



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du
Diplôme de Master Sciences et Techniques
Spécialité : Ingénierie Mécanique

THEME du PFE : **EXTENSION DE L'UTILISATION DE LA
CHAUDIÈRE À EAU CHAUDE AU NIVEAU DU TUNNEL
DE TRAITEMENT DE SURFACE**

Présenté par :

- ❖ BOUE SAHI ALFRED
- ❖ DIOP MODOU WARA

Encadrés par :

- ❖ Mr TOUACHE Abdelhamid professeur du département Génie Mécanique, FST Fès
- ❖ Mr BOUTAYEB Messaoud Ingénieur à la Maintenance Centrale
- ❖ Mr SEKKINE Abdeloïhed Chef de l'UET Vapeur et Gaz

Le jury :

- Mr. TOUACHE Abdelhamid
- Mr. EL BIYAALI Ahmed

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA SOMACA..... | 2 |
| I-HISTORIQUE..... | 3 |
| 1-Fichesignalétique..... | 3 |
| 2-Les dates qui ont marquées la société..... | 4 |
| 3-Les véhicules montés à la SOMACA..... | 5 |
| II-ORGANISATION DE LA SOMACA..... | 6 |
| 1-Organigramme de la SOMACA..... | 6 |
| 2-répartition des actions de la société..... | 6 |
| III-PROCESSUS DE PRODUCTION DE LA SOMACA..... | 7 |
| 1-Tôlerie..... | 7 |
| 2-Peinture..... | 8 |
| 2.1-Tunnel de Traitement de surface..... | 8 |
| 2.2-Description des différents stades..... | 8 |
| 2.3-Cataphorèse..... | 9 |
| 2.4-Mastic..... | 10 |
| 2.5-Apprêt..... | 10 |
| 2.6-Laque..... | 11 |
| 2.7-Finition et retouche..... | 11 |
| 3-montage..... | 12 |
| CHAPITRE II : DEPARTEMENT DE LA MAINTENANCE CENTRALE..... | 13 |
| I-PRESENTATION DE LA MAINTENANCE CENTRALE..... | 14 |
| II-UET VAPEUR ET GAZ..... | 14 |
| 1-Mission de l'UET vapeur et gaz..... | 14 |
| 2-Schéma de l'installation de l'UET vapeur et gaz..... | 15 |
| 3-Description des chaudières de l'UET vapeur et gaz..... | 15 |
| 3.1-Chaudière à tube fumée..... | 16 |
| 3.2-Chaudière à tube d'eau..... | 17 |
| 3.3-Chaudière à eau chaude..... | 18 |
| 4-Caractéristiques des chaudières de l'UET vapeur et gaz..... | 19 |
| 5- Le bruleur gaz..... | 21 |
| CHAPITRE III : TRAVAIL EFFECTUE | 22 |
| I-CAHIER DE CHARGE..... | 23 |
| II-DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ACTUELLE | 23 |
| 1-Description des différents échangeurs de chaleur utilisés dans l'installation..... | 24 |
| 1.1-Echangeur à plaques..... | 25 |
| 1.2-Echangeur tubulaire..... | 26 |
| III-CALCUL DE LA PUISSANCE CALORIFIQUE NECESSAIRE POUR CHAUFFER LES BAINS..... | 28 |
| 1-Calcul de la quantité de nécessaire pour chaque bain..... | 29 |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| | |
|--|----|
| 2-calcul de la puissance calorifique nécessaire pour chauffer chaque bain..... | 29 |
| IV-CALCUL DE LA QUANTITE DE CHALEUR NECESSAIRE POUR LE MAINTIEN..... | 30 |
| V-VERIFICATION DES PERFORMANCE DES ECHANGEUR..... | 32 |
| 1-Détermination de la puissance calorifique réelle fournie par l'échangeur pendant le transfert thermique..... | 32 |
| 2-Détermination de l'efficacité de l'échangeur..... | 32 |
| VI-SOLUTION PROPOSEE..... | 33 |
| VII-CALCUL DE LA CONSOMMATION ACTUELLE EN GAZ ET EN ELECTRICITE..... | 34 |
| 1-Consommation en gaz des chaudières | 34 |
| 2-Consommation en électricité des chaudières..... | 35 |
| VIII-CONSOMMATION EN GAZ ET EN ELECTRICITE AVEC LA NOUVELLE PROPOSITION..... | 35 |
| IX-GAIN MENSUELLE AVEC LA SOLUTION PROPOSEE..... | 37 |
| X-CALCUL DES PERTES DE CHARGES..... | 37 |
| 1-Calcul de pertes de charge linéaire..... | 37 |
| 2-Calcul de pertes de charge singulière..... | 39 |
| 3-Calcul de la hauteur manométrique (H)..... | 41 |
| 4-Choix de la pompe..... | 41 |
| 4.1-Calcul de la puissance hydraulique..... | 41 |
| 4.2-Calcul de la puissance mécanique..... | 41 |
| CONCLUSION | 43 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 44 |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

INTRODUCTION

D'un jour à l'autre, la concurrence s'accroît et les coûts d'acquisition des outils de production sont de plus en plus élevés, surtout durant la crise économique mondiale dont le secteur automobile est le plus touché ; dans cette conjoncture économique bouillonnante, le management des ressources de l'entreprise occupe une place très importante. Pour la majorité des entreprises, et surtout celles de vocation automobile, l'énergie est classé en proue de leurs ressources vu la lourdeur de l'investissement mobilisé pour son acquisition et les tâches qui lui sont confiées. Ainsi, l'optimisation du coût de l'énergie dont le gaz fait parti, doit être parmi les priorités des dirigeants de l'entreprise pour pouvoir affronter le défi de la concurrence, atteindre le niveau de compétitivité requis et dépasser la période de crise avec les moins dégâts.

Conscient de l'importance de l'optimisation des coûts, SOMACA ne cesse de diminuer les frais indirects de production et améliorer la fiabilité de l'ensemble des équipements, tout en coopérant avec les spécialistes du domaine que se soit avec les industriels ou avec les universitaires. Dans ce contexte coopératif, notre projet de fin d'études vient pour concrétiser ce partenariat. Dans cette optique, le département maintenance centrale nous a proposé un sujet dont le thème est : **« Extension de l'utilisation de la chaudière à eau chaude Egfi pour les bains du tunnel de traitement de surface »**

Notre travail consiste à étudier d'abord la situation actuelle de l'installation reliant l'UET vapeur et gaz et le TTS (Tunnel de Traitement de Surface) , ensuite étudier la faisabilité du projet d'extension et enfin évaluer les gains en énergie qu'engendre son application.

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA SOMACA

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

I-HISTORIQUE

La **Société Marocaine de Construction Automobile (SOMACA)**, a été créée en 1959 sur l'initiative du gouvernement marocain avec l'assistance technique italienne de Fiat Spa et de la société franco-italienne Simca qui détenait chacune 20% du capital.

La SOMACA a été créée dans le cadre de la promotion de l'industrie nationale qui est un facteur important pour le développement du pays.

Le choix a porté sur le secteur de la construction automobile notamment pour les raisons suivantes :

- Les pouvoirs publics, à l'époque, désiraient promouvoir une industrie nationale qui serait la locomotive d'un développement endogène, autrement dit, un facteur déterminant dans la constitution d'un tissu industriel local ;
- La grande diversité des composants des véhicules ;
- La part importante de la main d'œuvre dans le processus de production ;
- Et l'économie de devises qui pouvait en résulter.

Implantée à Aïn Sebaa, dans la banlieue nord de Casablanca ,la société assemble la quasi-totalité des voitures particulières et des utilitaires légers produits au Maroc. La SOMACA dispose d'une usine d'une superficie couverte de 90 000 m². La capacité de production maximale est de 30 000 véhicules par an.

Elle a un chiffre d'affaire de **60 .000 .000** Dhs par année.

1-Fiche signalétique de la SOMACA

Raison sociale : SOMACA

Siège social : KM 12 autoroute de rabat

Ville : Casablanca

Activité de l'entreprise : Montage de véhicules légers et particuliers

Forme juridique : Société anonyme

Président Directeur Général : Larbi Belarbi

Directeur général : Philippe Loisele

Marque de véhicule montés : RENAULT-DACIA

Capital : 60.000.000 DHS

Date de création : 1959

Année de démarrage de production : 1962

Boite Postale : 2628

Registre commercial : 26963

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Télex : 25 825 / 27 686 M

Fax: (212) (022) 75.48.22

Téléphone : (212) (022) 75.48.48

C.N.S.S : 1663229

Patente : 330007250

Qualité : ISO 9002 en février 2001

Audit initial : ISO 9002

2- Les dates qui ont marquées la société

1928: Implantation de Renault sous le nom de SOMAR.

1966: Contrat de licence de montage et d'assistance technique signé entre Renault, SOMACA et SOMAR.

1967 : SOMAR devient Renault Maroc, détenu à 50 % par Renault et à 50 % par SNI.

1996 : Signature du contrat Véhicule Économique Léger entre Renault Maroc et les autorités Marocaines.

1999 : Lancement de fabrication de Kangoo Véhicule Utilitaire Économique Léger.

2000 : Renault devient majoritaire dans Renault Maroc en portant sa participation à 80% du capital. Renault Maroc reprend 100% de SIAB (importateur exclusif Nissan).

2002: Lancement de la marque Dacia et commercialisation de la gamme Pick-up et Supernova.

2003 : Lancement de la marque Renault Samsung Motors et commercialisation de la SM5. Lancement du projet L90 Maroc.

2004 : Janvier : Signature de la convention « Voiture Economique Renault Kangoo ».

Juillet : lancement de la Dacia Solenza pour une commercialisation exclusive auprès des taxis urbains.

Ainsi, Renault a gagné en parts de marché se classant n°1 en 2004, et cela avant même le lancement de la voiture économique Logan. L'année 2005 était prometteuse puisque dès le premier mois du lancement de la Logan, celle ci s'est vendue à plus de 700 exemplaires et cela malgré le fait que ce soit des véhicules à essence. La seule agence de Casablanca reçoit jusqu'à cinquante commandes fermes par jour, ce qui dépasse la capacité de production actuelle de l'usine.

Renault veut donc profiter de cette forte capacité d'accroissement que représente le marché marocain. La Logan semble bien être le véhicule idéal pour une clientèle de classe moyenne désireuse d'un véhicule à prix raisonnable et néanmoins fiable et de qualité.

2009 : Lancement de la voiture Dacia sandero

2010 : Lancement de la voiture Dacia sandero Stepway

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

3-Les véhicules montés à la SOMACA

| Véhicules | Année de lancement |
|--|--------------------|
| <p>Kangoo</p>  | 2004 |
| <p>Dacia Logan</p>  | 2005 |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| | |
|--|------|
|  <p>Dacia Sandero</p> | 2009 |
|  <p>Dacia Sandero Step way</p> | 2010 |

