

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Fabrication mécanique et productique

Thème :

*Etude de vérification d'un cuiseur
Mélangeur pour fromage fondu.*

Dirigé par :
Mr. Lounici Billel.

Présenté par :
Kerkache Redha.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma famille pour leur soutien inconditionnel et leur amour indéfectible tout au long de cette aventure académique. Leur encouragement constant a été une source de motivation précieuse. Un grand merci également à mon encadrant BILEL LOUNICI pour ses conseils avisés, sa patience et son expertise qui ont guidé mes recherches. Cette thèse est le fruit de vos contributions inestimables.

Je remercie également OTSMANE NADIR directeur technique de GD trading ainsi que le PDG de la société GUEZATI DALIL pour leur accueil et support tout au long de ce travail.

Dédicace

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et dédier ce travail à des personnes qui ont joué un rôle essentiel dans ma vie et qui m'ont soutenu de manière inconditionnelle.

A mes chers parents, toutes les membres de ma famille ainsi que la famille Otsmane et Boukhalfa.

A mes amis qui ont partagé cette expérience avec moi de près ou de loin en nommant Aymen, Nazim, Abderrahmane, Sami, Ibrahim sans oublier nos biens aimés de la région parisienne Hani et Loubna.

Résumé

Ce mémoire traite de la production fromagère en abordant d'abord les généralités sur le fromage et les diverses méthodes de fabrication.

Ensuite, l'étude se concentre sur le dimensionnement d'un cuiseur mélangeur RIKA, prenant compte les paramètres techniques et les exigences de production pour optimiser la performance et l'efficacité du mélangeur.

Enfin une modélisation et simulation est faite pour vérifier la structure du cuiseur ainsi qu'un guide à la fabrication.

Cette recherche vise à fournir une compréhension approfondie des aspects théoriques et pratiques du cuiseur.

ملخص

تتناول هذه الأطروحة إنتاج الجبن من خلال معالجة المعلومات العامة وطرق التصنيع المختلفة أولاً. بعد ذلك، تركز الدراسة على تحديد أبعاد طبّاخ خلاط ريكا، مع مراعاة المعايير الفنية ومتطلبات الإنتاج لتحسين أداء وكفاءة الخلاط. أخيراً، يتم إجراء النمذجة والمحاكاة للتحقق من هيكل الطباخ بالإضافة إلى دليل التصنيع. يهدف هذا البحث إلى توفير فهم شامل للجوانب النظرية والعملية للطباخ

Abstract

This thesis deals with cheese production by first addressing the general information about cheese and the various manufacturing methods. Then, the study focuses on the dimensioning of a RIKA mixer cooker, taking into account the technical parameters and production requirements to optimize the performance and efficiency of the mixer. Finally, a modeling and simulation is done to verify the structure of the cooker as well as a guide to manufacturing. This research aims to provide a thorough understanding of the theoretical and practical aspects of the cooker.

Listes des figures

Figure	Titre	Page
Figure 1.1 :	Magasin des MP de la vache qui rit	4
Figure 1.2 :	Preparation des MP	5
Figure 1.3 :	Cuiseur Stephan chez la vache qui rit	5
Figure 1.4 :	Cuve d'écémage	6
Figure 1.5 :	Machine de conditionnement pour portions de fromage fondu Type Corazza FF220 E	7
Figure 1.6 :	Principales voies de fabrication du fromage fondu	8
Figure 1.7 :	Composante d'un cuiseur STEPHAN UM SK 130	8
Figure 1.8 :	Cuiseur mélangeur chez RENAICHEESE OULED CHBEL	10
Figure 1.9 :	UZERMAK CCM	11
Figure 1.10 :	CUISEUR KARL SCHNELL	11
Figure 1.11 :	STEPHAN UM 130	12
Figure II.1:	Acier inoxydables	15
Figure II.2 :	Nuance d'aciers asthéniques de corrosion	17
Figure II.3 :	composition des aciers inoxydables	18
Figure II.4 :	cuisson à l'aide de soupapes d'injection vapeur	20
Figure II.5 :	Ejection du produit fini	21
Figure II.6 :	Organes extérieur du cuiseur	22
Figure II.7:	Organes interieur du cuiseur	23
Figure II.8:	Moteur et pompe hydraulique	24
Figure II.9:	Cuve cuiseur	25
Figure II.10:	Châssis de la machine	25
Figure II.11:	Couteau du cuiseur	26
Figure II.12:	Racleur	27
Figure II.13:	Motoreducteur	27
Figure II.14:	Axe moteur modifié	28
Figure II.15:	Force pressante	29

Figure II.16:	Representation de la surface	30
Figure II.17:	Force et bras de levier	31
Figure II.18:	Fiche technique du réducteur choisi	35
Figure III.1 :	domaines d'utilisation de la CAO.	37
Figure III.2 :	CAO cuve du cuiseur	38
Figure III.3 :	Élément assemblé de la cuve	38
Figure III.4 :	Vue explosive de la cuve	39
Figure III.5 :	CAO de la cuve	39
Figure III.6 :	Vue explosive du couvercle	40
Figure III.7 :	CAO du couvercle	40
Figure III.8 :	Vue explosive du système fermeture	41
Figure III.9 :	CAO systemefermeture et support	41
Figure III.10 :	Représentation de l'un des pieds du châssis	42
Figure III.11 :	Modele volumique du châssis	43
Figure III.12 :	Assemblage fini du cuiseur	43
Figure III.13 :	choix du matériau depuis la librairie solidworks	44
Figure III.14 :	déplacement imposé	45
Figure III.15 :	Application de la pression interne	45
Figure III.16 :	qualité du Maillage	46
Figure III.17 :	Contrainte de Von-Mises	46
Figure III.18 :	Déplacements résultants	47
Figure III.19 :	la déformation sur la paroi	47
Figure III.20 :	châssis fixe	49
Figure III.21 :	charge appliqués	49
Figure IV.1:	démontage moteur	53
Figure IV.2 :	châssis nu	54
Figure IV.3 :	montage moteur	54
Figure IV.4 :	montage de cuve	55
Figure IV.5 :	motoréducteur fixé	55

Figure IV.6 :	organes intérieur fixe	56
----------------------	------------------------	-----------

Liste des tableaux

Figure	Titre	Page
Tableau II.1 :	organes du cuiseur	23
Tableau III.1 :	Composants de l'assemblage cuve	39
Tableau III.2 :	Eléments du couvercle	40
Tableau III.3	Composants éléments de fermeture	41
Tableau III.4	proprietes du materieau	48
Tableau III.5	Von misses stress	50
Tableau III.6	total deformation	50
Tableau III.7	equivalent strain	51

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I Généralités sur le fromage et les moyens de fabrication.....	3
I.1 Définition du fromage fondu	4
I.2 Technologie de fabrication du fromage fondu	4
I.3 Fabrication du fromage fondu.....	4
I.4 Diagramme du processus de fabrication fromage fondu	8
I.5 Le processus cutter.....	8
I.6 Cuiseur mélangeur	9
I.7 Caractéristique de la machine	10
I.8 Les différents modèles de cuiseur universels.....	11
Chapitre II Etude et dimensionnement du cuiseur mélangeur	13
II.1 Introduction	14
II.2 Cahier des charges	14
II.3 Choix des matériaux	15
II.4 Généralités sur l'acier inoxydable	15
II.5 Fonctionnement de la machine :	19
II.6 Principaux organes du cuiseur mélangeur	22
II.7 Calcul de la motorisation	29
Chapitre III Modélisation, conception et simulation.....	36
III.1 Introduction	37
III.2 La modélisation	37
III.3 Les conceptions	38
III.4 Simulation et résultats	44
Chapitre IV Réalisation et Montage d'un cuiseur	52
IV.1 Introduction.....	53
IV.2 Montage cuiseur	53
IV.3 Etapes de montage des différents organes du cuiseur.....	53
Conclusion générale	57
Perspectives	57
Références	58

Introduction générale

Le fromage fondu reste un incontournable de la cuisine algérienne et il continue d'être le fromage le plus populaire en Algérie, et donc, la catégorie leader en 2023. Cela s'explique en grande partie à son prix très abordable face au fromage à pâte molle, et particulièrement, face au fromage à pâte dure.

Les ventes au détail du fromage à tartiner atteignent 165 milliards DA en 2023, ce qui représente une augmentation de 10 % en valeur. Dans cette catégorie, les fromages à tartiner sont les plus appréciés en 2023 avec des ventes au détail en hausse de 11% en valeur pour atteindre 107 milliards DZD. [1]

La croissance démographique de l'Algérie et la popularité croissante du fromage seront les principaux moteurs de croissance au cours de la période 2024-2030 selon Euromonitor (2023). Les produits fromagers locaux devraient gagner des parts de marché à mesure que les acteurs nationaux cherchent de nouvelles façons de différencier leurs produits et de rivaliser avec les autres marques internationales.

Les processus de fabrication du fromage fondu sont une industrie abordable et simplifiée avec des investissements et des coûts de production accessibles. Ils sont en grande partie produits par des entreprises laitières locales. Dans ce secteur de produits, le fromage à la crème est l'option la plus populaire car considéré, par de nombreux consommateurs algériens, comme le plus savoureux. [1]

Le cuiseur mélangeur est un appareil nécessaire pour les grands et petits fabricants de fromage, utilisé pour cuire, mélanger et traiter les ingrédients de manière simultanée.

Le cuiseur mélangeur combine les fonctions d'un cuiseur et d'un mélangeur en un seul appareil, ce qui permet de gagner du temps. Les cuiseurs mélangeurs sont disponibles dans différentes tailles et capacités, en fonction des besoins spécifiques de la cuisine. Ils sont équipés de commandes programmables qui permettent de régler la température, la vitesse de mélange, la durée de cuisson et d'autres paramètres en fonction de la recette.

Le cuiseur est un appareil robuste et facile à opérer préféré par plusieurs artisans fromager ainsi que les grands producteurs.

A travers cette étude, nous nous sommes intéressés à la conception et dimensionnement des différents organes du cuiseur, achever les calculs nécessaire pour une machine optimisé, faire une simulation des organes et réaliser un montage d'un exemplaire du cuiseur visanr a fournir une compréhension theorique et pratique.

Chapitre I Généralités sur le fromage et les moyens de fabrication

I.1 Définition du fromage fondu

Le fromage fondu est un fromage fabriqué à partir d'un ou de plusieurs fromages à pâte pressée, cuite ou non, refondus, additionnés de lait, crème ou beurre; ces fromages ont l'avantage de se conserver longtemps. On ajoute à la pâte, selon le produit, des émulsifiants, du sel. On obtient une texture plus ou moins molle et élastique et une saveur peu prononcée. [2]

I.2 Technologie de fabrication du fromage fondu

Le fromage fondu est obtenu par broyage, mélange, fonte et émulsification, sous l'action de la chaleur et d'agents émulsifiants, d'une ou plusieurs variétés de fromage, avec ou sans adjonction de constituants laitiers et/ou d'autres denrées alimentaires [3]

I.3 Fabrication du fromage fondu

I.3.1 Sélection et préparation des matières premières

La sélection des matières premières est guidée par les caractéristiques du produit fini, Dans le magasin de stock s'effectue la sélection des matières recommandées par le préparateur, et qui sont nécessaires pour la fabrication du fromage fondu. Ces matières premières sont : La poudre de lait et les sauces (acide citrique, sel de fonte et sel de cuisine), ainsi que les lipides (beurre et fromage fondu et a pâte dure).



Figure 1. 1 : magasin des MP de la vache qui rit [4]

I.3.2 La préparation des MP

La quantité de beurre et de fromage à pâte dure (cheddar, gouda, gruyère...) nécessaire est pesée par le préparateur suivant les étapes suivantes :

- Déballages



- Pesé-dosage



- Tranchage



- Broyage



Figure 1. 2 : préparation des MP [4]

Une fois que la matière première est broyée et tranchée dans des bacs, un opérateur ouvre le couvercle du cuiseur et introduit la matière première, puis ajoute manuellement l'eau et les extraits secs, comme illustré dans la Figure :



Figure 1. 3 : cuiseur STEPHAN chez la vache qui rit

I.3.3 La cuisson

L'émulsion des ingrédients et la stérilisation sont effectuées dans la cuve du cuiseur, Puis le mélange sera chauffé à 90°C à l'aide d'une injection de vapeur pendant 60 secondes. Le fromage sera ensuite envoyé à la cuve d'écémage afin de terminer la procédure.

I.3.4 L'écémage

Le fromage est ensuite filtré à l'aide des filtres à poches afin de bloquer le passage des grumeaux. Ensuite, il sera soumis à un processus d'écémage dans la cuve d'écémage Brassage Force (BF) pendant 15 minutes. Cette cuve est équipée d'un racleur qui mélange intensément le produit à une vitesse élevée, ainsi que d'un agitateur qui prévient la congélation du produit.



Figure 1. 4 : cuve d'écémage

I.3.5 La gélification

À mesure que la température diminue, la matière grasse commence progressivement à se cristalliser, tandis que les liaisons protéiques se renforcent. Cela entraîne une augmentation de la viscosité. Une fois distribué à travers les tuyauteries, le fromage fondu atteint environ 80°C dans la trémie.

I.3.6 Conditionnement primaire

La préparation du fromage pour la distribution comprend les étapes d'emballage et de mise en boîte. Pour cela, une machine automatique de dosage et d'emballage appelée portionneuse/doseuse est utilisée spécifiquement pour emballer des portions rectangulaires de fromage fondu. L'emballage se fait en utilisant une feuille d'aluminium. La doseuse s'occupe

également de la bande de déchirement interne, qui est facile à déchirer, ainsi que de l'étiquette de marque externe en papier.

Une fois emballées, les portions sont rassemblées selon la configuration requise et placées sur un convoyeur de sortie à une seule voie. Ce convoyeur est connecté à une machine d'emboîtage, où les portions sont directement insérées dans des boîtes et envoyées vers la zone de stockage via un tapis roulant. [5]

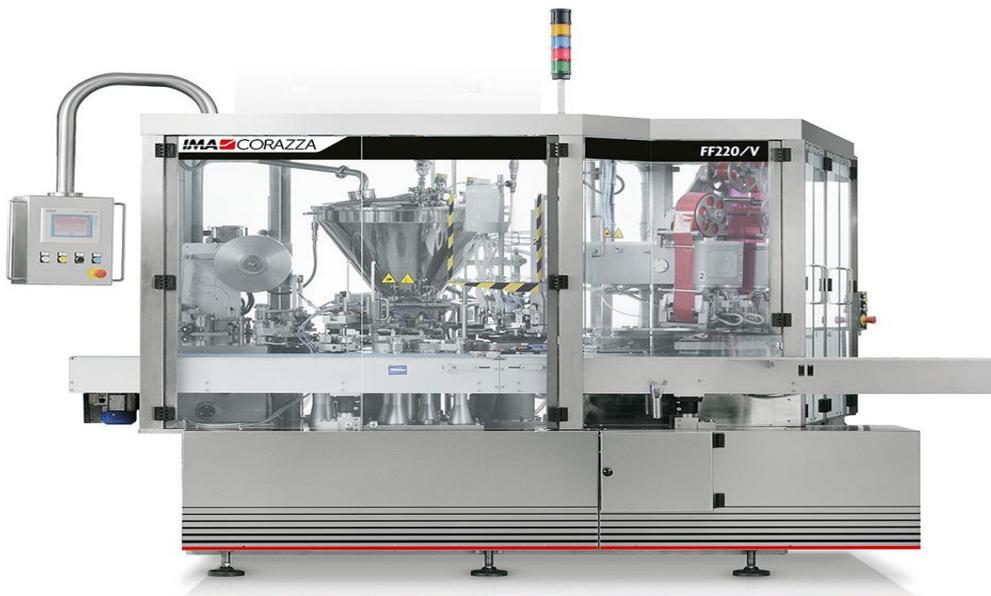


Figure 1. 5 : Machine de conditionnement pour portions de fromage fondu Type Corazza FF220 E

I.3.7 Conditionnement secondaire

La zone est destinée au stockage des boîtes de fromage. Les boîtes de fromage sont chargées dans des boîtes en carton, en vue de leur entreposage dans le service logistique. Ces boîtes assurent la protection et la facilité de manipulation lors du transport et du stockage ultérieur des produits fromagers.

