

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE
MASTER

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : CONSTRUCTION MÉCANIQUE

PAR :

KHERBACHE Abdelhafid

CHEKROUNE Braham

Thème

**Etude et conception de la vis sans fin d'une ensacheuse de
sable 25Kg**

Soutenu le 25/06/2018 devant le jury composé de:

Mr. HADDAR

Président

Mr. BELAMRI Abdelatif

Rapporteur

Mlle. HIMED

Examinatrice

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017-2018

Remerciements

Avant tout : Louange à celui qui nous a créé, protégé, aidé et nous a donné la patience et le courage pour pouvoir accomplir entre autre ce mémoire de fin d'étude dans les meilleures conditions, « Dieu Merci ».

*Notre profonde reconnaissance et nos remerciements les plus sincères vont en tout premier lieu, à notre promoteur, Docteur **BELAMRI Abdelatif**, pour nous avoir accueillis et pour le temps et l'intention qu'il a bien voulu consacré au bon déroulement de ce travail.*

Aux membres de jurys pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en jugeant notre travail, notamment.

Nos remerciements vont aussi pour le personnel du hall de technologie

***ATTOUB Nourredine, OUADFEL Abdellah, BOUKOU Smail, KHELFAOUI Rabah, FERHOUNE Riad et YOUSFI Rachid** pour nous avoir ouvert les portes et mis à notre disposition les moyens nécessaires, et pour leur entière disponibilité et coopération lors de la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde affection.*

Nous remercions aussi, tous ceux et toutes celles qui ont contribué, à quelque titre ou degré que ce soit, à la réalisation de ce modeste travail.

KHERBACHE Abdelhafid

CHEKROUNE Braham

Dédicace

En guise de reconnaissance

Je dédie ce modeste travail à

Mes très chers parents, exemplaires, pour leur amour, leurs sacrifices et soutiens, et qui ont été patients et compréhensifs, affectueux et tendres, en espérant les rendre fières. En témoignage de mon éternelle reconnaissance.

Mon seul et unique frère Sofiane.

Mon adorable sœur Rima et son mari Tahar.

Mon très cher neveu Abdelmalek,

Mon oncle Hocine.

A ma famille et mes amis.

A toute personne ayant contribué soit de près ou de loin à la réalisation de notre projet.

Au personnel du hall de technologie : ATTOUB N, Smail, Abdellah, Rabeh, Riad, Rachid.

A toute l'équipe de la veille du dépôt: Hamou, Lyes, Mourad et Naim.

A mes très chers camarades de la promotion construction mécanique ACHOUR Mbarek et AIT-ALI Islam-Eddine.

Mon collègue Hafid, auquel je serais reconnaissant pour toujours.

A notre promoteur Mr BELAMRI Abdelatif, nous avons eu la chance et le privilège de travailler sous votre direction, nous avons apprécié votre gentillesse inégalée.

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

-MERCI-

CHEKROUNE Braham.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs encouragements, leur attention et leur courage moral ont été réconfort constant, tout au long de mes études.

A mes frères et mes sœurs ; qui ont toujours été pour moi, un bon exemple à suivre, afin de mener à bien mes études. A toute ma grande famille.

A tous mes amis sans exception.

A toute personne ayant contribué soit de près ou de loin à la réalisation de notre projet.

A mes très chers camarades de la promotion construction mécanique

ACHOUR Mbarek et AIT-ALI Islam-Eddine.

Sans oublier IOUKNANE Hamza.

Au personnel du hall de technologie

ATTOUB.Nourredine, OUADFELAbdellah, BOUKOU Smail, KHELFAOUI Rabah, FERHOUNE Riad et YOUSFI Rachid

A toute l'équipe de la veille du dépôt TIAB Lyes, OUCHEN Md Akli, CHEURFA Naim et ANANE Mourad.

A toute l'équipe de la Ligue des sports universitaire L.Sofiane, S.Amar (Boloss) et L.Norredine (R'mimez) sans oublier B.Lather, BAA Billal, SAIDI Ameer, ALOUI Massinissa et HAMCHACHE Amazigh.

Mon collègue Braham, auquel je serais reconnaissant pour toujours.

A notre promoteur Dr BELAMRI.A, nous avons eu la chance et le privilège de travailler sous votre direction, nous avons apprécié votre gentillesse inégalée.

KHERBACHE.A

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Les machines de conditionnement et les ensacheuses	
I.1. Fonctionnement des ensacheuses.....	2
I.2. Types d'ensacheuses	2
I.2.1. Ensacheuse verticale	2
I.2.2. Ensacheuse horizontale.....	3
I.3. Ligne de production des produits agrégats partant du silo au mélangeur, à la trémie à l'ensacheuse et du système de pesée	4
I.4. Sac utilisé pour les agrégats (mélange de sable et de ciment)	6
I.4.1. Sacs en polyéthylène	6
I.4.2. Sacs en papier	6
I.5. Les différents renseignements des produits qu'on doit mettre sur l'emballage ...	6
I.6. Les avantages des machines de conditionnement et d'ensacheuses	6
Chapitre II : La fabrication et le fonctionnement des vis de transport	
II.1. Constitution et principe de fonctionnement.....	8
II.1.1. Vis d'Archimède avec âme	8
II.1.2. Vis d'Archimède sans âme	9
II.2. le fonctionnement du système d'entraînement par vis sans fin	10
II.3. variantes et adaptations de la vis suivant les secteurs d'application	11
II.3.1. Variantes de la vis d'Archimède	11
II.3.1.1. Vis d'Archimède horizontale	11
II.3.1.2. Vis de transport inclinée	12
II.3.1.3. Vis verticale	12
II.3.2. Adaptations de la vis suivant les secteurs d'application.....	13
II.3.2.1. Mélangeur à vis	13
II.3.2.2. Vis d'extraction à sas	14
II.3.2.3. Echangeur thermique à vis d'Archimède	15
II.3.2.4. Machines élévatoires simples à vis d'Archimède	15
II.3.2.5. Doseurs à vis	16
II.3.2.6. Forage à vis d'Archimède (tarière continue)	17
II.3.2.7. Extrudeuse à vis d'Archimède	18
II.4. Les différents procédés de fabrication Des hélices	19
II.4.1. La fabrication d'une hélice avec des disques.....	19

Sommaire

II.4.2. La fabrication d'une hélice avec une tôle	20
II.5 Montage de l'axe sur le moteur, dimensionnement de la clavette et réglage de l'alignement de l'axe de la sortie du moteur à la sortie du produit pour le mettre dans le sac	20
II.5.1 Montage de l'axe sur le moteur	20
II.5.1.1 Liaisons par goupilles	20
II.5.1.2 Liaison par clavettes	21
II.5.1.3. Liaison par accouplements	25
II.5.2. Réglage de l'alignement de l'axe de la sortie du moteur à la sortie du produit..	26
II.6. Paliers à roulements.....	27
Chapitre III : Calcul de résistance et simulation sur SolidWorks	
III.1. Eléments de calcul et dimensionnement de la vis	29
III.1.1. Géométrie	29
III.2. Généralités sur l'acier utilisé (42CrMo4)	29
III.2.1. Domaines d'application.....	30
III.2.2.Caractéristiques mécaniques moyennes (état trempé revenu).....	31
III.3. Le moteur utilisé	31
III.3.1. Description	31
III.3.2. Fiche technique	31
III.4. Dimensionnement de la vis d'Archimède	32
III.4.1. Pas de la vis (P)	32
III.4.2. Longueur de la vis	32
III.4.3. Le diamètre de l'arbre de la vis	33
III.4.3.1 Calcul du diamètre de l'arbre à partir de la Résistance à la torsion	33
III.4.3.2 Calcul de diamètre de l'arbre à partir de la Résistance à la flexion	34
III.5. Simulation du comportement de la vis, étudié sur « SolidWorks simulation »...	37
III.5.1. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises.....	38
III.5.2. Présentation des déplacements de la pièce	39
III.5.3. Présentation de coefficient de sécurité	40
III.5.4. chargement maximum que la vis peu supporter	41
Chapitre IV : Fabrication de la vis sans fin de l'ensacheuse	
IV.1. Le matériel utilisé	43
IV.2. Les étapes de la fabrication de la vis	43

Sommaire

IV.2.1. Découpage de la tôle	43
IV.2.2. Réalisation des disques	44
IV.2.3. Soudage des disques	46
IV.2.4. Etirement des disques	46
IV.2.5. Préparation de l'arbre	47
IV.2.6. Montage de l'hélice sur l'arbre	48
IV.2.7 Finition	48
Conclusion	50

Sommaire

Liste des figures

Figure I.1 ensacheuse verticale.....	3
Figure I.2 Ensacheuse horizontale.....	4
Figure I.3 Ligne de production des produits agrégats.....	5
Figure II.1 Transporteur à vis d'Archimède avec âme.....	9
Figure II.2 vis d'Archimède sans âme.....	9
Figure II.3 Présentation de sens de déplacement des produits lors de fonctionnement de la vis.....	10
Figure II.4 Formes principales des spires.....	11
Figure II.5 Vis de transport inclinée.....	12
Figure II.6 Vis de transport verticale.....	13
Figure II.7 Les mélangeurs.....	14
Figure II.8 Coupe d'une vis d'extraction à sas.....	14
Figure II.9 Machine élévatoires simple à vis d'Archimède.....	15
Figure II.10 Système d'alimentation et de dosage par vis sans fin.....	16
Figure II.11 Tarière continue.....	17
Figure II.12 Schéma de l'extrudeuse mono vis.....	19
Figure II.13 Les étapes de fabrication d'une hélice avec des disques découpés.....	19
Figure II.14 Fabrication d'une hélice à l'aide d'une rouleuse a tôle.....	20
Figure II.15 Liaison à l'aide des goupilles.....	21
Figure II.16 Liaison par clavettes.....	21
Figure II.17 Le matage.....	24
Figure II.18 Liaison par accouplement.....	26
Figure II.19 Méthodes d'analyse d'alignements.....	27
Figure II.20 Quelques modèles de paliers à roulements.....	28
Figure III.1 Les dimensions de la vis d'Archimède.....	29
Figure III.2 Quelques pièces réalisées avec l'acier 42CrMo4.....	30
Figure III.3 Moteur triphasé 0,75KW, 3000 tr/min.....	32
Figure III.4 présentation de l'angle maximale à la torsion.....	33
Figure III.5 Vis de transport soumise à une torsion.....	34
Figure III.6 Vis d'Archimède soumise à une flexion du au poids de sable.....	36
Figure III.7 Conditions aux limites et chargement appliqué sur la vis, appliqués sur SolidWorks simulation.....	37

Liste des figures

Figure III.8 Maillage triangulaire type standard appliqué sur notre pièce, avec indication des paramètres pris sur le logiciel.....	38
Figure III.9 Distribution des contraintes Von Mises.....	39
Figure III.10 Présentation des déplacements lors de fonctionnement de la vis.....	40
Figure III.11 Le coefficient de sécurité au niveau de toute la vis.....	41
Figure III.12 le coefficient de sécurité de la vis à une force de 2700N	42
Figure IV.1 Préparation des carrés de dimensions 170x170 mm ²	43
Figure IV.2 Fixation de la pièce pour créer des cylindres	44
Figure IV.3 Disque de diamètre 155mm	44
Figure IV.4 L'opération de perçage	45
Figure IV.5 Découpage et perçage des disques	45
Figure IV.6 Assemblage des disques avec soudage	46
Figure IV.7 Etirement de l'hélice	47
Figure IV.8 Usinage de l'arbre	47
Figure IV.9 Soudage de l'ensemble arbre/hélice.....	48
Figure IV.10 Vis sans fin pour l'ensacheuse	48

Liste des figures

Liste des tableaux

Tableau II.1 modèles de clavettes	22
Tableau II.2 Dimensions des clavettes normalisées	23
Tableau II.3 Pression admissible de matage pour un clavetage longitudinal libre.....	25
Tableau III.1 Désignation international de l'acier 42CrMo4.....	30
Tableau III.2 Composition chimiques de l'acier utilisé.....	30
Tableau III.3 Caractéristique mécaniques de 42CrMo4.....	31
Tableau III.4 Dimensions normalisées du diamètre et pas de la vis.....	32

Liste des tableaux

Liste des symboles et des abréviations

RDM : Résistance des matériaux.

Acis : La surface cisailée.

V : l'effort tranchant.

T_{moy} : contrainte moyenne.

Mt : le moment de torsion.

$P_{\text{adm mat}}$: pression admissible de matage.

D : Le diamètre de la vis.

d : Le diamètre de l'arbre.

P : Le pas de la vis.

e : L'épaisseur du filet.

L : Longueur de la vis.

Cr : Chrome.

Mo : Molybdène.

EN : Norme Européenne.

DIN : Deutsche Industrie Normen.

AFNOR : Association française de normalisation.

AISI : American International Standard Institute.

C : Carbone.

S : Soufre.

Mn : Manganèse.

P : Phosphore.

Si : Silicium.

Re : Limite d'élasticité.

Liste des symboles et des abréviations

R_m : Résistance à la traction.

A (%) : Allongement à la rupture.

M_{\max} : couple maximale pouvant être transmis par le moteur à la vis.

P_{\max} : Puissance maximale du moteur.

N_{\max} : Vitesse maximale de rotation de l'arbre.

θ : Angle maximal.

W_p : module de torsion.

I_0 : moment quadratique polaire.

R : Rayon de l'arbre.

$R_{e_{\min}}$: Limite minimale apparente d'élasticité.

s : coefficient de sécurité.

τ_t : Contrainte au cisaillement.

R_g : limite à la rupture par cisaillement.

R_{pg} : résistance pratique au glissement ou au cisaillement.

G : Module d'élasticité transversale (Module de Coulomb).

M_{\max} : Moment maximal.

M_f : Moment de flexion.

M_t : Moment de torsion.

f : Flèche maximale.

E : Module d'élasticité longitudinale (Module de Young).

Liste des symboles et des abréviations

Introduction

Introduction

Depuis plusieurs années il existe dans tous les secteurs de production des machines de conditionnement et en particulier des ensacheuses, qui nous facilitent l'emballage de différents produits.

L'avantage de ce type de machines de conditionnement et d'améliorer les conditions de travail en diminuant les tâches destinées aux employés au niveau de ces unités de production, en garantissant aussi la sécurité du personnel et améliorer la production quantitativement par rapport au facteur temps.

L'objectif de notre travail est de faire une étude d'une vis sans fin qui va assurer le bon fonctionnement d'une ensacheuse de sable, le rôle de cette vis est de déplacer le sable à l'intérieur d'une trémie pleine de ce dernier vers des sacs d'emballage allant de 10 à 30 Kg.

Pour atteindre cet objectif, nous avons procédé à des études mécaniques qui nous ont donné des résultats qui vont garantir la résistance de cette vis lors du fonctionnement de notre ensacheuse de sable

Dans notre travail, on a commencé par exposer les différentes ensacheuses et leur fonctionnement, dans le 2ème chapitre, on est intéressé particulièrement au fonctionnement et les différentes méthodes de fabrication de cette vis, nous avons aussi présenté le dimensionnement et les méthodes de calculs appliqués à l'aide des calculs RDM plus la simulation de cette pièce avec le logiciel SolidWorks au 3ème chapitre, puis une méthode de fabrication de cette vis faite au niveau du hall de technologie au sein de notre université est présentée au 4ème chapitre et nous avons terminé notre travail par une conclusion.

Chapitre I :
Les machines de
conditionnement et les
ensacheuses.

Introduction

Tous les secteurs d'activités économique et principalement de la production (production des biens d'équipement ou production des biens de consommation) trouvent le conditionnement l'ensachage l'une des solutions pour faciliter la production et améliorer les conditions de travail pour une raison claire qui est le développement de l'entreprise.

I.1. Fonctionnement des ensacheuses

Une ensacheuse a pour rôle d'assurer l'emballage des produits dans des sacs. Ce système est mécanique et assure la mise en sac de produits en poudres, en granulés ou solides. L'utilisation d'une ensacheuse nous permet d'assurer à notre produit solidité et légèreté. On retrouve différentes catégories de machines à ensacher, et garantissant un travail de remplissage et de fermeture des sacs tout à fait automatique ou manuelle [1].

I.2. Types d'ensacheuses

I.2.1. Ensacheuse verticale

L'ensacheuse verticale qui est la plus utilisée pour les produits en granulés, fonctionne de la manière suivante: le produit est mis par en haut dans la trémie qui est équipée par une vis sans fin qui s'occupe de l'avancement de sable vers l'avant pour le mettre dans des sacs alimenté par un silo de stockage rempli du produit et transporté par une vis d'Archimède, cette action peut également être réalisée de façon manuelle.

Une pesée est effectuée selon les réglages préétablis sur la machine; une fois le poids désiré atteint, la vis arrête de tourner pour passer à la deuxième étape la mise en sac, grâce à des sacs en papiers.

La dernière étape consiste, comme déjà précisé en la fermeture des sacs [2].

