

Année Universitaire: 2022-2023

### Master Sciences et Techniques GMP Génie des Matériaux et des Procédés

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

## ETUDE CRITIQUE ET OPTIMISATION DE LA MARCHE DE LA STATION DE LAVAGE DES GAZ -PPII

#### Présenté par:

• LAMRINI NOUHAILA

#### Encadré par:

- Mr. BOULAHNA AHMED
- Mr.ER-RECHYDY ADIL
- Mr. EL KHYAT ABDELLAH

Stage effectué à : GROUPE OCP SAFI – SITE MAROC CHIMIE PPII



Faculté des Sciences et Techniques - Fès

■ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

212 5 35 60 80 14 ; Fax : 212 5 35 60 82 14





## Remerciements

Je voudrais exprimer ma sincère reconnaissance à la direction de l'industrie MAROC CHIMIE-Safi pour m'avoir offert l'opportunité de développer mes compétences et de les appliquer à des cas réels en tant qu'étudiante stagiaire. Je tiens également à remercier chaleureusement le personnel de site PPII pour leur excellent accueil, leurs conseils avisés et leur bonne humeur qui m'ont permis de me sentir à l'aise et d'apprendre en toute confiance.

Je souhaitais également remercier de tout cœur le corps professoral et administratif de la **Faculté des Sciences et Techniques de FES** pour leur enseignement de qualité et leur engagement à fournir aux étudiants une formation à jour et adaptée aux besoins du marché.

Je suis également profondément reconnaissante envers mon encadrant pédagogiques Pr. **BOULAHNA AHMED** pour leur soutien, leur suivi attentif et leurs conseils fructueux qui m'ont été d'une grande aide pour la réalisation de ce travail.

Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à mon parrain professionnel, **M. ER-RECEDY ADIL**, son encadrement et sa disponibilité et surtout pour l'intérêt qu'il a porté au cours de la réalisation de ce travail.

Un grand merci à **Mr. EL KHYAT ABDELLAH**, le chef de service, pour son accueil chaleureux, son aide précieuse, et ses encouragements, malgré ses nombreuses responsabilités.

Enfin je souhaitais également remercier l'équipe de la cellule traitement d'acide, Mr. ZAHIR HASSAN, Mr. ELMADHI BALHOUARI, Mr. BOUALAME Mr, FADIL et Mr, AZIZ ELBOCH, pour leur disponibilité et le temps consacré à répondre à mes questions et m'orienter vers une réflexion juste..





## Résumé:

Le rapport présente une étude critique et optimisation de la station de lavage des gaz phosphorique au sein de l'OCP, en particulier la division Maroc Chimie et le pôle industriel Safi. L'objectif est d'améliorer la performance de la station, tout en garantissant la protection de l'environnement et de la santé, en réduisant les émissions de gaz nocifs. Le rapport fournit une vue d'ensemble de l'OCP, de ses différentes activités et de la capacité de production d'acide phosphorique. Il décrit également les différents aspects de la charte du projet, tels que le diagnostic de l'usine, l'analyse des causes de défaillance, la prise d'échantillons Le rapport passe ensuite en revue les principaux arrêts de la station de lavage des gaz, ainsi que les solutions proposées afin de minimiser le nombre d'arrêts. L'évaluation économique est également présentée pour examiner les coûts et les gains potentiels liés aux propositions de solutions. Enfin, le rapport conclut en soulignant l'importance des partenariats pour la réalisation des objectifs de développement durable, en particulier pour maximiser l'impact en matière de développement durable.



## Liste des figures

Figure 1: carte d'implantation du groupe OCP au MAROC	4
Figure 2 : Les unités principales de la division Maroc Chimie	6
Figure 3 : unité de déchargement	8
Figure 4 : Unité de Broyage	9
Figure 5 : Unité d'attaque	11
Figure 6 : Diagramme de phase de NORDENGREN	13
Figure 7 : le procèdes de lavage des gaz au sein de PPII	25
Figure 8: L'écart de la Tempèrature	
Figure 9 :L'écart de débit	36
Figure 10:Pareto des motifs d'arrêt en fonction du temps d'arrêt	37
Figure 11 : Pareto des motifs d'arrêt en fonction du manque à produire	38
Figure 12 Pompe Plastique	42
Figure 13 : Pompe détruite	43
Figure 14: les fluosilicates	44
Figure 15 : Diagramme cause/effet - detection de niveau de bac	47
Figure 16 : Diagramme cause /effet - bouchage des buses de pulvérisation	48
Figure 17: Le corps de la vanne en acier innoxydable	54
Figure 18 : la bille d'une vanne à boisseau sphérique	55
Figure 19 : la conception de la tige de la vanne	55
Figure 20 : conception des jointes de la vanne	56
Figure 21 : PFD proposé	59
Figure 22 : Principe d'osmose inverse	61
Figure 23 : l'action effectuée pour la détection de niveau de bac	65



## Liste des tableaux

Tableau 1: le questionnaire QQQQCP	T/
Γableau 2 : Les équipements des gaines	27
Tableau 3 : Les équipements de la ventilateur	
Tableau 4: les paramètres de la marche planifié	29
Гableau 5 : Le Suivi de température	34
Tableau 6 : Le Suivi de débit	35
Tableau 7 : L'impacte de la station de lavage sur le TRG	37
Tableau 8 : composition chimique des fluosilicate	44
Tableau 9 : teneur de fluore dans les eaux	45
Tableau 10 caractéristique de fonctionnement de radar à onde guidée et un capteur de niv	/eau
de radar	51
Tableau 11 : Etude Economique des propositions	52
Tableau 12 : Critère de comparaison entre une pompe physique et une pompe inox	57
Tableau 13 : programme de nettoyage régulier des équipements de la station de lavage	
Tableau 14 : Plan d'action des dysfonctionnaments de la station de lavage des gaz-PPII	



## Table des matières

	Chapitre I: APERCU GENERAL DU GROUPE OCP	2
I. I	INTRODUCTION :	3
II. I	Présentation Du Groupe OCP	3
A.	Présentation Global	3
В.	La plateforme du groupe OCP SAFI :	4
III.	PROCEDES DE FABRICATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE	6
A.	DECHARGEMENT DU PHOSPHATE :	7
	1. Présentation des équipements	7
	2. Description du procédé	7
B.	UNITE DE BROYAGE	8
	1. Présentation des équipements	8
	2. Description du procédé	9
C.	UNITE D'ATTAQUE :	10
	1. Présentation des équipements de l'atelier Attaque	10
	2. Description du procédé	10
	3. Les principales réactions	11
D.	Unité de filtration :	12
	1. Filtre PRAYON:	12
	2. Filtre UCEGO:	12
	3. LES PRINCIPAUX PARAMETRES DE MARCHE :	13
	a) la teneur en sulfate libre :	13
	b) La température	13
E.	UNITE CONCENTRATION D'ACIDE PHOSPHORIQUE :	13
	1. DESCRIPTION DE LA CAP	14
	a) L'échangeur de la chaleur	14
	b) Le bouilleur :	15
	c) Laveur condenseur	15
F.	UNITE DE Stockage d'acide phosphorique :	15
IV.	Cadrage et charte du projet	16

#### کلیة العلوم و التقنیات فاس +۵۲Σμοι+ ۱ +۲۵ΘΟοΙΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### جامعة سيدي محمد بن عبد الله +οΟΛοΠΣ+ ΘΣΛΣ ΓΒΛΓΓΟΛ ΘΙ ΗΘΛΒΝΝοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

A.	Les Enjeux	16
B.	Charte du projet	16
V.	Conclusion	17
	Chapitre II : Etude critique de la station de lavage des gaz	18
I.	Introduction	19
II.	TRAITEMENT PAR ABSORPTION	19
A.	Principes	19
	1. La vitesse d'adsorption	20
	2. Les limites de l'absorption	20
	a) Limites de l'absorption :	20
	b) Paramètres qui influencent le phénomène d'absorption	20
B.	Equilibre gaz-liquide:	21
III.	Station de Lavage des Gaz PP2 – Maroc Chimie	22
A.	Problématique	22
B.	Généralités	22
	1. Caractéristique du gaz HF:	23
	2. Liquide de Lavage :	23
C.	DESCRIPTION DE LA STATION DE LAVAGE DES GAZ AU SEIN DE	
L'	ATELIER PPII:	
	1. Objectif:	
	2. Principale composant	
	3. Le procède de lavage des gaz phosphorique	
	1. Les Inconvénients de la station :	28
D.	Fonctionnement normal du système :	28
	1. Paramètre de la marche :	28
	2. Efficacité énergétique de la station	29
	3. Estimation du débit du gaz à traiter	32
E.	Présentation des écarts :	33
	1. Suivie des paramètres :	33
	a) La température :	33
	b) Le débit :	35
	2. Analyse de l'historique des arrêts :	36
IV.	Conclusion	39
	Chapitre 3 : Analyse et optimisation des Causes Racines	40
I.	Introduction	41

#### كلية العلوم و التقنيات فاس +٥٤٢١٥١+ ١ +٢٥٥٥٥١٢١ Λ +ΘΙΣΧΣ+ΣΙ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### جامعة سيدي محمد بن عبد الله +οΟΛουΣ+ ΟΣΛΣ ΕΒΛΕΓοΛ ΘΙ ΗΘΛΒИИοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

II.	Analyse des écarts	41
	Niveau de bac non détectable	41
	2. Vannes non conforme Error! Bookmark not	defined.
	3. Les Pompes :	42
	4. Les gaines d'assainissement :	43
	5. Les buses de pulvérisation :	44
	a) Formation des fluosilicates :	44
	b) Composition chimique :	44
	6. Dysfonctionnement des appareils de mesure :	45
Е	Analyse des causes :	46
	Diagramme de cause à effet / Diagramme en arête de poisson /Diagramme d'Ishikawa:	46
	a) Diagramme Cause / Effet : détection de niveau de bac	46
	b) Diagramme Cause / Effet : bouchage des buses de pulvérisation	48
	2. Développement du diagramme cause/ effets : détection du niveau de bac.	48
	3. Développement du diagramme cause/ effets : colmatage des buses	49
C	Optimisation des causes analysées	49
	1. Niveau de Bac non détectable :	49
	2. Non conformité des vannes :	53
	3. Les Pompes	57
	4. La gaine d'assainissement :	58
	5. Dépôt des Fluosilicate :	58
	6. Dysfonctionnement des appareils de mesure :	60
	7. Des solutions pour surmonter les inconvénients de la station :	60
	a) Richesse de l'eau introduite dans l'AP en fluor :	60
	a) Technologie de plasma	61
Γ	Plan d'action:	62
E	Conclusion:	63
	Chapitre III: 7	64
I.	INTRODUCTION :	65
II.	EVALUTION :	65
Α	DETECTION DE NIVEAU DE BAC	65
III.	Autre Technologie pour le traitement des gaz : Error! Bookmark not o	
IV.	IMPACTE DE GAZ HF :	66
Δ	L'atmosphère:	66

#### کلیة العلوم و التقنیات فاس +۵۲Σμοι+ ۱ +۲۵ΘΟοΙΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### جامعة سيدي محمد بن عبد الله +οΟΛουΣ+ ΘΣΛΣ ΕΒΛΕΓΟΛ ΘΙ ΗΘΛΒΝΝοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

B.	La santé :	66
C.	L'environnement :	66
V	Station de lavage des gaz phosphorique et les objectifs de développement durable :	66
A.	Définition :	66
B.	Application:	67
VI (	CONCLUSION GENERAL :	68



## **Introduction Générale**

Les objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies sont interconnectés et interdépendants. Ils visent tous à atteindre un avenir plus durable et équitable pour tous. L'environnement est l'un des thèmes centraux des ODD, car la protection de l'environnement est considérée comme une condition préalable à la réalisation de ces objectifs.

Dans ce cadre Le groupe OCP contribuait depuis si longtemps dans la protection d'environnement en mettant parmi ses préoccupations prioritaires par un ensemble d'actions visant à réduire les émissions des composés polluants en apportant des améliorations aux installations existantes pour que ces gaz peuvent se conformer aux normes environnementales

Dans ce contexte, ce projet de fin d'études a pour objectif d'étudier de manière critique et d'optimiser le fonctionnement de la station de lavage des gaz au sein de l'atelier PP2-Maroc Chimie OCP. La station de lavage des gaz est un équipement crucial qui permet de nettoyer les gaz issus du processus de production avant leur rejet dans l'environnement.

Ce projet s'appuiera sur une analyse approfondie du processus de lavage des gaz, de ses composants et de ses conditions d'exploitation, afin d'identifier les possibles points de dysfonctionnement, les améliorations envisageables et de proposer des solutions d'optimisation pour améliorer les performances de la station de lavage des gaz.

Cette étude critique et d'optimisation de la marche de la station de lavage des gaz permettra non seulement de respecter les normes environnementales, mais également d'améliorer la productivité du site et la qualité de ses produits tout en réduisant les coûts de fonctionnement.



# Chapitre I : APERCU GENERAL DU GROUPE OCP

#### I. INTRODUCTION:

Ce chapitre sera dédié une présentation générale du groupe Office Chérifien des Phosphates et de ses divers secteurs d'activité. Ainsi que du pôle industriel Safi et de la division Maroc Chimie qui accueille mon stage.

#### II. Présentation Du Groupe OCP

#### A. Présentation Global

L'OCP: L'Office Chérifien des Phosphates qui est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation est reconnu comme un acteur économique majeur au Maroc. Il est actuellement le plus grand producteur et exportateur de phosphate ainsi que ses produits dérivés au monde. Ses activités principales incluent la production d'engrais phosphatés et d'acide phosphorique.

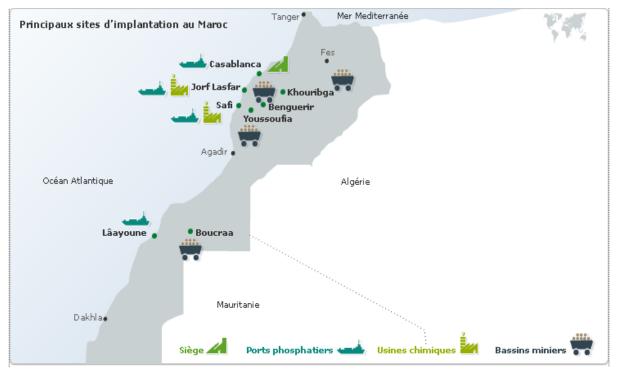
Le groupe, principalement implanté au Maroc, possède dans ce pays :

#### $\Rightarrow$ Quatre sites miniers:

- Youssoufia
- Benguerir
- Boucraâ
- Khouribga

#### $\Rightarrow$ Onze sites de transformation :

- Maroc Phosphore I et II à Safi;
- Maroc Chimie à Safi;
- EMAPHOS (Euro-Maroc Phosphore) à El Jadida;
- Maroc Phosphore III et IV à El Jadida;
- PAKPHOS (Pakistan Maroc Phosphore) à El Jadida;
- JFCV (Bungee Maroc Phosphore auparavant) à El Jadida;
- IMACID (Indo-Maroc Phosphore) à El Jadida ; Les quatre projets ODI (Owner Direct Investment) à El Jadida et Safi.



