climatique+assurer le bon circulation	2	1	2	4
		fuite	vieillessement des tuyauteries	corrosion des composants	contrôle périodique +manomètre	5	3	5	75	soudure + changement	vérification chaque 15 jours l'état des tuyaux +protection contre le changement climatique+assurer le bon circulation	3	2	3	18
			corrosion	présence des impuretés	contrôle périodique	5	2	4	40	changement direct	vérification chaque 15 jours l'état des tuyaux +protection contre le changement climatique+assurer le bon circulation	3	1	3	9

Chapitre 03 : Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS

Compre			pas de courant		salle de contrôle	1	2	5	10	alimenter en énergie	vérifier l'alimentation +utiliser un autre source d'électricité dans le cas de	1	1	2	2
	D'après l'analyse AMDEC, on va observer avec un histogramme la variation de la criticité avant et après les actions préventives											2	2		
			débit du gaz de charge faible		débimètre	2	5	5	50	augmenter le débit	control la pression et le débit +vérifier le niveau d'huile	1	2	3	6

Tableau 13:Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité

vanne pneumatique	régler le débit	bloquée ouvert	mécanique , poussière , manque de graissage	augmentation du niveau de gaz	en salle de contrôle comparaison d'autres paramètres	2	3	4	24	changement	vérification des vannes chaque 2 jours ,protection du rayon du soleil et l'humidité	1	2	3	6
		bloquée fermée		pert de contrôle processus	detection au moment de l'utilisation	2	3	4	24	changement	vérification des vannes chaque 2 jours ,protection du rayon du soleil et l'humidité	1	2	3	6
		fuite externe		fuite de gaz	bruit ,coulure ,nuage perte de prssion détection en salle de contrôle	2	2	5	20	changement	vérification des vannes chaque 2 jours	1	1	3	3

Figure 28: l'évolution de la criticité avant et après les actions préventives en fonction des équipements

Interprétation de l'histogramme

- Ce histogramme suivant et la hiérarchisation suivant l'échelle de criticité permet de décider les actions prioritaires.

-**Les criticités** inacceptables qui sont supérieur a 40 cela impose que les actions préventives précédemment citées dans les tableaux AMDEC doivent être appliquées et prenant une priorité d'action.

- **Les criticités indésirables** qui sont comprises entre 10-40 ce qui fait que les actions préventives doit être aussi appliquées.

- **Les criticités acceptables** qui sont comprises entre 0-10 donc on parle de **criticité négligeable**.

3.6. Analyse de la

Le contrôle qualité est effectué par un qualité. Ce dernier peut contrôler :



qualité

contrôleur

- Les composants d'un produit ou la matière première dès la réception,
- La production en cours de réalisation,
- Les produits finis.

À la suite du contrôle qualité, le contrôleur qualité va rédiger un rapport sur le déroulement du contrôle et les mesures à prendre pour améliorer la production et réduire les cas de non-conformité



Figure 29: contrôleur de qualité

-Pour effectuer un contrôle sur un produit, il faut au préalable en déterminer les caractéristiques et choisir les limites à l'intérieur desquelles le produit est conforme. Il faut que ces limites soient connues par le « contrôleur » qui effectuera le contrôle.

3.6.1. La carte de contrôle

Une carte de contrôle, ou plus exactement un graphique de contrôle, est un outil utilisé dans le domaine du contrôle de la qualité afin de maîtriser un processus. Elle permet de déterminer le moment où apparaît une cause particulière de variation d'une caractéristique,

-

Le tableau ci-dessous représente le contrôle de la qualité des trois mois précédents :

Numéro d'échantillons	Contrôle qualité		
	Mars	Avril	Mai
1	99.999 %	100%	99.999%
2	100%	99.999%	99.998%
3	99.993%	99.998%	99.999%
4	99.998%	99.998%	100%
5	99.999%	99.999%	100%
6	99.997%	100%	100%
7	99.998%	99.997%	99.998%
8	100%	99.999%	99.995%
9	99.998%	99.995%	99.997%
10	100%	99.999%	100%
11	99.995%	100%	99.998%
12	99.992%	100%	100%
13	99.992%	99.998%	99.997%
14	100%	99.999%	99.999%
15	100%	99.999%	100%

Tableau 14:tableau récapitulatif de l'analyse de la qualité

LCS : limite de contrôle supérieure des étendues

LCI : limite de contrôle inférieure des étendues

LCS =100%

LCI =99,990%

Calcule la moyenne des moyennes

Ce graphe représente la qualité des échantillons des 3 mois :

99.99787	99.99867	99.99867
xbar=	99.9984	

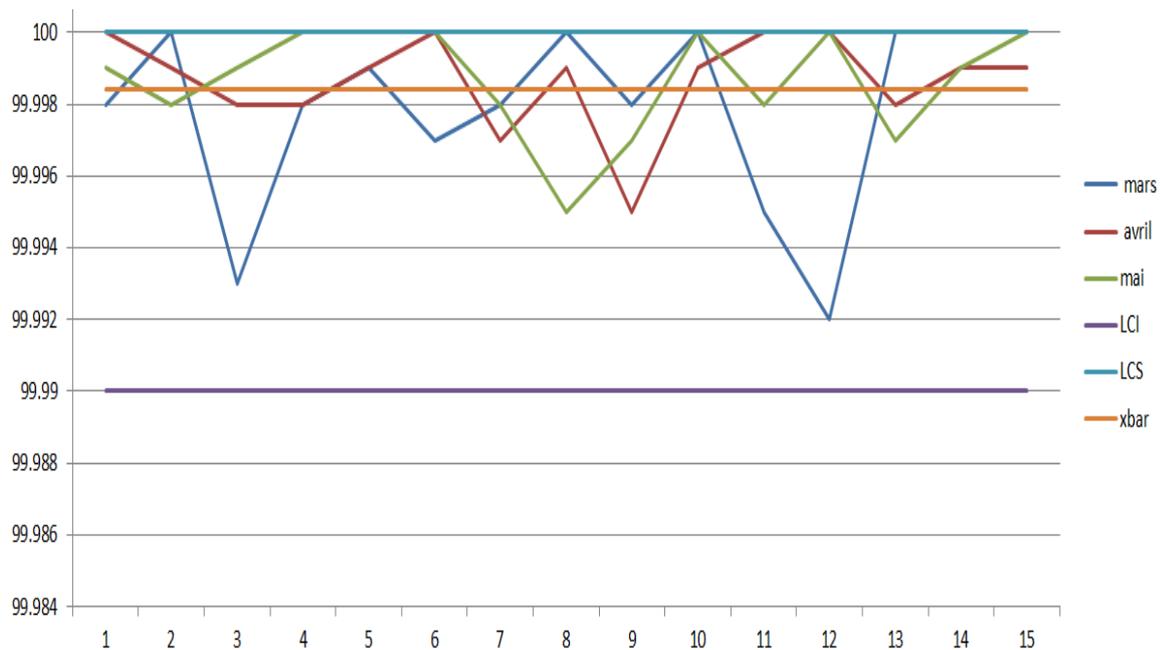


Figure 30: la carte de contrôle qualité des mois mars, avril et mai

-D'après la carte de contrôle, notre première remarque est :

-Tous les échantillons sont acceptables car ils sont inclus dans l'intervalle contractuel des 99,990%--100%.

-Donc, d'après l'analyse de tous les échantillons pour les mois précédents, on remarque que la qualité de l'hélium est toujours proche ou égale à 100%

3.7. Analyse d'automatisme de la partie PSA

3.7.1. Les domaines d'utilisation des DCS (14)

Le DCS ou le système de contrôle distribué (distributed control system) est un système de contrôle industriel destiné aux usines dont les éléments de commande sont distribués ou géo-répartis. À la différence des systèmes de contrôle centralisés qui comportent un seul contrôleur central qui gère toutes les fonctions de contrôle-commande du système, les systèmes de contrôle

distribués sont constitués de plusieurs contrôleurs qui commandent les sous-systèmes ou unités de l'installation globale.

Les DCS sont principalement utilisés dans les industries de procédés intégrant la gestion par batch ou recette. Par exemple, on peut retrouver les DCS dans les industries de raffinage, dans l'industrie pétrolière, dans les stations de production d'énergie, dans les cimenteries, dans l'industrie pharmaceutique etc....

3.7.2. Modélisation de la partie PSA par GRAFCET.

3.7.3. Le but de GRAFCET

Le **GRAFCET** est un diagramme fonctionnel, le but de cette modélisation est de décrire graphiquement les différents comportements d'un automatisme séquentiel. Le GRAFCET décrit les cycles par une succession d'ETAPES et des TRANSITIONS ; les étapes sont associées des ACTIONS et les transitions des RECEPTIVITES.

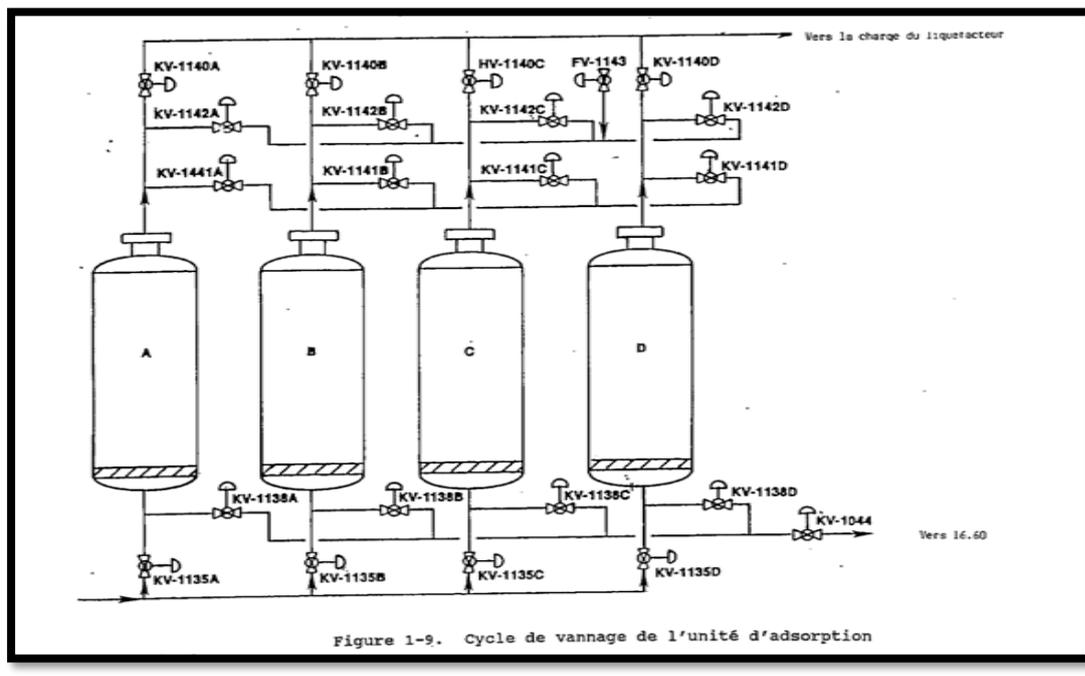


Figure 31:vannes de la partie PSA

3.7.4. Le Cahier de charge

-Cette séquence d'étapes constitue Le cycle complet d'adsorption et de régénération d'un adsorbent

-La même séquence commence pour un autre adsorbent quand l'adsorbent régénéré est amené à l'étape d'adsorption.

Adsorption

-La vanne d'admission de charge KV-1135 et celle d'amenée du produit vers le liquéfacteur KV-1140 sur la cuve adsorbante sont ouvertes .l'écoulement dans le lit adsorbant se fait vers le haut pression .au fur et à mesure du passage de gaz à travers le lit ,les impuretés sont retenues ,à la fin de cette étape d'adsorption. Le front des impuretés sera au niveau 1

Egalisation haut pression

-Les vannes d'égalisation KV-1142A et KV-1142B sont ouvert.