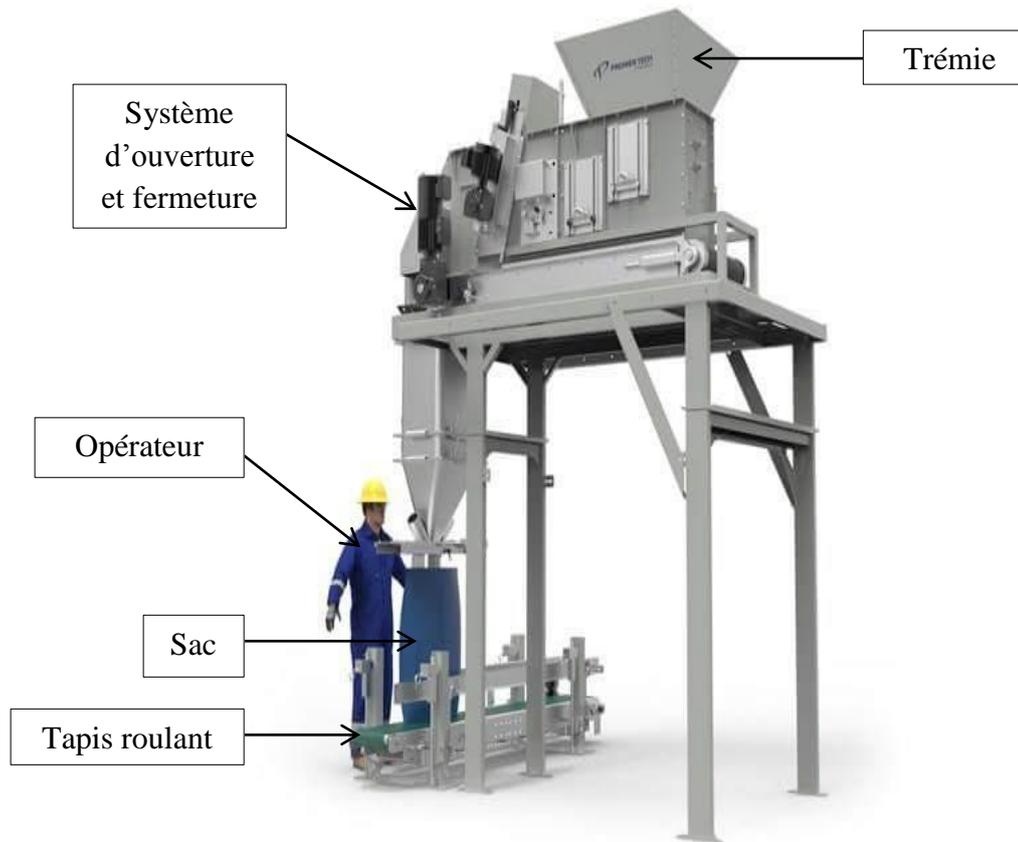


Figure I.1 ensacheuse verticale [3].

I.2.2. Ensacheuse horizontale

L'ensacheuse horizontale fonctionne de manière assez semblable, à la seule différence celle de l'arrivée du produit, qui arrive grâce à un tapis d'alimentation qui apporte les produits directement pour l'emballage.

Là aussi, le produit peut être déposé par une machine, ou tout simplement manuellement ou par des ouvriers. Une bobine est également présente et le produit arrive directement dans l'emballage déjà ouvert, avant d'être lui aussi coupé et soudé.



Figure I.2 Ensacheuse horizontale [3].

I.3. Ligne de production des produits agrégats partant du silo au mélangeur, à la trémie à l'ensacheuse et du système de pesée

L'installation est alimentée par 3 silos de stockage (sable, ciment, gravier), les produits sont acheminés avec des quantités précises répondant aux normes de préparation du béton par des convoyeurs à bande vers un tapis qui alimente l'ensacheuse automatique ou il y'a un mélangeur qui mélange ces produits, après cette opération, le produit sera transporter vers une trémie qui possède un système d'une vis sans fin (vis d'Archimède) qui fait avancer le mélange vers des sacs, les capteurs de poids assure une grande précision à la contenance de chaque sac (25Kg), les sacs seront choisis selon le besoin soit en papier ou en polyéthylène, une fois le sac est rempli il sera fermé, en sortie d'ensacheuse ils seront dirigés vers le palettiseur automatique.(figure I.3)

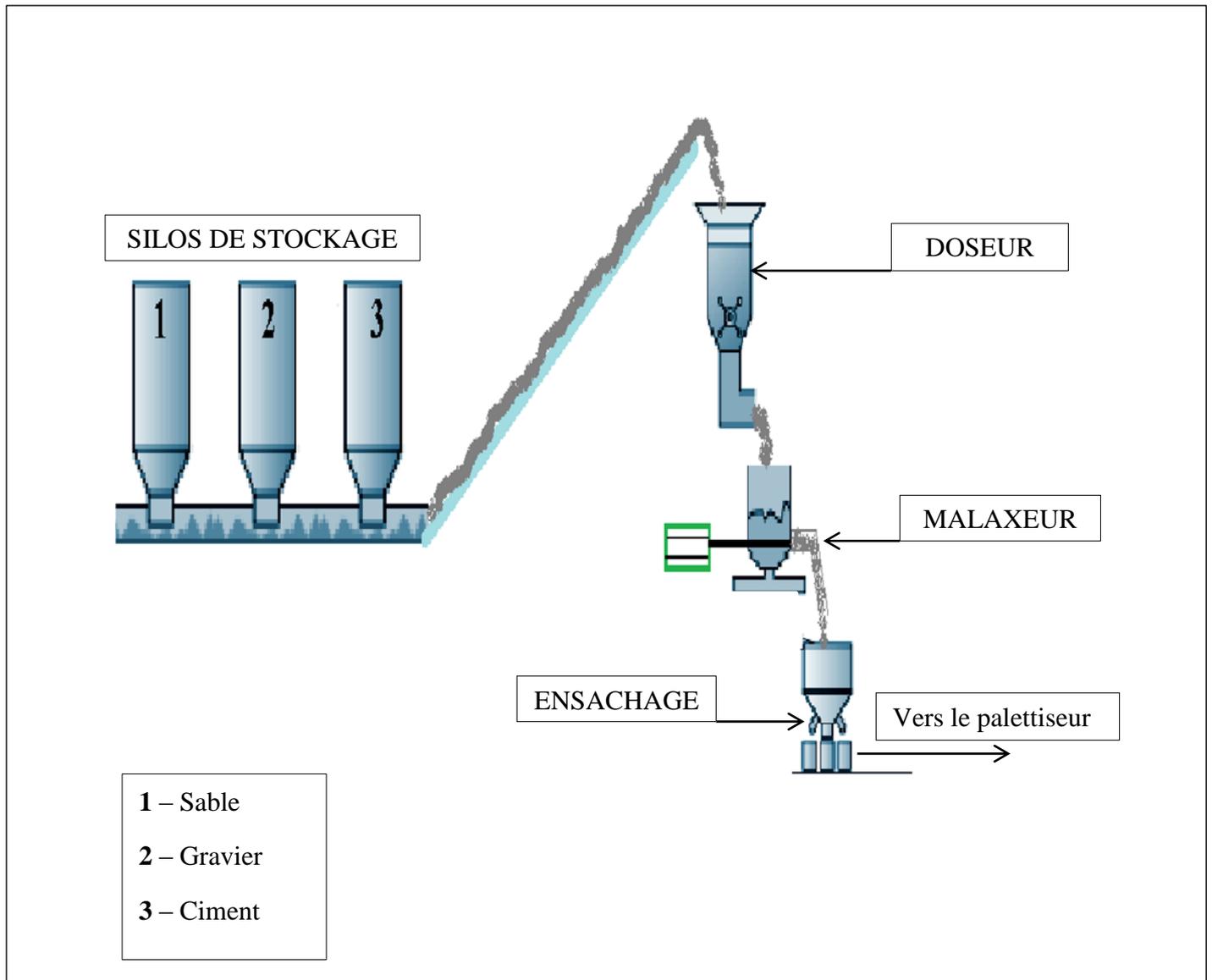


Figure I.3 Ligne de production des produits agrégats

I.4. Sac utilisé pour les agrégats (mélange de sable et de ciment)

I.4.1. Sacs en polyéthylène

Le polyéthylène est l'une des résines thermoplastiques les plus répandues dans le monde. Il possède une excellente résistance aux agents chimiques et aux chocs. Les films en polyéthylène utilisés pour emballer les matériaux de construction procurent une barrière à l'humidité et possèdent le bon équilibre entre rigidité et robustesse. Une excellente soudabilité par impulsion est aussi déterminante lorsque les produits sont conditionnés dans des emballages flexibles.

I.4.2. Sacs en papier

Le mélange (sable-ciment-gravier) se retrouve souvent dans des sacs en papier avec le fond collé à parois multiples où des pellicules en polyéthylène de haute densité feront office de protection et pour la fermeture de sac on utilise une colle destinée à ce type de sac pour sa résistance.

I.5. Les différents renseignements des produits qu'on doit mettre sur l'emballage

Il est nécessaire de les connaître pour faciliter à l'utilisateur de choisir le produit qui le convient parmi eux trouve :

- Le nom du produit
- Grosseur et forme du produit
- Propriétés physiques et chimiques (nature poussiéreuse, odeurs...)
- Masse volumique en vrac
- Le poids
- La méthode d'utilisation

I.6. Les avantages des machines de conditionnement et d'ensacheuses

- Améliorer les conditions de travail en diminuant la pénibilité des tâches manuelles

- Sécuriser le personnel
- Améliorer la production quantitativement pour diminuer les coûts
- Supprimer l'encombrement de l'unité de production et libérer des espaces à l'intérieur de cette unité.

Conclusion

Après avoir exposé ce moyen de conditionnement qui est l'ensacheuse on a opté pour l'utilisation d'une vis de transport.

Dans les prochains chapitres une étude détaillée sera présentée sur le transporteur à vis d'Archimède ainsi que ses différentes applications.

Chapitre II :
Fonctionnement et fabrication
des vis de transport.

Introduction

La vis d'Archimède, est un dispositif qu'Archimède aurait mis au point lors d'un voyage en Egypte, permettant aux habitants du bord du Nil d'arroser leurs terrains. Le premier type de vis d'Archimède est une machine élévatoire fonctionnant à pression atmosphérique. On la trouve généralement en entrée de station d'épuration ou dans des postes de drainage de terre agricoles. Elle est encore utilisée dans de nombreuses applications un peu partout dans le monde, pour déplacer (généralement en les hissant) des liquides (pompage d'eau souterraine) ou des matières en poudre ou en grain (silos). C'est la forme spécifique du rotor qui fait que le liquide remonte le long de la vis.

Physiquement les paramètres majeurs d'influence sont le diamètre extérieur, le pas des spires, l'angle d'inclinaison et la vitesse de rotation. Dans les systèmes de manutention, le transporteur à vis qui est celui qui est très utilisé pour déplacer sur une pente faible mais parfois sur plusieurs mètres de longueur des matériaux en vrac. En agriculture, sous le terme de Vis à grain ce système permet de monter le grain dans les silos de stockage lors de la moisson.

Cet appareil rustique, peu encombrant, garantit un excellent travail lorsqu'il est employé à bon escient. Il est étanche et transporte donc des pulvérulents avec un maximum de respect de l'environnement. Il ne nécessite que peu d'entretien ; quant au coût, il est sensiblement peu.

II.1. Constitution et principe de fonctionnement

II.1.1. Vis d'Archimède avec âme

Le transporteur à vis d'Archimède se compose d'une auge métallique à fond cylindrique, à l'intérieur de laquelle tourne une vis sans fin. Cette vis comporte des spires fixées sur un axe central, plein ou creux, c'est l'élément moteur.

Le produit introduit dans l'appareil est entraîné sur le fond de l'auge, il progresse de la valeur d'un pas à chaque tour de la vis sans fin et se déverse à l'extrémité de l'auge par une ouverture aménagée sur le fond

Les deux valeurs associées, diamètre et pas, concernent la spire d'une vis sans fin. Ils constituent un standard d'appareils équipés de vis sans fin à pas constant Ils fonctionnent en position horizontale et sont alimentés de façon régulière et continue « alimentation dosée ».[5]

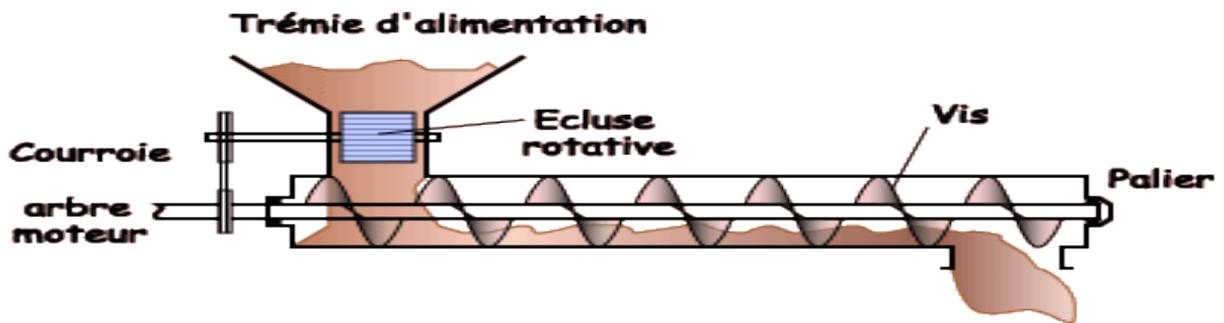


Figure II.1 Transporteur à vis d'Archimède avec âme.

II.1.2. Vis d'Archimède sans âme

Constitués d'un filet de vis d'Archimède reposant sur un fond d'usure, ce convoyeur permet le transport de produits voûtants et de granulométries variées sur de longues distances.

Domaine d'application du produit : Il est particulièrement adapté pour le convoyage des boues, de produits visqueux et de déchets hétérogènes.

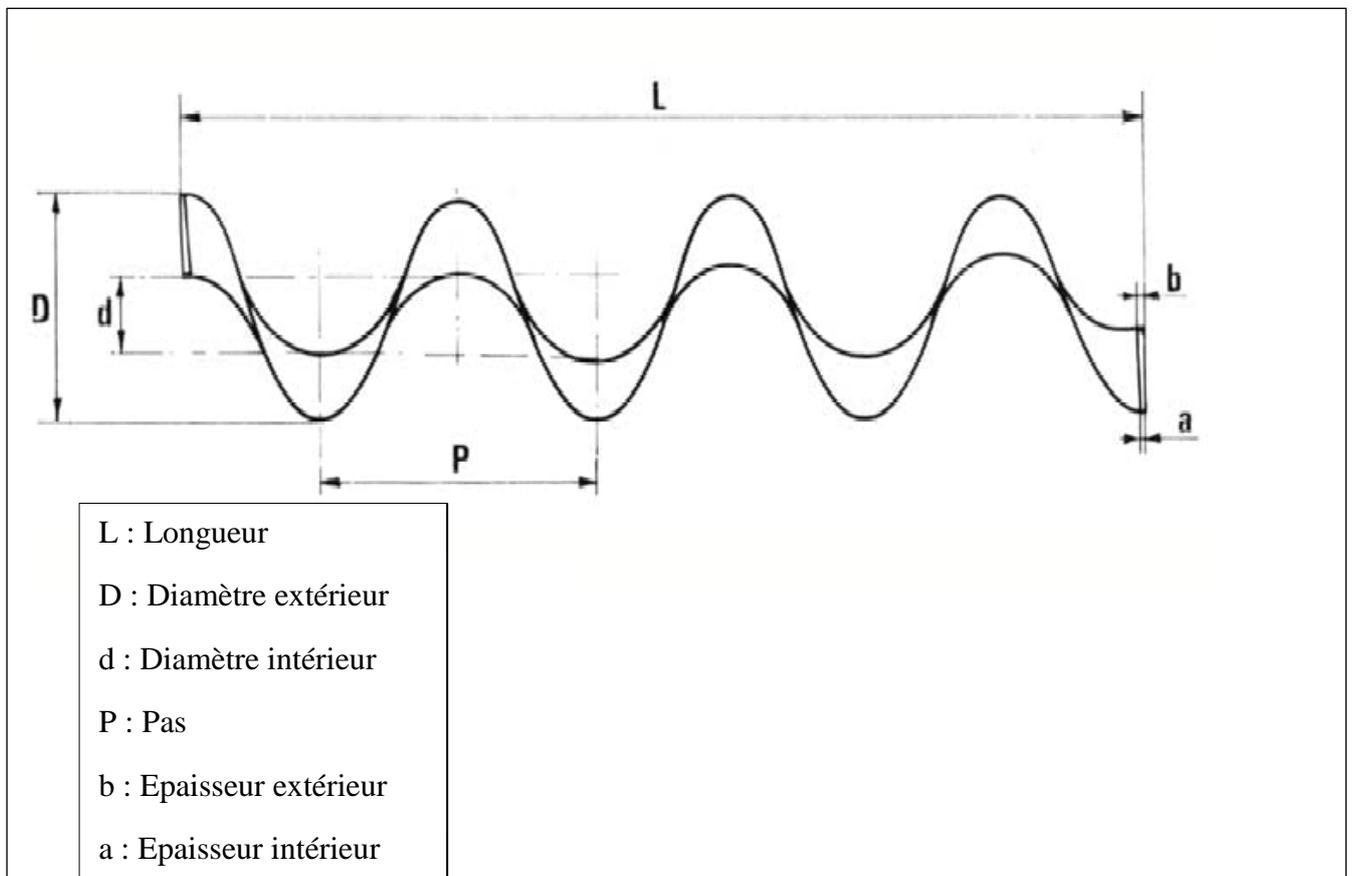


Figure II.2 vis d'Archimède sans âme. [4]

II.2. le fonctionnement du système d'entraînement par vis sans fin

Les systèmes d'entraînement par vis sans fin sont des installations de convoyage pour matériaux en vrac, fonctionnant sur le principe de la vis d'Archimède. L'élément convoyeur est un élément métallique plat prenant la forme d'une hélice. Cette hélice tourne sur l'axe longitudinal du système et transporte le matériau en vrac dans une direction axiale, jusque dans une trémie ou une conduite stationnaire, servant également d'organe porteur. Le matériau peut être convoyé à l'horizontale, à la verticale ou incliné, même on peut choisir le sens de déplacement de matériau veut dire soit à gauche ou à droite. Des étapes de traitement peuvent être réalisées pendant le transport du matériau, par exemple le malaxage, le drainage ou le compactage.