B. La plateforme du groupe OCP SAFI :

Figure 1: carte d'implantation du groupe OCP au MAROC

Le groupe OCP est constitué de plusieurs centres filiales et directions, dont La Direction des industries chimiques de SAFI est un ensemble d'unités industrielles situé à 10 kilomètres de SAFI, destinés à la fabrication industrielle de l'acide phosphorique titrant 54% en P2O5 à partir des phosphates extraits des minerais de Youssoufia et BENGUERIR ainsi qu'à la fabrication des engrais TSP.

#### Les divisions sont :

- Maroc Chimie (PC), créée en 1965.
- Maroc Phosphore I (PP), Créée en 1976.
- Maroc Phosphore II (PM), Créée en 1981.
- ➤ Infrastructure de Safi (IS).



#### **Division Maroc Phosphore I**:

Fondée en 1976, la mission de MP est de produire 54% d'acide phosphorique P2O5. Elle comporte quatre ateliers principaux :

- Atelier de fusion et de filtration du soufre
- Atelier de production de l'acide sulfurique
- Atelier d'énergies et de fluides
- Atelier de production d'acide phosphorique.

#### Division Maroc Phosphore II:

MD a été créé en 1981 afin d'améliorer les phosphates de Benguerir. Elle dispose de 4 unités :

- Unité de laverie de phosphate
- Unité de production d'énergies et de fluide
- Unité de production d'acide sulfurique
- Unité de production d'acide phosphorique.

#### > Division Maroc Chimie

La division Maroc chimie a pour vacation la fabrication de l'acide phosphorique à 54 % P2O5 et les engrais Triple Super Phosphate (TSP). Elle se compose de quatre unités principales :

- Ateliers de production de l'acide sulfurique
- Atelier d'énergies et de fluides :
- Ateliers de production d'acide phosphorique

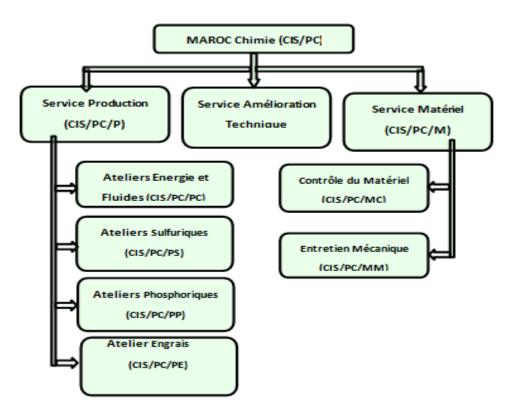


Figure 2 : Les unités principales de la division Maroc Chimie

## III. PROCEDES DE FABRICATION DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE

La production de l'acide phosphorique au sein de l'atelier phosphorique II se fait selon le procédé Rhone Polenc en 6 ateliers principaux :

- UNITE Déchargement
- UNITE BROYAGE
- UNITE ATTAQUE
- UNITE FILTRATION
- UNITE DE CONCENTRATION
- UNITE DE STOCKAGE



#### A. DECHARGEMENT DU PHOSPHATE :

#### 1. Présentation des équipements

L'unité de déchargement du phosphate consiste à alimenter MAROC CHIMIE en phosphate brut, c'est-à-dire en unités de production d'acide phosphorique (PPI et PPII)

#### Cette unité est composée de :

- 01 Hall de stockage de capacité 27 000 T
- Trois tunnels, chaque tunnel est équipé d'un convoyeur et des casques :
- 5 casques d'alimentation en phosphate de TA.
- 4 casques d'alimentation en phosphate de TB.
- 5 casques d'alimentation en phosphate de TC.
- 03 convoyeurs TD, TE et TF d'expédition du phosphate vers la trémie principale PP2.

#### 2. Description du procédé

Le phosphate brut provenant de la mine de Youssoufia est déchargé à la gare haute, puis transporté vers le hall de stockage via les convoyeurs SA et SB. En bas du hall, il y a trois tunnels, chacun équipé d'un convoyeur et d'un certain nombre de casques qui sont articulés par des vérins à air comprimé. Ces casques peuvent être contrôlés à distance depuis la salle de contrôle ou manuellement via un tableau de commande situé au niveau de chaque tunnel. Les unités sont alimentées en phosphate brut grâce à un système de convoyeurs en série TA/TB/TC à TD, TE, TF.

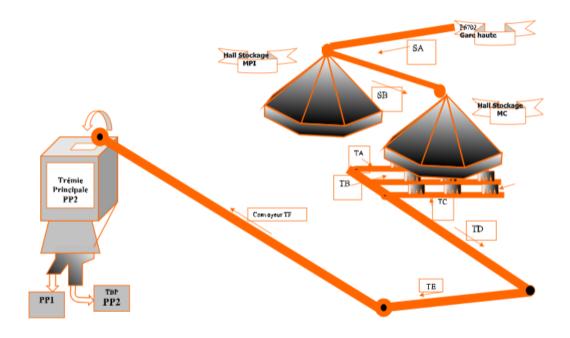


Figure 3 : unité de déchargement

#### B. UNITE DE BROYAGE

Le secteur de broyage comprend trois lignes similaires qui peuvent fournir soit l'unité d'attaque de filtration, soit l'unité de TSP.

#### 1. Présentation des équipements

L'unité de broyage se compose de :

- Trémie principale V6201 (350T).
- 3 Vibreurs Q6201 A, B, et C.
- 3 Bandes transporteuses Q6204 A, B et C.
- 3 Séparateurs S6201 A, B, et C
- 3 Vis Q6205 A, B, et C.
- 3 Vis Q6206 A, B, et C.
- 3 Trémies tampons A, B, et C.
- 3 Alimentateurs G6201 A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, et C<sub>1</sub>.
- 3 Broyeurs à pendules G6201 A, B, et C; et équipements
- 3 Ventilateurs principaux K6202 A, B, et C.
- 3 cyclones S6202 A, B, et C.
- 1 Transporteurs à bande Q6209.



- 3 Redlers Q 6208, Q6210 et Q6212.
- 2 Elévateurs Q6211 et Q6214.
- 1 Silo (1500T) V6204 équipé d'un système de fluidisation.
- 3 Filtres de secouage S6203 A, B, et C.
- Système de dépoussiérage composé d'un filtre NEU et ventilateurs K6204.

#### 2. Description du procédé

L'opération de broyage consiste à réduire la granulométrie du phosphate (moins de 147 µm) afin de permettre un meilleur rendement en créant une grande surface d'attaque

Chaque ligne est capable de broyer 100 T/h de phosphate, qui est ensuite stocké dans des silos. Pour éviter tout entassement ou colmatage des artères d'acheminement, le phosphate est gardé fluidisé par insufflation d'air comprimé.

Le processus commence avec le convoyeur à bande qui transporte le phosphate brut vers la trémie. L'extracteur vibrant l'extrait de la trémie et l'élévateur Q6204 le reprend. La première sélection est effectuée dans le séparateur dynamique et le reste est stocké dans la trémie V6203. Le phosphate stocké dans la trémie V6203 est extrait par un alimentateur SAS, puis introduit dans le broyeur. Les socs, tournant avec l'arbre vertical, projettent le phosphate entre les galets et le chemin de roulement fixe, qui est entraîné par un moto-réducteur. Le ventilateur K6202 souffle un important volume d'air à la base du broyeur, et la classification des particules est effectuée par un séparateur à cône. La filtration est assurée par un filtre à manches composé de 7 compartiments de 17 manches chacun. Le phosphate broyé est ensuite envoyé vers le silo.

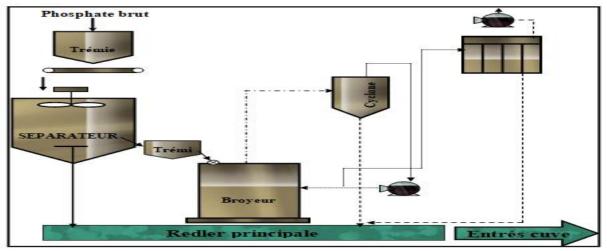


Figure 4 : Unité de Broyage

#### C. UNITE D'ATTAQUE:

#### 1. Présentation des équipements de l'atelier Attaque

L'usine de production d'acide phosphorique est équipée d'une seule ligne de production, utilisant le procédé RHONE-POULENC, dont la capacité nominale est de 720 tonnes de P205 par jour.

#### Il comprend principalement:

- 01Trémie de dosage de phosphate
- 01 Bande (dosométre)
- 03 Redlers de phosphate Q6300, Q6301 et Q6301A
- Une première Cuve d'attaque agitée R6300
- Une deuxième cuve d'attaque agitée R6301
- 01Cuve de passage agitée R6302
- 01 cuve de digestion agitée R6303
- 03 Pompes à bouillie
- 06 pompes d'acide (faible, moyen et fort)
- 02 filtres UCEGO et PRAYON
- 01 séparateur de gaz-acide et une pompe à vide
- 01 station de floculant
- 01 station d'anti-mousse
- 01 unité d'assainissement assure le lavage des gaz

#### 2. Description du procédé

Le phosphate broyé, est acheminé vers une trémie. Au fond de cette dernière, une jetée est équipée de pièces de casses chute. Le dosage du phosphate est assuré par un dosomètre afin que le débit de phosphate corresponde proportionnellement au débit d'acide sulfurique à 98,5% et au débit d'acide de retour. Une fois dans la cuve d'attaque R6300, la bouillie contenant le phosphate est mélangée au retour de bouillie refroidie du flash cooler, possédant suffisamment d'acide sulfurique pour une décomposition et une solubilisation complètes du phosphate. L'acide sulfurique à 98,5% est injecté à travers une canne mélangeuse, qui reçoit également de l'acide recyclé des filtres PRAYON et UCEGO. Le reste de l'acide est distribué



sur les disperseurs au niveau de la cuve R6301. La bouillie déborde de R6300 pour compléter la réaction dans R6301. La bouillie est ensuite guidée par un circulateur vers un flash cooler afin d'être refroidie sous vide. Ce dernier est généré par une pompe à vide P6307. Les gaz et la vapeur d'eau créés par cette réaction sont nettoyés par l'eau filtrée au niveau de station de lavage des gaz.

#### 3. Les principales réactions

La fabrication de l'acide phosphorique par voie humide résulte de la réaction chimique suivante :

$$Ca_3 (PO_4)_2 + 3H_2SO_4 + 6H_2O \longrightarrow 2H_3PO_4 + 3 (CaSO_4, 2H_2O)$$

La réaction observée implique la capture de l'ion Ca++, on constate que l'acide sulfurique a absorbé l'ion Ca<sup>++</sup> du phosphate tricalcique pour produire des cristaux de gypse en suspension dans l'acide phosphorique. Cette substitution est le résultat de la réaction entre un sel d'acide faible (Ca3(PO4)2) et un acide fort (H2SO4), et le gypse formé est facilement filtrable.

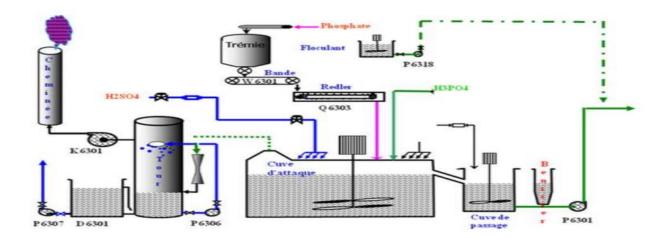
Cependant, la complexité de cette réaction est due aux impuretés présentes dans le phosphate qui peuvent avoir des effets néfastes. L'impureté de carbonate de calcium, par exemple :

-Le carbonate de calcium qui réagit avec l'acide sulfurique, suivant la réaction :

$$CaCO3 + H2SO4 + H2O \longrightarrow (CaSO4, 2H2O) + CO2$$

La silice réagit avec le fluorure d'hydrogène selon la réaction suivant :

$$CaF2 + H2SO4 + 2H2O \longrightarrow (CaSO_4, 2H2O) + 2HF$$





#### D. Unité de filtration :

La filtration des phosphates se fait à l'aide de deux filtres :

#### 1. Filtre PRAYON:

C'est un filtre rotatif { godets basculants, il est alimenté en bouillie au moyen de la pompe P63P. Le contrôle de débit se fait par variation de la vitesse de rotation de la pompe. En cas d'arrêt de l'alimentation vers le filtre, la vitesse de rotation de la pompe décroît de façon à ne plus envoyer la bouillie vers ce dernier et l'orienter vers la cuve de digestion via la tuyauterie de retour équipée d'une vanne tout ou rien qui s'ouvre automatiquement avec l'arrêt du filtre.

Ce filtre constitué de 24 godets identiques, il se compose des secteurs suivants :

- Pré secteur
- Secteur d'acide fort
- Secteur d'acide moyen
- Secteur d'acide faible et drainage du gâteau de gypse
- Zone de lavage des toiles et de séchage.

#### 2. Filtre UCEGO:

La bouillie formée est déversée sur la table de filtration tournante à travers un déversoir (nacelle à bouillie).

Cette table de filtration est composée des secteurs suivants :

- Pré secteur.
- > Secteur d'acide fort.
- > Secteur d'acide moyen
- > Secteur d'acide faible.
- ➤ Zone d'évacuation du gypse
- Secteur de lavage des toiles

L'eau chauffée est stockée dans la trémie de lavage avant d'être conduite vers la table filtrante grâce à la pompe P6308 pour le lavage des toiles filtrantes. Un séparateur est utilisé pour collecter les différents filtrats, dont une partie d'acide produite est redirigée

automatiquement vers le compartiment d'acide moyen pour assurer un débit suffisant d'acide recyclé à la réaction. La pompe P6311 est chargée de pomper l'eau industrielle requise pour la production d'acide phosphorique (pour le deuxième lavage du gâteau de gypse) depuis la trémie de l'eau gypseuse. L'acide du compartiment moyen est recueilli par la pompe P6303 qui l'envoie à la cuve d'attaque R6300 tandis que l'acide fort est refoulé dans les bacs de stockage par la pompe P6302.

