

République ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement supérieur et la recherche scientifique

Université de Blida 1

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de



Master en Mécanique



Option : construction Mécanique

THEME

Etude et réalisation d'un prototype mélangeur pour produits agricoles

Présenté par :

BENSALEM NASSIM

HERNOUFI MAHDI

Encadré par :

Prof: OUALI MOHAMMED Promoteur

Mr : HAFFAR OTMEN Co-promoteur

Organisme d'accueil : EFMPABLIDA

Année universitaire 2015/2016

Résumé :

L'objectif du présent travail est d'étudier, de concevoir et éventuellement de réaliser un prototype mélangeur pour produits agricoles.

La société EFMPABLIDA est spécialisée dans la fabrication des machines agro-alimentaires. Elle réalise des mélangeurs de plus de 300 kilos. Elle nous offre la possibilité d'étudier et de concevoir un mélangeur horizontale d'une capacité de 100kilogrammes pour poudre (sucre glace avec de la maïzena) tout en profitant de leur riche expérience, de leur matériels et ateliers.

Abstract:

The objective of this work is to study, design and eventually realize a prototype of mixer for agricultural products.

The company EFMPABLIDA specializes in manufacturing food processing machinery. It carries out mixers of more than 300 kilograms. It offers us the opportunity to study and design a horizontal mixer of a 100kilogrammes capacity for powdered (icing sugar with cornstarch) while enjoying their rich experience, their materials and workshops.

تلخيص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة وتصميم نموذج خلط للمنتجات الزراعية
تتخصص الشركة في تصنيع الآلات وتجهيز الأغذية. هذا الأخير تصنع خلطات بحجم أكثر من
فقدمتنا فرصة لدراسة وتصميم خلط أفقي قدرة 100 كيلو غرام مسحوق (مسحوق السكر معدق الذرة)
مع الاستغلال الكامل لتجربتها الغنية وورش عملها

Liste des figures

- **Figure 1.1:** Relation entre la tension superficielle théorique des agglomérats en fonction de la taille des particules (RUMPF 1962).
- **Figure 1.2 :** Applications et domaines respectifs.
- **Figure 1.3 :** Simulation du mélange d'un lot de particules par convection et/ou diffusion (SCHOFIELD 1970).
- **Figure 1.4 :** Quelques exemples de mélangeurs convectifs.
- **Figure 1.5 :** Quelques exemples de mélangeur à cuves tournantes en V.
- **Figure 1.6 :** Exemple d'un Broyeur à galets-meules.
- **Figure 1.7 :** Exemples de Silo-mélangeur : (a) plusieurs trémies internes (b) une seule trémie interne.
- **Figure 1.8 :** Exemple d'un Mélangeur horizontal.
- **Figure 1.9 :** Choix du matériau.
- **Figure 2.1 :** Mélangeur horizontal.
- **Figure 2.2 :** Composition de l'auge.
- **Figure 2.3 :** Représentation Châssis.
- **Figure 2.4 :** Présentation de l'arbre.
- **Figure 2.5 :** Palette du mélange.
- **Figure 2.6 :** Nouvelle palette du mélangeur
- **Figure 2.7 :** Bague étanchéité.
- **Figure 2.8 :** Moteur électrique.

- **Figure 2.9:** Quelques exemples sur les réducteurs.
- **Figure 2.10 :** Quelque exemple sur les paliers.
- **Figure 3.1 :** Résistance de la tôle.
- **Figure 3.3 :** Résistance du socle (châssis)
- **Figure 4.1 :** Composition de l'auge
- **Figure 4.2 :** Construction de la cuvette
- **Figure 4.3 :** Paroi de l'auge
- **Figure 4.4 :** Bride latérale
- **Figure 4.5 :** Bossage de la bride
- **Figure 4.6 :** Dimensionnement du couvercle
- **Figure 4.7 :** Position de l'abouche d'entrée
- **Figure 4.8:** Couvercles de bouche de sortie
- **Figure 4.9:** Couvercle complet
- **Figure 4.10 :** La traverse
- **Figure 4.11 :** Présentation de la partie mécanique.
- **Figure 4.12 :** Mise en plan de l'arbre.
- **Figure 4.13 :** Empreinte sur l'arbre.
- **Figure 4.14 :** Logement de la clavette.
- **Figure 4.15 :** Clavette
- **Figure 4.16 :** Palette
- **Figure 4.17 :** Mise en plan de la bague d'étanchéité.

•**Figure 4.18** : Assemblage de la bague.

•**Figure 4.19**: Motoréducteur.

•**Figure 4.20** : Palier à sabot.

•**Figure 4.21** : Positionnement du palier.

•**Figure 4.22**: System vis et écrou.

•**Figure 4.23**: Une roue.

•**Figure 4.24** : Contrainte d'assemblage.

•**Figure 4.25** : Modélisation du mélangeur.

•**Figure 4.26** : Bride latérale du mélangeur.

•**Figure 4.27** : Paroi latérale du mélangeur.

•**Figure 4.28** : Soudage par TIG.

•**Figure 4.29**:Montage du châssis.

•**Figure 4.30** : taraudage bague pour palette.

•**Figure 4.31** : traçage des palettes.

Figure 4.32 : montage motoréducteur.

Figure 4.33 : Premier essai du mélangeur.

Figure 4.34 : Notre mélangeur fini.

Liste des tableaux

- **Tableau T1** : Exemples d'application de mélange.
- **Tableau T2** : Classification des mélangeurs.
- **Tableau T3** : Composition des aciers inoxydables.
- **Tableau T4** : Caractéristique des poudres
- **Tableau T5** : Caractéristique de l'inox 304L.
- **Tableau T6** : Choix moteur réducteur.
- **Tableau T7**:Caractéristiques des paliers.
- **Tableau T8** : Norme de dimensionnement de la clavette.
- **Tableau T9** : La gamme d'usinage.
- **Tableau T10** : Dimensions et normes de joint spi.

Dédicace

*C'est avec un grand plaisir et une grande fierté que je dédie ce
modeste travail:*

À nos chers parents,

À mes frères et sœurs,

*À nos amis, Abdou, Sidahmed, salah, Abdelrahim, amine et à
tous nos amis de près et de loin.*

À tous nos collègues et nos enseignants.

À nos familles et toutes personnes qu'on aime.

Remerciment

On tient d'abord à remercier Allah le tout puissant, qui m'a donné, la force le courage, volonté et patience, qui m'a orienté vers le chemin de savoir.

En second lieu, on tient à remercier notre promoteur le professeur Ouafi Mohammed pour m'avoir fait profiter de ses connaissances, ses précieux conseils, son encouragement durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils nous ont porté en acceptant d'examiner ce travail et de s'enrichir par leurs propositions.

On remercie également Mr haffarotmane pour son précieuse aide documentaire.

Je remercie tous l'établissement EFMPABLI DA. Sans oublier aussi la société Mk Industrie enfin un grand merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail.

LISTE DES SYMBOLES

ρ : Masse volumique	g/cm^3
π : le rapport constant de la circonférence d'un cercle	-
δ_{Ad} : Limite d'élasticité	MPA
ω : vitesse angulaire	rad/s
C : Couple nominales de fonctionnement	N.m
n : Rendement du moteur	-
N : vitesse de rotation	tr/min
T : Moment torsion	N.m
P : Puissance moteur	KW
A : Ampérage du moteur	A

SOMMAIRE

Remerciements.....	i
Table des matières.....	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des symboles.....	iiii
Résumé.....	iiii
Introduction générale.....	1

Chapitre I :

Le mélange et les mélangeurs

1.1 Introduction.....	3
1.2 Mécanismes de mélange.....	4
1.2.1 Propriétés des poudres et du milieu influençant l'écoulement.....	4
1.2.2 Mécanismes de mélange.....	6
1.2.3 Quelque exemple d'application mélange.....	7

1.3. CLASSIFICATION DES MELANGEURS

1. 3.1 Les mélangeurs convectifs.....	9
1. 3.2 Les cuves tournantes.....	10
1. 3.3 Les mélangeurs à impacts.....	11
1. 3.4 Les mélangeurs à haut cisaillement.....	12

1. 3.5 Les mélangeurs statiques.....	12
1. 3.6Mélangeur horizontale.....	13
1.4 Les combinaisons de mélangeurs.....	14
1.5 Quelques pistes pour le dimensionnement des mélangeurs.....	14
1. 6 Choix du matériau.....	15
1.7 Conclusion.....	19

Chapitre II : Principaux organes du mélangeur horizontal

2.1 Introduction	20
2.2 Moteur électrique	21
2.2.1 L'auge.....	21
2.2.2 Châssis	22
2.2.3 Arbre	22
2.2.4 Palette	23
2.2.5Bague d'étanchéité.....	24
2.3 Réducteur.....	25
2.3.1 Définition.....	25
2.3.2 Types du réducteur.....	25
2.4 Palier	26
2.4.1 Définition.....	26
2.4.2Quelque Types du réducteur.....	26

2.5 Palier.....	27
-----------------	----

2.5.1 Définition.....	27
-----------------------	----

2.5.2 Types de paliers.....	27
-----------------------------	----

Chapitre III : Etude constructif du mélange a poudre

3.1 Introduction.....	28
-----------------------	----

3.2 Dimensionnement du mélangeur	28
--	----

3.3 Calcul du volume du mélangeur.....	28
--	----

3.3.1 Masse volumique	29
-----------------------------	----

3.3.2 Volume du cylindre	31
--------------------------------	----

3.4 Epaisseur de la tôle	32
--------------------------------	----

3.4.1 Calculs de l'épaisseur de la tôle utilisée	33
--	----

3.4.2 Discussions des résultats	34
---------------------------------------	----

3.5 Calcul de la motorisation	34
-------------------------------------	----

3.5.1 Choix moteur.....	34
-------------------------	----

3.5.2 Choix type réducteur.....	35
---------------------------------	----

3.6 Calcul du diamètre de l'arbre.....	37
--	----

3.7 Choix du palier	37
---------------------------	----

3.8 Choix de socle (châssis).....	38
-----------------------------------	----

3.9 Conclusion	40
----------------------	----

Chapitre IV : CAO DES ELEMENTS DU MELANGEUR ET SA REALISATION

4.1 Introduction	41
4.2 La conception assistée par ordinateur (CAO).....	41
4.2.1 Aperçu sur le SolidWorks.....	42
4.3 CAO des éléments du mélangeur.....	42
4.3.1 Dessin de l'auge	42
4.3.2 Dessin du Châssis	47
4.3.3 Dessin de la partie mécanique.....	48
4.3.4 Élément de transmission.....	56
4.3.5 Accessoires d'assemblage.....	58
4.3.6 Assemblage des composantes.....	59
4.4 Fabrication du mélangeur.....	61
4.4.1 Construction du mélangeur.....	61
4.4.2 Montage mélangeur.....	61
4.5 Conclusion.....	62
Conclusion générale	68

Introduction général

Les mélangeurs sont au cœur de nombreux procédés de fabrication. Sans eux, peu de réactions chimiques ou de mélanges se réaliseraient spontanément. Le mélangeur peut être soumis à de fortes contraintes (effort radial, effort axial, pression, phénomènes vibratoires...). Il fait partie, en général, d'un investissement lourd dont l'amortissement est relativement long.

Pour ces raisons, il est justifié de s'intéresser à cet équipement, conçu pour durer avec une maintenance minimale pour un arrêt de production réduit.

Le mélange des solides divisés, de poudres ou de milieux granulaires, est une opération clé pour de nombreux domaines industriels — aussi variés que la pharmacie, l'agroalimentaire, l'industrie des ciments, des matières plastiques. Cette opération permet d'atteindre les spécifications et propriétés d'usage des produits formulés car elle est responsable en grande partie de l'homogénéité du produit à l'échelle requise — souvent celle du conditionnement [1]. C'est donc une étape incontournable au cours de laquelle de nombreuses difficultés peuvent survenir.

Pour qu'un mélange soit homogène, il faut que les différents constituants soient en mouvement. Cette mobilité du mélange est essentiellement due aux mécanismes de convection, de cisaillement et de diffusion, qui sont le résultat des propriétés des particules, du milieu, mais aussi des possibilités technologiques des appareils de mélange.

La qualité de la réalisation d'un mélangeur est une garantie d'efficacité et de longévité de ses appareils.

Dans l'industrie, un mélangeur ou une bétonnière est un appareil utilisé pour mélanger ou homogénéiser diverses substances : poudres, pâtes, granulés, liquides. Le mélange des solides divisés (poudres, milieux granulaires) est une opération clé pour de nombreux domaines industriels (pharmacie, agro-alimentaire, ciments, matières plastiques). L'homogénéité de composition à l'échelle requise, qui est souvent celle du conditionnement, est en effet la première responsable de l'atteinte des spécifications et propriétés d'usage des produits. Mais la notion d'homogénéité d'un mélange de solides, indissociable de celles d'échelles d'observation et de ségrégation, reste difficile à atteindre par la mesure. Dans la plupart des cas, on doit en effet avoir recours à une estimation par le biais du prélèvement d'échantillons, ce qui pose des problèmes d'ordres techniques et statistiques.

Le développement actuel de méthodes de mesures en ligne, non intrusives, devrait toutefois permettre prochainement une meilleure définition, et un meilleur contrôle, de l'homogénéité. L'atteinte d'une certaine qualité de mélange est essentiellement due à des aspects

dynamiques, eux-mêmes liés aux mécanismes qui président à la mise en mouvement des particules : convection, cisaillement et diffusion. Ces mécanismes sont le fait, non seulement des propriétés d'écoulement des produits, mais aussi des possibilités technologiques des appareils de mélange. Les mélangeurs utilisés dans l'industrie sont de trois principaux types, selon que l'agitation est produite par un mobile interne (mélangeurs convectifs), par la mise en rotation de la cuve (mélangeurs à Tambour, ou bien encore par le propre écoulement du matériau) (mélangeurs statiques).

On peut employer aussi bien des procédés de mélange en continu qu'en discontinu, le choix s'effectuant selon les contraintes de production et l'usage des différents secteurs d'activités. Comme c'est le cas pour d'autres opérations unitaires mettant en jeu des solides divisés, les connaissances scientifiques de base font encore défaut pour expliciter clairement la phénoménologie du mélange.

La conception et le dimensionnement d'un mélangeur ne sont pas strictement normalisés et ils font appel à diverses sciences. Il est souvent difficile de distinguer les paramètres importants et de décrire les méthodes générales aidant le décideur dans sa tâche difficile du choix d'un système d'agitation.

Bien que les pièces majeures constituant un système d'agitation soient bien connues (moteur, réducteur, étanchéité,...), la partie construite par le concepteur d'agitateurs (torelle, arbres, mobiles, ...) laisse libre cours à l'imagination de l'ingénieur mécanicien et peut être difficile à analyser.

La conception mécanique des mélangeurs fait appel à la construction des machines tournantes : transmission de couple, détermination d'arbres tournants, évaluation des contraintes de torsion et analyse vibratoire du système.

Notre sujet a été proposé dans le but de réaliser un mélangeur spécifique qui peut être produit au niveau local.

Chapitre I : Le mélange et les mélangeurs

1.1 Introduction

Le mélange des poudres diffère du mélange des liquides par quatre aspects [1,2] :

- Il n'y a pas de mouvement relatif des particules solides comme pour les liquides ou les gaz sans apport d'énergie. La vitesse d'homogénéisation des poudres ne dépend que de la propriété d'écoulement des particules et des conditions opératoires imposées extérieurement.
- Bien que les molécules d'un système liquide monophasé puissent être différentes et diffuser des vitesses différentes, elles atteindront toujours un état de mélange parfait dans un temps plus ou moins long. L'homogénéisation de solides est toujours accompagnée d'un processus de mélange appelé ségrégation qui ne permet souvent pas l'obtention d'un mélange parfait. L'état final d'un mélange est un équilibre réversible entre un processus d'homogénéisation et un de mélange. Ce phénomène de ségrégation est particulier dans le cas des solides et peut être induit par l'agitation.
- Enfin, la taille d'une particule solide est toujours largement plus élevée que n'importe quelle molécule de liquide ou de gaz. Ce qui ajoute un ensemble de phénomènes au niveau microscopique que l'on ne sait actuellement pas encore bien décrire.
- Une fois les particules mises en mouvement, elles peuvent aussi bien se mélanger que ségréger selon le mouvement imposé au système et les caractéristiques des constituants.

Par opposition au mélange de liquides ou de gaz, un mélange de poudre n'est jamais dans un état irréversible et tout mouvement peut entraîner un déplacement de l'équilibre ségrégation/ mélange. Ce dernier point est primordial dans toute manutention de mélange de poudre. Ainsi, pour des solides, l'attention ne doit pas seulement porter sur le dimensionnement du mélangeur mais aussi sur la chaîne de production entière, les étapes de transport, de chargement, de vidange et de stockage comprises, afin de minimiser les risques de ségrégation. Les phénomènes de mélange et de ségrégation des poudres étant intimement liés entre eux ainsi qu'aux propriétés physiques des constituants, une étude des mécanismes de ce processus dans le système étudié s'impose afin d'optimiser la qualité d'un mélange.

Ainsi, le phénomène de ségrégation est extrêmement lié aux propriétés d'écoulement des particules. Une poudre qui ne s'écoule pas bien ne ségrège pas. Par contre, une poudre qui s'écoule très bien aura tendance à ségréger. Ces considérations sont essentielles dans le choix et le dimensionnement des mélangeurs.

1.2 Mécanismes de mélange

1.2.1 Propriétés des poudres et du milieu influençant l'écoulement

Quand on parle de « mélange » de poudres on parle évidemment de « mobilité » des particules. Cette mobilité plus ou moins grande des particules dépend de leurs très nombreuses propriétés. Il est donc important avant de chercher à mettre au point un procédé de mélange de quantifier les propriétés d'écoulement des solides divisés utilisés.

Les systèmes particuliers sont classés selon leurs propriétés de taille forme masse Volumique. . .

Deux grandes catégories sont distinguées

a) Les poudres à écoulement libre

Ces poudres s'écoulent très facilement et ne posent aucun problème de montage. Par contre chaque particule d'une telle poudre a une forte mobilité individuelle. Les mélanges composés avec ces poudres ont donc une forte tendance à ségréger.

b) Les poudres cohésives

Ces poudres possèdent de fortes liaisons inter particulières devant leur poids telles que les forces de van der Waals les forces électrostatiques... Ces liaisons peuvent entraîner la formation d'agglomérats. Si de telles poudres posent des problèmes d'écoulement ou de stockage, les mélanges qu'elles composent n'ont pas de fortes tendances à ségréger.

Ces deux comportements types sont influencés par les caractéristiques des produits et par les conditions opératoires.

c) Taille et distribution granulométrique

Plus les particules sont petites (en général moins de 10 μm de diamètre équivalent) plus les forces inter particulières et notamment les forces de Van der Waals sont importantes. (Figure 1.1)

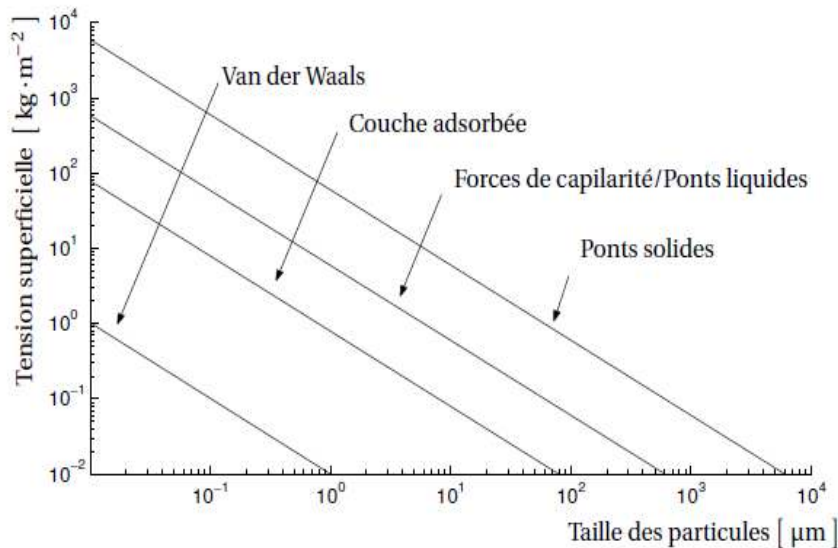


Figure 1.1 : Relation entre la tension superficielle théorique des agglomérats en fonction de la taille des particules (RUMPF1962) [3]).

De la taille des particules et on peut y voir que pour des particules la figure donne une idée des forces inter partuculaires prépondérantes en fonction de $1\mu\text{m}$, les forces de Van der Waals ne sont pas négligeables.



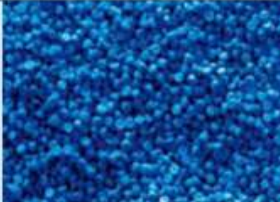
Industrie	Applications	
Alimentaire	Céréales, barres de céréales Mélanges sucrés (sucre gélifiant, beignets etc.) Lait en poudre et alimentation infantile Boissons diététiques pour petit déjeuner Alimentation diététique Micromélange d'iode et de fluorure Ajout de vitamines	
Chimique	Prémélanges pour extrusion (céramique technique par exemple) Détergents (ajout d'enzymes par exemple) Pesticides Engrais Matériaux de construction	
Matière plastique	Revêtement et enduction de granulés PVC Polypropylène Polyéthylène Films plastiques Additifs plastifiants	

Figure 1.2 : Applications et domaines respectifs

1.2.2 Mécanismes de mélange

LACEY (1954) a distingué trois catégories de mécanismes de mélange [4] :

a) Mélange par diffusion

Il s'agit d'un déplacement individuel des particules qui peut par exemple être initié par des chocs ou un état non stable du milieu et aboutissant à une redistribution individuelle des particules.

Le réarrangement est à petite échelle, et ce mécanisme est donc assez lent.

Le terme « diffusion » par analogie avec le terme de diffusion moléculaire est un peu impropre car dans le cas des poudres un apport d'énergie est indispensable.

b) Mélange par convection

Dans ce cas c'est un ensemble de particules qui est mis en mouvement au sein du mélangeur.

