**SOMMAIRE**

*Remerciement à IMACID……………………………………………..…….2*

*Remerciement à l’IMM…………………………………………………..….3*

*Introduction générale…………………………………………………..…..5*

*PARTIE DESCRIPTIVE :*

*- Généralités sur IMACID………………………………………….7*

*- Description des systèmes dans la centrale*

*thermo électrique……………………………….…...10*

*- Production d’eau desiliciée à partir de l’eau brute………...12*

*- Description de l’unité sulfurique………………………………..15*

*- Description des équipements……………………………………18*

*1ére SUJET : TRITEMENT ET EVALUATION D’UN BILAN DES*

*CONSIGNES*

*- Introduction……………………………………………………..….32*

*- Arrêt et démarrage de l’installation……………………………34*

*- Les causes d’arrêt de l’installation……………..……….…….42*

*- Drainage et extraction des équipements…………………..…45*

*- Conclusion………………………………………………………….48*

*2eme SUJET : BILAN MASSIQUE ET THERMIQUE DE LA BOUCLE*

*EAU / VAPEUR*

*- Description du circuit énergétique (circuit Eau / vapeur).…50*

*- Bilan massique et thermique……………………………………54*

*- Conclusion……………………………………………………….…57*

*Conclusion générale……………………………………………..…….…58*

*Annexe………………………………………………………………...…....59*

*Bibliographie……………………………………………………………….69*

**REMERCIEMENT A IMACID**

Avant d’entamer ce rapport, nous tenons à remercier vivement Monsieur MOUSTAQSSA, le directeur d’IMACID, d’avoir nous accordé ce stage au sein d’IMACID. Nous remercions également notre parrain de stage, Monsieur ABOUDRARNE qui nous a encadré pendant ce stage.

nous remercions aussi tous les responsables pour leurs soutien durant le stage

Enfin, nous présentons nos remerciements à toute l’équipe avec laquelle nous avons travaillé et à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à effectuer un bon stage.

**REMERCIEMENT A L’IMM**

Nous tenons à remercier vivement les professeurs et les responsables de l’IMM pour les efforts qu’ils fournissent, afin de nous former une formation adaptée aux besoins du marché du travail.

#### **INTRODUCTION GENERALE**

La production d’acide sulfurique est dans le monde entier, considérée comme un véritable baromètre de l’activité industrielle en général, et cela quelle que soit la situation géographique que l’on envisage, aussi bien dans les pays fortement industrialisés que dans ceux en voie de développement.

En fait, son usage universel l’a rendu indispensable dans le sens le plus large du mot, dans toutes les industries des procédés et tout particulièrement parmi celles-ci dans les industries chimiques et para chimiques.

Il existe deux méthodes qui permettent la production de l’acide sulfurique dites : «des chambres de plomb » et le « procédé de contact ».

Le premier procédé de contact développé dit « simple absorption » permet d’obtenir en taux de conversion de l’ordre de 98%.

Pour accroître ce taux de conversion et réduire les émissions de SO2 à l’atmosphère, surtout suite à des normes antipollution de plus en plus sévères et à des facteurs économiques liés à l’augmentation du prix de l’énergie et de la matière première, un procède dit « double absorption » à été mis au point. Ce procédé déplace dans une phase intermédiaire, l’équilibre en sortant du milieu réactionnel le produit SO3 qui est absorbé dans l’acide sulfurique tandis que les gaz sont réalimentés au convertisseur.

Le rendement de la conversion peut ainsi atteindre des valeurs supérieures à 99.5%.

A IMACID la capacité de calcul est de 3300 tonnes métriques de H2SO4 à 100% par journée de 24 heures, avec un produit d’acide sulfurique d’un titre de 98.5% l’équivalent de 45170 Kg/h du soufre.

**PARTIE**

**DESCRIPTIVE**

*PARTIE DESCRIPTIVE*

#### **GENERALITES SUR IMACID**

**IMACID** est un complexe industriel moderne à proximité de Maroc Phosphore à Jorf Lasfar. C’est une société Maroc indienne (50% Groupe OCP et 50% Groupe BIRLA) constituée en 1997. Son capital est de 620 millions de dirhams.

Le coût du projet est de 2 milliards de DH. La surface occupée par l’ensemble des ateliers est de 112.500 m2. La commercialisation du produit est répartie comme suit :

* 2/3 pour le partenaire BIRLA
* 1/3 pour les autres marchés

Les avantages du site de Jorf Lasfar sont :

* La proximité du gisement minier de Khouribga.
* La proximité du port avec un grand titrant d’eau.
* L’alimentation en eau de mer et eau douce sur de faibles distances.
* La dotation du site de grandes facilités industrielles.
* La possibilité d’utilisation de l’infrastructure de MAROC PHOSPHORE.

Le complexe industriel **IMACID** a démarré en Octobre 1999, son potentiel de production est de 330.000 tonnes P2O5 par an nécessitant :

* 330.000 tonnes de soufre.
* 3.000.000 m3 d’eau de procédé.
* 120.000.000 m3 d’eau de mer.
* 1,2 million de tonnes de phosphates de Khouribga.

L’énergie électrique nécessaire est fournie par un groupe turbo-alternateur 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 les procédés et les technologies les plus innovants en matière d’environnement et d’information :

* procédé d’acide sulfurique MONSANTO à double absorption.
* procédé d’acide phosphorique PRAYON MARK IV avec unité de lavage des gaz.
* unités conduites par un système numérique de contrôle commande **(SNCC).**

*Diagramme bloc*

**MAROC**

**PHOSPHORE**

Eau procédé

Phosphate humide

Soufre liquide

Eau de mer

Vapeur HP + condensats

TED

Centrale thermo

Electr. 27 MW

H2SO4

### 3300 T MH/J

H3PO4

1000 T P2O5/J-D

H2SO4

54% P2O5

**IMACID**

Energie électrique

**Ateliers utilités :**

Une centrale thermo- électrique avec :

* un groupe turbo alternateur de 27 MW.
* une liaison avec le réseau vapeur HP de Maroc Phosphore afin de fournir la vapeur pour les démarrages et augmenter la flexibilité de marche de l’ensemble du complexe de Jorf Lasfar.

L’atelier de traitement des eaux composé de :

* deux chaînes de désiliciation d’eau.
* une station de compression d’air.

une station de reprise d’eau de mer de 15000 m3/h.

**Atelier sulfurique :**

Capacité : 3300 tonnes monohydrate par jour.

Procédé : MONSANTO à double absorption.

**Atelier phosphorique :**

Capacité nominale  : 1000 tonnes 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

DESCRIPTION DES SYSTEMES DANS LA CENTRALE THERMIQUE

La centrale thermique se compose de plusieurs systèmes :

* Barillet haute pression (HP) :

Son rôle est d’assurer les fonctions suivantes :

- l’alimentation en vapeur vive à l’admission turbine.

- l’alimentation du barillet moyen pression (MP).

- les échanges vapeur entre IMACID et Maroc Phosphore.

* Barillet moyen pression (MP) :

Il est alimenté par :

- le soutirage MP turbine.

- le barillet HP.

- la vapeur MP sulfurique.

Il assure la distribution vapeur MP vers :

\* le chauffage de la bâche alimentaire.

\* le traçage et réchauffage sulfurique.

\* la mise à disposition de vapeur MP à l’atelier phosphorique (CAP).

* Système de transfert et désurchauffe :

Les buts de ce système sont d’assurer :

- l’alimentation en eau des vannes de désurchauffe et le transfert vers la bâche alimentaire Maroc Phosphore.

* Système de condensats :

Ce système réalise les fonctions principales suivantes :

- le conditionnement des divers condensats :

\* condenseur principal

\* condenseur auxiliaire

\* traçage sulfurique

- le transfert des condensats vers la bâche alimentaire.

* Système eau alimentaire :

Il assure :

- le chauffage et le dégazage de l’eau condensée.

- l’alimentation des pompes alimentaires.

