**Rapport descriptif de quelques ateliers de complexe chimique**

**de Jorf Lasfar**

introduction

**A**fin de découvrire l’environnement socioprofessionnel qui règne au sein du pole chimique de JORF LASFAR, ainsi que de faire le premier pas vers ce géant de l’industrie un stage d’initiation a été prévu dans le cycle de notre formation de la haute maîtrise pour le code de X5070. En effet, ce stage nous a permis de faire de faire connaissance avec l’ensemble des services :

 PCI/DE/PU : exploitation port.

 PCI/DE/PS : exploitation stockage.

 PCI/DE/PP : atelier énergie et fluide.

 PCI/DE/PE : atelier de production d’acide sulfurique.

 PCJ/PN/EP : atelier de production d’acide phosphorique.

 PCJ/PN/ES : atelier de production des engrais.

**A**lors, dans ce modeste travail, on va essayer de faire une brève description des procédés et des installations de production dans les sept services.

#### GROUPE OCP

1. HISTORIQUE DU GROUPE OCP

 L'Office Chérifien des Phosphates fut crée au 7 août 1920 par dahir, le dahir réservera à l'état tous les droits de recherche et d'exploitation du phosphate, ainsi que le monopole des ventes de ce minerai sur le marché. L'exploitation effective du minerai ne fut entreprise qu'en 1921 dans la région de Oued Zem. Dés cette période, l'OCP a connu une très vive expansion sans relâche grâce à la qualité du minerai extrait et à l'apprésentation des pays demandeurs.

 Malheureusement, cette expansion fut interrompue brusquement à cause de la chute des prix sur le marché mondial, ce qui conduira l'état ainsi que l'OCP à revoir leur qualité jusqu'à ce temps basé sur les entrées en devises issues en vue d'éviter d'autres crises.

 L'OCP a commencé une très large industrialisation avec son activité et a crée des usines pour les dérivées du phosphate (acide phosphorique, fertilisants, etc…), ce qui constituera le noyau du groupe OCP.

 Cependant, en ces dernières années, l'activité a repris grâce au dynamisme que connaît le groupe actuellement, et en développement du partenariat avec les pays importateurs manifestes en créant des entreprises mixtes, et comme cité avant, grâce à la diversification de l'activité pour passer de l'extraction pure et simple du pays et au faible coût d'exploitation.

 Le groupe OCP livre aux cinq continents de la planète; ses exportations représentent 25 à 30% du commerce international du phosphate et de ses dérivés présents dans cinq zones géographiques du pays (3 sites d'exportations minières: Khouribga-Youssoufia, Boucraa-Laayoun et deux sites de transformation chimique: Jorf lasfar et Safi qui constituent un vecteur de développement régional et national important.

 1920 : Début de l'extraction du phosphate à boujniba (Khouribga.

 1930 : Ouverture d'un nouveau centre de production de phosphate (Youssoufia)

 1950 : Mise en ouvre de la méthode d'extraction en découverte à Khouribga.

 1960 : Développement de la mécanisation du souterrain à Youssoufia.

 1965 : Démarrage de Maroc phosphore I-II à Safi.

 1970 : Création de la structure organisationnelle intégrant l'OCP et ces entreprises filiales.

 1980 : Partenariat industriel en Belgique: Démarrage du site de Jorf lasfar avec Maroc phosphore III-IV.

 1990 : Exportation des nouveaux projets de partenariat industriels de renforcements des capacités.

 2000 : Démarrage d'une unité de flottation de phosphate à Khouribga.

1. STATU JURIDIQUE DU GROUPE

 L'OCP est une entreprise semi-polaire de nature commerciale et industrielle. Il emploie environ 30000 personnes à travers tout le Maroc, il est l'élément clé de l'économie Marocaine.

 L'OCP est inscrit au registre de commerce, et a les mêmes obligations fiscales (patente, droits de douane, taxe, impôt sur les bénéficies..) que n'importe quelle entreprise privée. Cependant, il a une gestion financière entièrement indépendante de l'état. Ainsi, chaque année il établit ses prix de revient, son compte d'exploitation, son bilan et participe en budget de l'état.

1. PERSONNEL DU GROUPE OCP

▪ Les personnels hors cadre:

* Directeurs
* chef de division
* Chef de service

▪ Les personnels TAMCA et OE.

 Cette catégorie est répartie en cinq groupes professionnels, elle se compose de deux à trois niveaux, et à chaque niveau correspond à une catégorie ou échelle.

Par catégorie, il a lieu d'entendre le personnel OE (ouvriers et employés), et par échelle le personnel TAMCA (techniciens agents de maîtrise et cadres administratifs).

1. RELATIONS EXTERIEURES

 Dans le cadre de stratégie de développement du partenariat avec des opérateurs étrangers, le groupe se constitue de diverses actions:

-La société ***EMAPHOS*** en coopération avec PRAYON (Belgique) et CFB (Allemagne) pour la réalisation d'une usine de fabrication d'acide phosphorique purifié à Jorf Lasfar.

-La coopération avec la société DRANDE PAROISSE (Rowen France) pour le façonnage de 600000 tonnes de phosphate par an et sa transformation en acide phosphorique (200000 par an à partir de 1997).

-Un protocole d'accord avec la CNCCC (chimie) pour la réalisation d'une usine d'engrais. Ainsi que la totalité de la production phosphatée qui est destinée à l'exploitation soit à l'état brut, soit après conversion en acide phosphorique ou en dérivées solides.

Quatre ports desservent les centres de production:

-Le port de Casablanca, pour le phosphate en provenance de Khouribga.

-Le port de Jorf lasfar pour le phosphate provenant de Khouribga et les produits dérivés fabriqués à Jorf lasfar.

- Le port de Safi pour le phosphate provenant de Youssoufia.

-Le port de Laayoune pour le phosphate provenant de Boucraa.

 La multiplicité de ports d'embarquement apporte une souplesse et une sécurité d'approvisionnement pour les clients, elle constitue un atout supplémentaire pour la satisfaction de leurs besoins. Le groupe entreprend des relations de partenariat avec une trentenaire de pays en tout.

#### IMACID

IMACID est une société Maroco Indienne (50% Groupe OCP 50% Groupe BIRLA) constitué en 1997, son capital est de 620 millions de dirhams. Ce projet a coûté 2 milliards de DH et il a occupé une surface de 112 500 m2. La commercialisation du produit est répartie comme suit : 2/3 pour le partenaire BIRLA et 1/3 pour les autres marchés.

**Ce complexe industriel a démarré en octobre 1999 à proximité du complexe Maroc Phosphore III – IV à Jorf Lasfer, dont la construction du projet a augmenté la capacité de la production d’acide phosphorique à la plate forme de Jorf Lasfer de 25%.**

IMACID bénéficie les avantages du site de Jorf Lasfer :

♦ La proximité du gisement minier de Khouribga.

♦ La proximité du port avec un grand tirant d’eau.

♦ L’alimentation en eau de mer et eau douce sur de faibles distances.

♦ La dotation de site de grandes facilités industrielles.

♦ La possibilité d’utilisation de l’infrastructure de Maroc Phosphore III – IV.

Ce complexe permet de produire annuellement 330 000 tonnes P2O5, nécessitant la transformation de :

 **√** 330 000 tonnes de soufre,

 **√** 3 millions m3 d’eau de procédé,

 **√** 120 millions m3 d ‘eau de mer,

 **√** 1.2 millions de tonnes de phosphates de khouribga.

L’énergie électrique nécessaire est fournie par un groupe turboalternateur de 27 MW fonctionnant au moyen de la vapeur haute pression produite par la chaleur dégagée par la combustion du soufre.

IMACID a été conçu en adoptant le procédé et les technologies les plus innovants en matière d’environnement et d’informatisation :

 **√** Procédé d’acide sulfurique MONSANTO à double absorption.

 **√**  Procédé d’acide phosphorique PRAYON MARK IV avec unité de lavage des gaz,

 **√** Unité conduite par un système numérique de contrôle commande (SNCC).

Le complexe IMACID se compose de 3 ateliers :

1. Atelier utilités :
	1. Une centrale thermoélectrique avec (CTE) :
* Un groupe turbo alternateur de 27 MW,
* Une liaison avec le réseau vapeur HP de Maroc Phosphore III-IV afin de fournir la vapeur pour les démarrages et augmenter la flexibilité de marché de l’ensemble du complexe Jorf Lasfar.

* 1. L’atelier de traitement des eaux (TED) composé de :
		+ Deux chaînes de désiliciage d’eau,
		+ Une station de compression d’air,
		+ Une station de reprise d’eau de mer (REM)

### Atelier sulfurique

 Capacité : 3300 tonnes monohydrate par jour

 Procédé : MONSANTO à double absorption.

## Atelier phosphorique

Capacité nominale : 1000 t P2O5 par jour d’acide, qualité marchande

 54%

Procédé : PRAYON MARK IV

Système de broyage : broyage humide

Filtration : filtre à cellules basculantes

 Concentration : trois échelons de 440 t P2O5 par échelon, à échangeurs

 tubulaires de graphite.

## RESSOURCES HUMAINES

 205 personnes travaillent à IMACID, ils sont répartis comme suit :

 - 26 ingénieurs

 - 179 agents.

## Autres moyens :

* Atelier de maintenance.
* Magasin de pièces de rechanges.

TRAITEMENT EAU

CENTRALE THERMO

ELECTRIQUE 27MW

 H2SO4

3300 T MH/J

H3PO4 1000 T P2O5/J-D

EAU PROCEDE COMMUN

AVEC MP III-IV

EAU DE MER 22°

(<=MP III-IV)

LIQUIDE “S”

(<=MP III-IV)

ENERGIE ELECTRIQUE

VAPEUR HP

VAPEUR HP+CONDENSATS

MP III-IV

H2SO4 <= => MP III-IV

54% P2O5 “MGA”

EXPORTATION

# DIAGRAMME BLOC DE IMACID

PHOSPHATE HUMIDE TAMPON 25000T

INTRODUCTION :

Les différentes unités d’IMACID consomment d’énorme quantité d’énergie électrique (les environ de 10 MW/h) et d’utilités (l’air de service et d’instrument ; eau brute, filtré et déciliciée ; vapeur MP et HP. Pour répondre à cette demande IMACID et équipée d’un atelier d’utilités qui, par l’eau déciliciée produite dans ce dernier, rècupère dégagées par la réaction exothermique de la formation d’acide sulfurique. Donc cette eau devient vapeur qui va servir ensuite à l’entraînement du groupe turboalternateur.

On peut conclure que le but de cet atelier est de :

* Fournir l’énergie nécessaire sous forme de vapeur au démarrage d’IMACID.
* Fournir à l’unité de production d’acide :
	+ L’eau alimentaire nécessaire à la chaudière de récupération ;
	+ L’énergie électrique nécessaire à la fabrication ;
	+ L’air comprimé ;
	+ L’eau de refroidissement.
* Utiliser l’énergie thermique produite en excèdent par l’unité de production d’acide sulfurique pour alimenter le groupes turboalternateur ;
* Fournir l’énergie sous forme de vapeur à l’unité d’acide phosphorique pour la filtration et la concentration, au traçage et au stockage réchauffé.
1. Atelier des utilités :

Il comprend trois unités assurant l’alimentation en énergie et fluides nécessaires à la marche d’IMACID :

* Centrale thermoélectrique ;
* Station d air comprime ;
* Station de traitement d’eau douce T.E.D.
1. Centrale thermoélectrique :

Elle est équipée d’un groupe turboalternateur de 27 MW/H et entraîné par deux turbines.

La centrale assure la détente de la vapeur haute pression (HP), dont la pression P = 55 bars abs et la température T = 488 °C, produite par la chaudière de récupération installée dans l’atelier d’acide sulfurique, convertissant ainsi l’énergie thermique en énergie électrique.

Cette énergie couvre tous les besoins d’IMACID, le supplément et envoyé dans le réseau national de O.N.E.

1. Station d’air comprime :

Deux compresseurs d’air travaillant autour du rôle fournissent de l’air comprimé (c’est l’air de service) qui va être envoyé vers deux colonnes de déshydratation pour alimenter IMACID d’air d’instrument.

Le fonctionnement de cette station sera largement décrit dans la partie T.E.D.

1. Station de traitement d’eau douce T.E.D. :

Cette station comprend les équipements, les organes de contrôle et de mesure pour produire à partir de l’eau brute de l’eau dite alimentaire, nécessaire à l’alimentation de la chaudière de récupération de l’atelier d’acide sulfurique.

Cette station sera largement détaillée dans le chapitre qui suit.

1. Description de la centrale thermoélectrique :
	1. Barillet haute pression HP :

C’est un collecteur de vapeur haute pression, il est alimenté par :

* Atelier d acide sulfurique ;
* La conduite d’échange vapeur entre IMACID et MP3/4.

Et il alimente principalement la turbine HP et occasionnellement, Maroc phosphore 3 et 4 et le barillet MP

* 1. Barillet moyenne pression MP :

C’est un collecteur de vapeur moyenne pression (la vapeur MP est de caractéristiques

9 bars et 250°c), il est alimenté par :

* La vapeur MP de l’atelier d’acide sulfurique ;
* Soutirage de la turbine HP ;
* Le barillet HP.

Ce barillet assure la distribution de la vapeur MP vers :

* Le chauffage de la bâche alimentaire et dégazeur ;
* C.A.P. de l atelier d acide phosphorique ;
* L’alimentation du poste de mise sous vide ;
* Le traçage sulfurique.
	1. Groupe turboalternateur :
		1. Les turbines :

L’alternateur est entraîné par deux turbines, la première dite turbine haute pression HP la seconde turbine basse pression BP. Leur rôle est d’assurer :

* + - * + La transformation de l’énergie thermique en énergie mécanique de rotation ;
				+ Détente de la vapeur HP en vapeur MP.
* Comparaison entre turbine HP et MP :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | turbine HP | turbine MP |
| Nombre d’étages  | 6 | 7 |
| Dam. admission vapeur   max  | 250 | 2\*250 |
| Dam. échappement vapeur  max  | 400 | 2000 |
| Pression admission bar | 55 | 10 |
| Température admission °c | 490 | 271 |
| Pression échappement bar | 10 | 0,068 |
| Température échappement °c | 271 | 38 |

* + 1. Réducteur :

Le rôle du réducteur et de diminuer la vitesse d’entraînement des turbines de :

* Vitesse d’entrée coté turbine HP : 10611 tr/min
* Vitesse d’entrée coté turbine BP : 5617 tr/min

à une vitesse de :

* Vitesse de sortie coté alternateur : 1500 tr/min
	+ 1. Alternateur :

Son rôle est de transformer de l’énergie mécanique en énergie électrique (27mw/h et 10kv), il est équipé de deux réfrigérants et d’un Groupe moto-ventilateur de soufflage d’air ambiant pour assurer le refroidissement de l’alternateur.

* Circuit vapeur :

La vapeur venant de la chaudière passe par l’ensemble de la turbine HP, la vapeur se dirige ensuite vers le corps BP par l’intermédiaire d’une tuyauterie inter étages. En sortie du corps BP, un divergent relie l’échappement au condenseur principal.

Les fuites vapeur sont reliées au condenseur principal par l’intermédiaire d’une bouteille flash où au condenseur des buées.

* Circuit d’huile de lubrification :

Les principales fonctions du circuit d’huile de lubrification sont:

* + - * Le graissage des paliers et des butées des turbines ;
			* Le graissage des paliers du réducteur et de alternateur ;
			* Evacuation de la chaleur générée au niveau des paliers et des butées.

La circulation de l’huile de lubrification et assurée par une pompe attelée à l’arbre petite vitesse « PV » du réducteur.

* + 1. Condenseur principal :

Il a pour fonction la condensation de la vapeur BP du dernier étage de la turbine. Il est nettoyable en marche par moitié puisque le circuit eau de mer comporte deux passes. Les plaques tubulaires et les tubes sont en titane massif.

 Ce condenseur comporte :

* une manchette qui relie le condenseur à la turbine BP, soudure coté condenseur et bride coté turbine ;
* un puits situé en partie dans la zone basse de la calandre, son rôle est de réaliser une réserve d’eau en amont des pompes d’extraction des condensats, avec une capacité utile de 7m3;
* Calandre-faisceau.

Pour assurer la bonne marche, il faut surveiller :

* Le niveau de vide dans le condenseur ;
* Le niveau d’eau dans le puits ;
* La température de l’eau dans le puits ;
* La température sur la bouteille de purges.

Le vide est assuré par le groupe de mise sous vide.

* Groupe de mise sous vide :
* Description du groupe :

Il se compose de :

1 éjecteur de démarrage et son silencieux ;

2 éjecteurs 1er étage ;

1 condenseur intermédiaire ;

2 éjecteurs 2eme étage ;

1 condenseur final.

* Principe :

 L’éjecteur à jet de vapeur est une pompe utilisant l’énergie potentielle de la vapeur comme élément moteur.

La vapeur motrice se détend dans la tuyère pour atteindre à la sortie du divergent des vitesses très élevées (super sonique) à la sortie de la tuyère, la vapeur entraîne et accélère le fluide à aspirer vers le diffuseur.

* Fonctionnement :

Le mélange d’air et de vapeur à extraire arrive dans la boite de mélange de l’éjecteur 1er étage ou il est entraîné puis comprimé dans le diffuseur par la vapeur arrivant à très grande vitesse de la tuyère.

À la sortie de l’éjecteur, le mélange air vapeur, additionné de la vapeur motrice de l’éjecteur pénètre dans le corps du condenseur et se condense au contact des tubes froids. Les condensats sont évacuées par le bas de l’appareil tandis que la partie incondensable du mélange est aspirée par l’éjecteur 2eme étage ou elle est comprimée jusqu’à la pression atmosphérique.

De la même façon, la vapeur se condense dans le condenseur final.

* + 1. Condenseur auxiliaire :

Il à pour fonction la condensation occasionnelle de la vapeur MP en provenance du collecteur MP. De poins de vu descriptive, il est identique au condenseur principale, on note bien qui il ne travail pas sous vide.

L’appareil est équipé de différents matériels de mesure qui il faut surveiller régulièrement :

* Le niveau pression dans la calandre ;
* Le niveau d’eau maximale dans le puits ;
* La température de l’eau de puits.
	+ 1. Bâche à condensats :

C’est une bâche de capacité utile de 60 m3, et son rôle est :

* Le conditionnement des divers condensats ;
* Transfert des condensats vers la bâche alimentaire en passant par les réfrigérants et le polisseur. « T.E.D. »

 Ce bâche est alimentée par :

* Condensats traçage sulfurique ;
* Venant du condenseur principal ;
* Condenseur auxiliaire ;
* Appoint eau désiliciée.

Et il alimente :

* Réfrigérants ;
* Désurchauffe vapeur MP condenseur auxiliaire.
	+ 1. Bâche alimentaire est dégazeur :

L’eau retraitée par le poste de polissage dans un dégazeur thermique visant essentiellement l’élimination du gaz carbonique et de l’oxygène vu leur effet corrosif.

Le principe du dégazeur thermique repose sur la relation solubilité température, en effet l’eau alimentaire est portée à une température d’ébullition pour le débarrasser de son potentiel en gaz dissous. Une fois dégazée l’eau passe dans la bâche alimentaire qui constitue le réservoir d’eau qui alimente la chaudière et la désurchauffe.

* Les apports d’eau :

La bâche alimentaire reçoit de l’eau de poste de polissage T.E.D., de retour des condensats C.A.P., de soutirage turbine et de la vapeur MP qui sert au dégazage et au maintien à chaud de la bâche 120°c.

* Utilisateurs :
	1. La chaudière de récupération.
	2. La désurchauffe de vapeur HP et MP.
		1. Noria :

C’est un réseau qui fonctionne en circuit fermé avec une eau désiliciée et traitée, il assure le refroidissement des auxiliaires. L’eau désiliciée est refroidiée dans deux refroidisseurs à faisceau tubulaire est part ensuite vers les différents utilisateurs :

* Les réfrigérants des pompes alimentaires ;
* Les réfrigérants d’huile de régulation ;
* Réfrigérant d’huile de graissage G.T.A. ;
* Les réfrigérants d’alternateurs.
* Les réfrigérants broyeurs ;
* Les réfrigérants compresseurs d’air.