Tableau1 : véhicules montés montés à la SOMACA

II-ORGANISATION DE LA SOMACA

1-Organigramme de la SOMACA



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

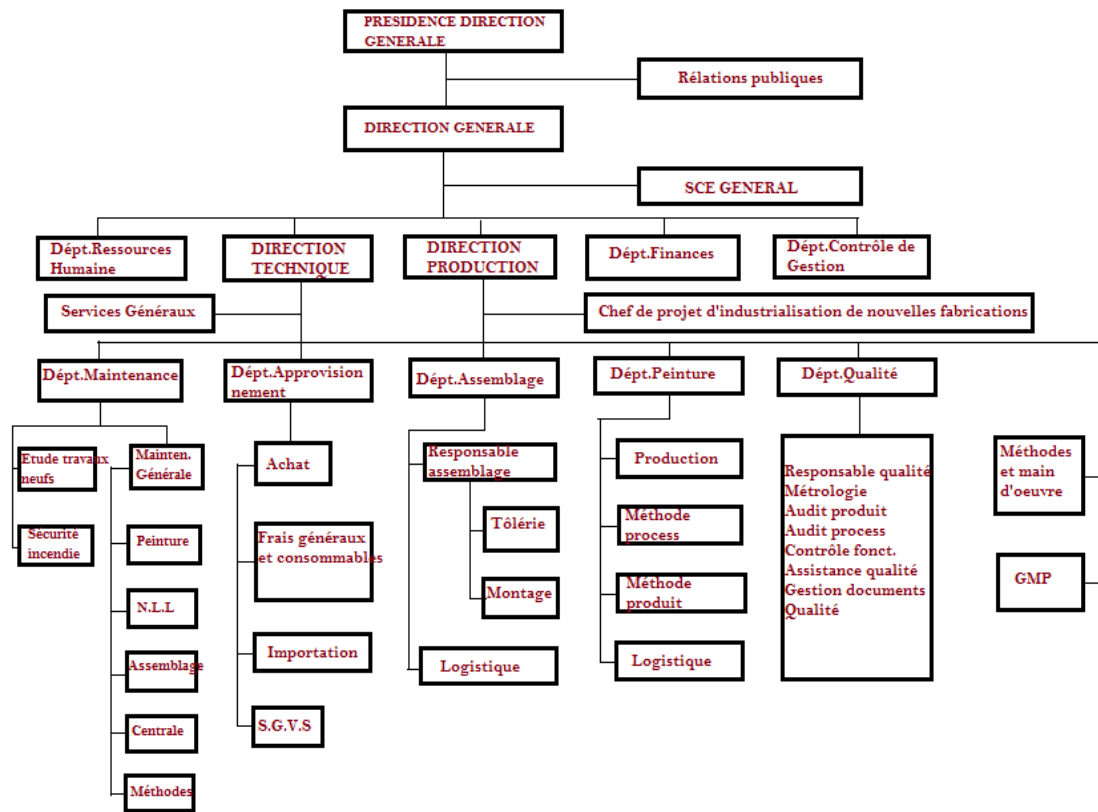


Figure1 : Organigramme de la SOMACA

2- Répartition des actions de la société

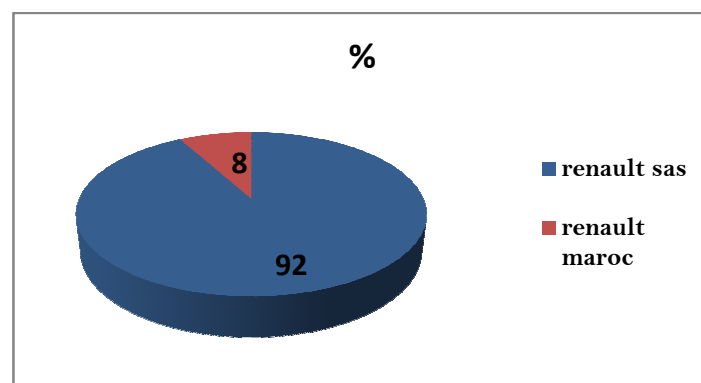


Figure 2 : Diagramme de la répartition des parts de la SOMACA

III- PROCESSUS DE PRODUCTION DE LA SOMACA

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

La production d'une automobile est un ensemble de processus complexe. Une usine terminale est un ensemble de lignes de production peu flexibles très sensibles aux aléas de part la nature des moyens de convoyage.

La production des véhicules à la SOMACA consiste en l'assemblage d'éléments CKD approvisionnés en lots et de pièces fabriquées localement. A l'arrivée, tout l'approvisionnement passe à travers un contrôle de réception quantitatif et qualitatif.

Le processus de fabrication est composé de quatre départements successifs : Département Tôlerie, Département Peinture, Département Montage et Département Finition Livraison Commerciale (FLC).

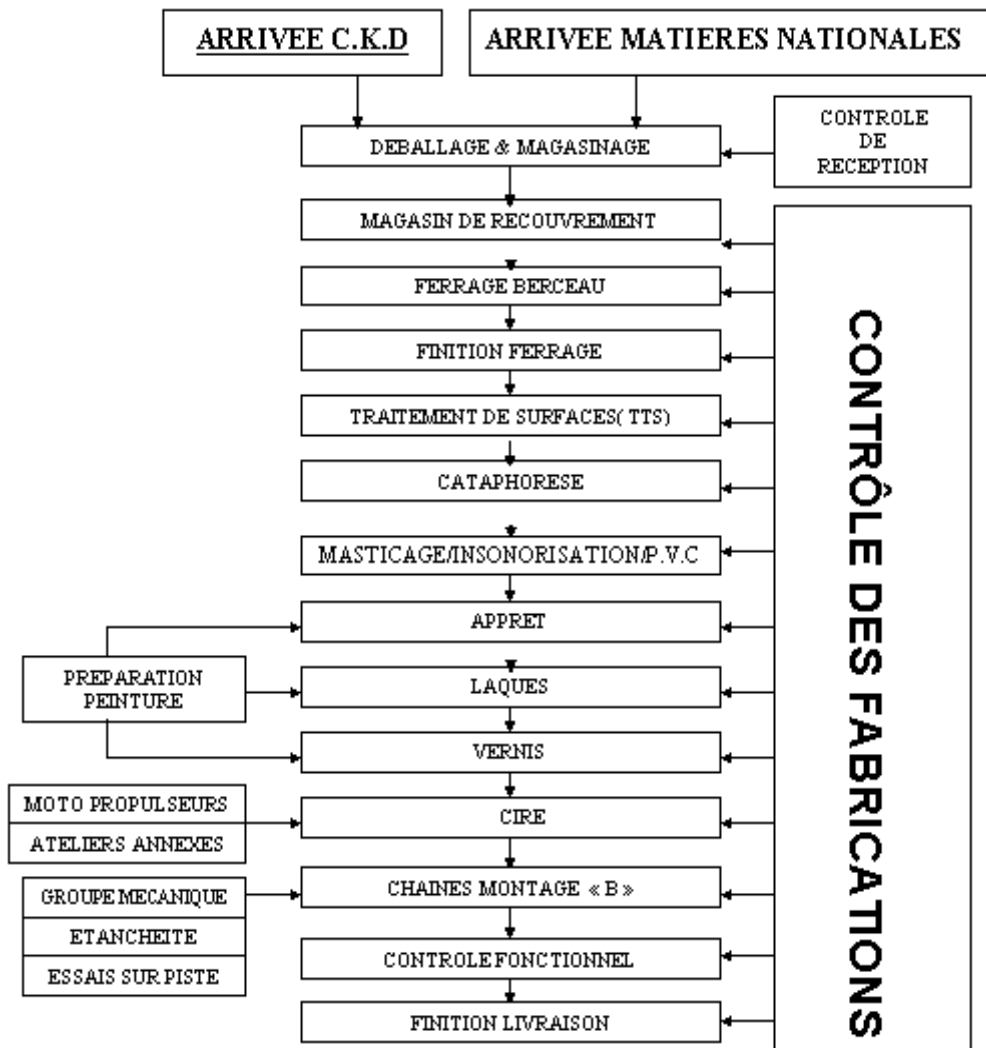


Figure 3 : Processus de fabrication de la SOMACA



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

1 - Tôlerie

C'est le premier stade de production du véhicule. Les éléments de la carrosserie reçus en pièces CKD sont assemblés dans des berceaux en utilisant le procédé de soudage.

2 - Peinture

Cette étape consiste en l'application de plusieurs couches de produits chimiques sur la tôle de la caisse tout en suivant l'enchaînement suivant : traitement de surfaces, cataphorèse, mastic, apprêt et laques. Ces opérations confèrent à la caisse des qualités de résistance, de durabilité et d'esthétique.

2.1- Tunnel de traitement de surface (T T S)

Il représente la première étape du traitement anticorrosion subit par les caisses en éliminant les huiles de protection en premier temps, et en utilisant le procédé de la phosphatation en second temps, en déposant une couche de phosphate pour la préparation de la seconde étape (la cataphorèse).

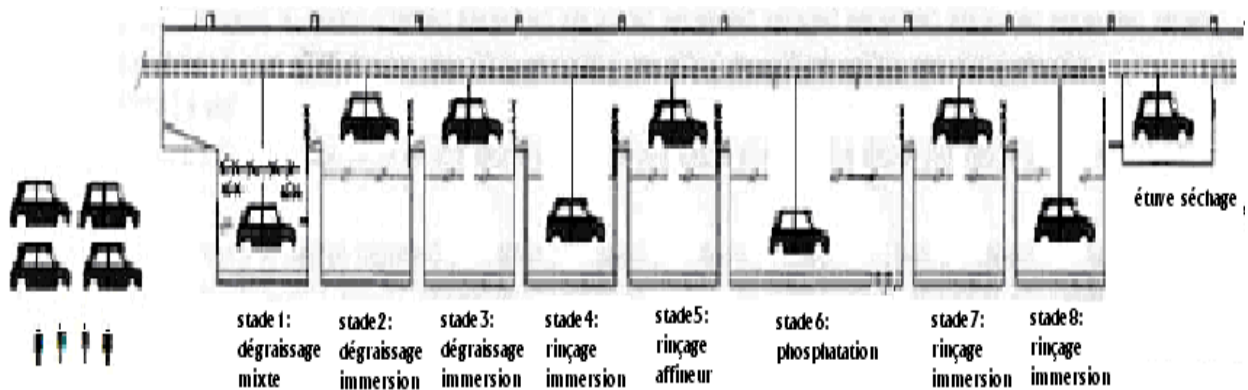


Figure 4 : Tunnel de traitement de surface

2.2- Description des différents stades

| stades | compositions | fonctions | caractéristique |
|---------------------------------------|--|---|--|
| Dégraissage mixte T= 2 mn | Eau déminéralisée 345kg de ridoline 66 kg de ridosol | Effectuer un nettoyage de la surface pour éliminer : - les produits de protection utilisés pour le stockage. - les pollutions organiques minérales, | Volume : 22m ³ Température : 58°C ±2 |
| Dégraissage immersion T= 1 mn 50 s | Eau déminéralisée 1025 kg de ridoline 97 kg de ridosol | liquides ou solides, provoquées par le stockage. - les pollutions apportées par les opérations d'usinage (lubrifiants, copeaux). | Volume : 50m ³ Température=58°C ±2 |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| | | | |
|------------------------------------|---|--|--|
| Dégraissage immersion T=1 mn 50 | Eau déminéralisée 1025 kg de ridoline 50 kg de ridosol | | Volume : 50m ³ Température=58°C ±2 |
| Rinçage immersion T= 1mn | Eau déminéralisée | éviter le transfert du produit de dégraissage dans le bain de phosphatation. | Volume :50 m3 Température ambiante : 25°C |
| Rinçage affineur T=1 mn 35 s | Eau déminéralisée+25Kgs de fixodine | | Volume :50 m3 Température ambiante : 25°C |
| Phosphatation T= 3 mn | Eau déminéralisée Granodine 958 Primaire M Starter Compensateur | Déposer une couche de phosphate contre la corrosion des caisses | Volume : 165m3 Température=48°C ±2 |
| Rinçage immersion T= 1 mn | Eau déminéralisée | évite le transfert des produits de la phosphatation à la cathaphorèse. | Volume :50 m3 Température ambiante : 25°C |
| Rinçage immersion T= 1 mn | Eau déminéralisée | | Volume :50m3 Température ambiante : 25°C |

Tableau 2 : Caractéristiques des bains du TTS

2.3- Cataphorèse

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Une technique de peinture qui consiste à faire tremper la pièce dans un bain de peinture hydrosoluble, en mettant la pièce en cathode, d'où le nom de cataphorèse, et en faisant migrer les particules de peinture au moyen de courant électrique de l'anode vers la cathode. C'est une couche préalable de peinture qui a des propriétés anticorrosives.

Cette étape a pour but de :

- Traiter l'intérieur de la pièce (parties creuses).
- Revêtement de peinture de très haute qualité au moindre coût.