I.4 Diagramme du processus de fabrication fromage fondu

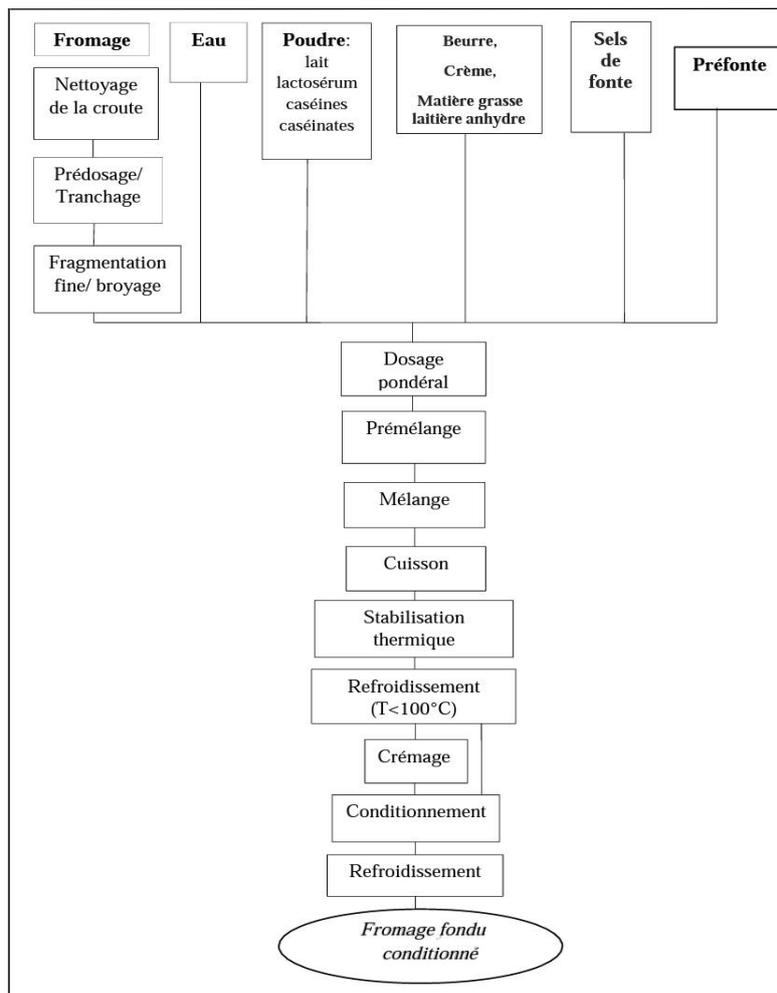


Figure 1. 6 : Principales voies de fabrication du fromage fondu [6]

I.5 Le processus cutter

Ce processus est basé sur le cuiseur mélangeur, c'est un émulsionneur permettant de hacher, broyer, émulsionner, mélanger, et préparer la pâte du fromage en fonction des outils de coupe et de mélange utilisée.



Figure 1. 7 : composant d'un cuiseur STEPHAN UM SK 130 [7]

Ces outils garantissent un malaxage parfait des produits au centre de la cuve. La vitesse des outils peut être adaptée à la nature des produits. [7]

La machine remplit les fonctions suivantes :

- Chargement :

Manuel à couvercle ouvert.

- Commande :

Manuelle, à l'armoire de commande.

- Processus :

Mélanger, hacher, couper, émulsionner, pétrir, cuire

- Vidange :

Semi-Automatique, par la vanne de vidange.

I.6 Cuiseur mélangeur

Le cuiseur est un modèle de machine spécifique pour la fabrication des fromages fondu, préparation fromagère, sauces, beurres, mayonnaise, ketchup. Fabrique par la société algérienne GD TRADING.

Le cuiseur est conçu pour mélanger, couper, broyer et cuire les ingrédients de manière efficace. Il est équipé d'un bol de mélange en acier inoxydable d'une capacité variante de 130 à 200 litres vis-à-vis les demandes des clients, ce qui permet de traiter de grandes quantités d'aliments. La machine est dotée d'un système de couteaux à haute vitesse qui permet de couper les ingrédients en morceaux fins et de les mélanger de manière homogène, ainsi qu'une fonction de chauffage ce qui permet de cuire les ingrédients.

Le cuiseur est largement utilisé dans l'industrie alimentaire pour sa robustesse, polyvalence, sa capacité de production élevée et sa qualité de mélange et de coupe précise par les artisans de fromage ainsi que chez les grands producteurs tel que Moutamayez, Mont D'or, fromage Loubna, Amira, Renaicheese, Onalait...



Figure 1. 8 : Cuisinier mélangeur chez RENAIICHEESE OULED CHBEL

I.7 Caractéristique de la machine

Capacité de traitement par lots : 50-170 L/lot

Plage de pression de travail : 1,5 bar

La température de fonctionnement : 90 C°

Méthode de chauffage : soupapes à vapeur

Vitesse de la lame de coupe : 1400 tr/min

Bol de la vitesse de racleur latéral : 50 tr/min

Puissance de fonctionnement : 3 phases neutres, 380 V, 50Hz

Pièces en contact avec le produit : Acier inoxydable 316L

Châssis de la machine : acier inoxydable 304L

Poids: 2000 Kg

Dimension (L*W*H): 1410 mm*700 mm* 1800 mm.

I.8 Les différents modèles de cuiseur universels

I.8.1 UZERMAK CCM series

Les mélangeurs UZERMAK sont des appareils industriels polyvalents qui peuvent être configurés pour de nombreuses applications alimentaires différentes. Ils sont capables d'effectuer diverses tâches telles que le mélange, le chauffage, le refroidissement, le broyage, l'émulsification, la réduction de la taille des particules, la cuisson sous vide directe ou indirecte, la désaération sous vide et l'homogénéisation.

La marque UZERMAK offre un choix étendu de cuiseurs dont leur capacité commence de 5L jusqu'à 800L.



Figure 1. 9: UZERMAK CCM

I.8.2 KARL SCHNELL SÉRIE FV

La marque allemande KARL SCHNELL propose des cuiseurs universels de très haute gamme avec plusieurs éléments optionnels aidant à faciliter la production avec des capacités allant de 30L à 200L.



Figure I. 10 CUISEUR KARL SCHNELL

I.8.3 STEPHAN machine universelle UM 130

Les cuiseurs Stephan sont très populaires en Algérie utilisé par les grands producteurs de fromage tel que La Vache Qui Rit, TIPTOP...



Figure 1. 10 : STEPHAN UM 130

Chapitre II Etude et dimensionnement du cuiseur mélangeur

II.1 Introduction

L'aspect théorique de notre thèse est lié à une réalité industrielle, le cuiseur est disponible sur le marché depuis plusieurs années maintenant et la société GD TRADING fabricantes des cuiseurs et équipements de fabrication de fromage nous a ouvert ses portes pour étudier, dimensionner les différents organes du cuiseur afin de pouvoir développer et optimiser la machine et assurer un développement durable permettant de prédire les performances de l'équipement en fonction de ses caractéristiques constructives.

Une attention particulière sera portée à l'intégration de cette approche théorique dans un contexte industriel réel. En effet, les contraintes de fabrication, d'installation et d'utilisation des cuiseurs à vapeur dans des environnements professionnels devront être prises en compte.

Les résultats de cette thèse devraient permettre d'optimiser les performances énergétiques et l'efficacité des cuiseurs à vapeur, tout en facilitant leur conception et leur mise en œuvre dans un cadre industriel.

II.2 Cahier des charges

Dans l'industrie agro-alimentaire précisément la fabrication de fromage, les cuiseurs mélangeurs suivent des paramètres de base établie par les constructeurs pour garantir une cuisson parfaite et un mélange homogène du produit fini ces paramètres sont comme suit :

- Temps de cuisson : 10 minutes.
- Pression max à l'intérieur du cuiseur mélangeur : 1.5 bar.
- Température max de fonctionnement : 90°C.
- Alimentation vapeur (soupapes à vapeur) : 240 Kg/h.
- Matériau en contact du produit : AISI 316L.
- Vitesse rotation cutter : $n=1400$ Tr/min.
- Vitesse rotation racleur : $n=50$ Tr/min.
- Moteur électrique asynchrone triphasé avec une classe d'efficacité énergétique IE3 ou plus.
- Viscosité du fromage fondu de composition standard : $\rho = 1100 \text{ Kg/m}^3$

II.3 Choix des matériaux

Suivant les normes mondiales des industries agro-alimentaires et en particulier l'industrie de fabrication des fromages l'acier inoxydable de type 304L et 316L est le premier et unique choix pour les cuiseurs mélangeurs ainsi que tous le matériel de cuisson et conditionnement due à leurs grandes résistances à la corrosion et robustesse.

II.4 Généralités sur 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.

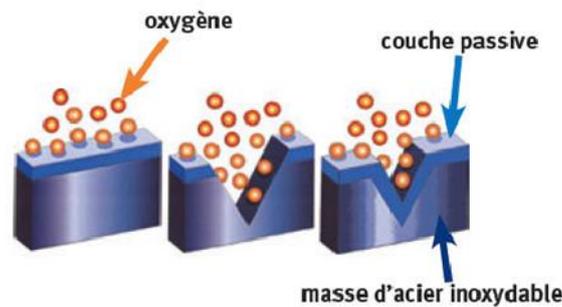


Figure II 1: Acier inoxydables

II.4.1 Principales Familles :

- Asthénique : fer-chrome-nickel, carbone < 0,1%, amagnétique a l'état de livraison.
- Représente > 65% de l'utilisation d'acier inoxydable, notamment dans les luminaires.
- Ferritique : fer-chrome, carbone < 0,1%, magnétique.
- Martensique : fer-chrome, carbone > 0,1%, magnétique et apte à la trempe.
- Duplex : fer-chrome-nickel, structure mixte asthénique-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. [8]

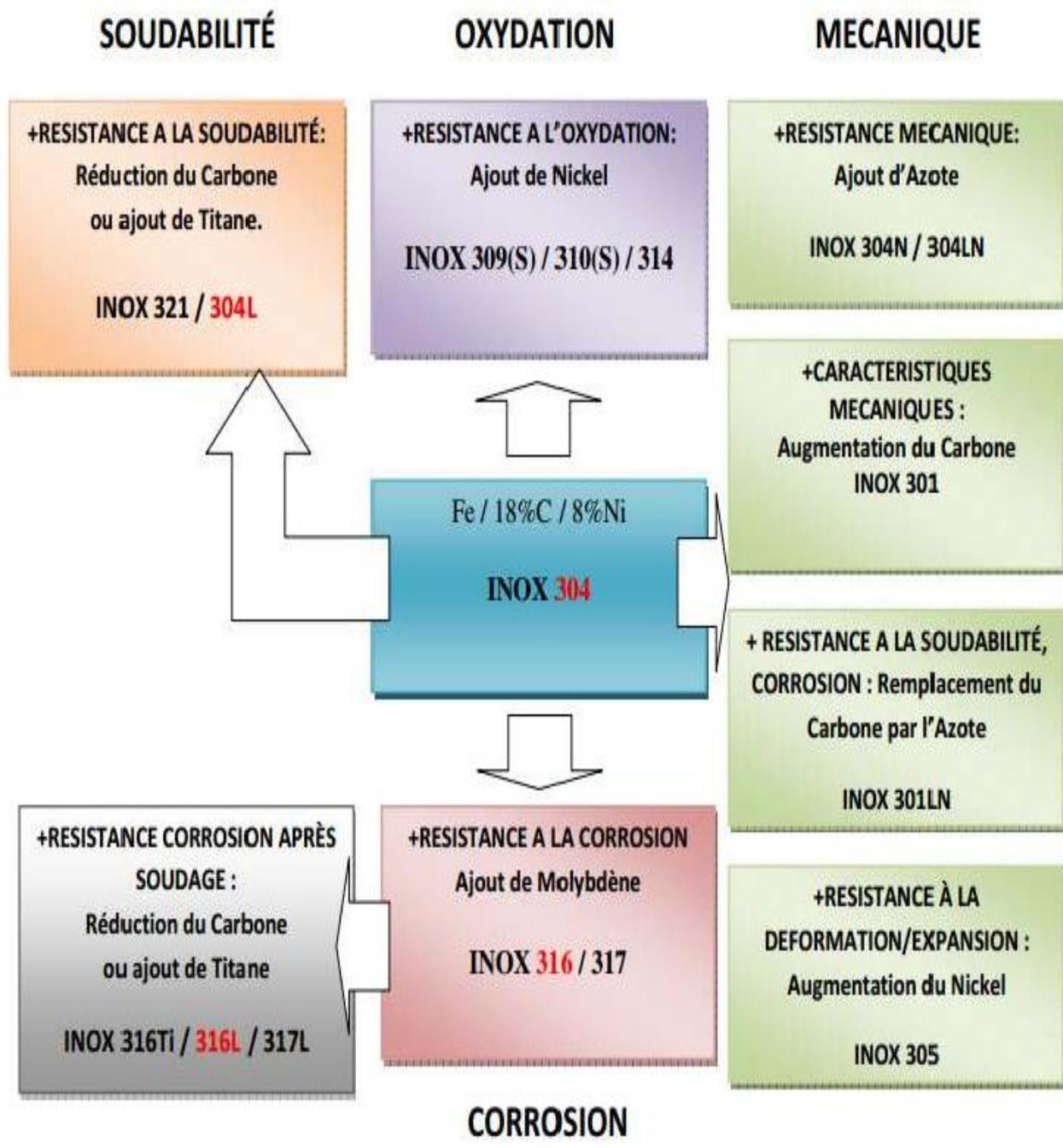


Figure II 2 Nuance d'aciers austéniques de corrosion

II.4.2 Tableau comparatifs

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	—

Figure II 3 : composition des aciers inoxydables

Les organismes de normalisation est les fabricants optes toujours pour le 316L ou bien le 304L pour les raison suivante :

- INOX 304L (Lowcarbon) : Convient aux sites ruraux et urbains, ou sites industriels peu pollués. Un rinçage régulier des surfaces exposées est recommandé afin de maintenir une bonne apparence pour les composants architecturaux.