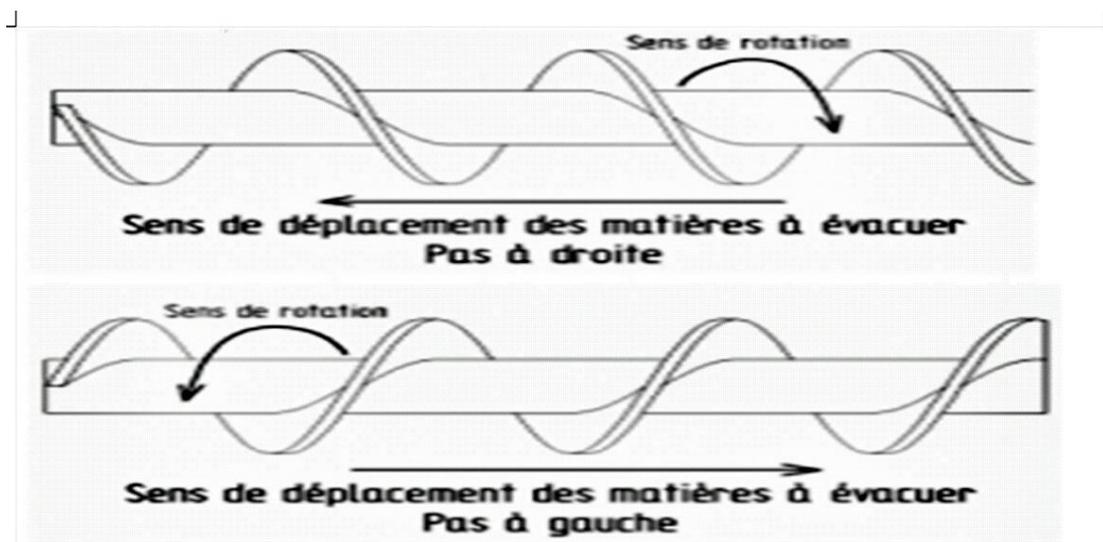


Figure II.3 Présentation de sens de déplacement des produits lors de fonctionnement de la vis. [4]

II.3. variantes et adaptations de la vis suivant les secteurs d'application

II.3.1. Variantes de la vis d'Archimède

II.3.1.1. Vis d'Archimède horizontale

La vis sans fin peut être équipée de spires de formes différentes. Trois formes principales : pleine, en ruban continu et à palettes séparées, ces dernières étant des secteurs de spire ou de ruban soudés ou boulonnés sur l'axe central.

Spires pleines, pour les produits pulvérulents ou ne comportant que des petits morceaux.

Spires à ruban, intéressant en cas de surcharge ponctuelles ou accidentelles (évitent de tasser le produit) ; elles s'utilisent sur les vis de reprise sous électrofiltres.

Spires à palettes, intéressant pour le brassage du produit en plus de son entraînement ; elles équipent les rotors de vis extractrices de reprise sous trémies de grande longueur et de grande capacité. Elles permettent de réduire considérablement la perte de puissance engendrée par les frottements des spires noyées dans le produit.

Dans chacun des cas évoqués ci-dessus, la vis sans fin comporte un axe plein ou creux. Ce n'est pas le cas de la vis appelée vis sans axe ou sans « âme » qui comporte uniquement un ruban continu supporté côté entraînement et qui repose sur le fond de l'auge métallique tapissée d'un revêtement synthétique.

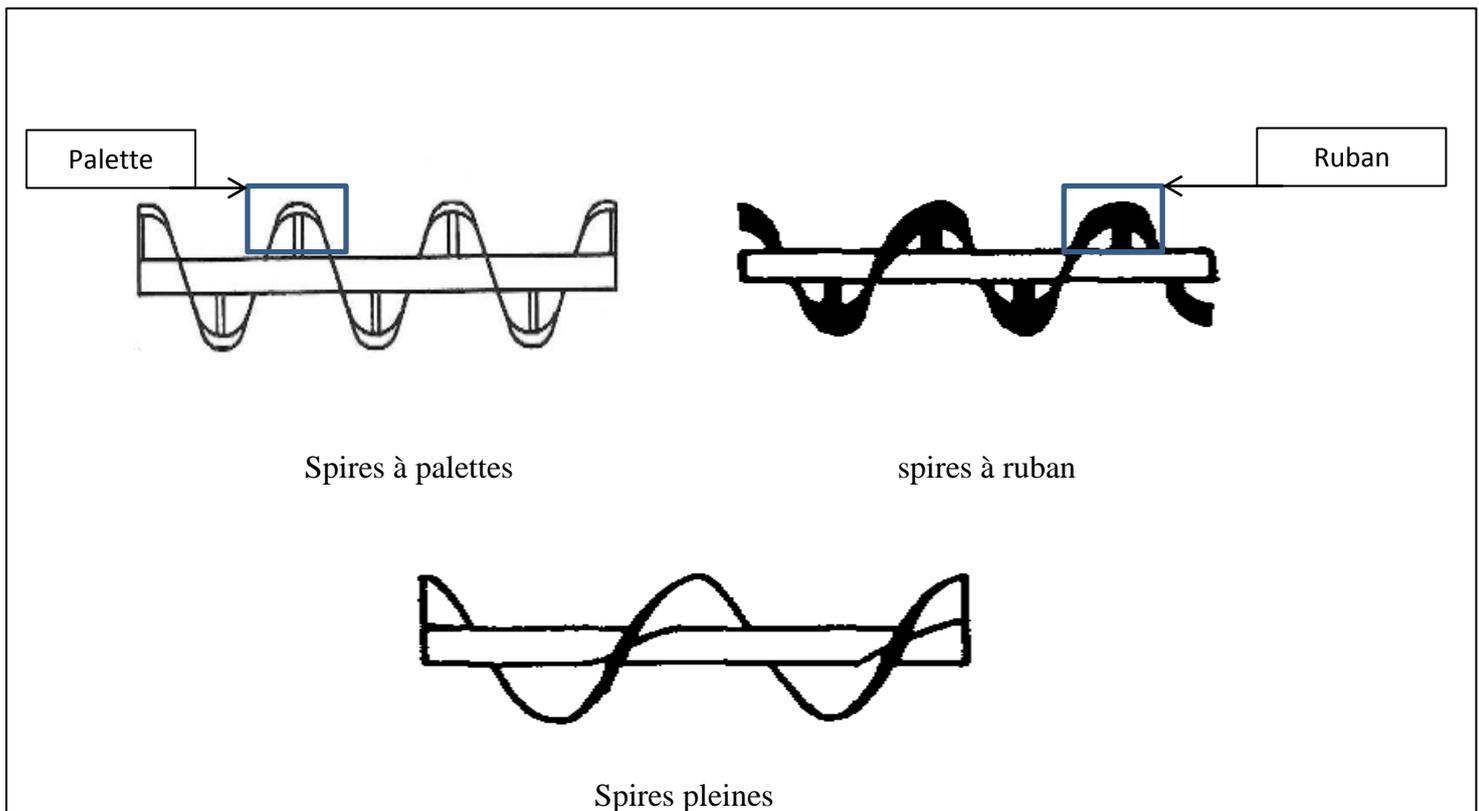


Figure II.4 Formes principales des spires. [4]

II.3.1.2. Vis de transport inclinée

Jusqu'à une inclinaison voisine de 20° , la conception de la vis peut être identique à celle d'une vis horizontale mais au détriment du rendement de l'appareil : une vis standard inclinée de 15° sur l'horizontale ne réalise plus que 70% environ de débit obtenu par la même vis horizontale ; si elle est inclinée à 20° , ce débit chute à 40%.

Pour les vis fortement inclinées, l'auge en forme de U sera remplacée par une auge tubulaire. Citons par exemple les vis de relevage d'eau utilisées dans les stations d'épuration.

Les diamètres nominaux de ces vis sont de 400 à 2 000 mm, l'inclinaison est en moyenne de 38° [6].

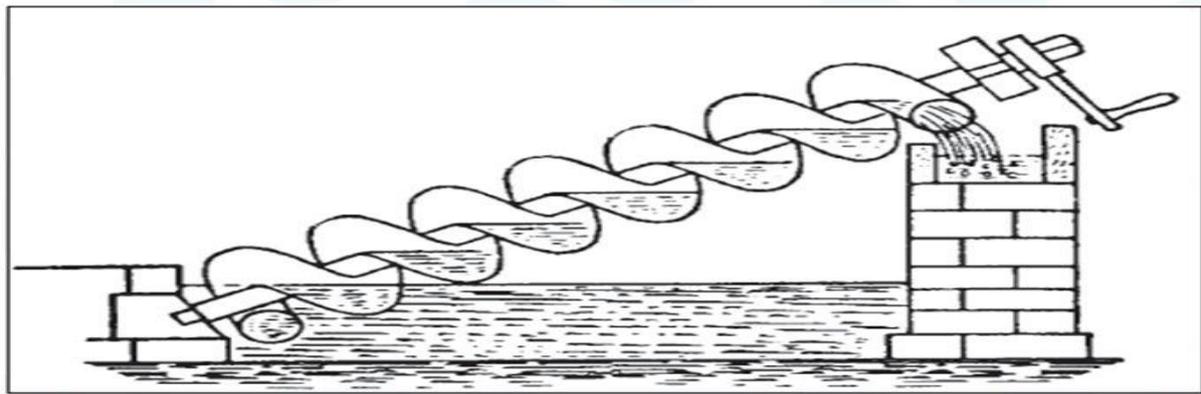


Figure II.5 Vis de transport inclinée. [6]

II.3.1.3. Vis verticale

Cet appareil, pendant longtemps déconsidéré, ne manque pourtant pas d'intérêt. Il existe deux types principaux caractérisés par leur technique d'alimentation : gravitaire ou forcée. L'alimentation est gravitaire pour les céréales, elle est forcée pour les produits plus difficiles (grains humides, aliments composés, ciment ...) et, dans ce cas, une vis pousseuse introduit le produit dans le pied de la vis verticale.

Bien conçu, cet appareil peu encombrant fonctionne « en douceur » et sans vibration, il est autonettoyant s'il tourne à vide quelques minutes. La hauteur d'élévation du produit peut être supérieure à 30 m. Seul ou jumelé, il équipe avec beaucoup de succès les portiques de déchargement de navires.

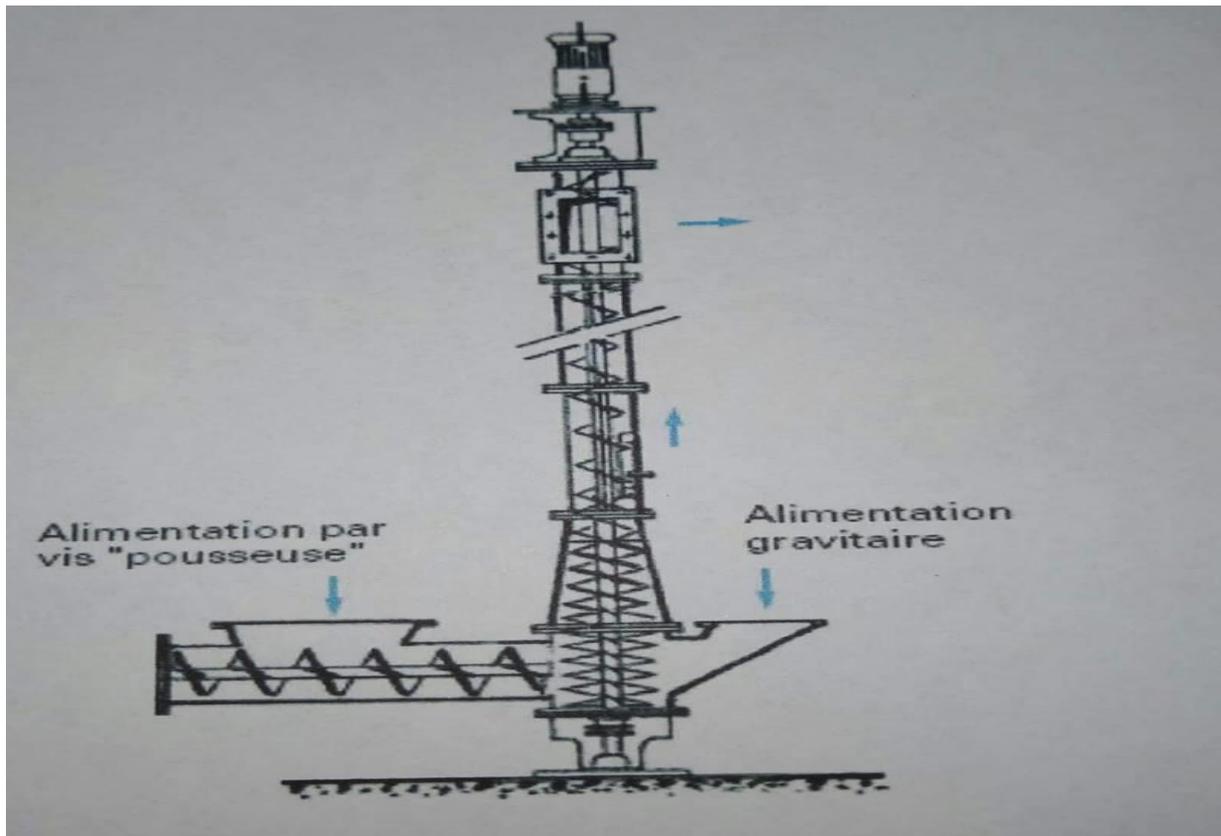


Figure II.6 Vis de transport verticale. [6]

II.3.2. Adaptations de la vis suivant les secteurs d'application

Il existe de nombreuses applications de la vis, on décrit quelques-unes dans ci-après ;

II.3.2.1. Mélangeur à vis

Dans ces appareils, une vis sans fin plonge depuis la partie supérieure dans la cuve mélange qui est presque toujours verticale et dont la forme peut être cylindrique ou conique.

Le mouvement des particules s'effectue du bas vers le haut, mais est plus ou moins complexe selon que la vis est verticale ou orbitale. Dans ce dernier cas, ce n'est pas seulement le mouvement de la vis sur elle-même (avec des vitesses de l'ordre de 100 tr.min^{-1}) qui crée le mélange, c'est aussi sa rotation sur les bords de la cuve. Il faut également ajouter qu'il existe des mélangeurs à double vis orbitales.

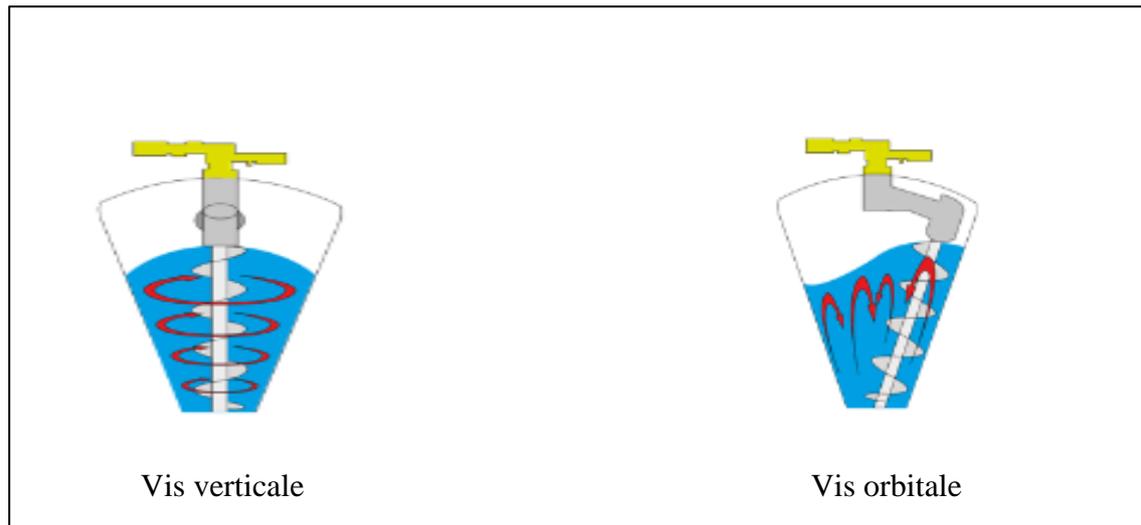


Figure II.7 Les mélangeurs. [6]

Au contraire de l'agitation des fluides, la complexité des milieux pulvérulents et granulaires hypothèque encore le développement des méthodes d'analyse dimensionnelle classiques pour l'agitation des solides divisés. La notion de viscosité d'un écoulement granulaire semble en effet difficilement définissable.

II.3.2.2. Vis d'extraction à sas

Cet appareil est particulièrement approprié pour les produits fluides et colmatants. Il assure une extraction étanché aux gaz et aux surpressions du produit en vrac. La conception permet de désaérer et compacter le produit, il est étanche même à des surpressions élevées. L'usure n'a aucune influence sur le degré d'étanchéité.

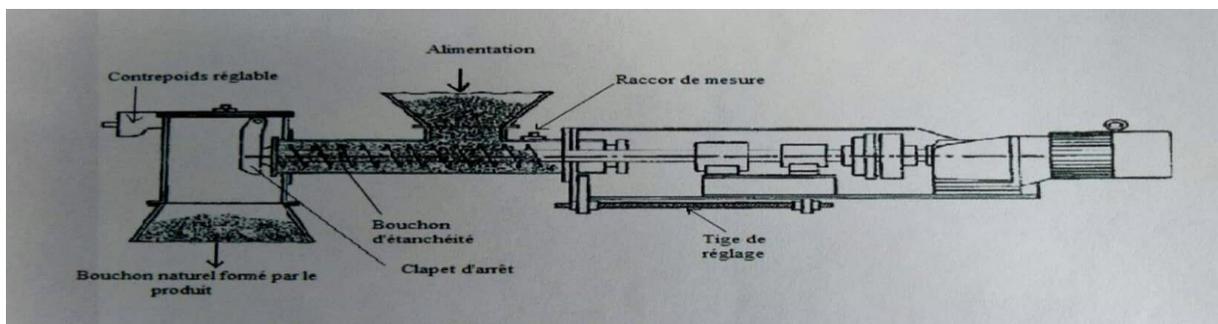


Figure II.8 Coupe d'une vis d'extraction à sas. [6]

II.3.2.3. Echangeur thermique à vis d'Archimède

A simple ou double rotor, cet appareil est utilisé pour sécher, réchauffer ou refroidir les produits pulvérulents, granulés, liquides ou produits pâteux. Le remplissage de l'auge doit être compris entre 50 et 80 % de sa capacité utile. La vitesse de rotation est voisine de 10 tr/min, le fluide est prévu de circuler sous pression (5 bar max) soit dans les spires à doubles paroi, soit dans la double enveloppe de l'auge ou encore simultanément dans les deux. Le fluide de refroidissement peut être de l'eau (froide ou chaude), de la vapeur d'eau, ou encore un autre fluide.