Ceci nécessite le plus souvent l'intervention d'une force extérieure telle qu'une pale d'agitation qui exerce une contrainte mécanique sur les particules.

c) Mélange par cisaillement:

Dans ce cas apparaissent des plans de glissement de couches de particules dans le mélange sous une action mécanique. Il peut aussi s'agir du cisaillement par le mobile.

Le mouvement relatif de ces plans implique un brassage des particules avec une efficacité intermédiaire entre les deux mécanismes précédents.

Il est souvent difficile de dissocier ces trois mécanismes. La prépondérance de l'un ou l'autre est imposée par le type de mélangeur utilisé mais aussi par la « nature » des particules.

Par exemple le mécanisme de diffusion sera plus souvent mis en jeu avec des particules qui s'écoulent facilement qu'avec des particules qui sont maintenues entre elles par des forces de cohésion. Le mélangeur privilégie lui aussi un mécanisme plutôt qu'un autre selon son action mécanique : un mélangeur avec des pales se déplacera facilement.

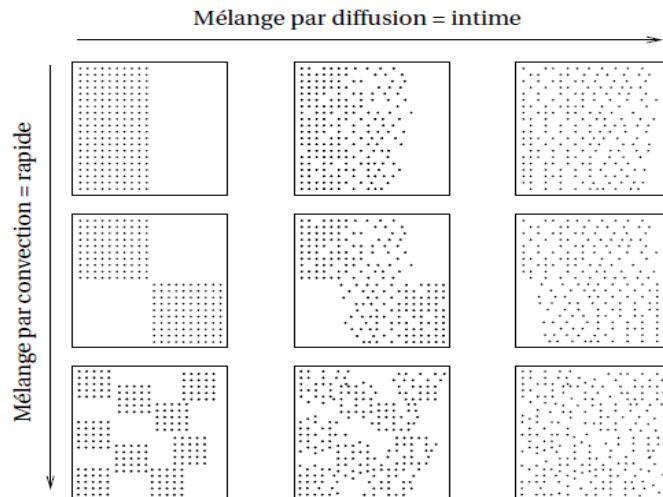


Figure 1.3: Simulation du mélange d'un lot de particules par convection et/ou diffusion (SCHOFIELD 1970) [5].

1.2.3 Quelques exemples d'application de mélange

Le mélange des solides divisés (poudres, milieux granulaires) est une opération primordiale pour de nombreux domaines industriels : pharmacie, agro-alimentaire, ciments, matières plastiques. . .

L'atteinte d'une certaine qualité de mélange est essentiellement due à des aspects dynamiques liés aux mécanismes qui régissent la mise en mouvement des particules convection, cisaillement et diffusion.

La notion de mélange homogène est directement liée à l'utilisation ultérieure du mélange, et à la différence des mélanges de liquides, il est encore difficile de caractériser l'état d'un mélange de poudres. Bien que le mélange des poudres soit une opération très courante, l'approche de cette opération unitaire reste très empirique. Le comportement du mélange en sortie de mélangeur doit être relié aux propriétés des constituants afin de pouvoir caractériser son état tout au long d'un procédé de fabrication et en particulier lors de ses manutentions. Les deux tableaux qui suivent résument quelques exemples d'application de mélange.

Tableau T1 : Exemples d'application de mélange

Mélanges solides/ solides	Solides avec additifs liquides	Liquides avec solides
<p>Mélange de produits pulvérisés que les additifs ou les composants des poudres lessiviellées et de produits sous forme de grains ou de morceaux (céréales ou granules de plastique par exemple). Les caractéristiques des produits telles que la distribution granulométrique ou une densité donnée soumise à variation sont prises en considération. Le rapport optimal entre le volume de mélange et le débit permet un mélange rapide et soigneux ainsi que le respect de la rhéologie du produit.</p>	<p>Les produits en vrac sont pulvérisés avec des arômes, des liants ou d'autres liquides. La prévention de la formation de grumeaux, de phénomènes d'adsorption ou de liaisons entre le liquide et le produit est primordiale. Le mélangeur est déterminé en fonction de la taille, du nombre de points de pulvérisation, des buses, du temps de séjour etc.</p>	<p>Le rapport entre produit solide et liquide peut être de 50 % ou plus. Le produit mélangé reste dans un état liquide ou visqueux. Les mélangeurs GCM peuvent être nettoyés rapidement grâce à une bonne accessibilité à la chambre de mélange.</p>

Exemples	Exemples	Exemples
<ul style="list-style-type: none"> - Sucre gélifiant - Lait en poudre vitaminée avec additifs minéraux - Epices - Additifs avec granules plastiques - Matières premières pour extrudés de céramique 	<ul style="list-style-type: none"> - Café instantané avec arômes - Pâtes à tartiner - Mélange pour barres de céréales - Microbilles de verre avec liants 	<ul style="list-style-type: none"> - Enrobages destinés à la confiserie - Liants pour collages - Mélanges visqueux

(Essais de mélange dans l'une des stations pilotes Gericke)



1.3 CLASSIFICATION DES MELANGEURS

Les mélangeurs industriels utilisés pour le mélange de poudres sont des appareils de construction relativement simple et de faible coût. De ce fait, il en existe une importante variété, que l'on peut toutefois classer [2] en quatre catégories selon le mécanisme impliqué (Tableau T2).

Tableau T2 : classification des mélangeurs

Catégorie Mécanismes	Mécanismes	Exemples
Mélangeur à tambour	diffusion, cisaillement	Double-cône, cube "
Mélangeur convectif	cisaillement, convection	Mélangeur à ruban, à turbine, Nautamix ...
Mélangeur fluidisé	convection, diffusion	Air mix ...
Mélangeur statique	convection, diffusion	Sulzer, Silos

Les différents types des mélangeurs

Il existe de nombreux mélangeurs sur le marché mais ils peuvent néanmoins être classés dans quelques groupes génériques :

- les mélangeurs convectifs.
- les cuves tournantes.
- les mélangeurs à impactions.
- les mélangeurs à fort cisaillement.
- les mélangeurs statiques.

1. 3.1 Les mélangeurs convectifs

Dans la majorité des mélangeurs convectifs, un système d'agitation est installé dans un appareil statique et les particules se déplacent par groupes d'un endroit à un autre dans la cuve de mélange.

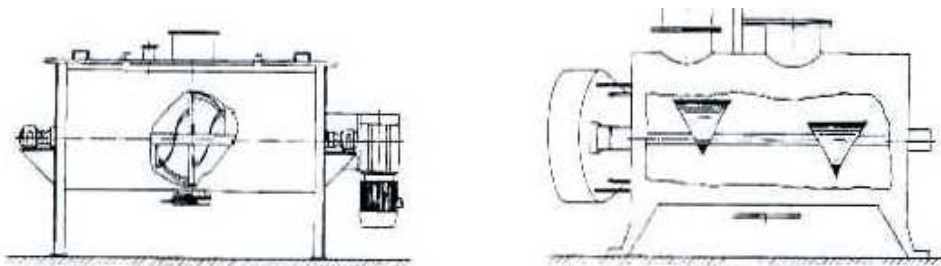
Les vitesses de rotation varient de 20 à 60 tours/min pour une capacité de cuve allant de quelques litres à plusieurs dizaines de m³. Le mélangeur à ruban est l'exemple le plus courant.

Certains de ces mélangeurs fonctionnent à des vitesses d'agitation beaucoup plus élevées. Comme les mélangeurs à turbine. Ainsi, ce système tend à fluidiser le lit de particules. Il faut toutefois surveiller de rapides montées en température. Dans les mélangeurs à vis la vis d'agitation peut se déplacer en périphérie de la cuve conique pour grandir la zone de mélange (Figure 1.4) [6].

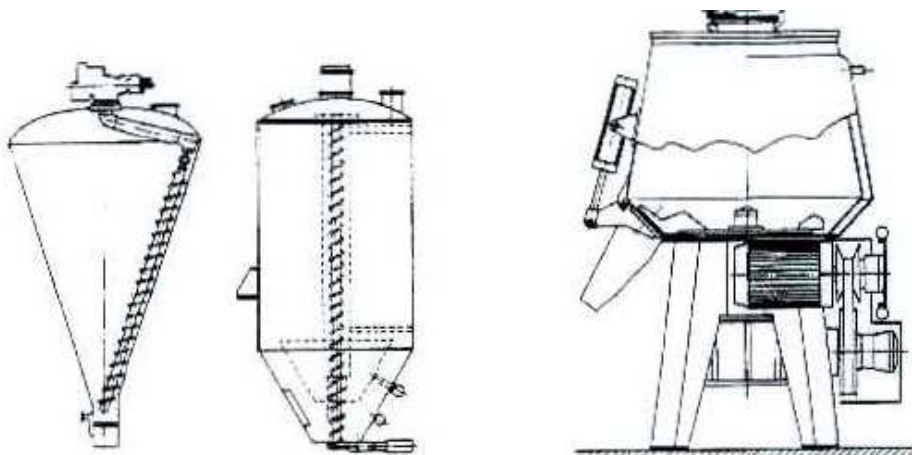
1. 3.2 Les cuves tournantes

Les mélangeurs par retournement sont les plus simples car ils sont dépourvus de pièces internes ce qui facilite le nettoyage par exemple. De ce fait, ils sont couramment rencontrés, surtout dans l'industrie pharmaceutique. Une enceinte fermée est mise en rotation (vitesse de rotation de 3 à 100 tours/min) autour d'un axe forçant les particules à rouler les unes par rapport aux autres à la surface du mélange.

Les mélangeurs par retournement les plus utilisés sont les mélangeurs cubiques, cylindriques en V ou en Y (Figure 1.5) [7].

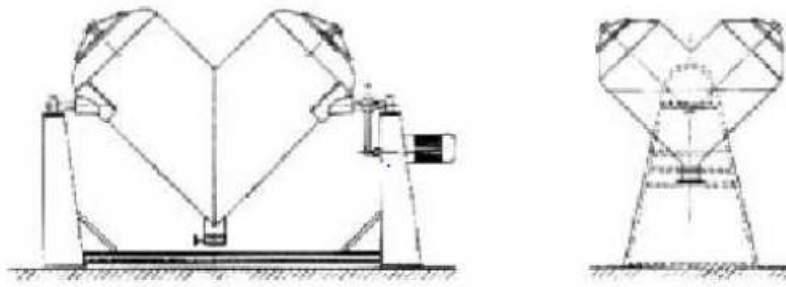


(a) Mélangeur à rubans hélicoïdaux (b) Mélangeur à socs



(c) Mélangeur à vis (d) Mélangeur à turbine cuve biconique

Figure 1.4 : Quelques exemples de mélangeurs convectifs [6].



(a) Axe de rotation dans le plan des cuves (b) Axe de rotation
Perpendiculaire au plan des cuves

Figure 1.5 : Quelques exemples de mélangeurs à cuves tournantes en V [7].

1. 3.3 Les mélangeurs à impacts

Les mélangeurs à impacts sont typiquement constitués d'un container statique dans lequel une lame ou une barre intensificatrice tourne à des vitesses allant de 1000 à 3000 tours/min. La capacité de ces mélangeurs varie de 1 à 3m³ et en utilisation en continue les débits peuvent aller jusqu'à 250 tonnes/h.

Avantage

- utilisation possible en granulateur.
- utilisation possible pour le transfert thermique.
- nettoyage facile avec peu de démontage.
- l'énergie mise en jeu casse la plupart des structures.
- adaptation possible pour une utilisation en continue.

Inconvénients

- capacité des batchs relativement faible.
- détérioration possible des particules.
- pas adapté aux mélanges ségrégant.
- les poudres cohésives peuvent stagner dans des zones mortes.

1. 3.4 Les mélangeurs haut cisaillement

Pour ce type de mélangeurs un peu particuliers, le mécanisme peut s'apparenter à celui d'un mortier et d'un pilon. De forts cisaillements sont appliqués à la poudre entraînant le mélange.

Ce type de mélangeur, comparable à certains broyeurs comme les broyeurs à broches ou à marteaux permet de briser certains agglomérats de poudres très cohésives et d'améliorer leur qualité de mélange (*Figure1.6*) [7].

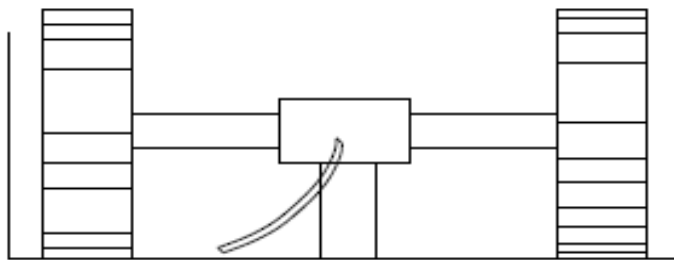


Figure1.6 : Broyeur a galets-meules. [7]

Avantage

- peut réduire la taille des particules.
- réduit les agrégats en particules primaires, même dans les systèmes très cohésifs.
- améliore la texture de la mixture.

Inconvénients

- nécessité d'un pré-mélange.
- nettoyage difficile.
- non approprié pour les poudres à écoulement libre

1. 3.5 Les mélangeurs statiques

Les mélangeurs statiques permettent de mélanger des grandes quantités de poudres par la circulation de celle-ci à travers des éléments fixes placés à l'intérieur d'enceintes à configurations simples.

Les exemples les plus connus sont les silos-mélangeurs. Quand un silo est déchargé il y a un important gradient de vitesse sur l'ensemble des sections horizontales.

Si le débit sortant est recyclé, le mélange axial est prépondérant.

Ce type de mélangeur est très attrayant pour le mélange de très grands volumes, mais ils ne doivent être utilisés que pour des poudres à écoulement très libre parce qu'une quantité de poudre se perd sur le fond donc c'est une perte pour les Utilisateurs. (*Figure 1.7*) [8].

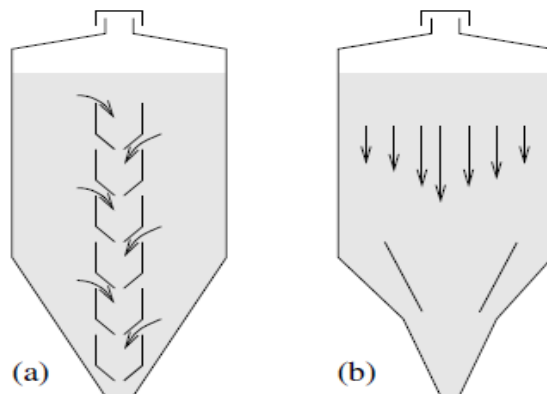


Figure1.7:Silo-mélangeur:(a) plusieurs trémies internes, (b) une seule trémie interne [8].

1. 3.6 Mélangeur horizontal

Le mélangeur horizontal est un mécanisme de Mélange rapide des produits. La période pour le mélange est de 4 ou 7 minutes suivant la capacité du mélangeur, avec homogénéité parfaite et à vidange totale, ce mélangeur comprend un Rotor à double vis et à double spire. Les mélangeurs horizontaux ont une capacité de 120 à 6000 litres et plus, le mélange ne se fait par une vis à double spires contrariées. La transmission se fait par chaîne et motoréducteur sous carter et elle est silencieuse. La vitesse de rotation est de 15 tr/mm pour une puissance de 3 à 15 KW. La vidange se fait par une sortie gravitaire à l'extrémité sur les modèles standards. La vis, réglable, permet l'extraction maximum du produit. En tôle épaisse et de qualité, la cuve est roulée avec savoir-faire pour un ajustement précis (partie inférieure courbe) avec la spire, permettant une bonne vidange et un mélange qualitatif et rapide.

Cette famille de machines, dédiée au mélange de poudres sèches et granulés, permet d'obtenir une excellente qualité de mélange de par sa conception (*Figure1.8*).

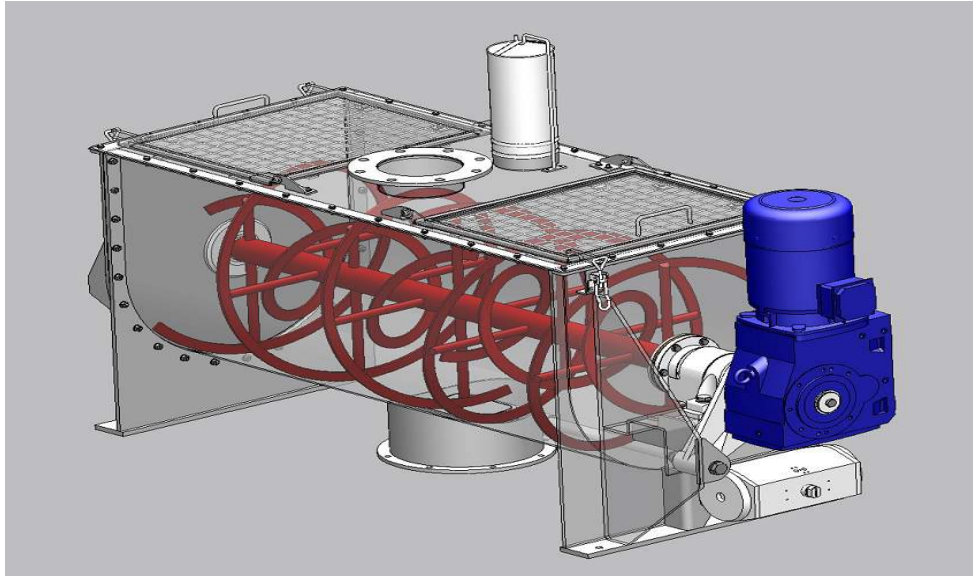


Figure 1.8: Mélangeur horizontal

1.4 Les combinaisons de mélangeurs

Les installations de mélange constituées d'une combinaison de plusieurs mélangeurs offrent une certaine flexibilité au niveau des mécanismes de mélange et peuvent être très pratiques pour des problèmes de mélange séquentiel.

Cela permet de combiner les avantages et inconvénients de chacun des mélangeurs. Par contre, on obtient souvent des systèmes plus compliqués ce qui rend ces combinaisons particulièrement difficiles à nettoyer. La référence [9] cite par exemple les cuves tournantes intégrant des impacteurs à haut cisaillement des mélangeurs à ruban intégrant des racleurs et les mélangeurs horizontaux.

1.5 Quelques pistes pour le dimensionnement des mélangeurs

D'après [10] dans le cas des fluides, l'utilisation systématique de l'analyse dimensionnelle pour étudier les processus de mélange a permis de définir des groupes sans dimensions pour l'ensemble des technologies d'agitation classiques. Ainsi, pour la plupart des opérations de mélange, que ce soit pour le transfert thermique, l'homogénéisation, la suspension, etc., la communauté scientifique a proposé de nombreuses corrélations impliquant les divers nombres sans dimensions selon le régime d'écoulement et les systèmes de mélange étudiés.

Ce n'est pas le cas pour l'agitation des poudres. En effet La complexité des solides divisés ne permet pas aujourd'hui une analyse dimensionnelle classique.

Il n'existe pas de définition établie pour la viscosité d'un écoulement granulaire et donc pas de nombre de Reynolds correspondant. On a ainsi souvent recours à des corrélations « tronquées » entre deux nombres adimensionnels par exemple le nombre de puissance pe et le nombre de Froude Fr dans lesquelles interviennent des coefficients qui dépendent des caractéristiques d'écoulement du solide dans le mélangeur étudié. [11]

Comme ces relations sont fortement dépendantes d'un système d'agitation particulier, la source principale d'information reste les bases des données des équipementiers industriels. [12]

1.6 Choix du matériau

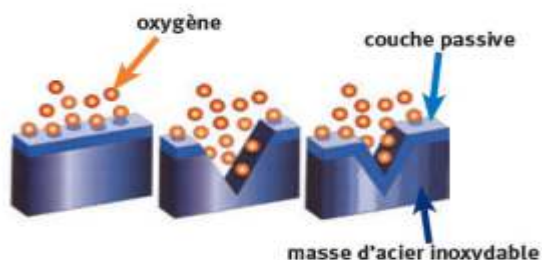
Pour notre mélangeur, on va procéder au choix du matériau. Vu que le mélange est destiné à l'alimentation, un choix judicieux des matériaux constituant le mélangeur est plus que nécessaire.

En général et d'après la documentation disponible les mélangeurs alimentaires sont rarement faits en tôle Lac (à chaud).

Pour plus de précaution, on opte pour de l'acier inoxydable

QU'EST-CE QUE L'ACIER INOXYDABLE ?

L'acier inoxydable est un alliage de fer comportant au moins 10,5% de chrome (Cr) et au plus 1,2% de Carbone (C) nécessaire pour garantir la formation d'une couche de surface auto-régénératrice (couche passive) qui apporte la résistance à la corrosion. Le processus peut prendre quelques heures après une altération de la surface.



Principales Familles

Austénique : fer-chrome-nickel, carbone $< 0,1\%$, amagnétique à l'état de livraison.
Représente $> 65\%$ de l'utilisation d'acier inoxydable, notamment dans les luminaires.

Ferritique : fer-chrome, carbone $< 0,1\%$, magnétique.

Martensite : fer-chrome, carbone $> 0,1\%$, magnétique et apte à la trempe. Duplex : fer-chrome-nickel, structure mixte austénique-ferritique, magnétique.

Le fer, constituant majoritaire des aciers, s'oxyde facilement, le produit de corrosion, la rouille, s'effrite ou se dissout dans l'eau, ce qui crée une dégradation de la pièce. Une des manières d'éviter la corrosion consiste à mettre une quantité importante de chrome (Cr) dans l'acier (plus de $10,5\%$ en masse), le chrome réagit avec le dioxygène de l'air et forme une couche d'oxyde de chrome.

Cette couche, compacte, adhérente et donc protectrice, est appelée « couche passive », elle forme une barrière séparant l'acier de son milieu.

