

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



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

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

**Thème :**

**Étude et conception de machine de fabrication des gâteaux secs  
(MOULEUSE ROTATIVE A BISCUITS)**

**Proposé et encadré par :**

Pr. TEMMAR Mustapha

Dr. MELZI Nesrine

**Réalisé par :**

KHEGGAR Lotfi

Année universitaire 2023/2024

أهدي نجاحي وهذه المذكرة لروح أبي الطاهرة.. الذي تعب وبذل مجهودًا فرحل قبل أن يقطف ثمار الزرع ويعانق هذا النجاح الذي لولاه لم يكن.. الذي علمني كيف أمسك بالقلم و كيف أخط الكلمات بلا ندم..

يا أبي الحنون، كيف يمكنني أن أصف الفراغ الذي تركته برحيلك؟ كلماتي تعجز عن تعبير مدى الحنان والحب الذي تحمله قلبي لك. أنت النجم الذي يضيء دربي في كل لحظة، ورحيلك كان كالعاصفة الكبرى التي لا تهدأ. أعدك بأن أحمل ذكراك وتوجيهاتك في كل خطوة أخطوها، وأن أجعلك فخورا بكل إنجاز أحققه. اللهم ارحم أبي الذي رحل من الدنيا دون أن يودعني، واشتأقت له روحي ولم تجده، ربي ارحم من نام بأحضان التراب وارحم وحدته يا أرحم الراحمين. رحمك الله يا أعلى النفوس وأسكنك فسيح جناته.

"أسألك يا رب العرش العظيم أن تنزل الرحمة والمغفرة والنور على قبر والدي، وأن تجعل قبره روضة من رياض الجنة وألا تجعله حفرة من حفر النار يا غفور يا رحيم.

اللهم إني استودعك ما أنت أعلم به مني، فأنت أعلم بقلة حيلتي وفقري وعجزتي، أسألك اللهم أن تتجاوز عن سيئات أبي وأن تغفر له وترحمه، فقد وسعت رحمتك كل شيء.

ربنا يا أرحم الراحمين يا من وسعت رحمتك كل شيء، أسألك اللهم أن ترحم أبي وتغفر له وتتجاوز عن سيئاته.

ربنا لقد أصبح أبي بين يديك فأسألك أن ترحمه رحمة واسعة وأن تجعل قبره روضة من رياض الجنة، وأن ترحمه من عذاب القبر."

## **Remerciements**

Tout d'abord, je remercie **DIEU** Allah le tout puissant, de m'avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience, afin d'arriver à finaliser ce modeste travail.

Ensuite, je tiens à remercier les personnes qui m'ont donné les moyens de mener ce travail jusqu'au bout :

Mes remerciements vont plus particulièrement à mes encadreurs **Mr TEMMAR Mustapha et Mme MELZI Nesrine** pour m'avoir dirigé, aidé et soutenu, avec intérêt, rigueur et disponibilité, tout le long de l'élaboration de ce travail modeste, et qui ont veillé sur son bon achèvement.

Je tiens à remercier également **le président et les membres du jury**, qui m'ont honoré avec leur présence, pour les efforts fournis et le temps consacré à l'évaluation de mon humble travail.

Je souhaite aussi exprimer mon profonde gratitude à ma chère **mère** qui m'a soutenu et qui m'a toujours encouragé et accompagné avec son amour, ses motivations et son aide moral et financière.

Je remercie également mes **frères** et **sœurs**, ma **famille**, mes **amis** et mes **proches** pour leurs soutiens et encouragements.

Je remercie également toute personne, de près ou de loin, qui a contribué à l'élaboration de ce travail.

**Merci à vous tous !**

## Dédicaces

*AVEC L'AIDE D'ALLAH J'AI PU REALISER CE MODESTE TRAVAIL QUE JE  
DEDIE :*

*A mon cher père, ta présence reste vivante dans mon cœur malgré ton absence physique. Tu es et resteras toujours mon guide et ma source d'inspiration.*

*A ma tendre mère, tu es le pilier de notre famille, et ta présence est un trésor inestimable, ton amour inconditionnel et ta force m'ont façonné, je te suis reconnaissant pour tout ce que tu as sacrifié pour nous, tu es une mère exceptionnelle.*

*A mes sœurs Nesrine, Manal et Lina, votre soutien et votre présence sont des trésors inestimables dans ma vie, je vous aime de tout mon cœur.*

*A mon beau-frère Samy, ta bienveillance et ton soutien sont très précieux pour moi, merci pour tout.*

*Mon neveu Rachid, tu es une nouvelle lumière dans ma vie. Que ton avenir soit radieux et que tu réussisses dans tout ce que tu entreprends.*

*Que la paix et la sérénité vous accompagnent tous, vous êtes des piliers essentiels dans ma vie.*

Lotfi

## ملخص

منذ استقلال الجزائر، تم إيلاء أهمية خاصة لتطوير القطاع الزراعي وتنميته الاقتصادية، مما سمح للصناعة الغذائية أن تحتل مكانة هامة في النسيج الصناعي الجزائري وتنمو في المرتبة الأولى في الصناعة التحويلية من حيث الإنتاج حاليا تواجه صناعة الكيك كغيرها من القطاعات تحديات العالم الاقتصادي، فنحن نشهد اليوم انفتاح الأسواق واحتدام المنافسة على المستوى الدولي الهدف من عملنا هو دراسة آلة للتصنيع الكعك الجاف (ROTARY COOKIE MOLDER) من أجل تحسين عملية التصنيع وضمان حسن سير أجهزتنا باستخدام برنامج SolidWorks.

- الكلمات الرئيسية: آلة التصنيع، البسكويت، التصميم، المحاكاة.

## Résumé

Depuis l'indépendance de l'Algérie, une importance particulière a été accordée au développement du secteur agricole et à son développement économique, ce qui a permis à l'industrie alimentaire d'occuper une place importante dans le tissu industriel algérien et de se classer au premier rang de l'industrie manufacturière en termes de production

Actuellement, L'industrie du gâteau, à l'instar des autres secteurs est confrontée aux défis du monde économique, nous assistons aujourd'hui à l'ouverture des marchés et à l'intensification de la concurrence au niveau international

L'objectif de notre travail est d'étudier une machine de fabrication des gâteaux secs (MOULEUSE ROTATIVE A BISCUITS) afin d'optimiser le processus de fabrication et d'assurer le bon fonctionnement de notre machine avec le logiciel SolidWorks.

- Mots clés : machine de fabrication, gâteaux secs, conception, simulation.

## Abstract

Since Algeria's independence, particular importance has been given to the development of the agricultural sector and its economic growth. This emphasis has enabled the food industry to occupy a significant place in the Algerian industrial fabric and to rank first in the manufacturing industry in terms of production.

Currently, the cake industry, like other sectors, faces new economic challenges. Taking advantage of this importance, the cake market has become very competitive, which has helped reduce imports.

The objective of our work is to study and design a machine for making dry cakes using SolidWorks software.

- Keywords: manufacturing machine, dry cakes, design, simulation.

## Liste des tableaux

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tableau I.1</b> : DATES CLÉS DE L'AGRO-ALIMENTAIRE.....                 | <b>6</b>  |
| <b>Tableau I.2</b> : CODE DES PRINCIPAUX ADDITIFS ALIMENTAIRES AUTORISÉS.. | <b>14</b> |

## Liste des figures

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure I.1</b> : Machine agroalimentaire .....                          | <b>4</b>  |
| <b>Figure I.2</b> : Industrie agroalimentaire.....                         | <b>5</b>  |
| <b>Figure I.3</b> : Industrie Agroalimentaire.....                         | <b>6</b>  |
| <b>Figure I.4</b> : Machine de transformation des aliments.....            | <b>7</b>  |
| <b>Figure I.5</b> : Machine de conditionnement .....                       | <b>7</b>  |
| <b>Figure I.6</b> : Machine de traitement thermique .....                  | <b>8</b>  |
| <b>Figure I.7</b> : Machine de contrôle qualité .....                      | <b>8</b>  |
| <b>Figure I.8</b> : Machine de nettoyage .....                             | <b>9</b>  |
| <b>Figure I.9</b> : Stockage de matière première .....                     | <b>9</b>  |
| <b>Figure I.10</b> : Machine de broyage .....                              | <b>10</b> |
| <b>Figure I.11</b> : Machine de mélange.....                               | <b>11</b> |
| <b>Figure I.12</b> : Machine de cuisson biscuit .....                      | <b>11</b> |
| <b>Figure I.13</b> : Les étapes de fabrication du sucre de betterave ..... | <b>13</b> |
| <b>Figure I.14</b> : La norme ISO 22000 .....                              | <b>15</b> |
| <b>Figure II.1</b> : MOULEUSE ROTATIVE À BISCUITS Laser RMST50.....        | <b>17</b> |
| <b>Figure III.1</b> : Vue de la machine mouleuse rotative à biscuit.....   | <b>27</b> |
| <b>Figure III.2</b> : La trémie.....                                       | <b>28</b> |
| <b>Figure III.3</b> : Le moule rotatif.....                                | <b>29</b> |
| <b>Figure III.4</b> : Les cylindres rotatifs.....                          | <b>30</b> |
| <b>Figure III.5</b> : Tapis de transfert.....                              | <b>31</b> |
| <b>Figure III.6</b> : Le moteur électrique.....                            | <b>31</b> |
| <b>Figure III.7</b> : Les engrenages .....                                 | <b>33</b> |
| <b>Figure III.8</b> : La chaîne à rouleaux.....                            | <b>34</b> |
| <b>Figure III.9</b> : Chaîne métallique 10B.....                           | <b>35</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figure III.10</b> : Les paliers tendeurs et roulements.....                  | <b>36</b> |
| <b>Figure IV.1</b> : Moteur Siemens 1LE1001-0DB22-2AB4.....                     | <b>42</b> |
| <b>Figure IV.2</b> : Moteur WEG W21 0.55 kW.....                                | <b>43</b> |
| <b>Figure IV.3</b> : Chaîne métallique 10-B.....                                | <b>47</b> |
| <b>Figure IV.4</b> : Paliers tendeurs de type UCT208.....                       | <b>49</b> |
| <b>Figure IV.5</b> : Roulement UC208.....                                       | <b>51</b> |
| <b>Figure IV.6</b> : Roulement 6008-2RS-SKF.....                                | <b>53</b> |
| <b>Figure IV.7</b> : Châssis de la machine mouleuse rotative à biscuit.....     | <b>54</b> |
| <b>Figure IV.8</b> : Les forces sur la machine mouleuse rotative à biscuit..... | <b>55</b> |
| <b>Figure IV.9</b> : Variation des contraintes de Von Mises.....                | <b>60</b> |
| <b>Figure IV.10</b> : Variation de déplacements.....                            | <b>61</b> |
| <b>Figure IV.11</b> : Variation déformation.....                                | <b>62</b> |

## Liste des symboles

$V$  : vitesse linéaire. (**m/s**)

$\omega$  : vitesse angulaire. (**rad/s**)

$P$  : puissance (**kW**)

$V$  : tension (**volts**)

$\eta$  : rendement du moteur (**valeur sans dimension unitaire**)

$\cos(\phi)$  : facteur de puissance (**valeur sans dimension unitaire**)

$I$  : courant nominal (**A**)

$C$  : Couple (**Nm**)

$n$  : vitesse de rotation moteur (**T/min**)

$m$  : module d'engrenage (**mm**)

$R$  : Rapport de Transmission (**valeur sans dimension unitaire**)

$R_{total}$  : Rapport de réduction (**valeur sans dimension unitaire**)

$Z$  : Nombre de dents (**valeur sans dimension unitaire**)

$d_t$  : Diamètre de tête (**mm**)

$d_p$  : Diamètre primitif (**mm**)

$P$  : le pas (**mm**)

$L$  : longueur (**mm**)

$N$  : nombre de maillons de la chaîne (**valeur sans dimension unitaire**)

$F$  : la force (**N**)

$m$  : la masse (**kg**)

$F_r$  : la charge radiale (**N**)



# Table des matières

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Remerciements              |   |
| Dédicaces                  |   |
| Résumé                     |   |
| Liste des tableaux         |   |
| Liste des figures          |   |
| Liste des symboles         |   |
| Table des matières         |   |
| Introduction générale..... | 1 |

## **Chapitre I : Généralités sur les machines agroalimentaires**

|   |    |
|---|----|
| I.1.Introduction :.....   | 4  |
| I.2.Definition des machines agroalimentaires :.....                     | 4  |
| I.2.1.Importance des machines dans l'industrie agroalimentaire :.....   | 5  |
| I.2.2. Évolution historique des machines agroalimentaires :.....        | 5  |
| I.3.Classification des machines agroalimentaires : .....                | 6  |
| I.3.1. Machines de transformation des aliments :.....                   | 7  |
| I.3.2. Machines de conditionnement :.....                               | 7  |
| I.3.3. Machines de traitement thermique :.....                          | 8  |
| I.3.4. Machines de contrôle qualité :.....                              | 8  |
| I.3.5. Autres types de machines :.....                                  | 9  |
| I.4. Technologies utilisées dans les machines agroalimentaires : .....  | 10 |
| I.5. Matériaux et composants utilisés :.....                            | 11 |
| I.6. Innovations récentes dans les technologies : .....                 | 12 |
| I.7. Facteurs influençant le choix des machines agroalimentaires :..... | 12 |
| I.8. Normes de qualité et de sécurité alimentaire :.....                | 14 |
| I.9. Conclusion : .....   | 15 |

## **Chapitre II :Formulation du besoin de machine mouleuse rotative à biscuit et fonctionnement**

|                            |    |
|----------------------------|----|
| II.1. Introduction : ..... | 17 |
|----------------------------|----|

|   |    |
|---|----|
| II.2. Contexte :.....   | 17 |
| II.3. Formulation du besoin :.....  | 17 |
| II.3.1. Fonctionnement de la machine mouleuse rotative :.....                 | 18 |
| II.3.2. Fonctionnalités clés :.....   | 19 |
| II.3.3. Les composants d'une machine mouleuse rotative :.....                 | 19 |
| II.4. Intérêt de cette machine :.....   | 20 |
| II.5. Analyse Fonctionnelle de la Machine Mouleuse Rotative à Biscuits :..... | 20 |
| II.5.1. Fonction Principale :.....  | 20 |
| II.5.2. Fonctions de Service :.....   | 20 |
| II.5.3. Fonctions Contraintes :.....  | 21 |
| II.5.4. Description des Composants et de leur Rôle :.....                     | 21 |
| II.5.5. Conclusion :.....   | 22 |
| II.6. Analyse Cinématique de la Machine Mouleuse Rotative à Biscuits :.....   | 22 |
| II.6.1. Description des Mouvements des Composants Principaux :.....           | 22 |
| II.6.2. Diagramme de Mouvement :.....   | 23 |
| II.6.3. Synchronisation des Mouvements :.....                                 | 24 |
| II.6.4. Formules de Base :.....   | 24 |
| II.6.5. Conclusion .....  | 25 |

### **Chapitre III : Conception et description des éléments**

|   |    |
|---|----|
| III.1. Introduction :.....  | 27 |
| III.2. Le principe de fonctionnement d'une machine mouleuse rotative à biscuit :..... | 27 |
| III.3. Les parties principales de l'ensemble :.....                                   | 28 |
| III.3.1. Alimentation de la pâte :.....   | 28 |
| III.3.2. Moule rotatif :.....   | 29 |
| III.3.3. Système de transfert :.....  | 30 |
| III.3.4. Système de transmission :.....   | 31 |
| III.3.4.1. Moteur asynchrones :.....  | 31 |
| III.3.4.2. Engrenages :.....  | 32 |
| III.3.4.3. Chaîne :.....  | 34 |
| III.3.5. Les paliers tendeurs :.....  | 35 |
| III.3.6. Les Roulements :.....  | 35 |

|  |    |
|--|----|
| III.4. Les matériaux utilisés pour fabriqué les principaux éléments de la machine mouleuse rotatif à biscuit : | 36 |
| III.4.1. Matériaux pour la Structure et le Châssis :   | 36 |
| III.4.2. Matériaux pour la Trémie, supports cylindres et le moule :  | 37 |

## **Chapitre IV : Etude du système et Simulation**

|  |    |
|--|----|
| IV.1. Introduction :   | 40 |
| IV.2. Le Choix du moteur :   | 40 |
| IV.2.1 Vérifier les spécifications du moteur :                                   | 40 |
| IV.2.2 Calculer le courant nominal du moteur :                                   | 40 |
| IV.2.3 Calculer le couple produit par le moteur :                                | 41 |
| IV.2.4 Exemples de Moteurs Appropriés :  | 42 |
| IV.3. Calcul des engrenages :  | 43 |
| IV.3.1. Calcul du Pas de l'Engrenage :   | 44 |
| IV.3.2. Calcul des Rapports de Transmission :                                    | 45 |
| IV.3.3. Calcul des Vitesses de Rotation :  | 45 |
| IV.3.4. Vérification des Dimensions et Compatibilité :                           | 45 |
| IV.3.5. Résumé des Calculs :   | 46 |
| IV.4. Calcul de la chaîne métallique :   | 46 |
| IV.4.1. Calcul de la Distance entre les Centres des Engrenages :                 | 47 |
| IV.4.2. Calcul du Nombre de Maillons de la Chaîne :                              | 47 |
| IV.4.3. Vérification de la Longueur Réelle de la Chaîne :                        | 47 |
| IV.4.4. Calcul de la Distance entre les Centres pour la Chaîne de 133 Maillons : | 48 |
| IV.5. Calcul de palier tendeur :   | 48 |
| IV.5.1. Spécifications du tendeur de palier UCT208 :                             | 48 |
| IV.5.2. Vérification de la Vitesse de Rotation :                                 | 49 |
| IV.6. Calcul de roulement :  | 49 |
| IV.6.1. Spécifications du Roulement UC208 :                                      | 49 |
| IV.6.2. Calcul des Charges :   | 50 |
| IV.7. Etude et Simulation pour le châssis de la machine :                        | 54 |
| IV.7.1. Dimensions de la tôle pour le châssis :                                  | 54 |
| IV.7.2. Informations sur le modèle :   | 55 |

|   |    |
|---|----|
| IV.7.3. Propriétés de l'étude : .....       | 56 |
| IV.7.4. Unités : .....                      | 56 |
| IV.7.5. Propriétés du matériau :.....       | 57 |
| IV.7.6. Actions extérieures :.....          | 58 |
| IV.7.7. Forces résultantes :.....           | 58 |
| IV.7.8. Information sur le maillage : ..... | 58 |
| IV.7.9. Forces résultantes :.....           | 59 |
| Forces de réaction.....                     | 59 |
| Moments de réaction .....                   | 59 |
| Forces de corps libre.....                  | 59 |
| Moments externes.....                       | 59 |
| IV.7.10. Résultats de l'étude :.....        | 60 |
| Conclusion générale .....                   | 63 |
| Référence bibliographie .....               | 65 |
| Référence bibliographie équation.....       | 67 |
| Annexes                                     |    |

# **Introduction générale**

### Introduction générale

L'étude et la conception de machines pour la fabrication de gâteaux secs sont des domaines cruciaux dans l'industrie agroalimentaire. Ces machines sont conçues pour automatiser et faciliter le processus de production de gâteaux secs, tout en garantissant une qualité constante du produit final.

L'étude de ces machines commence par une analyse approfondie des besoins et des contraintes de production. Il est essentiel de comprendre les caractéristiques des matières premières utilisées, les exigences en termes de capacité de production, les normes de qualité à respecter ainsi que les contraintes environnementales et de sécurité.

La conception des machines pour la fabrication de gâteaux secs implique l'utilisation de différentes technologies et techniques. Cela comprend la conception mécanique des équipements, le choix des matériaux appropriés, l'intégration de systèmes de contrôle et de surveillance, ainsi que la mise en œuvre de mesures de sécurité.

Notre travail s'est basé sur la conception de machine de fabrication des gâteaux secs (MOULEUSE ROTATIF A BISCUITS) dans le but d'optimiser le processus de production, garantir l'efficacité, la qualité et la sécurité des produits tout en minimisant les coûts de production. Cela nécessite une collaboration étroite entre les ingénieurs, les techniciens et les professionnels de l'industrie agroalimentaire.

Afin d'atteindre cet objectif, notre travail est structuré de la manière suivante :

Dans le chapitre I, une recherche bibliographique introduira les notions nécessaires sur la machine agroalimentaire, son évolution et son fonctionnement et beaucoup d'autres.

Le chapitre II sera consacré sur la formulation du besoin de machine mouleuse rotative à biscuit et fonctionnement dans le cadre de l'optimisation du processus de fabrication de biscuits secs.

Dans le chapitre III, on présentera la conception de notre machine, les principales parties de la machine, leurs éléments et organes, ainsi que leurs rôles dans le mécanisme.

Le chapitre IV, sera consacré au choix des différents organes de notre système et à la simulation afin d'assurer la fiabilité et le bon fonctionnement de notre machine à l'aide du logiciel SOLIDWORKS 2022. On terminera notre travail par une conclusion générale.

**Chapitre I :**  
**Généralités sur les machines agroalimentaires**

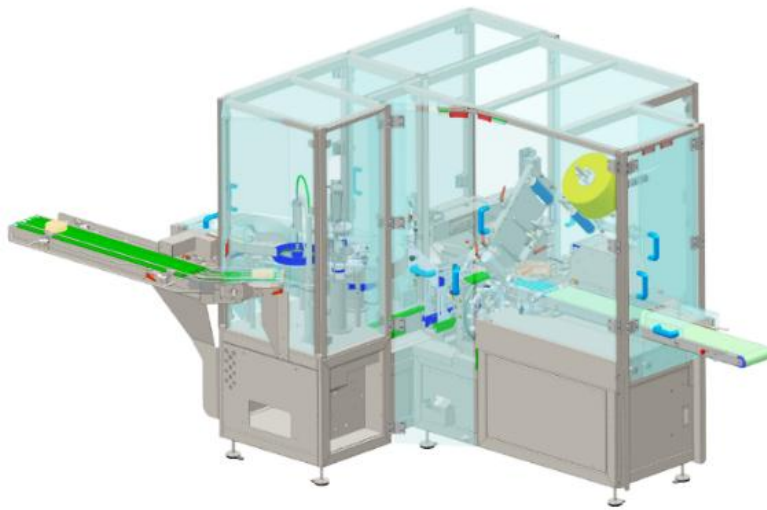


### I.1.Introduction :

L'industrie agroalimentaire repose largement sur l'utilisation de machines spécialisées pour la transformation, la manipulation et la préparation des aliments. Ces machines jouent un rôle crucial dans la production alimentaire en garantissant l'efficacité, la qualité et la sécurité des produits finaux. L'ouvrage 'Introduction aux machines agroalimentaires' propose une exploration approfondie de ces technologies essentielles, en fournissant aux lecteurs une compréhension claire des principes de fonctionnement, des applications industrielles et des normes de sécurité associées à ces machines. À travers une approche pédagogique et illustrée, cet ouvrage s'adresse aux étudiants, aux professionnels de l'industrie alimentaire ainsi qu'à toute personne intéressée par le fonctionnement et l'importance des machines dans ce secteur vital de l'économie mondiale.