Après utilisation, l’eau noria revient dans la bâche haute d’expansion où un appoint d’eau désiliciée en provenance de la TED compense les pertes dans le réseau.

En cas d’incident la réfrigération de secours est assurée par l’eau d’incendie qui est mise à l’égout après utilisation.

* + 1. Groupe électrogène :

C’est un ensemble qui fonctionne en gas-oil et peu produire de l’énergie électrique, il a pour rôle d’assurer l’alimentation des fonctions vitales d’IMACID en cas d’un déclenchement brusque de la centrale ou en cas de diminution de la tension.

1. Description de fonctionnement :
	1. Réseaux vapeurs :

La vapeur haute pression (HP) ; générée par la transformation de l’eau alimentaire dans le chaudière de récupération de l’atelier sulfurique ; est collectée dans le barillet HP qui alimentent le groupe turboalternateur (GTA) :

 La vapeur à l’extraction de la turbine est collectée dans un barillet moyenne pression (MP), sa pression est de 9.5 bars et une température de 250°C, pour alimenter les différents ateliers d’IMACID tels que :

* L’atelier phosphorique ;
* La bâche alimentaire pour le réchauffage de l’eau traitée (venant des lits mélangés) et le dégazage thermique ;

 La vapeur MP est détendue à 5.5 bars et désurchauffée à 150°C pour constituer le réseau vapeur basse pression (BP) qui alimente :

* Le réchauffage du soufre liquide (traçage) ;
* Les vestiaires.
	1. Réseaux des condensats :

Le GTA est équipé d’un condenseur principal capable de condenser la vapeur épuisée (~BP) du dernier étage de la turbine, le condensat récupéré est pompé vers la bâche à condensats par des pompes d’extraction.

Le condenseur auxiliaire ne fonctionne pas en cas de marche normale du réseau vapeur. Lors d’une surproduction de vapeur dans le barillet MP, l’excèdent sera condensé par le condenseur auxiliaire. Les condensats collectés sont pompés vers la bâche à condensats.

La bâche à condensats est prévue pour recevoir tous les condensats d’IMACID excepté ceux du phosphorique qui passent directement vers la bâche alimentaire via le dégazeur pour éliminer l’O₂ dissout.

A partir de la bâche à condensats l’eau est pompée vers un poste de polissage pour retraitement. Les condensats passent par des refroidisseurs (eau de mer) avant d’atteindre le polissage pour abaisser la température à une valeur tolérable par les résines (~40°C) des « Mixed-bed ». Après le refroidissement, si la température du condensats est très élevée il y aura un risque de dégradation de la résine ce qui permet par un système de régulation de l’envoyer vers la bâche alimentaire directement via le dégazeur.

Après retraitement les eaux sont acheminées vers la bâche alimentaire dans la centrale.

* 1. Réseau eau alimentaire :

Caractéristiques de l’eau alimentaire données par le constructeur :

* PH ……………………………………… entre 8.8 et 9.2
* Conductivité max à 25°C ………………. 0.2 µs/cm
* Silice max ………………………………. 0.007 mg/l
* Solide dissous max ……………………... 0.010 mg/l
* MES max ……………………………….. 0.015 mg/l
* O₂ dissous max ………………………… 0.005 mg/l
* Injection hydrazine ……………………… 0.005 à 0.020 mg/l
* Conditionnement pour PH ……………… ammoniac.
	1. Injections chimiques :

 Dans la centrale trois types d’injections se font comme moyens de traitement chimiques de l’eau alimentaire, en plus du dégazage thermique, afin d’empêcher des phénomènes perturbateurs tel que la corrosion et l’entartrage.

* Injection d’ammoniaque : se fait par une pompe doseuse à la sortie du poste de polissage pour maintenir un PH basique et éliminer les traces de CO2 gênant pour le circuit par son caractère agressif ;
* Injection d’hydrazine : se fait au niveau de la bâche alimentaire, il permet l’élimination rapide de l’oxygène selon la réaction suivante :

N2H4 + O2 N2 + 2H2O

 L’azote formé passe dans l’atmosphère par le dégazeur ;

* Injection des phosphates trisodiques : on utilise Na3PO4 au niveau de l’eau de réfrigération et aussi dan le ballon supérieur des chaudières auxiliaires. Cette injection lutte contre l’entartrage par précipitation de la dureté calcique et magnésienne. Les phosphates trisodiques ont aussi un rôle dans la régulation du PH et son maintien à des valeurs basiques.
1. Introduction :

 L’objet de ce rapport de stage est de faire une description d’une unité d’eau douce pour produire une de l’eau désiliciée et d’une unité de compression d’air.

 L’unité de traitement d’eau comprendra une filière de filtration (filtre bicouche + filtre à charbon actif), de désiliciage et de polissage, ainsi que les postes de pompage, de stockage et de réactifs nécessaires.

 L’eau traitée alimentera principalement :

 ♦ Un atelier de production d’acide phosphorique.

 ♦ Un atelier de production d’acide sulfurique.

 ♦ Une centrale thérmoéléctrique.

 La station de compression d’air fournira l’air de service et l’air instrument pour l’unité 1000 T P2O5 /jour. Elle sera située dans la zone du traitement d’eau.

1. Généralité :

1. Principe de traitement :
	1. Filtration de l’eau brute :

 Cette filtration a pour but la réduction, d’une part des MES contenues dans l’eau brute, et d’autre part, de matières organiques et des Chlores libre.

 Elle comprendra deux ligne composées chacune :

 ♦ D’une filtre bicouches vertical sous pression. Les médias choisis sont de l’anthracite (0.9 mm) et du sable (0.55mm). Ce couple est parfaitement adapté pour l’élimination des matières en suspension.

 ♦ D’un filtre à charbon actif, vertical sous pression. Ce filtre sera dimensionné pour la déchloration et l’adsorption de matières organiques. Il sera possible d’injecter de la vapeur pour la désinfection biologique du filtre à charbon actif.

* 1. Désiliciage de l’eau filtrée :

 Cette étape constitue la déminéralisation à partir de l’eau préalablement filtrée. Elle on portera également deux lignes avec pour chacun d’elles :

* Un échangeur cationique à fonction faible et forte.
* Un dégazeur atmosphérique pour l’élimination du CO2.
* Un échangeur anionique à fonction faible et forte.
	1. Polissage de l’eau désiliciée :

 Cette étape constitue le traitement de finition d’une eau composée par un mélange :

 🢫 D’eau désiliciée,

* De retour de condensats froids et chauds.

L’installation comprendra deux échangeurs à lit mélangés capables de traiter chacun 100 % .du besoin en eau traitée.

1. Description de fonctionnement de l’installation :

1. Poste de pompage d’eau brute et d’incendie :

 L’eau brute arrive par gravité dans la fosse en béton. Une vanne de régulation permet de maintenir le bassin à un niveau constant.

 Deux pompes d’eau brute alimente l’atelier phosphorique et la réservoir de stockage de l’eau brute et servent au maintien réseau incendie en pression.

 Les deux pompes (125 IP 04/05) alimente l’atelier sulfurique, le réservoir de stockage (125 IR 02), la centrale et les deux chaînes de filtration.

 L’eau brute est stockée dans le réservoir (125 IR 02), elle constitue une réserve d’eau incendie. La pompe à moteur électrique (125 IP 08) et la pompe à moteur diesel (125 IP 09) assurent les besoins en secours de la sécurité incendie.

1. Fosse de stockage d’eau brute :

 C’est un réservoir de stockage en béton enterré d’une capacité de 400 m3, il constitue une repture avec le réseau d’eau brute.

 L’eau brute est reprise par les quatre pompes (125 IP 01/02/04/05)

1. Réservoir de stockage d’eau brute :

 Le réservoir de stockage (125 IR 02) est un réservoir de stockage couvert, cylindrique verticale de caractéristiques suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| Capacité utile | 5000 m3 |
| Diamètre | 24 m |
| Hauteur virole | 12 m |
| Protection interne | Peinture |

 Le réservoir est équipé d’un trop plein qui se déverse directement dans la fosse d’eau brute (125 IR 01).

 Un volume de 1000 m3 dans ce réservoir constitue la réserve d’eau incendie. Il ne peut utilisé que pour les besoins de la sécurité incendie. Les deux pompes de reprise ne fonctionnent qu’à en cas de besoin sur le réseau incendie.

 Le réservoir (125 IR 02) est rempli à partir du réservoir d’eau brute (125 IR 01), par les pompes (125 IP 04/05) au débit de 20 m3/h.

1. le réseau incendie :

 Le réseau incendie est maintenu en pression à 7.6 bars par les pompes (125 IP 01/02) le fonctionnement des pompes incendie (125 IP 08/09) est asservi à la pression sur le circuit incendie il est déclenché par le seuil de pression base ou très basse détecté par le transmetteur de pression (125 PT 009).

 La pompe électrique (125 IP 08) est démarrée la première. Elle s’arrête lorsque la demande eau incendie est nulle.

 La pompe diesel de secours (125 IP 09) est démarrée si la pression du réseau incendie continu a baissé malgré la demande de fonctionnement de (125 IP 08). Cette pompe ne pourra être arrêtée que localement par l’opérateur ou par niveau bas du réservoir.

1. Poste de filtration :

 Les deux chaînes de filtration fonctionnent en parallèle. Elles peuvent être en production ensemble, leur principe de marche est identique : la description ci-après est donc valable pour les deux chaînes.

 Le poste de filtration est alimenté à partir des pompes de reprise d’eau brute par une conduite en acier carbone DN 200, l’eau filtrée est utilisée essentiellement pour alimenter les chaînes de désiliciation et le poste de potabilisation.

 L’eau filtrée est produite à partir de l’eau brute par passage sur un filtre bicouche puis sur un filtre à charbon actif. La concentration en MES de l’eau brute est en moyenne de 10 mg/l, elle doit être de 0.1 mg/l en sortie de filtration.

1. Modes de fonctionnement

 Les chaînes de filtration peuvent fonctionner selon trois modes :

👉 Cycle de production

 Dans les filtres en production, l’eau s’écoule de haut en bas. En sortie de chaîne, l’eau est dite filtrée. La turbidité de l’eau filtrée est contrôlée en permanence en cycle de production, elle doit rester inférieure au seuil de 2 NTU.

 Les différentes impuretés contenues dans l’eau brute sont retenues sur le média filtrant et font augmenter progressivement la différence de pression entre (perte de charge) est contrôlée sur chaque filtre. Lorsque le seuil autorisé pour un filtre est dépassé, la chaîne de filtration se met à l’arrêt.

 Le volume d’eau filtrée minimum produite par cycle est de 2880 m3. Il est bien entendu fonction du besoin de consommation du réservoir d’eau filtré (125 IR 03).

* Cycle de lavage

Lorsque le cycle de production est terminé, les filtres sont colmatés, il faut les laver à contre courant à l’eau filtrée. Cette opération est effectues tout les 24 heures pour le filtre à bicouche, tendit que le filtre à charbon actif chaque semaine.

👉 Phase d’attente

Lorsqu’il n’y a pas de demande d’eau filtrée, la chaîne de filtration est en attente, la chaîne est à l’arrêt.

1. Filtres bicouches**(annexe 1)**

 L’eau brute traverse de haute en bas un média filtrant composé d’hydro anthracite en partie supérieur et de silex marin en partie inférieur. L’objectif est d’éliminer les matières en suspension de l’eau brute.

 Le cycle de lavage du filtre bicouche comporte trois étapes :

* Vidange partielle : consiste à descendre le niveau d’eau à environ 50 cm au dessus du lit filtrant pour un meilleur brassage à l’air.
* Détassage à l’air : pour ‘’décolmater’’ le filtre en détachant du matériau filtrant les impuretés retenues.
* Lavage : ce lavage à contre courant, à l’eau filtrée et à grand débit remet en suspension le matériau filtrant et évacue, vers l’égout, les impuretés détachées par le brassage à l’air.
1. Filtres à charbon actif :**(annexe** **2)**

 L’eau sortie de filtre bicouche traverse de haut en bas le filtre à charbon actif. L’objectif est d’en éliminer les matières organiques dissoutes et le chlore résiduel, élément néfaste pour les résines échangeurs d’ions.

 Le lavage des filtres à charbon actif comporte une seule étape :

* Détassage à l’eau filtrée : lavage à contre courant pour éliminer les chemins préférentiels.

Ensuite l’eau filtrée est stocker dans un réservoir couvert, verticale cylindrique de caractéristiques suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| Capacité utile (m3) | 500 |
| Diamètre (m) | 8.5 |
| Hauteur virole (m) | 10 |
| Protection interne | Peinture époxy |

1. Chaînes de déminéralisation :

 Les deux chaînes de déminéralisation fonctionnent en parallèle, elles peuvent être en production ensemble. Leur principe de marche est identique : la description ci-après est donc valable pour les deux chaînes.

 Les deux chaînes de déminéralisation fonctionner selon trois modes :

 👉 Cycle de production

 L’eau filtré travers l’échangeur cationique de bas en haut, les cations Ca2+ , Mg2+ , Na+,K+… sont fixés et échangés contre le radical H+ sur les résines cationique. Ensuit l’eau décationnée traverse le dégazeur pour l’élimination de CO2, l’eau est pompé pour traversé l’échangeur anionique en contre ascendant, a l’issue de ce traitement, l’eau est dite désiliciée. La conductivité de l’eau désiliciée est contrôlée en permanence en cycle de production, elle est en moyenne de 5 µm/cm.

 Le volume d’eau désiliciée produite par cycle est théoriquement de 960 m3, il a été calculé en fonction :

 ♦ De la composition ionique de l’eau

 ♦ Du volume de résine et sa capacité de fixation.

 Ce volume doit être réajusté périodiquement en fonction de la variation de la minéralisation de l’eau brute fournie à la centrale.

 ***👉*** Cycle de régénération

 Les résines sont saturées, il faut les régénérer :

 ♦ Les cations sont élués des résines cationiques par l’acide sulfurique : les ions fixées sont évacués sous forme de sulfates et le radical H+ est restitué.

 La régénération des résines cationiques se fait à contre courant, à l’acide sulfurique à 98 % est dilué à 1.5 % puis à 3 % pour la résine sulfonique du compartiment supérieur. Elle est d’environ 0.7 % pour la résine carboxylique dans la cellule inférieure.

 ♦ Les anions sont élués des résines anionique par la soude : les ion fixée sont évacués sous forme de sels de sodium et le radical OH- est restitué.

 La régénération des résines anionique se fait à contre courant, à la soude à 42/50 % est diluée à 3 %

 La qualité de l’eau déminéralisée dépend principalement du taux de régénération de l’échangeur de cation. En effet, la fuite ionique responsable de la conductivité, est constituée par une trace de soude caustique, provenant de l’échangeur de cations. De celle-ci dépend la teneur en silice dans l’eau effluent, car il se produit un phénomène d’autorégénération sur les couches de résine échangeuse d’anions fortement basique ayant fixé la silice.

👉 Phase d’attente ou de recirculation

Lorsqu’il n’y a pas de demande d’eau ou que l’opérateur a sélectionné le mode attente. La chaîne d’eau désiliciée est en recirculation : en sortie de l’échangeur anionique, l’eau désiliciée est recirculée en tête de la chaîne de déminéralisation.

Pour les caractéristiques des échangeurs d’ions et le dégazeur voir l’annexe…).

**N.B :** le dégazeur estéquipé d’un ventilateur quiassurent en continue l’appoint l’air du bas vers le haut au travers du garnissage des dégazeur.

 A la sortie du dernier échangeur d’ions, l’eau est stockée dans le réservoir d’eau désiliciée avec le critères suivants : conductivité moyenne sur un cycle de production de 5 µs/cm et silice ionisé <20µg/l.

1. Poste de traitement des condensats
	1. Production :

 Les deux chaînes de finition fonctionnent en parallèle. Leur principe de marche est identique : la description ci-après est donc valable pour les deux chaînes.

 Les chaînes de finition (polisseurs sont destinées à traiter l’eau qui est ensuite admise dans le dégazeur thermique de la centrale. L’eau à traiter est constituée d’un mélange d’eau désiliciée et de condensats venant des différents ateliers du complexe.

 Les condensats alimentent les chaînes de finition au débit de 100 m3/h par chaîne à une température maximale de 40 °C, le passage des condensats s’effectué de haut en bas.

 Le poste de polissage doit éliminer les dernières impuretés et traces salines contenues dans l’eau qui est ensuite admise dans le dégazeur thermique.

 Les particules ioniques sont extraites des condensats par échange d’ions sur les chaînes de finition. A la sortie des polisseurs, la qualité de l’eau traitée est la suivante : conductivité maximale de 0.1 µm/cm et silice ionisée < 5 mg/l.

 Les condensats sont traités sur lits mélangés cation/anion.

* 1. Régénération :

Comporte huit étapes :

⮚ **Séparation** : consiste à séparer les résines anioniques des cationiques en fonction de leur densité : l’échangeur est alimenté de bas en haut en condensats, la résine anionique vient se placer en partie supérieure et la résine cationique en partie inférieure.

⮚ **Attente**

**⮚ Injection de réactif :** la résine cationique est régénérée à l’acide sulfurique à 5 %, et la résine anionique est régénérée à la soude 4 %. Cette opération est faite en simultané l’acide dilué est envoyée par la partie inférieure alors que la soude diluée est envoyée par la partie supérieure, les effluents étant évacué par le réseau central.

⮚ **Déplacement des réactifs :** Ce rinçage lent doit éliminer les réactifs. L’arrivée d’eau déminéralisée se fait en haut et en bas du lit mélangé et elle est récupérée au niveau des collecteurs médians.

⮚ **Vidange partielle :** le niveau d’eau est abaissé à quelques centimètres au –dessus du lit de résine pour préparer la phase suivant de mélange des résines à l’air surpressé.

⮚ **Mélange :** les résines sont mélangées à l’air surpressé.

⮚ **Remplissage :** le polisseur est rempli d’eau pour chasser l’air.

⮚ **Rinçage final** : à la fin du rinçage, les défauts qualité (conductivité et silice) sont prendre en compte. L’opérateur peut décider de lancer un rinçage supplémentaire via la supervision.

1. Poste de dilution des réactifs :

 Le fonctionnement du poste de dilution des réactifs est géré par les cycles de régénération, les échangeurs sont d’abord alimentés en eau désiliciée sans réactifs (phase de préparation des circuits) pour régler le débit de l’eau de dilution.

 Puis, après quelques minutes, l’injection de réactif débute et la dilution est contrôlée sur le conductimètre en aval du poste de dilution.

1. Poste de potabilisation

 L’eau potable est produite à partir de l’eau filtrée par injection de chlore avant le remplissage du réservoir de stockage d’eau potable.

 Le contrôle de la concentration du chlore est effectue par un chlorométre. La valeur fixé est de 0.2 mg/l.

 Les caractéristiques de réservoir de stockage de l’eau potable est les suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| Capacité utile | 100 m3 |
| Diamètre | 5 m  |
| Hauteur Virole | 6 m |
| Protection intérieure | Epoxy alimentaire |

1. Poste de difinage et de stockage des résines

 L’eau admise en partie inférieure de l’échangeur. Concerné puis évacuée par la ligne de transfert de résine jusqu’au bidon de stockage ou de définage.

 L’eau de transfert est de l’eau filtrée pour les échangeurs cationiques, l’eau désiliciée pour les échangeurs anioniques et des condensats pour les lits mélangés.

 Le définage consiste à éliminer les fines résines formées après de longues périodes de travail, un certain nombre de grains de résine finissent par se rompre et par former des fines, l’importance du phénomène est fonction des types de résines et des conditions de services. Les fines engendrant des pertes de charges supplémentaires a la traversée du lit de résines, il faut donc éliminer les fines contenues dans la résine par un définage.

 Le nettoyage des résines consiste à éliminer les matières organiques qui polluent les résines

 Cette opération se fait de préférence dans la colonne de définage plutôt que dans l’échangeur proprement dit nécessitant en général une injection de produit nettoyant suivi d’un brassage à l’air et d’un rinçage.