II.3.2.4. Machines élévatoires simples à vis d'Archimède

Ces machines sont pourvues de capacités se remplissant par immersion dans le bief aval et soulevant la masse liquide jusqu'au bief où l'eau est déversée. La masse liquide est toujours maintenue à la pression atmosphérique.

Ce sont les machines les plus anciennes dans l'histoire de l'élévation des eaux. La vis est supportée par deux paliers par l'intermédiaire de plateaux, un palier inférieur immergé en pied de vis et un palier supérieur positionné hors d'eau, avec le groupe de commande.



Figure II.9 Machine élévatoires simple à vis d'Archimède. [6]

II.3.2.5. Doseurs à vis

La figure montre un tel système très utilisé, tant pour les produits à écoulement libre (exemple : sucre en poudre) que pour les produits qui ne s'écoulent pas facilement, car ceux-ci sont répartis de façon homogène par l'agitateur et poussés vers la machine de remplissage par la vis sans fin, qui peut être à pas variable afin d'obtenir un certain compactage du produit.

Un clapet de fermeture peut obturer le flot pour les produits qui s'écoulent trop rapidement. La rotation de la vis sans fin est continue ou intermittente.



Figure II.10 Système d'alimentation et de dosage par vis sans fin. [6]

II.3.2.6. Forage à vis d'Archimède (tarière continue)

Les tarières continues sont constituées de tiges hélicoïdales assemblées bout à bout au fur et à mesure de la progression du forage.

L'avantage de cette technique c'est qu'il n'est pas nécessaire de remonter l'outil après chaque passe car les sols sont remontés en continu le long des spires grâce au mouvement ascendant de l'hélicoïde généré par la rotation. En revanche, les sols sont remaniés lors de leur remontée ce qui ne favorise pas la prise d'échantillons de sol représentatifs d'une profondeur donnée. On peut cependant utiliser la tarière continue comme une tarière simple en la remontant pour récupérer un échantillon en bout de tarière qui sera assez représentatif des sols à la profondeur du fond du trou.

Avec une tarière continue, la précision des cotes des terrains traversés s'altère de façon croissante avec la profondeur mais l'expérience du sondeur peut cependant pallier en partie cet inconvénient dans certains cas.

La profondeur d'investigation est couramment de 20 à 25 m et peut atteindre 50 m dans des terrains favorables. La vitesse de progression est généralement rapide et peut atteindre 10 à 15 m/h.

Dans le cas de terrain éboulé, les parois du forage s'effondrent si la tarière est remontée. Dans ce cas, un casing est utilisé pour pallier cet inconvénient mais la progression du forage est alors plus lente.



Figure II.11 Tarière continue. [6]

II.3.2.7. Extrudeuse à vis d'Archimède

L'extrusion, du latin extruder qui signifie « pousser dehors », est une opération unitaire de transformation qui consiste à forcer un produit à travers un orifice de petite dimension : la filière, sous l'action de pressions élevées obtenues grâce à une vis d'Archimède (cas de l'extrudeur mono vis) ou à deux vis (cas de l'extrudeur bivirus). Il s'agit d'un procédé continu, qui permet l'élaboration de produit extrêmement divers tant leur structure physique que dans leur composition et propriétés fonctionnelles.

Selon la technique utilisée, l'opération peut regrouper différentes fonctions : transport de la matière, mélange, compression, malaxage, etc.

Donc L'extrudeuse est machine qui transporte et transforme des produits solides ou liquides à l'aide d'une ou de plusieurs vis tournant dans un fourreau et les force d'une façon continue dans une tête d'extrusion. Le schéma de principe d'une extrudeuse mono vis est présenté dans la figure. Celle-ci comporte une vis sans fin V qui tourne à l'intérieur d'un fourreau cylindrique F, régulé en température par des systèmes de chauffe et de refroidissement. Le polymère sous forme solide (granulés, poudre) est introduit dans trémie T située à une extrémité de la machine.

La principale fonction de l'extrudeuse est de convoier le polymère, de le fondre et de le mettre en pression, pour qu'il puisse franchir la filière placée à son extrémité. D'un point de vue industriel, on cherche à obtenir à la sortie de la machine un débit régulier, avec un matériau homogène, à la température contrôlée, et des conditions de production satisfaisantes (débit maximale, consommation énergétique limitées). Pour cela, la compréhension des mécanismes mis en jeu, ainsi que leur modélisation sont un point capital. D'après les observations qui ont été faites sur l'état du polymère dans la machine, on peut distinguer trois zones phénoménologiques :

- La zone de convoyage solide, dans laquelle le polymère est entièrement solide.
- La zone de fusion, dans laquelle coexistent du polymère encore solide et du polymère déjà fondu ;
- La zone de pompage, dans laquelle le polymère est totalement fondu.

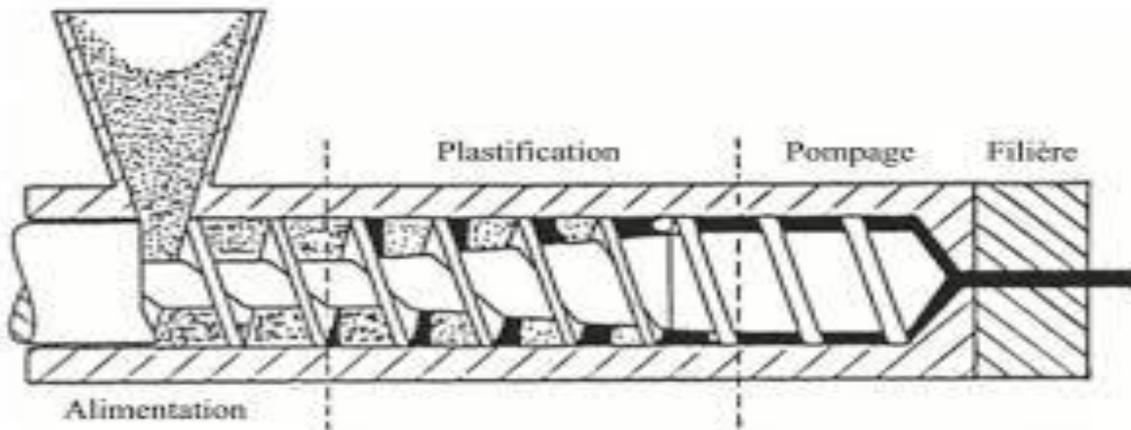


Figure II.12 Schéma de l'extrudeuse mono vis. [6]

II.4. Les différents procédés de fabrication Des hélices

On peut trouver plusieurs types de fabrication des hélices parmi eux :

II.4.1. La fabrication d'une hélice avec des disques

Ce procédé débute par la déformation à froid d'une série de disques à l'aide d'une rouleuse qui donne la forme d'une hélice, on prend le nombre de disques selon la longueur de l'arbre, sachant que les disques aussi seront choisis et rouler selon le besoin (le diamètre de l'arbre, le pas de l'hélice, son diamètre, l'angle et l'épaisseur.), enfin on fait un assemblage avec soudage les uns aux autres sur l'un des bords de la découpe.



Figure II.13 Les étapes de fabrication d'une hélice avec des disques découpés. [6]

II.4.2. La fabrication d'une hélice avec une tôle

Ce type aussi on le réalise avec la déformation à froid avec une rouleuse destinée à ce type de pièces mécaniques (hélices) mais ici on utilise une tôle plate selon nos recommandations (diamètre extérieur de l'hélice, épaisseur, diamètre et longueur de l'arbre où elle sera montée.....).

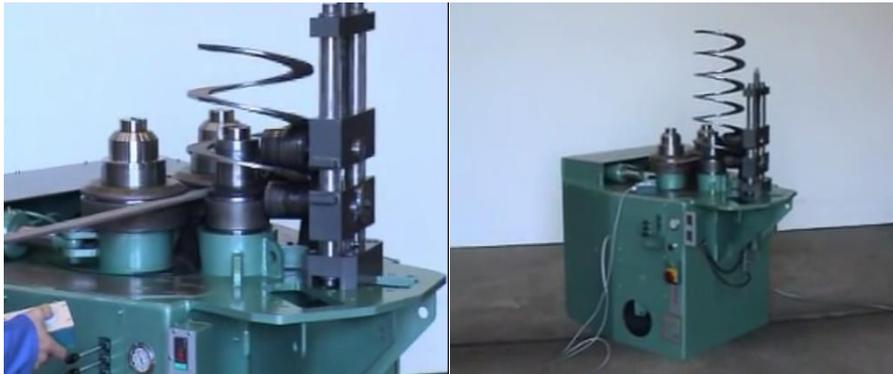


Figure II.14 Fabrication d'une hélice à l'aide d'une rouleuse a tôle. [6]

II.5 Montage de l'axe sur le moteur, dimensionnement de la clavette et réglage de l'alignement de l'axe de la sortie du moteur à la sortie du produit pour le mettre dans le sac

II.5.1 Montage de l'axe sur le moteur

La réunion de deux arbres permet la transmission d'un mouvement de rotation. La liaison de ceux-ci peut se faire grâce à une grande variété d'organes, produits industriels courants parmi eux on trouve ces liaisons :

II.5.1.1 Liaisons par goupilles

Elles conviennent aux assemblages simples et économiques sous couples modérées. La goupille peut faire office de pièce de sécurité, seule pièce qui casse en cas de surcharge. En fonctionnement la goupille ne doit pas pouvoir s'échapper ; l'immobilisation doit être suffisante : à cette fin, utiliser des goupilles cannelées, coniques ou élastiques.

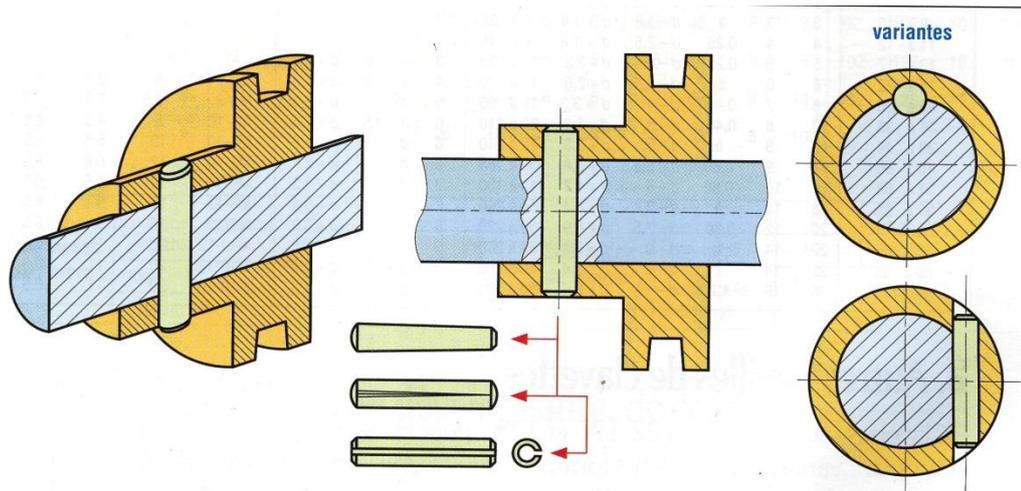


Figure II.15 Liaison à l'aide des goupilles. [7]

II.5.1.2 Liaison par clavettes

Simple, économique, elles sont souvent utilisées. Le couple transmissible, bien que plus élevé qu'avec les goupilles, reste limité. Aux couples élevés préférer les cannelures. Elles peuvent être utilisées comme organe de sécurité, seule pièce qui casse en cas de surcharge [7]

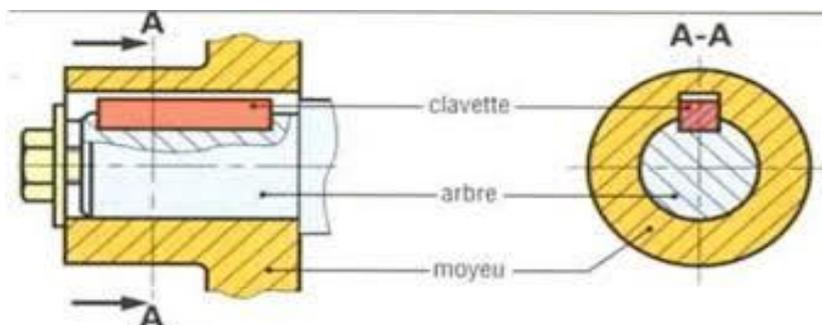
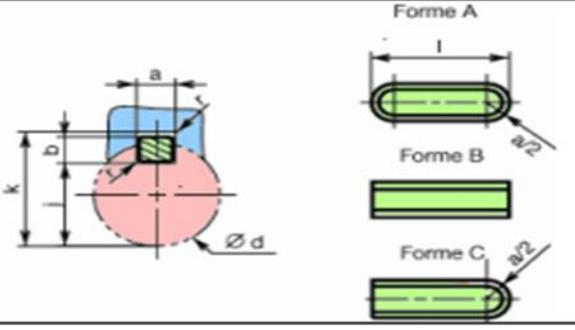
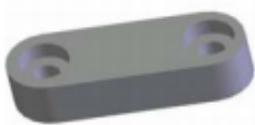
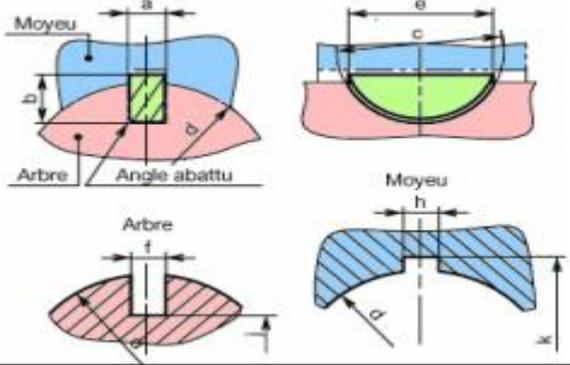
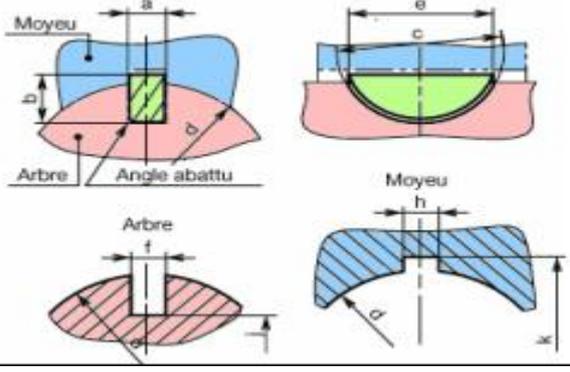


Figure II.16 Liaison par clavettes. [7]

Comme il existe plusieurs modèles de clavettes mais le rôle reste le même c'est d'assurer la liaison en rotation entre un arbre et un moyeu, on trouve dans le tableau suivant quelques modèles de clavettes :

Tableau II.1 modèles de clavettes [7]

Désignations	Photos	Schémas
Clavette parallèle de type A, B ou C		
Clavette parallèle fixée par vis		
Clavette disque		

• Dimensionnement de la clavette :

Les normes donnent les valeurs de la largeur a et de la hauteur b en fonction du diamètre de l'arbre (tableau ci-dessous). Il reste à trouver la longueur l de la clavette.

Tableau II.2 Dimensions des clavettes normalisées. [7]

D	a	b	s	j	K	d	a	b	s	J	K
De 6 à 8 inclus	2	2	0,16	d-1,2	d+1	58 à 65	18	11	0,6	d-7	d+4,4
8 à 10	3	3	0,16	d-1,8	d+1,4	65 à 75	20	12	0,6	d-7,5	d+4,9
10 à 12	4	4	0,16	d-2,5	d+1,8	75 à 85	22	14	1	d-9	d+5,4
12 à 17	5	5	0,25	d-3	d+2,3	85 à 95	25	14	1	d-9	d+5,4
17 à 22	6	6	0,25	d-3,5	d+2,8	95 à 110	28	16	1	d-10	d+6,4
22 à 30	8	7	0,4	d-4	d+3,3	110 à 130	32	18	1	d-11	d+7,4
30 à 38	10	8	0,4	d-4	d+3,3	130 à 150	36	20	1,6	d-12	d+8,4
38 à 44	12	8	0,4	d-5	d+3,3	150 à 170	40	22	1,6	d-13	d+9,4
44 à 50	14	9	0,4	d-5,5	d+3,8	170 à 200	45	25	1,6	d-15	d+ 10,4
50 à 58	16	10	0,6	d-6	d+4,3	200 à 230	50	28	1,6	d-17	d+11,4

Note : L'emploi d'une clavette, sur un arbre dimension supérieure, est possible.