Le gaz s'échappe par le haut d'un lit d'égalisation et en recomprime un autre

FV-1143est ouvert pour assurer l'alimentation en hélium par la sortie de la cuve.

Les impuretés dans la cuve adsorbante passe au niveau 2 pendant cette étape .cette dernier se termine quand la pression des deux lit est devenue la même

Agent de purge

-Le flux d'hélium est soutiré de la sortie de la cuve au repos par les vannes KV-1142.

Cet hélium est dirigé vers un lit en régénération ou il sert à la purge des impuretés présentes dans l'adsorbant .pendant cette étape, le front des impuretés passe au niveau 3

Egalisation basse pression

-L'hélium transite par les vannes d'égalisation de pression KV-1141 du lit en ligne vers le lit qui vient d'être purgé .l'écoulement se poursuit jusqu'à ce que les deux lit soient à la même pression. à la fin de cette étape. Le front des impuretés est au niveau 4 et l'adsorbant est complètement saturé en impureté

Décompression

-La vanne KV-1141 se referme et le lit en décompression voit sa pression s'abaisser pour l'amener presque à celle du ballon tampon d'adsorption en ouvrant la vanne KV-1138.

L'écoulement de gaz de décompression, consistant en des impuretés et en de l'hélium récupérable, est envoyé vers la cuve atteinte la pression de purge.

Purge

-L'hélium d'une autre cuve subissant l'étape AGENT DE PURGE entre par la sortie de la cuve en ouvrant la vanne KV-1142.

Il descend dans le lit en enlevant les impuretés. Ce gaz riche en impuretés quitte le lit pour se diriger vers le ballon tampon d'adsorption par la vanne KV-1138.

Cette étape se poursuit jusqu'à ce que l'adsorbant soit régénéré. A noter que la pression de la cuve reste tout le temps quasiment constante.

Egalisation basse pression

La vanne KV-1138 se referme maintenant tandis que la vanne KV-1142 reste ouverte. La cuve est mise à la même pression qu'une cuve qui vient de terminer l'étape AGENT DE PURGE.

Egalisation haute pression

-La cuve est maintenant mise à la pression d'une autre cuve venant de terminer sa phase d'adsorption. ce gaz entre par les vannes KV-1142.

Recompression

-La cuve est ramenée à la pression de charge en introduisant une partie de l'hélium par la sortie de la cuve, en passant par KV-1141. après que la cuve ait atteint la pression de charge, elle est régénérée et placée au REPOS, prête à subir un autre cycle d'adsorption.

Repos La cuve est isolée en refermant toutes les vannes d'entrée et de sortie. elle reste dans cet état d'attente, prête à se mettre en service jusqu'à ce que le système soit mis à l'arrêt ou remis en marche.

Le tableau d'entrée /sorties de la partie PSA

Chapitre 03 : Analyse du système de production d'hélium de l'usine HELIOS

Entrées	Sorties
A35- : la vanne est fermée	35A: la vanne KV-1135A s'ouvre
A35+ : la vanne est ouverte	35B: la vanne KV-1135B s'ouvre
B35- : la vanne est fermée	35C : la vanne KV-1135C s'ouvre
B35+ : la vanne est ouverte	35D : la vanne KV-1135D s'ouvre
C35+ : la vanne est fermée	38A : la vanne KV-1138A s'ouvre
C35+ : la vanne est ouverte	38B : la vanne KV-1138B s'ouvre
D35- la vanne est fermée	38C : la vanne KV-1138C s'ouvre
D35+ : la vanne est ouverte	38D : la vanne KV-1138D s'ouvre
A 38- : la vanne est fermée	40A : la vanne KV-114A s'ouvre
A38+ la vanne est ouvert	40B : la vanne KV-1140B s'ouvre
B38- : la vanne est fermée	40C : la vanne KV-1140C s'ouvre
B38+ : la vanne est ouverte	40D: la vanne KV-1140D s'ouvre
C38- : la vanne est fermée	41A : la vanne KV-1141A s'ouvre
C38+ : la vanne est ouverte	41B : la vanne KV-1141B s'ouvre
D38- : la vanne est fermée	41C : la vanne KV-1141C s'ouvre
D38+ : la vanne est ouverte	41D : la vanne KV-1141D s'ouvre
A40- : la vanne est fermée	42A : la vanne KV-1142A s'ouvre
A40+ : la vanne est ouverte	42B : la vanne KV-1142B s'ouvre
B40- : la vanne est fermée	42C : la vanne KV-1142C s'ouvre
B40+ : la vanne est ouverte	42D : la vanne KV-1142D s'ouvre
C40- : la vanne est fermée	44 : la vanne KV-10444 s'ouvre
C40+ : la vanne est ouverte	FV-43: la vanne KV-1143 s'ouvre
D40- : la vanne est fermée	35A : la vanne KV-1135A se ferme
D40+ : la vanne est ouverte	35B : la vanne KV-1135B se ferme
A41- : la vanne est fermée	35C : la vanne KV-1135C se ferme
A41+ : la vanne est ouverte	35D : la vanne KV-1135D se ferme
B41- : la vanne est fermée	38A : la vanne KV-1138A se ferme
B41+ : la vanne est ouverte	38B : la vanne KV-1138B se ferme
C41- : la vanne est fermée	38C : la vanne KV-1138C se ferme
C41+ : la vanne est ouverte	38D : la vanne KV-1138D se ferme
D41- : la vanne est fermée	40A : la vanne KV-1140A se ferme
D41+ : la vanne est ouverte	40B : la vanne KV-1140B se ferme
A42- : la vanne est fermée	40C : la vanne KV-1140C se ferme
A42+ : la vanne est ouverte	40D : la vanne KV-1140D se ferme
B42- : la vanne est fermée	41A : la vanne KV-1141A se ferme
B42+ : la vanne est ouverte	41B : la vanne KV-1141B se ferme
C42- : la vanne est fermée	41C : la vanne KV-1141C se ferme
C42+ : la vanne est ouverte	41D : la vanne KV-1141D se ferme
D42- : la vanne est fermée	42A : la vanne KV-1142A se ferme
D42+ : la vanne est ouverte	42B : la vanne KV-1142B se ferme
1044- : la vanne est fermée	42C: la vanne KV-1142C se ferme
1044+ : la vanne est ouverte	42D : la vanne KV-1142D se ferme
FV- : la vanne est fermée	1044 : la vanne KV-1044 se ferme
FV+ : la vanne est ouverte	FV-43: la vanne KV-1143 se ferme

Tableau 15:représente toutes des entrées /sorties de la partie PSA

3.7.5. Les étapes d'adsorptions

ADSORB : adsorbant

EG1 : égalisation haut pression

IDL: repos

AG |: agent purge

EG2: égalisation basse pression

DECOMP: décompression

PURG: purge

RECOMP : recompression

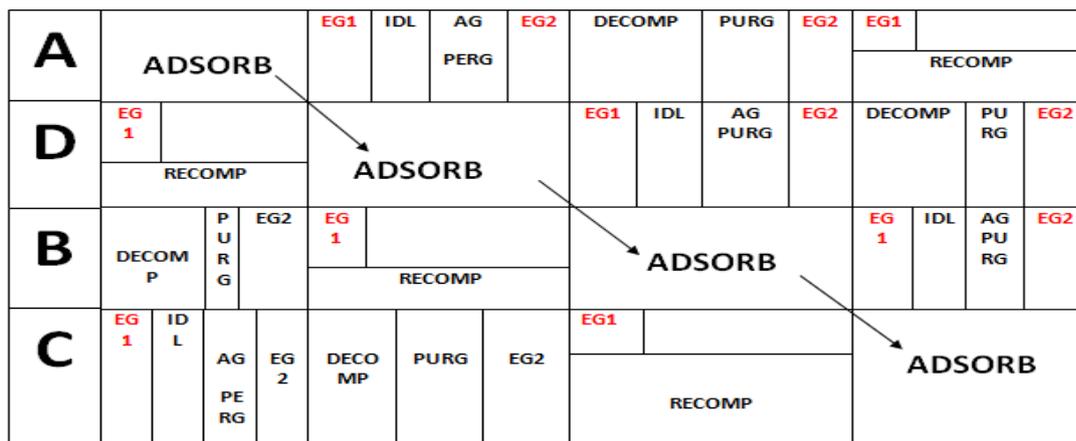
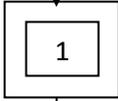


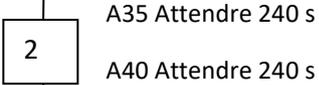
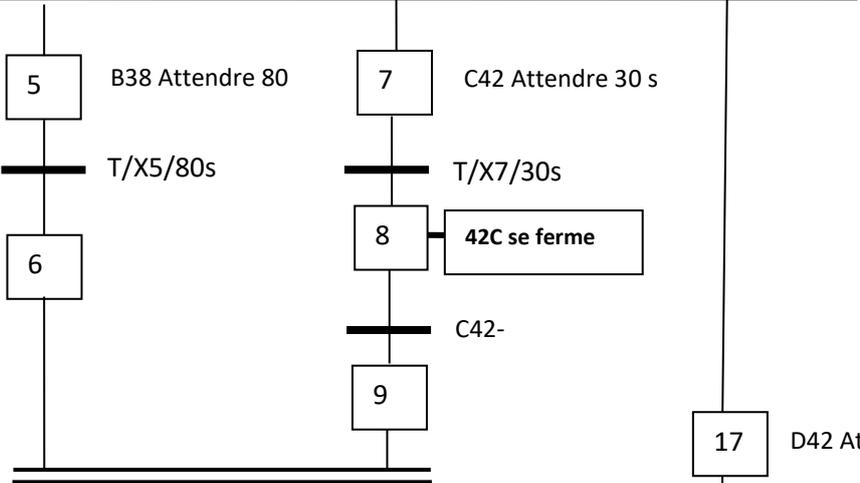
Tableau 16:tableau représente la séquence d'adsorption

3.7.6. Les conditions initiales :

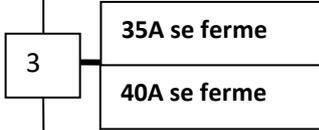
- La vanne 35A est ouverte
- La vanne 40A est ouverte
- La vanne 42D est ouverte
- La vanne 42C est ouverte
- La vanne 38B est ouverte
- La vanne 1044 est ouverte
- La vanne 43 est ouverte
- La vanne FV-43 est ouverte
- La vanne 35C est fermée