#### 3. LES PRINCIPAUX PARAMETRES DE MARCHE :

#### a) la teneur en sulfate libre :

L'un des composants réactifs est considéré comme dangereux, car en cas de surdosage dans la cuve d'attaque, il peut entraîner une diminution de la solubilité du gypse, bloquant ainsi le processus d'attaque. De même, une quantité insuffisante d'acide sulfurique peut entraîner une attaque incomplète et une augmentation des pertes en phosphate mono calcique. Dans ce cas, la densité de la bouillie augmente, ce qui nuit à la filtration.

#### b) La température

Si elle est utilisée de manière excessive, l'attaque qu'elle produit peut entraver la filtration en provoquant la formation de cristaux en forme d'aiguille.

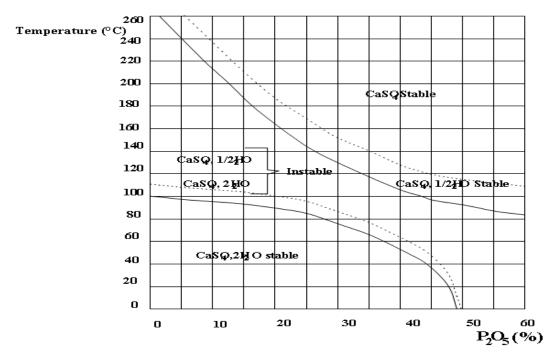


Figure 6 : Diagramme de phase de NORDENGREN

#### E. UNITE CONCENTRATION D'ACIDE PHOSPHORIQUE :

Après l'attaque, l'acide produit se déshydrate et filtré pour obtenir un titre d'environ 29% en P2O5. Cependant, les concentrations souhaitées pour l'acide phosphorique se situent essentiellement entre 49% et 54% en P2O5. Pour cette raison, il serait avisé de concentrer l'acide à un titre de 54%. Ce titre est important pour permettre une commercialisation efficace, car une concentration inférieure à 54% en P2O5 signifierait transporter plus d'eau que de P2O5 utile. Au-delà de 54%, l'acide devient très visqueux, ce qui augmente le taux de solides (abrasion) ainsi que les sulfates libres et le fluor (corrosion).

#### 1. DESCRIPTION DE LA CAP

Le circuit de la CAP comprend essentiellement:

- ✓ Un échangeur thermique.
- ✓ Un bouilleur.
- ✓ Une pompe de circulation.
- ✓ Une pompe de soutirage d'acide phosphorique 54%.
- ✓ Une pompe d'alimentation d'acide phosphorique 30%.
- ✓ Un panier filtre.
- ✓ Une unité de mise sous vide pour CAP2 et CAPX3 constituée de :
  - Un grand laveur condenseur.
  - Un petit laveur condenseur.
  - Deux éjecteurs.
- ✓ Une unité de mise sous vide pour CAPY3 constituée d'un laveur et une pompe à vide.
- ✓ Une pompe circulatrice du condensât pour CAP3

#### a) L'échanaeur de la chaleur

L'échangeur de chaleur entre CAP2 et CAPX3 est fabriqué à partir de blocs de graphite disposés dans une enveloppe en acier en plusieurs parties. Ce type d'échangeur est appelé "à blocs" de la marque Vicarb et est conçu avec des blocs cylindriques entrelacés présentant des trous alignés verticalement pour l'écoulement de l'acide et horizontalement pour la circulation

#### <mark>کلیة العلوم و التقنیات فاس</mark> +۵٤ΣΔοΙ+ Ι +ΕοΘΘοΙΣΙ Λ +ΘΙΣΧΣ+ΣΙ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



de la vapeur. Les blocs sont empilés les uns sur les autres pour créer une chaîne de conduits semblables à ceux d'un échangeur de chaleur tubulaire classique, permettant ainsi un échange efficace de chaleur entre l'acide et la vapeur. Ce dispositif permet d'élever la température de l'acide entrant dans la boucle à la température d'ébullition de l'eau, soit 80°C. Quant à l'échangeur de chaleur CAPY3, il s'agit d'un échangeur tubulaire constitué d'un seul bloc de 889 tubes.

#### b) Le bouilleur :

Dans cet appareil, une dépression de 80 mbar est maintenue afin de permettre l'évaporation de l'eau à une température de 80°C. Cette étape finale du processus de concentration entraîne la libération de vapeur d'eau ainsi que de gaz qui sont ensuite aspirés vers les laveurs-condenseurs grâce à la pression négative présente dans l'appareil. Le bouilleur est équipé de :

- Une entré le reliant à l'échangeur.
- Une sortie le reliant au panier filtre.
- Un tremplin d'acide produit 54 %.
- Une sortie de gaz le reliant au laveur condenseur.
- Un trou d'homme pour l'inspection.

#### c) Laveur condenseur

Ce dispositif a pour fonction de nettoyer et de condenser les gaz s'échappant du bouilleur. L'eau est versée par quatre conduites dans un déverseur à une grande vitesse pour créer la dépression et pour laver les gaz. Il est muni de

- Une entrée des gaz à laver.
- Une sortie des gaz lavés.
- Une entré d'eau de mer.
- Un trou d'homme pour l'entretien.

#### F. UNITE DE Stockage d'acide phosphorique :

Avant la concentration, la solution d'acide filtrée à 30% est préalablement stockée dans les bacs T6501A et B. Par la suite, elle est débarrassée de son excès de sels dans T6504, puis

#### <mark>کلیة العلوم و التقنیات فاس</mark> +۵٤ΣΔοΙ+ Ι +ΕοΘΘοΙΣΙ Λ +ΘΙΣΧΣ+ΣΙ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



décantée dans T6505. Le produit final obtenu, de l'acide à 54%, est stocké dans le bac T6501C sans préalablement subir une clarification. Cet acide est ensuite purifié en éliminant ses sels superflus dans T6701, décanté dans T6702 et conditionné dans le bac clarifié T6704. Les résidus de la décantation de l'acide à 54% sont récupérés dans T6705 et réintroduits dans le dessursaturateur d'acide à 30% (T6504). Les sédiments issus de la décantation de l'acide à 30% sont recyclés dans la cuve d'attaque.

#### IV. Cadrage et charte du projet

#### A. Les Enjeux

La pertinence de la station de lavage de gaz par l'eau filtré est essentielle pour réduire les émissions de gaz HF dans l'atmosphère et maximiser la récupération d'énergie. Cependant, ce traitement peut rencontrer différents problèmes qui impactent la performance de l'équipement entraînant une augmentation des émissions de HF et des temps d'arrêt de la production, ce qui peut impacter négativement le taux de rendement globale .nuisant ainsi à l'environnement. Il est donc nécessaire d'effectuer une étude pour identifier les défaillances de la station et trouver des solutions efficaces pour y remédier.

#### B. Charte du projet

La charte de projet est un élément crucial pour la mise en place d'un projet, car elle sert de référence tout au long du cycle de vie du projet. Sa principale fonction est de confirmer le lancement du projet et d'obtenir son approbation. La charte de projet est un document essentiel, car elle définit de manière précise les attentes ainsi que les responsabilités et autorités du chef de projet à chaque étape du projet.

On utilise le questionnaire QQOQCP comme outil d'identification de la problématique pour avoir les informations sur toutes les dimensions de la station de lavage.

\*



#### Tableau 1: le questionnaire QQQQCP

Quoi ?	Etude critique et Optimisation de la marche de
	station de lavage des gaz HF
Qui ?	La station de lavage des gaz phosphorique
Ou?	L'atelier PP2
Ou :	L attited 112
Quand ?	Du 01/02/2023 AU 31/05/2023
Comment ?	-Diagnostic de l'usine
	-Analyser l'historique des arrêts
	-Présentation des écarts
	- Analyse des causes
	- Prendre des échantillons
	- Proposition des solutions
	-Plan d'action
	- Evaluation
Pourquoi ?	-Progresser la performance des équipements
	- Améliorer la marche de la station
	- Améliorer la protection de l'environnement
	- Réduire l'impact sur le taux de rendement global

#### V. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, nous avons présenté l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) et décrit le procédé de fabrication de l'acide phosphorique qu'il utilise au sein de PPII. Nous avons également abordé les différents aspects liés au cadrage de notre mission ainsi que la planification de ses différentes étapes. Cette phase préliminaire nous a permis de définir les objectifs et les attentes de notre étude, ainsi que les moyens nécessaires à sa réalisation.

Dans le prochain chapitre, nous nous concentrerons sur une analyse critique de la mission et présenterons les écarts éventuels entre les résultats obtenus et les objectifs fixés.



# Chapitre II : Etude critique de la station de lavage des gaz

#### I. Introduction

Le présent chapitre porte sur les opérations de transfert de matière connues sous le nom d'absorption et de stripping

Les scrubbers, également appelés laveurs de gaz, sont des dispositifs conçus pour éliminer les polluants d'un flux gazeux en le faisant entrer en contact avec un liquide de lavage. Ce flux gazeux peut provenir de diverses sources telles qu'une atmosphère de travail, des fumées de combustion, des évents de respiration de bacs de stockage ou encore un gaz de procédé. L'absorption gaz-liquide est donc un phénomène qui se produit lorsqu'un gaz est absorbé par un liquide, généralement par le biais d'un processus physique ou chimique., le gaz est mis en contact avec le liquide, qui peut se présenter sous la forme d'une solution ou d'un lit compact de solides. Le gaz se dissout dans le liquide et la concentration du gaz dans le liquide augmente avec le temps. La vitesse d'absorption du gaz dépend de facteurs tels que les propriétés du gaz et du liquide, la température et la pression du système, et le degré de mélange entre le gaz et le liquide.

On a deux types d'absorption :

**L'absorption physique** se produit lorsque le gaz se dissout dans le liquide en raison de sa solubilité dans le liquide, sans subir de réaction chimique.

**L'absorption chimique** se produit lorsque le gaz réagit avec le liquide, formant un nouveau composé soluble dans le liquide. Dans certains cas, l'absorption physique et l'absorption chimique peuvent se produire simultanément.

#### II. TRAITEMENT PAR ABSORPTION

#### A. Principes

Le transfert de masse d'un gaz vers un liquide, se produit en trois étapes :

- La diffusion du composé gazeux vers la surface liquide,
- Sa dissolution/condensation dans le liquide,
- Sa diffusion à travers le liquide.



#### 1. La vitesse d'adsorption

Pour accélérer ce processus, il est avantageux d'avoir une turbulence dans le gaz qui permet un renouvellement rapide de la surface de contact, une dispersion du liquide ou du gaz pour augmenter la surface de contact, et une turbulence dans le liquide pour renouveler rapidement la zone en contact avec le gaz.

#### 2. Les limites de l'absorption

#### a) Limites de l'absorption :

- la solubilisation dans le liquide de lavage
- la température du liquide de lavage (la solubilité des gaz diminue avec l'augmentation de la température du liquide augmente)

#### b) Paramètres qui influencent le phénomène d'absorption

Afin d'accroître le rendement de l'opération il sera possible d'agir sur les paramètres qui régissent la diffusion notamment :

- 1. La concentration de la substance : L'absorption peut être affectée par la concentration de la substance à absorber. Plus la concentration est élevée, plus le processus d'absorption est rapide.
- 2. La surface d'absorption : La surface de contact entre la substance et l'absorbeur est également importante. Plus la surface est grande, plus la substance est susceptible d'être absorbée.
- 3. **Le temps de contact** : Le temps de contact doit être suffisant pour permettre le transfert entre les 2 phases
- 4. La nature de l'absorbeur : La nature de l'absorbeur peut également jouer un rôle important. Certains absorbants ont une plus grande affinité pour certaines substances, ce qui facilite leur absorption.
- 5. La température : La température peut également influencer l'absorption. À des températures plus élevées, les processus d'absorption peuvent être plus rapides.
- 6. **Le pH** : Le pH peut également affecter l'absorption. Certaines substances peuvent être mieux absorbées à des pH spécifiques.

#### <mark>کلیة العلوم و التقنیات فاس</mark> +۵٩٤١٥١+ ١ +۲۵۰۰۵۱ Λ +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ Faculté des Sciences et Techniques de Fès

7. **La pression** : La pression peut également jouer un rôle dans l'absorption, comme dans le cas de l'absorption de gaz. Plus la pression est élevée, plus il est facile d'absorber les gaz.

Si le composé transféré reste inchangé, alors le processus d'absorption est simplement physique. L'absorption d'un gaz dans un liquide génère le plus souvent de la chaleur, appelée chaleur de dissolution, et afin de maximiser la capacité d'absorption du liquide, il est important d'évacuer cette chaleur pour maintenir la température aussi basse que possible. L'introduction de réactifs chimiques dans la solution de lavage permet d'éliminer les polluants et de modifier le profil de concentration près de l'interface, ce qui favorise le transfert du gaz vers le liquide.

Les bases théoriques des deux opérations sont donc les mêmes et évoquent le transfert d'un ou plusieurs constituant d'une phase (gaz ou liquide) à une autre (liquide ou gaz). (Équilibre gaz liquide)

#### B. Equilibre gaz-liquide:

Lorsqu'un système gaz-liquide est en contact, un équilibre macroscopique est établi en fonction de la nature des phases en présence, de la température et de la pression. Le gaz se dissout dans le liquide jusqu'à atteindre une concentration d'équilibre. Si la concentration de gaz dissous dans le liquide est supérieure à la concentration d'équilibre, l'excès de gaz passe en phase gazeuse. Ainsi, pour un gaz donné en contact avec un liquide, la concentration à l'équilibre dépend de la pression et de la température

Selon l'équation :

$$(1.1) C = f(p,T)$$

Cette relation est appelée la loi de Henry, où la pression du gaz est proportionnelle à sa fraction molaire dans le liquide.

La constante de Henry  $H_A$  a les dimensions d'une pression pour une température constante. En appliquant la loi de Dalton, qui stipule que le rapport entre la pression

$$P A.Y A = H A.X A$$

#### كلية العلوم و التقنيات فاس +۵∀Σ⊔۵۱+ ۱ +۲۵ΘΘ۵ΙΣΙ Λ +ΘΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès

partielle d'un constituant et la pression totale est égal à sa fraction molaire dans la phase gazeuse  $P_A/P=Y_A$ , on obtient l'équation

Avec Y<sub>A</sub> représentant la fraction molaire du constituant A dans la phase gazeuse.

Où la constante de Henry H<sub>A</sub> a les dimensions d'une pression.