### I.2.Définition des machines agroalimentaires :

Les machines agroalimentaires sont des équipements utilisés dans l'industrie agroalimentaire pour traiter, transformer, emballer et manipuler les aliments. Elles comprennent une large gamme de machines spécialisées adaptées à différents processus, tels que le lavage, la découpe, le mélange, la cuisson, le conditionnement, etc. Ces machines jouent un rôle essentiel dans la production alimentaire en garantissant l'efficacité, la qualité et la sécurité des produits finis. [1]



**Figure I.1 :** Machine agroalimentaire

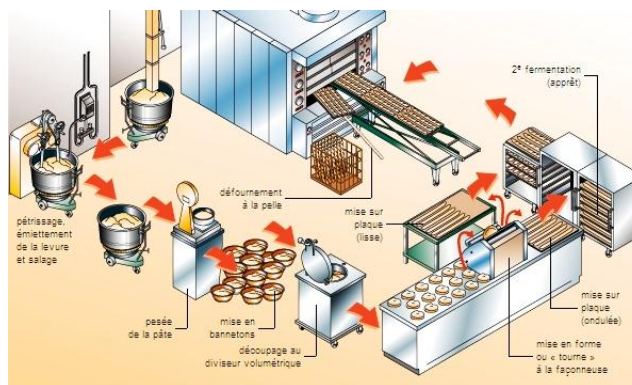


| <b>DATES CLÉS DE L'AGRO-ALIMENTAIRE</b> |  |
|---|--|
| <b>1804</b>                             | J. A. Chaptal présente à l'Académie des sciences un Mémoire sur le sucre de betterave. |
| <b>1810</b>                             | Nicolas Appert publie l'Art de conserver...  |
| <b>1822</b>                             | Dubrunfaut découvre l'hydrolyse de l'amidon par les enzymes du malt.                   |
| <b>1860</b>                             | F. Carré crée le premier compresseur frigorifique à ammoniac.                          |
| <b>1865</b>                             | Brevet sur la pasteurisation du vin, de L. Pasteur.                                    |
| <b>1869</b>                             | Brevet de fabrication de la margarine, de H. Mège-Mouriès.                             |
| <b>1876</b>                             | Ch. Tellier effectue le transport frigorifique de la viande depuis l'Amérique du Sud.  |
| <b>1893</b>                             | Fabrication des boîtes de conserve étamées, par les Forges de Basse-Indre.             |
| <b>1893</b>                             | Création de l'École des industries agricoles.  |
| <b>1930</b>                             | Brevet de traitement des aliments par irradiation, de Wurst.                           |
| <b>1948</b>                             | Première usine de café soluble en France.  |
| <b>1950</b>                             | Apparition du procédé de surgélation.  |
| <b>1964</b>                             | Brevet de fabrication du fromage par ultrafiltration, de Maubois, Mocquot, Vassal.     |
| <b>1974</b>                             | Introduction des automates programmables sur des chaînes agroalimentaires.             |
| <b>1980</b>                             | Procédé et appareils de cuisson Cryovac-Pralus pour la cuisine sous vide.              |
| <b>1988</b>                             | Légalisation des édulcorants intenses (saccharine, acesulfame, aspartame).             |

**Tableau I.1 : DATES CLÉS DE L'AGRO-ALIMENTAIRE**

### **I.3. Classification des machines agroalimentaires :**

La classification des machines agroalimentaires est un aspect crucial de l'industrie alimentaire, permettant de catégoriser les équipements en fonction de leurs fonctions et de leurs applications spécifiques dans le processus de transformation des aliments. Cette classification peut se baser sur différents critères tels que le type de transformation (par exemple, la coupe, le mélange, la cuisson), le secteur d'application (par exemple, la boulangerie, la boucherie, la conserverie) ou encore le niveau d'automatisation. Comprendre cette classification est essentiel pour sélectionner les machines appropriées en fonction des besoins de production et des caractéristiques des produits alimentaires à traiter.



**Figure I.3 : Industrie Agroalimentaire**

### I.3.1. Machines de transformation des aliments :

Les machines de transformation des aliments sont des équipements utilisés pour transformer les matières premières alimentaires en produits finis. Elles peuvent inclure des équipements de découpe, de broyage, de mélange, de cuisson, de refroidissement, de conditionnement, etc. Ces machines sont essentielles dans l'industrie alimentaire pour garantir l'efficacité, la qualité et la sécurité des produits alimentaires. [4]

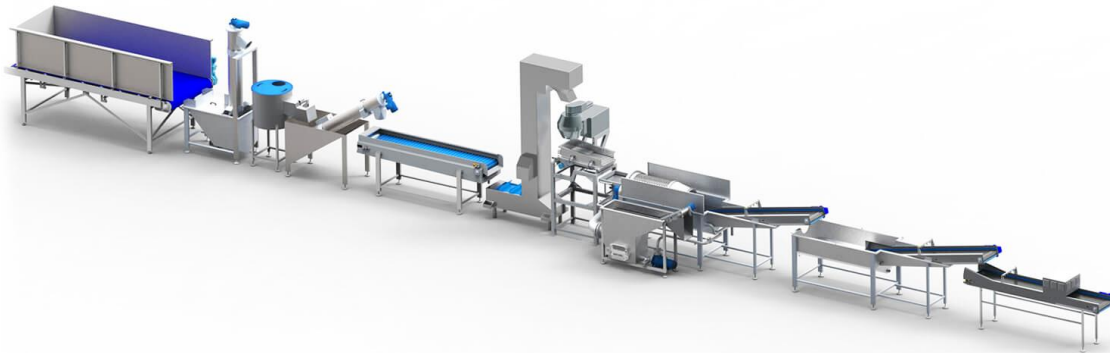


Figure I.4 : Machine de transformation des aliments

### I.3.2. Machines de conditionnement :

Les machines de conditionnement sont des équipements utilisés pour emballer les produits alimentaires de manière efficace et hygiénique. Elles peuvent inclure des machines d'ensachage, de mise en boîte, de scellage, d'étiquetage, etc. Ces machines sont essentielles pour protéger les aliments, prolonger leur durée de conservation et faciliter leur transport et leur stockage. [5]



Figure I.5 : Machine de conditionnement

### I.3.3. Machines de traitement thermique :

Les machines de traitement thermique sont des équipements utilisés dans l'industrie agroalimentaire pour appliquer des traitements thermiques aux aliments. Cela peut inclure la pasteurisation, la stérilisation, la cuisson, le blanchiment, etc. Ces traitements thermiques sont essentiels pour détruire les microorganismes pathogènes, prolonger la durée de conservation des aliments et améliorer leur sécurité sanitaire. [6]



Figure I.6 : Machine de traitement thermique

### I.3.4. Machines de contrôle qualité :

Les machines de contrôle qualité sont des équipements utilisés pour vérifier la conformité des produits alimentaires aux normes de qualité et de sécurité. Elles peuvent inclure des machines de pesage, de tri, de détection de contaminants, de mesure de pH, etc. Ces machines sont essentielles pour garantir la qualité des produits alimentaires et assurer la sécurité des consommateurs. [7]



Figure I.7 : Machine de contrôle qualité



### I.3.5. Autres types de machines :

- **Machines de nettoyage** : Ces machines sont utilisées pour nettoyer les équipements et les installations de production alimentaire afin de maintenir des normes élevées d'hygiène. Elles peuvent inclure des laveuses, des désinfecteurs, des systèmes CIP (Cleaning in Place), etc. [8]



Figure I.8 : Machine de nettoyage

- **Machines de stockage** : Ces machines sont utilisées pour stocker les matières premières, les produits semi-finis et les produits finis dans des conditions appropriées pour garantir leur qualité et leur sécurité. Elles peuvent inclure des silos, des entrepôts frigorifiques, des rayonnages de stockage, etc. [9]



Figure I.9 : Stockage de matière première

### I.4. Technologies utilisées dans les machines agroalimentaires :

Les machines agroalimentaires utilisent une variété de technologies pour traiter, transformer et emballer les aliments de manière efficace et sûre. Parmi ces technologies, on trouve les systèmes de commande automatisés, les capteurs de qualité, les équipements de traitement thermique avancés, les systèmes d'inspection par vision artificielle, etc. Ces technologies sont essentielles pour améliorer la productivité, la qualité et la sécurité des produits alimentaires. [10]

Leurs principes de fonctionnement (ex : broyage, mélange, cuisson) sont :

**Broyage** : Les machines de broyage sont utilisées pour réduire la taille des particules d'aliments en les broyant ou en les écrasant. Cela peut être réalisé à l'aide de moulins, de concasseurs ou de broyeurs spécifiques à chaque type d'aliment. [11]



**Figure I.10** : Machine de broyage

**Mélange** : Les machines de mélange sont utilisées pour homogénéiser des ingrédients différents afin de créer des mélanges uniformes. Cela peut être réalisé à l'aide de mélangeurs à tambour, de mélangeurs à vis, de mélangeurs à pales, etc. [12]



**Figure I.11 :** Machine de mélange

**Cuisson :** Les machines de cuisson sont utilisées pour cuire les aliments en appliquant de la chaleur de manière contrôlée. Cela peut être réalisé à l'aide de fours, de cuiseurs à vapeur, de grillades, etc. [13]



**Figure I.12 :** Machine de cuisson biscuit

### **I.5. Matériaux et composants utilisés :**

Les machines agroalimentaires sont généralement fabriquées à partir de matériaux résistants à la corrosion, à la chaleur et à l'usure, tels que l'acier inoxydable, l'aluminium, le plastique de qualité alimentaire, etc. Les composants internes des machines, tels que les joints d'étanchéité, les roulements et les éléments de transmission, sont également spécialement conçus pour répondre aux exigences de l'industrie agroalimentaire en termes d'hygiène et de sécurité alimentaire. [14]



### **I.6. Innovations récentes dans les technologies :**

Les machines agroalimentaires ont connu plusieurs innovations récentes, notamment dans les domaines de l'automatisation, de la numérisation et de l'utilisation de capteurs intelligents. Ces avancées permettent une meilleure gestion des processus de production, une amélioration de la qualité des produits, une réduction des pertes et un meilleur respect des normes de sécurité alimentaire. [15]

### **I.7. Facteurs influençant le choix des machines agroalimentaires :**

Plusieurs facteurs influencent le choix des machines agroalimentaires dans une entreprise. Parmi les principaux facteurs, on peut citer :

- 1- **Type de produit alimentaire** : Les caractéristiques du produit alimentaire à traiter (liquide, solide, pâteux, etc.) influencent le choix des machines nécessaires pour sa transformation.
- 2- **Volume de production** : Le volume de production influence le type et la capacité des machines nécessaires. Une grande production peut nécessiter des machines plus grandes ou plus rapides.
- 3- **Complexité du processus** : Certains processus de transformation alimentaire sont plus complexes et nécessitent des machines plus spécialisées.
- 4- **Normes de qualité et de sécurité** : Les normes de qualité et de sécurité alimentaire en vigueur influencent le choix des machines pour garantir la conformité aux réglementations.
- 5- **Coût** : Le coût d'acquisition, d'exploitation et de maintenance des machines est un facteur déterminant dans le choix des équipements.
- 6- **Disponibilité des ressources** : La disponibilité en main-d'œuvre qualifiée pour utiliser et entretenir les machines peut également influencer le choix des équipements.
- 7- **Innovation technologique** : Les avancées technologiques dans le domaine des machines agroalimentaires peuvent influencer le choix en offrant des équipements plus efficaces, plus sûrs ou plus polyvalents. [16]

➤ **Taille de l'entreprise et capacité de production**

La taille de l'entreprise agroalimentaire est un facteur clé qui influence sa capacité de production. Les grandes entreprises ont souvent des capacités de production plus importantes en raison de leurs ressources financières et de leur accès à des technologies de pointe. Elles peuvent également bénéficier d'économies d'échelle qui leur permettent de produire à moindre coût unitaire. En revanche, les petites et moyennes entreprises peuvent être plus agiles et mieux adaptées pour répondre à des demandes de niche ou à des marchés locaux. [17]

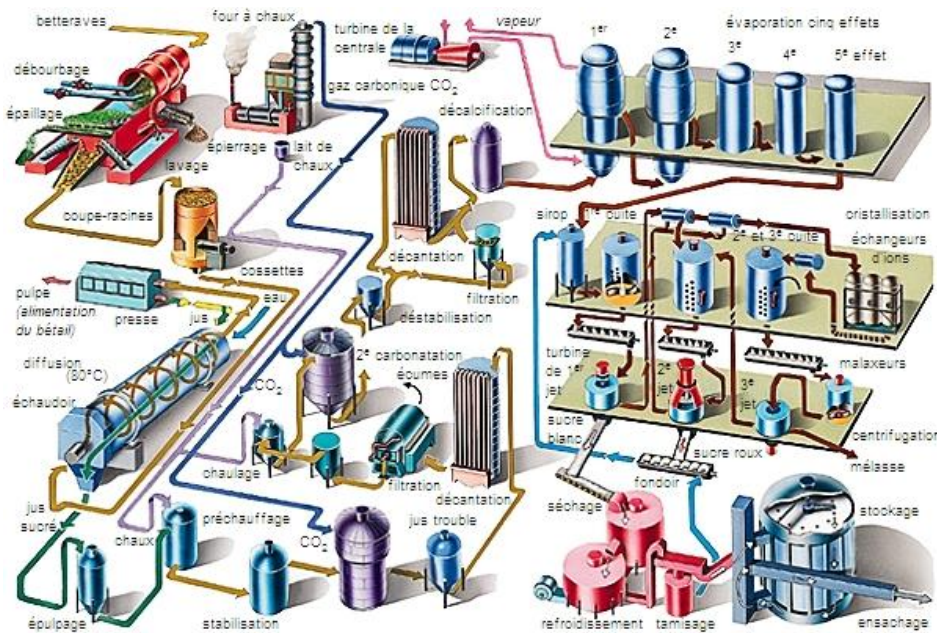


Figure I.13 : Les étapes de fabrication du sucre de betterave

➤ **Type de produit alimentaire à traiter**

Le type de produit alimentaire à traiter est un facteur crucial dans le choix des machines agroalimentaires. Les caractéristiques physiques et chimiques du produit, comme sa viscosité, sa texture, son pH, etc., déterminent les équipements nécessaires pour sa transformation. Par exemple, les produits liquides peuvent nécessiter des pompes spécifiques, tandis que les produits solides peuvent nécessiter des broyeurs ou des mélangeurs adaptés. [18]

| CODE DES PRINCIPAUX ADDITIFS ALIMENTAIRES AUTORISÉS  |       |   |
|--|-------|---|
| Catégorie  | Code  | Nom   |
| <b>colorants</b><br><br>(De plus en plus de colorants sont produits par synthèse chimique, ils étaient autrefois d'origine naturelle.) | E 121 | orseille                                      |
|  | E 140 | chlorophylles                                 |
|  | E 150 | caramel ammoniacal                            |
|  | E 160 | caroténoïdes                                  |
|  | E 162 | rouge de betterave                            |
| <b>conservateurs</b><br><br>(Le rôle des conservateurs est d'empêcher le développement des micro-organismes.)                          | E 220 | anhydride sulfureux                           |
|  | E 222 | bisulfite de sodium                           |
|  | E 233 | acide formique                                |
|  | E 241 | nitrite de sodium                             |
|  | E 250 | nitrate de sodium                             |
|  | E 252 | acide acétique                                |
| <b>antioxydants naturels</b>   | E 270 | acide propionique                             |
|  | E 300 | acide ascorbique ou vitamine C                |
|  | E 306 | tocophérols (extraits naturels) ou vitamine E |
| <b>antioxydants de synthèse</b>  | E 330 | acide citrique (et ses sels)                  |
|  | E 307 | alpha-tocophérol de synthèse                  |
|  | E 312 | gallate de dodécyle                           |
|  | E 320 | BHA butylhydroxyanisol                        |
|  | E 321 | BHT butylhydroxitoluène                       |
| <b>émulsifiants</b><br><br>(Les émulsifiants sont des stabilisateurs, épaississants, gélifiants, naturels ou de synthèse.)             | E 400 | acide alginique                               |
|  | E 406 | agar-agar                                     |
|  | E 407 | carraghénates                                 |
|  | E 420 | sorbitol                                      |
|  | E 440 | pectines                                      |

**Tableau I.2 : CODE DES PRINCIPAUX ADDITIFS ALIMENTAIRES AUTORISÉS.**

### **I.8. Normes de qualité et de sécurité alimentaire :**

Les normes de qualité et de sécurité alimentaire sont des critères essentiels dans le choix des machines agroalimentaires. Les équipements doivent être conformes aux normes en vigueur pour garantir la qualité des produits finis et assurer la sécurité des consommateurs. Ces normes peuvent concerner divers aspects, tels que la conception hygiénique des machines, la traçabilité des matériaux utilisés, la facilité de nettoyage et de désinfection, etc. [19]

L'**ISO 22000** est une norme internationale, relative à la sécurité des denrées alimentaires. Elle est applicable pour tous les organismes de la filière agroalimentaire. Cette version de la norme adopte la même structure commune dite « cadre » ou universelle (high level structure) que les versions 2015 des normes de management ISO 9001, ISO 45001 et ISO 14001. Celle-ci s'organise autour de dix chapitres et simplifie la gestion documentaire pour rendre la norme accessible aux petites structures. Cette norme est consacrée à la maîtrise opérationnelle de la sécurité des denrées alimentaires et concerne les Bonnes Pratiques d'Hygiène.



**Figure I.14** : La norme ISO 22000

### **I.9. Conclusion :**

En conclusion, les machines agroalimentaires jouent un rôle crucial dans l'industrie alimentaire en permettant la transformation, la manipulation et la préparation efficaces des aliments. Ces machines, en constante évolution grâce aux avancées technologiques, contribuent à améliorer la productivité, la qualité et la sécurité des produits alimentaires. Le choix des machines appropriées dépend de plusieurs facteurs, tels que le type de produit alimentaire à traiter, la taille de l'entreprise, les normes de qualité et de sécurité alimentaire, etc. Il est donc essentiel de prendre en compte ces éléments pour garantir le bon fonctionnement et la rentabilité des opérations agroalimentaires.

## **Chapitre II :**

### **Formulation du besoin de machine mouleuse rotative à biscuit et fonctionnement**

## **II.1. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous aborderons la formulation du besoin d'une machine mouleuse rotative à biscuits dans le cadre de l'optimisation du processus de fabrication de biscuits secs. Nous discuterons des critères de sélection de la machine, de ses fonctionnalités clés et des exigences de performance.

## **II.2. Contexte :**

La production de biscuits secs est une industrie en croissance constante, avec une demande croissante pour des produits de qualité supérieure et une variété de formes et de saveurs. Pour répondre à cette demande, il est essentiel d'optimiser les processus de fabrication, notamment en investissant dans des machines modernes et efficaces, telles que les mouleuses rotatives à biscuits.



**Figure II.1 : MOULEUSE ROTATIVE À BISCUITS Laser RMST50**

## **II.3. Formulation du besoin :**

Critères de sélection d'une machine mouleuse rotative à biscuits comprennent :

- **Capacité de production :** La machine doit être capable de produire un volume suffisant de biscuits pour répondre à la demande du marché.
- **Variété de formes :** La machine doit être capable de produire une grande variété de formes de biscuits pour répondre aux besoins des clients.
- **Précision :** La machine doit être précise dans la formation des biscuits pour garantir une qualité uniforme.
- **Automatisation :** La machine doit être hautement automatisée pour réduire la main-d'œuvre nécessaire et augmenter l'efficacité.

- **Facilité d'utilisation** : La machine doit être facile à utiliser, à nettoyer et à entretenir pour réduire les temps d'arrêt. [20]

### **II.3.1. Fonctionnement de la machine mouleuse rotative :**

- **Alimentation de la pâte** : La pâte est introduite dans la trémie de la machine.
- **Extrusion** : La pâte est poussée à travers des matrices ou des buses pour obtenir la forme désirée.
- **Formation des biscuits** : La pâte extrudée est guidée vers les moules rotatifs montés sur un tambour.
- **Découpe** : Un système de découpe sépare les biscuits individuels du reste de la pâte.
- **Cuisson** : Les biscuits sont transférés sur un convoyeur ou une plaque de cuisson pour être cuits dans un four.
- **Refroidissement et emballage** : Une fois cuits, les biscuits sont refroidis et prêts à être emballés pour la distribution.

Les éléments d'une mouleuse rotative à biscuits peuvent varier en fonction du modèle et du fabricant, mais voici généralement les éléments principaux que l'on peut retrouver :

- **Trémie d'alimentation** : Où la pâte à biscuits est chargée pour être traitée.
- **Système d'extrusion** : Comprend des vis sans fin ou des pistons hydrauliques qui poussent la pâte à travers des matrices pour lui donner la forme désirée.
- **Moules rotatifs** : Montés sur un tambour, ces moules donnent aux biscuits leur forme finale.
- **Système de découpe** : Pour séparer les biscuits individuels du reste de la pâte.
- **Convoyeur de transport** : Pour déplacer les biscuits vers le four de cuisson.
- **Four de cuisson** : Où les biscuits sont cuits.
- **Système de refroidissement** : Pour refroidir les biscuits après la cuisson.
- **Système d'emballage** : Pour emballer les biscuits une fois refroidis.
- **Système de contrôle** : Pour surveiller et réguler les différents processus de la machine.

Chaque élément joue un rôle crucial dans le processus de fabrication des biscuits et contribue à la qualité et à l'efficacité de la production.

### **II.3.2. Fonctionnalités clés :**

Les fonctionnalités clés d'une machine mouleuse rotative à biscuits incluent :

- **Système d'extrusion** : Pour former la pâte en différentes formes de biscuits.
- **Moules rotatifs** : Pour donner aux biscuits leur forme finale.
- **Système de découpe** : Pour séparer les biscuits individuels du reste de la pâte.
- **Contrôle de la vitesse** : Pour ajuster la vitesse de production en fonction des besoins. [21]

### **II.3.3. Les composants d'une machine mouleuse rotative :**

Les composants d'une machine mouleuse rotative à biscuits peuvent varier en fonction du modèle et du fabricant, mais voici une liste générale des composants que l'on peut retrouver dans une telle machine :

- **Cadre principal** : Structure principale de la machine qui supporte tous les autres composants.
- **Trémie d'alimentation** : Où la pâte à biscuits est chargée pour être traitée.
- **Système d'extrusion** : Composé de vis sans fin ou de pistons hydrauliques qui poussent la pâte à travers des matrices pour lui donner la forme désirée.
- **Moules rotatifs** : Montés sur un tambour, ces moules donnent aux biscuits leur forme finale.
- **Système de découpe** : Pour séparer les biscuits individuels du reste de la pâte.
- **Composants électriques et électroniques** : Tels que les moteurs, les actionneurs et les panneaux de commande.

Ces composants travaillent ensemble pour former une machine mouleuse rotative à biscuits fonctionnelle et efficace, capable de produire une grande variété de biscuits avec précision et qualité. [22]



#### **II.4. Intérêt de cette machine :**

L'intérêt de la machine mouleuse rotative à biscuits réside dans plusieurs aspects clés qui en font un équipement précieux pour les fabricants de biscuits :

- **Efficacité de production :** La machine peut produire des biscuits en grande quantité et à grande vitesse, ce qui permet de répondre à la demande du marché.
- **Variété de formes :** Grâce à ses moules rotatifs interchangeables, la machine peut produire une grande variété de formes de biscuits, ce qui permet de diversifier la gamme de produits offerts.
- **Uniformité :** La machine assure une uniformité dans la taille et la forme des biscuits produits, ce qui est essentiel pour garantir une qualité constante du produit final.
- **Automatisation :** La machine est hautement automatisée, ce qui réduit la dépendance à l'égard de la main-d'œuvre et augmente l'efficacité de la production.
- **Contrôle de la vitesse :** La machine offre un contrôle précis de la vitesse de production, ce qui permet d'adapter la production en fonction des besoins et d'éviter le gaspillage.
- **Facilité d'entretien :** La conception modulaire de la machine facilite son nettoyage et son entretien, ce qui permet de maintenir des normes élevées d'hygiène et de sécurité alimentaire.