Eau alimentaire

M

**BARILLET HP**

**BACHE  
ALIMENTAIRE**

**LM**

**CA**

**HP**

**BP**

**GROUPE GTA**

**CP**

**RC**

**Vapeur HP**

**Vapeur MP**

**BACHE CONDENSATS**

Eau d'appoint

**BARILLET MP**

**Bac à  
soufre  
111R01**

*SCHEMA DESCRIPTIF DE LA*

*CENTRALE THERMIQUE*

###### MAROC PHOSPHORE

**Remarque :**

L’eau utilisée au niveau de la centrale (eau d’alimentation) est l’eau déminéralisée. Ceci est pour protéger l’installation contre la corrosion et l’entartrage. L’eau brute (en provenance de l’ONEP) est traitée dans un atelier de traitement des eaux.

PRODUCTION D’EAU DESILLICIEE A PARTIR DE L’EAU BRUTE

L’ installation comprend les équipements, les organes de contrôle et de mesure pour produire à partir de l’eau brute de l’eau filtrée, de l’eau désiliciée et de l’eau potable et à partir des condensats de l’eau traitée (voir annexe).

L’installation est destinée à alimenter soit :

- un atelier de production d’acide sulfurique.

- un atelier de production d’acide phosphorique.

- un atelier des utilités.

Elle est composée des sous ensembles suivants :

* Le réseau eau brute et incendie. Son rôle est :

- stockage d’eau brute.

- rupture avec le réseau d’eau brute.

- sécurité incendie.

* L’unité de filtration :

L’installation de filtration est composée de deux lignes identiques chacune un filtre bi-couche et un filtre à charbon actif :

- filtre bi-couche vertical sous pression rempli d’**anthracite** et de **sable** pour éliminer les matières en suspension.

- filtre vertical sous pression rempli de charbon actif pour éliminer les matières organiques et le chlore libre.

- surpresseur pour le détassage des filtres en lavage et pour le mélange résines dans les lits mélangés.

- vanne de régulation asservie à la mesure de débit.

- réservoir de stockage 550m3.

- pompe de reprise d’eau filtrée.

* Installation de désiliciation :

Elle comporte deux chaînes appelées chaînes primaires. Chacune est composée d’un échangeur cationique, d’un dégazeur atmosphérique et d’un échangeur anionique.

- échangeur cationique : fixer les cations.

- dégazeur atmosphérique : éliminer le CO2 dissous.

- ventilateur : fournir l’air pour éliminer le CO2.

- échangeur anionique : fixer les anions.

- réservoir de stockage de 1500m3.

- pompes de reprise d’eau.

* Section de polissage des condensats :

L’eau à traiter est un mélange de l’eau désiliciée et de condensats des différents ateliers.

L’installation de polissage est constituée de deux chaînes capables de traiter chacune 100 m3/h. elle se compose de deux échangeurs à lits mélangés pour éliminer les dernières impuretés avant d’alimenter le dégazeur thermique.

* Le poste de définage et de stockage des résines :

Il se compose de :

- défineur pour éliminer les fines des résines dues à l’usure normale ou procéder à des nettoyages.

- réservoir de stockage des résines.

* Section de stockage et de préparation des réactifs :

Les réactifs sont utilisés pour regénérer les résines des échangeurs des chaînes primaires et des lits mélangés des chaînes de filtration :

- réservoir de stockage de H2SO4 --> ions fixés donnent le sulfate.

- réservoir de stockage de NaOH --> ions fixés donnent NaCl .

* Production d’eau potable :

L’eau potable est produite à partir de l’eau filtrée par l’injection de javel.

DESCRIPTION DU PROCEDE DE L’UNITE SULFURIQUE

**Résumé :**

Les étapes de combustion et d’oxydation dans la fabrication de l’acide sulfurique à partir du soufre comme matière première sont hautement exothermiques. Ces excès de chaleur générés à chaque étape du procédé sont récupérés par la chaudière de récupération de la chaleur perdue, par les surchauffeurs et 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.

**Réactions et circuits :**

Les principales étapes du procédé consistent à brûler du soufre (S) avec de l’air afin de former du dioxyde de soufre (SO2) , à combiner le dioxyde de soufre avec de l’oxygène (O2) pour former du trioxyde de soufre (SO3), et à combiner ce trioxyde de soufre avec de l’eau ( H2O) pour obtenir une solution d’acide sulfurique (H2SO4).

Les réactions chimiques sont les suivantes :

SO3 + H2O  H2SO4

S + O2  SO2

SO2 + 1/2 O2 SO3

L’air atmosphérique est aspiré par le compresseur principal à travers un filtre à air et une tour de séchage dans laquelle circule une solution d’acide sulfurique à 98.5%.

La température du gaz à la sortie du four à soufre est supérieure à celle 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.

Parmi les paramètres de marche de l’usine c’est le taux de SO2 à la sortie du four qui est de l’ordre de 11.65 %, et peut être calculer par la relation empirique suivante :

T°C(four) –Te°C(air)+10

90

% SO2 =

De la chaudière, le gaz passe au travers du filtre à gaz chaud est dirigé vers la première passe du convertisseur catalytique où 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 du convertisseur. Les gaz quittant la première passe circulent vers le surchauffeur 1B où ils sont refroidis en chauffant la vapeur haute pression (HP). Ils circulent ensuite vers la seconde passe du convertisseur dans laquelle une autre conversion du SO2 en SO3 a lieu et qui s’accompagne d’une nouvelle génération de chaleur. Les gaz circulent dans un échangeur chaud et sont dirigés vers la troisième passe du convertisseur. Ils sont ensuite refroidis dans la calandre d’un échangeur de chaleur et dans l’économiseur 3B.

Les gaz refroidis quittant l’économiseur 3B sont admis dans la tour d’absorption intermédiaire. Les gaz sortant de cette dernière et qui contiennent encore du SO2 non converti passent dans les tubes de l’échangeur de chaleur où ils sont réchauffés par les gaz quittant la troisième passe du convertisseur. Ensuite, les gaz passent dans la calandre de l’échangeur chaud puis au travers la quatrième passe du convertisseur où la conversion finale du SO2 en SO3 a lieu. Ils quittent la quatrième passe du convertisseur et pénètrent dans le surchauffeur 4A et l’économiseur 4C4A où ils sont refroidis respectivement par la vapeur haute pression et par l’eau d’alimentation de la chaudière. Les gaz quittant le surchauffeur 4A et l’économiseur 4C4A entrent dans la tour d’absorption finale avant d’être relâchés à l’atmosphère.

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. 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. L’autre partie du retour d’acide de la tour de séchage et l’acide de retour des tours d’absorption 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.

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.

DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS

1. **Fosse à soufre (111R03) :**

La fosse à soufre est construite en béton, avec couvercle en acier. La fosse est mentionnée de 11.25 m de longueur, 2.5 m de largeur et 2.45 m de profondeur. La capacité de la fosse est 45 tonnes de soufre, elle est équipée de deux serpentins de chauffage alimentés avec de la vapeur saturée à 4.5 bars pour maintenir le soufre à l’état liquide et à la bonne température 135°C.

1. **Filtre à air (101FS01) :**

Ce filtre a deux étages, il est conçu pour retenir au moins 88% des particules contenues dans un courant d’air circulant à un débit nominal de 282844 Nm3/h et maximal de 311128 Nm3/h.

Le médium filtrant résistant à l’acide est monté à l’intérieur de cadres en acier inoxydable qui peuvent être changé pendant que le filtre est en marche.

1. **Four a soufre (101FF01):**

Le four à soufre est une chambre horizontale de 16490 mm de longueur en acier, avec un revêtement intérieur de briques réfractaires, la virole est en acier avec un diamètre intérieur de 6000 mm, l’intérieur est revêtu d’une couche de briques réfractaires de 230 mm d’épaisseur et une couche de briques isolantes de 115 mm.

Le four contient deux chicanes internes construites en briques pour assurer un bon mélange des gaz et une combustion complète.

Le four est équipé de cinq brûleurs pour la pulvérisation du soufre liquide. Les buses des cannes sont creuses et de forme conique. Les cannes sont fabriquées en acier au carbone et en acier inoxydable 304/309, elles sont utilisés au taux de production de calcul, trois cannes sont munies d’une buse en acier inoxydable 309 sont conçues pour délivrer 3,95 m3/h de soufre, les deux autre cannes, aussi munies d’une buse en acier inoxydable 309, sont conçus pour délivrer 5,03 m3/h de soufre quand ils sont alimentés à une pression minimale de 10,34 bar.