En temps normal, elle est invisible car très fine. Ainsi, contrairement à son nom, l'acier n'est pas inoxydable, il s'oxyde rapidement, mais forme un oxyde protecteur, contrairement à la rouille. L'addition de divers éléments d'alliage permet de s'adapter au milieu spécifique dans lequel doit être utilisé l'acier et de modifier ses propriétés mécaniques :

- l'ajout de nickel améliore les propriétés de la couche passive, celui-ci s'intègre à la couche d'oxyde.
- le carbone en haute teneur permet de tremper l'acier et d'obtenir un acier martensitique, très dur, mais le carbone nuit à la soudabilité, et par ailleurs, il peut piéger le chrome et gêner la formation de la couche passive
- d'autres éléments d'alliage, pour l'essentiel des métaux relativement « nobles » comme le molybdène, le titane, le cuivre améliorent encore la résistance chimique, en particulier dans les milieux non oxydants. Il existe de très nombreuses nuances d'aciers inoxydables et le choix est parfois difficile, car ils n'ont pas tous le même comportement dans un milieu donné. On les désigne souvent par les pourcentages de masse en nickel et en chrome. Cette désignation est en fait très insuffisante car elle ne préjuge en rien de la structure métallurgique.

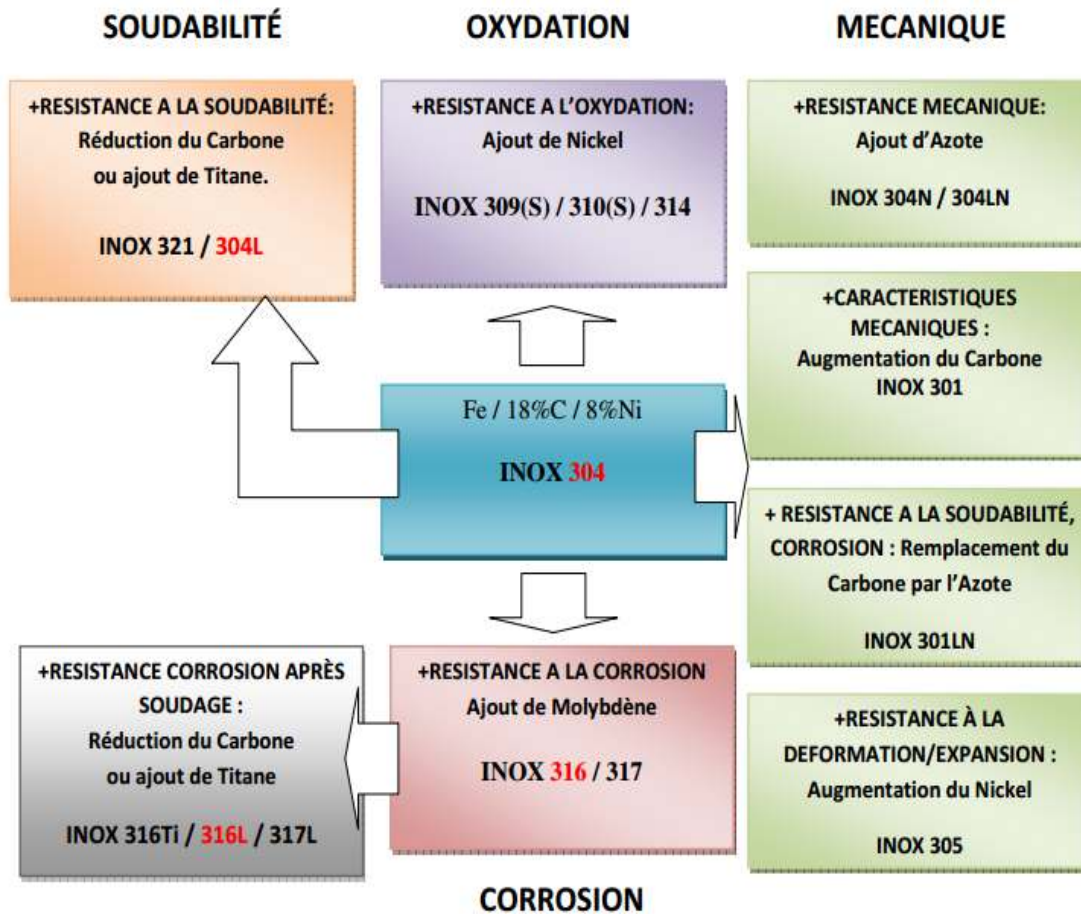


Figure1.9: Choix du matériau

En général le matériau utilisé est le inox 304 .Vu que la tôle en inox va être soudée, dans notre cas on a choisi le inox 304 L qui possède les mêmes propriétés que le 304, mais dont le taux en carbone est plus faible (Lowcarbon). Il est recommandé pour les sites industriels fortement pollués et les zones côtières. Cette nuance d'acier est nécessaire surtout dans le cas de risques de corrosion inter-granulaire à la soudure (par exemple acides). Dans notre cas, nous avons des cas de soudures au niveau de l'auge.

Cet acier présente les caractéristiques suivantes :

- code de couleur : Jaune - Acier austénitique, Amagnétique
- c'est le type d'acier inoxydable le plus couramment utilisé
- qualité de l'usinage : acceptable
- bonne résistance à la corrosion

- bonne soudabilité (mais les soudures oxyacétyléniques ne sont généralement pas recommandées.)
- le formage à froid donne de très bons résultats (légèrement magnétique lorsqu'il est travaillé à froid).
- applications : hôpitaux, blanchisseries, toutes applications mécaniques en général

Tableau T3 : Composition des aciers inoxydables.

Équivalences des désignations								
EN 10027 (européenne)	Afnor NF A 35573 (France)	AISI (États-Unis)	Composition					
			% C	% Cr	% Ni	% Mo	% Mn	Autres
X12CrNi18-09	Z10CN18-09	302	0,12	16 à 18	6 à 8	—	2	—
X12CrNi18-08	Z10CNF18-09	303	≤ 0,12	17 à 19	8 à 10	0,6	2	—
X5CrNi18-09 1.4301	Z7CN18-09	304	0,05	17 à 19	8 à 10	—	2	—
X2CrNi18-09 1.4307	Z3CN18-10	304 L	0,02	17 à 19	9 à 11	—	2	—
X5CrNi19-11 1.4303	Z8CN18-12	305	0,05	17 à 19	11 à 13	—	2	—
X7CrNi23-14	Z12CNS25-13	309	0,07	22 à 25	11 à 14	—	2	—
X12CrNiSi25-20	Z12CNS25-20	310	0,12	23 à 26	18 à 21	—	2	—
X5CrNiMo18-10 1.4401	Z6CND17-11	316	0,05	16 à 18	10 à 12,5	2 à 2,5	2	—
X2CrNiMo18-10 1.4404	Z2CND17-12	316 L	0,02	16 à 18	10,5 à 13	2 à 2,5	2	—
X10CrNiMoTi18-10 1.4571	Z6CNDT17-12	316 Ti	0,1	16 à 18	10,5 à 13	2 à 2,5	2	Ti. 5 C; Ti. 0,6
X10CrNiTi18-09 1.4541	Z6CNT18-10	321	0,1	17 à 19	10 à 12	—	2	Ti. 5 C; Ti. 0,6
X7Cr13 1.4003	Z6C13	403	0,07	11,5/13,5	—	—	1	—
X10Cr13 1.4006	Z12C13	410	0,08/0,15	11,5/13,5	—	—	1	—
X12CrS13	Z12CF13	416	0,08/0,15	12 à 14	0,5	0,15/0,6	1,5	—
X20Cr13 1.4021	Z20C13	420	0,16-0,25	12	—	—	≤ 1,5	—
X30Cr13	Z30C13	420 B	0,3	12 à 14	—	—	1	—
X6Cr17 1.4016	Z8C17	430	0,08	16/18	0,5	—	1	—
X12CrMoS17	Z10CF17	430 F	0,12	16/18	0,5	0,2/0,6	1,5	—
X22CrNi17 1.4057	Z15CN16-02	431	0,1/0,2	15/17	1,5/3	—	1	—
X105CrMo17	Z100CD17	440 C	1	17	—	—	1	—

Conclusion

Nous allons nous baser, tout au long de ce travail sur les principes et les différentes notions présentées dans ce chapitre pour connaître l'agitation et l'homogénéité des mélanges de poudres. Et en même temps on a fait une recherche sur quelques mélangeurs qui sont présentés dans cette partie et qui ont souvent un mouvement trop systématique et des zones mortes importantes. C'est pourquoi il nous a paru intéressant de faire une étude sur un mélangeur qui est trouvé dans ces exemples et similaire à celui qui nous a été proposé à l'étude dans ce mémoire. On étudie un mélangeur horizontal dont le mouvement des palettes est parfaitement intégré au design de la cuve et il permet de réduire nettement la présence de zones mortes.

Chapitre II : Principaux organes du mélangeur horizontal

2.1 Introduction

L'aspect théorique de notre thèse est lié à une réalité industrielle, la société EFMPA Blida nous a sollicités pour une étude et une éventuelle réalisation d'un mélangeur à poudre d'une Capacité de 100 kg.

Notre mélangeur se compose de plusieurs organes mécaniques (Figure 2.1). Ces derniers sont :

- Tôle
- Châssis
- Arbre
- Palette
- Bague d'étanchéité
- moteur électrique
- réducteur
- Palier
- l'auge

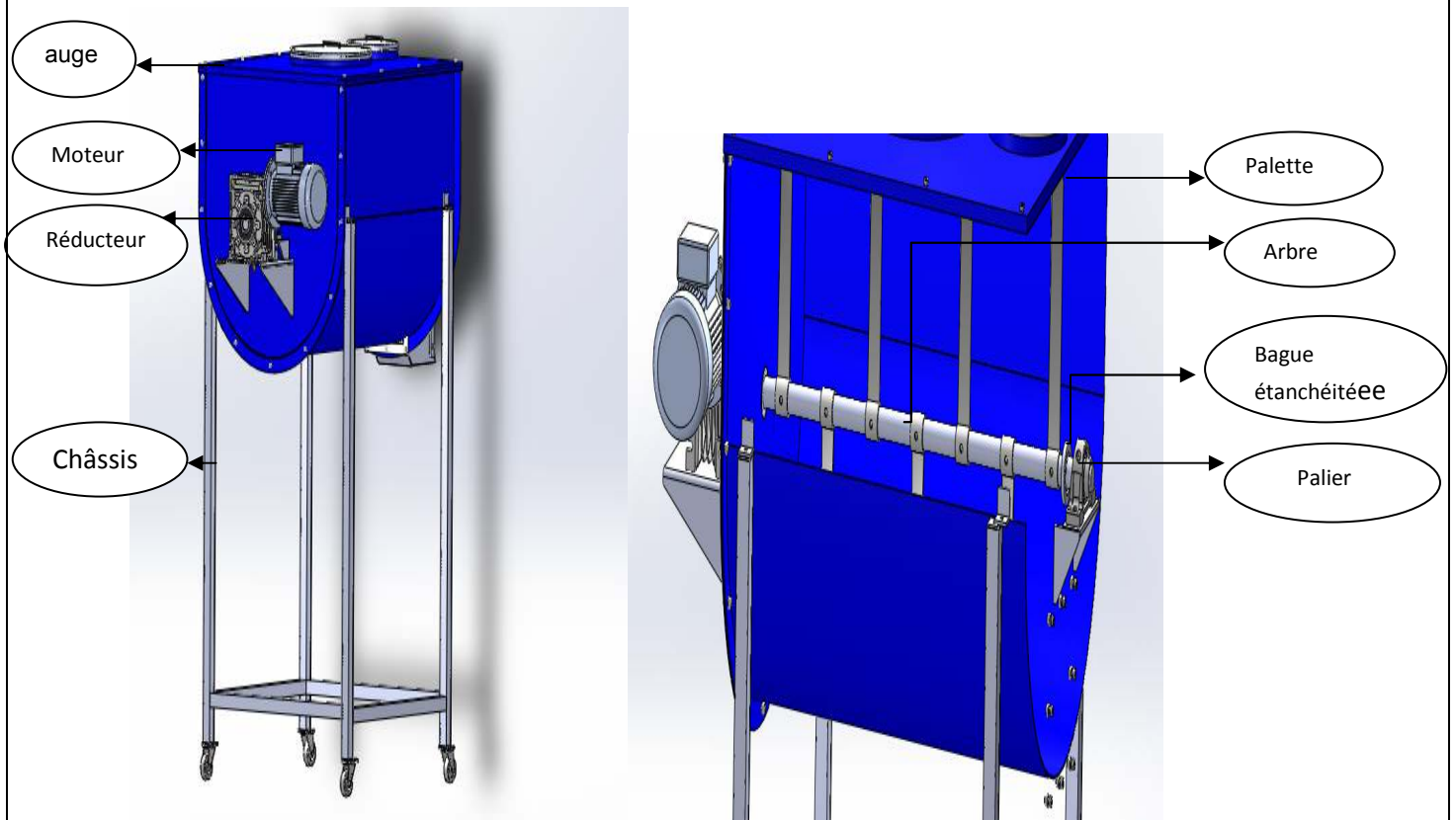


Figure 2.1 : Mélangeur horizontal

2.2 Matériaux

En profitant de l'expérience des ingénieurs de EFMPABLIDA et de leurs conseils et comme il a été mentionné dans le chapitre précédent, la tôle constituant ce mélangeur est en INOX 304L. On a comme principaux éléments (organes) :

2.2.1 L'auge

C'est la carcasse du mélangeur, elle se décompose en plusieurs composants assemblés entre eux par une construction soudée qui permet un assemblage permanent de plusieurs pièces par un soudage autogène.

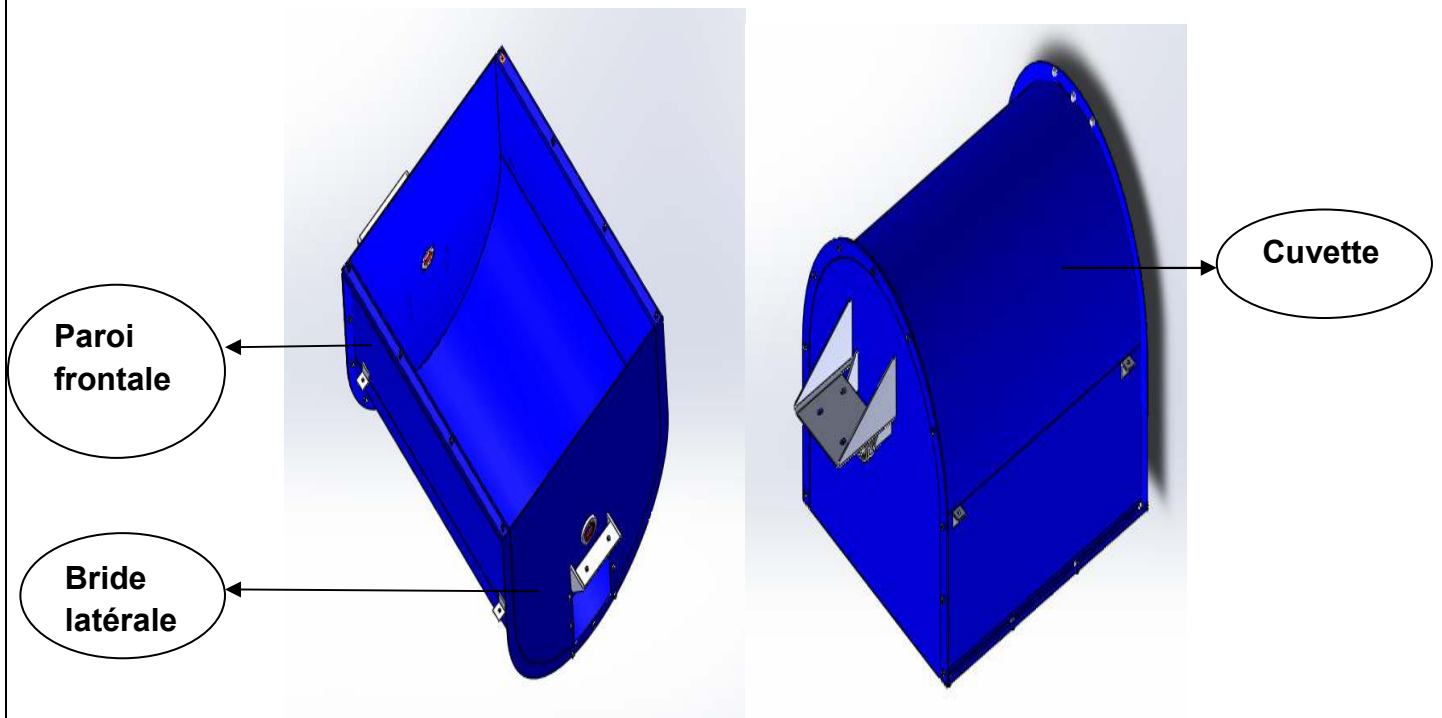


Figure 2.2 : Composition de l'auge

2.2.2 Châssis

Ce dernier constitue l'appui du mélangeur. Il est composé de tube carré inox d'une nuance 304L. Il contient six traverses pour un bon maintien.

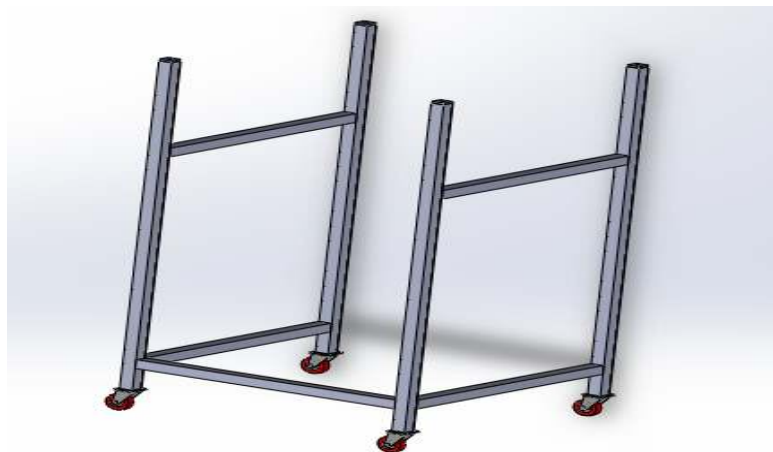


Figure 2.3 : Représentation Châssis

2.2.3 Arbre

C'est l'un des composants essentiels dans le mélangeur horizontal. Il est fabriqué en INOX 304L. L'arbre est l'élément tournant de notre mécanisme.

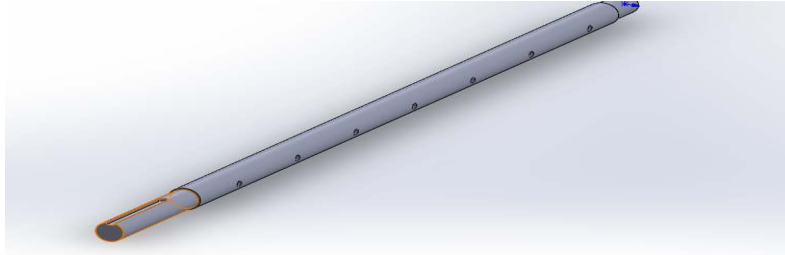


Figure 2.4 : Présentation de l'arbre

2.2.4 Palette

La palette est un élément important qui assure l'opération d'homogénéité du mélange, sa création est faite récemment elle se décompose en deux parties :

a-Bague de maintien avec l'arbre

b-bras de palette

En première approche, nous avons opté pour un fer plat torsadé.

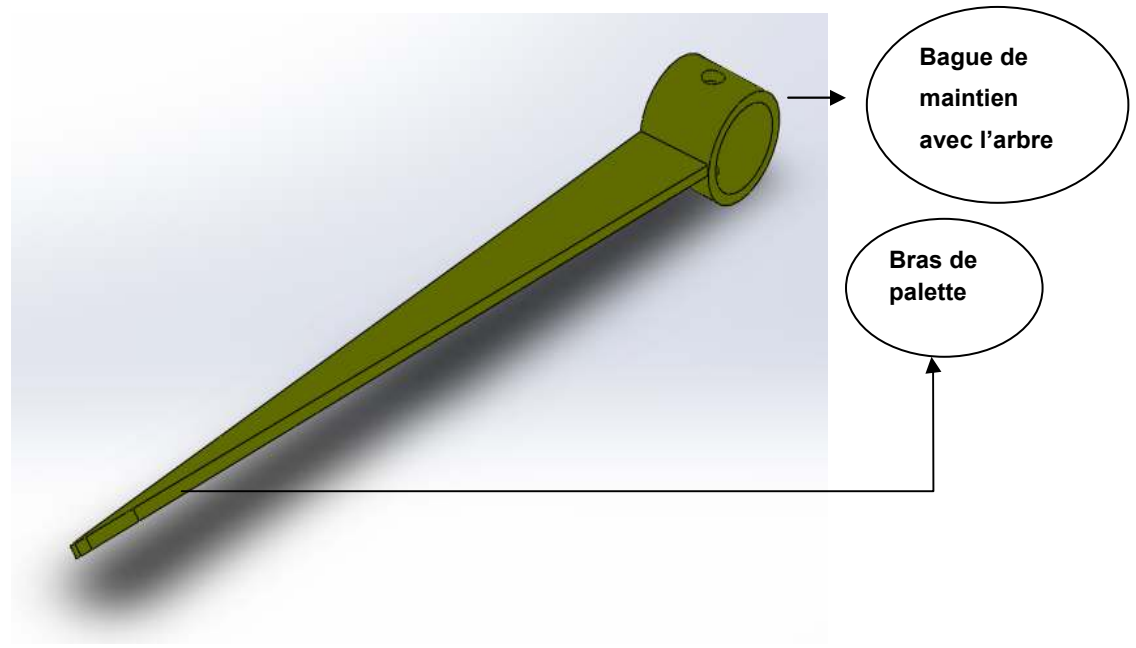


Figure 2.5 : Palette du mélangeur

Cette solution s'est avérée infructueuse pour plusieurs raisons dont la difficulté de torsader le fer plat.

Pour la suite, nous avons proposé l'emploi des palettes ces dernières ont été réalisées.