#### **II.5. Analyse Fonctionnelle de la Machine Mouleuse Rotative à Biscuits :**

##### **II.5.1. Fonction Principale :**

- **Mouler des biscuits:** La machine doit mouler des biscuits à partir de pâte, en leur donnant une forme spécifique et uniforme, prête pour la cuisson.

##### **II.5.2. Fonctions de Service :**

- **FS1: Alimentation en pâte:** La machine doit pouvoir recevoir de la pâte de manière continue ou par lots.
- **FS2: Moulage de la pâte:** La machine doit transformer la pâte en formes de biscuits uniformes.

- **FS3: Transfert des biscuits moulés:** Les biscuits moulés doivent être transférés efficacement vers la section suivante de la ligne de production (souvent un convoyeur vers le four).
- **FS4: Nettoyage et maintenance:** La machine doit être conçue pour faciliter le nettoyage et la maintenance, respectant les normes d'hygiène de l'industrie alimentaire.
- **FS5: Sécurité opérateur:** La machine doit assurer la sécurité des opérateurs, incluant des dispositifs de protection et des systèmes d'arrêt d'urgence.

### **II.5.3. Fonctions Contraintes :**

- **FC1: Matériaux:** Utilisation de matériaux résistants à la corrosion, comme l'acier inoxydable 316.
- **FC2: Dimensions:** Le châssis et les composants doivent respecter des dimensions compatibles avec l'espace disponible dans l'usine et les normes industrielles.
- **FC3: Normes de sécurité:** Respect des normes de sécurité en vigueur pour les machines industrielles.
- **FC4: Consommation énergétique:** Optimisation de la consommation énergétique de la machine.

### **II.5.4. Description des Composants et de leur Rôle :**

- **Châssis (C1):**
  - **Rôle:** Fournit une structure stable et supporte tous les composants de la machine.
  - **Matériau:** Acier inoxydable 316.
- **Trémie d'alimentation (C2):**
  - **Rôle:** Réceptionne et guide la pâte vers les rouleaux de moulage.
  - **Matériau:** Acier inoxydable.
- **Rouleaux de moulage (C3):**
  - **Rôle:** Aplatissent et découpent la pâte en formes de biscuits.
  - **Matériau:** Acier inoxydable ou matériaux approuvés pour le contact alimentaire.
- **Cylindres rotatifs (C4):**
  - **Rôle:** Appliquent une pression uniforme pour mouler les biscuits à partir de la pâte.
  - **Matériau:** Acier inoxydable.

- **Convoyeur de transfert (C5):**
  - **Rôle:** Transporte les biscuits moulés vers le four.
  - **Matériau:** Courroies en matériaux compatibles alimentaires et structure en acier inoxydable.
- **Système de commande (C6):**
  - **Rôle:** Gère et synchronise le fonctionnement des différentes parties de la machine.
  - **Composants:** Inclut des contrôleurs programmables, des capteurs, et des dispositifs de sécurité.
- **Dispositifs de sécurité (C7):**
  - **Rôle:** Assurent la protection des opérateurs contre les mouvements dangereux et permettent l'arrêt d'urgence de la machine.
  - **Composants:** Inclut des barrières de sécurité, des interrupteurs d'arrêt d'urgence, et des capteurs de position.

### **II.5.5. Conclusion :**

La machine mouleuse rotative à biscuits doit combiner efficacité et fiabilité tout en respectant les normes de sécurité et d'hygiène de l'industrie alimentaire. La conception doit assurer une production continue et uniforme de biscuits, faciliter le nettoyage et l'entretien, et garantir la sécurité des opérateurs. L'utilisation de matériaux résistants comme l'acier inoxydable 316 et une conception soignée des composants sont essentielles pour atteindre ces objectifs.

## **II.6. Analyse Cinématique de la Machine Mouleuse Rotative à Biscuits :**

L'analyse cinématique se concentre sur le mouvement des composants de la machine sans tenir compte des forces ou des moments appliqués. Pour la machine mouleuse rotative à biscuits, nous examinons les mouvements des principaux composants pour comprendre leur rôle dans le processus de moulage.

### **II.6.1. Description des Mouvements des Composants Principaux :**

#### **1. Trémie d'Alimentation (C2)**

- **Fonction:** Acheminer la pâte vers les rouleaux de moulage.

- **Mouvement:** La trémie elle-même est statique, mais elle canalise la pâte vers les rouleaux par gravité ou par des mécanismes de poussée.
2. **Rouleaux de Moulage (C3)**
- **Fonction:** Aplatir la pâte et découper les formes de biscuits.
  - **Mouvement:** Rotation continue autour de leur axe horizontal. La vitesse de rotation doit être synchronisée avec le débit de pâte pour assurer un moulage uniforme.
  - **Cinématique:** Mouvement de rotation uniforme, caractérisé par une vitesse angulaire  $\omega_1$ .
3. **Cylindres Rotatifs (C4)**
- **Fonction:** Appliquer une pression uniforme pour mouler les biscuits.
  - **Mouvement:** Rotation continue autour de leur axe horizontal, similaire aux rouleaux de moulage.
  - **Cinématique:** Mouvement de rotation uniforme, caractérisé par une vitesse angulaire  $\omega_2$ . La synchronisation entre  $\omega_1$  et  $\omega_2$  est cruciale.
4. **Convoyeur de Transfert (C5)**
- **Fonction:** Transporter les biscuits moulés vers le four.
  - **Mouvement:** Mouvement linéaire continu dans la direction de la ligne de production.
  - **Cinématique:** Mouvement rectiligne uniforme avec une vitesse  $v$ . La vitesse du convoyeur doit être synchronisée avec la vitesse de moulage pour éviter les accumulations ou les interruptions.
5. **Système de Commande (C6)**
- **Fonction:** Coordonner et contrôler les mouvements des différents composants.
  - **Mouvement:** Inclut des mouvements internes de commutation, des ajustements de vitesse, et des vérifications de position via des capteurs.
  - **Cinématique:** Mouvements discrets et continus, dépendant des entrées des capteurs et des paramètres programmés.

## **II.6.2. Diagramme de Mouvement :**

Un diagramme de mouvement aide à visualiser les interactions cinématiques entre les composants :

- **Entrée de pâte** : La pâte entre dans la trémie (statique) et est acheminée vers les rouleaux de moulage.
- **Rouleaux de Moulage** : Rotation continue ( $\omega_1$ ), aplatissent la pâte.
- **Cylindres Rotatifs** : Rotation continue ( $\omega_2$ ), moulent les formes de biscuits.
- **Convoyeur de Transfert** : Mouvement linéaire continu ( $v$ ), transporte les biscuits moulés.

### **II.6.3. Synchronisation des Mouvements :**

La synchronisation des mouvements est essentielle pour une production continue et efficace :

- **Rouleaux et Cylindres** : Les vitesses angulaires  $\omega_1$  et  $\omega_2$  doivent être ajustées pour que la pâte soit moulée de manière uniforme.
- **Convoyeur** : La vitesse linéaire  $v$  doit correspondre au débit de biscuits sortant des cylindres rotatifs pour éviter des interruptions dans la chaîne de production.

### **II.6.4. Formules de Base :**

- **Vitesse angulaire ( $\omega$ ):**

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (\text{II.1})$$

où  $N$  est la vitesse de rotation en tours par minute (rpm).

- **Vitesse linéaire ( $v$ ):**

$$v = \omega r \quad (\text{II.2})$$

où  $r$  est le rayon du cylindre ou du rouleau.

- **Synchronisation:**

$$v = L \times f \quad (\text{II.3})$$

où  $L$  est la longueur du biscuit moulé et  $f$  est la fréquence de moulage des biscuits.

### **II.6.5. Conclusion**

L'analyse cinématique de la machine mouleuse rotative à biscuits révèle l'importance de la synchronisation et de la coordination des mouvements des rouleaux de moulage, des cylindres rotatifs et du convoyeur de transfert. Ces mouvements doivent être parfaitement harmonisés pour assurer une production continue et de haute qualité des biscuits. Les vitesses de rotation et de déplacement sont ajustées pour maintenir la régularité et la précision du moulage.

**Chapitre III :**  
**Conception et description des éléments**

### III.1. Introduction :

Après avoir choisi le type de machine de mouleuse rotative à biscuit, nous allons présenter les principales parties de la machine ainsi que leurs éléments et organes, ainsi que leurs rôles dans le mécanisme.

La conception s'est faite avec le logiciel SolidWorks, version 2022.

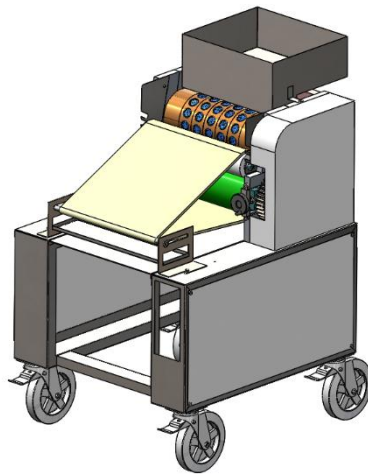


Figure III.1 : Vue de la machine mouleuse rotative à biscuit

### III.2. Le principe de fonctionnement d'une machine mouleuse rotative à biscuit :

Le principe de fonctionnement d'une machine mouleuse rotative à biscuit repose sur plusieurs étapes clés :

1. **Alimentation de la pâte** : La pâte à biscuit est introduite dans la machine à partir d'un réservoir ou d'une trémie.
2. **Découpe de la pâte** : Des moules rotatifs ou des rouleaux à découper spéciaux découpent la pâte en formes spécifiques de biscuits.
3. **Transfert des biscuits** : Les biscuits découpés sont transférés sur des bandes transporteuses ou des plaques pour être acheminés vers le four.



### III.3. Les parties principales de l'ensemble :

Le système de fabrication d'une machine mouleuse rotative à biscuit comprend généralement plusieurs grandes parties, chacune ayant des composants spécifiques. Voici les principales parties d'un tel système :

#### III.3.1. Alimentation de la pâte :

Cette partie comprend une trémie pour stocker la pâte à biscuit.

La trémie est une partie essentielle du système de fabrication d'une machine mouleuse rotative à biscuit. Elle est utilisée pour stocker la pâte à biscuit avant qu'elle ne soit introduite dans la machine pour le formage et la découpe des biscuits.

La trémie est généralement équipée d'un réservoir de stockage qui peut contenir une grande quantité de pâte à biscuit. Cela permet d'assurer un approvisionnement continu en pâte pendant le processus de fabrication.

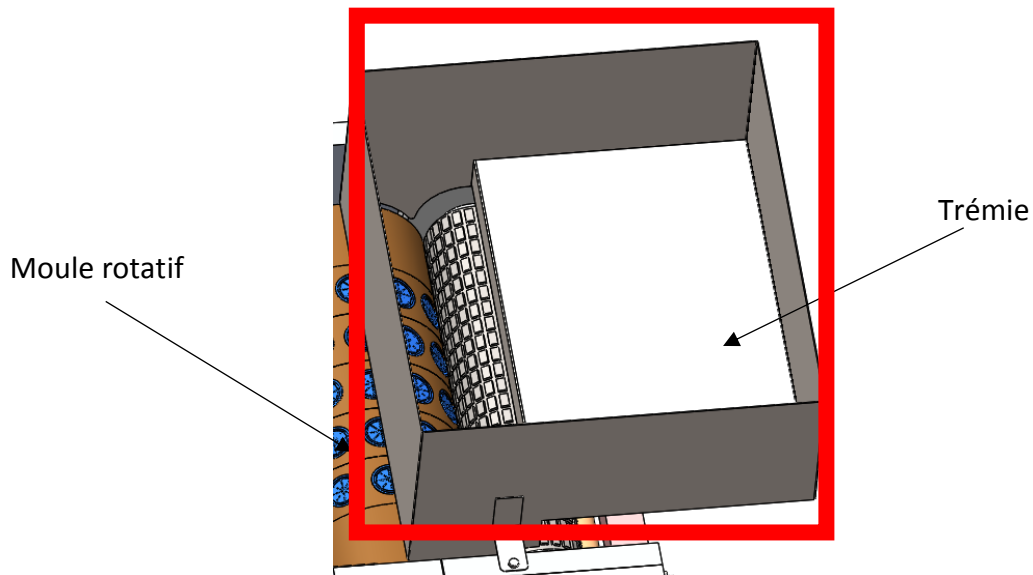


Figure III.2: La trémie

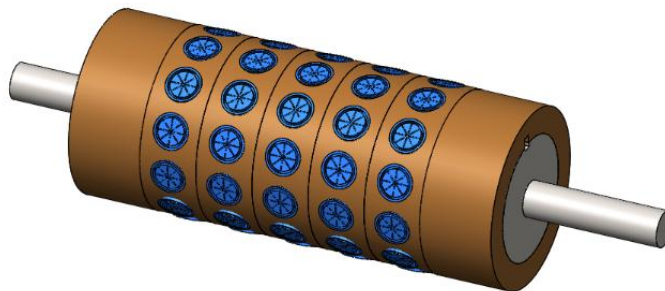
En résumé, la trémie est une partie importante du système de fabrication d'une machine mouleuse rotative à biscuit, car elle assure un approvisionnement continu en pâte de qualité pour le processus de fabrication des biscuits.

### III.3.2. Moule rotatif :

Ce moule découpe la pâte en formes spécifiques de biscuits. Il est monté sur un tambour rotatif qui tourne pour découper la pâte en continu.

Voici comment fonctionnent généralement les moules rotatifs :

1. **Structure** : Les moules rotatifs sont montés sur un tambour ou une roue rotative. Chaque moule est conçu pour découper une forme spécifique de biscuit.
2. **Rotation** : Le tambour ou la roue sur laquelle sont montés les moules rotatifs tourne en continu. Cette rotation permet aux moules de passer successivement par les différentes étapes du processus de fabrication.
3. **Découpe de la pâte** : Lorsque les moules rotatifs passent au-dessus de la feuille de pâte étalée, ils exercent une pression sur la pâte, ce qui la découpe en formes spécifiques de biscuits.
4. **Éjection des biscuits** : Une fois la pâte découpée, les biscuits sont éjectés des moules à l'aide de petits poussoirs ou de mécanismes similaires. Les biscuits peuvent ensuite être transférés vers le four pour la cuisson.
5. **Variabilité des formes** : Les moules rotatifs peuvent être conçus pour produire une grande variété de formes de biscuits, ce qui permet une production flexible pour répondre à différents besoins et préférences des clients.



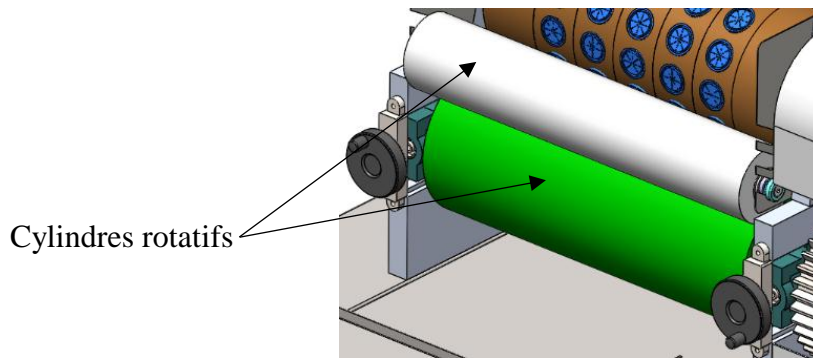
**Figure III.3:** Le moule rotatif

En résumé, les moules rotatifs sont des éléments essentiels d'une machine mouleuse rotative à biscuit, permettant une production efficace et précise de biscuits en grandes quantités.

### III.3.3. Système de transfert :

Une fois les biscuits découpés, le système de transfert avec les deux cylindres rotatifs fonctionne de la manière suivante :

- **Cylindres rotatifs** : Les deux cylindres rotatifs sont situés de part et d'autre d'un tapis de transfert. Ces cylindres sont en contact avec le tapis et tournent pour transférer les biscuits le long du tapis.

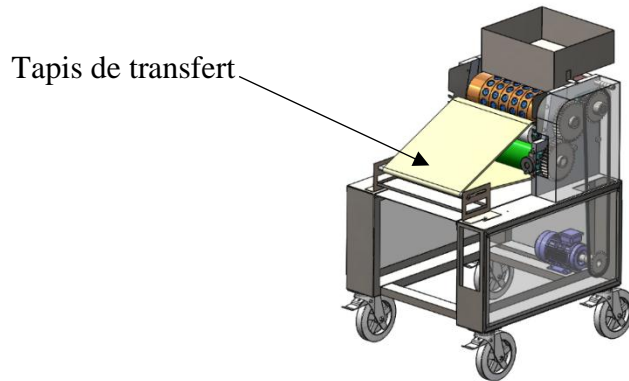


**Figure III.4:** Les cylindres rotatifs

- **Tapis de transfert** : Le tapis de transfert est placé entre les deux cylindres rotatifs. Il est conçu pour supporter les biscuits et les transporter vers le four.
- **Transfert des biscuits** : Les biscuits découpés sont déposés sur le tapis de transfert. Les cylindres rotatifs tournent, entraînant ainsi le mouvement du tapis et des biscuits vers le four.

Matériau utilisé pour le tapis de transfert est :

Polyuréthane (PU) : Utilisé pour sa résistance à l'abrasion et à la déchirure, ainsi que pour sa conformité aux normes alimentaires.



**Figure III.5:** Tapis de transfert

En résumé, un système de transfert utilisant deux cylindres rotatifs peut être une méthode efficace pour transférer les biscuits entre les différentes étapes du processus de fabrication.

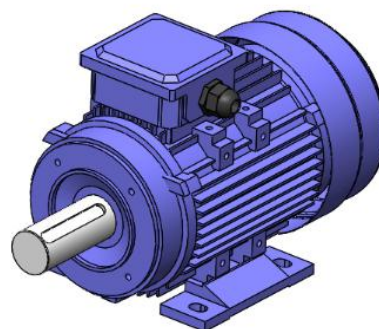
### III.3.4. Système de transmission :

Le système de transmission dans une machine mouleuse rotative à biscuit est crucial pour assurer le bon fonctionnement de la machine. Voici les principaux éléments de ce système :

**III.3.4.1. Moteur asynchrones :** Le moteur électrique fournit la puissance nécessaire pour faire fonctionner les différentes parties de la machine, telles que le moule, les cylindres rotatifs.

Un moteur électrique est une machine électromécanique capable de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

400 volts, triphasé, 50 Hz, 0,56 kW.



**Figure III.6:** Le moteur électrique

### ➤ Les caractéristiques du moteur :

Les caractéristiques d'un moteur utilisé dans une machine mouleuse rotative à biscuit peuvent varier en fonction des besoins spécifiques de la machine et du processus de fabrication. Voici quelques caractéristiques importantes à prendre en compte lors du choix d'un moteur pour ce type d'application :

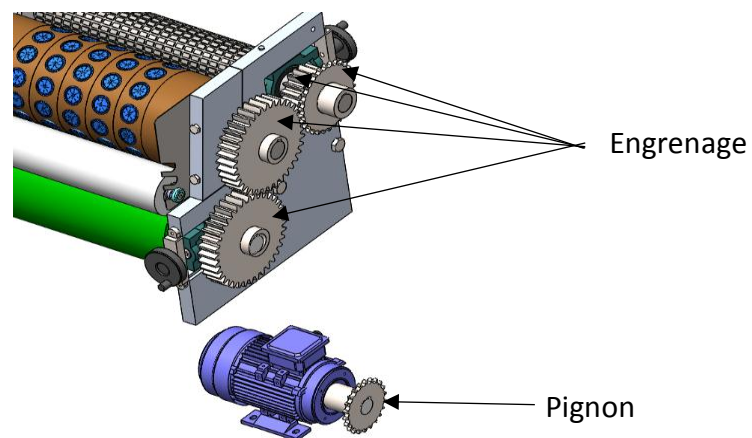
- **Puissance** : La puissance du moteur doit être suffisante pour entraîner efficacement les différents composants de la machine, tels que le moule rotatif et les cylindres rotatifs tout en tenant compte des charges de travail variables.
- **Vitesse** : La vitesse du moteur doit être adaptée aux besoins de production de la machine. Un moteur à vitesse variable peut être préférable pour ajuster la vitesse en fonction des différentes étapes du processus de fabrication.
- **Couple** : Le moteur doit fournir un couple suffisant pour surmonter les résistances rencontrées par les composants en mouvement, comme le moule rotatif et les cylindres rotatifs.
- **Fiabilité** : Le moteur doit être fiable et capable de fonctionner de manière continue pendant de longues périodes sans nécessiter de maintenance fréquente.
- **Efficacité énergétique** : Il est important de choisir un moteur qui soit suffisamment efficace sur le plan énergétique pour réduire la consommation d'énergie et les coûts associés à son fonctionnement.

### III.3.4.2. Engrenages :

Les engrenages sont utilisés pour transmettre la puissance du moteur aux différentes parties de la machine. Ils permettent de réguler la vitesse et le couple pour s'adapter aux besoins de production.

Dans une machine mouleuse rotative à biscuit, les engrenages sont des éléments essentiels du système de transmission. Voici quelques caractéristiques clés des engrenages utilisés dans ce type de machine :

- **Type d'engrenage** : Les engrenages utilisés dans la machine mouleuse rotative à biscuit sont les engrenages droits.
- **Matériau** : Le matériau utilisé pour la fabrication des engrenages est un acier ou en acier inoxydable pour assurer leur résistance et leur durabilité dans des conditions de fonctionnement exigeantes.
- **Module et nombre de dents** : Le module et le nombre de dents des engrenages sont choisis en fonction de la puissance et de la vitesse de transmission requises, ainsi que des ratios de vitesse entre les différents composants de la machine.
- **Lubrification** : Les engrenages doivent être correctement lubrifiés pour assurer un fonctionnement fluide et réduire l'usure des dents.
- **Alignement et jeu** : Un alignement précis des engrenages et un jeu approprié entre les dents sont essentiels pour éviter les vibrations excessives et assurer un fonctionnement silencieux.
- **Entretien** : Les engrenages doivent être inspectés régulièrement pour détecter tout signe d'usure ou de dommage et remplacés si nécessaire pour éviter les pannes de la machine.

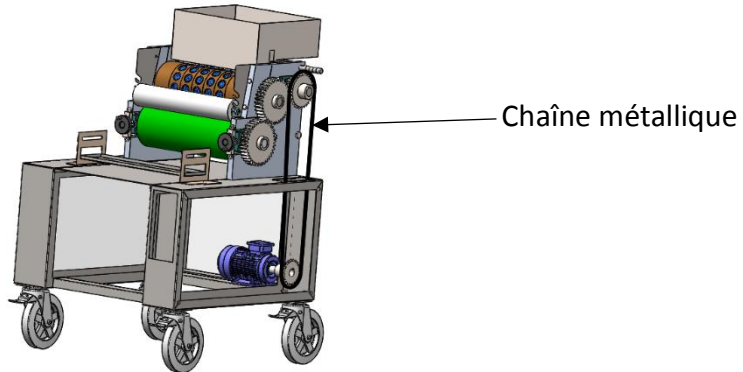


**Figure III.7** : Les engrenages

En résumé, les engrenages jouent un rôle crucial dans le système de transmission d'une machine mouleuse rotative à biscuit en assurant un transfert efficace et fiable de la puissance entre les différents composants de la machine.