Pour contrôler la température à l’intérieur du four à soufre à environ 1130°C, on trouve deux thermocouples, le débit de soufre est contrôlé par une vanne de contrôle de débit à chemisage de vapeur.

Le four est équipé aussi d’un brûleur de mise en route au gasoil avec pilote au propane installé à l’intérieur du four à soufre il permet de préchauffer le convertisseur catalytique avant la mise en route de l’usine.

1. **Chaudière de récupération / ballon (101FV01/101FV01R06):**

Le gaz de procédé contenant 11,5 % de volume de SO2, doit être refroidis de 1130°C à 424°C avant son admission dans la première passe du convertisseur.

Le refroidissement est réalisé par une chaudière de récupération de capacité 85,7 MW, les 95 % du débit total de gaz de combustion sont refroidi jusqu’à 383°C dans la chaudière de récupération où est générée de la vapeur saturée à 61,8 bars.

Pour contrôler la température d’admission des gaz à la 1ère passe du convertisseur, le reste du gaz by-pass la chaudière. Les deux courants de gaz se mélangent après la chaudière pour donner une température de mélange de 424 °C.

La chaudière de récupération est de type à tubes de fumée et à circulation naturelle. Elle est constituée par deux corps d’échange, en parallèle reliés à un ballon de vapeur commun.

La séparation de vapeur à l’intérieur du ballon de vapeur assure une concentration de moins de 0,05 ppm de solide dissous dans la vapeur quittant le ballon cette qualité de vapeur est acceptable pour être utilisée dans les turbo générateur.

Le côté d’admission, côté gaz est constitué par des parois du vestibule revêtue d’une couche des briques réfractaires HP d’une épaisseur de 230 mm est une couche de briques isolantes d’une épaisseur de 115 mm.

**5. Filtre a gaz chaud (101FS02) :**

Le filtre à gaz chaud est vertical construit en acier au carbone, son diamètre intérieur et de 14020 mm, il contient en parallèle deux lits de morceaux de briques réfractaires concassées de 3 à 10 mm de diamètre. Chaque lit à une épaisseur de 300 mm et repose sur une couche de 50 mm de morceaux de briques réfractaires concassés de 15 à 25 mm de diamètre retenus par une grille d’acier Mechanite HS.

1. **Convertisseur (101FK01) :**

Le convertisseur catalytique est une technologie Monsanto Enviro-Chem à quatre passes avec tour d’absorption après la troisième passe, c’est un réacteur vertical en acier inoxydable 304 d’un diamètre intérieur d’environ 14500 mm.

La masse des deux premières passes sera supporté par une grille en acier inoxydable 321 mais pour les deux autres passes elle est supportée par une grille en acier inoxydable 304.

Le convertisseur est chargé de 191 litres de catalyseur par tonne métrique d’acide produit par jour à un taux de production de 230 TMH/J, le chargement de convertisseur et le suivant :

* 1ère passe  : 127 800 litres Type LP120 ;
* 2ème passe  : 146 000 litres Type LP 120 ;
* 3ème passe : 175 200 litres Type LP 110 ;
* 4ème passe  : 182 600 litres Type LP 110.

Le chargement permettra d’atteindre une conversion du SO2 de 99,7% quand la teneur en SO2 est de 11,5%.

Chaque lit de catalyseur comprend deux couches de 50 mm chacune, composée de cailloux de quartz de 19 à 32 mm et situées en haut et en bas de ce lit.

Les quatre passes du convertisseur sont arrangées comme suit de haut en bas pour minimiser la longueur des gaines et faciliter le tamisage du catalyseur de la première passe :

* 4ème passe;
* 3ème passe;
* 2ème passe;
* 1ère passe.
  1. **Echangeur de chaleur intermédiaire chaud (101FE02) :**

L’échangeur de chaleur intermédiaire chaud est un échangeur tubulaire verticale dont la calandre et les tubes sont en acier au carbone.

La calandre a un diamètre intérieur d’environ 5200 mm. Elle contient 2048 tubes en acier de diamètre intérieur 63,5 mm et de longueur 7315 mm, alonizés à l’intérieur et à l’extérieur.

Le côté tube refroidit le gaz sortant de la deuxième passe du convertisseur, et le côté calandre réchauffe le gaz avant qu’il entre dans la quatrième passe du convertisseur.

* 1. **Echangeur de chaleur intermédiaire froid (101FE03) :**

L’échangeur de chaleur intermédiaire froid est un échangeur tubulaire vertical dont la calandre et les tubes sont en acier au carbone.

La calandre a un diamètre intérieur de 5260 mm. EIle contient 3348 tubes en acier de diamètre 50,8 mm et de longueur 10363 mm.

Le côté calandre refroidit le gaz quittant la troisième passe du convertisseur, le côté tube réchauffe partiellement le gaz SO2 provenant de la tour intermédiaire avant qu’il entre dans l’échangeur de chaleur intermédiaire chaud.

* 1. **Tour de séchage (101FD01) :**

La tour de séchage est une tour verticale en acier au carbone à fond bombé et de diamètre intérieur 8300 mm, elle est revêtue à l’intérieur par une couche de briques résistantes à l’acide.

Le garnissage de la tour est constitué d’une couche de briquettes cloisonnée en céramique disposées sur des barres, et d’une couche de 2130 mm de selles Intalox en céramique.

La tour est équipé d’un système de distribution de type auges et tubes de descente, au-dessus on trouve un système de dévésiculage localisé au sommet.

La tubulaire de sortie d’acide de la tour est munie d’un filtre pour retenir les débris.

* 1. **Tours d’absorption intermédiaire (101FD02) :**

La tour est verticale, à fond plat, en acier inoxydable avec un diamètre intérieur de 8100 mm, a tour à été conçue de façon pouvoir être facilement converti en un tour de récupération de chaleur.

Le garnissage de la tour est constitué d’une couche de 2130 mm de selles Intalox en céramique.

La tour est équipé d’un système de distribution de type et tubes de descente en inox, au dessus on trouve un système de dévésiculage localisé au sommet.

* 1. **Tour d’absorption finale (101FD03) :**

La tour d’absorption finale est une tour verticale en acier au carbone, à fond bombé, et de diamètre intérieur 7500 mm, elle est revêtue à l’intérieur par une couche de briquettes cloisonnées en céramique disposées sur des barres et d’une couche de 2450 mm de selles Intalox.

La tour est équipé d’un système de distribution de type auges et tubes descente, et d’un système de dévésiculage localisé au sommet, au dessus du système de distribution.

Les parois en acier au carbone de la tour sont revêtues d’une couche de briques, avec mastic Pecora appliqué entre les briques et la paroi.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tour d’acide** | **séchage** | **Intermédiaire** | **finale** |
| Diamètre intérieur (mm) | 8300 | 8100 | 7500 |
| Garnissage selles Intalox (mm) | 2130 | 2130 | 2450 |
| Débit d’acide (m3/h) | 1009 | 1908 | 820 |
| Température d’entrée d’acide | 66 | 82 | 82 |
| Concentration de l’acide d’entrée | 98.8% | 98.8% | 98.5% |

**12. Surchauffeur (101FE01) :**

Le surchauffeur est dimensionnée pour refroidir 264210 Nm3/h de gaz SO3 DE 621 0 440°C, par échange avec 172122 Kg/h de vapeur à 60.7 bars effe. Venant du surchauffeur 4A entre 333°C et 500°C. La calandre est les tubes sont en inox avec ailettes soudées en continu.

Le surchauffeur est conçu pour supporter les conditions d’opération suivantes :

* Mise en route : aucune circulation de vapeur, et circulation de gaz chaud.
* Après un long arrêt ; circulation de vapeur surchauffée à travers un équipement froid mais sans circulation de gaz.
* Après un court arrêt : circulation de vapeur saturée à travers un équipement chaud.

**13. Surchauffeur/ Economiseur (101 FE05) :**

Le surchauffeur /économiseur verticale est dimensionnée pour refroidir de 446 °C à 135 °C, 228463 Nm3/h de gaz de procédé SO3, la surface de transfert de chaleur est constituées de tubes d’acier carbone et la calandre est en acier au carbone.