A35+. A40+. D42+ .B38+. C42+. 1044+.FV+ + X83.C35-



T/X2/240 s



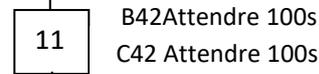
A35-.A40-



1



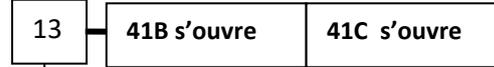
B42+.C42+



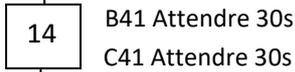
T/X11/240 s



B42-.C42-.B38-



B41+.C41+



T/X14/240 s



B41-.C41-



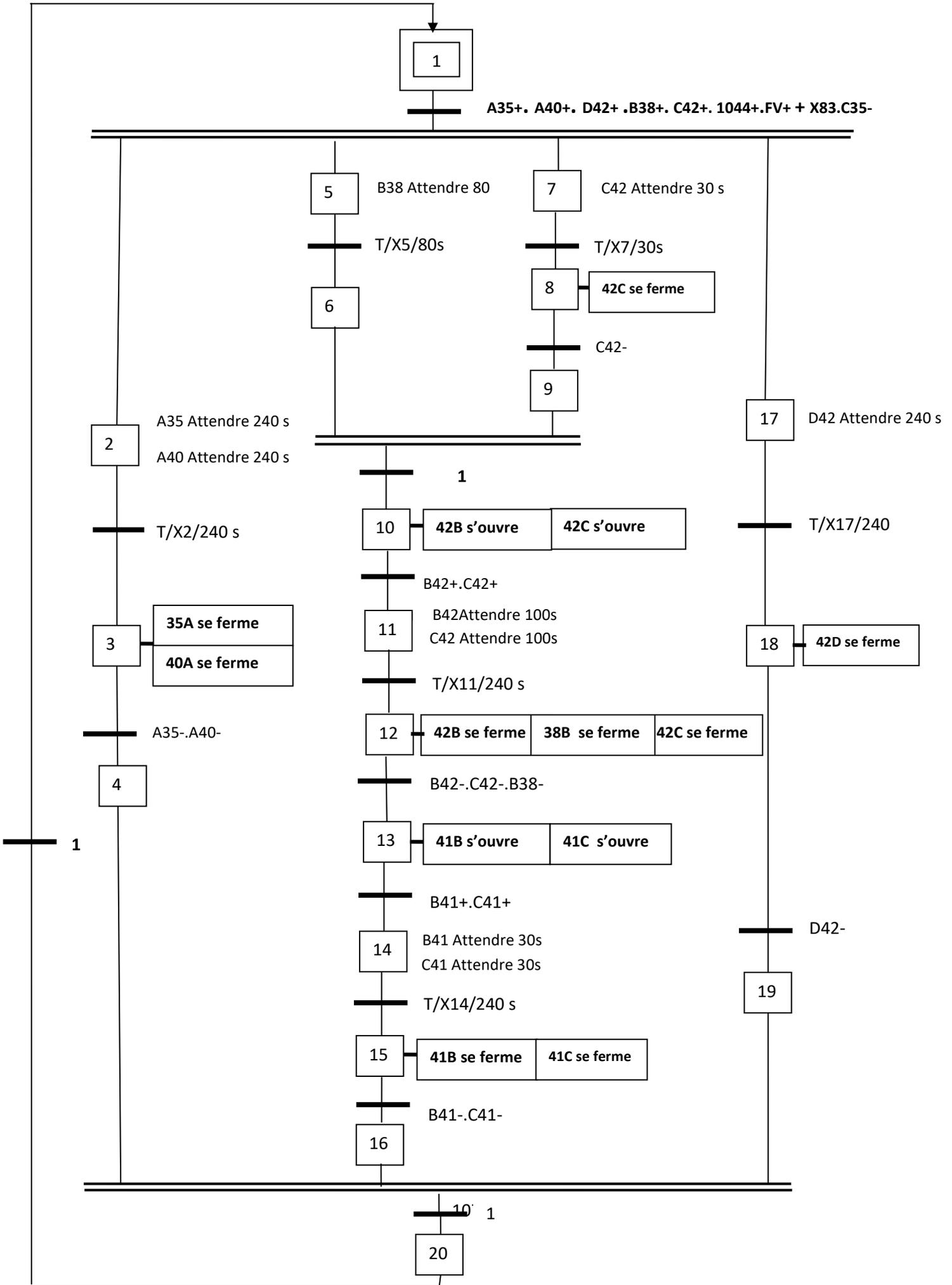
T/X17/240

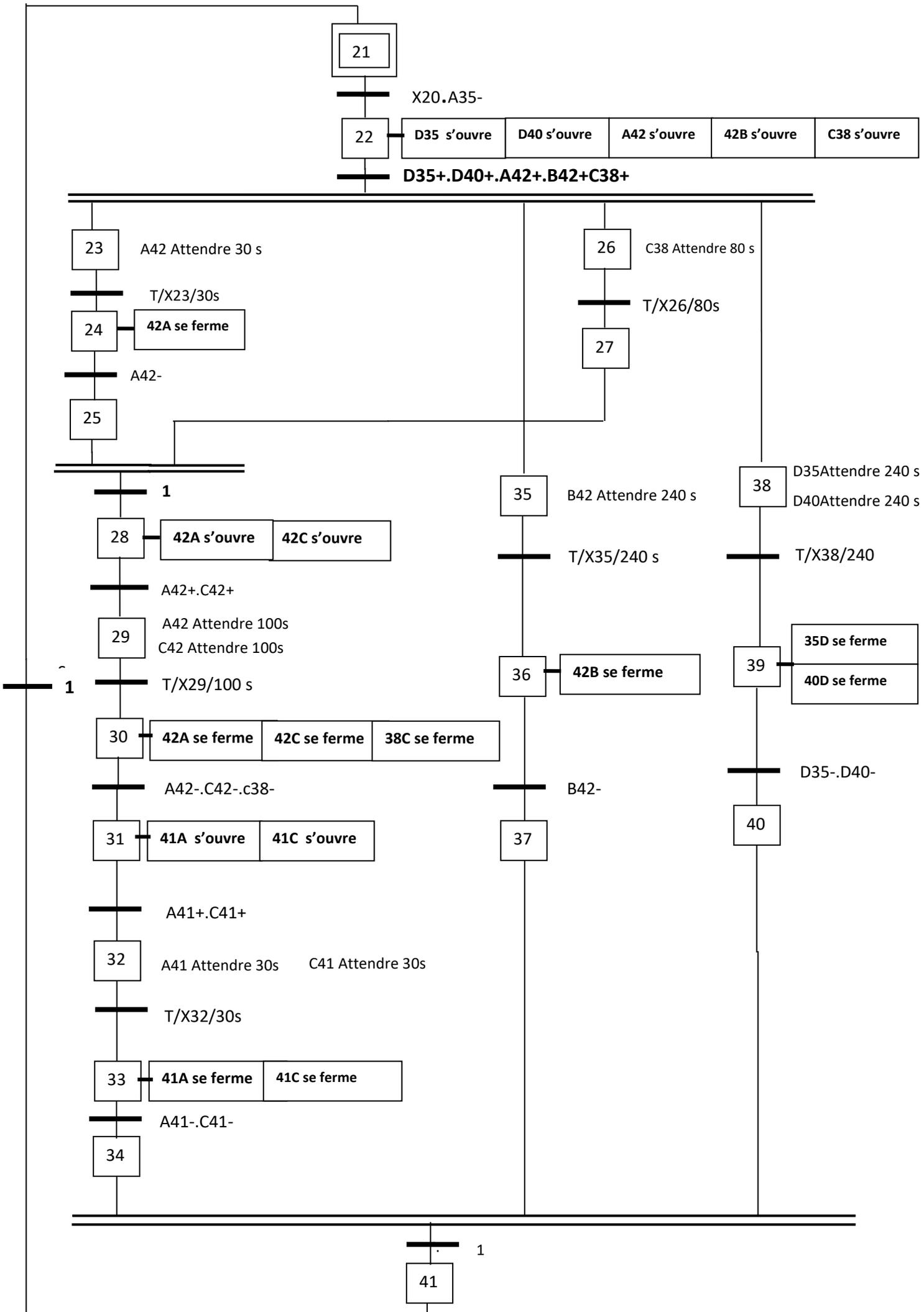


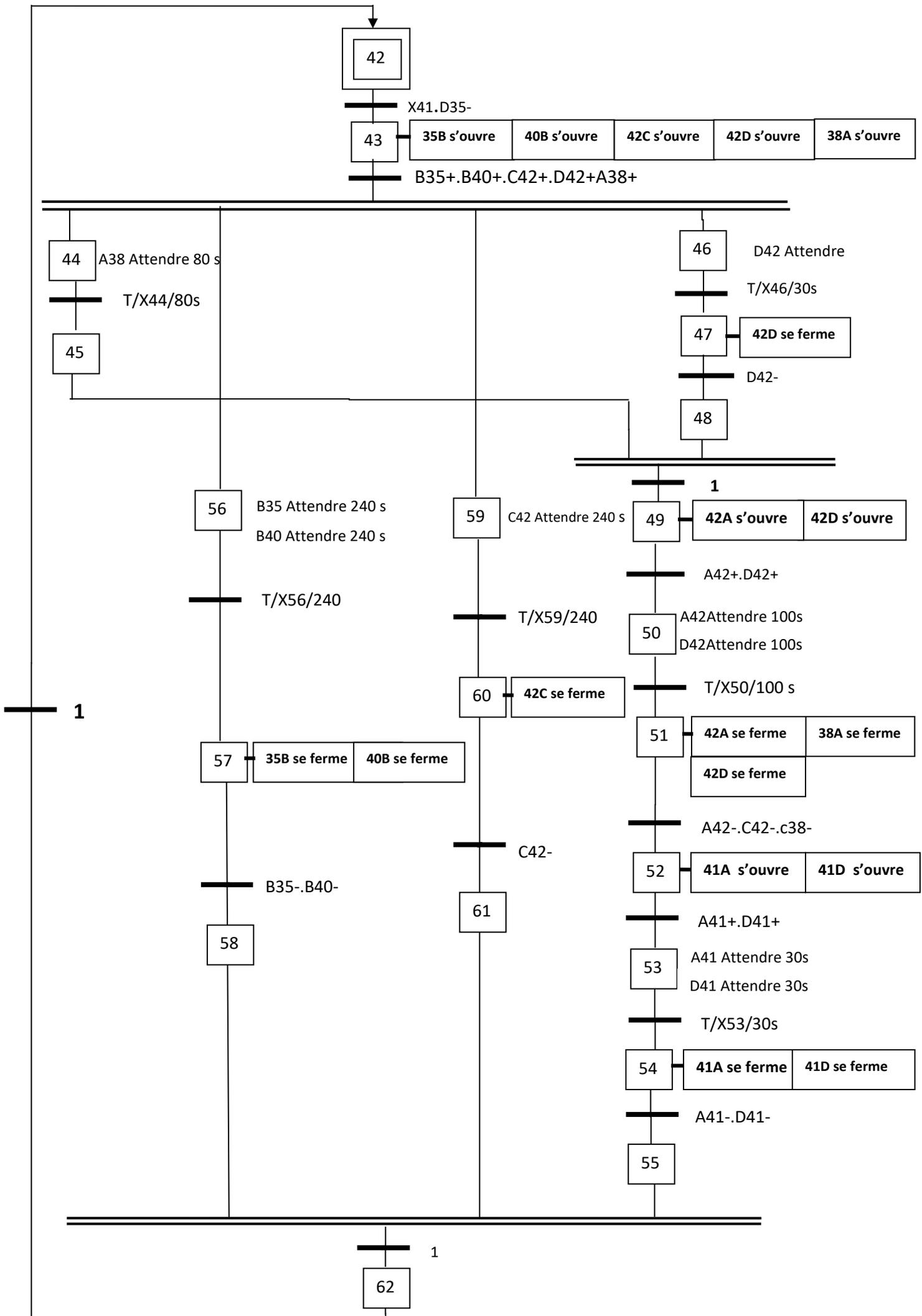
D42-

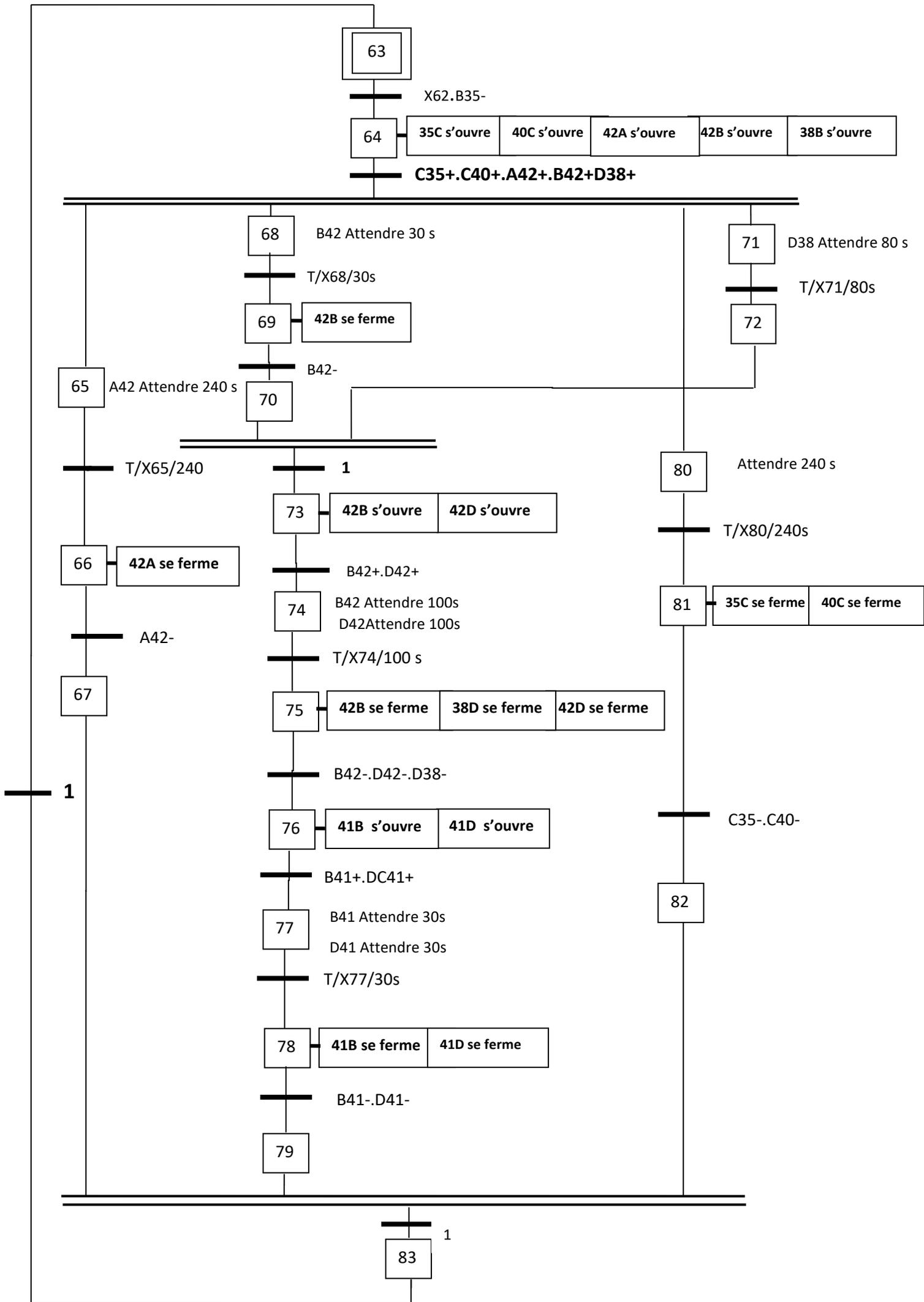


10 1









63

X62.B35-

64

35C s'ouvre

40C s'ouvre

42A s'ouvre

42B s'ouvre

38B s'ouvre

C35+.C40+.A42+.B42+D38+

68

B42 Attendre 30 s

T/X68/30s

69

42B se ferme

B42-

65

A42 Attendre 240 s

70

T/X65/240

1

73

42B s'ouvre 42D s'ouvre

B42+.D42+

74

B42 Attendre 100s
D42 Attendre 100s

T/X74/100 s

66

42A se ferme

A42-

67

75

42B se ferme 38D se ferme 42D se ferme

B42-.D42-.D38-

76

41B s'ouvre 41D s'ouvre

B41+.DC41+

77

B41 Attendre 30s
D41 Attendre 30s

T/X77/30s

78

41B se ferme 41D se ferme

B41-.D41-

79

Attendre 240 s

T/X80/240s

35C se ferme 40C se ferme

C35-.C40-

82

1

83

L'objectif de cette modélisation :

-Le GRAFCET permet à l'aide du graphique de détailler la chronologie des actions de la partie PSA

-l'ouverture et la fermeture de chaque vanne sont contrôlées par des capteurs de position donc chaque ouverture ou fermeture représente une étape du cycle d'adsorption

-Déterminer quelles sont les étapes pouvons-nous changer afin d'améliorer cette partie.

3.7.7. À travers le GRAFCET

Nous avons déduit quelques observations et résultats :

-si un des vannes ne s'ouvre pas ou ne se ferme pas dans le bon moment, alors le système se bloque et les autres adsorbants restent en repos jusqu'à la réparation ou le changement de la vanne.

-Pour cela il faut faire une vérification quotidienne des vannes et les capteurs de position des vannes

-Si la pression à l'intérieur d'un lit d'adsorbant est supérieur ou inférieur à la pression d'adsorption ou les autres étapes donc les étapes du GRAFCET ne s'exécute pas et le système resté bloqué jusqu'à l'augmentation ou la diminution de la pression dans le lit d'adsorbant

-Donc, notre proposition est d'augmenter la durée d'adsorption pour gagner un temps de réparation en cas de blocage des vannes.

Donc la nouvelle durée d'adsorption égale à 360 secondes= **6 minutes** est c'est la capacité maximale d'utilisation de l'adsorbant

Donc il suffit juste à changer la durée des étapes suivantes :

X2=360s, X38=360s, X56=360s, X80=360s

Pour produire 4500 kg/jour il faut que le débit=24200 kg/jour

24200kg/j=1008,33kg/heure et 1008,33/2=504,16kg/heure

Donc:

If
Débit du gaz de charge < 504,16 kg/heure
T=360s
Sinn
T=240s

Conclusion

Dans ce troisième chapitre, nous allons appliquer plusieurs méthodes et outils d'analyse du système et on a sorti avec des remarques et des résultats qui vont nous aider à modifier le système et à proposer des nouvelles idées pour augmenter la capacité de production et assurer le bon fonctionnement du système.

Donc d'après les résultats d'analyse, le problème majeur de l'usine est le manque de la matière première, cette dernière est varié dans un large intervalle en plus le débit est insuffisant pour utiliser les deux chaînes de production en même temps.