 Les caractéristiques de défineur et de poste de stockage dans **l’annexe VI**

1. Production d’air service et d’air instrument

 L’air comprimé est produit par deux surcompresseurs d’air puis stocké dans deux réservoirs de 80 m3. Il doit alimenter l’unité de traitement des eaux et les ateliers sulfurique et phosphorique aussi bien en air service qu’en air instrument.

L’air instrumentale est produit à partir de l’air de service, l’air arrive dans la cuve ( sécheurs) , une grille assure la diffusion dans le lit du dessicant et l’air ne quitte cette cuve que lorsque le point de rosée (40 °C) est atteint en passant par le soupage de retenue.

 Pour la régénération du cuve, on crée la vide dans ce dernier, on balayé avec de l’air chaud l’agent dessiccatif.

Introduction

Les étapes d’oxydation dans la fabrication de l’acide sulfurique à partir du soufre comme matière première sont hautement exothermiques. Cet excès de chaleur est récupéré par la chaudière de récupération, par les surchauffeurs et par les économiseurs.

Le procédé est conçu de façon à procurer un taux de conversion du dioxyde de soufre en acide sulfurique de plus de 99,7% au niveau de l’usine d’acide. Ce procédé permet aussi un taux de conversion élevé de la chaleur en vapeur. Les seuls effluents normaux de l’usine sont : les gaz sortant de la cheminée, les purges de la chaudière et les condensats provenant des purgeurs collecteurs de vapeur et des serpentins chauffants de la fosse à soufre.

I - DESCRIPTION DU PROCEDE

 **1 °) Généralités :**

L’oxydation et l’absorption sont des opérations principales du procédé de fabrication d’acide sulfurique. Elles sont hautement exothermiques. L’excès de chaleur généré à chaque étape du procédé est récupéré dans des économiseurs, chaudières de récupération et des surchauffeurs. Cette chaleur est récupérée sous forme de vapeur HP qui est utilisée pour la production d’énergie électrique dans les turboalternateurs, et faire fonctionner la turbosoufflante de l’unité de production.

 Le procédé est conçu pour réaliser un taux de convention du dioxyde de soufre de 99,7 % et de récupérer un maximum d’énergie sous forme de vapeur. Les sous produits du procédé en plus de la vapeur et de l’acide sulfurique sont les condensats des chaudières, l’eau de mer de refroidissement et les effluents gazeux s’échappant par la cheminée.

 **2 °) Principales séquences et réactions** :

Les réactions chimiques sont :

 **S + O2 SO2**

 **SO2 + ½O SO3**

 **SO3 + H2O H2SO4**

L’air atmosphérique est aspire par la turbo soufflante à travers un filtre à air et une tour de séchage dans laquelle circule une solution d’acide sulfurique à 98,5%. Dans la tour de séchage, une partie de la chaleur sensible de cette solution d’acide sulfurique est cédée à l’air.

La température du gaz à la sortie du four à soufre est supérieure à la température requise à l’entrée du système de conversion. C’est pourquoi le gaz est refroidi dans la chaudière de récupération de la chaleur perdue. Cette chaudière récupère le surplus de chaleur en la transformant sous forme de vapeur saturée à haute pression. La température du gaz quittant la chaudière est contrôlée par un by-pass. La température de la vapeur produite dans la chaudière est fonction de sa pression.

De la chaudière, le gaz passe au travers du filtre à gaz chaud puis est dirigé vers la première passe du convertisseur catalytique ou le SO2 est partiellement converti en SO3 en présence du catalyseur de vanadium. La réaction de conversion est exothermique. Les SO2 gaz doivent être refroidis pour améliorer le rendement de l’oxydation du SO2 dans la prochaine passe de catalyseur. Les gaz quittant la première passe du convertisseur circulent vers un surchauffeur o`u ils sont refroidis en chauffant la vapeur haute pression (HP) qui est exportée hors du système. La température des gaz à l’entrée de la seconde passe est ajustée dans la bonne plage de température d’opération en ‘by-passant’ une partie du débit de vapeur HP autour du surchauffeur. Les gaz refroidis circulent de la surchauffeur vers la seconde passe du convertisseur dans laquelle une conversion supplémentaire du SO2 en SO3 a lieu et qui s’accompagne d’une nouvelle génération de chaleur. Pour accroître le rendement dans la prochaine passe, les gaz chauds quittant la seconde passe du convertisseur sont refroidis en étant circulés au travers des tubes d’un échangeur de chaleur gaz-gaz (défini comme l’échangeur de chaleur intermédiaire chaud). La température des gaz sortant et allant vers la 3eme masse est contrôlée par un by-pass coté calandre.

Les gaz refroidis quittant l’échangeur intermédiaire chaud sont dirigés vers la troisième passe pour une conversion supplémentaire du SO2 en SO3. Réchauffés par la réaction d’oxydation, les gaz quittant cette troisième passe sont refroidis dans la calandre de l’échangeur de chaleur intermédiaire froid, et dans l’économiseur.

Les gaz refroidis quittant l’économiseur sont admis dans la tour d’absorption intermédiaire.

Pour éviter la formation de gouttelettes d’acide dans l’économiseur normalement associée à la variation de la teneur en hydrocarbones dans l’alimentation de soufre dans l’alimentation de soufre, la température des gaz de sortie peut être contrôlée par un by-pass de l’eau d’alimentation de la chaudière autour de l’économiseur. Les gaz sortant de la tour d’absorption intermédiaire et qui contiennent encore du SO2 non converti passent dans les tubes de l’échangeur de chaleur intermédiaire froid où ils sont réchauffés par les gaz quittant la troisième passe du convertisseur.

De l’échangeur de chaleur intermédiaire froid, les gaz passent dans la calandre de l’échangeur intermédiaire chaud puis au travers de la quatrième passe du convertisseur ou la conversion finale du SO2 en SO3 a lieu. La température d’entrée de cette quatrième passe est obtenue en by-passant une partie du courant gazeux autour de l’échangeur intermédiaire froid, coté tubes.

Les gaz quittant la quatrième passe pénètrent dans le surchauffeur /économiseur où ils sont refroidis respectivement la vapeur HP et par l’eau d’alimentation de la chaudière. Encore une fois, pour empêcher la formation de gouttelettes d’acide dans l’économiseur, la température des gaz de sortie peut être contrôlée par un by-pass de l’eau d’alimentation de la chaudière autour de la section 4A de l’économiseur. Les gaz quittant le surchauffeur/ économiseur entrent dans la tour d’absorption finale avant d’être relâchés à l’atmosphère par la cheminée.

Dans les tours d’absorption intermédiaire et finale, le SO3 présent dans le gaz réagit avec l’eau de la solution d’acide de circulation à 98-99% . La température de la solution d’acide sulfurique concentré y circulant augmente à cause de la chaleur de formation et de la chaleur sensible des gaz entrant dans les tours. La solution d’acide sulfurique quittant la tour d’absorption finale (acide de retour) est envoyée dans un des deux compartiments du réservoir de pompage commun où elle se mélange avec une partie du retour d’acide de la tour de séchage : cette fraction de débit de retour d’acide de la tour de séchage est contrôlée afin de

maintenir une température adéquate pour la partie d’acide circulée dans la tour d’absorption finale. Il n’est pas nécessaire de disposer de refroidisseurs.

L’autre partie du retour d’acide de la tour de séchage, l’acide de retour de la tour d’absorption intermédiaire ainsi que l’acide de la tour finale se mélangent dans l’autre compartiment du réservoir de pompage commun où de l’eau de dilution est ajoutée pour maintenir le titre d’acide. Une partie de cette solution d’acide est pompée au travers du refroidisseur d’acide de la tour d’absorption intermédiaire puis vers la tour de séchage. Une partie de l’acide refroidi sortant du refroidisseur de la tour de séchage est mélangée avec l’acide sortant du refroidisseur de la tour intermédiaire pour contrôler la température de l’acide alimentant la tour d’absorption intermédiaire. UN by-pass de l’acide autour du refroidisseur de la tour de séchage permet de contrôler le débit d’acide alimentant la tour de séchage. De même, un by-pass d’acide autour du refroidisseur de la tour d’absorption intermédiaire permet de contrôler le débit d’acide alimentant la tour intermédiaire. Les débits d’acide circulant à travers les refroidisseurs de la tour de séchage et de la tour intermédiaire sont contrôlés pour contrôler la température de l’acide alimentant les tours respectives.

La solution d’acide sulfurique à 98,5% produite est extraite du refoulement de la pompe de circulation de la tour finale vers le refroidisseur d’acide de production puis vers les réservoirs de stockage. Le débit est contrôlé par la vanne de niveau du réservoir de pompage commun.

**II- Description de l’installation d’acide sulfurique :**

L’atelier de production d’acide sulfurique d’IMACIDE à une capacité unitaire 3300 TMH / j, un bac stockage de soufre liquide et de 3 bacs de transfert d’acide sulfurique.

**1 °) Réception du soufre liquide :**

L’unité de stockage usine soufre liquide est composé d’un bac de stockage usine de soufre liquide ayant une capacité utile unitaire de 15000 tonnes, et d’une fosse de pompage divisée en 2 compartiments au centre de la fosse.

Le soufre liquide de bac de stockage est extrait par gravité vers la fosse de pompage.

Le transfert du soufre liquide vers le four de soufre de l’atelier de production d’acide sulfurique est assuré avec les pompes verticales installées dans la fosse de pompage.

**2 °) Alimentation en air de procédé :**

L’aire de production est un air qui a subit une filtration et un séchage afin d’être utiliser pour le brûlage du soufre et la conversion de SO2 dans le processus de production.

Le filtre est installé à la prise d’air atmosphérique, sa fonction est d’éliminer les poussières.

L’air filtré à est ensuite séché à l’acide concentré dans la tour de séchage à contre courant afin d’en éliminer la vapeur d’eau, pour être aspiré à travers la tour de séchage et propulsé vers le reste de l’unité par une soufflante entraînée par une turbine qui consomme une partie de la vapeur produite dans la chaudière de récupération.

**3- Système de soufre :**

La température dans la fosse de soufre est généralement maintenue entre 130°C et 140°C, si la température du soufre augmente ou diminue de manière significative, le soufre liquide devient visqueux et difficile à pomper. La température maximale permise est 145°C

Les pompes de soufre sont verticalement immergées avec chemisages de vapeur. Il y a deux pompes pour l’unité d’acide.

**4- Brûlage de soufre :**

La combustion du soufre liquide est conduite dans un four à une température élevée pouvant atteindre 1128°C cette réaction est totale, elle ne pose aucun problème particulier.

Le brûlage de soufre produit une grande quantité de chaleur qui fait monter la température du gaz, cette dernière est proportionnelle à la force du gaz, c’est-à-dire à son pourcentage en SO2.

**5- Chaudière de récupération :**

Les chaudières sont à haute pression en deux sections parallèles, et un ballon de vapeur commun qui fournit l’eau et reçoit la vapeur de deux sections de chaudières qui sont du type à tube de fumée dans lequel le gaz du procédé du four traverse tandis que l’eau est de coté calendre.

**6- Economiseurs et surchauffeurs :**

Deux économiseurs E04, E05 sont prévus pour refroidir le gaz tout en surchauffant le gaz est de coté calendre tandis que l’eau est de coté tube.

 deux surchauffeurs E05, E01 sont prévus pour refroidir le gaz tout en surchauffant la vapeur produite la chaudière de récupération. Le gaz est de coté calendre tandis que la vapeur s’écoule à l’intérieur des tubes.

7- Filtre à gaz :

La fonction du filtre à gaz est d’éliminer les poussières véhiculées par le gaz de procédé afin d’empêcher l’encrassement de la première couche catalytique du convertisseur.

Le filtre à gaz chaud possède deux couches de matière filtrante composée de briques réfractaires concassées en parallèle par lesquelles passe le gaz de procédé pour assurer un faible perte de charge et une accumulation élever des cendres.

Une conduite de dérivation du filtre à gaz est prévue afin de permettre le nettoyage du filtre à gaz pendant la marche de l’unité.

8- Convertisseur :

La fonction du convertisseur est d’effectuer la conversion catalytique de l’anhydride sulfureuse SO2 en anhydride sulfurique SO3 le convertisseur est constitué principalement de quatre couches de catalyseur au vanadium ou s’effectue la conversion de SO2 en SO3 par phases succession. Le taux de conversion est de l’ordre de 99,7% de la conversion à en lieu dans les trois premières couches, par contre la partie de SO2 restante 2% est convertie dans les quatrièmes couche.

Caractéristique du gaz au niveau du convertisseur  avec plus ou moins 5 °C

|  |  |
| --- | --- |
| **Couche** | **Gamme de température** |
| **Entrée °C** | **Sortie°C** |
| 1 | 424 | 621 |
| 2 | 440 | 520 |
| 3 | 445 | 470 |
| 4 | 425 | 445.8 |

 9- Echangeurs de chaleur :

Les deux échanges de chaleur de type gaz / gaz (E02 et E03) dans le processus de fabrication pour refroidir le gaz en circulation entre le convertisseur et les tours d’absorption intermédiaire et finale.

10- Système d’absorption :

Deux tours d’absorption sont prévus pour l’arrosage des gaz avec l’acide concentré afin de favoriser l’absorption, la première est d’absorption intermédiaire D02 tandis que la 2e est d’absorption finale D03. Chaque tour est une chambre verticale cylindrique revêtue de brique contenant un remplissage de céramique. L’écoulement du gaz se fait par le bas à travers chaque tour à contre- courant de l’acide sulfurique.

Des éliminateurs de brume sont installés dans les tours afin d’éliminer la brume d’acide échappée avec les gaz sortants.

L’acide s’écoule par gravité de chaque tour vers le réservoir de pompage R01 . Un système séparé de la tuyauterie d’acide utilisé pour chaque tour.

11- Système de refroidissement :

Les refroidisseurs d’acide E06 et E07 et E09 sont conçus pour refroidir l’acide sulfurique fort à un niveau de température acceptable pour réduire la conversion de l’équipement et produire le maximum de séchage et d’absorption.

L’acide circule du coté calendre du refroidisseur, tandis que l’eau de mer traverse les tubes.

12- Circuit de vapeur :

On distingue trois niveaux de pression dans le circuit de vapeur de l’unité d’acide sulfurique :

* Vapeur haute pression ;
* Vapeur moyenne pression ;
* Vapeur basse pression.

13- Circuit d’eau :

Les circuits suivants sont dispensables comme eau d’utilités dans l’unité :

 ☞ Eau alimentaire

 ☞ Eau désiliciée

 ☞ Eau de mer

1. – 1°) eau alimentaire :

L’eau alimentaire de chaudière est destinée à l’usage de la production de vapeur haute pression et pour contrôle de la température de cette vapeur en procédant au désurchauffeur. La qualité d’eau alimentaire est ajustée afin de prévenir la corrosion des équipements, l’entartrage et pour obtenir une vapeur de bonne qualité c’est pour cette raison qu’une solution aqueuse de phosphate trisodique est utilisée comme réactif chimique pour le réglage de l’alcalinité de l’eau de la chaudière.

 13– 2°) eau désiliciée :

L’eau désiliciée est destinée à l’usage exclusif de la production d’acide sulfurique. L’eau fournie à partir du collecteur principal est utilisé pour diluer l’acide en circulation des tours diluer l’acide en circulation des tours d’absorption.

1. –3°) Eau de mer :

L’eau de mer est destinée exclusivement aux refroidissements d’acide sulfurique.

L’eau de mer passe par un filtre équipé d’un tamis pour l’élimination des déchets, le diamètre des orifices des tamis est de 10mm.

Le refroidissement s’effectue entre l’acide du coté du calendre et l’eau de mer du coté tube pour être refouler vers la fosse R08.

**IV- PARAMETRE DE MARCHE DE L’INSTALLATION :**

1- Matières premières :

L’alimentation des brûleurs est en soufre liquide ayant la composition suivante (base sèche après filtration)

 ☞ teneur en soufre minimale 99,9%

 ☞ teneur en cendre < 50ppm

 ☞ hydrocarbures < 0,05%

 ☞ température 135°C ± 5°C

2- Acide produit :

L’acide sulfurique produit sera de 98,5% en H2SO4. La température sera de 40°C (Max)

3- Utilités :

* Eau alimentaire : eau désiliciée et dégazée

|  |  |
| --- | --- |
| Pression  | 82 bars |
| Température  | 110°C ±5°C |
| Analyse pH | 8,5 à 9,5 |
| Conductivité | 0,2 µs/cm² à 25°C |
| O2 | 0,02 mg/l Max |
| Si O2 | 0,007 mg/l Max |
| TDS | 0,08 mg/l Max |

* Eau de dilution : Eau désiliciée

|  |  |
| --- | --- |
| Pression | 3 bars |
| Température | 25°C |
| Conductivité | 5 µs/cm |
| Si O2 | 0,02mg/l |
| CO2 | 10mg/l Max |

* Eau de mer : L’eau de refroidissement disponible aux limites de batterie

|  |  |
| --- | --- |
| Pression  | 2,5 bars |
| Température | 22 °C |
| Débit max. | 4600 m³/h/unité |
| Température sortie | 34°C |
| Pression sortie  | Atmosphérique |

* Air instrument : air sec à une pression de 7 bars.
* Vapeur : la vapeur basse pression 4,5 bar pour le maintien des conduites de soufre est assuré par la centrale thermique.

4- Vapeur produite :

La pression maximale de service au niveau du ballon des chaudières est de 56 – 60 bars. La vapeur HP produite aura pression nominale de 60 bars à une température de 500°C ±5°C.

La vapeur MP aura une pression dictée par le réseau MP, la pression sera au-dessous de 11bar.

5- Emission :

* SO2  :423ppm maximum.
1. Introduction

L’acide phosphorique est le principal dérivé de la chimie du phosphore, il tire son importance du fait qu'il est utilisé dans plusieurs procédés, notamment : les engrais (DAP, MAP, TSP …), les détergents, l’alimentation animale, les insecticides, les huiles lubrifiantes, etc.…

La principale source du phosphore c’est les minerais phosphatés tels que les phosphates d’aluminium et ceux de calcium où on extrait la majeure partie du phosphore et de ses dérivés.

1. **Généralités :**

Du point de vue pétrographie, les formes sous les quelles se présente le phosphore sont d’une extrême diversité, elles peuvent être des gains plus au moins fins, dents etc.…

Ces différents éléments phosphatés peuvent être associés à d’autre élément et constituer des roches très variées du point de vue dureté, couleur et aspect général.

L’exploitation des minerais phosphate exige un traitement des ces derniers et d’un débarrassent des impuretés de façon à augmenter la concentration en P2O5 et diminuer celles des autres constituants. En effet, celles-ci influencent la qualité de l’acide produit, choix du procédé, le coût d’entretien des installations de traitement et finalement le prix de revient de P2O5  produite.

Parmi les différentes méthodes de traitement des minerais, on distingue :

* Le traitement par voie thermique en oxydant le phosphore.
* Le traitement par voie humide en procédant par une attaque avec l’acide des phosphates.

L’attaque acide se fait généralement par l’acide sulfurique en raison de la facilité de séparation par filtration du sulfate de calcium et d’acide phosphorique.

Dans les deux procédés la majorité des problèmes qui s’opposent à la fabrication d’acide phosphorique sont liés aux impuretés contenues dans le phosphate.

1. Traitement par voie thermique :

Le procédé thermique consiste à oxyder le phosphore préparé dans des fours électriques pour obtenir l’anhydride phosphorique (P2O5) qui est ensuite hydraté en acide phosphorique.