La section 4A de l’économiseur est dimensionnée pour chauffer de 110°C à 147°C, 175635 Kg/h d’eau d’alimentation de chaudière, quand à la section 4C elle est conçue pour chauffer de 204 à 242°C, 175635 Kg/h d’eau d’alimentation de chaudière.

Le surchauffeur 4A est dimensionné pour surchauffer 172122 Kg/h de vapeur à 62.7 bars eff entre 280 et 333°C.

**14. Economiseur 3B (101FE04) :**

L’économiseur, vertical, et conçu pour refroidir 259133 Nm3/h de gaz SO3 de 283°C à 166°C. le refroidisseur du gaz est réalisé par échange avec 175635 Kg/h d’eau alimentaire de chaudière en 147°C et 206°C.

1. **Réservoir de pompage commun (101FR01) :**

C’est un réservoir cylindrique, horizontal, d’une longueur de 16800 mm, construit en acier (au carbone diamètre intérieur 3100 mm) avec un revêtement de briques (diamètre intérieur de 2910 mm).

Le réservoir de pompage possède une chicane de briques à passage inférieur, localisé dans la région prés de la pompe de circulation de la tour finale pour séparer l’acide froid destiné à être pompé vers la tour finale de l’acide plus chaud contenu dans le reste du réservoir. Le réservoir est commun pour les tours intermédiaire, finale et de séchage et pour les systèmes de circulation. L’évent du réservoir est relié à la base de la tour de séchage.

1. **Refroidisseur d’acide – Tour de séchage (101FE06) :**

Refroidisseur tubulaire (eau coté tube, acide côté calandre) protégé anodiquement. Ce refroidisseur est dimensionné pou refroidi de 104 à 60°C, un débit de 1330 m3/h d’acide à 98.8 %.

Le refroidisseur compte 1400 tubes de diamètre 19 mm et de longueur 9754 mm, installés dans une calandre en acier de 1365 mm de diamètre. La surface d’échange est d’environ 809 m2.

1. **Refroidisseur d’acide – Tour d’absorption intermédiaire**

**(101FE07) :**

Refroidisseur tubulaire (eau coté tube, acide côté calandre) protégé anodiquement. Ce refroidisseur est dimensionné pou refroidi de 104 à 88°C, un débit de 1516 m3/h d’acide à 98.8 %.

Le refroidisseur compte 580 tubes de diamètre 19 mm et de longueur 7518 mm, installés dans une calandre en acier de 1194 mm de diamètre. La surface d’échange est d’environ 257 m2.

1. **Refroidisseur d’acide de production (101FE09) :**

Refroidisseur tubulaire (eau coté tube, acide côté calandre) protégé anodiquement. Ce refroidisseur est dimensionné pou refroidi de 82 à 40°C, un débit de 80 m3/h d’acide à 98.5 %.

Le refroidisseur compte 140 tubes de diamètre 19 mm et de longueur 9754 mm, installés dans une calandre en acier de 419 mm de diamètre. La surface d’échange est d’environ 81 m2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **refroidisseur** | **Refroidisseur**  **Tour de séchage** | **Refroidisseur**  **Tour intermédiaire** | **Refroidisseur acide produit** |
| Nombre de tubes | 1400 | 580 | 140 |
| Diamètre (mm) | 19 | 19 | 19 |
| Longueur (mm) | 9754 | 7518 | 9754 |
| Surface d’échange (m2) | 809 | 257 | 81 |
| Calandre diamètre int. (mm) | 1346 | 1175 | 406 |
| Débit d’acide (m3/h) | 1330 | 1516 | 80 |
| T° d’acide entrée/sortie °C | 104/60 | 104/88 | 82/40 |
| Débit d’eau de refroidissement | 3374 | 1462 | 307 |
| T° d’eau entrée/sortie °C | 22/34 | 22/34 | 22/28 |

1. **Pompes d’alimentation du soufre (111 P01/P02) :**

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricant | Chass Lewis |
| Débit volumique (m3/h) | 27.7 |
| Hauteur manométrique (mm CL) | 76.4 |
| Puissance pompe (kW) | 24 |
| Puissance moteur (kW) | 40 |
| Température de calcul de refoulement °C | 150 |
| Pression de calcul refoulement (bars) | 15.5 |

1. **Pompes de circulation d’acide (101 P01/P02) :**

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricant | Chass Lewis |
| Débit volumique (m3/h) | 1516 |
| Hauteur manométrique (mm CL) | 24.4 |
| Puissance pompe (kW) | 235 |
| Puissance moteur (kW) | 260 |
| Vitesse de rotation (tr/min) | 980 |
| Pression de calcul refoulement (bars) | 6 |

1. **Pompes de circulation d’acide (101 P03) :**

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricant | Chass Lewis |
| Débit volumique (m3/h) | 900 |
| Hauteur manométrique (mm CL) | 19 |
| Puissance pompe (kW) | 114 |
| Puissance moteur kW | 150 |
| Vitesse de rotation (tr/min) | 1480 |
| Pression de calcul refoulement (bars) | 4.8 |

1. **Pompes de vidange d’acide (101 P04) :**

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricant | Chass Lewis |
| Débit volumique (m3/h) | 45 |
| Hauteur manométrique (mm CL) | 18.3 |
| Puissance pompe (kW) | 6.47 |
| Puissance moteur (kW) | 7.5 |
| Vitesse de rotation (tr/min) | 1500 |
| Pression de calcul refoulement (bars) | 5.5 |

1. **Pompes de production d’acide (112 P01/P02) :**

|  |  |
| --- | --- |
| Fabricant | Chass Lewis |
| Débit volumique (m3/h) | 77 (normal) et 95 (maximal) |
| Hauteur manométrique (mm CL) | 34 |
| Puissance pompe (kW) | 19.7 |
| Puissance moteur (kW) | 24 |
| Vitesse de rotation (tr/min) | 1480 |

**1ère sujet :**

**TRAITEMENT & EVALUATION D’UN BILAN DE CONSIGNES**

*TRAITEMENT & EVALUATION D’UN BILAN DE CONSIGNES*

INTRODUCTION

Définition et importance de la consigne :

Dans l’industrie et comme plusieurs activités humaines il y a des langages spécifique à chaque domaine ; et à chaque activités ces langages facilitent la communication et organisent les taches attribué au personnel.

Parmi ces langages vitaux ,on trouve le langage des consignes, qui est considéré comme une instruction formelle donnée par l’hiérarchie à quelqu’un chargé de l’exécuter ;et si on parle d’un langage on constate directement qu’il y a des critères à respecter pour rester dans le cadre de ce dernier.

Le message de la consigne doit être clair, et donne le chemin ou la procédure à suivre afin de passer directement à l’exécution, cette consigne sert aussi à informer ,expliquer et corriger la procédure d’une tache afin d’aboutir au résultat souhaité .

Types des consignes :

Il y a plusieurs types des consignes :

* consignes relatives au démarrage et arrêt
* consignes relatives au drainages et extraction des

équipements

* consignes en cas des fuites
* …

#### ARRET ET DEMARRAGE DE L’INSTALLATION

1. ARRET DE L’INSTALLATION :
2. **Arrêt chaud – courte durée:**
3. Disposition d’équipement causer l’arrêt
4. aviser la centrale qu’un arrêt chaud est prévu

* Fermer particulièrement les vannes de by-pass d’échangeur de chaleur.
* S’assurer que la pression dans le ballon de vapeur est au maximum.

4)

* Arrêter la pompe d’alimentation de soufre.
* Fermer la vanne de contrôle du débit de soufre HV 609.
* Fermer les vannes à l’entrée de chaque canne à soufre.
* Souffler tout soufre restant dans les cannes avec de l’air.

5)

* Réduire la puissance du compresseur principal à 50%.
* Laisser fonctionner pendant 2 à 3 minutes afin de purger l’usine puis arrêter le compresseur.
* Laisser fonctionner le système de lubrification avec le réchauffeur d’huile allumé.

6)

* Fermer manuellement l’alimentation d’eau de dilution ajoutée au réservoir de pompage commun.
* Fermer la vanne de contrôle du niveau d’acide du réservoir (LV-202).