- INOX 316L (Lowcarbon) : Meilleure résistance à la corrosion. Recommandé pour les sites industriels, alimentaires, pharmaceutiques... et les zones côtières. La surface de l'acier peut éventuellement ternir ou se tâcher. Un rinçage (voir graissage) des surfaces exposées est recommandé afin de maintenir une bonne apparence pour les composants architecturaux. Cette nuance est nécessaire uniquement dans le cas d'environnements suffisamment corrosifs pour provoquer la corrosion inter-granulaire des soudures (p.ex. : acides ou haute température 400 à 800°C).

Donc pour garantir la meilleure qualité possible et un taux de corrosion nulle le cuiseur RIKA utilise l'acier inoxydable 316L pour la cuve ou le contact avec le produit est direct, et le 304L pour le châssis et les éléments externes a contacts indirecte avec le produit.

II.5 Fonctionnement de la machine :

Le fonctionnement du cuiseur est relativement simple, mais il peut varier légèrement en fonction des spécifications et des fonctionnalités spécifiques de la machine que le client ordonne. Voici une description générale du fonctionnement de base :

Préparation des ingrédients : les ingrédients traités doivent être prêts et prélavés. Selon la recette, les couper en morceaux plus petits facilite le processus de mélange et de broyage.

Réglage des paramètres : Sur le panneau de contrôle de la machine, les divers boutons, interrupteurs et des indicateurs pour régler les paramètres de fonctionnement. Qui inclut l'ouverture et fermeture du couvercle, les boutons marche/arrêts du racleur ainsi que le cutter, l'introduction de la vapeur et la température.

Chargement des ingrédients : Après l'ouverture du couvercle du bol de mélange en acier inoxydable les ingrédients seront placés à l'intérieur. La capacité maximale du bol n'est pas à dépasser pour éviter les débordements.

Fermeture du couvercle : La fermeture du couvercle du bol de mélange à l'aide d'un vérin hydraulique et assure qu'il est correctement verrouillé en place.

Démarrage de la machine : En appuyant sur le bouton de démarrage ou l'interrupteur approprié pour mettre la machine en marche. La machine commencera à mélanger et à broyer les ingrédients.

Début de cuisson : Pendant le fonctionnement de la machine au bout d'un certain temps, les ingrédients sont mélangés et le processus de cuisson peut commencer en appuyant sur le bouton vapeur introduisant la vapeur à haute température qui va faire cuire les ingrédients en une pâte visqueuse jusqu'à l'indication de température de 90C° sur le panneau de contrôle signifiant la fin de la cuisson. (De 5 à 10 minutes).

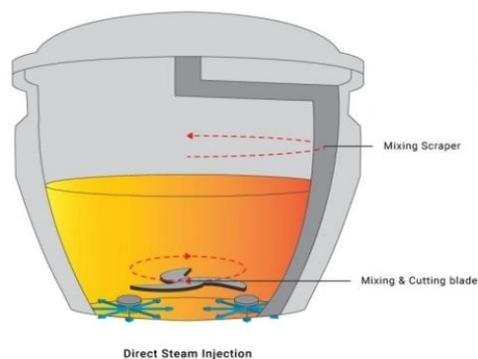


Figure II 4: cuisson à l'aide de soupapes d'injection vapeur

Arrêt de la machine : Une fois que le processus est terminé, en appuyant sur le bouton d'arrêt pour arrêter la machine, la vapeur sort progressivement par la cheminée.

Décharge du produit : en appuyant sur le bouton d'ouverture de la vanne de décharge pneumatique le produit est donc prêt pour les prochaines étapes de production.



Figure II 5: éjection du produit fini

Nettoyage : Après utilisation, un nettoyage soigneux de la machine est fait. Cela comprend généralement le démontage des parties amovibles pour un nettoyage approfondi.

II.6 Principaux organes du cuiseur mélangeur

Le cuiseur mélangeur se compose de plusieurs organes mécaniques :

- Moteur
- Motoréducteur
- Cuve
- Châssis
- Paliers
- Vérin
- Racleur
- Couteaux (cutter)

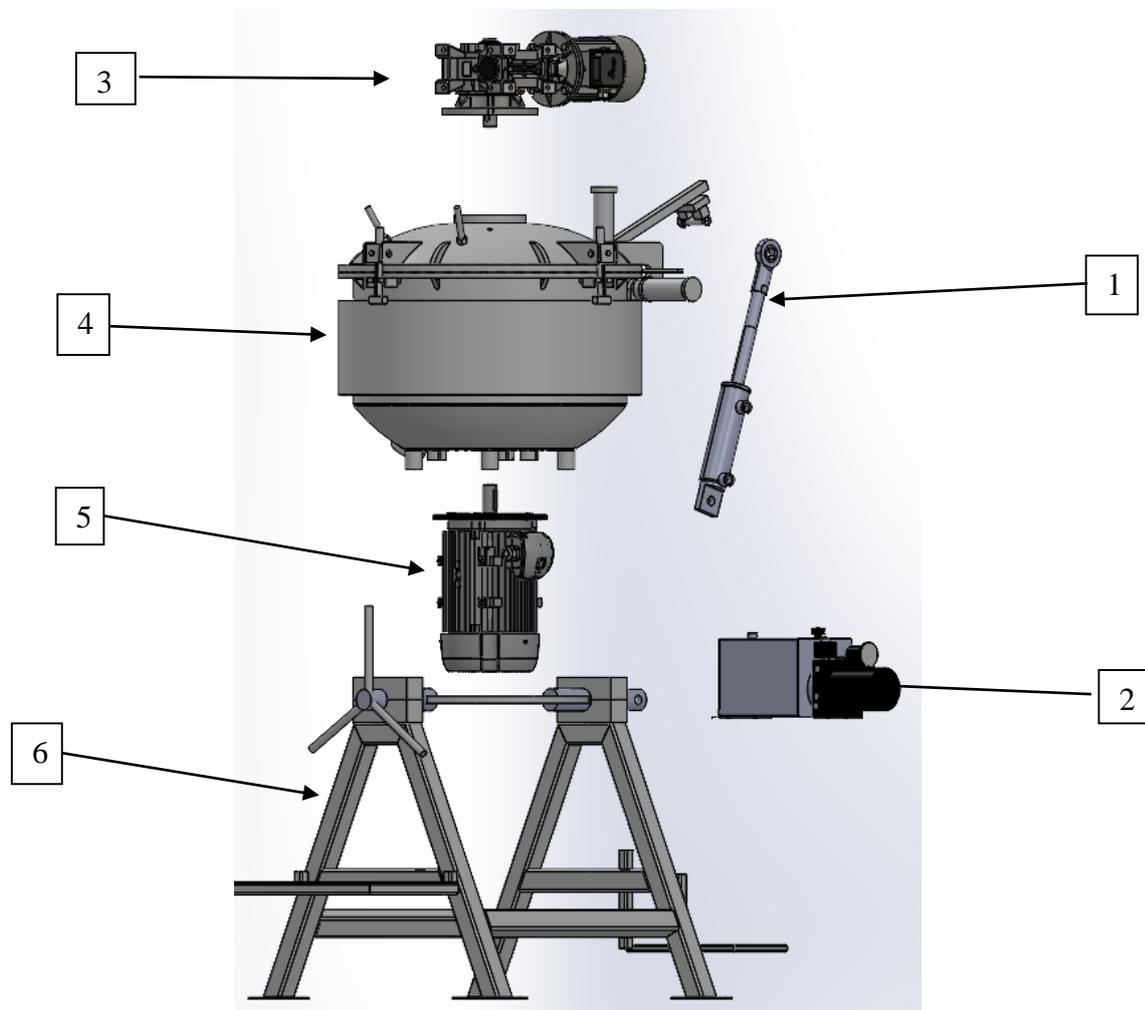


Figure II 6: organes extérieur du cuiseur

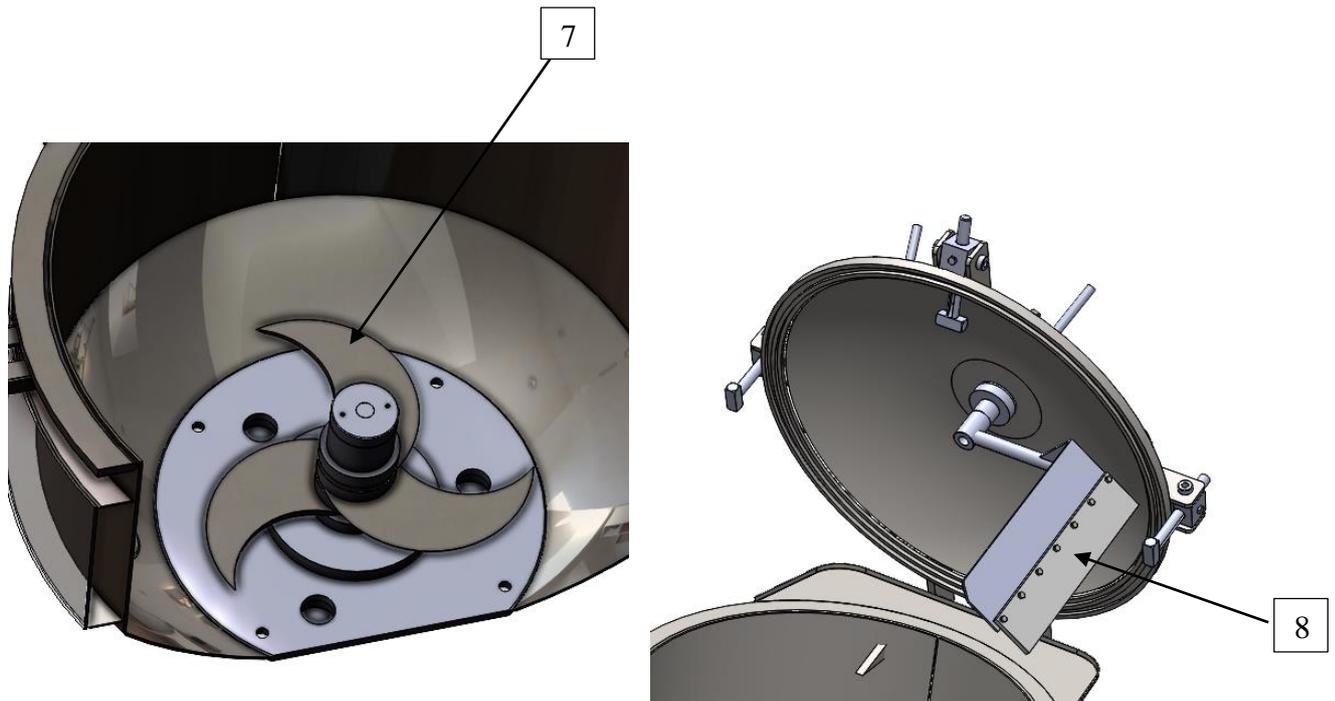


Figure II 7: organes intérieur du cuiseur

numéro	nom
1	Vérin hydraulique
2	Pompe hydraulique
3	Motoréducteur racleur
4	Cuve de cuisson/mélange
5	Moteur électrique couteaux
6	Châssis portant de la machine
7	Couteaux à trois lames
8	Racleur

Tableau 1 organes du cuiseur

II.6.1 Vérin et pompe hydraulique

Le vérin hydraulique sert à ouvrir le couvercle du cuiseur facilitant le travail des ouvriers. Ce dernier est fixé sur le couvercle et le châssis par 2 boulons, alimenté par une pompe hydraulique électrique.



Figure II 8 moteur et pompe hydraulique

II.6.2 La Cuve

La cuve est un système destiné à contenir les fluides à mélanger. On trouve une multitude d'architecture selon la forme, la disposition et la capacité de l'installation.

Les formes :

- Conique
- Cylindrique à fond bombé
- Cylindrique à fond conique
- Cylindrique à fond plat

Les dispositions :

- Verticale
- Horizontale
- Incliné

Le choix de la forme de cuve à fond bombé est pris en compte parce qu'il assure une bonne répartition des pressions internes et externes. Ce qui permet d'éliminer d'une manière significative les zones de concentration de contraintes trouver dans les cas des cuves à fond plat et à fond conique.

La cuve se compose de plusieurs composants assemblés entre eux par un soudage autogène.

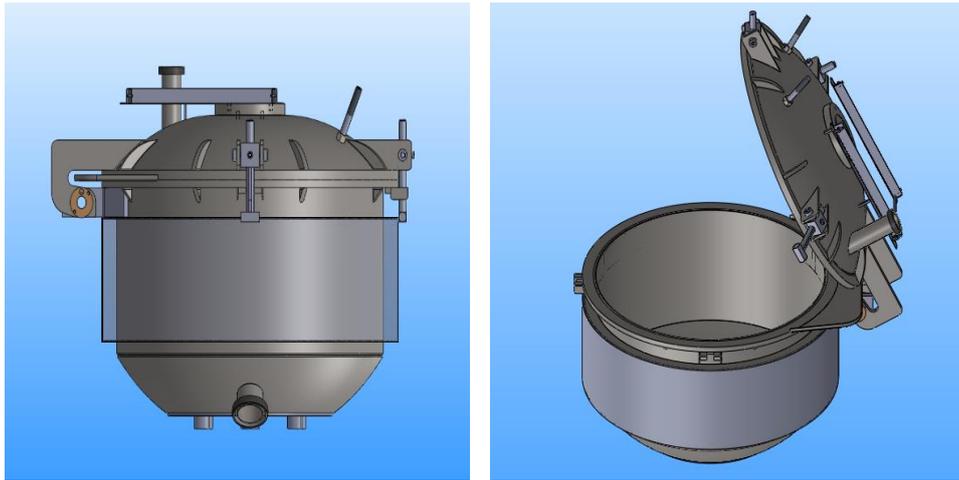


Figure II 9 cuve cuiseur

II.6.3 Châssis

Le châssis sert de support au mélangeur. Il est fabriqué de tube carré en acier inoxydable 304L. Il comporte deux paliers secs, deux axes, une tôle ronde où le moteur et la cuve seront fixer, un support pour la pompe hydraulique ainsi qu'un marchepied pour le chargement des produits et quatre traverses pour assurer une bonne stabilité.