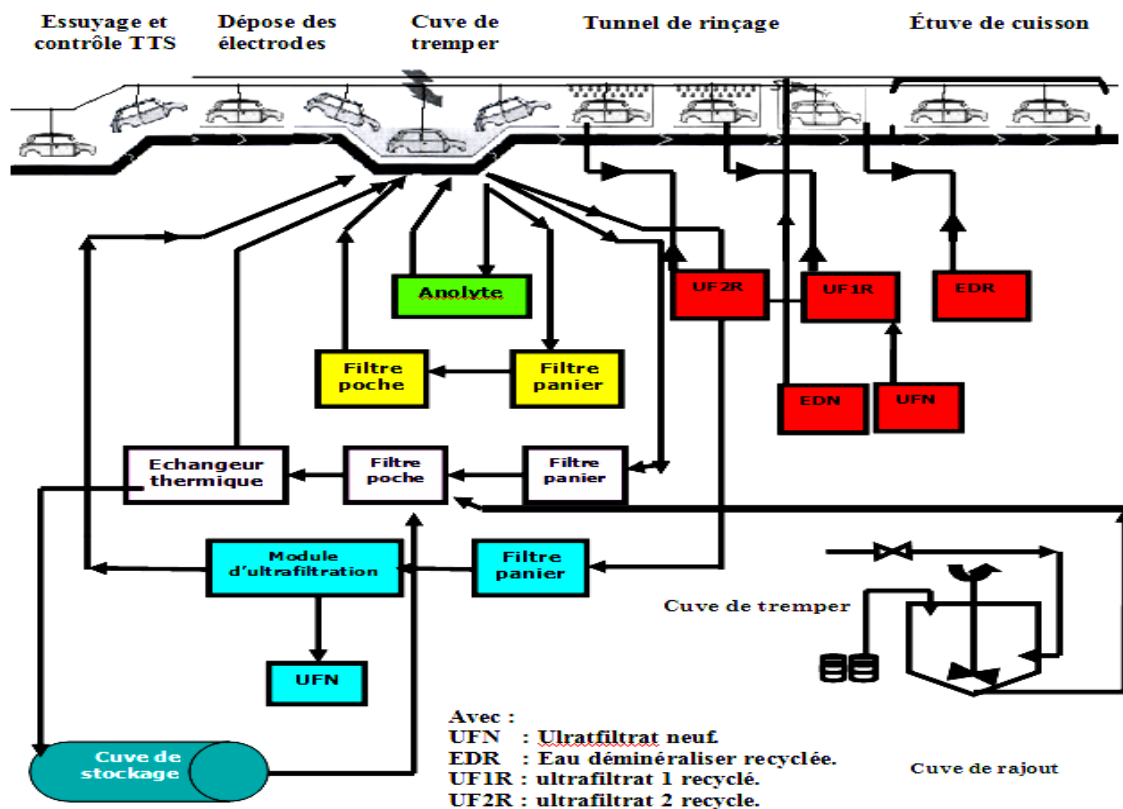


Figure 5 : processuel de la cataphorèse

2.4- Masticage

Le masticage est un procédé qui consiste à avoir une caisse étanche des jonctions d'arrêts, des sertissures ayant une tenue au gravillonnage. Le mastic est un mélange à base des résines, de solvant et des additifs ayant une forte adhésivité et permettant de boucher des trous ou d'étanchéité des joints. Donc les mastics appliqués ont diverses fonctions : Anti-gravillonnage / Etanchéité / Soudures des structures.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

2.5- Apprêt

Les apprêts sont des peintures intermédiaires, constituées en générale d'un liant assez fortement chargé contenant des pigments d'anticorrosion. Leur principal but est de :

- Préparer la surface avant l'application des finitions (pouvoir nivelant).
- Cacher les défauts du support (pouvoir garnissant).
- Résister aux impacts (anti-gravillonnage et écaillage).

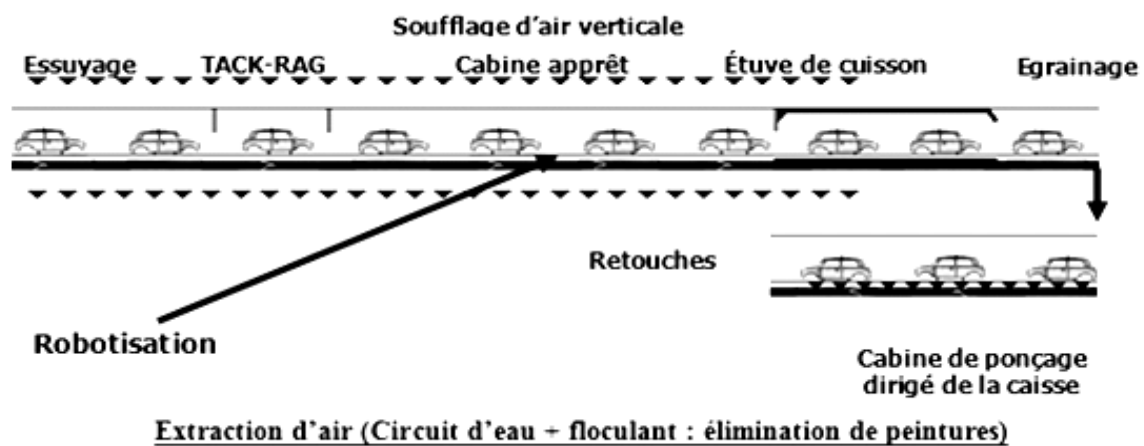


Figure 6 : composition de la ligne de l'Apprêt

2.6- Laque (Peinture)

Dans cette phase, on applique d'abord une base (teinte colorée) sur la partie superficielle apparente de la voiture pour lui procurer la couleur désignée par le constructeur, ensuite on utilise un vernis qui, d'une part, joue le rôle de protecteur de la base et d'autre part, donne un aspect brillant à la caisse.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

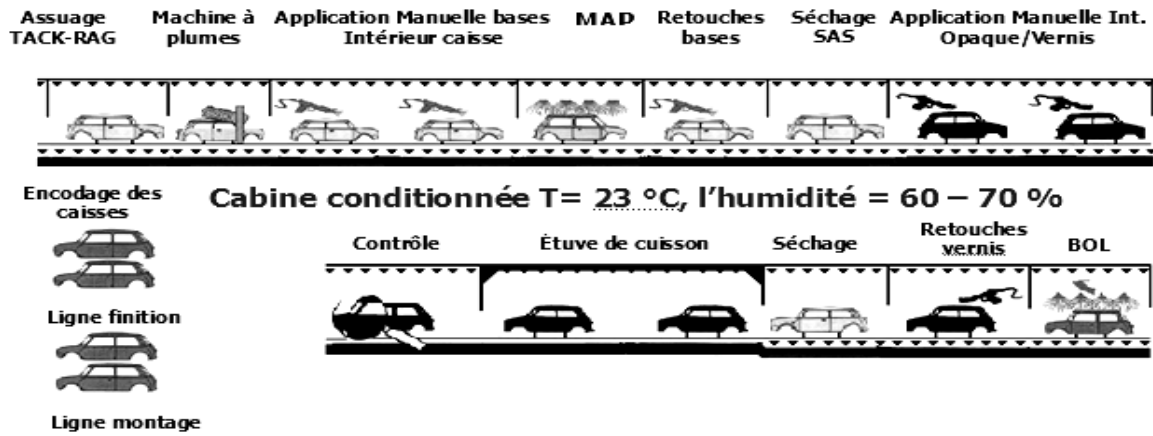


Figure 7 : Ligne des laque

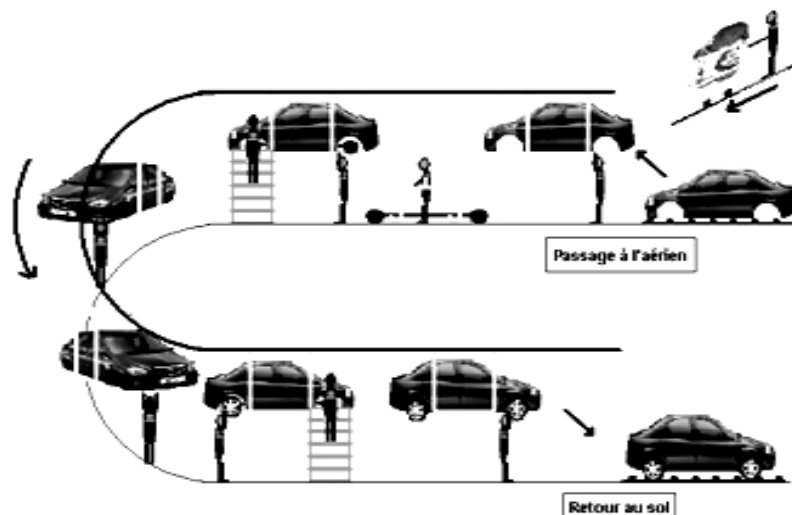
2.7- Finition et retouches

Après séchage de la laque dans un four électrique, la caisse est acheminée vers la chaîne de montage.

3- Montage

Il s'agit du garnissage des caisses en provenance du département peinture par la mise en place de tous les équipements et accessoires mécaniques.

L'atelier de montage comporte deux chaînes en forme de fer à cheval (en U), une chaîne nommée Chaîne B (Ch B) est dédiée à la production des modèles VUL, et une autre nommée Chaîne C (Ch C) est dédié à la production du modèle LOGAN.



Evolution de la caisse dans la chaîne de montage



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Figure 8 : Ligne de montage

Le véhicule ainsi monté subit des contrôles statiques, dynamiques et des tests d'étanchéité afin de s'assurer de sa conformité.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

CHAPITRE 2 : DEPARTEMENT DE LA MAINTENANCE CENTRALE

I - PRESENTATION DE LA MAINTENANCE CENTRALE :

Le département de Maintenance Centrale est le dernier département créé au sein de la Direction Technique. Il se compose de plusieurs sous ensembles nommés Unités Elémentaire de Travail : UET

Il se charge du maintien à niveau des installations de manutention (chariot élévateur, Ponts élévateurs,...), des portes automatiques, des rampes de déchargements, des chaudières, Il a également pour mission d'assurer la production et la distribution des fluides énergétiques et de maintenir les voies, les plateaux, les espaces verts et l'extérieur de l'usine.

Année Universitaire 2010 -2011



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Il est en relation adéquate avec toutes les directions et services pour assurer la mise en place de la téléphonie, les emplacements des unités de travail,...etc

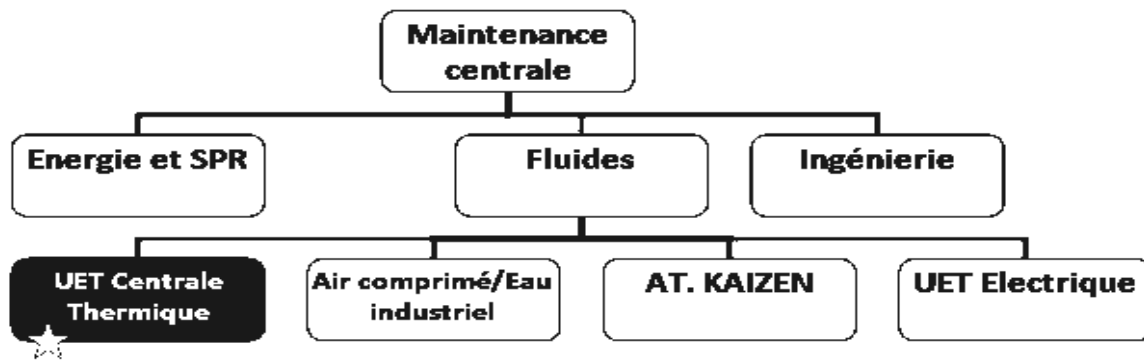


Figure 9 : Organigramme de la maintenance centrale

II-UET VAPEUR ET GAZ (Centrale Thermique)

L'UET Vapeur et Gaz est l'organe de production de vapeur et d'eau chaude nécessaire pour le TTS (Tunnel de traitement de surface) et de l'apprêt.

Cet UET a un effectif de 9 personnes divisé en 3 groupes de 3 personnes (A,B,C) ,le 1^{er} groupe travaille de 22h à 6h du matin ,le 2^{ème} groupe de 6h à 14h et le dernier de 14h à 22h .Elle se compose de deux chaudières à tube de fumée (Wanson1et Wanson2), une chaudière à tube d'eau (Babcock) et d'une chaudière à eau chaude (Egfi).

C'est dans UET que nous avons effectué notre stage de fin de cycle.