Concernant le fonctionnement du système la durée des pannes est les réparations et les indices de performances jouent un rôle très important pour produire le maximum d'hélium, pour cela ,on a proposé la stratégie AMDEC avec des actions préventives pour minimiser les probabilités des problèmes techniques soit dans notre usine HELIOS et le complexe GNL2\ puisqu'il sont presque les mêmes équipements .

CHAPITRE 04

Modélisation du système de production d'hélium

Introduction

Chaque système de production est caractérisé par plusieurs facteurs agissant sur la performance de système tels que : les règles de gestion des files d'attente, le temps de changement d'outil sur une machine, la vitesse d'un engin de manutention, la dextérité d'un opérateur et la performance globale du système.

L'utilisation d'un modèle nous permet de mieux observer et de comprendre le fonctionnement du système réel sans avoir à le réaliser physiquement, ce qui nous épargne le coût et le temps à dépenser pour matérialiser ce système qui nous sera moins facile à manipuler réellement pour une bonne expérimentation.

Ensuite, par simulation, il est possible de mesurer l'impact relatif de chacune de ces composantes sur la performance globale du système de production

Dans ce chapitre, l'utilisation du logiciel ARENA nous permet d'observer la variation de la quantité de production journalière selon la variation du débit du gaz de charge

Premièrement on va simuler le système actuel et interpréter les résultats obtenu ensuite nous allons simuler le même système mais avec l'intégration du nouveau projet qui consiste à intégrer deux autres fournisseurs de la matière première d'usine et déduire le débit de ce gaz pour chaque fournisseur pour revenir à la situation initiale

Après puisque tous les approvisionnements d'installation du projet sont faits par des ingénieurs d'usine donc le budget et la durée totale du projet est fixée, donc on va utiliser leurs résultats pour déduire le niveau de contrôle et le rendement de ce projet à l'aide des règles du système flou.

Finalement on va conclure ce chapitre avec une conclusion qui va regrouper tous les résultats obtenus

4.1.Définition de la simulation

Les simulations sont des processus qui consistent à concevoir des modèles des systèmes (réels) et mener des expérimentations sur ces modèles, interpréter les observations fournies par le déroulement des modèles et formuler des décisions relatives au système.

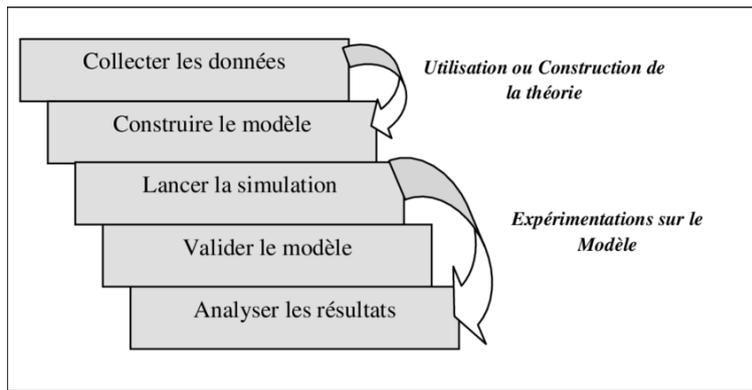


Figure 32:etapes simulation

4.1.1. Pourquoi choisir le logiciel ARENA Simulation :

-Il existe plusieurs logiciels de simulation de flux dans le monde, avec des approches différentes, des ergonomies plus ou moins intuitives, voire avec des spécificités secteurs pour certains.

Le logiciel de simulation de flux ARENA Simulation présente de nombreux atouts pour accompagner au mieux les projets industriels.

4.1.2. Simulation de flux : une approche sur-mesure

Le logiciel ARENA donne aux utilisateurs la possibilité de réaliser leur simulation sur-mesure pour le but d'avoir une vision des flux la plus réelle possible, là où d'autres logiciels doivent être adaptés. La rapidité de calcul d'ARENA est l'un de ses atouts majeurs, la Simulation ARENA dialogue facilement avec les différentes applications de l'entreprise pour faciliter le travail de collecte des informations indispensable à la réalisation de la simulation.

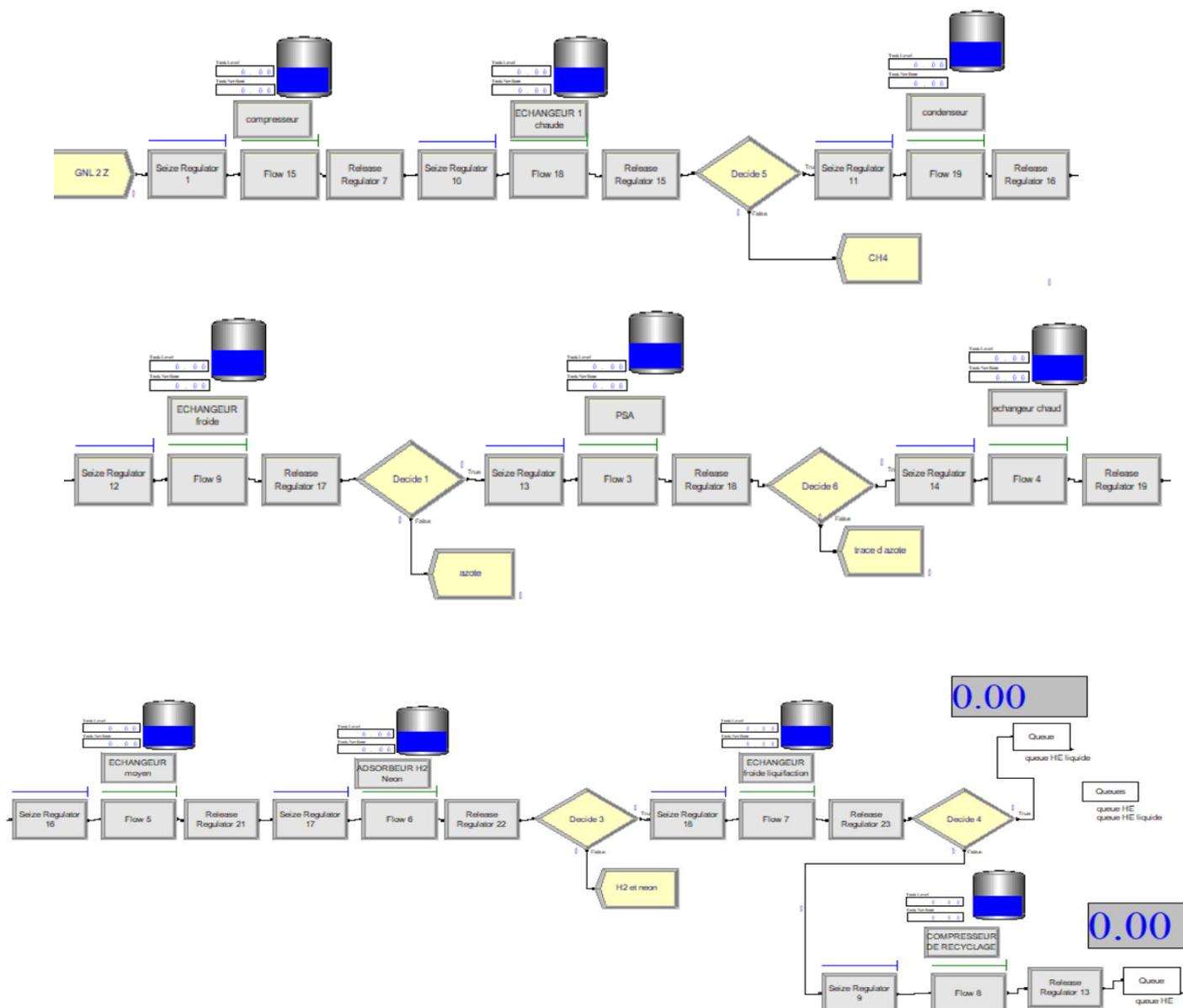
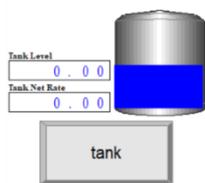


