REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITIE YAHIA FARES DE MEDEA

Filière : génie mécanique
spécialité : construction mécanique
Faculté : sciences et de la technologie
département : génie mécanique

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Présenté par :

BELAISSA ZAKARIA ***RAHMOUNE ABD-ERRAHMANE***

Thème :

Etude de dimensionnement d'un four pour l'incinération des déchets solides

Encadre et diriger par :
Mr : ALLICHE MOUNIR
Mr : REBHI RIDHA

Année universitaire : 2023/2024

Remerciement

Tout d'abord, nous devons remercier « ALLAH » le tout puissant De nous avoir donné tout le courage et la santé pour achever ce travail

Deuxièmement souhaite adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

On tient à remercier tout particulièrement notre encadrant
Mr : ALLICHE MOUNIR
Mr : REBHI RIDHA

pour nous avoir suivis et conseillés tout au long de la réalisation de ce mémoire pour la qualité Des renseignements qu'il nous a offerts.

Ce mémoire n'aurait jamais pu voir le jour sans le soutien actif des membres de notre famille, surtout nos parents qu'ils nous ont toujours encouragé moralement et matériellement et à qui on tient à les remercier.

Enfin on tient à exprimer vivement nos remerciements avec une profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation, car un projet ne peut pas être le fruit

Dédicace

J'ai dédié ce travail à mes proches

Pour ceux qui ont toujours cru en moi

Pour ceux qui m'ont toujours encouragé

À mes chers parents

Le dévot ne peut pas parler pour lui-même

Pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices

Je vous offre ce travail comme gage de mon amour profond

Demande à Dieu de te sauver et de te donner la santé

Longue et heureuse vie

À tous les frères et sœurs

À toute la famille Belaissa / Rahmoune

À tout ceux qui sont proches

À tous mes très chers amis

À tous les professeurs de l'enseignement primaire, intermédiaire, secondaire et universitaire

À mes collègues de Université

الـمـلـخص

والهدف من مشروع نهاية العام هذا هو إجراء دراسة عامة عن مشاكل التلوث النفطي من الرمال الصحراوية نتيجة للأنشطة النفطية والحلول الإصلاحية المقترحة للحد من آثارها السلبية على البيئة.

واستند هذا العمل إلى ثلاثة مواضيع رئيسية

اولا: *عام عن المستنقعات، حيث نوقشت أساليب العلاج المختلفة وفعاليتها حتى الآن*

ثانيا: *عرض وحدة الامتصاص الحراري ومبدأ التشغيل وعرض أهمية معايير التصميم في كفاءة وحدة المعالجة من الناحية التقنية*

ثالثا: *التصميم المقترح للفرن الدوار باستخدام برمجيات SolidWorks*

بالإضافة إلى تقديم حلول فنية تعمل على تحسين وزيادة كفاءة الفرن

ملاحظة أن هذا العمل يضع في أيدي الباحثين المستقبليين قاعدة بيانات ومعلومات لمتابعة أبحاث لا نهاية لها في هذا المجال

الكلمات المفتاحية: *الحرق، الفرن الدوار، المجفف الدوار، المستنقعات، الامتزاز الحراري، المعالجة الحرارية*

Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'année est de mener une étude générale sur les problèmes de pollution par le pétrole des sables du désert à la suite des activités pétrolières et des solutions d'assainissement proposées pour réduire leur impact négatif sur l'environnement

Ce travail était basé sur trois thèmes principaux

I : *Généralité sur Les bourbiers, où diverses méthodes de traitement et leur efficacité ont été abordées jusqu'à présent*

II : *Présentation de l'unité d'adsorption de chaleur et le principe de fonctionnement et présentation de l'importance des normes de conception dans l'efficacité de l'unité de traitement techniquement*

III : *Troisième : Conception proposée du four rotatif à l'aide du logiciel SolidWorks*

En plus de fournir des solutions techniques qui améliorent et augmentent l'efficacité du four

Notant que ce travail met entre les mains des futurs chercheurs une base de données et des informations pour poursuivre la recherche sans fin dans ce domaine

Les Mots clés : l'incinération, four rotatif, séchoir rotatif, Les bourbiers, désorption thermique, traitement thermique

Abstract

The objective of this end-of-year project is to conduct a general study on the problems of oil pollution from the desert sands as a result of oil activities and proposed remediation solutions to reduce their negative impact on the environment

This work was based on three main themes

***I:** General on quagmires, where various treatment methods and their effectiveness have been discussed so far*

***II:** Presentation of the heat adsorption unit and the principle of operation and presentation of the importance of design standards in the efficiency of the treatment unit technically*

***III:** Third: Proposed Rotary Furnace Design Using SolidWorks Software*

In addition to providing technical solutions that improve and increase oven efficiency

Noting that this work puts in the hands of future researchers a database and information to pursue endless research in this field

***Keywords:** incineration, rotary kiln, rotary dryer, quagmires, thermal desorption, heat treatment*

SOMMAIRE

Liste des figures Vi

Liste des tableaux. X

CHAPITRE I : Généralité sur l'incinération

I. 1. Introduction..... 01

I .2. Définition incinération 04

I .2. 1. Le principe de l'incinération 04

I .2. 1. 1. Préparation des déchets..... 04

I .2. 1. 2. Alimentation dans le four 04

I .2. 1. 3. Combustion..... 05

I .2. 1. 4. Traitement des gaz..... 05

I .2. 1. 5. Gestion des résidus 05

I .2. 2. Les avantages de l'incinération. 05

I .2. 3. Les inconvénients de l'incinération. 05

I .2. 4. Types d'incinérateurs..... 06

I .2. 4. 1. Incinérateur à grille 06

I .2. 4. 2. Incinérateurs à liquides, gaz et fumées. 06

I .2. 4. 3. Incinérateur à four rotatif. 07

I .3. Cas un four rotatif. 07

I .3. 1. Les types d'un four rotatif. 08

I .3. 1. 1. Four rotatif à combustion directe. 08

I .3. 1. 2. Four rotatif à combustion indirect. 09

I .3. 2. Types de déchets traités dans un incinérateur à four rotatif. 10

I .3. 3. Les principales étapes d'un four rotatif. 11

I .3. 4. Caractéristiques de fours rotatifs. 11

I .3. 5. Facteurs à considérer lors du dimensionnement d'un four. 11

I .3. 5. 1. Capacité de traitement. 11

I .3. 5. 2. Types de déchets. 11

I .3. 5. 3. Réglementations environnementales. 11

I .3. 5. 4. Efficacité de combustion et gestion des émissions. 11

I .3. 5. 5. Coûts d'exploitation et de maintenance. 11

I .3. 5. 6. Sécurité des opérateurs et protection de l'environnement. 11

I .3. 5. 5. Coûts d'exploitation et de maintenance. 11

I .3. 5. 6. Sécurité des opérateurs et protection de l'environnement. 11

CHAPITRE II : Généralité sur Les bourbiers

II. 1. Introduction. 13

II. 2. Définition de forage pétrolier. 13

II. 3. Définition de Boue de forage. 13

II. 3. 1. Les types de boues de forage. 13

II. 4. Les bourbiers. 14

II. 4. 1. Les caractéristiques des bourbiers. 14

II. 4. 2. Influence des bourbiers sur l'environnement. 15

II. 4. 3. Méthodes de traitement de la boue. 16

II. 4. 3. 1. Traitement mécanique. 17

II. 4. 3. 2. Traitement chimique (Solidification / Stabilisation). 18

II. 4. 3. 3. Traitement thermique (thermal désorption unit TDU, ou thermal phase séparation TPS) . 19

II. 5. Stratégie l'état Algérien et, partant Sonatrach dans le domaine environnemental. 20

CHAPITRE III : Présentation de l'unité de désorption thermique par chauffage indirect

III. 1. Analyse fonctionnelle. 21

III. 1. 1. Bête à cornes. 21

III. 1. 2. Diagramme pieuvre. 21

III. 1. 3. Diagramme des solutions technologique. 22

III. 2. Description du procédé de traitement par désorption thermique par chauffage indirect. 23

III. 2. 1. Objectifs du traitement par désorption thermique par chauffage Indirect. 25

III. 2. 1. 1. Evaporation. 25

III. 2. 1. 2. Stripping. 25

III. 2. 1. 3. Pression de vapeur. 25

III. 2. 1. 4. La cokéfaction. 25

III. 2. 2. Avantages et inconvénients de la désorption thermique par chauffage Indirect. 26

III. 3. Présentation unité. 27

III. 3. 1. Manipulation des Aliments. 27

III. 3. 1. 1. Double Tarière d'alimentation. 27

III. 3. 1. 2. Convoyeur de transfert (convoyeur d'entraînement) et tarière d'alimentation du séchoir. 27

III. 3. 2. Four rotatif (Séchoir Rotatif.TDU) 28

III. 3. 3. Traitement des Gaz. 30

III. 3. 4. Système de Traitement des Boues et des Déchets Traités. 31

III. 3. 5. Traitement des liquides récupérés (huile et eau). 32

III. 3. 5. 1. Réservoir d'épaississant. 33

III. 3. 5. 2. Tour de refroidissement (COOLING TOWER). 33

III. 3. 5. 3. Réservoir de séparateur d'eau d'huile. 34

III. 3. 6. Système de Sécurité et Gaz Inerte. 35

III. 3. 6. 1. Décharge de surpression. 35

III. 3. 6. 2. Vanne de basculement. 35

III. 3. 6. 3. Trémie d'alimentation. 36

III. 3. 7. Contrôle de processus TDU (Salle de contrôle) 36

III. 4. Liste des équipements TDU et spécifications techniques. 37

CHAPITRE IV : Conception détaillé du four

IV.1 : Méthodologie de dimensionnement 41

IV.2 : Méthodologie de dimensionnement par SolidWorks 45

IV.3 : Les paramètre de conception des fours 53

Conclusion 60

Référence Bibliographie 61

Annexes 63

Liste des figures

CHAPITRE I :

Figure I.1 : présente un exemple d'un incinérateur à grille 06
Figure I.2 : présente un exemple d'un Incinérateurs à liquides, gaz et fumées 06
Figure I.3 : présente un exemple d'un Incinérateurs à four rotatif 07
Figure I.4 : Four rotatif à combustion directe**.** 09
Figure I.5: Four rotatif à combustion indirect 09

CHAPITRE II :

Figure II.1 : Bourbier de forage 14
Figure II.2: Bourbier de forage à **D'OURHOUD** 14
Figure II.3: schéma qui montre les impacts des bourbiers sur l'environnement 15
Figure II.4: Chameau mort à cause de la contamination de la nappe phréatique 16
Figure II.5: Schéma explicative du TM 17
Figure II.6: Schéma fonctionnel d'une unité de Stabilisation Solidification 18
Figure II.7: l'unité de Stabilisation – solidification 18
Figure II.8: Schéma fonctionnel d'une unité de traitement thermique 19

CHAPITRE III :

Figure III.1: Schéma du procédé complet de la désorption thermique par chauffage Indirect. 24
Figure III.2: Double Tarière d'alimentation 27
Figure III.3: Convoyeur de transfert 28
Figure III.4: tarière d'alimentation du séchoir 28
Figure III.5: Four rotatif (Séchoir Rotatif.TDU) 29
Figure III.6: brûleur 29
Figure III.7: Filtre a manche (BAGHOUSE) 30
Figure III.8: Quench & scrubber 30
Figure III.9: Systeme D'oxydation Thermique (THERMAL OXIDIZER) 31
Figure III.10: Tarière à manches 31
Figure III.11: Mélangeur pugmill 32
Figure III.12: Réservoir d'épaississant 33

Figure III.13: Tour de refroidissement (COOLING TOWER) 33

Figure III.14: Réservoir de séparateur d'eau d'huile 34
Figure III.15: système de Gaz inerte (N2) TDU 35
Figure III.16: Ecrans de contrôle typique 36

CHAPITRE IV :

Figure IV.1: le joint de dilatation 59
Figure IV.2: la Conception du Four rotatif (CFAO) 60

ANNEXES

Figure I.1: Distillateur API RP 13B-2 63
Figure I.2 : Contrôle des gaz a l'échappement 64
Figure III.3: Isolation thermique 66

Liste des tableaux

CHAPITRE III :

Tableau III .1 : Liste des équipements TDU et spécifications techniques 37

CHAPITRE IV :

Tableau IV.1 : Les paramètre de conception des fours 53
Tableau IV.1 : Les données réel (l'entreprise « WATER LISE ») 53

ANNEXES

Tableau I.1 : Montage financier 65
Tableau I.1 : Echéancier de remboursement 65
Tableau I.1 : Les amortissements des investissements 66

Introduction générale

La gestion des déchets solides est un aspect crucial de la protection de l'environnement et de la santé publique. Voici quelques points clés sur le contexte et l'importance de la gestion des déchets solides :

La quantité de déchets solides générés par les activités humaines a considérablement augmenté avec l'urbanisation et l'industrialisation.

Les déchets solides comprennent une large gamme de matériaux, tels que les déchets ménagers, les déchets commerciaux, les déchets industriels et les déchets de construction et de démolition.

La mauvaise gestion des déchets solides peut entraîner des problèmes de santé publique, tels que la propagation de maladies et la contamination de l'eau et de l'air.

Les déchets solides non gérés correctement peuvent polluer les sols, les eaux souterraines et les cours d'eau, ainsi que nuire à la faune et à la flore.

La gestion appropriée des déchets solides peut contribuer à la conservation des ressources naturelles en favorisant le recyclage et la valorisation des déchets.

La gestion des déchets solides est un élément clé de l'économie circulaire, qui vise à réduire, réutiliser, recycler et valoriser les matériaux pour minimiser les déchets.

L'incinération est une méthode importante de traitement des déchets pour plusieurs raisons :

L'incinération réduit considérablement le volume des déchets solides, ce qui permet de réduire l'espace nécessaire pour les décharges.

L'incinération des déchets peut générer de la chaleur ou de l'électricité, ce qui peut être utilisé localement ou injecté dans le réseau électrique.

Certains déchets, tels que les produits chimiques toxiques, les médicaments périmés et les déchets biomédicaux, peuvent être incinérés de manière sûre pour éviter toute contamination.

Les installations d'incinération modernes sont équipées de systèmes de filtration avancés qui réduisent les émissions de polluants atmosphériques, contribuant ainsi à la réduction des gaz à effet de serre.

Certains types de déchets, tels que les plastiques mixtes et les déchets contaminés, peuvent être difficiles ou impossibles à recycler, et l'incinération peut être la meilleure option pour les traiter de manière sûre.

L'étude de dimensionnement du four dans le contexte de l'incinération des déchets solides vise à déterminer les caractéristiques et les dimensions appropriées du four pour assurer une incinération efficace et sûre des déchets. Les objectifs incluent la capacité de traitement, l'efficacité de combustion, le contrôle des émissions, la sécurité, la rentabilité et l'adaptabilité. L'objectif global est de concevoir une installation d'incinération efficace, sûre, économique et respectueuse de l'environnement pour le traitement des déchets solides.

Chapitre I :

Généralité sur l'incinération

I. 1. Introduction

Face à l'accumulation des déchets générés par les activités humaines et a la réfraction des ressources naturelles, il est impératif d'exploiter au maximum le potentiel d'énergie et de matière que représentent les déchets. La valorisation de ce gisement de matériaux et de ressources énergétique devient une problématique mondiale a l'heure où les économies modernes sont confrontées au phénomène de la rareté et au défi de l'utilisation durable des ressources. Une partie des déchets contenus dans nos poubelles ne sont ni recyclables, ni composables ou méthanisable comme les restes des repas, emballage souillés, lingettes, papier gras ou souillé. Ils constituent une source énergétique importante dont l'exploitation limitera d'autant l'utilisation de ressources fossiles (pétrole, gaz, charbon…) ou nucléaires. C'est ce qu'on appelle des déchets résiduels. Ces déchets peuvent faire l'objet d'un traitement par incinération avec valorisation énergétique. [1]

I .2. Définition d'incinération :

Méthode de traitement thermique des déchets qui consiste en une combustion technologique et une température variant selon nature du déchet et un traitement des fumées. De cette technique résultent trois catégories de résidus : mâchefers, cendre, et résidus d'épuration des fumées. La chaleur générée par l'incinération fait l'objet de valorisation énergétique (production d'électricité et de chaleur) dans la plupart des unités.

L'incinération consiste en une décomposition de la matière : oxydation, avec cinq types d'émissions :

Eau

Gas: CO, CO2, NOX, SO2, HCI

Poussière minérale (cendres)

Métaux lourds : plomb, cuivre, mercure, cadmium, nickel, arsenic

Molécules organiques : carbone, composés organiques chlorés. [1]

I .2. 1. Le principe de l'incinération

Le principe de l'incinération des déchets solides implique la combustion contrôlée des déchets à des températures élevées dans un environnement contrôlé. Voici les étapes clés du processus :

I .2. 1. 1. Préparation des déchets : Les déchets solides sont collectés et préparés pour l'incinération. Cela peut inclure le tri, le broyage et le compactage pour faciliter le processus d'incinération.

I .2. 1. 2. Alimentation dans le four : Les déchets préparés sont alimentés dans un four d'incinération spécialement conçu à cet effet. Les déchets peuvent être introduits manuellement ou mécaniquement dans le four.

I .2. 1. 3. Combustion : Une fois à l'intérieur du four, les déchets sont exposés à des températures élevées (généralement entre 800°C et 1200°C) en présence d'oxygène. Cela entraîne leur combustion, où les composés organiques sont transformés en gaz et en résidus solides.

I .2. 1. 4. Traitement des gaz : Les gaz produits par la combustion des déchets sont traités pour réduire les émissions de polluants. Cela peut inclure des systèmes de filtration pour capturer les particules, des systèmes de neutralisation pour réduire l'acidité, et d'autres dispositifs pour contrôler les émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, etc.

I .2. 1. 5. Gestion des résidus : À la fin du processus d'incinération, des résidus solides appelés "mâchefers" sont produits. Ces mâchefers peuvent être récupérés et traités pour récupérer les métaux et les matériaux valorisables, ou ils peuvent être éliminés de manière appropriée, conformément aux réglementations environnementales.

I .2. 2. Les avantages de l'incinération

Traitement adapté à toutes sortes de déchets (dangereux et non dangereux, solides et Liquides) contrairement aux autres modes de valorisation (traitement biologique par exemple)

Diminue fortement le volume des déchets

L'incinération permet de tirer le meilleur parti du contenu énergétique des déchets en produisant de la chaleur susceptible d'alimenter un réseau de chaleur urbain et/ou d'être transformée en électricité.

Selon les équipements mis en place, l'incinération permet de récupérer les métaux ferreux et non ferreux et de les valoriser [3]

I .2. 3. Les inconvénients de l'incinération :

L'incinération contribue à l'émission de polluants dans l'atmosphère, dont les quantités sont limitées par la mise en place d'un système de traitement des fumées

L'incinération génère des déchets classés dangereux (résidus d'épuration des fumées) à éliminer dans des installations de stockage de déchets dangereux

L'incinération génère des mâchefers qui sont les résidus solides obtenus après combustion.

Selon les techniques choisies (neutralisation des gaz acides des fumées par voie sèche ou humide, recyclage interne total ou non des rejets liquides), l'incinération contribue dans certains cas à l'émission de polluants liquides dans le milieu naturel, dont les quantités sont encadrées par la réglementation [1]

I .2. 4. Types d'incinérateurs :

Selon la capacité et le type de déchets, il existe différents types d'incinérateurs :

I .2. 4. 1. Incinérateur à grille :

Les incinérateurs à grille sont largement appliqués pour l'incinération des déchets urbains mélangés. D'autres déchets couramment traités dans des incinérateurs à grilles, souvent comme des ajouts aux déchets solides urbains, comprennent : des déchets non dangereux marchands et industriels, les boues d'épuration et certains déchets hospitalier. [2]



Figure I.1: présente un exemple d'un incinérateur à grille [8].

I .2. 4. 2. Incinérateurs à liquides, gaz et fumées :

C'est un four avec une chambre à combustion statique pour la destruction thermique de fumées, gaz, et liquides dangereux. Ce système n'est pas approprié pour l'incinération de déchets solides. Dans cette chambre de combustion statique, seuls les déchets liquides et gazeux sont autorisés. [2]



Figure I.2: présente un exemple d'un Incinérateurs à liquides, gaz et fumées [9].

I .2. 4. 3. Incinérateur à four rotatif :

L'incinérateur à four rotatif est fabriqué avec une chambre de combustion rotative qui maintient les déchets en mouvement, ce qui lui permet de se vaporiser pour faciliter la combustion. [2]



Figure I.3: présente un exemple d'un Incinérateurs à four rotatif [10].

I .3. Cas un four rotatif

Les fours rotatifs sont largement utilisés dans l'industrie chimique, métallurgique et pharmaceutique. Ils sont couramment utilisés à trois fins : chauffer, réagir et sécher des matériaux solides, et dans de nombreux cas.

Au cours des dernières années, les fours rotatifs sont devenus largement utilisés pour traitement des déchets et adsorption thermique de sols carbonatés

La rotation lente du four permet aux déchets d'être entièrement mélangés pendant le mélange. Le mélange peut entraîner un transfert d'entrée à sortie et une modification flexible du temps de séjour.

Lors de la conception et de la modélisation d'un four rotatif, deux aspects importants du processus, le transfert de chaleur et la cinétique de réaction, doivent être pris en compte. et Le transfert de chaleur est essentiel et joue un rôle clé dans l'efficacité four dans de nombreuses situations pratiques.

En général, un four rotatif peut être classé comme chauffé à l'intérieur et chauffé à l'extérieur, dont nous parlerons plus tard en détail. Le mode chauffé à l'intérieur principalement utilisé comme incinérateur de déchets, a des gaz de combustion à haute température comme source de chaleur. Ce type de mode de chauffage utilise directement du charbon, du gaz ou du pétrole. Le combustible passe par une chambre de combustion ou un brûleur où il est mélangé avec de l'air ou de l'oxygène pour générer du gaz à haute température. Le gaz à haute température est ensuite introduit dans le tambour dans une direction soit à co-courant, soit à contre-courant du flux solide.