### III.3.4.3. Chaîne :

Le chaîne est utilisés pour transmettre la puissance entre les différents composants de la machine, en particulier lorsque ceux-ci sont éloignés les uns des autres.



**Figure III.8 :** La chaîne à rouleaux

- **Chaîne à rouleaux** : Utilisée pour la transmission de puissance et le transport de charges lourdes. Elle se compose de maillons reliés par des broches et des rouleaux.

La chaîne à rouleaux est idéale pour permettre une transmission du mouvement à basse vitesse et à couple élevé. Trois types de chaînes à rouleaux sont disponible : simple, double et triple.

Dans notre machine nous utilisons la chaîne suivante :

CHAÎNE ACIER SIMPLE 10B-1 PAS DE 15,875MM (LONGUEUR = 2109,54MM)

LA FICHE TECHNIQUE DE CHAÎNE ACIER SIMPLE 10B-1 PAS DE 15,875MM

|                        |              |
|------------------------|--------------|
| Norme                  | <b>10B-1</b> |
| Pas (mm)               | 15.875       |
| Type Chaîne            | Simple       |
| Force de rupture (daN) | 2750         |
| Longueur (mm)          | 2109,54      |
| Poids (kg)             | 2,10954      |



Figure III.9 : Chaîne métallique 10B

### III.3.5. Les paliers tendeurs :

Les paliers tendeurs sont des organes utilisés en construction mécanique pour supporter et guider, en rotation, des arbres de transmission. Dans notre machine nous avons 4 paliers tendeurs de type :

Palier tendeur complet en fonte -UCT208-

### III.3.6. Les Roulements :

Les roulements sont des composants essentiels dans une machine mouleuse rotative à biscuit. Ils permettent de réduire la friction entre les pièces en mouvement et de supporter des charges axiales et radiales, assurant ainsi le bon fonctionnement et la durabilité de la machine.

Dans notre machine nous avons 6 roulements de type :

- 4 Roulements - UC208 - possède un diamètre intérieur de 40 mm
- 2 Roulements - 6008-2RS-SKF - possède un diamètre intérieur de 40 mm



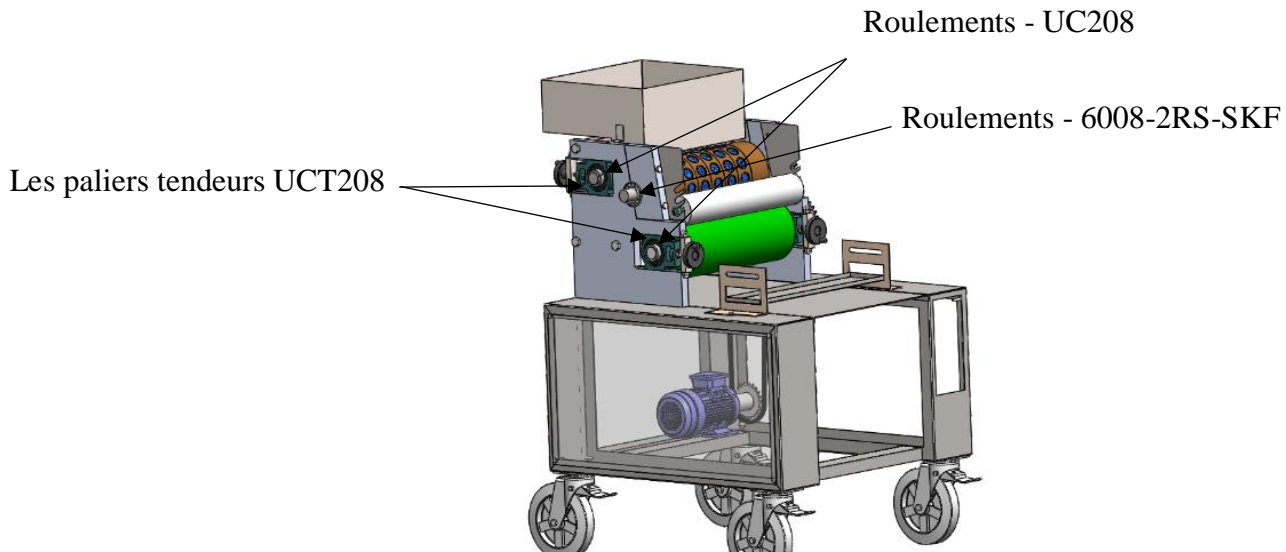


Figure III.10 : Les paliers tendeurs et roulements

### III.4. Les matériaux utilisés pour fabriqué les principaux éléments de la machine mouleuse rotatif à biscuit :

La fabrication d'une machine mouleuse rotative à biscuit nécessite l'utilisation de divers matériaux, chacun sélectionné pour ses propriétés spécifiques afin de garantir durabilité, hygiène, et efficacité. Voici les principaux matériaux utilisés et leurs applications dans la machine :

#### III.4.1. Matériaux pour la Structure et le Châssis :

➤ **AISI 304 | 1.4301 | X5CrNi18-10 | AFNOR Z7CN18-09 | Acier inoxydable :**

L'acier inoxydable AISI 304, également connu sous les désignations 1.4301, X5CrNi18-10, et AFNOR Z7CN18-09, est l'un des aciers inoxydables austénitiques les plus couramment utilisés. Il est largement apprécié pour sa combinaison de propriétés mécaniques et de résistance à la corrosion.

➤ **Composition Chimique :**

- Carbone (C) :  $\leq 0.07$  %
- Manganèse (Mn) :  $\leq 2.00$  %

- Phosphore (P) :  $\leq 0.045 \%$
- Soufre (S) :  $\leq 0.015 \%$
- Silicium (Si) :  $\leq 1.00 \%$
- Nickel (Ni) :  $8.00 \%$  -  $10.50 \%$
- Chrome (Cr) :  $17.50 \%$  -  $19.50 \%$
- Azote (N) :  $\leq 0.11 \%$

➤ **Propriétés Mécaniques :**

- Résistance à la traction ( $R_m$ ) :  $500 - 700 \text{ MPa}$
- Limite d'élasticité ( $R_{p0.2}$ ) :  $\geq 190 \text{ MPa}$
- Allongement à la rupture ( $A_5$ ) :  $\geq 45 \%$
- Dureté Brinell (HB) :  $\leq 215$

➤ **Propriétés Physiques**

- Densité :  $7.9 \text{ g/cm}^3$
- Conductivité thermique :  $16.2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  à  $100 \text{ }^\circ\text{C}$
- Coefficient de dilatation thermique :  $16.0 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$  ( $0-100^\circ\text{C}$ )
- Module d'élasticité :  $200 \text{ GPa}$

### III.4.2. Matériaux pour la Trémie, supports cylindres et le moule :

➤ **Acier inoxydable 316 / AISI 316 / 1.4401 :**

L'acier inoxydable 316, également connu sous les désignations AISI 316 et 1.4401, est un acier austénitique qui contient du molybdène, ce qui améliore significativement sa résistance à la corrosion, en particulier dans les environnements contenant du chlorure. Cet acier est largement utilisé dans des applications nécessitant une résistance accrue à la corrosion et aux températures élevées. [23]

➤ **Composition Chimique**

- Carbone (C) :  $\leq 0.08 \%$
- Manganèse (Mn) :  $\leq 2.00 \%$
- Phosphore (P) :  $\leq 0.045 \%$
- Soufre (S) :  $\leq 0.015 \%$
- Silicium (Si) :  $\leq 1.00 \%$

- Nickel (Ni) : 10.00 % - 13.00 %
- Chrome (Cr) : 16.50 % - 18.50 %
- Molybdène (Mo) : 2.00 % - 2.50 %
- Azote (N) :  $\leq 0.11$  %

➤ **Propriétés Mécaniques**

- Résistance à la traction ( $R_m$ ) : 515 - 720 MPa
- Limite d'élasticité ( $R_{p0.2}$ ) :  $\geq 205$  MPa
- Allongement à la rupture ( $A_5$ ) :  $\geq 40$  %
- Dureté Brinell (HB) :  $\leq 215$

➤ **Propriétés Physiques**

- Densité : 8.0 g/cm<sup>3</sup>
- Conductivité thermique : 16.3 W/(m·K) à 100 °C
- Coefficient de dilatation thermique :  $15.9 \times 10^{-6}$  /°C (0-100°C)
- Module d'élasticité : 200 GPa

**Chapitre IV :**  
**Etude du système et Simulation**

### **IV.1. Introduction :**

Après avoir présenté la description et le fonctionnement de notre machine mouleuse rotatif à biscuits, nous allons justifier le choix des différents organes de notre système.

L'étude principale est nécessaire pour le bon fonctionnement de l'ensemble de mécanisme sera aperçue dans ce chapitre.

### **IV.2. Le Choix du moteur :**

Pour choisir un moteur adapté à notre machine mouleuse rotative à biscuits en utilisant les spécifications suivantes : 400 Volts, 3 phases, 50 Hz, et 0.56 kW, nous devons vérifier si ce moteur peut satisfaire les besoins en termes de couple, de vitesse, et de puissance de la machine. [24]

#### **IV.2.1 Vérifier les spécifications du moteur :**

Le moteur spécifié a les caractéristiques suivantes :

- Tension : 400V
- Phases : 3 phases
- Fréquence : 50 Hz
- Puissance : 0.56 Kw

#### **IV.2.2 Calculer le courant nominal du moteur :**

Pour un moteur triphasé, le courant nominal (I) peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \eta \times \cos(\phi)} \quad (4.1)$$

Où :

- $P$  = puissance en kW (0.56 kW)
- $V$  = tension en volts (400V)
- $\eta$  = rendement du moteur (souvent entre 0.85 et 0.95)
- $\cos(\phi)$  = facteur de puissance (souvent entre 0.8 et 0.9)

Prenons des valeurs typiques :

- $\eta=0.9$
- $\cos(\phi)=0.85$

$$I = \frac{0.56}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.9 \times 0.85}$$

$$I = \frac{0.56}{588.6}$$

$$I \approx 0.95 \text{ A}$$

### IV.2.3 Calculer le couple produit par le moteur :

Le couple (C) peut être calculé à partir de la puissance et de la vitesse du moteur en utilisant la formule suivante :

$$C = \frac{P \times 9550}{n} \quad (4.2)$$

Où :

- C= Couple en Nm
- P = puissance en kW (0.56 kW)
- n = vitesse du moteur en T/min (typique pour 50 Hz est entre 1400 et 1500 T/min pour un moteur à 4 pôles)

➤ Prenons n= 1500 T/min

$$C = \frac{0.56 \times 9550}{1500}$$

$$C \approx 3.565 \text{ Nm}$$

Le moteur de 400V, 3 phases, 50 Hz, et 0.56 kW semble adapté en termes de puissance et de couple pour une machine mouleuse rotative à biscuits, à condition que le couple de 3.565 N·m soit suffisant pour la charge de la machine. Si des exigences spécifiques de couple ou de vitesse sont nécessaires, ou si des conditions de surcharge existent, des ajustements ou un moteur différent pourraient être nécessaires.

Donc Avec les spécifications ci-dessus, un moteur triphasé à induction (asynchrone) de 0.56 kW (ou 0.75 HP), avec une tension de 400V, 50 Hz, et 4 pôles serait approprié. Les moteurs de ce type sont largement disponibles et conviennent pour notre machine.

### IV.2.4 Exemples de Moteurs Appropriés :

➤ Siemens 1LE1001-0DB22-2AB4 :

- Puissance : 0.55 kW
- Tension : 400V
- Phases : 3
- Fréquence : 50 Hz
- Vitesse : 1440 RPM
- Facteur de service : 1.0
- Rendement élevé (IE2)



**Figure IV.1 :** Moteur Siemens 1LE1001-0DB22-2AB4

- WEG W21 0.55 kW :
  - Puissance : 0.55 kW
  - Tension : 400V
  - Phases : 3
  - Fréquence : 50 Hz
  - Vitesse : 1440 RPM
  - Facteur de service : 1.0
  - Rendement élevé (IE2)



**Figure IV.2 :** Moteur WEG W21 0.55 kW

### **IV.3. Calcul des engrenages :**

Pour calculer le système d'engrenage de la machine mouleuse rotative à biscuits avec les données fournies, nous devons déterminer plusieurs paramètres, y compris les rapports de transmission, les vitesses, et vérifier la compatibilité des engrenages. [25]

Voici les étapes :

#### **Données Fournies :**

##### **1. Premier pignon moteur :**

- Nombre de dents  $Z1=22$
- Diamètre de tête  $dt1=120\text{mm}$

##### **2. Deuxième roue dentée :**

- Nombre de dents  $Z2=30$



- Diamètre de tête  $dt_2=160\text{mm}$
- Reliée au premier pignon par une chaîne métallique 10B, pas  $P=15,875\text{ mm}$

**3. Troisième pignon de cylindre rotatif :**

- Nombre de dents  $Z_3=18$
- Diamètre de tête  $dt_3=110\text{mm}$
- Sur le même arbre que la deuxième roue dentée (diamètre de l'arbre = 40 mm)

**4. Pignon de moule rotatif :**

- Nombre de dents  $Z_4=36$
- Diamètre de tête  $dt_4=209\text{mm}$
- Entraîné par le pignon de cylindre rotatif

**IV.3.1. Calcul du Pas de l'Engrenage :**

Le module de l'engrenage est calculé à partir du diamètre de tête et du nombre de dents :

$$m = \frac{dt}{Z+2} \quad (4.3)$$

➤ Premier pignon moteur :

$$m_1 = \frac{120}{22+2} = \frac{120}{24} = 5\text{mm}$$

➤ Deuxième roue dentée :

$$m_2 = \frac{160}{30+2} = \frac{160}{32} = 5\text{mm}$$

➤ Troisième pignon de cylindre rotatif :

$$m_3 = \frac{110}{18+2} = \frac{110}{20} = 5,5\text{mm}$$

➤ Pignon de moule rotatif :

$$m_4 = \frac{209}{36+2} = \frac{209}{38} = 5,5\text{mm}$$

### IV.3.2. Calcul des Rapports de Transmission :

- Premier Rapport de Transmission (Chaîne entre le pignon moteur et la roue dentée) :

$$R_1 = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{30}{22} = 1,36 \quad (4.4)$$

- Deuxième Rapport de Transmission (Engrenage entre la roue dentée et le pignon de cylindre rotatif) :

L'engrenage entre la roue dentée et le pignon de cylindre rotatif est sur le même arbre, donc ils tournent à la même vitesse.

$$R_2 = 1,36$$

- Troisième Rapport de Transmission (Engrenage entre le pignon de cylindre rotatif et le pignon de moule rotatif) :

$$R_3 = \frac{Z_4}{Z_3} = \frac{36}{18} = 2$$

### IV.3.3. Calcul des Vitesses de Rotation :

Supposons que la vitesse de rotation du moteur est de  $n_1=1440$  Tr/min (comme mentionné précédemment).

- Vitesse de la roue dentée (après la chaîne) :

$$n_2 = \frac{n_1}{R_1} = \frac{1440}{1,36} \approx 1059 \text{ Tr/min} \quad (4.5)$$

- Vitesse du cylindre rotatif (même arbre que la roue dentée) :

$$n_3 = n_2 = 1059 \text{ Tr/min}$$

- Vitesse du moule rotatif :

$$n_4 = \frac{n_3}{R_3} = \frac{1059}{2} \approx 529,5 \text{ Tr/min}$$

### IV.3.4. Vérification des Dimensions et Compatibilité :

Vérification du Pas de la Chaîne :

Le pas de la chaîne 10B est de 15,875 mm, et les diamètres de tête calculés précédemment correspondent à un module de 5 mm pour les deux premiers engrenages, ce qui est compatible avec la chaîne.

### IV.3.5. Résumé des Calculs :

- Rapport de réduction total :  $R_{total} = R1 \times R2 = 1,36 \times 2 = 2,72$  (4.6)
- Vitesse du moteur : 1440 Tr/min
- Vitesse de la roue dentée : 1059 Tr/min
- Vitesse du cylindre rotatif : 1059 Tr/min
- Vitesse du moule rotatif : 529,5 Tr/min

### IV.4. Calcul de la chaîne métallique :

Pour calculer la chaîne métallique de longueur  $L=2109,54$  mm avec les données précédentes et pour vérifier sa compatibilité avec le système, nous allons suivre les étapes suivantes : [26]

#### ➤ Données Fournies

- Premier pignon moteur :

Nombre de dents  $Z1=22$

Diamètre de tête  $dt1=120$  mm

- Deuxième roue dentée :

Nombre de dents  $Z2=30$

Diamètre de tête  $dt2=160$  mm

- Chaîne :

Type : 10B

Pas  $P=15,875$  mm

- Longueur de la chaîne :

$L=2109,54$ mm



**Figure IV.3:** Chaîne métallique 10-B

#### **IV.4.1. Calcul de la Distance entre les Centres des Engrenages :**

La distance entre les centres des deux engrenages ( $C$ ) peut être approximée par :

$$C = \frac{L}{P} \quad (4.7)$$

#### **IV.4.2. Calcul du Nombre de Maillons de la Chaîne :**

Le nombre de maillons de la chaîne ( $N$ ) peut être calculé en divisant la longueur totale par le pas de la chaîne :

$$N = \frac{L}{P} = \frac{2109,54}{15,875} \approx 132,9 \quad (4.8)$$

Arrondissons le nombre de maillons au nombre entier le plus proche :

$$N \approx 133$$

#### **IV.4.3. Vérification de la Longueur Réelle de la Chaîne :**

La longueur réelle de la chaîne avec 133 maillons peut être recalculée pour vérifier :

$$L_{réel} = N \times P = 133 \times 15,875 = 2110,375 \text{ mm} \quad (4.9)$$

La longueur réelle est très proche de la longueur demandée, donc c'est acceptable.

#### IV.4.4. Calcul de la Distance entre les Centres pour la Chaîne de 133 Maillons :

Maintenant, recalculons la distance entre les centres des engrenages pour 133 maillons :

$$C = \frac{N \times P}{2} - \frac{(dt1+dt2)}{2} \approx 132,9 \quad (4.10)$$

Les diamètres primitifs ( $d_{p1}$  et  $d_{p2}$ ) peuvent être approximés comme :

$$d_{p1} \approx \frac{120}{22} \times 20 \approx 109,09 \text{ mm} \quad (4.11)$$

$$d_{p2} \approx \frac{160}{30} \times 32 \approx 157,33 \text{ mm}$$

Ensuite, calculons la distance entre les centres :

$$C = \frac{(133 \times 15,875)}{2} - \frac{(109,09+157,33)}{2}$$

$$C = \frac{2110,375}{2} - \frac{266,43}{2}$$

$$C = 1055,1875 - 133,21$$

$$C \approx 921,98 \text{ mm}$$

#### IV.5. Calcul de palier tendeur :

Pour le calcul et la sélection des paliers tendeurs de type UCT208 pour la machine mouleuse rotative à biscuits, nous devons vérifier les spécifications de ce type de palier et nous assurer qu'ils peuvent supporter les charges et les conditions de fonctionnement de la machine. [27]

##### IV.5.1. Spécifications du tendeur de palier UCT208 :

Est un palier auto-aligneur avec une unité de roulement monté dans un boîtier en fonte. Voici quelques caractéristiques courantes de ce type de palier :

- Diamètre de l'arbre : 40 mm
- Dimensions :
  - Hauteur totale : Environ 49.2 mm
  - Longueur du boîtier : Environ 165 mm
  - Largeur du boîtier : Environ 99 mm

- Capacité de charge :
  - Charge radiale statique
  - Charge radiale dynamique : Environ 34 kN
- Poids : Environ 2,2 kg
- Matériau : Fonte avec insert de roulement en acier

#### IV.5.2. Vérification de la Vitesse de Rotation :

La vitesse de rotation du moule rotatif est d'environ 529,5 tr/min. Les paliers tendeurs UCT208 sont capables de fonctionner à des vitesses élevées, bien au-delà des 529,5 tr/min requis.



Figure IV.4 : Paliers tendeurs de type UCT208

#### IV.6. Calcul de roulement :

Choix de 4 Roulements - UC208 - possède un diamètre intérieur de 40 mm

Pour le choix de 4 roulements UC208 pour la machine mouleuse rotative à biscuits, nous allons effectuer une vérification approfondie des charges et des conditions de fonctionnement :

##### IV.6.1. Spécifications du Roulement UC208 :

Les roulements UC208 sont des roulements à billes avec un boîtier de palier. Voici leurs principales caractéristiques :

- Diamètre intérieur (d) : 40 mm
- Diamètre extérieur (D) : 80 mm
- Largeur (B) : 49,2 mm
- Capacité de charge :
  - Charge radiale statique : 19,5 kN
  - Charge radiale dynamique : 29,2 kN
- Poids : Environ 0.5 kg
- Matériau : Acier

#### IV.6.2. Calcul des Charges :

Nous devons considérer les charges radiales et axiales exercées sur les roulements de cylindre rotatif de la machine.

- Pignons et roues dentées : 9,68 kg
- Chaîne : 2,95 kg
- Cylindre rotatif : 34.5kg

Poids total supporté par les roulements :

$$9,68 + 2,95 + 34.5 = 47,13\text{kg}$$

La force gravitationnelle totale  $F$  peut être calculé comme :

$$F=m \times g = 47,13\text{kg} \times 9.81\text{MS}^2 = 462,3453\text{N} \quad (4.12)$$

Comme il y a 2 roulements répartissant la charge pour chaque arbre (pour le cylindre rotatif), la charge radiale sur chaque roulement  $F_r$  sera :

$$F_r = \frac{462,3453}{2} = 231,17265\text{N}$$

#### ➤ Vérification de la Capacité de Charge :

La capacité radiale statique du UC208 étant de 19.5 k

#### ➤ Vérification de la Vitesse de Rotation :

La vitesse de rotation du moule rotatif est d'environ 529,5 tr/min. Les roulements UC208 sont capables de fonctionner à des vitesses élevées, bien au-delà des 529,5 tr/min requis.

### ➤ Vérification des Dimensions :

Les dimensions des roulements UC208 (diamètre intérieur de 40 mm) sont compatibles avec les arbres de la machine décrits dans vos spécifications précédentes.

- Les roulements UC208 sont adaptés pour :
  - **Capacité de charge** : Les charges radiales calculées sont bien inférieures à la capacité du roulement.
  - **Vitesse de rotation** : La vitesse de rotation est dans les limites opérationnelles du roulement.
  - **Compatibilité des dimensions** : Les dimensions du roulement sont appropriées pour les arbres de 40 mm de diamètre de votre machine.



**Figure IV.5** : Roulement UC208

Pour vérifier et calculer la sélection de 2 roulements 6008-2RS-SKF avec un diamètre intérieur de 40 mm pour votre machine mouleuse rotative à biscuits, nous devons examiner les charges et les conditions de fonctionnement. Voici les étapes détaillées pour le calcul.

### ➤ Spécifications du Roulement 6008-2RS-SKF :

Le roulement 6008-2RS-SKF est un roulement à billes à une rangée, étanche (avec des joints des deux côtés). Voici ses principales caractéristiques :

- Diamètre intérieur (d) : 40 mm
- Diamètre extérieur (D) : 68 mm



- Largeur (B) : 15 mm
- Capacité de charge :
  - Charge radiale statique : 13.2 kN
  - Charge radiale dynamique : 23.9 kN
- Poids : Environ 0.3 kg
- Matériau : Acier

### ➤ Calcul des Charges :

Nous devons estimer les charges radiales et axiales exercées sur les roulements par la machine.