1-Mission de l'UET Vapeur &Gaz

- Assurer la production de vapeur d'eau
- Assurer la production d'eau surchauffée
- Assurer la maintenance des chaudières
- Assurer la maintenance et la fiabilité de l'installation gaz
- Assurer la gestion de l'équipement et l'économie d'énergie

2 -Schéma d'installation de l'UET Vapeur&Gaz



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

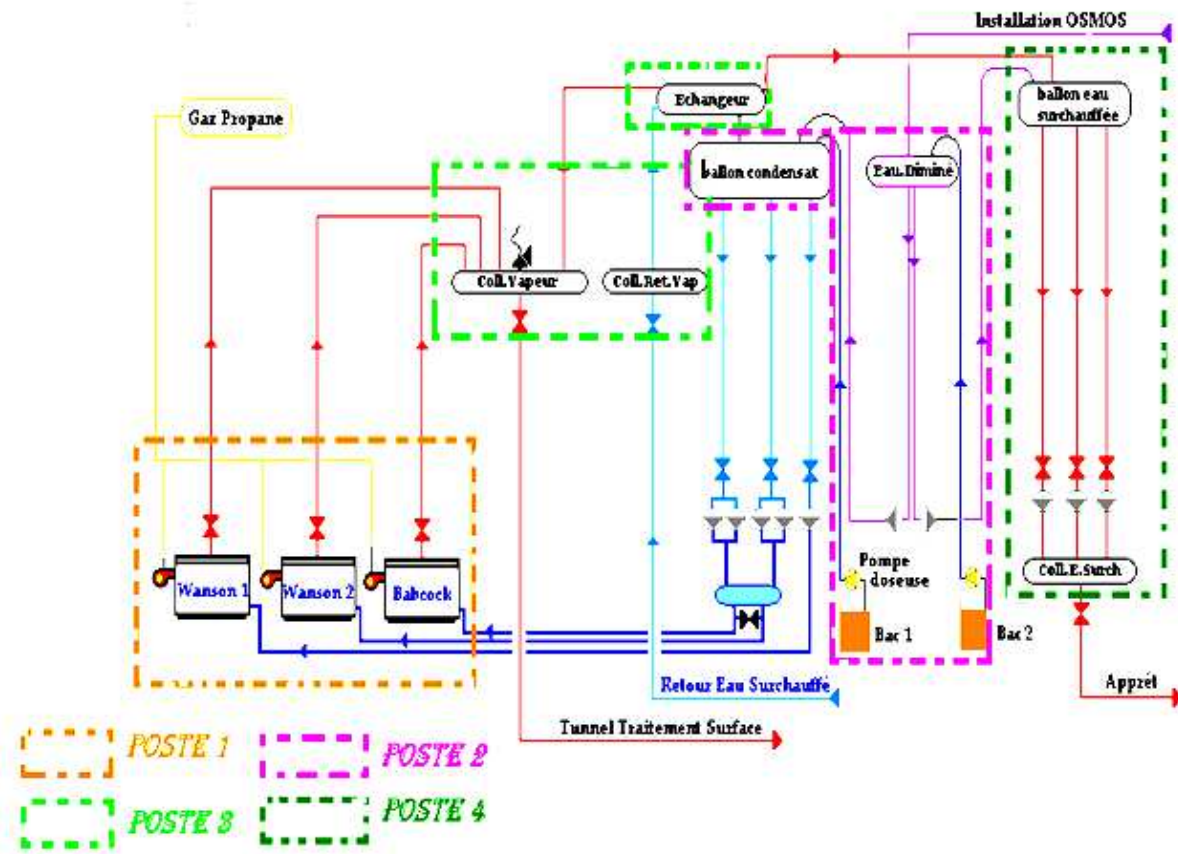


Figure 10 : Installation de l'UET vapeur et gaz

Au sein de l'UET vapeur gaz, on dispose de 3 chaudières qui produisent toutes de la vapeur d'eau à 170°C qui est recueillie par un collecteur de vapeur. Une partie de la vapeur va directement au tunnel de traitement de surface (TTS) et une autre partie va circuler dans l'échangeur pour chauffer l'eau du ballon eau surchauffée qui va vers l'appret.

Il ya une autre chaudière a eau chaude (EGFI) qui est placée a l'extérieur de l'UET vapeur gaz et qui produit de l'eau chaude utilisée seulement pour le chauffage du bain de phosphatation du Tunnel de Traitement de Surface.

3-Description des chaudières de l'UET Vapeur et Gaz

Les chaudières sont utilisées généralement en industrie pour la production de vapeur (chaudière à vapeur) ou d'eau chaude (chaudière à eau chaude) nécessaire au bon fonctionnement de la production.

L'énergie thermique est produite soit par combustion, soit par effet joule (résistance électrique), soit par énergie nucléaire.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

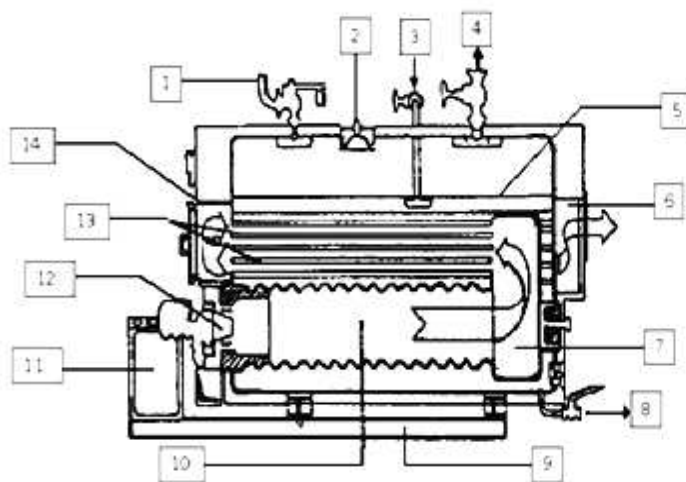
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Mais généralement on utilise couramment la combustion de solide, liquide ou gaz dans de l'oxygène de l'air chauffé.

La transmission de la chaleur de combustion au fluide caloporteur se fait par rayonnement, conduction, convection.

3.1-Chaudière à tube de fumée

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée de 1 à 25 tonnes/heure, en basse et moyenne pression. Le combustible utilisé est soit du gaz soit du fioul. Les chaudières à tubes de fumées sont des chaudières à circulation naturelle. Le volume de l'eau chauffée est assez important. Si ces chaudières sont chauffées au fioul, ou au gaz, elles peuvent alors être conduites de façon automatisée. Elles sont très compactes et peuvent donc être entièrement montées et essayées en atelier avant d'être expédiées sur le site pour la mise en marche. Mais à partir de 20 bars, cette construction devient délicate à cause des épaisseurs à prévoir pour le corps. La puissance de ces chaudières est relativement faible. De nos jours, la production maximale de vapeur est de 30 tonnes/heure pour une pression maximale de 25 bars.



- 1- Soupape de sûreté
- 2- Visite
- 3- Détecteur de manque d'eau
- 4- Prise de vapeur
- 5- Niveau de l'eau
- 6- Boîte à fumée
- 7- Boîte de retour 1050 à 1150°C
- 8- Extraction (purge)
- 9- Support 10- Tube foyer
- 11- Ouvreau
- 12- Brûleur
- 13- Tube de fumée
- 14- Chambre de réversion ±20 à ±60°C

Figure 11 : Chaudière à tube fumée



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

3.2-Chaudière à tube d'eau

Ce type de chaudière fournit un débit de vapeur saturée supérieur à 20 tonnes/heure, en moyenne et haute pression. Le combustible utilisé est soit du gaz, du fioul, du charbon ou déchets.

Dans ce type de construction, c'est le fluide caloporteur (l'eau) qui circule à l'intérieur des tubes plongés dans les gaz de combustion.

Les gaz chauds produits par le brûleur sont directement en contact avec les tubes vaporisateurs, à l'intérieur de ceux-ci se produit la vaporisation. La vapeur ainsi générée est collectée dans le ballon supérieur, l'eau excédentaire est ramenée vers le ballon inférieur par des tubes de chute non soumis à la chaleur.

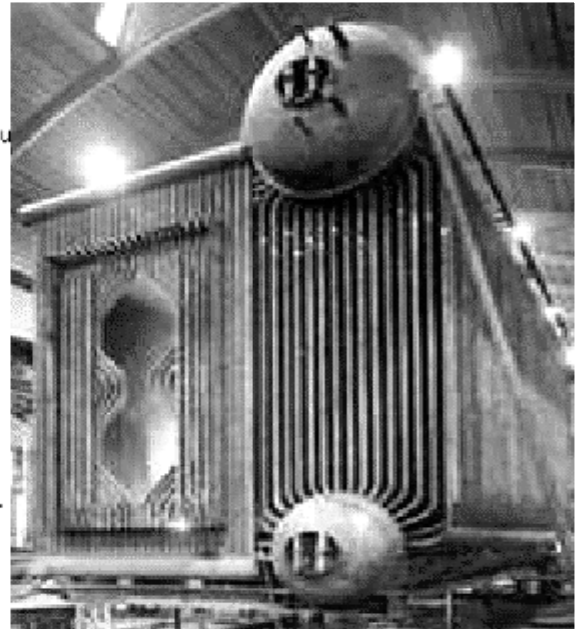
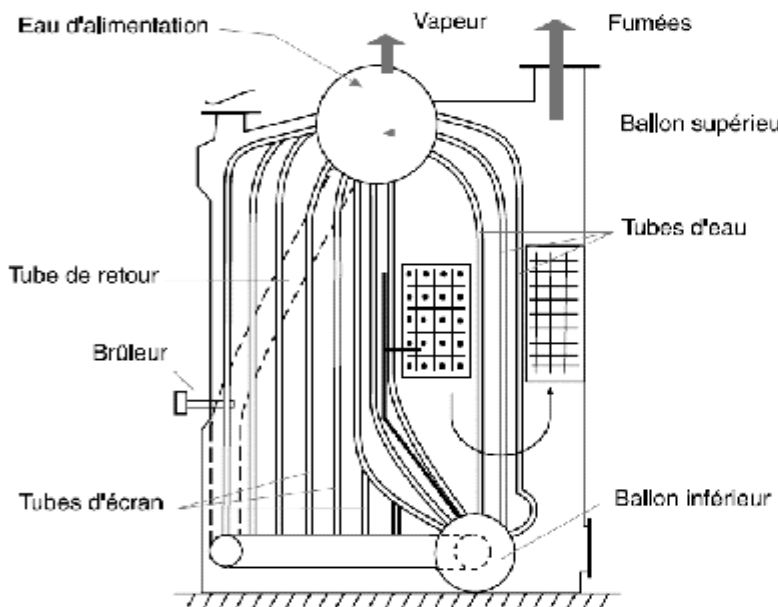


Figure 12 : chaudière à tube d'eau



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

3.3-Chaudière à eau chaude

La chaudière est en acier, monobloc, horizontale et cylindrique. Elle est d'un encombrement réduit facilitant sa mise en place en chaufferie. Elle peut être équipée indifféremment d'un brûleur fuel, gaz ou mixte, suivant les préconisations des différents constructeurs.



Figure 13 : Chaudière à eau chaude



Une large porte avant, recevant le brûleur, permet l'accès total au foyer et au faisceau tubulaire. La boîte à fumées arrière, totalement intégrée au corps de la chaudière, est munie d'un fond démontable et d'une ou deux trappes de visite pour nettoyage.

Une jaquette en tôle pré-laquée, démontable, protégeant une isolation en laine minérale de 80 mm d'épaisseur, habille esthétiquement la chaudière.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

4- Caractéristiques des chaudières de l'UET Vapeur et Gaz

| Type de chaudière | Caractéristiques |
|---|---|
| Chaudière à tube de fumée Wanson 1  | TYPE : 400 SERIE : 811/4446576 VAPEUR : 4000 kgs/ h TIMBRE : 14 bars Kcal/h : 2 560 000 VOLTAGE : 380v FREQUENCE : 50 HZ SURFACE DE CHAUFFACE : 126 m ² COMBUSTIBLE: gaz BUPRO (butane propane) ANNEE DE FABRICATION : 1961 |
| Chaudière à tube de fumée Wanson 2  | TYPE : 600S SERIE : 91079/32220 VAPEUR : 6000 kgs/ h TIMBRE : 20 bars Kcal/h : 3730000 Mw : 4465 VOLTAGE : 380 v FREQUENCE : 50 HZ SURFACE DE CHAUFFACE : 152 m ² COMBUSTIBLE gaz BUPRO(butane propane) ANNEE DE FABRICATION : 1984 |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| | |
|--|--|
| | |
| <p>Chaudière à tube d'eau BABCOCK & WILCOX</p>  | <p>TYPE : 400 SERIE : 91079/32220 VAPEUR : 6000 kgs/ h TIMBRE : 20 bars Kcal/h : 3730000 Mw : 4465 VOLTAGE : 380 v FREQUENCE: 50 HZ SURFACE DE CHAUFFACE : 152 m2 COMBUSTIBLE : gaz BUPRO (butane propane) ANNEE DE FABRICATIION : 1984</p> |
| <p>Chaudière à eau chaude (Egf)</p>  | <p>CAPACITE : 2000TH /H VOLUME : 224L NUMERO DE FABRICATION : 2319 PRESSION DE SERVICE : 6 Bars PRESSION D4EPREUVE : 9 Bars DATE D'INSTALATION : 05/03/2009 SURFACE DE CHAUFFE= 55m² CHARGE MAXI DU FOYER=980 th/m³ /h. Température de service réglable varie entre 40°C et 120°C RENDEMENT GLOBAL= 91% ± 0.5 à 90°C</p> |

Tableau 3 : Caractéristique des chaudières de l'UET Vapeur et gaz

Toutes ces chaudières produisent de la vapeur qui est utilisé au niveau de la TTS, et de l'eau chaude utilisée dans la cabine d'Apprêt.