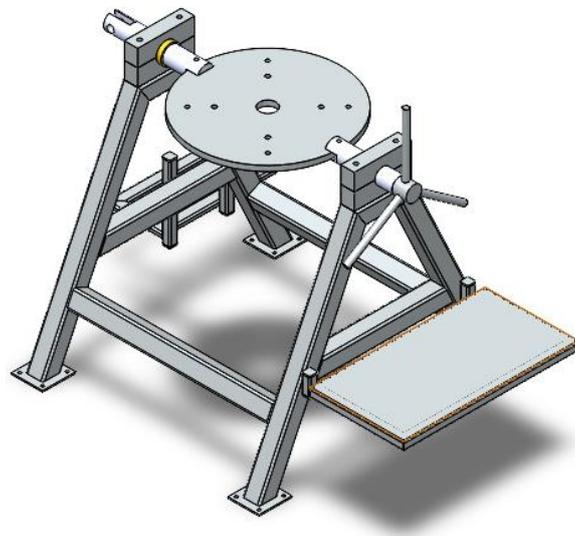


Figure II 10 châssis de la machine

II.6.4 Couteaux mélangeur

Les couteaux jouent un rôle primordial pour assurer une préparation efficace et homogène des aliments, L'agitation du matériau est essentielle pour assurer un mélange et une homogénéisation efficaces lors du processus de coupe ou de mélange. La position du couteau par rapport à la base du bol joue un rôle crucial dans la création de ce mouvement de mélange.

La pointe du couteau doit être horizontale par rapport à la base du bol [7]. Lorsque la zone polie biseautée du couteau est positionnée face à la base du bol, elle crée un flux laminaire du matériau qui circule de manière fluide. Cela permet d'éviter la formation de zones mortes ou de zones avec peu de mouvement, assurant ainsi une agitation homogène de l'ensemble du contenu du bol. On cite quelques caractéristiques recommandées par les fabricants des cuiseurs :

- **Forme** : Les couteaux sont généralement de forme plate ou plate avec une extrémité arrondie. Cette forme permet une meilleure circulation et un mouvement tourbillonnaire du contenu dans le bol.
- **Matériau** : Les couteaux sont en acier inoxydable de haute qualité, résistant à l'usure et facile à aiguiser. Cela assure une coupe précise et efficace sur une longue durée.
- **Tranchant** : Le tranchant du couteau est soigneusement affilé pour permettre une découpe nette et sans effort des ingrédients, évitant l'écrasement ou la déchirure.
- **Positionnement** : Comme mentionné précédemment, l'angle et la position du couteau par rapport au bol sont essentiels pour obtenir le mouvement de mélange souhaité.
- **Nombre de lames** : Certains appareils utilisent plusieurs couteaux disposés à différents niveaux pour optimiser la circulation et le mélange dans le bol. [9]

Selon les exigences des clients les cuiseurs peuvent être équipées de couteaux à deux ou bien à trois lames :

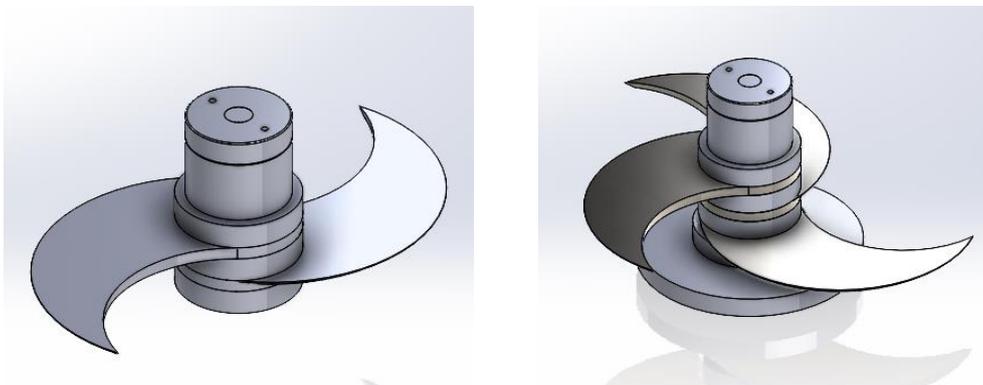


Figure II 11 couteaux du cuiseur

II.6.5 Racleur

Les racleurs jouent donc un rôle clé dans l'amélioration de l'efficacité de mélange et de la qualité de préparation dans les cuiseurs, en complément des couteaux de coupe. Ils empêchent la formation de zones mortes ou de stagnation dans le bol, maintenant une circulation continue des ingrédients pour obtenir un mélange homogène et une texture uniforme. Ils optimisent également l'efficacité du mélange en grattant constamment les parois, s'assurant que tous les ingrédients soient bien incorporés. De plus, les racleurs évitent les collisions entre les lames de coupe et les ingrédients, prévenant ainsi les blocages et les dommages à l'appareil. Enfin, ils maintiennent les parois du bol propres pendant le processus de mélange, évitant l'accumulation de résidus qui pourrait contaminer les préparations suivantes.

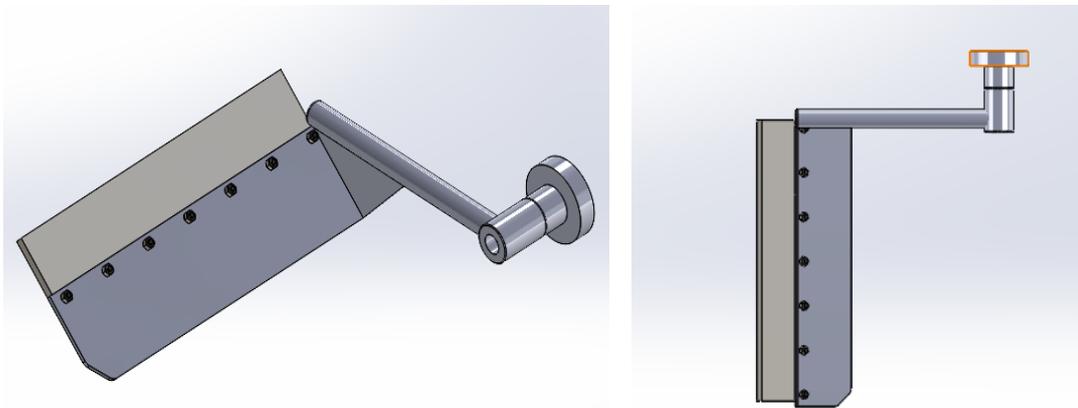


Figure II 12 Racleur

II.6.6 Motoréducteur

Le motoréducteur est un ensemble constitué d'un réducteur de vitesse équipé d'un moteur électrique et prêt à être monté sur les installations. Le rôle du motoréducteur est d'assurer la rotation du racleur à une vitesse de 20tr/min.



Figure II 13 : motoréducteur

II.6.7 Moteur électrique

Pour l'entraînement des couteaux mélangeur les cuiseurs de capacités variantes de 90 à 200 litres sont équipés d'un moteur asynchrone triphasé de 15KW (20cv) avec ou sans un variateur de vitesse programmable selon l'exigence du client. Dans le contexte de la fabrication de fromage fondu, où les équipements fonctionnent de manière intensive, l'utilisation de moteurs IE3 (rendement premium) peut apporter des avantages significatifs en termes d'économies d'énergie, de durabilité et de performance environnementale par rapport aux classes inférieures.



Figure II 13 moteur 15kw

Au sein des ateliers de GD TRADING les moteurs électriques subissent des modifications au niveau du rotor ou l'axe de sortie est coupé et remplacé par un axe en acier inoxydable 316L plus longs et accommodés à fixer le couteau par un filetage :



Figure II 14 axe moteur modifié

II.7 Calcul de la motorisation

II.7.1 Choix du moteur couteau

Pour choisir le moteur adéquat on procède en premier à calculer la force pressante sur les lames du couteau ensuite en déduire le couple, la puissance utile et la puissance nominale et comparer les résultats.

- **La force pressante** : est la force qui modélise l'action des particules d'un fluide sur les parois du récipient qui le contient, sa direction est perpendiculaire à la paroi et sa valeur dépend de la pression du fluide et de la surface de contact d'après la formule suivante :

$$\mathbf{F} = \mathbf{P} \times \mathbf{S}$$

Avec :

- **P** : Pression du fluide
- **S** : Surface de contact

La force sera représentés sur l'arrête tranchante du lame comme suit :

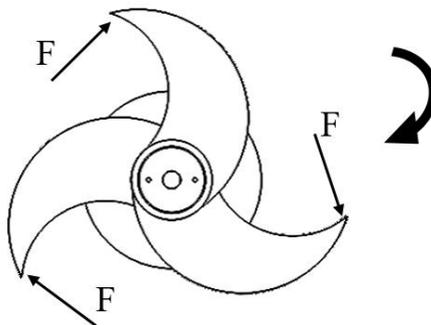


Figure II 15 force pressante

Donnée :

Dans un cuiseur pour la fabrication de fromage fondu, la pression de fonctionnement typique est de 1.5 bar soit 150000 pascal.(1)

La Surface de contact :

La surface de contact sera la surface de l'arrête tranchante de la lame avec :

- Longueur de la lame : $l = 260 \text{ mm}$
- Epaisseur de la lame : $e = 3 \text{ mm}$

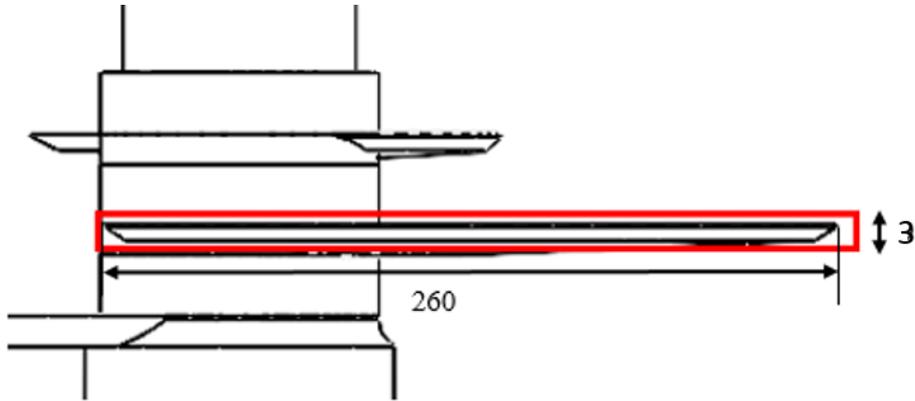


Figure II 16 représentation de la surface

La surface est donc calculée par :

$$S = l \times e \quad (2)$$

AN:

$$S = 260 \times 3 \Rightarrow S = 780 \text{ mm}^2 \Rightarrow 0.00078 \text{ m}^2$$

Avec (1) et (2) on peut calculer la force pressante sur une lame :

$$F = P \times S$$

AN:

$$F = 150000 \times 0.00078 \Rightarrow F = 117\text{N}$$

Donc la force pressante pour une seule lame du couteau est $F = 117\text{N}$

Vu que notre system dispose de 3 lames on déduit la force pressante sur les 3 lames de la façon suivante :

$$F_n = F \times n$$

Avec n : nombre de lames

AN:

$$F_n = 117 \times 3 \Rightarrow F_n = 351\text{N}$$

- **Couple de fonctionnement :**

Pour calculer le couple exercé sur chaque lame on utilise la relation suivante :

$$\mathbf{C} = \mathbf{F} \times \mathbf{d}$$

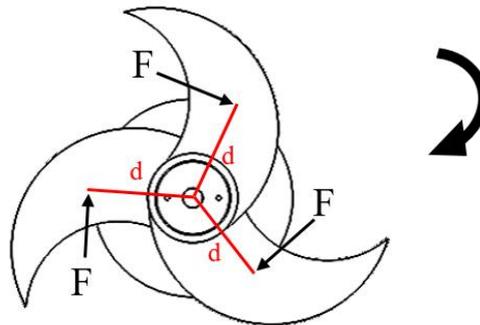


Figure II 17 force et bras de levier

- f : force pressante sur une lame : $\mathbf{F} = 117\text{N}$
- d : bras de levier : $\mathbf{d} = \frac{l}{2} \Rightarrow \mathbf{d} = 0.13\text{m}$

AN: $\mathbf{C} = 117 \times 0.13 \Rightarrow \mathbf{C} = 15.21\text{N.m}$

Donc pour calculer le couple de fonctionnement on multiplie par le nombre de lames n

$$\mathbf{C}_f = \mathbf{C} \times \mathbf{n}$$

AN: $\mathbf{C}_f = 15.21 \times 3 \Rightarrow \mathbf{C}_f = 45.63 \text{ N.m} \simeq 46 \text{ N.m}$

- **Puissance moteur:**

Avant de calculer la puissance du moteur, on doit calculer la puissance utile du système :

$$\mathbf{P}_u = \frac{\mathbf{C} \times \mathbf{N}}{9550}$$

Remarque : Dans l'industrie, pour les cuiseurs sans variateur de vitesse, la vitesse de rotation du couteau est de 1400 tr/min afin d'obtenir une bonne homogénéité du produit. On prend donc la vitesse de rotation $\mathbf{N} = 1400 \text{ tr/min}$

AN:

$$P_u = \frac{46 \times 1400}{9550} \Rightarrow P_u = 6.74 \text{ kw}$$

La puissance du moteur sera calculée par la relation suivante :

$$P_m = \frac{P_u \times F_s}{\eta}$$

Remarque :

- le rendement des moteurs électriques de classe d'efficacité énergétique IE3 (Premium Efficiency) est $\eta = 0.92$ [10]
- Pour le calcul de la puissance nominale nécessaire, il faut prendre en considération les caractéristiques de la machine et de sa motorisation, on multiplie P_u par le facteur de service F_s , dans le cas du cuiseur avec un temps de fonctionnement moyen 3 à 10 heures/jour, $F_s = 1.25$

$$\text{AN: } P_m = \frac{6.74 \times 1.25}{0.92} = 9.15 \text{ kw}$$

• **Choix du moteur :**

Ainsi on se réfère au catalogue des moteurs de la marque italienne SEIPEE vue leurs disponibilités sur le marché algérien et donc d'après les résultats de calculs ci-dessus, nous avons choisi un moteur avec :

Vitesse nominale : N = 1465 tr/min

Puissance nominale : P = 11 KW

Couple nominale : C= 71.7 N.m

Désignation : 132Mc 4 B5

II.7.2 Choix du motoréducteur pour racleur :

- **Calcul de la puissance consommée :**

La puissance dissipée, P_d (W), dans le fluide, correspond à la puissance totale transmise à l'axe du mobile d'agitation, c'est-à-dire la puissance nécessaire à l'entraînement du mobile d'agitation [11]. Dans notre cas le racleur :

$$P_d = N_p \times \rho \times \omega^3 \times D^5$$

Ou :

- N_p est le nombre de puissance du système d'agitation ou encore le coefficient de traînée du mobile d'agitation dans le fluide.
- ρ est la masse volumique du fluide (kg/m³)
- ω est la vitesse de rotation du mobile d'agitation (tr/s)
- D est le diamètre du mobile d'agitation (m)

Le nombre de puissance du mobile d'agitation, N_p , dépend d'un grand nombre de variables telles que des caractéristiques physico-chimiques du fluide, des caractéristiques dynamiques ou cinématiques et des caractéristiques du système d'agitation en lui-même. [12]