 **P2 + 5/2 O2  → P2O5**

 **P2O5 + 3 H2O → 2H3PO4**

1. Traitement par voie humide :

Suivant la nature des cristaux de sulfate de calcium précipité, nous avons un procédé bien déterminé :

 *• Procédé dihydrate :*

 Minerai + acide sulfurique 70°C à 80°C acide (28-32 % P2O5  ) + (CaSO4,2H2O)

*• Procédé semi-hydrate :*

Minerai + acide sulfurique 85 °C à 110 °C acide (35-50 % P2O5  ) + (CaSO4,1/2H2O)

*• Procédé anhydre :*

Minerai + acide sulfurique 120 °C à 130 °C acide (40-50 % P2O5  ) + (CaSO4)

L’acide phosphorique produit par voie humide à partir des phosphates naturels et d’acide sulfurique fait intervenir les opérations suivantes :

* Broyage de minerai :

Suivant l’origine du minerai, il y a lieu de lui subir un broyage. Le minerai de KOLA enrichi par flottation ne demande aucune préparation supplémentaire. Les phosphates d’Afrique du Nord, roches tendres et facilement attaquées, ne demandent qu’un broyage très modéré. Les phosphate de Floride, étant plus durs exigent un broyage plus poussé d’où une plus forte consommation d’énergie.

Le broyage a pour but l’augmentation de la surface d’attaque du minerai, la réaction chimique est d’autant plus facile que la surface offerte aux réactifs est plus grande. Le broyage est donc une opération généralement nécessaire.

Le broyage du phosphate pour la fabrication d’acide phosphorique présente une importance particulière en effet :

🖝 Un broyage insuffisant, conduit à une attaque très difficile, un temps de réaction très élevé et un rendement plus bas.

🖝 Un phosphate surbroyé conduit au contraire à un degré de décomposition plus élevé, et provoque. Une attaque très poussée, ce qui permet d’augmenter la température et d’obtenir un semi hydrate plus stable.

* Attaque du phosphate :

L’attaque du minerai phosphaté par l’acide est réalisée dans une série de cuves en présence d’une agitation appropriée permettant l’homogénation de la bouillie et la maintient en suspension des cristaux formés.

Les réactions qui se produisent (dilution de l’acide sulfurique et attaque du minerai) sont largement exothermiques, comme la température du milieu conditionne la forme cristalline du sulfate de chaux, le contrôle de la température de la cuve d’attaque s’avères important, il nécessite l’élimination des calories en excès moyennant un système d’évocation par sous vide dont l’appareil est le ‘’ Low level flash cooler ‘’ (LLFC).

* Séparation de l’acide phosphorique :

La séparation de l’acide phosphorique et du sulfate de calcium résiduaire est effectuée à l’acide d’un filtre sous vide avec lavage systématique à contre-courant. Les filtres utilisés sont du type soit a bande, soit à godets. Les gypse après avoir subir les différents lavages, est évacué ; le mode d’évacuation le plus courant étant le transport hydraulique.

* Concentration de l’acide produit :

L’acide phosphorique préparé par les procédés classique titré de 28 à 30 % de P2O5 lorsqu’il est récupéré à la sortie du filtre. Dans la majorité des usages ultérieurs, on utilise de l’acide à 54 %. Il convient donc de concentrer cet acide.

Trois procédés sont employés :

 🌢 L’évaporation directe par barbotage d’air chaud

 🌢 Le chauffage indirect de l’acide suivi d’évaporation sous vide

 🌢 L’évaporation par combustion immergée

Le deuxième procédé est le plus employé surtout lorsqu’on excédent de vapeur basse pression est disponible pour le chauffage de l’acide, vapeur provenant en particulier des ateliers des utilités.

**Stockage phosphate**

**Stockage soufre**

**Soufre**

 **Phosphate**

**Broyage phosphate**

**Production acide sulfurique et vapeur** sulfurique

**Attaque/ filtration**

**Stockage acide sulfurique**

**Acide sulfurique**

**Acide phosphorique CL 54%**

**Acide phosphorique 54%**

**Acide phosphorique 29%**

**Concentration**

**Acide phosphorique NCL 54%**

PROCESSUS DE PRODUCTION D’ACIDE PHOSPHORIQUE

1. Réactions chimiques :

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

Ca3 (PO4)2 + 3H2SO4 + 6H2O → 2H3PO4 + 3(CaSO4,2H2O)

Cette réaction est un simple déplacement d’un sel d’acide faible (Ca3 (PO4)2) par un acide fort (H2SO4) le gypse produit peut être éliminé par une simple filtration.

En fait, la réaction est beaucoup plus complexe, car le phosphate contient un grand nombre d’impuretés qui peuvent avoir un rôle néfaste.

Parmi ces impuretés, on peut citer :

* La carbonate de calcium qui réagie avec l’acide sulfurique, suivant la réaction :

CaCO3 + H2SO4  + H2O → (CaSO4, 2H2O) + CO2

Le dégagement de CO2 favorise la formation des mousses en présence de matières organiques.

* Le fluorure de calcium réagit avec l’acide sulfurique suivant la réaction :

CaF2 + H2SO4 + H2O → (CaSO4, 2H2O) + 2HF

* La silice en présence d’acide fluoridrique génère de l’acide fluosililicique (H2SiF6) ces deux acides sont très corrosifs :

4HF + SiO2 → SiF4  + 2H2O

2SiF4  + 2H2O → H2SiF6 + SiO2 + 2HF

* Les oxydes métalliques contenus dans le phosphate en présence d’acide fluosilicique produisent des fluosilicates :

H2SiF6 + Na2O → Na2SiF6 + H2O

H2SiF6 + K2O → K2SiF6 + H2O

* Les chlorures de sodium et de potassium sont à la base de grandes corrosions génèrent de l’acide chlorhydrique :

2NaCl + H2SO4 → Na2SO4 + 2HCl

2KCl + H2SO4 → K2SO4 + 2HCl

1. Introduction:

Le procédé de fabrication d’acide phosphorique chez IMACIDE se font par humide, en effet les étapes sont basées sur les opérations présentées à ci-dessous :

* La réaction chimique (attaque - Digestion)
* La séparation liquide – solide (Filtration et décantation)
* La séparation liquide gaz (lavage des gaz)
* La concentration (Evaporation).

Ce rapport de stage d’initiation fera l’objet d’une description du procédé de fabrication de H3PO4 tant en suivant un cheminement logique des étapes qui sont présentées.ci-dissous.

1. Unité de préparation de la pulpe de phosphate :

La matière première ( phosphate K09 semi-sehe) (**tableau 1**) exploité à partir des gisement de KHOURIBGA aliment une trémie moyennant des convoyeurs contrôlées par un opérateur à la salle de manutention et cela pour avoir une alimentation continue du phosphate . le phosphate est véhiculé par la suite vers un broyeur à boulet moyennant un extracteur , une ramacemiéte et un doseur pour contrôler le débit de phosphate.

Ce broyeur à comme rôle de réduire la dimension du phosphate pour atteindre deux objectifs.

 ⮚ Une surface de contacte optimale entre les réactifs

 ⮚ Une meilleure filtration

Le broyeur est alimenté par une quantité d’eau régulée proportionnellement à la quantité de phosphate de matière à obtenir à la sortie du broyeur une pulpe contenant 65 % poids de solides sortant de se broyeur. Cette pulpe pouvant contenir des bulles d’air en suspension rendant son pompage difficile.

Pour remédier à ce problème la pulpe passe par la suite dans un bac appelé bac de dégazasse AR04, équipé d’un agitateur pour la maintien du solide de suspension ainsi d’évité tout problèmes d’agglomération, le refoulement de la pompe APOI envois la production du broyeur vers la bac à pulpe AR02.

Les débordements éventuels pulpe de phosphate où les vidanges et rinçage de lignes sont collectés via des caniveaux dans le puisard AR05 équipé d’un agitateur et d’une pompe centrifuge verticale qui font renvoyer la pulpe vers la cuve de stockage.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Elément | **Type (%)** | **Limites (%)** |
| P2O5 | 31.12 | 30.89-31.46 |
| CaO | 51.15 | 50.85 – 51.45 |
| F- | 3.83 | 3.76-3.90 |
| SiO2 total | 2.50 | 2.20-2.80 |
| AL2O3 | 0.40 | 0.38-0.50 |
| Fe2 O3 | 0.28 | 0.22-0.30 |
| SO3 | 1.70 | 1.65-1.75 |
| MgO | 0.45 | 0.35-0.50 |
| Na2O | 0.85 | 0.77-0.91 |
| K2O | 0.07 | 0.06-0.08 |
| CO2 | 6.50 | 6.20-7.00 |
| Cl- | 0.02 | 0.01-0.03 |
| C organique | 0.22 | 0.19-0.25 |

Humidité= 6%\_+1%

 **Tableau** 1 : la composition chimique sur le phosphate sec à 105 °C

1. Unité d’attaque :
2. Section d’attaque :

La cuve d’attaque AM01 est une cuve à six compartiments, construite en béton armé monolithique revêtu de caoutchouc et de briques en graphite, chaque compartiment, est équipé d’un agitateur à trois rangs de pales de modèle PRAYON permettant une bonne homogénéisation de la bouillie d’attaque et possède : des pales radiales à la surface de la bouillie, permettant de casser les mousses qui se formes lors de la réaction et pour créer de bonnes conditions d’incorporation des réactifs introduits.

 En surface, des pales inclinées à un niveau médian, créant un bon mélange dans la bouillie de réaction et incorporation bien la pulpe de phosphate entrant sous la surface, des pales hélicoïdal situées sur le rang inférieur, créant un grand effet de pompage vers le bas pour assures une bonne suspension solides et éviter les dépôts sur le fond de la cuve.

Les cloisons entre compartiments de la cuve d’attaque sont munies de grandes ouvertures permettant à la bouillie de circuler d’un compartiment à l’autre avec un minimum de pertes de charge.

Les gaz de réaction sont collectés par deux ouvertures pour être envoyés vers le système de lavage des gaz. Celui-ci maintient une légère dépression dans la cuve d’attaque de manière à éviter l’échappement à l’atmosphère des gaz de réaction.

La pulpe de phosphate est introduite dans le compartiment 2, elle est tout d’abord mélangée à la bouillie de gypse recyclée de la queue à la tête du réacteur.

L’acide sulfurique concentré avant d’être introduit dans la cuve d’attaque mélangé avec l’acide phosphorique de faible concentration provenant du procédé lui même.

Les réactions qui se produisent (dilution de l’acide sulfurique et attaque du minerai) sont largement exothermiques. Comme la température du milieu conditionne la forme cristalline du sulfate de calcium, il est nécessaire de refroidir la bouillie à une température de l’ordre de 72-74°C.

Ce refroidissement est effectué dans un évaporateur à bas niveau « LLFC : Low level flash cooler » cet appareil est maintenu sous vide grâce à une pompe à vide ACO1.

Une entrée d’air réalisée en amant de cette dernière permet le contrôle de la pression régnant dans le LLFC.

La bouillie de réaction circule de compartiment 6 à 1 de la cuve d’attaque formant ainsi un circuit fermé, via le flash grâce au circulateur (pompe de circulation APO1 situé dans l’extension du compartiment6.

La bouillie d’attaque est amener dans une enceinte sous vide contrôlé pour que l’acide entre en ébullition, et ce , à une température légèrement inférieure ( 2 à 3 °C) à la température d’entrée de l’acide.

Le faible gradient de température entre l’entrée et la sortie s’obtient grâce au fort débit qui passe au travers de l’appareil.

Afin de limiter la formation des mousses dans le LLFC une injection d’anti-mousse est prévue dans la tuyauterie à l’entrée de l’appareil.

Les vapeurs quittant le LLFC passent dans le précondenseur (183AE01) où elles réchauffent l’eau destinée au lavage des toiles du filtre, cette eau étant de l’eau industrielle ayant servie au lavage des gaz de réaction dans le système de lavage des gaz, puis elles sont condensées au moyen d’eau de mer dans le condenseur à contact direct. L’eau de mer dans le condenseur à contact direct. L’eau de mer usée coule vers le bac de garde 103 AR 02 d’où elle déborde pour une part vers un de retour vers la mer. Une grande partie de l’eau de mer servent au repulpage du gypse sortie filtre.

**Remarque :**

La cuve d’attaque reçoit également, à débit contrôlé, les boues extraites du décanteur 113 FR 02 et les effluents liquides stockés dans le bac des effluents.

1. Section digestion :

A partir du compartiment 6 de la cuve d’attaque, la bouilli s’écoule vers la section digestion qui comprend trois cuves (AMO2- AMO3 AMO4) cylindriques verticales similaires placées en série réalisées en acier caoutchouté avec leur fond revêtu de briques de graphite et équipées d’agitateurs de modèle PRAYON à double rang de poules hélicoïdes, étudiées pour produire un débit de pompage avec une basse consommation énergétique et éviter la sédimentation des solides tout en assurant une agitation douce.

Une injection d’acide sulfurique est prévue dans la première cuve afin de favoriser la désursaturation de l’acide. Afin d’éliminer les mousses une addition d’anti-mousse est également prévue dans cette cuve.

Les gaz se dégagée sont envoyés vers le système de lavage des gaz de la réaction. La bouillie ainsi mûrie est pompée à débit contrôlé vers le filtre BIRD – PRAYON moyennant la pompe à bouillie d’alimentation du filtre 103 AP 02.

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 celui-ci, mais à la renvoyer vers la cuve de digestion via un tuyauterie de retour équipée d’une vanne tout ou rien V 801 qui s’est alors ouverte.

1. Système de lavage des gaz :**(Figure 1**)

Le système de lavage des gaz reçoit les gaz fluorés venant de :

 🖛 La cuve d’attaque

 🖛 Les cuves de digestion

 🖛 La hotte du filtre BIRD – PRAYON

Il est destiné à abattre la quantité de fluor rejetée à l’atmosphère et à minimiser les pertes en teneur de P2O5.

Deux tours de lavage sont installés pour assurer l’assainissement des gaz :

Dans la première tour 103 AE 04, les gaz circulent à co-courant avec l’eau de lavage provenant de la deuxième tour 103 AE 05.

Avant de sortir à l’atmosphère, les gaz lavés passent à travers une 103 AX 25 pour subir un deuxième lavage avec l’eau brute contrôlé au moyen d’une motorisée, et l’eau de lavage qui fait un circuit fermé à l’aide des pompes, mais cette fois l’assainissement des gaz s’effectue à contre-courant.

L’excès de l’eau de lavage est véhiculé dans un troisième laveur 103 AE 01 lié à LLFC pour laver en avantage les gaz sortant de cet évaporateur.

La recirculation des gaz dans les deux tours de lavage et le refoulement vers l’atmosphère sont assurés par le ventilateur AC 31.

 Gaz épurés

 Ciel cuve

 d’attaque

 Eau

 Lavage des

 gaz

 Ciel cuve

 de digestion

 Eau fluorée

Hotte filtre

 **Figure 1:** schéma bloc du lavage des gaz de l’attaque filtration

1. Section de filtration :

La séparation de l’acide phosphorique et du sulfate de calcium résiduaire est effectuée à l’aide d’un filtre sous vide lavage systématique à contre-courant.

Le filtre utilisé est un filtre à cellules basculantes subdivisées en 6 secteurs :

* Présecteur
* Secteur fort
* Secteur moyen
* Secteur faible
* Soufflage
* Essorage (Séchage des toiles filtrantes).
	1. Présecteur :

La bouillie d’attaque est alimentée vers l’ange de distribution du filtre horizontal à cellules basculantes sous vide BIRD – PRAYON. La première partie du filtrat de production contenant des cristaux très fins (portion trouble) et par fois légèrement diluée par l’eau restant sur la toile, est envoyée vers la cuve d’attaque comme étant un acide recyclé.

* 1. Secteur fort :

La quantité de filtrat correspondant à la production est envoyée vers le stockage d’acide 29 % moyennant la pompe 103 AP 03. le surplus de ce filtrat est envoyé à l’aspiration de la pompe d’acide recyclé.

* 1. Secteur moyen :

Le filtrat récupéré au deuxième lavage est drainé vers la pompe 103 AP 05 qui l’envoie à l’ange de premier lavage, le filtrat de ce lavage va à l’aspiration de la pompe d’acide recyclé 113 AP 04.

Cet acide recyclé est envoyé vers l’attaque pour le contrôle des solides d’une part et la teneur en P2O5 de la bouillie d’attaque d’autre part.

* 1. Secteur faible :

L’eau ayant lavé les toiles est pompée vers l’ange du deuxième lavage de gypse moyennant la pompe 103 AP 06.

* 1. Soufflage et lavage :

Le lavage final est réalisé au moyen de l’eau de lavage provenant du précondenseur 103 AE 01, l’eau sortant de ce dernier, collectée dans le bac 103 AR 08 est pompée au moyen de la pompe 103 AR 07 pour le lavage des toiles.

Pour éviter le bouchage du pulvérisateur du lavage des toiles, l’eau passe à travers d’un filtre 103 A 503, comme sa température est insuffisante, elle est chauffée au moyen de vapeur injectée en ligne dans l’éjecteur 103 AC 05.

Le gypse est finalement déchargé, par rotation de la cellule basculante en position inversée, dans une trémie 103 AR 03 arrosée d’eau de mer devant servir à sous évacuation vers la mer. Ce mode d’évacuation est appelé le transport hydraulique.

Les godets basculants sont soufflés par le ventilateur de soufflage 103 AC 02 pour faciliter le déchargement.

* 1. Séchage des toiles filtrantes :

 Après lavage, les toiles et les godets reprennent leur position d’origine et le ventilateur de séchage facilite le drainage de l’eau résiduaire. Les gouttes entraînées sont séparées dans le séparateur et le liquide obtenu est renvoyé au bac d’eau chaude.

**N.B** : ce système ne fonctionne pas actuellement

# Unité de stockage et décantation de l’acide 29% :

L’acide produit 29% provenant de la section filtration est préalablement stockée dans un réservoir équipé d’un agitateur. Parfois les boues extraites du décanteur de l’acide concentré 54 % arrivent à ce réservoir. Par débordement du réservoir via une rigole ouverte, l’acide entre dans le tube central d’un décanteur. Le solide décanté est raclé sur le fond du décanteur par le racleur de manière à le ramener vert le cône central d’extraction. Les boues sont pompées vers la cuve d’attaque. L’acide décanté déborde alors dans le stockage d’acide faible équipé d’un agitateur maintenant les solides non décomposés en suspension.

Les trois lignes de concentration A, B et C sont alimentées par l’acide faible en moyen de trois pompes centrifuges.

# Unité de concentration d’acide :

La concentration de l’acide phosphorique consiste en une élimination d’une partie de son eau de dilution par une évaporation sous vide. Ce phénomène est réalisé dans une boucle de circulation comprenant : un évaporateur, un circulateur, un filtre et un échangeur de chaleur.

 L’acide faible est mélangé à une grande quantité d’acide concentré en circulation constante, ce mélange passe dans un échangeur chauffé par de la vapeur basse pression. Il va y subir une augmentation de température amenant la tension de vapeur de l’eau contenue dans le mélange à une valeur supérieure à la pression absolue fixée dans l’évaporateur ou il va y avoir ébullition. Cette ébullition va se terminer jusqu’à ce que l’équilibre soit rétabli. Dans les faits le déséquilibre est maintenu en permanence car l’alimentation en acide ‘’chaud’’ dans l’évaporateur est continue et que le système de vide évacue en continu l’eau évaporée.

L’acide produit 54% en P2O5, déborde dans un tuyau alimentant la pompe auto- régulante d’acide concentré qui l’envoie vers le stockage.

1. Unité de Stockage et décantation de l’acide concentré

 L’acide concentré est préalablement stocké dans un réservoir de stockage maintenu agité par un agitateur. Par débordement du réservoir via une rigole ouverte, l’acide entre dans le tube central d’un décanteur. Un ajout de floculant est prévu dans cette rigole, avant entrée dans le décanteur pour régler le taux de solide de l’acide. Le solide décanté est raclé sur le fond du décanteur par le racleur de manière à le ramener vert le cône central d’extraction. Les boues sont pompées à concentration en solide constante, au moyen d’une pompe vers le premier réservoir de stockage d’acide faible.

L’acide décanté déborde alors dans le stockage. Les solides restant sont maintenus en suspension par un agitateur. De ce réservoir les pompes envoient l’acide de qualité ‘‘marchand’’ vers le bac de stockage et ensuite vers le stockage principal.