Pour simplifier, nous allons considérer les composants principaux supportés par les roulements :

- Pignons : 9.3 kg
- Chaîne : 2.95 kg
- Moule rotatif : 42.39 kg

Poids total supporté par les roulements :

$$9.3 + 2.95 + 42.39 = 54,64\text{kg}$$

La force gravitationnelle totale  $F$  peut être calculé comme :

$$F = m \times g = 54,64\text{kg} \times 9.81\text{MS}^2 = 536,0184 \text{ N} \quad (4.12)$$

Comme il y a 2 roulements répartissant la charge pour chaque arbre (pour le cylindre rotatif), la charge radiale sur chaque roulement  $F_r$  :

$$F_r = \frac{536,0184}{2} = 268,0092 \text{ N}$$

### ➤ Vérification de la Capacité de Charge :

La capacité radiale statique du 6008-2RS-SKF étant de 13.2 kN (13200 N), la charge exercée est bien inférieure à cette capacité. Ainsi, les roulements 6008-2RS-SKF peuvent supporter les charges radiales.

### ➤ Vérification de la Vitesse de Rotation :

La vitesse de rotation du moule rotatif est d'environ 529.5 RPM. Les roulements 6008-2RS-SKF sont capables de fonctionner à des vitesses élevées, souvent jusqu'à 12000 RPM, bien au-delà des 529.5 RPM requis.

### ➤ Vérification des Dimensions :

Les dimensions des roulements 6008-2RS-SKF (diamètre intérieur de 40 mm) sont compatibles avec les arbres de la machine décrits dans vos spécifications précédentes.

### Conclusion

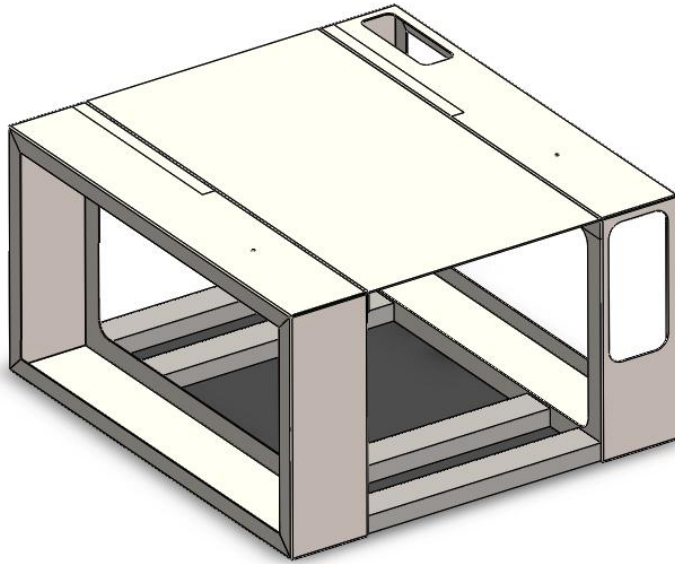
Les roulements 6008-2RS-SKF sont appropriés pour votre machine mouleuse rotative à biscuits en raison des raisons suivantes :

- Capacité de charge : Les charges radiales calculées sont bien inférieures à la capacité du roulement.
- Vitesse de rotation : La vitesse de rotation est dans les limites opérationnelles du roulement.
- Compatibilité des dimensions : Les dimensions du roulement sont appropriées pour les arbres de 40 mm de diamètre de votre machine. [28]



**Figure IV.6 :** Roulement 6008-2RS-SKF

### IV.7. Etude et Simulation pour le châssis de la machine :



**Figure IV.7 :** Châssis de la machine mouleuse rotative à biscuit

L'utilisation d'acier inoxydable 316 (AISI 316) pour le châssis d'une machine mouleuse rotative à biscuits est une excellente option en raison de ses propriétés de résistance à la corrosion et de durabilité. Voici les détails concernant l'utilisation de la tôle d'acier inoxydable 316 pour le châssis, y compris les dimensions et les calculs pour assurer que le châssis peut supporter une force de 1500 N.

#### IV.7.1. Dimensions de la tôle pour le châssis :

- **Hypothèses :**

Matériau Acier inoxydable 316 (AISI 316) avec une limite d'élasticité de 290 MPa.

L'utilisation de ce matériau est sous forme de tôles soudées lors de son utilisation . le but de créer une structure robuste.

IV.7.2. Informations sur le modèle :

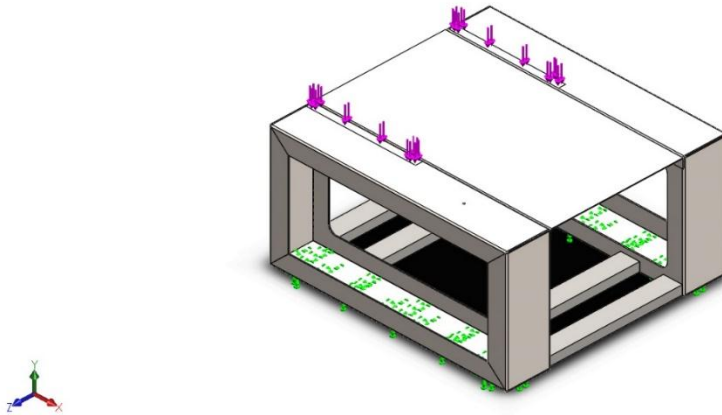
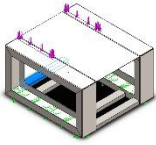
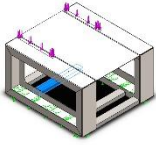
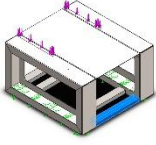
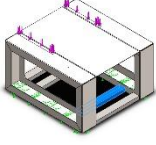


Figure IV.8 : Les forces sur la machine mouleuse rotative à biscuit

| Corps volumiques  |                        |  |
|---|------------------------|--|
| Nom du document et référence  | Traité comme           | Propriétés volumétriques   |
|   | <b>Corps volumique</b> | Masse:2,07872 kg<br>Volume:0,00025984 m <sup>3</sup><br>Masse volumique:8 000 kg/m <sup>3</sup><br>Poids:20,3715 N |
|  | <b>Corps volumique</b> | Masse:2,07872 kg<br>Volume:0,00025984 m <sup>3</sup><br>Masse volumique:8 000 kg/m <sup>3</sup><br>Poids:20,3715 N |
|  | <b>Corps volumique</b> | Masse:2,07872 kg<br>Volume:0,00025984 m <sup>3</sup><br>Masse volumique:8 000 kg/m <sup>3</sup><br>Poids:20,3715 N |
|  | <b>Corps volumique</b> | Masse:2,07872 kg<br>Volume:0,00025984 m <sup>3</sup><br>Masse volumique:8 000 kg/m <sup>3</sup><br>Poids:20,3715 N |

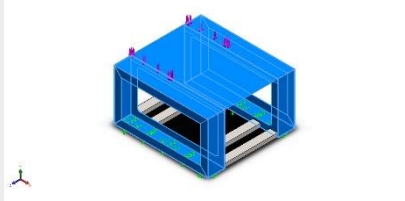
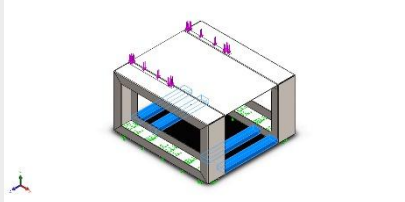
### IV.7.3. Propriétés de l'étude :

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Type d'analyse                            | Statique                           |
| Type de maillage                          | Maillage mixte                     |
| Effets thermiques:                        | Activé(e)                          |
| Option thermique                          | Inclure des chargements thermiques |
| Température de déformation nulle          | 298 Kelvin                         |
| Type de solveur                           | Automatique                        |
| Stress Stiffening:                        | Désactivé(e)                       |
| Faible raideur:                           | Désactivé(e)                       |
| Relaxation inertielle:                    | Désactivé(e)                       |
| Options de contact solidaire incompatible | Automatique                        |
| Grand déplacement                         | Désactivé(e)                       |
| Vérifier les forces externes              | Activé(e)                          |
| Friction                                  | Désactivé(e)                       |
| Méthode adaptative:                       | Désactivé(e)                       |

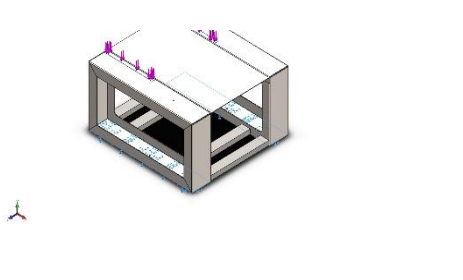
### IV.7.4. Unités :

|                      |                  |
|----------------------|------------------|
| Système d'unités:    | SI (MKS)         |
| Longueur/Déplacement | mm               |
| Température          | Kelvin           |
| Vitesse angulaire    | Rad/sec          |
| Pression/Contrainte  | N/m <sup>2</sup> |

IV.7.5. Propriétés du matériau :

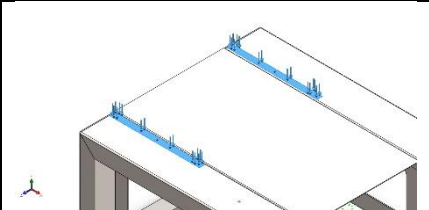
| Référence du modèle   | Propriétés  |
|---|---|
|    | <p><b>Nom:</b> AISI 316 Tôle d'acier inoxydable (SS)</p> <p><b>Type de modèle:</b> Linéaire élastique isotropique</p> <p><b>Critère de ruine par défaut:</b> Inconnu</p> <p><b>Limite d'élasticité:</b> 1,72369e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Limite de traction:</b> 5,8e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Module d'élasticité:</b> 1,93e+11 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficient de Poisson:</b> 0,27</p> <p><b>Masse volumique:</b> 8 000 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Coefficient de dilatation thermique:</b> 1,6e-05 /Kelvin</p>                                     |
| Données de la courbe:N/A  |   |
|  | <p><b>Nom:</b> AISI 304</p> <p><b>Type de modèle:</b> Linéaire élastique isotropique</p> <p><b>Critère de ruine par défaut:</b> Inconnu</p> <p><b>Limite d'élasticité:</b> 2,06807e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Limite de traction:</b> 5,17017e+08 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Module d'élasticité:</b> 1,9e+11 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficient de Poisson:</b> 0,29</p> <p><b>Masse volumique:</b> 8 000 kg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Module de cisaillement:</b> 7,5e+10 N/m<sup>2</sup></p> <p><b>Coefficient de dilatation thermique:</b> 1,8e-05 /Kelvin</p> |
| Données de la courbe:N/A  |   |

**IV.7.6. Actions extérieures :**

| Nom du déplacement imposé | Image du déplacement imposé  | Détails du déplacement imposé                            |
|---------------------------|--|--|
| Fixe-1                    |  | <b>Entités:</b> 2 face(s)<br><b>Type:</b> Géométrie fixe |

**IV.7.7. Forces résultantes :**

| Composants              | X            | Y          | Z           | Résultante |
|-------------------------|--------------|------------|-------------|------------|
| Force de réaction(N)    | -1,18017e-05 | 1 500      | 5,01871e-05 | 1 500      |
| Moment de réaction(N.m) | 0,0103529    | 0,00116113 | -0,719161   | 0,719237   |

| Nom du chargement | Image du chargement  | Détails du chargement   |
|-------------------|--|---|
| Force-1           |  | <b>Entités:</b> 2 face(s)<br><b>Type:</b> Force normale<br><b>Valeur:</b> 750 N |

**IV.7.8. Information sur le maillage :**

|   |  |
|---|--|
| Type de maillage                                      | Maillage mixte                         |
| Mailleur utilisé:                                     | Maillage raccordé basé sur la courbure |
| Points de Jacobien pour un maillage de qualité élevée | 16 Points                              |
| Vérification du Jacobien pour la coque                | Désactivé(e)                           |
| Taille d'élément maximum                              | 75,9786 mm                             |
| Taille d'élément minimum                              | 3,79893 mm                             |
| Qualité de maillage                                   | Haute                                  |
| Remailler les pièces en échec indépendamment          | Désactivé(e)                           |
| Nombre total de noeuds                                | 118311                                 |
| Nombre total d'éléments                               | 58767                                  |

**IV.7.9. Forces résultantes :**

**Forces de réaction**

| Ensemble de sélections | Unités | Somme X      | Somme Y | Somme Z     | Résultante |
|------------------------|--------|--------------|---------|-------------|------------|
| Modèle entier          | N      | -1,18017e-05 | 1 500   | 5,01871e-05 | 1 500      |

**Moments de réaction**

| Ensemble de sélections | Unités | Somme X   | Somme Y    | Somme Z   | Résultante |
|------------------------|--------|-----------|------------|-----------|------------|
| Modèle entier          | N.m    | 0,0103529 | 0,00116113 | -0,719161 | 0,719237   |

**Forces de corps libre**

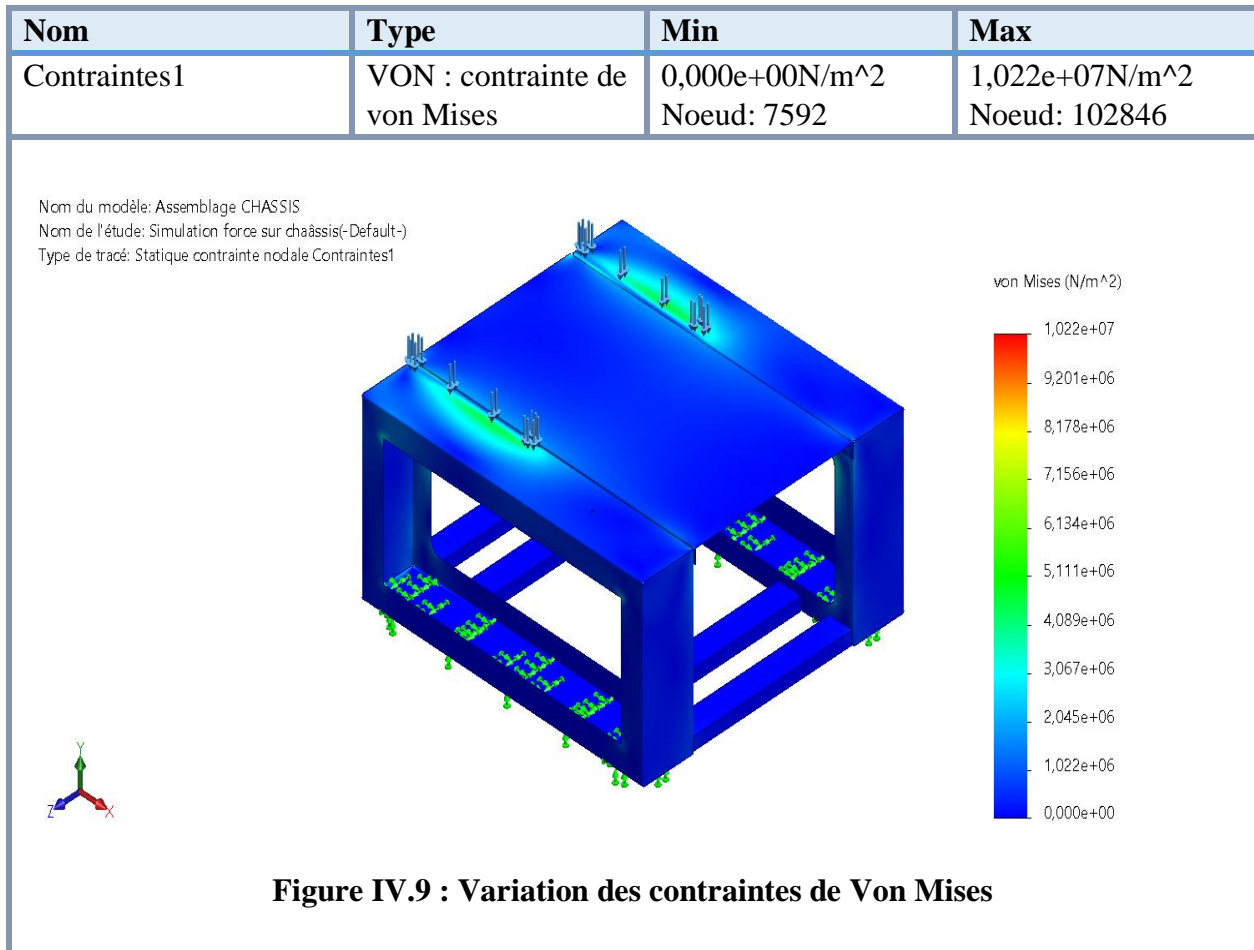
| Ensemble de sélections | Unités | Somme X          | Somme Y     | Somme Z     | Résultante  |
|------------------------|--------|------------------|-------------|-------------|-------------|
| Modèle entier          | N      | -<br>0,000109494 | 0,000383824 | 0,000180572 | 0,000438082 |

**Moments externes**

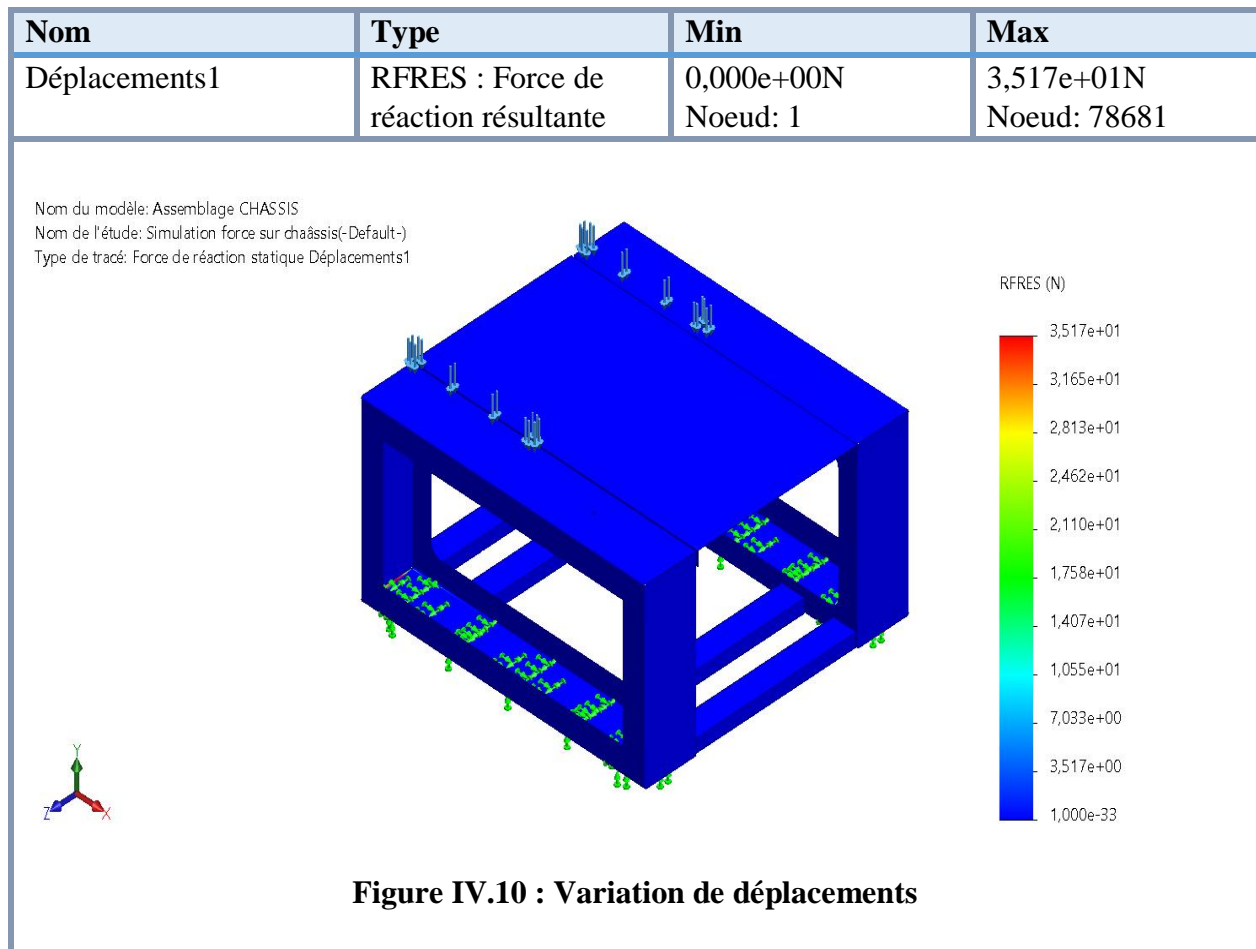
| Ensemble de sélections | Unités | Somme X    | Somme Y     | Somme Z   | Résultante |
|------------------------|--------|------------|-------------|-----------|------------|
| Modèle entier          | N.m    | 0,00487908 | -0,00247271 | -0,722052 | 0,722072   |



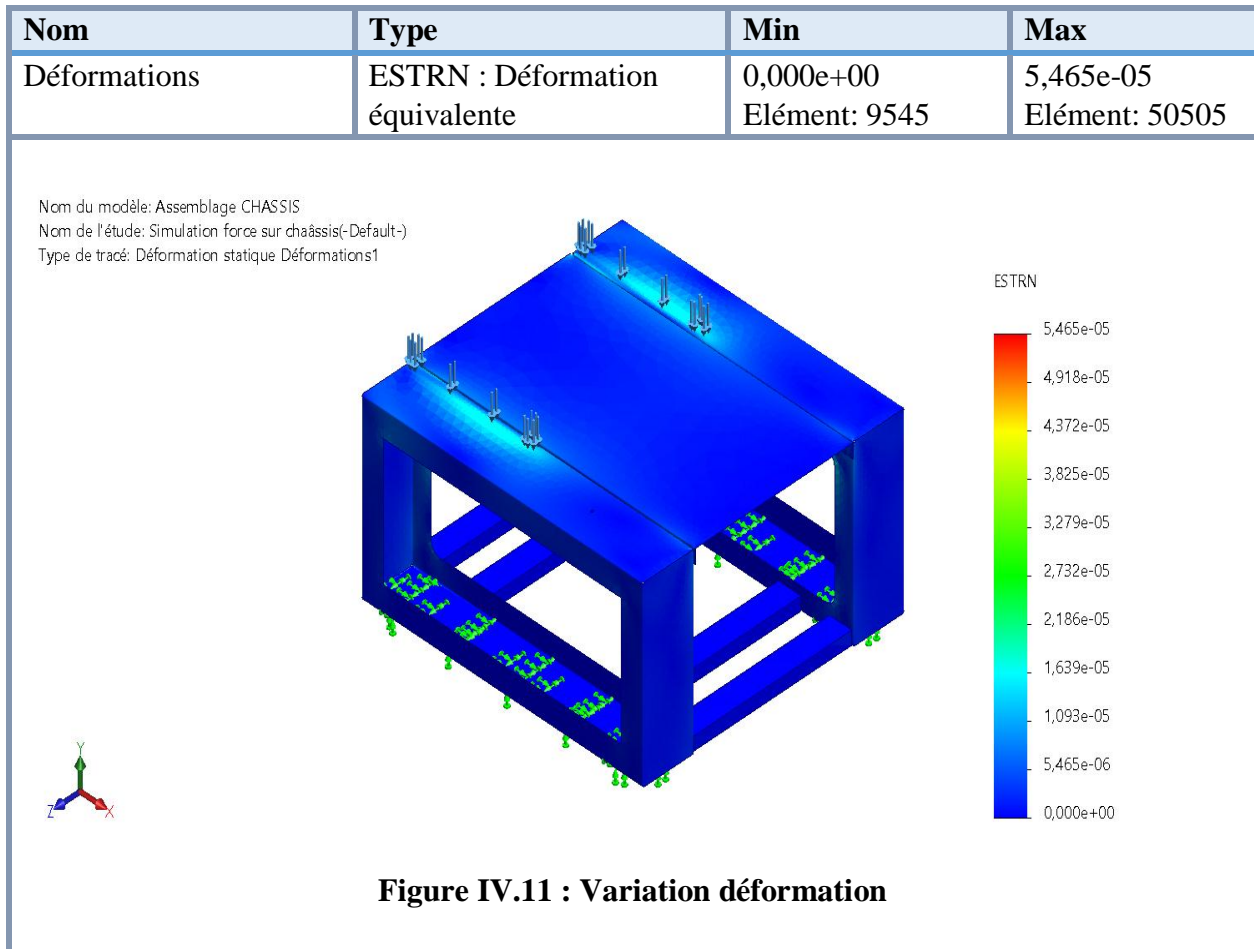
IV.7.10. Résultats de l'étude :



Cette partie de l'étude du logiciel SolidWorks a montré que les résultats trouvés sont conformes aux résultats de notre travail.