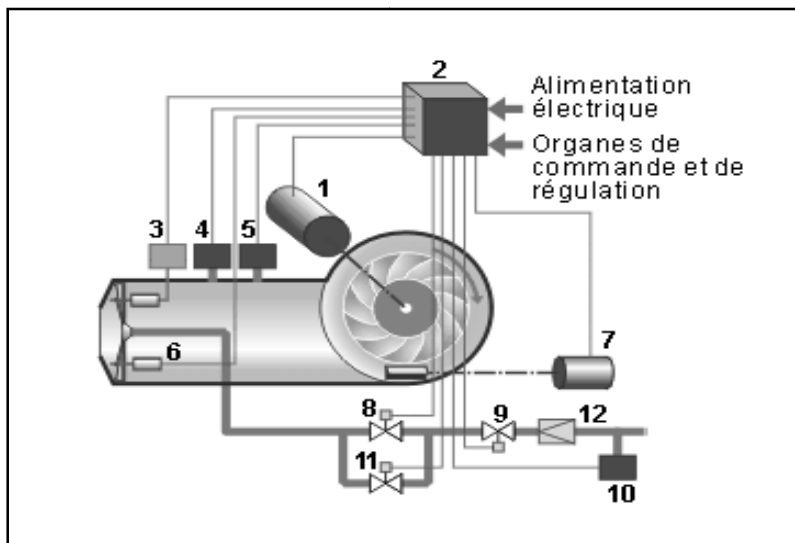
5. Le Bruleur gaz



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Le brûleur gaz a pour fonction de mélanger, dans des proportions correctes, l'air comburant et le gaz pour permettre la combustion. L'alimentation en air est assurée par un ventilateur qui puise l'air ambiant de la chaufferie. L'alimentation en gaz est assurée par une électrovanne et des régulateurs de pression.

Les Constituants d'un brûleur :



1. moteur, 2. Boîte de contrôle,
3. Transformateur, 4. Pressostat mini air (brûleur 1 allure),
5. Pressostat mini air (brûleur 2 allures), 6. Électrodes, 7. Moteur volet d'air, 8. Électrovanne (2ème allure), 9. Électrovanne de sécurité, 10. Pressostat mini gaz, 11. Électrovanne (1ère allure), 12. Régulateur de pression.

Figure 14 : Schéma d'un brûleur



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

CHAPITRE 3 : TRAVAIL EFFECTUE

Année Universitaire 2010 -2011



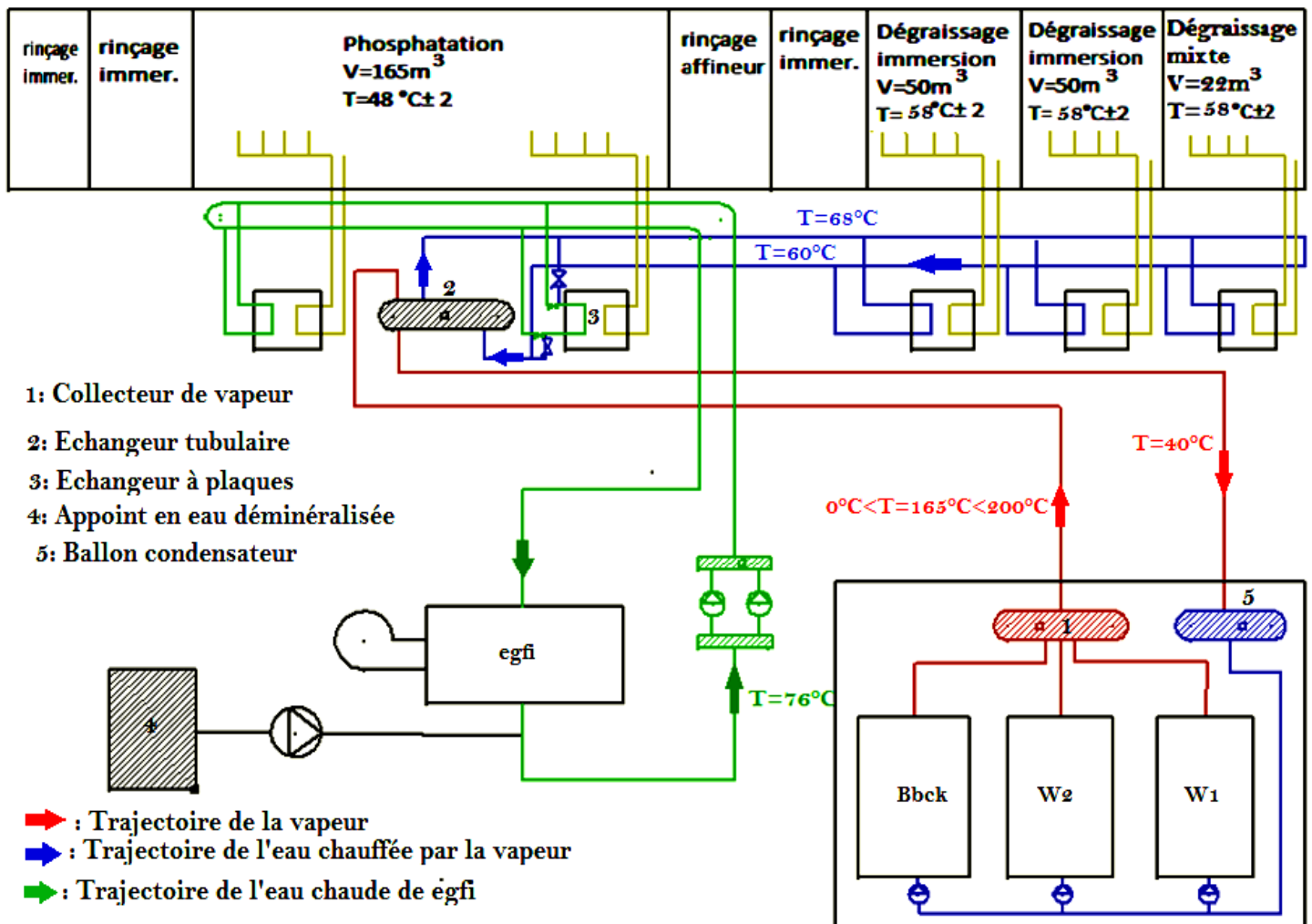
Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

I-CAHIER DE CHARGE

Les travaux que nous devons faire pour mener à bien notre projet sont les suivantes :

- Calculer la quantité de chaleur dont a besoin chaque bain et vérifier si la chaudière Egfi est suffisamment puissante pour assurer leur chauffage
- Calculer la quantité de chaleur à restituer à chaque bain après le passage d'une caisse (c'est le maintien de température des bains)
- Vérifier l'efficacité des échangeurs à plaques afin de s'assurer de leur performance
- Proposer une nouvelle installation et évaluer les gains qu'elle engendre
- Calculer les pertes de charges dans la nouvelle installation afin de choisir une pompe adéquate.

II-DESCRIPTION DE L'INSTALLATION ACTUELLE





Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Figure 15 : Schéma de l'installation actuelle

Les chaudières à vapeur Wanson1, Wanson2 et Babcock produisent de la vapeur surchauffée, cette vapeur est ensuite collectée dans le collecteur de vapeur (1) pour être ensuite acheminée vers le TTS et vers l'apprêt.

Au niveau du TTS, cette vapeur fait un transfert thermique avec de l'eau par l'intermédiaire d'un échangeur tubulaire (2) puis retourne au ballon condensateur (5). L'eau chauffée va alimenter des échangeurs à plaques (3) par lesquels passe l'eau du produit de dégraissage, ainsi un autre transfert de chaleur est produit et les trois bains de dégraissage sont chauffés.

La chaudière à eau chaude « Egfi » produit de l'eau chaude pour le chauffage du bain de phosphatation.

1-Descriptions des différents échangeurs de chaleur utilisés dans l'installation

Un échangeur de chaleur est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique d'un fluide vers un autre, sans les mélanger. Ce transfert thermique est dû à une différence de température entre 2 milieux.

Le flux thermique traverse la surface d'échange qui sépare les fluides.

La plupart du temps, on utilise cette méthode pour refroidir ou réchauffer un liquide ou un gaz qu'il est impossible ou difficile de refroidir ou chauffer directement.

Généralement pour assurer efficacement cet échange de chaleur au moins un des fluides est mis en mouvement soit par une pompe ou un ventilateur.

Dans un échangeur, on distingue deux types de transfert :

Le transfert de chaleur et le transfert de la masse (relatif au déplacement du fluide)

Le transfert de chaleur

On a trois modes de transfert de chaleur :

- **Le transfert par conduction** : il y a contact entre les deux corps, le transfert se fait sans déplacement de matière.
- **Le transfert par rayonnement** : le transfert se fait au moyen d'ondes électromagnétiques. Ce transfert a toujours lieu, mais il est négligeable devant la conduction et la convection en dessous de 100 °C généralement.
- **Le transfert par convection** : un des corps au moins est un fluide : la chaleur se transmet par le déplacement ou le mélange des fluides. Ce mouvement peut être naturel ou forcé (pompe, ventilateur ...) Dans tous les cas, on définit le flux



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès

FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

thermique par la quantité de chaleur transférée par unité de temps. C'est une puissance et s'exprime donc en Watt.

Le transfert de la masse :

- **A courant co-courant** : les deux fluides sont disposés parallèlement et vont dans le même sens
- **A contre courant** : idem, mais les courants vont dans des sens opposés.
- **A courant croisé** : les deux fluides sont positionnés perpendiculairement.

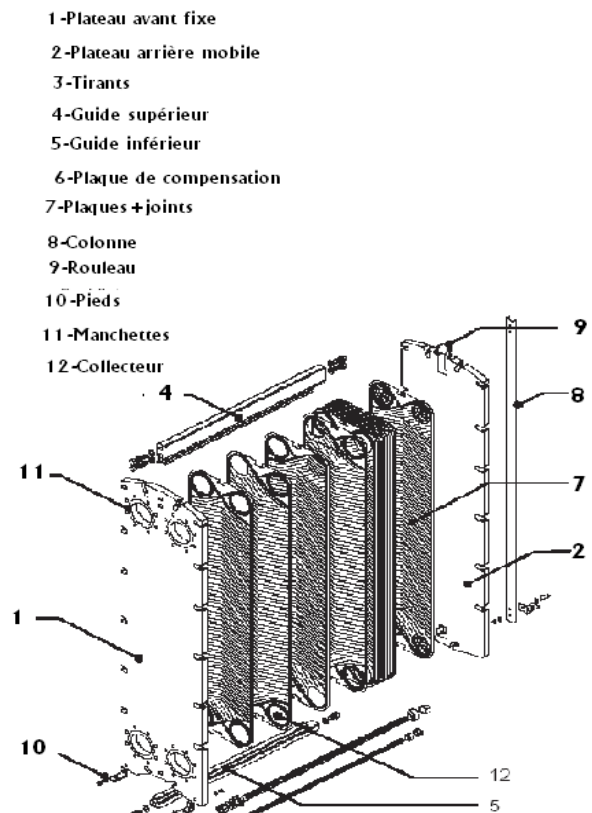
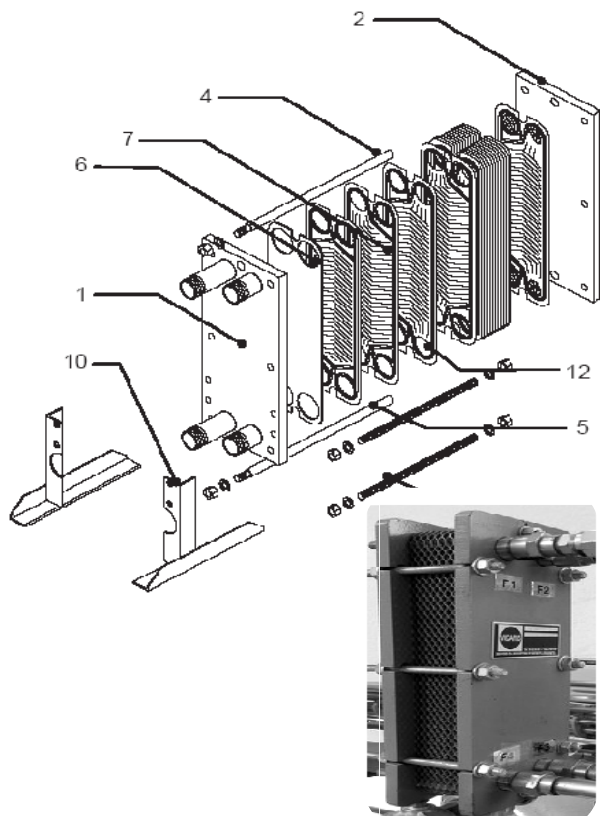
Les fluides utilisés dans l'échangeur de chaleur :

Les fluides utilisés peuvent avoir de propriétés différentes .Le choix des fluides utilisés dépend du coût, de la température, de performance de la capacité d'énergie et aussi la compatibilité avec les matériaux utilisés dans l'échangeur (la corrosion).