1. Les paramètres de marche de la chaîne de production de l’acide phosphorique :

L’unité (réaction – filtration – concentration) possède plusieurs paramètres qui conditionnent l’état de sa marche, ces paramètres se dérèglent, une fois une anomalie est constatée dans l’un de ces appareils.

Le déréglage aura des conséquences mauvaises sur la réaction et la filtration et perturbe le contrôle du processus.

Le tableau 2 ci- dessus regroupe une liste des paramètres les plus important avec leurs causes et conséquences :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Paramètre de marche de l’attaque - filtration** | Cause | Conséquence |
| Augmentation de la température | ⮚ Augmentation du SO4--⮚ Sur cadence⮚ Problème de vide de flash cooler⮚ Niveau haut dans les cuves⮚ Bouchage de circuit d’assainissement de dégazage | ⮚Blocage d’attaque⮚ Mauvais cristallisation⮚ formation de semi-hydraté |
| Augmentation du sulfate libre | ⮚ Formation de l’inattaqué⮚ Défaut sur débitmètre  | ⮚ Mauvais cristallisation⮚Diminution de la concentration en P2O5 |
| Augmentation de la densité bouillie | ⮚ Diminution de débit d’acide recyclée | ⮚ Augmentation d’épaisseur du gâteau⮚ Augmentation de la viscosité ⮚ chute de volume dans la cuve⮚ Difficulté de pompage de la pompe à bouillie. |
| Augmentation du taux de solide  | ⮚ variation de la densité bouillie et filtrat, en agissant sur le débit d’eau de lavage et d’acide  | ⮚ augmentation de la viscosité ⮚ agitation difficile⮚ Augmentation de la densité bouillie |

En peut ajouter la granulométrie, le temps de séjour, le vide l’agitation, etc.…

#### Généralité :

Les **engrais** sont des substances, le plus souvent des mélanges d'éléments minéraux, destinées à apporter aux [plantes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Plante) des compléments d'éléments nutritifs de façon à améliorer leur croissance et augmenter le rendement et la qualité des cultures. Généralement, les engrais sont incorporés au [sol](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sol_%28g%C3%83%C2%A9ologie%29), mais ils peuvent aussi être apportés par l'eau d'irrigation. Cette dernière technique est employée aussi bien pour les cultures en sol (traditionnelles), que hors sol (sur substrat plus ou moins inerte, tel que terreaux, tourbes, laine de roche, perlite, vermiculite, etc). Une autre technique particulière, la [culture hydroponique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Hydroponie), permet de nourrir les plantes sans aucun substrat. Les racines se développent dans des "gouttières" où circule une solution nutritive -eau plus engrais-. La composition et la concentration de la solution nutritive doit être constamment réajustée.

Dans certains cas, une partie de la fertilisation peut être réalisée par voie foliaire, en pulvérisation. En effet, les feuilles sont capables d'absorber des engrais, s'ils sont solubles et si la surface de la feuille reste humide assez longtemps. Cette absorption reste toutefois limitée en quantité. Ce sont donc plutôt les oligo-éléments qui peuvent être apportés ainsi, compte tenu des faibles quantités nécessaires aux plantes.

Les engrais sont utilisés dans le cadre de la démarche plus générale de la [fertilisation](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fertilisation), en [agriculture](http://fr.wikipedia.org/wiki/Agriculture) et lors des activités de [jardinage](http://fr.wikipedia.org/wiki/Jardinage) en tant que [produits fertilisants](http://fr.wikipedia.org/wiki/Produit_fertilisant).
Les engrais furent utilisés dès l'[Antiquité](http://fr.wikipedia.org/wiki/Antiquit%C3%83%C2%A9), où l'on ajoutait au sol, de façon empirique, les phosphates des [os](http://fr.wikipedia.org/wiki/Os) (calcinés ou non), l'azote des [déjections](http://fr.wikipedia.org/w/wiki.phtml?title=D%C3%A9jection&action=edit) animales et humaines, le potassium des [cendres](http://fr.wikipedia.org/w/wiki.phtml?title=Cendre&action=edit)

## Rôle des engrais :

Pour accomplir le processus de leur vie végétative, les plantes ont besoin d'eau, de près de vingt éléments nutritifs qu'elles trouvent sous forme minérale dans le sol, de dioxyde de carbone (CO2) apporté par l'air, et d'énergie solaire nécessaire à la synthèse chlorophyllienne.

Ajoutés au [sol](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sol_%28g%C3%83%C2%A9ologie%29), dans certains cas à l'eau, les engrais ont pour rôle de :

* compenser les défauts du sol, en complétant les éléments en quantité insuffisante qui constituent des facteurs limitants du rendement ainsi que l'a montré [Justus von Liebig](http://fr.wikipedia.org/wiki/Justus_von_Liebig) en 1840 (loi du minimum) ;
* apporter les éléments nécessaires aux plantes en fonction de leur croissance ;
* compenser les exportations d'éléments fertilisants exportés par les récoltes, pour maintenir le niveau de fertilité du sol.

Les engrais augmentent fortement, voire spectaculairement les rendements, mais ils ne sont pas les seuls facteurs explicatifs du rendement. Interviennent aussi le potentiel génétique des plantes, les méthodes culturales, et les facteurs climatiques, plus difficiles à contrôler. leur emploi doit donc tenir compte de ces autres facteurs.

En outre l'emploi des engrais doit s'accompagner de précautions pour :

* éviter les excès, car au delà de certains seuils les apports supplémentaires non seulement n'ont plus aucun intérêt économique, mais en plus risquent d'être toxiques pour les plantes (en particulier les oligo-éléments), et de nuire à l'environnement ;
* maîtriser leurs effets sur l'acidité du sol ;
* tenir compte des interactions possibles entre les éléments chimiques ;
* tenir compte des limites imposées par les autres facteurs de production.

Les engrais apportent :

* des éléments de base, [azote](http://fr.wikipedia.org/wiki/Azote) (N), [potassium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Potassium) (K), [phosphore](http://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphore) (P) ; on parle des engrais de type NPK ;
* des éléments secondaires, [calcium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Calcium) (Ca), [soufre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Soufre) (S), [magnésium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Magn%C3%83%C2%A9sium) (Mg),
* des [oligo-éléments](http://fr.wikipedia.org/wiki/Oligo-%C3%83%C2%A9l%C3%83%C2%A9ment) tels que le [fer](http://fr.wikipedia.org/wiki/Fer) (Fe), le [manganèse](http://fr.wikipedia.org/wiki/Mangan%C3%83%C2%A8se) (Mn), le [molybdène](http://fr.wikipedia.org/wiki/Molybd%C3%83%C2%A8ne) (Mo), le [cuivre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cuivre) (Cu), le [bore](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bore) (B), le [zinc](http://fr.wikipedia.org/wiki/Zinc) (Zn), le [chlore](http://fr.wikipedia.org/wiki/Chlore) (Cl), le [sodium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Sodium) (Na), le [cobalt](http://fr.wikipedia.org/wiki/Cobalt) (Co), le [vanadium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vanadium) (Va) et le [silicium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Silicium) (Si).

Ces éléments secondaires se trouvent habituellement en quantité suffisante dans le sol, et ils sont ajoutés uniquement en cas de [carence](http://fr.wikipedia.org/wiki/Carence).

Les plantes ont besoin de quantités relativement importantes des éléments de base. L'azote, le phosphore et le potassium sont donc les éléments qu'il faut ajouter le plus souvent au sol, et ils constituent la base de la plupart des engrais vendus de nos jours. l'azote est le plus important d'entre eux, et le plus controversé à cause du phénomène de lessivage, lié la forte solubilité dans l'eau des nitrates. Par le [procédé Haber-Bosch](http://fr.wikipedia.org/w/wiki.phtml?title=Proc%C3%A9d%C3%A9_Haber-Bosch&action=edit) un pour cent de l'énergie consommée par les humains produit de l'[ammoniac](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ammoniac) qui fournit la moitié de l'azote nécessaire à l'agriculture.

La chaux calcique est une source de calcium et la chaux dolomitique fournit du calcium et du magnésium. Le soufre est généralement présent en quantité suffisante dans le sol.

## Application des engrais :

Sur des sols acides, il faut procéder au [chaulage](http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaulage) pour augmenter le pH. Cette mesure augmente l'efficacité des engrais en favorisant l'assimilation par les plantes des éléments nutritifs présents dans le sol.

L'azote est présent en quantités importantes dans l'[atmosphère](http://fr.wikipedia.org/wiki/Atmosph%C3%83%C2%A8re), mais la majorité des plantes ne peuvent pas l'utiliser sous cette forme. Des [bactéries](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bact%C3%83%C2%A9ries) transforment l'azote atmosphérique en composés organiques par un processus appelé fixation de l'azote et transmettent ces composés aux plantes de la famille des [légumineuses](http://fr.wikipedia.org/wiki/L%C3%83%C2%A9gumineuses). Le [trèfle](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%83%C2%A8fle), la [luzerne](http://fr.wikipedia.org/wiki/Luzerne) et d'autres légumineuses sont cultivés en rotation avec d'autres cultures puis labourés pour enrichir le sol en azote.

## Dose d'engrais :

La dose d'engrais est la quantité d'engrais à apporter pour une certaine surface ou un certain nombre de plantes. Idéalement, la quantité apportée devrait

* être suffisante pour couvrir les besoins de la plante (de façon à garantir le rendement, la qualité, le taux de croissance, voire la beauté, souhaités),
* sans toutefois les excéder (de façon à limiter le coût de la fertilisation, ainsi que l'impact environnemental. Une dose trop élevée peut aussi endommager une culture).

L'utilisateur de fertilisants se basera souvent sur la notion de dose recommandée

La dose recommandée est la dose d'application suggérée par les instituts de recherche agricoles, publics ou privés, certaines associations ou ONG, ou par les entreprises de commercialisation. Elle va être donnée soit en terme de nombre de sacs à utiliser (avec indication des proportions NPK contenues dans un sac), soit directement en termes de quantité de chaque élément à apporter à l'hectare, ou en quantité à apporter par plante ou par trou de plantation.

Les doses recommandées varient en fonction de la culture, de la variété utilisée, du type de sol, du climat etc…

**Quel est le moyen le plus simple de calculer la quantité des éléments nutritifs contenus dans un sac d'engrais?**

Le moyen le plus simple est de diviser les nombres imprimés sur le sac de 50 kg par 2 et ceux marqués sur le sac de 25 kg par 4. Ainsi dans un sac de 50 kg dont la formule est 15-5-20, nous aurons les quantités suivantes d'éléments nutritifs:

15/2 : 7.5 kg N (quantité d'azote)

5/2 : 2.5 kg P2O5 (quantité de phosphate)

20/2 : 10 kg K2O (quantité de potassium)

Au total 20 kg d'élément pour un sac de 50 kg d'engrais.

## Consommation mondiale d'engrais :

La consommation mondiale d'engrais s'est élevée à 141,4 millions de tonnes en 1999 (source FAO). Les principaux pays consommateurs sont les suivants (en millions de tonnes) :

* [Chine](http://fr.wikipedia.org/wiki/Chine) : 36,7
* [États-Unis](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%83%E2%80%B0tats-Unis_d%27Am%C3%83%C2%A9rique) : 19,9
* [Inde](http://fr.wikipedia.org/wiki/Inde) : 18,4
* [Brésil](http://fr.wikipedia.org/wiki/Br%C3%83%C2%A9sil) : 5,9
* [France](http://fr.wikipedia.org/wiki/France) : 4,8
* [Allemagne](http://fr.wikipedia.org/wiki/Allemagne) : 3,0
* [Pakistan](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pakistan) : 2,8
* [Indonésie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Indon%C3%83%C2%A9sie) : 2,7
* [Canada](http://fr.wikipedia.org/wiki/Canada) : 2,6
* [Espagne](http://fr.wikipedia.org/wiki/Espagne) : 2,3
* [Australie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Australie) : 2,3
* [Turquie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Turquie) : 2,2
* [Royaume-Uni](http://fr.wikipedia.org/wiki/Royaume-Uni) : 2,0
* [Viêt Nam](http://fr.wikipedia.org/wiki/Vi%C3%83%C2%AAt_Nam) : 1,9
* [Mexique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Mexique) : 1,8

# II - Procédé de fabrication des engrais :

1. presentation :

Les engrais phosphatés représentent de loin le plus grand débouché pour le phosphate minéral, l’acide phosphorique apparaît comme la matière de base la plus répandue pour l’industrie moderne des engrais.

Les engrais phosphatés commerciaux sont les superphosphates simple et triple, les phosphates d’ammonium et les engrais composés NPK.

De nos jours, les phosphates d’ammonium, en particulier le monoammonium phosphate (MAP) et le diammonium phosphate (DAP) sont les engrais phosphatés les plus employés dans le monde du fait de leur titrage en éléments fertilisants et de leurs propriétés physiques.

Les phosphates d’ammoniums ont obtenus par neutralisation de l’acide phosphorique (H3PO4) par l’ammoniac (NH3). La présence simultanée et combinée du P2O5 et de l’azote a un effet sur l’action fertilisante du phosphore et contribue à augmenter son absorption par la plante.

Les phosphates d’ammonium purs sont des composés cristallins obtenus par neutralisation de l’acide phosphorique et l’ammoniac.

Dans cette famille, deux composés intéressent particulièrement l’industrie des engrais :

Le monoammonium phosphate (MAP) de formule (NH4) H2PO4 ;

Le diammonium phosphate (DAP) de formule (NH4)2HPO4.

Les réactions de base correspondantes s’écrivent respectivement :

H3PO4 + NH3 (NH4) H2PO4 + Q1

(NH4)H2PO4 + NH3 (NH4)2HPO4 + Q2

Les réactions mises en jeu traduisent la neutralisation de la première acidité (PK1=2.1) et la deuxième acidité (Pk2=7.2) de l’acide phosphorique et sont caractérisées par le rapport molaire N/P défini comme le rapport entre le nombre de moles d’azote sur le nombre de moles de phosphore. Ces réactions sont rapides et exothermiques. Il est à noter que les chaleurs des réactions dépendent : des conditions opératoires et l’état physique de l’ammoniac utilisé.

Les principales caractéristiques physico-chimiques du MAP et du DAP sont regroupées dans le tableau suivant :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Caractéristiques | MAP | DAP |
| RM | 1.0 | 2.0 |
| PH | 4.0 | 7.8 |
| Masse molaire (g/mol) | 115.08 | 132.12 |
| Composition (%) | PurN2 :12.17 , P2O5 : 61.74CommercialN2 :11 P2O5 :55 | PurN2 :21.18, P2O5:53.76CommercialN2 :18 P2O5 :46 |

1. PROCEDE DE FABRICATION :

L’atelier d’engrais de Jorf Lasfar est composé de quatre lignes (A, B, C et D) destinées à la fabrication des engrais, les formules les plus fabriquées sont le DAP et le MAP.

Les procédés utilisés comportant six étapes :

* Réaction ;
* Granulation ;
* Séchage ;
* Classification granulométrique ;
* Conditionnement du produit ;
* Lavage des gaz et assainissement des équipements.
1. Réaction :

Le procédé utilisé pour la fabrication du DAP et MAP est le procédé cuve d’attaque pour les lignes C et D, et le procédé de réacteur tubulaire pour les lignes A et B. Ces réacteur est alimenté par :

* L’acide phosphorique 54 % en P2O5;
* Liquide de lavage ;
* L’ammoniac vapeur ;

Les réactions qui se produisent au sein du réacteur s’écrivent comme suit :

H3PO4 + NH3 (NH4) H2PO4 + Q1

(NH4)H2PO4 + NH3 (NH4)2HPO4 + Q2

Le rapport molaire NH3/H3PO4 est maintenu aux environs de 1.4 ce qui correspond à un point de solubilité élevé.

Les chaleurs de réactions dégagées élèvent la température de la bouillie jusqu’au point d’ébullition, environ 118°C, ce qui permet d’évaporer une certaine quantité d’eau.

1. Granulation :

La granulation s’effectue par pulvérisation de la bouillie de neutralisation sur un lit de produits recyclés constitués des fines, de gros broyés et une quantité de produit marchand en rotation dans le granulateur. Le rapport entre le produit recyclé et le produit fini défini le taux de recyclage.

Le complément de l’ammoniac est apporté au moyen d’une rampe d’injecteurs plongés au-dessus de lit de solide. Les gaz du granulateur sont aspirés par le ventilateur C02 vers la section de lavage. Le produit granulé s’écoule par gravité à travers une goulotte vers le sécheur.

1. Séchage :

Le séchage est une opération qui consiste à enlever par évaporation d’excès d’humidité qui contient une matière.

Dans la fabrication des engrais, cette opération est nécessaire pour réduire l’humidité de l’engrais aux limites imposées par les spécifications commerciales et minimiser ainsi le coût de transport et les risques de prise en masse.

Dans notre cas, cette opération s’effectue dans un sécheur à cylindre tournant autour de son axe et dans lesquels les granules de DAP à sécher venant du granulateur sont en contact direct avec les gaz de séchage venant à co-courant d’une chambre à combustion. L’engrais subit des pelletages mécanisés et un avancement permettant un séchage continu.

A la sortie du sécheur, les gaz chauds chargés d’eau et des poussières sont admis dans des cyclones permettant de récupérer le maximum des fines qui sont recyclés avec le produit de recyclage vers le granulateur. Les gaz ainsi dépoussiérés sont refoulés par un ventilateur C01 vers la section de lavage.

Pour obtenir une évaporation suffisante de l’eau inter-granulaire, il importe donc que l’engrais humide soit mis en contact étroit avec la masse gazeuse chaude. Ce contact est assuré par des pelles releveuses à l’intérieur de la virole. Elles ont pour but de :

* Briser les mottes d’engrais ;
* Remonter et faire tomber le produit en pluie sur le passage de la masse gazeuse chaude ;
* Faire avancer le produit dans la virole.
1. Classification :

Le produit sort du sécheur pour alimenter les cribles à travers une bande T03,Un élévateur T04 et une bande T05, ces bandes alimentent un volet der répartition sur les cribles.

Chaque crible est composée de deux étages, le refus du crible (gros) alimentent par gravité les broyeurs. Les fines qui ont un diamètre inférieur à 2 mm alimentent par gravité la bande T08. Cette bande alimente à son tour et à travers le volet H01, et l’élévateur T01 et la bande T02 et ceci dans le but de maintenir le débit de recyclage constant.

La production de la ligne passe par deux tamis finisseur S06, les gaz et les fines rejoignent la bande de recyclage.

1. Refroidissement et conditionnement :

Le produit marchand est acheminé vers un refroidisseur pour subir un refroidissement conditionnement. Cette opération est réalisée par un refroidisseur à lit fluidisé E02, l’air de refroidissement nécessaire provient des conditionneurs E01 et E08 fonctionnant en parallèle, au moyen de deux ventilateurs C03 et C04.

Le refroidisseur E02 alimente l’élévateur T11 qui achemine le produit vers un enrobeur M02 pour subir un traitement contre la prise en masse que subir lors de sa manutention et son stockage, l’enrobant utilisé est le mélange de fuel et lilamin.

Le produit fini est recueilli sur la bande, la goulotte H04 est munie d’une boite de distribution à trois voix qui permet d’alimenter l’une des bandes d’envoi au hall de stockage18IT01/T02 ou T03.

1. Lavage des gaz et assainissement des équipements :

Les gaz issus du granulateur M01 sont aspirés à travers un venturi D02 au moyen d’un ventilateur C02, au niveau de ce venturi est installé un pulvérisateur alimenté en liquide de lavage.

Les gaz issus du sécheur sont dépoussiérés par passage dans la batterie de cyclones S07 et sont acheminés vers le venturi D01 au moyen du ventilateur C01. Au niveau de ce venturi est installé un pulvérisateur alimenté en liquide lavage.

La pompe P03, qui aspire du fond du R02, assure la recirculation du liquide de lavage sur les venturis D01 et D02.

La pompe P01 envoie le liquide de lavage au réacteur (W03). L’opération de lavage est achevée dans la tour de lavage D03 qui communique avec R02. Cette tour est dotée d’une cheminée d’évacuation des poussières des gaz.