Pour les calculs pratiques et la modélisation du comportement rhéologique du fromage fondu, il est courant d'utiliser un modèle de fluide non-newtonien, ce qui indique un comportement pseudo plastique (ou fluidifiant par cisaillement). D'après [13] il est possible de calculer le nombre de puissance par l'utilisation des paramètres géométriques l'expression de calcul est comme suit :

$$N_p = \pi \times \frac{A}{D^2} \times \left(\frac{T}{D}\right)^2 \times \left[\frac{4\pi}{n \times ((T/D)^2/n - 1)}\right]^n \quad [13]$$

- A : surface de l'agitateur
- T : le diamètre de la cuve
- D : diamètre de l'agitateur
- n : indice de comportement du fluide

Pour déterminer l'indice de comportement exact du fromage fondu en cours de préparation, des mesures rhéologiques précises sont nécessaires. Ces mesures impliquent l'utilisation de rhéomètres pour appliquer un cisaillement contrôlé et enregistrer la réponse du matériau. Les résultats permettent de déterminer les valeurs de n . [14]

Données :

- Pour les calculs pratiques concernant le fromage fondu, on utilise un indice de comportement $n = 0.5$ [14]
- $A = 0.0585 \text{ m}^2$
- $D = 0.72 \text{ m}$
- $T = 0.8 \text{ m}$

AN:

$$N_p = \pi \times \frac{0.0585}{0.72^2} \times \left(\frac{0.8}{0.72}\right)^2 \times \left[\frac{4\pi}{0.5 \times ((0.8/0.72)^{2/0.5} - 1)} \right]^{0.5} \Rightarrow N_p = 3.03$$

Ainsi on peut donc calculer la puissance dissipée :

$$P_d = N_p \times \rho \times w^3 \times D^5$$

$$N_p = 3.03$$

$$\rho = 1100 \text{ Kg/m}^3$$

$$w = 0.8 \text{ tr/s}$$

$$D = 0.72 \text{ m}$$

AN:

$$P_d = 3.03 \times 1100 \times 0.8^3 \times 0.72^5 \Rightarrow P_d = 330.19 \text{ W} \simeq 331 \text{ W}$$

- **Puissance moteur :**

D'après la relation :

$$P_m = \frac{P \times F_s}{\eta}$$

Avec :

- $P = 331 \text{ W}$

- $F_s = 1.25$

- $\eta = 0.72$

AN:

$$P_m = \frac{331 \times 1.25}{0.72} \Rightarrow P_m = 574.65 \text{ W} \simeq 575 \text{ W}$$

- **Choix du réducteur :**

D'après les résultats de calculs ci-dessus, nous avons choisi un moteur depuis le catalogues moteur de la marque VEMAT de :

Vitesse nominale : N = 1400 tr/min

Puissance nominale : P = 0.75 KW

Désignation : VTB 80B

La vitesse de rotation de vis nécessaire est de 50 tr/min, et puisque la vitesse du moteur est égale à 1400 tr/min, le choix de réducteur est assez simple, il suffit de calculer le rapport de réduction nominale :

$$i_n = \frac{N}{N_2}$$

AN:

$$i_n = \frac{1400}{50} \Rightarrow i_n = 28$$

Le réducteur roue et vis référenciée (**CM050U301925B5200**) de la marque Transtecno remplit suffisamment nos besoins et justifie notre choix. [15]

FICHE TECHNIQUE

Marque	TRANSTECNO
Réducteur	CM050
Réduction	30
Ø arbre d'entrée	19
Ø arbre creux	25
Bride	B5
Ø bride	200
Poids	3 kg

Figure II 18 fiche technique du reducteur choisi. [15]

Chapitre III Modélisation, conception et simulation

III.1 Introduction

La modélisation est une phase primordiale dans notre étude qui permet de concrétiser l'idée préliminaire. Dans ce chapitre on entame la conception géométrique du modèle étudié à l'aide du logiciel CAO Solidworks.

III.2 La modélisation

III.2.1 Définition

Établir le modèle ou la description simplifiée d'un phénomène, d'un processus ou d'un système, en vue d'en étudier le fonctionnement par simulation, [16].

La notion de modélisation peut être définie comme étant, une présentation théorique susceptible de représenter aussi fidèlement que possible le comportement d'un système physique réel existant. Avec le développement actuel de l'outil informatique, cette modélisation est devenue intégralement numérique où deux volets principaux se distinguent, à savoir :

- La Modélisation Géométrique, qui consiste à reproduire graphiquement la forme géométrique d'un objet donné.
- La Modélisation Mécanique, qui consiste à représenter le comportement d'un objet solide vis-à-vis des charges appliquées sur lui.

III.2.2 Modélisation Géométrique :

Définition de la CAO : La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des outils et des techniques informatiques qui permettent d'assister les concepteurs dans la conception et la mise au point d'un produit, [17].

Les domaines d'utilisation de la modélisation (CAO) en industrie mécanique sont mentionnés dans la figure suivante :

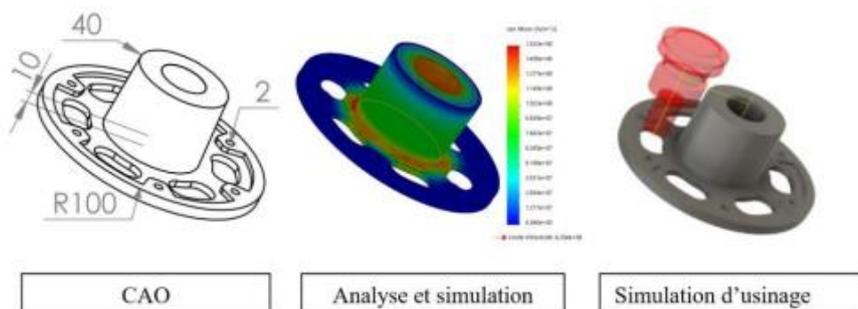


Figure III 1: domaines d'utilisation de la CAO.

III.3 Les conceptions

III.3.1 Conception de la cuve

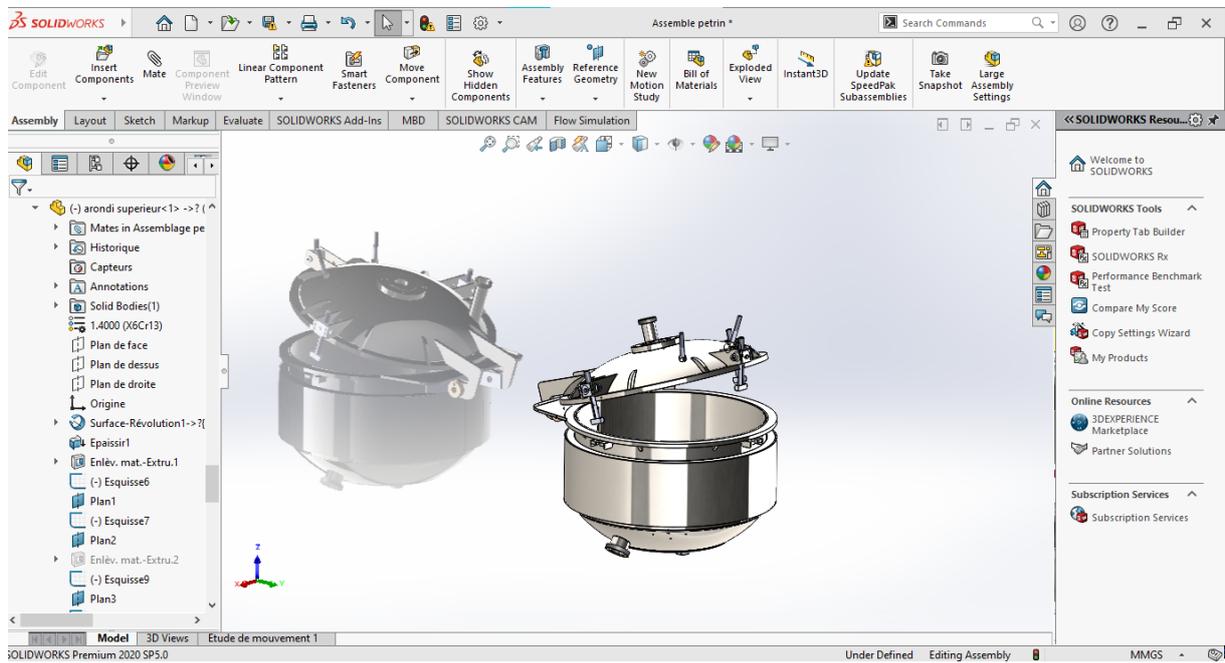


Figure III 2 CAO de la cuve du cuiseur

La conception de la cuve sera divisée en 3 parties :

- Les parois de la cuve ainsi que le fond bombé
- Le couvercle et ses accessoires
- Le système de fermeture et de fixation du couvercle

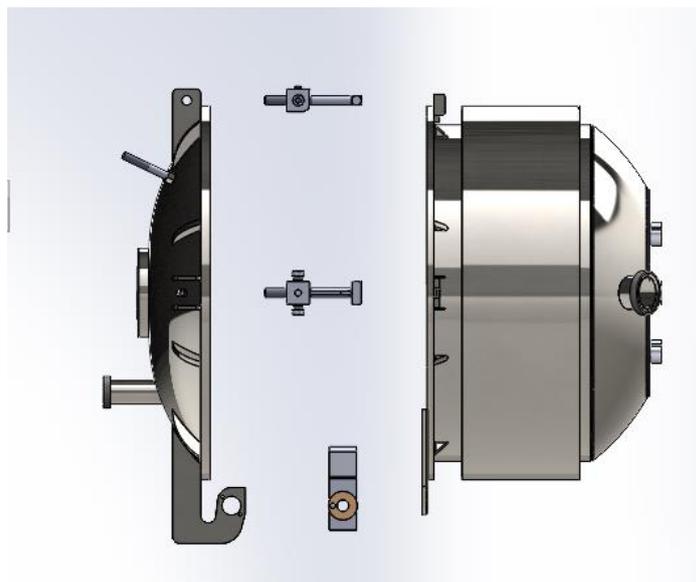


Figure III 3 élément assemblé de la cuve

- Les parois de la cuve, le fond bombé

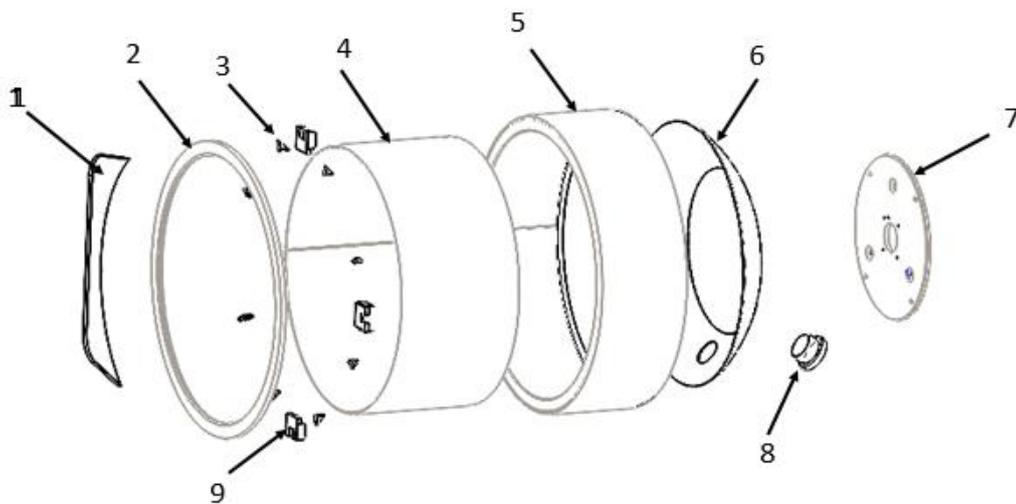


Figure III 4 vue explosive de la cuve

Numéro	Quantité	nom
1	1	Pièce grattoir
2	1	Pièce
3	10	Renfort 5
4	1	Tôle plié
5	1	Tôle 2eme couche
6	1	Fond bombé
7	1	Tôle ronde de base
8	1	Pièce de vidange
9	5	Support de fermeture

Tableau III 1 composants de l'assemblage cuve

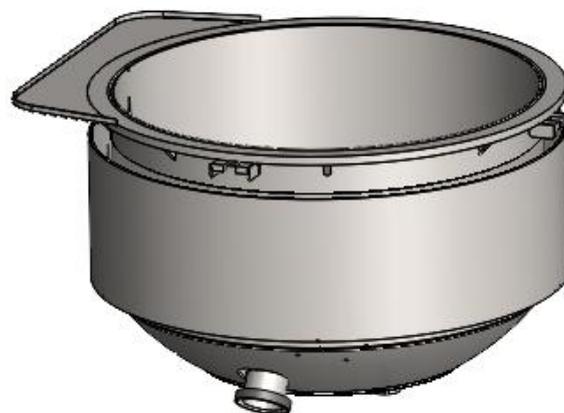


Figure III 5 CAO de la cuve

- **Le couvercle et ses accessoires**

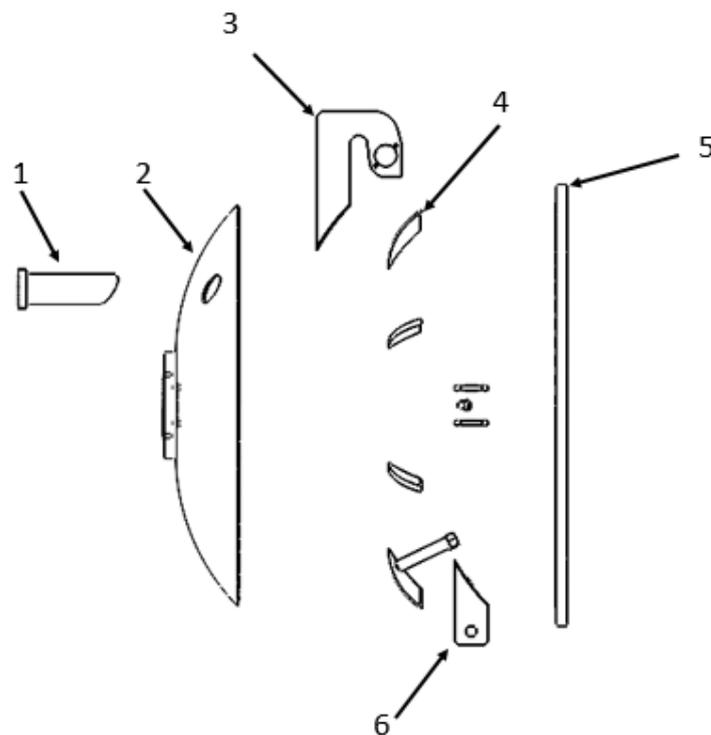


Figure III 6 vue explosive du couvercle

Numéro	Quantité	nom
1	1	Tube décharge vapeur
2	1	Tôle bombé
3	2	Bras de fixation
4	10	Renfort rond
5	1	Couvercle supérieur
6	8	Plaque de fixation