1. Dimensionnement au cisaillement :

La surface cisailée **Acis** de la clavette est égale a : **Acis = a.l** en appelant **V** l'effort tranchant s'exerçant sur celle-ci on trouve **T_{moy} = (V/Acis) = (V/a.l)** en remarquant que **V.(d/2) = Mt** donc **V = (2.Mt)/d**

On obtient :

$$T_{\text{moy}} = (2.Mt/a.l.d) \leq T_{\text{adm cis}}$$

D'où :

$$l \geq 2.Mt/(a.d.T_{\text{adm cis}})$$

Notations :

- T_{moy} : contrainte moyenne au cisaillement
- d : le diamètre de l'arbre
- Mt : le moment de torsion

2. Dimensionnement au matage

En ce qui concerne les clavettes, la pression admissible de matage doit être beaucoup plus faible.

En effet, il faut que l'on puisse facilement monter et démonter l'assemblage. Aucune déformation n'est permise. C'est pourquoi on choisira la pression admissible de matage pour une clavette dans le Tableau ci-dessous

En pratique, pour le calcul d'une clavette, c'est la condition de non matage qui sera prépondérante par rapport à la condition au cisaillement.

Pour assurer la condition de non matage il faut :

$$V / (b.l/2) \leq P_{\text{adm mat}} \text{ et } V = 2.Mt / d$$

D'où :

$$l \geq 4.Mt / (b.d.P_{\text{adm mat}})$$

Notations :

- $P_{\text{adm mat}}$: pression admissible de matage
- b : hauteur de la clavette

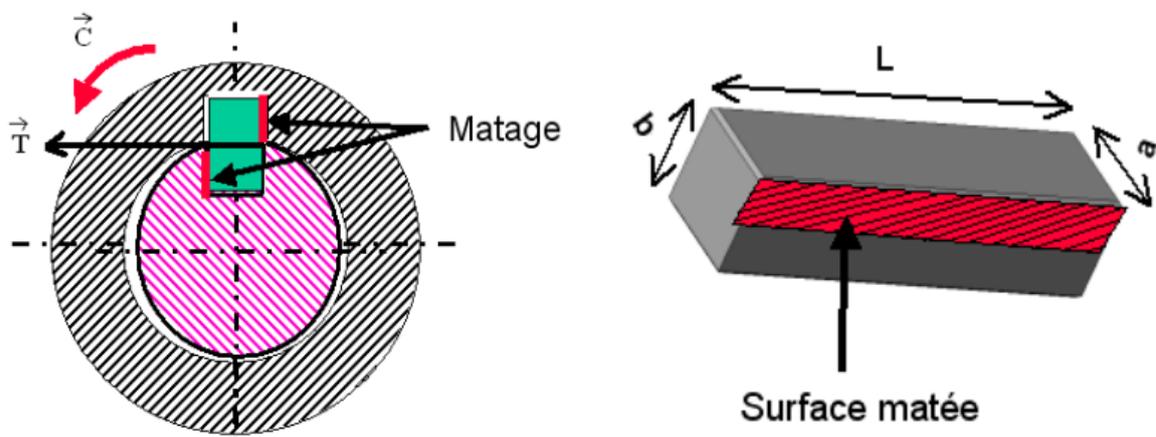


Figure II.17 Le matage. [7]

Pour les clavettes les valeurs couramment admises pour la pression admissible au matage $P_{adm\ mat}$ sont :

Tableau II.3 Pression admissible de matage pour un clavetage longitudinal libre. [7]

Valeurs couramment admises pour la pression admissible en matage des clavettes longitudinales ($P_{adm\ mat}$ en Mpa)	
Clavetage fixe	(a) 40 à 70 (b) 60 à 100 (c) 80 à 150
Clavetage glissant sans charge	(a) 15 à 30 (b) 20 à 40 (c) 30 à 50
Clavetage glissant avec charge	(a) 3 à 10 (b) 5 à 15 (c) 10 à 20
(a) : condition de fonctionnement plutôt mauvaise : chocs, grandes tolérances, etc... (b) : condition de fonctionnement moyenne (avant-projet) (c) : Bonne condition de fonctionnement : ajustement parfait, aucun choc, etc...	
Remarque : au-dessus de 250 MPa le matage est le matage est important	

II.5.1.3. Liaison par accouplements

L'accouplement est une liaison complète de deux arbres où on doit considérer les deux arbres liés comme une seule pièce mécanique (un seul arbre), voir la figure ci-après

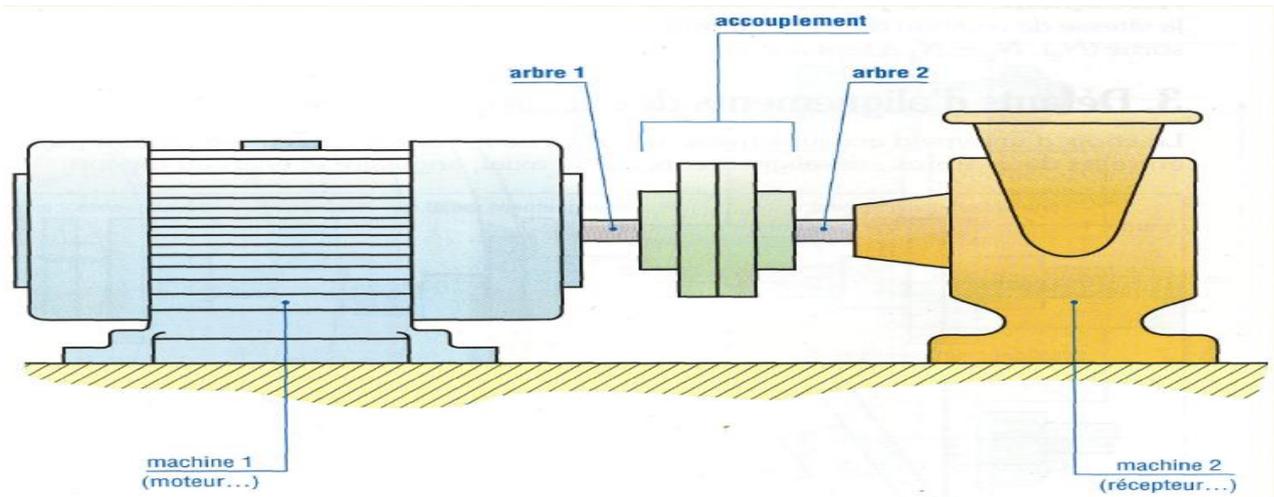


Figure II.18 Liaison par accouplement. [7]

Les caractéristiques principales de la liaison

- le respect de l'alignement des deux arbres ;
- la transmission des actions mécaniques ;
- la rigidité ;
- la durée de vie ;
- la démontrabilité éventuelle ;
- le prix de revient.

II.5.2. Réglage de l'alignement de l'axe de la sortie du moteur à la sortie du produit

A peu près 40% des problèmes sur les machines rotatives viennent du mauvais alignement. Les arbres désalignés peuvent provoquer la rupture de roulements, la rupture d'arbre, la rupture de joint, le bruit d'accouplement, la surchauffe, les vibrations...

Il existe plusieurs méthodes qui peuvent être utilisées pour assurer l'alignement des arbres à la sortie du moteur jusqu'à mettre le produit dans le sac, parmi ces méthodes on a :

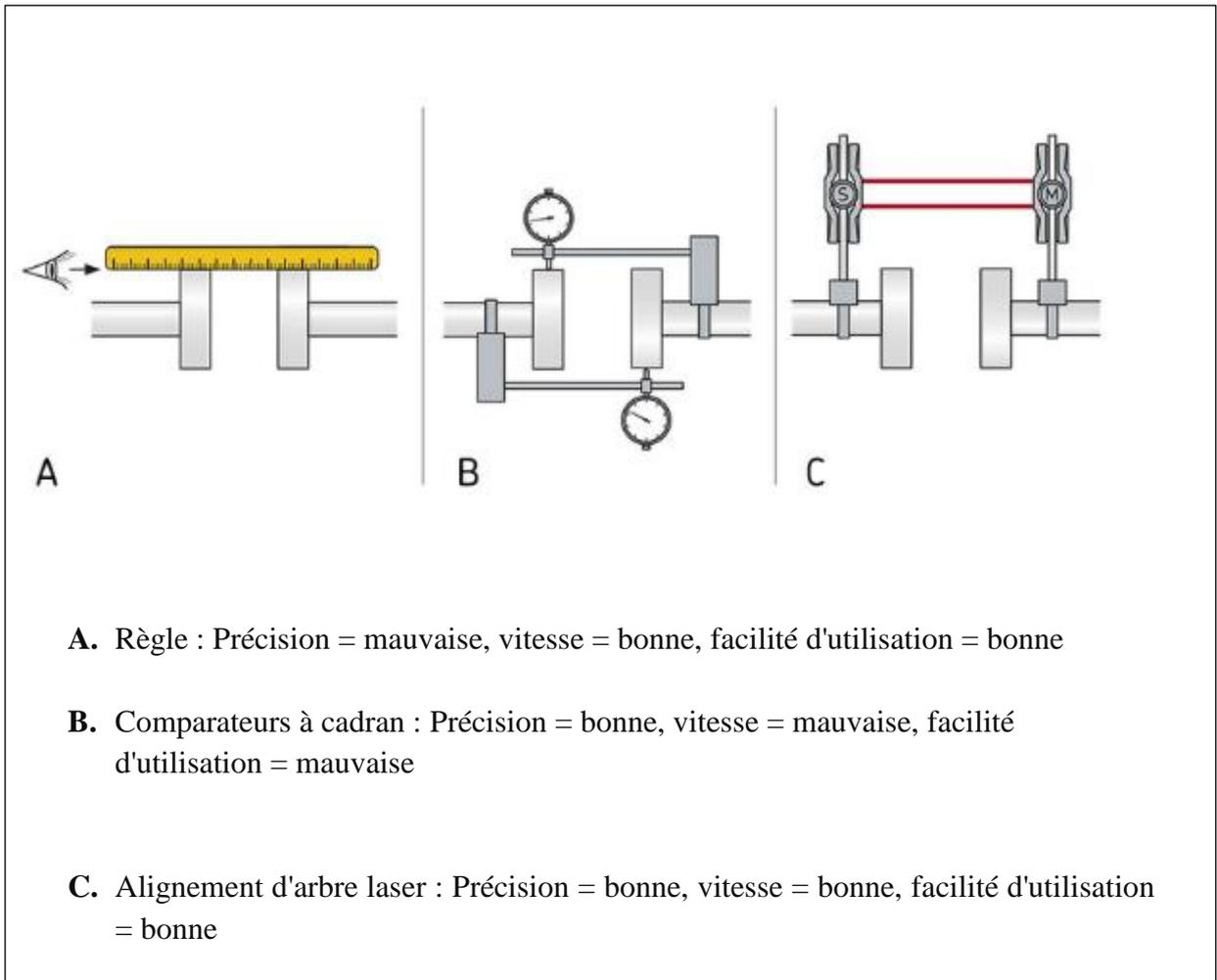


Figure II.19 Méthodes d'analyse d'alignements. [7]

En somme, il est clair que les systèmes d'alignement laser sont plus rapides et plus faciles à utiliser que les comparateurs à cadran. Ils sont également plus précis et ne demandent pas de compétences spécifiques pour obtenir des résultats précis pratiquement à tout moment.

II.6. Paliers à roulements

Les paliers sont des organes utilisés en construction mécanique pour supporter et guider, en rotation, des arbres de transmission.

Les paliers sont réalisés en fonction du type de roulement employé : à billes, à rouleaux ou à aiguilles. Le montage des roulements dans les paliers demandait une précision d'alésage qui a fortement été diminuée par l'adoption des colles de scellement. Cette colle, après positionnement correct de l'arbre, maintient solidement (dans le sens radial) le roulement dans son logement.

Le maintien des roulements dans le sens axial peut être assuré par des collerettes vissées ou des anneaux élastiques. Tous ces montages dépendent de l'utilisation, des efforts et du coût de revient. [8]



Figure II.20 Quelques modèles de paliers à roulements. [8]

Conclusion

Après avoir décrit les procédés de fabrication et différents domaines d'applications, nous allons aborder l'aspect dimensionnement dans le prochain chapitre.

Chapitre III :
Calcul de résistance et
simulation sur SolidWorks.

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons utiliser les méthodes de calculs concernant éléments d'installation, et à l'aide du module SolidWorks simulation nous allons faire l'analyse de la vis de transport qui fonctionne à l'intérieur d'une ensacheuse de sable.

III.1. Eléments de calcul et dimensionnement de la vis

III.1.1. Géométrie

Les éléments géométriques essentiels de la vis d'Archimède sont indiqués sur la figure. Quatre paramètres suffisent à définir cette géométrie :

- Le diamètre de la vis : D ,
- Le diamètre de l'arbre : d ,
- Le pas de la vis : P ,
- L'épaisseur du filet : e ,
- Longueur de la vis : L ,

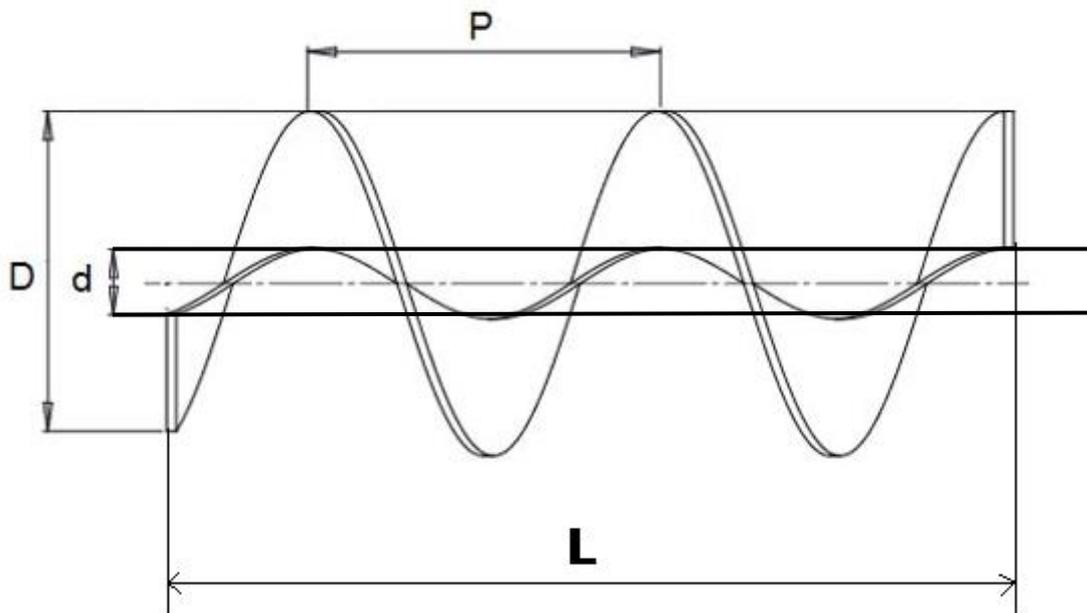


Figure III.1 Les dimensions de la vis d'Archimède. [6]

III.2. Généralités sur l'acier utilisé (42CrMo4)

Pour l'arbre de la vis, nous avons choisi l'acier dit 42CrMo4, pour des raisons de résistance et de disponibilité.

Sur le tableau III.1 nous donnons les différentes désignations de cet acier suivant les normes En, DIN, AFNOR, et AISI.

Sur le tableau III.2, nous donnons la composition chimique de cet acier.

Tableau III.1 Désignation internationale de l'acier 42CrMo4 [9].

EN	DIN	AFNOR	AISI
42CrMo4	42CrMo4	42CD4	4140

Tableau III.2 Composition chimiques de l'acier utilisé [9].

C	Cr	Mo	S	Mn	P	Si
0,38 - 0,45	0,90 - 1,20	0,15 - 0,30	≤ 0,035	0,60 - 0,90	≤ 0,035	0.40ax

Cet acier est connu aussi pour :

- Sa bonne résistance et ténacité élevé.
- Sa résistance à la corrosion.
- Acier de construction faiblement allié au chrome molybdène pour trempe et revenu.
- Apte à la déformation à froid et présentant de bonnes propriétés mécaniques à l'état traité.

III.2.1. Domaines d'application

Pièces mécaniques de petites et moyennes dimensions exigeant une bonne ténacité : boulons, axes, arbres, essieux, vilebrequins... (Figure III.2).



Figure III.2 : Quelques pièces réalisées avec l'acier 42CrMo4. [9]

III.2.2. Caractéristiques mécaniques moyennes (état trempé revenu)

Tableau III.3. Caractéristique mécaniques de 42CrMo4 [9].

Diamètre D (mm)	Limite élastique Re (N/mm²)	Résistance à la traction Rm (N/mm²) min - max	Allongement a la rupture A (%)
D ≤ 16	900	1100...1300	10
16 < D ≤ 40	750	1000...1200	11
40 < D ≤ 100	650	900...1100	12
100 < D ≤ 160	550	800...950	13
160 < D ≤ 250	500	750...900	14

III.3. Le moteur utilisé

III.3.1. Description

Moteur électrique 0,75kw 3000 triphasé IE3, 2 pôles 400V fixation à pattes et/ou bride à trous taraudés B34/B14

Moteur à cage d'écureuil IP55 (norme CEI) de construction robuste répondant aux besoins des clients industriels et agricoles les plus exigeants. Ce moteur à très haut rendement énergétique est doté d'une carcasse aluminium avec boîte à borne orientable. Le rotor est monté sur des roulements de marques renommées comme SKF, FAG ou NSK.

III.3.2. Fiche technique

Carcasse aluminium

Puissance: 0.75 kW

Vitesse : 3000 tr/min

Tension d'alimentation : 380V 50Hz

Rendement : 90.1%

Facteur de puissance : 0.88. [Catalogue em]



Figure III.3 : Moteur triphasé 0,75KW, 3000 tr/min.

III.4. Dimensionnement de la vis d'Archimède

III.4.1. Pas de la vis (P)

Il varie en fonction du produit transporté, il prend des valeurs entre 0,5 et 1,5 fois le diamètre de la vis.

Dimensions normalisées sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Dimensions normalisées du diamètre et pas de la vis [6].