La pompe P04 assure la recirculation du liquide de lavage, composé d’acide phosphorique de 29% en P2O5 et l’ammoniac récupéré, sur les pulvérisateurs de la tour D03. Cette tour est équipée de d’un dévisiculeur dans sa cheminée pour éliminer les vésicules afin d’éviter leur échappement vers l’atmosphère.

Les gaz issus du second et troisième caisson du refroidisseur E02 qui ne sont pas recyclés en dessus de la plaque perforée du refroidisseur sont aspirés par le ventilateur C06 et acheminés vers le venturi D04 lié à la tour D05 mini d’un dévisiculeur. La pompe P10 assure la recirculation du liquide de lavage sur le venturi. Les gaz issus du premier caisson sont aspirés par le ventilateur C05etrfoulésvers la chambre à combustion F01 et utilisés comme air de dilution secondaire après dépoussiérage à travers une batterie de cyclones S08.

L’assainissement des équipements est assuré par deux ventilateurs C07 et C08, ces ventilateurs refoulent, après dépoussiérage à travers des cyclones S09 et S10 vers le venturi D06 lié à une tour D08 équipé de pulvérisateurs.

La pompe P11 assure la recirculation du liquide de lavage sur le venturi D06, les deux tours D05 et D08 communiquent par débordement.

III - Description des matériels de l’installation :

1. Le granulateur :

Le granulateur est un tambour rotatif (forme de cylindre) d’une vitesse de 8 à 10 tours par minute, reposé sur 56 galets dont quatre de rotation et deux centriques , menu d’une couronne qui sert pour la rotation.

Il est équipé d’une chaîne cinématique composée d’un moteur principal ; d’un réducteur et d’un vireur ; en tête de granulateur ; il est percé un réacteur tubulaire (RTG) et il est équipé aussi d’une rampe d’ammoniation composée de quatre injecteurs.

1. Le sécheur :

Le sécheur est un cylindre tournant permettant le séchage à co-courant du produit, il est équipé de spires d’avancement du produit à son entrée et de pelles releveuses pour acheminer le produit vers la sortie et assurer un excellent contact entre le produit séché et les gaz chauds provenant de la chambre à combustion.

A la sortie du sécheur les blocs de produit sont séparés par la cage d’ecureil et sont fractionnés dans l’emoteur B05.

Il est équipé aussi de cinq marteaux frappeurs pour éviter l’encrassement de la première section de sécheur.

1. Chambre de combustion :

La chambre à combustion est constituée de :

* + Un caisson d’air de dilution primaire ;
	+ Un caisson d’air de dilution secondaire ;
	+ Un brûleur de fuel ;
	+ Torche d’allumage ;
	+ Cellule de détection de flamme ;
	+ Deux ventilateurs d’air de combustion ;
	+ Un ventilateur d’air de dilution ;
	+ Un volet d’air de combustion pour chaque ventilateur.
1. Les cribles :

Pour obtenir la sélectivité demandée, avec les caractéristiques de l’engrais, quatre cribles sont installée. Ces appareils travaillent avec une couche de produit relativement mince, et une grande inclinaison entre 25 à 30°, ils ont pour but d’extraire la totalité du produit.

Chaque appareil est constitué de :

* Une partie vibrante animée par un mécanisme à balourd qui donne la vibration nécessaire pour sélectionner le tout venant sur les cribles. Cette vibration est réglable en amplitude par diminution ou adjonction de la masselotte.
* Une partie fixe qui assure l’étanchéité vis-à-vis du milieu ambiant et l’assainissement.
1. Les broyeurs :

Quatre broyeurs sont utilisables, Chaque broyeur comporte trois cylindres :

* Un cylindre cannelé fixe.
* Un cylindre gaufré fixe.
* Un cylindre gaufré mobile.
* Chaque cylindre repose sur deux paliers à roulements.

Le cylindre mobile est maintenu en position de travail par deux vérins hydrauliques (course 60mm) reliés par des flexibles à une centrale hydraulique.

Cette centrale est équipée d’un système d’asservissement assurant, en fonction de l’ampérage du moteur du broyeur, la variation de l’écartement des cylindres et le retour dans leur position initiale.

L’étanchéité au niveau du passage des arbres dans les le bâti est assuré par des déflecteurs solidaire de l’arbre, munis d’ailettes centrifuges.

Le broyeur est équipé dans sa partie supérieure d’un capotage comportant des portes de visite, une prise de dépoussiérage et une trémie d’alimentation.

1. Le refroidisseur :

Le refroidisseur comporte trois caissons supérieurs :

⮚ Du premier caisson, l’air chaud est recyclé vers la chambre de combustion au moyen du ventilateur C05 après passage dans la batterie de cyclones S08 ;

⮚ L’air de second caisson et une partie de l’air de troisième caisson sont lavés au niveau du venturi D04. L’autre partie de l’air du troisième caisson est recyclée  à l’aspiration des ventilateurs C03 et C04.

⮚ Le refroidisseur est équipé d’une tôle percée de trous sur laquelle circule le produit à refroidir.

1. L’enrobeur :

L’enrobeur est un tambour rotatif équipé, à l’intérieur, d’une rampe de pulvérisation avec deux points de pulvérisateurs, à l’amont, une jetée d’alimentation en produit refroidi et à l’aval, une hotte d’assainissement.

### IV – Les paramètres de marche :

Ils sont d’une importance capitale pour la conduite du procédé et la stabilité de la marche des unités de production. Ces paramètres conditionnent les caractéristiques physico-chimiques du produit fini. Nous distinguons les paramètres de marche de :

* + - La section lavage ;
		- La granulation ;
		- Le séchage ;
		- Le conditionnement.
1. Section de lavage :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètre | Cause | Effet | Action |
| Rapport molaire dans R01 élevé | ⬥Fuite au niveau des injecteurs de la rampe ;⬥Présence des poussières dans le bac R01 ;⬥Débit élevé  de l’ammoniac ;⬥Fuite de l’ammoniac issu du granulateur. | ⬥ Marche instable ;⬥ Mauvaise réaction ;⬥Pertes en ammoniac. | ⬥Contrôler le débit d’ammoniac ( en fonction du rapport molaire dans le préneutalisateur) ;⬥ Contrôler l’état des injecteurs de la rampe. |
| Rapport molaire dans R01 bas | ⬥Débit d’acide 54% en P2O5 insuffisant ;⬥Arrêt de la pompe P03 ;Bouchage du venturi D02 ;⬥Bouchage de la gaine d’aspiration du ventilateur C02. | ⬥Marche instable ;⬥Mauvaise réaction ;⬥Diminution du titre en azote. | ⬥Régler le débit d’ammoniac dans le PN ;⬥Déboucher le venturi D02 et la gaine d’aspiration;⬥Remise en état de service la pompe P03. |
| La densité du liquide de lavage dans R02 élevée | ⬥Excès d’acide 54% en P2O5 ;⬥Faible débit d’acide 29% en P2O5 ; | ⬥Liquide visqueux ;⬥Marche instable ;⬥Présence des poussières ;⬥Difficulté de pulvérisation :⬥Pertes en P2O5 ;⬥Formation des mottes. | ⬥Ajuster la densité par le contrôle des débits des acides 54% et 29% en P2O5 ;⬥Contrôler le niveau et le rapport molaire du bac R02 ;⬥Vérifier l’état de la pompe P03. |
| La densité du liquide de lavage dans R02 basse | ⬥Excès d’acide 29% en P2O5 ;⬥Faible débit d’acide 54% en P2O5 ; | ⬥Chute de la température dans la boucle ;⬥Humidité élevée du produit ;⬥Augmentation de la consommation du fuel. | ⬥Ajuster la densité par le contrôle des débits des ⬥acides 54% et 29% en P2O5 ;⬥Contrôler le niveau et le rapport molaire du bac R02 ;⬥Vérifier l’état de la pompe P03. |
| Le rapport molaire de la tour de lavage D03 élevé. | ⬥Excès de l’ammoniac ;⬥Arrêt de la pompe P03 ;⬥Faible débit d’acide 29% en P2O5. | ⬥Marche instable ;⬥Mauvaise réaction ;⬥Pertes en ammoniac. | ⬥Diminuer le débit d’ammoniac ;⬥Vérifier l’état de la pompe P03 ;⬥Augmentation du débit d’acide 29% en P2O5. |
| Le rapport molaire de la tour de lavage D03 bas. | ⬥Arrêt de la pompe P04;Bouchage des pulvérisateurs de la tour D03;⬥Bouchage de la gaine d’aspiration du ventilateur C02. | ⬥Marche instable ;⬥Mauvaise réaction ;⬥Diminution du titre en azote. | ⬥Vérifier l’état de la pompe P04 ;⬥Déboucher les pulvérisateurs de la tour D03 ;⬥Déboucher la gaine d’aspiration C02. |
| La densité dans la tour de lavage D03 élevée | Faible densité d’acide 29% en P2O5. | ⬥Liquide visqueux ;⬥Marche instable ;Présence des poussières ;⬥Difficulté de pulvérisation. | ⬥Ajuster le débit d’acide 54% en P2O5 ;⬥Vérifier l’état de la pompe de circulation. |
| La densité dans la tour de lavage D03 basse. | ⬥Excès du débit d’acide 29% en P2O5. | ⬥Chute de la température dans la boucle ;⬥Humidité élevée du produit ;⬥Augmentation de la consommation du fuel ;⬥Présence des mottes. | ⬥Ajuster le débit d’acide 54% en P2O5 ;⬥Vérifier l’état de la pompe de circulation. |
| Niveau du bac R02 élevé. | ⬥Débit d’entrée d’acide est supérieur au débit de consommation :⬥Chute de pression au niveau du granulateur  |  | ⬥Agir sur le débit d’acide, la densité et le rapport molaire de liquide de lavage. |
| Niveau du bac R02 bas. | ⬥Débit d’entrée d’acide est inférieur au débit de consommation : | ⬥Le ventilateur C01 refoule vers C02 ;⬥Dégagement des gaz à la porte visite du bac R02 ;⬥Perturbation du débit de la pompe P01. | ⬥Agir sur le débit d’acide, la densité et le rapport molaire de liquide de lavage. |

1. granulation :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètre | Cause | Effet | Action |
| Le rapport molaire de PN élevé. | ⬥Excès de NH3 ;⬥Rapport molaire du liquide de lavage élevé ;⬥Fuite au niveau des injecteurs de la rampe ;⬥Présence des poussières au niveau du bac R02. | ⬥Marche instable ;⬥Mauvaise granulation ;⬥Présence des poussières. | ⬥Agir sur le débit d’ammoniac ou débit d’acide ;⬥Régler le rapport molaire du liquide de lavage. |
| Le rapport molaire de PN bas. | ⬥Faible débit de NH3 ;Rapport molaire du liquide de lavage bas ;⬥Bouchage de la tour de lavage D03 et les venturis D01 et D02. | ⬥Humidité élevée du produit ;⬥Augmentation de la consommation du fuel ;⬥Mauvaise granulation ;⬥Présence des mottes. | ⬥Déboucher les pulvérisateurs de D01, D02 et D03 ;⬥Régler le rapport molaire du liquide de lavage. |
| Taux de recyclage élevé. | ⬥Circuit poussiéreux ;Présence des sur granulés ;⬥Les bavettes du broyeur mal positionnées ;⬥Débordement du sécheur ;⬥Déclenchement des broyeurs. | ⬥Surcharge de la boucle de granulation ;⬥Diminution des performances. | ⬥Réduction de la cadence pour soulager la boucle ;⬥Réglage de la marche. |
| Taux de recyclage bas. | ⬥Bonne granulation du produit. | ⬥Produit fini humide ;Formation des mottes et surgranulés. | ⬥Recycler une partie du produit fini vers le granulateur. |

1. séchage :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètre | Cause | Effet | Action |
| Température du produit séché élevée. | ⬥Débit et température de la masse gazeuse élevés. | ⬥Présence de poussière ;Marche instable ;⬥Blocage de la granulation. | ⬥Régler le débit et la température de la masse gazeuse en fonction du débit de fuel. |
| Température du produit séché basse. | ⬥Débit et température de la masse gazeuse bas ;⬥Chute de la densité du liquide de lavage ;⬥Mauvaise aspiration du ventilateur C01 ;⬥ Encrassement des ventilateurs C09, C10 et C14 ;⬥ Mauvais refoulement du ventilateur C05. | ⬥Circuit pâteux;⬥Formation des mottes ;⬥Colmatage des équipements ;⬥Surconsommation d’énergie. | ⬥Régler le débit et la température de la masse gazeuse en ⬥fonction du débit de fuel.⬥Contrôler l’état des ventilateurs ;⬥Ajuster la densité du liquide de lavage |

1. Conditionnement :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Paramètre | Cause | Effet | Action |
| Température du produit fini élevée. | ⬥Débit et température de la masse gazeuse élevés ;⬥Chute d’aspiration du ventilateur. | ⬥Présence de poussière ;⬥Marche instable ;⬥Blocage de la granulation. | ⬥Régler le débit et la température de la masse gazeuse en ⬥fonction du fuel ;Contrôler l’état les ventilateurs. |
| Température du produit séché basse. | ⬥Débit et température de la masse gazeuse bas ;⬥Humidité élevée du produit fini. | ⬥Circuit pâteux ;⬥Formation des mottes ;⬥Colmatage des équipements ;⬥Prise en masse ;⬥Surconsommation d’énergie. | ⬥Régler le débit et la température de la masse gazeuse en fonction du fuel. |

#### LA DIVISION INFRASTRUCTURES:

#### Mission de la division :

 L’activité de la division est de décharger, stocker, transférer les matières premières (Soufre solide et liquide, phosphate et ammoniac, acide sulfurique, soude caustique) qui sont nécessaires pour alimenter les différentes unités de l’ensemble industriel de Jorf Lasfar.

 Aussi, le chargement des produits finis (acide phosphorique 54 %, acide phosphorique purifié et les engrais) et semi-fini (le phosphate) pour les l’export.

## Description des unités de la division infrastructure:

La division infrastructure est composé de**:**

* STOCKAGES PRINCIPAUX:
* 12 bacs de stockage principal de soufre liquide de capacité unitaire 18.000 tonnes ;
* 12 bacs de stockage d’acide phosphorique 54% produit par MP III-IV de capacité unitaire 10.000 m3 ;
* 2 bacs de stockage d’acide phosphorique produit par IMACID de capacité unitaire 10.000 m3;
* 2 bacs de stockage d’acide phosphorique purifié produit par EMAPHOS de capacité unitaire 10.000 m3 ;
* 7 Gratteurs et 7 hangars de capacité unitaire 50.000 tonnes pour le stockage et la reprise des engrais vers les quais 1 ou 2 pour l’export ;
* Une station de chargement des trains en engrais pour le marché local ;
* Une station de chargement des camions en engrais pour le marché local ;
* 6 hangars et une Nef de déchargement des trains de phosphate.
* INSTALLATIONS PORTUAIRES
* 02 portiques de déchargement de soufre solide au quai n° 4 et un hangar de stockage de capacité 40.000 tonnes ;
* 08 fondoirs de soufre, 16 filtres, une chaudière de secours et ses accessoires et trois bacs de stockage de capacité unitaire 15.000 tonnes constituent l’unité de la fusion filtration ;
* Un bac de stockage de soude caustique liquide ;
* Un bac de stockage d’acide sulfurique ;
* Deux bacs de stockage d’ammoniac de capacité unitaire 15.000 tonnes ;
* Une unité de chargement et d’ensachage des engrais composés de 2 portiques située au quai n°2 ;
* Deux portiques de chargement des engrais et des phosphates au quai n°1 ;
* Deux quais, n° 6 et 7,
* Un réseau de convoyeurs et de tuyauteries relie de part et d’autre toute la Division avec ses clients et fournisseurs.

SCHEMA BLOC DE PCJ/PN



I – Description de l’installation :

L’unit é de stockage principale (Unité 51) de soufre liquide est divisée en deux ensembles identiques ; une demi- unité comprenant six bacs de stockage ayant une capacité utile unitaire de 18000 tonne, et une fosse de pompage et l’autre demi – unité, six bacs de stockage et une fosse de pompage.

L’alimentation du soufre liquide aux bacs de stockage principal s’effectué à partir des bacs de stockage intermédiaire de l’unité 63 à un débit maximum de 1000 t/h. les tuyauteries d’alimentation de soufre sont raccordées avec tous les bacs de stockage et équipées de vannes d’alimentation à l’entrée de chaque bac de stockage.

Les bacs de stockage sont chacun munis d’un indicateur de niveau :

 Si un bac quelconque est remplie de soufre liquide jusqu'à son niveau haut l’opérateur doit immédiatement ouvrir la vanne d’alimentation pour un autre bac dont le niveau est le plus bas.

Les tuyauteries de sortie de soufre de tous les bacs de stockage dans chaque demi-unité sont raccordées aux tuyauteries de collecteur simple allant aux fosses de pompages.

Le soufre liquide est donc s’écoule par gravité dans les fosses, si un bac quelconque est vidangé jusqu'à son niveau ‘ bas’, l’opérateur doit immédiatement ouvrir la vanne de sortie de l’autre bac et, immédiatement fermé la vanne de sortie du bac ci-dessus dont le niveau de liquide est le plus bas.

Le soufre liquide est transporté de l’une des fosses à l’unité de stockage usine-soufre liquide.

Lorsque les pompes d’une demi-unité sont mises en marche, les pompes de l’autre demi-unité sont en attente. La capacité de transport par deux pompes est deux 500 t/heures.

II – L’installation de stockage :

1. Bac de stockage principal de soufre liquide :

Chaque bac possède une capacité utile de 18000 tonnes de soufre liquide et est équipé de 27 réchauffeurs à ailettes verticaux de type amovible dont la surface totale est égale à 513 m2 autour de la paroi du bac.

La vapeur saturée à basse pression de 4.5 bar est fournie aux serpentins pour maintenir la température de soufre liquide dans chaque bac entre 130 et 140°C. Les vannes d’entrée de vapeur sont réglées de façon à maintenir la température qui est confirmé par les thermocouples.

Toutes les tuyauteries d’entrée de soufre du bac sont prolongées jusqu’au fond du bac afin de minimiser l’accumulation de la charge statique ; de plus, elle sont équipées d’évents servant d’arrêtoir à siphon l’alimentation du de soufre liquide est brusquement arrêtée.

Chaque tuyauterie de sortie de soufre liquide des bacs est conçus de manière à permettre la congélation du soufre à l’intérieur entre les buses de sortie et les vannes de sortie sous l’effet de l’eau filtrée, afin de prévenir les fuites de bac en cas aux problèmes avec les vannes de sortie.

Une cheminée d’aération et douze buses d’entrée air sont prévues sur le toit de chaque bac dans le but d’obtenir une ventilation naturelle suffisante pour éviter toute explosion due à l’hydrogène sulfuré dans l’espace vapeur du bac.

1. Fosse de pompage :

La fosse de pompage est une fosse rectangulaire souterraine en béton armé, revêtue de briques résistantes à l’acide. Chaque fosse est équipée de trois réchauffeurs de vapeur à tuyaux à ailettes horizontaux du type amovible. La vapeur saturée à basse pression de 4.5 bar est fournie aux réchauffeurs pour maintenir la température du soufre liquide dans les fosses entre 130 à 140 °C.

1. Vapeur d’extinction :

Quatre buses de vapeur d’extinction sont prévues sur le toit de chaque bac et deux buses, sur la plaque de couverture de chaque fosse dans le but de fournir la vapeur pour éteindre le feu qui se déclenchait à l’intérieur des bacs ou fosse si le soufre venait à s’enflammer.

1. Circuit vapeur :

Le circuit vapeur est nécessaire pour maintenir le soufre liquide chaud. Ce circuit de vapeur basse pression (4.5 bar) et d’un circuit de condensats basse pression.

La vapeur basse pression est produit dans l’unité 51 en réduisant la pression et la température de la vapeur moyenne pression fournie de l’extérieur de la limite de batterie. La vapeur basse pression produite est utilisée pour maintenir la température du soufre liquide dans les fosses, les bacs de stockage et les tuyauteries entre 130 à 140 °C.