7) Fermer les vannes vers les utilisateurs de vapeur pour maintenir la pression dans le ballon de vapeur.

8)

* Fermer les vannes d’alimentation d’air au brûleur.
* Vérifier que la vanne de refoulement du compresseur principal XV851 et complètement fermée.

9)

* Arrêter les pompes de circulation d’acide si l’acide se refroidit trop ou si l’arrêt doit durer un certain temps.
* Fermer le système de protection anodique des refroidisseurs d’acide.

10) Vidanger le côté eau des refroidisseurs, cas où on fait arrêter la circulation d’eau de refroidissement.

* 1. **Arrêt d’urgence par déclenchement du compresseur principal :**

1. S’assurer que le débit de soufre s’est bien arrêt é au four.

2)

* Fermer manuellement l’alimentation d’eau de dilution ajoutée au réservoir de pompage commun.
* Fermer la vanne de contrôle du niveau d’acide du réservoir (LV-202).

1. Découvrir les causes de l’arrêt du compresseur, si la cause est rapidement identifiée, corriger et remettre en route le compresseur. Remettre l’usine en route selon les procédures normales. Si la cause ne peut pas être rapidement corrigée, continuer avec les étapes 4 et 5.
2. Fermer toutes les vannes vers les utilisateurs de vapeur pour maintenir la pression dans le ballon de vapeur.
3. Corriger la cause de l’arrêt en arrêtant l’usine telle qu’indiquée dans le cas d’un arrêt chaud.
4. **Arrêt froid – longue durée :**
   1. Prévenir les autorités compétentes de l’intention d’arrêt pour que les réglages puissent être fait en vue de la production de vapeur qui va se produire.

2)

* Arrêter la pompe d’alimentation de soufre.
* Fermer la vanne de contrôle du débit de soufre HV 609.
* Fermer les vannes à l’entrée de chaque canne à soufre.
* Souffler tout soufre restant dans les cannes avec de l’air.

3)

* Réduire la puissance du compresseur principal à 50%.
* Souffler de l’air sec à travers l’usine jusqu’à ce que les équipements soient refroidis et le SO2 évacué des couches du convertisseur.

4)

* Fermer manuellement l’alimentation d’eau de dilution ajoutée au réservoir de pompage commun.
* Fermer la vanne de contrôle du niveau d’acide du réservoir (LV-202).

5)

* Fermer la vanne de sectionnement sur la ligne de purge continue et arrêter l’alimentation en produit chimique dans la chaudière.
* Réduire graduellement la pression de la chaudière jusqu’à 1.75 bar eff.
* Maintenir le niveau d’eau de fonctionnement normal dans le ballon de vapeur jusqu’à ce que le four et la chaudière soient presque à la température ambiante.

6)

* Arrêter la circulation d’acide lorsque le compresseur est arrêté.
* Fermer le système de protection anodique des refroidisseurs d’acide.

1. Procéder aux travaux.

8)

* + Garder le système d’acide plein si aucun travail n’est effectuer dans la zone d’acide, et faire circuler une fois par jour pendant une heure.
  + Changer l’acide selon le besoin pour maintenir le titre.
  + Si les travaux requièrent la vidange du système, remplir d’acide dès que les travaux sont complétés et faire circuler l’acide chaque jour.

1. Avant d’ouvrir un trou d’homme ou d’ouvrir une conduite, s’assurer de sa vidange et de la ventilation préalable de l’équipement.
2. DEMARRAGE DE L’INSTALLATION :
3. **Démarrage après un arrêt froid :**

Avant de procéder au démarrage il faut toujours s’assurer de la disponibilité de toutes les utilités nécessaire au démarrage, le système d’acide doit être rempli et l’acide doit y circuler.

Chaque démarrage doit suivre une courbe de démarrage qui diffère suivant l’état de l’installation et suivant la durée d’arrêt.

Le premier chauffage concerne les équipements suivants :

* Le four,
* La chaudière de récupération,
* Le filtre à gaz chaud.

On avise d’abord la centrale thermique de l’intention de démarrage pour assure une alimentation de vapeur avec laquelle on démarre la turbosoufflante.

Avant de procéder au brûlage à gasoil on ouvre le cheminée se trouvant juste à la sortie du filtre à gaz chaud et on installe un joint plein après ce cheminée. Après on démarre la turbosoufflante.

Le démarrage commence par un brûlage à gasoil ; l’allumage de ce renier se fait au moyen du propane parce que la température d’inflammation du gasoil est de 177°C et la chambre de combustion du four est à la température ambiante.

On procède à une augmentation de température du four avec une pente de 6°C/h pendant 16h jusqu’à ce qu’on obtient une température de 200°C.

On garde constante la température à 200°C pendant 36 heures afin d’homogénéiser la température du four.

Puis on change la pente à 12°C/h jusqu’à 600°C suivi d’un palier de 6heures.

Apres on recommence l’augmentation de température avec 20°C jusqu’à ce que la température du four atteint 900à1000°C, on assure un palier de 4 heures. Ensuite on passe à la deuxième étape c’est le soufflage à l’air des masses du convertisseur.

On élimine le joint plein, on ferme le cheminée et on ouvre la cheminée à la sorite de l’échangeur E05 et celui à la sortie de l’échangeur E03, et on place des joints pleins un à la gaine d’entrée de la tour D02 et l’autre à la gaine d’entrée de la tour D03 afin d’isoler le circuit acide.

La masse gazeuse alimente le convertisseur par deux voies :

* Une partie passe par la première masse jusqu’à la sortie de E03.
* Et un piquage alimente la troisième et la quatrième masse jusqu’à la sortie de E05.

On arrête l’alimentation en gasoil et on souffle avec l’air pendant 8heures jusqu’à ce que la température du four devient environ 200°C.

Lors du soufflage, une circulation d’acide est obligatoire surtout sur au niveau du sécheurD01.

Si après le soufflage à l’air la température à l’entrée et à la sortie de chaque masse est supérieur à 177°C on passe au chauffage direct des masses des convertisseur avec gasoil.

Sinon, si on n’atteint pas 177°C à l’entrée et à la sortie des masses du convertisseur, on arrête la turbosoufflante pour les travaux de montage du joint plein au niveau de la sortie du filtre à gaz chaud.

Après fin de ces travaux on passe au deuxième chauffage à gasoil avec une pente de 80°C/h jusqu’à 1000°C.

On assure un palier de 4 heures et on passe au soufflage à l’air a travers les masses du convertisseur.

On répète l’opération jusqu’à ce qu’on atteint une température de 200°C au niveau des masses du convertisseur.

Et on procède au chauffage direct avec le gasoil jusqu’à ce qu’on atteint une température de 400°C au niveau de chaque masse du convertisseur.

Puis on passe au brûlage à soufre et on règle les paramètres de marche jusqu’à la stabilisation. (voir courbe de démarrage à friod)

1. **Démarrage après un arrêt chaud :**

Les étapes à suivre après un arrêt chaud sont :

1)Disposition de circuit :

-démarrage des pompes d’acide

-contrôle de disposition des utilités (eau de noria, eau alimentaire, eau de mer, vapeur HP et BP).

1. Disposition des vannes : cette étape concerne l’ouverture ou la fermeture des vannes selon la nécessité.
2. Démarrage de la pompe à soufre avec les brûleurs fermés.
3. Convertisseur : ouvrir la vanne HV609 à 100% et HV604 à 0% cela facilite le chauffage de circuit dans un court temps.
4. Démarrage de la turbine : cela se fait par palier jusqu'à l’atteinte d’une vitesse de rotation égale à 4226 RPM.
5. Ouverture de brûleur avec contrôle d’émission de gaz SO2 évacué par la cheminée et on respectant la montée en pression du ballon de la chaudière (pression=f (temps) exponentiel.
6. Ouvrir la vanne de dilution on respectant chaque 1m3 de soufre correspond à 1m3 de dilution
7. Maintenir le niveau du ballon normal avec l’alimentation manuel.