Cette partie de l'étude du logiciel SolidWorks a montré que les résultats trouvés sont conformes aux résultats de notre travail.



Cette partie de l'étude du logiciel SolidWorks a montré que les résultats obtenus sont conformes aux résultats de notre travail.

La simulation a été basée sur l'élaboration d'un modèle de fabrication. L'objectif principal était d'appliquer les approches numériques existantes pour atteindre des résultats durables. Cela nous a guidé à étudier les différents paramètres et les différentes contraintes. Selon les résultats de cette simulation, les variations des contraintes équivalentes de Von Mises ont montré une bonne stabilité de notre machine

En examinant aussi ces résultats, tous les paramètres pris en considération, ont eu des effets considérables sur le processus de la conception de notre machine et ont affecté la bonne stabilité aussi de notre machine.

### Conclusion générale

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes intéressés à étudier et à concevoir une machine de fabrication de gâteaux.

La première partie de notre recherche bibliographique a montré qu'il était nécessaire de connaître l'évolution des machines agroalimentaires du fait que l'industrie agroalimentaire repose largement sur l'utilisation de machines spécialisées pour la transformation, la manipulation et la préparation des aliments. Ces machines jouent un rôle crucial dans la production alimentaire en garantissant l'efficacité, la qualité et la sécurité des produits

La deuxième partie de notre recherche nous a montré comment aborder la formulation du besoin d'une machine mouleuse rotative à biscuits dans le cadre de l'optimisation du processus de fabrication de biscuits secs. A cet effet, nous avons discuté les critères de sélection de la machine, de ses fonctionnalités clés et des exigences de performance. Nous nous sommes intéressés à la production de biscuits secs car cette industrie est en croissance constante, avec une demande croissante pour des produits de qualité supérieure et une variété de formes et de saveurs.

La troisième partie de notre travail a concerné la conception de notre machine. Après avoir choisi le type de machine de mouleuse rotative à biscuit, nous avons présenté les principales parties de la machine ainsi que ses éléments et ses organes avec leurs rôles dans le mécanisme. La conception s'est faite avec le logiciel SolidWorks, version 2022.

Ayant présenté la description et le fonctionnement de notre machine mouleuse rotatif à biscuits, nous avons justifié dans la quatrième partie le choix des différents organes de notre système sachant que l'étude principale était nécessaire pour le bon fonctionnement de l'ensemble de mécanisme.

La préparation de notre projet de fin d'études a été effectuée dans de bonnes conditions. La simulation a montré que les résultats obtenus lors de notre étude ont été validés.

En conclusion, l'étude et la conception de machines pour la fabrication de gâteaux secs sont des processus complexes et multidisciplinaires qui nécessitent une expertise technique et une compréhension

approfondie des besoins de l'industrie agroalimentaire. Ces machines jouent un rôle crucial dans la production de gâteaux secs de qualité, répondant ainsi à la demande croissante sur des consommateurs pour des produits alimentaires, sains et savoureux.

Nous pensons avoir bien conçu notre machine tout en faisant appel à nos connaissances acquises lors de notre formation. Faute de temps, nous n'avons pas pu réaliser cette machine.

## Référence bibliographie

[1] Pierre Martin. Titre : Les machines agroalimentaires : Concepts et applications. Édition : 2e édition.

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Presses Universitaires de Lyon. Année de publication : 2018. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[2] Marie Dubois. Titre : L'impact des machines sur l'industrie agroalimentaire. Revue : Journal de l'Industrie Agroalimentaire. Volume : 15. Numéro : 2. Année de publication : 2019. Pages : 45-52

[3] Jacques Leclerc. Titre : Histoire des machines agroalimentaires : De l'Antiquité à nos jours. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions Agronomiques. Année de publication : 2015. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[4] Sophie Lefevre. Titre : Machines de transformation des aliments : Concepts et applications. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Presses Universitaires de France. Année de publication : 2019. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[5] Marc Dubois. Titre : Machines de conditionnement : Principes et applications. Édition : 1re édition.

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroTech. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[6] Émilie Martin. Titre : Machines de traitement thermique en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Techniques de l'Ingénieur. Année de publication : 2018. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[7] Thomas Lecomte. Titre : Machines de contrôle qualité en agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroTech. Année de publication : 2021. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[8] Marie-Claire Dupuis. Titre : Machines de nettoyage en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions Techniques et Pratiques. Année de publication : 2019. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[9] Philippe Lambert. Titre : Machines de stockage en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroStock. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[10] Marc Dubois. Titre : Technologies innovantes pour les machines agroalimentaires. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions Techniques et Innovations. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[11] Jean-Luc Moreau. Titre : Technologies de broyage en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroTech. Année de publication : 2019. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[12] Émilie Lefevre. Titre : Principes de mélange en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions Techniques et Pratiques. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[13] Pierre Dupont. Titre : Technologies de cuisson en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroCuisson. Année de publication : 2021. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[14] Thomas Lecomte. Titre : Matériaux et composants des machines agroalimentaires. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions Techniques et Pratiques. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[15] Sophie Martin. Titre : Innovations technologiques dans les machines agroalimentaires. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroTech. Année de publication : 2022. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[16] Philippe Lefevre. Titre : Facteurs influençant le choix des machines agroalimentaires. Édition : 1re édition

Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions Techniques et Pratiques. Année de publication : 2021. ISBN : 978-2-3456-7890-1

[17] Marie Dubois. Titre : Impact de la taille de l'entreprise sur sa capacité de production en industrie agroalimentaire. Édition : 1re édition. Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroTech. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[18] Jean Dupont. Titre : Choix des machines agroalimentaires en fonction du type de produit alimentaire

Édition : 1re édition. Lieu de publication : Paris. Éditeur : Éditions AgroTech. Année de publication : 2021. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[19] Émilie Martin. Titre : Normes de qualité et de sécurité alimentaire applicables aux machines agroalimentaires

Édition : 1re édition. Lieu de publication : Lyon. Éditeur : Éditions AgroNormes. Année de publication : 2020. ISBN : 978-2-1234-5678-9

[20] Kulp, K., & Lorenz, K. (2018). Handbook of Cereal Science and Technology (3rd ed.). CRC Press

[21] Manley, D. (Ed.). (2011). Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (3rd ed.). Woodhead Publishing

[22] Campbell-Platt, G. (2009). Food Science and Technology (2nd ed.). Wiley-Blackwell

[23] ASM International : "Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys", ASM Handbook, Volume 1.

[24] Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications" par Austin Hughes et Bill Drury - Fournit une explication détaillée des types de moteurs, des applications et des calculs associés.

[25] Design of Machinery par Robert L. Norton

Expliquant en détail la conception et l'analyse des engrenages et des chaînes.

[26] Chain Drives: Design, Calculation, and Applications par Valery Rudnev - Fournit des méthodes de conception et de calcul pour les transmissions par chaîne.

[27] Catalogues de fabricants de roulements (e.g., SKF, Timken, NSK) - Fournissent des spécifications détaillées et des guides de sélection pour divers types de roulements.

[28] Catalogues de fabricants de roulements (e.g., SKF, Timken, NSK) - Fournissent des spécifications détaillées et des guides de sélection pour divers types de roulements.

### **Référence bibliographie équation**

(2.1) "**Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics**" by Raymond A. Serway and John W. Jewett

(2.2) "**Fundamentals of Physics**" by David Halliday, Robert Resnick, and Jearl Walker

(2.3) "**Fundamentals of Physics**" by David Halliday, Robert Resnick, and Jearl Walker

(4.1) "**Electric Machinery Fundamentals**" by Stephen J. Chapman

(4.2) "**Electric Machinery Fundamentals**" by Stephen J. Chapman

(4.3) "**Gear Design Simplified**" by Franklin D. Jones and Henry H. Ryffel

(4.4) "**Gear Design Simplified**" by Franklin D. Jones and Henry H. Ryffel

(4.5) "**Mechanical Engineering Design**" by J.E. Shigley and C.R. Mischke

(4.6) "**Mechanical Engineering Design**" by J.E. Shigley and C.R. Mischke

(4.7) "**Machinery's Handbook**" edited by Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H. Ryffel

(4.8) "**Machinery's Handbook**" edited by Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H. Ryffel

(4.9) "**Machinery's Handbook**" edited by Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H. Ryffel

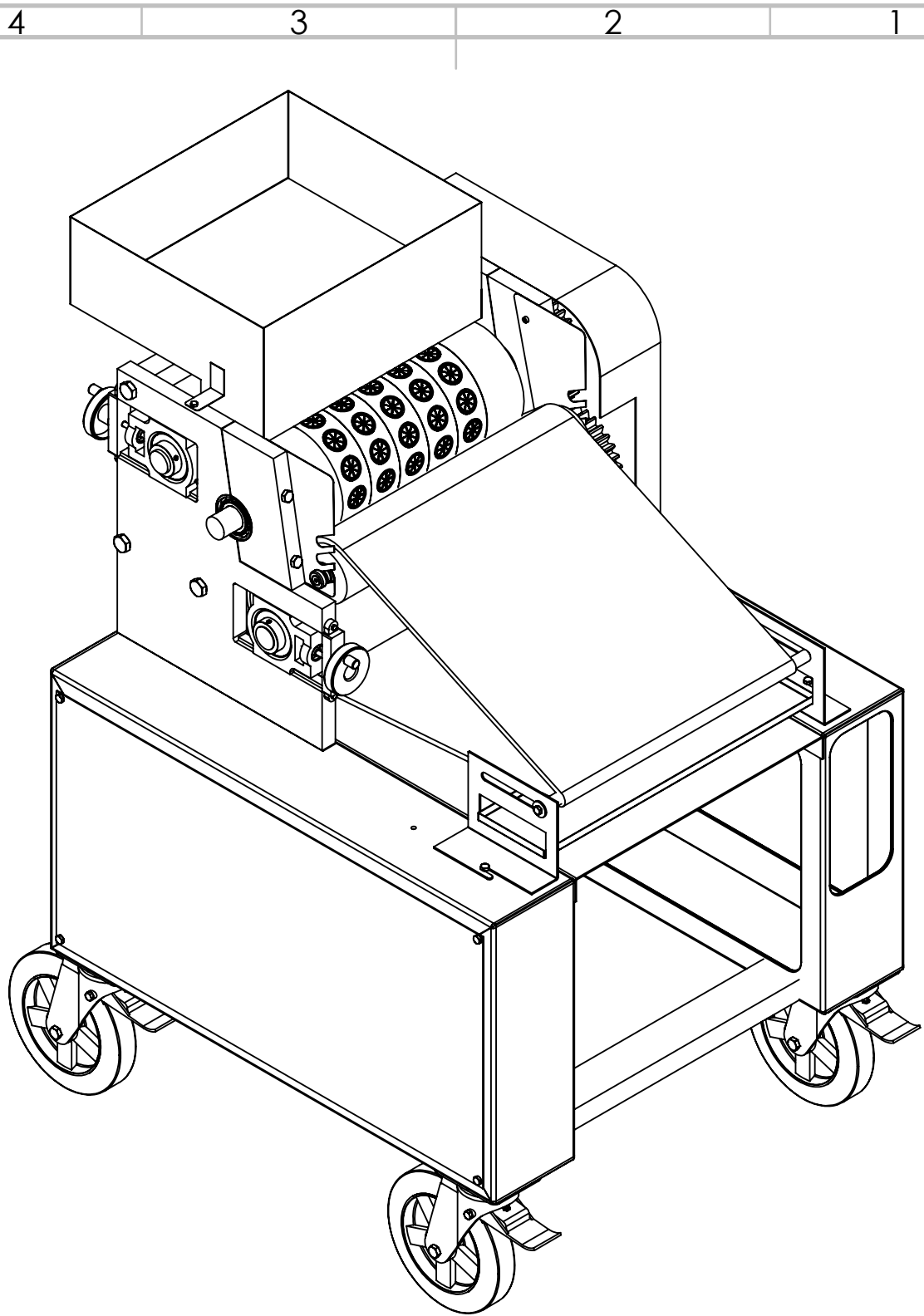
(4.10) "**Machinery's Handbook**" edited by Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H. Ryffel



(4.11) "**Machinery's Handbook**" edited by Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L. Horton, and Henry H. Ryffel

(4.12) "**Fundamentals of Physics**" by David Halliday, Robert Resnick, and Jearl Walker

# **ANEXXES**



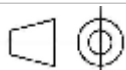
VUE 3D

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

MOULEUSE ROTATIF A BISCUITS



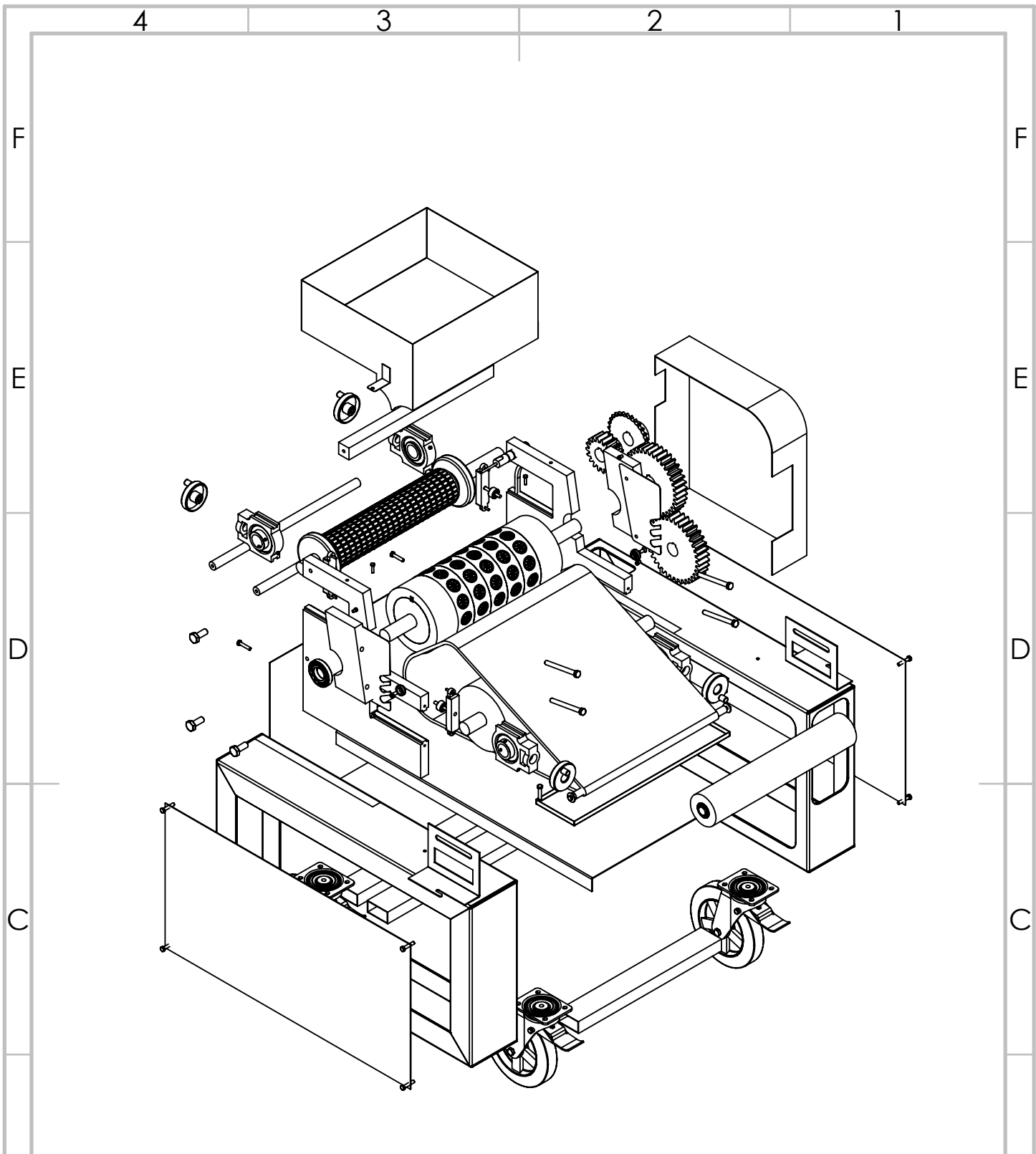
A4



MATERIAUX : ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:10

REFERENCE : 24CA001



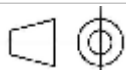
VUE ECLATEE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

MOULEUSE ROTATIF A BISCUITS



A4



MATERIAUX : ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:15

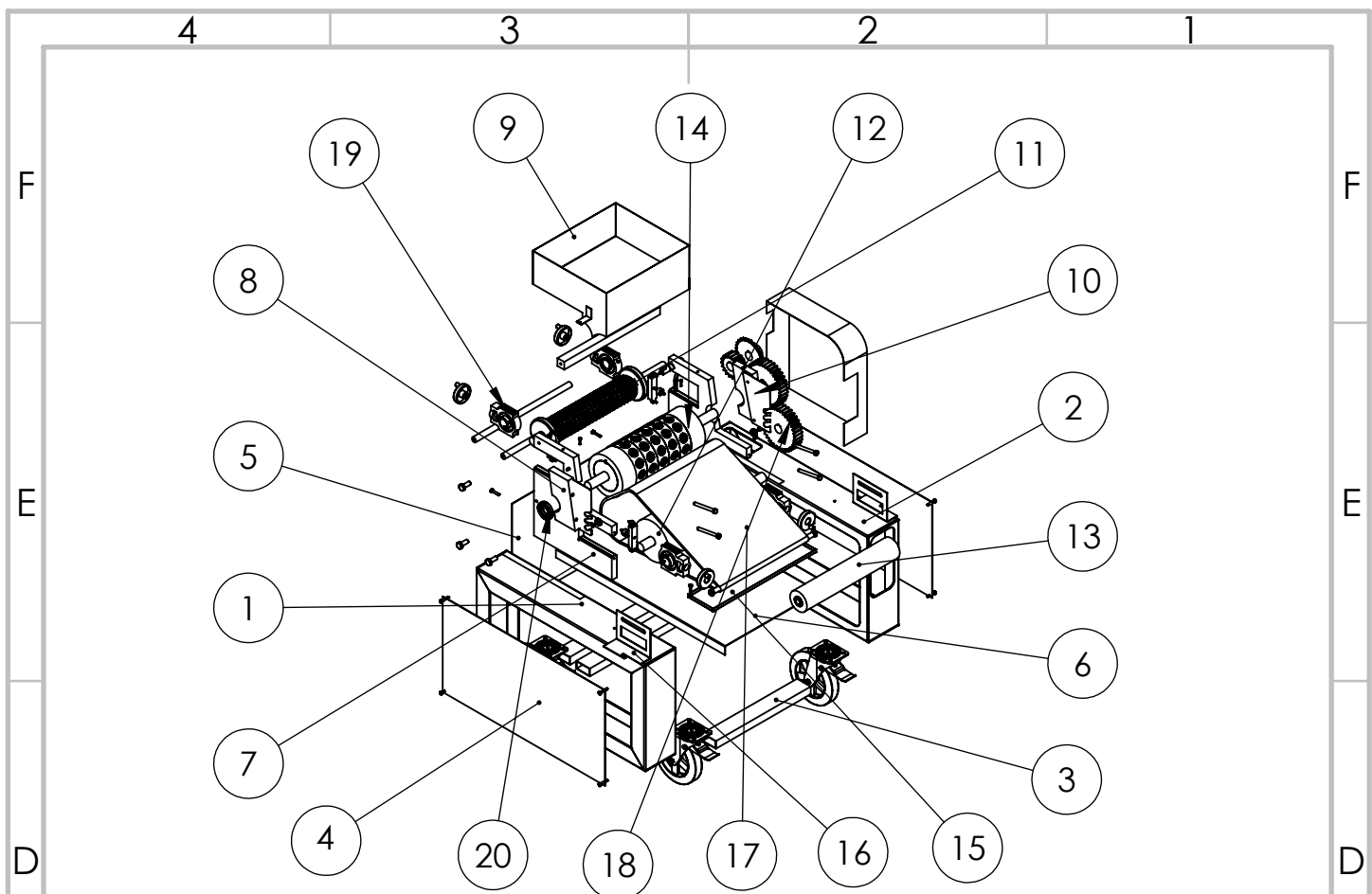
REFERENCE : 24CA002

4

3

2

1



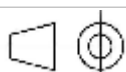
|     |    |                                |                    |           |
|-----|----|--------------------------------|--------------------|-----------|
| 20  | 6  | ROULEMENT                      |                    | UC208     |
| 19  | 4  | PALIER                         |                    | UCT208    |
| 18  | 3  | ROUE DENTE                     | A60                | 24CP018   |
| 17  | 1  | TAPIS CONVOYEUR                | PU                 | 24CP017   |
| 16  | 2  | SUPPORT ASSIETTE RECTANGULAIRE | AISI 316 TOLE INOX | 24CP016   |
| 15  | 1  | ASSIETTE RECTANGULAIRE         | AISI 316 TOLE INOX | 24CP015   |
| 14  | 1  | MOULE ROTATIF                  | AISI 316           | 24CP014   |
| 13  | 1  | CYLINDRE 02 ROTATIF CONVOYEUR  | PEHD               | 24CP013   |
| 12  | 1  | CYLINDRE 01 ROTATIF CONVOYEUR  | PEHD               | 24CP012   |
| 11  | 1  | CYLINDRE ROTATIF               | AISI 316           | 24CP011   |
| 10  | 2  | TOLE SUPPORT CYLINDRE          | AISI 316 TOLE INOX | 24CP010   |
| 9   | 1  | TREMIE                         | AISI 316 TOLE INOX | 24CP009   |
| 8   | 2  | SUPPORT CYLINDRE 02            | AL 2024-T3         | 24CP008   |
| 7   | 2  | SUPPORT CYLINDRE 01            | AL 2024-T3         | 24CP007   |
| 6   | 1  | TOLE ACIER INOX                | AISI 316 TOLE INOX | 24CP006   |
| 5   | 1  | CACHE CHASSIS ARRIERE          | PMMA               | 24CP005   |
| 4   | 2  | CACHE CHASSIS COTE             | PMMA               | 24CP004   |
| 3   | 4  | TUBE RECTANGULAIRE             | AISI 304           | 24CP003   |
| 2   | 1  | CHASSIS 02                     | AISI 316 TOLE INOX | 24CP002   |
| 1   | 1  | CHASSIS 01                     | AISI 316 TOLE INOX | 24CP001   |
| REP | NB | DESIGNATION                    | MATIERE            | REFERENCE |