Au niveau du TTS, les échangeurs utilisent comme fluides l'eau et la vapeur d'eau.

1.1-Echangeur à plaques

L'échangeur à plaques est un type d'échangeur de chaleur qui connaît un usage croissant dans l'industrie. Il est composé d'un grand nombre de plaques disposées en forme de millefeuilles et séparées les unes des autres d'un petit espace (quelques millimètres) où circulent les fluides.





Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Figure 16 : échangeur à plaques

Mode de fonctionnement :

Le principe est le suivant : des plaques métalliques sont empilées ; entre chaque plaque circule alternativement des 2 fluides qui s'échangent par l'intermédiaire de la plaque de la chaleur. Le périmètre des plaques est bordé d'un joint qui permet par compression de la structure d'éviter les fuites.

Caractéristiques de l'échangeur à plaques ALFA-LAVAL :

Type : échangeur à plaques M10-MFM

Fluide principal : 90°C-70°C

Débit : 35-75 m³/h

Fluide secondaire : solution dégraissage ou phosphatation au zinc

Débit : 130Kg/h

Surface d'échange : 9.24-10.34m²

Puissance : 700000Kcal/h

| Avantages | Inconvénients | Utilisation |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Compact | Faible écart de T possible | Vapeur /eau |
| Très bons coefficients de transfert | Régulation | Eau/eau |
| Prix compétitifs | Perte de charge importante | Huile/eau |
| Peu de pertes thermiques | Pression de travail limitée | Eau surchauffée/eau |
| Modulable | | |

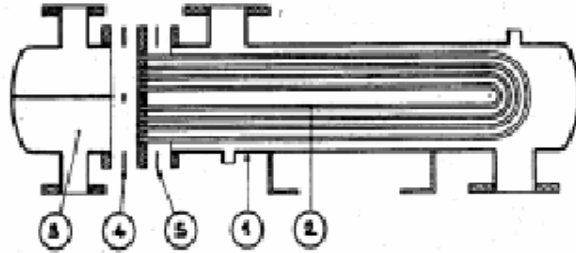
1.2-Echangeur tubulaire

C'est un type d'échangeur dans lequel passe un des fluides calorifiques(vapeur d'eau) dans les faisceau tubulaire en forme de U, et l'autre(eau) à l'extérieur de sorte que le transfert thermique aie lieu sans que les deux fluides ne soient en contact.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

modèle U



- ① - Corps
- ② - Faisceau tubulaire
- ③ - Calotte
- ④ - Joint de calotte
- ⑤ - Joint de corps

Figure17 : échangeur tubulaire

Caractéristiques de l'échangeur tubulaire type U :

Type : UX 457-12-2B

Fluide principal : vapeur

Débit : 5.719 m³/h

Fluide secondaire : 90 °C-70 °C

Débit : 140 Kg/h

Surface d'échange : 22.21m²

Puissance : 2800000Kcal/h

| Avantages | Inconvénients | Utilisation |
|---|---|--|
| Résiste aux fortes pressions Libre dilatation des tubes et du corps Toutes puissances | Encombrement Prix de revient élevé Débouchage difficile | vapeur/eau Eau surchauffée/eau Huile/eau |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

III-CALCUL DE LA PUISSANCE CALORIFIQUE NECESSAIRE POUR CHAUFFER LES BAINS

1-Calcul de la quantité de chaleur nécessaire pour chaque bain

La quantité de chaleur nécessaire pour chauffer un bain est donnée par la formule suivante :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = \rho_p \cdot V_p \cdot C_p \cdot \Delta T$$

ρ_p (masse volumique du produit) = $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$ (car les propriétés physiques des produits ajoutés n'influencent pas celles de l'eau)

V_p = Volume du bain

$\Delta T = (T_f - T_i)$ Différence de température

T_f : Température désirée du bain (en °C)

T_i : Température du bain au repos (en °C)

C_p = Capacité calorifique de l'eau (=1kcal/Kg.°C)

Q = quantité de chaleur (kcal)



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| Bains | Données | Saisons | |
|-----------------------|--|---|---|
| | | Eté | hiver |
| Dégraissage mixte | $V_p=22m^3$; $T_f=58^{\circ}C$ $T_i(\text{été})=35^{\circ}C$; $T_i(\text{hiver})=25^{\circ}C$ $\Delta T=33^{\circ}C$ (hiver) ; $\Delta T=23^{\circ}C$ (été) | $Q=1000 \times 22 \times 1 \times 23$ = 506000Kcal | $Q=1000 \times 22 \times 1 \times 33$ =720000Kcal |
| Dégraissage immersion | $V_p=50m^3$; $T_f=58^{\circ}C$ $T_i(\text{été})=35$; $T_i(\text{hiver})=25$ $\Delta T=23^{\circ}C$ (été) ; $\Delta T=33^{\circ}C$ (hiver) | $Q=1000 \times 50 \times 1 \times 23$ =1150000Kcal | $Q=1000 \times 50 \times 1 \times 33$ =1650000Kcal |
| Dégraissage immersion | $V_p=50m^3$; $T_f=58$ $T_i(\text{été})=35^{\circ}C$; $T_i(\text{hiver})=25^{\circ}C$ $\Delta T=23^{\circ}C$ (été) ; $\Delta T=33^{\circ}C$ (hiver) | $Q=1000 \times 50 \times 1 \times 23$ =1150000Kcal | $Q=1000 \times 50 \times 1 \times 33$ =1650000Kcal |
| Phosphatation | $V_p=165m^3$; $T_f=48^{\circ}C$ $T_i(\text{été})=32^{\circ}C$; $T_i(\text{hiver})=28^{\circ}C$ $\Delta T=16^{\circ}C$ (été) ; $\Delta T=20^{\circ}C$ (hiver) | $Q=1000 \times 165 \times 1 \times 16$ =2640000Kcal | $Q=1000 \times 165 \times 1 \times 20$ =3300000Kcal |

Tableau 4 : Quantité de chaleur pour chaque bain

En hiver on doit fournir une quantité de chaleur de **7320000Kcal** pour chauffer les bains alors qu'en été on a besoin que de **5446000Kcal**. Cette différence de quantité de chaleur est due à la température initiale des bains qui dépend des saisons.

2-Calcul de puissance calorifique nécessaire pour chauffer chaque bain

Le calcul de puissance calorifique nécessaire pour chaque bain est donné par la relation suivante :

$$\Phi = \frac{m \cdot Cp \cdot \Delta T}{t} = \frac{Q}{t}$$

Φ = Puissance calorifique (en kcal/h)

Q=Quantité de chaleur nécessaire pour chaque bain (en Kcal)

t= temps nécessaire pour chauffer le bain (en h)



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

$\Delta T = (T_f - T_i)$ Différence de température (T_f : Température désiré du bain et T_i : Température du bain au repos).

En été $t=4h$ et en hiver $t=5h$

| Bains | saisons | |
|-------------------------|--|---|
| | été | Hiver |
| Dégraissage mixte | $\Phi=506000/4h$ =126500Kcal/h | $\Phi=720000/5h$ =145200Kcal/h |
| Dégraissage immersion 1 | $\Phi=1150000/4h$ =287500Kcal/h | $\Phi=1650000/5h$ =330000Kcal/h |
| Dégraissage immersion 2 | $\Phi=1150000/4h$ =287500Kcal/h | $\Phi=1650000/5h$ =330000Kcal/h |
| Phosphatation | $\Phi=26400000/4h$ =660000Kcal/h | $\Phi=3300000/5h$ =660000Kcal/h |

Tableau 5: Puissance calorifique pour chauffer chaque bain

Conclusion :

Pour les 4 bains on a besoin :

En été, d'une quantité de chaleur de 5446000Kcal =**5446 Tcal** donc une chaudière de puissance calorifique de **1362000 Kcal/h =1362Tcal/h**.

En hiver, d'une quantité de chaleur de **7320000 Kcal=7320 Tcal** donc une chaudière de puissance calorifique **1465000 Kcal/h=1465 Tcal/h**

On peut dire que la chaudière à eau chaude (Egfi) peut chauffer les 4 bains puisqu' elle a une puissance calorifique ($\Phi=2000 Tcal/h$) supérieur à ce dont on besoin pour chauffer les bains.

IV-CALCUL DE LA QUANTITE DE CHALEUR NECESSAIRE POUR LE MAINTIEN



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Après le chauffage des bains à la température désirée, on y fait passer les caisses issues de la tôlerie.

Ainsi la température des bains va chuter suite à l'échange thermique entre les caisses et les bains, donc il sera nécessaire de les réchauffer jusqu'à leur température désirée, d'où on parle de maintien.

Pour cela la quantité d'énergie nécessaire pour le maintien de chaque bain est donnée par l'expression suivante :

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = \rho_p \cdot V_p \cdot C_p \cdot \Delta T$$

ρ_p =masse volumique du produit= $\rho_{eau}=1000\text{Kg/m}^3$ (car les propriétés physiques des produits ajoutés n'influencent pas celles de l'eau)

V_p =Volume du bain (en m^3)

ΔT = (T_f-T_i) Différence de température (en $^{\circ}\text{C}$)

T_f : Température désirée du bain (en $^{\circ}\text{C}$)

T_i : Température du bain après la sortie de la caisse (en $^{\circ}\text{C}$)

C_p =Capacité calorifique de l'eau (=1kcal/Kg. $^{\circ}\text{C}$)

Q =quantité de chaleur (kcal)

| Bains | Données | Q nécessaire pour le maintien |
|-------------------------|---|-------------------------------|
| Dégraissage mixte | $V_p=22\text{m}^3$ $T_f=58$ T_i (en été) =41 $\Delta T=17^{\circ}\text{C}$ | $Q=374000$ Kcal |
| Dégraissage immersion 1 | $V_p=50\text{m}^3$ $T_f=58$ T_i (en été) =43 $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ | $Q=750000$ Kcal |
| Dégraissage immersion 2 | $V_p=50\text{m}^3$ $T_f=58$ T_i (en été) =46 $\Delta T=12^{\circ}\text{C}$ | $Q=600000$ Kcal |
| Phosphatation | $V_p=165\text{m}^3$ $T_f=48$ | $Q=1320000$ Kcal |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| | | |
|--|--|--|
| | T_i (en été) = 40 $\Delta T = 8^\circ\text{C}$ | |
|--|--|--|

Tableau 6 : Quantité de chaleur pour le maintien des températures des bains

Pour le maintien des bains en été on aura besoin d'une quantité d'énergie de **3044 Tcal** donc une chaudière de puissance calorifique de **761 Tcal/h** or la chaudière à eau chaude a une puissance calorifique de **2000 Tcal/h** d'où elle peut assurer le maintien des bains .