1. Circuit d’air :

L’air instrument consommé dans l’unité 51 est produit par l’unité de compression d’air composée d’un compresseur d’air, d’un refroidisseur d’air et d’un sécheur.

Cette unité est capable de produire 180 Nm3/h d’air instrument ce dernier est reçu par un réservoir d’air est réglée à une valeur comprise entre 8.4 à 9.0 bar grâce au système de décharge qui commande la marche et l’arrêt des compresseurs d’air.

1. Circuit d’eau :
	1. Eau filtrée :

L’eau filtrée est fournie à l’unité 51 par une seule tuyauterie aérienne par l’atelier de traitement des eaux désiliciés.

Une partie d’eau filtrée est distribuée à l’unité 51 par les tuyauteries souterraines et utilisée dans le but de la lutte contre l’incendie.

Le reste d’eau filtrée est distribuée sur les tuyauteries aériennes aux raccords de tuyaux flexibles et aux chemises des tuyaux de sortie de soufre liquide des bacs de stockage principale de soufre liquide pour solidification du soufre liquide dans les tuyauteries.

L’eau filtrée est fournie aux chemises des tuyauteries seulement lorsqu’il y a un problème de fuite aux vannes situé au fond de chaque bac.

* 1. Eau potable*:*

L’eau potable est fournie à l’unité 51 par l’atelier de traitement des eaux désiliciées. L’eau potable fournie est distribuée par les tuyauteries aériennes aux douches, lave œil, robinets d’eau ainsi qu’aux salles de contrôle et électriques.

1. Description :

L’unité de stockage principal (unité 53) d’acide phosphorique 54 % (standards et spécifique) et d’acide purifiée. Dispose 16 bacs d’une capacité nominale de 18000 tonnes, dont deux bacs (53 IR 01 et 53 IR 02) sont réservés au stockage d’acide phosphorique54 % IMACID. Et deux bacs (53 IR 10 et 53 IR 12) sont réservés au stockage d’acide phosphorique purifié. Et deux autres bacs (53 IR 09 et 53 IR 11) sont réservés au stockage de l’acide phosphorique spécial (décadmium).

Ces bacs sont reliés au circuit chargement par un réseau de tuyauteries avec vanne d’isolement.

Le remplisse de ces bacs en acide phosphorique se fait à partir des unités de production (vente 14 MP, IMACID et EMAPHOS) et ce suivant l’état des stocke et la qualité d’acide phosphorique disponible. Les circuits utilisés pour les quatre qualités d’acide phosphorique sont indépendants.

Après préparation du circuit, le surveillant de chantier oriente la réception d’acide vers bacs désigné, et contrôle la qualité d’acide phosphorique reçue par des prises des échantillons.

A la fin de la réception le volume d’acide phosphorique reçu est calculé par différence d’hauteur initiale et finale jaugées.

En déterminant le tonnage de l’acide reçu de la façon suivant :

H1 : Hauteur initial du bac

Hf : Hauteur initial du bac

ΔH = Hf - Hi

D : Densité d’acide phosphorique reçu

C : Concentration d’acide phosphorique reçu

S  : Surface du bac

Tonnage reçus = ΔH \*S \*D\*C

1. Les installations de chargement :

Il sont composées essentiellement de :

* Deux collecteurs A et B pour le chargement d’acide phosphorique 54 % (MP III et IV)
* Un collecteur de chargement d’acide phosphorique purifié
* Quatre bras de chargement d’acide phosphorique 54 %
* Un bras de chargement d’acide phosphorique purifié
* Un système de contrôle des paramètres de chargement : Débitmètres, transmetteurs de pression et de température, manomètres
* Un dispositif de sécurité des collecteurs : Un antibélier par collecteur.
* Deux centrales hydrauliques pour la commande.
1. Contrôle de qualité :
2. Acide marchand :

Au cours de la réception d’acide phosphorique 54 %. Le surveillant de chantier prélève un échantillon chaque heure dans une éprouvette qui sera stocké dans un bidon après avoir fait les contrôles suivants :

* Contrôle visuel d’acide phosphorique pour voir son aspect, s’il est trouble ou non
* Mesure de la densité et de la température de l’acide
* Maintien d’une éprouvette remplie pour voir le phénomène de décantation de gypse si l’acide et trouble.

A la fin de la réception le surveillant du chantier prépare un échantillon global représentatif de la réception qui sera par la suite envoyé au laboratoire central pour déterminée :

* La densité
* Le taux de solides
* La concentration en P2O5

1. Déclassement d’acide :

Si après confirmation, l’acide reçu est trouble. Le surveillant du chantier oriente la réception vers un autre bac prévu pour le déclassement de l’acide phosphorique non conforme.

L’acide non conforme déclassé subit un traitement par décantation. Cette opération on se fait comme suit :

⮚ Maintien l’acide phosphorique 54 % sans agitation dans la bac pendant plus au moins 20 jours pour favoriser la décantation du gypse au fond du bac.

⮚ Déclassement du gypse décanté au fond du bac pour transvasement vers un autre bac destinée à recevoir le gypse décanté.

⮚ Une fois l’acide est devenu clair il peut être chargé après avoir analysé le taux de solide d’un échantillon à la laboratoire centrale.

1. Description du procédé :

 L’unité de stockage principale d’engrais est constituée de sept hangars d’une capacité nominale de 60000 tonne chacun, une station de criblage, trois bascules pour visualiser le débit massique instantanée. Et des convoyeurs qui assurent le transport du produit.

Les produits sortant des lignes de production est stockés dans les hangars (18A- 18B – 18C).

Pour s’assurer de la granulométrie et pour rendre le produit plus accessible au chargement des navires ou le fait manutentionner vers les hangars (HE01 - HE02 - HE03 - HE04 ).

Le produit après transfert sera sélectionner et stocké suivant sa qualité ( composition chimique, granulométrie, et l’enrobage) dans les hangars (HE01 - HE02 - HE03 - HE04) et sera accessible et sans risque d’arrêt lors du chargement car il n y à qu’un axe qui relie les hangars (18A- 18B – 18C) avec les hangars (HE01 - HE02 - HE03 - HE04 ).

Le transfert laisse de la place aux unités de production pour stocker sur des larges surfaces.

Le produit transfère passe à travers une bascule qui se trouve sur le convoyeur SA1 (voir schéma).

Cette unité assure trois taches principales :

⮚ Le transfert de (18A- 18B – 18C) au (HE01 - HE02 - HE03 - HE04 ).

⮚Le stockage et la sélection (selon la granulométrie, l’enrobage et le type d’engrais)

⮚ L’alimentation en produit lors du chargement.

1. Circuit de transfert :

Le transfert est une opération qui se fait entre les stockes (18A- 18B – 18C) et les stockes (HE01 - HE02 - HE03 - HE04). Il nous renseigne sur l’état du produit, sa granulométrie et son enrobage ainsi que d’autres exigences tel que l’humidité.

Le produit après transfert sera sélectionner et stocké suivant sa qualité dans les hangars (HE01 - HE02 - HE03 - HE04 ) et sera aussi plus accessible et sans risque d’arrêt lors du chargement car il n’y a qu’un seul axe qui relie les (18A- 18B – 18C) avec les (HE01 - HE02 - HE03 - HE04) ou les convoyeurs de chargement RB1 et RB2.

1. Circuit de chargement :

les circuit de chargement du produit comme des convoyeurs ( RAx = 1,2,3,4) qui alimentent directement ( RB1-2 ), ces derniers transport le produit au bâtiment criblage puis à travers une série de convoyeurs jusqu’au navire. Parfois on peut faire l’alimentation desRB1-2 par le convoyeur SA1 puis SP en cas de nécessité, car il peut y avoir aux stocks (18A- 18B – 18C) du produit apte au chargement des navires ou bien manque de produit voulue aux stocks (HE01 - HE02 - HE03 - HE04).

1. Description de l’installation :
2. Hangars :

Se sont des grands halls rectangulaires, équipés d’un chariot déverseur se déplaçant le long du hangar sur des rails, il sert au stockage des engrais, et d’un gratteur qui assure la reprise du produit.

1. Gratteur :
	1. Rôle du gratteur :

La fonction du gratteur consiste à prendre le produit stocké, pendant le déplacement de l’appareil le long du tas. des palettes menues de dents liées par des chaînes, se déplaçant sur les bras relevables amenant le produit sur un convoyeur à bande parallèles au tas, son débit maximale au tas , son débit maximale est de 1200t/h, sa plongeur de translation est de 177 m.

* 1. Description et fonctionnement du gratteur portique :

Le gratteur portique se compose de trios chaînes, deux chaînes primaires (P1, P2) et une chaîne secondaire, chaque chaîne tourne on glisse autour d’un bras, il y a trios bras, deux primaires et une secondaire.

Le rôle des chaînes (P1, P2) est de gratter le produit engrais sur la bande, la chaîne secondaire pousse le produit entre les chaînes P1 et P2.

Le gratteur translate sur deux rails, l’une située sur le côté primaire (coté convoyeur), l’autre située sur le côté secondaire. L’autre côté du hall.

Au moment de grattage, on utilise que le petite vitesse pour descendre les chaînes, la grande vitesse se fait quand on veut poser les chaînes sur le tas, ou quand on veut monter les chaînes jusqu’au point haut maximal.

La translation à grande vitesse se fait quand on veut déplacer le gratteur d’un point à l’autre, elle ne se fait que quand les chaînes sont montées jusqu’au point haut maximal.

La translation à petite vitesse se fait au moment du grattage, elle ne se fait que quand les chaînes sont en marche.

1. Bâtiment de criblage :
	1. Composition :

L’installation de criblage des engrais comprend les éléments suivants :

* + - Deux cribles à balourds
		- Deux élévateur à godets
		- Un convoyeur de refus
		- Un silo de capacité 100 tonne
		- Deux émotteurs EM1 – EM2
		- Un bâtiment support de silo
		- Un bâtiment support et abri des cribles
		- Les goulottes
		- Les équipements électrique
		- Le dépoussiérage
		- L’air comprimé

Deux chaînes deux de criblage fonctionnent en parallèles, chaque chaînes comprend essentiellement :

* Un crible
* Un élévateur à godets
* Un convoyeur de recyclage ou goulotte aiguillée
* Un émotteur
* Un silo
	1. Fonctionnement du criblage :

Pour chaque chaîne le fonctionnement est le suivant :

Le crible est alimenté en produit par le convoyeur RB diverse le produit, le passant sur le convoyeur RC et le refus dans l’élévateur à travers une goulotte.

Le refus est recyclé dans le crible par l’intermédiaire de l’élévateur à godets et des émotteurs, les irréductible sont stockées dans le silo puis repris par camion.

La prise des poussières se situe essentiellement sur les points suivants :

* + Sur le capotage des cribles
	+ Sur la jetée du produit sur le convoyeur AR
	+ Sur le jetée du convoyeurs RB1 et RB2

NB : Ce système ne fonctionnent pas actuellement

1. Air comprimé :

 le circuit d’air comprimé a pour but la manœuvre des vérins pneumatiques utilisés pour les mouvements des rives, goulottes et volets d’orientation de produit, il sert aussi pour le nettoyage et le soufflage des armoires électrique.

A l’arrivé du train l’opérateur de la pont bascule assure le passage de la rame sur le pont bascule dynamique à une vitesse précis pour déterminer la quantité transportée, ensuite les wagon du train sont placée sur les deux voie de la nef d’une façon particulier pour assurer le déchargement des wagons puisque les deux voie de la nef peut admettre 54 wagons.

Le stockage du phosphate provenant de la nef de déchargement des trains s’effectue dans les parties

‘ est’ des hangars par l’intermédiaire des circuits convoyeurs jusqu’au remplissage des hangars moities tandis que les autres moities sont en cours de vidange

La reprise du phosphate de la nef s’effectue localement par l’intermédiaire de 31 groupes de casques de la reprise A1 et 31 groupes de casques de la reprise A2.

Le transfert de phosphate se fait des hangars principaux vers le hangar usine, suivant la disponibilité de stockage et suivant les besoins des unités de production, une partie peut transporté au moyen d’une série de convoyeurs vers le quai n°1 de chargement de phosphate.

#### Introduction:

Pour des raisons économiques et pour soulager les port de Casablanca et de Safi, le ports de Jorf Lasfar a été construit avec une profondeur de 18 m pour accueillir de grands navires.

Ce port est situé au sud de la ville d’El Jadida à une distance de 18 Km pour éviter la pollution de la ville.

Ce port est le plus grand au Maroc, et même en Afrique. Sa disposition est repartie comme suit :

* Quai N°1 : destiné au chargement des différentes qualités de phosphates et d’engrais en vrac.
* Quai N°2 : pour l’ensachage des engrais et le vrac.
* Quai N°3 : réserve pour le déchargement du charbon de la centrale thermique JLEC.
* Quai N°4 : Déchargement du soufre solide importé.
* Quai N°5 : déchargement du soufre liquide importé.
* Quai N°6 et N°7 : pour le chargement de l’acide phosphorique et le déchargement de l’ammoniac importé.
* D’autre quai qui ne sont pas exploité par l’OCP.
* Des installations de chargement et de déchargement.
* Une installation de fusion et filtration du soufre.

### But de la fusion et la filtration :

### Le but de la fusion et la filtration du soufre est d’avoir un bon réactif qui répond à la réaction de combustion du soufre par l’oxygène et d’éviter autant que possible le criblage de filtre à gaz chaud et le tamisage de pentaoxyde de vanadium v2o5 au niveau de convertisseur de l’unité 01 (production d’acide sulfurique)

* 1. Description de l’installation de fusion filtration (l’unité 63) :
1. Le soufre
	1. Existence et préparation.

Le soufre existe sous plusieurs formes dans la nature :

- à l'état natif dans les terrains volcaniques et certaines terres sédimentaires (Louisiane, Texas.

- On l'extrait aussi des sulfures : H2S (15% du gaz de Lacq), FeS2 (pyrites), ZnS (blende), PbS (galène) et des sulfates (anhydrite ou gypse CaSO4.

Pour extraire le soufre natif (Calcacaroni en Sicile), on fait des meules de soufre de 4 m de haut, on y met le feu, le soufre fond et coule. Il est alors récupéré en lingots.

Procédé Frash au Texas :



On récupère aussi le soufre à partir du gaz naturel : 4000 tonnes par jour à Lacq (le soufre solide est plus facile à transporter). Une partie de H2S est brûlé en SO2, puis SO2 réagit avec H2S pour donner du soufre : SO2 + 2H2S 3 S + 2H2O

* 1. Propriétés physiques et variétés allotropiques



 Le soufre est un très mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité, d'où le ”cri du soufre” lorsque l'on plonge un canon de soufre dans de l'eau bouillante. Il s'électrise par frottement : c'est un diélectrique.

Il existe plusieurs variétés allotropiques de soufre :

Le soufre : octaèdrique, rhomboèdrique ; sa masse volumique vaut 2060 kg.m-3.

Le soufre : clinorhombique, en aiguilles ; sa masse volumique vaut 1960 kg.m-3.

L'équilibre entre le Sα et le Sβ est pratiquement athermique ; son enthalpie vaut 0,38 kJ/mol. C'est un équilibre monovariant. Comme l'enthalpie est positive, la forme est stable à température élevée. Du soufre, dissous dans le sulfure de carbone CS2, après évaporation de celui-ci, cristallise en octaèdres jaunes : Sα ; mais du soufre fondu et refroidi lentement cristallise tout d'abord sous forme d'aiguilles brunes.

Par chauffage lent, la température de transition de Sα en Sβ est de 95,5°C sous 1 bar. La température de fusion de la forme est 119°C. Mais la transformation en est très lente, et, si l'on élève rapidement la température, le soufre a n'a pas le temps de se transformer en soufre β et fond à 112,8°C sous 1 bar.



A 119°C, le soufre est un liquide jaune clair très mobile. Sa viscosité va encore diminuer si l'on chauffe jusqu'à 155°C. C'est le soufre λ formé, comme les deux phases solides précédentes de molécules S8 cycliques :

Si la température dépasse 160°C, le liquide devient de plus en plus visqueux et noircit. Le maximum de viscosité est atteint à 190°C : c'est le soufre µ, formé de chaînes Sn obtenues par rupture des cycles S8 et liaison bout-à-bout des fragments obtenus.

Les chaînes se disloquent ensuite sous l'effet de l'agitation thermique. On obtient finalement un liquide brun formé essentiellement (vers 400°C) de molécules S2 paramagnétiques, et encore de quelques molécules S8, S6 et S4. A 1700°C, il ne reste plus dans le gaz que des molécules S2. Si à 250°C, on trempe le Sµ (assez liquide à cette température) dans de l'eau froide, on obtient des cordes de ”soufre mou”. C'est un polymère qui se transforme lentement en Sα.

1. Importation du soufre solide :

Le soufre solide est importé soit naturel de la Pologne et l’Ukraine soit artificiel de l’Arabie SAOUDITE, États-Unis, Kuwait.

**Soufre : production**

|  |  |
| --- | --- |
| PAYS | PRODUCTION EN 1993\*(millions de tonnes) |
| États-Unis | 11,6 |
| Canada | 8,5 |
| Chine | 6,4 |
| Japon | 3,1 |
| Allemagne | 2,3 |
| Pologne | 2,1 |
| Russie | 2,1 |
| Arabie saoudite | 1,6 |
| France | 1,3 |
| Mexique | 1,2 |
| Ukraine | 1 |
| **Total mondial** | **55** |
| \* Seules sont indiquées les productions supérieures à 0,9 million de tonnes. |
| Source : World Bureau of Metal Statistics |

Il est décharge des navires au quai N°4 par deux portiques à benne puis transporté vers un hangar d’une capacité de 40000T par des convoyeurs à bande :

* Déchargement du soufre solide :

Les navires accostés et amarrés au quai N°4 sont déchargés par deux portiques P1 et P2 ces derniers sont équipés par des bennes à mâchoires.

Les portiques longeant le quai sur des rails permettent la reprise du soufre solide étalé dans les cales du navire suivant un plan de déchargement délivré par le commandant.

Une fois le soufre est déversé dans une trémie installée sous le portique, il est acheminé vers un hangar de stockage par des convoyeurs à bandes de 1200mm de largeurs D1, D2 et D3.

L’alimentation des fondoirs est assurée par une machine équipée par deux chaînes à palettes une primaire est une secondaire appelée *gratteur*. Le rôle du gratteur est d’alimenté d’une façon continue et régulière les trémies des fondoirs par soufre solide stocké dans le hangar.

1. La fusion:

 Pour la production de l’acide sulfurique H2SO4 on utilise de l’air sec et du soufre liquide comme carburant, qui seront combinés à l’intérieur du four.

 L’obtention du soufre liquide se déroule dans un fondoir équipé de 26 serpentins, ces derniers sont alimentés en vapeur moyenne pression débloquée par la centrale ou par la chaudière locale de l’unité à une pression d’environ 7 bars et une température de 220°C.

#####  a- Circuit du soufre liquide :

 Le soufre solide fusionné dans les fondoirs débordent par la conduite du trop plein vers 4 fosses de récupération du soufre brut :

* IF 01 et IF 02 dans IR01
* IF 03 et IF 04 dans IR02
* IF 05 et IF 06 dans IR03
* IF 07 et IF 08 dans IR04

 Dans chaque fosse brut sont immergées 4 pompes alimentant chacune son filtre. Les filtres sont rangés en 8 sur bâtiment A et 8 sur bâtiment B.

 Deux fosses de précouche IR05 et IR06 sont destinées à la préparation de solution d’adjuvant qui sera ensuite pompé par IP17 et IP18 vers les toiles des filtres pour accomplir l’opération d’enduisage.

 Les toiles de chaque filtre reçoit du soufre brut ou il se libère de ses impureté pour qu’il sera déversé dans deux fosses de soufre filtré IR07etIR08 de là il est refoulé vers trois bac intermédiaire de stockage par 6 pompes IP19, IP20, IP21 de la fosse IR07 et IP22, IP23, IP24 de la fosse IR08.