80 °C/h

160 °c

Soufflage à l’air sec

T en h

T du gaz en °C

6h

18h

4h

8h

900°c

4h

20°c/h

600

33h

12°c/h

16h

6°c/h

36h

200°c

Chauffage direct à gasoil

Chauffage de four+chaudière+filtre à gaz

#### LES CAUSES D’ARRET DE L’INSTALLATION

Il existe pas mal d’anomalies qui causent des arrêts de l’unité sulfurique, et ces causes se différent selon chaque circuit, soit au niveau du circuit énergétique ou du circuit d’acide.

1. **CIRCUIT ACIDE :**
2. **les causes d’arrêt :**

* Fuite au niveau des refroidisseurs ;
* Fuite d’acide au niveau des distributeurs ;
* Fuite au niveau du ballon de circulation ;
* Faible débit d’une pompe de circulation d’acide P01/02/03 ;
* Manque d’eau desiliciée ;
* Fuite au niveau d’une conduite ou une coude de circulation d’acide ;
* Manque d’eau de mer ;

1. **Les actions à prendre :**

* **Fuite au niveau du refroidisseur :**

Dans ce cas on observe à la sortie du refroidisseur une diminution du PH. Il faut suivre les étapes suivantes :

* + Arrêter immédiatement l’installation ;
  + Arrêter les pompes de circulation ;
  + Vidanger le refroidisseur ;
  + Ouvrir les porte visites du refroidisseur.

Après on fait alimenter la calandre du refroidisseur par l’acide avec une pression de 2 à 3 bars, cette opération nous permet de détecter directement le nombre des tubes foyard. Le bouchage des tubes foyard rendre ces dernier une partie de la calandre du refroidisseur.

* **Fuite au niveau des distributeurs :**

On la détecte par émission des gouttes d’acide par cheminée ou par le drainage journalier.

* Arrêter l’installation ;
* Ouvrir les portes visite de la tour
* Etancher les brides ou les distributeurs foyards.
* **Fuite au niveau du ballon de circulation :**

Si il y a une fuite dans le ballon de circulation il faut agir comme suit :

* Arrêter l’installation immédiatement ;
* Refroidir l’acide qui existe dans le ballon ;
* Arrêter les pompes 101P01/P02 ;
* Vidanger le ballon par la pompe 101P03 ;
* Remplacer la pompe P03 par la pompe P04 ;
* Ouvrir les portes visite ;
* réparer la fuite.
* **Faible débit d’une pompe du ballon de circulation :**

On le détecte par augmentation d’ampérage du moteur, bruit anormal, chute de pression de refoulement ou vibration pompe / moteur.

**Remède** :

* Arrêter l’installation, si le problème est au niveau de la pompe elle même. Si le problème est au niveau du moteur contacter le service électrique pour sauver la situation.
* Vidanger le ballon de circulation.
* Inspecter la pompe pour déterminer d’où vient le problème.
* **Manque d’eau desiliciée :**

En premier temps on fait réduire la cadence et si le manque d’eau doit durer beaucoup de temps arrêter l’installation immédiatement.

* **Manque d’eau de mer :**

Arrêter l ‘installation immédiatement en attendant que la centrale règle son problème.

1. **CIRCUIT ENERGETIQUE / GAZ :**
   * Fuite de gaz au niveau de la chaudière.
   * Fuite au niveau d’un surchauffeur.
   * Augmentation des pertes de charge dans les différents équipements.
   * Manque d’eu alimentaire.
   * Fuite de gaz vers l’extérieur.
   * Diminution du PH au niveau du ballon de la chaudière.
   * Fuite au niveau d’un brûleur à soufre.

DRAINAGE  ET EXTRACTION

En vue de contrôler et de suive la bonne marche de l’installation, il est nécessaire d’utiliser des outils et des méthodes efficaces et qui permettent de détecter les anomalies dans un temps bien limité , parmi ces méthodes on trouve le drainage qui est le moyen ou le chemin le plus court pour localiser une fuite dans les équipements .

Alors les agents responsables devraient être parfaitement familiers avec chacun des équipements afin qu’ils puissent trouver et détecter les problèmes(fuites).

**☯ Drainage:**

* Drainage de gaz de E01 ,E02 ,E03 ,E04 ,E05:

Il doit se faire chaque poste en précisant la quantité d’acide drainée et l’heure .

* Drainage de la conduite HP entrée turbine :

La vanne de drain doit rester ouverte avec turbine en service ,et fermée lorsque la turbine est à l’arrêt.

Vers la turbine

pot

Vanne en question

* Drainage de l’aspiration de la soufflante :

Qui doit être effectué une fois par poste de la façon suivante :

Les vannes (1) et (2) doivent être fermées en permanence ;

-En cas de drainage :

Ouvrir la vanne (1) à 100% et la laisse pendant ½ heure ,la refermer ensuite et ouvrir la vanne (2) à 100% ,une fois il n’y à plus d’acide qui coule ,refermer la vanne (2).

(2)

(3)

(1)

101FY01

* Drainage de la cheminée 101FY01 :

il se fait chaque jour ,comme suit :

❶: \*vanne (1) ouverte

\*vanne (2) ouverte

\*vanne (3) fermée

❷ : \* vanne (1) ouverte

\*vanne (2) fermée

\*vanne (3) ouverte

Puis à la fin ,la situation doit rester comme suit :

\* vanne (1) fermée

\* vanne (2) ouverte

\* vanne (3) ouverte

* Drainage du soufre du brûleur :

Il doit se faire à chaque arrêt, comme suit :

\*fermeture vanne (1) de chaque brûleur

\*ouverture vanne (2) de chaque brûleur (tour à tour )

\*injection l’air de service dans chaque brûleur pour

chasser le soufre restant

\*fermeture vanne (2)

HV609

(2)

(1)

Air de service

brûleur

**☯ Extraction de la chaudière:**

Les bous sont des mauvais conducteurs de chaleur ,ils se déposent dans les chaudières dans les points bas ;et leur formation empêche les tubes de se refroidir d’ou augmentation de la température de ces derniers ,qui peut causer une fuite d’eau au niveau de la chaudière.

Ces boues ils sont éliminés par des extractions appelées violentes, et pour mieux gérer les extraction il doit suivre le planning suivant :

Poste3

Poste3

Poste2

Poste2

Poste1

Poste1

Poste 1,2,3

Chaudière ouest

Chaudière est

**☯ Niveau à glace de le chaudière :**

1) Avant la mise en service d’un nouveau niveau à glace ,qu’il subit un premier serrage ;on doit le met on chauffage comme suit :

* + robinet C ouvert à 100%
  + robinet B fermé complètement
  + robinet A ouvert très légèrement ,juste ce qu’il faut pour laisser passer un filet de vapeur

après le chauffage ,on refait le serrage avec un couple supérieure et on le met en service .

NB :il ne doit jamais y avoir de contact eau de chaudière –verre ,car cette dernière attaque le verre.

2) pour procéder au nettoyage du tube ainsi que des communications avec la chaudière ,on doit :

\*fermer la vanne B

\*ouvrir la vanne C

\*fermer ensuite la vanne A

\*ouvrir la vanne B ,pour nettoyer la

communication eau

**Ballon de la chaudière**

C

B

A

**CONCLUSION :**

A partir d’une analyse rigoureux des consignes on peut constater ,qu’il est nécessaire et obligatoire de respecter strictement les différentes consignes données par l’hiérarchie en vue de garder la bonne marche de l’installation .

***2ème sujet :***

**BILAN MASSIQUE & THERMIQUE DE LA BOUCLE EAU / VAPEUR**

*BILAN MASSIQUE & THERMIQUE DE LA BOUCLE EAU /VAPEUR*

BILAN MASSIQUE DE LA BOUCLE EAU/VAPEUR DE L’UNITE SULFURIQUE

* + 1. **Circuit énergétique (circuit eau / vapeur) :**

L’eau alimentaire conditionnée passe au circuit HP, avant d’entrer dans les tubes de l’économiseur FE05 en se caractérisant par la température 115°C, après l’échange avec le gaz qui traverse cet économiseur en provenance de la 4éme masse catalytique, elle s’échauffe à 150°C et pénètre dans l’économiseur FE04 d’où elle sorte chaude à 205°C, puis elle retourne vers l’économiseur FE05 où elle s’échauffe à 241°C.