V-VERIFICATION DES PERFORMANCE DES ECHANGEURS

1-Détermination de la puissance calorifique réelle fournie par l'échangeur pendant l'échange thermique

Au niveau de l'échangeur circule deux fluides, l'eau chaude issue de la chaudière circule pour chauffer l'eau des bains. La puissance calorifique fournie par l'échangeur pour chauffer le bain est donnée par l'expression :

$$\Phi = \dot{m}C_p\Delta T$$

\dot{m} = Débit massique du produit (Kg/h)

$\Delta T = (T_e - T_s)$: Différence de température en °C

T_e : température d'entrée de l'eau dans l'échangeur en °C

T_s : température de sortie de l'eau dans l'échangeur en °C

$$\dot{m} = 160000 \text{ (kg/h)}$$

C_p = Capacité calorifique de l'eau (1kcal/Kg.°C)

$$T_e = 68^\circ\text{C} \text{ et } T_s = 65^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 68 - 65 = 3^\circ\text{C}$$

$$\Phi = 160000 \times 1 \times 3 = \mathbf{480000 \text{ Kcal/h}}$$

2-Détermination de l'efficacité de l'échangeur

L'efficacité d'un échangeur, notion similaire à celle d'un rendement, est très utile pour caractériser la qualité d'un échangeur. Il est défini par la formule :

$$E = \frac{\Phi_{\text{réelle échangée}}}{\Phi_{\text{max.échangéable}}}$$



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

$$\Phi_{\text{max.échangeable}}=700000\text{Kcal/h}$$

$E=480000\div700000=0,68$ $E=68\%$ ($>50\%$) donc les échangeurs au niveau du Tunnel de Traitement de Surface sont efficaces d'où ils sont capables d'assurer l'échange thermique pour chauffer les bains.

VI-SOLUTION PROPOSEE

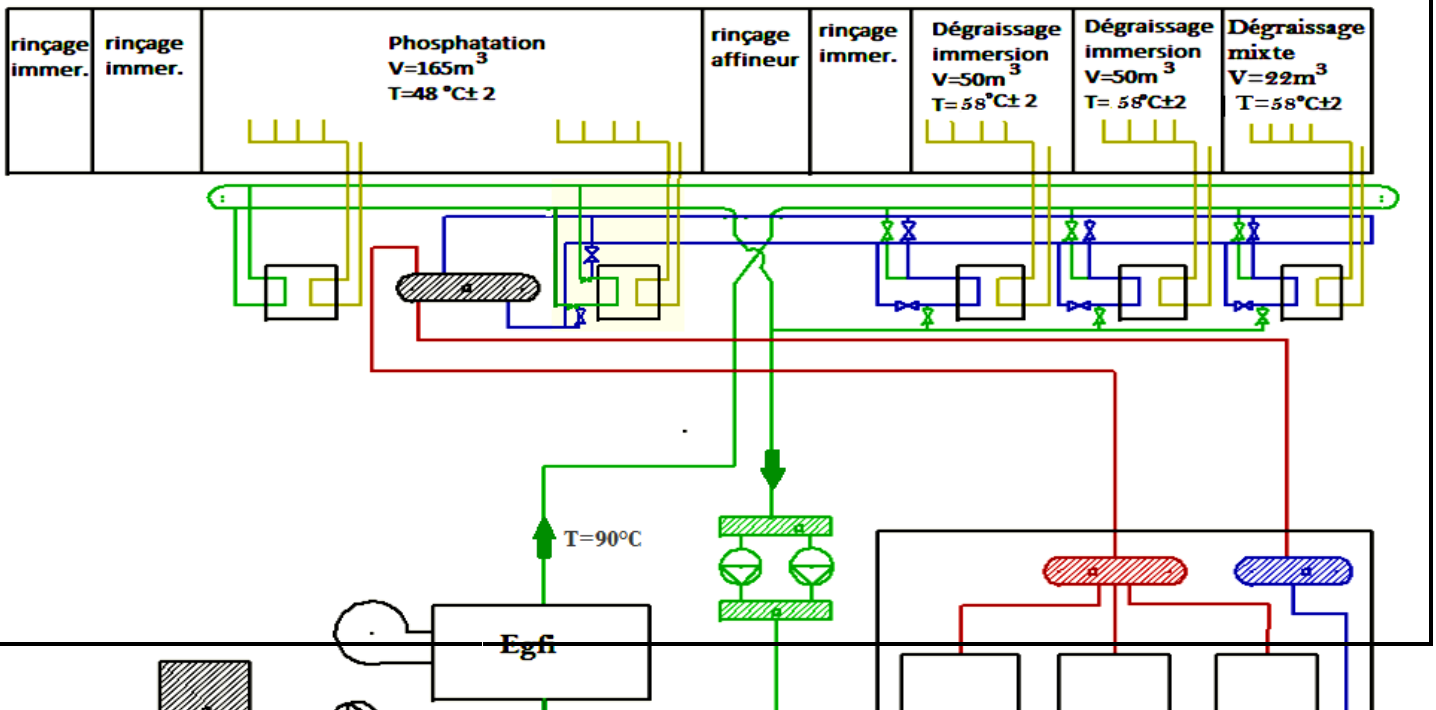
On propose de :

- préchauffer les bains de phosphatation et de dégraissage le lundi de 2h à 7h (en hiver) avec les chaudières à vapeur (wanson1, wanson2 et Babcock)
- utiliser la chaudière à eau chaude egfi pour le maintien des bains jusqu'au samedi
- Faire fonctionner chaque chaudière deux jours dans la semaine

Avec cette proposition il y aura réduction du temps de fonctionnement des chaudières ce qui signifie une réduction de consommation en gaz, en électricité, en coût de maintenance et enfin en consommation d'eau déminéralisée.

Avec l'ancienne installation, on ne peut pas utiliser la chaudière à eau chaude (Egfi) pour chauffer les autres bains de dégraissage donc il nous faut une nouvelle installation qui nous permettra d'appliquer la solution proposée.

La nouvelle installation ainsi proposée est la suivante :





Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Figure 18 : Schéma de l'installation proposée

La conduite d'aller de l'eau chaude issue de la chaudière à eau chaude Egfi (en verte) est prolongée vers les bains de dégraissage, au niveau de chaque échangeur il y a un piquage qui permet à l'eau chaude de circuler dans l'échangeur pour le chauffage du bain et la sortie est reliée à un collecteur pour le retour de l'eau vers la chaudière.

Le fait qu'on a laissé les anciens piquages et la conduite de l'eau issue du collecteur tubulaire (en bleu) c'est pour revenir à l'ancienne installation en cas de problème issu de la chaudière Egfi, ce qui nous permettra d'éviter l'arrêt total du fonctionnement du Tunnel de Traitement de Surface.

Le départ de l'eau chaude se fera vers le haut de la chaudière (Egfi) (voir schéma de l'installation proposée) car c'est là où se trouve le point le plus chaud, ce qui n'était le cas pour l'ancienne installation.

VII-CALCUL DE LA CONSOMMATION ACTUELLE EN GAZ ET EN ELECTRICITE

1- Consommation en gaz bupro des chaudières (Wanson1et 2, Babcock) de l'UET vapeur et gaz

La consommation de gaz par semaine est déterminée par la formule suivante :

$$\Phi_{pc} = \frac{\text{Consommation en gaz} \times Pcs \times \eta}{\text{Temp de fonctionnement}} \iff \text{Consommation en gaz} = \frac{\Phi_{pc} \times \text{temps de fonctionnement}}{Pcs \times \eta}$$

Φ_{pc} : Puissance calorifique de la chaudière (kw)

Pcs : pouvoir calorifique supérieur du gaz bupro (mélange de butane et propane) (en kwh /kg)= 27,5kwh/kg

η : rendement de la chaudière =Puissance de la chaudière ÷Puissance du bruleur

| Chaudières | Φ_{pc} (kw) | $\Phi_{bruleur}$ (kw) | η | Temps de fonctionnement (h/semaine) | Cons. en bupro (kg/mois) |
|------------|---------------------|--------------------------|--------|---|-----------------------------|
| | | | | | |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

| | | | | | |
|---------|------|------|------|----|-------|
| Wanson1 | 2980 | 3700 | 0,8 | 56 | 30341 |
| Wanson2 | 4342 | 4600 | 0,94 | 87 | 58453 |
| Babcock | 4342 | 4600 | 0,94 | 77 | 51734 |

Tableau 7 : consommation en gaz bupro de l'installation actuelle

On a un total de consommation en gaz (bupro) de **35132 kg/semaine** donc **140528 kg/mois**

2- Consommation en électricité des chaudières

La consommation en électricité est donnée par la formule suivante :

$$C_{elec} = C_{cons.bruteur} \times h_{fonctionnement}$$

C_{elec} : Consommation d'électricité par semaine (kw/semaine)

$C_{cons.bruteur}$: Consommation du bruteur de la chaudières en électricité (kw/h)

$h_{fonctionnement}$: temps de fonctionnement des chaudières (h/semaine)

| Chaudières | Données | Consommation en électricité |
|------------|---|---|
| Wanson1 | $C_{cons.bruteur} = 4Kw/h$ $h_{fonctionnement} = 56h/semaine$ | $C_{elec} = 4 \times 56 = \mathbf{224}$ kw/semaine |
| Wanson2 | $C_{cons.bruteur} = 10Kw/h$ $h_{fonctionnement} = 87h/semaine$ | $C_{elec} = 10 \times 87 = \mathbf{870}$ kw/semaine |
| Babcock | $C_{cons.bruteur} = 10Kw/h$ $h_{fonctionnement} = 77h/semaine$ | $C_{elec} = 10 \times 77 = \mathbf{770}$ kw/semaine |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Tableau 8 : Consommation en électricité de l'installation actuelle

On a une consommation totale en électricité de **1864 kw/semaine** donc **7456 Kw /mois**.

VIII-CALCUL DE LA CONSOMMATION EN GAZ ET EN ELECTRICITE POUR LA NOUVELLE PROPOSITION

On propose de :

- préchauffer les bains de phosphatation et de dégraissage le lundi de 2h à 7h (en hiver) avec les chaudières à vapeur (wanson1, wanson2 et Babcock)
- utiliser la chaudière à eau chaude Egfi pour le maintien des bains jusqu'au samedi
- allumer une chaudière par jour pour le chauffage de l'apprêt (2 jours de fonctionnement par chaudières).

Consommation en gaz et en électricité :

Si on utilise par exemple Wanson1 et Wanson2 pour préchauffer les bains, et une chaudière à vapeur par jour pour l'apprêt on aura :

Préchauffage :

Les formules qui nous permettent de calculer la consommation en gaz et en électricité sont :

$$C_{\text{gaz}} = C_{\text{consommation de gaz/heure}} \times T_{\text{temps de fonctionnement / semaine}}$$

$$C_{\text{électrités}} = C_{\text{électricité/heure}} \times T_{\text{temps de fonctionnement / semaine}}$$

| Chaudières | Consommation en gaz bupro (TTS) (kg/semaine) | Consommation en électricité (TTS) kw/semaine) |
|------------|---|--|
| Wanson1 | 135×5= 675 | 4×5= 20 |
| Wanson2 | 168×5= 840 | 10×5= 50 |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Tableau 9 : Consommation en gaz et en électricité de l'installation proposée (pour le préchauffage)

Pour l'apprêt :

Pour le chauffage de l'apprêt, chaque chaudière peut fonctionner deux jours de la semaine, dans ce cas on aura :

| Chaudières | Consommation en gaz bupro (apprêt) (kg/semaine) | Consommation en électricité (apprêt) (kw/semaine) |
|------------|---|---|
| wanson1 | $C_{\text{gaz}}=135 \times 48=6480$ | $C_{\text{elec}}=4 \times 48=192$ |
| wanson2 | $C_{\text{gaz}}=168 \times 48=8064$ | $C_{\text{elec}}=10 \times 48=480$ |
| Babcock | $C_{\text{gaz}}=168 \times 48=8064$ | $C_{\text{elec}}=10 \times 48=480$ |

Tableau 10 : Consommation en gaz et en électricité de l'installation proposée (pour l'apprêt)

La consommation par semaine de gaz bupro est de **24123** kg/semaine

donc **96492** kg/mois. Et la consommation d'électricité par semaine est de **1222** kw/semaine donc **4888** kw/mois.