#### III. Station de Lavage des Gaz PP2 – Maroc Chimie

#### A. Problématique

Dans un contexte de protection de l'environnement et de la santé, la gestion des gaz HF rejetés par les stations de lavage est un enjeu majeur. La dispersion de ces gaz peut causer des dommages importants sur la qualité de l'air ainsi que la santé des collaborateurs et des riverains de Safi. En outre, elle impact aussi indirectement sur le taux de rendement global. En conséquence pour assurer un traitement efficace de ces gaz, il est indispensable d'étudier et d'optimiser le processus de lavage des gaz HF.

Cependant, la problématique se pose autour de la manière d'optimiser le fonctionnement de la station de lavage des gaz HF pour garantir une efficacité maximale dans la réduction ou l'élimination de ces gaz. Il convient donc d'analyser les paramètres de fonctionnement et les variables d'entrée qui peuvent impacter le processus de lavage des gaz. Afin, d'assurer que la station de lavage est conforme aux normes environnementales.

En bref cette étude va permettre de traiter les différents axes cruciaux, pour optimiser le fonctionnement de la station de lavage, afin d'améliorer la protection de l'environnement.

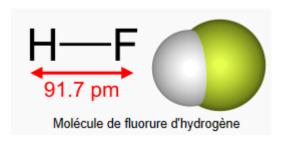
#### B. Généralités

La nouvelle technologie de la station de lavage des gaz a pour but de réduire de manière significative la quantité de composé HF émis dans l'atmosphère. En effet, cette technologie permet de limiter les émissions d'HF de 50 mg/Nm3 à seulement 5 mg/Nm3. Ce nouveau taux d'émission est bien en dessous des normes environnementales en vigueur et démontre l'engagement de l'entreprise en matière de protection de l'environnement et de responsabilité sociale. C'est une avancée majeure dans la lutte contre la pollution et la préservation de la qualité de l'air.



#### 1. Caractéristique du gaz HF:

Le gaz HF ou fluorure d'hydrogène est un composé chimique qui se présente sous forme de gaz incolore, très toxique et corrosif à des concentrations élevées. Il peut causer des brûlures graves à la peau, aux yeux et aux voies respiratoires, ainsi que des gaz toxiques s'il est inhalé. De plus, il peut former des composés dangereux avec d'autres substances, tels que des explosifs lorsqu'il est en contact avec des métaux ou des oxydants.



#### 2. Liquide de Lavage :

Le lavage de gaz HF par l'eau de mer présente plusieurs avantages, tels que le coût plus faible et la disponibilité facile de l'eau de mer dans les régions côtières. Cependant, l'eau de mer contient des sels, des bactéries et des micro-organismes qui peuvent causer des problèmes de corrosion et de dépôt dans les équipements de traitement et d'augmenter les coûts d'entretien.

D'un autre côté, l'utilisation d'eau filtrée dans une station de lavage des gaz phosphorique offre une meilleure qualité d'eau de lavage, ce qui garantit une performance optimale des équipements et une réduction des coûts d'entretien et qui joue un rôle important dans la récupération de maximum de calories au niveau de la centrale (recyclage de l'eau filtré dans le procédé) et c'est la cause principale de l'utilisation de l'eau filtré comme liquide de lavage dans notre installation.



## C. DESCRIPTION DE LA STATION DE LAVAGE DES GAZ AU SEIN DE L'ATELIER PPII :

#### 1. Objectif:

La cheminée doit rejeter dans l'atmosphère un gaz respectant les normes suivantes : la quantité de Fluore émise ne doit pas dépasser 5 mg/Nm3 et la quantité de Gouttelettes ne doit pas excéder 400 mg/Nm3.

#### 2. Principale composant

- 02 filtres eau de procédée ;
- 01 Catch pan C6303;
- 01 Tour de laveur à Co-courant C6301,
- 01 Bac de reprise D63101;
- 02 Bacs de collecte communiquant D 63102 et D 6303;
- 3 Pompes de circulation tour de lavage : à partir du bac de collecte D6303 : (P63121, P63122 et P63123
- 2 Pompes d'arrosage des gaines et extraction de l'eau fluorée, à partir du bac de reprise D6301(P63111 et P63122)
- 01 Ventilateur K 6301;
- Cyclogalax C 6302
- Cheminée B 6301.

#### 3. Le procède de lavage des gaz phosphorique

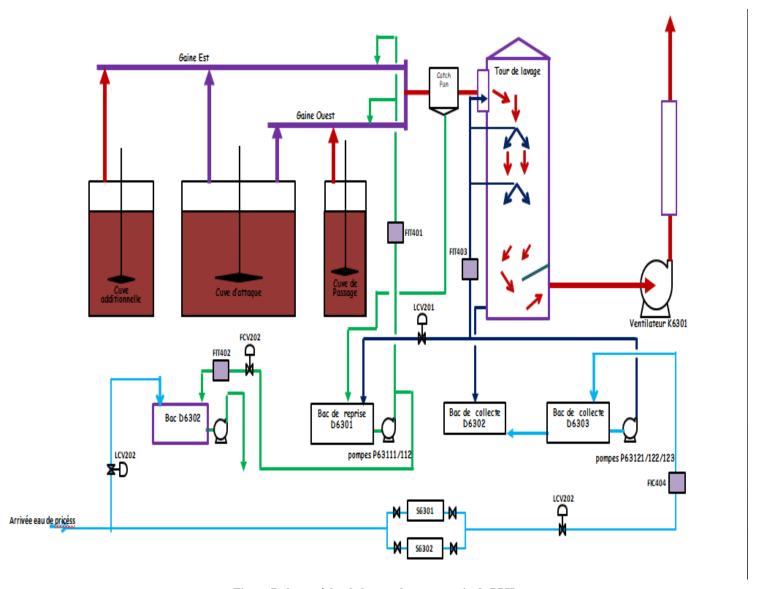


Figure 7 : le procèdes de lavage des gaz au sein de PPII

Légende :	
Circuit Gaz:	
Circuit Eau:	

#### كلية العلوم و التقنيات فاس +۵٩Σμοι+ ۱ +Εο⊙⊙οΙΣΙ Λ +ΘΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Au niveau de la station de lavage des gaz se procèdent deux circuits l'une de l'eau et l'autre de gaz

#### Circuit l'eau:

L'eau filtré provenant de la centrale thermique est filtrée par deux filtres de Bernoulli S6310; S6302 (secoure) et dirigée vers le bac de collecte, qui est divisé en deux parties pour des raisons d'encombrement. Pour alimenter ce bac, trois pompes (P63121, P63122 et P63123 comme secours) sont utilisées. Une partie de cette eau est dirigée vers une tour de lavage, où elle subit un lavage en trois étapes de pulvérisation différentes :

- Niveau supérieur, avant l'entrée dans le laveur et dirigé vers le laveur (9 buses);
- Niveau central double avec des injecteurs orientés vers le haut (4 buses) et des injecteurs orientés vers le bas du laveur (4 buses) ;
- Niveau inférieur avec des injecteurs orientés vers le bas (7 buses).

L'autre partie de l'eau est dirigée vers le bac D63101 par une vanne automatique. Les pompes P63111 et P63112 (comme secours) sont responsables de l'alimentation des gaines Est et Ouest à partir du bac D63101. L'eau de lavage est retournée au bac D63101 via le catch pan.

La purge de circuit amont est acheminé vers le bac D6302 En outre, la purge est suivie d'un appoint afin de rétablir le niveau nécessaire à son fonctionnement optimal.

#### Circuit de gaz :

lors de la production de la bouillie, il y a dégagement d'un flux gazeux qui se dirige de la cuve R6301 vers la cuve de passage R6302 Les effluents gazeux sont acheminés à travers des gaines d'assainissement maintenues à une température de 66°C. Le gaz provenant de la cuve d'attaque et de la cuve additionnelle est évacué par la gaine EST, tandis que celui de la cuve d'attaque et de passage traverse la gaine WEST. Dans ces gaines, une étape de prélavage est effectuée via 12 pulvérisateurs par gaine.

#### Les deux gaines Est sont équipées de :



Tableau 2 : Les équipements des gaines

	Désignation	TAG	Seuils alarme
Gaines Est	Sonde de température	631-TIT-101	АН
	Capteur de pression	631-PIT-001	AH et AL
	Analyseur HF	631-AIT-301	AH
Gaine Ouest	Sonde de température	631-TIT-102	AH
	Capteur de pression	631-PIT-002	AH et AL
	Analyseur HF	631-AIT-302	АН

Le ventilateur de tirage K6301 exerce une dépression sur le flux gazeux a une température de 45°C environ le 631-TIT-103 cette dépression est mesuré par le 631-PIT-003; ce flux est envoyé vers l'atmosphère par la cheminée B6301. La cheminée est dotée de cyclogalax, qui permet de débarrasser les gaz d'une grande partie de l'eau qu'ils contiennent.

Tableau 3 : Les équipements de la ventilateur

Equipement	Désignation	TAG	Seuils alarme
Circuit gaz	Sonde de	631-TIT-	AH
aspiration du	température	103	
ventilateur	Capteur de pression	631-PIT-	AH et AL
K6301		003	
Cheminée	Capteur de pression	631-PIT-	AH et AL
B6301		003	
	Sonde de	631-TIT-	AH
	température	103	
	Analyseur de gaz	631-AIT-	AH
	HF	303	
	Capteur de débit	631-FIT-	AL
		405	
Ventilateur	Capteur de	631-VT-	AH et AHH (I-105), qui arrêt le ventilateur et
K6301	vibrations paliers	302	interdit son démarrage
	Sonde de	631-TI-	AH et AHH (I-106), qui arrêt le ventilateur et
	température paliers	109	interdit son démarrage



#### 1. Les Inconvénients de la station :

• Une fois que les gaz ont été nettoyés par l'eau filtrée, celle-ci est réutilisée dans le processus et retournée aux bacs d'attaque. Toutefois, l'eau filtrée rencontre la silice présente dans la bouillie, ce qui provoque la formation d'un acide fluosilicique. Ce dernier en raison de sa nature corrosive, peut endommager les équipements s'il est utilisé à des concentrations élevées ou s'il est exposé au long terme. En particulier, il peut provoquer la corrosion ou la rupture des vannes et des joints.... qui sont en contact avec l'acide

$$HF + S_iO_2 \rightleftharpoons 2H_2S_iF_6 + H_2O$$

- Si la quantité de gaz HF dégagé de la station de lavage de gaz HF vient à dépasser la norme de 5ppm, cela aura des répercussions directes sur l'ensemble des unités de production d'acide. En effet, dès que cette limite est atteinte, un système d'alerte est déclenché et l'arrêt automatique de la production d'acide est enclenché.
- Même Si l'objectif est atteint mais il y'a une diffusion de l'odeur sachant que Le niveau olfactif du gaz HF par l'être humain est de 0,042 ce qui entraîne des réclamations du responsable de l'environnement donc en fait l'appel de NOVOCHEM:

L'ajout du neutralisant NOVOCHEM peut être une solution efficace pour limiter la diffusion des odeurs de gaz vers la ville de Safi, en cas de changements climatiques tels que des vents forts et des brouillards. La chimie de NOVOCHEM peut neutraliser les particules odorantes présentes dans le gaz et rendre leur odeur imperceptible. Cette méthode permet également de réduire l'impact environnemental de l'activité industrielle sur les populations locales. En somme, l'utilisation de NOVOCHEM est une solution efficiente pour contrer les effets des changements climatiques et préserver la qualité de vie des habitants de Safi.

#### D. Fonctionnement normal du système :

#### 1. Paramètre de la marche :

Pour chaque processus on compte sur deux concepts différents Le PID et le PFD

PFD (Process Flow Diagram) et de PID (Piping and Instrumentation Diagram) sont réalisées

pour planifier et contrôler le fonctionnement de la nouvelle station. Les PFD représentent toutes les étapes nécessaires du procèdes.

Les valeurs des paramètres de fonctionnement de la nouvelle station sont également définies Pour chaque étape du processus. Ces valeurs sont déterminées en fonction des matières Premières utilisées, de la capacité de production souhaitée, des conditions environnementales et d'autres facteurs pertinents. Les paramètres de fonctionnement comprennent souvent des températures, des pressions, des débits et des concentrations de produits chimiques.

NUMERO DE FLUX 1 bis 10 11 12 EAU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE EAU FILTREE AU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE EAU DE PROCEDE GAZ ENTREE GAZ SORTIE DU GAZ SORTIE DU DU CIRCUIT TOUR DE LAVAGE TOUR DE LAVAGE JRGE VERS BA DU CATCH-PAN POUR TYPE VERS BAC DE SORTIE BAC VERS LA TOUR SORTIE BAC VERS LA GAINE GAINE AMONT CATCH-PAN LAVEUR LAVEUR VERS CLIENT ARNITURES DES VERS BAC DE VERS BAC DE VERS BAC DE COLLECTE D63103 DE LAVAGE D63101 AMONT BAC DE REPRISE COLLECTE COLLECTE REPRISE 5 POMPES Composés cazeux 0.0 0.0 H2O (g) 13 636.0 15 828,5 15 828,5 kg/h 57 910,0 57 910,0 57 910,0 190 617.0 190 617,0 190 617,0 kg/h 353,78 273.2 176.7 120.7 147.3 Composés fuorés kg/h 121.3 80. Composés liquides 227 193 997 193 770 000 385 000 385 000 200 000.0 197 808 227 193 425 000 225 000 900 Composés solides NR kg/h Bilan 264 436 264 357 227 193 997 546 770 273 227 273 385 177 385 17 425 228 225 121 200 107 197 955 262 284 900 Massique ka/h 212 813 212 785 Débit norma Nm3/h 210 100 261 900 250 672 251 896 227 998 770 22 385 385 425 225 200 m3/h 198 Débit effectif m3/s 72 7! 69.63 69.97 1 000 1 000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1 000 1.000 Masse volumique effective 1.001 1.055 1,049 kg/m3 Température 35 à 40 66 35 à 40 35 à 40 35 à 40 Calcul 45 Ambiante Ambiante Pression relative Calcul -0,004 -0.01 -0.016 NR < 2 < 2 Gravitaire Gravitaire < 2 Gravitaire Réseau barg A, B C,D D D D D D A.D

Tableau 4: les paramètres de la marche planifié

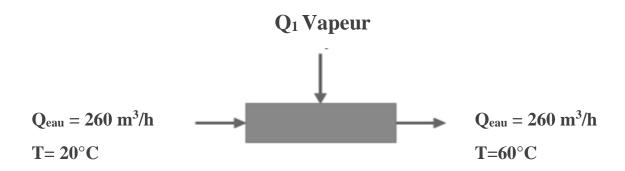
#### 2. Efficacité énergétique de la station