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

NOMENCLATURE DE MACHINE MOULEUSE  
ROTATIF A BISCUITS



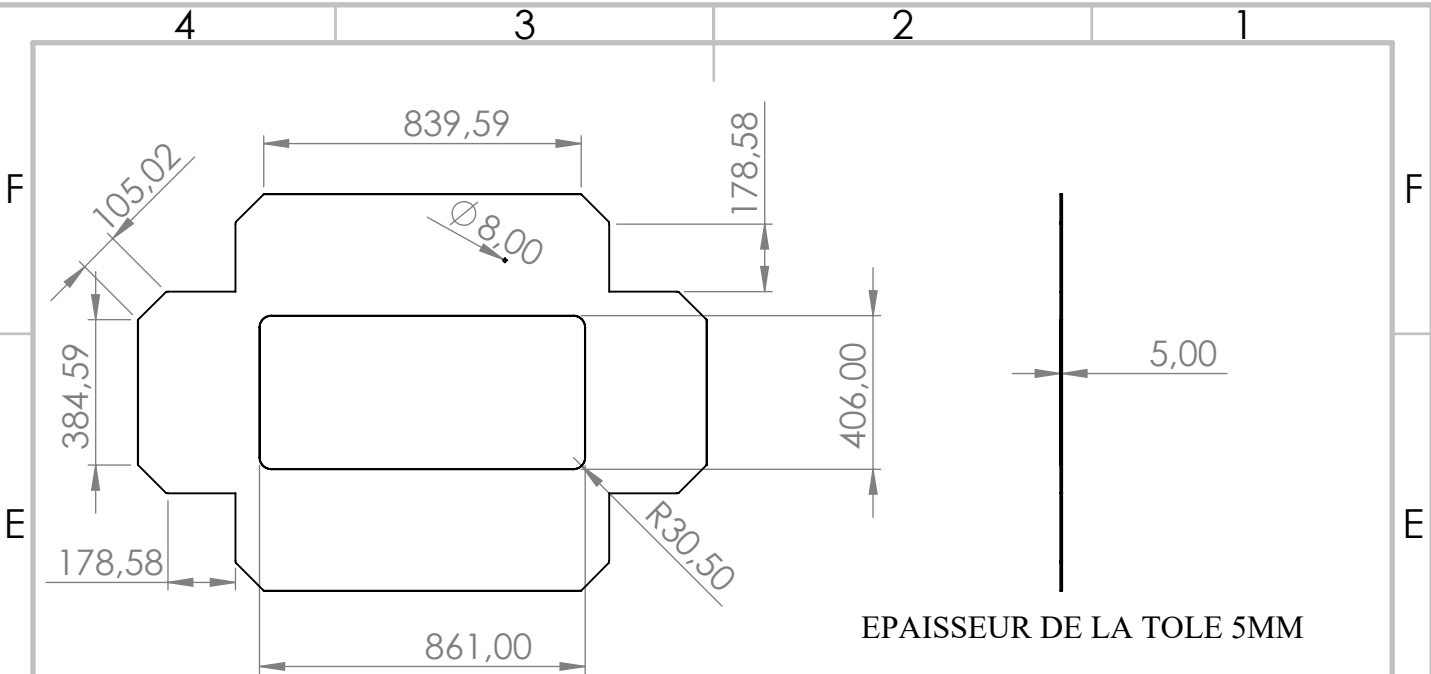
A4



MATERIAUX :

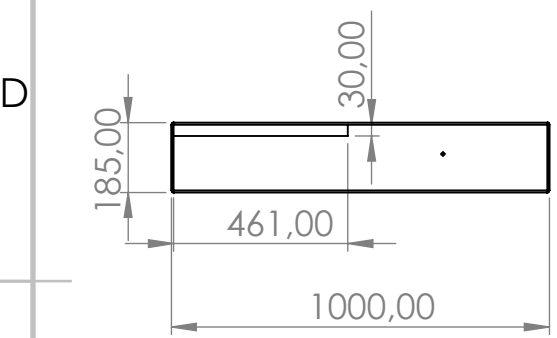
ECHELLE : 1:30

REFERENCE : 24CA002

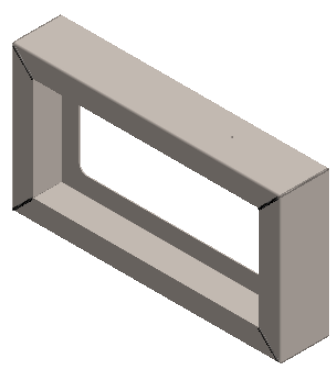


TOLE ETAT DEPLIER

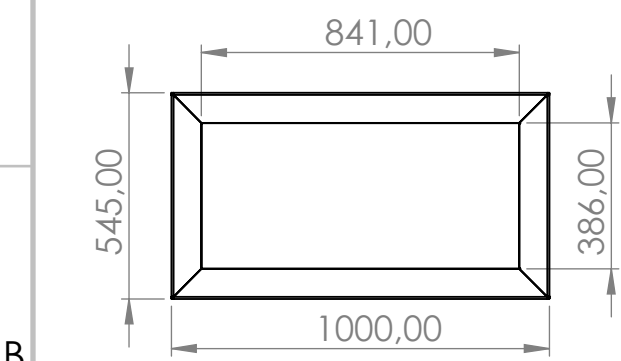
EPAISSEUR DE LA TOLE 5MM



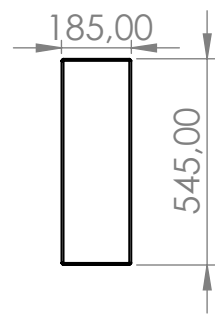
VUE DE DESSUS



VUE 3D

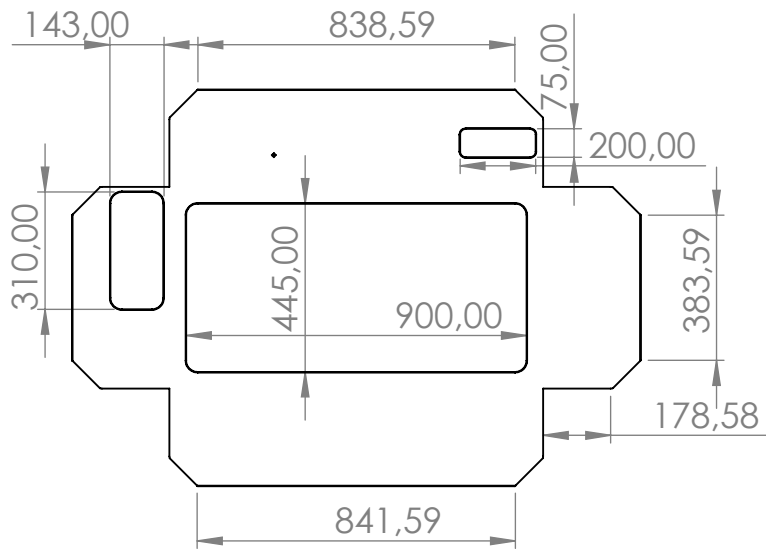


VUE DE FACE



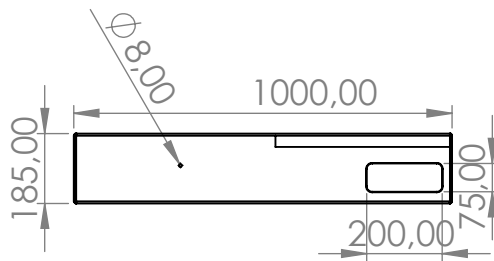
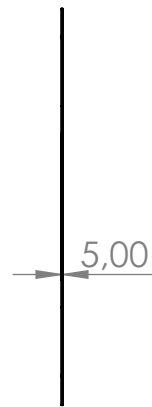
VUE DE GAUCHE

|                                |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|--|--|--|--|--|
| REALISE PAR :<br>KHEGGAR Lotfi |  | CHASSIS 01                                   |  |  |  |
| A4                             |  | MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE |  |  |  |
| ECHELLE : 1:20                 |  | REFERENCE : 24CP001                          |  |  |  |

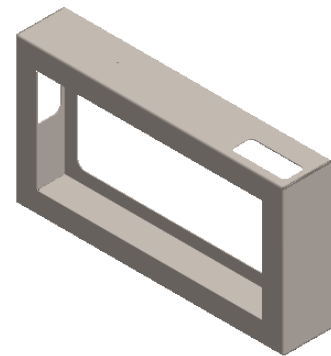


TOLE ETAT DEPLIER

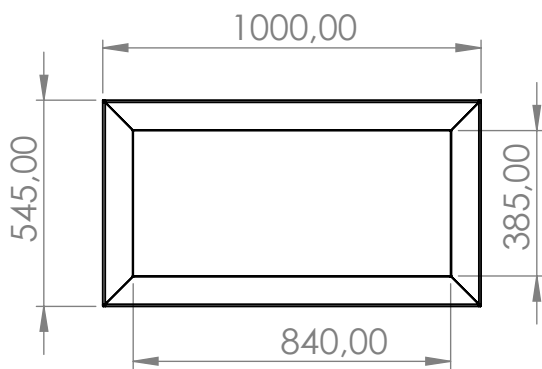
EPAISSEUR DE LA TOLE 5MM



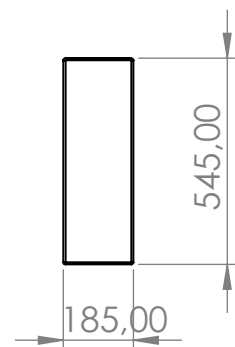
VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



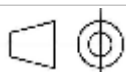
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

CHASSIS 02



A4



MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:20

REFERENCE : 24CP002

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

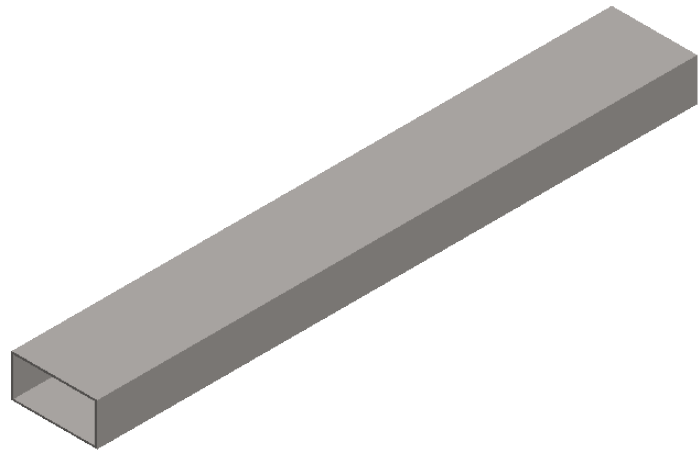
C

B

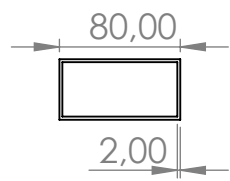
B

A

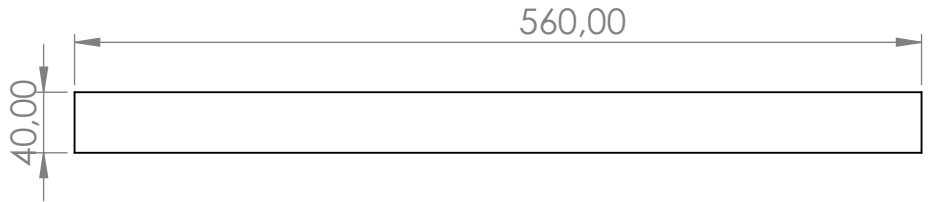
A



VUE 3D



VUE DE FACE



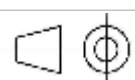
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

TUBE RECTANGULAIRE 80X40



A4



MATERIAUX : AISI 304 ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:5

REFERENCE : 24CP003

NB: 4 X

4 3 2 1



4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

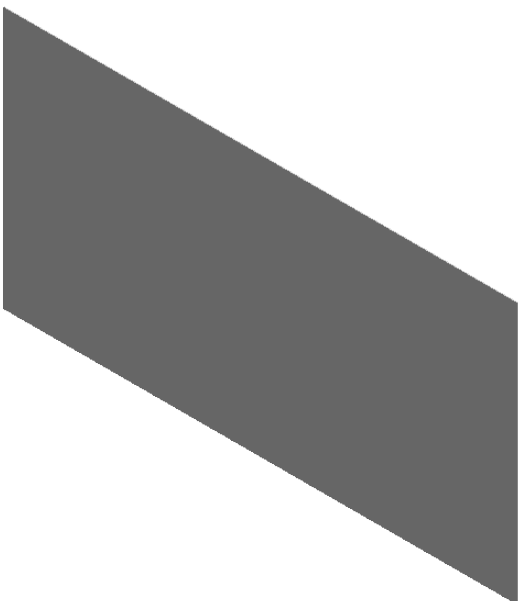
C

B

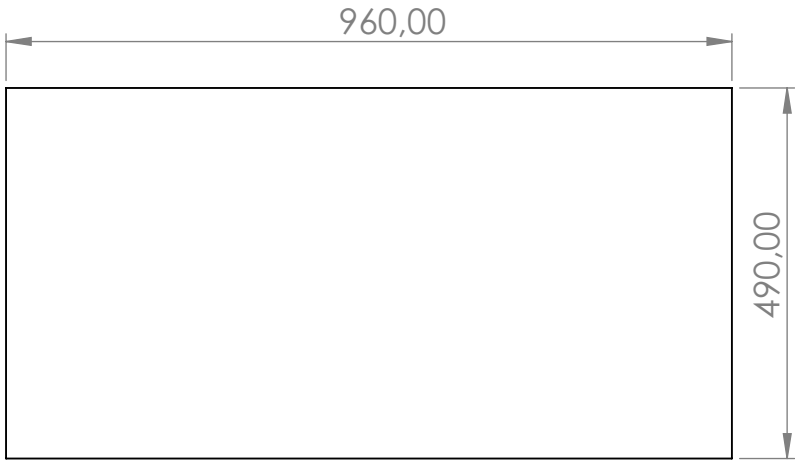
B

A

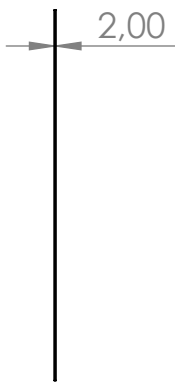
A



VUE 3D



VUE DE FACE



VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

CACHE CHASSIS COTE



A4



MATERIAUX : PLAQUE PMMA

ECHELLE : 1:10

REFERENCE : 24CP004

NB: 2 X

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

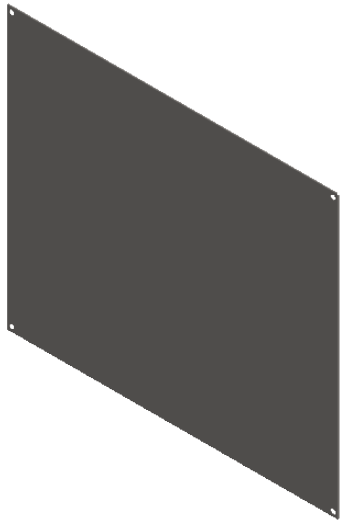
D

C

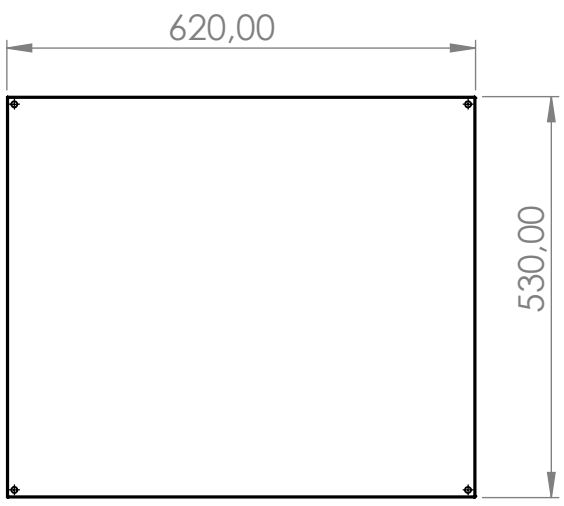
C

B

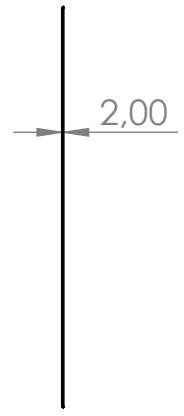
B



VUE 3D



VUE DE FACE



VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

CACHE CHASSIS ARRIERE



A4



MATERIAUX : PLAQUE PMMA

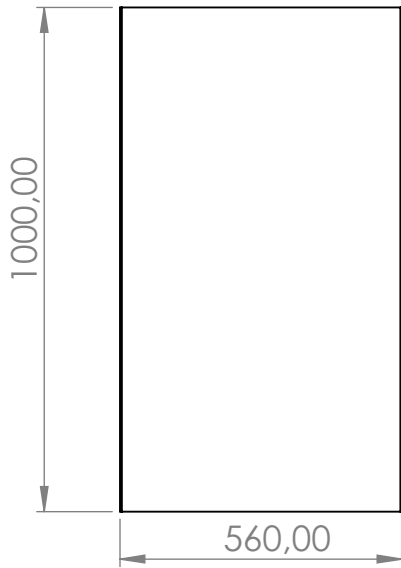
ECHELLE : 1:10

REFERENCE : 24CP005

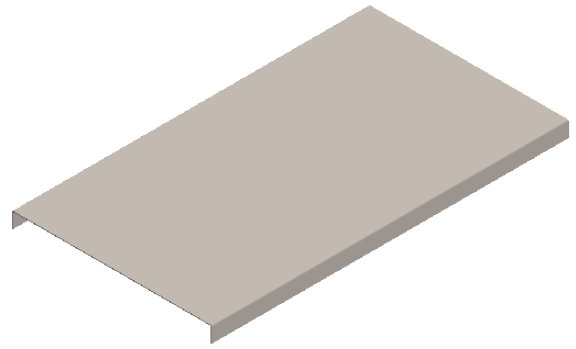
4 3 2 1

A

A



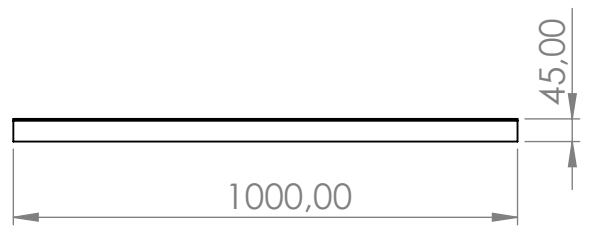
VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



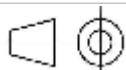
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

TOLE ACIER INOXYDABLE



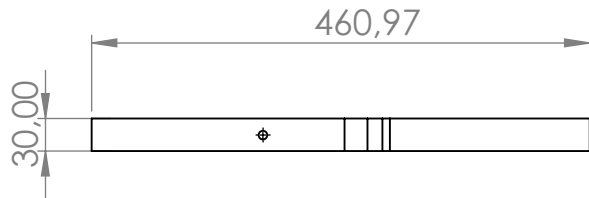
A4



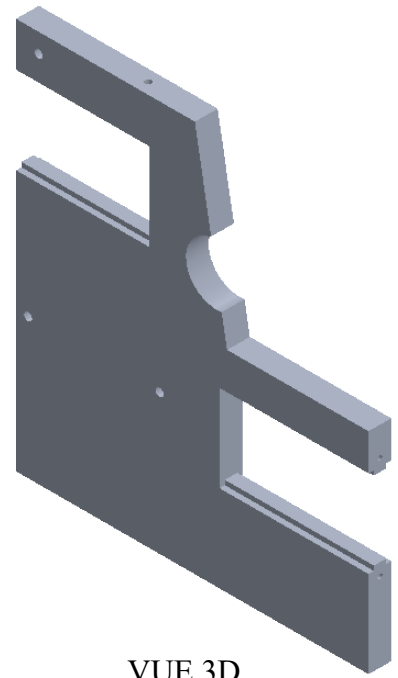
MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:15

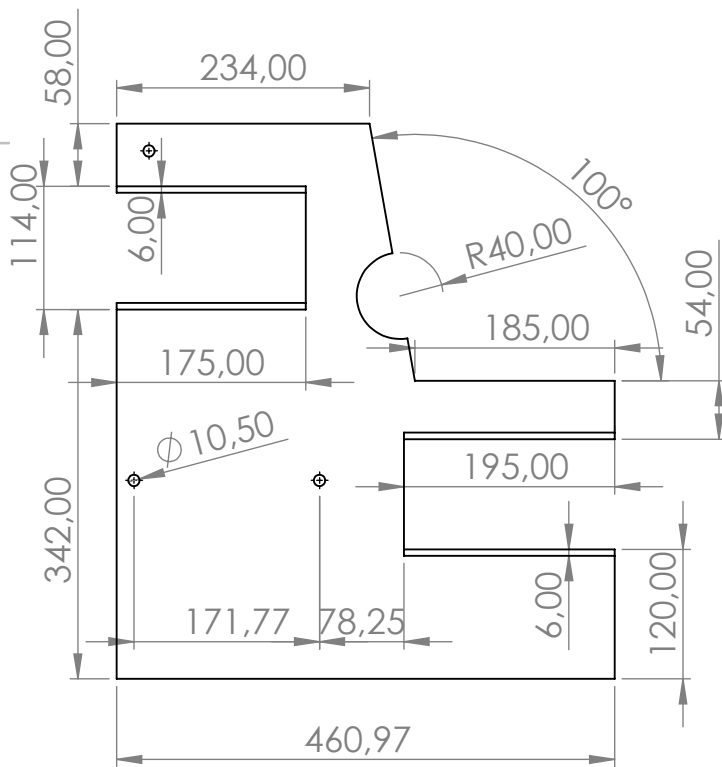
REFERENCE : 24CP006



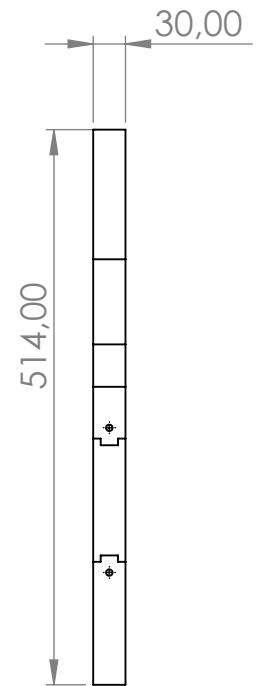
VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



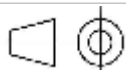
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