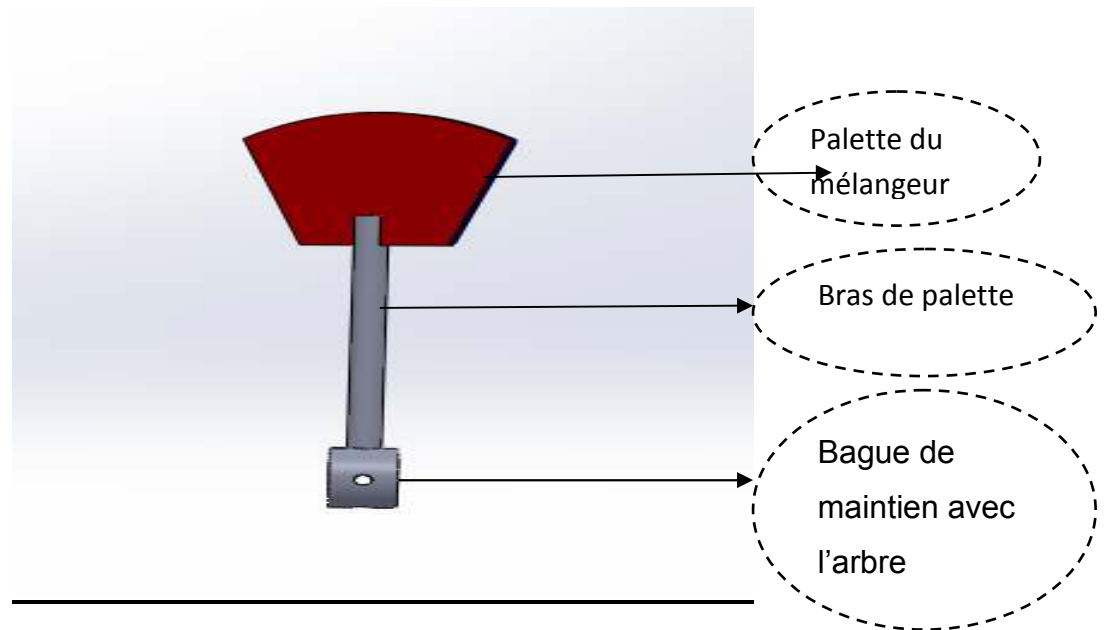


Figure 2.6 : Nouvelle palette du mélangeur

2.2.5 Bague d'étanchéité

C'est un organe mécanique fabriqué en inox 304L. Cette bague est considérée comme une solution mécanique souvent utilisée par les ingénieurs pour éviter la dispersion du produit et elle assure une bonne étanchéité du mélangeur avec son joint spi en caoutchouc.

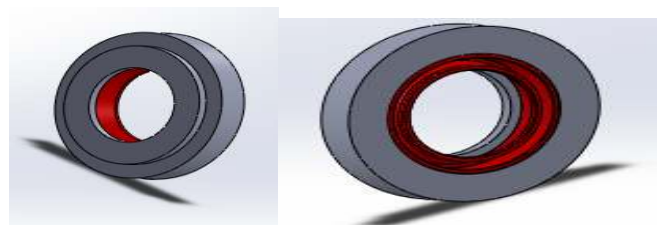


Figure 2.7 : Bague étanchéité

2.3 Moteur électrique

2.3.1 Définition :

C'est un dispositif effectuant un travail mécanique d'une fréquence d'excitation de 50Hz .Il est classé selon le nombre de tours par minute (exemples 700tr/min, 900tr /min 1500tr/min, 3000tr /min) etaussi selon la puissance développée(KW).

2.3.2 Classes d'efficacité énergétique des moteurs :

La norme CEI 60034-30 définit des nouvelles classes d'efficacité pour les moteurs asynchrones. Quatre classes d'efficacité énergétique ont ainsi vu le jour : IE1, IE2, •IE3 et IE4 (du rendement le plus faible au plus élevé).

- IE1 = rendement standard
- IE2 = haut rendement
- IE3 = rendement « premium »
- IE4 = rendement « super premium »

Les valeurs IE4 sont définies dans la CEI/TS 60034-31 et incluses dans la norme.[13]

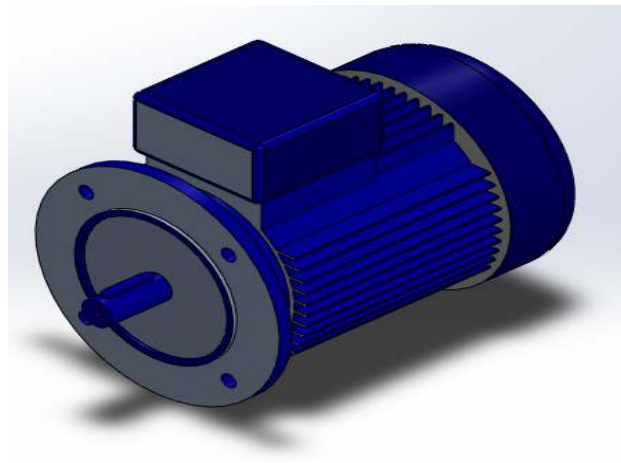


Figure 2.8 : Moteur électrique

2.4 Réducteur

2.4.1 Définition

De nos jours, l'usage d'un réducteur est rendu nécessaire pour réduire la vitesse de rotation des moteurs électriques qui est généralement de 1 500 tr/min (pour une fréquence d'excitation de 50 Hz) et augmenter le couple. Les moteurs peuvent être à courant continu pour les micro-réducteurs ou à courant alternatif pour les gros motoréducteurs industriels. Leur utilisation touche tous les domaines de la vie courante :

- Micro-réducteur : manutention des volets roulants, lève-vitre auto, essuie-glace, modèles réduits, robotique, servomoteur, électroménager.
- Motoréducteur moyen : ouverture de portail, de barrière levant, réducteurs hall Flex pour machines-outils.
- Gros motoréducteur : ascenseur, monte-charge, téléphérique.
- Présenter dans un ordre ascendant par apport aux couples transmis.

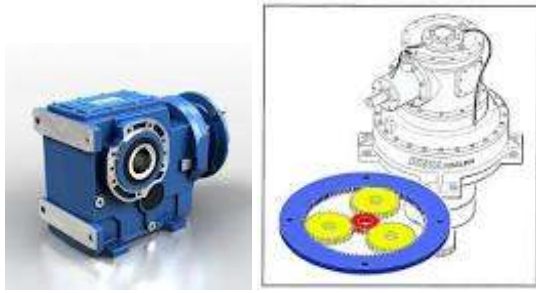
2.4.2 Quelques Types de réducteur



Réducteur roux et vis

réducteur coaxial

réducteur pendulaire



Réducteur orthogonal réducteur planétaire

Figure 2.9 : Quelques exemples sur les réducteurs

2.5 Palier

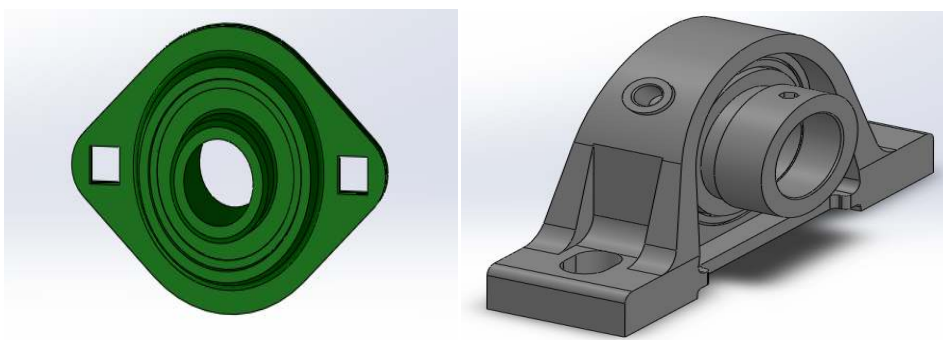
2.5.1 Définition

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

2.5.2 Types de paliers

- Lisses où les arbres qui reposent sur des coussinets sont soumis au frottement de glissement entre les surfaces en contact.

- à roulement où le contact s'effectue par l'intermédiaire de billes ou de rouleaux contenus dans des cages. On a là un phénomène de frottement de roulement qui permet une plus grande charge sur les paliers et une plus grande vitesse de rotation.



Palier à roulement losange Palier a sabot

Figure 2.10 : Quelque exemple sur les paliers

Chapitre III: Etude constructif du mélangeur a poudre :

3.1 Introduction

La société EFMPABLIDA a l'habitude de réaliser des mélangeurs plus de 300 kilos pour cela elle nous a sollicité pour une étude d'un mélangeur horizontal d'une capacité de 100kilos pour poudre précisément - le sucre glace avec de la maïzena.

Pour cela il nous a fallu définir des étapes de fabrication de notre mélangeur.

3.2 Dimensionnement du mélangeur

Notre objectif est de calculer, dimensionner et/ou choisir les éléments et organes suivantes :

- Volume et cotation de l'Auge
- Epaisseur de tôle
- La motorisation
- l'arbre
- palier
- Bague étanchéité.

Ce sont les principaux éléments et organes constitutifs du mélangeur.

L'objectif est de calculer, concevoir, dimensionner et choisir (normes) les éléments constitutifs du mélangeur faisant l'objet de notre étude.

3.3 Calcul du volume du mélangeur

Le volume du mélangeur il est lié directement à deux facteurs essentiels, la masse volumique et la masse du produit amélangé.

3.3.1 Masse volumique

De symbole ρ , elle est une propriété caractéristique qui représente la quantité de matière (masse) qui se trouve dans un espace (une unité de volume) donné. Tout comme les liquides, il est possible de calculer la masse volumique d'un solide en divisant la mesure de sa masse (en grammes) par celle de son volume (en cm^3). La formule utilisée pour calculer la masse volumique est la suivante:

$$\rho = m/v \quad (3.1)$$

où :

ρ représente la masse volumique (g/ml ou g/cm^3)

m représente la masse (g)

V représente le volume (ml ou cm^3)

Le tableau T4 renseigne sur les caractéristiques physiques des produits pouvant être introduits dans un mélangeur.

Tableau T4 : Caractéristiques des poudres.

CARACTERISTIQUES PHYSIQUE DES PRODUITS			
PRODUIT	Poids Sp. Tonne/M3	FACTEUR CHARGE %	COEF. F
Aliment de bétail	0.59	30	2.13
Amidon	0.72	31	3.90
Arachide épluchée	0.36	25	1.95
Arachide non épluchée	0.28	25	2.76
Argile	1.76	25	7.85
Avoine	0.415	45	1.08
Bachelite et plastique	0.56	25	5.47
Blé	0.77	45	2.13
Brisure de riz	0.695	45	1.57
Cacao en grain	0.6	38	1.57
Cacao moulu	0.565	31	3.52
Café	0.6575	38	1.57
Carbonate de sodium dur	0.96	31	2.76
Carbonate de sodium léger	0.44	31	2.76
Cendre humide ou mouillée	0.76	12.5	19.56
Cendre sèche	0.6	12.5	15.71
Chlorure de calcium	1.76	2.5	7.85
Ciment hydraulique	1.28	25	5.47
Déchet	0.35	30	2.13
Farine de blé	0.6	45	3.19
Farine de maïs	0.64	45	2.13
Mais casse	0.68	38	2.65
Maïs	0.72	38	1.57
Orge	0.61	45	1.57
Riz nettoyé	0.745	45	1.57
Sable fin	1.2	31	3.90
Sable sec	1.57	25	7.85
Sable silice sec	1.52	12.5	7.85
sel fin	1.2	31	3.90
sel gros	0.8	31	3.52
Semoule	0.55	45	2.13
Son	0.278	30	2.13
Sucre brut	0.96	25	3.90
sucre raffiné	0.84	31	2.76

Du tableau ci-dessus on a pris pour la masse volumique du sucre raffiné 0.84 t/m^3 .
Le poids de mélange exigé est de 100 kg suivant notre projet.

On utilise la formule (3.1)

Donc le volume est :

$$V = 0.1 \text{ (tonnes)} / 0.8 \text{ (masse volumique)} = 0.125 \text{ m}^3$$

Pour des considérations d'encombrement on choisit une hauteur (dans le sens horizontale) de 1m .On procède au calcul du rayon adéquat de l'auge(Figure3.1)

3.3.2 Volume du cylindre

$$V = \pi \times R^2 \times L \quad (3.2)$$

Avec :

R : Rayon du cylindre

L : Longueur du cylindre

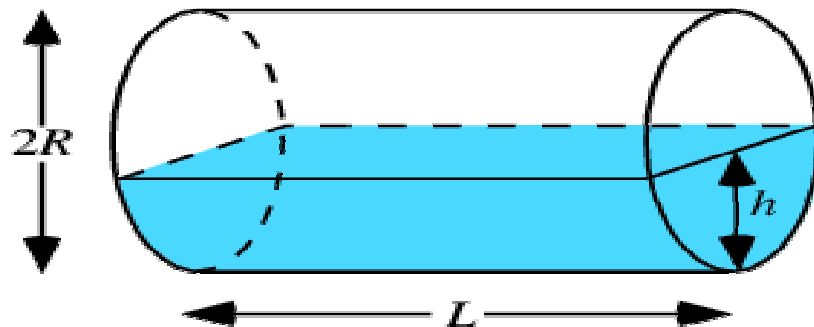


Figure 3.1 : schéma de l'auge

Dans la conception des mélangeurs le produit ne doit pas dépasser le milieu de l'auge .c'est la raison pour laquelle on double la valeur du volume du cylindre.

Donc on prend :

Le volume calculé est de 0.125 m^3 donc le volume du cylindre de notre mélangeur est V_c

$$V_c = 0.25 \text{ m}^3$$

Comme on a vu la longueur est de :

$$L = 1 \text{ m}$$

On déduit d'après (3.2)

$$R = 282 \text{ mm}$$

Par précaution on a pris le rayon de 400 mm pour notre projet pour ne pas arriver à tous surcharge par l'utilisateur. Ce dernier pourra utiliser le mélangeur pour une plus grande capacité de produit.

3.4 Epaisseur de la tôle

Notre mélangeur comprend un ensemble de tôle en inox 304L de ces caractérisations sont dans le Tableau T5

Tableau T5 : Caractéristiques de l'inox 304L.

Matériau / Material	Inox 304
Densité / Density	7,9
Résistivité électrique / Electrical resistivity	0.73
Chaleur spécifique / Specific heat	500
Conductivité thermique / Thermal conductivity	15 W / m.°C
Module d'élasticité à 20°C / Modulus of elasticity at 20°C	200 MPa
Résistance à la déchirure / Tear-growth resistance	500 - 700 MPa
Résistance à la traction / Tensile strength	782 MPa
Allongement à la rupture / Elongation at break	45 %
Dureté Vickers / Hardness Vickers	160 - 200 HV

3.4.1 Calculs de l'épaisseur de la tôle utilisée

On calcule cette épaisseur dans le but de voir si elle résiste au chargement imposé.
Pour ce, on procède à une étude et une modélisation par ANSYS

On obtient les résultats suivants

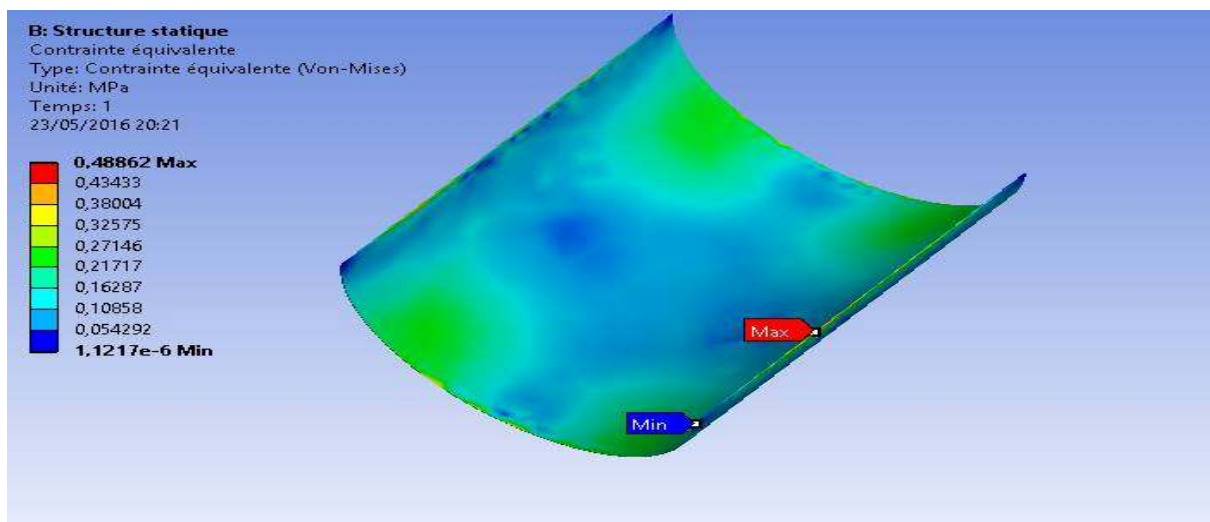
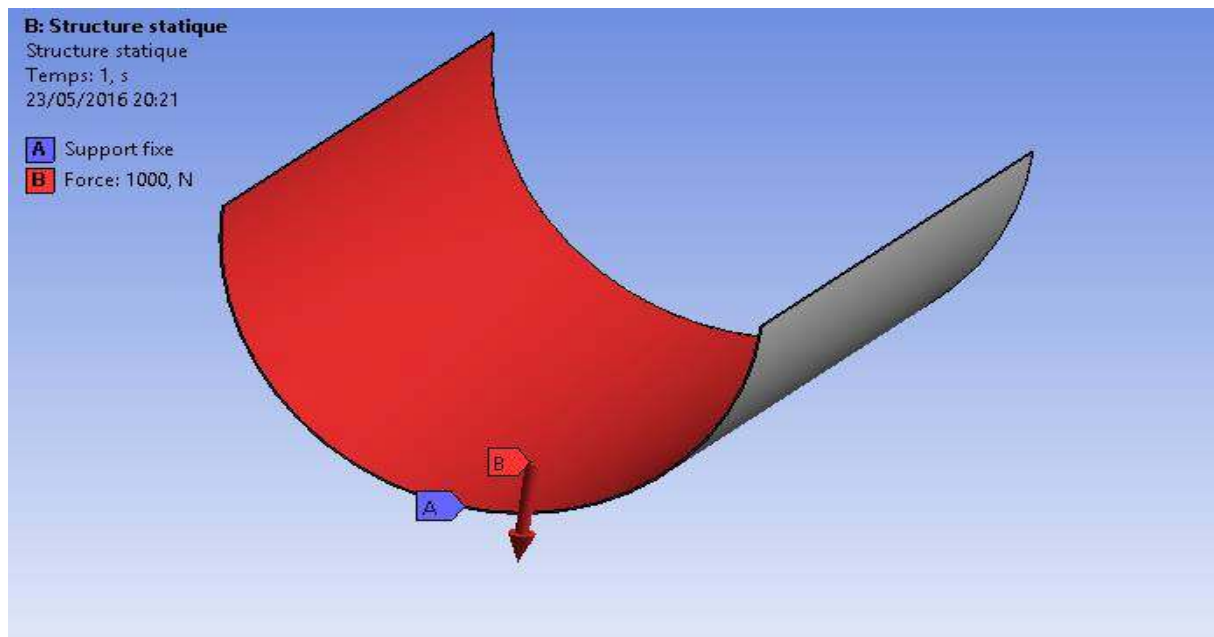


Figure3.2 : Résistance de la tôle

3.4.2 Discussion des résultats

D'après les résultats de la simulation et les valeurs du Tableau T5 on a :

Limite d'élasticité pour la tôle $\delta_{Ad}=206.8$ MPA

$\delta_{max}=0.48$ MPA .

Donc

$$\delta_{max} < \delta_{Ad}$$

Pour cela nous avons pris la tôle inox 304L avec une épaisseur 3mm.

3.5 Calcul de la motorisation

3.5.1 Choix moteur

Donnés

-Couple nominales de fonctionnement =400N.m

-Dans l'industrie on trouve toujours la vitesse de rotation de l'arbre du mélangeur comprise entre 1.57 et 3.57 rad/s donc vitesse de rotation est de 24 tr/min afin d'obtenir une bonne homogénéité du produit. On prend une vitesse de rotation N égale à 24tr/min.

D'après les données ci-dessus, on a :

$$P_{calculer} = \omega \times C \quad [14] \quad (3.4)$$

Pour calculé la

$$\omega = (2 \pi N)/60 \quad (3.5)$$

$$\omega = 2.51 \text{ rad/s}$$

D'après (3.4) et (3.5) on a

$$P_{calculer} = 1.005 \text{ KW}$$

Alors

$$\bar{P} = P_{\text{calculer}}/n$$

Avec $n = 0.9$

On trouve

$$P_{\text{moteur}} = 1.11 \text{ kW}$$

On multiplie la puissance trouvée par un coefficient de sécurité K_s (coefficient de sécurité ou de service)

$$P_{\text{moteur corrigé}} = P_{\text{moteur}} \times K_s \quad (K_s = 1.5)$$

$$P_{\text{moteur corrigé}} = 1.67 \text{ kW}$$

Ainsi on se réfère au catalogues des moteurs on choisit :

Désignation : 7MT15P90B5

Vitesse nominale : $N = 1450 \text{ tr/min}$

Puissance nominale = 1.5 kW.

3.5.2 Choix type réducteur

Comme on a dit ci-dessus tous les mélangeurs ont une vitesse précise connue qui est de 24 tr/min, et puisque la vitesse du moteur égale 1450 tr/min, on doit assurer un rapport de réduction qui égale à $r = 60$.

On utilise le tableau suivant du motoréducteur Tableau T6 pour justifier nos choix du réducteur

Tableau T6 : choix moteur réducteur[15].