Diamètre (mm)	160	200	250	315	400	500	630
Pas (mm)	160	200	250	300	400	450	450

III.4.2. Longueur de la vis

Longueur des appareils : éviter de dépasser 100 à 150 fois le diamètre de la spire car on engendre des frottements importants entre la périphérie des spires et l'auge. Pour pallier cet inconvénient on est amené à supporter ponctuellement la vis sans fin par des paliers ou supports intermédiaires, mais on gardera à l'esprit que ces éléments mécaniques placés à l'intérieur de l'auge tous les 3 mètres environ constituent des zones d'étranglement pour le flux de produit. Prendre donc la précaution de limiter la hauteur du produit transporté à l'intérieur de l'auge ; environ au 1/3 du diamètre de la spire.

En pratique, Une vis est caractérisée par son diamètre nominal, ou diamètre externe, d et sa longueur L , ou par le rapport L/d [6].

III.4.3. Le diamètre de l'arbre de la vis

III.4.3.1 Calcul du diamètre de l'arbre à partir de la Résistance à la torsion

Pour assurer un fonctionnement sans risque de rupture, la vis doit pouvoir résister au couple maximale pouvant être fourni par le moteur. Cette valeur est obtenue à puissance et a vitesse maximale

Critère basé sur l'angle maximal [10].

$$\theta = 0,3^\circ/m$$

$$\theta = \left(\frac{0,3\pi}{180}\right) \cdot 10^{-3}$$

$$\theta = 5,23 \cdot 10^{-6} \text{ rad/mm}$$

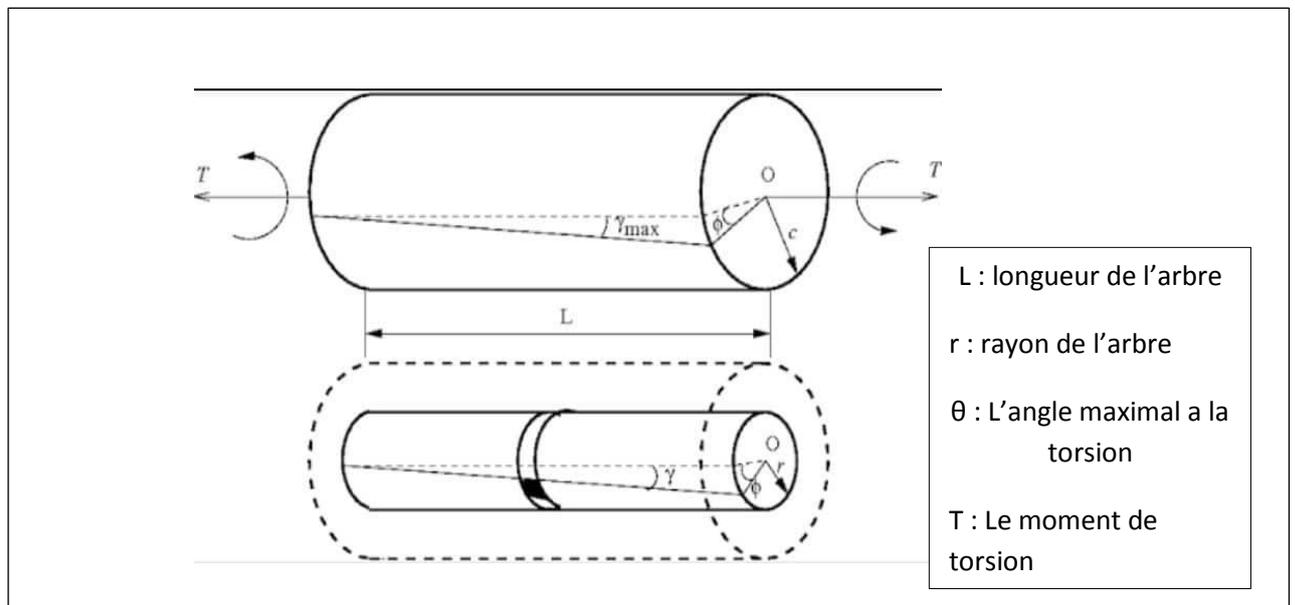


Figure III.4 présentation de l'angle maximale à la torsion. [10]

$$M_{max} = \frac{P_{max}}{\left(\frac{2\pi}{60}\right) N_{max}}$$

$$M_{max} = \frac{750}{\left(\frac{2\pi}{60}\right) 80} = 89,6 \text{ N.m} = 89,6 \cdot 10^3 \text{ N.mm}$$

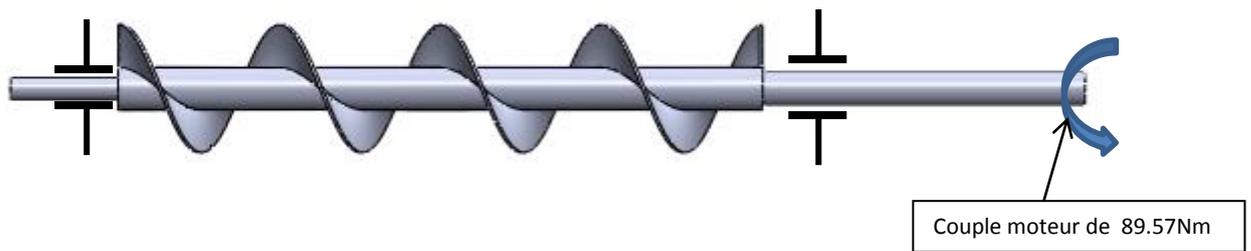


Figure III.5 Vis de transport soumise à une torsion. [6]

Avec :

M_{\max} : (N.m) : couple maximale pouvant être transmis par le moteur a la vis,

P_{\max} (W) : Puissance maximale du moteur,

N_{\max} (tr/min) : Vitesse maximale de rotation de l'arbre,

θ : l'Angle maximal,

La contrainte de cisaillement τ_t (en N/mm^2) d'une section soumise à la torsion, elle doit être inférieure a la contrainte de cisaillement à la torsion admissible $\tau_{t adm}$, elle se calcul comme suit :

$$\tau_t = M_{\max}/W_p < R_{pg}$$

Tel que:

$$W_p = I_0 / R$$

Avec :

$$R = d / 2$$

W_p : (mm^3) module de torsion

I_0 : (mm^4) moment quadratique polaire

Tel que :

$$I_0 = \frac{\pi d^4}{32}$$

Avec :

R : (mm) Rayon de l'arbre,

d : (mm) Diamètre de l'arbre,

On retrouve finalement :

$$\tau t = \frac{(16 * Mmax * 10^2 * d)}{(\pi d^4)} < R_{pg}$$

Pour déterminer le diamètre de l'arbre il suffit qu'on vérifie la relation en sachant que la limite minimale apparente d'élasticité de l'acier (42CrMo4) est de 500 MPa.

$$R_g \cong R_{e \min} / 2$$

et

$$R_{pg} = R_{e \min} / (2 * s)$$

En construction mécanique le coefficient de sécurité se trouve entre (2,5 à 3,5), on prend le max

$R_{e \min}$: Limite minimale apparente d'élasticité

S : coefficient de sécurité (s=3,5).

$$\rightarrow R_{pg} = \frac{500}{2 * 3,5} \cong 71 \text{ MPa}$$

On déduit d :

$$d1 \geq \sqrt[3]{16 \frac{Mmax}{\pi Rpg}}$$

$$d1 \geq \sqrt[3]{\frac{(16 * 89,57 * 10^3)}{\pi * 71,42}}$$

$$d \geq 18,57 \text{ mm}$$

On prend $d_1 = 20 \text{ mm}$

Condition de rigidité :

Le diamètre d_2 doit assurer que $\theta_{max} \leq \theta_{imp}$

Avec :

$$\theta_{max} = \frac{Mmax}{G * I}$$

$$\theta_{max} = \frac{32 Mmax}{\pi d^4}$$

On déduit

$$d2 \geq \sqrt[4]{\frac{32Mmax}{\pi \cdot G \cdot \theta imp}}$$

$$d2 \geq \sqrt[4]{\frac{32 \times 89,57 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80000 \times 5,23 \cdot 10^{-6}}}$$

$$d2 \geq 38,42 \text{ mm}$$

On prend

$$d2 = 40 \text{ mm}$$

On prend $d_{sup}(d1, d2) = 40 \text{ mm}$

III.4.3.2 Calcul de diamètre de l'arbre à partir de la Résistance à la flexion

Critère basé sur la flèche maximale $f = 0,1 \text{ mm}$

$$Mf = KMt \quad \text{avec} \quad Mt = 10^3 \cdot 60 \cdot \frac{P}{2\pi N} \quad \text{et} \quad K = 0,7$$

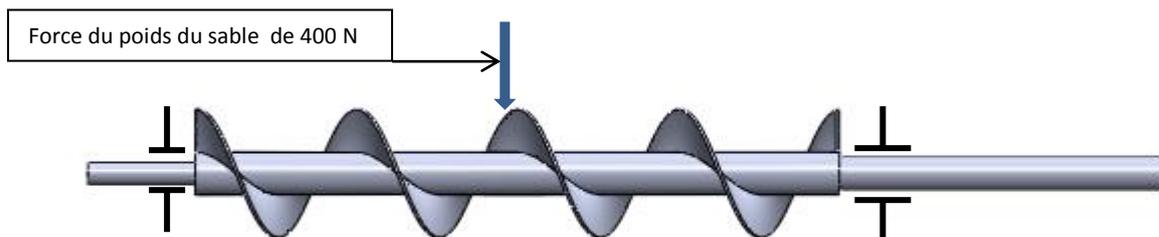


Figure III.6 Vis d'Archimède soumise à une flexion due au poids de sable. [6]

$$f = Mf \cdot \frac{L^2}{12EI} = \frac{FL^3}{48EI}$$

$$f \cdot 48EI = FL^3$$

$$I = \frac{FL^3}{f48E}$$

$$d^4 = \frac{FL^364}{f48E\pi}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{FL^364}{f48E\pi}}$$

Tel que

$$\rho_{sable} = 1600 \text{Kg/m}^3 \quad V=0,025 \text{m}^3 \quad F= 400 \text{N}$$

$$AN : d = 36,35 \text{ mm} \quad \text{On prend } \boxed{d=40 \text{ mm}}$$

III.5. Simulation du comportement de la vis, étudié sur « SolidWorks simulation »

Afin de valider les résultats des calculs de résistance de la vis fait par les relations RDM connues pour ce genre de pièces, nous avons utilisé le module SolidWorks simulation qui est un module d'analyse par éléments finis proposant divers gamme de choix de matériau, de maillage et applications des conditions aux limites et chargement suivant le fonctionnement de la pièce.

L'étude RDM en utilisant les conditions de résistance à la flexion et à la torsion nous avons trouvé que pour le bon fonctionnement de la vis à l'intérieur de la trémie pleine de sable (volume de la trémie est de $600 \times 600 \times 700 \text{ mm}^3$), nous avons trouvé que l'arbre doit présenter un diamètre minimum de de 40mm.

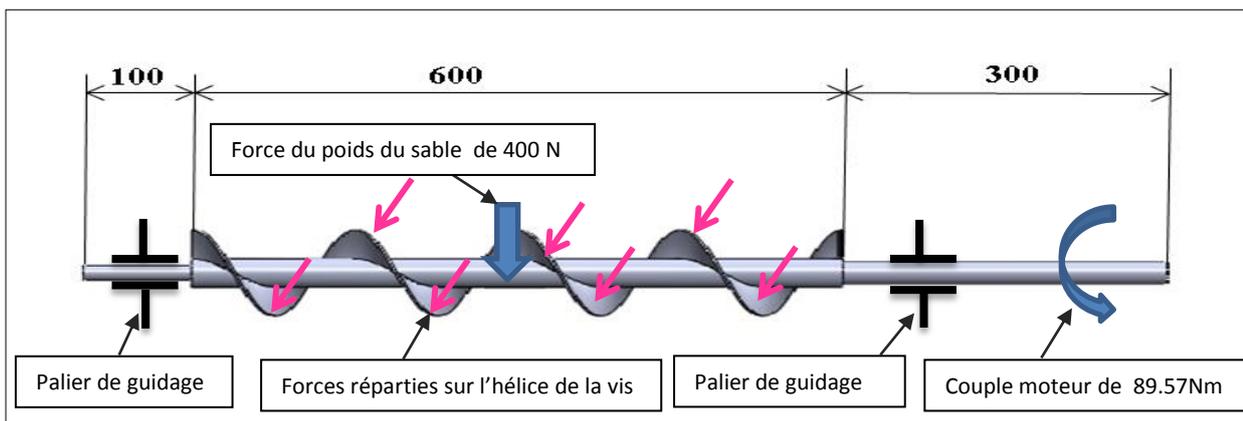


Figure III.7 Conditions aux limites et chargement appliqué sur la vis, appliqués sur SolidWorks simulation

III.5.1. Distribution de la contrainte équivalente de Von Mises

Comme indiqué sur la figure suivante la méthode des éléments finis, nécessite la création du maillage sur notre pièce, comme première approche et afin de rendre le calcul plus simple et facile nous avons choisi un maillage triangulaire standard de taille moyenne.

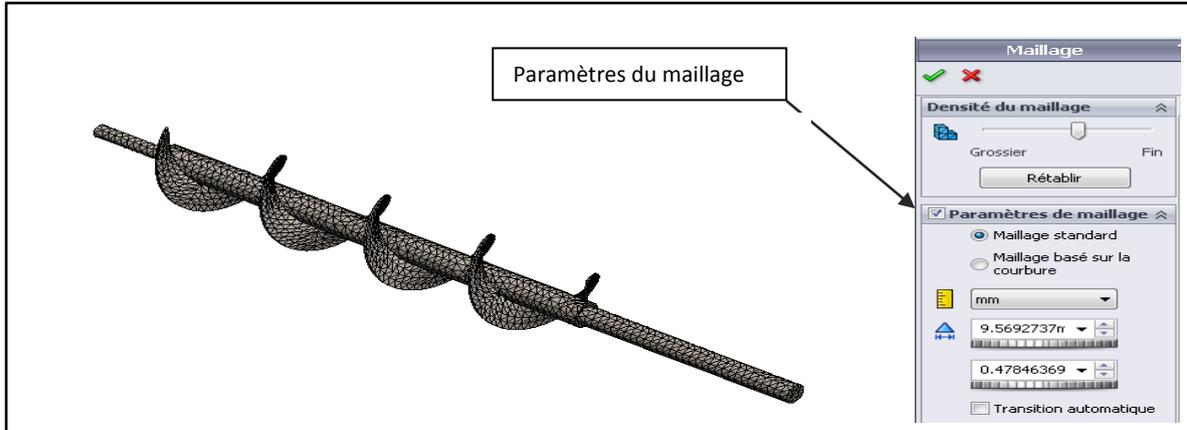


Figure III.8 Maillage triangulaire type standard appliqué sur notre pièce, avec indication des paramètres pris sur le logiciel.

La figure suivante indique la distribution des contraintes de type Von Mises qui donne un aperçu sur les zones les plus sollicitées présentes dans notre pièce, nous remarquons que globalement notre pièce présente une réponse nettement inférieure à la limite d'élasticité de l'acier choisi (Acier faiblement allié au chrome, 42 CrMo4) de 240 MPa, nous pouvons remarquer aussi que le milieu de la pièce présente l'une des zones les plus sollicitées avec un ordre de grandeur de 5 MPa, alors que la zone la plus sollicitée se trouve sur la limite de l'arbre avec une valeur ne dépassant pas les 10 MPa. Ces résultats du comportement de l'ensemble de cette vis semble confirmer l'étude théorique faite dans la partie précédente.

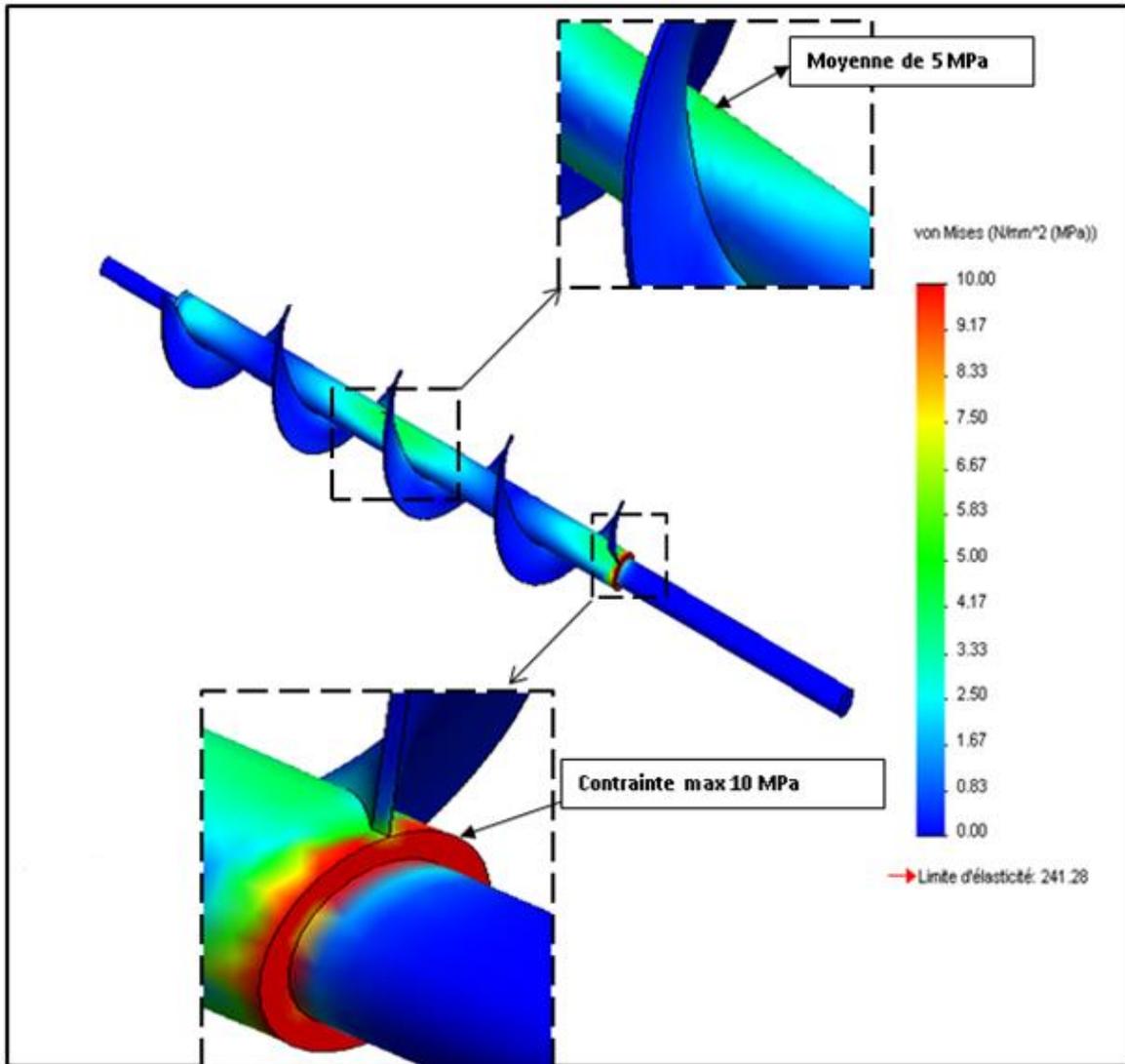


Figure III.9 Distribution des contraintes Von Mises.