Figure 33: modélisation du système complet

4.2. Modélisation de notre système de production

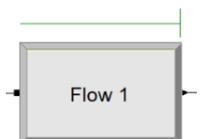
Nous avons utilisé la bibliothèque flow process pour réaliser ce modèle

Pour cela on 'a utiliser quelque bloc (15)



Le bloc de réservoir définit un emplacement où les produits sont stockés ou détenus

La capacité est la quantité maximale qui peut être stockée dans le réservoir au début de la simulation ou lorsque le système est effacé.



Le bloc flow est utilisé en conjonction avec le bloc tank au modèle semi continu des Opérations telles que l'ajout de produit à un réservoir de retirer des produits d'un réservoir ou le transfert des produits entre deux réservoirs



Le module seize régulateurs alloue un ou plusieurs régulateurs à une entité. lorsqu'une entité entre dans ce module, elle attend dans une file d'attente jusqu'à ce que tous les organismes de réglementation spécifique soit disponibles en même temps.



Le module de sortie du régulateur est utilisé pour le but de libérer les régulateurs citernes qui ont été attribué à une entité en utilisant le module de régulateur seiz.

Modélisation du système par partie

La partie compression : se compose d'un compresseur de charge qui va comprime le gaz de charge pour amener à la pression d'environ 23,1 bars

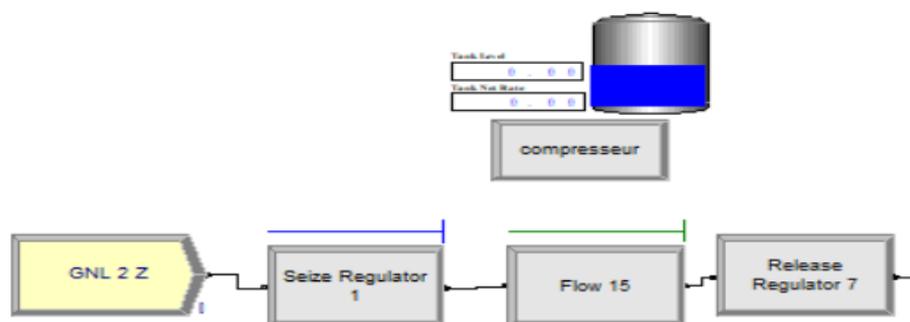


Figure 34: modélisation de la partie compression

La partie purification: se compose de deux échangeurs de chaleurs pour refroidir le gaz et un condenseur et de deux cuves séparatrices pour séparer le gaz d'entrée.

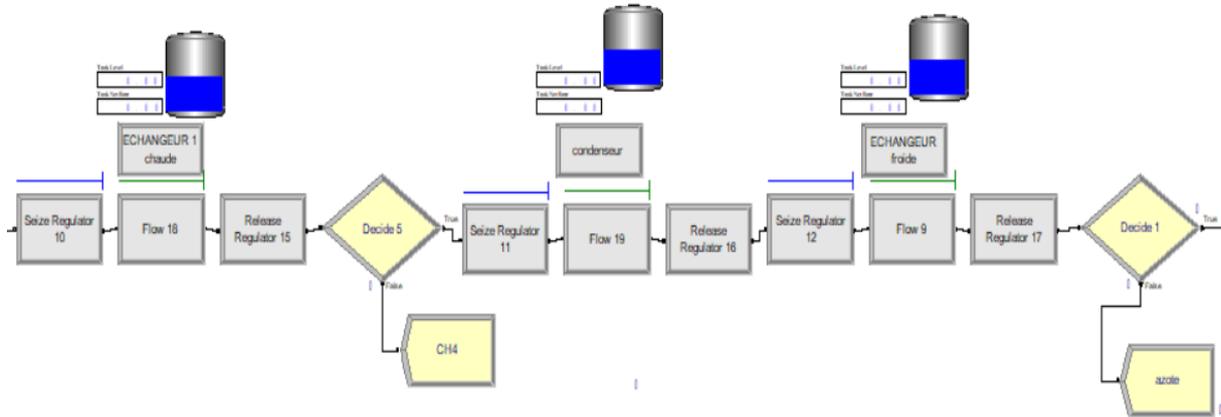


Figure 35:modélisation de la partie purification

Dans la partie purificatrice le gaz sera séparé en deux parties

-La première 45% du gaz de charge est un méthane sera liquéfier est revenir à SONATRACH par pipe

La deuxième 45% du gaz de charge est un azote sera aussi liquéfier est vendu à HELAP

10 % restant est un hélium avec des impuretés

La partie PSA : se compose d'un tamis moléculaire qui va adsorber les impuretés

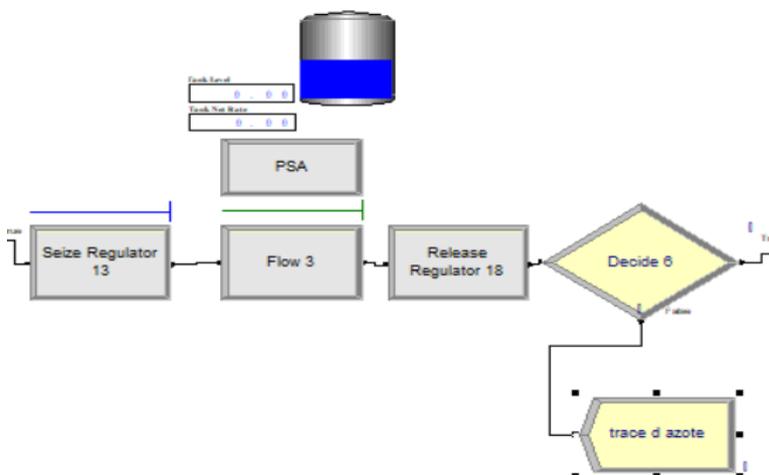


Figure 36: modélisation de la partie PSA

-Concernant cette partie le gaz 93 % du gaz l'hélium sera passe à l'équifacteur et 7 % sont des impuretés "des trace de l'azote "

La partie liquéfaction : se compose de trois échangeurs de chaleur pour refroidir le gaz et liquéfier l'hélium et de deux adsorbeurs pour adsorber les dernières traces d'azote et l'hydrogène et le néon.

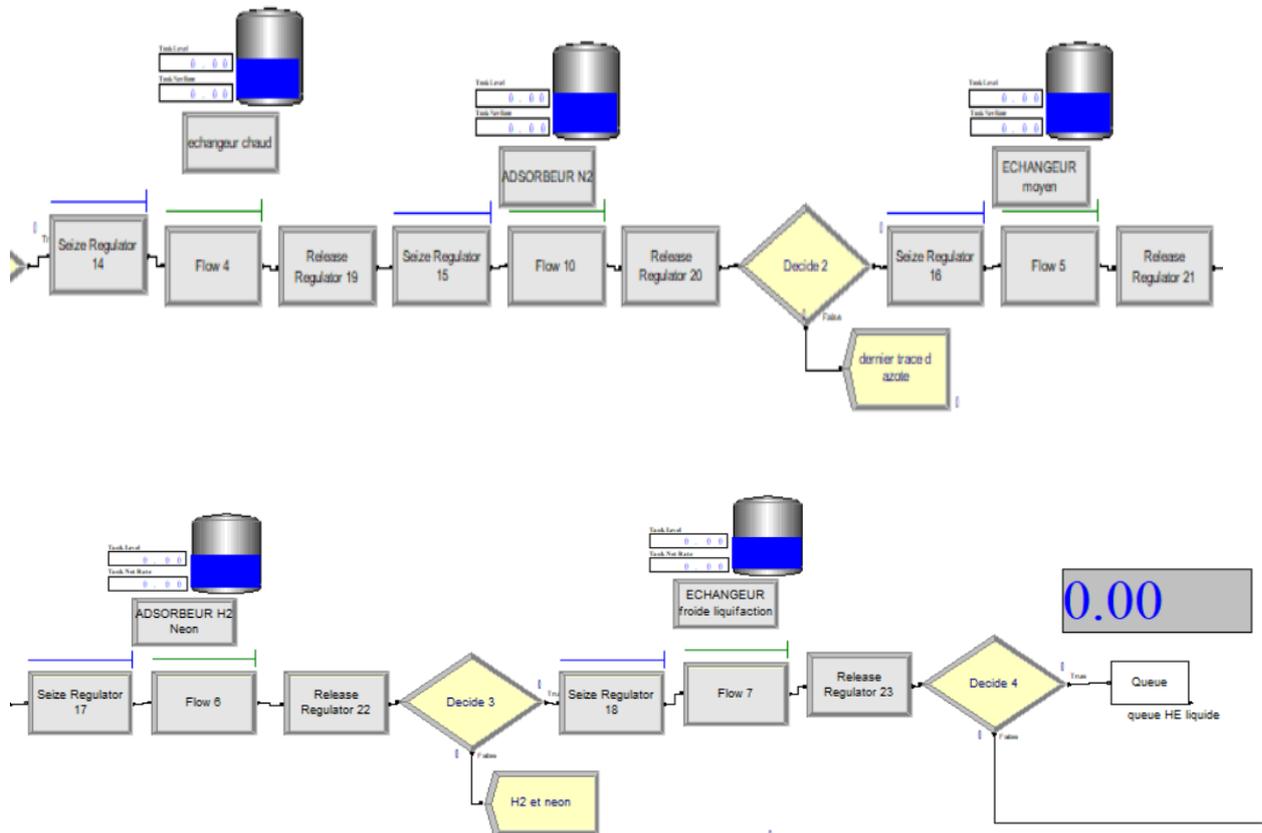


Figure 37:modelisation de la partie liquéfaction

Dans la phase liquéfaction

Les dernier traces de l'azote sera éliminée dans l'adsorbeur 1 et les traces de l'hydrogène et le néon aussi éliminée dans l'adsorbeur 2 les pourcentages comme suit 0.02% et 0.01 % donc le reste du gaz l'hélium sera liquéfier et stockée dans un bac cryogénique

La partie recyclage de l'hélium : cette partie compose d'un compresseur et un réservoir tampon de l'hélium qui sert au refroidissement du système de production