Cependant, le four rotatif chauffé à l'extérieur peut utiliser un flux de chaleur électrique ou le mur extérieur qui est indirectement chauffé par le flux à haute température

Le four chauffé à l'extérieur est souvent utilisé comme pyrolyseur ou gazéificateur d'un type particulier de déchets. La plus grande différence entre les deux modes est que la perte de chaleur de la paroi extérieure à l'environnement devrait être considérée dans un mode de chauffage interne, tandis que la chaleur provenant de la paroi extérieure devrait être considérée dans un mode de chauffage externe.

Le temps de rétention des solides dans le four est un facteur de conception important et est défini par une sélection appropriée du diamètre, de la longueur, de la vitesse, de la pente et du design interne

I .3. 1. Les types d'un four rotatif

Les fours rotatifs se distinguent par leur principe de fonctionnement, à savoir la combustion directe ou indirecte.

I .3. 1. 1. Four rotatif à combustion directe :

Dans un four rotatif à combustion directe, les gaz de combustion passent par le four rotatif ou le séchoir.

La combustion peut avoir lieu dans une chambre de combustion (normal pour un séchoir) ou la flamme peut être dirigée sur la longueur du four rotatif (typique pour les calcinateurs).

Dans une application de séchage, le contact entre les gaz et les solides est la principale forme de transfert de chaleur. Dans une application de calcination, le rayonnement de la flamme est la principale forme de transfert de chaleur. Les fours rotatifs peuvent fonctionner en mode co-courant où les gaz et les solides se déplacent dans la même direction ou en mode contre-courant où ils se déplacent dans des directions opposées.

Le four peut également fonctionner en mode de réduction ou d'oxydation. Dans ce type de four rotatif, la source de chaleur est placée à l'intérieur du four. L'avantage de ce type est que le four donne plus d'efficacité. Les modes de transfert de chaleur pour le four rotatif chauffé à l'intérieur sont comme le montre la figure **I.4**.

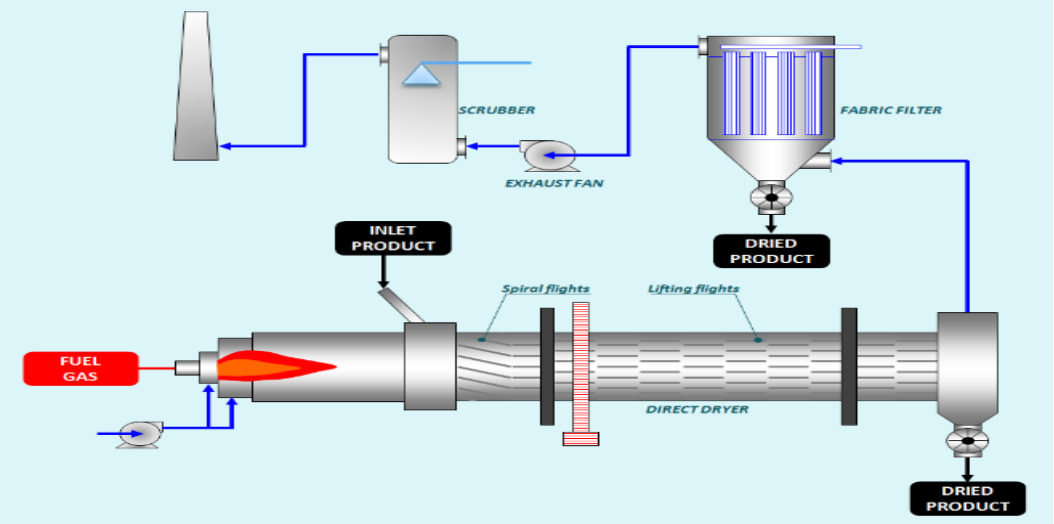


Figure I.4: Four rotatif à combustion directe [11].

I .3. 1. 2. Four rotatif à combustion indirect :

Avec un four rotatif à combustion indirect, la combustion ou toute autre forme de chauffage a lieu à l'extérieur de la coquille du four rotatif. De cette façon, le matériel en cours de traitement ne vient pas au contact des gaz de combustion. Cela peut être important pour la qualité du produit ou pour empêcher le produit de réagir aux gaz. Un autre avantage est que la quantité des gaz provenant du four qui doivent passer par un système de contrôle des émissions sont très Petit. Les fours rotatifs indirects peuvent également être utilisés comme refroidisseurs.

Le mur de four gagne la chaleur de la source de chaleur externe, le lit solide gagne la chaleur du mur.

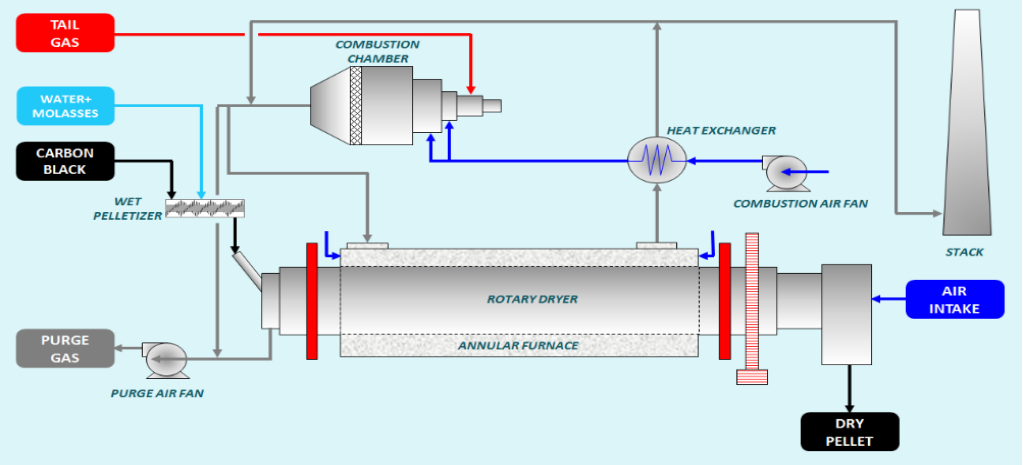


Figure I.5: Four rotatif à combustion indirect [11].

Une partie de la chaleur est stockée dans le mur. Cette chaleur stockée est sous forme d'enthalpie.

Le mur reflète une partie de la chaleur inversée sur le lit solide. Une partie de la chaleur est perdue dans l'atmosphère. Le profil de vitesse à l'intérieur du lit solide a été vu comme indiqué dans la figure **I.5**.

Le transfert de chaleur radiatif entre un gaz franc-bord non gris et les surfaces intérieures d'un four rotatif a été étudié en évaluant l'échange radiatif intégral fondamental à l'aide de méthodes numériques**.**

I .3. 2. Types de déchets traités dans un incinérateur à four rotatif :

- Déchets dangereux
- Déchets médicaux, clinique ou hospitaliers comme les « sacs de déchets rouges", les déchets infectieux, déchets opératoires, aiguilles de seringues, gants médicaux et tubes, compresses et bandages, boites de dépôts, restes médicaux, scalpels, déchets infectieux et pathologiques, restes de plasma sanguin, chiffons, déchets de laboratoire, pipettes en verre, des échantillons en plastique, matériel de culture des outils en acier, etc.
- Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux : issus d'activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif, curatif ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.
- Les déchets chimiques et les pesticides.
- Les boues, déchets d'élevage, déchets industriels, déchets pétrochimiques, les déchets d'huile, etc.

I .3. 3. Les principales étapes d'un four rotatif :

La partie de combustion

La partie de récupération d'énergie

La partie de traitement de gaz et de fumée

I .3. 4. Caractéristiques de fours rotatifs :

Les déchets tournent dans ce type de four, permettant le mélange avec de l'air

Température de fonctionnement de 800 - 1400 degré Celsius

Haute résistance aux températures élevées

Peut gérer liquide, boue, solide, gaz en grandes quantités

Peut gérer des lots comme des barils et permet une plus grande flexibilité que

I .3. 5. Facteurs à considérer lors du dimensionnement d'un four

Le dimensionnement d'un incinérateur de déchets industriels nécessite une approche holistique qui prend en compte les aspects techniques, environnementaux, réglementaires, économiques et sécuritaires pour assurer une opération efficace et conforme.

I .3. 5. 1. Capacité de traitement : Il est essentiel de déterminer la quantité de déchets industriels générés afin de dimensionner correctement la capacité de l'incinérateur. Cela implique de considérer les volumes quotidiens, hebdomadaires ou mensuels de déchets à traiter.

I .3. 5. 2. Types de déchets : Les incinérateurs doivent être conçus pour gérer une variété de déchets industriels, allant des déchets solides aux liquides, aux boues et aux gaz. Chaque type de déchet peut nécessiter des conditions de combustion spécifiques pour une élimination sûre et efficace.

I .3. 5. 3. Réglementations environnementales : Les incinérateurs doivent être en conformité avec les normes environnementales locales, régionales et nationales concernant les émissions de polluants atmosphériques, les rejets dans l'eau et les résidus solides. Le dimensionnement de l'incinérateur doit donc prendre en compte les exigences réglementaires en matière d'émissions et de traitement des résidus.

I .3. 5. 4. Efficacité de combustion et gestion des émissions : L'efficacité de la combustion et la réduction des émissions de polluants sont des priorités majeures. Le dimensionnement de l'incinérateur doit garantir une combustion complète des déchets tout en minimisant les émissions de polluants atmosphériques tels que les oxydes d'azote (NOx), les dioxydes de soufre (SO2) et les particules fines.

I .3. 5. 5. Coûts d'exploitation et de maintenance : Le dimensionnement de l'incinérateur doit prendre en compte les coûts d'exploitation, y compris la consommation de combustible, l'électricité, les produits chimiques pour le contrôle des émissions, ainsi que les coûts de maintenance préventive et corrective.

I .3. 5. 6. Sécurité des opérateurs et protection de l'environnement : La conception de l'incinérateur doit garantir la sécurité des opérateurs travaillant à proximité de l'installation, ainsi que la protection de l'environnement contre les fuites de produits chimiques ou les accidents.

Chapitre II :

Généralité sur Les bourbiers

II. 1. Introduction

Les bourbiers sont le produit des activités pétrolières et gazières. Pour comprendre ces processus qui sont très compliqués et diversifies, il faut débuter notre étude par donner un aperçu général sur les forages pétroliers qui est le premier pas qui nous permet d'avoir ces gisements exploitables, et les différentes phases de réalisation de ces projets, ainsi que les boues de forage qui constituent le sang du processus en question.

II. 2. Définition de forage pétrolier :

On appelle "forage pétrolier", l'ensemble des opérations permettant d'atteindre les roches Poreuses et perméables du sous-sol, susceptibles de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux. L'implantation d'un forage pétrolier est décidée à la suite des études géologiques et géophysiques. Ceci nous permet de nous faire une idée de la constitution de sous-sol et des possibilités de gisements, sans pour autant préciser la présence d'hydrocarbures. L'opération de forage peut alors confirmer les hypothèses faites et mettre en évidence la nature des fluides contenus dans les roches. (Nguyen, 1993) [5].

II. 3. Définition de Boue de forage :

Les boues de forage sont fréquemment utilisées dans l'industrie pétrolière et gazière et désignent tout fluide de forage liquide. Ce mélange lourd et gélatineux est utilisé principalement pendant les forages pétroliers et les puits de gaz naturel ainsi que sur les plateformes de forage d'exploration. Mais encore, les fluides de forage peuvent également être utilisés pour des processus de forage plus simples, tels que des puits d'eau [6].

II. 3. 1. Les types de boues de forage :

Il existe 3 principaux types de fluides de forage liquides, ou boues de forage, dont :

- Les fluides à base d'huile
- Les fluides à base d'eau
- Les fluides de forage gazeux.

La plupart des boues de forage sont à base d'eau (eau douce ou salée) ou de saumure (naturelle ou artificielle). Ces boues de forage contiennent également de l'argile et de la baryte pour lui donner du poids et de la viscosité. Tandis que les fluides à base d'huile utilisent des produits tels que le diesel ou l'huile minérale. Certaines boues de forage synthétiques utilisent des composés hautement raffinés qui peuvent être fabriqués selon des propriétés spécifiques.

II. 4. Les bourbiers :

Dans le domaine de l'exploitation pétrolière, une panoplie des produits chimiques est employée dans la formulation des boues de forage. Ces composés de natures différentes et dont la toxicité et la biodégradabilité sont des paramètres mal définis, sont cependant déversés dans la nature. En plus des hydrocarbures (HC, tels que le gazole) constituant majeur des boues à base d'huile, on note les déversements accidentels du pétrole, ainsi que d'une variété d'autres produits et additifs spéciaux (tensioactifs, polymères, ...) qui peuvent exister sur les sites de forage. Ces rejets sont généralement stockés dans des endroits appelés bourbiers [7].



Figure II.1: Bourbier de forage à (Golden Petroleum, 2021) [12].

II. 4. 1. Les caractéristiques des bourbiers :

Le bourbier est une fosse septique sans toit qui est étanché par un plastique (liner) imperméable qui joue le roule d'une plateforme pour le bourbier, cette architecture qui est inadéquate à cause de la possibilité de pénétration des métaux lourd au sol d'une part et avoir des vapeurs des hydrocarbures voisinage du sol d'autre part.

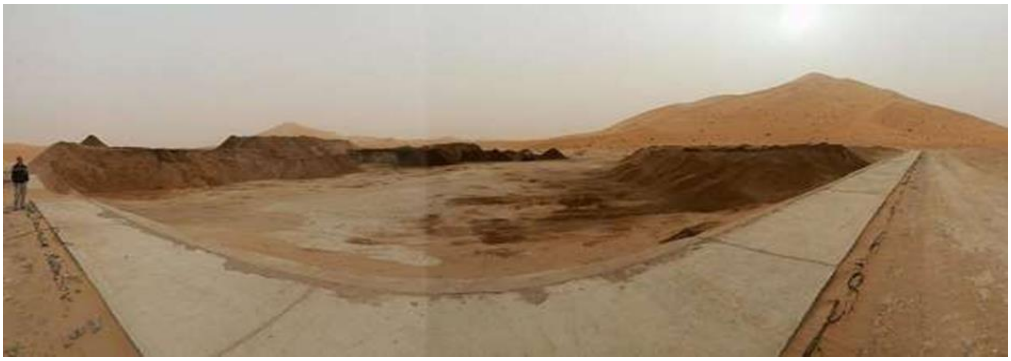


Figure II.2: Bourbier de forage à **D'OURHOUD** [7].

II. 4. 2. Influence des bourbiers sur l'environnement :

Les bourbiers sont principalement contaminés par des hydrocarbures gasoil ou pétrole, provenant de la boue à base d'huile et des métaux lourds Comme le plomb provenant principalement des additifs de la boue.

Les risquent de contaminer le sol et le sous-sol par les actions suivantes :

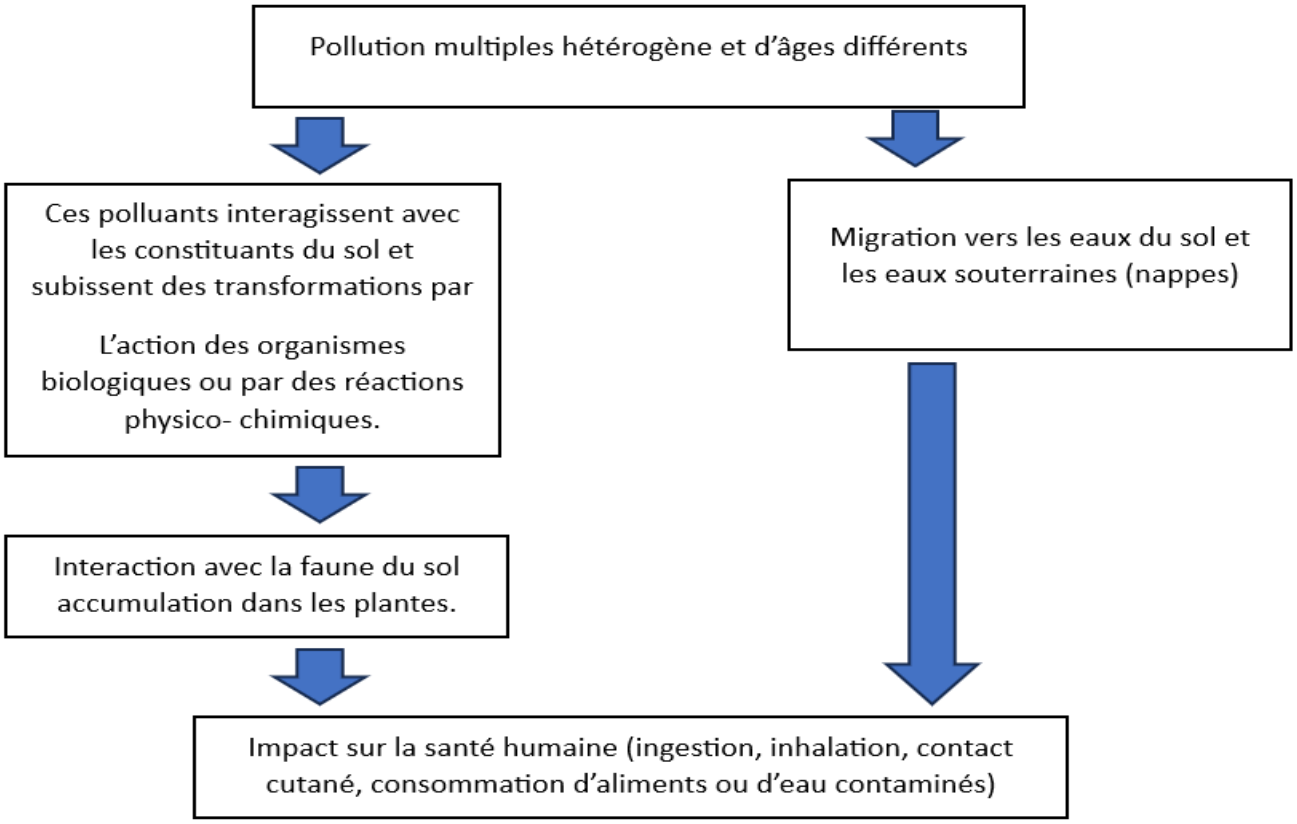


Figure II.3: schéma qui montre les impacts des bourbiers sur l'environnement [7].



Figure II.4: Chameau mort à cause de la contamination de la nappe phréatique

(S. SONATRACH.2015)

II. 4. 3. Méthodes de traitement de la boue :

La problématique soulevée se concentre autour du bourbier et de son impact sur Les déversements et rejets de certains produits (solides ou liquides) dans le bourbier peuvent modifier les propriétés physico-chimiques des compartiments naturels, altérer les propriétés de ces milieux en réduisant leurs capacités d'aération et induire des effets.

Affectant directement ou indirectement la santé humaine et l'environnement dans son ensemble.

Face à cette situation, plusieurs techniques de traitement sont préconisées. Un effort doit être fait pour sélectionner les traitements adéquats parallèlement au développement des technologies utilisées pour réduire la teneur en solides et en HC des déblais de forage.

Des descriptions détaillées de nombreuses méthodes utilisées pour traiter les rejets de fluides de forage sont facilement disponibles :

II. 4. 3. 1. Traitement mécanique :

Une chaîne de traitement mécanique est utilisée pour éliminer les morts-terrains dans cette opération. Différents équipements tels qu'un tamis vibrant, un dessableur, une centrifugeuse et une centrifugeuse verticale sont utilisés. Les déblais sont transportés du tamis vibrant à la centrifugeuse verticale à l'aide d'une vis sans fin. À travers la vitesse de rotation du rotor conique de la centrifugeuse verticale, les débris sont séparés, et le liquide passe à travers le tamis tandis que les solides sont transformés en poudre avec une teneur en huile de moins de 5%. Le liquide est ensuite dirigé vers une centrifugeuse horizontale où le fluide est récupéré pour les réservoirs de forage. Le reste du liquide est renvoyé vers les cutines humides pour l'opération de désorption thermique. Les principaux objectifs de ce traitement sont de réduire le pourcentage d'OOC (huile sur cutines) à 5% ou moins après le traitement et de renvoyer le volume maximum de boues à séparer dans le système [7].

Traitez l'OBM séparé par la centrifugeuse pour réduire le LGS aussi bas que possible.

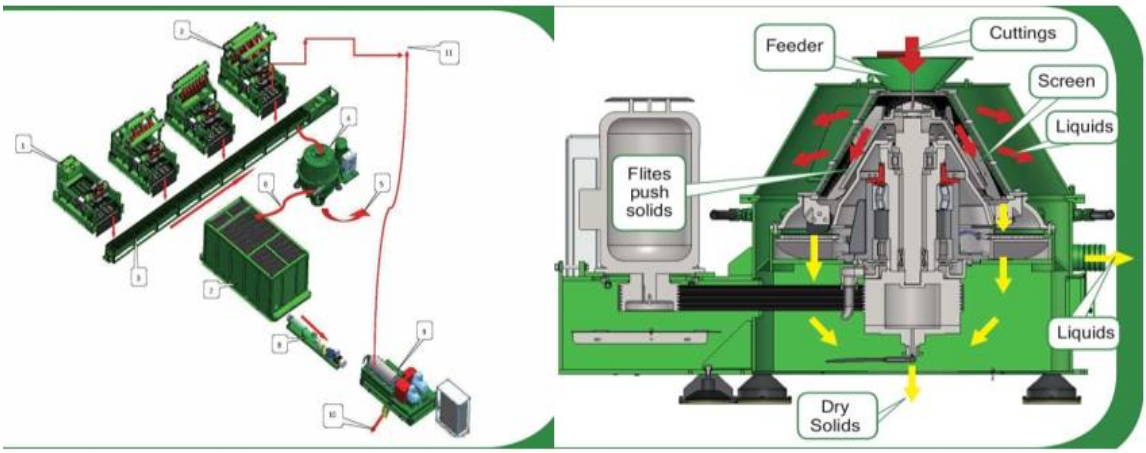


Figure II.5: Schéma explicative du TM [13].

II. 4. 3. 2. Traitement chimique (Solidification / Stabilisation) :

La solidification consiste à mélanger un liant et de l'eau au sol pollué afin d'obtenir un matériau dur, très peu perméable et stable dans le temps, au sein duquel le polluant sera piégé.

La stabilisation consiste à réduire la mobilité d'un polluant dans le sol. Avec ces deux techniques, les polluants ne sont pas détruits mais les risques pour l'environnement sont réduits. Ces techniques sont souvent utilisées sur les polluants non biodégradables (certains polluants organiques ou métaux lourds).