En général, le concept de l'efficacité énergétique se réfère à l'idée de fournir des services énergétiques équivalents tout en utilisant moins d'énergie qu'auparavant

Prenons l'exemple de la consommation de vapeur pour chauffer l'eau utilisée dans l'ancienne installation. Autrefois, l'eau de mer filtrée à une température de 20°C était directement utilisée pour le lavage



#### ⇒ L'ancienne Installation :



 La quantité de chaleur apportée par la vapeur pour élever la température de l'eau de 20°C à 60°C est :

On a l'équation de transfert de chaleur :

$$Q = mC_n \Delta T$$

Avec

Q : la quantité de chaleur transféré

m : la masse traitée en kg

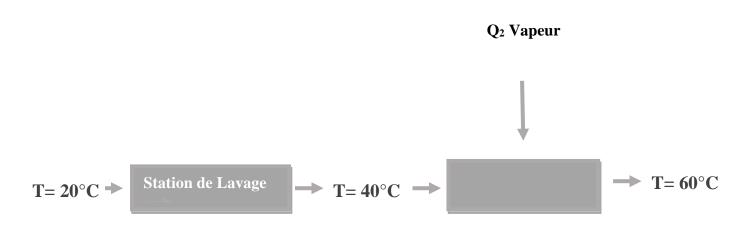
Cp : capacité thermique d'eau Cp = 4.18 KJ/Kg

∆T : variation de température [40°C – 60°C]

AN: Q =  $4,18 \times 260 \times 10^3 \times 40 = 43472.10^3 \times 10^3 \text{ KJ/h}$ 



#### $\Rightarrow$ La nouvelle installation :



• La quantité de chaleur apportée par la vapeur pour élever la température de l'eau de 40°C à 60°C est :

De même façon on a l'équation de transfert de chaleur :

$$Q = mC_p \Delta T$$

AN : 
$$Q = 4,18 \times 260 \times 10^3 \times 20 = 21736*10^3 \text{ KJ/h}$$

#### ⇒ Le gain énergétique :

le rapport entre la quantité de chaleur des deux installation donne :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{43472.10^3}{21736*103} = 2$$

On trouve :  $Q1=2\times Q2$ 

Alors d'après table de thermodynamique 1kg de vapeur correspond a 2710 kJ pour P=3atm et T=110°C

Donc la quantité de chaleur dans le premier cas, correspond à 18 T de vapeur  $Q_1 = 16 tonne de vapeur$ 

Et dans le deuxième cas correspond à 9T de vapeur  $Q_2 = 8 tonne de vapeur$ 

#### 3. Estimation du débit du gaz à traiter

#### La teneur et le débit des gaz dégagés :

D'après la réaction secondaire suivante :

$$CaCO_3 + H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow (CaSO_4, 2H_2O) + CO_2$$

$$n(H_2SO_4) = n(CO_2)$$

$$\frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{V(CO_2)}{V_m}$$

$$\frac{Q(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{Q(CO_2)}{V_m}$$

$$Q(CO_2) = \frac{Q(H_2SO_4). V_m}{M(H_2SO_4)}$$

On calcule V<sub>m</sub>:

D'aprés loi des gaz parfait : PV = n.R.T

$$V = \frac{RT}{P}$$
 (pour 1 mol)

AN: 
$$Q(CO_2) = \frac{8,32 \times 10^{-2} \times (66 + 273)}{0,996} \times 10^{-3} \times \frac{52 \times 1.87}{98,072 \times 10^{-3}}$$
$$(CO_2) = 27,96m^3/h$$
$$= 50,32 \text{ Kg/h}$$

C'est le débit de gaz CO2 dégagé de la réaction

#### De même à partir de la réaction suivante on peut calculer le débit de gaz de fluor:

$$CaF_2 + H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow (CaSO_4, 2H_2O) + 2HF$$

$$n(H_2SO_4) = n(HF)/2$$

$$Q(HF) = \frac{Q(H_2SO_4)..V_m}{2M(H_2SO_4)}$$

#### کلیة العلوم و التقنیات فاس +۵∀Σ⊔۵۱+ ۱ +۲۵ΘΘ۵ΙΣΙ Λ +ΘΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله +٥٥٨٥Δ٢+ ΘΣΛΣ ΕβΛΕΓοΛ ΘΙ ΗΘΛΒИИοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

 $Q(HF) = 55,92m^3/h$ =100.656Kg/h

#### E. Présentation des écarts :

Le processus de réduction des gaz HF et de leur impact environnemental au sein d'une station de lavage des gaz implique une marche complexe qui, en cas d'écarts de paramètres, peut engendrer des risques opérationnels ainsi qu'une diminution de la production. Afin de traiter ce problème, nous avons décidé d'entreprendre une analyse poussée de ces écarts en utilisant deux approches différentes : l'une qui confrontera les valeurs en salle de contrôle avec les valeurs de design tandis que l'autre consacrera une étude de l'historique des arrêts de la station. Cette double démarche nous permettra ainsi d'avoir une vision exhaustive de la situation et de proposer des solutions pratiques pour une optimisation des performances de la station.

#### 1. Suivie des paramètres :

La station possède un système d'automatisation, qui surveille les paramètres qui influence sur le processus.

Tout au long de ce traitement il peut y avoir des différences entre les valeurs indiquées dans la salle de contrôle et les valeurs de Design.

On remarque notamment de telles différences au niveau de la température, de la pression et du débit des gaz.

#### *a)* La température :

La température est un élément clé dans le fonctionnement d'une station de lavage des gaz HF. La régulation de la température permet d'assurer une efficacité optimale du lavage

Le tableau suivant est une comparaison entre les valeurs mentionnée dans la salle de contrôle et les valeurs de design.



Tableau 5 : Le Suivi de température

	Température		
	Texp	T <sub>design</sub>	
Gaz entrée gaines amont	58-60	66	
Gaz de sortie du Catch-Pan	Manque	45	
Gaz de Sortie du laveur	Fausse indication	45	
Eau de procédé versbac de collecte D102 D103	25	Ambiante	
Eau de procède vers la tour de lavage	32	35-40	
Eau de processus sortie bac D63101	46	35-40	

Et pour mieux indiquer l'écart entre les deux, le graphique ci-dessous montre la différence entre les valeurs.

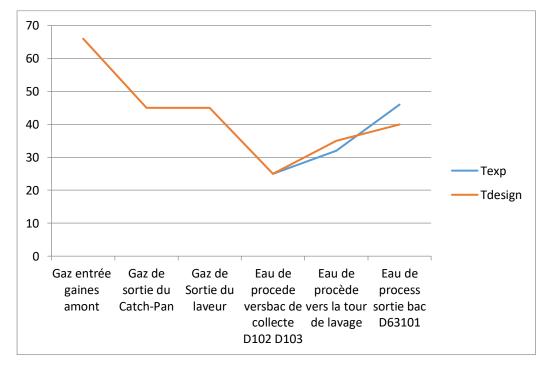


Figure 8: L'écart de la Tempèrature

#### <mark>کلیة العلوم و التقنیات فاس</mark> +۵٩Σμο۱+ ۱ +ΕοΘΘοΙΣΙ Λ +ΘΙΣΧΣ+ΣΙ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Après cette comparaison on peut dire qu'il y a un dysfonctionnement des appareils de mesure qui pose un manque de valeurs et des fausses indications.

#### b) Le débit :

Le débit de l'eau filtrée est un élément crucial dans la station de lavage des gaz HF. La variance de ce paramètre est présentée dans le tableau ci-dessous

Tableau 6 : Le Suivi de débit

	Débit		
	Qexp	Q design	
Eau de procédé	69	227	
versbac de			
collecte D102			
D103			
Eau de procède	710-780	770	
vers la tour de			
lavage			
Eau de	105,4	425	
processus	(200		
sortie bac			
D63101			
Purge vers bac	220	225	
client			
Eau de	50-65	200	
procédés vers			
la gaine amont			

D'après le tableau précédent on peut présenter la déviation de débit lors de processus de lavage des gaz HF

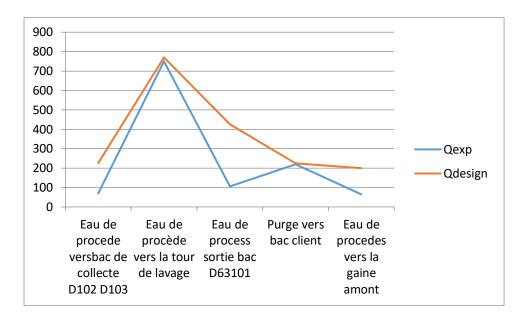


Figure 9 :L'écart de débit

D'après les informations présentées par le tableau et le graphe, nous pouvons constater la présence de plusieurs anomalies qui entravent la circulation de l'eau lors de traitement.

#### 2. Analyse de l'historique des arrêts :

Le fonctionnement de la station de lavage des gaz HF avait un impact crucial sur la production d'acide phosphorique dans l'usine. Les fréquents arrêts de cette station auraient causé des pertes financières importantes pour L'OCP. Afin de suivre l'historique de ces interruptions de manière rigoureuse, des cahiers de rapport ont été tenus pour enregistrer les faits quotidiens.

Le tableau suivant est dressé pour illustrer à quel point cette station de lavage est importante pour le taux de rendement global. Ce tableau révèle l'impact significatif qu'a eu la station de lavage sur les années 2020, 2021 et 2022.

Tableau 7: L'impacte de la station de lavage sur le TRG

motif d'arrêt	les heures d'arrêt (h)	Manque à produire (t/h)
déclenchement électrique du ventilateur	0,5	15
d'assainissement	1	20
Contrôle Régulation analyseur HF	1	30
fausse indication HF	1	30
chute débit eau filtré	2,5	75
Fuite sur pompe anti odeur	3	90
Fuite sur circuit anti odeur	4,5	135
coinçement pompe de lavage des gaz P63121	7	210
manque produit anti odeur	8	240
contrôle du cerveau moteur de la VP	8	240
contrôle les vannes pneumatique	9,5	285
fausse indication niveau radar	27	810
automate station de lavage	47,5	1425

Pour présenter les motifs d'arrêt qui influencent les plus importants sur notre installation on traduit le tableau précédent à un diagramme de Pareto

#### - un Pareto des motifs d'arrêt en fonction du temps :

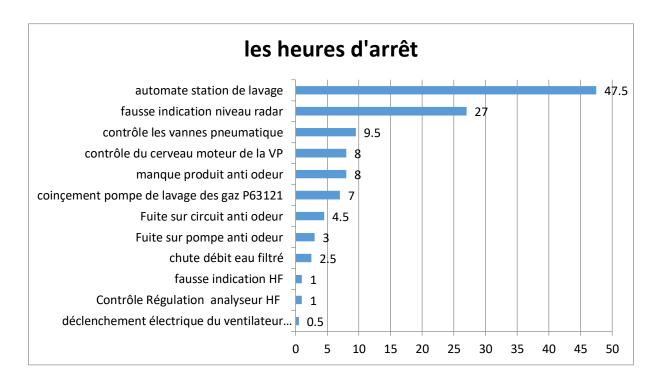
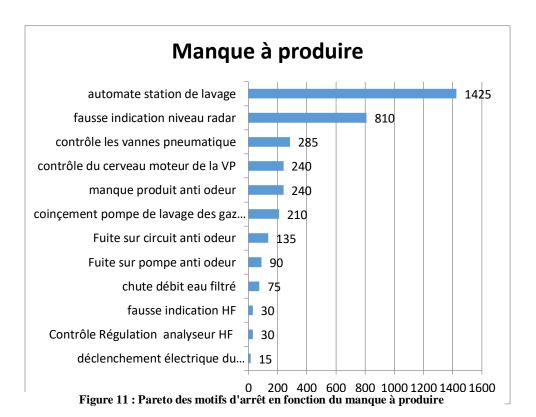


Figure 10: Pareto des motifs d'arrêt en fonction du temps d'arrêt

#### Interprétation:

la figure montre que les principaux arrêts sont dus à des problèmes dans le système d'automatisation, ainsi qu'à des problèmes de détection au niveau du radar et des arrêts pour le contrôle des vannes pneumatiques. Cela peut avoir un impact important sur la performance du Lavage ce qui influence sur le rendement de production de l'acide phosphorique

La figure ci-dessous montre cette influence :



**Interprétation:** 

D'après la figure, il apparaît que les arrêts de la station ont engendré un manque de 3585 t/h de la quantité d'acide phosphorique produite au cours des trois dernières années. Il est donc primordial de prendre des mesures afin de minimiser le nombre d'arrêts, de résoudre les éventuelles défaillances techniques (pompes, vannes), de garantir la fiabilité des indicateurs de niveau de radar et de proposer des plan d'action pour toutes les défaillances, tout cela dans le but d'augmenter le taux de rendement global de la station ainsi que la protection de l'environnement et de la santé

#### کلیة العلوم و التقنیات فاس +۵∀Σ⊔۵۱+ ۱ +Co⊙00ΙΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### IV. Conclusion

En conclusion, le chapitre présenté a mis en lumière la description du procédé de lavage des gaz . Cependant, il a également souligné les écarts de fonctionnement de l'installation par rapport au fonctionnement normal. En déduisons les causes racines de cette variation.

Dans le prochain chapitre, nous nous concentrerons sur l'analyse de ces causes pour identifier les solutions adéquates et éviter de tels écarts à l'avenir.



# Chapitre 3 : Analyse et optimisation des Causes Racines

#### I. Introduction

L'optimisation des écarts dans une station de lavage des gaz HF est un enjeu important pour garantir la fiabilité et la performance de ce processus industriel. Dans ce chapitre, nous allons réaliser une analyse des défaillances et des diagrammes d'Ishikawa afin d'identifier les causes d'écart et les impacts sur le bon fonctionnement de la station, ainsi que des propositions de solutions pour optimiser la marche de la station de lavage des gaz HF

#### II. Analyse des écarts

#### 1. Niveau de bac non détectable

La formation d'une mousse dans un circuit fermé peut causer une défaillance importante, notamment au niveau des bacs. Ceci peut affecter la vision et le niveau de bac de radar ultrason. Cette situation peut survenir après la neutralisation par NOVO CHEM. Il est donc crucial de mettre en place des mesures de prévention pour éviter la formation de mousse. Ou bien détecter le niveau de bac même à la présence de la mousse.

Caractéristiques d'un radar ultrason:

- Un radar ultrason utilise des ondes sonores pour la une détection de précision des objets dans son environnement ; telle que la mesure de distance.
- Les radars ultrasons peuvent être reflétés par des objets solides, ce qui permet de détecter des cibles même en l'absence de lumière ou de conditions météorologiques défavorables.
- En revanche, les ondes sonores sont plus difficiles à transmettre à travers **l'eau** ou d'autres matériaux non solides.