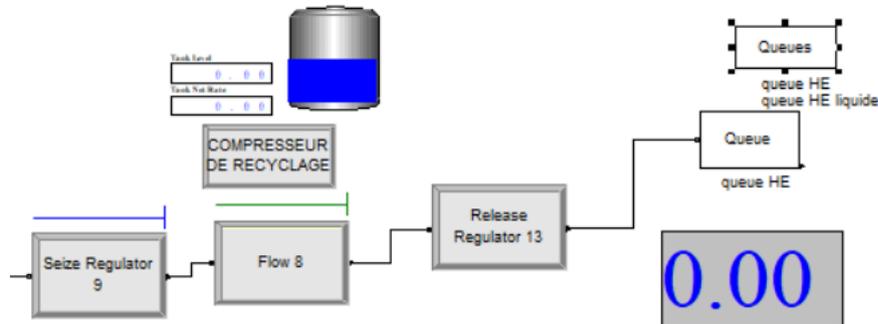


Figure 38:modélisation de la partie recyclage d'hélium

4.2.1. Résultat et discussion :



Figure 39: résultat de la simulation : le gaz de charge

D'après le résultat de la simulation du système sur 24 heures

- le débit d'entrée égale à 102477 Kg par jours

Le résultat obtenu pour la quantité d'hélium stockée par jour

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
queue HE	1589.42	(Correlated)	0.00	2461.00
queue HE liquide	4452.90	(Correlated)	0.00	8958.00
Seize Regulator 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 10.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 11.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 12.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 13.Queue	0.9019	0.025574124	0.00	19.0000
Seize Regulator 14.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 15.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 16.Queue	0.00000000	(Insufficient)	0.00	1.0000
Seize Regulator 17.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 18.Queue	0.05220370	0.002065537	0.00	2.0000
Seize Regulator 9.Queue	330.36	(Correlated)	0.00	1376.00

Figure 40: résultat de la quantité d'hélium produit par jour

L'usine est composée de deux chaînes de production mais le débit de gaz de charge est insuffisant pour utiliser les deux chaînes en même temps

Pour augmenter le débit du gaz de charge il faut intégrer deux autres fournisseur GNL1 et GNL3

1.1.1 Simulation de la production après la réalisation du projet (2 trains)

Pour le GNL1 le gaz est similaire à GNL2Z

Pour le GNL3Z il faut ajouter un purificateur pour purifier le gaz et pour éliminer les impuretés jusqu'à ce que le gaz devienne similaire à GNL2Z

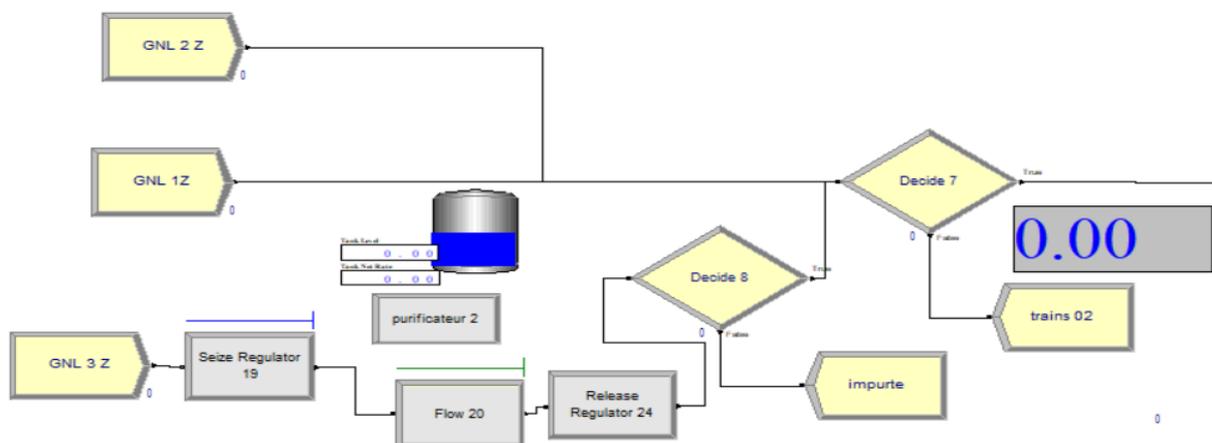


Figure 41:les nouveaux fournisseurs

Le gaz qui vient du GNL 3 passe par un purificateur qui va éliminer les impuretés, donc le gaz ça va séparer en deux 50% du gaz passe directement aux 2 chaînes de production et les

50 % sont des impuretés

Après la somme des débits des 3 fournisseurs se diviser en deux 50% pour le premier train et 50 % pour le deuxième train

Le débit du chaque fournisseur

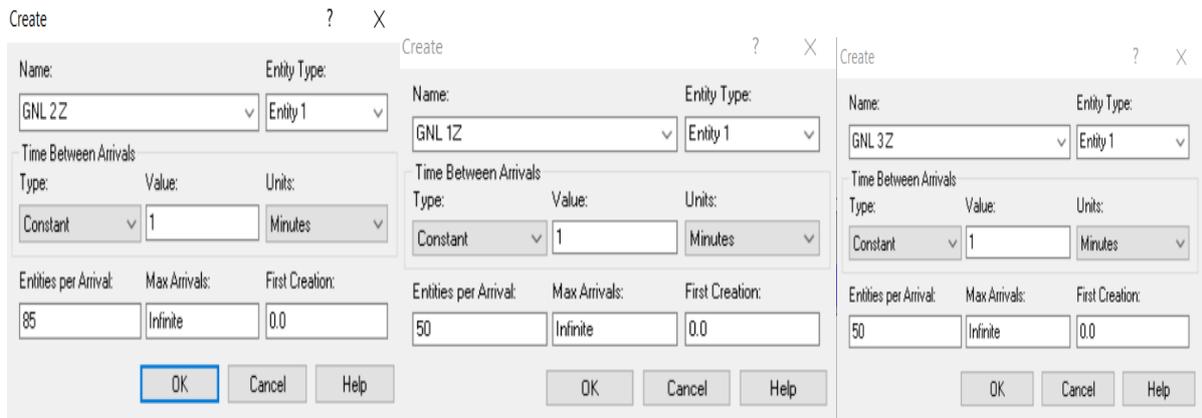


Figure 42:les nouveaux débits du gaz

Pour les débits des fournisseurs du gaz de charge

GNL2 le débit est 85 Kg/minutes

GNL 1 le débit est 50 Kg/minutes

GNL3 le débit est 50 Kg /minutes

Le résultat après l'intégration des nouveaux fournisseurs



Figure 43:le resultat du nouvelle débit

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
queue HE	1568.12	(Correlated)	0.00	2446.00
queue HE liquide	4436.67	(Correlated)	0.00	8904.00
Seize Regulator 1.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 10.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 11.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 12.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 13.Queue	0.6686	0.033598740	0.00	18.0000
Seize Regulator 14.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 15.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 16.Queue	0.00000000	(Insufficient)	0.00	1.0000
Seize Regulator 17.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Seize Regulator 18.Queue	0.04081134	0.002030961	0.00	2.0000
Seize Regulator 19.Queue	2786.04	(Correlated)	0.00	5580.00
Seize Regulator 9.Queue	288.79	(Correlated)	0.00	1266.00

Figure 44 : résultat de la nouvelle quantité d'hélium par train

La quantité de production d'hélium de train 1= La quantité de production d'hélium de train 2

Donc

La nouvelle quantité d'hélium produit les 2 trains = $4436,67 \times 2 = 8873,34 \text{Kg/jour}$

4.3. -Le Nouveau projet :

4.3.1. Gestion d'un projet:

La gestion du projet est un ensemble des connaissances, des compétences, des outils et des méthodes de travail mises au service d'un projet. Cela sous-entend des décisions prises et des interventions effectuées pour le but d'assurer le succès d'un projet dans toutes les phases de son développement tout en respectant le budget et les échéances projetés.

Les 3 axes de la gestion de projet

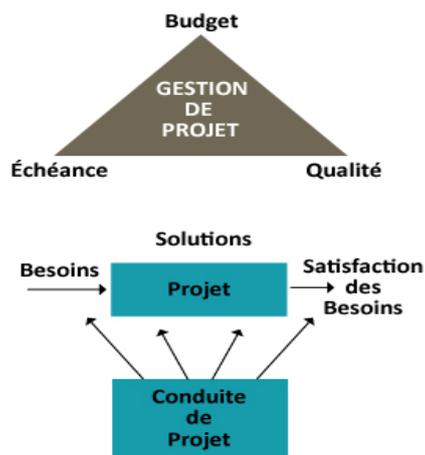


Figure 45: les axes de la gestion de projet

4.3.2. –présentation du projet:

4.3.2.1.Description :

HELIOS et AIR PRODUCT signent un contrat le 18 octobre 2018 qui porte sur l'interconnexions avec les complexes de gaz naturel liquéfié GNL1/Z et GNL3/Z

-Ce projet a pour objectif d'augmenter la quantité de production d'hélium de l'usine HELIOS.

4.3.2.2. Situation géographique :

Le projet se situe dans la zone industrielle d'Arzew

- 1) La première connexion : A partir du complexe **GNL3** vers l'usine **HELIOS**.



Figure

46:installation HELIOS/GNL3

La distance entre les deux complexe=**4 Km**

Le deuxième: du complexe **GNL1** vers complexe **HELIOS**



Figure 47: installation HELIOS/GNL1

La distance entre les deux complexes=**1,5 Km**

Délai de réalisation du projet :

- Pour GNL1 (21) :**10 mois**
- Pour GNL 3 (21) :**18 mois**
- Montant globale (21) : **30 millions de dollars**

-Utilisation du système flou pour déduire le niveau de contrôle et le rendement du projet

4.4. Le système flou (16)

Le système flou est un ensemble d'assertions ou de règles qui transforment des données d'entrée en résultats ou sorties. La formalisation mathématique d'un système flou, n'est pas floue du tout, mais l'utilisateur doit la connaître pour utiliser et adapter le système flou. L'utilisateur peut programmer le système à l'aide de mots et de phrases.

4.4.1. La règle floue (16)

Une règle floue, associe deux ou plusieurs ensembles flous dans une même phrase de type si.....alors..., les règles utilisent des valeurs floues au lieu des valeurs numériques.

Habituellement, les règles floues sont déduites des expériences acquises par les opérateurs ou les experts. Ces connaissances sont traduites en règles simples pouvant être utilisées dans un processus d'inférence floue. Mais il est possible de construire une base de règles floues grâce à des méthodes d'apprentissage, sans avoir nécessairement besoin d'un expert humain

4.4.1.1. Techniques d'Implication

Une règle floue est composée de deux parties : l'antécédent(ou prémisse) et le conséquent (ou action).

Lors de l'exécution d'une règle floue nous devons déterminer la valeur de vérité de la prémisse ; si elle est suffisante, la règle peut être exécutée. L'implication garantit que la fonction de transfert de la valeur de vérité obéie à une loi très simple du raisonnement approché : " La valeur de vérité du conséquent ne peut être plus élevée que celle de l'antécédent".

4.4.1.2.Implication minimum

Elle consiste à effectuer une troncature de l'ensemble flou conséquent, au niveau de la valeur de vérité de la prémisse. La valeur de vérité de l'ensemble flou conséquent sortant μ_{sort} en fonction de celle de l'entrent μ_{ent} (l'ancien conséquent) et de la prémisse notée μ_p est donnée par l'équation suivante ; $\mu_{\text{sort}}(x) = \min(\mu_{\text{ent}}(x) ; \mu_p)$

4.4.1.3.Agrégation Min/Max

Cette technique réalise la conjonction (par l'opérateur 'OU'). Pour chaque valeur de la variable, ce procédé consiste à prendre comme valeur d'appartenance, la plus grande de celle donnée par les ensembles flous conséquents.