La solidification et la stabilisation nécessitent souvent un confinement après traitement mais elles restent néanmoins très utilisées, notamment pour les métaux.

Les méthodes de solidification sont des techniques d'inertage : la solidification consiste à agir sur la matrice contaminée dans son ensemble. Les caractéristiques physiques de la zone polluée sont ainsi modifiées afin de réduire l'accès physique des fluides du sol au contaminant. Il s'agit principalement d'une réduction de la perméabilité [15].

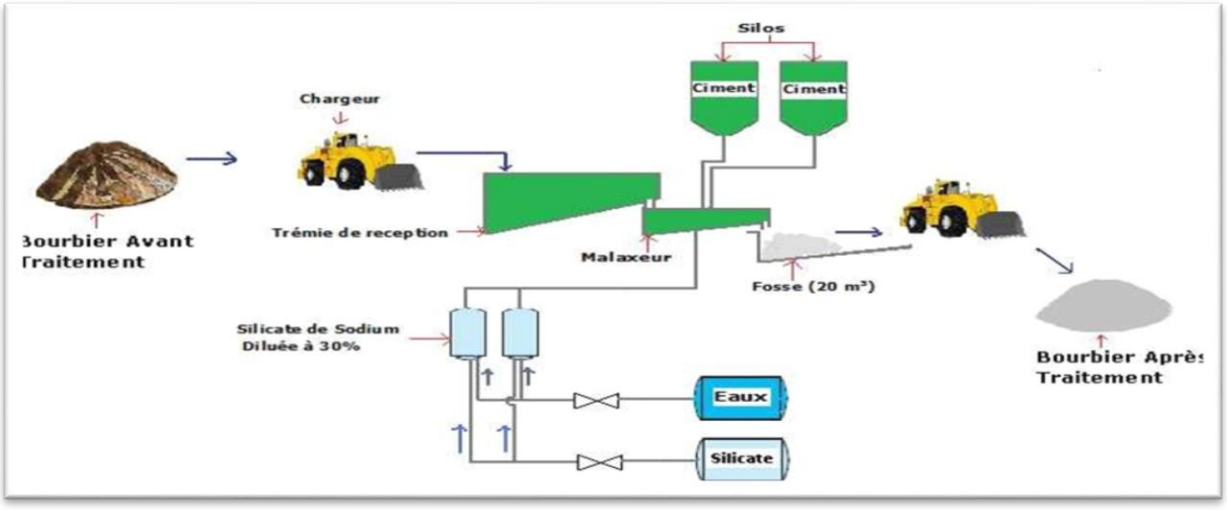


Figure II.6: Schéma fonctionnel d'une unité de Stabilisation Solidification

Un premier mode de stabilisation consiste à réduire la mobilité d'un contaminant en lui faisant subir une réaction chimique. Le produit de cette réaction est moins soluble que son parent et/ou détient des propriétés de sorption accrues le rendant donc moins mobilisable. Un deuxième principe de la stabilisation consiste à mélanger le sol pollué à différents adjuvants pour augmenter les capacités de sorption du contaminant sur ces matériaux afin qu'il ne soit plus mobilisable par lixiviation.

Quelle que soit la méthode, les contaminants ne sont pas détruits, mais leur impact potentiel sur l'environnement est fortement diminué puisqu'ils sont immobilisés et physiquement (ou chimiquement) liés à la matrice immobilisatrice [16].



Figure II.7: l'unité de Stabilisation – solidification

II. 4. 3. 3. Traitement thermique (thermal désorption unit TDU, ou thermal phase séparation TPS) :

Ce procédé utilise une source de chaleur pour séparer les hydrocarbures de l'eau contenue dans les déblais de forage et les sols contaminés. Cependant, plusieurs études ont montré que les hydrocarbures peuvent se diffuser dans l'air et s'accumuler après la combustion. Ces hydrocarbures peuvent initialement être présents dans les solides des formations forées. Les hydrocarbures représentent un danger pour la santé humaine lorsqu'ils sont présents dans l'atmosphère ou à l'état de traces dans la croûte terrestre. Ils s'accumulent dans l'environnement, entrent dans la chaîne alimentaire par l'eau ou le sol et sont ingérés par l'homme.

Les techniques de traitement thermique utilisent des températures élevées pour éliminer ou détruire les hydrocarbures qui contaminent les déchets. Le traitement thermique est le traitement le plus efficace pour détruire les produits organiques. Il permet également de réduire le volume et la mobilité des produits inorganiques tels que les métaux et les sels.

Une unité de traitement thermique est généralement une installation fixe, ce qui rend difficile son utilisation IN LINE pendant les opérations de forage

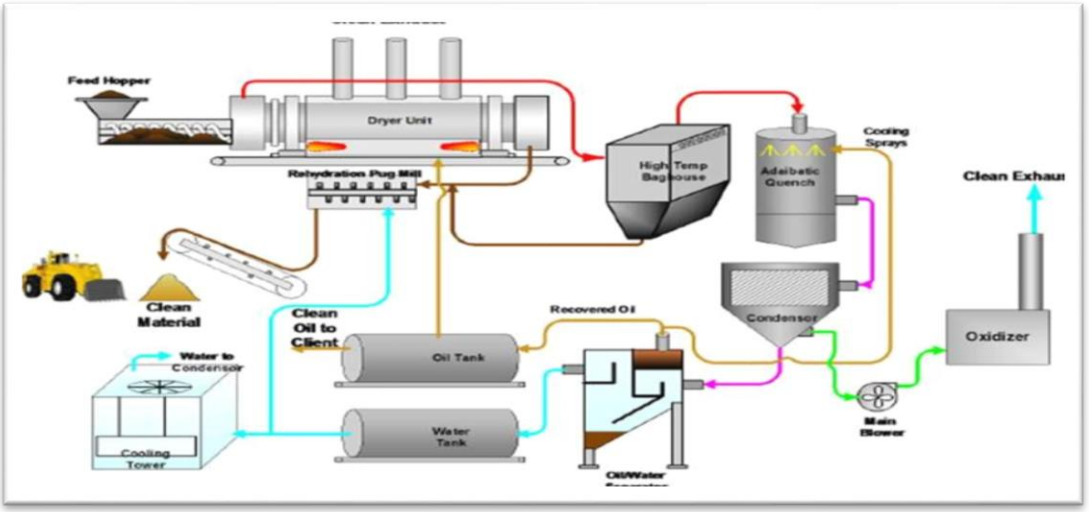


Figure II.8: Schéma fonctionnel d'une unité de traitement thermique [17].

II. 5. Stratégie l'état Algérien et, partant Sonatrach dans le domaine environnemental :

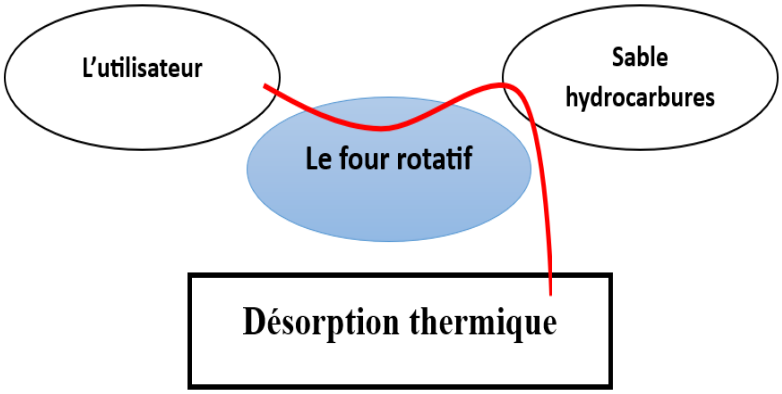
Ceci est basé sur le principe que les réglementations environnementales exigent un traitement approprié des déchets industriels, afin d'éviter la dégradation de certains écosystèmes naturels. La région du sud algérien est caractérisée par une industrie pétrolière très forte, qui a engendré des déchets industriels aux effets désastreux. Lors des opérations de forage et du fonctionnement des unités de production et de raffinage, de grandes quantités de déchets industriels liquides et solides s'accumulent. Ces rejets contiennent des produits toxiques, principalement des métaux lourds et des polluants organiques. Ces derniers causent des problèmes qui menacent l'homme, les animaux et les plantes. Depuis 1990, l'Algérie et SONATRACH ont cherché une stratégie pour éliminer les rejets d'hydrocarbures causés par les boues de forage pétrolier. Pour ce faire, elle a mis en place une législation nationale pour protéger son environnement et consacre des sommes importantes pour trouver des solutions à ces rejets. Cependant, jusqu'à présent, une quantité liquide de ces déchets continue de s'écouler dans la nappe phréatique

Chapitre III :

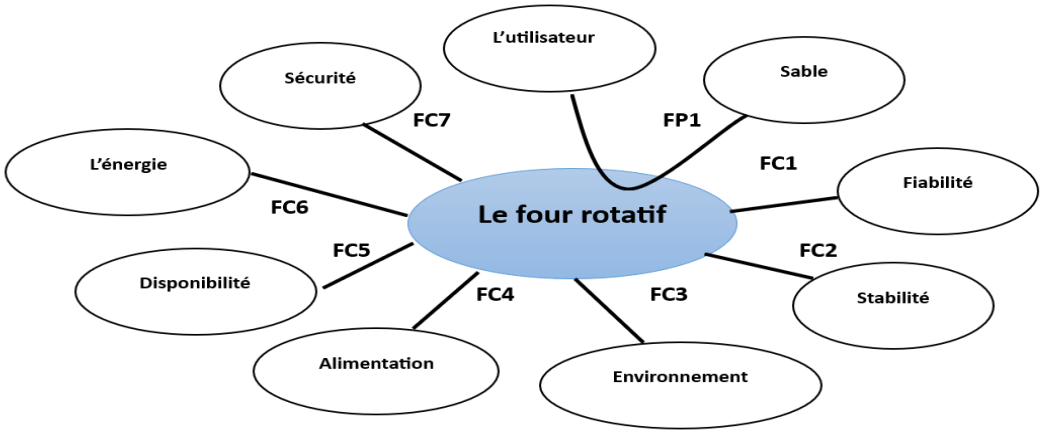
Présentation de l'unité de désorption thermique par chauffage indirect

III. 1. Analyse fonctionnelle

III. 1. 1. Bête à cornes



III. 1. 2. Diagramme pieuvre



EP1 : Permettre l'adsorption thermique du sable par l'utilisateur

FC1 : avoir une fiabilité satisfaisante

FC2 : avoir un four stable en rotation

FC3 : réduire le risque de pollution

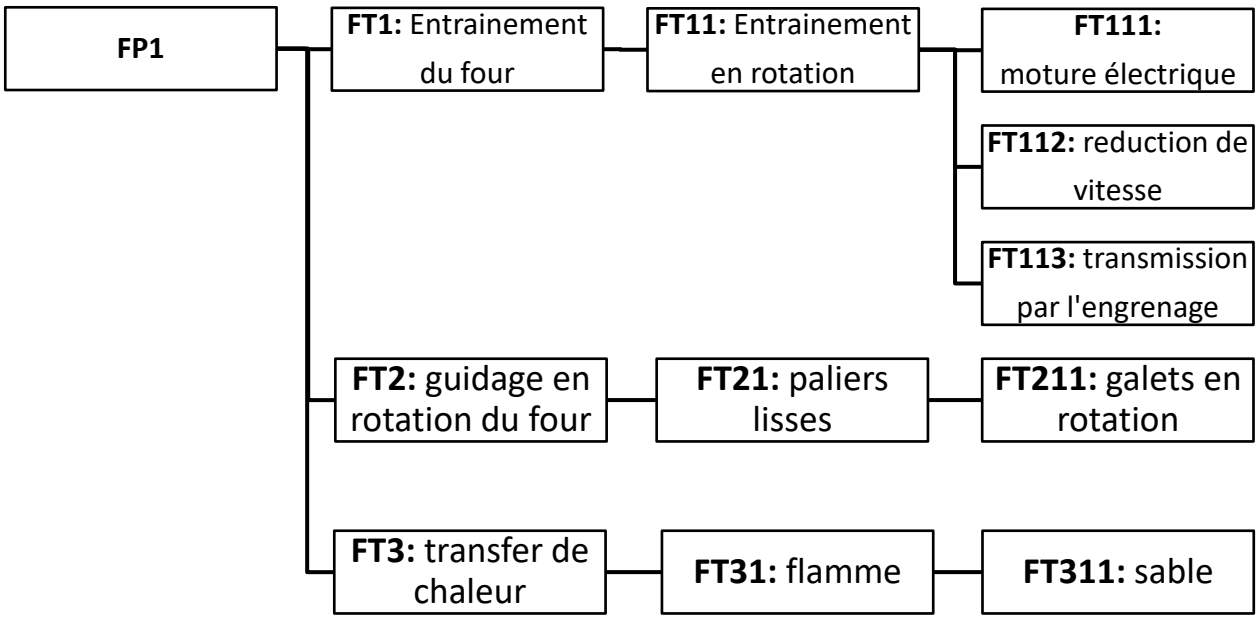
FC4 : la source d'alimentation

FC5 : assurer une disponibilité permanente

FC6 : produire l'énergie par la combustion

FC7 : permettre un fonctionnement sur

III. 1. 3. Diagramme des solutions technologique :



III. 2. Description du procédé de traitement par désorption thermique par chauffage indirect :

Le traitement par désorption thermique par chauffage indirect est un traitement en deux phases, proposition à l'incinération. La première phase consiste à chauffer les terres jusqu'à une température suffisante afin d'atteindre les conditions physico-chimiques suffisantes pour volatiliser l'ensemble des polluants organiques présents dans le sol. Les terres ainsi dépolluées sont ensuite refroidies et réutilisées.

Dans une seconde phase, les gaz ainsi produits sont oxydés dans une chambre de post-combustion, ou tous

Les éléments organiques sont transformés en CO2 et en H20.La désorption thermique est une des seules techniques permettant de traiter efficacement le sable pollué avec des contaminants organiques jusqu'à la valeur naturelle, et ce à un coût raisonnable. Le sable traité est exempt de matière organique, et possède donc de meilleures propriétés géotechniques que le sable initial. Les rejets gazeux de l'installation sont en tous points conformes aux normes d'émission et sont contrôlés en continu.

La désorption thermique par chauffage indirect consiste à apporter l'énergie calorifique par conduction à travers une paroi (double enveloppe chaude, résistances électriques,) et par radiation à partir de la paroi chaude. Les contaminants en phase gazeuse sont emportés par un gaz de purge vers un procédé de traitement.

Ce type de procédé permet :

De traiter les sables contaminés quel que soit leur contenu calorifique ;

De traiter le sable contaminé quel que soit le pourcentage % d'huile OOC% initialement présent.

De traiter le sable contaminé même avec un fort pourcentage d'humidité.

D'avoir un minimum de gaz à traiter (les gaz combustion n'étant pas mélangés avec les vapeurs résorbées) et de limiter les envols de particules.

Comme indiqué sur le schéma fonctionnel ci-dessous, le sable contaminé par les hydrocarbures est introduit dans la trémie de réception (pt.1) à l'intérieur duquel le sable pollué est convoyé vers l'intérieur du four rotatif par le biais d'un system vis- sans fin. A l'intérieur du four rotatif, le sable pollué est chauffé dans une atmosphère très pauvre en oxygène jusqu'à des températures variant de 350 à 550 ° C. A ces températures, les polluants de type organique, ainsi que les cyanures, deviennent volatils et passent donc de la phase liquide adsorbée a la phase vapeur. En amont du four rotatif (pt.2) la vapeur est récupérée et ensuite est introduite dans un filtre à manches (HIGH TEMPERATURE BAGHOUSE) de haute température (pt.3). Le sable traité quitte l'aval du four rotatif et se dirige vers le système tapis transporteur (Pt.4) pour ainsi être acheminé vers la zone de stockage. Lorsque le sable sort du four rotatif, il est totalement exempt de polluants organiques et avant de pouvoir le réutiliser, celui-ci est ré- humidifié au moyen d'un mélange à l'eau (évitera formation de poussières et contrôle de la température.

A l'intérieure du filtre à manches, la poussière est séparée entièrement de la vapeur. Ensuite, la vapeur sortant des filtres à manches est introduite dans un poste de pré-condensation (Pt.5) et de refroidissement adiabatiques (ADIABATIC QUENCH) afin de faciliter la condensation sans échange de chaleur avec l'environnement. A la sortie du poste de pré-condensation, la vapeur est introduite dans un condenseur (Pt.6), et comme la vapeur ne va pas être condensée 100 % en raison des facteurs rentrant en jeu tel que l'échange de chaleur avec le milieu extérieur et les pertes de charges dues au régime de l'écoulement, la partie de la vapeur non-condensée est récupérée du condenseur (pt.7) et puis envoyée dans une unité de post-combustion (OXIDIZER) (Pt.8). Dans la post- combustion, les températures atteintes varient de 110 à850° C et le temps de résidence peut varier de 1 à 2 secondes. Les gaz finalement rejetés à l'atmosphère (Pt.9) sont brulés et parfaitement conformes aux normes de rejets imposées par le Ministère l'environnement. Ces rejets sont contrôlés en continu.

La partie condensée de la vapeur est récupérée du condenseur et puis introduite dans un séparateur Huile /eau (pt.10). Comme L'huile et l'eau sont deux liquides non miscibles, l'huile est séparée de l'eau en raison de la différence de densité. L'huile récupérée (pt.11) peut être réutilisée soit pour l'alimentation des brûleurs ou soit elle sera livrée au client. L'eau récupérée (pt.12) est envoyée dans un bac de stockage (pt.13) et puis refroidie pour ainsi être réutilisée pour le refroidissement (pt.14).

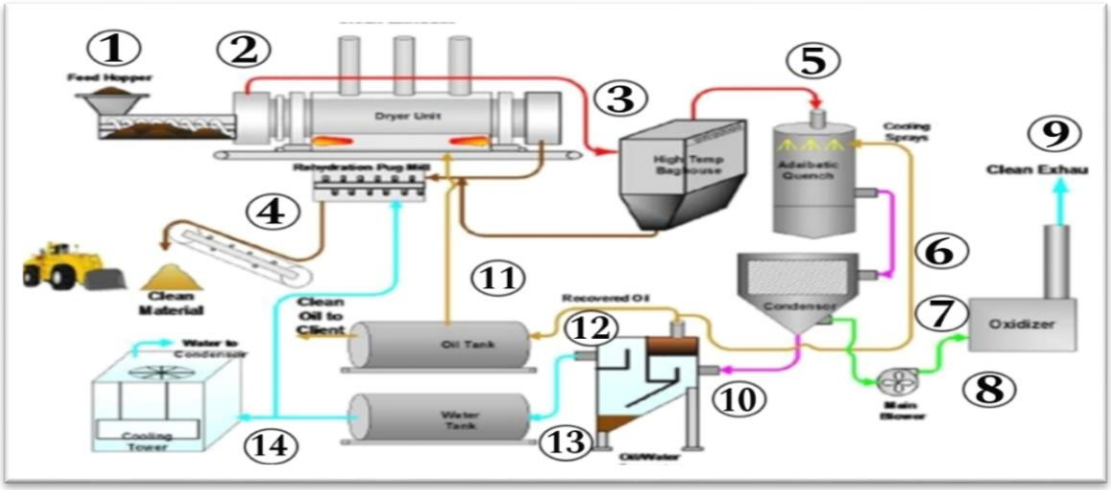


Figure III.1: Schéma du procédé complet de la désorption thermique par chauffage Indirect.

III. 2. 1. Objectifs du traitement par désorption thermique par chauffage Indirect :

L'objectif de la phase de désorption proprement dite est de faire passer les polluants organiques depuis la phase liquide, adsorbée au sable pollué vers la phase gazeuse au moyen, principalement, d'une hausse de température.

Le procédé de désorption thermique fait intervenir les propriétés suivantes :

III. 2. 1. 1. Evaporation : la température atteinte sera supérieure à la température d'ébullition du polluant défini.

III. 2. 1. 2. Stripping : Lorsque la température dépasse la barre de 100°C, l'eau présente dans le sable pollué se transforme, dans certaines configurations, en vapeur supercritique (lorsque la température dépasse les 350°C). La vapeur supercritique agit comme ex tractant permettant d'atteindre le même effet (extraction du polluant), à des températures plus faibles.

III. 2. 1. 3. Pression de vapeur : En travaillant (dans certaines configurations) sous dépression, la température d'ébullition diminue, ce qui permet d'atteindre un rendement de désorption équivalent à des températures plus faibles.

III. 2. 1. 4. La cokéfaction : Ce phénomène relatif à la matière organique (type humus) présente dans le sable pollué n'influence aucunement le procédé.

En plus de l'évaporation, une extraction de même efficience peut être atteinte à plus faible température en diminuant la pression.

Par conséquent, le sable pollué avec des produits organiques peut être assaini jusqu'aux valeurs naturelles grâce à la désorption thermique. Ce principe se base sur l'évaporation des polluants organiques en élevant la température des terres, sans les brûler, au-delà du seuil de vaporisation. Le sable pollué par les hydrocarbures est donc totalement exempt de produits polluants organiques et peut être réutilisé sans aucune restriction, du point de vue technique.

Les effluents gazeux que produit la désorption sont traités conformément aux normes d'émission en vigueur dans chaque pays/région et cela au moyen de systèmes habituels dans l'industrie. Les polluants quant à eux sont oxydés thermiquement dans une chambre de post-combustion (OXIDIZER).

La désorption thermique du sable contaminé est une des seules techniques appliquées à grande échelle détruire complètement la pollution, à rendre le sable totalement propre (teneurs inférieures aux valeurs naturelles), et ce à un coût raisonnable.

III. 2. 2. Avantages et inconvénients de la désorption thermique par chauffage Indirect :

La désorption thermique par chauffage indirect présente les avantages suivants :

- Technique éprouvée ayant démontré une grande fiabilité et des résultats extrêmement significatifs,
- Technique permettant de traiter de nombreux polluants notamment les composés semi-volatils et peu volatils,
- Technique permettant de traiter les sols fortement pollués, les teneurs en hydrocarbures totaux doivent néanmoins rester d'une manière générale inférieure à 50 000 mg/kg.
- Technique efficace même pour des sols argileux et hétérogènes.
- Technique permettant d'atteindre des taux de dépollution très importants.
- Technique rapide.
- Technique moins onéreuse que les autres traitements thermiques.
- Traitement sur site possible grâce à des unités mobiles.