Tableau III 2 éléments du couvercle

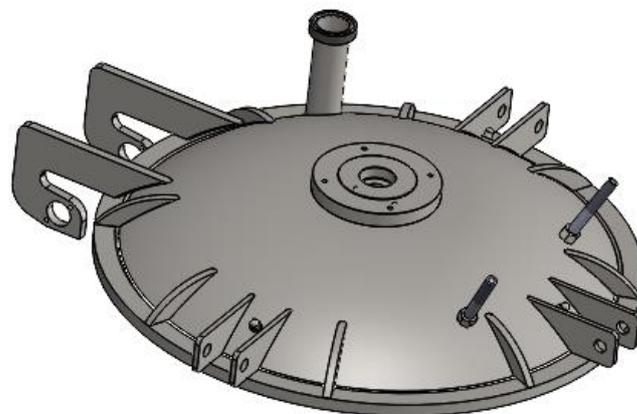


Figure III 7 CAO du couvercle

- système de fermeture et de fixation du couvercle

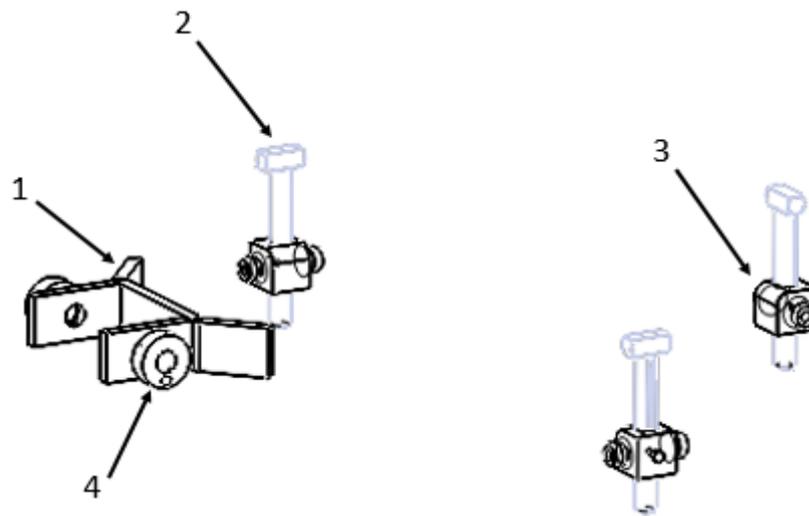


Figure III 8 vue explosive

Numéro	Quantité	nom
1	1	Support couvercle
2	3	Vis long pour fermeture
3	3	Support de fermeture
4	2	Bague

Tableau III 3 composante systeme de fermeture

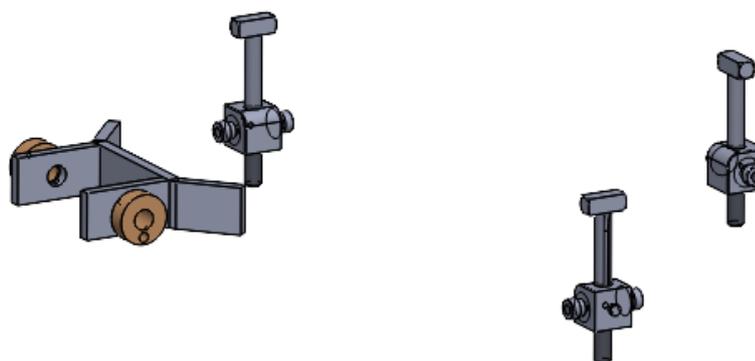


Figure III 9 CAO système fermeture et support

III.3.2 Conception du châssis

- **Le modèle filaire** : Réalisé à l'aide des esquisses 2D pour chaque plan, puis raccordé par une esquisse 3D. la figure représente le modèle filaire d'un des pieds du châssis.

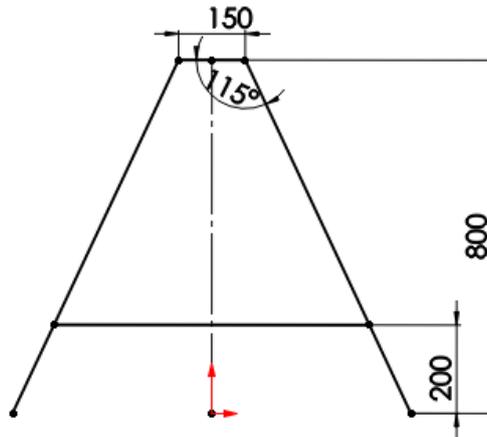


Figure III 10 représentation de l'un des pieds du châssis

- **Construction soudée « weldment » :**

Le logiciel SW contient des fonctions qui permettent de créer des constructions soudées d'une façon très pratique, à l'aide des profilés disponibles dans le logiciel ou personnalisés par l'utilisateur et qui peuvent être ajoutés à la bibliothèque SW pour les utiliser plusieurs fois.

La fonction de mécano-soudée permet de concevoir une structure soudée comme une seule pièce multi-corps. Il faut d'abord utiliser des esquisses pour définir la forme de la structure de base (le modèle filaire) avant d'ajouter les profilés désirés. Des goussets, des embouts ...etc., peuvent également être ajoutés. En utilisant les outils de la barre d'outils "Structure de soudure", [18].

Profilés utilisés :

Profilés utilisés :	Modélisations 2D	Modélisations 3D
Tube carré		

Tableau III 4 profilés utilisés pour la construction soudée du châssis

Le résultat est donc comme suit :

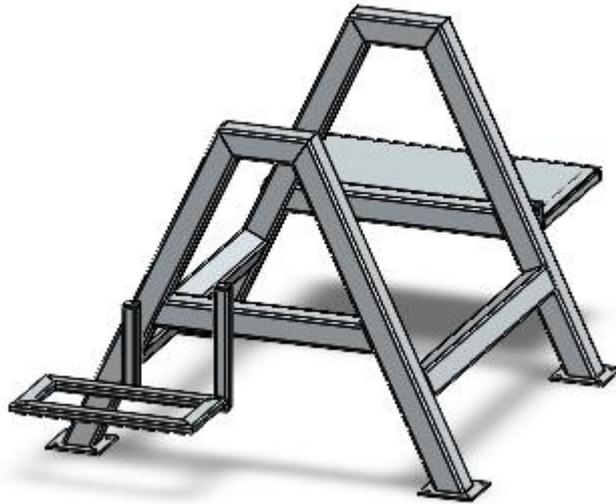


Figure III 11 le modele volumique du chassis

III.3.3 Assemblage final

Les moteurs, vérin et pompe seront importés depuis la librairie en ligne des CAD : GrabCAD

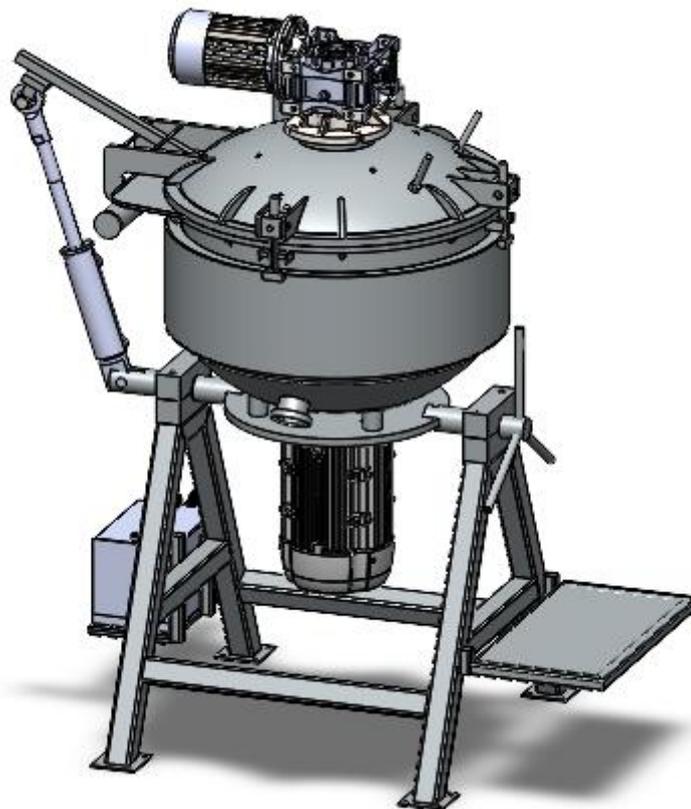


Figure III 12 assemblage finis du cuiseur

III.4 Simulation et résultats

III.4.1 Simulation pression interne de cuisson sur la paroi

Nous avons opté pour Solidworks Simulation comme un outil pour réaliser la simulation statique qui serve à examiner l'aptitude de la paroi interne à supporter la charge de pression et voir si la tôle de 3 mm utilisée résistera

- **Approche utilisée :**

Après plusieurs essais de simulation sur un modèle de cuve fini sous différents logiciels de simulation est pour ce type de simulation qui nécessite un pouvoir de calcul puissant et pour rendre les calculs plus facile et rapide. On va simuler que la tôle pliée de 3mm qui minimise notablement le temps de calculs, en garantissant une précision qui rapproche à celle du modèle volumique.

- **Choix du matériau :**

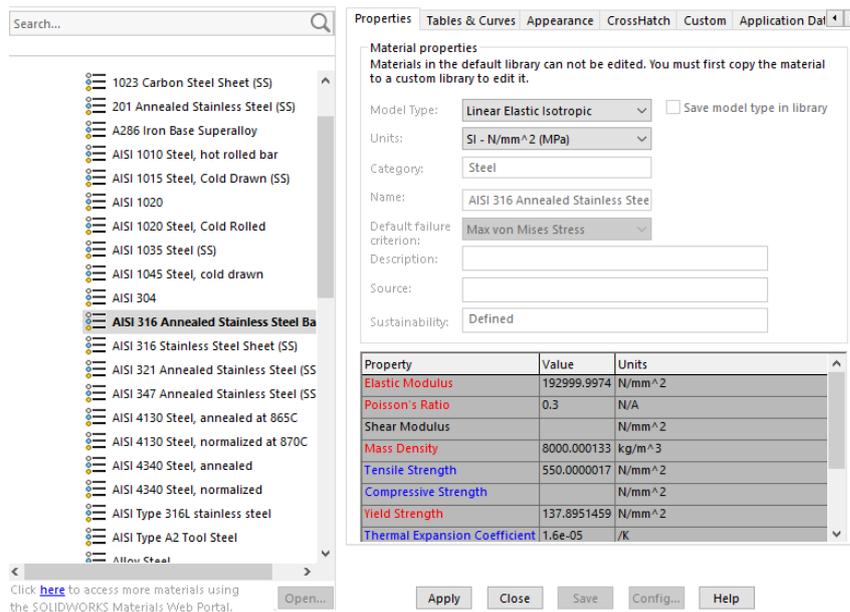


Figure III 13 choix du matériau depuis la librairie solidworks

- **Les conditions aux limites :**

Encastrement sur les deux extrémités de la tôle :

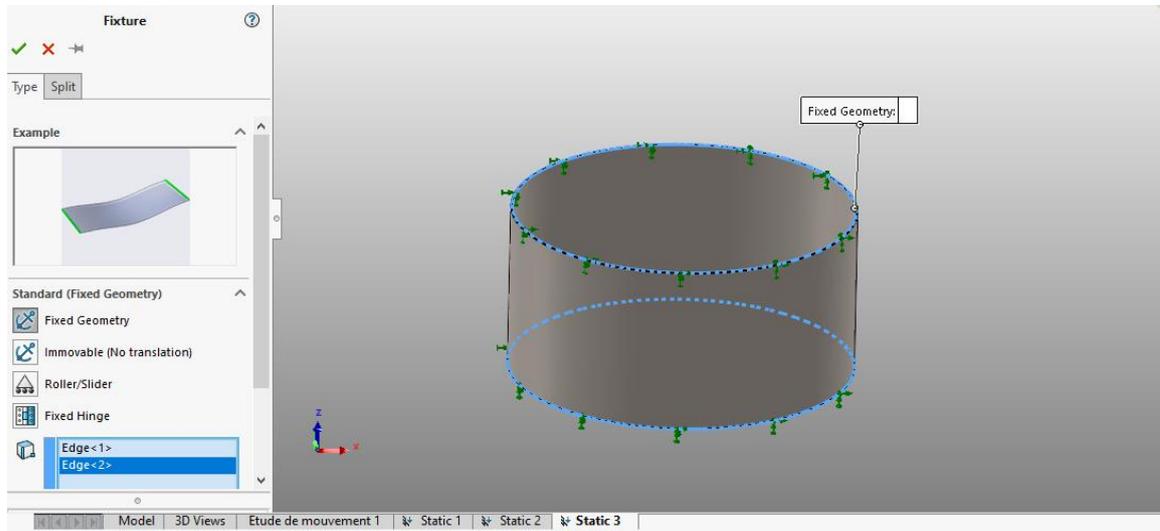


Figure III 14 déplacement imposé

La pression interne : comme indiqué dans le chapitre précédent la pression max de fonctionnement du cuiseur est de $P = 1.5$ bar soit $P = 150000$ pascal.

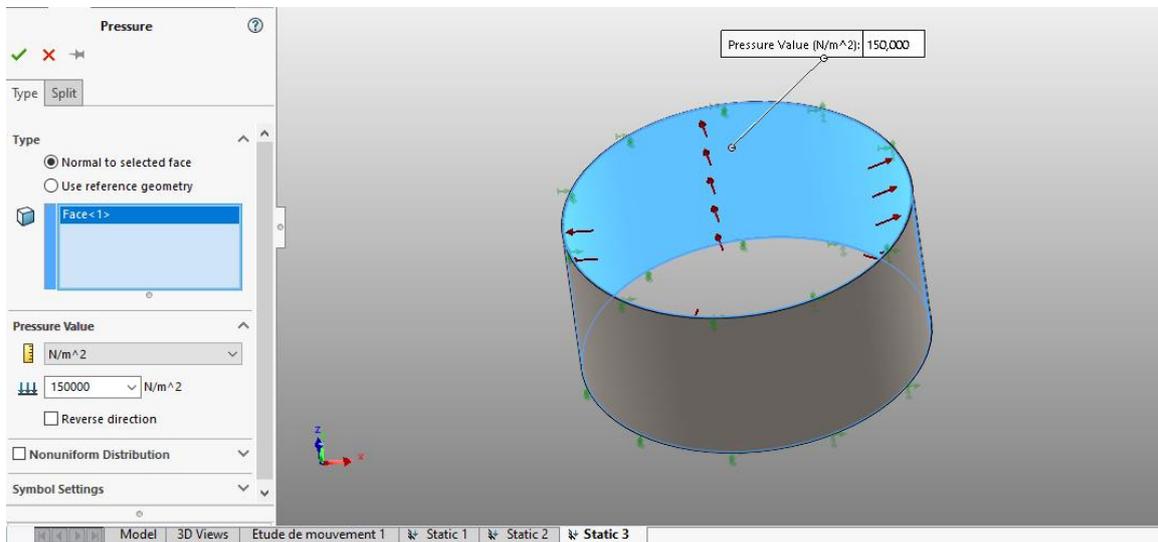


Figure III 15 Application de la pression interne

Le maillage : contient 1372 éléments et 2884 nœuds.