Dans la chaudière, l’eau est accueillie dans le ballon dont le niveau est environ 50 % d’eau, six conduites latérales amènent l’eau dans la calandre de la chaudière d’où la vapeur revient au ballon par trois passages.

La vapeur sortant du ballon de la chaudière alimente les surchauffeurs indépendants, FE05 et FE01 afin d’être une vapeur HP conforme dont la température est de l’ordre de 500°C et la pression est de 60 bars. Une partie de cette vapeur est acheminée vers la turbine et l’autre partie vers la centrale thermoélectrique.(Voir schéma).

MP 280 °C

HP 500 °C

500 °C

330 °C

280 °C

241 °C

115 °C

204 °C

147 °C

LV 207

Eau alimentaire

E 05

Eco 4A

Eco 4C

Sur 4A

Sur E01(1B)

E 04 3B

Chaudière 101FV 01

Turbine

**CTE**

* + 1. **description du circuit énergétique ( eau – vapeur) :**

Le schéma suivant décrit le circuit énergétique dans l’unité sulfurique :

**Qp**

**Qe**

Schéma simplifié du circuit

eau/vapeur

**Qv**

Economiseur 4A

Economiseur 3B

Economiseur 4C

Chaudière

Eau

Surchauffeur

4A

Surchauffeur

1B

Vapeur HP

**Description :**

L’eau circule vers l’économiseur 4A, puis vers l’économiseur 3B et revient vers l’économiseur 4C avant d’entrer dans la chaudière. Aux conditions normales, ces économiseurs réchaufferont l’eau de 115oC à 241oC avant qu’elle soit alimentée à la chaudière.

Un by-pass côté eau de l’économiseur 3B permet de contrôler la température de sortie du gaz de procédé de l’économiseur 3B. Un by-pass côté eau de l’économiseur 4A permet de contrôler la température de sortie du gaz de procédé de cet économiseur.

A la sortie de la chaudière, la vapeur saturé circule vers les surchauffeurs 4A et 1B. La vapeur sort à haute pression et à une température de 500oC.

**Données :**

Le circuit du gaz correspondant au circuit énergétique est donné sous forme du tableau suivant : (Extrait d’un document de la salle de contrôle)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Composition** | **Econo**  **4A** | **Econo**  **3B** | **Econo**  **4C** | **chaudière** | **Surch**  **4A** | **Surch**  **1B** |
| **SO2 (m3/h)** | 95 | 1622 | 95 | 30909 | 95 | 11794 |
| **SO3 (m3/h)** | 1527 | 29697 | 1527 | 610 | 1527 | 19725 |
| **O2 (m3/h)** | 10181 | 10945 | 10181 | 25588 | 10181 | 16031 |
| **N2 (m3/h)** | 216662 | 216662 | 216662 | 216662 | 216662 | 216662 |
| **H2O (m3/h)** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **T d’entrée (°C)** | 235 | 283 | 330 | 1128 | 446 | 621 |
| **T de sortie (°C)** | 135 | 166 | 235 | 424 | 330 | 440 |

**Remarques :**

- Ces valeurs sont prises en travaillant avec une cadence de 100%.

- Les débits dans les équations de bilan seront en kmole/h.

- le volume molaire de SO2 est : Vm(SO2)= 21,9 l/mol.

- Enthalpies des gaz (voir annexe )

* + - *BILAN MASSIQUE ET THERMIQUE*

**Notation :**

Qe : débit massique d’eau à l’entrée de l’unité sulfurique. (t/h)

Qv : débit massique de vapeur à la sortie de l’unité sulfurique. (t/h)

Qp : pertes massiques au niveau de l’unité sulfurique. (t/h)

He : enthalpie massique d’eau. (kcal/h)

Hv : enthalpie massique de la vapeur d’eau. (kcal/h)

mx : débit molaire du gaz x. (kmole/h)

he(x) : enthalpie molaire de l’entrée du gaz x. (kcal/kmole)

hs(x) : enthalpie molaire de sortie du gaz x. (kcal/kmole)

φ : l’énergie totale cédée par le gaz. (kcal/h)

Pertes 2%

acide

**Qv**  T=500°C P=55bar

Unité sulfurique

**Qe**T=115° P=80bar

soufre

air

**Schéma simplifiée :**

**Bilan massique :**

Qe = Qv + Qp (1)

Pratiquement, les pertes dans la chaudière sont estimées à 2% .

Donc : Qp = 0.02 Qe

D’où (1) nous donne :

Qe = 1,02 Qv

(2)

**Bilan thermique** :

Pratiquement, les pertes d’énergie sont estimées à 2%.

Donc :

0.98 φ = Qv Hv  - Qe He

1. nous donne :

0.98 φ = Qv (Hv  - 1,02 He)

d’où :

Qv = 0.98 φ **/ (** Hv  - 1,02 He**)**

***Calcul de φ :***

On a : φ = φ(écono4A) + φ(écono3B) + φ(écono4C) + φ(chaudière) + φ(surch4A) + φ(surch1B)

* φ(écono4A) = QSO2\* ΔhSO2 + QSO3\* ΔhSO3 + QO2\* ΔhO2 + QN2\* ΔhN2

= QSO2 (he(SO2) – hs(SO2) ) + QSO3 (he(SO3) –

hs(SO3) ) + QO2 (he(O2) – hs(O2) ) + QN2 (he(N2) – hs(N2) )

= 4.34(-68742.22+69828.04) +

68.17(-91402.5+92915.98) +

454.5(1498.15-749.9) +

9672.41(1449.63- 753.83)

φ(écono4A) = 7178027, 86 kcal/h

* φ(écono3B) = QSO2 (he(SO2) – hs(SO2) ) + QSO3 (he(SO3) –

 hs(SO3) ) + QO2 (he(O2) – hs(O2) ) + QN2 (he(N2) – hs(N2) )

= 74.06(-68203.23+69508.24) +

1325.75(-90633.92+92475.9)+

488.6(1869.8-969.76)+9672.41(1787.16-961.52)

φ(écono3B) = 10964410 kcal/h

* φ(écono4C) = QSO2 (he(SO2) – hs(SO2) ) + QSO3 (he(SO3) – hs(SO3) ) + QO2 (he(O2) – hs(O2) ) + QN2 (he(N2) – hs(N2) )

= 4.34(-67666.11+68742.22) +

68.17(-89858.9+91402.48) +

454.5(2239.21-1498.15) +

9672.41(2119.9+1449.63)

φ(écono4C) = 6929829, 092 kcal/h

* φ(chaudière) = QSO2 (he(SO2) – hs(SO2) ) + QSO3 (he(SO3) – hs(SO3) ) + QO2 (he(O2) – hs(O2) ) + QN2 (he(N2) – hs(N2) )

= 1411.37(-57486.02+66555.1) +

27.23(-74087.56+88231) +

1142.32(8867.65-2998.43) +

9672.41(8106.5-2799.2)

φ(chaudière) = 71743850 kcal/h

* φ(surchau4A) = QSO2 (he(SO2) – hs(SO2) ) + QSO3 (he(SO3) –

 hs(SO3) ) + QO2 (he(O2) – hs(O2) ) + QN2 (he(N2) – hs(N2) )

= 4.34(-66317.2+67666.11) +

68.17(-87878.66+89858.94) +

454.5(3160-2239.21) +

9672.41(2943.36-2119.9)

φ(surchau4A) = 8524188, 78 kcal/h

* φ(surchau1B) = QSO2 (he(SO2) – hs(SO2) ) + QSO3 (he(SO3) –

 hs(SO3) ) + QO2 (he(O2) – hs(O2) ) + QN2 (he(N2) – hs(N2) )

= 538.53(-64181.4+66376.8) +

880.58(-84661.34+87967) +

715.66(4592.38-3119.56) +

9672.41(4221.82-2907.28)

φ(surchau1B) = 17862060 kcal/h

Donc :

φ = 123202365, 7 kcal/h

Or on a :

Qv = 0.98 φ **/ (** Hv  - 1,02 He**)**

Avec:

Hv (500°C; 55 bar) = 3427 kj/kg = 819, 05 kcal/kg

He (116°C) = 484, 88 kj/kg = 115, 88 kcal/kg

(1kj=0.239kcal)

D’où :

Qv = 0.98\*123202365, 7 /(819.05-1,02\*115,88)

Qv = 172273, 5 kg/h

Qv = 172, 27 tonnes/h

Et d’après (2) on a :

Qe = 175, 7 tonnes/h

**N.B :**

Valeur donnée par monsanto QV = 175,7 tonnes/h

**Conclusion :**

La valeur obtenue est approximativement la même valeur donnée par le constricteur ce qui signifie que l’installation est exploitée de très bonne façon ,en respectant le réglage de différents paramètres de marche.