Et parmi ses inconvénients et facteurs limitants sont les suivants :

- La technique de désorption ne permet pas de détruire les polluants.
- Le procédé nécessite parfois l'excavation des sols.
- Le traitement on site nécessite une surface importante.
- Le procédé utilisé en traitement hors site nécessite un transport coûteux.
- Les émissions de CO_2 liés au procédé peuvent être importantes.

III. 3. Présentation unité

Le système de désorption thermique indirecte (TDU) est composé de plusieurs composants pour désorber thermiquement les contaminants des solides contaminés et traiter le flux de vapeur associé qui résulte du processus.

III. 3. 1. Manipulation des Aliments :

III. 3. 1. 1. Double Tarière d'alimentation :

Le sol est préparé pour le traitement par élimination des débris et de grande taille généralement par tamis vibrant et magnétique séparation. Le produit tamisé peut être introduit dans une trémie de réception par une machine de terrassement standard. Le contrôle de l'alimentation de la trémie est manuel. Des dispositifs de verrouillage sont fournis pour indiquer la perte de matière première.



Figure III.2: Double Tarière d'alimentation [14].

III. 3. 1. 2. Convoyeur de transfert (convoyeur d'entraînement) et tarière d'alimentation du séchoir :

La trémie d'alimentation fournie mesure l'alimentation à une vitesse définie sur un convoyeur de transfert (convoyeur d'entraînement). Les convoyeurs de transfert la trémie d'étanchéité des séchoirs. Le convoyeur est couvert. Nous recommandons la trémie d'alimentation être situé à l'intérieur d'une structure à pression négative dotée de contrôles des émissions. La pression négative doit être conçue pour aspirer l'air au-dessus du couvercle du convoyeur dans le système de contrôle des émissions du bâtiment. Le matériau est sélectionné pour le dépôt dans un alimentateur à vis et une trémie de sécheuse en fonction des besoins déterminés par la perte en poids sur la trémie. Le matériau recouvre complètement la vis d'alimentation à tout moment pour former un sas.

Une charge la cellule et la vis à débit variable maintiennent le matériau au-dessus de la vis à tout moment pour maintenir un sas à air. Individuel la vitesse d'alimentation du séchoir est contrôlée automatiquement. Une surpression est installée à l'extrémité d'alimentation de chaque séchoir. Le soulagement de la surpression d'alimentation est auto-obturant et permet à toute surpression de s'évacuer en toute sécurité de la sécheuse.



Figure III.3: Convoyeur de transfert [14].



Figure III.4: tarière d'alimentation du séchoir [14].

III. 3. 2. Four rotatif (Séchoir Rotatif.TDU)

Le système de séchage est un ensemble unique et interchangeable. L'ensemble séchoir se compose d'une trémie d'alimentation et de réception à vis, d'un séchoir, de brûleurs, d'une commande de brûleur et d'un four, le tout monté sur un cadre.

Un séchoir rotatif de 72" (1,80 m) de diamètre se compose d'une coque métallique cylindrique légèrement inclinée par rapport à l'horizontale. Le séchoir est équipé d'un brûleur auxiliaire alimenté au mazout ou au gaz qui génère des produits de combustion chauds et du gaz qui est utilisé pour sécher le déchet ou boues usées. La coque tourne pour transporter les boues à travers le processus. Une série de élévateurs/vols sont fixés à l'intérieur de la coque qui transportent et mélangent les boues et, à mesure que les boues se déplacent à travers le tambour, le tambour est maintenu en dessous. Un léger point négatif pression afin d'éviter les émissions fugitives. La température du fluide peut être contrôlée en modulant le débit de combustible vers le brûleur, contrôlant le taux d'ajout de déchets. La longueur chauffée (Four) du tambour est 34 pieds (10 m).



Figure III.5: Four rotatif (Séchoir Rotatif.TDU) [14].

Le séchoir rotatif est entraîné par une couronne dentée et un pignon, un moteur à vitesse variable et un réducteur. Le sèche-linge est soutenu par deux pneus en acier roulant sur quatre tourillons trempés et deux rouleaux de poussée. Les six brûleurs de 3,3 GJ/h (environ 3,4 MB tu/h) sont des brûleurs à air total qui assurent une bonne combustion et excès d'air important. Les brûleurs peuvent être presque n'importe quel gaz combustible propre et sont individuellement contrôlé. Des collecteurs de gaz sont prévus pour fonctionner avec n'importe quel gaz de valeur calorifique. Un seul ventilateur fournit tout l'air nécessaire à la combustion du brûleur et l'air tertiaire pour les déchets organiques lorsqu'il est utilisé pour le chauffage du séchoir. Le contrôle du brûleur est automatique et maintiendra le débit d'alimentation à la température de traitement souhaitée et évitera les surcharges chauffage du matériau en acier désorbeur.

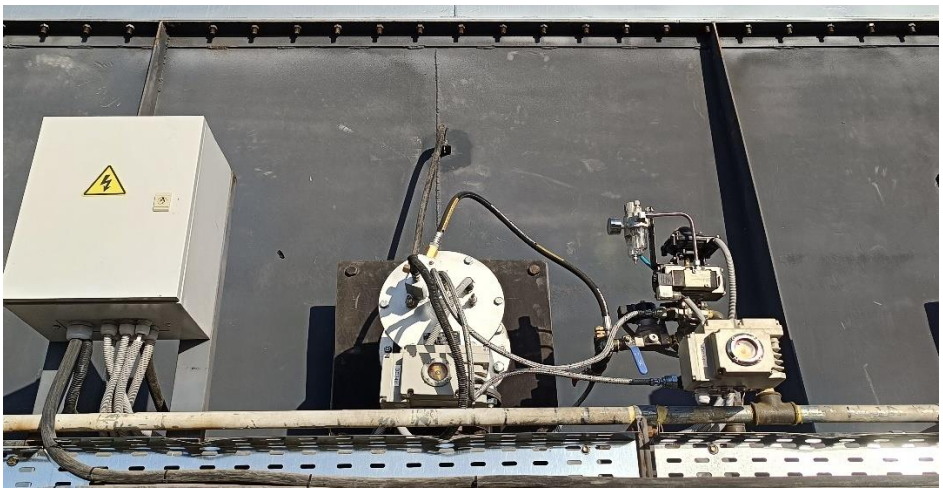


Figure III.6: brûleur [14].

III. 3. 3. Traitement des Gaz :

Traitement des Gaz : La vapeur d'eau, les hydrocarbures gazeux et les particules de poussière de vapeur du séchoir rotatif sont soumis à plusieurs étapes de traitement séquentielles :

Les gaz qui sortent du boîtier de dérivation immédiatement après le sécheur sont canalisés dans un rendement élevé filtre à filtre à manches. Le filtre peut fonctionner à une température supérieure à 450 ºC. La boîte de dépôt, les conduits et les filtres sont isolés pour maintenir des températures élevées afin d'éviter la condensation de l'huile sur les solides (recontamination). Pendant le démarrage ou les vannes de dérivation d'urgence fournissent un débit de gaz au-delà du filtre à manches directement à la trempe Figure III.7.

Les conduits provenant du filtre fournissent des gaz chauds pour une trempe rapide en dessous de 80 ºC. La chambre de trempe est équipée de plusieurs pulvérisateurs à cône plein pour entrer en contact avec de l'eau froide avec le séchoir à gaz. Une venturi à haute pression l'épurateur recueille les particules restantes de la phase vapeur. Après la venturi, un laveur emballé conditionne les gaz restants à des températures inférieures à 50 ºC (122 ºF). Ventilateurs à tirage induit (ID) fournir une force motrice sur la vapeur pour maintenir le processus TDU sous un léger vide Figure III.8.

Laissez la vapeur non condensable passer à l'oxydant pour toute combustion organique résiduelle. Le gaz est chauffé à a température comprise entre 800 et 1100 ºC. L'oxydant thermique est généralement efficace à 99% pour détruire composés organiques, selon la norme de traitement.

Instruments de mesure du CO, O2 et des températures sont installés pour faciliter la gestion de ce processus Figure III.9.



Figure III.7: Filtre a manche (BAGHOUSE) [14].



Figure III.8: Quench & scrubber [14].



Figure III.9: Systeme D'oxydation Thermique (THERMAL OXIDIZER) [14].

III. 3. 4. Système de Traitement des Boues et des Déchets Traités :

Les déchets traités à chaud sortent du tambour du séchoir rotatif par des vannes à double basculement résistantes à la chaleur ou de l'air écluse, qui décharge le sol traité ou les déchets vers une tarière à filtre à manches. La poussière de filtre est également transportée vers le conditionneur par convoyeurs à vis. La tarière à manches est très résistante, entraînée directement par un moteur de 20 CV (15 KW) moteur et boîte de vitesses.

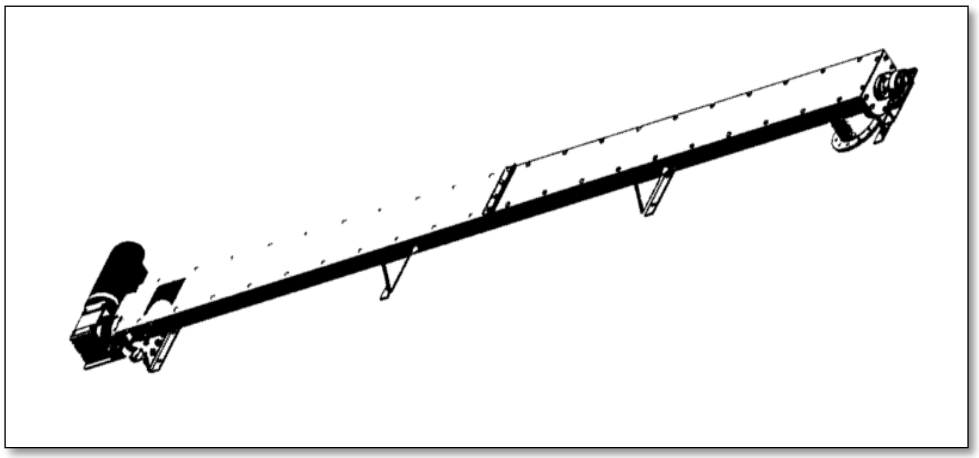


Figure III.10: Tarière à manches

L'eau recyclée est utilisée pour le refroidissement des milieux traités. Pour éviter les émissions fugitives du milieu ou procédé de refroidissement des boues solides. L'ajout d'eau au processus de refroidissement est manuel cet nécessite l'attention de l'opérateur gérer l'hydratation souhaitée des déchets solides traités. Les déchets solides traités sont évacués de la tarière à filtre à manches dans un malaxeur à pugmill qui refroidit également le solide traité par de l'eau recyclée.

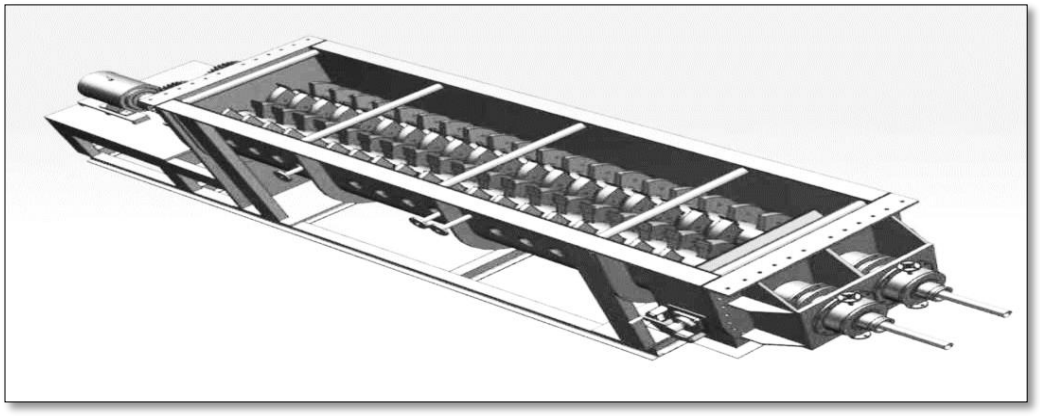


Figure III.11: Mélangeur pugmill [18].

III. 3. 5. Traitement des liquides récupérés (huile et eau) :

III. 3. 5. 1. Réservoir d'épaississant

Les puisards des tours à trempe et à garnissage sont immergés dans des joints d'étanchéité d'un réservoir plus épais de type séparateur d'eau d'huile de sous-écoulement/débordement (le réservoir inférieur de séparateur d'eau d'huile d'ÉPURATEUR). Le niveau d'eau est géré en pompant des matières solides et flottantes décantées dans le réservoir et mélanger ceux-ci dans un réservoir de mélange. La section de trop-plein du réservoir est utilisée comme puisard pour une alimentation en épurateur figure de pompe.

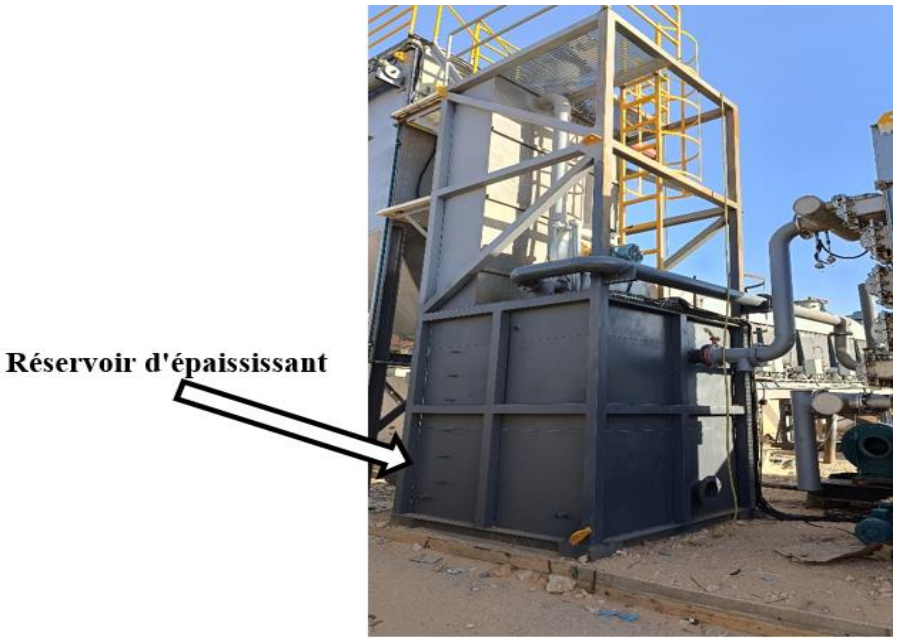


Figure III.12: Réservoir d'épaississant [14].

III. 3. 5. 2. Tour de refroidissement (COOLING TOWER) :

En tant que tours à contre-courant, l'air frais sec est aspiré par des persiennes des deux côtés de la tour par le bas, et étiré vers le haut en faisant passer une grande surface d'échange thermique de la section des bobines sous le ventilateur induit, contre l'eau de pulvérisation dans le sens inverse, devenant de l'air humide chaud, tirage induit hors de la tour dans l'atmosphère par les fans sur le dessus. Au cours de ce processus, une partie de l'eau de pulvérisation est évaporé et évacuant la chaleur du système, tandis que la chaleur des fluides à l'intérieur de la boucle fermée est transférée efficacement à travers la paroi des bobines et évacué vers l'environnement extérieur.



Figure III.13: Tour de refroidissement (COOLING TOWER) [14].

III. 3. 5. 3. Réservoir de séparateur d'eau d’huile :

Un réservoir de séparateur d'eau d'huile sera fourni. Cette unité sera dimensionnée pour gérer les besoins en eau de procès des systèmes d'épuration. L'unité sera Chacune des quatre les compartiments seront équipés d'une section de dalots d'huile pour la collecte de récupérée. Inversé des compartiments en forme de pyramide équipés de vibrateurs pneumatiques faciliteront la collecte et le retrait des solides accumulés et des boues. Un système DAF à air comprimé est inclus dans le dernier compartiment du Séparateur d'eau d'Huile. Un transmetteur de niveau installé dans la section de refoulement de l'unité assure une eau adéquate le niveau est maintenu dans l'unit.



Figure III.14: Réservoir de séparateur d'eau d’huile [18].

III. 3. 6. Système de Sécurité et Gaz Inerte :

Le procédé TDU sur les huiles usées peut être explosif et provoquer des incendies. Aucun fournisseur ou exploitant d'usine n'a jamais évité un incendie ou un événement de surpression. Des contrôles et un système redondant sont nécessaires pour éviter le potentiel et traiter avec condition en toute sécurité si cela devait se produire. L'adsorption modulée en pression (PSA) est utilisée pour créer des comprimés gaz inerte pour la distribution dans l'ensemble de la TDU. Gaz inerte (n2) fourni à la demande en fonction de la teneur en oxygène dans la sortie du condenseur et dans le système d'impulsions pour le filtre à manches.

Le choix du gaz inerte (n2) par PSA se fait principalement ou la distribution de gaz comprimé à utiliser telle que système d'impulsion de baghouse. L'impulsion de filtres chauds avec de l'air peut entraîner une défaillance prématurée des filtres en raison de combustion locale.

De l'air comprimé et un séchoir sont fournis dans le cadre de ce patin. L'air comprimé est utilisé pour le PSA, basculement valve et divers opérateurs aériens.

III. 3. 6. 1. Décharge de surpression : Quatre décharges de surpression sont fournies et un panneau d'évent d'explosion. Le système d'alimentation est équipé d'un limiteur de surpression, les puisards de trempe et de récurage garnis sont dans un joint étanche à l'eau (pression canalisée au-dessus de l'accès) et un ventilateur d'identification de poteau de joint d'eau sous pression sont fournis. Tous les joints sont à base d'eau et sont réglés à de faibles hauteurs pour un soulagement rapide. Le panneau d'explosion est adapté au logement de décharge de sol / chaud filtrer le toit et les évents verticalement.

III. 3. 6. 2. Vanne de basculement : deux vannes articulées (une seule ouverte à tout moment) dosent le sol traité à chaud avant le sol refroidissement dans la tarière à manches. Ceci fournit un aspect aérien entre le sécheur et le processus de filtre à manches au-dessus et l'air de la tarière à manches ci-dessous.



Figure III.15: système de Gaz inerte (N2) TDU [14].

III. 3. 6. 3. Trémie d'alimentation : une trémie d'alimentation et une vis en amont du séchoir sont pesées en continu pour assurer la vis sur le fond est toujours inondé de terre. Le sol agit comme une résistance à l'écoulement de l'air, de sorte que la pression négative dans la sécheuse ne tire pas de quantités importantes d'air à l'intérieur de la sécheuse.

Certaines fuites d'air sont normales et ont été pris en compte dans la figure de conception

III. 3. 7. Contrôle de processus TDU (Salle de contrôle) :

Les systèmes d'unité de désorption thermique indirecte (TDU) sont équipés d'un certain nombre de commandes pour maintenir la sécurité opérations du système. Les systèmes de contrôle fiables et cohérents sur le plan opérationnel utilisent l'instrumentation et la logique pour un contrôle efficace des composants critiques. Le TDU est exploité à partir de la salle de contrôle. Le système les commandes d'instrumentation et le système d'acquisition de données (DAS) sont automatiquement contrôlés et supervisés par l'Opérateur.

ces systèmes de contrôle optimisent la consommation d'énergie tout en maintenant les conditions de fonctionnement souhaitées.

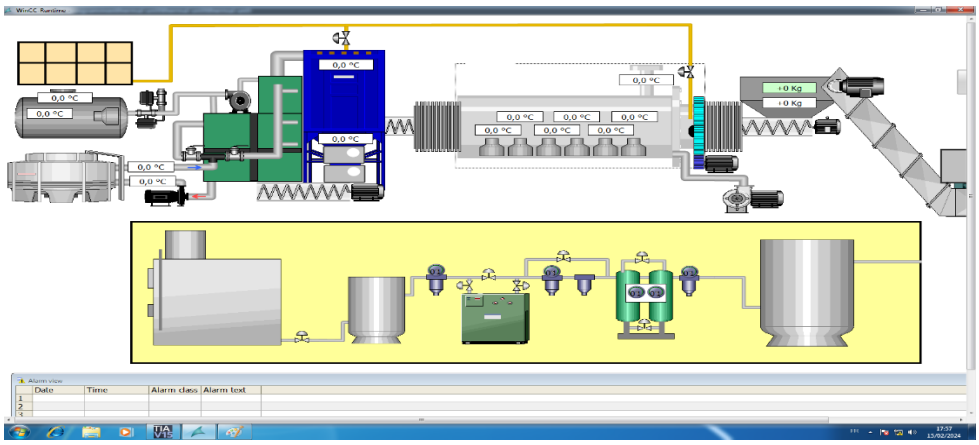


Figure III.16: Ecrans de contrôle typique [14].

Les systèmes de contrôle font partie intégrante des mécanismes opérationnels des incinérateurs à four rotatif. Ces systèmes surveillent divers paramètres tels que la température, la pression et les débits d'alimentation en déchets pour garantir un fonctionnement sûr et efficace. En ajustant constamment les réglages du brûleur en fonction de données en temps réel, ces systèmes de contrôle optimisent la consommation d'énergie tout en maintenant les conditions de fonctionnement souhaitées.