#### 2. Non-conformité des vannes

Les vannes non conformes posent plusieurs risques dans le processus de lavage des gaz ils entraînent un abaissement de la productivité et l'augmentation des temps d'arrêt

La non-conformité des vannes est peut-être pour plusieurs Problèmes :

#### • Problème de Maintenance :

La non-conformité des vannes en raison d'un problème de maintenance signifie qu'il y a une défaillance ou un dysfonctionnement dans le fonctionnement de la vanne en raison d'une

maintenance incorrecte ou d'un manque de maintenance. Cela peut inclure des fuites, une usure prématurée ou une inefficacité dans le contrôle du flux de fluide dans le système.

#### • Problème dans la conception:

La non-conformité de la vanne est le produit d'une mauvaise conception de la vanne papillon utilisée dans la station de lavage des gaz HF. En effet, le type papillon ne convient pas à l'environnement de la station car il limite le passage de l'eau due à une dépression de l'eau. Ce phénomène rend difficile l'efficacité du processus de nettoyage des gaz HF. Par conséquent, il est nécessaire de repenser la conception de la vanne pour inclure des caractéristiques conçues pour les environnements de station de lavage des gaz HF.

#### 3. Les Pompes :

Les pompes sont des équipements utilisés pour transférer des liquides d'un endroit à un autre ou pour maintenir le flux de liquide dans un système.

Lors du processus de lavage des gaz, il est fréquent de rencontrer des problèmes au niveau des pompes de la station. En effet, la plupart des pannes sont causées par des pompes défectueuses.

#### • Qualité de la Pompe :

Il est important de souligner que la plupart des pannes lors de traitement est principalement dû à leur qualité médiocre. Les pompes utilisées au sein de notre installation sont des pompes en plastique qui présentent un risque accru de se dégrader prématurément en raison de la pompe en raison de la chaleur, des vibrations, de la pression, conduisant à une durée de vie réduite et à des coûts de maintenance élevés.



Figure 12 Domne Disctions



#### • L'effet de la Turbine :

Une turbine est conçue pour convertir de l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elle joue un rôle important pour accélérer le débit du fluide.

- si la turbine tombe en panne elle peut endommager les pales de la pompe ou les faire se rompre, ce qui peut causer des fuites de fluide ou une perte de débit.
- si la pompe est déjà soumise à une pression élevée ou à d'autres conditions extrêmes,
   la turbine peut accentuer ces dysfonctionnements et augmenter les risques de casse de la pompe







Figure 13 : Pompe détruite

#### 4. Les gaines d'assainissement :

Les gaines d'assainissement est une clé de traitement de lavage car elles sont responsables de l'évacuation des gaz traités hors du système cependant ces gaines peuvent être sujettes à des défaillances qui peuvent entraîner des risques pour la santé et l'environnement Les principales causes de défaillance des gaines d'assainissement sont les suivantes

#### • L'accumulation de matières dans les gaines :

L'aspiration des grains de phosphate avec le flux gazeux peut être causée par plusieurs facteurs, notamment la vitesse du vent, La distance entre le jeté du phosphate et la bouillie Ces grains peuvent s'accumuler dans les gaines et former des dépôts de phosphate et donc les obstruer. Cela peut entraîner une augmentation de la pression dans le système, ce qui peut causer l'éclatement de la gaine.



#### 5. Les buses de pulvérisation :

Les buses de pulvérisation jouent un rôle crucial dans l'opération de lavage des gaz ces buses peuvent être sujettes à des défaillances qui peuvent présenter des risques pour la santé et l'environnement.

L'accumulation de dépôts de fluosilicate dans les buses peut entraîner une réduction du débit du liquide de traitement ainsi peut causer des perturbations dans le processus de production

#### a) Formation des fluosilicates :

Les fluosilicates sont des composés qui se forment lors du lavage des gaz contenant de l'acide fluorhydrique (HF) par de l'eau filtré aux seins des équipements

Le dépôt de fluosilicate entraîne le bouchage des buses de pulvérisation, entraînant une difficulté dans le nettoyage. Ce dernier est effectué manuellement, ce qui prend un temps considérable

Un échantillon a été prélevé et analysé au laboratoire chimique-Maroc Chimie.

#### • Résultat des analyses des fluosilicate :



Figure 14: les fluosilicates

#### b) Composition chimique:

 $Tableau\ 8: composition\ chimique\ des\ fluosilicate$ 

Elément	Teneur
Na	45,07%
F	62,20%

#### <mark>کلیة العلوم و التقنیات فاس</mark> +۵٩Σ١٥١+ ١ +۲٥٥٥٥١Σ١ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### جامعة سيدي محمد بن عبد الله +οοΛομε+ ΘεΛε εεκεεολ Θι ΗΘΛευμοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

К	0,11%
SiO2	18,63%
CaO	0,0%

On peut conclure, d'après les analyses chimiques du produit, que la totalité du produit est présente sous forme de Na2SiF6.

#### • Analyses de la Teneur en F dans les eaux

Tableau 9 : teneur de fluore dans les eaux

Eaux filtré entrée atelier	Eaux de lavage (entrée AP)
0,750 mg/l	246,6 mg/l

Il est observé que l'eau introduite dans l'AP est abondante en fluor, ce qui indique que celui-ci revient dans la cuve d'attaque sous forme d'acide fluorhydrique dissous.

#### 6. Dysfonctionnement des appareils de mesure :

Les appareils de mesure dans un processus sont pour obtenir des données précises et fiables sur la grandeur à mesurer

Les dysfonctionnements peuvent survenir en raison de divers facteurs tels que :

- Le mauvais étalonnage
- Interférences électromagnétiques (des capteurs défectueux ; Alimentation électrique hors service)

#### كلي<mark>ة العلوم و التقنيات فاس</mark> +۵ΨΣΠοΙ+ Ι +Εο⊙ΟοΙΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+ΣΙ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله +οΟΛο⊔Σ+ ΟΣΛΣ ΕЗΛΕΓοΛ ΘΙ ΗΘΛЗИИοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

Ces dysfonctionnements entraînent des mesures inexactes c'est à dire la déviation de la température ; de la pression ; du niveau des bacs ; l'augmentation et diminution de la concentration HF non détectable

Qui peuvent avoir un impact négatif sur la qualité du traitement ainsi risque d'impact pour la santé et l'environnement

#### B. Analyse des causes :

1. Diagramme de cause à effet / Diagramme en arête de poisson /Diagramme d'Ishikawa :

Il s'agit d'un outil visuel utilisé pour faire un remue-méninges provoque l'apparition d'un effet particulier. L'effet ou le problème est capturé de manière analogue comme le chef du poisson et donc le nom. Les causes de cet effet ou le problème est généré par un brainstorming et sont capturés le long des arêtes du poisson. Généralement, les causes sont capturées dans des catégories prédéterminées telles que 5M comme indiqué ci-dessous :

<u>Matériel</u>: cette catégorie regroupe les causes profondes concernant les informations et les formulaires nécessaires pour exécuter le processus.

<u>Milieu</u>: cette catégorie regroupe les causes profondes liés à notre Environnement de travail, au marché les conditions et les questions réglementaires.

Mesure : cette catégorie regroupe les causes profondes liés à la mesure du processus.

Méthode : cette catégorie regroupe les causes profondes liées aux procédures, aux transferts, aux entrées-sorties questions.

<u>Main d'œuvre</u>: Cette catégorie regroupe les causes profondes personnes et organisations concernées.

a) Diagramme Cause / Effet : détection de niveau de bac

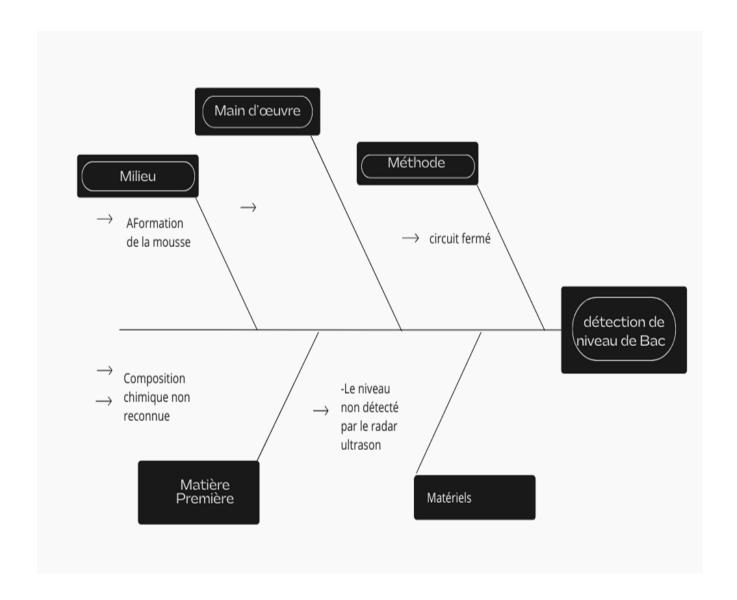


Figure 15 : Diagramme cause/effet - detection de niveau de bac

#### b) Diagramme Cause / Effet : bouchage des buses de pulvérisation

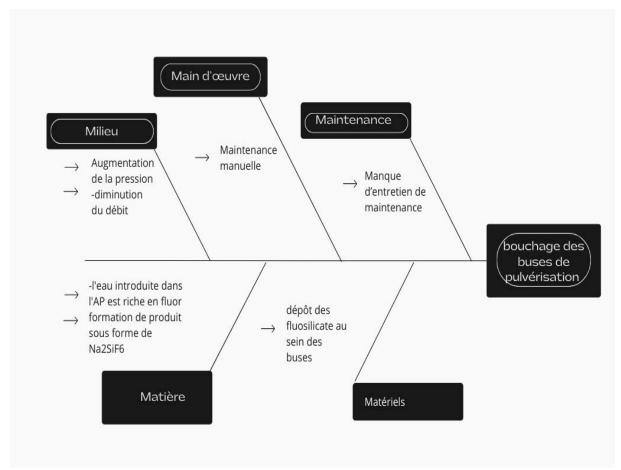


Figure 16 : Diagramme cause /effet - bouchage des buses de pulvérisation

### 2. Développement du diagramme cause/ effets : détection du niveau de bac

<u>Matière première</u>: la composition chimique complète est non reconnue dans la connaissance actuelle ce qui provoque la formation de la mousse

<u>Milieu</u>: la mousse formé et couverte la surface de liquide au sein du bac ce qui empêche le fonctionnement de radar

Matériel: Le radar ultrason mesure la distance en envoyant des ondes sonores qui rebondissent sur la surface du liquide dans le réservoir et sont ensuite détectées par le radar. Cependant, lorsque la surface du liquide est couverte de mousse, les ondes sonores ont tendance à rebondir sur la mousse plutôt que sur le liquide, ce qui peut causer des

#### <mark>کلیة العلوم و التقنیات فاس</mark> +۵٩Σ١٥١+ ١ +۲۵۰۵٥١Σ١ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σ١ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله +٥٥٨٥Δ٢+ ΘΣΛΣ ΕβΛΕΓοΛ ΘΙ ΗΘΛΒИΝοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

interférences dans la mesure. En conséquence, le radar peut ne pas être en mesure de fournir une mesure précise du niveau de liquide lorsque la mousse est présente.

<u>Méthode</u>: la circulation de la mousse dans un circuit fermé peut être plus moussante lors de lavage

#### 3. Développement du diagramme cause/ effets : colmatage des buses

<u>Matière première</u>: l'eau introduite dans l'AP est riche en fluor ce qui contribue grandement dans la formation d'un produit sous forme de Na2SiF6.

Milieu: La formation desfluosilicates entraı̂ne un Augmentation de la pression

Donc la diminution du débit et fournir un milieu défavorable.

<u>Matériel</u>: les fluosilicates formés sont déposés au sein des buses ce qui provoque un colmatage.

<u>Main d'œuvre</u>: les buses sont nettoyées par les mains d'œuvre manuellement ce qui prend un temps d'arrêt important.

#### C. Optimisation des causes analysées

#### 1. Niveau de Bac non détectable :

L'optimisation du problème d'obscurcissement de la vision du niveau de bac par la mousse est une préoccupation importante dans la station de lavage des gaz. Actuellement, la méthode utilisée pour mesurer le niveau de liquide dans le bac est le radar ultrason. Cependant, cette méthode peut être affectée par la présence de mousse, ce qui entraîne une incertitude dans la mesure du niveau de liquide

#### o **Proposition 1:**

Utiliser un radar à ondes guidées. Ce type de radar utilise des ondes électromagnétiques qui sont guidées à travers une sonde placée dans le bac. Cette sonde peut être placée à l'extérieur du bac ou directement en contact avec l'eau filtrée. Ce qui évite les problèmes liés aux mousses et autres obstructions de la vision. Ce système est également très précis et peut afficher des mesures de niveau en temps réel.

#### <mark>کلیة العل</mark>وم و التقنیات فاس +۵٩٥١٥١ | +۵٥٥٥١٥١ | +٥١٤ΧΣ+Σ١ Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Les types de radar à onde guidé :

Radar à ondes guidées à basse fréquence : il fonctionne dans une bande de fréquence inférieure à 10 GHz et offre une large plage de mesures et une résolution élevée. Son coût est généralement faible à modéré.

- 2. **Radar à ondes guidées haute fréquence** : il fonctionne dans une bande de fréquence supérieure à 10 GHz et offre une précision plus élevée pour les mesures à courte portée. Son coût est généralement modéré à élever.
- 3. Radar à ondes guidées avec filtre de surface : il est capable d'éliminer les interférences causées par la mousse ou les dépôts de surface. Son coût est généralement modéré à élever.
- 4. Radar à ondes guidées à plusieurs sondes : il utilise plusieurs sondes pour mesurer le niveau du liquide à différents endroits dans le bac. Cela permet une mesure plus précise et une meilleure résistance aux interférences. Son coût est généralement élevé.