4.4.1.4.Focalisation

La 'Focalisation' est la recherche d'une valeur unique résumant au mieux l'information contenue dans l'ensemble flou solution. On appelle cette dernière, 'valeur représentative' de la variable solution. Les deux méthodes de focalisation les plus utilisées sont, la méthode du 'centre de gravité' ou 'Centriode' et la méthode du 'Maximum'.

Méthode de raisonnement	Méthode de focalisation
Implication Minimum et agrégation Min/Max	Maximum
Implication Produit et agrégation Additive	Centroide

4.4.1.5. Méthode du Maximum

La valeur représentative est déterminée par le plateau le plus haut. Quand le plateau a deux extrémités, on prend son milieu ; s'il s'agit d'un plateau à un seul bord, alors cette unique extrémité est représentative. S'il existe plusieurs plateaux ayant le même niveau maximum (c'est à dire que la solution a l'allure d'une sinusoïde), on prend la moyenne des milieux des plateaux.

4.4.2. Application de la méthode

Soit le système flou dédié a déterminé le niveau de contrôle et le rendement du projet selon leur caractéristique

Les ensembles flous pour les variables flous sont comme suit :

La durée du projet

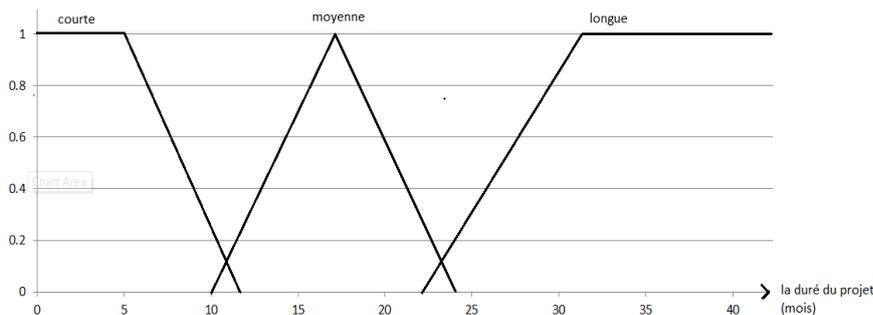


Figure 48: les valeurs linguistiques pour la variable durée

Le budget du projet

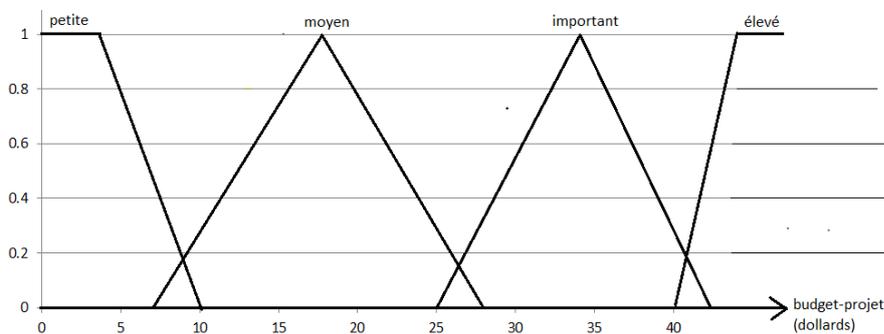


Figure 49: les valeurs linguistiques pour la variable budget

Le niveau de contrôle

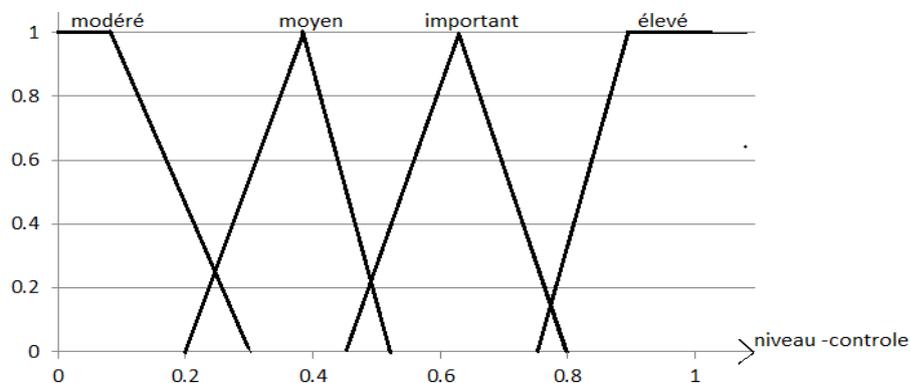


Figure 50 : les valeurs linguistiques pour la variable niveau de contrôle

Le rendement du projet

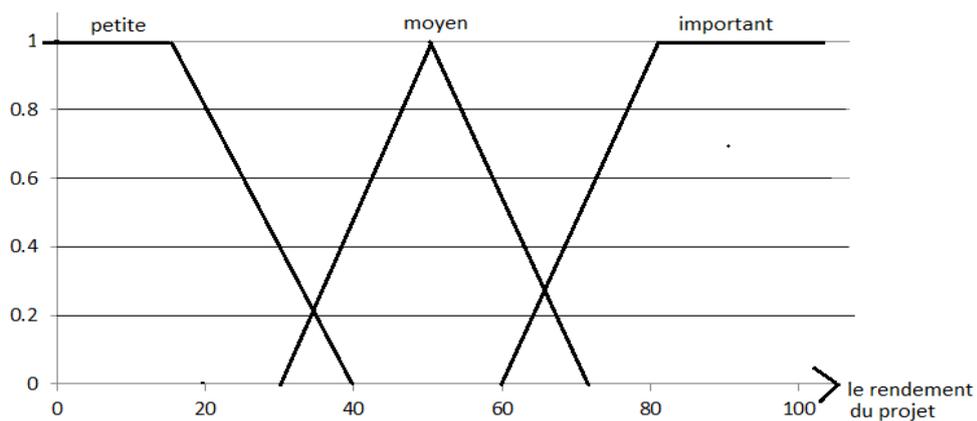


Figure 51:les valeurs linguistiques pour la variable rendement du projet

Application de la méthode

Les règles floues :

- si le budget du projet est important alors le niveau du contrôle est important
- si la durée est moyenne alors le niveau du contrôle est élevé
- si le budget du projet est important alors le rendement du projet est important
- si la durée est moyenne alors le rendement du projet est important