III. 4. Liste des équipements TDU et spécifications techniques

N°	TDU Equipement	Description	Spécification
01	Double Tarière d'alimentation	Dimension (L.l.H)	(4638x2170x4318) mm
		Taille maximale de flux	100 mm
		Capacite de traitement	3à10 Ton/Heure
		Moteur	Puissance : 15kw ,380V ,50Hz
		Poids	4500Kg
02	Convoyeur de transfert	Dimension (L.l.H)	(12000x380x520)
		Taille d'alimentation (L.l)	(531x531)
		Capacite de traitement	3à10 Ton/Heure
		Moteur	Puissance : 15kw ,380V ,50Hz
		Vitesse	0.5 m/s
03	Tarière d'alimentation du séchoir	Dimension (L.l.H)	(3638x2070x3318)
		Taille maximale de flux	<= 100mm
		Moteur	Puissance : 15kw ,380V ,50Hz
		Boite vitesse : Rapport de vitesse réducteur	25 : 1
		Nombre de vise	1(droite)

04	**Four Rotatif**	BODY	Longueur=10.3 m largeur =2.9m
			6 Bruleur (1000Kw/Bru)
			200mm d'épaisseur d'isolation à haute température
		Table	Longueur=12m Largeur=3.12
			Support par 9x IPU 140 Longueur =2.9m
			8 points de levage
		TAMBOUR	Diamètre=1.8 Longueur =12.5m
			Métal :253Ma
			Epaisseur =10mm
05	**FILTRE A MANCHE**	Dimensions (L.l.H)	(2020x1980x7761) mm
		Les dimensions des sacs filtrants	Diamètre= 160mm Longueur= 2000mm
		Les sacs filtrants fonctionnent a la température	Max 450 C°

	(BAGHOUSE)	Nombre des sacs filtrant	8x7=56 Filtre
06	**TARIÈRE À MANCHES**	Dimensions	Ø 420×6000mm
		Taille maximale de flux	≤100mm
		Moteur	Puissance : 15kw ,380V ,50Hz
		Nombre de vis	1
		Boite vitesse : Rapport de vitesse réducteur	25 : 1
07	**MÉLANGEUR PUGMILL**	Dimensions	(5132x1221x6235) mm
		Taille maximale de flux	≤100mm
		Capacite de traitement	5à15 Ton/Heure
		Moteur	Puissance : 1 11kw ,380V ,50Hz
		Boite vitesse : Rapport de vitesse réducteur	25 : 1
08	**QUENCH & SCRUBBER**	Dimensions	(2636x2430x6235) mm
09	**Tour de refroidissement** **COOLING TOWER**	Dimensions	(5700x2160x4510) mm
		Poids	4850 Kg
		Debit	150 T/H
		Temperature chaude d'entrée	25C°
		Temperature de sortie froide	19C°

Chapitre IV :

Conception détaillé du four

IV. 1 : Méthodologie de dimensionnement

Pour dimensionner un système d'engrenage pour entraîner un tambour à ceinture dentée avec une roue dentée, il faut suivre une série d'étapes méthodiques. Voici un guide détaillé :

- **Déterminer les exigences du système**

Couple (Nm) : Connaître le couple nécessaire pour entraîner le tambour.

Vitesse (rpm) : Déterminer la vitesse de rotation du tambour.

Rapport de réduction : Calculer le rapport de réduction nécessaire entre le moteur et le tambour.

Puissance (W ou kW) : Connaître la puissance nécessaire pour le fonctionnement.

- **Sélectionner le type d'engrenage**

Engrenages cylindriques : Pour des applications simples.

Engrenages hélicoïdaux : Pour une transmission de puissance plus douce et silencieuse.

Engrenages coniques : Si les axes de rotation sont perpendiculaires.

Engrenages à vis sans fin : Pour des rapports de réduction élevés et des encombrements réduits.

- **Calculer les paramètres de l'engrenage**

Rapport de réduction

$i = N2/N1$

N2 est le nombre de dents de la roue menée et N1 est le nombre de dents de la roue menante

Exemple :

Pour dimensionner un système d'engrenage pour entraîner un tambour à ceinture dentée, prenons en compte les données suivantes :

Masse du tambour : 2 tonnes (2000 kg)

Vitesse du tambour : 6 tr/min

Diamètre du tambour : 2 mètres

Tambour en acier

Étapes de dimensionnement :

- **Déterminer le moment d'inertie du tambour**

Le moment d'inertie (I) pour un cylindre solide est donné par :

$I = (1/2) * m * r2$

m : est la masse et r est le rayon du tambour.

Pour notre tambour :

Masse, m=2000 kg

Rayon, r=1 m

$I = 1/2 \times 2000 \times 1\text{^}2 = 1000\, kg \cdot m2$

- **Calculer le couple nécessaire**

Le couple (T) peut être calculé à partir de la puissance (P) et de la vitesse angulaire (ω) :

$P = T \cdot \omega$

La vitesse angulaire en rad/s : $\omega = 2\pi\, .N/60$

$$\omega = 2\pi \times 6/60 = \pi 5 \approx 0.628\, rad/s$$

Supposons que la puissance requise pour entraîner le tambour prend en compte les frottements et les pertes diverses. Cette valeur devra être déterminée en fonction des conditions réelles d'application (puissance moteur disponible, rendement des engrenages, etc.).

Pour l'exemple, si l'on suppose une puissance motrice de 5 kW (5000 W) pour entraîner le tambour :

$T = P\omega = 50000.628 \approx 7967\, Nm$

- **Choisir le type d'engrenage et déterminer le rapport de réduction**

Pour la robustesse et l'application industrielle, on pourrait envisager des engrenages hélicoïdaux ou cylindriques.

Supposons que le moteur tourne à 1500 tr/min (une vitesse courante pour des moteurs électriques), et que nous voulons atteindre 6 tr/min pour le tambour :

$i = vitesse\ moteur/vitesse\ tambour = 1500/6 = 250$

Le rapport de réduction nécessaire est de 250 :1. Cela peut nécessiter une boîte de vitesses à plusieurs étages, car un rapport aussi élevé est rarement obtenu en un seul étage.

- **Dimensionner les engrenages**

Les engrenages doivent être dimensionnés pour supporter le couple et la charge.

Pour les engrenages cylindriques hélicoïdaux :

Module : Détermine la taille des dents (dépend de la norme et des calculs détaillés)

Nombre de dents : Déterminer à partir du module et du rapport de réductio

Exemple :

Pour un couple de réduction avec des engrenages cylindriques :

Supposons un module m=5 mm

Engrenage menant N1=20 dents

Engrenage mené : $N2 = N1 \times i = 20 \times 250 = 5000\ dents$

Ces valeurs sont hypothétiques. En réalité, la taille et le nombre de dents devront être ajustés pour garantir la résistance et la faisabilité manufacturière.

- **Vérification de la capacité des engrenages**

Chaque composant doit être vérifié pour sa capacité à supporter le couple et la charge :

Résistance des dents d'engrenage : Calculs détaillés pour s'assurer qu'elles peuvent supporter le couple sans défaillance.

Matériaux : Sélectionner des matériaux appropriés (acier trempé, etc.) pour garantir la durabilité.

Alignement et lubrification : Assurer une installation correcte et une lubrification adéquate pour prolonger la durée de vie du système.

Remarque de Conclusion

Le dimensionnement précis nécessite une itération et une validation par des calculs détaillés ainsi que par des logiciels de CAO et de simulation. L'assistance d'un ingénieur en mécanique est recommandée pour finaliser la conception et s'assurer de la robustesse et de la fiabilité du système.

Exemple d'application :

Pour finaliser les calculs du système d'engrenage destiné à entraîner un tambour à ceinture dentée avec une roue dentée, nous allons passer par plusieurs étapes détaillées, notamment en affinant les choix des engrenages et en assurant que chaque composant peut supporter les charges et couples nécessaires.

Étape 1 : Déterminer les paramètres du tambour

Masse du tambour : 2000 kg

Diamètre du tambour : 2 m (Rayon = 1 m)

Vitesse de rotation : 6 tr/min

Moment d'inertie : $I = 1/2 \times 2000 \times 1\text{^}2 = 1000\, kg \cdot m2$

Étape 2 : Calculer le couple nécessaire

Vitesse angulaire (ω) : $\omega = 2\pi \times vitesse\ [en\ tr/min]\ /60 = 2\pi \times 6/60 = 0.628\, rad/s$

Puissance estimée (P) : Supposons une puissance de 5 kW (5000 W)

Couple (T) : $T = P\omega = 50000.628 = 7967\, Nm$

Étape 3 : Déterminer le rapport de réduction

Supposons que le moteur tourne à 1500 tr/min.

$i = vitesse\ moteur/vitesse\ tambour = 1500/6 = 250$

Étape 4 : Dimensionnement des engrenages

Pour obtenir un rapport de réduction de 250 :1, il est souvent pratique de le diviser en plusieurs étapes pour des raisons de faisabilité et de durabilité.

Choix des modules et nombres de dents

Les modules sont choisis en fonction de la norme et des charges appliquées. Un module typique pourrait être m=5.

Premier étage de réduction (par exemple 10 :1) :

Engrenage menant N1=20 dents

•Engrenage mené N2 =200 dents

Deuxième étage de réduction (par exemple 25 :1) :

Engrenage menant N3=20 dents

Engrenage mené N4=500 dents

Vérifions si les rapports sont corrects :

$Rapport\ total = (N2/N1) \times (N4/N3) = 10 \times 25 = 250$

Vérification des contraintes

Vérification de la capacité de charge des dents : Le calcul des contraintes dans les dents des engrenages est essentiel. Il inclut :

- Tension de contact : $\boldsymbol{\sigma c}$
- Tension de flexion : $\boldsymbol{\sigma f}$

Pour chaque étage, les forces et les tensions doivent être vérifiées pour garantir que les matériaux choisis (généralement des aciers de haute résistance comme l'acier trempé) peuvent supporter les charges.

Étape 5 : Choix des matériaux

Pour des applications industrielles lourdes, on choisit généralement des matériaux comme :

- Acier allié trempé pour les engrenages.
- Un traitement thermique pour augmenter la dureté des dents et leur résistance à l'usure.

Étape 6 : Lubrification et alignement

Assurer une lubrification adéquate et un alignement précis des engrenages est crucial pour minimiser les pertes par frottement et l'usure. Utiliser des systèmes de lubrification centralisée et des alignements à l'aide de dispositifs de mesure et de contrôle précis.

Conclusion

Le système d'engrenage conçu pour entraîner le tambour répond aux critères de couple, de vitesse, et de robustesse. Les étapes détaillées et les choix des composants doivent être vérifiés et validés par des simulations et des calculs détaillés effectués par des logiciels de conception mécanique (comme SolidWorks, ou d'autres logiciels spécialisés en CAO)

IV. 2 : Méthodologie de dimensionnement par SolidWorks

L'utilisation de SolidWorks pour dimensionner et concevoir un système d'engrenage nécessite de suivre plusieurs étapes, de la modélisation à la simulation. Voici un guide détaillé pour créer et vérifier un système d'engrenage dans SolidWorks :

Étape 1 : Création des composants de base

Lancer SolidWorks :

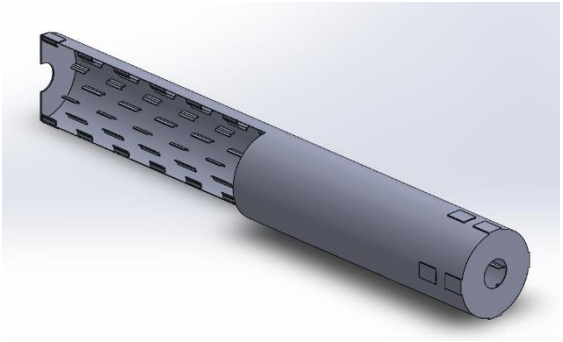
Ouvrez SolidWorks et créez un nouveau projet.

Modélisation du tambour :

Allez dans Fichier > Nouveau > Pièce.

Utilisez l'outil Cylindre pour dessiner le tambour avec un diamètre de 2 mètres et ajustez la longueur selon vos besoins.

Appliquez les propriétés matérielles (acier) pour obtenir le bon moment d'inertie.

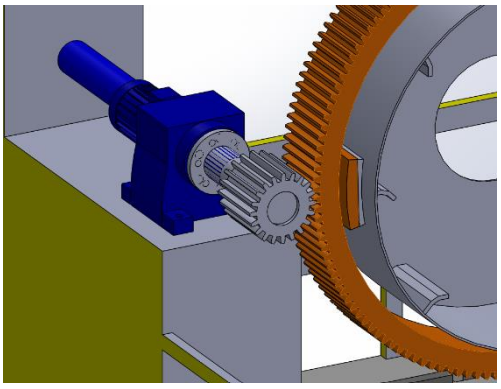


Modélisation des engrenages :

Utilisez l'outil Engrenage dans SolidWorks Toolbox ou créez manuellement en utilisant les croquis et les fonctionnalités de coupe.

Définissez le module (par exemple, 5 mm), le nombre de dents, et d'autres paramètres spécifiques aux engrenages menant et mené.

Assurez-vous de créer les engrenages pour les deux étages de réduction si nécessaire.



Étape 2 : Assemblage des composants

Créer un nouvel assemblage :

Allez dans Fichier > Nouveau > Assemblage.

Insérez le tambour et les engrenages créés précédemment.

Positionnement et alignement :

Utilisez les outils d'alignement (Aligner, Accouplement) pour positionner les engrenages et le tambour correctement.

Assurez-vous que les axes des engrenages et du tambour sont correctement alignés.

Étape 3 : Définir les moteurs et les mouvements

Définir les relations de mouvement :

Dans l'assemblage, utilisez Fonction de mouvement pour définir les relations entre les engrenages (par exemple, les engrenages hélicoïdaux).

Définissez le rapport de réduction en fonction du nombre de dents et du module des engrenages.

Ajouter un moteur :

Ajoutez un moteur au modèle pour simuler le mouvement du tambour.

Définissez la vitesse de rotation du moteur (1500 tr/min dans ce cas).

Étape 4 : Simulation et analyse

Simulation du mouvement :

Utilisez SolidWorks Motion pour simuler le fonctionnement du mécanisme.

Définissez les conditions initiales et exécutez la simulation pour vérifier le mouvement et le couple transmis.

Analyse des contraintes :

Utilisez SolidWorks Simulation pour effectuer une analyse de contraintes sur les engrenages et le tambour.

Vérifiez les contraintes de contact, de flexion et les facteurs de sécurité pour les matériaux choisis.

Assurez-vous que les engrenages peuvent supporter le couple calculé (7967 Nm).

Étape 5 : Optimisation et vérification

Optimiser les paramètres :

Si nécessaire, ajustez les paramètres des engrenages (nombre de dents, module) pour améliorer les performances.

Répétez la simulation et l'analyse jusqu'à obtenir des résultats satisfaisants.

Documentation et validation :

Créez des dessins techniques pour chaque composant et l'assemblage complet.

Préparez des rapports de simulation et d'analyse pour validation.

Exemple de mise en œuvre

Voici un exemple simplifié de création d'un engrenage dans SolidWorks :

Ouvrir SolidWorks et créer une nouvelle pièce.

Créer un engrenage hélicoïdal :

Utilisez Outils > Ajouter-Ins > SolidWorks Toolbox > Ajouter pour accéder à la bibliothèque d'engrenages.

Sélectionnez un engrenage hélicoïdal et définissez le module (5 mm), le nombre de dents (par exemple, 20 dents pour l'engrenage menant).

Ajustez l'angle d'hélice selon les spécifications de conception.

Assembler les engrenages :

Insérez les engrenages dans un nouvel assemblage.

Utilisez Assemblage > Accouplement pour aligner les engrenages et définir leur mouvement relatif.

Simuler le mouvement :

Allez dans SolidWorks Motion > Étude de mouvement.

Définissez le mouvement du moteur et exécutez la simulation pour observer le fonctionnement du mécanisme.

Pour l'exemple du tambour est en acier :

Dimensionnement du système d'engrenage pour un tambour en acier

Nous allons modéliser et vérifier le système d'engrenage en utilisant SolidWorks en suivant ces étapes détaillées :

Étape 1 : Modélisation du tambour

Lancer SolidWorks :

Ouvrez SolidWorks et créez un nouveau projet.

Modélisation du tambour :

Allez dans Fichier > Nouveau > Pièce.

Utilisez l'outil Extrusion boss/base pour créer un cylindre :

Dessinez un cercle de 2 mètres de diamètre (Rayon = 1 m).

Extrudez à la longueur souhaitée (ajustez selon votre conception).

Appliquez les propriétés matérielles :

Allez dans Matériau > Appliquer/Modifier le matériau.

Sélectionnez Acier (choisissez un type d'acier approprié pour la structure du tambour).

Étape 2 : Modélisation des engrenages

Créer un nouvel engrenage :

Allez dans Fichier > Nouveau > Pièce.

Utilisez l'outil Engrenage dans SolidWorks Toolbox :

Sélectionnez Engrenages cylindriques.

Définissez le module (par exemple, m=5 mm).

Définissez le nombre de dents (par exemple, 20 dents pour l'engrenage menant).

Répétez le processus pour les engrenages menés.

Étape 3 : Assemblage des composants

Créer un nouvel assemblage :

Allez dans Fichier > Nouveau > Assemblage.

Insérez le tambour et les engrenages créés précédemment.

Positionnement et alignement :

Utilisez les outils d'alignement (Aligner, Accouplement) pour positionner les engrenages et le tambour correctement.

Assurez-vous que les axes des engrenages et du tambour sont correctement alignés.

Étape 4 : Définir les moteurs et les mouvements

Définir les relations de mouvement :

Dans l'assemblage, utilisez Fonction de mouvement pour définir les relations entre les engrenages (par exemple, les engrenages hélicoïdaux).

Définissez le rapport de réduction en fonction du nombre de dents et du module des engrenages.

Ajouter un moteur :

Ajoutez un moteur au modèle pour simuler le mouvement du tambour.

Définissez la vitesse de rotation du moteur (1500 tr/min dans ce cas).

Étape 5 : Simulation et analyse

Simulation du mouvement :

Utilisez SolidWorks Motion pour simuler le fonctionnement du mécanisme.

Définissez les conditions initiales et exécutez la simulation pour vérifier le mouvement et le couple transmis.

Analyse des contraintes :

Utilisez SolidWorks Simulation pour effectuer une analyse de contraintes sur les engrenages et le tambour.

Vérifiez les contraintes de contact, de flexion et les facteurs de sécurité pour les matériaux choisis.

Assurez-vous que les engrenages peuvent supporter le couple calculé (7967 Nm).

Étape 6 : Optimisation et vérification

Optimiser les paramètres :

Si nécessaire, ajustez les paramètres des engrenages (nombre de dents, module) pour améliorer les performances.

Répétez la simulation et l'analyse jusqu'à obtenir des résultats satisfaisants.

Documentation et validation :

Créez des dessins techniques pour chaque composant et l'assemblage complet.

Préparez des rapports de simulation et d'analyse pour validation.

Exemple de mise en œuvre

Voici un exemple simplifié de création d'un engrenage dans SolidWorks :

Ouvrir SolidWorks et créer une nouvelle pièce.

Ouvrez SolidWorks et cliquez sur Nouveau > Pièce.

Créer un engrenage hélicoïdal :

Utilisez Outils > Ajouter-Ins > SolidWorks Toolbox > Ajouter pour accéder à la bibliothèque d'engrenages.

Sélectionnez un engrenage hélicoïdal et définissez le module (5 mm), le nombre de dents (par exemple, 20 dents pour l'engrenage menant).

Ajustez l'angle d'hélice selon les spécifications de conception.

Assembler les engrenages :

Insérez les engrenages dans un nouvel assemblage.

Utilisez Assemblage > Accouplement pour aligner les engrenages et définir leur mouvement relatif.

Simuler le mouvement :

Allez dans SolidWorks Motion > Étude de mouvement.

Définissez le mouvement du moteur et exécutez la simulation pour observer le fonctionnement du mécanisme.

- Si on utilise des engrenages droits

Étape 1 : Modélisation du tambour

Créer un nouveau projet :

Lancez SolidWorks et ouvrez un nouveau projet.

Modélisation du tambour :

Cliquez sur Nouveau > Pièce.

Utilisez l'outil Cylindre pour dessiner le tambour avec un diamètre de 2 mètres et ajustez la longueur selon vos besoins.

Appliquez les propriétés matérielles :

Allez dans Matériau > Acier pour appliquer les propriétés d'acier à votre tambour.

Étape 2 : Modélisation des engrenages droits

Créer un nouvel engrenage :

Cliquez sur Nouveau > Pièce.

Utilisez l'outil Engrenage pour créer un engrenage droit :

Sélectionnez Engrenage droit.

Définissez le module (par exemple, m=5).

Définissez le nombre de dents (par exemple, 20 dents pour l'engrenage menant).

Ajustez les autres paramètres selon vos besoins.

Étape 3 : Assemblage des composants

Créer un nouvel assemblage :

Cliquez sur Nouveau > Assemblage.

Insérez le tambour et les engrenages droits dans l'assemblage.

Positionnement et alignement :

Utilisez les outils d'alignement (Aligner, Accouplement) pour positionner les engrenages et le tambour correctement.

Assurez-vous que les axes des engrenages et du tambour sont correctement alignés.

Étape 4 : Définir les moteurs et les mouvements

Définir les relations de mouvement :

Dans l'assemblage, utilisez Fonction de mouvement pour définir les relations entre les engrenages.

Définissez le rapport de réduction en fonction du nombre de dents et du module des engrenages.

Ajouter un moteur :

Ajoutez un moteur pour simuler le mouvement du tambour.

Définissez la vitesse de rotation du moteur (1500 tr/min dans ce cas).

Étape 5 : Simulation et analyse

Simulation du mouvement :

Utilisez SolidWorks Motion pour simuler le fonctionnement du mécanisme.

Définissez les conditions initiales et exécutez la simulation pour vérifier le mouvement et le couple transmis.

Analyse des contraintes :

Utilisez SolidWorks Simulation pour effectuer une analyse de contraintes sur les engrenages et le tambour.

Vérifiez les contraintes de contact, de flexion et les facteurs de sécurité pour les matériaux choisis.

Assurez-vous que les engrenages peuvent supporter le couple calculé (7967 Nm).

Étape 6 : Optimisation et vérification

Optimiser les paramètres :

Si nécessaire, ajustez les paramètres des engrenages (nombre de dents, module) pour améliorer les performances.

Répétez la simulation et l'analyse jusqu'à obtenir des résultats satisfaisants.

Documentation et validation :

Créez des dessins techniques pour chaque composant et l'assemblage complet.

Préparez des rapports de simulation et d'analyse pour validation.