Prestaciones de los Motorreductores de vis sin fin
Performance of worm geared motors

Motor Kw	n2 Rpm	i	M2 Nm	f.s.	Tipo Type			
0,37	4P n1=1400	35	40	70	2.1	RD 063		
		28	50	83	1.6			
		24	60	95	1.4			
		18	80	114	1.1			
		14	100	118	0.9			
		24	60	98	2.0			
	6P n1=900	18	80	121	1.6	RD 075		
		14	100	139	1.3			
		120	7.5	25	3.3		RD 050	
		15	60	137	1.0		RD 063	
		15	60	144	1.5		RD 075	
		11	80	173	1.2			
0,55	2P n1=2800	9	100	196	1.0	RD 040		
		374	7.5	13	2.2			
		280	10	17	1.8			
		186	15	24	1.5			
		186	7.5	25	2.9		RD 050	
		140	10	32	2.2			
	94	15	46	1.6				
	70	20	60	1.2				
	56	25	71	1.0				
	47	30	81	1.0				
	0,75	4P n1=1400	70	20	60	2.2	RD 063	
			56	25	72	1.8		
47			30	80	1.9			
35			40	104	1.4			
28			50	123	1.1			
24			60	140	0.9			
6P n1=900		35	40	108	2.0	RD 075		
		28	50	129	1.6			
		24	60	146	1.4			
		18	80	180	1.1			
		14	100	206	0.9		RD 090	
		18	80	189	1.5			
14	100	221	1.2					
18	80	201	2.4	RD 110				
14	100	236	1.9	RD 050				
120	7.5	38	2.2					
1,10	4P n1=1400	18	50		187	1.2	RD 075	
		15	60		214	1.0		
		15	60		224	1.6		RD 090
		11	80		275	1.1		
		9	100	315	0.9			
		11	80	294	1.8			
	9	100	338	1.4				
	1,50	2P n1=2800	373	7.5	17	3.0	RD 050	
			280	10	23	2.4		
			186	15	33	1.7		
			186	7.5	34	2.1		RD 050
			140	10	44	1.6		
94			15	63	1.2			
70		20	81	0.9				
94		15	63	2.2	RD 063			
70		20	82	1.6				
0,75		4P n1=1400	56	25		99	1.3	RD 063
			47	30		109	1.4	
			35	40		143	1.0	
	47		30	116		2.0	RD 075	
	35		40	147	1.4			
	28		50	176	1.2			
	24	60	200	1.0				
	0,75	4P n1=1400	28	50	184	1.8		RD 090
			24	60	212	1.5		
			18	80	257	1.1		
			14	100	270	0.9		
			18	80	274	1.8	RD 110	
14			100	322	1.4			
6P n1=900		120	7.5	52	2.9	RD 063		
		18	50	271	1.4			RD 090
		15	60	306	1.1			
		15	60	325	1.9			
		11	80	401	1.3		RD 110	
		9	100	462	1.1			
1,10	2P n1=2800	374	7.5	25	2.1	RD 050		
		280	10	33	1.6			
		186	15	48	1.2			
		186	7.5	49	2.6		RD 063	
		140	10	65	2.0			
		94	15	93	1.5			
	70	20	121	1.1				
	56	25	149	0.9	RD 075			
	47	30	167	1.0				
	4P n1=1400	70	20	122		1.7	RD 090	
		56	25	149		1.3		
		47	30	170		1.3		
35		40	216	1.0				
35		40	225	1.6	RD 110			
28		50	271	1.3				
24	60	311	1.0					
24	60	324	1.7	RD 130				
18	80	410	1.2					
14	100	460	1.0					
18	80	408	2.1		RD 063			
14	100	480	1.5					
120	7.5	76	2.0					
1,50	6P n1=900	18	50	414		1.6	RD 110	
		15	60	476		1.3		
		11	80	588		0.9		RD 130
		11	80	598	1.4			
		9	100	689	1.1			
		374	7.5	35	2.7	RD 063		
	280	10	46	2.1				
	186	15	66	1.6				
	186	7.5	68	1.9	RD 075			
	140	10	89	1.5				
	94	15	127	1.1				
	70	20	166	0.8				
140	10	90	2.2	RD 090				
94	15	130	1.5					
70	20	167	1.3					
56	25	200	1.0		RD 110			
47	30	230	1.0					
56	25	209	1.6					
47	30	236	1.7	RD 130				
35	40	306	1.2					
28	50	369	0.9					
24	60	424	0.8					
28	50	375	1.6		RD 110			
24	60	442	1.3					
18	80	490	0.9					
24	60	450	1.9	RD 130				
18	80	547	1.5					
14	100	652	1.1					

Donc on choisit le réducteur suivant :

Désignation : 7RD090R6080B5

Rapport de réduction : 60

Alésage : Ø35 mm

3.6 Calcul du diamètre de l'arbre

Le calcul du diamètre de l'arbre se fait selon la formule suivante : [16]

$$D = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot L \cdot T}{\tau}} \quad (3.6)$$

L'arbre du mélangeur travaille entorsion. A partir de (3.6), on obtient le diamètre D .

L=1322 mm

T=424 N.m

Contrainte admissible =95.3 n/mm²

$d = \sqrt[3]{((5 \times 1.322 \times 424) / (95.3 * 10^{-6}))}$.

D =30.86 mm

Par protection on a pris le D=40 mm

3.7 Choix du palier

On a choisi le palier à semelle à cause des avantages suivants :

- son emplacement à l'extérieur qui ne lui permet aucune relation et aucun colmatage du produit au niveau du joint spi,
- une meilleure dissipation de la chaleur et
- un bon système de guidage de graisse.

Puisque notre arbre a un diamètre de 40 mm, donc on a choisi un palier à semelle de Ø35 mm et dont les caractéristiques sont définies dans le Tableau T7[17] Suivant :

Tableau T7:Caractéristiques des paliers.



	d mm	L mm	H ₂ mm			
RASEY12-XL	12	125	57			
RASEY15-XL	15	125	57			
RASEY16-XL	16	125	57			
RASEY17-XL	17	125	57			
RASEY20-XL-N	20	130	64			
RASEY25-XL-N	25	130	70			
RASEY30-XL-N	30	158	82			
RASEY35-XL-N	35	163	93			

3.8 Choix du socle (châssis)

On a pris une taille de 40*40 pour fabriquer le châssis. On procède à une étude et une modélisation par ANSYS, dans le but de voir si le châssis résiste au chargement imposé par le mélangeur.

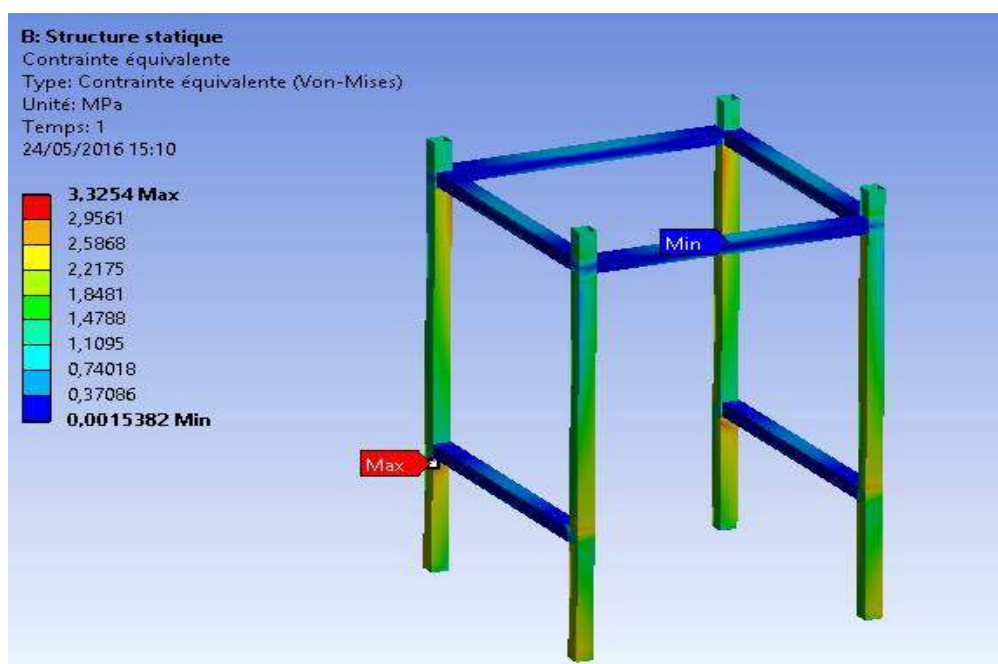
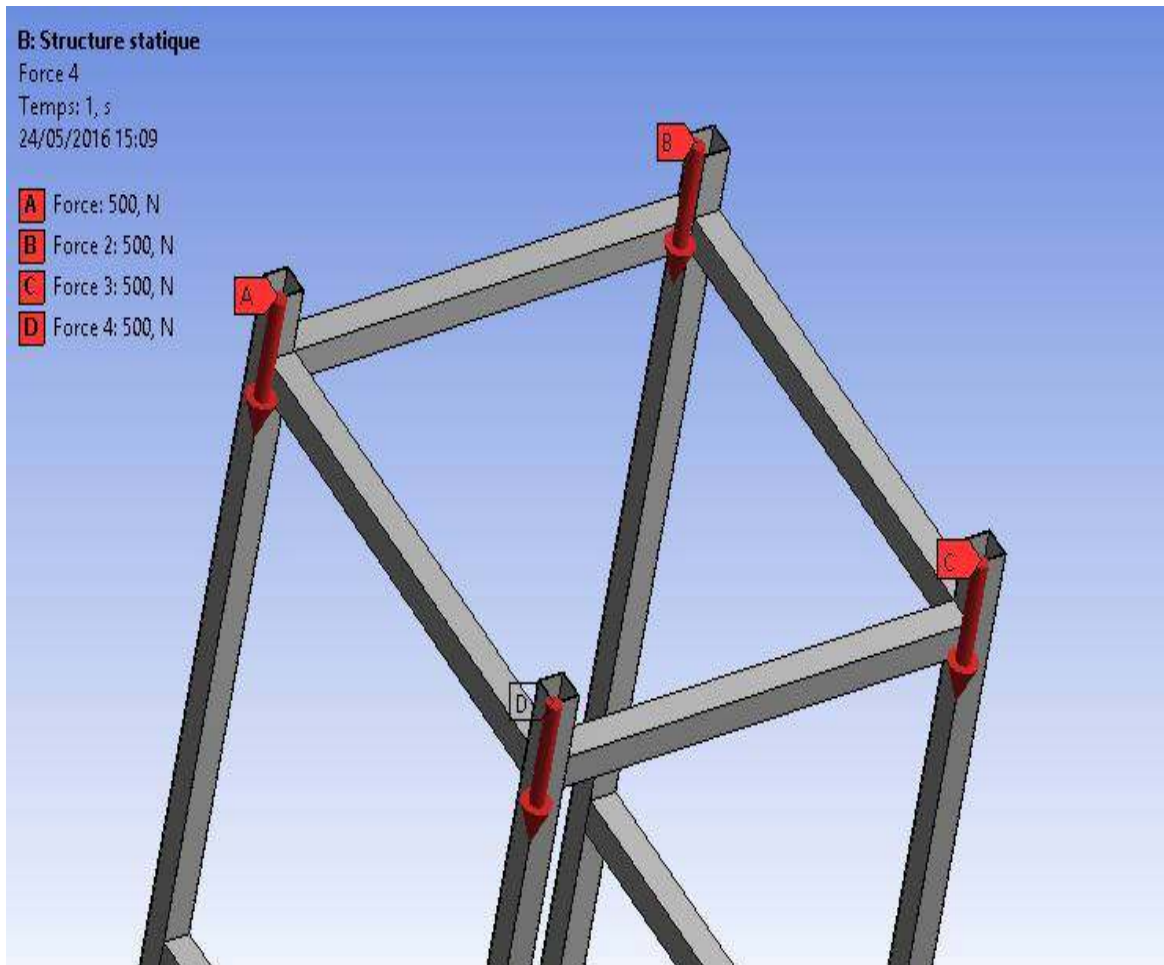


Figure 3.3 : Résistance du socle (châssis)

Limite d'élasticité pour le socle $\delta_{Ad}=170$ MPA

$\delta_{max}=3.3252$ MPA .

Donc

$$\delta_{max} < \delta_{Ad}$$

C'est pour cela nous avons pris un tube en inox 304L 40*40.

3.9 Conclusion

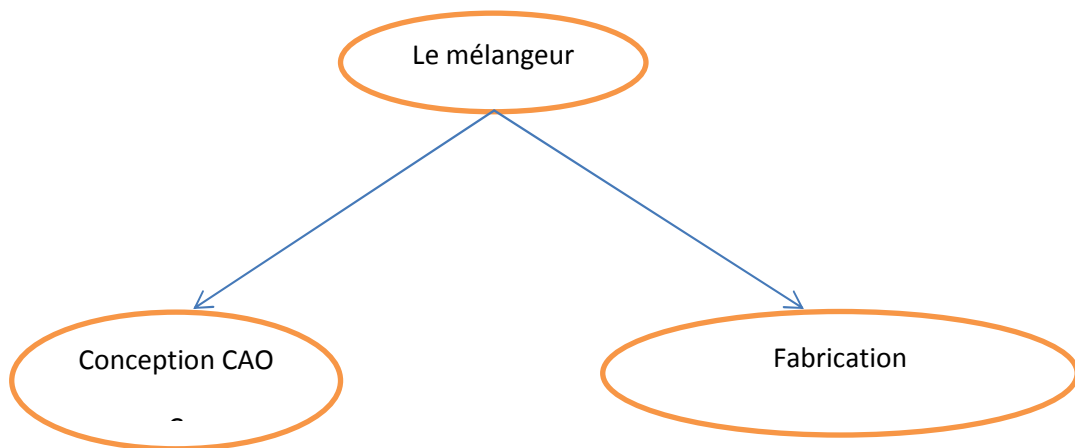
Dans ce chapitre nous avons essayé de justifier l'essentiel de nos choix. On a procédé au calcul des organes et éléments (dimensionnement, type,...) jugés essentiels. Ainsi on passe à la conception de notre mécanisme.

CHAPITRE IV : CAO DES ELEMENTS DU MELANGEUR ET SA REALISATION

4.1 Introduction :

Après avoir terminé les calculs des principaux organes du mélangeur horizontal, on procède à leur calcul sous CAO ainsi qu'à la réalisation de notre mélangeur au niveau des ateliers d'EFMPABLIDA.

Notre stratégie de travail dans ce chapitre se résume dans le schéma suivant :



4.2 La conception assistée par ordinateur (CAO)

Le début des années 90 a été marqué par une évolution du processus de développement de produit, l'approche prototype -essai a laissé la place à un nouveau modèle de développement de produit basé sur la technologie de conception assistée par ordinateur, afin d'éviter les pertes de temps et d'argent liées à la construction et à l'essai prototype.

Les logiciels de CAO regroupent des outils et des programmes informatiques, qui permettent d'assister l'ingénieur dans la conception d'un produit, et parmi les logiciels de CAO, on trouve : Inventor, Catia, SolidWorks, SolidConcept ...etc.

Pour notre conception du mélangeur Nous avons choisi le SolidWorks.

4.2.1 Aperçu sur le SolidWorks

SolidWorks est un logiciel de conception mécanique 3D, il offre des fonctionnalités très avancées dans le domaine de la modélisation des pièces, la définition de la forme complexe, la création et la gestion du gros assemblage et la mise en plan.

Grâce à des modules complémentaires, ce logiciel peut nous permettre, d'effectuer des calculs d'analyse, ou d'usinage très avancés et difficiles à réaliser manuellement.

Pour obtenir un mélangeur il a fallu quand suivre un ordre chronologique de dessin d'organes du mélangeur pour arriver à un assemblage 3D de notre mélangeur.

4.3 CAO des éléments du mélangeur

Nous avons utilisé le logiciel de CAO SolidWorks pour la conception de tous les éléments du mélangeur, calculés au chapitre précédent, ainsi que leur assemblage et la mise en plan.

4.3.1 Dessin de l'auge

Après avoir définie rayon de l'auge, l'épaisseur de tôle dans le chapitre précédent, nous avons pris ces résultats comme des données, on obtient :

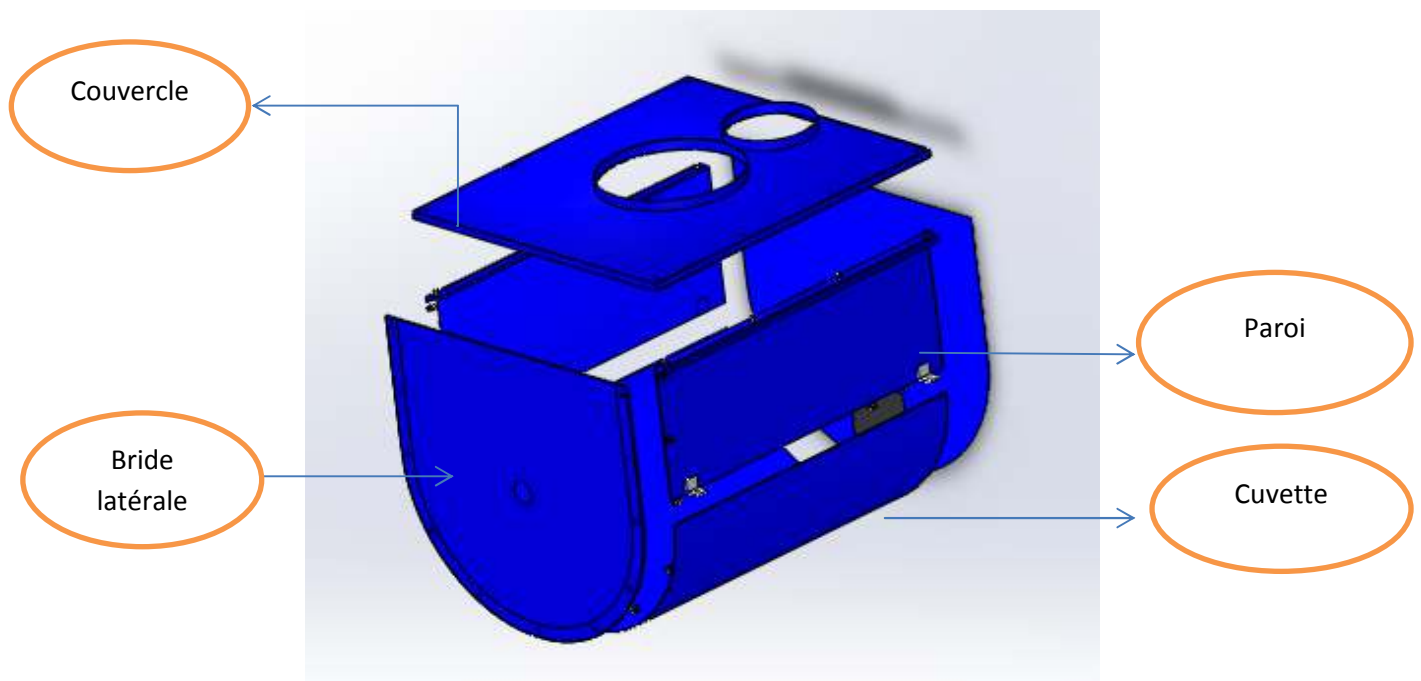


Figure 4.1 : Composition de l'auge

On peut faire sa conception en utilisant des fonctions de génération de volume tels que : « *base/bossage extrudé* » ou bien « *enlèvement de matière* ».

Notre auge ce compose de plusieurs partie :

- **cuvette** c'est la partie ou se fait notre mélange.

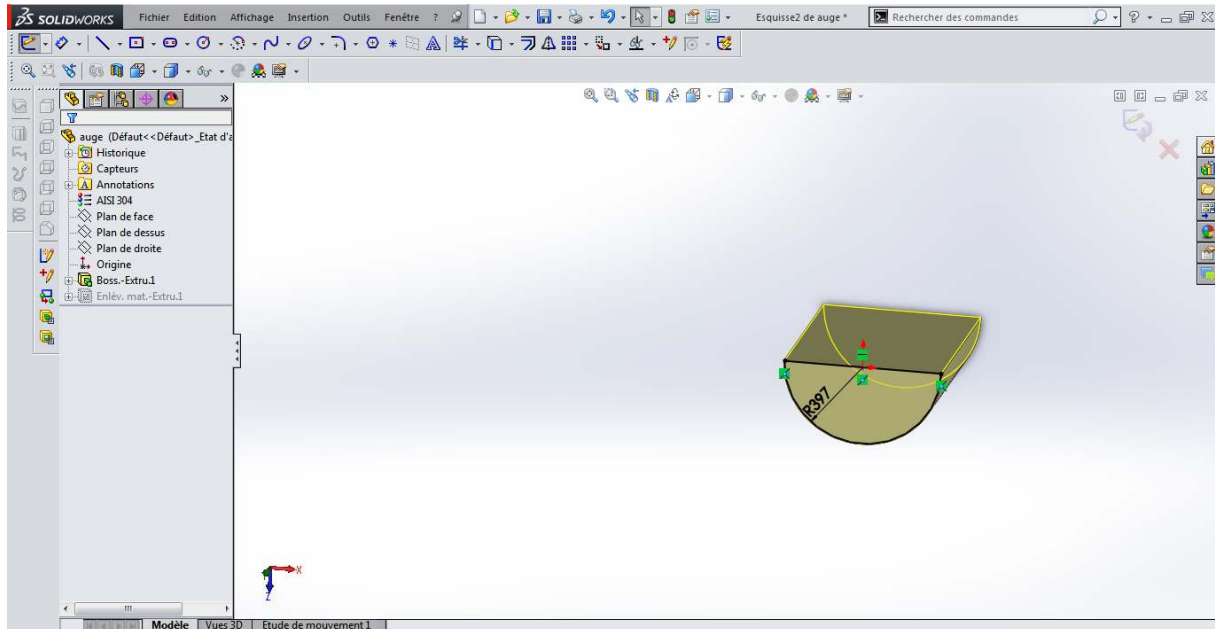


Figure 4.2 : Construction de la cuvette

- **Paroi de l'auge** ce sont les deux parois du mélangeur en 3 mm toujours. C'est le paramètre qui définit la longueur 1000 mm de notre mélangeur.