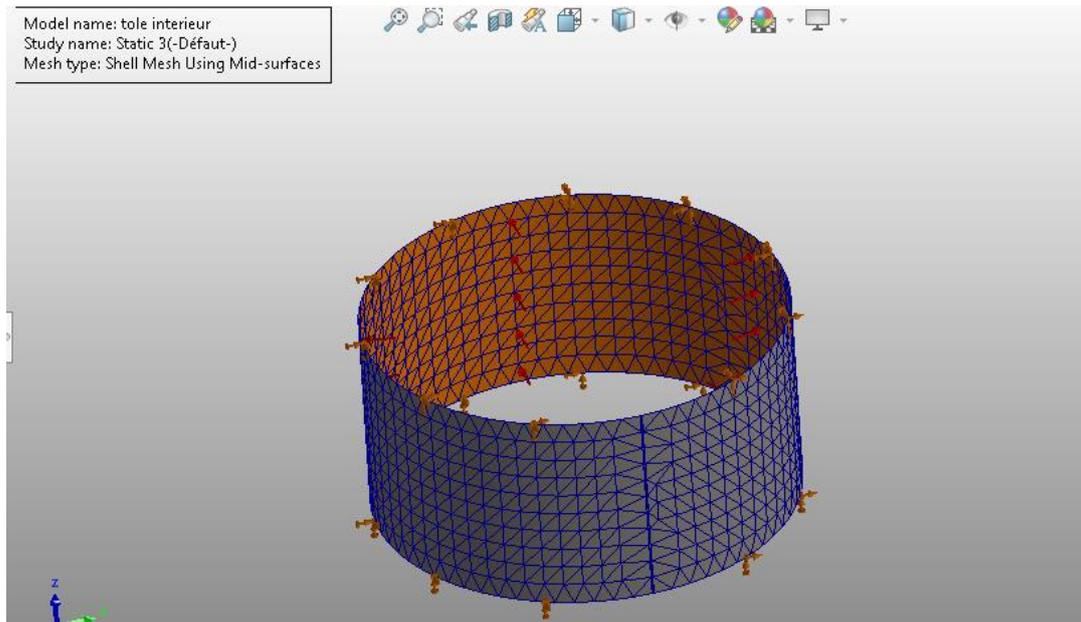


Figure III 16 qualité du Maillage

III.4.2 Résultats et discussion

- **Résultats :**

Pour interpréter les résultats on se réfère à la valeur maximale de la contrainte, si elle dépasse la limite d'élasticité du matériau ceci signifie que la tôle ne résiste pas (on rentre dans la zone des déformations non réversibles). Ensuite on vérifie les valeurs de déplacement et déformation maximales.

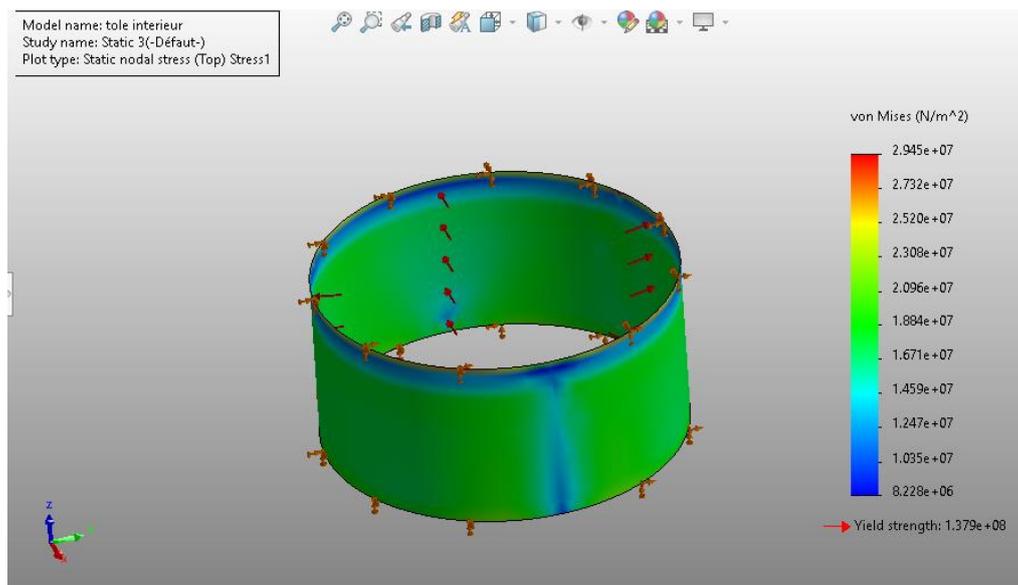


Figure III 17 Contrainte de Von-Mises

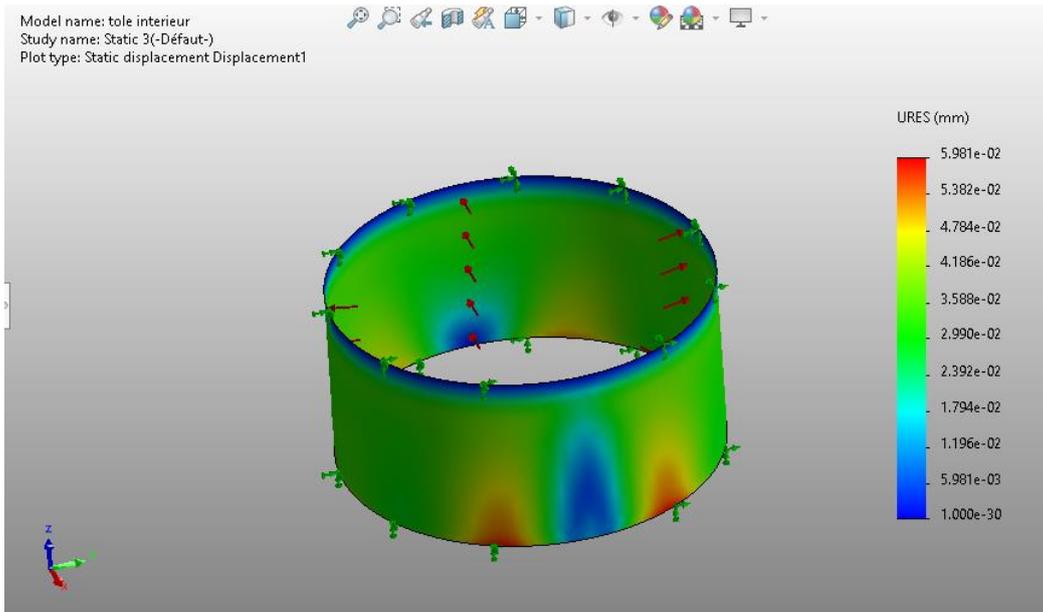


Figure III 18 : Déplacements résultants

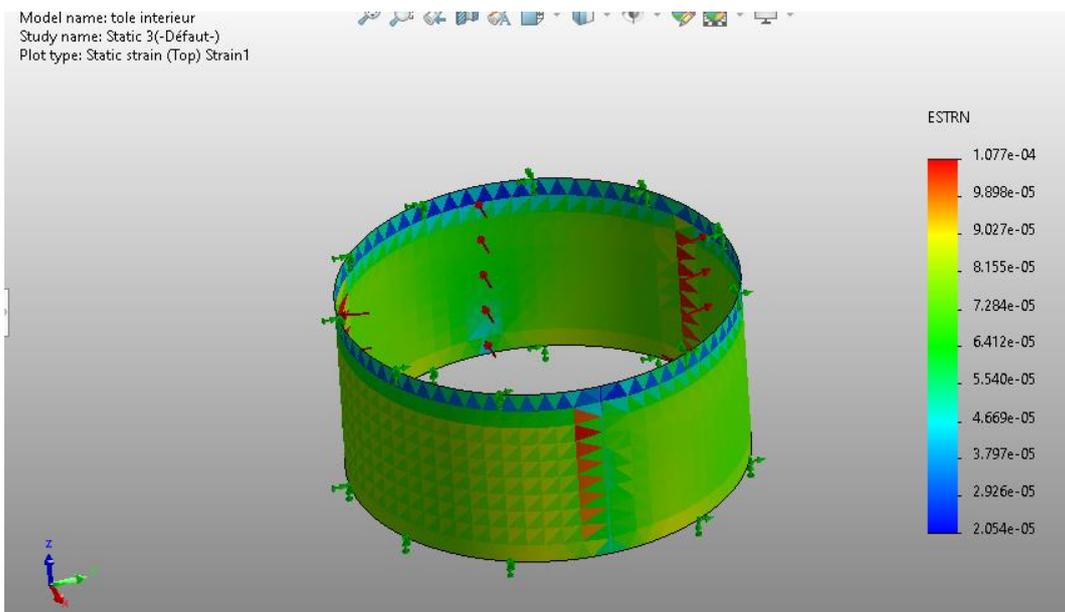


Figure III 19 la déformation sur la paroi

- **Discussion :**

La réaction de la tôle à la pression indique que :

- La contrainte maximale de la zone la plus sollicitée est assez loin de la contrainte limite : Suivant l'équation suivante :

$$\sigma \text{ von Mises} \ll \sigma \text{ limite}$$

$$29.5 \text{ MPA} \ll 193 \text{ MPa}$$

- le déplacement maximal (figure III 18) est de **0.0598mm** un déplacement assez faible que peut subir la tôle donc on peut conclure que c'est un résultat satisfaisant.
- La déformation maximale de la tôle (figure III 19) est **$1.077 \cdot 10^{-4} \text{ mm}$** , une petite déformation.

III.4.3 Vérification du châssis

Pour le châssis nous avons optés pour ANSYS workbench.

- **Hypothèses de simulation :**

- L'étude de simulation se limite sur le châssis étant l'élément le plus sollicité.
- Les autres éléments (le moteur, le siège et la tôle) vont être remplacés par leurs charges équivalentes (masses).
- Le marchepied et le support de la pompe hydraulique seront ignoré afin de minimiser le temps de calcul et éviter les bugs ordinateur.
- Le châssis est supposé fixe.

- **Propriétés du matériau :**

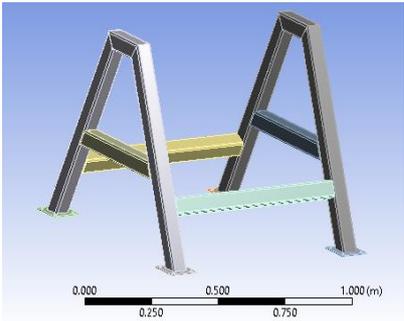
Reference du modèle	Propriétés	Composants
	<p>Nom : AISI 304</p> <p>Type de modèle : Linear Elastic Isotropic</p> <p>Critère de défaillance par défaut : Max von Mises Stress</p> <p>Limite d'élasticité : $2,06807e+08 \text{ N/m}^2$</p> <p>Resistance à la traction : $5,17017e+08 \text{ N/m}^2$</p> <p>Module d'élasticité : $1,9e+11 \text{ N/m}^2$</p> <p>Rapport de poisson : 0,29</p> <p>Densité de Masse : $8\ 000 \text{ kg/m}^3$</p> <p>Module de cisaillement : $7,5e+10 \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficient de dilatation thermique : $1,8e-05 /\text{Kelvin}$</p>	Chassis

Tableau III 4 propriétés du matériau

- Les conditions aux limites :

Fixation du châssis

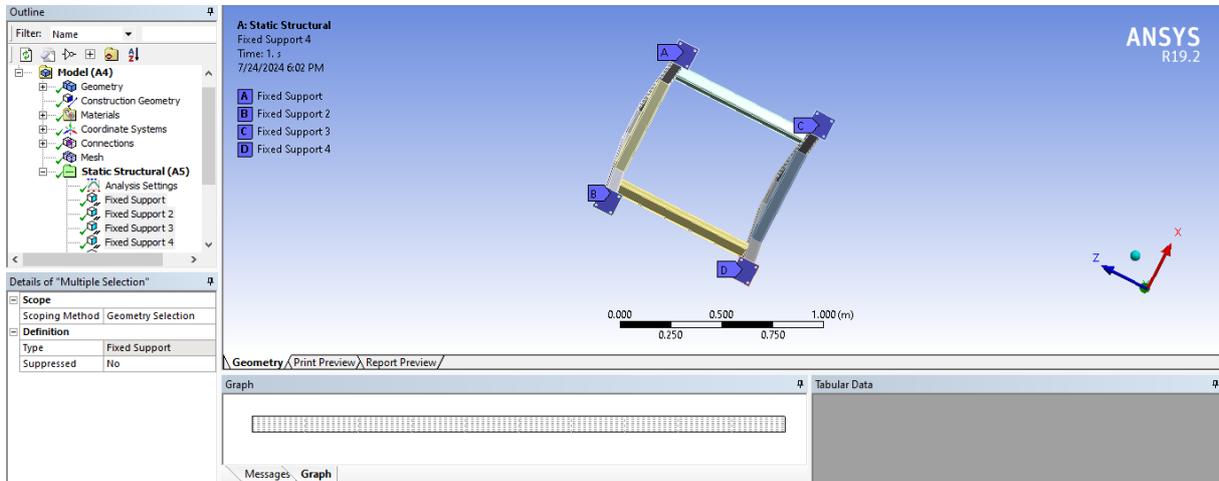


Figure III 20 châssis fixe

- La charge sur les paliers :

La masse de la cuve est les organes seront remplacés par leur charge équivalent égale a 170kg donc 1700N reparti sur les deux extrémités donc 850N de chaque coté :

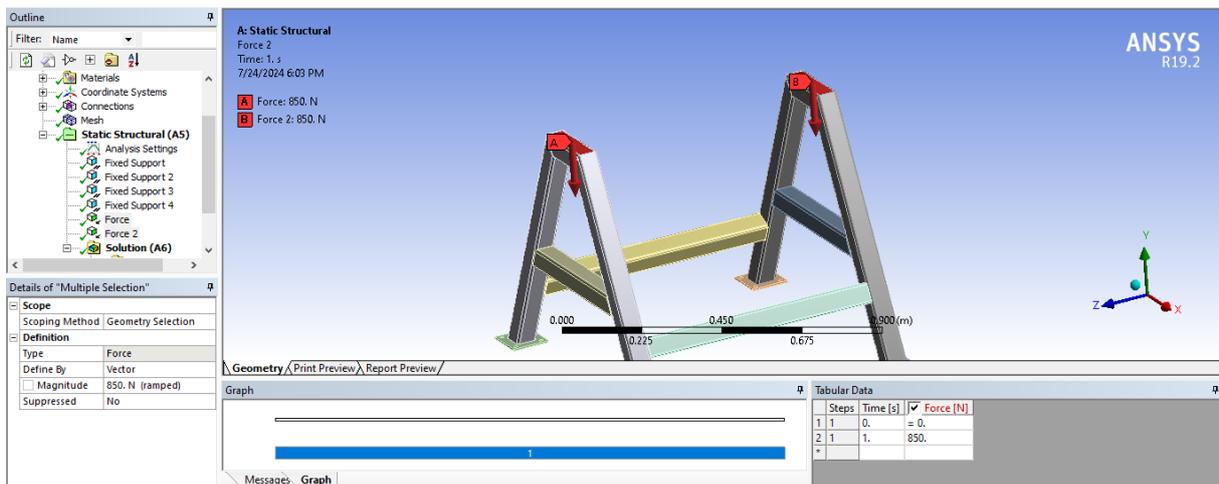


Figure III 21 charge appliqués

III.4.4 Résultats et discussion :