#### o Proposition 2 : capteur de niveau radar

VEgaflex 81 un capteur de niveau radar non contact pour la mesure de niveau de liquides et de solides en vrac dans les applications industrielles. Ce capteur utilise des ondes radar pour mesurer la distance entre le capteur et la surface de mesure, ce qui permet de déterminer le niveau avec précision. Utilise un principe de mesure de jauge de contrainte permet la mesure de niveau de tous les types de liquides. Il délivre des valeurs de mesures précises même dans les applications avec vapeurs, colmatages, mousses ou condensation. Ce radar est une solution économique et idéale

#### Avantage:

- La programmation guidée assure une mise en œuvre aisée, sûre et rapide.
- Les sondes raccourcissables proposent une standardisation simplifiée et un maximum de flexibilité dans la planification
- De nombreuses possibilités de diagnostics assurent un fonctionnement sans entretien et donc une grande disponibilité de l'installation



#### Tableau 10 caractéristique de fonctionnement de radar à onde guidée et un capteur de niveau de radar

Caractéristique	Radar à onde guidée	Capteur de niveau radar VEGAFLEX
		81
Fonctionnement	Utilise un guide d'onde pour générer	Utilise une antenne pour émettre des
	une onde électromagnétique qui se	ondes électromagnétiques qui sont
	propage le long de la surface du	réfléchies par la surface du liquide
	liquide	
Mesure de	Peut mesurer le niveau de liquides et	Peut mesurer le niveau de liquides et
niveau	de solides à travers un guide d'onde	de solides sans contact direct avec le
		matériau
Précision	Grande précision et stabilité de	Haute précision de mesure avec une
	mesure	plage de mesure étendue
Installation	Nécessite une installation précise et	Installation simple et flexible avec des
	souvent complexe avec un guide	options de montage variées
	d'onde installé dans le réservoir ou la	
	cuve à mesurer	
Applications	Convient particulièrement pour les	Convient pour une large gamme
	liquides haute température, haute	d'applications, y compris les liquides,
	pression et corrosifs, ainsi que pour	les solides, les poudres et les
	les solides	matériaux granulaires
Gamme de	Peut mesurer des niveaux allant	Peut mesurer des niveaux allant
mesure	jusqu'à 30 mètres	jusqu'à 75 mètres
Communication	Peut être équipé d'une gamme de	Equipé de protocoles de
	protocoles de communication, y	communication standard tels que
	compris HART, RS485 et Modbus	HART, Modbus, Profibus et Fieldbus
		Foundation



### O Proposition 3: Un transmetteur de niveau (Les capteurs de pression différentielle)

Un transmetteur de niveau Mesure le niveau d'un liquide ou d'un solide en utilisant diverses techniques, telles que la pression hydrostatique Le principe de base du transmetteur de niveau est de mesurer la pression différentielle ( $\Delta P$ ) à l'aide d'un détecteur de pression. Cette méthode permettrait de contourner les effets de la mousse sur la mesure du niveau de liquide et ainsi d'optimiser la précision de la mesure. En effet, la mousse n'affecte pas la mesure de la pression différentielle. De plus, la méthode de mesure par  $\Delta P$  est simple, fiable et peu coûteuse par rapport à d'autres méthodes de mesure.

#### ⇒ Principe d'hydrostatique

Niveau du liquide =  $(\Delta P / \rho g)$ 

Avec:

ΔP est la pression différentielle mesurée (en Pa)

g est l'accélération due à la gravité (en m/s²)

ρ est la densité du liquide (en kg/m³)

D'où:

- La pression du haut niveau est détectée par le capteur de pression
- La hauteur de niveau bas est déjà connue donc on peut la traduit à une pression

#### • ETUDE ECONOMIQUE:

Tableau 11: Etude Economique des propositions

Proposition	Radar a onde guidé	Capteur de	niveau	Transmetteur	de
		vegaflex 81		niveau VEGA TY	PE
Prix unitaire	20460	9429,40		12083,58	

#### كلية العلوم و التقنيات فاس +۵∀Σ⊔۵۱+ ۱ +Co⊙00ΙΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### 2. Non conformité des vannes :

Le problème responsable de la non-conformité de la vanne c'est sa conception de la vanne donc Seul un changement de type de vanne résoudra le problème de non-conformité.

Pour un environnement de station de lavage des gaz HF où le débit d'eau est un facteur important, je recommande d'utiliser des vannes à boisseau sphérique (aussi appelées vannes à bille).

#### • Fonctionnement de la vanne à boisseau sphérique :

Ce type de vanne utilise une sphère (ou boule) perforée qui pivote à l'intérieur d'un corps de vanne pour contrôler le flux de l'eau filtré. Lorsque la sphère est tournée à 90 degrés par rapport au tuyau d'entrée, la perforation de la sphère correspond à celle du tuyau, permettant un flux complet. Lorsque la sphère est tournée à 180 degrés, la perforation de la sphère est perpendiculaire au tuyau, arrêtant complètement le flux.

#### • Les caractéristiques à suivre pour demander la Nouvelle vanne :

- Diamètre de la vanne
- Pression de la vanne
- L'encombrement
- La Nature de vanne

#### • Conception d'une vanne à boisseau sphérique sur CATIA :

Pour pouvoir expliquer clairement le fonctionnement de la vanne, j'ai opté pour la conception virtuelle grâce à CATIA. Avec le logiciel, j'ai créé les différents éléments nécessaires à la fabrication de la vanne à boisseau sphérique, tels que le corps de la valve, la bille ,l'anneau d'étanchéité et les joints.

J'ai d'abord utilisé l'outil Part Design pour modéliser chaque pièce puis je les ai assemblées pour obtenir la vanne complète. Pour m'assurer du bon fonctionnement de la vanne, j'ai procédé à une simulation qui m'a permis de vérifier son étanchéité et la fluidité de son mouvement

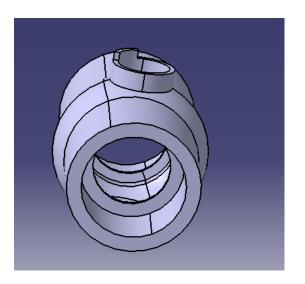
#### 1. Corps de vanne:

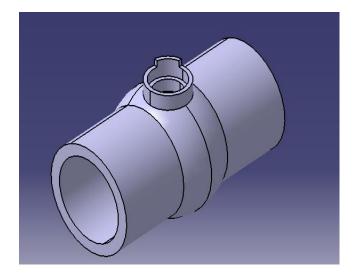
le corps de la vanne est la partie principale qui contient l'ensemble de la vanne à boisseau.

Pour concevoir le corps de la valve sur Catia, j'ai suivi les étapes suivantes :

- J'ai utilisé la fonction "Part Design"
- J'ai dessiné le corps principal à l'aide de l'esquisse ensuite la fonction de "Révolution"
- J'ai réalisé un trou grâce à l'esquisse 2 puis une nouvelle "Révolution"

• J'ai créé un plan pour pouvoir réaliser une poche.





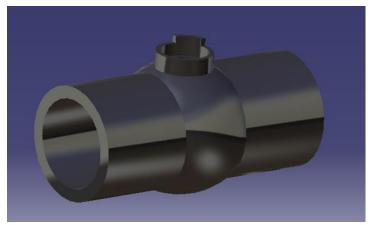
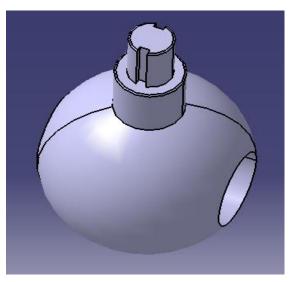


Figure 17: Le corps de la vanne en acier innoxydable

2. Boisseau / Bille : La bille joue un rôle crucial dans le fonctionnement de la vanne à boisseau. Elle est la pièce centrale de la vanne et est située dans la zone de blocage. Lorsque la vanne est en position fermée, la bille bloque l'écoulement du fluide en fermant l'orifice d'entrée. La bille est également responsable de la régulation du débit en cas d'ouverture partielle de la vanne. En effet, en tournant le boisseau, la bille pivote de manière à autoriser ou non le passage du fluide. De par sa forme arrondie et son matériau de fabrication résistant, la bille permet une étanchéité efficace de la vanne en position de fermeture. Sans la bille, la vanne à boisseau ne pourrait pas remplir sa fonction principale qui est de réguler le débit du fluide dans le système.



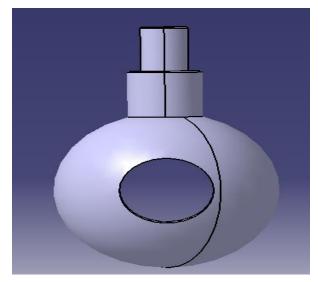


Figure 18 : la bille d'une vanne à boisseau sphérique

- 3. <u>Siège:</u> c'est la partie fixe du corps de la vanne qui assure l'étanchéité de la vanne lorsque celle-ci est fermée.
- 4. <u>Tige</u> : c'est la partie qui relie la poignée de commande à la vanne à boisseau pour actionner son ouverture ou sa fermeture.

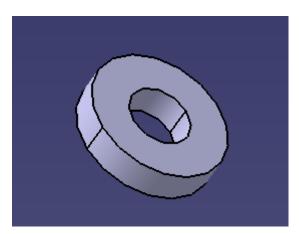
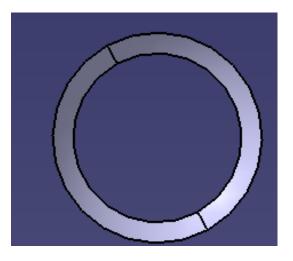


Figure 19 : la conception de la tige de la vanne

<u>6. Joint :</u> c'est la partie qui assure l'étanchéité de la vanne entre le corps de la vanne et les brides.

les brides sont les parties qui permettent de fixer la vanne à boisseau sur la conduite ou le réservoir où elle doit être installée



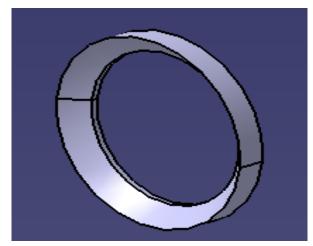


Figure 20 · concention des iointes de la vanne

• L'assemblage des pièces :

Le processus d'assemblage comprend les étapes suivantes :

- Ouvrir l'outil Assembly Design.
- Ajouter le corps de la valve.
- Fixer la pièce.
- Intégrer la bille.
- Appliquer les contraintes, telles que les coïncidences, l'onglet et la zone de contact entre la bille et le corps.
- Ajouter l'anneau d'étanchéité et appliquer les contraintes.
- Installer les joints.

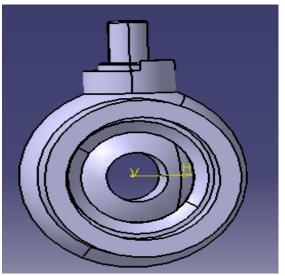
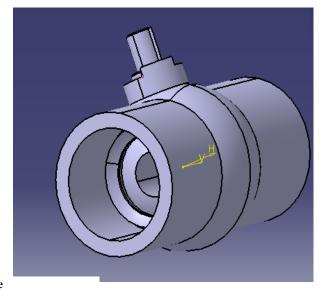


Figure 21 : Assemblage des pièces de la vanne





Lors de notre installation il faut utiliser Une vanne à boisseau sphérique automatique qui est actionnée par un moteur électrique, un vérin pneumatique ou hydraulique ou une servocommande. Un signal électrique ou pneumatique est envoyé pour actionner la vanne à boisseau sphérique, ouvrir ou fermer le flux.

#### 3. Les Pompes

La plupart des fabricants optent pour des pompes en plastique, pour réduire les coûts. Cependant, l'utilisation des pompes en plastique diminue considérablement leur durée de vie

Une pompe défectueuse peut perturber tout le processus de lavage et entraîner des pertes financières importantes.

Il est donc essentiel de choisir des pompes de qualité supérieure Notamment Les Pompe centrifuge antiacide INOX

les pompes en acier inoxydable peuvent aider à réduire les risques et améliorer la performance de la station. Peuvent être plus résistantes aux produits chimiques et à la chaleur, ce qui peut aider à prolonger leur durée de vie. Elles peuvent également offrir des débits plus élevés. Remplacer les pompes en plastique au sein de la station de lavage est pour assurer la continuité et le fonctionnement d'une manière sûre et efficace.

#### **Comparaison:**

Tableau 12 : Critère de comparaison entre une pompe physique et une pompe inox

Critères de comparaison	Pompe plastique	Pompe inox
Matériau de fabrication	Plastique	Inox
Durabilité	Moins durable	Plus durable
Résistance à la corrosion	Moins résistant	Très résistant
Résistance à la pression	Limitée à basse pression	Très résistante
Application de la pompe	Usage domestique	Usage industriel
Coût	Moins cher	Plus cher
Facilité de nettoyage	Facile à nettoyer	Facile à nettoyer
Niveau sonore	Plus bruyante	Moins bruyante
Capacité de pompage	Limitée	Plus grande
Respect de l'environnement	Moins écologique	Plus écologique





Ainsi d'un Contrôle régulier de l'étanchéité, la vibration et les boulons de fixation.

#### 4. La gaine d'assainissement :

L'aspiration des grains de phosphate au sein de la gaine d'assainissement peut causer de sérieux problèmes de bouchage et de détérioration de l'équipement. Pour éviter cela, il est recommandé de :

- Prolonger le jeté de phosphate par un matériau antiacide qui est capable de supporter l'acidité élevée des bouillies de phosphate. Ce matériau doit également être résistant à la corrosion pour ne pas être dégradé lorsqu'il entre en contact avec la bouillie. En allongeant la jeté, la distance entre la cuve d'attaque et la zone de dispersion sera réduite Matériaux : SVR ou inox
- Construire une jupe autour de la jetée de phosphate pour éviter l'aspiration des grains Cette option consiste à construire une jupe en forme de cône inversé autour de la jetée d'une façon qu'il n ya pas d'intersection entre la jupe et antivortex (chickane)

#### 5. Dépôt des Fluosilicate :

#### **Traitement 1:**

Il est possible d'éviter un grand dépôt de fluosilicate en maintenant un nettoyage régulier des équipements afin d'empêcher les dépôts qui deviennent très difficiles à enlevé par le temps. Un nettoyage préventif régulier peut également aider à empêcher l'accumulation excessive de fluosilicate dans les installations.

Le lavage des équipements utilisés dans le processus de production est programmé chaque 15 jour pour maintenir le cycle de production d'acide phosphorique fabriqués.