SUPPORT CYLINDRE 01



A4

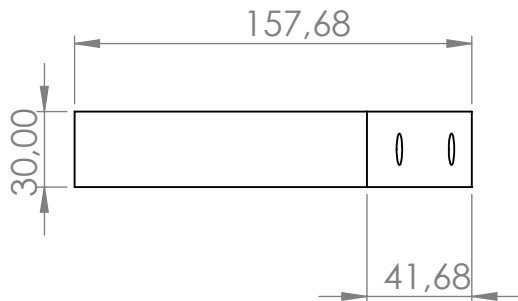


MATERIAUX : ALLIAGE D'ALUMINIUM 2024-T3

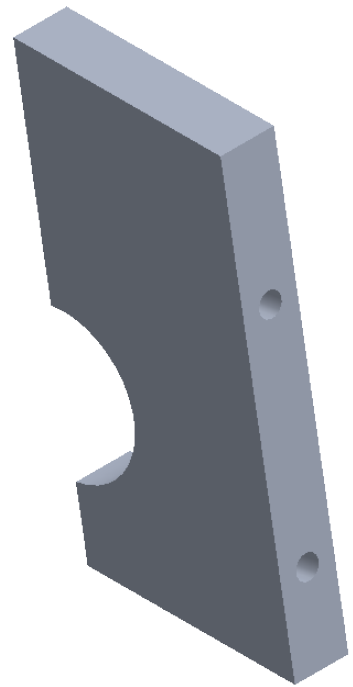
ECHELLE : 1:7

REFERENCE : 24CP007

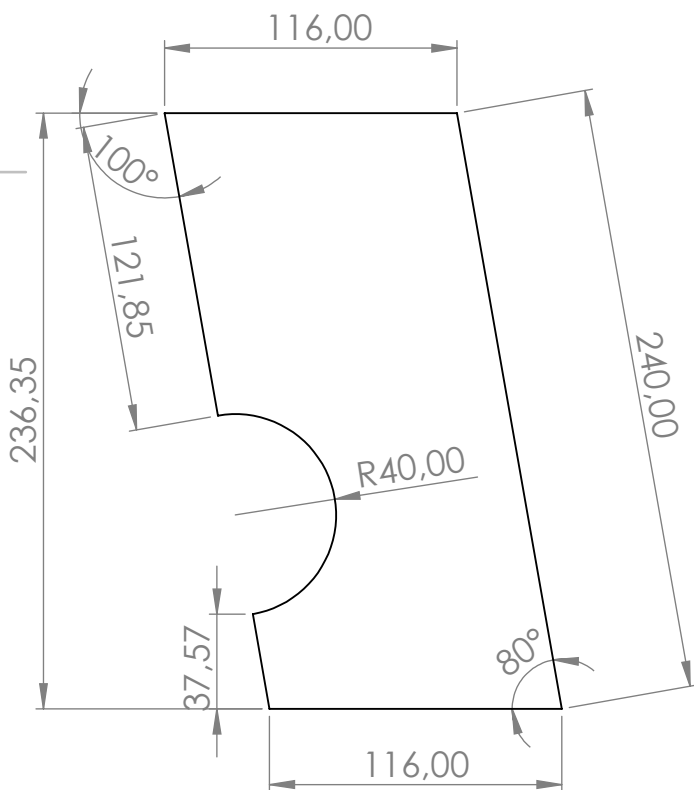
NB: 2 X



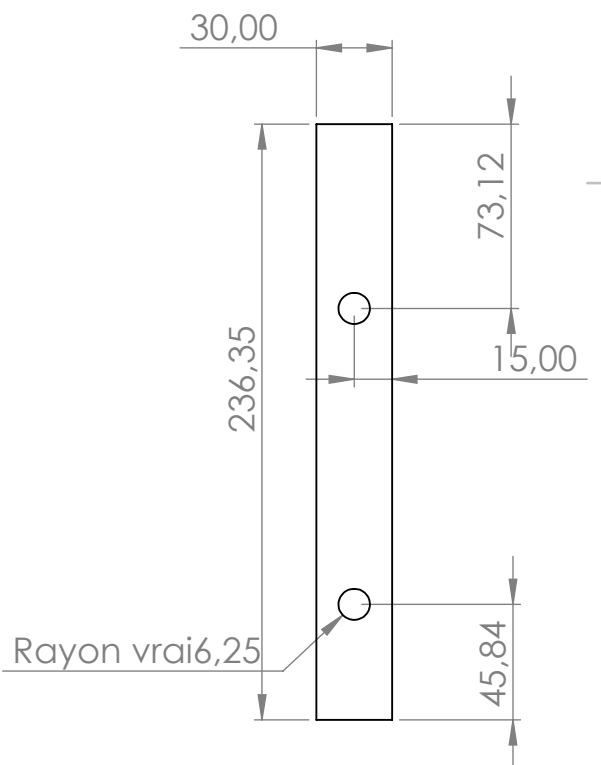
VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



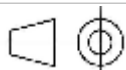
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

SUPPORT CYLINDRE 02



A4

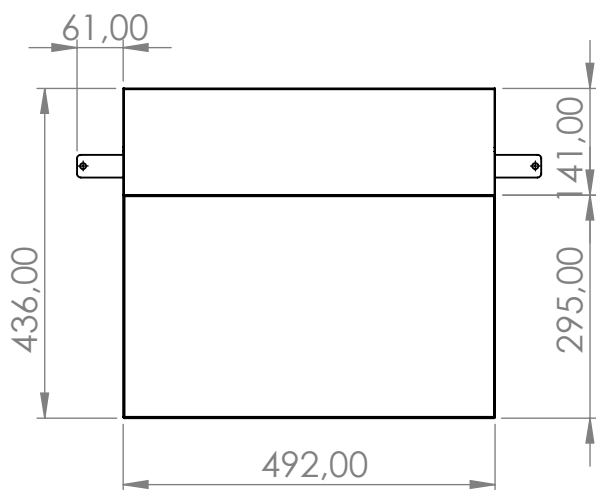


MATERIAUX : ALLIAGE D'ALUMINIUM 2024-T3

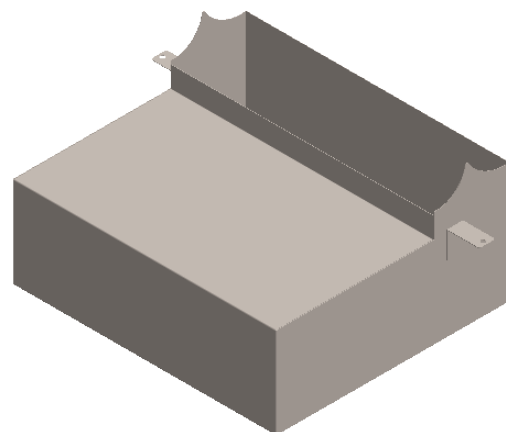
ECHELLE : 1:3

REFERENCE : 24CP008

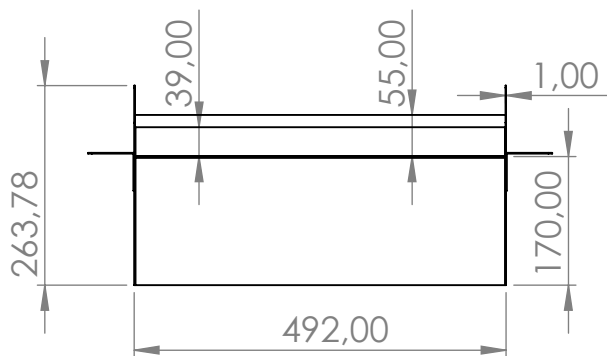
NB: 2 X



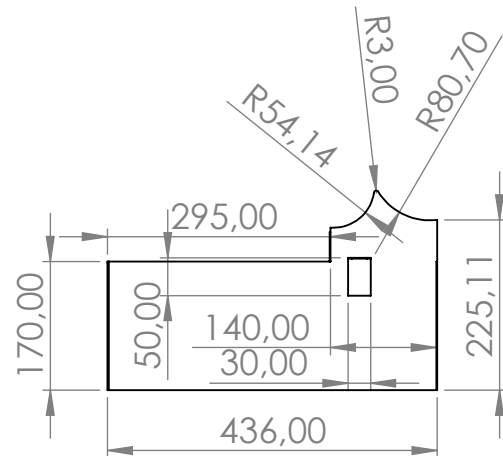
VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



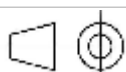
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

TREMIE



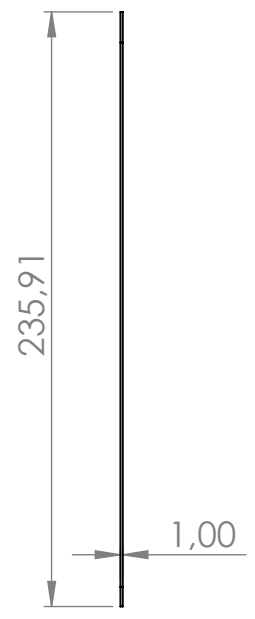
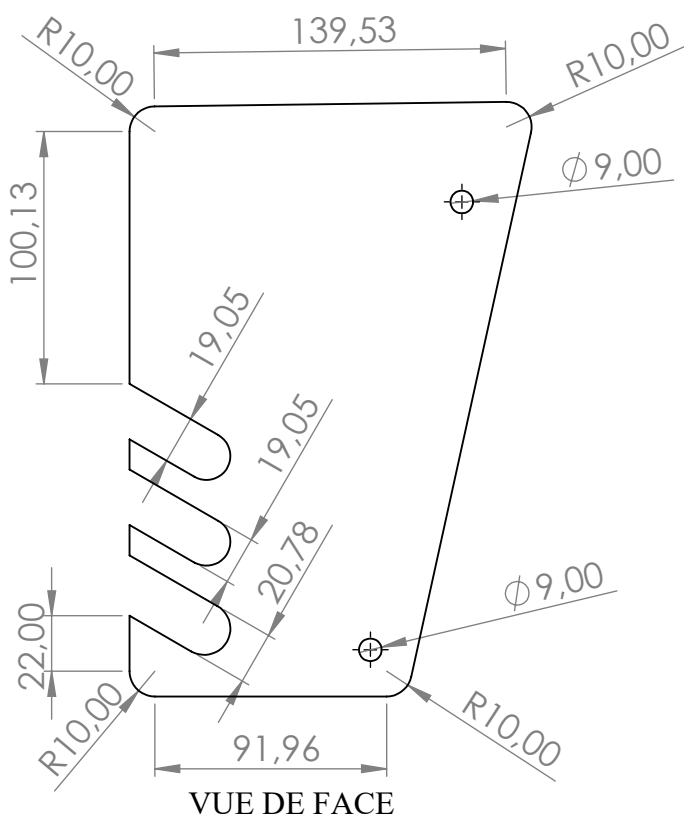
A4



MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:10

REFERENCE : 24CP009



VUE 3D

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

TOLE SUPPORT CYLINDRE



A4



MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:3

REFERENCE : 24CP010

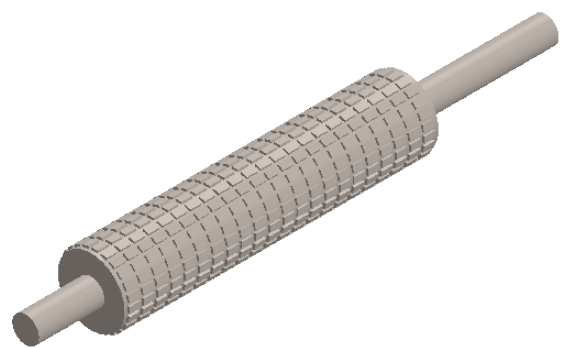
4 3 2 1

F

F

E

E



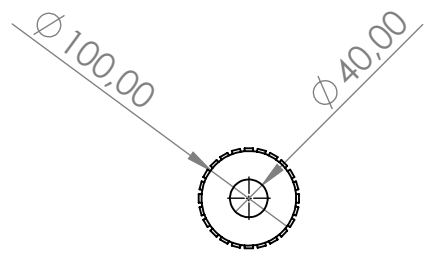
VUE 3D

D

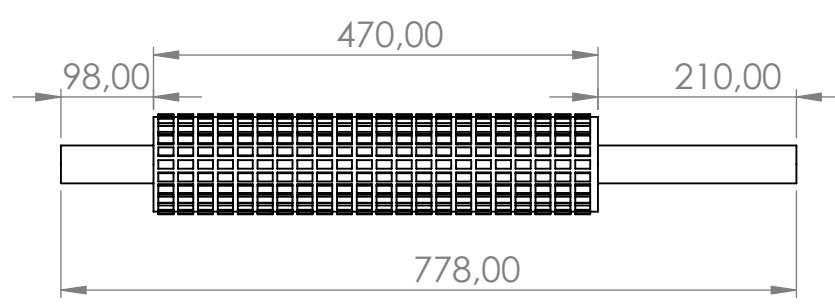
D

C

C



VUE DE FACE



VUE DE GAUCHE

B

B

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

CYLINDRE ROTATIF



A

A

A4



MATERIAUX : AISI 316 ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:8

REFERENCE : 24CP011

4 3 2 1



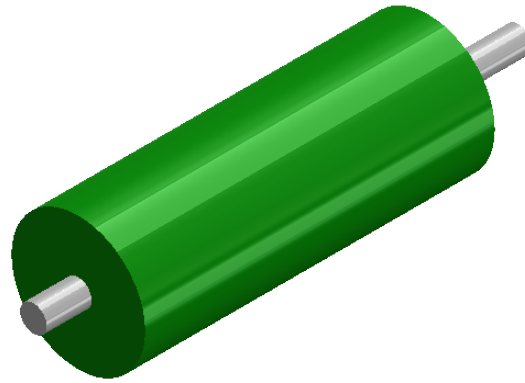
4 3 2 1

F

F

E

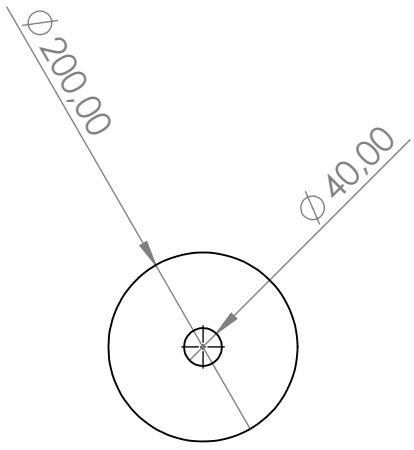
E



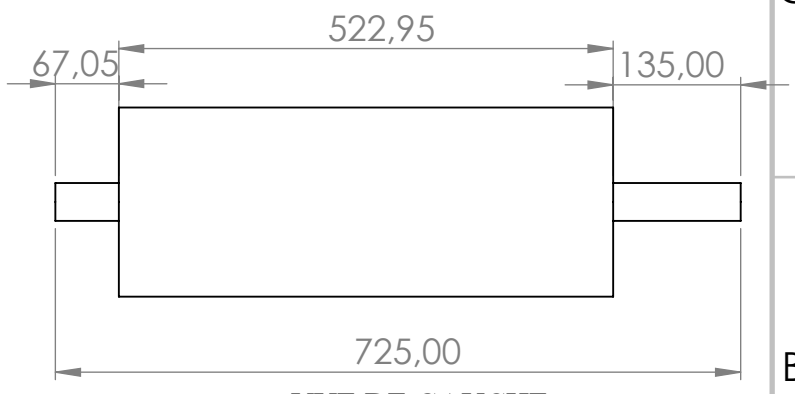
VUE 3D

D

D



VUE DE FACE



VUE DE GAUCHE

C

C

B

B

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

CYLINDRE 01 ROTATIF DE CONVOYEUR



A

A

A4



MATERIAUX : PEHD

ECHELLE : 1:8

REFERENCE : 24CP012

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

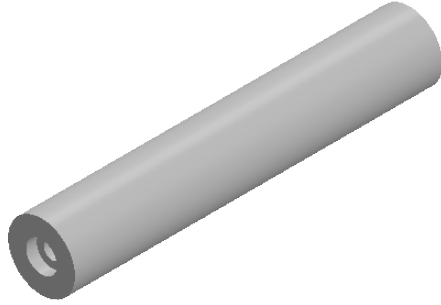
C

B

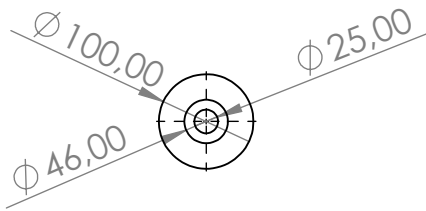
B

A

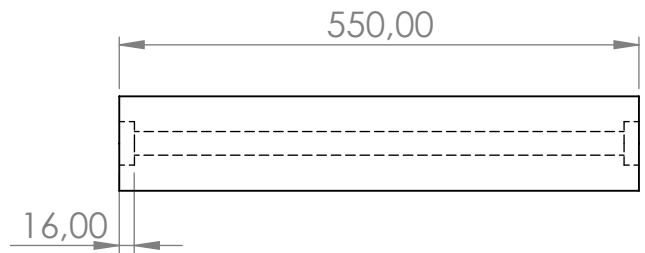
A



VUE 3D



VUE DE FACE



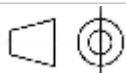
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

CYLINDRE 02 ROTATIF DE CONVOYEUR



A4

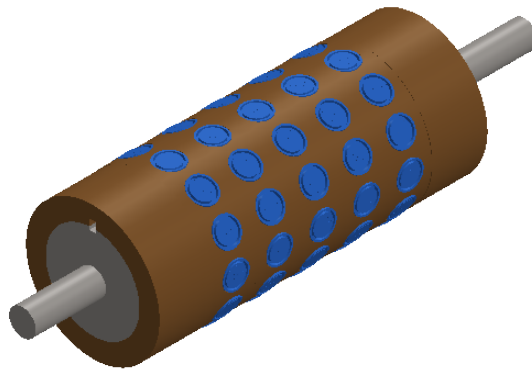


MATERIAUX : PEHD

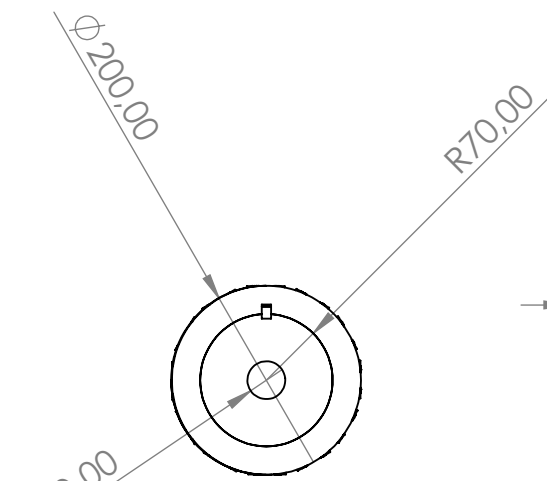
ECHELLE : 1:8

REFERENCE : 24CP013

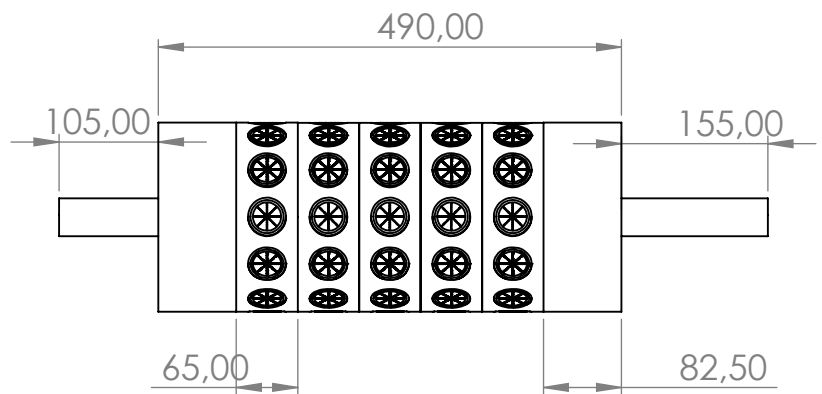
4 3 2 1



VUE 3D



VUE DE FACE



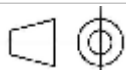
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

MOULE ROTATIF



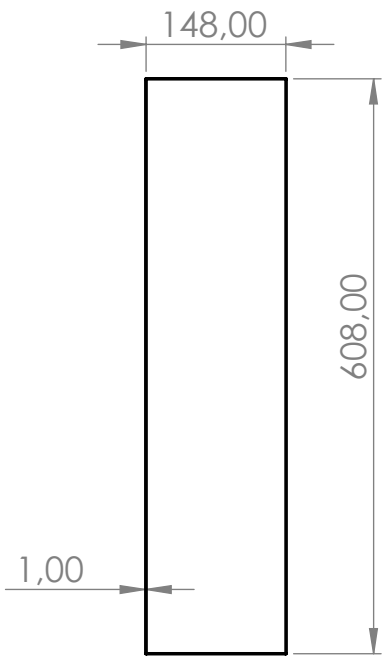
A4



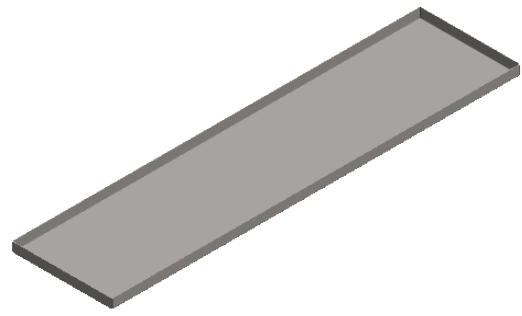
MATERIAUX : AISI 316 ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:8

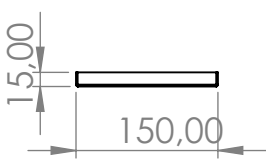
REFERENCE : 24CP014



VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



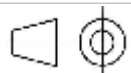
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

ASSIETTE RECTANGULAIRE



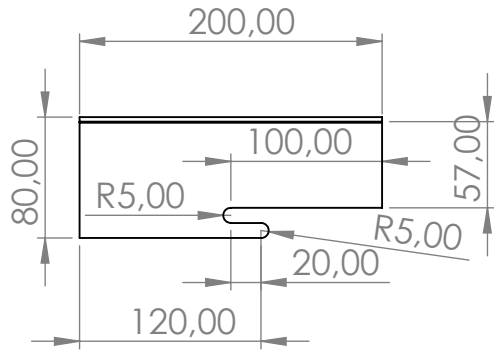
A4



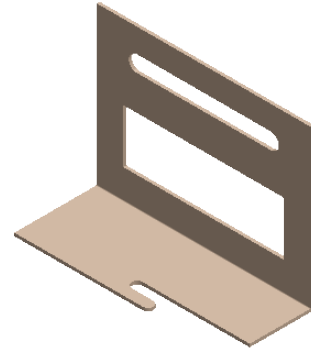
MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:8

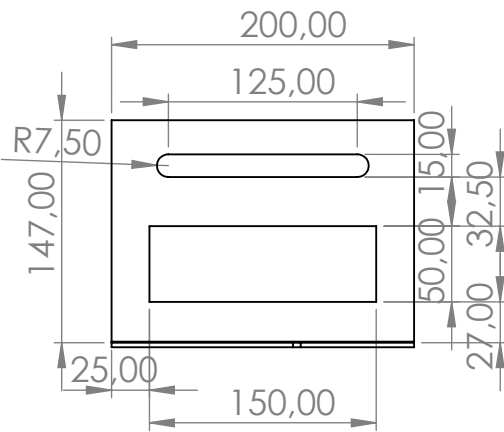
REFERENCE : 24CP015



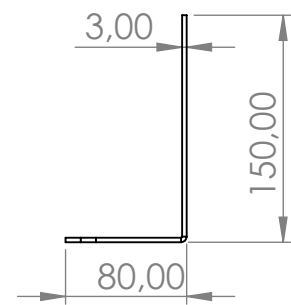
VUE DE DESSUS



VUE 3D



VUE DE FACE



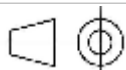
VUE DE GAUCHE

REALISE PAR :  
KHEGGAR Lotfi

SUPPORT ASSIETTE RECTANGULAIRE



A4



MATERIAUX : AISI 316 TOLE D'ACIER INOXYDABLE

ECHELLE : 1:5

REFERENCE : 24CP016