IV. 3 : Les paramètre de conception des fours :

N°	ARTICLE	SPECIFICATION
1	SPECIICATION DU TDU	Unité de désorption thermique indirect (DRUM)
		Diamètre :1.8m et Longuer 12.5m
		H Longueur chauffée =10.3m
		Métal =253 Ma épaisseur =10 mm
2	CAPACITE THERMIQUE	22000 millions de Btu/Heure
		Température de fonctionnement >1150 F° (650°)
		380V ; 50Hz
3	CAPACITE TRAITEMENT	3m à 5m Par heure
4	MATERIAUX D'ALIMENTATIO	Déblais de forage, boues huileuse, sols contaminés par huile et sols contaminés par le pétrole brut
5	COMPOSITION	30%d'huile, 20% d'eau, 50% solide
6	% D'Huile Traite sur les boutures (%OOC)	>0.1%

Tableau IV.1 : Les paramètre de conception des fours

Les données réel (l'entreprise « WATER LISE »)

Longueur (m)	Diamètre (m)	Epaisseur (m)	La masse (kg)	La puissance (kw)
12.5	1.8	0.01	13600	25
La vitesse (tr/min)	**La température**	**Métal**	z_1/z_2	**Le module (m)**
10	800°	253Ma	22/146	14

Tableau IV.2 : Les données réel (l'entreprise « WATER LISE »)

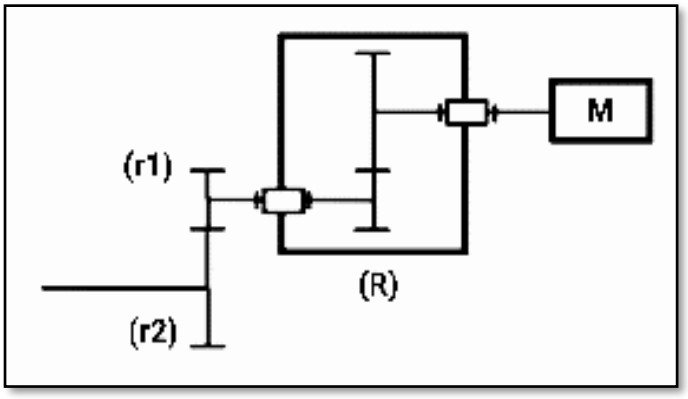
La chaine cinématique

M : Le moteur menant

R : Le réducteur

(r1) : La roue menant

(r2) : La roue mené



Les donnes :

N=10 tr/min

D=1,8 m D : le diamètre de tambour

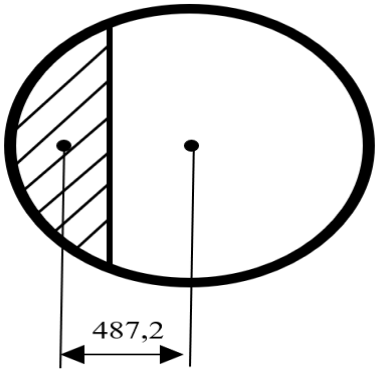
La masse de tambour m_T=13600 kg

La masse de sable m_S=1600 kg

L_C=487,2 mm

Le moment d'inertie de tambour $I_{XX(T)}$=10130,4 kg.m^2

La confession de frottement acier/acier $\mu_{acier_{acier}} = 0{,}01$



Remarque : C'est une situation extrême ou le sable dans cette position qui donne le moment maximum opposé au moment moteur.

1_Calcule le moment d'inertie de sable $I_{XX(S)}$

$I_{XX(S)} = m_S . L_c^2$=*379,47 kg.*m^2

2_Calcule la force Galet/Tambour $F_{g/t}$

$F_{g/t} = (m_S + m_T).9{,}81 . \cos\frac{\pi}{4} = 105438\ N$

3_Calcule la force de frottement $F_{f(g/t)}$

$F_{f(g/t)} = F_{g/t}.\ \mu = 1054{,}38\ N.m$

4_Calcule le couple résistant de tambour $C_{r(T)}$

$C_{r(T)} = F_{f(g/t)} . \frac{1{,}8}{2} = 1149{,}27$ N.m

5_Calcule le couple résistant de sable $C_{r(S)}$

$C_{r(S)} = m_S.9{,}81 . L_C = 7643{,}95\ kg.m^2$

1er cas : Tambour à vide

Calcule le couple de démarrage C_D

$C_D = (I_{XX(T)}).\omega = 10608{,}53\ N.m$

Calcule le couple fonctionné C_F

$C_F = C_{r(T)} = 1149{,}27$ N.m

Calcule la puissance de démarrage P_D

$P_D = \frac{C_D.\omega}{1000} = 11{,}109\ Kw$

Calcule la puissance fonctionné P_F

$P_F \frac{C_F.\omega}{1000} = 1{,}2\ Kw$

20% *Pour tenir compte des pertes dans les autres les éléments*

C'est une sécurité en plus.

$P_D = \frac{C_D.\omega}{1000}.1{,}2 = 13{,}33\ Kw$

$P_F \frac{C_F.\omega}{1000}.1{,}2 = 1{,}44\ Kw$

2em cas : Tambour sur charge

Calcule le couple de démarrage C_D

$C_D = (I_{XX(T)} + I_{XX(S)}).\omega = 10614{,}85\ N.m$

Calcule le couple fonctionné C_F

$C_F = \left(C_{r(T)} + C_{r(S)}\right) = 8793{,}22\ N.m$

Calcule la puissance de démarrage P_D

$P_D = \frac{C_D.\omega}{1000} = 11{,}115\ Kw$

Calcule la puissance fonctionné P_F

$P_F \frac{C_F.\omega}{1000} = 9{,}21\ Kw$

20% *Pour tenir compte des pertes dans les autres les éléments*
C'est une sécurité en plus

$P_D = \frac{C_D.\omega}{1000}.1{,}2 = 13{,}34\ Kw$

$P_F \frac{C_F.\omega}{1000}.1{,}2 = 11{,}05\ Kw$

D'après le catalogue des moteurs électrique on peut choisir un moteur asynchrone de puissance **P** = 15 Kw en vitesse de rotation V=1471 tr/min

Calcule le module d'engrenage m

F_t: *La force tangentielle*

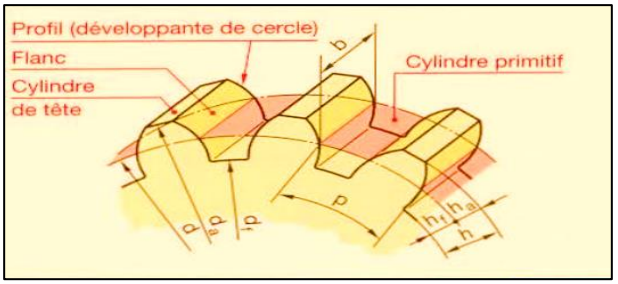
$K = 6$ $\quad k$: *Coefficient de largeur de denture*

$Rpe = 175\ Mpa$

$$m = 2.3\sqrt{\frac{\|F_t\|}{k \cdot Rpe}} \qquad F_t = \frac{P.1000.}{\frac{\omega}{(\frac{D}{2})}} = 15756{,}34$$

$$m = 2.3\sqrt{\frac{\|F_t\|}{k \cdot Rpe}} = 8{,}91$$

D'après le catalogue des module engrenage on peut choisir m=10



$d_{a(2)} = 2200\ mm$

$N_m = 1471\ tr/min$

$N_s = 10\ tr/min$

Rapport de redecture $r = 1/25$

$N_1 = N_m.r = 58{,}84$ tr/min

$D_2 = d_{a(2)} - 2m = 2180$

Modules normalisés							
Série principale	0,3	0,5	0,8	1	1,25	1,5	2
	2,5	3	4	5	6	8	10

$$Z_2 = \frac{D_2}{m} = \frac{2180}{10} = 218 \qquad \boldsymbol{Z_2 = 218}$$

$$Z_1 = \frac{Z_2 N_2}{N_1} = 37 \qquad \boldsymbol{Z_1 = 37}$$

$D_2 = m.Z_2 = 370$

$d_{a(2)} = 390\ mm$

$$r = \frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{59}{10} = \frac{\boldsymbol{218}}{\boldsymbol{37}} = 5{,}89$$

Calcule la dilatation linéaire du tambour à 600°

C : le coefficient dilatation linéaire de l'acier
L : la Longuerue du tambour
X : l'augmentation de Longuerue à la température de chauffage

$$x = L \,.\, C \,.\, (\, t_1 _ t) \; = 12500 \,.\, 0{,}000014 \; (600 _ 30)$$

$$x = 99{,}87 \; mm$$

Pour contrer le phénomène d'expansion linéaire du tambour, le joint de dilatation a été utilisé des deux côtés
Le joint de dilatation tambour dans un four rotatif est essentiel pour compenser les expansions thermiques du tambour et maintenir l'étanchéité du système. Il prévient les dommages structurels



Figure IV.1. : le joint de dilatation

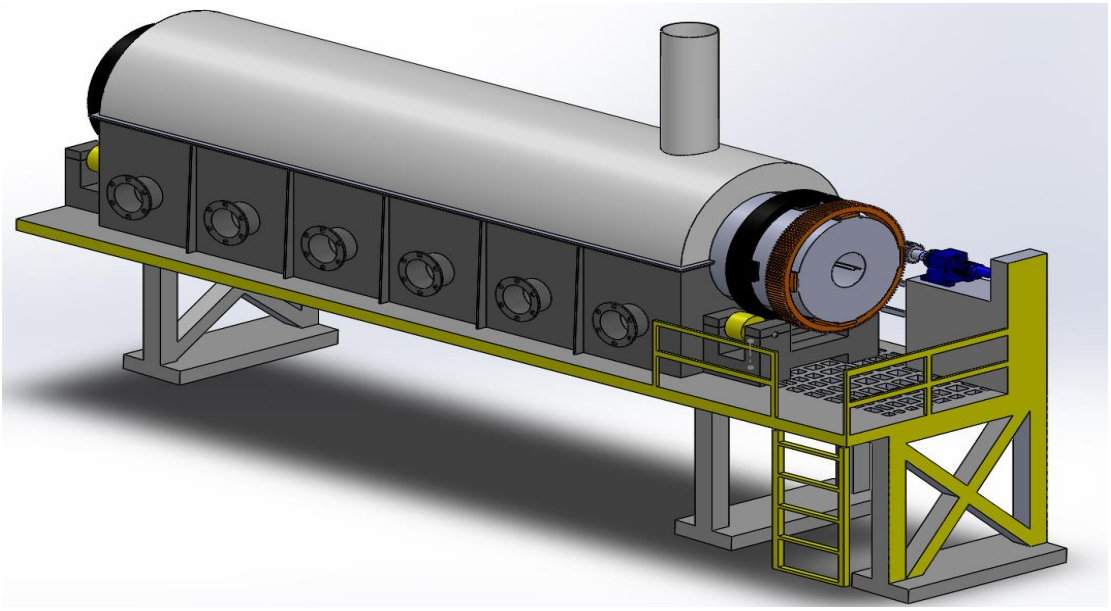


Figure IIV.2 : la Conception du Four rotatif (CFAO)

Conclusion générale

Au fil du temps, l'accumulation et la persistance de nombreux polluants toxiques ont entraîné une contamination des sols et des eaux souterraines dans le désert algérien, qui est presque inutilisable. La contamination pétrolière des sables de Hassi Massoud est l'une des catastrophes environnementales les plus graves dans cette région, donc le sable contaminé doit être traité pour réduire les risques environnementaux et nous avons donc choisi l'une des méthodes de traitement, la méthode d'adsorption thermique comme exemple d'étude

Cette mémoire de projet fin d'étude " Etude de dimensionnement d'un four pour l'incinération des déchets solides " a permis de comprendre l'importance des paramètres de conception dans l'efficacité énergétique, la productivité et la durabilité de l'installation. En intégrant des facteurs tels que la taille, la vitesse de rotation, les matériaux de construction et les systèmes de contrôle, il est possible d'optimiser les performances du four rotatif tout en réduisant les coûts opérationnels et en minimisant l'impact environnemental.
Cette étude fournit une base solide pour la conception, la construction et l'exploitation de fours rotatifs dans diverses applications industrielles

Et enfin, nous avons conçu four rotatif à l'aide du logiciel SolidWorks.
Ce travail que nous avons abordé dans notre mémoire reste ouvert, Ce qui implique que les futurs chercheurs dans le même thème de "Etude de dimensionnement d'un four pour l'incinération des déchets solides " devraient chercher à étendre et améliorer davantage ce travail, Tout en poursuivant leurs recherches pour enrichir le domaine

Référence bibliographie

- [1] "LA VALORISATION DES DECHETS PAR L'INCINERATION." ACCESSED: MAY 19, 2024. [ONLINE]. AVAILABLE: HTTPS://THESES.UNIV-TEMOUCHENT.EDU.DZ/MEMOIRE
- [2] https://www.igniss.com/fr/types-rotary-kiln-incinerators
- [3] "🖷 THESES-ALGERIE: DOCTORAT, MAGISTER, MASTER...," WWW.THESES-ALGERIE.COM. HTTPS://THESES-ALGERIE.COM/2744099404932558/MEMOIRE-DE-MAGISTER/UNIVERSITE-MUSTAPHA-BEN-BOULAID---BATNA-2/OPTIMISATION-DE-LA-COMBUSTION-AU-SEIN-D-UN-INCINERATEUR-DE-DECHETS-SOLIDES-POUR-REDUIRE-LES-EMISSIONS-NOCIVES-CAS-DES-NOX
- [5] NGUYEN JEAN-PAUL, TECHNIQUE D'EXPLOITATION PETROLIERE LE FORAGE, 1993
- [6] HTTP://WWW.PLASTECHPLUS.CA/NOUVELLES/A-QUOI-SERVENT-LES-BOUES-DE-FORAGE.ASPX
- [7] YASSMINE, B. Z. (2016/2017). ETUDE DE METHODE DE TRAITEMENT DE BOUE DE FORAGE. BOUMERDESS: UNIV MHAMED BOUGARA.
- [8] GAMME FG • APICC
- [9] BRULER DES GAZ DE BOIS DANS UNE CHAUDIERE A GAZ OU FIOUL CLASSIQUE – MAGAZINE ET PORTAIL FRANCOPHONE DES BIOÉNERGIES (BIOENERGIE-PROMOTION.FR)
- [10] "FRCD 250 - Incinérateur de stérilisation by ATI INDUSTRIES | MedicalExpo," www.medicalexpo.fr. https://www.medicalexpo.fr/prod/ati-industries/product-79214-1047409.html - Search (bing.com)
- [11] IDRECO S.R.L. | THE SCIENCE OF A PURE ENVIRONMENT
- [12] GOLDEN PETROLEUM SERVICES – GOLDEN PETROLEUM SERVICES (GPS-TN.COM)
- [13] VERTICAL SCREEN SCROLL CENTRIFUGE - GN SEPARATION EQUIPMENT MANUFACTURER
- [14] WATER LISE OIL SERVICES COMPANY LTD / LIBYA / ALGERIA
- [15] STABILISATION-SOLIDIFICATION DES DECHETS : DOSSIER COMPLET | TECHNIQUES DE L'INGENIEUR (TECHNIQUES-INGENIEUR.FR)
- [16] PRESTATION DE SERVICES DE COLLECTE, TRAITEMENT, TRANSPORT ET/OU ELIMINATION DES

DECHETS DE FORAGE AU NIVEAU DES CHAMPS MLE ET CAFC SH-FCP/WASTEDRILLING MANAGEMENT/2011-1215

- [17] HTTPS://DSPACE.UNIV-OUARGLA.DZ/
- [18] https://sa.made-in-china.com/

- "TRAITEMENT DES BOUES EN STATION D'PURATION," ACTU-ENVIRONNEMENT. HTTPS://WWW.ACTU-ENVIRONNEMENT.COM/AE/DOSSIERS/TRAITEMENT-DES-BOUES/TRAITEMENT-BOUES-STATION-EPURATION.PHP4
- KHERFI, L. GANOUNE, AND A. ABDELBARI, "ETUDE DE L'EFFICACITE DES METHODES DE TRAITEMENT DE BOUE DE FORAGE APPLIQUEE -METHODE SOLIDIFICATION/STABILISATION(S/S) SUR LE BOURBIER DE FORAGE MD660-," DSPACE.UNIV-OUARGLA.DZ, JUN. 03, 2018.
- Https://dspace.univ-ouargla.dz
- TRAITEMENT DES EAUX USEES DANS L'INDUSTRIE PETROLIERE ET GAZIERE (SIGMADAFCLARIFIERS.COM)
- PLAN DU SITE (FREE.FR)
- (TECHNIQUES-INGENIEUR.FR)
- (HRINCINERATOR.COM)

ANNEXE

Annex _I

Analyses et Contrôle de Qualité de Traitement :

Analyses et contrôle avant traitement :

Préalablement aux travaux de traitement, des échantillons du sable contaminé par les hydrocarbures sont prélevés dans le bourbier pour analyse et détermination concentrations des polluants selon les procédures indiquées ci-dessous :

Distillateur API RP 13B-2 :

Cet appareil est utilisé pour la distillation de sable avant et après traitement pour pouvoir déterminer la teneur en l'huile OOC%. La température de distillation peut aller jusqu'à 800 °C.



Figure I.1: Distillateur API RP 13B-2

Procédure de distillation :

Objectif :

Le sable traité doit être analysé afin de connaître ses caractéristiques telles que la teneur en l'huile OOC% et s'assurer de la conformité pratique du traitement par désorption thermique par chauffage indirect. Cette procédure décrit la méthodologie destinée à effectuer un test distillation pour déterminer la teneur en l'huile OOC% à l'entrée et à la sortie dur rotatif.

Description de la procédure :

- Les échantillons à recueillir de l'entrée (OCC In) in & sortie (OCC Out) du four rotatif.
- Les tests Distillation doivent être effectués sur le sable avant et après traitement.
- Nettoyer le condenseur de l'appareil distillateur en utilisant de l'eau propre.
- Répétez le nettoyage du condenseur autant que nécessaire jusqu'à obtention d'eau claire et transparente.
- Peser la cellule vide (la partie inférieure du récipient de chauffage).
- Remplir la totalité de la cellule (50 ou 20 CC) et peser le tout.
- Mettez le couvercle de la cellule en s'assurant que la cellule est remplie à fond.
- Mettez de la laine d'acier neuve et propre à l'intérieur de la partie supérieur du récipient de chauffage.
- Mettez soigneusement le lubrifiant sur le filetage du récipient de chauffage, tout en évitant de contaminer l'échantillon. Puis visser le haut avec le bas du récipient de chauffage ensemble.
- Vissez le récipient de chauffage avec le condenseur.
- Placer le récipient de chauffage et le condenseur à l'endroit réservé à cet effet dans le distillateur.
- Pesez le tube gradué vide, après l'avoir bien nettoyé.
- Mettez le tube gradué sous le condenseur pour recueillir le fluide condensé.
- Allumer le distillateur.
- Utilisez une feuille vierge du tableau du teste Retort pour enregistrer les poids et autres données, en mentionnant le type d'échantillon (In ou Out).
- Utilisez le programme du distillateur pour obtenir le pourcentage d'huile OOC % et d'eau en poids et en volume.
- Retirez le récipient de chauffage et le condenseur du distillateur et laisser refroidir. (Ne pas utiliser d'eau pour refroidir le récipient de chauffage et le condenseur.)
- Retirez le récipient de chauffage du condenseur et nettoyer le récipient de chauffage être prêt pour le prochain test

Conformité du traitement aux normes environnementales :

Décret exécutif n° 05-314 du 10 septembre 2005, fixant les modalités d'agrément des groupements de générateurs et/ou détenteurs de déchets spéciaux.

Décret exécutif n 05-315 du 10 septembre 2005, fixant les modalités de déclaration des déchets. Spéciaux dangereux,

Décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.

La loi n° 01-21 du 22 décembre 01 portant loi de finances pour l'année 2002 :

A introduit de nouvelles taxes en application du principe du pollueur payeur, notamment :

Une taxe d'incitation au déstockage de déchets industriels spéciaux et/ou dangereux.

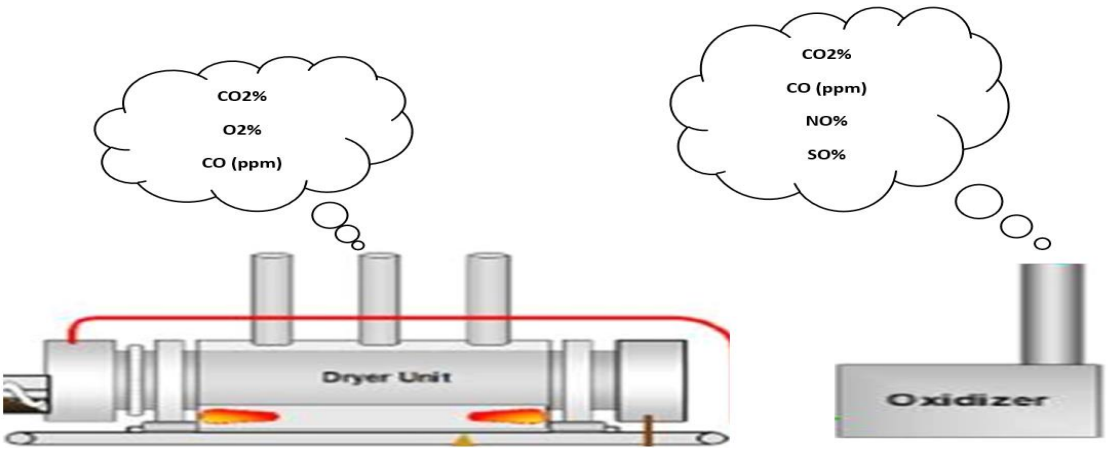


Figure I.2: Contrôle des gaz a l'échappement

Annex _II

- **Montage financier :**

Les équipements « Immobilisations » d'un montant de (LA SOMME) seront finances par la banque hauteur de 50 % sous formes d'un crédit bancaires et les 50 % restants par les moyens propres du promoteur « Apport personnel », comme indiqué sur le tableau ci-dessus.