Pour cela il est recommandé de faire un nettoyage adéquat de chaque équipement une fois de tous les 15 jours lors de lavage planifié comme il est indiqué sur le tableau suivant :

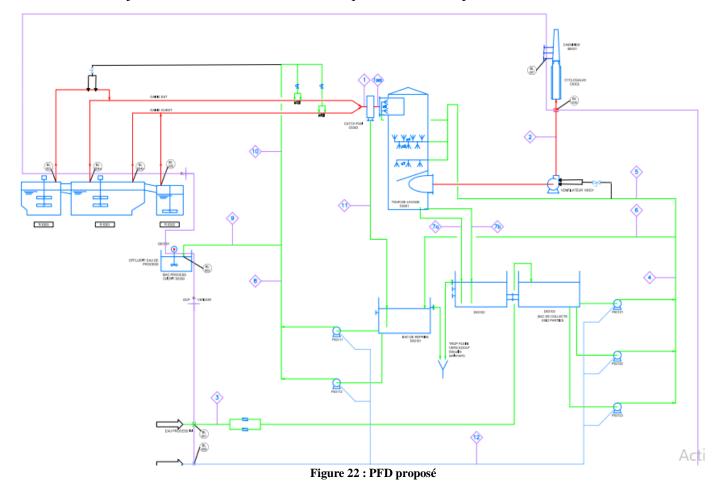
Tableau 13 : programme de nettoyage régulier des équipements de la station de lavage

Equipement	Fréquence	Durée de nettoyage	Nombre de personne
Les gaines	1 fois/2 lavage	3	2
Catch Pan	1 fois/3 lavage	1	2
La tour de lavage	1 fois/2 lavage	1	2
Les buses de la tour	1 étage/2 lavage	1	2
de lavage			
Ventilateur	1 fois/4 lavage	1	2
Rampe des gaines	1 fois/2 lavage	1	2
Rampes de la tour	1 fois/2 lavage	2	2
Les bacs	1 fois/4 lavage	1	2
Les analyseurs	1 fois/lavage	1	2

#### **Traitement 2:**

Pour éviter la formation des fluosilicates :

- Il est primordial d'installer un circuit avec buse. Une telle installation est nécessaire pour renforcer la gaine sortie-cuve R6300 paine EST (sortie-cuve R6301)
- L'injection de l'eau dans la ventilateur pour éviter les dépôts dans la turbine



#### **Traitement 3: utilisation d'un additif chimique**

Le produit **Antiscalling**, également connu sous le nom d'anti-incrustant, est un additif chimique utilisé pour prévenir l'accumulation de dépôts minéraux (calcaire, tartre, etc.) dans les systèmes de traitement de l'eau.

Dans notre installation L'accumulation des dépôts de fluosilicate peut affecter la performance des équipements ce qui infecte la qualité de lavage. L'utilisation de produits antiscalling permet donc d'augmenter la durée de vie des équipements, de réduire les coûts d'entretien de maintenance.

#### 6. Dysfonctionnement des appareils de mesure :

<u>L'étalonnage</u> peut être une solution efficace pour corriger les dysfonctionnements des appareils de mesure au sein d'une station de lavage des gaz HF par l'eau filtrée. En effet, en étalonnant régulièrement les instruments de mesure, il est possible de garantir leur précision et leur fiabilité ainsi d'éviter les fausses indications, ce qui permet d'optimiser le fonctionnement de la station de lavage.

#### 7. Des solutions pour surmonter les inconvénients de la station :

#### a) Richesse de l'eau introduite dans l'AP en fluor :

Afin de garantir que l'eau de retour au bac de la réaction ne contient pas de HF, qui peut influencer négativement les équipements, il est recommandé d'utiliser un système de filtration par osmose inverse. De même, pour éviter la génération de l'acide fluosilicique, il. l'osmose inverse est un processus efficace pour éliminer les ions de fluorure (notés F-) dans l'eau tout en permettant à l'eau pure de passer à travers et de garantir la longévité des équipements.

#### $\Rightarrow$ Principe:

Le principe de l'osmose inverse est un processus de filtration de l'eau dans lequel une pression externe est appliquée sur une solution pour forcer l'eau à passer à travers une membrane semi-perméable, qui retient les impuretés.

#### osmose inverse

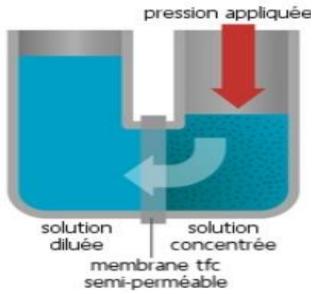


Figure 23: Principe d'osmose inverse

#### Récupération des ions de fluorure :

Les ions de fluorures sont utilisés dans plusieurs industries. Par exemple, ils sont utilisés dans l'industrie de l'aluminium pour séparer l'aluminium de l'oxygène lors de la production d'aluminium. Ils sont également utilisés dans la fabrication de verre et de céramiques pour renforcer les matériaux et augmenter leur durabilité. Les ions de fluorures sont également utilisés dans l'industrie des semi-conducteurs pour créer des couches isolantes et améliorer les performances des dispositifs électroniques.

#### a) Technologie de plasma

L'injecteur Aurochs peut traiter des flux d'air allant jusqu'à quatre-vingt-dix mille mètres cubes par heure Il le fait en poussant l'air ambiant à travers un filtre à trois étages. L'air purifié entre ensuite dans une série de modules plasma non thermiques. De la même manière que la foudre rafraîchit l'air pendant un orage, ici un orage microscopique divise les molécules d'eau et d'oxygène, les transformant en oxygène actif. Cet oxygène actif est ensuite injecté dans le conduit d'évacuation d'air du processus où il exécute une réaction d'oxydation à grande vitesse avec les molécules d'odeur offensive. Le résultat les molécules oxydées ne peuvent pas être détectées par le nez humain. Résolution du problème des odeurs.



#### D. Plan d'action:

Tableau 14 : Plan d'action des dysfonctionnements de la station de lavage des gaz-PPII

Dysfonctionnement	Action	Gain	responsable
POMPE	-choix de matériaux de la pompe - Contrôle régulier de l'étanchéité, la vibration et les boulons de fixation.	<ul> <li>fonctionnement</li> <li>d'une manière sûre</li> <li>et efficace.</li> <li>amélioration de la performance de circuit de lavage</li> <li>Du rée de vie plus longue</li> </ul>	-Service mécanique
Détection de niveau de bac	-changement de radar par un radar ondes guidées	-Mesure précise -diminution des arrêts	-Régulation
Dépôt des fluosilicate	-Nettoyage régulier des équipements -l'ajout des circuits avec buses	-éviter le colmatage des équipements -optimiser la performance de l'équipement et la qualité de lavage	-Production
Non-conformité des vannes	Changement de la vanne par une vanne a bille	<ul> <li>améliorer la qualité du lavage</li> <li>Contrôle de débit précis</li> <li>réduire les temps d'arrêt</li> <li>minimiser les risques de fuites d'eau</li> </ul>	-service mécanique
Les appareilles de mesure	Etalonnage	-garantir la précision et la fiabilité des données de mesure -précision les concentrations de HF	Régulation
La gaine d'assainissement	Construction d'une jupe autour de la jeté de phosphate	<ul> <li>éviter les dépôts au sein de la gaine</li> <li>la jeté d'une quantité totale des grains de phosphate</li> </ul>	-Service mécanique

#### كلية العلوم و التقنيات فاس +۵4Σ⊔۵۱+ ۱ +۵0000ΣΙ Λ +0ΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



جامعة سيدي محمد بن عبد الله +٥٥٨٥ΔΣ+ ΘΣΛΣ ΕΒΛΕΓοΛ ΘΙ ΗΘΛΒИИοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah

#### E. Conclusion:

En conclusion de ce chapitre, nous avons pu identifier et analyser les causes racines des écarts de fonctionnement de la station de lavage des gaz. Nous avons également proposé des solutions pour optimiser la marche de l'installation.

Dans le prochain chapitre, nous aborderons l'évaluation de notre plan d'action et nous présenterons d'autres méthodes de lavage ainsi que l'application de notre installation sur les SDG goals. En somme, l'objectif est d'atteindre une performance optimale de la station de lavage des gaz tout en respectant les normes environnementales en vigueur.

#### کلیة العلوم و التقنیات فاس +۵۴Σμοι+ ۱ +۲۵ΘΟοΙΣΙ Λ +ΟΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



Chapitre III: EVALUATION

#### I. INTRODUCTION:

Dans le cadre de la transition vers une économie durable, une attention particulière est accordée à l'évaluation des actions réalisées pour optimiser la marche de la station de lavage des gaz afin de réduire ces impacts. Ce chapitre présentera les différentes actions entreprises pour atteindre cet objectif, en respectant les SDG Goals, et évaluera leur efficacité en termes de réduction des impacts environnementaux.

#### **II. EVALUTION:**

#### A. DETECTION DE NIVEAU DE BAC

Afin d'éviter que les mousses obscurcissent la vision du niveau de bac, une modification a été effectuée en mettant en place un système d'hydrostatique en forme de U pour acheminer l'eau vers le tube de détection de niveau. Par ailleurs, le type de radar ultrason a été remplacé par un radar à onde guidée situé à la tête du tube.

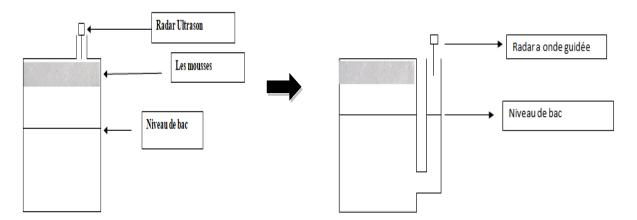


Figure 24 : l'action effectuée pour la détection de niveau de bac

#### **Commentaire:**

Cette action a permis d'éviter les déclanchements de la station par fausse indication du niveau et aboutir au bon déroulement des opérations et au rétablissement satisfaisant de la situation. Le problème a été résolu avec succès, grâce à l'évaluation minutieuse de la situation et à l'action rapide et efficace qui a été prise.



#### III. IMPACTE DE GAZ HF:

En cas d'exposition prolongée à des concentrations de gaz HF élevées il y a des impacts sur :

#### A. L'atmosphère:

L'impact sur l'atmosphère peut inclure l'augmentation de l'effet de serre et de la pollution atmosphérique. Les gaz HF peuvent réagir avec d'autres composants atmosphériques pour former des particules fines de sulfate qui nuisent à la qualité de l'air et peuvent avoir des effets néfastes sur la santé humaine.

#### B. La santé:

#### Notamment:

- irritations de la peau, des yeux et des voies respiratoires,
- brûlures cutanées,
- maux de tête,
- des nausées, des vomissements et des difficultés respiratoires.

#### C. L'environnement:

L'impact sur l'environnement peut inclure la destruction de la végétation et des cultures, la contamination des eaux souterraines et des plans d'eau, ainsi que des effets négatifs sur la faune environnante. Les organismes vivants tels que les poissons, les plantes et les animaux peuvent mourir ou être gravement affectés par les émissions de gaz HF.

## IV. Station de lavage des gaz phosphorique et les objectifs de développement durable :

#### A. Définition:

SDG signifie "Objectifs de Développement Durable" en français. Ce sont des objectifs mondiaux établis par les Nations Unies en 2015 pour guider les efforts de développement durable à l'échelle mondiale jusqu'en 2030.

Les SDGs comprennent 17 objectifs et 169 cibles qui couvrent des domaines tels que l'élimination de la pauvreté, la préservation de l'environnement et la promotion de la paix et de la justice.

#### كلية العلوم و التقنيات فاس +۵∀Σ⊔۵۱+ ۱ +۲۵0000ΣΙ Λ +0ΙΣΧΣ+Σι Faculté des Sciences et Techniques de Fès



#### جامعة سيدي محمد بن عبد الله +٥٥٨٥ Ε+ ΘΣΛΣ Ε8ΛΕΓοΛ ΘΙ ΗΘΛ8ИИοΦ Université Sidi Mohamed Ben Abdellah



































#### B. Application:

La station de lavage des gaz phosphorique utilisant de l'eau filtrée peut contribuer à plusieurs objectifs de développement durable (SDG:

#### **SDG 6 : Eau propre et assainissement**

En utilisant de l'eau filtrée pour laver le gaz, la station de lavage contribue à la disponibilité d'eau propre et d'assainissement, en réduisant la quantité de produits chimiques qui peuvent contaminer les sources d'eau (recyclage de l'eau)

#### **SDG 12 : Consommation et production responsables**

En utilisant une méthode de lavage plus respectueuse de l'environnement, la station de lavage de gaz HF encourage des pratiques de consommation et de production plus durables, qui limitent le gaspillage de ressources naturelles et réduisent les émissions de gaz à effet de serre.

#### **SDG 13: Lutte contre les changements climatiques**

En réduisant les émissions de gaz à effet de serre, la station de lavage contribue à la lutte contre les changements climatiques, qui est un enjeu majeur de développement durable.



#### SDG 15 : Vie terrestre

En réduisant les déchets polluants qui peuvent affecter la vie terrestre (par exemple, les mousses de NOVOCHEIM), la station de lavage favorise la préservation de la biodiversité et la santé des écosystèmes terrestres.

#### **SDG 17 : Partenariats pour la réalisation des objectifs**

En travaillant avec d'autres acteurs de la chaîne de production/service environnement /service de maintenance), L'OCP peut construire des partenariats pour maximiser son impact en termes de développement durable, afin de contribuer à la réalisation de l'ensemble des objectifs de développement durable.

#### V. CONCLUSION GENERAL:

Mon travail présenté dans ce rapport, qui a été initié par la Division Maroc Chimie de Safi, s'est inscrit dans le cadre de mon projet de fin d'études visant à optimiser la marche de la station de lavage des gaz cette, amélioration est basé sur une étude critique approfondie de ce système, mettant en évidence ses limites en matière de performances. L'objectif consistait à corriger et maîtriser la qualité des émissions gazeuses et réduire l'impact de la station sur le taux de rendement global.

Le travail que j'ai effectué a été particulièrement enrichissant, tant sur le plan technique que relationnel. D'un point de vue technique, j'ai dû gérer un véritable défi de gestion de projet, avec des objectifs clairement définis et une période d'adaptation nécessaire. Pour y parvenir, j'ai établi des liens avec différents acteurs de l'usine, ce qui m'a permis de développer un sens relationnel important. Après cette expérience, je suis convaincu que les ingénieurs doivent posséder des compétences relationnelles solides pour réussir leurs missions.



#### **BIBLIOGRAPHIE**

- King P.J., Operating Characteristics of Packed Absorption Columns in « Cremer and Davies, Chemical Engineering Practice », vol. 6, Butterworths, Londres, 1958
- Morris G.A, Jackson J., Absorption Towers, Butterworths, Londres, 1953. Normann W.S., Hu T. T., Gas Absorption, in « Cremer and Davies, Chemical Engineering Practice », Butterworths, Londres, 1958.
- Ruthven D. M., Principales of adsorption and adsorption process, John Wiley, NewYork, 1984
- Divers documents fournis par l'OCP
- Documents fournis par SERVITHEN
- la revue technique de l'INRS : HYGIENE ET SECURITE DU TRAVAIL
- VEGA : Instruments de mesure individuels