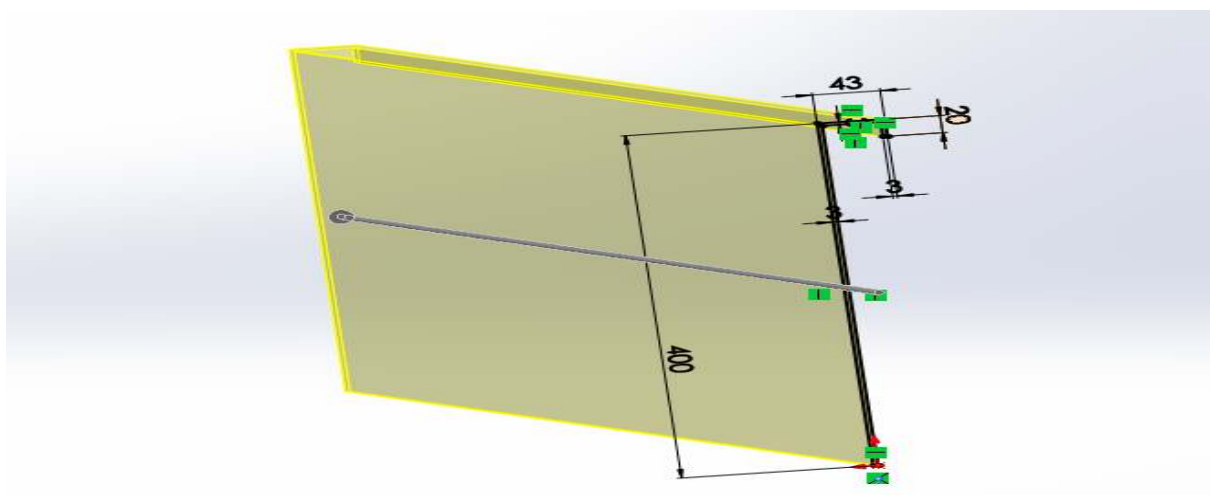


Figure 4.3 : Paroi de l'auge

•**Bride latérale** ce sont deux plaques parallèles sur les deux côtés du mélangeur.

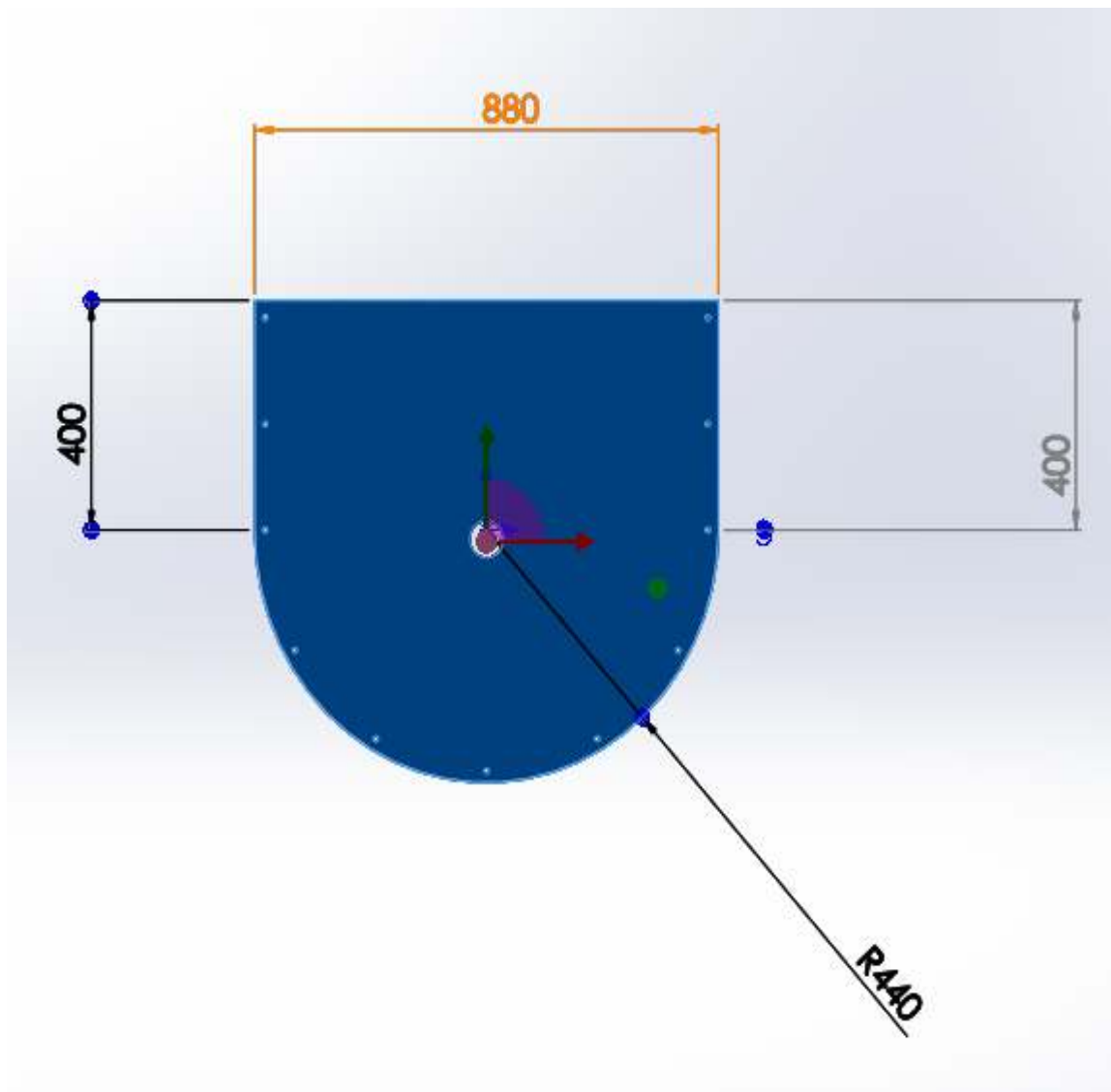


Figure 4.4 : Bride latérale

Après avoir fait un bossage de 3mm par rapport à l'épaisseur de la tôle, on a:

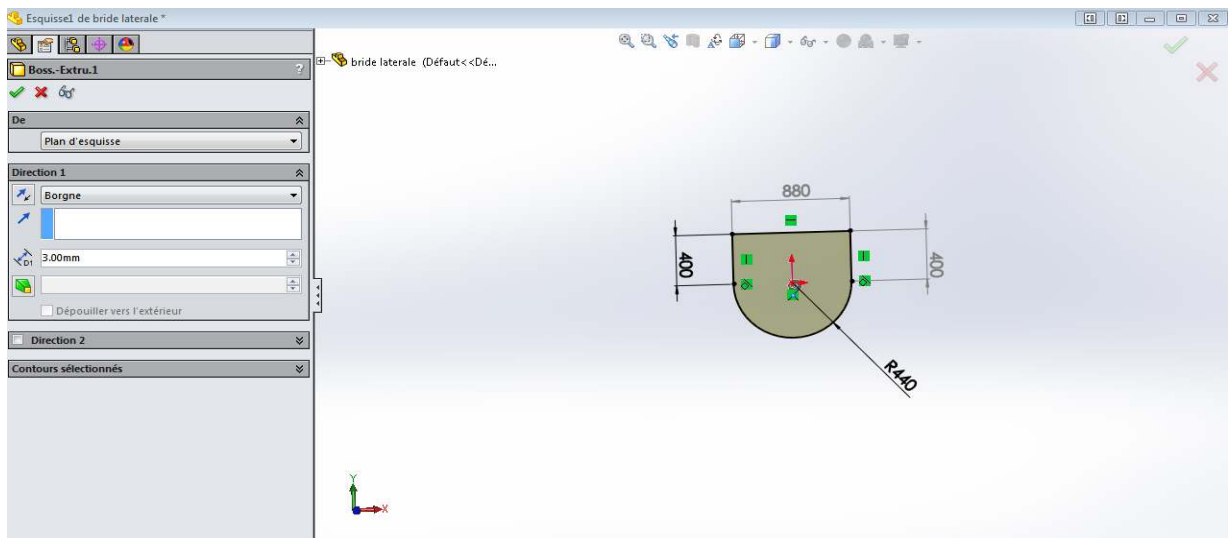


Figure 4.5 : Bossage de la bride

•**Couvercle** Pour réaliser le couvercle il faut passer par plusieurs étapes.

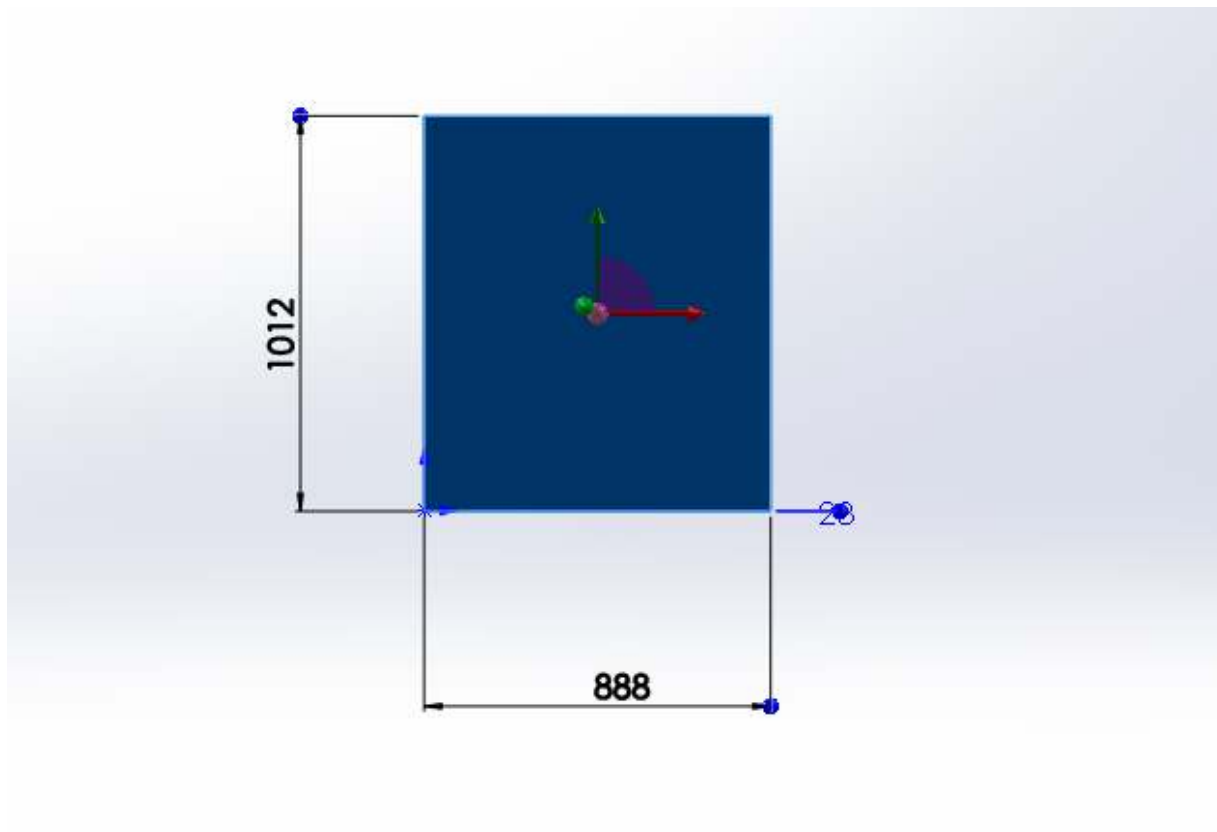


Figure 4.6 : Dimensionnement du couvercle

Après avoir terminé avec le plateau, il faut faire la bouche entrée de la matière et la porte de visite pour utilisateur .Pour cela il faut utiliser la fonction <<enlèvement de matière>>.

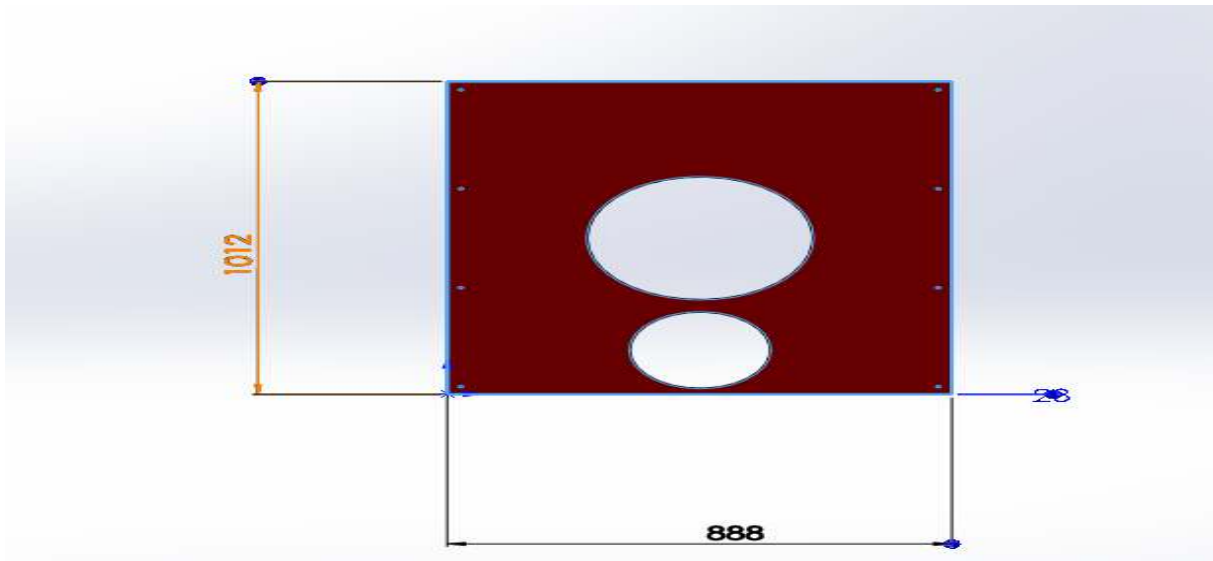


Figure 4.7 : Position de labouche d'entrée

Après l'enlèvementde matière sur le couvercle, nous avons procédé aux dessins des deux bouches.

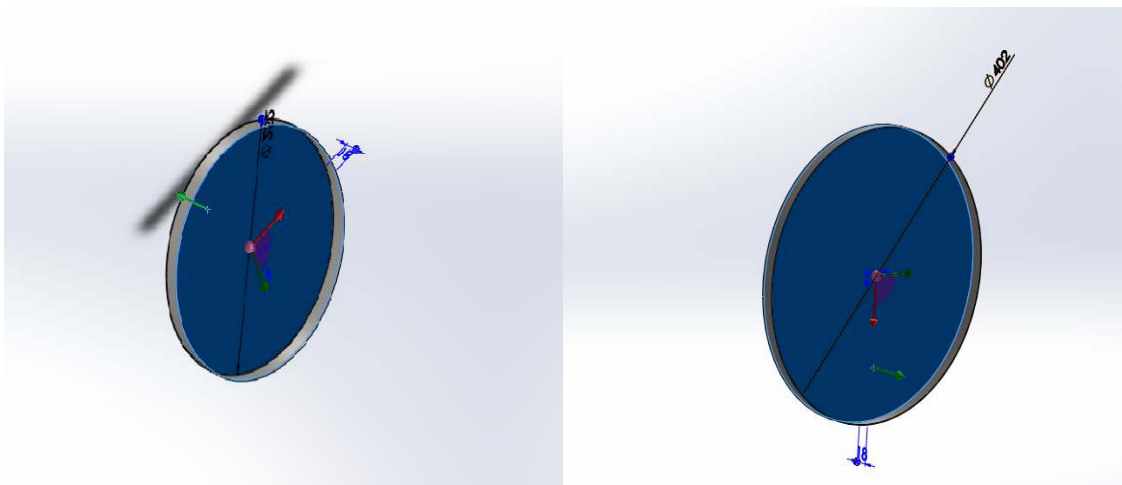


Figure 4.8:Couvercles de bouche de sortie

Après un assemblage de ces deux bouches et le couvercle, on a terminé avec le couvercle de notre mélangeur.

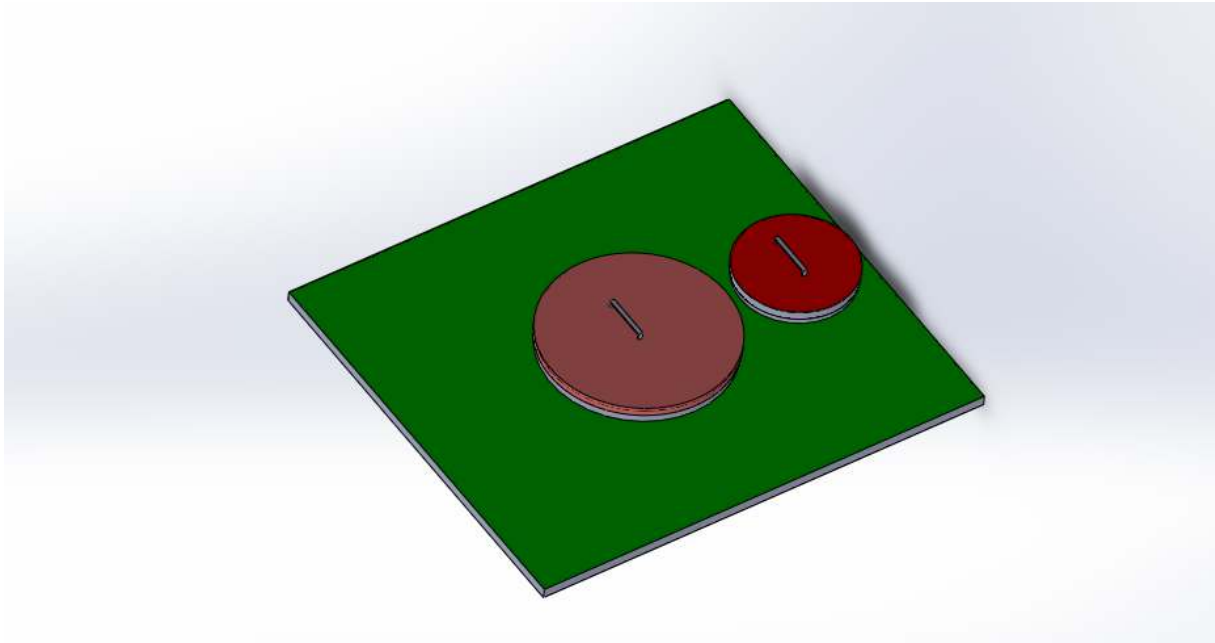


Figure 4.9:Couvercle complet

4.3.2 Dessin du Châssis

notre socle est un assemblage de plusieurs traverses de tube carré inox .

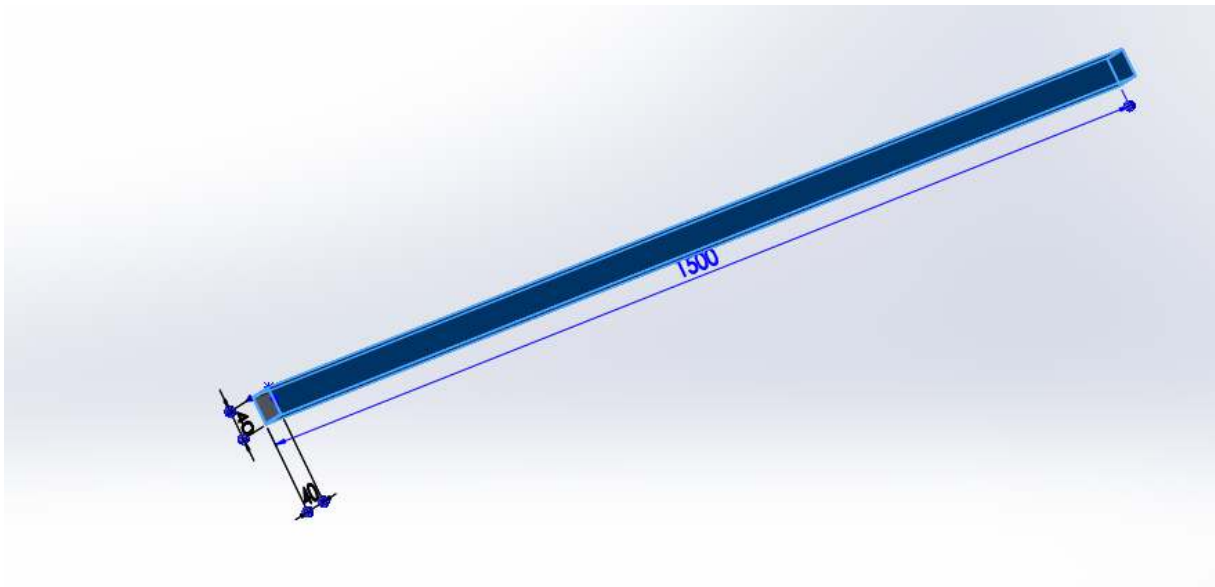


Figure 4.10 :La traverse

Ces traverses sont assemblées entre elles par le processus de soudage "TIG". L'assemblage entre l'auge et le pied sont fait par des L de maintien percés et une plaque percée etsoudée sur le pied . Elle est boulonnée à l'auge grâce à des L De maintien .

4.3.3 Dessin de la partie mécanique elle contient les composants suivants.

- Arbre.
- Palette.
- Clavette.
- Bague étanchéité.