Période	Nominal C.M. T	Principal	Totale à payer	Nominal restant
Années 0	634,002.405€	00€	00€	634,002.405€
Années 1	634,002.405€	211,334.135€	211,334.135€	422,668.27€
Années 2	422,668.27€	211,334.135€	211,334.135€	211,334.135€
Années de croisière	211,334.135€	211,334.135€	211,334.135€	00€
Total		634,002.405€	634,002.405€	

Tableau II.1 : Montage financier

- **Echéancier de remboursement :**

Période	Nominal C.M. T	Principal	Totale à payer	Nominal restant
Années 0	634,002.405€	00€	00€	634,002.405€
Années 1	634,002.405€	211,334.135€	211,334.135€	422,668.27€
Années 2	422,668.27€	211,334.135€	211,334.135€	211,334.135€
Années de croisière	211,334.135€	211,334.135€	211,334.135€	00€
Total		634,002.405€	634,002.405€	

Tableau II.2 : Echéancier de remboursement

- **Les amortissements des investissements :**

Libelle	Valeur de base	Anuité	Amorti cumulé	Valeur nette comptable V.N.C	Taux amorti
Année 1	1,268,004.81	**126800.481**	**126800.481**	1143204.329	
Année 2	1,143,004.97	**126800.481**	253600.962	1014403.848	
Année 3	1014403.848	**126800.481**	380401.443	887603.367	
Année 4	887603.367	**126800.481**	507201.924	7660802.886	
Année 5	7660802.886	**126800.481**	634004.405	634002.405	
Année 6	634002.405	**126800.481**	760802.886	507201.924	
Année 7	507201.924	**126800.481**	887603.367	380401.443	
Année 8	380401.443	**126800.481**	1014403.848	253600.962	
Année 9	253600.962	**126800.481**	1141204.329	126800.481	
Année 10	126800.481	**126800.481**	1,268,004.81	00.0	

Tableau II.3 : Les amortissements des investissements

Annex_03

Isolation thermique (four rotatif / oxidizer)

Objectifs de l'isolation thermique est de limiter la déperdition de chaleur et de protéger les employés des surfaces extérieures supérieures à 70°C qui présente un risque pour les employés.



Figure III.1: Isolation thermique

Afin d'obtenir une isolation thermique, la laine de verre est utilisée et sélectionnée selon les critères suivants :

Sa conductivité thermique :

Elle s'exprime en W/m/°C ou en kcal/h/m/°C

Elle doit être le plus faible possible

Sa tenue mécanique en température :

Elle se dégrade souvent pour les hautes et les basses températures.

Elle s'exprime en tonne/m2; plus elle est élevée plus le matériau est résistant. Les matériaux fibreux (laine de verre et laine de roche) sont peu résistants, les matériaux pulvérulents sont les plus résistants, les matériaux cellulaires sont assez résistants.

Son comportement au feu :

L'arrêté du 30/6/1983 modifié par celui du 28/8/1991 établi une classification de réaction au feu des matériaux :

M0 incombustible
M1 combustible non inflammable
M2 combustible difficilement inflammable
M3 combustible moyennement inflammable
M4 combustible facilement inflammable

De plus, pour qu'il conserve une action isolante en cas d'incendie, son point de fusion devra être supérieur à 1000°C.

Sa compatibilité chimique :

L'isolant ne doit présenter aucun risque de corrosion pour l'équipement qu'il protège.

En particulier les isolants en contact avec de l'acier inox doivent avoir des teneurs en chlorures (cl-), sodium (Na+), et silicates (SiO3-) conformes à la norme ASTM C 795.

Pour des températures de service < 120°C une peinture anticorrosion est recommandée.

Annex_04

73.12 Crémaillère de référence

Le profil de la crémaillère de référence définit les caractéristiques communes à toutes les roues cylindriques à développante de cercle.

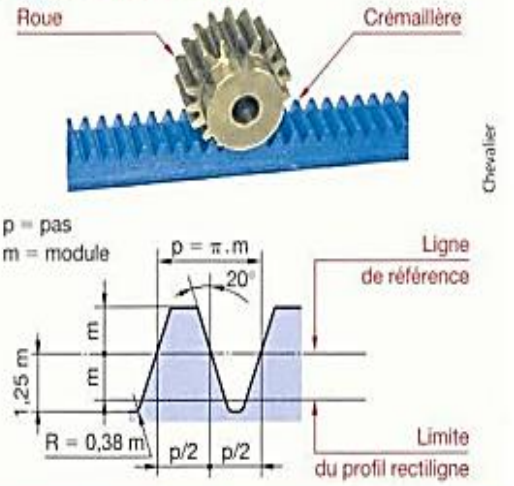
Module (m)
Le module est le quotient du pas exprimé en millimètres par le nombre π.

En première approximation, le module peut être calculé par la formule :

$$m = 2{,}34 \sqrt{\frac{\|Ft\|}{k.Rp_e}}$$

$\|Ft\|$ = force tangentielle en newtons.
k = coefficient de largeur de denture, valeur choisie entre 6 et 10.
Rp_e = résistance pratique à l'extension du matériau de la dent en mégapascals.

Crémaillère de référence



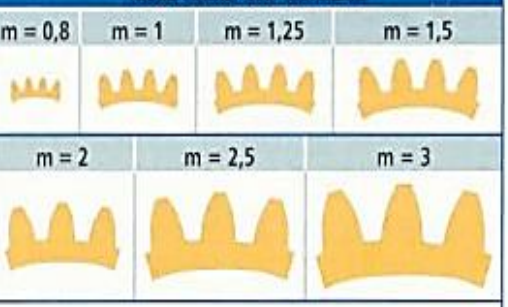
Modules normalisés

Série principale	0,3	0,5	0,8	1	1,25	1,5	2
	2,5	3	4	5	6	8	10

Nombre minimal de dents*

Z_A	13	14	15	16	17
Z_B	13 à 16	13 à 26	13 à 45	13 à 101	13 à ∞

Taille réelle des dentures

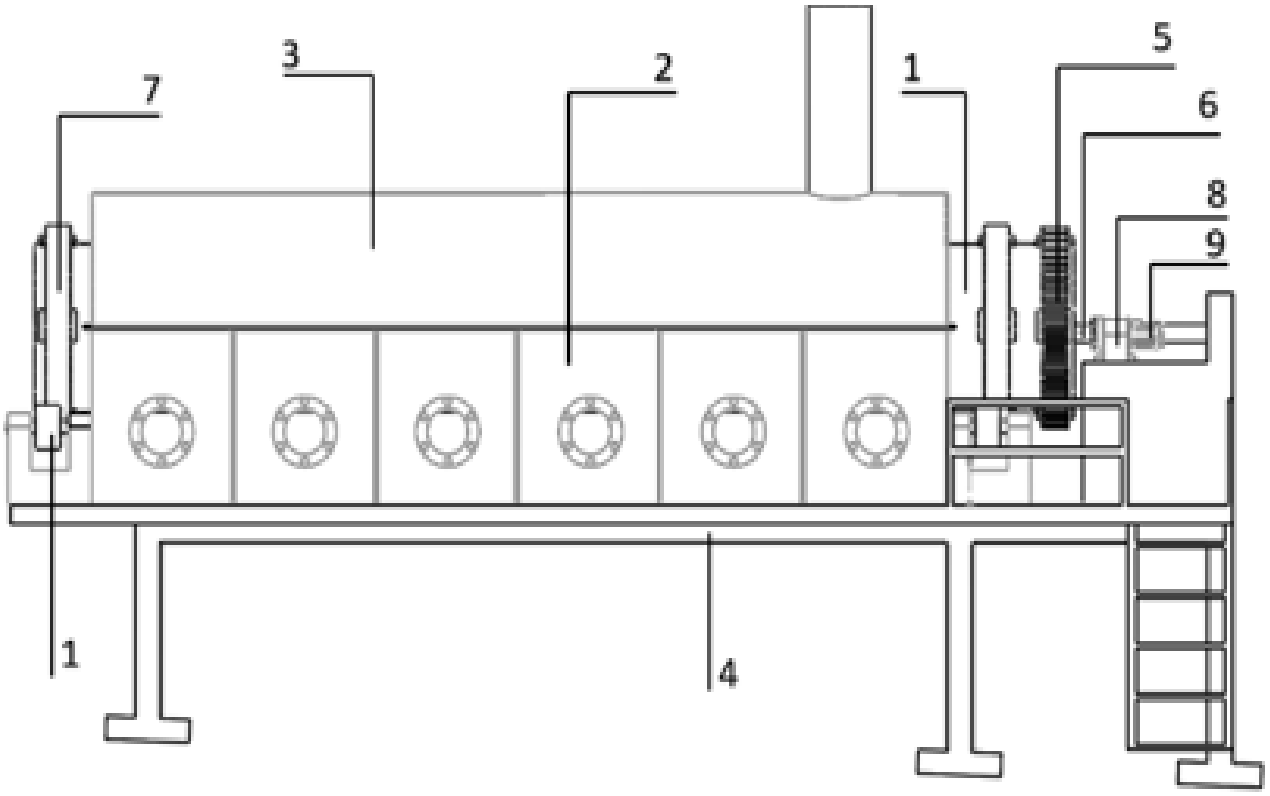


73.13 Caractéristiques d'une roue à denture droite normale (α = 20°)

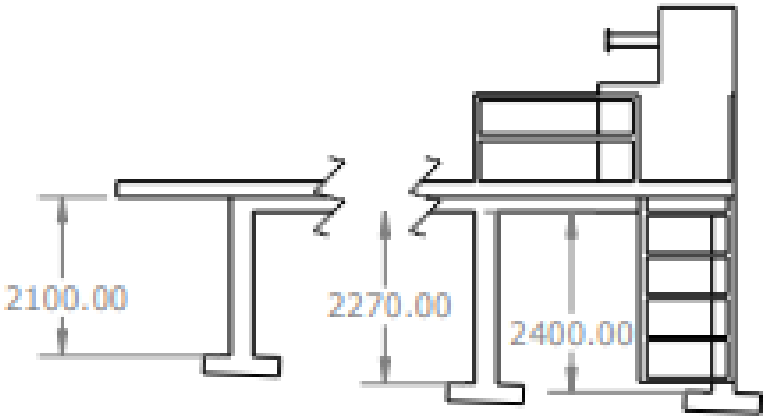
Module	m	Déterminé par un calcul de résistance des matériaux (§ 73.12)**
Nombre de dents	z	Déterminé à partir des rapports des vitesses angulaires : $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{n_A}{n_B} = \frac{z_B}{z_A}$
Pas	p	$p = m.\pi$
Saillie	h_a	$h_a = m$
Creux	h_f	$h_f = 1{,}25\ m$
Hauteur de dent	h	$h = h_a + h_f = 2{,}25\ m$
Diamètre primitif	d	$d = m.z$
Diamètre de tête	d_a	$d_a = d + 2\ m$
Diamètre de pied	d_f	$d_f = d - 2{,}5\ m$
Largeur de denture	b	$b = k.m$ (k valeur à se fixer, fréquemment on choisit entre 6 et 10.)
Entraxe de deux roues	a	$a = \frac{d_A + d_B}{2} = \frac{m.z_A}{2} + \frac{m.z_B}{2} = \frac{m(z_A + z_B)}{2}$

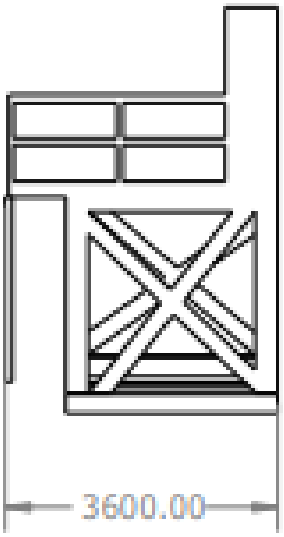
* Afin d'éviter l'interférence entre les dents de la roue et du pignon. ** Voir aussi le Guide du Calcul en Mécanique.

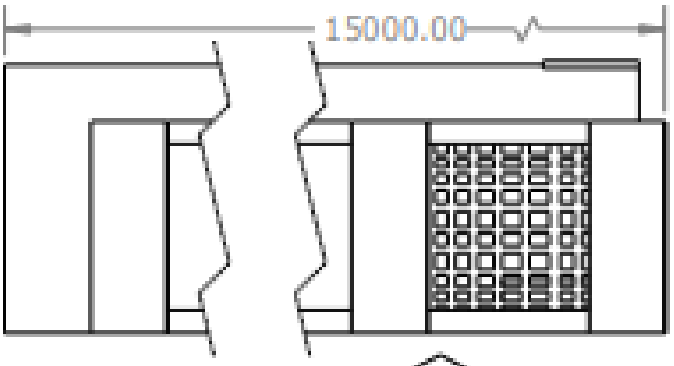
298

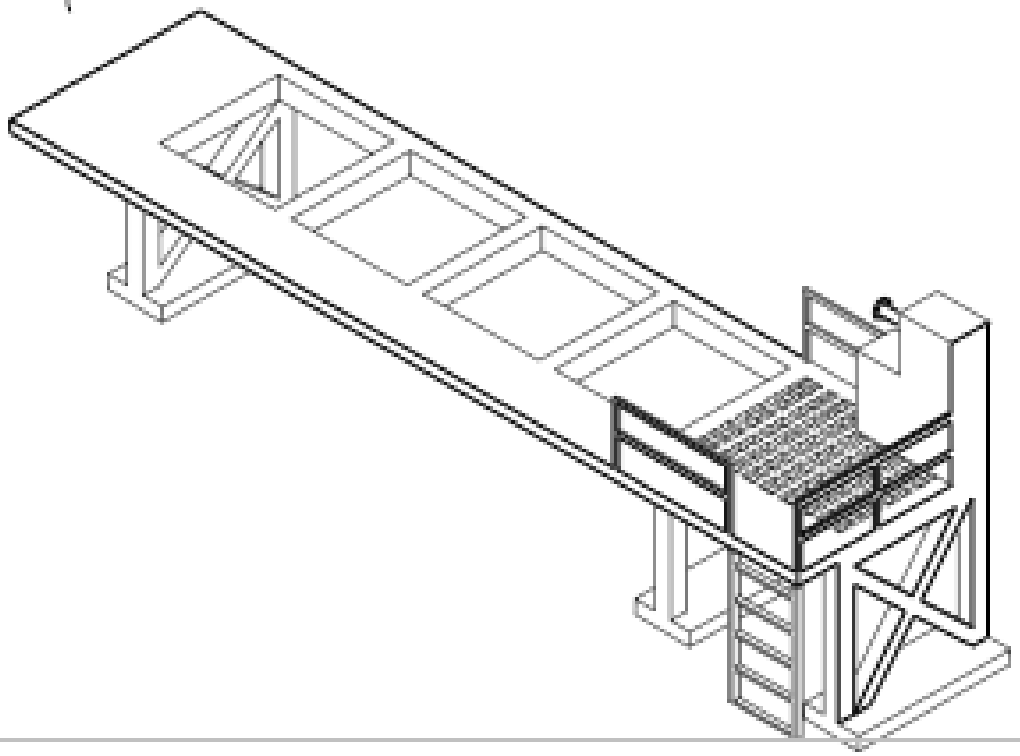


N:	ELEMENT	NOMBRE
10	GALLET	4
9	MOTEUR	1
8	REDUCTEUR VITESSE	1
7	ROUE SIMPLE	2
6	PIGNON 2 (PETIT PIGNON)	1
5	ROUE DENTE (GRAND PIGNON)	1
4	TABLE	1
3	BODY (A)	1
2	BODY (B)	1
1	TAMBOUR	1

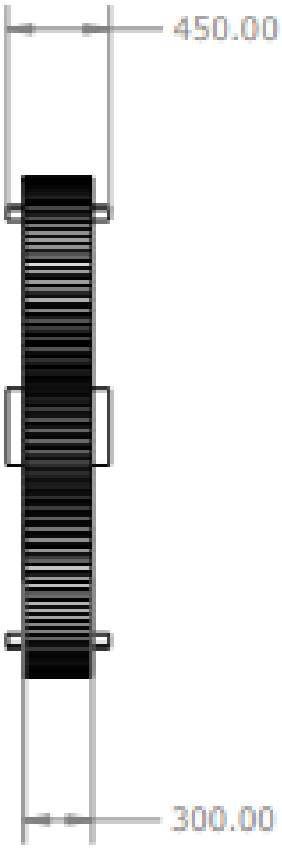


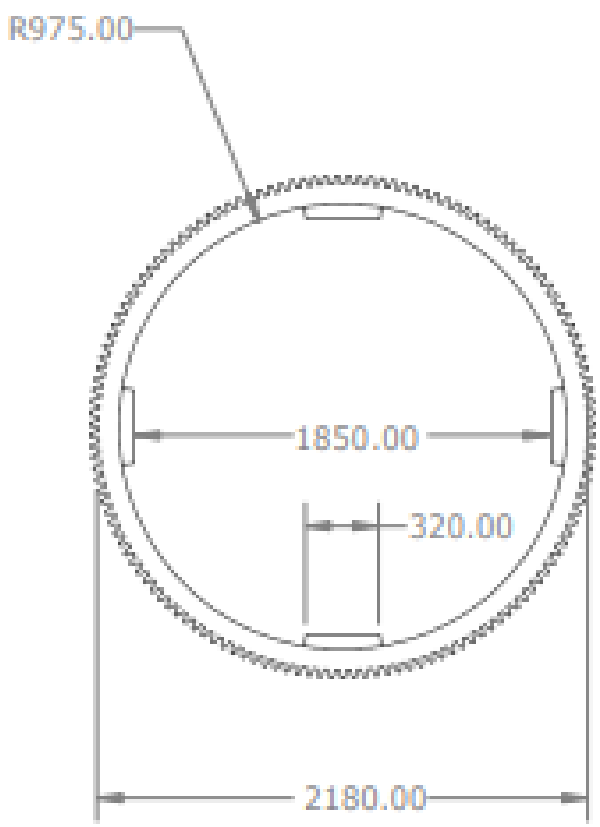


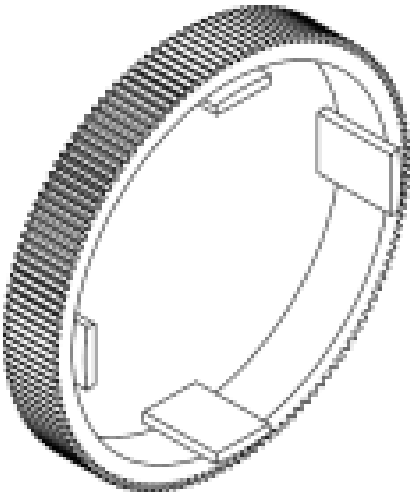




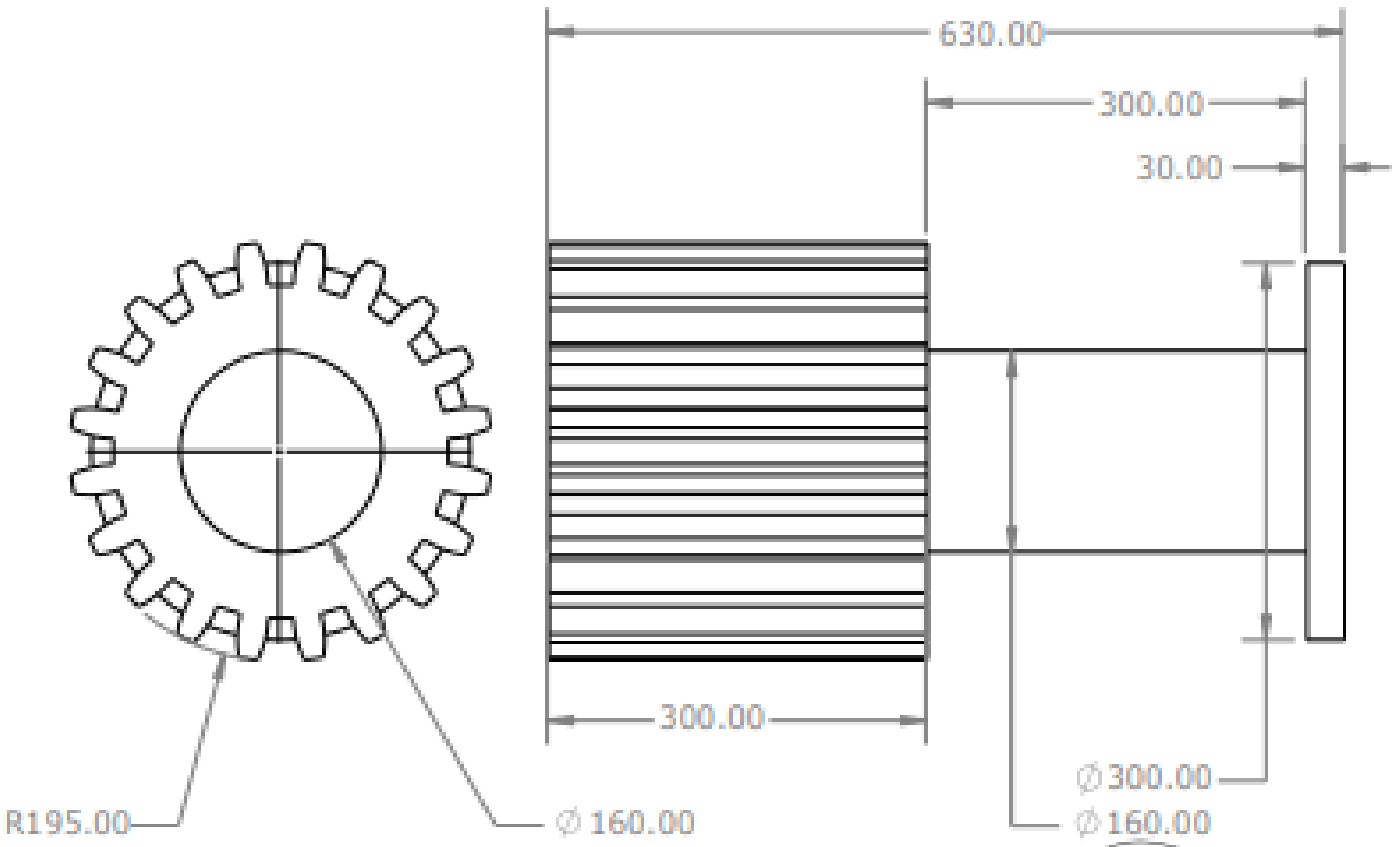
N :	1 :100	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		TABLE	Spécialité : C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	