La durée du projet =28 mois

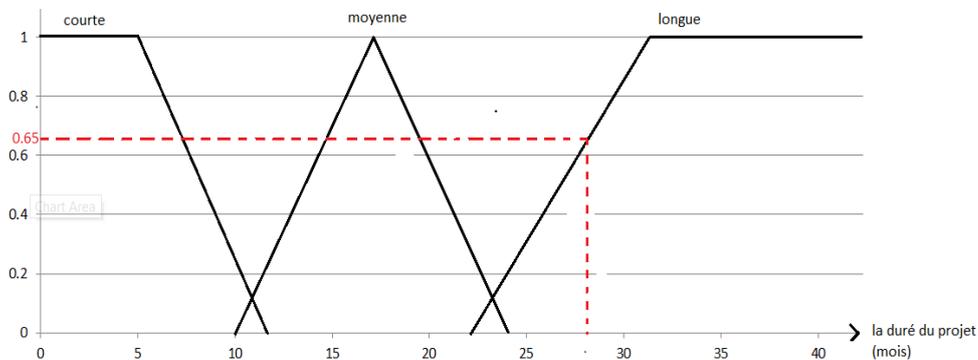


Figure 52 : le degré d'appartenance de la durée

Le budget totale du projet=30 millions dollars

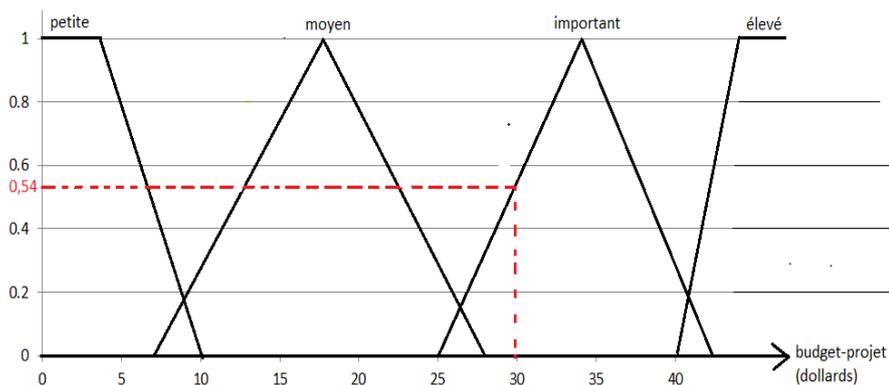


Figure 53: le degré d'appartenance de niveau du contrôle

Si le budget du projet est important alors le niveau du contrôle est important

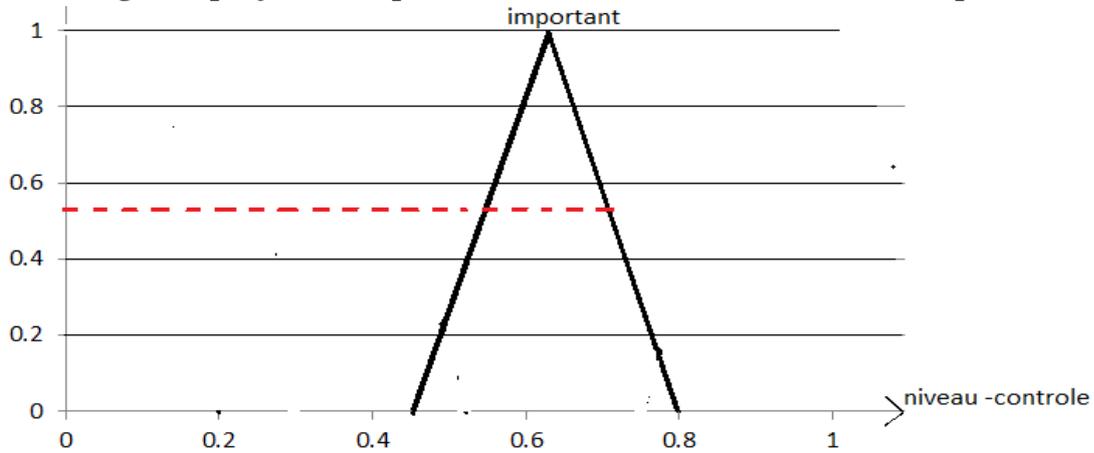


Figure 54 : projection sur le niveau -contrôle

Implication minimum

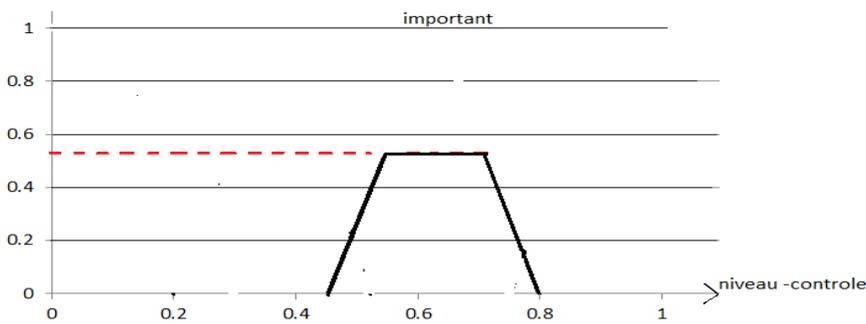


Figure 55: implication minimum importance

Si la durée est moyenne alors le niveau du contrôle est élevé

-implication minimum

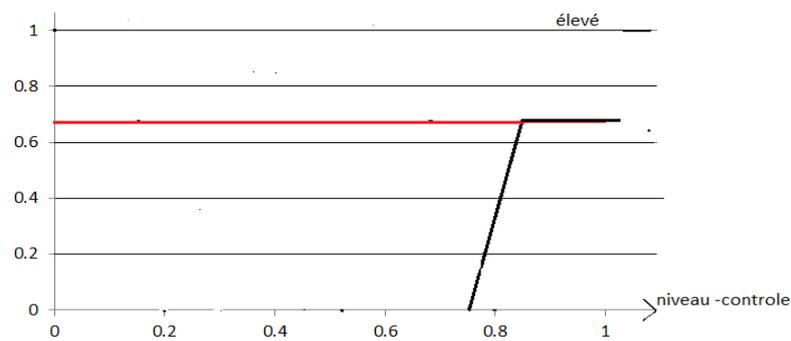


Figure 56:implication minimum élevée

Agregation min/max

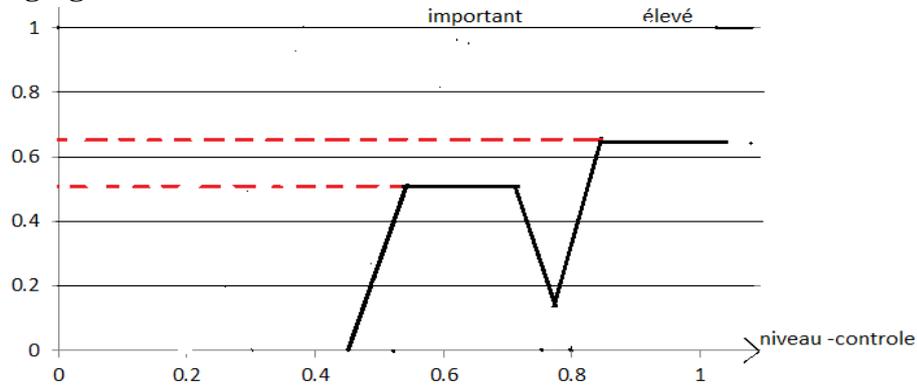


Figure 57:agregation min/max

Focalisation maximum

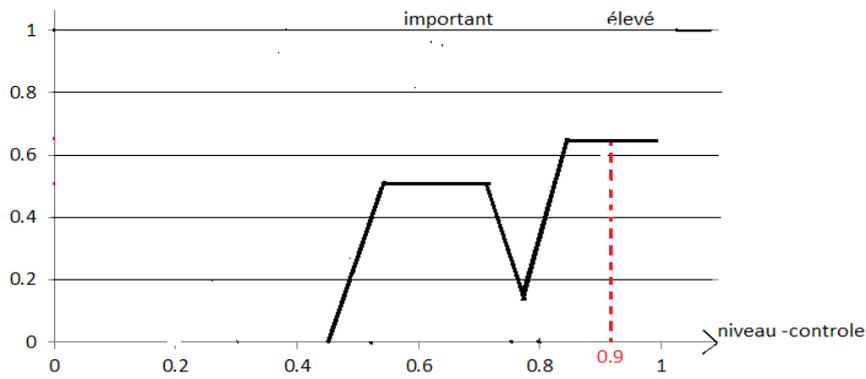


Figure 58:focalisation maximum niveau de controle

Donc le niveau de contrôle du projet = 0.9

-Si le budget du projet est important alors le rendement du projet est important.

-Si la durée est moyenne alors le rendement du projet est important.

Implication minimum et agrégation min/max

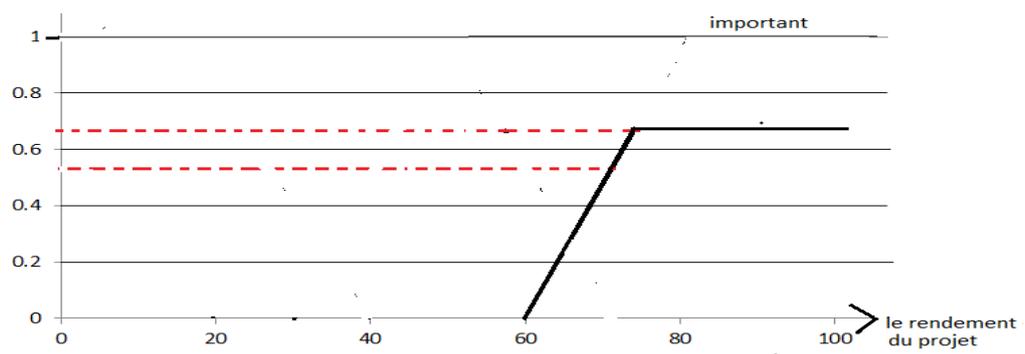


Figure 59:implication minimum et agregation min/max rendement du projet

Focalisation maximum

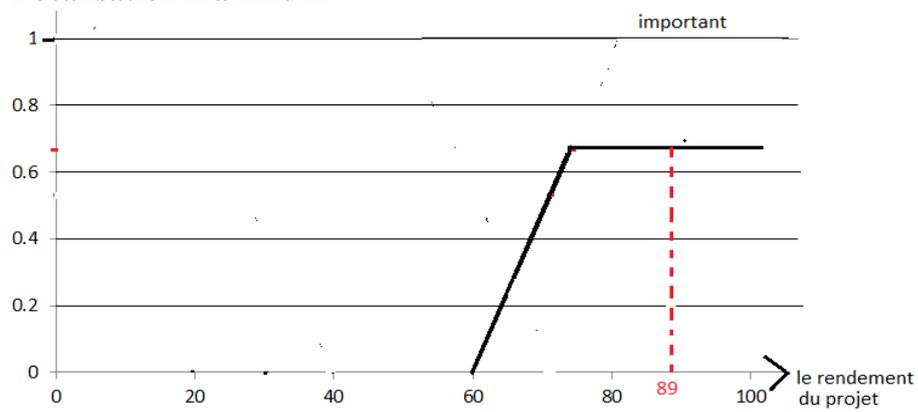


Figure 60:focalisation maximum rendement du projet

Donc le rendement du projet =89%

Conclusion

Dans ce dernier chapitre, nous avons simulé le système actuel de l'usine est vérifier les débits du gaz de charge et les quantités d'hélium produite par jour ensuite, on a fait une simulation de système après la réalisation du projet qui consiste à intégrer des nouveaux fournisseurs et on a remarqué l'augmentation de la quantité d'hélium par rapport à 2 trains

Finalement, on a utilisé les règles du système flou pour déduire le niveau du contrôle et le rendement du projet en utilisant la durée totale et le budget global du projet.

Conclusion générale

Travailler au sein de l'entreprise HELIOS nous a permis d'acquérir de nouvelles connaissances pratiques et aussi d'avoir une idée sur toutes les activités de cette entreprise.

C'était l'occasion de mettre en œuvre nos connaissances théoriques et pratiques acquises pendant notre cursus d'ingénieur.

Concernant notre conclusion finale, et d'après plusieurs méthodes et des outils d'analyse on a pu réaliser tous ces travaux dans ce mémoire concernant l'analyse de la chaîne de production. Nous avons conclu que la seule solution pour augmenter la quantité de production d'hélium était d'augmenter le flux du gaz de charge pour l'usine d'HELIOS pour cela il faut intégrer de nouveaux fournisseurs de gaz de charge dans la chaîne de production d'HELIOS pour revenir à la situation de production initiale.

Notre objectif principal est de faire une évaluation du système de production et d'observer son fonctionnement en temps réel.

D'après les résultats obtenus dans les chapitre 3 et 4, la quantité de production n'est pas stable il y a toujours un déséquilibre à cause de plusieurs facteurs, manque de la matière première,

arrêt du GNL2Z .Concernant la performance du système, le système d'une manière générale fonctionne correctement sauf qu'il y a quelques causes (mentionnées dans le chapitre 03) qui provoquent l'arrêt du système.

La maintenance préventive est une stratégie qui améliore la sûreté de fonctionnement du système donc on a basé sur ce point pour améliorer notre système concernant la qualité du produit le résultat est satisfaisant car il y a un suivi quotidien qui contrôle la qualité du produit fini.

Concernant l'automatisme de la partie PSA notre intervention c'est d'augmenter la durée d'adsorption

La modélisation par ARENA nous permet de simuler le système et d'observer la variation de la quantité de production actuelle et après l'installation du nouveau projet .d'après les résultats du système flou on a déduire que ce projet est nécessite un niveau de contrôle très élevé égale à 0.9 est un rendement de 0.98.

Bibliographie

1. Matières premières : risque d'envol pour l'hélium. [En ligne] © SVP 2021, 26 mars 2019. <https://www.svp.com/article/matieres-premieres-risque-denvol-pour-lhelium-100010086>.
2. *HELIOS BOOK*. 1991. 001--4466.
3. **MARTIN, Arnaud**. *L'analyse de données*. Septembre 2004.
4. **Sutton-Charani, Nicolas**. *Etudes statistiques*. s.l. : Université Montpellier 1.
5. Interprétation de toutes les statistiques et de tous les graphiques pour la fonction Test Z à 1 échantillon. <https://www.minitab.com/>. [En ligne] 2019.
6. **Gallaire, Jean-Marc**. *LES OUTILS DE LA PERFORMANCE INDUSTRIELLE*. 75240 Paris Cedex 05 : Éditions d'Organisation Groupe Eyrolles 61, bd Saint-Germain, © Groupe Eyrolles, 2008. ISBN : 978-2-212-54056-7.
7. **Faouzi, NAJI**. Les 12 meilleurs indicateurs de performance pour suivre l'excellence opérationnelle. <https://syram.eu/les-12-meilleurs-indicateurs-de-performance-pour-suivre-l'excellence-operationnelle>. [En ligne] © 2021 - Syram | All rights reserved.
8. **Lamrani, Mohamed Lamine**. *MESURE DE LA PRODUCTIVITÉ DANS UNE USINE DE RABOTAGE DE BOIS D'OEUVRE*. Québec, Canada : univarsité laval, 2014.
9. **OUAZZANI, REDOUAN CHAHDI EL**. Modélisation et analyse des performances des. [En ligne] 2007.

10. **Brahim, Choudira Zinelaabidine et Aichaoui.** *Etude des paramètres et mode de défaillance d'un compresseur de type GA.* M'SILA : UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2016 /2017.
11. **Landy, Gérard.** *AMDEC guide pratique 2e édition.* s.l. : AFNOR, 2007.
12. **ATYQY, M. EL.** *AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité.* le mar 18/12/2018 - 15:50.
13. **Tidjani, DJELLAL Amar et BENABDALLAH Ahmed.** *Commande séquentielle et supervision des équipements électromécanique de l'atelier de broyage cru par un API S7-300.* BOUIRA : Université AKLI MOHAND OULHADJ –, 2016/2017.
14. **automatisme, Ingénieur.** *Les systèmes de contrôle distribués ou DCS.* [En ligne] France , 13 05 2017. <https://www.automation-sense.com/blog/automatisme/les-systemes-de-contrôle-distribués-ou-dcs.html>.
15. **Issam, Bouhenni.** *Simulation d'une chaîne de production au niveau de l'unité de production moulin Ouled Mimoun.* Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid, 2016.
16. **KOUDAD, Zoulikha.** *La logique floue.* 25 janvier 2021.
17. **AL, r HAMMOU DJALLAL RAFIK et HALOUCHE.** *Modèle Discrets, Test de KHI 2 et Test D'indépendances.* May 2015.
18. *Tests d'hypothèses* . s.l. : S. Le Digabel, Ecole Polytechnique de Montréal, A2017.
19. **Bouhenni Kaddour Issam, Toualbia Abderrahmane,Chabani Rabah,Tounsi Ramzi,Boukhelef Somia.** *Simulation d'une chaîne de production au niveau de l'unité de production Moulin Ouled Mimoun.* tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen, 2015/2016.
20. **OUENIA, Mohand Amokrane.** *Modélisation et évaluation de performance d'une ligne de production.* bejaia : Université Abderrahmane Mira de, Mathématiques Appliquées 2015.
21. **HELIOS ET AIR PRODUCTS PLC :** PRODUIRE PLUS D'HELIUM. [En ligne] SONATRACH, 13 novembre 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=Su2Z6xlvtQ>.
22. **issam, bouhenni.** *simulation d'une chaîne de production au niveau de l'unité de production moulin ouled mimoun.* tlemcen : memoire, 2016.