III.5.2. Présentation des déplacements de la pièce

La figure suivante indique les zones qui vont se déplacer dans notre pièce, nous remarquons que notre pièce présente un léger déplacement de 0,024 mm, ce qui est évident, c'est le déplacement max qui se situe là où s'applique la force, est qui est d'une valeur très peu influente sur l'endommagement de la pièce. Ces résultats semblent confirmer l'étude de résistance faite dans la partie précédente car on a la flèche maximale qui est égale à 0,1 mm.

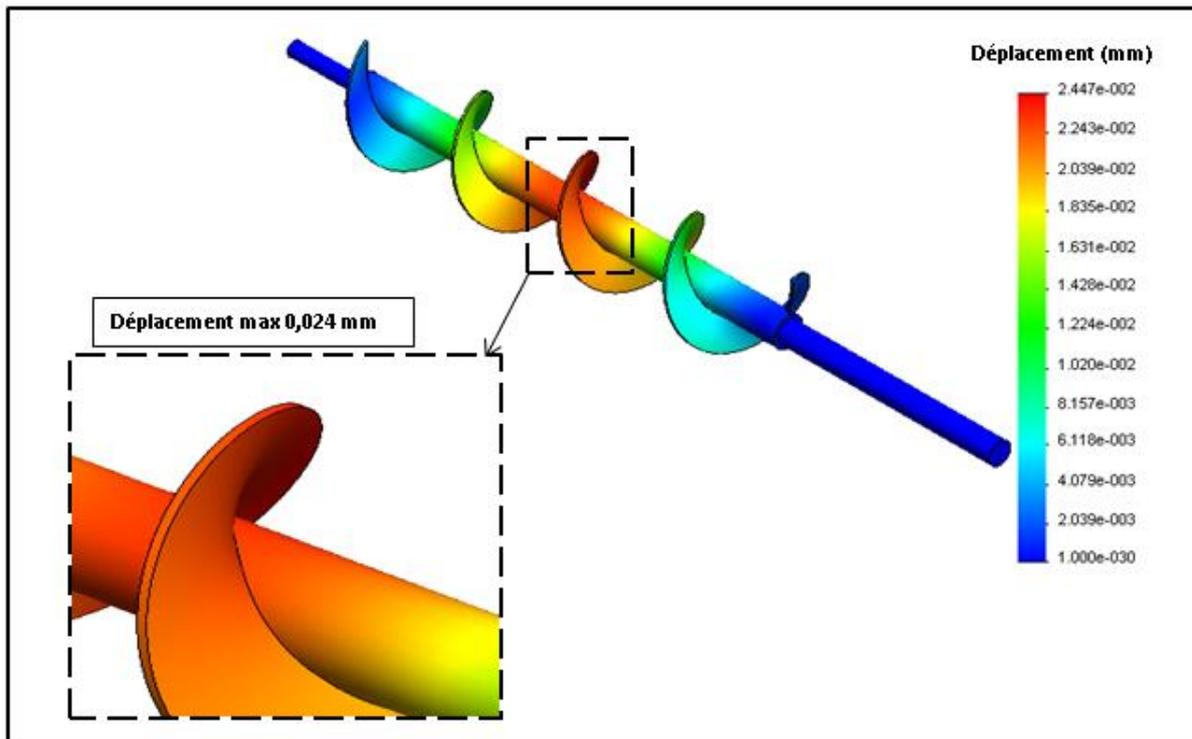


Figure III.10 Présentation des déplacements lors de fonctionnement de la vis.

III.5.3. Présentation de coefficient de sécurité

Dans notre cas on remarque que la zone la plus sollicitée présente un coefficient de sécurité égale à 6 qui confirme la résistance de notre pièce indiquant que la sollicitation à cet endroit reste 6 fois inférieure à la limite d'élasticité du matériau.

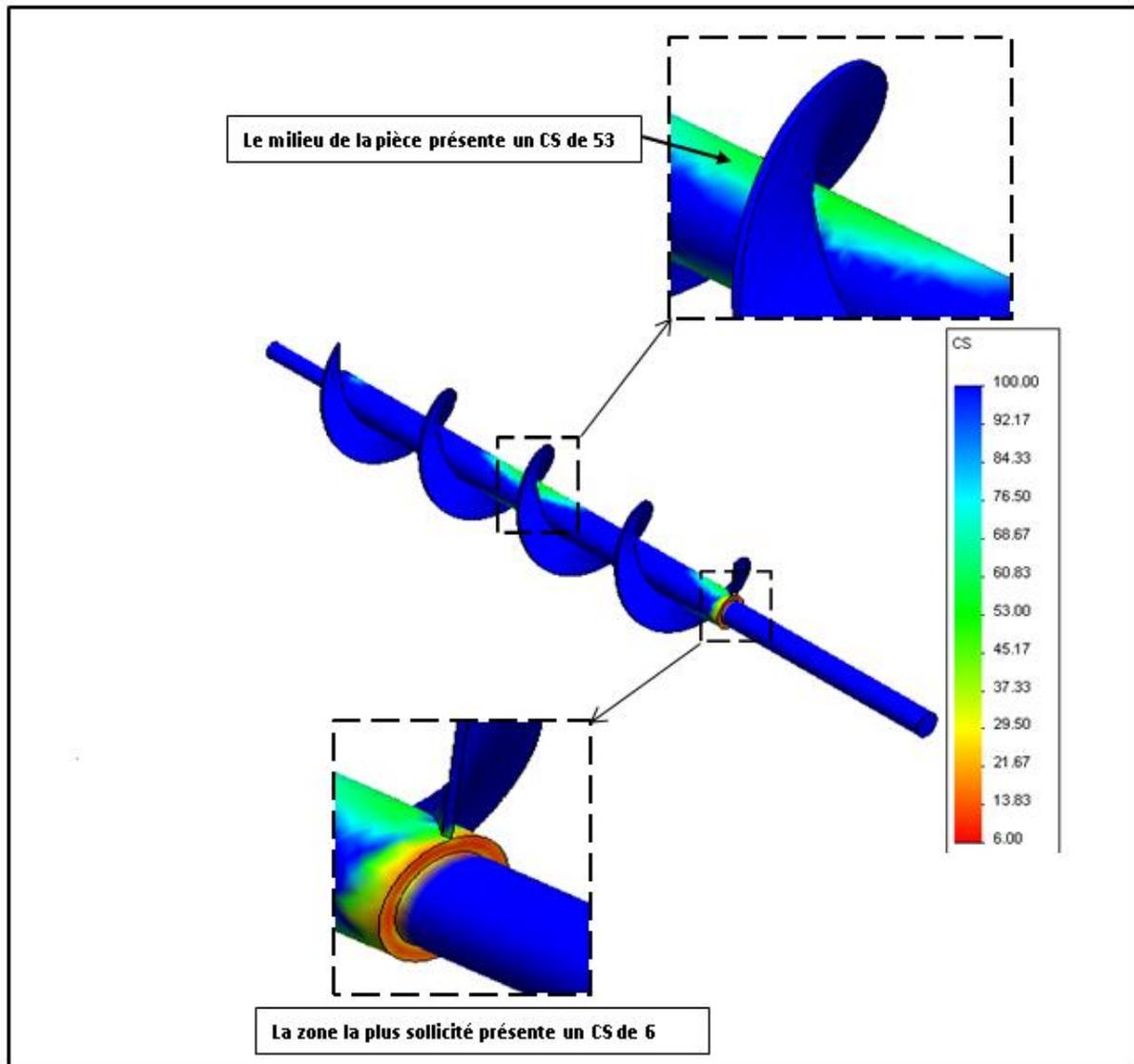


Figure III.11 Le coefficient de sécurité au niveau de toute la vis.

III.5.4. chargement maximum que la vis peu supporter

Vue que la vis présente un coefficient de sécurité supérieur à 3.5, nous avons cherché le chargement maximum donnant lieu à cette résistance ce basant sur le modèle numérique fait sur le logiciel. L'étude nous donne une force maximale de 2700 N, ce qui nous permet de dire que la vis peu supporter une telle force en cas de problème de blocage ou autre apparu lors du fonctionnement de la machine.

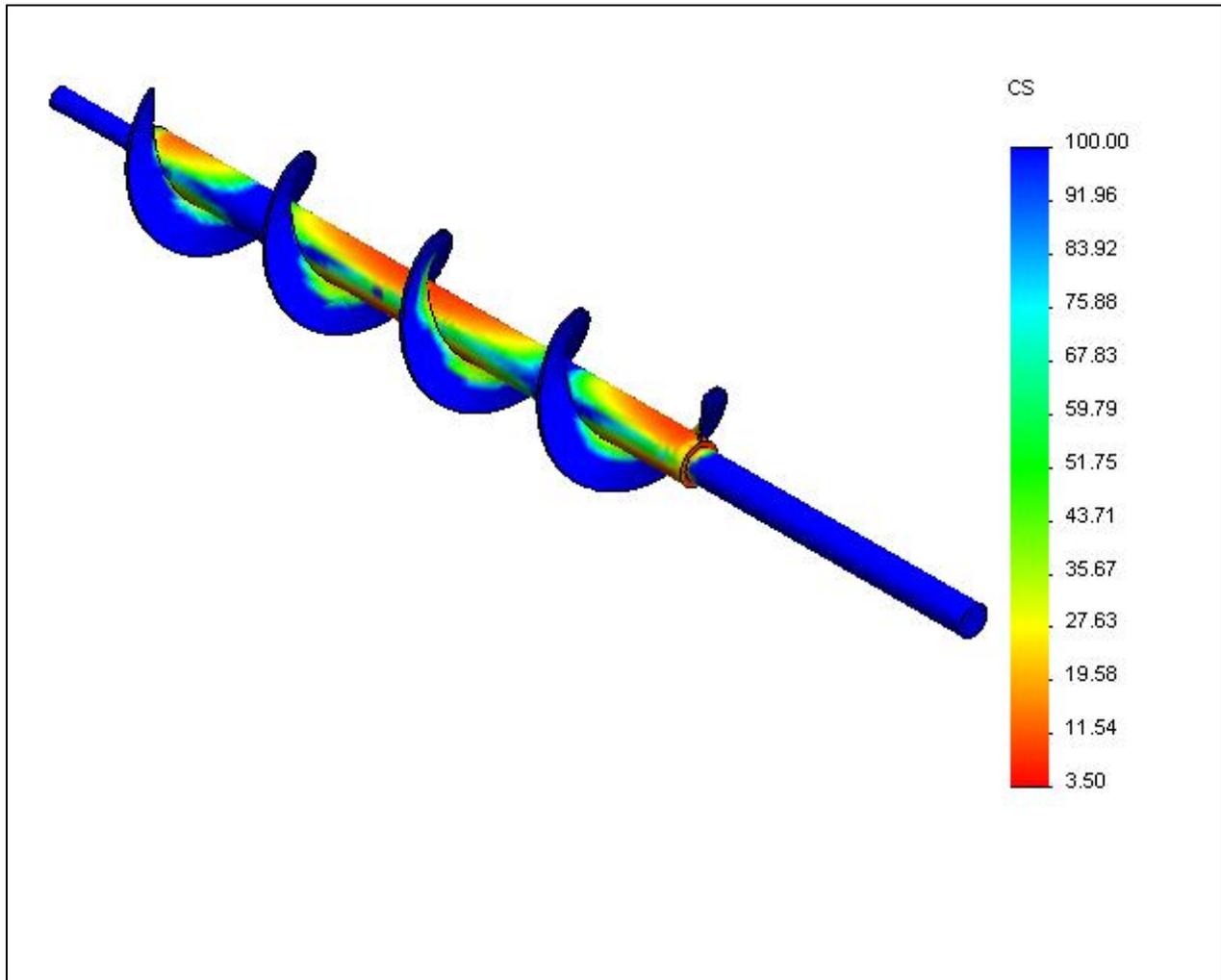


Figure III.12 le coefficient de sécurité de la vis à une force de 2700N

Conclusion :

Dans ce chapitre on voit que le module SolidWorks simulation confirme tous les résultats obtenus par les calculs RDM, on remarque aussi que notre vis va supporter ces charges appliquées soit en flexion ou torsion d'après ces résultats obtenus soit avec les lois RDM ou le module SolidWorks simulation.

Chapitre IV :
Fabrication de la vis sans fin de
l'ensacheuse.

Introduction

Après étude de résistance, nous sommes intéressés à la fabrication de cette vis, dans ce qui suit, les étapes suivies lors de la réalisation de cette pièce maîtresse de l'ensacheuse.

IV.1. Le matériel utilisé

- Tôle d'une épaisseur de 3mm
- Arbre de 1000 mm diamètre 40mm (42CD4)
- Tronçonneuse et cisaille
- Règle et pointeau à tracer
- Tour parallèle et perceuse
- Etau et poste à souder
- Peinture

IV.2. Les étapes de la fabrication de la vis

IV.2.1. Découpage de la tôle

Après avoir choisi la tôle qui convient à la réalisation de notre pièce, on a découpé 4 carrés de $170 \times 170 \text{ mm}^2$ d'une large feuille à l'aide d'une cisaille qui se trouve au niveau du hall de technologie au sein de notre université, ce qui nous facilite d'avoir des disques avec des dimensions précises et voulus. Et cela avec le logiciel SolidWorks ce qu'on appelle la développée de la vis d'Archimède.

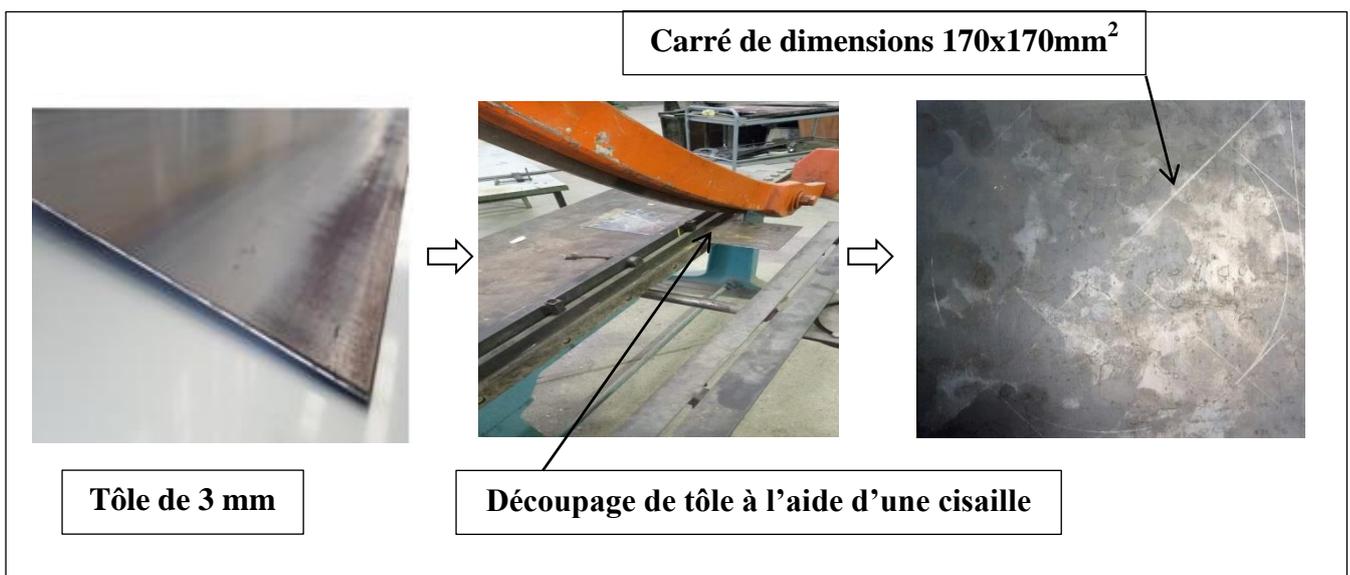


Figure IV.1 Préparation des carrés de dimensions $170 \times 170 \text{ mm}^2$

IV.2.2. Réalisation des disques

Après avoir coupé les carrés on passe à les tracer à l'aide d'un pointeau à tracer pour avoir un diamètre précis puis on place chaque carré qu'on a découpé, entre deux supports que nous avons usinés pour la fixation de cette pièce, le premier support est placé aux mors du mandrin du tour et le deuxième est fait pour le serrage de la tôle à l'aide de la contre pointe du tour, et pour cet effet on a utilisé un outil à tronçonner pour obtenir des disques. (Figure IV.2).