IX-GAIN MENSUELLE AVEC LA SOLUTION PROPOSEE

| | Consommations | |
|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | Gaz bupro (kg/mois) | Electricité (kw/mois) |
| Situation actuelle | 140528 | 7456 |
| Situation proposée | 96492 | 4888 |
| Gains en consommation | 44036 | 2568 |
| Gains en cout (dirham/mois) | $44036 \times 10= 440360$ | $2568 \times 0,7= 1798$ |



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Tableau 11 : Détermination des gains mensuels avec la situation proposée

X-CALCUL DES PERTES DE CHARGES

Lorsqu'une certaine quantité d'eau circule à travers une installation, cela provoque un frottement. Les molécules d'eau frottent plus ou moins contre la paroi intérieure de la tuyauterie en fonction de la rugosité de cette dernière.

Lors du passage dans les coudes, le fluide subit un changement de direction ; dans les réductions, la même quantité de fluide doit passer par un diamètre inférieur, etc....

L'ensemble de ces frottements est appelé : **pertes de charge ou pertes de pression.**

Dans les conduites d'eau chaude de la chaudière Egfi, on a des pertes de charges linéaires et des pertes de charges singulières.

1-Calcul de pertes de charge linéaire :

On parle de perte de charge linéaire lors de l'écoulement général de l'eau dans une conduite rectiligne.

Au niveau de l'installation actuelle, on a une conduite de diamètre 80 mm et une pompe de débit de 110 m³/h

Si pour la nouvelle installation on conserve la même pompe et le même diamètre de conduite, la perte de charge linéaire sera donnée par l'abaque suivant :



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

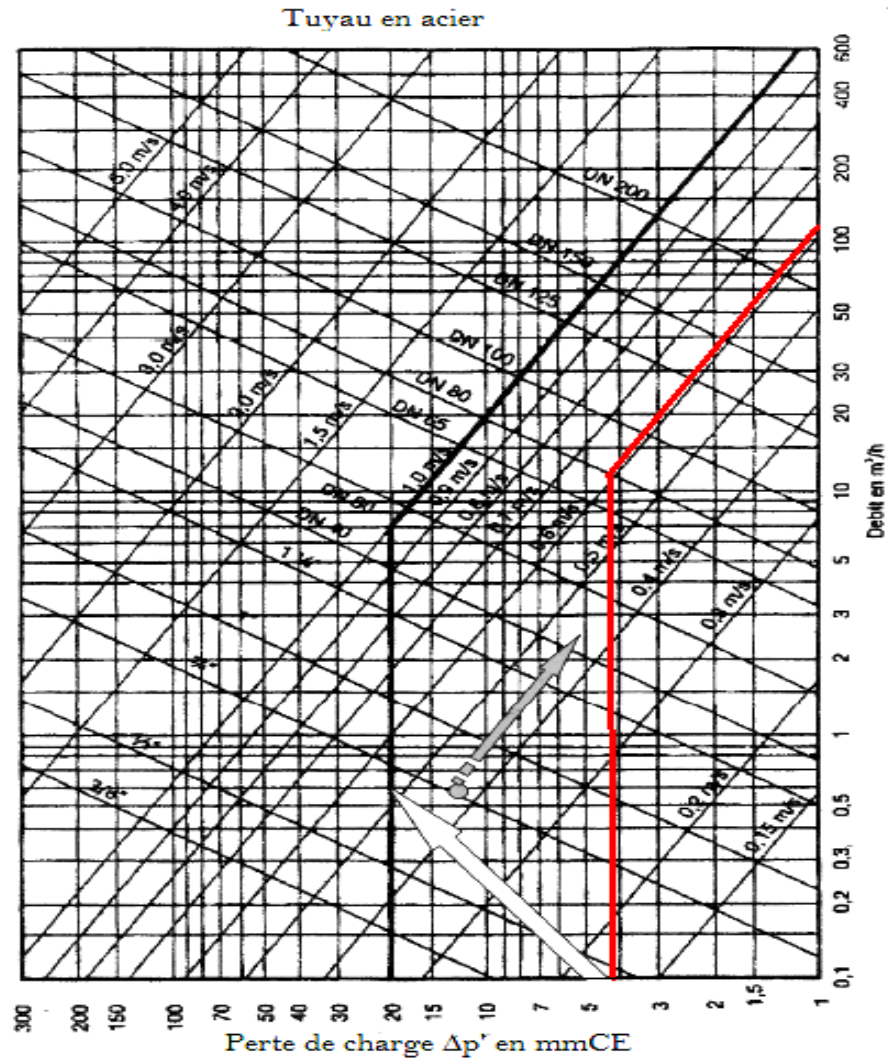


Figure 19 : Abaque de détermination des pertes de charges linéaires

Règle de détermination des pertes de charges linéaires :

$$q=110\text{m}^3/\text{h}$$

DN (diamètre nominal des conduites) = 80mm

- on pointe le débit en abscisse (verticale) en m^3/h , $q=110\text{m}^3/\text{h}$,
- on trace une droite parallèle à celle en noire jusqu'à la droite de diamètre 80mm ,
- et enfin on prolonge verticalement la droite jusqu'à l'ordonnée (horizontale) nous donnant ainsi la valeur de la perte de charge correspondante en mmCE.

On obtient :



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

$$\Delta p' = 4,1 \text{ mmCE}$$

La perte de charge linéaire totale est donnée par :

$$\Delta p = L \times \Delta p'$$

L = longueur de la conduite (de la nouvelle installation) = 96,85 m

$$\Delta p = 96,85 \times 4,1$$

$$\Delta p = \mathbf{397,1 \text{ mmCE}}$$

Sur les transversales de vitesses, on prélève $v = 0,6 \text{ m/s}$ nécessaire pour calculer $\frac{\gamma v^2}{2g}$

2-Calcul de pertes de charges singulières

Les pertes de charges singulières correspondant aux accidents de parcours dans les réseaux hydrauliques et sont exprimées par la relation suivante :

$$\Delta p_s = \frac{\zeta \cdot \gamma v^2}{2g}$$

Δp_s = Perte de charge singulière en mmCE

ζ = Coefficient caractérisant de la nature de la résistance locale

$\frac{\gamma v^2}{2g}$ = Pression dynamique de l'eau en mmCE dont la valeur $\gamma = 0,972 \text{ (972 kg/m}^3\text{)}$ pour l'eau de chauffage à 90°C

Calcul de la pression dynamique de l'eau (en mmCE) :

$$\frac{\gamma v^2}{2g} = \frac{(0,972 \times 0,6^2)}{0,02} = 17,5 \text{ mmCE}$$



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Le tableau suivant nous permet d'évaluer les différents coefficients ζ :

| DESIGNATION | 10 3/8" | 15 1/2" | 20 3/4" | 25 1" | 32 1 1/4" | 40 1 1/2" | ≥ 50 ≥ 2" | SYMBLES |
|---|------------|------------|------------|----------|--------------|--------------|--------------|------------|
| vannes radiateur équerre | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | - | |
| vannes radiateur passage direct | 9 | 9 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 | |
| vannes à passage direct (sièges parallèles) | 10 | 10 | 7 | 7 | 5 | 5 | 4 | |
| vannes à passage direct (sièges obliques) | 3,5 | 3,5 | 3 | 3 | 2,5 | 2,5 | 2 | |
| vannes à opercule | 1,5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| vannes papillon | 4 | 3,5 | 2 | 2 | 1,5 | 1,5 | 1 | |
| clapet anti-retour | Environ 40 | | | | | | | |
| courbe à 90° | 2 | 1,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | |
| courbe à 180° | 2,5 | 2,5 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | |
| coude à 90° équerre | 2,5 | 2 | 1,5 | 1,5 | 1 | 1 | 1 | |
| chaudière ou échangeur | 2,5 | | | | | | | |
| radiateur | 3 | | | | | | | |
| reservoir dbi enveloppe | sortie 0,5 | | | entrée 1 | | | | |
| changement de section | | | | | | | | 0,5 1 |

Tableau 12 : Tableau de détermination du coefficient ζ

Dans la conduite d'eau chaude, il y a 4 courbes de 90°, 1 courbe de 180° et un clapet anti retour donc d'après le tableau on aura :



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

$$\zeta = 4 \times 0,5 + 1 \times 1 + 1 \times 0 = 3$$

Donc les pertes de charges singulières sont :

$$\Delta p_s = 3 \times 17,5$$

$$\Delta p_s = 52,5 \text{ mmCE}$$

3-Calcul de la hauteur manométrique(H)

Nous venons de voir qu'il y a des pertes de pression le long du parcours de l'eau dans les tuyauteries. D'autre part, l'eau a besoin de pression à la sortie de la chaudière pour pouvoir circuler dans l'installation. Cette pression sera donnée soit par la différence de

pois volumique entre les colonnes d'eau chaude et d'eau froide, soit par une pompe de circulation.

Cette pression motrice est également donnée en mmCE, on l'appelle « **hauteur manométrique de l'installation** »

$$H = \Delta p + \Delta p_s$$

$$H = 397,1 + 52,5 \text{ mmCE}$$

$$H = 450 \text{ mmCE} = 45 \cdot 10^{-3} \text{ bar} \quad (1 \text{ bar} = 10 \cdot 10^3 \text{ mmCE})$$

$$H = 45 \cdot 10^{-3} \text{ bar}$$

4-Choix de la pompe

4.1-Calcul de la puissance hydraulique P_{hyd}

La puissance hydraulique d'une pompe est donnée par la relation suivante :

$$P_{\text{hyd}} = q \times \rho \times g \times H$$

P_{hyd} : Puissance hydraulique nécessaire en kw

q: Débit de la pompe en m³/h

ρ : masse volumique du fluide (eau) en kg/m³

g= pesanteur

H= hauteur manométrique en m



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

Application Numérique :

$$P_{\text{hyd}} = 110 \times 1000 \times 9,81 \times 45 \cdot 10^{-3}$$

$$P_{\text{hyd}} = 49 \text{ kw.}$$

4.2-Calcul de la puissance mécanique nécessaire pour la pompe à installer

La puissance mécanique nécessaire pour la pompe est donnée par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_{\text{hyd}}}{P_{\text{méc}}} \implies P_{\text{méc}} = \frac{P_{\text{hyd}}}{\eta}$$

Le rendement de la pompe est $\eta=0,85$ alors $P_{\text{méc}}=49 \div 0,85$

$$P_{\text{méc}} = 57 \text{ kw}$$

Donc on a besoin d'une pompe de débit $Q=110\text{m}^3/\text{h}$ et de puissance mécanique $P_{\text{méc}}=57\text{kw}$



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

CONCLUSION

Le stage de fin d'étude passé à la SOMACA nous a permis de concilier les connaissances acquises durant notre formation et la réalité de la vie professionnelle.

En effet, nous avons rencontré beaucoup de difficultés que nous avons surmontées pendant cette expérience pour la réussite de notre travail.

Après notre rapide intégration dans l'équipe de travail de l'UET vapeur gaz, nous avons eu l'occasion de réaliser plusieurs tâches parmi lesquelles on peut citer : la détection d'anomalies dans l'installation actuelle et proposition de solutions correctives.

Le projet ainsi réalisé va permettre à la SOMACA de réduire le temps de fonctionnement des chaudières ce qui va engendrer une économie d'énergies telles que les consommations de gaz Bupro dont le gain s'éleva à **4843960 DHS/an**, la consommation en électricité dont le gain s'éleva à **19778 DHS/an** et la consommation en eau déminéralisée.

Nous pensons que cette expérience à la SOMACA nous a offert une bonne préparation à notre insertion professionnelle car elle fut pour nous une expérience enrichissante et complète qui conforte notre désir d'exercer notre futur métier d'ingénieur mécanicien.



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
FACULTE des SCIENCES et TECHNIQUES de FES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cours de transfert thermique : ([hvac-energy consultant.com](http://hvac-energy-consultant.com))

Cours de technologie chauffage : pertes de charges, calcul et dimensionnement : (Pierre Dessers-Ingénierie thermique-coordination sécurité)

Données techniques bruleur à gaz : (<http://www.tgv.ru>)

Cours de transfert de masse et échangeur de chaleur : (INSA de Lyon, département Génie civil et Urbain)

Cours sur les échangeurs thermiques : (<http://genie.industriel.iaa.free.fr>)

Cours sur le calcul de la puissance de chauffe d'une chaudière (http://www.gsp-si.ch/dateien/leistungsgarantie/calcul_pc.pdf)