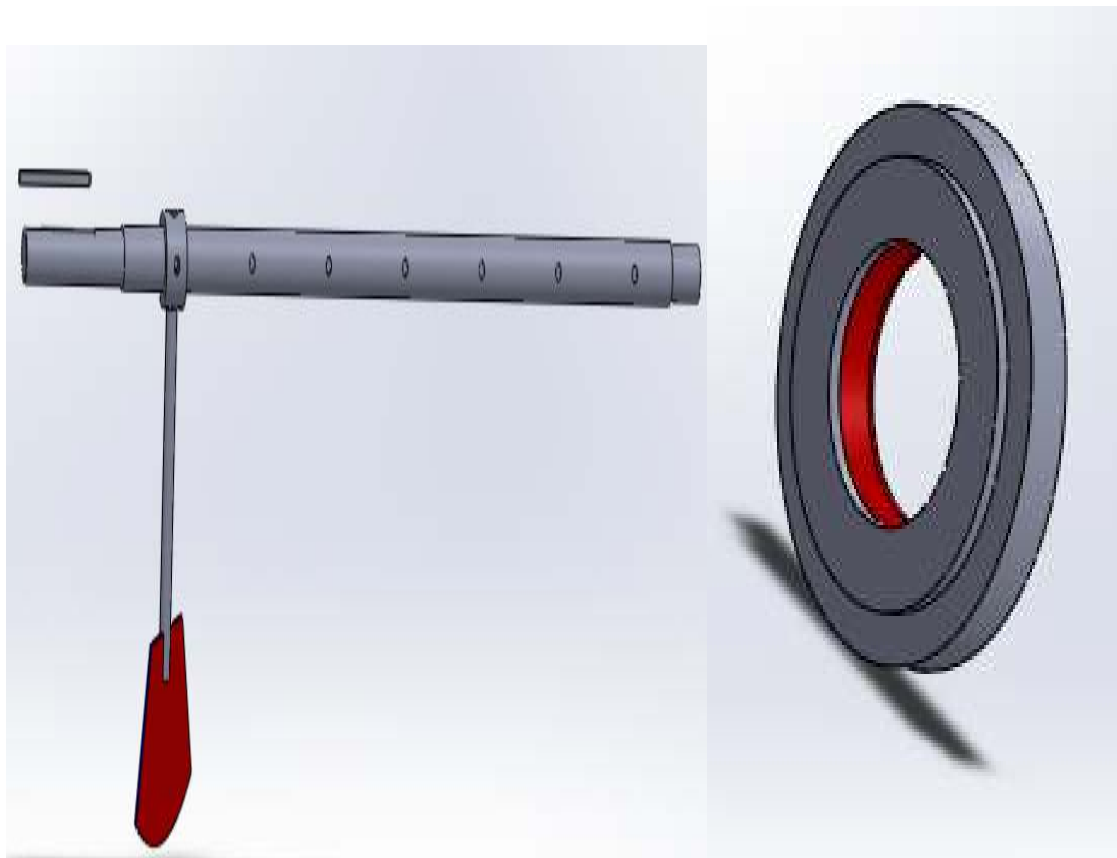


Figure 4.11 : Présentation de la partie mécanique.

•Arbre

Comme on a vu dans le chapitre précédent notre arbre est de $\varnothing 40\text{mm}$, la figure ci-dessus est la mise en plan de l'arbre.

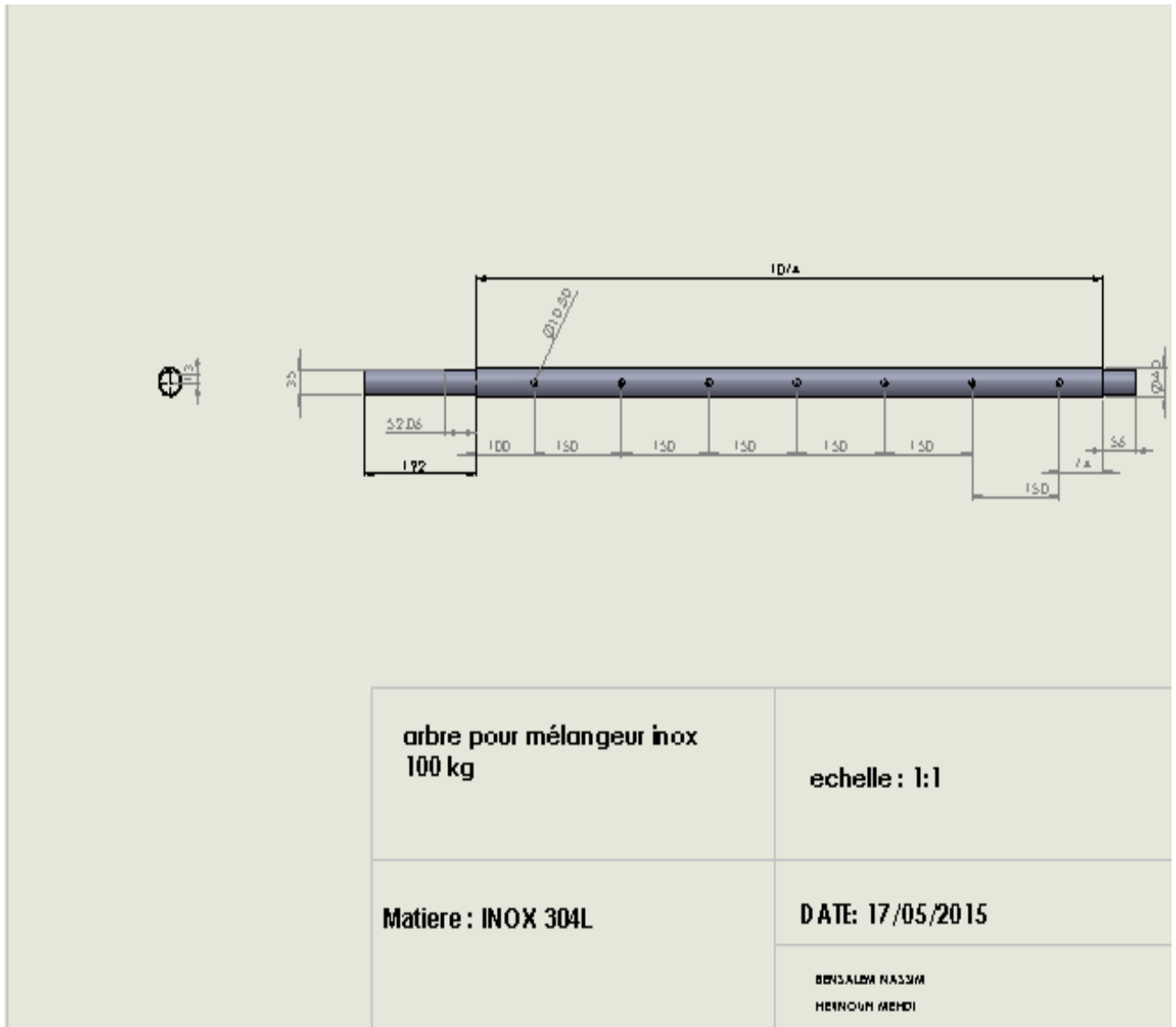


Figure 4.12 : Mise en plan de l'arbre.

Notre arbre est de $\varnothing 40\text{ mm}$ Nous avons fait une empreinte de 5mm de profondeur sur l'arbre pour le maintien de la palette avec l'arbre par une vis de pression eninox.

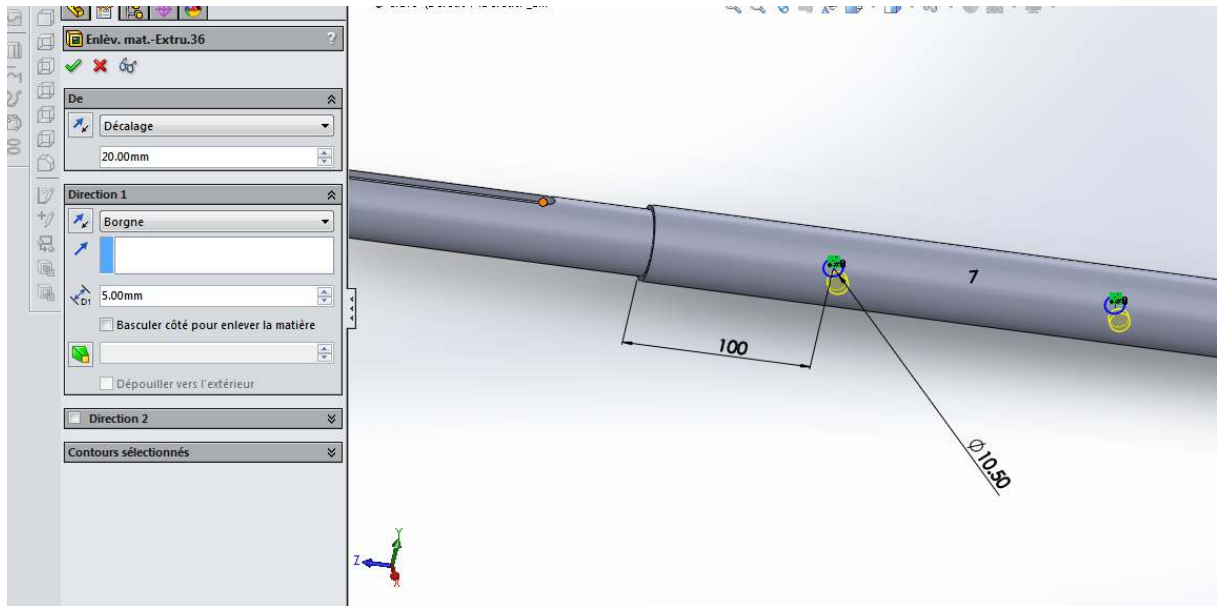


Figure 4.13 : Empreinte sur l'arbre.

Prochaine étape nous avons fait un enlèvement de matière pour le logement de clavette et modéliser la clavette :

-Logement de la clavette

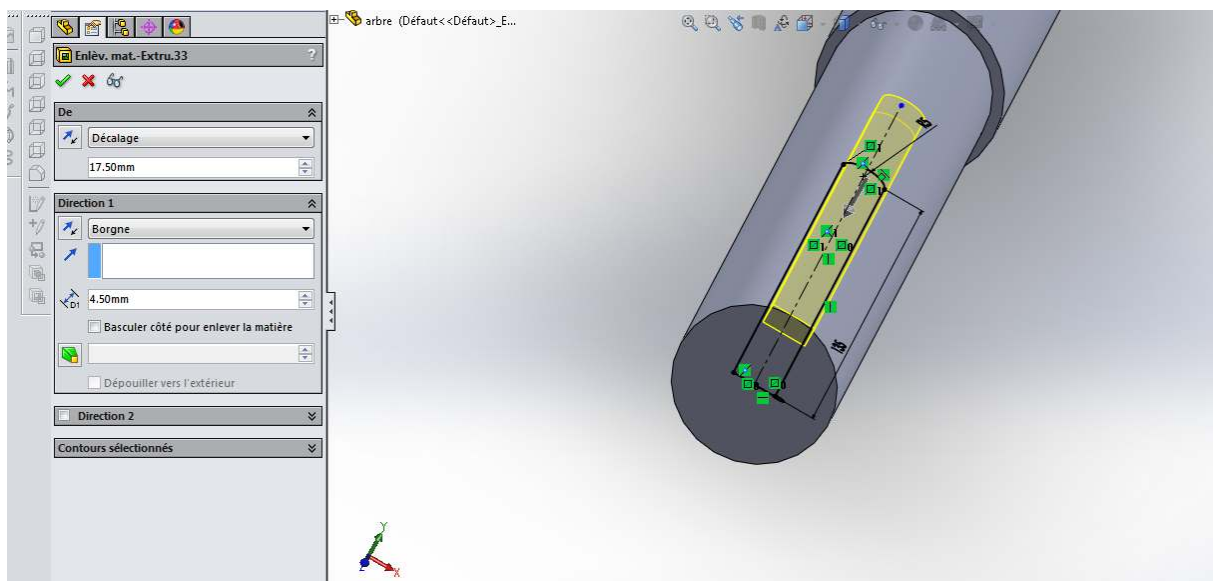


Figure 4.14 : Logement de la clavette.

-Le dimensionnement de la clavette se fait selon les normes voir tableau T8[18].

Tableau T8 : Norme de dimensionnement de la clavette.

Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées														
d de - à (inclus)	série normale						série mince			cas d'une fixation par vis				
	a	b	s	J	K	L	b^*	J^*	K^*	vis	t	z	g	r
6 à 8	2	2	0,16	$d-1,2$	$d+1$	6 à 20								
9 à 10	3	3	à	$d-1,8$	$d+1,4$	6 à 36								
11 à 12	4	4	0,25	$d-2,5$	$d+1,8$	8 à 45								
13 à 17	5	5	0,25	$d-3$	$d+2,3$	10 à 56	3	$d-1,8$	$d+1,4$					
18 à 22	6	6	à	$d-3,5$	$d+2,8$	14 à 70	4	$d-2,5$	$d+1,8$	M2,5-6	5	2,9	3	2,5
23 à 30	8	7	0,40	$d-4$	$d+3,3$	18 à 90	5	$d-3$	$d+2,3$	M3-8	6,5	3,4	3,5	3
31 à 38	10	8	0,40	$d-5$	$d+3,3$	22 à 110	6	$d-3,5$	$d+2,8$	M4-10	8	4,5	4,5	4
39 à 44	12	8	à	$d-5$	$d+3,3$	28 à 140	6	$d-3,5$	$d+2,8$	M5-10	10	5,5	5,5	5
45 à 50	14	9	0,60	$d-5,5$	$d+3,8$	36 à 160	6	$d-3,5$	$d+2,8$	M6-10	12	6,6	6,5	6
51 à 58	16	10	0,60	$d-6$	$d+4,3$	45 à 180	7	$d-4$	$d+3,3$	M6-10	12	6,6	6,5	6
59 à 65	18	11	à	$d-7$	$d+4,4$	50 à 200	7	$d-4$	$d+3,3$	M8-12	16	9	8,5	8
66 à 75	20	12	0,80	$d-7,5$	$d+4,9$	56 à 220	8	$d-5$	$d+3,3$	M8-12	16	9	8,5	8
76 à 85	22	14	1	$d-9$	$d+5,4$	63 à 250	9	$d-5,5$	$d+3,8$	M10-12	20	11	10,5	10
86 à 95	25	14	à	$d-9$	$d+5,4$	70 à 280	9	$d-5,5$	$d+3,8$	M10-12	20	11	10,5	10
96 à 110	28	16	1,2	$d-10$	$d+6,4$	80 à 320	10	$d-6$	$d+4,3$	M10-16	20	11	10,5	10

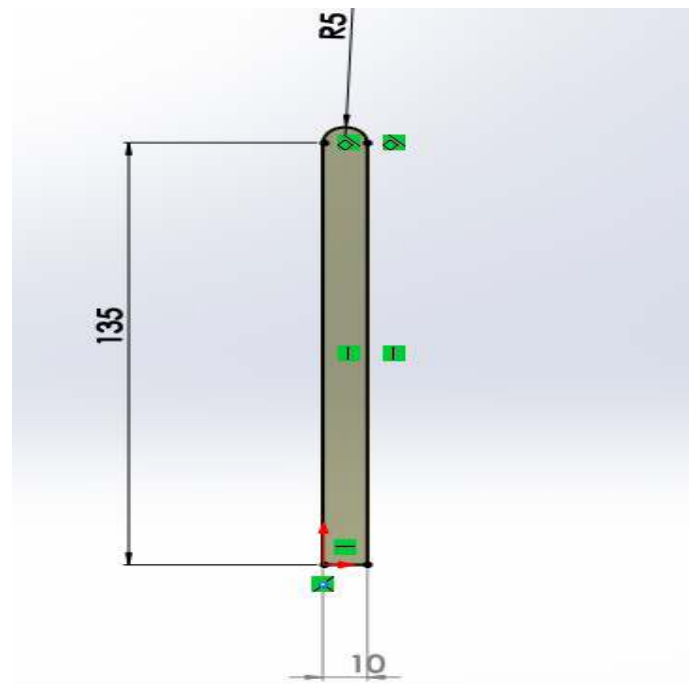


Figure 4.15 : Clavette.

L'une des pièces à usiner est l'arbre. Vu son importance, on donne la procédure de son usinage : machine-outil, outillages, instrumentation,....

PROCEDURE D'USINAGE DE L'ARBRE DU MELANGEUR

PIECE : ARBRE POUR MELANGEUR.

MACHINE : MELANGEUR 100 KG.

MATIERE : INOX304L.

DEBITAGE : Ø40 longueur 1330 MM.

QUANTITE : 1

Tableau T9 : La gamme d'usinage.

<i>PHASE</i>	<i>SPECIALITE Machines- outils</i>	<i>OPERATION</i>	<i>OUTILAG ES</i>	<i>METROLOGIE</i>	<i>TEMPS ALLOUE</i>
01	TOURNAGE	-Prise sur mandrin à 3 MORS. -Dressage FACE .TROU DE CENTRE	Outils à dresser. -foret à centrer	OUTIL A DRESSER	15 min
02	TOURNAGE	-Retourner l'arbre. -Mise en longueur 1322 .trou de centre	Outils à dresser. -foret à centrer	PIED A COULISSE 1500 OU METRE A RUBAN.	20 min
03	TOURNAGE	-Prise entre pointes avec toc et pousse toc. -guider par une lunette fixe -chariotage Ø35g6 sur 192.	Outils à charioter	Pied à coulisse Palmer de 25 à 50.	20 min

04	TOURNAGE	-Prise entre pointes avec toc et pousse toc -guider par une lunette fixe. -chariotage Ø35 sur 56	Outils à charioter	Pied à coulisse Palmer de 25 à 50.	10 min
05	FRAISAGE	-Fraisage sur diviseur. -pointer les trous -Perçage des 7 trous Ø10.5 entraxe 150 de profondeur 5 MM. Perçage des côtés de l'arbre	Foret Ø10.5 Pointe à tracer	Pied à coulisse	20 min
7	FRAISAGE	Fraisage pour clavette 10 profondeur 3.3 de longueur	Fraise à 6 lèbres Ø10	Pied à coulisse	15 min
8	RECTIF PLANE	Rectifier les deux faces de l'arbre	Meule	Pied de profondeur	15 min
	Contrôle	Contrôlée tous les opérations effectuée sur l'arbre		Pied à coulisse Palmer	10 min

•Palette

La palette a été dessinée par les fonctions suivantes :

- a- Le lissage.
- b- Enlèvement de matière pour la bague.

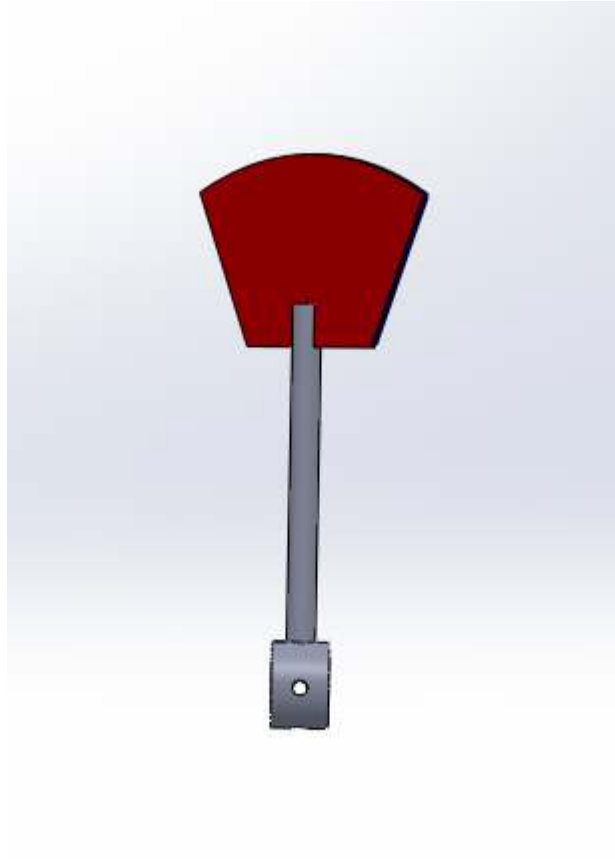
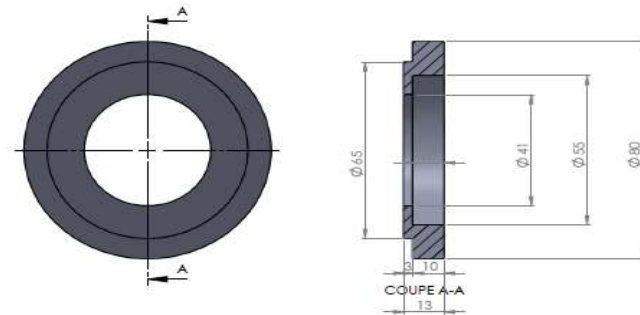


Figure 4.16 : Palette.

•Bague d'étanchéité

a-Usinage : la bague d'étanchéité est un ensemble de bagues en acier de Ø80 avec un joint spi selon la dimension et norme (Tableau T10).



bague étanchéité	echelle 1:1
MATIERE :INOX	date 17/05/2015 bensalem nassim HERNOUFI MEHDI

Figure 4.17 : Mise en plan de la bague d'étanchéité.

Tableau T10 : Dimensions et normes de joint spi [19].

Joint pour arbre tournant								
Epaisseur (mm)	Type de Forme	Type d'élastomère	Référence	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur (mm)	Type de Forme	Type d'élastomère
5,7	BA	NIT	738 770	38	55	10	BA	NIT
7	BA	NIT	738 771	38	56	10	BA	NIT
7	BASL	NIT	738 772	38	58	10	BASL	NIT
7	BAUM	VIT	738 773	38	60	10	BA	NIT
8	BASL	NIT	662 971	38	62	7	BA	NIT
5	BASL	NIT	662 972	38	62	10	BA	NIT
7	BA	NIT	738 774	40	52	6	BA	NIT
8	BA	NIT	662 973	40	52	7	BA	NIT
9,5	BA	NIT	738 775	40	52	7	BASL	NIT
10	BA	NIT	738 776	40	52	8	BA	NIT
7	BA	NIT	738 777	40	55	7	BA	NIT
7	BASL	NIT	662 974	40	55	8	BA	NIT
7	BAUM	VIT	738 778	40	55	8	BASL	NIT
8	BA	NIT	738 780	40	55	10	BA	NIT
8	BASL	NIT	738 779	40	55	10	BASL	NIT

b-Assemblage de la bague

L'ensemble <<bague joint spi >> est forcé sur les deux brides latérales, pour la bonne étanchéité du mélangeur.