**CONCLUSION GLOBALE**

L’exécution rapide et immédiate des consignes est évalué par le bilan élaboré instantanément et qui est un indicateur fiable de la bonne marche de l’installation

**ANNEXE**

*ANNEX*

**EQUIPEMENTS**



Rigole



convertisseur



Turbo soufflante



Groupe turbo alternateur

#### Les paramètres de marche de l’unité sulfurique

Le bon fonctionnement de l’installation nécessite un rigoureux contrôle des paramètres de marche fournis par le constructeur. Et chaque équipement a des paramètres de marche propres qui donnent une image sur leur état et leur rendement.

1. **Le stockage du soufre :**

Les paramètres de marche à surveiller sont :

* Le niveau du bac de stockage ;
* La température du soufre ;
* Le niveau de la fosse à soufre

On agit sur le niveau de la fosse automatiquement par la vanne LV201 ou manuellement par le by-pass.

La température du soufre est liée aux caractéristiques de la vapeur BP de traçage.

1. **Le four :**

Les paramètres de marche à surveiller sont :

* + Début du soufre ;
  + Débit d’air ;
  + Pression de pulvérisation du soufre ;
  + Pression de vapeur de refroidissement des brûleurs ;
  + Température de vapeur BP :
  + Température sortie four ;
  + Taux de combustion (SO2).

Pour une bonne combustion il faut régler le débit de soufre et le débit d’air, une cadence de 100% nécessite 25 m3/h de soufre et.

La pression de pulvérisation du soufre dans le four est de l’ordre de 13 bars, s’il y a une chute de pression il faut agir sur le nombre des brûleurs en service, pour garder la pression d’une manière à avoir une meilleur pulvérisation du soufre.

La température et le taux de combustion sont liés au débit d’air et du soufre.

1. **Chaudière de récupération :**

Les paramètres à surveiller sont :

* Niveau ballon de chaudière ;
* Température entrée chaudière ;
* Température sortie chaudière ;
* Pression de vapeur produite ;
* Température de vapeur produite.

1. **Filtre à gaz chaud :**

Le seul paramètre à surveiller au niveau du filtre est la mesure des pertes de charge, dans le cas d’une augmentation des pertes de charge du filtre on fait by passer la chaudière directement vers la première masse catalytique, en attendant le tamisage du filtre.

1. **convertisseur :**

Les paramètres à surveiller sont :

* Les températures d’entrée et de sortie de chaque masse catalytique ;
* Pertes de charge;
* Taux de conversion.

1. **Circuit acide :**

Les paramètres à surveiller sont :

* Débit d’acide vers tour de séchage ;
* Débit d’acide vers tour intermédiaire ;
* Débit d’acide vers tour final ;
* Température d’acide vers tour de séchage ;
* Température d’acide vers tour intermédiaire ;
* Température d’acide vers tour final ;
* Débit d’eau de mer ;
* PH eau de mer ;
* Cebit eau de dilution.

1. **Turbine :**

* Vibrations axiales et radiales ;
* Température huile de lubrification ;
* Température des paliers.

#### SECURITE

La sécurité à l’intérieur de l’usine d’acide sulfurique dépend du degré d’importance de tous le personnels. Les dangers présents sont :

* explosions ;
* brûlures thermiques ;
* brûlures chimiques ;
* électrocution ;
* substances toxiques.

Les risques et les dangers existants dans l’atelier d’acide sulfurique se différents selon les équipements à titre d’exemple :

**Utilisation des combustibles**:

Les risques habituels d’incendie et d’explosion associés à l’allumage des brûleurs au gaz ou à l’huile seront présents si les brûleurs ne sont pas adéquatement opérés, contrôlés et entretenus en tout temps.

**Chaudière et vapeur:**

Les risques associés à l’opération de chaudière et aux équipements servant au transport de la vapeur sont les explosions et les brûleurs.

**Poussières de catalyseur:**

Le catalyseur de vanadium devient un grand risque lors des arrêts de l’usine lorsqu’on fait un tamisage de ce catalyseur. L’exposition aux poussières de peroxyde de vanadium provoque une irritation aux yeux et à tout le système respiratoire.

**Stockage et manipulation de l’acide sulfurique :**

Des précautions doivent être prises lors de toute opération de manutention parce que cet acide réagit avec l’eau et avec presque tous les types de métal. L’addition d’eau à de l’acide sulfurique concentré produira une violente projection de vapeur et des éclaboussures.

**Autres risques :**

Seules des équipements appropriés pour les travaux à effectuer doivent être utilisés. Chacun des travailleurs doit porter l’équipement de sécurité adéquat recommandé pour le type de travaux à effectuer comme des lunettes de sécurité, un écran facial, des vêtements antiacide, casque de sécurité, une combinaison de caoutchouc, des bottes de caoutchouc, des gants, un écran de soudure un respirateur, etc. pour la soudure, le coupage, le burinage, l’affûtage le démolissage au marteau piqueur, etc.

Le travailleur devrait utiliser l’équipement de sécurité recommandé spécialement pour ces types de travaux.

###### \* SECURITE DES EQUIPEMENTS

Dans le but d’assurer la sécurité du personnel et de préserver l’équipement de l’unité sulfurique de tout dégradation un certains nombres de mesure sont entrepris au niveau de l’équipement et l’asservissement entre elle.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Equipement** | **Sécurité** | **Raison** |
| **Chaudière** | - colonne niveau d'eau en verre protégée  - indicateur lumineux de type "Eye- Hye"  - colonne de niveau d'eau avec alarme LV202 | - contrôle le niveau d'eau dans le ballon |
| - deux soupapes de sécurité | - éviter la surpression⇒explosion |
| - station de phosphate trisodique | - anti-tartrage, ajuste le pH |
| - jauge de pression | - mesure de pression |
| - vannes d’extraction  - purge continue | - évacuer les solides  - prévenir l’entartrage des tubes |
| **Turbine** | - contrôleur de vitesse | - contre la survitesse |
| - pompe d’huile réserve | - assure la lubrification en cas de coupure de courant |
| - deux soupapes | - éviter la surpression du circuit de lubrification |
| - système de contrôle de vibration et de température | - préserve la turbine |
| - réchauffeur électrique d’huile | - prévenir la chute de la température d’huile |
| Four | - écran protecteur au-dessus du four | - protection contre les intempéries |
| - vapeur BP de refroidissement des brûleurs | - protége les brûleurs de la déformation |
| - système de dilatation | - amortir la déformation |
| - système de contrôle de combustion au démarrage | - éviter l’explosion |
| - les visières | - contrôle visuel de la flamme |
| **Refroidisseur d’acide** | - cathodes cote calandre | - retarde l’action corrosive de l’acide |
| - pression d’acide supérieur à celle d’eau de mer | - préserver la calandre en cas de fuite d’acide |
| - ph-mètre sortie eau de mer | - indicateur de fuite |
| **Tours D01/D03** | - garde hydraulique  - analyseur SO2 | - empêcher les gaz d’entrer au ballon d’acide  - suivi de la conversion |
| **Economiseur E04** | - garde hydraulique ( niveau 16 %)  - drainage côté gaz | - prévenir les fuites de vapeur dans le circuit |
| **Bac de stockage du soufre** | - cheminée | - dégager les gaz explosifs (H2S) |
| - buse d’étouffement | - étouffement d’incendie |

**Organigramme d’IMACID**



**BIBLIOGRAPHIE**

bs00554_

*☯* ***Cahier des consignes***

*☯* ***Manuel opératoire MANSONTO***

*☯* ***Cahier des rapports***

*☯*  ***Rapports***

*☯*  ***Internet***