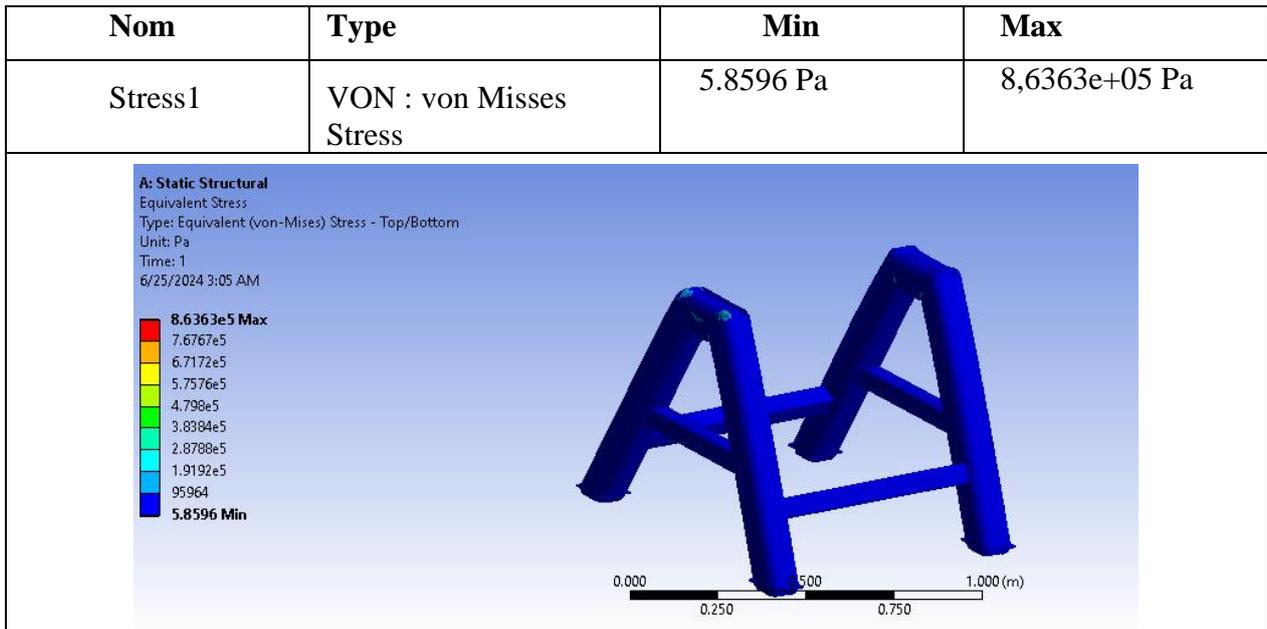


Tableau III 5 Von misses stress

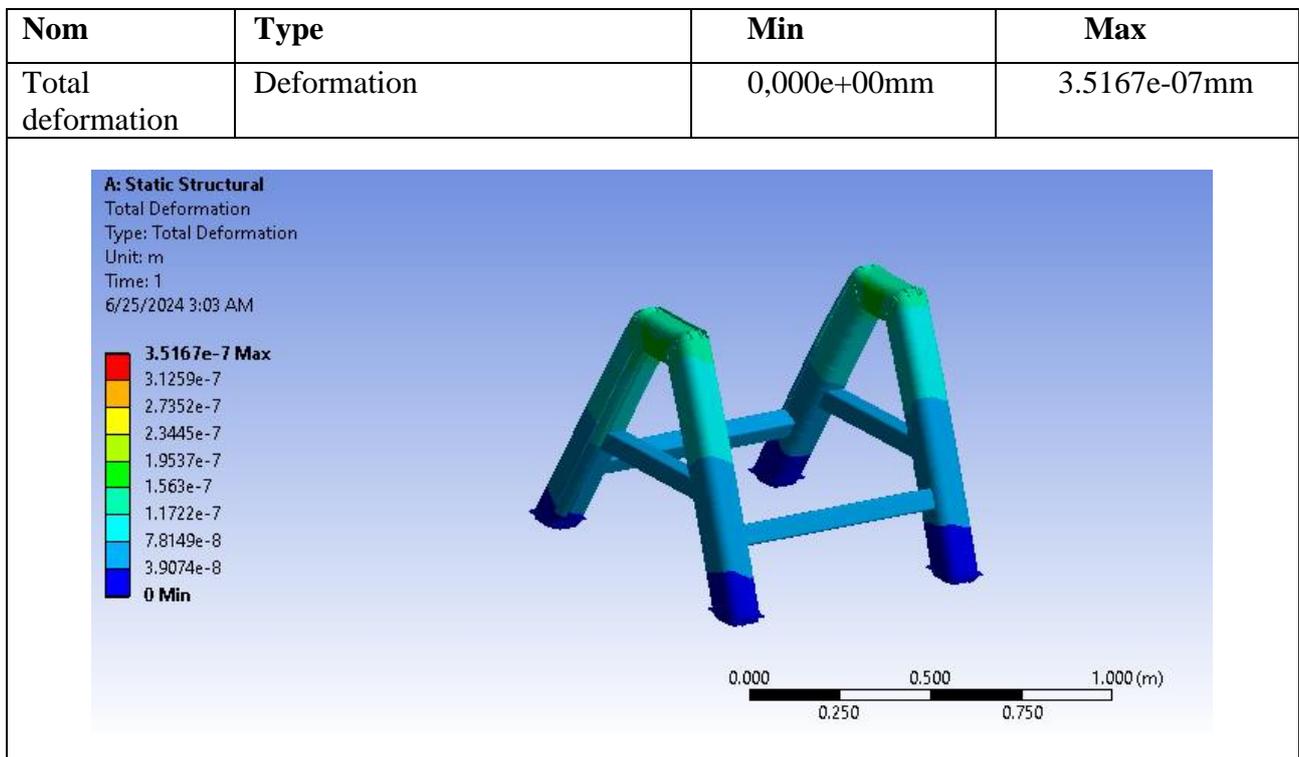


Tableau III 6 total deformation

Nom	Type	Min	Max
Strain1	Equivalent elastic Strain	3.2868 ^e -11	4.5092 ^e -6

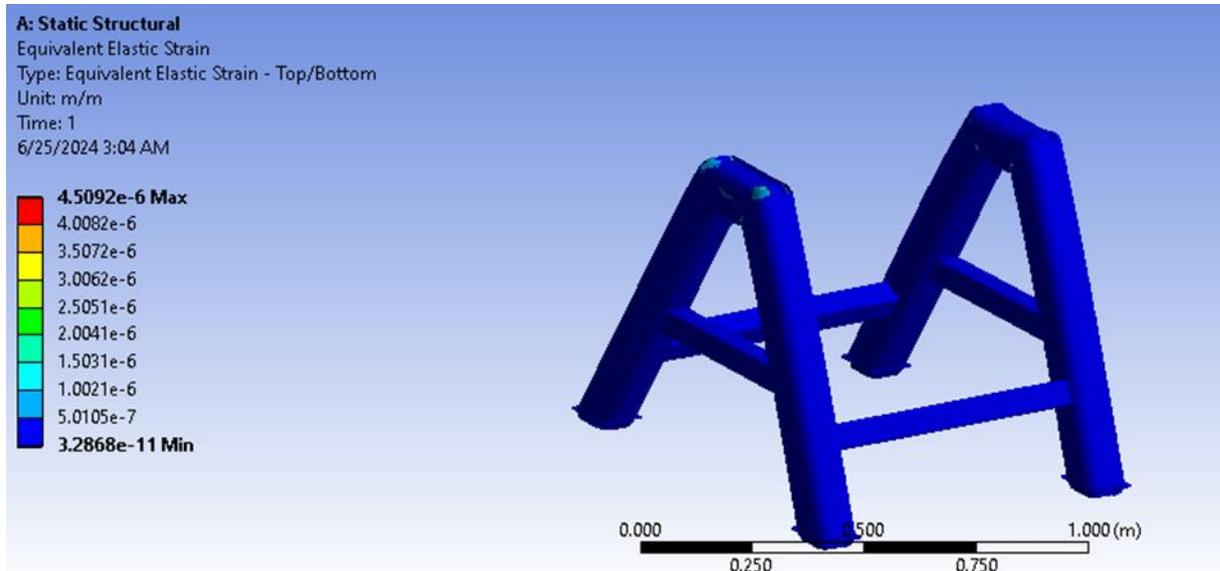


Tableau III 7 equivalent strain

Discussion :

- On peut constater que le solide sous son design actuel est capable de résister à la charge.

Problème survenue :

Lors d’une simulation du châssis complet avec le marchepied et le support moteur nous avons rencontrés des difficultés au niveau du maillage ou l’ordinateur utilisé n’a pas pu réaliser le maillage complet et une partie de la pièce reste sans maillage. Nous avons essayé d’agrandir la taille des éléments mais sans succès.

Donc on a procédé à simuler le châssis sans ces éléments.

Chapitre IV Réalisation et Montage d'un cuiseur

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre on représente quelques étapes de montage d'un cuiseur au sein des ateliers de GD trading.

Les cuves sont assemblés est soudés dans un atelier spécialisé par des techniciens soudeur qualifié afin d'éviter tout risque possible.

IV.2 Montage cuiseur

On cite les types de montage suivi pour arrivés à notre produit finale :

- 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 la cuve sont soudées à l'argon

- Montage non rigide :

Il consiste en un assemblage boulonné entre les organes du cuiseur.

La cuve et le châssis, les moteurs, vérin.

IV.3 Etapes de montage des différents organes du cuiseur

- Modifications axe moteur : on commence par le démontage du moteur pour remplacer l'axe sortant du rotor puis le remontage.



Figure IV 1 démontage moteur

- Traitement du châssis : les soudures du châssis sont soigneusement contrôlées avant le montage de la cuve et des moteur



Figure IV 2 châssis nu

- Montage des axes de paliers et moteurs sur le châssis :



Figure IV 3 montage moteur

- Montage de la cuve :



Figure IV 4 montage de cuve

- Montage du motoréducteur :



Figure IV 5 motoréducteur fixé

– Fixation du racleur est du couteau :

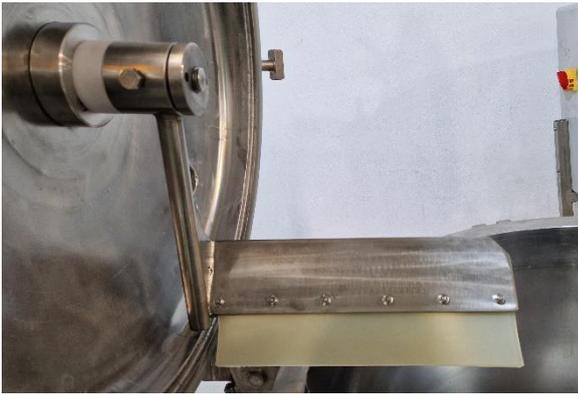


Figure IV 6 organes intérieur fixe

Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire a exploré une méthode de fabrication d'un type de fromage, ainsi que l'étude et le dimensionnement de la machine permettant sa production. Tout en tenant compte des exigences techniques essentielles. Les calculs de motorisation et le choix des moteurs ont été effectués pour valider les choix du fabricant. Les simulations ont validé la modélisation et la conception, prouvant la faisabilité du projet.

Ce travail ouvre des perspectives pour des améliorations et des innovations futures dans le domaine de la fabrication des machines industrielles. Car Le développement économique de notre pays est à l'origine de la naissance de nouvelles usines, de nouveaux emplois et un environnement sain pour un développement durable On signale le besoin de ces unités de production en matière de savoir-faire national dans le domaine de la conception mécanique.

Perspectives

Il serait souhaitable de compléter et améliorer ce modeste travail par :

- Automatisé le cuiseur à l'aide d'un automate de cuisson.
- Ajouter les pompes à vide.
- Simulation plus approfondie.
- Calcule et dimensionnement des organes restant du cuiseur.

Références

- [1] Djazagro, "Fromages en Algérie," 2023. [Online]. Available: [<https://www.djazagro.com/fr-FR/actualites-tendances/tendances-prospectives/fromages-en-algerie>].
- [2] IANOR, Norme Algérienne NA5935, Algerie: Institut Algérien de Normalisation IANOR, 1993.
- [3] Food and Agriculture Organization, Codex Alimentarius CAC/RCP 57-2004, Food and Agriculture Organization, 2004.
- [4] Formation fonte pour non-fondeurs, Magasin des MP de la VQR, France, 29.01.14.
- [5] Y. Habiba, Etude et Réalisation d'un programme pour la récupération des eaux blanches de la ligne chef 2, Université Blida 1: Mémoire de master en automatique et informatique industrielle, 2021.
- [6] B. J.L., "Fabrication du fromage fondu," 2000. [Online]. [Accessed April 2023].
- [7] Stephan UM SK 130, Stephan Machinery GmbH.
- [8] Presco aciers inoxydables, "LES DIFFÉRENTS ACIERS INOXYDABLES," [Online]. Available: [<https://www.presco.fr/informations-technique/les-differents-aciers-inoxydables/>]. [Accessed 2024].
- [9] X.-B. & L. X.-W. & Z. J.-Q. & C. Han, "Design and optimization on blade profile of vertical kneader," 2014. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/289040020_Design_and_optimization_on_blade_profile_of_vertical_kneader]. [Accessed 2024].
- [10] International Electrotechnical Commission, "Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)," in IEC 60034-30 Rotating electrical machines.
- [11] A. & G. Bakker, "Properly Choose Mechanical Agitators for Viscous Liquids," Chemical Engineering Progress, pp. 25-34, 1995.
- [12] B. Frija, ETUDE DE CONCEPTION D'UN MELANGEUR DE SAVON LIQUIDE, Université de Monastir: Mémoire Project Fin D'étude, 2014.
- [13] C. V. V., "Power consumption for mixing of inelastic non-Newtonian fluids by helical screw agitators," Chemical Engineering Science, vol. 50, pp. 147-155, 1972.
- [14] D. M. M. G. A. McMahon, "Flow Behavior of Processed Cheese at Different Temperatures," Journal of Food Engineering.
- [15] "Catalogues des REDUCTEURS-ROUES-ET-VIS," [Online]. Available: [<https://www.technoindus.com/reducteurs-roues-et-vis-11>]. [Accessed 2024].
- [16] M. Dib, Modélisation géométrique et CAO, cours, USTHB.

[17] S. Kaoua, Rappel MEF, Cours, USTHB, FGMGP-CMP.

[18] S. L. I. Sabeurherif Islam, Conception et analyse numériques du comportement mécanique de l'ossature d'un véhicule de type "buggy," 2021.

[19] S. H. Limam Chahrazed, Etude des performances d'un mélangeur rotatif à pales droite, Centre Universitaire de Naama: Mémoire de master, 2017.