 Et pour satisfaire le besoin de l’unité 51 en soufre filtré, les bacs intermédiaire de stockage IR09 , IR10 et IR11 alimentent par gravité une fosse IR12, dans cette dernière sont immergées 4 pompes de transfert IP25, IP26, IP27 et IP28 assurant l’alimentation du stockage principale.

En général l’unité 63 est constituée de :

* 08 fondoirs
* 04 fosses de soufre brut
* 02 fosses de précouche
* 16 filtres
* 02 fosses de soufre filtré
* 03 bacs intermédiaires de stockage
* 08 doseurs de chaux IT01 et IT08
* 01 fosse de transfert
* 02 compresseurs identiques d’air comprimée
* 01 chaudières auxiliaires
* Des équipements mécaniques, électriques et de régulations

 b- l’exploitation du soufre :

 Les fondoirs sont alimentés en soufre solide par l’intermédiaire d’un couloir vibrant à débit variable par un orifice positionné sur la partie arrière de la toiture.

 Le fondoir peut contenir un volume de 190 m3 équipé de 26 serpentins, 8 placés latéralement par contre 18 sont placée verticalement, dans lesquels circule la vapeur a moyen pression pour activer la liquéfaction du soufre par le maintien d’une température de 140°C.

 La vapeur d’admission aux réchauffeurs est réglée manuellement par des vannes issus d’un collecteur qui reçoit la vapeur moyen pression d’une conduite de distribution de tous fondoirs.

 Les condenseurs sont recueillis dans un autre collecteur puis acheminée par une conduite collectrice de toutes les condensas des fondoirs vers un ballon.

 La température est relevée puis transmise à la salle de contrôle par un thermocouple situé à proximité de la sortie du soufre liquide.

 Au milieu du fondoir est monté un agitateur qui jouent deux rôles, activer la fusion par agitation du soufre solide et fait s’écouler le fluide autour de l’arbre de l’agitateur.

 A la sortie du fondoir on a ajusté un entonnoir équipé d’une grille à maille calibré qui évite l’accès des corps étrangers vers les fosses non filtré, ce tamis doit être nettoyé chaque jour par le surveillant.

 Les gaz dégagés par l’échange thermique entre le soufre solide et le milieu ambiant du fondoir sont échappés par une cheminée. Deux évents silices en opposition sur la toiture pour créer l’aération à du fondoir.

 Quatre bises d’étouffement piquées sur la toiture qui jaillit de la vapeur à basse pression pour l’extinction en cas ou le soufre s’enflamme. Elles doivent être actionnées chaque jour et entretenues chaque mois.

 La porte de visite est située sur la façade du fondoir permettant l’accès à l’intérieur pour le contrôle de l’état des serpentins et des briques. La vidange est assurée par deux purgeurs qui communiquent directement avec la conduite du trop-plein.

 La neutralisation de l’acidité est réalisée par la chaux éteinte qui coule d’une trémie ayant une capacité de trois tonnes , la quantité du réactif déversée à l’intérieur du fondoir est réglée à l’aide d’un mécanisme suivant le taux du PH contenu dans le soufre solide.

* Les fosses du soufre non filtre :

 Le soufre liquide qui déborde par le trop plein des fondoir de IF01/IF08 est récupère dans 4 fosses de forme rectangulaire en béton armé revêtues intérieurement par des brique anti-acide.

 Chaque fosse est équipé par 4 serpentins positionnés horizontalement ou circule de la vapeur à base pression pour maintenir une température ambiante de 130°C contrôlé par TI-101-9/TI-101-12 situés dans la salle de contrôle.

 A l’intérieur de IR01, IR02, IR03 et IR04 sont montés des agitateurs bi-étagés à 2 roues pour éviter la décantation des cendres et impuretés que contient le soufre.

 Au niveau de chaque fosse sont immergées quatre pompes centrifuges qui débitent chacune dans son filtre lors de la filtration.

 A l’entrée du soufre dans la fosse, juste à l’extrémité du trop plein on à installer des tamis types à godets dont les mailles ont des ouvertures de 14mm pour récupérer les corps étrangers, passés par les mailles du panier du fondoir.

 La communication entre IR01 et IR02 puisIR03 et IR04 est assurée par des tubulaires qui doivent être ouverts au cours de la marche normal et fermer du coté de la fosse qui nécessite un entretien.

 Les niveaux des fosses sont transmis et captés par des niveau-mètre pour éviter le débordement et faciliter la surveillance.

* La fosse de précouche :

 Le soufre liquide contient des éléments gênants et nuisibles pour les toiles des filtres et afin d’éviter toutes perturbation, on fait appelle à un réactif de couleur blanche nommé Adjuvant qui rend la filtration facile et meilleure.

La préparation de la solution adjuvant et soufre liquide non filtré est réalisée dans des fosses IR05 située du coté IR01/02 pour l’enduisage des filtres IS01/IS08 et IR06 située du coté IR03/04 pour l’enduisage des filtres IS09/IS16.

 L’enduisage est une opération qui constitue à étaler une couche d’adjuvant sur les tamis des filtres pour réduire les ouvertures des mailles des tamis, dans le but de récupérer le maximum des cendres et impuretés que contient le soufre.

 Ces fosses sont en béton armé revêtues en briques anti-acide, équipées par agitateur à un étage pour le mélange de la solution ;chaque fosse peut contenir aussi un serpentin à ailettes type horizontal alimenté par la vapeur basse pression de 4,5 bar, une trémie munie d’une grille qui empêche le passage des déchets lors de déversement des sacs d’adjuvant, une buse d’étouffement alimentée par la vapeur à basse pression de 4,5 bar, on trouve aussi un niveau-métre , un thermocouple.

Schéma fondoir



1-entree soufre solide (rigole)

2-bises d’étouffement

3-moteur réducteur d’agitateur

4-cheminée

5-event aération

6-porte visite panier filtrant

7-paniers filtrants

8-conduite de débordement

9-thermocouple

10-purge de vidange

11-porte de visite du fondoir

12-serpentins

13-agitateur

* Fonctionnement du fondoir :

 Pour exploiter un fondoir dans des bonnes conditions et assurer une continuer de l’alimentation en soufre solide, on doit veiller sur une bonne circulation de la vapeur moyenne pression dans les serpentins.

 Le soufre solide combiné à la chaux est déverses parallèlement sur le soufre liquide, et sous l’effet de l’agitation le soufre solide est acheminé au fond du fondoir ou il atteint la température du milieu ambiant 119°C, il passe de l’état solide à l’état liquide.

1. La Filtration :

 L’importation de l’unité 63 c’est l’obtention du soufre liquide pur en le libèrent des impuretés qu’il contient, afin de faciliter son utilisation dans le domaine industrielle.

 Cette opération se déroule à travers de 16 filtres IS01 à IS16 alimentés par 16 pompes IP01/IP16.

1. Description d’un filtre :

 Un filtre est une sorte de virole cylindrique dont les extrémités sont bombées, il est composé d’une partie fixe et une partie mobile.

 La partie fixe est cheminée, calorifugée, alimentée par 4 entrées de vapeur à basse pression de 4,5 bars, elle possède aussi 4 entrées de soufre qui communiquent avec 4 sorties de débordement.

 La partie mobile possède une calotte chemisée, calorifugée, alimentée par la vapeur à base pression de 4,5 bars, reliée au collecteur principal.

 Sur deux supports sont maintenues 66 toiles à l’aide de 2 crochets pour chaque toile, la translation de l’ensemble est réalisée par des galets de guidage.

 L’extraction de la partie interne est exécutée par un système hydraulique, l’huile des bacs IR32/33 est transporte par une pompe à engrenage vers deux vérins à double effet afin d’actionner une bague permettant l’ouverture et la fermeture.

 Le dégagement de la partie interne au moment de l’entretien est réalise par un palan à chaîne manœuvrer par un pignon, ce dernier est accouplé à un moteur électrique et à un réducteur. Le réducteur est équipé d’une goupille de sécurité qui protége la chaîne des ruptures en cas de la surcharge.

1. Définition d’une toile :

 La toile est un tamis à ouvertures calibrées, suspendue par deux crochets sur des supports en acier. Elle est entourée par un tube collecteur relié au collecteur principal par un tube flexible.

1. Fonctionnement d’un filtre :

 Le filtre reçoit le soufre liquide refoulé par sa pompe à partir des fosses brutes vers 4 entrées, dans la virole, le liquide se trouve emprisonné, et vu la pression exercée dans cette enceinte il emprunte la voie des mailles pour déverser dans le collecteur principal en traversant les drains et flexibles, tout en se débarrassant de ses impuretés qui restent collées sur les toiles enduites et le soufre pur joint les fosses de soufre filtre par la vanne 05V03.

**Schéma filtre**



1. Stockage et transfert :
	1. Stockage :

L’unité 63 est constituée de trois bacs intermédiaires d’une capacité unitaire de 15000 tonnes, permettant d’assurer une marche continue de l’usine.

Ils reçoivent le soufre filtré à partir des fosses IR07 par les pompes IP19/20/21 et de la fosse IR08 par les pompes IP22/23/24.

* 1. Description et constitution :

Les bacs de stockage sont identiques, équipés unitairement par 22 serpentins de tubes à ailettes placés verticalement autour de la paroi latérale avec une surface de 385m2 , alimentés par la vapeur à basse pression de 4,5 bar pour maintenir une température de 130°C.

Chaque bac est revêtu extérieurement par la laine de verre et de tôles de calorifugeage afin d’éviter la fuite de la chaleur vers l’extérieur.

La tuyauterie d’entrée du soufre est plongée jusqu’au fond pour réduire la charge statique.

 La toiture du réservoir est équipée de 4 buses d’étouffement a alimentation par B.P. pour l’extinction des feux, des cheminées d’aération et des tubulaires de prises d’air pour obtenir une ventilation naturelle.

Afin d’éviter toute explosion due à l’hydrogène sulfurique, un office permettant le jaugeage manuel à l’aide d’un deca-mètre et un coude attelé d’une charge.

Sur la partie inférieure de chaque bac on trouve une tuyauterie de vidange sur laquelle on a conçu un moyen de congélation du soufre liquide par l’eau filtrée qui emprunte le même chemin que la vapeur à BP lors d’éventuels problèmes des fuites.

Les bacs IR09, IR10 et IR11 sont lies à leurs partes supérieurs par des tuyauteries de trop plein évitant le débordement on cas de sur niveau de l’un des réservoirs.

Les niveaux des bacs sont contrôlés par les moyens de 63LIA209 à 211 installés à la salle de contrôle.

* 1. Fosse de pompage des bacs :

La fosse de pompage des bacs de stockage est une fosse rectangulaire bâtie en béton armé, revêtue intérieurement par des briques anti acide, elle est équipée de trois serpentins placés horizontalement, ils sont alimentés par la vapeur à basse pression de 4,5 bars pour maintenir une température de 130°C.

Dans la fosse sont immergées 4 pompes IP25/26/27 et 28 pour satisfaire le besoin de l’unité 51 en soufre filtré.

1. INTRODUCTION :

 La fabrication des engrais azotés, en particulier le diammonium phosphaté (DAP) nécessite une matière première indispensable qui est l’ammoniac.

 L’installation de stockage d’ammoniac à MP3/4 est composée de trois unités:

* Unité de déchargement d’ammoniac au port: U65
* Unité de stockage d’ammoniac à pression atmosphérique: U55
* Unité de stockage d’ammoniac à l’usine : U17

 Le nombre des navires d’ammoniac déchargés depuis le mois 11/87 (année de démarrage) est de 456 navires.

1. DESCRIPTION :
	* + 1. Poste de déchargement (U65) :

 Le déchargement d’ammoniac liquide s’effectue au moyen d’un bras de type FMC à commande hydraulique, à un débit nominal de 1200 T/H, à une température de -33°C et à une pression de 8 bars.

 L’ammoniac déchargé est véhiculé par une conduite (DN:400, L:1600m) à travers un filtre et un dégazeur. L’unité comporte également une ligne d’évacuation des gaz DN200, depuis le bras jusqu’au stockage, ainsi qu’un collecteur de crachement des soupapes d’expansion thermique DN50.

* + - 1. Unité de stockage et transfert Ammoniac :

 L’unité de stockage d’ammoniac au port comprend

* Un ensemble de stockage atmosphérique constitué de deux bacs réfrigérés d’une capacité unitaire de 15 000 T.
* Un système de compression composé de deux groupes :
	+ Un groupe de réfrigération constitué de deux compresseurs de puissance frigorifique 175000 fg/h chacun.
	+ Un groupe de déchargement constitué de deux compresseurs de puissance frigorifique 450000 fg/h chacun.
* Un groupe de condensation des gaz refoulés par les compresseurs composés de trois aérocondenseurs.
* Un groupe de circulation d’eau de refroidissement d’huile comprenant deux pompes d’eau, deux aéroréfrigérants et un ballon.
* Deux réchauffeurs d’ammoniac liquide à +5°C pour expédition vers le stockage usine (U17).
* Deux pompes de transfert d’ammoniac réchauffé vers usine à un débit unitaire de 150m3/h.
* Deux pompes de mise en froid de la conduite de dépotage à un débit de 12m3/h chacune.
* Un groupe de production d’air de balayage de la zone comprise entre les bacs de stockage et leurs cuvettes de rétention (espace annulaire)
* Un groupe diesel de secours en cas de coupure électrique.

**55IX01**

**55IS01**

**55ID01**

**COMPRESSEUR**

 **55IR03**

**55IP03/04**

**55IR01**

**55IR02**

 **HV603 HV604**

**DOUBLE VANNE**

**HV651 HV652**

**HV655**

**HV658/659/661**

**HV657**

**HV656**

 **HV624**

**DN 200 AG**

**DN 400 AL**

**NH3 gaz**

**Ref. comp**

CIRCUIT DE MISE EN FROID, DECHARGEMENT ET VIDANGE DN400

**SCHEMA DU CIRCUIT DE REFREGIRATION**

**55IE01**

**55IE02**

**55IR07**

**55IR03**

**55IC01/02**

**55IC03/04**

**55IR05/10**

**55IR11/12**

**55IP07/08/09/10/11**

**55IE07/08/09/10/11**

**55IR01/02**

**55LV227**

**CIRCUIT DE TRANSFERT**

 **55IE12**

**55IE13**

**55IR01**

**55IR02**

**55IP01**

**55IP02**

**555FV404**

**VAPEUR MP**

**Sortie condensas**

**5PV024**

 **55PV030**

**55IR115**

**NH3 à-33°C**

 **17 bars**

**NH3 à +5°C et 15 bar Vers U17**

1. BRAS DE DECHARGEMENT 55IX01 :

1. Description du bras :

 Le bras 55IX01 est constitué de :

 - un tube interne de longueur : 7620mm

 - un tube externe de longueur : 8840mm

 - une embase et un système de verrouillage

 L’ensemble est piloté par l’huile hydraulique sous pression moyennant 03 vérins, deux poulies, deux câbles de tension et un ensemble de flexibles et tuyauteries.

2. Sécurités du bras :

 Le bras de déchargement est doté d’un dispositif de sécurité qui permet son utilisation dans de bonnes conditions d’exploitation :

* Alarme 1er seuil :

 Qu’elle soit de rotation ou d’extension, elle permet la fermeture automatique des doubles vannes

* Alarme 2ème seuil :

 Ce seuil une fois atteint en extension ou en rotation déclenche l’ouverture du vérin de perc, dissociant ainsi le style 80 du bras en deux, une partie reste connectée au navire, le reste du bras est libéré et reste bloqué hydrauliquement.

* PERC :

 Constitué des doubles vannes, d’un vérin horizontal, d’électrovanne, de détecteurs et de mâchoires permettant la libération du bras en cas de 2ème seuil, ou d’action sur le bouton d’arrêt d’urgence.

1. BACS DE STOCKAGE 55IR01/02 :

Le bac de stockage est un réservoir cylindrique en tôle d’acier à toit bombé, calorifugé par une couche de polyuréthane d’épaisseur 120 mm, protégé par un mur de rétention en béton armé d’épaisseur 500 mm. L’espace annulaire entre le bac et le mur de rétention est de 1.5 m.

1. Caractéristiques techniques :

* Hauteur : 24000 mm
* Diamètre : 35023 mm
* Volume : 23000 m3
* Pression : 50 mbar
* Température : -33°C
* Pression d’épreuve : 250 mbar
* Année de mise en service : 1987

2. Sécurités du bac :

 Chaque bac est équipé de 02 soupapes jumelées contre une surpression accidentelle, tarées à 165 mbar et de 03 casses vide contre une dépression, tarés à -3,5 mbar.

 La conduite de soutirage est équipée d’un dispositif de limitation de débit taré à 200m3/h en cas de rupture de cette conduite.

1. RECHAUFFEUR 55IE12/13 :

1. Caractéristiques techniques :

 a- Condenseur :

* Température entrée NH3 : -33°C
* Température sortie NH3 : +5°C
* Pression NH3 : 15 bars
* Volume : 511 dm3

 b- Rebouilleur :

* Température entrée vapeur : 170°C
* Température sortie condensas : 15°C
* Pression : 7 bars
* Volume : 717 dm3

 c- Calandre

* Température de service : +30°C
* Pression de service : 10 bars
* Volume calandre : 24172 dm3

2. Sécurités :

 Chaque réchauffeur est équipé d’une soupape de sûreté tarée à 17.1 bars en cas d’une surpression accidentelle, d’un asservissement entre la pression haute de la calandre et la fermeture de la vanne de sortie condensât.

1. COMPRESSEURS D’AMMONIAC 55IC03/04 :

1- Caractéristiques techniques:

 a- Compresseurs de maintien 55IC01/IC02 :

* Type : 204 1 65 50 (à vis)
* Régime : -33 / +52°C
* Puissance frigorifique : 175 000 Fg/h
* Vitesse de rotation : 3000 tr/mn
* Puissance absorbée : 225 Kw

 b- Compresseurs de déchargement 55IC03/IC04 :

* Type : 255 1 65 50 (à vis)
* Régime : -33 / +47°C
* Puissance frigorifique : 450 000 Fg/h
* Vitesse de rotation : 3000 tr/mn
* Puissance absorbée : 455 Kw

2. Sécurités :

* 1. Communes:
* Pression très basse des bacs
* Débit très bas des pompes d’eau IP05/06
* Niveau très haut dans l’économiseur IE05
* Niveau très haut dans ballon de recette IR07
* Niveau très haut dans séparateur gaz IR03
* Pression très haute dans séparateur finisseur IR06
* Pression diff. Très haute ballon IR06
	1. Propres :
* Pression d’aspiration très basse
* Pression refoulement très haute
* Pression différentielle très basse
* Température d’huile très haute
* Température au refoulement très haute
1. GROUPE DIESEL DE SECOURS 55EN01 :

Caractéristiques techniques :

* Moteur thermique
* Marque : CUMMINS
* Type : KAT50G3
* Vitesse de rotation : 1500 tr/mn
* Puissance d’utilisation : 1206,7 KW
* Consommation à ¾ de charge : 195 l/h
* Cylindrée : 50,51 litres
* Type d’injection : Direct
* Nombre et disposition cylindres : 16 en V
	+ Alternateur
* Auto excitée, auto régulée, sans bagues ni balais, isolation renforcée

 (TS26S004), sonde d’échauffement stator (PT100)

* Marque : LEROY SOMER
* Type : LSA50.1L8
* Puissance nominale/service : 1000 KVA/continu à charge variable
* Tension d’isolement : 1000 V
* Tension : 660/380 V (675 V à vide - 660 V en charge)
* Fréquence : 50 Hz

Conclusion Générale :

Certes que la duré de ce stage d’initiation est insuffisante pour cerner et maîtriser tous les phénomènes physiques et chimiques qui diffèrent fortement d’un service à un autre, néanmoins la valeur ajouté de ce stage réside dans le contact direct avec et une grande firme travaillant dans les domaines de l’industrie chimique et un personnel très diversifie en matière de connaissance.

* Les manuelles de fonctionnement de diffèrent service.
* Encyclopédie Universalis 5.
* Encarta 2004