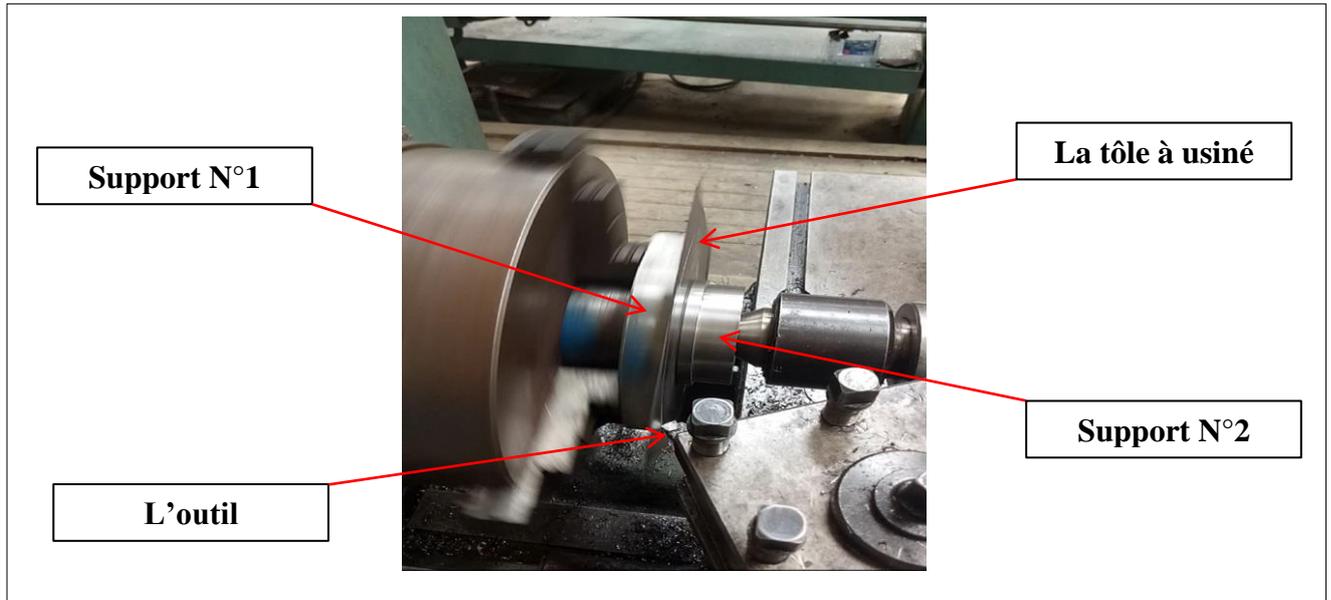


Figure IV.2 Fixation de la pièce pour créer des cylindres

Après avoir fait cette opération du tournage, on a obtenu des disques qui ont un diamètre de 155mm.



Figure IV.3 Disque de diamètre 155mm

Toujours sur le même tour mais maintenant c'est le perçage pour avoir un diamètre intérieur de 65 mm et pour cela on va fixer le disque de diamètre extérieur 155mm, puis on lance l'opération de perçage en utilisant des forets de perçage (foret de centrage, et d'autres forets de diamètre 14mm, 22mm et 36mm) avec une vitesse de rotation de 355 tr/min et un outil d'alésage pour avoir le diamètre voulu avec une vitesse de rotation de 90 tr/min.



Figure IV.4 L'opération de perçage

La dernière étape c'est le découpage des disques avec une tronçonneuse pour permettre le soudage entre eux. Nous avons mis des perçages sur deux disques (le premier et le dernier) pour nous faciliter d'étirer l'ensemble de la pièce.

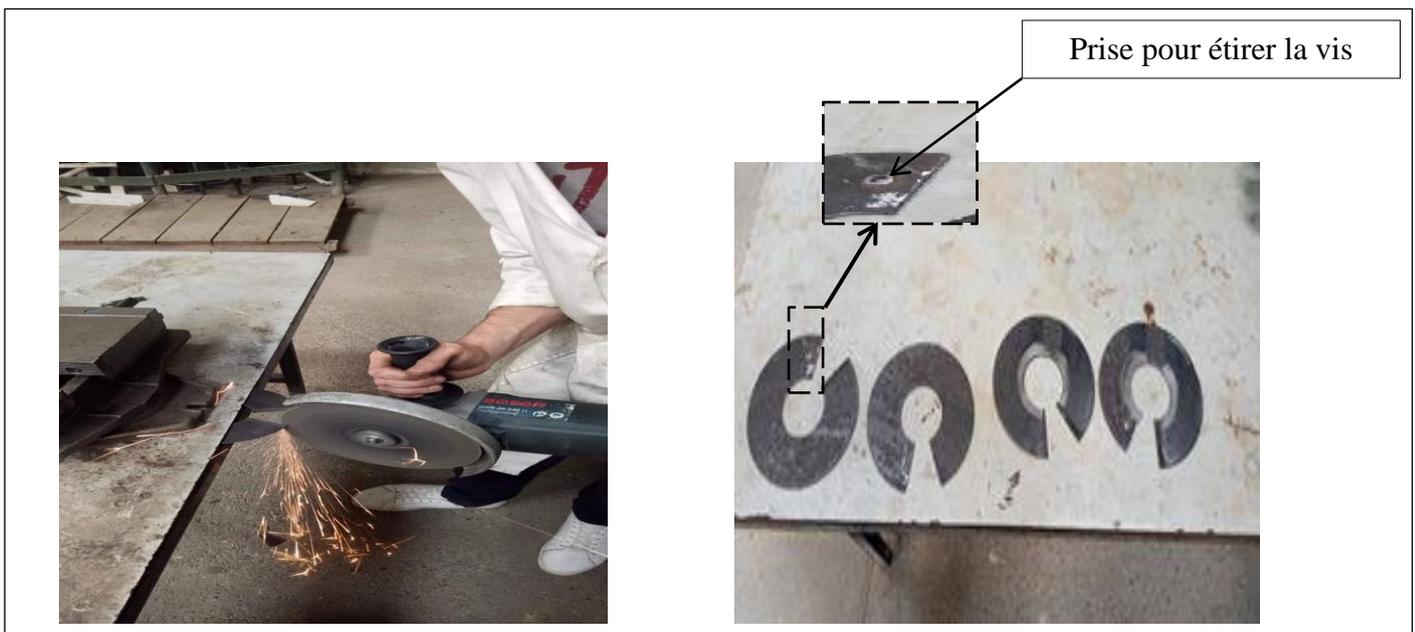


Figure IV.5 Découpage et perçage des disques

IV.2.3. Soudage des disques

Le soudage des disques se fait avec un poste à souder qui se trouve aussi au niveau du hall de technologie au sein de notre université, réglé à 80A, et en utilisant des baguettes à soudé de diamètre 2,5mm



Figure IV.6 Assemblage des disques avec soudage

IV.2.4. Etirement des disques

Dans cette étape, réalisée sur le tour, on va fixer une extrémité de notre assemblage des quatre disques sur les mors du mandrin grâce à un boulon visé dans le trou préalablement percé pour cet effet, et l'autre extrémité on va la fixer au porte-outil. Puis on va étirer l'assemblage graduellement à l'aide du chariot du tour pour avoir la longueur voulue. (Figure IV.7).

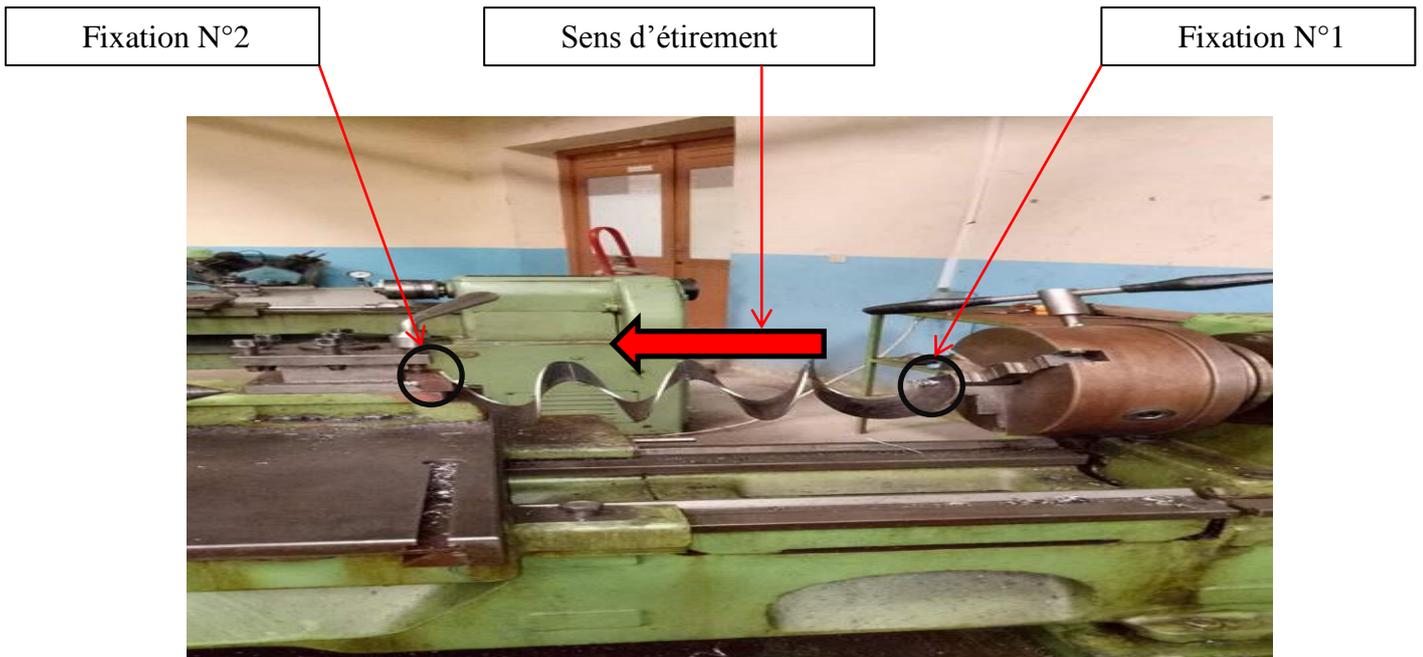


Figure IV.7 Etirement de l'hélice

IV.2.5. Préparation de l'arbre

Concernant l'arbre on va utiliser un arbre d'une longueur de 1000mm et de diamètre 40mm, puis on va le monter sur le tour pour l'usiner avec une vitesse de rotation de 90tr/min et vitesse d'avance 0,08 mm/tr, et cela pour avoir un diamètre de 30mm sur une longueur de 300mm, et aussi un diamètre 20mm sur une longueur de 100mm.



Figure IV.8 Usinage de l'arbre

IV.2.6. Montage de l'hélice sur l'arbre

Comme une dernière étape afin d'avoir la forme finale de la vis de l'ensacheuse de sable, on va monter l'arbre à l'intérieur de l'hélice sur une longueur de 600mm veut dire c'est la partie qui est entre les deux surfaces usinées sur l'arbre, puis on fait le soudage de l'hélice sur l'arbre et on a notre vis qui est prête à fonctionner.



Figure IV.9 Soudage de l'ensemble arbre/hélice.

IV.2.7 Finition

Après avoir soudé notre pièce on va passer à la nettoyer pour la peindre.

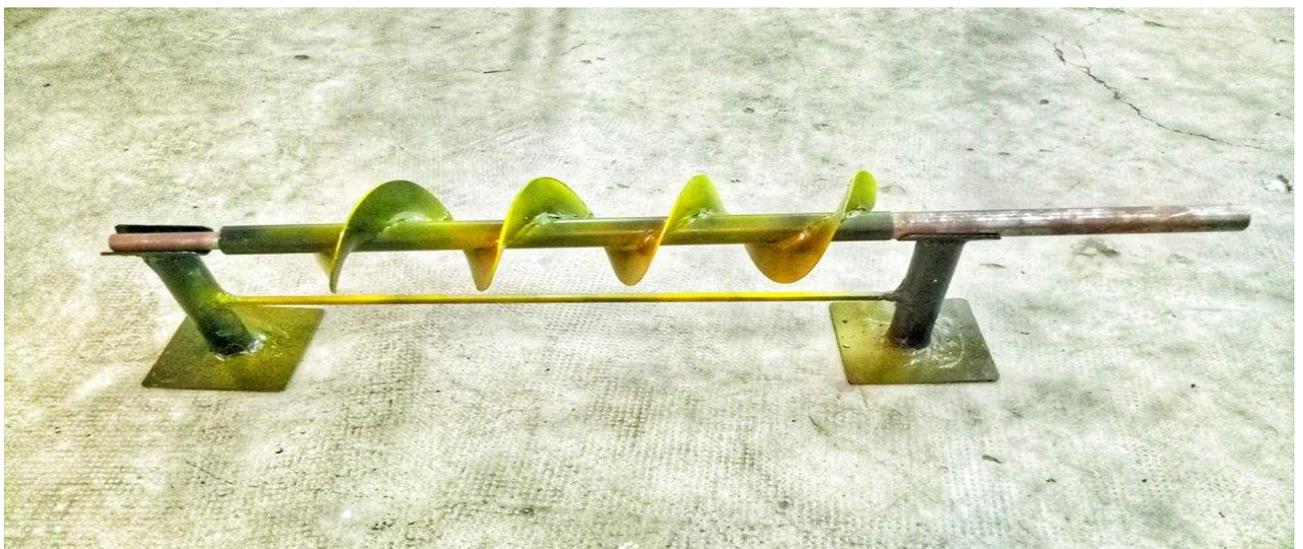


Figure IV.10 Vis sans fin pour l'ensacheuse

Conclusion

Dans ce chapitre, nous passons à la fabrication de la vis au niveau du hall de technologie, utilisant les outils et machines disponibles.

Le diamètre intérieur et le diamètre extérieur des disques ont été pris à partir d'un calcul sur SolidWorks (la développée de la vis d'Archimède)

L'arbre est fait avec une barre de diamètre 40mm, et de longueur 1m.

L'hélice est faite à base de tôle de 3mm d'épaisseur.

Conclusion

L'objectif de ce projet fin d'études est de concevoir une vis sans fin de type Archimède, et cela en passant par plusieurs étapes :

Le dessin 3D de la vis

Une étude de résistance basée sur les principes de calculs RDM

Une étude numérique sur logiciel

Une comparaison entre l'étude analytique et numérique

Une étude de faisabilité et de fabrication

A la lumière de ces résultats il ressort que :

- L'étude numérique semble confirmer les résultats analytique du point de vue déplacement et coefficient de sécurité
- La vis semble supporter toutes les charges qui lui seront appliqués lors du fonctionnement.
- le coefficient de sécurité égale à 6, confirme la résistance de notre pièce indiquant que la sollicitation à cet endroit reste 6 fois inférieure à la limite d'élasticité du matériau.

Enfin dans le quatrième chapitre on s'est intéressé à la fabrication de cette pièce avec les résultats obtenus dans le troisième chapitre, en expliquant et en illustrant toutes les étapes de la réalisation de cette dernière, passant par :

La découpe de tôle

Le tournage

Le soudage

La mise en forme de l'hélice

Le montage final

Références Bibliographique

Références Bibliographique

- [1] Yves. La manutention automatique Tome 1 : mécanismes assistants, 1989. Les Editions EYROLLES.
- [2] <https://propema.com/ensacheuse-verticale-rhone.htm>
- [3] <https://ptchronos.com/en-th/products/bag-packaging-equipment/open-mouth-bagging-equipment/manual-gross-weigh-open-mouth-bagging-machine>
- [4] <https://masanes.com>
- [5] BROSSARD Jean-Pierre. Mécanique générale : développement de la cinématique, Technique de l'ingénieur. Réf : A 1663.
- [6] SAUDEMONT Claude. Manutention mécanique continue des produits en vrac, Technique de l'ingénieur. Réf : AG 7511.
- [7] AUBLIN Michel, BONCOMPAIN René, BOULATON Michel, CARON Daniel, JAEY Emilie, LACAGE Bernard et REA Jaky. Systèmes Mécaniques, Théorie et dimensionnement Edition DUNOD 2006. ISBN 2100491040.
- [8] ELOY Christian. Conception En Construction Mécanique, 1981, Edition DUNOD, ISBN 2-04-010770-3.
- [9] <https://AUSAsteel.com/wp-content/uploads/2015/05/Acier-Tempre-Revenu-42CrMo4-AUSA.pdf>
- [10] https://campus.mines-douai.fr/pluginfile.php/9833/mod_resource/content/0/Chapitre5_webLatex.

Résumé

Le but de notre travail, est de dimensionner une vis sans fin de type Archimède, pour une ensacheuse d'agrégats de sable et de ciment, Le calcul analytique nous donne un diamètre 40mm, que nous avons vérifié avec la simulation du comportement de cette vis sur SolidWorks, nous confirmons clairement les calculs analytique.

Nous sommes aussi intéressés à la fabrication de l'hélice de cette vis, en utilisant une tôle de 3mm d'épaisseur, étirée sur un tour conventionnel, cette méthode est inspirée d'une expérience d'une entreprise Russe.

Abstract

The purpose of our work is to size an Archimedean worm, for a bagger of aggregates of sand and cement, the analytical calculation gives us a diameter 40mm, which we verified with the simulation of the behavior of this on SolidWorks, we clearly confirm the analytic calculations.

We are also interested in manufacturing the helix of this screw, using a sheet of 3mm thick, stretched on a conventional lathe, this method is inspired by an experience of a Russian company.