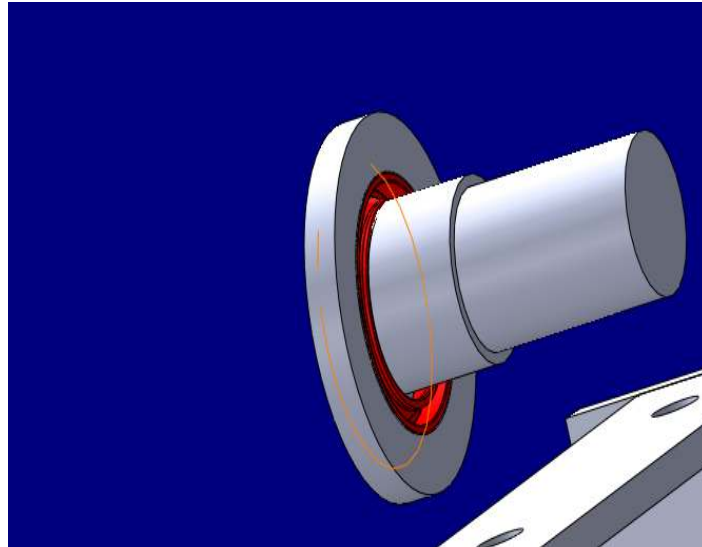


Figure 4.18 : Assemblage de la bague.

4.3.4 Élément de transmission

•Motorisation

Notre motorisation repose sur un moteur de 1.5 kW 1500tr/min et le réducteur 7rd90 rapport 60.

L'assemblage avec arbre se fait par l'alésage du réducteur

Comme la montre la figure ci-dessus le motoréducteur est assemblé avec l'arbre à l'aide de l'alésage du réducteur.

On a dessiné aussi un gousset pour que le motoréducteur puisse reposer sur ce dernier.

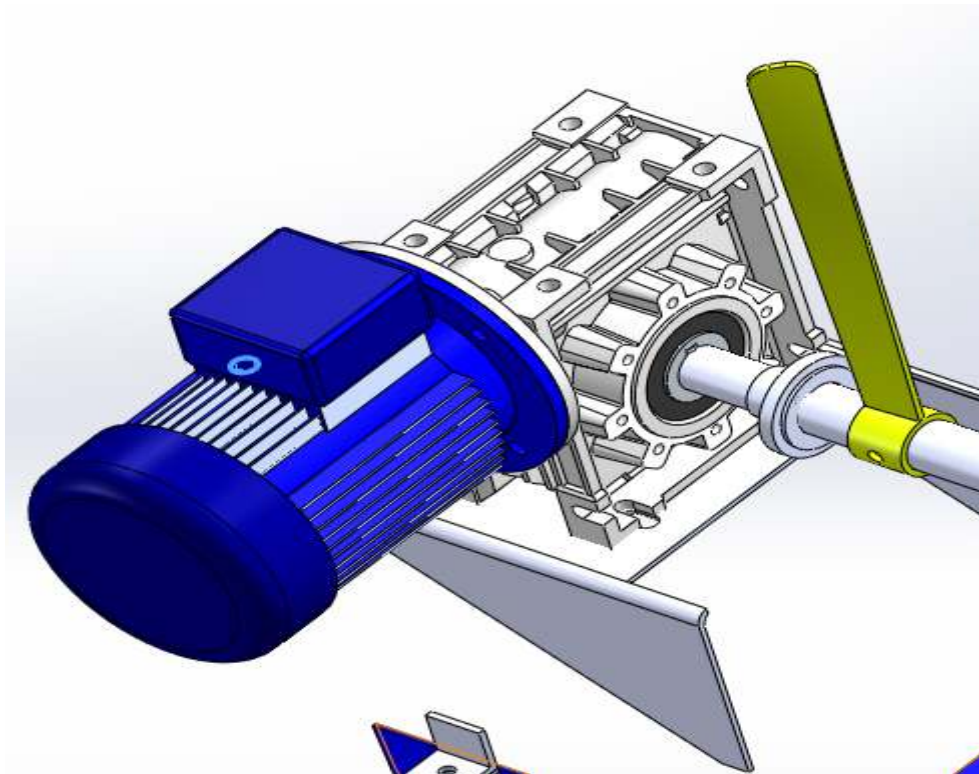


Figure 4.19: Motoréducteur.

•Palier

D'après le choix du groupeMaurin [20]:

a- Type de palier (à semelle)

b-choix du matériau (fonte)

c-diamètre du moyeu $\text{Ø}35$

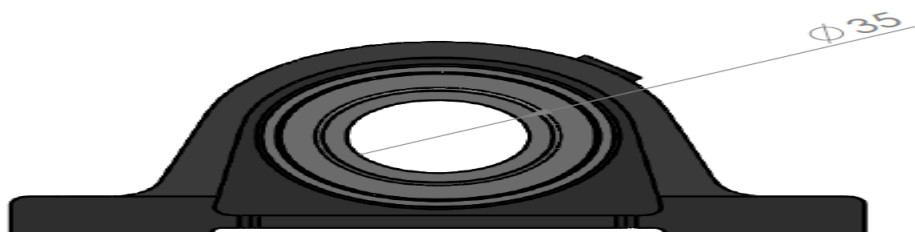


Figure 4.20 : Palier à sabot.

Positionnement du palier

Pour l'appui de notre palier nous avons prévu des goussets, comme la montre (la figure 4.21), on a utilisé le palier à semelle en fonte (bibliothèque de solidworks).

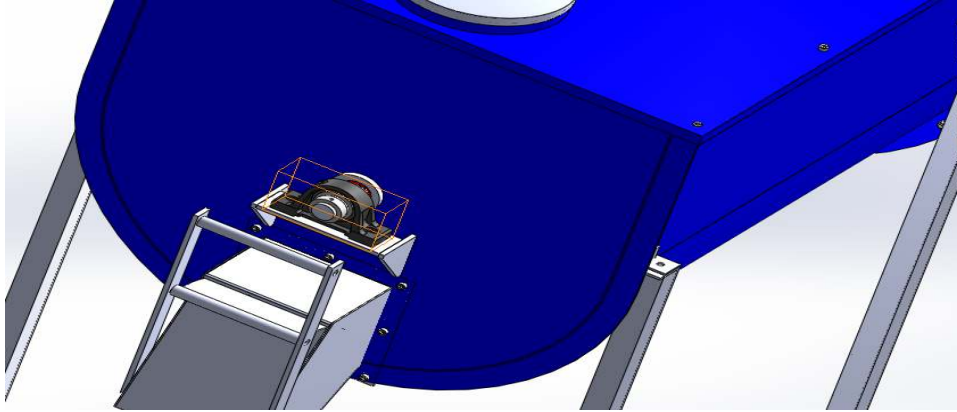


Figure 4.21 : Positionnement du palier.

4.3.5 Accessoires d'assemblage

•**Vis et écrou** : Pour gagner du temps la boulonnerie est choisie de la documentation d'Emile Maurent fabriquant de boulonnerie : type, diamètre, longueur...

On a choisi des vis BTR DE DIAMETRE (8mm, 10,12).

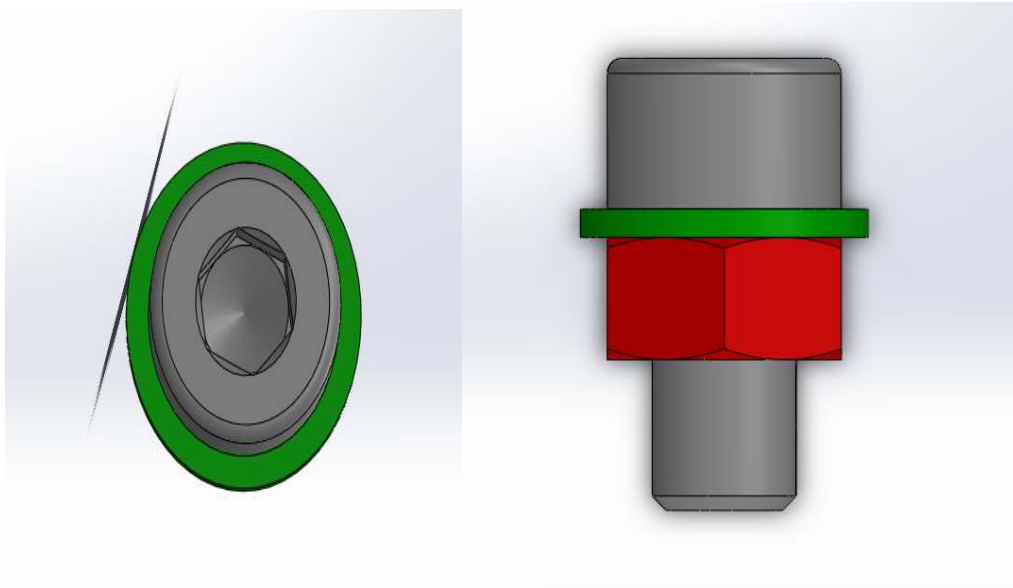


Figure 4.22: System vis et écrou.

•Roue

Pour que notre mélangeur soit facile à déplacer, nous avons prévu des roues. Ces dernières sont assemblées avec les pieds du socle par une plaque. Le tout est assemblé par des boulons. On procède d'une manière analogue pour la visserie.

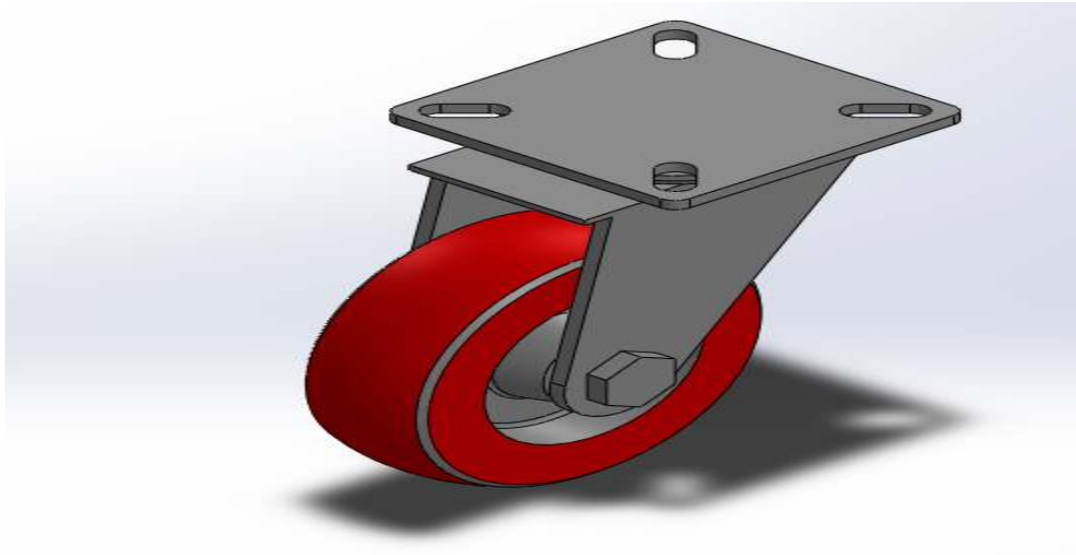


Figure 4.23: Une roue.

4.3.6 Assemblage des composantes

Après avoir dessiné les composants de notre mélangeur, nous avons débuté à assembler notre mélangeur en utilisant les contraintes qui se trouvent dans SolidWorks.

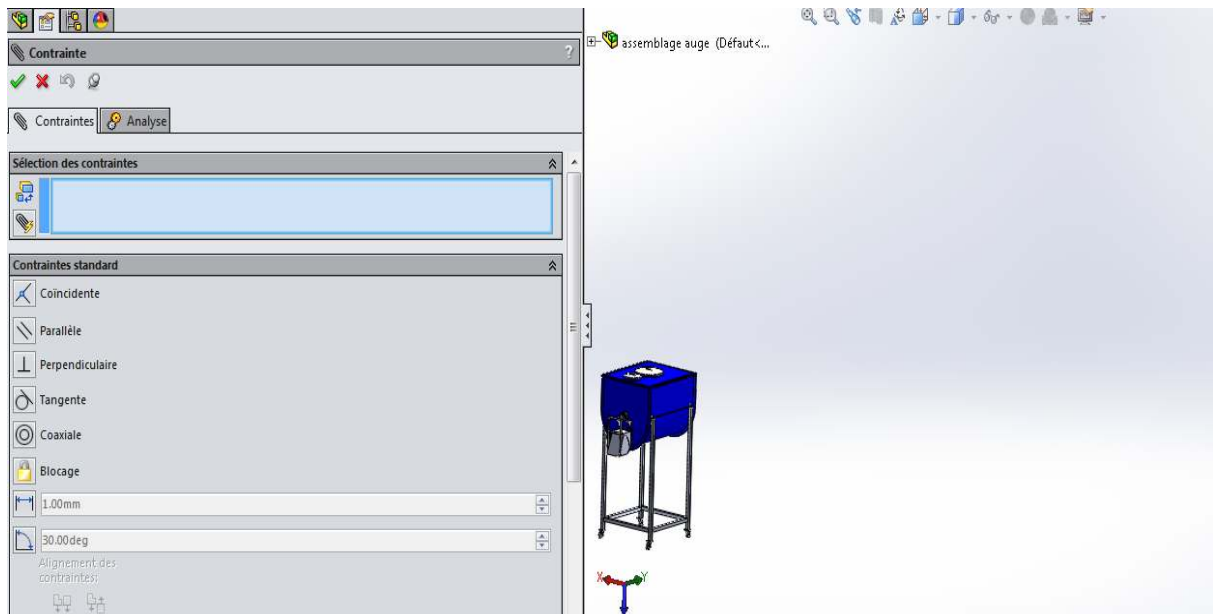


Figure 4.24 : Contrainte d'assemblage.

L'image ci-dessus représente nettement la modélisation de notre mélangeur en solidworks.



Figure 4.25 : Modélisation du mélangeur

4.4 Fabrication du mélangeur

Après la phase CAO, nous mentionnons les étapes importantes étapes suivies pour la fabrication de notre mélangeur. Ces étapes ont été contrôlées par le bureau de méthode, toute la réalisation de notre mélangeur a été faite dans les ateliers de l'entreprise EFMPABLIDA.

4.4.1 Construction du mélangeur

- **Traçage** le traçage c'est le marquage des côtes tout en suivant le plan de fabrication.
- **Débitage** découpage de la tôle inox par cisaille avec un bon calcul d'utilisation de tôle par rapport à sa dimension standardisée pour éviter les chutes et diminuer le nombre de tôles utilisées surtout que l'inox est très couteux.
- **Grignotage** début de découpage des côtes en utilisant une grignoteuse.
- **Perçage** tous les perçages du mélangeur se font par la fraiseuse.
- **Pliage** : cette étape consiste à plier les parois et le couvercle du mélangeur en utilisant la plieuse en utilisant les développées de tôles.

4.4.2 Montage mélangeur

•Le Montage de vérification

Ce montage consiste à assembler les organes pour confirmer les côtes et l'assemblage de notre mélangeur.

•Montage rigide

Ce montage consiste à assembler plusieurs organes du mélangeur :

Toutes les composantes de l'auge sont soudées à l'exception de la bride latérale du mélangeur se situant du côté de la sortie de la matière qui est boulonnée pour intervenir en cas de problème avec l'ensemble (arbre, palette,) les organes du mélangeur sont assemblés par soudage en argon.

•Montage non rigide

Il consiste en un assemblage boulonné entre les organes du mélangeur sur les parties suivantes :

-Le pied afin qu'il soit flexible pour l'utilisateur en cas de déplacement.

-La bride latérale du mélangeur est boulonnée aux autres composantes de l'auge par l'intermédiaire d'un fer plat, pour intervenir en cas de problème sur l'arbre ou au niveau des palettes.

-La Fixation du motoréducteur sur le gousset.

• Montage Coffret DRT et alimentation électrique

Pour cette étape nous avons prévu une plaque qui va être soudée sur la paroi latérale. On a choisi cet endroit pour des raisons d'encombrements du câble car le moteur électrique sera juste à côté (proximité).

On a choisi un coffret de 2.5A-4A .Ce choix est justifié l'ampérage du moteur choisi (3 Ampères).

4.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons essayé de faire une description des principales étapes de conception et de réalisation de notre mélangeur. On a débuté par la conception CAO en utilisant logiciel solidworks.

Après la conception de tous les organes, on s'est dirigé vers la partie réalisation. On a rencontré plusieurs obstacles vu notre manque d'expérience. Les ingénieurs de l'entreprise EFMPABLIDA nous ont apporté toute l'aide nécessaire pour la bonne conception du mélangeur selon les normes internationale (CHEVALIER, SKF, Emile maurint 3D....).

On note avec une grande satisfaction l'aboutissement à la réalisation du mélangeur proposé par l'EFMPABLIDA.

Les photos suivantes illustrent et donnent un bon aperçu du mélangeur horizontal étudié, conçu et réalisé :



Figure 4.26 : Bridelatérale du mélangeur



Figure 4.27 : Paroilatérale du mélangeur



Figure 4.28 : Soudage par TIG



Figure 4.29: Montage du châssis



Figure 4.30 : taraudage bague pour palette



Figure 4.31 : traçage des palettes.



Figure 4.32 : montage motoréducteur



Figure 4.33 : Premier essai du mélangeur.



Figure 4.34 : Notre mélangeur fini

Conclusion :

Le développement économique de notre pays est à l'origine de la naissance de nouvelles usines alimentaires. On signale le besoin de ces unités de production en matière de savoir-faire national dans le domaine de la conception mécanique.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la préparation d'un projet de fin d'études et il a été réalisé en collaboration avec l'entreprise « EFMPABLIDA ».

La première partie de notre étude se résume à faire une recherche bibliographique sur les mélangeurs. Il est à noter que l'acquisition de la documentation technique reste toujours difficile, surtout pour un projet pratique de réalisation.

La deuxième partie consiste en une étude de différents organes de notre mélangeur. Ce dernier est de type horizontal.

Dans la troisième partie, on justifie le choix des organes adoptés en introduisant un calcul et des simulations : dimensionnement de l'auge, diamètre de l'arbre, motorisation, épaisseur de la tôle, choix du châssis...

Dans la quatrième partie on a cité les principales étapes De la CAO du mélangeur. On a réalisé le mélangeur horizontal au sein de l'entreprise EFMPABLIDA.

Un travail d'étude, de conception et de réalisation nécessite du temps et des attentions particulières. Pour atteindre les objectifs de notre projet, nous avons, entre autres, beaucoup profité des conseils et de l'expérience des ingénieurs de l'entreprise EFMPABLIDA. On note que les objectifs fixés pour ce projet ont été atteints.

PERSPECTIVES

Il serait souhaitable de compléter ce travail, à savoir :

- Calcul de tous les organes et éléments constitutifs du mélangeur
- Conception d'une vis Archimède pour alimentation et le vidange du mélangeur.
- Utilisation d'un automate de pesage pour la précision de la quantité des produits à mélanger.
- Utilisation d'une vanne pneumatique pour vidanger le mélangeur.

BIBLIOGRAPHIE :

[1] M. Jean-François Demeyre, caractérisation de l'homogénéité de mélange de poudres et de l'agitation en mélangeurs triaxe, Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, 2007.

[2] Sandra Massol-Chaudeur. Caractérisation de l'état de mélange de poudres -cas des mélanges faiblement doses-. PhDthesis, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux France, 2000.

[3] H. Rumpf. Agglomeration. Wiley, New York, page 379, 1962.

[4] P.M.C. Lacey. Developments in the theory of particule mixing. J. of Appl. Chem., 4:527–268, May 1954.

[5] C. Schofield. Assessing mixtures by autocorrelation. Trans. Instn. Chem. Engrs, 48 :T28–T34, 1970.

[6] A. Le Lan. Mélange de solides. *Techniques de l'ingénieur*, A5940, 1983.

[7] N. Harnby, M.F. Edwards & A.W. Nienow, Coord. *Mixing in the process industries*. Butterworth/ Heinemann, 2nd Edition, 1985.

[8] L.T. FAN, Yi-Ming Chen & F.S. Lai. Recent developments in solids mixing. *Powder Technology*, 61:255–287, 1990.

[9] N. Harnby, M.F. EDWARDS & A.W. NIENOW, coord. *Mixing in the process industries*. Butterworth/ Heinemann, 2nd Edition, 1985.

[10] G. Delaplace, Rajeev K. Thakur, L. Bouvier, C. André & C. Torrez. Dimensional analysis for planetary mixer: Mixing time and Reynolds numbers. *Chemical, Engineering, Science*, 62(5):1442–1447, mars 2007.

[11]Henri Berthiaux. Mélange et homogénéisation des solides divisés. *Techniques de l'ingénieur*, J3397, 2002.

[12]W. Müller. Mixing of solids: Methods and present state of design.

German, Chemical, Engineering, 5:263–277, 1982.

[13]Siti S.P.A. Société Italien transmission industriel – Via G.DI Vittorio, 4 – 40053 – Valsamoggia loc. Monteveglio(BO) – Italy /Tel.+3905167148/11 Fax.+390516714858

– Email :info@sitiriduttori.it - [Cookie Policy](#)

[14] Hamdaoui Mohamed Amine, ElMakkaouyAbderahim,M.Aboussalah. Conception et dimensionnement d'un mélangeur, Malaxeur, Université Moulay Ismail, école nationale supérieure d'arts et métiers Meknès,Années universitaire 2006/2007.

[15]Groupe YUK industriel, Fabrication et conception des chaines à rouleaux et chaines a convoyeur pour le secteur industriel, Catalogue

2015www.pdf.directindustry.fr/pdf/yuk-group/catalogue-yuk/157391-606357.

[16] livre technique et calcul guide ingénieur. Guide industriels, Guide du calcul en mécanique – Livre élève – Edition 2012.17. Shaft,Design.Solid Circularshaft . August 15, 2007

[17] Catalogue listing général, Conception et réalisation, NTN –SNR roulements /R&C aubin 2012. www.ntn-snr.com

[18] André Chevalier, Guide de dessinateur industriel, pour maitriser la communication technique, Hachette, 2004.

[19] Catalogue professionnel de l'industrie – Edition 2006/2007 – Page 513/520 – www.anjac.fr .

[20]Groupe d'études sociales d'Amargues, Bibliothèque des composantes normalisent groupe Maurin