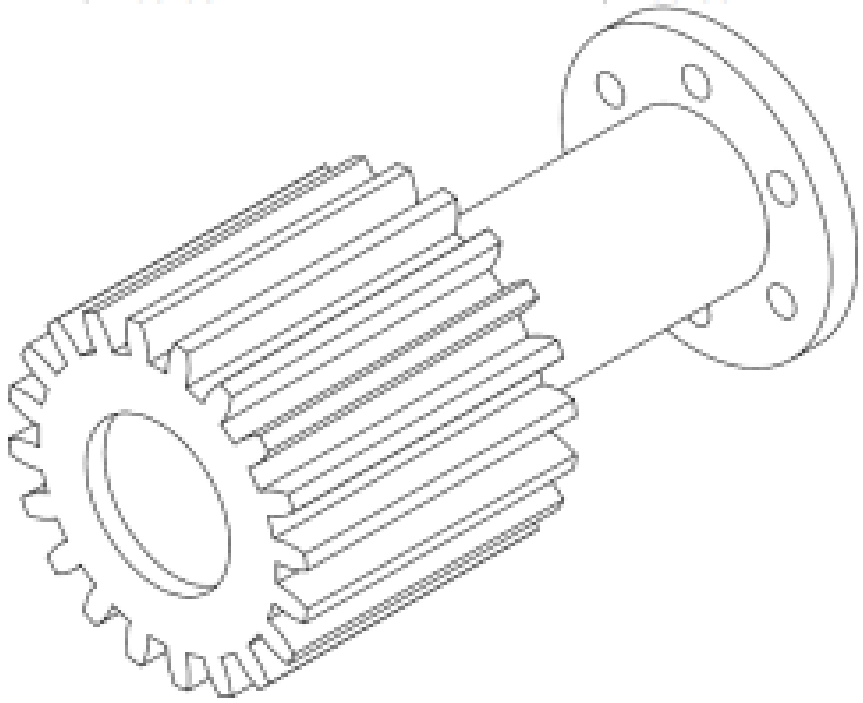




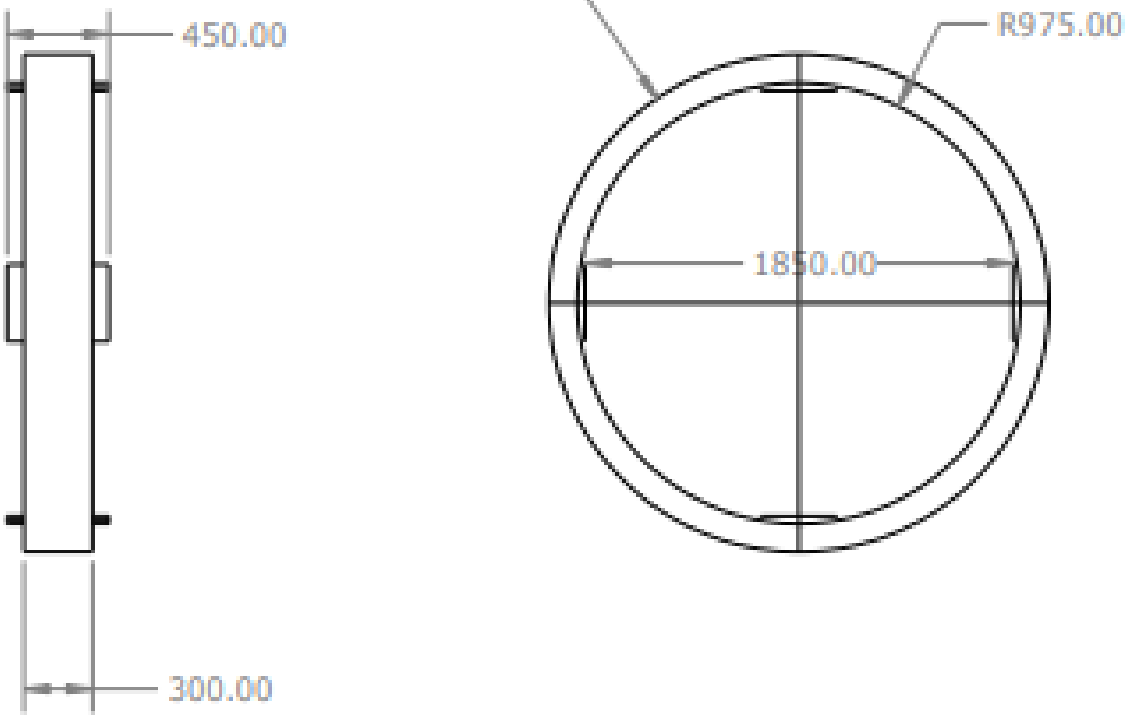


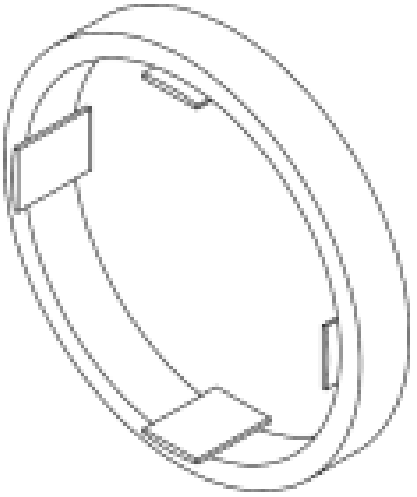
N :	1 :33.3	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		ROUE DENTE (GRAND PIGNON)	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	



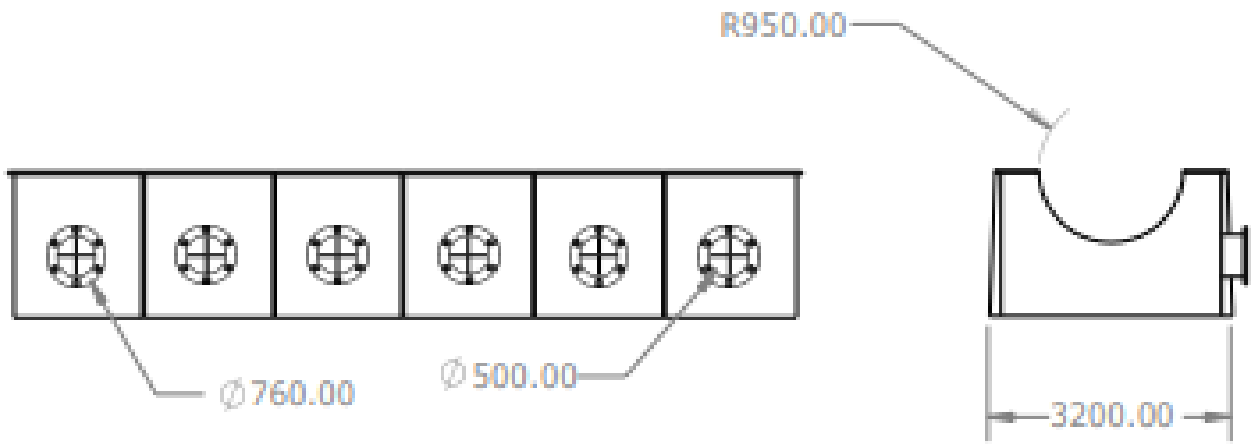


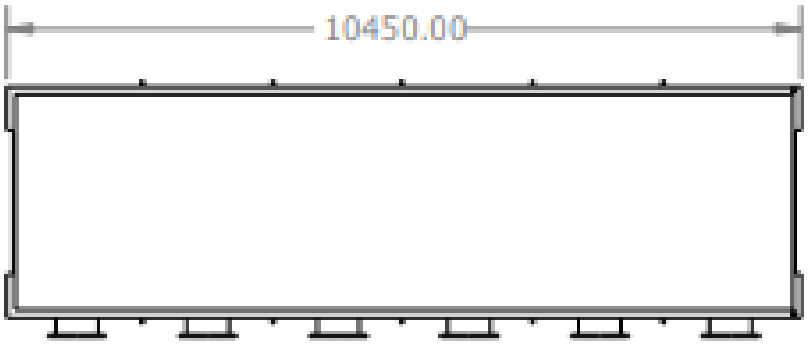
N :	1 :6	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		PIGNON 2 (Petit Pignon)	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	

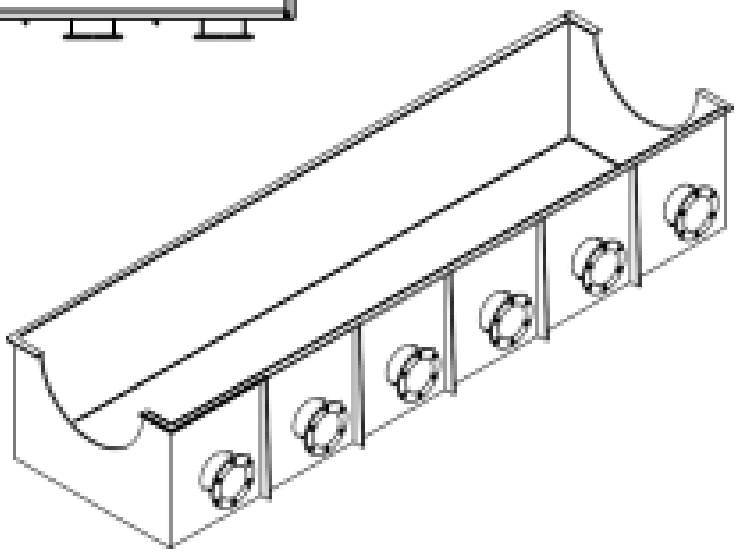




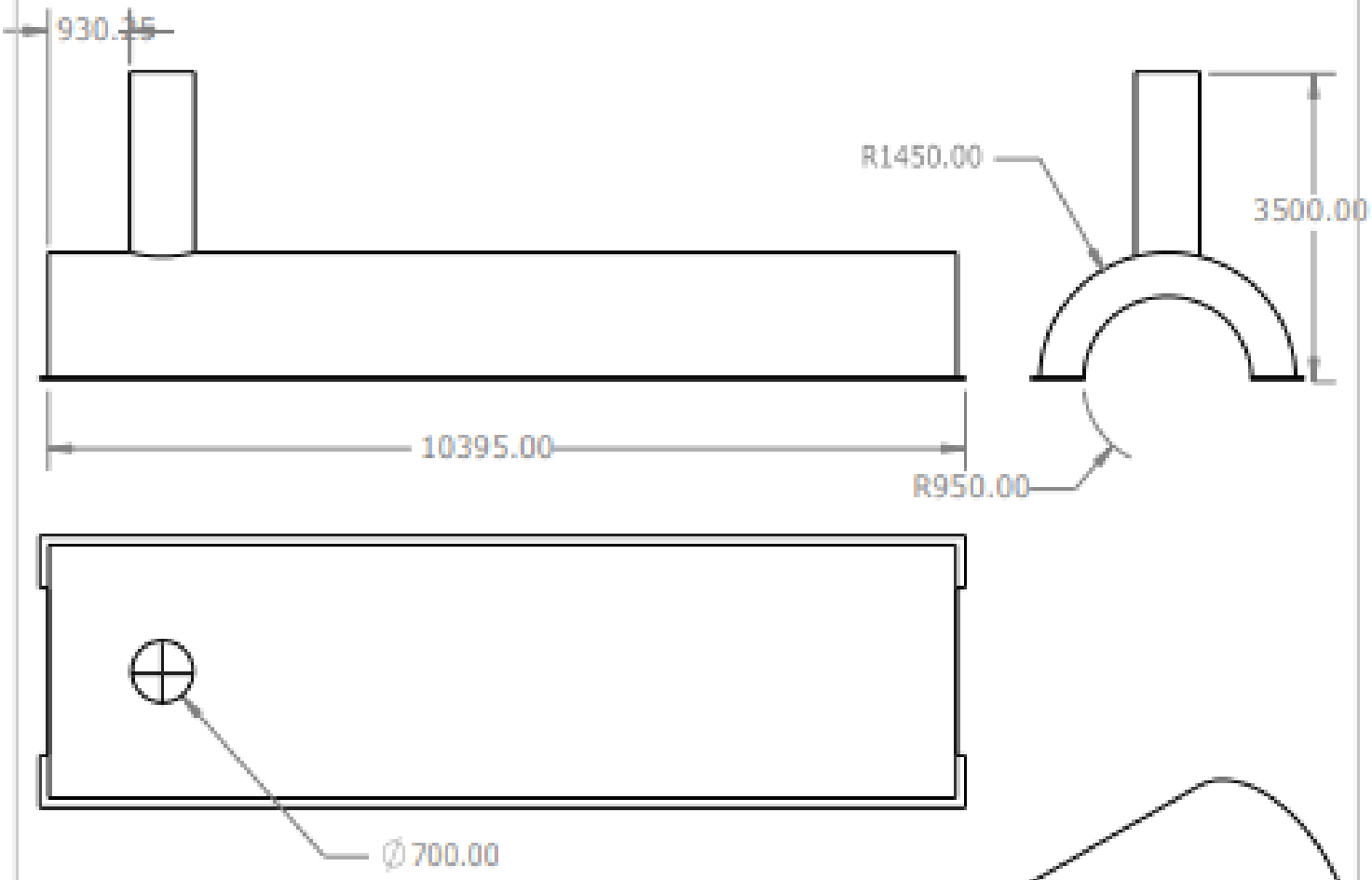
N :	1 :33.3	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		SIMPLE ROUE	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	

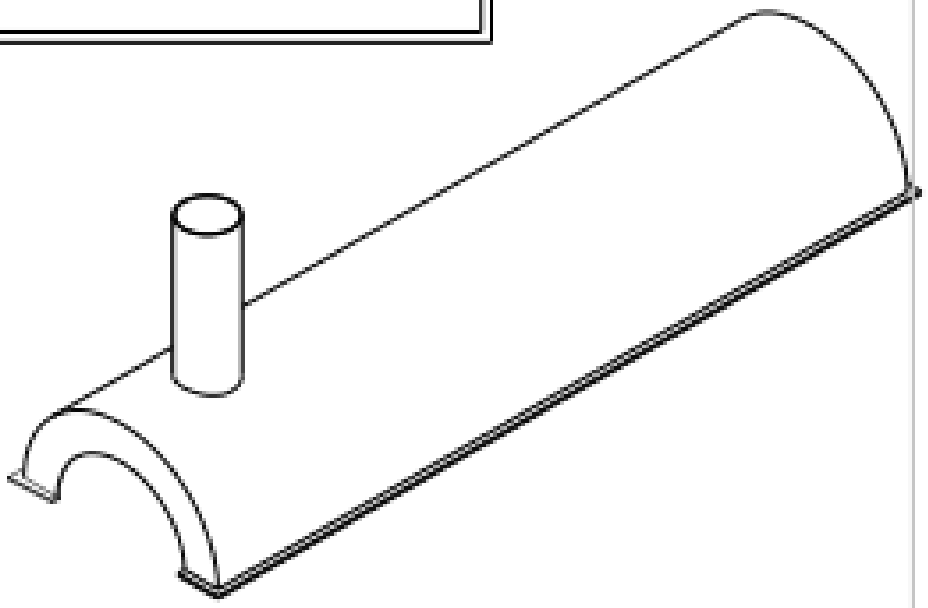




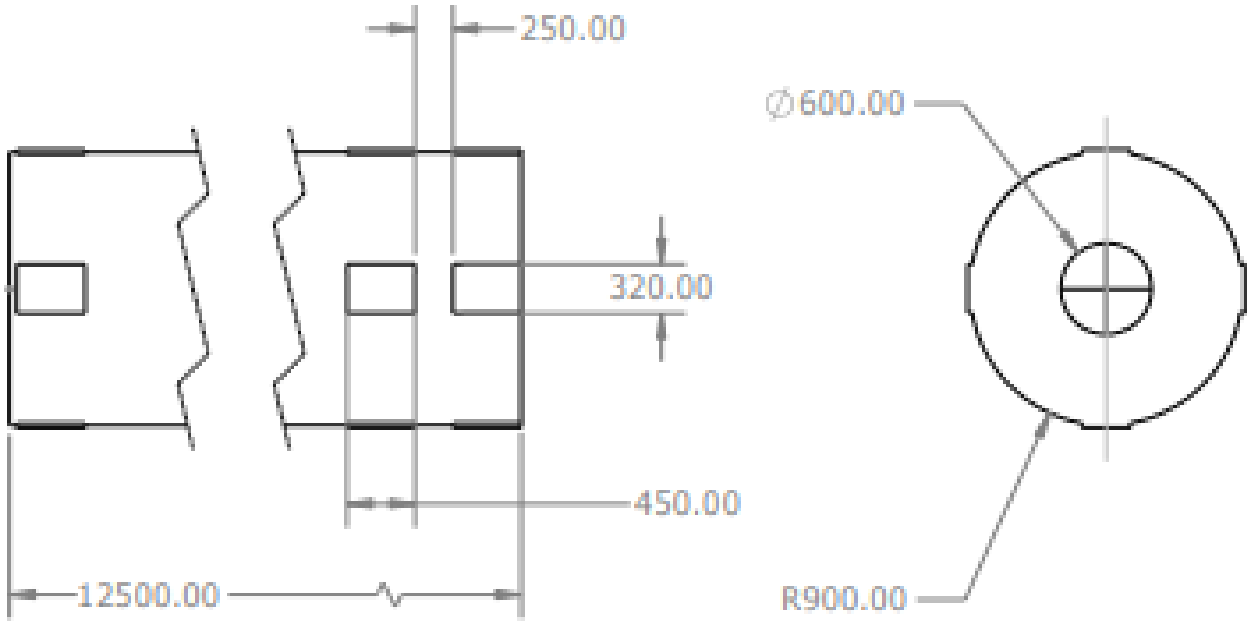


N :	1 :100	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		BODY(B)	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	

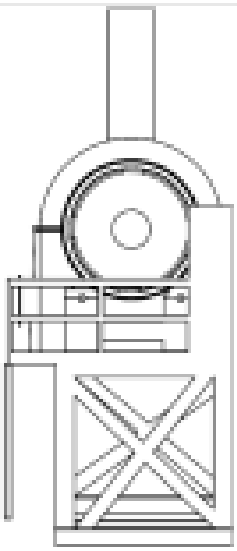


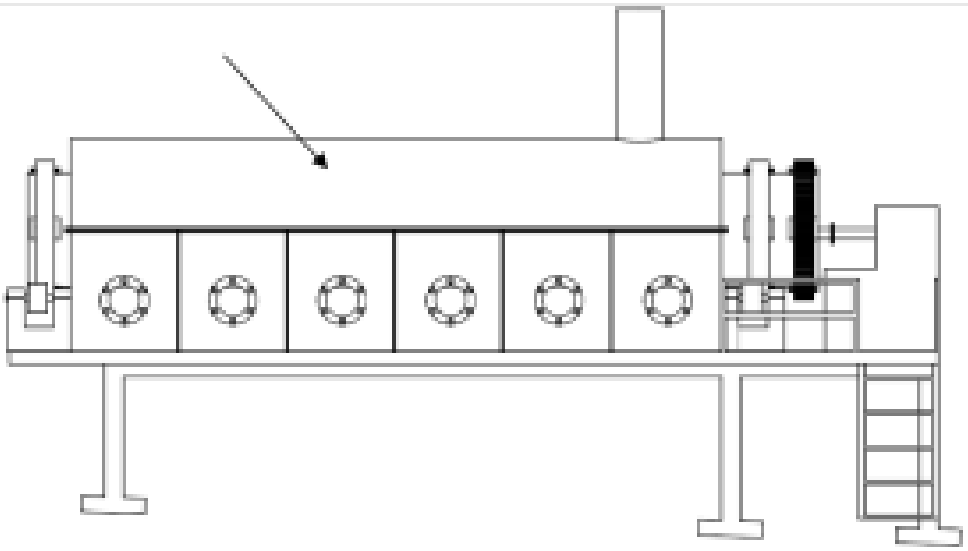


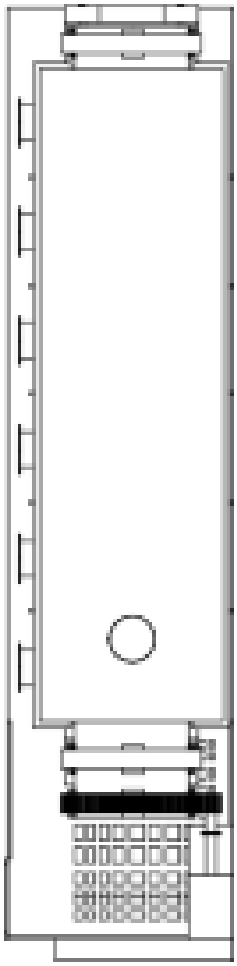
N :	1 :70	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		BODY (A)	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		UNIVERSITE Dr YAHIA FARES MEDEA	

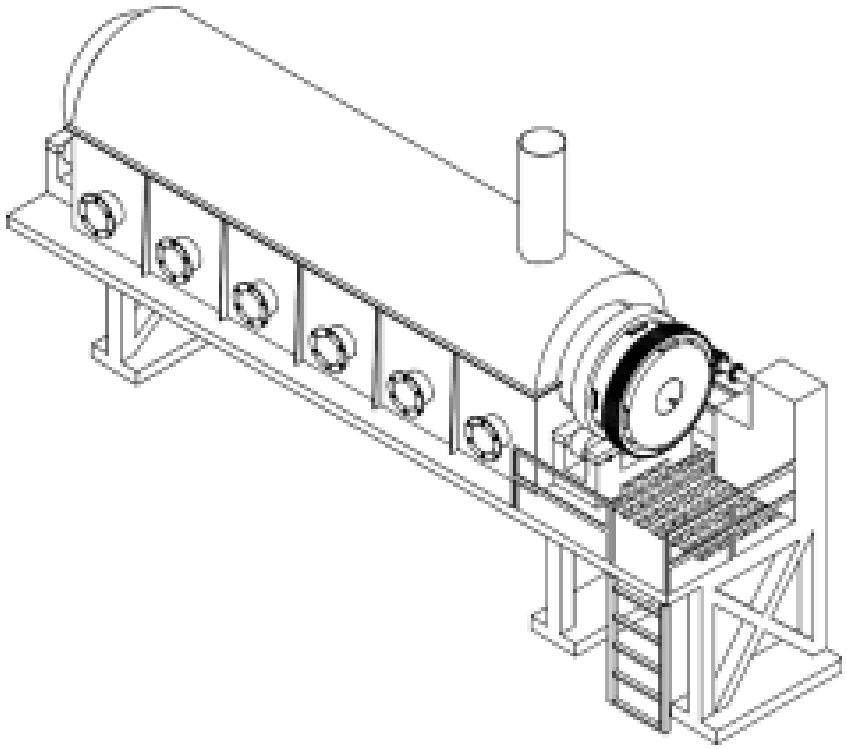


N :	1 :50	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		Tambour (DRUM)	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	









N :	1 :120	Nom : Rahmoune Abderrahmane. Belaissa Zakaria	
Matière :		THERMAL UNITE	Spécialité :C.M
A4			Encadreur : A. Mounir
		Université Dr Yahia Farés Médéa	